

A Study on Technical Criteria of the Transport Vessel for Radioactive Wastes

Heung-Young Lee, Sung-Hwan Chung, Yoon-Gyu Park,
Suk-Joong Yoon and Jang-Soo Nam

Korea Atomic Energy Research Institute

(Received 23 October 1995; Accepted 19 December 1995)

방사성폐기물 수송선박의 기술기준 분석

이흥영, 정성환, 박윤규, 윤석중, 남장수
한국원자력연구소

Abstract—The site of Korea Final Repository, KFR, to collect and dispose of radioactive wastes produced in nuclear power plants will be selected to seaside. As all the radwastes stored temporarily in the site of power plants should be transported by the sea, Nuclear Environmental Management Center, NEMAC, of Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI, has been developing the sea transport system to secure safe and efficient transportation of the radwastes from the power plant sites to the final repository. Investigating the status of advanced techniques of foreign countries for transport vessels and considering inland circumstances, the technical criteria of the transport vessel have been suggested in this study. Therefore, all the radwastes will be transported safely by the sea, without releasing any radioactive material to environment even in the case of accident.
Key words : Radioactive wastes, sea transportation, Transport Vessel.

요약—각 원자력 발전소에서 발생하는 방사성폐기물을 한 곳에 모아 집중관리하기 위한 방사성폐기물 처분장의 부지선정이 국가적 과제로 부각되어 있으며, 충분한 검토를 거친 후 임해부지로 선정될 것이다. 이로 인하여 현재 각 원전부지내에 임시로 보관되어 있는 방사성폐기물에 대하여 전용선박에 의한 해상수송을 하여야 하며, 한국원자력연구소의 원자력환경관리센터(NEMAC)에서는 원전부지로부터 처분장까지 안전하고 효율적으로 방사성폐기물을 수송할 수 있는 종합해상수송체계를 개발중에 있다. 이 글은 해상수송체계가 갖추어야 할 수송선박의 기술기준을 설정하기 위한 것으로, 원자력 선진국의 진보된 방사성폐기물 해상수송기술에 관한 현황을 조사, 분석하고 국내의 제반여건을 고려하여 우리나라에서 사용될 수송선박의 설계 및 건조추진방향을 제시하였다. 따라서, 만일의 사고에도 방사성물질이 선박의 외부로 누출되지 않는 개념의 선박을 설계, 건조하여 방사성폐기물을 안전하게 해상수송하게 될 것이다.

중심단어 : 방사성폐기물, 해상수송, 수송선박, 국제해사기구

서론

방사성폐기물의 수송은 일반적으로 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료, 중·저준위 방사성 폐기물 그리고 병원, 산업체 및 연구소 등에서 나오는 방사성동위원소 폐기물 등을 운반하는 것을 말한다. 이러한 방사성폐기물은 자연과 인간을 방사선의 위협으로부터 보호하기 위하여 국제적으로 엄격한 규정을 만족하도록 안전하게 설계, 제작된 수송용기(cask) 또는 운반용기(package)를 이용하여 정부의 승인 하에 운반하도록 되어 있다.[1,2]

대부분의 수송물량은 원자력발전소의 사용후핵연료 및 중저준위폐기물이다. 현재 중저준위폐기물은 드럼에 담아 고화시켜서 각 원자력발전소의 임시 저장고에 보관하고 있고, 사용후핵연료 역시 각 발전소의 핵연료건물내에 있는 저장수조에 보관하고 있다. 그러나, 이러한 저장시설의 저장능력이 한계에 도달함에 따라 사용후핵연료 중간저장시설 및 방사성폐기물 영구처분시설로 수송하여야 한다. 지금까지 고리 원자력발전소 1호기의 사용후핵연료 저장용량이 초과되어 인접한 3호기 및 4호기로 차량을 이용하여 육로로 소내수송한 경험이 있고, 병원 및 산업체에서 발생한 방사성동위원소 고체폐기물을 한국원자력연구소의 임시 저장고로 운반하고 있을 뿐, 본격적인 대량수송은 아직까지 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히, 선박을 이용한 해상수송의 경험은 전혀 없다.

그러나, 원자력산업이 발달한 세계 각국에서는 차량, 철도 및 선박 등을 이용한 사용후핵연료 및 방사성폐기물의 수송이 아주 활발하다. 사용후핵연료를 재처리하기 위하여 수송한다든지 또는 중저준위폐기물을 영구처분시설로 수송하고 있으며, 안전한 수송을 위하여 체계적인 수송시스템을 구축하여 효율적으로 운영하고 있다.

영국의 경우 여러 척의 사용후핵연료 전용수송선박을 보유하여 주로 다른 나라의 사용후핵연료 재처리를 위한 대양수송을 하고 있다. 또한, 스웨덴은 사용후핵연료 및 중저준위폐기물을 모두 수송하기 위한 겸용수송선박을 운영하고 있으며, 일본은 사용후핵연료 전용수송선박 및 저준위폐

기물 전용수송선박을 별도로 건조하여 주로 일본 내에서 해상수송을 하고 있다. 다만 역시 소형의 수송선박을 이용하여 해상수송을 하고 있다.[3]

최근 일본의 플루토늄 및 고준위폐기물 수송을 비롯하여 방사성물질의 해상수송에 대하여 세계적으로 관심이 높아지고 그린피스(Green Peace)등 환경단체의 활동이 활발해짐에 따라 방사성물질의 수송선박 및 해상수송에 대하여 국제해사기구(IMO)는 물론 각국의 관련규정이 보다 강화되어 가는 추세에 있다. 우리나라도 앞으로 확보하여야 할 수송선박 및 해상수송체계에 대한 관련법규의 보완이 시급한 실정이며, 방사성폐기물의 안전한 해상수송의 신뢰를 구축하기 위하여 무엇보다도 높은 관심을 가져야 할 것이다. 특히, 지난 여름 우리나라의 남해안에서 발생한 대형 유조선 Sea Prince호의 부분좌초로 인한 원유누출사고만 보더라도, 선박의 화물창은 다중격벽으로 분리되어 있으나 선측 및 선저가 이중으로 건조되지 않았으므로 사고시 대량의 기름유출에 대한 위험을 안고 있었기에, 방사성폐기물을 포함한 위험물 수송선박에 대한 안전성의 확보는 중요한 것이다.

