

# 1970年代의 太陽에너지에 관하여

John. I. Yellott

(Heating Piping and Air Conditioning, July 1975)

李 在 憲\* 譯

저자 J.I. Yellott는 태양 에너지에 관해 HPAC-Heating Piping and Air Conditioning에 1966년부터 1967년 사이에 연 4회에 걸쳐 기고했다. 그 후 큰 진전이 있었고 이제 그 발전상을 보기로 하자.

약 십년전 건축관계 자료로서 태양 에너지의 이용과 조절에 관해 HPAC에 연재할 때만 해도 태양열 이용에는 일반의 관심이 별로 없었으며 단지 냉방기기의 크기와 능력에 관해 영향을 주는 태양열로써 관심이 있었을 뿐이었다.

다행스럽게도 1967년에 ASHRAE에서는 투자되는 태양열량을 측정하는 장치를 개발했고 아울러 맑은날 여러방향의 수직창에 대한 태양열 흡수율에 관한 자료를 모았다. "Minnesota" 대학에서 연구하여 ASHRAE에發表된 이들 자료들은 상당한 정확성이 있음이 판명 되었다. 이들 자료에서 변환된 식들이나 여러각도로 수평 경사진 남향창에 대한 도표들은 아직도 유용하다.

또한 대부분의 태양 에너지 관계 연구나 실험이 주거용 건물에 관한 것이기 때문에 이들 자료는 HVAC-Heating Ventilation Air Conditioning-부분의 엔지니어에게 꼭 유용하다. 주거용 건물의 태양에너지 이용은 앞으로 상용빌딩이나 공장건물에 태양 에너지를 이용할 수 있는 가능성을 보여준다.

### 관심 분야

십년전에는 海水의 태양열 증류나 소금의 제조

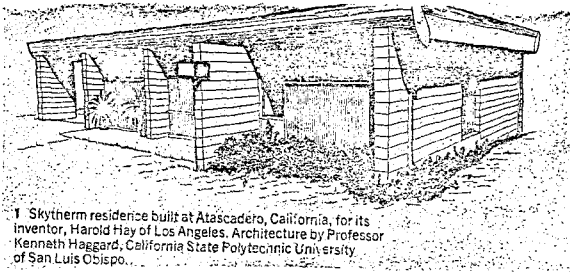
에 관심이 있었지만 지금은 대서양의 섬이나 오스트렐리아 같은 곳에서나 관심이 있다. 아마 美國에는 1966년과 1967년에 HPAC에 게재된 것과 같은 태양열 증류소가 맛있고 저렴한 음료수를 생산하기 위해 세워질 것이다. 또한 水量은 풍부하나 그대로 음료수로 할 수가 없는 지역에 태양열 이용 증류의 새로운 개발이 이루어지고 있다.

지난 60년대에서는 태양열 난방에는 이따금 관심이 있었고 냉방쪽엔 최근에야 비로소 관심이 생겼다. 1972년에 NSF(National Science Foundation)와 NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서 낸 보고서에선 태양에너지가 美國의 에너지부담 균형에 큰 기여를 할 것임을 확신하고 있다.

태양에너지 부문의 연구진전 상황과 전국 각지에서 얻은 태양에너지 자료의 신뢰성과 또한 특수분야의 태양에너지 사용전망에 관하여 NSF는 세곳의 학교-기업 혼성연구팀에 조사를 의뢰하는 재정계획을 세웠다. 각연구팀은 "Pennsylvania" 대학과 협력한 "General" 전기회사와 "Arizona" 주립대학과 협력한 TRW System 회사와 "Carnegie Mellon" 대학과 협력한 "Westinghouse" 회사이다.

이들의 보고서는 1974년 7월에 제출 되었는데 여기에서는 세연구팀 모두가 시간이 지남에 따라 태양에너지의 광범위한 이용이 이루어질 것이라는데 의견을 모았다. 이 예측은 1973년 「아랍」 석유수출 제한 조치에서 큰 충격을 받은 탓도 있다. 그러나 이 보고서에 세계 에너지 상황에

\* 서울대 大學院生



↑ Skytherm residence built at Atascadero, California, for its inventor, Harold Hay of Los Angeles. Architecture by Professor Kenneth Haggard, California State Polytechnic University of San Luis Obispo.

그림 1

떨 비가역적인 변환이 올 것이라는 지적은 없었다. 4배로 경증 뛰어오른 석유값은 에너지가격의 절적인 변환을 초래했다. 즉 다시는 그 가격이 내려올 줄을 몰랐던 것이다.

