

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 2, 2005

기존 사무소 건물 및 설비전문가 조사를 통한 설비시스템의 변화와 전망에 대한 연구

이관호*, 김남규**, 박진철***, 이언구***

*울산과학대 공간디자인학부(ghlee@mail.uc.ac.kr), **동원대학교 소방안전관리과(ngkim@tongwon.ac.kr),
***중앙대학교 건축학부(jincpark@cau.ac.kr/ekrhee@cau.ac.kr)

A Study on the Transition & Expectation through Survey for Existing Building and Engineer's Opinion

Lee, Gwan-Ho*, Kim, Nam-Gyu**, Park, Jin-Chul***, Rhee, Eon-Ku***

* School of Space Design, Ulsan College, Ulsan, Korea(ghlee@mail.uc.ac.kr)
**Dept. of Fire-Protection, Tongwon College, Keongkido, Korea(ngkim@tongwon.ac.kr)
** School of Architecture, Chung-Ang Univ., Seoul, Korea(jincpark/ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

This study is the survey of a transition procedure of building services systems(heat source, HVAC, water supply) through the survey of existing office buildings, building design documents. The preference & major consideration of system selection is the engineer's opinions. The results of this survey can be used in selection of building services system design. In this survey, 「Hot & cold water generator system」 and 「single duct CAV+FCU system」, 「Elevated water tank system」 are selected. The most important consideration in system selection is the energy saving in heat source system, and comfort in HVAC system, and water pressure in water supply system. They prefer 「steam boiler+absorption chiller system」 for heat source system, 「steam boiler+ice thermal storage system」, 「hot & cold water generator system」, 「district heating+absorption chiller system」 : 「single duct CAV+FCU system」 and 「single duct VAV+convactor system」 for HVAC system: and 「booster pump system」 for water supply system.

Keywords : 변화과정(Transition procedure), 열원시스템(Heat source system), 공조시스템(HVAC system), 급수시스템(Water supply system)

접수일자:2005년 5월 11일, 심사완료일자:2005년 6월 15일

1. 서론

건물의 열원, 공조, 급수 등의 설비시스템은 그동안 연료의 다변화, 기술의 발달, 재실자의 쾌적환경에 대한 욕구, 그리고 에너지 절약 및 환경오염방지 등 내·외적 요인에 의해 많은 변화와 발전을 거듭해왔다. 그러나, 아직까지도 이들 시스템에 대한 적용 통계나 엔지니어들의 설비 시스템에 대한 선호도 등에 대한 자료는 매우 미미한 실정이다. 따라서, 본 연구는 우리나라의 중·대형 건물에 적용된 열원, 공조, 급수시스템의 적용현황을 조사하고 설비 설계사무소 및 건설회사에 근무하고 있는 엔지니어를 대상으로 시스템에 대한 여러 의견을 조사함으로써 설비시스템의 변화 과정을 살펴보고 앞으로 설비시스템을 선정할 때 기초자료로 활용하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 조사방법

2.1 기존 건물조사

기존 사무소 건물의 설비 노후화와 관련된 실태를 조사하기 위하여 건물의 설비관리자를 대상으로 면담에 의한 설문조사를 실시하였다. 조사 대상 건물은 비교적 소규모로 연면적 평균 5,560 m²(1,685평)이며 기준층을 사무실 용도로 사용하고 있다. 조사 지역은 서울, 강남구 논현동, 도곡동, 삼성동 일대이며 조사시기는 2000년 8월이다.

표 1. Survey Buildings & Area

분류	85년 이전	86~90년	91~96년	계
3,000m ² 미만	1	6	6	13
3,000~6,000m ²	9	5	11	25
6,001~9,000m ²	3	4	5	12
9,000m ² 초과	3	2	3	8
계	16	17	25	58

*91~96년도 25개 건물에는 96년도 준공건물2개포함

2.2 설계도서 검토

우리나라 사무소 건물에서 주로 적용되고 있는 설비시스템을 조사하기 위하여 설비시스템 중 열원설비, 공조설비, 급수설비를 대상으로 하였으며 135개 건물을 조사하였다. 조사방법은 설계사무소를 방문 조사하였고 조사시기는 2000년 8월이다. 조사결과는 연도별 5년 단위로 집계하였다.

