



ORIGINAL PAPER

원저

디스포저(부엌용 오물분쇄기)-배수 전처리 방식 별 수질기준

장호남[†], 정창문, 강종원, 최진달래, 박영숙*, 구자공**

KAIST 생명화학공학과, 순천향대학교*, 중원대학교**

(2011년 6월 8일 접수, 2011년 6월 25일 수정, 2011년 6월 28일 채택)

Discharge Standards of Kitchen-Disposer Wastewater by Treatment Types

Ho Nam Chang, Chang Moon Jeong, Jong Won Kang, Jin-dal-rae Choi, Young Sook Park*, Ja-Kong Ku**

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, KAIST, Daehak-ro 291,
Daejeon 305-701, Korea, SoonChunHyang Univ*, Jungwon Univ**

ABSTRACT

Use of disposer at the kitchens of Korean apartments is inevitable in treating their foodwaste having a water content of more than 80%. Also we have to ensure that this extra disposer-foodwaste BOD loadings be treated properly by installing/operating a pre-treatment system before this wastewater enters public sewer system. However, the degree of BOD removal should not be excessive since a BOD/N ratio higher than 5 is required for removing N/P at a municipal wastewater treatment plant. The removal of BOD/N in the pretreatment system rather than BOD alone can be an alternative solution in solving this problem. The particles separated by sedimentation, screen or packed-bed can be anaerobically digested at apartment sites to generate biogas that can be used for simple digester heating and to generate volatile fatty acids (VFAs) for nitrogen removal. We suggest that Korean government grants a temporary license (say for 5 years) to foodwaste treatment companies in collaboration with apartment construction companies which may do business and develop various kinds of disposer-foodwaste treatment systems in diverse wastewater discharge systems of Korean apartments.

Keywords : Disposer, Pre-treatment system of foodwaste, BOD/COD removal, Nitrogen removal

초록

수분함량이 많은 음식물 쓰레기의 특성상 아파트에서는 디스포저를 사용하여 음식물 쓰레기를 처리하여야 한다. 쾌적한 아파트 생활을 위해 배수전처리시설을 설치하여 집단적으로 잉여 오염물을 경제적으로 처리하되, 지나친 BOD 제거 기준 등은 도시하수 종말처리장에서 질소·인 처리에 지장이 없도록 BOD/N의 비율을 5이상으로 유지하여야 한다. 배수전처리시설의 관리 및 규제는 배관방식에 따라 다양한 방법이 개발될 수 있으며 BOD/N을 동시에 전처리시설에서 함께 처리하는 것은 win-win 전략이라고 할 수 있다. 스크린 혹은 침전 방식에 의하여 분리된 입자는 메탄발효로 바이오가스를 발생시켜 혐기조분용으로 사용하거나 혹은 탈질용 휘발성유기산(volatile fatty acids, VFAs)으로 만들어 탈질용 electron donor로 활용하는 것이 타당하다. 정부는 서울시 시범사업과 같은 사업을 약 5년간 기한을 정하여 디스포저 음식물쓰레기 기술개발업체와 아파트 건설업체가 공동으로 기술개발/활용하도록 한다.

핵심용어 : 부역용 오물 분쇄기, 디스포저, 배수전처리 시설, BOD제거, COD제거, 질소제거

1. 서론

1.1 연구배경

우리나라의 음식물쓰레기는 대도시 주민의 50% 이상이 거주하는 아파트에서는 부역용 오물분쇄기(이하 디스포저)를 사용하는 것이 가장 위생적이고 편리하다고 할 수 있다. 우리나라 음식이 수분함량이 많다 보니 다른 쓰레기와 함께 배출할 수가 없어서 세계에서 유일하게 분리수거를 하게 되었다.

음식물쓰레기는 폐기물 중 생활폐기물로 2008년 전체 폐기물 359,296톤/일중 14.5%를 차지한다. 생활폐기물은 다시 가연성(79%)과 비가연성(21%)으로 나누어지며 비가연성은 폐지·폐목재(6.3%), 고분자 화합물(22.7%), 유기성 오니류(57.1%), 기타 (13.7%)로 분류된다. 음식물과 채소류는 0.3kg/(일,인)으로 매년 소량 증가추세에 있다¹⁾. 폐기물은 재활용이 82.3%, 매립이 10.5%, 소각이 5.2%, 해역배출이 2.0%이다. 2012년부터 발효되는 “폐기물의 해양투기를 규제하기 위한 국제조약(런던조약)”²⁾에 의해 음식물쓰레기의 해역배출이 금지되어 그 처리가 더욱 시급한 사항이다.

음식물쓰레기의 일인당 발생량은 0.2~0.3kg/(일,인)으로 여기에다가 총 인구 4,800만 명을 곱하면 9,600~15,000톤/일이 되는 데 현재 알려진 양은 11,000톤으로 하루 일인당은 발생량은 0.23kg정도이다. 이는 수분함유율이 80%이므로 연간으로는 약

400만 톤이며 건조무게로는 약 80만 톤에 달한다.

1.2 정화조, 디스포저-배수전처리, 디스포저-하수처리공정시스템

정화조는 오물처리법에 의하면 “하수도법에 의한 종말처리장으로 통하는 하수관에 연결되지 않은 건물”에는 액상폐기물 정화조를 설치하는 것으로 되어 있다.

그 구성을 보면 1.부패조 2.예비여과조 3.산화조 4.소독조로 구성되어 있으며, 부패조에서는 침전 및 혐기성처리가, 산화조에서는 장기간 폭기로 처리하는 것을 원리로 하고 있다. 부패조의 용량을 보면 5인 이하에서는 $V \geq 1.5(m^3)$, 5-100인 $V \geq 1.5 + 0.1(n-5)$, 500인 이상에서는 $V \geq 51 + 0.07(n-500)$ 을 표준으로 하고 있으며, 장기간 폭기식 정화장치에서는 $n \leq 30$ 명에서는 $V \geq 0.75 + 0.05(n-5)m^3$, $30 \leq n < 500$ 명일 때 $V \geq 2 + 0.06(n-30)m^3$ 로 되어 있다. 500인 기준으로 부패조방식과 장기간 폭기 방식에서 용량을 계산하여 보면 전자는 $51.0m^3$, 후자는 $30.2m^3$ 의 용량이 필요하다.

(1) 정화조의 경우 원래의 목적이 종말처리장과 연결되지 않은 건물로 되어 있고 디스포저를 쓰지 않아 화장실 수의 처리가 주목적이고 오수합병정화조의 경우는 디스포저 음식물쓰레기를 포함하지 않는 일반하수를 포함하므로 분쇄된 음식물쓰레기를 포함하는 디스포저-배수전처리와는 거리가 있다고 하겠다. 그러

나 우리나라 기존아파트, 서울시에서는 아직도 정화조를 설치하고 있으므로 정화조의 역할과 디스포저-배수전처리 방식과의 연계 혹은 그 역할에 대하여 종합적으로 검토하는 것이 타당하다고 하겠다.

(2) 디스포저-배수전처리는 화장실수를 포함하지 않는 처리 혹은 정화조의 기능을 유지하는 배수전처리의 개념이라고 되겠다. 후의 본문에서 이야기하는 일본형 Type A (디스포저-배수, 부엌하수만 분리처리), 한국형 Type B (디스포저-배수, 목욕/세탁수 처리)를 생각하면 되겠다. 위의 두 가지 형태는 주로 적용범위가 서울지역의 정화조가 독립적으로 운영되고 있는 아파트에 적용이 가능하다고 본다.

