

“유해물질은 줄이고! 처리효율은 올리고!”

자성흡착제를 이용한 방사성 폐기물 처리 기술

2017. 11.



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute

Contents

요약	1
I. 기술성 분석	2
1. 기술의 개요 및 특징	2
2. 기술적용분야 및 경쟁력	4
3. 기술실시를 위한 기업에서의 구비 조건	5
4. 기술실시에 따른 기업에서의 이점	5
II. 시장성 분석	5
1. 시장의 정의	5
2. 시장의 동향 및 규모	6
3. 시장 주요참여자	9
4. 시장 진입가능성	12
III. 종합의견	12
IV. 정부사업과의 연계	13
V. 원자력(연) 보유특허	13

요약

기술명 :	자성흡착제를 이용한 방사성 폐기물 처리 기술
-------	---------------------------------

기술분야 (6T)		산업기술 분류코드						
		대분류	중분류	소분류	코드번호			
ET		에너지·자원	원자력	방사성 폐기물 관리 기술	600708			
기술 개요	기술 요약	방사성 폐액의 경우 금속-페로시아나이드가 코팅된 자성 나노입자 클러스터(자성흡착제)로 폐액 내 방사성 물질을 흡착시킨 후 자기장을 이용해 방사성 물질을 선택적으로 분리·회수하고, 고체 표면의 경우, 상기 흡착제가 포함된 하이드로젤 기반 코팅물질을 표면에 도포하여 방사성 물질을 흡착하고 하이드로젤 필름을 용해한 후 자기장을 이용해 방사성 물질을 선택적으로 분리·회수하는 기술임						
	기술의 효과	<ul style="list-style-type: none"> 자기장을 이용하여 자성 흡착제에 흡착된 방사성 물질을 선택적으로 수득함으로써, 방사성 물질을 최소 90% 이상 제거할 수 있어서 방사성 폐기물의 양을 크게 감소시킬 수 있음 극미량(0.05 mg/mL) 자성 흡착제를 이용하여 방사성 물질인 세슘을 99% 이상 제거할 수 있어서 오염된 해수의 정화에도 활용 가능함 						
	기술의 응용분야	방사성 폐기물 처리		원전 해체				
		원자력발전소 등 방사성 동위원소 이용 기관에서 발생하는 유해물 처리		영구 정지된 원전 안에 있는 오염물질 제거				
	기술 키워드	방사성 폐기물, 자성 흡착제, 흡착제, 초상자성 MFe ₂ O ₄ , 전이금속-페로시아나이드 Radioactive waste, magnetic adsorbent, adsorbent, Superparamagnetic MFe ₂ O ₄ , transition metal ferrocyanide						
기술 완성도 (TRL)	기초 연구 단계		실험 단계	시작품 단계	제품화 단계	사업화		
	기본원리 파악	기본개념 정립	기능 및 개념 검증	연구실환경 테스트	유사환경 테스트	파일럿현장 테스트	상용모델 개발	실제 환경 최종테스트
환경 분석	시장규모	세계 방사성 폐기물 관리 시장은 2014년 182억 달러에서 2020년에는 213억 달러에 이를 것으로 전망되며, 국내 폐기물관리·처분 분야가 포함된 원자력 안전 분야는 2006년 564억 원의 규모를 형성하였으며 2015년에는 1,572억 원의 시장규모를 형성하였음						
	성장률(CAGR)	세계 방사성 폐기물 관리 시장은 연평균 2.5%씩 성장하고 있으며, 국내는 12.1%씩 성장하였음						
	가격민감도	낮음						
	제품수명주기	방사성 폐기물 처리 기술 및 원전 해체 기술의 경우 시장의 특성상 제품 수명이 김						
	유통구조	방사성 폐기물의 수집/운반/처리능력, 업체 간 높은 신뢰도 형성, 최저비용으로 대량 처리할 수 있는 전문 폐기물 처리업체에 위탁/수탁하여 독점적 구조를 형성하고 있음						
업체 동향	현재 방사성 폐기물 관리 산업은 성숙기에 있으며, 높은 기술력과 신뢰성이 필요한 산업의 특성상 소수 업체들이 독점하고 있고, 다수의 방사성 폐기물 관리 기술을 보유한 기업들이 경쟁하고 있음							
사업 화 전략	기술사업화 방안	종류	형태		권장			
		기술거래	기반기술을 토대로 사업화 가능기업에 기술실시권 부여		★★★★★			
		Joint Venture	연구원과 기업의 공동투자를 통한 시장 개척 진입					
		Venture	연구원 주도의 창업보육 및 기업성장 후 기술이전					
	R&BD	기술이전을 전제로 한 공동 연구개발		★★★				

I 기술성 분석

1. 기술의 개요 및 특징

1) 기술의 간략한 설명

- 본 발명은 방사성 물질로 오염된 폐액이나 고체 표면을 자성흡착제를 이용하여 처리(제염)하는 기술로서 방사성 폐액의 경우, 금속-페로시아나이드가 코팅된 자성나노입자 클러스터 (자성흡착제)로 폐액 내 방사성 물질을 흡착시킨 후 자기장을 이용해 자성흡착제에 결합된 방사성 물질을 선택적으로 분리 회수할 수 있으며, 고체 표면의 경우, 상기 흡착제를 포함하는 하이드로젤 기반 코팅물질을 표면에 도포하여 방사성 물질을 흡착시키고, 하이드로젤 필름을 용해 후, 자기장을 이용해 자성흡착제에 결합된 방사성 물질을 선택적으로 분리·회수하는 기술임
 - 자성흡착제 제조방법은 Cs-137과 같은 방사성 물질과 높은 흡착력을 가지는 전이 금속-페로시아나이드 착물을 초상자성의 산화철(Fe_3O_4) 나노입자 또는 이의 클러스터에 결합하여 제조하는 기술임
 - 자성흡착제는 외부에서 인가되는 자기장에 반응하여 극부적으로 일정 방향으로 정렬함에 따라, 자성흡착제에 결합된 방사성 물질을 고농도 및 고효율로 분리·회수할 수 있음
- 방사성 폐기물 및 방사성 폐액으로부터 자기장 처리와 같은 간단한 방법을 통해 방사성 물질을 선택적으로 분리·회수할 수 있고, 방사성 물질 처리 시 발생하는 오염 폐기물의 양을 현저히 감소시키는 등의 효과가 있어 원자력산업을 포함한 다양한 수처리 공정에서 적용할 수 있음
- 따라서, 본 발명은 2차 환경오염을 감소시키고, 방사성 물질 처리 장치의 단순화, 방사성 폐기물의 부피 감소 및 처분 비용의 절감 효과를 얻을 수 있는 기술임

