

집단에너지사업 및 열병합 발전

글 | 조상조 | (주)한국종합기술 플랜트본부 상무 || 전화 : 02-2049-5358 || E-mail : chosjo@kecc.co.kr

집단에너지는 전기, 열(난방 및 급탕 또는 냉방)을 공급하는 방식으로 열병합발전 방식과 열전용보일러, 인근지역의 자원회수시설에서 생산되는 폐열 등으로 구분할 수 있으며, 주요 설비구성은 지역난방펌프, 축열조, 지역난방 열교환기 등으로 구성된다.

1. 집단에너지사업의 개요

1-1. 사업의 정의

열병합발전소, 열전용보일러, 자원회수시설 등 1개소 이상의 집중된 에너지 생산시설에서 생산된 에너지(열 또는 열과 전기)를 주거, 상업지역 또는 산업단지 내의 다수 사용자에게 일괄적으로 공급하는 사업이다.

1-2. 사업의 종류

집단에너지사업은 지역 냉·난방공급사업, 산업단지에 공정용 증기, 냉·난방공급사업, 구역형(전기 및 열) 집단에너지사업으로 구분되며 다음과 같다.

- 1) 지역냉·난방사업 : 집중된 에너지 생산시설에서 일정지역 내에 있는 주택, 상가 등 각종 건물을 대상으로 난방용, 급탕용, 냉방용 열 또는 열과 전기를 공급하는 사업
- 2) 산업단지 집단에너지사업 : 집중된 에너지 생산시설에서 산업단지 입주 업체를 대상으로 공정용 열 또는 열과 전기를 공급하는 사업
- 3) 구역형 집단에너지사업 : 집중된 에너지 생산시설에서 도심 상가, 호텔, 백화점 등 에너지 다소비건물이 밀집된 구역을 대상으로 난방, 냉방, 전기 등을 일괄 공급하는 사업(구역형 집단에너지사업은 지역난방사업의 일종으로서 종전의 공동주택 위주에서 냉방 및 전력수요가 많은 빌딩을 주대상으로 하는 사업으로 전력 직판 위주의 사업)

1-3. 사업의 효과

- 1) 에너지 이용효율 향상에 의한 대규모 에너지 절감 (20%~30%)
- 2) 연료 사용량 감소 및 집중적인 환경관리로 대기환경 개선 (30%~40%)
- 3) 집단에너지공급에 의한 주거 및 산업부분의 편의 제공
 - 지역난방 : 24시간 연속난방에 의한 쾌적한 주거환경 조성
 - 산업단지 집단에너지 : 양질의 저렴한 에너지공급으로 기업경쟁력 강화
- 4) 발전소 부지난 해소 및 송전손실 감소에 기여
- 5) 지역난방 공급을 통한 하절기 전력 첨두부하 완화에 기여
- 6) 연료다원화에 의한 석유의존도 감소 및 미활용 에너지 활용증대
 - 유연탄, 산업공정 폐열, 쓰레기 소각열, 매립가스(LFG) 등

1-4. 사업관련 법적근거 및 추진절차

(1) 법적근거

- 1) 집단에너지공급 타당성 협의
 - 집단에너지사업법 제4조
- 2) 집단에너지사업 허가
 - 집단에너지사업법 제9조
- 3) 집단에너지공급시설 공사계획 승인

- 집단에너지사업법 제22조

(2) 사업 대상지의 규모

1) 집단에너지공급 타당성 협의

- 동법시행규칙 제3조 참조(60만㎡, 5천호 이상)

2) 집단에너지사업 허가

- 열생산 용량(동법 시행령 제2조 참조)

