

STRATEGY 21

통권42호 Vol. 20, No.2, Winter 2017

한국형 원자력 추진 잠수함 도입방안

장 준 섭*

I. 서론

II. 외국의 원자력 추진 잠수함 도입사례

1. 미국
2. 러시아(구 소련)
3. 영국
4. 프랑스
5. 중국
6. 인도

III. 한반도 안보환경과 원자력 추진 잠수함의 필요성

1. 한반도의 안보환경
2. 원자력 추진 잠수함의 필요성

IV. 한국형 원자력 추진 잠수함 도입방안

1. 정책적 해결과제
2. 기술적 해결과제
3. 특수 지원시설 확보
4. 유사 함형의 결정
5. 도입 방법의 결정

V. 결론

* 해군소령(해사53기), 서울대학교 원자핵공학 학사, 미 텍사스 A&M대학 원자핵공학과 석사

I. 서론

최근 원자력 추진 잠수함 도입에 대한 논의가 핵심 이슈로 떠오르고 있으며 2017년 9월 초 한·미 정상외교의 전화통화를 한 직후에 “미국의 대통령이 미국산 무기와 장비 구매에 대해 개념적 승인을 했다.”라고 밝혔다. 이에 대해 정부 고위 관계자는 “이 개념적 승인의 대상은 원자력 추진 잠수함에 해당하는 말이었다.”라고 밝혔다.¹⁾ 원자력 추진 잠수함 도입관련 사항들이 국가 고위급에서 언급되고 있으며 구체적인 사항들이 공식적으로 합의된 적은 없지만, 국내·외 고위 관계자들을 조만간 이를 가시화 하겠다고 밝혔고 정치권에서도 이에 대한 논란이 뜨겁다. 이러한 상황에서 아직 결정된 것은 없지만 앞으로 올바른 정책결정을 위해서 원자력 추진 잠수함의 도입과 관련된 사항들을 검토하고 필요한 기술들과 추진방안들에 대해 살펴볼 필요가 있다.

이러한 논의들은 과거부터 많이 이루어졌지만 최근에 와서 활발하게 이루어지는 것은 국가 지도부의 의지와 북한 도발강도의 증가에 따른 것이다. 이와 함께 국내 독자 설계와 개발을 마친 장보고-III급 잠수함이 가시화되고 있으며 2017년 8월 2일에는 인도네시아에 최초로 잠수함을 수출하는 등 국내의 잠수함 기술이 진일보한 것도 원자력 추진 잠수함 도입 가능성을 높이고 있다. 장보고-I 급과 장보고-II 급을 독일 HDW사와 기술협력 생산을 통해서 핵심기술들을 습득하였으며 이를 바탕으로 장보고-I 급을 건조하여 수출하고 장보고-III급을 독자개발 하는 수준에 이른 것이다. 과거 중국, 인도는 독자적인 잠수함 설계기술이 없이 원자력 추진 잠수함 사업을 시작하였고 그로 인해 지나치게 오랜 기간이 소요되었으며 건조는 되었지만 제대로 성능을 발휘하지 못한 사례가 있었다. 하지만 우리나라는 장보고-III급 자체 개발로 중국과 인도의 사례처럼 큰 난관은 없어 보인다. 아울러 국내 잠수함 개발 역사에서도 기술이전, 후속 군수지원 등에 문제점이 발견하였기 때문에 국내·외에서 발생했던 사례들을 교훈삼아 효율적인 도입방안을 마련할 필요가 있다.

아쉽게도 원자력 추진 잠수함 관련 정보들은 서구를 비롯한 모든 국가에서 대부분 비밀로 분류되어 있으며 일반적인 자료조차도 공개를 하지 않고 있는 실정이어서 신문이나 방송 등에는 부정확한 정보나 추측을 바탕으로 주장하는 사람들이 많다. 원자력 추진 잠수함은 어느 무기체계보다 고가이고 개발과 건

1) “트럼프, 원자력 추진 잠수함 두고 개념적 승인... 도입 가시화 되나,” 『JTBC』, 2017년 9월 20일.

조에 장기간이 소요되므로 도입방향이냐 예상되는 문제점을 미리 대비하지 않으면 큰 손실을 감안해야 한다. 또한 도입자체가 결정되지 않는 상황에서 잘못된 사실이나 주장들이 언론에 보도된다면 러시아, 일본, 중국 등 주변국의 견제와 의심을 키울 뿐만 아니라 국론을 분열시키는 결과를 가져올 것이다. 잠수함이라는 무기체계가 은밀하고 공격적으로 자칫 주변국과의 군사력 경쟁을 흔들 수 있는 민감한 것이며 원자력 에너지도 핵연료의 공급과 처리 등에 있어서 국제적인 규제가 많고 투명성이 결여된다면 국제적으로 오해의 소지가 높은 대상이기 때문이다. 원자력 추진 잠수함 개발을 위해서는 원자력 추진체계 뿐만 아니라 고성능 소나체계, 방사소음 감소 기술, 잠수함 내부 대기관리 기술, 폐기물 관리시설 등이 필요하지만 이에 대해 아직 언급된 자료가 없어 본 논문에서는 집중적으로 다루었다. 대부분의 내용들은 국내·외 논문과 신뢰성 있는 기관에서 발표된 내용을 참고하였으며 일부 내용들은 필자가 '16년 12월 미국 로스엔젤레스(Los Angeles)급 잠수함을 승조하면서 확인한 내용이다.

아직까지 원자력 추진 잠수함 도입에 대해서는 결정된 것이 없기 때문에 모든 사항은 도입이 결정되었다는 가정 하에 검토한 내용이다. 본 논문은 미국, 러시아(구 소련) 등 외국의 원자력 추진 잠수함 도입과 국내 잠수함 사업 추진 사례를 바탕으로 합리적인 도입방안과 예상되는 문제점을 살펴보고 북한의 핵 무기 개발, SLBM 발사, 러·일·중의 해군력 등 한반도 주변국의 안보환경을 고려한 한국형 원자력 추진 잠수함의 필요성을 살펴보고자 하겠다. 본 연구는 만일 한국형 원자력 추진 잠수함 사업이 승인된다면 필요한 기술과 시설들은 어떤 것이며 이에 따라 사전에 기술개발이 필요한 것과 외국의 기술을 도입해야 할 것이 무엇인지 판단하는 데 필요한 지식을 알리는 데 목적이 있다.

Ⅱ. 외국의 원자력 추진 잠수함 도입사례

1. 미국

2차 세계대전이 종료되고 잠수함에 새로운 임무가 부여되기 시작하였는데 1949년 구 소련에서 원자폭탄 실험이 최초로 성공하여 이를 운반하고 발사할

무기체계로 잠수함이 선택되었다. 이에 따라 위스키(Whiskey)급 디젤-전기 추진 잠수함은 순항미사일 탑재 잠수함(SSG: Guided Missile Submarine)²⁾으로, 줄루(Zulu)급 디젤-전기 추진 잠수함은 탄도미사일 탑재 잠수함(SSB: Ballistic Missile Submarine)³⁾으로 개조되었다. 미국은 이러한 구 소련 전략 잠수함에 대응하기 위하여 원자력 추진 잠수함을 개발하였으며 구 소련의 핵 미사일을 장착한 잠수함들이 언제 미국 본토를 공격할지도 모르는 상황에서 구 소련 잠수함에 대응하는 것은 미국의 존망을 결정하는 중요한 문제였다. 하지만 디젤-전기 추진 잠수함은 속력이 제한되고 스노클 시 소음이 발생하기 때문에 이러한 임무를 수행할 수 없어서 미국은 원자력 추진 잠수함을 개발하기로 결정하였고 1950년대 미 해군연구소(NRL: Navy Research Laboratory) 주도로 본격적인 연구를 시작하였다.

당시 가장 큰 문제는 국가적인 의지와 비용의 문제였는데 국가적인 의지보다는 사업담당자였던 리코버 제독(Hyman George Rickover, 1900~1986)의 개인적인 신념에 의해 이루어졌다.⁴⁾ 또한 1950년 발발한 한국전쟁으로 미국의 국방비가 엄청나게 증가하게 되어 신속하게 비용의 문제가 해결되었다. 1952년 6월부터 미국 코네티컷 주의 제너럴 다이내믹(General Dynamics)에서 선체 제작이 시작되었다. 약 2년 뒤인 1954년 1월 세계 최초의 원자력 추진 잠수함인 노틸러스(Nautilus)함이 탄생하였다. 노틸러스함은 길이 97.2m, 배수량 4,040톤으로 당시 기준으로는 가장 규모가 큰 잠수함이었으며 원자로 1기와 증기터빈 2조를 사용하여 1,500마력을 낼 수 있었고 최대속력은 23.5노트였다.

미국은 구 소련과의 군비경쟁, 대잠전 플랫폼으로서 역할, 그리고 리코버 제독의 저돌적인 추진력과 전폭적인 재정지원에 의해 가장 먼저 원자력 추진 잠수함을 도입하였음에도 불구하고 가장 빠른 기간 내에 건조를 완료하였다. 또한 각 대학의 인재들을 선발하여 사업에 효과적으로 투입하였으며 1950년에는 1년의 원자력 전문 교육과정인 ORSORT (Oak Ridge School Reactor

2) 디젤-전기 추진을 사용하고 지상표적과 수상함을 공격하는 순항 유도미사일을 탑재하는 잠수함을 말한다. 이상근 등 공저, 『잠수함에 대한 이해 100문 100답』 (진해: 잠수함사령부, 2015), p.59.

3) 디젤-전기 추진을 사용하고 지상표적을 공격하는 전략 탄도미사일을 탑재하는 잠수함을 말한다. 탄도미사일은 대기권 밖에서 비행하기 때문에 다른 잠수함이나 수상함, 육상레이더기지에 발각되지 않는 장점이 있어 핵무기 운용수단으로 운용되고 있다. *Ibid.*, p.59.

4) 이명기, “원자력 추진 잠수함 전력건설 환경요인에 관한 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2004년, p.22.

Technology)를 만들어 인재를 양성하기도 하였다. 실제 원자로와 같은 크기의 실험용 원자로를 동시에 제작하는 획기적인 제작방법을 사용하는 등 모든 사업은 체계적이고도 합리적으로 추진되었다.

2. 러시아(구 소련)

구 소련의 원자력 추진 잠수함 연구는 미국보다 훨씬 더 이전에 시작되었다. 1940년대 말부터 연구가 시작되었으며 시험적인 원자력 추진 잠수함 공장의 건조는 1953년과 1954년 사이에 시작되었다. 하지만 최초의 원자력 추진 잠수함의 도입은 미국보다 늦었는데 이는 당시 정치적인 상황과 관련이 있다. 원자력 추진 잠수함 도입사업은 당시 구 소련의 지도자였던 스탈린(Joseph Stalin, 1879~1953)의 대함대 구축계획의 일환으로 추진되었는데 1953년 3월 스탈린이 사망하자 이에 대한 지원이 대폭 축소되었던 것이다.

이후 흐루시초프(Nikita Khrushchyov, 1894~1971) 통치시대 해군사령관인 고르시코프 제독(Sergei Gorshkov: 1910~1988)은 전함과 순양함의 건조계획 대신 상대적으로 저렴한 비용으로 위력을 발휘할 수 있는 유도탄, 핵무기, 그리고 잠수함의 개발에 노력하였다. 이에 따라 원자력 추진 잠수함의 건조사업이 급물살을 타기 시작할 시기에 미국은 이미 최초의 원자력 추진 잠수함 노틸러스함의 건조가 완료되었으며 8척의 SSN이 건조 중이었다. 따라서 구 소련 해군의 사업은 미국의 원자력 추진 잠수함에 대응하기 위한 ‘따라잡기’식으로 진행되었다.⁵⁾

구 소련은 잠수함보다 가중되는 수압, 규모 등의 제한을 받지 않는 쇄빙선에 원자력 추진체계를 최초로 적용하였다. 세계 최초의 원자력 추진 쇄빙선 레닌(Lenin)호는 1954년에 착공, 1956년 8월에 건조되어 1957년 12월에 진수되었다. 레닌호는 애드미럴티(Admiralty)라는 민간 조선소에서 건조되었지만 여기에 장착된 3기의 원자로를 해군이 설계한 것으로 알려져 있다.⁶⁾ 레닌호는 3개의 수밀원자로를 장착하고 있었으며 이 중 1개는 시험용 또는 보조용으로 사용되고 나머지 2개에서는 22,000마력의 터빈에서 동력이 공급되었다. 1959년

5) *Ibid.*, p.48.

6) *Ibid.*

7월 레닌호를 시찰한 미국의 리코버 제독은 레닌호의 원자로가 미국 해군에서 사용하는 원자로와 비슷하다고 언급하였다. 또한 1956~1957년 레닌그라드 지역에서 발견된 성격미상의 잠수함이 있었는데 서방에서는 이 잠수함을 웨일(Whale)함으로 명명하였다. 이 잠수함은 원자력 추진 잠수함의 개발을 위한 시험용 잠수함으로 알려져 있었다.⁷⁾

구 소련은 1953년에 원자력 추진 잠수함 건조에 착수하였으며 7년 뒤인 1960년 10월 20일에 구 소련 최초 원자력 추진 잠수함인 노벰버(November)급 잠수함의 건조가 완료되었다. 이 잠수함은 원자로 두 대를 장착하였으며 35,000마력의 추진력으로 25노트의 속력을 낼 수 있었다. 또한 배수톤수는 5,300톤이며 잠항심도는 305미터로 미국의 노틸러스함에 비해 규모가 크고 우수한 성능을 보유하고 있었다. 하지만 이후 구 소련은 무리하게 원자력 추진 잠수함 사업을 진행하였다. 미국은 노틸러스함에 뒤이어 시울프(Seawolf/SSN-575)함이 같은 급의 잠수함이며 이후 일정 기간을 두고 네 척의 스케이트(Skate)급의 잠수함이 건조된 반면 구 소련은 동시에 세 가지 급의 원자력 추진 잠수함을 연속 생산하였다. 또한 미국은 시울프함⁸⁾을 제외하고 안전성이 입증된 가압경수로를 잠수함의 추진체계에 사용한 반면 구 소련은 초기에 액체금속로 등 안전성이 검증되지 않은 원자로를 사용하여 원자로 관련 사고가 많이 일어났다.

구 소련의 원자력 추진 잠수함 도입은 당시 정치적인 상황으로 미국에 비해 조금 늦게 시작되었으며 미국의 원자력 추진 잠수함에 대응하기 위해 개발되었다. 이후 일부 디젤-전기 추진 잠수함인 SSG, SSB가 담당하였던 수중 전략 무기 운용 플랫폼으로서의 역할도 모두 원자력 추진 잠수함이 담당하게 되었으며 무리하고 실험적인 사업진행으로 원자로 관련 사고가 발생하였다.

3. 영국

1950년대 중반에 대서양에서 영국의 해군전력은 미국의 노틸러스함과 여러

7) *Ibid.*

8) 1955년 7월 21일 건조된 두 번째 원자력 추진 잠수함 시울프함에는 액체금속(나트륨)을 냉각재로 사용한 SIR·B 원자로에서 냉각재가 누출되는 사고가 일어나 취역은 1957년 3월 30일에야 이루어졌다. 이후에도 고장이 계속되었다. 1958년 12월에서 1960년 9월에 걸쳐 원자로를 노틸러스함과 같은 가압경수로형 S2W1으로 교환하였다. 이후 가압경수로는 미국 해군의 정식 추진기관으로 선정되었다.

번의 대잠전 훈련을 실시하게 되었다. 당시 영국의 해군참모총장인 마운트배튼 제독(Louis Earl Mountbatten, 1900~1979)은 이 훈련들을 통해 대잠전 플랫폼으로써 원자력 추진 잠수함의 장점에 대해 확신을 가지게 되었다. 당시 영국에서는 미국과 마찬가지로 이미 원자력 추진 잠수함에 대한 개발 가능성을 검토하고 있는 시기였으며, 관련 내용은 1952년 영국 해군 예산에 관한 보고서에 '원자력 사용방식을 포함하여 잠수함에 원자력 추진체계 이용방식에 대한 검토'에 포함되어 있었다. 이 보고서 검토결과에 의하면 최초에는 영국이 독자 설계한 원자로를 탑재할 계획이었지만 미국의 원자력 추진 잠수함의 빠른 개발에 당황한 영국은 개발기간 단축과 조기 취역을 위하여 미국 해군의 기술을 이전받기로 결정하게 된다.

