

熱電併給型 에너지에 의한 에너지효율이 높은 都市시스템의 構築

* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

1. 머리말

京都議定書の 첫번째 약속기간에 들어가는 가운데 점차 이산화탄소 배출량을 삭감하는 저탄소사회의 실현이 급선무로 되고있다. 세계의 선례가 되는 저탄소사회를 구체화하기 위하여 정부는 「환경모델도시」를 모집 선정하였다. 환경모델都市는 각 지역의 특성을 활성화하고 이산화탄소 배출량의 대폭 경감과 지속적인 발전을 목표로하는 도시만들기이다. 전국으로부터 82건의 응모가 있어 2008년 7월에 선정결과가 발표되었다. 환경모델都市가 6건, 환경모델 후보都市가 7건이었다. 각종 제품이나 건축물 이외에 도시시스템을 전환하여 나가는 시책이 정부지원을 근간으로 시작되었다는것은 대단히 의의가 깊다.

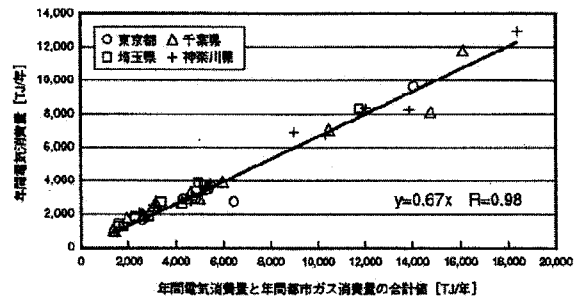
村上研究室은 건축분야 중 「환경에너지 계획연구실」이고 주로 에너지효율이 높은 도시구조를 구축하기위한 연구를 실시하고있다. 그 중 Cogeneration을 핵으로 하는 熱電併給型시스템은 에너지효율이 높은 도시에너지시스템을 구축하기 위한 기대되는 기술이다. 본고에서는 熱電併給型에너지시스템에 관련된 연구활동을 소개한다.

2. 도시에너지 소비구조 조사

도시의 에너지시스템을 계획함에 있어서는 도시의 에너지소비구조를 파악할 필요가 있다. 연구실에서는 도시의 에너지소비구조를 조사하고 있다. 이것은 도시 전체를 대상으로 한 조사와 도시를 구성하는 주택이나 건물 등의 建築單體를 대상으로한 조사라고 알고있다.

전자의 조사 예를 [그림-1]에 표시한다. 이것은 수도권을 대상으로 도시가스 공급시설이 市域 전체가 정비된 시의 연간 전기소비량과 연간 도시가스 소비량 비율의 조사결과이다. 도시 내의 건물이나 공장 시설 등이

소비하는 전기나 도시가스의 소비량을 의미하고 운송부문은 포함되지 않았다. Data는 각 시청이 파악하고 있는 값으로 공익사업자로부터 제공된것이다. 시청에서는 시 전체의 석유류 소비량을 파악하고있지 않으므로 석유류를 제외하였다.



[그림-1] 도시의 전기와 도시가스 연간소비량 조사

橫軸은 연간 전기소비량과 연간 도시가스 소비량의 合計値이고 종축은 연간 전기소비량이다(전기소비량은 3.6MJ/kWh, 도시가스량은 46MJ/Nm3 환산). 도시의 속성이 상이하여도 전기소비량과 가스소비량의 비율은 같은 경향을 나타내고 전기소비량이 시 전체의 약 67%를 점하고 있다. 또한 전력 일차환산(9.83MJ/kWh) 할 경우에는 시 전체의 약 85%를 점한다. 이보다 도시 수준의 건물 등에 관련된 에너지효율의 향상에는 전력의 제조·공급의 방법이 대단히 중요하다는것을 알게된다.

후자에서는 각종 건축물의 에너지·물소비량을 조사하여 업무용 건물, 상업용 건물, 호텔, 병원, 주택 등의 에너지 소비원단위를 작성한다. 그리고 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)을 이용하여 건물의 에너지 소비원단위와 GIS Data(건물용도 연상면적 등)로부터 도시에너지 소비구조를 분석한다.

