

한국형 원자력 잠수함 도입 방안별 경제적 파급효과 분석

Analysis of the Economic Impact of Plan to Introduce Korea Nuclear Powered Submarines

강종원*¹⁾ 박찬현²⁾

Jongwon Kang*¹⁾ . Chanhyeon Park²⁾

[초 록]

본 연구에서는 한국형 원자력 추진 잠수함의 도입 방안별 경제적 파급효과를 분석하였다. 이를 위해 원자력 추진 잠수함을 도입한 외국의 도입 사례들을 선행 조사하고 3가지의 도입 방안을 분류하였다. 그리고 도입 방안별로 경제적 파급효과를 분석하기 위해서 함정 무기체계의 개발 및 운영 경험을 보유한 전문가들을 대상으로 다단계적 설문조사를 수행하여 산업연관분석을 위한 산업적 연관성이 있는 소분류 항목을 정량적인 결과로 산출하였다. 이를 통해 도입 방안별로 부가가치유발계수, 생산유발계수, 고용 및 취업유발계수를 산출하여 유리한 도입 방안을 도출하였다. 본 연구의 결과가 한국형 원자력 잠수함 도입을 위한 선행연구 시 의사결정에 참고가 되기를 기대한다.

[ABSTRACT]

In this study the economic impact of each plan for introducing Korea unclear-powered submarines were analyzed. This study conducted a preliminary investigation into foreign countries cases of unclear-powered submarines and classified three introduction plans. In order to analyze the economic impact of each introduction plan, a multiple-level survey was conducted targeting experts with experience in developing and operating ship weapon systems, and quantitative results were calculated for subcategory items with industrial relevance for industrial correlation analysis. The value added inducement coefficient and production inducement coefficient and employment inducement coefficient were calculated for each introduction method, and a favorable introduction method was derived. It is hoped that the results of this study will serve as a reference for policy decision-making during prior research for the introduction of korea nuclear submarines.

Key Words : SLBM(Submarine-Launched Ballistic Missile) SSBN(Ship Submersible Ballistic missile Nuclear)

1. 서론

지난 2015년 1월 23일 북한의 SLBM은 수중 수직발사관 사출 시험을 실행하였다. 이후에도 지속적인 시험 끝에 5월 8일 수중 수직발사관 사출 시험을 언론에 공개하였다. 2016년 4월 23일 북한은 SLBM 1발을 고도 30km까지 발사하는데 성공하는 등 한반도와 동북아의 안보를 지속적으로 위협하고 있다.

현재 북한의 SLBM 및 신포급 잠수함은 기존의 '핵, 대량살상 무기 대응체계'를 무력화하는 게임 체인저로 새로운 안보 위협 요소로서 군이 효과적으로 대응하는 것이 어렵다고 평가되고 있다.¹⁾ 한국군의 '핵, 대량살상무기 대응체계'는 전략표적 타격, 한국형 미사일 방어, 압도적 대응으로 구성되며, 전략표적 타격은 기존 한국형 3축 체계의 킬 체인(Kill Chain)에 해당하는 개념이다. 현재 한국군이 보유하고 있는 정보·감시·정찰 자산으로는 SLBM에 대한 대응에 제한이 있다.²⁾ 이처럼 원자력 잠수함은 장기간 보급 지원이 없이 작전 수행이 가능한 체계로서 기존의 재래식 잠수함의 능력을 뛰어넘는 기동성으로 북한의 SLBM을 탑재한 신포급 잠수함에 대한 전략표적 타격 임무를 수행하는 것이 가능한 전략적인 무기이다. 따라서 최근 한국군 내·외에서 원자력 잠수함 보유의 필요성이 대두되고 있으며 이를 위한 포괄적인 연구들도 활발하게 추진 중이다.

1) 에스앤에스이앤지(주) 비용분석팀 대리
(Cost Analysis Team, SNSENG Co.,Ltd.)

* Corresponding author, E-mail: gamamusa93@snseng.co.kr

2) (주)한화에어로스페이스 LS사업부 IPS기술팀 주임연구원
(Land Systems Business Group IPS R&D Center IPS Technology Team, Hanwha Aerospace)

Copyright © The Korean Institute of Defense Technology
Received : October 28, 2023 Revised : December 11, 2023
Accepted : December 20, 2023

첫째는 북한의 새로운 핵전략에 대한 대응 전략 분석과 원자력 잠수함 필요성에 관한 연구이다. 이는 신포급 잠수함을 중심으로 하는 북한의 새로운 핵전략에 대한 해결책으로 원자력 잠수함의 도입을 주장한다.³⁾ 둘째는 신포급 잠수함에 대응하기 위한 원자력 잠수함의 모델 선정과 소요량 분석 방법론에 관한 연구이다.⁴⁾ 셋째는 민감한 국제 환경 속에서 한국형 원자력 잠수함 도입의 방법에 관한 연구이다.⁵⁾ 이와 반면에 원자력 잠수함의 도입 방안별 경제적 측면에서의 파급효과에 대한 선행연구는 미흡하였다.