마운트배튼 제독은 미국의 해군참모총장인 버크 제독(Arleigh Burke, 1901~1996)에게 기술이전을 요구하였으며 버크 제독은 당시 미국과 영국의 관계를 고려하여 기술이전을 승인하는 방향으로 추진을 하려고 하였다. 하지만 해군 원자력 사업 담당자였던 리코버 제독은 타국으로 기술유출을 꺼려하여 이를 반대하였다. 이후 영국은 리코버 제독을 설득하였으며 미국 스킵잭(Skipjack)급 잠수함에 탑재한 웨스트하우스사의 가압경수로형 원자로인 S5W 1세트 도입에 대한 협정을 1958년에 체결하게 된다. 영국 최초의 원자력 추진 잠수함인 드레드노트(Dreadnaught)함은 1956년에 건조를 시작하여 1960년에 진수되었다. 선체 제작에는 미국의 기술이 도입되기도 하였지만 원자로는 미국 웨스팅하우스사와 영국 롤스로이스사와 공동으로 제작하였으며 영국의 비스커스 조선소에서 제작되었다.

드레드노트함의 초대함장인 빅터 중령은 1959년부터 8개월간 미국의 공격 원잠 스킵잭함에 편승하여 훈련을 받았으며, 승함이 결정된 부장이하 승조원들도 미국 해군의 원자력 추진 잠수함 육상 시뮬레이터에서 훈련을 받았다.

영국은 대부분 원자력 추진 잠수함 개발국과 마찬가지로 대잠전 플랫폼으로서 원자력 추진 잠수함의 장점 때문에 개발을 추진하게 되었으며, 미국과 비슷한 시기에 개발을 추진하였으나 리코버 제독 같은 추진력을 가진 인물의 부재로 실제 도입은 늦어지게 되었다. 하지만 영국은 2차 세계대전의 승전국으로 당시 가장 우수한 성능을 가진 독일의 U1407을 전리품으로 입수하였으며 독일 잠수함 전문가인 발트박사를 초청하여 실험용 잠수함인 익스플로러(Explorer)함과 엑스칼리버(Excaliber)함을 건조하는 등 우수한 잠수함 건조 기술을 보유하고 있었다. 또한 원자력 산업 기반이 마련되어 있었으며 미국과 원활하게 기

술과 운용기술 이전이 이루어져서 불과 4년 만에 원자력 잠수함을 건조하게 되었다.

4. 프랑스

2차 세계대전 종료 시 미국만이 핵무기를 보유하고 있었고 1949년 8월 구 소련이 플루토늄 원자폭탄을 완성하였으며 영국도 미국 맨해튼 계획에 협력하여 미국의 기술을 지원받아 1952년 10월 핵실험에 성공한다. 이에 따라 2차 세계대전 전승국 중 핵무기 개발에서 홀로 밀려난 프랑스는 독자적으로 핵무기를 개발하게 되었으며, 1960년 2월 13일 알제리 사하라 실험장에서 플루토늄 원자폭탄 실험을 성공함에 따라 핵 보유국 대열에 들어섰다. 하지만 프랑스의 핵무기 보유를 반대해 왔던 미국과 영국의 압력을 받아 프랑스는 북대서양(NATO : North Atlantic Treaty Organization)에서 탈퇴하게 된다.

따라서 프랑스는 국제적으로 고립되어 어느 국가에서도 원자력 추진 잠수함관련 기술이전을 받을 수 없게 된다. 당시 미국, 구 소련, 영국은 모두 공격원잠(SSN)을 먼저 건조한 다음 그것을 개조하거나 선체를 연장하여 전략원잠(SSBN)을 건조하였으나 프랑스는 다른 강대국의 핵무기에 대응하기 위한 보복능력이 시급한 시기였기 때문에 전략원잠을 우선적으로 개발하였다. 이에 따라 원자력 추진 잠수함의 개발과 함께 탄도미사일의 개발이 같이 진행되었다.

1960년부터 핵무기의 소형화와 탄도미사일의 개발이 진행되었으며 1964년 5월에는 SLBM인 M1 탄도미사일의 수중발사를 위해 디젤-전기 추진 실험용 미사일 발사 잠수함인 짐노트(Gymnote)함을 진수하여 1967년부터 1969년까지 발사시험을 실시하여 성공한다. 원자력 추진 잠수함 역시 1962년 드골(Charles de Gaulle, 1890~1970) 대통령에 의해 승인되어 연구가 시작되었으며 1971년 마침내 프랑스 최초 원자력 추진 잠수함인 리다우터블(Redoutable)함이 탄생하게 되었다. 리다우터블함은 북 프랑스 노르망디 근처에 있는 프랑스 최대 해군공창인 DSN(Direction des Constructions Navales)에서 건조되었다.

전략원잠의 취역과 함께 수도 파리로부터 북서쪽 약 10km 지점에 제2차 세계대전 중 나치 독일군이 연합국의 폭격에도 견디도록 만들어 놓은 지하요새에 전략잠수함 사령부(ALFOST : Commandement des Forces sous-marines

et de la Force Oceanique Strategique)를 만들었다. 또한 위성과 항공기 등을 이용한 VLF 잠수함 통신체계를 갖추어 전 세계 어디에서든 전략임무를 수행할 수 있도록 하였다.

프랑스는 당시 다른 국가와의 관계 때문에 보복무기의 실전배치가 시급하여 다른 국가와는 다르게 전략원잠을 우선 개발하였으며 최초의 공적원잠인 루비(Rubis)함은 전략원잠보다 8년 늦은 1979년에서야 인수하게 되었다. 프랑스는 원자력 추진 잠수함을 자체 개발하였기 때문에 영국보다 2배 이상의 기간인 9년이 소요되었다. 하지만 미국에 이어 세계 2위의 원자력 강국으로 비교적 빠른 기간 내에 개발할 수 있었던 것으로 판단된다. 리더우터블함은 미국 노틸러스함, 영국 드레드노트함과 유사한 수준의 원자로를 탑재하고 있으며 24기의 M1 전략무기를 운용할 수 있었다.

5. 중국

중국의 원자력 추진 잠수함 도입관련 정보는 구 소련의 정보보다 확인하기 어렵다. 다만 중국의 잠수함 개발 현황에서 살펴볼 수 있는 사실은 중국은 디젤-전기 추진 잠수함조차 독자 개발할 기술이 부족함에도 불구하고 원자력 추진 잠수함 개발을 시작했다는 것이다.

1956년 중국의 주석인 마오쩌둥(Mao Jedong, 1893~1976)의 지시로 원자력 추진 잠수함 개발이 국가 정책사업으로 결정되었다. 당시 중국은 구 소련으로부터 위스키(Whiskey)급, 로미오(Romeo)급 디젤-전기 추진 잠수함을 수입하여 운용하던 시기로 원자력 추진 잠수함 건조기술도 구 소련에서 도입하여 개발하기로 계획하였다. 이후 기술이전이 취소되어 원자력 추진 잠수함 사업이 취소될 위기에 놓였다. 하지만 마오쩌둥 주석은 “10,000년이 소요되더라도 반드시 원자력 추진 잠수함을 건조하겠다.”라고 선언하고 무리하게 사업을 진행하였다.⁹⁾ 이후 프랑스, 이스라엘 등 유럽 기술을 일부 도입하였으며 마침내 1970년 12월 중국 최초 원자력 추진 잠수함 한(漢)-401함을 진수하고 1974년 8월 칭다오에 실전 배치하였다. 하지만 기술적인 결함과 Yu-3 어뢰 개발지연

9) Xue Litai, *China's Strategic Seapower* (Washington D.C.: Stanford University Press, 1996), p.18.

으로 약 10년 간 제대로 운용되지 못하였으며 1985년 첫 실전훈련과 84일에 걸친 1만마일 원거리 항해에 성공하였으며 1988년 5월 최대 잠항심도에서 중국 최초 음향추적어뢰 Yu-3 발사에 성공하였다. 비록 개발에는 성공하였으나 한급 잠수함은 1950년대에 개발된 미국 스키트급이나 구 소련의 노뎀버급 잠수함 보다 훨씬 열악하여 ‘이빨 빠진 상어’라고 불리며 5척이 건조되었으나 그 중 한-404함만이 완전 취역상태에 있다.¹⁰⁾

떨어진 한급 잠수함의 성능을 개량하기 위하여 1990년대에 전장을 8미터 연장하고 원자로를 개조하였으며 7개의 날개를 가진 추진 프로펠러로 교체하는 등 대규모 개량작업을 통해 소음수준을 대폭 낮추었다. 또한 소련의 붕괴를 기회로 1990년대부터 러시아에서 원자력 추진 잠수함 건조기술을 입수하고 미국에 유학 중인 중국 유학생과 학자들을 통해 SLBM에 관련된 정보를 꾸준히 축적하였다. 1990년대 중반에 들어 중국 해군은 연안방어에서 근해(近海)방어로 전환하였는데 이는 첨단병기를 이용하여 해상으로부터 내륙 깊숙이 전력을 투사하는 걸프전쟁의 공격양상에 충격을 받아서 이루어진 것이다.¹¹⁾ 따라서 2000년대부터 본격적으로 완전한 원자력 추진 잠수함 건조기술을 보유하게 된 중국은 전략원잠인 진(晉)급과 공격원잠인 상(商)급을 자체 건조하게 된다.

중국은 원자력 추진 잠수함의 건조를 위한 핵심기술, 즉 잠수함과 원자로 제작기술이 없는 상황에서 무리하게 사업을 진행하여 국가적인 정책사업으로 추진했음에도 불구하고 잠수함이 제대로 운용되기까지 상당한 기간이 소요되었다. 2000년대 건조된 잠수함은 서구의 잠수함 기술을 많이 따라잡았다고 평가되나 그 이전에는 소음과 성능미달로 제대로 운용되지 못하였으며 폭발, 방사능 누출 등의 사고가 일어났었다.

6. 인도

인도는 역사적으로 파키스탄, 중국, 구 소련 등 주변국 위협에 대응해 왔는데 특히 1971년 인도와 파키스탄 간 전쟁 중 미국은 인도를 위협하기 위하여 원자력 추진 항공모함인 엔터프라이즈(Enterprise)함을 비롯한 항모 기동부대

10) 황병무, 『신 중국 군사론』 (서울: 법문사, 1992), p.338.

11) 황의봉, “황병무 대담, 중국군 밋을 감추고 어둠을 가르며 미래를 기다린다.” 『신동아』 2004년 5월호, p.450.

를 뱅갈만에 투입하였다. 또한 구 소련에서는 이에 대한 대응으로 핵무기를 탑재한 원자력 추진 잠수함을 항모 기동부대 주위로 보내게 되었다. 이 사건 이후 전략무기로서 원자력 추진 잠수함의 필요성을 인식한 인도는 1974년부터 Project 932라는 해군 원자력 프로젝트를 추진하였다.

원자력 프로젝트의 추진과 함께 원자력 추진 잠수함 관련 기술과 운용경험을 습득하기 위해 1988년부터 구 소련의 찰리(Charlie)급 원자력 추진 잠수함을 대여하여 운용하였다. 인도와 군사적으로 대립 중인 파키스탄은 이에 대응하기 위해 중국 한급 원자력 추진 잠수함 대여를 시도하였다. 이에 인도는 구 소련에 찰리급 잠수함 반환을 조건으로 파키스탄의 한급 잠수함 대여 취소를 제안하였으며 파키스탄을 이를 수락하여 1992년 인도는 찰리급 잠수함을 반환하게 된다. 이후 2012년부터 10년간 러시아 아쿨라(Akula)급 원자력 추진 잠수함 네르파(Nerpa)함을 대여하여 운영하고 있다.¹²⁾ 대여비용은 총 6억 5,000만 달러(7,345억원, 달러 당 1,130원)이며 인도에서는 차크라(Chakra)함으로 명명하였다. 이후 인도는 러시아 원자력 추진 잠수함 추가 대여를 위해 지속적으로 노력하고 있다. 가장 유력한 함정은 아쿨라(Akula)급 중 가장 구형인 카샤롯(Kashalot)함과 최신형 야센(Yasen)급이다. 러시아에서 제시한 함정은 카샤롯함인데 인도 측에서는 야센급 잠수함이 훨씬 더 첨단 잠수함이라는 것을 내세워 협상 중에 있다.

구 소련으로부터 잠수함 대여로 잠수함 운용 및 설계기술을 습득하고 1974년부터 실시된 Project 932를 꾸준히 추진한 결과 원자력 추진 잠수함을 자체 개발할 수 있는 기술기반을 마련하였으며 마침내 2009년 인도 최초 원자력 추진 잠수함인 아리한트(Arihant)함이 건조되었다. 아리한트함의 선체제작에는 러시아와 프랑스 기술을 도입하였으며 원자로는 러시아의 가압경수로를 탑재하였다. 인도는 프랑스와 마찬가지로 탄도미사일 발사를 위한 전략잠수함을 가장 먼저 제작하였으며 아리한트함은 탄도미사일 발사용 수직미사일을 4개 보유하고 있다.

인도는 당시까지 209급, 킬로(Kilo)급, 찰리(Charlie)급 등 모든 잠수함을 외국에 도입 또는 대여하는 기술 수준이었다. 또한 원자력 추진 잠수함 건조 프로젝트는 국가적인 프로젝트가 아닌 해군 자체의 프로젝트로 추진하여 개발에는 35년이라는 엄청난 기간이 소요되었다. 아리한트급 잠수함 1번함은 주변

12) A. Terenv, *Under Three Flags* (Moscow: OCK, 2014), p.17.

의 우려와는 달리 사고 없이 운영되고 있으며 2017년에는 2번함을 진수할 예정이고 현재 탑재된 탄도미사일의 성능을 개량하여 사정거리를 늘릴 예정이다.

Ⅲ. 한반도의 안보환경과 원자력 추진 잠수함의 필요성

1. 한반도의 안보환경

가. 북한 핵무기와 SLBM 발사

북한은 1962년 구 소련 지원으로 영변에 연구실험용 원자로 1기 공사에 착수하여 1963년 완료하였다. 초기 열 출력은 2,000kW였지만 독자적으로 8,000kW 출력으로 개량하였다. 영변 2호기는 열출력 200MW의 대규모 연구용 원자로로 1985년에 착공하여 1994년에 완공될 예정이었지만, 1985년 핵확산방지조약(NPT: Nuclear non-Proliferation Treaty) 가입과 1994년 제네바 협약으로 건설이 중지되었다. 북한 원자로가 주목받는 이유는 전력 생산용이 아니라는 것이다. 이는 방사선 치료용 동위원소 아이오딘(Iodine)-131을 제조하는 목적으로 사용되는 연구용이지만 북한 경제상황 등을 고려해 볼 때 연구용 원자로를 제작할 이유는 없을 것이다. 다만 이러한 원자로를 가동시키면 플루토늄을 얻을 수 있는데 이 플루토늄을 사용하여 핵무기를 제조하려 했다는 의혹이 제기될 수 있다. 국제원자력기구 사찰결과에 따르면 영변 2호기가 완공되어 최대 출력 시 매년 약 11kg의 플루토늄이 생산 가능하다고 한다.

2000년대 북한은 우라늄 농축기술을 도입하여 농축우라늄 핵무기 제작시도를 하게 된다. 당시 북한이 핵무기를 완제품 형태로 도입했거나 농축에 필요한 부품들을 밀수하려 한다는 의혹이 제기되었다. 2012년 미국 핵 전문가 지그 프리드 해커(Siegfried S. Hacker) 국제안보협력센터 소장은 북한 영변의 우라늄 농축설비에 2천여 개의 원심분리기가 구축되어 있다고 밝혔다. 북한은 영변 우라늄 농축시설의 규모가 알려지기 전에도 2006년 1차 핵실험을 시작으로 2009년, 2013년에 2차, 3차 핵실험을 감행하였으며 2016년에는 핵실험을 2회, 2017년에는 1회 실시하였다. 2015년 3월 미국 핵과학자회보(Bulletin of

atomic scientists)에는 북한이 핵무기를 10개 미만 보유하고 있다고 발표되기도 하였다. 2014년 북한은 핵물질 생산을 늘리고 질을 높이기 위해 원자력성이라는 원자력 전문기관을 설립하였다.

