

기 술 평 가 서

Technology Evaluation Report

- for Assessment, Valuation & Appraisal of Technology

평가기술

중금속으로 오염된 토양 및
지하수 처리기술 개발

평가용도

한국건설교통기술평가원
창업·사업화 지원과제 선정용



서울중앙기술평가원장 (인)

1. 본 평가서는 평가용도 외로 사용할 수 없으며, 기술평가기관은 본 평가서를 기초로 한 행위결과에 대하여 어떠한 책임도 부담하지 않습니다.
2. 본 평가서에서 사용된 가정들은 향후 사업환경의 변화 및 신청기술을 적용하는 경영진이나 기술인력 등의 능력에 따라 영향을 받으며, 이에 따라 그 평가결과가 변동될 수 있습니다.

제 출 문

(주)다산컨설팅트 귀하

본 평가서를 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수
처리기술 개발”에 관한 한국건설교통기술평가원의 창
업·사업화 지원용 기술가치평가의 최종보고서로 제출
합니다.

2009년 08월 17일

평가기관
평 가 자

기술보증기금

기술평가사

이 종 배

공학박사

이 광 원

한국환경기술진흥원/공학박사

김 재 석

리앤목특허법인

류 소 명

대현회계법인/공인회계사

정 구 진

목 차



I . 기술가치평가	1
1. 평가결과	1
2. 세부 평가내용	3
가. 기술가치 산출표	3
나. 주요변수 산정내역	4
II . 평가의견	21
1. 기술성	21
가. 기술개요	22
나. 국내외 기술동향	27
다. 기술수준	42
라. 기술의 파급성	44
마. 기술의 권리분석	45
2. 시장성	70
가. 시장개요	71
나. 시장규모 및 특성	77
다. 시장동향	82
라. 수요전망	84
3. 사업성	86
가. 사업수행 능력	87
나. 가격 및 품질경쟁력	91
다. 사업추진의 타당성	92
라. 수익전망	94

4. 기타사항	96
가. 인적자산	96
나. 기타 특이사항	96

Ⅲ. 기업체 개황 97

1. 개요	97
2. 대표자 인적사항	97
3. 주요 기술인력	98
4. 주요 생산시설 현황	98
5. 요약 재무상황 및 영업실적	99

I. 기술가치평가

1. 평가결과

기술가치평가액	519백 만 원 ¹⁾
---------	------------------------

평가요약

(가) 평가목적

본 평가는 한국건설교통기술평가원의 건설교통 R&D 정책·인프라사업의 창업·사업화 지원과제 선정 등에 활용하기 위하여 평가대상 특허의 기술가치를 산정하는데 그 목적이 있다.

(나) 평가대상기술

평가대상기술은 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수 처리기술 개발”로서, 표면에 산화철을 부분 코팅시킨 제올라이트를 지지체로 사용하여 용존 비소를 비롯한 다양한 중금속에 오염된 지하수 등의 水처리 등에 이용되는 기술이다. 본 평가는 한국특허등록 10-0857352호를 대상으로 하였으며, 기술분류상의 위치는 “수질오염 제어 및 처리기술”로 분류된다.

(다) 평가방법

본 평가에서는 평가대상기술의 가치를 금액으로 환산하기 위하여 수익접근법을 적용하였다. 수익접근법은 평가대상기술자산의 미래 수익창출 능력에 초점을 둔 방식으로, 평가대상기술로부터 발생하는 미래현금흐름의 현재가치 합계에 기술기여도를 곱하여 기술의 가치를 산정한다. 본 평가는 2009년 1월 1일을 평가기준일로 하였고, 2009년 07월 01일부터 2009년 8월 17일까지 수행되었다.

(라) 평가의 주요 조건 및 가정

본 평가에서는 평가대상기술의 가치를 금액으로 환산하기 위한 핵심변수들 즉, 기술의 경제적 수명, 미래현금흐름, 할인율, 기술기여도 등의 값은 기술보증기금의 기술평가운용요령적용기준 또는 이에 준하는 규정에 의거하여 추정하였다. 이들 변수를 추정하기 위한 세부 가정은 본 평가서 본문에서 자세하게 설명하였다.

- 1) ① 특허권의 가치는 평가일의 특허등록공보를 기준으로 평가하였으므로, 특허법 제74조제3항의 특허취소결정 또는 동법 제133조의 특허 무효심판의 심결을 통하여 전부 또는 일부의 청구항이 취소 또는 무효되거나 동법 제136조의 정정심판 또는 동법 제133조의 2의 특허무효심판절차중의 정정을 통하여 명세서 또는 도면의 정정이 있을 경우에는 특허권 가치의 변동이 있을 수 있다.
② 특허출원중인 발명과 같은 특허 받을 수 있는 권리의 가치는 특허법 제64조의 출원공개 전일 경우에는 최초출원 명세서, 출원공개 후에는 특허공개공보의 명세서대로 등록된다는 가정 하에 평가하였으므로, 동법 제47조에 따른 특허출원의 보정이 있거나 동법 제62조의 특허거절결정이 있을 경우에는 가치의 변동이 있을 수 있다.

평가요약

(마) 평가결과 요약

주요 변수	추정치 또는 결과
기술의 경제적 수명	9년(2009년 ~ 2017년)
할인율	10.50%
여유현금흐름의 현재가치 합	1,254백만원
기술기여도	41.36%
기술의 가치	519백만원

2. 세부 평가내용

가. 기술가치 산출표

□ 본 평가서에서의 기술의 가치는 수익접근법에 의해 산정되었으며, 이를 위한 세부 변수 및 가정을 I. 2. 나.항에 상세히 설명하였다. <표 I-1>은 평가대상기술에 대한 기술가치 산출표이며, 결과적인 평가대상기술의 가치는 519백만원으로 산정되었다.

< 표 I-1 > 기 술 가 치 산 출 표

(단위: 백만원)

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	합 계
매출액	1,025	2,312	2,608	11,768	13,272	14,972	16,888	11,824	8,276	
매출원가	890	2,007	2,264	10,215	11,520	12,996	14,659	10,263	7,184	
판관비	69	156	176	794	896	1,011	1,140	798	559	
법인세비용	10	24	27	120	136	153	173	121	85	
세후영업이익(A)	56	125	141	639	720	812	916	642	448	
감가상각비(B)	10	23	26	117	131	148	167	117	82	
자본적지출 (C)	104	142	53	961	270	305	343	-349	-245	
운전자본증감(D)	220	276	63	1,964	322	364	411	-1,086	-761	
투자액회수 (E)									2,535	
여유현금흐름(F) (F=A+B-C-D+E)	-258	-270	51	-2,169	259	291	329	2,194	4,071	
현가계수 (G)	0.9050	0.8190	0.7412	0.6708	0.6071	0.5494	0.4972	0.4500	0.4072	
현재가치 (H) (H=F×G)	-234	-221	38	-1,455	158	160	163	987	1,658	1,254
기술기여도 (J)										41.36%
기술가치 (K) (K=ΣH×J)										519

※ 평가기준일 : 2009년 1월 1일

나. 주요 변수 산정내역

(1) 기술가치 평가 산식

기술가치 평가 기본모형은 다음과 같은 수익접근법 기반의 산식을 이용하며, 특정한 기술의 가치는 기술의 경제적 수명기간 동안 미래의 여유현금흐름을 추정하여 얻어진다. 여기서, t 는 년 수, n 은 기술의 경제적 수명, FCF는 여유현금흐름, r 은 할인율을 의미한다.

$$\text{기술의 가치} = \sum_{t=1}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} \times \text{기술기여도}$$

(2) 기술의 경제적 수명

기술의 경제적 수명은 어떤 기술자산을 이용함으로써 이익이 산출되는 기간을 뜻하는 것으로 기술 자산을 이용함으로써 더 이상 이익이 발생하지 않게 되는 시점 또는 다른 기술자산을 이용함으로써 보다 큰 이익을 산출할 수 있게 되는 시점을 의미하기도 하며, 내용연수와는 다른 개념이다. 기술가치평가에서 기술수명을 고려할 경우에는 관련 기술이 이용되는 시장의 존재와 시장의 성장에 따른 기술의 지속적인 필요성을 전제하여 기술수명을 추정하게 되며, 기술의 진입장벽, 특허권의 존속기간, 대체기술의 출현가능성, 경쟁업체의 유사 내지 개선기술 개발 동향, 제품의 수명주기 및 수요시장의 특성 등을 종합적으로 고려하여 산정한다.

지식경제부는 국가차원의 신뢰성 있는 기술가치평가 표준모형을 개발하기 위하여 기술보증기금을 사업주관기관으로 선정하여 “기술이전·사업화기반구축사업(과제명: 기술평가기법 개발 및 보급)”을 수행하였으며, 동 사업에서 제시한 기술의 경제적 수명 추정방법은 다음과 같다.²⁾

○ 산업재산권 법적보호기간

기술의 경제적 수명 = 산업재산권 법적 보호기간 - 평가시점의 기술경과 연수

○ 인용특허수명(CLT) 지수³⁾

2) “기술가치평가 실무요령”, 지식경제부(기술보증기금), 2008.5.

특허의 데이터베이스를 분석하여 개별기술의 특허가 다른 특허에 의해 인용될 경우, 연차별 인용빈도수를 측정, 평균 인용빈도 등과 같은 기준치를 상회하는 기간을 해당 기술군의 수명으로 추정.

○ 기술수명 영향요인(정성적 지표)에 대한 정량화 평가지표

기술수명에 영향을 미치는 6개의 정량 및 정성적 평가지표를 활용, 각 지표별 점수(1~5점)를 부여한 후 산업재산권의 법적 보호기간을 기준 값으로 산출 점수를 총점으로 환산하여 수명을 추정.

$$\text{기술의 경제적 수명} = f \left(\begin{array}{l} \text{인용특허수명} \dots \text{정량 지표} \\ \left. \begin{array}{l} \text{법.제도적 요인} \\ \text{대체기술출현} \\ \text{기술발전단계} \\ \text{고객 Needs} \\ \text{시장 경쟁} \end{array} \right\} \text{정성 지표} \end{array} \right) = \text{정량화평가 총점} \times \frac{\text{법적 보호기간}}{30 \text{ (평가지표 점수합계)}}$$

○ IT 기술 Road-Map

IT 분야는 정보통신연구진흥원(IITA)의 IT기술 Road-Map (IT TRM 2012)의 세부분야별 기술로드맵의 수명주기를 기술 수명으로 활용.

○ 노하우(Know-How) 기술

유사기술 분야를 선정하여 상기에서 제시한 여러 방식들을 상호보완적으로 활용하여 결정.

(주)다산컨설턴트는 2007년 03월 “철 코팅된 제올라이트의 제조방법 및 이를 이용한 수처리방법”을 특허출원하여 2008년 09월 산업재산권을 확보하고 있다. 따라서 평가대상기술의 경제적 수명은 상기 추정방법 중 인용특허수명(Cited-Patent

3) 동 지수를 활용한 기술수명은 인용특허를 추출하여 인용된 특허가 등록되어 공표된 날짜를 기준으로 연차별 인용 빈도수를 측정하며, 인용기간을 인용특허의 수명으로 정의함. 즉, 기술수명이 길수록 인용기간이 긴 인용특허가 많고, 기술수명이 짧을수록 인용기간이 짧은 특허가 많다는 전제하에서 추정하는 방법.

Life Time) 지수를 도입하는 것이 적절한 것으로 판단되며, 이 경우 평가대상기술과 가장 유사한 "USPC CLASS 502 CATALYST, SOLID SORBENT, OR SUPPORT THEREFOR: PRODUCT OR PROCESS OF MAKING"의 중앙값 9년을 적용하였다.

본 평가에서는 동 산업의 성장추세와 경쟁기술의 출현가능성 및 제품수명주기 등을 고려하여 인용특허수명 지수의 중앙값인 9년으로 하여 기술의 경제적 수명을 추정하였다.

USPC	기술명	중앙값
Class 502	CATALYST, SOLID SORBENT, OR SUPPORT THEREFOR: PRODUCT OR PROCESS OF MAKING	9

(3) 매출액 추정

기술가치 평가에서 추정 매출액은 미래의 실현 가능한 현금흐름 측정의 핵심 기초자료가 되며, 추정된 매출액 규모에 따라 평가대상기술의 가치가 결정적으로 좌우된다. 기술가치 평가 전 과정 중 가장 중요한 과정이 평가대상기술의 수명기간 동안 실현할 수 있는 매출액의 추정으로 기술 및 시장에 대한 이해가 필수적으로 요구되며, 이는 기술수명, 시장규모 및 시장점유율 등의 추정을 바탕으로 이루어진다. 일반적으로 매출액을 추정하는 방법은 다음과 같다.

○ 시장점유율

산업에 관한 지식(경쟁상태, 과점, 추세 등)과 기업에 관한 지식(생산능력, 제품종류, 사업계획 등)을 결부하여 과거의 영업실적을 분석한 후, 앞으로의 시장점유율을 예측하여 판매 예상량을 추정하고 여기에 판매단가를 곱하여 추정매출액을 산출하는 방법

○ GNP 탄성치

정부에서 예측하는 GNP 성장률이나 GNP 계수가 신뢰성이 있고, 회사의 매출정책도 이에 탄력적이고 안정적으로 반영된다는 가정 하에 예측 연도의 GNP 예측치를 이용하여 매출액을 추정하는 방법

○ 최소자승법

추정대상 제품의 매출과 다른 변수(경제지표, 연관 상품)들 사이에 존재하는 법칙성을 통계적 방법에 의하여 규명하고, 이 법칙성이 일정한 장래까지 안정적으로 연장된다는 가정 아래 그 제품의 매출액을 추정하는 방법으로 기존 자료가 많을 때 사용 가능

○ 실무편법

평균성장률이나 예상증가율 혹은 최근 월말 매출실적을 이용하여 간편하게 매출액을 추정하는 방법

평가대상기술에 대한 매출액의 추정은 시장점유율에 의한 추정의 방법을 사용하였다. 즉, 관련 시장의 규모를 파악한 후 예상되는 점유율을 토대로 매출을 추정하였다. 평가대상기술과 관련한 토양/지하수 산업의 시장규모는 한국기술거래소의 자료(한국기술거래소, 2006)에 의하면 2005년도 700억원 규모에서 2010년까지 5,850억원 규모로 예측하고 있다. 또 다른 보고서(KONETIC 리포트, 삼성엔지니어링, 2007)에 의하면 2005년 700억원에서 2010년에는 1조 7,270억원까지 성장한 후, 2010년 부터 2015년까지 연평균성장률 12.8%(관련 산업 성장률 평균치 적용)로 최대 3조 1,528억원 정도까지 성장할 것으로 예상하고 있다.

따라서 본 평가에 있어서 시장의 규모는 2010년을 기준으로 상기 두 보고서의 예상 시장규모의 평균치인 1조 1,560억원을 시장의 규모로 산정하였다. 또한, 2010년 이후에 대한 시장규모의 성장률은 한국기술거래소 자료에는 언급되고 있지 않고 있으므로, KONETIC 리포트에서 언급하고 있는 관련 산업 성장률 평균치인 12.8%를 적용하여 2015년까지 산정하고 그 이후 연도는 평가대상기술에 대한 경제적수명주기에 근접하므로 매출이 감소하는 쇠퇴기로 판단되어 시장규모의 감소율을 30%로 산정하여 다음과 같이 산정되었다.

<표 I-2> 토양/지하수 시장의 추정 규모

(단위: 백만원)

구 분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
추정 시장규모	1,156,000	1,303,968	1,470,876	1,659,148	1,871,519	2,111,073	1,477,751	1,034,426

상기의 토양/지하수 복원시장에서 수질개선과 관련한 사업의 시장비율은 약 20%로 추정하였으며, 수질개선 사업의 시장규모에서 평가대상기술의 활용으로 인한 시장점유율은 현재 특허 실시계약을 체결한 오이코스의 시장점유율 10% ~ 15%(한국기술거래소 자료 인용) 중 낮은 점유율인 10%를 기준으로 보수적으로 산정하였다. 또한, 수질개선 사업에 있어서 전체 시장규모 중 흡착제의 소요비율을 10%로 판단하였고, (주)다산컨설팅트가 토양정화업 및 지하수정화업으로 등록하고 직접 시장에 진출이 가능한 2012년부터는 수질개선 사업의 약 30%를 직접 수주한다고 판단되어 매출액을 추정하였다.

<표 I-3> 추정 매출액

(단위: 백만원)

구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
수질개선사업 시장규모(20%)		231,200	260,794	294,175	331,830	374,304	422,215	295,550	206,885
시장점유율(10%)		23,120	26,079	29,418	33,183	37,430	42,222	29,555	20,689
흡착제비율(10%)		2,312	2,608	2,942	3,318	3,743	4,222	2,956	2,069
수처리설비시공매출				8,826	9,954	11,229	12,666	8,868	6,207
추정 매출액	1,025	2,312	2,608	11,768	13,272	14,972	16,888	11,824	8,276

상기의 매출액 추정시 2009년 매출액은 2010년 매출액에서 관련 산업 성장률 평균치인 12.8%를 적용하여 역산 후 2009년 상반기를 제외하여 산정하였다.

(4) 여유현금흐름 추정

(가) 매출원가 산정내역

매출원가는 일반적으로 재료비, 노무비 및 경비로 구성되어 있다. 평가대상기술의 원가산정을 위해서는 과거 원가율 추이와 향후 원가절감 가능성 등을 고려하여 산출하는 것이 타당하나, 객관적인 매출원가의 산정이 용이하지 아니하여 기술보증기금이 구축한 표준재무정보 중 “토목시설물 건설업 (F4122)”의 매출액 대비 매출원가 비율인 86.80%를 평가대상기술의 매출원가 비율로 적용하였다.

(나) 판매비와 관리비 산정내역

판매비와 관리비는 제품 등의 판매활동 및 기업의 유지관리에서 발생하는 비용으로 매출원가 분석방법과 동일한 기술보증기금의 표준재무정보 중 “토목시설물 건설업 (F4122)”의 매출액 대비 판매비와 관리비의 비율인 6.75%를 적용하였다.

(다) 여유현금흐름 산정내역

기업이 영업활동을 유지 또는 확대하면서도 자유롭게 사용이 가능한 현금인 여유현금흐름은 세후영업이익에 감가상각비를 더하고 자본적 지출 비용과 운전자본의 증감액을 각각 차감하여 산출한다. 이를 산식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{여유현금흐름} = EBIT \times (1 - t) + Dep - NWC - CE$$

여기서, $EBIT$: 영업이익

t : 법인세비용 비율

Dep : 감가상각비 및 무형자산상각비

NWC : 순 운전자본 증감액

CE : 유형자산 및 무형자산 증감액

즉, 여유현금흐름 = [매출액 - 매출원가 - 판매비와 관리비 등] × (1 - 법인세 비용 비율) + [감가상각비 + 무형자산상각비] - [매출채권증가액 + 재고자산증가액 + 선급비용증가액 등 - 매입채무증가액 - 미지급법인세증가액 - 기타유동부채증가액 등] - [유형자산증가액 + 무형자산증가액 - 유형자산감소액 - 무형자산감소액]

본 평가에서의 영업이익은 추정 매출액에서 상기의 매출원가 및 판매비를 차감하여 산출하였고, 세후영업이익, 감가상각비, 자본적 지출, 운전자본 증감, 자본적지출의 재무자료는 기술보증기금의 표준재무제표 중 “토목시설물 건설업 (F4122)”의 재무비율을 적용하였다.

- 세후영업이익(A)은 영업이익에 (1 - 법인세비용/법인세비용차감전순이익)을 곱하여 얻어진다.

- 감가상각비(B)는 손익계산서 판관비 항목 중 감가상각비율(0.16%), 무형자산상각비율(0.07%) 및 제조원가명세서 중 감가상각비율(매출원가×감가상각비 비중)(0.87%)을 추정 매출액에 곱하여 산출하였다.
- 자본적지출(C)은 총자산 증가분(매출액 증가분/총자산회전율(1.10))에 유·무형자산 비중(9.21%)을 곱한 값에 당해연도 감가상각비를 합산하여 산출하였다.
- 운전자본 증감(D)은 매출액 증가분에 운전자본회전율의 역수 $[(1/\text{매출채권회전율}(4.14)) - (1/\text{매입채무회전율}(7.80)) + (1/\text{재고자산회전율}(9.90))]$ 를 곱하여 산출하였다.
- 투자액 회수(E)는 감가상각 잔여액(자본적 지출 합계－감가상각비 등 합계), 총 운전자본 증감액이 기술수명이 종료하는 최종연도에 전액 회수되는 것으로 가정하여 산출하였다.

<표 I-4> 여유현금흐름 추정

(단위: 백만 원)

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
세후영업이익(A)	56	125	141	639	720	812	916	642	448
감가상각비(B)	10	23	26	117	131	148	167	117	82
자본적 지출 (C)	104	142	53	961	270	305	343	-349	-245
운전자본 증감(D)	220	276	63	1,964	322	364	411	-1,086	-761
투자액 회수(E)	0	0	0	0	0	0	0	0	2,535
여유현금흐름	-258	-270	51	-2,169	259	291	329	2,194	4,071
현가계수	0.9050	0.8190	0.7412	0.6708	0.6071	0.5494	0.4972	0.4500	0.4072
현금흐름현재가치	-234	-221	38	-1,455	158	160	163	987	1,658
현재가치 합계									1,254

- 매출액이 감소하는 2016년부터 자본적지출 및 운전자본 증감이 부(-)의 값을 나타내고 있으며, 결과적으로 평가대상기술에 적용하는 10.50%의 할인율 감안시 2017년까지 여유현금흐름의 현재가치 합계액은 1,254백만원으로 산출되었다.

(5) 할인율 추정

(가) 할인율 추정기준

할인율은 평가대상기술을 이용한 사업의 위험을 산정하는 것으로, 통상 할인율에는 자기자본비용과 타인자본비용을 가중평균한 가중평균자본비용(WACC : Weighted Average Cost of Capital)이 가장 널리 사용되며, 타인자본비용과 자기자본비용에 가산되는 가중치는 부채비율에 의해 결정되는 것으로, 중소벤처기업과 같이 규모가 작은 기업이나 신생기업의 경우 위험프리미엄을 할인율에 가산하여 다음과 같이 산출한다.

$$\begin{aligned} \text{할인율} &= WACC + Spread \\ &= [(세전타인자본비용) \times (1 - 법인세율) \times (\text{타인자본구성비}) \\ &\quad + (\text{자기자본비용}) \times (\text{자기자본구성비})] + \text{스프레드(위험프리미엄)} \end{aligned}$$

지식경제부의 "기술이전·사업화기반구축사업"(과제명: 기술평가 기법 개발 및 보급)에서 개발한 기술가치평가 표준모형에서의 할인율은 산업특성과 기업고유의 특성을 반영하기 위해 업종별, 기업형태 및 규모별로 각각 구분하여 산출하였으며, 따라서 업종별 7그룹, 기업특성별 6그룹 등을 감안하여 총 42개의 할인율을 적용하도록 하고 있다.

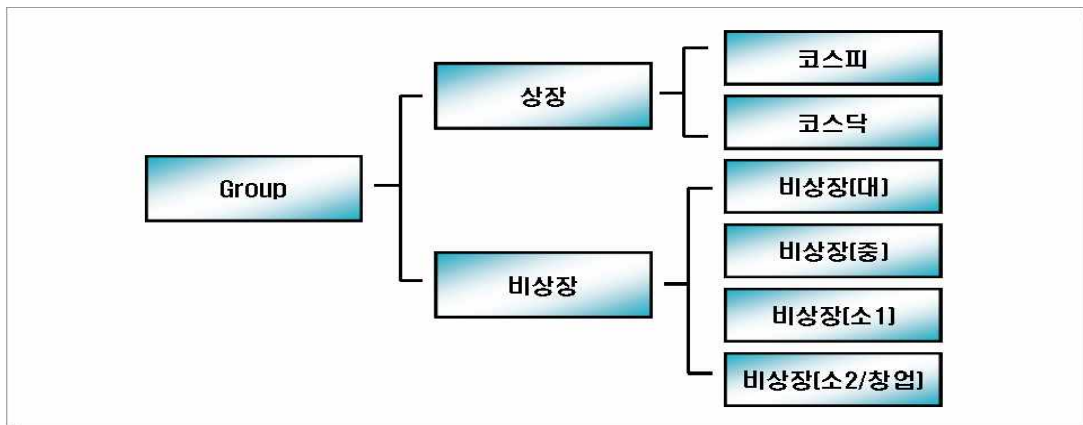
○ 할인율 추정기준

■ 업종별 7개 Group

기 술 군	기 술 분 야
• IT (group1)	전기/반도체, 전자/통신, 정보매체, 컴퓨터
• BT (group2)	농수산, 바이오, 식료품, 의약, 의료·레저, 생명공학, 보건의료, 환경
• 기계 (group3)	기계부품, 엔진/펌프, 포장, 의료정밀기기, 기반기술
• 소재 (group4)	고분자, 금속가공, 분리/혼합, 비금속가공, 섬유, 야금/도금, 제지, 조명/가열, 초미세기술, 측정/광학, 가정용품, 광업
• 화학 (group5)	무기화학/수처리, 무기/폭발, 석유/정밀화학, 원자력, 유기화학
• 건설·수송(group6)	수송·교통, 건설·토목

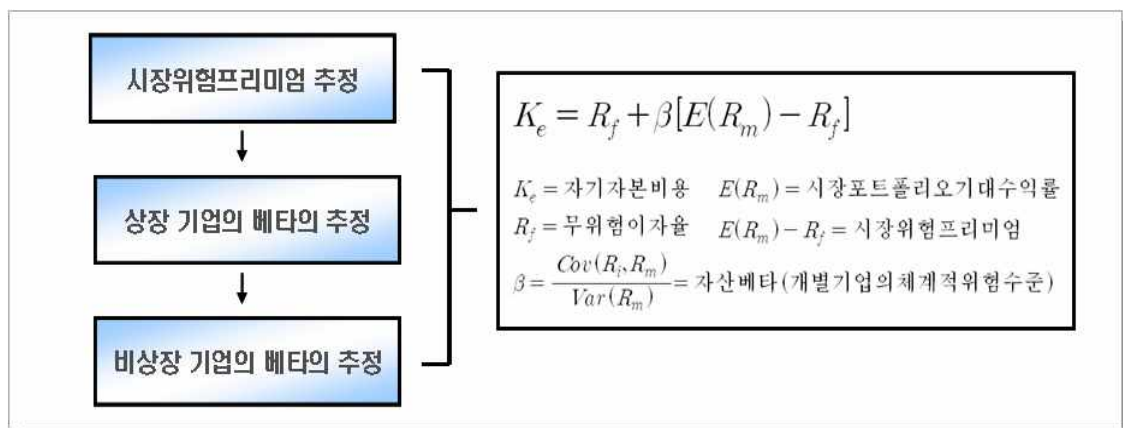
기 술 군	기 술 분 야
• 기타 (group7)	출판, 기타 제조업, 도소매

■ 기업형태별 또는 규모별 6개 Group



(나) 할인율 추정 변수

- 자기자본비용(Cost of Equity), K_e : 자기자본비용은 자기자본의 투자자 즉, 주식 소유자의 입장에서 투자로부터 기대하는 최소 수익률로, 국내외에서 가장 널리 사용되는 CAPM(자본자산가격결정모형: Capital Asset Pricing Model)을 이용하여 산출한다.



- 무위험이자율(R_f): 이론적으로 가장 좋은 무위험자산이자율은 제로베타수익률이나, 계산이 복잡하고 어려워 실무적으로는 대용치를 사용하며, 통상 무위험수익률로는 국채수익률이 사용되는 데, 본 모형에서는 국민주택채권 1종 5년의 월 평균값, 4.52%를 무위험수익률의 대용치로 사용하였다.

- **β(Beta)의 추정방법:** 기업의 체계적 위험수준을 나타내는 β는 월 수익률(Monthly Return) 자료인 개별기업의 수익률과 시장수익률(R_m)을 이용한 단순회귀분석(OLS)을 통하여 추정하는 회귀계수로 다음 산출식을 이용하였다.

즉, β의 추정: $R_i = \alpha_i + \beta_i \cdot R_m + e_i$ 이다. β의 추정기간은 1995년부터 60개월로 하였고, 시장수익률은 거래소와 코스닥의 시장수익률(Market Return)을 사용하였다. 또한, 베타추정을 위한 시장자료는 총 858개 표본(KOSPI; 565, KOSDAQ; 293)을 사용하였으며, 결과적으로 42개의 β값이 얻어진다.

