

온돌난방의 기술현황과 전망

글/박상동, 윤용진(한국동력자원 연구소)

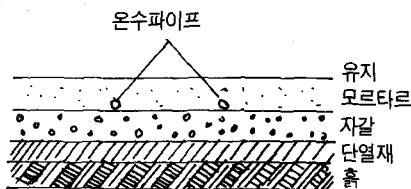
서론

건물내에서 생활을 영위하는 인간들에게 건물이 제공할 수 있는 가장 큰 역할이란 기본적인 "Shelter로서의 기능"외에 "안락한 생활 환경의 제공"을 들 수 있다. 대규모 상업용 건물들과는 달리 주거용 건물에서 이러한 환경을 조성하기 위한 수단은 극히 제한적이었으며 대다수의 주거용 건물에서 난방외엔 별로 수단을 강구하지 않았었다. 난방방식은 그 시스템의 구성으로부터 구성재료, 시공에 이르도록 각별히 세심한 주의가 요망됨에도 불구하고 우리나라의 난방방식은 고대로부터 온돌 방식의 사용기간이 길었던데 반해 성능면이나 시스템, 시공 등에서의 개선은 지극히 미진한 실정이며 심지어는 현대의 과학 기술 발전을 도외시한채 재래의 기술만의 답습에 그쳐있는 실정이라 해도 과언이 아니다.

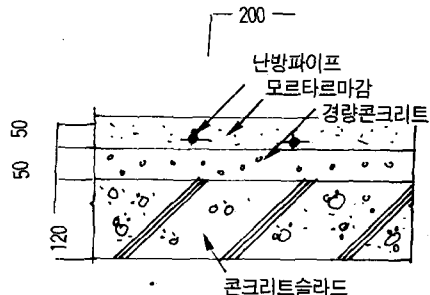
우리의 주거난방 시스템은 외국과는 현저히 다른 그 고유성으로 말미암아 독창적인 고유기술의 개발이 절실한 분야이다. 즉, 최근의 건축현장에서의 인력난, 자재구득난등을 감안할 때 주택산업은 재래적 습식공법에 의한 주택생산에서 조립화 건식공법

에 의한 주택생산으로 바뀔 전망이다. 이에 따라 난방설비 공사도 습식공법에서 건식공법으로 전환되고 있다. 특히 조립식 공업화 온수온돌 시스템은 그 수요가 향후 점증할 것으로 예측되고 있으나 현재 개발되어 있는 공업화 온수온돌시스템은 그 시스템의 구성·재료 및 성능들의 측면에서 설계기술의 미확립, 해석기술의 미흡 등으로 인해 성능의 개선을 위한 노력이 요구되며 이를 위한 시스템, 재료, 시공방식의 개선을 위한 연구개발이 우선적으로 필요함에도 불구하고 일부업체에서 생산하고 있는 조립식 온돌패널은 일본 제품을 가공없이 그대로 생산하여 시판하고 있기 때문에 음식점을 비롯한 일부 업무시설용으로는 적절하나 주택용으로는 부적합한 것으로 생각되어 이를 국내 주택용으로서 적합한 제품으로 보완 개발할 필요성이 절실하다. 궁극적으로 조립식 온돌패널로서의 경량화와 아울러 축열성보장, 적정강도와 내구성 확보, 제어기술개발 및 성능해석 기법을 정립함으로써 정밀한 운전 및 제어가 가능한 완벽한 시스템의 구축이 필수적일 것이다.

(그림-4) 온수온돌 바닥구조



(a) 새마을보일러 온돌의 바닥구조



(b) 전형적인 아파트의 온돌바닥구조

온수온돌 바닥 구조의 Prefab화로 인건비 및 인력난의 해소와 공기단축을

바닥난방 방식의 현황

전통적인 온돌로부터 발달한 형태인 온수온돌난방방식의 구조는 [그림-4]와 같이 현장에서 직접 시공, 설치하게 되어 있다.

