

《해 설》

世 界 의 原 子 力 船

鄭 雲 赫

한 국 해 양 대 학
(1975년 2월 5일 접수)

Abstract

The world's nuclear powered ships have been reviewed mainly based on development of the marine nuclear reactor and the present trends of nuclear warships and merchant ships in the world.

In particular, emphasis was on the four nonmilitary nuclear ships, Russian Ice breaker Lenin, American Cargo-passenger ship Savannah, German Ore carrier Otto Hahn, and Japanese Cargo ship Mutsu. They are the only civilian nuclear ships which have entered service at the present time in the world.

The nuclear fleets in United States, United Kingdom, Soviet, and France were described in view of historical development and the present stock of the nuclear ships.

The present projects and the future trends for the nuclear merchant ships in the main shipbuilding countries have been also discussed.

The nuclear fission and reactor were briefly discussed in the beginning of this article.

序 論

1942年 美國시카고大學에서 Enrico Fermi 에 의하여 最初의 原子爐가 完成된 以來, 오늘날까지 30餘年間 原子力은 多方面으로 눈부시게 應用되어 왔다. 原子力의 軍事的應用은 原水爆彈, 原子力軍艦 및 各種의 核武器를 出現케 했으며, 原子力 軍艦의 數는 오늘날 全世界의 200餘隻에 達하고 있다. 이와 같은 軍事的 核技術의 發達은 人類의 平和를 危脅하고, 世界를 不安속으로 몰아 넣고 말았다. 한편 原子力의 平和利用面에서, 原子力發電, 原子力商船의 建造, 各種産業 및 科學에의 利用은, 人類社會의 福祉와 平和를 더욱 增進시켜 주었다. 特히 오늘날과 같이 에너지 枯渴狀態에 놓여있는 實情에서는, 原子力은 우리 人類生活에 重要한 役割을 擔當하고 있다. 그런 意味에서 原子力商船의 開發은 將來의 海運産業發展을 위하여 우리에게 부과된 必然的인 課業이 될것이다.

여기에 原子力에 關한 基礎的인 概念, 世界原子力船의 現況 및 船舶의 原子力推進에 關한 基礎原理를 概述 하고져 한다.

1. 核分裂에너지와 原子爐

1) 核分裂에너지

原子番號 92인 天然우라늄 中에는 3가지 우라늄同位元素 U^{234} , U^{235} , 및 U^{238} 이 存在한다. 이 中에서 U^{235} 이 天然우라늄의 大部分(99.3%)을 차지하고 있고, U^{235} 는 겨우 0.7% 밖에 안된다. U^{234} 는 極少量(0.006%)이 含有되어 있을 뿐이다. 다시말하면, 天然우라늄은 우라늄-238과 우라늄-235의 混合物이라고 생각할 수 있다 그런데 이 中에서 오직 U^{235} 만이 中性子의 衝擊에 依해서 核分裂을 이르킬 수 있다. 그 以外에도, 核分裂을 이르킬 수 있는 것으로서, 우라늄-233과 플루토늄-239 (Pu^{239})가 있으나, 이들은 天然의으로는 存在하지 않고 人工의으로만들어질 뿐 이다. 그림 1은 U^{235} 의 中

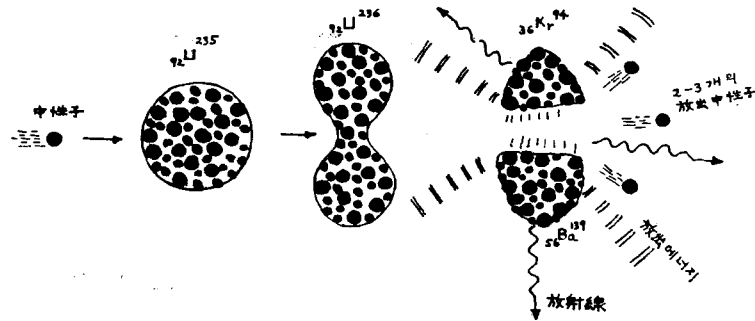


그림 1. 우라늄핵분열過程

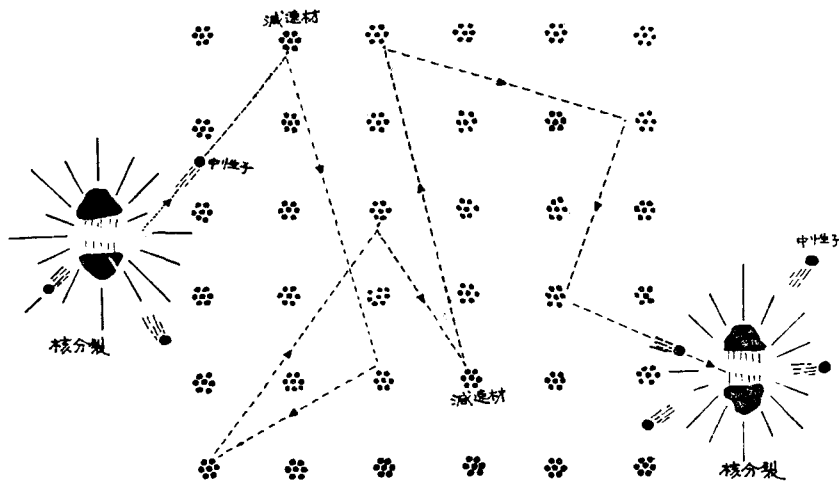
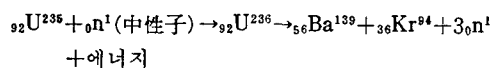


그림 2. 중성자의 감속과 핵분열

성자에 의한 핵분열過程을 보여준다. 중성자가 U-235 핵에接觸하면, 大部分의 중성자들은 U-235 핵에吸收되어 勵起狀態의 U-236을 만든다. 이 U-236 핵은不安定하여 감마線을放出함에依해서安정한 U-236으로되던지 (約 16%), 或은 두部分分으로조개져分열을이르킨다. (約 84%).

핵분열反應이 일어날 때는 핵분열當 2~3개의 새로운 중성자가生成된다. 代表的인 핵분열過程을式으로 표시하면,



핵분열時 생긴 두分裂片, 여기서는 바리움(${}_{56}\text{Ba}^{139}$)와 크리프톤(${}_{36}\text{Kr}^{94}$)을 핵분열生成物이라고 한다. 同一한

핵분열反應이라 할지라도, 핵분열生成物의種類는 경우에 따라서 다르다. 可能한 핵분열生成物의種類는 60餘種이나 된다. 그러나 Ba-139와 Kr-94의質量數에 가까운 두種類가 가장 많이發生한다. U-235의 한核이 핵분열을이르킬때發生하는에너지는約 200MeV이다 ($1\text{MeV} = 3.83 \times 10^{-14} \text{cal}$). 핵분열에너지를 더 알기쉽게 예를 들면

1 Watt의 에너지 放出率 = 3.3×10^{10} 핵분열/秒

1MW. 日의 에너지 放出 = 1.3g의 U-235의 핵분열

1g의 U-235 핵분열에 의한 에너지 = 0.98MW. 日

우라늄은 地殼에 豊富히 散在되어 있다. 우라늄을 有效하게 抽出하기 위해서는 우라늄含有量이 적어도 우라늄 鑛의 噸當數 kg이어야 한다. 世界에서 우라늄 埋藏量이

表 1. 原子爐의 設計要素

| 燃 料 | 親 物 質 | 減 速 材 | 冷 却 材 | 中性子에너지 | 幾何學的 形狀 |
|-----------------------------------|-----------------|--|---|------------------|--------------|
| 天 然 U U—235 U—233 Pu—239 | Th—232 U—238 | H ₂ O D ₂ O Be BeO 無 | 氣 體 H ₂ O D ₂ O 液體金屬 炭化水素 | 速 中 速 熱 | 非 均 質 均 質 |

큰 곳은 Congo(거의 枯渴狀態), South Africa, Canada, 美國, 체코, 시베리아 等地이다.

2. 原子爐의 基本原理

萬一 核分裂에서 生成되는 새로운 中性子(보통 2~3 個)가 周圍의 다른 U-235를 分裂시킬 수 있다면, 核分裂은 繼續되어, 所謂 連鎖反應이 일어난다. 原子爐는 根本的으로 이 連鎖反應時 發生하는 에너지를 動力에 利用하도록 만든 裝置이다. 連鎖反應이 持續되기 위해서는, 平均 2.5個의 生性中性子중 적어도 한 個가 다음 裂分裂을 이트킬 수 있어야 한다. 나머지 1.5個의 中性子は 여러가지 理由로 損失되어 核分裂을 繼續시키는데 使用되지 못하게 된다. 中性子損失의 두가지 主要原因을 들어보면, 첫째 中性子が 原子爐로부터 逸脫하는 것과, 둘째 中性子が 爐心內에 있는 우라늄燃料 以外的 物質에 依해서 捕獲 或은 吸收을 당 함에 依해서 損失된다. 그러므로 原子爐의 構造에 使用되는 物質은 될수 있는 대로 中性子를 最少로 捕獲 或은 吸收하는 것이어야 한다. 一般的으로 核分裂에서 生成되는 中性子は 그 速度가 대단히 크다. 이 高速의 中性子が U-235와 衝突하여 核分裂을 이트키는 確率は 極히 작은 것이 알려졌다. 그러므로 核分裂의 可能性을 높이기 위해서는, 減速材를 使用하여 中性子の 速度를 낮추지 않으면 안 된다. 그림 2는 減速材를 써서 中性子の 速度를 낮추고 있는 過程을 보여준다.