- **시장위험프리미엄($E(R_m) - R_f$):** 장기간에 걸친 주식시장 수익률(R_m)과 무위험이자율(R_f)의 차이를 평균화하는 역사적 추정방법에 의해 얻어지는데, 이와 같은 장기간의 자료를 사용하는 것은 추정오차를 극소화하기 위함이며, 동 추정방법은 학계에서 보편화되어 있다.

본 모형의 추정결과, 1986~2005년까지 약 20년간의 평균 국채수익률이 10.67%이고, KCI(한국주식시장의 대표 주가지수인 종합주가지수수익률)의 평균은 16.44%로, 두 값의 차이의 평균으로 결정한 결과적인 시장위험프리미엄은 5.78%로 나타났다.

- **CAPM을 이용한 자기자본 비용의 추정:** 상장기업은 수익률 자료가 존재하므로, 즉, 시장위험 프리미엄은 역사적 방법론으로 산출한 5.78%를, 무위험수익률은 국고채(5년) 월평균 자료인 4.52%를, 베타는 각 년도의 1~12월까지의 월 수익률 자료를 이용하여 추정하였으나, 비상장 중소벤처기업의 경우 시장자료가 부재하기 때문에 직접적인 추정이 불가능하므로 코스피 및 코스닥 시장의 베타 분포차의 속성을 분석한 후, 이를 통해서 상대적으로 큰 위험을 가진 중소벤처기업의 베타를 유추하였다.

즉, 코스닥시장과 거래소 시장자료로부터 베타분포의 차를 추정할 수 있고, 두 시장 사이의 평균차와 분산비율에 대한 구간 별 추정결과를 이용하여 비상장기업의 베타를 간접적으로 추정하였다. 구간 추정결과를 바탕으로 비상장(대), 비상장(중), 비상장(소), 비상장(창업)의 베타 값은 구간 추정치의 50%, 30%, 10%, 1%의 값을 각각 적용하여 얻어지며, 이를 이용하여 비상장기업의 자기자본비용을 추정하였다.

- **타인자본 비용(Cost of Debt), K_d :** 타인자본 비용은 개념상 타인자본에 대한 금융비용이기 때문에 대차대조표상의 금융비용을 사용하여 추정이 가능하며, 이자 지급성 부채는 대차대조표상의 단기차입금, 유동성 장기부채, 사채, 그리고 장기차입금을, 금융비용은 손익계산서상의 지급이자와 할인료, 회사채 이자를 합산하여 계산하며, 다음 산출식을 이용하였다.

$$K_d = \frac{\text{지급이자와할인료} + \text{회사채이자}}{\text{단기차입금} + \text{유동성장기부채} + \text{회사채} + \text{장기차입금}}$$

$$K'_d = (1 - \tau) K_d$$

τ = 한계법인소득세율, K'_d = 세후타인자본비용, K_d = 세전타인자본비용

- **자기자본구성비와 타인자본구성비**

■ 자기자본구성비 = $\frac{E}{(E + D)}$, 타인자본구성비 = $\frac{D}{(E + D)}$

여기서, E, D 는 각각 대차대조표상의 자기자본과 타인자본

- **위험프리미엄(Spread):** 스프레드는 중소벤처기업과 같이 규모가 작은 기업 또는 신설기업의 경우 위험도가 높으나, WACC만으로는 이러한 위험도를 충분히 반영한다고 볼 수 없기 때문에 가산하는 위험프리미엄으로, 한국채권평가 무보증회사채의 신용등급별 연평균 수익률을 대용 값으로 사용하였다.

즉, WACC에 WACC 보다 크지 않은 스프레드를 더하여 할인율을 결정하는 것으로, 특별한 의미보다는 기업규모에 따른 불확실성을 반영하는 지표이다. 스프레드는 자기자본비용이 타인자본비용보다 커야 한다는 가정과 중소기업의 스프레드가 WACC 보다 커서는 안 된다는 가정 하에 결정되는 상수로, 금융기관에서 흔히 사용하는 가산금리의 개념으로 이해하여야 한다. <표 I-5>에 본 평가모형에서 사용한 스프레드 값을 나타내었다.

<표 I-5> 스프레드

구분	신용등급	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
코스피	A-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
코스닥	BBB+ A-	-0.66	0.61	0.53	0.48	0.52	0.52	0.54	0.55	0.54	0.45	0.42	0.43	0.5208
비상장(대)	BBB0 A-	-2.13	1.95	1.83	1.73	1.71	1.71	1.64	1.61	1.54	1.36	1.3	1.27	1.6483
비상장(중)	BBB- - A-	3.16	3.05	2.94	2.89	2.97	2.97	2.97	2.97	2.93	2.9	2.87	2.84	2.9550
비상장(소)	BB+ - A-	5.96	5.88	5.7	5.52	5.48	5.48	5.23	5.03	4.74	4.47	4.45	4.44	5.1983
-	BB0 - A-	7.12	7.01	6.83	6.65	6.37	6.37	6.12	5.92	5.63	5.36	5.34	5.33	6.1708
비상장(창업)	BB- - A-	12.4	12.2	11.9	11.5	7.38	7.38	7.13	6.93	6.64	6.37	6.35	6.34	8.5442

(다) 할인율 추정결과

<표 I-6> 할인율

규모별	업종별	할인율	규모별	업종별	할인율
코스피	group1	0.070	비상장 (중)	group1	0.111
	group2	0.062		group2	0.097
	group3	0.077		group3	0.095
	group4	0.067		group4	0.096
	group5	0.066		group5	0.097
	group6	0.076		group6	0.105
	group7	0.068		group7	0.106
코스닥	group1	0.091	비상장 (소)	group1	0.131
	group2	0.078		group2	0.119
	group3	0.077		group3	0.120
	group4	0.077		group4	0.120
	group5	0.079		group5	0.119
	group6	0.082		group6	0.128
	group7	0.089		group7	0.129
비상장(대)	group1	0.101	비상장 (창업)	group1	0.159
	group2	0.087		group2	0.145
	group3	0.084		group3	0.153
	group4	0.086		group4	0.151
	group5	0.088		group5	0.146
	group6	0.091		group6	0.166
	group7	0.094		group7	0.159

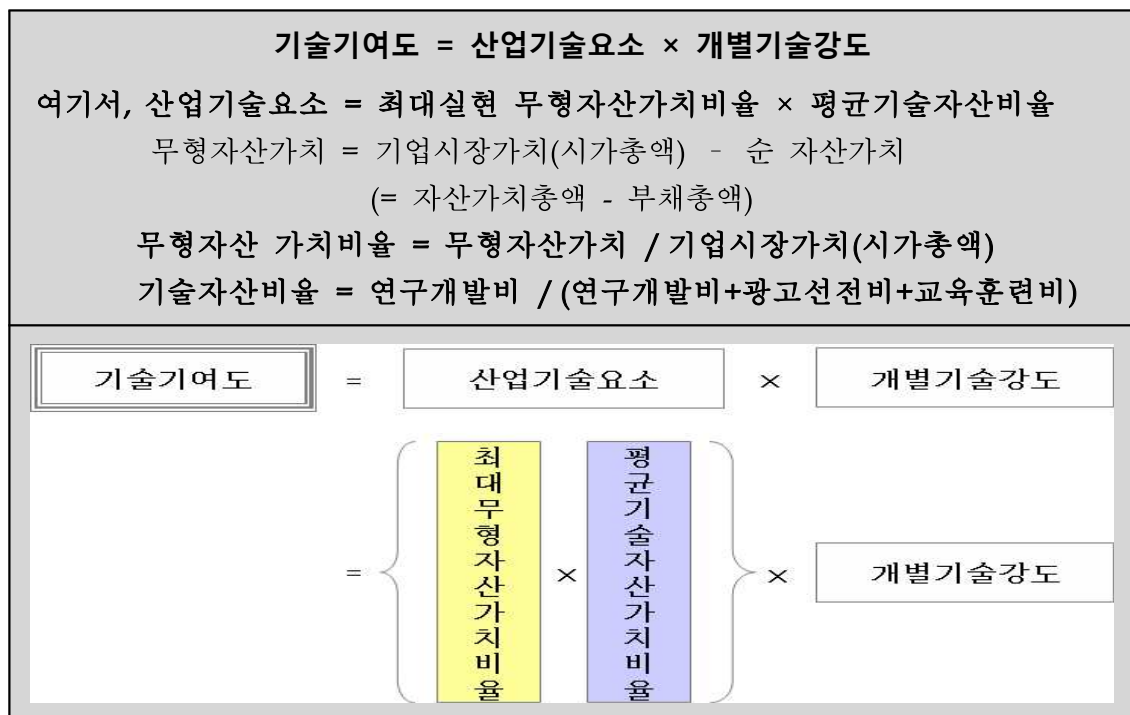
결과적으로 WACC에 Spread를 더하여 업종별, 기업형태 및 규모별로 총 42개의 할인율이 얻어지는 데, 그 결과를 <표 I-6>에 제시하였다.

평가대상기술의 사업주체인 (주)다산컨설팅트는 중소기업에 해당하므로, <표 I-6>에서 제시한 할인율 중 건설·수송 분야에 해당하는 비상장 중소기업_group 6 할인율인 10.5%(유색표시)를 적용하였다.

(6) 기술기여도 추정

기술기여도란 원칙적으로 사업 가치와 같이 영업주체가 창출한 수익에서 기술 원천이 기여한 바를 나타낸다. 즉, 기술가치의 배분이나 기여율을 나타내는 기술 기여도는 기술가치 산출식 $\sum_{t=1}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t}$ 로부터 기술기여 부분을 Factoring-out하는 요소로서, 무형자산 중에서 기술자산이 경제적 이익에 기여한 부분을 의미한다. 본 모형은 산업기술요소 지수와 개별기술강도 지수의 곱으로 정의하는 기술요소법을 근간으로 하여 산출한다.

○ 기술기여도 산출식



(가) 기술기여도의 업종 구분

기술기여도는 기업가치의 산출과는 독립적인 개념⁴⁾으로부터 출발하기 때문에 업종 구분 체계는 세계지적재산권분류를 근간으로 하여 모든 산업분류체계를 포괄하며 기술적 특성에 따라 구분하는 것을 원칙으로 하였고, 국내 산업 업종 분포도를 파악한 후 기술적 특성을 감안하여 건설·수송, 기계, 기술서비스, 소재, 화학, BT, IT, 기타 업종으로 구분하여 사용하였다.

(나) 산업기술요소

산업기술요소는 기술의 공헌도가 산업별로 다르다는 가정 하에 이를 계량적으로 측정하는 요소이며, 다음과 같이 산출된다.

$$\text{산업기술요소} = \text{산업별 최대실현 무형자산 가치비율} \times \text{산업별 평균 기술자산 비율}$$

산업별 최대실현 무형자산 가치비율은 산업별로 최대실현이 가능한 무형자산의 가치비율로 정의되며, 본 모형에서는 2000년 이후 6년 동안 상장기업(코스피, 코스닥에 상장 또는 상장 폐지된 전 기업대상) 중 무형자산이 존재하는 3,636개의 유효 관측치를 이용하여 상기한 8개의 기술범주로 나누어 산출하였고, 산출된 산업별 무형자산 가치비율 값들 중 변별력이 인정되는 범위 내에 있는 95% 상위분위 수(%-tile)의 값을 사용하여 얻어진다. 반면, 산업별 평균 기술자산 비율은 상장기업 11,352개 업체, 비상장기업(기술보증기금 보유) 593,000개 업체의 2000년 이후 6년간의 재무자료를 이용하여 비상장 90%, 상장 10%의 가중치로 가중평균하여 산출하였고, 다음 식으로 정의하여 구할 수 있다. 즉,

$$\text{산업별 평균 기술자산비율} = \frac{\text{연구개발비}}{(\text{연구개발비} + \text{광고선전비} + \text{교육훈련비})}$$

결과적으로 얻어진 업종별 산업기술요소 값을 <표 I-7>에 제시하였으며, 평가대상기술은 건설·수송분야에 해당하는 62.66%를 적용하였다.

4) 기업가치와 독립적인 개념에서 출발하기 때문에 기업가치 산출의 핵심요소인 할인율 추정에 사용한 업종 구분과 상이하게 운용함. 세부 분류현황은 “기술가치평가 실무요령(지식경제부, 기술보증기금, 2008.5.)”을 참조함.

<표 I-7> 산업기술요소

업종 구분	무형자산 가치비율	기술자산 가치비율	산업기술요소
건설·수송	88.0%	71.2%	62.66%
기계	80.2%	75.6%	60.63%
기술 서비스	85.2%	45.9%	39.11%
소재	80.5%	65.0%	52.33%
화학	80.0%	69.3%	55.44%
BT	79.0%	55.5%	43.85%
IT	84.9%	78.8%	66.90%
기타	88.0%	54.9%	48.31%

(다) 개별기술강도

개별기술강도는 평가대상기술의 구체적 특징 및 강점을 직접 실사하여 평가하는 것으로, 동 기술이 사업성을 갖춘 기술인 지, 시장에서의 경쟁이 치열한 지, 기술이전과 거래가 용이한지 등 기술의 질적 속성(Qualitative Aspect)을 평가하는 것이다.

개별기술강도의 결정은 법적인 보호강도와 상업적 우위성으로 구성된 2개의 중항목과 이들에 부속한 14개의 소항목으로 구성되는 데, 특히 법적인 보호강도의 4개 소항목은 각각 2의 가중치를 감안하여 산출되며, 상업적 우위성에 속하는 10개의 소항목은 각각 1.2의 가중치를 적용하여 산출한다. 개별기술강도 평가지표⁵⁾, 평점구성을 <표 I-8>에 제시하였다.

① 법적인 보호강도 개별지표의 평가환산 점수

$$\text{법적보호강도 평가환산 점수} = \text{평점} \times 2(\text{가중치})$$

② 상업적 우위성 개별지표의 평가환산 점수 :

$$\text{상업적우위성 평가환산 점수} = \text{평점} \times 1.2(\text{가중치})$$

③ 개별기술강도 :

$$\text{개별기술강도} = \text{법적보호강도 환산점수} + \text{상업적우위성 환산점수}$$

5) 평가지표 세부항목은 “기술가치평가 실무요령(지식경제부, 기술보증기금, 2008.5.)”을 참조함.

<표 I-8> 개별기술강도 평가지표

대항목	중항목	소항목	평 점				
개별 기술 강도	법적인 보호 강도	권리보호의 중요성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		권리범위 및 강도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		권리의 안정성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		경쟁기술대비 방어정도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		소계 (A)					
	상업적 우위성	기술상용화 단계	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기능적 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 생산력	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 자립도	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		기술의 파급효과	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		유사기술의 성공사례	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		시장진입 용이성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		시장확보 가능성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		가격/원가 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		이익구조상 우위성	4.75	3.75	2.50	1.25	0.25
		소계 (B)					
	개별기술강도 (C = A × 2.0 + B × 1.2 ; 가중평점 합계)						
	산업기술요소 (D)						
	기술기여도 (E = C × D)						

(라) 평가대상기술의 기술기여도

- **산업기술요소:** 해당산업에서 무형자산이 차지할 수 있는 최대비율에 기술자산이 기여한 비율을 곱하여 산출하며, 평가대상기술은 <표 I-7>의 건설·수송 분야에 해당하는 **62.66%**를 이용하였다.
- **개별기술강도 및 기술기여도:** 개별기술강도는 법적인 보호강도에 2점, 상업적 우위성에 1.2점의 가중치를 부여하여 계산되며, 평가대상기술의 개별기술강도는 **66점**으

로 나타났고, 결과적인 기술기여도는 <표 I-9>에서와 같이 41.36%로 추산되었다.

<표 I-9> 개별기술강도 및 기술기여도

구분	소 항목	평 점
개별기술강도	법적인보호강도	권리보호의 중요성
		권리범위 및 강도
		권리의 안정성
		경쟁기술대비 방어정도
		소계 (A)
	상업적우위성	기술상용화 단계
		기능적 우위성
		기술의 생산력
		기술의 자립도
		기술의 파급효과
		유사기술의 성공사례
		시장진입 용이성
		시장확보 가능성
		가격/원가 우위성
		이익구조상 우위성
		소계 (B)
평점 합계 (C = A + B) : 66		
산업기술요소(D) : 62.66%		
기술기여도 (E = C × D) : 41.36%		

(7) 기술가치 금액

결과적으로 기술기여도를 감안한 평가대상기술의 기술가치 금액은 <표 I-4>의 현재 가치 합계액 1,254백만 원에 <표 I-9>의 기술기여도 41.36%를 곱하여 519백만 원으로 산출되었다

II. 평가의견

1. 기술성

기술성 종합의견

본 평가기술은 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수 처리기술 개발”로서, 특히 중금속으로 오염된 토양/지하수나 광산배수 내의 중금속과 비소의 동시 제거에 관한 것이다.

대상 기술은 크게 제올라이트 표면에 산화철을 부분 코팅시키는 흡착제의 제조기술과 산화철로 코팅된 제올라이트 흡착여재(ICZ)를 이용하여 용존비소와 다양한 양이온 중금속을 동시에 제거하는 수처리 기술로 나눌 수 있으며, 기존 흡착제가 양이온과 음이온의 중금속 및 영양염류가 동시에 존재하는 환경에서는 효율성이 저하되는 문제를 효율적으로 극복한 것으로 평가된다. 흡착제의 제조와 관련하여 반응온도, 반응기 속도 등의 핵심기술을 확보하고 있어 기술의 차별성과 비교우위를 점하고 있는 것으로 평가된다.

평가대상 업체는 평가대상기술의 선행기술인 산화철로 코팅된 모래여재를 이용하여 토양오염방지사업에 참여한 실적이 다수 있으며, 제올라이트 여재를 이용한 흡착제에 대해서도 1건의 현장적용 실적이 있고 현재 관련 산업분야 선두권 업체와 공동으로 사업화를 추진하고 있어 향후 지속적인 실적향상이 기대된다.

또한, 토양/지하수 처리분야 외에도 비소로 오염된 지하수의 처리, 매립지 침출수 중의 중금속 처리, 해수담수화 공정에서의 비소제거 등의 분야로 확대적용이 가능할 것으로 판단된다.

가. 기술개요

(1) 대상기술의 개요

평가대상기술은 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수 처리기술 개발”로서, 표면에 산화철을 부분 코팅시킨 제올라이트를 지지체로 사용하여 용존 비소를 비롯한 다양한 중금속에 오염된 지하수, 광산 갯내수, 폐수 등의 처리에 이용될 수 있다.

최근 국내 휴/폐광산 부근의 토양 및 지하수에서 비소를 비롯한 중금속들의 오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 휴/폐광산 인근의 중금속으로 오염된 갯내수 및 지하수는 카드뮴, 납, 구리, 아연, 비소 등의 다양한 중금속이 공존하고 있어 효율적인 처리공정에 대한 요구가 증가하고 있다. 특히, 비소는 지각 중의 함량이 20번째로 많이 존재하는 원소로 광물 및 토양에 널리 분포되어 있으며, 다른 대부분의 양이온 금속들과는 달리 용존 시 산소를 포함하는 다원자음이온(oxyanion)으로 존재하여 일반적인 중금속 처리기술과는 다른 방법이 요구된다. 지하수 중의 중금속과 비소의 제거는 산화, 침전, 응집, 흡착(adsorption), 이온교환(ion exchange), 전기투석(electrodialysis), 분리막(membrane) 등의 처리를 통해 이루어지고 있다. 이러한 처리방법 중 중금속의 흡착이 가장 일반적으로 적용되는 방법이며, 특히 문제가 되고 있는 비소의 경우 As(III)와 As(V)의 동시 처리가 가능하다. 비소의 흡착은 금속산화물과 강하게 화학적 결합반응이 일어나므로 극단적인 pH 등의 화학적 환경 변화 없이는 탈착반응이 일어나지 않는다.

중금속 흡착제는 수계 내에서 반응이 진행되기 때문에 투수성이 높은 다공성 매질을 사용해야 하고 침출수와 흡착제의 반응을 위한 충분한 체류시간을 확보해야 한다. 따라서 일정한 직경을 가지는 입자형태로 흡착제를 가공하여 이용하는 것이 일반적이다. 금속산화물만으로 만든 입자형 흡착제는 표면흡착반응에 의한 소모반응이 표면으로 제한되기 때문에 비효율적이다.

최근에는 흡착제를 표면에 피복할 수 있는 지지체(support)를 이용하는데, 이 중 모래가 가장 일반적인 예이다. 지지체를 사용할 경우 흡착제인 피복재료의 소요량이 적기 때문에 경제적으로 유리하나, 처리대상 오염물질의 제거효율을 감소시킬 수 있다. 또한 피복이 균일하지 않을 경우 오염물질의 재탈착이나 피복의 탈리에 의한 2차오염의 문제가 발생할 수 있다.

일반적으로 흡착제의 피복을 위한 지지체로 모래가 많이 이용된다. 철 코팅된 모래의 지지체는 조성의 99% 이상이 석영으로 이루어진 석영사를 주로 이용하였는데 비표면적이 작아 코팅되는 철의 함량이 제한적이므로 비소의 흡착능이 만족

스립지 못하다.

<표 II-1> 철피복 재료의 흡착특성 비교

철피복재료	대상처리수	유입농도	흡착능
IOCS (Iron oxide coated sand)	정수 pH 7.6	100~800	0.018~0.043
CICS (Colloidal IOCS)	수도수, 광산배수 pH 6.4-7.1	1,000	0.0003
ILCR (Iron(III)-loaded chelating resin)	제조수 pH 3.5	-	55.44
IOLMS (Iron(III)-loaded metal slag)	폐수 pH 2.5	20,000-30,000	18.8~78.5
IOCC (Iron-oxide coated cement)	정수 pH<7	500-10,000	6.43

평가신청업체의 경우 모래 지지체를 기존의 석영사 대신 주문진沙를 이용하여 비표면적을 늘리고 코팅효율을 향상시킨 기술을 개발하여 현장 적용하고 있지만 만족할만한 흡착능은 얻지 못하였다.

또한 철 코팅 모래의 제조방식은 높은 흡착능을 확보하기 위해 모래 표면을 100% 철로 코팅시키기 위해 제조공정이 복잡하고, 제조에 필요한 에너지의 소모량이 큰 단점이 있다.

평가대상기술은 철산화물의 피복재료로 모래 대신 제올라이트를 이용한 것이 특징이다. 제올라이트는 Alumino-silicate 광물로, sodium, calcium, potassium과 같은 알칼리와 알칼리토금속과 물분자를 입자 골격구조 안의 공동(cavity)에 함유하고 있는 다공질 구조로 높은 양이온교환능(CEC, Cation exchange capacity)을 가지고 있어 이온교환반응에 의해 중금속이나 암모니아의 제거가 가능하다. 제올라이트의 양이온 교환능력은 대략 100g당 100~400meq 정도이며 광물의 종류에 따라 양이온들의 선택적인 교환능력도 달라진다.

기술의 핵심은 산화철의 용존비소 흡착기작을 효과적으로 이용하고 다양한 중금속을 동시에 제거하기 위해 철 산화물을 비표면적이 큰 제올라이트의 표면 일부에 코팅시킨 것이다. 부분코팅 처리를 통해 산화철로 코팅되지 않은 제올라이트 표면의 양이온 교환능을 활용하여 비소와 양이온성 중금속의 동시 처리가 가능한

여재의 적용이 가능하다. 기공이 잘 발달된 제올라이트를 이용함으로써 기존 모래에 비해 여재당 철 코팅량을 3배 이상 증가시켰으며 비소와 중금속의 흡착능을 3배에서 8배 정도까지 향상시키는 흡착제를 얻을 수 있다.

<표 II-2> 기존 모래이용 여재와 제올라이트 이용 여재 처리능 비교

구분	ICZ (Iron Oxide-Coated Zeolite)	ICS (Iron Oxide-Coated Sand)
지지체	제올라이트	모래(석영사)
철 함유량* (mg Fe/kg)	16,760	4,500
최대 흡착 비소량 (mg As/kg)	530	135
황산염 존재 시** 흡착능 감소율(%)*	11.7	20.0
최대 흡착 납량 (mg Pb/kg)	16,600	3,500
최대 흡착 구리량 (mg Cu/kg)	3,000	1,000
최대 흡착 카드뮴량 (mg Cd/kg)	1,600	250
최대 흡착 아연량 (mg Zn/kg)	1,580	200

또한 본신청기술을 통해 기존의 철산화물을 이용한 수중의 중금속을 처리하는데 있어서는 철산화물이 가지고 있는 산화환원능(redox potential)의 한계로 인해 대상폐수의 pH에 의존하여 처리 대상오염물질이 양이온 중금속 또는 음이온 중금속에 한정되고, 양이온과 음이온의 중금속 및 영양염류가 동시에 존재하는 환경에 대해서는 적용할 수 없었던 기존 흡착제의 한계를 극복한 것으로 평가된다.

(2) 기술의 구성 및 내용

기존 철 코팅 여재보다 용존비소의 흡착능력을 높이기 위해 적정량의 철 화합물을 염기성 조건(pH 9.5 이상)에서 첨가하고, 기공이 많아 비표면적이 큰 제올라이트 표면에 코팅시킨 기술이다.

철산화물의 제올라이트 코팅은 120~450℃ 범위에서 가능하나 부분코팅의 정도, 안정성, 효율성을 고려하여 150℃ 부근에서 코팅이 이루어지고 있다. 제올라이트는

기존 모래여재에 비해 양이온교환능(Cation exchange capacity)이 커서 산화철과 반응성이 낮은 다른 유해중금속(Cu, Cd, Pb, Zn 등)의 흡착에 의한 제거가 가능하다. 비소는 수중에서 HAsO_4^{2-} , AsO_4^{3-} 와 같은 형태로 존재하는데 산화철을 코팅한 흡착제 표면의 OH나 OH_2 와의 리간드 교환반응에 의해 흡착이 이루어진다.

평가대상기술의 주요 기술내용과 적용분야는 다음과 같다.

○ 기술내용

- ① 제올라이트 표면에 산화철을 부분 코팅시킨 중금속 처리 여재(ICZ)
- ② 산화철로 코팅된 제올라이트 여재(ICZ)를 이용하여 용존비소와 다양한 양이온 중금속을 동시에 제거하는 무동력 수처리 장치

○ 적용분야

- ① 중금속에 오염된 토양/지하수의 정화처리
- ② 휴/폐광산 광해방지사업에 따른 중금속 오염 갭내수의 처리
- ③ 중금속을 함유한 지하수, 매립지 침출수 및 폐수의 처리
- ④ 하천 퇴적토, 해양준설토 내의 중금속 처리

(3) 기술의 적용 및 응용현황

현재 평가대상 업체에서 산화철 피복 흡착제를 적용한 사례로는 2005년 “정선 함청광산 토양오염방지사업 반응벽체 공사” 등 4건이며 철코팅 모래여재(ICS) 3건, 철코팅 제올라이트 여재(ICZ) 1건의 적용실적이 있다.

<표 II-3> 평가대상 업체의 사업화 실적

번호	사 업 명	주 요 특 성	사용 기술	비 고
1	정선 함청광산 토양오염방지사업 반응벽체 공사	• 발 주 처 : 지오웍스 • 공급내역 : ICS	특허 제0506172호	OEM 형태
2	고성 고명광산 공해방지사업 반응벽체 공사	• 발 주 처 : 지오웍스 • 공급내역 : ICS	특허 제0506172호	OEM 형태
3	거제 동아광산 공해방지사업 반응벽체 공사	• 발 주 처 : 지오웍스 • 공급내역 : ICS	특허 제0506172호	OEM 형태
4	옥성 우복광산 갱내수 처리설비	• 협력기관 : 환경부 • 활용내역 : ICZ	특허 제0857352호	연구사업

대상기술 이외에 이와 관련한 기존 연구개발 실적 및 사업화 실적으로는 총 5건의 특허기술을 보유하고 있으며, 평가대상기술을 이용한 총 1건의 현장적용 실적을 보유하고 있다.

<표 II-4> 평가대상 업체의 연구개발 실적

구 분	기 술 명 칭	비고(년)
특허 제0506172호	철 코팅된 모래의 제조방법 및 이 모래를 이용한 수처리 방법	2005
특허 제0559478호	이동형 담체 코팅장치	2005
특허 제0652680호	비소 오염수의 비소산화 여과방법	2006
특허 제0697697호	담체 코팅장치	2007
특허 제0857352호	철 코팅된 제올라이트의 제조방법 및 이를 이용한 수처리방법	2008

나. 국내외 기술동향

(1) 국내 기술동향

우리나라의 토양/지하수 복원기술은 1996년부터 정부지원에 의한 G7프로젝트의 일환으로 본격적으로 기술을 개발하기 시작하였다. 현재 환경부에서 차세대핵심기술개발사업의 한 분야로 오염토양/지하수정화기술을 지정하여 지원하고 있으나 선진국에 비해 출발이 늦었기 때문에 기술의 다양성 측면에서는 아직 초기단계라고 할 수 있으나 어느 정도 많은 기술들이 개발되어 현장에 적용되고 있다.

