

풀 덮개(Pool Cover)를 이용한 수영장의 열손실에 관한 실험적 연구

김부호 · 이동원 · 윤응상 · 주문창

한국에너지자원연구소

Experimental Study for the Heat Loss of the Open Pool Using Pool Cover

Bu-Ho Kim · Dong-Won Lee · Eung-Sang Yoon · Mun-Chang Joo

Korea Institute of Energy & Resources

요 약

Pool cover를 이용한 수영장에서 열손실에 관하여 실험적 연구를 수행하였다. 그 결과 본 연구의 실험조건에서 pool cover를 이용할 경우, 전체열손실이 50% 이상 줄어들 수 있었다.

ABSTRACT

Experimental study for the heat loss in the swimming pools using pool cover has been performed. Results of these experiments show that over the 50% of the total heat loss are reduced in these cases.

Nomenclature

A : 외벽과 풀 수면 면적의 합
 C_p : 비열
 \dot{Q} : 열손실량
 ΔT : 시간당 수온의 변화

ΔT : 수조내 평균 수온과 외기온의 차
U : 총괄 열손실 계수
V : 수조내 물의 부피
 ρ : 물의 밀도

1. 서 론

소득 수준의 향상과 정부의 사회체육 활성화 정책에 의하여 실내 및 실외 수영장의 건설이 꾸준히 추진되고 있다. 하지만 이러한 수영장은 하절기 30-40일을 제외하고는 난방 및 온수급

탕을 위한 열원의 사용이 필요하며, 이에 따른 에너지 소비도 꾸준히 늘어나고 있는 실정이다. 따라서 대부분의 수영장은 하절기 이외의 기간에는 수영장을 폐쇄하거나, 막대한 에너지를 소비하며 운영되고 있다. 다행히 몇몇 수영장에서는 저가의 태양열 집열기를 설치하여 상

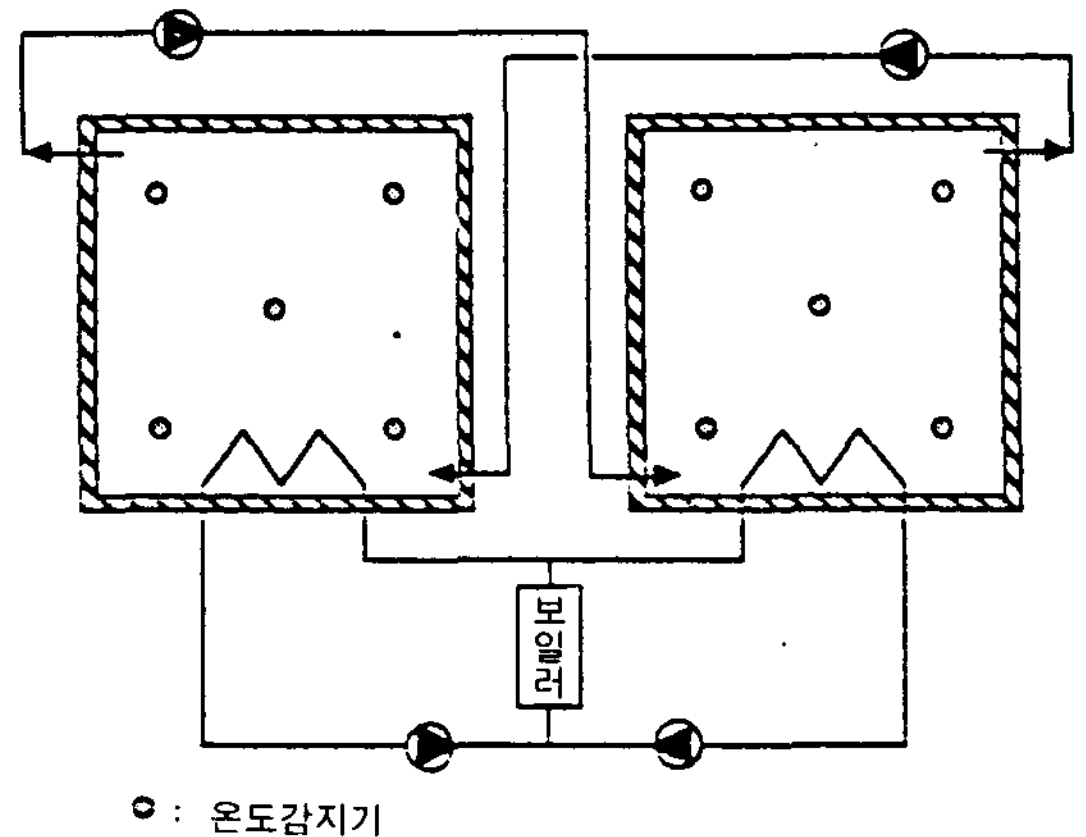
당한 에너지 절감 효과를 보고 있으나, 대다수 수영장에서는 예산 문제 및 인식 부족등으로 이의 설치를 기피하고 있는 실정이다.

