

미해군 원자력추진 프로그램으로부터 얻은 미래 원자력추진 잠수함 확보를 위한 기술 및 정책적 교훈

박진원
한얼솔루션 통합설계실

Technical and Policy Lessons for the Domestic Future Nuclear-powered Submarine learned from the U.S. Naval Nuclear Propulsion Program

Jin-Won Park
Integrated Design Division, Haneol Solution Co., Ltd.

요약 지난 2000년대 초 우리 정부는 원자력추진 잠수함을 전략자산으로 확보하고자 하는 첫 시도를 한 바 있다. 원자력추진 잠수함의 획득은 척당 수조 원대에 이르는 초기획득비와 막대한 연간 운영비, 주변국을 포함한 국제사회의 동의, 전 국민적 합의, 전문인력 양성을 포함한 기술인프라 조성 등의 도전을 극복해야 한다. 미 해군은 1950년대부터 에너지부 중심의 정부 부처와 공동으로 원자력추진 함정의 획득을 위해 노력 해왔으며, 1982년에는 그동안의 노력을 통합하고 미래를 준비하기 위해 미 해군 원자력추진프로그램이라는 행정명령을 제정한 바 있다. 미 해군 원자력추진프로그램은 미 정부 내 원자력과 관련된 에너지부와 미 해군의 조직 구성, 관리자의 권한과 책임 등에 관해 규정하고 있으며, 관련된 전 국가적 노력을 통합하고 있다. 본 논문은 미 해군 원자력추진 프로그램의 구성과 성과를 분석하여 우리의 미래를 준비하기 위한 타산지석의 귀중한 지혜를 얻고자 작성되었다. 국력이나 군사력의 규모가 달라 일대일로 추종할 수는 없지만 그들의 과거와 현재를 잘 참고한다면 최소한 그들이 겪었을 시행착오에 투입한 노력과 시간만큼은 단축할 수 있을 것이다.

Abstract In the early 2000s, the Korean government first attempted to acquire nuclear-powered submarines as strategic assets. Acquisition of nuclear-powered submarines must overcome the challenges of the initial costs and operating costs of trillions of US dollars per ship, must be agreed to by the international community (including neighboring countries) and in a national consensus, and must have an established technical infrastructure (including manpower). The US navy has been working with governments that want to acquire nuclear propulsion warships since the 1950s, and in 1982, they enacted an executive order called the United States Naval Nuclear Propulsion Program to consolidate efforts and prepare for the future, which sets out the organizational structure, authority, and responsibilities of US governmental management, and integrates national efforts. This paper is to gain valuable wisdom from the U.S. Naval Nuclear Propulsion Program by analyzing all of its histories and contributions, thereby providing valuable lessons for a future program in Korea. It might not be possible to follow the U.S.A. one-on-one because of the scale of national and military forces, but at least we can avoid time and effort spent on trial and error.

Keywords : Submarine, Propulsion, Nuclear, NNPE, Rickover, SSN, Lesson Learned

*Corresponding Author : Jin-Won Park(Haneol Solution Co., Ltd.)
email: jwpark1@gmail.com

Received August 12, 2019

Accepted September 6, 2019

Revised September 5, 2019

Published September 30, 2019

1. 서론

2000년대 초 '362사업'이라고 알려진 원자력추진 잠수함 계획이 논쟁이 되었던 적이 있었다. 당시 국방부는 무제한 잠항 가능한 원자력추진 잠수함을 확보하여 전략 자산으로 활용하려고 하였다. 하지만 척당 수조 원에 이르는 획득비뿐만 아니라 막대한 수명주기 운영비용, 주변국을 포함한 국제사회의 동의, 국민적 합의, 국내 원자력 기술에 대한 막연한 불신 등 충분히 무르익지 못한 상황에서의 설익은 논의로 부득이하게 칼집에 칼을 다시 넣을 수밖에 없었다. 그로부터 20여 년 후인 현 정부도 '자주국방'을 기치로 핵잠수함 도입을 공약으로 내세웠으며, 국무총리뿐만 아니라 정치권도 한목소리로 핵잠수함 도입에 대한 강한 의지를 표명하고 있다. 이런 정치적 의지와 정책적 지원표명에 힘입어 군도 비공개 기획단을 구성하고 정부의 최종결단만을 기다리고 있다는 언론 보도가 최근 있었다[1].

