무기체계 소요기획단계 제조가능성 분석방법론 연구

김민혁*, 김진우*, 김승우*
*국방기술품질원
e-mail: kmh9304@dtaq.re.kr

A Study on Manufacturability Analysis Methodology In Weapon System Planning Process

Min-Hyuk Kim*, Jin-Woo Kim*, Seung-Woo Kim*
*Defense Agency for Technology and Qquality

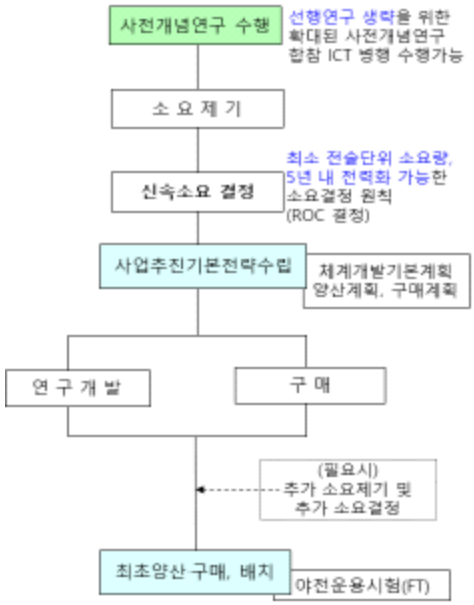
요 약

본 논문에서는 소요기획단계부터 제조위험요소를 조기식별하고 대응방안을 양산계획에 반영하기 위한 제조가능성 분석 업무 체계화 방안을 제안한다. 제조가능성 분석 업무는 신속소요 무기체계에 대한 사전개념연구의 일환으로서, 소요제기 단계에서 제조 관점의 실현성을 판단하기 위하여 신설된 제도이다. 본 연구는 기존의 방법론을 개선한 품질문제 극복성 등 6개 분석항목에 대하여 위험도를 평가하여 제조가능성을 판단함으로써 양산계획 수립을 위한 제조위험을 조기식별하였다. 이는 총수명주기로 확장된 업무에 피드백 루프를 확보하여 환류성을 제고하고, 개발단계 품질보증 업무를 대비하는 의의를 가진다. 본 연구는 '24년 상반기 사전개념연구과제 3개 과제에 적용하여 효과성을 검증하였다.

1. 서론

전력화 기간단축을 위한 국방획득체계 변화로 Fast Track 신속소요 획득제도가 신설되고, 체계개발-양산 통합제도가 활성화되는 가운데 국방기술품질원(이하 기품원)의 역할도 조정·확대되고 있다. 기품원은 신속소요 체계개발·양산 통합 물량에 대한 시제품부터 형상식별서를 활용하여 품질보증을 하도록 요구받고 있다. 이에 소요기획단계부터 제조위험요소를 조기식별하고, 대응방안을 양산계획에 반영하기 위한 제조가능성 분석업무 체계화 방안을 제안한다. 이는 총수명주기로 확장된 업무에 피드백 루프를 확보하여 환류성을 제고하고, 개발단계 품질보증 업무를 대비하는 의의를 가진다.

본 제안은 '24년 상반기 사전개념연구과제(함정용 소형무인기대응체계 등 3개 과제)에 적용하여 효과성을 검증하였으며, 기존 MRL 6 기반 제조가능성 분석 방법론의 정교화 필요성과 충족 여부 판단기준의 모호성을 수정·보완 하기 위해 관련 업무수행 가이드북 개정소요제기로 이어졌다.



