

7. Non-CO₂ 회수 기술

과거 수십년 동안 온실가스 저감에 관한 연구는 이산화탄소에 집중되어 왔다. 그러나 Non-CO₂ 가스에 대한 지구온난화 효과가 증명되면서 이에 대한 연구가 급속히 증가하고 있다. 현재는 일명 다가스 동시 저감 전략(Multi-Gas Mitigation Strategies)이라는 CO₂와 Non-CO₂를 동시에 제거하는 연구가 주류를 이루고 있다. Non-CO₂ 제거는 (1) Non-CO₂ 회수 비용이 CO₂ 회수 비용보다 더 싸기 때문에 CO₂만을 제거하는 것보다 더 작은 비용으로 지구온난화 방지에 기여할 수 있으며(동일한 양의 CO₂와 Non-CO₂ 가스를 회수하면 Non-CO₂ 가스의 지구온난화지수가 높기 때문에 더 경제적으로 볼 수 있다), (2) 비가역 반응을 이용하여 완전하게 제 3의 물질로 전환이 가능하며, 주변 공정이나 연관 기술이 필요하지 않으므로 실험실에서 개발한 기술을 즉시 현장에 적용할 수 있으며, 규모의 확장 또한 간단하게 이루어지는 등 공정 조건에 대한 유연하게 대처할 수 있는 장점이 있다(Chesnaye et. al., Energy Policy 29, 1325-1331, 2001)..

1997년 교토의정서에서는 지구 온난화의 주요원인인 이산화탄소와 더불어 생활환경에서 주로 배출되는 CH₄(메탄), N₂O(아산화질소), 그리고 산업계에서 주로 발생하는 SF₆(육불화황), PFCs(과불화탄소) 및 CFC 대체물질인 HFCs(수소불화탄소)를 지구온난화 6대 물질로 지정하였다. 온실가스는 화합물이 가지는 구조와 종류별로 열축적 능력이 다르기 때문에 온실효과를 일으키는 잠재력이 달라진다. 이를 상대적으로 비교하기 쉽게 지구온난화지수(GWP: Global Warming Potential)로 나타내며 CO₂를 기준으로 하여 CH₄는 21, N₂O는 310, HFCs(HFC-134a기준)는 1,300, PFCs(CF₄ 기준)는 7,000, SF₆는 23,900으로 나타난다. 또한 그 발생원도 자연계 및 산업계 등 다양하게 분포되어 있다 <표 7-1>. IPCC 보고서에 따르면 인간활동에 의해서 배출되는 지구온난화 물질 중 Non-CO₂ 가스에 의한 양은 약 30%에 이른다. 그러나 국내의 경우 전체 배출량의 약 12% 정도가 Non-CO₂ 가스인 것으로 나타났다. <표 7-2>에서와 같이 우리나라의 Non-CO₂ 배출 특성을 보면 전체 온난화물질 중 차지하는 비율은 다른 나라에 비하여 작으며 반도체 산업의 발달로 인하여 불소화합물의 배출이 크게 증가한 것으로 나타났다.

<7-1> 주요 가스별 온난화 지수 및 발생원

온실가스	GWP	발생원
CO ₂	1	연료연소, 에너지사용, 차량운행, 산림의 훼손 등
CH ₄	21	쓰레기매립, 탄광, 농경 및 목축, 천연가스사용 등
N ₂ O	310	자연발생, 질소비료, 유동충연소장치 등
HFCs	1,300	가전 및 자동차용 냉매, 반도체 생산, 발포제 등
PFCs	7,000	반도체, 전자제품, PCBs 생산 등의 세척
SF ₆	23,900	변압기 충전제, 마그네슘 다이케스트 등

(김성덕, 지속가능발전산업, 8(1), 28-33, 2005).

