

## 국내 음식물쓰레기의 혐기성소화 처리 기술

허 남효<sup>1)</sup>, 정 상순<sup>2)</sup>

### Anaerobic Digestion Technologies of Food Waste in Korea

Namhyo Heo, Sangsoon Chung

**Key words** : Anaerobic digestion(혐기성소화), Co-digestion(통합소화), Food waste(음식물쓰레기), Sewage sludge(하수슬러지), 축산분뇨(Livestock manures), 바이오가스(Biogas), 퇴비화(Composting)

**Abstract** : 2004년말 현재 국내에서 발생하는 음식물쓰레기의 재활용량은 전체 발생량의 87.7%인 10,015톤/일이며, 전체 재활용량의 6.4%인 640톤/일 정도가 혐기성소화 방법에 의해 처리 및 자원화되고 있다. 국내에서 적용되고 있는 음식물쓰레기 혐기성소화 기술의 대부분은 습식소화(Wet digestion) 공법이며, 처리 방법별로 2상 혐기성소화(Two-phase anaerobic digestion)와 하수슬러지 혹은 축산분뇨와 함께 혼합처리하는 통합소화(Co-digestion) 공정으로 구분되고 있다. 음식물쓰레기의 자원화 방법에 있어 혐기성소화는 사료화, 퇴비화에 비하여 폐기물의 효과적인 감량화와 자원화 효과 뿐만아니라 유용 에너지원인 메탄가스의 회수가 가능하기에 최근에 주목을 받는 biotechnology 중의 하나로 자리매김 하고 있으며, 또한 유기성폐기물의 자원순환형 관리 시스템 구현에 있어 적절한 대안으로 고려되고 있다.

#### 1. 서 론

2004년말 현재 국내에서 발생하는 음식물쓰레기량은 11,424톤/일로 발생량의 약 88%는 사료화, 퇴비화 그리고 혐기성소화 등의 방법에 의해 재활용 되고 있다.<sup>1)</sup> 음식물쓰레기의 사료화와 퇴비화는 전체 재활용량의 94%를 차지하고 있으나 자원화 시설의 기준강화, 생산 제품의 안정성 및 수요처 확보 제한 등의 문제로 수용한계에 직면함에 따라 사료화와 퇴비화 이외의 다양한 자원화 방법과 처리 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

최근의 이러한 상황에서 음식물쓰레기의 효과적인 감량화 뿐만아니라 자원화를 위한 대안으로 혐기성소화(anaerobic digestion, AD) 기술에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히, 음식물쓰레기와 같이 비교적 질이 낮은 자원에서 유용성분을 보다 사용하기 좋은 형태로 추출·회수하는 기술은 자원순환형 폐기물관리 시스템 구축에 있어 무엇보다 중요하며, 그 중에서도 혐기성소화 기술은 유기성 폐기물의 효과적인 감량화, 재이용화, 안정화를 만족시키는 동시에 유용 에너지원인 메탄가스의 회수가 가능하기에 최근에 주목을 받는

biotechnology 중의 하나로 자리매김 하고 있다. 특히, 자원 빈국인 국내 현실과 최근 고유가에 따른 국가 에너지 정책을 재고해야하는 현 시점에서 음식물쓰레기와 같은 유기성폐기물로부터 바이오가스의 생성과 재이용 기술 개발의 필요성을 가진다. 본 고에서는 국내에서 발생하는 음식물쓰레기류의 효과적인 감량화 및 자원화 방법의 일환으로 적용되고 있는 상용화 혐기성소화 공정의 기술을 소개하고자 한다.