우리나라의 경우, 방사성폐기물을 종합관리하기 위한 영구처분시설의 부지가 임해부지로 선정될 것이므로, 방사성폐기물의 운반은 선박을 이용한 해상수송에 의존할 수밖에 없게 되었고, 따라서, 이러한 방사성폐기물을 안전하게 운반하기 위한 수송선박이 필요하게 되었다. 여기서는 현재 세계각국에서 운항하고 있는 사용후핵연료 및 중저준위 방사성폐기물 전용수송선박의 현황 및 관련규정 등을 조사, 분석하였으며, 앞으로 전용수송선박을 확보하는데 있어서의 법적 설계요구조건 및 추진방안 등을 기술하였다.

외국 현황

방사성폐기물 수송선박은 표 1에 나타난 것처럼 전세계적으로 10여척이 운영되고 있으며, 주요 보유국은 영국, 스웨덴 및 일본 등이다. 사용후핵연료 또는 중저준위폐기물만을 위한 전용수송선박도 있고, 스웨덴의 경우처럼 두 가지를 모두 수송할수 있는 겸용수송선박도 있는데, 이는 각국의 수송물량

및 항만조건 등 수송여건에 따라 다르기 때문이다.

대부분의 수송선박은 부두크레인을 이용하여 화물의 선적 및 하역을 하는 Lo/Lo(Lift-on/Lift-off) 방식을 적용하고 있으나, 단지 스웨덴의 M/S Sigyn호의 경우는 차량이 직접 선박에 들어가서 화물을 실어 나르는 Ro/Ro (Roll-on/Roll-off) 방식을 적용하고 있다.[4]

영국[5]

영국은 BNFL(British Nuclear Fuels Plc.)이 유럽내에서의 사용후핵연료를 수송하기 위하여 NTL(Nuclear Transport Ltd.)이라는 수송전문회사를 설립하여 모두 6척의 수송선박을 운영하고 있다. 특히, PNTL 소속의 Pacific Swan호를 비롯한 5척의 선박은 대양운항에 맞도록

표 1 방사성물질 전용수송선박의 현황

선 명	국적	용 도	용 량	재화중량	운항년도	비 고
Pacific Swan	영국	S/F, HLW 수송	20 casks	3,792톤	1979년	그림 1
Pacific Teal	영국	S/F, HLW 수송	24 casks	3,702톤	1980년	
Pacific Crane	영국	S/F, HLW 수송	24 casks	3,750톤	1982년	
Pacific Sandpiper	영국	S/F, HLW 수송	20 casks	3,775톤	1985년	
Pacific Pintail	영국	S/F, HLW 수송	24 casks	3,865톤	1987년	
Med. Shearwater	영국	S/F 수송	6 casks	1,200톤	1982년	그림 2
M/S Sigyn	스웨덴	S/F, RW 수송	10 casks/900 drs.	1,870톤	1982년	
Hinoura maru	일본	S/F 수송	4 casks	1,242톤	1978년	
Seiei maru	일본	LLW 수송	3,072 drums	2,850톤	1992년	

주) S/F : Spent Fuel (사용후핵연료)
 HLW : High Level Waste (고준위폐기물)
 LLW : Low Level Waste (저준위폐기물)
 RW : Radioactive Waste (방사성폐기물/고준위 및 중저준위폐기물 포함)