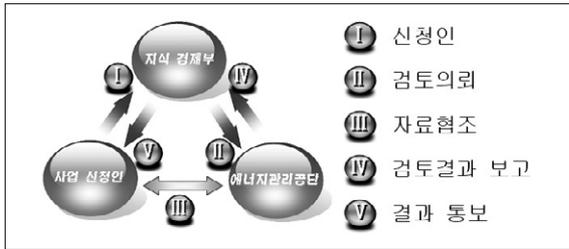
- 지역난방 : 5Gcal/h

- 산업 단지 : 30Gcal/h

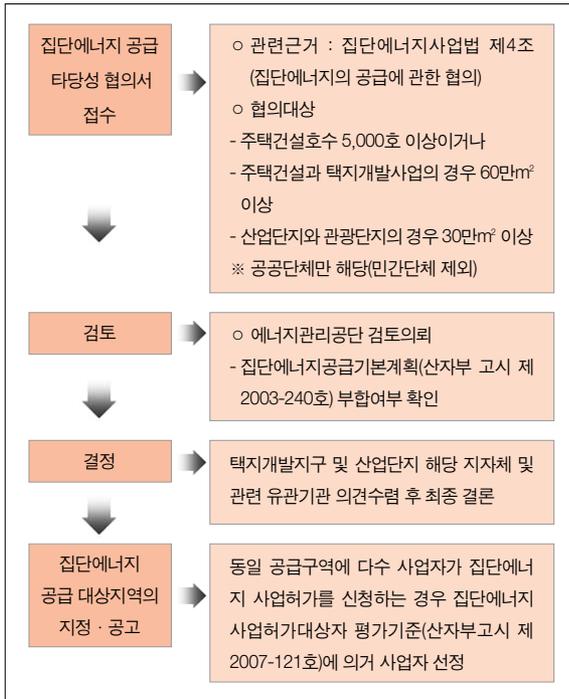
3) 집단에너지공급시설 공사계획 승인

- 집단에너지사업 허가를 득한 사업자

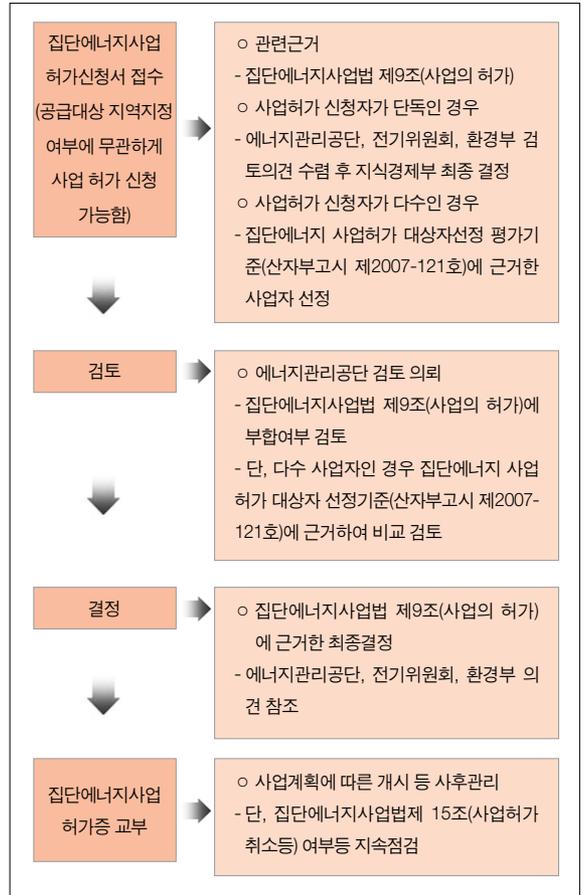
(3) 검토 절차(공급 타당성 협의, 사업허가, 공사계획)



(4) 집단에너지공급 타당성 협의 및 공급 대상지역지정 추진절차



(5) 집단에너지사업 허가관련 추진절차



※ 집단에너지사업허가 후에 사업자는 열원시설, 열수송관 공사시 지식경제부 장관에서 공사계획승인 신청하여 승인 득하고, 열·전기공급시에 공급규정을 정하여 지식경제부 장관에게 신고하여야 함

2. 집단에너지시설

2-1. 종류

(1) 정의

집단에너지의 생산, 수송, 분배와 사용을 위한 시설

(2) 구분

열공급시설과 열사용설비로 구분됨

1) 열공급시설 : 집단에너지의 생산, 수송, 분배를 위한 시설로 사업자의 관리에 속하는 시설로 열원시설과 열수송시설로 구분됨 (집단에너지사업법 시행규칙 제2조에 정의되어 있음)

