

연료 연소시 발생하는 이산화탄소 제거 트랩 개발

이 선 주

제주대학교 자연과학대학 화학과

겨울철 온실난방 연료의 배출가스들로부터 이산화탄소만을 선택적으로 포집하여 온실에 재공급할 수 있는 장치를 개발하기 위하여 작물의 성장에 유해한 황산화물과 질소산화물을 제거하고 일산화탄소등 불완전 연소물을 완전 산화시키는 화학적 트랩을 제작하였다. 배출가스에 포함된 황산화물의 측정은 아르세나조 III 법을 사용하였고 질소산화물의 측정은 수동 살츠만법을 사용하여 검출하였다. 이들 산화물을 제거하기 위하여 고안된 화학적 트랩의 구성은 약염기트랩과 catalytic converter 물질, 과산화수소 트랩, n-(1-Naphthyl) ethylene diamine-2HCl과 Sulfanilic acid 및 초산의 혼합용액 트랩, molecular sieves의 순서대로 조직되었다. flow rate 0.4 liter/min의 유속으로 gas sampler를 이용한 보일러용 경유의 배출가스 포집 결과를 분석하여보면, 트랩시스템을 사용하지 않았을 때 황산화물의 양은 145ppm/min, 질소산화물의 양은 47ppm/min 이 되었다. 반면에 트랩시스템을 사용하여 배출가스의 양을 측정하였을 때, 황산화물과 질소산화물의 양은 측정방법 범위 내에서 검출되지 않았고, 통과된 이산화탄소의 양은 100ppm/min이었다. 이 결과는 고안된 화학적 트랩이 연료의 연소시에 발생하는 황산화물과 질소산화물을 제거하고 이산화탄소를 발생시킬 수 있는 것을 보여준다. 또한 연료입자나 분진등도 이 트랩을 통과하는 동안 액체트랩들에 의하여 제거되는 것을 육안으로 관찰할 수 있었다.

1. 서 론

화훼나 식용작물 등의 온실재배시에 작물들의 적절한 성장을 돕기 위하여 이산화탄소를 공급하는 것이 필요하다. 봄부터 가을까지는 따뜻한 날씨관계로 온실

외부에서 대기중으로부터 충분한 이산화탄소를 공급 받을 수 있지만, 공간이 밀폐되는 동절기 때, 즉, 겨울철 온실에서 작물을 재배할 때 실내의 이산화탄소는 작물들의 지속적인 소모와 이를 보충할 수 없는 온실의 폐쇄적 운용 때문에 점차 고갈되어간다. 이산화탄소의 고갈은 결국 식물의 성장을 제한하는 요소로 작용하게되므로 농가에서 현재 시행하고 있는 이산화탄소 공급법은 이산화탄소 봄베이를 구입하여 사용하거나 또는 LPG를 연소시켜 이산화탄소를 공급하는 장치를 구입하여 공급하고 있는 실정이다. 이 방법들은 경비가 많이 소요되는 관계로 좀 더 경비가 적게 드는 방안을 요구하게 되었다. 한편, 겨울철 온실 난방을 위하여 경유, 중유, 또는 등유를 사용하는데 이들 화석연료의 연소시에 방출되는 이산화탄소를 회수하여 온실에 공급하는 방법을 고안함으로써 시설유지비의 절감을 꾀하게되었다.

재료 및 방법

재료

유류는 난방용 경유를 주유소로부터 구입하여 사용하였으며 보일러는 15평 규모에 난방을 시킬 수 있는 로보트 보일러사의 BBS-VH-90F를 실험실에 설치하여 운용하였다. 분광광도계는 Kontron사의 Model UVICON 860 UV/VIS Spectrophotometer를 사용하였다. 기체 포집은 KIMOTO Handy Sampler HS-7을 사용하였고 배출되는 이산화탄소의 양 측정은 Photosynthesis System을 이용하여 측정하였다. 황산화물과 질소산화물을 측정하기 위한 시약들은 다음과 같다. Hydrogen peroxide, acetic acid, sulfuric acid, isopropyl alcohol, barium acetate, sodium nitrite, ammonium solution, sulfanilic acid n-(1-naphthyl) ethyldiamine 등은 Junsei의 GR급 시약들이다.