본 논문은 미 해군의 원자력함정 프로그램에 대한 법적 근거로 정부조직의 구성, 관리자의 자격 및 책임 등을 규정한 미 정부 행정명령 '미해군 원자력추진프로그램(NNPP: Naval Nuclear Propulsion Program, 이하 NNPP)'을 참고모델로 하였다[2]. 가까운 미래에 필요할 타산지석의 지혜를 원자력추진함정의 발명국이자 선두국인 미국으로부터 찾아보고자 하는 것이 이 논문의 구상이다.

2. NNPP 프로그램

2.1 행정명령 NNPP

NNPP는 상위 법령인 전쟁 및 국방법(US Code Title 50. War and National Defense) 제42장 1절의 '원자력 조직 구성'에 따른 행정명령으로 1982년 제정되었다. 원자력프로그램과 관련된 미 에너지부(DOE: Department of Energy, 이하 DOE)와 미 해군부(DON: Department of Navy, 이하 DON) 간의 조직구성과 관리자의 임명 그리고 권한과 책임을 규정하고 있다. NNPP의 이력은 다음과 같다[2,3].

- 1942~1946년: 맨하튼 계획 운영
- 1946년: 원자력법(atomic energy act) 제정 및 대통령 직속 원자력에너지위원회(AEC: atomic energy committee, 1946-1975, 이하 AEC) 설립

- 1948년: 리오버 대령 미 해군 함정국 내 원자력부(Code 390, nuclear power branch) 신설
- 1949년: AEC와 해군 간 계약에 따라 가압수형 원자로 설계를 위한 연구시설(베티스연구소) 설립
- 1951년: 코네티컷주 소재 Electric Boat(이하 EB)에서 3,500톤급 USS Nautilus (SSN-571) 착공
- 1955년: USS Nautilus (1955-1980) 첫 항해
- 1975년: 해군사업은 AEC에서 DOE로 관리 전환
- 1982년: 행정규칙 NNPP(50 USC 2511) 제정 및 시행

2.2 NNPP 주요 내용

NNPP는 미국 내 원자력프로그램 관련 어제의 성과와 내일의 계속된 발전을 도모하기 위해 정부 내 분산된 DOE와 DON의 노력을 통합하기 위해 1982년 제정되었다. 총 10항으로 주요내용은 다음과 같다[3].

- Section 1:** NNPP는 DOE와 DON의 통합프로그램임.
- Section 2:** 두 부처가 공동 관리하며, 관리자는 원자로에 관한 경험과 기술적 배경을 보유한 민간인, 해군 현역 또는 예비역이어야 함
- Section 3:** 관리자는 대통령이 임명하며, 임기는 8년임
- Section 4:** 관리자 직급은 4성급 제독, 민간인일 경우 이와 유사한 직급이어야 함.
- Section 5:** DOE관리자는 소속 연구소를 관리하고 연구개발, 교육훈련, 조달, 운송, 안전 및 예산 등 전반 감독
- Section 6:** DOE관리자는 해군 원자로(naval reactor)와 관련된 일체의 사실을 장관을 포함한 모든 사람에게 보고하고 보고받을 수 있음.
- Section 7:** DON장관은 해군원자로의 기술적인 부분을 감독할 관리자를 임명. DON관리자는 연구개발, 조달, 감독, 재보급, 교육훈련, 설계 등 모든 부분 감독
- Section 8:** DON장관은 해군 내 원자로 안전, 방사선 관리, 인원/공공 보건 등에 관련된 사항, 보안, 방사선 안전, 수송, 조달, 군수관리와 같은 프로그램 지원사항에 대한 감독을 포함한 관련 부분의 책임자를 임명해야 함.
- Section 9:** DON관리자는 해군 내 관련부서, 해군참모총장에 직접 보고해야 함. 관련 인원에 보고 지시도 가능
- Section 10:** 이 명령은 1982년 1월 1일부로 유효함.

