

## 고방사성 산화물핵연료의 해외수송방안 분석

### The Option Study of Oversea Shipment of DUPIC Fuel Elements to Canada

이호희, 박장진, 양명승, 서기석  
한국원자력연구소

#### 요 약

원자력연구소에서는 국내 원전에서 배출된 사용후핵연료를 IMEF M6 핫셀에서 건식 재가공하여 건식공정 산화물핵연료를 개발하였다. 개발된 핵연료의 성능을 검증하기 위해서는 실제 상용로와 동일한 고온고압 조건하에서 조사시험이 필요하나 국내에는 이러한 조사시설을 갖추지 못하고 있으므로 핵연료 성능의 검증이 어렵던 차에 한·카·미·IAEA간의 국제공동연구 과제진도회의에서 AECL측은 중성자비를 받지 않고 캐나다 NRU에서 건식공정 산화물핵연료를 조사시험을 할 수 있다고 제안하였다. NRU 조사시험을 하고자 하는 핵연료는 건식공정 산화물핵연료봉 10개(약 6 kgU)이며 운반물 분류등급에 따라 제7종 위험물로 핵분열성물질에 해당한다. 일반적으로 소량의 방사성물질을 운반할 경우에는 비용뿐 아니라 수송기간 측면에서 항공수송이 선박수송에 비해 유리한 것으로 알려져 있어 항공기를 이용한 건식공정 산화물핵연료의 해외 수송방안을 검토하였다. 검토결과, 현재 건식공정 산화물핵연료봉 10개를 운반할 수 있는 적절한 항공수송용 수송용기가 없어 항공수송이 불가능한 것으로 조사되었다. 선박을 이용한 해외 수송방안은 가능하나 이 경우에는 전용선박을 사용해야 함으로 비용이 많이 소요되는 것으로 분석되었다.

#### Abstract

KAERI has developed DUPIC nuclear fuel with the refabrication of spent PWR fuel discharged from domestic nuclear power plant by a dry process at M6 hot-cell in IMEF. To verify the performance of DUPIC nuclear fuel, irradiation test at the operating conditions of commercial power plant is essential. Since the HANARO research reactor of KAERI does not have fuel test loop(FTL) for irradiating nuclear fuel under high temperature and high pressure conditions, DUPIC fuel cannot be irradiated in the FTL of HANARO. In the 13-th PRM among Korea, Canada, USA and IAEA, AECL proposed that KAERI fabricated DUPIC fuel can be irradiated in the FTL of the NRU research reactor without charge of neutrons. The transportation quantity of DUPIC fuel to Canada is 10 elements(about 6 kg). This transportation package is classified as the 7-th class according to "recommendation on the transport of dangerous goods" made by the United Nations. In case of air shipment, until now, there is no proper air transportation cask for DUPIC fuel. In case of sea transportation is possible but requires very high cost.

## 1. 서 론

핵비확산성 건식공정 산화물핵연료 기술개발과제에서는 IMEF M6 핫셀에서 경수로 사용후핵연료를 직접적인 재가공 방법에 의해 중수로 핵연료로 재사용할 수 있는 건식공정 산화물핵연료를 개발하여 다목적 연구로인 하나로에서 조사시험을 수행한 바 있다. 개발된 중수로 핵연료의 특성을 입증하기 위해서는 실제 중수로 운전조건과 동일한 고온고압분위기에서의 조사시험이 필요하나 현재 하나로에 Fuel Test Loop이 설치되어 있지 않았으므로 고온고압조건 하에서의 조사시험은 당분간 불가능한 실정이다. 하나로에서 조사시험 결과만으론 개발된 핵연료의 성능 입증에 한계가 있음에 따라 건식공정 산화물핵연료의 성능을 입증하는 방안을 모색하던 중 '00년 11월에 한국에서 개최된 한·카·미·IAEA간의 제13차 PRM에서 AECL측은 NRU에서 중성자비를 받지 않고 건식공정 산화물핵연료의 조사시험을 수행하겠다는 파격적인 제안을 하였다. 이에 따라 NRU 조사시험을 구체화하기 위한 건식공정 산화물핵연료의 해외 수송방안을 검토하게 되었다[1, 2].

