공공하수도시설에서의 에너지절약기술-2

박 준 택 / 한국에너지기술연구원 미활용에너지연구센터(jtpark@kier.re.kr)

※지난호에 이어서 계속

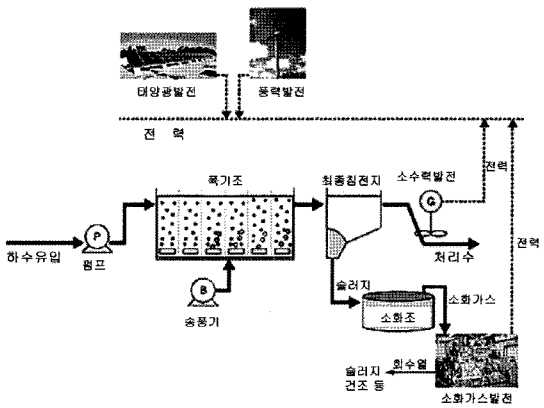
하수처리장에서의 재생에너지 이용현황

하수처리장은 재생에너지의 보고(寶庫)로써, **그림 12**에는 하수처리장에서의 재생에너지(소화가스발전, 태양광발전, 풍력발전, 소수력발전 등) 이용 개념도를 나타낸 것이다.

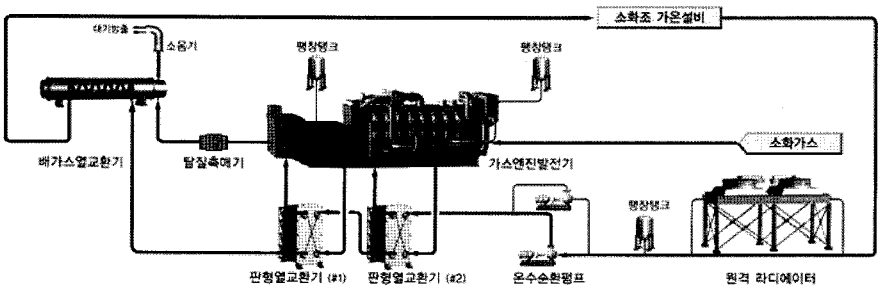
1) 소화가스 발전

그림 13에 소화가스를 이용한 발전설비 계통도를 나타내었다. 우리나라에서 소화가스를 이용한 발전은 제주하수처리장, 부산 수영하수처리장 등에서 시행되고 있다.

제주도에서는 2005년도 지역에너지사업으로 제주시 하수처리장에서 발생하는 메탄가스를 소화조 온도상승용 연료로 사용하던 것을 열병합발전을 통해 생산되는 전력으로 대체할 목적으로 소화가스 발전사업을 추진하였다(**그림 13** 참조). 열병합발전용량



[그림 12] 재생에너지 이용 개념도



[그림 13] 소화가스 발전설비 계통도

은 420 kW × 2기이고, 소수력 발전량을 포함, 총 전력사용량의 약 21%인 1,200 MWh(76백만원/년)를 대체할 수 있을 것으로 기대하고 있다

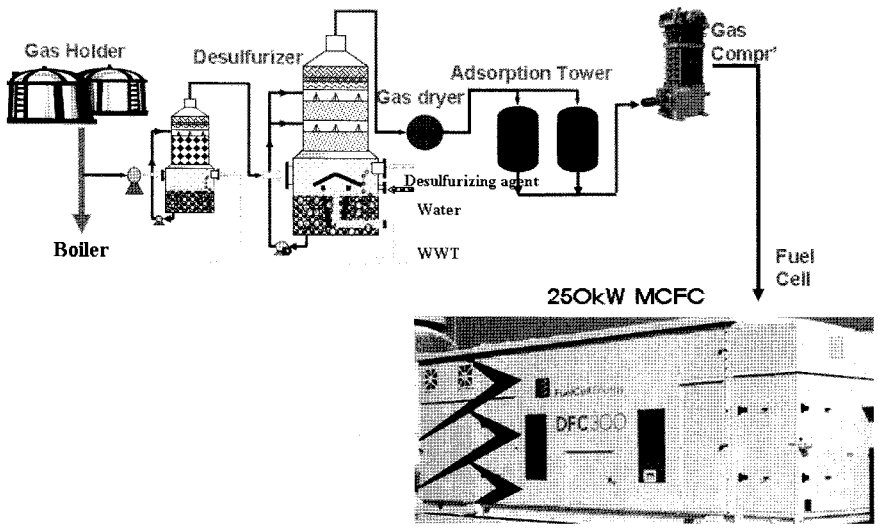
한편, 부산 수영하수처리장에서는 7,500 kW급 발전기 1기를 준공하여 가동 중이다. 탄천 물 재생센터에서는 2006년 4월부터 소화가스를 연료전지 발전에 이용하고 있다. 연료전지는 250 kW로, 전해질은 용융탄산염이며, 발전효율은 47%로 알려져 있다. 연료전지 설치비용은 30 억원이며, 소화가스 사용량은 2,400 m^3/일이다. 연간 1억 9천만원 에너지절감 효과(전력 180만 kWh, 온수 33천 m^3)를 기대하고 있다.