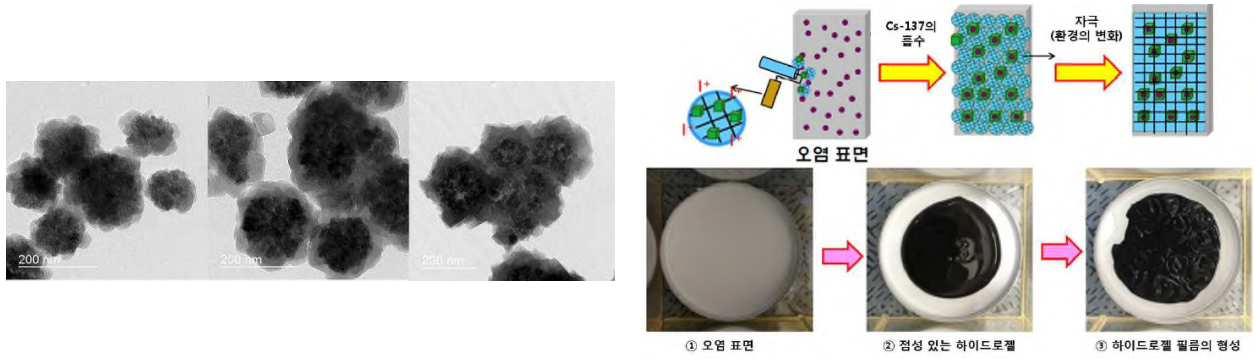
2) 기술 간의 연관성



자성흡착제를 이용하여 방사성 물질을 경제적/효과적으로 제거할 수 있음

[그림] 기술 간의 연관성

3) 대표도면



[그림] 자성 흡착제

[그림] 자성 흡착제를 포함하는 하이드로젤

4) 기술의 특징 및 우수성

- 본 기술은 2차 환경오염을 감소시키고, 폐기물 부피를 최소화할 수 있으며, 불필요한 시설 설비를 줄일 수 있는 점에서 우수함

[표] 기술의 특징 및 우수성

등록번호	10-1658475호	10-1678860호
종래기술 문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 원전 오염액에 대량으로 존재하는 Cs-137은 30년에 이르는 반감기로 인해 사고 시 신속하고 효과적으로 제염할 수 있는 기술 개발이 필요함 • 기존의 방사성 물질 처리 기술은 제거 효율이 높지 않고, 고농도의 제염 처리로 인한 2차 폐기물의 다량 발생 및 회수가 용이하지 않은 문제점이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 세습 제거 방법 중 세척에 의한 제거 방법은 제거 효율이 낮고, 제거 과정 중 대량의 2차 폐기물이 발생하는 문제점이 있음 • 코팅제를 이용하는 경우, 인체에 유해한 용매와 킬레이터로 구성되고, 사용된 코팅제가 그 자체로 방사성 폐기물이 됨에 따라 다량의 방사성 폐기물을 발생하는 문제가 있음
해결방안	<ul style="list-style-type: none"> • Cs-137과 높은 흡착력을 가지는 <u>금속-페로시아나이드 함유의 자성흡착제와 자기장 인가</u>를 통해 방사성 물질을 제거함 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>자성 나노입자에 전이금속-페로시아나이드를 결합시키고 표면을 친수성 PVP 폴리머로 코팅한 하이드로젤과 자기장 인가</u>를 통해 방사성 물질을 제거함
기술의 특징 및 우수성	<ul style="list-style-type: none"> • 초상자성 나노입자에 세습과 높은 흡착력을 가지는 금속-페로시아나이드를 부착시켜 제조함으로써 자성 흡착제 g당 흡착량 및 자성의 크기가 증가함에 따라, 클러스터 형성을 통해 낮은 자기장하에서도 손쉽게 고효율의 폐기물 회수가 가능함 • 염도 등 다양한 환경조건에도 세습의 흡착 제거효율이 우수하고 균일하여 해수 정화 용도로 처리가 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 방사성 물질로 오염된 고체 표면에 하이드로젤을 처리하고 건조된 하이드로젤 필름을 탈착하는 간단한 방법을 통해 방사성 물질을 효율적으로 제거할 수 있음 • 하이드로젤 필름 용해 후, 자기장을 이용하여 자성 나노입자를 선택적으로 수득함으로써, 방사성 폐기물을 현저히 감소시킬 수 있음 • 수처리 용도로 활용이 가능하여 폐수에 존재하는 방사성 물질의 제거가 가능함

5) 기술의 효과

- ① 자기장을 이용하여 자성 흡착제에 흡착된 방사성 물질을 선택적으로 수득함으로써, 방사성 물질을 최소 90% 이상 제거할 수 있어서 방사성 폐기물의 양을 크게 감소시킬 수 있음
- ② 극미량(0.05 mg/mL) 자성 흡착제를 이용하여 방사성 물질인 세습을 99% 이상 제거할 수 있어서 오염된 해수의 정화에도 활용 가능함

6) 기술의 완성도(TRL)

기초 연구 단계		실험 단계		시작품 단계		제품화 단계		사업화
기본원리 파악	기본개념 정립	기능 및 개념 검증	연구실환경 테스트	유사환경테스트	파일럿현장 테스트	상용모델 개발	실제 환경 최종테스트	상용운영
			●					

7) 기술 키워드

한글키워드	방사성 폐기물, 자성 흡착제, 흡착제, 초상자성 MFe ₂ O ₄ , 전이금속-페로시아나이드
영문키워드	Radioactive waste, magnetic adsorbent, adsorbent, Superparamagnetic MFe ₂ O ₄ , transition metal ferrocyanide