中性子は 減速材의 核들과 여러번 衝突하는 동안 速度가 줄어든다. 中性子が 減速材의 核과 衝突하여 減速하는 公式은 다음과 같다.

$$\text{衝突後운동에너지} = \left(\frac{M-m}{M+m} \right)^2 \times (\text{衝突前 운동에너지})$$

여기서 m 은 中性子の 質量이고, M 은 減速材의 核의 質量이다. 이 式에서 보는 바와 같이, 減速材核의 質量 M 이 中性子質量 m 과 같을때, 운동에너지를 完全히 잃게 된다. 따라서 效果的인 減速材로서는 輕元素 即 中性子の 質量과 될수 있는대로 가까운 것을 쓰면 좋다. 좋은 減速材로서 具備條件은, 첫째 中性子를 잘 吸收하지 않는 것이어야 하고, 둘째 中性子の 減速이 容易한

輕元素이어야하고, 셋째 中性子과 衝突할 確률이 큰 것이어야 한다. 이러한 具備條件을 滿足하는 物質은 여러 가지가 있다. 그 중에서 輕水(H₂O), 黑鉛(炭素), 및 重水(D₂O)는 가장 좋은 減速材로써 보통 使用되고 있다. 특히 重水는 卓越하게 좋은 減速材이다. Canada에서는 이 利點을 考慮하여 重水減速材의 原子爐를 使用하고 있고, 英國은 黑鉛減速材를, 美國과 蘇聯은 輕水를 보통 使用하고 있다.

原子力發電과 在來의 火力發電의 根本的인 差異點은, 火力發電에서 石炭이나 石油를 燃燒시켜 蒸氣를 얻는 代身, 原子力發電에서는 原子核을 分裂시켜 蒸氣發生의 에너지를 얻는것이다. 美國의 原子力은 世界第二次大戰中の Manhattan 계획으로 부터 發展되어 왔는데, 그 계획하에서 氣體擴散에 依하여 우라늄을 濃縮하는 過程이 發展되었다. 美國은 戰後 10年동안 多様な 減速材와 冷却材를 使用하여 여러가지형의 實驗原子爐를 建造하였다. 原子力潛水艦의 出現과 함께 濃縮우라늄·輕水冷却原子爐가 發展하기 始作했다. 이 結果 오늘날 世界的으로 輕水原子爐가 가장 優勢를 보이고 있다. 英國은 戰後 軍事的인 原子力研究에 主力하는 한편, 에너지危機를 免服하기 위해서 世界에서 가장 먼저 原子力發電에 着手했다. 1953년에 Calder Hall 原子力發電所를 계획하여 1956년에 世界 最初의 大規模發電을 하게 되었다. 英國의 原子爐는 天然우라늄·黑鉛減速·氣體冷却型이다. 그러나 이 型의 原子爐에 있어서 여러가지 難點때문에 英國은 重水原子爐를 쓰든지 或은 美國의 輕水原子爐를 擇하지 않으면 안될 段階에 있다.

佛蘭西도 氣體冷却·黑鉛減速原子爐를 發展시켜 왔으나, 이제 이 계획에 終止符를 찍고 增殖爐가 實用化 될 때까지 美國의 輕水原子爐로 轉換할 단계에 있다. 萬一 增殖爐의 實用化가 遲延되거나 濃縮우라늄의 供給이 問題가 될 때에는 佛蘭西도 Canada의 重水原子爐를 建造할 豫定이다.

Canada는 世界第二次大戰 동안에 폴루토늄生産에 重水減速原子爐를 發展시키는 課業을 맡았었다. 이로 因해서 Canada는 世界的 重水原子爐에 있어서 權威의 位

表 2. 原子爐의 種類

| | | |
|------------------|------------------|--|
| 熱 中 性 子 | 天然우라늄 炭素減速 | 初期型爐, 美國 Hanford爐, 英國의 原子爐 |
| | 天然우라늄 重水減速 | 美國 Savannah River 原子爐, Canada 原子爐 |
| | 濃縮우라늄 輕水減速 | 加壓水型——核潛水艦爐, 產業用原子爐, 美國 Shippingport 爐 (PWR) |
| | | 沸騰水型——美國 Dresden爐 (BWR) |
| 速中性子 | 濃縮우라늄 液體나트륨冷却 | 增殖爐, 美國 Detroit의 Fermi 爐 |

置에 서게 되었다. 또 Canada는 天然우라늄을 燃料로
서 使用함으로써 Canada의 豊富한 우라늄資源을 直接
利用하고 있다. Canada의 이 重水原子爐를 CANDU
(Canada Deutrium Uranium reactor)라고 부른다.

우리 나라에서는 慶南古里에 美國의 輕水原子爐와 馬
山에 Canada의 重水原子爐가 계획 및 建設中에 있다.

根本的으로 모든 原子爐의 構造는 同一한 原理에
立脚해서 構成되어 있다. 即 a) 燃料를 包含하고 있는
爐心, b) 減速材, c) 冷却材, d) 熱傳達系統, e) 制御
系統, f) 遮蔽 등으로 되어있다. 그러나 實際로는 燃料
親物質, 冷却材, 減速材, 制御方法등의 여러가지 組合
에 依해서 거의 無限히 많은 種類의 原子爐를 設計할
수 있다. 例로서, 燃料 4種, 親物質 2種, 減速材 5種,
冷却材 5種, 中性子에너지 3種, 幾何學的形狀 2種을 組
합시키면總計 $4 \times 2 \times 5 \times 5 \times 3 \times 2 = 1200$ 의 種類가 얻어진
다. 그러나 構造材料와 燃料의 稀少性 때문에, 國家實
情에따라서 各己 特定型의 原子爐를 設計하고 있다.

大部分의 구라과 諸國에서는 濃縮우라늄이 없기때문
에 設計의 基礎를 天然우라늄에 두고 있다. 例를들면,
英國에서는 化石燃料의 긴박한 危機狀態때문에 계획이
發足한 當時에 있어서 가능한 것으로 가장 간단하고 신
빙성 있는 型의 原子爐를 使用할 必要가 있었다. 따라
서 英國은 氣體冷却·黑鉛減速型의 天然우라늄原子爐를
高度의 實用性和 效率를 가지는 程度까지 開發했다. 한
편 美國에서는 化石燃料가 豊富하고 값이 싸서, 原子力
의 開發은 英國보다 急迫하지 않았다. 따라서 美國의
政策은 原子力이 實際로 必要하게 될 때를 위하여 選擇
의 對象이 되는 많은 試驗爐를 設計하는 狀態에 있었기
때문에, 여러가지 原子爐의 構想을 開發했다. 같은 理
由로 蘇聯도 많은 種類의 動力爐를 發展시켰다. 이와
같은 여러가지 型의 原子爐中에서 重要的 것을 大別해

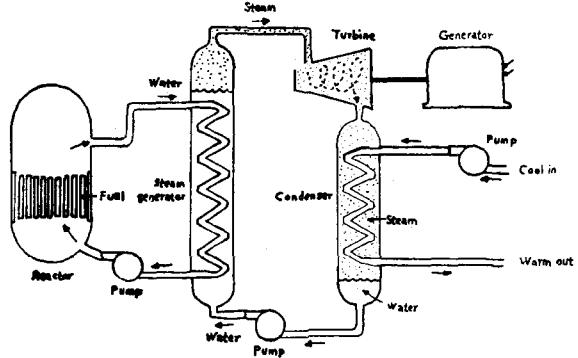


그림 3. 加壓水型原子爐

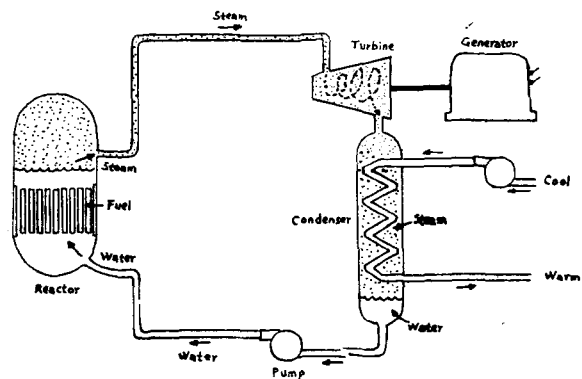


그림 4. 沸騰水型原子爐

보면 表 2와 같다.

그림 3과 4는 各各 加壓水型爐 (PWR)와 沸騰水型爐 (BWR)을 보여준다.