우리나라의 토양·지하수분야 기술수준을 선진국의 50% 미만이라고 평가하고 있으나 차세대 핵심기술개발사업이 완료되는 2010년경에는 기술수준이 발전하여 선진국의 70 ~ 80% 수준에 이를 것으로 전망하고 있으며, 토양지하수의 현장오염 측정분야 기술수준은 상대적으로 높게 평가되고 있다.

<표 II-5> 국내 토양/지하수 복원기술 수준평가

토양/지하수 환경기술	2001년의 기술수준	2005년의 기술수준	2010년의 기술수준
BT를 이용한 오염토양/지하수 복원기술	39	53	67
토양/지하수의 오염예측 기술	46	61	76
토양/지하수의 현장오염 측정기술	53	68	80
자연매체를 이용한 토양/지하수의 복원기술	43	58	79
GIS를 이용한 토양/지하수 오염관리 기술	44	60	76
오염물질 지하저장 탱크의 관리기술	46	58	71
하상퇴적물 처리기술	46	59	72
폐광산 주변 오염 토양/지하수 복원기술	42	53	72
산업단지 주변 오염 토양/지하수 복원기술	44	57	71

최근에는 중·대규모의 정화공사 발주로 인하여 토양/지하수 복원시장의 확대와 함께 정화기술에 대한 투자 증가로 현장적용성을 갖춘 다양한 기술들이 개발되어 현장적용이 이루어지고 있다. 하지만, 국내 토양/지하수 복원시장은 적용의

역사가 매우 짧고 시장규모 또한 작은 편으로 미국의 Superfund 프로그램과 같이 오염부지 및 오염정화기술에 대한 체계적인 관리 및 정보수집이 이루어지지 않는 상태이다.

현재 토양환경보전법 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙에 의하면 토양기준이 카드뮴 등 16항목, 지하수의 수질기준이 pH 등 20항목으로 지정되어 있으며, 일반항목과 중금속, 휘발성 유기화합물 및 유류로 대별되고 있다.

토양중의 중금속 거동은 그 물리·화학적인 성질과 상태 및 매체가 되는 토양의 성질과 상태에 따라 다르지만, 일반적으로 중금속 등은 물에 녹기 어렵고 한편 토양에 흡착되기 쉽기 때문에 지하에 침투한 중금속은 지표 토양에 존재하며 심층부에까지는 확산되지 않는 경우가 많다. 그러나 토양의 흡착능을 넘는 부하가 생겼을 경우 또는 Cr^{+6} 이나 CN 등과 같이 물에 대한 용해도가 높고, 이동성이 높은 물질의 경우 빗물 등의 지하 침투와 함께 지하 심층부에까지 확산되는 경우가 있다. 대상물질이 지하수에 도달하면 지하수중에 용해하여 지하수의 흐름과 함께 하류에 이동하지만, 일반적으로 토양이 가지는 흡착능 때문에 지하수 오염이 발생하는 범위는 넓지 않다.

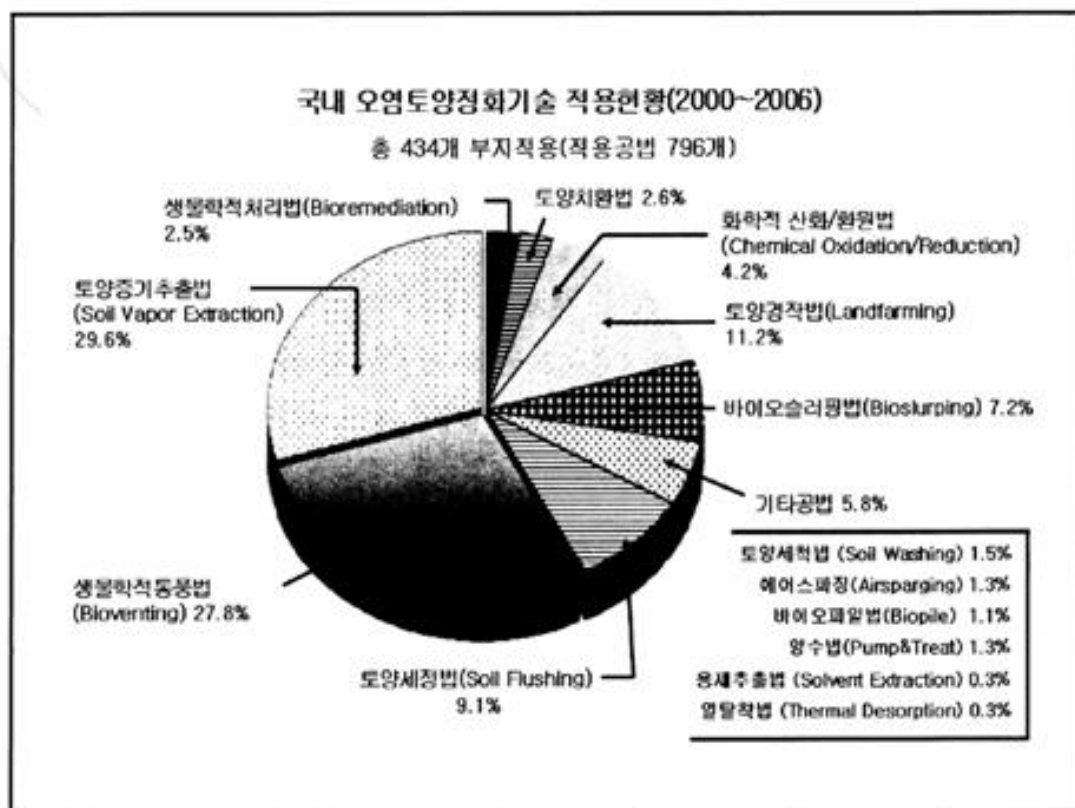
휘발성 유기화합물은 주로 TCE(Trichloroethylene)와 같은 고밀도 비수용상액체(DNAPL)로 휘발성이 높고 불연성이며, 기름에 대한 용해력이 높은 성질을 가지는 화학약품이다. 고밀도 비수용상액체(DNAPL)에 의한 지하수·토양오염 기작은 대부분이 지표면 또는 그 부근에서 지하로 침투하여 토양과 지하수를 오염시키는 것이다. 토양 중에 침투한 고밀도 비수용상액체(DNAPL)는 일부가 토양간격중에 체류하여 토양오염을 일으키지만, 표층 토양에서는 공기중에 휘발하기 쉽다. 또, 점성이 낮고, 비중이 물보다 무겁기 때문에 투수성이 높은 지층으로 침투하기 쉽고, 지하수면에 도달한 고밀도 비수용상액체(DNAPL)는 불투수층의 바로 윗쪽에 정체하여 지하수 오염을 일으킨다.

유류는 휘발성이 높고 물보다 가벼우며, 토양오염유발시설의 대부분을 석유류의 제조 및 저장시설이 차지하고 있다. 국내에서 일어나는 토양과 지하수오염의 대부분이 주로 유류에 의한 것이다. 유류는 유해물질이라고는 할 수 없지만 토양 및 지하수수질기준에 포함되어 있는 BTEX(벤젠·톨루엔·에틸벤젠·크실렌) 등이 관리대상 물질이다.

환경부 자료에 의하면 국내 434개 오염토양 부지에 적용된 796개 기술을 보면 주로 유류 및 유기용제 오염에 대한 토양증기추출법, 생물학적 통풍법, 토양경작법 등의 적용이 많이 이루어지고 있다. 오염토양내 중금속의 처리를 위해서 토양

세척법, 동전기법 등의 다양한 처리기술이 시도되고 있으나, 정화실적은 많지 않은 상태이다. 중금속의 처리는 주로 오염된 지하수나 폐광산의 배출수 등을 중심으로 이루어지고 있으며 오염토양에 대한 복원보다 지하수 등으로의 확산을 방지하고 오염된 지하수를 처리하는 수질개선 형태로 이루어지고 있다.

국내 정화시장의 기술적용 현황을 살펴보면 총 434개 오염토양 정화현장 내에서 적용된 796개 정화기술 중 지중처리기술이 83.3%로 지상처리기술 16.7% 보다 현저하게 많이 적용된 것으로 나타나고 있다. 이는 초기 국내 토양정화의 대부분이 주유소 등을 대상으로 수행되었기 때문에 사업장을 계속 유지하면서 경제적으로 정화사업을 수행하기 위해 토양증기추출법이나 생물학적 통풍법과 같은 지중처리 기술을 주로 사용하였기 때문으로 판단된다. 반면, 지상처리기술은 지중처리에 비해 넓은 부지와 굴착공사 등에 따라 비교적 많은 정화비용이 소요되므로 초기에는 많이 적용되지 않았으나, 최근 일부 현장에서는 부지활용을 위해 오염토양/지하수의 신속한 처리가 요구됨에 따라 적용이 증가하고 있는 추세이다.



<그림 II-1> 국내 오염토양정화사업 세부 적용기술현황(2000~2006)

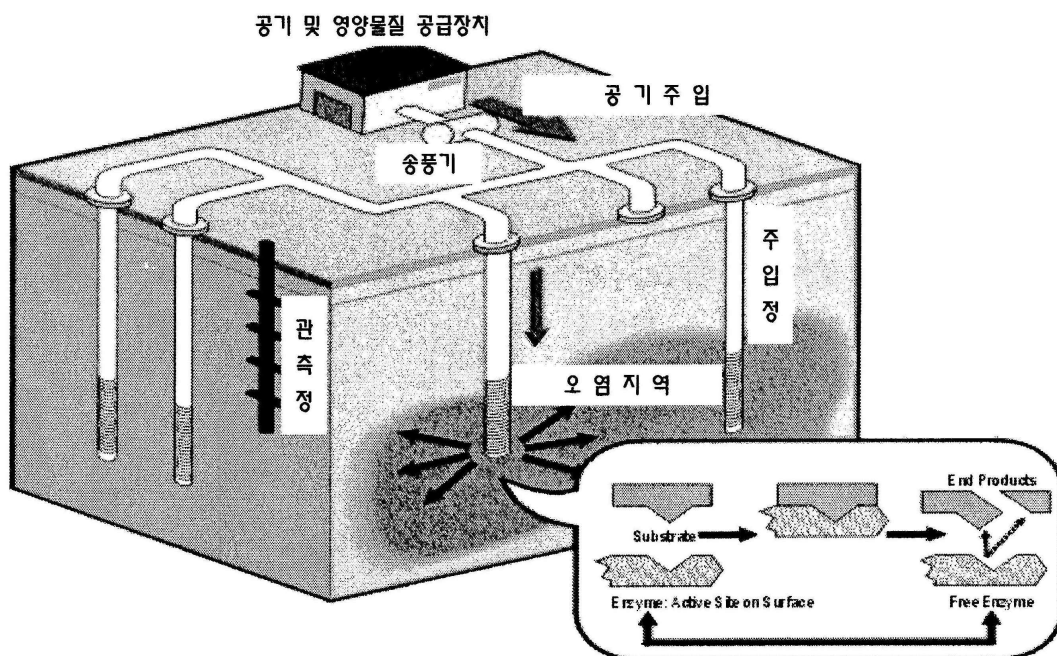
많은 적용이 이루어진 기술은 유류성분 중 휘발성 유기화합물질 및 준휘발성

유기화합물질을 제거하는데 효과적인 방법들로 유류나 휘발성 유기화합물에 대한 제거가 많이 이루어지고 있음을 간접적으로 시사한다.

국내의 지하수·토양복원 현장에서 적용되고 있는 대표적인 기술과 중금속 오염토양의 처리에 응용이 가능한 기술들의 특징을 정리하여 아래에 제시하였다.

(가) 생물학적 통풍법(Bioventing)

생물학적통풍법은 지하 불포화대에 존재하는 생물해성 유기물을 토착미생물을 활용하여 제거하는 원위치 토양정화기술로 주입정 또는 추출정을 이용하여 불포화대로 공기를 주입하거나 영양염류를 공급하여 토양미생물에 의한 오염물질의 분해를 유도하는 기술이다. 기체상으로 존재하는 휘발성 유기물질을 추출해내는 동시에 기존의 토착미생물에 산소 및 영양분을 공급하고, 토양내 증기흐름속도를 공학적으로 조절함으로써 미생물의 지중 생분해능을 극대화하는데 중점을 두고 있다. 주로 불포화지대에만 적용되어 왔지만 최근에는 포화지하수대까지 동시에 적용할 수 있도록 하기 위하여 Air Sparging 기술과 결합된 형태의 Bioventing기술이 개발·적용되고 있다.



<그림 II-2> 생물학적통풍법 모식도

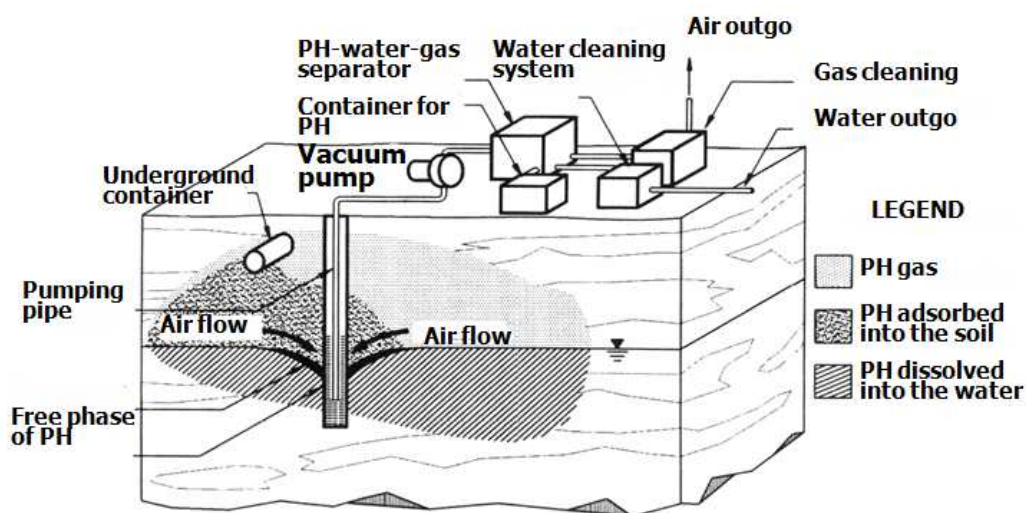
<표 II-6> 생물학적통풍법의 장단점

장점	단점
- 소요장비의 조달이 용이하며 설치가 간단 - 정화공사 중에도 부지의 활용이 가능하며 건물하부와 같은 접근이 어려운 곳도 정화가능 - 정화비용이 타기술에 비해 저렴 - 공기분산법(airsparging)이나 지하수양수처리법 등의 다른 정화기술과 조합 가능	- 높은 초기 오염농도인 경우 독성으로 미생물 활성이 저하될 수 있음 - 토양투수성이 낮거나 점토질의 함량이 높은 경우 등에는 적용이 제한적임 - 매우 낮은 농도까지 처리가 어려움 - 배출가스 처리를 위한 비용이 추가 소요됨

(나) 토양증기추출법(Soil Vapor Extraction, SVE)

토양증기추출법은 진공추출이라고도 하며, 불포화 대수층위에 가스 추출정을 설치하여 토양을 진공상태로 만들어 줌으로써 토양으로부터 휘발성 및 준휘발성 유기화합물질을 제거하는 지중처리기술이다. 생물학적통풍법과 유사하나 생물학적 통풍법이 미생물에 의한 분해를 중심으로 하는 반면에, 토양증기추출법은 오염물질을 주로 휘발에 의해 추출, 제거하는 것이 차이점이다.

오염된 토양내 공극을 통해 오염공기를 뽑아서 처리하는 기술로서 토양 및 지하수로부터 지상으로 오염물질을 이동시키기 때문에 미생물 처리기술 등 다른 처리기술과 함께 이용하면 더욱 효과를 높일 수 있다. 유류, 솔벤트 등 휘발성 유기물질을 제거하는데 효과적이며, 그 처리방법은 <그림 II-3>에 나타내었다.



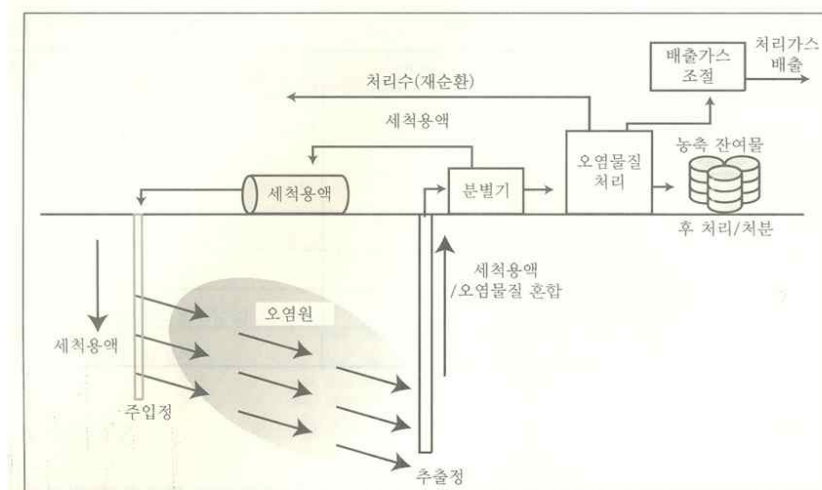
<그림 II-3> 토양중기추출법 모식도

<표 II-7> 토양증기추출법의 장단점

장점	단점
- 소요장비의 조달이 용이하며 설치가 간단 - 정화공사 중에도 부지의 활용이 가능하며 접근이 어려운 곳도 정화가능 - 정화비용이 타기술에 비해 저렴 - 공기분산법(airsparging)이나 지하수양수처리법 등의 다른 정화기술과 조합 가능	- 90% 이상 농도를 저감시키기 어려움 - 토양투수성이 낮거나 점토질의 함량이 높은 경우 지역에 적용시 처리효율 낮음 - 배출가스 처리를 위한 비용이 추가 소요됨 - 불포화 대수층내 토양만 처리가 가능

(다) 토양세정법(Soil Flushing)

토양세정법은 물 또는 오염물질 용해도를 증대시키기 위한 첨가제(계면활성제 등)가 함유된 물을 관정을 통하여 토양 공극내에 주입함으로써 토양에 흡착된 오염물질을 탈착시켜 지상으로 추출하여 처리하는 기술이다. 주입관정을 통하여 유입된 세정용액은 지하의 오염지역을 통과하면서 토양입자에 흡착된 오염물질의 용해도를 높여 토양입자로부터 탈착시키고 이를 추출정을 통해 양수함으로써 토양을 정화한다. 토양세정법은 생분해 과정이 불가능한 중금속이나 방사성오염물질, 살충제 등에는 활용도가 높지만 유기화합물의 처리에는 높은 세정제 비용으로 경제성이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 또한 투수성이 낮은 토양에서는 세정용액의 이동에 제약을 받기 때문에 처리효율이 떨어지며 세정용액에 의해 2차 오염을 유발시킬 가능성이 있을 뿐만 아니라 오염물질의 이동성을 증가시켜 오염물질의 확산을 초래할 수도 있어 적용에 주의를 요한다.



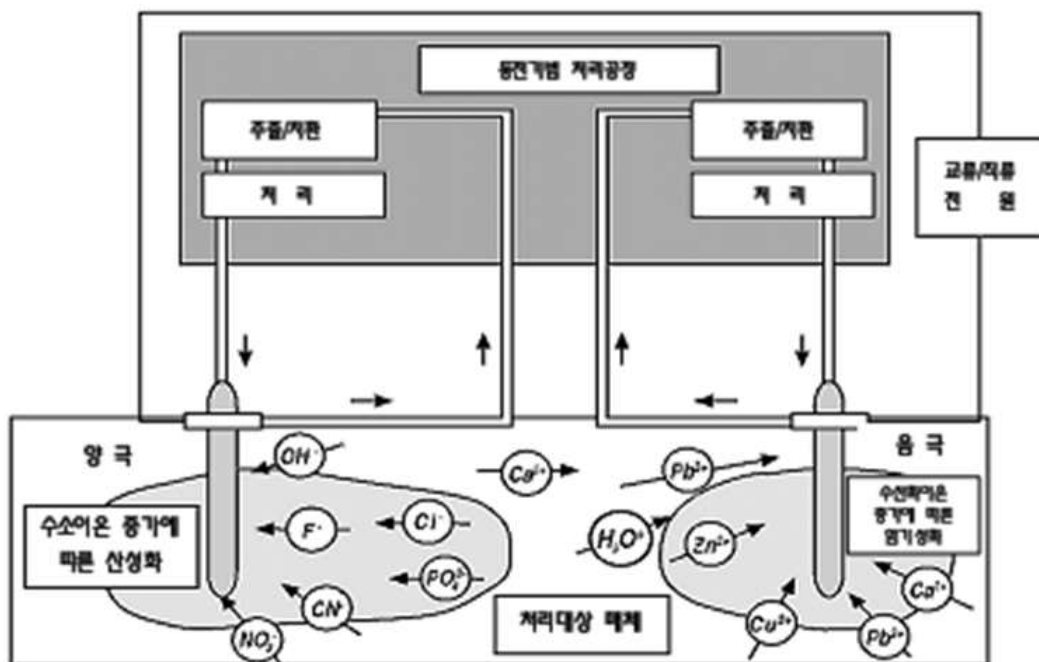
<그림 II-4> 토양세정법(Soil Flushing) 모식도

(라) 동전기법(Electrokinetic Separation)

동전기 정화(electrokinetic remediation, ER)법은 투수계수가 낮은 포화토양에서 이온상태의 오염물(음이온, 양이온, 중금속 등)을 양극과 음극의 전기장에 의하여 이동속도를 촉진시켜 포화지역의 오염토양을 처리하는 방법이다. 동전기법은 오염 지역에 전극을 연결하고 낮은 강도의 전류를 흐르게 함으로써 투수계수가 낮은 토양, 점토, 슬러지 그리고 하천이나 해양 준설토로부터 오염물질을 제거한다.

오염지역의 토양에 양극과 음극의 세라믹 전극들을 설치하고 낮은 강도의 전류를 흐르게 함으로써 양이온은 음극방향으로 음이온은 양극방향으로의 이동을 촉진시켜 제거가 일어나게 된다. 일반적으로 중금속이온은 음극으로 움직이고 염소이온, 시안, 불소, 질산 당의 이온은 양극으로 움직이게 된다.

동전기법은 소요되는 전기량이 많아 운영비가 높게 소요되어 경제성이 낮고, 산화/환원 반응에 의해 불필요한 부산물이 생성될 수 있으며, 토양내 수분함량이 10% 미만인 경우 오염물질 정화효율이 급격하게 감소하기 때문에 다시 수분을 공급해주어야 하는 단점도 가지고 있다.

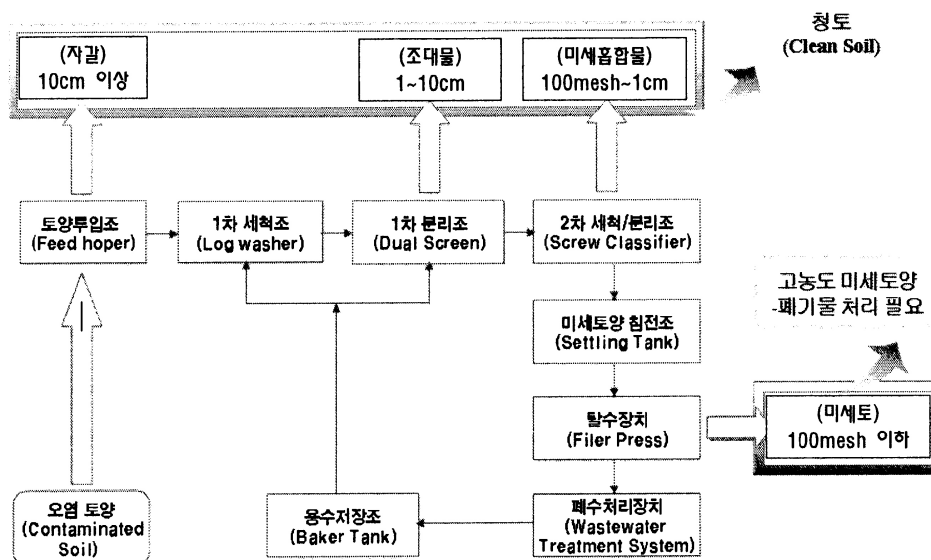


<그림 II-5> 동전기법 처리공정 모식도

(마) 토양세척법(Soil Washing)

토양세척법은 적절한 세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 유해한 유기오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해한 유기오염물질 및 중금속을 분리시켜 처리하는 기술이다. 기본적으로 토양세정법과 비슷하지만 토양세정은 오염지역에 직접 관정을 설치하여 세정용액의 흐름을 유도하는 지중처리인 반면에, 토양세척은 오염토양을 굴착 후 최적화된 토양 세척장치를 통해 지상에서 처리하는 기술로 차별된다. 또한 토양세척법은 오염토양을 별도의 선별과정을 통해 오염된 토양의 부피를 효과적으로 감소시킨 후 처리가 이루어지는 점이 다르며, 주로 오염토양의 굴착이 이루어지는 하천 퇴적토나 준설오니 등의 처리에 활용된다.

토양세척법에 이용되는 세척제는 오염물질을 토양으로부터 분리 용해시키는 역할을 하는 물질로 계면의 자유에너지를 낮추고 계면의 성질을 현격히 변화시켜 물에 대한 용해성이 적은 물질을 열역학적으로 안정한 상태로 용해시킬 수 있는 중요한 화학물질이다. 토양세척법은 생물학적 분해가 어려운 유해화학물질이나 중금속에 오염된 토양을 빠른 시간 안에 처리할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 선별과정을 통하여 효과적으로 오염토양의 부피를 감소시킬 수 있기 때문에 평가대상기술과 같은 중금속흡착제 공정과 연계하여 사용할 경우 그 활용도가 높아질 수 있다.



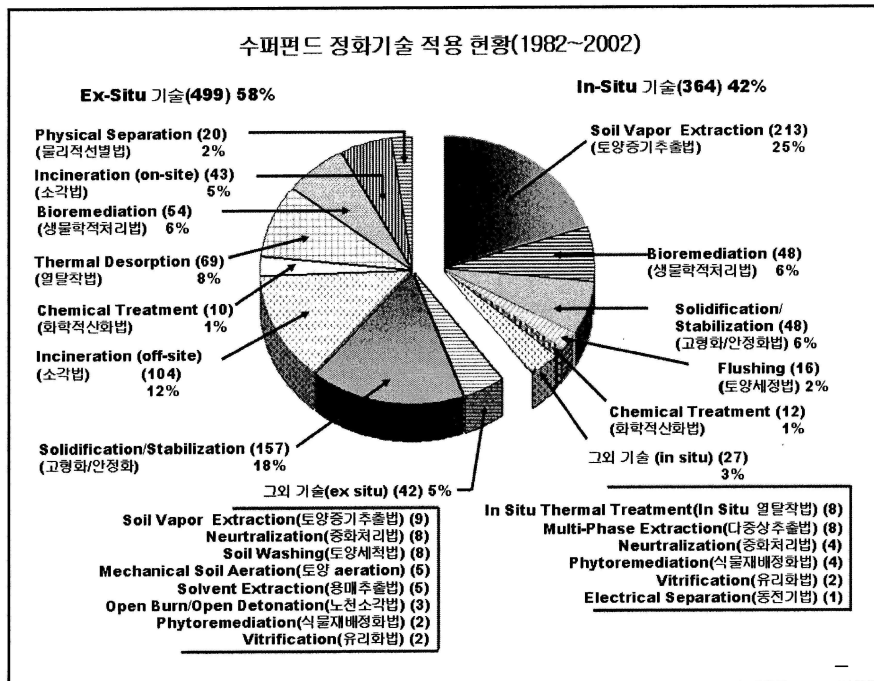
<그림 II-6> 토양세척법 처리공정 모식도

최근 4대강살리기 프로젝트가 시작되면서 오랜 기간 퇴적되어온 하천 퇴적물 중의 오염물질에 대한 처리에 관심이 높아지고 있다. 하천 퇴적물 중에는 유기성 오염물질과 영양염류 및 하천 상류의 광산 등에서 지속적으 유입되어 온 중금속류의 오염이 심각하다. 특히 중금속은 유기물에 비해 퇴적에 의한 축적이 진행됨에 따라 적절한 처리의 필요성이 커 토양세척과 중금속처리 기술에 대한 개발이 시급히 요구되고 있다. 평가대상업체와 협력관계에 있는 (주)오이코스에서 토양세척법을 이용한 정화기술을 현재 경북 화북댐 건설부지의 하천퇴적토 세척처리에 적용하고 있어 향후 평가대상기술과 연계하여 중금속 처리에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

오염된 지하수·토양을 정화하기 위한 여러 기술중 현장에 주로 많이 적용되고 있는 기술 중심으로 간략히 소개하였지만, 우리나라는 대체로 지하수위가 높아 토양이 오염되면 이와 연계하여 지하수까지 오염되는 경우가 많은 실정이다. 따라서 지하수와 토양을 동시에 정화하기 위하여 (토양증기추출+생물학적통풍+양수처리)의 복합 공정을 적용하여 복원하는 경우도 있다.