연구방법

난방용 연료의 연소로부터 발생하는 기체의 분석

이산화탄소를 공급하기 위하여 장치를 고안할 때, 이 장치에 부정적 영향을 줄 수 있는 기체들을 파악하여 제거시키든지, 또는 이산화탄소와 함께 추출되는 경우를 막는 것이 필요하므로 결국에는 연료 연소시

에 발생하는 기체들을 정성적으로 분석해야 한다. 경유를 연소시킬 경우에 발생하는 기체들은 일반적으로 여러 가지 종류의 분자량을 가진 탄화수소들과, 황산화물, 질소산화물, 그 외의 산화물들과 물, 이산화탄소들이다. 발생하는 탄화수소들은 gas chromatography를 이용하여 standard samples와 비교하여 정성 및 정량을 할 수 있다. 그러나 배기가스 속에는 매우 다양한 종류의 탄화수소 가스들이 존재하므로 이들을 다 검출한다는 것은 현 여건상 불가능하므로 문헌 검색등을 통하여 관련 정보를 확보하였다. 또한, 배출되는 연소 기체들 중에서 SOx, NOx, 들을 포함한 산화물들은 식물의 성장에 해를 끼치는 영향을 준다. 이들 기체들의 정량 분석을 하기 위하여 연소시에 발생하는 기체들은 air sampler를 이용하여 포집하고 분리 분석하였다. 황산화물은 Arsenazo III 법에 의하여 분석하였으며, 질소산화물은 Saltzman법을 이용하여 분석하였다. 이산화탄소의 양은 이산화탄소 포집기를 만들고 포집기 안의 양을 이산화탄소 측정기를 이용하여 쉽게 정량하였다.

화학적 방법에 의하여 기체 혼합물로부터 CO₂ 기체 분리.

연료의 연소로부터 발생하는 이산화탄소를 온실내에 공급하는 방법에는 두가지 경우수가 존재한다. 하나는 발생하는 기체들 중에서 이산화탄소만 선택적으로 추출하여 필요한만큼 공급하는 방법과, 다른 하나는 이산화탄소 이외의 식물 성장에 유해한 기체들을 제거하고 이산화탄소만 (또는 그 외 유용한 기체들과 함께) 공급될 수 있도록 하는 방법이다. 두 방법 중에서 첫 번째 경우는 실질적으로 수행되기가 매우 힘들다. 그래서 두 번째 방법을 추구하였다. 이 방법은 SOx, 와 NOx, 등의 해로운 기체들을 제거하기 위한 traps를 설치하고 빠져 나온 기체 혼합물들 중에서 이산화탄소는 zeolite나 혹은 molecular sieves를 이용하여 선택적으로 흡착시킨다. 그러나 만약, trap을 통과

한 기체들이 식물에 유해하지 않다면 굳이 zeolite나 혹은 molecular sieves를 이용하여 재발생 시킬 필요가 없을 수도 있다. trap은 일단 물을 사용하여 SOx와 NOx 등의 옥시던트들을 산으로 용해되게 하고 나머지 기체는 통과할 수 있게 하였다. 산성원 물질들을 제거시키기 위하여 중화제로 염기성 물질을 사용하였다. 이와같은 trap을 통과하는 이산화탄소의 양을 측정하고 발생하는 양이 작물의 최적 요구량과 어떤 차이를 나타내는지 검사하고 발생량의 지속성을 관찰하였다. 한편, 연료 연소시에 발생하는 분진 및 오일입자들은 트랩으로 사용된 트랩 중에서 액체로 된 트랩들에 의하여 제거하였다.

결과 및 고찰

연소 기체 속의 포함된 탄화수소 기체들

경유의 연소시에 황산화물, 질소산화물들과 동시에 배출되는 탄화수소들을 하나하나 다 검출하여 확인하는 실험은 여간 어려운 일이 아니다. 그래서 이미 보고된 여러 문헌들을 탐색하였다. 그 결과 미국 University of California, Irvine의 화학과에 근무하며 노벨상 수상자인 Dr. F. Sherwood Rowland 의 실험실에서 내부용으로 사용되고 있는 결과에 의하면 배출 탄화수소의 종류는 100여종이 넘는다.

화학적 트랩의 구성

연료의 연소 후에 배출되는 가스에 포함된 유독가스를 제거하고 이산화탄소만을 얻는 방식을 택하였다. 유독한 가스의 대부분이 황산화물과 질소산화물이므로 그들을 제거하는 화학적 트랩들을 구상하였다. 일련의 트랩을 도식화하면 그림 1과 같다.