PWR은 물이 끓는 溫度는 壓力에 依存한다는 事實을

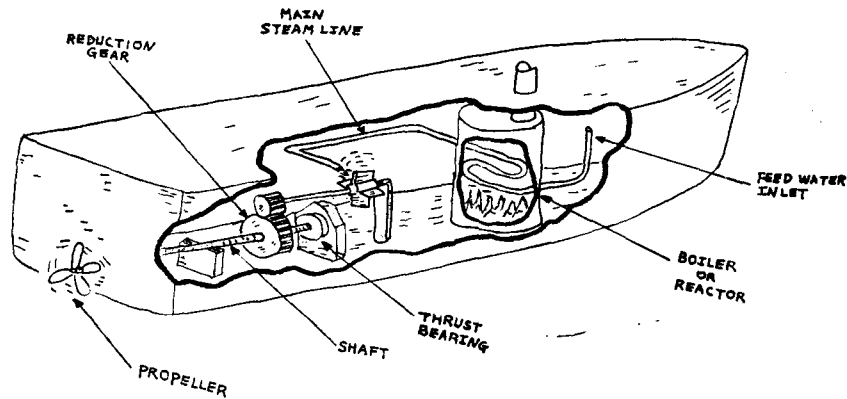


그림 5. 船舶의推進原理

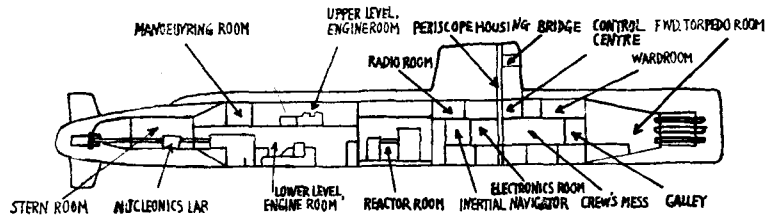


그림 6. 核潛水艦 Skate級의 内部概圖

利用한 것이다. 即 高壓下에서는, 높은 溫度의 물을 蒸氣로 轉換하지 않고서도 液體狀態로 循環시킬 수 있다. 高壓下에 있는 600°F의 循環水는 爐心으로부터 熱交換器로 熱을 移送한다. BWR은 原子爐自體가 보일러로서 作用하는 點에서 PWR와 다르다. BWR에서는 熱交換器의 必要性이 除去된다.

2. 船舶의 原子力推進

그림 5에서 보는 바와 같이, 原子力船은, 化石燃料를 燃燒시켜 蒸氣를 얻는 boiler 代身에, 原子爐(reactor)를 使用하여 우라늄核分裂에서 나오는 에너지로써 推進力을 얻는 것 以外에는, 根本적으로 在來船과 그 推進原理가 同一하다.

原子力이 最初로 動力으로 使用된 것은 1955년에 就航한 美國의 核潛水艦 Nautilus號의 原子力推進이다. Nautilus號의 成功後, 美國에서는 Seawolf號를 비롯하여 多數의 原子力潛水艦, 1隻의 深海調査艦, 航空母艦, 巡洋艦 등을 建造했다. 美國 以外에 蘇聯, 英國, 佛蘭西 등의 諸國도 建造, 오늘날 世界의 原子力軍艦의 數는 建造中 및 建造計劃中에 있는 것을 包含해서 200隻에 達한다. 또 就航中の 原子爐의 數 만도 160을 넘는다.

原子力商船에 있어서도, 1962年 美國의 原子力商船

Savannah號의 就航以來, 世界 여러나라에 있어서 民間用原子力船이 建造計劃 中에 있다. 商船은 아니지만, 蘇聯의 碎氷船 Lenin 號와 獨逸의 原子力鑛石運搬船 Otto Hahn號는 지금도 運航을 繼續하고 있다. 아직 就航은 못하고 있으나, 日本의 原子力實驗船 Mutsu 號도 完成試驗 단계에 있다. Nautilus의 推進을 위해서 開發된 原子爐는 濃縮우라늄을 燃料로 하고, 輕水를 減速材 및 冷却材로 使用한 加壓水型爐이다. Nautilus號 뿐 만 아니라, 그 後에 나온 모든 美國軍艦과 蘇·英·佛의 軍艦들도 모두 같은 型式의 原子爐를 採擇하고 있다. 軍艦用原子爐의 實用化가 原子力發電의 開發보다 먼저 된 것은 原子爐가 가지는 特徵이 軍艦 特別히 潛水艦에 適合하였기 때문이다. 原子燃料의 燃燒는 原子核의 分裂에 依한 것으로, 石油 및 石炭 등의 在來燃料의 化學反應과 달라, 酸素 및 空氣를 必要로 하지 않고, 또 原子力에 依하여 潛水한 채로 30노트 以上の 高速으로 長航行을 계속할 수 있다.

1) 世界의 原子力軍艦

가. 美國의 原子力軍艦

世界 最初의 核潛水艦 Nautilus號는 1954年 1月 21日에 進水, 1955年 4月 22日 美海軍에 依해서 就航했다.

두번째 核潛水艦인 Seawolf號는 加壓水型 以外의 原子爐(GEC社의 Beryllium減速 Sodium 冷却爐)를 試圖

表 3 美國의 原子力潛水艦

| | Nautilus | Seawolf | Tulibee | Skate | Triton | Skipjack | Thresher | Halibut | George Washington | Ethan Allen | Layfayette | |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|
| 原子爐 | S ₂ W | S ₂ G | S ₁ C | S ₃ W | S ₃ G | S ₅ W | S ₅ W | S ₄ W | S ₅ W | S ₅ W | S ₅ W | |
| 排水量 | 水上 | 3,180톤 | 3,260톤 | 2,175톤 | 2,360톤 | 5,900톤 | 2,830톤 | 3,750톤 | 3,650톤 | 5,600톤 | 6,900톤 | 7,250톤 |
| | 潛水 | 3,747톤 | 4,110톤 | 2,600톤 | 2,861톤 | 7,750톤 | 3,500톤 | 4,300톤 | 5,000톤 | 6,700톤 | 8,000톤 | 8,250톤 |
| 長 (feet) | 319 | 338 | 261 | 268 | 447 | 252 | 279 | 350 | 382 | 410 | 425 | |
| 出力 | shp 15,000 | shp 15,000 | shp 2,500 | shp 6,600 | shp 34,000 | shp 15,000 | shp 15,000 | shp 6,600 | 15,000shp | shp 15,000 | 15,000shp | |
| 速力 | 水上 | 20㉞트 | 19㉞트 | 13㉞트 | 15㉞트 | 27㉞트 | 16㉞트 | 20㉞트 | 18㉞트 | 20㉞트 | 20㉞트 | 20㉞트 |
| | 潛水 | 23㉞트 | 22㉞트 | 15㉞트 | 25㉞트 | 30㉞트 | 35㉞트 | 35㉞트 | 25㉞트 | 35㉞트 | 35㉞트 | 35㉞트 |
| 進水日 | 21/1/54 | 21/7/55 | 27/4/60 | 16/5/57 | 19/8/58 | 26/5/58 | 9/7/60 | 9/1/59 | 9/6/59 | 22/11/60 | 8/5/62 | |

表 4 美國의 原子力水上艦

| | Enterprise | Long Beach | Bainbridge |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| 原子爐 | A ₂ W | C ₁ W | D ₁ G |
| 排水量(톤) | 85,350 | 15,947 | 8,430 |
| 長 (feet) | 1,102 | 721 | 564 |
| 出力 (shp) | 300,000 | 80,000 | 60,000 |
| 速力(노트) | 35 | 30.5 | 30 |
| 進水日 | 24/9/60 | 14/7/59 | 15/4/61 |

原子爐番號：原 型 (Prototype) (1)

第 2番爐 (2)

第 3番爐 (3)

第 4番爐 (4)

製作會社：Westinghouse社 (W)

GEC社 (G)

Combustion Engineering社 (C)

그러므로 Westinghouse社에 依해서 Arco에 建造된 潛水艦型爐는 S₁W로 表記하고, Nautilus號의 潛水艦의 原子爐는 S₂W가 된다. 또 GEC社에 依해서 West Milton에 建造된 潛水艦原型爐는 S₁G가 된다.

核潛水艦 Skate號는 1957年 5月 16일에 進水, 1958年 3月 28일에 完成하였다. Skate號는 潛水한 채로 大西洋을 橫斷하여 北極水河 밑을 航海, Nautilus號가 通過한 지 9日後인 1958年 8月 12일에 北極에 到着하였다.

Skate號와 同級의 核潛水艦 Sargo號는 太平洋에서 潛水한 채로 18,880마일을 運航함으로써 새로운 長航海의 記錄을 세웠다. 이 核潛水艦은 1960年 겨울 (1月)에 Bering 海峽을 貫通하여 北極에 到着한 첫 核潛水艦이 되었다.

同級의 核潛水艦 Seadragon號는 北極海를 처음으로 東에서 西로 橫斷하는데 成功하였는데, 이는 Nautilus號의 西에서 東으로 橫斷보다 더 어려운 航海條件에 있다.

Skate號와 Seadragon號의 活動은 1962年 8月 2日 北極上에서 랑데뷰 함으로써 極致에 達했다. 이 두 核潛水艦은 特히 水下作戰에 適合하며, 比較的 작고, 高速보다는 오히려 機動性을 위하여 考案되었다.

이와는 對照의으로, 1958年 5月 26일에 進水, 1959年 4月 15일에 就航한 核潛水艦 Skipjack號는 可能的 限 最

한 唯一한 核潛水艦이다. 그러나 試運轉의 成績이 나빠, 그後 이것을 Nautilus 號의 것과 同型式으로 代置했다.

Nautilus는 그의 첫 爐心으로 62,560마일 運航한 後에 처음으로 燃料를 交換했으며, 첫 燃料積載에 必要한 費用은 400萬 달러가 所要되었다(이것은 在來潛水艦에 있어서 200萬 鎊의 燃料油에 該當한다). 第二의 爐心은 1959年 1月까지 持續되었으며, 300萬 달러가 所要되었다. 그 동안에 Nautilus號는 91,000마일을 더 運航했고, 北極을 橫斷한 最初의 潛水艦이 되었다.

美海軍艦의 原子爐型을 一律의으로 分類하기 위해서 A₂W, S₁W, D₁G, 및 S₁C 등의 記號를 使用하는데, 여기서 첫 文字, A, S, D 등은 艦種을 나타내며, 그에 添付되어 있는 數字는 原子爐番號를 나타내고, 마지막 文字 W, G, C 등은 製作會社名의 첫 字를 딴 것이다.

