Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 18, No. 2, pp. 109-115, 2024
https://doi.org/10.23042/radin.2024.18.2.109

Original article

원자력 선박 적용을 위한 국내 원자력 안전규제 개선 및 적용방안에 관한 고찰

김재현[1,*] · 장준섭[1] · 권승민[1] · 김신형[1]

[1]한화오션(주)

A Study on the Improvement and Application Plans of Korean Nuclear Safety Regulations for their Application on Nuclear powered ships

Jaehyun Kim[1,*], Junseop Jang[1], Seungmin Kwon[1], and Sinhyeong Kim[1]

[1]Hanwha Ocean Co., LTD., GRAND CENTRAL Tower B 14, Sejong-daero, Jung-gu, Seoul 04527, Republic of Korea

ABSTRACT As a global effort for eco-friendly, the ship building is making great efforts to develop ships using low-carbon, eco-friendly alternative fuels. Nuclear energy, one of several eco-friendly alternative energy sources, is evaluated as an effective alternative for future ships by minimizing carbon emissions and securing economic feasibility with low power generation cost. However, although appropriate regulatory requirements are necessary for commercialization of nuclear powered ships, there are currently no regulatory requirements for nuclear powered ships in Korea. In this study, accordingly, domestic and international regulatory requirements related to nuclear powered ships were reviewed, matters to be considered in terms of safety when developing domestic marine nuclear reactor regulatory requirements were derived, and a licensing regulatory system for nuclear powered ships was derived.This study is expected to be used as basic reference data when developing regulatory requirements for nuclear powered ships.

Key words: Nuclear powered ship, Ship safety regulation, Nuclear safety regulation, Reactor safety, License

1. 서 론

2023년 7월 런던에서 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 제 80차 해양환경보호위원회를 통해 2050년 해양 탄소 중립(Carbon Neutrality) 실현을 목표로 하여 2023 온실가스(GHG, Green House Gas) 감축 전략을 채택하였다. 본 전략은 온실가스 배출을 2050년까지 2008년 기준 총배출량보다 50% 감축하기로 했던 기존 목표치를 상향하여 순 배출량을 '0'(Net-Zero)으로 달성하는 것이 주요 골자이다[1]. 그러나, 현재 수준으로 화석연료 이용을 지속할 경우, 2050년 해양 온실가스 배출량은 2008년 대비 3배 이상 증가할 것으로 전망된다[2]. 이와 같은 조선해양 분야의 온실가스 배출 규제 움직임에 따라 세계 각국은 탄소 배출이 기존 재래식 선박보다 현저히 낮은 친환경 선박을 개발 중에 있다[3].

2023년 3월 유럽연합(EU)은 FuelEU Maritime을 통해 온실가스 배출량을 줄이고 조선해양 산업의 탄소 중립을 위해 온실가스 배출 집약도 제한을 강화하는 해상 규정을 입법하였다. 이는 온실가스 집약도 기준치에 따라 초과분에 대한 연료사용량을 토대로 벌금이 부과되며 2025년부터 5년 마다 단계적으로 강화된다. 이에 따라, 경유, 중유 등을 포함한 대부분의 화석연료에 대해 2025년부터 벌금을 내야하며 2030년에는 모든 화석연료에 벌금이 부과될 것으로 전망된다[4].

이러한 노력의 일환으로 기존 화석연료를 대체할 수 있는 해양 친환경 에너지원 중 하나로 원자력이 고려되고 있다. 원자력은 에너지 밀도가 높아 핵연료 450 g 사용 시 석유 5,000 배럴 상당의 에너지 효율을 가지며 이산화탄소 배출을 최소화할 수 있다. 이에 따라 원자력 선박은 높은 에너지 밀도를 바탕으로 획기적인 연료비 절감을 가능하게 하고 연료 부피 감소가 가능하여 다른 친환경 에너지원보다 경제적 우위를 가질 수 있다[3]. 2050 탄소 중립을 고려하여 화석연료를 사용하지 않은 해양 시스템을 개발해야 하며 이를 위해서는 원자력이 효과적인 대안이 될 수 있다. 미국, 러시아 등 해외 여러 나라에서는 이미 1950