## 2. 운반대상 핵연료의 특성

운반대상 건식공정 산화물핵연료의 양은 '01년 5월 및 11월 한국에서 개최된 제 14차 및 15차 한·카·미·IAEA간의 PRM에서 협의하여 산화물핵연료봉 10개(약 6 kgU)로 결정한 후 이를 JD에 반영하였다. 또한 미국원산 핵연료의 국제이전에 따른 미국측의 사전동의를 '01년 4월 신청하여 '02년 4월 미국으로부터 동의를 획득하였다. 건식공정 산화물핵연료 제조에 사용된 경수로 사용후핵연료는 '86년 10월 고리 1호기에서 배출되어 PIEF 수조에 저장중인 G23 핵연료로서 농축도 3.21 w/o, 연소도 35,500 MWD/MTU이다. 운반대상 산화물핵연료봉 10개의 방사능량은: 약 40.34 TBq이다

## 3. 해외수송 관련 법규 및 규정

조사연료의 해외수송을 위해서는 관련법규 및 규정을 검토하여 제반 요건을 만족시킬 수 있도록 적합한 절차에 따라 수송용기와 수송방법을 선정하고, 규제기관으로부터 인허가를 획득하여야 한다. 특히 본 수송과 같이 소량의 사용후핵연료를 수송한 경험은 국내뿐 아니라 세계적으로도 매우 드문 경우에 해당하므로 관련법규 및 규정의 검토와 해당 전문가들과의 협의는 무척 중요하다. 특히 소량의 조사연료의 국제수송은 정책적인 목적에 따라 수행한 바는 있으나 상용 목적으로 운반한 경험은 전무한 것으로 조사되었다.

방사성물질의 해외수송을 위해서는 IAEA TS-R-1, IATA DGR, SOLAS, IMDG 등의 규정을 만족시켜야 한다[3~8]. 이러한 규정들은 최근 강화되어 개정됨에 따라 이들 규정의 검토는 중요하다. 조사연료의 수송과 관련된 국내 원자력관련 법규 및 규정은 원자력법, 원자력법시행령, 원자력법시행규칙, 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙(과기부령 제 30호), 방사성 물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정(과기부고시 제2001-23호), 방사성물질 운반용기의 제작검사 및 사용검사에 관한 규정(과기부고시 제2001-19호) 등의 원자력관련 법규 및 규정뿐 아니라 선박안전법, 선박안전법 시행령, 선박안전법 시행규칙, 특수화물 선박운송규칙, 위험물 선박운반 및 저장규칙 등이 있다[9~14]. 또한 국제수송은 위에서 언급한 공통적인 규정 외에 해당국 관련법규 및 규정도 만족시켜야 한다.

#### 4. 수송용기 선정

고방사성 조사연료를 운반하기 위해서는 국제적으로 통용되는 규정에 따라 해당국의 원자력 규제기관으로부터 인허가를 받은 수송용기를 사용하여야 한다. 이러한 용기를 선정하기 위해서는 운반대상 조사연료의 제원, 방사능량, 붕괴열, 핵분열성물질 여부 등의 특성을 분석하여 이에 맞는 수송용기를 선정한다. 방사성물질 운반용기는 운반물의 크기, 형태 및 운반 목적에 따라 다양한 운반용기를 개발하여 활용 중에 있다. 방사성물질 등의 종류와 그 한도량에 따라 L형 운반물, IP형 운반물(IP-1형, IP-2형, IP-3형), A형 운반물, B형 운반물(B(U)형, B(M)형), C형 운반물 및 핵분열성물질 운반물로 구분한다. 운반물은 차폐·격납 및 열전달 특성이 승인된 설계기준에 적합하여야 하고, 핵분열성물질인 경우에는 임계를 방지하기 위하여 중성자 방출물질의 존재와 분포를 확인하여야 한다[3~7].