이와같이 현장에서 시공하는 방법으로 설치되는 온돌난방방식은 시공성의 정도에 따라 성능의 차이가 크고 온수파이프의 수명과 바닥의 마감 상태에 따라 유지관리상 많은 불편을 수반하였다. 더우기 근래에 들어서는 인건비의 상승폭이 커짐에 따라 전체 건축공사비에 미치는 영향을 줄이기 위한 대안으로 온수온돌 바닥구조의 Prefab화를 추진하게 되었다. 온수온돌의 Prefab화를 통해 제품을 균질화시키며 적정 성능을 보장함은 물론 건축공사 공기단축등의 효과를 얻을 수 있다.

가. 바닥난방의 특징

1) 종류

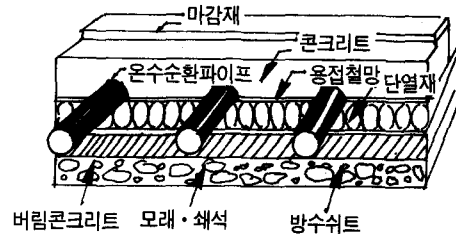
복사바닥난방은 사용장치에 따라 설비형과 간이형으로 구분되며 그 내용은 <표-2>와 같다. 설비형

은 주택 및 일반건축물의 바닥구조로 마감하는 형태로 신축시 설치하는 경우가 많다. 간이형은 바닥 위에 설치하는 내구소비재적 성격이 강하고 기존주택에서 용이하게 사용할 수 있지만 기능상 보조난방의 요소가 강하다.

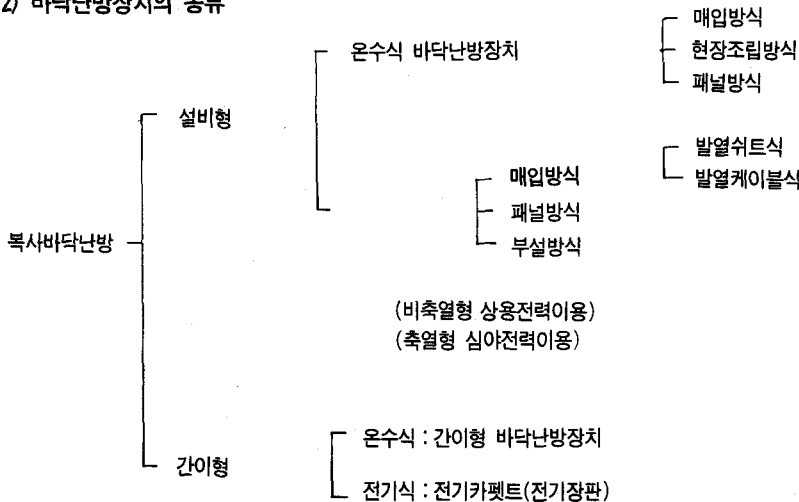
2) 구조

바닥난방방식의 여러 종류중 일반적으로 신축주택에 많이 이용되는 방식은 설비형 온수식 바닥난방장치이다. 이 장치의 바닥구조는 [그림-5, 6, 7]과 같다.