ISSN 1976-2402 http://www.ksri.kr/

Copyright© 2024 by Korean Society of Radiation Industry

*Corresponding author: Jae Hyun Kim
Tel: +82-2-2129-1169, E-mail: jh-kim@hanwha.com

Received 2 May 2024 Revised 11 June 2024 Accepted 19 June 2024

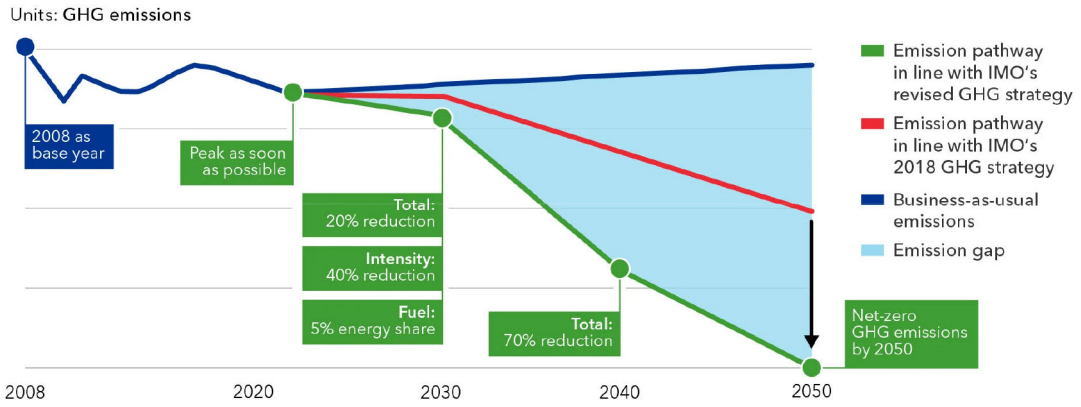

Fig. 1. Outline of ambitions and minimum indicative checkpoints in the revised IMO GHG strategy [2].

년대부터 군용 선박뿐만 아니라 쇄빙선을 포함한 다양한 해양용 원자력 시스템을 활용하고 있으나 국내에서는 아직 해양용 원자력 시스템에 대한 설계 및 운영에 관한 경험이 없다.

원자력 선박은 핵분열 에너지로 생산한 증기로 터빈을 구동시켜 터빈에 연결된 추진 프로펠러를 작동시키며 동시에 전력도 생산한다. 원자력 선박의 안전성 확보를 위해서는 해상환경의 특수성을 고려하여 해상에서의 원자로 운전 상황을 반영한 규제요건이 요구된다. 원자력안전법을 포함한 국내 원자력 안전규제상에는 발전용 원자로에 대한 규제 및 인허가요건이 규정되어 있으나 전출력 운전을 통한 전력생산이 주목적이므로 해당 요건으로는 원자력 선박의 인허가를 포함한 설계 및 건조에 관한 규제요건에 충분히 부합한다고 볼 수 없기 때문에 선박 추진용 원자로의 안전성을 검증하기 위한 법 및 규제기준이 마련될 필요가 있다. 하지만, 국내 원자력안전규제요건에서는 원자력 선박에 대한 규제요건이 전무한 상황이다. 따라서 원자력 선박을 개발하고 상용화하기 위해서는 원자력 선박과 선박용 원자로를 개발 및 운영하는 데 필요한 법령을 제정하고, 이를 바탕으로 인허가 규제기준을 마련하는 것이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 원자력 선박과 관련한 국내외 규제요건을 분석하고 안전성측면에서 국내 원자력안전법 및 관련 법령에 대한 안전규제 개선 및 적용 방안에 대해 논의하고자 한다.

2. 방법 및 결과

1. 원자력 선박 관련 국내외 해상규제 현황

원자력 선박과 관련한 주요 국내외 해상규제로는 국내 선박안전법 및 관계 법령(원자력선 기준 등), 해상에서의 인명안전을 위한 국제협약(SOLAS, International Convention for the Safety of Life at Sea 1974 협약), 원자력 선박을 위한 안전기준(결의안 A.491(XII) Code of Safety for Nuclear Merchant Ships) 등이 있다. SOLAS 1974 협약은 1974년에 채택된 협약으로 제8장(Nuclear Ships)에는 원자력 선박과 그 원자력시설에 관한 안전요건이 규정되어 있다[5]. 국내 선박안전법 내에 존재하는 원자력 선박기준 등은 SOLAS 1974 협약을 일부 준용하여 공표되었다. 그러나 현행 선박안전법상에는 법적 구속력을 가지는 법령은 존재하나 그에 맞는 상세 기술기준 및 규제기준이 존재하지 않는다. 국제해사기구(IMO)는 원자력 선박을 위한 안전기준을 1981년에 채택하였으며 가압경수로(PWR) 타입의 원자로에 관한 내용을 기술하고 있다[6].