2.3 설비전문가 조사

설비 시스템 요소에 대한 중요도 평가는 설비전문가(설계사무소 및 시공회사 4년 이상 경력자) 179명을 대상으로 설문조사를 실시하여 분석하였다. 설비시스템의 종류는 문헌 및 연구자의 경험을 토대로 작성하였다. 각 중요도에 대한 척도는 다중 응답방식을 이용하여 가장 중요하다고 생각되는 요소 및 시스템을 3개 선정하도록 하였다. 조사시기는 2000년 8월이다.

3. 조사내용

3.1 기존건물 조사

본 조사의 변화과정 특히 열원설비, 공조설비의 경우는 이러한 영향을 크게 받게 되므로 소·중규모 사무소 건물에 대한 설비시스템의 적용현황 및 변화과정이라 할 수 있다.

(1) 열원시스템

열원설비의 경우는 표 2와 그림 1에 알 수 있듯이 소규모 건물일수록, 준공연도가 오래된 건물일수록 압축식 냉동기와 보일러를 이용한 시스템이 주를 이루고 있으며, 1990년대는 냉온수기를 이용하는 방식이 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다.

(2) 공조시스템

표 3과 그림 2는 연도별 공조시스템의 변화과정을 나타낸 것으로 1980년대에는 FCU방식과 AHU+FCU방식이 비슷하게 적용되었으나 1990

년대는 AHU+FCU방식이 증가함을 알 수 있다.

표 2. Heat Source Systems(58 Buildings)

분 류	85년이전	86~90년	91~96년	계	
①스팀보일러 +압축식냉동기	건물수	11(14)	12	5	28
	비율%	84.6	70.6	17.8	48.3
② 스팀보일러 +흡수식냉동기	건물수	0	0	1	1
	비율%	0.0	0.0	3.6	1.7
③ 냉온수기	건물수	0	4	20(18)	24
	비율%	0.0	23.5	71.4	41.4
④온수보일러 +PAC	건물수	2	1	1	4
	비율%	15.4	5.9	3.6	6.9
⑤ 방축열방식	건물수	0	0	1(0)	1
	비율%	0.0	0.0	3.6	1.7
계	건물수	13	17	28	58
	비율%	100.0	100.0	100.0	100.0

*시스템 변경연도를 기준으로 하였으며 ()는 준공연도 기준임

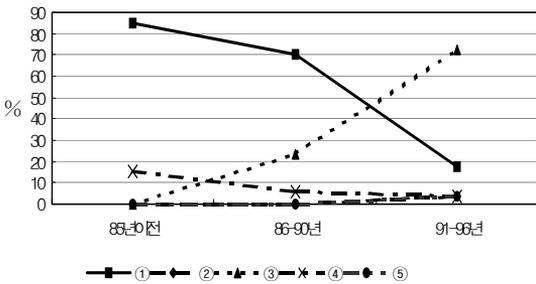


그림 1. Transition for Source Heat Systems

표 3. HVAC Systems(58 Buildings)

분 류	85년이전	86~90년	91~96년	계	
①AHU방식	건물수	1	0	1	2
	비율%	6.3	0.0	4.0	3.4
②AHU +FCU방식	건물수	7	8	15	30
	비율%	43.7	47.1	60.0	51.7
③FCU방식	건물수	6	8	9	23
	비율%	37.5	47.1	36.0	39.7
④방열기+PAC	건물수	2	1	0	3
	비율%	12.5	5.8	0.0	5.2
계	건물수	16	17	25	58
	비율%	100.0	100.0	100.0	100.0

