

경제안보와 국방관리

1. Digital Transformation과 미래군수(자원/조직) 관리
2. 전략적 보급수준 결정
3. 국방우주학의 이론적 기초



경제안보와 국방관리



국방대학교
국가안전보장문제연구소

2023 안보연구시리즈 제 5-3호
경제안보와 국방관리

인 쇄 2023년 12월 31일

발 행 2023년 12월 31일

발 행 처 국가안전보장문제연구소

발 행 인 국가안전보장문제연구소장

주 소 33021 충청남도 논산시 양촌면 황산벌로 1040

전 화 TEL : 041-831-6412 FAX : 02-748-7588

홈페이지 <http://www/kndu.ac.kr>

<http://www/kndu.ac.kr/rinsa>

디자인 및 인쇄 디자인해리아 TEL : 041-675-9963

© 국가안전보장문제연구소 2023

비매품

ISSN 2586-5323

1. 본 연구보고서 내용은 연구진의 개인적인 견해이며 소속 기관의 공식적인 견해가 아닙니다.
2. 본 연구보고서는 정책입안시 참고자료로만 활용하고 타기관에 불필요한 자료유출을 삼가주시기 바랍니다.

2023년은 미·중 간의 전략경쟁이 지역별·분야별로 다변화되는 가운데 국제질서의 불안정성이 더욱 고조되는 한 해였습니다. 유럽과 중동지역에서 동시에 진행된 두 개의 전쟁으로 국제사회의 균열은 더욱 심화되었으며, 이른 기간 내에 종전은 어려울 것으로 전망되고 있습니다. 한반도에서는 북한이 핵무력정책을 헌법에 명시하고 전술핵잠수함 건조를 공식화하는 등 핵무기 능력 강화 노력을 지속하고 있습니다. 이에 대응하여 한국 정부는 한미동맹의 핵심인 확장억제의 실행력을 제고하고 유엔사 회원국들과의 군사협력을 강화하면서 글로벌 중추국가로의 발전을 추구하였습니다.

이와 같은 국제정세 속에서 사안의 본질을 보다 정확하게 파악하여 올바른 대응방향을 모색하기 위해서는 여러 안보 현안에 대한 보다 깊이 있고 체계적인 연구가 중요하다고 생각됩니다. 이에 따라 국방대학교 국가안전보장문제연구소는 매년 국방부, 합참, 각 군 본부 등의 의견을 수렴하여 국가안보 및 국방정책 수행과 관련하여 필요한 연구 주제를 선정하고, 관련 분야의 전문성을 가진 교내·외 연구자들에게 심층적인 연구를 의뢰해 왔습니다. 2023년도에는 외교·안보와 북한, 국방정책 및 군사전략, 경제안보와 국방관리, 국방과학기술, 예비전력 정예화 및 미래혁신의 5개 주제를 중심으로 18개의 정기(기초) 연구과제를 선정하여 양질의 연구를 수행하였으며, 그 결과를 안보시리즈로 발간하게 되었습니다.

모쪼록 이러한 연구결과가 국가안보 및 국방정책 관련 부처의 정책개발 및 집행과정에 기여하고, 이 분야를 연구하는 연구자 및 학생들에게 유용한 참고자료로 활용될 수 있기를 기대합니다. 끝으로 제한된 기간에도 불구하고 국가안보를 위한 연구에 열과 성을 다해 주신 교내·외 연구자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 전합니다.

2023년 12월 31일

국방대학교 국가안전보장문제연구소장 교수 박 영 준

1. Digital Transformation과 미래군수(자원/조직) 관리 1

(국방대학교 교수 백승령 / 국방대학교 교수 배범수)

- I 서론 3
- II 이론적 배경 6
- III 선진 외국군 사례와 한국군의 디지털화 현주소 12
- IV 연구방법 및 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석 25
- V 미래 군수관리의 발전방안 40
- VI 결론 46

2. 전략적 보급수준 결정 59

(국방대학교 교수 문성암 / 국방대학교 교수 장용진 / 국방대학교 박사과정 남광식 / 국방대학교 박사과정 임정혁)

- I 서론 63
- II 보급수준 개요와 한계점 67
- III 전략적 보급수준 결정 방안 83
- IV 결론 122

3. 국방우주학의 이론적 기초 133

(연구책임자 황현호 / 참여연구원 김명길)

- I 개요 134
- II 우주경제 연구 138
- III MTCR 체제와 한국의 우주기술 개발 176
- IV 국방우주 발전을 위한 정책적 제언 236

Digital Transformation과 미래군수(자원/조직) 관리

국방대학교 교수 백 승 령

국방대학교 교수 배 범 수

- I. 서론
- II. 이론적 배경
- III. 선진 외국군 사례와 한국군의 디지털화 현주소
- IV. 연구방법 및 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석
- V. 미래 군수관리의 발전방안
- VI. 결론

요약문

최근 진행중인 우크라이나-러시아 전쟁(이하 우크라이나전쟁)은 인류의 전쟁사에 있어서 획기적인 전환점이자 미래 전쟁의 형태를 태동시킨 전쟁으로 보고 있다. 우크라이나전쟁에서는 인공지능(AI)과 전투용 드론이 본격적으로 활용되면서 세계는 전쟁 형태의 새로운 변곡점을 맞이하고 있다. 물론, 첨단기술이 전쟁 승패를 결정짓는 중요요인이라 단정 지을 수 없지만, 다양한 형태의 AI가 전투현장에서 적용되고 있다. 특히, 적군을 확인하고 식별하기 위한 안면인식 기술을 사용하여 피아 식별율을 높이는가 하면, 무인 전투용 드론을 군사작전(직접공격, 화력유도, 정찰감시 등)에 효과적으로 활용하고 있다. 또한 복잡다단한 전쟁지역과 상황, 첨단기술을 활용한 다양한 무기체계의 보급과 정비지원 등을 위한 효과적이고 효율적인 군수지원을 위해 머신러닝 기술을 적극적으로 활용하고 있다. 미국 등 주요 군사선진 강국들은 우크라이나전쟁에서 선보이는 첨단기술무기와 전략 등을 분석하면서 미래전쟁을 준비하고 있다.

본 연구의 목적은 이처럼 최근 우크라이나전쟁의 교훈을 바탕으로, 4차산업혁명 시대에 첨단정보통신기술을 기반으로 하는 디지털 전환(Digital Transformation)이 우리 군과 군수업무 분야에 미치는 영향을 개괄하고 군수자원관리 분야와 군수조직관리 분야에 디지털변혁이 가져올 변화와 대응방안을 미래 군수(자원/조직)관리 방안으로 제시하고자 한다. 이론적 배경 섹션에서는 디지털 트랜스포메이션을 살펴보고, 조직발전을 이끄는 조직혁신과 디지털 트랜스포메이션의 관계를 다룬 다음 최근 국방부에서 추진 중인 국방혁신 4.0과의 연관성을 다루고자 한다.

선진 외국군의 사례와 한국군의 디지털화 현주소 섹션에서는 우선 미국, 중국 등 6개국 외국군의 디지털 트랜스포메이션 노력을 살펴보면서 국가별 공통적인 추진현황과 국가별 특징적인 디지털화의 노력을 제시한다. 이어서 한국군의 디지털화의 현 주소를 요약하면서 선진 외국군과 비교 제시하고자 한다.

연구방법과 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석 섹션에서는 본 연구에서 적용한 정성적 연구방법인 인터뷰 방법을 사용하여 군수기능 정책업무담당자와 야전실무담당자 21명에 대한 심층인터뷰 진행상황과 결과를 소개하였다. 앞서의 문헌연구와 인터뷰 과정에서 얻는 군수담당자들의 의견을 바탕으로 군수자원 및 군수조직관리 상의 디지털 트랜스포메이션 수준인식과 필요요인 및 디지털화를 위한 발전 제안사항을 식별하는 분석을 실시하였다. 군수자원관리 분야에서는 군수(물류)모델, 군수 프로세스, 군수 시스템 별로 디지털 변혁요소를 제시하고, 군수조직관리분야에서는 요구되는 조직구조, 조직문화, 조직커뮤니케이션을 위한 변혁요소를 제시하였다. 미래 군수관리의 발전 방안 섹션에서는 앞서의 분석을 바탕으로 향후 군수발전을 위해 군수자원관리분야와 군수조직관리분야의 핵심요소별로 군수기능이 디지털마스터 단계로 진화하기 위한 발전방안을 제시하였다.

분석결과를 요약하면, 군수기능의 디지털역량 향상을 위한 미래 군수자원관리에서는 첫째, 고급 분석기법 및 AI를 활용한 데이터 기반의 예측 분석과 시나리오 모델링을 통해 데이터 기반 의사결정 능력을 발전(군수보급/정비 모델 측면)시킬 필요가 있다. 둘째, 보급/정비 프로세스를 실시간 모니터링하고 적시적인 피드백을 제공함은 물론, 수요변화가 발생하거나 공급망 중단사태 발생시 신속조정과 신속대응이 가능하도록 보급/정비의 실시간성을 향상(군수프로세스 측면)시키는 것이다. 셋째, 통합군수정보체계 고도화와 사용자들이 해당체계 사용을 용이하게 하고 사용유성성을 담보함으로써 업무담당자들로 하여금 통합군수정보체계에 대한 시스템 효능감을 제고(군수시스템 측면)할 필요가 있다.

군수기능의 조직리더십 역량 향상을 위한 미래 군수조직관리에서는 첫째, 직무중심

의 조직에서 데이터 중심의 유연한 군수조직으로 진화하기 위해서 조직유연성 제고가 필요하고, 실험과 창의를 통한 문제해결을 장려하는 군수혁신 허브를 구축/발전시키는 등의 군수조직 혁신성 제고(군수조직 측면)가 필요하다. 둘째, 디지털시대에는 기술중심의 사고방식이 더욱 요구된다. 따라서 혁신기술 수용문화의 장려가 필요할 뿐만 아니라 데이터중심의 혁신과 창의를 발휘되고 업무에 효과적으로 적용되기 위해서는 협업문화의 지속적인 발전(군수문화 측면)이 요구된다. 셋째, 군수(보급/정비)업무의 유연성과 대응성을 향상하기 위해서는 디지털기술 기반의 실시간 정보제공과 지식의 공유가 가능한 커뮤니케이션 활성화(군수 커뮤니케이션 측면)가 필요하다. 지식과 정보의 공유와 활용은 조직성과와 조직발전의 핵심요인이다.

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

오늘날 4차산업혁명과 디지털화가 화두이며, 4차산업혁명 시대의 첨단정보통신기술 적용에 따른 디지털 세상화로 세계는 격변의 시기를 경험하고 있고, 군을 포함한 모든 공공조직도 디지털 혁신과 전환이 절실히 요구되는 상황이다(김일겸, 2021; 김종철 등, 2020). 시대적 변화의 중심에는 첨단정보통신기술이 있으며, 세상 모든 기반이 디지털 중심의 혁신에 있기 때문에, 전쟁 승리의 근간인 군수분야 디지털전환과 혁신은 군 전쟁수행능력의 핵심이 될 것으로 예상된다(이상원, 2017; 이은재, 2020). 따라서, 디지털 트랜스포메이션이 가져올 변화에 대한 심층적인 대비가 필요한 상황이며, 특히 군사력 건설과 유지의 핵심인 군수분야(자원/조직) 관리에 있어 디지털 전환과 혁신에 근거한 검토를 통한 방향 설정과 토대 마련이 필요한 실정이다(Karpik, 2018).

2022년 2월 러시아의 본격적인 우크라이나 침공으로 시작된 우크라이나전쟁은 첨단과학기술인 AI, 무인로봇 및 무인드론의 전투활용이 본격적으로 적용된 사례가 되고 있다. 이에 따라 우크라이나 전쟁은 인류의 전쟁사에 있어서 획기적인 전환점이자 미래 전쟁의 형태를 태동시킨 전쟁으로 보고 있다(우태영, 2023). 우크라이나전쟁에서는 인공지능(AI)과 전투용 드론이 본격적으로 활용되면서 전쟁형태의 새로운 변곡점을 맞이하고 있다. 물론, 첨단기술이 전쟁승패를 결정짓는 중요요인이라 단정지을 수 없지만, 다양한 형태의 AI가 전투현장에서 적용되고 있다. 특히, 적군을 확인하고 식별하기 위한 안면인식기술을 사용하여 피아식별율을 높이는가 하면, 무인 전투용 드론을 군사작

전(직접공격, 화력유도, 정찰감시, 전파방해, 지뢰탐지, 생존자 수색/구조 등)에 효과적으로 활용하고 있다. 또한 복잡다단한 전쟁지역과 상황, 첨단기술을 활용한 다양한 무기체계의 보급과 지원등을 위한 효과적이고 효율적인 군수지원을 위해 머신러닝 기술을 적극적으로 활용하고 있다. 각개 전투원, 감시 및 공격용 드론, 각종 센서등의 전장 활용을 통해서 수집된 전장정보 데이터는 AI 분석 플랫폼에 전송/분석하여 임무수행에 필요한 중요정보로 생산/전파/활용되고 있는 것이다. 중요한 것은 AI의 성능은 각종 센서로부터 수집되고 축적되는 데이터의 양과 품질에 의해 좌우된다. 군사에서 AI와 드론의 중요성과 사업가치를 인식한 브링크(BRINC), 팔란티어(PLTR), 드라간플라이(Draganfly), 헬싱(Helsing)과 같은 선진하이테크 기업들은 이미 우크라이나전쟁에 참여/협업하면서 전장 빅데이터 축적과 전장 활용을 시험하고 있다(윤솔, 2023). 미국 등 주요 군사 선진 강국들은 우크라이나전쟁에서 선보이는 첨단기술무기와 전략등을 분석하면서 미래전쟁을 준비하고 있다. <그림 1>은 우크라이나 전장에서 적용중인 드론과 AI의 활용사례를 보여주는 일례로서 감시용드론, 위성, 각종 전장센서와 개별 전투원의 테블릿을 통하여 정보가 수집되고 네트워크로 연결된 AI 플랫폼에서 정보가 가공되어 다시 전장에서 각개 전투원 등이 해당정보를 활용하여 임무를 수행하는 모습을 보여주고 있다.

<그림 1> 우크라이나전에서 드론과 AI활용 사례



(출처: 윤솔, 2023)

우리 국방부도 4차산업혁명시대를 맞이하여 국방분야의 혁신을 위해 가용한 역량과 노력을 집중하고 있다. 4차산업혁명 스마트 국방혁신 추진계획(2020)을 발표하고 추진하는가 하면(강태우, 하길문, 김병주, 2020), 현 정부들어서는 국방분야 정책으로 국방혁신 4.0을 표방하며 디지털 기술의 포괄적 국방적용을 검토하여 추진함으로써 미래의 도전적 국방환경 극복과 AI 과학기술강군으로 육성/도약하기 위한 각고의 노력을 다하고 있다(국방개혁실, 2022). 한편, 한국군은 다년 동안 디지털 트랜스포메이션의 역할과 중요성에 대한 인식과 공감대는 잘 형성되어 있으나, 軍 적용에 관한 체계적인 접근과 연구는 미진한 상황에 머물러 있는 것으로 보인다. 한국군의 디지털 트랜스포메이션은 디지털 기반으로 軍의 전략, 조직, 프로세스, 비즈니스모델, 문화, 커뮤니케이션, 시스템을 근본적으로 변화시키는 국방전략으로 단순한 기술의 변화에 머무르지 않고 軍 조직사회, 軍 전체의 생태계까지 포함하는 종합적인 전략적·기술적·운영적 변화를 요구하고 있으나 이에 대한 체계적인 고려는 아직 미진하다. 특히 디지털화되어 가고 있는 현재·미래전장에서 전쟁 승리의 핵심 기능인 군수 분야가 절대우위의 전투력 유지와 전쟁지속능력 강화를 위해서는 디지털 트랜스포메이션의 방향이나 토대 마련을 위한 구체적인 연구가 필요한 상황이다(노규성, 2021). 따라서 본 연구는 디지털 트랜스포메이션의 이론과 실재를 기반으로 하여 우리 군의 군수기능에 있어서 자원관리와 조직관리 측면에서 종합적으로 고려하여 발전방안과 체계를 마련하고자 한다.

2. 연구목적, 범위와 방법

본 연구의 목적은 최근 우크라이나전쟁에서 첨단과학기술에 기반한 AI와 로봇, 드론의 활용으로 인류 전쟁사의 획기적인 전환점이 되고 있고 미래전쟁 형태의 새로운 국면을 보이는 전쟁사례를 교훈 삼아, 4차산업혁명 시대에 첨단정보통신기술을 기반으로 하는 디지털 전환(Digital Transformation)이 우리 군과 군수업무 분야에 미치는 영향을 개괄하고 군수자원관리 분야와 군수조직관리 분야에 디지털변혁이 가져올 변화와 대응방안을 미래 군수(자원/조직)관리 방안으로 제시하고자 한다. 본 연구의 범위는 우선 디지털트랜스포메이션, 조직혁신과 디지털트랜스포메이션의 관계, 국방혁신 4.0을 개괄한 다음, 군 조직 전체와 군수(자원/조직)분야의 디지털 트랜스포메이션의 현 주소 및 진보상황을 확인하고 디지털 트랜스포메이션이 군수(자원, 조직) 분야에 미치는 영향을 알아보하고자 한다. 특히 군수자원과 관련된 분야에서는 군수모델, 프로세스, 군수 시스템에 있어서 디지털 트랜스포메이션을 조망하고, 군수조직과 관련된 분야에서는 물리적 조직구조, 문화, 커뮤니케이션에 있어서 디지털트랜스포메이션을 살펴보고자 한다. 이를 통하여 군수자원분야와 군수조직 분야에서 향후 디지털 트랜스포메이션을

적용하여 군수관리의 발전방안을 제시하고자 한다.

연구방법은 문헌연구를 통하여 디지털 트랜스포메이션과 관련된 이론 요약과 관련 자료수집을 통하여 학계와 실무에서 관련 연구 및 사례를 개괄하고 해 분야에서 한국 군과 특히 군수(자원/조직)분야의 현 주소와 진보상황을 파악하여 제시하고자 한다. 또한 군수기능 정책부서의 업무담당자와 야전부대 실무담당자를 대상으로 정성적인 연구 방법인 심층 인터뷰 기법을 사용하여 군수현장의 경험과 목소리를 반영하고자 한다(김민하, 안미리, 2003; 홍성우 등, 2019, Mumford et al., 2000). 인터뷰의 중점은 ① 군수분야의 디지털 트랜스포메이션 정도, ② 군수분야의 현실과 현장에서 느끼는 디지털 트랜스포메이션의 긍정요소와 제한사항, ③ 군수 자원과 관련된 군수모델, 프로세스, 군수시스템에 있어서 디지털 트랜스포메이션 ④ 군수 조직과 관련된 물리적 조직구조, 문화, 커뮤니케이션에 있어서 디지털 트랜스포메이션, ⑤ 미래 디지털트랜스포메이션의 과제와 전망 등이다. 문헌분석을 통한 이론연구와 선진사례연구 및 분석을 기반으로 하여 본 연구는 ① 미래 군수자원 관리측면에서 군수모델, 프로세스, 군수시스템 발전 방안과 ② 미래 군수조직 관리측면에서 물리적 조직, 문화, 커뮤니케이션 발전방안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

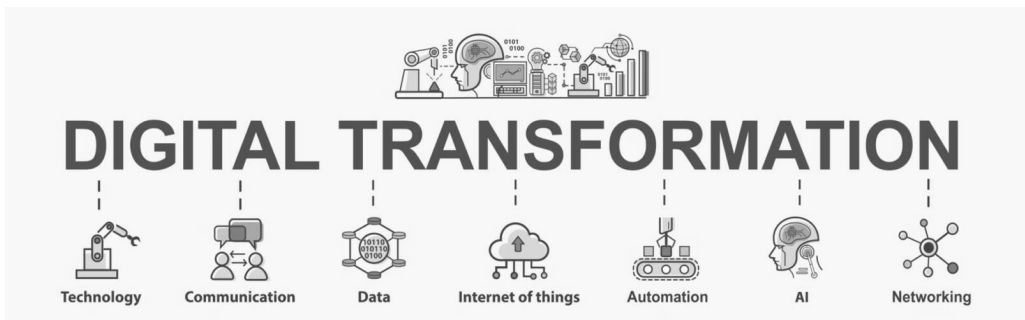
1. 디지털 트랜스포메이션(Digital Transformation)

디지털 트랜스포메이션은 통상 '디지털 전환'으로 번역되며, '디지털 기반으로 조직체의 전략, 조직형태, 프로세스, 업무수행모델, 문화, 커뮤니케이션, 시스템을 근본적으로 변화시키는 비즈니스모델'로 정의된다(이완형, 2019). 디지털 트랜스포메이션의 정의를 분석수준에 따라 살펴보면, 우선 개인적 수준에서는 디지털 리터러시 측면에서 접근한다. 여기서 디지털 리터러시 수준을 디지털 능력, 디지털 사용, 디지털 트랜스포메이션으로 구분하고 동일순서대로 개인의 능력이 발전하는 것으로 보고 있다(Martin, 2008).

조직적 수준에서 디지털 트랜스포메이션은 디지털기술을 활용하여 혁신하는 프레임으로 정의한다(김민식, 손가녕, 2017). 상술하면, 디지털 트랜스포메이션은 조직이나 기업이 새로운 비즈니스모델, 제품 또는 서비스를 창출하기 위하여 디지털 역량을 활용함으로써 고객 및 시장의 파괴적인 변화에 적응하거나 이를 추진하는 지속적인 프로세스로 볼 수 있다. 이는 주로 효율성과 생산성과 같은 조직의 성과를 향상시키기 위한

디지털 기술의 사용과 관련이 있고, 최신의 디지털 기술을 현장에서 활용하여 업무프로세스가 변화하는 것을 시작으로 조직전체의 업무수행 모델의 변화를 가져오는 효과까지 포함하게 된다. 즉, 조직이 빅데이터, 인공지능(AI), IoT, 네트워킹 등 첨단 디지털 기술을 활용하여 끊임없이 변화하는 조직의 내부 및 외부환경에 적응하여 경쟁력을 확보하려는 전략적 노력을 디지털 트랜스포메이션이 할 수 있다(이상원, 2017). 따라서 조직에서 디지털 트랜스포메이션의 성공은 기술의 활용 측면을 넘어서서 조직시스템이나 체계 전체적인 관점에서 이해가 요구된다(Osmundson, 2018).

디지털 트랜스포메이션의 성공조건은 다음과 같다(Lee et al., 2017). 첫째, 조직의 디지털화가 기본적으로 이루어져야 한다. 둘째, 조직의 디지털화는 조직의 업무프로세스 모델, 문화, 커뮤니케이션과 통합되어야 한다. 셋째, 데이터분석이 기본이며 분석능력을 지속발전시켜야 한다. 마지막으로 조직의 디지털화를 위한 투자는 지속적, 안정적으로 계속되어야 한다. <그림 2>는 과업환경에서 디지털 트랜스포메이션이 강조하는 중요 요소들인 AI 플랫폼, 빅데이터, IoT, 첨단정보기술, 커뮤니케이션 채널, 자동화, 네트워킹 시스템이 유기적으로 연결된 모습을 보여주고 있다.

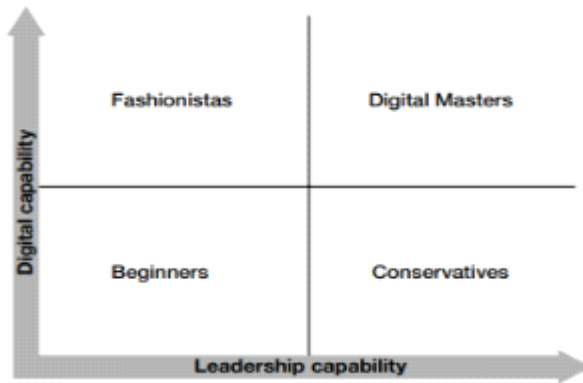


<그림 2> 디지털 트랜스포메이션의 이미지

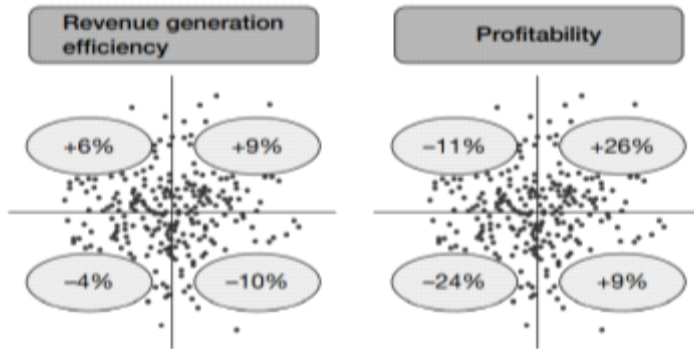
한편 디지털 트랜스포메이션의 결정요인으로 디지털역량과 리더십역량의 보유 수준이 중요하다(Westerman et al., 2014; 김상진, 하규수, 2021). 즉, 조직이 디지털화되고 마스터되기 위해서는 조직이 우선적으로 디지털화된 정도를 나타내는 디지털 측면의 역량이 높아야 하며, 또한 조직을 이끌고 전략과 주요 업무를 추진하는 리더들이 디지털 혁신을 활용하여 조직의 전략을 추구하고 관리하는 리더십역량이 요구됨을 알 수 있다. <그림 3>은 디지털 역량과 리더십역량 수준에 따른 디지털 마스터리 수준을 나타내는 틀을 제시하고 있다. 조직이 보유하고 있는 리더십 역량과 디지털 역량의 수준에 따라 디지털 초보자(디지털 역량 낮음, 리더십역량 낮음), 디지털 패션리더(디지털

역량 높음, 리더십역량 낮음), 디지털 보수주의자(디지털 역량 낮음, 리더십역량 높음), 디지털 마스터(디지털 역량 높음, 리더십역량 높음)로 구분이 되며 디지털 트랜스포메이션 수준이 충분히 달성된 기업들은 디지털 마스터 그룹에 속하게 된다. <그림 4>는 디지털 마스터리가 성숙한 기업의 매출효율(Revenue generation efficiency) 및 수익률(Profitability)을 나타내고 있다. 디지털 트랜스포메이션 수준이 디지털 마스터급으로 달성된 기업일수록 매출효율과 수익률이 현저히 높게 나타남을 보여주고 있다.

<그림 3> 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표 (Westerman et al., 2014)



<그림 4> 디지털 트랜스포메이션 달성 기업(1사분면)의 매출효율 및 수익률



2. 조직혁신과 디지털 트랜스포메이션

조직혁신은 급변하는 환경 속에서 조직의 생존을 결정하는 핵심적인 요인 중의 하나로 인식되어 왔다(왕재선, 김서용, 2009). 유기체로서의 성질을 갖는 조직은 민간조직

이든 공공조직을 불문하고 외부환경의 위협에 대응하여 조직자체적으로 새로운 변화와 혁신을 시도하게 되며, 혁신의 성공여부는 곧 조직의 사활과 발전을 결정하게 된다(왕재선, 김서용, 2009). 혁신이란 일반적으로 어떠한 조직에서 새로운 아이디어나 행동을 채택하는 것으로 정의된다(Damanpour, 1991; Hage & Aiken, 1970). 혁신에 대한 연구는 일반적으로 혁신과정연구와 혁신변동연구로 구분하며, 혁신과정연구에서는 혁신의 과정을 단계적으로 나누고 각 과정별로 혁신을 촉진하는 요인을 탐색하는 연구에 집중하는 반면 혁신변동연구에서는 조직적 요인과 조직혁신, 환경적 요인과 조직혁신, 조직혁신과 조직성과와의 관련성 등의 연구에 중점을 두는 흐름을 보인다(왕재선, 김서용, 2009).

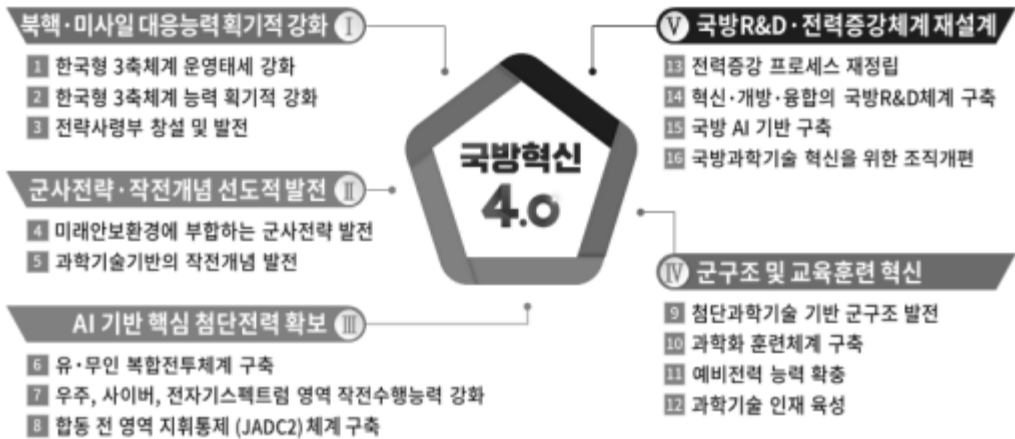
조직혁신에 관한 연구는 학문영역별로 다양한 접근방식을 채택하고 있다(Pierce & Delbecq, 1977; Gopalakrishnan & Damanpour, 1997). 심리학분야에서는 엘리트의 가치와 정향, 조직구성원의 성격특성, 혁신을 자극하는 열정적 집단이나 조직이 가지는 조건 등이 조직혁신에 영향을 준다고 본다. 경제학자들은 시장경쟁, 조직의 크기, 조직의 내외적 자원 등의 변수가 조직의 성과나 생산성에 영향을 준다고 보았다. 한편 기술학자들은 새로운 기술의 도입과 융화가 생산과정이나 성과에 영향을 준다고 보았고, 사회과학자들은 혁신의 수용과 관련된 조직의 특성에 중점을 두었다.

다른 한편 혁신연구는 혁신을 속성으로 보느냐 아니면 차원으로 보느냐에 따라 다르게 접근하게 된다. 속성으로 보는 경우는 학자들은 혁신의 양, 혁신의 질, 혁신의 속도 등을 변수화하여 연구하였고, 차원에 중점을 두는 학자들은 점진적 혁신과 급진적 혁신, 관리적 혁신과 기술적 혁신 등으로 나누어 연구하여 왔다(왕재선, 김서용, 2009). 조직혁신의 결정요인으로는 개인적 특성(관리자의 지위와 역할), 조직적 특성, 환경적 특성(환경의 이질성, 환경변화)로 보는 경향이 강했다.

최근 4차산업혁명을 기반으로하는 디지털 트랜스포메이션의 큰 흐름은 공공조직과 민간조직을 막론하고 조직이 직면한 환경의 큰 변화이며, 이러한 변화는 환경의 복잡성, 동태성, 불확실성을 동반한 조직간의 경쟁을 심화시키고 있다. 이러한 환경에 적응하여 조직혁신 앞당기고 성공하느냐의 여부가 조직의 경쟁력 뿐만 아니라 조직의 운명과 사활을 결정하게 된다. 이에 정부, 공공조직 뿐만 아니라 국내외 기업들은 디지털 트랜스포메이션을 ‘뉴 노멀’로 선언하고 앞장서서 변화를 수용하고 있는 추세이다. 조직에서 디지털 기술의 활용은 생존과 직결된 과제이며, 채용, 생산, 기획, 마케팅, 영업 등 기업의 모든 분야에 디지털 기술을 도입하여 방대한 데이터를 기반으로 경영활동을 수행하고 있으며, 단지 경영개선 방안이 아닌 생존의 필수요소가 되고 있다(Westerman et al., 2014; 박범주, 이해준, 2015; 박지현, 류승완, 2020).

국방부 역시 최근 「국방혁신 4.0」에서 디지털 기술의 국방 적용을 포괄적으로 검토하고 구체화하기 시작하였다. 단순한 기술의 활용이 아닌 일하는 방식과 수단을 근본적으로 변화, 혁신시키기 위하여 국방부는 4차 산업혁명 스마트 국방혁신 추진계획(2020)을 수립하였고(강태우 등, 2020), 디지털 리더십 등의 5가지 추진과제를 설정하는 등 다각적인 노력을 기울이고 있음을 확인하였다(최인수 등, 2020). 국방부는 최근 2040년까지 추진해야 할 '국방혁신 4.0'의 목표와 중점, 추진계획 등을 망라한 국방혁신에 관한 문서를 작성·공표함으로써 미래 도전적 국방환경을 극복하고, 우리 군을 인공지능(AI) 과학기술강군으로 육성과 도약을 강조하고 있다(국방개혁실, 2022).

국방혁신 4.0의 골자 역시 우리 군을 첨단정보통신기술을 기반으로 디지털 트랜스포메이션하여 첨단과학기술 강군으로 거듭나기 위함이라 볼 수 있다. <그림 5>는 국방혁신 4.0이 핵심개념을 보여주고 있다. 이수익, 백승령(2023)의 연구에서는 디지털 역량과 리더십역량이 軍 디지털 트랜스포메이션에 미치는 영향을 실증분석하였으며, 디지털역량으로 기술역량, 활용역량, 마인드역량을 제시하였으며, 리더십역량 측면에서는 거래적 리더십 스타일과 변혁적 리더십 스타일이 디지털 전환 인식에 미치는 영향을 구분하여 제시하였다. 국방혁신 4.0의 핵심내용을 다음에서 구체적으로 살펴본다.



<그림 5> 국방혁신 4.0 개념도(국방개혁실, 2022)

3. 국방혁신 4.0과 디지털 트랜스포메이션

국방환경의 본질적 변화와 첨단정보통신 과학기술의 발전은 국방분야의 발전에 있어서도 기존의 점진적이고 단계적인 개혁으로는 한계가 분명히 존재하며, 변화의 모습

역시 혁신의 수준에서 발전할 필요성이 대두되고 있다. 현 정부의 정책이며 국방부의 슬로건인 국방혁신 4.0의 배경을 살펴보면, 우선 국방환경의 본질 측면에서 북핵과 미사일의 위협이 고도화 및 현실화 되고 있고, 동북아지역에서 미국과 중국의 패권 경쟁이 심화됨에 따라 역내 불안정성이 증대되고 있다. 또한 첨단과학기술 및 AI의 발전으로 전쟁 역시 정보화전에서 지능화전으로 변화하고 있고 군사선진국간에도 첨단과학기술 기반의 기술패권 경쟁이 심화되고 있다. 이와 같은 도전적 환경에서 우리 한국은 첨단과학기술 강국이라는 장점을 발휘하여 AI 적용으로 감시정찰능력을 향상시키고 결심 및 대응시간을 단축하는 한국형 지능형 3축체계를 발전시킬수 있고, 핵심 첨단전력을 초연결하고 합동 전영역의 지휘통제체계를 구축하여 전영역 통합작전을 구현할 수 있다.

요약하면, AI와 무인로봇 등 4차 산업혁명 기반의 첨단과학기술 기반으로 북핵 및 미사일 대응능력을 획기적으로 강화하고 선도적 군사전략 및 작전개념을 발전시킬 뿐만 아니라 AI 기반 핵심 첨단전력을 확보하고 군구조 및 교육훈련을 혁신하면서 국방 R&D 및 전력증강체계를 재설계함으로써 대북 역제를 달성하고 첨단과학기술 기반의 경쟁우위의 작전수행능력을 구비하는 것이 국방혁신 4.0의 최종 목표라 할 수 있다. 이 중에서 본 연구의 핵심인 군수관리분야와 연관성이 높은 국방혁신 4.0의 과제 중, 국방 R&D 및 전력증강체계 재설계와 군구조 및 교육훈련 혁신과제를 추가로 살펴 보 고자 한다.

1) 국방 R&D 및 전력증강체계 재설계

AI, 무인시스템, 로봇체계 등의 첨단과학기술의 활용하여 군의 무기체계와 전력지원체계가 고성능의 AI 인프라로 변환되어 구축되도록 개방형이면서 융합형 국방 R&D 체계를 구축할 필요가 있다. 이러한 전력증강프로세스를 재정립하게 되면, 신속하고 효율적인 국방획득체제로 발전하면서 군에 필요한 장비와 물자들을 위한 소요기획의 효율성이 제고되고 검증 및 분석단계가 최적화됨으로써 필요한 무기체계에나 장비/물자들의 획득기간이 획기적으로 단축될 수 있다. 또한 첨단과학기술의 발전속도를 고려하여 무기체계와 장비/물자의 획득정책을 다변화시킬 수 있다. 예를 들면, Fast-track의 신설이나 획득과 운영유지의 연계성을 강화시킬 수 있다. 이러한 특성은 국방부의 획득정책 기능을 강화할 수 있을 뿐만 아니라 거버넌스 역할을 수행함으로써 국방부 주도의 과학기술 및 R&D 정책 수립을 위한 조직을 정립할 수 있다.

2) 군구조 및 교육훈련 혁신

AI, 무인시스템, 로봇체계 등의 첨단과학기술의 적용은 새로운 작전개념의 구현과 첨단무기체계의 최적화된 운용을 요구하기 때문에, 우리 군이 미래 작전환경에 적응하는 획기적인 군구조로 전환하고 첨단 훈련체계와 환경 구축과 과학기술인재의 육성이 시급하다. 우선 과학화 훈련체계를 구축하여 AI, 무인시스템 및 로봇체계 기반의 전술 전기 연마와 장비기능 숙달을 위한 가상모의훈련체계 및 과학화 훈련장의 구축과 발전이 요구된다. 또한 인구절벽 및 병역자원 감소시대의 미래 전장환경에 부합하는 예비군 부대구조 및 장비와 물자 등의 확보와 확충이 필요하다. 무엇보다도 변화하는 군 구조와 첨단화된 무기체계와 장비/물자의 가동과 운용을 위해서는 국방과학기술 전문인력을 육성하고 장병들의 과학기술 역량을 획기적으로 강화할 필요가 있다. 이를 위해서는 국방과학기술제도의 개선이 필요하고 첨단과학기술 관련 양성 및 보수교육체계를 발전시키고 AI 임무 유형별 맞춤형 전문교육과정 발전 등이 필요하다.

Ⅲ. 선진 외국군 사례와 한국군의 디지털화 현주소

1. 선진 외국군의 디지털 트랜스포메이션 노력

선진 외국군의 디지털 트랜스포메이션은 작전능력, 물류 및 전반적인 효율성을 향상시키기 위해 최첨단 기술을 통합하는 등 광범위한 첨단사례를 포함하고 있다. 이러한 디지털 트랜스포메이션 발전사례는 국방력 향상, 의사결정 및 운영 효율화를 위한 기술 활용에 대한 예시를 반영한 것이다. 본 섹션에서는 선진 외국군이 추구하고 있는 군 조직 전체적인 디지털 트랜스포메이션의 사례와 군수기능 분야의 사례를 구분하여 제시하고자 한다.

1) 軍 조직 전체수준의 공통적 디지털 트랜스포메이션

軍 조직 전체수준을 망라하는 각국의 공통적인 디지털 트랜스포메이션의 방향은 AI와 머신러닝 활용, 클라우드 컴퓨팅 발전, 무인시스템의 개발과 전력화, 사이버보안과 정보전쟁에의 집중, 가상현실과 증강현실의 활용, 첨단정보통신기술의 발전에 따른 협력과 소통능력의 발전을 들 수 있다. 첫째, 선진 외국군들은 작전의 다양한 측면을 개선하기 위해 AI와 머신러닝 응용 분야에 상당한 투자를 진행해 왔다(이영욱, 2020). AI는 장비

의 예측 정비, 지능 분석, 자율 시스템, 사이버 보안 등에 활용되고 있다. 또한, 군 장병들의 건강과 준비도 향상을 위해 건강 모니터링, 진단, 예측 분석 등에도 AI와 머신러닝을 활용하고 있다.

둘째, 아직 초기 단계에 있지만 암호학, 데이터 분석 및 시뮬레이션을 포함한 다양한 응용 분야에 대한 퀀텀 컴퓨팅의 가능성을 탐구하고 있다(김두환, 박호정, 2020). 퀀텀 컴퓨터는 암호화에 혁명을 일으키고 방대한 데이터 세트의 신속한 분석을 가능하게 할 수 있다는 분석을 제시하고 있다. 셋째, 최근 우크라이나전쟁 등을 포함한 분쟁 지역에서도 볼수 있듯이 감시, 정찰 및 심지어 전투 임무를 위해 드론 및 지상 로봇을 포함한 광범위한 무인 시스템을 사용하고 있다(이영욱, 2020; 윤 슴, 2023). 이러한 무인시스템은 전투원인 인간 인력에 대한 전장에서 위험을 줄이고 중요한 데이터를 실시간으로 제공한다. 넷째, 디지털 트랜스포메이션의 발전은 데이터, 컴퓨터, 인터넷의 활용이 기본이기 때문에 해킹이나 정보보호가 중요한 이슈이기도 하다. 이에따라 디지털화되어 있는 각종 정보체계와 장비 등 시스템에 대한 사이버 보안과 정보 전쟁에 점점 더 집중하고 있다. 중요한 인프라와 네트워크를 보호하기 위한 첨단 사이버 보안 조치, 위협 탐지 및 대응 능력의 개발과 발전을 지속하고 있다.

다섯째, 가상·증강현실(VR/AR)의 활용인데 훈련, 임무계획, 시뮬레이션 훈련을 위해 VR·AR 기술을 사용한다(설현주, 전기석, 2022). 이러한 기술은 현실적이고 몰입감 있는 훈련 환경을 제공하고 의사결정 능력을 향상시킬뿐만 아니라 복잡한 정비업무의 수행이나 복잡한 장비조작이나 임무수행간에도 정확한 업무수행을 보장한다. 마지막으로, 첨단정보통신기술의 발전에 따른 통신수단의 발전은 전투원과의 협력과 소통을 지속적으로 향상시키고 있다. 첨단 통신 시스템과 플랫폼은 현장과 지휘소에서 군 장병들간의 실시간 소통과 정보 공유를 용이하게 하고 있다.

2) 군수기능 분야의 공통적 디지털 트랜스포메이션

군수기능 분야에 있어서 각국의 공통적인 디지털 트랜스포메이션의 방향은 물류최적화와 디지털 트윈의 발전, 센서일체화-데이터수집-예측분석의 적용, 유지보수 스케줄링(Maintenance Scheduling) 시스템, 증강현실의 활용, 커뮤니케이션 향상 등을 들 수 있다. 첫째, 물류최적화(물류통합)와 디지털 트윈이다(문성암 등, 2022). 첨단 물류 및 공급망 최적화 도구는 AI, IoT, 데이터 분석을 사용하여 군수자원 관리를 효율화하고 유지보수 수요를 예측하며 물량 배분을 강화하고 있다. 또한, 물리적 자산의 가상 복제본을 만드는 것을 포함하는 디지털 트윈(Digital Twins)의 개념은 복잡한 군사 시스템 및 장비의 설계 및 유지보수를 진행할때 시뮬레이션, 모델링 및 테스트에 사용되

고 있다. 물류 통합의 경우에는 각종 물자, 장비, 수리부속의 조달과 공급이 물류 및 공급망 시스템과 긴밀하게 통합되어 있어, 유지보수가 예측되면 필요한 부품 및 자원의 조달을 자동으로 개시하여 필요한 시기에 가용할 수 있도록 보장하고 있다.

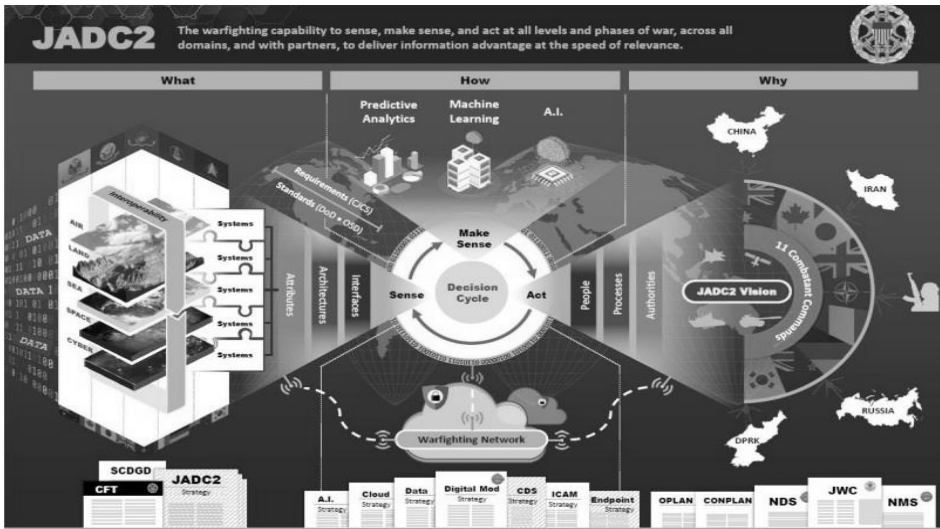
둘째, 센서일체화-데이터수집-예측분석의 적용, 유지보수 스케줄링(Maintenance Scheduling) 시스템이다. AI의 발전으로 각종 물자, 장비 등에 있어서 진동센서, 온도 센서, 오일분석센서 등 다양한 센서로 장비를 개조하여 장비 상태를 실시간으로 지속적으로 모니터링하고 있다. 이러한 모니터링을 통한 데이터 수집(Data Collection)을 통하여 센서 데이터는 디지털 통신 채널을 통해 중앙의 데이터 저장소로 전달되어 저장 및 처리되며, 이 데이터는 예측 유지보수에 매우 중요하게 활용된다. 예측 분석(Predictive Analytics)은 센서 데이터를 분석하기 위해 고급 분석 및 머신 러닝 알고리즘이 사용된다. 이 알고리즘은 잠재적인 장비 문제를 나타낼 수 있는 패턴 및 이상 징후를 식별하게 되고, 정비유지에 적절히 활용된다. 셋째, 유지보수 스케줄링(Maintenance Scheduling)으로, 예측 분석을 기반으로 유지보수 일정을 동적으로 조정하게 된다(De Jonge & Scarf, 2020). 이를 통해 실제로 필요할 때 유지보수를 수행할 수 있으므로 과잉 유지보수의 가능성을 줄이고 장비를 최적의 상태로 유지할 수 있다. 마지막으로 정비 유지보수에 있어서 증강현실(Augmented Reality)과 커뮤니케이션의 활용이다(신규용 등, 2019). AR 어플리케이션은 유지보수 작업자에게 디지털 매뉴얼, 3D 모델 및 데이터 시각화에 대한 실시간 핸드프리 액세스를 제공하여 유지보수 작업을 정확하고 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하며, 디지털 커뮤니케이션 툴을 통해 유지보수 팀은 팀원 상호간 또는 장비 상태, 유지보수 주문서 및 부품 가용성에 대한 최신 정보를 이용할 수 있다.

2. 각 국가별 특징적 軍 디지털 트랜스포메이션 노력

1) 미국

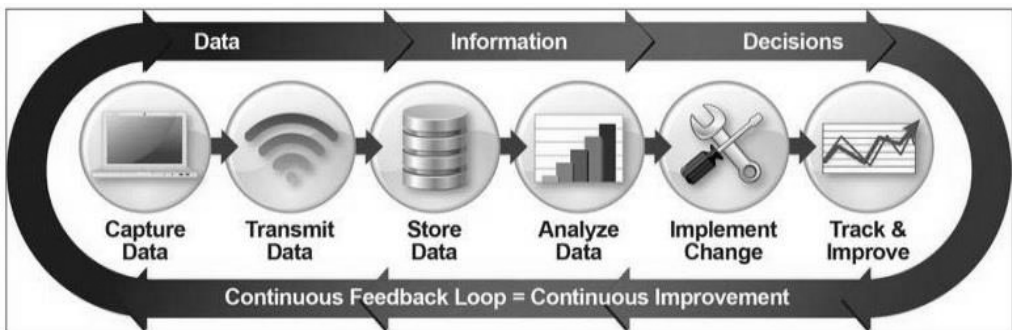
미군 디지털 트랜스포메이션의 결정체는 전전장 합동 지휘통제체계(JADC2, Joint All-Domain Command and Control)이다. 미국 국방부(DoD)는 매끄럽고 통합된 운영 환경을 만들기 위해 육해공군 해병대 뿐만 아니라 각종 전장기능 영역에 걸쳐 센서, 플랫폼 및 의사 결정자를 연결하는 것을 목표로 하는 JADC2에 대해 작업하고 발전시켜 왔다(Lingel et al., 2020). 이 이니셔티브는 인공 지능(AI), 클라우드 컴퓨팅 및 고급 데이터 분석을 활용하여 실시간 상황 인식 및 신속한 의사 결정 기능을 제공하

는 역할을 한다. <그림 6>은 JADC2의 개념도를 보여주고 있다(DoD, 2022).



<그림 6> 미군의 JADC2의 개념도

미군 군수기능에서의 특기할 만한 점은 상태 기반 유지 보수 플러스인 CBM+(Condition-Based Maintenance Plus) 프로그램의 시행을 들 수 있다(DOD INSTRUCTION 4151.22, 2020). CBM+의 주요 목표는 기존의 예약 유지/보수 방식에서 사전 예방적인 데이터 기반 유지/보수 방식으로 전환하는 것이다. 실시간 데이터, 고급 분석 및 디지털 툴을 사용하여 장비 장애를 예측 및 방지하고 다운타임을 줄이며 전반적인 준비 상태를 개선하는 것이다(Teixeira et al., 2020). <그림 7>은 CBM+의 6가지 기능활동을 보여주고 있다.



<그림 7> 미군의 CBM+의 6가지 기능 활동

CBM+를 통한 유지보수의 디지털화는 미군에게 다음과 같은 몇 가지 중요한 이점을 제공한다. 첫째, 다운타임 감소인데, 예측 유지보수는 필요할 때 정확하게 유지보수를 수행하기 때문에 예정된 다운타임에 대한 필요성을 줄여주기 때문에 장비의 가용성과 운영 준비성이 높아진다. 둘째, 비용절감의 이점이 있는데 불필요한 유지보수를 방지하고 예비 부품의 재고를 최적화함으로써 비용을 절감하고 불필요한 유지 보수를 피함으로써 군은 유지 보수 비용을 크게 줄일 수 있는 것이다. 셋째, 높아진 안정성으로, AR 및 디지털 도구를 사용하여 유지보수를 담당하는 구성원들이 보다 안전하고 효과적으로 작업할 수 있으므로 사고 위험을 줄일 수 있다. 넷째, 향상된 임무수행 성과로, 지속적으로 잘 작동하는 장비는 임무수행 성과에 매우 중요하며, CBM+는 필요할 때 군사 자산이 최상의 상태에 있도록 보장하게 된다. 다섯째, BM+는 유지보수 프로세스를 간소화하여 유지보수 작업자의 효율성을 높이고 관리 부담을 줄여준다. 마지막으로, 군은 정비일정과 부품조달을 최적화하여 보다 효과적으로 자원을 배분할 수 있게 된다.

2) 일본

일본 자위대(JSDF)는 특히 C4ISR 현대화, 사이버 보안, 데이터 분석 및 첨단 기술 분야에서 역량을 강화하기 위한 디지털 트랜스포메이션 이니셔티브를 적극적으로 추진해 오고 있다. JSDF는 C4ISR(Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 기능을 지속적으로 향상시켜 왔는데, 이것은 상황인식 및 의사결정을 향상시키기 위해 고급 센서, 통신 시스템 및 지능 플랫폼의 통합을 포함하고 있다(Ball & Tanter, 2012). 또한 해양국가의 특성상 일본과 같은 해양세력은 디지털 기술을 활용하여 해양영역 인식을 강화하고 있으며, 해상지역 감시 및 확보를 위한 첨단 음파탐지기 시스템, 수중 드론, 위성 기술 등을 활용하고 있다.

군수기능에서도 JSDF는 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있다. JSDF는 예측 유지보수 이니셔티브를 통해 유지보수를 디지털화함으로써 다운타임의 감소, 비용절감, 안전성 강화, 효율성 제고, 자원 할당의 최적화 등의 중요한 이점을 제공하고 있다. JSDF 내 물류 유지보수 기능의 디지털화는 준비태세 개선, 비용 절감, 유지보수 운영 강화를 위한 기술 활용에 대한 의지를 반영한 것으로 볼 수 있다.

3) 중국

중국은 군사력 현대화 및 역량 강화를 위해 중국군인 인민해방군(PLA)의 디지털 전환 이니셔티브를 적극적으로 추진하고 있으며, 군사 디지털화에 대한 중국의 접근 방식은 첨단 기술을 통합하여 준비태세, 지휘통제, 물류, 정보능력 등을 향상시키는 것에 중점을 두고 있다(Schulze & Godehardt, 2017). PLA는 다양한 분파와 단위에 걸쳐 실시간으로 데이터를 공유하고 통신하며 조정할 수 있는 고도로 통합된 네트워크 중심 전 능력을 개발하기 위해 노력하고 있으며, 이를 통해 합동작전을 용이하게 하고 상황 인식을 강화하고 있다. 또한, 중국은 사이버 능력을 매우 중시하고 있으며, 공격 및 방어 작전을 위해 사이버 전력 개발에 투자하고 있으며, 사이버 전쟁 능력은 현대 군사 전략에 필수적인 것으로 평가되고 있다. 중국은 양자통신 기술에서 발전을 거듭하고 있으며, 양자위성을 통해 매우 안전한 통신을 가능하게 하고 있으며, 이 기술은 군사 통신 및 데이터 보호에 필수적인 기술로 인식되고 있음을 주지할 필요가 있다. 우주 및 위성 능력측면에서, 중국은 통신, 항해, 정찰, 감시를 위한 위성을 발사하는 등 우주 능력을 확대하고 있으며, 이 위성들은 군사작전에 중요한 자료와 상황인식을 제공하고 있다(이승주, 2021). 한편, 중국은 첨단 군함, 잠수함, 미사일 능력으로 해군 현대화를 진행해 오고 있으며, 여기에는 항공모함, 대함 미사일, 수중 기술의 개발도 포함된다. 이러한 사례들은 중국의 군사 현대화 및 디지털 전환을 위한 첨단기술 활용에 대한 의지를 보여주고 있으며, 지역 및 글로벌 안보 역학변화에 대응하여 중국의 군사전략은 지속적으로 발전하고 있으며, 국방력 강화를 위한 디지털 및 첨단기술 역량의 통합을 강조하고 있음을 엿볼 수 있다.

군수기능 측면에서 중국은 효율성 제고, 비용 절감, 작전 대비태세 개선을 위해 군사물류 유지관리 기능의 디지털화에 적극 나서고 있으며, 중국 역시 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있다. 즉, 예측 유지보수 이니셔티브를 통해 유지보수를 디지털화함으로써 다운타임의 감소, 비용절감, 안전성 강화, 효율성 제고, 자원 할당의 최적화 등의 중요한 이점을 제공하고 있다. 이처럼 예단적인 정비사업을 통한 정비의 디지털화는 대비태세를 개선하고 비용을 절감하며 정비사업을 강화하기 위하여 첨단정보통신기술을 활용하겠다는 중국군의 의지를 보여주고 있다.

4) 러시아

러시아는 군대의 현대화와 역량 강화를 위해 군대 내 디지털 트랜스포메이션 이니셔티브를 추진하고 있다. 러시아군의 디지털화의 특징은 공통적인 사항에 추가하여 디지털 통신 및 명령시스템의 발전, 전자전(EW)과 재밍(Jamming), 첨단방공시스템, 핵현대화 등을 들 수 있다. 우선, 러시아군은 통신 및 명령 시스템을 고도화하여 안전하고 실시간으로 통신할 수 있도록 하고 있으며, 여기에는 무선통신, 위성통신, 데이터 전송 시스템의 현대화 등이 포함되어 있다(송태은, 2022). 둘째, 전자전(EW)과 재밍(Jamming)인데, 러시아는 신호 교란과 전자 대책을 위한 첨단 전자전 시스템을 개발/발전시키고 있는데, 이러한 시스템은 적의 통신과 레이더 시스템을 방해할 수 있다. 한편, 러시아는 다양한 종류의 항공기와 미사일을 요격할 수 있는 S-400, S-500과 같은 첨단 방공 시스템을 개발하여 배치하고 있다. 이 시스템들은 러시아의 광대한 영공을 보호하기 위한 것이다. 러시아군 내부의 이러한 디지털 전환 노력은 러시아 군대의 현대화 및 증강에 대한 의지를 반영하며, 진화하는 안보 문제에 대응하기 위한 것으로 추측된다.

군수기능 측면에서 러시아는 중국과 유사하게 효율성 제고, 비용 절감, 작전 대비태세 개선을 위해 군사물류 유지관리 기능의 디지털화에 적극 나서고 있으며, 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있다. 즉, 예측 유지보수 이니셔티브를 통해 유지보수를 디지털화함으로써 다운타임의 감소, 비용절감, 안전성 강화, 효율성 제고, 자원 할당의 최적화 등의 중요한 이점을 제공하고 있다.

5) 독일

독일은 4차산업혁명시대에 독일군의 첨단화와 임무수행 역량 강화를 위해 군대 내 디지털 트랜스포메이션 이니셔티브를 추진하고 있다. 독일군의 디지털화의 특징은 공통적인 사항에 추가하여 사이버 보안 및 네트워크 방어, 디지털 지휘통제시스템 개발, 동맹군과의 공동작전과 상호운용성, 정보전 등을 들 수 있다. 첫째, 독일군은 군사망과 중요한 인프라를 보호하기 위해 첨단 사이버보안 능력에 투자하고 있으며, 이러한 노력에는 위협 탐지, 보안 감시, 보안 통신 시스템 개발 등을 포함하고 있다. 둘째, 디지털 지휘통제시스템(Digital Communication and Command Systems)의 발전인데, 연

방정부는 통신 및 명령 시스템을 고도화하여 안전하고 실시간으로 통신이 가능하도록 하고 있으며, 여기에는 무선통신, 위성통신, 데이터 전송 시스템의 현대화 등이 포함되어 있다. 독일군의 이러한 디지털 전환 노력은 독일 군대의 첨단화 및 작전수행능력 증강에 대한 의지를 반영하며, 진화하는 안보 문제에 대응하기 위한 것으로 추측된다. 셋째, 독일은 NATO 동맹국과의 공동작전을 매우 중시하고 있으며, 디지털 시스템 및 통신 플랫폼을 활용하여 상호운용성을 강화하고 합동군사훈련 및 임무수행을 용이하게 하고 있다. 또한, 독일은 심리전과 영향력 행사 등 정보전 역량에 투자하고 있습니다. 이러한 역량은 잘못된 정보에 대응하고 독일군에 유리한 정보환경을 조성하고 이에 영향을 미치기 위한 것이기도 하다.

군수기능 측면에서 독일 연방정부는 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있으며, 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있다. 즉, 예측 유지보수 이니셔티브를 통해 유지보수를 디지털화함으로써 다운타임의 감소, 비용절감, 안전성 강화, 효율성 제고, 자원 할당의 최적화 등의 중요한 이점을 제공하고 있다. 독일군 내 물류 유지보수 기능의 디지털화는 준비태세 개선, 비용 절감, 유지보수 운영 강화를 위한 기술 활용에 대한 의지를 반영한 것으로 볼 수 있다.

6) 이스라엘

이스라엘 방위군(IDF)은 군사력 증강을 위해 디지털 전환 이니셔티브를 적극적으로 추진해 왔으며, 이스라엘은 국방 전략에 첨단 기술을 접목시킨 오랜 역사를 가지고 있다. IDF의 디지털화의 특징은 공통적인 사항에 추가하여 첨단 C4ISR, 첨단미사일 방어시스템, 대항 터널 운영, 정보전, 전략적 동반자 관계 발전 등을 들 수 있다(조한승, 2021). 첫째, 이스라엘은 군 전역에서 상황 인식을 개선하고 실시간 정보 공유를 용이하게 하기 위해 첨단 C4ISR 시스템에 투자하여 왔다. 둘째, 첨단 미사일 방어 시스템을 발전시켜왔는데, 이스라엘은 철 돔, 화살, 다비드 슬링과 같은 첨단 미사일 방어 시스템을 개발하고 배치했습니다. 이 시스템들은 들어오는 미사일을 요격하고 무력화하기 위해 고안하고 발전시켜 왔다. <그림 8>은 이스라엘 군의 Iron Dome 첨단 미사일 방어체계를 보여주고 있다(BBC News, 2021).



〈그림 8〉 이스라엘의 Iron Dome 첨단 미사일방어체계(BBC News, 2021)

셋째, 보안 문제를 고려하여 IDF는 지하 위협 탐지 및 중화를 포함한 대항 터널 운영을 위한 첨단 기술을 발전시켜 왔다. 넷째, 허위 정보에 대응하고 심리적인 활동을 수행하며 정보 환경에 영향을 미치기 위해 정보전 능력을 중요시하고 있다. 한편, 이스라엘은 국방기술 협력, 혁신 육성, 전문성 공유를 위해 다양한 국가와 전략적 동반자 관계를 맺고 있다. 이러한 사례는 첨단 기술을 활용하여 군사 현대화와 디지털 전환에 힘쓰겠다는 IDF의 의지를 반영한 것으로, 이스라엘의 국방 전략은 진화하는 안보문제를 해결하기 위해 혁신성, 적응성, 그리고 첨단 기술의 접목을 특징으로 함을 알수 있다.

군수기능 측면에서는 이스라엘도 다른 여타 선진국 군대와 유사한데, 효율성 제고, 비용 절감, 작전 대비태세 개선을 위해 군사물류 유지관리 기능의 디지털화에 적극 나서고 있으며, 장비의 준비 상태를 보장하고 다운타임을 줄이기 위해 유지보수 데이터의 디지털화와 예측 유지보수 전략의 구현에 초점을 맞추고 있다. 즉, 예측 유지보수 이니셔티브를 통해 유지보수를 디지털화함으로써 다운타임의 감소, 비용절감, 안전성 강화, 효율성 제고, 자원 할당의 최적화 등의 중요한 이점을 제공하고 있다.

3. 한국군의 디지털화 현주소

1) 軍 조직 전체의 디지털 트랜스포메이션의 現 주소

軍의 디지털 트랜스포메이션이라 함은 군이 디지털로의 전환이 어떻게 이루어지고 진행되고 있는지를 관찰할 필요가 있다. 이는 컴퓨터와 정보통신망의 발전과 맥을 같이 하기 때문에 디지털 전환이 이를 중심으로 진보되고 있다고 볼 수 있다. 첫째, 지휘통

제시스템의 첨단화를 들 수 있다(한창희, 이종관, 2019). 군이 부대지휘와 군사작전에서 실시간 상황인식, 의사결정, 의사소통 능력을 향상시키기 위해 지휘통제시스템의 업그레이드에 투자하고 있었습니다. 이는 종종 다양한 데이터 소스, 센서, 정보 플랫폼을 통합하는 모습으로 진행되고 있다.

둘째, 군의 훈련 역시 디지털 기술의 진보에 따라 시뮬레이션을 통하여 효율적으로 그리고 효과적으로 훈련이 이루어지고 있다. 시뮬레이션의 사용은 현실에 근접한 데이터를 사용하여 시간과 노력 그리고 위험성을 회피하고 안전을 보장받는 상태에서 군사작전과 훈련의 성과를 판단할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 또한 시뮬레이션 기술을 통해 장병들이 통제된 환경에서 시나리오를 연습할 수 있다. 나아가 최신의 정보통신기술의 발전은 가상현실(VR)과 증강현실(AR)을 군사훈련 프로그램에 통합하여 훈련의 현실성과 효과를 높이고 있다(박상준, 김지원, 김경민, 김희동, 2018).

셋째, 현대전은 단독의 독립된 전쟁이 아닌 협동, 합동, 연합작전의 형태로 이루어지기 때문에 각 제대, 군, 동맹군 사이의 상호운용성과 네트워크 중심의 전쟁(Network-centric Warfare) 개념이 중요하다(Moffat, 2010). 디지털 기술의 발전에 따라 군의 제 병과, 육해공군 및 해병대와 동맹국 간의 상호운용성을 개선하기 위한 노력을 계속하고 있으며, 네트워크 중심의 전쟁은 다양한 부대와 병력 간의 원활한 의사소통과 조정을 목적으로 하고 있다. 다중영역작전(Multi-Domain Operations, MDO)의 개념 측면에서 주목해 보면, 많은 현대 군사 작전은 육지, 바다, 항공, 우주 및 사이버 공간을 포함한 다양한 영역에 걸쳐 능력의 통합을 강조하고 있다(Townsend, 2018). MDO는 전략적 목표를 달성하기 위해 이러한 영역에 걸쳐 행동과 대응을 조정하는 것을 포함되는데 이것이 가능하게 하는 것이 디지털 트랜스포메이션이다.

넷째, 인공지능과 로봇의 활용이 증가하고 있다. 군은 무인 항공기(드론), 지상 로봇, 자율 차량을 사용하여 정찰, 감시, 정보 수집 및 전투 작전을 수행하고 있다. 이러한 기술은 전투작전 수행간 장병들의 안전을 보장하면서 생명의 위험성을 줄이고, 위험하거나 접근하기 어려운 작전환경에서도 의도한 작전을 효과적으로 수행할 수 있도록 보장하고 있다(이영욱, 2020). 한편, 인간-기계 팀 구성 개념 측면에서 살펴보면, 디지털 기술의 많은 군사적 응용은 인간인 전투원 운영자를 대체하기보다는 인간-기계 팀 구성을 통해 전투원의 능력을 향상시키는 데 초점을 맞추고 있다. 이것은 전투원과 자율 시스템 간의 협업을 포함하며, 전투원의 의사 결정과 인공지능 주도의 통찰력을 결합하는 개념이다(김종열, 2018).

다섯째, 군수분야의 디지털 트랜스포메이션은 단적으로 물류 및 공급망의 최적화를 들 수 있다. 물류 및 공급망 관리를 간소화하기 위해 디지털 기술이 효과적으로 활용되

고 있다. 물류 및 공급망 관리의 핵심은 자원 추적 및 관리, 운송 경로 최적화, 유지보수 프로세스 개선이 포함된다. 한편 군수분야에서 인공지능과 기계학습 기술은 장비의 예측 유지보수, 대량의 지능 데이터 분석, 의사결정 지원 등의 업무에 적용되고 있으며, 다양한 군사작전에 걸쳐 효율성과 정확성을 높일 수 있는 잠재력을 가지고 있다(문성암 등, 2022). 또한, 군사 자산, 보급품 및 장비, 시설의 실시간 모니터링을 위해 IoT 장치 및 센서가 점점 더 많이 활용되고 있으며, 이 데이터는 유지보수, 자원 할당 및 운영 계획에 대한 통찰력을 제공하고 있다(이상진, 2023).

마지막으로 군에서 이러한 디지털 전환이 안전하게 이루어지기 위한 노력이 병행되고 있는데 데이터 분석능력의 강화와 클라우드 컴퓨팅 및 디지털 인프라 강화, 그리고 사이버보안의 발전이다. 우선, 군은 센서, 인공위성, 정찰 임무 등 다양한 소스에서 수집된 방대한 양의 데이터를 처리하고 분석하기 위해 데이터 분석 및 인공지능을 사용하는 방법을 모색하고 있다(김종열, 2018). 이러한 기술은 통찰력을 도출하고, 잠재적 위협을 예측하고, 자원 할당을 최적화하는 데 사용되고 있다. 다음으로 클라우드 컴퓨팅은 군사 데이터를 저장 및 처리하는 데 점점 더 많이 활용되고 있으며, 원격 위치에서 리소스에 액세스하고 협업을 촉진하고 있다(이은정, 2020). 인프라 업그레이드에는 탄력적인 통신 네트워크 개발도 포함되고 있다.

사이버보안 측면에서도 디지털 기술에 대한 의존도가 높아지면서 사이버보안의 중요성과 사이버 위협에 대한 방어가 군사적 디지털 전환의 중요한 측면이 되었으며, 군은 중요한 인프라, 통신망, 민감한 정보를 보호하기 위한 강력한 사이버보안 대책을 개발하는 데 주력하고 있다(김두환, 박호정, 2020). 중복다중 디지털인프라와 사이버 보안의 노력은 군 정보통신망의 복원력 및 중복성을 높이고 보장하고 있다. 디지털 기술에 대한 의존도가 증가함에 따라, 군대는 사이버 공격, 전자 전쟁 및 기타 장애에 직면한 상황에서 운영의 연속성을 보장하기 위해 복원력 있고 중복된 시스템을 구축하고 있다(최재혁, 김완주, 임재성, 2019).

2) 군수(자원/조직) 분야 디지털 트랜스포메이션의 現 주소

군수는 보급품과 장비의 공급, 장비 및 지속성을 확보하여 작전을 효과적으로 지원하는 데 중요한 역할을 합니다. 최근 "스마트물류" 또는 "디지털물류"로 알려진 군사물류에서의 디지털 기술의 통합은 이러한 영역에서 효율성, 대응성 및 정확성을 크게 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다(문성암 등, 2022). 군수(자원/조직)분야에서 디지털 전환과 관련된 현 주소와 몇 가지 주요 진보상황과 동향은 다음과 같다.

첫째, 공급망의 가시성이다. 군수물류에서 가장 중요한 요소는 부대가 필요로 하는 보급품과 장비가 어디에 있고 그것이 언제 획득되어 활용 가능한지가 중요하기 때문에 장비 및 물자의 가시성 확보는 군수의 핵심이다(황용환, 백승령, 2014). 공급망의 가시성은 디지털의 발전을 기반으로 정점을 이루는데, IoT 센서, RFID(Radio Frequency Identification) 태그 및 GPS 추적과 같은 디지털 기술을 통해 공급망 전반에 걸쳐 공급품, 장비 및 자산을 실시간으로 모니터링할 수 있다. 이러한 장비 및 물자의 가시성은 중요한 자원의 이동, 상태 및 가용성을 추적하는 데 도움이 된다(문성암 등, 2022).

둘째, 군수의 또 다른 하나의 큰 축은 장비의 정비와 유지보수이다. 특히 장비분야는 고장 후 정비보다는 예측을 통한 유지보수가 중요한데 그 이유는 장비의 가동율을 높이기 때문이다. 예측 유지보수는 고급 데이터 분석 및 센서 기술을 통해 장비 고장이 발생하기 전에 장비 고장을 예측할 수 있다. 이를 통해 사전 예방적 유지보수가 가능하며 고장시간(다운타임)을 줄이고 필요할 때 적재적소에서 장비를 사용할 수 있도록 보장하고 있다(이상진, 2023).

셋째, 물자, 장비, 수리부족의 적정재고의 확보, 유지, 관리가 중요한데 디지털 트랜스포메이션은 이를 효과적이고 효율적으로 보장하고 있다(이상진, 2023). 디지털 시스템은 재고 수준을 최적화하여 과도한 비축 없이 필요할 때 공급품을 사용할 수 있도록 할 수 있다. 이는 비용 절감과 불필요한 자원의 낭비 감소로 이어질 수 있다. 재고의 부족은 정상적인 부대운영이나 전투임무 수행을 제한하거나 불가능하게 할 수 있으며, 필요 이상의 재고 보유는 창고관리나 보급품 관리 비용을 상승시키거나 자원의 낭비를 초래한다(문성암 등, 2022; 임준오, 박종구, 2016).

넷째, 군수기능의 또 다른 한 축이 수송이다. 수송은 최소의 비용과 최적의 경로로 원하는 물자나 장비를 적재적소에 이동시키는 것이 목표이다(김가희, 2017). 디지털 기술의 발전과 적용은 이것을 가능케 하는데 특히 경로 최적화를 보면, 디지털 물류 시스템은 도로 상황, 날씨, 교통 등 다양한 요인을 분석하여 운송 경로를 최적화할 수 있으며, 이를 통해 필요한 부대나 유사시 전투지역에 물자를 적시에 효율적으로 공급할 수 있다.

다섯째, 군수분야는 군에서 필요한 물자와 장비를 망라하여 다루고 그 기능과 업무 및 취급하는 물자와 장비가 복잡하고 많기 때문에, 이에 대한 수요 예측부터 주문, 수송, 보급, 관리 유지보수 업무 역시 매우 복잡다단하다. 이러한 업무를 위한 의사결정을 돕기 위한 데이터 분석은 디지털의 발전으로 가능해졌다(문성암 등, 2022). 고급 분석 기능을 통해 과거 데이터, 추세 및 패턴을 분석하여 의사결정에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 여기에는 수요 예측, 리소스 할당 최적화, 프로세스 개선 영역 파악 등이 포함

된다. 나아가, 디지털 시뮬레이션을 사용하여 다양한 시나리오를 모델링할 수 있으며, 다양한 의사결정이 물류 운영에 미치는 영향을 계획하고 평가하는 데 도움이 된다.

여섯째, 군수분야는 최근 통합군수정보시스템을 개발 적용하여 그동안 분야별로 산재해 있던 군수분야 각종 정비시스템을 통합하여 하나의 시스템으로 일원화하고 지속적으로 성능을 향상시키고 있다(최선락, 김용, 2021). 이러한 정보시스템의 통합은 상호운용성을 높이는데, 다양한 물류 시스템과 플랫폼의 통합은 원활한 운영을 위해 필수적이다. 표준화된 데이터 형식과 통신 프로토콜은 정보를 효과적으로 공유할 수 있도록 보장하기 때문이다.

마지막으로 자동화 시스템과 로봇공학의 활용하여 수송을 돕고 있는데 자율주행차와 드론을 이용하여 사람이 접근하기 어렵거나 위험한 지역에서 물자를 수송하고 있으며, 로봇공학 시스템을 이용하여 화물의 하역을 지원하고 있다(주우삼, 백승훈, 김성경, 2021). 아직은 초기단계라 할 수 있지만 자동화시스템과 로봇공학의 역할은 위험지역에 인명의 손실없이 안전하게 물자를 수송할 수 있다는 장점이 있다.

본장에서는 선진 외국군과 각 외국군의 군수기능에 있어서 디지털 트랜스 포메이션 현황을 확인하고 한국군의 현 주소를 개괄하였다. 한국군을 포함한 선진 외국군의 軍조직 전체수준을 망라하는 각국의 공통적인 디지털 트랜스포메이션의 방향은 AI와 머신러닝 활용, 클라우드 컴퓨팅 발전, 무인시스템의 개발과 전력화, 사이버보안과 정보전쟁에의 집중, 가상현실과 증강현실의 활용, 첨단정보통신기술의 발전에 따른 협력과 소통능력의 발전을 들 수 있다. 군수기능 분야에 있어서 한국군과 각국의 공통적인 디지털 트랜스포메이션의 방향은 물류최적화와 디지털 트윈의 발전, 센서일체화-데이터수집-예측분석의 적용, 유지보수 스케줄링(Maintenance Scheduling) 시스템, 증강현실의 활용, 커뮤니케이션 향상 등을 들 수 있다.

이처럼 선진국 군의 디지털 전환의 방향이나 추세는 유사한 경향을 보이면서도 각국의 실정에 맞게 필요한 분야별(동맹/연합작전 수행능력, 해상/우주력 발전, 합동작전의 통합, 물류 최적화, 유지보수 스케줄링 등)로 중점을 두는 경향이 있었다. 하지만 디지털 트랜스포메이션과 관련된 분석 틀이나 발전방향이나 방안을 식별하기에는 제한이 있었다. 따라서, 본 연구는 다음 장에서 Westerman et al. (2014)이 제시한 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표를 활용한 분석 틀을 가지고 디지털 전환시대의 군수관리 발전방안을 모색해 보고자 한다.

IV. 연구방법 및 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석

1. 연구방법

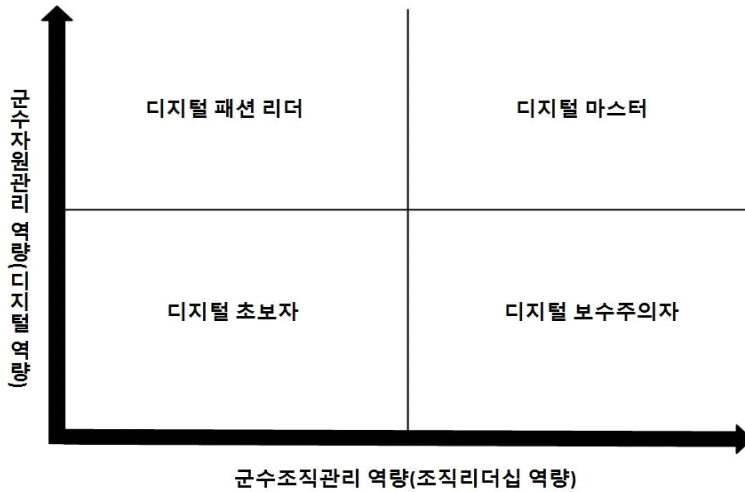
본 연구는 우리 군과 특히 군수기능 분야에서의 디지털 트랜스포메이션의 현주소를 개괄하고 문헌분석과 군수분야 주요 업무담당자와 실무담당자들을 대상으로 하는 인터뷰를 통해 정책업무와 야전실무 관점에서 군수자원관리와 군수조직관리의 고충과 한계 및 지향점을 발견하고, 디지털시대의 미래 군수자원 및 조직관리의 발전방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 연구분석의 틀은 Westerman et al. (2014)이 제시한 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표를 활용 및 수정하여 본 연구에 적용하였다. 군수 기능의 현장을 이해하기 위해 군수정책업무담당자 9명과 야전군수 실무자 12명을 대상으로 인터뷰를 진행하여 정책과 현장의 의견을 청취하여 본 연구에 반영하였다.

1) 연구분석의 틀과 연구개념의 조작적 정의

군수 기능의 디지털 트랜스포메이션 수준을 분석하기 위하여 Westerman et al. (2014)이 제시한 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표를 활용 및 수정하여 다음의 <그림 9>와 같은 연구분석의 틀을 설정하였다. 본 연구에서는 Westerman et al. (2014)이 제시한 2가지 지표인 디지털 역량과 리더십역량을 각각 군수자원관리역량과 군수조직관리역량으로 고려하였다. 군수자원관리역량을 디지털역량으로 본 이유는 군수분야 각각의 자원을 효과적/효율적으로 관리하기 위한 필수조건이 기술적 역량이고 이는 곧 디지털역량과 유사한 개념으로 볼 수 있기 때문이었다. 디지털역량의 세부요인으로 군수모델, 군수프로세스, 군수시스템차원의 디지털역량을 고려하였다. 마찬가지로, 조직의 리더십역량을 군수조직관리 역량으로 고려한 이유도 조직관리의 핵심은 해당 조직의 리더십에 달려있고, 세분화하여 고려한 세 가지 하부요인인 조직구조, 조직문화, 조직커뮤니케이션에 결정적인 영향과 의사결정 권한이 있는 조직리더십에 의해 결정되기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 군수자원관리 역량과 군수조직관리 역량의 정도에 따라 군수기능의 디지털트랜스포메이션 수준이 결정된다는 가정을 하였다.

본 연구에서 ‘디지털 트랜스포메이션’의 조작적 정의는 이완형(2019)과 Osmundson (2018)이 정의한 개념을 고려하여, ‘군수기능이 디지털 기반으로 조직전체의 전략, 조직형태, 프로세스, 업무수행모델, 문화, 커뮤니케이션, 시스템을 근본적으로 변화시키는 비즈니스 전환’으로 고려하였다. 또한, ‘군수자원관리 디지털 트랜스포메이션’은 ‘군수

(보급/정비)모델, 군수프로세스, 군수시스템을 디지털 기반으로 근본적으로 변화시키는 비즈니스의 전환'으로 정의하였고, '군수조직관리 디지털 트랜스포메이션'도 '군수 조직 구조, 조직문화, 조직 커뮤니케이션을 디지털 기반으로 근본적으로 변화시키는 비즈니스의 전환'으로 정의하였다.



〈그림 9〉 연구분석의 틀

2) 연구방법론

본 연구는 연구는 정성적 연구방법론 중의 하나인 인터뷰를 실시하였다. 정성적 연구는 어떠한 현상을 관찰하여 일반화하는데 한계가 있지만, 설명을 풍부하게 제공한다 는 장점이 있다(이순규, 최수빈, 김희웅, 2019). 특히 인터뷰는 해당분야에서 오랜 근무를 통한 풍부한 현장경험을 가진 연구대상자로 선정하여 연구자의 연구목적에 맞게 조사하여 활용할 수 있다는 장점이 있다.

1. 최근 4차산업혁명 흐름이 가속화되면서 군수분야의 디지털화 역시 중요한데, 군수분야의 디지털트랜스포메이션 진행 수준을 어떻게 보고 있는가?
2. 군수분야의 디지털트랜스포메이션 진행 수준이 높다고 볼 때 그 사례나 근거는 무엇인가?
3. 군수분야의 디지털트랜스포메이션 진행 수준이 낮다고 볼 때 군수분야의 문제점과 시급한 개선사항은 무엇인가?

4. 군수자원관리 분야에서 디지털트랜스포메이션의 현 수준과 추진해야 할 과제는 무엇인가?
5. 군수조직관리 분야에서 군수분야의 디지털트랜스포메이션의 현 수준과 추진해야 할 과제는 무엇인가?
6. 디지털시대에 군수분야의 미래모습이나 전망은 무엇인가?

〈표 1〉 인터뷰 중점 질문내용

군수자원관리와 군수조직관리의 디지털 트랜스포메이션 수준을 연구하기 위하여 군수정책부서 주요업무담당자와 야전군수 실무자를 대상으로 1:1로 심층 인터뷰를 하여 군수자원관리역량 요인과 군수조직관리역량요인을 탐색적으로 조사하였다. 인터뷰 도중 역량요인 조사뿐만 아니라 군수현장의 각종 의견을 수렴하는데도 도움이 되었다. 인터뷰에 사용한 중점 질문내용은 〈표 1〉에서 제시한 바와 같이 군수분야의 디지털 트랜스포메이션 진행 인식, 진행수준의 높고 낮음 인식에 따른 근거나 논리, 군수자원관리와 군수조직관리 분야의 디지털트랜스포메이션의 현 수준과 추진해야할 과제, 군수분야의 디지털 트랜스포메이션 미래 전망 등이다.

인터뷰는 2023년 8월에 군수정책부서 담당자 12명과 야전군수담당자 9명을 대상으로 이루어졌으며, 가능한 한 현장감 있는 답변을 획득하기 위하여 자유로운 분위기 속에서 형식에 구애받지 않고 인터뷰를 각 10분정도 실시하였다. 최초 인터뷰 대상자 선정은 군수조직도상에서 각각 20명씩을 선별하였으나, 인터뷰 의뢰과정에서 최종적으로 12명과 9명이 인터뷰를 응대하여 최종적으로 21명의 인터뷰 결과를 본 연구에 활용하게 되었다. 인터뷰를 실시한 응답자의 인구통계학적 특성은 〈표 2〉에 제시하였다.

