

음식물류폐기물 및 배출폐수의 특성

김영권 · 김세미 · 김민규 · 최진택 · 남세용[†]

한경대학교 환경공학과

(2009. 11. 3. 접수/2009. 11. 30. 수정/2009. 12. 15. 채택)

Characteristics of the Food Waste and Wastewater Discharged from Food Waste Treatment Process

Young-Kwon Kim · Se-Mi Kim · Min-Kyu Kim · Jin-Taek Choi · Se-Yong Nam[†]

Department of Environmental Engineering, Hankyong National University

(Received November 3, 2009/Revised November 30, 2009/Accepted December 15, 2009)

ABSTRACT

Waste generation was generally expected to steadily rise due to a rapid increase in population and economic growth. However, regulations on disposable goods and a volume-based waste fee system have led to a gradual reduction in the amount of waste. In the case of food waste, separation of food waste from other waste has been put in place since direct landfilling was banned in January 2005. The predicted generation amounts of food waste and wastewater in the model city were 54 ton/d and 127.3 ton/d by year 2020, respectively. However, appropriate treatment technologies for food waste and wastewater discharged from food waste treatment processes are yet to be established. In this study, the food waste and wastewater discharged from food waste treatment process in the model city were characterized by literal and field investigation.

Keywords: food waste, food wastewater, waste recycling facility, field investigation

I. 서 론

2005년부터 국내 폐기물 범규의 강화로 유기성폐기물의 직매립이 금지됨에 따라 음식물 자원화처리시설에서 발생하는 음식물류폐기물 배출폐수(음폐수)의 해양배출이 급증하고 있다. 그러나 런던협약 96의정서에 의거 향후 2012년 유기성폐기물의 해양투기가 전면 금지됨에 따라 음식물류폐기물과 음폐수의 육상처리로의 전환이 시급한 상태이다.^{1,8)}

음폐수는 음식물류폐기물의 재활용과정에서 염분제거를 위한 세척수와 음식물류폐기물에 함유되어 있는 수분 등에 의해서 발생되고 있으며²⁾ 현재 음식물류폐기물과 음폐수에 대한 처리기술은 혐기성소화, 생물학적처리, 축산폐수와 병합처리, 자원화처리 등 단독으로 처리하는 연구뿐만 아니라 다양한 유기성폐수 및 폐기물과의 병합처리를 통해서 보다 효율적이고 안정적인 처

리를 도모하고자 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.³⁻⁶⁾

본 연구에서는 음식물류폐기물을 민간처리업체를 통해 전량 사료화 처리하고 있는 경기도 소재 중소도시인 A시를 대상으로 하였다. A시의 경우 현재 도시 내에서 발생하는 음식물류폐기물과 인근 수도권지역에서 위탁되어지는 처리물량을 포함하여 처리과정에서 발생하는 음폐수가 전량 해양 배출되고 있는 실정이다.⁹⁾ 또한 뉴타운 개발 등 향후 꾸준한 인구증가로 인한 음식물류폐기물 및 음폐수의 증가가 예상되고 있다. 따라서 A시의 장래 인구 예측에 따른 발생량을 추정하여 향후 이를 바탕으로 음식물류폐기물과 음폐수의 적정 처리방안 모색 및 중장기 처리계획의 추진 등 관련 행정의 기초자료로 활용하기 위하여 배출특성에 대한 기초조사를 수행하였다.

II. 연구방법

조사대상인 A시의 경우, 아파트단지 등 공동주택에서 전용용기에 수집되어 배출되는 음식물류폐기물은 자원화시설인 U업체로 유입되어 전량 사료로 재활용 처리

[†]Corresponding author : Department of Environmental Engineering, Hankyong National University
Tel: 82-31-670-5177, Fax: 82-31-670-5170
E-mail : namsy@hknu.ac.kr

되고, 단독주택 등 아파트 외 지역에서 전용봉투로 배출되는 음식물류폐기물은 자원화시설인 D업체에서 수거하여 처리되고 있다. 또한 U업체에서는 인근 일부 수도권지역에서 수거된 음식물류폐기물도 함께 처리하고 있는 실정이다. 자원화 단계에서 음폐수가 발생되며 각각의 업체에서 자체 보유한 처리시설에서 고형물기준 8% 미만으로 1차 처리한 후 전량 해양배출하고 있는 실정이다.¹⁰⁻¹²⁾ 각 자원화시설에서 음식물류폐기물을 여름철 2회, 가을철 2회 총 4회에 걸쳐 시료를 채취하였으며, 발생하는 음폐수는 여름부터 가을에 걸쳐 총 8회에 걸쳐 채취하였다.