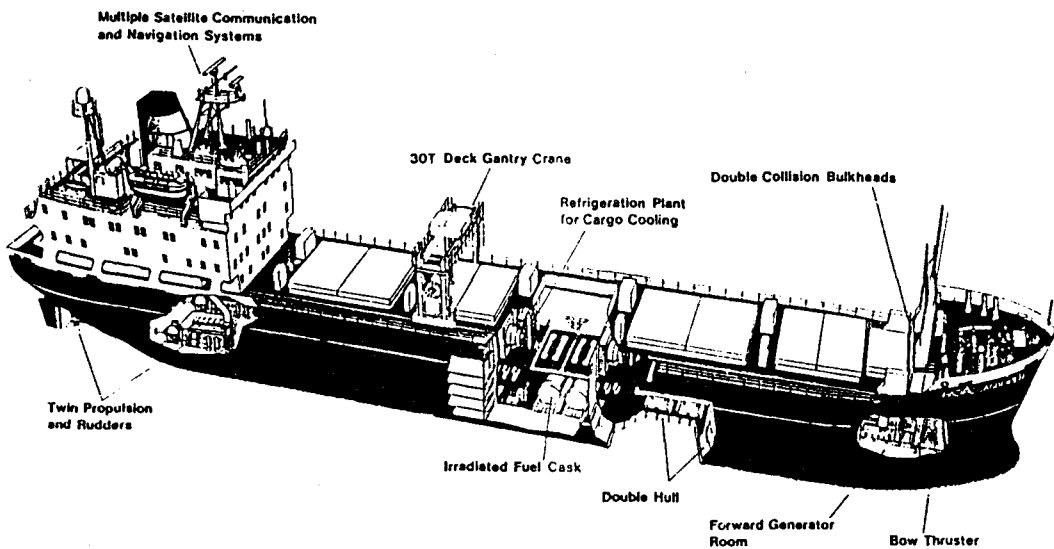


그림 1. 영국 사용후핵연료 전용수송선박-Pacific Sandpiper

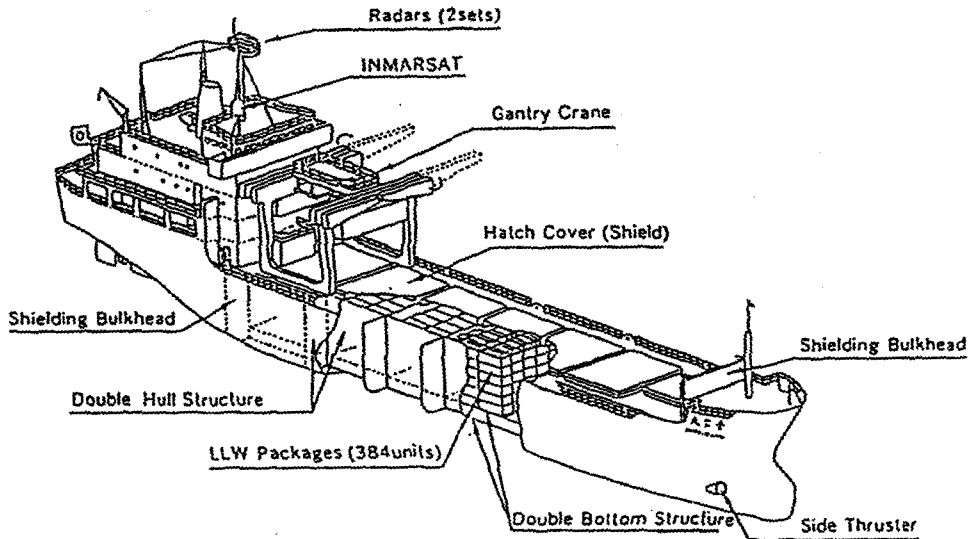


그림 2. 일본 저준위폐기물 전용수송선박 - Seiei maru

특별히 설계, 건조된 선박으로써 로이드선급(LR)을 만족시키고 있으며, 모두 영국의 조선소에서 건조되었으나, Pacific Pintail호만은 일본 미쯔비시 중공업의 고베조선소에서 건조되었다. 이 선박들은 유럽은 물론이고 일본의 사용후핵연료를 재처리하기 위하여 영국이나 프랑스로 수송하는데 사용되고 있으며, 사용후핵연료 수송용기를 20개 또는 24개씩 한꺼번에 수송할 수 있다. 최근에는 프랑스로부터 사용후핵연료의 재처리후에 발생한 고준위폐기물을 일본으로 수송하는데 Pacific Teal호를 이용하기도 하였다.

대양운항을 위한 5척의 선박들은 하나의 설계 개념으로 설계, 건조된 동일 형태의 선박들로서, 부두크레인을 이용하여 화물을 선적하고 하역하는 Lo/Lo 방식을 적용하고 있다. 특징적인 것은 화물을 싣는 화물창을 여러 구역으로 각각 분리시켰는데, 이는 하나의 화물창이 손상을 입게 되었을 때 다른 화물창의 피해를 최소화하기 위한 것이다.

스웨덴[6]

스웨덴은 사용후핵연료 및 방사성폐기물을 관리하는 SKB(Sydkraft Karnbranslehantering AB)

사의 위탁에 따라 Saltech(Salen Technologies AB)사가 설계하고 프랑스의 ACH 조선소에서 건조한 M/S Sigyn호를 보유하고 있으며, 1982년부터 사용후핵연료 및 중저준위폐기물 등 모든 방사성폐기물을 수송하고 있다. 사용후핵연료를 재처리용으로 프랑스로 수송하기도 하고, 자국내의 중간저장시설로 수송하고 있으며, 그리고 자국내의 영구처분장으로, 중저준위폐기물을 수송하고 있는데, 연간 30회 정도의 운항을 한다.

M/S Sigyn호는 로이드선급(LR) 및 프랑스선급(BV)을 동시에 만족하도록 설계, 건조된 선박으로써, 수송차량이 선미의 램프를 통하여 직접 선박내의 화물창에 들어가서 화물을 선적하고 하역하는 Ro/Ro 방식을 적용하고 있다. 이 선박은 하나의 공간으로 이루어져 있는 화물창에 사용후핵연료 수송용기 또는 중저준위폐기물 운반용기 10개를 적재하여 수송할 수 있다. 저준위폐기물 및 기타 방사성폐기물은 Lo/Lo 방식으로 선적하고 하역하여 선박의 갑판 위에 적재한 상태로 수송하는데, 최대 900드럼까지 수송할 수 있다. 특히, 이 선박은 주위의 수송여건으로 인하여 40cm 두께의 얼음층을 부수고 운항할 수 있는 쇄빙시스템이 설치되어 있다.

일본 [7, 8]

일본은 사용후핵연료를 수송하기 위한 Hinoura maru호와 저준위폐기물 전용수송선박인 Seiei maru호 등 2척의 선박을 운영하고 있다. Hinoura maru호는 기존의 화물선을 개조한 선박으로써, 수송용기 4개를 적재할 수 있는데, 1978년부터 주로 일본내에서 사용후핵연료를 수송하는데 사용하고 있다. 사용후핵연료를 영국 또는 프랑스에서 재처리하기 위하여 수송하는 경우는 영국 PNTL의 수송선박을 이용하고 있다. 그리고 Seiei maru호는 일본선급(N.K)을 만족하도록 설계, 건조된 것으로서 일본 NFT(Nuclear Fuel Transport Co.)가 1992년 12월부터 운항하고 있는 저준위폐기물 전용수송선박이다. 이 선박은 일본 미쯔비시중공업의 고베조선소에서 건조하였는데, 첨단항해장비 및 안전설비를 갖추고 있으며 저준위폐기물이 고화충전되어 들어있는 200리터 드럼을 8개 단위로 수납한 컨테이너 형태의 운반용기를 최대 384개(200리터 기준 드럼 3,072개)까지 수송할 수 있다.