2. 기술적용분야 및 경쟁력

1) 기술의 적용분야

- 본 기술은 방사성 물질과 결합하는 자성흡착제 및 자성흡착제를 포함하는 하이드로젤을 이용하여 방사성 물질을 분리·회수하는 기술로, **방사성 폐기물 처리 분야와 원전 해체 분야에 적용 가능함**

[표] 적용분야

방사성 폐기물 처리	원전 해체
원자력발전소, 병원, 대학, 연구소 등 방사성 동위원소 이용 기관에서 발생하는 방사성 폐기물 처리 시설	영구 정지된 원전 안에 있는 오염물질 제거

2) 기술경쟁력

- 본 기술의 방사성 폐기물 내 방사성 물질 분리·회수 장치는 기존 방사성 폐기물 처리 방법 대비 방사성 물질의 분리·회수 효율이 높고, 환경오염물질 생성 방지 및 방사성 폐기물 처분비용 감소 등 **경제성이 우수함**
- 현재 국내외적으로 방사성 폐기물 배출량 증가에 따른 방사성 폐기물 저장 공간 문제, 고농도 방사성 물질 처리 기술 등 관련 기술 확보를 위해 정부차원으로 사업을 추진하고 있으므로, 본 기술은 **현 사회적 문제에 부합하는 기술로 시장에 진출할 경우 높은 경쟁력을 확보할 수 있음**
- 또한, 방사성 폐기물 처리 과정에서 배기가스, 지구온난화가스 및 가스화 된 방사성 물질의 생성 및 배출을 최소화 할 수 있으므로 **2차 환경오염을 방지할 수 있음**

3. 기술실시를 위한 기업에서의 구비 조건

- 본 기술은 방사성 폐기물을 처리하기 위한 기술이므로 본 기술 실시를 위해서는 방사성 폐수가 발생하는 시설과 근접한 위치에 관련 처리시설 내지 부지를 현재 보유하고 있거나 향후 보유할 의사가 있어야 하며, 방사성 폐기물 처리 시설을 설치할 수 있는 부지가 필요함

- 방사성 폐기물의 수거 및 운반의 경우 고도의 전문성과 안전성이 담보되어야 하므로 관련 노하우를 보유하고 있거나 관련 업체와의 제휴를 통해 해결할 필요가 있음

4. 기술실시에 따른 기업에서의 이점

- 본 기술은 방사성 폐기물 처리, 원전 해체 분야에 적용 가능한 기술로, 방사성 폐기물 처리의 품질을 강화할 수 있고, 처리 설비를 단순화시키고 효율을 향상시킬 수 있음
- 방사성 물질 분리 효율 향상으로 잔류 폐기물의 재활용 및 일반 폐기물로 처리가 가능하므로 처분 비용 절감 등의 경제적 이점이 있음
- 폐기물 처리 과정에서 유해물질 발생량을 크게 저감시킬 수 있으므로 친환경적임

II 시장성 분석

1. 시장의 정의

- 본 기술 방사성 폐기물 처리 조성물 및 방법에 관한 기술로, 방사성 폐기물 처리 시장 및 원전 해체 시장을 목표 시장으로 정의하였음
- 방사성 폐기물(Radioactive Waste)은 방사성 핵종이 규정치 농도 이상 함유되어 있거나 방사성 핵종에 오염된 물질을 의미하며, 원자력발전소, 관련시설 또는 방사성 동위원소를 이용하는 병원, 연구기관, 산업체 등에서 발생함
- 방사성 폐기물 산업은 크게 서비스, 설비, 자원으로 구분할 수 있으며, 서비스는 수처리 서비스, 고체폐기물 관리, 유해폐기물 관리로 구분되고, 설비는 폐기물 관리시설, 자원은 자원재생 분야로 구분할 수 있음
- 폐기물 관련 산업 분류는 KISLINE의 산업 보고서의 환경산업분류를 이용하여 다음 표에 나타냄

[표] 폐기물 관련 산업 분류

구분	세부분야	세부내용
서비스	수처리 서비스	폐수처리시설의 관리 및 운영
	고체폐기물 관리	고체폐기물의 수집, 처리 및 폐기
	유해폐기물 관리	유해폐기물의 관리
설비	폐기물 관리시설	고체, 액체, 유해폐기물의 처리, 저장, 운송시설 및 이와 관련된 정보시스템
자원	자원재생	산업활동의 부산물 또는 소비에서 발생한 폐기물로부터 회복되거나 변환된 물질 판매

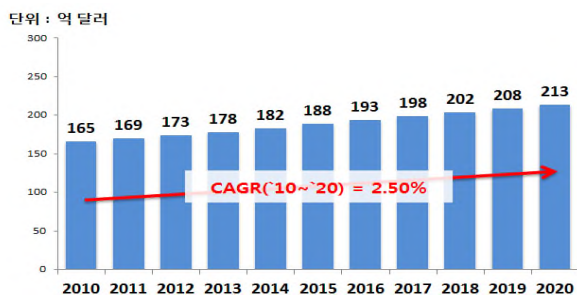
※ 출처 : Industry Report(환경 산업), KISLINE, (www.KISLINE.com)

2. 시장의 동향 및 규모

1) 방사성 폐기물 관리 시장

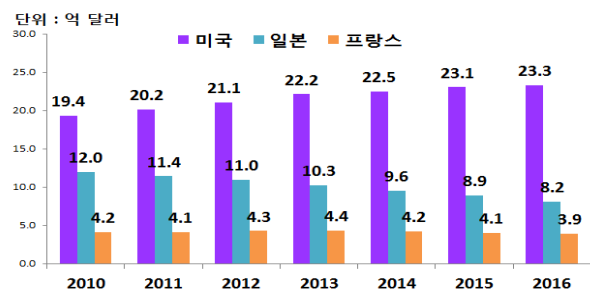
- 세계적으로 환경오염에 대한 중요성이 증가함에 따라 원자력 발전 및 폐기물 처리에 대한 관심 증가하고 있는 추세임

