

초산제조 원료로의 활용을 위한 폐기물 가스화 합성가스 내의 CO 발생량 비교

*김 수현¹⁾, 구 재회²⁾, 임 용택³⁾, 추 수태⁴⁾

Carbon monoxide Production of syngas from waste for the raw materials of acetic acid

*Suhyun Kim, Jaehoi Gu, Yongtaek Lim, Sootae Choo

Abstract : 일반적으로 초산을 제조하기 위해 사용되는 CO를 생산하기 위하여 납사(Naptha)를 가스화하는 부분산화공정을 이용하거나 촉매를 사용한 Steam reforming공정을 적용하고 있다. 가스화 및 Steam reforming의 원료가 되는 납사는 고가이므로 폐기물의 가스화를 통해 발생하는 합성가스 내의 CO를 활용하여 초산제조의 원료로 사용할 수 있다면 초산제조 공정에서의 CO 제조 비용 절감 및 폐기물 자원화의 효과를 동시에 달성할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 폐기물의 가스화를 통해 발생한 합성가스 내의 CO에 대한 초산제조의 원료로의 적용가능성을 검토하기 위하여 폐기물의 종류 및 성상에 따른 CO 발생량을 비교하였다.

Key words : 폐기물, 가스화, 합성가스, 초산

1. 서 론

최근 에너지, 환경 분야에 대한 관심이 높아짐에 따라 폐기물의 자원화에 대한 관심과 기술개발이 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 특히 국내에서 발생하는 생활폐기물 발열량이 최근 3,000 kcal/kg을 상회하고 사업장 폐기물의 경우는 4,000~7,000 kcal/kg에 이르는 등 가연성 폐기물들이 에너지원으로도 손색이 없음을 알 수 있다. 폐기물 자원화 기술의 하나로 폐기물의 가스화 기술을 들 수 있는데, 이는 폐기물 내의 탄소 및 수소 성분은 가스화하여 CO, H₂가 주 성분인 연료가스(일반적으로 합성가스로 부름, synthesis gas, syngas로 표시)를 얻는 것으로 폐기물이 갖는 에너지 자원의 회수를 극대화 할 수 있고, 생활폐기물에서 다양한 사업장 폐기물에 이르기까지 다양한 성상을 가진 폐기물을 처리할 수 있다. 국내에서 발생하는 가연성 폐기물은 그동안 자원으로의 재활용보다는 감량처리에 급급했던 실정이었으나, 폐기물 처리를 위하여 가스화 공정이 적용될 경우 리사이클링이나 연료유 생산이 불가능한 가연성 폐기물로부터 합성가스를 생산하여 재활용함으로써 화학원료로의 전환 및 환경 친화적이고 효율이 높은 발전 시스템을 이용한 전기 생산을 통한 에너지 회수가 가능하여 재활용율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

폐기물의 가스화를 통해 얻어진 연료가스는

Fig. 1에 나타난 바와 같이 대체에너지원으로서 난방 및 가스엔진 및 연료전지를 이용한 전기생산, 메탄올(Methanol), DME(Dimethyl Ether), SNG(Synthetic Natural Gas, 합성천연가스) 또는 수송용연료(Fischer Tropsch 연료) 등의 합성연료유 제조에 활용될 수 있으며, 수성가스 전환 반응과 PSA 방법에 의해 수소를 얻을 수 있다. 이와 더불어 최근에는 메탄올과 CO의 합성을 통해 얻어지는 초산제조 공정에서의 원료로서 합성가스 내의 CO를 적용하여 기존 초산제조공정에서 CO를 생산하기 위해 소모되는 고가의 납사 원료를 절감하고자 하는 방안이 검토되고 있다. 초산은 CO와 메탄올(CH₃OH)을 금속이온계 귀금속촉매 상에서 메탄올카본닐레이션(Methanol carbonylation)반응으로부터 합성되는 것으로, 초산에스테르, 염료, 안료, 의약품 등의 원료로 사용되는 화학원료이다. 일반적으로

- 1) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : shkim0605@iae.re.kr
Tel : (031)219-2678 Fax : (031)216-9125
- 2) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : jaehoi@iae.re.kr
Tel : (031)219-2693 Fax : (031)216-9125
- 3) 고등기술연구원 플랜트엔지니어링센터
E-mail : ytlim@iae.re.kr
Tel : (031)330-7212 Fax : (031)330-7113
- 4) 삼성비피화학(주)
E-mail : sootae.choo@samsung.com
Tel : (052)279-1236 Fax : (052)279-1209

초산을 제조하기 위해 사용되는 CO를 생산하기 위하여 납사(Naptha)를 가스화하는 부분산화공정을 이용하거나 촉매를 사용한 Steam reforming공정을 적용하고 있는데, 가스화 및 Steam reforming의 원료가 되는 납사가 고가이므로 폐기물의 가스화를 통해 발생하는 합성가스 내의 CO를 활용하여 초산제조의 원료로 사용할 수 있다면 초산제조 공정에서의 CO 제조 비용 절감 및 폐기물 자원화의 효과를 동시에 달성할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 초산제조의 원료로 폐기물의 가스화를 통해 발생한 합성가스 내의 CO를 적용가능성을 검토하기 위하여 폐기물의 종류 및 성상에 따른 CO 발생량을 비교하였다.

