

## 도시 단지내 환경 인프라 재생 효과 고찰 - 대전시 M 아파트 단지 사례연구

박기용\* · 최창규\*\* · 신종석\*\*\* · 박희경\*\*\*\*

Park, Kiyong\*, Choi, Changkyoo\*\*, Shin, Jongseok\*\*\*, Park, Heekyeng\*\*\*\*

### Effects of Environmental Infrastructure Regeneration in Urban Region - A Case Study of M Apartment Complex in Daejeon

#### ABSTRACT

This study introduces a resource recycling system in urban apartment complex using four different technologies. The four technologies, called 4G, include a production technology for reclaimed water (Green water), a biogas production technology from organic waste (Green biogas), a reuse technology of rainwater (Green rainwater), and urban agropark (Green pyramid). Green water is the technology for producing the reclaimed water from wastewater, rainwater and underground water, and the average concentrations of BOD, SS, T-N and coliform of reclaimed water were 7.8mg/L, ND (not detected), 4.9mg/L and ND, respectively. Green biogas is the technology for producing biogas and effluent after treating organic wastes (e.g. food waste and night soil) discharged from households, and the average production rates of hydrogen and methane were 0.33m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d and 0.24m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>/d, respectively. Green pyramid, agricultural farm operated by biogas and reclaimed water, provides a healthy and recreational space for residents, and plant growth rates using treated water and reclaimed water showed height of 1.32cm and weight of 112.8g. Therefore, 4G technologies can improve the recycling rate and treatment efficiencies of waste and wastewater in an apartment complex.

**Key words** : Urban regeneration, Infrastructure regeneration, Reclaimed water, Biogas production

#### 초 록

본 연구는 실제 아파트 단지의 재생이 필요한 환경 인프라를 경제적이고 효율적인 녹색 인프라 기술로 재생하기 위한 계획을 수립하였으며, 단지 내 물과 폐기물의 자원 순환 및 재이용을 위해 단지형 도시 중수 생산 기술과 단지형 유기성 폐기물 에너지화 기술, 무막힘 탄성포장 우수 재이용 기술, 도시농장 기술을 현장에 적용한 결과를 보여주고 있다. 도심 중수 생산 기술은 하수, 우수, 지하수를 대상으로 중수를 생산하여 단지내 공공수로 이용하기 위한 기반 기술이며, 무막힘 탄성포장 우수배수구 기술은 단지 내에서 우수의 재이용을 극대화시키기 위한 기반 기술이다. 유기성 폐기물 에너지화 기술은 단지에서 발생하는 음식폐기물 및 분뇨 등의 유기성 폐기물을 처리하는 과정에서 바이오가스와 비료를 만들어 에너지원으로 활용할 수 있으며, 도시농장은 재생용수, 재생에너지, 재생비료를 활용하여 주거민들의 건강 및 여가공간으로 활용할 수 있는 기반기술이다. 이를 통해 단지 내에서 자원 순환 및 재이용이 가능한 하나의 에코시스템을 구축하였으며, 재생 후 녹색지표결과에서 에너지 부문은 4.23, 물부문은 0.32, 폐기물 부문은 0, 토지이용 부문은 0, 환경부문은 2.12가 상승하는 결과를 가져올 수 있었다.

**검색어** : 도시재생, 인프라 재생, 중수, 바이오 가스

\* 정희원 · 충북대학교 도시공학과 박사과정 (Chungbuk National University · pky3489@gmail.com)

\*\* 교신저자 · 광주과학기술원 선임연구원 공학박사

(Corresponding Author · Gwangju Institute of Science and Technology · simonchoi@gist.ac.kr)

\*\*\* KAIST 건설및환경공학과 공학박사 (KAIST · light2life@kaist.ac.kr)

\*\*\*\* 정희원 · KAIST 건설및환경공학과 교수, 공학박사 (KAIST · hpark57@kaist.edu)

Received December 6, 2013/ revised April 28, 2014/ accepted October 30, 2014

## 1. 서론

지난 과거에 진행되어온 경제성장 과정에서 산업화 및 도시화가 이루어지면서 대도시들이 생겨났고, 도시 내에서도 많은 변화들을 겪었다. 도시는 대규모 아파트 단지 건설과 교통의 발달과 같은 경제성장 및 대규모 인구유입에 적합한 모습으로 변모해 왔다. 하지만, 최근 도시가 갖고 있는 뿌리 깊은 문제는 도시 쇠퇴라는 사회적 현상으로 나타나고 있다. 클라센(Leo Klassen)은 도시화 단계를 도시화(집중 도시화), 교외화(분산적 도시화), 역도시화(도시 쇠퇴), 재도시화 순서에 의해서 변화한다고 역설했다. 이러한 의미에서 한국의 대도시는 현재 네 번째 단계인 재도시화 단계에 있으며, 이 단계의 주요현상은 도시의 기능에 대한 주민들의 요구가 다양해진다는 특징을 가지고 있다(Roh et al., 2006).