#### 2. 음식물쓰레기 발생 및 재활용 현황<sup>1)</sup>

음식물쓰레기 발생량은 Table 1에 나타난 바와 같이 '01년까지 감소하는 추세였으나, '02년부터 증가하여 '04년도에는 '00년도와 동일한 11,424톤/일을 나타내었다. 재활용량은 '04년도까지 꾸준

1) 한라산업개발(주) 에너지사업부  
E-mail: [bionhheo@hallasanup.com](mailto:bionhheo@hallasanup.com)  
Tel: (02)2047-5146 Fax: (02)2047-5397  
2) 한라산업개발(주) 에너지사업부  
E-mail: [sschung@hallasanup.com](mailto:sschung@hallasanup.com)  
Tel: (02)2047-5160 Fax: (02)2047-5397

하게 증가하여 발생량의 88%가 재활용되고 있고, 재활용량의 93.6%가 사료화, 퇴비화 방법에 의해 자원화되고 있다. 하수병합을 포함한 혐기성소화 방식에 의한 '04년도의 재활용량은 '00년도 대비 6배 증가한 640톤/일을 나타내어 향후 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

Table 1 Production of food waste

| 구분           | '00              | '01              | '02              | '03             | '04              |                 |
|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 발생량<br>(증감량) | 11,434<br>(-143) | 11,237<br>(-197) | 11,397<br>(+160) | 11,398<br>(+1)  | 11,424<br>(+26)  |                 |
| 재활용량<br>(비율) | 5,161<br>(45.2)  | 6,378<br>(56.8)  | 7,130<br>(62.6)  | 7,718<br>(67.7) | 10,015<br>(87.7) |                 |
| 재활용량         | 사료               | 3,169<br>(61.4)  | 3,524<br>(55.3)  | 3,526<br>(49.5) | 3,832<br>(49.6)  | 4,975<br>(49.6) |
|              | 퇴비               | 1884<br>(36.5)   | 2,598<br>(40.7)  | 3,259<br>(45.7) | 3,391<br>(43.9)  | 4,400<br>(44.0) |
|              | 혐기<br>소화         | 108<br>(2.10)    | 256<br>(4.00)    | 345<br>(4.80)   | 495<br>(6.40)    | 640<br>(6.40)   |

비고:(단위: 톤/일, %)

한편, '04년도까지 음식물쓰레기 처리 및 자원화를 위한 처리시설 용량 및 처리장수 각각은 11,232톤/일과 253개소로 공공처리 시설 대비 민간처리 시설이 2배 높다. 특히 '04년도의 전체 처리장수는 '00년도보다 20개소 증가한 반면 처리시설의 용량은 '00년도보다 2배(6,037톤/일) 증가하였는데 이는 '00년도 이후 처리시설의 경우 대형화 및 광역화에 따른 시설 규모의 증가에 따른 결과로 판단된다.

Table 2 Numbers of treatment facility for recycling of food waste

| 구분   | '00            | '01            | '02            | '03            | '04             |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 합계   | 5,195<br>(233) | 5,671<br>(225) | 8,575<br>(249) | 9,815<br>(262) | 11,232<br>(253) |
| 공공시설 | 1,905<br>(80)  | 2,099<br>(81)  | 2,598<br>(80)  | 2,945<br>(80)  | 3,239<br>(85)   |
| 민간시설 | 3,290<br>(153) | 3,572<br>(144) | 5,977<br>(169) | 6,870<br>(182) | 7,993<br>(168)  |

비고:(단위: 톤/일, 개소)

### 3. 혐기성소화 기술 개요

#### 3.1 혐기성소화 이론

혐기성소화공정은 절대적으로 산소가 존재하지 않는 조건하에서 생분해 가능한 유기물이 다단계 생화학 반응을 거쳐  $CH_4$ 와  $CO_2$ 로 최종분해되는 과정으로 정의할 수 있다. 일반적으로 음식물쓰레기와 같은 입자상 유기물의 혐기성소화는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 가수분해(hydrolysis), 산생성(acidification), 메탄생성(methanization)의 다단계 생화학적 반응단계로 이루어진다.<sup>2)</sup>

첫 번째 단계인 가수분해(hydrolysis)는 다당류, 지방, 단백질 같은 고분자 유기물질이 발효미생물의 체외효소에 의해서 단당류, 지방산, 아미노산 등의 용해성 유기물질로 분해되는 과정으로 혐기성 분해시 전체 소화공정을 지배하는 율속 단계(rate-limiting step)로 알려져 있다. 두 번째 단계는 가수분해에 의해 생성된 저분자 유기물을 유기산과 알콜류 등으로 전환하는 산생성(acidification) 반응으로, 이때 아세트산 생성균(acetogenic bacteria)은 지방산(Volatile fatty acids, VFAs)과 에탄올, 벤조에이트(benzoate) 등을 산화시켜 아세트산과 수소를 형성한다. 마지막으로 메탄생성 단계(methanization)는 혐기성 분해반응의 최종산물인  $CH_4$ 가 생성되는 단계로, 생성메탄의 70%는 아세트산 분해로부터, 나머지 30%는 수소 분해로부터 생성된다.