북한은 1~6차 핵실험을 하면서 점점 더 강한 위력의 폭발력을 가진 핵무기를 사용하였다. 특히 2017년에 실시한 6차 핵실험 직전에 수소폭탄의 실물사진을 공개했는데 미국 W87 핵탄두의 모습이였다. 또한 수소폭탄을 이용하여 폭발력을 더욱 강화했다고 발표하였는데 W87을 수소폭탄으로 개조한다면 폭발력은 초기형은 300kt, 후기형은 475kt에 달한다. 6차 핵실험의 폭발력은 미국의 워싱턴 포스트지에서는 100kt이고 일부 국가에서는 300~500kt으로 측정되기도 하였다.¹³⁾ 핵무기의 폭발력이 100kt 이상은 엄청난 폭발력으로 광범위한 범위의 피해를 입히므로 전략핵무기(SNW: Strategic Nuclear Weapon)로 분류하며 100kt일 경우는 히로시마에 떨어진 핵무기 폭발력의 7배 수준이다. 북한이 4차 핵실험 시 사용한 핵무기를 서울에 투하할 경우 인구의 절반 정도인 580만명 정도가 사망할 것으로 분석되고 있다.¹⁴⁾

북한은 2016년 3월 8일 핵무기를 소형화하여 대륙간 탄도미사일 KN-08에 장착하는 기술에 성공했다고 밝혔으며 같은 해 8월 24일 고래급 디젤-전기 추진 잠수함을 이용한 북극성 SLBM 발사 성공 영상을 공개하였다. 고래급 잠수함은 길이 67미터 수중 배수톤수 2,200톤의 잠수함으로 디젤-전기 추진 잠수함 중 큰 규모에 속하지만 크기 제한으로 압력선체 내부에 수직발사관을 설치할 공간이 없어 함교탑 위쪽까지 관통하여 수직발사관 1~2개 설치가 가능하다. 또한 북한은 SLBM 발사관 2~3개를 갖추고 장시간 잠항이 가능한 3,000톤급 신형 잠수함 건조를 80% 마쳤으며 2017년 이내에 진수식을 목표로 평안북도 용천의 북중(北中) 기계공장에서 건조 중이다.¹⁵⁾

최근 북한 신포 잠수함기지를 촬영한 위성사진에 흥미로운 점이 있는데 직경 10미터 이상 가느다란 철재 원형구조물이 발견된 것이다. 이것은 잠수함 압력선체일 확률이 높으며 이러한 크기의 압력선체를 가진 잠수함은 미국 로스엔젤레스(Los Angeles)급과 중국 한(漢)급 잠수함으로 톤수는 5,639톤에서 7,124톤에 달한다. 핵무기 개발과 소형화에 성공한 북한이 원자력 추진 잠수함 개발에 욕심을 내는 것은 과거 냉전시대 미국이나 구 소련의 사례처럼 당연한

13) *The Washington Post*, September 3, 2017.

14) "SNW(Strategic Nuclear Weapon)," *Wikipedia* (검색일: 2017.9.16).

15) "북한, SLBM 발사관 2~3기 갖춘 신형 잠수함 80% 완성," 『중앙일보』, 2017년 9월 14일.

수순인지도 모른다.

나. 러시아, 중국, 일본의 해군력 및 원자력 추진 잠수함 전력 강화

동북아 지역은 경제적, 안보적 협력강화, 소련의 붕괴, 한-중 수교, 한-러 수교, 중국의 개혁·개방 정책으로의 변화에도 불구하고 역사적 적대성이라는 부정적 유산이 잔존하고 정치·이념적, 문화적 이질성 등이 동북아 역내(域內) 국가 간의 관계를 협력관계로 발전시키는데 제한적 요소로 작용하고 있다. 이 외에도 동북아는 냉전의 종식으로 군비경쟁의 필요성과 당위성이 상실했음에도 불구하고, 역내 국가 간 영향력 경쟁으로 세계 최대의 군사력이 집중되어 있다.¹⁶⁾ 중국과 일본은 군의 정예화, 현대화, 첨단화를 지속하면서 역내 영향력 확대를 도모하고 있고 대만문제, 미사일 방어(MD)체계 구축문제 등으로 미·중 간 갈등이 지속되고 있으며, 러시아 역시 미국의 독주를 견제하고 있기 때문에 동북아의 안보정세는 불안정성과 불확실성이 지속되고 있다.¹⁷⁾ 또한 센카쿠열도에 대한 중·일본쟁, 쿠릴열도에 대한 러·일본쟁은 중재자나 중재 역할을 할 제도가 없을 뿐만 아니라 단순한 논쟁의 차원에서 벗어나 사활적인 이익을 사수하기 위해 물리적 충돌도 감수하고 있다.¹⁸⁾ 우리나라 또한 독도와 이어도를 둘러싸고 일본, 중국이 영유권을 주장하고 있으며 관공선, 순시선을 보내는 경우도 있었다. 독도와 이어도를 둘러싼 중국과 일본의 도발은 그 수위가 점점 더 높아질 것이 분명하며 물리적 도발의 가능성도 배제할 수 없을 것이다.¹⁹⁾

러시아는 1990년에서 2000년까지 재정난으로 인해 구형함정을 대폭 감축하고 신조함정은 거의 건조하지 못하였다. 특히 이 기간에는 잠수함 전력을

-
- 16) 고봉준, “원자력 추진 잠수함 전력건설에 관한 연구,” 국방대학교 합참대 논문, 2009년, p.13.
 17) 박성제, “뉴테러리즘이 해양안보에 미치는 위협분석과 대응방안 연구,” 동국대학교 석사학위 논문, 2009년, p.16.
 18) 2013년 4월 11일 세종연구소 이면우 연구위원은 국방대학교 안보문제연구소와 독일 콘라드 아데나워 재단이 개최하는 국제공동 학술회의 발제문을 통해 “중·일간 해양영유권 분쟁은 해양자원을 놓고 벌이는 이권다툼으로 2010년 이후 상호 불신과 부정적 이미지가 높아져서 사실상 화해가 어려운 상태”라고 언급했다. “러, 쿠릴열도 군사력 강화에 2,500억원 투입,” 『연합뉴스』, 2012년 10월 23일.
 2010년 11월 러시아 메드베데프 대통령이 쿠릴열도를 방문한데 대해 일본이 반발하자 러시아는 쿠릴열도 군사력 강화에 2,500억원을 투입하여 군사시설을 대폭 강화하였다.
 19) 송택근, “동북아 안보환경 변화에 따른 해군력 역할 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2013년, p.27.

262척에서 67척으로 195척이나 감축을 시켰으며 신조함정은 기존에 계획되어 있었던 오스카(Oscar)급 원자력 추진 잠수함 1척을 포함하여 5척 뿐이었다. 하지만 푸틴 대통령이 집권하면서 러시아의 경제가 안정되었고 ‘신군사 독트린’을 내세워 군의 기동화·현대화를 내세웠으며 1996년에 건조에 착수하였지만 재정적 어려움으로 건조가 지연되었던 4세대 신형 원자력 추진 잠수함 보레이(Borey)급의 건조를 재개하였다.²⁰⁾ 이에 2008년에는 기존 SSBN의 2~3배의 능력을 보유하도록 설계된 보레이급 1번함이 취역하였으며 2017년까지 5척이 취역하였다. 또한 신형 원자력 추진 공격 잠수함(SSN)인 야센(Yasen)급 잠수함은 2014년을 시작으로 2척이 취역되었으며 앞으로 매년 SSBN과 SSN을 각각 1척씩 건조할 계획이다. 최신형 잠수함인 보레이급과 야센급은 최신 장비를 탑재하고 정속성과 탐지능력이 우수하여 서구의 최신 잠수함의 성능에 필적하는 수준이다.²¹⁾ 아울러 동북아 북단과 캄차카 반도에 위치하여 우리나라, 북한, 일본, 중국 등과 밀접한 관련이 있는 태평양 함대에 신형 키로프(Kirov)급 구축함과 보레이급 전략원잠 등 신형 원자력 추진 함정의 절반 정도를 추가 배치하는 등 이 지역에서의 전력 우위를 달성하기 위해 노력하고 있다. 태평양 함대에 배치된 잠수함은 총 24척으로 이 중 원자력 추진 잠수함은 16척이다.

중국은 2003년 후진타오 주석 이후 군사변혁을 추진하고 있으며 230만 명 규모로 군 병력을 축소하고 해·공군과 전략미사일 부대의 역량을 강화하며 신무기체계를 개발하고 있다.²²⁾ 아울러 1985년 류화청 제독(柳華淸, 1916~2011)이 정립한 근해방어 전략에서 한 걸음 나아가 근해에서 머물지 않고 대양으로 진출하는 ‘대양방어’라는 새로운 해양전략 개념이 논의되고 있다.²³⁾ 잠수함 전력은 원자력 추진 잠수함과 디젤-전기 추진 잠수함 전력을 균형적으로 발전시키고 있는데 특히 원자력 추진 잠수함은 이전에 원자로의 안전성과 소음 등으로 제대로 성능을 발휘할 수 없었던 시야(夏)급 SSBN과 한(漢)급 SSN을 대부분 도태시키고 2000년대 이후에는 2세대 원자력 추진 잠수

20) 푸틴 대통령의 ‘신군사 독트린’은 전쟁억제를 위한 현실적 억제전략으로서 핵전력을 유지하고 공격적 방어능력을 보유하기 위하여 신속 기동군 및 합동작전을 강조한다. 홍섭, 『미·중·일·러의 군사전략』(서울: 국방대 안보문제연구소, 2008), pp.281-300.

21) 장준섭, 『원자력 추진 잠수함에 대한 100문 100답』(진해: 잠수함사령부, 2017), pp.134-139.

22) 이에 따라 중국군 현대화의 가장 큰 특징은 중국대륙에 대한 위협거부 능력강화와 장거리 투사능력개선, 정밀타격능력 확보추진, 전략적 차원의 핵 억제력 강화, 작전환경 확대를 위한 원거리 공정작전 능력강화, 비대칭전력의 강화 등이다. 최진철, “한국해군의 잠수함전력 발전 방향에 관한 연구,” 국방대학교 석사논문, 2010년, p.52.

23) 김덕기, 『21세기 중국해군』(서울: 한국해양전략연구소, 2000), p.47.

함인 진(晉)급 SSBN과 상(商)급 SSN을 건조하였다. 2세대 잠수함은 원자로의 안전성과 소음감소, 탐지능력이 대폭 향상되어 2000년대에 건조된 다른 국가의 원자력 추진 잠수함의 능력을 거의 따라 잡았다고 평가되고 있다.²⁴⁾ 중국은 매년 1~2척의 원자력 추진 잠수함을 지속 건조하고 있으며 성능이 더욱 향상된 3세대 당(唐)급 SSBN과 쑤이(隨)급 SSN의 개발이 이미 진행 중이며 앞으로 20~30년 이내에 세계 최고의 잠수함전력 건설을 목표로 하고 있다. 또한 구 소련이 건조한 항공모함인 46,000톤급 바라크(Varyag)함을 구매하여, 개장 및 진수한 뒤 라오닝(Liaoning)함으로 명명하였으며 2017년 4월 26일에는 최초의 중국 항모 산둥(山東)함을 진수하는 등 대양방어 능력을 향상시키기 위해 해군력을 강화하고 있다.

일본은 냉전의 종결로 미·일 안보체제 하 일본의 주변지역, 즉 연안 1,000마일까지의 해상교통로의 보호를 위해 대형화 된 잠수함을 요구하게 되었다. 이에 따라 1990년대부터 총 11척의 2,700톤급 디젤-전기 추진 잠수함인 오야시오(Oyashio)급 잠수함을 건조하였다. 이후 미국에서 9.11 테러가 발발하게 되었으며, 이에 따라 비국가 주체에 의한 테러공격이나 해상교통로 차단을 추가 위협으로 설정하고 AIP 체계를 탑재한 신형 잠수함을 개발하게 되었다. 2005년 이후 3,000톤급 디젤-전기 추진 잠수함인 소류(Souryu)급 잠수함을 매년 1척씩 건조 중이며 총 8척이 운용 중이고 2척을 추가로 건조할 예정이다. 일본은 이미 1960년부터 미국의 가토(Gato)급 잠수함을 대여 받아 국산화를 성공시킨 전통적인 잠수함 강국이며 잠수함 설계, 정숙성, 탐지체계의 성능 등에 있어서 세계 일류의 수준을 유지하고 있다. 일본은 원자력 추진 잠수함 건조를 위한 기술력을 가지고 있다고 평가되는데 이미 우라늄 농축이 국제적으로 승인되어 있으며 1968년부터 1970년까지 원자력 추진 상선 무쯔(Mutsu)호를 82,000km나 운행하며 원자력 선박 운용기술과 노하우를 축적하였다.²⁵⁾ 또한 MRX (Marine Reactor X) 대형 선박용 원자로와 DRX(Deep Sea Reactor) 심해잠수정용 원자로를 개발하고 있다.

24) 미국 해군정보국(ONI: Office of Naval Intelligence)은 ‘상대국의 항공모함과 그 보급부대를 공격할 수 있는 주력무기’라고 평가하였다.

25) “Mutsu(nuclear ship),” *Wikipedia* (검색일: 2017.9.16).

2. 한국형 원자력 추진 잠수함의 필요성

한국형 원자력 추진 잠수함 도입의 필요성은 II장에서 언급했던 외국의 원자력 추진 잠수함 도입사례에서 살펴볼 수 있다. 즉 프랑스, 인도가 ‘전략무기 운용 플랫폼’으로서 운용목적으로 최초 원자력 추진 잠수함을 도입하였던 것과 미국, 구 소련, 영국 등이 ‘대잠전 플랫폼’으로서 도입하였던 것을 나누어 볼 수 있다. 전자의 경우는 공격의 개념이고 후자의 경우는 방어의 개념에 속하여 원자력 추진 잠수함은 공격과 방어의 역할을 모두 충족하는 무기체계이다.

가. 공격의 개념 / 보복능력의 보유

프랑스, 인도는 주변국의 핵무기 위협에 대응하기 위하여 원자력 추진 잠수함을 개발하였는데, 프랑스는 당시 구 소련, 미국, 영국의 핵무기에 대응수단이 필요했으며 인도는 파키스탄, 중국 등이 보유한 핵무기에 대응수단이 필요하였다. 따라서 프랑스, 인도는 전략무기를 운용하는 SSBN을 우선적으로 개발하였다.

장거리 탄도/순항미사일 운용을 위한 수단으로는 잠수함 발사 탄도미사일(SLBM: Submarine-Launched Ballistic Missile), 공중 발사 순항미사일(ALCM: Air-Launched Cruise Missile), 대륙간 탄도미사일(ICBM: Inter-Continental Ballistic Missile)이 있다. 이 중에서 항공기나 육상기지에서 발사되는 ALCM과 ICBM은 적의 미사일이나 공습으로 파괴될 가능성이 크다. 하지만 자국의 본토가 핵무기로 공격을 받아 초토화 되더라도 해상에 있는 원자력 추진 잠수함은 상대방 국가의 주요시설을 공격할 수 있다. 즉 원자력 추진 잠수함에 적재되어 있는 장거리 탄도/순항미사일은 강력한 억지력으로 작용할 수 있다. 이 때문에 냉전시대 일촉즉발의 상황이 많았으나 실제 핵무기를 사용하지 않고 평화를 유지할 수 있었다. 이러한 전략 원자력 추진 잠수함의 역할을 상호확증 파괴(MAS: Mutual Assured Destruction)라고 하며 핵무기의 사용을 억제하기 위한 유용한 수단으로 사용되고 있다.²⁶⁾ 핵무기를 사용하면 상대방은 모든 수단을 동원하여 보복할 것이기 때문에 상대방이 보복하지 못하도록 철저하게 파괴해 버려야 한다. 그러나 이때 원자력 추진 잠수함이 수중에서 작전을 하고

26) 이명기 (2004), p.18.