최근 들어 전 세계적인 공급망 문제와 인플레이션 및 미국 금리 인상 등의 상황으로 국내·외 경제가 침체 중인 상황이다. 경제 위기 속에서 천문학적 비용 소요가 예상되는 원자력 잠수함에 대한 도입을 단순히 군사적 효용성 측면에서만 접근한다면 도입에 대한 국민과 정책적 의사결정에서 공감대를 형성하기 어려울 것이다. 따라서 본 연구에서는 한국형 원자력 잠수함을 도입한 국가들의 도입 사례와 방안을 선행 조사하고 산업연관분석을 통해 도입 방안별로 국내 경제에 미치는 파급효과를 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 원자력 잠수함 해외 도입 사례

1950년대 미 해군 연구소 주도로 연구를 시작한 원자력 잠수함 개념은 1954년 1월 미국이 세계 최초의 원자력 추진 잠수함인 노틸러스(Nautilus)함을 취역시키면서 탄생하였다. 이후 1950년 10월 구 소련이 노벰버(November)급을 건조함으로써 미국과 소련 사이에서는 원자력 잠수함 개발 경쟁이 시작되었다. 이후 많은 국가들이 각기 다른 도입 전략으로 원자력 잠수함을 도입하였으나 현재까지 원자력 잠수함을 보유하고 있는 국가는 대부분 유엔 상임이사국을 중심으로 하는 핵무기를 보유한 강대국 중심의 국가들이다. 즉, 한국이 해외의 도입 사례와 방안을 참고하기에는 다소 무리가 있어 보인다. 하지만, 국제적으로 고립된 상태에서 핵 개발과 원자력 잠수함 개발에 성공한 프랑스와 최근에 원자력 잠수함으로 도입한 인도, 브라질, 후주의 사례는 향후 한국형 원자력 잠수함 사업 추진 시에 한국이 참고할 수 있는 대표적인 사례라고 할 수 있다.

2.1.1. 프랑스

프랑스는 맨해튼 계획에 참여하지 못했기 때문에 2차 세계대전 승전국 중 핵무기 개발에서 배제되었다. 이에 프랑스는 독자적으로 핵무기를 개발하였고 이 과정에서 NATO에서 탈퇴하는 등 여러 우여곡절이 있었다. 당시 프랑스는 국제적으로 고립되어 어느 국가에서도 원자력 추진 잠수함 관련 기술이전을 받을 수 없었다. 따라서 프랑스는 다른 국가들의 도움 없이 독자적인 전략 핵잠수함(SSBN)의 개발을 추진하였다.

그 결과 1971년 프랑스 최초의 원자력 추진 잠수함인 리다우터블(Redoutable)함이 프랑스 해군공창인 DSN에서 건조되었다. 비록 자체 개발을 통해 주변 강대국에 비해 배치까지 소요 기간이 2배 더 길었으나 자체 개발의 기반이 되는 원자력 원천 기술이 미국에 이어 2위인 프랑스의 기술 역량이 발휘된 사례이다.

2.1.2. 인도

인도는 1971년 인도와 파키스탄 전쟁 중 소련의 원자력 잠수함의 투입을 계기로 전략무기로서 원자력 추진 잠수함의 필요성을 인지하게 되었고 1974년부터 해군 원자력 잠수함 개발 프로젝트를 추진하였다. 본격적인 원자력 잠수함 도입에 앞서 관련 기술과 운용 경험을 습득하기 위해 1988년부터 구 소련의 찰리(Charlie)급 원자력 잠수함을 임대하여 운용하였다. 이후 2012년부터 10년간 러시아의 아쿨라(Akula)급 원자력 잠수함을 임대하여 운용하고 있으며, 임대비용은 총 6억 5,000만 달러(한화 7,345억 원, 환율 1,130원 기준)이다.⁶⁾

원자력 잠수함 임대를 통해서 원자력 잠수함 건조에 필요한 운용 능력과 설계 기술을 습득했고 2009년 인도 최초의 원자력 잠수함인 아리한트(Arihant)함이 건조되었다. 아리한트함은 러시아와 프랑스 기술을 도입하여 선체를 제작하였고 원자로 는 러시아의 가압경수로를 탑재하였다. 35년 동안의 기간을 투자하여 획득한 아리한트함은 지속적인 성능 개량과 후속함 건조를 통해 인도의 원자력 잠수함 운용과 건조 능력 향상에 도움이 되고 있다.