2. IMO 원자력 선박 안전규제요건

2.1. SOLAS 1974 협약[5]

SOLAS 협약은 국제해상인명안전협약을 의미하며 해상에서의 인명안전 증진, 선박의 안전을 위한 선박의 구조, 설비 및 운항에 관한 최저기준을 설정하여 1974년 11월 런던에서 채택되어 1980년 5월에 발효되었다. 원자력 선박과 관련된 협약은 Chapter 8에 있으며 원자력 선박의 안전상의 설계 요구사항을 담고 있다. 구성은 12개의 규칙(Regulations)과 11개의 권고(Recommendations)로 이루어져 있다.

2.1.1. SOLAS 1974 협약 규칙 주요 내용 및 검토

(1) 제1규칙: 적용

본 규칙은 군함 이외의 모든 원자력 선박에 적용한다.

검토: 군함의 경우 본 규칙을 따르지 않으며 군함과 관련한 특별한 규칙 등은 본 협정에 포함되지 않는다.

(2) 제4규칙: 원자로장치의 승인

원자로장치의 설계 및 구조와 검사 및 조립의 기준은 주관청이 만족하고 승인한 것이어야 하며 방사선에 의해 검사가 제약받는 것을 고려하여 설계해야 한다.

검토: 주관청이 원자로장치에 대한 심·검사를 수행하고 사업자는 이를 승인받아야 한다.

(3) 제7규칙: 안전평가서

(a) 원자력시설 및 선박의 안전성을 평가할 수 있게 안전설명서를 작성해야 한다. 주관청은 충분히 안전에 대한 검증이 이뤄졌을 때 안전평가서를 승인하여야 하며, 안전평가서는 항상 최신화되어 있어야 한다.

(b) 안전평가서는 원자력 선박이 방문하고자 하는 국가의 정부에 대해 이들 정부가 선박의 안전성을 평가할 수 있도록 충분한 여유를 가지고 사전에 제공하여야 한다.

검토: 안전성분석에 대한 보고가 이뤄져야 하며 인허가 과정을 주관청이 수행하며 선박 입항 시 관련 당국의 인허가를 추가로 받아야 한다.

(4) 제12규칙: 해양사고

주변 환경에 위험 가능성이 있는 사고가 발생하였을 때는 원자력 선박의 선장은 즉시 주관청에 통보하여야 한다. 선장은 선박이 있는 수역 및 접근하려는 수역에 속하는 국가의 정부에 즉시 통보하여야 한다.

검토: 해양사고 발생 시 선박을 운영하는 주체인 국가의 주관청 및 사고 해역의 정부 모두 신고해야 한다.

2.1.2. SOLAS 1974 협약 권고 주요 내용 및 검토

(1) 제1권고: 원자력 선박의 안전성

외부요인에 의한 사고가 원자력 시설에 영향을 주지 않도록 가능한 안전하게 배치해야 한다. 원자력 선박의 설계는 해당 선급의 요구사항을 만족해야 하며 선박 구성품에 대해서는 원자력 시설의 위험을 최소화하기 위한 적절한 방호설계가 고려되어야 한다.

검토: 선박 안전성에 대한 인허가는 선급을 통해서 받아야 하며 위험 분석 등을 수행하고 충분한 설계 안전마진을 가져야 한다.

(2) 제5권고: 방사성폐기물

(a) 고체, 액체, 기체의 방사성폐기물을 안전하게 처리하기 위한 설비를 갖추고 필요할 때는 안전하게 저장할 수 있는 설비를 갖춰야 한다.

(b) 공해에서의 방사성폐기물의 최대허용량은 국제기준에 따라 이뤄져야 한다.

검토: 선박 내에 방사성폐기물 처리 설비가 구비되어야 하며 필요에 따라 공해상에서 기준에 따라 배출이 허용된다.