있다면 핵무기(제1격: first strike)로 공격을 당하더라도 보복공격(제2격: second strike 또는 strike-back)을 가할 수 있다. 제2격 능력을 가지고 있으면 기습적인 제1격을 가하더라도 역공격을 당하므로 억제, 즉 핵무기 불사용이 달성된다는 것이다.²⁷⁾

만일 탄도/순항미사일을 적재할 수 있는 한국형 원자력 추진 잠수함이 3척 이상 도입되어 지속적으로 해상에서 작전을 수행한다면 북한이 핵무기 사용을 막는 역지력을 가지게 될 것이다.

나. 방어의 개념 / 전략대잠전의 수단

“미국 원자력 추진 잠수함 승조원은 몇 달, 몇 년 그리고 몇 십 년 동안이나 수중에 근무하면서 그들의 조국을 핵공격으로부터 보호하는 최후의 보루가 되어 주었다. 잠수함은 구 소련 탄도미사일 잠수함을 끈질기게 추적하였다. 무슨 소리가 나는지 듣고 그들이 어떤 작전을 수행하는지 감시하며 구소련 SSBN을 지속 추적하였다.”

뉴욕타임즈에 연재된 잠수함 첩보전 실화를 엮어서 만든 Blind Man's Bluff(장님들의 음모)라는 책에 수록된 내용이며 이를 통해 냉전시대 미국의 잠수함들이 구 소련의 SSBN에 대응하기 위하여 어떠한 작전을 수행했는지 알 수 있다.

대잠전 중에서도 SSBN을 대응하는 작전(anti-SSBN operation)을 전략대잠전(strategic ASW)라고 한다. 작전 단계는 접촉, 식별, 공격 등으로 구성되는 일반 대잠전과 크게 다르지 않으나 매우 적극적인 대잠전이며 전술적인 노력으로 전략적인 위협을 대응하는 것으로 해군의 중요한 임무이다.²⁸⁾ 잠수함은 어느 정도 이상의 수심만 보장된다면 적 해역일지라도 은밀하게 침투하여 작전을 수행하도록 만들어진 무기체계이다. 모든 잠수함의 항해는 부상상태에

27) 박창원 등 공저, 『21세기 해양안보와 국제관계』(성남: 북코리아, 2017), p.228.

28) 전략대잠전의 수행체계는 세 가지가 있는데 SSN, SOSUS, SURTASS/RDSS이다. SSN은 원자력 추진 잠수함을 적 항만에 전개시켜 SSBN을 부상시점에서부터 추적하는 것이고, SOSUS(Sound Surveillance System)은 잠수함이 지나다니는 길목에 수동소나를 부설하여 잠수함의 이동을 감시하는 시스템이다. 또한 SURTASS(Surveillance Towed Array Sonar System)은 수상함에 예인하는 소나이며 RDSS(Rapid Deployable Surveillance System)은 항공기를 이용하여 부설하는 소나이다. SOSUS는 적에 의한 교란이나 손상의 위험이 있고 대륙붕에 설치해야 하므로 원거리 감시가 어려우며 SURTASS/RDSS는 평시 적 항만에서 사용이 불가하다는 점에서 SSN을 이용한 전략대잠전이 가장 유용하다. *Ibid.*, pp.233,236.

서부터 시작되므로 적 해역에 침투하여 출항하는 잠수함을 부상상태에서부터 지속 추적해야만 완벽한 대잠전이 가능하다. 또한 적 잠수함을 추적하기 위해서는 상대 잠수함보다 2~3배(최소 1.5배 이상) 빠른 속도를 낼 수 있어야 하고 자함 소음이 상대 잠수함 소나에 탐지되지 않아야 한다. 하지만 디젤-전기 추진 잠수함은 고속으로 장시간 기동할 수 없고 주기적인 스노클로 소음이 발생하여 상대 잠수함에게 역으로 탐지되는 위험한 상황에 직면하게 될 가능성이 높다. 또한 스노클 시 자신의 잠수함에서 발생하는 소음으로 인하여 상대 잠수함 추적을 포기해야만 한다. 이를 보완하기 위해서 AIP(Air Independent Propulsion)체계가 개발되었지만, 이 또한 고속기동이 불가능하고 지속시간은 그리 길지 않다.

북한이 SLBM을 완성시키기 전까지는 디젤-전기 추진 잠수함, 항공기, 대잠함을 이용한 대잠전으로 대응이 가능하였다. 하지만 북한이 SLBM을 완성시켜 1척의 잠수함이라도 침투하여 우리의 해역에 핵무기를 발사한다면 국가의 존망이 위협받는 상황에서는 원자력 추진 잠수함을 이용하여 완벽한 대잠전을 실시할 필요가 있는 것이다.

다. 주변국의 위협에 대응 / 비대칭 해군 전략 개념

합동참모본부는 비대칭적 대응(Asymmetric response)에 대해 전략 환경, 군사 과학기술, 전쟁 수행방법 등을 고려하여 미래의 잠재적 군사 위협에 대해 전략규모, 전투능력 및 무기체계 면에서 상대적으로 유리하게 대응할 수 있는 수단을 보유하여 적의 취약한 부분에 대해 전혀 다른 방법으로 공격함으로써 적이 효과적으로 대응하기 못하도록 하는 전쟁 수행방법이라 정의하였다.²⁹⁾ 또한 미국 국가안보전략(NSS)에서 비대칭 수단은 상대방의 취약점을 활용하면서 강점을 회피 또는 훼손시켜야 한다고 하였다.³⁰⁾

III장 1절에서 러시아, 중국, 일본의 해군력 강화 추세에 대해 살펴보았으며 주요 해군력 요소들을 정리해 보면 <표 1>과 같다. 여기서 살펴보면 우리나라는 러시아, 중국과 비교해서 거의 모든 전력이 훨씬 열세이며 일본과 비교해서도 비슷한 수준이나 이지스함과 잠수함 전력은 아직 열세임을 알 수 있다. 특히 러시아와 중국의 항공모함과 잠수함 전력은 우리 안보에 매우 위협적인 존

29) 조돈천, “국가 안보를 위한 비대칭 해군전략에 관한 연구,” 국방대학교 논문, 2004년, p.4.

30) 김종환, 『뉴밀레니엄과 비대칭 전략』 (서울: 신서원, 2000), p.10.

재이며 만일 분쟁이 발생하여 항공모함, 원자력 추진 잠수함 등이 기동부대를 편성하여 무력시위를 한다면 상당히 위협적일 것이다. 장기적인 관점에서는 꾸준히 해군력을 균형적으로 발전시키면 가능하지만 지나치게 기간이 오래 소요되고 경제적인 규모나 인구, 국토의 크기 등으로 보았을 때 러시아나 중국의 해군력을 능가할 수는 없을지도 모른다.

따라서 이러한 해군력 열세를 가장 효과적으로 만회할 수 있는 수단으로 원자력 추진 잠수함이 효과적일 것이다. 원자력 추진 잠수함은 잠수함뿐만 아니라 항공모함, 이지스함, 구축함 등 모든 해군함정에 대응할 수 있는 공격적인 무기체계이다. 구 소련이 1980년대 미국의 항공모함 전력에 대응하기 위해 비슷한 수준의 항공모함 전력을 구성하려고 시도하였다가 이에 대한 비용을 감당할 수 없어서 순항미사일을 다수 탑재한 안테이(Antey)급 원자력 추진 잠수함을 개발한 것도 비대칭 전력으로서 원자력 추진 잠수함의 효용성을 입증하는 사례라고 볼 수 있다.³¹⁾

비대칭 전력으로의 역할 뿐만 아니라 주변국과의 분쟁으로 기동부대가 편성되었을 경우 사전정찰, 기동부대 대잠방호 등의 임무를 수행하기 위해 원자력 추진 잠수함이 반드시 필요하다.

〈표 1〉 한·러·중·일 해군력 비교³²⁾

국 가	이지스함	잠수함 (원자력)	항공모함	구축함	호위함	상륙함
한 국	3	16(0)	0	9	33	9
러시아	0	71(47)	1	18	22	26
중 국	0	69(14)	2	31	78	50
일 본	6	21(0)	0	33	6	7

* 1,000톤 이하 함정 제외

31) 안테이급 잠수함은 SS-N-19 순항미사일을 24발 적재하며 이 미사일은 길이 10.5m, 사거리 550km, 속도는 마하 1.5, 중량 6.9톤으로 1000kg 탄두를 장착하고 있어 미국의 항공모함에 위협적 무기이다. 안테이급은 깊은 심도에서 미사일을 발사할 수 있으며 이중선체 사이에 8인치 고무가 있어서 어뢰 한발로는 격침이 어렵다. 98,000마력의 원자로를 탑재하여 28노트의 속력을 낼 수 있어 항공모함을 추적하여 공격하기에 매우 유리하다. 장준섭 (2017), p.130.

32) Commodore Stephen Saunders, *IHS Jane's Fighting Ships* (UK: IHS, 2017).

Ⅳ. 한국형 원자력 추진 잠수함 도입방안

1. 정책적 해결과제

우리 정부가 1975년 가입한 IAEA(International Atomic Energy Agency: 국제원자력기구)는 원자력 발전의 경제성 및 안전성 제고를 위한 국제적 협력을 목적으로 국제연합 총회 아래에 설립된 준독립기구로서 현재 150개국이 가입되어 있다. IAEA에서는 IAEA-대한민국 정부 간 핵무기 비확산 안전조치 협정을 지키도록 명시하였는데 이 협정은 총 98개조로 되어 있으며 이 중 원자력 추진 잠수함의 도입과 관련될 만한 내용은 제1조로 ‘핵기술을 핵무기 또는 핵폭발장치에 전용하지 않을 것을 약속한다.’이다. 하지만 원자력 추진 잠수함에 핵무기를 운용하지 않을 경우는 핵무기 또는 핵폭발장치는 무관한 사항으로 이 협정에 의해서는 원자력 추진 잠수함의 도입에 규제가 될 수 없음을 알 수 있다.

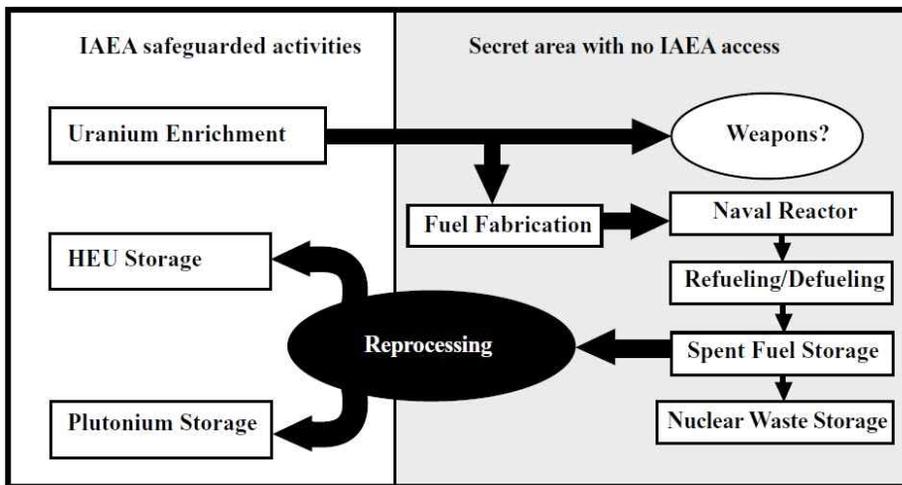
또한 1975년에 가입한 NPT(Nuclear non-Proliferation Treat)는 총 11개 조항으로 구성되어 있는데 그 중 제2조는 ‘핵무기 및 핵폭발장치 또는 관리권 양수 금지: 그러한 핵무기를 제조, 획득 또는 그 과정에서 그와 관련된 원조 수령 금지’가 있다. 이 조항 또한 앞서 언급된 것처럼 핵무기를 운용하지 않는 원자력 추진 잠수함은 추진체계로 원자력 이용에 해당되므로 문제가 되지 않는다. 제4조는 ‘제1, 2조를 준수하는 한도 내에서는 평화적 목적의 원자력 이용을 위한 교류·협력의 장려’이다. 제4조의 경우는 문제의 소지로 지적될 수 있는데 ‘원자력 추진 잠수함을 평화적 목적으로 볼 수 있는냐?’의 질문을 할 수 있다. 하지만 제4조는 금지사항이 아닌 장려사항일 뿐이며, 제4조는 모든 국가에 적용하는 공통조항으로 지금까지 원자력 추진 잠수함을 보유한 국가에서 이 조항에 의해 문제가 된 적은 없었다.³³⁾

다만 NPT 체제는 모든 당사국들이 핵분열물질의 출처와 최종처리에 대해 신고하고 이에 대해 IAEA의 감시를 받도록 의무화 되어 있는데 이는 핵물질의

33) NPT 조항 중 핵보유국에만 적용되는 것은 제3조 ‘핵사찰 수용’에 대한 것 밖에 없다. 또한 핵보유국이 아닌 국가 중에서 원자력 추진 잠수함을 보유한 국가는 인도이며 2020년경에 원자력 추진 잠수함을 보유할 예정인 브라질(프랑스에서 도입)도 핵보유국이 아니다.

처리과정에서 핵무기의 원료가 되는 고농축 우라늄이나 플루토늄을 얻을 수 있기 때문이다. 하지만 고농축 우라늄이나 저농축 우라늄이든 군사시설에 사용되는 경우는 감시를 받지 않아도 된다. 잠수함 역시 군사용이므로 감시대상에서 제외되며 이를 가리켜 <표 2>와 같은 ‘NPT 체제의 틈새(NPT loophole)’라고도 한다.³⁴⁾ 최근 NPT의 이런 문제점을 개선하기 위해 안전조치강화(SSS: Safety Standard Series) 계획을 추진하고 있으나 이는 신고 되지 않은 핵시설에 대한 강제적인 사찰과 관련된 사항으로 군사시설인 원자력 추진 잠수함은 해당되지 않는다. 군사시설의 틈새 문제는 앞으로 상당기간 유지될 것이나 현재 원자력 추진 잠수함을 운용하고 있는 국가는 미국, 러시아 등 초강대국이므로 앞으로 우리나라나 브라질 같은 국가에서 원자력 추진 잠수함을 도입하려 한다면 그 국가에 대해서만 감시를 하도록 규정을 개정할 수도 있다. 그러나 원자력 추진 잠수함의 핵연료에 대해 감시를 하더라도 별도의 규정과 절차를 만들어 받으면 되기 때문에 문제가 되지 않는다.³⁵⁾

<표 2> NPT 체제의 틈새³⁶⁾



34) 신성택 등 공저, “중소형 원자로의 이용 다변화 연구,” 한국원자력연구소 논문, 2006년, p.57.
 35) 다만 잠수함의 위치는 해당국가의 비밀이므로 지속적인 감시가 아닌 몇 년에 한번씩 원자로의 개봉여부를 확인하고 핵연료 교체시기나 함수명 도래 시에 폐연료봉의 상태를 확인하여 핵무기 제조를 위한 핵연료 별도 추출여부를 확인할 수 있다.
 36) Chunyan Ma and Frank von Hippel, “Ending the Production of Highly Enriched Uranium for Naval Reactors” (2001), p.3.

한·미 원자력 협정은 1974년 제정되어 2015년 11월 26일에 개정된 한·미 정부간 핵연료 이용에 관한 상호협정이다. 이 협정에 따르면 한국은 20% 미만의 우라늄 저농축이 필요하게 되면 한·미 양국 간 협의를 통해 자체적으로 20% 미만의 저농축 우라늄을 생산할 수 있게 되었다. 하지만 저농축 우라늄의 생산은 한·미 양국 간 협의를 통해서 이루어진다는 단서조항이 있어 미국의 사전 동의가 반드시 필요한 부분이다. 무엇보다 중요한 사항은 한·미 원자력 협정은 ‘본 협정에 의한 핵물질은 핵무기 또는 기타 군사적 목적을 위하여 사용되지 아니하도록 한다.’라고 명확히 밝히고 있다는 것이다. 일부에서는 이 조항을 ‘군사적 목적에서는 협약을 맺은 것이 없으므로 원자력 추진 잠수함은 해당이 없다.’ 또는 ‘군사적 목적은 핵무기만 해당되는 것이다.’³⁷⁾라고 해석하는 것은 무리가 있다.