표 8에는 해외에서의 마이크로 가스터빈을 이용한 소화가스 발전 예를 나타내었다.

그림 14는 국내 최초로 2006년 서울 탄천하수처리장에 설치, 운영중인 소화가스를 이용한 연료전지 발전 시스템을 나타낸 것이다. 연료전지는 250 kW급 용융탄산염(MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell)을 채용하고 있다.

<표 8> 해외에서의 마이크로 가스터빈을 이용한 소화가스 발전사례

적용 예	운영 및 효과
난코엔 처리장 (일본, 홋카이도)	– 발전효율 25–40% – 발전폐열 이용시 종합에너지 이용효율 80% 이상 – 30 kW 급 소화가스발전 및 배열회수 시스템
Puente Hills 매립지 (미국 LA, CA)	– 35% 메탄 함량 LFG 사용 – 오염물 배출농도: NOx 1.3 ppm, CO 36 ppm, 메탄 2.2 ppm
Albert Lea WWTP (미국 Albert Lea, Mn)	– 30 kW급 4기, 설치비용: $62,500/30 kW – 60% 메탄함량 소화가스 이용
Palmdale Water Reclamation Plant (미국 LA, CA)	– 발전용량: 250 kW, 메탄함량 55% 소화가스 이용 – 설치비용: $228,000/30 kW, 전력생산비용: $0.093/kW–hr – 발생전력: $0.128/kW–hr, 연간이익: $227,000/yr
Lancaster Water Reclamation Plant (미국 LA, CA)	– 발전용량: 230 kW, 55% 메탄함량 소화가스 이용 – 설치비용: $93,913/30 kW, 전력생산비용: $0.043/kW–hr – 발생전력: $0.127/kW–hr, 연간이익 $200,000/yr



[그림 14] 탄천하수처리장 소화가스 연료전지 발전시스템 개략도

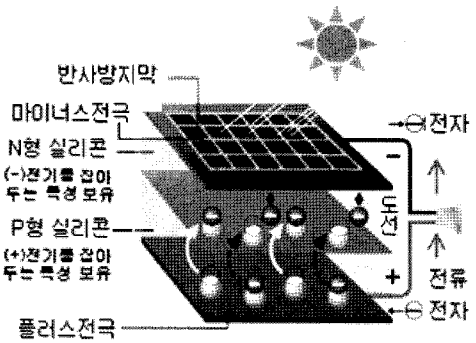
2) 태양광 발전

태양광발전(PhotoVoltaic System)기술은 **그림 15**에 나타낸 바와 같이, 실리콘 반도체 등으로 구성된 태양전지에 빛이 닿으면 전기를 발생하는 현상을 이용하여 햇빛을 직접 전기로 변환하는 발전방식이다.

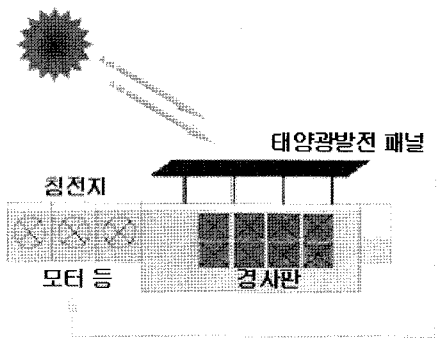
하수처리장에서의 태양광발전시스템 도입은 **그림 16**에 나타낸 바와 같이 하수처리장의 침전지 등 상부를 태양광 발전 패널로 가려서 발전된 전력을 하수처리장에서 소비하는 전력의 일부로 사용함과 동시에 조류발생 및 적조발생을 방지할 수 있다. 아울러 하수처리장은 넓은 부지를 가지고 있기 때문에 태양광발전을 도입하기 유리한 여건을 가지고 있어 향후 도입이 증가될 것으로 전망되고 있다.