건식공정 산화물핵연료 봉 10개의 A2값의 합은 약 1,130이고, 핵분열성물질이 15 g를 초과하므로 핵분열성물질에 해당한다. 1·A2 이상인 방사성물질을 운반할 수 있는 운반용기는 B(M), B(U), C형이 있으며, 이 중에서 핵분열성물질을 운반하기 위해서는 B(M)F, B(U)F, CF형의 운반용기를 사용하여야 한다. 특히 본 건식공정 산화물핵연료는 이미 원자로에서 한번 조사된 사용후핵연료를 재가공하여 제조되었으므로 방사능이 높고, 핵분열성물질일 뿐 아니라 연료봉의 길이가 약 50 cm로서 통상적인 운반물과는 차이가 크므로 이에 적합한 용기를 선정하기는 매우 어렵다. 이에 따라 건식공정 산화물핵연료의 해외 수송을 위해 국내에 사용중인 용기를 인허가 받아 사용하는 방안과 외국의 수송용기를 임대하는 방안을 동시에 검토하였다.

국내에서 사용중인 하나로 수송용기(6.6 톤)는 하나로 핵연료 1다발 또는 CANDU 핵연료 2다발을 수송할 수 있으나, 제작 당시 인허가 비용 등의 문제 때문에 연구소 내에서만 운반할 수 있도록 인허가를 받아 건식공정 산화물핵연료의 해외수송을 위해서는 규제기관으로부터 다시 인허가를 받아야 하는 문제점이 있다[15]. 하나로 수송용기의 인허가를 갱신하기 위해서는 운반용기의 인허가를 위한 제반 안전성분석을 재 시행하여야 하고, 안전성 시험도 재 수행하여야 한다. 또한 경유국 및 도착국의 인허가도 고려하여야 한다. 이러한 제반 여건과 문제점을 고려할 때 단 1~2회의 건식공정 산화물핵연료의 해외수송을 위해 국내에서 사용중인 수송용기를 재 인허가 받는 방안은 경제적 및 기술적 측면에서 위험부담은 너무 크나 얻는 이점이 적은 것으로 분석되었다.

외국의 수송용기중 AECL사의 IMT Cask(5.6 톤), NAC사의 LWT Cask(23.6 톤), GE사의 GE-2000 Cask(15.2 톤) 등이 가용한 것으로 조사되었다[16~18]. 외국의 수송용기를 임대하는 방안을 검토한 결과 GE-2000 Cask과 NAC-LWT Cask는 중량이 너무 무겁고 임대비용이 너무 비싼 것으로 조사되었다. 기술적인 측면 및 경제적인 측면에서 AECL사의 IMT 수송용기가 가장 바람직한 수송용기로 분석되었다. 그러나 이 수송용기도 검토 대상이었던 다른 수송용기와 마찬가지로 핵분열성물질의 항공수송은 불가하므로 선박을 이용한 수송이나 핵분열성물질 면제범위를 이용한 항공수송에만 사용할 수 있는 단점이 있는 것으로 조사되었다.

#### 5. 수송방안 분석

##### 가. 항공수송방안 분석

운반대상 사용후핵연료의 특성, 핵연료 봉과 수송용기 적재하역 방법 등의 기술적 측면 및 수송용기 임대비용, 인허가비용, 수송비용 등의 경제적 측면과 더불어 항공수송에 따른 법규 및 규정 등의 특성을 고려하여 건식공정 산화물핵연료 봉의 수송에 적합한 수송방안을 도출하기 위해 여러 수송방안을 분석하였다. 일반적으로 소량의 방사성물질을 운반할 경우에는 비용뿐 아니라 수

송기간 측면에서 항공수송이 선박수송에 비해 유리한 것으로 알려져 있다. 특히 항공수송은 수송기간이 짧아 수송용기의 임대기간을 단축할 수 있으므로 수송용기를 소유하고 있지 못한 우리 실정에 적합한 수송방식이므로 건식공정 산화물핵연료의 항공운반 가능여부를 검토하였다.

### 1) 항공혼용 수송방안 분석

수송비용을 줄이려면 여객기 또는 화물기를 이용해서 다른 화물과 함께 혼용 적재하여 수송하는 것이 바람직하다. 대한항공은 인천공항에서 캐나다 서부에 위치한 밴쿠버 공항까지 여객기를 하루에 1회씩 운항하고 있고, 화물기인 경우에는 인천공항에서 캐나다 동부에 위치한 토론토까지 주당 2~3회 운항하고 있다. 따라서 이 수송방안은 법규와 규정을 만족시킬 수 있다면 가용한 수송방안이므로 우선 이 방안에 대한 법규 및 규정의 제한 사항을 검토하였다.