- 국내 방사성 폐기물 발생량은 방사성 폐기물 처분장의 저장용량에 근접하거나 넘어서고 있어 시간이 경과할수록 이들의 장기간 보관 및 격리가 어려워질 것으로 판단됨에 따라 이를 해결하기 위한 사업이 추진되고 있음
- 고준위방사성 폐기물 관리 기본계획(안)(2016.07)에 의하면, 국내 고준위 방사성 폐기물 발생량은 점차 증가하여 2019년부터 포화상태에 이를 것으로 예상함
 - 2015년 12월 말 누계, 경수로형원전 16,297다발, 중수로형원전 408,797다발, 연구용원자로 502다발 발생
 - 2016년 이후 경수로형원전 73,110다발, 중수로형원전 255,840다발, 연구용원자로 1,600다발이 발생할 전망
- BCC Research(2015)에 따르면, 세계 방사성 폐기물 관리 시장은 2014년 182억 달러를 기록했으며, 향후 연평균 2.5%씩 성장하여 2020년에는 213억 달러에 이를 것으로 전망함
 - 미국은 2010년 19.4억 달러에서 2016년 23.3억 달러로 꾸준히 성장하고 있는 추세임
 - 일본은 2010년 12억 달러의 규모를 형성하였고 매년 감소하고 있지만, 향후 원자력 발전소 재가동될 경우 방사성 폐기물이 발생됨에 따라 시장은 꾸준히 성장할 것으로 예상됨
 - 프랑스는 2010년 4.2억 달러의 규모를 형성하였으며 2016년에는 3.9억 달러의 규모를 형성하여 다소 감소하였으나, 현재 중국과 함께 방사성 폐기물 재처리 사업을 추진중에 있어 고준위 방사성 폐기물 처리 시장 성장에 기여할 것으로 예상됨



※ 출처 : BCC Research, Radioactive Waste Management: Global Markets. 2015

[그림] 세계 방사성 폐기물 처리 시장



※ 출처 : GWI, Global Water Market 2015

[그림] 국가별 방사성 폐기물 처리 시장

- 국내 원자력산업분야 실태조사 보고서(2015)에 따르면, 지난 10년간 원자력 산업 시장 규모는 2004년 2조 2,905억 원에서 연평균 10.9%씩 증가하여 2013년 5조 8,195억 원의 규모를 형성함
- 원자력 산업 분야 중 폐기물관리·처분 분야가 포함된 원자력 안전 분야는 2006년 564억 원의 규모를 형성하였으며 매년 12.1%씩 성장하여 2015년에는 1,572억 원의 시장규모를 형성하였으며 높은 성장세를 보이고 있음
- 또한, 원자력안전분야는 원자력 산업의 8.6%를 점유하고 있어 원전건설·운영분야 다음으로 많은 비중을 차지하고 있으므로, 방사성 폐기물 처리 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상됨
- 더욱이 세계원자력협회(WNA)에 따르면, 현재 전 세계적으로 가동 중인 원전 446기

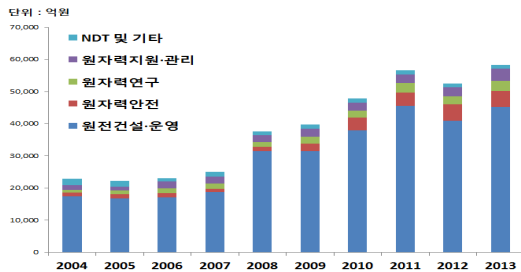
에 2030년까지 167기가 추가로 건설될 예정으로 600조원이 넘는 거대한 시장을 형성할 것으로 보임

[표] 원자력공급산업체 / 연구·공공기관의 원자력 안전분야 매출액 추이

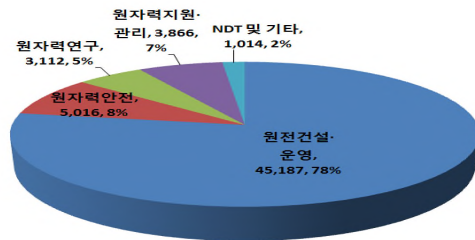
단위 : 억 원, %

구분	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		CAGR ('04~'13)
										규모	구성비	
폐기물 관리·처분	564	230	81	1303	2819	2972	3808	3516	2373	1572	45.6	12.1
방사선안전 관리·규제	490	545	820	810	819	870	1030	1213	1366	1707	49.5	14.9
품질 관리·보증	293	220	324	194	322	377	274	287	109	170	4.9	-5.9
합 계	1347	995	1225	2307	3960	4219	5112	5016	3849	3450	100.0	11.0

※ 출처 : 원자력산업실태조사 2015



※ 출처 : 원자력산업실태조사 2015



[그림] 원자력공급산업체의 분야별 시장 규모

[그림] 원자력공급산업체의 분야별 시장 점유율

2) 원전 해체 시장

- 원자력 발전은 좁은 면적에서도 대용량의 전력을 안정적으로 생산 가능하여 국내 뿐만 아니라 자원 환경이 유사한 일본과 프랑스에서도 오일 쇼크 이후 원전에 의존하여 제조업 경쟁력을 키워왔음
- 국내 원전 11기가 '30년 이전에 설계수명 만료 예정됨
- 국내 첫 원전 고리 1호기 '17년 6월 18일 이후 폐로 결정
- 노후 원전의 폐로가 현실화되면서 원전 폐기물의 영구처분, 방재문제 등 원전의 사회적 경제적 비용이 이슈로 대두되고 있음

[표] 국내원전 설계 수명 만료 시점

발전소명	설계수명만료	발전소명	설계수명만료
고리 #1	'17.06	한빛 #2	'26.09
월성 #1	'12.11	월성 #2	'26.11
고리 #2	'23.04	한울 #1	'27.12
고리 #3	'24.09	월성 #3	'27.12
고리 #4	'25.08	한울 #2	'28.12
한빛 #1	'25.12	월성 #4	'29.02