2.3 NNPP 구성

NNPP는 Fig. 1로 도시화한 것과 같이 워싱턴D.C.에 소재한 본부 및 3곳의 연구소, 2곳의 민간조선소, 4곳의 해군조선소, 1곳의 폐연료봉 처리시설, 미해군 전투함의 44%인 86척의 함정, 원자력 학교, 미 전역에 산재한 다

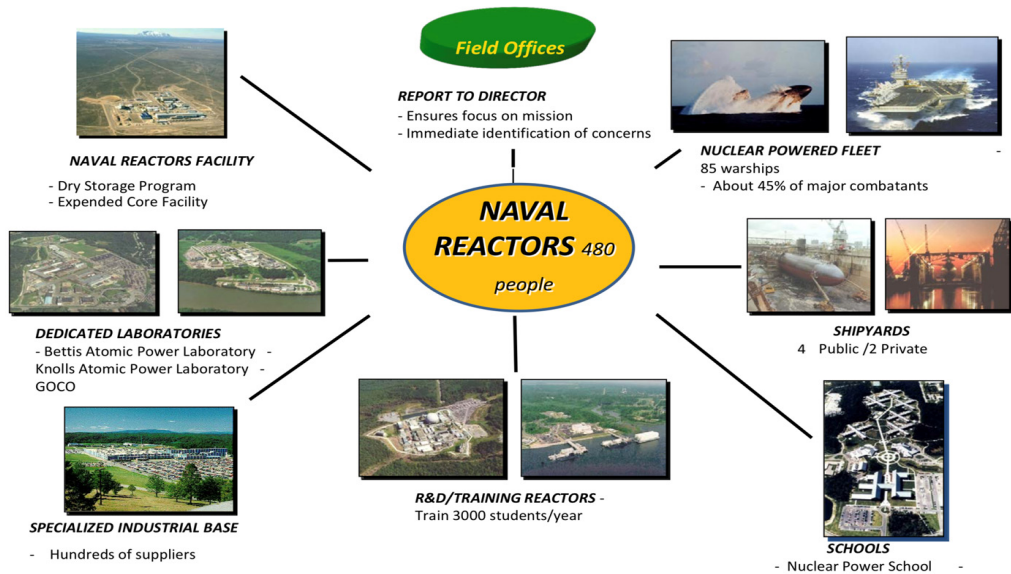


Fig. 1. Organization of naval nuclear propulsion program[2]

수의 장비/자재 공급자 및 제작사 등으로 구성된다. 3곳의 원자력 전문 연구기관을 통해 원자력 관련 기술의 기초·응용 연구 및 개발을 수행하고 있다. 두 곳의 민간조선소(코네티컷주 EB, 버지니아주 Newport News shipbuilding)에서 교호 또는 공동으로 잠수함을 건조하고 있다. 4곳의 해군조선소(버지니아, 뉴햄프셔, 하와이, 워싱턴주)는 중간정비를 담당하고 있다. 승조원의 교육훈련과 관련하여 사우스캐롤라이나주 찰스톤에 원자력훈련사령부(원자력학교, 계류훈련함, 육상프로토타입 등)가 있다. 주요시설과 기지는 주로 미 동부해안(코네티컷, 버지니아주, 조지아주)에 있으며 해외기지는 괌과 하와이 그리고 일본 요코스카에 있다.

3. 원자력 체계

3.1 원자력 발전원리

우라늄(U-235)은 중성자(neutron)를 흡수하면 원자핵이 2개로 분열하고 이때 새로운 원자핵들의 질량차로 인해 열에너지가 발생하며 ($E = \Delta mc^2$), 동시에 2~3개의 중성자를 생성한다. 새로 생성된 중성자는 또 다른 핵에 흡수되면서 다시 분열을 반복하게 되는데 이 연쇄반응을 핵분열(fission)이라고 한다 (Fig. 2).

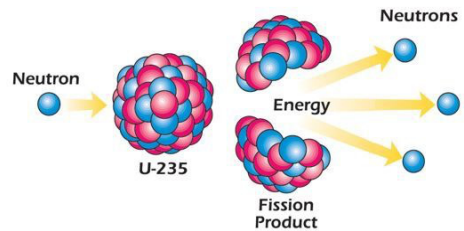


Fig. 2. Overview of nuclear fission principle taken from [5]

연쇄반응을 유지하고 더 촉진하기 위해서는 분열 후 빠르게 다음 핵으로 흡수되는 중성자의 충돌속도를 느리게 하는 감속재가 필요하게 된다. 경수(H₂O), 중수(D₂O), 흑연(C) 등과 같은 감속재의 종류에 따라 '경수로, 중수로, 흑연감속로'로 나누어진다. 원자력 발전은 핵분열 연쇄반응에서 나오는 열을 이용하여 에너지를 만들어 내는 것이다. 열에너지가 냉각재인 물에 전달되어 증기를 발생시키고, 이 증기가 터빈을 구동하여 발생시킨 회전력으로 전력이나 추진력을 생산하게 되는 것이다.

