

世界 原子力船의 開發現況과 動向



蔡元錫

〈群山水産専門大學 機關學科 教授〉

머 리 말

원자력선이란 1960년 해상인명안전조약협정을 개정하는 국제회의에서 정의한 바와 같이 원자력 시설을 설치한 선박으로서, 원자동력 Plant에서 발생한 증기 Energy를 주추진 Turbine Engine에 공급하여 해양운송을 목적으로 하는 것이다.

이 국제회의는 소련의 쇄빙선 Lenin호가 취항한지 얼마 안있어, London에서 개최되었는 바, 이제까지는 원자력선에 대한 경험이 없었으므로, 이 새로운 선박에 관하여, 국제적으로 적용하는 구속력과 일반의무를 지닌 안전기준 및 특수한 권고를 규정하게 되었다. 이 안전기준은 선박안전법에도 관계되는 원자력선 특수규칙이고, 그리고 권고는 안전법규로 바뀌었는데, 이와 같은 협정은 주로 원자로를 중심으로 하는 국제적 요구성이므로, 국내법에도 명문화되어야 하고 아울러 한국선급협회에서도 원자로의 안전성에 관련한 실험증명서까지도 요구되는데, 우리나라도 이같은 제반규정을 대비해야한다.

원자력선은 소량의 핵연료로써 장기간에 걸쳐 고속운항을 지속할 수 있으며, 또한 다량의 연료유를 실을 필요가 없으므로 화물적재량을

증대시킬 수가 있다.

한편, 잠수운항을 하면 더욱 고속화를 기대할 수 있다.

이와는 반면에 해양환경으로 선체에 미치는 여러가지 요인에 의하여, 원자로에는 기계적사고나 반응도사고가 야기될 수도 있다.

이와 같은 특수한 경우에 박용로는 고유안전성과 다중방어 System이 확립되어야 한다.

다음은 세계각국의 원자력선 개발현황과 동향에 관하여 기술한다.

1. 미 국

세계 최초의 원자력잠수함 Nautilus는 1952년 6월 14일 기공되어, 가압수형(분리형)을 탑재건조하고 1954년 9월30일 취역하였으며, 1955년 1월 17일 출항해서 북해역을 잠항횡단하여 1955년 8월3일 최초로 북극점을 통과한 세계적인 기록과 동시에 소련에게 어떤 영향을 미치게된 동기도 되었다.

이어서, Nautilus에 의해 船用爐의 우수성이 입증되었으며, 당시 “미국대통령 아이젠하워는 1955년 4월25일 AP 통신사의 연차총회에서 미국의 원자력 평화이용계획에 따라서 Atomic Energy Commission과 Maritime Administra

tion으로 하여금 원자력상선에 대한 사양을 제작중이며, 불원간 의회에 원자력상선의 사양계획과 더불어 건조자금의 요청서를 제출"할 것을 성명하였다.

바로, 이 성명은 원자력상선시대의 새로운 계기가 되었고, 내면의 주된 목적은 박용로의 부품 개발과 운전경험을 쌓아서 결국은 세계해운계의 선도적 위치확보와 기술향상 및 경제적 측면에 기대를 걸고 있었던 것이다.

이와 같은 목적으로 원자력상선 Savannah는 화객선으로서 1958년 5월22일 기공하여 1959년 7월 21일에 진수하고, 박용로로서 가압수형(분리형, 80MW열출력)을 탑재하여 1962년 5월1일 상선으로는 최초로 준공하게 되었다.