艦種：潛水艦 (S, Submarine)

航空母艦 (A, Aircraft Carrier)

巡洋艦 (C, Cruiser)

驅逐艦 (D, Destroyer)

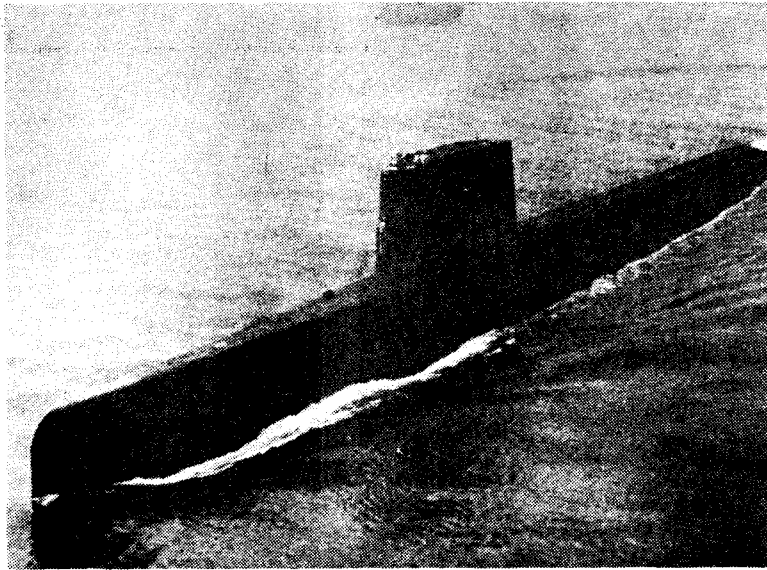


그림 7. 地球一周의 潜水航海를 記録한 最初의 核潜水艦 Tritan號

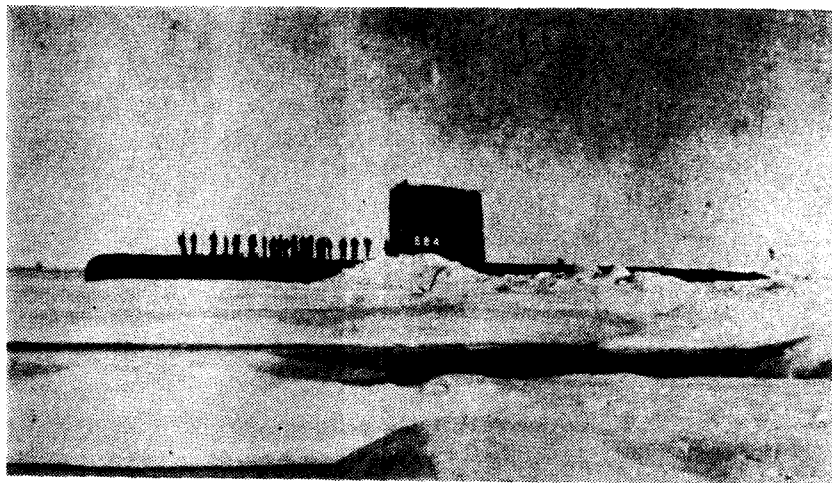


그림 8. 北極에 出現한 核潜水艦 Seadragon號 (1972年 8月 28日)

高의 水中速力을 위하여 考案된 最初의 hunter-killer 潜水艦으로서 敵潜水艦을 追跡하여 破壞하는데 使用할 目的으로 建造되었다.

그後 改良된 Skipjak 級의 hunter-killer 들이 뒤달아 나왔는데, 이들은 速度는 낮으나, 機動性과 潜水深에 있어서 優越하다. 그 最初의 것이 核潜水艦 Thresher號이다. 이것은 1960年 7月 9日 進水되었으며, 그 뒤를 따라 47隻의 同型艦들이 나왔다. Thresher 號는 1963年 4月 10日 大西洋에서 潜水機動訓練中 失蹤되었는데, 海軍歷史上 가장 오래 끈 탐색작전을 거쳐, 비로소 그 潛

水艦의 船體가 發見되었다. 많은 破散片들이 發見 된것으로 보아서, 그 災難事故는 原子爐 S.W의 故障에 起因하지 않은 것이 判明되었다.

核潜水艦 Halibut 號는 1959年 1月 9日에 進水, 同年 12月 30日에 就航했다. 이 潜水艦은 유도미사일 積載用으로 建造되었다.

核潜水艦 Triton號는 1958年 8月 19日에 進水, 1959年 11月 10日에 就航했다. 이것도 역시 새로운 概念으로 建造된 核潜水艦인데, radar picket ship으로서, 水上高速力을 위해서 考案된 最初의 核潜水艦이다(27노트)

Triton號는, 지금은 radar ship으로서 使用하지 않고, hunter-killer로서 再分類되었다. 1960年 5月 10일에 Triton號는 Edward Beach 艦長 지휘 아래 最初의 世界一周潛水航海를 完成하였다. 이 巡航은 總 83日 10時間 所要되었는데, 1960年 頂上會談 바로 直前に, 美國의 技術과 軍事力을 誇示하기 위해서 企圖되었다. 그러나 그것은 Triton號 巡航으로서는 큰 成功이었지만, Triton號가 美國으로 歸港하기 直前に U-2정 탐기 事件에 依해서 그 航海의 많은 誇示효과를 상실하고 말았다.

1960年 末頃に 小形攻擊潛水艦 Tulibee號가 就航했다 그 外에 Polaris 미사일을 위해서 建造된 것으로, George Washington號, Ethan Allen號, Lafayette號 등이 있다. 이들 核潛水艦은 各各 16個의 Polaris 미사일을 積載하고 있다. Polaris 艦隊의 마지막核潛水艦 Will Rogers號가 1966年 7月 21日, 當時의 副大統領 Humphreys 夫人에 依해서 進水되었다.

原子力水上艦에 있어서, 原子力巡洋艦 Long Beach號 (1957年 12月 2日 起工)는 유도미사일로 主武裝한 最初의 大形原子力水上艦이다.

그 다음에, 最初의 核航空母艦 Enterprise號가 出現되었는데, 이것은 1960年 9月 24일에 進水해서, 1961年 11月 21일에 就航을 했다.

核驅逐艦으로서는 Bainbridge號 (1961年 4月 15日 進水)와 改良型驅逐艦 Truxton號 (1964年 12月 19日 進水)이 있다.

Enterprise號와 Bainbridge號는 1965年 12月 2日 燃料交換을 한 後 베트남沿岸의 美海軍第七艦隊에 編入되어 最初로 戰爭에 活躍한 核軍艦이 되었다. Long Beach號도 1966年初에 美海軍第七艦隊에 編入되었다.

建造中の 核航空母艦 Admiral Nimitz와 D. Eisenhower號는 Enterprise號와 같은 크기이며, 오직 두個의 原子爐를 가지고 있는데, 한 原子爐가 Enterprise號의 原子爐 4個만큼의 出力을 낸다. 한 爐心은 13年間 持續할 수 있어 艦壽命동안 오직 한번 밖에 燃料交換을 안 해도 된다.

나. 英國의 原子力軍艦

1957年 12월에 實施된 NATO 會員國들에 對한 美國의 軍事協助政策에 따라서, 英國은 濃縮우라늄을 美國으로 부터 싼 값으로 購入 할 수 있는 特惠를 받았다. 또 이 協定의 一部로서 英國은 最初의 核潛水艦을 위하여 完全한 S₅W 原子爐施設을 美國으로 부터 購入할 수 있었다. 이렇게 해서 建造된 英國의 첫 核潛水艦 Dreadnought號는 1960年 10月 21일에 英女王에 依해서 進水되었고, 1963年 4月 17일에 就航했다. 1969年 1月 30日

表 5 英國의 核潛水艦

| | Dreadnought | Valiant | Resolution |
|---------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 同 類 型 數 | 1 | 5 | 4 |
| 原 子 爐 | S ₅ W | NR ₂ | NR ₂ |
| 排 水 量 { 水上(톤) | 3,500 | 3,500 | 7,500 |
| { 潛水(톤) | 4,000 | 4,500 | |
| 長 (feet) | 266 | 285 | 425 |
| 潛水速力(노트) | 30 | 30 | 20 |
| 進 水 日 | 21/10/1960 | 3/12/1963 | 15/9/1966 |

처음으로 燃料를 交換했다.

全적으로 英國의 힘으로 設計 및 建造된 最初의 核潛水艦은 Valiant號인데, 그의 原子爐 NR₂는 英國의 有名한 會社인 Rolls-Royce社에 依해서 建造되었다. Valiant號는 1963年 12月 3日 進水, 1966年 7月 18일에 就航했다. 그後 Valiant號는 英海軍史上 빛나는 航海記錄을 세웠는데, 1967年 4월에 Singapore로 부터 英國까지 潛水航海함으로써 絶頂에 달했다. 其後 核潛水艦 Warspite號, Churchill號 등 5隻의 hunter-killer들이 就航했다.

Polaris 艇으로서 出現된 核潛水艦 Resolution號, Renown號, 및 Revenge號 등은 一般的으로 美海軍의 Polaris 艇들과 類似하다. 各艇은 16臺의 A₃ Polaris 미사일과 16個의 魚雷를 積載하고 있다.