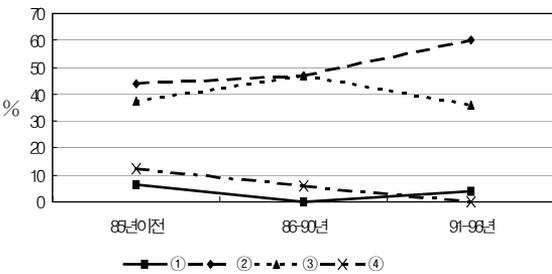


그림 2. Transition for HVAC Systems

(3) 급수시스템

표 4와 그림 3은 연도별 급수시스템의 변화과정을 나타낸 것으로 과거부터 가장 많이 적용되고 있는 고가수조 방식이 주를 이루고 있으며 부스터방식은 58개 조사건물에서 단지 4개의 건물만 사용하고 있었다.

표 4. Water Supply Systems(58 Buildings)

분 류	85년이전	86~90년	91~96년	계	
①고가수조방식	건물수	13	16	27	56
	비율%	86.7	100.0	100.0	96.6
②펌프직송방식	건물수	2	0	0	2
	비율%	13.3	0.0	0.0	3.4
③압력탱크방식	건물수	0	0	0	0
	비율%	0.0	0.0	0.0	0.0
계	건물수	15	16	27	58
	비율%	100.0	100.0	100.0	100.0

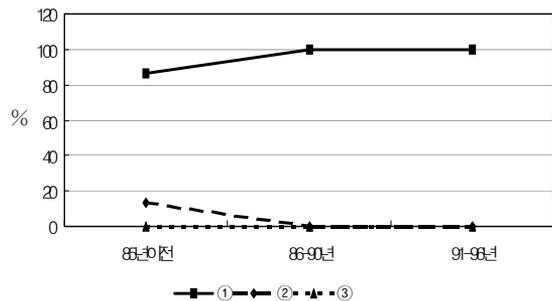


그림 3. Transition for Water Supply Systems

3.2 설계 도서조사

(1) 열원시스템

표 5와 그림 4는 연도별 열원시스템의 변동 추세를 보여주는 것으로 1985년 이전에는 「스팀보일러+압축식 냉동기」가 주류를 이루었으며 1986~1990년대에는 「스팀보일러+압축식냉동기」, 그리고 흡수식냉동기의 사용이 증가함을 알 수 있다. 1991~1995년에는 냉온수기의 사용이 급속히 증가되고 있는데, 그 주된 이유는 1992년

발표된 동력자원부고시(제 1992-44호)(현 산업자원부)에 의해 일정규모 이상의 건물은 전기를 이용하는 압축식 냉동기의 사용을 억제하기 위한 정책이 시행되었기 때문이다.

1996년 이후는 냉온수기, 빙축열, 지역열원이용이 보편화된 시기이며, 빙축열의 초기투자비, 지역열원의 지역적 한계 등으로 냉온수기 사용이 상당기간 열원시스템을 주도할 것으로 보인다.

연도별 열원기기의 사용추세를 보일러와 냉동기로 구분하여 나타내면 표 6 및 표 7과 같다. 온열원인 보일러의 경우는 노통연관식 보일러의 적용회수가 감소추세이나 현재까지도 50% 이상 사용되고 있으며 관류형 보일러는 1996~2000년 기준으로 23.1%, 지역열원은 공급지역의 확대로 꾸준한 증가 추세를 보이고 있으며 1996~2000년 기준으로 17.9%를 보이고 있다. 냉열원인 냉동기의 경우는 왕복동 및 터보 냉동기의 급격한 감소와 냉온수기 및 흡수식 냉동기의 증가를 나타내고 있다.