(3) 디스포저-하수처리공정시스템이란 음식물쓰레기, 목욕세탁수, 화장실수까지 포함하며 처리하는 개념이며 종말처리장에서 질소·인까지 처리를 염두에 두어 아파트에서 배수전처리 시스템을 운영하여 보자는 취지이다. 이 시스템에서는 정화조가 없지만 처리정도가 하수처리장에서 현재의 배출 질소기준을 20mg/L에서 10mg/L까지 낮추는 것을 목표로 할 수도 있다. 이렇게 되면 아파트의 배수전처리시설에서 질소배출량이 현저히 낮아질 수 있고 또 BOD를 낮추는데 많은 에너지를 사용하지 않아도 된다.

여러 가지 처리 방식 중 정화조 방식, 디스포저-배수전처리, 디스포저-하수처리공정시스템의 차이점을 이야기 하자면 디스포저-정화조 방식이 가능한지를 먼저 고려해야한다. 디스포저를 쓰지 않는 경우 정화조 방식이 가능하지만 디스포저를 사용하여 정화조에 쓰지 않았을 경우에 정화조 방식에 비해 훨씬 많은 BOD가 유입된다면 현실적으로 가능 하느냐를 고려하여야 한다. 정화조 방식의 취지는 설치용적이 후자의 두 가지 방식보다 훨씬 큰 대신 별도로 가운을 하지 않는다는 장점이 있다. 그러나 이런 경우 계절에 따라 처리 효율이 달라지고 예를 들어 3000가구 아파트 단지에 설치되었다고 한다면 혼합, 처리 등에서 많은 문제점을 야기할 가능성이 있다.

최근 환경부에서는 고시 2009-70호(2009.5.4)로 “건축물의 용도별 오수발생량 및 정화조 처리대상인원 산정방법”을 공고한 바 있다³⁾.

본 연구는 이제까지 아파트에서 디스포저를 이용하여 분쇄된 음식물쓰레기 관련 현장실증 연구를 검토하여 보고 디스포저 사용이 전면 허용되었을 경우에

대비하여 생길 수 있는 여러 가지 문제점을 사전에 검토하고자한다⁴⁾.

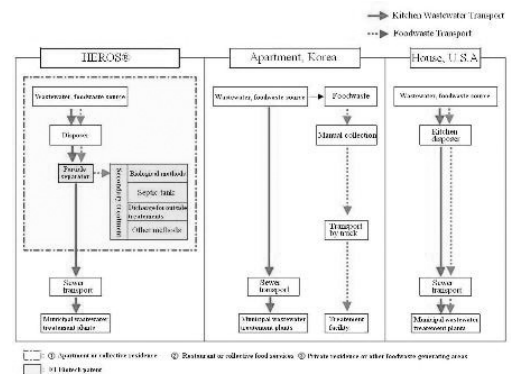
2. 본론

2.1 디스포저 배수 전처리

부엌에서 디스포저를 사용하여 종전에 외부에 배출하던 음식쓰레기를 처리하게 되면 가정에서 일시 음식물쓰레기는 보관할 필요도 없고 또 아파트 외부의 대형 음식물쓰레기 분리수거통도 자취를 감추게 된다. 아파트 주민들이 직접 음식물쓰레기를 버리는 불편함은 없어지고 쾌적한 미국형의 주택생활을 하게 된다.

[Fig. 1]은 KAIST/이원바이오택(주)(이하 KAIST-이원)에서 개발한 HEROS 시스템의 모식도이다. (A)란의 HEROS는 “Hands-free, Hygienic, “Energy-saving”, “Residue-free”, “Odor-free” and Space-saving”의 머리글자를 딴 것으로 디스포저를 사용하기 때문에 음식물쓰레기에 “손을 대지 않고”, “위생적이고”, “에너지도 적게 들고” “잔재물이 없고” “냄새가 없는” 처리 시스템 인데 저자가 이상적으로 생각했던 일종의 개발 목표라고 하겠다. 무잔재물에 대한 개념은 본연구자가 지도한 KAIST석사과정 졸업논문에서 가능성을 찾았다⁵⁾. 이러한 목표가 달성되었는지는 “결과와 토론”란에서 논하도록 하겠다. “B”는 현재 우리나라에서 시행하고 있는 “수거시스템”이며 “C”는 현재 미국에서 시행하고 있는 “부엌오물분쇄기”를 이용한 소위 “직배출” 시스템이다.

일본에서도 유사한 시스템이 많이 있고 우리나라 보



[Fig. 1] Food waste treatment methods of world.

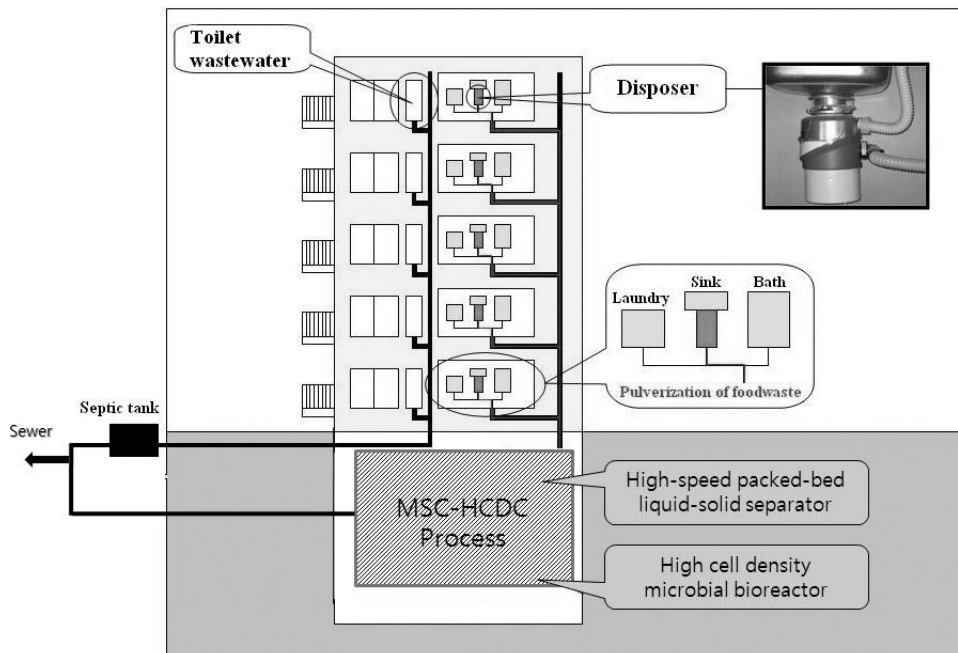
다 일찍이 일본 건설성의 주도로 1994~1996년 동안 유사한 시스템이 개발되어 현재 매년 6만가구가 이용하고 있고 누적 가구 수는 30만에 이르고 있다⁷⁾. HEROS시스템과 일본기술과의 차이점은 일본시스템은 고형분을 “침전(sedimentation)” 방식을 통하여 분리하는 데 비해서 KAIST/이원의 HEROS시스템은 스크린^{8)~10)} 혹은 충전탑¹¹⁾을 이용한 “여과(filtration) 방식”을 이용하는 데 특징이 있다. 여과 방식으로 분리된 음식물 쓰레기는 1) 외부 배출 처리 2) 생물학적 처리 3) 정화조 처리 4) 기타 방식으로 처리가 가능하다.