#### 3.2 2상 혐기성소화의 목적

종래의 재래식 혐기성소화 공정, 즉 단일 소화조의 운전상 실패의 주된 원인을 동력학적 측면에서 평가해 볼 때, Fig. 1에 나타낸 바와 같이 산생성균(acid former)에 의한 가수분해/산생성 반응( $k_1$ ,  $k_2$ )이 메탄생성균(Methane former)에 의한 메탄생성반응( $k_3$ )보다 더 빠르게 진행되는 데 기인한다. 그 결과 소화조내 유기산 축적되고, 결국 메탄생성균은 낮은 pH에서 성장 저해를 받아 소화조는 결국 정상적인 기능을 잃게 된다.

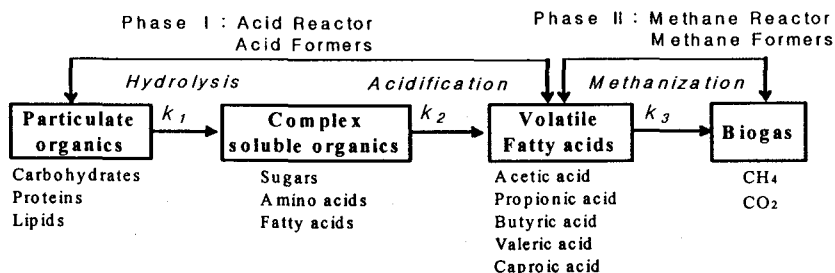


Fig. 1 Principle of anaerobic digestion of particulate organic waste

따라서 높은 수분함량과 가용성 유기성 성분의 빠른 가수분해 및 산성화 특성을 지닌 유기성폐기물을 혐기성소화 할 경우, 최대 유기물부하율 조건에서 높은 유기물 제거율과 biogas 생성을 극대화하기 위해서는 소화반응 초기단계에서 생성된 고농도 유기산을 다른 소화조로 이송하여 원활한 메탄생성반응이 진행될 수 있도록 초치가 필요하게 되었다. 즉, phase I 반응조에서 가수분해 및 산생성 반응이 진행되고, phase II 반응조에서는 고농도 유기산을 biogas로 전환하도록 제반환경을 조성하여 높은 유기물부하 조건에서도 유기물 분해 효율 극대화와 동시에 소화공정의 안정성을 확보하는 것이 2상 혐기소화공정의 목적이다.<sup>3)</sup>

### 3.3 유기성폐기물의 혐기성 통합소화

유기성 고형폐기물의 혐기성 통합소화는 Fig. 2에 제시된 바와 같이 물리·화학적 성상이 각각 다른 둘 이상의 유기성 폐기물을 혼합하여 단일 소화조에서 일괄적으로 처리하는 소화공정으로 정의되며, 통합소화공정의 적용은 유기성 폐기물의 안정적인 처리 뿐만 아니라 소화효율의 향상과 더불어 바이오가스의 에너지 이용과 폐기물의 처리비용 그리고 소화 잔류물의 퇴비로서의 가치 측면에서 단일 폐기물 소화공정에 비하여 훨씬 효과적이고 경제적인 것으로 보고하고 있다.<sup>5)</sup>

1990년대부터 독일을 비롯한 몇몇 유럽 국가에서는 유기성 고형폐기물의 효율적인 관리와 동시에 혐기성소화공정의 에너지 생산성을 향상시키고자 축산폐기물, 하수슬러지를 포함하는 도시고형폐기물, 도축장 폐기물, 유기성 농공산업폐기물 등을 혼합 처리하는 집중식 혐기성 통합소화공정(centralised anaerobic co-digestion process)을 도입하였다.<sup>6)</sup>

