

환경부문 온실가스 배출원 규명 및 측정 · 산정

정진도 · 호서대학교 환경공학과, 교수

e-mail : jdchung@office.hoseo.ac.kr

이 글에서는 본인이 연구해온 내용을 바탕으로 매립지 및 하수 처리시설, 소각시설에서 발생할 수 있는 온실가스의 발생 메커니즘 및 온실가스 측정에 대하여 설명하고, 측정 시 문제가 제기되는 부분과 그에 따른 대책으로 제시하고 있는 발생량 산정에 대해 소개한다.

세계는 산업혁명 이후 대기 중의 온실가스 농도의 증가로 인해 지구온난화가 심화되고 있다. 지구온난화는 산업혁명 이전에도 있었던 현상이었으나, 산업혁명 이후 화석연료 사용의 급속한 증가와 삼림 벌채 등으로 인해 대기 중의 대표적 온실가스인 이산화탄소 농도의 증가 속도가 급속히 빨라져 강우 패턴의 변화, 해수면 상승, 생태계 혼란이 야기되고 있고, 현재 국소적이기는 하나 전염병의 증가로 인간의 건강에도 영향을 주는 등, 인류와 지구의 미래를 위협하고 있다. 이에 따라 지구온난화를 해결하기 위한 국제적인 대

응책 마련이 가속화되고 있다.

지구온난화는 세계 각국의 과학자들에 의해 문제가 제기되어 오다가 '80년대 말 국제 정치의 쟁점으로 부각되었으며, 지구온난화 해결의 일환으로 1992년 5월에 기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)이 체결되었다. 이의 구체적인 이행 방안으로 선진국의 온실가스 전체 배출량을 '90년대비 평균 5.2% 수준으로 줄여야 한다는 감축 목표치를 규정하는 교토의정서가 1997년 12월에 기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 채택되었고, 2005년 2월

16일부터 공식 발효되었다. 현재 우리나라는 의무 부담국가에서 제외된 상태이나, 이산화탄소 배출량이 세계 9위권이고, OECD 내에서 온실가스 배출량 증가율이 가장 크므로 2013년(2차 공약기간) 이후 온실가스 감축의무 부담이 불가피할 것으로 전망된다. 따라서 조기에 기후변화협약에 대한 대응 체제를 구축해야 할 것이고, 또한 국가의 정치적 문제가 아닌 미래의 후손을 위해서도 지구온난화는 반드시 해결해야 할 숙명적인 과제이다.

현재 국내에서는 환경부를 비롯한 정부 부처에서 분야별 온실가스 산정 방법 및 측정 방법, 그

리고 이산화탄소 저감 기술에 대한 연구가 진행 중이다, 본인도 이미 기후변화에 대비한 연구와 노력을 계속하여 왔고, 앞으로도 꾸준히 매진할 것이다. 본인이 현재까지 연구한 분야는 환경과 산업부문에서 발생하는 온실가스의 측정 및 산정에 관한 내용들이었다. 그 중 환경 분야를 보면, 국내 전체 온실가스 배출량의 2.7%를 차지하는 것으로 보고되고 있다. 환경기초시설 중 매립장의 경우, 다른 시설과 달리 유기성 폐기물의 매립을 제한하는 등에 의한 인위적인 제어가 가능하다는 특징이 있다. 일반적으로 환경기초시설이라 함은 환경정화차원에서 연구·설계되었지만, 온실가스 배출에 한 몫을 차지하고 있다는 아이러니한 성격이 있어, 이번 글에서는 본인이 연구해온 내용을 바탕으로 매립지 및 하수처리시설, 소각시설에서 발생할 수 있는 온실가스의 발생 메커니즘 및 온실가스 측정에 대하여 설명하고, 측정 시 문제가 제기되는 부문과 그에 따른 대책으로 제시하고 있는 발생량 산정에 대해 이야기하는 자리로 하겠다.

