

21세기 유망 환경기술의 개발동향과 전망<3>

● 기초학/ 이화학박사 · 현대환경연구소 수석연구원 ●

목 차

- 1. 서론
- 2. VOCs 제거기술
- 3. NOx 제거기술
- 4. 이산화탄소 저감기술
- 5. 다이옥신 제거기술
- 6. 가스 용해기술
- 7. 기타 유망기술
- 8. 결론

5. 다이옥신 제거기술

다이옥신류는 유기염소화합물의 생산과정이나 폐기물 소각과정 등에서 비의도적으로 생성되는 화학물질로서 여러 종류의 발생원을 갖고 있다.

그 독성이 매우 강하기 때문에 선진국들은 이미 1980년대 후반부터 다이옥신류의 배출기준을 설정해 엄격한 관리를 시행하고 있다(표 10). 우리 나라에서도 도시쓰레기 소각로 배출가스 중에 함유된 다이옥신의 농도가 높아

큰 사회문제가 되고 있다.

(1) 기술개발 동향

소각과정에 적용 가능한 다이옥신 제거기술은 완전연소 기술과 함께 폐가스처리를 위한 최신기술로서 입자상 물질 제거를 위한 백필터, 흡착을 위한 활성탄 등의 이용, 탈취효과를 갖춘 촉매분해기술, 산성가스 제거를 포함한 폐가스 scrubber 등의 기술을 이용하는 것이다. 이 중에서도 다이옥신류의 흡착제거, 폐가스의 촉매분해에 관한 기술 개발이

표 10. 선진국의 소각 시설 다이옥신 배출기준

	독일(1993)	네덜란드(1993)	스웨덴(1991)	미국(1993)	캐나다(1992)	일본(1993)
폐기물발생량(천 ton/년)	43,500	12,000	3,200	207,000	23,200	50,300
폐기물소각량(천 ton/년)	11,000	2,800	1,700	32,900	1,200	38,000
폐기물소각률(%)	25	23	55	16	5	74
직접매립율(%)	45	50	27	62	84	15
폐기물 소각시설수(개소)	53	11	21	148	17	1854
시설당 폐기물소각량(천 ton/시설/년)	208	255	81	223	71	20
다이옥신 배출기준치(ng-TEQ/m ³ N)	0.1 (O ₂ =11%)	0.1 (O ₂ =11%)	시설 : 0.1 기준 : 0.1~2.0 (O ₂ =10%)	시설 : 0.14 ~0.21 (O ₂ =7%)	0.14 (O ₂ =11%) (Ontario주)	시설 : 0.1~5.0 기술 : 1.0~10 (O ₂ =12%)
기준치 설정년도(년)	신설1991 기준1996	신설1998 기준불명	신설1986 기준불명	신설1995	신설1995 기준불명 (Ontario주)	신설1997 기준1997

4) Refuse Derived Fuel의 약어로 폐기물에서 수분·불연물을 제거하고 남은 가연물에 첨가제를 넣어 일정형상으로 제조한 연료임

각광을 받고 있다.

또한, 폐기물을 소각하지 않고 RDF⁴⁾화 하거나 가스화 용해로에서 처리함으로써 발생하는 다이옥신을 농도를 영에 접근시킬 수 있는 기술도 실용화되고 있다.

가. 저온집진

다이옥신류 제거에 저온집진이 효과적으로 사용되고 있으며, 기술개발이 비교적 많이 진행되었으므로 이미 다양하게 보급돼 활용되고 있다. 백필터만 단독으로 사용하여도 200℃ 이하에서 90% 이상의 다이옥신 제거효율을 얻을 수 있으며, 저온이 되면 97~98% 라는 높은 제거효율을 얻을 수 있다는 보고도 있다. 최근에는 일반적으로 180℃ 이하에서 운영하고 있다.

나. 다이옥신류 흡착제거

백필터를 이용하는 방법은 다이옥신류의 제거에 유효하지만, 제거효율이 분진의 입도분포나 질에 좌우되기 때문에 완전하지는 않다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 백필터 전단부에 분말활성탄을 붙여넣거나, 활성탄 혹은 활성코크 흡착탑을 함께 사용하는 것이 일반적인 경향이다.