항목		표본 수 (명)	구성비 (%)
성별	남성	18	86
	여성	3	14
계급	대위	6	29
	소령	3	14
	중령	7	33
	대령	5	24
근무지	군수관리관실	3	14
	군참부	5	24

	군수사	4	19
	사단급	5	24
	연대급	4	19
근무기간	5~10년	6	29
	11~15년	4	19
	16~20년	7	33
	21년 이상	4	19
총합		21	100

〈표 2〉 인터뷰 응답자의 인구통계학적 분포

3) 인터뷰 결과 요약

인터뷰 실시 결과, 앞서 제시한 인터뷰 질문 별 주요 응답내용은 〈표 3〉과 같았다. 우선, 우리 군의 군수 디지털 트랜스포메이션 수준을 묻는 질문에 대해서 정책담당자들은 민간수준에 비해 약하지만 최근 디지털 전환 트렌드에 근접하고 있다는 의견이었다. 그 이유로는 국방통합군수정보체계의 활용, 자동화 보급시스템의 적용, 최신트렌드인 스마트군수, 디지털 트윈의 개념 도입, 각종 디지털 기술(AI, IoT, RFID 등)의 접목을 통한 업무추진을 들었으며, 디지털 전환의 제한사항으로는 국방획득체계(PPBEES) 준수에 따른 각종 시스템 등 디지털체계의 도입과 전력화의 속도가 제한되는 국방조직의 근본 한계를 지적했으며, 한정된 국방예산에서 디지털 군수를 위한 예산 획득에 제한사항이 있음을 상기시켰다. 동일한 질문에 대해 야전의 군수담당자들은 디지털 전환의 개념이나 기대에 비해 야전군수의 현실은 열악하고 디지털 수준이 높지 않은 편이라는 의견이 있었고, 정책부서의 인식과 야전 인식에는 디지털화에 대한 투자나 접근용이성 측면에서 갭이 존재함을 강조하였다. 그 이유로는 야전군수에서는 정보체계 이외의 이렇다할 디지털화의 요소에 접근이 제한되는 상황이 있었고, 야전 말단제대로 갈수록 정보화 기반이나 디지털 인프라 수준이 아직도 열악한 상황과, 자산의 일치화나 데이터의 정교화/정확성 노력이 필요한 상황을 제시하였다.

군수자원관리 분야에서 디지털 트랜스포메이션에 관한 의견을 묻는 질문에 대해서는, 우선 정책담당자들은 디지털화에 따르는 데이터 기반 의사결정 체계 마련과 정교화를 희망하였으며, AI기반 보급/유지보수 스케줄링시스템 구현(센서일체화-데이터 수집-예측분석 적용 및 발전)으로 전투부대가 상시 전투임무 준비상태를 유지하도록 지원하는 방향을 제시하였다. 야전군수 담당자들은 군수 자산의 일치와 군수정보체계 상의 데이터의 정교화가 필요하다는 의견이 있었고, 통합군수정보체계의 사용 용이성 제고

와 AI 등 디지털시대에 맞는 고도화가 지속 추진될 필요성을 제기하였다.

군수조직관리 분야에서 디지털 트랜스포메이션에 관한 의견을 묻는 질문에 대해서는, 우선 정책담당자들은 디지털전환과 같은 군수혁신은 의사결정권자의 관심과 지지가 필수적인 현실을 언급하였고, 디지털로의 지속 전환과 같은 군수 혁신업무를 담당할 전담조직을 운영하여 혁신브레인으로 활용하는 방안도 의견으로 주었다. 또한, 군수업무담당자들이 디지털시대에 걸맞게 데이터/기술중심의 사고와 적극적인 혁신기술 수용이 중요함을 제시하였다. 야전군수 담당자들은 군수 중요성에 대하여 야전 지휘관들의 관심과 지원이 더욱 필요한 상황을 상기시켰으며, 군수업무를 원활한 수행을 위해서 필요한 지식/정보의 공유와 활용여건 개선과 관련된 의견을 주었다.

마지막으로, 디지털시대 미래 군수의 전망에 대한 질문에 대해서, 정책업무 담당자들은 AI를 활용한 군수업무를 실시간 모니터링 및 피드백, 예기치 못한 수요 변화와 공급망 중단 시 신속조정과 대응이 가능한 디지털 시스템 구현과 활용을 기대하고 있었다. 야전군수 담당자들은 야전의 현실과 민간사회와의 갭을 언급하며, 모바일기기(테블릿, 스마트폰)의 보급과 활용으로 시간과 장소에 구애받지 않고 야전에서 실시간 업무 처리가 가능한 업무환경을 기대하였다. 요약하면, 군수분야 디지털 트랜스포메이션에 대하여 정책담당자와 야전군수담당자 사이에서 업무권한과 범위 및 디지털 접근성 측면과 업무제대 단위와 환경의 차이에서 다소 이견을 보였지만, 디지털 전환에 대한 기대와 전망에는 한목소리로 일치하였다.

인터뷰 문항	군수정책 담당자	야전군수 담당자
1	<ul style="list-style-type: none"> · 민간물류 영역보다 디지털전환 수준이나 속도가 느리지만 최근 트렌드에 근접하고 있으며 디지털화의 수준은 높은 편임 	<ul style="list-style-type: none"> · 디지털 전환의 개념이나 기대에 비해 야전군수의 현실은 열악하고 디지털 수준이 높지 않은 편임 · 정책부서의 인식과 야전인식에는 디지털화에 대한 투자나 접근용이성 측면에서 갭이 존재함
2	<ul style="list-style-type: none"> · 국방통합군수정보체계 등 정보시스템의 사용 · 육군종합보급창의 자동화시스템 	<ul style="list-style-type: none"> · 국방통합군수정보체계 등 정보시스템의 사용

	<ul style="list-style-type: none"> · 스마트군수, 디지털트윈등의 개념도입 · AI, IoT, RFID 등을 적용한 업무추진 	
3	<ul style="list-style-type: none"> · 국방획득체계(PPBEES) 준수에 따른 각종 시스템 등 디지털체계의 도입과 전력화의 속도가 제한됨 · 한정된 국방예산에서 디지털 군수를 위한 예산 획득에 제한사항이 많음 · 군수 중요성에 대한 인식 제고필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 야전 말단체대로 갈수록 정보화 기반이나 디지털 인프라 수준이 아직도 열악함 · 자산의 일치화나 데이터의 정교화/정확성 노력이 필요 · 민간의 온라인쇼핑, 배달, AS시스템에서 군수업무를 업무용태블릿이나 스마트폰에서 구현되어야 함
4	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터기반 의사결정 체계 마련 · SI기반 보급/유지보수 스케줄링시스템 구현(센서일체화-데이터 수집-예측분석 적용 및 발전) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자산의 일치와 데이터의 정교화필요 · 통합군수정보체계의 사용 용이성 제고와 고도화 지속 추진
5	<ul style="list-style-type: none"> · 디지털전환과 같은 군수혁신은 의사결정권자의 관심과 지지가 필수 · 군수 혁신업무를 담당할 전담조직을 운영하여 혁신브레인으로 활용 · 데이터/기술중심의 사고와 혁신기술 수용 제고 	<ul style="list-style-type: none"> · 군수 중요성에 대한 지휘관의 관심과 지원 · 지식/정보의 공유와 활용여건 개선
6	<ul style="list-style-type: none"> · SI를 활용한 군수업무의 실시간 모니터링 및 피드백, 예기치 못한 수요변화와 공급망 중단시 신속조정과 대응이 가능한 디지털 시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> · 모바일기기(태블릿, 스마트폰)의 보급과 활용으로 시간과 장소에 구애받지 않고 실시간 업무처리

〈표 3〉 인터뷰 응답 요약

2. 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석

1) 군수자원관리 디지털 트랜스포메이션 분석(군수모델, 군수 프로세스, 군수시스템)

(1) 군수(보급, 정비)모델

일반기업에서는 물류모델로 명명하나, 본 연구는 군수 관련 모델을 다루기 때문에 군수(보급, 정비)모델로 지칭하고자 한다. 첫째, 푸시모델(Push Model)과 풀 모델(Pull model)을 살펴보기로 한다. 푸시 모델에서는 업무담당자의 예측을 기반으로 자원이 할당된다. 이때, 업무담당자의 경험적 요소와 그동안의 실적을 근거로 예측을 통하여 자원을 요청하고 할당하게 된다. 기존의 군수모델은 주로 군순담당자의 경험과 예측에 의한 할당계획에 의한 보급이 주류를 이루는 푸시모델(Push Model)에 기반을 두고 업무가 진행되었다. 풀 모델(Pull model)에서는 실제 수요를 기반으로 자원이 할당된다. 업무담당자가 해당 물자나 장비에 대해서 실제 수요를 확인하여 요청하고 할당하게 된다. 현대 물류에서 뿐만 아니라 군 보급에 있어서도 효율성과 대응성의 균형을 맞추기 위해 두 모델의 요소를 통합하는 경우가 많다. 디지털 기술의 발전과 혁신은 푸시모델에 있어서도 기존 실적에서 데이터를 분석하여 예측을 용이하게 하고, 풀 모델에 있어서도 다양한 데이터와 정보자원을 통하여 수요를 결정하고, 물자나 장비를 요청하여 할당하게 된다(김태용, 박재현, 강경식, 2005).

둘째, JIT(Just-in-Time)이다. 이 모델은 물자나 장비 또는 부품이 필요할 때 정확하게 공급하여 재고 수준을 최소화하는 것을 목표로 한다(Golhar & Stamm, 1991). JIT 물류에는 정확한 수요 예측과 효율적인 공급망 관리가 필요하게 되는데, 첨단정보통신기술을 수반하는 디지털 시스템은 이를 효과적으로 지원하게 된다. 군수(보급, 정비)모델에 JIT 물류의 적용은 과도재고나 부족재고를 최소화하고 창고관리 비용을 줄임으로써 보급/정비 업무의 효율성을 높일 수 있는 바람직한 모델이다. 군수기능에서 통합군수정보체계의 활용은 JIT 물류를 제고할 수 있는 수단이다. 다음 내용은 통합군수정보체계를 통한 업무의 디지털화에도 불구하고 군수효율성보다 업무편의성을 고려하는 사례가 담긴 야전군수 담당자의 의견을 인터뷰한 내용이다.

통합군수정보체계가 사용되면서 체계에서 필요 보급품이나 수리부속의 재고 확인과 청구가 가능하고 어느 정도 예측이 가능하기 때문에 풀 모델에 근거하여 적정재고를 유지해도 되나, 업무 편의상 적정재고 이상의 과도한 재고를 보유함으로써 군수효율성 보다는 업무 편의성을 높이는 사례가 종종 있습니다.

셋째, 분산물류모델이다. 이 모델은 위기 상황에서 신속하게 대응할 수 있도록 전략적 위치에 물자나 장비, 수리부속 등을 미리 배치하는 것이다(유우연, 양재경, 정훈, 나동길, 2008). 이 접근 방식은 군이 군사작전을 효과적으로 실시하도록 응답 시간을 줄이고 유연성을 향상시키게 된다. 디지털로의 전환에 따른 데이터 분석과 최적화모델을 통해 전략적 위치, 필요한 물자나 장비, 수리부속의 배치를 효율적으로 판단이 가능하다. 우리 군에서도 전시 작전계획과 우발상황 대비를 위한 적절한 분산물류를 시행하는 것으로 확인이 되었다.

넷째, 엔드 투 엔드 가시성 모델이 있다. 이 모델은 공급 체인에 대한 완벽한 가시성을 강조하여 출발지에서 목적지까지 리소스를 실시간으로 추적할 수 있다. 디지털로의 전환은 다양한 시스템과 기술이 통합되어 원활한 정보의 흐름을 보장한다(안규희, 이기열, 정목동, 2006). 이 모델은 군수(보급, 정비)모델에서도 이상적인 모델이다. 보급이나 정비모델이 전체적으로 가시화되기 위해서는 통합군수정보체계의 성능개선과 고도화가 필요하고 업무담당자에게 주어지는 업무용 태블릿이나 스마트폰의 활성화가 요구된다. 다음은 엔드 투 엔드 가시성 모델이 구현되고 구체화될 필요가 있다는 군수담당자의 의견을 요약한 것이다.

청구한 보급품의 이동경로나 정비를 위한 수리부속의 보급이 통합군수정보체계에 실시간으로 추적 가능하기 위해서는 체계가 정교해지고 고도화되었으면 합니다. 가정에서 가전제품을 AS 받거나 음식배달의 경우 담당기사들이 휴대용 태블릿이나 휴대폰의 활용하여 실시간 업무처리하는 경우를 종종 목격하게 되고, 온라인쇼핑몰에서 제품 구매시 배송정보가 실시간으로 개인휴대폰에서 활용되는데 군에서 보급이나 정비가 필요한 경우에도 통합군수정보체계와 연동되는 업무용 휴대폰으로 실시간 이동경로 추적이 가능했으면 좋겠습니다.

다섯째, 최근 민간물류분야에서 이슈가 되고 있는 수요주도형 물류, 동적할당, 적응물류(Adaptive Logistics)는 향후 군수물류의 발전의 방향이 될것이다. 수요주도형 물류는 디지털 변환을 통해 실시간 데이터를 사용하여 실수요를 기반으로 공급망을 조정함으로써 물류에 보다 신속하게 대응할 수 있는 개념이다. 고급 분석 및 AI를 통해 수요 변화를 예측하여 부족 또는 과잉 재고의 위험을 줄일 수 있는 장점이 있다. 동적할당 개념은 정보 보고서와 센서를 포함한 여러 출처의 데이터를 통합함으로써, 자원을 다양한 임무나 작전지역에 동적으로 할당할 수 있다. 이것은 군수자원을 실시간 적재적소에 보급/지원되도록 보장한다. 적응물류(Adaptive Logistics)란 디지털 시스템을 사

용하면 예기치 않은 사건이나 운영 환경의 변화 등 변화하는 상황에 신속하게 대응할 수 있는 상황적응적 물류개념이다(Pandey, Masin, & Prabhu, 2007). 이러한 민첩성은 예측할 수 없는 상황에서도 리소스가 효과적으로 적재적소에 분산되도록 보장한다.

(2) 군수(보급, 정비) 프로세스

이 부분은 군수의 프로세스를 수요 예측, 재고 관리, 운송, 창고보관, 유지보수 및 정비, 역물류 순으로 살펴보고자 한다. 각 프로세스 단계에서 디지털 전환이 어떻게 영향을 주는지 증점을 두고 다루기로 한다. 첫째, 수요 예측단계에서 정확한 예측은 군수의 보급이나 물류 운영을 계획하는 데 필수적이다. 데이터 분석, 과거 데이터 및 인텔리전스 입력은 미래 수요를 예측하는 데 유용하다(송민규, 마정목, 2022). 이러한 데이터의 입력은 디지털 전환의 정도가 크면 클수록 그 효과성이 높게 나타날 것이다.

둘째, 재고관리 단계는 재고 부족 및 과잉 재고를 방지하기 위해서는 재고 수준을 효율적으로 관리하는 것이 중요하다(이상진, 2023). 디지털 전환의 정도에 따른 RFID, IoT, AI 등의 기술 활용은 군수 물자나 장비, 수리부속의 실시간 모니터링 및 최적화에 도움이 된다. 재고 관리를 자동화하는 디지털 솔루션은 재고 추적을 자동화하고, 프로세스를 재정렬하며, 사전 설정된 임계값에 따라 조달을 시작하게 된다. 이를 통해 수작업을 줄이고 적시에 물자나 장비, 수리부속 등 군수품을 공급할 수 있게 된다.

셋째, 운송단계이다. 군수분야에서 운송은 곧 수송으로 공급업체의 물자나 장비 및 수리부속 등을 군사 기지 및 작전지역으로 이동시키는 것이 핵심이다. 수송의 효과성과 효율성을 높이기 위해서는 경로 최적화, 모드 선택(항공, 바다, 육지), 필요한 시간과 장소에 적시 전달이 핵심 고려 사항이며, 디지털 전환 수준이 이를 결정하게 된다(박세훈, 김태호, 정희진, 최운기, 2018). 실시간 추적을 위한 GPS, RFID 및 기타 추적 기술은 리소스의 위치 및 이동에 대한 실시간 가시성을 제공함으로써 보다 정확한 계획 수립과 상황 인식 개선을 가능하게 한다. 최근 주목받고 있는 블록체인 기술은 공급망의 투명성과 추적가능성을 향상시킬 수 있으며(이종욱, 권오훈, 2021), 향후 블록 체인 기술이 군에 적용되고 발전되었을 때, 군사조직은 블록체인을 이용하여 중요한 장비와 물자의 출처와 진위를 더 정확히 빠르게 확인할 수 있게 된다.

넷째, 창고보관단계에서는 사용자부대가 보급받은 물자나 장비, 수리부속을 즉시 사용하는 경우도 있지만, 대개는 일정 기간동안 보관하게 되는데, 이 기간이 길어지게 되면 창고를 관리하고 해당 군수품을 보관하는 비용이 증가하게 된다(이용규, 2003). 따라서, 군수품의 적절한 보관과 분배가 중요하며, 창고는 전략적으로 위치하고, 잘 정

리되어 있어야 하며, 효율적인 회수가 가능해야 하는데 디지털 전환의 수준이 참고관리를 돕게 된다.

다섯째, 유지보수 및 정비단계이다. 군에서 장비 및 차량을 가동 상태로 유지하는 것이 전투임무 준비와 유사시 수행에 중요하다(이상진, 2023). 센서 데이터를 이용한 예측 유지보수는 예상치 못한 고장을 예방할 수 있으며, 데이터의 분석과 최적의 장비 및 수리부속의 수명연한을 파악하여 적용한다면 가동율을 높일 수 있다. 이처럼 예측유지보수 개념을 적용하면 장비에 부착된 센서와 IoT 기기가 실시간으로 상태를 모니터링 할 수 있으며, AI 알고리즘은 이 데이터를 분석하여 유지보수가 필요한 시점을 예측하여 고장을 방지하고 자원 사용과 가동률을 최적화한다. 마지막으로 역물류 단계로서 이는 수리, 폐기 또는 재활용을 위해 손상되거나 사용되지 않은 품목의 반환을 관리하는 것을 말한다(이근호, 김현수, 2016). 다음의 인터뷰 내용은 정비나 보급 등의 군수 프로세스가 효과성을 높이고 효율성을 제고하기 위해서는 실시간성이 보장될 필요가 있다는 군수담당자의 의견이다.

보급이나 정비 프로세스가 유연하고 민첩하기 위해서는 정보체계 상에 상황이 실시간으로 모니터링이 됨으로써 해당 담당자에게 피드백이 되어 적시의 업무조치가 가능하도록 해야 합니다. 이를 위해서는 AI 플랫폼, IoT, 데이터 등이 디지털 기술이 정교하게 정보체계에 구현되고 센서일체화와 통합, 데이터의 수집·공저장, 예측분석이 자동적으로 이루어지도록 발전할 필요가 있다고 생각합니다. 이것이 가능할 때, 보급업무의 실시간성이 보장되어 장비는 전투임무가 가능한 상태를 유지할 수 있고 전투부대의 전투임무 준비태세가 확고하게 마련될 수 있다고 봅니다.

(3) 군수(보급, 정비) 시스템

첨단정보통신기술의 발전과 디지털기술의 진보는 군수분야의 많은 기능들이 정보시스템화 되어 있다. 군수기능에서는 국방군수통합정보체계의 개발 및 사용 뿐만 아니라 각 기능별로 참고관리시스템, 수송정보시스템, SCM(공급망관리), 물류 시뮬레이션 소프트웨어 등을 지원하고 있다. 첫째, 현재 군이 군수분야를 위해 사용하고 있는 국방군수통합정보체계는 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템 기반으로 ERP는 재고 관리, 조달, 재무 등 다양한 기능을 하나의 시스템으로 통합하여 물류 운영의 전체적인 뷰를 제공하고 있다. 수요 계획 및 예측 도구는 과거 데이터 및 통계 방법을 사용하여 정확하게 수요예측이 가능하게 하여, 재고 계획 및 구매에 도움을 준다.



〈그림 10〉 국방군수통합정보체계도

군수정보체계에 AI 기술이 도입되어 발전하게 되면, 인공지능(AI) 알고리즘은 경로를 최적화하고, 수요를 예측하며, 의사 결정 과정을 자동화할 수 있다. 〈그림 10〉에서 보는 바와 같이 국방군수통합정보체계는 물자·탄약·장비·정비·수송·군수지휘정보를 통합했을 뿐만 아니라 군의 재정정보, KJCCS/C4I, 조달정보 및 시설정보까지 연동된 통합 정보시스템이다. 이처럼 디지털 전환을 통한 통합 물류 플랫폼은 다양한 물류 시스템을 하나의 플랫폼으로 통합하는 것으로, 물류 운영에 대한 중앙집중식 뷰를 제공하고, 조정 및 의사 결정을 간소화하게 된다.

국방군수통합정보시스템의 개선방향으로 군사 물류에 있어서 방대한 양의 데이터를 처리하여 실행 가능한 통찰력을 제공하는 고급 분석 플랫폼의 이점을 활용하는 것이다. 이를 위한 전제조건 중 하나가 중앙 집중식 데이터 관리 구조를 구현하는 것이다 (임현태, 최경일, 2002). 이를 통해 조직 전체에서 일관된 데이터 표준, 액세스 가능성 및 정확성을 보장할 수 있기 때문이다. 고급분석 플랫폼의 통찰력은 경로를 최적화하고, 수요 예측을 개선하며, 비효율성을 식별 및 제거할 수 있다. 또한, 클라우드 기반 솔루션(클라우드 컴퓨팅)은 확장성과 접근성을 제공하여 서로 다른 단위와 위치에서 어디서나 물류 데이터와 애플리케이션에 액세스할 수 있도록 하여 협업과 효율적인 데이터 공유를 촉진하게 될 것이다. 이처럼 고도화된 통합정보시스템이 가능하기 위한 전제 조건으로 군수 담당자의 다음 의견에 주목할 필요가 있을 것이다.

최근 4차산업혁명시대를 맞이하여 민간에서 뿐만 아니라 군에서도 AI, 무인로봇, 드론, 사물인터넷 등 군이 앞으로의 전쟁을 대비하여 실질적인 탈바꿈을 하려는 노력을

경주하고 있습니다. 군수분야에 있어서도 스마트군수, 적응물류 등 디지털 전환을 강조하고 가속화를 위해 노력하고 있는 가운데도 야전 말단제대의 군수현실은 그리 녹록한 편은 아닙니다. 우선 실재와 시스템상에서의 자산 일치화를 통한 군수데이터의 정확성을 확보할 필요가 있습니다. 그리고 디지털화된 군수가 가능하려면 야전말단제대에서도 인터넷이나 정보체계망 성능의 획기적인 개선과 디지털화된 업무가 가능하기 위한 각종 기기들의 개발과 보급이 우선될 필요가 있습니다.

둘째, 창고관리시스템(Warehouse Management Systems)은 창고의 보관, 선별, 포장 등의 프로세스를 최적화하여 공간 및 자원의 효율적인 사용을 보장하고 있다. 창고관리시스템의 개선방향은 로봇틱이 장착된 자동화된 웨어하우스(로봇틱 웨어하우스)를 통해 주문 처리 시간을 단축하고, 재고 정확도를 향상시키며, 스토리지 공간을 최적화하는 것이다(장민희, 이재훈, 이재민, 김동성, 2021).

셋째, 수송정보시스템(Transport Management Systems)은 운송 작업의 계획, 실행 및 최적화를 지원하며, 경로 계획, 운송업체 선택 및 추적과 같은 요소를 고려한다. 수송정보시스템은 지리정보시스템(GIS)과 연동되어 지리정보와 물류정보를 통합하여 경로계획, 위치분석, 공간 최적화에 도움을 주게 된다(김시곤, 안승범, 1999). 수송정보시스템의 개선방향으로는 IoT 및 센서 네트워크 기술은 리소스의 위치, 상태 및 이동에 대한 실시간 데이터를 제공하여 가시성을 향상시키고, 예측 유지보수를 용이하게 하는 것이다. 자율주행 지상차, 드론, 심지어 항공 배송 시스템의 사용은 수송에 대한 전투원(또는 군수업무담당자)의 개입 필요성을 줄임으로써 물류(군수)에 혁명을 일으킬 수 있다.

넷째, 공급사슬관리(Supply Chain Management) 시스템은 소싱, 생산, 유통을 포함한 전체 공급망을 감독하며, 공급망 내 다양한 파트너 간의 협업을 촉진한다(Moharana, Murty, Senapati, & Khuntia(2012). 공급사슬관리에 있어서 물류 시뮬레이션 소프트웨어 도구는 물류 프로세스를 모델링하여 계획자가 다양한 시나리오를 시뮬레이션하고 병목현상이나 비효율성을 식별할 수 있도록 한다. 커뮤니케이션 및 협업 도구는 디지털 커뮤니케이션 플랫폼을 통해 공급사슬과 연결된 물류 운영과 관련된 다양한 부서와 파트너 간의 실시간 조정이 가능하게 된다(김재전, 박형호, 유일, 소순후, 2003). 상호운용성 통신 시스템을 활용하여 물류 시스템, 군부대 및 공급망 파트너 간의 원활한 통신을 하게 되면 효율적인 군수운영을 위해 매우 효과적일 것이다. 즉, 상호운용성 통신 시스템은 서로 다른 플랫폼 간의 데이터 교환을 보장함으로써 공급망을 통합적, 유기적으로 관리하는데 유용하다(조재인, 2010).

다섯째, 향후 군수(보급, 물류) 시스템을 보완하기 위해서는 디지털 트윈기술, 인지 컴퓨팅, 사이버보안 솔루션 등의 적용확대가 요구되고 있다. 디지털 트윈은 물리적 자산의 가상 복제본이다. 이를 통해 군수기능에서는 구현 전에 물류 프로세스를 시뮬레이션하고 최적화하여 위험과 비용을 최소화할 수 있다(석근봉, 김윤미, 이광영, 김형삼, 이재경, 2018). 인공지능을 기반으로 하는 인지 시스템(인지 컴퓨팅)은 복잡한 데이터를 이해하고 해석할 수 있으며, 상황과 권장 사항을 제공하여 의사결정에 도움을 주게 된다(진희주, 김훈태, 이용한, 2013). 이때, 물류 시스템이 디지털화됨에 따라 사이버보안 솔루션이 중요하게 되는데 사이버 위협과 공격으로부터 중요한 데이터를 보호하기 위한 강력한 사이버 보안조치가 필수적이다(최혁준, 2010).

2) 군수조직관리 디지털 트랜스포메이션 분석(조직구조, 조직문화, 커뮤니케이션)

(1) 군수 조직구조

군수분야는 군수기획 및 계획부터 보급, 정비, 수송 기능에 따라 조직의 구조가 복잡하고 다양한부대와 부서들이 존재할 뿐만 아니라 취급하는 품목도 1종부터 9종까지 방대하여 세부 품목별 기능 사이에서도 상호협조와 협업이 필요할 뿐만 아니라 통합된 업무수행을 위해서는 유기적인 움직임을 통하여 상황변화에 신속한 대응이 요구된다. 4차산업혁명 시대의 디지털화 요구는 군수분야에 있어서도 디지털 기반의 스마트 군수를 구현하도록 강요받고 있다. 기술의 발전은 군수(보급, 정비) 지원의 속도뿐만 아니라 품질향상 또한 동시에 요구하기 때문이다. 이러한 요구에 부응하기 위해서는 디지털시대 이전의 조직구조의 형태로는 불가능하고, 조직이 더 혁신적이고 유연하게 변화할 필요가 있다.

우선, 디지털 기술의 진보는 계속되고 있으며 기술혁신은 끊임없이 일어나기 때문에, 군수조직 역시 기술진보에 따라 끊임없이 군수기능이 혁신되도록 노력을 기울여야 한다. 따라서, 끊임없이 진보하는 디지털 기술을 적시적절하게 적용하기 위해서는 혁신을 위한 허브가 필요하다(최선락, 김용, 2021). 앞서 언급한 것처럼 군수는 다양한 기능으로 구성되어 있고 군수기능이 효과적인 군수지원으로 통합되기 위해서는 협업이 필수적이다. 일례로, 군수의 다양한 기능으로부터 교차 기능 팀(Cross-functional Team)을 구성하여 혁신허브의 역할을 담당하게 하는 것도 바람직하다. 군수기능의 복잡한 문제를 해결하고 디지털 솔루션을 구현하기 위해 다양한 세부 기능분야의 전문 지식을 갖춘 업무담당자들로 이루어진 교차 기능 팀(Cross-functional Team)을 구성하여 혁신의 브레인으로 활용하는 것이 필요하다(Lambert, García-Dastugue, & Croxton,

2008). 이러한 군수조직 내 혁신허브는 디지털 기술을 지속적으로 탐구하여 군수 보급과 정비프로세스와 모델을 개선하기 위한 새로운 솔루션을 촉진하게 될 것이다(최선락, 임진한, 이찬하, 김용, 2021). 디지털화된 업무환경에서는 기존의 물리적인 조직구조의 벽을 유지하기보다는 조직구조의 경계와 벽을 허물고 유연하게 조직구조를 구성할 필요가 있을 것이다. 다음의 인터뷰 내용은 디지털시대의 스마트군수 구현을 위한 정책업무담당자의 의견이다.

최근 4차산업혁명시대를 맞이하여 육군은 새로운 패러다임하에서 미래준비를 위해 Army TIGER 4.0을 추진해 왔고, 육군의 혁신을 위한 브레인으로 미래혁신센터를 개설하여 운영하고 있습니다. 우리 군수에서도 4차산업혁명시대에 스마트군수를 구현하기 위해서는 육군 수준의 혁신센터 수준은 아니더라도 자체적인 혁신조직을 구성하여 혁신의 브레인 역할을 맡길 필요가 있습니다. 이게 가능하기 위해서는 군수기능의 수뇌부의 지속적인 관심과 의지가 군수 디지털 혁신에 집중될 필요가 있고 관련한 예산의 확보 노력이 중요하다고 생각합니다.

(2) 군수 조직문화

복잡다단한 군수분야가 디지털시대의 스마트 군수를 구현하고 제 기능을 온전히 발휘하기 위해서는 적응적인 조직문화와 리스크 테이킹(Risk Taking) 풍토, 지속적 학습과 협업풍토가 필요하다. 첫째, 조직이 지속적으로 발전하고 진화하기 위해서는 변화를 수용하고 새로운 기술에 적응하는 문화는 필수적이다(Pandey et al., 2007). 군수업무담당자들이 기술의 지속적인 진보에 따라 디지털 전환이 끊임없이 진행됨에 따라 학습에 개방적이고 새로운 도구와 접근 방식을 채택할 필요가 있기 때문이다. 인터뷰 내용 중 다음과 같은 의견에 주목할 필요가 있을 것이다.

군의 특성이 상명하복이 원칙이기 때문에 변화의 요구가 있을 때 변화에 순응할 수 밖에 없지만 변화에 대한 저항이 아예 없다고 볼 수는 없습니다. 군수관련 정보체계의 지속적인 발전과 적용이나 디지털시대에 걸맞게 스마트 군수를 향한 노력이 이상적이기는 하지만 기존의 업무형태와 방법에 익숙한 업무담당자들에게는 이러한 변화가 부담스러울 수도 있습니다. 변화의 시기에 적절한 설득과 이해, 변화의 장점, 관련 학습 및 교육여건의 보장 등의 노력을 함께 고민할 필요가 있습니다.

둘째, 리스크-테이킹(Risk Taking) 풍토를 조성할 필요가 있는데, 계산된 리스크-

테이킹을 장려하는 것은 혁신과 적극적인 변화를 위한 지름길이기 때문이다(조성규, 이종원, 박지형, 2019). 군수분야의 리더(주요직위자, 정책업무담당자)는 군수업무 담당자들이 실패를 두려워하지 않고 새로운 디지털 솔루션을 제안하고 테스트하는 것을 편안하게 느낄 수 있는 환경을 조성해 줄 필요가 있다.

셋째, 지속적인 학습풍토와 협업풍토를 조성하는 것이다. 디지털 전환은 지속적인 기술 개발과 군수기능에의 응용을 필요로 한다. 교육 프로그램과 리소스의 지원을 받는 지속적인 학습 문화는 군수업무담당자들이 최신 기술에 대한 최신 정보를 유지하도록 보장한다(강희경, 2022). 또한 협업풍토는 군수업무담당자들이 여러 기능 영역에 걸쳐 협력하고 통찰력을 공유하도록 장려하게 된다(구경모, 백현미, 이새롬, 2017). 이는 교차 기능(Cross-functional) 데이터에 의존하는 디지털 솔루션의 효율성을 향상시키는 역할을 하게 된다.

(3) 군수 커뮤니케이션

복잡다단한 군수분야가 디지털시대의 스마트 군수를 구현하고 제 기능을 온전히 발휘하기 위해서는 투명한 의사소통, 교차 기능 커뮤니케이션, 디지털 플랫폼, 변화관리 커뮤니케이션, 피드백 채널 등이 요구된다. 첫째, 복잡한 군수 조직을 지휘통제하고 군수비전과 목표를 달성하기 위해서는 투명한 의사소통이 요구된다. 지속적인 디지털 전환 과정에서 명확하고 투명한 의사소통은 매우 중요하며 리더(군수주요직위자, 정책업무담당자)는 지속적인 디지털 전환의 비전, 목표 및 진행 상황을 조직 전체에 전달하고 효과적으로 소통하는 것이 필요하다(신호창, 윤선현, 2008).

둘째, 교차 기능(Cross-functional) 커뮤니케이션이 중요하다. 앞서에서도 강조하였던 것처럼 디지털 전환에는 여러 기능 또는 부서가 수반되는 경우가 대부분이기 때문에, 서로 다른 팀 간에 관련 정보와 지식이 원활하게 전달되도록 효과적인 커뮤니케이션 채널을 구축하고 활용하는 것이 요구된다(Smart & Bamum, 2000). 또한, 효과적인 커뮤니케이션을 위한 디지털 플랫폼이 요구되는데, 디지털 플랫폼, 인터넷 및 협업 소프트웨어와 같은 커뮤니케이션 도구는 특히 분산된 팀이나 원격 작업자가 있는 군수조직에서 실시간으로 관련된 정보나 지식의 공유를 용이하게 하는 장점이 있다(Shin, Choi, & Park, 2021). 다음의 인터뷰 내용은 군수업무담당자들이 강조하는 지식이나 정보공유의 중요성을 강조하고 있다.

조직내에서 지식이나 정보의 순환이나 공유가 잘 이루어져 업무수행에 적절히 활용되는 것이 이상적인 모습이지만, 군수 뿐만 아니라 어느 조직에서나 지식이나 정보의

공유는 쉽게 되지 않는다고 봅니다. 업무담당자의 입장에서는 정보독점으로 얻는 이익이 공유로 얻는 이익보다 크다고 느끼는 것이 그 이유가 될 것입니다. 디지털시대에 군수업무가 적시에 수행되기 위해서는 군수관련 정보가 공유되서 누구나 접근하고 관련업무에 효과적으로 사용되도록 보장하는 제도나 장치가 필요하다고 봅니다.

셋째, 변화관리 커뮤니케이션과 피드백 채널이다. 새로운 디지털 시스템을 구현할 때 효과적인 변화관리 커뮤니케이션을 통해 문제를 해결하고 군수업무담당자의 저항을 줄이는 것이 중요하다. 변화와 관련된 핵심 교육을 제공함으로써 군수담당자의 원활한 업무수행방식의 전환을 보장할 필요가 있다(박지만, 박현길, 2008). 또한 군수업무담당자들이 변화된 디지털 도구와 프로세스에 대한 피드백을 제공할 수 있는 채널을 제공함으로써 사용자들의 반복적인 개선과 변화의 수용과 채택을 가능하게 한다.

V. 미래 군수관리의 발전방안

1. 미래 군수자원 관리(군수모델, 프로세스, 군수시스템)

1) 군수자원관리 모델

디지털 전환에 따르는 군수 모델 개발에는 기존의 군수 자원관리 방식을 재고하고 데이터 중심의 민첩한 방법론을 채택하는 것이 중요하다. 야전군수의 현실을 직시할 때, 그동안의 군수 업무는 주로 군수업무담당자의 경험과 누적되어온 업무 수행실적 결과를 토대로 다가오는 업무를 처리하는 방식이 고착화되어 있었다. 첨단정보통신기술 기반의 디지털 기술이 보편적으로 적용되고 활용되는 현재와 미래의 군수자원의 관리는 데이터 중심으로 하는 예측분석, 시나리오 모델링, 그리고 데이터 기반 의사결정이 기반을 이룰 필요가 있다.

예측 분석이란 고급 분석기법 및 AI를 활용하여 군수자원관리 모델이 자원 요구사항을 예측하고 잠재적인 병목현상을 파악함으로써 수요의 예측을 가능하게 한다(이병무, 이성호, 권세라, 조기호, 2016). 이러한 사전 예방적 접근 방식은 군수자원이 가장 필요한 장소와 시기에 할당되도록 보장한다.

시나리오 모델링을 활용하면 디지털 도구를 통해 군수 계획자는 다양한 시나리오를

시뮬레이션하게 되고, 다양한 의사결정이 군수자원 관리에 미치는 영향을 평가할 수 있게 된다(심백선, 김광명, 박건용, 윤희용, 2012). 이는 잠재적인 위험과 기회에 대한 통찰력을 제공함으로써 전략적 계획을 강화하게 된다. 다양한 예측분석 기법과 시나리오 모델링을 사용하게 되면 군수업무 담당자들이 데이터 중심의 의사결정이 축적된다. 디지털 전환을 통해 각종 센서, 정보 소스 및 기타 플랫폼에서 수집/축적되는 방대한 양의 실시간 데이터에 액세스할 수 있기 때문에, 이러한 군수관리 모델은 정확하고 최신화된 정보를 산출하여 군수의 주요직위자와 핵심업무 담당자들이 자원 할당, 배치 및 최적화에 대하여 정보에 입각한 의사결정을 내릴 수 있게 된다(Bousdekis, Lepenioti, Apostolou, & Mentzas(2021). 이러한 이론적 근거와 야전군수의 실재를 바탕으로 다음과 같은 명제를 발전시켰다.

명제 1. 데이터기반 의사결정모델 발전은 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

2) 군수자원관리 프로세스

디지털 전환은 자동화, 최적화 및 대응성을 도입하여 전통적인 군수관리 프로세스를 재구성하고 있다. 디지털로의 지속적인 진화와 발전은 재고 추적, 공급 보충, 유지보수 일정 등의 일상적인 물류 프로세스를 자동화하고 있다. 이를 통해 수동 작업의 비효율을 줄이고 보급 및 정비업무에 있어서 군수자원 관리의 정확성을 보장하게 된다.

미래의 군수관리 프로세스는 실시간 모니터링 및 피드백을 제공하게 된다. 센서 및 IoT 장치를 통해 군수자원의 상태 및 이동 상황을 실시간으로 파악할 수 있으며, 이를 통해 수요 변화 또는 공급망 중단에 대한 신속한 조정 및 신속한 대응이 가능하게 된다(문성암 등, 2022). 앞서의 디지털 기반의 예측분석과 시나리오 모델링 및 의사결정은 군수운영 환경의 변화에 신속하게 적응할 수 있는 신속한 공급망을 구축할 수 있게 도와준다. 실시간 인텔리전스를 기반으로 군수자원을 재라우팅하여 효율적으로 할당할 수 있기 때문이다. 이러한 이론적 근거를 바탕으로 다음과 같은 명제를 발전시켰다.

명제 2. 인텔리전스 기반 정비/보급의 실시간성 제고는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

3) 군수자원관리 시스템

디지털로의 지속적인 전환은 군수관리 시스템을 근본적으로 변화시켜 상호 연결되고, 적응력이 뛰어나며, 대응력이 높아질 것으로 기대된다. 국방통합군수정보시스템로의 진화와 발전은 미래의 군수 자원관리시스템이 한층 더 통합되어 재고, 유통, 유지관리, 조달을 관리할 수 있는 중앙 집중식 플랫폼을 제공하여 군수운영과 관리를 간소화하고 조정력을 향상시킬 것으로 기대된다(박양대, 2014).

인공지능과 기계학습이 발달하면서 인공지능으로 작동하는 군수관리 시스템은 대규모 데이터셋을 분석하여 패턴을 파악하고 경로를 최적화하며 예측할 수 있게 되는데, 이 시스템은 군수업무담당자와 지휘관의 의사결정을 강화하고 자원 할당 정확도를 향상시키게 된다(신규용, 이종관, 강광희, 홍원기, 한창희, 2019). 또한, IoT 장치 및 센서 등의 발전은 서로 연결된 자원의 네트워크를 생성하여 실시간 추적 및 모니터링을 가능하게 한다. 이러한 상호 연결은 군수업무담당자와 지휘관의 상황 인식을 향상시키고 시기적절한 의사결정을 지원한다.

한편, 군수관리 시스템은 디지털 트윈 기술을 활용하여 물리적 자산의 가상 복제본을 만들 수 있다. 이러한 디지털 트윈 기술을 사용하면 구현 전에 군수자원 관리 프로세스를 시뮬레이션, 테스트 및 최적화할 수 있는 장점을 제공하게 된다(석근봉 등, 2018). 군수관리 시스템은 또한 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 방대한 양의 데이터를 저장 및 처리하게 된다. 빅 데이터 분석을 통해 군수관리 할당 전략을 파악할 수 있다(전수연, 2020).

이처럼 향후 군수자원 관리는 이러한 디지털 발전의 통합에 크게 의존하게 될 것이며, 이러한 발전은 군수 조직이 자원을 효율적으로 할당하고, 변화하는 상황에 대응하며, 전투임무와 작전수행을 지원할 수 있는 능력을 크게 향상시킬 것으로 보인다. 한편, 중요한 정보와 시스템을 잠재적 위협으로부터 보호하기 위한 사이버 보안대책을 고려하는 것 역시 중요하다. 이러한 이론적 근거와 국방군수통합정보시스템의 발전방향을 고려하여 다음과 같은 명제를 제시하였다.

명제 3. 국방통합군수정보체계의 고도화는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

2. 미래 군수조직 관리(군수구조, 군수문화, 군수 커뮤니케이션)

1) 군수조직 구조

디지털 혁신은 군수조직에 효율성과 대응성 향상을 위하여 기술을 활용하는 새로운 구조, 프로세스 및 기능을 도입하여 물류 조직을 재구성하고 있다(최선락, 김용, 2021). 미래의 군수 조직은 기능 간 협업과 신속한 의사 결정을 지원하는 보다 신속한 변화를 위한 구조를 채택할 필요성이 높다. 현재의 군수분야의 계층적 조직구조는 변화하는 군수 운영 요구사항에 보다 신속하게 적응할 수 있도록 더욱 유연한 구조로 진화할 것으로 예측된다.

미래의 군수 조직은 실시간 데이터 분석을 사용하여 의사결정을 지원하는 데이터 중심적인 조직이 될 것이다(전수연, 2020). 이는 물류 데이터에서 통찰력을 도출하는 역할을 담당하는 전용 데이터 분석 장치를 만드는 것으로 이어질 수 있다. 또한, 미래의 군수 조직은 물류나 정비 프로세스에서 새로운 기술을 탐색하고 구현하기 위한 혁신조직이나 혁신허브를 구축할 필요가 있다. 이러한 조직이나 허브는 군수기능의 핵심 브레인으로서 실험과 창의적인 문제 해결을 촉진하게 될 것이다. 그러나 무엇보다 중요한 점은 디지털 전환이 군수 조직 관리 방식을 지속적으로 재구성함에 따라, 군수조직은 향상된 리소스 관리, 향상된 대응력 및 간소화된 운영을 기대할 수 있다(이정운, 2021). 그러나 성공적인 디지털 전환은 기술 구현을 넘어 사람, 프로세스 및 기술을 조정하여 통합적이고 효과적인 물류 생태계를 구축해야 함을 주지할 필요가 있다. 이러한 이론적 근거를 바탕으로 다음과 같은 명제를 발전시켰다.

명제 4. 조직리더십 중심의 군수조직 유연성/혁신성 제고는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

2) 군수조직 문화

디지털 전환은 군수 조직 내 구성원들의 조직문화에 영향을 미치며, 군수업무담당자들이 자신의 역할과 조직의 사명에 접근하는 방식에 변화를 가져오게 된다. 디지털시대에는 기술 중심 사고방식이 요구되는데, 기술과 혁신을 적극적으로 수용하는 문화가 필수적이다(손승표, 한수범, 2019). 구성원들은 디지털 도구를 사용하고 새로운 기술을 구현하는 데 익숙해져야 한다.

디지털 기술은 나날이 진보하기 때문에 군수업무 환경 역시 지속적인 학습 문화를

요구한다. 군수업무담당자들이 기술 발전에 발맞출 수 있도록 교육 프로그램, 워크샵 및 필요한 자원을 제공할 필요가 있다. 또한, 디지털 도구는 다양한 기능과 단위에 걸친 협업을 촉진한다. 협업을 통한 정보와 통찰력의 공유를 장려하는 조직문화는 군수업무 전반에 걸쳐 효율적인 조정과 문제 해결을 촉진할 것으로 판단된다. 이러한 이론적 근거를 바탕으로 다음과 같은 명제를 발전시켰다.

명제 5. 조직리더십 중심의 군수기술 혁신수용 제고는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

3) 군수조직 커뮤니케이션

디지털 전환은 물류 조직의 커뮤니케이션 방식에 혁신을 일으키고 실시간 정보교환을 촉진하며 복잡 다단한 군수 업무의 조정을 강화하고 있다. 디지털 혁신을 통하여 개발/활용 중인 디지털 플랫폼, 인트라넷 및 협업 소프트웨어와 같은 커뮤니케이션 도구를 사용하면 분산된 환경이나 원격 환경에서도 다양한 장치와 위치에서 실시간 지식이나 정보 공유가 가능하다.

군수 관련 정보시스템이나 모바일 기기를 활용한 자동알림 기능은 관련 업무담당자에게 물류 상태, 리소스 가용성 또는 미션 요구사항의 변경 사항을 손쉽게 효과적으로 알릴 수 있다(신규용 등, 2019). 특히, 모바일 애플리케이션을 사용하면 직원이 이동 중에 업데이트를 수신하고, 발송물을 추적하고, 상호 소통할 수 있어 유연성과 대응성이 향상된다. 디지털 정보기술의 발전은 또한 지휘관과 물류 관리자에게 중요한 물류 메트릭을 표시하는 실시간 대시보드에 액세스하여 진행 중인 운영상황을 전체적으로 파악할 수 있게 도움을 준다.

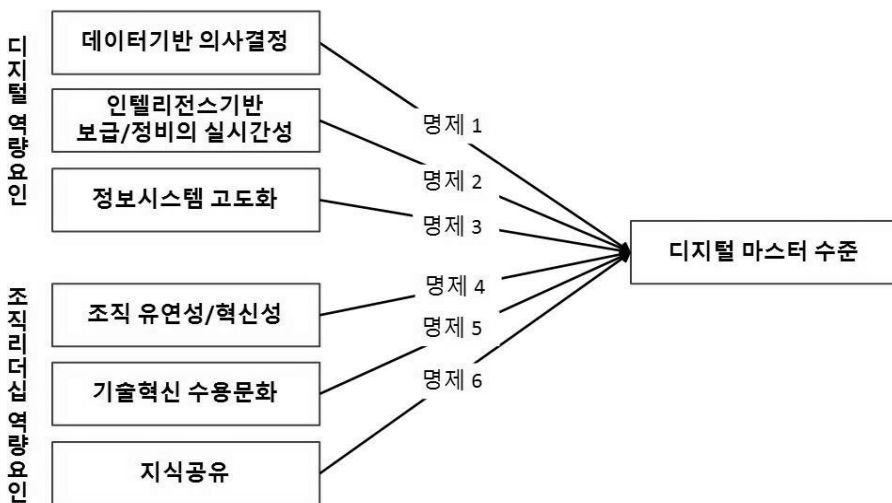
한편, 디지털 정보통신기술을 활용하여 지식과 정보를 군수 조직 전체에 공유하는 노력과 다른 한편으로 비인가자의 불법적 접근을 차단해야 하는 보안 유지가 병행될 필요가 있다. 상술하면, 상호 운용성 통신 시스템은 물류 데이터를 서로 다른 부서, 파트너 및 이해 관계자 간에 원활하게 공유할 수 있도록 보장하는 커뮤니케이션의 확산을 강조하고, 반면 군수 물류의 민감한 특성을 고려할 때, 보안 통신 프로토콜과 암호화 조치는 잠재적인 사이버 위협으로부터 군수 관련 정보를 보호하는 데 매우 중요한 역할을 하게 된다. 이러한 이론적 근거를 바탕으로 다음과 같은 명제를 발전시켰다.

명제 6. 조직리더십 중심의 군수조직 지식공유 강화는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 강화시킬 것이다.

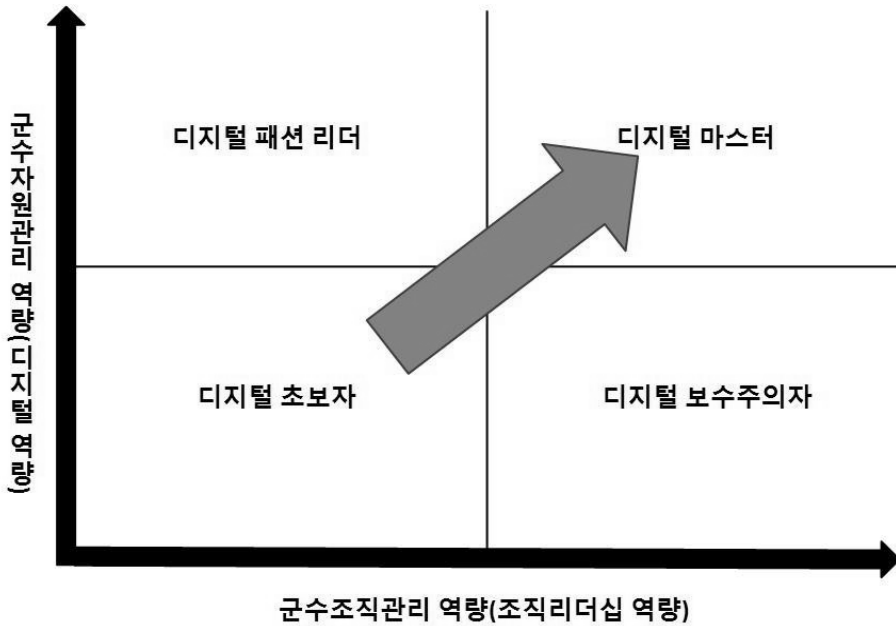
본 장인 미래 군수관리의 발전방안을 요약하면 다음과 같다. 우선, 군수자원관리 측면에서는 군수자원관리와 관계되는 기술 역량 즉 디지털 역량에 집중하여 발전방안을 제시하였다. 군수자원관리와 관계되는 군수모델, 군수프로세스, 군수시스템 측면에서 디지털 역량 제고를 위해 각각 데이터기반 의사결정모델 발전, 인텔리전스기반 보급/정비의 실시간성 제고, 국방군수통합정보체계의 고도화를 군수자원관리 발전방안의 핵심요인으로 제시하였다.

군수조직관리 측면에서는 군수조직관리의 핵심인 조직리더십의 역량에 초점을 두고 발전방안을 제시하였다. 조직관리에 있어서 중요한 3대 요소로서 조직구조, 조직문화, 조직 커뮤니케이션을 들수 있는데 이러한 요소들은 조직리더십의 역량과 역할에 따라 주로 좌우되기 때문에 조직리더십의 조직관리역량의 하위요소로 분류하여 사용하였다. 군수조직관리와 관계되는 군수 조직구조, 군수 조직문화, 군수 커뮤니케이션 측면에서 조직리더십 역량을 제고를 위해 각각 군수조직의 유연성/혁신성 제고, 군수 기술혁신 수용 제고, 군수 지식공유의 강화를 군수조직관리 발전방안의 핵심요인으로 제시하였다.

이러한 6가지 핵심요인의 강화나 제고는 군수기능의 디지털 마스터 수준을 향상시키는 데 기여할 것으로 이론연구와 군수실재의 의견을 들어 구조개념 수준에서 명제로 제시하였다. 관련된 이론연구 모형은 <그림 11>과 같다. 이러한 군수발전의 노력이 집중되었을 때 군수기능은 <그림 12>에서 보는 바와 같이 디지털 전환의 흐름에 보조를 맞춰 디지털 마스터 수준에 도달할 것으로 기대된다.



<그림 11> 군수관리 디지털 트랜스포메이션 발전방안 연구모형



〈그림 12〉 군수관리 디지털 트랜스포메이션 발전방향

VI. 결론

본 연구의 목적은 최근 발생한 우크라이나전쟁의 양상과 4차 산업혁명 시대에 첨단정보통신기술을 기반으로 하는 디지털 전환(Digital Transformation)이 우리 군과 군수업무 분야에 미치는 영향을 개괄하고 군수자원관리 분야와 군수조직관리 분야에 디지털 전환이 가져올 변화와 대응방안을 미래 군수관리 발전방안으로 제시하는 것이었다. 특히, 우리 군과 특히 군수기능 분야에서의 디지털 트랜스포메이션의 현주소를 개괄하고 문헌분석과 군수분야 주요 업무담당자와 실무담당자들을 대상으로 하는 인터뷰를 통해 정책업무와 야전실무 관점에서 군수자원관리와 군수조직관리의 고충과 한계 및 지향점을 발견하고, 디지털시대의 미래 군수자원 및 조직관리의 발전방안을 제시하는데 그 목적이 있었다. 연구분석의 틀은 Westerman et al. (2014)이 제시한 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표를 활용 및 수정하여 본 연구에 적용하였다. 군수 기능의 현장을 이해하기 위해 군수정책업무담당자 9명과 야전군수 실무자 12명을 대상으로 인터뷰를 진행하여 정책과 현장의 의견을 청취하여 본 연구에 반영하였으며, 현장의 목소리를 담아 디지털 전환시대의 미래 군수관리 발전방안을 제시하였다.

1. 연구결과의 요약

이론적 배경에서는 디지털 트랜스포메이션을 살펴보고 조직발전을 이끄는 조직혁신과 디지털 트랜스포메이션의 관계 및 국방부가 추진하고 있는 국방혁신 4.0과의 연관성을 살펴보았다. 선진 외국군의 사례와 한국군의 디지털화 현주소 섹션에서는 우선 미국, 중국 등 6개국 외국군의 디지털 트랜스포메이션 노력을 살펴보면서 국가별 공통적인 추진현황과 국가별 특징적인 디지털화의 노력을 조사하여 요약하였다. 이어서 한국군의 디지털화의 현주소를 요약하면서 선진 외국군과 비교하여 분석하였다.

연구방법과 군수관리 디지털 트랜스포메이션 분석 섹션에서는 본 연구에서 적용한 정성적 연구방법인 인터뷰 방법을 사용하여 군수기능 정책업무담당자와 야전실무담당자 21명에 대한 심층인터뷰 진행상황과 결과를 요약분석하여 제시하였다. 앞서의 문헌연구와 인터뷰 과정에서 얻는 군수담당자들의 의견을 바탕으로 군수자원 및 군수조직관리 상의 디지털 트랜스포메이션 수준 인식과 필요요인 및 디지털화를 위한 발전 제안사항을 식별하는 분석을 실시하였다. 군수자원관리 분야에서는 군수(물류)모델, 군수프로세스, 군수시스템 별로 디지털 변혁요소를 제시하고, 군수조직관리 분야에서는 요구되는 조직구조, 조직문화, 조직커뮤니케이션을 위한 변혁요소를 제시하였다. 미래 군수관리의 발전방안 섹션에서는 앞서의 분석을 바탕으로 향후 군수발전을 위해 군수자원관리분야와 군수조직관리분야의 핵심요소별로 군수기능이 디지털마스터 단계로 진화하기 위한 발전방안을 제시하였다.

분석결과를 요약하면, 군수기능의 디지털역량 향상을 위한 미래 군수자원관리에서는 첫째, 고급 분석기법 및 AI를 활용한 데이터 기반의 예측 분석과 시나리오 모델링을 통해 데이터 기반 의사결정 능력을 발전(군수보급/정비 모델 측면)시킬 필요가 있다. 둘째, 보급/정비 프로세스를 실시간 모니터링하고 적시적인 피드백을 제공함은 물론, 수요변화가 발생하거나 공급망 중단사태 발생시 신속조정과 신속대응이 가능하도록 보급/정비의 실시간성을 향상(군수프로세스 측면)시키는 것이다. 셋째, 통합군수정보체계 고도화와 사용자들이 해당체계 사용을 용이하게 하고 사용 유성성을 담보함으로써 업무담당자들로 하여금 통합군수정보체계에 대한 시스템 효능감을 제고(군수시스템 측면)할 필요가 있다.

군수기능의 조직리더십 역량 향상을 위한 미래 군수조직관리에서는 첫째, 직무중심의 조직에서 데이터 중심의 유연한 군수조직으로 진화하기 위해서 조직유연성 제고가 필요하고, 실험과 창의를 통한 문제해결을 장려하는 군수혁신 허브를 구축/발전시키는 등의 군수조직 혁신성 제고(군수조직 측면)가 필요하다. 둘째, 디지털시대에는 기술중

심의 사고방식이 더욱 요구된다. 따라서 혁신기술 수용문화의 장려가 필요할 뿐만 아니라 데이터중심의 혁신과 창의가 발휘되고 업무에 효과적으로 적용되기 위해서는 협업 문화의 지속적인 발전(군수문화 측면)이 요구된다. 셋째, 군수(보급/정비)업무의 유연성과 대응성을 향상하기 위해서는 디지털기술 기반의 실시간 정보제공과 지식의 공유가 가능한 커뮤니케이션 활성화(군수 커뮤니케이션 측면)가 필요하다. 지식과 정보의 공유와 활용은 조직성과와 조직발전의 핵심요인이다. 이러한 분석결과를 바탕으로 구조개념 수준의 군수관리 디지털 트랜스포메이션 발전방안 연구모형을 <그림 11>로 제시하였고, 미래 군수관리 디지털 트랜스포메이션 발전방향을 <그림 12>로 설명하였다.

구 분	인터뷰 내용	정책적 함의
군수 자원 관리	· 통합정보체계에서 적정재고 유지가 필요하나 업무 편의상 과도재고 보유	· 체계상의 재고데이터를 분석하여 적정재고를 판단하여 관리
	· 통합정보체계 고도화와 업무용 휴대폰 지급을 통해 담당자가 모바일상황에서 실시간 모니터링과 군수흐름 확인과 업무처리가 가능한 환경 구축 필요	· 통합정보체계 고도화를 통해 군수자산의 흐름이 실시간으로 모니터링이 가능하도록 개선하고, 모바일상황에서도 실시간 군수흐름 확인과 업무처리가 가능하도록 업무용 휴대폰 지급
	· 야전 말단제대와 격오지부대의 정보체계망의 확대와 성능개선의 선행이 필요	· 통합정보체계의 신뢰성 확보와 고도화를 위한 필수선행 사업임
군수 조직 관리	· 육군의 미래혁신센터처럼 군수분야 혁신을 견인할 혁신센터나 제대별 혁신허브 구축 필요	· 군수분야 혁신을 견인/선도할 군수혁신센터의 구축과 제대별 혁신허브 형성을 통하여 지속적인 군수혁신성 제고 노력 병행
	· 통합정보체계의 디지털 전환뿐만 아니라 군수조직 구성원의 디지털 전환이 필요	· 군수조직 구성원의 디지털 마인드와 디지털기반 업무수행능력 제고를 위한 지속적인 교육기회 제공 필요
	· 군수조직내 정보(지식)의 순환과 공유 환경 구축 필요	· 조직이 발전하고 혁신하려면 조직내 정보나 지식의 순환과 공유를 통한 활용이 절실히 요구되므로 지식공유의 문화확산을 위한 노력이 필요

<표 4> 인터뷰 결과 요약과 정책적 함의

추가로 인터뷰 결과를 본문에 직접적으로 반영한 내용과 해당 내용의 정책적 함의를 요약하면 <표 4>와 같다. 우선 군수자원관리 측면에서 직접인용한 인터뷰 내용을 보면, 통합정보체계를 활용함에도 불구하고 적정재고보다는 편의상 과도재고를 보유하는 경유가 있다. 체계상의 데이터 분석을 통해 적정재고를 유지하기 위한 업무담당자의 노력

이 병행될 필요가 있다. 군수업무의 실시간 모니터링과 실시간 업무처리를 위해서 통합 정보체계의 고도화와 모바일 단말기(업무용 휴대폰) 지급의 필요성을 제기하였다. 체계의 고도화와 모바일 기기의 보급과 활용은 군수(물류/정비)흐름의 실시간 모니터링과 실시간 업무처리를 가능케 할 것이다. 또한, 야전말단제대와 격오지부대에서 정보체계망의 확대와 성능개선이 필요함을 강조하였다. 인터넷 정보강국의 위상답게 우리 군의 정보체계 기반과 성능이 야전이나 격오지라해서 취약점을 보이지 않도록 지속 개선할 필요가 있다.

군수조직관리 측면에서 직접 인용한 인터뷰 내용을 확인하면, 군수분야의 혁신을 견인할 조직체의 필요성을 제기한 인터뷰 내용을 담았다. 육군의 미래혁신센터와 같이 군수분야에서의 혁신을 모니터링하고 견인할 혁신센터와 제대별 혁신허브의 형성이 필요하며, 이를 통한 지속적인 디지털 전환을 위한 노력이 병행되어야 첨단기술의 발전을 따라갈 수 있을 것이다. 물리적인 업무환경이나 시스템 측면에서의 디지털 전환뿐만 아니라 군수조직 구성원들의 디지털 마인드 형성과 디지털 업무역량 향상 역시 관심을 가져야 할 것이다. 구성원들의 변화에 대한 수용과 디지털 환경에서의 업무수행 역량의 향상과 병행없이 디지털 전환의 완성은 요원할 수밖에 없다. 이를 위해, 지속적인 교육 기회를 제공하기 위한 교육체계 발전도 필요하다. 또한, 군수조직내에서 관련 지식이나 정보의 순환이나 공유가 가능하여, 담당자들이 업무에 적극 활용할 수 있는 환경을 조성해 주어야 할 것이다. 조직발전의 핵심은 구성원들 사이에서 정보나 지식의 편중이나 집중이 아니라 공유와 순환임을 명심할 필요가 있기 때문이다.

군수관리분야에서의 통합정보체계 고도화와 모바일 기반의 실시간 군수업무 모니터링과 업무처리 환경 조성사업과 군수조직관리 분야에서의 군수분야 혁신을 견인/선도할 군수혁신센터의 구축과 제대별 혁신허브 형성을 통하여 지속적인 군수혁신성 제고 노력과 군수조직 구성원의 디지털 마인드와 디지털기반 업무수행능력 제고를 위한 지속적인 교육기회 제공 필요성은 현 정부하에서 국방부가 추진하는 국방혁신 4.0의 주요과제로 선정하여 우선 추진될 필요가 있는 정책과제로 판단된다.

2. 연구의 시사점

이론적으로는 군수관리 분야에서 디지털전환의 큰 흐름에 따른 군수자원관리측면과 군수조직관리측면의 변화 양상과 미래 군수관리방향을 제시하였다는데 의의가 있다. 특히, Westerman et al. (2014)이 제시한 디지털 마스터리 수준과 2가지 지표의 디지털 트랜스포메이션 분석 틀을 활용하여, 디지털 역량 측면은 군수자원관리 상의

군수모델, 군수프로세스, 군수시스템 측면에서의 디지털 역량을 구체화하였으며, 리더십역량 측면은 군수조직관리 상의 조직구조, 조직문화, 조직커뮤니케이션 측면의 세부 구조개념으로 구체화하여 향후 연구가능한 디지털 트랜스포메이션 발전 연구모형을 제시하였다는데 의의가 있다. 본 연구는 한마디로 Westerman et al. (2014)의 디지털 트랜스포메이션 연구모형의 발전을 가져왔다는데 그 의의가 있다.

실무적으로는 군수자원 관리분야에서 군수자원관리 모델, 군수자원관리 프로세스 개선, 군수시스템 발전 방안을 제시하여 해 분야 업무혁신과 업무추진방향 제시에 기여하였다. 상술하면, 군수자원관리를 위한 디지털역량을 제고하기 위해서는 데이터기반의 사결정모델 발전, 인텔리전스 기반 보급/정비의 실시간성 제고, 국방군수통합정보체계의 고도화에 중점을 두도록 제안하였다. 군수조직 관리분야에서 물리적 조직관리 상에서 디지털화의 기여, 바람직한 군수 조직문화 정착, 구성원 간 커뮤니케이션의 획기적인 발전방안을 제시하여 해당 분야 업무혁신과 업무개선 방향제시에 기여하였다. 특히, 군수조직관리를 위한 조직리더십 역량을 제고하기 위해서는 조직구조의 유연성과 혁신성을 제고하고 기술혁신을 적극적으로 수용하는 조직문화 장려, 지식과 정보가 활발히 공유되도록 하는 조직 커뮤니케이션 시스템의 발전을 노력의 중점으로 제시하였다.

3. 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구의 한계는 문헌연구를 통한 이론제시와 선진사례연구에서 발췌한 자료, 정성적인 연구방법인 인터뷰를 통해서 군수정책과 야전군수의 담당자를 대상으로 한 현장의 목소리에 중점을 두었다. 이에 본 연구는 두가지 한계점에 노출되었다. 첫째, 연구방법론 측면에서 인터뷰와 같은 정성적인 연구방법은 설문조사나 기타 객관적으로 획득 가능한 실질 데이터와 연계하여 분석했을 때 그 연구결과의 가치가 신뢰성과 타당성이 확보되는데 본 연구는 정성적 수준의 인터뷰와 문헌연구에만 치중된 한계를 드러냈다. 둘째, 가능한 수준에서 향후 군수분야 디지털 트랜스포메이션 발전방안 연구모형을 문헌분석과 인터뷰분석에서 도출하여 연구모형과 명제를 제시하였는데 이는 구조개념 수준에 머물러 있다.

따라서, 향후 연구방향은 본 연구에 더하여 군수분야 각계각층의 업무종사자를 대상으로 추가적인 심층 인터뷰의 진행, 객관적인 데이터의 확보와 활용, 설문조사로 실증연구의 확대가 필요하겠다. 본 연구에서 제시한 구조개념연구모형과 명제를 실증분석 가능한 연구모형과 가설로 발전시켜 연구의 객관성을 확보할 필요가 있다.

다른 한편, 본 연구는 군수관리의 내부자인 군수정책 관리자나 야전군수 실무자의 관점에서 군수관리의 디지털 트랜스포메이션 발전방안을 살펴본 연구이다. 군수기능이 군 전체의 관점에서 역할과 사명을 다하기 위해서는 내부자의 관점이 아닌 수요자의 중심의 서비스 관점(On-Demand Service Perspective)에서 군수관리의 디지털전환의 발전방안을 조사할 필요가 있다(김용진, 2018). 따라서, 군수기능 외부의 관계자들을 대상으로 동일 연구를 실시한 다음 그 결과를 비교 연구하는 것도 의의가 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 강태우, 하길문, & 김병주. (2020). 4 차 산업혁명 스마트 국방혁신 성과와 발전방향. 국방과 기술, 502, 62-71.
- 강희경. (2022). 구성원이 인식한 조직학습문화가 조직 커뮤니케이션을 매개로 과업·매력성과에 미치는 영향에 관한 연구. 벤처창업연구, 17(3), 201-214.
- 구경모, 백현미, & 이새롬. (2017). 개방형협업 참여자의 지식창출·지식공유 구조와 혁신 성과: 오픈소스 소프트웨어 개발 커뮤니티를 중심으로. 지식경영연구, 18(4), 287-306.
- 국방개혁실. (2022). 국방혁신 4.0 홍보자료
- 김가희. (2017). 경로 특성에 따른 정시성을 고려한 군 물류 네트워크 연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 김두환, & 박호정. (2020). 4 차 산업혁명에 따른 군사보안 발전방안 연구. 융합보안논문지, 20(4), 47-59.
- 김민식, & 손가녕. (2017). 제4차 산업 혁명과 디지털 트랜스포메이션의 이해. 정보통신정책연구 동향, 29(3), 26-32.
- 김민하, 안미리. (2003). “디지털 리터러시 능력확인을 위한 문항개발 및 능력평가”, 교육정보미디어 연구, 9(1), 159~192.
- 김상진, 하규수. (2021). “디지털 역량과 개인적 역량이 경제활동 지속 의도에 미치는 영향 : 물 모델의 조절 효과를 중심으로”, 벤처창업연구, 16(5), 125~141.
- 김시곤, & 안승범. (1999). GIS 를 활용한 위험물 수송관리시스템개발: 울산시 사례연구. 대한교통학회지, 17(2), 29-40.
- 김용진. (2018). 디지털전환 시대의 변화와 기업의 대응 방안. ie 매거진, 25(1), 20-24.
- 김일겸. (2021). “디지털 전환 시대, 일하는 방식의 재구성(5)”, Forbes Korea, 9, 148.
- 김재전, 박형호, 유일, & 소순후. (2003). 성공적인 SCM 을 위한 공급사슬 파트너십의 구조적 관계 모형에 관한 연구. 한국정보전략학회지, 6(1), 61-82.
- 김종열. (2018). 미래 무기체계와 군사과학기술 발전추세 분석: 미국을 중심으로. 전략연구, 25(3), 79-108.
- 김종철 등. (2020). “디지털 트랜스포메이션 성공요인 우선순위에 대한 기업과 정부의 인식차이 연구”, 코리아비즈니스리뷰, 24(3), 105~124.
- 김태용, 박재현, & 강경식. (2005). 물류시스템에서 공급망 관리를 위한 push, pull 통제 전략의 비교. 대한안전경영과학회 학술대회, 159-162.
- 노규성. (2021). “뉴노멀 시대의 디지털 기반 전략경영에 관한 연구”, 한국융합학회논문지, 12(6), 151~160.
- 문성암, 이정환, 최경환, 최진우. (2022). 4차 산업혁명기술 시대의 스마트 군수 Smart Logistics, 한경사, 서울.

- 박범주, 이해준. (2015). “기술리더십 역량모델 개발에 관한 연구 : IT기업 사례를 중심으로”, 한국경영과학회, 32(2), 1~14.
- 박상준, 김지원, 김경민, & 김희동. (2018). 증강현실 기반의 소부대 야외 전술훈련체계 알고리즘. 융합보안논문지, 18(4), 81-87.
- 박세훈, 김태호, 정희진, & 최운기. (2018). 에이전트 기반 모델링을 이용한 공군 항공수송 경로 최적화에 관한 연구. 로지스틱스연구, 26(3), 59-76.
- 박양대. (2014). 미래 군수지원체제 발전방향-지상군을 중심으로. 군사발전연구, 8(1), 115-141.
- 박지만, & 박현길. (2008). 사내 커뮤니케이션을 통한 변화관리가 IT 디자인 벤처기업의 조직몰입에 미치는 영향 연구. 한국디자인문화학회지, 14(4), 191-204.
- 박지현, 류승완. (2020). “디지털 트랜스포메이션 수용 결정요인과 사용의도에 관한 연구”, 한국경영정보학회 추계학술대회, 342~343.
- 석근봉, 김윤미, 이광영, 김형삼, & 이재경. (2018). 디지털 트윈 기술의 국방분야 적용 방안. 국방과 기술, (475), 108-117.
- 설현주, & 전기석. (2022). AR (증강현실)/VR (가상현실) 활용한 군 교육훈련 사례 연구. 융합보안논문지, 22(5), 107-113.
- 손승표, & 한수범. (2019). 정보 및 생산의 파괴적 혁신에 관한 4 차산업혁명 대응 연구: e-Business 환경 하에서의 혁신 정책과 사례를 중심으로. e-비즈니스연구, 20(1), 165-180.
- 송민규, & 마정목. (2022). 공군 수리부속 수요 데이터 분석기간 설정에 관한 실증연구. 한국산학기술학회 논문지, 23(2), 179-185.
- 송태은. (2022). 2022 년 러시아-우크라이나 전쟁의 정보심리전: 내러티브·플랫폼·세 모으기 경쟁. 국제정치논총, 62(3), 213-255.
- 신규용, 이종관, 강광희, 홍원기, & 한창희. (2019). 국방군수분야에서 인공지능 (AI) 기술의 활용 실태 분석 및 발전방향 제시. 디지털콘텐츠학회논문지, 20(12), 2433-2444.
- 신호창, & 윤선현. (2008). 바람직한 조직문화 형성을 위한 사내 커뮤니케이션 진단. 홍보학연구, 12(2), 44-81.
- 심백선, 김광명, 박건용, & 윤희용. (2012). 군수 시뮬레이션을 위한 BDI 기반 종합 에이전트 모델링. 한국정보과학회 학술발표논문집, 39(1B), 109-111.
- 안규희, 이기열, & 정목동. (2006). RFID 애플리케이션을 위한 엔터프라이즈 애플리케이션 프레임워크와 비즈니스 프로세스 모델. 한국정보과학회 학술발표논문집, 33(2D), 796-801.
- 왕재선, & 김서용. (2009). 조직혁신의 다차원성과 결정요인: 혁신속도, 범위 및 빈도를 중심으로. 한국행정학보, 43(3), 73-99.
- 우태영. (2023). 우크라이나 전쟁이 보여준 미래전의 모습들, 주간조선.
<http://weekly.chosun.com/news/articleView.html?idxno=25756>
- 유우연, 양재경, 정훈, & 나동길. (2008). 물류센터 분산재고 관리 방안 연구. 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 951-958.

- 윤 솔. (2023). “생생한 전장 빅데이터 쌓아라” 첨단 AI기술 실험장된 우크라戰 [세계는 지금], 세계일보, <https://m.segye.com/view/20230815511881>
- 이근호, & 김현수. (2016). 지속가능경영을 위한 역물류 세부요인에 대한 연구 (다국적 정보통신 기업을 중심으로). 로지스틱스연구, 24(2), 1-14.
- 이병무, 이성호, 권세라, & 조기호. (2016). 미래 작전지속지원능력 보장을 위한 군수분야 예측 시스템 구축: 빅데이터 중심. 국방과 기술, (454), 120-135.
- 이상원. (2017). “디지털 트랜스포메이션 사회와 새 정부의 산업정책 방향”, 언론정보연구, 54(4), 35~66.
- 이상진. (2023). 재고모형 연구, 국방대학교, 논산.
- 이수익, 백승령. (2023). 디지털 역량과 리더십 역량이 디지털 트랜스포메이션에 미치는 영향: 위험감수성향의 조절효과를 중심으로, 국방연구, 66(1), 87-115.
- 이순규, 최수빈, & 김희웅. (2019). 이러닝 만족도 증진을 위한 탐색적 연구: 텍스트 마이닝과 인터뷰 혼합방법론. 경영정보학연구, 21(1), 39-59.
- 이승주. (2021). 중국 ‘우주 굴기’의 정치경제: 우주산업정책과 일대일로 연계의 중심으로. 사회과학연구, 28(1), 107-129.
- 이영욱. (2020). 드론의 효과적인 군사분야 활용에 관한 연구. 융합보안논문지, 20(4), 61-70.
- 이완형. (2019). 비즈니스 전략으로서 디지털 트랜스포메이션에 관한 연구: 유통의 ‘토탈 디지털 비즈니스 프레임워크’구축 전략. 유통경영학회지, 22(3), 85-99.
- 이용규. (2003). 공급망 관리의 이해. 정보과학회지, 21(10), 67-73.
- 이은재. (2020). “4차 산업혁명시대 스마트 유통 연구의 주요과제 : 공급망관리를 중심으로”, e-비즈니스 연구, 21(6), 101~115.
- 이은정. (2020). 국방 클라우드 보안성 향상을 위한 엣지컴퓨팅 적용방안 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- 이정윤. (2021). 물류산업의 디지털 전환과 상생 발전을 위한 거버넌스 구축 방향. 월간교통, 12-17.
- 이종욱, & 권오훈. (2021). 블록체인 기반 공급망 추적성 분야 연구 동향 분석. 정보화정책, 28(2), 3-33.
- 임준오, & 박종구. (2016). 군수지원체계에서 예산과정에 의해 발생하는 정보왜곡과초과재고 및 재고부족 분석. 한국시물레이션학회 논문지, 25(4), 65-75.
- 임현태, & 최경일. (2002). 객체지향형 우편물류 운송관리 시스템. 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 79-86.
- 장민희, 이재훈, 이재민, & 김동성. (2021). ICT 기반 스마트 국방 물류창고의 자동화 시스템 연구 동향. 한국통신학회 학술대회논문집, 328-329.
- 전수연. (2020). 민간 신기술의 국방 분야 도입방안에 대한 연구. 한국산학기술학회 논문지, 21(5), 249-256.

- 조성규, 이종원, & 박지형. (2019). CEO 특성이 중소기업의 가치혁신전략과 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구. *대한경영학회지*, 32(9), 1505-1533.
- 조재인. (2010). 공급사슬상의 도서메타데이터 생성·유통에 관한 고찰. *한국문헌정보학회지*, 44(3), 61-80.
- 조한승. (2021). 이스라엘의 군사혁신과 혁신국가 전략의 연계. *사회과학연구*, 60(3), 247-270.
- 주우삼, 백승훈, & 김성경. (2021). 자율주행자동차의 군 적용방안. *국방과 기술*, (504), 80-89.
- 진희주, 김훈태, & 이용한. (2013). RFID 기반 물류관리의 신뢰성 향상을 위한 상황인지 시스템 개발. *한국전자거래학회지*, 18(2), 223-240.
- 최선락, & 김용. (2021). 군수 데이터 활용 생태계 확장을 통한 군수혁신 추진. *국방과 기술*, (508), 46-55.
- 최선락, 임진한, 이찬하, & 김용. (2021). 국방 군수혁신... 스마트팩토리 추진으로 [디지털 정비 생태계] 를 조성한다!(II). *국방과 기술*, (504), 110-121.
- 최인수, 고현호, 이승진. (2020)., 스마트 국방혁신을 위한 국방 디지털 전환 추진방안, KIDA Brief, 2020-군사-28, 1-4.
- 최재혁, 김완주, & 임재성. (2019). 국방정보시스템 사이버복원력 수준 평가를 위한 성숙도모델에 관한 연구. *정보보호학회논문지*, 29(5), 1153-1165.
- 최혁준. (2010). 국제물류보안 강화에 따른 리스크 관리 방안. *기업과혁신연구*, 3(1), 1-26.
- 한창희, & 이종관. (2019). 국방 AI 지휘통제 플랫폼 구축방안. *한국통신학회논문지*, 44(4), 774-781.
- 황용환, & 백승령. (2014). 물류흐름 가시성과 시스템에 대한 자기효능감이 과업성과에 미치는 영향. *국방연구 (안보문제연구소)*, 57(4), 185-216.
- 홍성우, 최윤희, 김광용. (2019). “디지털 트랜스포메이션 역량지표 개발에 관한 연구”, *한국IT정책경영학회 논문지*, 19-10, (2019), 1317-1381.
- Ball, D., & Tanter, R. (2012). The Transformation of the JASDF's Intelligence and Surveillance Capabilities for Air and Missile Defence. *Security Challenges*, 8(3), 19-56.
- BBC News(May, 17. 2021). How Israel's Iron Dome missile shield works (<https://www.bbc.com/news/world-middle-east-20385306>).
- Bousdekis, A., Lepenioti, K., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2021). A review of data-driven decision-making methods for industry 4.0 maintenance applications. *Electronics*, 10(7), 828.
- Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Metaanalysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, 34, 555-590.
- De Jonge, B., & Scarf, P. A. (2020). A review on maintenance optimization. *European journal of operational research*, 285(3), 805-824.

- Department of Defense. (2022). Summary of The Joint All-domain Command and Control(JADC2) Strategy.
- Department of Defense INSTRUCTION 4151.22. (2020). Condition-based Maintenance Plus For Material Maintenance.
- Ghobakhloo, M.(2020). “Determinants of information and digital technology implementation for smart manufacturing”, *International Journal of Production Research*, 58(8), 2384~2405.
- Golhar, D. Y., & Stamm, C. L. (1991). The just-in-time philosophy: a literature review. *The International Journal of Production Research*, 29(4), 657-676.
- Gopalakrishnan, S., & Damanpour, F. (1997). A Review of Innovation Research in Economics, Sociology and Technology Management. *Omega. International Journal of Management Science*, 25(1), 15-28.
- Hage, J., & Aiken, M. (1970). Program Chagem and Organizational Properties: A Comparative Analysis. *American Journal of Sociology*, 72, 503-519.
- Karpik, K.(2018). “Large Scale Agile Transformation : Challenges and success factors of talent management in large financial institutions”, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
- Lambert, D. M., García-Dastugue, S. J., & Croxton, K. L. (2008). The role of logistics managers in the cross-functional implementation of supply chain management. *Journal of business logistics*, 29(1), 113-132.
- Lee, M. X., Lee, Y. C., & Chou, C. J. (2017). Essential implications of the digital transformation in industry 4.0., *Journal of Scientific & Industrial Research*, 76, 465-467.
- Lingel, S., Hagen, J., Hastings, E., Lee, M., Sargent, M., Walsh, M., ... & Blancett, D. (2020). Joint all-domain command and control for modern warfare. Santa Monica, RAND Corporation.
- Martin, A. (2008). Digital literacy and the “digital society”. In C. Lankshear & M. Knobel (Eds.), *Digital literacies* (pp. 151-176). New York, NY: Peter Lang.
- Moffat, J. (2010). *Complexity theory and network centric warfare*. Diane Publishing.
- Moharana, H. S., Murty, J. S., Senapati, S. K., & Khuntia, K. (2012). Coordination, collaboration and integration for supply chain management. *International Journal of Interscience Management Review*, 2(2), 46-50.
- Mumford, M. D., Zaccaro, S. J., Connelly, M. S., & Marks, M. A.(2000). “Leadership skills : Conclusions and future directions”, *Leadership Quarterly*, 11(1), 155~170.

- Osmundsen, K.(2018), “Digital Transformation: Drivers, Success Factors, and Implications”, Mediterranean Conference on Information Systems, Proceedings.
- Pandey, A., Masin, M., & Prabhu, V. (2007). Adaptive logistic controller for integrated design of distributed supply chains. *Journal of Manufacturing Systems*, 26(2), 108-115.
- Pierce, J. L. & Delbecq, A. L. (1977). Organization Structure, Individual Attitude and Innovation. *Academy of Management Review*, 2(1), 27-37.
- Schulze, D., & Godehardt, N. (2017). China 4.0: party and society debate the digital transformation.
- Shin, K., Choi, H. J., & Park, S. (2021). Developing a digital twin and extended reality based future integrated combat training platform under 5g. *Journal of Digital Contents Society*, 22(4), 727-735.
- Smart, K. L., & Barnum, C. (2000). Communication in cross-functional teams: an introduction to this special issue. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 43(1), 19-21.
- Teixeira, H. N., Lopes, I., & Braga, A. C. (2020). Condition-based maintenance implementation: a literature review. *Procedia Manufacturing*, 51, 228-235.
- Townsend, S. J. (2018). Accelerating Multi-Domain Operations. *Military Review*, 4-7.
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). "Leading Digital : Turning technology into business transformation", Harvard Business Review Press.