이 선박들 역시 특별히 제정된 구조설비요건의 법규에 근거하여 설계, 건조되었는데, 이러한 일본의 수송선박의 설계, 건조 및 인허가를 위한 법규체계는 그림 3과 같다.[9] 이 선박들은 크레인을 이용하여 화물을 하역하는 Lo/Lo 방식을 적용하였는데, 특히, Seiei maru호의 경우, 부두크레인을 이용하지 않고 선박에 탑재된 10톤 용량의 선상 크레인을 이용하여 화물을 취급하는 것이 특징이다.

그리고 사용후핵연료 수송선박인 Hinoura maru호가 오래되어 노후해졌기 때문에 이 선박을 폐기하고 새로운 사용후핵연료 수송선박의 건조를 추진하고 있으며, 또 다른 저준위폐기물 전용수송선박의 건조도 계획하고 있다.

대 만

대만은 사용후핵연료와 방사성폐기물을 소규모로 수송하기 위하여 기존의 화물선을 개조한 약 800톤급의 소형선박을 운항하고 있다.

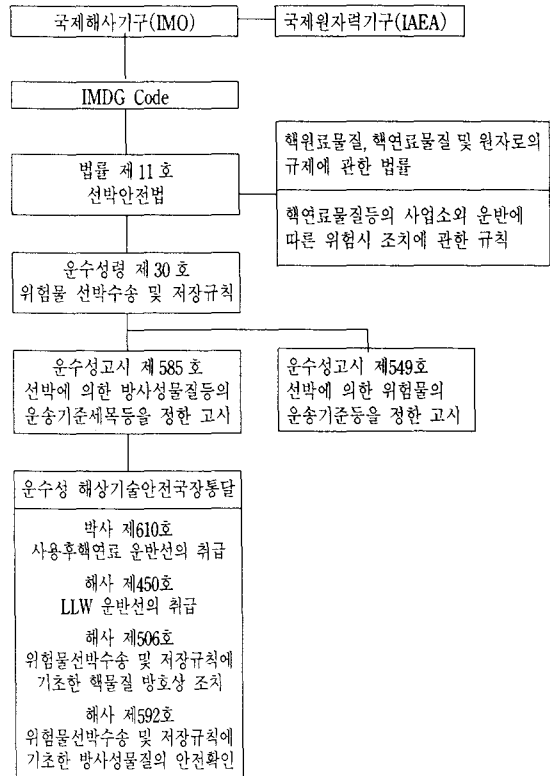


그림 3. 일본의 방사성물질 해상수송에 관한 규칙체계

선박의 주요 특징

사용후핵연료 및 방사성폐기물 전용수송선박은 항행안전, 방사선안전 및 환경영향대처를 중시하는 개념으로 특별히 설계, 건조된다. 국제법에 해당하는 국제해사기구의 규정에 따라 일반 선박과는 달리 위험물을 운반하는 선박으로 분류되어 어떤 경우에도 안전하여야 하고, 특히, 방사성물질의 위험으로부터 인간과 환경을 보호하도록 고려되어야 한다. 이러한 수송선박의 주요 특징은 다음과 같다.

선체구조

선체구조는 다른 선박과의 충돌을 대비하여 충돌에너지를 충분히 흡수시킬 수 있고, 사고시 선박 내부로의 해수유입을 최소화하고, 수밀(water ti-

ght)을 보장하기 위하여 이중선각(double hull)구조 및 다중격벽구조로 하고, 또 이중바닥(double bottom)구조로 구성하여 화물창의 손상 및 침몰 사고 등에 충분히 대비하도록 한다. 그리고 선박이 파도 및 폭풍우 등으로 인하여 전복되지 않고 충분히 복원력을 회복하도록 하는 안정성이 뛰어난 구조이고, 또 침수시 잔존능력을 최대한 높게 하여야 한다. 이러한 화물창의 손상 및 침몰사고 등을 방지하기 위하여 국제해사기구의 '산적위험화물 운송선의 구조 및 설비에 관한 기준(IBC 코드: International Bulk Carrier Code)'에서는 선체의 구조를 표 2에 나타낸 것처럼 3가지 형태로 분류

하였다.[10] 각 선박의 형태에 있어서 화물격리범위는 그림 4에 나타내었다. 표 2와 그림 4에서 알 수 있듯이 선박형태가 Type I 인 선박이 사고시 손상으로부터의 물리적 보호에 대하여 가장 안전하게 대비하는 것으로써, 이 경우 어떠한 조건에도 화물이 손상되지 않는 선박구조를 갖추어야 한다. 국제원자력기구(IAEA)와 국제해사기구가 공동으로 결의한 '사용후핵연료, 플루토늄 및 고준위폐기물 운반선의 안전수송규칙(INF 코드: Irradiated Nuclear Fuel Code)'에서도 선박의 형태는 Type I 이어야 한다고 규정하고 있다.[11]

표 2. IBC 코드에 따른 선박형태 구분

구분	특징	손상범위		화물격리범위
		충돌	좌초	
Type I	사고시 화물손상을 절대로 허용 않음	<ul style="list-style-type: none"> 길이방향: $1/3 L^{2/3}$ 또는 14.5m 중 작은 값 	<ul style="list-style-type: none"> 길이방향: (전방 0.3L 이내) L/10 (나머지 0.7L) L/10 또는 5m 중 작은 값 	<ul style="list-style-type: none"> 선측: B/S 또는 11.5m 중 작은 값 선저: B/15 또는 6m 중 작은 값 그 외 외벽에서 760mm 이상 격리
Type II	사고시 화물손상을 어느 정도 허용함	<ul style="list-style-type: none"> 횡방향: B/5 또는 11.5m 중 작은 값 수직방향: 상방전부 	<ul style="list-style-type: none"> 횡방향: (전방 0.3L 이내) B/6 또는 10m 중 작은 값 (나머지 0.7L) 5m 수직방향: B/15 또는 6m 중 작은 값 	<ul style="list-style-type: none"> 선측: 760mm 선저: B/15 또는 6m 중 작은 값 그 외 외벽에서 760mm 이상 격리
Type III	사고시 화물손상을 허용함			<ul style="list-style-type: none"> 제한 없음