2.1.3. 브라질

브라질은 1970년부터 원자력 잠수함 프로젝트를 시작하였다. 브라질은 원자력 잠수함을 건조하기 이전에 세 가지 중요한 절차를 확보해야 한다고 판단하였다. 이는 독자적인 핵연료 재처리 능력과 현대적인 잠수함 선체 개발, 독자적인 소형원자로 개발이다. 핵연료 재처리 능력의 경우에는 1982년 브라질 에너지 및 원자력 연구소(IPEN)에서 초 원심분리 기술을 통해 브라질에서 제작된 원심분리기로 우라늄 농축에 성공하여 완전한 핵연료 공급 능력을 확보하였다. 현대적인 잠수함 선체의 경우에는 2008년 프랑스의 스킨펜(Scorpene)급 잠수함을 도입하면서 DCNS의 기술이전을 받아 해결할 수 있었다. 마지막으로 원자로의 경우에는 2018년 브라질의 국영 원자력 회사인 'Nuclebras'에서 다목적 원자로와 'LABGENE'으로 알려진 해군 원자로의 시제품을 개발함으로써 완전히 독자적인 원자력 잠수함 건조 능력을 확보하였다.

지속적인 독자 기술 개발과 기술이전을 토대로 브라질은 약 70억 달러(7조 9,100억 원, 환율 1,130원 기준)를 투자하여 원자력 잠수함 건조를 위한 새로운 조선소 건설과 Alvaro Alberto급 원자력 잠수함의 건조 사업을 수행 중에 있다. 브라질은 향후 해군 현대화 계획에 따라 2030년대까지 총 4척 ~ 6척의 원자력 잠수함을 확보할 예정이다.

2.1.4. 호주

호주는 2016년 콜린스(Collins)급 잠수함 대체 사업의 최종 승자로 프랑스를 선택하면서 총 12척을 호주에서 건조하는데 적당 3조 원의 예산을 투자하기로 결정하였다. 2016년 결정 당시부터 천문학적 예산의 투입으로 호주 내·외에서 해당 사업의 타당성에 대해 의문이 지속적으로 제기되었고, 결국 2021년 9월 16일 호주의 스콧 모리슨 정부는 프랑스와의 어택(Attack)급 잠수함 사업을 파기하였다. 그리고는 미국과 영국이 함께하는 새로운 3국 안보 파트너십인 오커스(AUKUS)를

결성함과 동시에 2040년대까지 총 8척의 원자력 잠수함을 도입하기로 결정하였다.⁷⁾ 아직까지 호주의 원자력 잠수함 도입 방법에 대해 명확하게 결정 난 것은 아니지만 기본적으로 영국이 건조한 원자력 잠수함을 직도입하고 미국에서 고농축 우라늄을 포함한 원자로를 제공하는 방향으로 추진하는 것으로 뉴스 매체를 통해서 확인되고 있다.⁸⁾ 하지만 어택급 잠수함 사업 파기의 영향으로 호주는 프랑스에 약 7,000억 원 상당의 위약금을 지불하고 대체 예정이었던 콜린스급 잠수함의 수명 연장을 통해 콜린스급 퇴역 이후에 공백 기간의 틈을 보완해야 하는 상황이다. 따라서 안보 공백을 보완하기 위해서 호주 정치권에서는 미국의 원자력 잠수함을 임대하거나 도입하는 방안에 대해 논의하고 있다.⁹⁾ 호주의 경우에는 장기적인 원자력 잠수함 도입 프로젝트 진행 없이 기존의 재래식 잠수함 대체 사업에서 사업 방향성이 선회되어 갑작스럽게 원자력 잠수함을 도입하게 된 경우라고 할 수 있다.

2.2 원자력 잠수함 도입 방안 도출

외국의 원자력 잠수함 도입 사례를 통해 3가지 방식의 도입 방안이 있음을 알 수 있다. 첫째는 프랑스 사례와 같이 국내 연구개발을 통한 독자개발이다. 둘째는 인도와 브라질 사례와 같이 기술이전을 통한 개발이나 라이선스 생산이다. 셋째는 호주 사례와 같이 해외 직도입이다. 3가지 도입 방안은 장·단점이 명확하나, 본 연구의 취지에 맞는 경제적 효용에 대한 분석과 국내 경제에 대한 파급효과의 경우 산업연관분석을 통해 정량적인 결과로 도출하여 비교분석 할 수 있다. 본 연구에서의 산업연관분석의 수행 절차는 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 산업연관분석을 활용한 효과성 분석 절차
<Table 1>Effectiveness analysis procedures using propagation effects