여객기에 위험물을 혼용 적재하여 수송할 경우에는 IATA DGR 규정을 만족시켜야 한다. 그러나 IATA DGR Limitation중 Operator Variation(대한항공)에 핵분열성물질의 여객기를 이용한 수송은 금지되어 있다. 특히 '01년부터 대한항공에서는 항공기 안전 운항을 위하여 모든 여객기에 위험품 탑재를 금지(단, 화물기 미운항 지역에 한하여 화장품, Duty Free Item, 자동차는 대한항공의 사전 결정 하에 운송 가능함)하고 있다. 또한 이밖에도 여러 규정에 위배되기 때문에 건식공정 산화물핵연료는 여객기를 이용하여 항공수송 하는 것은 불가능한 것으로 판단된다. 핵분열성물질을 화물기로 혼용 운반할 경우에는 '01. 7월 이후 IATA 규정이 강화되어 운반용기에 보다 엄격한 제한을 두고 있다. A2 값이 3000 이하이면 규정상은 B(U) 수송용기로도 항공수송이 가능하나 이 경우에는 안전한 항공운송을 보장할 수 있도록 수송용기가 설계/제작되어야 할뿐 아니라 입증시험도 거쳐야 한다.

건식공정 산화물핵연료의 수송에 가장 적합한 수송용기로 잠정 결정된 AECL사의 IMT Cask는 2002년 3월 B(U)F 수송용기로 인허가를 갱신하였으나 Certificate의 내용 중에 핵분열성물질의 항공수송은 불가하다고 명시되어 있다. 또한 지금까지 조사한 바에 따르면 핵분열성물질 면제범위를 초과하는 건식공정 산화물핵연료를 항공 운반할 수 있는 적합한 수송용기는 없는 것으로 조사되었다. 따라서 건식공정 산화물핵연료의 항공혼용 수송은 여객기인 경우에는 대한항공에 적재할 수 없으므로 불가능하고, 화물기인 경우에도 현 단계에서는 건식공정 산화물핵연료를 적재할 수 있는 적합한 항공수송용 수송용기가 없어 불가한 것으로 판단된다[3~5].

### 2) 면제범위를 이용한 화물기 혼용 수송방안 분석

건식공정 산화물핵연료 봉 10개는 핵분열성물질 면제범위를 초과하는 양으로 이를 항공수송할 수 있는 적합한 수송용기가 없어 기술적 측면에서 항공혼용 수송방안이 불가능한 것으로 조사됨에 따라 대안으로 핵분열성물질 면제범위(건식공정 산화물핵연료 봉 약 1.7개 해당)를 이용한 항공혼용 수송방안을 검토하였다. 이 수송방안은 핵분열성물질 면제범위에 해당하는 적은 양의 건식공정 산화물핵연료를 화물기에 혼용적재하여 수송하는 방안으로 B(U) 수송용기에 적재가 가능하다. 이 경우에는 기준 수송용기로 잠정적으로 결정된 IMT Cask의 사용이 가능하고 또 1회의 수송비용이 비교적 저렴하므로 이 방안을 집중적으로 검토하였다.

그러나 이 경우에는 IATA Limitation중 State Variation에 따라 영공 통과국, 경유국의 승인문제가 복잡한 것으로 조사되었다. 특히 미국 DOT는 일정량이상(건식공정 산화물핵연료 펠렛 1개 정도) 이상의 Pu를 포함한 핵물질을 항공수송 할 경우에는 엄격히 규제하고 있다. 이에 따라 미국 DOT에 관련사항을 문의해본 결과 비록 핵분열성물질 면제범위라 할지라도 일정량 이상의 Pu를 포함한 핵물질을 항공수송 할 경우에는 수송용기의 시험까지도 요구하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 이러한 선례도 없었던 것으로 조사되어 규정을 보수적으로 해석함에 따라 승인 받기가 무척

어려울 것으로 예상된다. 또한 핵분열성물질을 항공으로 수송할 경우에는 영공 통과국(일본, 러시아)에도 핵물질의 양에 관계없이 포장물의 설계 승인 및 운반신고를 해야 한다는 것도 파악되어 위험부담이 너무 큼을 알게 되었다[3, 8].