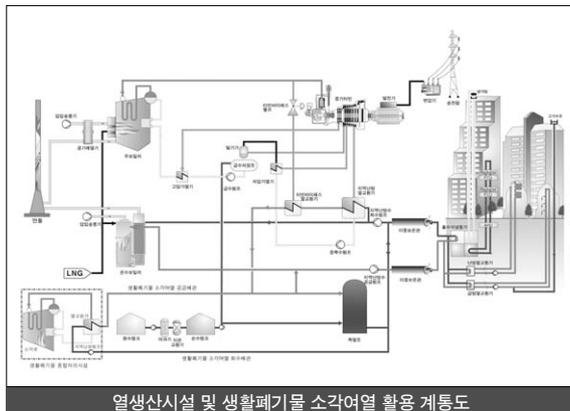
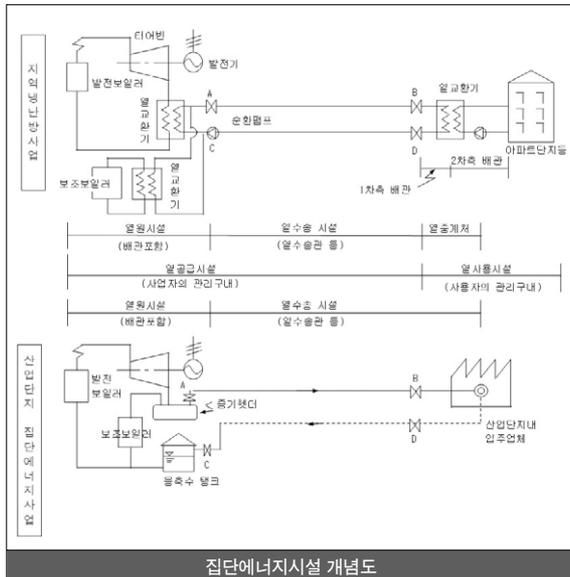
2) 열원시설 : 열발생설비(보일러, 터빈 / 발전기, 소각로 등), 열공급 회수펌프, 냉동설비, 열교환기, 축열조, 기타 열의 생산과 관련이 있는 설비

3) 열수송시설 : 열수송관, 순환펌프, 기타 열의 수송 또는 분배와 관련된 설비

- 열사용설비 : 집단에너지의 사용을 위한 시설로서 사용자의 관리에 속하는 시설

(3) 집단에너지시설 사업방식

지역 집단에너지 공급방식과 산업단지 집단에너지 공급 방식으로 구분 할 수 있으며, 집단에너지시설 개념도는 다음 [그림]과 같다.



2-2. 열병합발전

(1) 정의

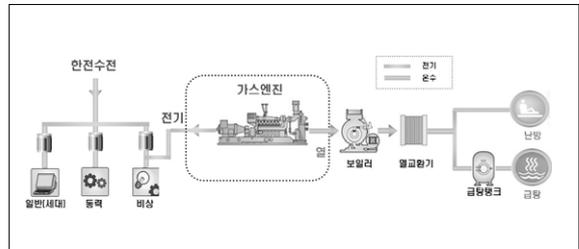
열병합발전은 화석연료를 사용하여 두 가지의 유형이 다른 에너지(열, 전기)를 동시에 생산하는 종합에너지시스템(Total Energy System)으로서 CHP(Combined Heat and Power Generation) 및 Cogeneration 등으로 불리 운다.