기존의 대규모 도시를 재도시화하는 데는 크게 두 가지 방법으로 구분할 수 있는데, 재개발(reconstruction) 혹은 재건축(remodeling)에 의해 쇠퇴화된 지구를 신규 건설하는 방법과 기존 시설물을 최대한 활용하면서 도시를 재생(regeneration)하는 방법이 있다. 쇠퇴화된 지구를 신규로 건설하는데는 많은 자원의 투입이 필요하며 대규모의 자본이 투입될 뿐더러 경제성 확보가 필수적이다. 하지만 현재 쇠퇴의 문제를 겪고 있는 대다수의 도시 혹은 지역은 도시 재개발에 의한 경제성을 확보하기 어려운 상황이며, 특히 지방의 중소도시는 더욱 심각하다. 이러한 관점에서 향후 재도시화 시도는 최소한의 건설을 통해 도시를 기능을 변화시키는 도시재생이 바람직하다.

도시재생의 세계적 추세는 자원의 부족, 온실효과, 기후변화 등의 범지구적 위기에 대응할 수 있는 기능을 강화하고 있다. 이와 더불어 주민들의 환경적 질 향상 및 편리함을 동시에 확보하여야 한다는 두 가지 명제를 해결하면서 도시의 지속가능성을 증진시키는 방향으로 도시재생을 추진하고 있다.

지속가능성에 기반을 둔 재도시화가 이루어지고 있는 상황에서 국내 도시 정책결정자들은 아직도 도시재생의 올바른 해결책을 마련하지 못하고 있는 실정이다. 프라이부르크와 함마르비와 같은 도시재생 사례가 시사하는 바는 중요하다. 두 도시는 도시의 자원순환 및 에너지 자립에 초점을 맞추어 도시의 인프라를 변화시키고 있으며, 이를 바탕으로 도시를 기능을 변화시키고 있다. 이를 위해 도시 인프라에 에코 시스템(ecological system)이라는 개념을 적극 도입하고 있는데, 여기서 에코의 개념은 기존 도시에 설치되어 있는 인프라 기능을 ‘생산-공급-이용-배출-처리’가 아니라 ‘생산-공급-이용-배출-처리 및 재생산-재이용’으로 변화시키는 것이다(Choi et al., 2009). 전 세계적인 도시재생은 도시의 기능을 되살리는 노력뿐만 아니라 지속가능성을 향상시키기 위해 자원순환 및 에너지 자립을 위해 기존 인프라를 재생해야 한다.

본 연구에서는 에코시스템 개념을 도입한 기존 인프라 재생을 통해 대전시 M 아파트 단지를 대상으로 현장에 적용하였다. 실제 적용된 기술은 오수정화시설 재생기술과 우수 재생기술, 유기성 폐기물 에너지화 기술, 도시농장 기술이며, 단지 내에서 폐기되는 하수와 유기성 폐기물을 전량 재활용한다는 개념으로 시스템을 구축하였다. 또한, 지속가능성에 기반을 둔 아파트 단지 재생에 따른 효과를 정량적으로 분석하기 위해 인프라 성능에 관련된 지표를 도출하여 지표 분석 결과를 제시하였다.

## 2. 도시재생 인프라 재생 요소기술 소개

도시의 녹색성장을 위한 분야는 Fig. 1과 같이 6가지로 분류할 수 있으며, 이 중 녹색기술이 적용될 수 있는 분야는 ‘물·자원순환’, ‘녹색교통’, ‘저탄소 에너지’ 세 분야에 해당된다. 대전의 M 아파트에 적용된 기술은 도시의 녹색재생을 위해 단지규모에서 현장적용이 가능한 물 및 자원순환에 초점을 맞추어 요소기술을 적용하였다. 노후화된 아파트 단지를 대상으로 가장 경제적으로 지속가능성을 향상시킬 수 있는 방법을 도출하여 물 및 폐기물 순환과 재생 에너지 생산과 관련된 기술을 기존 인프라를 최대한 활용하여 설계하였으며, 적용된 세부기술에 대한 개념 및 특징은 Table 1에 제시되었다.

