

일반원고

충북 BIO 교육문화회관 지열시스템 설계사례

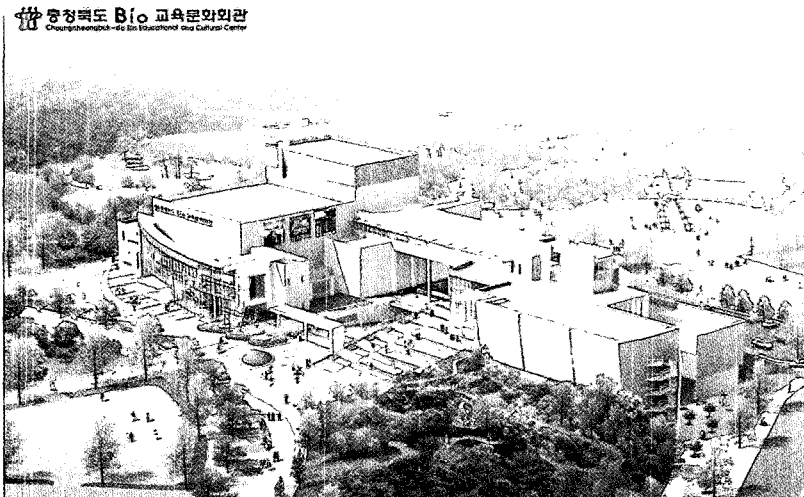
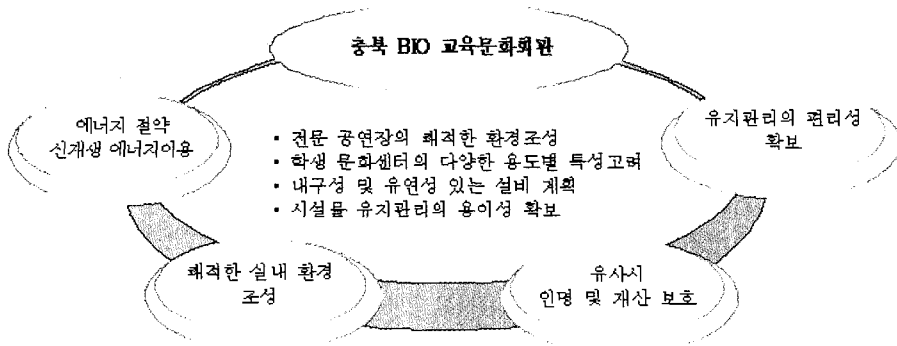
연 창 근
(주)한일 엠.이.씨 이사

1. 설계 개요

일반적으로 교육문화회관은 건물의 운영 특성상 간헐운전이 많으므로, 본고에서는 열원시스템 선정시 장비의 운전 특성을 고려하여야 한다. 효율

적인 열원장비 운전을 위하여 변동부하는 냉온수기, 기저부하는 지중열원을 이용한 충북 BIO 교육문화회관의 설계사례를 소개하려 한다.

2. 기계설비 기본방향



[그림 1] 건물 조감도

3. 건축 일반사항

3.1 건물개요

- (1) 건물명: 충북 BIO 교육문화회관 신축공사
- (2) 위 치: 충청북도 청주시 상당구 주중동 514번지 일원
- (3) 연면적: 11,951.05 m² (3,620평)
- (4) 규 모: 지하 1층, 지상 3층, 옥탑 1층
- (5) 주용도: 문화집회 시설 중 공연장

3.2 설계 및 시공회사

- (1) 건축 설계: (주)성림건축
- (2) 기계설비설계: (주)한일MEC
- (3) 소방설비설계: (주)한일MEC
- (4) 전기설비설계: (주)무림설계기술단
- (5) 발주 기관: 충청북도 교육청
- (6) 공사 착공일: 2005년 8월
- (7) 준공 예정일: 2007년 11월