(3) 제6권고: 연료 취급과 유지보수

(a) 핵연료의 취급은 목적에 맞게 설비된 특정 장소에서만 행해져야 한다.

(b) 연료의 인출, 이송 및 유지보수의 경우 인체에 해가 없는 범위에서 행해져야 한다.

검토: 핵연료 취급을 위한 선박 내 별도 구역이 요구되며 핵연료에 대한 방사선방호 대책이 필요하다.

2.2. IMO 결의안 A.491(XII), Code of Safety for Nuclear Merchant Ships [6]

IMO 결의안 A.491(XII)은 원자력 선박의 설계, 건조, 시운전, 운영 및 해체에 대해 합의된 국제 안전 지침을 제공하고자 1981년에 결의되었다. 상기 서술된 SOLAS 1974 협약 부록3에 명시된 원자력 선박에 적용되는 권고 사항이 원자력 선박의 안전기준에 대한 지침 제공에 불충분하다는 것을 인지하고 이를 대체하고 SOLAS 1974 규칙을 보충하기 위한 목적을 가지고 있다. 본 결의안은 결의 당시 상업적인 운전이 가능한 가압경수방식의 원자로(PWR) 유형만을 고려하여 제정되었으며 전체 구성은 8개의 장과 6개의 부록으로 구성되어 있다.

2.2.1. IMO 결의안 A.491(XII) 주요 내용 및 검토

(1) 위험 수용 원칙

원자력 선박은 특수한 안전 문제를 가지고 있어 보다 체계적인 접근이 필요하며 빈도와 결과에 따라 사고 상황에 대한 순위를 매기는 것이 적절하다. 사고 상황은 본 규정에서 Plant Process Condition (PPC)로 정의된다. 원자력 선박에 대한 사건은 Table 1와 같다.

검토: PPC 단계를 구분하여 사고 상황을 분류하는 것은 상용 발전소와 유사하나 구체적인 정의는 다소 상이한 내용을 담고 있다.

(2) 안전등급(Safety Class)

계통은 계통이 수행하는 기능 상실로 인한 결과를 바탕으로 안전등급을 지정해야 한다.

(a) 안전등급1(SC-1): 원자로 보호 계통 및 정지 계통, 1차 압력 경계 및 노심 지지구조물의 압력 용기 및 구성품, 증기발생기 및 격리 밸브를 포함한 주증기관 등

(b) 안전등급2(SC-2): SC-1에 포함되지 않는 1차 압력 경계의 구성품, 격납 구조물 및 그 안전계통, 잔열 제거계통, 수소제어계통, 비상 노심 냉각계통, 격납건물 냉각 및 감압 계통, 원자로 냉각재 계통, 기타 안전 기능 보장 계통, 전원공급계통 등

(c) 안전등급3(SC-3): SC-1, 2에 포함되지 않은 NSSS 또는 일부 안전계통으로 해수 냉각수 계통 등 안전계통을 지원하는 보조 계통, 폐기물 처리 계통 및 보충수 정화 계통 등

(d) 안전등급4(SC-4): SC-1, 2, 3에 포함되지 않은 원자로 발전기를 포함한 터빈과 응축기, 2차 증기 및 급수 계통, SC-1, 2, 3에서 다루지 않는 NSSS 구성품 등

검토: 다소 구체적으로 규정하고 있어 변동 설계사항에 대해 반영이 어려우므로 추후 개정될 필요가 있다.

(3) 반응도 제어

원자로 고속정지(비상정지) 계통은 최대 90° 각도에서 원자로

Table 1. PPC Class Classification

PPC	General definition	Likelihood of occurrence	Consequences
PPC1	Normal operation	Continuous or frequent	The ship and its NSSS operate within the radiation limits for normal operation.
PPC2	Minor occurrences	Infrequent	Those which arise from unplanned occurrences without disturbing significantly the operation of the ship.
PPC3	Major occurrences	Remote	Those that may involve a limited unavailability of a ship, either singly or in combination, a degradation of the ship's structure or NPP, injuries, and so on.
PPC4	Severe accident	Extremely remote	Those that may ultimately involve, either singly or in combination, loss of life or loss of the ship.