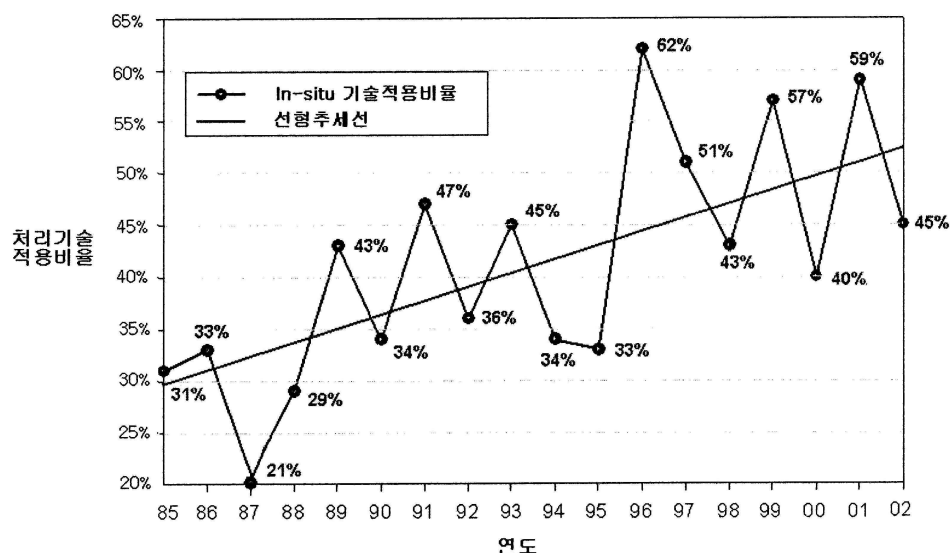
(2) 국외 기술동향

토양/지하수 복원기술은 미국, 독일 등의 OECD 국가들이 주도하고 있다. 특히, 미국의 경우 1970년대 뉴욕의 Love canal 매립장 주변의 유해화학물질 유출로 인하여 인근 주민의 피해발생을 계기로 토양오염의 심각성을 인식하게 되었으며, 1980년 CERCLA(Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) 법안을 통과시키면서 재원(Superfund)을 조성하여 토양/지하수 오염지역을 정화하는 데 필요한 기술 개발을 지원하고 개발된 기술들에 대한 효용성 평가결과 등을 체계적으로 정리하여 활용하고 있다. 슈퍼펀드 프로그램이 시작된 이래 정부에서 100억불 이상의 복원비용을 투입하였으며, 1982년부터 2002년까지 863개의 프로젝트가 수행되었다. 수행된 전체 프로젝트 중 213개(25%) 프로젝트에서 토양증기추출법이 사용되어 가장 사용빈도가 높았고, 그 다음으로 생물학적 처리법과 고정화/안정화법이 각각 48개(6%) 적용된 것으로 조사되었다(생물학적 처리법은 생물학적 분해법과 생물학적통풍법을 모두 포함).



<그림 II-7> 수퍼펀드 정화기술 적용현황(1982~2002)

초기에는 고형화법/안정화법 등 전통적인 기술위주의 적용이 이루어졌으나 1990년대 중반부터 지상처리기술의 적용이 증가하는 추세에 있다. 이는 지중처리기술이 오염토양 굴착을 통한 직접적인 접촉을 통하여 발생할 수 있는 위해성을 감소시킬 수 있고 오염도 조사, 모니터링, 측정기기 등의 발전으로 기술의 신뢰도가 높아졌기 때문으로 판단된다. 또한, 화학적 산화/환원이나 동전기법과 같은 혁신기술의 적용이 지속적으로 증가하였다.



<그림 II-8> 수퍼펀드 프로젝트중 지중처리기술 적용추세

수퍼펀드 프로젝트가 적용된 부지에서 발견된 오염물질은 크게 9가지로 나누어 볼 수 있으며, 이중 약 75%가 유기오염물질이고 25%가 중금속류로 조사되었다. 수퍼펀드를 통해 개발된 기술을 바탕으로 미국은 미생물을 이용한 오염토양 및 지하수의 복원사업에서 강점을 보이고 있으며, Envirogen, Biosystem Technology, The Bioengineering Group 등이 대표적인 기술을 보유하고 있다.

독일의 경우 군사지역, 화약고 광산지역 및 산업부지를 중심으로 오염조사 및 복원이 이루어졌다. VEGAS(Versychseinrichtung Zur Grundwasser und Altlastensanierung) 프로젝트를 통해 토양 세정(flushing)이나 세척(washing), 불포화토양 및 지하수 내의 염화탄화수소류 처리 중심의 현장규모 적용연구를 통한 기술개발이 진행되었다.

(3) 비소 및 중금속 처리기술동향

비소 제거기술은 오염지역의 지하수 수질과 비소농도에 따라 다르게 적용된다. 물 속의 비소를 제거하는 기술은 침전, 멤브레인 여과, 이온교환, 흡착 처리기술 등으로 분류된다. 일반적으로 침전기술은 비소처리를 위해서 가장 많이 이용되는 기술로 대규모 수처리 시설에서 비소오염 지하수를 효과적으로 처리한다. 소규모 처리에는 멤브레인 여과, 이온교환, 흡착기술이 비소를 제거하기에 적합하다. 멤브레인 여과나 이온교환에 의한 처리는 설치 및 운영비가 높아 현재까지는 흡착제를 이용한 처리기술이 많이 적용되고 있다.

(가) 응집-침전

응집-침전 처리는 지하수에 있는 비소를 침전을 통해 불용성 고형물로 만들고 필터로 지하수와 비소를 함유한 고형물을 분리하여 제거하게 된다. 침전처리기술은 침전방법에 따라 응집, 철/망간 산화, 석회 연수화로 구분되며 각각의 상태에 따라 60-90% 정도의 처리효율을 나타낸다.

최근에는 비소와 철화합물의 공침을 이용하기도 한다. pH 조건을 변경하여 철을 페리하이드라이트(ferrihydrite) 수화물로 만드는 과정에서 비소가 $\text{FeAsO}_4\text{H}_2\text{O}$ 형태로 공침이 일어난다. 효율적인 제거조건은 pH 4-7, Fe:As 비는 3:1 이상이 되어야 안정적인 침전물이 형성된다.

(나) 멤브레인여과

멤브레인 여과는 비소로 오염된 지하수를 반투막이나 분리막(membrane)으로 여과시켜 지하수로부터 비소를 제거하는 기술로 지하수에 용존된 물질을 선택적으로 통과시키는 분리막의 특성을 이용한다. 분리막 여과기술은 물질이동을 위한 구동력(driving force)에 따라 압력차를 이용하는 역삼투(reverse osmosis)와 전위차를 이용하는 전기투석(electrodialysis) 방법이 사용된다. 역삼투법으로 지하수를 이용할 경우 수질에 상관없이 안정적인 제거효율을 얻을 수 있지만 처리비용 문제로 실제 적용사례는 없다.

(다) 이온교환 처리기술

이온교환(ion exchange)은 이온교환 수지(resin)를 이용하여 비소이온을 다른 이온과 치환시켜 제거하는 기술이다. 보통 비소의 제거에는 강염기성 수지를 이용하게 된다. 이온교환수지를 칼럼형태의 반응기 내에 충전하고 비소로 오염된 지하수를 통과시켜 처리하는 방식이 일반적으로 이용된다. 이온교환 처리의 비소를 이온형태로 유지시켜야 하는데 pH 9 이하의 조건에서는 As(III)가 중성으로 존재하기 때문에 제거효율이 낮다. 따라서 이온교환 공정을 적용하기 위해서는 As(III)를 As(V)로 산화시키는 처리과정을 필요로 한다.

(라) 흡착처리기술

흡착처리기술은 흡착제로 채워진 고정층 컬럼에 비소로 오염된 지하수를 통과시켜 비소의 흡착이 일어나도록 하는 공정이다. 비소를 흡착하는 여재(media)로는 철/망간/알루미늄 산화물과 수산화물, 점토광물, 유기물 등이 이용될 수 있다. 흡착처리 경우에도 이온교환과 동일하게 As(III)의 제거효율이 낮기 때문에 As(III)를 As(V)로 산화시키는 처리과정을 함께 사용하기도 한다.

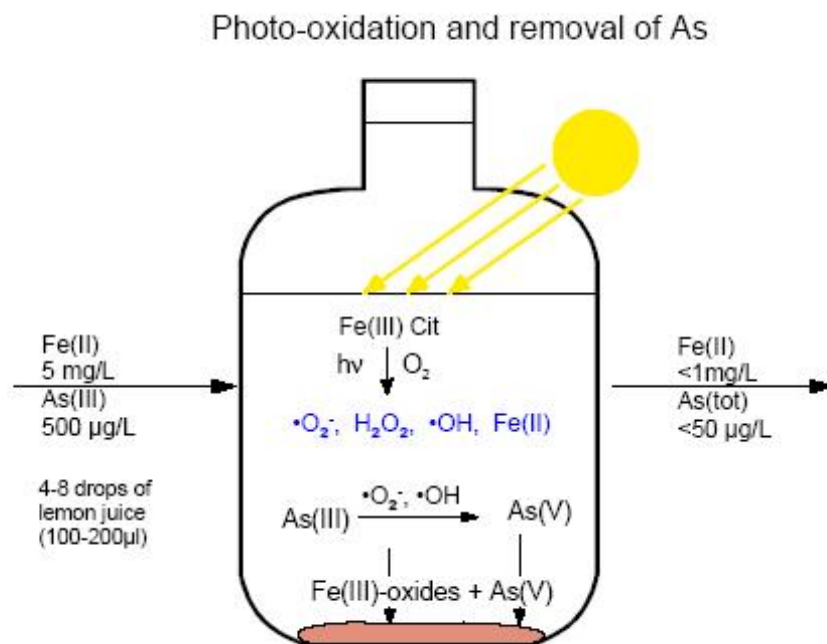
중금속 특히 비소로 오염된 지하수를 처리하기 위한 기술로 활성알루미나, 과립철수산화물, 과립이산화티타늄, 산화철을 코팅한 모래 등의 흡착제를 이용하는 흡착방법이 주로 이용되고 있다.

과립철수산화물(granular ferric hydroxide, GFH)는 독일 베를린기술대학에서 비소제거를 위해서 개발한 흡착제로서 염화 제2철(FeCl_3) 용액을 수산화나트륨과 반응시킨 후 침전을 통해 만들어진다. 독일에서 상용화된 GFH는 비표면적 $250\sim 300\text{m}^2/\text{g}$ 이고 기공률은 75~80%이며, 용적밀도는 $1.32\text{g}/\text{cm}^3$ 정도이다. 일반적으로 철산화물(iron oxide)은 비소에 대한 친화력이 강하지만 인이나 실리카와

같은 경쟁물질이 존재할 경우 비소의 흡착효율은 감소하게 된다. 철산화물에서 비소와 다른 경쟁이온과의 친화력은 다음과 같다. $As(V) > P > As(III) > Si$ 또한 음이온이 존재할 경우 비소제거효율은 감소하게 된다.

과립이산화티타늄은 비소제거를 위해 미국 스티븐스공과대학에서 개발한 흡착제로 anatase형 나노결정체를 이용하여 만든 흡착제이다. 비표면적은 약 $257m^2/g$ 이고 크기는 30~100mesh(0.15~0.6mm) 정도이다.

SORAS(Solar oxidation and removal of arsenic)는 기존 이온교환이나 흡착기술의 단점인 낮은 $As(III)$ 제거효율을 태양광을 이용하여 해결한 기술이다. SORAS는 철산화물에 약하게 흡착되는 $As(III)$ 를 태양광을 이용하여 $As(V)$ 로 산화시켜 철산화물과 비소의 결합력을 강하게 한다. 이 과정에서 소량의 시트릭산(Citric acid)을 주입하여 제거효율을 향상시킬 수 있다.



<그림 II-9> SORAS 기술의 기본원리

(4) 경쟁 업체 현황 및 수준

지하수 내의 중금속 오염제거를 위한 기술을 보유하고 있는 국내회사는 (주)한라 산업개발과 (주)지오웍스의 '영가철과 제올라이트를 포함하는 반응벽체 오염물 정화 방법' 등이 있다. 동 기술은 나노미터 수준의 철을 제올라이트 표면에 부착하여 활용하는 기술이나 영가철은 대부분 할로젠화 유기화합물 등 유기용제를 대상으

로 하고 있어 평가대상기술과 차별된다. 또한, GS건설(주)에서도 미국 Delaware대학과의 공동연구를 통해 ZVI (Zero Valent Iron) 흡착제를 개발하였으며 유해중금속에 대한 높은 흡착효율을 가지고 있는 것으로 평가되나, 가격이 매우 고가이고 (1m³당 약120만원) 처리 가능한 중금속의 범위가 제한적이어서 평가대상기술과 차별되어진다.

<표 II-8> 국내 토양/지하수 오염복원시장의 주요 업체 및 기술내용

업체명	주요 내용	기술수준
(주)지오웍스	토양지하수에 포함되어있는 오염물을 자체 개발한 여재를 PRB(Permeable Reactive Barrier)공법을 이용하여 토양지하수내 투입시켜 흡착처리하는 방법. 자체 개발한 여재는 유기용제 대상으로 처리능을 지니고 있으며 중금속 처리능이 취약함	유기물제거 성능은 우수 중금속의 흡착능은 기초단계
(주)오이코스	중금속에 오염되어있는 지표수를 처리하기 위하여 처리시설을 제작하여 지표수를 통과시켜 처리하는 방법. 처리시설에 흡착제 혹은 처리 매체를 적용하며 일부 중금속에 대해서만 적용가능	흡착제는 외부에서 구매
(주)에코필	중금속에 오염되어있는 토양을 동전기를 이용한 전기화학적 방법으로 중금속을 제거하는 기술	토양특성에 따라 제약

국외의 중금속 흡착제 개발사례로서 미국 Dorsey & Whitney는 철을 함유한 제올라이트(ferrous-form zeolite)를 이용하여 6가 크롬을 제거하는 담체를 개발하였으며, 일본의 Futaba Shojiki에서는 제올라이트에 자성 산화철을 화합시킨 자성흡착제를 이용하여 폐수내의 중금속을 흡착시키는 방법을 개발하였다.

<표 II-9> 국내외 유사 특허기술 현황

구분	기술의 명칭	출원인	관련문헌
1	나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트를 포함하는 반응벽체를 이용한 오염물의 정화방법	(주)한라산업개발 (주)지오웍스	한국특허 제380548호
2	Hexa-valent chromium removal from aqueous metal using ferrous-form zeolite materials	Dorsey & Whitney	미국특허 2004-0124150
3	중금속의 흡착제 및 그것을 이용한 중금속 제거방법	Japan Science & Technology Corp	일본특허 2003-062458
4	자성흡착제, 제조방법 및 이를 이용한 수처리방법	Futaba Shoji KK	일본특허 2005-137973
5	인 제거를 위한 폐수처리제 및 그의 제조방법	(주)송웅환경	한국특허 제732230

(5) 기술의 Life-cycle

평가 업체는 본 기술의 개발에 앞서 기초기술의 개발을 2003년부터 시작하여 다수의 특허를 보유하고 있다. 관련기술은 개발에서부터 실제 시공에 적용까지는 약 5년 이상의 기간이 소요될 것으로 보인다. 따라서 평가 업체와 비슷한 기술을 가지고 있는 업체들이 개발 기술을 이용한 신 시장의 선점 가능성이 클 것을 감안하고 동종 업계의 기술 개발수준을 고려할 때 기술의 생애주기는 최소 개발기간 5년의 2배 정도로 예측된다. 특히 평가 업체의 신 시장의 선점 가능성과 기술 개발에 대한 지속적인 투자가 가능하다고 볼 때, 대상 기술의 생애주기는 더 늘어날 수 있을 것으로 예상된다.

(6) 기술의 발전방향 및 진보속도

기술개발 초기 단계에서는 비소 등 일부 흡착처리가 어려운 중금속의 처리작, 효율적인 흡착제의 개발이 이루어졌으나 최근에는 한 가지 형태의 여재로 각종 중금속을 동시에 처리하는 기술, 처리시간을 단축하고 효율을 높이기 위한 개

발에 관심이 증대하고 있다. 특히, 처리하고자 하는 오염현장의 조건에 맞는 맞춤형 흡착제의 개발을 위한 연구개발이 이루어지고 있으며, 평가대상 업체에서도 이에 대한 연구를 추진 중에 있다. 평가업체는 제올라이트 표면에 산화철의 코팅 정도를 제어하기 위한 기술적 노하우를 가지고 있으므로 향후 현장조건에 맞는 흡착제의 설계, 시공 관련 기술이 확보될 경우 기술의 발전 속도가 더욱 빨라질 것으로 기대된다.

다. 기술수준

(1) 기술의 경쟁력

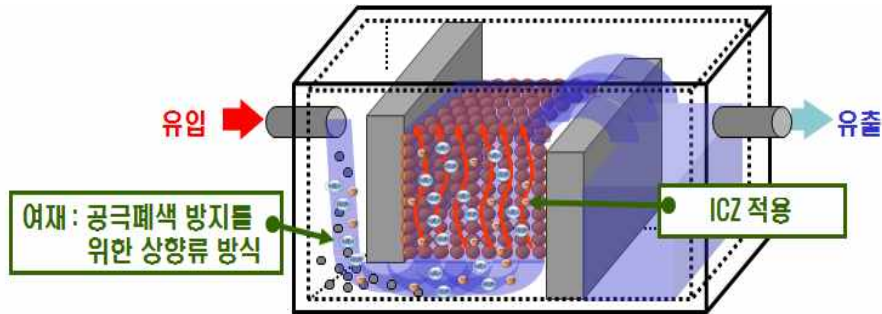
평가업체는 제올라이트 표면에 산화철의 코팅 정도를 제어하기 위한 기술적 노하우와 특허권을 보유하고 있어 기술의 경쟁력은 아주 높은 것으로 평가된다. 특히, 수입에 의존하는 다른 흡착제에 비해 자체 제작이 가능하여 향후, 현장 조건에 맞는 맞춤형 여재개발이 이루어질 경우 경쟁력이 더욱 강화될 것으로 예상된다.

(2) 기술의 독창성 및 첨단성

평가 기술은 일반적으로 흡착제로 사용되는 제올라이트 표면에 평가업체가 보유한 특허 방법에 따라 산화철 형태의 철코팅을 부분적으로 적용함으로써 제올라이트로 처리되는 중금속은 제올라이트 표면에서 비소를 포함한 흡착이 어려운 중금속은 철코팅 표면에서 리간드 반응에 의해 처리되게 하는 독창성을 가지고 있으며, 평가 기술의 핵심이라고 할 수 있는 부분코팅은 여재 제작 시 반응온도와 평가업체의 특허로 등록되어 있는 반응기의 속도로 조절이 가능하여 제작조건의 표준화가 가능할 경우 기술의 첨단성도 일부 확보할 수 있을 것이다.

(3) 기존(유사)기술과의 비교우위성 등

중금속으로 오염된 물(水)환경은 지표수 및 지하수에 걸쳐 매우 광범위하게 분포되어 있어서 이를 위한 기술의 보급은 매우 필요한 상황이다. 중금속으로 오염된 수처리를 위해 가장 경제적이고 적용성이 좋은 방법은 현재 흡착기술에 의한 방법으로 알려져 있으나 모든 중금속을 동시에 처리할 수 여재는 미비한 상태이다. 그러므로 현재 많은 업체들이 여러 여재를 혼용해서 적용하고 있을 뿐만 아니라 현장 상황에 따라서 응집침전법, 이온교환법과 같은 고가의 기술을 적용하기도 하고 있는 실정이다. 또한, 평가대상기술을 이용한 수처리공정은 자연유하 방식에 의해 별도의 동력을 필요로 하지 않아 소규모 수처리시설에 적합하고 경제적이다.



<그림 II-10> 평가대상기술의 수처리공정 모식도

평가기술은 한 가지 여재로써 양이온 및 음이온을 동시에 처리함으로써 기술성, 적용성, 경제성을 동시에 만족시킬 수 있어 기존기술과의 비교 시 우위를 점할 수 있다고 판단된다.

<표 II-10> 기존(유사) 기술과의 비교

구분	평가대상기술	기존기술	
	ICZ 흡착	응집침전법	이온교환법
기술개요	중금속으로 오염된 오염대가 존재하는 지반에 설치하며 지하수 및 지표수의 수리학적 흐름을 이용하여 처리	중금속을 함유하고 있는 폐수에 다량의 약품(철염, Alum, Lime 등)을 첨가하여 침전시켜 처리	용액중의 다양한 이온들과 불용성인 수지 사이에서 같은 하전을 가진 이온들의 가역적 교환
주요 제거기작	흡착	침전분리	이온교환
주요 적용대상	중금속, 무기리간드	중금속	중금속, 무기리간드
특징	- 중금속과 무기리간드 공존시 단일 시스템 내에서 처리가능 - 음이온성 중금속인 비소 및 크롬과 양이온성 중금속까지 동시에 처리가 가능 - 적용이 간단하고 경제적	- 선택적 중금속 회수가 어려움 - 납과 카드뮴 처리에 부적합 - 유기물, 무기리간드가 공존시 처리효율 저하 - 비소와 같은 음이온성 오염물질 처리에는 비효율적	- 금속이온의 선택도가 낮음 - 중금속 처리에는 고가의 킬레이트 수지 필요 - 파울링, 스케일링의 방지를 위한 전처리설비 필요 - 양이온/음이온 교환용 수지를 구분해서 적용

라. 기술의 파급성

(1) 기술의 활용성

대상기술은 중금속이 포함된 水처리 전 분야에 기술적, 가격적인 면에서 우수하다고 판단되어짐에 따라 그 활용성은 국내 뿐 아니라 국외에서도 매우 높을 것으로 전망된다. 빠른 시간 내에 활용될 수 있는 분야로는 현재 광해방지사업단이 추진하고 있는 폐광산 정비사업(현재 부항댐건설사업 중에 폐광산 정비사업에 수자원공사와 협의중임)과 토양오염 지하수 처리에 활용이 가능하다. 특히 수처리시스템의 운전에는 별도의 동력을 필요로 하지 않고 흡착에 의한 제거가 가능하여 폐광산, 산간벽지 등에서도 활용성도 높다.

(2) 기술의 확장성

오염된 지하수 외에 지표수나 침출수와 같은 폐수내의 중금속 제거에도 활용이 가능할 것으로 판단된다. 지표수의 경우 지하수에 비해 여러 가지 유기물이 존재하여 흡착효율을 저하시킬 수 있지만 평가대상 기술은 산화철과 제올라이트의 상호작용에 의한 동시제거가 이루어지므로 기존공정에 비해 처리의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

또한 현재 지하수 내의 비소오염으로 인한 문제로 어려움을 겪고 있는 인도와 베트남 등 동남아시아 국가의 경우 광역화된 상수도가 보급되어 있지 않고 지수 및 지표수를 주로 이용하고 있다. 이러한 동남아 국가를 대상으로 하는 마을단위 상수처리 설비 적용시장의 성장가능성이 크고 비소의 경제적인 처리공정을 확보할 경우 시장선점에 의한 시장의 확장도 기대된다. 평가대상 업체는 현재 하노이 대학과 공동연구를 추진 중에 있어 관련된 지역의 시장진출 가능성도 높은 것으로 판단된다.

마. 기술의 권리분석

(1) 권리기술의 일반사항

(가) 개요

본 평가대상기술은 중금속에 대한 흡착능이 우수한 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 상기 철 코팅된 제올라이트를 흡착제로 이용하여 중금속을 함유하는 원수로부터 중금속을 효과적으로 제거하는 수 처리 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 평가대상기술은 제올라이트에 염기성의 철 화합물 수용액을 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 상기 슬러리를 가열 또는 감압 증류 하에 수분을 90% 이상 제거하여 고형분을 만드는 단계; 및 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법에 관한 것이다. 또한, 본 평가대상기술은 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 상기 제조된 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소를 함유하는 원수를 통과시키는 것을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것이다.

본 평가에서는 먼저 본 평가대상기술의 서지사항 등 일반적인 사항을 살펴본 다음, 권리의 안정성 및 권리범위의 강도를 검토하기 위하여 선행기술의 조사를 실시하였다.

(나) 서지사항

본 평가대상기술은 등록된 상태이고, 현재 3년차 연차료를 납부하여 유효한 권리를 확보하고 있는 상태이다.

본 평가대상기술의 주요 권리는 FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 또는 Fe_2O_3 으로부터 선택되는 철 화합물이 제올라이트 중량의 5 내지 10%의 양으로 첨가되고 상기 제올라이트에 염기성의 철 화합물 수용액을 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 상기 슬러리를 가열 또는 감압 증류 하에 수분을 90% 이상 제거하여 고형분을 만드는 단계; 및 상기 고형분을 150 내지 200℃의 온도에서 1 내지 2시간 동안 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 콘크리트 제올라이트의 제조 방법에 대한 권리; 및 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 상기 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원소를 통과시키는 것을 포함하는 수 처리 방법에 대한 권리로 구성되어 있다. 본 평가대상기술의 특허 등록 개요를 살펴보면 <표 II-11>과 같다.

<표 II-11> 평가대상기술의 서지사항

발명의 명칭	철 코팅된 제올라이트의 제조방법 및 이를 이용한 수 처리 방법		
출원인	(주) 네오에코즈 지에스건설 주식회사	발명자	박준규, 박연중
출원일	2007년 03월 23일	출원번호	10-2007-0028596
공개일	-	공개번호	-
등록일	2008년 09월 01일	등록번호	10-0857352

(다) 종래기술의 문제점

휴 광산 또는 폐 광산의 토양 및 지하수에서 문제가 되고 있는 비소를 포함하는 중금속 오염을 해소하기 위한 방법으로서, 활성 알루미나 내지는 철 코팅된 모래를 이용한 흡착법이 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 철 코팅된 모래에 의한 흡착법에 있어서, 철 코팅된 모래의 지지체는 석영사를 사용하는데 석영사는 가격이 비싸고 코팅되는 철의 함량이 제한적이어서 비소의 흡착능이 좋지 않을 뿐만 아니라, 철 코팅 과정을 수회 반복해야 하므로 그 제조 공정이 매우 복잡하다는 문제점이 있었다. 또한, 상기 방법은 5가 비소의 제거에는 효과가 있지만, 3가 비소의 처리에는 효율적이지 않아서, 3가 비소를 5가 비소로 미리 산화시키는 공정을 수행할 필요가 있을 뿐만 아니라, 산화는 산화 속도가 느려 처리 시간이 많이 요구되고, 부산물이 다량 생성되어 비용이 과다하게 든다는 문제점이 있었다. 또한, 상기 방법은 5가 비소를 제외한 구리, 카드뮴, 납 등과 같은 중금속의 처리에는 효율적이지 못하였다.

또한, 이온 교환 작용에 의하여 카드뮴, 납, 구리, 아연 등의 중금속을 제거하기 위하여 제올라이트를 사용하고 있는데, 천연 제올라이트는 둘 이상의 상이 공존하거나 다량의 불순물을 함유하고 있어서, 오페수 중에서 비소, 카드뮴 등의 중금속의 제거에 있어서 한계가 있었다.

(라) 권리기술의 특징

본 평가대상기술은 철의 중금속에 대한 흡착능 및 제올라이트의 다공성에 착안

하여, 철을 코팅하기 위한 지지체로서 제올라이트를 사용함으로써, 기존의 특정 중금속에 제한되어 흡착능을 보이는 흡착제에서 벗어나, 원수로부터 5가 비소를 비롯한 구리, 카드뮴, 납 등의 중금속을 효과적으로 제거할 수 있는 방법을 제공하고자 하는 것이다.