다. 佛蘭西의 原子力軍艦

佛蘭西의 첫 原子力潛水艦 계획은 1954년에 佛蘭西의 Mendes 政府가 原子爆彈과 潛水艦用原子爐를 建造할 계획을 發表한데서 부터 始作된다. 그러나 이 계획이 確定되기 전에 Mendes 政府가 退却되고, 다음의 Paleuski가 들어서면서, 原子力潛水艦계획단이 承認되고 原子彈研究는 當분간 포기되었다. 1957년에 들어서면서, 佛蘭西 政府는 5個年계획을 세워 同位元素分離工場의 建設과 原子彈製造계획을 再活시켰다. 第 4共和國이 沒落하고, de Gaulle 將軍이 1958년에 政權을 잡은後 佛蘭西는 原子彈을 製造하는데 天然우라늄으로 부터 만들어지는 濃縮우라늄을 使用하기로 決定했다. 그러나 1960년까지 이 계획들은 별로 進展을 보지 못했다. 1958년에 實施된 美國의 NATO 同盟國에 對한 軍事協助政策에 依해서 佛蘭西는 核潛水艦原型爐의 建設을 위해서 1,000파운드의 濃縮 U-235를 美國으로 부터 購入할 수 있게 되었다. 그로 因해서, 佛蘭西는 加壓水型原子爐를 使用하는 最初의 原子力潛水艦 Le Redoubtable號를 1961년에 起

表 6. 蘇聯의 核潛水艦

| | E 級 | H 級 | N 級 |
|-------------|--------|--------|--------|
| 長 (feet) | 385 | 328 | 328 |
| 排水量 { 水上(톤) | 5,600 | 3,500 | 3,200 |
| { 潛水(톤) | | 4,100 | 4,000 |
| 出力 (shp) | 15,000 | 15,000 | 15,000 |
| 速 { 水上(노트) | 20 | 25 | 25 |
| 力 { 潛水(노트) | 22 | 30 | 30 |

表 7. 原子力貨客船 Savannah

| | |
|-----------------|----------------|
| 原子爐: 74MW 加壓水型爐 | 船員: 110人 |
| 排水量: 20,000톤 | 客室: 60 |
| 長: 595 feet | 出力: 22,000 shp |
| 積荷量: 9300 톤 | 速力: 21 노트 |

工, 1967年 3月 29일에 進水시켰다. 이 Le Redoubtable 號는 英國의 Resolution 號나 美國의 Ethan Allen 級보다 約千 더 크다(排水量 水上 7,900톤, 潛水 9,000톤, 出力 15,000shp, 速力 水上 20노트, 潛水 25노트). 또 이 核潛水艦은 4개의 魚雷와 16개의 射程距離 1,900마일인 미사일을 積載하고 있다.

그 후 Le Redoubtable 號의 姉妹艦으로서 Le Terrible 號와 Le Formidable 號 등이 나왔다.

라. 蘇聯의 原子力軍艦

蘇聯의 核潛水艦들은 美國의 것과 類似한 傾向이 있다. 蘇聯은 E級核潛水艦 24隻을 所有하고 있는데, 이들은 16臺의 射程距離 180마일의 미사일을 積載하고 있다. 이런 類型의 核潛水艦은 西方海軍에는 없다.

蘇聯의 最初の hunter-killer 核潛水艦은 12隻의 N級

艇이다. 그 中 Leninsky Komsomol 號만이 公式적으로 이름이 밝혀진 唯一한 核潛水艦이며, 1963年 3월에 最初로 北極에 到着하였다. 이것은 크기, 武裝, 作戰能力에 있어서 英國의 Valiant 級 核潛水艦과 匹敵하다. 그들은 美國의 彈道미사일核潛水艦의 威脅에 效果的으로 對抗할 수 있는 唯一한 核潛水艦이다.

세번째 類級の 核潛水艦으로서, 15隻의 H級核潛水艦이 있는데, 이들은 보통 hunter-killer와 같은 作戰能力을 가지고 있으며, NATO軍들에 依해서 Sark (射程距離 400마일)라고 이름 붙여진 미사일을 積載하고 있다.

그 外에 네번째 類級으로서, 改良 H級 潛水艦이 있는데, 이는 射程距離 2,500마일되는 美國 Polaris와 類似한 새로운 미사일(16臺)을 積載하고 있다.

그러므로 蘇聯에는 3가지 類級の 가장 現代의인 核潛水艦 N, H, 및 改良 H級들이 있는 셈이다. 대체적으로 蘇聯의 核潛水艦들은 速度보다는 機動性을 위하여 考案되었다.

2) 世界의 原子力 商船

1950年代 美國의 Shippingport 原子力發電所, 原子力商船 Savannah, 및 蘇聯의 原子力碎氷船 Lenin의 原子爐에 對한 技術的情報의 公開은 主要船舶國家들에게 船用原子爐設計의 理論的基礎를 提供해 주었다.

가. 美國과 原子力貨客船 Savannah

1955年 4月 25日 美國 Eisenhower 大統領은 AP通信社의 年次總會에서 原子力商船의 建造를 처음으로 示唆했다. 그후 1956年 7月 30일에 原子力船 Savannah의 建造에 關한 法律이 美國議會를 通過하여 開發 및 建造費로서 約 4,250萬弗이 計上되었다.

Savannah 原子力船建造의 主契約은 3會社가 分擔했는데, 原子爐建造에 船用機器分野에 오랜 實績을 가진 Babcock and Wilcox 會社가 (1956年 10月 15日), 船體設計에 George G. Sharp 會社가 (1957年 4月 4日), 船體의 建造에 New York Shipbuilding 會社가 (1957年 11月 16日), 各各 맡았다. Savannah의 建造費는 5,500萬

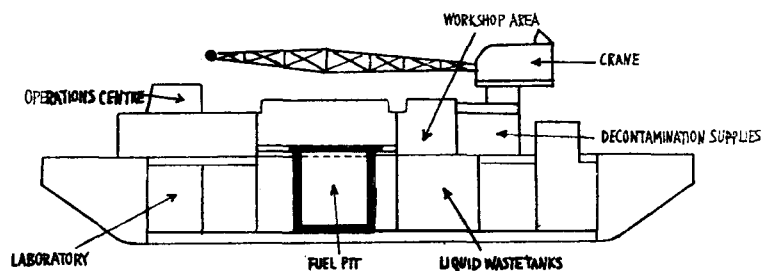


그림 9. 美國原子力商船 Savannah 號의 構造

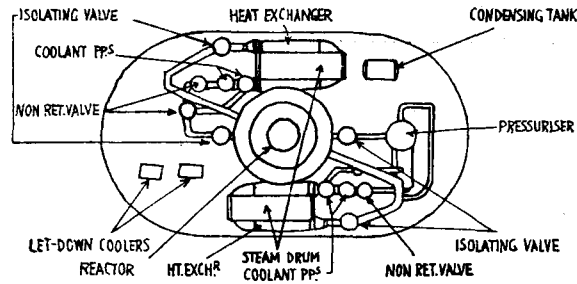


그림 10. Savannah號의 原子爐容器內部圖

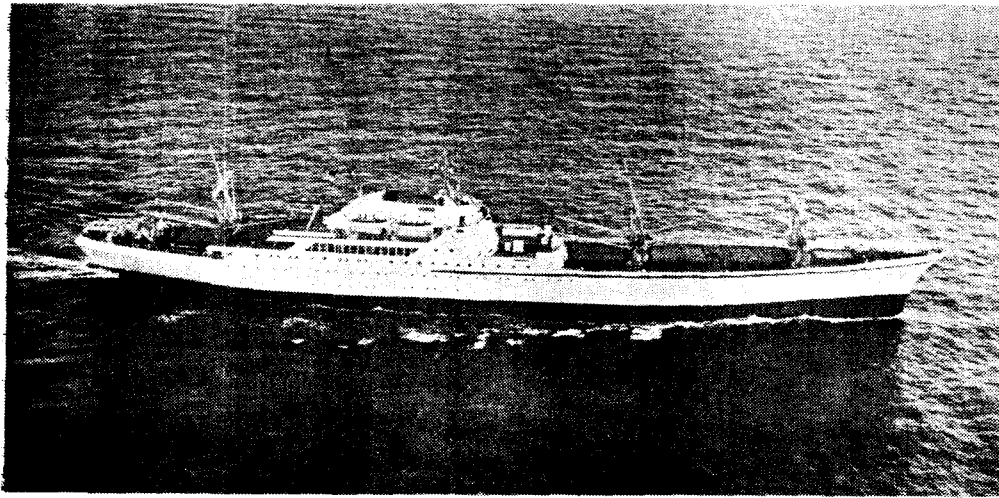


그림 11. 原子力船 Savannah 號

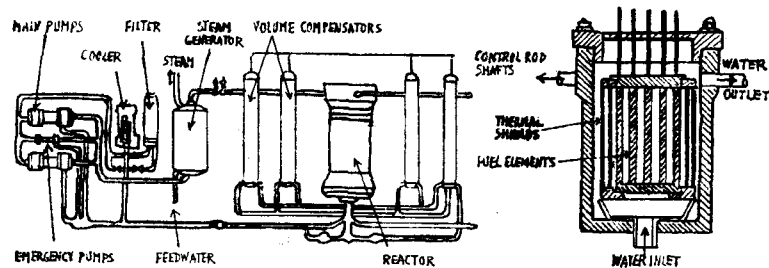


그림 12. 蘇聯原子力碎氷船 Lenin號의 原子爐

弗이었는데, 그중 原子爐關係가 3,470萬弗, 船體關係가 2,030萬弗을 차지 하였다.