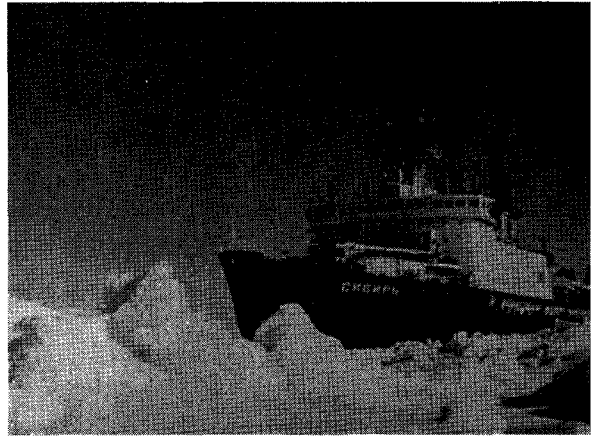
1965년 3월까지의 영국을 비롯하여, 서구ropa 각국을 순방하면서, 원자력의 평화이용에 대한 Demonstration을 펼쳤으며, 1965년 8월에는 구미간의 상업운항에 취항도 하였으나, 그 당시 적자운영을 면치 못했다. 그러나, 각국간의 행정협정체결이 수월하도록 OECD의 Nuclear Energy Agency에서 이국간 원자력협정의 동기를 제공한 모델을 이루었으며, 영국과는 조건부로 상호간 입항협정을 체결하여, 다른 국가들에 대표적 선례를 남겼다.

또한 승무원과 외국기술자의 교육훈련을 시키는 등, 소기의 사명을 다하였다. 한편, 1968년 8월에는 핵연료 일부를 교환도하였으며, 드디어는 1970년 7월에 개선하게 되었다.

미국은 또, 상선 Liberty형 선체를 개조하여, 중앙부에 원자로(가압수·분리형)를 설치하고, 수상발전선 MH-1을 1967년 9월에 완성해서 파나마운하용 동력전기를 이용하였다.

그리고, 해운소속의 심해잠수조사선 NR-1은 가압수형, 전기추진선으로 1969년에 완성하였는데 선체 하부에 발통을 설치하여 해저를 등글어 다닐 수도 있게 되었다.

그외에 북극해안에서 생산되는 LNG를 빙해를 잠항하고 북미동해안 수송을 목적으로 원자력잠수 LNG탱크선의 구상내용을 독일의 GASTEC '81/LNG/LPG 회의에서 발표한



바도 있다.

2. 소련

미국 잠수함 Nautilus의 북극점 항행에 영향을 받은 소련은 북극해역의 개발에 적극적인 관심과 계획을 갖고 1958년 9월 쥘네브의 제2회 원자력 평화이용에 관한 국제회의에서 발표한바와 같이 북해항로에 상선대의 신속유도와 고위도에의 항로 연장, 그리고 북극수송의 회수 및 적재량을 증대하기 위한 방법으로써, 연료의 재보급을 불필요로 하는 쇠빙선대의 건조를 절실히 필요로 하였다.

그 일환책으로 1957년 12월5일에 진수식을 갖은 Lenin호는 1958년 12월에 준공되고 1959년 9월15일 취항이 시작되었다.

추진장치로는 3기의 가압수형 원자로(열출력 90MW×2, 분리형)로 하여금, 각각의 독립된 증기발생기에 4대의 Turbine-발전기에 의하여 3기의 직류전동기를 구동시켜서 3기의 추진기에 동력을 전달한다.

정상운전에는 2기의 원자로를, 그리고 1기는 비상용 원자로로 쓰인다. 그러나 1966년에는 원자로 기기의 전면 교환 등의 개조로 2기만 이용하고 있다.

해상의 최대속도는 18knot/h이며, 쇠빙능력은 얼음 두께 2m의 빙원을, 2knot/h의 일정한 속도로 항진할 수 있게 된다.

이와 같이 Lenin은 북극해를 경유하는 운항에 있어 그동안 경험하지 못했던 막대한 시간과 경비를 절약할 수 있는 모체가 되었다.

현재 원자력선 보유수는 세계 최초로 실용중인 Lenin외에, 쇠빙선 8척(1척은 1992년 완공 예정)과 Lighter Carrier선 1척을 포함하고 있다.

3. 독일

당시 서독은 외국 원자력상선의 원자로 응용에 관심이 있으며 Lenin의 가압수형 원자로를 연구하는 한편, Demag A, G와 미국의 Atomic International사와 공동출자회사인 Interatom 회사가 선박추진용 유기재 감속형 원자로의 설계를 개발한 바 있다.