3.2 원자로(nuclear reactor)

원자로는 핵분열을 지속적으로 유지하고 안정적으로 제어하기 위한 격납장치이다. 사용되는 감속재, 냉각재 등에 따라 분류된다. 현대의 원자로로는 가압수형 원자로,

비등수형 원자로, 가압 증수로 등이 널리 사용되는데 가압수형 원자로(PWR: Pressurized Water Reactor, 이하 PWR)가 전 세계적으로 가장 보편적으로 사용되고 있다. 가압 경수로라고도 불리는데 압력을 가한 물(경수)을 냉각재와 감속재로 쓰기 때문이다. 오늘날 대부분의 민간 원자력발전소뿐만 아니라 원자력을 동력으로 하는 잠수함이나 항공모함 대부분에 사용되고 있다. 우리나라는 증수로인 월성발전소 외에는 모두 PWR을 사용하고 있다 [6].

3.3 가압수형 원자로(PWR) 원리

PWR은 압력을 가한 물을 냉각재와 중성자 감속재로 사용하는 원자로이다. Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 원자로(reactor)와 엔진(engine)으로 분리된 2개의 사이클로 구성된다. 1차 사이클(reactor compartment)은 원자로, 배관, 가압기, 펌프, 증기발생기로 구성되며 이중 차폐(shielding)된 폐루프(closed-loop) 시스템이다.

원자로에서 핵분열 반응으로 가열된 1차 냉각수(원자로 냉각용)는 비등(boiling)을 방지하기 위해 가압기(pressurizer)로 가압 후 증기발생기로 열에너지를 전달한다. 1차 냉각수가 증기발생기 내부에 열을 내놓음으로써 증기발생기 내 2차 냉각수(주급수)를 가열, 포화증기를 발생시켜 2차 사이클의 터빈을 구동, 회전에너지를 발생시키게 된다.

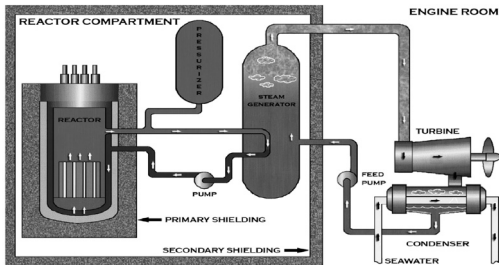


Fig. 3. Schematic view of pressurized water reactor[2]

증기발생기를 통과한 1차 냉각수는 다시 원자로로 순환되며, 2차 사이클에서 터빈을 통과한 포화증기는 복수기(condenser)로 응축되어(액화) 펌프를 이용하여 증기발생기로 다시 순환시킨다. 각 사이클은 완전히 격리되어 냉각수가 전혀 섞일 우려가 없으므로 방사능을 완벽히 차단할 수 있다는 원리이다.

3.4 PWR의 잠수함 적용

원자력추진 잠수함은 PWR을 추진 동력으로 사용하는 잠수함으로 아래 Fig. 4와 같이 후부 기관구역 내 PWR이 설치된다.

1차 사이클(원자로 격실)에서의 열로 생성된 포화증기는 2차 사이클(엔진 격실)에서 발전기용 터빈과 주 추진용 터빈을 구동하는 데 사용된다. 잠수함은 주 추진용 터빈을 통과한 회전력을 감속기어를 통해 감속 후 추진기를 직접 구동하거나 축전지에 저장된 전기로 모터를 구동해 기동할 수 있다. 발전기용 터빈으로 발전자(turbo generator)를 구동시켜 직류전력을 생산하여 전력변환장치를 통해 함내 소요처에 전달한다. 추진체계 구성이나 전기회로는 국가나 함종(잠수함, 항모)이나 함 크기에 따라 다를 수 있다.