[Fig. 2]는 우리나라에 많이 채용하고 있는 하수배관 방식은 Type B형 아파트로 부엌하수와 목욕/세탁수가 각 층에서 합쳐져 지하로 내려오고 화장실수도 각 층에서 합쳐서 지하까지 별도로 내려와 정화조를 거쳐 외부로 배출된다. 일본식 배수전처리시스템은 부엌하수만 처리를 하는 Type A 형이고, 부엌, 목욕/세탁수, 화장실수까지를 합해서 처리하면 Type C 형이라고 저자들은 명명하였다. 최근 서울시에서 거론하고 있는 부엌+화장실수를 합해서 처리하면 Type D

형이라고 한다. Type B형은 부엌하수와 목욕세탁수가 합쳐져 있고 화장실 수가 별도의 배관으로 되어 지하실에 가면 두 개의 배관이 외부로 “부엌, 목욕/세탁수”관 과 “화장실”전용관이 각각의 하수를 도시 공공 하수관으로 하수를 배출하고 있다. 지금은 법이 개정되어 정화조를 설치할 필요 없지만 (대전시 유성구 노은동), 옛날에는 “정화조” 설치가 법적으로 의무화 되어 있어 화장실 수는 “정화조”를 거친 후에 외부로 배출 되는 데 두 개의 관에서 각각 배출된 하수는 외부에서 합쳐진 후에 공공도시하수관으로 배출 된다. “정화조”의 설치 위치는 대전시 유성구 도룡동 KAIST 교수 아파트의 경우에 Type B형 이지만 정화조는 두 개의 배관이 합쳐진 후에 설치되어 있고 하수 처리시설까지 설치되어 있어 하수 처리 측면에서 보면 Type C형이라고 보면 된다.

2.2 배관별 처리 방식 유형과 배출 수질

요즘 신축되어 분양되고 있는 아파트는 대개 30층 이상 고층이며 삼성물산, 대우건설, C&우방 및 대림건설이 시공하여 2008년 7월 입주를 시작한 서울



[Fig. 2] Pplings of Type B apartment in Korea.
 MSC-HCDC : multi-stage continuous high cell density culture.

특별시 송파구 잠실 리센츠 아파트의 경우는 단지 총 면적이 500mx500m규모에 세대수도 3300세대(주거 인구 약 10,000명)로 65동의 아파트로 구성되어 있다. 각동은 25층, 30층에 이르는 빌딩이 2개~7개의 빌딩으로 구성되어 있는 대형 아파트 단지이다. 우수가 하수관거의 하수와 합쳐지는 합류식 하수관거와 하수와 우수가 서로 분리되어 서로 섞이지 않는 분류식 하수관거로 나눌 수가 있는 데 현재까지 지어져 있는 아파트는 거의 대부분이 모두 합류식이고 최근 지어진 아파트 들은 분류식이라고 보면 된다.

2.2.1 배출 유량과 반응체류시간

아파트 하수의 배출원은 부엌, 세탁수, 목욕탕, 화장실수가 있다고 하겠으며 이들 하수관들은 고층 아파트의 경우 각 세대에서 층별로 합쳐서 모두 지하실 까지 독립적으로 내려와 있다. Type B 형은 지하실에 두 개의 배관으로 합쳐져 최종 배출되고 Type C형은 모든 배관을 합쳐서 하나의 배관으로 외부로 배출한다고 보면 된다. [Table 1]에는 각 배관별 처리 방식 유형을 A, B, C D로 나누어 분류하고 이 방식들 간의 장단점을 살펴보기로 하겠다. 참고로 부엌에서 하루 일인당 하수 발생량은 디스포저를 사용할 경우 35lpcd (liter per capita.day)라고 하고 목욕/세탁수는 120 lpcd, 화장실수는 50lpcd로 일본기준을 사용하였다³⁾.

종합적으로 4가지 유형을 비교평가하면 질소·인의

처리에 관해서는 질소와 인이 화장실수를 통해서 배출되므로 화장실수를 포함하지 않는 Type A와 Type B는 질소·인 처리의 필요성이 거의 없는 대신 화장실수를 포함하는 Type C와 D는 질소·인의 처리가 매우 필요하다. A형 처리는 일본식으로 음식물쓰레기만 모아서 처리하므로 반응시간이 길어 같은 기술일 경우 반응기 용적을 적게 만들 수 있는 장점이 있다. 그러나 지하실 배관이 자주 막힐 수 있고 결정적으로는 질소·인을 처리할 수 없다는 것이 가장 큰 단점이다. Type B형은 유량도 풍부하고 막힘 현상이 없으나 질소·인을 처리할 수 없다. Type C형은 배관수가 하나로 가장 간편한 시스템이며 질소·인 처리가 가능하다. 일종의 소형하수처리장을 아파트 단지에 설치하는 셈이다. Type D형은 반응체류시간도 길고 질소·인의 처리가 가능하다. 요약하면 부엌하수는 많은 탄소원을 포함하고 있고 화장실 수는 많은 양의 질소와 인이 포함되어 있어 이들을 잘 활용하여야 도시하수 종말처리장에서 질소·인의 처리 부하량을 줄일 수가 있다.

2.2.2 유형별 배출 수질

(1) 디스포저에 의한 BOD 및 질소·인 부하량 (무처리 상태)

디스포저를 사용하면 기본적으로 부엌유래의 음식물쓰레기가 BOD를 증가시키고 또한 여기에 포함된

[Table 1] Comparison of Design Variables in Various Treatments Methods

Variables \ Types	Type A	Type B	Type C	Type D
Piping connection	K, S+T	K+S, T	K+S+T	K+T, S
Flow rate-lpcd	K - 35	K+S - 155	205	K+T- 85
Residence time, relative	5.85	1.32	1	3.53
Reaction time	longest	short	shorter	longer
Flow rates	lowest	higher	highest	shorter
N-treatment	none	none	possible	possible
Piping number	2	2	1	2
Overall ranking	4	3	1	2
Notations	K: kitchen, S: shower/laundry, T: toilet			

약간의 질소와 인도 증가시킨다. 즉 괄호안의 19gpcd의 BOD와 1.06gpcd의 N 그리고 0.2gpcd의 P도 증가시킨다. [Table 2]는 배수전처리시설의 유입수의 수질을 정하는 유량 및 BOD, COD, SS, T-N (NH₄-N 포함) 과 T-P를 보여주고 있다.

[Table 2]에서 유량과 BOD는 일본의 것을 사용하였고 SS, N, P 것은 최의소¹²⁾의 자료를 인용하였다 이렇게 계산된 자료는 최근 환경부 고시 2009-70에서 발표한 디스포저가 없는 유량, BOD와 일치 한다¹⁰⁾. N/P는 대략 5 내외(5.23)이고 BOD/N의 비는 7.5이다. 질소를 nitrification/denitrification을 거쳐 생물학적으로 처리하자면 질소 1g당 1.71mgO₂가 소모될 것이다. NH₃는 N의 (-3)의 값을 가지므로 산화가 많이 된 상태, NO₃-(N=+5)에 에너지 준위가 가장 높다고 하겠다. 그러므로 이를 그대로 회수하거나 혹은 이 환원력을 이용하여 anammox 공법을 이용하는 것이 methanol 혹은 탄소원을 이용하는 것보다는 유리하다고 볼 수 있다^{13),14)}.

(2) 처리 유형별 배출 수질

2절의 디스포저 배수 전처리에 논의된 배관형태에 따라 배관유형은 A, B, C, D로 나눌 수가 있으며 배수 전처리시설을 기준으로 유량과 수질을 q1,w10 나머지 배관 유량과 수질을 q2,w2라고 하고 배수전처리 시설에서 처리된 수질을 w11라고 하면

각 배관 유량과 수질에 대한 관계는 아래와 같다.

$$q3=q1+q2 \dots\dots\dots (1)$$

$$q3w30 = q1w10 + q2w2 \dots\dots\dots (2)$$

$$q3w3i = q1w11 + q2w2 \dots\dots\dots (3)$$

식 (2)는 음식물 쓰레기 투입이전의 수질을 의미한다. 표 3에서 Type A의 예를 보면 q1은 투입 전은 30lpcd, 투입 후는 35lpcd 가 되며 BOD 부하는 q1이 37 ([Table 2]에서 18+19=37)gpcd이며 이때의 농도는 1,057mg/L가 된다. q2의 경우는 화장실(T)의 18g, shower and laundry의 9g을 합치면 27gpcd가 된다. 농도는 유량으로 나누어 158.8mg/L가 된다. w30은 디스포저 설치 이전의 총 BOD loading으로서 40gpcd를 나타내며 Type A의 경우는 w11, 배수전처리 시설 통과 후의 BOD loading, 40 gpcd와 농도 600mg/L를 나타낸다. 즉, 이것을 표준으로 하여 설치이전보다 감소된 총 BOD로 처리정도를 짚 수 있다.

w33은 40gpcd에서 25gpcd로 줄인 것을 보여주고 있는데, Type A의 경우 w11은 3g, 농도는 85.7mg/L가 된다. Type B는 77.4mg/L, Type C는 121.9mg/L, Type D는 188.mg/L가 된다. Type C는 하수처리장의 유입수와 같은 값으로 Type C의 농도는 배관유형(Types A, B, C, D)과 상관없이 하수처리장으로 유입되는 농도가 된다.