공동연구의 당사자인 미국 DOS의 전문가도 '02년 11월 개최된 한·카·미·IAEA 간의 제 16차 PRM에서 미국을 경유하는 항공수송경로는 바람직하지 않다고 Comment한 바 있으므로 면제범위를 이용한 항공혼용 수송방안에 대해 더 이상의 검토는 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 또한 어려운 과정을 거쳐 면제범위를 이용해서 건식공정 산화물핵연료를 1회 수송하더라도 수송량이 적어 연구목적을 충족시키지 못하는 문제점도 있어 면제범위를 이용한 항공혼용 수송방안도 위험에 비해 실익이 적은 것으로 조사되었다.

#### 나. 선박수송방안 분석

조사된 핵물질을 선박으로 수송하기 위해서는 SOLAS 규정에 따라 INF 등급을 획득한 선박을 이용하여야 한다. INF 화물을 운송하는 선박은 운송되는 INF화물의 합계 방사능치에 따라 INF1, 2, 3 등급으로 분류된다[6~8]. 운반하고자 하는 건식공정 산화물핵연료 봉 10개의 방사능치는 약 40 TBq이므로 INF Code에 따라 기준이 가장 약한 INF 1등급 선박이면 충분하다. 그러나 현재 국내에는 INF 등급의 선박이 없고, 또 국내에서 운반하고자 하는 캐나다 또는 미국 쪽으로 운항되는 외국선박 중에도 INF 등급의 선박이 없는 것으로 조사되었다. 국내의 핵물질 수송은 주로 핵연료를 제조하기 위한 한전원전연료(주)의 경수로용 UF6 실린더, 중수로 핵연료파우더와 원자력연구소의 조사전 하나로 연료 등의 조사전 연료를 수송한 경험이 있으며 이러한 물질을 운반할 때에도 핵물질은 통상 선주들이 기피하므로 자국 국적선인 A사의 선박을 이용하여 혼용적재하고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 이러한 물질은 모두 조사전 연료에 속하므로 INF 등급의 선박을 이용할 필요는 없다. 이러한 물질을 운반할 경우에도 미국 동부에서 파나마 운하를 통과하기 때문에 미국과 파나마에 운반물 설계승인과 운반 신고를 하고 있는 것으로 조사되었다.

##### 1) 선박 혼용수송 방안분석

건식공정 산화물핵연료의 항공수송이 부적합한 것으로 분석됨에 따라 그림 2에 나타낸 절차에 따라 선박수송방안을 검토하였다. 는 양이 적음에도 불구하고 원자로에서 조사된 사용후핵연료를 재가공해서 제조한 핵연료이므로 INF 등급의 선박을 이용하여야 한다. 그러나 국내에는 INF 등급의 선박을 보유하지 못한 것으로 조사됨에 따라 국내에서 INF 등급 선박의 Certificate 발급을 대행하는 한국선급과 핵물질의 전문운반 회사인 A사를 통해 INF 등급의 획득 가능성을 조사하였다.

국내에서 INF 등급선박을 인증해 주도록 정부로부터 위임받은 기관이 한국선급이므로 이 기관을 방문하여 기술적인 사항을 협의하였다. 선박수송을 위해서는 국내법으로선 선박안전법, 해양오염방지법, 위험물 선박운반 및 저장규칙 등이 적용되어야 하며, 또한 해외수송을 위해서는 국제법인 SOLAS(선체구조, 소방, 구명, 통신, 위험물적재 등에 관한 사항 기술), IMDG(SOLAS 하위 Code로서 위험물 분류, 포장, 적재 등에 관한 사항 기술), INF(SOLAS 하위 Code로서 조사연료 수송에 관한 사항 기술) 등을 적용하여야 한다.