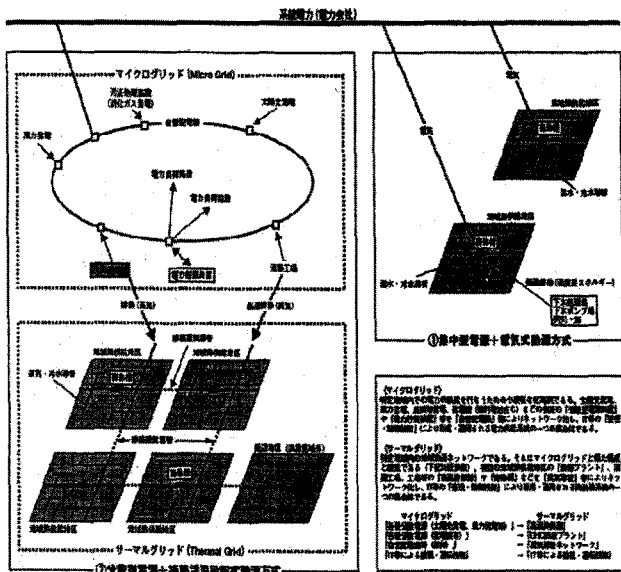
또한 주택에서는 급탕용의 熱製造效率를 향상시키는 것이 Point이고 현재 소형 가스엔진 발전기 + 저탕조,

CO₂ 냉매 히트펌프 급탕기 등이 기대된다. 여기서 이들 시스템 사용세대와 일반세대의 에너지소비량을 비교조사하고 있다.

3. Micro grid와 Thermal grid에 의한 지역에너지 시스템의 구축

極論하면 도시에너지시스템은 ① 집중형전원+전기식 열원시스템과 ② 분산형전원 (열병합발전) + 배열&발전 전기이용열원시스템으로 대별된다. 어느쪽을 擇할 것인가 아니라 각각의 에너지이용효율을 향상시키는 기술을 진전시키면서 베타믹스시스템을 구축하여 나가는 것이 중요하다.

현재 [그림-2]에 표시된 Micro grid와 Thermal grid에 의한 지역에너지시스템의 가능성에 관한 연구를 하고있다.

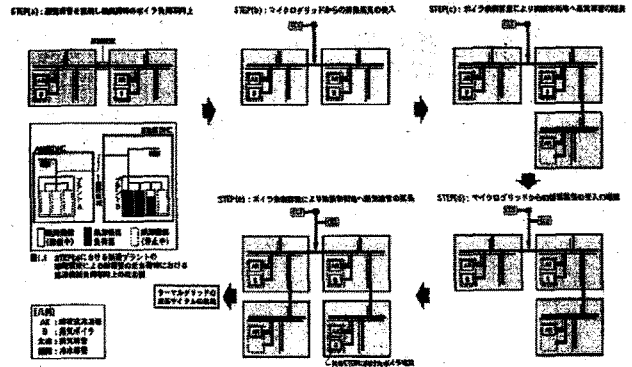


[그림-2] 지역에너지시스템의 將來像의 概念

그 Point는 “Micro grid”와 連携된 지역열공급시스템의 구축방법에 있다. 연구실에서는 Cogeneration의 배열“受入場”(열부하의 場)으로 Thermal grid 를 제안하고 있다. 분산형 전원을 Network하는 Microgrid 가 있는것과 같이 Thermal grid는 지역 열공급시스템을 Network화 하는 이미지이다.

이로 인하여 안정된 대규모의 열부하의 장이 구축되는것과 함께 지역 열원Plant의 상호 backup에 의한 효율성이나 신뢰성의 향상도 기대된다.