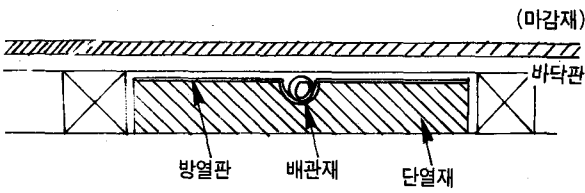
[그림-5] 매입방식



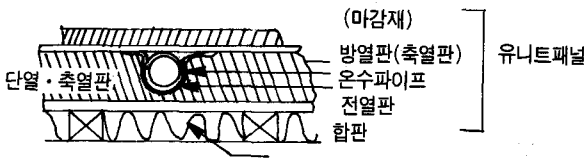
<표-2> 바닥난방장치의 종류



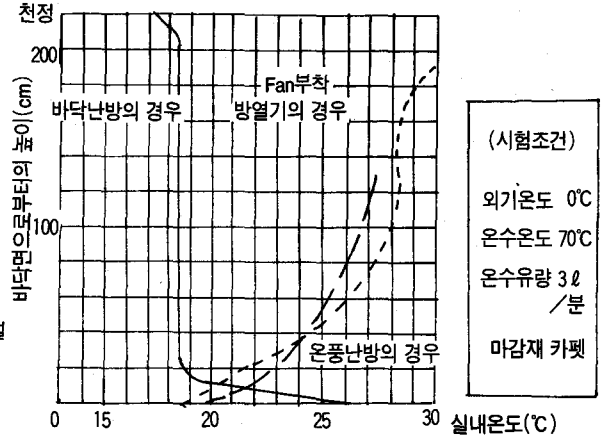
(그림-6) 현장조립방식



(그림-7) 패널방식



(그림 8) 복사난방과 타난방방식과의 실내수직온도 분포 비교



3) 바닥난방의 특징

복사에 의한 열원을 주로 이용하는 바닥난방방식은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- * 복사를 중시한 바닥난방은 직접 공기를 덥히는 대류난방 방식과 다른 특징이 있으며 바닥난방의 수직방향 실내온도분포는 [그림-8]과 같다. 바닥난방은 “頭寒足暖”형의 난방으로 바닥면이 따뜻하고 또 실내공기온도의 변동이 작기 때문에 냉기나 열굴이 달아오르는 예가 없다.
- * 부드러운 난방감으로 쾌적성이 뛰어나다.
- * 난방장치가 노출되지 않기 때문에 실내공간을 자유롭게 사용할 수 있어 공간 이용률이 높다.
- * 실온이 일반 난방에 비해 낮아도 충분한 난방감을 얻을 수 있기 때문에 외기와 온도의 차이가 작게 되어 열손실이 작아 경제적이다.
- * 실온이 비교적 낮기 때문에 건조하지 않고 건강에 좋다.
- * 열원 및 가동부분이 실내에 없기 때문에 연소가스, 쓰레기 등이 나오지않아 위생적이다. 더우기 고장이 적고 조용한 난방방식이다. 위와 같은 여러 장점들도 불구하고 아래의 문제점을 들 수 있다.
- * 부하변동에 바로 응하기 어렵고 가동효과를 얻기까지의 시간이 비교적 길다.

* 건물과 일체로 조립된 설비이기 때문에 수리작업이 약간 어렵다.

4) 바닥난방의 에너지 절약효과

바닥난방은 다른 난방방식과 비교하여 에너지절약 측면에서의 효과도 크다. * 바닥난방에 의한 실내공간은 바닥 상부로부터 천정까지 대개 일정한 온도로 분포되며 대류난방 방식과 같이 실 상부의 실온이 필요 이상으로 높아지는 현상이 없어 에너지소비가 적다.

- * 바닥난방으로부터의 복사열은 비가열면으로부터의 2차 복사열과 동시에 피부온도를 직접 자극하여 인체에 부드러운 온감을 주어 난방효과를 높일 수 있다.
- * 바닥난방은 바닥온과 실온과의 차로부터 생기는 자연대류에 의한 기류를 인체에 거의 느끼지 않게 하기 때문에 대류난방과 같이 기류에 의한 난방감의 저하를 초래하는 일이 적다.
- * 발바닥을 비롯하여 바닥에 접촉시킨 신체 부분은 바닥으로부터의 열전도에 의해 직접 따뜻해져 보다 높은 난방효과가 얻어진다.
- * 바닥난방은 바닥온, 실온 제어방식을 조합하여 쾌적한 실내조건에 필요한 최소한의 열공급제어를 할 수 있어 불필요한 에너지소비가 없다. 이러한 장점을 가진 온수온돌난방 시스템은 주로

현장 기능인력에 의한 습식공법으로 시공되어 왔으나 1987년 중반이후, 극심한 기능인력 확보의 어려움에 직면하여 기존하던 몇몇 조립식 온돌패널 제조업체를 중심으로 조립식온돌 패널 산업이 활기를 띄기 시작했으며 특히 최근에도 기능인력확보 자체의 어려움에 덧붙여 기능인력난으로 인한 건축완제품의 성능저하 및 자재확보의 어려움 등으로 조립식 건축부품 산업에의 신규 참여업체가 현저하게 늘어나게 되었다.