이어서 NSF는 태양에너지 이용 냉난방 기업의 토대를 쌓아주기 위하여 연구개발 계획을 네배로 증가 시켰다. 그러나 이 계획은 1974년 ERDA (Energy Research and Development Administration) 法案이 통과되고서 중단 되었다. 이 기구는 종전의 AEC(Atomic Energy Commission)의 확대재편성 이었다. 이 법안에 의해 일곱개의 부서를 둔 새로운 정부기관이 설립되었고 그 장은 차관급인 Dr. R. Seamens가 임명 되었다. 여기서는 AEC의 800명을 능가하는 900여명의 인원이 일하고 있고 그중 7분의 4가 원자에너지 부문에 종사한다. 주 예산의 90%는 원자에너지 부

문이고 10%가 태양복사열 이용 연구에 주안점을 둔 여타 에너지 개발에 쓰인다.

### 태양열이용의 開花

1967년 4회 연재이래 태양열 냉난방분야에 비약적인 발전이 있었다. 그 첫번째로 1967년부터 1968년 사이에 「로스앤젤러스」의 H. Hay와 「피닉스」의 “Yellott” 태양에너지연구소에 있던 筆者와 함께 성공적인 시도를 했다. 그것은 겨울철 난방時는 낮동안에는 지붕위의 貯熱池에 흡수된 열을 사용하고 야간에는 그위에 절연판을 덮어 주어 열손실을 막으며 여름철에는 야간에만 절연판을 열어주어 공기 중으로의 증발이나 대류작용에 의해 열이, 발산되게 하는 原理를 사용했다.

이런 식의 실제 건물이 그림 1에 보는 바와 같이 일차년도의 시도로써 California 주립 공과 대학의 후원으로 California의 Atascadero에 세워졌다. 설립자 H. Hay氏가 이 시범건물의 건축비를 부담했고 HUD(Housing Urban Development)에서는 그 첫 일년동안의 조사연구비를 건축비 만큼 사용했다. 이 보고서는 지금도 유용한 자료이며 어떠한 보조에너지 장치가 없이 태양에너지만으로도 안락한 생활을 할수 있는 건물을 만들수 있음을 증명했다.

그림 2에서 빗금친 지역은 그 이후 태양열 냉



그림 2

3 The David Write House, Santa Fe, New Mexico, employing large south facing glass, internally shaded at night to minimize heat loss and using the floor of the building as the primary heat storage means.

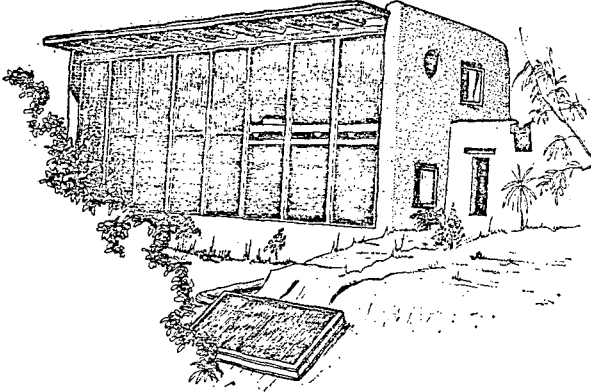
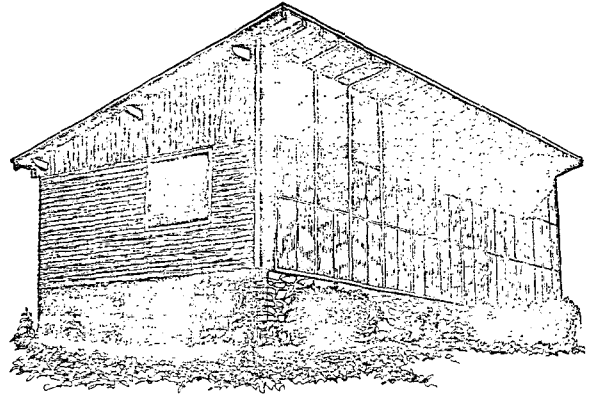


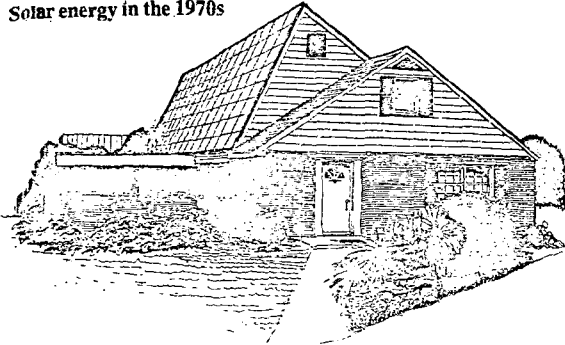
그림 3



4 Trombe-Michel house, developed for use in the south of France, has a massive concrete south facing wall used as the heat absorber, insulated by double glazing with convection space provided between the concrete and the glazing. The vertical south wall provides both heat storage and heating of the building at night.