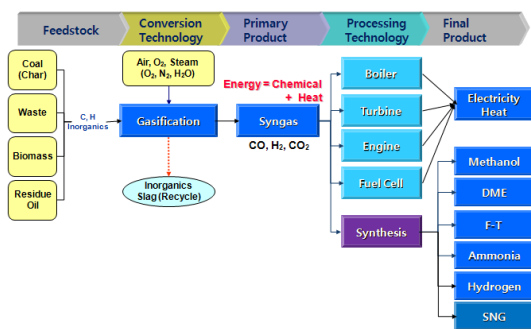


Fig. 1 폐기물 가스화를 통해 얻어진 합성가스의 다양한 활용

2. 폐기물의 종류에 따른 가스화 실험

가스화 공정은 생활폐기물뿐만 아니라 사업장 폐기물, 액상폐기물 등 다양한 폐기물의 적용이 가능하며, 폐기물의 가스화를 통해 발생하는 합성가스는 CO, H₂가 주성분으로 합성가스의 조성에 따라 약 1,300~2,400 kcal/Nm³ 정도의 발열량을 가진다. 본 연구에서는 폐기물의 종류 및 성상이 다른 5종의 폐기물에 대하여 가스화 실험 결과를 정리하였고, 특히 초산제조의 원료가 될 수 있는 CO의 발생량을 폐기물 투입량 및 발생하는 합성가스 유량에 대한 비로 정리하여 각각의 폐기물 종류에 따른 CO 발생량을 비교하였다.

폐기물 가스화 실험을 위한 공정구성 및 사진은 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 본 연구에 사용된 폐기물 가스화 시스템의 주요 공정은 폐기물 압축, 열분해, 가스화 용융, 연료가스 냉각 및 세정, 가스엔진, 연소용 굴뚝으로 구성되어 있고, 가스화 시스템에서 발생하는 합성가스 조성은 온라인 분석기를 이용하여 측정하였다. 폐기물의 종류에 따른 초산제조의 원료가 될 수 있는 CO 발생량을 비교하기 위하여 생활폐기물 2종과 사업장 폐기물 3종을 선정하여 각 폐기물의 가스화 실험 결과를 정리하였으며 각 폐기물의 성상 및 발열량은 Table 1, Table 2에 나타내었다. 생활폐기물은 수분함량이 많고 발열량이 낮은 1종과 수분함량이 적고 발열량이 높은 1종을 각각 선정하였고, 사업장 폐기물은 자동차 폐차 잔재

(ASR, Auto Shredder Residue) 1종과 폐플라스틱 고형연료(RPF, Refuse Plastic Fuel) 2종을 선정하였다.

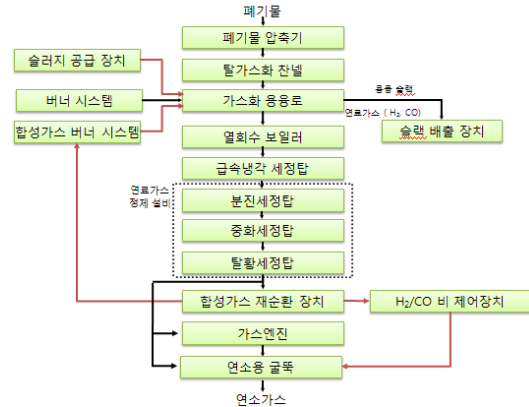


Fig. 2 폐기물 가스화 시스템 주요 공정도

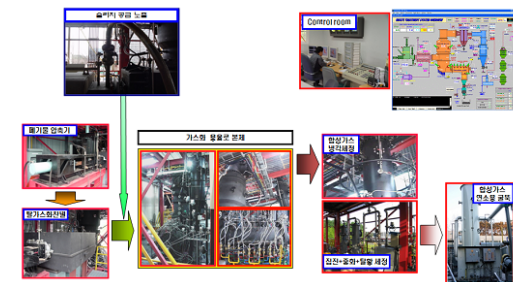


Fig. 3 폐기물 가스화 시스템의 주요설비 구성사진

Table 1. 대상폐기물 조성

| 구분 | 생활폐기물 | | 사업장폐기물 | | | |
|-----|-------|------|--------|------|------|------|
| | A | B | C | D | E | |
| 수분 | 52.4 | 4.3 | 5.3 | 1.6 | 0.8 | |
| 가연분 | C | 20.7 | 49.0 | 58.5 | 75.0 | 69.5 |
| | H | 2.6 | 7.4 | 5.3 | 9.6 | 10.9 |
| | N | 0.0 | 0.3 | 1.1 | 0.7 | 0.3 |
| | S | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 0.0 |
| | O | 17.5 | 27.0 | 8.6 | 0.2 | 10.0 |
| | Cl | 0.8 | 0.5 | 1.0 | 2.2 | 0.7 |
| | SUM | 41.6 | 84.5 | 74.9 | 87.7 | 91.4 |
| 회분 | 5.9 | 11.2 | 19.8 | 10.7 | 7.8 | |