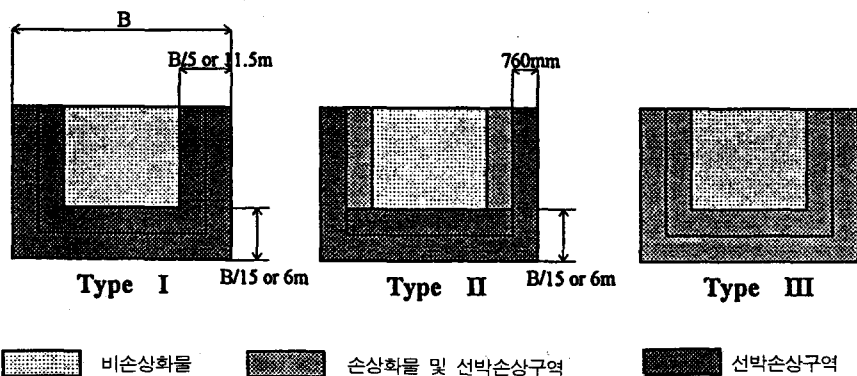


그림 4. 선박형태에 따른 화물손상범위

방사선차폐

선박내에서 선원 및 작업자들을 방사선 피폭으로부터 보호하기 위하여 화물창 주위를 물, 강판 또는 콘크리트 등으로 차폐벽을 구성하고, 화물창의 해치카바(hatch cover) 또한 차폐구조로 한다. 사용후핵연료 전용수송선박인 영국 Pacific Swan호의 경우, 화물창과 선원거주지역 사이에 6.4cm의 강판으로 된 물탱크(물 두께 : 75cm)로써 차폐벽을 구성하였고, 해치카바에는 4cm에서 13.5cm 두께로 콘크리트를 타설하였다. 저준위폐기물 전용수송선박인 일본 Seiei maru호의 경우, 해치카바에는 16cm로 콘크리트를 타설하고, 화물창의 전후는 6cm, 좌우는 내판 4cm 및 외판 2.8cm의 강판으로 화물창 전체를 에워싸는 차폐구조로 하였다. 또, 사용후핵연료 전용선박인 Hinoura maur호는 화물창 주위에 차폐탱크를 설치하여 폴리에틸렌과 물을 채어 넣었다.

항해 및 통신설비

조선성 향상을 위한 설비 이외에도 항해의 안전성 확보를 위하여 인공위성을 이용한 최신의 항해장비 및 통신설비를 갖추고 있다. 엔진과 발전기 등을 비롯한 중요 기계장치류는 비상시를 대비하여 이중으로 설치하며, 레이더 역시 이중으로 한다. 그리고 사고시 선박의 위치를 정확히 파악하기 위하여 선박위치확인 위성통신장비등을 설치한다. 일본은 태평양상의 정지위성을 이용하는 INMARSAT라는 다중통신계통을 구성하여 안전한 해상수송체계를 운영하고 있다.

고박장치

화물창내에 수송용기 및 운반용기 등의 이동과 전도 등을 방지하기 위한 화물고박설비를 설치하여 안전수송이 되게 하는데, 이러한 고박설비는 INF 코드에 따르면 운항시 각 방향에서 다음과 같은 가속도 수준에 해당하는 하중에 견딜 수 있어야 한다고 규정하고 있다.

- 1) 선체 종방향(longitudinally) : 1.5g

- 2) 선체 횡방향(transversely) : 1.5g
- 3) 선체 상부방향(vertically up) : 1.0g
- 4) 선체 하부방향(vertically down) : 2.0g

방재설비

INF 코드의 규정에 따라 화물창의 내부를 55°C 이하로 유지시키는 냉각설비 및 배기설비를 갖추어야 하고, 화재방지 및 소화설비를 갖추어 화재 사고등에 충분히 대비하도록 하고 있다. 선박 내에 구비하여야 할 화재방지 및 소화설비계통으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1) water fire-extinguishing system
- 2) fixed fire-extinguishing system
- 3) fixed cargo hold cooling arrangements
- 4) fixed fire-detection & fire-alarm system

방사선안전관리

방사선 감시 및 측정장치를 선원거주지역은 물론 화물창 등 선박의 여러 군데에 설치하여 체계적인 방사선안전관리를 수행하고, 또한, 선박 내에서 발생하는 모든 오수는 물론 선박의 발라스트수(ballast water)에 대하여도 법규에 따라 철저히 관리하여야 한다.[12]

선박관련규정 검토

수송선박은 국제연합(UN)의 전문기구인 국제해사기구의 국제적 규정을 준수하여야 하는데, 대상화물인 방사성물질이 국제해상위험물규칙의 제 7등급으로 분류되어 무엇보다도 국제해상인명안전협약에 따라야 한다. 또한, 사용후핵연료 및 다른 방사성물질등의 안전한 해상수송 및 해양환경의 보존을 위하여 1993년 11월 국제원자력기구와 국제해사기구가 공동으로 결의한 INF 코드를 반영하여 설계, 건조하여야 한다.