(3) 배수전처리시설 성능평가기준

① 아파트 단지 최종 배출 수 기준

[Table 2] BOD, N and P Loadings of Disposer Wastewater

Items	Mixed water (K+S)	Toilet (T)	Sum	Concentration(mg/L)
Flow rate(lpcd)*	155	50	205	
BOD(g)*	18+(19)+9	13	40 (59)	200 (287.8)
COD(g)	34	48	82	400
SS(g)	12	45	57	278
T-N(g)	1.06	7.6	8.9	43.4
NH ₄ -N(g)	0.122	2.9	3.02	14.7
T-P(g)	0.20	1.5	1.7	8.29
PO ₄ -P(g)	0.14	1.2	1.34	6.5

*BOD loading () represents Korean version of 19gpcd instead of Japanese 27.5gpcd⁷⁾. Flow rates:180l=>205lpcd, toilet BOD 24=>13gpcd¹¹⁾.

여러 가지 배관형태 즉 Type A, Type B, Type C, Type D에서 처리 후 수질은 아파트 단지에서 공공하수도영역으로 배출되는 지점에서 평가하는 것이 가장 적합하다. 이럴 경우 어떠한 형태의 전처리시설을 사용하던지 전처리 평가기관에서는 크게 관여할 것이 없다. 즉 w31만 정하면 된다. 예를 들어 w32를 성능기준으로 정하면 아파트 단지의 전처리시설과 공공하수도의 경계지점에서 Type C의 w32를 보면 된다. 즉, BOD가 146.3mg/L이하인지 아닌지만 검사하면 되기 때문이다.

② 배수전처리시설 배출수 기준

그러나 이것이어려울 경우는 전처리시설 방류수 즉 w11의 수질을 측정하는 것이 합리적이다. 단 그 값은 전처리 시설 배관 형태에 따라 변할 수밖에 없다. 즉,

Type A의 경우 171, Type B 109.6, Type C 146.3, Type D일 경우는 247.0 mg/L를 적용하면 된다.

③ 전처리 시설의 처리도

전처리 시설에서 어느 정도까지 처리한 수질을 허용하느냐는 하수처리장에서 최종처리와의 관계를 고려하여 정하는 것이 필수적이다. 왜냐하면 BOD(즉, 탄소원)는 도시하수 종말 처리장에서 질소를 제거하는데 필수적이며 너무 낮을 경우 활성오니법자체를 운영하기가 힘들게 된다. BOD를 제거할 때는 질소·인 처리와 연계하여 제거하는 것이 합리적이다. 질소 1mg을 제거하는 데는 COD 5mg가 필요하다. 그러나 질소는 균체를 형성하는 데도 필요하므로 완전히 질소를 제거할 필요는 없다. 질소와 BOD를 상호 보완적으로 규제하는 것도 한 방법이다. 그러나 상당한 연

[Table 3] Effluent BOD of Various Piping Methods

Types	Type A	Type B	Type C	Type D
piping				
q1, q2 (lpcd)	35, 170	155, 50	205	85,120
w10,w2 q1=30	37(1,057) 27(158.8)	46(296.7) 13(260)	59(287.8)	50(588.2) 9(75)
w11: BOD, loading (concentration, mg/L)				
w30(40)	18(600)	27(180)	40(200)	31(387.5)
w31(40=>35)	13(371)	22(141.9)	35(170.7)	26(305.8)
w31-Japan	10.5(300)	19.5(125.8)	32.5(158.5)	23.5(276.4)
w32(40=>30)	8(171)	17(109.6)	30(146.3)	21(247.0)
w33(40=>25)	3(85.7)	12(77.4)	25(121.9)	16(188.2)
w34(40=>20)	N.A.	7(45.1)	20(97.5)	11(53.6)
Notations	K: kitchen, S: shower, laundry, T: toilet			

w10 : influent BOD loading to disposer wastewater treatment facility(DWTF), w11 : effluent of DWTF, w2 : bypassing stream of DWTF, w30 : effluent quality of wastewater prior to disposer-food waste, w31 : effluent BOD loading with zero food waste=>effluent BOD loading (40gpcd=>35gpcd), w31 : japan represents Type A based regulations for Type B, Type C and Type D.

구 후에 규제치를 정하는 것이 바람직하다.

2.3 실험 및 고찰

2.3.1 배출 수질

일본에서 디스포저를 허용하는 기준을 한국의 가정 혹은 아파트에 적용하기 위하여 첫 실험 대상으로 삼은 곳은 Type B형으로 서울특별시 강남구 55평형 90가구 (15층x6줄) 아파트였다. 그러나 하수의 수질을 측정할 곳은 생활하수와 정화조를 거친 화장실수가 합쳐진 곳에서 측정하였기 때문에 Type C형 하수라고 보면 된다. BOD와 COD의 관계를 측정하기 위해 Type B형 아파트[Fig. 2]에서 주로 매일 09시에 채수를 하여 측정하였다. 하수량과 COD, BOD, SS농도가 시간에 따라 계속 변하기 때문에 하루에 한번 측정할 시에는 24시간 중 하수량, 농도, 오염질량(mass rate)이 하루의 평균을 나타내는 시간이 아침 9~10시이므로 이 시간에 sampling을 하였다. 다른 측정 방법은 24 시간 동안 시간대별로 수량과 수질을 측정하여 사중평균으로 수질을 정하는 방법이 있지만 현실적으로 기계를 쓰지 않고서는 불가능하다¹⁵⁾. 측정방법은 한국의 BOD 표준시험법으로 수행하였고 COD는 크롬법을 사용하였다¹⁶⁾.

4월~12월 동안 주말을 제외하고 측정 하였다. 10월~12월 사이에 COD가 높은 것은 김장철에 BOD에는 잡히지 않는 채소 찌꺼기들이 COD에 많이 측정되어 높게 나온 것으로 보인다. COD/BOD비율은 2정도였다. BOD값은 207mg/L 정도로 Type C형의 200mg/L에 가까운 값이다. 권은미 등¹³⁾이 보고한 155.4mg/L와는 차이가 있으나 측정치에서 보는 것처럼 워낙 변동이 심해 측정에 의한 값보다는 개인 당 배출량도 아파트에 따라 차이가 있을 수 있고 또 같은 량이라도 물을 사용하는 양에 농도에 차이가 있을 수 있음을 감안해야 한다. 미국에서 일인당 하수 발생량은 180lpcd에서 590lpcd로 다양하며 이때의 BOD농도는 230mg/L에서 70mg/L까지 변할 수 있다.

시간대별로 유량, BOD등은 하수·폐수 처리 공학 교과서에 보고되어 있다¹⁷⁾. 최고유량/최저유량과의 비를 peak factor라고 하는 데, 대상 가구 수가 많아질수록 peak factor는 줄어든다.