실내 수영장에서 나타나는 열부하는 크게 난방부하와 급탕부하로 나눌 수 있는데, 일반적인 경우 급탕부하가 난방부하의 2배 이상임이 알려져 있다.¹⁾ 따라서 급탕부하를 절감시키는 것이, 수영장에서의 에너지 절약에 큰 비중을 차지한다고 볼 수 있다. 수영장의 제반 열손실을 감소시키는 방법으로 설비형 및 자연형 태양열 시스템을 혼용하여 설치하므로써 상당한 에너지 절감을 기대할 수 있지만,²⁾ 초기 설치비가 크며 기존의 수영장에 적용이 어렵다는 단점을 갖고 있다. 실외 수영장의 경우 이러한 급탕부하를 줄이기 위해서 주변에 바람막이를 설치하여 대류 열손실을 감소시키는 방법도 있으나, 실내·실외 모든 수영장에서 가장 효과적인 방법은 pool cover를 설치하여, 수영장 수면을 통한 전도, 대류, 복사 및 증발 열손실을 막는 방법임이 알려져 있다.^{3,4,5,6)} Pool cover의 이용은 열손실의 큰 비중을 차지하는 증발 열손실을 방지할 수 있으며, 대류 및 복사에 의한 열손실도 상당량 감소시킬 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 pool cover를 사용한 경우의 열손실의 감소에 대해서, 실험을 통하여 정성적인 분석을 하고 그 결과를 분석하였다. 이 같은 연구 결과는 수영장 수면을 통한 열손실이 어느 정도이며, 따라서 pool cover를 설치하는 경우 어느 정도의 열손실 감소 효과를 볼 수 있는가에 대한 분석을 가능하게 하므로써, 에너지 절약에 기여할 수 있을 것이다.

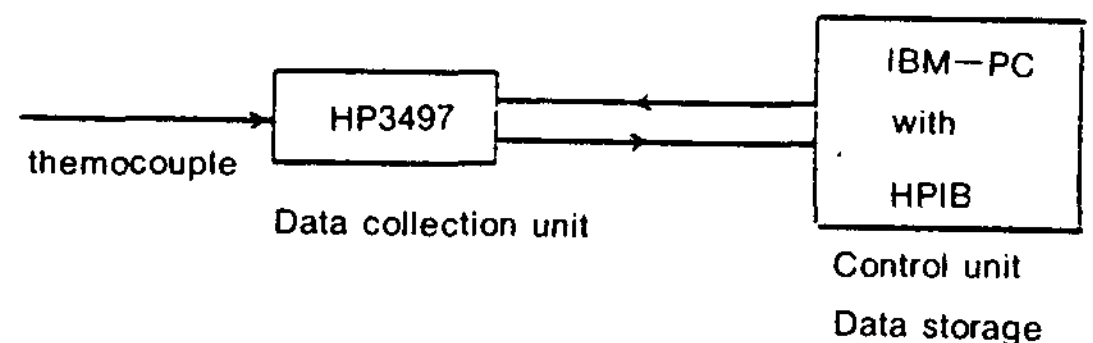
2. 실험 방법

수면을 통한 열손실량의 측정을 위하여 [그림1]과 같이 5m×5m×1.1m(W×D×H)의 크기를 갖는, 외부에 노출된 동일한 2개의 수조에 1m 높이로 물을 채웠다. 각 수조에는 18개의 T-type 열전대를 그림과 같이 5군데에 수위별로 설치하였고, 4개의 열전대를 이용하여 외기온을 측정할 수 있도록 하였다. 측정을 시작하기 전, 보일러와 펌프를 작동시켜 수조내