나. 조립식 바닥난방 방식의 현황

온수온돌 난방방식은 설치방법이 현장시공방식에서 공장생산방식으로의 변화가 요구되어오며 따라 가공, 운반, 설치등의 편의를 위해 구조나 재료면에서 많은 변화가 이루어지고 있다. 조립식 바닥난방 방식에 관한 한 온돌이 우리 고유의 난방방식임에도 불구하고 우리나라보다도 오히려 일본에서 더욱 활발하여 이미 1973년부터 공장생산되어 시판되어 왔다. 특히 일본은 床暖房工業會 등이 결성되어 조직적이고 체계적인 연구와 제품 개발에의 투자가 활발한 편이다.

유럽에서도 일부 고급건물에 조립식 바닥난방 패널이 채용된 사례가 있으나 일본의 경우 만큼 일반화되지는 않았으며 미국의 경우는 사무실에서의 Perimeter zone 난방용으로 일부 사용되고 있다. (예 : AZTEC)

이러한 외국의 제품들은 우리와는 판이한 주거생활 양식으로 인해 좌식생활에 바탕을 둔 시스템이 아닌 입식 및 유사 주거방식에 적절한 시스템인 점이 다르다. 이와 같은 이유들로 이 제품들을 건축물에 사용하여 조성되는 실내환경은 우리의 온열감각에 적절치 못함은 물론 실제 적용 또한 불가능한 실정이다.

1) 한국의 조립식 온수온돌난방

국내에서 주로 중소기업의 사업자에 의해 조립식 바닥난방패널의 개발이 주도되어 왔다. 이들 제품

들은 대체로 우리나라의 전통적 온열환경조성 보다 는 주로 시공 측면에서의 개선효과를 보았으나 제품의 가격이나 유지비용측면에서 별로 유리한 점이 없었으며 실제 건축공사시 전 공정에 견주어 시공 효과가 크지 않다는 이유로 실수요자나 시공업체들로부터 외면당해온 것이 현실이다. 그러나 인력수급난과 인건비의 급상승으로 재래의 습식공법에서 탈피해야 할 때가 되었으며 건식공법에 의한 온돌난방시공이 현실적으로 타당함을 직시해야 할 것이다.

열성능 측면을 보면, 대개의 제품들이 시공성 개선에 주력한 바, 재료와 시스템의 별다른 개선없이 지나치게 경량화함으로써 난방가동, 정지에 따른 실온의 변동이 급격하며 이로인한 실내환경의 유지가 곤란함은 물론 에너지의 불필요한 낭비 또한 상당한 실정이다.

국내에서 현재 시판되고 있는 바닥난방시스템의 종류와 개요는 <표-3>과 같다.

2) 일본의 조립식 온수바닥난방

일본에서 조립식 바닥난방 패널이 시판되기 시작한 것은 1973년이다. 이때는 시기적으로 "Oil Shock"로 인해 전 세계적으로 에너지 절약에 대한 인식이 최고조에 달했던 때로서 바닥난방시스템의 개발 또한 이러한 추세를 반영한 새로운 난방법의 도입이라는 의미가 크다. 조립식 패널방식은 시공의 간편성, 설비비의 절감이나 생활수준, 주택사정의 향상에 따라 공급자측의 체제와 사용자측의 요구에 따라 일반주택, 집합주택, 보육원, 양로원, 신체장애자용 시설등에 설치가 증가하고 있다.

<표-4>는 일본 상난방공업회가 조사한 1973년부터의 온수 바닥난방장치의 판매실적을 나타낸 것이다.