단계	내용
1	DTiMS를 활용한 무기체계 단위사업에 대한 키워드 매칭 ↓ KOSIS 표준 산업 분류표에서 관련 업종(소분류)선택
2	산업분류표에서 도출된 관련 업종의 증분류 산업 ⇕ 한국은행의 산업연관표에서 관련 산업
3	산업연관표에서 매칭된 관련 산업의 투입산출표 활용 ↓ 산업연관계수 식별 (생산유발, 부가가치유발계수, 고용계수)
4	산업연관 조정계수 : 증분류 산업 대비 관련업종(소분류)비중 X 산업연관계수
5	투입예산 X 산업연관 조정계수 ↓ 경제적·사회적 파급효과 산출

2.3 원자력 잠수함 사업에 대한 산업연관표 세분화

3가지 방식의 도입 방안별로 산업연관분석을 수행하기 위해서는 한국은행에서 발표하는 산업연관표를 원자력 잠수함 부분으로 세분화하여 산업연관표의 소분류 항목을 원자력 잠수함에 적합하게 재구성해야 한다. 소분류 항목들 중 어떤 항목이 원자력 잠수함과 산업적 연관성이 있는지 선택해야 한다.

본 연구에서는 신뢰성을 위해 정성적인 방법이 아닌 함정 무기체계 개발과 잠수함 운용 경험을 보유한 전문가들을 대상으로 델파이 기법을 활용해 연관성이 높은 소분류 항목을 재구성하였다. 델파이 기법은 통제된 피드백이 제공되는 2 ~ 3차례의 설문조사를 통하여 특정 분야의 전문가들의 합의를 이루는 데 유용한 의사결정 수단으로 복잡한 문제에 효율적으로 대응하도록 하는 기법이다. 델파이 기법의 수행 절차는 아래 <표 2>와 같이 수행하였다.

<표 2> 델파이 기법 수행 절차

<Table 2> Procedures of Delphi method

절차	내용
전문가 선정	· 함정무기체계(잠수함) 개발 및 운영 경험 보유 전문가 구성
↓	
제1차 조사	· 상위 평가지표 영역별 개방형 설문조사지 개발
↓	
1차 응답결과 분석	· 문항별 응답 사례의 유형화
↓	
제2차 조사	· 상위 평가지표 영역별 폐쇄형 설문조사지 개발
↓	
2차 응답결과 분석	· 문항별 응답 사례의 유형화
↓	
제3차 조사	· 상위 평가지표 영역별 폐쇄형 설문조사지 개발
↓	
3차 응답결과 분석	· 문항별 응답 사례의 유형화

2.3.1 설문조사

본 연구에서 신뢰성 있는 답변과 정량적인 결과를 도출하기 위해 함정무기체계 중 잠수함 설계 및 감리, 체계공학, 운영, 비용분석 및 목표비용관리, 개발 및 과제관리 업무 등의 경험을 다년간 보유하고 있는 15명 인원을 대상으로 1 ~ 3차례 설문조사를 수행하였다. 설문조사 전문가 선정은 그들의 대표성, 적절성, 전문적 지식 능력, 프로젝트 경험 등을 고려하여 선발하였다. 아래 <표 3>은 참여 인력의 해당 경력과 함정 무기체계 사업에서의 전문 분야를 정리하였다. <표 4>는 1차 델파이, 2차 델파이, 3차 델파이 설문조사별 목표 표집 인원 대비 실제 표집 인원과 응답률을 표로 구성하였다.

<표 3> 설문조사 참여자 경력과 분야
<Table 3> Survey participants experience

번호	해당 경력	인원(명)
1	35년~40년	2명
2	30년~35년	3명
3	25년~30년	2명
4	20년~25년	2명
5	15년~20년	2명
6	10년~15년	1명
7	5년~10년	2명
8	5년 이하	1명

번호	함정 체계 전문 분야	인원	비율
1	설계 및 감리	2명	13.33%
2	체계공학	3명	20.00%
3	운영	5명	33.33%
4	비용분석/목표비용관리	3명	20.00%
5	개발 및 과제 관리	2명	13.33%
합 계		15명	100%

<표 4> 응답률
<Table 4> Response Rate

순서	목표표집인원	실제표집인원	응답률
1차 델파이(개방형)	15명	15명	100%
2차 델파이(폐쇄형)	15명	15명	100%
3차 델파이(폐쇄형)	15명	15명	100%
분석적계층화과정	15명	15명	100%
합 계	15명	15명	100%

<표 5>와 <표 6>, <표 7>은 15명의 2차 ~ 3차 델파이 결과의 산업 소분류별 도출된 타당도와 신뢰도 비율에 대한 표이다. 타당도는 하위 요소 항목을 성실하게 측정했는가에 대한 척도이고 신뢰도는 도출 항목을 오차 없이 일관성 있게 측정하였는가에 대한 척도이다.