<7-2> 우리나라의 온실가스 배출 추이 (1990 ~ 2002)

	1990	1995	2000	2002	'90-'02 증가율(%)
CO ₂	70,455 (83.6)	109,358 (89.0)	126,769 (87.9)	136,868 (88.5)	94.2
CH ₄	11,794 (13.9)	7,775 (6.3)	7,204 (5.0)	7,062 (4.6)	-4.0
N ₂ O	2,221 (2.6)	3,221 (2.6)	4,147 (2.9)	4,371 (2.8)	9.7
HFCs	226 (0.3)	1,387 (1.1)	2,273 (1.6)	2,333 (1.5)	932.3
PFCs	N/A	N/A	639 (0.4)	587 (0.4)	-8.1
SF ₆	N/A	1,714 (1.4)	3,190 (2.2)	3,503 (2.3)	104.3
계	84,738 (100.0)	123,445 (100.0)	144,252 (100.0)	154,724 (100.0)	77.7

(유동현, 에너지경제연구원 기본연구보고서, 2004)

Non-CO₂ 가스를 제거하는 기술은 가스포집(에너지화를 위한 메탄 회수, 후처리공정 등), 누출저감, 대체물질 개발 등 다양하게 적용할 수 있다. 더욱이 이산화탄소 제거를 위해 적용되는 연소효율증가 방안, 연료개선, 자동차효율 증진 등은 메탄이나 N₂O 발생을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 현재 이용할 수 있는 많은 Non-CO₂ 가스 저감기술은 현장에 적용이 용이하며, 기존 공정의 큰 개선이

필요없기 때문에 많은 자본비를 요구하지 않는다. 일례로 매립지 메탄가스 회수의 경우 기존 매립지의 변화 없이 회수장치를 설치할 수 있다. 또한 알루미늄 용융공정에서 발생하는 PFC를 줄이는 장치도 기존 공정 장치의 작은 변화를 통해 얻을 수 있다. Non-CO₂ 가스 배출 저감은 발생하는 gas와 발생원에 따라 그 방법을 달리 한다. 본 고에서는 각 gas에 대한 간략한 저감 방법을 소개하고자 한다.

7-1. 메탄 (Methane)

우리나라의 경우 메탄의 발생량은 전체 지구온난화가스 중 약 5% 이내이나 미국의 경우는 약 9% 정도로 상당량을 차지하고 있다. 미국내 메탄 발생은 쓰레기 매립에 의한 것이 가장 크며, 천연가스 누출, 반추동물(소, 사슴, 기린, 낙타 등 되새김동물), 석탄채광, 동물사육 등이다. 미국 EPA에서는 Climate Change Action Plan의 일환으로 메탄 저감을 위하여 Landfill Methane Outreach Program, Natural Gas Star, Coalbed Methane Outreach Program, AgStar(livestock manure system)의 4 가지 프로그램을 시행 중이다. 메탄 저감 기술 중 가장 널리 이용되는 기술은 에너지원으로서 메탄을 사용하는 것이다. 매립지, 석탄광, 동물사육장 등에서 발생하는 메탄을 포집한 후 물이나 다른 가스등 불순물을 제거하여 전기를 발생시키는 원료나 다른 에너지원으로 현장에서 직접 사용한다. 또한 석탄광에서 회수된 메탄은 기존 천연가스 공급처에 판매를 할 수도 있다. 그 외 벼농사가 많은 지역과 같은 소량의 메탄 발생을 줄이기 위한 연구를 수행하고 있으나 그 배출량이 작아 경제적 타당성이 없는 상태이다.

7-2. 아산화질소 (Nitrous Oxide)

미국내 아산화질소의 배출은 1999년 약 6% 정도이며 대부분 농작물, 자동차, 질산이나 아디프산 제조공정에서 발생한다. 미국 농림청 (DOA: Department of Agriculture)와 EPA에서는 경작지의 비료로부터 발생하는 아산화질소를 저감하는 방법에 대한 연구를 수행하고 있다. 일반적으로 아산화질소의 배출을 적게하는 방법은 무경간농법(씨를 뿌려 농사를 짓는 방법), 유기비료사용, 토양변경 등이다. 자동차에서 발생하는 아산화질소는 자동차에 장착된 질소산화물 제거 촉매에 의해서 생성된 것이다. 이는 촉매 개선, 사용 연료 변경(하이브리드, 전기, 에탄올,

천연가스 자동차 등) 등을 통해 얻을 수 있다. 산업공정 부분에서는 아산화질소는 아디프산과 질산 생산시 발생하는 부산물로 미국내 아디프산 생산공정의 90%는 nylon 6,6의 제조에 사용된다(EPA, 2001). 현재 미국내 아디프산 공정에는 열산화장치 설치등 아산화질소를 제거하기 위한 공정이 설치되어 있다. 또한 질산제조 공정에서도 후단에 아산화질소를 제거하기 위한 열산화 혹은 촉매공정이 설치되어 있다.