Thermal grid는 [그림-3]에 나타난 바와 같이 기



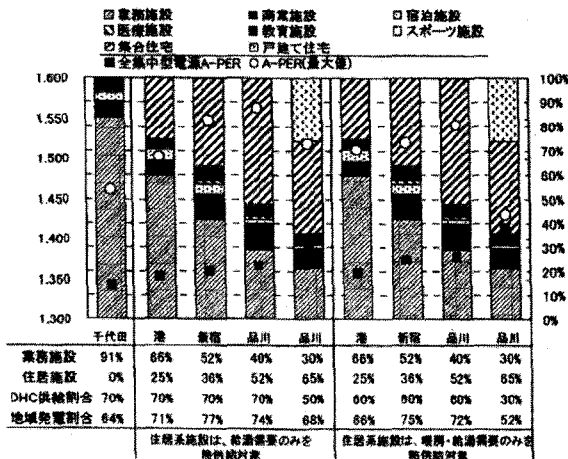
[그림-3] Thermal grid의 전개의 이미지도

본적으로는 “地域導管 접속형”에 의하여 Network를 구축하여 나간다. 이로인하여 Network 내에서는 증기의 제조와 공급은 地區에 관계없이 하나의 系로된다. 또한 냉수 공급은 原則地區單位의 그대로 둔다. Thermal grid 내의 증기 제조와 공급은 Net Work 전체의 부하에 대응하여 Network 내에 설치된 각종 장치 용량의 보일러로부터 적절한 기기를 선택하여 가동하는것이 가능하다. 다만 중간기나 야간 등의 저부하시에는 전체의 열원 Plant의 열원기기를 가동할것이 아니라 지구 전체의 고효율 운전이 가능하게되어 열원 Plant의 에너지절약과 연계된다.

다음으로 Micro grid 내에 발전기를 설치, 그 배열 증기를 Thermal grid에 접속한다. 배열을 받아들여서 보일러의 연료소비량이 삭감되고 Thermal grid 내 열원 Plant의 에너지 이용효율을 향상시키는것이 가능하다.

Thermal grid 내의 보일러에 余熱용량이 생기고 인접한 시가지에 증기도관을 연장하여 증기를 공급하는것이 가능하다. 경우에 따라서는 Sub Plant를 만들어 흡수냉동기를 설치하여 냉수의 공급도 실시한다. 인접 시가지에도 지역 열공급의 확대가 가능한것은 가일층 큰 배열증기의 수입처가 생긴다. 그러면 Micro grid 내에 발전기가 증설되고 Thermal grid 에의 배열증기 공급량의 증가가 가능하다. 이로인하여 또한 보일러의 잉여용량이 생긴다. 다시 생겨난 보일러의 잉여용량을 기반으로 인접한 기성 시가지에 증기도관을 연장한다. 이렇게 해서 지역 열공급지구의 확대사이클이 반복되면서 도시 내에 광역 Thermal grid가 구축된다. 그리고 이와함께 Cogeneration의 설치도 확대하여 나간다.

이와같이 서서히 분산형 전원이 보급된 경우에 집중형 전원과 분산형전원의 적절한 비율 (분산형전원의 발전비율과 그 배열을 활용한 지역 열공급의 비율)은 어떻게 될 것인가. 금후에는 양자의 베타믹스시스템을 구축하여나가는 것이 중요하다. [그림-4]는 千代田區, 港區, 新宿區, 品川區라는 상이한 도시공간 구조에서 현 시점에서의 주어진 조건에서 Mix 비율을 시산한 一例이다. Mix 비율은 각 도시공간에 있어서의 냉난방·“급탕에 관련된 “에너지효율(A-PER)” 이 가장 큰 상태(DHC 공급비율과 지역발전비율)를 산출하였다. 역시 이 연구에는 집중형전원의 수전단 효율의 향상 목표, 전 전원과 화력발전, 전기구동 열원장치와 열구동 전원장치의 효율 등 불확정한 여러 가지 조건이 영향을 미친다. 역시 이 Mix의 가능성을 추구하는것은 중요한 연구테마로 생각하고 금후에도 연구실의 주 연구테마로서 추진할 예정이다.