- ‘분산형 도심 중수생산시스템 구축을 위한 기존 단지 내 오수정화시설 재생기술’은 전국 도시에 단지별로 분산되어 있는 250만개가 넘는 소규모 오수정화시설을 재생하여 재생용수를 생산함으로써 상수원의 추가적인 이용 없이 도심 내 친수공간 및 편의시설에 필요한 물을 공급한다. 궁극적으로 건천화

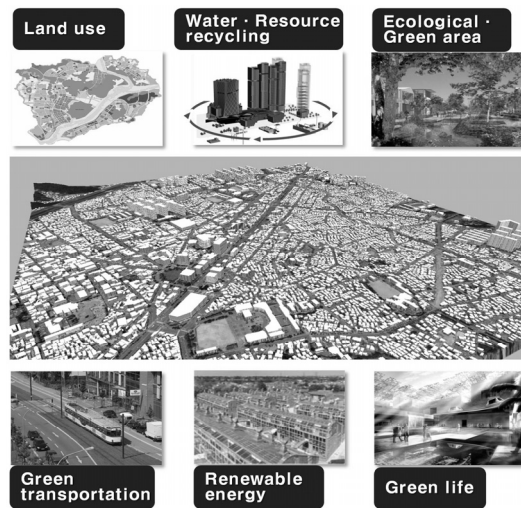


Fig. 1. Application Field of Green Technologies (Source: Wang, 2009)

Table 1. Green Infrastructure Regeneration Technologies

Technologies	Concept	System	Effect
Regeneration of Sewage Purification Facility	Secure Adequate Quantity and Quality of River Water	Reuse of Treated Waste Water + Coagulation-LP CF	Resource by Using Existing Structures Through Repairing
Urban Organic Waste Energy Recovery	Treat Organic Waste(Food and Human Waste) Using Odor-Eliminating "Green Box"	Disposer, Greenbox (Hydrogen Fermentation, Methane Fermentation)	Produce Electric Power, Biogas, Recycled Fertilizer, Hot Water
Non-point Pollution Source Management	Regenerate Rain Water Treatment	Unclogging Surface Filtering Elastic Paving; USFEP	Consistent Permeability, Nonpoint Pollutant Filter, Permeability and Retention
Agropark	Build Sustainable City by Material Circulation	To Maximize Urban Circulation of Energy and Material	To Provide Leisure Space and Community Space for Residents

된 도심 살개천의 유지용수로 사용하여 도심 소하천을 되살리는 역할을 할 수 있다.

- ‘음식폐기물을 포함한 도시 유기성 폐기물의 에너지화 기술 (일명, 그린박스)’은 단지에서 발생하는 유기성 폐기물(음식 폐기물, 분뇨 등)을 도심 현장에서 전량 바이오 가스화함으로써 도심 재생에너지 이용률을 높일 수 있는 기반 기술이며, 최종 유출수는 단지 내 조경용수로 사용가능하다.
- ‘무막힘 우수블럭 기술’은 도로 및 주차장 등에 설치된 우수배수구, 보행자도로 등 도시 내 우수 배수가 가능한 시설을 무막힘 우수블럭으로 교체함으로써 우수에 포함된 고형물을 1차 처리하여 재이용이 가능하게 설계되었으며, 현재 문제가 심각한 초기 우수 오염부하를 제어하는데 기여할 수 있는 기술이다.
- 도심 내 수변공간 및 도시농장 기술은 도심 현장에서 생산된 재생용수, 바이오 에너지와 태양열 등의 재생에너지, 도시유기성폐기물로부터 생산된 재생비료와 포집된 CO<sub>2</sub>를 성장촉진제로 사용하는 기술로서 도시 내 자원이용 효율 및 CO<sub>2</sub> 저감을 극대화하고 주민들의 건강을 향상시킬 수 있는 기술이다. 이외에도 기타 주민편의 및 소득증대를 위한 녹색 주민시설들은 주민들을 위한 그린여가시설인 족욕탕 및 도시농장은 제로 카본(Zero-carbon) 운영을 기반으로 레저 및 작물재배 등의 형태로 주민들에게 편의 및 여가공간을 제공한다.