전략적 보급수준 결정

국방대학교 교수 문성암

국방대학교 교수 장용진

국방대학교 박사과정 남광식

국방대학교 박사과정 임정혁

- I. 서론
- II. 보급수준 개요와 한계점
- III. 전략적 보급수준 결정 방안
- IV. 결론

요약문

보급수준(Supply Level)에 대한 사전적 정의는 ‘가장 경제적이면서도 효율적으로 보급운영의 지속성을 보장하기 위한 통제수단의 일환으로 재고로 확보 및 운영되어야 할 물량이 얼마이며, 또한 필요한 물량을 획득하는 기간 동안의 수요량을 충족하는 용어(육군본부, 2022)’이다. 이를 비유하면 보급수준은 물탱크에 저장되어 있는 물과 같다고 할 수 있다. 추가적인 급수가 없다고 할 때, 물이 없다면 급수가 지연되거나 중단될 것이고 물탱크가 너무 크다면 합리적인 보급운영이 어려울 것이다. 이러한 이유로 적절한 크기의 물탱크(적정 보급수준)를 가지는 것이 필요하다.

보급수준은 한국전쟁 이후 우리 군에 도입되었으며 시대 흐름에 따라 보급수준이 증가 또는 감소하면서 군 현실에 적합한 재고 정책이 적용되도록 변화하였다. 그러나 현행 보급수준은 전·평시에 대한 구분 없이 획일적으로 보급수준 일수가 설정되어 있고, 이를 산출한 명확한 과학적·논리적 근거가 남아있지 않아 변화하는 주변 환경(군사 전략적 목표, 수송여건 개선, 군수정보체계 고도화 등)에 맞춰 적절하게 보급수준이 변화해야하나 그러지 못하는 실정이다. 이러한 문제점을 육군에서도 인식하여 문성암 등

(2022)이 수행한 평시 및 전시 보급수준에 대한 연구가 수행되었으며, 민간에서 수행한 관련 연구는 김영주(2014)의 연구가 있다. 위 두 연구는 평시 보급수준을 감소시켜 보급운영의 효율성을 높이는 방안을 제시하였다. 그러나 위 두 연구 모두 전시 보급수준에 대해서는 연구에 포함하지 하지 않거나(김영주, 2014), 개념적인 수준으로만 제시하였다(문성암 등, 2022). 따라서 본 연구는 선행연구의 한계점을 보완하고 최근의 전쟁사례 교훈을 반영하여, 전시 보급수준 일수에 대한 명확하고 과학적인 근거를 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 이용하여 분석 및 제시할 뿐만 아니라 전시 전환을 고려한 전략적 보급수준 산정에 대해 제시하고자 한다.

먼저 경영전략의 관점에서 '전략적 보급수준'을 개념을 정의하였다. 군은 국가안보를 담당하는 조직으로, 군에 부여된 임무를 고려하면 평시의 보급운영 효율성 보다 전쟁에서 승리할 수 있는 효과성이 더 중요하다고 할 수 있다. 구체적으로 살펴보면 이는 평시 보급운영의 비효율성의 비용보다 전쟁에서 패배하여 발생하는 기회비용이 더 크기 때문이다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준은 평시 보급운영의 비효율성을 감내하더라도 전시 상황에서 높은 수요충족률을 만족시킬 수 있는 보급수준으로 정의할 수 있다. 전략적 보급수준의 최대 일수는 전시 동원 단계를 고려하여 최대 30일로 설정하였다.

연구모형은 시스템 다이내믹스를 활용하여 구축하였다. 이는 보급수준에 영향을 미치는 요인은 수요, 사용자 대기시간(CWT), 제대별 보급수준 인가량, 할당방식 등 매우 다양한데, 시스템 다이내믹스는 복잡계(Complex System)을 연구하는 방법론으로 위의 다양한 요인들의 피드백, 정보 및 물질 흐름에 대한 시간 지연을 모델에 적용할 수 있기 때문에 재고관리 연구에 적합하다고 알려져 있기 때문이다(곽상만, 유재국, 2016).

보급수준이 편성부대로부터 군수사령부까지 제대별로 구분되어 있기 때문에 연구모형은 편성부대 ~ 군수사령부의 다단계 보급체계를 반영하여 구축하였다. 구체적으로 편성부대는 규정휴대량(PL, Prescribed Load)의 하나의 보급수준을 가지고, 사단과 군수지원여단은 운영수준(OL, Operation Level), 발주 및 수송시간(OST, Order and Shipping Time)의 두 개의 보급수준을 가지며 군수사령부는 안전수준(SL, Safety Level)의 하나의 보급수준을 가지는 것으로 연구모형에 반영하였다. 그리고 문성암 등(2023)이 수행한 육군의 저장 군수품 자산관리체계에서 제시하는 제대별 보급수준 산정 기준을 반영하여 각 제대가 발생한 수요에 근거하여 일일 수요율(Daily Demand Rate)을 산출하고, 이를 지정된 보급수준 일수에 곱하여 구체적인 목표 재고량을 산출하도록 하였다. 또한, 군수지원여단 예하 제대는 위 과정처럼 설정된 목표 재고량에 근거하여 현 재고가 목표 재고량 보다 낮을 경우 상급 지원부대로 청구하여 보급받는 현실의 보급운영

체계 모습을 반영하여 제대별 보급거래를 묘사하였고, 군수사령부에서는 실제 사용자 부대(편성부대)의 수요를 종합하여 연간유지소요와 보급수준 소요를 산출하고 이를 조달하는 현실의 군수품 조달체계 모습을 반영하였다. 연구모형의 성과지표로써 남광식, 문성암(2022)의 연구를 참고하여 단위 재고유지비용을 1로, 단위 재고부족비용을 9로 가정하고 이를 각 제대별 재고량과 미납주문량(Backlog)에 곱하여 공급사슬의 총 비용을 산출하였다. 이와 같이 계산된 총 비용은 품목별 최적 보급수준 산출 시 목적함수로 활용하였다. 이어서 연구모형의 타당성 평가는 Barlas(1994, 1996)이 제시하는 구조 타당성 평가(Structure Validity), 동태 타당성 평가(Behavior Validity)를 수행하여 검증하였다.

연구모형을 구축한 다음 연구 대상이 되는 품목의 거래실적 데이터를 분석하여 연구 모형에 반영할 수요와 리드타임의 분포 형태와 모수를 산출하였다. 먼저, 품종은 편성 부대에서부터 군수사령부까지 보급수준을 유지하는 9종으로 선택하였으며 세부적인 품목은 수리부속 중에서 가장 수불행위가 활발히 발생하는 나사, 기계용(NIIN : 0005 13609), 핀, 발사용(NIIN : 007310080), 총열 및 가늠쇠 뭉치(NIIN : 375000377), 송수화기(NIIN : 375031045), 안테나 세트(NIIN : 375024621) 이상 5개 품목을 선정하였다. 선정된 품목에 대해서 편성부대의 일일 평균 수요량과 사단 리드타임(사단급 부대 ⇨ 편성부대 리드타임), 군지여단 리드타임(군지여단 ⇨ 사단급 부대 리드타임, 군수사 리드타임(군수사령부 ⇨ 군지여단 리드타임)을 산출하였다. 문성암 등(2022)의 연구에서는 청구량과 리드타임의 이상치를 제거하지 않아 정확한 분포와 모수를 추정하기가 어려움이 있었다는 것을 고려하여 본 연구에서는 각각에 대해 이상치를 제거하였다. 위 절차로 데이터에 대한 전처리를 수행한 후, 데이터가 가지는 밀도를 잘 나타낼 수 있는 커널밀도추정(KDE, Kernel Density Estimation)으로 편성부대 일일 평균 수요량과 각 제대별 리드타임의 분포와 모수를 확인하였다. 이어서 전시 수요 발생의 동태를 표현할 수 있는 함수를 Vensim의 Lookup 함수를 활용하여 구축하였다. 전시에 발생할 수 있는 수요의 동태는 매우 다양하나, 본 연구에서는 ① A 형태 : 전시 전환 이후 지속적으로 수요가 증가하다가 특정 시점 이후 점진적으로 수요가 감소하는 형태, ② B 형태 : 전시 전환 이후 높은 수요일이 지속되다가 특정 시점 이후 점진적으로 수요 감소하는 형태의 두 가지로 가정하였다.

구분		나사, 기계용	핀, 발사용	총열 및 가늠쇠 뭉치	송수화기	안테나 세트
군수사	A형태	8.47326	30	4.05833	27.5833	26.9792

SL	B형태	29.762	30	21.3646	27.58	28.7917
군지여단 OL	A형태	11.9186	29.841	18.3654	15	15
	B형태	20.1567	30	29.756	15	15
군지여단 OST	A형태	2.03131	30	22.6563	15	15
	B형태	1.00616	1.85142	1.38057	30	30
사단급 OL	A형태	5.86641	12.7616	10.0387	29.9055	29.339
	B형태	13.8553	15.5	19.7432	28.84	29.811
사단급 OST	A형태	17.5357	29.9702	10	10	10
	B형태	24.6896	30	5.66273	10	10
편성부대 PL	A형태	3.06563	4.45698	3.45102	22.5	29.3893
	B형태	11.3955	29.9988	16.6648	15	15.0851

이상의 분포, 모수와 전시 수요 함수를 연구모형에 반영하고 각 제대별 보급수준에 대해서 최적화를 수행하였다. 최적화는 총 비용(목적함수)을 가장 작게 발생시키는 각 제대별 보급수준을 탐색하는 것이며, 상술한 바와 같이 전시 동원 단계를 고려하여 탐색 범위는 1~30일 사이로 설정하였다. 이러한 최적화 결과는 위 표와 같다.

본 연구의 결론 및 시사점은 다음과 같이 제시할 수 있다. 첫째, 현행의 품종별 고정된 보급수준이 아니라 품목별 보급수준을 산정할 필요가 있다. 연구에서 제시한 것과 같이 품목별 수요 빈도, 리드타임에 따라 품목의 특성이 모두 상이하기 때문에 최적 보급수준 일수가 모두 다르기 때문이다. 둘째, 전략적 보급수준에 대한 개념을 우리 군에서도 적용해야 할 필요가 있다. 연구에서 제시한 것과 같이 보급수준이 증가하여도 재고유지비용과 재고부족비용을 고려한 총 비용 측면에서 유사한 결과를 보여주는 품목은 현재보다 더 많은 양의 재고를 가지는 것이 효율적이고 효과적이라는 것을 의미한다. 최근 전쟁 사례의 교훈과 같이 군 임무수행 보장을 위해서는 효과성에 더 집중해야 할 것으로 판단된다. 연구가 제시하는 시사점으로써 첫째, 근거가 부족했던 보급수준의 산출에 대한 이론적 근거를 제시하였다. 구체적으로 품목별 수요빈도와 분포, 제대별 리드타임을 모수로 활용하여 제대별 보급수준이 어떻게 산출될 수 있는지를 설명할 수 있었다. 또한, 본 연구의 시뮬레이션 모형은 향후 군 보급체계의 변화가 발생하여도 이를 반영할 수 있는 융통성을 가지고 있다.

둘째, 평시에 수요가 극히 적으나 전시에 긴요한 품목에 대해 적정 보급수준을 산출할 수 있는 방법을 제시하였다. 이러한 품목들은 ‘국방 전시군수지원 소요 및 능력판단 지침’에 재고량 산출 공식이 모호하게 반영되어 있으나 본 연구에서 제시하는 모형과 전시에서 누적된 데이터를 이용하면 적정 보급수준을 산출할 수 있다는 것을 제시하였다.

I. 서론

1. 연구배경, 필요성 및 기대효과

민간기업에서 고객 요구 납기 충족을 위해 적정 재고수준을 유지하고 있듯이 군에서도 사용자(편성부대)가 요구하는 품목을 원하는 시기에 즉각적으로 보급할 수 있도록 사전에 일정한 양의 군수품을 확보하여 운영하고 있다. 이러한 사전 확보 재고가 보급수준(Supply Level)이다. 보급수준은 수도관과 물탱크에 채워진 물의 양으로 비유할 수 있다. 물탱크에 상류에서부터 추가적인 급수가 없다고 가정할 때 물이 채워져 있지 않으면 하류에서는 급수가 지연 또는 중단(보급의 지연 또는 중단)될 것이며, 물탱크가 너무 크면 필요 이상의 물을 저장하게 되어(과도한 재고 확보) 합리적인 보급운영이 이루어질 수 없고 예산이 낭비될 것이다. 반면, 물탱크가 너무 작으면 물 소비량을 충족할 수 없기 때문에 제한적으로 급수할 수 밖에 없다. 이러한 이유로 적절한 크기의 물탱크(적정 보급수준 인가)를 가지는 것이 필요하다.

보급수준은 한국전쟁 이후 1956년에 우리 군에 도입되었으며 시대흐름에 따라 우리 군의 실정에 맞게 지속적으로 수정 적용되었다. 보급수준은 보급지원부대에만 인가되며 보급 일수(days) 개념을 사용하고 있으며, 대분배 계통(whole-sale pipeline)과 소분배 계통(retail pipeline)을 구분한다. 대분배 계통의 보급수준을 소요목표(RO, Requirement Objective)라고 하고 소분배 계통의 보급수준을 청구목표(RO, Requisition Objective)라고 한다. 그리고 소분배 계통의 청구목표는 세부적으로 안전수준(SL, Safety level), 운영수준(OL, Opeartion level), 발주 및 수송시간(OST, Order and Shipping Time)로 구분된다(이상진, 2019). 이와 같은 보급수준은 정상적인 보급운영에 필요한 재고와 청구로부터 수령까지 걸리는 시간에 대한 재고를 구분하여 저장, 운영한다는 측면에서 타당한 측면이 있다. 그러나, 이러한 기준들은 수 십년 전에 설정된 것이기 때문에 국방군수통합정보체계(DELIIS, Defence Logistics Integrated Information System)의 전력화, 사회간접자본 투자에 따른 도로 확충 및 고속화에 의한 수송여건 개선과 변화하는 군사전략에 부합되지 않는다. 따라서 보급수준도 군수 관련 정보화 및 수송여건 개선사항, 전·평시 국방목표와 군사전략과 연계하여 그 양상이 달라져야 할 필요가 있다. 그러나, 현재 우리 군은 전·평시 환경, 품목별 수요·수송의 특성을 고려하지 않고 <표 1>¹⁾과 같이 획일적으로 보급수준이 인가되어 운영하고 있다.

1) 육군 군수방침 및 절차(비밀문건)에 반영되어 있는 보급수준 인가표이다. 전시와 평시를 구분하여 두 가지 표가 작성되어 있으나 전시와 평시의 보급수준 일수는 동일하게 작성되어 있다. 본 연구에서는 해당 문건이

〈표 1〉 현행 육군의 전·평시 보급수준 인가표 예(例)

종별	품목별	편성부대		여단군수 지원대대		사단군수 지원대대		사단 정비대대		사단보수 /의무대대		군지여단			군지사			군수사	
		PL	OL	OST	OL	OST	OL	OST	OL	OST	SL	OL	OST	SL	OL	OST	SL	PROLT	
1종	주식류	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	중앙조식부식류	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
2종	피복·개인장구	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	소모품류	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	국외조달품	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
3종	일반유류	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	운할유	국내조달	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
		국외조달	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	화학소모품	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
4종	부대운영자재	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	창 상호간 자재	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	비닐장판	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
8종	수리부속	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	소모품	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
9종	수리부속	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	
	수공구류	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	

아울러서, 〈표 1〉에 제시된 보급수준 일수가 어떠한 근거로 산정되었는지를 설명해 줄 수 있는 과학적·논리적 근거가 없는 실정이다. 육군에서도 이러한 문제점을 인식하여 문성암 등(2022)의 연구와 같이 보급수준 일수에 대한 과학적 근거를 마련하고자 노력하였다. 그러나 해당 연구는 평시 보급수준에 대해서는 시뮬레이션 기반 연구로 적정 보급수준 일수를 산출하였으나 전시 보급수준 산정에 대해서는 다소 부족한 측면이 있다. 상기한 바와 같이 과학적·논리적 근거가 부재하고 획일적인 현행 보급수준은 평시에는 수요보다 과도한 재고를 가지게 하는 원인이 되고 전시로 전환될 때 수요의 지수적인 증가에 따라 군 보급품의 재고 고갈을 유발할 수 있으며, 이에 따라 군의 작전 수행에 차질을 초래할 수 있다. 이와 관련된 최근의 전쟁 사례를 살펴보면 우크라이나 - 러시아 전쟁 사례에서의 각국의 재고 부족 사태가 있다. 문성암 등(2023)의 연구에서 제시한 각국의 상황을 요약하면 아래와 같이 제시할 수 있다.

비밀이기 때문에 〈표 1〉의 일수는 '00'으로 제시하였다.

1. 러시아 : 재고 고갈, 열악한 군수지원능력으로 인해 초기 수립한 전략을 수행할 수 없어 전략 변경을 강요 받았음.
 - 1) 러시아군은 우크라이나를 신속히 점령할 수 있을 것으로 예상하였으나 심각한 재고 고갈로 전략적 목표를 우크라이나 동부지역으로만 국한하는 것으로 변경하였음.
 - 2) 서방 전문가들은 러시아의 미사일 공격 빈도 감소, 지대공미사일의 대지 타격 임무 수행 등을 근거로 러시아가 심각한 재고부족에 시달린다고 판단 하였음.
2. 우크라이나 : 개전 초부터 서방 지원국에 군수품을 의존하여 전략적 목표 달성이 불투명함.
3. 미국 및 유럽 : 군수품 비축의 중요성 인식
 - 1) 서방 각국이 우크라이나를 지원함에 따라 군수품 비축량 재고 감소로 자국군의 전장수행능력 유지에 대한 우려가 제기되고 있음.
 - 2) 현행 생산능력으로 소요량을 충족할 수 없어 생산능력을 확충하고 군수품 비축에 대한 법적 근거를 마련하고 있음.

따라서, 선행연구의 한계점을 보완하여 전·평시 전환에 따른 수요 증가와 각 품목이 가지는 수요 및 사용자 대기시간(CWT)의 특성을 고려하고 최근의 전쟁 사례의 교훈을 반영하여 전략적인 관점에서 전·평시 보급수준을 결정하는 것이 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구는 전시 보급수준 일수에 대한 명확하고 과학적인 근거를 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 이용하여 분석 및 제시하고, 전시 전환을 고려한 전략적 보급수준 산정에 대해 제시하고자 한다. 본 연구의 기대효과로써 첫째, 평시에서 전시로 전환 시 수요가 급증하는 것을 고려한 전략적 보급수준 일수를 제시하여 연구 범위가 평시 보급수준에만 한정되어 있는 선행연구(김영주, 2014; 문성암 등 2022)의 한계점을 보완할 수 있고, 전시를 고려한 강건한 육군 보급체계 구축에 기여할 수 있다. 둘째, 본 연구에서 제시하는 품목별 수요, 사용자 대기시간(CWT, Customer Waiting Time)의 특성을 분석하고 이를 반영한 시뮬레이션 연구 방법으로 현행과 달리 품목별 보급수준 산정의 필요성을 강조할 수 있다. 예를 들어, 2종에 포함되어 있는 소모품(건전지 등)과 피복류(전투복, 전투화 등)은 현재 같은 보급수준 일수로 통제되어 있는데 평시에도 수요가 많은 피복류와 평시 보다 전시 때 수요가 많은 건전지를 같은 보급수준으로 설정하는 것은 부적절하다고 할 수 있다. 상기한 예시와 같이 본 연구를 통해서 품목별 보급수준의 필요성을 제시한다.

2. 연구목표와 방법

앞 절에서 설명한 연구의 기대효과를 달성하기 위해 본 연구의 연구목표와 연구방법을 정리하면 다음과 같다.

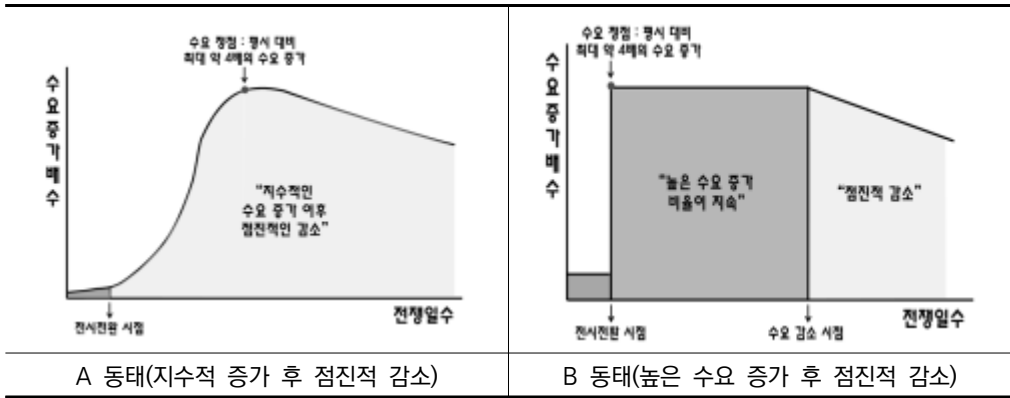
가. 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 시뮬레이션을 활용한 품목별 적정 보급수준 산정 모형 구축

육군 보급체계에서 보급수준에 영향을 미칠 수 있는 요인은 수요, 사용자 대기시간(CWT), 제대별 보급수준 인가량 등 매우 다양하다. 시스템 다이내믹스는 복잡계(Complex System)을 연구하는 방법론으로써 다양한 요인들의 피드백, 정보 및 물질 흐름에 대한 시간 지연을 모델에 적용할 수 있기 때문에 재고관리 연구에 적합하다고 알려져 있다(곽상만, 유재국, 2016). 따라서 본 연구에서는 품목별 보급수준 산정을 위해 시스템 다이내믹스를 활용하여 모델을 구축한다. 모델은 육군의 보급지원부대 구조, 제대별 보급수준 산정 방식, 이에 따른 목표 재고량과 군수사의 소요 산정 절차를 고려하여 구축하고, 이를 Sterman(2000)이 제시하는 모형 타당성 검증 기법을 적용하여 모형의 타당성을 확인한다. 여기에는 민감도 분석(Sensitivity Analysis), 극한조건 평가, 단위 일치 등이 포함된다.

나. 전·평시 공통품목의 소요 증가배수에 따른 품목별 총 보급수준 결정

전시 소요 증가에 대한 다양한 선행연구들이 있으나 이에 대한 의견은 서로 다르다. 문성암, 박영일, 이영(2011)은 전시 소요 증가 배수를 평시의 4배로 제시하였고 김진영, 문성암(2020)은 탄약의 전시 소요 증가배수를 700배(70,000%)로 가정하였다. 하지만 이러한 선행연구들은 평시 대비 전시의 평균적인 소요 증가배수에 대해서만 제시하고 있어 <그림 1>과 같이 전시전환 이후 수요가 지속적으로 증가하는 전시초기(녹색 음영 부분) 소요 증가를 산정하지 못하였다. 그리고 현재 군에서는 전시전환 대비 물자가 저장 및 관리되고 있는데, 준비된 물자가 적정수준 인지 판단하는 근거가 부족하다. 즉, <그림 1>에서 제시된 것과 같이 전시초기의 수요는 지속적으로 증가하다가 수요정점 이후 점진적으로 감소하는 경향을 보이는데 선행연구에서 단순히 평시 대비 소요비율만을 제시하여 작전단계별 수요를 대비하는데 적절하지 않다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준은 전시초기 지속적으로 증가하는 수요 및 다양한 전시 수요에 대비할 수 있는 보급수준을 의미하며, 작전 단계별 수요 증가를 고려한 전·평시

공통품목의 품목별 적정 보급수준을 제시하고자 한다.



〈그림 1〉 전시 초기 수요증가비율 가정

다. 전시 필요 품목의 품목별 보급수준 산정 개념 제시

군의 보급품 중에서는 평시에는 수요가 거의 없으나 전시에 수요가 급증하는 품목들이 있다. 영현백²⁾이 이의 대표적인 품목이다. 이러한 품목에 대해 ‘국방 전시군수지원 소요 및 능력판단 지침’에는 소요를 산정하지 않거나 소요 산정 방법에 대해 모호하게 제시되어 있다. 이는 평시에 수요가 적고 전시에 수요가 급증하는 특성 때문에 수요를 예측하기 어렵기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 이러한 품목들은 작전 단계별 예상되는 수요 발생 시나리오를 기반으로 수요를 예측하고 이를 평시 보급수준에 반영하여 사전에 일정량 확보해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 위와 같은 전시 필요 품목별 보급수준 산정 개념을 제시하고자 한다.

II. 보급수준 개요와 한계점

1. 보급수준의 정의와 운영 개념

보급수준(Supply Level)은 가장 경제적이면서도 효율적으로 보급운영의 지속성을 보장하기 위한 통제수단의 일환으로 재고로 확보 및 운영되어야 할 물량이 얼마이며,

2) 전사자의 시신을 옮기기 위한 가방

또한 필요한 물량을 획득하는 기간 동안의 수요량을 안전수준(Safety level), 운영수준(Opeartion level), 발주 및 수송기간(Order and Shipping Time), 조달소요기간(Procurement Time)을 총칭하는 용어이다(육군본부, 2022). 세부적으로 소분배계통 보급수준은 운영수준, 안전수준, 발주 및 수송기간으로 구분되고, 대분배계통 보급수준은 안전수준과 조달소요기간으로 구분된다. 이러한 보급수준은 일수(예 : 운영수준 00일)로 표현되며, 구체적인 정의와 목적은 아래 <표 2>와 같이 제시할 수 있다.

<표 2> 보급수준별 정의 및 목적(이상진, 2019)

구분	내용
운영수준 (OL, Operation Level)	정상적인 여건 하에서 일정기간 동안 추가적인 수령 없이도 보급운영을 지속할 수 있는 물량으로써 보충보급의 청구와 청구 또는 수령과 수령 사이에 보급운영을 유지하기 위하여 필요한 보급품의 수량 또는 보급일수
안전수준 (SL, Safety Level)	안전재고 또는 비상재고라고도 하며 예상외의 수요증가 또는 일시적인 수송 지연 등 비정상적인 여건으로 인하여 운영수준이 고갈되더라도 보급운영을 지속할 수 있도록 하기 위해 운영수준에 추가하여 인가된 보급품의 수량 또는 보급일수
발주 및 수송시간 (OST, Order and Shipping Time)	청구 행위를 착수한 시점부터 해당 청구 품목을 일정비율 이상 수령하여 기록계정이 완료되고 불출이 가능할 때까지 경과된 소요시간. 군 공급사슬에서 소분배 계통(군지여단 이하 제대)에서만 적용
조달소요시간 (PROLT, Procurement Time)	각군 군수사, 방위사업청 및 조달청 등에서 물품을 조달하여 수입 완결한 날까지 소요되는 시간

보급수준의 각 요소들은 앞서 제시한 것처럼 일수로 설정되며, 일 단위 평균 수요를 보급수준의 각 요소 일수를 곱하여 구체적인 재고량을 계산한다. 제대별 보급수준 산정 공식을 구체적으로 살펴보면 아래 <표 3>과 같이 제시할 수 있다. 이와 같이 산정된 제대별 보급수준의 전체 수량은 대분배계통의 경우 소요목표(RO, Requirement Objective)로 정의되고 소분배계통의 경우 청구목표(RO, Requisitioning Objective)로 정의되며 각 계통의 보급수준 수요가 얼마인가를 판단하는데 사용된다.

〈표 3〉 세대별 보급수준 산정공식

구분	내용
군수사 보급수준 (소요목표)	<ul style="list-style-type: none"> · 정의 : 보급운영의 지속성 보장을 위해 재고확보 및 운영되어야할 수량 (조달기관 → 생산업체 → 납지부대까지의 보급 계통 고려) · 산정공식 : $(\text{적용수요} \times \text{보급수준일수}) \div 365\text{일}$ <ul style="list-style-type: none"> - 적용수요 : 수요실적을 종합검토하여 적용한 연간유지소요 - 보급수준일수 : 안전수준 30일, 실제 조달기간(PROLT) <ul style="list-style-type: none"> * PROLT 기간 산정 기준일 <ol style="list-style-type: none"> 1) 국내(중앙, 부대)조달, 국외(상업, FMS DO 등) : 1월 1일 2) 기타(BOA, FMS BO, 조달청) : 청구일 기준
야전 보급수준 (청구목표)	<ul style="list-style-type: none"> · 정의 : 각 부대별 운영수준, 발주 및 수송기간의 합 · 산정공식 : $(\text{적용수요} \times \text{보급수준일수}) \div 365\text{일}$ <ul style="list-style-type: none"> - 적용수요 : 해당부대의 F-2년과 F-1년의 수요 실적 평균 - 보급수준일수 : 군지사(여단) 30일, 사단급 20일, 편성부대 15일 <ul style="list-style-type: none"> * 군지사(여단) : 운영수준 15일, 발주 및 수송기간 15일 사단급 : 운영수준 10일, 발주 및 수송기간 10일 편성부대 : 규정휴대량 15일

보급수준을 산정하는 이유는 평시와 전시에 사용자(편성부대)가 필요로 하는 물자를 원하는 시기에 즉각적으로 지원할 수 있도록 재고를 사전에 확보하여 저장하는 것이다. 그러나 군이 취급하는 모든 품목 전체를 사전에 확보 및 저장하기에는 예산적, 물리적 제한이 크다. 따라서 전체 품목 중 과거 청구실적에서 수요가 많이 발생한 일부 품목을 인가저장품목(ASL, Authorized Stockage List)으로 선정하고, 이에 한해서 보급수준을 인가한다. 보급수준은 군에서 운용하는 보급품의 전체 품종 중에서 2·3·4·8·9종에 대해서만 인가된다. 5종(탄약)은 별도로 비축 및 관리하고, 6종은 영외마트 물품이기 때문에 보급수준이 인가되지 않으며 7종은 정비대충장비(M/F, Maintenance Float)가 인가되기 때문에 보급수준이 인가되지 않는다. 1종 품목 중에서 방위사업청에서 중앙조달하는 일부 품목도 보급수준이 있으나, 본 연구에서는 상술한 바와 같이 인가저장품목으로 선정된 품목에 한하여 보급수준이 인가되는 것을 고려하여 이를 고려하지 않는다. 이러한 보급수준은 부대별·품종별로 상이하게 인가되는데 관련 규정에서 이를 살펴보면 아래와 같다.

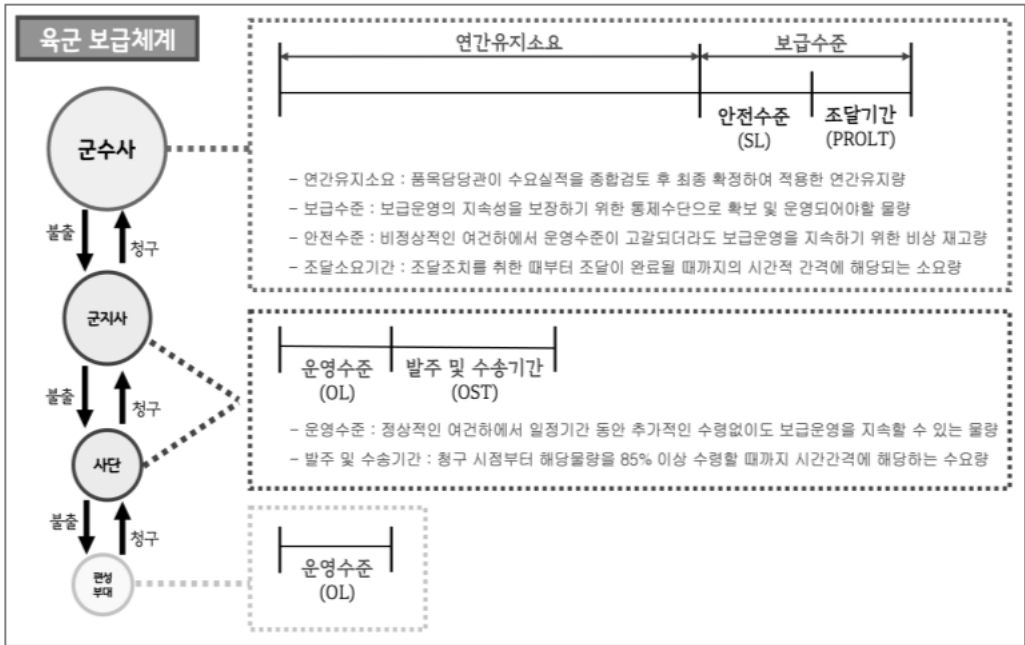
1. 사단급 부대 및 군지사(군지단)
 - 가. 2·3·4·9종 보급중대(부서) : 해당품목
 - 나. 8종 보급중대(부서) / 병원부대 : 8종
 - 다. 정비중대 : 9종
2. 군수사
 - 가. 보급단 : 2·3·4·8·9종
 - 나. 종합정비창 : 9종(구성품 제외)

* 출처 : 육군규정 415 소요관리 규정 제 12조 (보급수준 인가)

이 외, 사단급 및 군지사 예하의 정비부대는 야전정비를 위해 추가적으로 30일분의 추가적인 수리부속(고단가 품목을 제외한 복구성품목 등)을 확보한다. 이는 보급지원부대의 보급수준과 달리 편성부대의 규정휴대량(PL)³⁾과 유사하게 운영되는 개념이다(육군본부, 2022).

보급수준은 고정식 재고수준을 보유하는 것을 원칙으로 한다. 즉, 특정 품목이 불출되고 나면 상급 지원부대로부터 청구하여 확보하여 항상 창고에 재고로 유지하는 방식으로 운영한다. 구체적으로 살펴보면 군수사는 소요 산정 시 편성부대의 청구실적을 집계하여 육군이 1년간 사용할 소요량(연간유지소요)과 육군 전체의 보급수준량을 산정하고 이를 조달한다. 그리고 군지사와 사단급 부대는 예하 피지원부대를 지원하기 위해서 군수사에서 보급받아 인가된 보급수준에 맞춰 각각의 OL과 OST만큼을 저장한다. 군지사와 사단급 부대의 OL과 OST는 군수사 소요량에 반영되어 있으며 군수사의 연간유지소요에서 우선적으로 지원받아 보충되고 이를 모두 소모하면 군수사의 보급수준(SL, PROLT)량을 지원받아 보충된다. 편성부대는 PL만을 보유하며, 소모 시에 사단급 부대에 청구하여 지원받는다. 편성부대를 지원한 사단급 부대 또한 군지사에 해당 수량만큼을 청구하여 지원받는다. 이상의 보급수준 운영개념을 정리하면 아래 <그림 2>와 같이 제시할 수 있다.

3) 편성부대, 독립 중대 및 격리된 파견대에서 장비 정비를 위하여 보유해야 할 15일분의 수리부속품과 특수 공구 목록 및 수량. 편성부대는 인가된 규정휴대량을 항상 보유·유지해야 하기 때문에 규정휴대량은 편성부대의 상비성 재고라 할 수 있다. 이를 소모했을 때에는 즉시 상급 지원부대에 청구하여 확보해야 한다.



〈그림 2〉 보급수준 운영 개념도(문성암 등, 2023)

상술한 운영개념에서 보급수준 유지를 위한 발주 방법은 민간 물류의 재고관리 분야에서 널리 알려져있는 정기 주문방식(P-System), 정량 주문방식(Q-System)과 유사한 방식을 적용한다. 육군 규정에 명시되어 있는 발주방법은 세 가지로 분류되며 발주점법, 정기 발주법, 모듬 발주법이 그것이다. 발주점법은 재고량이 어느 일정수준까지 내려가면 자동으로 일정량을 발주하는 방법이며 주로 군지사 이하 제대에서 이 방법을 적용한다. 정기 발주법은 재고량에 관계없이 발주시기가 도래하면 자동적으로 발주량을 산출하여 발주하는 방법이며 군수사에서 특정 품목(외자품목 중 일부)를 제외하고는 이 방법을 적용한다. 모듬 발주법은 장기간 소요량을 동시에 일괄적으로 발주하는 방법으로서 군수사에서 일시 구매 품목 및 전액품목을 조달 시에 적용한다.

2. 보급수준의 한계점

가. 고정식 재고수준 설정에 따른 문제점

보급수준은 美 해리스(H.W. Harris)가 1956년에 발표한 신 재고모형을 우리 군이 1960년대에 도입하여 국내 실정에 맞게 수정한 것으로 알려져 있으며, 군의 보급체계

가 시대 흐름에 맞춰 발전함에 따라 보급수준도 계속 수정되었다(김영주, 2014). 보급 수준의 변화한 과정을 살펴보면 1960년대 최초 보급수준이 도입되었을 당시에는 군수사령부와 군수지원사령부(이하 군지사)만 원활한 수리부속 보급을 위해서 각각 75일, 45일 인가되었다. 이후 1980년에 보급수준은 편성부대에 운영수준(OL) 15일, 사단급 부대에는 운영수준과 발주 및 수송시간(OST)이 각 15일로 확대 적용되었다. 1986년에는 군지사의 안전수준(SL)이 추가된 대신 사단의 발주 및 수송시간이 삭제되었으나 1990년에 다시 사단급 부대의 OST가 추가되었다. 2000년도에 군수사의 조달소요시간(PROLT)이 기존에 설정된 일수인 60일 보다 실제 더 많이 소요된다는 현실을 반영하여 실 PROLT로 변경하였다. 2008년에 사단급 부대의 OL과 OST에 5일이 추가된 이후 한동안 보급수준을 유지하다가 2016년 육군 물류혁신으로 기존의 보급수준을 전면적으로 수정하여 적용하였으며 이것이 현재까지 유지되고 있다. 이상의 보급수준 변화과정을 정리하면 <표 4>와 같다.

이상과 같이 보급수준은 시대흐름과 육군 보급체계의 변화에 따라 일수의 증감을 반복하면서 지속적으로 변화하였다. 이는 당시의 실무경험에 의한 의견과 군수분야의 정책 요구사항 등이 반영되었기 때문이다. 하지만 이러한 보급수준의 설정과 변화에 대해 과학적인 근거가 미흡하다. 즉, 1960년대 보급수준이 군에 처음 적용될 당시에 왜 군수사와 군지사에만 보급수준이 설정되었고, 이후 보급수준이 시대흐름에 따라 변화할 때 군지사(군지여단) 이하 부대의 보급수준이 어떠한 근거에 의해 일수가 산정되었는지에 대한 근거가 없다. 이 때문에 현재 설정된 보급수준이 합리적인 보급운영에 부합한 것인지에 대한 의구심이 있다. 즉, 군수통합정보체계(DELIIS)의 전력화로 군수정보체계가 고도화되고 사회간접자본의 확충으로 수송 여건이 과거와 달리 크게 개선되었음에도 불구하고 현재와 같은 고정식 보급수준 일수를 유지하는 것이 타당한가에 대한 것이다. 이와 관련한 연구로써 문성암 등(2022)은 현행과 같이 종별 및 고정식 일수로 설정되어 있는 보급수준은 육군 전체의 저장수준 증가에 영향을 주는 요인이라고 제시하였다. 구체적으로 품목별로 수요와 수송시간(Leadtime)에 대한 특성이 모두 다름에도 불구하고 같은 보급수준 일수로 설정되어 있기 때문에 재고를 많이 확보하지 않아도 될 품목들(예 : 수요빈도가 매우 드물거나, 수송시간이 짧아 신속히 보급할 수 있는 품목)도 재고로 확보하여 육군 전체의 재고가 많다는 것을 제시하였다. 이러한 맥락과 유사하게 육군 군수사령부(2022)는 『22년 군수품 자산관리 진단 결과 보고서』에서도 고정식 보급수준이 저장수준 증가에 영향을 미친다고 제시하였다.

〈표 4〉 보급수준 변화과정

* 단위 : 일 / (+00) : 이전 대비 증감 일수

구분	군수사		군지사(군지여단)			사단급		편성부대
	안전 수준	조달 소요 시간	안전 수준	운영 수준	발주/수송 시간	운영 수준	발주/수송 시간	
1960~70년대	30	45	•	45	•	•	•	•
1980년대	30	60 (+15)	•	30 (-15)	30	15 (+15)	15 (+15)	15 (+15)
1986년	30	60	15 (+15)	30	30	15	• (-15)	15
1990년	30	60	15	30	30	15	15 (+15)	15
2000년	30	실 PROLT	15	25 (-5)	25 (-5)	10 (-5)	10 (-5)	15
2008년	30	실 PROLT	15	25	25	15 (+5)	15 (+5)	15
2016년	30	실 PROLT	• (-15)	15 (-10)	15 (-10)	10 (-5)	10 (-5)	15

또한, 현행 보급수준은 전시 전환 시 수요의 폭증에 대한 고려가 부족하다. 평시와 전시 보급수준은 육군의 관련 규정, 비문에서 구분되어 있다. 그러나 평시의 한계점과 마찬가지로 전시 또한 어떠한 근거로 설정되어 있는지가 분명하지 않다. 그리고 평시에서 전시로 전환되는 국면에서 전시전환에 필요한 물자는 이미 확보되어 있지만, 이후 수요가 폭증하는 단계에서는 일일 수요가 동일하게 증가하는데, 이에 대한 기존 데이터가 없어 단순히 일수로 설정되어 있는 보급수준이 얼마만큼의 재고를 확보해야 하는 것 인지를 의미하는지 불분명하다. 구체적으로 현재 군은 전시 전환 이후 작전 단계의 진행을 고려하여 전시 초기에 00일치의 보급품을 확보하고 있지만(세부 일수는 품목별로 상이함), 전시 작전의 기간은 00개월을 가정하고 있기 때문에 산업동원이 시행되더라도 보급품의 재고 고갈이 발생할 수 있다. 이는 우크라이나 - 러시아 전쟁 사례를 통해서 확인할 수 있는데 문성암 등(2023)은 재고 고갈에 따른 군수품 비축 관련 시사점을 아래와 같이 제시하였다. 즉, 전시 수요는 평시의 예상보다 훨씬 많기 때문에 재고 고갈이 발생할 수 있으며 이에 대해 사전에 많은 양의 군수품 비축이 필요하나 현행 보급수준은 이에 대한 고려가 부족하다는 것이다.

가) 군수품 비축의 중요성

- (1) 우크라이나 전쟁의 군수품 상황은 수요가 예상치보다 매우 급격히 증가하여 공급보다 현저히 높은 상황이 지속되고 있다. 이 때문에 우크라이나 뿐만 아니라 지원하는 세계 각국의 군수품 재고가 고갈되고 있다.
- (2) 우크라이나 전쟁 사례를 통해서 적절한 수준의 군수품 재고를 비축하는 것이 재고 감소를 통한 군의 경영효율화로 얻을 수 있는 효용보다 더 큰 것으로 판단된다. 장비, 정밀무기, 수리부속은 물자와 달리 계획된 양산 이후 수요가 급감하기 때문에 일반적으로 군수업체는 생산라인을 계속 유지하지 않는다. 이러한 공급 중단이 우크라이나 전쟁으로 인해 급증하는 수요(전차, 대전차미사일, 휴대용지대공미사일 등) 충격에 대응하기 어렵게 하여 작전 수행에 많은 영향을 미쳤다.

* 출처 : 저장 군수품 자산운용체계 개선(문성암 등, 2023)

이상을 정리하면 보급수준은 한국전쟁 이후 정립된 재고 정책이며 원활한 보급운영을 위해서 적절한 수준의 재고를 확보하여 안정적인 군 보급운영을 보장하는데 그 목적이 있다. 하지만 보급수준 일수가 산정된 근거가 불명확하기 때문에 이전의 보급수준 일수의 증감은 과학적 근거 없이 정책적 요구에 의해 시행되었다. 또한 보급수준에는 시대흐름에 따른 군수분야의 정보화와 수송 여건 개선사항이 반영되지 않았으며, 품목별 수요와 수송시간에 대한 고려 없이 획일적인 일수를 설정, 운영하였다. 이로 인해 평시 보급운영 시에는 군이 실제 수요보다 더 많은 재고를 가지게 되는 원인이 되었다. 한편, 전시에 현행 보급수준은 전시전환 이후 수요가 폭증하는 시기에 대한 구체적인 목표 재고량을 제시하는데 제한사항이 있다. 동원령이 선포되더라도 최근의 우크라이나 - 러시아 전쟁 사례를 고려하면 재고 고갈이 발생할 수 있다. 즉, 현행 보급수준은 전·평시 보급운영에 있어 비효율성과 불안정성을 내포하고 있다.

나. 보급수준 개선에 관한 선행연구

군 재고와 관련한 선행연구는 대부분 특정 품목 또는 장비에 대한 재고관리, 주문량 조정, 재고수준에 대한 연구가 대부분이며 보급수준 산정과 관련된 연구는 매우 드물다. 이 이유는 보급수준이 군에서 운용하는 1·2·3·4·8·9종 대부분 군수품의 저장수준에 영향을 미치기 때문에 연구하기 위해서는 6개 품종에 대한 방대한 거래실적 데이터를 확보해야 하는 문제가 있기 때문이다. 또한 연구에 필요한 데이터는 군수통합정보체계에서 확보할 수 있는데 군사자료이기 때문에 군 관련 연구인력이 아니면 확보

자체가 제한된다. 이러한 이유 때문에 보급수준에 관련된 연구는 드물다. 본 절에서는 확인된 보급수준 관련 연구 2건을 요약하여 제시한다.

첫 번째, 김영주(2014)는 수리부속(9종)을 중심으로 적정 보급수준 결정에 대한 연구를 진행하였다. 그는 현행 보급수준은 산정기준이 불명확하고, 한국전쟁 이후 발전한 육군 보급체계에 부합되지 않음을 지적하였다. 즉, 군의 수송여건은 보급수준이 도입될 당시보다 개선되었는데 현행 보급수준에는 이에 대한 고려가 미흡하다는 것이다. 따라서 적정 보급수준 결정을 위해서는 실제 리드타임이 어느 정도 인지에 대해 분석하는 것이 필요하다고 제시하였다. 이를 위해 육군 군수부대의 수리부속 담당자들과 면담, 회의를 시행하고 군수통합정보체계에 저장되어 있는 청구대기기간(RWT, Requisition Waiting Time)과 사용자대기시간(CWT, Customer Waiting Time) 데이터를 분석하여 수리부속 기능별, 부대별 실제 리드타임을 평균을 산출하였다.

구 분	기존(15일 적용)			조정(2일 적용)		차이(절감액)
	PL품목수	수량	금액(원)	수량	금액(원)	
000여단	108	480	12,516,319	27	57,768	12,458,551
000연대	109	255	7,165,747	2	927	7,164,820
000연대	108	354	4,182,968	12	36,802	4,146,166
000연대	116	435	31,761,575	27	84,309	31,677,266
000연대	132	386	10,120,587	1	691	10,119,896
00대	56	47	109,172	2	906	108,266
0000지원단	17	4	720,464	-	-	720,464
00대대	80	103	1,620,521	2	1,877	1,618,644
0000대	35	64	3,015,266	6	12,401	3,002,865
000포병	107	425	11,321,111	2	6,378	11,314,733
0해안 감시대	26	4	1,335,928	-	-	1,335,928
00대대	62	311	4,349,975	2	6,378	4,343,597
0000대대	47	134	29,607,616	1	236	29,607,380
000대	32	57	1,269,134	2	8,484	1,260,650
00대	115	822	19,760,832	2	131,552	19,629,280
00대	22	35	696,289	1	236	686,053
00대	43	43	622,206	3	3,323	618,883
00대	24	24	109,540	-	-	109,540
총 액						1.4억 원

〈그림 3〉 김영주(2016) 연구결과의 특정 사단 적용 시 예상 비용절감액

리드타임 평균을 계산한 결과 인가저장품목의 실제 리드타임 2일로 나타났다. 이를 활용하여 현행 보급수준에서 편성부대 PL은 2일분을 가지고, 사단의 수송 및 발주시간 (OST, Order and Shipping Time) 일수 또한 2일분을 가지는 방안을 제시하였다. 즉, 김영주(2014)는 현행 군수지원체계에서 인가저장품목의 실제 리드타임이 평균 2일이 걸리기 때문에 수송 및 발주시간(OST)의 보급수준 일수는 15일치가 아닌 2일치에 대한 보급수준만 가지고 있어도 군수지원이 가능하다고 제시한다. <그림 3>은 해당 연구에서 연구결과를 적용할 때 예상 비용절감액을 제시한 것이다.

김영주(2014)의 연구는 보급수준 산정의 근거가 없고 한국전쟁 이후 발전된 군수지원 체계의 현실을 적절히 반영하지 못한다는 문제를 해소하기 위해 수송 및 발주시간(OST)을 중심으로 보급수준 산정에 대한 연구를 하였다. 해당 연구는 데이터 분석을 통해 확인한 실제 리드타임 일수를 수송 및 발주시간(OST) 일수로 적용하자는 명료한 방안을 제시하였다는 점에서 의의가 있으나 연구 당시의 다른 보급수준(운영일수(OL), 안전일수(SL), 조달기간(PROLT))에 대한 산정 방안을 제시하지 못했다는 한계가 있다.

두 번째, 문성암 등(2022)은 품목별 수요와 사용자 대기시간(CWT)의 특성이 다름에도 불구하고 종별로 설정되어 있는 현행 보급수준이 군 저장수준 증가에 영향을 미치는 주요한 요인이라고 판단하였으며 이를 감소시키기 위해서는 품목별 보급수준 산정이 필요하다고 제시하였다. 따라서, 이 연구는 김영주(2014)의 연구와 달리 보급수준 산정을 위해 품목별로 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 활용하는 연구 방법을 사용하였다. 시뮬레이션 연구에서 활용할 모수 산출을 위해 보급수준을 운영하는 품종(1·2·3·4·8·9종)을 대표할 수 있는 품목 중에서 거래빈도가 높은 품목의 거래실적 데이터를 육군 군수사에서 제공받아 분석하였다. 데이터 분석은 변화하는 군 물류체계를 고려하여 ① 사단급 군수지원부대(여단군수지원대대, 사단군수지원대대, 사단정비대대, 사단보수/의무대대), ② 군지사(여단), ③ 군수사로 구분하였으며 분류 기준은 아래 <표 5>와 같다.

<표 5> 문성암 등(2022) 연구의 거래실적 데이터 분류 기준

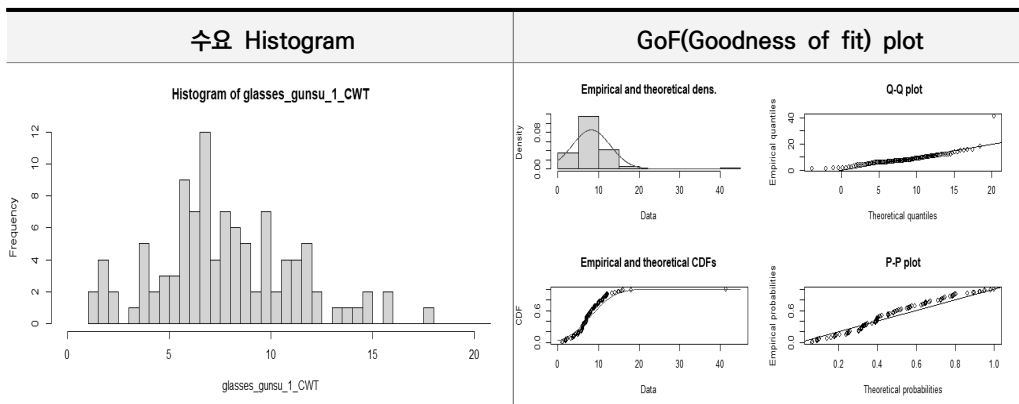
구분	내용
군수사 데이터	군수사령부로 청구한 거래실적 데이터

<p>군지사(여단) 데이터</p>	<p>사단급 부대에서 군지사 및 군지여단으로 청구한 거래실적 데이터 * 군지사 및 군지여단의 예비부대로 청구한 거래실적 포함</p>
<p>사단급 군수지원부대 데이터</p>	<p>편성부대에서 사단급 군수지원부대로 청구한 거래실적 데이터</p>

* 이상과 같이 분류한 데이터에서 결과를 왜곡할 수 있는 데이터(사용자 대기시간이 음수로 입력되어 있는 거래실적, 청구부대가 단위·편성부대가 아닌 거래실적, 해외 파병부대 거래실적 등)는 제거하였음.

이상의 과정을 통해서 시스템 다이내믹스 시뮬레이션에 필요한 수요와 사용자 대기시간의 분포, 모수 및 연간 평균 청구횟수를 산출하였다. 이의 예시는 아래 <표 6>과 같다. 이후 데이터 분석으로 확인한 모수들을 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 모델 변수에 반영하여 <표 7>과 같이 사용자충족률 90% 이상이 되도록 하는 최적화 결과를 산출하였다. 연구 결과 평시 보급수준은 현행 운영수준(OL)을 유지하고, 안전수준(SL), 발주 및 수송시간(OST), 조달기간(PROLT)은 1일치의 적은 양만 보유하고 있어도 사용자충족률을 90% 이상 달성할 수 있다고 제시하였다.

<표 6> 시뮬레이션 모수 산출 예시



- 전투용안경(중) 수요분포 : '정규분포'로 추정
- 전투용안경(중) 모수 : 8.2 / 4.697952 (평균 / 표준편차)

〈표 7〉 시뮬레이션 결과 확인 예시

2) 통계량 비교 * 사용자충족률 : 1(최적화 전) → 0.9168(최적화 후)

구분 (단위 : kg)	재고		운영수준(OL)	
	최적화 전	최적화 후	최적화 전	최적화 후
최소값(Min)	38,127	12.29	4.449	0.0016
최대값(Max)	220,745	136,605	68.63	45.10
평균(Mean)	139,866	62,153	29.45	13.10
중간값(Median)	144,949	65,496	27.80	11.95
표준편차(StDev)	32,361	31,303	12.95	8.479

3) 분석 결과 요약

구분 (단위 : 일)	OST		OL	
	최적화 전	최적화 후	최적화 전	최적화 후
분석 결과	15	1.49201	29.45	13.10

- 사용자충족률 : 최적화 후 91.68% 수준이며 90%이상을 충족
- 운영수준(OL) : 최적화 결과에 따라 29.45 → 13.10으로 감소
- 안전재고(OST) : 최적화 결과에 따라 15 → 1.49201로 감소

한편, 전시 보급수준은 품종별 전시 수요증가배수를 가정하여 시뮬레이션을 시행하였으며 아래 〈표 8〉에서 제시하는 것과 같이 평시 보급수준보다 상당량의 안전재고가 필요한 것으로 나타났다. 문성암 등(2022)의 연구는 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 활용하여 김영주(2014)의 연구가 제시하지 못한 운영일수(OL), 안전일수(SL), 조달기간(PROLT)을 포함한 전체 보급수준 산정에 대한 근거를 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 평시와 전시를 따로 구분하여 보급수준을 산정하였기 때문에 평시에서 전시로 전환될 때 발생하는 충격(수요증가)을 고려하지 않았다는 한계가 있다.

〈표 8〉 전시 보급수준 산정 결과 요약

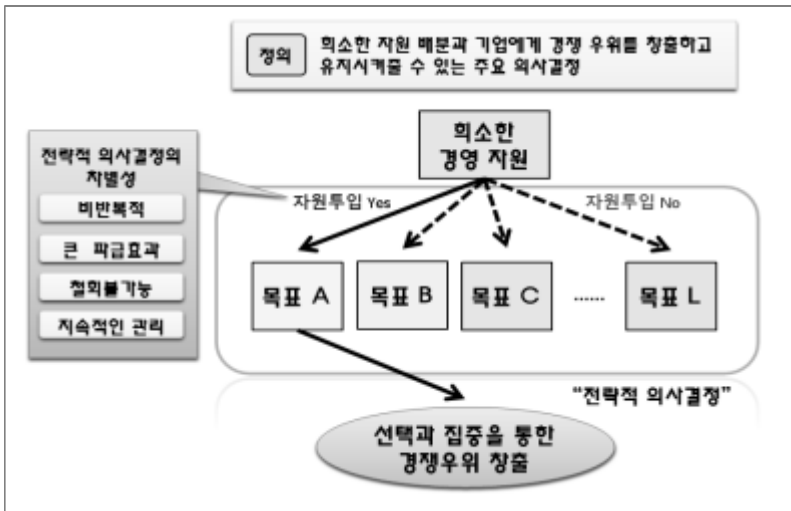
품목명	된장, 개량매주	컴뱃서츠, 120호(19년)	경유 (혹한기용)	유자철조망 (30kg)	이부프로펜 정	트랙 슈, 차량용
운영수준 (OL)	4.803	5.264	5.185	103.37	5.644	51.67
안전수준 (OST)	7	17	12	179	21	53

다. 전략적 보급수준의 필요성과 고려사항

앞절에서는 현행 보급수준의 정의와 문제점, 보급수준에 관한 선행연구를 살펴보았

다. 본 절에서는 경영전략 관점에서 전략적 보급수준의 필요성에 대해서 서술한다.

경영학에서 전략(Stratgy)은 연구자들마다 상이하게 정의하지만 일반적으로 ‘최소한 자원 배분과 기업에게 경쟁 우위를 창출하고 유지시켜줄 수 있는 주요 의사결정’으로 알려져 있다(장세진, 2022). 이러한 경영전략은 어떠한 상황에서 무엇을 해야될 것인가를 정하는 의사결정의 내용을 주로 다루고 있으며 이는 한정되어 있는 자원으로 선택과 집중을 통해 경쟁 우위를 유지하기 위한 것이며, 상충되는 각 세부조직에게 일관된 방향성을 제시한다. 경영전략에서 전략적 의사결정은 모든 유형의 의사결정을 의미하는 것이 아니며, 단순한 운영의 효율성 제고와는 차별되고 반복할 수 없으며 큰 파급효과를 가져 철회가 어렵고, 전략적 사고방식에 의한 지속적인 관리가 필요한 의사결정을 전략적 의사결정으로 인식한다. 이상의 논의를 정리하면 아래 <그림 4>와 같이 표현할 수 있다.



<그림 4> 경영전략의 개념도

보급수준 산정은 다음과 같은 이유에서 경영전략의 관점에서 전략적 의사결정이라고 볼 수 있다. 첫째, 조달되는 수준을 결정하는 행위는 군 조직의 운영에 큰 영향을 미칠뿐더러, 쉽게 수정할 수 없다. 우리 군의 보급운영이 단년도 예산 안에서 연 1회 조달되는 수량으로(비반복적, 철회불가) 군이 운영되기 때문에 잘못 산정된 보급수준은 군 보급운영과 작전에 큰 영향을 미치기 때문이다(큰 파급효과, 경쟁 우위 창출 및 유지). 둘째, 재고 비용의 최소화라는 효율성과 전쟁승리를 위한 작전지원 보장이라는 효과성이 상충되는 상황에서 적정 수준을 제시하여 일관된 방향성을 제시한다. 일반적인

조직은 현재 상황이 지속될 것으로 가정하고 효율적인 재고 수준을 산정한다. 하지만 군은 전쟁이라는 특수성을 가정하고 있다는 점이 다르다. 군에서 재고 효율성만 고려하여 평시에 필요한 만큼만 재고를 보유한다면 국민의 안전이라는 가치를 보장하기 어렵다. 근거 없는 기준으로 과도한 재고를 보유하는 것도 문제이지만, 효율성만을 강조하여 군이 추구하는 근본적인 목표와 가치를 달성하지 못하는 것도 큰 문제가 된다. 따라서 군 본연의 목표와 가치인 전쟁승리를 위해 필요한 적절한 보급수준을 도출하는 전략적인 재고수준 판단이 필요하다.

다시 말해, 보급수준은 효율성과 효과성을 모두 고려해 전략적인 관점에서 접근해야 한다. 평시 보급수준에 대한 선행연구의 결과에서 현행 보급수준이 과도하다고 판단하고 보급수준 일수를 감소시켜 재고를 줄인다면 효율성은 증가하겠으나, 궁극적으로 군의 목표인 전쟁승리라는 목표를 달성하기 위한 효과성은 오히려 감소할 수 있다. 충분한 재고의 부족으로 인한 작전실패는 최근의 우크라이나 - 러시아 전쟁 사례에서도 나타났다. 국내 또한 전시 보급에 발생할 여러 제한점을 고려할 때, 적어도 전쟁 임박 징후가 보인다면, 평시기준이 아닌 전시를 기준으로 보급수준 일수를 늘려야하고, 이때 필요한 재고를 산출하기 위한 기준이 되는 전략적 보급수준 일수를 보다 정교하게 산출할 필요가 있다.

군의 입장에서 전략적인 보급수준은 평시의 보급운영 효율성 보다 전쟁에서의 승리할 수 있는 효과성을 중시하는 것이 더 타당하다. 평시 보급운영의 비효율로 입는 손실보다 패전 시 발생할 기회비용이 훨씬 크기 때문에 평시의 비효율을 감내하더라도 전쟁에서 승리하는 것이 더욱 합리적이며, 그것이 군의 임무와 목적에 부합하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준은 평시 재고유지비용이 높더라도 전시상황에서 보다 높은 수요충족률을 제공할 수 있는 보급수준이다. 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준은 구체적인 산정 근거가 없는 현행 보급수준과 달리 시스템 다이나믹스 시뮬레이션에 근거하므로 산정 기준을 제시해줄 수 있고 현행 보급수준보다 전시 안정적인 보급운영을 보장할 수 있으므로 우리 군에 적용되어야 할 필요가 있다.

이러한 전략적 보급수준을 제시하기 위해서 본 연구에서는 보급수준에 관한 선행연구의 결과를 바탕으로 다음의 사항들을 고려하여 전략적 보급수준을 제시하고자한다.

첫째, 문성암 등(2022)이 수행한 보급수준 연구와 같이 품목별 특성을 고려하고자한다. 다만, 보급수준을 산정하여 운용 중인 인가저장품목(ASL)은 매년 마다 변동이 있고 품목 수가 약 10,000개 이기 때문에 전체 품목의 보급수준 산정에 필요한 연구 데이터가 매우 방대해지는 문제가 있다. 이러한 데이터는 확보하는 것도 어렵지만 처리하여 보급수준 산정 결과 산출도 과도한 시간이 소요된다. 따라서, 본 연구에서는 품목별

보급수준을 산정하는 것을 연구 중점으로 하되 현재 육군 보급체계의 운영 양태를 고려하여 9종(수리부속)으로 한정하여 보급수준을 산정하고자 한다. 이는 타 품종(1·2·3·4·8종)도 보급수준을 가지지만 이러한 품목들은 대부분 군수사 예하의 보급단에 저장되어 있고 오로지 9종이 군수사로부터 편성부대에 이르는 전 제대에서 저장, 관리하는 것을 반영한 것이다. 다만, 인가저장품목 중 대부분이 9종 품목이라 품목의 수가 많으며 이를 본 연구에서 다 고려할 수 없기 때문에 9종 내에서 청구 및 불출이 활발하게 이루어진 품목을 선정하여 보급수준을 산정하고자 한다.

둘째, 선행연구에서 전시의 재고 관련 연구에서 전시로 가정한 기간에 대해 일률적인 수요 증가배수를 적용한 것과 달리 <그림 1>과 같이 작전 단계별로 상이한 수요 증가배수를 적용하고자 한다. 이는 우리 군의 전시 작전은 0단계에서부터 5단계까지 국면별로 구분되어 있고,⁴⁾ 국면별로 설정되어 있는 작전목표와 이를 위한 전투력 운용이 상이하기 때문이다. 또한, 일률적인 수요 증가배수를 시물레이션에 적용하는 것은 특정 작전 단계만을 고려하는 것으로 볼 수 있어 전략적 보급수준 산정에는 부적절하다고 판단하였기 때문이다.

셋째, 선행연구보다 개선된 분포 추정 방법을 활용하여 청구량과 사용자 대기시간의 분포, 모수를 시물레이션에 적용하고자 한다. 문성암 등(2022)의 연구는 품목별 거래실적 데이터를 각급 제대(군수사, 군지사(군지여단), 사단급 부대)로 구분하여 수요와 사용자 대기시간의 분포와 모수를 구하였다. 다양한 유형의 부대를 지원해야 하는 육군의 보급지원부대의 상황을 고려할 때, 이와 같이 제대별로 구분된 품목의 분포와 모수(평균, 표준편차)를 보급수준 산정 시물레이션에 적용하는 것은 적절하다고 할 수 있다. 하지만 해당 연구에서 활용한 분포 추정 방법은 일부 미흡한 면이 있다. 해당 연구에서는 분포 추정을 위해서 거래실적 데이터를 히스토그램(Histogram)으로 표현하여 대략적으로 분포를 확인하고 Q-Q plot, P-P plot 등으로 이론적 분포의 형태와 데이터가 가지는 분포의 형태를 비교하여 분포를 추정하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법은 비모수적(Non parametric) 밀도추정 방법 중 다른 방법보다 비교적 쉽게 확률밀도를 알 수 있지만 히스토그램의 간격(bin)을 얼마로 설정하는가에 따라 히스토그램이 달라

4) 『...한·미 연합작전계획은 북한의 국지도발 및 전면전 양상에 따라 0~5단계로 구분되는 것으로 알려졌다. 0~2단계는 북한 도발 및 전쟁 억제, 3단계는 국지도발 이후 전면전 상황이다. 4단계가 점령 지역 안정화, 5단계는 북한 점령 지역 통치 지원 및 정부 이양 등이다. 이중 4단계에 실시될 안정화 작전은 질서 유지(북한군 무장 해제, 잔존 적성 세력파 주된 분리, 심리전 등), 인도적 지원(구호물자 배급 등), 재건 지원 활동 등을 포함하고 있다...』

이상의 내용은 “육군, 北 점령시 ‘안정화 작전’ 첫 훈련(2016.01.22.)” 기사의 내용이지만 작전 단계 구분은 현재도 유효한 것으로 알려져있다.

지거나 간격의 경계에서 불연속성이 나타나는 단점이 있다. 다시 말해, 해당 연구에서 제시한 수요와 사용자 대기시간의 실제 분포는 연구에서 제시하는 것과 다를 수 있다는 것이다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 히스토그램을 활용한 분포 추정 방법의 단점을 개선한 커널밀도추정(KDE, Kernel Density Estimation)을 활용하여 수요와 사용자 대기시간의 분포, 모수를 추정하고자 한다. 커널(Kernel)은 적분값이 1인 Non-negative 함수이며 모든 값이 대칭인 함수를 의미한다. 커널밀도추정은 각각의 데이터에 대해 해당 데이터를 중심으로하는 커널을 만들고(즉, 데이터 개수만큼의 커널을 생성하고) 이를 합한 다음 데이터 개수로 나눠서 밀도를 추정하는 방법이다. 이를 통해서 히스토그램 추정 방법이 가지는 간격의 문제를 해결할 수 있으며, 데이터에 대한 보다 정확한 분포(확률밀도함수)를 추정할 수 있다.

넷째, 작전계획과 동원단계를 고려하여 합리적인 전략적 보급수준의 기준을 제시하고자 한다. 동원에 관련 현행법인 『국방동원업무에 관한 훈령(2020.9.11. 시행)』에서 제시하고 있는 동원단계는 군사전략 및 작전개념에 부응한 전쟁 수행 단계에 따라 1년을 12단계로 구분한 것이며, 아래 <표 9>와 같다,

<표 9> 동원단계

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	M~ M+1	M+2 ~ M+3	M+4 ~ M+6	M+7 ~ M+30	M+31 ~ M+45	M+46 ~ M+60	M+61 ~ M+90	M+91 ~ M+120	M+121 ~ M+150	M+151 ~ M+180	M+181 ~ M+270	M+271 ~ M+364
일수	2	2	3	24	15	15	30	30	30	30	90	94
병력 및 전사근로	긴급단계			지속단계								
인력 및 물자	초기단계				지속단계							

이 중 군수분야와 관련된 물자동원은 동원령 선포 후 30일까지가 초기단계(1~4단계)로 구분되며 이후부터는 지속단계에 속한다. 한편, 우리 군의 전시 작전계획의 작전 단계를 고려할 때 전시 초기라고 볼 수 있는 기간은 작전단계 중 1단계이며 이는 약 개전 후 약 90일까지이다. 작전계획 상 개전일(D-day)과 동원령 선포일(M-day)은 상이하나 일반적으로 동원령 선포일이 개전일보다 앞선다. 이 때문에 근소한 일수의 차이가 있지만 <표 8>에 제시되어 있는 인력 및 물자의 '초기단계'에는 작전계획 상의 전시 초기도 포함된다. 전시라는 상황을 고려할 때 재고를 많이 보유할수록 작전에는 유익할 것이나 이에 대한 예산적, 저장공간의 현실적 측면에서 제한되는 요소가 많기 때문에 작전계획 상의 초기단계인 90일 전체에 대한 재고를 가지기는 어렵다. 하지만 전시에

안정적인 보급운영을 위해 동원령 선포 이후 물자 동원이 지속적으로 시행될 수 있는 M+31일까지의 소요량은 반드시 군에서 사전에 확보할 필요가 있다. 그리고 약 30일분의 재고는 현행의 군 저장능력을 고려할 때 충분히 수용할 수 있다. 즉, 이상의 논의를 정리하면 전시 초기 약 30일분의 보급품을 사전에 확보할 필요가 있으며 이는 현재 우리 군의 능력을 고려할 때 충분히 실현가능한 목표재고량이다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준은 개전 후 30일분이다. 상술한 바와 같이 동원령 선포일(M-day)와 개전일(D-day)은 근소한 일수 차이가 있으나, 이를 고려하지 않고 개전일 이후 30일에는 인력 및 물자 동원단계의 초기 단계가 모두 포함되기 때문에 '개전일 이후 30일'로 통일하여 연구하고자 한다.

Ⅲ. 전략적 보급수준 결정 방안

1. 시뮬레이션 모형 구축

적절한 보급수준 일수를 산정하기 위해 연구모형은 육군 보급체계의 구조를 반영해야 한다. 모형에 반드시 포함되어야 할 육군 보급체계의 주요한 특징은 '군수사 - 군지사(여단) - 사단급 부대 - 편성부대'의 다단계(Multi-echelon) 구조, 각 제대에 설정되어 있는 보급수준 일수와 이에 근거한 정수(목표재고량)라고 할 수 있다. 위 사항과 각 제대별 공급라인(배송 중인 재고), 미납주문량을 추가하여 모형을 구축하였다. 방법론적 측면으로써, 연구모형은 재고관리 연구에서 널리 활용되는 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 분석 프로그램인 벤심(Vensim)을 이용하여 구축하였다. 구축된 연구모형은 <그림 5>와 같이 제시할 수 있다. 연구모형에 반영된 수식은 부록을 참조하기 바란다.

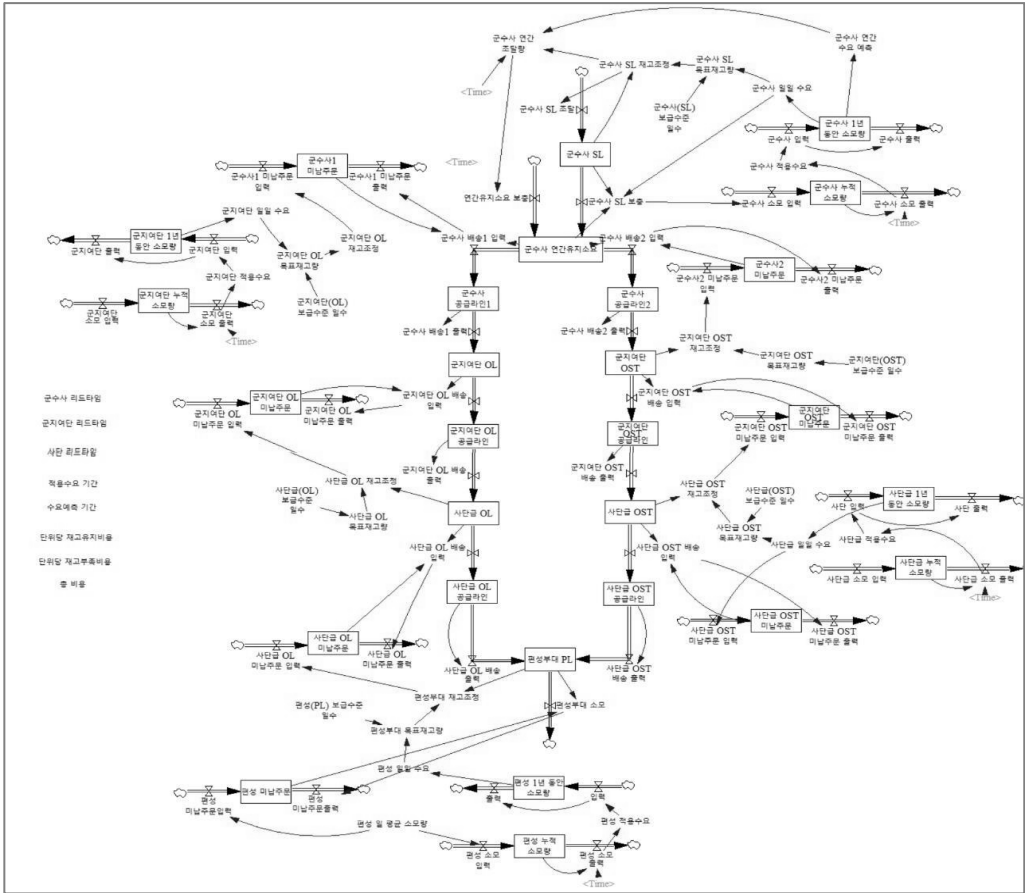
연구모형의 가정사항은 다음과 같다. 첫째, 현재 군수사가 연간유지소요를 산정하는 방식을 준용하여 편성부대의 수요를 바탕으로 군수사에서 연간유지소요를 산정하도록 구축하였다. 다만, 현실의 연간유지소요에는 야전부대와 군수사 보급수준 외 다양한 소요가 반영되지만 연구에서는 상기 두 개 소요만을 고려하였다. 둘째, 모형의 시뮬레이션 시간은 모형의 안정화(steady-state)와 보급품 조달 의사결정이 1년 단위로 시행되는 것을 고려하여 총 10,000일로 설정하였고, 현실에서 연구 대상 품목들이 매일 사용되는 것은 아니지만 보급수준이 일수로 설정되어 있는 것을 고려하여 시간 단위(Time step)는 일(Day)로 설정하였다. 셋째, 군수사에서 실제 내년의 수요를 예측할 때는 3가

지 시계열 예측기법(산술평균, 이동평균, 최소자승법)의 결과를 품목담당관이 비교하여 가장 적절하다고 판단되는 예측값을 선정한다. 다시 말해, 최종적인 수요 예측값 결정은 품목담당관의 정성적 판단에 의해 이루어지는 것이다. 연구모형에서는 이러한 정성적 판단을 묘사하기 제한되기 때문에 이동평균으로 수요 예측하는 것으로 가정하였다. 넷째, 현행의 야전 보급수준(군지사·여단 ~ 편성부대)은 해당부대의 2개년 수요 실적의 평균을 365로 나눠서 평균 일일 소모량을 산출하지만 연구모형에서는 계산의 복잡성을 감소시키기 위해 해당부대의 1개년의 수요 실적으로 평균 일일 소모량을 계산하는 것으로 가정하였다.

연구모형은 편성부대에서부터 군수사의 보급수준 재고와 각 제대 사이의 공급라인은 각각 해당부대가 보유하고 있는 재고와 차하위 부대로 배송 중인 재고를 나타내기 위해 저장변수(Stock Variable)로 표현하였다. 구체적으로 살펴보면 편성부대의 경우 보급수준은 규정휴대량(PL)만을 가지기 때문에 하나의 저장변수로 보급수준 재고를 표현하였다. 그리고 사단급 부대는 운영수준(OL)과 발주 및 수송시간(OST)을 가지기 때문에 두 개의 저장변수로 이를 표현하였고 사단급 부대에서 편성부대로 배송 중인 재고는 공급라인 저장변수로 표현하였다. 이러한 저장변수들을 통해서 해 제대가 어느 정도의 재고를 보유하고 있는지와 현재 수송 중인 재고가 얼마인지를 표현하였다.

모형에서 발생하는 수요는 편성부대의 일일 평균 소모량 변수에서 시작된다. 편성부대에서 발생한 수요는 최초 편성부대의 미납주문량(Backlog) 저장변수에 반영된다. 미납주문량 변수는 추후 소모로 차감되어야 할 재고를 의미하며, 편성부대 소모 변수에서 차감되는 재고량은 편성부대가 보유하고 있는 재고와 편성부대 미납주문량을 비교하여 적은 값을 소모하도록 하였다. 그리고 발생한 수요가 현 시점의 재고량 보다 크다면, 현재 보유 중인 재고를 소모로 차감하고 그 차이는 다시 미납주문량에 누적되도록 하였다. 이는 현실에서 100의 수요가 발생했다더라도 현재 보유 중인 재고가 50이라면 50을 소모시키고 나머지 50은 미납주문량이 되는 것을 반영한 것이다. 한편, 편성부대에서 발생한 일일 수요는 ‘편성 누적 소모량’ 저장변수에 반영되어 시물레이션 시간(Time step)에 365가 되었을 때 그 시점까지의 누적량을 산출한다. 이렇게 산출된 1년 간의 총 소모량은 편성부대의 적용수요가 되며 이를 365로 나눠서 편성부대의 일일 수요를 산출한다. 이러한 절차는 현행 보급수준 조달량 산출 과정을 반영한 것이다. 산출된 일일 수요는 시물레이션 시간으로 연도가 바뀌기 전까지(즉, 다음 365일이 지나기 전까지) 유효하며 이를 바탕으로 편성부대 보급수준(PL) 일수를 곱하여 편성부대의 목표재고량을 산출한다. 목표재고량과 편성부대가 가지고 있는 재고를 매 시간(Time step) 당 비교하여 그 차이만큼을 차상위 부대(편성부대는 사단급)에 청구한다. 편성부대를

예시로 하여 설명한 하위부대의 청구량은 차상위 부대의 수요가 되며, 편성부대와 동일하게 미납주문량 변수에 먼저 반영이 되고 현재 재고 보유량과 미납주문량을 비교하여 적은 값을 하위부대로 배송하여 하위부대의 보급수준을 보충한다. 이러한 절차는 사단급 부대, 군지여단에도 동일하게 적용되도록 하였다. 군수사는 군지여단 이하 부대와



〈그림 5〉 연구모형

다르게 편성부대의 수요를 취합하여 연간유지소요를 산출하는 현재의 육군 보급체계를 고려하여 군수사의 수요는 편성부대의 수요와 군수사의 안전수준(SL)을 소모한 실적을 바탕으로 수요가 발생하도록 하였다. 이상을 정리하면 연구모형에서의 수요 발생은 현행 육군 보급체계를 반영하여 편성부대에서부터 군지여단급 부대는 해당 제대의 소모량을 기준으로 수요가 발생하고 군수사는 편성부대의 소모 실적으로 수요가 발생하도록 모형을 구축하였다.

한편, 사단급 부대와 군지여단은 편성부대와 달리 2개의 보급수준을 가지기 때문에 편성부대와 달리 재고 사용의 우선순위가 필요하다. 이 때문에 현행 육군 보급체계에서는 각 재고별 목적에 맞게 운영수준(OL) 재고를 발주 및 수송시간(OST) 재고보다 우선적으로 사용하고 있다. 모형에도 이를 반영하여 사단급 부대와 군지여단의 운영수준 재고를 우선적으로 사용하고 발주 및 수송시간 재고는 운영수준 재고량이 해당 제대의 일일 수요 보다 적을 때 소모되도록 설정하였다. 실제 야전에서는 다양한 요인을 고려하여 발주 및 수송시간 재고 사용에 대한 의사결정을 내리지만 연구모형에는 재고 수준에 의한 의사결정만 반영하였다. 그리고 차상위 제대에서 하위 제대로 배송할 때 소요되는 리드타임은 3절의 품목별 거래실적 데이터 분석의 결과를 반영하였다. 현실에서는 리드타임이 경과한 후에 물품이 도착하지만 시스템 다이내믹스 모형에서는 이를 리틀의 법칙(Little's law)을 적용하여 표현한다(Sterman, 2000). 본 연구모형에도 이를 반영하여 리드타임에 따라 매 시간별 배송되는 재고의 수량은 '배송되어야 하는 재고량/리드타임'으로 계산되도록 하였다.

연구모형의 성과지표로는 단위당 재고유지비용과 단위당 재고부족비용을 각 제대별 재고와 미납주문의 합을 곱한 총 비용으로 측정하고자 한다. 군 보급품의 재고유지비용은 현행 육군 보급체계에서도 유추할 수 있으나 재고부족비용은 유추하기 어렵다. 하지만 전시 상황을 고려할 때 재고부족비용은 매우 높을 것으로 예상할 수 있다. 재고관리에 관한 선행 연구(Sterman, 2000; Simchi-Levi et al, 2000; 문성암 등, 2012)에서는 재고유지비용을 1로, 재고부족비용을 2로 가정하였으나, 본 연구에서는 앞선 연구와 달리 군 보급품과 전시라는 특수성을 고려하여 남광식, 문성암(2022)의 연구를 참고하여 재고유지비용을 1로, 재고부족비용을 9로 가정하였다. 이상의 내용을 요약하면 아래와 <표 10>과 같이 제시할 수 있다.

<표 10> 시뮬레이션 모형 구축 요약

구분	내용
가정사항	<ul style="list-style-type: none"> • 야전부대의 보급수준 소요와 군수사 보급수준 소요만을 고려 • 시뮬레이션 모형의 안정화와 보급품 조달이 1년 단위로 시행하는 것을 고려하여 시뮬레이션 시간은 10,000일로 설정 • 수요 예측방법은 이동평균법을 적용 • 야전부대 적용수요는 1개년의 평균으로 산출
제대별 구성	<ul style="list-style-type: none"> • 저장변수(Stock Variables)를 이용하여 각 제대가 가지는 재고량을 표현하되, 실제 설정된 재고량(OL, OST 등)을 고려하여 재고량을 표현

모형 논리	<ul style="list-style-type: none"> • 모형의 수요는 편성부대의 일일 평균 소모량으로 발생하고, 발생한 수요는 최초 편성부대의 미납주문량 변수에 반영 • 미납주문량 변수는 편성부대 ~ 군수사 전 제대의 재고수준 표현에 활용되며 각 제대가 보유하고 있는 재고량과 미납주문량을 비교하여 그 중 최소값을 소모함. 이는 미납주문량에 대한 현실을 반영한 것. • 산출된 적용수요를 바탕으로 각 제대별 보급수준(목표재고량)을 산출하고 이를 현 재고량과 비교하여 부족한 양을 차상위부대에 청구 • 군수사 수요는 편성부대를 취합하여 연간유지소요를 산출하는 현실을 고려하여, 편성부대의 수요와 군수사 안전수준 소모실적을 바탕으로 수요가 발생하도록 구축 • 사단급 부대와 군지여단은 재고별 목적에 따라 운영수준(OL)을 발주 및 수송시간(OST)보다 먼저 사용. • 매 시간 간격(Timestep) 마다 배송되는 재고량은 리틀의 법칙(Little's Law)에 따라 '배송되어야 하는 재고량 / 리드타임' 으로 계산
성과지표	<ul style="list-style-type: none"> • 총 비용 = (단위 재고유지비용 × 재고량) + (단위 재고부족비용 × 미납주문량) • 전시에 재고부족비용은 평시와 달리 높을 것으로 판단하여 단위 재고유지비용은 1, 단위 재고부족비용은 9로 가정

2. 시뮬레이션 모형 타당성 검증

시스템 다이내믹스 모형의 타당성은 크게 구조 타당성(Structure Validity)과 동태 타당성(Behavior Validity) 평가로 구분되며 구조 타당성을 먼저 평가한 후 동태 타당성을 검증한다. 구조 타당성을 먼저 검증하는 것은 시스템 다이내믹스 모형의 검증에서 가장 중요한 원칙이 모형의 구조적인 타당성을 수립하는 것이기 때문이다(Barlas, 1996).