온수바닥난방은 <표-4>에서 보는 바와 같이 인간이 거주하거나 생활하기 위한 바닥난방 시스템과 인간을 대상으로 하지않는 가온시스템으로 크게 나뉜다. 1985년의 경우, 매년 증가추세와는 달리 판매

량이 감소한 것으로 나타난 것은 표 작성시기 및 제품공급선의 변경에 따른 집계상의 차이 때문이며 실제로 판매량이 감소한 것은 아니다.

이를 다시 온수식 및 전기식 바닥난방패널별로 판매실적 추이를 보면 조사연도는 다르지만 양 방식 모두 해마다 판매량이 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다. 일본의 주택은 주로 목구조이기 때문에

〈표-3〉 국내의 조립식 온수온돌난방패널 생산실태

제품명	제조업체	규격(단위: mm)	방열판	무게
대일온돌판넬	(주)대일	1700(850) * 850 * 18(12)	갈바륨강판	5-13Kg
진성온돌판	진성온돌판넬	1700(850) * 850 * 18	아연도강판	
신영전자식온돌시스템	신영전기	1700(850) * 850(400) * 18	아연도강판	6.8-13.5Kg
축열식전기 세즈리터온돌	한밭에너지			
전자온돌	대광산업	(심아전력용 면형 방열판)		
대지 실버허팅 패널	대지 엔지니어링	870(900) * 200(600) * 18(7)	갈바륨알루미늄	2-3Kg
한진 전자동 온돌패널	한진 엔지니어링	1700(850) * 850(400) * 12(15)	강판	
린나이온돌판 Z12	린나이코리아	1700 * 850 * 12		5-13Kg
금성온돌난방판	금성기전	1700(850) * 850(400) * 18	아연도강판	6.5-13Kg
한울 판넬온돌	한울(주)	440(220) * 440(220) * 10	아연도강판	
대창 감열축열식 온돌	대창에너지	1040 * 325 * 25(앨슬판)		
제원온돌판넬	(주)제원	1700(850) * 850(400) * 18(-12)	아연도갈바륨강판	5.2-15Kg
전자동온돌판넬	한국 스파쿠	(한진 전자동온돌판넬과 동일)		
한영 온돌전열보드	한영산업	1700(850) * 850(400) * 815	갈바륨	
현대 전열축열식 전자접기들	현대전자구들	(전기이용)		
한국온돌판넬	한국온돌판넬산업	2000(1200) * 600(800) * 30	모르타르	41-82Kg

〈표-4〉 온수식 바닥난방장치 판매실적(일본)

일본床暖房工業會(단위: m²)

연(1-12월)	주택	업무시설	소계	농축산·음식	합계
1973년	1,152	2,570	3,722	1,550	5,272
1974년	11,663	8,978	20,641	6,237	26,878
1975년	20,127	27,198	47,325	2,486	49,811
1976년	41,584	43,680	85,264	51,792	137,056
1977년	67,988	60,844	128,832	202,915	331,747
1978년	71,500	135,119	206,619	242,803	449,442
1979년	85,015	169,313	254,328	366,820	621,148
1980년	109,075	175,388	284,463	266,286	550,749
1981년	148,789	186,579	335,368	123,710	459,078
1982년	192,388	219,496	411,884	134,420	546,304
1983년	252,708	231,386	484,094	132,377	616,471
1984년	261,976	255,503	517,479	228,615	746,094
1985년	238,333	250,586	488,919	94,249	583,168

바닥난방패널 또한 이와 같은 가구식에 적합하도록 설계되어 대체로 콘크리트 등과 같은 무게가 무거운 재료들은 쓰이지 않고 경량화되어 있다. 또한 구조체에도 축열을 고려한 제품은 거의 없으며 현장 조립방식과 패널방식이 같이 제작되고 있다.