그뒤, 서독연방국은 북독일연해 사주경제성의 협력하에 저명한 조선·해운업체와 또 다른 제조회사가 참여하여, 1955년 8월에 설립된 등록협회의 원자력 Energy연구회(KEST)와 1956년 4월에 설립된 조선해운원자력이용유한회사(GKSS)가 원자력선의 실험단계, 실증단계 및 상업단계로 나누어 박용로의 연구 개발에 임하고 있는데, 원자력선시대에 대비하는 모체가 된다.

1961년에 GKSS는 신형가압수형(일체형) 원자로를 탑재하는 학술연구선을 건조기로 결정하고, 그 목적은 선박의 특수성을 고려하여 장래 상업용 선박으로 발전시키기 위한 발전단계로써 운전실적을 얻어내는 연구용 원자력선이다.

그 설계의 주안점은 다음과 같다.

- (1) 원자력선에 관한 경험 취득, 기술적인 문제와 그 해결
- (2) 해운환경조건에 따른 선체와 원자로의 동특성 규명
- (3) 원자력선의 외국 기항 관계 개략
- (4) 원자력선(취급) 요원의 교육훈련
- (5) 기타 선박조종술에 관한 연구

이와 같은 취지하에 독일 최초의 원자력선 Ottobahn은 1963년 9월17일 준공하여, 1964년

6월13일 진수되고, 1968년 12월17일 완성되었다. 일반적으로, 다른 나라의 원자력선에 비하여 안전성이 우수한 편이며, 원자력선의 선구적 활동으로 독일의 박용로 발전을 위하여 첨단 지식과 기술을 연수하게 되었다.

1972년 2월에는 원자로와 격납용기를 해체양육하고, 보일러로 대체해서 船名도 Norasia Susan으로 개명했으며, 재래형 Container선으로써 취항하고 있다.

독일은 그 외에 1982년에 북극권의 자원개발과 그 산출물을 수송하는 원자력쇄빙 Oil / bulk선에 관하여 검토한바 있다.

4. 일본

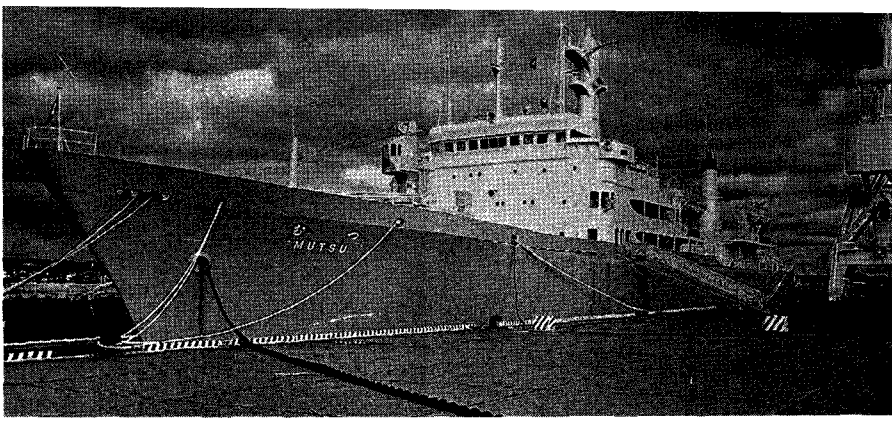
1955년 운전자의 조선기술심회의에서 해운 및 조선업계를 일원화한 조직을 구성하여, 원자력의 선박추진에 효과적인 이용에 관한 검토를 한뒤, 동년 12월에 원자력선조사회가 발족하고, 그 다음해에는 운수성 기술연구소에 원자력선연구실을 설치하였다.

1958년 제2회 주네브회의에서는 원자력잠수유조선과 이민선의 설계에 관한 보고를 한바도 있다.

이미 Lenin, Savannah 및 Ottobahn 등의 연구활동을 계기로 삼아 1961년에 원자력위원회는 원자력장기개발이용계획에 따라 원자력선 건조 및 운전기술의 취득과 승무원의 교육훈련 목적을 위해서 원자력선개발기본계획을 수립 확정하였다.