Savannah號는 1958年 5月 22일에 起工, 1959年 7月 21일에 進水 되었다. Savannah라는 이름은 150餘年前 (1819年) 美國의 Savannah港을 出發하여 英國의 Liverpool 港을 向하여 大西洋을 最初로 橫斷한 蒸氣船 Savannah號를 記念하기 위해서 命名되었다.

Savannah 原子爐의 核燃料裝填은 1961年 11月 29日 에 完了했다. 燃料은 UO_2 , U-235의 含有量은 0.7(天然)

~4.4%(濃縮)로 分布되어 있으며, 1961年 12月 21日 原子爐는 처음으로 臨界에 到達했다.

原子力船 Savannah號는 States Marine Lines社에 運輸이 委託 (1962年 5月 1日)되어 1962年 8月 20日에 就航했다. 就航後 Savannah는 파나마運河를 通過하여 하와이 와 씨아틀을 訪問했다(1962. 10. 1). 또 여러 美國의 港들을 訪問한 後 1963年 2月 5日에 原子爐를 고고 修理를 始作했다(29,649海里를 運航). 船員들의 賃金 引上罷業으로 1963年 2月 2日부터 1964年 5月 까지 一年間

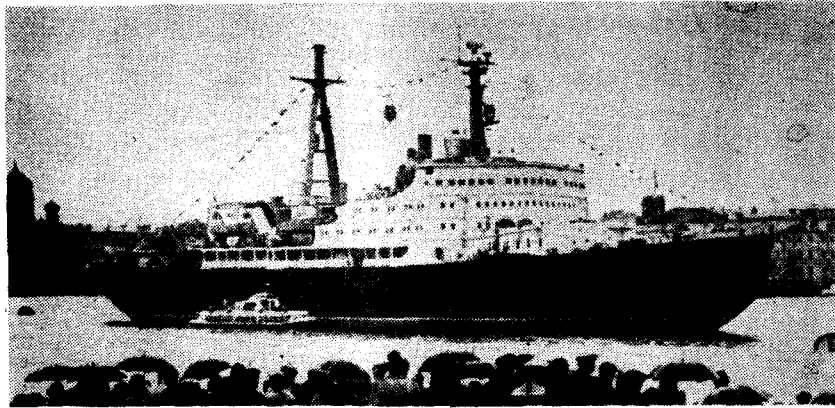


그림 13. 세계 최초의 원자력 수상선인 蘇聯의 碎氷船 Lenin 號 (16,000t)가 Leningrad Neva 江에 띄워 있다

表 8. 西獨의 原子力鑛石運搬船 Otto Hahn

| | |
|--------------|---------------|
| 原子爐型: 加壓水型 | 深 : 14.5m |
| 排水量: 26,200톤 | 出力: 11,000Shp |
| 全長: 172m | 熱出力: 38MW |
| 幅 : 23.4m | 速力: 16노트 |

運航이 中斷되었다. 그동안에 政府는 受託運航者를 變更, 1963年 7月 23日 새로이 American Export-Isbrandtsen Lines社와 Savannah號의 運航契約을 맺었다. 그 후 原子力商船으로서 最初의 大西洋橫斷航海에 오른 Savannah는 New York을 出發하여 Bremerhaven의 Columbus Quay에 到着함으로써 1964年 7月 18日 成功의인 大西洋橫斷을 完了했다. Savannah의 모든 實驗航海을 마치고 商船運航을 위하여, 1965年 4月 27日 American Export-Isbrandtsen社는 그의 專屬會社로서 FAST (Eirst Atomic Ship Transport 社)를 設立 商業運航을 專擔케 했다(三年間 계약). 年運航費는 \$3,557,470로 推算되었는데, 그중 \$473,000은 FAST社가 부담하고, \$1,793,470은 政府로부터 보조되었다. Savannah는 1965年 8月 20日 商業運航을 開始한 後 大西洋運航 및 地中海運航을 成功의으로 遂行했다.

1967年 1月 美大統領은 運營費가 너무 많이 들어 赤字通航하고 있는 Savannah를 不遠間에 退役시키겠다고 發表했다. 大統領의 Savannah退役提案에 對해서 議會에서 청문회가 열렸는데, 그들은 5가지 理由를 들어 退役을 反對했다.

1) Savannah는 核技術 및 作動을 研究하는데 有用하게 使用할 수 있다.

2) 唯一한 民間用原子力船으로서 船員教育 및 訓練用

으로 使用할 수 있다.

3) Savannah를 繼續 運航함으로써 原子力船運航의 法의 問題解決의 길을 開拓할 수 있다.

4) 外國港들을 訪問함으로써 美國의 核技術과 原子力의 平和利用계획을 널리 宣傳할 수 있다.

5) 原子爐以外의 原子力船 船體構造 및 非核裝置의 作動에 對한 貴重한 情報를 提供해 준다.

議會는 1967年 5月 大統領의 提議를 반복하고 350萬 弗을 계속운항을 위하여 提供할 것을 指示했다.

그후 Savannah는 充分한 貨客船運航의 經驗을 쌓은 後 1970年 7月에 原子燃料交換 및 其他原子力船設備가 加쳐져 있는 Texas洲 Galveston港에 係船되었다.

그 外에 美國에는 直接戰鬪를 目的으로 하지 않는 調査艦에 原子力을 採用한 深海調査艦 NR-1號가 있다. 深海調査艦 NR-1은 1967年 6月에 起工, 1969年 1月에 進水, 同年 8月에 完成했다(排水量 400톤). 船體는 General Dynamic社, 原子爐는 General Electric社가 製作했다. 建造費는 9,900萬弗, 그중 2,000萬弗은 海洋調査設備費, 1,200萬弗은 船의 建造를 위한 研究開發費로 配當되었다 5名의 船員과 2名의 科學者가 乘組, 大陸棚全域의 調査를 할 수 있다. 水深과 海底地形의 測量, 海流, 水温 등의 計測, 海底物質의 採取, 其他 軍事的, 經濟的, 科學的인 海洋資料의 收集에 適合하다.

나. 蘇聯과 原子力 碎氷船 Lenin

美國에 非戰鬪用의 原子力深海調査艦 NR-1號가 있는 것과 마찬가지로, 蘇聯에도 非軍事用의 原子力碎氷船 Lenin號가 있다. 이 碎氷船 Lenin號는 世界最初의 原子力 水上船으로 有名하다. 이것은 1956年 8月 25日에 Leningrad에서 起工, 1957年 12月 5日에 進水, 1959年 9月 15日에 就航했다. (排水量 16,000톤, 水上 速力 18노트, 出力 44,000shp)

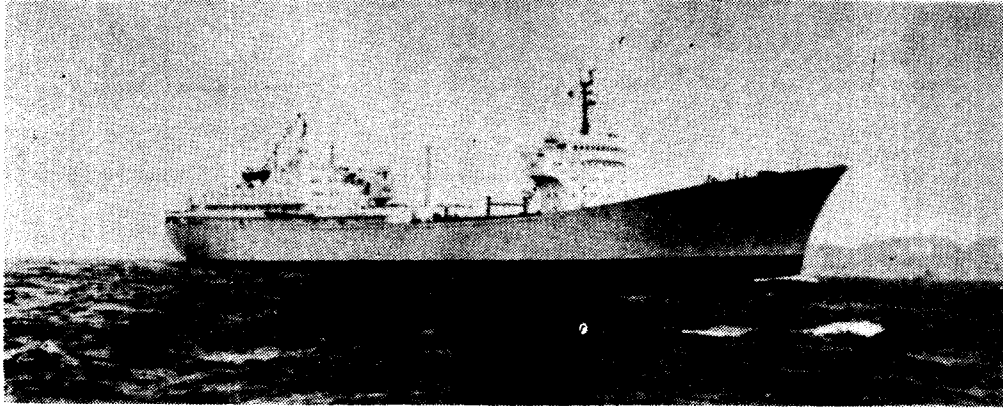


그림 14. 西獨의 原子力 鑛石運搬船 Otto Hahn 號

表 9. 日本의 原子力船 Mutsu 號

| | |
|-----------------|-----------------|
| 原 子 爐 : 分離形加壓水爐 | 出 力 : 10,000shp |
| 排 水 量 : 10,400톤 | 熱出力 : 36MW |
| 載荷重量 : 2400톤 | 燃 料 : UO_2 |
| 速 力 : 16.5노트 | (3.24~4.44%) |

Lenin號는 북시베리아海岸을 따라 商船의 航路를 開拓하기 위해서 碎氷用으로 建造되었다. 在來船으로 이 作業을 遂行하는데는 두가지 不利點이 있었다.

첫째는 먼 地點까지 燃料을 運搬하는데 큰 費用이 들고, 둘째로 燃料貯藏容量에 있어서 制限을 받는다. 原子力을 쓰면, 이 두 問題가 解決되며 더 큰 出力을 利用할 수도 있다.

Lenin號에는 3基의 90MW 加壓水型原子爐가 設置되어 있으며, 330톤의 壓力으로써 碎氷한다. 이 중 두 原子爐는 通常으로 使用하고, 第 3의 것은 非常時를 위하여 保留되어 있다.

碎氷以外에도 Lenin號는 北極開發의 科學計劃을 돕고 있다. 即 이 船內에는 訪問科學者 및 技術者들을 위한 研究室들이 마련 되어 있다.