3.3 설계 조건

- (1) 외기 온 습도 기준

하절기 (위험율 2.5%)	32.5°CDB,	25.8°CWB
동절기 (위험율 97.5%)	-12.1°CDB,	-13.4°CWB

- (2) 실내 온 습도 기준

구 분	하 절 기	동 절 기
로 비	26°C, 50%	20°C, -
공연장 (무대부)	26°C, 50%	22°C, 40%
공연장 (객석부)	26°C, 50%	22°C, 40%
공연사무실	26°C, 50%	20°C, 40%
전 시 장	26°C, 50%	20°C, 40%
피아노창고	22± 2°C, 50%	22± 2°C, 40%
연습실, 분장실	26°C, 50%	22°C, 40%
체형학습실	26°C, 50%	20°C, 40%
식 당	26°C, 50%	20°C, 40%

3.4 건물 총별용도

구분	면적(m ²)	용도	
지하층	지하1층	3,849.95	공연시설, 전시시설, 체형학습 시설, 기계실, 전기실
계	3,849.95		
지상층	지상1층	4,759.56	공연시설, 전시시설
	지상2층	2,382.39	공연시설, 전시시설
	지상3층	939.89	공연시설, 전시시설, 관리시설
계	8,081.84		
합계	11,931.79		

4. 설계 프로세스

4.1 주요 흐름

표 1 참조

4.2 기초자료 조사

4.2.1 법규검토 (신재생에너지)

표 2 참조

4.2.2 주변 인프라 조사

- 지질조사 : 토양의 열적특성(평균 지중온도, 지중 토양의 열전도율, 열확산율, 밀도, 비열)
- 주위조건 : (지중 열교환방식을 결정하기 위한 지중조건 확인-인근연못, 호수, 바다의 유무, 천공 가능공간)
- 예상공사비 : 지열이용 히트펌프의 적용범위 및 공사비 검토

4.3 건물의 냉·난방 부하계산

건물의 냉·난방 부하계산, 부하율, 일일운전 패턴, 연간운전 패턴 파악

4.4 시스템의 형식 결정 (: 선정안)

그림 2 참조

4.5 시스템 구성

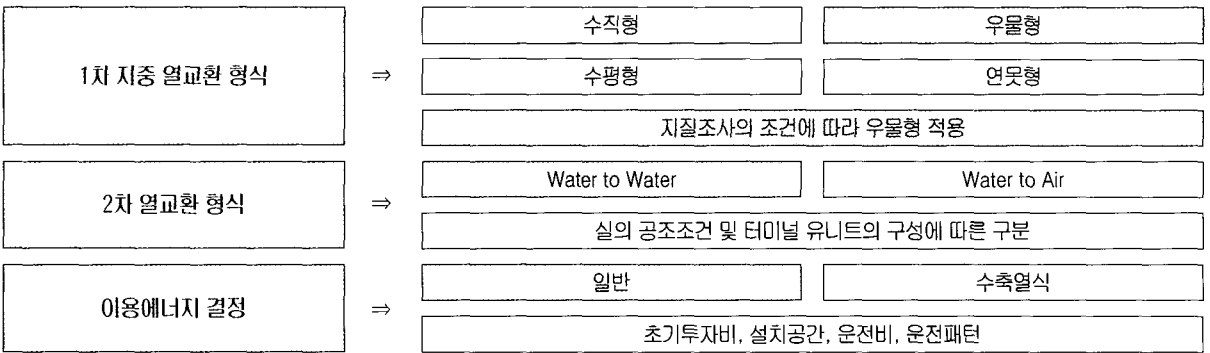
- (1) 시스템의 구성 시 고려할 사항
 - 단독운전 혹은 타 시스템과의 연계성(비상시