[그림 1] 신속소요 무기체계 획득절차도[1]

2. 제조가능성 분석방법론

2.1 제조가능성 분석 배경 및 해결과제

첫째, 전력화 단축을 위한 신속획득제도에 따른 기품원의 업무범위가 변동·조정·확대되고 있다. 국방획득체계는 통합소

요기획 및 Fast Track 신속소요획득 등 새로운 제도가 신설되고 있고, 체계개발과 양산 통합제도 활성화 등으로 소요결정 후 최종 전력화까지의 획득기간을 단축시키는 추세이다. 이에 따른 군수품 품질보증 기관인 기품원의 역할 조정과 업무 범위가 확대가 진행되고 있다. 신속소요사업의 체계개발·양산 통합물량에 대한 시제품부터 품질보증 활동을 수행하도록 기품원의 역할이 확대되었으며, 신속소요사업의 사전개념연구 수행 시 국과연은 기품원의 제조가능성 분석 지원을 받아야 한다는 조항이 관련 규정에 추가·변경되었다[1-3].

둘째, 신속소요 무기체계 획득절차는 전력화 기간 단축으로 인한 양산·운용단계 품질문제 발생 가능성이 증가한다. 시제 제작환경과 양산제조환경의 차이가 있을 경우, 양산·운용단계에서 품질문제 발생 가능성이 증가하고 그에 따라 비용상승, 일정지연, 전력 공백 현상이 야기될 수 있다. 기존 무기체계 획득체계는 개발 종료 시점에서 양산 제조성을 확인하는 제도인 제조성숙도평가(MRA)를 수행한다. 방위사업관리규정 133조 1항에 따라 신속소요 연구개발은 제조성숙도평가(MRA)를 사전개념연구에서 수행한 제조가능성 분석으로 대체 가능하다. 기존의 제조가능성분석 평가방법은 MRL 6의 평가항목 108개 중 17개를 선정하여 수행하였는데, 17개항목을 선정한 기준과 80%이상을 충족하면 제조가능성이 있다는 판단기준의 모호성이 존재한다. 제조성숙도평가(MRA)가 생략됨에 따라 발생할 수 있는 리스크를 줄이고, 기존의 제조가능성 분석 평가 방법론의 한계를 해소하기 위하여 사전개념연구 제조가능성 분석절차 체계화가 필요하다[4-6].

마지막으로, 사전개념연구 제조가능성 분석 절차를 체계적으로 수립·보완하기 위한 세부적 선결과제는 다음과 같다. 제조가능성 정의 명확화, 제조가능성 판단기준 정밀화, 사전개념연구 관련기관 협업방안 구체화이다. 제조가능성 정의가 명확하지 않으면 국방 관련기관 별 제조가능성 분석 업무 프로세스 및 판단기준에 대한 이견이 생길수 있고, 분석결과의 신뢰성도 저하된다. 이에 본 연구에서는 제조가능성의 정의를 명확하게 제시하였다. 예상되는 품질문제를 면밀히 식별하고 양산 제조성을 충분히 점검 가능토록 제조가능성 판단기준을 정밀화 하였다. 기술 및 공정분야를 대분류로 하여 각각 세 개의 세부항목으로 나누어 깊게 분석할 수 있게 검토판단기준을 제시하였다. 제조가능성 분석 특성상 선행정보(목표성능, 기술성숙도 등)가 필요함에 따라 참여기관 간 순차적 입출력요소를 정의하였고, 일정 내 제조가능성 분석이 원활히 수행 가능토록 관련기관 협업방안을 구체화 하였다.

2.2 제조가능성 분석기준 및 절차

제조가능성 분석 수행절차 (Framework)는 그림 2와 같다. 약 2개월 내에 효율적으로 수행 가능한 3단계 프로세스 마련 및 적용하였다.

1단계는 사전조사 단계이다.

- 운용개념 확인(착수회의) 및 요구도 검토(중간검토회의)
- 운용개념이 유사한 동종장비/잠재적 제조원 식별선정 및 품질이력 조사

2단계는 생산능력 확인단계로서, 타당한 사유(생산실적 분명, 방산물자 해당) 충족 시 생략 가능하다 .

- 잠재적 제조원 생산능력 실적(최근 5개년 MRA, 시스템인증, 방산물자 등) 검토
- 현장확인 (필요시) : 형상 / 자재 / 품질 / 인력 / 설비 관리능력 확인

3단계는 필수요소 분석단계로서, 제조가능성 분석 수행기준은 표 1과 같이 2대 분야(핵심기술, 핵심공정) 중심 6개 분석항목을 선정하였다. MRL 6 기반의 17개 항목(기품원 가이드라인)을 핵심기술/ 공정 중심으로 테일러링하였다[4].