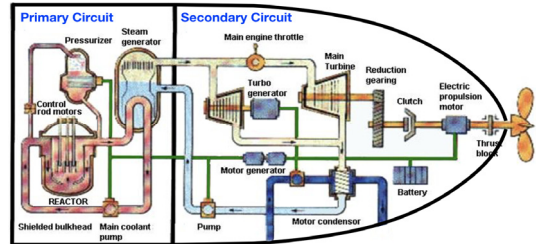


Fig. 4. Application of PWR for the submarine[2]

디젤-전기추진 잠수함으로도 불리는 재래식 잠수함(수상배수량 최대 3,500톤 수준)은 디젤엔진-발전기-축전기 등이 전체 체적의 50% 정도를 차지하는 반면 원자력추진 잠수함(수상배수량 최소 3,500톤 수준)은 추진체계가 차지하는 공간이 Fig. 5와 같이 전체의 약 1/3에 해당한다. 이렇게 절감된 축전기 적재공간 등은 거주나 작전구역, 추가 무장(어뢰, 유도탄 등) 적재공간, 추가 연료나 부식 저장공간으로 사용할 수 있다. 이는 장기간 잠항

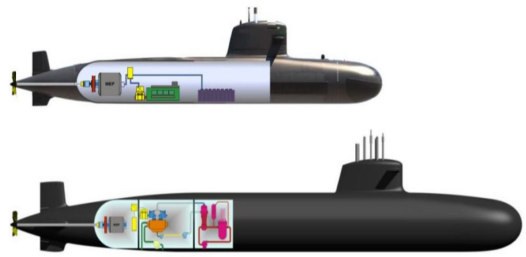


Fig. 5. Comparison of conventional submarine and SSN

작전을 위한 필요조건이기도 하다. 원자력추진 잠수함의 경우 후부 기관구역에 탑재되는 수직형 원자로의 크기로 인해 부득이 지름(보통 10m 이상)이 커질 수밖에 없으며 이로 인해 3,500톤급 이상으로 대형화될 수밖에 없다.

3.5 원자력추진 잠수함의 장점

원자력추진 잠수함(SSN)은 이동성(mobility), 유연성(flexibility), 지속성(endurance) 측면에서 재래식추진(화석연료)과 비교할 수 없다. 추진기관용 산소가 필요하지 않으므로 연료 우려 없이 장기간, 고속 잠항 항해할 수 있으며, 늘어난 임무 기간 만큼 다양한 센서와 무기를 목적에 맞도록 완벽하게 운영할 수 있다. 특히 극지방 얼음 아래를 통한 대륙 간 이동 등 최대의 전략적 기동능력으로 장기간 세계 모든 해양에서 운영할 수 있으며 한 전역에서 다른 전역으로 전략적으로 임무를 변경하기에 유리하다. 이와 같은 전술과 전략적 장점으로 SSN은 단독이나 공격그룹의 일원으로서 전방 배치되어 운영된다. 주요임무와 용도는 다음과 같다.

- 해상교통로(sea of lane) 보호
- 항모전투단(carrier strike group) 또는 원정타격단(expeditionary strike group) 보호
- 적에게 전술적 모호성(스텔스) 초래 등

무한공급 가능한 해수(수소, 산소)를 전기분리하면 공기와 물을 무한 생산할 수 있어 장기간의 독립적인 작전 수행이 가능하다. 실질적인 작전일수는 승조원을 위한 식료품의 양에 의해서만 제한된다.

4. NNPP로부터 교훈 도출

1940년대부터 시작한 미해군 원자력프로그램은 다음의 두 가지 핵심 철학을 중심으로 하고 있다[2].

- 군사적으로 능력이 있어야 하며 신뢰할 수 있어야 한다.
- 환경, 공공뿐만 아니라 이것을 운영하는 사람에게도 안전해야 한다.

이를 위해 NNPP 본부 차원의 중앙집권적인 기술 리더쉽과 철저한 훈련 그리고 보수적 설계원칙 등을 기본으로 각 개인이 본인의 행동에 대한 책임을 가지도록 프로그램 내부에 문화가 내재화되어 있다[2].

이번 장에서는 지난 70여년간 NNPP에서 중요하게 계획되고 실행되고 있는 아래 3가지의 핵심사항을 살펴봄으로써 우리의 미래를 대비하기 위해 필요할 타산지석

의 유용한 교훈을 얻고자 한다.