<표 5> 2차 · 3차 델파이 결과 타당도·신뢰도 값(해외 직/도입)
<Table 5> 2nd · 3rd Delphi Result Validity-Reliability Values

번호	산업명(소분류)	타당도	신뢰도
1	보관 및 창고서비스	0.87	0.978
2	유, 무선 및 위성 통신서비스	0.60	0.978
3	기타 전기통신서비스	0.73	0.978
4	정보서비스	0.73	0.979
5	소프트웨어 개발 공급	0.73	0.979
6	기타 IT서비스	0.60	0.978
7	장비·용품 및 지식재산권 임대	0.73	0.978
8	공공행정 및 국방	0.87	0.978

<표 6> 2차 · 3차 델파이 결과 타당도/신뢰도 값(독자 연구개발)
<Table 6> 2nd · 3rd Delphi Result Validity-Reliability Values

번호	산업명(소분류)	타당도	신뢰도
1	윤활유 및 기타석유정제품	0.73	0.908
2	합성수지 및 합성고무	0.60	0.909
3	화학섬유	0.60	0.911
4	플라스틱 1차제품	0.60	0.907
5	선철 및 조강	0.73	0.91
6	열간압연강재	0.73	0.909
7	냉간압연강재	0.73	0.911
8	비철금속괴	0.73	0.909
9	금속 주물	0.60	0.908
10	구조용 금속제품 및 탱크	0.60	0.911
11	금속처리 및 가공품	0.60	0.909
12	반도체	0.60	0.91
13	전자표시장치	0.73	0.91
14	인쇄회로기판	0.60	0.912
15	기타 전자부품	0.60	0.911
16	컴퓨터 및 주변기기	0.87	0.91
17	통신 및 방송장비	0.60	0.912
18	영상 및 음향기기	0.60	0.911
19	기타 정밀기기	0.73	0.91
20	발전기 및 전동기	0.87	0.909
21	전기변환·공급제어장치	0.87	0.91
22	전지	0.87	0.91
23	전선 및 케이블	0.87	0.911
24	기타 전기장비	0.73	0.912
25	내연기관 및 터빈	0.87	0.91
26	펌프 및 압축기	0.87	0.911
27	공기 및 액체 조절장치	0.73	0.911
28	금속가공용 기계	0.73	0.911
29	금형 및 주형	0.87	0.912
30	반도체 및 디스플레이 제조용 기계	0.60	0.908
31	선박	1.00	0.91
32	기타 운송장비	0.73	0.913
33	기타 제조업 제품	0.60	0.909
34	전력 및 신재생에너지	0.60	0.914
35	보관 및 창고서비스	0.87	0.91
36	유, 무선 및 위성 통신서비스	0.87	0.909
37	기타 전기통신서비스	0.73	0.91
38	정보서비스	0.73	0.911
39	소프트웨어 개발 공급	0.73	0.911
40	기타 IT서비스	0.60	0.91
41	연구개발	0.73	0.91
42	기타 과학기술 및 전문 서비스	0.73	0.91
43	장비·용품 및 지식재산권 임대	0.73	0.91
44	공공행정 및 국방	0.87	0.91

<표 7> 2차 · 3차 델파이 결과 타당도/신뢰도 값(해외 기술이전 및 라이선스 개발)

<Table 7> 2nd · 3rd Delphi Result Validity-Reliability Values

번호	산업명(소분류)	타당도	신뢰도
1	운할유 및 기타석유정제품	0.60	0.936
2	합성수지 및 합성고무	0.60	0.936
3	화학섬유	0.73	0.937
4	플라스틱 1차 제품	0.73	0.935
5	선철 및 조강	0.73	0.937
6	열간압연강재	0.73	0.936
7	냉간압연강재	0.73	0.938
8	비철금속괴	0.73	0.936
9	금속 주물	0.60	0.935
10	구조용 금속제품 및 탱크	0.60	0.937
11	금속 처리 및 가공품	0.60	0.936
12	발전기 및 전동기	0.87	0.936
13	전기변환·공급제어장치	0.87	0.936
14	전지	0.87	0.937
15	전선 및 케이블	0.87	0.937
16	기타 전기장비	0.60	0.937
17	내연기관 및 터빈	0.87	0.937
18	펌프 및 압축기	0.87	0.937
19	공기 및 액체 조절 장치	0.73	0.938
20	금속가공용 기계	0.73	0.937
21	금형 및 주형	0.87	0.938
22	선박	1.00	0.936
23	기타 운송장비	0.60	0.938
24	기타 제조업 제품	0.60	0.936
25	전력 및 신재생에너지	0.73	0.938
26	보관 및 창고서비스	0.73	0.937
27	유, 무선 및 위성 통신서비스	0.73	0.937
28	기타 전기통신서비스	0.73	0.937
29	정보서비스	0.60	0.937
30	소프트웨어 개발 공급	0.73	0.937
31	기타 IT 서비스	0.60	0.938
32	연구개발	0.73	0.937
33	장비·용품 및 지식재산권 임대	0.73	0.937
34	공공행정 및 국방	0.87	0.937