- 사업영향성(일정, 비용, 품질)이 중대한 제조위험도 고 1개 이상 존재시 미충족 판단
- 6개 분석항목별 제조위험도 판단을 위한 운영정의서(24개 체크리스트) 활용

[그림 2] 제조가능성 분석 Framework

[표 1] 제조가능성 필수요소 분석항목

분야	분석항목	내 용
기술분야	품질문제 극복성	유사체계 품질문제의 근본적 원인을 제거할 수 있는가?
	기술식별 적절성	주요 기술적 장벽이 적절하게 식별되었는가?
	기술시연 충분성	기술성숙도를 달성한 시연(입증)의 근거가 충분한가?
공정분야	공정분석 적절성	필수공정들이 적절하게 식별 및 분석되었는가?
	공정구축 실행성	공정가동성 확보를 위해 기존 생산라인 조정 및 신규 공정구축 능력을 보유하였는가?
	제조일정 타당성	전력화시기, 소요량, 재설계범위를 고려하여 달성 가능한 제조 일정이 도출되었는가?

3. 상세 분석방법론

3.1 기술분야 상세 분석절차

제조가능성 기술분야는 품질문제 극복성, 기술식별 적절성, 기술시연 충분성 3가지 항목으로 구성된다. 항목별 상세분석 기준 및 내용은 표 2와 같다.

[표 2] 제조가능성 기술분야 상세분석기준

1. 품질문제 극복성		
위험도	고	유사체계에서 운용 공백이 발생할 정도의 품질문제가 발생하였으나, 근본적 재발방지 기술 및 설비가 갖추어지지 않아 품질위험을 감수하면서 제한적으로 운용되고 있어 재발위험 높음
	중	유사체계 운용 및 품질이력이 있고, 재발을 근본적으로 방지할 수 있는 기술과 설비를 갖추었으나, 신규소요 운용환경에서의 유효성은 명확히 입증되지 않음 유사체계가 전력화되어 1년 이상 운용된 이력이 없어 품질문제 발생에 대한 불확실성이 있음
	저	유사체계가 전력화되어 1년 이상 운용되었으나, 중대한 품질문제가 발생하지 않음 . 신규소요 운용환경에서 재발을 근본적으로 방지할 수 있는 기술과 설비를 갖춤
검토사항	유사(체계) 운용환경이 구축되어 있는가? (TRL 6) * 유사 : 신규소요 운용환경에도 유효, *구축 : 전력화 후 1년 이상 운용	
	유사체계가 운용 공백이 발생할 정도의 품질문제(사불)가 있었는가?	
	재발을 방지할 수 있는 기술 및 설비를 보유하고 있는가?	
	재발방지의 유효성에 대한 적절한 근거(원인분석/조치)를 확인하였는가?	
2. 기술식별 적절성		
위험도	고	유사체계 대비 재설계범위가 식별되지 않음 체계통합, 제조, 유사환경 운용이력에서의 기술적 장벽이 고려되지 않음
	중	재설계범위에 따른 하위 설계목표 및 사업적 제한사항이 분석되지 않거나, 체계통합, 제조, 유사환경 이력 등 기술적 장벽이 일부 고려되지 않음
	저	작업분할구조(WBS), 재설계범위, 설계목표를 도출하기에 충분할 정도로 구체화되어 있고, 기존의 입증된 유사체계 대비 운용환경 변화에 대응할 수 있는 설계목표가 제시되고, 체계통합, 최신제조, 품질이력 방지에 이르는 주요 기술적 장벽이 식별됨
검토사항 중략		
3. 기술시연 충분성		
위험도	고	TRL 6 이상을 달성함이 공신력 있게 입증되지 못한 경우 (TRL 5 이하) 기술선도기관 참여가 제한되고, 기술적 위험성 완화를 위한 계획이 제시되지 않은 경우
	중	TRL 6 달성이 유사환경에서 시연되었으나, 신규소요 유효성 근거가 적절히 제시되지 못한 경우 요구도 및 운용개념에 대한 주요 가설/전제조건이 있거나, 기술선도기관은 아니지만, 이를 달성하기 위한 적절한 방안이 수립되고, 기술적 위험성 완화를 위한 (차선)계획이 적절한 경우
	저	TRL 6 이상을 달성함이 명확하게 유사환경에서 공신력 있게 시연(입증)되고, 신규소요 운용환경에서도 설계목표 및 검증방안이 유효함을 뒷받침하는 근거가 적절히 제시됨
검토사항 중략		