<표 1> 설계프로세스 주요흐름

1	기초 자료조사	⇒	• 법규 검토(신재생 에너지 이용) • 주변 인프라 조사, 지질조건, 공사범위, 공사비
2	건물의 냉·난방 부하계산	⇒	• 건물 냉방부하, 일일운영시간, 연간 부하패턴
3	시스템의 형식 결정	⇒	• 2차측 열교환기 형식, 지중 열교환 형식 • 수축열식 적용 여부 결정
4	시스템 구성	⇒	• 장비선정(히트펌프, 지중 열교환기 등) • 시스템구성(대수, 타 시스템과의 연계 등)
5	설계 도서 작성	⇒	• 설계도면(평면, 계통, 상세) • 장비용량계산서, 공사시방서, 공사내역서

<표 2> 법규검토(신재생에너지)

구분	내용	관련법규
공공의무화 사업	국가기관, 지방자치단체, 정부기관 등이 건축연면적 3,000 m ² 이상의 건축물을 신축하는 경우 표준공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비 의무화	신재생에너지 개발 및 이용 보급촉진법 제2조
자금지원	신재생에너지 이용시설 및 생산시설 설치소요자금의 100% 이내에서 동일사업자당 150억원 이내 지원 (5년 거치 10년 분할상환)	신재생에너지 개발 및 이용 보급촉진법 제8조



[그림 2] 시스템의 형식 결정

BACK UP 고려

- 히트펌프의 대수 선정
- 장비배치(유지관리 및 보수공간 고려)
- 시스템의 운전조건 설정(냉운수 온도, 유량 등 조건 고려)

4.6 설계 도서작성

- (1) 설계도서 작성 시 고려할 사항
- 공사범위 협의(설계도서에 지열이용 히트펌프

프 공사업체의 시공범위 명기)

- 자동제어에 있어서도 제어범위의 구분 필요
- 업체 선정 시 장비의 신뢰성 및 추후 A/S의 용이성 검토 필요
- 도서에 가능한 많은 정보와 자료를 삽입하여 정확한 시공 및 오류 최소화

4.7 신재생에너지 적용 및 공사비 산출(2005년 기준)

- (1) 관련규정
 - 건축공사비 산정 기준 및 방법 (산자부 고시 2004-47호)
 - 2005년도 표준 건축비 (건설교통부 고시 제 2003-316호)
- (2) 용도별 기준 건축공사비 산정 - 표준건축비 X 0.6 (관람 문화 집회시설 적용)
 - : 1,321,000 원/m² X 0.6 = 792,600 원/m²
- (3) 건축공사비 산정
 - 표 3** 참조
- (4) 신재생에너지 설비를 위한 투자비용
 - 건축 공사비의 5%를 신재생에너지 설비를 위한 투자비용으로 산정
 - = 건축공사비 x 0.05
 - = 8,052,082,052 원 x 0.05 = 403,062,067 원

5. 열원설비

5.1 열원설비 기본방향

- (1) 지하 1층 중앙기계실에 냉열원과 온열원 장비를 구분하여 설치
- (2) 장비의 충분한 기능을 유지할 수 있도록 분할하고 용도별, 사용시간대별로 Zoning하여 경제적이고 효율적으로 운영할 수 있도록 계획함.

5.2 냉열원 설비

<표 3> 건축공사비 산정

구 분	내 용	비 고
10,000 m ² 이상 - 100,000 m ² 미만	(5,000 m ² x 용도별 기준 건축공사비) + (5,000 m ² x 용도별 기준 건축공사비 x 0.8) + (10,000m ² 을 초과하는 건축연면적 x 용도별 기준 건축공사비 x 0.6)	
건축 연면적 (주차장면적 제외)	11,951.05 m ²	
표준건축비	1,321,000 원/m ²	2005년 기준
건축공사비 산정	(5,000 m ² x 792,600 원/m ²) + (5,000 m ² x 792,600 원/m ² x 0.8) + (1,951.05 m ² x 792,600 원/m ² x 0.6)	
건축공사비	8,052,082,052 원	

(1) 주요장비

- 냉온수기 : 흡수식 냉온수기
 - 공연장 200 USRT 2대
 - 전시장 250 USRT 1대
- 지 열 : 지열히트펌프 - 공연장 40 USRT 2대