구조 타당성 평가는 직접 구조 평가(Direct structure test)와 구조 기반 동태 평가(Structure-oriented behavior test)로 구분된다. 직접 구조 평가는 현실의 시스템에 대한 지식을 바탕으로 구축된 모형의 타당성을 평가하는 것이다. 이 평가에는 수식(Mathematical equation)이나 논리적 관계(Logical relationship), 이론적 배경(Generalized knowledge in the literature)이 타당성 평가의 근거가 될 수 있으며, 시뮬레이션이 반드시 필요하지는 않다. 다음으로 구조 기반 동태 평가는 특정 동태를 모형에 적용하여 모형의 구조적 타당성을 간접적으로 평가하는 것이다. 이를 위해서 시뮬레이션 수행이 필요하며, 시스템 다이내믹스를 활용한 논문에서 널리 활용되는 극한 조건 평가(Extreme condition test), 민감도 분석(Sensitivity test) 등의 기법이 이 평가에 포함된다(Barlas, 1996).

이상의 구조 타당성 평가에서 모형이 적절하다고 판단된 다음에 동태 타당성을 평가한다. 만일, 구조 타당성 평가가 적절하지 않다고 판단되면 모형과 모수에 대한 수정이 필요하다.

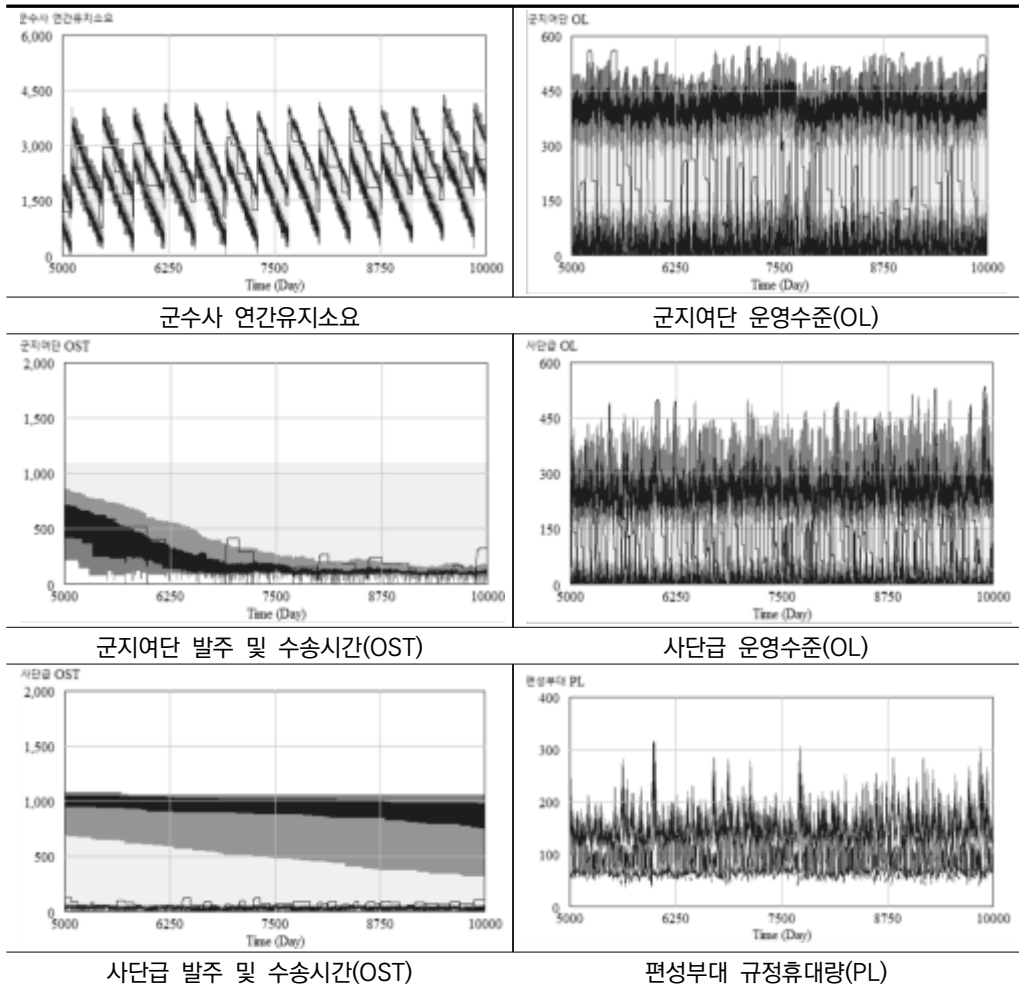
동태 타당성 평가는 현실의 시스템 동태와 모형이 구현하는(reproducing) 동태가 얼마나 정확한지는 측정하는 것이다. 이 평가에서는 패턴에 대한 예측(기간, 빈도, 트렌드, 지연 등)이 특정 사건이나 값(point)에 대한 예측 보다 중요하다. Barlas(1994)는 동태 타당성 평가에서 가장 좋은 방법은 시각적인 방법으로 동태를 확인하는 것이라고 제시한다. 그리고 이러한 방법이 제한될 경우 추세를 비교하고 제거한 다음 평균 또는 분산을 비교하는 방법을 제시하였다.

시스템 다이내믹스 모형에 대한 타당성 검증 방법은 정형화(Formal)된 방법론이 없다고 비판을 받기도 한다(Barlas, 1994). 구조 타당성 평가나 동태 타당성 평가로 절차가 구분되어 있지만, 각 방법에는 몇 가지의 세부 검증 방법들이 있고 이러한 방법들은 통계적인 검증 방법처럼 특정한 기준을 충족해야 하거나 반드시 특정 방법을 준수해야 한다는 것과 같은 기준이 없기 때문이다. 게다가 동태 타당성 평가는 현실의 데이터가 없는 시스템을 대상으로 연구할 경우 검증 자체가 불가능하다. 상술하였듯이 시스템 다이내믹스 모형 타당성 검증의 한계가 존재하지만 본 연구에서는 Barlas(1994, 1996)이 제시한 구조 타당성 평가와 동태 타당성 평가의 절차를 준수하여 구축한 모형의 타당성을 평가하고자 한다. 구체적으로 구조 타당성 평가에는 모형이 육군의 보급체계를 잘 묘사하였는지를 살펴보고, 민감도 분석과 극한조건평가를 수행한다. 그리고 동태 타당성 평가는 9종 품목 중 한 품목의 거래실적 데이터를 분석한 결과를 반영하여 모형에서 산출되는 결과와 실제 거래실적 데이터를 통계적으로 비교 분석하고 한다.

직접 구조 평가에서 본 연구모형은 현행 육군 보급체계를 적절하게 묘사한다고 판단하였다. 이는 문성암 등(2022)의 연구에서 제시하였던 모델을 보다 구체화하여 각 보급수준 재고를 모형에 반영하였으며, 실제 보급수준 재고량이 산정되는 과정을 모형에 목표재고량으로 반영하였다는 점과 이를 바탕으로 수요가 발생하고, 다시 군수사의 연유소요로 조달되는 과정이 피드백 루프로 잘 표현되었다는 점을 고려하여 이전 연구의 모형보다 현실 육군 보급체계에서 재고가 흘러가는 동태를 잘 나타내기 때문이다.

구조 기반 동태 평가에서는 민감도 분석과 극한조건평가를 수행하였다. 민감도 분석은 연구 모형에 상수로 반영되어 주요 변수를 변화시켜 반복적으로 시뮬레이션을 시행함으로써 연구의 결과가 어떻게 변화하는지를 살펴보는 방법이다. 변수의 변화에 따라 저장변수가 균형되지 않으면 연구모형은 특정 모수에 불안정한 동태를 보여주기 때문에 모형의 타당성은 부족하다고 할 수 있다. 민감도 분석을 위해서 연구모형에 상수로

반영되어 있는 군수사 리드타임, 군지여단 리드타임, 사단급 부대의 리드타임을 변화시켰다. 구체적으로 군수사 리드타임은 1~8 사이의 범위를 가지고, 군지여단과 사단급 부대 리드타임은 1~7 사이의 범위를 가지도록 하였다. 이상의 3개의 모수를 변화시켜 200회의 시뮬레이션을 시행한 결과는 아래 <그림 6>과 같다.

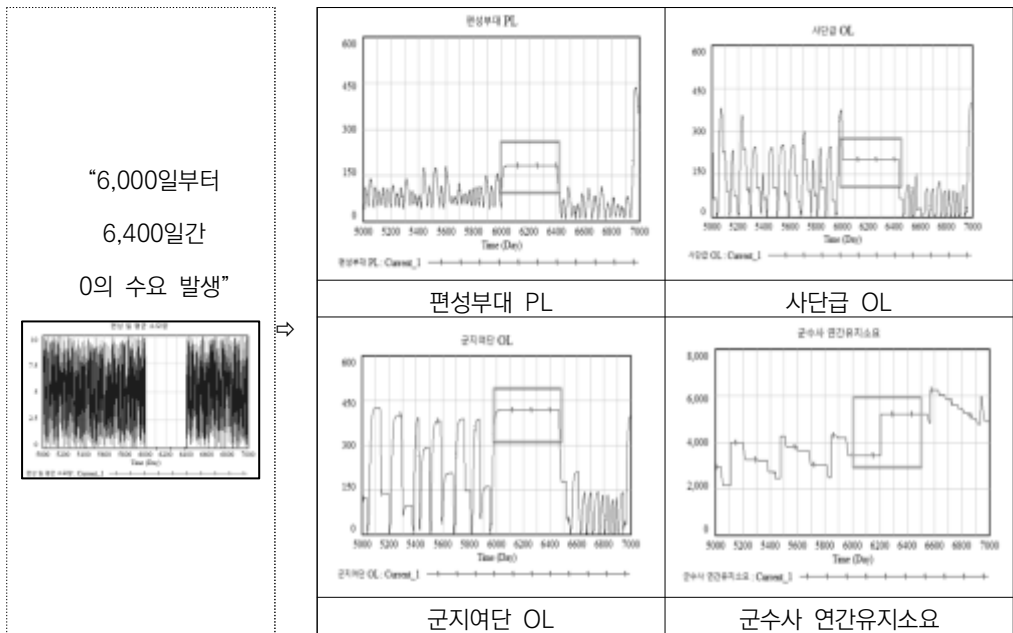


<그림 6> 민감도 분석 결과

연구모형의 시간이 총 10,000일이기 때문에 동태의 확인을 쉽게 볼 수 있도록 5,000일부터 10,000일까지의 민감도 분석 그래프를 제시하였다. 이 결과를 살펴보면 3개 리드타임 변수가 변화하더라도 연구모형의 저장변수는 일정한 범위 내에서 변화하는 패턴을 보여주고 있음을 확인할 수 있으며, 양 또는 음의 극한 발산하지 않고 균형적인 동

태를 확인할 수 있다. 이상을 바탕으로 민감도 분석 결과를 적절한 것으로 판단하였다. 이어서 극한조건 평가를 시행하였다. 이를 위해서 편성부대 일일 평균 소모량 변수의 수식을 아래와 같이 수정하여 적용하였다. 해당 수식은 일반적으로 평균 5의 일양분포를 따르는 수요를 발생시키다가 시물레이션 시간으로 6000일부터 6400일까지 1년이 넘는 기간 동안 수요가 0으로 발생시키는 수식이다. 이의 결과는 <그림 7>과 같이 제시할 수 있다.

IF THEN ELSE (Time > 6000 : AND : Time < 6400, 0, 10*RANDOM UNIFORM (0, 1, 7863))



민감도 분석과 동일하게 연구모형의 시간이 총 10,000일이기 때문에 동태의 확인을 쉽게 볼 수 있도록 5,000일로부터 7,000일까지의 극한조건 평가 그래프를 제시하였다. 이를 살펴보면 6,000일부터 6,400일까지 수요가 0이 되기 때문에 해당 기간 동안 편성부대 PL, 사단급 OL과 군지여단 OL의 그래프에서 직선으로 일정한 동태가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 수요가 발생하지 않기 때문에 보유하고 있는 재고를 그대로 유지하는 것이다(그래프의 황색 사각형 구간). 그리고 이러한 동태는 군수사 연간유지소요 그래프에서도 확인할 수 있는데, 6,000일부터 6,200일까지 하위 제대에서

수요가 발생하지 않기 때문에 동일하게 수요가 발생하지 않아 직선으로 일정한 동태를 보여주고 있다가 6,200일에 연간유지소요가 조달되어 재고수준이 올라가더라도 6,400일까지 일정한 변화가 없는 동태를 보여주고 있다. 극한조건이 끝나는 6,400일 이후 모든 저량변수들은 다시 원래의 동태를 보여주는 모습을 확인할 수 있는데 이를 통해서 연구모형은 극한조건이 발생하더라도 강건하게 작동함을 알 수 있다. 이상을 바탕으로 극한조건 평가는 적절한 것으로 판단하였으며, 연구모형은 구조 타당성을 확보한 것으로 판단하였다.

동태 타당성을 평가하기 위해서 연구모형에 편성부대 거래실적 데이터를 분석하여 확인한 모수를 적용하였을 때, 모형에서 군지여단 저량변수에서 사단급 부대 저량변수로 배송되는 보급품의 수량 데이터와 실제 거래실적 데이터에서 군지여단이 사단급 부대로 배송한 보급품의 수량을 비교하였다. 선택한 품목은 핀, 발사용(NIIN : 007310080)이며, 편성부대에서 사단급 부대로 청구한 거래실적의 평균은 5.8, 최소값 1, 최대값 52 이고(이상치를 제거하지 않은 거래실적의 결과임.) 거래실적 데이터의 밀도가 지수분포에 가까운 형태를 나타내고 있어 연구모형에 위 모수값을 따르는 지수분포 난수로 편성부대 수요를 발생시키도록 하였다. 시뮬레이션 결과, 연구모형 산출하는 군지여단에서 사단급 부대로 배송되는 보급품의 수량 평균은 5.64이고 실 거래실적 데이터에서 군지여단에서 사단급 부대로 배송되는 보급품의 수량 평균은 5.843으로 나타났다. 이러한 데이터의 동질성 여부를 검증하기 위해 카이제곱 검정을 수행하였다. 검정 결과 p-value는 0.4391로 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타났으며 이에 따라 시뮬레이션의 산출값과 거래실적 간의 동질성이 존재하는 것으로 나타났다. 따라서, 연구모형의 동태 타당성을 확보한 것으로 판단하였으며 구조 타당성과 동태 타당성을 모두 확보하였기 때문에 연구모형은 본 연구에 적절한 것으로 볼 수 있다.

3. 품목별 거래실적 데이터 분석

상술한 것과 같이 보급수준은 과거의 청구량을 근거한 ‘적용수요’를 활용하여 구체적인 목표재고량을 설정하기 때문에 연구모형에서도 이를 고려하여 모형 내 변수에서 연구 대상 품목의 수요를 발생시켜야 한다. 또한, 수요 뿐만 아니라 청구 후 실제 품목이 청구부대에 도착하기까지 소요되는 사용자 대기시간도 동일하게 연구모형의 변수로 반영하여 발생시켜야 한다. 이를 위해서는 실제 거래실적 데이터를 활용하여 수요와 사용자 대기시간에 대한 분석이 필요하다. 따라서, 연구모형에 반영되어 있는 편성부대의 일일 평균 소요량, 사단 리드타임, 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임에 대해서 분

포와 모수(평균, 표준편차, 최대값, 최소값)⁵⁾를 추정한다.

데이터 분석 대상은 육군 군수사령부에서 인가저장품목(ASL)을 담당하는 실무자들이 선정한 품목이며, 모든 유형의 육군 부대에서 수불행위가 가장 활발히 발생하여 거래실적이 많은 품목이다. 구체적으로 살펴보면 나사, 기계용(NIIN : 000513609), 핀, 발사용(NIIN : 007310080), 총열 및 가늠쇠 뭉치(NIIN : 375000377), 송수화기(NIIN : 375031045), 안테나 세트(NIIN : 375024621)의 이상 5개 품목이다. 이러한 품목의 거래실적을 문성암 등(2022)의 연구에서는 이상치(Outlier)를 제거하지 않고 데이터 분석을 수행하였으나 육군 군수사령부의 담당 실무자, 야전부대 보급장교 근무 경험 인원 등이 이상치로 분류될 수 있는 과도한 청구량, 사용자 대기기간(CWT)은 실제 발생한 청구량, 사용자 대기기간일 가능성도 있지만 대개의 경우에 군수통합정보체계의 오류, 해당 부대 실무자의 수령처리 지연 또는 미흡으로 발생한 것으로 판단하는 것이 타당하다는 의견을 반영하여 본 연구에서는 청구량과 사용자 대기기간에 대한 이상치를 제거하였다. 이상치를 제거하는 방법으로써 가장 보편적으로 활용되는 IQR(Interquartile Range) 기준을 적용하였다. 품목별 거래실적 분석 결과는 아래와 같다.

가. 나사, 기계용(000513609) 거래실적 분석 결과

나사, 기계용(000513609)에 대한 육군 군수사령부에서 제공한 거래실적 데이터는 육군의 전(全) 제대에서 발생한 수불행위를 포함하기 때문에 연구에 필요한 모수(편성부대의 일일 평균 소요량, 사단 리드타임, 군지여단 리드타임, 군수사 리드타임)을 분석하기 위해서는 데이터를 구분해야 할 필요가 있다. 이에 따라 데이터를 편성부대에서 사단급 부대로 청구한 거래실적, 사단급 부대에서 군지사(군지여단)으로 청구한 거래실적, 군지사(군지여단)에서 군수사령부로 청구한 거래실적의 세 가지로 구분하였다. 이를 바탕으로 다음과 같이 모수를 분석하였다.

편성부대의 일일 평균 소요량은 편성부대에서 사단급 부대로 청구한 보급품 수량으로 산출하였다. 군수사령부에서 제공한 데이터로 실제 편성부대에서 일일 단위로 사용한 보급품 수량을 산출하기 제한되기 때문에 편성부대가 청구한 수량 데이터가 가지는 분포와 모수를 일일 평균 소요량으로 가정하였다. 사단, 군지여단, 군수사 리드타임은 제대별 리드타임 데이터가 가지는 분포와 모수를 통해서 산출하였다. 즉, 사단 리드타

5) 확률 분포에서 척도(Measure)는 1차 모멘트(평균, mean), 2차 모멘트(Variance, 분산), 3차 모멘트(Skewness, 왜도), 4차 모멘트(Kurtosis, 첨도)의 4개이나, 시스템 다이내믹스 연구모형에서 특정 확률 분포로 난수를 발생시킬 때 최소값과 최대값을 모수로 필요로 하기 때문에 이를 같이 산출하였다.

임은 편성부대가 보급품을 사단으로 청구한 청구일로부터 보급완료일까지 소요된 기간을 활용하여 분석하였고, 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임도 사단 리드타임과 동일하게 분석하였다.⁶⁾

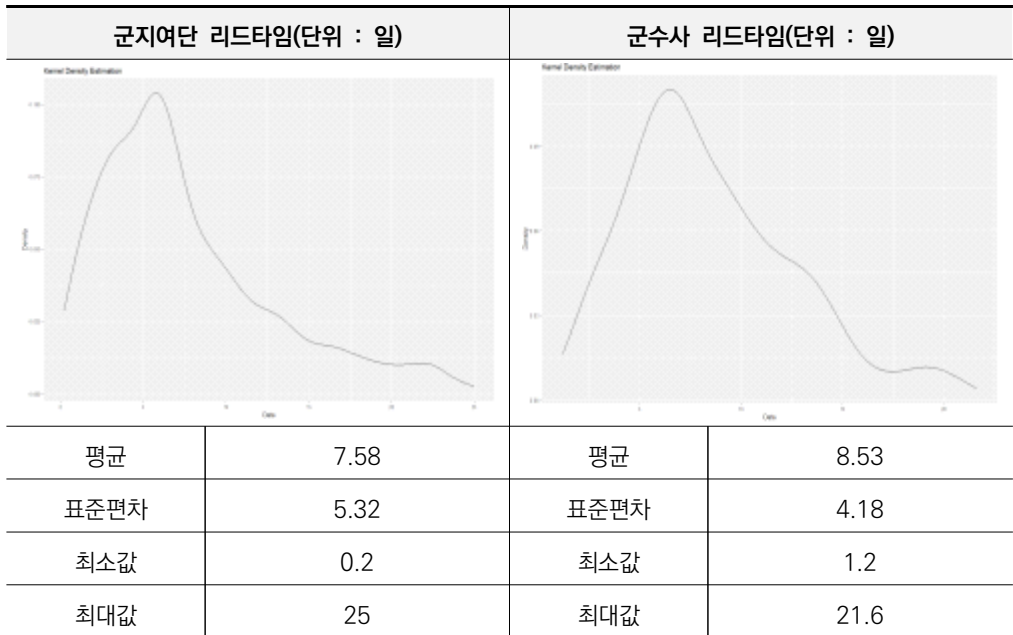
나사, 기계용(000513609)의 편성부대 일일 평균 소요량과 사단 리드타임에 대한 커널밀도추정(KDE) 결과는 아래 <그림 8>과 같다. 먼저 일일 평균 소요량의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 1~10개의 청구량 구간이 가장 밀도가 높고 이후 최대값까지 점진적으로 밀도가 감소하다가, 청구량이 100개에서 다시 밀도가 일시적으로 높아졌다 감소하는 추세를 보여주고 있다. 그리고 일일 평균 소요량의 평균과 표준편차는 각각 26.42, 27.19로 근소한 차이가 있으나 유사하다고 할 수 있다. 커널밀도추정 그래프와 모수를 종합하여 고려하면 나사, 기계용(000513609)의 일일 평균 소요량은 지수분포를 추종한다고 판단할 수 있다. 그리고 사단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 6~7일 사이의 구간이 가장 밀도가 높고 이후 40일까지 점진적으로 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균 11.26, 표준편차 8.9로 근소한 차이가 있다. 커널밀도추정 그래프와 모수를 종합하면 이 품목의 사단 리드타임은 이론적인 지수분포와 차이가 있지만 점진적으로 감소하는 추세를 감안하여 지수분포를 추종한다고 가정하였다.

일일 평균 소요량(단위 : EA)		사단 리드타임(단위 : 일)	
평균	26.42	평균	11.26
표준편차	27.19	표준편차	8.9
최소값	1	최소값	0.1
최대값	106	최대값	40.4

<그림 8> 나사, 기계용 일일 평균 소요량과 사단 리드타임 분석 결과

6) 나사, 기계용(000513609)에서 명시한 구체적인 거래실적 분석 과정은 다른 품목의 거래실적을 분석할 때도 동일하게 적용되었다.

나사, 기계용(000513609)의 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임에 대한 커널밀도추정 결과는 아래 <그림 9>와 같다. 군지여단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 1~6일 구간에는 밀도가 증가하다가 이후 최대값(25일)까지는 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 7.58, 5.32으로 근소한 차이가 있다. 군지여단 리드타임은 이론적인 지수분포와 차이가 있으나 지수분포를 추종하는 것으로 가정하였다. 한편, 군수사 리드타임의 모수로, 평균과 표준편차는 각각 8.53, 4.18로 나타났다. 분포로써, 6일에 해당하는 구간을 중심으로 정규분포와 유사한 커널밀도추정 그래프를 보여주고 있어 정규분포로 가정하였다.

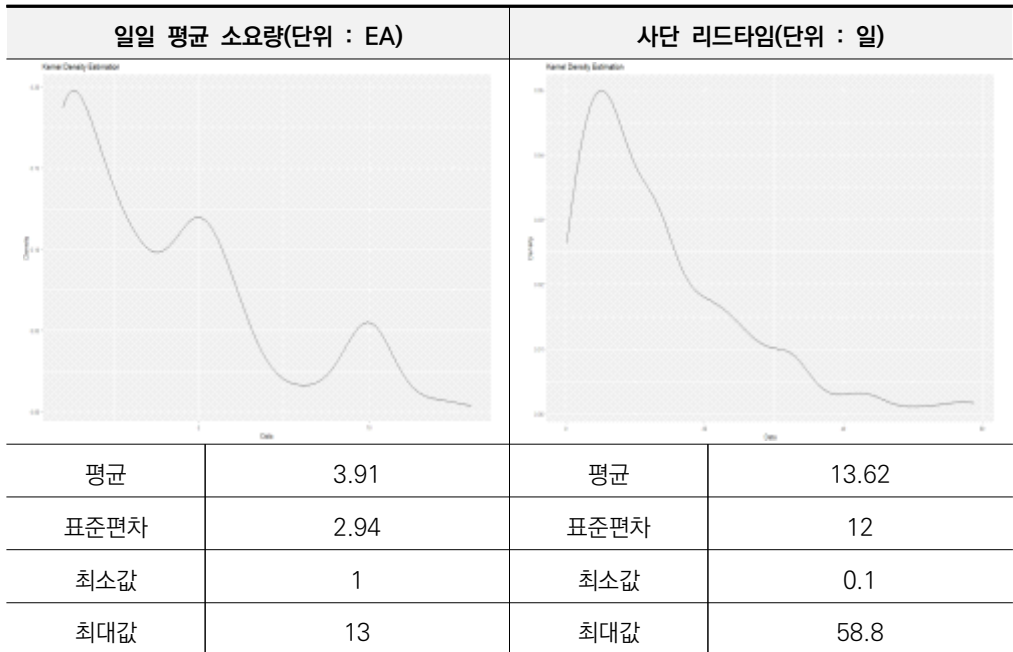


<그림 9> 나사, 기계용 군지여단 및 군수사 리드타임 분석 결과

나. 핀, 발사용(007310080) 거래실적 분석 결과

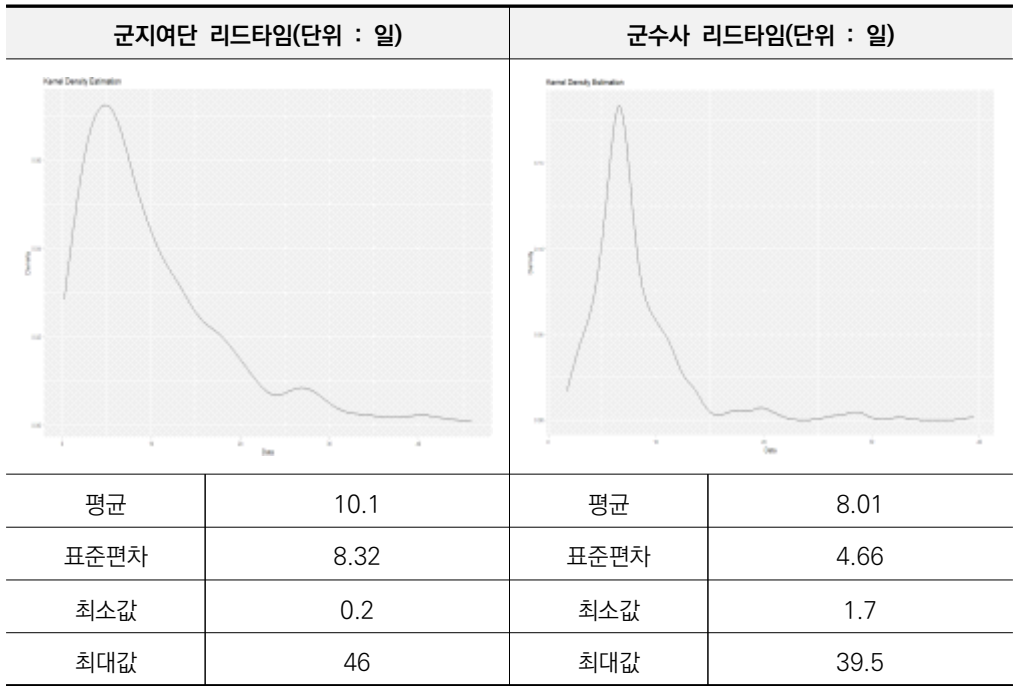
핀, 발사용(007310080)의 편성부대 일일 평균 소요량과 사단 리드타임에 대한 커널밀도추정(KDE) 결과는 아래 <그림 10>과 같다. 일일 평균 소요량의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 1~5개 구간에서 높은 밀도를 보이고 있고 이후 점진적으로 감소하다 10개 구간에서 일시적 증가 후 감소하는 추세를 보이고 있다. 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 3.91과 2.94로 유사하게 나타났다. 이를 종합하면 일일 평균 소요량은

지수분포와 유사하다고 판단할 수 있기 때문에 지수분포를 추정하는 것으로 가정하였다. 그리고 사단 리드타임은 6일까지는 밀도가 증가하는 경향이 있으나 이후에는 점진적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 다만, 평균과 표준편차는 13.62와 12로 유사한 값을 가지고 있다. 이상을 종합하면, 사단 리드타임은 지수분포를 추종하는 것으로 가정하였다.



〈그림 10〉 핀, 발사용 일일 평균 소요량과 사단 리드타임 분석 결과

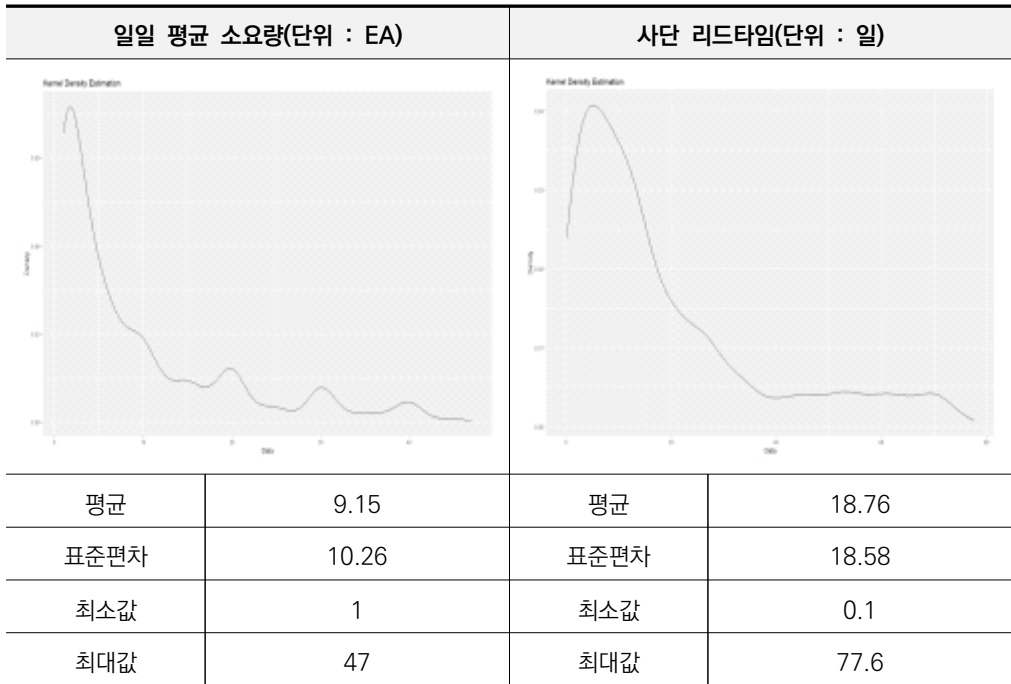
이어서 핀, 발사용(007310080)의 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임에 대한 커널밀도추정 결과는 아래 〈그림 11〉과 같다. 군지여단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 보면 5일 구간을 정점으로 점진적으로 감소하는 경향을 보이고 있으며, 평균과 표준편차는 각각 10.1, 8.32로 근사한 값으로 나타났다. 종합하면 군지여단 리드타임은 지수분포를 추정하는 것으로 판단하였으며, 이에 따라 지수분포로 가정하였다. 한편, 군수사 리드타임은 6일을 중심으로한 종 모양 그래프와 15일부터 최대값(39.5일)까지 빈도 수 1의 작은 밀도를 보여주고 있으며, 모수는 평균과 표준편차 각각 8.01과 4.66으로 나타났다. 이상을 정리하면 왼쪽으로 치우친 정규분포 모양을 보여주는 것으로 판단하였고, 이에 따라 군수사 리드타임은 정규분포로 가정하였다.



〈그림 11〉 핀, 발사용 군지여단 및 군수사 리드타임 분석 결과

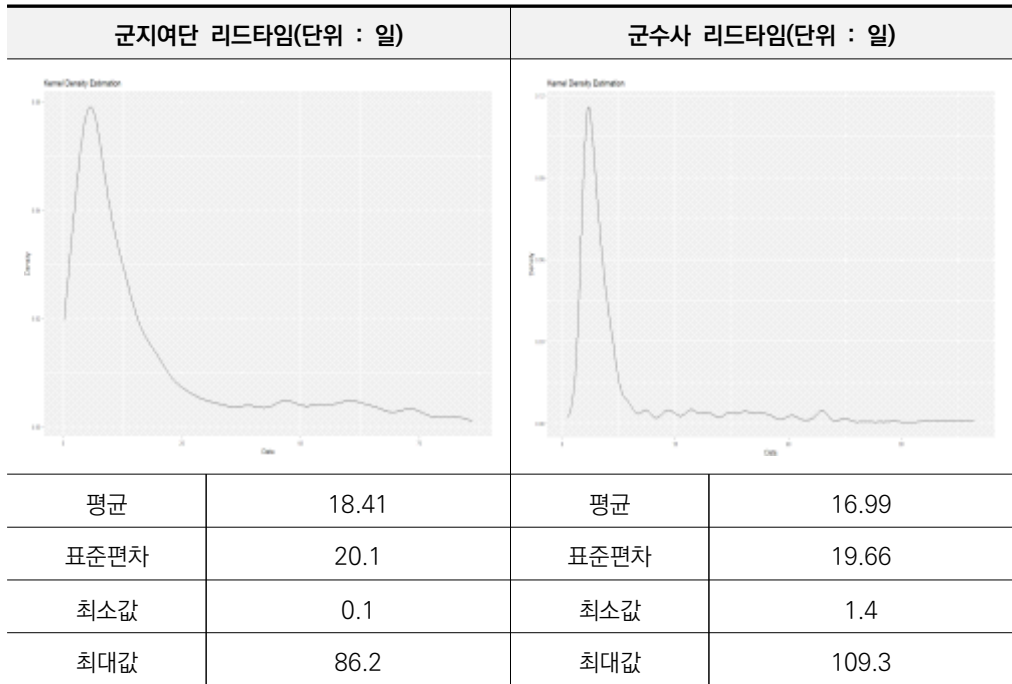
다. 총열 및 가늠쇠 뭉치(375000377) 거래실적 분석 결과

핀, 발사용(007310080)의 편성부대 일일 평균 소요량과 사단 리드타임에 대한 커널밀도추정(KDE) 결과는 아래 〈그림 12〉와 같다. 일일 평균 소요량의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 지수분포의 그래프와 유사한 형태를 보여주고 있으며, 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 9.15와 10.26으로 근사한 값으로 나타났다. 이상을 종합하면 일일 평균 소요량의 분포는 지수분포를 추정하는 것으로 판단하였다. 사단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 5일 구간까지 일부 밀도가 증가하는 그래프를 보여주고 있으나 이후부터는 밀도가 점진적으로 감소하는 그래프를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 18.76과 18.58로 근사한 값을 보여주고 있다. 이론적 지수분포와 약간 상이한 면이 있으나 사단 리드타임의 분포는 지수분포로 가정하였다.



〈그림 12〉 총열 및 가늌쇠 뭉치 일일 평균 소요량과 사단 리드타임 분석 결과

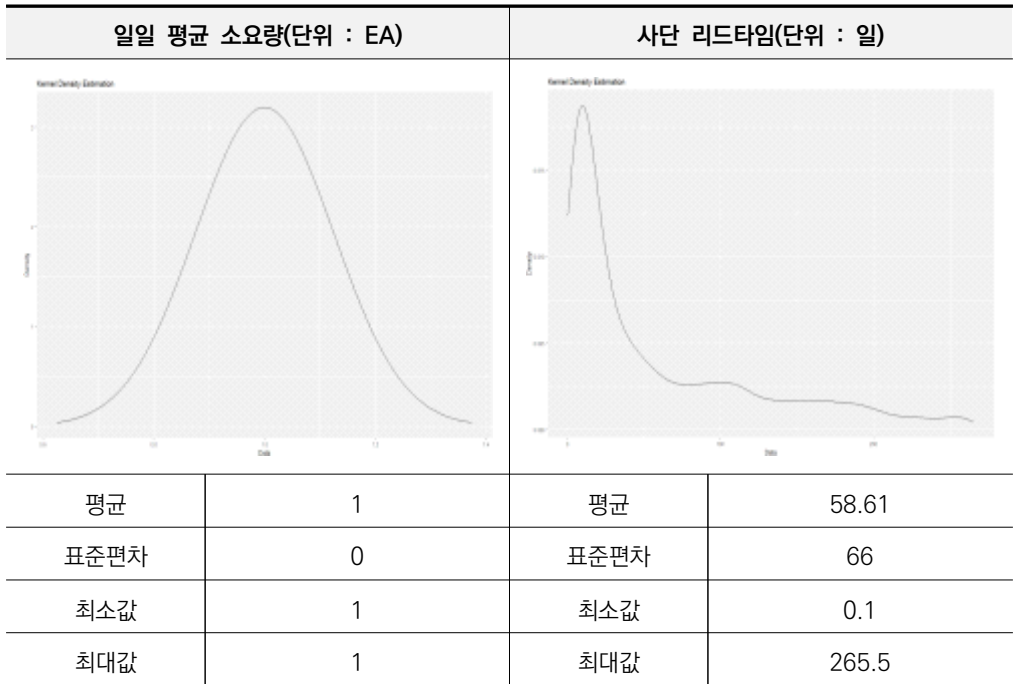
총열 및 가늌쇠 뭉치(375000377)의 군지여단과 군수사 리드타임 분석 결과는 아래 〈그림 13〉과 같다. 군지여단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 1~10일 사시 구간에는 밀도가 증가하다가 이후부터는 밀도가 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 모수로써, 평균과 표준편차는 18.41, 20.1로 나타났다. 이상을 종합하여 군지여단 리드타임은 지수분포를 추종하는 것으로 판단하였다. 그리고 군수사 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 7일 구간에서 밀도가 가장 높게 나타났고, 이후부터는 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 16.99, 19.66으로 나타났다. 1일부터 7일 사이 구간에서 밀도가 증가하다가 감소하는 종 모양의 그래프가 일부 나타났으나 전반적인 밀도 그래프의 추세를 고려할 때 지수분포를 추종하는 것으로 판단하였다.



〈그림 13〉 총열 및 가늠쇠 몽치 군지여단 및 군수사 리드타임 분석 결과

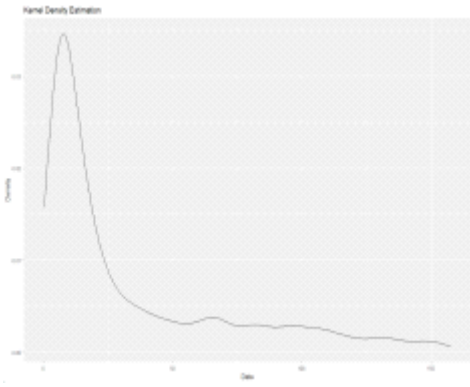
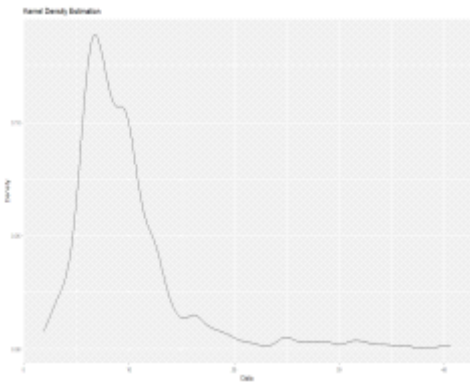
라. 송수화기(375031045) 거래실적 분석 결과

송수화기(375031045)의 편성부대 일일 평균 소요량과 사단 리드타임에 대한 커널 밀도추정(KDE) 결과는 아래 〈그림 14〉와 같다. 먼저 이상치를 제거하기 전 청구량의 평균은 1.4로, 24,066건의 데이터에서 청구량은 대부분 1개가 차지하고 있었다. 이 때문에 청구량 2개 이상인 데이터는 모두 이상치로 제거되어 정제된 청구량 데이터는 청구량이 1개인 거래실적만 남았다. 이에 따라 일일 평균 소요량의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 1, 0으로 나타났으며, 커널밀도추정 그래프는 정규분포와 유사한 형태의 그래프를 보여주고 있다. 따라서, 송수화기(375031045)의 일일 평균 소요량은 정규분포를 추종하는 것으로 판단하였다. 한편, 사단 리드타임의 커널밀도추정 그래프를 살펴보면 1~13일 사이의 구간에는 밀도가 증가하다가 이후부터는 밀도가 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 58.61, 66으로 나타났다. 모수 간에 차이가 있지만 그래프의 형태를 고려하여 사단 리드타임은 지수분포를 추종하는 것으로 판단하였다.



〈그림 14〉 송수화기 일일 평균 소요량과 사단 리드타임 분석 결과

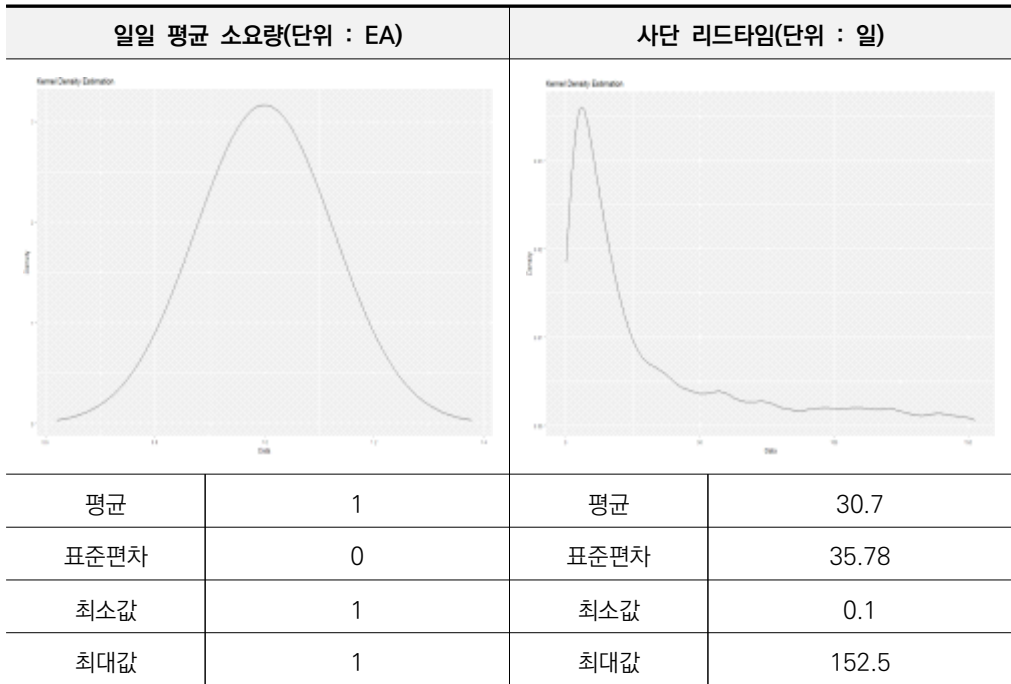
송수화기(375031045)의 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임에 대한 커널밀도추정 결과는 아래 〈그림 15〉와 같다. 군지여단 리드타임의 밀도 그래프는 1일부터 6일 구간에는 증가하다가 이후에는 점진적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 34.25, 38.63으로 나타났다. 일부 구간에 증가하는 추세가 있으나 점진적으로 감소하는 추세를 고려할 때 군지여단 리드타임은 지수분포를 추종하는 것으로 판단하였다. 군수사 리드타임의 밀도 그래프를 살펴보면 8일 구간을 중심으로 종 모양의 형태를 보여주고 있으며, 20일 이후 구간에서는 낮은 밀도 그래프가 최대값(40.6일)까지 지속되는 형태를 보여주고 있다. 이러한 밀도 그래프 형태를 고려할 때, 군수사 리드타임은 왼쪽으로 치우쳐진 정규분포의 형태를 가지는 것으로 판단하였으며 이에 따라 군수사 리드타임은 정규분포를 추종하는 것으로 가정하였다.

군지여단 리드타임(단위 : 일)		군수사 리드타임(단위 : 일)	
			
평균	34.25	평균	9.72
표준편차	38.63	표준편차	5.48
최소값	0.2	최소값	1.9
최대값	157.6	최대값	40.6

〈그림 15〉 송수화기 군지여단 및 군수사 리드타임 분석 결과

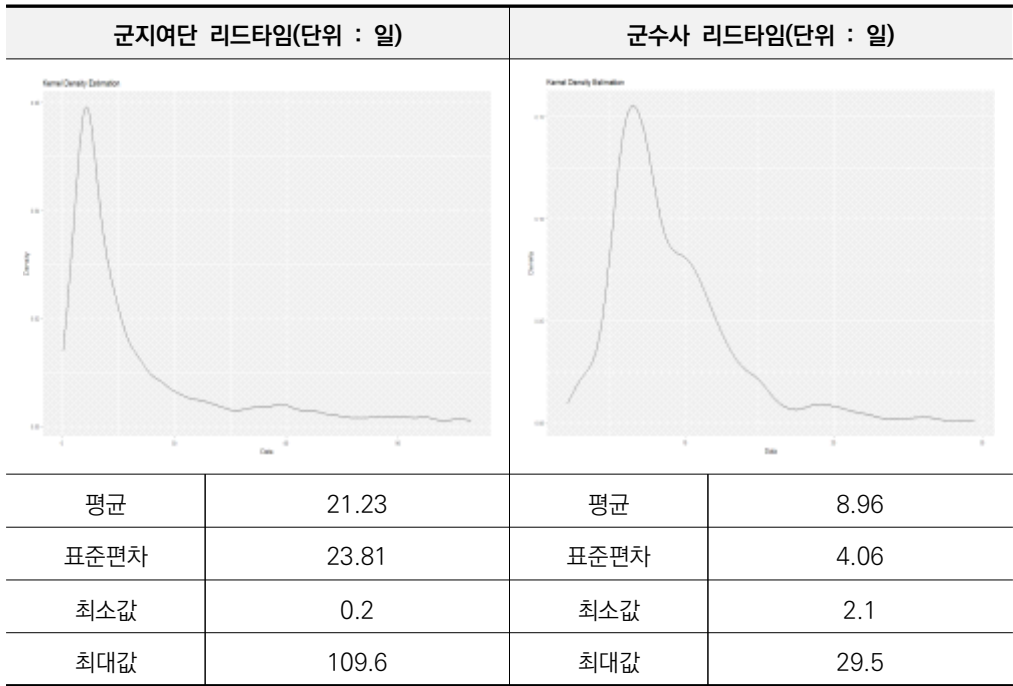
마. 안테나 세트(375024621) 거래실적 분석 결과

안테나 세트(375024621)의 편성부대 일일 평균 소요량과 사단 리드타임에 대한 커널밀도추정(KDE) 결과는 아래 〈그림 16〉과 같다. 안테나 세트의 일일 평균 소요량은 송수화기(375031045)의 일일 평균 소요량과 같이 2개 이상의 청구량은 모두 이상치로 제거되어 청구량이 1개인 데이터들만 남았다. 이에 따라 안테나 세트의 일일 평균 소요량 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 1, 0으로 나타났다. 커널밀도추정 그래프가 정규분포와 유사한 형태로 나타났기 때문에 안테나 세트의 일일 평균 소요량은 정규분포를 추종하는 것으로 판단하였다. 사단 리드타임의 밀도 그래프를 살펴보면 1일부터 10일까지의 구간에서 밀도가 점점 증가하는 추세를 보여주고 있으며, 이후에는 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차가 각각 30.7, 35.78으로 나타났다. 이상을 종합하여 고려하면 사단 리드타임은 지수분포를 추종한다고 판단하였다.



〈그림 16〉 안테나 세트 일일 평균 소요량과 사단 리드타임 분석 결과

안테나 세트의 군지여단 리드타임과 군수사 리드타임에 대한 커널밀도추정 분석 결과는 아래 〈그림 17〉과 같다. 먼저, 군지여단 리드타임의 추세 그래프를 살펴보면 1일부터 6일까지 구간에서는 밀도가 증가하다 6일 이후부터는 점진적으로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 각각 21.23, 23.81로 나타났다. 이상을 종합하여 고려하면 군지여단 리드타임은 지수분포를 추종하는 것으로 판단하였다. 한편, 군수사 리드타임은 7일 구간을 중심으로 종 모양의 그래프 형태를 보여주고 있으며, 13일 구간 이후에는 낮은 밀도가 지속되는 형태를 보여주고 있다. 이의 모수를 살펴보면 평균과 표준편차는 8.96, 4.06으로 나타났다. 이상을 종합하여 고려할 때 군수사 리드타임은 왼쪽으로 치우쳐진 정규분포의 형태를 가지는 것으로 판단하였으며, 이에 따라 군수사 리드타임은 정규분포를 추종하는 것으로 가정하였다.



〈그림 17〉 안테나 세트 군지여단 및 군수사 리드타임 분석 결과

바. 품목별 거래실적 분석 결과 종합

상기 5개 품목의 일일 평균 소요량과 리드타임의 분석결과를 전반적으로 살펴보면 각각은 지수분포 또는 정규분포를 추종하는 것으로 나타났다. 결과를 정리하면 아래 〈표 11〉과 같으며, 일일 평균 소요량과 리드타임을 구분하여 세부적으로 살펴보면 아래와 같다.

일일 평균 소요량의 경우에는 지수분포 또는 정규분포를 따르는 것으로 나타났는데, 규정에 따라 각 제대는 일정량의 보급수준 재고를 항상 유지해야 하기 때문에 1개의 수요가 발생하더라도 1개를 보충하는 형식으로 운영되어 지수분포 또는 정규분포 형태가 나타난 것으로 이해할 수 있다. 즉, 일일 평균 소요량 분석 결과는 현행 보급수준 운영 형태를 잘 설명하는 것으로 판단하였다.

리드타임의 경우 대부분 지수분포를 따르고 있는 것으로 가정하였고 일부에 대해서만 정규분포를 따르는 것으로 가정하였다. 그러나 어느 형태의 분포를 따르더라도 최대값으로 꼬리가 긴 형태를 보여주고 있다. 이러한 형태는 각 제대별로 보급수준을 유지하기 때문에 하위제대에서 수요가 발생하더라도 보유하고 있는 재고로 수요를 즉각적으로 충족시킬 수 있는 육군 보급체계의 현 모습과 어떠한 원인으로 재고가 부족할 경

우, 이를 다시 조달하여 보급하기까지 많은 시간이 소요되는 모습을 나타내는 것으로 이해할 수 있다. 그리고 특정 구간(품목별로 상이하나 1일부터 10일 이내)에서 밀도가 높은 것은 대부분의 수요가 제대별 보급수준 재고로 충족될 수 있기 때문에 리드타임이 일정한 일수 내로만 소요되는 것으로 이해할 수 있다. 이상을 정리하면 제대별 리드타임 분석 결과는 현행 육군 보급체계 내에서 일정한 사용자 대기기간을 보장하고자 하는 운영 현 실태를 잘 설명하는 것으로 판단하였다.

상술한 바를 종합하여 고려하면 커널밀도추정에 의한 분석 결과가 현행 육군 보급체계의 모습을 잘 설명해주는 것으로 이해할 수 있으며, 이에 따라 연구모형에 반영될 모수로서 적절하다고 판단하였다.

〈표 11〉 품목별 거래실적 분석 결과 종합

* 모수 : 평균/표준편차/최소값/최대값

구분		나사, 기계용	핀, 발사용	총열 및 가늠쇠 등치	송수화기	안테나 세트
일일 평균 소요량	분포	지수분포	지수분포	지수분포	정규분포	정규분포
	모수	26.42/27.19 / 1/106	3.91/2.94/ 1/13	9.15/10.26/ 1/47	1/0/1/1	1/0/1/1
사단 리드타임	분포	지수분포	지수분포	지수분포	지수분포	지수분포
	모수	11.26/8.9/ 0.1/40.4	13.62/12/ 0.1/58.8	18.76/18.58 / 0.1/77.6	58.61/66/ 0.1/265.5	30.7/35.78/ 0.1/152.5
군지여단 리드타임	분포	지수분포	지수분포	지수분포	지수분포	지수분포
	모수	7.58/5.32/ 0.2/25	10.1/8.32/ 0.2/46	18.41/20.1/ 0.1/86.2	34.25/38.63 / 0.2/157.6	21.23/23.81 / 0.2/109.6
군수사 리드타임	분포	정규분포	정규분포	지수분포	정규분포	정규분포
	모수	8.53/4.18/ 1.2/21.6	8.01/4.66/ 1.7/39.5	16.99/19.66 / 1.4/109.3	9.72/5.48/ 1.9/40.6	8.96/4.06/ 2.1/29.5

4. 전시 수요 형태에 대한 가정

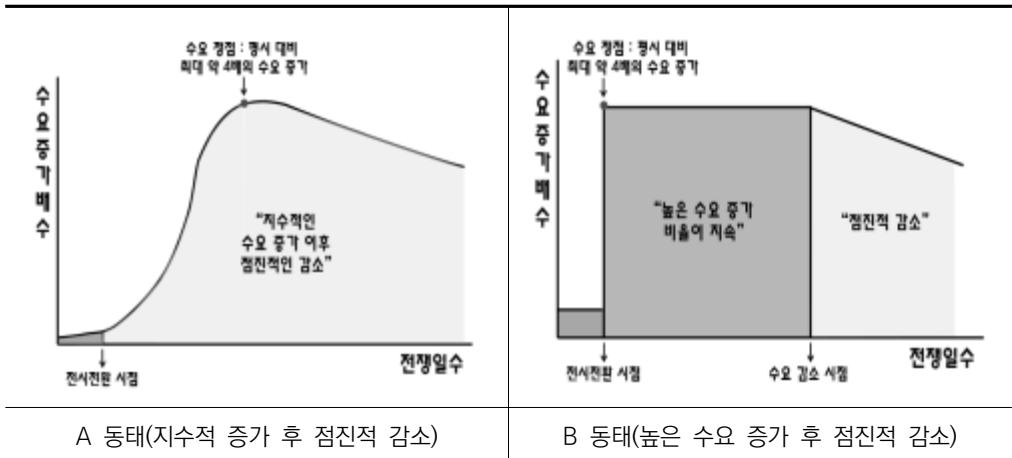
전시를 고려한 전략적 보급수준 산정을 위해서는 전시 전환 이후 수요가 어떠한 형태로, 얼마만큼 증가하는지를 나타낼 수 있는 함수를 시뮬레이션 모형에 반영해야한다. 이를 위해 전시 수요 증가 비율에 대한 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

문성암 등(2011)은 전시 수요 증가에 대한 연구를 수행하면서 특정한 품목을 정하지 않았으나, 해당 연구의 시점에서 전시 수요에 대한 최근 연구인 ‘국방경영효율화를 위한 군 물류체계 개선 방안’에서 전시 수요량을 평시 수요량의 약 4배로 가정한 것을 참고하여 연구모형에 반영하였다. 한편, 본 연구와 유사하게 수리부속을 대상으로한 연구로써는 김진호, 이상진, 정성태(2014)의 연구가 있다. 김진호 등(2014)는 공군에서 운영하는 KF-16 전투기의 예비엔진 및 모듈에 대한 연구에서 전시 엔진정비횟수를 산출할 때 전시 일일 평균 소터(Sortie) 증가계수(2.1042, 약 2.1배)를 적용하였다. 그리고 수리부속 외 다른 품종을 고려한 연구로써 문성암 등(2022)은 1·2·3·4·8종의 전시 보급수준을 산정하기 위해서 전·평시 편제인원 수, 관련 선행연구, 국방 전시군 수지원 소요 및 능력판단 지침 등을 참고하여 전시 수요 증가 비율을 약 3 ~ 6.58배(종별에 따라 상이함)로 산출하였다. 마지막으로 전시 수요 증가비율이 가장 큰 연구로써 김진영, 문성암(2020)은 전시 탄약 소모 증가 비율이 평시 대비 70,000%(700배)로 가정하였다. 이상의 논의를 정리하면 전시 수요 증가 비율은 군종(軍種), 품종별로 매우 다양하다는 것을 알 수 있다. 하지만 탄약(5종)을 제외한 나머지 품종들은 대체적으로 약 4배의 수요 증가 비율을 가지는 것으로 판단할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 이를 고려하여 전시 수요 증가의 최대 비율은 평시 수요의 4배라고 가정하였다.

전시 수요에 대한 선행연구들은 품종별 합리적인 전시 수요 증가비율을 제시하였으나 연구모형에서 전시 전환 시 수요가 증가하는 동태(Dynamics)에 대해서는 미흡한 면이 있다. 다시 말해, 선행연구들은 각각이 제시한 전시 수요 증가 비율을 연구모형에서 특정 시점(전시 전환) 이후로 동일하게 적용하였다. 포병 탄약과 같이 중심 화력 전투(Deep Fire Battle)와 대화력전 수행으로 전시 초기부터 수요가 급증하여 전시가 종료되는 시점까지 높은 수요율이 유지되는 품목도 존재할 수 있다. 하지만 군은 전시의 작전 목적 달성(0단계 이후)과 같이 특정 시점 이후에는 안정화 작전을 수행하기 때문에 전시 초기 대비 소요되는 품목 수량이 적어질 것이다. 따라서 포병탄약과 같이 일부 품목을 제외한 대부분의 품목은 수요가 점진적으로 감소하는 형태를 가질 것으로 예상하는 것이 보다 타당하다고 판단된다. 이상의 논의를 정리하면 선행연구에서 제시한 동일한 수준의 전시 수요 증가 비율이 지속되는 것은 우리 군의 작전계획을 고려할

때 일부 현실과 맞지 않는 부분이 있다고 할 수 있으며 특정 시점 이후 수요가 감소하는 동태가 현실적이라고 할 수 있다.

상술한 내용에 따라서 전시 전환에 따른 구체적인 수요 동태는 어떠한 형태를 가지는가에 대해서 가정해야 할 필요가 있다. 전시 품목별 수요 동태는 품목과 상황에 따라 매우 다양할 것으로 예상되지만 본 연구에서는 아래 <그림 18>과 같이 두 개의 수요 동태를 다양한 전시 수요 동태의 대표로서 제시 및 가정하고자 한다.



<그림 18> 두 가지 전시 수요 동태

A 형태는 전시전환 시점 이후로 수요가 지수적으로 증가하는 모습을 가지고 있으며 특정 시점에서 수요 정점에 도달하게 되고 이후부터는 수요가 점진적으로 감소하는 형태를 보여주고 있다. 이러한 형태는 일반적으로 각 군의 군수실무자들이 예상하는 전시 수요 증가 동태이며, 상술한 포병 탄약과 같은 일부 품목을 제외한 대부분의 품목은 이러한 수요 동태를 따를 것으로 예상되고 있다. 그리고 B 형태는 전시전환 시점 이후부터 높은 수요 증가 비율이 지속되다가 특정 시점 이후 수요가 점진적으로 감소하는 형태를 보여주고 있다. 본 연구의 대상이 되는 수리부속의 경우 이러한 형태는 평시 및 전시에 공통적으로 수요가 많은 특정 품목에 한정될 것으로 예상된다. 각 형태별 수요 정점의 평시 대비 수요 증가 비율은 상술한 바와 같이 평시 대비 약 4배 수준으로 가정하였다.

가장 적절한 전략적 보급수준 일수 산정을 위해서는 품목별 전시 수요 동태를 예측하여 연구하는 것이 타당할 것으로 판단되지만 전시 수요 데이터가 존재하지 않거나 부족하기 때문에 특정 품목이 반드시 어떠한 수요 동태를 따른다고 가정하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 <그림 18>에서 제시한 두 가지 수요 동태를 모두 적용하여 품목별 전략적 보급수준 일수를 산정하고자 한다. 전시 수요 데이터 부재의 문제로 인해서 구체적인 전시 수요 증가 함수를 구축하기 어렵기 때문에 Vensim에서 제공하는 Lookup 기능을 이용하여 전시 수요 증가 함수를 표현하고자 한다. 이러한 형태의 전시 수요 증가 함수는 연구자의 정성적 판단에 기인하지만, 데이터가 없더라도 전시 수요 증가 함수를 시뮬레이션 모형에 반영할 수 있기 때문에 본 연구 목적에 부합한다고 판단하였다. 형태별 구체적인 Lookup 함수 구축 결과는 다음 장에서 제시하였다.

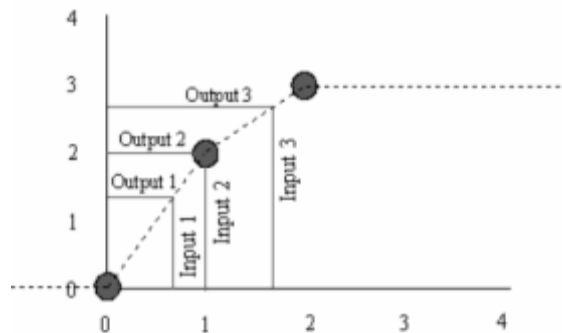
5. 시뮬레이션 결과

가. 전시 수요 함수에 대한 Lookup 함수 구축

Vensim에서 제공하는 Lookup은 두 변수 간의 인과관계를 수식으로 표현하기 어렵거나, 명확하게 정의하기 어려울 때 유용하게 사용할 수 있는 그래프 함수이다. Lookup을 통해서 연구자의 경험적 데이터나 복잡한 수식을 x축과 y축에 대한 수열(List of Number)로 간단하게 나타낼 수 있다(김기찬, 정관용, 김성원, 2014).

Lookup 함수는 입력값(input)을 x축에, 출력값(output)을 y축에 입력하여 함수를 생성할 수 있다. Lookup 함수가 작동하는 원리를 살펴보면 입력된 수열을 바탕으로 선형 내삽법(Linear Interpolation)으로 특정 입력값에 대한 출력값을 생성한다. 만일, 함수에 지정된 입력값을 벗어나는 입력값이 Lookup 함수에 들어오는 경우에 출력값으로 가장 높은 출력값 또는 가장 낮은값을 생성한다. 이상의 절차는 아래 <그림 19>와 같이 요약하여 제시할 수 있다.

<그림 19> Lookup 함수 작동 원리



* 출처 : Vensim Internet Guide(Lookups)

Lookup 함수는 x축과 y축에 대한 수열만으로 함수를 생성할 수 있기 때문에 실제 데이터를 입력하여 현실을 묘사할 수도 있지만 일반적으로 출력값(y축)을 정규화(Normalization)하여 함수를 구축하는 것이 권장된다(김기찬 등, 2014). 이는 정규화된 출력값으로 Lookup 함수를 구축하면 다른 변수들과의 연산을 통해서 연구자가 원하는 출력값을 생성하기 용이하기 때문이다. 예를 들어, 본 연구의 경우 A 형태와 B 형태의 전시 수요 함수를 정규화된 출력값으로 생성하면 품목별 분포와 모수만 달리 입력하여 간단하게 여러 품목에 대해 전시 수요를 생성할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 이상을 고려하여 입력값을 연구모형에 반영되어 있는 시간 순서(Time step, 총 10,000일)으로 하고, 출력값은 정규화(1~4 사이의 범위)하여 Lookup 함수를 생성하였으며 이는 아래 <표 12>와 같이 제시할 수 있다.

<표 12> 전시 수요에 대한 Lookup 함수 구축

구분	Lookup 함수 수열	Lookup 함수 형태
A 형태	[(0,0)-(10000,10)],(1,1),(1087.72,1.18421),(1649.12,1.71053),(2105.26,2.2807),(2491.23,2.80702),(2701.75,3.50877),(3157.89,3.94737),(3789.47,4.29825),(4666.67,4.03509),(5578.95,3.68421),(6421.05,3.33333),(6912.28,2.76316),(7403.51,2.0614),(7824.56,1.75439),(8350.88,1.31579),(8912.28,1.14035),(9263.16,0.921053),(9859.65,0.789474),(10000,1)	
B 형태	[(0,0)-(10000,10)],(1,1),(1122.81,1),(1368.42,4.16667),(2105.26,4.21),(2596.49,4.214),(2736.84,4.211),(3157.89,4.22),(3789.47,4.29825),(4666.67,4.03509),(5578.95,4),(6421.05,4),(6982.46,2.89474),(7403.51,2.36842),(7824.56,1.84211),(8350.88,1.31579),(8912.28,1.14035),(9263.16,0.921053),(9859.65,0.789474),(10000,1)	

나. 품목별 전략적 보급수준 산정 결과

앞서 제시한 연구모형에 품목별 거래실적을 분석한 결과와 Lookup 함수로 구축한 전시 수요 함수를 반영하여 최적의 전략적 보급수준을 산정하였다. 품목별 보급수준 최적화(Optimization)를 수행할 때 목적함수는 재고유지비용과 재고부족비용으로 계

산한 총 비용을 최소화(Minimize)하는 것이다. 총 비용은 단위당 재고유지비용(1)을 전체 공급사슬에서 보유하고 있는 재고량을 곱하여 산출한 공급사슬 전체의 재고유지 비용과 동일한 방식으로 재고부족량(미납주문, Backlog)과 단위당 재고부족비용(9)을 바탕으로 산출한 공급사슬 전체의 재고부족비용을 합하여 산출하였다.

시스템 다이내믹스로 구축한 연구모형에서 최적화를 수행하기 위해서 설정된 목적 함수를 구현하는데 가장 적합한 정책(Policy) 값을 산출하고자 하였다. 전략적 보급수준을 산출하고자 하는 연구 목적에 따라 최적의 값이 탐색되어야 할 결정변수는 각 제대별 보급수준(군수사 SL, 군지여단 OL 및 OST, 사단급 OL 및 OST, 편성부대 PL. 총 6개)이다. 그리고 전략적 보급수준 산정에 대한 고려사항에서 제시한 것과 같이 본 연구에서 설정한 보급수준의 최대 일수는 30일이다. 이상을 정리하면 아래 <표 13>과 같이 본 연구에서는 총 비용을 최소화할 수 있는 각 제대별 보급수준을 최대 30일 범위 내로 설정하여 탐색하였다.

<표 13> 전략적 보급수준 탐색 범위

보급수준 구분	현행 보급수준 일수		보급수준 일수 탐색 범위
군수사 SL	30일	“최적화 수행” ⇔	각 제대별 보급수준에 대해서 1일 ~ 30일 사이의 최적값 탐색
군지여단 OL	15일		
군지여단 OST	15일		
사단급 OL	10일		
사단급 OST	10일		
편성부대 PL	15일		

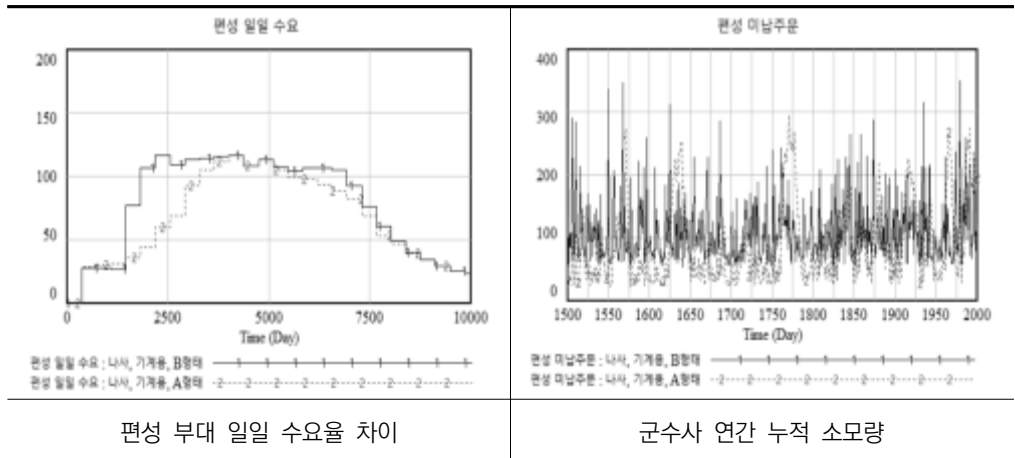
연구에서 활용한 탐색방법으로써, 1일 ~ 30일 이내에서 균등하게 분할된(Uniformly partitioned) 모수로 최적값을 탐색하는 ‘vector’ 방식을 적용하였다. 산출된 결과는 다음과 같이 제시할 수 있다.

나사, 기계용(NIIN : 000513609)의 A 형태 수요와 B 형태 수요에 대해서 최적화 수행 결과는 아래 <표 14>와 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 전시 수요 형태에 따라 최적화 결과가 상이한 것을 알 수 있다. 이러한 차이에 대해 살펴보면 다음과 같다. B 형태의 수요가 전시 초기에 급증하기 때문에 보급수준 산정의 기준이 되는 제대별 일일 수요(Daily Demand)가 A 형태의 수요보다 높게 나타났으며, 이로 인해 각 제대별 미납주문량(Backlog)이 증가하였다. 따라서 재고부족비용이 발생하기 때문에 이를 최소화하기 위해서 재고를 많이 확보하고자 하였으며, 이에 따라 B 형태 수요의

보급수준이 증가하였다.

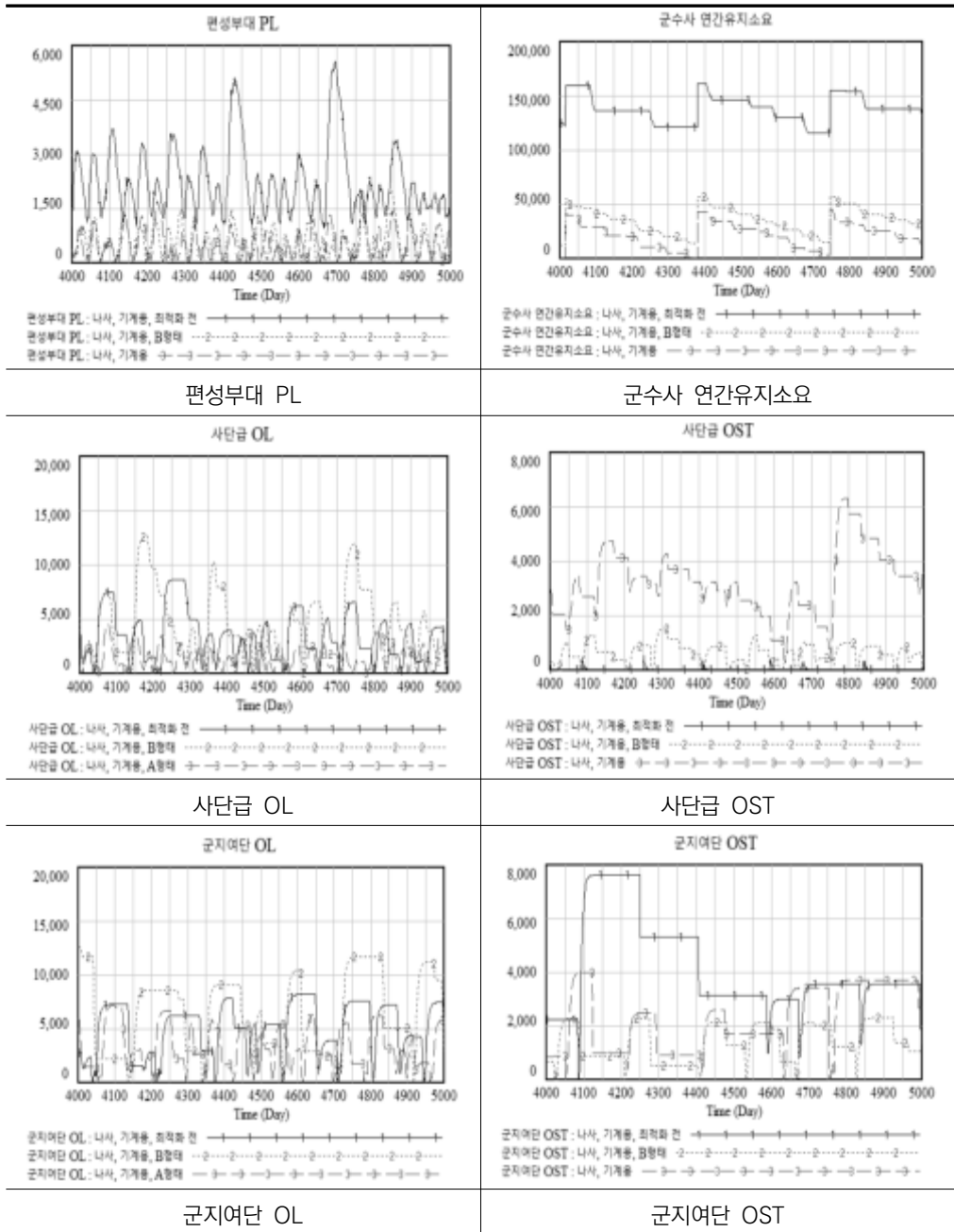
〈표 14〉 나사, 기계용(000513609)의 최적화 수행 결과

보급수준 구분	현행 보급수준 일수	A 형태 최적화 일수	B 형태 최적화 일수
군수사 SL	30	8.47326	29.762
군지여단 OL	15	11.9186	20.1567
군지여단 OST	15	2.03131	1.00616
사단급 OL	10	5.86641	13.8553
사단급 OST	10	17.5357	24.6896
편성부대 PL	15	3.06563	11.3955



〈그림 20〉 나사, 기계용의 A 형태(청색) 및 B 형태(적색) 일일 수요, 연간조달량 그래프

〈표 14〉에서 제시되어 있는 결과를 살펴보면 전시 전환을 고려한 나사, 기계용(000513609)의 보급수준은 A 형태 수요의 경우 사단급 OST를 제외한 나머지 재고에 대해 현행 보급수준 일수보다 작다는 것을 알 수 있고, B 형태 수요의 경우는 최적 보급수준이 현행 보급수준 보다 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 편성부대와 각 제대별 재고량에 대해 최적화 수행 전·후 그래프로 살펴보면 아래 〈그림 21〉과 같다(용이한 식별을 위해 4,000일과 5,000일 사이의 최적화 전 그래프와 A 형태 최적화 그래프를 예시로 제시하였음).



〈그림 21〉 나사, 기계용(000513609)의 최적화 전·후 그래프 비교

최적화의 목적함수인 총 비용의 차이를 살펴보면 아래 <표 15>와 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 최적화를 수행한 결과 현행 보급수준과 비교할 때 두 최적화

결과는 최대 약 75% 수준의 비용을 감소시켰다는 것을 알 수 있다.

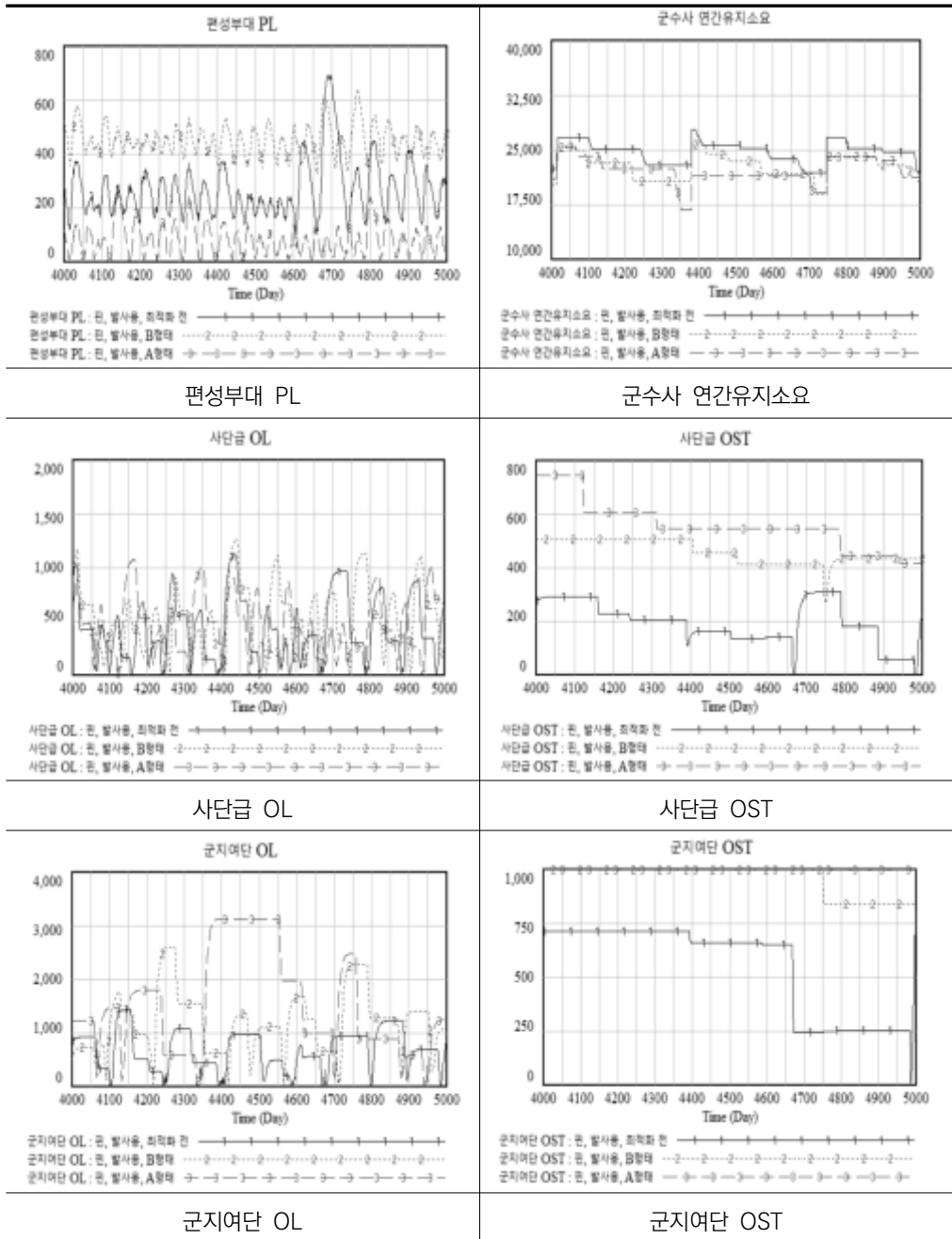
〈표 15〉 나사, 기계용(000513609)의 총 비용 비교(시물레이션 기간의 평균)

구 분	현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
총 비용	258,417	66,579	92,584
재고유지비용	176,726	62,697	88,762
재고부족비용	81,691	3,882	3,822

다음으로 핀, 발사용(NIIN : 007310080)의 A 형태 수요와 B 형태 수요에 대해서 최적화 수행 결과는 아래 〈표 16〉과 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 앞선 품목과 같이 전시 수요 형태에 따라 상이한 최적화 결과가 도출되었다는 것을 확인할 수 있다. 또한 나사, 기계용(000513609)와 달리 핀, 발사용(007310080)의 보급수준 일수는 현행 보급수준 일수보다 높게 산출되었다. 이러한 결과를 편성부대와 각 제대별 재고량에 대해 최적화 수행 전·후 그래프로 살펴보면 〈그림 22〉와 같이 나타낼 수 있으며 높아진 보급수준 일수에 따라 최적화를 수행한 정책의 재고량이 현행 보급수준의 재고량보다 증가하였다는 것을 알 수 있다(용이한 식별을 위해 4,000일과 5,000일 사이의 최적화 전 그래프를 제시하였음).

〈표 16〉 핀, 발사용(007310080)의 최적화 수행 결과

보급수준 구분	현행 보급수준 일수	A 형태 최적화 일수	B 형태 최적화 일수
군수사 SL	30	30	30
군지여단 OL	15	29.841	30
군지여단 OST	15	30	1.85142
사단급 OL	10	12.7616	15.5
사단급 OST	10	29.9702	30
편성부대 PL	15	4.45698	29.9988



<그림 22> 핀, 발사용(007310080)의 최적화 전·후 그래프 비교

한편, 최적화 수행 전·후의 최적화 비용을 살펴보면 아래 <표 17>과 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 높아진 보급수준으로 재고량이 증가함으로 인해 재고부족비

용은 약 30% 감소하였으나, 재고증가에 따라 재고유지비용이 동일한 수준으로 유지되었기 때문에 총 비용 측면에서는 최적화 수행 전·후 차이가 적다는 것을 알 수 있다.

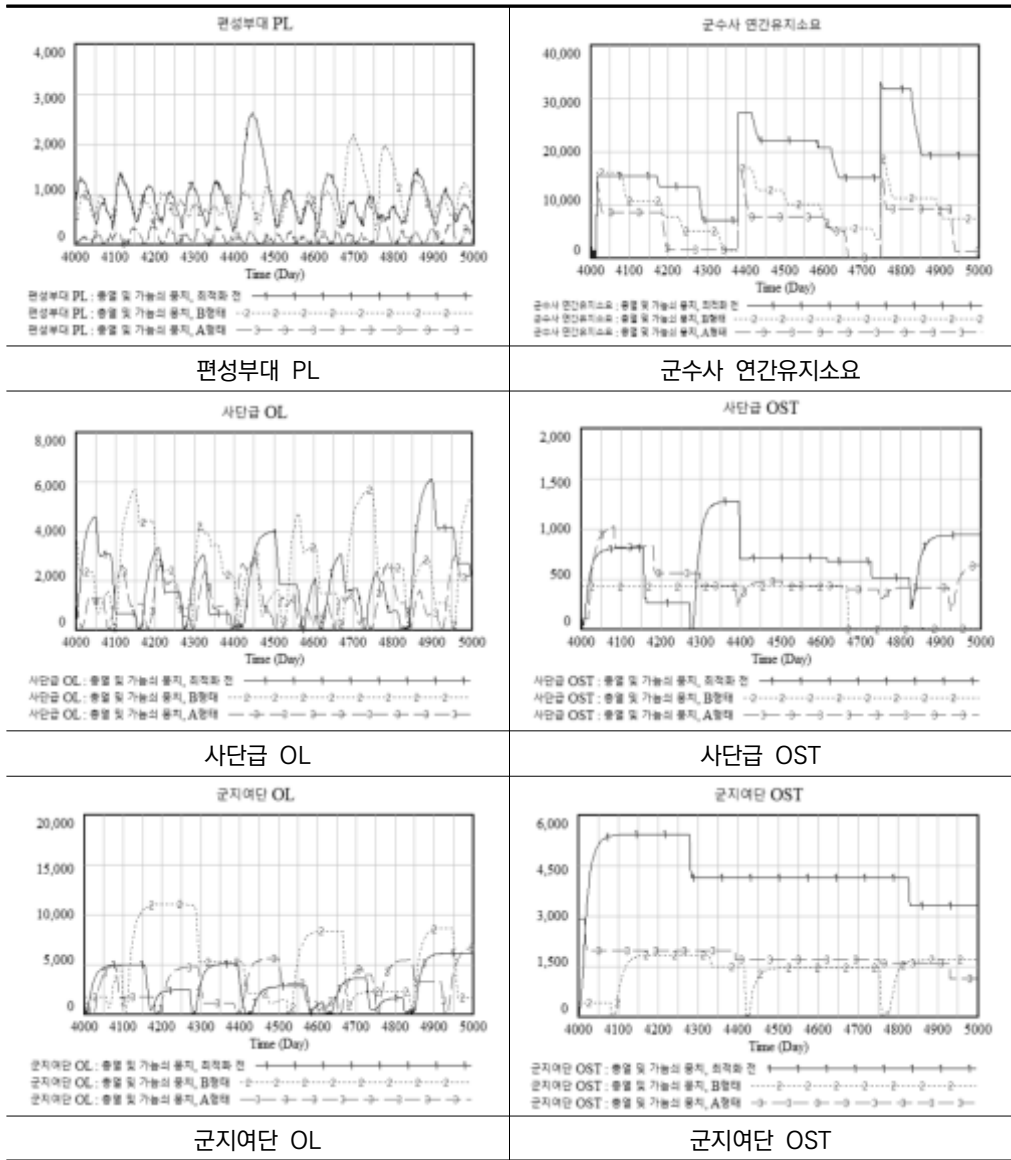
〈표 17〉 핀, 발사용(007310080)의 총 비용 비교(시뮬레이션 기간의 평균)

구분	현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
총 비용	32,205	32,081	31,266
재고유지비용	31,751	31,749	30,914
재고부족비용	454	332	352

다음으로 총열 및 가늌쇠 뭉치(NIIN : 375000377)의 A 형태 수요와 B 형태 수요에 대해서 최적화 수행 결과는 아래 〈표 18〉과 같이 제시할 수 있다. 전시 수요 형태별로 살펴보면 A 형태의 최적화 결과는 군수사 SL, 편성부대 PL 보급수준은 감소하였으나 나머지 보급수준은 현행과 동일하거나 증가하였다는 것을 알 수 있다. B 형태의 최적화 결과는 사단급 OST, 군지여단 OST를 제외한 나머지 보급수준은 증가하였다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 편성부대와 각 제대별 재고량에 대해 최적화 수행 전·후 그래프로 살펴보면 〈그림 23〉과 같이 나타낼 수 있으며 각각 최적화 결과에 따라 현행 보급수준 보다 재고량이 감소하였거나(B 형태 사단급 및 군지여단 OST), 일부 제대의 재고량이 증가하였다는 것(A 형태)을 알 수 있다(용이한 식별을 위해 4,000일과 5,000일 사이의 최적화 전 그래프를 제시하였음). 그리고 최적화 수행 전·후의 최적화 비용을 살펴보면 아래 〈표 19〉와 같이 제시할 수 있다. A 형태 및 B 형태 최적화 결과 모두 현행 보급수준 보다 공급사슬 총 비용을 약 40%를 감소시키는 결과를 보여주고 있다.