2.3.2 HEROS 기술개발 (1999~2008)

(1) HEROS공법의 개발

HEROS기술은 장호남교수가 1990~2000년까지 10년 동안 한국과학재단(KOSEF)의 생물공정연구센터를 KAIST에 유치하여 운영하였다. 센터 운영 중 개발한 각종 생물공정기술을 활용하여 한국의 음식물쓰레기 문제 해결을 위해 나선 것이 1999년 이원바이오텍(주)의 설립이다. 벤처설립 시에 과학기술부로부터 지원을 받아 15m³규모의 mixed tank 바이오가스 생산시설을 가동하면서 음식물쓰레기 문제가 얼마나 해결하기 어려운지를 알게 되었고, 아파트에 설치가 금지되었던 디스포저를 사용하는 것을 가정하고 이로 인한 추가영양염류를 지하실에서 처리하는 아이디어를 갖게 되었다. 미국 실리콘밸리에 벤처자금 투자 얻으러 가기도 했고 LA에 디스포저를 구입하러 갔다가 일본이 이미 국가차원에서 관련기술을 개발을 한 것을 알고 많이 실망하기도 하였다.

나중에 알고 보니 일본은 부엌에서만 나오는 디스포저-음식물쓰레기 하수만 처리하는 것으로 특화되어 있었고, 우리나라는 화장실 수만 독립적으로 정화조를 거치고 나머지하수(부엌+목욕/세탁수)는 지하실까지 내려와 바깥으로 배출되는 것을 알고 우리나라에 적용되는 것은 우리나라에서 개발해야 된다는 생각을 갖게 되었다. 가장 어려웠던 문제는 많은 양의 하수에 포함된 분쇄된 음식물쓰레기의 회수였다. 일반적인 스크린 방식은 모두 실패하였는데, 이원바이오텍(주)의 장승택연구원의 제안으로 회전식 스크린을 사용하여 성공적인 분리가 가능했다. 2000~2004년 동안은 분리된 음식물쓰레기를 중온 혐기성 발효를 하여 메탄가스가 잘 발생됨을 알았고¹⁸⁾, 이어 중소기업청의 지원으로 KAIST 4가구 교수아파트(유성구 도룡동)에서 회전식 스크린이 1년간 성공적으로 운전됨을 알았으며, 이는 HEROS기술을 최초로 아파트에 적용한 것으로 KBS 등 언론에 보도되었다¹⁹⁾.

(2) MSC-HCDC 공법에 의한 디스포저-배수 전처리

HEROS기술의 분쇄된 찌꺼기와 하수를 분리하는 회전식 스크린 방식은 45가구까지는 문제없이 잘 작동하였으나, 대규모아파트에서는 문제가 있을 것임을

예상하였고 대규모에서의 반응 효율화를 위해 생물공정에서 개발된 다단계 미생물고농도 반응기(MSC-HCDC)를 도입하여 BOD/입자 처리 반응을 가속화시켰다. 이 공법은 분쇄된 음식물쓰레기가 포함된 하수를 상향 충전탑 방식을 이용하여 입자가 많이 포함된 stream(particle rich stream, PRS) 과 입자가 적게 포함된 stream(particle poor stream, PPS)으로 분리한 후 각각 다른 체류시간을 이용하여 호기성 혹은 혐기성으로 처리하는 기술로 처리하는 데, 시간이 많이 걸리는 PPS는 체류시간을 오래 적용하여 처리하고 PRS는 수 시간의 체류로 처리하는 기술이다. 이렇게 처리된 PPS와 PRS는 합쳐서 배출해도 좋을 만큼의 수질이며 no-residue 처리공정의 기본 원리이기도 하다.

아래 [Table 4]는 청담동에서 실행한 MSC-HCDC 공법의 연구결과 (A)와 서울시에서 시행한 시범사업 (B)를 서로 비교해 주고 있다. MSC-HCDC공법은 Type B형 기술이고 서울시 시범사업은 Type A형으로 하수의 양이 Type B형의 1/4.4에 불과하다. 체류

시간이 훨씬 길며 둘 다 BOD 저감효과는 우수한 편이다.

서울시에서 설정한 BOD 상한선은 100mg/L로 이를 잘 만족하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 전술한 [Table 3]에서 보면 w32에 해당하는 것으로 Type A에서 BOD 85.7은 Type B에서는 77.4, Type C에서는 121.9, Type D에서는 188.4로 지나친 BOD 감소는 하수가 도시 종말처리장에 도달했을 때 질소·인 처리를 어렵게 한다.

2.4 기타 고찰

2.4.1 전처리 처리수의 수질 변화와 수질 검사 방법

분쇄기를 설치하기 전의 아파트에서 공공하수도로 배출하는 배출수의 수질에는 많은 변화가 아주 심한 것을 알 수 있었다. 따라서 유출수의 수질을 알기 위해서는 적어도 sampling을 같은 시간대 예를 들면, 9:00시에 여러 번 계속하여 평균을 취하는 것이 바람직하다. 하루의 시간대를 나누어 여러 번 sampling

[Table 4] Effluent Water Quality of Commercial Apartment Experiment

A : Jinheung 90 households apartment (Type B) 45 households participated (50% disposer-installed, period : 2008.2~12)²⁰⁾

division	Total hydraulic loading (lpcd)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
Without disposer	4.72m3/day(30.0)	180*	220*
Disposer installed (influent)	5.51m3/day(35.0)	61.4 (238.3*)	70*(262.1*)

*Estimated values from several measurements: SS=110% of BOD values.

B: Daejupiore 191 households apartment(Type A) in the pilot experiment run by Seoul City municipal government (period: 2009.01~05)

division	Total hydraulic loading (lpcd)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
Without disposer	23.6m3/day(29.6)	277	292
Disposer installed (influent)	27.2m3/day(34.0)	36 (864)	30 (613)

을 하여 평균값을 취하는 것도 한 방법이다. 그러나 중요한 것은 각 가정에서 배출되는 하수의 양이나 수질이 일정하지 않다는 데 문제가 있다¹⁵⁾⁻¹⁷⁾.

배수전처리시설을 설치하여 그 성능을 평가하는 데 있어서 수질이 매일 변화는 데는 한차례의 sampling 보다는 여러 차례의 sampling (적어도 일주일)을 하든지 아니면 자동 sampling device를 설치하는 방법이 있으나 이는 아직 가격문제가 있어 소규모 시설에 설치하기가 힘들다.

한 가지 제안 할 수 있는 것은 배수전처리시설에 대한 경험이 없는 우리나라로서는 전처리시설을 설치한 후에 1년 정도 monitoring을 한 후 이를 바탕으로 일본식의 방법을 도입하는 것도 한 방안이다.

2.4.2 디스포저-배수전처리 제반 문제들

(1) BOD/COD +질소· 인의 처리

질소는 생물의 탄수화물, 지질, 단백질 중의 하나인 단백질에 구성요소인 아미노 그룹에 포함되며 각 아미노산을 연결해주는 아미드 본드(NHCO)로 존재한다. 또 “N”을 포함하는 arginine, histidine, lysine, asparagine, glutamine, tryptophan은 “N”을 side-group으로 포함하고 있다. 균체의 구성 성분을 분자식으로 C₅H₇O₂N으로 표시하면 분자량은 113이며 질소의 원자량이 14이므로 무게비%는 12.39%가 된다.

질소처리와 관련된 “산소요구도”와 “질소수지”는

산소요구도 = “BOD산화” + “균체분해” + “질산화” - “탈질산화”로 구성된다.

질소수지 = “균체생성” + 질산화로 의한 감소 - “탈질화”로 액상 질소 감소로 이어진다. “질산화”에 대한 산소는 NH₃-N 1mg당 4.33mg이 필요하다.