(마) 대상특허의 권리범위

본 평가대상기술의 구성을 살펴보기 위하여 특허 명세서에 기재된 특허 청구범위의 청구항 및 본 평가대상기술에 따른 효과를 살펴보면 다음과 같다.

<표 II-12> 평가대상기술의 권리범위

발명의 명칭	철 코팅된 제올라이트의 제조방법 및 이를 이용한 수 처리 방법
보유권리 구성	중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법에 관한 1개의 독립항과 상기 독립항을 인용하는 1개의 종속항, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트를 이용한 수처리 방법에 관한 1개의 독립항과 상기 독립항을 인용하는 4개의 종속항으로 구성되어 있음.
권리범위	[청구항 1] FeCl₃, Fe(NO₃)₃ 또는 Fe₂O₃으로부터 1종 이상 선택된 철 화합물이 제올라이트 중량의 5 내지 10%의 양으로 첨가되며 상기 제올라이트에 염기성의 철 화합물 수용액을 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 상기 슬러리를 가열 또는 감압 증류 하에 수분을 90% 이상 제거하여 고형분을 만드는 단계; 및 상기 고형분을 150 내지 200℃의 온도에서 1 내지 2 시간 동안 건조시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기의 중금속은 비소, 카드뮴, 구리 또는 납 중에서 선택된 하나 이상의 중금속인 것을 특징으로 하는 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. [청구항 4] 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 제1항에 따라 제조된 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키

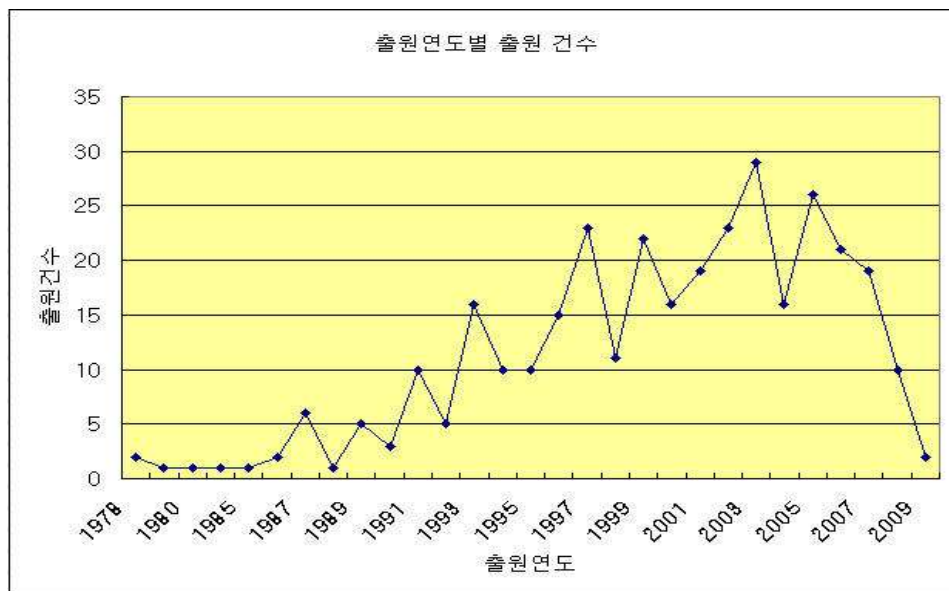
	는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리 방법. [청구항 5] 제4항에 있어서, 상기 망간 함유 산화제는 망간 코팅된 모래 또는 망간 코팅된 제올라이트인 것을 특징으로 하는 수처리 방법. [청구항 6] 제4항에 있어서, 상기 원수는 황산염이 더 함유되는 것을 특징으로 하는 수처리 방법. [청구항 7] 제4항에 있어서, 상기 원수는 화학 약품 응집조를 거친 것임을 특징으로 하는 수처리 방법. [청구항 8] 제4항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 원수는 카드뮴, 구리, 또는 납 중에서 선택된 하나 이상의 중금속이 더 함유되는 것을 특징으로 하는 수처리 방법.
발명의 효과	본 평가대상기술에 따라 제조된 철 코팅된 제올라이트는 종래에 사용되던 흡착제에 비해 강산성과 중성의 pH 영역에서 탁월한 5가 비소 흡착능을 나타내므로, 다양한 pH의 비소 함유 원수로부터 3가 및 5가 비소 모두를 효율적으로 제거할 수 있다. 또한, 본 평가대상기술에 따라 제조된 철 코팅된 제올라이트는 구리, 카드뮴, 납 등과 같은 중금속에 대한 흡착능이 뛰어나고 황산염이 공존 시에도 탁월한 비소 흡착능을 나타내므로 다양한 조성을 가진 원수로부터 중금속을 효과적으로 제거할 수 있다.

(2) 동향 분석

(가) 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 국내 산업재산권 출원동향

본 평가대상기술은 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술에 관한 것이므로, 관련 기술 발명의 국내 산업재산권 출원동향을 살펴보았다.

검색 키워드는 중금속과 제거를 사용하였고, 검색 범위는 모든 청구항으로 하였고, 대표 IPC 분류는 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리에 관한 C02F로 한정하였다. 검색 식은 (중금속 or (중 adj1 금속)) AND (흡수* or 흡착* or 제거* or 처리* or 정화* or 억제*) .CLA. AND (C02F*). IPCM.을 사용하였다. 검색 결과 총 326건이 검색되었다.



<그림 II-11> 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 출원 연도별 출원 건수

상기와 같이 출원 연도별 출원동향을 살펴보면, 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술은 1978년도부터 출원이 시작되었다. 이후 출원 건수의 잦은 급락과 변동이 있었지만, 평균적으로는 출원 건수는 점차적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 2002년부터 2007년까지 출원 건수가 가장 최고 수준에 도달하다가 2007년 이후에는 약간 감소세로 접어들었음을 알 수 있다. 한편, 상기 자료는 (주)웹스의 현재 특허공개 데이터베이스에서 추출하였기 때문에 정량분석 시 특허출원으로부터 공개되기까지의 시간 간격이 있으며, 2008년 1월 이후에 출원된 건 중 미공개 상태인 출원 건수가 반영되지 않을 수 있어 2009년의 출원이 현저히 줄어든 것은 향후 공개된 데이터를 반영한다면 2007년 이후의 출원 건수를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 II-12> 국내 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 출원인 국적별 출원 건수

상기와 같이, 국내 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술의 출원인 국적 동향을 살펴보면, 한국 출원인이 326건 중 266건으로 81.5%의 점유율로 가장 많은 출원건수를 보유하고 있음을 알 수 있다. 그 다음으로 미국이 20건으로 6%, 일본이 9건으로 약 3%의 출원 건수를 보유하고 있었다.

한편, 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술에 대한 연구를 활발히 하거나 관련 기술을 보유하고 있는 개인 또는 기업에 대한 정보를 얻기 위하여 국내 주요 출원인을 검색하였다. <표 II-13>은 국내 출원 건 중 주요 출원인을 나타내는 것이다.

<표 II-13> 국내 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 주요 출원인 및 출원 건수

순위	출원인	건수
1	한국건설기술연구원	4건
1	바이엘 악티엔게젤샤프트	4건
3	미쯔비시 마테리알 가부시키가이샤	3건
3	삼성종합화학 주식회사	3건
3	재단법인 포항산업과학연구원	3건

조사결과, 국내 국적의 출원인으로는 한국건설기술연구원, 삼성종합화학 주식회사, 및 재단법인 포항산업과학연구원이 수 처리 기술에서 연구를 집중적으로 하고 있음을 알 수 있다. 그 외 1건-2건으로 출원을 진행하고 있는 다수의 국내 국적의 출원인도 많았다.

(나) 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 미국의 산업재산권 출원동향

본 평가대상기술이 속하는 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술의 미국 내 산업재산권 출원동향을 살펴보았다.

검색 키워드는 중금속과 제거를 사용하였고, 검색 범위는 모든 청구항으로 하였고, 대표 IPC 분류는 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리에 관한 C02F로 한정하였다. 검색 식은 (heavy adj1 metal*) AND (captur* or absorb* or adsorb* or absorp* or adsorp* or remov* or sequestrat* or eliminat* or reduc* or abat* or segregat* or recover* or refin* or purif*) .CLA. AND (C02F*). IPCM.을 사용하였다. 검색 결과 총 449건이 검색되었다.

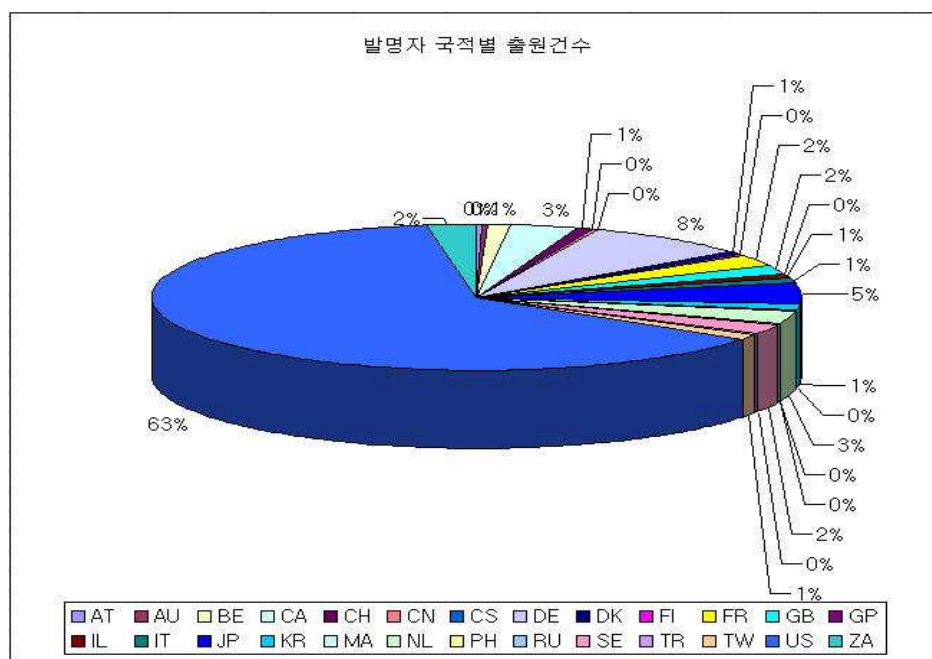


<그림 II-13> 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 출원 연도별 출원 건수

상기와 같이 출원 연도별 출원동향을 살펴보면, 국내 출원 동향과 마찬가지로, 1978년도부터 출원이 시작되었고, 이후 출원 건수의 잦은 급락이 있었지만, 평균적으로 출원 건수는 증가하고 있음을 알 수 있다. 이후 2002년부터 2005년에 이르

러 출원 건수가 급속도로 증가하였고 2006년에는 출원건수가 다소 주춤하다가 이후 출원 건수가 약간 감소세로 접어들었음을 알 수 있다. 한편, 상기 자료는 (주) 웹스의 현재 특허공개 데이터베이스에서 추출하였기 때문에 정량분석 시 특허출원 으로부터 공개되기까지의 시간 간격이 있으며, 2008년 1월 이후에 출원된 건 중 미공개 상태인 출원 건수가 반영되지 않을 수 있어 2009년의 출원이 현저히 줄어 든 것은 향후 공개된 데이터를 반영한다면 2007년대의 출원 건수를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

미국은 발명자주의이므로 발명자가 양도인에게 출원을 양도하지 않는 이상 출원인의 국적을 알 수 없다. 따라서, 편의상 발명자 국적별 출원 동향을 살펴보았다. 상기와 같이, 중금속 제거를 포함하는 수 처리 기술의 발명자 국적 동향을 살펴보면, 미국 국적을 가진 발명자가 전체 449건 중 282건으로 압도적임을 알 수 있다. 그 다음으로 독일이 36건, 일본이 21건, 캐나다가 15건의 건수를 나타내었다.



<그림 II-14> 미국 중금속 제거 포함 수 처리 기술의 발명자 국적별 출원 건수

(3) 선행기술조사

(가) 국가별 사용 DB 및 검색 범위

<표 II-14> 국가별 사용 DB 및 검색 범위

국 가	사용 DB	검색범위	검색년도	검색범위
한 국	WIPS	공개/등록 특허	~ 2007. 03. 23 (공개일자 기준)	명칭 + 요약 + 대표청구항
미 국	WIPS	공개/등록특허		명칭 + 요약 + 대표청구항
일 본	WIPS	공개특허/등록 특허		명칭 + 요약 + 대표청구항
유 럽	WIPS	공개특허/등록 특허		명칭 + 요약 + 대표청구항
PCT	WIPS	공개특허		명칭 + 요약 + 대표청구항

본 분석에서는 제올라이트, 철, 중금속과 관련하여 2007년 07월 23일까지 공개된 한국 공개/등록특허, 미국 공개/등록특허, 일본 공개/등록특허, 유럽 공개/등록특허 및 PCT 국제공개특허를 분석 대상으로 하였다.

(나) 특허 검색방법

<표 II-15> 평가대상기술

조사관점	· [기술특징 A] : 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법. ○ 염기성의 철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계를 포함하는 기술; ○ 염기성의 철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계만으로 구성되는 기술을 중심으로 조사를 실시함. · [기술특징 B] : 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제, 및 철 코팅된
------	--

	제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 원수를 통과시켜 수 처리하는 방법. ○ 망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트를 이용한 여과 장치를 이용하여 수 처리하는 방법에 관한 기술을 중심으로 조사를 실시함.	
키워드	국문	제올라이트, 중금속, 철
	영문	zeolite, heavy metal, iron
검색식	1. (제올라이트, zeolite) + (중금속, 중 금속) + (철*) 2. (zeolite) + (heavy metal) + (iron)	

(다) 선택된 선행기술 목록

다음은 각 평가대상기술과 관련하여 선택된 주요 선행기술의 목록으로서, 관련도에서 “○”는 평가대상기술과 매우 유사한 선행기술임을, “△”는 평가대상기술과 일부 유사한 선행기술임을 의미하고, “X”는 평가대상기술과 유사하지는 않으나 평가대상기술과 같은 기술분야에 속하는 선행기술을 의미한다.

<표 II-16> 선행기술 목록

문헌번호 (공개일자)	기술요지	기술요소	관련도
한국등록특허 10-0380548 (2001년 02월 05일)	나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트에 오염 물질을 통과시켜 오염 물질을 제거하는 방법, 및 상기 철이 부착된 제올라이트를 제조하는 방법.	A B	△ ×
한국등록특허 10-0506172 (2005년 05월 20일)	모래에 철 화합물을 물과 함께 첨가하여 슬러리를 만든 후 가열 또는 감압 하에 수분을 제거한 다음 건조시키는 단계를 포함하는 철 코팅된 모래의 제조방법.	A B	△ △
미국공개특허 US2005/0093189 (2005년 05월 05일)	철 화합물을 포함하는 용액에 제올라이트를 침지시키고, 상기 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 포함하는, 중금속 음이온을 제거하는 흡착제를 제조하는 방법.	A B	△ △
미국공개특허 US2005/0247635 (2005년 11월 10일)	철 화합물을 포함하는 용액에 제올라이트를 침지시키고, 상기 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 포함하는, 중금속 양이온을 제거하는 흡착제를 제조하는 방법.	A B	△ △
일본공개특허	키토산 산성 용액에 제올라이트를 분산시키고, 얻	A	△

JP2007/023058 (2007년 02월 01일)	은 용액을 중성 또는 약알칼리성으로 변환시키고, 상기 키토산을 가교화시키는 단계를 포함하는 중금속 이온 제거용 키토산-제올라이트 복합 입자의 제조 방법	B	×
----------------------------------	--	---	---

(라) 관련 선행기술과의 비교 분석

평가대상기술 분석 - 주요선행기술 1 (한국등록특허 10-0380548)

서지사항

출원번호	10-2000-0068004	출 원 일	2000년 11월 16일
공개번호	10-2001-0008227	공 개 일	2001년 02월 05일
등록번호	10-0380548	등 록 일	2003년 04월 03일
출원인 (특허권자)	한라산업개발 주식회사 주식회사 지오웍스 박준범, 이승학	발 명 자	박준범, 이승학 외 4인
명 칭	나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트를 포함하는 반응벽체를 이용한 오염물의 정화방법		

등록유효성 및 연차등록

등록유효성	등록 유효	연차등록	7년차 연차료 납부
-------	-------	------	------------

평 가

구 성 대 비	
평가대상기술	선행기술
[개요] ① FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3으로부터 선택된 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 제조하고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하여 고형분을 얻고, 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트 제조방법. ② 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로	[청구항 1] 반응물질로서 나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트를 포함하여 이루어지는 반응벽체를 만들고, 이를 오염물질이 통과하는 장소에 설치하는 단계; 오염 물질을 상기 반응벽체를 통과시켜 오염 성분을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트를 이용한 오염물의 정화방법. [청구항 2]-[청구항 4]

충진된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 것인 수 처리 방법.	제1항에 있어서, 상기 나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트는 다음의 단계를 포함하여 이루어지는 방법에 의하여 제조되는 것을 특징으로 하는 나노미터 수준의 철이 부착된 제올라이트를 이용한 오염물의 정화 방법: (i) 제올라이트를 증류수를 이용하여 3시간 동안 세척하는 단계; (ii) 상기 (i)에서 세척된 제올라이트를 1N의 HNO_3에 3일 정도 충분히 적신 후 탈기수로 세척하는 단계; (iii) <u>NaOH에 의하여 pH가 중화된 1.0M의 염화철 용액 1L에</u> 상기 (ii)에서 탈기수로 세척된 제올라이트를 넣고 강하게 10시간 이상 교반하는 단계; (iv) (iii)의 상징수를 조심스럽게 따라 버린 후 <u>0.5mM의 NaCl 용액 1L를</u> 부어넣고 24시간 방치하는 단계; (v) (iv)의 상징수를 조심스럽게 따라 버린 후 <u>0.5mM의 NaCl 용액 1L를</u> 부어넣고 24시간 방치하는 것을 5회 반복하는 단계; (vi) 얻어진 나노미터 수준의 철이 화학적으로 부착된 제올라이트를 건조시키는 단계. (i) 제올라이트를 증류수를 이용하여 3시간 동안 세척하는 단계; (ii) 상기 (i)에서 세척된 제올라이트를 <u>1.0M의 염화철 용액에</u> 넣고, 2시간 동안 천천히 교반시키며 제올라이트의 내부 구조에 상기 염화철 용액이 충분히 스며들도록 하는 단계; (iii) 상기 (ii)의 용액에 <u>1.6M의 소듐 보로하이드라이드 용액을</u> 교반하면서 첨가시켜 제올라이트의 내부구조에 Fe^0의 침전이 발생하도록 유도하는 단계. (i) 제올라이트를 증류수를 이용하여 3시간 동안 세척하는 단계; (ii) 제올라이트 2g을 농도가 <u>0.5-2M인 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 용액 500mL에</u> 함침시켜 24시간
---	--

	동안 교반하는 단계; (iii) 상기 (ii)의 상징수를 버리고 제올라이트를 증류수로 세척하는 단계; (iv) (ii)와 (iii)의 단계를 4회 반복하는 단계; (v) (iv)의 제올라이트를 80℃에서 건조하는 단계; (vi) (v)의 제올라이트를 450℃에서 소성하는 단계.
[평가대상기술 특징 A] A. 염기성의 철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계를 포함하는, 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법.	[비교] 상기 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법은 철 화합물과 제올라이트를 혼합하는 단계를 포함하고 있지만, 0.5mM의 NaCl 용액에 침지하는 단계, 소듐 보로히드라이드로 환원시켜 Fe^0을 제올라이트에 침전시키는 단계 또는 건조시킨 제올라이트를 소성하는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
[평가대상기술 특징 B] B. 망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치를 이용한, 중금속이 포함된 물을 처리하는 방법.	[비교] 철 코팅된 제올라이트를 이용한 오염 물질 제거 방법을 제시하고 있지만, 본 평가대상기술에 따른 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 수 처리 방법을 제시하고 있지 않으며, 제거 물질로서 중금속은 언급만 하고 있고 실제로는 PCE(C_2Cl_4), TCE(C_2HCl_3) 등의 유기 화합물을 제시하고 있다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
중 합 검 토 의 건	
☐ 본 연구과제의 [평가대상기술]은 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 중금속을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것임. ☐ 이와 관련하여 상기 [한국등록특허 10-0380548]은 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법에서 철 화합물을 포함하는 용액과 제올라이트를 혼합하는 단계뿐만 아니라, 제올라이트를 NaCl 용액으로 처리하는 단계, 철을 소듐 보로히드라이드로 환원시키는 단계, 또는 건조시킨 제올라이트를 소성하는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨. 중금속을 포함하는 물을 처리하는 방법에 있어서, 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트를 순차적으	

로 처리하는 단계를 제시하지 않는다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.

평가대상기술 분석 - 주요선행기술 2 (한국등록특허 10-0506172)

서지사항

출원번호	10-2003-0080969	출 원 일	2003년 11월 17일
공개번호	10-2005-0047193	공 개 일	2005년 05월 20일
등록번호	10-0506172	등 록 일	2005년 07월 27일
출원인 (특허권자)	지에스건설 주식회사 (주)다산건설턴트	발 명 자	양재규 외 2인
명 칭	철 코팅된 모래의 제조방법 및 이 모래를 이용한 수 처리 방법		

등록유효성 및 연차등록

등록유효성	등록 유효	연차등록	4년차 연차료 납부
-------	-------	------	------------

평 가

구 성 대 비	
평가대상기술	선행기술
[개요] ① FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3으로부터 선택된 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 제조하고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하여 고형분을 얻고, 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. ② 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 것인 수처리 방법.	[청구항 1] 모래에 철 화합물을 물과 함께 첨가하여 슬러리를 만든 후 가열 또는 감압 하에 수분을 90% 이상 제거한 다음 100 내지 550℃의 온도에서 1 내지 24시간 동안 건조시키는 것을 포함하는, 철 코팅된 모래의 제조방법. [청구항 2] 제1항에 있어서, 철 화합물이 FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 및 Fe_2O_3으로부터 1종 이상 선택된 철 염인 것을 특징으로 하는 방법. [청구항 4] 원수 유입부로부터 망간 코팅된 모래 및 제1항에 따라 제조된 철 코팅된 모래가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소-함유 원수를 통과시키는 것을 포함하는, 수 처리 방법.

[평가대상기술 특징 A] A. 염기성의 <u>철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계</u>를 포함하는, <u>철 코팅된 제올라이트의 제조 방법</u>.	[비교] 상기 주요선행기술 2는 제올라이트가 아닌 모래와 철 화합물 용액을 혼합하여 슬러리를 만들고 수분을 제거한 다음 건조시키는 단계를 포함하는 <u>철 코팅된 모래를 제조하는 방법</u>을 개시하고 있다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
[평가대상기술 특징 B] B. <u>망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치</u>를 이용한, <u>중금속이 포함된 물을 처리하는 방법</u>.	[비교] 상기 주요선행기술 2는 원수 유입부로부터 망간 코팅된 모래 및 철 코팅된 모래를 순차적으로 처리하는 단계를 포함하는 수 처리 방법을 개시하고 있고, 본 평가대상기술에서도 망간 함유 산화제로 망간 코팅된 모래 또는 망간 코팅된 제올라이트를 기재하고 있지만, 주요선행기술 2는 <u>철 코팅된 모래를 사용한다는 점</u>에서 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
중 합 검 토 의 건	
☐ 본 연구과제의 [평가대상기술]은 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 중금속을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것임. ☐ 이와 관련하여 상기 [한국등록특허 10-0506172]는 제올라이트가 아닌 모래에 철 화합물 용액을 처리하고 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 철 코팅된 모래를 제조하는 방법을 제시하고 있다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨. 또한, 망간 코팅된 모래와 철 코팅된 모래를 이용하는 중금속을 함유하는 수 처리 방법을 제시하고 있다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.	

평가대상기술 분석 - 주요선행기술 3 (미국공개특허 US 2005/0093189)

서지사항

출원번호	11/005,825	출 원 일	2004년 12월 07일
공개번호	US 2003/0093189	공 개 일	2005년 05월 05일
등록번호	-	등 록 일	-
출 원 인 (특허권자)	-	발 명 자	Toan Phan Vo.
명 칭	Adsorbents for removing heavy metals ad methods for producing and using the same		

등록유효성 및 연차등록

등록유효성	-	연차등록	-
-------	---	------	---

평 가

구 성 대 비	
평가대상기술	선행기술
[개요] ① FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3으로부터 선택된 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 제조하고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하여 고형분을 얻고, 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. ② 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 것인 수처리 방법.	[청구항 1] (a) 중금속을 포함하는 액체 또는 기체 매질로부터 중금속 음이온을 제거할 때 사용하기 위한 흡착제를 제조하는 방법으로서, 상기 방법은 탄소형 흡착제, 탄소, 실리카, 알루미늄, 제올라이트, 지르코늄 산화물, 이온 교환 레진 또는 이들의 배합을, 철(II), 알루미늄, 티타늄, 지르코늄, 및 이들의 배합으로 구성된 군으로부터 선택되는 하나 이상의 금속의 하나 이상의 화합물을 포함하는 용액에 침지시키는 단계; (b) 상기 화합물을 상기 금속의 산소-포함 화합물로 변환시켜 상기 흡착제를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 흡착제는 상기 중금속의 음이온과 상호 작용할 수 있는 것인 방법.
[평가대상기술 특징 A] A. 염기성의 철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거	[비교] 상기 주요선행기술 3은 제올라이트를 철 화합물 용액에 침지시키는 단계를 포함하지만, 침지시킨 후에 철 화합물을 산소-포함 화합

및 건조시키는 단계를 포함하는, 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법.	물로 변환시키는 단계를 추가로 포함할 뿐만 아니라, 중금속의 음이온을 제거하는 흡착제를 제조한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
[평가대상기술 특징 B] B. 망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치를 이용한, 중금속이 포함된 물을 처리하는 방법.	[비교] 상기 주요선행기술 3은 중금속의 음이온을 제거하는 방법으로서, 본 평가대상기술과 목적이 다르고, 망간 함유 산화제 처리를 포함하지 않는다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
중 합 검 토 의 건	
☐ 본 연구과제의 [평가대상기술]은 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 중금속을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것임. ☐ 이와 관련하여 상기 [미국공개특허 US 2005/0093189]는 중금속의 음이온을 제거할 수 있는 제올라이트 흡착제를 제조하는 방법으로서, 본 평가대상기술과 목적이 다르고, 제올라이트를 철 화합물 용액으로 처리하는 단계를 포함하지만, 철 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.	

평가대상기술 분석 - 주요선행기술 4 (미국공개특허 US 2005/0247635)

서지사항

출원번호	11/014,295	출 원 일	2004년 12월 16일
공개번호	US 2005/0247635	공 개 일	2005년 11월 10일
등록번호	-	등 록 일	-
출 원 인	-	발 명 자	Toan Phan Vo. 외 1인
명 칭	Adsorbents for removing heavy metal cations and methods for producing and using these adsorbents		

등록유효성 및 연차등록

등록유효성	-	연차등록	-
-------	---	------	---

평 가

구 성 대 비	
평가대상기술	선행기술
[개요] ① FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3으로부터 선택된 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 제조하고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하여 고형분을 얻고, 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. ② 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 것인 수처리 방법.	[청구항 1] 흡착제를 둘러싸고 있는 매질로부터 중금속의 양이온을 제거하기 위한 흡착제로서, 상기 흡착제는 활성탄, 제올라이트, 활성 알루미나, 이온 교환 레진, 지르코니아, 다공성 실리카 및 이들의 배합으로 구성되는 군으로부터 선택되는 다공성 매질을 포함하고, 철, 구리, 알루미늄, 지르코늄, 티타늄, 및 이들의 배합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상의 산소-포함 화합물을 상기 다공성 매질 안에 포함하는 것인 흡착제. [청구항 8] 중금속의 양이온을 제거하기 위한 흡착제를 제조하는 방법으로서, 상기 방법은 - 다공성 흡착제를 제공하는 단계; - 철, 구리, 알루미늄, 지르코늄, 티타늄 및 이들의 배합으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 금속의 <u>하나 이상의 화합물</u>을 포함하는 용액으로 상기 다공성 흡수제를 <u>침지(impregnation)</u>시키는 단계; - 상기 하나 이상의 화합물을 <u>상기 금속의 산소-포함 화합물로 변환시켜</u>, 상기 흡착제를 제조하는 단계를 포함하는 방법. [청구항 9] 제8항에 있어서, 상기 금속의 상기 하나 이상의 화합물은 할라이드, 니트레이트, 술페이트, 클로레이트, 및 1개 내지 5개의 탄소를 포함하는 카르복실레이트로 구성되는 군으로부터 선택되는 것인 방법.
[평가대상기술 특징 A] A. 염기성의 <u>철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계를 포함하는, 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법.</u>	[비교] 상기 주요선행기술 4는 제올라이트를 철 화합물 용액에서 침지시키는 단계를 포함하지만, 제올라이트를 침지시킨 후에 <u>철 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서</u>, 본 평가대상기술

	과 다르다고 판단됨.
[평가대상기술 특징 B] B. 망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치를 이용한, 중금속이 포함된 물을 처리하는 방법.	[비교] 상기 주요선행기술 4는 중금속의 양이온을 제거하는 방법이지만, 제올라이트 처리 전에 망간 함유 산화제 처리 단계를 포함하지 않는다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
중 합 검 토 의 건	
☐ 본 연구과제의 [평가대상기술]은 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 중금속을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것임. ☐ 이와 관련하여 상기 [미국공개특허 2005/0247635]는 제올라이트를 철 화합물 용액으로 처리하는 단계를 포함하지만, 철 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.	