SOx는 수용액에 녹아서 산성을 만들므로 첫 번째의 트랩으로 염기용액을 사용하였다. 촉매(Catalytic

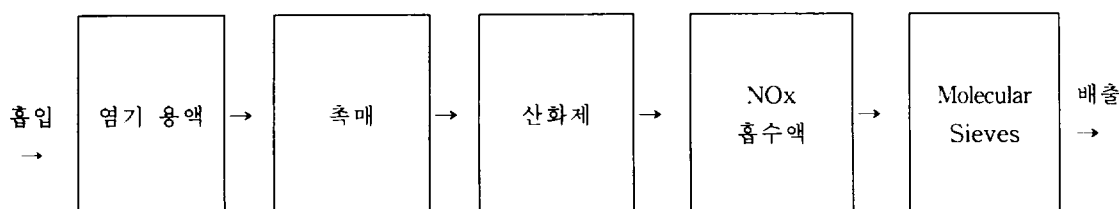
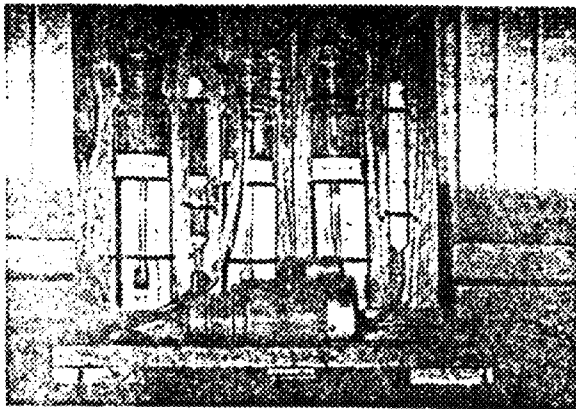


그림 1. 트랩 구성의 도식

converter) 트랩은 불완전 연소된 질소 산화물들을 완전산화 시킬 수 있도록 도와주는 역할을 하도록 부착하였다. 이 과정을 통해서도 아직 완전 산화되지 않은 SOx와 NOx는 산화제가 들어 있는 트랩에서 완전 산화되도록 하였다. NOx를 흡수시킬 수 있는 용액의 트랩을 통과하고 최종적으로 여러 가지 작은 분자들을 제거할 수 있는 molecular sieves를 설치하였다. 이 과정은 연소 배출기체들이 스스로 통과할 수 없는 액체용액으로 된 트랩이므로 펌프를 사용하여 강제 흡입시켰다. 그림 1 에 의한 트랩을 제작 의뢰하였으며 트랩의 실제 모습은 그림 2와 같다.

그림 2. 이산화탄소 재생시스템



배출가스의 트랩핑은 연료(경유)를 30분 동안 연소시켜서 연소가 균일하게 되고 완전연소가 이루어지도록 한 다음에 배출가스를 트랩을 통하여 배출시켰다. 이 때 포집된 황산화물과 질소산화물의 정량적 측정에는 Arsenazo III method, Saltzman method에 의하였

으며 그 결과는 표 2와 같다.

이의 결과로부터 황산화물과 질소 산화물들은 제작된 시스템을 이용하여 제거시킬 수가 있었다.

- Catalytic Converter는 현대자동차 Elantra의 catalytic converter를 구입하여 망치로 잘게 부순 후에 유리관에 충전시켜서 사용하였다.
- Flow rate은 0.4L/min의 속도로 공기 배출펌프를 이 트랩 시스템에 연결하여 강제 흡입시켰었다.
- Molecular Sieve (MS), 5A (SUPELCO, USA, 80/100mesh)

4. 결 론

본 연구에서 의도한 황산화물과 질소산화물을 제거하는 데 이 이산화탄소 재생시스템은 효과적인 것으로 판단된다. 또 발생하는 이산화탄소의 양도 대기중의 평균 이산화탄소의 양을 유지하거나 그 이상의 양이 되도록 이산화탄소 채취시간을 조절함으로써 가능하다. 그러나 본 재생시스템은 발생하는 매우 휘발성인 일부의 탄화수소 기체들을 제거할 수는 없는 시스템이다. 이는 그들의 끓는점이 매우 낮아 재생시스템에 연결된 공기흡입 펌프로 강제로 흡입시켰을 때 트랩에 걸리지 않고 그대로 흡입되어 배출되기 때문이다.

참 고 문 헌

Skoog, D. A., West, D. M. & Holler, F. J. (1992) Analytical Chemistry, 6th ed.
 F. S. Rowland Dept. of Chemistry, Univ. of California, Irvine, Personal communication

표 2. SOx, NOx, CO2의 트랩 통과량

트랩의 종류	SO _x ppm/min	NO _x ppov/min	CO ₂ 10 ⁻³ ppm/min
No Trap	145±2	47±1	
1N NaOH	1.9±0.2	17±2	1.2±0.1 x 10 ³
1N NH ₄ OH Molecular Sieve	0.2±0.01	0.4±0.03	1.2±0.1 x 10 ³
1N NH ₄ OH, Catalytic converter, 10% H ₂ O ₂ , MS	검출되지 않음	검출되지 않음	1.0±0.1 x 10 ³
대기중 평균농도	10 ppm	12 ppm	350 ppm