3.2 공정분야 상세 분석절차

제조가능성 공정분야는 공정분석 적절성, 공정구축 실행성, 제조일정 타당성 3가지 항목으로 구성된다. 항목별 상세분석 기준 및 내용은 표 3와 같다.

[표 3] 제조가능성 공정분야 상세분석기준

4. 공정분석 적절성		
위험도	고	핵심기술요소에 대한 필수공정 및 공정요구도가 식별되지 않음
	중	핵심기술요소를 포함한 필수공정이 식별되었으나, 재설계/공정변경/개선범위 분석이 미흡함
	저	필수공정이 명확히 식별되고, 신규설비/특수장비/추가적 공정개선 소요를 적절히 분석함
검토사항	가동 중인 유사 공정을 통해 공정요소가 식별되었는가?	
	핵심기술요소(CTE)에 대응하는 공정요구도가 분석되었는가?	
	신규 설비 및 특수 시험장비 소요가 식별되었는가?	
	공정지표를 기반으로 추가적 공정 최적화 소요가 식별되었는가?	
5. 공정구축 실행성		
위험도	고	설계요소가 중대한 조정을 전제로 기존 생산라인에 통합 가능하나, 장비/설비 구축이 불확실
	중	설계요소가 중대한 조정을 전제로 기존 생산라인에 통합 가능하나, 장비/설비 투자능력 양호함. 원자재 수급안정성에 대한 분석이 일부 미흡함 유사장비가 규격화되어 있지 않음
	저	공정구축 제반요소 분석이 양호하고, 장비/설비 구축 및 원자재/부품 수급안정성이 확보되었으며 설계요소가 중대한 조정 없이 기존 생산라인에 통합 가능함
검토사항 중략		
6. 제조일정 타당성		
위험도	고	전력화시기 및 소요량을 충족을 위한 제조일정계획(안)을 미제시하거나, 제조일정 미충족
	중	제조일정 충족 가능하나, 잠재적 제약조건 및 위험관리요소 식별이 추가로 필요함 기존 생산라인과의 충돌성이 식별되었으나 적절한 조정계획이 제시되지 않음
	저	필요한 가용자원 및 제조 제약사항을 고려하여 제조일정 충족성을 적절하게 분석하여 제시함
검토사항 중략		

4. 상세 분석방법론의 적용

사전조사 단계, 생산능력 확인단계, 필수요소 분석단계의 업무를 수행하면서 적용한 사례를 소개한다. 보안상 상세내용은 기술을 생략하였다. 함정용 OOO대응체계의 유사체계 주요 품질이력에 대한 조사결과는 표 4와 같다.

[표 4] 유사체계 주요 품질이력 조사 (함정용 OOO대응체계 사례)

구분	현상	원인진단	개선조치
레이더	OOO모듈 소손	PCB 패턴과 하우징 간 간격 협소로 아킹 발생하고, 또한 양쪽 연결부위는 진동에 취약한 구조임을 식별	PCB 진동특성 개선 PCB 패턴과 커넥터 간 연결구조 개선 PCB 패턴과 하우징 간 절연거리 확보

생산능력 확인단계의 제조성숙도평가(MRA)실적 확인 및 DQMS/QMS 인증 실적 확인에 대한 예시는 표 5, 표 6와 같다.