Table 2. Criteria for Discharge of Radioactive Wastes

Form of waste	Harbors and estuaries	Other waters subject to the jurisdiction of the coastal State or up to 1,000 fathoms whichever is greater	High seas beyond the limits of column 3
Solid	No discharges	No discharges	No discharges
Liquid	Discharges if approved by the host Administration.	Discharges if ≤total reactivity 74 GBq/month, and, ≤activity concentration 3.7 MBq m^{-3}. Also, discharges if approved by the host Administration.	
Gaseous	No discharges if possibly.	Discharges if approved by the host Administration.	Discharges within the requirements.

Table 3. Radiation Limitations Depending on Each Area

Areas	Dose-equivalent rate
In the navigation bridge	0.75 μSv h^{-1}
In accommodation spaces	0.15 μSv h^{-1}
On upper deck and in cargo spaces	0.50 μSv h^{-1}
On ship's sides above the waterline	0.50 μSv h^{-1}
On ship's bottom, the reactor at 10% power	7.5 μSv h^{-1}

를 정지할 수 있도록 설계되고, 모든 각도에서 원자로를 정지 상태로 유지할 수 있어야 한다. 또한 원자로 고속정지 계통은 다음과 같은 경우 안전상의 이유로 더 작은 경사에서 자동으로 운전해야 한다.

- 격납 구조물이 침수되는 경우이거나 선박이 물에 잠기게 된 경우
- 선박이 45°로 기울어지거나 앞뒤 방향으로 10° 기울 때 (Heel and trim conditions)

검토: 해상환경에서의 특수성을 반영하여 설계에 충분히 반영해야 한다.

(4) 방사성폐기물 배출 기준

PPC1 또는 PPC2에 따라 선박 운항 중 발생하는 폐기물에 대해 선박에서 환경으로 배출되는 폐기물의 방사선 수준은 합리적으로 달성 가능한 낮아야 하며 어떠한 때에도 Table 2에 맞는 한도 내에 있어야 한다.

검토: 규정상에는 PPC1 및 PPC2만 배출이 가능함을 나타낸다(즉, 사고 시 배출불가).

(5) 부록3: 안전해석

(a) 원자로 사고 분류: 1차 냉각수 펌프 또는 펌프의 비상정지, 증기발생기 튜브 파손, 급수 공급 장애, 전력 공급 장애, 증기 추출 장애, 주증기배관 파손, 운전원 철수, 냉각수 사고, 1차 계통 파열(냉각수 상실사고) 등

(b) 선박사고 분류: 충돌(원자로 구역에 대한 충격), 연선/접지, 전복, 얕은 물에 침몰, 깊은 물에 침몰, 화재 등

검토: 본 규정을 제정할 당시에 정의된 사고 분류이며 설계기술 및 안전해석 기술발전에 따른 변동사항 및 추가사항을 반영하여 해상환경에 맞는 사고 재분류가 필요하다.

(6) 부록4: 선박 각 구역에서의 방사선량 제한치

선박 각 구역에서의 방사선량 제한치는 Table 3과 같다.

검토: 본 선박 제한치는 상용발전소 기준과 상이하며 해당기준치 자체가 다소 보수적이기 때문에 선량 기준치 자체의 재검토가 필요하다.

3. 국내 선박안전법 안전규제요건

선박안전법은 선박이 안전하게 항해하는 데 필요한 인적, 물적 능력을 유지함으로써 해상에서의 인명안전을 확보하는 데 필요한 설비를 갖출 것을 의무화한 것이다. 선박안전법상에 원자력 선박과 관련된 규제요건은 일부 존재하지만, 해당 규제요건은 IMO SOLAS 1974 협약의 8장을 일부 준용하여 규정되어 있으며 다소 일반적이고 선언적인 내용을 규정하고 있다. 국내 선박안전법 및 관계 법령 중 원자력 선박의 설계 및 건조에 대한 안전규제요건은 선박안전법 행정규칙인 해양수산부고시 원자력선 기준에 자세히 규정되어 있다[7]

3.1. 선박안전법 행정규칙 해양수산부고시 원자력 선박기준 주요 내용 및 검토

(1) 제1조(목적)

이 기준은 선박안전법의 규정에 따른 원자력 선박의 구조 및 설비에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

검토: 원자력 선박에 대한 선박안전법 규정이 존재함을 선언하였다.