매립지

매립지에서 발생하는 매립가스는 액상물질의 기화/증발, 화학반응, 생물학적 분해 등으로부터 생성된다. 기화/증발은 액상의 폐기물이 존재할 때만 일어나며, 화학



반응 역시 반응성이 있는 두 종류 이상의 물질이 동시에 존재할 때만 일어날 수 있다. 그러나 생물학적 분해는 매립된 유기물이 미생물에 의해서 분해되는 과정으로써 매립된 유기성폐기물이 필수적으로 겪게 되는 과정이다. 매립지 내의 생물학적 분해는 짧은 호기성 단계를 지나 혐기성 분해 과정에서 산(acid)형성단계, 메탄형성단계를 거치며 매립가스를 생성하게 된다. 매립가스의 주요성분은 온실가스로 규정되어 있는 이산화탄소와 메탄이 약 98%이며, 나머지는 질소, 산소, 암모니아 등의 미량 성분들로 매립폐기물과 생물학적 반응에 따라 그 양과 종류가 달라진다.

매립가스의 측정방법은 크게 매립장에서 발생하는 가스를 채취하여, GC(가스크로마토그래피)를 이용한 측정하는 방법과 휴대용 측정기로 매립지에서 직접 측정하는 방법으로 나눌 수 있다.

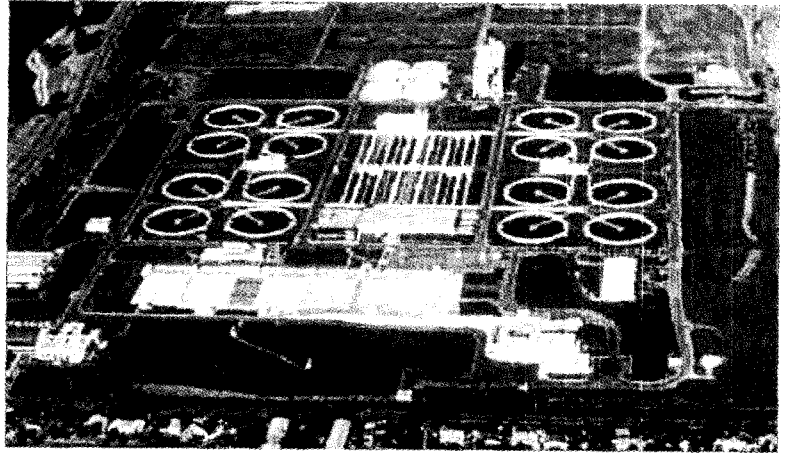
GC측정은 분석의 신뢰도는 높으나, 매립장에서 동시다발적으로 불균일하게 발생하는 매립가스의 배출량을 산출하기에는 문제점이 많은 것으로 지적된다. 휴대용 측정기는 실시간 연속측정이 가능하다는 장점이 있다. 휴대용 측정기로 매립가스를 측정할 경우, 주위 환경에 대한 외부 인자를 충분히 고려한 후 측정하여야 신뢰도를 얻을 수 있다. 예를 들어, 복토면 이하 폐기물에서 발생하는 가스를 방출할 수 있도록 만들어진 배제공에서 측정할 때, 배제공이 유공관인 경우에는 최대한 공기의 유입을 막고, 시료채취구를 비닐 등의 재질로 제작한 마개로 막아 공기의 유입을 최대한 억제한 상태에서 측정기를 연결하여 매립가스의 성분을 측정해야 한다. 그러나 외부 인자를 충분히 고려하여도 측정의 경우 넓은 매립지의 전체적인 발생을 대변하기에는 무리가 따른다.

하·폐수 처리시설

하·폐수 처리 과정에서 배출되는 이산화탄소는 생물계에서 순환·재이용되는 것으로 간주하여 온실가스에서 제외하고 메탄만 온실가스로 간주하고 있다. 전 세계적으로 하·폐수의 혐기적인 처리에 의한 메탄 발생은 연간 30,000~40,000ton인 것으로 알려지고 있으며, 이는 인위적인 메탄 발생 총량(375,000ton/yr)의 8~11%를 차지하는 것으로 나타났다. 이중 산업폐수가 메탄의 주요 발생원으로 연간 26,000~40,000ton이 발생하며, 생활 및 산업활동에 의한 하수에서 약 2,000ton/yr가 발생되는 것으로 알려지고 있다.