5.3 온열원 설비

(1) 주요장비

- 관류형 증기 보일러 : 600 kg/h 2대
- 공연장용 열교환기 : Shell & Tube 형 100,000 kcal/h 1대

6. 열원 공급계획 및 장비 선정

6.1 FCU(지열존) 시간대별 냉방부하

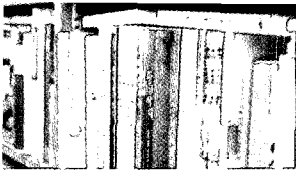
표 4 참조

오후 Peak Load 기준으로 다른 시간대의 부분별 부하량을 나타냄.

- (1) 관리 및 단체 사무실은 주로 주간에 운영되는 실
- (2) 야간에도 공연 관리를 위해 일부 재실자 근무
- (3) 약간의 24h 운전 zone 포함
- (4) 공연장, 전시장, 회의장 등은 간헐 zone으로 지열 히트펌프의 적용 시 경제성이 없음

6.2 지열히트펌프 선정

6.2.1 부하계산

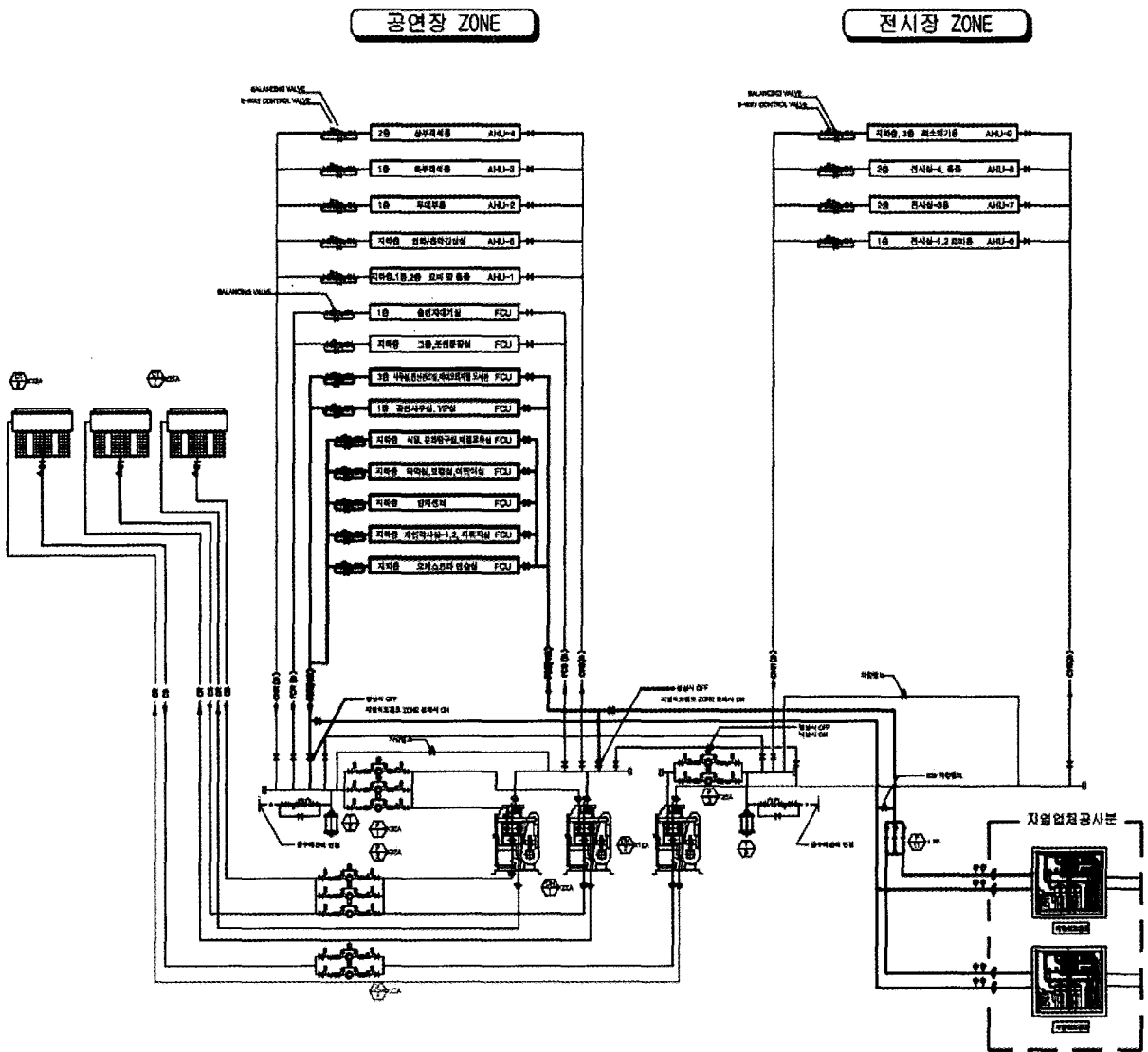


일반원고

<표 4> FCU(지열존) 시간대별 냉방부하

구분	면적 ^{m²}	오전(~12:00)		오후(~18:00)		공연(~18:00)		공연후(23:00~)	
		Peak Load	%	Peak Load	%	Peak Load	%	Peak Load	%
관리부분	529m ²	14 USRT	90	16 USRT	100	3 USRT	20	USRT	0
단체부분	1,932m ²	51 USRT	90	56 USRT	100	11 USRT	20	USRT	0
24h 운전	56m ²	4 USRT	90	5 USRT	100	5 USRT	100	4 USRT	90
소계	2,517m ²	69 USRT	90	77 USRT	100	19 USRT	25	4 USRT	5

* 오후 Peak Load 기준으로 다른 시간대의 부분별 부하량을 나타냄.