(2) 제5조(원자로장치의 승인)

(a) 원자로장치는 일반적 또는 특별한 항해 여건에서 사용되는 운전 상태를 고려하여 선박에 적합하게 설치하여야 한다.

검토: 해양환경에 따른 선박 운전모드에 대한 원자로장치의 안전해석이 수행되어야 하며 해양수산부 권한으로 심·검사를 수행해야 함을 기술하고 있다.

(3) 제6조(안전설명서 등)

(a) 원자력시설 및 선박의 안전을 평가할 수 있도록 안전설명서를 작성하여야 하며, 해양수산부 장관은 안전설명서가 만족스럽게 작성된 경우 승인하여야 하며, 항상 최신화되어 있어야 한다.

(b) 안전평가서는 원자력 선박이 입항하고자 하는 항만 당국이 선박의 안전성을 평가할 수 있도록 충분한 여유를 가지고 사전에 제공되어야 한다.

검토: 상용발전소에서 말하는 안전성분석보고서와 같은 기능을 가지는 문서를 안전설명서로 언급하고 있으며 원자력 선박에 대한 안전성을 입증(인허가를 득해야함)해야 함을 기술하고 있다.

(4) 제16조(비상시 제어장소)

원자로 설비에 사고가 발생하거나, 사고의 위험이 있는 경우 긴급하게 제어할 필요가 있는 장비는 통상의 제어장소 이외에서도 제어할 수 있어야 한다.

검토: 주제어실 이외에 비상 제어를 위한 별도의 구역이 필요함을 기술하고 있다.

고찰 및 결론

1. 원자력 선박 관련 국내외 규제요건 고찰

원자력 선박의 안전성을 확보하기 위해서는 해상환경에 맞는 적합한 안전규제요건이 요구된다. 원자력 선박을 설계하는 데 있어 기존 상용발전소와는 다른 점은 원자로가 동적인 해상환경과 상대적으로 한정된 공간에 놓여있다는 점이다. 이에 따라 동일 노형, 동일 출력의 원자로를 운영하더라도 원자력 선박의 안전설계를 위해서는 추가로 고려해야 할 사항이 다수 존재한다. 특히, 해상환경에서는 육상환경과는 다른 사고상황이 존재하며 이를 고려하여 안전성을 확보할 필요가 있다[8]. 본 연구에서는 원자력 선박 관련 국내외 규제요건을 검토한 결과를 바탕으로 기존 상용발전소와 다른 사고상황에서의 설계 고려사항에 반영해야 할 규제요건에 대한 사항을 중점적으로 고찰하였으며 그 주요 사항은 다음과 같다.

첫째는 안전등급에 대한 사항이다. 일반적으로 상용발전소에서 안전급 기기는 원전 사고 발생 시 어떠한 상황에서도 고장없이 원자로를 안전하게 정지하고 미임계를 유지할 수 있도록 지원하는 기기를 의미한다. 그러나 원자력 선박의 경우 침수 및 침몰 상태에서도 선박이 적어도 인근 항구로 정박/인양될 수 있도록 건전성을 유지할 수 있는 기기가 선박 내 필수적으로 존재해야 하므로 안전등급에 대한 재정의가 필요할 것으로 판단된다.

두 번째는 비상 전원에 대한 사항이다. 기존 상용발전소의 경우 원자로의 비상정지에도 소외에서 전원을 끌어오거나 비상 디젤발전기를 통해 전력공급이 가능함에 따라 사고상황에서 신속히 원자로의 안전정지를 수행할 수 있다. 그러나 원자력 선박의 경우 안전규제상에 모든 원자력 선박은 필수적으로 비상 디젤발전기를 탑재하는 것을 요구하고 있지만, 비상 디젤발전기로의 전환이 신속하게 이뤄지지 않기 때문에 사고상황에서 승조원의 안전을 크게 위협할 수 있는 상황을 겪을 수 있다. 따라서 선박용 원자로에서는 일부 기기에 대해 초기사건이 발생하더라도 조건없는 비상정지보다는 가능한 지속운전이 가능하도록 설계해야 하며 이를 규제요건에 반영할 필요가 있다.