메탄의 발생은 하·폐수 중 생분해 가능성분 포함량이 주요한 인자이다. 이를 판단하기 위해 일반적인 기준으로 BOD(생물학적 산소요구량)와 COD(화학적 산소요구량)를 사용하고 있다. 동일한 조건이라면 높은 BOD와 COD의 하·폐수가 메탄을 발생시킬 가능성이 높다. 그리고 하·폐수의 처리 방법도 메탄 발생에 큰 영향을 미친다. 하·폐수를 처리할 경우, 혐기성 공법이 호기성 공법을 사용할 때보다 메탄 발생이 더 많은 것으로 나타나 있다.

하수 및 폐수를 혐기적으로 처리할 경우, 처리과정의 중간생성물과 최종산물이 발생되며, 이때 온실가스인 메탄이 발생하게 된

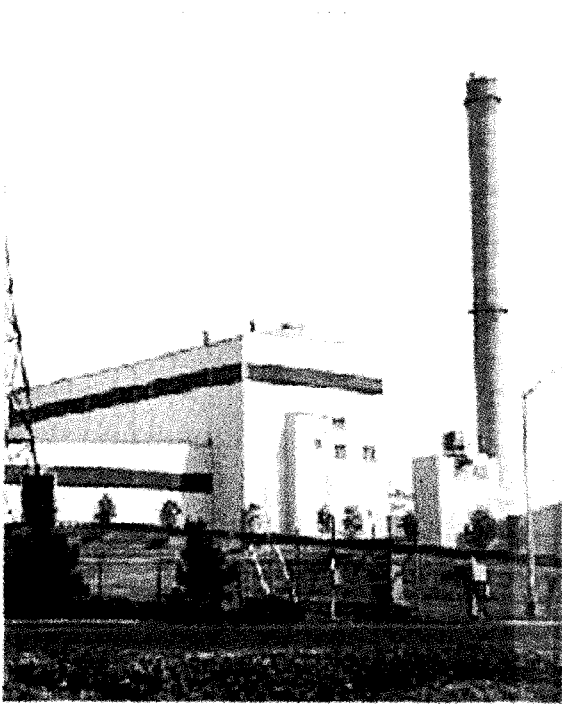


다. 하·폐수처리과정에서 발생하는 메탄의 배출량은 폐수의 특성, 처리시스템, 체류시간, 그리고 온도와 같은 인자들에 의해 우선적으로 영향을 받는다. 하·폐수의 유기물질을 측정하는 대표적인 변수로는 BOD가 있으며, 같은 조건하에서 BOD 농도가 높은 폐수가 낮은 폐수보다 메탄을 더 많이 생성시킨다.

하·폐수 처리시설에서의 온실가스 측정은 각 공정마다 메탄의 발생 빈도 및 양이 다르기 때문에 농축조, 저류조, 폭기조, 침전조 등 메탄가스 발생이 가능한 지점에서 모두 측정해야 한다. 그러나 측정 결과는 동일한 재현성이 떨어지고, 처리장 내 다양한 처리시설에서 비점오염원 형태로 온실가스가 배출되며, 호기성 시설이라고 추정되는 시설에서조차 메탄의 발생이 감지되므로 측정 조사를 통해서만 일관성 및 신뢰성을 도출하기 힘들다는 문제가 있다.