분말활성탄을 붙여넣게 되면, 운전관리에 따라 제거율이 변화하기도 한다. 흡착탑을 병용하는 경우에는 제거율 자체는 분말활성탄 투입시 얻을 수 있는 최고 제거율과 같은 정도이지만 처리조건에 영향을 받지 않고 높은 제거율을 유지할 수 있다는 특징을 보인다. 분말활성탄의 투입량은 0.1~0.5 g/m³ 정도가 일반적이지만, 0.03~0.05 g/m³ 정도의 투입량에서도 상당한 제거효과를 얻을 수 있다.

분진 제거 후에 배기가스를 활성탄 흡착제의 충전층을 통과시켜 다이옥신류를 흡착·제거하는 방법은 확실한 다이옥신 제거방법으로서 유럽에서 많이 이용되고 있다. 배기가스 처리온도가 낮을 때 흡착제거 효과가 크게 되지만 저온부식이 염려되기 때문에 130~180℃ 정도로 운전하는 경우가 많다.

0.1 ng-TEQ/m³N을 기준으로 정한 독일에서는 1995년

까지 기존시설의 개선책으로 보수한 43개 시설에 대해 조사한 결과, 분말활성탄을 투입한 비율이 53%, 활성탄 흡착탑을 적용한 비율이 13%로 전체의 약 3/4가 활성탄계의 흡착매체를 이용한 배기가스 처리 방법을 적용하였고 나머지는 촉매를 이용한 산화법을 적용한 것으로 나타났다.

분말활성탄의 투입량은 100 t/일 용량의 소각로에서 약 50 kg/일이므로 일본에 있는 2,000개소의 소각로를 통해 50억엔에 해당하는 활성탄시장이 형성된 것으로 추정된다. 일본의 활성탄 판매업체 중에서 특히 적극적인 업체는 쿠리타 공업, 미츠비시 화학, 에바라, 유니치카, 쿠라레화학 등이다.

다. 촉매처리

다이옥신은 유기물이기 때문에 촉매연소에 의한 산화분해가 가능하다. NO_x 제거용 SCR촉매는 유기물에 대해서도 산화촉매로 작용하기 때문에 다이옥신의 분해에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

또한, 연소촉매 같은 산화촉매도 다이옥신의 분해에 유용하며, 전용 촉매에 의한 처리도 개발되기 시작하였다. 그렇지만 NO_x 제거촉매가 설치되어 있는 경우를 제외하고는, 촉매반응탑을 추가해야 하므로 고비용을 피할 수 없다는 문제점을 안고 있다.

(2) 향후 전망

수년간에 걸친 기술의 진전에 따라 연속운전시 로에서의 다이옥신 대책은 거의 완료되었다고 생각해도 좋을 것이다.

향후 대책 마련이 필요한 대상은 노후된 로 외에 준연속로, 기계화 회분식로 등 100 t/일 이하의 중소형 로가 중심이 된다. 기존에 설치된 로의 다이옥신 대책이 필요한 지방자치단체 중에서 상당수가 1~2년 이내에 운영 중인 소각로의 개량을 검토하고 있다는 보고가 있다. 일시적 현상일 수는 있지만 종래의 소각로 기초설비의 개량과 비교해 수백 규모의 시장이 형성될 전망이다. 향후 중요한 개선사항은 전기집진기를 백필터로 바꾸는 것과 2차 연소공

기에 대한 특성 등 최적의 연소조건을 정립하는 문제이다.

〈표 11〉 선진국 산업체에서 개발 중인 다이옥신 제거기술

제거 기술 분야	환경 산업체	
소각로 개량, 연소 개선	미츠비시중공업, 일본삼텍, 히타치 조선, 토다 공업, 히타치 제작소, 산코산업, 삼고, 제네랄 기술연구소, 다쿠마	
배기 가스 배연 처리	집진제거	일본 스피들, 마투베니, 아르비리·캐나다사(캐나다)
	흡착제거	능광석회공업(菱光石灰工業), 다쿠마, 쿠리타 공업, 유니치카, 미츠비시 화학, 스미토모중기계공업, 다케다약품공업, 쿠라레화학, 코베제강소, 에바라, WKR(독일), AEA(오스크리아), 머크환경테크닉(독일), 노릿트사(네덜란드)
	촉매처리	반콕히타치, 에바라, 니혼쇼쿠바이
소각재, 비산재처리	미츠이 조선, MMT(미국)	

이후의 다이옥신 농도의 저감계획에는 재나 배기가스 처리방법이 중요하게 다루어질 것으로 전망되고 이를 위한 기술개발이 현재 활발하게 진행되고 있다.