1963년까지 11,000時間을 運航한 後, 처음으로 燃料交換을 行하였다. Lenin號는 大端히 成功的이어서 蘇聯은 이와같은 碎氷船 3隻을 더 建造하겠다고 發表했다. 새로 나온 Arktika號는 最大의 碎氷船이 될것이다. (排水量 25,000톤, 水上速力 25노트).

Lenin號는 就航後 73,000海里를 航海後, 1966年 부터 運航經驗을 基礎로해서 改造를 行했다. 即 原子爐의 數와 冷却用 Pump의 數를 減少하고, 이온 交換塔을 改良했다.

다. 西獨과 原子力鑛石運搬船 Otto Hahn

西獨의 原子力鑛石運搬船 Otto Hahn은 歐洲原子力共同體(Euratom)의 補助事業으로서, 政府 및 關係企業 등의 共同出資에 依해서 設立된 原子力船建造運航會社가 建造한 것이다. 1963年 9월에 起工, 1964年 6月 13일에 進水, 1968年 12월에 完成했다.

原子爐는 加壓水型의 一種인 CNSG (Consolidated Nuclear Steam Generator)爐로서, Babcock and Wilcox社에 依해서 製造되었고, 燃料는 濃縮酸化우라늄(UO_2)으로서 그의 平均濃縮度는 3.6%이다. 燃料要素는 4가지 相異한 濃縮度部分으로 配列하여 大略 一樣한 中性子束과 一樣한 燃料燃焼를 이루도록 했다.

Otto Hahn의 建造費는 5,500萬DM로, 原子爐關係가 3,300萬 DM, 船體關係가 2,200萬 DM 이었다. 原子爐는 1968年 8月 26일에 처음으로 臨界에 到達했고, 1968年 10月 11일에 最初의 1日 試運航을 行했다. 그후 實驗航海를 始作하여 1970年初까지 繼續했다. 實驗航海를 마친 후, Otto Hahn은 鑛石을 運搬하는 業務를 했으며 때로는 親善의 目的으로 寄港도 했다. Otto Hahn은 大西洋, 印度洋, 北氷洋에서의 遠洋航海를 마치면 西獨의 Hamburg港에 歸港停泊한다.

라. 日本과 原子力貨物船 Mutsu

日本 Mitsubishi社의 研究陣은 1958年 Geneva에서 開催된 原子力平和利用會議에 180MW 加壓水型原子爐를 使用하는 두가지 原子力船建造計劃案을 發表했다.

1) 보통의 原子力旅客船(26,300톤, 40,000shp), 2) 原子力油槽潛水船(48,200톤, 22,000shp). 그 以前에도 貨物船으로 潛水船의 可能性은 美國原子力潛水艦 Nautilus號가 北極을 橫斷한 以來 여러번 論議되어 왔다. 이 潛水商船은 同容量의 水上船에 비해 高速을 얻을 수 있고 歐羅巴와 極東間의 運航에 있어서 北氷海를 潛水通過함

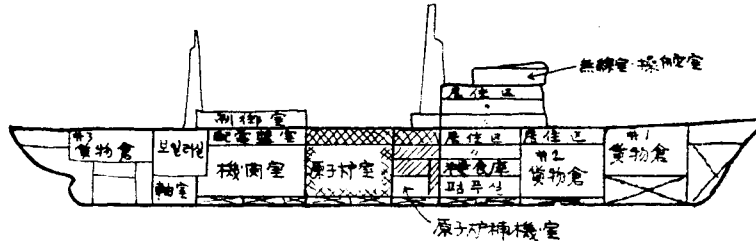


그림 15. 日本原子力貨物船 Mutsu號의 船體配置

表 10. 原子力船 Mutsu 乗組員配置表

| | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|--|--|
| 船長 (1) 士官 25 部員 32 合計 57 | 甲板部 (16) | | | |
| | 1等航海士 (1) | 甲板長 (1) | | |
| | 2等航海士 (2) | 甲板次長 (1) | | |
| | 3等航海士 (2) | 甲板手 (4) | | |
| | | 甲板員 (5) | | |
| | 機關部 (22) | | | |
| | 機關長 (1) | 操機長 (1) | | |
| | 1等機關士 (2) | 操機次長 (1) | | |
| | 2等機關士 (4) | 操機手 (5) | | |
| | 3等機關士 (4) | 機關員 (4) | | |
| | 保健物理班 (1)+5 | | | |
| | 保健物理主任 (1) | | | |
| | 士官 (2) | 部員 (3) | | |
| | 無線部 (3) | | | |
| | 首席通信士 (1) | | | |
| | 次席通信士 (1) | | | |
| | 三席通信士 (1) | | | |
| | 事務部 (12) | | | |
| | 事務長 (1) | 司廚長 (1) | | |
| | 事務員 (2) | 司廚次長 (1) | | |
| | | 調理手(員) (3) | | |
| | | 司廚手(員) (4) | | |
| | 醫務部 (2) | | | |
| | 船醫 (1) | 看護員 (1) | | |

註: ① 括弧内の數字는 人員數를 表示한다.

② []는 兼務者를 表示한다.

으로써 航海距離를 短縮할 수 있다. 이 潜水商船의 短點으로서는 高度의 安全性이 要求되고, 船員의 報酬가 大端히 높아야 한다.

그후 日本은 1963年 8月 原子力船開發事業團을 設立

하여 原子力船 Mutsu 號 建造에 關한 研究를 始作했다. 日本의 第 1原子力船 Mutsu 號는 1968年 11月에 起工, 1969年 6月에 進水되었다. 1972年 8月 6日 原子燃料裝荷를 完了, 1972年 10月에 Mutsu 原子爐는 臨界에 達했다. 1973年 3月에 海上試運轉을 할 豫定이었으나 1974年 까지 遲延되었다. 1974年 9月 試運轉中 放射線漏出로 因해서 試運轉을 中斷하고 現在 係船中에 있다.

Mutsu 號 乗組員들은 乗船하기 前에 原子力船에 關한 特別教育을 받았는데, 그 課程은 4가지로 區分하여, 基礎知識의 教育, 實地訓練, Simulator 訓練, 및 外國原子力船의 利用등이었다. Mutsu 號의 乗組員의 配置는 表 10과 같다.

原子力船 Mutsu 號는 1974年 9月 1日에 北太平洋上에서 試運轉中 放射線漏出事故가 發生하였는데, 事故의 原因은 原子爐周圍의 放射線遮蔽板에 틈이 있음이 調査에 依해서 드러났다. 지금은 日本國民들의 放射線에 對한 過度의 恐怖心으로 因해서 Mutsu 號는 잠시 발이 묶인채 修理中에 있다.

다. 佛蘭西의 原子力商船計劃

1956年 佛蘭西는 出力 20,000shp, 40,000톤 油槽船을 위한 核推進計劃을 세웠다. 이때 3가지 原子爐의 設計가 提案되었는데, 大體로 原子爐部分만 격리設置하고, 나머지 非核장치系統은 在來船에 따를 계획이었다. 即 France Atome (9個會社와 1個銀行으로 構成)에서 51.2 MW 加壓水型原子爐와 沸騰水型原子爐를 提案했고, Indatome에서 60MW 氣體冷却型原子爐(濃縮우라늄燃料 黑鉛減速, CO₂ 冷却)의 設計案을 提議했다. 中 마지막 設計案이 研究계획으로 採擇되어 歐洲原子力共同體 (Euratom)의 補助를 받기로 決定되었다. 佛蘭西政府는 原子力潜水艦의 開發에 高度의 優先權을 두어 民間用原子力船建造 계획은 不振한 狀態에 있다.

바. 英國의 原子力商船計劃

1959年에 英國은 65,000톤, 20,000shp 油槽船에 對한 原子爐設計의 競爭入札을 公告했다. 이에 7個會社가 제

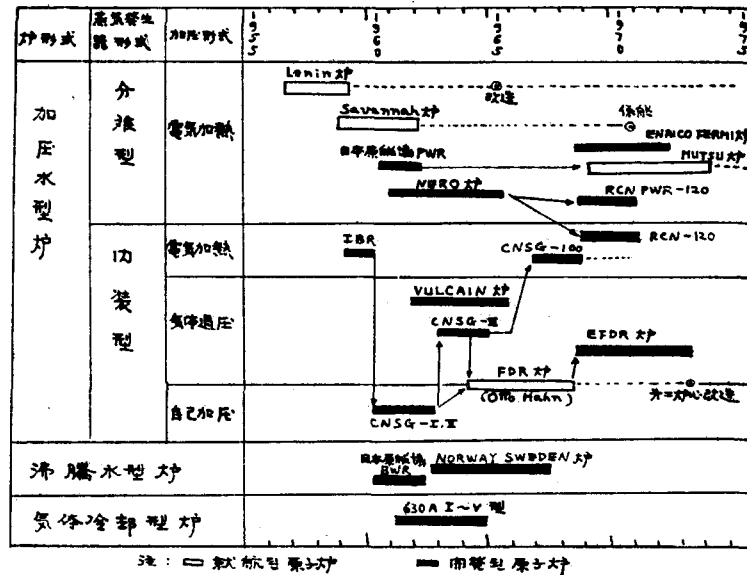


그림 16. 船用爐開發의 現況

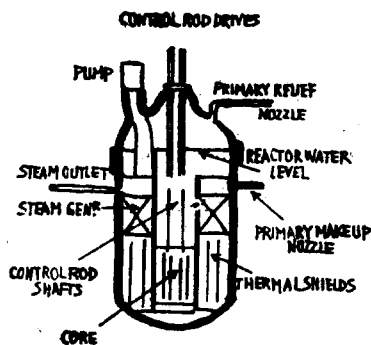


그림 17. CNSG 原子爐

各已 特色있는 設計案을 가지고 應募했는데, 提出된 設計案들은 加壓水型原子爐以外에도 다음과 같은 各 다른 案들이 提議되었다.