질소와 인은 생물체의 중요한 구성요소이면서도 C,H,O,N 중 유일하게 CHO는 CO₂, H₂O로 최종 처리 되어 공기 중으로 배출되거나 액상 물로 변환되나 N, P는 끝까지 남아 잘 처리하지 않으면 부영양화 (eutrophication)를 일으키는 요인이 되기도 한다. 일찍이 선진국들은 자국의 필요에 따라 하수처리장의 질소/인 배출량을 10ppm/ 1ppm으로 제한하기도 하였으나 우리나라는 초기에는 60/8ppm에서 시작하여 최근 20/2ppm까지 규제를 한 적이 있다. 그러나 4대 강 사업과 관련하여 가장 엄격한 규제 요건인 20/0.2ppm까지 하려는 움직임이 있다[Table 5].

2.4.3 No residue 공정은 과연 가능한가?

최동원 등은 그의 KAIST석사논문에서 음식물쓰레기를 혐기성으로 처리하면 잔재물이 남지 않고 모두 액체화 하는 것을 관찰하였다¹⁾. 이 결과는 돌, 흙, 모래 등 분해되지 않는 협잡물이 포함되지 않은 음식물 쓰레기는 100% 액체화 된다는 것을 보여주는 연구결과이다. 따라서 본 연구자들은 가정용 음식물쓰레기 처리공정의 목표를 No-Residue로 정하게 된 것이다. 현실적으로는 모래, 흙 등 생물학적으로 분해되지

[Table 5] Discharge Standard of Wastewater Treatment Plants

Period	BOD	COD	SS	TN	TP	E. coli
2008.1.1~	30	40	30	60	8	
Present, Q>50m ³	10	40	10	20	2	3000
Q>500m ³ (2012.1.1~)	I) 5	20	10	20	0.2	
	II) 5	20	10	20	0.3	
	III) 10	40	10	20	0.5	
	IV) 10	40	10	20	2	

All the units are “mg/L”, the number means “below”: BOD 30 means that BOD should be lower than 30mg/L

않는 협잡물이 있으므로 no-residue 공정이 되지는 않지만 이들을 생물학적 처리 전에 혹은 처리 후에 제거한다면 no-residue공정이 가능한 것이다.

2.4.4 디스포저 전처리에 의한 에너지 소모

김갑수, 유기영⁷⁾에 의하면 디스포저의 월 평균 전력 소모는 2.7kwh가 될 것으로 추정하고 있다. 근래에 시판되는 음식물쓰레기 건조기는 월 12-75kwh가 소모 되는 것으로 알려져 있다. 3.5인 가구에서 발생하는 음식물쓰레기는 습식중량으로 250gpcd × 3.5 × 30 = 26.25kg이다. 음식물쓰레기는 수분을 80% 함유하고 있으므로 이를 전기열로 100% (수분함량 0%) 건조하면 21kg의 수분을 제거해야 한다. 전력량은 1kwh가 가진 열량이 861kcal이고 수분 1kg당 증발열은 619kcal 이므로 총 소요 전력량은 21×619/861=15.1kwh이다. 수분함량을 50%로 낮추는 데는 15.5kg을 제거해야 하므로 11.4kwh가 든다. 위의 계산은 열전달 효율 100%로 가정하고 계산한 값이므로 실제로는 더 많은 전력이 소요될 수도 있다.

디스포저 배수 전처리 시설에서 소요되는 전력은 강남구 청담동 45가구 실험에서 측정하였는데 최적화된 값이 아니다. 우선 디스포저가 50% 밖에 설치가 되지 않았기 때문에 disposer waste가 적게 배출되었을 수도 있어 이를 감안하였다. 이 때 한가구당 전

기료는 12kwh~15kwh였다. 향후 대규모 시설에서 공정최적화를 한다면 더 줄일 가능성이 있을 것으로 본다. 위의 KAIST기술은 입자를 호기성/혐기성으로 완전 용해시켜 제거하는 무입자 배출 기술이고 또 설치면적이 다른 기술에 비해 훨씬 적은 것이 특징이다.

2.4.5 디스포저 설치 면적 비교⁷⁾

일본 도쿄 오사키 시타타워 배수전처리시설의 경우는 지하 2층, 29층, 271가구의 공동주택에 Type A형의 디스포저 음식물쓰레기 배수전처리 시설을 설치하였다. 시설규모는 길이 20m, 폭 7m이고 건설비는 3000만엔 (가구당 11만엔)이고 일인당 하수배출량은 35lpcd였고, 총 배수량은 33m³/day였다. 수질은 유입수질이 BOD 1,300mg/L, SS 1,343mg/L, 방류수질이 BOD 10mg/L, SS 10mg/L, n-hexane 20mg/L이다. 월운영비는 공동주택 전체 7만엔, 가구당 258엔으로 공동관리비가 가구당 1만엔의 3%수준이다.

진흥아파트 (강남구 청담동 45가구) Type B형태의 건설비는 가구당 100만원 내외로 가구 수가 늘어나면 더 줄어들 수도 있겠지만 상업시설로 설치하면 더 고급화하여 비싸질 수도 있을 것이다. 필요시설 면적은 HEROS-3 (15가구), HEROS-4 (45가구)를 기준으로 200가구를 설계하였을 때 예상되는 총면적은

[Table 6] Comparison of MSC-HCDC with Other Treatment Methods

	MSC-HCDC	Japanese	Remark
Piping types	Type B	Type A	
Loading(lpcd)	155	35	
Effluent BOD,mg/L	60 mg/L	10mg/L	
Particle separation	packed-bed	sedimentation	
System technology	MSC-HCDC	conventional	
Required area (number of house holds)	1 (200)	5.4 (271)	relative area per household
Energy use (monthly)	12kwh	258Yen	per household

MSC-HCDC uses all the reactors in one compartment while "conventional" places several reactors connected with pipes and pumps. * means number of households in design.

19m² (층고 3m)로 가구당 소요반응기 용적은 0.285m³였다. 일본의 경우는 140m²x3m=420m³ 한 가구당 공간 용적은 1.54m³로 Type B HEROS기술의 5.4배였다. 그러나 HEROS기술은 아직 대형아파트에 적용된 적이 없어 같이 비교하기는 힘들겠지만 MSC-HCDC기술의 특성이 반응기를 서로 연결하거나 큰 반응기에 칸막이를 한 상태이기 때문에 용적을 적게 사용하는 것으로 생각된다.

2.4.6 입자 처리

(1) 입자분리

음식물쓰레기는 원래 수분 80%의 고형분이다. 이것이 디스포저를 통하여 분쇄되면서 물이 첨가된다. 부엌하수 (Type A)의 경우 고형분 농도가 1,067mg/L가 되며 습중량으로는 5,335mg/L(약 0.5%), Type B의 경우 습중량은 1,488mg/L, Type C의 경우 습중량은 1,438mg/L, Type D의 경우 습중량은 2,941mg/L이다. 이들은 중력침전, 상향류 충전탑여과⁶⁾, 필터프레스, 원심분리기 등의 방법을 쓸 수 있다. 필터프레스가 가장 고형분을 완벽하게 분리할 수 있을 것이나 가격, 설치장소 등을 고려할 때 적절한 방법은 아니라고 본다. 속도는 느리지만 침전, 분리속도가 빠르고 농축율을 마음대로 조절이 가능한 상향류 충전탑 여과가 가장 경제적이다. 외부로 고형분을 농축하여 운반할 때는 필터프레스를 고려할 필요가 있을지도 모르나 현장에 무잔재물 형태로 처리하면 슬러지 수거의 필요성이 없기 때문이다. 한마디로 무인운전, 무슬러지 형태로 운전하는 것이 가장 바람직하다.