이어서, 1963년 8월에 정부와 업계의 공동투자로 설립한 특수법인 일본원자력선개발사업단은 원자력선 설계와 건조는 물론 원자로는 가능한 본국기술에 의해 시행할 것을 결의하고, 특히 박용로에 대한 적응성을 중점 검토하였다. 본사업단에서는 한때 원자로만은 미국 원자로의 수입여부도 검토한 일이 있었으나, 값이 비슷하여 결국 자국의 원자로를 이용토록하였는데 다분히 장차 상업용 원자로의 제작실적을 고려에 넣은 듯하다.

일본 최초의 원자력선 Mutsu는 원자로 및



그 탑재공사와 그 외 일체의 공사를 두부분으로 나누어 각각 두 업체에서 시공하였다.

다음은 Mutsu의 전용항(정격항) 문제인데, 당초는 横浜港으로 결정하였으나 지역당국에서 안전성을 들어 거부하였기에 大湊港을 거쳐 다시 關根浜港으로 결정하는 동안, 원자력선 당국과 관련 어민 및 지역당국과의 마찰 끝에 겨우 지정되었으나, 그 뒤 출항하여 출력시험중, 1974년 9월1일 격납용기 상부 2차차폐와 제어봉구동부와의 사이에서 중성자가 누출되는 사례가 발생한 뒤에 Mutsu가 전용항으로 귀항을 반대하는 관계어민 및 지역당국과 정부 및 원자력선 당국과의 격렬한 소요사건은 비단 당사국의 문제만으로 보아 지나칠 일은 아닌 것 같다. 이를 좋은 사례로 참고해야 할 것이다.

그 후, 원만히 합의하에 처리하고 Mutsu는 여러차례의 출력시험항해중, 해양환경의 조건하에서, 선체운동에 따른 노심의 동특성, Plant의 성능신뢰성, 방사성물질 및 가스계의 측정데이터, 조선성, 구조물의 강도 및 기타 제반, 필요한 실험은 1991년 6월말로써 일단 종료된 것으로 짐작되며, 이와같은 실험항해에서 100%의 출력시험이 완료된 성과를 정리하고, 그 자료를 일반화하여 본격적으로 앞으로의 박용로에 대한 연구개발에 귀중하게 활용할 것으로 생각된다.

일본원자력연구소에서는 앞으로 박용로로서의 고유안전성을 향상시키면서, Compact형의 신개념을 갖고 경제성을 추구할 것이다.

5. 영국

원자력선을 개발하기 위하여 응용 할 수단으로써 우선 잠수함을 계획하고, 해운성위원회

(Admiralty's Civil Lord's Committee)가 설립되어서, 기술조사의 결론으로 8기의 원자로 형식이 계획되었다. 그중 7기는 민간에서 그리고 1기는 영국원자력위원회(UKAEA)가 제안하였다.

이것들의 특징으로는 모두 축마력당의 연료가액이 재래의 Turbine선보다 낮은 것으로 주장되고 있다.

1956년 원자력공사(AEA)는 Belgium과의 협력으로 일체형로의 설계 연구도 하였으며, 1963년에는 미국과의 협력으로 육상실험의 원형로를 탑재한 잠수함을 건조하여 취역하고 있다.

1971년에 원자력선 특별위원회(NSSG)를 설립하고, 2차에 걸쳐 연구개발보고서를 낸 일도 있으나 당시 구체화되지는 않았다.

6. 프랑스

미국이나 소련과 같이 1954년 원자력잠수함의 연구개발을 비롯하여, 1960년에는 잠수함용 원형로 PAT 건조에 착수해서 1964년에 취역되었다.

1970년에 착공한 개량 박용 소형로인 CAP가 1975년에는 운전이 개시되었으며, 또한, 개량 Caramel형의 판상연료를 개발한 것이 주목될만 하였다.

그동안 PAT 및 CAP의 설계·건조하여 왔던 원자력청(Council for Energy Awareness)의 박용로 개발부분은 Technicatom사에 이전되어, 양일체형 박용로 CAS-1G~3G를 새로운 설계로 연구한 바도 있다.