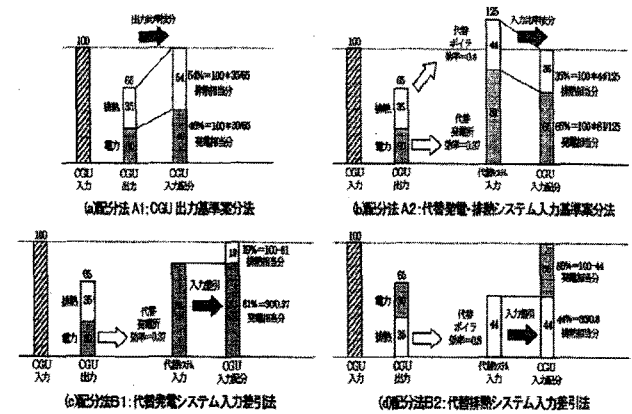
[그림-4] 도시공간별 전집중형전원의 에너지효과 (A-PER)와 Mix 상태의 에너지효율의 산출결과

4. 熱電 供給型에너지의 1차에너지 · CO₂ 환산 평가

Cogeneration 을 핵으로 하는 분산형 전원에 의한 熱電 供給型에너지가 보급 확대되었을 시에는 이 발전 전력이나 배열에너지를 이용하는 에너지시스템의 효율, 1차에너지 소비량 및 CO₂ 배출량을 적절하게 평가하는 것이 요구된다. 마지막 집중형 전원의 전기를 이용한 경우에 1차에너지 환산계수 (예 : 9.76MJ/kWh)나 이산화탄소 배출계수(예:41kg · CO₂/kWh)가 있듯이 Cogeneration 으로부터의 발전전력이나 배열에도 1차

에너지 환산계수나 이산화탄소 배출계수가 필요하다. 각각의 연료 1차에너지량이나 이산화탄소량이 발전전력이나 배열의 1차에너지 환산계수 또는 이산화탄소 배출계수로 된다.

여기서 연구실에서는 Cogeneration의 입력연료 배분법을 제안하고 있다. [그림-5]에 나타난 바와 같이 배분법은 4개 (A1, A2, B1, B2)가 생각된다.



[그림-5] Cogeneration 입력연료의 배분방법의 개념도

① 배분법 A1 : CGU 出力基準案分法

이것은 [그림-5 (a)]에 표시한것 처럼 CGU가 출력한 유효발전량 (2차에너지 환산) 과 유효배열회수량의 비율을 기준으로 CGU 입력 1차에너지량을 비율에 따라 나누는 방법이다. CGU의 유효발전효율과 유효배열회수율의 비율을 배분하는것이 된다.

② 배분법 A2 : 대체발전 · 배열시스템 입력기준 안분법

이것은 [그림-5 (b)]에 나타난 바와 같이 CGU의 대체시스템으로하여 발전전력은 대체발전소 (예 : 상용전력) 를, 회수배열은 보일러를 설정한다. 그래서 유효발전량과 유효배열회수량을 각각 대체시스템에서 출력하는 경우의 입력 1차에너지량을 산출한 후 양자의 비율을 기준으로 CGU 입력 1차에너지량을 案分하는 방법이다.

③ 배분법 B1 : 대체발전시스템 入力差引法

이것은 [그림-5 (c)]에 나타난바와 같이 CGU가 출력한 유효발전량을 대체발전소 (예 : 상용전력)에서 대체한 경우의 1차에너지량을 “발전상당분”으로하여 CGU 입력 1차에너지량으로 부터 이것을 차감한것을 “排熱相

當分”으로하는 배분법이다. 다만 CGU의 유효발전효율이 대체발전소의 수전단효율을 초과할 경우에는 CGU 입력 1차에너지량의 대부분이 “排熱相當分”로 되어 排熱相當分은 0이 된다.

④ 배분법 B2 : 대체배열시스템 입력 차감법

이것은 [그림-5 (d)]에 표시한것과 같이 CGU의 유효배열회수량 (배열이용량) 을 보일러로 대체한 경우의 1차에너지량을 “排熱相當分”으로 하여 CGU 입력 1차 에너지량으로부터 그것을 차감한것을 排熱相當分”로 하는 배분법이다.