특히, 2000년 현재 독일, 덴마크, 스위스의 경

우 전국에 걸쳐 각각 11개, 20개, 10개소의 집중식 혐기성 통합소화 공정을 운영하고 있으며, 통합소화 공정으로부터 생성되는 소화 슬러지는 최종적으로 퇴비화에 의해 재활용되고 바이오가스는 열병합발전 혹은 지역냉난방의 에너지원으로 이용하고 있다.<sup>7),8)</sup>

## 4. 국내 음식물쓰레기의 혐기성소화 처리 기술 현황

1970년대 전 세계적으로 에너지 위기를 겪은 이후 혐기성소화에 의한 바이오가스 생산 기술이 급부상 하였으며, 이후 다양한 소화반응조가 개발됨에 따라 생활폐기물, 농공산업폐기물, 축산폐기물, 임산폐기물, 축산분뇨에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있다. 1980년대 후반기에 접어들어 유럽에서는 대규모 biogas를 생산하는 상용화 plant의 보급에 커다란 진전을 보게 되었다. 국내의 경우 유기성폐기물 처리를 위한 혐기성소화 plant의 본격적인 상업화는 '90년도 중반에서부터 현재까지 대부분 음식물쓰레기를 대상으로 적용되고 있으며, 2000년도부터 기존 하수처리장의 혐기소화조에 하수슬러지와 함께 음식물쓰레기를 혼합하여 처리하는 하수병합 즉, 통합소화 방식이 음식물쓰레기 처리 및 자원화를 위한 새로운 대안으로 제시되면서 이에 대한 기초연구와 함께 다수의 하수처리장 소화조에 적용되고 있다.

### 4.1 음식물쓰레기의 메탄 수율

고형폐기물중 생분해성 유기성 폐기물의 대부분은 빠른 부패성으로 인해 운반 및 처분 과정에서 악취 및 다량의 침출수를 유발하는 측면도 있지만, 생물의 에너지원이나 화석연료의 대체물질로 쉽게 전환할 수 있으므로 매립 혹은 소각에 의

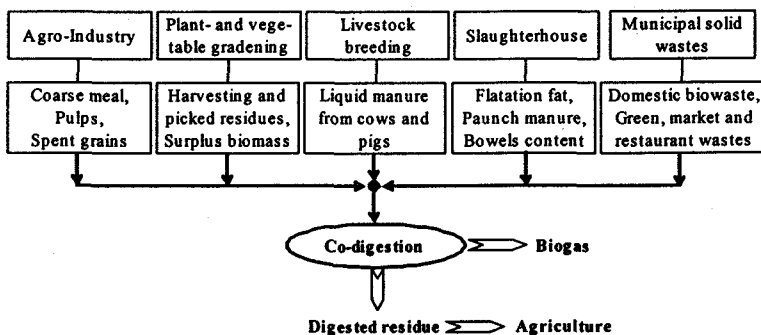


Fig. 2 Basic concept of anaerobic co-digestion of different organic wastes

해 최종처분 하기보다는 혐기성소화 방법에 의한 자원화 및 에너지화 하는 것이 합리적인 방법으로 평가 받고 있다. Table 3에 다양한 유기성 폐기물의 메탄수율에 대한 연구결과 나타내었다.<sup>9),10)</sup>

특히, 국내·외에서 발생하는 음식물쓰레기의 메탄수율은 축산분뇨와 농공산업폐기물에 비하여 월등히 높음을 알 수 있다. 한편, 하수슬러지의 경우 다른 폐기물에 비하여 가장 낮은 메탄수율을 나타내는데 이는 소화균의 기질로 이용 가능한 유기성분의 대부분이 세포벽(cell wall)에 의해 차단되어 있기 때문이며, 이에 국내·외의 많은 연구자들은 하수슬러지의 소화효율을 개선시키고자 다양한 전처리 기술을 개발하여 실제 소화공정에 적용하고 있다.<sup>11)</sup>