그림 4

Solar energy in the 1970s



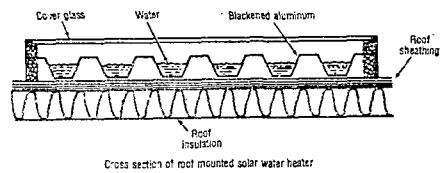
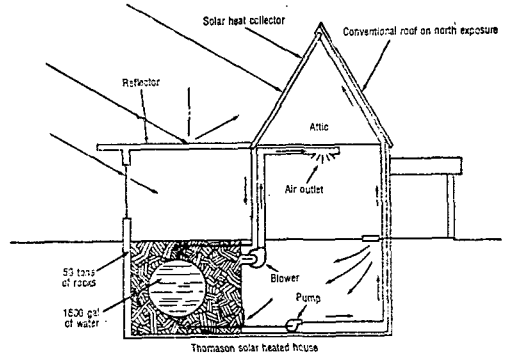
5 The Thomason residence in Washington, D.C., uses the system shown in Fig. 6 to provide heating by relatively low temperature sun-warmed water. This house now has more than 12 years of experience to demonstrate its feasibility.

그림 5

난방 건물이 세워진 州를 표시하며 「X」표는 지역을 표시한다. 또한 전미국의 평균 일간 수평복사량을 Langley 단위로 등복사線이 그려져 있다. 그리고 그림의 태양의 집 분포는 일사량에 크게 관계된 것은 아니다. 예를 들면 New-England 지방은 相對적으로 그 數가 많지만 이것은 主로 資金狀態나 관심度 때문이고 New-Mexico나 Colorado 지방에서는 天然개스의 不足과 높은 太陽熱輻射量 때문인 것이다.

太陽의 집 建築

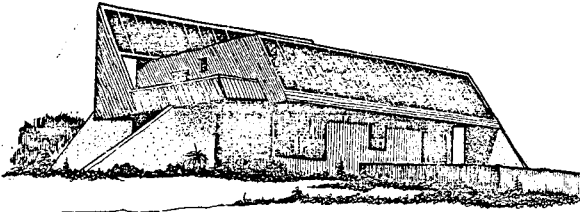
最近 20年동안 開發된 太陽의 집은 4가지로 分



6 Operating principle of the Thomason Solaris solar heating system in which heat is collected at moderate temperatures by a steeply tilted south facing collector and stored in a 1600 gal water tank; 50 tons of rocks pick up heat from the warm water in the tank. The rocks become both a additional storage and the heat transfer surface to warm the air going to the house.

그림 6

類할 수 있다. 첫번째, 가장 간단한 것은 그림 3 과 같이 커다란 南向二重窓을 통해 太陽빛이 들어오고 이 窓에는 絕緣커튼이나 셔터가 裝置되어 있어 낮과 밤의 열의 吸收와 放出의 遮斷이 容易하게 되어 있다. New-Mexico 地方의 D.



7 Phoenix of Colorado Springs is a solar heated and heat pump cooled house erected in Colorado Springs, Colorado, in 1973. Flat plate collectors provide the heat required in winter, and air circulation is provided by the indoor fan of the heat pump, which serves as the auxiliary heat source and as the summer cooling means.

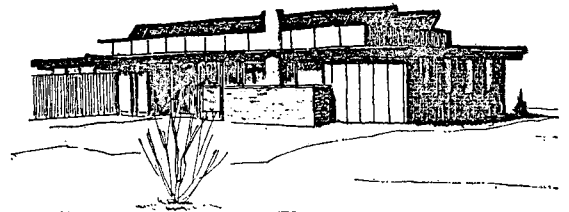
그림 7

Wright의 住宅이 이형의 좋은 본보기이며 앞에서 言及한 太陽熱 遮斷用 두꺼운 窓門과 마루바닥에 간 표면처리 주택용 벽돌이 아주 좋은 熱貯藏所 역할을 한다. 또 건물의 벽은 4인치 절연 공간을 두고 二重으로 벽돌을 쌓았으며 内部空間은 확대되어 있으며 마루바닥에 복사됐던 熱이 밤 동안에 집 全體를 循環한다. 이와 類似한 原理를 사용했던 것은 1930年代에 Chicago 地方에서 Kech氏와 Purdue 大學校에 의해 실험된 例가 있으나 이것은 南向窓을 통해 나가는 야간의 熱損失을 最少限하기 위해 絕緣덮개를 사용 했다.