기술개발에 참여하고 있는 산업체는 집진기업체, 화학업체, 폐기물처리플랜트 업체 등이다(표 11). 이들은 대개 백필터, 활성탄 등에 의한 흡착제거시스템과 산화촉매 개발에 적극적인 노력을 기울이고 있다. 또한, 폐기물처리플랜트 업종의 경우에는 선진국의 모든 업체가 다이옥신 저감기술의 개발에 주력하고 있다.

6. 가스화용해기술

가스화용해기술은 열분해와 재용해를 조합한 기술이다. 공정을 개략적으로 살펴보면, 먼저 밀폐한 용기에서 거의 무산소상태를 유지하며 폐기물에 열을 가하여 화학반응을 일으킨다. 이 공정을 열분해라고 부르는데 열분해된 폐기물은 열분해가스가 되고 가스화되지 않는 것은 탄화한 잔사(char) 형태로 바뀐다. 생성된 열분해가스와 잔사를 용해조에 투입한 뒤 회분을 용해해서 슬래그화 하면 공정이 끝나게 된다.

이 기술의 특징으로는 폐기물 반응속도를 완화시켜 열

분해함으로써 배기가스 처리효율이 높아지고 배기가스량이 대폭적으로 저감되므로 배기가스 처리장치를 소형화할 수 있으며, 고온연소에 의해 다이옥신을 완전분해할 수 있을 뿐만 아니라 열분해에 의해 생성된 가스와 잔사를 이용해 25~30% 효율로 쓰레기발전이 가능하므로 폐기물이 갖고 있는 방치된 에너지를 더욱 유효하게 이용할 수 있다는 점을 들 수 있다. 이밖에도 유기물인 금속을 산화되지 않는 상태로 회수할 수 있어 물질 재사용이 가능하며 회분을 용해해서 슬래그로 만들거나 무공해처리를 할 수도 있다.

(1) 기술개발 동향

가스화용해기술은 외열킬른식, 유동상식, 샤프트로식의 세 가지 형태로 나누어진다. 각 방식은 각각의 장점·단점을 가지고 있으며, 현실점에서는 어느 형태가 미래의 주류 방식이 될 지에 대해 명확하게 판단하기 어렵다.

가. 외열킬른식

로터리킬른형의 로를 사용해 투입물을 간접기열하면서 열분해 하는 방식으로 독일의 지멘스방식이 대표적이다. 간접기열의 열원으로는 배기가스 공정으로부터 회수한 열을 순환시켜 이용한다. 유동상식과 비교할 때 킬른이 설치 면적을 많이 차지한다는 단점이 있지만 열분해 반응속도가 느린 성분이나 폐기물의 칼로리량 변동이 큰 물질에도 이용하기 쉽다는 장점을 가지고 있다.

나. 유동상식

유동상식은 로 내에서 폐기물의 일부를 스스로 연소시키면서 열분해 하는 방식으로 이 기술을 개발하는 업체가 가장 많다. 킬른방식과 비교해 열분해 반응속도가 빠르고, 설치면적은 작은 편이지만, 폐기물 칼로리량의 변동에 적응하기 어려운 단점을 나타낸다.

다. 샤프트로식

용광로 형식의 샤프트로 기술을 응용한 것으로 신일본

제철과 일본강관(NKK)에서 개발되고 있다. 1개의 로에서 폐기물의 가스화와 용해를 동시에 수행할 수 있기 때문에 설비를 컴팩트하게 구성할 수 있다는 장점을 지닌다.

환원제로 코크스를 사용하고 로내를 고온상태로 유지할 수 있지만, 코크스를 이용하기 때문에 발생하는 운전비용이 높은 단점을 갖고 있다.

유럽을 중심으로 자원 에너지의 재활용에 대한 요구가 높아지면서, 1970년대에 봄을 이루었던 가스화용해기술이 다시 눈길을 끌기 시작했다.

1990년대에 들어서면서 폐기물량의 증가, 최종처리 장소의 부족, 다이옥신 방출 등이 사회문제로 확산되었고 폐기물의 조성에서 플라스틱의 비율이 증가해 고칼로리화 되어 가스화용해기술을 적용할 수 있는 기본적인 여건이 형성되었다. 현재는 독일을 중심으로 실증실험이 진행된 상태이고 상업용 플랜트의 수주도 시작되고 있다 <표 11>.