우리나라의 국내법에도 선박안전법 및 개항질서법 등 선박 및 해상수송 관련규정들이 있으며, 방사성물질등의 포장 및 운반에 대하여 원자력법 등에서 규정하고 있다. 그러나, 방사성물질 이외의

다른 위험물에 대해서는 국제규칙을 수용한 법규들이 있지만 전용수송선박의 구조 및 설비요건등에 대한 기준을 규정한 법규는 아직까지는 없는 실정이고, 해상수송에 대해서도 국제해사기구의 국제규정에 따라 보다 상세한 규정이 필요하리라고 본다. 예를 들면, 국제해상위험물규칙에 따라 마련된 선박안전법 시행규칙인 위험물선박운송 및 저장규칙에서 방사성물질을 위험물로 분류하였으나, 용기, 포장, 표찰, 적재방법 및 검사 등에 대하여는 원자력법에서 정하는 바에 따른다고만 규정하고 있을 따름이며, 특별히 INF 코드등을 반영한 선박구조 및 설비요건등은 전혀 규정하지 않고 있다. 따라서, 이러한 관련법규들을 연결시켜야 하기 때문에 그림 5에 나타난 것처럼 법규의 보완이 반드시 필요하다.

수송선박 및 해상수송과 관련한 국제해사기구의 제규칙

1) 국제해상인명안전협약

(International Convention for Safety of Life at Sea 1974) [13]

1974년 국제해사기구에서 제정하여 계속해서 개정하고 있으며, SOLAS라고 한다. 인명의 안전을 우선적으로 고려하여 선박의 구조 및 설비, 안전항해 그리고 위험물운송에 대하여 선박의 설계 및 검사기준을 규정하고 있다. 주로 국제항해에 종사하는 선박을 대상으로 하지만 대부분의 국제해사기구 회원국이 모든 선박에 대하여 자국법에 적용시키고 있다.

2) 국제해상위험물규칙

(International Maritime Dangerous Goods Code) [14]

이 규칙은, IMDG 코드라고 하는데, 국제해사기구가 제정하고 있는 위험물해상운송기준의 일부로써, 국제연합 경제사회이사회의 위험물운송전문가위원회가 모든 운송수단에 적용할 수 있도록 1956년에 제정한 위험물의 안전한 수송에 관한 국제연합 권고를 골격으로 하고 있는데, 국제해상인명안전협약 제7장에

근거한 포장형태 및 산적고체위험물의 운송 및 국제해상오염방지규칙에 근거한 포장형태의 해양오염물질에 관한 실무기준이다.

또한, 이 규칙은 전세계 상선의 84%를 보유하고 있는 53개국이 자국법으로 수용하고 있으며, 세계적으로 환경보호에 대한 관심이 고조됨에 따라서 계속해서 개정을 하고 있다. 여기서 방사성물질은 제7등급 위험물로 분류되고 있으며, 다음과 같은 규칙들을 포함하고 있다.

가) 위험물운송선박의 비상조치

(Emergency Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods)

나) 위험물관련사고의 의료응급조치법

(Medical First Aid Guide for Use in Accidents Involving Dangerous Goods)

다) 산적고체화물에 대한 안전실무규칙

(Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes)

우리나라도 이 규칙을 수용하여 1979년 선박안전법의 하위법인 위험물선박운송 및 저장규칙에 반영하여 국제해사인명안전협약중 위험물운송과 관련한 규정을 적용하고 있다.[15]

3) 항만내 위험물의 안전운송 관련업무에 대한 권고

(Recommendations on the Safe Transport of Dangerous Cargoes and Related Activities in Port Areas Including Guidances) [16]

1973년 국제해사기구에서 제정한 것으로 항만내에서 위험물의 안전한 운송과 관련된 업무에 대한 내용과 지침을 규정하고 있으며, 또한 위험화물의 취급과 관련된 안전점검 및 신고사항 등을 포함하고 있다.

4) 사용후핵연료, 플루토늄 및 고준위방사성 폐기물 운반선의 안전수송규칙

(Code for the Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High Level Radioactive Wastes in Flasks on Board Ships) 사용후핵연료와 다른 방사성물질등의 안전한

해상수송 및 해양환경의 보존을 위하여 1993년 11월 국제원자력기구와 국제해사기구가 공동으로 결의한 규칙으로써, 국제해상인명 안전협약 및 국제해상위험물규칙의 규정을 반영하였으며, INF 코드라고 한다. 국제원자력기구의 규정을 반영한 국제해상위험물규칙에는 방사성물질 수송선박의 설계와 설비에 관하여 특별한 요구사항을 포함하고 있지 않으므로, 이 규칙에서 수송선박을 운반대상인 방사성물질의 총방사능량에 따라 3등급으로 분류하여 각각에 대한 구조설계 및 설비요건을 규정하였다.

- 가) INF 1등급 선박 : 총방사능량이 4,000 TBq 이하의 방사성물질을 수송하는 선박
- 나) INF 2등급 선박 : 총방사능량이 2×10^6 TBq 이하의 방사성폐기물 또는 2×10^5 TBq 이하의 플루토늄을 수송하는 선박
- 다) INF 3등급 선박 : 총방사능량에 관계없이 방사성물질을 수송하는 선박

IAEA Safety Series No. 37 Appendix VIII에 규정된 전용수송선박의 경우 방사선패기물 운송에 관한 기준[17]

방사성물질 전용수송선박의 운항과 운반용기의 선적 및 하역시 방사선관리에 필요한 다음의 항목들을 규정하여 선박의 안전운항, 방사선 안전유지 및 선원의 건강 등을 보장하고 있다. 이 기준에 따르면 선박에 방사성물질취급에 관한 자격 있는 감독자가 항시 승선하여 자체의 방사선안전관리 조직에 따라서 방사성물질 운반용기의 취급, 화물창 출입제한, 선원들의 작업등을 통제하고, 선원피폭 관리는 물론 전반적인 방사선안전관리를 하도록 엄격하게 규정하고 있다.