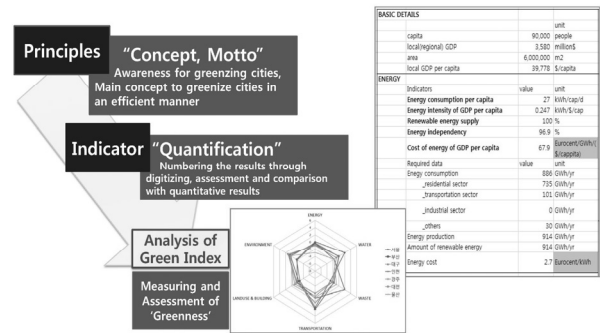


Fig. 2. Schematic Design of Green Index

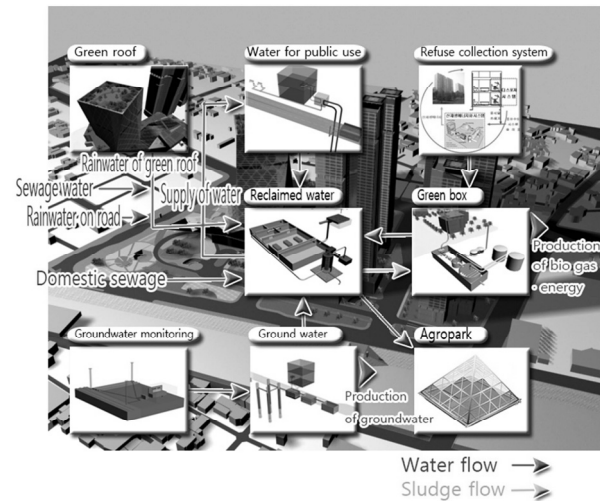


Fig. 3. Concept of Green Urban Block System

- 재생도시 인프라 성능평가 지표는 인프라의 재생을 통해 얼마나 녹색도시 조성에 기여하는가를 정량적으로 측정하는 지표로서, 저탄소 녹색도시를 조성하기 위해 인프라가 갖추어야 할 요소들을 원칙으로 정리한, ‘인프라를 위한 공학적 원칙 (Shin et al., 2011)’을 기반으로 구성된 지표이다(Fig. 2).

본 연구는 단지 내 물 및 자원순환을 극대화하기 위해 대전 M 아파트 단지에 에코 시스템을 도입하고자 하였으며, 각 요소기술 간 연계성과 물질 흐름은 Fig. 3과 같다.

### 3. 환경 인프라 시설 현황

#### 3.1 우수정화시설

대전시 M 아파트의 우수정화시설은 Fig. 4와 같이 포기조로의 반송라인 폐쇄, 펌프 및 브로워의 고장 등 내부시설의 노후화에 따른 문제가 있었다. 또한, 이단 접촉 포기조에서 24시간 포기는 이루어지고 있었지만, 반응조의 미생물 농도가 1,000mg/l이하로

낮아 적절한 유기물 처리가 되지 않고 있었다. 최종 침전지에서는 펌프로 단지 밖 차집관로로 빠져나가는 과정에서 침전이 이루어지지 않은 상태에서 다량의 고형물들이 외부관로로 빠져나가고 있었다.

### 3.2 음식폐기물 처리방법

대부분의 아파트와 마찬가지로, 대전 M 아파트에서도 Fig. 5와 같이 각 가정 내에서 실내용기에 음식폐기물을 저장하였다가 일정량 이상이 되면 실외의 공동수거함에 버리고 있다. 그 후에 수거차량이 음식폐기물을 수거해서 집하장으로 옮겨 처리하는 방식을 취하고 있다. 각 주민들은 가구에서 발생한 음식폐기물을 단지 내 수거통까지 이동시켜야 하는 번거로움이 발생된다. 또한 음식폐기물을 수거하는 동안 각 가구별 엘리베이터 사용에 따른 전력소모 및 운반차량 운행 등으로 인해 경제적/행정적 비용이 발생하고, 단지 내 수거통의 방치로 인한 악취의 발생과 해충의 서식 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있었다.

### 3.3 우수 유입구

대전시 M 아파트를 포함한 우리나라의 일반적인 우수유입구는 Fig. 6과 같이 우수의 효율적 유입을 위해 그레이트 형태로 되어 있다. 때문에 우수 외에도 모래, 담배꽂초, 나뭇잎 등의 많은 혐잡물들이 유입되고 이를 적절히 청소하지 않을 경우 배수로 내에 퇴적되는 문제가 발생한다. 이는 낮은 강우량에도 우수가 효과적으로

배수되지 않아 도로 및 주차장이 침수되는 문제를 야기하고 있다. 이러한 배수로 내 쓰레기 퇴적물은 일차적으로 배출되는 우수 오염물량을 가중시키고, 그 오염된 우수가 하천으로 그대로 방류됨으로써 하천의 오염 뿐 아니라 도시 생태계에 악영향을 주는 요인으로 작용하고 있었다.

## 4. 환경 인프라 재생 및 결과

### 4.1 단지형 도심 중수 생산 시스템

Fig. 7에서와 같이 대전 M 아파트 단지의 우수정화시설(접촉산화법)이 정상적으로 가동될 수 있도록 관로 및 펌프 등을 재생하고 1차처리 된 하수와 단지에서 발생하는 우수 및 지하수를 대상으로 간단한 여과장치를 통해 2차 처리하여 재생용수를 생산하는 시스템을 대전 M 아파트를 대상으로 설치 및 운영하였다.

약 10개월 동안 10회의 수질분석 결과 Table 2에서와 같이 최종 방류수(재생용수)가 대부분의 항목에서 중수수질기준에 부합하였다. BOD의 경우 수질 기준치를 넘어서었는데 이는 기존 우수정화시설이 접촉산화법으로 운영되고 있으나, 접촉계의 유실 및 blower의 잦은 고장 등으로 호기성 처리가 정상적으로 이루어지지 않은 데에서 기인한 것으로 판단된다. 기존 우수정화시설의 정상가동 및 응집-LPCF 공정 후단에 소독공정 등의 조치가 취해진다면 중수 수질기준을 만족시킬 것으로 판단된다.