〈표 18〉 총열 및 가늌쇠 뭉치(375000377)의 최적화 수행 결과

보급수준 구분	현행 보급수준 일수	A 형태 최적화 일수	B 형태 최적화 일수
군수사 SL	30	4.05833	21.3646
군지여단 OL	15	18.3654	29.756
군지여단 OST	15	22.6563	1.38057
사단급 OL	10	10.0387	19.7432
사단급 OST	10	10	5.66273
편성부대 PL	15	3.45102	16.6648



〈그림 23〉 총열 및 가능쇠(375000377)의 최적화 전·후 그래프 비교

〈표 19〉 총열 및 가능쇠 뭉치(375000377)의 총 비용 비교(시뮬레이션 기간의 평균)

구 분	현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
총 비용	54,118	28,162	31,331
재고유지비용	52,150	26,878	30,027
재고부족비용	1,968	1,284	1,304

다음으로 송수화기(NIIN : 375031045)의 A 형태 수요와 B 형태 수요에 대해서 최적화 수행 결과는 아래 <표 20>과 같이 제시할 수 있다. A 형태와 B 형태 최적화 결과 모두 현행 보급수준 보다 높게 나타났다. 이러한 결과를 편성부대와 각 제대별 재고량에 대해 최적화 수행 전·후 그래프로 살펴보면 <그림 24>와 같이 나타낼 수 있으며 높아진 보급수준 일수에 따라 최적화를 수행한 정책의 재고량이 현행 보급수준의 재고량보다 증가하였다는 것을 알 수 있다(용이한 식별을 위해 7,000일과 8,000일 사이의 최적화 전 그래프를 제시하였음). 이어서 최적화 결과에 따른 총 비용을 비교하면 <표 21>과 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 편, 발사용(007310080)의 최적화 결과와 유사하게 총 비용은 재고량이 증가함으로 인해 재고부족비용은 12% 감소하였으나(A 형태), 재고유지비용이 미미하게 감소되어 총 비용 측면에서는 최적화 전·후 차이가 적다는 것을 알 수 있다.

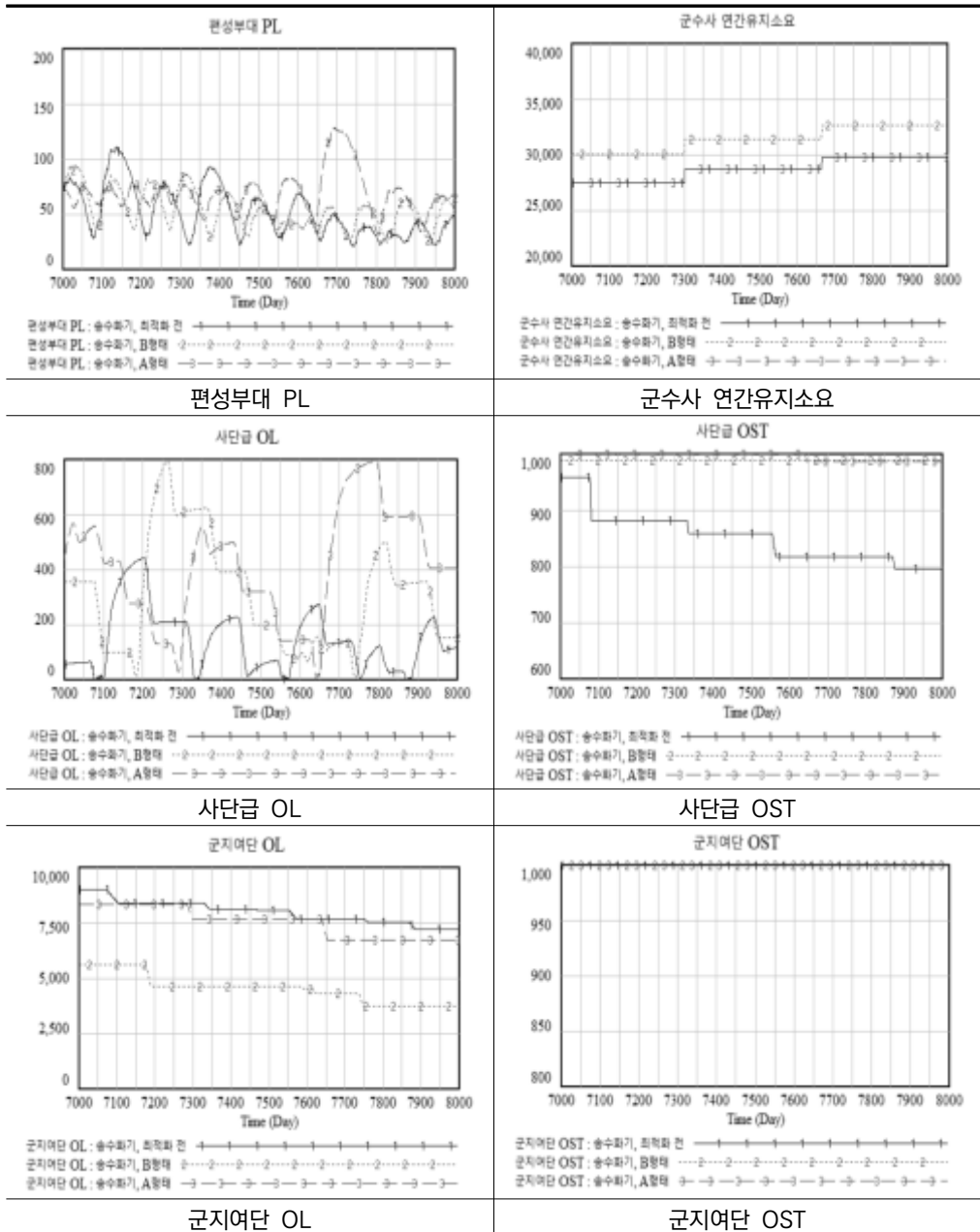
<표 20> 송수화기(375031045)의 최적화 수행 결과

보급수준 구분	현행 보급수준 일수	A 형태 최적화 일수	B 형태 최적화 일수
군수사 SL	30	27.5833	27.58
군지여단 OL	15	15	15
군지여단 OST	15	15	30
사단급 OL	10	29.9055	28.84
사단급 OST	10	10	10
편성부대 PL	15	22.5	15

<표 21> 송수화기(375031045)의 총 비용 비교(시뮬레이션 기간의 평균)

구분	현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
총 비용	39,695	39,682	39,421
재고유지비용	39,633	39,628	39,358
재고부족비용	62	54	61

마지막으로 안테나 세트(NIIN : 375024621)의 A 형태 수요와 B 형태 수요에 대해서 최적화 수행 결과는 다음 <표 22>와 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 A 형태 및 B 형태 최적화 모두 현행 보급수준 보다 높은 보급



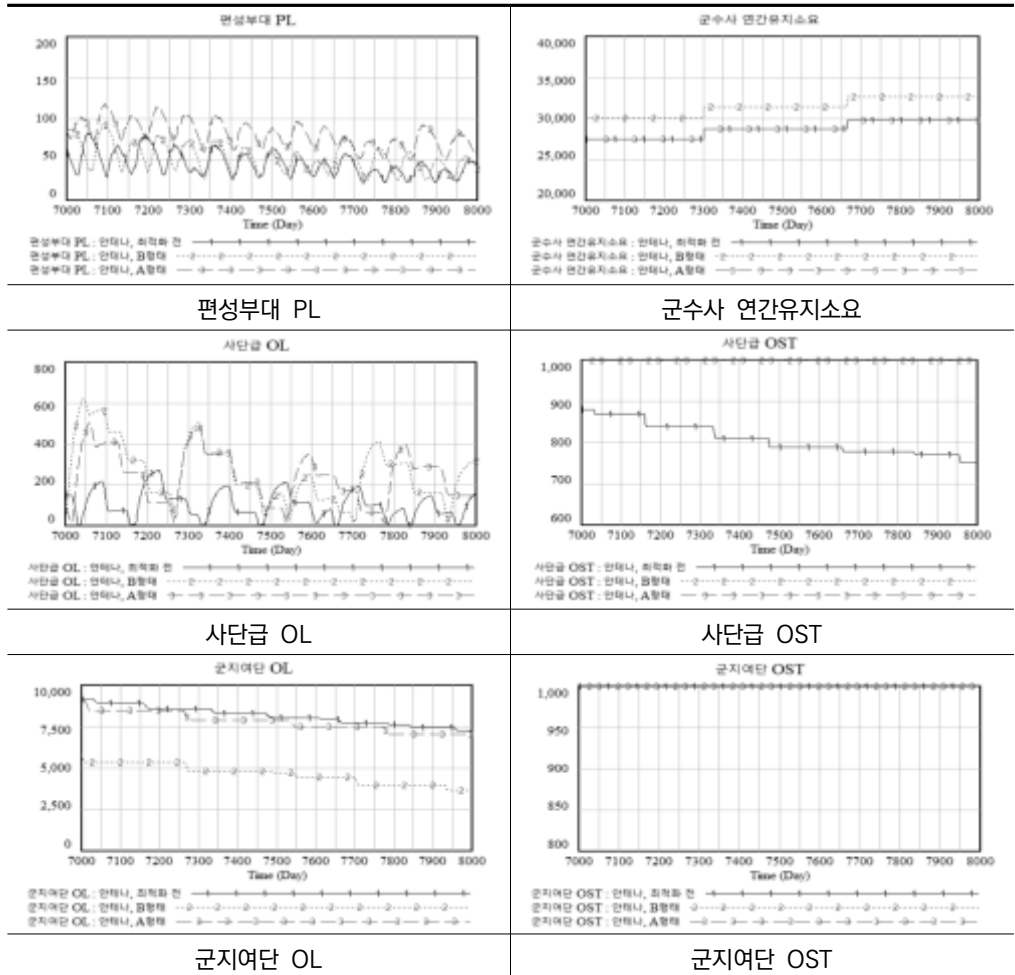
〈그림 24〉 송수화기(375031045)의 최적화 전·후 그래프 비교

수준 일수가 산출되었다. 이러한 결과를 편성부대와 각 제대별 재고량에 대해 최적화 수행 전·후 그래프로 살펴보면 〈그림 25〉와 같이 나타낼 수 있으며 높아진 보급수준 일수에 따라 최적화를 수행한 정책의 재고량이 현행 보급수준의 재고량보다 증가하

였다는 것을 알 수 있다(용이한 식별을 위해 7,000일과 8,000일 사이의 최적화 전 그 래프를 제시하였음).

〈표 22〉 안테나 세트(375024621)의 최적화 수행 결과

보급수준 구분	현행 보급수준 일수	A 형태 최적화 일수	B 형태 최적화 일수
군수사 SL	30	26.9792	28.7917
군지여단 OL	15	15	15
군지여단 OST	15	15	30
사단급 OL	10	29.339	29.811
사단급 OST	10	10	10
편성부대 PL	15	29.3893	15.0851



〈그림 25〉 안테나 세트(375024621)의 최적화 전·후 그래프 비교

그리고 최적화결과에 따른 총 비용을 비교하면 <표 23>과 같이 제시할 수 있다. 결과를 살펴보면 핀, 발사용(007310080)과 송수화기(375031045)의 최적화 결과와 유사하게 총 비용은 재고량이 증가함으로 인해 재고부족비용은 11% 감소하였으나(A 형태), 재고유지비용이 미미하게 감소 되어 총 비용 측면에서는 최적화 전·후 차이가 적다는 것을 알 수 있다.

<표 23> 안테나 세트(375024621)의 총 비용 비교(시뮬레이션 기간의 평균)

구 분	현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
총 비용	39,762	39,752	39,502
재고유지비용	39,701	39,698	39,440
재고부족비용	61	54	60

이상 5개 품목의 최적화된 보급수준 일수 결과와 총 비용을 요약, 정리하면 다음 <표 24>, <표 25>와 같다.

<표 24> 품목 및 전시 수요 형태별 보급수준 최적화 결과

구분		나사, 기계용	핀, 발사용	총열 및 가능쇠 뭉치	송수화기	안테나 세트
군수사 SL	A형태	8.47326	30	4.05833	27.5833	26.9792
	B형태	29.762	30	21.3646	27.58	28.7917
군지여단 OL	A형태	11.9186	29.841	18.3654	15	15
	B형태	20.1567	30	29.756	15	15
군지여단 OST	A형태	2.03131	30	22.6563	15	15
	B형태	1.00616	1.85142	1.38057	30	30
사단급 OL	A형태	5.86641	12.7616	10.0387	29.9055	29.339
	B형태	13.8553	15.5	19.7432	28.84	29.811
사단급 OST	A형태	17.5357	29.9702	10	10	10
	B형태	24.6896	30	5.66273	10	10
편성부대 PL	A형태	3.06563	4.45698	3.45102	22.5	29.3893
	B형태	11.3955	29.9988	16.6648	15	15.0851

〈표 25〉 품목 및 전시 수요 형태별 총 비용 비교

* () : 현행 대비 변화

구 분		현행 보급수준	A 형태 최적화	B 형태 최적화
나사, 기계용	총 비용	258,417	66,579 (74% 감소)	92,584 (64% 감소)
	재고유지비용	176,726	62,697 (64% 감소)	88,762 (49% 감소)
	재고부족비용	81,691	3,882 (95% 감소)	3,822 (95% 감소)
핀, 발사용	총 비용	32,205	32,081 (1% 미만 감소)	31,266 (1% 미만 감소)
	재고유지비용	31,751	31,749 (1% 미만 감소)	30,914 (1% 미만 감소)
	재고부족비용	454	332 (27% 감소)	352 (22% 감소)
총열 및 가늌쇠 몽치	총 비용	54,118	28,162 (48% 감소)	31,331 (42% 감소)
	재고유지비용	52,150	26,878 (48% 감소)	30,027 (42% 감소)
	재고부족비용	1,968	1,284 (34% 감소)	1,304 (34% 감소)
송수 화기	총 비용	39,695	39,682 (1% 미만 감소)	39,421 (1% 미만 감소)
	재고유지비용	39,633	39,628 (1% 미만 감소)	39,358 (1% 미만 감소)
	재고부족비용	62	54 (12% 감소)	61 (1% 미만 감소)
안테나 세트	총 비용	39,762	39,752 (1% 미만 감소)	39,502 (1% 미만 감소)
	재고유지비용	39,701	39,698 (1% 미만 감소)	39,440 (1% 미만 감소)
	재고부족비용	61	54 (11% 감소)	60 (1% 미만 감소)

추가적으로, 앞서 제시한 것과 같이 전시 수요의 형태는 다양하지만 모든 전시 수요 형태를 예측 및 분석하기엔 많은 어려움이 있기 때문에 본 연구에서 제시한 두 가지 수요 형태와 이의 최적 보급수준 결과를 바탕으로 어떠한 보급수준 일수가 실무 측면에서 더 쉽게 우리 군에 적용될 수 있는지 분석하였다. 즉, 이를 통해서 A형태와 B형태 중에서 우리 군이 대비해야하는 전시 수요 형태와 보급수준 방향성을 제시하고자 하였다. 이를 위해서 A형태 전시 수요 연구모형에는 B형태 최적 보급수준 일수를 적용하였고, B형태 전시 수요 연구모형에는 A형태 최적 보급수준 일수를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 〈표 26〉와 같이 나타났다. 결과를 살펴보면 최적 보급수준 일수를 달리 적용하여도 핀, 발사용, 송수화기와 안테나 세트는 〈표 25〉에서 제시된 총 비용과 유사한 총 비용이 나타났으나 나사, 기계용과 총열 및 가늌쇠 몽치는 총 비용이 더 높게 나타났다. 그러나, 모든 품목에 대해서 A형태 전시 수요 연구모형에

B형태 최적 보급수준 일수를 적용한 결과가 B형태 전시 수요 연구모형에 A형태 최적 보급수준 일수를 적용 시킨 결과보다 재고부족비용이 낮게 나타났다. 이러한 결과는 B형태 최적 보급수준 일수를 적용하는 것이 A형태의 전시 수요에서도 재고부족량을 감소시켜줄 수 있기 때문에 하나의 보급수준 일수로 다양한 전시 수요 형태에 대응할 수 있어 실무적으로 쉽게 적용될 수 있고, 전략적 보급수준의 관점에서 적절하다는 것을 의미한다.

〈표 26〉 최적 보급수준 교차 적용 결과

구 분		A형태 전시수요, B형태 최적 보급수준 일수 적용	B형태 전시수요, A형태 최적 보급수준 일수 적용
나사, 기계용	총 비용	256,525	117,970
	재고유지비용	253,084	103,356
	재고부족비용	3,441	3,548
핀, 발사용	총 비용	32,107	31,283
	재고유지비용	31,750	30,907
	재고부족비용	357	376
총열 및 가늌쇠 뭉치	총 비용	62,068	174,490
	재고유지비용	60,564	157,089
	재고부족비용	1,504	17,401
송수 화기	총 비용	39,683	39,421
	재고유지비용	39,630	39,358
	재고부족비용	53	63
안테나 세트	총 비용	39,752	39,503
	재고유지비용	39,699	39,441
	재고부족비용	53	62

제시된 결과를 바탕으로 본 연구에 대한 소결론 및 시사점을 다음과 같이 제시할 수 있다. 첫째, 문성암 등(2022)이 수행한 보급수준 연구결과에서 제시한 것과 같이 품목별 보급수준을 산정할 필요가 있다. 상술하였지만 본 연구에서 산출한 보급수준 일수는 전시 수요 발생의 동태(Dynamics)와 증가비율(평시 대비 최대 약 4배)을 고려한 전략적 보급수준이며, 이를 산출하기 위해 최적 보급수준의 범위를 1일부터 30일까지 설정하였다. 〈표 23〉에 제시된 것과 같이 전시 수요를 적용하여도 나사, 기계용(000513609)과 총열 및 가늌쇠 뭉치(375000377)의 2개 품목은 최적 보급수준 일수가 현행 보급수준 일수보다 적게 산출되었으며, 기타 3개 품목은 최적 보급수준 일수가 현행보다 높게 산출되었다. 이러한 결과는 품목마다 수요빈도와 리드타임에 따라 본연의

성질이 다 상이하기 때문에 동일한 보급수준을 설정하는 것이 부적절하다는 문성암 등(2022)의 연구결과를 지지하며, 해당 연구에서 다소 미흡하게 제시했던 전시 보급수준에 대해 보충 설명하는 의의를 가진다. 다만, <그림 20>에 제시되었던 것과 같이 전시 전환 이후 일일 수요율(Daily Demand Rate)이 급격히 증가하기 때문에 현행보다 적은 보급수준이 산출되었다고 해서 반드시 현 보유량 보다 적은 재고량을 의미하는 것은 아니라는 것에 유의해야할 필요가 있다. 즉, 나사, 기계용과 총열 및 가늠쇠 멍치와 같은 품목은 본 연구에서 산출된 전시 보급수준으로 수요를 충족할 수 있으며 현재 15일로 설정된 보급수준을 적용하여 불필요하게 재고를 더 많이 보유할 필요가 없다는 것으로 이해하는 것이 적절하다고 판단한다.

둘째, 전·평시에 동일한 보급수준 일수로 재고를 통제하는 현행 보급수준의 재고 관리 개념에서 탈피하여 전략적 보급수준에 대한 개념을 우리 군에 적용할 필요가 있다. 연구 대상 품목 중 핀, 발사용(007310080), 송수화기(375031045), 안테나 세트(375024621) 이상 3개 품목은 현행보다 보급수준 일수가 늘어났음에도 불구하고 최적화 전·후의 비용의 차이가 적다. 상술했듯이 이는 재고량의 증가로 재고보유비용이 증가하였지만, 미납주문(Backlog)이 감소하였기 때문에 재고부족비용이 감소하였기 때문이다. 이러한 것은 위 품목처럼 군 내 사용처가 많아 수요빈도가 높은 품목들은 오히려 재고를 현행보다 더 많이 가지는 것이 효율적이고 효과적이라는 것을 의미한다. 이와 유사한 연구로써 문성암 등(2023)은 최근의 전쟁 사례에 대해서 세계 각국의 군수품 비축량이 급격히 감소하고 있으며 기존에 군수품 재고를 감축하려던 정책에서 다시 군수품 재고를 비축하려는 정책으로 전환했다는 사실을 제시하면서 필요하다면 저장능력을 확장시켜서라도 일정 수준의 재고를 반드시 보유할 것을 제안하였다. 본 연구의 내용과 선행 연구를 함께 고려할 때 향후 우리 군에서도 전시의 급격한 수요 증가에 대비하기 위해 본 연구에서 제시하는 전략적 보급수준 개념을 적용하여 재고를 확보해야할 필요가 있다.

셋째, 기존에 근거가 부족했던 보급수준의 산출에 대한 이론적 근거를 마련하였다. 보급수준의 문제점에서 제시하였던 것과 같이 보급수준은 한국전쟁 이후 우리 군에 도입, 적용되었으며 시대에 따라 다양하게 변화하였으나 산출근거가 불명확하였다. 그러나 본 연구에서 제시하는 연구모형은 시뮬레이션 특성 상 현실을 완전히 묘사할 수는 없으나 품목별 수요빈도와 분포, 제대별 리드타임을 모수로 활용하여 보급수준이 어떠한 것을 근거로 산출되었는지를 설명할 수 있다. 또한 연구모형은 향후 도로, 철도 등 사회간접자본 확충 및 군수정보시스템 고도화 등에 따른 리드타임이나 예측 기간이 단축되었을 때도 이를 모형에 반영하여 그에 적합한 보급수준을 산출할 수 있다.

이 외, 영현백과 같이 평시에 수요가 극히 드물지만 전시에 수요가 급증하는 품목에 대해 적정 보급수준을 산출하기 위한 방법으로 본 연구의 시뮬레이션 모형이 활용될 수 있다는 것을 제시한다. 이러한 품목들에 대한 거래실적 데이터가 현존하지 않아 전시 초기에는 실무자의 경험적 데이터, 휴리스틱(Heuristic)에 의한 판단 등으로 시뮬레이션을 수행해야 하는 제한사항이 있지만 실제 데이터가 누적되었을 때, 이를 연구모형에 반영하면 상황에 적절한 보급수준을 산출할 수 있을 것으로 판단한다.

V. 결론

본 연구는 현재 우리 군에서 적용하는 재고 정책인 보급수준(Supply Level)이 가지는 문제점을 제시하고, 이를 개선하기 위해 군의 임무와 부합되도록 평시의 비효율성을 감내하더라도 전시의 효율성을 높일 수 있는 전략적 보급수준 개념을 제시하고 이를 시스템 다이내믹스(System Dynamics)를 활용하여 최적의 보급수준 일수를 제시하고자 하였다. 연구 결과를 정리해야 제시하면 다음과 같다.

전략적 보급수준을 산출하기 위해서 경영전략의 관점에서 ‘전략적 보급수준’을 정의하였다. 김영주(2014), 문성암 등(2022)이 수행한 평시 보급수준에 대한 연구에서는 평시의 효율성을 위해서 재고를 감축시킬 것을 주장하였으나 이는 최근의 전쟁 사례에서 볼 수 있듯이 군 임무에 대한 효과성을 감소시킬 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 전략적 보급수준을 평시 재고유지비용이 높더라도 전시 상황에서 보다 높은 수요충족률을 제공할 수 있는 보급수준으로 정의하였으며 전시 동원단계를 고려하여 전략적 보급수준의 최대 일수는 30일로 설정하였다.

연구방법으로써는 재고관리 연구에서 널리 활용되는 시스템 다이내믹스를 활용하였으며, 제대별 보급수준 일수를 산정하기 위해서 <그림 5>에 제시되어 있는 것과 같이 ‘군수사 - 군지사(여단) - 사단급 부대 - 편성부대’의 현재 육군의 다단계 보급체계를 연구모형에 반영하였다. 구축된 연구모형의 타당성을 검증하기 위해서 구조 타당성 평가(Structure Validity), 동태 타당성 평가(Behavior Validity)를 수행하였다. 구조 타당성 평가는 <그림 6>, <그림 7>에서 제시된 것과 같이 민감도 분석과 극한조건 평가를 수행하였으며, 결과는 적절한 것으로 나타났다. 동태 타당성 평가는 실제 거래실적 데이터와 연구모형에서 산출하는 데이터를 카이제곱검정으로 비교하는 방법으로 수행하였으며 결과는 적절한 것으로 나타났다.

연구모형 구축 및 이에 대한 검증을 수행한 다음 연구 대상이 되는 품목별 거래실적 데이터를 분석하였다. 분석을 통해 산출되는 결과는 품목별 수요의 분포와 그 모수(최소값, 최대값, 평균, 표준편차), 사단 ~ 군수사 리드타임의 분포와 그 모수이다. 연구 대상 품종은 군수사부터 편성부대까지 보급수준을 유지하는 품목인 수리부속(9종)으로 선정하였으며, 구체적인 품목으로써는 이 중 육군에서 가장 수불행위가 활발히 이루어지는 나사, 기계용(NIIN : 000513609), 핀, 발사용(NIIN : 007310080), 총열 및 가늠쇠 뭉치(NIIN : 375000377), 송수화기(NIIN : 375031045), 안테나 세트(NIIN : 375024621) 이상 5개 품목을 선정하였다. 데이터 분석은 각 품목의 청구량과 리드타임에 대한 이상치를 제거한 다음 커널밀도추정(KDE, Kernel Density Estimation)을 이용하여 각각의 분포와 모수를 추정하였다. 추정 결과는 <표 10>에서 요약, 정리하여 제시하였다. 그리고 전시 재고수준에 대한 선행연구와 전시 수요 발생 동태에 대한 가정을 바탕으로 Vensim의 Lookup 함수를 활용하여 전시 수요 발생 함수를 구축하였다. 이상의 내용을 연구모형에 적용하여 품목별 보급수준을 산출하였으며 그 결과는 <표 24>, <표 25>와 같이 제시할 수 있다.

본 연구의 결론 및 시사점은 다음과 같이 제시할 수 있다. 첫째, 현행의 품종별 고정된 보급수준이 아니라 품목별 보급수준을 산정할 필요가 있다. 연구에서 제시한 것과 같이 품목별 수요 빈도, 리드타임에 따라 품목의 특성이 모두 상이하기 때문에 최적 보급수준 일수가 모두 다르기 때문이다. 이러한 연구 결과는 평시 보급수준에 대해 연구한 문성암 등(2022)의 연구 결과를 지지한다. 둘째, 전략적 보급수준에 대한 개념을 우리 군에서도 적용해야 할 필요가 있다. 연구에서 제시한 것과 같이 보급수준이 증가하여도 재고유지비용과 재고부족비용을 고려한 총 비용 측면에서 유사한 결과를 보여주는 품목은 현재보다 더 많은 양의 재고를 가지는 것이 효율적이고 효과적이라는 것을 의미한다. 최근 전쟁 사례의 교훈과 같이 군 임무수행 보장을 위해서는 효과성에 더 집중해야 할 것으로 판단된다. 셋째, 본 연구에서 제시하는 보급수준 산정 방안은 국방혁신 4.0과 2019~2033 국방군수정책에 부합한다고 할 수 있으며 이러한 정책 구현에 기여할 수 있다. 육군은 아미타이거(Army-Tiger) 4.0 도입에 따라 군수지원체계를 개선시키고 있으며, '속도 중심 군수지원체계' 구현을 위해 새로운 보급수준을 산정하는 방안을 모색 중이다. 최근에 실시한 군수지원체계 발전 세미나에서 제시된 육군의 새로운 보급수준 산정 방안은 OST를 보급수준에서 제외하는 것이나 이는 수입예정(Due-in) 자산을 고려하지 않는 우를 범하여 청구부대의 정확한 재고량을 파악하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제시하는 연구 모형과 같이 OST를 포함하여 보급수준을 산정해야 할 필요가 있다. 이상을 고려하면 본 연구의 결과는 적절한 현실의

데이터가 확보된다면 육군이 구현하고자 하는 ‘속도 중심 군수지원체계’에 적합한 보급 수준을 산정할 수 있어 최근의 국방 정책 구현에 기여할 수 있다고 판단된다.

연구가 제시하는 시사점으로써 첫째, 근거가 부족했던 보급수준의 산출에 대한 이론적 근거를 제시하였다. 시뮬레이션 모형이 군 보급체계의 정성적인 부분(예 : 군수사에서 소요예측 및 판단 시 품목담당관의 결심 과정)까지 표현하지 못하는 단점이 있으나 품목별 수요빈도와 분포, 제대별 리드타임을 모수로 활용하여 제대별 보급수준이 어떻게 산출될 수 있는지를 설명할 수 있기 때문이다. 또한, 본 연구의 시뮬레이션 모형은 향후 군 보급체계의 변화가 발생하여도 이를 반영할 수 있는 융통성을 가지고 있다.

둘째, 평시에 수요가 극히 적으나 전시에 긴요한 품목에 대해 적정 보급수준을 산출할 수 있는 방법을 제공하였다. 이러한 품목들은 ‘국방 전시군수지원 소요 및 능력판단 지침’에 재고량 산출 공식이 모호하게 반영되어 있으나 본 연구에서 제시하는 모형과 전시에서 누적된 데이터를 이용하면 적정 보급수준을 산출할 수 있다.

본 연구가 가지는 한계점은 다음과 같다. 첫째, 현실에서 수요 발생은 이산적(Discrete)으로 발생하지만 연구 모형에서 수요는 수요 데이터를 분석하여 확인한 분포와 모수를 바탕으로 연속적(Continuous)으로 발생시켰다. 다시 말해, 이산적인 데이터를 연속적인 데이터로 변환하여 연구모형에 반영해야하나 이를 이산적 데이터가 가지는 분포와 모수로 간략화(Simplified)하였다. 향후 군 재고관리에 대한 연구를 시스템 다이내믹스로 수행할 때 이에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다. 둘째, 최적 보급수준 일수를 산출하기 위해 품목별로 일률적인 재고부족비용을 가정하였으나 재고부족비용은 상황에 따라 상이할 수 있다는 점을 반영하지 못하였다. 예를 들어, 적을 격멸하는 것이 주요 임무인 전시 초기 상황에서는 화력장비와 관련된 품목이 긴요할 것이기 때문에 이의 재고부족비용은 높을 것이다. 하지만 안정화 작전을 수행하는 시기에는 이의 재고부족비용은 감소할 것이다. 이와 같이 상황에 따라 재고부족비용이 상이할 수 있으나 연구에서는 이를 고려하지 못했다. 향후 연구에서 이를 고려하면 전쟁 전(全) 기간에 대한 최적의 보급수준을 산출할 수 있을 것으로 판단한다. 셋째, 본 연구에서 분석대상으로 활용한 품목은 육군에서 취급하는 다양한 수리부속 중에서 비교적 부피가 적은 품목으로 한정되어 있다. 그러나 보급수준을 유지하도록 되어 있는 수리부속 중에서는 연구대상 품목과 다르게 부피가 큰 품목들도 존재하며, 이러한 품목에 대한 저장공간(또는 저장능력) 역시 보급수준 산정에 있어 중요한 고려사항이다. 구체적으로 살펴보면 육군의 군단급 이하 제대는 전시에 지속적으로 이동해야 하기 때문에 특정량의 전략적 보급수준을 가지는 것이 타당하더라도 해 부대의 저장능력이 이를 뒷받침할 수 없으면 실현불가하기 때문이다. 따라서 보다 현실적인 연구를 위해서는 각 제대가 가지

는 저장공간(능력)을 연구모형에 반영해야할 필요가 있다.

보급수준은 일수(Days)로 표현되는 군의 특수성이 반영되는 재고목표(Target Inventory)이다. 보급수준으로 표현되는 재고량은 정확히 몇 개인지를 알지 못하기 때문에 보급관련 실무자들은 품목별의 정수(정량)를 별도로 활용하고 있어 보급거래 측면에서는 다소 비효율적인 측면이 있으나, 작전을 지휘하는 지휘관 및 참모에게 '몇 일 정도 작전을 지속할 수 있다.'라고 쉽고 명확하게 제한사항을 이해시켜주는 이점이 있다. 따라서, 보급수준은 향후에도 군 보급체계에서 중요한 재고 목표가 될 것이며 본 연구에서 제시한 결과를 바탕으로 한계점을 극복하여 지속적인 개선을 수행한다면 보급수준은 현행보다 전략적이고 효율·효과적인 재고 정책이 될 것으로 판단한다.

참고문헌

- 곽상만, 유재국 (2016), “시스템 다이내믹스 모델링과 시뮬레이션”, 북코리아, 경기 성남
- 김기찬, 정관용, 김성원 (2014) “Vensim을 활용한 System Dynamics”(2판), 서울 : 서울경제 경영출판사
- 김영주 (2014), “적시 군수지원을 위한 수리부속품의 적정 보급수준 결정에 관한 연구”, 명지대학교 대학원 박사학위 논문
- 김진영, 문성암 (2020), “전시 육군 탄약공급사슬 레질리언스 연구”, 로지스틱스연구, 28(6), 71-83.
- 김진호, 이상진, 정상태 (2014) “항공기 예비엔진 및 모듈 재고수준이 전시 운용가용도에 미치는 영향”, 경영과학, 31(2), 33-48.
- 남광식, 문성암 (2022) “시스템다이내믹스 시뮬레이션에서의 동적 최적화에 관한 연구”, 한국시스템다이내믹스연구, 23(4), 31-53.
- 문성암, 박영일, 이영 (2011), “육군 공급사슬에서 이중채널 효과에 관한 연구”, 로지스틱스연구, 19(3), 195-215.
- 문성암, 석순복, 박재향, 김이석. (2012). “의사결정자의 평균고정 휴리스틱이 공급사슬에 미치는 영향에 관한 연구.”, 로지스틱스연구, 20(1), 81.
- 문성암, 장준근, 남광식, 임정혁, 김태주, 김성운 (2023), “저장 군수품 자산 운용체계 개선 연구”, 육군 군수사령부 연구보고서
- 문성암, 최경환, 최진우, 임정혁, 정유훈, 김치영 (2022), “평시 및 전시 보급수준 인가량 개선 연구”, 육군 군수참모부 연구보고서
- 육군본부 (2022), “육군규정 415 소요관리규정”, 계룡
- 육군 군수사령부 (2022), “22년 군수품 자산관리 진단 결과 보고서”, 대전
- 이상진 (2019), “군수”, 한경사, 서울
- 장세진 (2022), “경영전략”, 박영사, 서울
- Barlas, Y. (1994), “Model Validation in System Dynamics”, International System Dynamics Conference, proceeding.
- Barlas, Y. (1996), “Formal aspects of model validity and validation in system dynamics”, System Dynamics Review, 12(3), 183-210.
- Chen, F., Drenzer, Z., Ryan, J.K., & Simchi-Levi, D. (2000), “Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain : The impact of forecasting, lead time, and information.” Management Science, 46(3), 436-443.
- Sterman. J.D. (2000), “Business Dynamics : Systems Thinking and Modeling for a Complex world”, Mcgraw-hill, New-york.

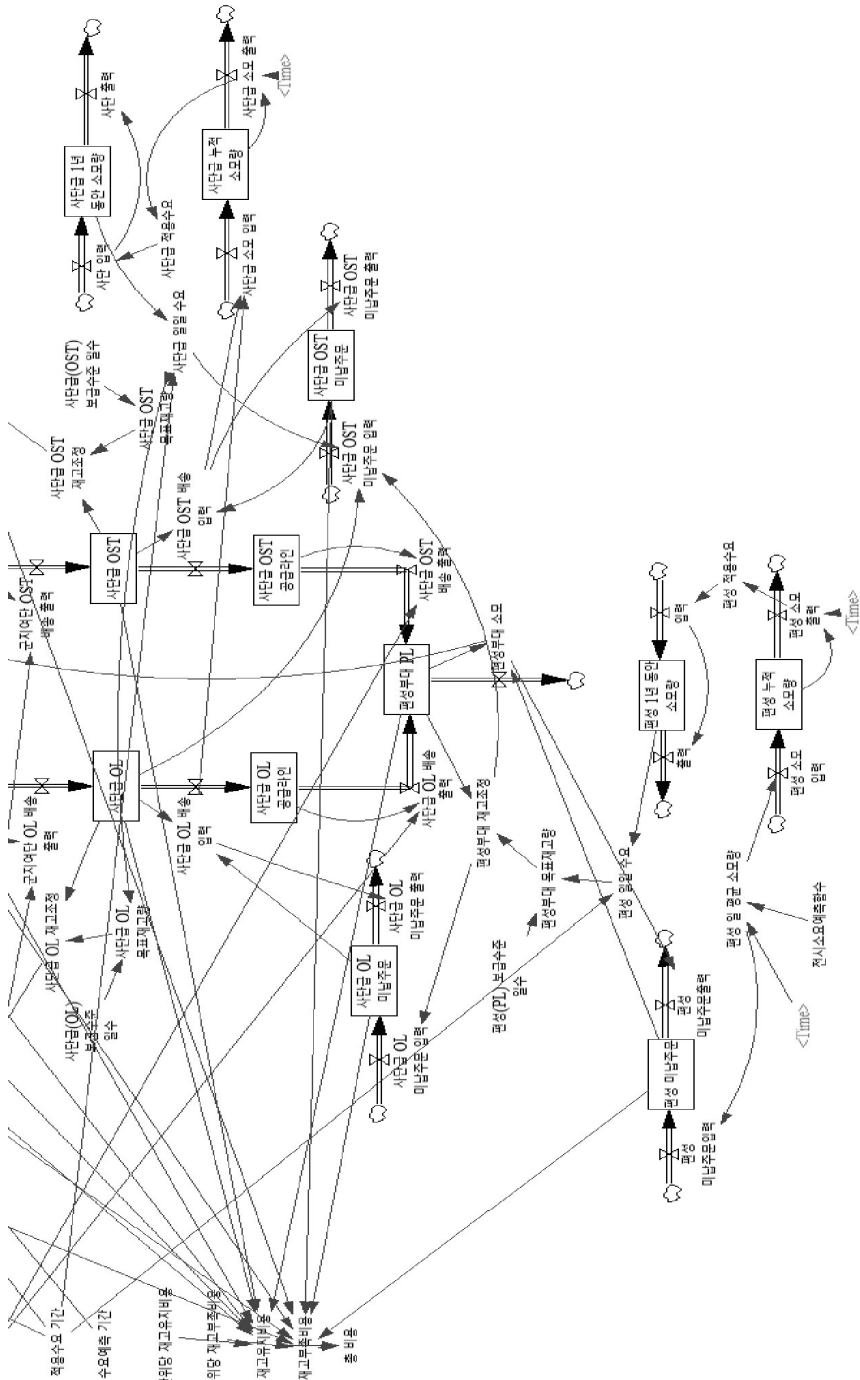
부록1 : 연구모형 수식

변수명	모수 또는 수식
단위당 재고유지비용	1
단위당 재고부족비용	9
군수사 SL	INTEG(군수사 SL 조달-군수사 SL 보충, 1000)
군수사 SL 조달	군수사 SL 재고조정
총 비용	(단위당 재고유지비용*(군수사 SL+군수사 연간유지소요+군지여단 OL+군지여단 OST+사단급 OL+사단급 OST+편성부대 PL))+ (단위당 재고부족비용*(군수사1 미납주문+군수사2 미납주문+군지여단 OL 미납주문+군지여단 OST 미납주문+사단급 OL 미납주문+사단급 OST 미납주문+편성 미납주문))
군지여단 OST 미납주문	INTEG(군지여단 OST 미납주문 입력-군지여단 OST 미납주문 출력, 0)
군수사2 미납주문	INTEG(군수사2 미납주문 입력-군수사2 미납주문 출력, 0)
군수사2 미납주문 입력	군수사2 OST 재고조정
군수사2 미납주문 출력	군수사2 배송2 입력
군지여단 OST 미납주문 입력	IF THEN ELSE(군지여단 OL<군지여단 일일 수요, 사단급 OST 재고조정, 0)
군지여단 OL 공급라인	INTEG(군지여단 OL 배송 입력-군지여단 OL 배송 출력, 0)
군수사 공급라인1	INTEG(군수사 배송1 입력-군수사 배송1 출력, 0)
군수사 공급라인2	INTEG(군수사 배송2 입력-군수사 배송2 출력, 0)
군지여단 OL 미납주문 입력	사단급 OL 재고조정
군지여단 OL 미납주문 출력	군지여단 OL 배송 입력
군수사 배송1 입력	MIN(군수사 연간유지소요, 군수사1 미납주문)
군수사1 미납주문	INTEG(군수사1 미납주문 입력-군수사1 미납주문 출력, 0)
군수사 배송2 입력	IF THEN ELSE((군수사1 미납주문+군수사2 미납주문)>군수사 연간유지소요, MAX(0, (군수사 연간유지소요-군수사1 미납주문)), MIN(군수사 연간유지소요, 군수사2 미납주문))
사단급 OL 미납주문 입력	편성부대 재고조정
사단급 OL 미납주문 출력	사단급 OL 배송 입력
군수사 소모 입력	군수사 배송1 입력+군수사 배송2 입력+군수사 SL 보충
사단급 소모 입력	사단급 OL 배송 입력+사단급 OST 배송 입력
사단급 OST 미납주문 출력	사단급 OST 배송 입력
군지여단 OST 미납주문 출력	군지여단 OST 배송 입력
사단급 OST 공급라인	INTEG(사단급 OST 배송 입력-사단급 OST 배송 출력, 0)
군지여단 OST 배송 입력	MIN(MAX(0, 군지여단 OST), 군지여단 OST 미납주문)
사단급 OST 미납주문	INTEG(사단급 OST 미납주문 입력-사단급 OST 미납주문 출력, 0)
사단급 OST 미납주문 입력	IF THEN ELSE(사단급 OL<사단급 일일 수요, 편성부대 재고조정, 0)

변수명	모수 또는 수식
사단급 OL 배송 입력	MIN(MAX(0, 사단급 OL), 사단급 OL 미납주문)
군지여단 OL 배송 입력	MIN(MAX(0, 군지여단 OL), 군지여단 OL 미납주문)
군수사1 미납주문 입력	군지여단 OL 재고조정
군수사1 미납주문 출력	군수사 배송1 입력
군지여단 OST 공급라인	INTEG(군지여단 OST 배송 입력-군지여단 OST 배송 출력, 0)
군지여단 소모 입력	군지여단 OL 배송 입력+군지여단 OST 배송 입력
사단급 OL 미납주문	INTEG(사단급 OL 미납주문 입력-사단급 OL 미납주문 출력, 0)
군지여단 OL 미납주문	INTEG(군지여단 OL 미납주문 입력-군지여단 OL 미납주문 출력, 0)
사단급 OL 공급라인	INTEG(사단급 OL 배송 입력-사단급 OL 배송 출력, 0)
사단급 OST 배송 입력	MIN(MAX(0, 사단급 OST), 사단급 OST 미납주문)
군수사 배송2 출력	군수사 공급라인2/군수사 리드타임
군지여단 OL 배송 출력	군지여단 OL 공급라인/군지여단 리드타임
군수사 배송1 출력	군수사 공급라인1/군수사 리드타임
사단급 OST 배송 출력	사단급 OST 공급라인/사단 리드타임
군지여단 OST 배송 출력	군지여단 OST 공급라인/군지여단 리드타임
사단급 OL 배송 출력	사단급 OL 공급라인/사단 리드타임
군지여단 OL	INTEG(군수사 배송1 출력-군지여단 OL 배송 입력, 10000)
군지여단 OST	INTEG(군수사 배송2 출력-군지여단 OST 배송 입력, 1000)
편성부대 PL	INTEG(사단급 OL 배송 출력+사단급 OST 배송 출력-편성부대 소모, 10000)
군수사 연간유지소요	INTEG(군수사 SL 보충+연간유지소요 보충-군수사 배송1 입력-군수사 배송2 입력, 10000)
사단급 OST	INTEG(군지여단 OST 배송 출력-사단급 OST 배송 입력, 1000)
사단급 OL	INTEG(군지여단 OL 배송 출력-사단급 OL 배송 입력, 10000)
편성 미납주문	INTEG(편성 미납주문입력-편성 미납주문출력, 0)
편성 미납주문입력	편성 일 평균 소모량
편성 미납주문출력	편성부대 소모
군수사 SL 재고조정	MAX(0, 군수사 SL 목표재고량-군수사 SL)
군수사 SL 보충	IF THEN ELSE(군수사 연간유지소요<군수사 일일 수요, 군수사 SL, 0)
군수사 연간 수요 예측	SMOOTH(군수사 1년 동안 소모량, 수요예측 기간)
연간유지소요 보충	군수사 연간 조달량
군수사 1년 동안 소모량	INTEG(군수사 입력-군수사 출력, 0)
사단 출력	DELAY FIXED(사단 입력, 365, 0)
사단급 1년 동안 소모량	INTEG(사단 입력-사단 출력, 0)
군지여단 입력	군지여단 적용수요

변수명	모수 또는 수식
군수사 출력	DELAY FIXED(군수사 입력, 365, 0)
사단 입력	사단급 적용수요
군지여단 1년 동안 소모량	INTEG(군지여단 입력-군지여단 출력, 0)
군수사 입력	군수사 적용수요
군지여단 일일 수요	군지여단 1년 동안 소모량/적용수요 기간
군수사 일일 수요	군수사 1년 동안 소모량/적용수요 기간
군지여단 출력	DELAY FIXED(군지여단 입력, 365, 0)
사단급 일일 수요	사단급 1년 동안 소모량/적용수요 기간
출력	DELAY FIXED(입력, 365, 0)
편성 1년 동안 소모량	INTEG(입력-출력, 0)
군수사 적용수요	군수사 소모 출력
군지여단 적용수요	군지여단 소모 출력
편성 적용수요	편성 모소 출력
편성 일일 수요	편성 1년 동안 소모량/적용수요 기간
사단급 적용수요	사단급 소모 출력
입력	편성 적용수요
군수사 SL 목표재고량	"군수사(SL) 보급수준 일수"*군수사 일일 수요
군수사 누적 소모량	INTEG(군수사 소모 입력-군수사 소모 출력, 0)
군수사 리드타임	"산출된 품목별 군수사 리드타임 적용"
군수사 연간 조달량	IF THEN ELSE(MODULO(Time, 365)=0, 군수사 연간 수요 예측+군수사 SL 재고 조정, 0)
군수사 소모 출력	IF THEN ELSE(MODULO(Time, 365)=0, 군수사 누적 소모량, 0)
편성부대 소모	MIN(편성부대 PL, 편성 미납주문)
편성부대 재고조정	MAX(0, 편성부대 목표재고량-편성부대 PL)
군지여단 OL 목표재고량	"군지여단(OL) 보급수준 일수"*군지여단 일일 수요
군지여단 OL 재고조정	MAX(0, 군지여단 OL 목표재고량-군지여단 OL)
군지여단 OST 목표재고량	"군지여단(OST) 보급수준 일수"*군지여단 일일 수요
군지여단 OST 재고조정	MAX(0, 군지여단 OST 목표재고량-군지여단 OST)
군지여단 누적 소모량	INTEG(군지여단 소모 입력-군지여단 소모 출력, 0)
군지여단 리드타임	"산출된 품목별 군지여단 리드타임 적용"
사단급 누적 소모량	INTEG(사단급 소모 입력-사단급 소모 출력, 0)
편성부대 목표재고량	편성 일일 수요*"편성(PL) 보급수준 일수"
사단급 OL 재고조정	MAX(0, 사단급 OL 목표재고량-사단급 OL)
사단급 OST 목표재고량	사단급 일일 수요*"사단급(OST) 보급수준 일수"
사단 리드타임	"산출된 품목별 사단급 부대 리드타임 적용"
사단급 OL 목표재고량	"사단급(OL) 보급수준 일수"*사단급 일일 수요
사단급 OST 재고조정	MAX(0, 사단급 OST 목표재고량-사단급 OST)

변수명	모수 또는 수식
수요예측 기간	730
군수사(SL) 보급수준 일수	30
군지여단 소모 출력	IF THEN ELSE(MODULO(Time, 365)=0, 군지여단 누적 소모량, 0)
군지여단(OL) 보급수준 일수	15
군지여단(OST) 보급수준 일수	15
사단급 소모 출력	IF THEN ELSE(MODULO(Time, 365)=0, 사단급 누적 소모량, 0)
사단급(OL) 보급수준 일수	10
사단급(OST) 보급수준 일수	10
적용수요 기간	365
편성 누적 소모량	INTEG(편성 소모 입력-편성 소모 출력, 0)
편성 소모 입력	편성 일 평균 소모량
편성 소모 출력	IF THEN ELSE(MODULO(Time, 365)=0, 편성 누적 소모량, 0)
편성 일 평균 소모량	“산출된 품목별 일일 평균 소모량 적용”
편성(PL) 보급수준 일수	15



국방우주학의 이론적 기초

연구책임자 **황 현 호**

참여연구원 **김 명 길**

- I. 개요
- II. 우주경제 연구
- III. MTCR 체제와 한국의 우주기술 개발
- IV. 국방우주 발전을 위한 정책적 제언

요약문

연구의 목적은 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 ‘우주경제 연구’, 두 번째는 ‘MTCR체제와 한국의 우주기술 개발’이다. 최근 누리호 3차 발사 이후 대중에 관심과 대한민국의 국제적 위상이 한층 상승했다. 하지만, 국제 우주산업에서 대한민국이 차지하고 있는 비중은 높지 않으며, 앞으로 우주 선진국이 되기 위한 방안 및 연구가 필요하다. 즉, 본 연구를 통해, 우주 선진국으로 진출하기 위한 방안을 모색하고자 한다. 우주공간은 시대가 흐르며, 그 가치 역시 변화했다. 그리고 현재는 우주공간을 국방분야로, 즉 안보의 한 축으로, 바라보는 시각이 필요하다. 우주안보란 안전하고 지속 가능한 접근, 우주 이용 및 우주기반 위협에 대한 안보, 우주환경과 이에 대한 안전, 우주시스템 및 우주 거버넌스 안보 등이 우주안보 영역으로 포함된다. 이와 같은 상황에서 우리는 미사일기술통제체제(MTCR)에 대하여 구체적으로 연구할 필요가 있다. 이유는 우주공간으로 위성을 쏘아 올리기 위해서는 관련 기술과 더불어 국제협약에 대한 이해가 필요하기 때문이다. 미사일기술통제체제 목적은 사정거리가 300km이상 그리고 탑재중량은 500kg 이상의 미사일 완제품 및 부분품(Category I)과 미사일의 사정거리 300km이상 그리고 탑재중량 500kg 미만의 미사일(Category II)의 부품·기술 이전을 통제하고 있으며, 국가간 관련 품목(기술 포함) 이전 통제와 불이행에 대한 제재조치는 회원국의 자국 법

에 의해 관리되고 있다.

Category I 품목은 사용 목적과 무관하게 ‘강한 거부추정(Strong Presumption of Denial)’ 원칙이 적용되고, Category II 품목은 해당 품목의 수출이 대량살상무기 운반을 목적으로 한다고 판단될 경우, 강한 거부추정의 원칙을 적용한다. 즉 Category I 품목은 해당 품목이 갖은 ‘능력’을 통제 기준이며, Category II 품목은 해당 품목을 수입하는 국가의 ‘의도’가 통제 기준이 된다. 그리고 Category I 품목의 수출허가는 ‘강한 거부 추정의 원칙’이 적용되지만, 국가간 관련 기술 등 이전에 대한 신고 및 사용 용도 이외의 목적으로 해당 품목을 사용하지 않고, 허가 없이 제 3자(타국 포함)에게 해당 품목(파생품, 복제품 포함)을 이전하지 않는다는 수입국 정부의 보증이 있을 경우는 예외적으로 수출이 허가된다. 단, Category I 품목의 생산시설은 그 어떤 경우에도 이전이 금지된다. 이와 같은 상황에서 2021년 국방부 장관은 "국가적 차원의 우주산업 발전을 통해 새로운 국부를 창출할 수 있도록 민간 연구기관과도 긴밀하게 협력해 나갈 것"이라며, "국내 기술로 개발된 우주 부품을 국방에서 우선 사용해 내수 수요를 창출하고, 군이 개발한 군사위성을 민간 기업이 우주로 발사하는 선순환을 이뤄 국가 우주산업 역량을 강화할 것"이라고 말했다. 즉, 미사일 탄도 중량이나, 사거리 제한이 해소되었기 때문에 방위산업 측면에서 가시적 효과가 있고, 우주분야의 기술이전이나 장기적 산업파급 효과를 기대할 수 있는 초석이 마련되었다. 우리는 이와 같은 성장 기반 및 동력을 기반으로 우주안보를 위해 우주경제 및 산업에 지속 기술개발(정책 포함)이 필요하다.

I. 개요

1. 연구 배경 및 목적

가. 연구 배경

우주기술은 국가의 현재와 미래 전략적 핵심기술이며, 국가의 성장성을 확보시키고, 이를 통한 튼튼한 안보를 보장받을 수 있게 하는 매개 역할을 한다. 또한, 우주기술의 특수성으로 타 산업에 미치는 파급력은 한 국가를 넘어, 국가간 외교, 국가의 미래 성장동력 및 비전 등 국익을 결정 짓는데 매우 중요한 요소이다. 특히, 발사체는 우주

공간으로 도달하게 할 수 기술이고, 모든 우주활동에 초석이 되고 있으며, 인공위성은 임무에 따라 안보를 위한 정찰 및 감시, 정밀 유도무기 작전, 전술 통신 등 임무에 특화된 우주기술이 접목되어 활용된다. 즉, 우주기술은 외교 및 통상, 군사 및 안보적 관점에서 핵심적 도구로 활용되며, 전 세계를 대상으로 경쟁하는 기술패권 시대에 주도권을 확보할 수 있게 하는 최적의 가치이다. 이와 같은 가치를 갖고 있는 우주기술을 국방 분야 관점에서 본다면, 우주공간을 외교적, 안보적 영역으로 정찰 및 감시 자산으로 확장 활용 할 수 있으며, 대한민국의 주요 인프라와 연계하여 관련 산업군을 발전시킬 수 있는 계기로 확장 시킬 수 있다. 예를 들어 공공분야로 환경, 기상, 재난관리, 농업, 해양, 산림 모니터링 등 활용 또는 위성TV, 위성 인터넷, 위성항법장치 등 국민생활 향상에 밀접 산업군 발전을 촉진제 역할을 할 수 있다. 이를 완성하기 위해서는 위성 발사 능력 확보 및 발전, 우주 동맹국간 우주자산 공유, 우주 전장환경 확장에 따른 전력 구축 등이 필요하다. 더 나아가 우주자원의 채굴, 위성의 보호 및 지구 귀환, 자원 갈등에 대비한 안보 구축, 국제 우주질서 체제 유지, 관련 외교 체계(채널 포함) 및 대응이 필요하다.

나. 연구 목적

본 연구의 목적은 두 가지 목적으로 구분하여 진행되었다. 첫 번째는 ‘우주경제 연구’, 두 번째는 ‘MTCR(Missile Technology Control Regime, 미사일기술통제체제) 체제와 한국의 우주기술 개발’로 구분 및 집중되어 연구 수행했다. (우주경제 연구) 한반도를 둘러싼 주변국과 더불어 미국, 유럽연합(European Union, EU), 인도, 캐나다 등 다양한 국가들은 우주와 관련된 정책 및 기술개발에 적극적인 관심과 투자를 아끼지 않고 있다. 크게 두 가지 이유로 구분 한다면, 첫 번째는 우주기술의 확장성과 파급력 때문이다. 우주기술로부터 파생된 기술들은 일반 산업군(선박, 자동차, 의료, 건설, 소재 등)에서도 활용되고 있으며, 기 사용되고 있는 기술들은 해당 산업에서 기술적 가치를 인정받고 있다. 두 번째는 군사 및 안보적 관점에서 우주의 공간 역시 전장 무대로 인정받고, 자국에 대한 또 다른 안보위협 요소 또는 안보의 최전선으로 인식되었기 때문이다. 그리고 우주분야를 과거와 현재로 나눠 비교했을 때, 많은 변화가 있었으며 본 연구를 통해 다시 도래한 우주경쟁 시대의 우주경제 개념, 범위를 정의하고 대한민국의 우주 안보경제를 대비하기 위한 대응 방안을 모색하고자 한다. 우리의 현재 우주경제 상황은 선진 우주개발국에 도달하기 위한 과정을 밟고 있다. 특히, 우주기술은 소수의 선도국가만이 보유하고 있는 가운데, 우리나라 역시 최근 항공우주청을 신설하여

자력 우주발사체 기술을 확보하는 데에 노력을 기울이고 있다. 현시대는 우주공간도 안보의 한 축으로, 다시 말해 하나의 전장 영역으로 포함하고 있으며, 우주로부터의 인위적, 자연적 위협을 방어하기 위한 안보적 관심이 높아지고 있다. 그러나 우주안보와 우주개발 분야 투자의 효과성을 높이기 위해서는 보호해야 할 국익이 무엇인지 명확하게 이해하는 것이 선결되어야 한다. 민간에 의한 우주개발이 진행되고 우주공간 또한 경제활동의 영역으로 포섭되고 있는 가운데, 경제학적 시사점을 도출하여 우주경제 영역의 전망 및 준비방안을 모색하고자 한다.¹⁾

(MTCR 체제와 한국의 우주기술 개발) 현재 전 세계는 4차산업혁명에 기반하여 인공지능, 모빌리티, 통신, 의료 등 다양한 산업군에서 국가간 기술패권 확보에 사활을 걸었다. 특히, 현재 우주경제가 세계 경제의 한 축으로 성장함에 따라 주요 우주기술 선진국들은 우주기술을 통한 민간 산업화 및 상업화를 할 수 있도록 국가 정책을 발전시키고 있다. 우주분야 선진국들은 민간 기업의 우주발사체 개발을 독려하고 지원 정책을 수립하지만, 우주발사체는 국제적으로 대량살상무기 비확산 대상으로 분류된다. 국가들은 표면적으로 국제 우주 협력을 강조하지만 자국 우주기술의 보호를 강화하면서, 우주발사체의 경우 MTCR를 통해 핵심 기술, 부품 등의 국가 간 이전 및 수출입을 엄격하게 관리한다. 이와 같은 상황에서 우리나라는 한국형 발사체를 산업체로의 기술 이전과 스타트업의 우주발사체 개발 등 우주발사체 기술개발에 집중하고 있다. 그러나 우리나라에서는 우주발사체 등을 과학기술적 및 상업적 측면에서 접근하는 경향이 강하다. 이는 국제적 대량살상무기(Weapon of Mass Destruction, WMD) 비확산 등 관련 국제제도에 대한 이해가 부족하기 때문이다. 국내 우주기술을 보호하고 향후 우주발사체 등의 상업화와 국제경쟁력 강화를 위해서는 MTCR에 대한 충분한 이해가 요구된다.

〈 Summary 〉

- 연구의 목적은 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 ‘우주경제 연구’, 두 번째 ‘MTCR체제와 한국의 우주기술 개발’이다. 최근 누리호 3차 발사 이후, 대중에 관심과 대한민국의 국제적 위상이 한층 상승했다. 하지만, 국제 우주산업에서 우리 대한민국이 차지하고 있는 비중은 높지 않으며, 앞으로 우주 선진국이 되기 위한 방안 및 연구가 지속 필요하다. 즉, 본 연구를 통해, 우주 선진국으로 진출하기 위한 방안을 모색 및 연구하고자 한다.

1) 김종범, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사, 국회예산정책처, 2022.

2. 연구 내용 및 방법

가. 연구 내용

- ▶ 우주경제연구: 개념, 전망, 정책
 - 우주경제의 개념과 현황
 - 우주공간의 활용을 통한 가치 창출(예시와 범주화)
 - 우주경제의 변천사와 최근 동향(민간 우주기업 등)
 - 우주개발 정책의 진화
 - 미소 우주경쟁 시기의 우주정책 추진체계
 - 우주경쟁의 민간 경제 파급효과
 - 최근 우주연구와 산업 분야 민관협력 동향
 - 우주경제 영역별 전망과 이슈
 - 우주경제(산업)와 여타 경제분야와의 유사성/차이점
 - 우주경제 공공성 확보를 위한 정책적 개입 방안

- ▶ MTCR 체제와 한국의 우주기술 개발
 - 미사일기술통제체제(MTCR)의 개요
 - 설립 배경, 연혁, 구성 등
 - MTCR 가이드라인의 주요 내용
 - 대상, 목적, 범위 등
 - 부속서 카테코리 1 및 2의 주요 내용
 - 가이드라인의 운용 및 이행 방법
 - MTCR 가이드라인과 우리나라 우주개발의 연관성 검토
 - 우주발사체 등 국내 스타트업에 대한 제언 등

나. 연구 방법

▶ 국내외 문헌조사와 전문가 자문을 통해 연구를 수행하며, 연구를 함께 수행하는 연구진과 연구 방향에 대한 토의를 통해 최적의 연구결과 보고서 도출(제기부서 및 본 연구와 관련 정부산하 기구 포함)

II. 우주경제 연구

1. 국방우주와 우주경제

가. 국방우주학의 기초²⁾

우주공간은 군사작전을 수행하기 위한 필요 및 핵심 영역이며, 민간에서는 방송통신·항법·기상·환경 등과 관련된 국민 생활안전 환경을 확보하는데 밀접한 영역 및 국가 인프라이다. 이와 같은 이유로 우주의 가치는 더욱 증가할 것으로 예측된다. 또한, 우주의 가치는 국방 분야에서 ‘우주안보’ 분야로 그 의미는 더욱 커질 것이며, 전략·전술적 역시 중요도가 높아지고 있다. 우주안보는 ‘우주로의 안전하고 지속가능한 접근 보장 및 우주의 이용’, ‘우주에 기반을 둔 위협으로부터 자유로운 상태’로 정의될 수 있다.³⁾ 이와 같은 정의는 과거 미소 양국간 전략적 균형과 연관되어 있으며, 양국간 군사 시스템의 우주로의 확장을 의미와 인공위성을 통한 정찰, 인공위성을 통한 군통신 등이 이에 해당된다. 냉전시대 이후에는 우주안보의 군사적인 면과 환경적인 면으로 보는 관점이 나타났다. 군사적 측면은 자국의 우주 국방자산을 안전하게 하고, 우주에서의 무기 배치를 지연 또는 막는 노력을 의미한다. 환경적 측면에서는 지구궤도에서 위성 밀집 현상, 위성통신 주파수의 간섭문제, 지구정지궤도의 궤도권 분쟁 등이 있다. 현재는 3개 관점으로 우주 안보를 바라보는 경향이 나타나고 있다. 이는 ‘안보를 위한 우주’, ‘우주에서의 안보’, ‘우주로부터의 안보’를 말한다.⁴⁾ 안보를 위한 우주란 안전보장 및 국방·군사적 목적으로 우주시스템을 사용하는 것을 말하고, 우주에서의 안보란 자연적·인위적 위협 및 위협으로부터 우주자산을 보호하고 지속적으로 관련 자산의 개발 및 확보할 수 있는 방법과 관련된 내용을 일컫으며, 우주로부터의 안보란 우주로부터의 자연적 위협 및 위협으로부터 인류의 삶과 지구 환경을 보호하는 것을 말한다. 우주로부터의 안보를 국가 단위로 생각해 보면, 우주로부터의 자연적·인위적 위협 및 위협으로부터 자국의 국민 및 영토를 보호하는 것으로 말한다. 즉, 국방 분야로 접근하여 이야기하자면 우주 무기 등으로부터 자국을 보호하고 방어하는 내용을 포함한다고 할 수 있다. 이처럼 현대의 우주안보는 국방우주를 포함하며, 보다 넓은 의미로 사용된다.⁵⁾

2) 임종빈, 우주의 군사적 이용과 향후과제, 우주정책연구vol.3, 2020.

3) Ruwantissa Ageyratne, Space Security Law, p.15, Springer, 2011

4) 국가우주정책연구센터, 우주안보 개념의 확장과 국방우주 중요성 증대시대의 우리의 대응 자세, 임종빈, 2022.

5) 임종빈, 우주의 군사적 이용과 향후과제, 우주정책연구vol.3, 2020.

〈표 1〉 공공(민간) 및 국방과 연관된 우주안보 세부 영역

우주안보 분야	공공(민간) 영역	공공(민간)+국방 공통 영역	국방 영역
안보를 위한 우주 (Outer space for security)	<ul style="list-style-type: none"> 궤도 및 주파수 선점 우주교통관제(STM) 	<ul style="list-style-type: none"> 위성활용 발사체 이용 우주상황인식(SSA) 사이버 보안 	<ul style="list-style-type: none"> 우주 지향성 무기
우주에서의 안보 (Security in outer space)	<ul style="list-style-type: none"> 비의도적인 위성 충돌 우주교통관제(STM) 	<ul style="list-style-type: none"> 우주기상 우주쓰레기 우주상황인식(SSA) 전파교란 사이버 보안 	<ul style="list-style-type: none"> 의도적인 위성충돌 우주 간 무기
우주로부터의 안보 (Security from outer space)	<ul style="list-style-type: none"> 소행성 충돌 우주물체 추락 우주교통관제(STM) 	<ul style="list-style-type: none"> 우주기상 우주상황인식(SSA) 	<ul style="list-style-type: none"> 지구 지향성 무기

(출처: 국가우주정책연구센터, 2022 SPREC Insight)

우주안보란 우주로 안전하고 지속 가능한 접근 및 우주의 이용과 우주기반 위협에 대한 자유를 의미하며, 우주환경 이해, 우주에 대한 접근 및 이용, 우주시스템 및 거버넌스 안전 등이 우주안보 주요 영역에 포함된다. 우주안보는 패권경쟁의 형태를 띠고 있어 주요국들은 우주안보전략들을 업데이트하며 대응하고 있다. 국방분야에서 우주시스템의 활용이 증대되고 있으며, 우주 위협은 단일국가가 소유한 우주자산에 대한 위협보다는 여러 국가의 공동 우주자산에 대한 위협이라는 측면이 강하다는 특징이 있어 적국으로부터의 우주자산 보호를 위해서는 국제적 국방 우주분야 협력 등이 필요하다. 우주 안보를 공간적으로 구분하면 우주공간 자체에서의 방어(in space), 우주공간으로부터 시발된 공격에 대한 방어(from space), 그리고 지상으로부터 우주공간을 향하여 행해지는 공격에 대한 방어(to space)로 나누어 볼 수 있다. 우주공간에서 우주선 간에 ASAT(Anti-satellite weapon, 위성공격무기)의 사용 등을 통한 공격이 가능하고 우주선으로부터 지상에 있는 시설들에 대한 직접 공격도 가능할 뿐만 아니라 지상의 시설들로부터 우주선을 향하여 미사일을 쏘거나 전자적인 수단 등을 이용하여 공격할 수도 있다.

〈 Summary 〉

- 우주공간은 시대가 흐르며, 그 가치 역시 변화했다. 그리고 현재는 우주공간을 국방분야로, 즉 안보의 한 축으로, 바라보는 시각이 필요하다. 우주안보란 우주로의 안전하고 지속 가능한 접근 및 우주의 이용과 우주기반 위협에 대한 자유를 의미하며, 우주환경 이해, 우주에 대한 접근 및 이용, 우주시스템 및 거버넌스 안전 등이 우주안보 주요 영역에 포함된다. 그리고 우주안보를 세분화하면, '안보를 위한 우주', '우주에서의 안보', '우주로부터의 안보'로 구분할 수 있다. 이때 우주안보와 관련된 주요 우주기술은 글로벌 패권경쟁의 형태를 보이고 있으며, 우리 역시 그 패권경쟁을 이겨내야만 대한민국의 안보를 확고히 할 수 있다.

나. 우주공간의 활용을 통한 가치 창출(정의, 범주)

OECD(Organization for Economic Cooperation and Development, 경제협력개발기구)의 '우주경제'를 정의하고 있다. 2012년 OECD는 우주와 관련된 산업, 서비스 등 다차원을 아우르는 '우주경제(Space Economy)' 정의를 최초 수립했다. 어떤 경제활동을 우주경제에 포함해야 하는가에 대해서는 이견도 있지만, 우리나라를 포함하여 대부분 국가에서 우주경제를 이해하는 기본 개념으로 활용된다.

- OECD의 '우주경제' 정의 : 우주경제는 우주를 탐구 및 이해하며, 이를 관리하고 활용하는 과정에서 전 지구적 가치와 혜택을 창출 및 제공하는 활동과 자원 이용의 모든 범위를 포함한다. 따라서, 우주경제에는 연구개발, 우주인프라(지상국, 발사체, 인공위성) 제조 및 사용에서부터 우주 응용 생산물(항법 장비, 위성전화, 기상 서비스 등)과 이러한 활동으로 창출되는 과학 지식에 이르기까지 우주와 관련한 제품·서비스를 개발하고 제공하며, 이를 사용 및 관여하는 모든 공공 및 민간 주체들이 포함된다. 또한, 우주경제를 구성하는 우주 유래 제품과 서비스, 그리고 지식은 우리의 경제 및 사회에 전반에 점점 더 편만해지고 있으며 지속적으로 변화하며 영향(양적 및 질적)을 미치기에, 우주경제는 우주분야 그 자체의 범위(영역)를 크게 넘어서는 개념으로 정의할 수 있다.

우주경제의 정의는 OECD에서는 핵심 쟁점이다. 이를 단기간에 해결할 수 없기에, 우주경제를 다시 정의하기 보다는 국가간 비교 가능한 세부분야를 식별하고 표준 지표를 개발하도록 권고하고 있다.⁶⁾ 표준 지표의 구분은 세분류로 나뉜다. ① 업스트림

6) 신상우, OECD 우주경제(Space Economy) 보고서의 주요 내용과 시사점, SPREC Insight, 2022.

(upstream): 연구개발, 위성 및 발사체 제조, 발사, 과학 분야, ② 다운스트림(downstream): 우주 인프라 운영, 작동과 기능을 위해 위성 데이터와 신호에 직접 의존하는 ‘우주에서 지상으로(down-to-earth)’ 유형의 제품 및 서비스 분야, ③ 우주기술을 이용하는 타(他)산업: 우주에서 자동차 또는 의료 부문으로 기술 이전 등이다.

〈표 2〉 우주경제 세부분야 식별을 위한 표준 지표

구분	범위	활동
업스트림 (upstream)	우주 프로그램의 과학 및 기술기반, 우주 기반 시설의 제조 및 생산	기초 및 응용 연구, 과학 및 공학지원, 전용 보고 서비스, 재료 및 부품 공급, 우주 장비 및 하위 시스템의 설계 및 제조, 전체 시스템의 통합 및 공급, 우주발사
다운스트림 (downstream)	위성 기술 또는 데이터로부터 직접적으로 의존하는 우주 기반 시설 및 실질적 활동	소비자 시장을 지원하는 장치 및 제품에 우주 및 지상 시스템 공급 운영(예:GPS 지원장치, 셋톱 박스, 일부 GIS), 소비자 시장지원(예: 위성 텔레비전 방송)
우주기술을 이용하는 타(他)산업	우주 기술 이전에서 파생되거나 이에 의존한 다양한 경제 부문의 새로운 활동	우주 기술에서 파생되었지만, 기능에 의존하지 않는 활동/제품/서비스(예: 자동차 또는 의료 부문 등)

(출처: 국가우주정책연구센터, 2022 SPREC Insight)

미국 상무부 경제분석국(Bureau of Economic Analysis, BEA)에서도 ‘우주경제’를 정의하고 있다. 미국 상무부의 우주경제 정의는 우주경제에 포함되는 재화와 서비스를 선택해 분류하고 식별할 수 있는 장점이 있다. 전반적으로는 우주경제에 포함시킬 수 있는 제품과 서비스의 모든 범위를 충분히 포괄하고 있는 것으로 평가된다. 다만, 일부 포함된 재화에 대해서는 이견이 있다. 예를 들어, 에너지 생산을 위한 우주 투입 요소, 즉 태양광을 필요로 하는 지상 태양전지판을 포함할 것인지 대한 여부를 미국 우주 산업계와 논쟁중이다.

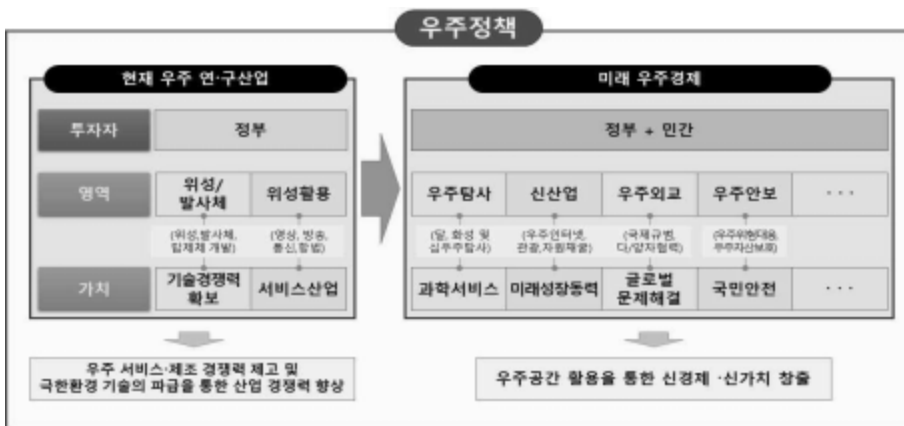
· 미국 상무부 경제분석국의 ‘우주경제’ 정의 : 우주경제는 공공부문과 민간부문의 우주 관련 재화 및 서비스이다. 여기에 포함되는 재화와 서비스는 다음 조건에 부합해야 한다.

- 우주에서 사용되거나 이를 직접적으로 지원하는 것.
- 기능하기 위해 우주 재화 및 서비스에서 직접 투입되는 요소가 필요하거나 이를 직접적으로 지원하는 것.
- 우주 연구와 관련된 것.

한국 정부에서도 ‘우주경제’의 정의를 다음과 같이 하고 있다. 우주경제는 우주를 탐험, 이해, 관리, 활용하는 과정에서 인간에게 가치와 혜택을 창출하고 제공하는 모든 활동과 자원의 사용을 의미한다.7)

- ① 탐험·이해·관리·활용 : 위성, 발사체, 탐사선 등에 대한 제작·개발·생산 등과 관련된 활동
 - ② 가치·혜택 창출 : 우주를 통해 확보한 정보를 활용한 부가가치 서비스
 - ③ 우주경제를 위한 모든 활동과 자원 사용 : 정부 및 민간 연구개발 투자, 인력양성
- 이와 같은 한국 정부의 우주경제 정의를 실현하고자 대한민국은 우주정책의 범위 및 확장했다. 기존에 우주정책은 공공 발사체 및 위성 중심의 제작· 및 개발 산업과, 일부 민간투자의 위성 방송통신 중심의 서비스 산업을 우주산업 육성에 초점이 맞추어져 있었다. 이를 우주경제로 확장하고자 향후에는 우주에 대한 이해 증진과 신기술을 통한 새로운 가치로 창출하는 모든 경제활동을 촉진시키는 국가종합정책을 구상하고 있다.

〈그림 1〉 한국 정부의 우주정책 방향



(출처: 제4차 우주개발진흥 기본계획(안))

7) 관계부서 합동, 제4차 우주개발진흥 기본계획(안), 정부, 2022.

이러한 국가 우주정책을 실현하기 위해서는 현재 대한민국의 우주기술 수준을 정확히 인식해야 한다. 한국의 우주기술 수준은 중소형 발사체를 독자개발(나로호, 누리호)하고, 높은 수준의 위성설계 역량을 확보했으나, 부품 자립 노력은 지속 필요한 상황이다. 현재 개발 중인 다목적 실용위성의 경우 40~60%의 부품 자립도 수준을 보이며, 우주탐사 및 관측, 발사체 기술 등 첨단 기술 분야에서는 우주기술 선진국과 10년 이상 격차로 후발 그룹에 해당된다.

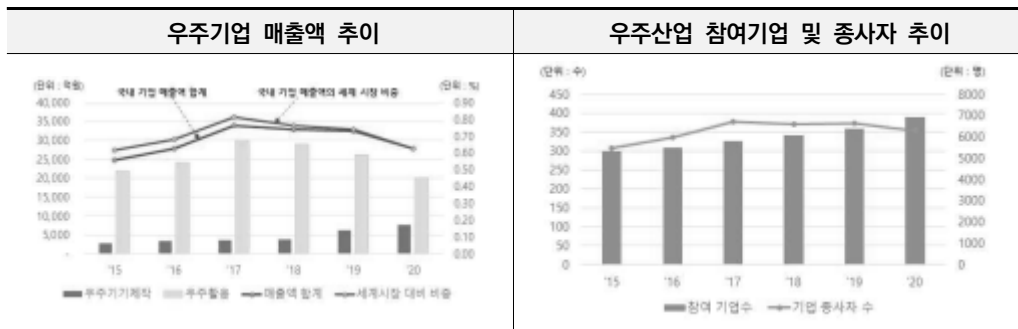
〈표 3〉 한국의 기술수준

구분	2020년 기술수준		
	미국수준	한국수준	미국과의 격차(년)
발사체 개발, 운용	100.0%	60.0%	18년
우주관측, 감시, 분석	100.0%	55.5%	10년
우주탐사, 활용	100.0%	56.0%	15년

(출처: 한국과학기술기획평가원, 2020년 기술수준 평가)

국내 우주산업은 민간의 참여가 확대되고 있지만, 민간에서 활용되고 있는 다양한 사업 모델을 통해 新시장 확대 및 자생적 산업 생태계 형성은 미흡하다. 우리나라 우주산업 규모는 2020년도 3.42조원으로 꾸준히 성장했지만, 세계 우주시장 규모(2020년도 약 386조원) 대비 1% 수준이다. 2021 우주산업실태조사에 따르면 대다수 영세기업(2020년 기준 국내 총 389개 우주기업 가운데, 연매출 10억원 미만 기업이 255개(65.6%)이고, 인력은 50명 미만 기업이 261개(67.1%))이며, 공공사업 의존도가 높은 상황(우주기 제작 기업의 2020년 국내 매출 7,426억원 중 4,763억원(66.1%)가 정부와 공공기관 대상)으로 자생적 우주산업 형성이 어려움에 놓여 있다.

〈표 4〉 우주기업 매출 / 참여기업 종사자



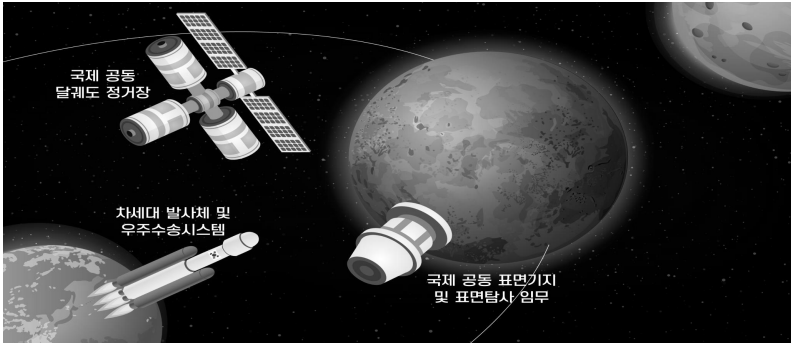
(출처: 한국과학기술기획평가원, 2020년 기술수준 평가)

위와 같이 대한민국의 우주기술 수준과 관련 기업의 매출액, 그리고 참여 기업 및 종사자 추이를 고려하여 ‘제4차 우주개발진흥 기본계획(안)’을 통해 대한민국 우주경제 실현을 위한 ‘우주개발2.0 정책’으로 전환이라는 비전을 수립했다. 목표는 핵심 우주시스템 확보 중심에서 중장기 우주개발 임무중심으로, 영역은 위성·발사체 기술개발 중심에서 우주탐사·과학까지 확장으로, 주체는 공공주도 연구역량·인프라에서 민간참여 우주산업으로 확대함을 우주개발2.0에 담았다. 우주개발2.0 정책의 추진전략으로 장기 전략목표로서의 5대 임무⁸⁾를 수립했으며, 내용은 다음과 같다. ① (우주탐사) 달 궤도선을 통한 달 탐사 임무를 차질 없이 수행하고, ‘32년 달 착륙을 위한 1.8톤급 달 착륙선 개발 사업 기획·예산 확보이다. ② (우주수송) 민간 기술이전을 통한 한국형발사체(누리호) 3차 발사 및 자주적 우주탐사 역량 확보를 위한 차세대발사체 개발사업 착수이다. ③ (우주산업) ‘우주산업 인프라(민간 발사장, 우주환경시험시설) 구축’ ‘전용펀드 조성’ 등 자생력을 갖춘 민간 주도 우주산업 생태계 조성 본격 추진이다. ④ (우주안보) 한반도와 주변 해역의 준수시간 관측을 통한 안보대응력 강화 및 위기상황 관리의 신속·정확성 제고를 위한 군집형 초소형 위성 지속 개발이다. ⑤ (우주과학) 거대 마젤란 망원경(GMT) 건설 참여 등 국제 공동 프로젝트 참여 및 독자 연구수행을 통해 우주과학 난제 해결에 도전이다.