Table 3 Methane yields of different organic wastes estimated by batch BMP test

| Waste types                     | Methane yield (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg VS <sub>added</sub> ) |
|---------------------------------|---|
| <b>Livestock manures</b>        |   |
| - Cattle slurry                 | 0.252~0.323   |
| - Pig slurry                    | 0.210~0.348   |
| - Poultry slurry                | 0.250~0.390   |
| <b>Agro-industrial wastes</b>   |   |
| - Tomato & orange               | 0.320~0.330   |
| - Sorghum & sugarbeet           | 0.260~0.390   |
| - Brewer's grain                | 0.310   |
| - Straw                         | 0.105~0.250   |
| - Whey                          | 0.250~0.560   |
| <b>Organic fractions of MSW</b> |   |
| - Garden wastes                 | 0.140~0.350   |
| - Municipal garbage             | 0.564   |
| - Fruit wastes                  | 0.175~0.350   |
| - Sewage sludge                 | 0.120~0.210   |
| - European food waste           | 0.321~0.540   |
| - Korean food waste             | 0.356~0.471   |

#### 4.2 음식물쓰레기의 전용 혐기성소화

국내에서 가동중인 음식물쓰레기의 전용 혐기성소화시설은 Table 4에서와 같이 단상 혹은 2상 습식소화 방식으로 130톤/일 처리되고 있다.<sup>12)</sup>

Table 4 Facilities of anaerobic digestion

| 소재지        | 시설명      | 시설용량 (톤/일) |
|------------|----------|------------|
| 서울 유성구     | 유성구퇴비화시설 | 10         |
| 경기 광주시     | 광주시퇴비화시설 | 20         |
| 경기 의왕시     | 의왕시퇴비화시설 | 30         |
| 경기 파주시     | 파주시퇴비화시설 | 30         |
| 강원 고성군     | 환경자원사업소  | 10         |
| 충남 태안군     | 음식물자원화시설 | 10         |
| 경북 영덕군     | 영농조합법인   | 20         |
| 처리시설 용량 합계 |          | 130        |

소화공정은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 협잡물을 선별분리하는 전처리 설비, 소화조 및 바이오가스 재이용 설비, 슬러지 탈수 및 부숙설비, 악취 및 폐수처리 설비로 구성하고 있다. 전처리 설비로부터의 협잡물 발생량은 투입 음식물쓰레기량의 약 10% 정도이며, 선별된 음식물 1톤당 60~80 Nm<sup>3</sup>의 바이오가스가 발생된다. 소화조에서 유기물 분해와 동시에 발생하는 바이오가스는 소화조 가온을 위해 열원으로 직접 이용하거나 발전기에 의해 자체 전력을 공급하는 형태로 재이용 된다. 퇴비 발생량은 투입 음식물쓰레기 대비 5~10% 정도이며, 생산 퇴비의 대부분은 농가 혹은 퇴비 제조업체에 무상으로 공급되고 있다. 슬러지 탈수기로부터 고농도의 폐수가 발생되며, 파주시의 경우 자체 폐수처리시설을 설비하여 처리하고 있으나,