7-3. 불화화합물과 육불화황 (HFCs, PFCs, SF₆)

반도체 공정이 주력 산업인 우리나라의 경우 높은 지구온난화지수 (high GWP)를 갖는 가스의 발생은 약 4%로 미국의 2%보다 두 배정도 높다. 이러한 가스는 크게 두 분야에 주로 사용된다. (1) 몬트리올의정서에서 금지된 오존고갈 물질인 CFCs와 HCFCs의 대체제로써 에어컨, 냉장고, 발포제, 소화기, 용매, 에어로졸 등에 사용된다. (2) 산업공정에서의 생성: PFCs는 알루미늄 제조 공정에서 발생되며 HFC-23은 HCFC-22 생성시 발생하는 부산물이다. 또한 PFC는 반도체 제조공정의 세정제로 사용되며, SF₆는 절연체나 마그네슘 캐스팅등에 사용된다. 이러한 가스에 대한 누출방지, 대체제 개발, 후처리 장치개발, 회수장치 개발 등이 산업체를 중심으로 이미 진행중이다. 예로 HCFC-22 제조자들은 공정 최적화, 장치개선, 누출 HCFC-22에 대한 포집 및 열산화장치 설치 등을 통하여 가스 배출을 줄이고 있다. 특히 전세계 반도체 제조회사들은 HFCs, PFCs 물질 배출을 1995년 수준으로 되돌리자는 조항에 합의하여 이에 대한 자발적인 감축 노력을 진행하고 있다.

7-4. 주요 국가의 연구 동향

Non-CO₂ 가스는 대단위 고정원에서 발생하는 CO₂와는 달리 발생원이 다양하며 산재해있기 때문에 이의 저감에 대한 집중적인 연구가 용이하지 않다. 그러나 Non-CO₂ 가스 저감이 CO₂ 가스만을 저감하는 기술에 비해 경제적이란 근거가(Reilly et. al., Nature, 401, 549-555, 1999)제시되면서 이에 대한 연구를 확대하고 있다.

- 미국은 DOE가 지원하는 U.S. Climate Change Technology Program으로 Non-CO₂ 분야에서 매립지의 메탄을 회수하는 기술을 2000 년부터 개발하고 있으며 일부는 상용화하였다. 또한 매립지 및 오폐수처리장에 분리막을

도입한 바이오 반응기화하여 메탄을 지속적으로 회수하는 공정도 연구하고 있다. 질산 제조공정 등에서 발생하는 N_2O 를 촉매반응을 통하여 원소 N으로 전환하는 기술 개발을 수행 중에 있으며, 또한 성층권 오존 저감 program과 연계하여 연소 중 또는 연소 후의 NO_x 제어 기술을 개발 중이다.

- 일본은 정보통신·생명공학·환경 등 3 개 사업을 21 세기 국운을 좌우할 주력산업으로 선정하고 「밀레니엄 프로젝트」를 추진하고 있다. NEDO에서는 국제 CDM사업으로 칠레의 축산폐기물의 메탄자원화사업을 2004 년에 지원하였으며 유기성 쓰레기로부터 발효공정에 의해 수소-메탄의 회수공정을 2005 년에 지원하였다. 1998 년부터 N_2O 저감 기술 기획을 실시하여 공정 배가스, 이동오염원 배가스 처리기술을 개발 중이다.
- 우리나라 Eco-Star Program: 환경부에서는 “폐자원 에너지화 및 Non- CO_2 온실가스 사업 (단장: 서울시립대 동종인)”을 2008년부터 시행하고 있다. 이 사업의 목적은 첫째 에너지전환 가능성이 높은 유기성폐기물, 바이오매스 및 가연성 폐기물 등을 대상으로 열전환 공정을 개발 적용하여 경제성있는 친환경 에너지 확보와 둘째 메탄, 아산화질소 및 불소화합물 등 온실가스 배출하는 시설을 대상으로 효율적인 저감 기술을 개발 적용하여 국내 온실가스를 저감함과 동시에 CDM 사업을 도모하는 것이다. 현재 각 사업에 대한 수요조사를 마치고 이에 대한 평가를 수행할 예정이다(한국환경기술진흥원, www.kiest.re.kr 참조).