이상과 같이 편의적으로 하나의 CGU 입력 1차에너지를 “발전相當分”과 “排熱相當分”으로 배분한다. 발

$$\text{발전상당 출력계수} = \frac{\text{유효발전량}}{\text{발전상당입력량}}$$

$$\text{발전상당 출력계수} = \frac{\text{유효배열회수량}}{\text{발전상당입력량}}$$

전상당분을 유효발전량의 1차에너지 환산량을, “排熱相當分”은 유효배열회수량의 1차에너지환산량이 되므로 아래의 식에 표시하는 “발전상당출력계수”와 “배열상당 출력계수”가 정의 된다. 산출예를 [그림-6]에 표시하였다.

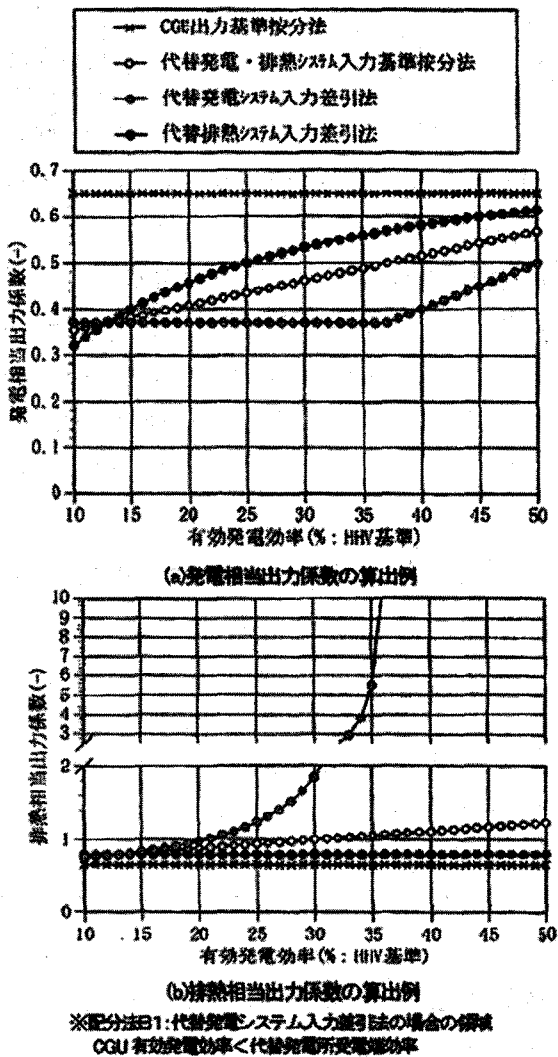
발전상당 출력계수는 CGU의 가상 발전효율을, 배열상당출력계수는 배열을 제조하는 가상 보일러효율을 의미하고 이 발전상당 출력계수의 값이 클수록 배열 이용의 효과가 커진다.

가령 일반적으로 보일러의 효율이 0.85 (HHV) 정도라 하면 배열상당 출력계수가 0.85를 초과하면 보일러에서 생산된 열을 이용하는 열원시스템 보다도 에너지절약에 기여하는 것으로 된다.

또한 회수배열을 이용하는 흡수식 냉동기의 1차에너지 기준 COP는 흡수냉동기의 COP와 배열 상당출력계수의 積으로 된다. 또한 발전전기를 이용하는 터보냉동기의 1차에너지 기준 COP는 터보냉동기의 COP와 발전상당 출력계수의 積이 된다. 이상 4가지의 배분법 중 어느것을 사용하느냐에 따라 “발전상당 출력계수”와 “배열상당 출력계수”의 값은 상이하다. 따라서 어느 배분법을 사용한 산출결과인가를 명기할 필요가 있다.

5. 맺는 말

금후 저탄소 사회의 실현은 급선무이고 單體技術의 이노베이션의 계승, 시스템의 이노베이션이 중요하게 된다. 만약 熱電併給型 에너지에 의한 도시의 에너지시스템은 環境모델도시를 실현하는 기술의 하나이다. 연구실에서는 적절한 熱電併給型 에너지의 1차에너지 환산 및 CO₂ 환산평가를 하면서 보다 에너지효율이 높은 도시구조로 전환하기 위한 에너지시스템 계획에 기여할 것을 기대한다.◇



[그림-6] 발전상당출력계수와 배열상당출력계수의 傾向例 (CGU유효종합효율65%, 대체발전소효율37%, 대체보일러효율 0.8의 경우)