자료제공: 파주시 음식물쓰레기 혐기성 자원화시설

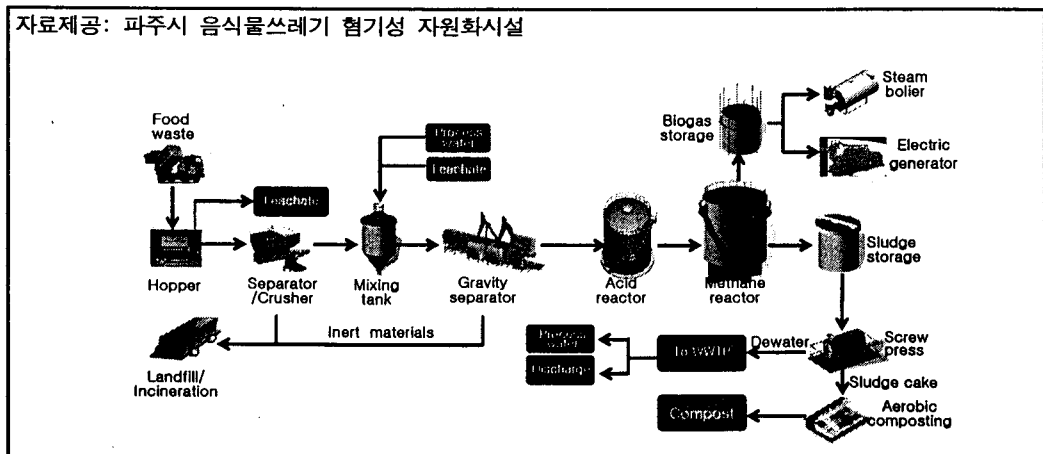


Fig. 3 Two-phase anaerobic digestion process diagram for treating food waste

이의 시설의 경우 높은 폐수처리 비용 때문에 위탁처리하고 있다. 일반적으로 혐기성소화공정을 거친 후 생분해성 유기성 고형물(Volatile solid, VS)을 기준한 음식물쓰레기의 감량화 효율은 80% 정도로 다른 유기성 폐기물에 비하여 상당히 높은 제거율을 나타내는 것으로 평가되고 있다.

#### 4.3 음식물쓰레기의 혐기성 통합소화

Table 5에 나타난 바와 같이 하수슬러지 혹은 축산분뇨와 함께 통합소화 방식으로 처리되는 음식물쓰레기량은 전용 혐기성소화 방식에 비하여 4 배 높은 520톤/일로 조사되었다.<sup>12)</sup> 파주시의 경우 축산분뇨와 함께 통합소화 처리하는 반면, 이외의 시설은 Fig. 4와 같이 기존 하수처리장의 소화조를 음식물쓰레기 처리 시설로 활용하는 하수병합 방식을 적용하고 있다. 음식물쓰레기의 하수병합 방식은 전용 혐기성소화 방식에 비하여 초기 투자비 및 처리비용의 절감 효과 뿐만 아니라 음식물쓰레기의 효과적인 감량화와 자원화 효과를 얻을 수 있는 장점을 지닌다.<sup>5), 10), 13)</sup>

Table 5 Facilities of anaerobic co-digestion

| 소재지        | 시설명       | 시설용량 (톤/일) |
|------------|-----------|------------|
| 서울 강서구     | 서남하수병합시설  | 20         |
| 부산 동래구     | 수영하수병합시설  | 120        |
| 대구 북구      | 신천하수병합시설  | 200        |
| 울산 남구      | 남구하수병합시설  | 40         |
| 경기 파주      | 음식물축분혼합시설 | 80         |
| 강원 속초      | 음식물자원화시설  | 20         |
| 경남 사천      | 음식물공공처리시설 | 20         |
| 경남 밀양      | 음식물류처리시설  | 20         |
| 처리시설 용량 합계 |           | 520        |

Fig. 5에 나타난 바와 같이 음식물쓰레기(FW)와 하수슬러지(SS), 축산분뇨(LV)는 서로 상반되는 생화학적 기질 특성은 지니고 있다. 하수슬러지와 축산분뇨의 경우 음식물쓰레기에 비하여 C/N 비 및 유기물과 고형물 함량이 낮은 반면, 혐기성 소화균의 생육환경에 직접적으로 영향을 미치는 영양성분 및 미량원소 함량은 상대적으로 높다.<sup>10)</sup> 따라서 하수슬러지 혹은 축산분뇨와 함께 음식물쓰레기의 혼합은 영양성분의 균형과 C/N비의 향상 효과로 인하여 소화공정의 안정성을 증가시켜 줄 뿐만 아니라 생분해 가능한 유기성분의 증가에 따른 메탄가스의 발생량 증가와 같은 긍정적인 효과를 얻을 수 있다.<sup>10), 13)</sup> 특히 축산분뇨의 혐기성소화에 있어 음식물쓰레기의 혼합은 종래의 고농도 암모니아로 인한 문제점을 해결하는데 있어 상당히 효과적인 것으로 보고하고 있다.<sup>13)</sup>