2.3.2 설문 결과

총 3차례의 설문조사를 통해 도출된 원자력 잠수함 부분의 소분류 결과는 아래의 <표 8>과 같다. <표 8>은 원자력 잠수함의 국내 독자 연구개발을 가정한 소분류 항목, 원자력 잠수함의 해외 기술이전 및 라이선스 개발 방식의 도입을 가정한 소분류 항목, 해외 직도입을 가정한 소분류 항목이다. 각 도입 방안별로 소분류 항목을 세분화하였다.

2.4 도입 방안별 산업연관분석

산업연관분석은 한국은행에서 발표하는 산업연관표의 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수 등을 중심으로 산업의 경제적 파급효과를 산출하는 분석이다. 산업연관표는 일정 기간(1년) 동안의 산업간 거래관계를 일정한 원칙에 따라 행렬 형식으로 기록한 통계표이다. 이러한 산업연관표를 이용하여 산업간 상호관계를 정량적으로 분석하는 것을 산업연관분석 또는 투입산출분석이라고 한다.

산업연관분석은 구조적 측면에서 산업간 연관관계를 파악할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 또한 각종 파급효과를 산업 부문별로 구분하여 분석할 수 있어서 한국형 원자력 잠수함 사업의 정책 효과 측정에 유용하게 활용할 수 있다. 산업연관표를 행으로 보면 *i*산업의 중간수요(X_{ij}), 최종 수요(Y_i), 총수입(M_i)이 기록되며, *i*산업의 산출 구조는 다음 식(1)으로 산출이 가능하다.

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i - M_i \quad (1)$$

여기서 a_{ij} 는 *j*부문에 사용되는 *i*재의 투입량의 비율($a_{ij} = X_{ij}/X_j$)이며 각 부문별 생산 관계를 나타낸다. 한편 산업연관표 열을 기준으로 보면 *j* 산업의 중간투입(X_{ij}), 부가가치(W_j), 총 투입(X_j)이 기록되며, *j*산업의 투입구조와 관계는 아래 식(2)으로 산출이 가능하다.

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} + W_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} X_i + W_j \quad (2)$$

식(2)에서 r_{ij} 는 중간투입을 총 산출로 나눈값($r_{ij} = X_{ij}/X_i$)으로 산출계수라고 한다. *j*부문의 총 투입은 *j*부문이 모든 부문에서 구매한 금액과 부가가치의 합계와 같다. 수요 유도형 모형은 최종 수요를 충족시키기 위해 필요한 산출량 계산에 활용되며 아래의 식(3)으로 산출이 가능하다.

$$X = (I - A)^{-1} (Y - M) \quad (3)$$

식(3)에서 $(I - A)^{-1}$ 는 레온티에프 역행렬이라고 하며, $(I - A)^{-1}$ 의 원소 a_{ij} 는 *j*부문 최종 수요 한 단위 증가로 인해 직·간접적으로 유발되는 *i*부문 산출의 변화량을 의미한다.

2.4.1 생산유발계수

본 연구에서 정의하는 생산유발효과는 원자력 잠수함의 생산이 한 단위 증가할 때 원자력 잠수함 사업을 제외한 다른 산업에서 증가하게 되는 생산량을 말한다. 이때 생산유발효과는 총사업비에 생산유발계수를 곱한 값이 된다. 식(3)으로부터 본 연구의 분석 대상인 원자력 잠수함 부문(K)를 외생화하여 정리하면 아래의 식(4)와 같다.