연구현황

재래식 온돌기술에 관련된 우리나라의 연구활동은 상당히 활발한 편이었다. 연구분야는 크게 연소기라 할 수 있는 아궁이 부분(단 보일러류는 별도의 연소기기로 간주하여 본고에서는 제외함). 방열부로 일컫는 고래를 포함한 바닥 구조부분 그리고 배연부인 굴뚝부분의 3분야로 나눌 수 있다. 특히 주택에서 연료가 구멍탄이었던 관계로 인명에의 손상을 줄이기 위한 구멍탄 연소에 관한 연구, 완전연소를 위한 아궁이 개선연구 및 배연부에 관한 연구 등이 주류를 이루었으며 바닥구조 부분에 대한 연구는 극소수에 지나지 않았다.

또한 온수온돌에 관한 연구도 대학이나 정부출연 연구소를 중심으로 다소 수행되었으나 업계의 이해

에 따른 배관재료에 관한 연구, 온도의 효율을 규명하기 위한 연구등이 주류를 이루고 있고 바닥구조의 획기적 개선에 관하여서는 그 연구실적을 별로 찾아볼 수 없다.

1973년 Oil Shock 이후 국가적 차원에서 에너지 절약의 필요성에 따라 주택에서의 단열시공이 의무화되고 아파트와 같은 공동주택의 보급이 확대되면서부터 주택의 열환경에 변화가 오게 되었다. 즉 온수온돌 난방시스템을 채용한 주택에서 과거와는 달리 열부하가 적어짐에 따라 실내가 과난방이 되게 되고 실내 열환경을 쾌적하게 하기 위하여 환기를 과다하게 하여 에너지의 낭비를 초래케 하는등, 근본적인 대책은 생각하지 않고 임시 방편적으로만 대처하게 되어 동력자원을 중심으로 하여 그 대책마련의 일환으로 여러부문별로 연구·개발 및 조사·실험에 착수케되었다.

한국동력자원연구소 건물연구실에서는 재래식 온수온돌난방의 결점(단열주택에서 실내공기온도를 쾌적하게 하면 바닥온도가 쾌적하지 못하게 되고 바닥온도를 쾌적하게 하면 실내는 과난방이 되어 불쾌한 점)을 보완할 수 있는 방법으로 부분난방(Partial Heating)을 고안하여(1978) 동 연구소 소택 아파트에 습식공법에 의한 부분난방시스템을 적용, 시공하여(1979년) 아파트 완공후 3개년(1980-1983)에 걸쳐 실험실측한 결과 실내환경이 다소 개선된 점이 있으나 아파트의 위치에 따른 부하의 차이로 인해 소기의 성과달성엔 미흡하였다. 또한 비배관부에서는 바닥표면 결로로 인한 재료의 내구성 저하와 미관 및 위생상의 문제점이 노출되었으며 1983년-1984년 사이의 동절기에 간헐난방과 연속난방에 의한 유사실험에 의해서도 같은 문제점이 드러났다. 이후 주택공사 아파트에서도 습식공법에 의한 부분난방방식을 적용하였으나 상기와 유사한 문제점으로 인하여 더이상 확대 적용하지 않았다.