(2) 전형적인 열병합발전시스템의 구성

1) 가스엔진 열병합발전시스템

(Gas Engine Cogeneration System)

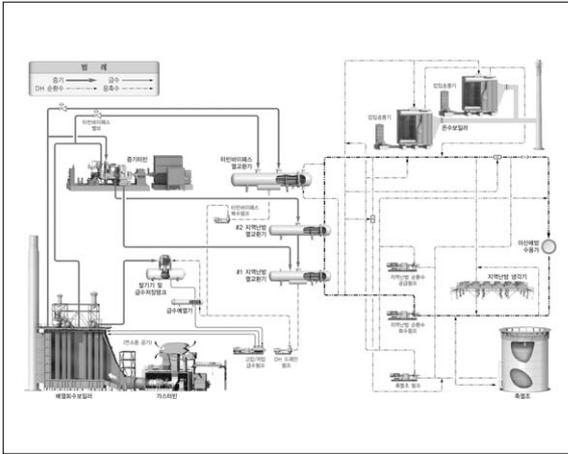
- 가스엔진 열병합발전시스템은 열효율이 높고 안전성이 뛰어나며 가스연료(예 : LNG)를 사용하기 때문에 엔진의 수명이 길고, 유지 관리가 쉽다는 장점 이외에도 발전규모가 15kW에서 2,000kW 이상의 수요에도 대처가 가능하다는 특징이 있다. 가열된 엔진냉각수로부터 온수를 회수하고, 엔진에서 배출되는 배가스로부터 증기 또는 온수를 한다. 배가스열은 최근에 냉방용으로 많이 채용되고 있는 2중 효율 흡수식 냉동기의 열원으로 사용이 가능하다.



2) 가스터빈 열병합발전 시스템

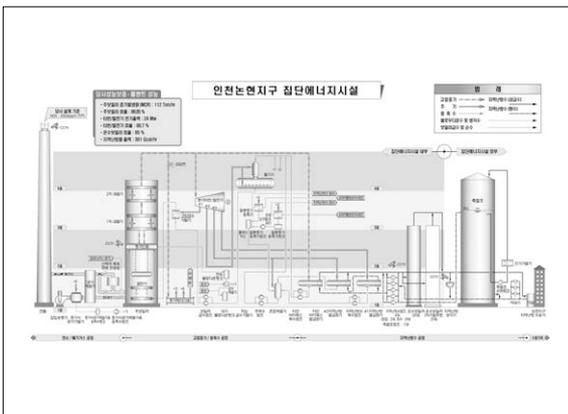
(Gas Turbine Cogeneration System)

- 가스터빈 열병합발전시스템은 주로 공랭식 및 수랭식이며 가스터빈에서 배출되는 고온의 배가스를 이용하여 증기를 생산할 수 있으며 생산된 증기를 는 증기터빈의 발전용과 공정용 또는 냉동기의 열원으로 사용이 가능하다. 발전규모는 500kW급 이상의 수요에 대응이 가능하다. 가스터빈 열병합발전시스템은 가스엔진방식에 비하여 열전비가 크기 때문에 열에너지의 수요가 상대적으로 큰 수요처에 적합하다. 가스터빈 발전기와 배열회수보일러(HRSG : Heat Recovery Steam Generator)로 구성되며 용도에 따라서 적정압력의 증기 공급이 가능하다. 배열회수보일러의 후단에 급수가열기 또는 온수히터를 설치하면 배열회수 효율을 향상시킬 수 있다.



3) 증기터빈 열병합발전시스템
(Steam Turbine Cogeneration System)

- 보일러 · 증기터빈을 이용한 열병합발전은 이전부터 자가발전 설비를 가진 제철소, 화학공장 등에서 많이 채용되어 왔다. 또한 발전기 대신에 압축기 또는 펌프를 구동하는 시스템도 석유화학플랜트 등에서 채용되고 있다. 근래에도 도시소각장에서 소각로에서 발생한 증기를 이용하여 터빈발전기를 돌려서 소내전력을 공급하고 잉여열을 이용하여 온수의 가열이나 소내의 급탕이나 건조 등에 이용하고 있다. 증기터빈은 증기를 작동유체로 하는 외연기관이므로 증기를 생산하기 위한 연료의 선택이 자유로워서 유류, 가스, 석탄 외에 바이오가스의 이용도 가능하다는 장점이 있다. 그러나 열기관의 작동온도를 한없이 높이는 어렵기 때문에 작동유체인 증기는 온도에 비하여 압력을 높일 수밖에 없다. 따라서 열효율을 높이기 위해서는 고압보일러를 필요로 하게 되어 가격이 상승한다는 문제와 소출력에서는 터빈내부의 유동손실이 증