- 1) 沸騰水型原子爐 (Mitchell-Fairfield社)
- 2) 有機液體減速原子爐 (Hawker Siddeley社)
- 3) 重水減速, 蒸氣冷却原子爐 (Vickers 社)
- 4) 改良氣體冷却原子爐 (G. E. C. 社)

그러나 英政府는 이 設計案들을 分析한 結果, 1960年 發達狀態下에서는 原子力船은 어떤 型이나 同容量의 在來船과 經濟的으로 比較할 수 없다는 結論을 내리고, 어떤 設計案도 受諾하지 않기로 決定했다. 經濟的 分析 結果에 依하면

| | |
|--------------------|------|
| 建造費: 沸騰水型原子爐 (BWR) | 134% |
| 有機液體減速原子爐 (OLR) | 137% |
| 加壓水型原子爐 (PWR) | 146% |

運用費: 液體性減速型爐 128—137%

改良氣體冷却爐 149%

(基準: 在來船 100%)

英國은 代身에 經濟的으로 廣分野의 船舶에 人氣를 끄는 原子爐의 開發을 研究하기로 決定했다.

1962年 英國은, 歐洲原子力共同體 (Euratom)의 支援을 받고 있는 Belgium의 Vulcain 核推進계획에 加擔하여 共同研究하기로 決定을 보았다. 다시 말하면, 英國 原子力廳에서 推進하고 있는 內裝型沸騰水型爐 (Integral Boiling Reactor)와 Vulcain 계획의 內裝型加壓水型爐 (Integral P.W.R.)에 集中하기로 決定했다. 內裝型爐는 原子爐의 크기 및 重量이 작고, 分離된 熱交換器에 부수되는 複雜性을 除去하고, 遮蔽面積을 減少시킬 수 있고, 普通 原子爐에 比해 費用이 적게 든다는 理由로 英國은 特別히 이 爐에 關心을 기울였다.

1960년까지, 英國은 原子力商船의 開發研究에 美國 다음으로 活發했으나, 4年後에는 踏步狀態를 거듭한 나머지, 다른 船舶建造國家들, 西獨, 日本, Norway, Sweden, 및 Belgium 보다 뒤떨어진 位置에 서게 되었다. 아직까지도 英國이 原子力商船 계획에 있어서 展望이 보이지 않는것은 經濟的으로 國力이 衰退해 가는데 큰 原因이 있으리라 생각한다.

사. 其他諸國의 原子力商船計劃

伊太利는 1967年初, 이제까지 계획중이던 原子力油槽 船建造계획을 中斷하고, 代身에 經費 320萬弗을 들여 伊太利海軍을 위하여 原子力輸送船 Enrico Fermi號를

建造하기로 決定했다. Enrico Fermi 號의 原子爐는 79 MW 加壓水型爐로서 伊太利의 Fiat會社가 建造를 맡았다. 現在까지 계속 建造中에 있다. (排水量 18,000톤, 長 575feet 出力 22,000shp, 速力 21노트).

Netherlands에서도 同型式의 原子爐를 採擇하여 소위 NERO 原子力船開發計劃을 세웠다. 이 NERO 계획은 分離型加壓水爐에 다음과 같은 改良을 加했다. (1) 過熱器를 設置하고, (2) 蒸氣發生器, 過熱器, 主冷却水循環펌프를 一體化하고, (2) 原子爐 容器內에 水 ejector를 設置하여 爐心流量을 loop流量의 1.5배로 올린다.

Belgium에서는 內裝型加壓水爐를 採擇하여 Vulcain 原子力船계획을 세웠고, Norway와 Sweden도 共同으로 原子力船 계획을 推進中에 있다.

또 中共에서도 20,000 톤級의 原子力船 民聲(Zan Thanh)號를 建造했다고 한다.

結 論

지금까지 우리는 原子力船推進의 原動力이 되는 原子爐에 對한 基礎的인 原理와 原子力軍艦 및 商船開發의 歷史的인 發達過程과 現況을 더듬어 보았다.

經濟的인 面이 重要視 되지 않는 原子力軍艦의 建造에 있어서는, 世界諸強들이 제 各己 最善을 다 하여 原子力船保有國으로서의 位置를 確保하려고 努力했으나, 經濟的인 考慮가 重視되는 原子力商船建造에 있어서는, 美國을 除外하고는, 烈強이라 할지라도 推進을 망서리는 態度가 엿보인다. 그 代表的인 例로서 英國의 原子力船計劃의 不振狀態를 들수있다.

現在 世界에서 非軍事的인 或은 民間用原子力船으로서 出現된것은 美國의 貨客船 Savannah (1970년 退役)과 深海調査艦 NR-1號, 蘇聯의 碎氷船 Lenin號, 西獨의 鑽石運搬船 Otto Hahn號, 日本의 貨物船 Mutsu號, 및 中共의 客船 民聲(Zan Thanh)號 뿐인 셈이다. 그 以外의 諸國에서는 原子力商船의 建造계획을 계속 推進中에 있다.

軍用艦船의 原子力推進은 商船과는 달리, 原子力艦船의 軍事力은 在來推進과 比해서 飛躍的인 性能을 가지고 있으며 特히 潛水艦의 경우에는 絕對的이다. 故로 오늘날 原子力推進을 裝備하지 않는 潛水艦의 建造는 國防費의 浪費라고 까지 말할수 있다.

世界의 商船用原子爐의 發達過程을 살펴 보면, 分離形加壓水爐는 美國의 原子力貨客船 Savannah號의 原子爐로써 代表할수 있는데, 이 類型에 屬하는 것 中 잘 알려진 것으로는 蘇聯의 碎氷船 Lenin號의 原子爐, 日本의 貨物船 Mutsu號의 原子爐, 및 伊太利의 輸送船

Enrico Fermi號의 原子爐, 美國 Westinghouse 社가 開發한 原子爐 W.H. PWR-75, 및 Holland의 NERO原子爐를 들수 있다.

또 西獨의 鑽石運搬船 Otto Hahn號의 原子爐 FDR로 代表되는 內裝形加壓水爐에는 美國의 Babcock and Wilcox社에서 開發한 CNSG 原子爐, Belgium의 Vulcain 原子爐들이 包含된다. 이들을 圖式으로 나타내면 그림 16와 같다.

現在 實用性이 있는 船用原子爐로는 運航中에 있는 現役船 Lenin, Otto Hahn, Mutsu를 包含하여, 改良을 거듭하고 있는 Westinghouse 社의 W.H. PWR-75 爐, Babcock and Wilcox 社의 CNSG-III 및 CNSG-100 爐, Otto Hahn 原子爐에서 改良된 EFDR 爐이라 할수 있다 船用原子爐는 아직도 最高度의 實用性을 向하여 開發途上에 있다.

現在 開發되어 있는 2,3의 船用爐의 製造價格은 在來形機關과 比較해서 현저하게 高價로 나타나서, 도저히 在來形과 經濟的으로 競爭할 수 없는 것으로 알려져 있다. 原子力船이 經濟性을 갖기 위해서는 첫째 原子爐와 燃料要素의 技術開發과 量産에 依해서 그의 製造原價를 내려야하고, 둘째 꼭 必要하지 않은 安全設備과 安全構造를 除去할수 있어야 하며, 셋째 大形高速 即 大出力을 가지도록 해야 한다. 그러나 船用爐는 開發途上에 있으므로, 그의 性能改善, 經濟性向上을 위하여 여러가지의 構想 및 技術開發에 依해서 製造價格 및 燃料費의 低減과 이에 依해서 經濟的인 競爭力의 増力은 充分히 期待될수 있다.

過去 10年동안에 倍增한 世界의 에너지 需要와, 또 이것에 關連된 에너지 資源의 減縮, 公害, 環境問題등을 생각할때, 必然的으로 原子力船時代가 來到할 것이 豫想된다.

現在 우리나라에 있어서, 原子力船에 對한 關心은 전혀 씩조차 더 있지 않는 實情이다. 하기가 몇몇 先進國을 除外하고는, 비록 中進國이라 할지라도 原子力商船을 保有하고 있지 않는 現況이니, 우리가 原子力船을 期待하는 것은 時機尙早 일런지 모른다. 그러나 世界의 흐름은 머지 않아 우리에게도 原子力船을 띄워줄런지 모른다. 이에 對備하여 우리나라에도 지금부터 原子力船에 對한 胎動의 꿈이 始作되기를 念願하는 바이다.

參 考 文 獻

- 1) Nuclear Ship Propulsion by R.F. Pocock, Ian Allan, 1970
- 2) Nuclear Propulsion for Merchant Ships by A. W.

- Kramer, U. S. Government Printing Office, 1962
- 3) Nuclear Ship Propulsion by H. F. Crouch Cornell Maritime Press, 1960
- 4) 日本船用機關學會誌 第 7卷 12號, 1972
- 5) 圖解原子力用語辭典 日本原子力用語研究會編, 1973
- 6) Nuclear Energy-Its Physics and Its Social Challenge by D. R. Inglis, Addison-wesley Pub. Co. 1971
- 7) Story of Nuclear Energy Vol. 3, Understanding Atomic Series, U. S. Atomic Energy Commission
- 8) Nuclear Power and the Environment, American Nuclear Society, 1974