(2) 고형분 문제

직배출이 가장 문제가 되는 것은 디스포저를 사용함으로써 사용하기 전에 비해 입자고형분이 많이 증가한다는 점이다. 디스포저를 사용하기 전에도 음식물쓰레기 하수에는 고형분이 많고 아파트 근처 하수는 물론 공공수역의 하수도에서도 고형분이 침전하여 혐기적으로 부패/분해되어 메탄가스로 되며 이 때 많은 악취가 발생함은 물론이다. 참고로 메탄가스는 CO₂의 20배 이상 온난화 효과가 있는 온실가스이다. 아파트의 배수전처리시스템에서 1) 질소제거를 하지

않는 경우는 음식물쓰레기하수에서 입자만 잘 제거/처리하고 BOD를 150~200mg/L정도로 낮추어서 배출하면 도시하수 처리장에서는 큰 문제가 없을 것이며 2) 질소제거를 하는 경우 입자 제거는 물론 BOD가 낮게 처리 될수록 도시하수종말 처리장의 최종처리에 도움이 될 것이다. 물론 처리비가 더 소요되는 것은 단점이라고 하겠다.

(3) 바이오가스 전기 생산

음식물쓰레기는 원래가 수분함량이 80% 정도의 고형분이다. 그러나 디스포저를 사용한다는 것은 물을 얼마나 쓰느냐에 따라 달라지지만 Type A의 경우는 1057mg/L, Type B는 296.7mg/L, Type C는 287.8mg/L, Type D는 588.2mg/L이다. 이중 COD가 BOD의 두 배라고 가정하면 그리고 BOD의 50%가 SS형태로 존재한다고 하면 고형분의 50%는 입자의 형태로 남아 있을 것이다. 혐기성으로 처리하든 호기성으로 처리하든 일차적으로 작은 입자로부터 수화(hydrolysis)가 일어나 용해되어 당으로나, 지방산이나, 혹은 아미노산 형태로 잠깐 머물다가 곧 휘발성 유기산을 거쳐서 메탄균에 의해 바이오가스로 변환된다. 여기서 율속단계(rate-limiting step)는 입자의 수화과정과 메탄화과정이다²⁰⁾.

디스포저 음식물쓰레기 처리공정은 디스포저가 입자를 분쇄하고 이를 물에 작은 입자형태로 부유시켜 아파트의 경우 지하실로 이송시킨 후 침전 혹은 스크린/충전탑을 이용하여 입자와 수분을 분리시킨다. 이 공정의 장점은 음식물쓰레기를 집에서 수거하는 과정이 없어진다는 점이다.

다른 한 가지 방법은 현재 우리나라의 수거/운반/처리 방법이다. 동대문 구청은 2010년 5월 하루 98톤(약 40만 주민)의 음식물쓰레기를 벨지움의 Dranco 공법을 사용하여 퇴비, 바이오가스를 생산하여 전기를 생산하는 공정을 620억 원의 사업비를 BTO(Build-Transfer-Operation) 방식으로 건설하였다. 여기서 약 1000kw의 전력이 생산되며 이는 하루 24000kwh, 한 달에 60만 kwh가 전력을 생산하며 1년이면 3억 8000만원의 매출을 올릴 수 있다고 한다. 이는 1kwh당 52.7원에 해당한다. 음식물 쓰레기 처

리비용은 톤당 7만 8천원에서 41,253원으로 줄어 들었다고 한다. 이 생산비용을 원유로 환산하면 11,650bbl이며, CO₂로는 24,400톤, 메탄은 1.62톤이며 탄소배출권은 4억 2200만원에 해당한다고 한다.

과연 인구 10000명이 거주하는 잠실 리센츠 아파트 단지에 이와 같은 공장을 건설할 수 있을까? 그 답은 아닌 것 같다. 발전시설을 운영하는 데는 실록산 문제 해결 등²²⁾ 상당한 노하우가 필요하며, 현재 이 처리시설을 운영하는 데 상당히 많은 인력이 24시간을 교대 근무하고 있다. 또 냄새처리 문제도 많은 돈을 써서 해결해야 한다.

(4) 혐기성 처리 및 호기성 처리

흔히들 혐기성 처리를 하면 에너지를 아낀다는 개념이나 실은 혐기성 처리는 35℃에서 하고 호기성처리를 20~25℃에서 한다고 생각하면 계산이 달라진다. 더욱이 혐기성 발효에서 발생한 바이오가스를 어떻게 활용하느냐가 문제일 수가 있다.

우선 10,000인(3300세대)정도에서 발생하는 음식물쓰레기는 2.8톤/일 정도이다. 여기에서 발생할 수 있는 가스로 전력을 발생시키면 28kw이다. 하루에 672kwh, 한 달에 2만kwh 1년에 24만 1920kwh이고 돈으로 환산하면 1274만원이다. 그러나 건설비는 620억원(1/40)0.6=620x1.093=67.5억원이 예상소요액이 되며 건설비도 문제지만 운영비와 소요부지가 문제가 될 수 있다.

입자를 혐기성으로 발효하여 일부는 메탄가스를 발생시켜 보온에 활용하고²³⁾ 일부는 유기산공정으로 전환하여 탈질공정에 electron donor로서 활용하면 질소도 제거하고 산소소요량도 줄일 수가 있을 것이다²⁴⁾.

이외에도 혐기성 처리 시에 발생하는 냄새문제도 해결해야 할 중의 하나이다. 호기성 처리도 가능한 방법 중의 하나이지만 탈질공정(Type C와 Type D)에는 적용할 수 없고 Type A형과 Type B형은 적용이 가능한 공법이다.

2.4.7 직배출 문제

미국에서는 디스포저를 사용하지만 배수전처리시설

이란 창치가 없다. 디스포저 음식폐기물을 하수와 함께 도시종말처리장에서 처리하는 시스템을 직배출시스템이라고 한다. 미국에서 생활을 해본 사람들은 디스포저 직배출 시스템을 경험한 사람이다. 그러나 하수도 준비가 잘 되었는지 직배출에 대한 부작용 같은 것이 보고된 적이 없다. 우리나라와 일본도 초기에는 직배출을 하다가 문제가 생겨 디스포저 사용자체를 금지하여 버렸다, 그러다가 일본에서는 디스포저 배수 전처리시스템을 설치하는 경우는 디스포저 사용을 허가 하고 있다. 우리나라도 일본의 예를 따라 전처리 시스템을 설치하는 경우 디스포저 허용을 검토하고 있다.

한국의 하수도학자들은 미국 뉴욕시 맨하탄에서 분쇄기 사용을 허용하는데 우리나라는 왜 직배출이 안 되냐고 반문을 한다. 마땅한 대답을 찾기는 힘들지만 미국/유럽에서는 디스포저를 사용하지 않아도 크게 문제가 없을 만큼 음식물쓰레기가 우리나라와 다르다고 이야기 할 수 있다. 즉, 구태여 분리수거를 하지 않아도 된다는 뜻이다. 우리나라는 세계에서 유일하게 분리수거를 하는 나라이다. 그리고 아파트가 차지하는 비율이 아주 높은 나라이다. 일본에서도 직배출 연구를 한 적이 있지만 인구가 얼마 되지 않는 시골이기 때문에 크게 의미가 없다고 본다.

우리나라와 일본에서 직배출이 될 것이라고 생각되는 것은 공공하수도에서 침전이 일어나 부패하기 시작하면 냄새(특히)도 심하게 나고 디스포저를 사용하지 않은 지금에도 메탄가스에 폭발사고도 종종 일어난다. 메탄가스는 지구 온난화 유발도가 탄산가스의 22배나 되는 온실가스인 점을 감안하면 배수전처리에서 가장 먼저 제거해할 것이 BOD/COD보다는 입자(고형분) 처리문제라고 생각된다.

3. 결론

1. 디스포저로 분쇄된 음식물쓰레기와 화장실하수를 포함하는 모든 하수를 전 처리하는 시스템을 고려한다.
2. 상기의 목적에 맞는 배관 유형은 Type C(배관 1)와 Type D(배관2)이나, 배관면에서 유리한 Type C이다.
3. 일본의 BOD 전처리 배출기준을 적용하여 Type

A는 300mg/L, Type B는 125.8mg/L, Type C의 경우 158.5mg/L, Type D는 276.4mg/L로 한다. 어떠한 배관형태로 전처리를 하더라도 도시하수관으로 배출되는 최종 BOD농도는 Type C인 158.5mg/L이다.