상기와는 별도로 1982년 한국동력자원연구소 건물 연구실에서는 “비강관 배관재를 이용한 온수온

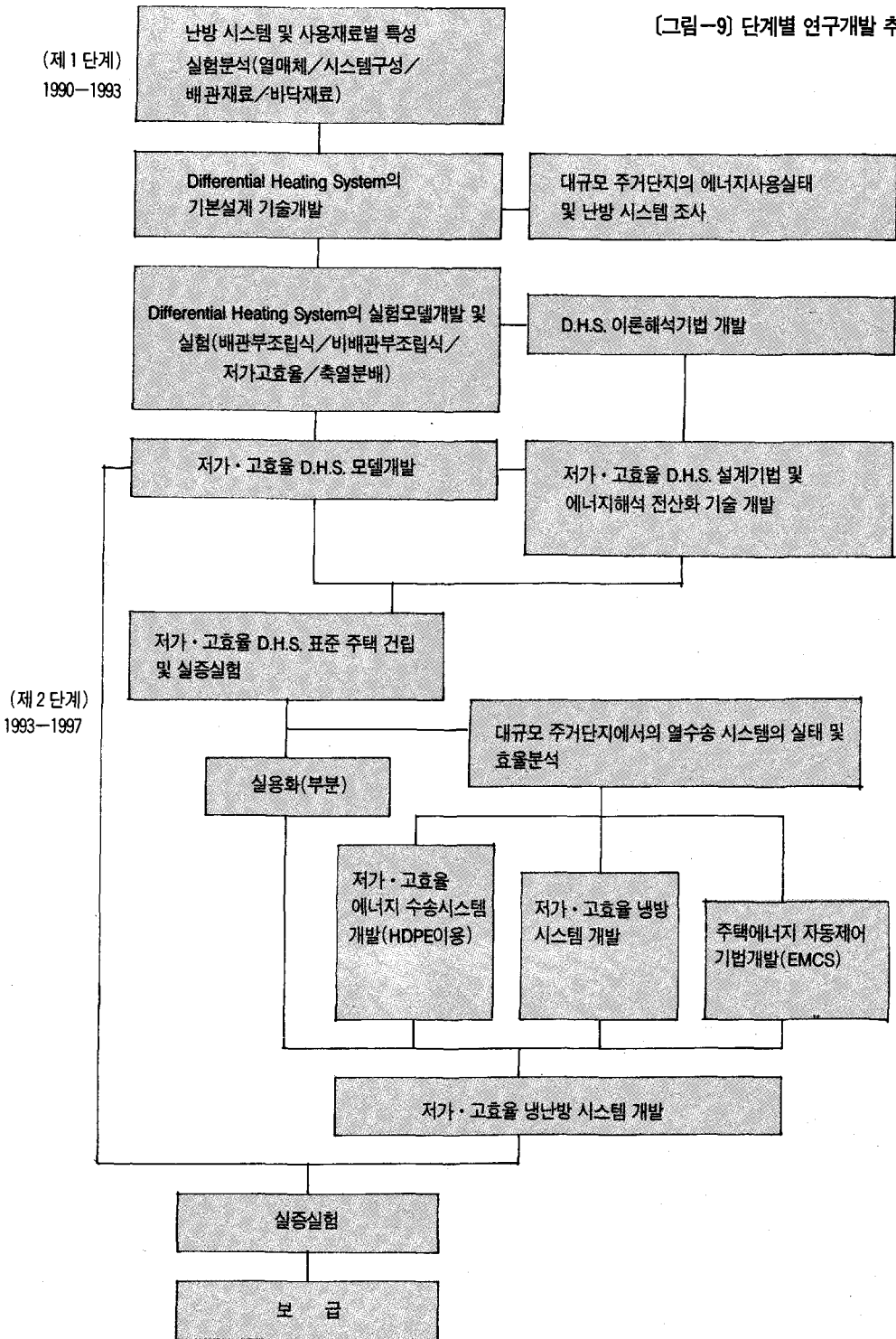
돌의 열효율향상에 관한 연구(KE-82T-28-1)”를 수행하면서 17.28m² 규모의 실험주택 2동을 건설하였으며 바닥면적의 41%, 62% 및 56%, 100%에 해당하는 습식공법에 의한 부분난방 실험을 하여 에너지의 유효이용에 의한 38%의 에너지 절감효과와 아울러 쾌적온열환경 조성을 위한 기초기술을 확보하는 성과를 얻었다.

이후 1983년, “주거용 건물의 에너지 절약연구 I (KE-83-22)”중 “환경기준 제정 및 실측에 의한 적정 방열면적 제시에 관한연구”에서는 실외기후에 따른 적정 방열면적에 관해 이론 및 실험적 연구를 하여 Differential Heating System 개발의 필요성을 제시하고 1984년에는 “주거용 건물의 에너지 절약 연구 II (KE-84-8)”중 “집합주택의 부분난방에 관한 연구”에서 전기한 한국동력자원연구소 소택아파트의 부분난방 실험결과를 토대로 부분난방 방식에 의한 간헐난방의 문제점 도출 및 향후 연구방향에 대해서 언급하는 등의 이론적, 실험적 연구를 하여 실내기후 환경개선과 에너지절약 면에서의 효과를 얻을 수 있었으나 결과적으로 Differential Heating System 개발을 위한 당위성 확보에 그치고 말았다.