(2) 공조시스템

공조시스템의 적용 현황을 연도별로 구분하여 나타내면 표 8 및 그림 5와 같으며 사무소 건물에서는 단일덕트CAV+FCU방식이 가장 일반적으로 사용되고 있으며 1985년 이전에는 거의 대부분의 건물이 단일덕트CAV+FCU방식을 채용하였다. 그러나 1986년 대한생명보험 63빌딩을 시점으로 단일덕트VAV방식이 보급되기 시작하면서 단일덕트CAV+FCU방식의 비율이 약간 감소하고 있다. VAV 방식은 에너지 절약적인 측면과 부하의 변화에 따라 실온 조절의 대응성이 양호하여 보급이 더욱 활발할 것으로 예상된다. 특히, 외주부의 겨울철 부하를 더욱 효과적으로 대처하기 위한 방안으로서 VAV방식에 외주부에 핀 튜브 컨벡터(fin-tube convector)를 추가 설치하는 방법이 흔히 사용되고 있다.

표 5. Heat Source Systems

종 류		85년 이전	86~90년	91~95년	96~00년	계
①스팀보일러 + 압축식냉동기	적용빈도수	9	12	5	2	28
	비율(%)	75.0	50.0	7.6	4.3	18.8
②스팀보일러 + 흡수식냉동기	적용빈도수	0	3	12	3	18
	비율(%)	0	12.5	18.2	6.4	12.1
③스팀보일러 + 빙축열시스템	적용빈도수	0	1	13	12	26
	비율(%)	0	4.2	19.7	25.5	17.4
④냉온수 발생기	적용빈도수	0	5	22	23	50
	비율(%)	0	20.8	33.3	48.9	33.6
⑤지역열원 + 흡수식냉동기	적용빈도수	0	0	5	4	9
	비율(%)	0	0	7.6	8.5	6.0
⑥보일러 + PAC	적용빈도수	2	0	2	0	4
	비율(%)	16.7	0	3.0	0	2.7
⑦지역열원 + 빙축열	적용빈도수	1	3	7	3	14
	비율(%)	8.3	12.5	10.6	6.4	9.4
계	적용빈도수	12	24	66	47	149
	비율(%)	100	100	100	100	100

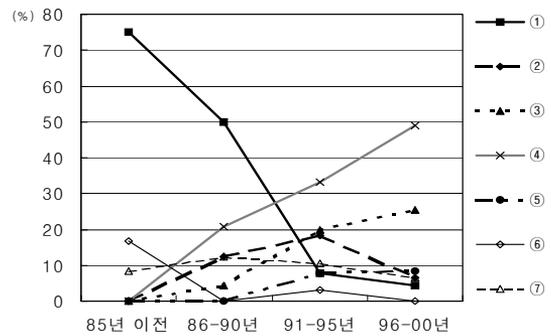


그림 4. Transition for Heat Source Systems

표 6. The Percent of Boiler Application

보일러종류		85년이전	86~90년	91~95년	96~00년
①노통연관식 스팀보일러	건물수	12	14	38	22
	비율(%)	92.3	56.0	61.3	56.4
② 관류형 스팀보일러	건물수	0	8	11	9
	비율(%)	0.0	32.0	17.7	23.1
③ 수관식 스팀보일러	건물수	1	0	1	0
	비율(%)	7.7	0.0	1.6	0.0
④진공(무압관수)온수보일러	건물수	0	0	0	0
	비율(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
⑤ 지역열원	건물수	0	2	7	7
	비율(%)	0.0	8.0	11.3	17.9
⑥관류형입형 온수보일러	건물수	0	1	1	1
	비율(%)	0.0	4.0	1.6	2.6
⑦ 기타	건물수	0	0	4	0
	비율(%)	0.0	0.0	6.5	0.0
계	건물수	13	25	62	39
	비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0

표 7. The Percent of Refrigeration Application

냉동기종류		85년이전	86~90년	91~95년	96~00년
①양복동냉동기	건물수	1	7	5	0
	비율(%)	7.7	25.9	6.6	0.0
②터보냉동기	건물수	10	7	12	5
	비율(%)	76.9	25.9	15.8	11.9
③스크류냉동기	건물수	0	0	10	0
	비율(%)	0.0	0.0	13.2	0.0
④냉온수기	건물수	0	8	28	23
	비율(%)	0.0	29.6	36.8	54.7
⑤흡수식냉동기 (스텝)	건물수	1	4	15	5
	비율(%)	7.7	14.9	19.7	11.9
⑥흡수식냉동기 (중온수)	건물수	0	0	4	2
	비율(%)	0.0	0.0	5.3	4.8
⑦병축열	건물수	0	1	2	7
	비율(%)	0.0	3.7	2.6	16.7
⑧기타	건물수	1	0	0	0
	비율(%)	7.7	0.0	0.0	0.0
계	건물수	13	27	76	42
	비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0