① ‘우주 탐사 확대’의 임무는 인류의 영역이 우주로 확대됨에 따라, 유·무인의 우주 활동을 위한 핵심 역량 확보한다. 목표는 2032년까지 달 착륙 및 2045년까지 화성 착륙하는 것이다. 달 탐사는 2032년 무인 착륙과 표면 임무, 2040년대 달 기지 확보하는 것이며, 화성 탐사는 2035년 궤도 탐사와 2045년 착륙 및 표면 임무 수행하는 것이다. 추진 전략으로는 달 및 화성 탐사를 독자적인 역량 확보와 더불어 국제협력을 통해 유인, 정거장, 탐사기지 등을 전략적으로 확보한다. 이때 필요 요소로는 무인 궤도선, 운송선, 착륙선, 발사체의 독자적 기술력 확보와 궤도정거장, 달 및 화성 표면 기지 등의 분야에서 국제협력 강화, 현지 자원 활용(In Situ Resource Utilization, ISRU) 기초 기술을 확보함과 동시에 지상의 산업기술을 적극 활용, 유인 우주 관련 기술개발(국제협력 포함)을 통해 국제적 유인탐사에 참여하는 것이다.

8) 관계부처 합동, 2023년도 우주개발진흥 시행계획, 2023.

〈그림 2〉 우주탐사, 2045년 미래상



(출처: 제4차 우주개발진흥계획(안))

② ‘우주 수송 완성’ 임무는 우주경제 시대에 지상과 우주 간 인력과 물자의 지속적인 이동 및 수송을 실행하기 위한 발사, 수송 기술(시설 포함), 제조역량 확보하는 것이다. 목표는 2030년 무인수송 역량 완성 및 2045년 유인수송 역량 완성하는 것이다. 수송 수단은 2032년까지 차세대 발사체 및 2045년 유인수송 발사체이며, 제조 인프라는 2030년까지 클러스터 구축으로 제조 산업 구축이고, 발사장은 2030년 공공-민간 발사장 및 2040년 정지궤도 및 유인 발사장 완성하는 것이다. 추진 전략으로는 우주시스템 제조, 생산, 발사 인프라를 구축하고, 이를 기반으로 전 세계 우주수송 서비스 활동으로 발전시킬 수 있는 역량을 확보하는 것이다. 이때 필요 요소로는 다양한 수요에 대응하기 위한 발사체 및 발사장 확보, 민간 중심의 체계를 확립, 민간 참여 유인 및 확대를 위한 클러스터를 구축하여 시장 창출 및 서비스 경쟁력 확보와 장기적으로 우주 수송을 통해 아시아 허브로서의 입지 확보한다.

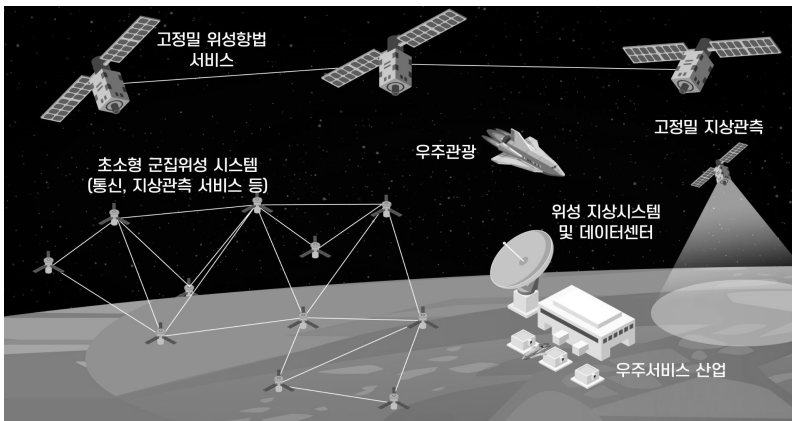
〈그림 3〉 우주 수송 완성, 2045년 미래상



(출처: 제4차 우주개발진흥계획(안))

③ ‘우주 산업 창출’ 임무는 민간과 정부가 유기적으로 협력하여 세계적 수준의 민간 주도 우주산업 생태계를 구축하여 국가 주력산업으로 발돋움하는 것이다.(2022년 13대 주력산업(산업연구원, 2021) : 반도체, 자동차, 조선, 정보통신기기, 가전, 일반기계, 철강, 정유, 석유화학, 이차전지, 바이오헬스, 섬유, 디스플레이) 목표는 2030년 자생적 산업 생태계 구축 및 2045년 10대 주력산업 진입하고 국내 시장 중심의 우주산업을 해외까지 확장하는 것이다. 추진 전략은 민-관의 적극적 협력으로 초기 우주산업을 창출, 타 산업과 연계 등으로 민간이 주도한 新 우주산업 발굴 및 확대, 세계시장으로 진출하는 것이다. 이때 필요 요소로는 정부와 민간의 협력을 바탕으로 타 분야 산업계와 연계 강화를 하는 것이다. 이를 통해 우주산업 제조, 우주 부가가치 산업 확대, 서비스 분야 세계 시장 진출 확대, 우주정거장 서비스, 궤도상 서비스, 우주관광 등 新 우주산업을 확장하는 것이다.

〈그림 4〉 우주산업, 2045년 미래상



(출처: 제4차 우주개발진흥계획(안))

④ ‘우주 안보 확립’ 임무는 지상의 안전한 삶과 우주자산의 보호 등을 위하여 체계를 마련하고 관련 우주기술 등 역량 확보하는 것이다. 목표는 2030년까지 국내 인프라 확대 및 2040년 선진국 수준 역량 확보이다. 또한 재해 및 재난을 방지하기 위해 2030년 아-태지역에 대응 서비스 제공(국제협력)과 2040년에 재난 및 재해와 관련된 최첨단 정밀 서비스 확대(국제공여), 2030년 우주안보를 위해 감시 및 예측, 우주사이버안보 역량 고도화, 2040년에는 능동적 보호시스템 구축 및 운영하는 것이다. 추진 전략은 우주물체 충돌·추락, 태양풍 등 우주 위협을 대응 할 수 있는 역량을 강화하고, 국가 안보를 강화하기 위한 우주시스템 등 확보와 확대를 하는 것이다. 이때 필요 요소로는

재난재해 관측 데이터 확보 위성 확대와 우주감시 체계(레이저, 전자기 관측 장비, 광학, 레이더) 확보, 국제적 우주안보 논의를 통한 국제 우주안보 협력 참여를 위한 국방국과의 협력을 강화한다.

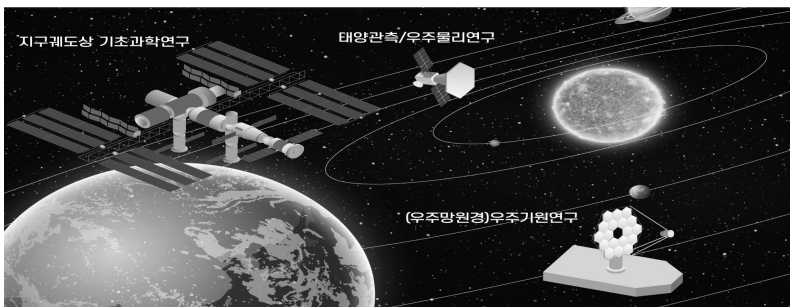
〈그림 5〉 우주 안보 확립, 2045년 미래상



(출처: 제4차 우주개발진흥계획(안))

⑤ ‘우주 과학 확장’ 임무는 국제사회 위상 강화와 미래 사회의 새로운 가치(우주탄생 비밀, 새로운 물리 법칙 등) 실현을 위한 우주과학 연구 확대하는 것이다. 목표는 2030년 다학제적 우주과학 연구역량 확보 및 2040년 세계 선도형 우주과학 임무 주도적 수행이다. 과학적 난제를 해결은 물론, 과학분야의 글로벌 리더 국가로 도약하고 관련 기술을 선제적으로 이끌어 미래 우주탐사기술 개발을 통해 우주임무를 실현한다. 추진 전략은 과학 임무 발굴 체계 확립, 우주탐사, 장기 우주과학 연구 프로그램 도입이다. 이때 필요 요소는 ‘우주탐사 50년 로드맵’을 위하여 장기 우주탐사 비전 수립, 연례 포럼 등을 통해 다학제간 협력, 우주개발 추진, 우주탐사 및 산업 핵심기술 조기 확보하고 미래 탐사 기술 선제 개발과 순수과학, 응용기술 기반한 한계 극복형 우주과학임무 발굴한다.

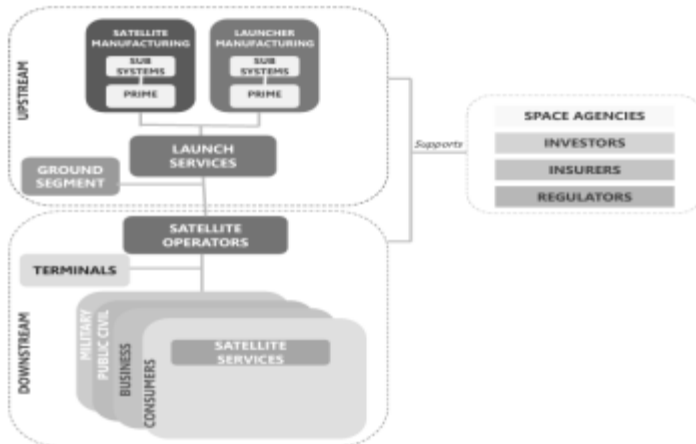
〈그림 6〉 우주 과학 확장, 2045년 미래상



(출처: 제4차 우주개발진흥계획(안))

위와 같은 임무는 우주경제에 대한 가치를 보고 장기적 계획 및 임무를 수립한 것이다. 또한, 우리는 우주경제의 가치 창출을 살펴봐야 한다.⁹⁾ 우주산업은 정부 기관 및 상업 기업에 공급하는 기반 인프라이다. 이것은 위성 활용의 최종 사용자에게 하류로 흐르는 가치사슬로 작동한다. 위성 가치사슬은 위성기술에 의존하는 우주 기반 서비스의 제공을 허용하고 사슬에서 활동하는 5단계 수준의 다양한 이해관계자를 포함한다. 이를 위해 정부 기관은 지속적으로 공공형태의 자체 및 이중 용도를 위한 기술 R&D에 자금을 지원한다. 그리고 우주기술에 대한 가치를 산술적으로 제시하기에 우주기술로부터 파생되는 제품, 서비스 등이 다양하고 확장성에 의해 제한된다. 이를 대략적 구분 제시한다면, OECD에서 우주경제를 정의 및 정의를 하기 위한 표준 지표를 구분하여 설명할 수 있다. 먼저, 우주기업(업스트림)은 시스템과 발사체를 설계하고 제조하는 제한된 수의 행위자(actor)를 포함한다. 위성 운전자(다운스트림)는 위성시스템을 보유하여 서비스 제공자들에게 자신의 능력을 마케팅하여, 그 서비스 제공자들이 통신, 항법 및 지리정보서비스를 위성 신호를 패키지 솔루션에 통합하게 하여 최종 사용자에게 공급한다. 지상 부문 네트워크(업스트림) 및 터미널 공급업체(다운스트림)는 위성 인프라 관리와 사용자의 서비스 액세스를 위해 다양한 소프트웨어 및 장비를 설계 및 제공한다. 최종 사용자는 정부(민간/군사) 또는 상업(기업/고객)이든, 위성기술 작업은 수행하지 않지만 통신, 항법 또는 지리정보서비스에 적합한 솔루션을 제공한다. 이와 같이, 세 구분을 통해 직·간접적으로 우주경제의 가치 및 가치사슬을 이해할 수 있다.

〈그림 7〉 우주 가치 기술



(출처: COMPREHENSIVE SOCIO-ECONOMIC IMPACT ASSESSMENT OF THE CANADIAN SPACE SECTOR)

9) 김종범, 우주경제 이론에 대한 탐색적 연구, 항공우주산업기술동향, 2022.

위와 같은 가치사슬을 고려하여 한국 정부 역시 우주산업의 가치사슬 및 파급효과에 대하여 정리했으며, 아래 그림과 같다. 이 그림에서는 업스트림, 미들스터림, 다운스트림으로 구분하여 가치사슬을 제공하고 있지만, 내포하고 있는 의미는 동일하다. 그리고 우주산업의 가치사슬 상에서 발행하는 파급효과를 통해 우주경제의 확장성을 확인할 수 있다.¹⁰⁾ 우주 부문은 다양화되고, 많은 영역으로 확대되고 있고, 시장의 힘을 넘어서는 복잡한 관계에 의해 추동되고 있다. '우주경제'에 대한 다양한 정의가 존재하고 있는 가운데, 핵심 우주 활동 외에 확장된 경제사회적 영향으로 확장되고 있다. 다양한 경향 및 특성과 더불어 복합적 영역으로 확대되고 있고, 규제 및 정책 환경까지로 진화하고 있다.

〈그림 8〉 우주산업의 가치사슬 및 파급효과



(출처: 국회예산정책처, 우주개발관련 민감 참여 현황조사)

위 그림을 통해 우주경제 가치 및 가치사슬을 구분하여 설명했다. 그리고 그 가치 및 가치사슬로부터 우주경제의 범주를 구분 설명을 하면, 다음과 같다. 업스트림(upstream)의 범주는 일반적으로 우주경제의 기본 대상으로 기초연구, 우주 및 지상 시스템 제작, 발사 등 전형적인 우주활동이 해당된다. 구체적 범주는 7개로 구분된다.

① 고등교육기관, 공공연구기관, 민간 및 비영리 연구기관에서 수행하는 기초연구, 응용연구

② 금융, 보험, 법률 서비스, 컨설팅 같은 보조 서비스

③ 연구개발 서비스, 설계 및 테스트 등 엔지니어링 서비스, 기타 유사한 활동의 제공

10) 김종범, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사, 국회예산정책처, 2022.

을 포함한 과학 및 엔지니어링 지원

④ 수동 부품(케이블, 커넥터, 릴레이 등) 및 능동 부품(다이오드, 트랜지스터, 반도체)을 포함한 우주 및 지상 시스템용 재료와 구성요소 공급

⑤ 우주 및 지상 시스템용 전자 및 기계 장비와 소프트웨어, 우주선의 유도, 추진, 동력 공급, 통신 시스템 같은 우주 장비 및 하위 시스템의 설계 및 제조

⑥ 위성/궤도 시스템 및 발사체를 포함한 전체 시스템의 통합 및 공급, 제어 센터 및 원격 측정, 추적 및 명령 센터 같은 지상 시스템

⑦ 우주관광, 궤도상 서비스(on-orbit servicing), 능동적 우주 쓰레기 제거, 궤도상 제조 및 자원 추출 등 업스트림의 범주가 된다.

다운스트림(downstream)은 주로 위성 데이터를 활용한 위성통신·위성항법·지구관측 관련 제품과 서비스 분야로 최근 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 클라우드 컴퓨팅 기술의 발전으로 크게 성장했다. 구체적 범주는 5개로 구분된다.

① 우주 및 지상 시스템 운영(위성 운영은 주로 통신위성 용량(capacity)의 임대 또는 판매 목적이지만 지구관측 목적 또한 점차 늘어나고 있다. 지상 시스템은 전략적 위치(보통 극지방이나 중위도 지역)에 지상국 네트워크를 갖춘 지상 인프라와 위성 간의 연결을 구성한다. 위성 운영사업자는 가치사슬 전체에 걸쳐 활동하고 있는데, 일례로 자체적으로 위성 및 지상국을 소유하고 고객에게 직접 제품과 서비스를 제공한다.

② 데이터 배포 서비스(주로 지리정보시스템(GIS) 제품에 대한 접근, 사용, 판매를 단순화하는 클라우드 컴퓨팅 기반 플랫폼이나 서비스를 제공하는 기업이 증가했다.

③ 소비자 시장을 지원하는 장치 및 장비 공급(장치 제조(칩셋, 단말기), GNSS(글로벌 위성항법 시스템) 장비 및 기타 장치, 소프트웨어 개발 등이다.

④ 소비자 시장을 지원하는 서비스 공급(DTH 위성방송(텔레비전, 라디오, 광대역), 위치·항법·시각(positioning, navigation, timing) 서비스 제공, 전자광학 영상 제공(원격 측정, 추적 및 명령 서비스)하며, 현재의 응용 분야에는 지도 제작 및 매핑, 물류 및 유통, 판매 및 마케팅, 감시 및 보안, 시각 및 정밀 작업, 통신 등이다.

⑤ 데이터 부가가치 서비스 공급(단일 또는 다중 데이터 소스(위성 영상/신호 및 현장 관측, 기타 정보 출처)에서 온 제품 및 서비스를 처리해 쉽게 사용 가능한 정보로 변환하는 분야로 동일 기업이 처리 전후의 제품과 서비스 제공한다.

우주 신호 또는 데이터에 의존하는 제품을 취급하면서도 우주경제에 기여하는 기업이라고 생각하지 않는 기업들이 상당수 존재한다. 우주기술을 이용하는 타(他)산업은

부분적으로 우주기술을 이용하여 다른 산업에서 새로운 제품과 서비스를 만들어내는 분야이다. 우주기술을 이용한 타 산업은 우주개발에서 개발된 기술을 응용한 수많은 제품과 서비스를 자동차 산업과 의료 산업 등에 적용된다. 이와 같은 범주와 더불어, 우주정거장에서 미중력 상태의 우주비행사를 위한 의자는 자동차의 카시트 설계에 응용되었고, 우주 왕복선의 타이어 센서는 타이어 공기압 경보장치(Tire Pressure Monitoring System, TPMS)에 응용된다. 또한 달 착륙선과 화성 탐사선이 낮선 지형을 파악하기 위해 만들어진 기술은 오늘날 자율주행 자동차가 도로를 탐색하는데 활용된다. 특히, NASA는 1964년 우주비행사의 건강을 관리하기 위한 원격의료 프로그램을 개발하였고, 이 기술은 1970년대 미국 내 시골 환자 진료와 1988년 2만 5,000명 이상 사망한 구소련 아르메니아 대지진 때 응용되었다.

〈 Summary 〉

- 우주경제는 '우주' 그 자체뿐 아니라 관련 지식·기술의 활용분야 포괄한다. 우주경제는 우주개발 역량에 대한 이해를 전제로 하여 전·후방 산업과 파생산업 및 전체 가치사슬을 포괄하는 개념¹¹⁾이다. 우주경제는 인공위성 및 발사체 등 제조부문, 방송/통신 등 서비스 제공부문, 군사·과학 등 목적, 참여자 및 가치사슬, 직·간접적 영향 등을 고려하여 광의의 개념이다.

다. 우주경제의 변천사와 최근 동향

우주경제의 변천의 핵심은 국가주도의 舊우주개발 시대에서 민간주도의 상업적 新우주경제 시대로 변화이다.¹²⁾ 기존의 우주개발은 국가주도의 과학적 탐사와 군사용 개발이 주류이었으나, 최근 민간부문에서의 우주경제 분야에 대한 적극 참여로, 우주는 경제적 경쟁의 장으로 변화했다. 즉, 우주개발 선진국들의 우주정책은 군사력 강화 및 국가적 자부심 과시 목적에서 경제적 실리 추구의 상업적 개발로 변화했다. 그리고 우주개발 주도권도 국가(Old-Space)에서 민간(New-Space)으로 이전¹³⁾하는 추세이다. 우리나라도 국가우주위원회 설치, 우주개발진흥기본계획 수립 등 우주산업을 위한 지

11) Annalisa Piva, Nicola Sasanelli(2017), "Societal and Economic Benefits of a Dedicated National Space Agency for Australia", P.14.

12) 조시윤, 우주산업 현황과 스타트업 지원방안, KDB산업은행, 2019.

13) Matthew Weinzierl(2018), "Space, the Final Frontier", Journal of Economic Perspectives, Vol.32 No. 2, Mar 2018, p. 173

속 혁신 촉진을 위한 정책 대응 방안 등을 수립했다. 이와 같은 상황에서 우주경제의 최근 동향은 시대적 요구 및 변화에 의해 바뀌었다.¹⁴⁾ 즉, 민간역할 확대로 민간의 자본과 첨단기술 역량의 발전으로, 전통적 공공 주도 분야인 우주개발에서 민간의 역할이 대폭 확대되었다. 우주경제 변화를 정리하면 아래 표와 같다.

〈표 5〉 우주경제 트렌드(Journal of Economic Perspectives, Space. the Final Frontier)

구분	과거	현재
New Money	정부자금(R&D예산)	민간자금(벤처캐피탈)
New Actors	연구기관(대기업)	기업체(스타트업)
New way of working	우주급 부품, 수작업, 연구개발	상업기성품, 자동화, 생산/제조
New business models	고비용, 정보고객, 장기 사업기간	저비용, 고객다변화, 단기 사업기간
New Policies	과학기술정책	산업정책
New Technologies	대형화, 고성능	소형화, 군집
New Threats	경쟁도 낮음	경쟁도 높음
New Value Chains	아웃소싱(Out-sourcing)	인하우스(In-house)
New Needs	국방, 안보	금융, 농업, 물류, 보험
New Markets	정부고객	민간기업, 개인

이러한 우주경제의 트렌드 변화는 우주산업 창업 생태계를 보다 긍정적으로 변화시켰다. 예산의 제약으로 인해 정부 정책이 민간 우주기업과의 협력을 활성화시키는 방향으로 바뀌었으며, Agile Aerospace 접근방식은 우주산업의 비즈니스 모델을 일반적인 ICT산업의 사이클에 가까워지도록 발전시킴으로써 벤처캐피탈 등 민간자본이 우주산업을 이전보다 매력적으로 바라보게 만들었다. 이는 정부의 민간협력 활성화 정책, 기술혁신, 제조업 기술 발전, 신규 수요의 확대 등이 복합적으로 작용한 결과이다.¹⁵⁾ 결국 우주산업의 전통적인 모델에 비해 제품의 개발주기를 단축시키고, 기존보다 훨씬 더 적은 투자로 우주 제품 및 서비스를 공급할 수 있게 된 것을 바탕으로 하는 새로운 비즈니스 모델 및 우주경제를 구축하게 되었다.

14) 관계부서 합동, 제4차 우주개발진흥 기본계획(안), 정부, 2022.

15) 백기태, Planet 사례로 본 뉴스페이스 비즈니스 모델과 창업 생태계, 우주정책연구vol.3, 2020.

2. 우주개발 정책의 진화

가. 미소 우주경쟁 시기의 우주정책 추진체계¹⁶⁾¹⁷⁾

우주개발의 역사는 산업화와 근대화를 거치면서 현재는 가장 최근에 이루어지기 시작한 인류의 새로운 도전 과제이다. 첨단 과학기술 요구를 바탕으로 대규모의 산업인 동시에 타 산업에 새로운 기술 창출 효과를 불러 일으키는 미래지향적 산업이다. 러시아 과학자 치올코프스키(Tsiolkovskii)는 19세기 말, 로켓을 이용한 우주여행이 과학적 탐구가 시작했다. 1897년, 분사 가스의 속도가 빠른 로켓을 이용하는 것과 동시에 연소시 질량비가 클수록 로켓의 속도가 커진다는 것을 증명한 ‘치올코프스키 공식’이 발표된다. 또한 그는 액체산소 및 액체수소를 추진제로 사용하는 로켓과 더불어 다단식 로켓 등 우주기술 분야에 뛰어난 아이디어를 발표했다. 세계에서 처음으로 인공위성 이론을 주장하여, 오늘날 ‘우주여행의 아버지’로 불린다. 그리고 인류 최초 액체연료 로켓 발사에 성공한 사람인 미국의 로버트 고다드(Rpbert. H. Goddard)는 로켓분야를 개척한 공로를 인정받아, ‘근대 로켓의 아버지’로 불린다.

〈표 6〉 K.E 치올코프스키, 로버트 고다르 사진



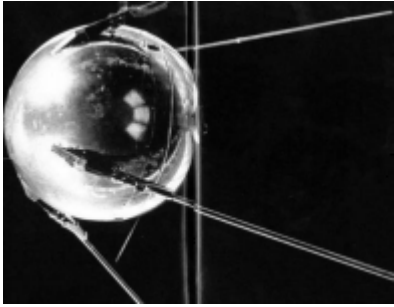

제 2차 세계대전 이후 미국은 로켓 시험 제작에 착수하여, ‘벨 XS-1’을 1945년 개발한다. 이 로켓은 1947년 마하 1.06 속도로 비행을 성공했고, 세계 최초의 음속을 넘는 비행기가 되었다. 이후 노스아메리칸 ‘X-15’가 개발되었는데, 최고의 마하 6.7 속도를 기록했으며, 최고 고도 107.8km까지 상승했다. 이는 아폴로 계획과 우주왕복선 발사

16) 과학기술부, 2006 우주개발백서, 2007.

17) 고대우, 소련의 우주전략과 미국의 차세대 군사위성, 국방과학기술, 1988.(재구성)

의 토대가 된다. 구소련은 1957년 10월, 2단식 A형 로켓을 사용하여 세계 최초 인공 위성 ‘스푸트니크(Sputnik) 1호’를 지구궤도로 올린다. 이후 ‘라이카’라는 이름의 강아지를 로켓에 실어 우주로 보냈으며, 이어 스푸트니크 3호를 쏘아 올리면서 우주개발 초기에 미국을 앞서나간다.

〈표 7〉 스푸트니크1호와 우주犬 라이카

	
<p style="text-align: center;">스푸트니크 1호</p>	<p style="text-align: center;">우주犬 라이카</p>

구소련에게 선수를 빼앗긴 미국은 미 해군의 ‘뱅가드(Vanguard) 로켓’을 이용해 인공위성을 발사하려 했지만 실패한다. 이후 아이젠하워 대통령은 육군 소속의 폰브라운 박사 팀에게 인공위성 발사 임무를 맡긴다. 3개월 후인 1958년 1월, 인공위성인 ‘익스플로러(Explorer) 1호’는 ‘주피터(Jupiter) C 로켓’에 의해 성공적 발사된다. 인공위성 발사분야에서 미국은 구소련에게 주도권을 빼앗긴 상황을 돌려, 무인 달 탐사선 계획을 진행한다. 이는 인류 최초의 달 착륙을 목표로 했다. 그러나 1958년 8월, 발사된 제1호 달 탐사선인 ‘파이오니어(Pioneer) 0호’가 1단 로켓의 폭발로 실패한다. 이후 발사된 파이오니어 1호, 2호, 3호 또한 로켓 추진력 부족과 상단 로켓 미 점화 등으로 실패한다. 반면, 구소련은 1959년 1월 달 탐사선인 ‘루나(Luna) 1호’를 발사 성공한다. 비록, 루나 1호는 달 표면을 벗어나 태양 궤도의 위성이 되었지만, 1959년 9월 발사된 루나 2호는 달 표면과 충돌하여, 인류 역사상 첫 지구 이외의 천체에 도달한 탐사선이 된다. 루나 2호가 발사되고 1개월 후에 발사된 루나 3호는 세계 최초로 달의 뒷면 사진 촬영을 성공한다. 이후 구소련은 1976년까지 24기의 루나 시리즈가 발사한다. 미국에서는 1969년 7월 20일, 3명의 우주인(닐 암스트롱, 에드윈 올드린, 마이클 콜린즈)이 탑승한 ‘아폴로 11호’가 달에 도달했고, 암스트롱과 올드린은 달의 고요의 바다에 착륙에 성공한다. 이는 미국 케네디 대통령의 말처럼, 1970년이 되기 전에 사람을 달에 보내겠다는 미국의 우주개발 의지가 빛을 보는 순간이었다. 이와 같은 기념비적 사건을 기

점으로 우주개발 경쟁에 주도권은 미국이 갖게 된다.

〈표 8〉 애드윈 올드린, Saturn V rocket



미국과 구소련은 행성 탐사에 대한 연구를 진행하며, 1960년대부터 양국은 금성, 화성으로 탐사선을 보내기 위해 노력을 기울인다. 행성 탐사에서 구소련은 큰 성과를 거두지 못했지만, 미국은 첫 번째 실패를 제외하고는 1975년까지 7기의 탐사선을 화성에 보내어 사진촬영 등을 성공한다. 화성 탐사에서 가장 큰 성과로 주목받는 것은 1975년 발사된 ‘바이킹(Viking) 1호, 2호’이다. 이 둘 탐사선은 약 1년여 시간을 비행한 끝에 화성 표면에 연착륙했고, 화성에 생물이 존재하는지 여부를 확인하기 위하여 실험을 수행했다. 비록 생물의 흔적은 발견할 수 없었지만, 과학적 측면에서 성과가 매우 컸다. 또한, 금성 탐사도 이루어졌다. 금성은 1년 7개월마다 지구에 가까이 접근하는데, 이때가 지구에서 금성으로 탐사선을 보낼 적기이다. 구소련은 1961년 2월, 미국은 1962년 7월에 각각 금성 탐사선을 발사했지만 모두 실패한다. 처음으로 금성 연착륙을 성공한 것은 1970년에 발사한 구소련의 베네라(Venera) 7호이다. 베네라 7호를 통해 금성 표면에 대하여 여러 과학적 사실 알 수 있었고, 금성 표면 온도가 470도에 달한다는 사실도 발견한다. 1961년 4월, 구소련은 최초 유인 우주선 ‘보스토크(Vostok) 1호’ 발사 성공한다. 당시 탑승한 우주비행사는 유리 가가린(Yurii Gagarin)으로 “지구는 푸른 빛이다.”라는 명언을 남겼다. 1963년 6월, 최초의 여자 우주비행사인 테레슈코바(Valentia Tereshkova)를 탑승한 6호기를 끝으로 보스토크 프로젝트는 끝난다. 이후 구소련은 1964년부터 2인용 또는 3인용 보스호트(Voskhos) 우주선을 발사했으며, 1965년 레오노프(Alexei. A. Leonov)가 인류 최초 우주 유영을 성공한다. 가가린이 우주비행을 성공한지 불과 약 3주 후, 미국은 우주비행사인 앨런 셰퍼드(Alan B. Shepard)가 탐

승한 머큐리(Mercury) 우주선을 발사하여, 약 15분간 탄도비행을 성공한다. 머큐리 계획은 1963년까지, 총 6기의 우주선이 발사된다. 머큐리 우주선에는 ‘7’이 들어간 이름이 붙었는데, ‘7’의 의미는 유인 비행계획에 참가한 7인의 우주비행사들의 단결과 우정을 의미한다. 1971년 구소련은 세계 최초의 우주정거장인 살류트(Salyut)를 발사했다. 우주 정거장을 위해 개발된 우주선은 ‘소유즈(Soyuz)’이며, 1967년 제 1호기가 발사된 이후, 많은 수의 소유즈 우주선이 살류트와 도킹시켜, 여러 우주실험을 한다. 이어 1987년 러시아가 중심이 되어 ‘미르(Mir)’를 통해 서비스 모듈(Service Module, 주거공간)을 8년에 걸쳐 스펙트, 프리로다라는 이름으로 실험 모듈을 1996년 완성한다. 미국은 아폴로 계획 종료된 후, 1973년 스카이 랩(Skylab) 실행한다. 스카이 랩은 하늘을 나는 실험실로 3기의 아폴로 우주선이 도킹시켜, 기상, 지질관측, 의학, 생리학 실험 등을 실험한다.

1950년대를 시작으로 1960~1970년대의 우주개발 역사를 살펴보면, 미국과 구소련이 주축이 되어 전 세계 우주개발을 주도했다. 이때 달성한 성과들이 지금의 우주산업에도 지대한 영향을 미치고 있다. 특히, 양 국가 간의 치열한 우주경쟁으로 우주산업에 대한 투자와 기술개발이 활발히 이루어졌다. 이와 같이 미국과 소련은 우주경쟁 시대에 승자가 되기 위하여 치열한 경쟁을 했으며, 이를 뒷받침하기 위한 미국과 구소련은 우주전략 정책을 펼쳤다. 먼저 구소련의 우주 정책 방향은 6가지로 구분할 수 있다. ① 우주시스템의 역할 강화, ② 전쟁시 위성 운용, ③ 생존성 강화, ④ 많은 발사 횟수, ⑤ 위성 요격시스템, ⑥ 우주감시이다.

① ‘우주시스템의 역할 강화’는 당시 미국이 소련보다 우주시스템의 활용에서 앞서 있다는 것은 정설이었다. 그러나 소련의 우주시스템에 대하여 지속적 우주기술 확보에 대한 노력으로 우주시스템의 역할을 강화시킴으로써 미국을 앞지르거나 경쟁할 수 있게 되었다. 즉, 소련은 세계적으로 영향력을 행사할 수 있는 국가가 되기 위해 준비한 것이다.

② ‘전쟁시 위성 운용’은 전시에 조기경보, 해양감시, 실시간 통신 중계, 핵폭발 발견, 사진정찰 위성 등에 활용될 수 있도록 한 것이다. 이러한 위성의 활용은 지상군의 전투력을 강화와 연계된다. 소련의 전통적인 軍의 특수성을 고려하여 우주통제의 대상을 전술 및 전략공격 능력의 방어, 적의 위협으로부터 위성국의 방어, 전술 및 전략작전의 지원, 군사적·정치적·경제적 이득을 위한 적의 우주이용 방해, 우주시스템의 목적 달성을 위한 우주공간의 자유롭게 사용하는 것이다.

③ ‘생존성 강화’는 현재 운용중인 우주지원 능력을 유지하기 위하여 인공위성의 생존성 강화다. 생존성에 대한 소련의 생각은 서방측과 다소 다르다. 구소련은 위성시스

템의 각 중심점을 방어하기 보다, 시스템 전체의 생존성에 더 관심을 기울인다. 이와 같은 개념 때문에 구소련의 위성은 타국의 위성에 비해 튼튼하게 만들어졌다. 구소련의 관점에서 적은 댓수에 의한 복합 임무위성 및 하나의 위성에 임무 의존성을 상승시키기 보다, 상대적으로 많은 위성을 갖게 하여, 구소련이 전술·전략적 요구조건을 충족시키기 위한 것이다. 예를 들어, 많은 수의 전차, 항공기, 미사일 등과 같다. 숫자가 많다는 것은 적의 공격이 있을 때, 전체 시스템에 성능 저하를 천천히 일어나게 한다. 즉, 10개의 인공위성으로 구성된 우주시스템 중에서 1~2개가 파괴되어도 급격한 우주시스템 성능 저하가 일어나지 않는다는 것이다.

④ ‘많은 발사 횟수’는 소련의 위성시스템이 적의 공격 또는 자연적으로 위성이 파괴되었을 때, 이에 대응할 수 있도록 한 것이다. 즉, 위성 파괴가 갑작스럽게 일어날 경우, 이를 즉각 교체하기 위해 항상 수개의 대체 위성을 갖고 있는 것이다. 발사 횟수가 많다는 것은 오랜 사용경험을 갖게하고 구소련의 발사대는 위성발사에 대한 신뢰성을 높여 준다. 소련 우주산업의 능력은 모든 우주시스템을 약 2~3개월내 재구성 할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 또한, 소련은 저고도 위성을 선호하기 때문에(당시 소련 약 75%, 미국 약 25%), 이로 인하여 저렴한 발사체를 이용할 수 있고, 결과적으로 많은 비용을 절감할 수 있다.

⑤ ‘위성 요격시스템’은 우주통제를 실시할 수 있는 능력을 갖기 위해 소련은 타국의 위성을 무력화시킬 수 있어야 했다. 1964년부터 1964년 사이, 소련은 고고도 위성으로부터 발사되는 어떠한 공격이라도 격퇴 및 회피 할 수 있는 임무에 PVO-strany 항공방위기구 산하에 특수 위성요격파견대(PKO)를 창설했다. 이는 1967년 처음으로 위성공경위성 비행체 시험을 시작한 것이다. 소련은 무력충돌에서 이와 같은 임무를 수행할 준비가 되어 있으며, 이와 같은 위성에 적용할 수 있는 4개의 보조위성공격위성 시스템을 갖고 있다. 이 시스템은 동일궤도의 위성공격위성, 탄도탄요격미사일(Anti-Ballistic Missile Treaty, ABM) 시스템, 지상에서 발사되는 에너지 무기, 전자전이다.

⑥ ‘우주감시는 우주통제’은 아주 중요한 요소이지만, 당시 낮게 평가되는 것이 우주감시이다. 우주감시는 위성 공격위성능력의 추적, 평가, 목표지정 등에 요구될 뿐만 아니라 적의 위성공격위성능력의 평가, 경보, 위성시스템의 유지에 필수적이다. 이와 같은 6개 기술발전을 위하여 소련은 우주정책을 추진했다.

미국의 당시 우주정책 방향은 ① 새로운 위성 시스템, ② 미 해군에 의한 위성시스템 개발, ③ 수명주기를 고려한 위성 관리, ④ 경보 및 추적위성, ⑤ 항법 및 위치파악 위성, ⑥ IMINT 및 SIGINT 위성이었다.

① ‘새로운 위성 시스템’은 당시 위성에 대하여 군작전 개념에서 중요성이 증가되고 있는 가운데, 필요 국방예산에 확보가 어려웠다. 즉, 미국은 군사목적에 경량위성(LIGHTSAT), 통신위성(SLCSAT), 대양감시시스템인(NROSS), 군전략 및 전술과 경계시스템인(MILSTAR)에 대한 연구개발 사업이 무기한 연기 또는 취소될 가능성에 처해 있었다. 이와 같은 위성에 대하여 지속적인 투자 및 연구가 될 수 있도록 정책적 방안을 수립하고 확장하고자 노력했다.

② ‘미 해군에 의한 위성시스템 개발’은 미 해군에 의한 위성 시스템 제안으로 UHF F/O 또는 UHF로 불리는 UHF follow-on은 새로운 세대의 통신위성으로 당시 운용중인 FLTSAT와 LEASAT를 대체하기 위한 것이었다. 대상 위성의 설계에 대한 요구제안은 1987년 11월 SPAWAR(Space and Naval Warfare Systems Command)의 의해 발표했고, 해군 대변인에 따르면 이번 계약에서 9기의 위성과 필요에 따라 추가 1기 이상의 위성 구매하여, 이 시스템을 운용할 계획이라 알려졌다. 이와 같이 해군에 의한 해군 작전에 필요한 위성 개발 요구제안을 했다.

③ ‘수명주기를 고려한 위성 관리’는 대부분의 고궤도 위성은 그 수명주기가 10년 이내고, 저궤도 위성은 4년 이내이므로, 당시 사용중인 대부분의 미 국방성 위성은 당시 기준에 10년안에 교체되어야 할 것이라 예측하고 있었다. 위성 중 일부는 더 향상된 성능을 갖춘 새로운 위성으로 대체하거나 현재 운용중인 위성과 같은 성능의 위성으로 대체될 예정이었다. DSCS(Defense Satellite Communications System)는 공대역 군통신 중계를 위해 설계된 위성 네트워크이다. 오래된 DSCS phase II 위성 중 일부는 아직 사용중이나 있으나 '90년대 초기에 교체될 예정으로 있었다. 약 5년의 운용수명을 갖는 DSCSII 시리즈는 추정 수명이 10년 정도 되고, 더 성능이 좋은 DSCS III 시리즈에 의해 점진적으로 교체하기로 한다. DSCS II와 마찬가지로 DSCS III의 표준 구성도 4개의 동위상 궤도에 있는 운용위성과 2개의 예비위성으로 구성된다. 이와 같이 수명주기를 고려한 차세대 위성, 대체 위성, 예비위성 등 장기적 위성 운영 방안을 모색한 방안을 구상 및 실행했다.

④ ‘경보 및 추적위성’과 관련하여 위성의 전략균형 면에서 아주 중요한 위성은 미 국방성의 공격경보 위성이다. 이들 위성은 소련의 미사일에 대한 흔적과 추적을 할 수 있도록 설계된다. 미 DSP(Defense Support Program)에 의해 관리되며, DSP 위성으로 더 잘 알려진 종합미사일 조기경보위성인 IMEWS(Integrated Multipurpose Early Warning Satellite)가 이 기능을 수행하고 있다. 이와 같은 위성은 지상기지 의존성을 줄이기 위해 레이저 데이터 상호링크를 갖춘 것이 특징이다. 다른 특징으로는 임무자료에 대한 통신 중계능력과 DSP- I 위성이 지상기지에서부터 정기적으로 정보를 받지 않고

도 운행할 수 있는 자체 위치추산(Ephemeris) 능력이 있다. 미 국방성 위성에 의해 수행되는 중요한 임무중의 하나는 기상자료 제공이다. 즉, 방위기상 위성 프로그램(DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 혹은 Metstar)은 기상의 영상과 우주 발사체, 육·해·공군의 전술운영에 요구되는 자료 및 사진정찰 임무한다. 이와 같은 위성을 추진 발전시키기 위한 정책적 방안을 추진 및 실행하고 있다.

⑤ ‘항법 및 위치파악 위성’과 관련하여 Navstar GPS(Global positioning system)는 공중, 지상, 해양에서 운용되는 물체에 대하여 지원을 하기 위해 설계된 항법 및 위치파악을 위한 위성이다. Navstar(Navigation System with Time And Ranging)는 속도, 위치, 시간에 대한 정보를 동시에 제공하며, 그 정확성이 아주 뛰어나다. Navstar 이용자는 오차 범위 16m이내의 정확성으로 위치정보를 알 수 있었다. Navstar 위성은 산디아연구소에서 개발된 IO-NDS(Integrated Operational Nuclear Detection System)라 불리는 핵폭발을 탐지할 수 있는 광학시스템이 장착되어 있다. IO-NDS 패키지를 갖는 각 Navstar 위성은 1963년부터 1970년까지 발사된 미 공군의 핵폭발 탐지 위성인 Vela를 대체할 계획이다. 이와 같이 미국은 항법 및 위치 파악을 위한 기술개발에 필요한 정책을 발전시켰다.

⑥ ‘IMINT(Imagery Intelligence) 및 SIGINT(Signal Intelligence) 위성’과 관련하여 정부관리들은 사진정찰과 신호정보 수집위성의 능력을 통해 적 등에 대한 현황을 자세히 파악하고자 했다. 이들 위성의 특성이나 능력은 SCI(Sensitive Compartmented Information) 항목으로 비밀분류되어 있다. SCI에 접근할 수 있는 경우는 매우 제한되어 있었고, I 급 비밀 취급인가를 받은 몇몇의 사람들만이 SCI를 볼 수 있었다. 정보수집 위성에 대한 SCI에 접근할 수 있는 사람도 정보수집 위성의 존재 유무에 대한 언급을 하지 말도록 주의받고 있었지만, 미국의 첩보위성에 대하여 공개적 언급은 카터 대통령에 의해 최초로 이루어졌다. 그는 연설에서 위성사진정찰을 수행 할 수 있는 미국의 능력에 대해 언급했고, 정보분야의 많은 전문가들은 아직도 이 사건에 대하여 아쉬운 평가를 하고 있다. 이와 같은 부분은 IMINT 및 SIGINT 위성에 대한 중요성을 반증하면서, 이와 관련된 보안에 대하여 정책적 보완을 하고자 노력했다.

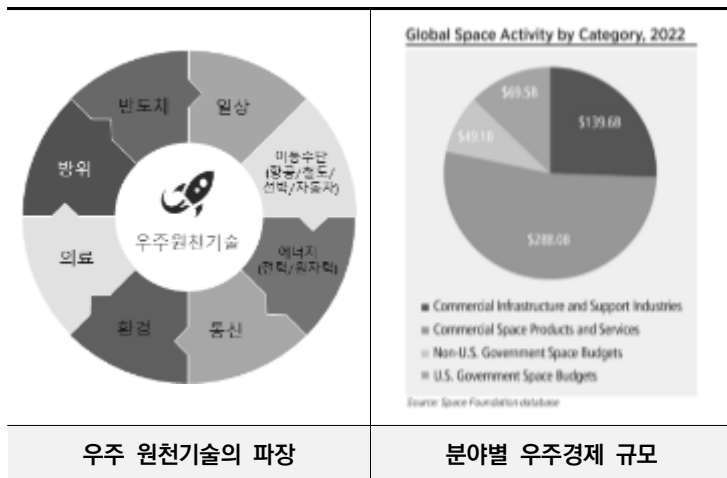
〈 Summary 〉

- 미국과 소련은 냉전시대에 자국 안보와 이익을 위해 우주개발에 많은 투자를 통해, 현재의 우주기술을 습득했다. 물론, 냉전시대에 각 국가별 정책은 위 제시한 바와 같이 방향은 달랐지만, 결과적으로 많은 성과를 도출하여 현재도 우주경쟁을 이끌어가는 우주기술 선도국가이다.

나. 우주경쟁의 민간 경제 파급효과¹⁸⁾¹⁹⁾

SPACE FOUNDATION에서 발표한 2022년 2분기 글로벌 우주 경제의 성장 규모는 아래 표와 같다 우주 산업에서 창출된 대부분의 돈은 상업 부문에서 나왔으며, 수익이 6.4% 증가하고, 우주 기업이 제공하는 제품 및 서비스에서 2,240억 달러 이상, 상업 공간에 대한 인프라 및 지원에 거의 1,380억 달러가 사용된다. 관련 기업은 미국이 약 18% 증가, 중국이 약 23% 증가, 인도는 약 36% 증가한다. 이는 군사 및 민간 우주 프로그램에 대한 정부 지출의 전체 19% 증가에서 비롯된다.

표 9 우주 원천기술의 파장 분야와 분야별 우주경제 규모



(출처: <https://www.spacefoundation.org>)

국내 우주 원천기술은 항공, 통신, 철도, 조선, 전력, 자동차, 의료, 원자력, 방탄차량, 선박, 국방, 반도체 등 다양한 산업군에 기술 파급력(사단법인 한국우주기술진흥협회 자료)을 보였다. 한국의 우주 원천기술에 따른 파급 산업군과 기술은 다음 표와 같이 정리하여 제시할 수 있다.

표 10 한국의 우주기술 스피노프 사례

우주 원천기술	파급산업	파급기술
KSLV-1발사통제 / 발사관제	항공	데이터 처리
위성체 본체 기술	통신	유전체 공진기를 사용한 수동소자

18) 사단법인 한국우주기술진흥협회, <http://www.kasp.or.kr/industry/feature.html>

19) 신상우, OECD 우주경제(Space Economy) 보고서의 주요 내용과 시사점, SPREC Insight, 2022.

항공용 제트엔진 시스템 설계	철도	영상·계기 모사 장치를 사용한 훈련장비 구현
항공기 시뮬레이터		알루미늄 압출소재를 이용한 경량 구조물
스피닝	조선	선박 시뮬레이터
KSLV-시뮬레이터		선박 자동화
항공용 제트엔진 시스템 설계	전력	100KW급 보조동력장치 / 1.2MW급 가스터빈
합재료의 방호		풍력발전
항공용 제트엔진 연소기 설계	자동차	운송장비 진동 / 내구성 평가
항공용 제트엔진의 Fan / HPC설계기술	의료	인공관절
위성 탑재 컴퓨터	원자력	환경 방사선 감시기
초경량 기체구조물 복합재료화	차량/선박	방탄기술
공기역학적 날개 설계	국방	복합재료 연료탱크
항공용 제트엔진 동특성 평가	반도체	터보 분자 펌프
항공용 제트엔진의 고압압축기 설계	기타	초소형 압축기 / 터보 블로워
항공용 제트엔진 티타늄 소재 가공		수소탱크

(출처: 사단법인 한국우주기술진흥협회 홈페이지)

미국(NASA)의 원천기술은 의료건강, 이동수단, 공공안전, 일산제품, 에너지환경, 정보통신, 산업생산성 등 다양한 분야에 기술파급력을 일으켰다. 미국(NASA)의 우주 원천기술에 따른 파급 산업군과 기술은 다음표와 같이 정리하여 제시할 수 있다.

표 11 NASA(미국)의 우주기술 스핀오프 사례

우주 원천기술	파급산업	파급기술
고해상도 3D 이미지	의료건강 (Health and Medicine)	뇌수술
우주인 수면 기술		수면 앱




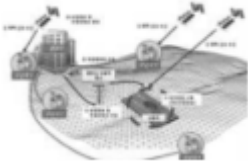
액체 냉각		운동 기능 시스템
조류의 영양 연구		DHA 고함량 식품
운동기구		운동기구
가상 영상 기기 교육		가상 조종 시뮬레이터
왕복선 브레이크	이동수단 (Transportation)	비행기 브레이크
충격파 극복		충격파 극복 비행기 날개
조종 기술		무인 비행 기술
비행실 內 압력 측정		비행기 객실 內 압력 체크기
전리층 오차 기술		비행 GPS
지구 사진 분석	공공안전 (Public Safety)	수자원 탐사기
충격 흡수장치		지진 충격 흡수장치
수질 관리 프로그램		수질 관리 프로그램
극한 환경 內 측정 센서		해저 탐사용 측정 센서
레이저 이미징 카메라		안전용 카메라
3D 레이저 카메라		가스 및 광물 채굴용 카메라/시스템
공기 재생산	일상제품 (Consumer Goods)	심해저 탐사 캡슐
전자기장 전송		스피커
생물 반응기		스킨 크림
우주환경		교육훈련 프로그램
신체 활동 감지		자외선 노출 감지기
우주인 생체리듬		휴식용 LED
우주 환경 內 식물 생산 연구		공기 발생기
중력 감지 장치		골프 스윙 훈련 프로그램
지구 이미지 해석	에너지환경 (Energy and Environment)	구글 어스
화성 환경 측정		분광기
화성의 공기 변환		가스 분리기(CO ₂ 제거)

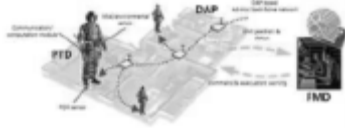
나사 위성 사진		기후변화 감지
위성 데이터 분석		농작물 성장 및 관리
이산화탄소 농도 측정		매장 가스 관측기
클라우드 컴퓨팅	정보통신 (Information Technology)	지구 환경
화성 착륙		에너지 효율성
나사가 보유한 우주 정보		우주 교육 프로그램
일정관리 프로그램		일정 관리 프로그램
소리 관리 모델링		차량용 잡음 제거
3D 프린터	산업생산성 (Industrial Productivity)	3D 프린팅
Calibration 개선		디스플레이 검수기
마이크로 레이저 렌즈		의료용 렌즈
니켈, 티타늄 합금		항공우주제품
Nanometer 측정기		3D 프린터, 로봇틱스
전기 감지 센서		전자기적 회로 차단기
건성 윤활제		텅스텐 제품
액체 펌프 냉각 시스템		티타늄 챔버

(출처: 사단법인 한국우주기술진흥협회 홈페이지)

인공위성 자세제어에 활용되는 CMG(Control Moment Gyroscope) 기술은 산업용 CMG 상용화, 발사체 페어링 내부 소음을 절감시키는 기술은 선박 디젤엔진용 고성능 청정 흡음기 상용화, 위성항법(Global Positioning System, GPS) 기반의 위치결정 기술은 지상 사용 내비게이션 단말기 상용화, 우주발사체 엔진 연료의 미세 제어 기술은 환자의 수액 자동조절기 사용화, 실내 위치 측위 기술은 소방 장비 및 군사용 화생방 장비에 적용 및 상용화를 일으켰다. 우주원천기술은 다양한 산업에 기술파급효과를 일으킨 것뿐만 아니라, 사용화까지 이루었다. 아래 표는 우주기술의 기본용도와 사업화 사례를 확인할 수 있다.

표 12 우주기술을 활용한 사업화 사례

구분	우주기술의 기본 용도	사업화 사례
선박 횡동요 감쇠 시스템	 <p>인공위성 자세제어에 활용되는 CMG(Control Moment Gyroscope)은 적은 전력으로 큰 토크 출력</p>	 <p>선박, 로봇릭스 등에서 활용 가능하고, 선박의 횡동요를 제어할 수 있는 산업용 CMG개발</p>
고성능 대형 디젤 엔진용 소음기	 <p>발사체에 비행중 발사체 페어링 내부 소음을 절감시키는 기술</p>	 <p>높은 음압 환경에서 광대역 흡음 성능 및 청정 환경을 요구하는 대형 디젤 엔진 소음 절감에 활용 / 선박 디젤엔진용 고성능 청정 흡음기로 개발</p>
차로 구분이 가능한 네비게이션	 <p>위성항법을 기반으로 육상교통 사용자가 정확하고, 정확성 높은 위치결정 기술</p>	 <p>교통법규 위반단속 분야, 도로교통 정보수집, 자동요금징수에서 활용 가능 / 정밀 전자지도를 활용하여 차로 구분 및 서비스 가능 단말기</p>

수액 자동 조절기		
	우주발사체 엔진 연료의 미세 유량 분석, 제어, 측정 기술	정밀한 미세 유량의 계측 및 제어가 필요한 분야에 활용 가능 / 수액을 자동으로 계측하여 환자에게 안전하게 약물을 투입할 수 있는 수액 자동조절기 개발
구조요원 실내위치 추적장치		
	위성항법 기반 고정밀 위치 측정 기술은 인프라가 없는 실내 환경내에서 구조요원의 위치를 실시간 추적하는 기술	고정밀 실내측위 시스템과 위치기반 서비스에 활용 / 소방 장비와 화재방 장비에 적용할 수 있는 제품

(출처: 항공우주연구원, 우주기술 사업화 사례)

CSA, NASA 등 우주기관은 IO 기반 우주경쟁에 따른 우주경제 생산에 따른 간접효과와 유인 효과를 주기적으로 추정하고 있다. CSA 2019년 경제영향 평가에 따르면, 캐나다 우주활동에서는 10,541개의 직접 고용 일자리와 13억 캐나다 달러 상당의 재화 및 서비스가 직접 창출했다. NASA는 미국 경제분석국의 공급사용표(SUT)에서 가져온 정보를 사용해 NASA 지출이 산업 전 분야에 걸쳐 미국 전체 경제와 각 주의 경제에 미치는 직접 효과, 간접 효과, 유인 효과를 파악했다. NASA의 직접적인 예산 지출 외에도 NASA 공급망을 따라 구매된 생산물이나(간접 효과) NASA와 NASA 공급망의 피고용자 및 사업주에 의해 구매된 생산물처럼(유인 효과) NASA 지출로 인해 새로이 창출된 재화 및 서비스 수요도 고려했다. 2019 회계연도에 NASA 지출에서 총 643억 달러의 산출과 353억 달러의 부가가치가 창출되었는데, 이는 곧 312,630개의 일자

리와 237억 달러의 노동소득이 발생했다고 밝혔다. 우주경제 IO 분석은 산출, 고용, 정부수입에 대한 효과를 중심으로 분석하지만 신뢰할 수 있는 데이터를 항상 확보할 수 없을 수 있다. 이렇게 상세한 우주경제 통계가 없기 때문에 대리 정보를 사용하는 것이 일반적이며, 계산은 우주경제 조직의 단독 조사 결과나 더 넓은 경제 활동 범주에서 취한 단순 평균치를 토대로 수행하는 경향이 있다. 이 때문에 우주경제 IO 분석 결과는 시간의 경과에 따른 비교나 다른 경제 부문 및 국가 간 비교가 힘들다는 단점이 있다. 이 밖에도 한국항공우주연구원은 기술이전의 사회경제적 파급효과를 측정한다. 2019년 한국항공우주연구원(KARI)은 창립 30주년을 맞아 지난 30년에 걸친 KARI의 연구개발활동에 대한 파급효과 분석 실시했다. 2001년 이후 총 326건의 기술이전이 이루어졌고, KARI의 연구개발활동에 따른 기술을 이전받은 기업의 평균 연매출 증가치는 3억 9,000만원으로 평가했다.

〈 Summary 〉

- 한국의 우주기술 스피노프사례와 미국(NASA)의 우주기술 스피노프 사례, 우주기술을 활용한 사업화 사례에 이르기까지 우주기술을 기반하여 많은 산업군에서 활용 및 사업화에 이르고 있다. 즉, 우주기술 특성에 의해, 타 산업군에 전파된 기술 파장력은 그 어떤 산업군보다 높다고 볼 수 있다. 그리고 이를 산술적 효과를 정의하기에는 아직 이르다는 평가가 지대하다. 물론, spacefoundation에서 분기별 우주성장률을 제시하고 있지만, 산술적 범위를 정의하기에는 조사 기관별 다르기 때문이다. 이와 같은 부분은 첫 번째 단락에서 제시한 OECD의 우주경제 정의를 통해 확인할 수 있다.

다. 최근 우주연구와 산업 분야 민관협력 동향²⁰⁾²¹⁾

(미국) 미국의 경우 美 항공우주국과 민간기업간의 파트너십을 통해 우주분야 스타트업의 성장을 돕고 있으며, 최근 정해진 수수료나 비율에 따라 기업에서 발생한 비용을 갚아주는 방식에서 정가 계약으로 모델 변경되면서 기업의 유연한 자금 활용 및 책임을 부여했다. 2020년 12월 높은 수익률을 유지하고 있는 아크인베스트(미국의 자산운용사)가 우주탐사 기업에 투자하는 상장지수펀드(ETF)를 출시하면서, 우주산업에 대한 관심을 증가시켰다. 주요 투자 분야는 7로 구분된다.

20) 김종범, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사, 국회예산정책처, 2022.

21) 과학기술정책연구원, https://now.k2base.re.kr/portal/issue/ovsealIssued/view.do?poliIssueId=ISUE_00000000001034&menuNo=200046&pageIndex=1

- ① 로켓 재사용
- ② 궤도 비행체(인공위성 및 발사체)
- ③ 저궤도 및 준궤도 비행체(전기항공기 및 무중력체험선)
- ④ 항공 드론
- ⑥ 3D프린터
- ⑦ 위성 관련 기술(인공지능, 로봇, 에너지 저장)

NASA에서는 우주기술 개발 사업의 안정적 수행을 위하여, IET(Insight Embedded Team)을 구성 및 운영하고 있다. IET는 각 분야 전문가로 구성되어 있고, 산업체가 실행하는 개발 상세 업무의 전 과정에 대한 검토, 사업 관리, 일정 관리 등에 대한 사전 위험 요소를 점검 및 관리한다. NASA는 정부와 민간 프로그램을 확대하여 관련 산업체가 우주 개발에 적극적으로 참여 할 수 있도록, 유도하여 정부 수요에 대응한다. 미국은 R&D 지원(중소기업 연구지원금(Small Business Innovation Research, SBIR))을 한다. 미국 정부와 각 부처들은 자체 프로그램을 운영 또는 민간기업과의 협력한다. 각 부처별 고유의 모집방식, 분야별 강점 등을 통해 민간부문에 스타트업 지원정책 및 활동이 활발한 것으로 나타난다. 미국의 대표적인 지원사업으로는 500 Startups, Techstar, Y Combinator, AngelPad 등이 있으며, 매해 신규 사업이 생겨난다. AngelPad는 API, Mobile, Healthcare, SaaS, Marketplace, AI 등과 관련된 스타트업, Y Combinator는 로봇 또는 드론을 이용한 무인 자동화 서비스, 자율주행차 등과 관련된 스타트업에 투자하는 특성화된 경향을 보인다. 인프라 지원(지상시설/발사서비스 제공)을 한다. 미국 NASA는 LSP(Launch Services Program)을 통해 고객의 페이로드 임무에 최적화된 발사체를 선정하고, 발사 전부터 발사 후 단계에 이르기까지 전 단계를 지원한다.

유럽연합(European Union, EU)을 통한 민간 우주산업 육성 정책 선도한다. 유럽은 EU 우주산업 육성정책을 통해 R&D 지원, 우주활용, 산업기반 구축, 서비스 분야 시장 개발, 기술 자립성 및 글로벌 경쟁력 제고를 한다. 추진 및 위성 내비게이션과 지구관측과 관련 서비스 분야 육성을 통해 벤처기업, 중소기업 등 관련 산업군의 성장 및 고용을 지원한다. 유럽연합에 소속된 유럽 우주국(European Space Agency, ESA)은 ESTH(European Space Technology Harmonization) 프로그램을 통해 인공위성의 개발 및 발사 등 각 단계별 체계화된 프로세스(Process)를 지원하며, 연구 주체 발굴부터 기초, 활용 기술 개발 등 우주 기술 전 분야에 걸쳐 미래 임무 수행에 필수적인 핵심 기술을 선정한다. ESTH에서는 THP(Technology Harmonization Plenary)를 통해 후보 과제의 실용성, 시급성, 시장성 등을 평가하고 선정된 핵심 주제 분야를

다시 우선순위를 결정하고, 해당 분야에 대한 상세 및 세부 로드맵(Roadmap)을 작성한다. 우주 핵심 기술 부품에 대하여 연구 완료 후, ITI(Innovation Triangle Initiative) 프로그램을 통하여 해당 기술 검증 수행 및 체계 사업에 활용되도록 형태를 수정 작업한다. 대표적인 ESTH 연구 과제로는 전기 추력기, 우주 로봇, 어레이(Array) 안테나, 적외선 검출기, De-orbit 기술, Deployable Boom 등이 있다. R&D 지원(중소기업 연구지원금(SBIR))을 한다. 독일은 스타트업 투자 및 육성을 견인하고 있는 컴퍼니 빌더인 ‘로켓 인터넷’과 대기업이 주도하는 사업을 지원한다. ‘6 Founder Institute’는 2009년 설립되었고, 비즈니스 아이디어, 마케팅 전략 수립, Co-Founder 모집, 자문위원회 구성 등을 지원하고 약 60개국 지사와 약 2만명 이상의 멘토 및 네트워크 보유했다. 4개월간 진행되는 사업화 단계에 따라 ‘성장 트랙’과 ‘출시 트랙’으로 나누어 진행한다. 인프라 지원(지상시설 및 발사 서비스 제공)을 한다. 유럽의 ESA는 Boost! 프로그램은 공동 자금 조달 형태로 상업용 우주수송 서비스 및 국가 우주수송 목표 이행을 지원한다.

(러시아) 러시아의 메드베데프 전 대통령 시절부터 위성 관련 산업에 대한 ‘현대화 프로그램(Modernisation Program)’에 의해 GLONASS 상업화, 우주기반 정보통신, 우주기반 모니터링, 우주기반 타겟팅 시스템 등 우주기술 민간 상업화를 위한 프로젝트를 제시했다. 스킨코보(Skolkovo) 재단은 ‘우주기술과 통신 클러스터’를 통하여 기술사업화를 위한 중소기업 지원(교육, 인프라), 컨설팅 등을 실시한다. 내비게이션 및 통신 분야 회사인 러시아 연방 우주국(ROSCOSMOS)은 2013년부터 2020년까지의 우주산업의 목표를 새롭게 발표한 것을 살펴보면 로켓, 위성의 제조와 세계시장 점유율 확대를 제시했고, 국산품 지향을 강하게 하면서도 해외기술 도입 및 국제 공동개발도 바라보고 있다. 또한 우주산업에 대한 민간기업의 투자활동이 곧 성과로 이어갈 수 있다는 역할을 강조하며, 민관의 제후를 통해 우주분야의 발전을 지향할 수 있다고 밝혔다. 그리고 다른 국가와 마찬가지로 R&D 지원(중소기업 연구지원금(SBIR))을 한다. 우주산업은 공업에너지성 산하에 개발조직이 있고, 과학생산공단(NPO) 및 설계국(KB)이 있다. 구소련 붕괴 후는 관련기관은 대폭 축소되었지만, 현재는 러시아 정부 산하 100개 이상의 우주관련 기관 및 관련 기업에 약 20만명이 종사하고 있다. 정부는 관련 산업군에 우주관련 인프라 지원(지상시설 및 발사서비스 제공)을 한다. ‘주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사’ 자료에 따르면 전 세계 발사장 중 가장 많이 발사가 이루어진 발사장은 러시아의 바이코누르(Baikonur) 발사장으로 나타났다.

(중국) 중국 우주기업은 2015년 이후 폭발적으로 증가했고, 설립 3년 이내 로켓발사에 성공하는 기업이 많다는 것이 특징이다. 중국 우주 스타트업들의 자금 조달 경로는 2개로 구분된다.

- ① 지방정부(선전, 충칭 등)의 계약 수주를 통한 보조금 지원
- ② 벤처투자(2018년 기준 중국 우주기업 투자유치액은 약 5억 달러)

IDA(International Disability Alliance) 보고서에 따르면, 2019년 기준, 중국의 우주 관련 회사는 총 78개 였으며, 크게 인공위성과 발사체 제작으로 구분(인공위성 부품 및 본체 제작(29개), 발사체 제작(21개), 원격탐사자료 및 위성데이터 분석(19개), 기타(10개)된다. 다른 국가와 마찬가지로 R&D 지원(중소기업 연구지원금(SBIR))을 한다. 중국의 경우 중앙정부, 관동성 정부의 적극적인 창업투자 환경조성으로 관련 기관들이 가파르게 증가했고, 베이징, 상하이, 선전시를 중심으로 관련 기업의 스타트업 생태계가 조성되었다. 중국을 대표 할 수 있는 IT 벤처기업 BAT(바이두, 알리바바, 텐센트)의 창업시장 조성에 따라 두드러진 성장기업에 대한 투자는 2016년부터 2017년까지 120여개 이상이며, 규모는 약 100조원이다. 중국 정부는 우주기술 확보를 위해 관련 산업군에 대하여 정부의 인프라 지원(지상시설 및 발사 서비스 제공)을 한다. 그리고 '저장성 항공우주 산업 발전을 위해 제14차 5개년 계획'을 통하여 향후 상업용 위성 발사 수요 및 연구 충족시키기 위해 상업용 우주발사센터를 설립할 예정이다.

(일본) 일본은 일본우주개발기구(Japan Aerospace eXploration Agency, JAXA)의 Space Open Laboratory, 지적재산권 사용, 기술이전 프로그램 등 다양한 프로그램을 통하여 우주산업 육성을 촉진한다. JAXA 주관으로 발사체 사업을 미쓰비시중공업으로 이관하고 민간사업으로 2007년 전환했었다. 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA) 활용으로 신흥국가의 재해 감시 위성개발을 수주하고 있다. 1990년대 중반부터 2000년대 초반의 계속되는 인공위성 실패 및 H-IIA 발사체의 실패로 우주전 분야에 개발 추진체계를 개혁했다. 특히, 2003년 H-IIA 6호기 발사가 실패된 시점을 시작으로 문부과학성 산하에 우주 연구개발 체계에 대한 개혁 방안을 검토했다. 이를 위해 '우주개발 특별위원회'가 2004년 만들어 졌으며, 실패의 원인 규명을 위해 '조사위원회'도 만들어진다. 특별위원회는 우주 사업의 신뢰성 향상을 위한 대책 중의 하나로, JAXA와 참여 산업체 간의 책임과 역할을 명확히 하고, 주관 산업체 제도를 도입해야 되는 부분을 최종보고서에 명시했다. JAXA는 일본 우주개발의 중추적인 기관으로서 우주사업의 성공 및 책임지기 위해 민간이 보유하지 않는 우주 기술의 축적 및 향상, 사업기본 요구 조건의 심사 및 검사, 미래 선도 기술 연구 개발, 주관 산업체에

위탁한 업무의 점검 등의 업무를 중점적으로 수행했다. 대신 개발요구가 명확 또는 개발 요소의 기술 성숙도가 높을 경우, 산업체의 기술능력이 성숙한 분야는 기본적으로 민간기업에게로 업무를 이관한다는 개념을 갖고 있다. 그리고 인공위성과 발사체의 개발은 JAXA 주도로 체계 종합을 민간 주도 산업체 체계로 전환했다. 다른 국가와 마찬가지로 R&D 지원(중소기업 연구지원금, SBIR)을 한다. 일본은 내수시장 규모가 타국과 대비하여 상대적으로 큰 부분을 차지하고 있는 것이 특징이며, 일본 정부는 보유 인프라를 적극 지원(지상시설 및 발사서비스 제공)을 한다. 일본 JAXA는 Epsilon S(일본이 개발중인 소형 로켓 엔진)를 민간사업자에게 기술이전과 발사서비스 활동을 보급 및 확대할 수 있는 기반 마련을 위하여 IHI Aerospace(닛산 계열사)와 협약을 체결했다.

3. 우주경제 영역별 전망과 이슈

가. 우주경제(산업)와 여타 경제분야와의 유사성/차이점²²⁾

국내 우주경제(산업) 규모(우주 분야 활동금액은 기업체의 매출액, 대학의 연구비와 연구기관의 예산액이 중복되는 것을 방지하기 위해 연구기관의 예산 중 연구기관이나 대학 등 타 기관으로 지출된 예산을 제외한 예산으로 산출)를 위해 연도별 수출입 현황을 보면, 2021년 우주산업에 참여한 기관의 총 수출액은 약 6,074억 원으로 조사되었다. 연구기관에서 발생한 약 22억 원을 제외하고 모두 민간 기업체로 부터 발생한 금액이었으며, 전년 대비 806억 원(11.7%p)이 감소했다. 이와 같은 결과는 위성방송통신 분야에서 위성 수신 셋톱박스 등 수출액이 감소한 것이 주된 요인이다. 위성항법 분야에서는 블랙박스 수출은 증가했지만, 증가폭이 셋톱박스 수출액의 감소폭 보다는 낮게 나타났다. 총 수입액은 약 2,300억 원으로 전년과 비교하면 약 346억 원(13%) 감소한 것으로 조사되었고, 수입액의 감소는 연구기관의 천문학과 분야와 위성체 제작의 수입액 감소가 주된 요인이다. 무역수지는 2013년 이후 지속 흑자를 기록했지만, 2019년 이후 부터는 전년과 비교하여 감소세를 기록했다.

〈표 13〉 연도별 수출입 현황(단위: 백만원)

분야	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
수출	943,457	1,146,557	1,818,397	1,778,020	1,274,357	688,025	607,452

22) (주)메가리서치, 2022 우주산업 실태조사, 과학기술정보통신부, 2022.

우주 분야별 수출현황은 위성방송통신 분야가 약 4,197억 원으로 전체 수출액의 69%를 차지했고, 위성항법 1,403억 원(23%), 위성체 제작 272억 원(4.5%) 등의 순으로 조사된다. 위성방송통신 분야의 수출 품목은 위성안테나, 블랙박스, 위성수신 셋톱박스 등으로 조사되었다. 우주 분야별 수입 현황은 위성항법 분야가 약 841억 원이며 전체 수입액에서 약 36.6%로 가장 높게 나타났고, 위성체 제작 약 812억 원(35%), 발사체 제작 74억 원(3.2%) 등 순으로 확인되었다. 위성항법 분야의 수입 품목은 GPS 장비 및 모듈, 내비게이션 부품 등으로 조사되었다.

〈표 14〉 분야별 수출입 현황(단위: 백만원)

분야	수출		수입		무역수지 (A-B)	
	금액(A)	비율	금액(B)	비율		
합계	607,452	100.0	229,959	100.0	377,493	
발사체 제작	9,283	1.5	7,412	3.2	1,871	
위성체 제작	27,206	4.5	81,186	35.3	-53,980	
지상장비	지상국 및 시험시설	2,103	0.3	5,808	2.5	-3,705
	발사대 및 시험시설	-	-	1,210	0.5	-1,210
우주기기제작		38,592	6.4	95,616	41.6	-57,024
과학연구	지구과학	1,720	0.3	60	0.0	1,660
	우주 및 행성과학	-	-	64	0.0	-64
	천문학	2,180	0.4	1,530	0.7	650
우주탐사	무인우주탐사	-	-	1,075	0.5	-1,075
	유인우주탐사	-	-	-	-	-
위성활용 서비스 및 장비	원격탐사	4,987	0.8	94	0.0	4,893
	위성방송통신	419,716	69.1	47,468	20.6	372,248
	위성항법	140,257	23.1	84,052	36.6	56,205
우주활용		568,860	93.6	134,343	58.4	434,517

(출처: 메가리서치, 2022 우주산업 실태조사)

우주경제(산업)와 여타 경제분야와의 유사성과 차이점을 본다면, 우주경제(산업)에 대한 특성을 이해한다면, 그 유사성과 차이점을 이해할 수 있다. 우주경제(산업)의 특성은 ① 대표적인 시스템 종합산업, ② 민군 겸용기술 산업, ③ R&D집약형 산업, ④ 여타 산업에 비하여 부가가치 창출이 높은 산업, ⑤ 기술파급효과가 높은 산업으로 구분된다.²³⁾

① ‘대표적인 시스템 종합산업’이란, 우주산업은 재료공학, 전자공학, 기체역학 등 최첨단 기술 및 제품을 체계화하는 시스템 종합산업(Service Integration, SI)의 정점에 위치해 있기 때문이다. 그리고 우주산업은 천문학적 투자규모, 투자 기간의 장기화, 범위의 경제가 매우 크게 작용하는 특성으로 인해 체계종합을 중심으로 통합화가 계속되어야 한다. 또한, 연구개발과 경제적 위험부담이 크고, 동서 냉전체제 종식에 따라 국방시장 축소 등 세계적 관련 시장환경의 악화로 체계종합업체와 서브시스템 업체간에 상호 기술적 및 재정적 위험부담을 전제로 한 새로운 역학관계가 조성되었다.

② ‘민군 겸용기술 산업’이란, 국방기술, 정보통신산업, 민간기술이 접목되는 대표적 산업군으로 상호간 Spin-on, Spin-off, Spin-up로 산출되는 확장성이 매우 높은 산업이다. 최첨단 및 초정밀 국방기술이 민수기술로 이전되면서 국가의 국제경쟁력 강화시켰다. 뿐만 아니라 우주제품의 경우 Spin-up을 통해 시너지 효과를 극대화 할 수 있는 산업이다.

③ ‘R&D집약형 산업’이란, 우주산업의 최첨단 실용기술이 추구되는 연구개발 집약형 및 실증적 공학에 기초한 산업으로 높은 복잡성과 정밀한 가공 및 고도의 조립이 필요한 산업이다.

④ ‘타산업에 비해 부가가치 창출이 높은 산업’이란, 우주산업은 타 산업대비 부가가치가 상대적 높고, 수많은 중소기업이 참여하며, 1인당 원재료 사용금액이 적은 저소비형 산업으로 제품의 중량당 가격이 비싼 특징이 있다. 높은 규모의 R&D 지출을 통해 빠른 기술혁신 속도로 타산업을 선도하는 역할하고, 전 제조업에 사용되는 기술이 결집 및 활용되는 제조업의 꽃이라 할 수 있다.

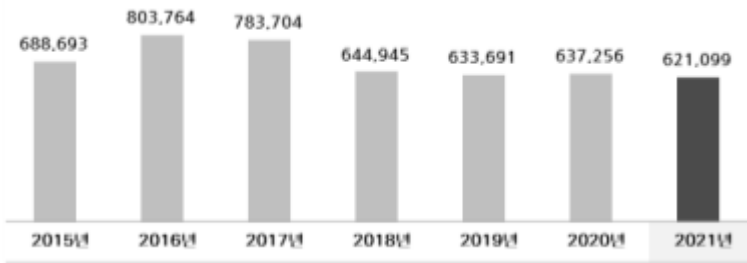
⑤ ‘기술파급효과가 높은 산업’이란, 우주산업은 기술파급 효과가 매우 큰 지식집약형 산업이다. 즉, 고부가가치, 광범위한 관련 산업, 기술의 첨단성, 지적 노동집약형 산업, 높은 System성, 고도의 관리기술이라는 우주기술이 갖는 특징으로 인하여 타산업에의 기술 파급효과가 크다.

23) 한국항공우주산업진흥회, 항공우주기술 타산업 활용 및 연계방안 연구, 산업자원부, 2006.

나. 우주경제 공공성 확보를 위한 정책적 개입 방안²⁴⁾²⁵⁾

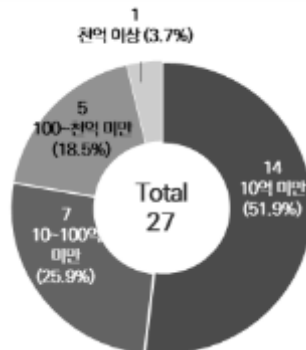
정부 산하 연구기관 주도 공공(재난관리, 농업, 해양, 환경, 기상, 산림 모니터링 등) 활용목적의 우주 연구개발을 통한 정책적 개입을 할 수 있다. 하지만, ‘2022 우주산업 실태조사’를 통해 국내 연구기관의 우주분야 예산을 보면 2021년 우주산업에 참여한 27개 연구기관의 해당 분야의 예산액은 약 6,211억 원으로 전년과 비교하면 약 161억 원(2.5%) 감소한 것으로 나타난다. 이는 한국항공우주연구원(KARI)의 예산이 감소한 것이 주된 원인으로 분석된다. 이와 같은 예산감소는 정부 산하 연구기관의 공공성을 갖는 목적의 인공위성 개발에 걸림돌이 된다. 우주산업의 예산 규모별 기관분포를 보면, 1,000억 원 이상 1개(3.7%, 한국항공우주연구원), 100~1,000억 원 미만 5개(18.5%), 10~100억 원 미만 기관 7개(25.9%), 10억 원 미만 기관 14개(51.9%)로 조사되었다.

〈그림 9〉 연구기관 연도별 우주분야 예산현황(단위: 백만원)



(출처: 2022 우주산업 실태조사)

〈그림 10〉 연구기관 예산규모별 분포



(출처: 2022 우주산업 실태조사)

24) (주)메가리서치, 2022 우주산업 실태조사, 과학기술정보통신부, 2022.

25) 한국과학기술기획평가원, 한국천문연구원, 우주활동 확장시대(미래 우리의 역할은), KISTEP미래예측 브리프, 2021.

국내 대학(관련 학과)에 정부차원의 지원을 통한 공공성 확보 방안이 있다. 국내 우주 관련학과는 한국항공대학교가 1952년도에 처음으로 항공우주 및 기계공학과를 개설했다. 이후 1967년에 연세대학교가 천문우주학과를 개설했다. 이어 1970년도부터 1980년대까지 인하대학교, 조선대학교, 한국과학기술원, 경희대학교, 충남대학교(천문우주학과), 충북대학교, 부산대학교에서 우주 관련 학과를 개설했다. 대한민국은 미국, 러시아(구 소련 포함), 유럽 등 우주선진국 보다 늦은 1992년 우주발사체인 우리별 1호를 개발을 시작으로 본격적인 우주개발에 시작했다. 이러한 흐름으로 국내 우주 관련학과도 90년대에 8개 학과가 개설되었는데, 1990년도는 건국대학교, 1991년도는 서울대학교, 1992년도는 전북대학교 및 충남대학교(항공우주공학과), 1996년도는 경상대학교, 1997년도는 세종대학교, 1998년도는 울산대학교가 차례로 우주 관련 학과를 개설했다. 2000년대는 공군사관학교, 아주대, 순천대 등에서 우주 관련학과를 개설하여 우주에 대한 관심의 증가가 관련학과 증가로 이어졌다. 우리나라 우주학과는 인공위성, 발사체의 기반설계 능력 및 제반 기술지식을 통하여 항공우주 분야의 관련 산업체, 연구소에 필요 인재를 양성 배양에 힘쓰고 있다. 이와 같은 국내 대학(관련 학과)에 공공성을 가질 수 있는 인공위성의 개발 및 연구지원 사업을 장려함으로써 인공위성의 공공성을 확보할 수 있다.

〈표 15〉 국내 우주 관련 학과 현황

설립 연도	대학교	학과	주요 교육 내용
1952	한국항공대학교	항공우주 및 기계공학부	인공위성 및 유도무기, 우주 추진 발사체, 항공기, 무인기 등에 관련된 역학, 제작, 설계, 시험방법 등
1967	연세대학교	천문우주학과	항성과 항성 종족의 진화, 천문광학, 은하 형성과 진화, 인공위성 과학 등
1972	인하대학교	항공우주공학과	헬리콥터, 항공기 등 대기권 비행체와 인공위성 및 발사체, 우주 비행체 운용, 시험평가, 설계, 해석, 제작 등
1979	한국과학기술원	항공우주공학과	무인기 및 드론, 인공위성, 항공기, 우주발사체 위성항법 등
1985	조선대학교	항공우주공학과	인공위성, 발사체의 기반 설계 능력, 항공우주 분야의 항공기, 제반 기술지식 등
1985	경희대학교	우주과학과	수학, 물리, 전산 및 별과 행성의 생성과정, 대규모 전천탐사 등
1987	충북대학교	천문우주학과	우주의 자연현상 이해 및 기본지식과 기술을 습득(이론 및 관측) 등

1988	충남대학교	천문우주학과	태양을 포함한 태양계 행성 및 항성, 성운, 은하(은하단 등), 성단 등 천체 현상 등
1989	부산대학교	항공우주공학과	항공우주 분야의 지식과 기술 및 문제 해결 능력 등
1990	건국대학교	항공우주정보 시스템공학과	항공기, 발사체, 우주선, 인공위성 등의 비행 원리, 해석, 설계 등
1991	서울대학교	기계항공공학부 우주항공공학전공	공기역학, 구조역학, 항공분야 및 우주분야 설계, 다른 산업군과의 융합 등
1992	전북대학교	항공우주공학과	첨단 항공기, 우주선, 인공위성 등 개발 및 운용 등
1992	충남대학교	항공우주공학과	우주 비행체 설계, 해석, 모델링, 검증 등
1996	경상대학교	기계항공 정보융합 공학부 항공우주 및 소프트웨어 공학전공	비행체 및 운용시스템의 설계, 제작 및 관련된 임베디드 소프트웨어 등
1997	세종대학교	기계항공우주공학부 항공우주공학전공	공학 분야 전반의 포괄 공학 및 항공우주공학 고유의 영역 등
1997	세종대학교	천문우주학과	우주망원경 및 지상 거대망원경의 자료를 통해 별의 탄생과 블랙홀의 신비, 은하의 구조, 우주의 가속 팽창 등
1998	울산대학교	항공우주공학전공	첨단과학기술 관련 융복합 교육과 비행체 개발, 설계, 생산 등
2001	공군사관학교	항공우주공학과	추진 공학, 제어공학, 공기역학, 구조역학 4가지로 분류 및 궁극적으로 항공기를 다루는 항공시스템, 우주발사체 등
2002	아주대학교	우주전자정보공학과	위성공학, 지리정보공학, 측량과학, 천체물리, 시스템공학, 우주과학, 물리학, 정보통신공학, 전자공학, 지구물리 등
2006	순천대학교	기계우주항공공학부 우주항공공학전공	3차원 컴퓨터 응용 설계, 설계 능력 함양을 위해 역학, 일반 기계시스템 등

2021년 우주산업에 참여한 55개 대학의 관련 연구비는 약 335억 원으로 전년과 비교하여 3.4%(약 12억 원) 감소한 것으로 조사되었다. 이는 위성체 제작 분야 및 우주·행성과학 분야에서 연구비가 감소했기 때문이다. 2021년 우주산업에 참여한 대학의 분야별 연구비는 우주활용 분야가 78.7%(약 264억 원)으로 우주기기제작 분야 21.3%(약 71억 원) 보다 많은 것으로 확인되었으며, 세부 분야로는 위성활용 서비스 및 장비 분야에 40.7%(약 136억 원), 과학연구 분야에 33.8%(약 113억 원), 발사체 제작 분야 12.1%(약 41억 원) 등의 순으로 조사되었다. 전년도와 비교하면, 우주기기제작 분야 연구비는 7.3%(약 5.6억 원)가 감소했는데, 이는 연세대학교의 '위성 본체와 시스템 연구' 등 위성체 제작 분야에서 연구비가 감소한 것이 주된 감소 요인으로 나타났다. 그리

고 우주·행성과학 분야에 연구비가 감소했는데, 이는 한국과학기술원(KAIST) 항공우주공학과와 '광역방어 특화연구센터' 연구비가 전년도와 비교하여 감소된 것이 주된 요인이다. 공공의 목적에 우주기술은 기후변화, 재난재해 감시 등 인류 삶의 질 향상과 전 지구적 문제 해결을 위한 우주기술일 것이다. 이와 같은 문제 해결을 위해서는 각국이 우주 기반 정보를 공유하고, 함께 해결책을 모색하는 협력체계를 구축해야 할 것이다. 그리고 공공의 목적으로 우주기술에 대한 정부 R&D 투자 증가시켜야 한다.