국내 선박의 INF 등급 획득여부는 국내선사의 의지에 달려있다는 판단에 따라 국내에서 방사성물질의 운반경험이 풍부한 국내 해운회사인 A사와 INF Certificate 획득 가능성을 협의하였다. 몇차례 A사 소유 선박의 INF Certificate 신청을 협의하였으나 기술적인 어려움과 더불어 경제적 인 이점이 없어 손해를 감수하면서까지 INF Certificate 신청을 추진할 명분이 없는 것으로 평가되어 A사에서는 더 이상 INF certificate 신청을 위한 업무를 추진하지 않기로 하였다.

또한 중소 선박회사에서도 수억원 정도 수송비(수송용기 임대비, 인허가비용 및 육로수송비용

제외)를 보장한다면 INF Certificate 신청을 검토하겠다고 한 바 있으나 이는 오히려 전용선박을 이용하는 수송방안보다 비용이 많이 들고 위험부담도 크므로 오히려 경제적 시간적으로 더 불리한 것으로 조사되었다. 이에 따라 국내 선박에 INF Certificate를 발급받아 건식공정 산화물핵연료를 수송하는 방안은 전용선박을 이용하는 것보다 수송비용이 더 많이 들고, 위험부담도 커서 더 이상 추진하지 않았다.

## 2) 전용선박 수송방안 분석

국내 화물선을 이용한 혼용수송방안이 INF Certificate 때문에 불가능해짐에 따라 전용선박 수송방안을 검토하게 되었다. 전용선박 수송방안은 핵물질을 수송할 수 있는 INF Certificate를 취득한 외국의 선박을 이용하는 방법으로 이미 외국의 수송경험으로 검증된 바 있으므로 본 수송 때문에 특별한 제약은 없는 것으로 조사되었다. 전용선박 수송방안은 가용한 방법임에도 수송비용이 많이 소요되고, 기존에 캐나다 서부의 하역항구로 이용되는 캐나다의 벤쿠버 항이 Clean Port로서 핵물질의 하역이 불가능한 것 등의 문제가 있는 것으로 조사되었다. 그러나 하역항구는 기존의 관례를 적용하여 미국의 수송허가를 받아 미국의 Seattle 항을 이용하거나 캐나다의 다른 항구를 조사해 보는 것이 필요하다. 미국의 승인이 필요할 경우에는 기존 수송용기로 잠정 결정된 IMT Cask가 현재 미국 DOT의 승인심사를 받고 있으므로 큰 문제는 없는 것으로 미국과 캐나다의 핵물질 수송전문회사인 LTI와 Edlow에서 조언하고 있다. 캐나다의 다른 항구를 사용하는 방안도 수송계획이 구체화될 때 다시 검토해 볼 사항이라고 판단된다. 따라서 이 수송방안은 절차상 계약간의 어려움은 예상되지만 근본적인 문제는 없는 것으로 판단된다.

전용선박을 이용하는 방안은 기술적인 측면에서는 큰 문제가 없으나 수송비용이 너무 많이 소요되는 것이 문제이다. 이에 따라 이 수송방안에 대해서도 가능성만 타진하고 구체적인 수송방안은 향후 예산확보여부에 따라 구체적으로 추진하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 6. 결 론

건식공정 산화물핵연료의 항공수송방안을 검토한 결과 건식공정 산화물핵연료 봉 10개는 핵분열성물질에 해당하므로 이를 항공수송할 수 있는 적합한 항공수송용 수송용기는 없는 것으로 조사되었다. 따라서 현시점에서는 건식공정 산화물핵연료 봉 10개의 항공수송은 불가능한 것으로 분석되었다. 또한 가용한 수송용기를 이용할 수 있는 대안으로 핵분열성물질 면제범위를 이용한 항공수송방안도 검토하였다. 이 경우에도 IATA Limitation에 따라 미국을 경유하여 일정량 이상의 Pu가 포함된 핵물질을 운반할 경우에는 미국 DOT에서 수송용기 시험을 포함한 수송용기의 인허가를 요구할 뿐 아니라 영공통과가 예상되는 일본, 러시아 등과도 기술적인 협의와 사전허가가 필요한 것으로 조사되었다. 이에 따라 핵분열성물질 면제범위를 이용할 경우에도 득보다는 위험부담이 너무 크므로 이 방안도 실현성이 없는 것으로 분석되었다.