핵관련 규제와 정책은 국가별로 차별이 존재하며³⁸⁾ 이것은 역사적으로 그 국가가 핵보유국인가 아닌가의 여부와 함께 국제적인 위상과 투명성이 중요하다.³⁹⁾ 원자력 정책의 결정에 있어서 세계 최강대국은 미국이며 러시아, 영국, 프랑스, 독일과 같은 강대국도 미국의 주도하는 방식으로 따라가야 한다. 그 이외에 인도, 브라질, 파키스탄, 이스라엘 등 원자력 추진 잠수함을 보유하고 있거나 보유를 추진하고 있는 국가들은 모두 NPT 밖에서 핵무장을 시도하고 있거나 이미 근접한 나라들이며 한국과는 상황이 전혀 다르다. 이러한 상황을 무시하고 잠수함을 건조한다 해도 문제는 남는데 핵연료를 구할 방법이 묘연하기 때문이다. 현재 발전소용 우라늄을 판매하는 국가는 미국, 영국, 러시아, 프랑스, 캐나다 정도이나 이들도 발전소용이 아닌 잠수함용으로 우라늄을 판매할 수 없다. 이들이 속해 있는 핵공급국그룹(NSG: Nuclear Support Group) 협정은 평화적 목적이 아닌 군사적 용도로는 핵물질을 판매할 수 없도록 규정하고 있기 때문이다. 이들 나라는 국내법으로 개별 기업의 군사목적 핵물질 수출을 금지하고 있는데 이를 어길 경우 국제적으로 대대적인 금수조치가 따르기 때문이다.

좋은 예로 일본은 원자력의 투명성을 높이는데 노력을 하였으며 국제사회에도 지속적으로 원자력의 평화적 이용을 천명함과 동시에 원자력의 평화적

37) “핵추진잠수함, 北 SLBM 위협 막을 비장의 카드,” 『매일경제』, 2017년 8월 11일.

38) 핵보유국과 비보유국에 해당되는 조항이 별도로 명시되어 있으며 해당국-IAEA 또는 해당국-미국 간의 별도 협약이나 협정이 존재한다.

39) 이명기 (2004), pp.78-82.

이용을 위한 프로그램에 동참해 왔다. 그 결과 현재 ‘포괄동의 방식’이라는 상대적인 자유를 얻게 되었으며 핵보유국이 아니면서도 핵연료 농축과 재처리가 가능한 지위를 얻게 되었다. 결국 한국형 원자력 추진 잠수함 도입에 따른 핵연료 확보와 사용에 관한 문제를 해결하기 위해서는 미국의 양해가 필요하고 경우에 따라서는 별도 협정이 필요할 수도 있다. 한·미 장관급 이상의 회담에서 공식적으로 필요성을 밝히고 정당성을 인정받는 것이 필요하다. 다행히 원자력 기술의 발달로 20%의 저농축 우라늄으로도 30년 이상 운용이 가능한 원자력 추진 잠수함의 설계가 가능할 것으로 판단되고 있다.⁴⁰⁾ 다만 원자력 규제가 기술의 발전을 따라가지 못해서 새로운 협약이 필요한 것이다. 20%의 저농축 우라늄은 핵무기로의 사용이 불가하기 때문에⁴¹⁾ 국제적으로 원자력 추진 잠수함의 핵연료로 사용을 위한 저농축 우라늄의 확보를 위한 양해는 그리 어렵지 않을 것으로 판단된다.

또한 우리나라가 원자력 추진 잠수함을 개발할 경우 국내·외적인 반발도 있을 것이라 예상된다. 일단 일본과 중국의 반발 등 국제적인 파장이 있을 것이며,⁴²⁾ 원자력 추진 잠수함이 정박하는 항구나 지원시설을 건설하기 위해서는 그곳에 거주하는 주민들의 반발이 예상되기 때문에 이에 대한 적절한 대응책을 찾는 것도 필요하다.

2. 기술적 해결과제

가. 원자로 설계 및 제작기술

우리나라 최초 원자로는 1959년 한국원자력연구소에서 착공하여 1962년 임계에 도달한 100kW 출력의 TRIGA Mark-II 연구용 원자로이다. 1967년에는 자체 기술력으로 250kW로 출력을 증강하였으며 1971년에는 2MW 출력의 TRIGA Mark-III를 도입하였다. 최초 동력용 원자로는 1970년 착공하여 1978년 상업발전에 들어간 가압경수형의 고리 1호기이며, 그 후 도입된 원자로 중

40) U.S. Office of Naval Reactor, “Report on Low Enriched Uranium for Naval Reactor Cores,” (2014), pp.1-8.

41) 장준섭 (2017), p.75.

42) 신성택 등 공저 (2006), p.84.

월성 1~4호기만 가압중수형 원자로이며 나머지는 가압경수로이다. 1987년에 설계와 주요기기 공급계약을 체결한 영광 3, 4호기는 외국업체의 기술을 도입하여 국내업체 주도로 건설을 추진하였다. 이로서 우리나라는 독자적으로 원자력 발전소를 건설할 수 있는 기반을 구축하게 되었다. 이는 그동안 중화학공업 분야 산업기술 수준향상에 의해 가능한 것이며, 순수 국내기술로 개발한 원자력 발전소는 1988년 완공된 1,000MW 출력의 울진 3, 4호기이다. 이는 우리 정부가 1984년부터 원전기술 자립계획을 추진해 온 결과이다.

한국형 소형원자로는 스마트 원자로(SMART: System Integrated Modular Advanced Reactor)라고 부르며 한국원자력연구원이 주도하여 1997년부터 2012년까지 15년간 1,500명의 인력이 동원되어 설계 및 제작하였다. 전기생산량은 100MW 출력으로 기존 대형원전의 10분의 1정도이다. 주요기기들을 모듈화하여 건설기간은 대형원전의 3분의 2정도인 36개월이다. 스마트 원전은 중동국가 등 대형원전이 필요하지 않으면서 물부족으로 어려움을 겪고 있는 국가나 지역난방이 필요한 국가 수요에 맞는 전략적 수출품목이 될 것이다. 정부는 2015년 3월 사우디아라비아와 스마트 파트너십 및 공동 인력양성을 위한 양해각서를 체결하였으며 2040년까지 사우디아라비아 전력 중 15~20%를 스마트 원전 건설을 통하여 공급할 예정이다.⁴³⁾

일체형 소형원자로는 사람이 사는 도시 가까이에서 지어야 효과적이기 때문에 안전성의 확보가 가장 중요하다. 스마트 원자로는 <그림 1>과 같이 노심과 핵연료 이외에도 증기발생기, 펌프, 가압기가 하나의 구조물 안에 포함되어 있다. 따라서 원자로에 문제가 생기더라도 방사능 오염물질이 유출될 가능성을 배제시켜 안전성을 보장하였다. 2012년 일본 후쿠시마 원전사고는 지진으로 전력공급이 끊김에 따라 원자로 냉각에 문제가 생겨서 발생하였지만 일체형 소형원자로의 냉각수를 순환시키는 펌프가 멈추더라도 자연대류현상을 이용하여 20일까지 원자로 열을 제거할 수 있도록 설계하였으며 20일 이후에도 냉각수를 수동으로 보충하면 계속 열을 제거할 수 있다.⁴⁴⁾ 그리고 주요 기기들을 연결하는 대형파이프가 존재하지 않기 때문에 기존 대형원전의 가장 심각한 문제 중 하나였던 대형파이프 절단사고의 원인을 근본적으로 없앴다. 사고 발생 시는 중력으로 원자로 주위공간을 물로 채우는 것도 가능하고 리히터 규모 7.0 지진까지 견딜 수 있도록 내진설계를 강화하였으며 수위 10미터 쓰나미에

43) “스마트 원자로,” *Wikipedia*(검색일: 2017.9.16).

44) *Ibid.*

도 견딜 수 있도록 설계되었다.

상기에서 살펴본 바와 같이 우리나라는 1970년대부터 동력용 원자로를 본격적으로 개발해 왔으며 지난 몇 십 년 동안 세계 어느 나라와 비교해도 손색이 없을 만큼 원자력 강국으로 성장해 왔다. 현재 국내 운영 중인 원자로도 모두 25기이며, 미국, 사우디아라비아, 요르단, UAE 등에 원자로나 원자로 관련 기기들을 수출 또는 수출예정에 있다. 무엇보다도 현재 전 세계에서 운용 중인 모든 원자력 추진 잠수함의 원자로도 가압경수로이며 우리나라에서 운용하고 있는 25기의 원자로 중 24기가 가압경수로로 자체 설계 및 제작기술을 보유하고 있다는 것이다.

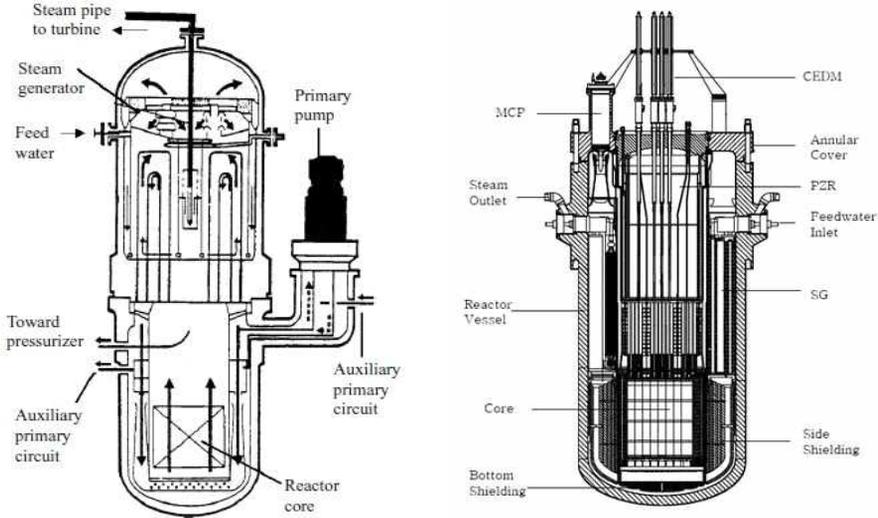
또한 저농축 우라늄을 이용하여 장기간 원자로를 운영하기 위해서는 원자로의 소형화가 필요하다. 이때 터빈을 제외한 증기발전기, 콘덴서 등을 코어 내부로 삽입하는 형태의 일체형 원자로로 설계하면 원자로의 크기가 현저하게 작아지기 때문에 유용하다. 이를 위해서는 두 가지 근거를 들 수 있는데 첫 번째는 1990년에 MIT에서 연구되어 프랑스 루비(Rubis)급의 개념적인 설계에 사용되었던 논문이고,⁴⁵⁾ 두 번째는 최근에 공개된 러시아의 원자력 추진 쇄빙선 원자로의 소형화이다.⁴⁶⁾ <그림 1>은 프랑스 루비급 원자로와 한국형 스마트 원자로를 비교한 것으로 기본구조와 구성요소들을 거의 비슷한 일체형 원자로임을 확인할 수 있다. 한국형 스마트 원자로는 본래 목적이 해수담수화와 소규모 전력생산용이지만 이를 선박용으로 활용하는 방안도 연구 중이며 이를 개조하여 원자력 추진 잠수함의 추진용으로 사용하는 것도 가능할 것이다. 또한 몇몇 대학과 연구기관에 실험용 원자로가 있고 어느 국책기관에서는 이미 선박용 소형 원자로를 개발한 바 있다.⁴⁷⁾ 다만 한국형 스마트 원자로나 실험용 원자로를 설계변형 없이 그대로 원자력 추진 잠수함의 추진용으로 사용할 수는 없을 것이다. 원하는 출력과 핵연료의 특성, 그리고 잠수함의 구조적 및 환경적 특성에 맞도록 재설계되고 검증과정을 거쳐야 하기 때문이다.

45) Thomas Domonic Ippolito Jr, "Effect of Variation of Uranium Enrichment on Nuclear Submarine Reactor Design" (1990), p.12.

46) Chunyan Ma and Frank von Hippe(2001), p.10.

47) 신성택 등 공저 (2006), pp.25,51.

〈그림 1〉 프랑스 루비급 원자로(좌)와 한국형 스마트 원자로(우)⁴⁸⁾



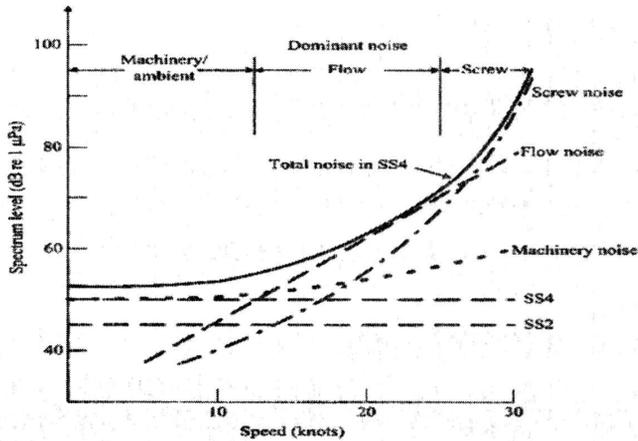
나. 고성능 소나제작과 방사소음 감소 기술

〈그림 2〉에서 10노트까지의 저속에서는 해상상태가 아주 나빠 주변소음이 크지 않을 경우 함정 자체의 기계적 소음(Machinery Noise)이 주로 발생하는 반면, 10노트 이상에서는 유동소음(Flow Noise)이 주요한 소음이다.⁴⁹⁾ 이는 원자력 추진 잠수함과 디젤-전기 추진 잠수함과는 특별한 소음관리가 필요하며 주위에 유동소음이 발생하더라도 표적소음을 구별할 수 있는 고성능 소나가 장착되어야 함을 의미한다. 왜냐하면 디젤-전기 추진 잠수함의 순항속력은 통상 4~10노트인 반면 원자력 추진 잠수함의 순항속력은 일반적으로 15~20노트로 유동소음의 영향을 많이 받기 때문이다.

48) 장순홍, “원자로의 설계 및 안정성 평가-한국형 중소형 원자로 SMART에 대해,” 『MATERIC 연구동향』 (2016).

49) A. D. Waite, *Sonar for Practising Engineers* (UK: John Wiley & Sons, 2002), pp.105.

〈그림 2〉 함정 속도에 따른 자체 소음의 변화⁵⁰⁾



원자력 추진 잠수함은 디젤-전기 추진 잠수함에 비해 유동소음의 월등히 발생하기 때문에 유체역학적으로 잘 설계되어야 하며 유동소음과 표적의 소음을 분리할 수 있는 능력을 가진 고성능의 소나를 장착하여야 한다. 유동소음의 근본적인 원인은 소나 돔과 돔 주변의 선체로 흐르는 물의 흐름 때문이며 이 소음을 줄이는 방법은 다음과 같다.⁵¹⁾

- 돔의 형태를 유체역학적으로 양호하게 설계한다.
- 돔과 선체 사이의 경계를 부드럽게 한다.
- 돔과 선체 부근의 거친 경계면을 줄인다.
- 돔과 선체를 코팅한다. 선체 코팅은 돔 이상으로 계속적으로 이루어져야 한다.