※ 출처 : 한국수력원자력(2016). SYP재분석

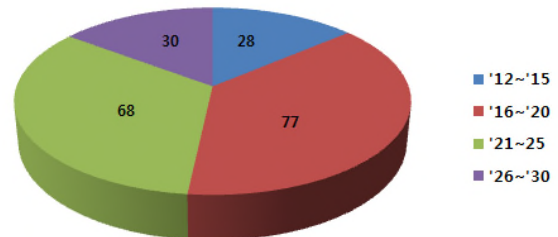
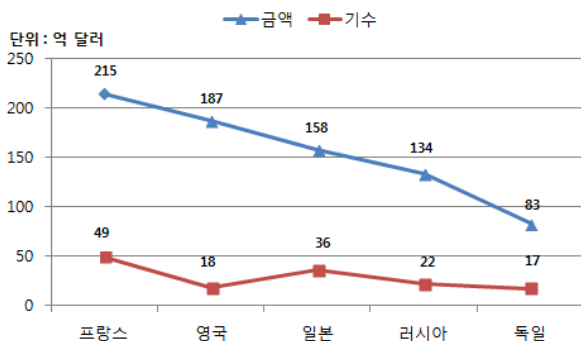
- 국내 원전 11기가 '30년 이전에 수명이 완료되므로, 원전의 건설과 운영뿐만 아니라 해체까지 원전산업의 전주기적 경쟁력 확보가 필요함
- 원전산업의 블루오션인 원전 해체 시장의 확대에 대비해 관련기술 개발 및 정책 지원을 통한 시장선점 대책이 필요함
- 2011년 후쿠시마 원전사고 이후 독일과 스위스 등의 원전 운영국은 원전의 안전성 문제로 인한 사회적 비용의 증가로 원전을 폐로하기로 결정하였음
- 2016년 1월 기준, 전 세계 30개국에서 가동중인 원자력 발전소는 441기이며, 건설 중인 원자로는 67기, 건설 계획 중인 원전은 184기임

[표] 주요 국가별 폐로 대상 및 현황('16년)

구분	미국	영국	독일	일본	프랑스
대상(해체완료)	32(15)	29(0)	19(3)	16(1)	13(0)

※ 출처 : 세계원자력협회(World Nuclear Association) www.world-nuclear.org. SYP재분석

- 향후 원전 폐로 전망은 약 220기로 총 \$1,100억 규모
 - 프랑스가 \$215억, 49기로 최대 규모이며, 2016~2020년에 가장 큰 시장이 형성



※ 출처 : Nuclear Reactor Decommissioning Industry. SYP재분석

[그림] 주요 국가별 원전 해체 시장

[그림] 기간별 원전 해체 시장 규모

3. 시장 주요참여자

1) 국내핵심시장

기업명	사업 분야	사업 내용
(주)휴비스워터	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전사업 화학발전사업 플랜트사업 환경사업(수처리 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 영광원자력발전소 3,4호기 수처리설비, 복수탈염설비, 염소주입설비를 공급 주요 제품 : 순수제조설비, 해수담수화설비, 해수전해염소주입설비, 복수탈염설비, 증기발생기화학세정설비, 폐수재이용설비, 폐수처리설비 신규시장 창출을 위해 방사선공학센터 설립-방사성 폐기물 처리 기술 개발과 연계된 R&BD
주식회사 오르비텍	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사선 관리 방사선 업무대행 	<ul style="list-style-type: none"> 방사선방호, 방사선 관리구역 제염, 방사성 폐기물 관리, 방사성 오염 제거, 방사성동위원소등 및 방사성 폐기물의 수거/처리 및 운반 원전해체 산업 육성에 따라 원전해체 관련주인 오르비텍 상승세 전망
(주)선광티엔에스	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사선 관리 방사선 업무대행 	<ul style="list-style-type: none"> 한국수력원자력(주) 울진원자력발전소 3~4호기 방사선관리용역 수행 중 방사성 오염 제거, 방사성동위원소 및 방사성 폐기물 수거, 처리, 운반 고체 및 액체 폐기물 처리 한국원자력연구원의 *KAERI-패밀리 기업으로 선정됨
하나원자력기술주식회사	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사선 관리 방사선 관리 업무대행 	<ul style="list-style-type: none"> 방사성 폐기물 처리-드립압축처리, 폐수지처리, 작업용품세탁, 관리구역 제염 방사성오염제거, 방사성 폐기물 수거/처리/운반 등
(주)엑트알엠티	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사선 용역 	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사성 물질 용역
한일원자력(주)	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소 방사선 안전관리 방사선안전관리업무대행 	<ul style="list-style-type: none"> 방사선방호관리, 방사성 폐기물관리 방사성 오염제거 방사성동위원소등 및 방사성 폐기물의 수거,처리 및 운반
(주)핵광산업	<ul style="list-style-type: none"> 방사선시설 공사 방사선 대행업무 	<ul style="list-style-type: none"> RI 오피스 저류조 설치 공사 방사선 안전관리 방사선 수출입 & 운반업무
세안기술(주)	<ul style="list-style-type: none"> 원자력 발전소 가동전 중 검사 방사선 관리 방사선 업무대행 	<ul style="list-style-type: none"> 방사성오염방지, 방사성오염제거, 방사성 폐기물 수거 및 처리 등의 업무 방사선안전관리, 누설점검, 폐기물 처리
(주)이엔이	<ul style="list-style-type: none"> 슈퍼마크 산업폐수처리설비 중수도처리설비 방사성폐액처리설비 	<ul style="list-style-type: none"> 원자력발전소의 방사성폐액 내에 존재하는 입자형태 및 이온형태의 방사성 물질을 안전하고 효율적으로 제거하는 설비를 개발, 중소기업청으로 부터 승인인증을 받음
(주)엘바이로코리아	<ul style="list-style-type: none"> 방사선 업무 대행 	<ul style="list-style-type: none"> 인허가 업무 대행, 방사성 물질 제염, 누설점검, 방사성 폐기물 운반 및 관리 등
(주)이엔이티	<ul style="list-style-type: none"> 원자력 에너지 사업 환경방사선사업 	<ul style="list-style-type: none"> 원자력 열 수력 안전 연구개발 신형원자로 안전시스템 개발 원자력 안전 및 성능 평가 원자력에너지 용역 서비스 방사선폐기물 처리기술 개발 중준위 및 고준위 방사성 폐기물 저장기술, 사용 후 핵연료 처리 및 저장기술, 사용 후 핵연료 이송용기 개발