음식물류폐기물 시료는 대표성이 있게 혼합된 시료를 채취하여 분쇄기를 사용하여 4,000~6,000 rpm에서 1분간 분쇄한 후 시료성상이 일정할 수 있도록 교반하여 분석하였다.

음식물류폐기물은 pH, 삼성분 분석, 원소분석, 발열량을 측정하였으며, 음폐수는 pH, alkalinity, COD_{Cr}, COD_{Mn}, TN, TP, Cl⁻, 고형물분석을 실시하였다.^{13,14)}

아울러 A시의 장래인구를 인구변화추이자료를 이용하여 등차급수, 등비급수, 최소자승법에 의한 3가지 수학적 방법⁷⁾과, 관련 상위 계획인 2020 A시도시기본계획¹⁵⁾에서 제시한 장래인구를 고려한 방법을 이용하여 추정하였으며, 인구추정에 따른 음식물류폐기물 발생량 및 음폐수 발생량을 예측하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 음식물류폐기물 분석

배출원별 음식물류폐기물의 pH 측정결과 4.22~5.12의 범위로 큰 차이를 나타내지 않았다. 단 여름철에 채

취한 1~2차 시료가 가을에 채취한 3~4차 시료보다 pH가 더 낮은 경향이 나타났는데 여름철의 높은 온도에 의한 부패에 의한 것으로 예측된다.

음식물류폐기물의 삼성분 분석 결과를 Table 1에 나타내었다.

수분함량은 수도권유입 시료가, 가연분함량은 단독주택 시료가 가장 높게 측정되었으며, 회분함량은 시료의 구분 없이 대체적으로 비슷하게 측정되었다. 음식물류폐기물의 삼성분은 계절적인 차이보다 지역적인 차이가 더 큰 것으로 조사되었다.

음식물류폐기물의 원소분석은 시료를 건조한 후 원소분석기를 이용하여 C, H, O, N, S, Cl 등을 분석하였으며, 그 결과를 한국환경자원공사에서 실시한 2006-2007 전국폐기물통계자료의 4대지역(서울 마포구, 대전 중구, 경북 경주시, 전북 부안군)의 삼성분 분석 자료¹²⁾와 비교하여 Table 2에 정리하였다. 전국평균 및 배출된 음식물류폐기물의 원소분석 결과는 대체로 비슷하게 나타나 지역적으로 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 조사 되었다. 1차 시료의 경우 탄소의 함량이 높고 질소의 함량이 대체로 낮게 측정되어 계절적인 영향이 큰 것으로 나타났다.

발열량 분석 또한 2006-2007 전국폐기물통계자료의 4대지역 자료¹²⁾와 비교하여 Fig. 1에 나타내었다. 건조 고위발열량은 4,504~5,615 kcal/kg으로 3지역 모두 전국평균보다 높게 측정되었으나, 고위발열량은 809~1,329 kcal/kg으로, 저위발열량은 258~792 kcal/kg으로 전국평균보다 낮게 측정되었다. 발열량 또한 삼성분의 변화와 같이 계절적인 차이보다 지역적인 차이가 더 큰 것으로 나타났다.

2. 음폐수 분석

음폐수 분석은 배출원 별로 각 자원화시설의 배출폐수 처리시설 유입 전후로 구분하여 총 8회 시료를 채취해 분석하였다. pH는 공동주택의 경우 평균 4.3으로 유입된 후 평균 4.6으로 유출되었다. 단독주택의 경우 평균 4.7로 유입되어 평균 8.4로 유출되는 것으로 조사 되었다.