현재 하수처리장에서의 태양광발전시스템 도입사례를 보면 대구 신천하수처리장, 춘천 중량하수처리장, 울산 용연하수처리장 등이다. 대구시는 태양광발전시설의 실증 및 확산 보급에 기여하고, 태양광발전시설로 생산된 전기를 사용하여 전기에너지 절감하며, 아울러 신재생에너지 관련 현장 투어 및 교육·홍보의 장으로 활용할 목적으로 신천하수사업소에 태양광발전사업을 추진하였으며(**그림 17**참조), '05년 6월에 시설이 완료되었고 사업비는 44억원 (국비 31, 지방비13)이 투입되었다. 시설용량은 479 kW(국내 최대)로서 연간 예상 발전량은 612 MWh/년이며, 전기요금 절감액은 연간 32백만원(산업용 기준 : 52원/kW)으로 나타났는데, 이 시설은 시민과 내방객에 대한 첨단도시를 보여주는 홍보 및 관광자원으로 활용할 뿐만 아니라 환경친화적 지역에너지사업 시범모델로서 "에너지절약 교육의 장"으로 활용할 계획이다.

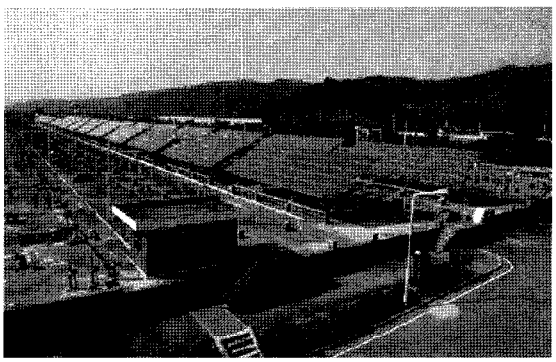
- 춘천시 중량하수처리장 태양광발전시스템 도입 사례 개요는 다음과 같다.
  - -사업기간 : 2007~2009년
  - -투자금액 : 총 59억원
  - -시스템 용량 : 총 600 kW(2007년 100 kW, 2007년 300 kW, 2007년 200 kW)
  - -목적 : 하수처리시설과 수변지역에 설치된 분수 등 관광시설물에 전기 공급, 신재생에너지 홍보 도모
  - -기대효과 : 하수처리 가동시 약 7 ~ 15%의 전기비용 절감
- 울산시 온산하수처리장 태양광발전시스템 도입 사례 개요는 다음과 같다.
  - -사업기간 : 2007년말까지



[그림 15] 태양광발전기술



[그림 16] 태양광발전시스템 적용 개략도



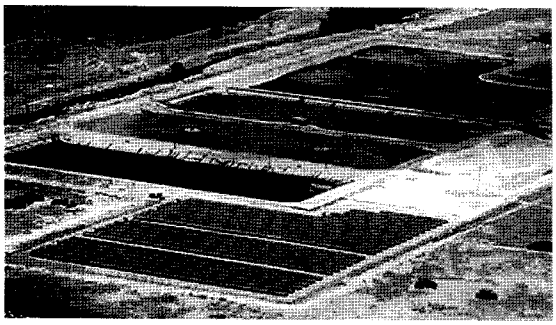
[그림 17] 대구 신천하수처리장 태양광 발전 전경

-투자금액 : 총 20억원
-시스템 용량 : 총 200 kW
-목적 : 하수처리시설 전기 공급, 신재생에너지 홍보 도모

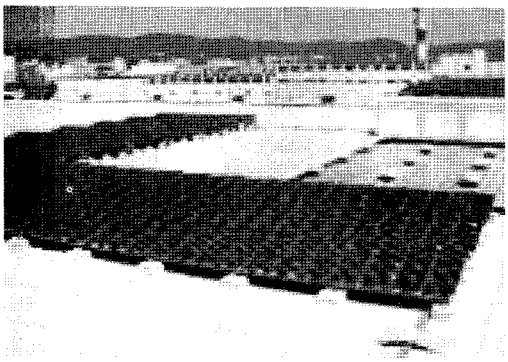
- **그림 18**은 미국 캘리포니아 Oroville sewage commission의 태양광발전시스템이며, 이를 간략히 소개하면 다음과 같다.

-위치 : Oroville california
-완공일 : 2002. 08
-시스템 최대 용량 : 520 kW
-PV 패널 : 약 5,000매(120 W bp solar panels)
-에너지 생산 : 소비되는 부하의 80% 담당

- **그림 19**는 일본 오오사카 북부유역하수도사무소 태양광 발전 전경으로 지구환경문제 대응의 일환으로 하수도사업에서는 일본에서 최대급인 300 kW 도입사례이다.