소나는 잠수함이 잠항해 있을 때 유일한 탐지수단이므로 만일 10노트 이상의 원자력 추진 잠수함에 디젤-전기 추진 잠수함 수준의 소나를 설치한다면 유동소음 때문에 물속에서 표적 소음을 구별할 수 없을지도 모른다. 원자력 추진 잠수함이 항해 시 유동소음의 영향을 받지 않기 위해서 고성능의 소나를 장착해야 하는데, 소나는 크기가 크고 정교할수록 탐지성능이 좋다. 따라서 최근 원자력 추진 잠수함은 원통형소나(Cylindrical sonar) 대신 대형 구형소나(Spherical sonar)를 보유하고 있으며 다른 종류의 소나도 선체의 대부분을 덮을 정도로 크게 제작하고 있다. 또한 첨단 소재인 광섬유를 사용하고 있으며

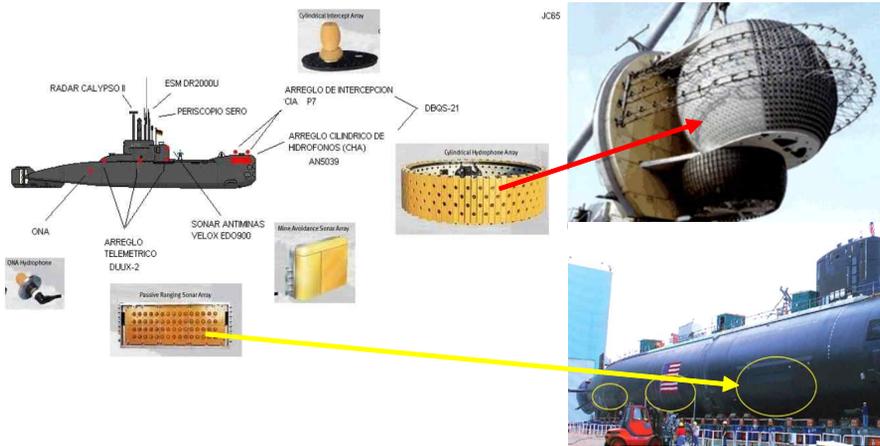
50) *Ibid.*, pp.108.

51) *Ibid.*, p.107.

탐지능력이 우수한 영국의 아스튜트(Astute)급 잠수함의 경우 선체에 설치된 케이블의 길이만 100km에 달할 정도로 정교하게 설계되어 탐지능력을 대폭 향상시켰다.

〈그림 3〉은 디젤-전기 추진 잠수함의 소나와 원자력 추진 잠수함의 소나 비교인데 대표적으로 함수 소나의 경우 디젤-전기 추진 잠수함에서의 소형 원통형 소나에서 대형의 구형소나로 바뀌었으며(빨간색 화살표), 측면 소나는 훨씬 더 큰 형태로 바뀌었음을 확인할 수 있다(노란색 화살표).

〈그림 3〉 디젤-전기 추진 잠수함의 소나(좌)와 원자력 추진 잠수함의 소나(우)⁵²⁾



상대함정 소나에서 듣는 음을 기준으로 하였을 때 음의 3요소는 음원 (Sound Source), 전달경로(Medium), 탐지기(Detector)이며 이를 원자력 추진 잠수함에 대입해 보면 다음과 같다.

〈표 3〉 원자력 추진 잠수함에서 음의 3요소

구 분	요 소
음원(Sound Source)	원자로 소음, 터빈, 추진기, 보조기기, 생활소음 등
전달경로(Medium)	잠수함 선체, 바닷물
탐지기(Detector)	상대함정 소나

52) "Type 206 submarine," *Wikipedia* (검색일: 2017.9.16.).

"Virginia class submarine," *Wikipedia* (검색일: 2017.9.16).

상대함정에서 듣는 원자력 추진 잠수함의 음의 준위(Level)는 3요소의 평균값이 아니라 3가지 요소 중 하나라도 아주 작은 값을 가진다면 나머지 요소는 크더라도 문제가 되지 않는다. 음원이 아주 크더라도 잠수함 선체(전달경로)에서 음의 전달을 차단한다면 상대함정에서 들을 수 있는 소음은 아주 작아지게 되는 것이다. 원자력 추진 잠수함에서 음원 자체의 소음은 일반적으로 디젤-전기 추진 잠수함보다 많이 발생할 수 있다고 알려져 있다. 하지만 원자력 추진 잠수함은 디젤-전기 추진 잠수함 보다 통상 2~10배 정도 크기이므로 선체내에서 음원 소음을 거의 완벽히 차단할 수 있는 여유공간을 가진다. 잠수함 선체와 탑재장비 사이 간격을 넓히고 쇼크마운트(Shock Mount)를 설치하며 부품과 부품 연결부위에는 감쇄재(Damping Material)를 삽입하고 선체 내외·부에 음향흡수타일을 설치함으로써 함 외부로 소음유출을 최대한 차단해야 한다. 음향흡수타일은 선체 외부에 경질고무의 두꺼운 타일내부에 미세한 금속입자를 넣은 것으로 금속입자는 상대방 능동소나에서 발생한 음파를 운동에너지로 전환시켜 음파를 절반정도로 약화시켜 준다. 러시아의 잠수함은 소음감소 기술이 발달하지 않았던 시기에는 이중의 선체구조인 복각선체 구조를 택해 내부 압력선체와 외부 압력선체 사이에 1미터 이상의 고무층을 설치하여 외부로 소음유출을 막기도 하였다.

초기의 원자력 추진 잠수함은 원자로 냉각장치의 소음 때문에 수상함으로부터 20km나 떨어져 있었는데도 탐지가 가능하였다. 하지만 3중 바(Bar) 타입의 유압진동관⁵³⁾과 원자로 외벽의 다중패널 배치, 원자로 설치부의 다중프레임 배치 등으로 소음을 줄였다. 이후 1980년대 후반 음상쇄장비⁵⁴⁾가 개발되어 미국의 시울프(Seawolf)급 잠수함에 배치되면서 원자로 냉각장치와 터빈에서 발생하는 소음은 급감하였으며 원자로 자체의 냉각소음은 98% 이상 감소할 정도가 되었다.

또한 미국의 시울프급, 중국의 상급, 영국의 뱅가드(Vanguard)급, 트라팔가(Trafalgar)급, 프랑스의 트리옹팡(Triomphant)급 잠수함 등은 함미 추진 프로펠러 둘레에 링을 설치하는 형상의 펌프제트 추진기를 장착하고 있다. 이 추진기는 추진력의 감소를 감안해야 하기 때문에 디젤-전기 추진 잠수함에는

53) 금속과 플라스틱, 고무가 서로 다른 패널로 되어 있으며 같이 조립되어 최종 진동은 유압장비로 전달되는 진동상쇄 장비이며 음의 차단은 확실하였으나 장비의 노후화와 정비소요 때문에 사장됨. 신성택 등 공저 (2006), p.44.

54) 잠수함의 고유주파수 대의 소음과 동일한 음파를 방사하여 소음의 음파 자체를 상쇄시키는 음파상쇄 장비.

적용하기 어려운 방식이며 20노트 이하의 속력에서 추진기 소음이 거의 발생하지 않는 수준이다.

마지막으로 통합전기 추진방식(Integrated electric power system)도 고려되어야 한다. 현재 대부분의 원자력 추진 잠수함은 원자로 터빈에서 발생한 회전력을 감속기어를 거쳐 함미 프로펠러에 전달하여 추진하는 기계적 추진방식(Mechanical drive)을 사용하고 있다. 이는 속도제어가 어려우며 감속기어에서 발생하는 소음이 프로펠러를 통해 밖으로 퍼져 나갈 수 있어서 이를 막기 위한 소음제거 기술이 필요하다. 하지만 최근 프랑스의 트리옹팡과 바라쿠다(Barracuda)급 잠수함에는 통합전기 추진방식을 채택하였다.⁵⁵⁾ 이는 원자로 터빈에서 발생하는 회전력으로 발전기를 가동시켜 전기로 변환한 후 이를 이용하여 추진모터를 구동하여 추진하는 방식으로 감속기어를 사용하지 않고 터빈에서 발생하는 소음을 원천적으로 막아주어 원자력 추진 잠수함의 소음을 획기적으로 줄여준다. 미국의 차기 버지니아급 잠수함에도 이러한 방식을 적용하여 소음수준을 획기적으로 줄일 예정이다.⁵⁶⁾

〈그림 4〉 기계적 추진방식(좌)과 통합전기 추진방식(우)



다. 잠수함 내부 대기관리 기술

원자력 추진 잠수함은 주기적으로 스노클을 하지 않아 수주일 또는 수개월 항해기간 동안 바깥공기와 완전히 단절되어 함내 공기를 지속적으로 정화할 수 있는 장치가 필요하다. 신체 대사활동에 의한 이산화탄소 외에도 장비작동, 음식조리 등에 따라 〈표 4〉과 같은 물질들이 발생하며 원자력 추진 잠수함에는 이 모든 물질을 정화할 수 있는 장치가 탑재되어야 한다. 이 중 이산화탄소, 일산화탄소, 수소 농도는 안전과 직결되므로 별도 모니터 장치로 지속적으로

55) Hirdaris, “Nuclear-Powered Ships,” World Nuclear Association (2017).

56) *Ibid.*

확인이 가능해야 한다. 이외의 물질은 매일 2~3회 유리병에 공기를 담아 기관실에 설치된 별도 측정장치를 이용하여 관리한다.

우선 산소발생의 예를 들어 보면 물에 350~1050 암페어 전기를 가해 주면 +극에 수소가 발생하고 -극에는 산소가 발생한다. 수소는 외부로 배출하고 산소는 함내 부족산소 보충용으로 사용하는데 전력이 많이 소모되므로 원자력 추진 잠수함이 아니면 불가능한 방법이다. 이산화탄소를 제거하는 방법은 모노에탄올아민(MEA: Mono-Ethanol Amine, NH₂C₂H₄OH)을 사용한다. 이 물질은 공기 중 이산화탄소를 흡착하는 성질이 있으며 흡착된 화합물은 함 외로 배출시킨다. 일산화탄소와 수소를 제거하는 방법은 팔라듐 촉매를 사용하며 이를 물과 섞어 섭씨 315도까지 가열시켜주면 대기 중 일산화탄소가 이산화탄소로, 수소가 물로 변환된다. 이때 발생하는 이산화탄소는 MEA를 이용하여 흡착하여 제거하고 물은 함 외로 배출한다.

〈표 4〉 원자력 추진 잠수함 내부에서 정화되는 대기 중 물질

순번	물질명	허용치(ppm)	발생원인
1	이산화탄소(CO ₂)	5,000(0.5%)	호흡, 음식 조리, 엔진 작동
2	일산화탄소(CO)	50	조리, 엔진 작동
3	수소(H ₂)	20,000(2%)	배터리 과충전
4	아크롤레인	0.1	튀김류 조리
5	암모니아(NH ₃)	50	신진대사, 부패
6	염화수소(HCl)	5	조리, 장비 과열
7	사이안화수소(HCN)	10	조리
8	황화수소(H ₂ S)	20	
9	하이드라진	1	물 끓일 때
10	LPG	1,000(0.1%)	장비작동
11	수은(Hg)	0.1	
12	모노에탄올아민	3	신진대사
13	일산화질소(NO)	25	
14	이산화질소(NO ₂)	5	
15	산화질소(HNO ₃)	2	
16	페놀(C ₆ H ₅ OH)	5	

순번	물질명	허용치(ppm)	발생원인
17	벤젠	10	장비 작동, 조리
18	오존(O3)	0.1	
19	프로판	1,000(0.1%)	
20	페칠로에틸렌	100	
21	스티빈(SbH3)	0.1	
22	이산화황(SO2)	5	
23	황산(H2SO4)	1	
24	톨루엔(C6H5CH3)	200	
25	트리에틸아민	25	
26	염화비닐	1	
27	자일렌	100	

3. 특수 지원시설 확보

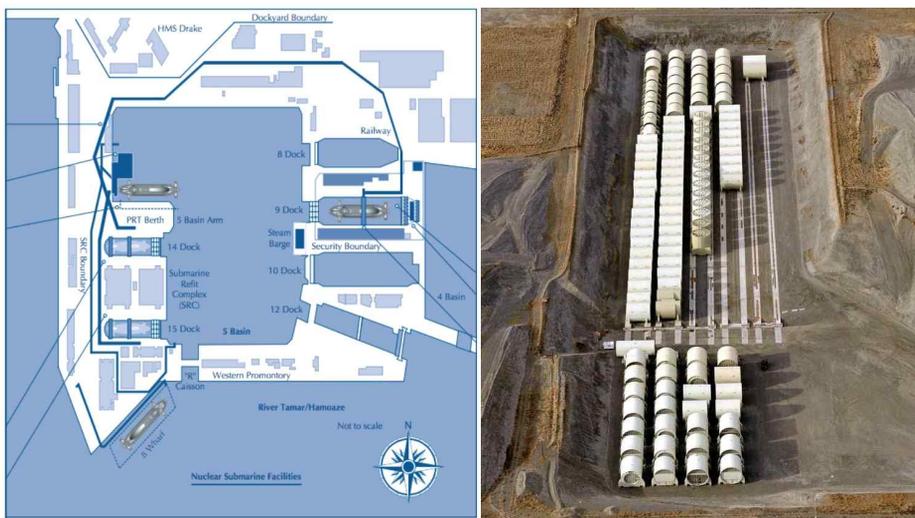
원자력 추진 잠수함이 정박하는 모항에는 핵연료 처리, 인원통제, 방사능 처리 등에 필요한 특수 지원시설이 있어야 한다. 우선 부두 주변에는 사용 전·후 핵연료 보관을 위한 장소가 필요하다. 사용 전 핵연료와 사용 후 핵연료는 취급방식이 다르기 때문에 통상 별도 격실에 관리해야 한다. 또한 사용 전·후에 발생하는 핵연료 같은 고준위 폐기물과 원자로 운영과정에서 발생하는 기기, 의복류 등 저준위 폐기물은 편의를 위해 건물 내 별도 격실로 구분하여 관리할 수 있다. 이 격실은 외부로 방사선 폐기물이 유출되면 안 되므로 자연 공랭식 구조로 설계되어야 한다. 사용 전·후 핵연료는 다른 전용시설로 옮기거나 원자로에 탑재하기 전까지 이곳에 임시 보관하며 저장기간 중 정기적 검사를 위한 점검실이 필요하고 연료교환 캐스크(Cask), 회전차폐체 등 핵연료 교환을 위한 장비들은 같은 격실 내에 보관이 가능하다.⁵⁷⁾ 사용 후 핵연료는 공정과 관리의 편의를 위해서 육상의 원자로 사용 후 핵연료 저장소에 보관하여 처리하는 방법이 고려되어야 한다.

57) 연료교환 캐스크는 사용 전·후 핵연료를 넣어 이동시키는 장치이며 캐스크 내에는 연료이동을 위한 구동장치와 냉각수 설비가 장착되어 있다. 회전차폐체는 교체해야 할 핵연료의 위치로 핵연료가 들어가고 나올 수 있게 조정해 주는 역할을 한다.

잠수함 원자로 운영 시 발생하는 저준위 폐기물을 관리하는 건물도 필요하며 잠수함 모항이 아닌 경우에도 폐기물 수거를 위한 컨테이너 또는 차량을 배치해야 한다. 처리설비는 기체, 액체, 고체 폐기물 설비로 나뉘며 함 내에서 발생하는 기체 폐기물은 대기로 방출하는 것이 원칙이므로 육상 기체 폐기물 처리설비는 핵연료 취급 및 저장설비에서 발생하는 기체만 처리한다. 액체 폐기물 처리설비는 액체탱크와 여과, 흡착계통으로 구성되며 이는 액체 내 방사성 물질의 여과를 위한 필터가 장착되어 있으며 이러한 필터처리는 여러 번 하도록 설비되어야 한다. 고체 폐기물 처리시설은 저장용기, 압축기, 저장실로 구성되며 압축이 가능한 것과 불가능한 것으로 분류하여 처리한 뒤 보관하거나 저준위 폐기물 저장소로 이동시킨다.

원자력 추진 잠수함이 정박한 부두에는 방사선 모니터링 설비가 갖추어져 있어야 한다. 또한 잠수함의 폭발, 핵연료 손상 등으로 방사능 사고 발생 시 대응할 수 있는 설비가 마련되어 있어야 한다. 이는 잠수함이 정박한 항구 내뿐만 아니라 민간인들이 거주하는 지역까지 영향을 미칠 수 있기 때문에 인근에는 긴급대피소가 있어야 하며 여기에는 요오드 완화제, 비상식량 등이 비치되어야 한다. 원자력 추진 잠수함 특수 지원시설은 무장병력으로 보호되어야 하는데 항구 입구, 부두 진입로 등에 경비를 위한 초소가 설치되어 있어야 한다.

〈그림 5〉 영국 데본항의 지원시설(좌)과 미국 원자로 폐기구역(우)



4. 유사 함형의 결정

전 세계의 원자력 추진 잠수함 중 2000년 이후에 건조된 함정 중에서 10,000톤 이하의 함정의 현황은 <표 5>와 같다.