<표 8> 원자력 잠수함 도입 방안별 소분류 항목 세분화

<Table 8> Segmentation of subcategories unclear-powered submarine introduction plan

방안1	국내 독자 연구개발	방안2	해외 기술이전 및 라이선스 개발	방안3	해외 직/도입
코드	산업명	코드	산업명	코드	산업명
163	윤활유 및 기타석유정제품	163	윤활유 및 기타석유정제품	563	보관 및 창고서비스
180	합성수지 및 합성고무	180	합성수지 및 합성고무	591	유, 무선 및 위성 통신서비스
190	화학섬유	190	화학섬유	599	기타 전기통신서비스
231	플라스틱 1차 제품	231	플라스틱 1차 제품	610	정보서비스
271	선철 및 조강	271	선철 및 조강	621	소프트웨어 개발 공급
272	열간압연강재	272	열간압연강재	629	기타 IT서비스
273	냉간압연강재	273	냉간압연강재	730	장비·용품 및 지식재산권 임대
281	비철금속괴	281	비철금속괴	751	공공행정 및 국방
290	금속 주물	290	금속 주물		
301	구조용 금속제품 및 탱크	301	구조용 금속제품 및 탱크		
303	금속처리 및 가공품	303	금속처리 및 가공품		
310	반도체	371	발전기 및 전동기		
320	전자표시장치	372	전기 변환·공급 제어 장치		
331	인쇄회로기판	373	전지		
339	기타 전자부품	374	전선 및 케이블		
340	컴퓨터 및 주변기기	379	기타 전기장비		
351	통신 및 방송장비	381	내연기관 및 터빈		
352	영상 및 음향기기	382	펌프 및 압축기		
369	기타 정밀기기	385	공기 및 액체 조절장치		
371	발전기 및 전동기	392	금속가공용 기계		
372	전기변환, 공급제어장치	393	금형 및 주형		
373	전지	410	선박		
374	전선 및 케이블	429	기타 운송장비		
379	기타 전기장비	439	기타 제조업 제품		
381	내연기관 및 터빈	450	전력 및 신재생에너지		
382	펌프 및 압축기	563	보관 및 창고서비스		
385	공기 및 액체 조절장치	591	유, 무선 및 위성 통신서비스		
392	금속가공용 기계	599	기타 전기통신서비스		
393	금형 및 주형	610	정보서비스		
394	반도체 및 디스플레이 제조용 기계	621	소프트웨어 개발 공급		
410	선박	629	기타 IT서비스		
429	기타 운송장비	700	연구개발		
439	기타 제조업 제품	730	장비·용품 및 지식재산권 임대		
450	전력 및 신재생에너지	751	공공행정 및 국방		
563	보관 및 창고서비스				
591	유, 무선 및 위성 통신서비스				
599	기타 전기통신서비스				
610	정보서비스				
621	소프트웨어 개발 공급				
629	기타 IT서비스				
700	연구개발				
729	기타 과학기술 및 전문 서비스				
730	장비·용품 및 지식재산권 임대				
751	공공행정 및 국방				

$$\Delta X^e = (I - A)^{-1} (A_K^e \Delta X_K) \quad (4)$$

정리된 식을 토대로 유도한 각 도입 방안별 생산유발계수를 정리하여 비교하면 다음 <표 9>와 같다.

<표 9> 도입 방안별 생산유발계수 비교
<Table 9> Comparison of output requirement coefficient by introduction method

도입 방안	계수
1 국내 독자 연구개발	2.6443
2 해외 기술 이전 및 라이선스 개발	1.7459
3 해외 직도입	0.8683

2.4.2 부가가치유발계수

본 연구에서 정의하는 부가가치 유발효과는 원자력 잠수함의 생산이 한 단위 증가할 때 원자력 잠수함 사업을 제외한 다른 산업에서 증가하게 되는 부가가치를 말한다. 이때 부가가치 유발계수를 곱한 값이 된다. 부가가치 계수행렬과 식(4)의 생산유발효과를 곱하면 아래의 식 (5)와 같이 부가가치 유발효과가 산출된다.

$$\Delta V^e = \widehat{A}_v^e \Delta X^e = \widehat{A}_v^e (I - A^e)^{-1} (A_K^e \Delta X_K) \quad (5)$$

정리된 식을 토대로 유도한 각 도입 방안별 부가가치 유발계수를 정리하여 비교하면 아래의 <표 10>과 같다.

<표 10> 도입 방안별 부가가치 유발계수 비교
<Table 10> Comparison of value added inducement coefficients by introduction method

도입 방안	계수
1 국내 독자 연구개발	1.4172
2 해외 기술이전 및 라이선스 개발	0.2240
3 해외 직도입	0.203

2.4.3 고용 및 취업유발계수

고용 및 취업 유발효과를 측정하기 위해서 산업연관표의 부수표인 고용표를 이용하여 산업별 투입된 노동량, 취업인원 또는 고용인원을 산업별 총 산출액으로 나누어 고용계수와 취업계수를 산출하였다. 아래의 식(6)으로 산출이 가능하다.

$$L = \widehat{l} (I - A^d)^{-1} \quad (6)$$

정리된 식을 토대로 유도한 각 도입 방안별 고용유발계수를 정리하여 비교하면 아래의 <표 11>과 같다. 각 도입 방안별 취업유발계수는 <표 12>와 같다.