<표 11> 주요 산업체별 가스화용해기술 개발 동향

기업 이름	플랜트 특징	실적
이탈리아 Thermo-Select	열분해로에서 발생하는 가스는 가스개질로에서 천연가스와 함께 가연성 가스로 개질되고, 가스엔진 발전에 이용되고 있다. 열분해로에서 발생하는 탄화물은 산소주입과 고온처리에 의해 2000℃까지 상승하고, 용융 슬래그로 바뀐다. 1톤당 처리비용은 연간 20만톤 규모에서 200DM, 운전비용이 1/3, 원가가 약 2/3정도 소요된다. 산소와 천연가스를 사용하기 때문에 운전비용은 높은 편이다.	독일 국내 2개소에서 플랜트 건설
프랑스 테이도	킬른식의 열분해 가스화로에서 폐기물을 간접 가열하고, 가연가스를 발생시킨다. 일본일립제작사가 테이도사의 기술을 도입해 일본 내에서 가스화 용융로를 개발	파일롯 플랜트에서 4000시간 이상 운전
독일 PKA社	열분해에 의해 생성되는 가스의 개질에는 코크스가 이용되고, 개질된 가스는 열분해 공정 및 가스엔진 발전의 연료로 재이용된다. 용융로에서는 93%의 산소가 사용되고 있고, 발생한 가스량을 적게 하기 위해 칼로리를 낮게 조절한다. 용융분해 후의 잔사를 가스화하고 있는 점이 PKA사의 독자적인 방식이다.	독일 파덴부르덴부르크주에 실증 플랜트 설치

독일 그루프와데社	갈탄으로부터 연료가스와 합성가스를 생산하는 일일 생산량 수백톤 규모의 상업용 가스화로를 취급하고 있고, 도시쓰레기, 페플라스틱, 하수오니, 자동차 슈레더 먼지 등 각종 폐기물을 대상으로 가스화로를 운영하고 있다.	독일, 핀란드, 스페인에 상업용으로 가스화로를 납품
독일 DBI-R&A社	독일 연료연구소의 PKA사의 합병에 의해 산업폐기물 열병합발전 프로젝트를 수행, 슈레더 먼지와 자동차 도장공장의 산업폐기물, 자동차 슈레더 먼지와 농약을 투입한 플라스틱을 처리하고 있다. 열분해 가스와 용융물의 기본적인 원리는 PKA사 기술을 이용하고 있다. 처리비용은 1톤당 500~1,200 DM 정도 소요된다.	독일 삭센주에 실증 플랜트 설치

가스화용해기술을 도입하고 있는 주요 산업체는 독일의 지멘스사, PKA사, 이탈리아의 Thermo-Select사 등이 있다. 이들 기업은 이미 파일롯 플랜트에서 실증실험을 진행하였으며 상업플랜트도 수주하고 있다.

일본에서도 약 20개 업체가 가스화용해로를 개발하는 계획을 진행하고 있다. 이중 1991년에 독일의 지멘스사와 기술제휴를 실시하여 가스화용해기술을 도입한 미츠이 조건이 개발경쟁에서 선두를 달리고 있다.

미츠이조건은 1994년 9월 요코하마시에 20 t/일의 실증플랜트를 설치하여 약 2년 동안 요코하마시와 실증운전을 공동수행한 연구결과를 이용해 기술평가서를 취득해 공인을 받았다. 미츠이조건사의 가스화용해 공정은 다음과 같이 구성된다.

저의 무산소 상태에서 열분해 드럼 내로 150~200 mm 정도로 파쇄한 폐기물을 투입 → 열분해 드럼을 약 450 ℃ 정도의 저온으로 간접가열하면서 약 1시간 동안 서서히 열분해 → 열분해 드럼에서 꺼낸 잔사를 용해로로 보내기 전에 불연물 분별공정에서 철이나 알루미늄 등을 분리, 제거 → 철이나 알루미늄을 분별 회수한 뒤 1 mm 이하로 분쇄하여 열분해 가스와 함께, 선회식 고온연소 용해로에 보내고 낮은 공기비에서 연소함 → 로 내는 1,300 ℃의 고온이 되고, 회분은 용해된 상태의 슬래그로서 배출 → 용해로에서 나오는 고온의 배기가스는 공기가열기를 통과시켜 열을 회수하고 이를 열분해 드럼 내의 가열관에 보내 열원

으로 재이용

(2) 향후 전망

산업체별 추진동향을 볼 때 개발이 진행되고 있는 외열 킬른식, 유동상식, 샤프트로식 등 세 가지의 가스화용해로 방식 중 어느 것이 가장 많이 보급될지는 현재로서는 판단하기 어려우나 수 년 내에 결과가 나타날 것으로 기대된다.