[표] 기업 상세정보

순위	등급	회사명	대표자	종업원 수	최근 매출액 (백만원)	주소	홈페이지	전화번호	E-MAIL	업종
1	S	(주)휴비스워터	신인윤	184	72530	서울특별시서초구방배천로91구산타워7,8층	http://www.huviswater.com/site/	02-6491-3000	huviswater@huviswater.com	액체여과기 제조업
2	S	주식회사오르비텍	김희원	308	32098	서울시금천구법안로1130가산디지털엔지니어811호	http://new.orbitech.co.kr/main.php	070-4044-8800-2	webmaster@orbitech.co.kr	비파괴검사, 방사선안전관리
3	S	(주)선광티엔에스	김은선, 조준호	230	13493	서울시구로구공원로3,2001호(선경오피스텔)	http://www.sktns.co.kr	02-837-1156	webmaster@sktns.co.kr	화학·에너지·환경
4	S	하나원자력기술주식회사	이의동	170	10830	경기하남시초이동337-10	http://www.hanarad.com	02-404-1270	-	방사선 관리 용역
5	A	(주)엑트알엠티	윤덕호	150	9900	대전광역시관평동배재대학교산합력덕단301	https://www.actrmt.co.kr/	02-2102-2832	webmaster@actrmt.co.kr	석유/화학/에너지
6	A	한일원자력(주)	서승범	-	9393	경기도안양시만안구덕천로45301호	http://www.haninuclear.co.kr/	031-443-4284	hanil@haninuclear.co.kr	원자력 및 방사선 관리 용역
7	A	(주)핵광산업	정영섭	24	9000	서울특별시구로구오리로22다길40-19	http://nuclearlight.g2inet.kr/main.html	02)2682-6571~5	info@nlik.com	방사선관련차폐설비외
8	A	세안기술(주)	박재석	321	2764	서울금천구가산동481-10벽산디지털밸리II910호	http://sae-an.co.kr/	02-2102-2800	saean@sae-an.co.kr	기타기술시험, 검사및분석업
9	A	(주)이엔이	박현휘	50	2630	대전광역시유성구용산동525번지	http://www.ene21.co.kr/	042-864-0970	webmaster@ene21.co.kr	액체여과기 제조업
10	A	(주)엘바이로코리아	서은미	18	2523	대전광역시유성구테크노2로167-10(용산동528)	http://envirokorea.co.kr/enviro/	042-864-2341	sale@envirokorea.net	그 외 기타 의료용 기기 제조업
11	B	(주)이엔이티	심석구	13	707	대전광역시유성구가정로99, 제2연구동213호	http://www.en2t.com/	042-863-2290	en2t@en2t.com	생물학적체제 제조업

*분류등급기준 :

S- 방사성 폐기물 처리 관련 기업 및 매출액 100억 이상 기업

A- 방사성 폐기물 처리 관련 기업 및 매출액 20억 이상 기업

B- 방사성 폐기물 처리 관련 기업 및 매출액 20억 이하 기업

2) 국내응용시장

기업명	사업 분야	사업 내용
삼성물산	▶ 직물도매업	<ul style="list-style-type: none"> UAE Braka 원전 건설 신월성 원전 건설 경주 중·저준위 방사성 폐기물 처분시설 건설 (1단계)
두산중공업	▶ 기관,터빈 제조	<ul style="list-style-type: none"> 신한울원전 1, 2호기에 MMS와 RCP가 처음으로 적용 신고리 5,6호기 원자력발전소 부기공급 계약 체결
삼신	▶ 밸브	<ul style="list-style-type: none"> 국내,외 원자력 발전소용 안전 및 비안전등급 밸브 공급
(주)수산이엔에스	▶ 에너지기술용역 ▶ 원자력발전시설 개,보수	<ul style="list-style-type: none"> 신고리,영광,울진,월성 등 계측제어설비 정상정비용역 신고리,신월성 방사선 감시시스템 납품 신고리 MMS 안전계통 PLC 공급
우진	▶ 노내해계측기 ▶ 제어봉위치전송기	<ul style="list-style-type: none"> 해외 및 국내 원자력 발전소 부품 공급
청우하이드로	▶ 원자력 발전 펌프 모터	<ul style="list-style-type: none"> UAE BNPP 4건 계약 완료
부양산업	▶ PCCP, 추진관 제조	<ul style="list-style-type: none"> 한국수력원자력 냉각 해수관 납품
엔스코(주)	▶ 구조물,배관기기 비파괴검사 ▶ 공학,기술연구개발	<ul style="list-style-type: none"> 한국수력원자력(주) 우수 특허 기술이전 계약 한국수력원자력(주) 가동전/중검사 비파괴용역 서비스
(주)미래와도전	▶ 원자력발전소 설계 ▶ 엔지니어링/소프트웨어 개발	<ul style="list-style-type: none"> 한국수력원자력(주) 고리, 영광 발전소 정지저출력 PSA 개발 산업통상자원부 원자력기술개발사업 R&D 수주
(주)엑트	▶ 원자력 기술연구개발 ▶ 건축엔지니어링안전성평가 ▶ 발전소 성능감사	<ul style="list-style-type: none"> 한국수력원자력(주) Q-등급 PSA 용역업체 등록 국내 방사성 폐기물 추적관리시스템 개발
에쓰디디(주)	▶ 자동제어밸브 ▶ 전력산업엔지니어링	<ul style="list-style-type: none"> UAE Braka Nuclear Power Plants Unit 1,2,3,4 Purchase Contract 고리 3,4호기 2차계통 공기구동밸브 성능진단 용역 외 6건
이투에스	▶ 발전소 감시, 경보 및 제어장비	<ul style="list-style-type: none"> 해외의 제어봉 시스템 의존하지 않고 국산제품으로 대체