평가대상기술 분석 - 주요선행기술 5 (일본공개특허 1999-000556)

서지사항

출원번호	1997-173068	출 원 일	1997년 06월 12일
공개번호	1999-000556	공 개 일	1999년 01월 06일
등록번호	-	등 록 일	-
출 원 인 (특허권자)	AKITA PREF GOV	발 명 자	ITABASHI OSAMU외 3인
명 칭	키토산 제올라이트 복합체와 그 제조 방법		

등록유효성 및 연차등록

등록유효성	-	연차등록	-
-------	---	------	---

평 가

구 성 대 비	
평가대상기술	선행기술
[개요] ① FeCl_3, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3으로부터	[청구항 1] 가교화된 키토산 입상체에 복수개의 제올라

선택된 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 제조하고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하여 고형분을 얻고, 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함하는, 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조방법. ② 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 것인 수처리 방법.	이트 미립자를 내포하고 <u>납 이온</u> <u>착제</u> <u>흡착</u> 특성을 갖는 <u>키토산-제올라이트</u> 복합 입자. [청구항 2] <u>키토산</u>의 산성 용액 중에 <u>제올라이트</u> 미립자를 <u>분산</u>시키고, 얻은 용액을 중성 또는 약 염기성으로 바꾸어, 복수개의 제올라이트 미립자를 내포하는 <u>키토산</u> 입상체를 생성하고, 뒤이어 <u>키토산</u>의 <u>가교화</u>를 행하는 것을 특징으로 하는 제1항의 <u>키토산-제올라이트</u> 복합 입자의 제조 방법. [청구항 3] <u>키토산</u>의 산성 용액 중에 <u>제올라이트</u> 미립자를 <u>분산</u>시키고, 얻은 용액을 알칼리성 용액 중에 적하하고, 섞는 것에 따라 복수개의 제올라이트 미립자를 내포하는 <u>키토산</u> 입상체를 생성하고, 뒤이어 <u>키토산</u>의 <u>가교화</u>를 행하는 것을 특징으로 하는 제1항의 <u>키토산-제올라이트</u> 복합 입자의 제조 방법.
[평가대상기술 특징 A] A. <u>염기성의 철 화합물 수용액과 제올라이트를 혼합하여 슬러리를 얻고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거 및 건조시키는 단계를 포함하는, 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법.</u>	[비교] 상기 주요선행기술 5는 <u>납 이온</u>을 흡착할 수 있는 흡착제의 제조 방법을 개시하고 있지만, <u>철이 아니라 키토산이 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법</u>에 관한 것이고, <u>키토산 용액과 제올라이트를 혼합하는 단계 이외에도, 키토산의 가교화 단계를 추가로 포함한다</u>는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
[평가대상기술 특징 B] B. <u>망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치를 이용한, 중금속이 포함된 물을 처리하는 방법.</u>	[비교] 상기 주요선행기술 5는 <u>망간 함유 산화제, 및 철 코팅된 제올라이트를 순차적으로 처리하는, 중금속이 포함된 물을 처리하는 방법</u>을 전혀 개시하고 있지 않다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.
종 합 검 토 의 건	
☐ 본 연구과제의 [평가대상기술]은 염기성의 철 화합물 수용액에 제올라이트를 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키	

는 단계를 포함하는 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 중금속을 포함하는 수 처리 방법에 관한 것임.

- 이와 관련하여 상기 [일본공개특허 1999-000556]은 중금속(납) 이온을 흡착할 수 있는 제올라이트 흡착제 및 그 제조 방법을 제시하고 있지만, 철이 아닌 키토산이 흡착된 제올라이트 흡착제 및 그 제조 방법을 제시하고 있다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단됨.

(4) 권리분석 의견

(가) 권리의 안정성

본 평가대상기술은 현재 등록된 상태이지만, 유효하게 권리를 유지할 수 있는지 판단하기 위하여 국내외 선행기술과 대비하여 살펴보았다. 검토 결과는 다음과 같다.

본 평가대상기술의 주요 청구항인 청구항 1항과 청구항 4항은 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법, 및 중금속을 함유하는 물을 처리하는 방법에 관한 것이다. 상기 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법은 제올라이트에 철 화합물 수용액을 첨가하여 슬러리를 만드는 단계; 상기 슬러리를 가열 또는 감압 증류 하에 수분을 제거하여 고형분을 만드는 단계; 및 상기 고형분을 건조시키는 단계를 포함한다. 상기 중금속을 함유하는 물을 처리하는 방법은 원수 유입부로부터 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트가 순차적으로 충전된 여과 장치에 비소 함유 원수를 통과시키는 단계를 포함한다. 이와 관련하여, 주요 선행기술 5개가 검색되었다.

주요선행기술 1은 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법, 및 상기 철 코팅된 제올라이트를 포함하는 반응 벽체를 이용하는 오염물의 정화 방법을 기술하고 있다. 상기 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법은 제올라이트와 철 화합물 용액(염화철 용액 또는 염화니트레이트 용액)을 처리하는 단계를 포함한다. 그러나 철 화합물 용액으로 처리된 제올라이트를 NaCl 용액으로 처리하는 단계, 또는 철을 소듐 보로히드라이드 용액으로 환원시키는 단계 또는 건조시킨 제올라이트를 소성하는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과는 다르다고 판단된다. 또한, 오염물의 정화 방법은 철 코팅된 제올라이트로 반응벽체를 만들고, 여기에 오염 물질이 포함된 오염물을 처리하는 단계를 포함한다. 그러나 본 평가대상기술과 같이 망간 함유 산화제를 처리하는 단계를 포함하지 않을 뿐만 아니라, 영양염류를 제거하는 방법에 발명의 목적이 있는 바, 본 평가대상기술과는 다르다고 판단된다.

주요선행기술 2는 철 코팅된 모래의 제조 방법 및 상기 철 코팅된 모래를 이용한 수 처리 방법을 기술하고 있다. 상기 철 코팅된 모래를 제조하는 방법은 모래에 철 화합물과 물을 함께 첨가하여 슬러리를 만들고, 얻은 슬러리에서 수분을 제거하고 건조시키는 단계를 포함하고 있다. 그러나 본 평가대상기술과 같이 제올라이트가 아니라 모래에 철을 코팅시키는 방법으로서, 제올라이트와 모래는 전혀 다른 대상이므로, 본 평가대상기술과는 다르다고 판단된다. 또한, 철 코팅된 모래를

이용한 수 처리 방법은 망간 코팅된 모래 및 철 코팅된 모래를 이용한 수 처리 방법으로서, 철 코팅된 모래를 이용한다는 점에서 수 처리 방법의 수단이 다르므로, 본 평가대상기술과는 다르다고 판단된다.

주요선행기술 3은 중금속 음이온을 제거할 수 있는 제올라이트 흡착제를 제조하는 방법을 기술하고 있다. 상기 흡착제를 제조하는 방법은 철(II)을 포함하는 용액에 제올라이트를 침지시키는 단계를 포함한다. 그러나 제올라이트를 침지한 후 상기 철 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단된다. 또한, 본 평가대상기술과 같이 중금속의 양이온을 제거하기 위한 제올라이트가 아니라, 중금속 음이온을 제거할 수 있는 제올라이트를 제조하는 방법이라는 점에서, 본 평가대상기술과 목적이 다르다고 판단된다.

주요선행기술 4는 중금속의 양이온을 제거할 수 있는 제올라이트 흡착제를 제조하는 방법을 기술하고 있다. 상기 흡착제를 제조하는 방법은 철(II)을 포함하는 용액에 제올라이트를 침지시키는 단계를 포함한다. 그러나 제올라이트를 침지한 후 상기 철 화합물을 산소-포함 화합물로 변환시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단된다.

주요선행기술 5는 납 이온을 흡착할 수 있는 제올라이트 흡착제를 제조하는 방법을 기술하고 있다. 상기 흡착제를 제조하는 방법은 키토산의 산성 용액에 제올라이트 입자를 분산시키는 단계를 포함한다. 그러나 본 평가대상기술과 같이 제올라이트에 철을 코팅시키는 것이 아니라 키토산을 코팅시키는 방법이고, 키토산의 산성 용액에 분산된 제올라이트를 포함하는 용액을 중성 또는 약염기성으로 바꾸는 단계와 키토산을 가교화시키는 단계를 추가로 포함한다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단된다.

상기 살핀 바와 같이, 중금속을 제거하기 위하여 제올라이트를 사용하는 기술, 및 더 나아가 철 코팅된 제올라이트를 사용하는 기술은 많이 있음을 알 수 있다. 본 평가대상기술은 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법에 관한 것으로, 철 화합물 수용액으로 제올라이트를 처리하고, 수분 제거 및 건조시키는 단계만을 포함하는 것이다. 선행기술 1, 3 및 4는 철이 코팅되어 있는 제올라이트의 제조 방법을 개시하고 있지만, 본 평가대상기술과는 달리 다른 추가적인 단계를 포함하고 있다는 점에서 본 평가대상기술과 다르다고 판단된다. 특히, 선행기술 1은 화합물 수용액으로 제올라이트를 처리한 후에 제올라이트를 NaCl 용액으로 처리하는 단계, 철을 환원시키는 단계, 또는 제올라이트를 소성하는 단계를 추가로 포함한

다는 점에서, 본 평가대상기술과 다르다고 판단된다.

(나) 법적 보호강도(권리범위)

신청기술이 제3자로부터 권리대항을 받을 우려가 있는지 여부 및 독점 배타적 권리행사가 가능한지의 여부는 국내외 선행특허권의 존부와 관련되므로, 국내외 선행기술과의 관련성을 검토하였다. 그러나 조사된 국내 및 구외 선행기술과 관련하여서는 본 평가대상기술의 등록된 특허청구범위로 판단 시 국내외 선 등록 특허 기술의 권리를 침해할 가능성은 적은 것으로 판단된다.

권리범위의 법적보호강도 측면에서 권리의 범위를 살펴보았다. 본 평가대상기술은 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법에 관한 독립항 1항과, 망간 함유 산화제 및 철 코팅된 제올라이트를 순차적으로 처리하는 중금속이 함유된 물을 처리 방법에 관한 독립항 4항, 및 이를 인용하는 종속항으로 구성되어 있다. 청구항 1항에서는 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법의 각 단계를 기술하면서, 철 화합물을 FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 또는 Fe_2O_3 으로부터 선택되는 화합물로 한정하고 있고, 철 화합물과 제올라이트의 중량비를 한정하고 있으며, 철 화합물 수용액이 염기성임을 한정하고 있고, 수분 제거 정도, 고형분의 건조 온도와 건조 시간을 각각 구체적으로 한정하고 있다. 청구항 1항에서는 가장 넓은 권리를 청구해야 하는 것이므로, 상기 각각의 구성 요소를 한정한 것은 보다 넓은 권리를 확보하는 측면에서는 장애가 판단된다. 특히, 철 화합물 수용액이 염기성이라는 것과 수분 제거 정도는 1항에서는 부가할 필요가 없는 사항이라고 판단된다. 청구항 4항에서는 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트에 원수를 순차적으로 통과시키는 단계를 포함하는 수처리 방법을 청구하고 있다. 4항의 종속항에서 각각 망간 함유 산화제의 종류, 원수의 부가적인 성격, 원수에 함유되어 있는 중금속의 종류를 추가로 한정하고 있다는 점에서, 4항은 그 종속항인 5-8항에 의해 안정되고 넓은 권리를 확보하고 있는 것으로 판단된다.

(다) 사업과의 관련성

본 평가대상기술은 중금속 흡착능이 향상된 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법 및 망간 함유 산화제와 철 코팅된 제올라이트를 순차적으로 처리하는 단계를 포

합하는 수 처리 방법에 관한 것이다. 종래기술의 문제점에서도 언급한 바와 같이, 복수개의 중금속 이온을 제거할 수 있다는 점, 시간적 경제적인 문제를 해소할 수 있다는 점, 및 검색된 선행 기술에 비하여 제올라이트 제조 방법이 간단하다는 점으로 판단하여 볼 때, 본 평가대상기술은 다른 종래 선행기술에 비하여 우위적인 위치를 차지하고 있다고 판단된다. 또한 공기, 물, 토양과 관련되는 환경 오염 문제가 심화되면서 환경과 관련되는 기술의 수요는 계속해서 증가하고 있을 뿐만 아니라, 이를 실제로 산업에 이용하려는 시도는 더욱더 활발해질 것으로 판단된다. 따라서 본 평가 신청기업이 보유하고 있는 기술은 대체로 사업과의 관련성 측면에서 높은 것으로 판단된다.

(5) 종합의견

본 평가대상기술은 중금속에 대한 흡착능이 우수한 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 상기 철 코팅된 제올라이트를 흡착제로 이용하여 중금속을 함유하는 원수로부터 중금속을 효과적으로 제거하는 수 처리 방법에 관한 것이다. 본 평가대상기술은 철의 중금속에 대한 흡착능 및 제올라이트의 다공성에 착안하여, 철을 코팅하기 위한 지지체로서 제올라이트를 사용함으로써, 기존의 특정 중금속에 제한되어 흡착능을 보이는 흡착제에서 벗어나, 원수로부터 5가 비소를 비롯한 구리, 카드뮴, 납 등의 중금속을 효과적으로 제거할 수 있는 방법을 제공하고자 하는 것이다. 이러한 평가대상기술과 관련되는 국내외 관련 선행기술을 조사한 결과, 제올라이트를 철 화합물 수용액으로 처리하여 슬러리를 얻고 수분을 제거하고 건조시키는 단계만으로 구성되는 철 코팅된 제올라이트의 제조 방법, 및 망간 함유 산화제와 상기 철 코팅된 제올라이트의 순차적인 처리에 의한 수 처리 방법을 기재하고 있는 선행 기술은 찾기에 쉽지 않았던 것으로 판단된다. 따라서 본 평가대상기술은 권리의 안정성 면에서는 다소 안정적인 것으로 판단된다.

본 평가대상기술은 현재 등록 상태로 등록 특허청구범위로 판단 시 국내외 선등록된 경쟁 기술의 권리를 침해할 가능성은 적은 것으로 판단된다. 본 평가대상기술은 현재 등록 상태인 등록 특허청구범위를 기준으로 권리범위를 살펴볼 때, 철 코팅된 제올라이트를 제조하는 방법은 철 화합물 수용액의 물성 및 수분의 제거 정도와 같은 부가적인 사항을 한정하고 있다는 점에서 권리범위가 다소 협소하게 기재된 것으로 판단된다.

2. 시장성

시장성 종합의견

평가대상기술의 주요 적용시장은 중금속으로 오염된 토양/지하수의 정화, 폐광산 정비사업, 해외 상수시설의 중금속 정화처리 시장 등이며, 중금속 제거용 흡착제가 1차적인 판매제품이며 2차로는 흡착제를 적용한 수처리시스템으로 평가된다.

관련한 시장은 정부의 오염복원을 위한 규제 및 투자계획에 직접적으로 영향을 받으며 향후 2015년까지는 지속적인 성장이 이루어질 것으로 기대되어 시장의 성장성과 안정성이 있는 것으로 판단된다.

산화철을 부분코팅한 제올라이트 여재는 중금속과 비소의 동시 제거가 가능한 유일한 여재로서 현재 제품의 시장경쟁자가 거의 없어 매출의 지속적인 성장이 예상된다.

가. 시장개요

(1) 대상산업

본 기술이 대상으로 하고 있는 산업은 기술적 측면에서는 수처리 기술 및 수처리용 소재 산업의 범위에 속해있고, 용도적 측면에서는 토양/지하수 복원산업에 포함될 수 있다. 따라서 대상시장은 토양/지하수 복원산업을 중심으로 평가하였다.

토양/지하수 복원 산업은 전반적으로 토양/지하수 오염의 측정과 복원 그리고 컨설팅을 주요 업무로 하고 있으며, 정부의 규제 수준과 투자예산 규모에 많은 영향을 받는다는 특징을 갖고 있다. 대상 산업을 보다 세분하면 유류 및 유기물 오염 복원, 할로젠화 유기화합물 오염정화 기술, 중금속 처리기술 등으로 구분할 수 있다. 중금속 처리기술은 지금까지 유류오염 정화 및 토양복원 기술에 비해 상대적으로 투자가 적었던 분야로 인식되어 왔으나 최근 지하수 오염문제의 부각과 함께 시장의 성장속도는 가장 빠를 것으로 예상된다.

(2) 시장의 정의 및 범위

대상평가기술의 적용시장은 중금속으로 오염된 지하수 정화, 폐광산 정비사업, 매립지 침출수 처리, 해외 상수시설의 중금속오염 정화, 4대강 사업의 준설 하저슬러지 정화 등으로 볼 수 있다. 지하수 오염 정화는 지하수와 연계된 토양오염 복원과 분리하여 접근할 수 없으므로 토양/지하수 오염정화 사업으로 통합하여 접근하는 것이 필요하며, 나머지 대상시장은 대상기술의 단독 또는 연계 사업화가 가능하므로 개별적으로 평가하는 것이 필요하다. 중금속에 오염된 토양의 직접적인 복원은 현재까지 추진 실적이 거의 없고 현재까지는 평가대상기술의 직접적용이 불가능하여 시장의 범위에서 제외하였다.⁶⁾

(가) 토양/지하수 복원시장

현재까지 국내에서 중금속 만을 대상으로 이러한 기술의 적용실적이 매우 적고, 적용이 동시에 이루어지는 경우가 대부분이므로 전체 토양 및 토양/지하수 복원 시장에서 중금속오염을 포함한 수질의 개선사업 비율을 고려하여 규모를 검토하는 것이 필요하다.

6) 토양/지하수 복원시장의 경우, 오염지하수 처리와 관련하여 2005년 관련법의 개정(지하수법 제29조2의 지하수 정화업 등록제)에 따라 지하수정화업에 등록한 자만이 지하수정화업무를 할 수 있다. 또한 폐금속광산 등에서 발생하는 중금속으로 오염된 토양을 처리하기 위해서는 “특정 토양오염 관리대상시설의 방지지설 설치 등에 관한 고시”의 규정에 의거하여 고형화/안정화, 식물재배정화법, 토양세척법, 용제추출법, 동전기법, 유리화법 등의 6개 기술이 적용가능하다.

(나) 광해방지사업

환경부의 2008년도 조사 자료에 따르면, 조사대상 100개 광산중 58개 광산 206개 시료가 수질기준을 초과한 것으로 나타났다. 세부적으로 하천수는 99개 광산중 상색광산 등 43개 광산에서 주로 비소(90), 카드뮴(48), 시안(13), 납(11)이 하천수 수질기준을 초과하였고, 지하수는 99개 광산중 순경광산 등 31개 광산에서 주로 비소(44), 카드뮴(35), 납(11), pH(9), 시안(5), 아연(3)이 먹는물, 생활용수, 농업용수 수질기준을 초과하였다. 또한 갯내수는 37개 광산중 복동광산 등 20개 광산에서 주로 비소(23), 카드뮴(13), pH(12), 납(5), 아연(5), 구리(4)가 오염물질 배출허용 기준을 초과하였다. 중금속 특히 비소 오염에 대한 자료가 지속적으로 증가하고 있어 향후 시장규모는 지속적으로 증가할 것으로 예측된다. 그러나 폐광산의 수질개선은 지식경제부의 투자계획에 따라 이루어지고 있어 시장성장의 속도는 제한적인 것으로 판단된다.

<표 II-17> 광해방지사업 연도별 투자계획('08-'12년)

사업내용	2008		2009		2010		2011		2012		합계	
	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비
합계	175	720	180	700	135	700	126	700	135	700	751	3,520
폐석유실방지	30	175	25	180	22	135	22	126	23	135	122	751
지반침하방지	17	28	6	16	8	20	9	16	10	18	50	98
수질개선	23	115	6	33	6	30	8	28	6	30	49	236
오염토양개량	31	151	23	178	25	190	24	176	21	180	124	875
소음분진방지	18	34	15	29	14	26	15	48	13	45	75	182
폐시설물철거	6	7	23	23	34	23	27	21	40	18	130	92
산림토지복구	21	89	46	141	36	182	36	211	35	208	174	831
사후관리	18	71	7	34	8	31	9	31	10	31	52	198
광해보상	-	-	6	5	9	5	10	6	-	-	25	16
사업관리	-	50	-	39	-	34	-	37	-	35	-	195

지식경제부의 광해방지사업계획에 따르면 2008-2012년까지 5개년동안 총 3,520억원의 투자를 통해 오염토양개량 및 수질개선 등의 사업을 추진할 계획이다. 사

업 내용중에서 방지지설 및 관리비용을 제외한 순수한 토양복원 및 수질개선 사업비는 1,111억원이며 이중 수질개선이 236억원으로 약 20% 정도를 차지하고 있다. 오염된 토양/지하수 복원에서 토양과 수질에 관련한 사업비 규모를 4:1정도로 예상할 수 있다.

(다) 해외 정수처리시설

인도나 방글라데시, 베트남 등의 경우 지질학적 원인에 의한 자연발생적인 지하수 비소오염으로 문제가 되고 있다. 자연발생적인 오염은 비소를 함유하고 있는 철산화물의 환원작용 또는 비소를 함유하고 있는 황화합물의 산화작용 등에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다. 실제로 인도, 방글라데시의 경우 오염된 지하수의 음용으로 인한 비소중독현상이 발생한 사례가 있으며, 국제적 협력기구인 AAN(Asia Arsenic Network)이 구성되어 동남아를 중심으로 활발한 오염복원 연구가 이루어지고 있다. 이러한 지역은 대부분 개발도상국으로 저비용으로 비소를 효율적으로 제거하는 소규모처리공정의 시장진출 가능성이 높다.

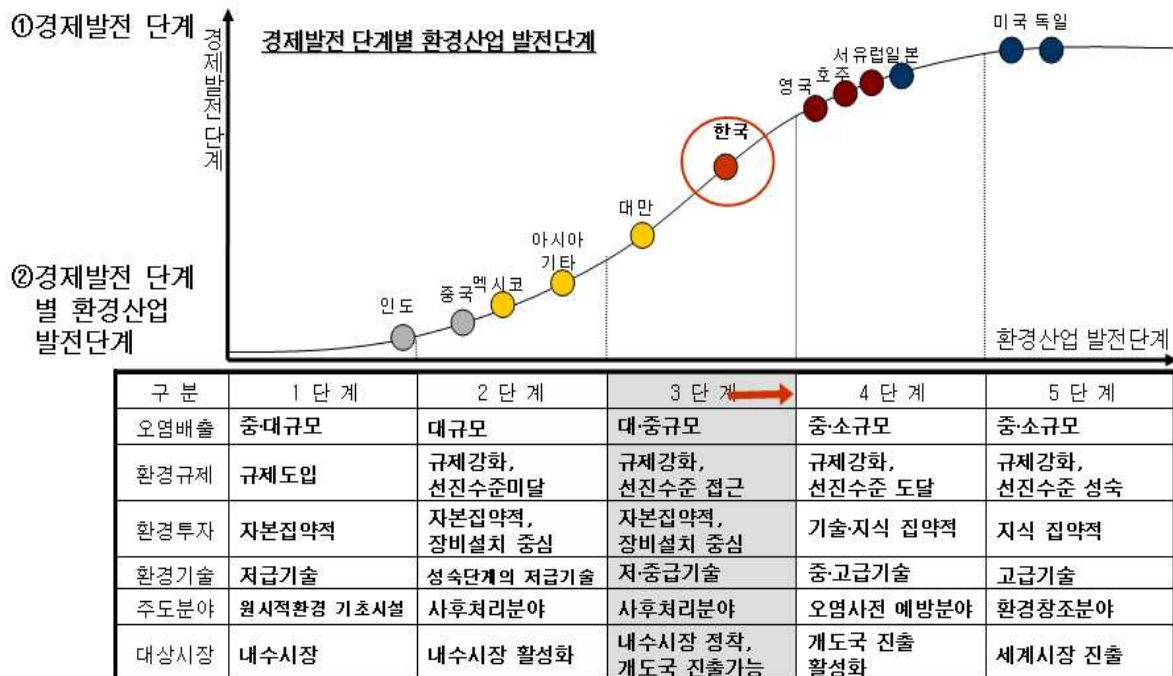
이러한 시장의 정의에 기초하여 시장참여자를 살펴보면, 공급측면에서는 에코솔루션, 오이코스, 지오웍스, 이엔쓰리, 아름다운환경건설 등의 업체가 주요 서비스 공급자로 활동하고 있다. 수요측면에서는 지자체, 군부대, 환경관리공단, 수도권매립지공사 등으로 구성되어 있다.

(3) 관련업계 경기동향 및 산업동향

최근의 자료에 따르면 세계 환경시장의 규모는 국제 환경규제가 본격적으로 발효되기 시작하고 환경과 경제의 통합 등으로 인해 그 규모가 급격하게 성장하여 2005년 710조원에서 2015년에는 1,100조원으로 확대될 것으로 예상되고 있다. 지역별 특징으로는 북미, 서유럽 및 일본·대양주 비중이 감소추세에 있는 반면 아시아, 중남미 및 동구 등 개도국 시장규모는 증가세를 보이고 있다. 특히 본격적으로 경제성장이 이루어지고 있는 중국을 포함한 BRICs, 동남아, 중동 등 아시아 환경시장은 급성장을 하고 있으며 중국의 경우 15~20%, 인도 14~15%, 중동 7.5% 등으로 급성장하고 있고 우리나라도 연 11.5% 성장을 한 것으로 조사되고 있다.

우리나라의 환경산업 발전단계는 규제가 본격적으로 강화되고 있는 3단계에 있는 것으로 평가되고 있으며, 시장규모도 지속적으로 성장하여 내수시장이 정착되고 있는 단계이다. 또한 기술수준도 선진국에 접근하여 사후처리기술은 선진국의

70~80% 수준에 도달한 것으로 평가되고 일부 사전오염예방 및 복원 기술은 취약한 것으로 조사되고 있다.



<그림 II-15> 환경산업의 발전단계

한국은행의 환경보호지출 및 수입(Environmental Protection Expenditure and Revenues: EPER) 통계에서도 국내 환경시장규모는 2005년 17조 5,164억원으로 2004년의 16조 870억원에 비해 8.9% 증가한 것으로 나타나고 있다. 또한 국내 환경시장의 성장률은 1998년을 제외하고는 매년 10% 이상을 유지하고 있으며, 앞으로도 이러한 성장추세가 계속될 것으로 예상되고 있다.

또한, 환경부 자료에 따르면 우리나라의 환경산업 연간매출액은 2003년 19조원에서 2005년 23.9조원(조사대상: 25,018개 업체)으로 증가하였으며 매출액 신장률은 평균 11.5%로 환경산업부문이 급격하게 성장하고 있는 것으로 나타났다. 환경산업의 전체 매출액에서 서비스업이 48.5% (11.6조원)를 차지했으며 제조업(38.9%, 9.3조원), 건설업(12.6%, 3.0조원) 순으로 나타났다. 분야별로 살펴보면 재활용(34%, 8.1조원), 폐수처리(17.8%), 폐기물관리(17.5%), 물공급(17.2%), 대기관리(8.6%) 순으로 나타나고 있다. 정부에서는 환경기술·산업 육성대책과 자금지원을 통해 향후 '15년까지 세계환경시장 점유율을 5%대로 확대하고자 하고 있어 향후 국내 시장 규모도 이와 비슷한 수준의 성장을 이룰 것으로 추정되고 있다.