현재 원자력상선을 건조할 동향은 안보이나, 기술능력은 충분히 보유하고, 1978년은 캐나다

의 원자력쇄빙선 건조계획에 응하는 등, 독자적 개발로를 상업용으로 활용할 뜻은 갖고 있다.

앞으로, 계획중인 55,000t급 객선 France호는 원자력 추진으로 할 가능성이 있다.

7. 캐나다

캐나다정부에서는 북극권의 지하자원의 운송·감시 및 해난구조 등을 목적으로 Lenin에 비하여 새로운 세계최강의 원자력쇄빙선 POLAR-7을 건조계획하여 1977년에 사양을 제시하였으나, 취항권이 소련의 북해역보다 훨씬 앞이라는 이유로 쇄빙능력을 POLAR Class-10으로 변경한 뒤에, 경비과다 및 건조기간 등의 이유로 1981년 6월에 재래선으로 설계변경하였다.

캐나다의 Energy Conversion System (ECS)사에서 원자력잠수조사선 SAGA-N은 1991년에 완성목표로써, Sterling 기관을 장치한 SAGA-1을 프랑스와 합작하여 원자력으로 개조진행중이다.

8. 이탈리아

FIAT사와 다른 공업회사가 유조선용 가압수형 원자로를 설계하였으며, 그리고 Leonardo davinci호는 장차 원자력 추진선으로 개조계획하에 현재 건조하고 있다.

9. 네덜란드

원자력 추진선에 관하여, 아래의 3기관에서 활동하고 있다.

- (1) 상선추진재단 (SKK); 유조선에 장치하고자 원자로의 구입계획을 보고한 바 있고,
- (2) Rotterdam선박추진협회; 가압수형 원자로를 장치한 3만t급 유조선을 설계중에 있으며,
- (3) 해운성; 원자력잠수함에 대한 연구기구가 설치되었다.

네덜란드는 서인도에서 구라파까지 원유 또는 석유제품을 수송할 목적으로, 원자력유조선에 대하여 주요문제로 삼고 있다.

10. 노르웨이

본국의 주요 해운업 19개사의 협동체인 Raderiatom 기구에서는 BWR을 장치한 원자력선에 대하여, 예비적 사양을 작성중이며, Kjeller에 있는 Jener Center에서는 Pool형 연구용 원자로를 이용해서 원자력선에 관한 연구와 교육훈련에 임하고 있다.

또한 대선주들은 독자적으로, 원자력선에 대한 적응성과 경제성에 관하여 연구하고 있으며, 정부에서도 경제적인 원자로의 개발을 위하여, 황천항해시에 BWR의 안전성에 대한 실험연구를 하고 있다.

11. 스웨덴

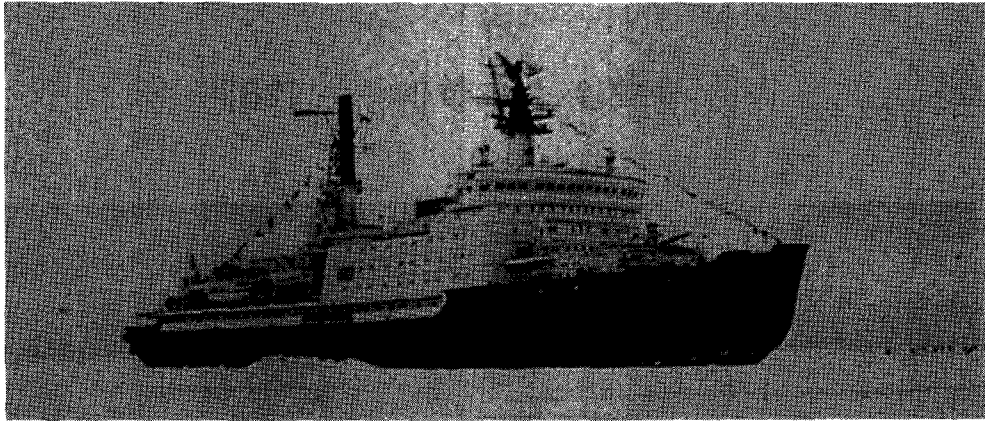
스웨덴 조선연구재단에서는 원자력상선에 관하여 조사하고, 원자로의 차폐문제에 대하여도 연구하고 있다.