중수는 Fig. 8에서 보느바와 같이 단지 내에서 조경용수, 인공수로, 생태연못, 벽천분수 등 다양한 친수공간 유지용수로 활용될 수 있음을 검증하였다.



Fig. 4. Existing Wastewater Treatment Facilities



Fig. 5. Food Waste Disposal Process in Apartment

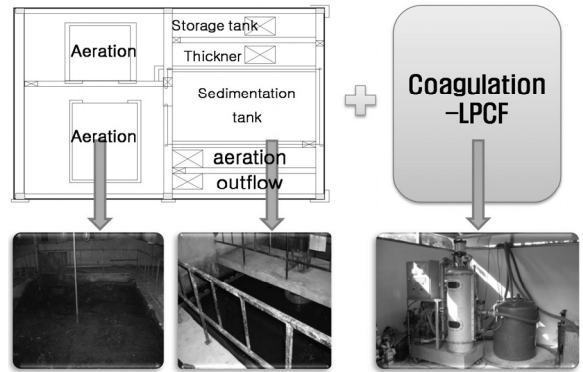


Fig. 7. Wastewater Treatment Facilities + Flocculation-LPCF



Fig. 6. Types of Rainwater Drainage



Fig. 8. Applicability of Reclaimed Water

Table 2. Concentration of Reclaimed Water Quality (Unit : mg/L)

	Standard conc. for reuse	Coagulation-LPCF	Reclaimed water
BOD	3.00	27.60±2.7	7.80±1.5
SS	6.00	20.00±8.4	ND
TN	10.00	28.3±4.8	4.90±1.3
Coliform (ea/100ml)	ND	25.0±5.3	ND

\*conc. : concentration

\*ND : not detected

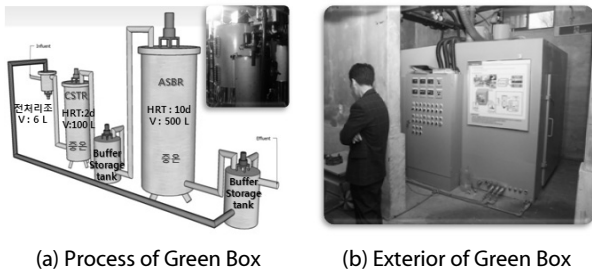


Fig. 9. Green Box

Table 3. Analysis of Gas and Effluent of Green Box

Gas production rate (Unit : m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /d)		Removal efficiency (Unit :%)	
Hydrogen	0.33±0.1	hexose	88.20±10.5
		COD	91.50±18.5
Methane	0.24±0.0	VS	81.00±8.7

#### 4.2 유기성폐기물 에너지화 시스템

대전 M 아파트 단지의 경우 17가구를 대상으로 설치 및 운영되었다. 음식폐기물의 경우 각 가구의 싱크대 하단에 분쇄기를 설치하여 분쇄된 음식폐기물이 기존 관로를 통해 지하실로 이송되도록 설계되어 있으며, 화장실에서 발생하는 분뇨는 오수관로를 통해 지하실로 이송되게 된다. 이 두 가지 유기성 폐기물을 대상으로 지하공간에 Fig. 9와 같이 그린박스(Green Box)를 설치하여 수소메탄 반응을 통해 바이오가스를 생산하고 최종 유출수로 발생하는 유기물을 활용할 수 있도록 설계되어 있다.

분쇄기를 설치한 17 가구에서 배출된 음식폐기물 및 분뇨를 대상으로 유기성 폐기물 에너지화 공정을 통해 약 4달 동안 40회에 걸쳐 발생한 수소, 메탄 가스발생량 분석 결과 Table 3과 같이 분석되었다. 이는 전체 가구로 확대 적용하였을 경우 생산하는 바이오가스만으로 전체 조리용 가스사용량의 60% 정도를 담당할 수 있는 양이며, 단지에서 유기성 폐기물 발생을 90% 가량 저감시킬 수 있다.