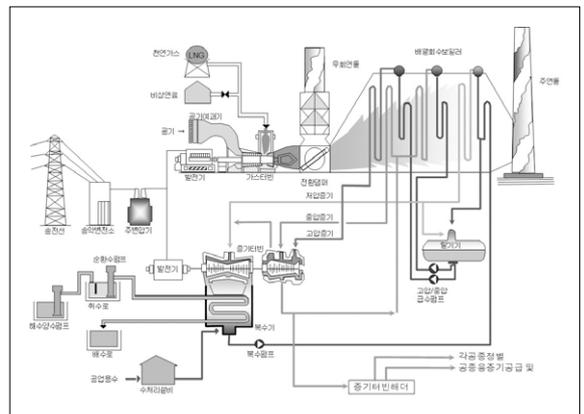


가하여 효율이 낮다는 문제가 있다. 그러나 증기터빈 열병합발전 시스템은 작동유체가 증기뿐이므로 터빈의 배기를 그대로 공정용 증기로 활용이 가능하고 시스템의 중간에 터빈을 설치하여 보조 시스템을 만들 수 있다는 많은 장점을 가지고 있기 때문에 대규모 발전플랜트에 많이 채용되어 왔다.

4) 가스 및 증기터빈 복합발전시스템
(Combined Cycle Cogeneration System)

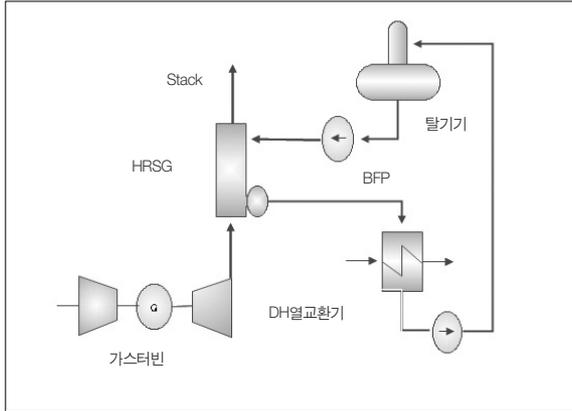
- 가스터빈은 근래 들어 급속히 고온, 대형화되고 있으며, 냉각수가 거의 필요 없고, 운전 적응성과 기동정지가 용이하여 열병합발전방식으로 채택이 늘고 있다. 가스터빈은 공기를 흡입하여 압축한 뒤 연소기에서 연료와 함께 연소시 발생하는 고온 · 고압의 가스를 이용하여 터빈을 구동시켜 발전하며, 500~600℃의 고온 배기가스를 대기로 배출한다. 이 배기 열손실은 약 60~70% 정도에 이르며, 이 배열을 회수하기 위하여 배열회수보일러를 설치하고 증기터빈과 조합하는 방식(복합방식, Combined Cycle)으로 열병합설비가 구성된다. 이 경우 증기터빈은 “가항 증기터빈방식”과 동일하다. 지역난방용으로 가스터빈을 이용하는 경우, 배열을 회수하여 이용하는 방법과 증기터빈 형식에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 가스터빈과 배열회수보일러(HRSG)를 조합하는 방식
- 가스터빈과 배열회수보일러(HRSG) 및 추기배압터빈을 조합하는 복합방식
- 가스터빈과 배열회수보일러(HRSG) 및 추기복수터빈을 조합하는 복합방식
- 가스터빈과 배열회수보일러(HRSG), 배압 및 복수터빈을 조합하는 복합방식