[그림 3] 냉열원 흐름도

냉 방 부 하 : 230,738 kcal/h
 난 방 부 하 : 118,803 kcal/h

6.2.2 용량선정

냉방부하 230,738 kcal/h

6.2.3 지열히트펌프 선정

표 5 참조

6.2.4 지열방식

- (1) 천공수 : 6개소
- (2) 관경 지름 : 200φ
- (3) 지중 열교환기 설치깊이 : 230 m
- (4) 지중 열교환 방식 : S.C.W(Standing Column Well)

6.2.5 펌프 선정

- (1) 2차수 순환펌프 선정 : 3대 (1대 예비) -
 유량 : 냉방시 응축열량 152,000 kcal/h
 = 507 lpm ≒ 510 lpm (온도차 5℃)
 - 양정 표 6 참조
 - 축동력
 (1,000 kg/m³ x 8 m x 0.51 m³/min) /
 (75 kg m/s x 60 sec/min) / 0.5 x 1.1
 = 1.99 hp ≒ 2 hp
- (2) 지중열교환기 순환펌프 선정 : 6대
 - 유량 : 121 lpm ≒ 130 lpm (온도차 7℃)
 - 양정 표 7 참조
 - 축동력
 (1,000 kg/m³ x 32 m x 0.13 m³/min) /

<표 5> 지열히트펌프 선정

구분	냉동용량 (kcal/h)	소비전력 (kW)	냉온수유량 (lpm)	대수	냉 매	비 고
냉방	122,000	34.41	410	2대	R-22	
난방	145,000	43.91	490			

<표 6> 2차수 순환펌프 양정 산출

구분	압력손실(mAq)	비 고
1 히트펌프	3.0	
2 열교환기	3.0	
3 직관부	0.6	30.0 m
4 곡관부	0.3	직관부의 50%
5 여유율	0.7	전체 압력손실의 10%
총압력손실	7.6 ≒ 8.0	