Table 1. Proximate analysis of the food waste

	Water content (%)	Combustible (%)	Ash (%)
Metropolitan area	79.9	18.8	1.3
Apartment house	78.9	19.5	1.6
Single-family housing	77.3	21.2	1.5

Table 2. Ultimate analysis of the food waste

	Chemical ingredient (W/W %)						
	C	H	O	N	S	Cl	Ash
Metropolitan area	46.60	5.96	32.58	3.22	0.20	2.34	9.11
Apartment house	47.80	6.41	33.20	4.21	0.19	1.89	6.30
Single-family housing	48.75	6.59	32.48	3.08	0.75	2.22	6.13
4 region ¹²⁾	45.89	6.36	35.30	2.55	0.06	1.13	8.71

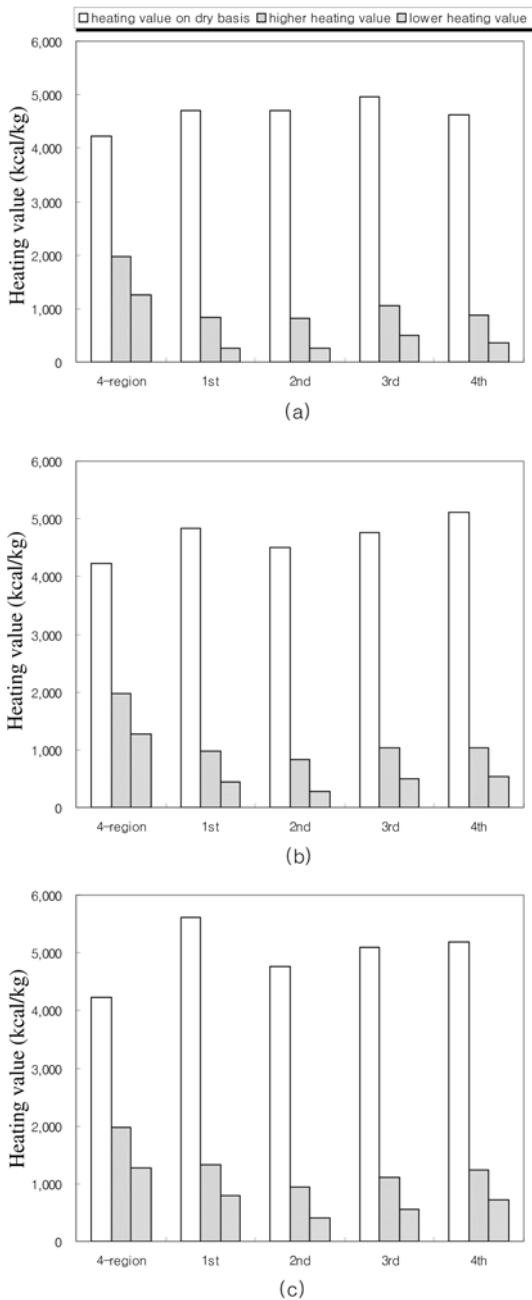


Fig. 1. Heating values of the food waste of metropolitan area influx (a), apartment house (b) and single-family housing (c).

Alkalinity는 공동주택이 유출수 기준 3,227 mg/l as CaCO₃로 나타났으며, 단독주택이 평균 2,329 mg/l as CaCO₃로 나타났다.

Table 3. Physical characteristics of the food wastewater

	Apartment house	Single-family housing
Water content (%)	86.06	99.36
TS (%)	13.95	0.64
VS (%)	10.38	0.27
TSS (mg/l)	85,111	816
VSS (mg/l)	83,294	683