표 8. HVAC Systems(58 Buildings)

종 류		85이전	86~90년	91~95년	96~00년	계
①단일덕트 CAV	적용빈도수	0	3	2	0	5
	비율(%)	0.0	12.0	3.1	0.0	3.6
②단일덕트 CAV+계열방식	적용빈도수	0	0	0	3	3
	비율(%)	0.0	0.0	0.0	8.1	2.2
③단일덕트 CAV+FCU방식	적용빈도수	6	17	36	20	79
	비율(%)	54.5	68.0	56.2	54.1	57.7
④단일덕트 VAV	적용빈도수	3	1	8	1	13
	비율(%)	27.3	4.0	12.5	2.7	9.5
⑤단일덕트 VAV+컨벡터	적용빈도수	2	3	16	13	34
	비율(%)	18.2	12.0	25.0	35.1	24.8
⑥FCU방식	적용빈도수	0	0	1	0	1
	비율(%)	0.0	0.0	1.6	0.0	0.7
⑦단일덕트 VAV+FCU	적용빈도수	0	1	1	0	2
	비율(%)	0.0	4.0	1.6	0.0	1.5
계	적용빈도수	11	25	64	37	137
	비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

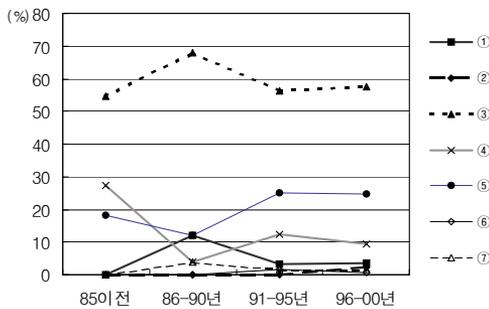


그림 5. Transition for HVAC Systems

(3) 급배수설비

급수설비는 표 9에서 보는 바와 같이 고가수조에 의한 하향공급방식이 대부분인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 다른 용도의 건물에서도 큰 차이가 없을 것으로 판단된다. 고가수조 방식은 몇 가지 단점에도 불구하고 시스템이 단순하고, 하자요인이 적은 안정적인 방식이라는 측면에서 앞으로도 사용비중이 높을 것으로 예상된다. 그러나 변화의 추이를 본다면 1990년대부터 부스터방식, 즉 물의 가압을 위해 소형 압력탱크를 부착한 펌프직송방식의 채택비율이 서서히 증가되고 있음을 알 수 있다. 최근에는 30.8%의 건물에서 적용되고 있고, 나머지 69.2%정도는 고가수조방식을 적용하고 있다.

표 9. Water Supply Systems(58 Buildings)

종 류		85이전	86~90년	91~95년	96~00년	계
① 고가수조방식	적용빈도수	13.0	23.0	42.0	27.0	105.0
	비율(%)	100.0	95.8	68.9	69.2	76.7
② 펌프직송방식	적용빈도수	0.0	1.0	18.0	12.0	31.0
	비율(%)	0.0	4.2	29.5	30.8	22.6
③ 압력탱크방식	적용빈도수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	비율(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
④ 수도직결방식	적용빈도수	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
	비율(%)	0.0	0.0	1.6	0.0	0.7
계	적용빈도수	13.0	24.0	61.0	39	137.0
	비율(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