<표 II-18> 우리나라의 환경보호지출 추이

(단위: 십억원)

구 분	2001	2002	2003	2004	2005
환경보호지출	12,395	13,579	14,741	16,087	17,516
1인당(천원)	262	285	308	335	364
GDP대비지출(%)	1.99	1.98	2.03	2.06	2.17
경제주체별					
공공부문	5,896	6,254	6,996	7,720	8,421
기업부문	3,887	4,356	4,517	4,903	5,302
가계부문	407	494	500	496	524
환경전문업체	2,205	2,475	2,729	2,968	3,269
환경영역별					
대기보호	2,012	2,303	2,390	2,657	2,932
폐수관리	4,808	5,340	5,542	5,861	6,383
폐기물관리	3,488	3,694	4,086	4,479	4,756
토양·수질보호	364	431	485	584	658
소음·진동 방지	161	173	162	179	212
생태계,자연경관보호	716	796	1,052	1,242	1,436
방사선피해방지	83	105	148	158	157
연구개발	378	328	353	379	407
기타 환경보호	385	410	523	548	577

이러한 조사결과로 볼 때, 향후 우리나라의 환경산업은 2015년까지 평균 10% 정도 성장하여 2005년 23.9조원에서 2015년에는 40조원 이상으로 증가할 것으로 추정된다. 이중 국내 토양/지하수 오염복원 시장의 규모는 환경산업 전체의 2.5% 이상을 차지할 수 있을 것으로 추정되고 있다.

토양/지하수 복원처리 분야는 민간부분과 정부부분으로 구별할 수 있으며, 민간부분은 시장 원리에 의해 수요가 있을 때 개발이 활성화되나 그렇지 못할 경우에는 침체되기 마련이다. 민간에서는 아직까지 토양/지하수 복원처리시설에 대하여 그다지 적극적이지 못하고, 또한 이 분야는 앞서 산업동향에서 살펴보았듯이 그 수요가 민간차원보다는 공공에서 이용하는 경우가 많다. 따라서 시장 규모를

공공분야에서의 정부의 예산투자계획을 통해 향후의 시장규모(토양산업 중의 수처리부분 시장 등) 추정하였다.

토양/지하수 관련업계는 2000년 이후 2005년까지 지속적인 기술연구 및 복원사업추진에 따라 평균 50% 이상의 지속적인 성장을 이룬 것으로 추정되고 있으며, 향후 시장의 규모는 환경산업체 평균성장률을 상회할 것으로 전망되고 있다.

본 산업의 동향을 정리하면 다음과 같다.

- ① 환경규제 정책과 정부부의 투자예산 규모에 직접적인 영향을 받음
- ② 관련산업은 수명주기상 성장기로 돌입하고 있음
- ③ 대기업보다 중소기업 중심의 시장전개가 이루어지고 있음
- ④ 핵심 오염처리기술과 처리용 소재를 보유한 기업이 많지 않음
- ⑤ 수요자는 주로 지자체, 군부대, 산업공단 등 공공기관과 대규모 업체 중심임
- ⑥ 내수위주의 산업으로 이루어짐
- ⑦ 시장개방이 안되어 있음(단, 미군부대 오염복원은 외국기업의 시장참여 가능).

나. 시장규모 및 특성

(1) 국내 시장규모 및 특성

(가) 국내 시장규모

2004년 한국과 미국은 LPP(Land Partnership Plan, 연합토지관리계획), 및 YRP(용산기지이전계획) 협정을 체결(국회비준)하여 2011년까지 총 59개 기지(총 1,214.3만평)를 반환하기로 하고 여러 차례의 한-미 SPI(ROK-US Security Policy Initiative, 한미 안보정책구상회의)를 통해 반환될 기지에 대한 오염복원협상을 진행하였다. 이 과정에서 1차로 2007년 4월 파주의 하우스(Camp Howze)를 비롯한 23개 기지에 대한 반환을 종료하였다. 반환 종료된 이들 23개 기지는 토양 및 지하수 오염이 심각해 그 치유비용만도 6,000억원 이상이 소요될 것으로 나타났고 앞으로 반환될 나머지 기지들에 대한 복원비용까지 합하면 약2조원에 이를 것으로 보고되었다(주한미군 반환기지 환경치유에 관한 청문회 결과보고서, 국회환경노동위원회, 2007.6). 현재 관련 업계 및 기관 등에서는 국방부의 사업발주 시기에 촉각을 곤두세우고 있으며 토양복원사업 분야의 시장확대가 기대되고 있다.

이외에도 토양/지하수 복원시장은 광해방지사업, 국내 군부대 복원사업, 폐기물 매립지 안정화사업, 하저오니 복원사업 등이 있다.

① 광해방지사업

<표 II-19> 광해방지사업 연도별 정비 대상 및 사업비

(단위: 억원)

합계		2007년		2008년		2009년		2010년		2011년	
개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비
2,860	5,573	773	853	678	1,149	685	1,150	341	1,161	383	1,259

* 광해방지기본계획, 한국광해관리공단 홈페이지(www.mireco.or.kr)

현재 국내에는 총 936개의 폐금속광산이 있으며 이중 55%에 해당하는 516개소에서 광해가 발생하는 것으로 보고되었으며, 정부에서는 2005년 ‘광산피해의 방지

및 복구에 관한 법률'을 제정하고 광해방지기본계획(2007-2011)을 수립하여 2007년부터 본격적으로 추진 중에 있다.

② 국내 군부대 복원사업

국내 군부대 주둔지역도 유류저장시설, 폐기물매립장 등으로 인한 토양, 지하수 오염문제가 심각한 실정이다. 반환 미군기지 환경오염문제로 인한 군부대 환경오염에 대한 국민적 인식 증가와 '국방개혁 2020'의 추진으로 군부대 폐쇄/이전에 따른 토양복원사업으로 인해 향후 사업발주가 증가할 것으로 예상된다.

③ 폐기물 매립지 안정화사업

국내 사용종료 매립지는 1,170개소이며 이중 약 80% 가량이 침출수 등에 대한 관리가 필요한 것으로 추정된다. 특히 침출수의 누출로 인한 토양과 지하수 오염을 방지하기 위한 정비사업 등의 대책추진이 필요하다.

④ 기타 오염유발시설(산업단지 등)

현재 국내에는 총 224개의 국가 및 지방산업단지가 있으며 환경부에서는 2004년부터 토양오염현황을 파악하기 위하여 10년 이상 경과되고 면적 100백만m² 이상인 대규모 산업단지(25개)에 대한 토양환경조사를 시행하고 있다. 이들 산업단지는 중금속(아연, 비소, 니켈, 비소 등), 유류(TPH, BTEX), TCE, PCE 등의 유해물질이 복합적으로 오염된 상태로 향후 잠재적인 시장으로 성장할 것이다. (2006년도 국가산업단지 토양환경조사결과, 환경부 2007.5).

이상의 사업 등을 포함한 국내 토양복원시장규모는 2005년 700억원에서 2015년까지 최대 31,528억원에 달할 것으로 예상된다(KONETIC 리포트(김무훈), 2007). 또 다른 보고서에 따르면 토양/지하수 산업의 시장규모는 2005년도 700억원 규모에서 2010년까지 5850억원 규모로 성장할 것으로 추정되고 있다(한국기술거래소, 2006). 2006년 보고서의 경우 2007년도 이후에 발생한 주한미군 반환기지 등과 군부대 오염복원 시장에 대한 시장규모를 포함시키지 않은 상태로 일부 과소평가가 이루어진 것으로 판단된다.

(나) 해외시장규모 및 동향

EBI 자료(2003)에 따르면 세계 환경시장은 지난 10년간 지속적인 성장세를 유

지하여 1996년 4,741억불, 2000년 5,320억불, 2004년 5,890억불에 달하고 있으며, 향후에도 약 3%대의 성장세를 지속할 것으로 전망되고 있다(<표 II-20> 참조). 한편, 2007년 G8회의 자료에 따르면 세계 환경시장의 규모는 국제 환경규제가 본격적으로 발효되기 시작하고 환경과 경제의 통합 등으로 인해 그 규모가 급격하게 성장하여 2005년 710조원에서 2015년에는 1,100조원으로 확대될 것으로 예상되고 있다(환경기술·산업 육성대책, 환경부). 이러한 급격한 성장은 북미, 서유럽 및 일본·대양주의 성장률은 감소추세에 있는 반면 아시아, 중남미 및 동구 등 개도국 시장규모는 증가세를 보이기 때문으로 판단된다. 특히 본격적으로 경제성장이 이루어지고 있는 중국을 포함한 BRICs, 동남아, 중동 등 아시아 환경시장은 급성장을 하고 있으며 중국의 경우 15~20%, 인도 14~15%, 중동 7.5% 등으로 급성장하고 있고 우리나라도 연 11.5% 성장을 한 것으로 조사되고 있다.

<표 II-20> 세계 환경산업 분야별 규모 및 전망(EBI)
(단위: 십억 달러, %)

		실적	전망		연평균증가율 ('02~'10)
		2002	2005	2010	
환경설비		118.8	123.4	131.8	1.31
	수처리장치 및 화학제	42.8	44.1	46.4	1.01
	대기오염관리	33	34	35.7	0.99
	측정 및 정보시스템	6.7	7.1	7.9	2.08
	폐기물관리	33.1	34.7	37.5	1.57
	공정 및 방지기술	3.2	3.5	4.3	3.76
환경서비스		285.5	303.7	337.5	2.11
	폐기물관리	121.8	129.2	142.7	2.00
	유해폐기물관리	18.2	19.3	21.4	2.05
	컨설팅 및 엔지니어링	32	34.7	39.9	2.80
	오염복원 등	29.9	32	35.9	2.31
	분석 서비스	3.9	4	4.3	1.23
	수처리플랜트	79.7	84.5	93.3	1.99
자원		151.3	168.9	206.3	3.95
	수자원	88.3	93.8	103.5	2.01
	자원재활용	36.7	40.1	46.5	3.00
	청정에너지 등	26.3	35	56.3	9.98
합계		555.4	596.2	675.7	2.48

영국의 정부기구인 JEMU(Joint Environmental Markets Unit)의 2002년도 보고서에 따르면 2000년 세계 환경시장 규모는 US\$ 515.2 billion 이었으며 그 중 토양복원분야에 해당하는 CLR(Contaminated land remediation) 부분은 US\$ 15.8 billion(3%)이며 2010년에는 US\$ 18.2 billion 까지 성장할 것으로 예측하였다.

<표 II-21> 해외 지역별 토양복원시장 규모

(단위 : US\$ billion)

구분	합계	미국	서유럽	일본	아시아	중국	인도	남아메리카	호주	CEE & CIS	중동	아프리카
2000	15.8	8.6	4.6	1.0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1
2010	18.2	9.1	6.0	1.1	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1

* Global Environmental Markets and the UK Environmental Industry Opportunities to 2010

한편 캐나다 산업부의 시장조사자료(www.strategis.gc.ca)에 의하면 기준 US EPA(2004), EBI(2003) 자료 등을 바탕으로 시장규모를 평가하였을 때 US\$ 25~30 billion(2005년 기준)에 달하는 것으로 나타났다. 또한 미국, 서유럽, 일본, 호주가 전체 시장을 주도하고 emerging economies(동유럽, 남아메리카 일부, 아시아)가 신흥시장이 될 것이라고 보고하였다. 이 자료를 바탕으로 EBI의 연평균 시장성장률 2.3%를 적용하였을 때 세계 오염복원 시장규모는 2015년까지 약 US\$ 36 billion에 이를 것으로 예상된다.

(2) 주요 수요처 및 고객 충성도(Loyalty)

평가대상기술의 주요 수요처는 토양/지하수 오염복원이 필요한 국방부 및 지자체, 광해방지사업을 추진하고 있는 한국광해방지공단과 광해방지대상 폐광산 지역의 지자체 등의 공공기관이라고 할 수 있다. 현재까지 평가대상업체는 직접적인 사업수주를 통한 시공 등록이 되어있지 않아 다른 토양오염/복원 업체에 흡착제를 공급을 통해 적용이 이루어지고 있다. 따라서 실제적인 수요처는 토양/지하수 오염복원사업을 수행하는 정화업체로 볼 수 있다. 평가대상기술의 선행기술인 산

화철 코팅 모래여재의 경우 지오웍스를 통해 3건의 공사에 실제로 공급이 이루어졌고, 현재는 산화철 코팅 제올라이트 여재를 이용한 사업화를 진행하고 있으며 오이코스과 기술 사용계약을 체결한 상태이다. 중금속과 비소를 동시에 처리하는 기술은 국내의 경우 평가신청기업의 기술과 경쟁이 가능한 수준의 기술이 거의 전무하므로 수요처의 기술의존도는 상당히 높다고 할 수 있다. 하지만, 평가신청기업이 향후 정화업체 등록을 통해 단독으로 사업추진이 예상된다.

(3) 경쟁상황 및 시장지위 등

본 기술관련 서비스 시장구조는 공급측면에서 볼 때 대체로 독점적 경쟁시장으로 판단된다. 현재까지 서비스 공급자가 지속적으로 증가하고는 있지만 대부분 전문화된 기술을 중심으로 차별화된 서비스를 제공하고 있으며, 수요 측면에서도 오염원의 종류, 오염 정도에 따라 효율적인 기술과 공정에 대한 체계적인 판단(정부의 오염진단, 복원기술 선정, 복원검증 평가 등)이 선행되어야 한다. 이러한 시장구조로 인해 시장에 새로 진입하려는 기업들에게 종합적인 컨설팅능력의 보유를 요구하고 있고, 일정수준의 분야별 전문가를 필요로 한다. 따라서 본 기술관련 시장은 경쟁이 치열한 편은 아니며 몇 개 업체의 컨소시엄 또는 기술공유를 통한 시장의 확보가 이루어지고 있다. 평가신청기업은 특히 비소와 중금속의 동시 제거가 가능한 차별성 있는 기술을 보유하고 있어 기술공급의 측면에서 시장지위는 높은 편으로 평가된다.

또한, 평가대상기술은 특히 비소와 중금속의 동시제거가 가능하여 기술적인 차별화를 이루었고 흡착제 제조 기술 및 설비를 보유하고 있어 가격경쟁력을 확보하고 있는 것으로 평가된다. 따라서 향후 시장에서 지속적인 점유율의 확대 및 성장이 가능할 것으로 평가된다.

유사기술이 전무한 상태이며 기술장벽도 어느 정도 존재하여 시장에서의 독점적 시장지위 확보가 가능할 것으로 보인다. 현재 토양/지하수 복원 전문업체인 오이코스과 기술실시계약이 체결(2008년 말)되어 마케팅 및 영업비용을 줄이면서 시장인지도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

현재 제올라이트를 피복재로 이용한 철산화물 흡착제를 제공하는 유일한 회사이며 다른 회사의 생산이나 판매를 제한할 수 있는 지위를 가지고 있는 것이 시장지위상의 핵심적인 강점으로 평가된다. 향후 흡착제 및 이를 활용한 중금속처리 기술로 신기술인증이 이루어진다면 인지도 및 신뢰성 확보를 통한 시장점유 및 경쟁력의 대폭적인 상승을 얻을 수 있을 것이다. 물론 타 업체의 기술 개발 가능

성을 고려할 때, 오랜 시간 독점적 우위를 차지할 수는 없겠으나 시장 선점에 의한 실적과 노하우를 바탕으로 지속적인 기술개발이 가능하므로 지속적인 추가 시장 점유를 기대할 수 있을 것이다.

다만 평가대상 업체에서 현재 지하수정화 관련 시공면허를 보유하고 있지 않아 흡착제 공급 및 설계에 시장이 한정되나 전문건설업체로의 실시설계 및 시공관련 실적을 충분히 보유하고 있어 향후 시공면허 확보를 통한 선도적 시장 점유율 및 시장지위 확보가 이루어질 것으로 기대된다.

다. 시장동향

(1) 국내 시장동향

2005년 7월 개정된 토양환경보전법에 의해 토양정화업에 대한 등록제가 도입되었다. 오염지하수 처리와 관련하여 2005년 관련법의 개정(지하수법 제29조2의 지하수 정화업 등록제)에 따라 지하수정화업에 등록한 자만이 지하수정화업무를 할 수 있다. 이러한 제도의 도입은 새로운 기업의 무분별한 시장진입을 제한하는 효과를 가져와 영세기업의 난립에 의한 환경서비스의 질적 저하를 막을 수 있다. 2008년말 기준 토양정화업에는 72개업체가, 지하수정화업에는 34개업체가 등록되어 있다.

<표 II-22> 토양정화업 등록업체 현황

구분(2006년 결산 기준)	업체수(개)	비율(%)
100억 미만	52	73.2
100~100억	8	11.3
500~1,000억	2	2.8
1,000억 이상	9	12.7
계	71	100

*매출액 조사

- 대한상공회의소 홈페이지(www.korcham.net)내 기업정보검색 활용
- DB내 존재하지 않는 업체(28개)는 100억 미만으로 정리함.

국내 토양/지하수 복원사업은 수질이나 대기환경산업분야에 비해 중소기업 위주로 진행되고 있는 실정이다. 실제 최근에 발주된 공사 중에서 가장 규모가 큰 공사는 총 사업비 약 112억원의 원주1군지사 기름유출 복원사업이다(현재까지 가장 큰 공사는 부산 구2정비창 토양/지하수 정화사업으로 122억원 소요).

사업규모가 작기 때문에 관련 업체도 총 71개 업체(토양정화업 현황, 2007년 기준)중 매출액 100억 미만이 73% 이상(52개 업체)를 차지하며, 사업수행은 10여 개 업체(14.1%)가 주도하고 있는 실정이다.

환경부분에 대한 국제적인 시장동향은 WTO(세계무역기구) 다자간 협상이나 FTA(자유무역협정)에서도 환경서비스 시장에 대한 개방문제가 지속적으로 대두되고 있다. EU(유럽연합)를 중심으로 하는 선진국에서는 상수·음용수 공급서비스 및 하수·오수·축산폐수처리, 토양오염복원 서비스 등 공공부분의 환경서비스 시장 개방문제를 지속적으로 제기하고 있다. 우리나라는 개방의 범위를 민간부문 환경서비스 시장에 한정하고 공공부문 환경서비스 시장과 토양오염복원 등의 시장 미성숙 분야를 제외한다는 방침으로 향후 산업폐기물 및 산업폐수 수집·운반·처리 시장에서는 점차적인 개방이 이루어질 것으로 예상된다. 대부분의 토양 및 토양/지하수 처리의 경우 정부 또는 지자체에서 제공하는 것으로 시장개방 대상에서 제외되어야 하지만, 최근에는 공사·공단·출자법인에 의한 위탁이나 대행 형태로 민간참여가 이루어지고 있어 시장접근 제한으로 되어있으며 이 부분이 쟁점으로 부각할 것으로 예상된다.

(2) 동업계 현황

2007년 말 기준 토양/지하수 복원시장의 시장점유율을 보면 한화건설이 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며, EN3, 오이코스, 에코솔루션 등이 그 뒤를 잇고 있다. 2005년 말의 경우는 EN3가 가장 높은 점유율을 차지하고 있으며, 오이코스, 에코솔루션이 근사한 점유율로 추격하고 있는 상황으로 탐문된다. 이러한 변화는 토양정화업의 성격상 발주업체(특히 민간의 경우)와의 연계성 및 복원과 관련한 건설, 토목공사와의 연계성이 매출에 영향을 주기 때문으로 판단되며 시장점유율은 수주규모의 크기에 따라 변화가 일어날 수 있는 구조이다.

국내업체들의 경우 토양복원은 기술적으로 크게 차이가 나지는 않으며 영업활동의 비중에 시장점유율에 많은 영향을 주는 것으로 판단된다. 반면에 중금속 처리와 관련해서는 업체별로 기술적 차이가 큰 것으로 파악된다. 현재 비소를 포함

한 중금속 제거용 처리설비를 시공하는 대표적인 업체인 지오웍스에서는 영가철을 이용한 반응벽체 방법을 이용하고 있다. 영가철의 경우 보통 마이크로 크기의 영가철이 이용되는데 제거효율이 낮고 고정 또는 회수가 어려운 단점이 있다. 평가대상업체에서 2005년도 이후 산화철을 코팅한 흡착제를 지오웍스에 납품한 실적이 있으며 지오웍스를 통해 3개 사업장에 적용된 것으로 파악된다. 최근 나노 영가철을 이용하는 공정이 시도되고 있으며 마이크로 크기에 비해 높은 표면적(약 $30 \text{ m}^2/\text{g}$)을 가지고 있어 반응성이 탁월하고 유기염소화합물의 분해능도 있어 효율적이나 비교적 고가의 흡착제 비용과 고정화 또는 회수공정의 개선이 필요한 것으로 파악된다. 그 외 외국의 흡착제를 수입하여 적용하는 사례도 있으나 효율성과 경제성이 평가대상기술에 비해 낮은 것으로 평가된다.

전술한 바와 같이 사회적 요구에 따라 동 시장의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상되므로 타 관련 업체에서도 비소 제거용 흡착제에 대한 기술개발이 꾸준히 이루어 질 것으로 판단된다.

(3) 시장의 Life-Cycle

토양/지하수 복원시장은 향후 군부대 토양/지하수 오염복원, 폐광산 정비사업, 4대강 정비사업에 따른 하천 퇴적토 정화 등의 잠재성을 고려할 때 2020년까지 지속적인 성장이 이루어질 것으로 기대된다. 따라서 토양/지하수 복원시장은 향후 지속적인 성장이 이루어지는 성장기에 있는 것으로 평가된다.

라. 수요전망

(1) 수요 및 공급 특성

본 기술 시장에서의 수요는 정부의 환경정책과 규제강화, 미군부대의 이전, 광해방지사업의 추진, 산업단지 토양환경조사사업 등의 요인에 의해 지속적인 영향을 받을 것을 예상된다. 이러한 사업이나 계획은 국민적인 관심과 정부의 적극적인 정책추진에 따라 향후 상당기간 지속적으로 확대될 것으로 기대된다.

공급 측면에서는 사업규모가 확장됨에 따라 정화관련 기술을 보유한 중소기업과 대형 토목·건설업체와 연계된 사업추진이 점차 확대될 것으로 기대된다. 오염진단과 평가, 컨설팅의 경우 중소기업 중심으로, 토양오염복원처리의 경우 관련기업간의 컨소시엄 형태로 공급이 이루어질 것으로 예상된다.

(2) 시장규모 예측

본 기술관련 향후 시장규모를 예측하기 위해서는 이전의 시장규모에 대한 자료를 이용하여 추정하여야 하지만 토양오염복원 사업의 규모, 금액 등의 공개된 통계자료를 확보하기 힘들고 자료의 신뢰도도 낮은 수준이다. 따라서 국내 관련업계의 시장규모 예측자료를 활용하여 목표시장의 규모를 예측하였다.

국내 토양/지하수 복원시장의 규모는 2005년 700억원 정도로 평가된다. 한국토양지하수협동조합 자료를 바탕으로 한국기술거래소에서 제시한 자료(2006년)에 따르면 2010년도 추정시장규모는 5,850억원 정도로 연평균 52.9%의 성장률을 유지하는 것으로 예측하고 있다. 이러한 성장률을 바탕으로 2015년의 시장규모는 4조 8727억원 정도로 예상된다. 또한, 삼성엔지니어링의 2007년도 예측자료에 따르면 시장규모가 2010년에는 1조7270억원, 2015년에는 최대 3조1528억원 정도(연평균성장률 12.8%, 관련산업 성장률 평균치 적용) 까지 성장할 것으로 예상하고 있다.

한국토양지하수협동조합의 자료에는 미군부대 및 군부대 복원시장규모를 포함시키지 않은 것으로 과소평가된 측면이 있으며, 삼성엔지니어링 보고서의 예측은 정부의 예산 투자계획을 고려하지 않은 시장규모 예측으로 판단된다.

실제로 군부대 토양복원사업의 경우 2009년 현재까지 본격적인 예산확보 부족으로 추진이 지연되고 있는 실정이다. 따라서 본 평가에 있어서 시장의 규모는 2010년을 기준으로 상기 두 보고서의 예상 시장규모의 평균치인 1조 1,560억원을 시장의 규모로 산정하였다. 또한, 2010년 이후에 대한 시장규모의 성장률은 한국기술거래소 자료에는 언급되고 있지 않고 있으므로, KONETIC 리포트에서 언급하고 있는 관련 산업 성장률 평균치인 12.8%를 적용하여 2015년까지 산정하였다..

상기의 토양/지하수 복원시장에서 수질개선과 관련한 사업의 시장비율은 약 20%로 추정하였다. 평가대상기술의 활용정도는 보수적으로 현재 특허 실시계약을 체결한 오이코스의 시장점유율 약10%(한국기술거래소 자료 인용)를 기준으로 하였다. 또한, 수질개선 사업에 있어서 전체 시장규모 중 흡착제의 소요비율을 10%(수처리설비가 아닌 흡착제만 공급)로 판단하였고, (주)다산컨설팅터트가 토양정화업 및 지하수정화업으로 등록하고 직접 시장에 진출이 가능한 2012년부터는 수질개선 사업의 약 30%를 직접 수주한다고 추정하였다.

여기에서 폐광산 정비사업과 해외시장 개척에 의한 흡착제 판매나 하천 퇴적토 정화사업 등의 매출은 시장규모 및 관련자료의 신뢰도가 낮고 불확실성이 커서 평가에서 고려하지 않았다.

3. 사업성

사업성 종합의견

동사는 토목설계, 감리요역 등 기술용역 서비스업을 약 16년이상을 수행하고 있는 기업으로 그 동안 수백 건의 정부발주 SOC사업의 설계와 감리사업에 참여한 경험을 가지고 있다. 특히 토목공사분야에 수주실적이 국내 상위권 기업으로 제반 사업수행능력을 갖추고 있고 평가일 현재 총 70여건의 정부발주사업에 참여하고 있다.

본 기술사업은 토목엔지니어링분야의 안정된 사업기반을 바탕으로 지속적인 성장전략을 도모하기 위해 사업다각화 차원에서 추진하고 있는 것으로 볼 수 있다. 오염된 토양 및 지하수 처리분야는 최근 미래성장산업으로 각광받고 있는 환경산업에 해당되고, 기존 기반사업인 토목설계 분야의 조직 및 기술 인프라를 활용할 수 있어 기존사업과 시너지효과가 클 것으로 기대되는 등 사업전략의 타당성이 높다.

기술개발을 통하여 핵심기술인 제조공정기술을 모두 확보하고 있으며, 특허권 등의 기술선점도 이루어졌다. 오염토양 및 지하수 처리능력에 대하여 상당부분 검증이 완료되었다고 볼 수 있으며, 본 기술사업의 적용한 사례로는 2005년 “정선 함청광산 토양오염방지사업 반응벽체 공사” 등 4건을 확보하고 있다. 이러한 사업화 실적을 감안할 때 초기 시장진입에 성공하였으며, 현장시스템 설계에 있어서 기술적 스펙에 대한 검증이 완료되는 등 본격 사업화를 위한 준비단계를 마친 것으로 볼 수 있다.

동사는 마케팅 전담조직과 기술영업 전문인력을 확보하고 있고, 그동안 다수의 입찰참가자격 사전심사제(Pre-Qualification)의 적격업체 유지, 수백건의 입찰수주경험, 정부용역사업의 매뉴얼화된 업무프로세스 등을 확보하고 있어 본 기술사업의 마케팅역량은 매우 우수하다고 평가된다.

이상과 같이 동사 사업추진을 위한 기술력 등의 기반확충, 마케팅 추진 현황, 제반 시장의 기회요인 등을 종합적으로 감안할 경우 본 기술사업의 사업추진타당성은 높은 것으로 판단된다.

가. 사업수행능력

(1) 사업주체의 개요

본 기술사업자인 (주)다산컨설팅(대표이사 이해경)은 1993.2.24일 토목설계용역, 감리요역 등 기술용역 서비스업을 목적으로 전 대표이사 김량운에 의해 납입자본금 100백만원으로 설립되었다. 그동안 몇 차례의 대표이사 변경이 있었는데, 현 대표이사 이해경은 2007.11월 취임하여 오늘까지 동사를 경영하고 있으며, 납입자본금도 수차례의 자본증자를 통해 평가일 현재 1,600백만원에 이르고 있다. 중소기업기본법 시행령에 따라 중소기업의 업종별 규모기준은 "전문과학 및 기술 서비스업"의 경우 상시근로자 200인 미만, 매출액 200억원 이하로 규정하고 있는데, 동사의 경우 최근 상시근로자 405명, 전년도 매출액 390억원으로 중소기업의 범위를 벗어난 대기업으로 분류된다.