미국 Cities Service사에 가입된 선사는 Gotaverken 조선소와 공동으로 스웨덴 최초로 원자력선의 설계를 연구중에 있는데 이배의 특징은 선체 중앙부에 원자로를 설치하고, 브리지와 승무원거주지역을 원자로에서 88m 떨어진 선미쪽에 시설하여 원격조작으로 취급관리하므로써, 승무원의 안전을 보호하도록 되어있다.

항내에서는 Diesel기관을 보조동력으로 활용토록하였으며, 본 원자력선에 대하여는 경제성보다 기술상의 가능성에 중시하고 있다.

12. 폴란드

폴란드 원자력연구소는 해운연구소 및 조선중앙국과 공동으로 원자력상선 35,000t에 유기재 감속형 원자로의 연구에 활발하게 진행중이다.



13. 유고슬라비아

유고슬라비아 연방원자력위원회는 4만톤~5만톤의 원자력유조선의 설계가 진행중에 있다.

결 론

이상에서 살펴본바와 같이 많은 해운국가들은 대부분 정부기구와 해운 조선업체가 공동으로 원자력선에 관하여 기술연구와 건조계획을 추진하고 있는데, 그것은 육상 발전소와 상이한 박용로 및 그 부수장치에 해양환경으로 인한 선체운동의 가속도가 미치는 영향으로, 기계적사고나 반응도사고에 대하여 안전하게 적용할 수 있도록 수동적 안전성 확보에 있으며 아울러 선체에 있어서도 재래선과는 달리 어떠한 악조건하에서도 안전성이 보장되는 구조로 이루어져야 한다. 따라서 각국의 기술연구자들은 사고가 일어나지 않도록 하는 고정적안전성을 취득하는 다중방어 System의 기술적검토에 있는 것이다.

즉, 선박추진기관은 부하의 변동 등이 있을 수 있으므로, 이에 따른 노심의 동특성이라든지 만일 선박이 다른 외체물과 충돌하였을 때, 충돌Energy를 흡수 할 수 있는 선체구조로 되어야 하기 때문이다.

또한 원자력선은 자국은 물론, 외국항에도 입항 할 수 있는 이동성이 있으므로, 인접주민

에 위해를 미치지 않도록하기 위해서는 국제적 협정조약을 준수해야 한다. 즉, 국제해사기구(IMO) 및 1960년 해상인명안전조약(SOLAS '60)의 안전기준 및 규제법조항에 적용되는 시설을 갖추어야 된다.

일반적으로, 각국에서 원자력선을 연구개발 할려는 큰 이요로는 경제성, 천연자원의 보존, 그리고, 기술의 진보에 있을 것이다. 모든 해양 국가들이 아직은 원자력선을 건조하지 않은 까닭은 우선 경제적 뒷받침이 충분하지 않은데 있으며, 다음은 이와 관련되는 기술적 미개발 문제도 생각할 수 있다.

그러지만, 후자의 기술문제에 있어서는 현재 각국에서 지속적으로 연구개발이 진행되고, 아울러 국제적으로도 안전성과 효율적인 박용로의 기술과 정보지식이 상호교류되고 있을 뿐 아니라, 경제성을 고려치 않은 잠수함의 건조기술과 연동되므로, 경쟁적 필요성에 따라 장차 기술진보에 있어서는 광범위한 개발계획이 실현될 것으로 믿어진다.

그러므로, 경제문제에 있어서도 혁신적 기술의 진보에 따라 함수적 관계에 있기 때문에 많은 해양국가들은 원자력시대에 대비하여 한층 개발계획이 활발해질 것으로 전망된다.

한편, 해양국가들은 원자력선 보유국의 운항 실적을 정보자료로 활용함으로써 기술연구는 물론, 상업목적을 위해서도 경쟁적 건조개발을 시도할 것이다.