[표] 기업 상세정보

순위	등급	회사명	대표자	종업원 수	최근 매출액 (백만원)	주소	홈페이지	전화번호	E-MAIL	업종
1	S	삼성물산	김봉영	12,083	8,885,125	서울 송파구 올림픽로35길 123 (신천동)	www.secc.co.kr	02-2145-7967	ds51.shin@samsung.com	유원지 및 테마파크 운영업
2	S	두산중공업(주)	박지원	7,666	5,146,294	경남 창원시 성산구 두산로 22	www.doosanheavy.com	055-278-6114	DKK9786@doosanheavy.com	기타 기관 제조업
3	S	삼신	김종배	186	102,434	충남 천안시 서북구 입장면 성진로 1138-11호	www.ssv.co.kr	041-590-6000	hkim@ssv.co.kr	탱, 밸브 및 유시장치 제조업
4	A	(주)수산이엔에스	한봉섭	511	70,328	울산 북구 매곡산업로 21, 3층	www.soosanens.co.kr	052-259-4220	jyounlee@soosanens.co.kr	기타엔지니어링 서비스업
5	A	(주)우진	이성범	199	52,171	경기도 화성시 동탄면 오산리 292	www.woojininc.com	031-379-3114	woojin@woojininc.com	기타 측정, 시험, 설계, 제어 및 정밀기기 제조업
6	A	(주)청우하이드로	안상구	160	46,524	인천 서구 호두산로 166, 인천추월공단	www.cwhydro.co.kr	032-561-0971	cwacc@cwhydro.co.kr	기체 펌프 및 압축기 제조업
7	A	부양산업(주)	이정훈	24	16,461	경기도 이천시 부발읍 죽당리 1144-4	www.byind.com	031-634-7505	jerrusa@hanmail.net	콘크리트관 및 기타 구조용 콘크리트제품 제조업
8	A	엔스코(주)	이종포	107	15,201	대전 유성구 유성대로 1628번길 66	www.ansco.kr	042-820-2000	ansco@ansco.kr	기타 기술 시험, 검사 및 분석업
9	A	(주)미래와도전	이병철	62	12,031	경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 32층	www.fnctech.com	031-8065-5114	-	기타엔지니어링 서비스업
10	B	(주)엑트	조천휘	48	5,695	대전 유성구 테크노9로 35, 406호	www.actbest.com	042-331-3885	howard01@actbest.com	기타 공학연구개발업
11	B	에쓰디디(주)	권갑주	52	5,101	대전광역시 유성구 테크노11로 7	www.system-dnd.com	042-930-8800	ykmin2@naver.com	탱, 밸브 및 유시장치 제조업
12	B	(주)이투에스	윤주형	29	4,659	서울 강동구 상암로41길 26, 3층	http://www.e2s.co.kr	02-488-0586	e2s@e2s.co.kr	배전반 및 전기자동제어장비 제조업

*분류등급기준 :

S - 폐수처리 관련 기업 및 매출액 200억 이상 기업

A - 폐수처리 관련 기업 및 매출액 30억 이상 기업

B - 폐수처리 관련 기업 및 매출액 30억 이하 기업

3) 해외시장

국가	회사명	사업 분야	사업 내용
일본	오르가노	▶ 수처리 관련 사업(발전소 용도)	• 중공사막식(中空絲膜式) 복수여과장치를 개발, 개량함
일본	쿠리타공업	▶ 수처리 관련 사업	• 산업용수처리장치
일본	DAINICHISEIKA COLOR & CHEM MFG	▶ 안료사업, 화학제품사업, 파인폴리머사업	• 방사성폐액처리 : 방사성 요오드 제거 친수성 수지 조성물
일본	NEOS CO LTD	▶ 화학 제품 ▶ 화학 공학	• 화학 제품 연구 개발, 제조 판매 • 화학 정밀 세정, 연마, 화학적 세정 및 표면처리 • 방사성폐액처리 : 방사성 요오드를 선택적으로 고착, 제거
일본	KOBE STEEL LTD	▶ 방사성 폐기물 처리	• 방사성폐액처리: 다종류의 방사성 핵종 제거
일본	KAKEN	▶ 수탁시험 연구/개발 ▶ 방사선/원자력 ▶ 장비·설비 제작/판매	• 방사선 제거 기술 :SW-KAZLS (카잘스) • 핵융합 재료개발
미국	ENERGYSOLUTIONS, LLC	▶ 폐기물 처리	• 방사성 활성 폐수 처리 • 핵 물질 관리, 운송 및 폐기 • 배어 크릭 처리, 클라이브를 포함함
미국	WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP	▶ 폐기물 관리 ▶ 오염제거	• 방사성 폐기물 처리
미국	AVANTech, Inc.	▶ 방사성 위험 및 비 위험 액체 처리	• 방사성 폐수처리 시스템 • Atrextm system
미국	Alcoa Inc.	▶ 폐수 처리	• Natural Engineered Wastewater Treatment (NEWT) system
미국	Evoqua Water Technologies LLC	▶ 폐수 처리	• 폐수 처리 서비스, 폐수 처리 제품 제공
미국	KURION INC	▶ 방사성 폐기물 처리	• 로봇 시스템 및 서비스, Ion Specific Media, Modular Detritiation System, GeoMelt®, Modular Vitrification System
프랑스	Areva NC	▶ A low-carbon emission offer ▶ Nuclear Fuel cycle Solutions ▶ Nuclear Energy and associated services	• Fuel cycle management • Solutions for Safe Long-Term Operation
프랑스	COGEMA	▶ 원자력 엔지니어링, ▶ 건설링	• 핵연료공급 및 사용후 핵연료 재처리 • 우라늄 담사, 방사성 폐기물 처분
프랑스	Veolia Water Solutions & Technologies Support	▶ 수처리	• 자동 냉각 수처리, 멤브레인용 화학 물질, 폐수 처리 약품
프랑스	Niskae Sarl	▶ 수처리	• 폐수 처리 설비, 공업용수 재활용 공장 운영
프랑스	DEGREMONT	▶ 수처리	• 수처리 설계, 구축, 유지 보수
미국	Honeywell UOP	▶ 원전 해체 사업	• 석유 정제, 가스 처리, 석유 화학 생산 및 주요 제조 산업에 기술을 개발 • 원전 분야 제염 기술을 상업화함 • Cs를 선택적으로 분리·제거하는 제올라이트(IONSIV IE-96)판매
미국	에너지솔루션즈	▶ 엔지니어링	• 2006년에 설립된 이후 원전 5기의 폐로를 진행 • 일본에 기술이전 진행
미국	AREVA	▶ 원자로 관리	• 즉시 해체 방식의 선두기업으로 제염 및 사용후 연료처리
미국	WH	▶ 원자로 관리 ▶ 원전 해체 사업	• 폐로 장비를 공급함과 동시에 원자로 분해 및 폐기물 관리
영국	ONET	▶ 원자로 관리 ▶ 원전 해체 사업	• 가스 냉각로 해체에 많은 경험을 보유하고 특히 제염 분야에서 두각
미국	PCI 에너지서비스	▶ 에너지 서비스	• 미국의 원전 폐로 전문 기업
영국	VT그룹 AMEC	▶ 엔지니어링	• 원전과 원자로설계, 원전 사후관리 • 해체, 사용 후 연료 처리기술, 제염 연구개발
스위스	Swiss Decommissioning AG	▶ 폐로서비스	• 방사능 보호 및 오염제거
영국	Babcock	▶ 발전소 건설	• National Decommissioning Authority 폐로 관련 입찰 성공
독일	TUV SUD	▶ 엔지니어링 서비스	• 세계적인 지사를 두고 원자력 관련 서비스 제공