두번째 분류로는 集熱과 蓄熱 兩用의 건축양식으로 프랑스에선 Michel과 F. Trombe에 의해 건축된 例가 있다.

그림. 4에 보는 것과 같이 한접이나 두겹의 투명유리가 부착된 아주 큰 南向콘크리트벽을 이용하고 晝間에는 太陽熱이 이벽에 흡수되며 夜間에는 유리와 벽사이에 空氣가 순환할 수 있게 되어 對流난방이 된다. 이렇게 하여 밤동안 식혀지면 아침부터 다시 熱을 吸收하게 된다. 이런 型의 建物は 「프랑스」의 거대한 太陽熱용광로가 있는 Odeillo 근처에 많이 세워졌고 비교적 좋은 氣象 조건에서는 그 效果가 뛰어나다. 이것은 그림 1의 건물과 原理는 같지만 그 방법이 아주 다르다

세번째 類型으로는 비교적 널리 사용된 것으로 유리나 그외의 투명물질이 덮힌 평판에 태양열이 吸收되는 一種의 分離된 太陽熱集熱器와 물탱크나 자갈탱크 혹은 물-자갈혼합탱크를 이용한 太陽熱蓄熱器를 사용한다. 이 장치는 1950年 H. E.

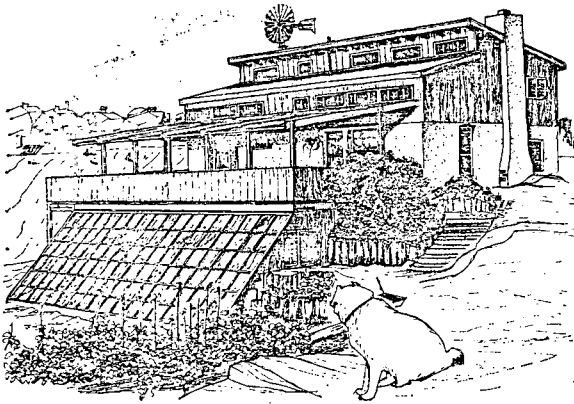


8 The Lof house, erected in Denver in 1959. Two banks of overlapping glass collectors are used to warm air, which in turn heats gravel in two storage cylinders. Heating at night and during cloudy weather is accomplished by the stored sun-collected heat in the rock filled cylinders.

그림 8

Thomason이 Washington市 부근에 그림 5와 같은 一連의 住宅을 짓는데 설치했으며 그후 계속적인 실험이 되고 있다. Thomason은 수년간 실험결과를 利用하여 금년 (1975년) 5월 21일 最新 太陽의 집을 開館했는데 여기서는 溫水가 必要하면 보조熱源을 사용할수 있게 되어 있다. 또한 1600갤런의 물탱크가 10톤의 자갈에 에워싸여져 있는 蓄熱器를 사용했다. 이 집의 基本作同原理는 1967년 HPAC紙에 掲載되어 있고 그림 6에 簡略한 說明圖가 있다. Thomason의 또 다른 改善策은 Damper를 제거하고 이튿날 낮에 사용할 冷氣를 저장하기 위해 夜間의 總低負荷(Off Peak)電力을 使用하는 작은 압축냉동장치를 채용한 것이다. 그리고 現在 Minnesota 북부에서 成功的으로 채용되고 있는 것으로 Thomason의 先驅的인 설비인데 이것은 물을 열전달 媒體로 사용할때 생기는 凍結의 위험성을 排除시킨 것이다.