기술 개발에 있어서 향후 과제는 용해로의 형태에 따라 차이가 있지만 공통적으로 운영비용 절감과 열량제어에 의해 안정한 상태에서 용해시키는 기술의 개발이 요구되고 있다.

다이옥신 규제에 의해 소각로 건설이 규제를 받게 됨에 따라 소각로의 수요 증가가 주춤해지고 있고 일부 소각로 업체는 소각로의 수요가 감소될 것으로 전망하고 있다. 또한 일본이 태국에 대외경제원조자금을 지원해 건설 중에 있는 소각로에 대해 그린피스가 반대입장을 표명하는 등 소각기술을 환경오염기술로 인식하는 경향이 일어나고 있다.

그리고 일반 폐기물뿐 아니라 슈레더 더스트 등 높은 칼로리를 갖는 산업폐기물 처리에 응용이 가능하고 유해물 배출량이 소각기술에 비해 매우 적다는 점 등으로 인해 가스화용해로에 대한 관심은 높아질 것으로 판단된다.

7. 기타 유망기술

(1) 탈황설비기술

탈황설비는 발전소에서 가장 많이 활용되고 있으며 이 분야에서의 투자 규모는 계속 늘어날 것으로 보인다. 1997년도에 900개 이상의 보일러에 장착돼 32억9,000만 달러에 이르렀던 연간 시장 규모는 2006년에 1,600개 이상의 보일러에 설치되어 60억 달러 이상 규모로 신장할 것으로 전망되고 있다(표 12). 전세계 탈황설비시장의 규모

는 1997년 이후 30억 달러 이상을 기록하면서 연평균 7% 대로 성장하고 있는데 이는 대기오염방지설비의 연평균 성장률인 4%에 비해 두 배 정도 높은 것이다.

〈표 12〉 세계 탈황설비시장 규모 전망

연도	1997	1998	2001	2006	연평균 성장률(%)
시장규모 (백만달러)	3,290	3,570	4,480	6,050	7.0

자료 : McIlvaine, 1998

현재로서는 유럽시장이 가장 큰 규모이나 미국에서의 투자규모 상승률이 높기 때문에 2006년에는 24억5,000만 달러에 이르러 유럽시장을 제치고 제일 큰 시장으로 부상할 것이지만 탈황설비를 필요로 하는 시설의 약 30% 정도만 설비가 장착될 것으로 보여(McIlvaine, 1998) 탈황설비에 대한 수요는 끊이지 않을 것으로 보인다.

중국은 빠른 경제 발전으로 인해 산업계에서의 수요가 큰 반면에 경제규모에 대비한 환경시설 투자가 미진했다.

탈황설비의 경우에도 향후 수요가 매우 커져 아시아에서 가장 큰 탈황설비의 수요국으로 자리잡고 있다. 탈황설비와 관련한 아시아 시장에서는 우리 나라, 일본, 대만 순으로 중국의 뒤를 잇고 있다.

전기를 생산하는데 석탄화력에 의존하는 인도네시아, 필리핀, 크로아티아 등 대부분의 개발도상국기들과 함께 산성비의 피해를 많이 보고있는 동유럽국가들은 대기질과 보건증진을 위해 탈황설비에 대한 투자를 계속 높이고 있으므로 앞으로도 유력한 구매국이 될 것이다.

여러 탈황방식 중에서 습식석회석 방식이 가장 많이 적용되고 있으며 건식석회 방식이나 습식석회 방식이 그 뒤를 잇고 있다. 해수를 이용한 세정방식도 인도, 대만, 중국 등을 중심으로 활용도가 높아질 것으로 전망하고 있다(McIlvaine, 1998). 암모니아와 촉매를 이용하는 방식은 앞의 방식들보다는 작지만 여전히 시장에서 일정 부분을 차지할 것으로 보인다.

설비 가격이 대개 프로젝트당 5,000만 달러 이상이 되므로 규모가 큰 대형업체들이 탈황설비 시장에서 높은 점유율을 보이고 있다. 대표적으로 ABB, Bobcock & Wilcox, Mitsubishi, Chiyoda, Lurgi/Lentjes, General Electric 등이 탈황설비의 중요한 공급자들이다.