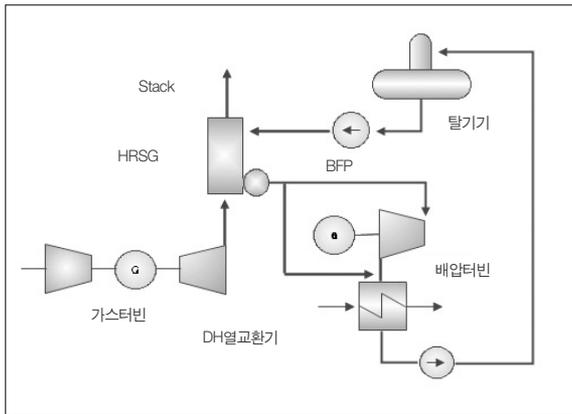
(3) 열병합발전에서 사용되는 터빈형식

(가) 가스터빈과 배열회수보일러(HRSG)를 조합하는 방식



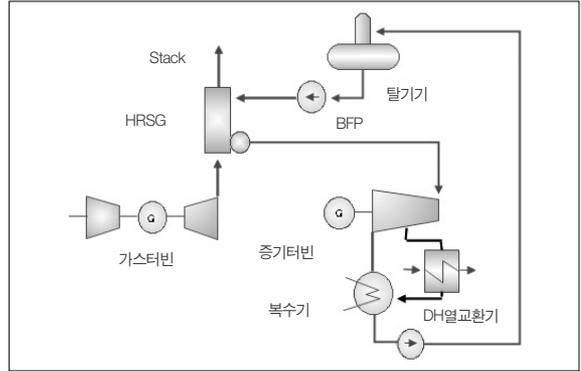
배열회수 보일러(HRSG)에서 가스터빈의 배열을 회수하여 발생된 증기를 지역난방 열교환기로 직접 공급하여 열부하를 충족시켜주는 방식으로 설비가 가장 간단하나, 열부하가 거의 없는 하절기에는 생산된 증기를 충분히 이용할 수 없어 효율저하와 연간 이용률이 매우 낮아지고 고온 배기가스에 의한 공해문제가 발생한다.

(나) 가스터빈, 배열회수보일러(HRSG) 및 배압터빈을 조합하는 복합방식



배열회수보일러에서 가스터빈의 배열을 회수하여 발생된 증기를 배압터빈에 공급하여 전력을 생산하고, 배압터빈을 거쳐 나온 배기증기로 지역난방열을 생산하나, 지역난방 열부하가 많이 걸리는 경우에는 증기터빈을 바이패스하여 배열회수보일러에서 직접 지역난방 열교환기로 증기를 보내 열을 생산할 수 있다.

(다) 가스터빈, 배열회수보일러(HRSG) 및 추가복수터빈을 조합하는 복합방식

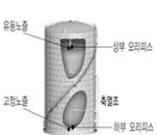
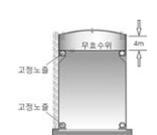


배열회수보일러에서 가스터빈의 배열을 회수하여 발생된 증기를 추가복수터빈에 공급하여 전기를 생산하며, 증기의 일부를 터빈 중간단에서 추가하여 지역난방수를 가열하고 나머지 증기는 복수기에서 응축시키는 방식이다.

추기량과 복수량을 조절할 수가 있으므로 전력과 열의 제어에 있어 극단적인 경우까지 넓은 범위에 걸쳐 제어가 가능하다.

2-3. 축열조 형식

국내에 설치운영중인 축열조 형식은 부유식 및 고정식으로 구분되며 형식검토는 다음과 같다.

구분	부유식(Floating)	고정식(Fixed)
노출설치 위치	축열조 중앙상하에 각각 설치	축열조 내부벽체에 360° 원주에 설치
노출설치 방법	상부노출 : 부유식 하부노출 : 고정	상, 하부 노출 : 모두고정
물 공급 방식	원주방향으로 360° 확산	중심방향으로 360° 확산
무효체적	액체수면 상부에서 고온수를 방출함으로써 무효체적 영역이 최소화 	System 내의 밀도 차에 의한 부피 변화로 인한 무효체적 형성 
축열용량	무효체적 감소로 인한 다량의 축열 가능	무효체적 형성으로 인한 축열용량 감소