4. 시장 진입가능성

- 방사성 폐기물 처리 시장은 연평균 성장률이 2.5%로 성장세를 유지하고 있으며, 세계적으로 폐기물 처리에 대한 국제적 규제가 강화, 폐기물 발생량이 처분장의 저장 용량 포화가 예상됨에 따라 폐기물 처리 시장 성장에 기여할 것으로 예상됨
- 방사성 폐기물 처리는 안전과 밀접하게 연관되어 있어 안전하고 효과적이며 경제적인 방사성 폐기물 처리 기술이 요구되고 있으며, 또한, 원전 가동으로 인한 지속적인 방사성 폐기물을 처리에 대한 수요가 존재하고 있어 시장 진입은 용이한 것으로 판단됨
- 따라서, 본 기술은 방사성 물질 분리효율 향상, 시설 설비 단순화, 2차 환경오염 감소 및 방사성 폐기물 처분 비용 절감 인해 최소 비용으로 대량처리를 원하는 국내외 방사성 폐기물 처리 업체의 니즈에 부합하는 기술로 시장 진입 가능성을 더욱 높일 수 있으며, 특히 기존 폐수 처리 업체 또는 원전 해체 업체 대상으로 본 기술을 사업화할 경우 시장에 진출이 용이할 것으로 판단됨

III 종합의견

- 2011년 발생한 일본의 후쿠시마 원전사고로 인해 세계적으로 환경오염에 대한 중요성이 증가함에 따라 원자력 발전 및 폐기물 처리에 대한 국제적 규제가 강화되고 있어 폐기물 처리 시장이 지속적으로 증가할 것으로 예상됨
- 또한, 미국, 프랑스, 일본 등 해외에서는 방사성 폐기물 처리와 장기관리를 위한 해결책을 모색하기 위해 국가적 차원에서 사업을 진행하고 있으나, 방사성 폐기물 처리에 어려움을 겪고 있는 상황이므로 시장진입은 용이한 것으로 판단됨
- 본 기술은 방사성 물질과 흡착하는 자성 흡착제 및 이를 포함하는 하이드로젤을 이용하여 방사성 물질을 분리·회수하는 기술로, 기술이전을 통해 사업화를 하는 경우, 사업화 성공 가능성이 높을 것으로 판단됨

[표] 방사성 폐기물 처리 분야의 SWOT분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • 정부의 R&D 분야에 대한 강력한 지원의지 • 선진국 수준의 수질 규제 • 국내 환경기술 및 환경설비에 대해 높은 기술력 보유 	<ul style="list-style-type: none"> • 지역의 환경 사업에 대한 타 국가들의 관심이 커 우리나라의 비교우위를 내세워 사업을 진행 하는 것이 필요 • 핵심인적자원 부족
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 분야의 타산업과 연계성이 높음 • 세계적으로 환경오염에 대한 중요성 인식으로 해당 산업의 시장규모 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 세계적인 경기침체로 인한 수요 감소 가능성 • 특히 마찰 심화 • 선진국 업체의 시장 선점에 의한 높은 진입 장벽

IV 정부사업과의 연계

- 본 발명을 이전받아 기술사업화를 진행할 하기에 명시한 정부의 지원사업에 신청 가능함

[표] 정부사업과의 연계

사업명	분야	지원규모
2018년도 연구개발특구육성사업	기술이전 R&BD	3억원 이내 / 년
	연구소기업 R&BD	3억원 이내 / 년
2018년 R&D 재발견 프로젝트 (기술성과활용촉진사업)	상용화개발지원	4억원 이내 / 년
	기초연구재발견지원	4억원 이내 / 년
2017년도 산학연협력 기술개발 지원사업	첫걸음 기술개발	1억원 이내 / 년
	도약 기술개발	1억원 이내 / 년

V 원자력(연) 보유특허

- 보유특허현황

구분	발명의 명칭	출원번호 (출원일)	공개/등록번호 (공개/등록일)	출원 국가
1	방사성 핵종 제거용 자성 흡착제를 포함하는 하이드로젤 조성물 및 이의 용도	10-2015-0066818 (2015.05.13)	10-1678860 (2016.11.17)	한국
2	자성 흡착제 제조 방법	10-2015-0048602 (2015.04.06)	10-1658475 (2016.09.12)	한국

- 담당자연락처

구분	성명	전화	이메일	비고
기술이전 담당	안기정	042-868-2188	kjahn@kaeri.re.kr	기술사업화팀
연구자 (주발명자)	양희만	042-868-4537	hmyang@kaeri.re.kr	-