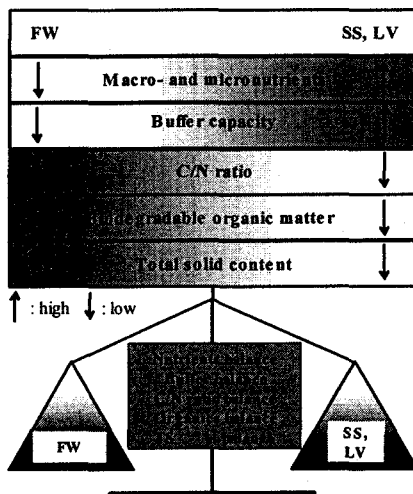


Fig. 5 Characteristics of food waste(FW), sewage sludge(SS), livestock manure(LV)

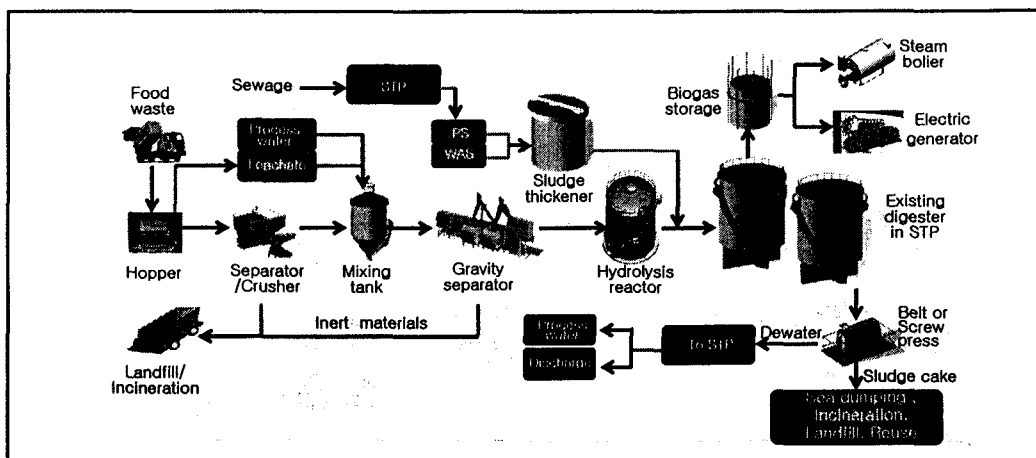


Fig. 4 Anaerobic co-digestion process diagram of sewage sludge and food waste

한편, 음식물쓰레기류와 하수슬러지의 통합소화에 있어 중요한 운전변수중의 하나는 두 고형폐기물의 혼합비율이다. 혼합비율은 처리대상 고형폐기물의 고유한 특성과 소화공정에 따라 다소 차이를 나타내며, 적정 혼합비는 휘발성 고형물(VS)의 제거율 혹은 바이오가스 발생량을 기준으로 평가한다. 음식물쓰레기류와 하수슬러지의 중온 습식 통합소화에서 두 고형폐기물의 적정 혼합비는 총 고형물 함량의 혼합비율이 30~40:60~70 일 때 바이오가스가 가장 많이 발생되는 것으로 보고하고 있다.<sup>10),14)</sup>

#### 4.4 바이오가스의 경제성

정상 운영중인 혐기성소화 공정으로부터 발생되는 바이오가스의 메탄함량은 60~65% 범위이며, 평균 5,500 kcal/Nm<sup>3</sup>의 발열량을 나타낸다.