(2) 풍력발전기술

근래 들어 청정 에너지원에 대한 관심이 고조되면서 재생 가능한 에너지원의 대표격으로 풍력발전기술이 개발되고 있다. 풍력발전은 가격이 상승할 염려도 없고 연료공급에 문제가 발생할 가능성도 없는 청정에너지원으로서 각광을 받고 있다.

풍력발전 설비시장은 현재 유럽을 중심으로 형성되고 있으며 최근 크게 확장되고 있는 추세이다. 1997년에는 전세계적으로 1,560 MW가 설치되었고 현재 7,000 MW에 해당되는 설비가 설치 중에 있다.

1993년에 8억 달러에 그쳤던 풍력발전 시장 규모는 연평균 20%가 넘는 높은 성장을 유지함으로써 1997년에는 20억 달러 규모로 성장하였고 1999년에는 26억 달러까지 이를 것으로 전망되었다(표 13).

〈표 13〉 세계 풍력발전설비 시장규모 전망

연도	1993	1995	1997	1999	연평균 성장률(%)
시장규모 (백만달러)	800	1,500	2,000	2,600	21.7

자료 : EBJ, 1998

풍력발전은 장착된 풍차를 이용해 바람에너지를 기계의 운동에너지로 변환시켜 발전을 하는 설비로서 개발역사가 길기 때문에 다양한 종류가 제공되고 있다. 현재 발전용으로 주로 보급되는 것은 프로펠러형 풍차이다.

독일과 덴마크가 시장을 주도하고 있는데 덴마크의 경우에는 2005년까지 풍력발전 비중을 35%까지 높이는 목표를 추진하고 있으며 같은 기간 동안에 네덜란드 역시 전

체 발전량 중에 10%를 풍력발전에 의해 조달할 계획으로 있다.

일본의 경우에는 유럽과 비교해 도입 속도가 느려 1998년에야 20 MW를 기록하였으나 1996년에 약 10 MW에 불과했던 수준을 기준으로 보면 신장률은 대단히 높은 수준이다.

엔지니어링 기술의 진보와 설계기술의 최적화를 통해 kWh 당 발전비용이 1980년에는 40 센트 이상이었지만 현재는 10 센트 이하로 낮아져 가격경쟁력이 커지고 있다.

덴마크의 Vestas 사가 가장 높은 점유율을 보이고 있는데 1996, 1997년 연속 3억 달러의 매출을 기록하였다. 그 밖에 미국의 Kenetech, Zond Systems, 덴마크의 NEG Micon, Bonus, 독일의 Enercon, 스페인의 Made 사 등이 풍력발전 설비분야에서 상위에 들고 있는 업체들이다.

(3) 초순수제조기술

초순수를 이용하는 산업은 다양하지만 설비특성은 비슷한 경우가 대부분이다. 초순수는 전력산업에서는 보일러의 급수로 이용되고 반도체 분야에서는 칩을 세정하는데 사용되고 있다. 약품산업에서는 인체에 투여되는 약제의 용매로서 활용되고 있다. 최근에는 평면화면 제조공정과 미세전자기계 분야에서의 용도도 늘어나고 있다.

반도체 분야가 초순수제조시설을 가장 많이 활용하였고 규모의 성장 역시 가장 빠른 속도를 기록하였지만 1997년 이래로 반도체산업 분야에서의 사용이 정체된 반면에 전력산업에서는 급성장하고 있다.

현재는 전력부문에 필요로 하는 초순수설비에 관한 장치 및 약품 구매를 위한 지출규모가 약 10억 달러로서 반도체부문과 대등한 수준에 이른 것으로 보인다. 약품제조와 생물공학 분야에서의 신장도 전체 시장의 빠른 성장을 촉진하고 있다.

세계시장 규모를 보면 1996년에 13억7,000만 달러에서 2001년에는 32억 달러로 연평균 18% 이상 성장할 것으로 전망되고 있다(표14).

〈표 14〉 세계 초순수설비 시장규모 전망

연도	1996	1997	1999	2001	연평균 성장률(%)
시장규모 (백만달러)	1,370	1,518	2,548	3,200	18.5

자료 : McIlvaine, 1997

반도체 부문에서 보이는 두 자리 숫자의 성장은 반도체 칩의 수요 증가만이 아니라 안전과 환경에 대한 배려와 차세대 칩을 생산하는데 보다 높은 순도의 용수가 필요하였기 때문이다. 아시아 지역에서는 일본과 우리 나라를 중심으로 반도체 산업에 대한 투자가 위축되면서 이 분야에서의 초순수설비 수요도 증가세를 멈추고 있다.