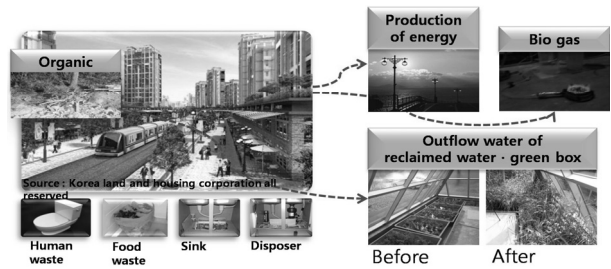


Fig. 10. Production and Use of Renewable Energies from Green Box

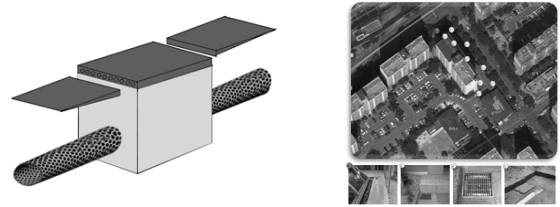


Fig. 11. Schematic Design and Installation of USFEP

Table 4. Concentration of Filtered Rainwater Quality(Unit :mg/L)

	Standard conc. for reuse	Rainwater	Reclaimed Water
BOD	3.00	1.25±0.03	1.12±0.02
SS	6.00	20.00±0.00	1.00±0.71

\*conc. : concentration

Fig. 10과 같이 생산된 바이오 가스는 중앙난방식 단지의 경우 난방보일러 에너지원으로 바로 이용할 수 있으며, 각 가구당 부담하고 있는 음식폐기물 수거비용과 단지 내 집하장까지의 수거에 따른 번거로움, 엘리베이터 이용 전기료 등의 절감을 가져와 다양한 환경적 편익과 경제성을 동시에 확보할 수 있다.

#### 4.3 우수처리 시스템

Fig. 11는 M 아파트 단지에서 보행공간과 도로변 우수배수구에 USFEP를 설치한 개념도이며, Fig. 11와 같이 무막힘 표면여과 탄성포장(Unclogging Surface Filtering Elastic Paving; USFEP) 기술을 이용하여 대전 M 아파트 단지에 총 10개의 우수배수구와 1개의 우수배수로에 설치 운영하고 있다.

5회의 수질 분석결과, Table 4와 같이 무막힘 표면여과 탄성포장(USFEP)에 의해 침투 및 여과된 우수는 모든 수질기준 항목에서 중수 수질기준에 부합하였으며, 육안상으로도 매우 깨끗해졌음을 알 수 있었다. 특히 초기 강우에 대해 도시 하천생태학 측면에서 가장 문제가 되는 부유물질(SS)이 90% 이상 제거됨으로써 USFEP의 도시에서의 이용가능성이 매우 높음을 확인하였다.

#### 4.4 도시농장(Urban Agropark)

대전 문화주공의 도시농장은 그린피라미드형으로 설치되었으며, 총 면적은 100m<sup>2</sup>, 식물 서식공간 30m<sup>2</sup>, 족욕시설 4m<sup>2</sup>로 설치되었다.

식재된 식물은 주로 물이카시아, 무너칸나와 같은 수생식물이며, 아토피 저감에 효과가 있는 피톤치드 식물도 식재되어 있다.

단지형 중수 시스템과 우수처리 시스템에서 생산된 중수 및 유기성 폐기물자원화 시스템의 최종 유출수 투입 여부에 따라 식물의 성장 증가량을 비교하여 분석 하였다. 식물은 주민의 테라피 효과를 위하여 피톤치드가 많이 발생되고, 공기정화에 효과가 있다고 알려진 골드크레스트(올마)로 선정하였다(Lee et al., 2014).

약 1개월 동안 식물의 성장 분석 결과, Table 5와 같이 중수와 유기성 폐기물 자원화 시스템의 최종 유출수를 사용하였을 경우 식물의 생장이 더욱 왕성하고 활발하였음을 알 수 있었다. 즉, 중수와 유기성 폐기물 자원화 시스템의 최종 유출수는 단지 내 조경공간에 조경용수로서의 활용 가능성을 확인하였다. 또한 도시 농장은 주민들에게 취미·테라피 공간을 제공함으로써 삶의 질도 향상 될 것으로 기대 된다.



Fig. 12. Urban Agropark

Table 5. Plant Growth

	Tap water		Reclaimed water	
	△ height (cm)	△ weight (g)	△ height (cm)	△ weight (g)
Not injecting treated water	0.50	67.30	0.72	72.50
Injecting treated water	1.11	86.40	1.32	112.80

\* △ : growth rate

\* Treated water is effluent from the food waste and reclaimed water is from wastewater

#### 5. 대전 M 아파트 단지의 그린단지시스템 효과성 분석

대전 M 아파트 단지에 녹색 요소기술 현장적용의 효과성을 검토하기 위해 재생 전과 후의 시나리오로 재생의 효과를 Shin et al. (2011)가 제안한 평가지표를 활용하여 분석하였다. 이 평가지표는 (1) 생태계의 지속가능한 발전을 이론적으로 모방하는 도시 인프라를 위한 원칙을 바탕으로(Shin et al., 2011), (2) 공리적 설계를 바탕으로 체계적으로 원칙을 세분화하며, (3) 기존 지표들을 고려하여 정량화한 평가 시스템이다(Shin et al., 2013). 적용한 평가지표는 에너지, 물, 폐기물, 교통, 토지 이용 및 건축물, 그리고 환경의 6개 분야에 대해 평가를 수행하며 재생 전과 후의 시나리오를 상대적으로 비교하여 재생의 효과성을 정량적으로 제시한다. 평가의 결과는 Fig. 13에 나타난 것과 같이, 요소기술 도입 전(시나리오 0), 도입 후(도시재생 도입), 그리고 비교군으로서 D 시의 평가 결과를 비교분석하였다.