2-4. 지역난방공급의 열매체선정 및 열공급 배관방식

(1) 열매체의 종류 및 특징

열매체로 열매유, 증기, 온수가 사용되고 있으며 지역난방용으로

대부분 사용되는 온수는 온도에 따라 아래와 같이 구분됨

- 고온수 : 120℃
- 중온수 : 100~120℃(국내사용온도)
- 저온수 : 100℃이하

(2) 공급방법

1) 증기공급방식

증기는 다량의 잠열을 이용할 수 있으며 압력강하가 적어 수송속도를 높일 수 있는 장점이 있으나 반면에 기체 상태로서 가압하기가 힘들며 보일러 출구나 터빈배기 혹은 추기를 그 압력수두만으로 직접 수용가에 공급해야하는 단점이 있어, 소송거리가 짧은 경우(2~3km)에는 증기난방시스템을 적용하는 것이 유리하며 이 방식을 적용하는 나라는 미국, 프랑스 등임

2) 온수공급방식

온수공급방식으로는 중온수, 고온수, 저온수 방식이 있으며 현재는 경제적인 측면에서 투자비가 비교적 적게 소요되고 수용가의 난방방식에 적합한 중온수 방식이 적용되고 있음

(3) 배관방식

1) 개요

지역난방에서 이용되고 있는 배관방식은 지역난방 전체의 건설비, 공기의 신뢰성, 보수유지 등에 크게 영향을 받는다. 따라서 실시 계획 시에는 도로계획, 여타공급시설(상하수도, 전력, 가스, 전화 등), 지질, 지하수위, 지하철구조물의 유무, 배관구배 등을 검토하는 것이 필요하며 기술 및 경제성에 있어 최적의 방식을 선택 채용토록 해야 한다. 특히 관계관청 및 관련회사와 사전에 면밀한 협의 검토가 필요하다.

2) 종류(부설위치에 따라서)

가공배관방식, 지상설치배관방식, 지하매설배관방식

(가) 지하매설방식의 구분

1) 공동구 배관방식

지하공동구내의 하수도, 전력, 가스, 전화 등의 공급부설배관과 지역난방배관을 동일 공간 내에 설치하는 방식으로, 건설비, 점용공간에 따른 사용료 등 각 관계부분의 제약으로 실시가 곤란한 경우가 많음

2) 전용구 배관방식

전용구 배관방식(콘크리트 덕트방식)은 지역난방 초기부터 사용된 방식으로 이 방식의 큰 단점은 100%의 완전한 방수효과를 기대하기 어려운 점임

3) 직접매설방식(공장보온배관방식)

공장보온배관은 내관을 강관으로 하고 외관(Casing)을 고밀도 폴리에틸렌으로 하여 그사이에 직접 폴리우레탄폼 단열재를 발포하여 제조한 지역난방용 단열관으로 구미 각 국 및 국내에 가장 널리 사용되고 있으며, 공장보온배관의 장점은 배관자재를 공장에서 보온시킬 상태로 제품화함으로써 공정의 단순화, 비용절감을 꾀할 수 있으며 단열 성능 및 외관의 배부식성이 강하여 지하직접매설이 가능하다는 것임

◎ 공장보온배관(pre insulated pipe)의 설치방법

- 열팽창을 허용하는 방식(Compensated method)

열팽창을 허용하는 방식(Compensated method)은 직매배관사이에 열팽창흡수 장치(expansion joint, ball joint 등)를 설치하여야 함

- 열팽창을 허용하지 않는 방식(Non-Compensated method)

열팽창을 허용하지 않는 방식(Non-Compensated method)은 배관을 75℃~80℃ 정도로 미리 예열(preheating), 팽창시간 후 지하 매설하는 방식임 S

열매관 설치공사 순서		
		
1. 터파기	2. 바닥다짐	3. 모래깔기
		
4. 배관작업	5. 용접작업	6. 비파괴검사
		
7. 감지선 연결	8. 래핑 (Wrapping)	9. 기계포밍
		
10. 전기예열	11. 모래채움	12. 퇴매우기

참고문헌

- 1. 에너지관리공단 집단에너지 관련자료집