그렇지만 전력산업에서는 급수와 관 세정에 이용될 초순수설비를 중심으로 투자가 증가하고 있다. 특히 이 부문에서는 아시아에서의 구매가 다른 지역에 비해 매우 활발한데 2001년에는 4억 달러에 이를 것으로 전망되며 초순수설비에 이용되는 분리막과 이온교환수지를 교체하는데 따른 시장도 2001년에는 3억 달러 이상으로 커질 것으로 보인다(McIlvaine, 1997).

초순수설비 시장이 급격히 커지고 있는 것은 주요 부문에서 새로운 용도로 초순수가 활용되고 있기 때문이다. 대표적으로 평판화면 제조분야는 새롭게 등장하였지만 초순수를 사용하는 주요 소비처로서 자리를 잡고 있다. 현재 이 산업은 일본과 우리 나라에서만 활성화 되고 있지만 미국과 여타 아시아 국가에서도 관련 산업이 증대될 것으로 보여 향후 초순수설비 수요 역시 이러한 지역을 중심으로 빠르게 신장될 것이다.

초순수설비 업체는 전세계적으로 300개가 넘는데 대부분 상당한 매출을 기록하고 있고 이윤도 많이 남기고 있다. 미국의 U.S. Filter사가 가장 강력한 공급자이지만 Ionics, Glegg, Christ 등이 주요 공급자로서 활약하고 있다.

1998년에 미국은 전체 설비 공급부문에서 39%의 점유율을 기록해 가장 컸으며 일본은 23%의 점유율을 보여 세

계에서 두 번째로 많은 초순수설비를 공급하였다. 독일, 캐나다 기업들도 비교적 높은 점유율을 나타내고 있다.

초순수설비에 사용되는 역삼투 부분과 기기구조 분야에서는 미국 기업들의 경쟁력이 가장 큰 것으로 평가되고 있다.

8. 결론

1990년대 후반 들어 경제성장률을 앞지르기 시작한 환경시장의 성장률은 21세기 초반에도 계속 상승세를 탈 것으로 전망되지만 우리 나라와 같이 내수기반이 취약한 입장에서 국내시장만으로는 환경산업이 발전해 나갈 수 없다. 따라서 해외로 눈을 돌려 해외시장을 적극 개척해야 한다.

이와 같은 목표를 갖고 세계 환경규제의 진행방향과 산업발전 특성에 부합하는 유망기술인 VOCs, NOx, CO₂, SOx, 다이옥신 제거기술 및 가스화용해, 풍력발전, 초순수제조기술의 동향을 살펴본 결과 첫째, 지표권에서 발생하는 광화학오염 작용을 줄이기 위한 위한 규제가 강화되면서 VOCs 및 NOx 제거기술의 수요가 늘어날 것이고 둘째, 다이옥신 제거기술과 가스화용해기술은 2차오염을 일으킬 가능성이 있는 기존 환경기술을 보완하거나 대체가 가능한 것으로 평가할 수 있고 셋째, 지난 세기에 이어 지구온난화 현상은 계속 심화될 전망이고 2008년부터 기후변화협약이 실행됨에 따라 CO₂ 제거기술의 개발 필요성이 커지고 CO₂ 발생을 원천적으로 방지하는 풍력발전설비 시장은 연평균 20% 이상씩 고성장하고 있으며 넷째, 아시아 지역의 석탄화력발전에 의존한 경제성장과 유럽지역의 산성비 피해가 심각해지면서 아시아권과 동유럽에서의 SOx 제거기술 수요는 증가할 것으로 전망되었고 다섯째, 반도체분야의 계속되는 성장과 함께 전력산업과 평판화면 제조분야에서의 신규수요 창출로 인해 초순수제조기술의 수요는 연평균 18.5%씩 고성장할 것으로 예상되었다.