<표 5> 주요 원자력 추진 잠수함 현황⁵⁸⁾

국 가	함 급	수중톤수	가 격	능 력
미 국	시울프급 (1,2번함)	9,285톤	3조 3,900억원 (30억 달러)	<ul style="list-style-type: none"> • 세계의 공격형 잠수함 중에서 가장 우수한 능력 보유(바다의 암살자) • 어뢰발사관 8개 보유
	버지니아급	7,925톤	3조 374억원 (26.88억 달러)	<ul style="list-style-type: none"> • 다목적 최신 공격형 잠수함 • 어뢰발사관 4개, 수직발사관(순항) 12개, 수직발사관(탄도) 2개 보유(후기형)
중 국	상급	6,096톤	미 상	<ul style="list-style-type: none"> • 1990년대 서구 잠수함 수준의 성능 • 어뢰발사관 6개, 수직발사관(순항) 2개 보유(후기형)
영 국	아스튜트급	7,519톤	1조 7,810억원 (13.7억 유로)	<ul style="list-style-type: none"> • 최첨단 기술이 집약된 정교한 잠수함 • 어뢰발사관 6개 보유
프랑스	바라쿠다급	5,200톤	1조 6,900억원 (13억 유로)	<ul style="list-style-type: none"> • 다목적 차세대 공격형 잠수함 • 어뢰발사관 4개, 수직발사관(순항) 12개 보유
인 도	아리한트급	6,600톤	미 상	<ul style="list-style-type: none"> • 가장 규모가 작은 SSBN • 어뢰발사관 4개, 수직발사관(탄도) 4개 보유

* 달러 당 1,130원, 유로 당 1,300원 기준

<표 5>의 잠수함들은 모두 각 국에서 독자 설계한 잠수함이며 미국의 시울프급과 버지니아급은 가격이 3조원 이상이므로 제외하겠다. 다만 중국과 인도의 잠수함은 가격이 공개되지 않았는데 톤수와 성능을 비교해 보았을 때 영국, 프랑스의 잠수함과 가격은 비슷할 것으로 판단된다. 또한 2000년대 초 4,000톤급 한국형 원자력 추진 잠수함의 가격을 책정한 결과는 원자로 계통의 비용을 포함하지 않고 1조 2,000억 원이었다.⁵⁹⁾

여기서 가장 독특한 잠수함은 인도의 아리한트급으로 6,600톤이면서도 탄도미사일 발사용 수직미사일 발사관을 4기나 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 하

58) Wikipedia (검색일: 2017.9.17.).

59) 국방부의 의중을 기초로 조선일보가 산출하였으며 어뢰, 기뢰, 잠대함/잠대지 미사일을 운용할 수 있는 SSN이었다. 신성택 등 공저 (2006), p.53.

지만 중국, 영국, 프랑스는 상기의 잠수함 이외에도 SSBN을 별도로 가지고 있으며 인도는 아리한트급 이외에는 SSBN이 없어서 탄도미사일을 운용하지 않는다. III장 2절 가항에서 언급한 바와 같이 북한 핵무기의 1격에 대해서 2격의 효과를 내기 위해서는 순항/탄도미사일을 이용한 지상공격 능력이 필요하며 이를 바탕으로 한다면 인도의 아리한트급과 프랑스의 바라쿠다급이 고려될 수 있다. 또한 상급 잠수함과 인도의 아리한트급 잠수함은 최신 잠수함과 비교해서 성능이 떨어질 것으로 판단되며 비교적 가격이 저렴하고 성능이 우수한 프랑스의 바라쿠다급 잠수함을 한국형 원자력 추진 잠수함의 유사 함형을 결정할 수 있을 것이다.

5. 도입 방법의 결정

가. 국외에서 대여 후 개발 / 인도의 사례

국외에서 대여 후 개발하여 도입하는 방법은 과거 인도가 시행했던 방법으로 1988~1992년 구 소련의 찰리급 잠수함 대여 후 2009년 아리한트함을 자체 건조한 사례를 참고한 것이다. 당시 찰리급 잠수함 대여비용은 밝혀진 것이 없으나 최근 러시아 아쿨라급 잠수함 대여비용은 10년간 총 6억 5,000만 달러(7,345억원, 달러 당 1,130원)이다. 아쿨라급 잠수함의 가격은 건조당시 15억 5,000만 달러(1조 7,515억원)⁶⁰인 것을 감안하면 건조비용의 약 42%에 해당하는 비용으로 함정의 수명의 30년으로 보았을 때 인도의 입장에서 불리한 계약조건을 아닌 것으로 판단된다.

하지만 당시 인도의 상황을 고려해 보았을 때 국외 대여 후 개발이라는 옵션의 선택은 어쩔 수 없던 것으로 판단된다. 현재 인도는 총 17기의 원자로(총 설비용량 5,780MW)를 가동하고 있으며 전체 원자력 발전량은 2%이고 10년 이내 4%로 늘린다는 계획을 세우고 있어 원자력 신흥국으로 떠오르고 있지만 과거에는 원자력 산업이 침체되어 있었다. 1970년대 파키스탄과 핵무기 개발경쟁을 벌여 국제사회의 제재를 받아 핵공급 그룹(NSG: Nuclear Suppliers Group)에서 제외되어 버린 것이다. 인도 내 우라늄 매장량이 적은 관계로 새로운 발전소의

60) "Akula class submarine," *Wikipedia* (검색일: 2017.9.18).

건설을 할 수가 없었으며 이미 건설한 발전소에도 우라늄을 공급하지 못해 50%의 발전소만 가동할 수밖에 없었다. 이러한 상태에서 원자력 산업은 급격하게 위축되었으며 이후 꾸준히 국제사회에서 원자력 관련 외교노력을 하여 핵공급 그룹에 다시 가입하게 되었으며 인도-미국 원자력협정이 체결되어 다시 우라늄을 확보할 수 있게 되었다. 두 번째 원인은 인도의 원자력 발전소의 종류에 관한 것인데, 인도의 원자력 발전소 중에서 15기는 가압중수로(PHWR: Pressurized Heavy Water Reactor), 2기는 경수로(LWR: Light Water Reactor)로 현재 원자력 추진 잠수함에 쓰이고 있는 가압경수로(PWR: Pressurized Water Reactor)와는 차이가 있는 원자로들이다. 또한 당시 인도는 모든 잠수함을 외국에서 도입하여 사용하던 시기로 잠수함 설계능력도 없었다.

따라서 인도는 1974년부터 원자력 추진 잠수함 프로젝트를 추진하였으나 국제적인 규제와 기술적인 문제로 자체 개발이 어려웠을 것이며 국외 대여 후 개발이라는 옵션을 택했던 것으로 판단된다. 또한 국제적으로 원자력 규제를 받고 있을 시기여서 구 소련이 아닌 서구에서 대여 또한 어려웠을 것이다.

만일 우리나라가 인도와 같은 옵션을 택한다면 비용적인 측면에서는 큰 손해가 없을 것으로 판단되나 원자력 추진 잠수함의 운용적인 측면을 제외하고 다른 장점을 없을 것이다. 인도는 2009년 건조된 아리한트급 잠수함의 기술은 러시아와 프랑스의 기술을 도입 제작하여 과거 찰리급 잠수함 대여당시 기술적인 자료의 습득은 많지 않았던 것으로 판단된다. 원자력 추진 잠수함의 원자로 구역은 방사선의 영향으로 비상시나 대규모 창정비 기간이 아니면 출입할 수 없는 구역이어서 대여만으로 원자로 설계관련 기술을 습득할 수 없었을 것이다.

나. 기술협력 생산 / 장보고- I, II 사례

과거 우리나라는 1976년에 한국형 잠수함 자체 설계/건조를 목표로 돌고래 사업을 시작으로 3단계로 계획하고 추진하였다. 1단계는 돌고래 설계/건조에 의한 재래식 잠수함 설계기술 연구 확보, 2단계 차세대 중형잠수함 개념연구, 소요 핵심기술 연구 및 해외 구매 잠수함 기술지원 업무에 따른 설계 관련 기술 습득, 3단계는 차기 중형 잠수함 독자 설계 및 건조할 수 있는 능력 확보였다.⁶¹⁾ 여기서 해외 구매 잠수함이란 장보고- I, II급으로 현재는 3단계를 마치

61) 조정제, “차세대 한국형 잠수함 사업 발전방안 및 발전요소 중요도 분석에 관한 연구,” 국방대학교안보과정 논문, 2013년, p.3.

고 차기 중형 잠수함인 장보고-Ⅲ급의 완성을 앞두고 있는 단계이다. 만일 원자력 추진 잠수함을 장보고-I, II급처럼 외국의 조선소와 기술협력으로 생산한다면 위의 3단계를 아래처럼 다시 시작해야 할 것이다.

- 1단계: 장보고-Ⅲ급 건조에 의한 중형 잠수함 건조기술 확보
- 2단계: 한국형 원자력 추진 잠수함 개념연구, 소요 핵심기술 연구 및 해외 구매 잠수함 기술지원 업무에 따른 설계 관련 기술 습득
- 3단계: 한국형 원자력 추진 잠수함 독자 설계 및 건조할 수 있는 능력 확보

무엇보다도 잠수함의 기술협력 생산은 이미 40년에 걸쳐 성공적으로 완성하였기 때문에 원자력 추진 잠수함에도 이를 적용한다면 안정적으로 원자력 추진 잠수함을 도입할 수 있을 것이다. 다만 과거 40년 동안 사업을 추진하면서 도출된 문제점을 되짚어 보고 다시는 이러한 문제점들이 발생하지 않도록 해야 할 것이다. 당시 도출되었던 문제들은 첫 번째로 장보고-I 급의 설계기술 확보가 완성되지 않은 상태에서 장보고-II급 사업이 진행되었다. 두 번째로는 기술이전을 전제로 하는 기술협력 생산의 태생적인 한계점으로 핵심기술에 대한 이전 미약, 설계자인 HDW사의 기술력 미공개, 설계변경 제한을 들 수 있다. 세 번째는 장보고-II급 사업에는 새로운 조선소가 사업자로 선정되어 기술력 축적에 애로가 있었으며 후속 군수지원에도 문제가 있었다. 네 번째로는 장보고-II급은 합성능이 충분히 인정되어 세계적으로 운영되는 잠수함이 아닌 한국 최초 기술도입 생산으로 많은 제한사항이 예상되었다는 점이다. 다섯 번째로 장보고-Ⅲ급 설계시 두 개의 업체가 동시에 참가함으로써 협력이 잘 이루어지지 않았으며 책임소재도 모호했다는 것이다.⁶²⁾ 따라서 만일 한국형 원자력 추진 사업이 기술협력 생산 방식으로 추진된다면 다음과 같은 사항이 고려되어야 할 것이다.

- 잠수함 사업을 국가나 조선소의 입장에서 어렵고 기술집약적인 사업이므로 무리하게 여러 가지 함형을 동시에 추진해서는 안 되며 기술습득을 위한 기간을 마련해야 한다.
- 설계사와 핵심기술 및 설계기술 도입을 계약으로 추진해야 한다.
- 사업의 연계성을 고려하여 경험과 인프라가 축적된 건조업체를 선정해야 하며 책임소재를 명확히 해야 한다.

62) *Ibid.*, pp.3, 44-46.

원자력 추진 잠수함을 건조할 수 있는 조선소는 <표 6>과 같으며 미국, 영국, 인도는 고농축 우라늄을 사용하는 것을 확인할 수 있는데 우리나라는 고농축 우라늄을 확보하는데 제한이 되고 핵무기의 개발이라는 국제적인 오해를 살 수 있으므로 이 국가의 조선소와 기술협력 생산은 제한될 것이다. 우라늄의 농축도가 달라지면 그에 따른 원자로의 설계도 완전히 달라져야 하기 때문에 같은 우라늄 농축도를 가진 핵연료를 사용하여 잠수함 원자로를 제작하는 조선소와 기술협력을 해야만 원자로 설계 변경에 따른 비용과 오(誤)설계의 위험을 줄일 수 있다. 다만 미국이 고농축 우라늄 사용의 결정권을 가지고 있기 때문에 미국의 허락 하에 미국의 조선소와 기술협력으로 생산하는 방식을 고려해 볼 수 있다. 하지만 이 경우에도 IV장 4절에서 살펴본 바와 같이 미국에서 건조되는 잠수함은 3조원 이상의 고가이므로 미국 조선소와의 기술협력은 어려울 것으로 판단된다.

러시아나 중국은 국가적인 협력관계를 고려해 볼 때 무리가 있으며 특히 러시아는 최신 SSN은 수중 배수톤수가 11,800톤으로 다른 국가의 SSN에 비해 1.5-2배 규모로 가격은 3-4조원에 육박할 것으로 예상되므로 기술협력이 어려울 것이다.

마지막으로 프랑스의 조선소는 저농축 우라늄을 원자로의 연료로 사용하며 IV장 4절에서 살펴본 바와 같이 바라쿠다급은 1조 6,900억원으로 다른 SSN에 비해 비교적 저렴한 편이므로 이 함형을 건조하는 DCNS(Direction des Construction Navales Services)과 기술협력으로 생산하는 것이 적절할 것이다. 하지만 프랑스의 바라쿠다급은 아직 운용 중인 잠수함은 아니며 내년 1번함이 진수될 예정이므로 정상적인 진수와 작전운용 경과를 판단하여 결정해야 할 것이다.

〈표 6〉 원자력 추진 잠수함 건조 가능 조선소⁶³⁾

국 가	우라늄 농축도	조선소	건조 잠수함
미 국	98%	General Dynamics	오하이오급, 버지니아급, 로스엔젤레스급, 시울프급
		Newport News Shipbuilding	버지니아급, 로스엔젤레스급
러시아	20-45%	Severodvinsk	보레이급, 델핀급, 칼마급, 타이푼급, 야센급, 시에라-I 급, 안테이급, 아쿨라급
		Leningrad	슈카급
		Nizhny Novgorod	콘도르급
		Komsomolsk	아쿨라급
중 국	5%	Bohai Shipyard	진급, 상급, 한급
영 국	97%	Vickers Shipbuilding	벵가드급, 트라팔가급
		BAE Sytems	아스튜트급
프랑스	7.5%	DCNS	바라쿠다급, 트리옹팡급
		Cherbourg Naval Dockyard	루비급
인 도	40%	Vishakhapatnam	아리한트급

다. 독자 개발 생산 / 장보고-III 사례

장보고-III급은 그동안 돌고래, 장보고-I, II급 잠수함을 설계 및 건조하고 독일 HDW사에서 기술협력을 받아 독자 설계한 3,000톤급의 디젤-전기 추진 잠수함이다. 원자력 추진 잠수함의 독자 개발 생산은 이 과정의 연장선상에서 장보고-III급의 독자 설계 기술을 바탕으로 국내 원자력 기술을 접목하여 건조한다는 의미이다. 이 방식은 무리가 있다고 생각할지도 모르겠지만 현재까지 모든 원자력 추진 잠수함 보유국들이 이러한 방식을 선택했다는 점에서 선택의 가능성은 비교적 크다고도 볼 수 있다. 적어도 장보고-III급의 가시화되기 전까지 발표된 논문에는 ‘당분간 원자력 추진 잠수함의 독자 설계는 어려울 것으로 판단된다.’라고 언급되었지만⁶⁴⁾ 장보고-III급의 건조가 얼마 남지 않은 지금 시기에서는 독자 설계의 가능성을 부정할 수는 없을 것이다.

영국, 중국, 인도는 자국의 부족한 기술을 보완하거나 빠른 기간에 원자력 추진 잠수함을 도입하기 위해 원자로나 선체의 제작 기술을 외국에서 도입하기

63) Commodore Stephen Saunders (2017).

64) 신성택 등 공저 (2006), p.51.

도 했다는 사례에서 반드시 완전한 독자 개발 생산일 필요는 없다는 것을 알 수 있다. 무기체계를 생산할 때 일본처럼 모든 부품을 국산화할 필요는 없다. 미국의 무기체계도 상당수가 일본, 이탈리아 등에서 생산한 부품을 사용한다. 한국의 기술력으로 원자력 추진 잠수함의 모든 부품을 국산화하면 좋겠지만, 비용 상승과 시간적 제약, 기술적 한계 등의 이유 때문에 현실적으로 매우 어렵다.