동사는 설립이후 국방부 군수보안측정유자격업체 등록('94년)을 시작으로 소방방재청의 방재안정대책수립자 등록('07년)을 통해 대부분의 정부 발주 기술용역 서비스사업에 참여할 수 있는 자격을 확보하고 있다. 동사의 면허 및 자격확보 내용을 정리하면 다음과 같다.

<표 II-23> 면허 및 자격 확보 내용

면허/자격종목	등록일자	등록번호	등록기관
전력시설물전문설계업 1종	1999.11.24	경기1-56호	수원시
전력시설물전문 감리업	1999.11.24	경기2-109호	수원시
재해영향평가대행자	2001.5.18	서울-023호	서울특별시
환경영향평가 대행자	1995.1.10	서-070호	한각유역환경청
인구영향평가대행자	2001.9.10	제21호	건설교통부
교통영향평가대행자	1994.2.4	제38호	건설교통부
해외건설업	1997.7.10	제114호	건설교통부
공공측량업	1994.7.12	제02-1110호	경기도
감리전문회사(종합)	1997.7.24	제 5종-35호	경기도
엔지니어링 활동주체	1993.6.17	제10-020호	한국엔지니어링진흥협회
방재안정대책수립대행자	2007.8.7	제025호	소방방재청

설립직후인 1993.4월 기업부설연구소를 설립(한국산업기술진흥협회 신고 및 인가)하여 토목설계분야, 건설관리 및 공사감리부분의 다양한 기술개발을 추진하고 있으며, 정부의 다수 지원과제에 참여하고 있는 등 기술개발인프라를 갖추고 있다. 1998.6월 ISO9001인증을 획득하여 공급자에 대한 품질경영 및 품질보증에 대한 국제규격을 확보하고 있으며, 서비스품질 유지관리를 위한 대책을 수립하고 있다.

이상과 같이 토목설계 및 감리용역과 관련한 대부분의 면허/자격을 확보하고 있으며, 기술개발인프라 및 품질경영시스템을 기반으로 프로젝트 타당성 조사 및 사업관리부문, 토목설계부문, 건설관리 및 공사감리부분에 대한 사업기반을 구축하고 있다. 프로젝트를 수행하는 과정에서 발생하는 광범위한 문제점에 효과적으로 대응하기 위해 경영기술, 컴퓨터 기술 및 공학 등이 결합된 업무방법 및 프로세스를 확보하고 있으며, 업무추진의 효율성을 제고하기 위한 다양한 노하우를 확보하였다.

그동안 토목/건설분야의 안정된 기술력과 사업수행경험을 바탕으로 다수의 SOC사업에 참여하여 성공적인 사업수행 공로를 인정받아 대통령 훈장 3건을 수상한 바 있으며, 국무총리, 건설교통부, 환경부, 국토관리청 등 다수의 정부기관으로부터 표창장 30여건이상을 수상하는 등 이 분야 사업수행능력을 인정받고 있다.

(2) 사업주체의 역량

동사는 설립이후 정부에서 발주하는 다수의 SOC사업의 토목설계 및 감리용역 사업에 참여하여 프로젝트에 수행능력을 검증받고 있으며, 참여하고 있는 사업분야는 도로, 대항구조물, 지반공학, 환경, 조경, 교통계획, 도시계획, 항만, 수자원 등 다양한 포트폴리오를 확보하고 있다. 현재 참여하고 있는 정부프로젝트사업이 약 70여건 이상으로 파악되고 있으나, 최근 3년간의 대표적인 사업추진실적을 정리하면 다음과 같다.

<표 II-24> 최근 3년간 주요 사업추진실적

연도별	추진실적
2008년	울산대교 및 접속도로 민간제안사업 제3자 제안 기본설계용역
	AL DUR IWPP토목, 철골분야 입찰지원 설계기술용역
2007년	행정중심복합도시내 국도 1호선 우회도로 건설사업 3공구 기본설계
	행정중심복합도시내 금강1교 건설공사의 기본설계용역
	서수원~의왕간 고속화도로 도로민간제안사업 설계용역
	소사-원시 복선전철 민간투자사업 토목및 궤도분야 기본설계
	국도4호선 군장대교 건설공사 설계시공일괄입찰용역[TK-1]
	광양 LNG터미널 증설탱크 토목.구조 설계용역
2006년	전주시 국도대체우회도로[용정-용진]건설공사 대안설계
	여수국가산단진입도로 개설공사 제1공구 일괄입찰공사 기본설계용역
	완전방호식 LNG저장탱크 지붕설계 개선에 따른 토목설계용역
	안강-현곡간 도로4차로 확장및 포장공사 청령교 신설설계변경용역

이러한 사업수행을 통해 2006년 314억원, 2007년 427억원, 2008년 390억원의 매출을 실현하여 정부공사 예산규모 및 건설업 경기동향에 따라 다소간의 변동요인이 있지만, 400억원대의 안정된 매출규모를 유지하고 있다. 이러한 매출규모는 건설엔지니어링분야에서 상위권의 기업으로 볼 수 있으며, 특히 토목설계 및 감리용역분야에서 독보적인 포지셔닝을 확보하고 있는 것으로 평가된다.

동사는 최근 3년간 당기순이익이 매년 15억원에서 20억원 수준을 확보하고 있으며, 당기순이익율이 최근 다소 저하되고 있으나 4.0%대의 유지하고 있다. 이러한 영업이익금의 내부유보를 통해 지속적인 자기자본축적이 이루어지고 있다. 재무구조에 있어서도 당기말 현재 부채비율이 70%에 불과하고, 자기자본 구성비율이 58.6%에 이르고 있는 자본충실도가 매우 건전한 상태를 유지하고 있다. 또한

단기지불능력을 나타내는 유동비율(당좌비율)이 248%에 이르고 있는 등 자금유동성에도 문제가 없다. 이상과 같이 제반 재무비율을 분석해 본 결과 재무적 역량 우수한 것으로 평가된다.

(3) 마케팅 역량 등

동사는 마케팅 조직으로 경영관리실내에 PQ팀(10명)을 두고 정부입찰 자격제도의 유지관리, 정부입찰참여 등의 업무를 수행하고 있다. 입찰참가자격사전심사제도(Pre-Qualification)는 입찰에 참여하고자 하는 기업에 대하여 사전에 시공경험·기술능력·경영상태 및 신인도 등을 종합적으로 평가하여 시공능력이 있는 적격업체를 선정하고 적격업체에게 입찰참가자격을 부여하는 제도이다. 동사는 정부공사 참여와 관련한 매뉴얼화된 업무프로세스를 확보하고 전문적인 대응능력을 확보하고 있다. 또한 토목설계사업부, 국토개발사업부, 감리사업부 등 각각의 사업부내에 별도의 마케팅 전문인력과 마케팅과정에서 발생하는 건설엔지니어링 대응인력을 두고 있는 등 마케팅 조직역량 우수한 것으로 평가된다.

2008년말 결산보고서 및 감사보고서에 따르면, 당기말 현재 공사계약현황은 "신정지구종합리조트 조성사업계획 및 설계용역", "광명-서울간고속도로민간투자사업실시설계용역", "베트남 남부해안도로(민롱-투바이) 설계용역" 등 국내외 총 70여건의 계약고를 확보하고 있다. 총계약금액은 2,121억원이며, 당기이전 계상액이 790억원, 당기(2008년)의 계상액 390억원, 계약잔고액이 825억원에 이르고 있다. 또한 타기업과 공동으로 수주한 합작공사 수주현황도 당기말 현재 637억원(동사의 지분)에 이르고 있는 등 마케팅 성과가 매우 우수한 것으로 평가된다.

평가대상기술의 주요 수요처는 토양/지하수 오염복원이 필요한 국방부 및 지자체, 광해방지사업을 추진하고 있는 한국광해방지공단과 광해방지대상 폐광산 지역의 지자체 등의 공공기관이라고 할 수 있다. 현재 동사는 직접 사업수주를 위한 시공 등록이 되어있지 않아 다른 토양오염/복원 업체에 흡착제를 공급하는 형식으로 사업을 추진하고 있으나, 직접 참여할 수 있는 자격확보를 추진하고 있기 때문에 2012년부터는 직접적인 영업이 가능할 것으로 판단된다.

이상과 같이 주요발주처들이 정부 및 지방자치단체로서 기존의 정부입찰참여방식에 따라 수주활동이 이루어지기 때문에 동사의 마케팅 조직을 그대로 활용할 수 있을 것으로 보이며, 특히 입찰참가자격사전심사제도(Pre-Qualification) 업무매뉴얼 및 노하우를 기반으로 영업이 추진될 것으로 예상되기 때문에 본 기술사업의 마케팅 역량도 우수한 것으로 평가된다.

나. 가격 및 품질경쟁력

(1) 제품 경쟁력

본 평가기술은 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수 처리기술 개발”로서, 중금속으로 오염된 토양/지하수나 광산배수 내의 중금속과 비소 등을 동시에 제거하는 기능을 가지고 있다. 본 기술은 크게 제올라이트 표면에 산화철을 부분 코팅시키는 흡착제의 제조기술과 산화철로 코팅된 제올라이트 흡착여재(ICZ)를 이용하여 용존비소와 다양한 양이온 중금속을 동시에 제거하는 수처리 기술로 나눌 수 있다.

기존 흡착제가 양이온과 음이온의 중금속 및 영양염류가 동시에 존재하는 환경에서는 효율성이 저하되는 문제를 효율적으로 극복한 것으로 평가된다. 흡착제의 제조와 관련하여 반응온도, 반응기 속도 등의 핵심기술을 확보하고 있어 기술의 차별성과 비교우위를 점하고 있다.

기존의 수처리분야에서 많이 쓰이는 응집침전법은 중금속을 함유하고 있는 폐수에 다량의 약품(철염, Alum, Lime emd)등을 첨가하여 침전시켜 처리하는 방법으로 선택적 중금속 회수가 어렵고 낡과 카드뮴 처리에 부적합하는 등 문제점이 많았다. 또한 이온교환법의 경우도 용액중에 다양한 이온들과 불용성인 수지 사이에서 같은 하전을 가진 이온들의 가역적 교환을 통해 이루어지는 것으로 금속이온의 선택도가 낮고 중금속처리에는 고가의 킬레이트 수지가 필요하다는 문제점이 있었다.

본 기술은 이러한 기존의 수처리기술의 문제점을 해결할 수 있는 것으로 평가되고 있으며, 중금속과 무기리간드 공존 시 단일시스템내에서 처리가 가능하고 음이온성 중금속인 비소와 크롬, 양이온성 중금속까지 동시에 처리가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 특히 적용이 간단하고 경제적이란 점에서 기존 기술에 비해 경쟁력을 확보한 것으로 평가된다.

정부 관급사업의 특징상 입찰방식에 의해 수주여부가 결정되고 있기 때문에 입찰참가자격사전심사(Pre-Qualification) 적격여부, 용역공급에 따른 투입요소의 원가요인에 의해 가격경쟁력이 좌우되는 것으로 볼 수 있다. 본 기술과제의 수처리 능력에 대한 기술경쟁력을 바탕으로 자격요건에 있어서 독보적인 경쟁력을 확보하고 있고, 기술적 차별정도가 크기 때문에 유리한 입찰환경을 확보할 수 있다. 특히 그동안의 정부 관급공사의 수행경험을 바탕으로 건설엔지니어링 서비스 절

차, 업무프로세스의 효율성을 확보하고 있어 인력 투입요소 등의 원가경쟁력에 있어서도 우위성을 확보하고 있는 것으로 평가된다.

(2) 수요예측 및 판매계획

대상기술은 중금속이 포함된 수처리 전 분야에 기술적, 가격적인 면에서 우위성을 확보하고 있어, 그 활용성이 국내 뿐 아니라 국외에서도 매우 높을 것으로 전망된다. 빠른 시간 내에 활용될 수 있는 분야로는 현재 광해방지사업단이 추진하고 있는 폐광산 정비사업(현재 부항댐건설사업 중에 폐광산 정비사업에 수자원공사와 협의중임)과 토양오염 지하수 처리에 활용이 가능하다. 특히 수처리시스템의 운전에는 별도의 동력을 필요로 하지 않고 흡착에 의한 제거가 가능하여 폐광산, 산간벽지 등에서도 활용성도 높다.

최근의 자료에 따르면 환경시장의 규모는 국제 환경규제가 본격적으로 발효되기 시작하고 환경과 경제의 통합 등으로 인해 그 규모가 급격하게 성장하고 있다. 국내에서도 2005년 '광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률'의 제정에 따른 광해방지기본계획 5개년 사업이 시행되고 있고, 국내 군부대 복원사업이 본격화되고 있는 등 시장성장요인이 충분한 것으로 평가된다.

이러한 시장성장요인은 본 기술제품의 시장진입에 좋은 영향을 미칠 것으로 보이며, 동사 제시하고 있는 매출계획의 상당부분 실현가능성이 있을 것으로 판단된다. 특히 지하수 오염에 대한 사회적 인식과 정책적 관심이 높아짐에 따라 정부발주공사가 확대되고 있는 반면, 정부에서 요구하는 기술적 스펙을 확보하고 있는 기술이 많지 않기 때문에 조기 시장선점이 가능하다.

회사는 제조공정기술 대부분을 이미 확보하고 있으며, 양산시스템 구축에는 큰 문제점이 없다. 제올라이트 코팅공정에 대해서는 핵심기술요소인 재료, 배합비율, 공정조건 등에 대해서는 자체 기술을 이용하고, 단순 양산공정에 대해서는 일반 제조공정을 활용할 수 있기 때문에 아웃소싱을 통한 양산시스템을 구축이 필요할 것으로 판단된다.

다. 사업추진의 타당성

동사는 토목설계용역, 감리요역 등 기술용역 서비스업을 목적으로 1993.2월 설립하여 약 16년이상을 같은 분야의 사업을 수행하고 있다. 그동안의 주요 정부발주 SOC사업의 설계 및 감리사업에 참여한 경험을 가지고 있으며, 토목공사분야에

수주실적이 국내 상위권 기업으로 제반 사업수행능력을 갖추고 있다. 평가일 현재 총 70여건의 정부발주사업에 참여하고 있고, 용역수주잔액이 1,400억원을 넘어서는 등 이 분야에 안정된 사업영역을 구축하고 있다.

이러한 사업기반을 바탕으로 지속적인 성장전략을 도모하기 위해 사업다각화 차원에서 본 기술사업이 추진되는 것으로 볼 수 있다. 오염된 토양 및 지하수 처리분야는 최근 미래성장산업으로 각광받고 있는 환경산업에 해당되고, 기존 기반사업인 토목설계 등의 엔지니어링사업과 관련이 매우 높다. 따라서 이미 구축되어 있는 조직적/기술적 인프라를 활용할 수 있어 사업포트폴리오 구성에 있어서 시너지효과가 클 것으로 기대되는 등 사업전략의 타당성이 높은 것으로 판단된다.

본 신청기술은 기존 철 코팅 여재보다 용존비소의 흡착능력을 높이기 위해 적정량의 철 화합물을 염기성 조건(pH 9.5 이상)에서 첨가하고, 기공이 많아 비표면적이 큰 제올라이트 표면에 코팅시킨 기술이다. 그동안의 연구활동을 통하여 이러한 핵심기술인 제조공정기술을 모두 확보하고 있으며, 특허권 등의 기술선점도 이루어졌다. 기술적 검증이 매우 중요한 분야로서 본격 사업화를 위해서는 기술적 스펙의 확보가 반드시 필요하다. 본 기술은 오염토양 및 지하수 처리능력에 대하여 상당부분 검증이 완료되었다고 볼 수 있으며, 초기 시장진입을 통해 현장 시스템 기술도 모두 확보된 것으로 볼 수 있다.

동사 산화철 피복 흡착제를 적용한 사례로는 2005년 “정선 함청광산 토양오염 방지사업 반응벽체 공사” 등 4건을 확보하고 있으며, 이중 철코팅 모래여재(ICS) 3건, 철코팅 제올라이트 여재(ICZ) 1건의 적용실적이 가지고 있다. 대상기술 이외에 이와 관련한 기존 연구개발 실적 및 사업화 실적으로는 총 5건의 특허기술을 보유하고 있다. 이러한 사업화 실적을 감안할 때 초기 시장진입에 성공한 것으로 볼 수 있으며, 현장시스템에서 기술적 스펙에 대한 검증이 완료되는 등 본격 사업화를 위한 준비단계를 마친 것으로 판단된다.

본 기술사업은 산화철 코팅 제올라이트 흡착여재를 이용하여 다양한 수처리분야에 직접적인 사업수행을 목표로 하고 있다. 그러나 현재 토양정화업 및 지하수정화업으로 적격업체로 등록되지 못하였기 때문에 수처리분야 사업영역을 구축하고 있는 (주)오이코스과 특허 실시계약을 체결하고 흡착여재를 공급하는 방식으로 사업을 추진하고 있다. 현재 토양정화업 및 지하수정화업 적격업체 허가조건을 마련하고 있으며, 이러한 절차가 모두 마무리되는 2012년에는 수처리분야 직접 사업화를 추진할 계획으로 있다.

이러한 단계적 사업추진에 기술적 안정성 확보, 현장의 시스템 기술확보 등을

통해 리스크를 최소화할 수 있는 방법이며, 수처리분야에서 현장 시스템 설계능력과 사업역량을 확보하고 있는 (주)오이코스과 제휴를 통해 조기 시장진입을 모색한다는 차원에서 사업화전략의 타당성이 높다.

동사는 마케팅 전담조직과 기술영업 전문인력을 확보하고 있고, 그동안 다수의 입찰참가자격 사전심사제(Pre-Qualification)의 적격업체 유지, 수백건의 입찰수주 경험, 정부용역사업의 매뉴얼화된 업무프로세스 등을 확보하고 있어 본 기술사업의 마케팅역량은 매우 우수하다고 평가된다.

또한 제올라이트 코팅공정에 대한 핵심기술요소인 재료, 배합기술, 공정조건 등을 모두 확보하고 단순한 제조공정에 대해서는 아웃소싱전략을 추진하고, 물량확대에 따라 자체 양산시스템 구축에 대해서는 유연성있는 투자전략을 구사할 계획으로 있다. 양산시스템 구축 및 사업화확대전략에 따른 자금, 전문인력 확보계획에 있어서도 자체 자금력이 이미 확보되어 있고, 전문인력도 기존의 설계인력을 대부분 그대로 활용할 수 있기 때문에 큰 문제점은 발생치 않을 것으로 예상된다.

이상과 같이 동사 사업추진을 위한 기술력 등의 기반확충, 마케팅 추진현황, 제반 시장의 기회요인 등을 종합적으로 감안할 경우 본 기술사업의 사업추진타당성은 높은 것으로 판단된다.

라. 수익전망

토목설계 및 감리 등의 기술엔지니어링 사업분야는 전문인력확보, 사업수행경험, 업무프로세스 매뉴얼화 등의 인프라사업에 해당되어 진입장벽이 비교적 높은 것이 특징이다. 특히 대형 정부수주사업의 경우에는 입찰참가자격 사전심사제(Pre-Qualification)등에 따라 일정 규모요건에 해당되어야 참여할 수 있기 때문에 규모의 경제가 작용하는 분야라고 할 수 있다. 이러한 산업적 특징으로 인하여 기존기업들의 대형화 추세가 가속화되고 있고, 기존 기업들간의 경쟁은 더욱 치열해지는 양상이다.

이러한 경쟁구도의 심화로 인하여 점진적으로 레드오션화하는 경향이 있다. 동사의 당기순이익률에 있어서도 3년전에 약 7%수준을 유지하였으나 최근들어 4%대로 저하되고 있는 추세에서도 이러한 추세를 엿볼 수 있다. 동사는 이러한 동업계 경쟁상황에서 미래형 사업으로 새로운 사업영역에 대한 모색이 필요하고 이러한 차원에서 본 기술사업이 새로운 성장전략과 상당한 경영성과의 개선효과를 가져다 줄 것으로 기대된다.

본 기술사업은 아직까지 시장형성단계에 있고, 특히 최근 환경에 대한 관심증가로 인하여 시장성장요인이 충분한 사업영역으로 볼 수 있다. 그러나 토양정화 및 수처리분야의 기술적 스펙을 만족할 만한 기술제품이 많지 않으며, 향후 몇 년 간에 있어서는 독자적인 영역을 구축할 수 있는 기회요인이 있다. 본 기술제품 및 서비스의 경우에는 기술적, 가격적으로 경쟁력을 확보하고 있는 것으로 분석되고 있고, 정부 발주사업에서 기술적 요구조건에 따라 입찰참가자격 사전심사제에 따라 독점적인 지위확보도 가능할 것으로 기대된다. 따라서 동 사업분야는 아직까지 블루오션으로 공급자 우위의 시장상황으로 볼 수 있으며, 이러한 요인은 가격조건에서도 만족할만한 수준을 유지할 가능성이 높다.

동 기술사업의 원가구조에 있어서도 기존의 업무프로세스의 효율화, 기존사업의 인적/물적 인프라의 활용에 따른 시너지 효과 등을 고려할 경우 원가경쟁력도 매우 높다. 이상과 같이 본 평가기술이 아직 시장도입기로서 독점적인 지위 확보가 가능하고, 시장성장요인이 충분하다는 점 및 정부입찰사업의 가격조건, 원가경쟁력을 고려할 경우 본 기술사업의 수입전망은 매우 밝을 것으로 기대된다.

4. 기타 사항

가. 인적자산

회사의 조직구성은 경영관리부, 토목설계사업부, 국토개발사업부, 감리본부의 4개 영역으로 구분되어 있다. 토목설계사업부 내에는 도로부, 구조부, 지반공학부, 교통계획부, 항만부, 수자원부가 있으며, 국토개발사업부 내에는 종합환경부, 조경부, 도시계획부, 도시설계부가 있다. 감리본부는 감리부와 예하 감리단으로 구성된다. 그 외 기술연구소가 독자적으로 운영되고 있으며, 베트남에 별도의 대표사무소를 두고 있다.

인력구성은 공학박사인 대표이사를 비롯해 특급기술자 수준의 인력이 기업의 경영진을 구성하고 있으며, 연구소장인 박준규 전무 외 다수의 특급기술자를 보유하고 있다. 사무직 50명, 기술직 308명, 기타직 22명으로 총 405명의 종업원으로 구성되어 있다. 동사의 임원진은 대부분 20년 이상의 풍부한 동업종 종사경력을 바탕으로 오랜 경험과 전문지식을 겸비하고 있고, 개발인력의 업무지식 및 풍부한 프로젝트 수행 경험으로 판단컨대 전반적인 업무지식 및 숙련도는 양호한 것으로 판단된다. 특히 기술연구소 내 기술인력은 박사 및 석사급 인력으로 구성되어 기초적인 공학적 기반을 견고히 하고 있어 기술적 수준이 높다고 평가된다.

나. 기타 특이사항

평가 대상 회사를 규제하는 법률은 건축법, 건축기본법, 건설산업기본법, 건설기술관리법, 수질환경보전법, 환경정책기본법, 토양환경보전법 등으로 건설공사는 공사와 환경공사는 안정성 및 환경의 보전성이 중요하므로 많은 법률적 규제가 존재한다. 또한 건설산업은 경기변동에 영향을 받는 부분도 있으나 상당부분 정부의 SOC투자정책에 의하여 시장이 좌우되는 경향이 크다. 따라서 정부의 정책의지가 산업에 미치는 영향이 커서 정부정책 리스크가 있는 산업이다.

現정부에서 의욕적으로 추진중인 4대강 정비사업 등의 영향으로 건설산업 및 환경개선 사업의 업황은 양호할 수 있을 것으로 보이며, 환경개선에의 국가적 관심이 크게 대두되고 있어 토양오염개선 등 신청기술 관련 시장의 성장성이 기대된다.

Ⅲ. 기업체 개황

1. 개 요

회 사 명	(주)다산컨설팅	대 표 자	이 해 경
설립년월일	1993-03-24	E-MAIL	parkjk@dasan93.co.kr
사업자등록번호	구미세무서 135-81-11947	법인등록번호	110111-0929806
소 재 지			전화번호
사업장	서울시 송파구 문정동 107	02-2222-4005	소유여부
업 종	토목 설계 요역, 감리 용역		
생산품목	공학 관련 서비스, 기술용역 서비스		
주거래처	두산건설(주), 쌍용건설(주), 남광토건(주)		

2. 대표자 인적사항

성 명	이해경	주민등록번호	540504-1037614		
주 소	경기도 수원시 장안구 영화동 47-3				
전화번호	02-2222-4005	휴대전화	011-749-7470		
최종학력	2004년 2월 경북대학원 토목공학과 박사 졸업				
주요경력	기 간	근무처	업 종	담당업무	최종직위
	1993년 ~ 현재	(주)다산컨설팅트	엔지니어링	전반	대표이사
	1991년 ~ 1993년	(주)신성엔지니어링	엔지니어링	총괄	상무이사
	1989년 ~ 1991년	(주)삼립컨설팅트	엔지니어링	총괄	이사
	1988년 ~ 1989년	벽산엔지니어링(주)	엔지니어링	설계	이사
5년 이내 상훈	국무총리표창				

3. 경영진 및 연구진

성명	직위	담당업무	최종학력(전공)	주요경력
박준규	전무	연구소장	Univ. of Southern California(환경공학)	
김기홍	부장	연구개발	경북대학원(토목공학)	
송병웅	부장	기초공학	이바라끼대학원(토목공학)	
조창현	과장	기초공학	영남대학원(토목공학)	
김연미	사원	기초공학	연세대학교(토목공학)	

4. 주요 생산시설 현황

(단위 : 백만원)

보유시설			보유시설		
시설명	수량	장부가액	시설명	수량	장부가액
탄성과탐사장비	1		염분측정기	1	
토탈스테이션	1		테스트햄머	1	
철근탐지기	1				
데오드라이트	1				
도막두께측정기	1				
비고(시설의견)	시험장비 위주임.				

5. 요약 재무상황 및 영업실적

(단위: 백만원)

구 분	2006년	2007년	2008년
매 출 액	31,443	42,717	39,038
매출총이익	6,704	8,378	8,876
영업이익	2,030	2,388	1,485
당기순이익	1,995	1,829	1,556
총 자 산	18,212	19,826	20,499
총 부 채	8,571	8,211	8,480
자기자본 (납입자본금)	9,640(1,100)	11,614(1,600)	12,019(1,600)

참고문헌

- 산업단지 토양환경조사사업 추진계획, 환경부(2008)
- 김무훈, 국내외 토양복원시장 동향, 국가환경정보센터(2007)
- 한국기술거래소, 중금속 오염토양 처리를 위한 정화장치 개발(2006)
- 전병훈 등, 토양 및 지하수의 비소오염과 제거기술 동향, 광해방지기술, 제2권, 3-13
- 토양·지하수 오염확산 방지를 위한 장기 종합기술개발계획 수립, KEI (2006)
- 방선백 등, 비소오염지하수의 현장처리기술동향, 자원환경지질 제38권, 599-606 (2007)
- 토양정화업/지하수정화업 등록 현황, 한강유역환경청(hg.me.go.kr)
- 토양/지하수 오염물질 정화기술 특허동향, 특허청(2008)
- 오염토양 정화방법 가이드라인, 환경부(2007)
- 토양 지하수 경제적 가치평가 및 사례조사 연구, 환경부(2009)
- 산화철로 코팅된 제올라이트를 이용한 용존비소를 비롯한 중금속 처리 기술, 다산컨설턴트 신기술인증신청서, 환경신기술정보시스템
- 습식선별세척과 정밀산세척을 이용한 하천퇴적토의 정화기술, 한국수자원공사/(주)오이코스 신기술인증신청서, 환경신기술정보시스템
- 토양복원기술 및 사례집, 환경부(2007)
- 환경산업통계, 환경부(2007)
- 환경기술·산업 육성대책, 환경부 내부자료(2008)
- 환경보호지출 및 수입통계, 한국은행(2006)
- 차세대 핵심기술개발사업 10개년(2001~2010)종합계획, 환경부(2002)
- 국가기술지도, 비전Ⅲ 환경·에너지 프론티어진흥, 제1권, 지식경제부 등(2002)
- EBI(Environmental Business International) Report(2003)
- Global Environmental Markets and the UK Environmental Industry Opportunities to 2010
- Solar light assisted removal of arsenic from natural waters: effect of iron and citrate concentrations, J of Chem. Tech. and Biotech., 81(7), 1282-1287(2006)
- <http://www.kei.re.kr>
- <http://www.konetic.or.kr>
- <http://www.korcharm.net>
- <http://www.strategis.gc.ca>
- <http://www.mireco.or.kr>