조사된 핵물질을 선박을 이용하여 수송할 경우에는 SOLAS 규정에 따라 INF 등급 선박을 이용하여야 한다. 현재 국내 선박뿐 아니라 국내에서 미주 쪽으로 운항하는 외국선박 중에도 INF 등급 선박은 없는 것으로 조사되었다. 이에 따라 INF 등급의 인증을 대행하는 한국선급과 국내에서 핵물질 수송을 전담하고 있는 국내 선사에 INF 등급의 획득 가능성을 타진하였다. INF 등급의 인증은 국내에서 시행한 경험이 없을 뿐 아니라 국내에서 핵물질을 전담으로 수송하는 국내 선사에서 이 문제를 심층 검토한 결과 기술적 및 경제적인 이유로 INF 등급의 신청을 완곡히 거절하였다. 또한 국내 중규모 선사에 INF 등급의 신청을 검토 의뢰하였으나 위험부담을 고려하여 전용선박 수송비를 초과하는 비용을 보장할 때 검토해보겠다고 함으로 이 방안도 실현가능성이 없는

것으로 분석되었다.

선박 전용수송방안은 INF 등급을 기 획득한 외국선박을 수송목적에 맞게 이용하는 방법으로 기술적으로 큰 문제는 없는 것으로 조사되었으나 이 수송방안의 경우에는 과도한 수송비가 소요 되는 것이 문제이다. 현재, 건식공정 산화물핵연료봉을 캐나다 NRU로 수송할 수 있는 가용한 방법은 전용선박을 이용하는 수밖에 없다. 그러나 이 방안은 많은 수송비가 소요됨으로 현시점에는 타당성만 확인하고 향후 예산확보여부에 따라 추진이 가시화될 때 좀더 구체적인 검토가 필요한 것으로 판단된다.

(감사의 글) 본 연구는 과학기술부 원자력증장기연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

### (참고 문헌)

- [1] 이정원, 양명승 외, "DUPIC 핵연료제조 및 공정기술개발", KAERI/RR-2234/2001 (2002)
- [2] 박장진, 이호희 외, "DUPIC 핵연료시설 기술개발", KAERI/RR-2221/2001(2002)
- [3] IAEA, "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material" IAEA Safety Standards Series TS-R-1(1996)
- [4] "IATA Dangerous Goods Regulations"(2001. 1)
- [5] Air Business Home Page
- [6] International Convention for the Safety of Life at Sea(SOLAS)
- [7] International Maritime Dangerous Goods Code(IMDG)
- [8] "포장된 방사능 핵연료, 플루토늄 및 고준위 방사능 폐기물의 안전한 선박 운송에 관한 규정 (INF CODE)"
- [9] "원자력법"(2001. 1.16), "원자력법시행령"(2001. 7. 17)", "원자력법시행규칙"(2001. 7. 25)
- [10] "방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙", 과기부령 제 30호(2001. 7. 30)
- [11] "방사성 물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정", 과기부고시 제2001-23호(2001. 9. 18)
- [12] "방사성물질 운반용기의 제작검사 및 사용검사에 관한 규정", 과기부고시 제2001-19호(2001. 9. 18)
- [13] "선박안전법" 법률 제5971호(1999. 4. 15)
- [14] "위험물선박운송 및 저장규칙", 해양수산부령 제189호(2001. 6. 4)
- [15] 구정희, 이주찬 외 "KMRR 핵연료 수송용기 안전성분석보고서" KAERI- NEMAC/TR-19/94(1994)
- [16] U.S. NRC "Certificate of Compliance for Radioactive Material Packages (NAC-LWT)" USA/9225/B(U)F-85 Rev. 27, 2000. 1
- [17] U.S. NRC "Certificate of Compliance for Radioactive Material Packages (GE-2000)" USA/9228/B(U)F-85 Rev. 18, 1999. 11
- [18] CNSC "Certificate of Compliance for Radioactive Material Packages(IMT Flask)" CDN/2061/B(U)F-85 Rev. 5, 2002. 2