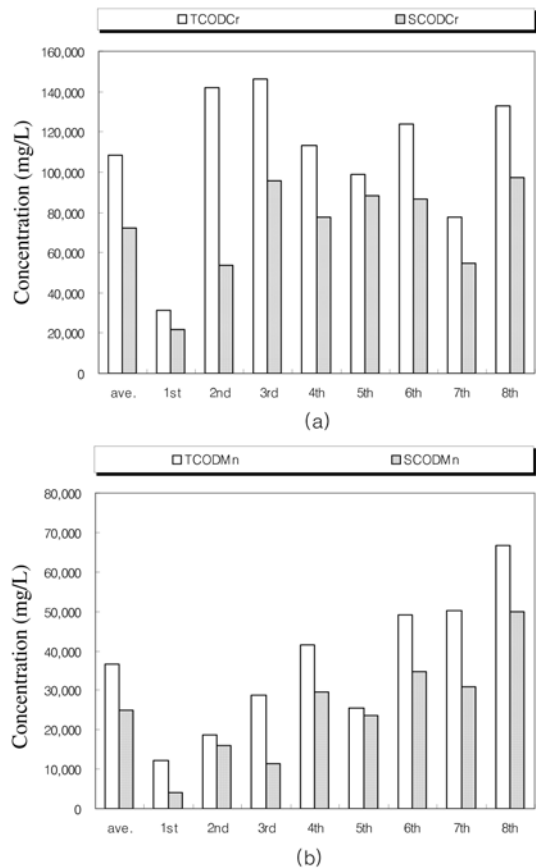


Fig. 2. Concentrations of COD_{Cr} (a) and COD_{Mn} (b) of apartment house.

음폐수의 수분함량 및 고형물 분석 결과를 유출수를 기준으로 8회 평균하여 Table 3에 정리하였다.

공동주택의 TS와 VS는 단독주택에 비하여 수분함량과 유기물함량이 상대적으로 매우 낮게 측정되었으며, 단독주택의 경우 수분함량이 99% 이상으로 높게 측정되었다. 배출원별 큰 차이를 나타내는 원인으로서는 재활용업체별 음폐수 처리공정의 차이에 기인한 것으로 예측된다. U업체는 드럼스크린을, D업체는 가압부상법을

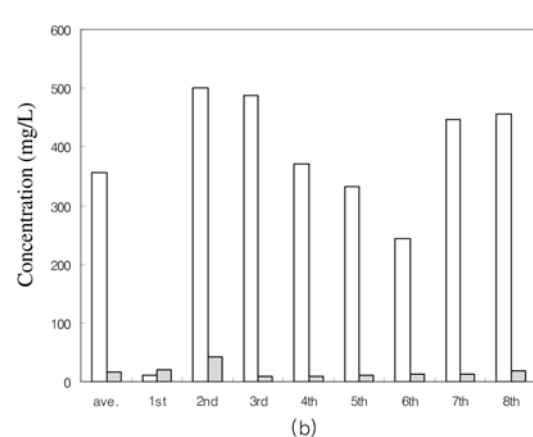
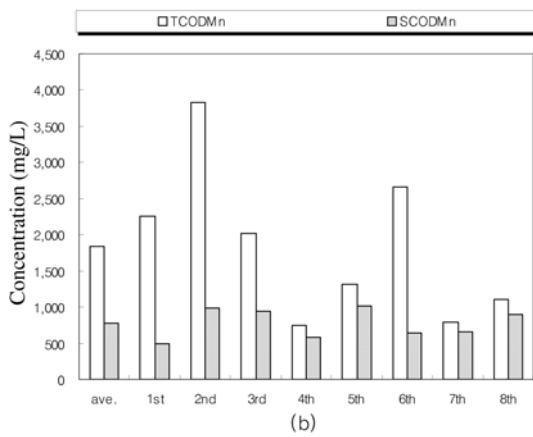
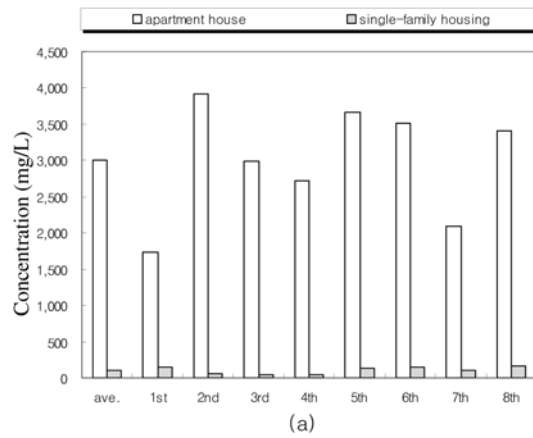
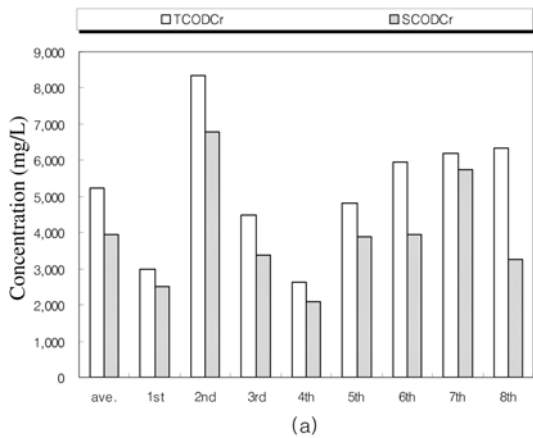


Fig. 3. Concentrations of COD_{Cr} (a) and COD_{Mn} (b) of single-family housing.