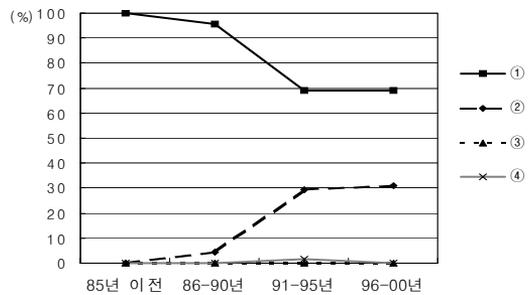


그림 6. Transition for Source Heat Systems

3.3 설비전문가의 의견조사

설비 시스템 및 기자재 결정은 설비전문가에 의

해 1차적으로 결정된다는 점에서 전문가들의 시스템 및 기자재 선정시 주요 고려사항과 실제 선정시 선호도를 조사하였다.

(1) 열원시스템

그림 7은 열원시스템에 있어서 가장 중요하다고 생각하는 항목을 보여준다. 여기서 볼 수 있듯이 에너지 절약성(32.5%)이 가장 중요하게 평가되었으며 다음으로 관리의 편리성(제어성)(24.2%), 초기투자비(21.8%) 순으로 나타났다. 열원 시스템의 선호도는 그림 8에서 볼 수 있듯이 스팀보일러+흡수식 냉동기, 스팀보일러+빙축열 시스템, 냉온수기이용방식, 지역열원방식+흡수식 냉동기방식 순으로 23.7~20.7%로 거의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

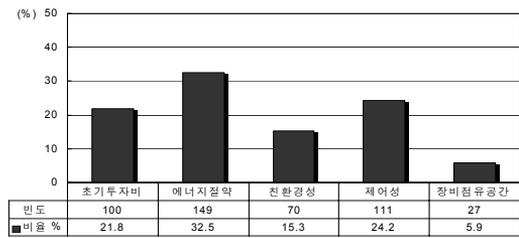


그림 7. Consideration Items of Heat Source System Selection

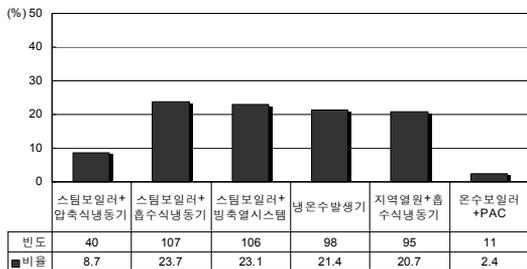


그림 8. Preference Items of Heat Source System Selection

(2) 공조시스템

공조시스템 선정시 가장 중요하게 생각하는 요소

는 실의 쾌적성(31.8%), 에너지 절약성(28.1%), 관리의 편리성(제어성)(21.4%) 순으로 나타났으며, 초기투자비는 열원설비(21.8%)보다 훨씬 적은 11.1%로 나타났다. 공조시스템의 선호도는 그림 10에서처럼, 단일덕트 CAV+FCU방식(29.0%), 단일덕트 VAV+컨버터방식(19.8%), 단일덕트CAV방식(17.0%)순으로 나타났다(그림 9 참조).

(3) 급수시스템

그림 11과 그림 12에서 볼 수 있듯이, 급수시스템 선정시 가장 중요하게 생각하는 고려요소는 수압유지(30.1%), 수질오염의 가능성(27.5%), 운전비와 초기투자비 순으로 나타났다. 급수시스템에 대한 선호도는 고가수조방식(17.9%), 펌프직송방식(21.8%), 압력탱크방식(15.3%) 순으로 나타났다.