集熱器와 蓄熱器가 分離된 形式을 채용한 住宅이 1973년 天然가스難이 深刻할때 Phoenix에 세워졌다. (그림. 7) 여기서는 1600갤런의 蓄熱장치에 不凍液을 사용하고 二列로 배치된 평판집열기를 채용했다. 이 축열탱크는 보통의 外氣조건에서는 住宅에 溫水를 공급하고 日射가 없이도 5日間 사용할 수 있는 열을 저장 한다. 보조 에너지源으로는 열펌프가 쓰이며 溫水는 축열탱크를 통과하면서 豫熱된다. 市에서 세운 이 住宅들은 지금도 NSF의 후원으로 계속 조사 연구되고 있다. 첫 일년간의 가동에서 태양열 만으로도 집



9 Paul Davis residence in Albuquerque has air heaters providing hot air to charge by thermosyphon action rock bed storage enclosed beneath the patio. The house is warmed at night by heat stored in the rock bed, and a fireplace provides the necessary auxiliary heat. Cooling in summer is adequately provided by ventilation through open windows.

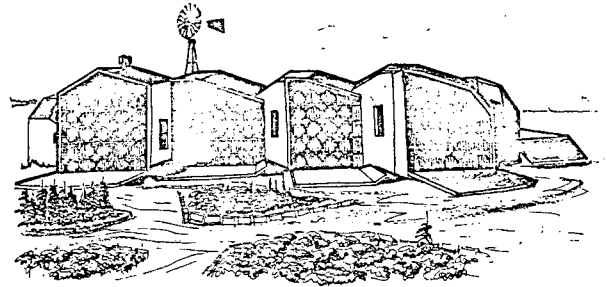
그림 9

전체의 열소모량을 堪當할 수 있음이 보여졌다.

이전에 이미 비슷한 型의 住宅이 그림 8에서와 같이 1959년 Denver에서 G. Löff에 의해 세워졌다. 여기서도 二列로 배치된 유리집열기를 사용하고 자갈탱크로 空氣가 순환되게 되어 있었으며 지난 12년동안 이 집의 열 소모량의 40%를 감당했다.

또 하나의 다른 型으로 Albuquerque에 있는 P. Davis 家의 住宅에서 볼 수 있는데 이것은 남향 언덕반이 경사면에 집열기가 설치되고 자연대류로써 더워진 공기는 주택으로 올라가서 난방에 이용되고 지하실의 구들장같이 돌층사이를 지나서 다시 집열기로 돌아오게 된다. 야간에는 환풍기를 이용하여 돌층사이에 저장되었던 열을 빼내어 사용한다. 물론 벽난로도 함께 이용하며 풍차를 돌려 상당량의 전력도 생산해 낸다.

네번째 분류로는 각각 기발한 착상으로 위의 세가지 분류에 속하지 않는 것으로 첫째 그림 10에 보인 바와 같은 기발한 주택이 Albuquerque 근처에 S. Baer 에 의해 건축 되었다. 그림 4의 Trombe의 주택에서 남향창을 변형한 것으로 창문 양쪽에 일종의 물통을 겹치게 칠하여 배열해 놓고 창문 밖에는 두꺼운 이동식 절연벽이 설치되어 낮에는 이 벽을 내려서 태양열을 흡수 시키고



10 The Baer house near Albuquerque uses water barrels mounted horizontally behind insulating panels, which can be lowered during the daytime to admit solar radiation and raised again at night to conserve the collected solar radiation.

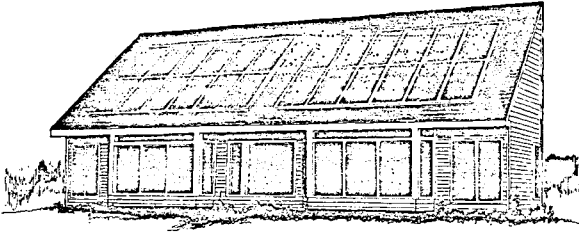
그림 10

밤에는 이 벽을 올려 닫아 열 손실을 막게 했다.

다음으로 가장 독특한 것으로 Solar one이라 부르며 Delaware大學의 Institute of Energy Conversion의 K. Boer와 M. Telkes가 개발했다. 그림 11에 보인 바와 같이 우선 남향창을 통해 많은 태양열을 흡수 시키고 지붕에는 光電起電板(photovoltaic cell)을 장치하여 열의 흡수와 아울러 發電에 겸용한다. 물론 이 起電板은 유화카드늄 화합물로 만들어졌기 때문에 항상 160°F 이하로 유지할 필요가 있다. 겨울철에는 이 관에서 수집된 열은 Telkes가 개발한 低融點 금속에 저장 되고 발전된 전기는 120 volt 배터리에 충전된다. 이 전력은 여름철 보통 外氣조건에서의 냉방용 열펌프 가동을 포함한 건물의 전력 소모를 거의 憵당 할 수 있는 量이 된다. 이 장치는 주로 겨울철에 우선적으로 유용하며 여름철에는 이 起電板의 온도가 과도하게 상승되지 않도록 더워진 공기를 간단히 배출 시킬수 있도록 되어 있다. 이 집의 장점은 한여름 오후동안에 얻을 수 있는 에너지를 이 장치內에 저장하였다가 뽑아내어 사용할수 있는 점이다.