Fig. 4. Concentrations of TN (a) and TP (b).

주 처리공정으로 사용하고 있는 실정이다. 재활용업체 별 음폐수 처리시설 운영공정의 표준화가 필요할 것으로 예상된다. TSS와 VSS 측정결과도 마찬가지로 공동주택의 TSS는 51,200~107,111 mg/l, VSS는 50,367~106,000 mg/l로 단독주택의 TSS 579~1,000 mg/l와 VSS 538~820 mg/l보다 높게 측정되었다.

COD분석은 COD_{Cr}법과 COD_{Mn}법을 병행하여 TCOD와 SCOD를 분석하였으며, 그 결과를 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타내었다. 공동주택의 TCOD_{Cr}은 31,620~146,200 mg/l, SCOD_{Cr}은 22,010~97,200 mg/l, TCOD_{Mn}은 12,120~66,693 mg/l, SCOD_{Mn}은 4,184~50,013 mg/l로 측정되었으며, 단독주택의 TCOD_{Cr}은 2,640~8,350 mg/l, SCOD_{Cr}은 2,080~6,800 mg/l, TCOD_{Mn}은 746~3,820 mg/l, SCOD_{Mn}은 579~1,023 mg/l로 공동주택이 단독주택에 비하여 대체로 높게 측정되었다.

음폐수의 TN과 TP의 농도를 Fig. 4에 나타내었다.

공동주택의 TN은 1,738~3,914 mg/l로 측정되었고, 단독주택의 TN농도는 45~161 mg/l로 측정되었다. 공동주택의 TP는 1,738~3,914 mg/l로 측정되었고, 단독주택의 TP농도는 45~161 mg/l의 농도로 측정되었으며 TN과 마찬가지로 큰 차이를 보였다. 처리시설별 TN과 TP의 농도차이는 배출폐수의 고형물 함량에 의한 것으로 추정된다.

Cr 분석결과 공동주택은 1,920~5,400 mg/l로 비교적 높은 농도로 측정되었고, 단독주택은 183~356 mg/l로 공동주택에 비하여 낮은 측정값을 나타냈다. 국내에서 발생하는 음식물류폐기물의 염분함량은 계절에 따라 차이는 있으나 건조 중량비로 평균 3% 정도로 공동주택의 경우 음식물류폐기물에서 배출된 염분이 거의 제거되지 않고 발생하는 것으로 사료된다.

3. 장래 인구 예측에 따른 발생량 추정

장래인구의 예측은 음식물류폐기물의 발생량 추정뿐

Table 4. Future population prediction of the model city

Future population prediction (year)		2005	2010	2015	2020
Statistical method	Arithmetical progression	160,061	181,310	203,345	225,380
	Geometrical progression	160,061	184,440	214,128	248,595
	Least square	160,061	182,978	205,242	227,505
Relation plan	2020 plan of the model city ¹⁵⁾	160,061	240,000	260,000	280,000

만 아니라 모든 도시계획 및 도시행정체계 등의 방향 산정을 위한 기본적인 지표로서 과거의 인구변화추이 자료를 이용하여 등차급수, 등비급수, 최소자승법에 의한 3가지 수학적 방법 및 관련 상위 계획인 2020 A 시도시기본계획에서 제시한 장래인구를 고려하여 자연적 증가와 사회적 증가를 구분하여 예측하고 이를 합산하는 방법을 이용하여 장래인구를 추정하여 Table 4에 정리하였다. 수학적 방법은 단순히 인구변화추이 자료를 통해 추정된 결과이며, 도시계획에 의한 사회적 증가분이 반영된 2020 A 시도시기본계획에서 제시한 추정인구가 최대의 증가율을 나타내었다. 이를 바탕으로 2005년 현재 A시의 인구는 160,061명에서 2010년 240,000명, 2020년에는 280,000명에 이를 것으로 예측되었다. 이에 따른 음식물류폐기물 발생량은 2010년 46.3톤/일에서 2020년 54톤/일까지 증가할 것으로 예상되어지며, 음폐수 또한 2010년 119.1톤/일에서 2020년 127.3톤/일까지 증가 할 것으로 예상된다. 따라서 음식물류폐기물 감량화, 음식물류폐기물 처리시설 확충 및 개선, 음식물류폐기물 관리 기반 조성 등 중장기적인 대책이 시급한 상태이다.