〈 Summary 〉

- 우주경제의 공공성 확보를 위한 정책적 개입방안은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 정부산하 연구기관을 통해 정부가 목표한 공공성이 확보된 우주기술을 확보 할 수 있을 것이다. 두 번째는 국내 우주 대학(관련학과)이 원활히 공공 목적에 우주기술을 개발할 수 있도록 지원해야 한다. 하지만, 제시된 현황을 살펴보면 연구기관 및 대학 연구비는 점차 감소하고 있는 추세를 확인할 수 있다. 이와 같은 현상이 지속된다면, 우주경제가 공공에 목적보다는 민간 중심에 상업용 목적에 우주기술 개발이 이루어질 것이라 보인다.

III. MTCR체제와 한국의 우주기술 개발

1. 미사일기술통제체제(MTCR)의 개요

가. 미사일기술통제체제(MTCR)의 목적, 대상, 범위²⁶⁾

미사일기술통제체제(Missile Technology Control Regime, MTCR)는 대량살상 무기를 운반할 수 있는 로켓과 무인비행체(Unmanned Aerial Vehicle, UAV), 그리고 관련 장비 및 기술의 확산을 통제하기 위하여 1987년 4월 미국의 주도로 G-7이 설립한 수출통제 체제다. MTCR은 대량살상에 이용되는 물질이 아니라, 그 물질의 운반수단을 통제하여, 대량살상무기(Weapon of Mass Destruction, WMD) 확산을 방지하는 것에 주안점을 갖고 있다. 미사일기술통제체제는 G-7 회원국으로 하여 출발했

26) 외교부, https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_3989/view.do?seq=307721&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=

지만, 1989년 유럽공동체(European Community, EC) 및 북대서양조약기구(North Atlantic Treaty Organization, NATO) 회원국이 포함되면서 확대되었다. 이후 냉전이 종식되면서 클린턴 행정부는 주요 미사일 생산능력국을 미사일기술통제체제에 가입시켜 미사일 확산을 방지한다는 목표 아래, 러시아(1993년), 우크라이나(1994년) 등을 가입시켰다. 미사일기술통제체제는 출범 당시 핵무기 운반 미사일만을 대상으로 했고, 현재까지 유지되고 있는 미사일기술통제체제는 탄도미사일 통제기준은 핵탄두의 중량이 500kg(Category I, II에 따라 이상 또는 미만으로 구분)이고, 핵 미사일을 발사국에 피해를 주지 않는 범위에서 운용할 수 있는 최소사거리 300km 이상이라는 점에서 비롯되었다. 그러나 1993년 이후 생물·학무기를 비롯하여 모든 대량살상무기의 운반 미사일까지 범위가 확대되면서, 각국의 우주개발사업 및 관련 사업에 있어 국제협력을 저해하고자 하는 것은 아님을 명시하고 있다. 미사일기술통제체제의 총회는 연 1회 개최되며, 의장국(임기 1년)은 차기 의장국을 선출한다. 총회는 미사일기술통제체제 지침, 기술부속서, 정보교환 등 미사일기술과 관련된 포괄적 의제에 대해 논의하고, 특정 국가를 대상으로 하는 대외활동 보고 청취와 평가도 총회의 중요한 의제가 된다. 그리고 차기 의장국이 자국에서 총회를 진행한 후 1년의 의장 활동하는 것이 관례다. 회원국은 2023년 6월 기준 35개 회원국이 있으며, 우리나라는 2001년 3월 가입을 했다. 회원국 현황을 보면, 한국, 미국, 영국, 아르헨티나, 호주, 오스트리아, 브라질, 불가리아, 캐나다, 체코, 덴마크, 러시아, 핀란드, 프랑스, 헝가리, 뉴질랜드, 독일, 그리스, 아이슬란드, 인도, 아일랜드, 일본, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 벨기에, 노르웨이, 폴란드, 포르투갈, 스페인, 남아공, 스웨덴, 스위스, 터키, 우크라이나가 있다.

나. 부속서 카테고리 1 및 2의 주요내용

MTCR은 장비, 소프트웨어, 기술에 관한 부속서(The MTCR Equipment, Software and Technology Annex)를 두어 규제대상을 명시하고 있다. 부속서는 탑재중량 500kg 이상과 사정거리 300km 이상의 미사일 장비 및 기술을 Category I으로, 탑재중량 500kg 미만과 사정거리 300km 이상의 미사일 장비 및 기술을 Category II로 구분하여 통제의 정도를 달리한다. 여기서 적재능력의 기준은 미사일기술통제체제 성립 당시 가장 단순한 형태의 핵탄두의 최소 중량이 500kg임을 고려하여 성립된 것이며, 사정거리의 기준은 핵미사일을 발사국에 피해를 주지 않는 범위에서 운용할 수 있는 전략적 최소사거리가 300km라는 점을 고려하여 채택된 것이다. MTCR 가이드라인에 의하면 Category I에 속한 품목들의 수출에 대해서는 목적을 불문하고 강력한 거부

추정(Strong Presumption to Deny) 원칙이 적용된다. 또한, 각 정부에서 해당 품목을 대량살상무기의 이전을 위한 것으로 판단하였을 때는 Category I에 속한 품목이 아니더라도 강력한 거부 추정 원칙의 대상이 된다. 따라서 위와 같은 품목들에 대해서는 수출입이 거부되는 것으로 추정되는바, 이러한 추정을 번복하고 외국으로 이전하기 위해서는 ① 명시된 최종 사용목적 이외의 목적으로 사용하지 않아야 하며, 허가 없이는 제 3자에게 해당 품목(파생품, 복제품 포함)을 재수출하지 않는다는 점에 대한 수입국의 적절한 보증이 있고, ② 명시된 최종 목적으로만 사용되도록 필요한 모든 조치를 취하는 경우에만 예외적으로 허용된다. 예외 해당 여부의 판단에 대한 결정권은 해당 수출국에 있다. 한편 Category I에 해당하는 품목의 생산설비 및 설비를 위한 기술의 이전은 절대적으로 금지된다. 이처럼 Category I에 해당하는 품목에 대해 강력한 제한이 가해지는 것은 해당 항목이 군사적으로 매우 민감하다고 평가받기 때문이다. Category II에 해당하는 항목에 대해서는 강력한 거부 추정 원칙이 적용되지 않으므로 국가 간 수출입 상대적으로 용이하나, 여전히 개별적 심사를 통해 수출 여부가 결정되어야 하고 수입국으로부터 적절한 보증을 받아야 하는 등 통제의 대상이 된다.

다. 가이드라인의 운용 및 이행 방법²⁷⁾

2017년도에 발행된 MTCR 핸드북은 현재 기준으로 최신화가 되어 있지 않다. 이와 관련하여 전략물자 관리원에서는 해마다 MTCR 총회 자료를 기반으로 ‘전략물자수출입고시([시행 2023. 4. 24.] [산업통상자원부고시 제2023-75호, 일부개정]’를 통해 최신화를 진행하고 있다. 관련 자료는 전략물자관리원의 전략물자 인포허브 및 전략기술 인덱스에 탑재되어 있으며, 전략물자 관리원의 통제번호를 기준으로 MTCR의 내용을 정리했다. 이유는 MTCR의 내용을 보면, 카테고리 또는 아이템별 상호 중첩 및 보완되는 사항들로 연결되어 있다. 이와 같은 부분을 보완하기 위하여 전략물자관리원에서는 일관된 통제번호(전략물자수출입고시의 별표4 해당)에 의해 관리가 되고 있다. 통제체제는 해당 품목의 원천 통제체제 및 통제번호를 나타내며 각 기호는 다음을 의미한다.

- IL(Industrial List : 산업용) ⇨ 바세나르체제(이중용도품목)
- NR/NT ⇨ 핵공급국그룹
- MT ⇨ 미사일기술통제체제

27) <https://www.yestrade.go.kr/user/main.do?method=main>

- AG ⇨ 오스트레일리아그룹(생화학무기)
- CWC ⇨ 화학무기의 개발·생산·비축·사용 금지 및 폐기에 관한 협약
- BWC ⇨ 세균무기(생물무기)와 독소무기의 개발·생산·비축 금지, 폐기에 관한 협약

아래 표와 같이, 국제수출입통제체제 및 협약과 전략물자관리원의 통제번호에 의해 Category I, Category II, 구분되어 있다. 미사일통제기술통제체제 내에는 민수용, 군사용 등 모두 포함되어 있다. 특히 본 보고서에는 'MT'로 구분되는 미사일기술통제체제에 대한 전반적인 내용을 수록하고자 한다.

〈표 16〉 국제수출통제체제 및 협약과 전략물자관리원의 통제번호

국제수출통제체제 및 협약		통제번호
미사일 기술 통제 체제 (MTCR)	Category I	7A003, 7A117, 7B001, 7B003, 7B103.a/b, 7D101, 7D104, 7E001, 7E002, 7E003, 7E101, 9A004, 9A005, 9A007, 9A008.d, 9A009, 9A012.a, 9A104, 9A105.a, 9A106.c, 9A108.c, 9A109, 9A116, 9A119, 9B115, 9B116, 9D101, 9D104, 9D105, 9E001, 9E002, 9E101, 9E102의 품목 중 사거리 300km, 탑재중량 500kg의 완성 운반체나 완성 하부시스템을 위하여 설계되거나 개조되었으며 MTCR Annex의 품목1 및 품목2와 동등한 기술수준의 것에 한한다. (군용) ML3, ML4, ML10.c, ML21, ML22도 Category I에 포함된다.
	Category II	1A~1E, 2A~2E, 3A~3E, 4A~4E, 5A~5E, 6A~6E, 7A~7E, 8A~8E, 9A~9E에서 100~199가 Category II에 포함된다.

(출처: 전략물자수출입고시, 별표4)

〈Category I〉

- Category I에서 관성 측정 장비 또는 시스템(7A003)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 17〉 7A003의 통제기준

통제번호	통제기준
7A003 (IL7.A.3)	다음과 같은 관성시스템 및 이를 활용한 전용 설계부품

(MT2.A.1.d) (MT9.A.6)	
7A003.a	우주비행체, 항공기, 지상차량, 선박(수중 혹은 해상)의 항법, 자세, 유도, 제어 기능을 위하여 설계된 관성항법시스템(Gimbal방식 또는 Strapdown방식)과 관성장비로 7A003.a.1, 7A003.a.2 중 하나를 만족하는 것과 이를 전용 설계 부품
7A003.a.1	정상적 정렬이 된 후, 매 시간당 0.8해리(nm/hr) 이하의 원형공산오차(Circular Error Probability, CEP) 및 항법오차(순수관성항법)를 갖는 것
7A003.a.2	10g를 초과하는 선형 가속수준에서 기능하도록 규정된 것
7A003.b	항법, 자세, 유도, 제어 기능을 위하여 위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS) 또는 데이터 베이스 기반의 항법시스템(Data-Base Referenced Navigation, DBRN)을 장착한 혼성(Hybrid) 관성항법장치로, 정상적 정렬이 된 이후 최대 4분간에 걸쳐 GNSS 또는 DBRN의 미작동의 조건에서도 원형공산오차가 10m 미만의 관성항법장치(Inertial Navigation System, INS)가 항행위치정밀도를 갖는 것
7A003.c (MT9.A.8)	기수 방위 등 진북 결정을 위한 관성측정장비로써 7A003.c.1, 7A003.c.2중 하나의 특성을 갖는 것(전용설계부품 포함)
7A003.c.1	기수 방위 등 진북 결정을 위한 정밀도(위도 45도에서 6분(원호상)rms와 동등한)가 0.07deg sec(경위도)이하로 설계된 것
7A003.c.2	미작동 상태에서 1msec 또는 그 이상의 시간에 900g 또는 그 이상의 충격 수준으로 설계된 것
7A003.d (MT9.A.6)	<p>7A001 또는 7A002에서 명시된 가속도계나 자이로를 사용하는 관성측정장치(Inertial Measurement Unit, IMU)와 관성기준장치(Inertial Reference Unit, IRS)를 포함한 관성측정장비(전용설계부품 포함)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주 1. 7A003.a.와 7A003.b의 값은 다음 중 하나의 환경조건에서 적용된다. <ul style="list-style-type: none"> a. 랜덤진동이 아래의 모든 조건을 충족할 때, 3개 직교축의 각축에 대하여 처음 30분과 총 90분의 시험시간 중, 전체 진폭이 7.7grms인 랜덤진동을 가한다. <ul style="list-style-type: none"> 1. 일정 파워스펙트럼밀도(Power Spectral Density, PSD)의 값이, 15~1000Hz 주파수 범위에 걸쳐 0.04g²/Hz인 것 2. 파워스펙트럼밀도가 1000 ~ 2000Hz의 주파수 범위에 걸쳐 0.04g²/Hz 부터 0.01g²/Hz까지 감쇠한 것 b. 하나 또는 그 이상의 축에 대하여 각속도 성능이 +2.62rad/s(또는 150 deg/s) 이상인 것 c. 위 a항과 b항에 상응하는 국가표준에 따르는 것. - 주 2. 7A003은 민간 항공기의 사용을 위하여 회원국의 민간 항공 감항당국에

	<p>의해 허가 받은 관성항법장치는 통제하지 않는다.</p> <p>- 주 3. 7A003.c.1은 민간 측량 목적을 위하여 전용 설계된 관성장비를 사용하는 데오도라이트(Theodolite) 시스템은 통제하지 않는다.</p> <p>기술해설</p> <p>1. 7A003.b.는 성능향상을 위하여 관성항법장치와 기타 독립적인 항법지원 등 개별 단위로 갖춘 시스템을 말한다.</p> <p>2. 원형공산오차(Circular Error Probability, CEP)란 원형의 정규분포에서 개별 측정이 행해진 것들의 50%를 포함하는 원의 반경 혹은 위치할 확률이 50%가 되는 원의 반경을 말한다.</p>
--	---

• Category I에서 미사일에 사용가능한 유도장치(7A117)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 18〉 7A117의 통제기준

통제번호	통제기준
7A117	<p>시스템 정밀도가 사거리의 3.33% 이하인 것(사거리 300km에서 10km 이하의 원형공산오차)</p> <p>기술해설1</p> <p>7A117에서 원형공산오차는 특정 사거리에서 목표를 중심으로 탑재중량의 50%가 타격하는 원의 반경으로 정의되며, 정확도의 측정 수단이다. 9A004, 9A104, 9A012.a에 명시된 시스템에서 사용할 수 있는 유도 장치로 시스템 정밀도가 사거리의 3.33% 이하인 것(300km의 비행거리까지 10km 이하의 원형공산오차. 단, '주'에 나와 있는 사거리가 300km 미만인 미사일 또는 유인항공기를 위하여 설계된 것은 예외)</p> <p>기술 해설2</p> <p>유도장치는 비행체의 위치와 속도를 측정 및 계산하는 과정을 통합하는 시스템이다. 이러한 정보를 계산하고 명령을 내려 비행 제어시스템이 비행체의 궤도를 수정할 수 있도록 하는 것을 의미한다. 그리고 원형공산오차는 특정 사거리에서 목표를 중심으로 탑재물의 50%가 타격하는 원의 반경으로 정의되며, 정확도 측정 수단이다.</p> <p>- 참고: 위성에 사용하기 위하여 설계되거나 개조된 액체 추진제 원지점 엔진(Liquid propellant apogeeengines)과 위치 유지 엔진은 1kN 이하의 진공 추력을 가지고 있을 때 하위 시스템이 최종 사용 설명서와 위에서 서술한 예외적 최종 사용에 적절한 수량 제한에 따라 수출되는 경우 카테고리 II로 취급할 수 있다.(서브시스템이 최종 사용 진술서와 위에서 진술한 제외된 최종 사용에 적절한 수량 제한에 따라 수출되는 경우 예외는 카테고리 II로 취급할 수 있다.)</p>

참고	
9A004 (IL9.A.4) (MT1.A.1) (MT19.A.1)	우주비행체, 우주발사체, 우주비행체 버스(buses), 우주비행체 탑재체(payloads), 우주비행체 탑재 시스템 또는 장비, 공중발사 플랫폼 및 준궤도 비행체, 지상파(terrestrial) 장비 - 최소 500kg 이상의 탑재중량과 300km 이상의 비행거리를 운반할 수 있는 완전 로켓 시스템
9A104 (MT1.A.1) (MT19.A.1)	관측로켓(사거리가 최소 300km인 것) - 최소 500kg 이상의 탑재중량과 300km 이상의 비행거리를 운반할 수 있는 완전 로켓 시스템
9A012.a	무인항공기 또는 무인 비행선으로서 운영자의 직접적(자연스러운 육안시계)인 범위 밖에서 제어 비행을 할 수 있도록 설계된 것 - 최소 500kg 이상의 "탑재중량"과 300km 이상의 "비행거리"를 운반할 수 있는 완전 무인항공기 시스템 기술해설 운영자는 UAV, 무인 비행선 비행을 시작하고 제어하는 사람이다. 체공시간은 무풍인 상태에서 ISA조건(ISO 2533:1975)에 따라 계산한다.(해면고도 기준) 자연스러운 육안시계는 교정렌즈 착용 혹은 미착용과 관계없이 도움을 받지 않는 육안시계를 의미한다. 1. 다음 모두에 해당하는 것 a. 최대 체공시간이 30분 이상에서 60분 미만 b. 46.3km/h(25 knots) 이상의 돌풍에서 이륙하여 안정된 제어 비행을 할 수 있도록 설계된 것 2. 최대 체공시간은 60분 이상

• Category I에서 7A에 명시된 장비의 생산을 위하여 전용 설계된 장비(7B003)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다. 이때, 7A는 전략물자 수출입 고시 별표1, 전략물자 및 기술색인을 기준으로 구분된다. ① 가속도계 및 전용 설계된 구성품, ② 자이로 또는 각속도 센서 및 전용 설계된 구성품, ③ 관성 측정 장비 또는 시스템, ④ 별 추적기 및 구성품, ⑤ 위성항법시스템 수신장치 및 전용 설계된 구성품, ⑥ 항공용 탑재고도계, ⑦ 수중음파탐지 항법시스템, ⑧ 미사일에 사용가능한 선형 가속도계 및 전용 설계된 구성품(제외 : 가속도계 및 전용 설계된 구성품), ⑨ 미사일에 사용가능한 자이로 및 전용 설계된 구성품(제외 : 자이로 또는 각속도 센서 및 전용 설계된 구성품) ⑩ 계기, 항법 장비, 시스템 및 전용 설계된 구성품(제외 : 관성 측정 장비 또는 시스템), ⑪ 자이로-천축 나침반, 기타 장치 및 전용 설계된 구성품(제외 : 별 추적기' 및 구성품), ⑫ 위성항법시스템 수신장치 및 전용 설계된 구성품, ⑬ 레이더

또는 레이저 레이더 형태의 고도계(제외 : 항공용 탑재고도계), ⑭ 전자기파의 발원지 추적(방향탐지기) 또는 지형의 특성을 파악하는 수동센서, ⑫ 비행제어시스템과 서보 밸브, ⑬ 미사일에 사용가능한 유도장치이다. 7B003는 아래 통제번호를 포함 및 통제 기준의 이행기준을 따른다.

〈표 19〉 7B003의 통제기준

통제번호	통제기준
7B003 (IL7.B.3) (MT2.B.2) (MT9.B.1)	9A007에 명시된 서브시스템을 위하여 전용 설계된 생산 장비, 7A에 명시된 장비의 생산을 위하여 전용 설계된 장비 주. 7B003은 다음 장비를 포함한다. a. 자이로 동적 힘측정 장치 b. 자이로 동조시험 장치 c. 자이로 시운전/모터 시험 장치 d. 자이로 베어링용 원심고정구 e. 자이로의 진공배기(evacuation) 및 충전(fill) 장치 f. 광섬유 자이로 코일 와인딩 장치 g. 가속도계 축 정렬 장치
참고	
기 작성된 7A117 참고	9A007: 9A004, 9A104, 9A012.a에 명시된 시스템에서 사용할 수 있는 추력벡터 제어 서브시스템으로서, 9A004, 9A104, 9A012.a에 명시된 시스템의 비행거리 / 탑재중량 용량을 초과하지 않는 로켓 시스템용으로 전용 설계된 것

• Category I에서 7A117에 규정된 장비를 위하여 전용 설계된 생산 설비(7B103.a)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 20〉 7B103.a의 통제기준

통제번호	통제기준
7B103.a	7A117에 규정된 장비를 위하여 전용 설계된 '생산 설비'
참고	
(기 작성된 7A117 참고)	

• Category I에서 7B103.b는 7B001부터 7B003에서 규정된 것 이외에 생산 장비 및 관련 기타 시험, 교정, 정렬장비로, 7A에 명시된 장비용으로 사용하기 위하여 설계 또는 개조된 것으로 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 21〉 7B103.b의 통제기준

통제번호	통제기준
7B103.b (MT2.B.2) (MT9.B.1)	7B001부터 7B003에서 규정된 것 외에 생산 장비, 기타 시험, 교정, 정렬 장비로서 7A에 명시된 장비용으로 사용하기 위하여 설계되거나 개조된 것
참고	
기 작성된 7B003 참고	7B001: 7A에 명시된 장비를 위하여 전용 설계된 시험, 교정 또는 정렬장비(정비 수준I 또는 정비수준II를 위하여 사용되는 시험, 교정 또는 정렬 장비, 9A007에 명시된 서브시스템을 위하여 전용 설계된 생산 장비)
기 작성된 7B003 참고	7B002: 링 레이저 자이로용 거울의 특성을 갖추게 하기 위하여 전용 설계된 장비 (주. 7B102 참조) a. 10ppm 이하인 측정 정확정밀도를 가진 산란측정계(scatterometer) b. 0.5nm(5Å) 이하인 측정 정확정밀도를 가진 프로필러미터(profilometer)

〈 참고 〉

- 정비수준 I의 의미는 관성항법장비의 고장이 제어표시기의 지시 또는 그에 상응하는 하위 시스템의 상태 메시지에 의하여 항공기 내에서 탐지된다. 제조업체의 교범에 따르게 되면, 고장원인은 라인교체 가능 유닛의 오기능 수준에 국한될 수 있다. 동 경우에 정비요원은 고장난 라인교체 가능 유닛을 제거하고 예비품으로 교체하는 것이다.
- 정비수준 II의 의미는 고장난 라인교체가능유닛은 정비공장(제조업체의 공장 또는 수준 II의 정비 담당요원의 공장)에 보내진다. 고장난 장치는 그 정비공장에서 고장원인이 되는 창 교체가 가능 결합체 모듈을 확인, 고장을 발견하기 위하여 여러 가지 적절한 수단에 의해 시험을 받는다. 동 경우에 고장난 창 교체가 가능 결합체는 제거되고, 정상 작동 가능한 예비품으로 교체, 설치된다. 고장난 창 교체가 가능 결합체(라인 교체가 가능 유닛의 전체 일 수도 있음)는 제조업체로 보내진다. 정비수준 II는 특정 가속도계나 자이로 센서의 분해, 수리를 포함하지 않는다.(정비수준 II는 통제되는 가속도계, 자이로 감지기를 창 교체가 가능 결합체에서 제거하는 작업을 포함하지 아니한다.)

• Category I에서 7A001~7A006, 7A101~7A106, 7A115, 7A116.a, 7A116.b, 7B001, 7B002, 7B003, 7B102 또는 7B103에 명시된 장비의 사용을 위하여 전용설계 또는 개조된 소프트웨어(7D101)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 22〉 7D101의 통제기준

통제번호	통제기준
7D101 (MT2.D) (MT9.D.1) (MT10.D.1) (MT11.D.1) (MT11.D.2)	7A001~7A006, 7A101~7A106, 7A115, 7A116.a, 7A116.b, 7B001, 7B002, 7B003, 7B102 또는 7B103에 명시된 장비의 사용을 위하여 전용설계 또는 개조된 '소프트웨어'
참고	
7A001 (IL7.A.1) (MT9.A.3)	가속도계와 이를 위하여 전용 설계된 구성품
7A002 (IL7.A.2) (MT9.A.4) (MT9.A.5)	자이로 또는 각속도 센서 및 이를 위하여 전용 설계된 구성품
7A003 (IL7.A.3) (MT2.A.1.d) (MT9.A.6)	관성 측정 장비 또는 시스템
7A004 (IL7.A.4) (MT9.A.2)	별 추적기 및 이를 활용한 구성품
7A005 (IL7.A.5) (MT11.A.3)	위성항법시스템 수신장치와 전용 설계된 구성품
7A006	4.2 ~ 4.4GHz 이외의 주파수에서 작동되는 항공용 탑재고도계
7A101 (MT9.A.3) (MT9.A.5)	선형 가속도계로서 관성항법장치 또는 모든 형태의 유도장치에 사용 가능하게 설계된 것으로, 미사일에 활용 가능한 것과 이를 위하여 전용 설계된 구성품(7A001에 명시된 것 제외)

7A102 (MT9.A.4)	미사일에 활용 가능한 모든 형태의 자이로 및 이를 위하여 전용 설계된 구성품(7A002에 명시된 것 제외)
7A103 (MT9.A.6) (MT9.A.1) (MT9.A.7) (MT9.A.8)	계기 또는 항법 장비, 시스템(7A003에 명시된 것을 제외) 및 이를 위하여 전용 설계된 구성품
7A104 (MT9.A.2)	7A004에 명시된 것을 제외한 자이로-천축 나침반 또는 천체나 인공위성의 자동적인 추적 수단을 위해 그 위치나 방향을 알아낼 수 있는 기타 장치 혹은 그 전용 설계된 구성품
7A105 (MT11.A.3)	위성항법시스템의 수신장치와 이를 위하여 전용 설계된 구성품
7A106 (MT11.A.1)	레이더 혹은 레이저 레이더 형태의 고도계 (7A006에 명시된 것을 제외한 것), 9A004에 명시된 우주발사체, 9A104에 명시된 관측로켓에 활용하기 위하여 설계되거나 개조된 것
7A115 (MT11.A.2)	다음의 장비를 위한 센서를 포함한다. a. TERCOM(지형윤곽 대조)장비 b. 수동 간섭계 장비 c. 영상감지기(수동, 능동장비 모두 포함) 9A004에 명시된 우주발사체나 9A104에 명시된 관측로켓에 사용하기 위하여 설계되거나 개조된 수동센서이며, 특정 전자기파의 발원지 추적(방향탐지기) 혹은 지형 특성을 파악할 수 있는 것
7A116.a (MT10.A.1)	공압식, 유압식, 기계식, 전자광학식 또는 전자기계식 비행제어시스템(fly-by-wire 타입 및 fly-by-light 시스템 포함)
7A116.b	자세제어장비
7B001 (IL7.B.1) (MT2.B.2) (MT9.B.1) (MT10.B.1)	7A에 명시된 장비를 위하여 전용 설계된 시험, 교정 또는 정렬장비 (기 작성된 7B003 참고)
7B002	링 레이저 자이로용 거울의 특성을 갖추게 하기 위하여 전용 설계된 장비
7B003 (IL7.B.3) (MT2.B.2)	7A에 명시된 장비의 생산을 위하여 전용 설계된 장비 (기 작성된 7B003 참고)

(MT9.B.1) (MT2.B.2) (MT9.B.1)	
7B102	레이저 자이로용 거울의 특성화를 위하여 전용 설계된 반사측정기
7B103 (MT2.B.2) (MT9.B.1)	생산 설비 및 생산 장비 - a. 7A117에 규정된 장비를 위하여 전용 설계된 생산 설비 - b. 7B001부터 7B003에서 규정된 것 외에 생산 장비 및 관련 기타 시험, 교정 혹은 정렬 장비로서, 7A에 명시된 장비용으로 활용하기 위하여 설계되거나 개조된 것

• Category I에서 7A117에 명시된 유도 장치의 운영 또는 보수를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어(7D104)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 23〉 7D104의 통제기준

통제번호	통제기준
7D104	7A117에 명시된 유도 장치의 운영 또는 보수를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어(7D104)에는 7A117에 명시된 정확도를 달성하거나 초과하도록 유도 장치의 성능을 향상시키기 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어를 포함한다.)
참고	
(기 작성된 7A117 참고)	

• Category I에서 7A, 7B, 7D001, 7D002, 7D003 또는 7D005에 의해 수출 통제되는 장비 또는 소프트웨어의 개발을 위한 기술(7E001)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 24〉 7E001의 통제기준

통제번호	통제기준
7E001	7A, 7B, 7D001, 7D002, 7D003 또는 7D005에 의해 수출 통제되는 장비 또는 소프트웨어의 개발을 위한 기술(7E001)은 7A005.a에 명시된 장치 전용의 키 관리 기술을 포함한다.)

참고	
7A	기 작성된 7B003 참고
7B	기 작성된 7D101 참고
7D001 (IL7.D.1)	7A 또는 7B에 명시된 장비의 개발 또는 생산을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
7D002 (IL7.D.2) (MT2.D.3) (MT9.D.1)	7A003, 7A004에 명시되지 않는 관성 장비를 포함하는 관성항법장치(Inertial Navigation System, INS) 또는 비행자세 방위측정 표시장치(Attitude and Heading Reference System, AHRS)의 운용 또는 정비를 위한 소스코드 (기 작성된 7D101 참고)
7D003 (IL7.D.3)	기타 소프트웨어 a. 7A003, 7A004, 7A008에서 규정된 수준으로 시스템의 항법오차를 감소시키거나 동작성능을 개선하기 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어 b. 7A003, 7A008에서 규정한 수준으로 시스템의 항법오차를 감소시키거나 동작성능을 개선하기 위한 하이브리드 통합시스템용 소스코드 항법데이터 중 하나와 방위각 데이터를 연속적으로 결합한 것 1. 도플러 레이더, 수중 음파 탐지기 속도 데이터와 결합한 것 2. 위성항법시스템 기준 데이터와 결합한 것 3. 데이터 기반의 기준 항법시스템(Data-Base Referenced Navigation, DBRN)의 데이터와 결합한 것 c. 삭제 d. 삭제(비행제어 소스코드는 7D004 참조) e. 7E004.b.1, 7E004.b.3 부터 7E004.b.5, 7E004.b.7, 7E004.b.8, 7E004.c.1 혹은 7E004.c.2 에 명시된 기술로 능동 비행제어 시스템, 광신호 (Fly-by-light) 비행조종제어기, 헬리콥터의 다축 전기신호식 비행조종제어기, 헬리콥터의 순환 제어 반 토크 시스템, 순환 제어 방식 방향제어 시스템의 개발을 위하여 전용 설계된 CAD 소프트웨어
7D005	정부 사용을 위해, 설계된 위성항법시스템 Ranging code(레인지 코드) 해독 전용으로 설계된 소프트웨어

• Category I에서 7A 또는 7B에 의해 수출 통제되는 장비의 생산을 위한 기술(7E002)는 MTCR 통제를 받는다.

• Category I에서 7E003는 7A001 ~ 7A004에 의해 수출 통제되는 장비의 수리, 개조 또는 분해 조립검사를 위한 기술이다.

• Category I에서 7E101는 7A001~7A006, 7A101~7A106, 7A115~7A117, 7B001, 7B002, 7B003, 7B102, 7B103, 7D101~7D103에서 명시된 장비의 사용에 관한 기술이다.

• Category I에서 우주비행체, 우주발사체, 우주비행체 버스(Buses), 우주비행체 탑재체(Payloads), 우주비행체 탑재 시스템 및 장비, 공중발사 플랫폼 그리고 준궤도 비행체, 지상파(Terrestrial) 장비(9A004)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행 기준을 따른다.

〈표 25〉 9A004의 통제기준

통제번호	통제기준
9A004	<p>우주비행체, 우주발사체, 우주비행체 버스(Buses), 우주비행체 탑재체(Payloads), 우주비행체 탑재 시스템 및 장비, 공중발사 플랫폼 그리고 준궤도 비행체, 지상파(Terrestrial) 장비 주. 9A104 참조</p> <p>a. 우주발사체 b. 우주비행체 c. 우주비행체 버스</p> <p>d. 3A001.b.1.a.4, 3A002.g, 5A001.a.1, 5A001.b.3, 5A002.c, 5A002.e, 6A002.a.1~2, 6A002.b, 6A002.d, 6A003.b, 6A004.c, 6A004.e, 6A008.d, 6A008.e, 6A008.k, 6A008.l or 9A010.c의 품목에 해당하는 우주비행체 탑재체</p> <p>e. 우주비행체를 위하여 전용 설계된 탑재 시스템 또는 장비 다음 어느 하나의 기능을 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 명령과 원격 측정 데이터 처리(9A004.e.1에서, 명령과 원격 측정 데이터 처리는 버스 데이터 저장, 관리, 처리를 포함한다.) 2. 탑재체 데이터 처리(9A004.e.2에서 탑재체 데이터 처리는 탑재체 데이터 저장, 관리, 처리를 포함한다.) 3. 자세와 궤도 제어(9A004.e.3에서, 자세와 궤도 제어는 우주비행체의 위치와 방향을 결정 및 제어하기 위한 센싱과 구동을 포함한다.) <p>f. 우주비행체를 위하여 전용 설계된 지상파(terrestrial) 장비</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 데이터 처리 기능을 갖도록 전용 설계된 원격 측정, 원격 명령(Telecommand) 장비 <ol style="list-style-type: none"> a. 우주비행체 버스의 동작 상태(정상 또는 안전 상태로 알려져 있음)에서 감시를 위한 프레임 동기화와 오차 수정의 원격 측정(Telemetry) 데이터 처리 b. 우주비행체 버스를 제어하기 위하여 우주비행체에 전송되는 명령 데이터를 포맷하기 위한 명령 데이터 처리 2. 우주비행체의 동작 절차에 대한 검증을 위하여 전용 설계된 시뮬레이터(9A004.f.2에서, 운영 절차의 검증은 다음 중 하나로 한다. ① 명령 순차 확인, ② 운영 훈련, ③ 운영 예행연습, ④ 운영 분석) <p>g. 우주발사체, 준궤도 비행체를 위한 공중발사 플랫폼으로 전용 설계되거나 개조된 항공기</p> <p>h. 준궤도 비행체 주. 군사용으로 전용 설계된 장비는 ML 11.c 참조</p>

• Category I에서 액체로켓 추진시스템(9A005)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 26〉 9A005의 통제기준

통제번호	통제기준
9A005 (IL9.A.5) (MT2.A.1.a) (MT2.A.1.c) (MT20.A.1)	액체로켓 추진시스템 9A006에 명시된 시스템이나 구성품의 어느 하나를 포함하고 있는 것 주. 9A105 및 9A119 참조 a. 9A004, 9A104, 9A012.a 에 명시된 시스템에서 사용 가능한 각각의 로켓 단(stage) c. 9A004, 9A104, 9A012.a 에 명시된 시스템에서 사용할 수 있는 로켓 추진 서브시스템
참고	
9A006 (MT3.A.3)	액체로켓추진시스템을 위하여 전용 설계된 시스템 및 구성품 주. 9A106, 9A108 및 9A120 참조 a. 우주비행체용으로 전용 설계되고 연간 저온냉매의 누설률을 30% 미만으로 제한 가능한 초저온 냉동기, 초저온 시스템, 비행용 듀어, 초저온 열 파이프 b. 마하 3을 초과한 속도로 지속 비행 가능한 발사체, 항공기, 우주비행체를 위하여 -173°C (100 K) 이하의 초저온 컨테이너, 폐 사이클 냉동시스템 c. 출렁이는 수소(slush hydrogen)의 보관, 이송 시스템 d. 고압(17.5MPa 초과) 터보 펌프, 펌프 구성품 및 이와 관련된 가스 발생기, 팽창 사이클 터빈구동시스템 e. 고압(10.6MPa 초과) 추력 챔버(thrust chamber)와 노즐 f. 모세관 현상 억제 혹은 능동 배제 원리를 이용한 추진제 저장시스템(가변형 블래더) g. 액체로켓 엔진용의 액체추진제 분사기로 오리피스 직경 0.381mm 이하인 것(단 면이 비원형인 경우에는 $1.14 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ 이하 면적을 가진 것) h. 일체형 탄소-탄소 추력 챔버 혹은 일체형 탄소-탄소 배기콘(exit cones)으로 밀도가 1.4g/cm^3 를 초과하며, 인장강도가 48MPa를 초과하는 것
9A105 (MT2.A.1.c) (MT20.A.1.b)	액체추진제 로켓엔진으로써 다음의 것 주. 로켓 단(stage)(9A005, 9A007, 9A009, 9A105, 9A107 및 9A108에 명시된 것 제외) - 사거리가 300 km인 완성로켓시스템 또는 무인항공기에 사용 가능한 것
9A119 (MT2.A.1.a) (MT20.A.1.a)	로켓 단(stage)(9A005, 9A007, 9A009, 9A105, 9A107 및 9A108에 명시된 것 제외) - 사거리가 300km인 완성로켓시스템 또는 무인항공기에 사용 가능한 것

9A004 9A104 9A012.a	(기 작성된 7A117 참고)
---------------------------	------------------

• Category I에서 고체 로켓 추진시스템(9A007)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 27〉 9A007의 통제기준

통제번호	통제기준
9A007 (IL9.A.7) (MT2.A.1) (MT2.A.1.c)	<p>고체 로켓 추진시스템 주. 9A107 및 9A119 참조</p> <p>a. 총 충격용량이 1.1MN를 초과</p> <p>b. 연소실 압력이 7MPa에서 노즐유동이 분출될 때 비추력 2.4 kNs/kg 이상</p> <p>c. 단 질량 부분(stage mass fraction)이 88%를 초과하며, 고체 추진제의 하중이 86%를 초과</p> <p>d. 9A008에 명시된 구성품</p> <p>e. 강력한 기계적 접합이나 고체추진제와 케이스 절연소재 사이의 화학적 원자이동에 대한 격벽(barrier)을 제공하기 위하여 직접 접합된 모터 설계를 사용한 절연체 및 추진제 접합시스템(9A007.e에서 강력한 기계적 접합이란 추진제 강도 이상의 접합강도를 말한다.)</p>

• Category I에서 고체로켓 추진시스템을 위하여 전용 설계된 구성품(9A008)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 28〉 9A008의 통제기준

통제번호	통제기준
9A008 (MT2.A.1.e)	<p>고체로켓 추진시스템을 위하여 전용 설계된 구성품 주. 9A108 참조</p> <p>a. 강력한 기계적 접합이나, 고체추진제와 케이스 단열소재 사이의 화학적 원자이동을 막기 위한 격벽을 제공하기 위한 라이닝(lining)을 사용한 절연체 및 추진제 접합시스템</p> <p>b. 직경이 0.61m 를 초과하거나, 또는 구조 효율비(structural efficiency ratio, PV/W)가 25km를 초과한 필라멘트가 감긴 복합재료 모터 케이스(9A008.b에서 구조 효율비(PV/W)는 폭발압력(P)에 내부용적(V)을 곱하고 압력기의 총중량</p>

	(W)으로 나눈 값을 말함) c. 추력수준이 45kN을 초과 또는 노즐 목의 침식률이 0.075mm/s 미만의 노즐 d. 유동노즐이나, 이차유동분사 추력 벡터 제어(TVC) 시스템 1. 축 방향의 총 움직임이 $\pm 5^\circ$ 를 초과 2. 각도벡터의 회전이 $20^\circ/s$ 이상 3. 각도벡터의 가속이 $40^\circ/s^2$ 이상
--	--

• Category I에서 하이브리드 로켓추진시스템(9A009)은 총 충격용량이 1.1MN_s 을 초과 및 진공출구상태에서 추력수준이 220kN 을 초과하는 것에 대한 MTCR체제 통해 통제를 하는 것이다. 이때 주의해야 통제번호는 9A109와 9A119이다.(IL9.A.9, MT 3.A.6)

〈 참고 〉

• 위 제시한 하이브리드 로켓추진시스템에 대하여, 본래 우리는 한미 미사일지침에 따라 개발이 제한되어 왔다. 하지만, 2020년 한미미사일지침 개정에 따라 하이브리드 로켓 형태도 이제는 개발할 수 있는 여건이 완비되었다. 고체 추진제 로켓의 단점을 보완하여 액체 및 고체 연료를 함께 로켓 추진제로 사용하는 것이다. 국내 개발 사례는 이노스페이스의 한빛-TLV가 있다.

• Category I에서 무인항공기 또는 무인 비행선으로서 운영자의 직접적인 자연스러운 육안시계 범위 밖에서 제어 비행을 할 수 있도록 설계된 것(9A012.a)은 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 29〉 9A012.a의 통제기준

통제번호	통제기준
9A012.a (IL9.A.12) (MT1.A.2) (MT19.A.2) (MT19.A.3)	무인항공기 또는 무인 비행선으로서 운영자의 직접적인 자연스러운 육안시계 범위 밖에서 제어 비행을 할 수 있도록 설계된 것 1. 다음 모두를 갖는 것 a. 최대 체공시간이 30분 이상, 60분 미만 b. 46.3km/h(25 knots) 이상의 돌풍에서 이륙하여 안정된 제어 비행을 할 수 있도록 설계된 것 2. 최대 체공시간이 60분 이상

	<p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 9A012.a에서, 운영자는 UAV, 무인 비행선 비행을 시작하고 제어하는 사람이다. 2. 9A012.a에서, 체공시간은 무풍인 상태에서 ISA 조건인 ISO 2533:1975에 따라 계산한다.(해면고도 기준) 3. 9A012.a에서, 자연스러운 육안시계는 교정렌즈 착용, 미착용과 관계없이 도움을 받지 않는 육안시계를 의미한다.
--	---

• Category I에서 관측로켓(9A104)은 사거리가 최소 300km인 것과 더불어 주의사항으로 9A004를 참조해야 한다.(MT1.A.1, MT19.A.1)

• Category I에서 관측로켓(9A105.a)은 미사일에 사용될 수 있으며, 총 충격용량(total impulse capacity) 이 1.1MNs 이상인 액체 추진제 또는 젤 추진제 추진시스템에 통합되거나, 통합되기 위하여 설계 혹은 개조된 액체추진제 로켓엔진 또는 젤 추진제 로켓모터로서 9A005에 명시된 것을 제외한 것이다.(MT2.A.1.c)

• Category I에서 미사일에 사용 가능한 추력벡터제어(TVC) 서브시스템(9A106.c)은 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 30〉 9A106.c의 통제기준

통제번호	통제기준
9A106.c (MT3.A.3) (MT3.A.3) (MT2.A.1.e)	9A106.c에 명시된 추력벡터제어를 위한 방법의 예 <ol style="list-style-type: none"> 1. 가변노즐 2. 이동식 엔진, 노즐 3. 유동, 2차 가스분사 4. 추력탭 5. 연소 배출가스 유동의 편향(제트 베인, 프로브)

• Category I에서 미사일에 사용 가능한 추력벡터제어(Thrust Vector Control, TVC) 서브시스템(9A108.c)은 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 31〉 9A108.c의 통제기준

통제번호	통제기준
9A108.c (MT3.A.3) (MT3.A.3) (MT2.A.1.e)	9A108.c에 명시된 추력벡터제어를 위한 방법의 예 1. 가변 노즐 2. 유동, 2차 가스분사 3. 이동식 엔진, 노즐 4. 연소 배출가스 유동의 편향(제트 베인, 프로브) 5. 추력탭

• Category I에서 하이브리드 로켓 모터와 전용 설계된 구성품(9A109)은 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 32〉 9A109의 통제기준

통제번호	통제기준
9A109 (MT3.A.6)	a. 완성 로켓시스템 혹은 300km 사정거리의 무인항공기에 사용 가능한 총 충격용량이 0.841MNs 이상인 하이브리드 로켓 모터 또는 이를 위하여 전용 설계된 구성품(9A009에 명시된 것 제외) b. 9A009에 명시된 미사일에 하이브리드 로켓 모터를 위하여 전용 설계된 구성품(9A009, 9A119 참조(9A109.b에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성 로켓시스템, 무인항공기 시스템을 말한다.)

• Category I에서 9A116는 미사일에 사용 가능한 재진입 비행체 및 이를 위하여 설계 또는 개조된 장비는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 33〉 9A116의 통제기준

통제번호	통제기준
9A116 (MT2.A.1.b)	a. 재진입 비행체 b. 용제 소재 또는 세라믹으로 만들어진 열 차폐 및 구성품 c. 경량이고 높은 열용량 소재로 만들어진 열 싱크(Heat sink) 구성품 d. 대기권 재진입 비행체를 위하여, 전용 설계된 전자장비

• Category I에서 9A119는 로켓 단(stage)으로 통제기준은 사거리가 300km인 완

성로켓시스템 또는 무인항공기에 사용 가능한 것이다. 이때 9A005, 9A007, 9A009, 9A105, 9A107 및 9A108에 명시된 것은 제외된다.(MT2.A.1.a, MT20.A.1.a)

- Category I에서 9B115는 9A005~9A009, 9A011, 9A101, 9A102, 9A105~9A109, 9A111, 9A116~9A120에서 명시된 시스템, 서브시스템 또는 구성품을 위하여 전용 설계된 생산 장비로 MTCR통제를 받는다.(MT2.B.2, MT3.B.2, MT20.B.2)

- Category I에서 9B116는 9A004에서 명시된 우주발사체 혹은 9A005~9A009, 9A011, 9A101, 9A102, 9A104~9A109, 9A111, 9A116~9A120에서 명시된 시스템, 서브시스템 또는 구성품, 혹은 미사일을 위하여 전용 설계된 생산 설비로 MTCR통제를 받는다. 9B116에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성 로켓시스템과 무인항공기 시스템을 말한다.(MT1.B.1, MT2.B.1, MT3.B.1, MT20.B.1)

- Category I에서 9D101는 9B105, 9B106, 9B116이나 9B117에 명시된 제품의 사용을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어로 MTCR통제를 받는다

- Category I에서 소프트웨어(9D104)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행 기준을 따른다.

〈표 34〉 9D104의 통제기준

통제번호	통제기준
9D104 (MT2.D.2) (MT2.D.4) (MT3.D.2) (MT2.D.5) (MT20.D.2)	소프트웨어 a. 9A001, 9A005, 9A006.d, 9A006.g, 9A007.a, 9A009.a, 9A010.d, 9A011, 9A101, 9A102, 9A105, 9A106.d, 9A107, 9A109, 9A111, 9A115.a, 9A117 또는 9A118에 명시된 물품의 사용을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어 b. 9A008.d, 9A106.c, 9A108.c 또는 9A116.d에 명시된 서브시스템 또는 장비의 운영 또는 보수를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어

- Category I에서 소프트웨어(9D105)는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행 기준을 따른다.

〈표 35〉 9D105의 통제기준

통제번호	통제기준
9D105	9A004에 명시된 우주발사체, 9A104의 관측로켓 또는 미사일의 하나 이상의 서브

(MT1.D.2) (MT19.D.1)	시스템 기능을 조정하기 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어(9D004.e에 명시된 것 제외) 주. 9D105에는 다음과 같이 무인기로 작동하도록 변환된 유인기를 위하여 전용 설계된 소프트웨어를 포함한다.(9D105에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓시스템 또는 무인항공기 시스템을 말한다.) a. 항공기 시스템 기능에 변환장비를 통합하도록 전용 설계 또는 개조된 소프트웨어 b. 항공기를 무인기로 운용하도록 전용 설계 또는 개조된 소프트웨어
-------------------------	---

• Category I에서 9E001는 9A004~9A012, 9A350, 9B 혹은 9D에 명시된 장비 또는 소프트웨어의 개발에 대한 기술로 MTCR 통제에 따른다.

• Category I에서 9E002는 9A004~9A011, 9A350 혹은 9B에 명시된 장비의 생산을 위한 기술로 MTCR 통제에 따른다. 그리고 통제되는 구조물, 적층구조물 혹은 소재의 수리를 위한 기술은 1E002.f항을 참조해야 한다.

• Category I에서 9E101는 a.는 9A101, 9A102, 9A104~9A111, 9A112.a. 혹은 9A115~9A121에 명시된 물품의 개발을 위한 기술이며, b.는 9A012에 명시된 무인항공기 또는 9A101, 9A102, 9A104~9A111, 9A112.a, 9A115~ 9A121에 명시된 물품의 생산을 위한 기술이다. 참고로, 9E101.b에서 무인항공기는 이동거리 300km를 초과하는 무인항공기를 말한다.

• Category I에서 9E102는 9A004에 명시된 우주발사체, 9A005~9A011에 명시된 물품, 9A012 또는 9A112.a에 명시된 무인항공기 또는 9A101, 9A102, 9A104~9A111, 9A115~9A121, 9B105, 9B106, 9B115, 9B116, 9B117, 9D101 혹은 9D103에 명시된 물품의 사용을 위한 기술이다. 참고로 9E102에서 무인항공기는 이동거리 300km를 초과하는 무인항공기 시스템을 말한다.

• Category I에서 ML3는 탄약과 신관장입기 및 이를 활용한 전용 설계된 구성품이 해당되며, 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 36〉 ML3의 통제기준

통제번호	통제기준
ML3	다음의 탄약과 신관장입기 및 이를 활용한 전용 설계 구성품이다. a. ML1, ML2, ML12에 의해 명시되는 탄약 b. ML3.a에 명시된 탄약용으로 전용 설계된 신관장 입기 주 1. ML3에 명시되어 전용으로 설계된 구성품은 다음의 것들을 포함한다:

	<p>a. 탄약 금속 부품, 탄자껍, 탄피 링크, 회전탄대, 뇌관 받침쇠 등과 같은 금속이나 플라스틱 제조품</p> <p>b. 안전장치, 장전장치, 신관, 센서, 점화 장치</p> <p>c. 1회용 고출력 전원 공급기</p> <p>d. 장약용 가연성 케이스</p> <p>e. 분산탄용 자탄, 종말유도 포탄, 분산지뢰 자탄을 포함하는 자탄류</p> <p>주 2. ML3.a.항은 다음의 품목에 대해서는 적용하지 않는다.</p> <p>a. 탄자 없이 탄피가 크림핑한 공포탄</p> <p>b. 약실(powder chamber)이 천공된 모의탄</p> <p>c. 실탄용으로 설계된 구성품을 포함하지 않는 공포탄 또는 모의탄</p> <p>d. 주 2. a, b, c에 명시된 공포탄 또는 모의탄용으로 설계된 구성품</p> <p>주 3. ML3.a.은 다음의 목적을 위하여 전용 설계된 탄약은 통제하지 않는다.</p> <p>a. 신호용</p> <p>b. 조류 퇴치용</p> <p>c. 유정(oil well)에서의 가스화염 발화용</p>
--	---

• Category I에서 ML4는 폭탄, 어뢰, 로켓, 미사일, 기타 폭발장치, 장약과 관련된 장비와 부속품, 그리고 이를 활용한 전용 설계된 구성품이 해당되며, 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 37〉 ML4의 통제기준

통제번호	통제기준
ML4	<p>다음에 열거한 폭탄, 어뢰, 로켓, 미사일, 기타 폭발장치(장약 포함) 및 이와 관련된 장비 및 부속품, 그리고 이를 활용한 전용 설계된 구성품이다.</p> <p>주 1. 유도 항법 장비, ML11 참조</p> <p>주 2. 항공기 미사일 방어 시스템(Aircraft Missile Protection Systems, AMPS), ML4.c. 참조</p> <p>a. 군용으로 전용 설계된 로켓, 미사일, 어뢰, 폭탄, 수류탄, 연막통, 지뢰, 폭뢰, 폭파장약과 폭파장치, 폭파키트, 파이로테크닉 장치, 카트리지와 모의 시험장치 (즉, 이러한 품목들의 성능을 모의 시험하는 장비, ML4.a.항은 다음을 포함한다.)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 폭발장치, 연막 수류탄, 화염폭탄, 소이탄 2. 미사일, 로켓 노즐, 재진입 비행체 첨두부 <p>b. 다음의 특성을 모두 갖는 장비</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 군용으로 전용 설계된 것 2. 다음과 연관된 활동을 위하여 전용으로 설계된 것

	<ul style="list-style-type: none"> a. ML4.a.항에서 기술된 품목 b. 급조폭발장치(Improvised Explosive Devices, IED) <p>기술해설</p> <p>ML4.b.2.에서 활동은 조종, 방전, 취급, 발사, 부설, 기폭, 활성화, 1회용 전원공급, 교란, 기만, 소해, 탐지, 방해 행위를 의미한다.(ML4.b.항은 다음을 포함한다.)</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 하루에 가스를 1,000kg 이상 액체 상태로 생산할 수 있는 이동식 가스 액화장치 b. 자성 기뢰의 소해에 적합한 부유성 전도(전기) 케이블(ML4.b.항은 금속 탐지만을 할 수 있고, 지뢰 또는 다른 금속물질을 구분할 수 없는 제한적인 소형 휴대용 장비는 제외한다.) c. 항공기 미사일 방어 시스템(Aircraft Missile Protection Systems, AMPS) (ML4.c는 다음의 모든 특징을 갖는 AMPS는 제외한다.) <ul style="list-style-type: none"> a. 다음 중 하나에 해당하는 미사일 경고 센서 <ul style="list-style-type: none"> 1. 100~400nm 사이의 최대응답을 갖는 수동 센서 2. 능동 펄스 도플러 미사일 경고 센서 b. 기만기(탄) 투발 장치 c. 지대공 미사일 기만용의 가시광 및 적외선 (대역) 시그니처를 모두 방사하는 플레어 d. 민간항공기에 장착되는 아래 특성을 모두 갖는 항공기 미사일 방어 시스템 <ul style="list-style-type: none"> 1. 특정 항공기 미사일 방어 시스템이 장착된 특정 민간 항공기에서만 운영되는 항공기 미사일 방어 시스템으로서 다음 중 하나가 발급된 것 <ul style="list-style-type: none"> a. 바세나르체제 회원국의 민간 항공국에 의해 발행된 민간용 인증서 b. 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에 의해 인증된 것과 동등한 문서 2. 소프트웨어로 비인가 접속 방지(책)를 채택한 항공기 미사일 방어 시스템 3. 장착된 민간용 항공기로부터 제거되었을 경우 시스템이 기능을 하지 않도록 하는 능동 메커니즘을 가진 항공기 미사일 방어 시스템
--	---

• Category I에서 ML10.c는 무인항공기와 관련 장비로서 다음과 같이 전용으로 설계된 구성품이 해당되며, 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 38〉 ML10.c의 통제기준

통제번호	통제기준
ML10.c	무인항공기와 관련 장비로서 다음과 같이 전용으로 설계된 구성품 <ul style="list-style-type: none"> 1. UAVs, 원격조종 항공기(RPVs), 자율 운항 항공기, 무인 공기보다 가벼운 항공기(lighter-than-air vehicles)를 포함한 무인항공기 2. 관련 발사대, 회수 장비, 지상 지원 장비 3. 지휘통제를 위하여 설계된 장비

• Category I에서 ML21는 소프트웨어이며, 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 39〉 ML21의 통제기준

통제번호	통제기준
ML21	<p>소프트웨어로서 다음의 것이 해당된다.</p> <p>a. 다음 중 어느 하나를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 군용물자 목록(Munitions List, ML)에 의해 명시된 장비의 생산, 개발, 관리, 운용 2. 군용물자 목록에 의해 명시된 소재의 개발, 생산 3. 군용물자 목록에 의해 명시된 소프트웨어의 생산, 개발, 관리, 운용 <p>b. ML21.a에 의해 규정되지 않은 특정 소프트웨어로서 다음과 같은 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 군용으로 전용 설계되고 군용 무기체계를 모델링, 모의실험 또는 평가하기 위하여 전용 설계된 소프트웨어 2. 군용으로 전용 설계되고 군사작전 시나리오를 모델링 또는 모의실험하기 위하여 전용 설계된 소프트웨어 3. 재래식 무기나 핵, 화학, 생물학전 무기의 효과를 측정하기 위한 소프트웨어 4. 군용으로 전용 설계되고 C3I(지휘, 통신, 통제, 정보) 또는 C4I(지휘, 통신, 통제, 컴퓨터, 정보) 응용프로그램을 위하여 특별히 설계된 소프트웨어 5. 군 사이버 공격작전을 수행하기 위하여 전용 설계 되거나, 개조된 소프트웨어 <p>주1. ML21.b.5.는 군용물자목록에 명시된 시스템, 장치 또는 소프트웨어를 파괴, 손상, 성능저하, 또는 방해토록 설계된 소프트웨어와 사이버 정찰, 사이버 명령과 제어 관련 소프트웨어를 포함한다.</p> <p>주2. ML21.b.5.는 비군사적 방어형 사이버 보안준비 또는 대응과 한정된 취약성 공개 또는 사이버 사건대응에는 적용하지 않는다.</p> <p>c. ML21.a, ML21.b에 의해 명시되지 않은 소프트웨어로서, 군용물자 목록(ML)에 의해 명시되지 않은 장비가 군용물자 목록(ML)에 의해 명시된 장비의 군용 기능을 수행할 수 있게 하기 위하여 전용 설계되거나 개조된 것</p> <p>주. ML21.c에 명시된 소프트웨어가 설치된 범용 디지털 컴퓨터에 관해서는 군용물자 목록에 의해 명시된 시스템, 장비 또는 구성품을 참조할 것</p>

• Category I에서 ML22는 기술이며, 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 40〉 ML22의 통제기준

통제번호	통제기준
ML22	<p>기술로서 다음의 것에 해당된다.</p> <p>a. ML22.b.항에 언급된 기술 이외에 군용물자 목록에서 명시된 품목의 생산, 개발, 운용, 설치, 유지(점검 포함), 수리, 계획예방정비, 재정비에 필요한 기술</p> <p>b. 기술로서 다음의 것에 해당된다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 군용물자에서 명시된 품목을 설계 및 조립, 유지, 수리, 완성하는 데 필요한 기술을 의미하며, 비록 생산설비에 사용되는 부품이 명시되지 않더라도 그 기술은 통제의 대상이 된다; 2. 소형화기(구식 소형화기의 재생산에 이용될지라도)의 개발, 생산에 필요한 기술 3. 삭제 4. 삭제 5. Biocatalysts(생촉매) 결합을 위하여 한정적으로 필요한 기술 <p>주 1 : 군용물자 목록(ML)에 명시되어 있는 품목의 생산, 개발, 설치, 운용, 수리, 유지(점검), 재정비, 계획예방정비에 필요한 기술은 군용물자 목록에 명시되지 않은 물품에 적용 가능 할지라도 통제대상이 된다.</p> <p>주 2 : ML22는 다음에 적용하지 않는다.</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 통제 대상이 아니거나 수출 허가된 품목의 설치, 운용, 유지(점검), 보수를 위한 최소한의 기술 b. 일반에 공개된 정보, 기초과학연구 또는 특허 출원을 위한 최소한의 필요정보 기술 c. 민간 수송차량의 연속 추진을 위한 자력 유도를 위한 기술

〈 Summary 〉

- Category I은 두 가지 항목으로 분류된다. 먼저 Item 1에는 최소한 500kg의 탄두를 최소 300km 사정거리까지 운반할 수 있는 완성된 로켓체계(우주발사체, 탄도미사일 등)와 완성된 무인항공기 체계(무인정찰기, 순항미사일, 표적용 미사일 등) 등이 포함되며, Item 2에는 Item 1의 운반체계에서 사용 가능한 완성된 하부체계, 체계에 사용될 부품으로써 로켓 단계의 중간 완성품(individual rocket stages), 재진입 비행체(re-entry vehicles) 등이 포함된다.

〈Category II〉

- Category II에서 특별소재 및 관련 장비(1A~1E(100~199))는 아래 통제번호를

포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 41〉 1A~1E의 통제기준

통제번호		통제기준
1A (시스템, 장비 및 구성품)	102 (MT6A.2)	탄소-탄소(Carbon-Carbon) 구성품 - 9A004에 명시된 우주선 발사체, 9A104에 명시된 관측용 로켓을 위하여 설계된 것
1B (시험, 측정 및 생산장비)	101 (MT6B.1)	복합재료 생산 장비 및 부품 - 주. 1B201를 참조 - 주. 1B101에 명시된 기계용 구성품 및 부속품에는 복합구조물, 판재 및 관련제품의 압착, 소결, 경화, 주조, 접착을 위한 주형, 맨드릴, 치구, 금형, 공구 등이 있다.
	101.a (MT6B.1.a)	필라멘트 와인딩 장치, 섬유 위치장치 - 섬유의 위치제어, 덮기(wrapping) 및 감기를 위한 동작이 3축 이 상에서 제어되고, 프로그램될 수 있으며, 섬유상 혹은 필라멘트 소재의 복합재료 구조물과 적층구조물을 제작하기 위해 설계된 것 (관련 축제어기 및 프로그래밍 장비 포함)
	101.b (MT6B.1.b)	테이프 적층 장비 - 테이프, 판상(Sheets)의 적층과 위치제어를 위한 동작이 2축 또는 그 이상의 축으로 제어되고 프로그램되는 것
	101.c (MT6B.1.d)	섬유상 또는 필라멘트 소재의 생산용으로 설계되거나 개조된 장비 1. 중합체섬유(폴리카보실레인(Polycarbosilane), 폴리아크릴로니 트릴(Polyacrylonitrile), 레이온(Rayon))을 변환하는 장비로서 열을 가하면서 섬유를 연신(Drawing)하는 특수장비를 갖춘 것 2. 가열된 필라멘트 기판 위에 어떤 원소나 화합물을 증착시키는 장 비 3. 내화 세라믹(알루미늄 산화물)의 습식방사 장비
	101.d (MT6B1.e)	섬유표면의 특수처리 또는 프리프레그 및 프리폼 생산용 장비 주. 1B101.d는 롤러, 코팅장비, 절단기, 제류자(clicker) 다이, 인장 신장기(Stretchers)를 포함한다.

	102	<p>금속합금분말, 입자성(Particulate) 소재를 생산하기 위하여 설계된 장비</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주. 1B115.b 를 참조 a. 통제된 환경에서 1C011.a, 1C011.b, 1C111.a.1, 1C111.a.2 또는 군용물자 통제목록 부분에서 명시된 타원형, 구형 또는 분무된 소재의 생산에 이용할 수 있는 금속분말 생산 장비 b. 1B002, 1B102.a에서 명시된 생산 장비를 위하여 전용 설계된 구성품 - 주. 1B102는 다음의 것을 포함한다. <ul style="list-style-type: none"> a. 아르곤-물 분위기 공정도 함께 포함된 스퍼터(Sputter), 구형 금속분말을 생성하는데 사용할 수 있는 플라즈마 발생기(고주파 아르곤분사) b. 아르곤-물 환경하에서 유기화 절차를 포함한 스퍼터 또는 구형 금속분말을 생성하는데 사용할 수 있는 전자분쇄장비 c. 금속 용해물을 불활성 매체(질소) 분위기에서 분쇄하여 구형 알루미늄 분말을 생산하는데 사용할 수 있는 장비
	115 (MT4B.1.) (MT4B.2.)	<p>추진제와 추진제 구성물의 생산을 위한 장비</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 1C011.a, 1C011.b, 1C111 혹은 군용물자 통제목록에서 명시된 액체 추진제 혹은 추진제 성분의 생산, 취급, 성능합격시험을 위한 생산 장비 b. 1C011.a, 1C011.b, 1C111 혹은 군용물자 통제목록에서 명시된 고체추진제 또는 추진제 구성제의 생산, 취급, 주조, 압착, 기계 가공, 혼합, 경화, 압출, 수락시험을 위한 생산 장비 <p>주 1. 군용물자의 제조를 위하여 전용 설계된 장비에 관해서는 군용물자 통제목록을 참조</p>
	116	<p>열분해 소재 생성을 위한 전용 노즐</p> <ul style="list-style-type: none"> - 130Pa ~ 20kPa의 압력으로, 1,573K(1,300°C) ~ 3,173K (2900°C) 온도 범위에서 분해되는 전구체 가스로부터, 금형 맨드렐 또는 기타 기판(Substrate) 위에서 형성되는 열분해 소재를 생성하기 위하여 전용 설계된 노즐
	117 (MT4B.3.a)	<p>배치혼합기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다음의 모든 특성을 갖는 것 a. 0~13.326kPa 범위의 진공에서 혼합기능을 갖도록 설계 또는 개조된 것 b. 온도제어가 가능한 혼합 챔버 c. 전체 부피용량이 110ℓ 이상 d. 중심에서 벗어난 혼합 및 반죽 축을 한 개 이상 갖는 것(혼합 및 반죽 축: 응집해제기나 회전축날을 의미하지 않는다.)

	118 (MT4B.3.b)	<p>연속혼합기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다음의 모든 특성을 갖는 것 a. 0~13.326KPa 의 진공하에서 혼합할 수 있게 설계, 개조된 것 b. 혼합챔버의 온도제어가 가능한 것 c. 다음 중 하나의 특성을 갖는 것 <ol style="list-style-type: none"> 1. 혼합 또는 반죽용 축이 2개 이상인 것 2. 다음의 모든 특성을 갖는 것 <ol style="list-style-type: none"> a. 반죽용 이/핀(kneading teeth/pins)이 있는 단일 회전 또는 진동축 b. 혼합챔버 케이스 안쪽에 반죽용 이/핀이 있는 것
	119	<p>유체에너지 분쇄기 및 전용 구성품</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1C011.a, 1C011.b, 1C111 또는 균용물자 통제목록에 명시된 것으로서, 소재를 연삭, 밀링을 위하여 사용할 수 있는 것
1C(소재)	101 (MT17A.1) (MT17C.1)	<p>스텔스용 소재 및 장치(1C001품목 제외)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미사일 및 미사일 하부시스템, 9A012 또는 9A112.a에 명시된 무인항공기에 사용될 수 있는 것(1C101에서 미사일 300km를 넘는 사거리를 가진 완전한 로켓시스템 및 무인 비행 시스템을 의미한다.) - 주 1. 1C101은 다음을 포함한다. <ol style="list-style-type: none"> a. 레이더 반사율(Reflectivity)을 줄이기 위하여 전용 설계된 구조소재 및 코팅소재 b. 전자기스펙트럼 중 마이크로웨이브, 적외선 혹은 자외선 영역에서 반사계율(Reflectivity), 방사율(emissivity)을 줄이거나 가변시키기 위하여 전용 설계된 코팅재료(도료 포함)
	102 (MT6C.2)	<p>재포화 열분해 카본-카본(Carbon-Carbon) 소재</p> <ul style="list-style-type: none"> - 9A004에 명시된 우주선 발사체, 9A104에 명시된 관측용 로켓을 위하여 설계된 것
	107	<p>흑연 및 세라믹 소재(1C007에 명시된 것을 제외한 것)</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 미세입자흑연으로서, 15°C 에서 최소 1.72g/cm³ 이상의 겉보기 밀도를 갖고, 100×10⁻⁶m (100μm) 이하의 입자크기를 갖는 로켓의 노즐이나 재진입 비행체의 첨두 용도로 가공될 수 있는 것 <ol style="list-style-type: none"> 1. 직경이 120mm 이상이고, 길이가 50mm 이상인 실린더 2. 벽 두께(Wall Thickness)가 25mm 이상, 내경이 65mm 이상, 길이가 50mm 이상인 튜브 3. 120mm×120mm×50mm 이상 규격을 갖는 블록(0C004를 참조) b. 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓에 이용 가능한 열분해 또는 섬유강화흑연으로서 로켓의 노즐과 미사일에 사용가능한 재진입 비행체의 첨두에 사용될 수 있는 것(0C004를 참조)

		<p>c. 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓의 세라믹 복합재료(100MHz-100GHz의 주파수대에서 유전상수 6미만)로서 미사일에 레이더 덮개로 사용될 수 있는 것</p> <p>d. 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓에 이용할 수 있는 대형 가공이 가능한 실리콘-카바이드 강화 불연소 세라믹으로서 미사일 첨두(Nose Tip)에 사용될 수 있는 것</p> <p>e. 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓에 이용 가능한 강화 실리콘-카바이드 세라믹 복합재료로서 미사일에 사용할 수 있는 첨두, 재진입 비행체와 노즐 플랩에 사용될 수 있는 것</p> <p>f. 섬유나 필라멘트로 강화되고, 3,000°C 이상의 녹는점을 가지는 초고온 세라믹 모재(Matrix)의 세라믹 복합재료 물질(Bulk 가공 가능)로서, 9A004, 9A012, 9A104에 명시된 미사일 구성품(통제면, 로켓 모터(노즐)목 삽입체, 첨두, 재진입 비행체, 젯 배인)에 사용가능한 것</p>
	<p>111.a (MT4C.4.a) (MT4C.2.b) (MT4C.2.c) (MT4C.2.d)</p>	<p>a. 추진물질</p> <p>1. 군용품 통제에 명시된 것을 제외한 타원형 혹은 구형의 알루미늄 분말(CAS, 7429-90-5), 입자 사이즈가 200μm 미만의 입자이면서 알루미늄 함량이 중량으로 97%이상 함유된 것(단, 총무게중 최소 10%가 ISO 2591-1:1988, 또는 동등한 국가 규격에 따라 63μm 미만의 입자로 된 것에 한한다. 입자 크기 63 μm(ISO R-565)은 250 mesh(Tyler) 혹은 230 mesh (ASTM standard E-11)에 상당한다.)</p> <p>2. 군용품 통제에 명시된 것 이외의 금속연료(박형, 구형, 분쇄형태, 타원형, 연마형 등 형태에 관계 없이, 총 입자의 부피 혹은 중량으로 적어도 90% 이상이 60\times10-6m(60μm) 미만(광학 스캐닝, 체, 레이저 분광법 등의 방법으로 측정된 것)인 것</p> <p>a. 지르코늄(CAS, 7440-67-7) 중량, 97%이상인 것</p> <p>b. 베릴륨(CAS, 7440-41-7) 중량, 97%이상인 것</p> <p>c. 마그네슘(CAS, 7439-95-4) 중량, 97%이상인 것</p> <p>d. a~c에 명시된 금속의 합금 중량, 97%이상인 것</p> <p>주. 하나 또는 그 이상의 모드가 통제되는 다중모드 분포(다른 입자 사이즈들간의 혼합물)에서는 전체 분말 혼합물이 통제되며, 지르코늄(일반적으로 2%~7%)에 함유된 천연의 하프늄은 지르코늄으로 계산된다.</p> <p>3. 액체 추진로켓 엔진에 사용될 수 있는 산화물질</p> <p>a. 디나이트로젠 트리옥사이드(CAS, 10544-73-7)</p> <p>b. 나이트로젠 디옥사이드(CAS, 10102-44-0), 디나이트로젠 테트록사이드(CAS, 10544-72-6)</p>

- c. 디나이트로젠 펜톡사이드(CAS, 10102-03-1)
 - d. 혼합질소산화물(MON)(혼합질소산화물은 사산화이질소, 이산화질소(N_2O_4/NO_2)를 용매로 하는 산화질소(NO)의 용액으로 미사일 시스템에 사용될 수 있다. MON_i 혹은 MON_{ij}로 표시될 수 있는 여러 종류의 구성물이 있으며, 여기서 i, j는 혼합물에서 산화질소(NO)의 비율을 나타내는 정수이다.(예: MON3은 산화질소가 3%, MON25는 25% 함유하고 있다. 최대 한계치는 MON40으로서 40%이상을 함유할 수 없다.)
 - e. Inhibited Red Fuming Nitric Acid(IRFNA)에 대해선 군용물자 통제부분 참조
 - f. 불소에 할로겐, 산소, 질소 중 하나 이상이 함유된 불소화합물은 군용물자 통제 및 1C238을 참조
4. 히드라진 유도체
- 주. 군용물자 통제목록 참조
 - a. 테트라메틸히드라진 (CAS, 6415-12-9)
 - b. 트리메틸히드라진 (CAS, 1741-01-1)
 - c. 알릴히드라진 (CAS, 7422-78-8)
 - d. N,N 디알리히드라진 (CAS, 5164-11-4)
 - e. 모노메틸히드라진 디나이트레이트
 - f. 에틸렌 디히드라진 (CAS, 6068-98-0)
 - g. 비대칭 디메틸히드라진 나이트레이트
 - h. 히드라지니움 아자이드 (CAS, 14546-44-2)
 - i. 디메틸히드라지니움 아자이드(CAS, 227955-52-4), 디메틸히드라지니움 아자이드(CAS, 299177-50-7)
 - j. 히드라지니움 디나이트레이트 (CAS, 13464-98-7)
 - k. 디이미도 옥살산 디히드라진 (CAS, 3457-37-2)
 - l. 하이드로시에틸히드라진 나이트레이트(HEHN)
 - m. 히드라지니움 퍼클로레이트를 위해선 군용물자 통제목록을 참조
 - n. 히드라지니움 디퍼클로레이트 (CAS, 13812-39-0)
 - o. 메틸히드라진 나이트레이트(MHN) (CAS, 29674-96-2)
 - p. 디히드라지노 테트라진 나이트레이트(디하이드라진 나이트레이트)(DHTN)
 - q. 디에틸히드라진 나이트레이트(DEHN), 디에틸히드라진 나이트레이트(DEHN) (CAS, 363453-17-2)
 - r. 히드라진 모노나이트레이트 (CAS, 13464-97-6)
5. 히드라진 대체연료
- a. 디메틸아미노에틸아자이드 (DMAZ) (CAS, 86147-04-8)

	<p>111.b (MT4C.5)</p>	<p>추진제용 고분자 물질</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 카르복시-터미네이티드 폴리부타디엔(카르복실-터미네이티드 폴리부타디엔 포함)(CTPB) 2. 하이드록시-터미네이티드 폴리부타디엔(하이드록시-터미네이티드 폴리부타디엔 포함)(HTPB) (CAS, 69102-90-5), 군용물자 통제에 명기된 것 제외 3. 폴리부타디엔-아크릴산(PBAA) 4. 폴리부타디엔, 아크릴산, 아크릴로나이트릴 (PBAN) (CAS, 252 65-19-4, CAS, 68891-50-9) 5. 폴리테트라하이드로퓨란 폴리에틸렌글리콜(TPEG) 6. 폴리글리시딜 나이트레이트 (PGN or poly-GLYN) (CAS, 2781 4-48-8)은 군용물자 통제 참조
	<p>111.c (MT4C.6.d.1) (MT4C.6.d.5) (MT4C.6.c.2)</p>	<p>추진제 첨가제 및 보조제</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 카르보란, 데카보란, 펜타보란 및 이를 활용한 유도체는 군용물자 통제목록을 참조 2. 트리에틸렌 글리콜 디나이트레이트(TEGDN) (CAS, 111-22-8) 3. 나이트로디페닐아민(CAS, 119-75-5) 4. 디에틸렌 글리콜 디나이트레이트(DEGDN) (CAS, 693-21-0) 5. 트리메틸로에탄 트리나이트레이트(TMETN) (CAS, 3032-55-1) 6. 페로신 유도체 <ol style="list-style-type: none"> a. 에틸 페로신(CAS, 1273-89-8) b. 카토신은군용물자 통제목록을 참조 c. n-프로필 페로신(CAS, 1273-92-3) / 이소-프로필 페로신 (CAS, 12126-81-7) d. 펜틸 페로신(CAS, 1274-00-6) e. n-부틸 페로신은 군용물자 통제목록을 참조 f. 디사이클로헥실 페로신 g. 디사이클로펜틸 페로신 (CAS, 125861-17-8) h. 디에틸 페로신 (CAS, 1273-97-8) i. 디부틸 페로신(CAS, 1274-08-4) j. 디프로필 페로신 k. 아세틸 페로신(CAS, 1271-55-2) / 디아세틸 페로신(CAS, 1273-94-5) l. 디헥실 페로신(CAS, 93894-59-8) m. 페로신 카르복실릭산(CAS, 1271-42-7)과 1,1'-페로신 카르복실릭산(CAS, 1293-87-4) n. 부타신은 군용물자 통제목록을 참조

	<p>o. 군용물자 통제목록에 명시된 것을 제외하고 로켓 추진체 연소 속도 개선제로 사용할 수 있는 타 페로신 유도체</p> <p>7. 디아지도메틸-2-메틸-1,2,3-트리아졸(iso-DAMTR)(군용물자 통제에 명시된 것은 제외)</p>
111.d	<p>젤 추진제</p> <p>- 젤 추진제는 카본, 규산염, 카오린(점토), 중합체 겔화제와 같은 겔화제를 사용한 연료 또는 산화제 합성물</p>
116 (MT6C.8)	<p>마레이징강</p> <p>주. 1C216을 참조</p> <p>- 다음 모두에 해당하는 것</p> <p>a. 20 °C 에서 아래 이상의 최대인장강도 값을 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 용체화 풀림 단계에서, 0.9 GPa 이상 2. 석출 경화 단계에서, 1.5 GPa 이상 <p>b. 다음의 형태중 하나에 해당하는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 두께 5.0 mm 이하의 판 또는 벽 두께가 5.0 mm 이하인 시트, 플레이트 또는 튜브 2. 벽 두께가 50 mm 이하인 튜브형태이며, 내경이 270 mm 이상인 것 <p>기술해설</p> <p>- 마레이징강이란 철합금으로서 다음의 것</p> <p>a. 일반적으로 높은 니켈함량과 아주 미소한 탄소를 함유하고 있으며, 시효경화(age-hardening)를 위하여 치환형 원소 혹은 석출물(precipitate)을 사용한 것</p> <p>b. 마르텐사이트 변태 과정(용체화 풀림 단계)을 가능하게 하기 위하여, 열처리 사이클을 겪고 후에 시효 경화(석출경화 단계) 된 것</p>
117 (MT3.A.3) (MT6.A.1) (MT2.A.1.e)	<p>미사일 모터 구성용 텅스텐, 몰리브덴 합금 및 분말</p> <p>a. 순도 97%이상 그리고 50 × 10⁻⁶ m (50 μm) 이하의 크기를 가지는 텅스텐 및 텅스텐 합금 미립자</p> <p>b. 순도 97%이상 그리고 50 × 10⁻⁶ m (50 μm) 이하의 크기를 가지는 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 미립자</p> <p>c. 고체상의 텅스텐 재료</p> <p>- 다음의 모든 것에 해당하는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다음 중 하나에 해당되는 재료 <ol style="list-style-type: none"> a. 텅스텐 또는 텅스텐 합금으로 텅스텐 함량이 97% 이상인 것 b. 은 침투(Silver infiltrated) 텅스텐 함량이 80% 이상인 것 c. 구리 침투(Copper infiltrated) 텅스텐으로 함량이 80% 이상인 것 2. 다음 중 하나의 제품으로 가공할 수 있는 것 <ol style="list-style-type: none"> a. 직경이 120mm 이상 또는 길이가 50mm 이상인 실린더

		<p>b. 내경이 65mm 이상 또는 벽 두께(wall thickness)가 25 mm 이상, 길이가 50mm 이상인 튜브</p> <p>c. 120mm×120mm×50 mm 이상의 규격을 갖는 블록</p>
	118	<p>티타늄안정 이중 스텐레스강(Ti-DSS)</p> <p>- 다음의 모든 것에 해당하는 것</p> <p>a. 다음 특성을 모두 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 크롬 17.0~23.0%(중량) 및 니켈 4.5~7.0%(중량)을 함유 2. 티타늄 성분이 0.10%(중량) 초과 3. 페라이트-오스테나이트미세구조(ferritic-austenitic microstructure)로서 오스테나이트가 부피로 최소한 10%인 것(ASTM E-1181-87 혹은 동등 국가규격에 의함) <p>b. 다음의 형태 중 하나를 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 각 면이 100mm 이상의 크기를 갖는 주괴 혹은 봉강 2. 폭 600mm 이상이고, 두께가 3 mm 이하인 박판 3. 외경이 600mm 이상이고, 벽 두께가 3 mm 이하인 튜브
1D(소프트웨어)	101	1B101, 1B102, 1B115, 1B117, 1B118 또는 1B119에서 명시된 물품의 운용 혹은 유지를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
	103	레이더 전파 반사, 자외선 및 적외선 흔적(Signatures), 음향 흔적과 같은 감소된 관찰물의 분석을 위하여 전용 설계된 소프트웨어
1E(기술)	101	1A102, 1B001, 1B101, 1B102, 1B115에서 1B119까지, 1C001, 1C101, 1C107, 1C111에서 1C117까지, 1D101 또는 1D103에 의해 명시된 물품 사용에 대한 기술
	102	1D001, 1D101, 또는 1D103에 명시된 소프트웨어의 개발에 대해 기술일반사항에 규정되어 있는 기술
	103	복합재료나 부분적으로 처리된 복합재료의 생산에 사용되는 경우, 유체압력솥(Hydroclaves), 압력솥(Autoclaves) 속에서 온도, 압력, 환경을 조절하기 위한 기술
	104	<p>열분해 형성소재를 생산을 위한 기술</p> <p>- 130Pa(1mmHg)~20kPa(150mmHg)의 압력으로, 1,300°C~2,900°C(1,573K~3,173K) 온도 범위에서 분해되는 전구체가스(Precursor Gas)로부터 금형-맨드렐(Mandrel), 기타 기판(Substrate) 위에 열분해 형성소재를 생산을 위한 기술</p> <p>주. 1E104는 전구체가스의 공정 제어변수, 조성기술, 유동률·공정제어순서에 관한 기술을 포함한다.</p>

〈 참고 〉

- 1B101.a, 1B101.b는 필라멘트 밴드는 하나의 연속적인 폭을 갖는 전체적으로 또는 부분적으로 레진 침투된 테이프, 토우, 섬유를 말한다. 전체적 또는 부분적 레진 침투된 필라멘트 밴드는 건조 분말로 코팅된 것을 내포한다. 섬유·토우 위치 기계와 테이프 적층(Tape-Laying) 기계는 한 부품 또는 하나의 구조물을 만들기 위한 몰드(Mold)에 하나 또는 여러 개의 필라멘트 밴드를 쌓기 위하여, 컴퓨터-유도 헤드를 사용하는 프로세스와 유사한 수행을 하는 기계이다. 이와 같은 기계들은 적층 공정 동안에 개별 필라멘트 과정을 차단하며, 재시작할 능력을 갖고 있다. 그리고 섬유 및 토우 위치 기계는 25.4mm 이하의 폭을 가진 하나 또는 그 이상의 필라멘트 밴드를 위치시킬 수 있는 능력이 있다. 이것은 기계가 위치시킬 수 있는 물질의 최소 폭을 나타내고, 그 기계의 상위 능력과는 무관하다. 혹은, 테이프 적층 기계는 304.8mm 이하의 폭을 가진 하나 또는 그 이상의 필라멘트 밴드를 위치시키는 능력이 있다. 이것은 기계가 위치시킬 수 있는 물질의 최소 폭을 나타내고, 그 기계의 상위 능력과 무관하다.