4.1 인명 보호

핵반응 시 발생하는 방사선 노출량을 합리적인 수준으로 줄이는 것을 목표로 한다. 원자로는 전투 중에도 생존할 수 있도록 엄격한 기준으로 제작되며 이중화설계(redundancy design)와 애초 높은 수준의 승조원을 선발, 체계적인 교육훈련을 통해 안전한 운영을 보장한다. 해군용 원자로 운영자의 피폭 기준은 민간병원의 방사선의료인력의 1/10 수준에 해당한다고 한다[2]. 미 해군은 방사선 비상사태 발생 시 민간에 즉시 통보하여야 하며 상항공유시스템을 구축하여 협력관계를 지속적으로 유지하고 있다. 국민 안전을 위해 국토안보부, 해군, 에너지부, 원자력규제위원회, 환경보호국, 방사선 보호 및 측정에 관한 연방협의회, 국제원자력기구 등 광범위한 기관이 비상상황을 대비한 범정부 계획에 참여하고 있다[2].

1996년 이후 2년 간격으로 현재까지 12회에 걸쳐 '해군용 폐원자로 수송사고 훈련'을 민간군 합동으로 수행하여 NNPP의 신뢰성을 확보하고 비상시 대응능력을 높이는 노력을 동시에 하고 있다.



Fig. 6. Shipping Container Accident Exercises[8]

4.2 환경 보호

오늘날과 같은 환경보호 운동이 본격화되기 이전인 1950년대부터 NNPP에 있어 '환경보호'는 프로그램의 최우선 과제로 취급되었다. 실제 미 해군의 원자력추진 함정 개발과 운영에 있어 미국 내 또는 국제적으로 부정적 환경영향이 현재까지 보고된 적이 없음을 이를 입증하는 것이라 볼 수 있다[2].

미해군 원자로의 방사능 폐기물은 미국의 상업용 원자로의 연간 배출량과 비슷하며 특히 공기나 물을 통한 환경배출(environmental release)을 엄격하게 통제하고 있다. 원자력추진 함정의 모항을 포함한 주요시설에 대해 포괄적 환경감시 프로그램(물, 침전물, 대기, 해양표본 분석 등)이 운영된다. 환경보호는 미 정부의 청정공기법(clean air act), 자원보존 및 재생법(resource conservation and recovery act)과 청정수질법(clean

water act)에 의해 철저히 관리된다. 재래식추진 함정보다 상당한 양의 온실가스를 감소할 수 있는 원자력추진 함정 고유의 특성 자체도 환경보호의 부분적 기여라고 할 수 있다[2].

환경보호는 운영 중인 함정이나 시설뿐만 아니라 원자력 시설(조선소, 연구소 등)의 운영 중단 이후에도 자연상태로의 복원을 위해서도 계속된다. Fig. 7의 1959년부터 운영된바 있는 코네티컷주 원저시에 소재한 해군의 포토타입 원자로 시설인 'S1C'는 1993년 운영을 마친 후 2006년 '녹지(green-field)' 상태로 완전히 복원시켜 공공에 반환한 바 있다[2].

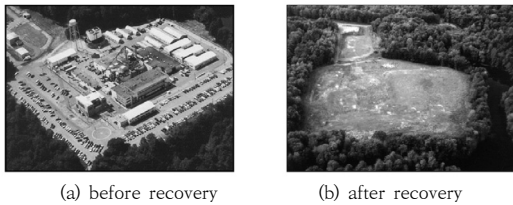


Fig. 7. Environmental recovery of naval reactor prototype SC1[2]

사용 후 폐원자로는 견고하게 설계 및 제작된 컨테이너(M-140 또는 신형인 M-290)를 이용하여 서부 사막지대인 아이다호주 하드포드(Hadford site)에 지하 매설되어 장기간 보관된다. 하드포드 사이트는 2015년 기준 118척의 함정으로부터 제거된 127개의 사용 후 원자로를 처리한 실적이 있다[2,8].



Fig. 8. Naval spent fuel shipping to Hadford site[8]

4.3 승조원 선발과 교육훈련

원자력추진 함정 승조원이 되기 위해서는 최소 고등학교 졸업장 이상이 필요하며 높은 학업성적과 도전의식 그리고 학습역량 등을 시험한다. 1994년 전투배제법 (combat exclusion law) 폐지와 함께 여성의 전투함 승선이 허용됨에 따라 여성도 승조원으로 선발되어 2011년부터 SSBN에 배치되고 있다. 미해군의 원자력프로그램은 교육 수준이 높아 미국 내 많은 대학에서 최대 77학점까지 수강학점으로 인정될 만큼이라고 한다[2].