IV. 결 론

수도권 소재 중소도시인 A시를 대상으로 배출되는 음식물류폐기물 및 음폐수의 특성에 대하여 조사 연구하였고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 향후 지역 관련 행정의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

1. 음식물류폐기물 pH 및 원소분석결과는 배출원의 지역적 특성보다 계절적 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났고, 음식물류폐기물의 삼성분 및 발열량은 계절적 영향보다 배출원의 지역적 특성에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

2. 음폐수는 자원화시설로 유입되는 음식물류폐기물의 성상 및 폐수처리시설에 따라 성상의 차이를 보였으며, 수분함량 및 고형물 함량의 경우 여름철 강우 등 계절적 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 자원화시설의 운영방법 표준화를 통한 최소의 음폐수의 농도를 나

타낼 수 있도록 보완 운영되어야 할 것으로 사료된다.

3. 장래인구 예측결과에 따라 A시의 2020년 인구는 280,000명에 이를 것으로 예측되었으며, 이에 따라 2020년 음식물류폐기물 발생량은 54톤/일, 음폐수 127.3톤/일 발생될 것으로 추정되었다.

4. 기존 음식물류폐기물 자원화시설 또는 음폐수 처리시설을 거친 후 환경기초시설과의 연계하는 방안 또는 수도권 광역 음폐수 처리시설과 연계하는 방안도 적절한 육상처리를 위해 고려해 볼 수 있는 대안이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 경기지역환경기술개발센터의 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. Jeung, Y. H., Jung, S. J., Kim, S. R., Cha, Y. S. : A study on food-waste management of public school food service in Jeonbuk province. *Journal of the Korean Dietetic Association*, **14**(1), 51-63, 2008.
2. Park, S. C., Kim, J. S., Woo, S. H., Kim, H. S. : Effects of salinity concentration on treatment of food waste. *Journal of Korean Society of Waste Management*, **23**(4), 273-277, 2006.
3. Kim, M. H., Kim, S. M., Jeon, S. H., Nam, S. Y. : Solubility improvement of foodwaste by SeCAH and potential inhibitors for anaerobic Co-Digestion. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **30**(10), 1028-1033, 2008.
4. Kim, S. H., Kwak, D. K., Choi, E. H., Lee, K. E. : Food waste management practices and influencing factors at elementary school food services. *Korean Journal of Community Nutrition*, **12**(6), 815-825, 2007.
5. Park, S. H. : Comparison of salinity and composting efficiency by washing before and after aerobic composting of food wastes. *Korean Journal of Environmental Health*, **31**(2), 160-164, 2005.
6. Kim, H. J., Kim, S. H., Choi, Y. G. : Effect of enzymatic pretreatment on acid fermentation of food waste. *Korean Journal of Environmental Health*, **31**(4), 294-300, 2005.

7. Lee, S. R., Kim, H. S., Cho, Y. T., Kim, H., Yi, S. M. : Status and forecast of the municipal solid waste generation by the change of population structure. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **30**(3), 263-268, 2008.
8. Gyeonggi Research Institute : The Control Plan which the Food Waste, 2006.
9. Anseong-si : Ansongsi Environmental Conservation Comprehensive Plan Final Report, 2008.
10. Anseong-si Ultrafeed : Food Waste Facility Present Condition and Operation Present Condition, 2008.
11. Rural Development Administration : In about the Food Waste the Use Plan Research which is Efficient, 2008.
12. Ministry of Environment : 2006-2007 Waste Statistical Data, 2007.
13. Ministry of Environment : Standard Experimental Methods of Water Pollution, 2004.
14. APHA, AWWA and WEF : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed., USA, 2005.
15. Anseong-si Metro Division : 2020 City basic plan final report of Anseong city.