- 1) 방사선관리계통
- 2) 방사선안전관리조직
- 3) 방사선 측정
- 4) 운반용기 취급기준
- 5) 개인선량계
- 6) 피폭선량 산정
- 7) 출입제한구역 설정

- 8) 작업구역 설정
- 9) 피폭량 기준
- 10) 출입제한구역 관리
- 11) 오염검사 및 제염작업
- 12) 오염물품관리

수송선박관련 국내법규

- 1) 선박안전법/시행령/시행규칙[18]
선박이 감항성을 유지하고 인명과 재화의 안전보장에 필요한 시설을 갖추어 해상에서의 여러 위험들을 방지하기 위하여 제정한 법률이다.
- 2) 위험물선박운송 및 저장규칙[19]
국제해사기구의 국제해상위험물규칙을 기초로 선박에 의한 위험물의 운송 및 저장과 상용위험물의 취급에 관한 사항을 규정한 것으로 선박안전법의 하위법인 교통부령이다. 이 규칙에서 방사성물질은 위험물로 분류되어 있으나 용기, 포장, 표찰, 적재방법 및 검사 등에 대하여는 원자력법에서 정하는 바에 따른다고 규정하고 있다.
- 3) 해상에 있어서 인명의 안전을 위한 국제협약등에 의한 증서에 관한 규칙
국제해상인명안전협약 및 국제오염방지협약 등에 의한 협약증서의 교부에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있다.
- 4) 위험물선박운송기준[20]
위험물선박운송 및 저장규칙에서 위험물 운송에 관한 기준을 규정한 것으로 해운항만청 고시이다.
- 5) 개항질서법/시행규칙/시행령[21]
항만 내에서 선박교통의 안전 및 질서를 유지하기 위하여 제정한 법률로써, 위험물 운송선박의 입항 및 정박, 그리고 위험물의 하역, 운반 및 취급시 안전조치 등을 규정하고 있다.
- 6) 항만내 위험물취급안전규칙
항만내의 안전을 확보하여 인명과 재산을 보호하기 위하여 항만 내에서 위험물 취급에 필요한 제반 사항들을 규정하고 있다.

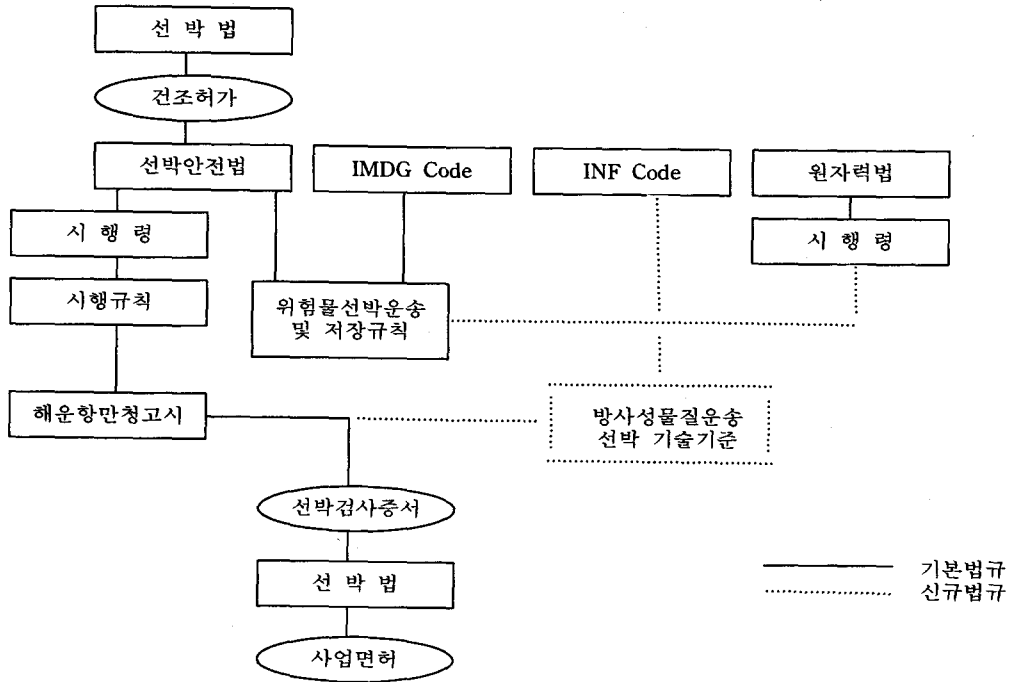


그림 5. 수송선박 법규계통도

7) 원자력법/시행령/시행규칙[22]
 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모하기 위하여 원자력 이용과 이에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정한 법률이다. 방사성물질의 선박에 이한 운반 및 포장기준 그리고 화물의 적재방법 등에 관하여 규정하고 있다.

8) 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정[23]
 방사성물질등의 포장 및 운반에 관하여 필요한 사항들을 규정하고 있는 과학기술처고시이다. 선박수송에 관하여 선박내의 피폭관리등을 규정하고 있다.

분석결과

선박관련 규정

국제법이 점점 국내법화 되는 추세에 있으므로 위험물로 분류되는 방사성폐기물의 수송선박은 국

제인명안전협약 및 국제해양오염방지규약 등의 국제법을 적용받아야 하며, 국제원자력기구의 규약 등에 따르면 인접국에 대한 피해규제도 고려하여야 한다는 규정도 언급되어 있으므로, 국제법을 준수하는 것이 타당하다고 판단된다. 현행 선박안전법의 하위법인 위험물선박운송 및 저장규칙 역시 국제법인 국제해상위험물규칙을 그대로 반영한 것이다.