평가 결과, 5개의 분야에 대하여(6개 분야 중 교통은 인프라 재생의 특성상 미치는 효과 및 적용범위를 벗어나 배제시킴) 재생 전 에너지는 -2.12, 물은 -0.53, 폐기물은 -0.71, 토지이용 및 건축물은 -0.71, 환경은 -0.001 이었으나, 재생 후 각각 에너지는 2.11, 물은 -0.21, 폐기물은 -0.71, 토지이용 및 건축물은 -0.71, 환경은 2.12로 나타났다. 특히 에너지와 환경 분야에서 재생의 효과가 확실하게 나타났으며 나머지 분야에서는 큰 효과성을 확인하지 못하였다. 이는 단지 내 음식 폐기물을 활용한 바이오 에너지의 생산과 그린단지 시스템의 종합적인 효과로 환경적인 요소(대기질, 수질, 폐기물에 따른 환경부하 등)를 개선하였기에 나타난 것으로 판단된다. 반면 상대적으로 폐기물 및 토지이용, 건축물 분야에서 큰 효과성이 나타나지 않은 것은 M 아파트 단지 내 전체적인 폐기물의 양 대비 음식 폐기물의 양이 미비하고, 그린 단지 시스템이 건축물 보다 도시 인프라에 초점을 맞추고 있기 때문인 것으로 판단된다. 더불어 물 분야에서 상대적으로 효과성이 적게 나타났는데, 이는 우수 및 하수를 재이용하여 도시농장에서만 활용하여 도출된 결과이기 때문이다. 도시농장 뿐 아니라, 단지 내 추가적인

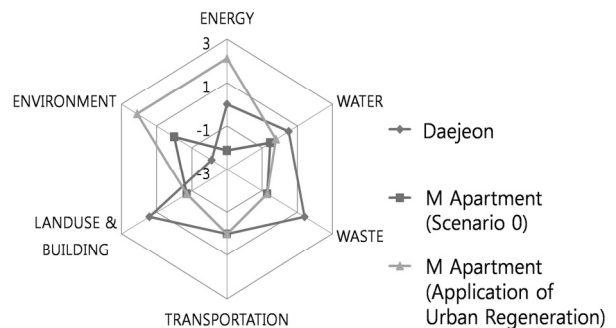


Fig. 13. Analysis of Green Index in M Apartment

친수공간이 조성되고 나아가 소하천 유지용수로 활용된다면 도시 단위의 물 분야 지표도 지금의 평가 결과보다 더 큰 상승을 보일 것으로 예상된다.

## 6. 결론

환경에 대한 인식의 변화로 저탄소 녹색성장의 개념이 도입됨에 따라 사회 전반에 걸쳐 탄소저감 및 에너지 효율성 측면에 대한 다양한 시도가 진행되었으나, 구체적인 기술이 현장에 적용되기보다는 정책적인 지침이 제시되고 있다. 이러한 점에서 본 연구는 실제 아파트 단지의 기존 인프라를 활용함으로써 가장 경제적으로 녹색 인프라 기술로 구축했다는 점에서 의의가 있다. 환경 인프라 요소기술로써 물, 폐기물의 자원 순환 및 재이용을 위해 단지형 도심 중수 생산 기술과 단지형 유기성 폐기물 에너지화 기술, 무막형 탄성포장 우수 재이용 기술, 도시농장 기술을 활용하여 단지 내에서 자원이 서로 순환하면서 재이용 되는 하나의 에코시스템을 구축하였으며, 이를 도시환경기반시설 재생 솔루션(CUIRS-E; Commercialized Urban Infrastructure Regeneration Solutions in Package)으로 제안하였다. 이 시스템은 기존 도시 인프라를 녹색기술로 변화시킴으로써 도시내 자원 이용 효율을 극대화시켜 도시에서 자원을 소비하면서 버려지는 자원을 재생하여 효과적으로 활용하는 시스템으로써 재생도시 인프라 성능평가에서도 나타났듯이 환경적으로 향상되는 부분이 많다는 점에서 중요한 기술이라 할 수 있다.