선발된 승조원에 대한 교육훈련은 미국 동남부 사우스 캐롤라이나주 찰스톤에 위치한 해군 원자력교육사령부를 중심으로 이루어진다. 이곳에서 원자력추진 함정에 배치 전 모든 교육생에게 원자력 추진장치 운영자격을 부여하는데 자격 인증자가 2015년 기준 무려 130,000명에 이른다고 한다. 24주간 열역학, 원자로 원리, 전기공학, 방사선 기초 등 전문과정과 심화교육을 수강하는데 사병반은 대학교 1학년 수준, 장교반은 대학원 수준으로 운영되고 있다[2].

원자력학교 수료 후 프로토타입 추진장치 또는 계류훈련함 중 하나에서 24시간의 실제 운영 경험을 가지게 되며 함정 배치 후에도 지속적인 운영 및 재난훈련 등에 참여하여 능력을 입증받아야 한다.

원자력체계는 인류에게 유용한 에너지를 제공해 주는 것과 동시에 방사능 오염 우려와 이에 따른 인명피해 등과 같은 값비싼 대가를 동시에 치뤄야 한다. 지금 당장 우리 해군의 함정사업에 원자력체계를 적용하기에는 무리가 많다고 판단한다. 상업용 원자로에 대한 제작기술과 운영 경험은 많지만, 해상용 원자로의 제작과 운영경험이 전무하며, 실제 해군에서 원자력함정 획득을 위한 정책연구나 기술적 건조가능성을 점검해본 바도 없기 때문이다. 주변국과 국제사회의 감시와 견제, 국내 반원전 여론 등 극복해야할 과제가 한 두 가지가 아니다. 기술적 준비는 여전히 부족하며 국가 차원의 공감대 형성을 위한 정책

Table 1. Technical and policy lessons learned from NNPP

Technical	Policy
<ul style="list-style-type: none"> · High military capability · High safety reliability · Minimum nuclear waste · Reactor prototype and training ship · System-based planning and programming 	<ul style="list-style-type: none"> · High credibility and responsibility · Cooperation between military, government and public. · Laws and rules preparation · Good education and training program · Well-organized Recruit and welfare system

적 준비도 전무하다.

세계 최초, 최장의 원자력프로그램인 NNPP로부터 얻을 수 있는 기술적, 정책적 경험과 실체는 우리의 한계를 극복하는데 유용한 교훈이 될 것이다. 아래 Table 1을 통해 4장 전반에서 살펴본 기술적, 정책적 교훈 5개씩을 각각 도출하였다.

NNPP부터 도출된 교훈을 토대로 추가 자료조사, 수십 년간 000설계 및 건조에 참여했던 전문가 2명과의 인터뷰 등을 통해 가까운 미래에 원자력합성사업을 계획할 때 필요할 최소한의 기술적, 정책적 준비사항을 다음과 같이 제안한다.

■ 기술적 제안

- 전 수명주기 관점 종합획득계획 수립
- 체계적 개발방법(Systems Engineering) 적용
- 함정 뿐만 아니라 연구시설, 조선소, 기지, 지원설비 및 지원함 등 복합체계 운용개념 정립
- 현 보유기술의 조사와 평가 그리고 부족기술확보 방안 수립(국제협력, 연구개발 등)
- 국내 장비/자재 공급망 분석 등

■ 정책적 제안

- 민관군 전문가 참여의 범국가적 사업단 출범
- 국제사회 동의를 및 국민적 합의를 위한 원자로 운영과 인명/환경보호 관련 법령 제정
- 비상시 민관군 간 연락 및 협력체계 구축
- 정부부처 간 이해 조정 및 업무 분장, 수송 및 부지조성 등과 관련된 민간과의 갈등 해소방안 강구(과거 안면도, 부안 사례 등)
- 승조원 선발, 교육 및 유지방안 수립(교육훈련, 시설, 인력관리, 특수수당, 전역 후 진로 등) 등

5. 결론

대한민국은 1970~80년대 돌고래급 잠수정을 시작으로 1990년대부터 209급, 214급 잠수함을 독일로부터 도입하여 운영해왔으며, 2000년대부터는 장보고-III급 잠수함을 독자설계 및 건조하는 수준에 이르고 있다. 재래식잠수함의 설계와 건조 역량을 세계적으로 인정받아 2011년에는 인도네시아에 잠수함을 수출하는 등 세계 5대 잠수함 수출국의 반열에 올랐다. 원자력 분야도 1978

년 고리발전소를 시작으로 지난 40여 년간 많은 발전소를 건설하고 안정적으로 운영한 경험이 있다. 1990년대부터 세계 각국에 원자력 기자재 수출을 시작했음은 물론 2016년에는 아랍에미리트에 원전을 수출할 만큼 기술적으로도 성숙하였다.