[표 5] 제조성숙도평가(MRA) 실적 확인 예시(5년 이내)

년도	A 社	B 社
2020	0건 (000 체계개발사업)	0건 (000 체계개발사업)
2021	0건 (000 체계개발사업)	0건 (000 체계개발사업)
2022	0건 (000 체계개발사업)	0건 (000 체계개발사업)
2023	0건 (000 체계개발사업)	0건 (000 체계개발사업)
2024	0건 (000 체계개발사업)	0건 (000 체계개발사업)

[표 6] DQMS/QMS 인증 실적 확인 예시

A 社	B 社
000인증 - 인증기관 : - 인증번호 : - 유효기간 :	000인증 - 인증기관 : - 인증번호 : - 유효기간 :

필수요소 분석 단계의 기술분야 공정분야 분석기준은 표 2, 표 3와 같으며, 제조가능성 분석 종합 예시는 표 7와 같다.

[표 7] 제조가능성 분석 종합 예시

구분	분석항목	분석요소	위험도	판단근거	(소)결론
기술	품질문제 극복성	• 유사환경 구축현황 • 유사장비 품질이력 • 조치결과(기술획득) 유효성 • 신규소요 재발가능성	고□ 중□ 저□		충 족 □ 미충족□
	기술식별 적절성	• WBS분석 및 재설계범위 • 제조기술/운용이력 고려요소 • 설계목표(마진) 충족성 근거	고□ 중□ 저□		
	기술시연 충분성	• 주요 설계 가정사항 유무 • CTE별 시연결과 충분성 근거 • 기술선도기관 참여성	고□ 중□ 저□		
공정	공정분석 적절성	• 재설계에 따른 공정변경 • 핵심기술 대응 공정요구도 • 신규설비/특수장비/공정개선소요	고□ 중□ 저□		충 족 □ 미충족 □
	공정구축 실행성	• 중대한 공정조정 여부 • 유사체계 규격화 여부 • 설계요소-기존생산라인 통합성 • 원자재/부품수급 안정성	고□ 중□ 저□		
	제조일정 타당성	• 납기이력 검토 • 제조일정계획 타당성 • 기존-신규 생산라인 충돌성	고□ 중□ 저□		
제조가능성					충 족 □ 미충족 □

5. 결론

본 논문에서는 소요기획단계부터 제조위험을 조기식별하고 대응방안을 양산계획에 반영하기 위한 제조가능성 분석업무 체계화 방안을 제안한다. 제조가능성 분석 업무는 신속소요무기체계에 대한 사전개념연구의 일환으로서, 소요제기 단계에서 제조 관점의 실현성을 판단하기 위하여 신설된 제도이다. 본 연구는 기존의 방법론을 개선한 품질문제 극복성 등 6개 분석항목에 대하여 위험도를 평가하여 제조가능성을 판단함으로써 양산계획 수립을 위한 제조위험을 조기 식별하였다. 이는 총수명주기로 확장된 업무에 피드백 루프를 확보하여 환류성을 제고하고, 개발단계 품질보증 업무를 대비하는 의의를 가진다. 본 연구는 '24년 상반기 사전개념연구과제 3개 과제에 적용하여 효과성을 검증하였다.

참고문헌

[1] 국방부 훈령 제2924호, “국방전력발전업무훈령”, (2024.5.2.)

[2] 방사청 훈령 제864호, “방위사업관리규정”, (2024.7.11.)

[3] 방사청 훈령 제830호, “방위사업품질관리규정”, (2023.12.28.)

[4] Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment, "DoD Instruction 5000.02 : Operation of the Adaptive Acquisition Framework(Change 1)", Aug, 2022.

[5] Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment, “DoD Instruction 5000.80 : Operation of the Middle Tier of Aqqusition", Dec, 2019.

[6] Office of the Secretary of Defense Manufacturing Technology Program In collaboration with The Joint Service/Industry MRL Working Group, "Manufacutring Readiness Level(MRL) Deskbook", Oct, 2022.