이러한 단지형 통합 그린 시스템은 도시 인프라를 변화하기 위해 막대한 자본이 필요한 점을 감안하였을 때 가장 현실적인 대안이 될 수 있으며, 가장 많은 에너지를 소비하고 있는 도시에서도 인프라가 열악한 노후주거 및 상가지역을 대상으로 부분적으로 개선할 수 있다는 점에서도 적용가능성이 높다고 할 수 있다.

현재 연구는 실제 도심에서 단지 규모의 case study를 통해 환경 인프라 재생계획을 수립하였으며, 이를 바탕으로 국내외에서 유사한 사례의 인프라 재생이 필요할 경우 적용할 수 있도록 계획하고 있다. 또한, 우리가 개발하고 있는 녹색기술 이외에도 적용가능한 모든 녹색기술에 대한 정보를 보유하고 있어 재생이 필요한 대상지역이 선정될 경우 그 지역에 다양한 녹색기술이 적용될 수 있도록 계획하고 있다. 현재는 M 아파트와 같은 노후 아파트가 아니라 노후주거지역과 쇠퇴상가지역을 대상으로도 실제 시공을 목표로 인프라 기술 적용 계획을 수립함으로써 사업의 범위를 넓힐 수 있는 방안을 고려하고 있다. 이렇듯 다양한 변수를 가진 기존 도시에서의 문제점들을 파악하고 가장 경제적이고 효율적으로 인프라를 재생할 수 있는 방안들을 마련한다면 국내 뿐만 아니라 국외에서도 재생이 필요한 도시지역에 다양하게 적용할 수 있는 기반 기술을 확보하게 될 것이다.

## References

- Choi, C., Park, K., Park, W. and Park, H., (2010). "Development of a unified treatment system for public use of discharged water from a Korean apartment complex for urban infrastructure regeneration." *The sustainable World, WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 6, pp. 227-232.
- Choi, C. K., Lee, S. E. and Park, H. K. (2009). "Fundamentals of green cities' infrastructure design based on urban regeneration." *Ground Environment*, Vol. 9, No. 4, pp. 48-60.
- Lee, C. H. (1993). "Special issue : Cultural Space in Cities." *Urban Informatics*, Vol. 12, No. 8, pp. 2-9.
- Lee, E. Y., Shin, J. S., Lee, S. E., Choi, C. K. and Park, H. K. (2014). "Design of urban agropark of integrated environmental infrastructure for maximizing benefits of material recycling." *Journal of Korean Society of Civil Engineers*.
- Wang, G. I. (2009). "Low carbon green city cases and prospects." *MBC Forum*.
- Park, H. K. (2008). "Urban engineering and sustainability for urban infrastructure regeneration." *Proceeding of International Seminar on Civil and Infrastructure Engineering 2008*, UiTM, Malaysia.
- Park, H. K., Choi, C. K., Park, K. Y., Lee, S. E. and Shin, J. S. (2010). *Urban regeneration business 4 major construction and transport technology performance report* (in Korean).
- Kim, H. J. (2006). "Special issue : A New Paradigm - Cultural City : Environment and Facilities of Cultural City." *Urban Problem*, Vol. 41, No. 446, pp. 26-32.
- Shin, J. S. and Park, H. K. (2012). "Study on the concept of stepwise green growth for sustainable development of small and medium sized cities." *A Conference by Korean Society of Civil Engineers*.
- Shin, J. S., Shin, S. M., Han, J. K. and Park, H. K. (2013). "Developing indicators for measuring greenness of urban infrastructure based on axiomatic design, 2013." *Journal of Korean Society of Civil Engineers*.
- Park, K. Y., Choi, C. K., Park, W. S. and Park, H. K. (2010). "Amenity enhanced apartment complex design using reclaimed water and renewable energy." *Singapore International Water Week*.
- Park, K. Y., Choi, C. K., Park, H. K. and Lee, C. Y. (2010). "Analysis of efficiency of urban water recycling system and food waste-to-energy system: A Case Study in 'M' Apartment in Daejeon." *Journal of Korean Society of Civil Engineers*.
- Lin, C. Y. and Hsing, W. C. (2009). Culture-led urban regeneration and community mobilisation; the case of the Taipei Bao-an Temple area, *Taiwan, Urban Studies*, Vol. 46, No. 7, pp. 1317-1342.
- Roh, C. H. and Kim, I. T. (2006). "Introduction to urbanology." pp. 1-425.
- Choi, Y., Lim, H. Y. and Jang, W. H. (2009). "Empirical analysis of extant dwellers' residential resettlements cost in accordance with urban regeneration." *Korea Planners Association*, Vol. 44, No. 5, pp. 135-147.
- Kim, Y. H., Choi, J. W. and Oh, D. S. (2003). "A study on the strategies and elements of growth management-typed city center regeneration." *Korea Planners Association*, Vol. 38, No. 3, pp. 85-97.