<표 11> 도입 방안별 고용유발계수 비교

<Table 11> Comparison of employment inducement coefficients by introduction method

도입 방안	계수
1 국내 독자 연구개발	15.2891
2 해외 기술이전 및 라이선스 개발	11.9288
3 해외 직도입	7.0029

<표 12> 도입 방안별 취업유발계수 비교

<Table 12> Comparison of employment inducement coefficients by introduction method

도입 방안	계수
1 국내 독자 연구개발	21.5205
2 해외 기술이전 및 라이선스 개발	16.8972
3 해외 직도입	9.7770

3. 결론

원자력 잠수함 도입 방안별 산업 연관 계수를 활용하여 경제적 파급효과 분석을 실행하기 위해서는 산출된 각 유발계수에 총사업비를 곱하여 실제 금액이 어느 정도로 유발되는지 확인해야 한다. 하지만 현재 한국형 원자력 잠수함은 구체적인 사업기획이나 예산안이 확인되지 않는 사업이기 때문에 직접적인 경제적 파급효과를 비교 분석하기에는 현실적인 어려움이 있다. 하지만 산업연관분석에서 확인된 각 계수들을 토대로 확인할 때 ‘국내 독자 연구개발’이 국내 경제에 미치는 생산 및 부가가치 유발효과가 가장 우수하고 상대적으로 국외에서 발생하는 수입유발효과는 적은 것을 확인할 수 있었다. 또한 도입 방안별 고용 및 취업 유발효과도 ‘국내 독자 연구개발’이 가장 우수한 것으로 확인하였다.

그러나 단순히 도입 비용을 기반으로 분석한 경제적 파급효과 수치만으로 원자력 잠수함의 비용 문제를 판단할 수는 없다. 미 해군 원자력 추진 프로그램을 기준으로 보면 단순히 원자력 잠수함 운용 인력 훈련을 위한 원자력 학교 등이 기본적으로 구성되어야 총 수명주기 간의 비용 손실 없이 원자력 잠수함 승조원을 육성하기 위한 학교 및 교육 프로그램 등이 핵심적인 인프라로 확인되었다.¹⁰⁾ 위와 같은 인프라에 대한 비용 역시 포괄적으로 반영해야 실제 원자력 잠수함 도입에 대한 비용 효과를 보다 정확하게 반영할 수 있으며 위에서 제시된 각종 인프라에 대한 비용과 효과는 민간 원자력 산업 분야에서도 충분히 연계하여 비용 분담 또는 사업 역량 강화에 영향을 줄 수 있는 부분이기 때문에 정책적으로 고려할 필요가 있다고 판단된다. 결과적으로 원자력 잠수함 사업을 단순히 군의 국방력 강화만을 위한 사업을 넘어서 민군합동 사업의 성격으로 국내 원자력 산업의 발전과 연계하여 추진하는 것이 장기적인 사업 추진 동력을 확보하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

References

- [1] J.O. Jang, et. al., "Review of the effectiveness of nuclear powered submarines against north korean SLBM threats", Korea Defense Issue&Analysis, Vol.1685, 2017.
- [2] M.A. Jung, et. al., "Analysis of efficiency for the selection of benchmarking model to prepare when a korean nuclear powered submarine will be acquired : focusing on a directional distance function model", Journal of the Korea Society for Naval Science and technology, Vol.4, No.2, 2021.
- [3] J.W. Park, et. al., "South korea's response strategy through analysis of north korea's nuclear strategy and submarine-launched ballistic missile threats", Korea Journal of Military Affairs, Vol.1, pp.39-74, 2017.
- [4] D.K. Lee, et. al., "An optimal mission assignment model for determining a minimum required level of nuclear powered submarines", Journal of the korea institute of Military Science and Technology, Vol.22, Issue 2, pp.235-245.
- [5] J.S. Jang, "Introduction of korean nuclear-powered submarines", strategy 21, Vol.20, No.2, pp.5-48, 2017.
- [6] J.S. Jang, "Introduction of korean nuclear-powered submarines", strategy 21, Vol.20, No.2, pp.5-48, 2017.
- [7] Australia Ministry of foreign Affairs, "Australia to pursue nuclear-powered submarines through new trilateral enhanced security partnership", 2021.
- [8] Australia Ministry of Defense, "Australian submariners to join Royal Navy crews as UK and Australia deepen defense ties through AUKUS agreement", 2022.
- [9] Yonhap News Agency, "Australia to have two nuclear submarines by 2030 through Ochus", 2022.