4. 탈질 공법을 도입하여 NO²⁻, NO³⁻, 유기산 그리고 음식물쓰레기 당분을 함께 처리함으로써 전처리 시설의 총질소를 40mg/L에서 20mg/L로 줄여서 배출 한다. 질소 제거에 많은 BOD가 소모되어 BOD제거에 들어가는 에너지를 많이 줄일 수가 있다.
5. 도시하수종말처리장에 유입되는 질소의 농도가 20mg/L이면 최종 배출수를 지금의 20mg/L에서 10mg/L로 낮출 수가 있다.
6. 입자가 큰 고형분의 배출을 최대한 억제하여야 한다. 도시하수관에서 침전되어 부패되면서 온실화가스의 주범인 메탄가스를 발생할 수 있다.
7. 정화조를 운영하는 기존 아파트의 경우는 Type A와 Type B를 권장하고 신규아트는 Type C와 Type D를 권장한다.
8. 디스포저 하수의 고액분리 방법은 침전, 상향류 충전탑여과, 필터프레스 등이 있으나 상향류 충전탑 여과가 여러 가지 측면에서 가장 유리하다.
9. MSC-HCDC (다단계 고농도 연속배양공법)으로 Type B형 배수전처리시설을 설계할 경우 재래식공법(Type A) 보다 설치면적이 1/5 정도로 줄어드는 것이 가능했고 가구당 에너지 소모도 12~15kwh였다.
10. 스크린 혹은 상향류 충전탑 여과 공법을 활용하여 고형분을 분리할 경우 아파트단지에서 발전을 하는 것은 건설비용, 건설부지, 운영인영 측면에서 분리하기 때문에 혐기성처리와 탈질공정을 연계하는 것이 바람직하다.
11. 직배출 문제는 인구밀도가 낮은 농촌지역에는 가능할 것이나 대도시 지역에는 바람직하지 않다.

4. 기대효과

1. 디스포저-배수를 도시하수 종말처리장에서 질소 처리까지 고려를 하는 경우가 되어 도시하수의

질소농도를 10mg/L로 유지할 수 있다.

2. 전처리에 들어가는 에너지와 처리비를 최소화 할 수 있다.
3. 아파트 배관수를 하나로 함으로서 전처리 시설 설치를 위한 배관비를 절약할 수 있다.
4. 하나의 배관에 많은 유량이 흘러가므로 아파트 배관이 막힐 가능성이 훨씬 적다.

5. 건의사항

서울시에서 시행한 시범사업을 기반으로 하여 향후 5년간 잠정적으로 기존아파트의 경우는 정화조가 있으므로 이미 개발된 Type A, Type B로 실용화하고 신규아파트의 경우는 정화조를 없애고 Type C, Type D의 형태로 민간 주도의 배수전처리 시범사업을 허용하여 기술 보유업체와 아파트 건설업체가 공동으로 기술개발/활용하도록 장려한다. 이러한 연구 개발결과를 바탕으로 5년 후에 디스포저관련 배수 전처리법을 만드는 것이 기술개발/수질환경유지에도 많은 도움이 될 것이다. 왜냐하면 중소규모에서 대규모 아파트 현장에 필요한 기술은 실용화를 통해서 이루어 질 수 있기 때문이다.

참고문헌

1. 환경부/한국환경자원공사, “2008 전국폐기물 발생 및 처리현황,” 11-B551404-000003-10 (2009).
2. 폐기물의 해양투기를 규제하기 위한 “런던협약 96의정서” 발효, Mar (2006). <http://dms.kcg.go.kr>
3. 음식물쓰레기 주방분쇄기 사용-이제는 거론해 보자-국회환경포럼.대한환경공학회, 한국물환경학회.대한상하수도학회.한국폐기물학회 May (2003).
4. 환경부고시 2009-70호, “건축물의 용도별 오수 발생량 및 정화조 처리대상인원 산정방법,” May (2009).
5. Choi, D.W., Lee, W.G., Lim, S.J., Kim, B.J., Chang, H.N., Chang, S.T., "Simulation on Long-term Operation of an Anaerobic

- robic Bioreactor for Korean Food Wastes," *Biotech Bioprocess Eng.* 8, 23~31 (2003).
6. Chang, H.N., Kim, B.J., Kang, J.W., Jeong, C.M., Kim, N-J, Park, J.K., "High cell density ethanol fermentation in an upflow packed-bed cell recycle bioreactor," *Biotech Bioprocess Eng.* 13, 123~135 (2008).
 7. 김갑수, 유기영, 음식물쓰레기와 디스포저, 광문각 (2010).
 8. 장호남, 임성진, 이우기, 권선훈, "On-Site Treatment Method of Food Wastes Generated from Collective Residence or Institutional Food Service Facilities," 미국 특허 US Patent 7,108,788 (2006.9.19 등록) E1biotech and KAIST 공동소유.
 9. 장호남, 이우기, 류철희, 김도윤, 김문일, "주거 및 취사시설의 음식물쓰레기를 발생현장에서 처리하는 방법," KAIST 및 이원바이오텍(주) 공동소유, 한국특허 0528651 (2005.11.08 등록).
 10. 장호남, 장승택, "분쇄된 음식물쓰레기를 발생 현장에서 처리하는 방법," 한국특허 10-0645091호, KAIST 및 이원바이오텍(주) 공동소유, (2006.11.03.등록).
 11. 장호남, 장승택, 정한무, 강종원, 정창문, "집단 주거시설의 음식물쓰레기를 처리하는 방법", 한국특허 10-0946368호, KAIST (2010.03.02. 등록)
 12. 최의소, 상하수도공학, p 190, 청문각 (2003).
 13. Anammox 공법 적용: 최의소, 가축분뇨를 이용한 biogas 산업: 가능성과 문제점, 현대건설 "유기성 폐기물 바이오가스화" 기술워크샵, Apr (2010).
 14. <http://en.wikipedia.org/wiki/Anammox>
 15. 권은미, 김종석, 정옥진, 건물용도에 따른 개별 오수처리시설의 운영실태에 관한 연구, 대한환경공학회지 27, 337~341 (2005).
 16. 최지용, 한대호-수질환경기준의 유기물질 측정 방법 개선방안, 대한환경공학회지 28:807-812 (2006).
 17. Tchobanoglous, G, Burton, FL, Stensel, H,D, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse" (4e), Metcalf&Eddy Inc (2003).
 18. KBS-1TV 방영 (환경스페셜-음식물 쓰레기 갈 곳이 없다) Oct (2003).
 19. KBS-1TV 등 (09시 뉴스-음식물 쓰레기 HEROS 아파트 현장처리 장치 개발) Dec (2005).
 20. KBS-1TV 등 (HEROS-pilot plant 실용화 성공) Feb (2008).
 21. Rittman, B.E., McCarty, P.L., "Environmental Biotechnology: principles and applications," McGraw-Hill, Singapore, International edition (2001).
 22. 이채영, 이남훈, 엄채운, 송선호, 정새롬, 허광범, 자원화시설에서의 실록산 발생 특성. 유기성자원학회, 춘계심포지움 (일산 킨텍스 국제전시장) Mar (2010).
 23. 장호남, 홍원희, 이태용, 장승택, 정창문, 박영숙 "우리나라 음식물 쓰레기의 혐기성소화 가스 성분과 발열량 예측" 청정학회 9(1) Mar (2003).
 24. 서명교, 신항식, 안갑환, 전향배, 최윤찬 공역, 폐수처리단위조작, 제2판, 사이팩미디어 (1998). 