<표 7> 지중열교환기 순환펌프 양정 산출

구분	압력손실(mAq)	비 고
1 열교환기	3.0	
2 정수두	20.0	Static Water Level 기준으로 수중펌프 설치 기준
3 직관부	5.0	100.0 m
4 곡관부	1.5	직관부의 30%
5 여유율	3.0	전체 압력손실의 10%
총압력손실	32.5 ≒ 33	

(75 kg m/s x 60 sec/min) / 0.65 x 1.1
= 1.56 hp ≒ 2 hp

7.2 전시장

표 10 참조

6.2.6 장비요약

표 8 참조

7.3 FCU(일반존) 냉, 난방 부하 집계 (공연장)

표 11 참조

7. 연간 열 생산량 검토

7.1 공연장

표 9 참조

7.4 건물전체 냉난방 부하

표 12 참조

7.5 보일러 용량 산정

<표 8> 지열시스템 장비요약

	냉방능력 (USRT)	난방능력 (Mcal/h)	동력 (kW)	비고	수량	전원
히트펌프	40.5	145.0	C:34 H:44	스크롤	2	3φ 380V 60HZ
	유량 (lpm)	양정 (m)	동력 (kW)	비고	수량	전원
2차 순환펌프	510	8	1.5	인라인	3	3φ 380V 60HZ
심정펌프	130	32	1.5	심정펌프	6	3φ 380V 60HZ
소비전력합계	일 반	하절기	80.8 kW			
		동절기	99.8 kW			

<표 9> 공연장 냉난방부하

장비번호	실 명	냉방부하(kcal/h)	난방부하(kcal/h)	비고(열 원)
AHU-1	로비	211,200	280,984	냉온수기
AHU-2	무대	148,800	114,080	냉온수기
AHU-3	하부객석	285,120	195,300	냉온수기
AHU-4	상부객석	87,360	63,271	냉온수기
AHU-5	영화/음악감상실	72,360	44,082	냉온수기
AHU-9	공연장 최소외기용	160,140	156,231	냉온수기
합 계		964,980	853,948	

<표 10> 전시장 냉난방부하

장비번호	실 명	냉방부하(kcal/h)	난방부하(kcal/h)	비고(열 원)
AHU-6	1층 전시실-1,2	315,840	222,921	냉온수기
AHU-7	2층 전시실-3	135,000	102,300	냉온수기
AHU-8	2층 전시장-4,홀	187,200	129,270	냉온수기
합 계		638,040	454,491	

표 13 참조

난방 5개월, 25일/월, 8시간/day으로 산정, 보일러는 동계 · 하계 구분없이 9개월 사용

7.6 연간 열 사용량

(1) 운전시간 : 냉방 5개월, 25일/월, 8시간/day으로 산정

표 14 참조

7.7 연간 에너지 생산량 산정

<표 11> FCU(일반존) 냉난방부하

실 명	냉방부하(kcal/h)	난방부하(kcal/h)	비 고
1층 출연자대기실-1	2,727	1,207	
1층 출연자대기실-2	3,772	2,246	
지하층 그룹분장실-1	2,736	973	
지하층 그룹분장실-2	2,724	715	
지하층 조연분장실-1	2,676	1,194	
지하층 조연분장실-2	2,676	1,194	
합 계	17,311	7,529	

<표 12> 건물 냉난방 부하 집계

구 분	계산 냉방부하(kcal/h)	선정 냉방부하(kcal/h)	계산 난방부하(kcal/h)	선정 난방부하(kcal/h)	비 고
공연장	968,980	970,000	853,948	860,000	AHU
전시장	638,040	640,000	454,491	460,000	AHU
공연장(일반존)	17,311	20,000	7,529	8,000	AHU
합 계	1,620,331	1,630,000	1,315,968	1,328,000	FCU

<표 13> 보일러 선정

구 분	공연장(kg/h)	전시장(kg/h)	비 고
공조기 가습용	223	151	
컨벡터 부하	89	-	
라지에터	21	-	
급탕부하	212	109	
합 계	545	260	합계: 805kg/h