셋째는 해상운전상에 있어 선체의 주기적인 운동에 의한 관성력 및 선체의 기울어짐에 대한 사항이다. 원자력 선박의 경우 해상에서의 파도 및 충돌과 같은 사고 이외에도 정상 운항에 있어 선체의 운동이 발생한다. 일반적으로 선체 운동에 대해 6자유도 운동이 발생하게 되고 이는 원자로나 증기발생기 등의 내부 물이나 냉각수의 높낮이 차이를 유발하며 이는 원자로 운영에 영향을 줄 수 있으므로 이러한 사항을 원자력 선박 설계에 충분히 고려할 필요가 있다. 이는 현행 원자력안전법상에 규정되어 있지 않은 사항으로 원자력 선박에서는 필수적인 설계 고려사항 중 하나로 분류된다.

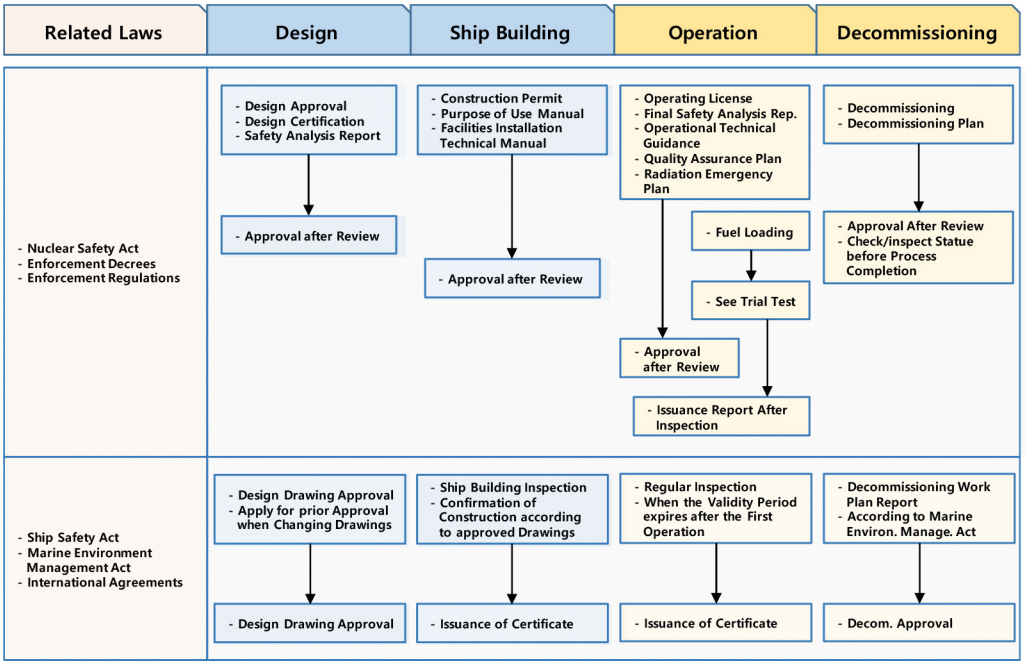

Fig. 2. Nuclear powered ships licensing regulation system

마지막으로 원자력 선박에 대한 사고해석에 대한 사항이다. 원자력 선박의 경우 침수 및 심해로의 침몰이 발생할 수 있으며 전복과 좌초 역시 고려해야 하는 사고상황이다. 기존 상용발전소의 설계기준사고에서는 이에 대해 고려하지 않으므로 해상환경에서의 사고상황에 대해 도출하고 그 영향을 평가할 필요가 있다. 또한, 지진이나 쓰나미와 같은 기존에 고려하였던 사고상황에 대해서도 해상환경과 맞지 않는 사항에 대해 전반적인 검토가 필요하다.