Table 2. 대상폐기물 발열량

| 구분 | 생활폐기물 | | 사업장폐기물 | | |
|---------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | A | B | C | D | E |
| LHV (kcal/kg) | 2,356 | 4,835 | 5,210 | 6,673 | 6,964 |

생활폐기물과 사업장폐기물의 가스화 실험 결과

는 Table 3에 정리하였고, 각 경우의 CO 발생량을 비교하여 Table 4에 정리하였다. 가스화로 출구온도는 1,170~1,250℃ 범위에서 운전되었고, 단위 폐기물 투입량 당 발생하는 합성가스의 양은 생활폐기물의 경우보다 사업장 폐기물의 경우가 적게는 26%에서 많게는 약 2배 가까이 높게 나타났다. 합성가스의 발열량 또한 생활폐기물의 경우보다 사업장폐기물의 경우 높게 나타나 사업장 폐기물의 경우는 모두 2,000 kcal/Nm³ 이상을 나타내었다. 합성가스의 조성 중 CO의 농도는 생활폐기물의 경우 30.1~32.1%, 사업장폐기물의 경우는 39.3~43.9% 정도로 사업장폐기물의 CO 발생농도가 생활폐기물의 CO 발생농도보다 높게 나타났다. 단위폐기물 투입량 당의 CO 발생량 비교 결과 생활폐기물은 0.44~0.47 Nm³/kg-waste 였으나, 사업장 폐기물은 0.8~1.14 Nm³/kg-waste 정도로 사업장 폐기물을 가스화하였을 경우의 CO 발생량이 생활폐기물과 비교하여 약 2배 이상 많이 생산되는 것으로 나타났다.

Table 3. 생활 및 사업장 폐기물의 가스화 시험 결과

| 구분 (평균값) | 생활폐기물 | | 사업장폐기물 | | | |
|-------------------------------------|-----------------|-------|--------|-------|-------|------|
| | A | B | C | D | E | |
| 노 출구 온도 (℃) | 1,246 | 1,212 | 1,250 | 1,175 | 1,171 | |
| 합성가스 조성 (%) | CO | 32.1 | 30.1 | 43.9 | 39.3 | 41.1 |
| | H ₂ | 24.7 | 24 | 26.9 | 25.8 | 34.5 |
| | CO ₂ | 35.9 | 28.4 | 22.0 | 23.4 | 15.2 |
| | CH ₄ | 0.4 | 2.9 | 1.5 | 2.5 | 3.0 |
| 합성가스 유량 (Nm ³ /h) | 199 | 228 | 213 | 103 | 265 | |
| 합성가스 유량 (Nm ³ /kg-waste) | 1.45 | 1.46 | 1.83 | 2.90 | 2.65 | |
| 합성가스 발열량 (kcal/Nm ³) | 1,634 | 1,794 | 2,151 | 2,079 | 2,402 | |

Table 4. CO 발생량 비교

| 구분 (평균값) | 생활폐기물 | | 사업장폐기물 | | |
|------------------------------------|-------|------|--------|------|-------|
| | A | B | C | D | E |
| CO 발생량 (Nm ³ /h) | 63.9 | 68.6 | 93.5 | 40.5 | 108.9 |
| CO 발생량 (Nm ³ /kg-waste) | 0.47 | 0.44 | 0.80 | 1.14 | 1.09 |

3. 결론

본 연구에서는 폐기물 가스화를 통해 발생한 합성가스의 다양한 적용 방법 가능성 중의 하나로 초산제조의 원료인 CO로의 활용가능성을 파악하였다. 이를 위해 생활폐기물 2종과 사업장 폐기물 3종에 대한 가스화 실험결과로부터 초산 제조의 원료가 될 수 있는 CO의 발생량을 단위 폐기물 투입량에 대하여 정리하였다. 단위폐기물 투입량 당의 CO 발생량 비교 결과 생활폐기물은 0.44~0.47 Nm³/kg-waste 였으나, 사업장 폐기물은 0.8~1.14 Nm³/kg-waste 정도로 사업장 폐기물을 가스화하였을 경우의 CO 발생량이 생활 폐기물과 비교하여 약 2배 이상 많이 생산되는

것으로 나타났다. 이는 CO를 원료로 사용하는 초산제조 공정에 폐기물 가스화를 통해 발생한 합성가스를 적용할 경우는 생활폐기물 보다 사업장폐기물을 사용하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있다.

후기

본 연구는 울산생태산업단지 구축사업 “복합폐기물 가스화 기술을 이용한 고부가가치 화합물 제조를 위한 폐기물 자원화 네트워크 구축” 과제의 일환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Young Don Yoo, Yongseung Yun, Hyuon Hee Lee, Yeon Jeong Lim, Il Sang Huh, “Application of Gasification Melting Process for Domestic Municipal Solid Wastes”, 3rd International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control, pp.179-182, 2004
- [2] 김수현 외, “폐기물 합성가스의 수성가스 전환 반응을 이용한 공간속도 및 스팀공급비에 따른 수소생산특성”, 신재생에너지학회 춘계학술 발표회, 2009