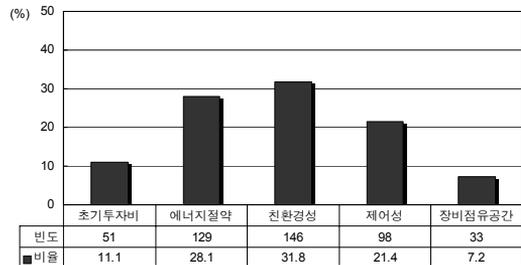


그림 9. Consideration Items of HVAC System Selection

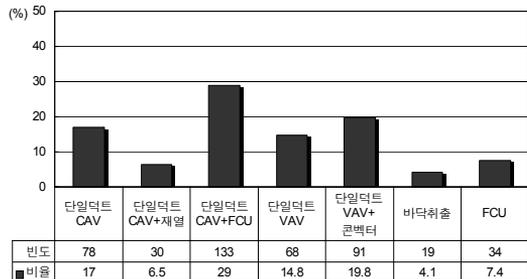


그림 10. Preference Items of HVAC System Selection

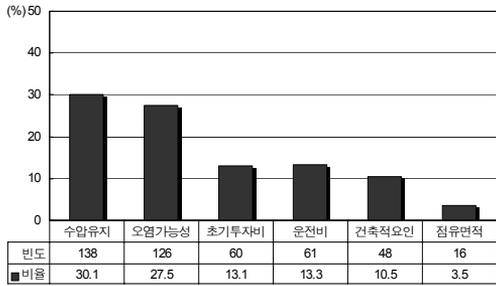


그림 11. Consideration Items of Water Supply System Selection

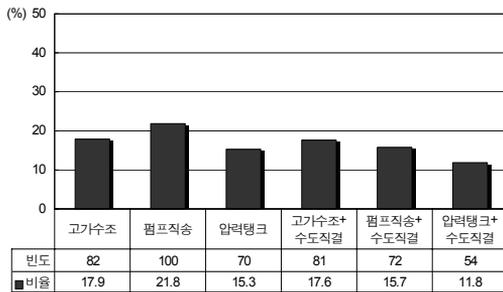


그림 12. Preference Items of Water Supply System Selection

4. 맺음말

기존건물의 열원설비는 1990년대에는 냉온수기를 이용하는 방식이 71.4%로 높은 비율을 나타내고 있다. 공조방식은 1990년대에 이르러 공기조화기+FCU방식이 60%로 증가하였다. 급수방식은 고가수조방식이 주를 이루고 있다.

설계도서 조사는 열원설비는 최근(1996~2000년)에는 냉온수기방식이 48.9%를 차지하고 있고 계속 증가추세를 보이고 있으며 빙축열 이용방식도 1996~2000년에는 25.5%로 계속 증가추이를 보이고 있다.

공조설비는 「단일덕트방식 CAV+FCU방식」

이 평균 57.7%로 주를 이루고 있으나, 1996~2000년에는 단일덕트 VAV방식에 외주부는 컨벡터를 이용한 방식이 35.1%로 계속 증가하고 있다. 이러한 증가추세를 감안한다면 앞으로 약 5~10년 후는 위의 두 가지 방식의 적용빈도가 비슷해질 것으로 추정된다.

급수설비는 1990년대부터 부스터방식의 적용 빈도가 서서히 증가하여 1996~2000년에는 30.8%를 차지하고 있으며 계속 적용비율이 높아질 것으로 예상되고 있다.

설비전문가(엔지니어)는 열원설비의 주요 고려사항으로 에너지 절약성(32.5%)을, 시스템 선호도는 「스팀보일러+흡수식냉동기방식」, 「스팀보일러+빙축열방식」, 「냉온수기방식」, 「지역열원+흡수식냉동기방식」가 비슷한 수준으로 나타났다.

공조설비의 주요 고려사항은 실내환경의 쾌적성(31.8%)을, 시스템은 「단일덕트CAV+FCU방식」과 「단일덕트VAV+컨벡터방식」을 선호하고 있다.

급수설비의 주요 고려사항은 수압유지(30.1%)를, 시스템은 펌프직송방식(21.8%)을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김영호, 박정운, 최신공기조화설비, 보문당, 2004
2. 공기조화냉동공학회, 공기조화·냉동·위생공학 편람, 제2권 공기조화편, 2004
3. 김용식, 건물의 냉열원 설비시스템의 에너지 절약 설계조건 평가, 대한건축학회논문 삼신설계주식회사, 설계도면(1980~2000년), 1998