소각시설

폐기물 소각에 의해 발생하는 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등이 있다. 그중 메탄은 고온에서 일정한 소각시간을 유지해야 되는 소각로의 소각조건에 비추어 볼 때 소각으로 인한 발생은 미미할 것으로 보인다. 소각장에서 배출되는 온실가스의 대부분은 소각되는 물질과 연소 시 사용되는 연료의 특성상 대부분 이산화탄소가 차지하고 있다. 그러나 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change) 지침에 따르면 그중 매장 자원(Fossil)에 의해 생산·제조된 플라스틱, 특정 섬유, 고무, 액상 용제, 폐오일 등의 유기성 탄소가 소각에 의해 생성·배출된 이산화탄소만 온실가스로 간주하고, 생산과정이 생물학적 공정을 거치게 되는 바이오매스(종이, 음식물쓰레기, 목재류 등)



하여야 결과의 오차를 줄일 수 있다. 그러나 측정 장비를 사용하여 측정하는 것의 가장 큰 문제는 앞서도 언급한 비생물계 이산화탄소와 생물계 이산화탄소를 구분 지을 수 없다는 것에 있다. 또한 불특정하게 반입되어 소각되는 폐기물에서 발

가 있다. IPCC에서 권고하고 있는 산정식은 공정에 투입 또는 사용되는 물질 내에 함유되어 있는 탄소를 연소특성, 산화율 등의 물리·화학적 인자를 고려하여 이산화탄소나 메탄으로 전환되는 계수를 도출한 후 각 공정의 특성에 맞게 식으로 만든 것이다. 물론 탄소와 관련이 없는 온실가스에 대해 연구 도출된 식들도 있다. 산정식의 신뢰도를 높이기 위해서는 해당 공정에 대한 정확한 파악과 통계조사가 이루어져야 하고, 변수로 적용될 인자들을 최대한 고려하여야 한다.

현재 국내에서도 IPCC산정식을 응용하여 국내 실정에 맞는 산정식의 연구개발이 진행 중이다. 본인도 다년간에 걸쳐 이 연구를 진행하고 있으며, 연구를 통해 내린 결론은 산정식의 도출과 실질적인 측정이 상호 연관하여 각각의 단점을 보완하는 수단이 되어야 한다는 것이다.

지난 2월에 발표된 IPCC 4차 보고서에서는 지구온난화에 대한 위험성을 경고 하고 있다. 지구온난화에 대응하기 위해서는 배출되는 온실가스의 정확한 산출이 중요하다. 어느 공정에서 얼마만큼의 온실가스가 배출되는지 알아야 이에 상응하는 저감대책도 세울 수 있을 것이다. 온실가스 산정 및 저감에 대한 연구는 우리 후손에게 깨끗한 자연을 선물해 주는 계기가 될 것이다.

의 소각에 의한 이산화탄소 발생은 자연계에서 순환 재이용되는 것으로 간주하여 온실가스에서 제외하고 있다.

소각시설에서 배출되는 온실가스의 측정은 국내 연소가스 측정에 관한 공정 시험법상에 명시된 측정위치에서 측정을 하여야 하며, 소각시설 배출량 감시를 위해 구축되어진 TMS(Telemetering System)의 측정구를 통하여 측정을 실시할 수도 있다. 측정기기는 각 측정에 적합하고 연속 측정이 가능한 장비를 사용하여야 하며, 국내 검·교정을 받은 장비를 사용해야 신뢰도를 얻을 수 있다. 측정 시에는 배출가스의 유속, 온도, 압력, 습도 등을 고려

생하는 온실가스를 지속적으로 측정하는 것에 대한 문제도 측정의 한계라 할 수 있다.

지금까지 환경부문(매립지, 하폐수 처리시설, 소각시설)에서 발생하는 온실가스 발생메커니즘에 대해 알아보고 측정방법 및 측정 시 문제가 제기되는 부분에 대하여 서술해 보았다. 온실가스의 측정은 앞에서 언급한 문제점들로 인해 IPCC에서는 각각의 공정에 합당한 산정식을 개발하여 사용을 권고 하고 있다. 그러나 IPCC 산정식의 경우 선진국 위주의 포괄적인 내용을 담고 있어 국내 현실에 적합하지 않은 부분들이 많아 산정식을 바로 적용하기에는 신뢰도가 낮을 우려