하지만 원자력추진 잠수함의 획득은 오늘 결정한다고 해서 내일 실행할 수 있는 것이 아니다. 재래식 잠수함의 설계와 건조, 한국형 원자로 제작 및 운영 경험 만이 다가 아니기 때문이다. 육지에 고정 설치되는 원자력발전소와 달리 해군의 원자력프로그램은 파도, 조류 그리고 바람이라는 열악한 해상이나 수중환경에서 운영되어야 하며, 승조원들이 원자로가 설치된 함내에서 오랜 시간 근무해야 하며, 어뢰와 유도탄이 난무하는 전투상황에서 위험한 원자로를 탑재하고 급격한 기동을 해야 하는 3차원 운동을 하여야 하는 대형 플랫폼이기 때문이다. 무엇보다 국제사회와 국민에게 신뢰를 받을 수 있을 만큼 체계적이며 꼼꼼한 기술과 정책적 계획이 선행되고 실행되어야 할 것이다.

1950년대부터 지난 70여 년간 원자력추진 함정을 운영하고 있는 NNPP의 사례는 미래를 준비하는 우리에게 귀중한 지혜를 제공해 줄 것이다. 물론 국력이나 군사력 규모가 달라 직접적인 추종은 어렵지만, 핵심적인 기술적, 정책적 교훈을 참고하여 향후 우리나라의 원자력추진 잠수함 획득사업을 계획할 때 이를 참고한다면 최소한 그들이 겪었을 시행착오만큼의 시간과 노력만큼은 절약할 수 있을 것이다. 더불어 과거와 비교했을 때 발전된 과학기술과 고도로 교육되고 숙련된 전문력을 다수 보유한 현재의 우리이기에 오리진(origin)보다 더 나은 모범적인 프로그램을 만들 수 있는 자신감도 가질 수 있을 것이다.

References

- [1] Hyunyoung Cheong, [military inside] Why nuclear-powered submarine needs, Seoul Newspaper, 2019, [cited July 25, 2019], Available From: https://seoul.co.kr/news/news_View.php?id=20190726039002 (accessed August 10, 2019)
- [2] Department of Energy, "The United States Naval Nuclear Propulsion Program," Technical Report, Department of Energy, November 2015.
- [3] 50 USC 2511: Naval Nuclear Propulsion Program, 1982, [cited February 1, 1982], Available From: [https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=\(title:50%2](https://uscode.house.gov/view.xhtml?req=(title:50%2)

[Osection: 2511%20edition:prelim](#) (accessed August 10, 2019)

- [4] Theodore Rockwell, "The Rickover Effect: The Inside Story of How Adm. Hyman Rickover Built the Nuclear Navy," p.411, Wiley, 1995.
- [5] Nuclear energy overview, Neutronenquelle, Available From: <https://www.pinterest.co.kr/pin/244109242282221959/> (accessed August 10, 2019)
- [6] Nuclear reactor, Neutronenquelle, Available From: https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reactor (accessed August 10, 2019)
- [7] Brian Wang, "\$129 billion Columbia class ballistic missile submarine program begins detail design and engineering development, 2017, [cited January 7, 2017], Available From: <https://www.nextbigfuture.com/2017/01/129-columbia-class-ballistic-missile.html> (accessed August 10, 2019)
- [8] Gil Pratt, "Aircraft Carrier Refueling and Shipping Containers," Presentation, p.48, NNPE, 2017.

박진원(Jin-Won Park)

[정회원]



- 2003년 2월 : 서울대학교 대학원 조선해양공학과 (공학석사)
- 2008년 9월 : 미국 Virginia Tech 항공해양공학과 (공학박사)
- 2009년 12월 ~ 2011년 12월 : 국방과학연구소 파견 연구원
- 2016년 6월 ~ 2018년 11월 : 방위사업청 시스템공학 담당
- 2019년 9월 ~ 현재 : 한얼솔루션 통합설계실 수석연구원

<관심분야>

시스템공학 분석(SE Analysis), Data Science, Concept Design, Set-Based Design, Design Optimization