그리고 이러한 동향 분석을 통해 환경기술이 나타나고 있는 최근의 특성을 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째로 환경규제의 진행추세가 환경기술의 개발방향을 설정하는데 중요한 역할을 한다는 것이다. 최근 들어 지표권에서 오존이 과다하게 생성되는 광화학오염이 잦아지자 각 국가의 환경당국은 유발요인이 되는 NOx와 VOCs의 배출량(혹은 농도)을 규제하는 법규를 제정해 대처함으로써 이들을 저감하거나 제거하는 설비기술들이 각광을 받게 된 것이 좋은 사례이다. 그러므로 기술개발의 방향을 설정하기에 앞서 국가와 세계적인 환경규제의 추세에 대한 면밀한 검토와 분석이 선행되면 미래 수요에 대한 예측이 가능하다.

둘째는 환경시장은 아직도 보수적이어서 proven-technology 위주로 시장이 활성화 되고 있다는 점이다. 가스용해로기술은 기존 소각기술에 비해 뛰어난 여러 가지 장점을 갖고 있으며 이미 실증실험도 이루어진 상태이지만 아직 저변이 넓어지지 못하고 있다.

그리고 우리 나라의 경우 신기술을 장려하기 위해 여러 가지 인센티브를 제공하는 제도를 시행하고 있는데 이는 역설적으로 신기술이 환경시장에서는 활발히 거래되지 않는다는 사실을 의미한다. 따라서 최신킨기술이라고 무턱대고 받아들여거나 개발에 착수하여서는 어려움에 빠질 가능성이 높다.

특히 자원과 재원이 풍족하지 못한 우리 나라의 경우에는 오히려 선진국들에 의해 이미 검증된 기존기술을 규제의 특성 및 소비자의 요구에 맞추어 개량하는 방향으로 기술의 진보를 이루어내는 것이 유리할 것으로 판단된다.

셋째는 2차오염을 유발할 수 있는 환경기술은 지속적인 호응을 얻지 못한다는 것이다. 일본, 스위스, 우리 나라와 같이 국토면적이 좁은 국가들을 중심으로 쓰레기 처리방안으로 활용해 온 소각기술은 최근 들어 다이옥신 등의 유해화학물질을 배출할 수 있다는 것이 알려지면서 지역주민들의 반대에 부딪혀 소각로의 입지선정이 안되거나 설혹 소각로가 건설되었다 하더라도 가동에 매우 큰 어려움을 겪고 있다. 일본은 대외경제원조자금으로 태국에 소각로를

건설 중에 있는데 2000년 2월초에 그린피스에 이를 환경오염기술을 수출하는 행위라고 규정해 반대운동을 벌여 나아갈 입장을 분명히 밝혔다. 환경 NGOs들의 정치·사회적인 영향력이 커지고 있는 추세에 비추어 이들의 이러한 입장표명은 환경시장에도 적지 않은 영향을 끼칠 것으로 전망된다. 그러므로 비용이 추가로 소요되더라도 2차오염이 유발되지 않는 청정처리기술의 개발을 추진해야 한다.

그러므로 환경시장에 보다 용이하게 진입할 수 있는 환경기술 분야를 도출하기 위해서는 이와 같은 사항들이 경제성이나 기술적인 타당성과 함께 종합적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다. ◀

〈 참고문헌 〉

- 기준화, "우리 나라 환경설비기술의 수출경쟁력 평가와 유망시장 분석", 「환경설비산업의 수출경쟁력 제고 및 청정생산 육성방안」제 3장, 현대환경연구원, 1999.
- 산업연구원, "한국경제의 성장기 비전", 공청회자료, 1999.
- 울산상공회의소, "휘발성유기화합물(VOC) 규제 유보 건의서", 1998.
- 한화진, 이영수, 윤정임, "VOCs 방지기술 현황 및 적용사례", 한국환경정책·평가연구원, 1997.
- EBI, The U.S. Environmental Industry and Global Market (Supplementary data), Environmental Business International Ltd., 1999.
- EBJ, Renewable Energy & Distributed Power, Environmental Business Journal XI(3), 1998.
- Freund, P., Abatement and Mitigation of Carbon Dioxide Emissions from Power Generation, the Powergen 98 Conference, Milan, 1998.
- Herzog, H., E. Drake, E. Adams, CO2 Capture, Reuse, and Storage Technologies for Mitigating Global Climate Change, U.S.A. Department of Energy, DE-AF22-96PC01257, 1997.
- IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996.
- McIlvaine, Homepage <http://www.mcilvaine.com>, McIlvaine Company, 1998.
- McIlvaine, World Ultrapure Water Markets 1997-2001, McIlvaine Company, 1997.