선박구조 및 설비 등에 관한 사항을 규정하는 선박안전법등은 건설교통부의 해운항만청 소관이 고, 방사선안전설비와 차폐 및 운반에 관한 사항을 규정하는 원자력법은 과학기술처 소관이기 때문에 이들 사이의 간섭등을 가급적 없애려면 과학기술처와 건설교통부가 공동으로 선박에 대한 기술기준을 만드는 것이 바람직하고 또한 이러한 제정 방법도 가능하리라고 본다. 그리고 선박의 구조 및 설비 등에 대한 규정은 선박안전법의 시행규칙인 위험물선박운송 및 저장규칙의 하위법으로 고시화하는 것이 타당할 것으로 여겨진다.

현재 수송선박의 구조설비에 대한 기술기준은

한국원자력안전기술원 및 한국선급에서 기본안을 마련해두었으며, 이를 근간으로 하여 관련법규들을 부분적으로 보완하면 되리라고 본다. 이 기준안은 국제원자력기구와 국제해사기구가 공동으로 결의한 '사용후핵연료, 플루토늄 및 고준위 방사성폐기물 운반선의 안전수송규칙', 즉, INF 코드를 기초로 하고, 국제해상인명안전협약 및 한국선급의 선급 및 강선규칙을 참고로하여 방사성폐기물 수송선박의 안전을 위하여 선체구조, 안정성 및 방사선 방어설비를 포함한 여러 설비들에 대한 기준을 설정하였다.

하지만, 무엇보다 중요한 것은 안전한 수송선박의 확보를 위한 국내법규의 정비에 관계기관들의 보다 적극적인 협조가 필요하다.

선박설계 및 건조

수송선박의 확보를 위해서는 먼저 기본설계를 하고 상세설계, 건조 그리고 제조검사 등을 통하여 인허가를 받게 된다. 현재 세계적 수준에 있는 우리나라의 조선능력으로 충분히 이러한 선박을 설계하고 건조하는 것이 가능하다고 여겨진다. 단지 처음으로 건조하는 선박이기 때문에 선박 및 해상수송에 있어서의 방사선차폐구조 및 방사선 안전관리를 위한 설비 등은 경험이 있는 외국으로부터 부분적인 기술전수가 필요하리라고 본다.

결 론

외국의 방사성폐기물 수송선박의 현황, 인허가 절차, 인허가에 적용된 코드 및 관련규칙 등에 관한 기술자료를 조사하여 우리나라의 수송선박에 적용시키기 위한 설계요건을 분석한 결과, 수송선박의 선체는 국제해사기구 및 국제원자력기구 규칙의 요구사항을 만족시키기 위하여, 이중선층구조 및 이중저구조로 하여 방사성폐기물이 적재되는 화물창을 보호함과 동시에, 차폐구조로써 선원과 주위 환경을 보호하고, 충돌 및 좌초 등에 대한 손상시 복원력이 유지되도록 하며, 침수시 잔존능력의 복원성, 횡경사 각도 및 내충돌 구조를 구비하여야 할 것이다. 그리고 방사선 방어 설비 역시 엄격하게

갖추어야 할 것이다. 따라서, 만일의 해상사고가 발생하더라도 방사성물질이 외부로 누출되지 않는 개념의 선박을 설계, 건조하여 방사성폐기물을 안전하게 해상수송하여야 할 것이다.

그러나, 방사성폐기물 수송선박의 설계, 건조 및 운항에 관하여 국내법규가 아직 완전히 정비되어 있지 않은 상태이므로, 지금까지 조사, 분석된 내용을 기초로 하여 원자력법 및 선박안전법 등의 보완 및 신규 제정이 시급히 선행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. IAEA, *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 1985 Ed.*, IAEA Safety Series No. 6, (1990)
2. 靑木成文, "방사성물질수송의 전부", 일간공업신문사, (1990)
3. 한국원자력연구소 원자력환경관리센터, 수송시스템방안분석 최종보고서, PC-1-630-R-001, (1995)
4. 서상원, "방사성물질 운반선의 설계타당성 연구", 선박해양기술, 제17호, pp.118-125, 1994
5. H. Cutis et al., "Transport of Spent Nuclear Fuel-International and U.K", *Nuclear Europe*, No. 5, (1984)
6. SKB, *M/S Sigyn-Specially Designed and Built for Carrying Spent Fuel and Other Radioactive Material*, (1989)
7. 山西康裕, "저준위방사성폐기물 전용운반선 靑榮丸", *Energy Review*, pp.23-26, (1993)
8. 笹尾正士, "저준위방사성폐기물의 운송", 일본조선학회지, 제764호, pp.95-100, (1993)
9. 방사성물질등의 수송법령집, 일본원자력산업회의, (1993)
10. IMO, *Int. Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code)*, (1994)
11. IMO, *Code for the Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes in Flasks on Board Ships (INF Code)*, (1994)
12. 한국원자력안전기술원, 방사성폐기물 운송선

- 박의 방재에 관한 연구, KINS/HR-112, [1994]
13. IMO, 최신해상인명안전협약(SOLAS), 해인출판사, [1995]
 14. IMO, *Int. Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)*, [1994]
 15. 전일수의, 항만에서의 위험화물 취급개선방안, 해운산업연구원, [1994]
 16. IMO, *Recommendation on the Safe Transport of Dangerous Cargoes and Related Activities in Port Areas including Guidance on Implementation*, [1994]
 17. IAEA, *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 3rd Ed.*, IAEA Safety Series NO.37, [1990]
 18. 법제처, 대한민국 현대법령집, 제44권, [1995]
 19. 한국해사위험물검사소, 위험물선박운송 및 저장규칙, [1993]
 20. 해운항만청 고시, 위험물선박운송기준, [1994]
 21. 법제처, 대한민국 현대법령집, 제45권, [1995]
 22. 법제처, 대한민국 현대법령집, 제19권, [1995]
 23. 과기처 고시 제85-8호, 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정, [1985]