<표 14> 연간 열사용량

구 분	부하 (Mcal/h)	적용건물	연간 사용량 (Mcal/h)
냉 방	1,630.0	1,630 x 5개월 x 25일 x 8h	1,630,000
난 방	1,328.0	1,328 x 5개월 x 25일 x 8h	1,328,000
보일러	805x529 = 425,845	426 x 9개월 x 25일 x 8h	766,800
합 계			3,724,800 Mcal/h

<표 15> 지열시스템 장비 선정

구 분	열매체유량 (lpm)	냉온수 유량 (lpm)	냉방용량 (kcal/h)	난방용량 (kcal/h)	COP/EER	비 고
장비 선정부하	780	980	244,000	290,000	4.14/3.84	
운전 부하	-	-	230,738	118,803	-	

(1) 지열 히트펌프 장비 선정 데이터

- 난방 : EWT 17.5 , LWT 50
- 냉방 : EWT 30.0 , LWT 7.0

EWT : 지중 열교환기에서 히트펌프로 들어오는 열매체 온도

LWT : 히트펌프에서 생산되는 냉온수 온도

표 15 참조

(2) 공급 열용량 산출

- 난방공급 열용량 = 290,000 kcal/h
- 냉방공급 열용량 = 244,000 kcal/h

(3) 연간 에너지 생산량 산출

- 일일 냉·난방 운전시간 : 12시간
- 연간 냉·난방 운전시간(1개월 30일 기준)
: 냉방 - 5개월(4월 중~9월 중), 난방 - 5개월(11월 초~4월 초)
- 지열유량 : 77 USRT(780 lpm)
- 냉방부하 : 230,738 kcal/h(운전부하 기준)
- 난방부하 : 118,803 kcal/h(운전부하 기준)
- 냉방시 연간 생산열량 : 230,738 kcal/h x 12 h x 30 day x 5개월 = 415,328,400 kcal
- 난방시 연간 생산열량 : 118,803 kcal/h x 12 h x 30 day x 5개월 = 213,845,400 kcal
- 냉·난방 연간 생산열량 : 415,328,400 kcal/h + 213,845,400 kcal/h = 629,173,800 kcal
- 총 생산열량 : 629,173,800 kcal

(4) 연간 에너지 생산량 결과

위의 계산 결과 지열시스템으로 인한 에너지 생

산량은 629,173,800 kcal이다.

(5) 연간 에너지 사용량에 대한 신재생 에너지 비율

$$629,174 \text{ Mcal} / 3,724,800 \text{ Mcal} = 17.0\%$$

8. 맺음말

최근 지열시스템은 신·재생에너지사업 등이 정 부주도화로 활발하게 추진되고 있는 실정에서 충 북 BIO 교육문화회관의 지열시스템은 전체 건물 의 연간 냉·난방 에너지 중에서 17%를 담당하 게 설계되었다. 설계상의 에피소드로 설계시 지열 공사업체에서는 천공깊이를 550m x 3개소를 제 안하였으나, 지하수 이용에 따른 지하수위 및 지 열환경의 보존 측면에서 230m x 6개소로 변경하 여 설계에 반영하였다. 지열설계에서 이러한 지중 열원의 보존도 함께 고려해야 한다고 생각된다. 이에 더불어 지열시스템을 보다 효율적으로 이용 하기 위해서는 첫째, 지역별 특성치의 정량적인 D/B 마련을 통해 최적의 시설시공 기준을 마련하 여야 한다. 둘째, 장기 사용시 발생할 수 있는 문 제점에 대한 실질적인 사항의 피드백이 필요하다. 셋째, 초기투자비(천공 등) 절감을 위한 연구개발 을 활성화할 필요와 지열시스템에 대한 인증, 시 방표준 등의 평가기준을 세밀히 수립하여 지열시 스템의 수명 및 환경성을 제고하여야 하는 등의 전반적인 심사숙고가 필요하다. 