2. 원자력 선박 인허가 규제체계 및 안전규제 적용방안 고찰

현행 국내법상에서는 선박에 관한 선박안전법과 원자력에 관한 원자력안전법을 모두 준수해야 원자력 선박의 상용 운전이 가능한 상황이다. 원자력 선박은 기본 바탕이 선박에 있으므로 통상적으로 일반적인 상용 선박이 정상적으로 상업 운전을 위해서 선박안전법에 따른 설계·건조 및 선급 인허가를 수행하고 원자력안전법에 따라 원자로의 상용 운전을 위한 인허가를 득해야 한다. 국내에는 원자력 선박의 건조 및 운항 실적이 없으므로 원자력안전법상에는 원자력 선박 관련 법규가 제정되어 있지 않고 선박안전법에는 법적구속력을 가지는 법령은 존재하나 모든 내용을 포괄하지 못하며 해당 법령을 만족시켜야 되는 기술기준 및 규제기준이 존재하지 않는다. 국내 원자력 선박의 상용화를 위해서는 원자력 선박의 안전성을 입증할 수 있는 적절한 규제요건이 입법화되어야 하며, 두 법령으로 인한 법적 중복규제 및 규제상충으로 인한 혼란을 배제하기 위해 원자력 선박과 관련된 상기 두 법령 입법 시 충분한 검토 및 규제 검증의 필요성이 있다. 이에 따라 앞서 검토한 원자력안전법 및 선박안전법에 있는 원자력 선박의 설계, 건조, 운항 및 해체에 이르는 전 과정의 인허가 규제체계를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2와 같이 선박안전법과 원자력안전법은 유사한 규제체계를 가지고 있으므로 중복규제 및 규제상충을 막기 위해 이를 개정해야 할 필요가 있으며 그 방법은 크게 세 가지로 생각해 볼 수 있다. 첫 번째는 원자력과 관련된 모든 규제를 원자력안전법으로 이행하고 선박안전법은 선박과 관련된 사항만 규제 이행하도록 개정하는 방법이다. 두 번째 방법은 두 법령 중 어떤 하나의 규제를 이행하여 관련 기관으로부터 인허가를 득한다면 같은 내용으로 다른 규제조항은 면제할 수 있도록 개정하는 방법이다. 마지막으로는 원자로의 운영과 관련된 사항만 원자력안전법으로 이행하고 원자로의 운영 외에 부분에 대해서는 선박안전법을 따르도록 하는 방법이 있다. 세 가지 방법 모두 현재로써는 적용하기에는 많은 어려움이 있으며 어느 하나 정답이라고 자신 있게 이야기 할 수 없는 사항이므로 추후 많은 규제연구를 통해 이를 시급히 해결해 나가야 할 것 이다.

3. 결　　론

탄소 중립을 위한 전 세계적인 노력으로 조선해양 분야에서는 저탄소 친환경 대체 연료를 활용한 선박 개발에 큰 노력을 기울이고 있다. 여러 친환경 대체 에너지원 중 하나인 원자력은 탄소 배출을 최소화하고 낮은 발전 단가로 경제성을 확보하여 미래형 선박연료로의 효과적인 대안으로 평가되고 있다. 그러나 원자력

선박의 상용화를 위해서는 그에 적합한 규제요건이 요구되나 현재 국내에서는 원자력 선박의 규제요건이 제대로 마련되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 국내외 원자력 선박 관련 규제요건을 검토하였으며 국내 선박용 원자로 규제요건 개발 시 안전성 측면에서 고려해야 할 사항을 도출하고 원자력 선박에 대한 인허가 규제체계를 도출하였으며 안전규제 적용방안을 고찰하였다. 본 연구는 원자력 선박의 규제요건개발 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. International Maritime Organization. 2023. The 80th Session of the Marine Environment Protection Committee, Marine Environment Protection Committee 80. [Online] Available: https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-80.aspx.
2. Det Norske Veritas. 2023. Maritime Forecast to 2050. [Online] Available: https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast-2023.
3. Kim CH. 2022. Carbon Neutral Economy Ocean Filed's Nuclear Application. Nuclear Policy Brief Report 2022-03. Korea Atomic Energy Research Institute.
4. Korean Register. 2022. KR webzine Vol.215. [Online] Available: https://krs.co.kr/kor/Webzine/?WMDR=304.
5. International Maritime Organization. 1974. International Convention for the Safety of Life at Sea.
6. International Maritime Organization. 1981. Code of Safety for Nuclear Merchant Ships. Resolution. A491(XII).
7. Ministry of Oceans and Fisheries. 2020. Nuclear Ship Standards. Ship Safety Act Ministry of Oceans and Fisheries Notice No. 2020-112.
8. Kim JH, Jung SK, and Park YI. 2022. A study on the improvement of Korean nuclear safety regulation from small modular reactor license perspective. *Journal of Radiation Industry* **16**(4):559-565. https://doi.org/10.23042/radin.2022.16.4.559.