[그림 18] 미국 캘리포니아 Oroville sewage commission의 태양광 발전 전경



[그림 19] 일본 오오사카 북부유역하수도사무소 태양광 발전 전경

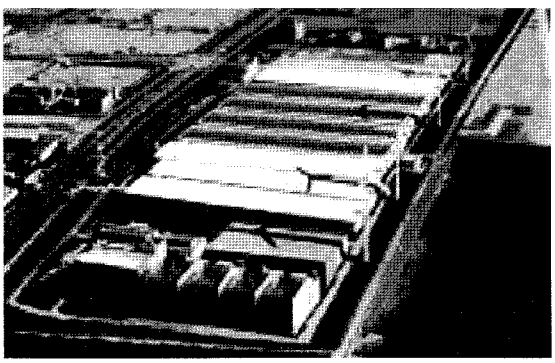
3) 풍력발전

하수처리장이 해안에 입지하여 연중 바람이 강한 경우 풍력발전시설 도입이 가능하다. **그림 20**은 태양광발전과 풍력발전을 복합적용한 하수처리장 예상도를 나타낸 것이다.

4) 소수력 발전

소수력발전은 설비용량 10,000 kW 이하의 수력발전을 말하는 것으로서, 에너지밀도가 큰 청정한 부존에너지이다. 소수력 개발방안(1982년)에 따라 개발이 유도되고 있으며, 기계, 전기 설비비의 100%, 토목공사비의 25%를 융자해 주고 있다. 생산전력은 한전에서 전량 매입하고 있으며, 1 MW 이상은 kWh당 86.04원, 1 MW 미만은 94.64원이다. 현재 우리나라 운영중인 소수력발전 전체용량은 65 MW이며, 이중 하수처리장 방류수이용 소수력발전량은 225 kW이다.

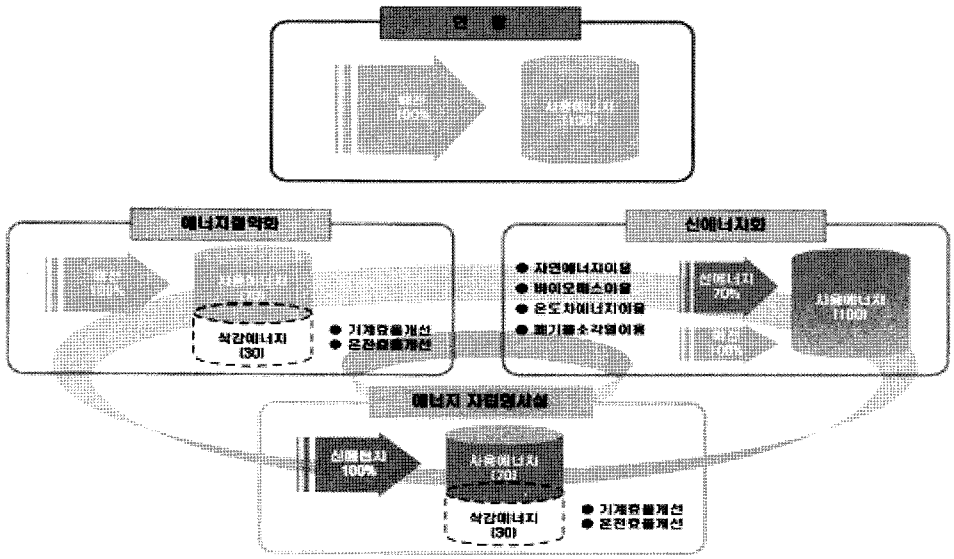
충청남도 하수처리장 소수력발전 사례의 경우, 하수처리장의 미활용 방류수를 이용한 대체에너지 개발과 소수력발전으로 생산된 전기로 전기에너지 절감하며, 아울러 에너지절약 교육 · 홍보의 장으로 활용할 목적으로 천안/아산 하수종말처리장에 소수력발전사업을 추진하였다. 사업비는 368백만원(국비 300, 지방비 68)이었으며, 시설용량은 76 kW(천안 20 kW 2기, 아산 36 kW 1기)이 소요되었다. 소수력발전을 위한 낙차는 천안 2.5 m, 아산 7.2 m이다. 04년도 전력생산량은 600천 kWh(천안 315, 아산 284)으로 전기요금 절감 액은 연간 2천만원이었으며, 환