- 1) 경유를 기준하여 에너지비용으로 환산해 보면,
  - 경유 발열량: 9,200 kcal/L
  - (5,500 kcal/Nm<sup>3</sup> / 9,200 kcal/L) × 1,000원/L = 600원 as 경유/Nm<sup>3</sup> Biogas
- 2) Biogas를 발전할 경우 전력으로 환산해 보면,
  - 가스 발전기 발전효율: 31%로 가정
  - (5,500 kcal/Nm<sup>3</sup> / 860 kcal/Kw) × 0.31 = 2Kw/Nm<sup>3</sup> Biogas

### 4. 결 론

국내외적으로 유기성폐기물의 최종처분은 대부분 매립과 소각에 의존하여 왔으나, 최근에 소각에 따른 다이옥신에 의한 환경피해 사례와 메탄가스가 이산화탄소에 비하여 온실효과가 약 21배정도 높다는 사실이 밝혀지면서, EU, 일본 그리고 미국 등은 생활폐기물의 매립, 해양투기, 소각을 점차적으로 금지하는 환경법 제도정비와 함께 유기성 폐기물의 자원화 및 에너지화를 위한 기술개발에 박차를 가하고 있다. 이에 국내에서도 자원순환형 폐기물관리를 위하여 대표적인 유기성폐기물인 음식물쓰레기와 하수슬러지의 매립을 전면적으로 금지하였고, 자원의 효율적인 이용과 폐기물의 발생 억제, 자원의 절약 및 재활용을 도모하기 위하여 다각적인 노력을 기울이고 있다.

국내 음식물쓰레기의 경우 자원으로서 효용가치가 상당히 높으며, 유용성분을 추출·회수하는 기술은 유기성폐기물의 자원순환형 관리시스템 구축에 있어 무엇보다 중요하다. 혐기성소화는 폐기물의 효과적인 감량화, 재이용화, 안정화를 만족시키는 동시에 유용 에너지원인 메탄가스의 회수가 가능한 기술로써, 향후 범용의 음식물쓰레기 처리 및 자원화 시설로써 뿐만아니라 에너지 생성

공정으로 자리매김 할 수 있도록 기술개발과 보급에 힘써 나가야 할 것이다.

### References

- [1] 김두환, 2005, "음식물류폐기물 관리정책 및 향후 개선과제", 유기성자원학회 춘계학술대회, 13-18, 유기성자원학회.
- [2] Gujer W. and Zender A.J.B., 1983. "Convesion process in anaerobic digestion", Wat. Sci. Tech., Vol. 15, 127-167.
- [3] Kang, H. and Weiland, P., 1993. "Ultimate anaerobic biodegradation of some agro-industrial residues", Bioreso. Tech., Vol. 43, 107-111.
- [4] Cho, J.K., Park, S.C. and Chang, H.N., 1995. "Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food waste", Bioreso. Tech., Vol. 52, 245-253.
- [5] Cecchi, F., Traverso, P.G., Perin, G. and Vallini, G., 1988. "Comparison of co-digestion performance of two differently collected organic fraction of municipal solid waste and sewage sludge", Environ. Tech., Vol. 9, 391-400.
- [6] Danish Energy Agency, 1995. Progress report on the economy of centralized biogas plants, the Biomass Section of the Danish Energy Agency.
- [7] Hedegaard, M. and Jaensch, V., 1999. "Anaerobic co-digestion of urban and rural wastes", Renewable Energy, Vol. 16, 1064-1069.
- [8] IEA, 2001. Biogas and More-Systems and Markets Overview of Anaerobic digestion, IEA Bioenergy Task 37.
- [9] IEA, 2002. Good practice in Quality Management of AD residues, IEA Bioenergy Task 24.
- [10] Heo, N.H., 2004. High-rate anaerobic co-digestion of food waste and sewage sludge for the recovery of biogas, Ph.D. thesis, Chungnam National University.
- [11] Müller, J.A., 2001. "Prospects and problems of sludge pre-treatment processes", Wat. Sci. Tech., Vol. 44, No. 10, 121-128.
- [12] 환경부, 2005. 음식물쓰레기 공공·민간처리 시설운영현황 ([www.foodwaste.or.kr](http://www.foodwaste.or.kr)).
- [13] Mata-Alvarez, J., 2003. Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste, IWA Publishing, London, 111-140.
- [14] Schmit, K.H. and Ellis, T.G., 2001. "Comparison of temperature phase and two phase anaerobic co-digestion of primary sludge and municipal solid waste," Water Environ. Res., Vol. 73, No. 3, 314-321.