일부 언론에서는 3,000톤급 장보고-Ⅲ급 2차 사업에 추진체계가 결정되지 않았다는 것을 언급하며 장보고-Ⅲ급의 추진체계만 원자력으로 교체하여 개발하면 된다고 하고 있다.⁶⁵⁾ 하지만 새로운 선체를 설계하지 않고 추진체계만 원자력을 교체하는 것은 간단한 것이 아니다. IV장 2절에서 언급했던 것처럼 원자력 추진 잠수함에 고려되어야 할 기술적인 과제들을 해결해야 할 뿐만 아니라 이러한 장비들을 탑재하려면 추가적인 공간이 필요하다. 예를 들어 디젤 엔진이 설치된 구역을 제외하고 원자로를 설치하면 된다고 생각하기 쉬운데 원자력 추진 잠수함에는 비상 시 보조동력 사용을 위해 비록 축소된 규모이기는 하나 디젤엔진과 스노클을 위한 장치들을 보유하고 있으며 축전지까지 보유하고 있다. 또한 원자력 추진 잠수함은 대형의 구형소나가 함수 전체에 배치되기 때문에 어뢰발사관이 선체의 맨 앞부분에 배치될 수가 없는데 그 때문에 어뢰발사관은 소나 뒤쪽으로 옮겨져서 선체를 기준으로 15-20도 정도 각도를 두고 설치될 필요가 있다. 이를 위하여 선체 구조의 변화와 어뢰저장고의 위치 변화도 이루어져야 할 것이다. 잠수함 내부 대기관리 장치도 상당히 큰 부피를 차지하며 이는 생명과 직결되므로 디젤-전기 추진 잠수함의 환기장치와는 비교가 안 될 정도로 큰 배관들이 선체 전체 곳곳에 분포되어야 할 것이다.

또한 원자력 추진 잠수함은 고속으로 항해하므로 디젤-전기 추진 잠수함의 외부에 부착된 FRP(Fiber Reinforced Plastics)⁶⁶⁾을 쓸 수 없으며 완전히 압력선체(철강)로 뒤덮힌 형태로 이루어져야 한다. 이에 따라 FRP와 압력선체 사이에 배치되어 있던 각종 갑판·탈출장치와 센서들은 선체 내부로 다시 배치되어야 한다. 이 중에서 가장 큰 배치물은 탈출장치로 디젤-전기 추진 잠수함에 널리 쓰이는 것은 <그림 6>에서 LRC(Life Raft Container)로 FRP와 압력선체 사이에 묶어 놓았다가 필요 시에 풀어서 수면에서 팽창하는 것이다. 이것은 원자력 추진 잠수함에 쓰일 수 없으며 완전한 철재로 이루어진 탈출챔버

65) “핵추진잠수함, 北 SLBM 위협 막을 비장의 카드,” 『매일경제』, 2017년 8월 11일.

66) 섬유강화플라스틱으로 뛰어난 기계적 특성과 내식성, 성형성을 가지고 있어서 디젤-전기 추진 잠수함의 상부 선체에 쓰인다.

를 선체에 부착하여야 한다.

〈그림 6〉 LRC(좌)와 탈출챔버(우)



원자력 추진 잠수함 중에서 디젤-전기 추진 잠수함의 디자인을 기본으로 설계된 잠수함은 프랑스의 루비급이며 이는 아고스타(Agosta)급의 디젤-전기 추진 잠수함을 기본으로 하여 설계되었다. 하지만 아고스타급 잠수함의 수중 배수톤수는 2,083톤인데 비해 루비급은 2,600톤이며 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 아고스타급 선체 상부에 부착되었던 FRP 구조물을 완전히 제거하고 선체를 완전히 동근 형태로 압력선체로 둘러싸여진 것을 확인할 수 있다. 루비급 1-4번함은 디젤-전기 추진 잠수함의 선체구조가 일부 남아 있어 한계로 지적되었으며 소음이 많이 발생하였다. 따라서 5번함 이후에는 이 사항이 개량되어 건조되었으며 이후 1-4번함도 성능개량이 실시되었다.

〈그림 7〉 아고스타급(좌)과 루비급(우)의 상부 구조



VII. 결론

지금까지 살펴본 바와 같이 한반도를 둘러싼 안보환경을 고려하여 한국형 원자력 추진 잠수함 도입이 필요하며 이는 공격의 개념(보복능력의 보유), 방어 개념(전략대잠전의 수단), 그리고 주변국 위협에 대응(비대칭 해군전략 개념)으로 살펴볼 수 있다. 이를 위해서는 한·미 원자력 협정과 국내·외적인 이해의 문제를 해결해야 하며 원자로 설계 및 제작기술, 고성능 소나제작과 방사소음 감소 기술, 그리고 잠수함 내부 대기관리 기술 등 해결해야 할 과제들이 있다. 만일 도입이 결정된다면 국외 대여, 기술협력 생산, 독자 개발 생산의 세 가지 도입방법이 고려될 수 있으며 이는 국내·외 사례를 교훈삼아 합리적으로 결정해야 한다.

원자력 추진 잠수함 도입에 있어서 가장 중요한 것은 정책적인 결정과 국제적인 규제 및 국내·외적인 갈등의 해결, 그리고 소요비용의 문제이다. 어느 하나의 문제도 쉽지 않아 보이지만 원자력 추진 잠수함은 이 모든 것을 감수해도 될 만큼 위력적인 무기체계이다. 현재 국가 지도부가 이 사안에 대해 강력한 의지를 표명하고 미국에게 협조를 요구하는 것은 중요한 첫걸음을 떼는 것이라 볼 수 있다. 만일 한국형 원자력 추진 잠수함 개발이 승인된다면 정해진 기간 내에 필요한 기술을 개발하거나 외국의 기술을 도입하여 이상 없이 도입하도록 역량을 집중해야 한다. 외국의 도입사례들을 참고하는 것도 좋지만 외국의 도입사례들을 그대로 답습할 필요는 없으며 모든 가능성을 열어두고 다양한 방법을 검토하는 것이 필요하다. 앞서 언급한 원자력 추진 잠수함에 필요한 기술을 모두 국내에서 개발하는 것은 불가능할 지도 모르고 경제적인 측면에서 몇 개 밖에 필요하지 않는 체계를 개발할 필요는 없다. 예전과는 달리 국제적인 환경이 복잡해졌기 때문에 외국의 기술도입은 다양한 변수를 고려해야 할 것이며, 안될 것이라고 짐작하여 시도조차 하지 않는 어리석음을 범해서는 안 될 것이다.

불과 10년 전만 하더라도 원자력 잠수함 관련 기술을 외국에 이전하는 것은 극히 예외적인 경우였으며 기술이전이 승인 되었다가도 취소되는 경우도 흔했다. 하지만 2008년 12월에는 프랑스 DCNS에서 건조한 바라쿠다급 원자력 추진 잠수함 1척을 2020년경 브라질에 수출하기로 계약이 이루어지기도 하였다.

완제품을 제작하여 그대로 수출하는 것이며 브라질에서는 계약의 성사를 위해서 국가 지도자부터 나서서 국가의 역량을 집중하였다.

2003년 5월 우리나라에서 원자력 추진 잠수함을 도입하기로 계획한 적이 있었으나 이에 대해 2004년 1월 국방부는 원자력 추진 잠수함 개발을 부인하였으며 당시 어떠한 이유에서 사업이 추진되지 못했는지 알려지지 않았다.⁶⁷⁾ 당시는 장보고-I 급 계획이 종료되고 장보고-II 급 계획이 시작되던 시기로 장보고-I 급의 기술이전 조차도 아직 이루어지지 않은 시기였기 때문에 잠수함 국내 자체설계에 대한 기술이 부족한 시기였지만 지금은 상황이 다르다. 장보고-III급 사업이 어느 정도 가시화되는 시기로 잠수함 국내 자체설계에 대한 기술이 충분히 무르익었다고 볼 수 있는 것이다. 2003년 당시는 이전에 중국, 인도가 최초 원자력 추진 잠수함을 개발할 당시와 비슷한 상황이라면 지금은 미국, 러시아(구 소련), 영국, 프랑스가 최초 개발할 당시와 비슷하다고 보편될 것이다. 중국, 인도가 각각 개발에 18년, 그리고 35년이 소요되었으며 미국, 러시아(구 소련), 영국, 프랑스가 10년 이내에 개발한 사례를 볼 때 우리나라의 역량으로 개발한다면 그리 오래 걸리지 않을 것임을 예상할 수 있다.

67) “바라쿠다급 잠수함,” *Wikipedia* (검색일: 2017.9.21).

참고문헌

- 김덕기, 『21세기 중국해군』 (서울: 한국해양전략연구소, 2000).
- 김도석, “국방녹색기술 기반 한국형 전략잠수함 개발방안에 관한 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2010.
- 김미연, “미래 핵심위협을 고려한 북한의 핵미사일 능력분석 및 전망,” 국방대학교 국방관리대학원 논문, 2015.
- 김원태, “사용 후 핵연료 처분 관련 문제점과 해결방안 고찰,” 국방대학교 안보과정 논문, 2016.
- 김재엽, “원양 작전능력 확보를 위한 한국 해군의 장기 발전방안,” 『Strategy 21 34호』, 2014.
- 김중환, 『뉴밀레니엄과 비대칭 전략』 (서울: 신서원, 2000).
- 김창모, “신 한·미원자력협정 채택과 한·미 양국 간 향후 핵협력 전망,” 국방대학교 안보과정 논문, 2016.
- 고봉준, “공세적 방어: 냉전기 미국 미사일방어체계와 핵전략,” 『한국정치연구』 제16집 제2호, 2007.
- 고봉준, “원자력 추진 잠수함 전력건설에 관한 연구,” 국방대학교 합참대 논문, 2009.
- 구정희, “원자력의 국내외 도전과 당면과제 해결에 관한 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2015.
- 권용수, “잠수함 산업기반 강화를 위한 영향요인 분석,” 국방대학교 안보과정 논문, 2012.
- 대한조선학회 편, 『함정(艦艇)』 (파주시: 텍스트북스, 2012).
- 박성제, “뉴테러리즘이 해양안보에 미치는 위협분석과 대응방안 연구,” 동국대학교 석사학위 논문, 2009.
- 박창원 등 공저, 『21세기 해양안보와 국제관계』 (성남: 북코리아, 2017).
- 신성택 등 공저, “중소형 원자로의 이용 다변화 연구,” 한국원자력연구소 논문, 2006.
- 손태기, “잠수함 추진체계 운용능력 향상방안 연구,” 국방대학교 합동참모대학 논문, 2002.
- 송택근, “동북아 안보환경 변화에 따른 해군력 역할 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2013.
- 이상근 등 공저, 『잠수함에 대한 이해 100문 100답』 (진해: 잠수함사령부, 2015).
- 이명기, “원자력 추진 잠수함 전력건설 환경요인에 관한 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2004.
- 이용권, “한국의 해양전략과 잠수함 전력의 발전방향,” 국방대학교 안보과정 논문, 2005.

- 이장희, “핵무기비확산조약(NPT) 체제의 분석과 국제법적 평가,” 고려대학교 석사학위 논문, 2008.
- 이정모, “억제전략 구현을 위한 잠수함 전력 운용과 발전방향에 관한 연구,” 국방대학교 합동참모대학 논문, 2004.
- 이홍섭, 『미·중·일·러의 군사전략』 (서울: 국방대 안보문제연구소, 2008).
- 장순홍, “원자로의 설계 및 안정성 평가-한국형 중소형 원자로 SMART에 대해,” 『MATERIC 연구동향』, 2016.
- 장준섭, 『원자력 추진 잠수함에 대한 100문 100답』 (진해: 잠수함사령부, 2017).
- 조돈천, “국가 안보를 위한 비대칭 해군전략에 관한 연구,” 국방대학교 논문, 2004.
- 조정제, “차세대 한국형 잠수함 사업 발전방안 및 발전요소 중요도 분석에 관한 연구,” 국방대학교 안보과정 논문, 2013.
- 최진철, “한국해군의 잠수함전력 발전 방향에 관한 연구,” 국방대학교 석사논문, 2010.
- 한봉오, “원자력에 대한 국민이해 증진 방안,” 국방대학교 안보과정 논문, 2013.
- 황병무, 『신 중국 군사론』 (서울: 법문사, 1992).
- 황의봉, “황병무 대담, 중국군 밋을 감추고 어둠을 가르며 미래를 기다린다,” 『신동아』 2004년 5월호.
- Ma, Chunyan and Hippel, Frank von, “Ending the Production of Highly Enriched Uranium for Naval Reactors,” 2001.
- Saunders, Stephen(Commodore), “IHS Jane’s Fighting Ships” (UK: IHS, 2017).
- Terenv, A., *Under Three Flags* (Moscow: OCK, 2014).
- Thomas Domonic Ippolito Jr, “Effect of Variation of Uranium Enrichment on Nuclear Submarine Reactor Design,” 1990.
- U.S. Office of Naval Reactor, “Report on Low Enriched Uranium for Naval Reactor Cores,” 2014.
- Xue Litai, *China’s Strategic Seapower* (Washington D.C.: Stanford University Press, 1996).
- Waite, A. D., *Sonar for Practising Engineers* (UK: John Wiley & Sons, 2002).
- Wikipedia (검색일: 2017.9.16.).
- The Washington Post*, September 3, 2017.
- 『매일경제』, 2017년 8월 11일.
- 『연합뉴스』, 2012년 10월 23일.
- 『중앙일보』, 2017년 9월 14일.
- JTBC, 2017년 9월 20일.

Abstract

Method's to introduce ROKN Nuclear Propulsion Submarines

Jang Jun-Seop*

Debates about introducing nuclear submarines have been a main issue in Korea. The highest officials and the government has started to think seriously about the issue. Yet there were no certain decision to this issue or any agreements with US but it is still necessary to review about introducing nuclear submarines, the technologies and about the business.

The reason for such issues are the highest officials of Korea to build nuclear submarine, nK's nuclear development and SLBM launching. ROKN's nuclear submarine's necessity will be to attack(capacity to revenge), defend(anti-SSBN Operation) and to respond against neighboring nation's threat(Russia, Japan, China).

Among these nations, US, Russia (Soviet Union), Britain, France had built their submarines in a short term of time due to their industrial foundation regarding with nuclear propulsion submarines. However China and India have started their business without their industrial foundation prepared and took a long time to build their submarines. Current technology level of Korea have reached almost up to US, Russia, Britain and France when they first built their nuclear propulsion submarines since we have almost completed the business for the Changbogo- I ,II and almost up to complete building the Changbogo-III

* Lieutenant Commander of the ROK Navy (53rd ROK Naval Academy), BS in Nuclear Engineering, Seoul National University, MS in Nuclear Engineering, Texas A & M University, USA.

which Korea have self designed/developed. Furthermore Korea have reached the level where we can self design large nuclear reactors and the integrated SMART reactor which we can call ourselves a nation with worldwide technologies.

If introducing the nuclear submarine to the Korea gets decided, first of all we would have to review the technological problems and also introduce the foreign technologies when needed. The methods for the introduction will be developments after loans from the foreign, productions with technological cooperations, and individual production. The most significant thing will be that changes are continuous and new instances are keep showing up so that it is important to only have a simple reference to a current instances and have a review on every methods with many possibilities. Also developing all of the technologies for the nuclear propulsion submarines may be not possible and give financial damages so there may be a need to partially introduce foreign technologies.

For the introduction of nuclear propulsion submarines, there must be a resolution of the international regulations together with the international/domestic resistances and the technological problems to work out for. Also there may be problem for the requirement fees to solve for and other tough problems to solve for. However nuclear submarines are powerful weapon system to risk everything above. This is an international/domestically a serious agenda. Therefore rather than having debates based on false facts, there must be a need to have an investigations and debates regarding the nation's benefits and national security.

Key Words: Nuclear-powered Submarine, Korean Nuclear-powered Submarine, Security Environment on the Korean Peninsula, Advanced Nuclear Submarine Countries, A Policy Challenge, Technical Challenges, North Korea's Nuclear Arms and SLBM