이 Solar One 주택은 지붕에서 태양열을 모우는 동시에 발전도 하는 세계 최초의 시도이며 가장 발전된 型式이다. 이것은 이 光電起電板이 低廉하게 공급될 때는 아주 실용적이 될 것이다.

또 다른 형식으로는 집중집열기(concentrating collector)가 있는데 이것은 높은 효율로써 높은



11 Solar One, the solar-electric house erected at Newark, Delaware, by the Institute of Energy Conversion, University of Delaware. Solar heat is provided during the winter by vertical south facing panels in bay windows and by solar-electric panels on the roof, tilted at 60 deg to the horizontal. Cadmium sulfide cells produce both electricity and heat when irradiated, and since they must be kept relatively cool, the heat is stored in heat of fusion devices located in the basement. The electricity generated during the day will be stored in 120 volt DC storage batteries for use at night to run a heat pump that will cool the building and have its excess cooling power stored in another heat-of-fusion storage bin. This is the only Type IV house in the shape of things to come!

그림 11

온도를 얻을 수 있으므로 작은 Rankine cycle 기관을 작동시킬 수 있다.

1974년 美國國會에서 만장일치로 통과되고 9월 3일 Ford 대통령이 인준한 [태양에너지 냉난방 법안]의 실행을 위해 이즈음 새로이 설립된 ERDA는 굉장히 바쁘다. 이곳의 주된 임무는 태양 에너지의 효율성을 보여주는 많은 示範 주택을 짓는 일이다. 처음 3개년 계획 동안, 이 방면의 상당한 기술의 상업적 이용까지도 기대되는 바 이 계획 후에는 태양열 냉·난방까지 포함된 더욱 확대된 임무에 종사할 것이다.

### 닥아오는 태양에너지 시대

결론적으로, 1966년 이후 1973년의 아랍의 충격적인 석유금수조치와 그에 따라 네배나 뛰어난 석유가격의 영향에도 힘입어 이 분야의 상당한 기술적 진보가 이루어졌으며 지금은 태양 에너지가 가장 유망한 또 하나의 에너지源으로 각광 받고 있다. 특히 각종 건물의 난방에 天然개

스가 더 이상 사용될 수 없는 지역에는 태양에너지 이용이 급속히 증가되고 있다.

1970년대 末이되면 공기조화 계통 종사자들은 경제적인 利點으로라도 태양에너지 냉난방 방식의 채용을 주저하지 않게 될 것이다. 다른 방법으로는 그들의 電力을 이용한 열펌프의 사용을 생각할 수 있을 것이나 이미 십여년 간에 걸친 태양에너지 냉·난방의 성공적인 實例를 봐서도 다시금 태양에너지의 값싼 이용에 귀착될 것이다.

새로운 법령에 의해 ERDA는 NASA와 HUD (Housing Urban Development) NBS (National Bureau Standard) 등과 함께 [태양열 냉난방] 법안의 실행에 앞장서고 있다. NSF는 원래의 임무 즉 지구가 가진 다른 어떤 풍요한 에너지개발로 복귀할 것이다. 또한 유능한 기술자라면 기존 에너지의 가격이 높아지고 품귀됨에 따라서 다른 에너지부분인 지구열과 태양열 부분의 획기적인 개발에 눈을 돌릴 것이다.

태양에너지의 유용성과 사용의 상세한 기술적인 사항들은 저자가 이미 ASHRAE Hand book of Fundamentals (1974년 板)에 게재 하였으며 70 cent 정도면 구할 수 있다. 그리고 태양에너지와 다른 풍요한 에너지 즉 지구열 혹은 海水에너지등에 관한 자료들은 Energy Primer紙에 수록되어 있다.

아무튼 천연개스의 품귀와 가격상승, 또한 국회에서의 法案통과에 따라 태양에너지이용 냉·난방은 획기적인 발전을 거듭하고 있다. 그러므로 현명한 기술자들은 이 분야에 대해서 구할 수 있는 모든 자료를 이용하여 獨學을 하여서라도 자신의 미래를 보람 되게 해야 할 것이다.