1980년 일본의 히타치사의 조립식 온돌패널을 이용한 Solar House에 의한 실험에서는 동 제품이 전혀 우리나라 실정에는 맞지 않으며 이러한 문제점은 “H 산업”의 위탁에 의한 “조립식건식화 온수온돌패널의 열성능연구(한국동력자원연구소, 1989.4)”에서도 패널의 경량화로 인한 보일러 정지시의 실온의 하강속도가 급격해서 에너지절약은 물론이며 환경 개선에 큰 기여를 못하는 것으로 드러나 이러한 제반문제를 해결한 저가 고효율 조립식 DHS 온돌패널 개발 및 이의 에너지해석 전산화기술 개발이 필요함을 알 수 있게 되었다.

금년부터 과학기술처와 건설부는 '90년대 “한국 의 복지기술 개발” 사업의 일환으로 국책연구개발 과제인 “신주택기술” 개발사업을 시작하였다. “신 주택기술” 개발사업에는 한국과학기술원 및 한국건

(그림-9) 단계별 연구개발 추진체계



설기술연구원, 대한주택공사, 한국동력자원연구소가 주관 연구기관으로 참여하며, 학계와 산업체가 공동으로 주택과 관련된 전문분야에 걸쳐 연구를 수행하고 있다.

한국동력자원연구소에서는 “저가 고효율 난방시스템” 개발을 목표로 “저가 고효율 조립식 DHS (Differential Heating System) 개발”, “저가 고효율 수송시스템 개발” 및 “EMCS (Energy Monitoring & Control System) 개발”을 추진해 나갈 예정이다. 이 사업을 수행하기 위한 추진체계는 (그림-9)와 같다.

1차로 수행할 예정인 “저가 고효율 조립식 DHS 개발연구” 수행결과로 얻을 수 있는 기대효과로는, DHS 이론해석 및 설계기법 정립으로 현재 사용되고 있는 재래의 난방시스템이나 공업화 바닥난방패널들의 정밀한 정량적인 성능검증을 가능케 하여 제품의 질적 향상으로 주택설비 시스템의 양질화 및 주택의 질 개선에 기여함을 들 수 있다. 또한 공장생산 단독주택 및 공동주택의 난방시스템으로의 활용이 기대된다.

결 론

우리나라 주거건축물에 이용되고 있는 난방방식

은 온돌을 이용한 바닥난방방식이다. 이러한 시스템은 세계적으로도 고유한 것이며 외국에서는 근래에 들어서야 극히 선택적으로 일부 채택되고 있는 실정이다. 이러한 연유들로 온돌난방시스템과 관련한 기술은 우리의 독창성이 요구되며 외국으로부터의 기술도입이 불가능할 뿐만 아니라 기술도입을 한다는 것은 국가적 수치일 뿐이다. 따라서 시간이 갈수록 국외에서도 선호 성향이 높아지고 있는 바닥난방기술을 역수입하는 예가 없도록 기술개발에 열의를 기울이는 한편으로 기술의 수출을 도모해야 할 것이다.

앞에서 열거한 제반 상황들을 감안할 때 특히 온돌난방에서의 조립식패널에 의한 건식시공은 날로 확대될 것으로 사료되며 조립식 패널의 경량화와 아울러 열성이 확보되고 실내 난방부하에 대응하면서도 쾌적 바닥온도 및 실내열 환경에 부응하는 제어방식을 갖는 저가 에너지절약형 조립식 온돌 패널의 개발은 이러한 패널의 점증하는 대중적 수요를 감안할 때 필수적이라 할 수 있다. 아울러 향후의 소득수준을 감안한 양질의 주택공급 및 실내환경 제어기술개발 그리고 제3의 에너지 파동을 대비한 에너지절약형 난방기술의 개발 보급을 계속 추진해 나가야 할 것이다.