- Category II에서 소재가공(2A~2E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 42〉 2A~2E의 통제기준

통제번호	통제기준
2A (시스템, 장비 및 구성품)	101
	<p>라디얼 볼 베어링(2A001에 명시된 것 제외)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ISO 492 공차등급 2(또는 ANSI/ABMA Std 20 공차등급 ABE C-9 또는 다른 동등한 국가 표준), 또는 그 이상의 공차를 갖는 것 - 다음의 특성을 모두 가지고 있는 것 <ul style="list-style-type: none"> a. 내부링 보어 직경이 12에서 50 mm 사이 b. 외부링 외경이 25에서 100 mm 사이 c. 폭이 10에서 20 mm 사이
2B (시험, 검사 및 생산장비)	104
	<p>기타 정수압프레스(Isostatic presses)</p> <p>주. 2B204 참조</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다음 특징을 모두 갖는 것 <ul style="list-style-type: none"> a. 최대 작동압력, 69 MPa 이상 b. 873K(600°C) 이상의 온도환경을 유지할 수 있도록 설계된 것 c. 챔버 내부직경이 254mm 이상

105	<p>화학기상증착로</p> <ul style="list-style-type: none"> - 탄소-탄소 복합재료의 고밀도화를 위하여 설계되거나 개조된 것
109	<p>추진제 구성품 또는 장비의 생산에 사용가능한 유동성형기 (2B009에서 통제하지 않은 것)</p> <p>주. 2B209 참조</p> <p>a. 유동성형기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다음의 모든 특성을 갖는 것 <ol style="list-style-type: none"> 1. 수치제어 장치, 컴퓨터제어장치가 부착된 것, 제조자의 기술사양서에 따라 부착될 수 있는 것 2. 윤곽제어를 위하여 동시제어 가능한 축이 2개 이상인 것 <p>b. 2B009, 2B109.a의 유동성형기를 위하여 전용 설계된 구성품</p> <p>기술해설</p> <p>회전성형과 유동성형기능을 겸하고 있는 기계는 2B109에서는 유동성형기로 간주한다.</p>
116.a	<p>진동시험시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> - 디지털 제어기를 가진 진동시험 시스템으로서, 피드백 또는 폐쇄회로 기법을 사용하며, 평면테이블(bare table) 측정에서 50kN 이상의 힘을 전달하는 동안, 주파수 범위 20Hz~2,000 Hz사이의 전 영역에서 10g rms 이상 가속도로 진동시킬 수 있는 것
116.b	<p>디지털제어기</p> <ul style="list-style-type: none"> - 디지털 제어기로써 전용 설계된 진동시험 소프트웨어를 장착하고 실시간 제어 대역폭이 5kHz 초과이며 2B116.a에 명시된 진동시험 시스템과 함께 사용하기 위하여 설계된 것 <p>기술해설</p> <p>2B116.b에서 실시간 제어 대역폭은 데이터 처리, 샘플링, 제어 신호 송신의 완전한 주기를 실행할 수 있는 제어기의 최대율을 뜻한다.</p>
116.c	<p>가진기</p> <p>가진기는 증폭기 장착여부에 관계없이 피진동체에 미치는 힘이 평면테이블 측정에서 50kN 이상으로 2B116.a에 명시된 진동시험 시스템에 사용할 수 있는 것</p>
116.d	<p>시험체 지지구조물 및 전자장치</p> <ul style="list-style-type: none"> - 다수의 가진기를 결합하여 평면테이블 측정에서 유효결합력 50kN 이상을 가할 수 있는 완전한 가진 장치를 구성할 수 있도록 설계된 것으로서 2B116.a에 명시된 진동시험 시스템에 사용 가능한 것

117	복합재 로켓 노즐과 재진입체 첨두(Nose Tip)의 고밀도화와 열분해를 위한 장비와 공정제어기술
119	<p>밸런싱머신(Balancing Machine)과 관련 장비 주. 2B219 참조</p> <p>a. 다음 특성을 모두 갖는 밸런싱 머신</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 3kg을 초과하는 로터 및 조립체를 밸런싱 할 수 없는 것 2. 12,500rpm 초과하는 속도로 회전하는 로터 및 조립체를 밸런싱 할 수 있는 것 3. 2개 평면 이상의 불균형을 교정할 수 있는 것 4. 로터 질량이 1kg당, 0.2g mm까지 잔류 비불평형을 밸런싱 할 수 있는 장비 <p>b. 2B119.a의 기계용으로 사용하기 위하여 설계되거나 개조된 지시계 헤드(밸런싱 계측장치)(지시계 헤드는 때로는 밸런싱 계측장비로 알려져 있다.)</p>
120	<p>모션 시뮬레이터(Motion simulators), 각속도(rate) 테이블</p> <p>- 다음 특성을 모두 갖는 것</p> <p>a. 2축 이상</p> <p>b. 슬립링 혹은 전압이나 신호정보를 전달할 수 있는 통합 비접촉 장치를 갖도록 설계되거나 개조된 것</p> <p>c. 다음 특성 중 어느 하나를 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 어떤 한 축에 대해서 다음의 특성을 모두 갖는 것 <ol style="list-style-type: none"> a. 각속도 400도/초 이상 혹은 30도/초 이하인 것 b. 각속도 분해능 6도/초 이하이며, 0.6도/초 정확도 이하 2. 10도 이상의 범위에서 최악의 경우에도 각속도 안정성이 평균적으로 $\pm 0.05\%$ 이하인 것 3. 위치제어 정확도가 5아크 초 이하인 것 <p>주 2. 2B120에서 통제하는 모션 시뮬레이터 또는 레이트 테이블은 수출 당시 슬립링 혹은 통합비접촉 장치의 장착여부와 관계없이 통제된다.</p>
121	<p>위치제어 테이블(Positioning Table)</p> <p>- 다음 특성을 모두 갖는 것</p> <p>a. 2축 이상인 것</p> <p>b. 위치제어 정확도가 5아크 초 이하인 것</p>
122	<p>원심가속도 시험기(Centrifuges)</p> <p>- 101g 초과 가속도를 발생시킬 수 있고, 슬립링 혹은 전압이나 신호정보를 전달할 수 있는 통합 비접촉 장치를 갖도록 설계되거나 개조된 것</p> <p>주. 2B122에서 통제하는 원심가속도 시험기는 수출 당시 슬립링 또는 통합비접촉 장치의 장착여부와 관계없이 통제된다.</p>

2C(소재)	해당사항 없음	-
2D(소프트웨어)	101	2B104, 2B105, 2B109, 2B116, 2B117 또는 2B119에서 2B122까지에 기술된 장비의 사용을 위하여 전용 설계되거나, 개조된 소프트웨어
2E(기술)	101	2B004, 2B009, 2B104, 2B109, 2B116, 2B119에서 2B122 또는 2D101까지에 기술된 소프트웨어 혹은 장비의 사용을 위한 기술

• Category II에서 소재가공(3A~3E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 43〉 3A~3E의 통제기준

통제번호		통제기준
3A (시스템, 장비 및 구성품)	101	3A001에서 규정된 것 이외의 전자장비, 장치 및 부품
	101.a	아날로그·디지털 변환기 - 견고한 장비(ruggedized equipment)를 위한 군사적 규격에 맞게 설계되고 미사일에 사용될 수 있는 것
	101.b	제동복사(Bremsstrahlung)에 의한 전자기파 방사(Electromagnetic radiation)가 가능한 가속기(Accelerator) - 2 MeV 이상으로 가속된 전자로부터 제동복사(bremsstrahlung)에 의한 전자기파를 방사시킬 수 있는 가속기, 그리고 그 가속기를 포함하는 시스템
	102	미사일용으로 설계되거나 개조된 열전지(Thermal batteries) 기술해설 열전지는 전해질로서 비전도 고체 무기염을 포함하고 있는 일회용 배터리(battery)이다. 이 배터리는 열분해 소재를 사용하고, 점화 되었을 때 전해질을 녹여 배터리를 작동시킨다.
3B (시험, 검사 및 생산장비)	해당사항 없음	-
3C (소재)	해당사항 없음	-
3D (소프트웨어)	101	3A101.b.에서 규정된 장비의 사용을 위하여 전용 설계되거나, 개조된 소프트웨어

3E (기술)	101	3A001.a.1., 3A001.a.2., 3A101, 3A102, 3D101.에서 규정된 장비 혹은 소프트웨어의 사용을 위한 기술
	102	3D101.에서 규정된 소프트웨어의 개발을 위한 기술

• Category II에서 컴퓨터(4A~4E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 44〉 4A~4E의 통제기준

통제번호		통제기준
4A (시스템, 장비 및 구성품)	101	우주발사체, 디지털 차동분석기, 관측 로켓용 아날로그·디지털 컴퓨터(4A001.a.1에 명시된 것 제외) - 9A004에 명시된 우주발사체 혹은 9A104에 명시된 관측용 로켓에 사용하기 위하여 내구성이 높은 설계 또는 개조된 것
	102	우주발사체 혹은 관측 로켓용 모델링, 모의시험 또는 설계통합을 위하여 전용 설계된 하이브리드 컴퓨터 - 9A004에 명시된 우주발사체 혹은 9A104에 명시된 관측용 로켓의 모델링, 모의시험 또는 설계통합을 위하여 전용 설계된 것 주. 장비가 7D103, 9D103에 명시된 소프트웨어가 적용된 경우에 한정한다.
4B(시험, 검사 및 생산장비)	해당사항 없음	-
4C (소재)	해당사항 없음	-
4D (소프트웨어)	해당사항 없음	-
4E (기술)	해당사항 없음	-

• Category II에서 정보통신 및 정보보안(5A~5E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 45〉 5A~5E의 통제기준

통제번호		통제기준
5A (시스템, 장비 및 구성품)	101	원격측정과 원격제어장비 - 미사일용으로 설계되거나 개조된 것 기술해설 5A101에서 미사일은 300km 초과와 사거리 능력을 갖는 완성체 로켓시스템 또는 무인항공기시스템을 의미한다.
5B(시험, 검사 및 생산용 장비)	해당사항 없음	-
5C (소재)	해당사항 없음	-
5D (소프트웨어)	101	5A101에서 규정된 장비의 사용을 위하여 전용 설계되거나, 개조된 소프트웨어
5E(기술)	101	5A101에 명시된 장비의 생산, 개발, 사용을 위한 기술

• Category II에서 센서 및 레이저(6A~6E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 46〉 6A~6E의 통제기준

통제번호		통제기준
6A (시스템, 장비 및 구성품)	102	내방사선(Radiation hardened) 탐지기(Detector) - 핵폭발의 영향(열폭풍, X선, 전자기파 펄스(EMP) 등)으로부터 보호하기 위하여 전용 설계 혹은 개조되었으며, 미사일로 사용될 수 있으며, 총 방사량 5x10 ⁵ rads (Si) 이상의 방사선에 견딜 수 있도록 설계 및 정격화 된 것 기술해설 6A102에서 감지기(Detector)는 환경변화(압력, 온도변화, 전기적, 전자기적 신호의 변화 및 방사선 소재로부터 방사되는 방사선량의 변화)와 같은 자극을 자동적으로 인식하고 기록하며, 이들 자료를 보관하는 기계, 전기, 광학, 화학 장치로 정의된다. 이는 1회 작동 및 실패에 의해 탐지되는 장치를 포함한다.

	107	<p>중력측정계(Gravimeters)와 관련 구성품, 중력경사계(Gravity gradiometer)</p> <p>a. 항공, 해양용으로 설계되거나 개조된 중력측정계, 미사일에 사용될 수 있으면서, 정지 혹은 작동시의 정확도가 $7 \times 10^{-6} \text{ m/sec}^2$ (0.7milligal) 이하이며, 정상상태 도달시간이 2분 이내의 특성을 갖는 것(6A007.b에 명시된 것은 제외)</p> <p>b. 6A007.b 혹은 6A107.a에서 명시된 중력측정계와 6A007.c에서 명시된 중력경도계를 위하여 전용 설계된 구성품</p> <p>기술해설</p> <p>6A107.b의 통제를 위한 정상상태 등록시간(중력계의 응답시간 이라고도 함)은 플랫폼 유도 가속의 교란 효과가 감소하는 동안의 시간이다.</p>
	108	레이더 시스템과 추적시스템(6A008 해당품목 제외)
	108.a	<p>레이더 및 레이저 레이더 시스템</p> <p>- 9A004에 명시된 우주 발사체 혹은 9A104에 명시된 관측용 로켓 사용을 위하여 설계되거나 개조된 레이더 및 레이저 레이더 시스템</p> <p>주. 6A108.a은 다음을 포함한다.</p> <p>a. TERCOM(지형윤곽 대조장비) 장비</p> <p>b. 영상감지기</p> <p>c. 영상대조장비(디지털 및 아날로그 장비 모두 포함)</p> <p>d. 도플러 항법 레이더 장비</p>
	108.b.1	<p>추적시스템(Tracking Systems)</p> <p>- 비행위치 및 속도를 실시간으로 측정하여 제공하기 위하여 지상 혹은 공중 좌표계, 위성 항법시스템과 연계한 부호 중계기를 사용하는 추적시스템</p>
	108.b.2	<p>거리측정 레이더</p> <p>- 아래의 모든 성능을 보유하고 있는 것</p> <p>a. 각 해상도가 1.5mili-radian 이거나 이보다 우수한 것</p> <p>b. 10m rms보다 우수한 거리 해상도를 유지하면서, 30km 이상인 것</p> <p>c. 3m/sec 보다 우수한 속도 해상도</p>
6B (시험, 검사 및 생산용 장비)	108	<p>레이더 피사면적(Radar Cross Section, RCS) 측정시스템 (6B008 제외)</p> <p>- 미사일과 미사일 하부시스템에 사용될 수 있는 것</p> <p>기술해설</p> <p>6B108에서 미사일(missile)이란 300km 이상을 이동할 수 있는 완성 로켓 시스템이나 무인 항공기 시스템을 의미한다.</p>

6C (소재)	해당사항없음	-
6D (소프트웨어)	102	6A108에 명시된 물품의 사용을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
	103	비행후 기록된 데이터를 분석해서, 전 비행 구간에서 비행체의 위치를 알아낼 수 있는 분석 소프트웨어로서 미사일용으로 전용 설계되거나 개조된 것 기술해설 6D103에서 미사일(Missile)이란 비거리가 300km를 초과하는 완전한 로켓 시스템이나 무인 항공기 시스템을 의미한다.
6E(기술)	101	6A002, 6A007.b, 6A007.c, 6A008, 6A102, 6A107, 6A108, 6B108, 6D102 또는 6D103 항목에 명시되는 장비 또는 소프트웨어의 사용을 위한 기술 주. 6E101에서 공중용으로 설계되고 미사일에 사용할 수 있는 6A008에 명시된 장비를 위한 기술에만 적용된다.

• Category II에서 항법 및 항공전자(7A~7E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 47〉 7A~7E의 통제기준

통제번호	통제기준
7A (시스템, 장비 및 구성품)	101 미사일에 사용가능한 선형 가속도계 및 전용 설계된 구성품 (7A001에 명시된 것을 제외) - 다음의 모든 특성을 갖는 것 a. 1,250micro g 미만 바이어스, 반복도 b. 1250 ppm 미만 척도계수, 반복도 기술해설 1. 7A101에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성로켓 시스템과 무인 항공기 시스템을 말한다. 2. 7A101에서 바이어스 또는 척도계수 측정은 1년의 기간에 걸쳐 고정된 교정 값에 대해 1(one) 시그마 표준 편차를 기준으로 한다.
	102 미사일에 사용가능한 자이로 및 전용 설계된 구성품 (7A002에 명시된 것을 제외)

	<p>- 1g 조건 하에 편차율 안정도가 0.5°/hr (1 시그마 또는 rms) 미만 인 것</p> <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 7A102에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성 로켓시스템과 무인 항공기 시스템을 말한다. 7A102에서 안정도는 고정된 운영환경에 연속적으로 노출되었을 때 변치 않는 특정 메커니즘이나 성능계수의 능력 인자로서 정의 된다(IEEESTD 528-2001 paragraph 2.247).
<p>103</p>	<p>항법 장비, 기계, 시스템과 이를 활용한 전용 설계 구성품 (7A003에 명시된 것을 제외)</p> <p>a. 관성 측정 장비 혹은 시스템 그리고 이를 위하여 전용설계된 구성품</p> <ol style="list-style-type: none"> 7A001.a.3, 7A001.b, 7A101에 명시된 가속도계 혹은 7A002, 7A102에 명시된 자이로를 사용하는 것 7A001.a.1, 7A001.a.2에 명시된 가속도계를 사용하는 것 <p>- 다음의 모든 특성을 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 관성항법시스템 또는 모든 형태의 유도시스템에 사용 가능하게 설계된 것으로서 미사일에 사용 가능한 것 1,250micro g 미만 바이어스, 반복도 1,250ppm 미만 척도계수, 반복도 <p>주. 7A103.a는 다음을 포함한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 자세방위기준장치(AHRSs) 자이로나침반 관성측정장치(IMUs) 관성기준장치(IRUs) 관성기준시스템(IRSs) 관성항법시스템(INSs) <p>기술해설</p> <p>7A103.a에 명시된 관성 측정 장비 또는 시스템은 자이로와 가속도계가 장착되어 한번 정렬되면, 외부 기준장치 없이도 방위 및 위치를 결정 혹은 유지하기 위하여 속도 및 방향의 변화를 측정하는 것이다.</p> <p>b. 미사일에 사용하기 위하여 설계 또는 개조된 통합비행계기시스템 (자이로 안정화장치(gyrostabilisers) 또는 자동조종 비행장치를</p>

	<p>포함하고 있는 것)</p> <p>c. 미사일에 사용되기 위하여 설계 또는 개조된 통합항법시스템(원형 공산오차(CEP) 200m 이하의 항법 정밀도를 제공할 수 있는 것)</p> <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 통합항법시스템은 일반적으로 다음의 구성품을 모두 포함한다. <ol style="list-style-type: none"> a. 관성측정장비(관성기준장치, 관성항법시스템, 자세 및 방위 각기준 좌표시스템) b. 비행 중 주기적으로 혹은 계속적으로 위치와 또는 속도를 업데이트하는데 사용되는 1개 이상의 외부 센서(도플러 레이더, 위성 항법수신기, 레이더 고도계) c. 통합 하드웨어 및 소프트웨어 2. 7A103.c의 CEP(원형공산오차)는 특정 사거리에서 목표를 중심으로 탑재중량의 50%가 타격하는 원의 반경으로 정의되며 정확도의 측정 수단이다. <p>주. 통합 소프트웨어용은 7D102.c 참조</p> <p>d. 비행제어 및 항법시스템에 통합 사용되기 위하여 설계되거나 개조된 3축 자기방위센서(magnetic heading sensors)와 이를 위하여 전용 설계된 구성품</p> <p>- 다음의 모든 특성을 갖는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 피치(± 90도)와 롤(± 180도) 축으로, 내부 기울기 보정이 있는 것 2. 국지 자기장 기준으로 ± 80도 상의 위도에서 0.5 degree rms 미만의 방위각 정밀도를 갖는 것 3. 비행제어나 항법시스템에 통합될 수 있도록, 설계 또는 개조된 것 <p>주. 7A103.d 의 비행제어 및 항법시스템은 자이로안정화장치, 자동 조종 비행장치 및 관성항법시스템을 포함한다.</p> <p>기술해설</p> <p>7A103에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓시스템과 무인 항공기 시스템을 말한다.</p>
--	--

104	자이로-천축 나침반, 기타 장치 및 이를 활용한 전용 설계 구성품 (7A004에 명시된 것을 제외)
105	<p>위성항법시스템 수신장치 및 전용 설계된 구성품</p> <p>a. 9A004에 명시된 우주발사체, 9A104에 명시된 관측로켓 및 9A012, 9A112.a에 명시된 무인항공기로의 사용을 위하여 설계되거나 개조된 것</p> <p>b. 항공용으로 설계 또는 개조된 것</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 600m/s를 초과하는 속도에서 항법정보를 제공할 수 있는 것 2. 위성항법시스템의 보안 신호 및 자료를 접근하기 위하여 암호해독 기능이 있는 것으로 군사 혹은 정부용으로 설계되거나 개조된 것 3. 능동적 혹은 수동적 대응상황에서 작동하는 반 전파방해 장치 (널 조정 안테나(null steering antenna), 전자가동 안테나를 위하여 전용 설계된 것) <p>기술해설 7A105의 위성항법시스템은 Global Navigation Satellite Systems (GNSS, RNSS, QZSS)를 포함한다.</p>
106	<p>레이더 또는 레이저 레이더 형태의 고도계 (7A006에 명시된 것을 제외)</p> <p>- 9A004에 명시된 우주발사체, 9A104에 명시된 관측로켓에의 사용을 위하여 설계되거나 개조된 것</p>
115	<p>전자기파의 발원지 추적 (방향탐지기) 혹은 지형의 특성을 파악하는 수동센서</p> <p>- 특정 전자기파의 발원지 추적(방향탐지기) 혹은 지형의 특성을 파악할 수 있는 것</p> <p>주. 7A115는 다음의 장비를 위한 센서를 포함한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> a. TERCOM(지형윤곽 대조) 장비 b. 영상감지기(수동, 능동장비 모두 포함) c. 수동 간섭계 장비
116	<p>비행제어시스템과 서보밸브</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 공압식, 유압식, 기계식, 전자광학식 또는 전자기계식 비행제어시스템(fly-by-wire 타입 및 fly-by-light 시스템 포함) b. 자세제어장비 c. 비행제어 서보밸브로 7A116.a, 7A116.b 에 명시된 시스템용으로 개조 및 설계된 것과 20 Hz ~ 2 kHz의 주파수 범위에서 10g

		rms를 초과 및 진동환경에서 작동하도록 개조, 설계된 것 주. 7A116, 9A012, 9A112에 명시된 무인기로 운용될 수 있도록 개조된 유인기는 무인기로 운용가능한 무인기로 설계되거나 개조된 전체시스템, 장비, 밸브를 포함한다.
	117	미사일에 사용가능한 유도장치 - 시스템 정밀도가 사거리의 3.33% 이하인 것(사거리 300km에서 10km 이하의 CEP(원형공산오차)) 기술해설 7A117의 원형공산오차는 특정 사거리에서 목표를 중심으로 탑재중량의 50%가 타격하는 원의 반경으로 정의되며 정확도의 측정 수단이다.
7B (시험, 검사 및 생산 장비)	102	레이저 자이로용 거울의 특성화를 위하여 전용 설계된 반사측정기 - 레이저 자이로용이며, 측정 정밀도가 50ppm 이하인 것
	103	생산 설비, 생산 장비 a. 7A117에 규정된 장비를 위하여 전용 설계된 생산 설비 b. 7B001부터 7B003에서 규정된 것 외에 생산 장비, 기타 시험, 교정, 정렬 장비로서 7A에 명시된 장비용으로 사용하기 위하여 설계되거나 개조된 것
7C (소재)	해당사항 없음	-
7D (소프트웨어)	101	7A001~7A006, 7A101~7A106, 7A115, 7A116.a., 7A116.b., 7B001, 7B002, 7B003, 7B102, 7B103에 명시된 장비의 사용을 위하여 전용설계 혹은 개조된 소프트웨어
	102	통합 소프트웨어 a. 7A103.b에 명시된 장비용 통합 소프트웨어 b. 7A003, 7A103.a에 명시된 장비용으로 전용 설계된 통합 소프트웨어 c. 7A103.c에 명시된 장비용으로 전용설계 혹은 개조된 통합 소프트웨어 주. 일반적인 통합 소프트웨어는 칼만(Kalman) 필터링을 사용한다.
	103	유도장치의 모델링, 모의시험(시뮬레이션)을 위하여, 또는 우주발사

		체 및 관측로켓과의 설계통합을 위하여 전용 설계된 소프트웨어 주. 7D103의 소프트웨어는 4A102의 전용 설계된 하드웨어가 내장 되면, 수출이 통제된다.
	104	7A117에 명시된 유도 장치의 운영 및 보수를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어 주. 7D104에는 7A117에 명시된 정확도를 달성하거나 초과하도록 유도 장치의 성능을 향상시키기 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어를 포함한다.
7E (기술)	101	7A001~7A006, 7A101~7A106, 7A115~7A117, 7B001, 7B002, 7B003, 7B102, 7B103, 7D101~7D103에서 명시된 장비의 사용 에 관한 기술
	102	외부 전자기 충격(Electromagnetic Pulse, EMP)과 전자기 간섭 (Electro Magnetic Interference, EMI)의 위험으로부터 항공전자 장비 및 전기장치를 보호하기 위한 기술 a. 차폐 시스템 설계 기술 b. 강화된 전자회로 및 서브시스템의 형상용 설계 기술 c. 7E102.a~b의 강화된 상한선을 결정하기 위한 설계 기술
	104	비행제어, 유도 및 추진 데이터를 비행관리체계에 통합하기 위한 기 술로서 로켓 시스템의 비행궤도를 최적화하기 위한 것

• Category II에서 해양(8A~8E(100~199))는 해당사항 없다. 하지만, 타 통제번호 및 카테고리 내에 접하는 사항이 있다면, MTCR 통제를 받는다.

〈 참고 〉

- 해양부문이 MTCR 내 해당사항이 없더라도, 다른 통제번호 및 카테고리 내 접하는 사항이 있다면, 이 역시 MTCR에 의해 통제를 받는다. 이와 동시에 사전 제시한 수출입 통제에 있어, 다른 협약들이 많이 있는 점을 고려해야 한다. 또한, 2022년 대한무역투자진흥공사에서 발행한 ‘미국 수출통제 제도 심층 분석 및 시사점’에서 미국의 수출통제 개혁법(ExportControl ReformAct, ECRA)에서 제시된 내용을 보면, ‘해외 해양 핵 프로젝트’라는 키워드가 제시된다. 또한 상업통제 리스트(CCL) 내에 10개 카테고리 중 ‘해양’이라는 내용이 포함된다. 즉, MTCR 내 미포함되어 있을지라도 국제 협약 및 동맹국, 수출대상국의 통제기준을 참고해야 한다.

- Category II에서 항공우주 및 추진(9A~9E(100~199))는 아래 통제번호를 포함 및 통제기준의 이행기준을 따른다.

〈표 48〉 9A~9E의 통제기준

통제번호	통제기준
<p style="text-align: center;">9A (시스템, 장비 및 구성품)</p>	<p>터보제트 및 터보팬 엔진 (9A001에 명시된 것과 다른 것)</p> <p>a. 다음의 특징을 모두 갖는 엔진</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 최대 추력이 400N 이상인 것(최대 추력이 8.89 kN 이상인 민수용으로 인증된 엔진은 제외한다) 2. 비 연료소비량이 0.15kgN-1h-1 이하인 엔진 3. 건조중량 750kg 미만 4. 1단 로터 직경 1m 미만 <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 9A101.a.1에서 최대추력은 국제민간항공기구(ICAO) 표준대기를 사용한 해수면 정적 상태에서 설치되지 않은 엔진 타입에 대해 제조자가 증명한 최대값을 말한다. 설치되지 않은 민수용으로 인증된 추력값이 제조자가 증명한 최대추력값 이하일 것이다. 2. 비 연료소비량은 국제민간항공기구 표준대기를 사용한 해수면 정적 상태에서 설치되지 않은 엔진의 연속적인 최대 추력으로 결정된다. 3. 건조중량은 유체(오일, 유압유, 연료 등)가 없고 기관실(하우징)을 포함하지 않는 상태의 엔진 중량이다. 4. 1단 로터 직경은 팬 또는 컴프레서의 블레이드 전단면(leading edge)의 끝단에서 측정된 엔진의 1단 회전체의 직경이다. <p>b. 추력, 건조중량, 비 연료소비율, 1단 로터 직경과 관계없이 미사일, 9A012 혹은 9A112.a에 명시된 무인항공기에서의 사용을 위하여 설계 또는 개조된 엔진</p>
<p style="text-align: center;">102</p>	<p>무인항공기를 위하여 전용 설계된 터보프롭 엔진시스템 및 구성품 - 9A012 또는 9A112.a에 명시된 무인항공기를 위하여 전용 설계된 최대동력 10kw 이상의 것</p> <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 9A102에서 터보프롭엔진시스템은 다음을 모두 포함한다: <ol style="list-style-type: none"> a. 터보샤프트엔진 b. 동력을 프로펠러로 전달하는 동력전달시스템 2. 9A102에서 최대동력은 국제민간항공기구 표준 대기를 사용한 해

		수면 정적 상태에서 장착 전, 무부하시 상태에서 측정된다.
	104	관측로켓 - 사거리가 최소 300km인 것 주. 9A004 참조
	105	액체추진제 로켓엔진 혹은 젤 추진제 로켓모터 주. 9A119 참조 a. 총 충격용량(Total Impulse capacity)이 1.1 MNs 이상인 액체 추진제 또는 젤 추진제 추진시스템에 통합되거나, 통합되기 위해 설계 혹은 개조된 액체추진제 로켓엔진 혹은 젤 추진제 로켓모터로서 9A005에 명시된 것을 제외한 것 b. 사거리 300km 이상이며, 총 충격용량이 0.841 MNs 이상이고 1.1 MNs 미만인 액체 추진제 또는 젤 추진제 추진시스템에 통합되거나, 통합되기 위하여 설계 혹은 개조된 완성로켓시스템 또는 무인항공기에 사용될 수 있는 액체추진제 로켓엔진 혹은 젤 추진제 로켓모터로서 9A005과 9A105.a에 명시된 것을 제외한 것
	106	액체로켓 추진시스템 혹은 젤 추진제 로켓시스템을 위하여 전용 설계된 시스템 및 구성품(9A006에 명시된 것을 제외) a. 삭제 b. 삭제 c. 미사일에 사용 가능한 추력벡터제어(TVC) 서브시스템 기술해설 9A106.c 에 명시된 추력벡터제어를 위한 방법의 예 1. 가변노즐 2. 유동 또는 2차 가스분사 3. 이동식 엔진 또는 노즐 4. 연소 배출가스 유동의 편향(제트 베인 혹은 프로브) 5. 추력탭 d. 미사일에 사용 가능한 액체, 슬러리(Slurry) 혹은 젤 추진제(산화제 포함) 제어시스템과 이를 활용한 전용 구성품으로서, 주파수 범위 20 Hz ~ 2 kHz 에서 10g rms를 초과하는 진동환경에서 작동하도록 설계 혹은 개조된 것 주. 9A106.d 명시된 서보밸브, 펌프, 가스터빈은 다음의 것에 한한다. 1. 절대압력 7 MPa 이상에서 분당 24리터 이상의 유동율을 갖고 구동기의 응답시간이 100ms 이내의 성능을 가진 서보밸브

		<p>2. 최대동작모드에서 축 회전속도(Shaft Speed)가 8,000rpm 이상이거나, 분사압력이 7 MPa 이상의 성능을 가진 펌프</p> <p>3. 액체추진제 터보펌프에 대하여 최대동작모드에서 축 회전속도(Shaft Speed)가 8000rpm 이상의 성능을 가진 가스터빈</p> <p>e. 9A005, 9A105에서 명시된 액체추진제 로켓엔진 또는 젤 추진제 로켓모터를 위한 연소실과 노즐</p>
	107	<p>완성 로켓시스템 혹은 무인항공기에 사용할 수 있는 고체추진제 로켓모터(9A007에 명시된 것을 제외)</p> <p>- 완성 로켓시스템 혹은 무인항공기에 사용할 수 있으며, 사거리 300km, 총 충격용량이 0.841 MNs 이상인 것</p> <p>주. 9A119 참조</p>
	108	<p>고체로켓 추진시스템, 하이브리드 로켓 추진시스템을 위하여 전용 설계된 구성품(9A008에 명시된 것을 제외)</p> <p>a. 9A007, 9A009, 9A107, 9A109.a에 명시된 서브시스템에서 사용 가능한 로켓 모터 케이스 및 단열재 구성품</p> <p>b. 9A007, 9A009, 9A107, 9A109.a에 명시된 서브시스템에서 사용 가능한 로켓 노즐</p> <p>c. 미사일에 사용 가능한 추력벡터제어(TVC) 서브시스템</p> <p>기술해설</p> <p>9A108.c에 명시된 추력벡터제어를 위한 방법의 예</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 가변 노즐 2. 유동 또는 2차 가스분사 3. 이동식 엔진 또는 노즐 4. 연소 배출가스 유동의 편향(제트 베인 또는 프로브) 5. 추력탭
	109	<p>하이브리드 로켓 모터 및 전용 설계된 구성품</p> <p>a. 완성 로켓시스템 또는 300km 사정거리의 무인항공기에 사용 가능한 총 충격용량이 0.841MNs 이상인 하이브리드 로켓 모터 및 이를 위하여 전용 설계된 구성품(9A009에 명시된 것 제외)</p> <p>b. 9A009에 명시된 미사일에 하이브리드 로켓 모터를 위하여 전용 설계된 구성품</p> <p>주. 9A009, 9A119 참조</p> <p>기술해설</p> <p>9A109.b에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성 로켓시스</p>

		<p>템 및 무인항공기 시스템을 말한다.</p>
110	<p>미사일, 서브시스템의 사용을 위하여 전용 설계된 복합재료구조물, 적층구조물 및 그 제품(9A010에 명시된 것을 제외) - 9A005, 9A007, 9A105, 9A106.c., 9A107, 9A108.c., 9A116, 9A119에 명시된 미사일 혹은 서브시스템의 사용을 위하여 전용 설계된 것 기술해설 9A110에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성로켓시스템과 무인 항공기 시스템을 말한다. 주. 1A002 참조</p>	
111	<p>미사일, 무인항공기에 사용될 수 있는 펄스제트, 데토네이션 엔진 및 이를 활용한 전용 설계 구성품 - 미사일이나 9A012, 9A112.a에 명시된 무인항공기에 사용될 수 있는 것 주. 9A011 및 9A118 참조 기술해설 9A111에서 데토네이션 엔진은 연소실 내 유효압력을 상승시키는데 폭발(데토네이션)을 이용한다. 데토네이션 엔진의 예로는 펄스 데토네이션 엔진, 회전 데토네이션 엔진 또는 연속파 데토네이션 엔진을 포함한다.</p>	
112	<p>무인항공기(UAVs) (9A012에 명시되지 않은 것) a. 사거리 300km 이상인, 무인항공기(UAVs) b. 다음의 모든 특성을 갖는, 무인항공기(UAVs) 1. 다음 중 하나의 특성을 갖는 것 a. 자율적인 비행제어와 항법 능력이 있는 것 b. 조종사의 직접적 시야 밖에서 제어 비행이 가능한 것 2. 다음 중 하나의 특성을 갖는 것 a. 20리터를 초과하는 용량의 에어로졸 살포시스템 및 메커니즘을 결합한 것 b. 20리터를 초과하는 용량의 에어로졸 살포시스템 및 메커니즘을 결합하기 위하여 설계되거나 개조된 것 기술해설 1. 에어로졸은 연료성분, 부가물질, 첨가제 이외에 탑재중량의 일부분으로서 대기 중에 살포하기 위한 미립자 또는 액체로 구성된다. 에어로졸의 예는 농작물 살포용(Crop Dusting)</p>	

		<p>살충제, 구름 모립 살포용(Cloud Seeding) 드라이 화학물질을 포함한다.</p> <p>2. 에어로졸 살포시스템 및 메커니즘은 에어로졸을 대기 살포와 저장에 필요한 모든 장치(유압식, 기계식, 전기식 등)를 포함한다. 이것은 연소 배기가스와 프로펠러 후류에 에어로졸을 분사하는 가능성도 포함한다.</p>
	115	<p>발사지원장비</p> <p>a. 취급, 제어, 작동 또는 발사용 기계장치로서 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓 혹은 미사일을 위하여 설계 또는 개조된 것</p> <p>주. 9A115.a에서 명시된 기계장치는 유인항공기 혹은 무인항공기에 설치된 것을 포함한다.</p> <p>기술해설</p> <p>9A115.a에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓 시스템과 무인항공기 시스템을 말한다.</p> <p>b. 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓 또는 미사일을 위하여 설계되거나 개조된 작동, 수송, 취급, 제어 또는 발사용 운반체</p>
	116	<p>미사일에 사용가능한 재진입 비행체 및 이를 위하여 설계 또는 개조된 장비</p> <p>a. 재진입 비행체(Reentry Vehicles)</p> <p>b. 세라믹 혹은 용제 소재로 만들어진 열 차폐 및 구성품</p> <p>c. 경량이고 높은 열용량 소재로 만들어진 열 싱크(Heat Sink) 및 구성품</p> <p>d. 대기권 재진입 비행체를 위하여 전용 설계된 전자장비</p>
	117	<p>미사일에 사용가능한 단(Stage)간의 결합, 분리 및 연결 메커니즘(9A121 참조)</p> <p>- 9A117에 명시된 단간의 결합, 분리 메커니즘은 다음의 구성품을 포함한다.</p> <p>a. 발화 볼트, 너트, 걸쇠</p> <p>b. 볼 잠금장치</p> <p>c. 원형 절단 장치</p> <p>d. 유연 선형 성형작약(FLSC)</p>

	118	<p>미사일이나 무인항공기에 사용가능한 엔진에 쓰이는 연소조절장치</p> <p>- 미사일, 9A012, 9A112.a.에 명시된 무인항공기에 사용가능한 9A011, 9A111에 명시된 엔진에 쓰이는 것</p>
	119	<p>완성로켓시스템 또는 무인항공기에 사용 가능한 각각의 로켓 단(stage) (9A005, 9A007, 9A009, 9A105, 9A107, 9A109에 명시된 것 제외)</p> <p>- 사거리가 300km인 완성로켓시스템 혹은 무인항공기에 사용 가능한 것</p>
	120	<p>로켓시스템에 사용되는 추진제, 기타 액체 혹은 젤 추진제를 위하여 전용 설계된 액체 혹은 젤 추진제 탱크(9A006에 명시된 것 제외)</p> <p>- 탑재중량 500Kg 이상을 사거리 300Km 이상 운반할 수 있는 로켓시스템에 사용되는, 1C111에 명시된 추진제 혹은 기타 액체 혹은 젤 추진제를 위하여 전용 설계된 것</p>
	121	<p>미사일, 우주발사체, 관측로켓을 위하여 전용 설계된 엄빌리컬(Umbilical) 및 단간 전기 연결단자</p> <p>- 미사일, 9A004의 우주발사체, 9A104의 관측로켓을 위하여 전용 설계된 것</p> <p>기술해설 9A121에 언급된 단간 전기 연결단자는 미사일, 우주발사체, 관측로켓과 그들의 탑재체 사이에 설치된 전기 연결단자를 포함한다.</p>
9B (시험, 검사 및 생산 장비)	105	<p>미사일과 그 서브시스템에 사용될 수 있는 공기역학 시험설비</p> <p>- 마하 0.9 이상의 속도를 낼 수 있는 것(9B005 참조)</p> <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 9B105에서 공기역학 시험설비는 물체 외부 유동을 연구하기 위한 풍동, shock tunnel을 포함한다. 9B105의 주에서 시험단면 크기는 최대 시험면적 위치에서의 원의 지름, 타원의 장축, 정사각형의 한 변, 직사각형의 긴 변을 의미한다. 시험면적은 흐름 방향에 수직인 면을 말한다. 9B105에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓시스템, 무인항공기 시스템을 말한다.

	106	<p>환경시험 챔버(chamber)와 무반향실</p> <p>a. 다음의 특성을 모두 갖는 환경시험 챔버</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다음 중 하나의 비행조건을 모사할 수 있는 것 <ol style="list-style-type: none"> a. 15 km 이상의 고도 b. 최소 223 K (-50 °C) 미만, 최대 398 K (+125 °C) 초과 온도범위 2. 평면테이블에서 측정시, 시험대상에 5kN 이상의 힘을 가하는 동안 20Hz~2kHz 의 주파수 범위 내에서 10g rms 이상의 진동환경을 구현하기 위해 가진기 또는 기타 진동시험장비를 포함하거나 포함하기 위하여 설계되거나 개조된 것 <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 9B106.a.2는 단일 파동(사인파)의 진동환경이 생성 가능한 시스템과 광대역 랜덤 진동(즉, 파워 스펙트럼)을 생성하는 능력을 가진 시스템을 기술한다. 2. 9B106.a.2의 설계되거나 개조된 것의 의미는 2B116에 명시된 가진기(shaker unit)나 기타 진동시험장비를 포함하기 위하여 적합한 인터페이스(밀봉장치)를 제공하는 환경 챔버를 의미한다. 3. 9B106.a.2의 평면테이블은 부착물 혹은 내부 부속품이 없는 평면테이블 또는 표면을 의미한다. 또는 내부 부속품이 없는 평면테이블, 표면을 의미한다. <p>b. 다음의 모든 비행조건을 모사할 수 있는 환경시험 챔버</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 전체적인 출력음압이 140 dB (20 μPa 기준) 이상이거나, 4kW 이상의 정격 출력을 낼 수 있는 음향환경 2. 다음 중 하나의 것 <ol style="list-style-type: none"> a. 15 km 이상의 고도 b. 최소 223 K (-50 °C) 미만, 최대 398 K (+125 °C) 초과 온도범위
	107	<p>미사일, 미사일 로켓 추진시스템, 재진입비행체, 공기열역학 시험 설비 그리고 장비로 설계되는 것</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 전력공급이 5MW 이상 b. 가스공급 전체압력이 3MPa 이상 <p>기술해설</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 공기열역학 시험 설비는 대상물체에 미치는 공기흐름의 열적 그리고 기계적 영향의 연구를 위한 플라즈마 아크 켈 설비와 플라즈마 풍동을 포함한다. 2. 9B107에서 미사일 사거리 300km를 초과하는 완성 로켓시스템, 무인항공기 시스템을 말한다.

	115	9A005~9A009, 9A011, 9A101, 9A105~9A109, 9A111, 9A116~9A120에서 명시된 시스템, 서브시스템 및 구성품을 위하여 전용 설계된 생산 장비
	116	9A004에서 명시된 우주발사체 혹은 9A005~9A009, 9A011, 9A101, 9A102, 9A104~9A109, 9A111, 9A116~9A120에서 명시된 시스템, 서브시스템, 구성품 혹은 미사일을 위하여 전용 설계된 생산 설비 기술해설 9B116에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓시스템과 무인항공기 시스템을 말한다.
	117	고체, 액체 추진제 로켓, 로켓 모터를 위한 추진기관 시험대 a. 68 kN 이상의 추력을 운용할 수 있는 것 b. 3축 방향의 추력을 동시에 측정할 수 있는 구성품
9C (소재)	108	미사일에 사용 가능하거나 고체 추진 로켓 엔진을 위하여 전용 설계된 단열재와 내부 라이닝(9A008에 명시된 것 제외) - 미사일에 사용 가능하거나 9A007 또는 9A107에 명시된 고체 추진 로켓 엔진을 위하여 전용 설계된 것
	110	복합재료구조물, 적층구조물 및 그 제품을 위한 레진 포화 화이버 프리프레그 및 금속도금 화이버 프리폼 - 비인장강도 7.62 × 104 m 초과, 비탄성률 3.18 × 106 m를 초과하는 필라멘트 보강기법을 이용한 유기모재 또는 금속모재로 만들어진 것 주 1. 1C010과 1C210을 참조 주 2. 9C110의 레진포화 화이버 프리프레그는 처리 후 ASTM D4065로 측정 시 유리전이온도(Tg)가 418 K (145 °C) 를 초과하는 레진을 사용한 것에 한한다.
9D (소프트웨어)	101	9B105, 9B106, 9B116이나 9B117에 명시된 제품의 사용을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
	103	9A004에 명시된 우주발사체나 9A104에 명시된 관측로켓 또는 9A005, 9A007, 9A105, 9A106.c., 9A107, 9A108.c., 9A116, 9A

		119에 명시된 시뮬레이션 및 설계통합, 서브시스템의 모델링을 위하여 전용 설계된 소프트웨어
	104.a	9A001, 9A005, 9A006.d, 9A006.g, 9A007.a, 9A009.a, 9A010.d, 9A011, 9A101, 9A102, 9A105, 9A106.d, 9A107, 9A109, 9A111, 9A115.a, 9A117, 9A118에 명시된 물품의 사용을 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
	104.b	9A008.d, 9A106.c, 9A108.c, 9A116.d에 명시된 서브시스템, 장비의 운영 및 보수를 위하여 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어
	105	9A004에 명시된 우주발사체, 9A104의 관측로켓 혹은 미사일의 하나 이상의 서브시스템 기능을 조정하기 위하여. 전용 설계되거나 개조된 소프트웨어(9D004.e에 명시된 것 제외) 주. 9D105에는 다음과 같이 무인기로 작동하도록 변환된 유인기를 위하여 전용 설계된 소프트웨어를 포함한다. a. 항공기 시스템 기능에 변환장비를 통합하도록 전용 설계 혹은 개조된 소프트웨어 b. 항공기를 무인기로 운용하도록 전용 설계 혹은 개조된 소프트웨어 기술해설 9D105에서 미사일 사거리 300 km를 초과하는 완성 로켓시스템, 무인항공기 시스템을 말한다.
9E (기술)	101.a	9A101, 9A102, 9A104~9A111, 9A112.a., 9A115~9A121에 명시된 물품의 개발을 위한 기술
	101.b	9A012에 명시된 무인항공기 또는 9A101, 9A102, 9A104 ~ 9A111, 9A112.a., 9A115~9A121에 명시된 물품의 생산을 위한 기술 기술해설 9E101.b에서 무인항공기는 사거리 300km를 초과하는 무인항공기 시스템을 말한다.
	102	9A004에 명시된 우주발사체, 9A005~9A011에 명시된 물품, 9A012, 9A112.a.에 명시된 무인항공기 또는 9A101, 9A102, 9A104~9A111, 9A115~9A121, 9B105, 9B106, 9B115, 9B116, 9B117, 9D101, 9D103에 명시된 물품의 사용을 위한 기술 기술해설 9E102에서 무인항공기는 사거리 300km를 초과하는 무인항공기 시스템을 말한다.

〈 Summary 〉

- Category II는 대량살상무기의 운반체계 생산, 설계에 도움이 될 수 있는 미사일 관련 이중용도(Dual-use) 품목 및 기술과 사정거리 300km 이상 500kg 미만의 미사일시스템 완성품으로, 2019년 10월을 기준으로 총 20개의 Item으로 구성되어 있다. 예를 들어 Item 3은 추진체 및 부품장비(Propulsion Components and Equipment), Item 4는 추진체 및 추진체용 화학구성제(Propellants, Chemicals and Propellant Production), Item 9는 비행계기 항법장치 방향탐지장비(Instrumentation, Navigation and Direction Dinding), Item 10은 비행제어장비(Flight Control), Item 11은 항공전자장비(avionics) 등으로 구성되어 있다.

2. MTCR가이드라인과 우리나라 우주개발의 연관성 검토

가. MTCR 가이드라인과 우리나라의 우주개발

2020년 7월 28일 한미 미사일 지침이 개정되면서 고체연료 사용이 가능해졌다. 정부와 민간이 고체연료, 액체연료, 하이브리드 형태의 연료를 개발할 수 있게 된 것이다. 또 한국산 우주발사체 위성을 제작하여 발사할 수 있게 되었다.²⁸⁾ 한미 미사일지침은 1979년 미사일 사거리를 180km까지만 개발하고 탄두 중량은 500kg까지만 개발하는 내용에 합의하면서 시작되었다. 이후 한미 미사일지침은 2001년 제1차 개정, 2012년 제2차 개정, 2017년 제3차 개정, 2020년 제4차 개정을 하고 2021년 해제되었다.²⁹⁾ 북한의 미사일 개발이 가속화되는 데 한국의 군사용 미사일은 한미 미사일지침에 따라 800km에 묶여 있었던 것에서 마침내 풀려나게 되었다. 1979년 한국과 미국은 미사일을 사거리 180km까지만 개발하고 탄두중량은 500kg까지만 개발하는 내용의 한미 미사일지침에 최초로 합의하였다. 이 지침은 2001년 제1차로 개정을 하여 사거리가 300km까지 늘어났고 2012년 제2차로 개정하여 사거리는 800km가 되었다. 2017년 제3차 개정에서 사거리는 그대로 유지하되 미사일의 탄두 중량에 대하여 제한을 해제한다는 내용의 개정에 합의하였다. 2020년 제4차 개정에서 우주발사체에 대하여 기존의 제한을 없애고 고체연료를 사용하여 개발하는 것이 허용되었다.³⁰⁾ 2021년 5월에는 이러한 제한이 모두 사라지게 되었다. MTCR은 미사일 사거리 300km와 탄두 중량 500kg을

28) 양혜원, 유근환, 한미 미사일 지침 해제 과정 분석과 함의, 사회융합연구, 2022.

29) <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148899551>

30) https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_3528/contents.do

초과할 경우에 핵무기를 탑재하게 되면 위협적이기 때문에 이를 방지하는 것을 목표로 설립되었다. 1992년 7월 핵무기뿐만 아니라 화학무기와 생물학 무기의 경우도 규제의 대상으로 포함하였다. 또 미사일 관련부품과 미사일을 만드는 기술까지도 규제 대상으로 넣게 된다. 한국은 2001년에 MTCR에 가입하였으며 2004년 서울에서 MTCR 회의가 개최되기도 하였다. 한국이 1978년 9월 26일 백곰 미사일 발사에 성공한 이후에 미국은 한국에 대하여 규제를 강화하는 모습을 보인다. 1987년 한국은 현무 유도탄을 생산하는데 핵심 부품과 일부 원료의 경우에 미국 정부가 수출 승인을 해주어야 도입할 수 있었다. 미국은 MTCR을 적용하여 현무 유도탄 생산에 사용되는 부품 수출을 지연시켰고 미사일 확산을 방지한다는 이유로 1989년 말 수출을 거부하였다. 한국은 1979년 이후 두 번째로 미사일 양해각서를 1990년 10월에 체결하였으며, 이 양해각서에서 미국이 요구하였던 현무 미사일 관련 사찰을 동의하게 된다. 이후 한미 미사일 지침은 2001년 제1차 개정과 이후 몇 차례 개정을 했으며, 2021년 미사일 지침이 해제되었다. 미국은 한국이 일반 미사일을 개발한 것이 아닌 탄도미사일을 개발하였기 때문에 한미 미사일지침을 통하여 사거리 제한을 두게 된다. 탄도미사일은 탄두, 비행체(기체), 추진기관, 유도와 조종 장치로 구성되며 핵무기 등의 대량살상무기(Weapons of Mass Destruction, WMD)를 탑재하여 발사할 수 있기 때문에 위협적인 무기이다. 탄도미사일은 항공기보다 더 간단한 발사설비를 갖추어도 되며 대규모의 비행장 또는 관제시스템이 없어도 된다. 또한 무인으로 발사되는 비행체로 인명피해가 없고, 비용이 다른 무기에 비하여 경제적인 운용이 가능하다. 탄도미사일의 경우에는 고정식 그리고 이동식 발사대에서 발사할 수 있고 은폐나 위장을 통하여 발사를 들켜지 않을 수 있고 전자전에 강한 데 관성유도가 전파방해를 받지 않고 발사되며 고속비행을 하고 레이더 반사 면적(Radar Cross Section, RCS)이 작기 때문에 타격능력이 우수한 무기에 속한다.

〈 Summary 〉

- 2021년 국방부 장관은 "국가적 차원의 우주산업 발전을 통해 새로운 국부를 창출할 수 있도록 민간 연구기관과도 긴밀하게 협력해 나갈 것"이라며 "국내 기술로 개발된 우주 부품을 국방에서 우선 사용해 내수 수요를 창출하고, 군이 개발한 군사위성을 민간기업이 우주로 발사하는 선순환을 이뤄 국가 우주산업 역량을 강화할 것"이라고 말했다. 즉, 미사일 탄도 중량과 사거리 제한이 해소된 상황에서 정책적 추진 방향이 일치하는 부분을 고려했을 때, 방위산업 측면에서 가시적 효과가 있을 것이며, 우주산업 분야의 기술

이전을 통해 장기적 산업파급 효과를 기대할 수 있다.

- 1. 미사일기술통제체제의 개요에서 나. 부속서 카테고리 1 및 2의 주요내용에서 언급한 내용을 보면, Category I과 Category II는 ‘능력’과 ‘의도’에 의해 통제를 받는다. 이와 같은 통제 내에서 우리나라의 우주개발은 내수 시장 뿐만 아니라, 해외 진출을 해야 한다. 즉, ① 명시된 최종 사용목적 이외의 목적으로 사용하지 않아야 하며, 허가 없이는 제 3자에게 해당 품목(파생품, 복제품 포함)을 재수출하지 않는다는 점에 대한 수입국의 적절한 보증이 있고, ② 명시된 최종 목적으로만 사용되도록 필요한 모든 조치를 취하는 경우에만 예외적으로 허용된다. 라는 전제 조건 이행과 더불어, MTCR은 각국의 우주 개발사업 및 관련 사업에 있어 국제협력을 저해 하고자 하는 것은 아님을 명시하고 있는 부분을 고려하여 해외 수출까지 확장해 나가야 할 것이다.
- MTCR 총회는 해마다 진행되고 있으며, ‘전략물자수출입고시’를 통해 국내 수출입 통제를 최신화하고 있다. 관련 자료는 전략물자관리원의 전략물자 인포허브 및 전략기술 인덱스에 탑재되어 있다. 이때, 우리는 미사일기술통제체제 뿐만 아니라, 바세나르체제, 핵공급그룹, 오스트레일리아그룹, 화학무기의 개발·생산·비축·사용 금지 및 폐기에 관한 협약, 세균무기(생물무기)와 독소무기의 개발·생산·비축 금지, 폐기에 관한 협약까지 엄두하여 우주개발을 해야 한다.

나. 국내 민간 우주기업 제도개선 요구사항³¹⁾

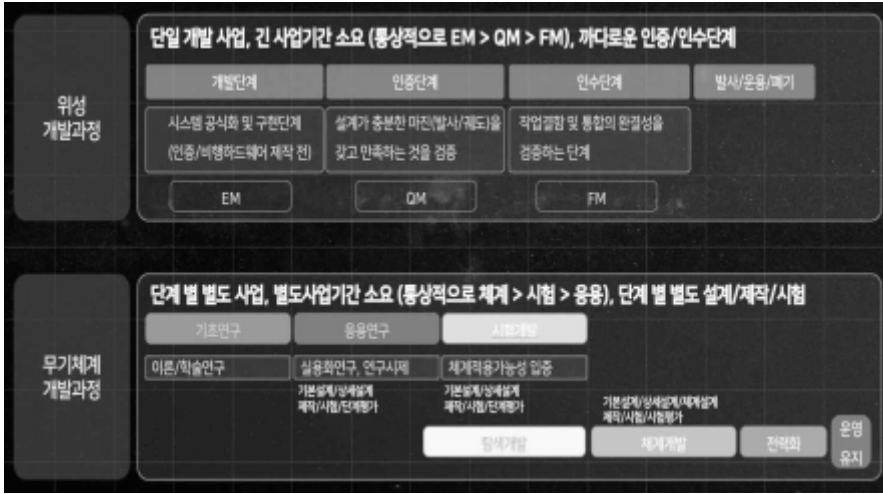
국회예산정책처에서 2022년 ‘주요국의 우주개발 관련 민간참여 현황조사’를 진행하여, 민간 우주기업에 대한 제도개선 요구사항을 접수했다. 당시 내용에 핵심은 두 가지로 구분할 수 있는데, 첫 번째는 ‘우주산업 육성전략에 의한 산업 자생력 조성’, 두 번째는 ‘국방 R&D와 국가 R&D 간 제도의 절차상 상이 문제 해소’로 정리할 수 있고, 내용은 다음과 같다.

우주산업 육성전략에 의한 산업 자생력 조성이 필요하다. 즉, 우주를 통한 공공 수요 확대와 인프라 확충을 위해 ① 위성·발사체 개발과 공공 R&D 협력 강화, ② 우주산업 클러스트 구축과 기반시설을 민간기업에게 개방을 확대할 필요가 있다. 또한, 스타트업 기업의 참여와 도전 할 수 있는 기회를 제공하는 제도개선이 필요하며, 구체적으로는 ① 새로운 계약방식 도입과 기술료 및 지체상금 완화 그리고 국내기술 우선 사용 제도, ② 역매칭 대응 투자방식 도입, 초소형 비즈니스 실증이 있다. 또한, 기술료 완화로 한

31) 김종범, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사, 국회예산정책처, 2022.

국항공우주연구원은 경상기술료 요율 상한선을 5%에서 2%로 감면하는 점을 기술이전 가이드라인을 변경 적용을 고려해 볼 필요가 있다. 지체상금 완화 부분 역시 우주개발 진흥법 개정을 통해 방위산업 수준인 계약금의 10/100로 완화할 필요가 있을 것으로 보인다. 현재 우주개발사업은 '국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률'을 적용 받고 있다. 이 기준으로는 계약금액의 30/100 범위 내에서, 지체 1일 당 0.75/1000을 계약 금액에 곱하여 산정된다. 우주개발사업은 방위사업과 이와 같은 문제에서 형평성 문제가 제기되어 왔다. 방위사업청은 방위사업법시행령을 개정하여, 시제품 생산 등의 계약의 경우에는 지체상금 총액을 계약금액의 10/100로 한정한다. 또한, 방위사업청은 국외조달(일반장비) 계약의 경우에는 예규로 지체상금의 누계총액을 계약총액의 10%를 한도로 정하고 있다. 역매칭 투자는 위성, 발사체 등의 개발 단계별에서 기업이 선투자하여 기술을 개발하면, 정부가 이를 대응하여 R&D 비용을 지원하는 방식이다. 인건비 등 비용보전은 우주개발사업에서 '국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정'을 적용 받고 있다. 이에 민간기업이 국가연구개발사업의 참여기업으로 참여하면, 기업은 연구개발 비목에 인건비를 계상할 수 없다. 다만, 공동 관리규정에 의해 중소기업인 경우 사업공고일 기준 6개월 이내 채용 인력에 대한 인건비는 인정한다. 이는 '국가 연구개발사업의 관리 등에 관한 규정'을 적용 받는 정부 연구개발사업에 적용되는 것이며, 국가 안보 목적으로 하는 국방사업과는 차이가 있다. 다만, 우주개발사업의 특수성을 고려하여 2020년 5월 '과학기술정보통신부 소관 처리규정의 비목별 계상기준 인건비'가 개정되면서, '우주개발진흥법 제6조의 2'에 따라 우주개발사업의 연구개발성과를 국가의 소유로 할 경우 동 과제를 수행하는 기업은 소속 연구원으로 해당 연구개발과제에 직접 참여하는 연구원의 인건비로 반영할 수 있도록 했다. 다음은 국방 연구개발과 국가 연구개발간 제도의 절차상 상이한 문제 해소이다. 우주개발을 위해 민수와 군수분야가 통합되는 추세를 고려하여 제도적 개선 대안을 '우주개발진흥법' 등에 삽입하여 제도 개선이 필요하다. 과학기술정보통신부가 수행 중심인 민수 우주개발(한국형발사체, 차세대중형 위성, 다목적실용위성 등)은 국가연구개발혁신법에 기반하고, 방위사업청이 수행하는 군수 우주개발(고체연료우주발사체, 초소위성체계, 425정찰위성)은 방위사업법, 국방과학기술혁신법, 민군기술협력사업촉진법에 의해 사업관리가 되고 있다. 다부처 사업으로 진행될 시, 다부처 공공기획사업 운영지침, 국가연구개발혁신법(국가연구개발사업 등의 보안), 민군 기술협력사업촉진법 등 국가 첨단전략산업경쟁력 강화와 보호에 관한 특별조치법으로 우주기술의 민군 융합화하고 있다. 하지만 국방(무기체계연구개발 형태) 및 민수(국가연구개발사업 형태) 제도적 차이로 민간기업의 참여는 제한사항으로 작용하고 있다.

그림 11 민간·국방 우주분야 설계·제작 측면



(출처: 국회예산정책처, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사)

다. 국내 스타트업을 위한 제언

KDB산업은행에서 '우주산업 현황과 스타트업 지원방안'을 연구했다.³²⁾ 핵심은 Start-up 및 벤처기업 지원을 통해 우주산업 활성화를 위한 민간기업 참여였다. 특히, 우리는 그간 연구 및 실증을 통해 자체 발사체 개발, 인공위성 자체 개발, 운용 등 경쟁국들과 차별되는 우리만의 강점으로 평가될 수 있는 분야가 있다. 이와 같은 역량을 적절히 발휘 할 수 있는 체계 및 분류가 필요하다. 연구발사체 분야와 우주탐사 분야는 민간의 상업화까지 이르기에는 제한되는 부분을 고려하여, 국내 민간기업의 IT 등 4차산업의 강점을 바탕으로 하는 우주산업과 이를 통한 지상 파생 서비스로 확장하는 것이 절적할 것이다. 물론, 이와 같은 방향성은 선행연구 및 관련 기업의 자문 및 인터뷰를 통해 확인되었다. 그리고 우주탐사와 발사체 개발은 장기적 대규모 자금이 소요되는 특성을 고려하여 즉각적인 상업화 추진은 제약이 많을 것이라 예상된다. 이를 위해서는 민간기업을 통한 우주기초 기술 확보에 중점을 두어야 할 것이며, 비교적 소규모 자금으로 진행할 수 있는 분야를 실행함이 타당할 것이다. 그리고 Start-up과 벤처기업의 자생력을 키우기 위해서는 충분한 자금 및 부대 지원방안이 필요하며, 이를 위해서는 관련 정책적 연구 및 법령을 통해 민간기업에 확신을 심어줘야 할 것이다. 현재 우주의 상업화는 초기 단계인 점을 고려하여 글로벌 주도권을 대한민국이 확보하기 위해서는 우리

32) 조시운, 우주산업 현황과 스타트업 지원방안, KDB산업은행, 2019.

만의 강점을 최대한 활용 및 집중 투자전략이 필요하다. 뿐만 아니라 관련 펀드를 조성하여, 우주산업이 육성될 수 있도록 유도한다면, 현재 한국의 글로벌 우주산업 점유율을 끌어 올릴 수 있을 것이다.

우리는 우주산업에 민간기관의 자생력과 새로운 서비스를 위해서는 위성정보 서비스 산업 육성이 필요하다. 이를 위해서는 한국형 위성항법시스템과 연계한 서비스 산업 활성화, 위성영상 정보의 개방성 확대라는 요소가 필요할 것이다. 그리고 이와 같은 요소에는 인재가 필요하다. 즉 우주 전문인력 양성 및 적기 공급할 수 있는 기반이 요구된다. 이를 위해 첫 번째는 인력양성을 위한 기반 구축이고, 두 번째는 신규 및 기존 인력 역량 제고가 필요하다. 이와 같은 내용은 선행연구와 더불어 연구를 진행하면서 많은 산업계 전문가들의 지적 및 요구한 사항이다.

〈 Summary 〉

- 우주산업과 관련한 국내 스타트업과 벤처기업을 육성하기 위하여 개선방안을 지속 연구 및 정책적 지원을 해야 한다. 특히, 한미 미사일 지침 개정에 따른 규제가 해소된 부분을 고려하여, 향후 미래 우주산업을 성장 및 기술 혁신을 이끌 수 있도록 국민의 관심과 정부의 정책에 대하여 개선을 해 나아가야 할 시점이다. 물론, 정부가 해야 할 일과 민간에서 해야 할 일은 구분될 것이다. 즉, 각 기관은 우주산업의 특성을 고려하여 분야를 나눠야 할 것이다. 현재는 우주와 관련된 직접적 상업화는 초기단계이지만, 이를 토대로 파생할 수 있는 서비스분야 및 파장력은 그 어떤 산업군과 비교할 수 있을 만큼 크다는 점을 우리는 간과해서는 안된다.

IV. 국방우주 발전을 위한 정책적 제언

1. 우주개발 트렌드 변화와 발전³³⁾

기존 우주개발은 위성의 확보, 발사체의 개발과 이를 활용한 방안에 중점을 갖고, 정부 및 공공 영역 중심의 우주개발이 추진되었다. 하지만 현재는 앞서 설명한 우주경제(산업) 트렌드 변화를 고려했을 때, 우주탐사, 우주경제, 우주안보 영역으로의 우주개발

33) 과학기술정책연구원, https://now.k2base.re.kr/portal/issue/ovseaIssued/view.do?poliIssueId=ISUE_00000000001034&menuNo=200046&pageIndex=1

은 확장될 것이다.



〈그림 12〉 향후 우주개발 트렌드

미래 우주탐사의 확장을 위해서는 정부의 적극적인 투자와 민간기업의 참여를 통해 대한민국의 새로운 경제적 가치를 창출 및 견인해 나아갈 것이다. 우리가 주목해야 되는 우주탐사 분야는 크게 3가지로 나눌 수 있다.

① 우주호텔, 우주제조시설 등을 위한 상업 목적의 저궤도 위성이 활용되어, 하루 수백에서 수천 명이 지구 저궤도 위성을 활용한 이동(대륙 간 이동 등 포함), 거주, 관광 등으로 이용하는 것이다.

② 달 궤도상에 우주 정거장이 구축 및 완료된다면, 새로운 국제 달 정거장을 거점으로 지구 저궤도로부터 이어진 유인 우주활동을 하는 것이다. 그리고 달 표면에는 세계 각 국가가 연합하여 달 기지를 건설하고, 달에 있는 자원(물, 광물, 수소 등)을 활용하여 다양한 활동 및 실험이 전개하는 것이다.

③ 화성 유인탐사 활동은 먼저 달과 중간 기점으로 하는 지구와 화성간 이동을 정례화하는 교통로를 확보하고, 화성에 기지 건설이 본격적으로 시작할 것이다. 그리고 화성에서 장기적 인류의 거주가 시작되면서 화성 심층 탐구, 화성 자원 채굴 및 활용이 시작될 것이다. 이를 먼저 실행하고 자원에 확보를 위하여 세계 각 국간 우주경쟁은 심화될 것이다. 특히 미국 주도의 Artemis 및 중국의 IRLS 프로그램에 의해 대규모 투자가 이루어진다면, 미·중 이외에 국가들 역시 이와 관련한 달 탐사가 치열해질 것으로 보인다. 우리 역시, 이와 관련된 임무가 정부의 예산 지출을 주도할 가능성이 높다.

탐사 분야는 전통적으로 정부가 주도하는 영역이었지만, 최근 이 부분은 민간 상업

단체와의 파트너십으로 점진적인 전환 추진이 필요하다. 즉, 우주탐사 분야에 선도적 역할을 대한민국이 이끌기 위해서는 총력을 기울일 필요가 있다. 당장에 성과를 얻을 수 있는 계획보다 장기적 계획을 수립하고, 우리가 가장 잘할 수 있는 영역에 집중 투자를 해야 한다. 우주개발에 트렌드는 과거와 현재를 비교했을 때 분명히 변화가 있었다. 그리고 그 변화는 향후에도 반복될 것을 고려하여, 우주개발을 시기별 관리할 수 있는 체계와 더불어, 정부에서는 지속적인 정책적 보완점을 고민 및 발전해 나아가야 한다.

2. 민관 협력을 통한 우주개발

우주 경제는 기존 우주 산업의 확장과 민간 우주기업 중심의 새로운 비즈니스 영역으로 인식 및 IT, 자동차, 조선 등과 같은 산업군과 함께 성장할 것이라 예상된다. 즉, 전 세계의 국가와 민간기업은 우주 경제를 미래 먹거리 산업군으로 바라보면서, 각자 우주산업에서 전문 영역을 구축 및 우주기술 확보에 적극적인 모습을 보이고 있다. 특히, 민간 우주 관광, 우주 인터넷, 우주 정거장 사업, 기타 우주를 활용한 서비스, 우주 쓰레기 제거 등 새로운 산업군으로 진출을 모색하고 있다. 그리고 각 국가는 자국에 힘을 하나로 모아, 국가의 여건을 고려한 목표를 구체적으로 구상하고 있다.

공공 부문과 민간 부문 간의 협력은 우주산업에 특징을 고려한다면, 비용적 측면을 효율적으로 관리할 수 있는 토대로 만들어 줄 것이다. 또한, 이와 같은 협력은 지속 가능한 비즈니스 모델을 달성하기 위한 우주산업 전략의 핵심요소이다. 우리는 공공과 민간기관이 전략적 파트너이자 상용 서비스의 잠재적 미래 고객이라는 점을 우주 정책 분야에 반영이 필요하다. 지난 10년간 우주를 대상으로 하는 민간기업 수는 크게 증가했고, 이러한 상업적 목적의 기업 증가는 정부의 전략적 계획에 상당한 영향을 미치고 있다. 우주탐사를 위한 의제와 범위를 정의할 때, 정부와 민간산업 간에 역할 재분배, 우주 자원 활용, 우주 통신 등 민간 부문의 기업이 공공 탐사 프로그램에서 중요 역할을 수행할 수 있는 여건을 제공해야 한다. 정부 조달에 대한 민간 참여의 불확실성은 기업이 안정적 기업을 운영하는데 걸림돌이 될 것이며, 정부 조달에 의존적인 기업의 경우 정부 투자의 감소가 민간기업 운영을 저해할 수 있기 때문에 이에 대한 대비책이 필요하다. 즉, 우리 대한민국이 우주경제를 선도하기 위해서는 우주 공공 및 우주 일반 산업 분야에 민간기업의 참여를 할 수 있는 정책적 보완점이 필요하며, 기초는 민관협력일 것이다.

3. 우주 안보와 국방혁신

우주의 공간을 국가 안보의 한 축으로 바라본다면, 다음과 같은 이슈가 있을 것이다.

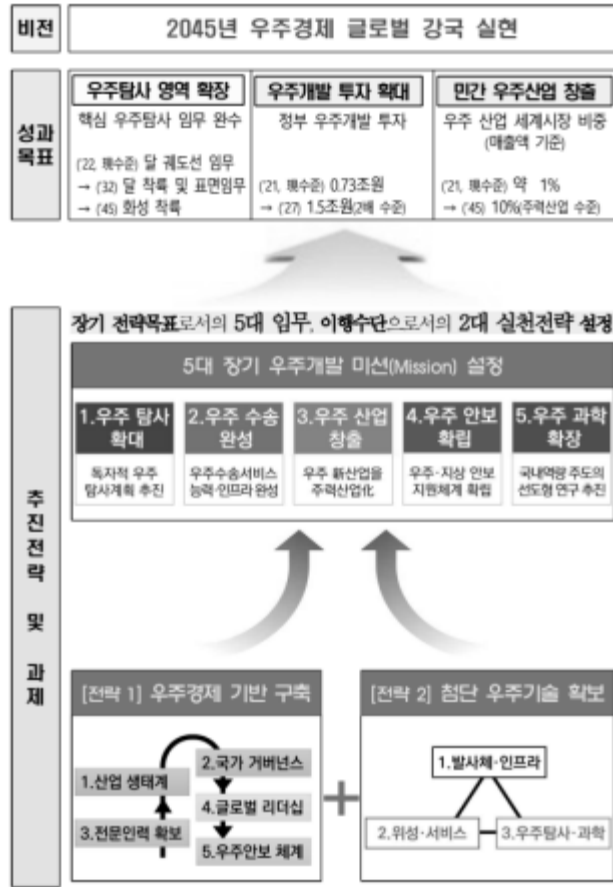
- ① 우주감시 능력 강화
- ② 국가 안전보장 우주시스템 확보
- ③ 우주 교통관리 체계 확립
- ④ 우주 쓰레기 대응 역량 강화

이와 같이 우주공간을 국가 안보 차원에서 반드시 필요하며, 활용 및 대응하기 위하여 매년 정부는 막대한 비용을 우주 국방 분야에 투자하고 있다. 천문학적 비용이 지출되는 이유는 첫 번째, 우주가 점점 세계적 경쟁적인 영역으로 확대되고 있는 점을 고려하여, 우주 상황 인식(Space Situational Awareness System, SSA) 시스템, 적으로부터 도발이 예상되는 미사일의 조기 경보, 국방분야에서 활용되는 무선 주파수 모니터링, 우주 안보를 확보하기 위한 우주선 등에 대한 확보를 위한 기술 개발을 위함이다. 두 번째 이유는 지난 몇 년 동안 궤도 혼잡을 해결하기 위하여, 우주 쓰레기의 능동적 제거(Active Debris Removal, ADR) 시스템을 통해 우주를 보다 안전하고, 지속 활용 가능한 행동영역으로 보장하기 위함이다. 이와 같은 2가지 이유로 전 세계에서는 국방분야에 대한 과감한 투자와 정책개혁 및 발전을 모색, 실행하고 있다. 이는 우주 영역을 안보 영역이라는 인식으로부터 기초할 것이며, 이를 바탕으로 우리는 전쟁개념에서 우주영역이 전장에 한 부분으로 삽입 및 발전시켜야 한다. 물론, 현재 이와 관련된 연구가 지속되고 있지만, 최근 북한이 주장하는 소위 군사정찰위성 발사(2023.11.21.)가 이루어 점을 고려하여, 우리 역시 이를 대응 할 수 있는 더욱 구체화된 우주 안보의 연구와 관련 무기체계 분야에 혁신을 이끌어야 한다. 즉, 우주영역을 안보에 한 축으로 활용 및 대응하기 위한 발전요소를 지속적으로 발견 및 발전이 필요하다.

4. 우주개발진흥 기본계획에 의한 적극적 우주경제 육성

우리 정부는 우주경제 및 산업에 대한 글로벌 트렌드를 고려하여, 2022년 ‘제4차 우주개발진흥 기본계획’을 수립했다. 우주개발진흥 기본계획은 최근의 우주와 관련된 환경변화를 고려하여 기존의 연구개발 중심 계획에서 한층 발전할 수 있는 미래 지향적 ‘우주 산업’, ‘우주 안보’, ‘우주 외교’ 등이 포함된 포괄적 종합 계획이 수립되었다. 아래 그림은 ‘제4차 우주개발진흥 기본계획’의 장기 전략목표로서 비전, 성과 목표, 추진전략 및 과제이다.

〈그림 13〉 '2024년 우주 경제 글로벌 강국을 실현' 비전을 위한 성과 목표, 추진전략 및 과제



(출처: 관계부처 합동, 제4차 우주개발진흥기본계획(안))

특히, 우주 안보 중요성이 대두되면서 이를 대응하는 ‘우주 안보 확립’ 임무를 제시했다. 지상의 안전한 삶과 더불어 우주활동간 필요한 자산 보호 등을 위한 체계를 마련하고, 관련 기술에 역량을 확보한다는 것이다. 그리고 우주환경 내 불확실성을 대비한 태양풍, 우주물체 충돌 및 추락과 같은 우주 특성에 기반한 위험 대비 역량을 강화하고, 국가 안보를 위한 우주시스템 등을 확보 및 확대한다는 내용이 수록되어 있다. 이처럼 ‘제4차 우주개발진흥 기본계획’을 통하여 글로벌 우주 트렌드에 부합하고, 주요 우주 선진국들 함께 우주 분야를 선도할 수 있는 방안이 모색되어 있다. 다만, 이와 같은 계획을 추진하기 위해서는 기존 연구개발 중심의 투자 비용보다 많은 비용이 요구되어, 국민의 지지를 바탕으로 국회의 지지를 이끌어야 한다. 물론, 연구개발 역시 지속 필요한 영역이다. 보다 빠른 우주 상업화와 한국의 기술력 진보를 위한 투자가 미진해진다

면, 우주 선진국의 기술을 도입하여 상업화가 추진될 것이다. 이는 곧 대한민국의 우주 기술 확장에 악영향을 줄 수 있는 요소가 될 것이다. 이와 같은 악영향을 저감시키기 위해서는 장기전략과 단기전략으로 구분하고, 우주산업이 지속 육성될 수 있도록 국가적 투자를 지속해야 한다. 그리고 투자는 꾸준해야 하며, 관련 예산의 선집행을 통해 우주 관련 기업의 자금 유동성과 기업의 지속 운영 가능성 높일 수 있는 방안이 정책적으로 보완되어야 한다.

‘제4차 우주개발진흥 기본계획’을 전반적으로 평가한다면, 긍정적으로 보는게 타당하다 판단된다. 이유는 상업화는 결국 민간 우주기업의 참여를 독려할 수 있는 촉매제 역할을 할 수 있기 때문이다. 하지만, ‘우주 산업’, ‘우주 안보’, ‘우주 외교’는 정부의 투자로만 이룰 수 있는 것이 아니고, 민간기업 육성과 민간기업의 참여로 이룰 수 있는 영역이기 때문이다.

5. 글로벌 우주협력을 기반한 우주개발³⁴⁾

우리의 우주개발은 그동안 국내 ‘재난관리’, ‘기상관측’, ‘해양관측’, ‘안보적 필요성’ 등에 기초한 ‘우주개발 진흥기본계획’에 의해 우주개발을 수행해 왔다. 즉, 국내 필요성을 기반으로 우주개발 및 활동이었기 때문에 국제협력은 크게 중요시되지 않았다. 기존 국외 우주협력 분야는 부품구매, 기술지원, 소규모 연구과제에 머물러 있었던 것이다. 그러나 우리나라는 우주분야에 대한 지속적인 관심과 우주경제에 대한 가능성을 보며, 우주개발 역량이 증가시켰다. 이를 통해 우주활동 범위가 점차 확대되어, 세계 국가간 또는 세계 민간기업간 협력 필요성이 증대되고 있다. 국제협력은 국제 우주정거장, 국제 우주탐사 등 대규모 투자가 요구되는 거대 우주 연구 및 사업에 참여하여 비용을 분담하고, 우주 선진국의 경험을 이전받아, 우주기술 역량을 성장시키는 것이다. 이때 발생할 수 있는 문제점은 대량살상무기 확대를 방지하기 위한 MTCR(미사일기술통제체제)이다. 후발국인 경우 우주 역량을 향상하기 위해 발사체에 대한 기술 확보 및 활용을 하고 싶지만, 이는 미사일기술통제체제를 바탕으로 국제사회의 규제와 수출통제를 따라야 한다. 우주발사체는 민간의 평화적 목적일지라도, 발사체는 본질적으로 탄도 미사일과 특성을 공유하고 있기에 이중용도 품목(일상생활 또는 산업현장에서 사용되기 위해 제조·개발 되었지만 군사용으로 사용할 수 있는 품목)이라고 할 수 있다. 또한 우리는 한국의 경우에는 한미간에 미사일 사거리 지침으로 민간 우주발사체 개발에 대하여, 고체추진제 사용 범위를 제한하고 있었다. 이후 한미 미사일 지침이 개정되면서

34) 황진영, 미국의 우주정책과 한-미 우주협력, 항공우주산업동향, 2018.

정부와 민간이 하이브리드 형태의 연료, 고체연료, 액체연료를 통해 발사체를 개발할 수 있게 된 것이다. 이와 같은 국제적 이해관계에서 우리는 우주경제를 이끌어야 하는 목표와 전략이 구체적으로 구상되어야 있다. 다시 말해, 우리는 우주경제를 선도하기 위해서는 국제적 경쟁과 협력을 함께해야 되는 상황이다. 우리는 대량살상무기 차원에 무기체계를 개발보다, 글로벌 우주경제에 기여할 수 있는 우주협력을 우선한다는 것을 국제사회에 보여줘야 하며, 우주기술 개발에 주안점을 두고, 미래를 선도할 수 있는 대한민국이 되어야 한다. 또한 우리의 우주기술을 위해 미사일기술통제체제에 준수하여 우주기술 이전 및 수출 대상국에 대해서도 협력해야 한다. 물론, 선행 조건인 ① 명시된 최종 사용목적 이외의 목적으로 사용하지 않아야 하며, 허가 없이는 제 3자에게 해당 품목(파생품, 복제품 포함)을 재수출하지 않는다는 점에 대한 수입국의 적절한 보증이 있고, ② 명시된 최종 목적으로만 사용되도록 필요한 모든 조치를 취하는 경우에만 예외적으로 허용된다는 전제조건 이행과 더불어, 우주개발사업 및 관련 사업이 MTCR의 국제협력을 저해하고자 하는 것이 아님을 국제적 이해관계에서 타당성을 보여줘야 한다. 이와 같은 선행조건을 입증할 수 있는, 관련 정책이 발전되어야 한다.

참 고 문 헌

- 1) (주)메가리서치, 2022 우주산업 실태조사, 과학기술정보통신부, 2022.
- 2) Annalisa Piva, Nicola Sasanelli(2017), “Societal and Economic Benefits of a Dedicated National Space Agency for Australia”, P.14.
- 3) Matthew Weinzierl(2018), “Space, the Final Frontier”, Journal of Economic Perspectives, Vol.32 No. 2, Mar 2018, p. 173
- 4) Ruwantissa Ageyratne, Space Security Law, p.15, Springer, 2011
- 5) 고대우, 소련의 우주전략과 미국의 차세대 군사위성, 국방과학기술, 1988.(재구성)
- 6) 과학기술부, 2006 우주개발백서, 2007.
- 7) 과학기술정책연구원, https://now.k2base.re.kr/portal/issue/ovsealssued/view.do?pollIssueId=ISUE_00000000001034&menuNo=200046&pageIndex=1
- 8) 관계부처 합동, 제4차 우주개발진흥 기본계획(안), 정부, 2022.
- 9) 관계부처 합동, 2023년도 우주개발진흥 시행계획, 2023.
- 10) 국가우주정책연구센터, 우주안보 개념의 확장과 국방우주 중요성 증대시대의 우리의 대응 자세, 임종빈, 2022.
- 11) 김종범, 우주경제 이론에 대한 탐색적 연구, 항공우주산업기술동향, 2022.
- 12) 김종범, 주요국의 우주개발관련 민간참여 현황조사, 국회예산정책처, 2022.
- 13) 대한민국 정책브리핑, <https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148899551>
- 14) 백기태, Planet 사례로 본 뉴스페이스 비즈니스 모델과 창업 생태계, 우주정책연구vol.3, 2020.
- 15) 사단법인 한국우주기술진흥협회, <http://www.kasp.or.kr/industry/feature.html>
- 16) 신상우, OECD 우주경제(Space Economy) 보고서의 주요 내용과 시사점, SPREC Insight, 2022.
- 17) 양혜원, 유근환, 한미 미사일 지침 해제 과정 분석과 향의, 사회융합연구, 2022.
- 18) 외교부, https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_3528/contents.do
- 19) 외교부, https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_3989/view.do?seq=307721&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=
- 20) 이소영, 미사일기술통제체제(MTCR)에 의한 무인항공기 수출통제 정책 연구, 국방연구, 2023.
- 21) 임종빈, 우주의 군사적 이용과 향후과제, 우주정책연구vol.3, 2020.
- 22) 전략물자관리시스템, <https://www.yestrade.go.kr/user/main.do?method=main>
- 23) 조시윤, 우주산업 현황과 스타트업 지원방안, KDB산업은행, 2019.

- 24) 한국과학기술기획평가원, 한국천문연구원, 우주활동 확장시대(미래 우리의 역할은), KISTEP 미래예측 브리프, 2021.
- 25) 한국항공우주산업진흥회, 항공우주기술 타산업 활용 및 연계방안 연구, 산업자원부, 2006.
- 26) 황진영, 미국의 우주정책과 한-미 우주협력, 항공우주산업동향, 2018.