[그림 20] 태양광발전+풍력발전을 도입한 하수처리장 예상도

<표 9> 국내 하수처리장 방류수이용 소수력발전 현황

번호	발전소명	사업자	소재지	설비용량 (kW)	형식		낙차 (m)	운전개시일
					수차	발전기		
1	아 산	아산시	충남 아산	36	카프란	유도	6.9	2000.12
2	천 안	천안시	충남 천안	40	카프란	유도	2.5	2002.01
3	진 해	진해시	경남 진해	10	카프란	유도	1.6	2004.10
4	신 천	대구광역시	대광역시	139	카프란	유도	3.7	2005.06



[그림 21] 일본 "하수도 비젼 2100"에서의 에너지자립형 하수처리장 개념

경친화적 지역에너지사업 시범모델로서 "에너지절약 교육의 장"으로 활용할 계획이다.

신천 하수처리장의 소수력발전용량은 139 kW이고 낙차는 3.8 m이며, 진해 하수처리장의 소수력발전용량은 10 kW이고 낙차는 1.6 m이다.

하수처리장에서의 미활용 · 에너지의 이용방향

하수처리장은 미활용 · 재생에너지의 보고(寶庫)로써 대부분의 하수처리장에서 미활용 · 재생에너지를 이용하면 필요한 에너지의 거의 전량(100%) 충당하는 것이 가능하다. 참고로 일본 국토 교통성 하수도부는 2005.9.2, 하수도의 금후 100년의 장래상과 이것을 실현할 아이디어를 나타낸 "하수도 비젼 2100"에서 에너지 자립형 하수도를 최종 목표로 하고 있다. 금후 하수처리장에서의 미활용 · 재생에너지의 이용방향을 간략히 제시하면 다음과 같다.

• 지역별 이용방안

하수처리장이 해안에 입지하여 사시사철을 통하여 바람이 강한 경우에는 풍력발전시설 도입이 바람직하고 그 이외의 태양열, 태양광발전, 지열 등과 같은 재생에너지 이용은 거의 모든 하수처리장에 도입이 가능하다.

• 용량별 이용방안

하수열 이용은 관리동 등 열수요처의 공조면적이 적어도 1,653 m^2(약 500평) 이상으로 중앙열공급방

식에 도입하는 것이 바람직하다. 소수력발전의 경우 하수처리용량이 20,000 톤/일 이상이면 도입이 가능하다. 소화가스발전의 경우 처리용량 5만 톤/일 이하인 하수처리장의 경우 30 kW급 마이크로터빈을, 5만 톤/일 이상인 하수처리장의 경우 가스엔진 또는 연료전지를 설치하는 것이 바람직하다. 그러나 연료전지는 현재 설치비가 고가이어서 경제성이 낮으나 향후 설치비가 낮아질 경우 적극적으로 고려할 필요가 있다.

참고문헌

1. 하수처리장 미활용에너지이용 타당성조사 연구, 전북경제사회연구원, 2001
2. 신강종, 대구 신천하수처리장 태양광 · 소수력 발전, 지역에너지정보. 통권 제22호 (2005), pp.81-84
3. 최진영, 울산시 용연하수처리장 바이오가스 플랜트 건설, ESCO. 통권 제36호 (2005. 9 · 10), pp.44-54
4. 하수처리를 이용한 미니발전소, 電氣技術 280('88.1) pp.94-99
5. 김동식 ;홍원화, 하수처리장 소수력 발전소 건설 타당성 분석에 관한 연구, 大韓建築學會論文集 : 計劃系. 제21권 제5호 통권 제199호 (2005. 5), pp.223-230
6. 구자균, 하승규; 하수열이용 지역난방시스템의 히트펌프 도입 경제성 연구, 지역난방기술, 제6호, 한국지역난방공사, 1999. 12.
7. 盛岡驛西口地區における熱利用下水道モデル事業について, 月刊下水道, 38(462) 22-25 (2001)
8. 旭川市における消化ガス發電システムについて, 月刊下水道, 38(462) 26-33(2001)
9. 風力を利用した省エネルギー型下水道システムの構築について, 月刊下水道, 38 (462) 34-39(2001)
10. 北京高碑店下水處理場での省エネルギー對策, 月刊下水道, 38(462) 4-7(2001)
11. 下水處理場のエネルギー消費と將來展望, 月刊下水道, 26(6)12-15(2003.5)
12. 下水道における燃料電池の導入と將來展望, 月刊下水道, 26(6)34-37(2003.5)
13. 電力コスト削減に 果あり～超微細氣泡散氣裝置導入による省エネルギー對策について～, 下水道協會誌, 42(510)24-26(2005.4)