[그림1] 실험장치 설치도

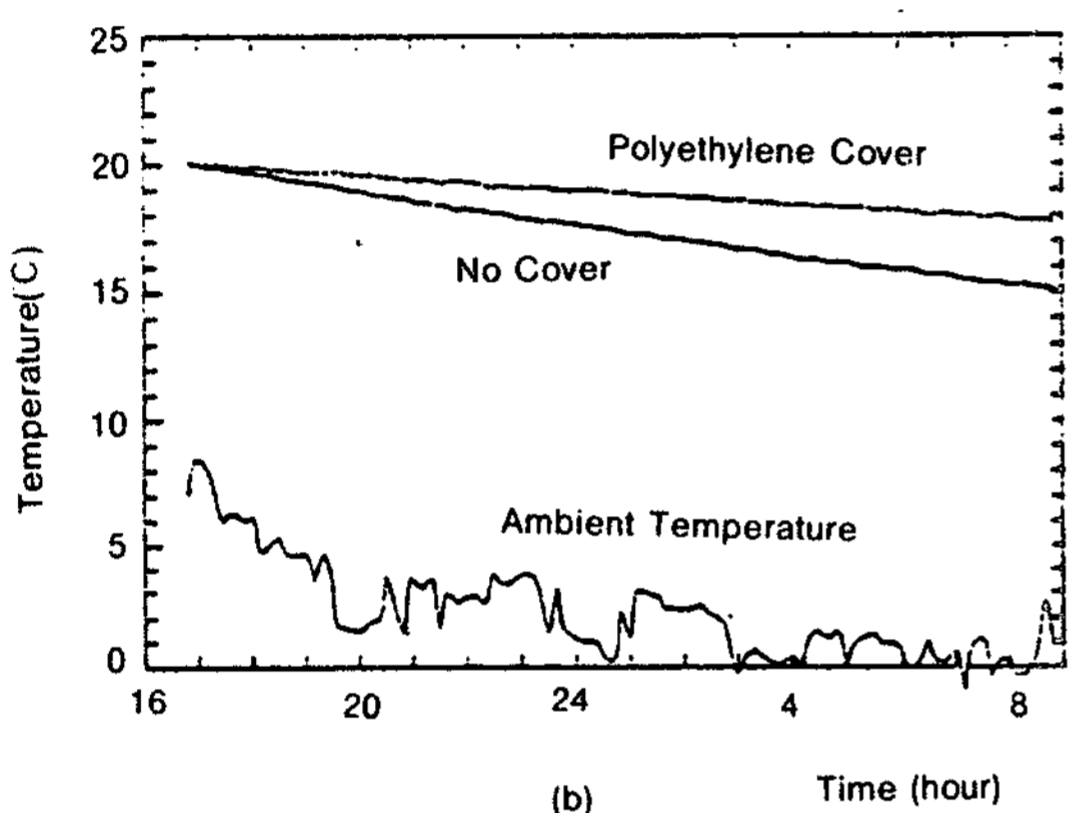
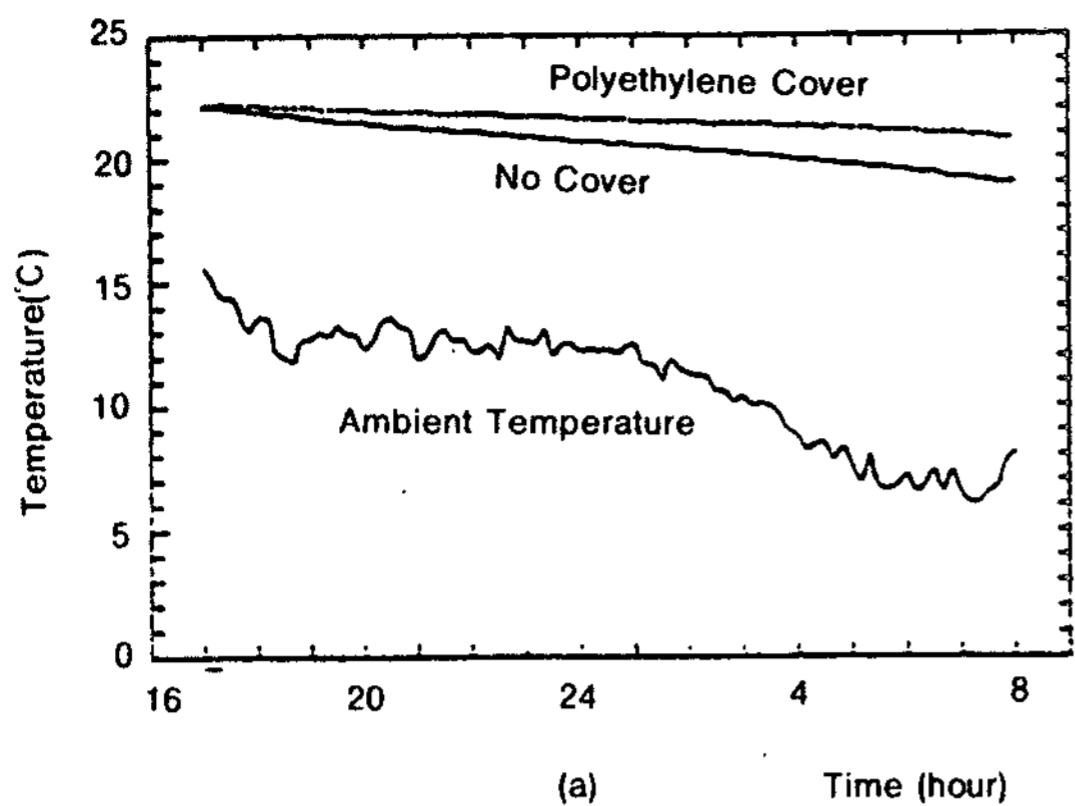
온도가 균일하고 두 수조의 평균수온이 같도록 한 후, 한 수조에 5mm의 두께의 폴리에틸렌 덮개를 수면 위에 덮어 pool cover의 역할을 하도록 하였다. 보일러와 펌프를 끈 후 각 수조의 온도 측정을 시작하는데, 측정은 일출 직전부터 시작하여 일출 직후까지 진행하였으며, 매 10분마다 측정이 이루어졌다. [그림2]는 측정시스템도를 나타낸 것으로 측정된 자료는 디스크에 기록하여 실험후 분석이 용이하도록 하였다.



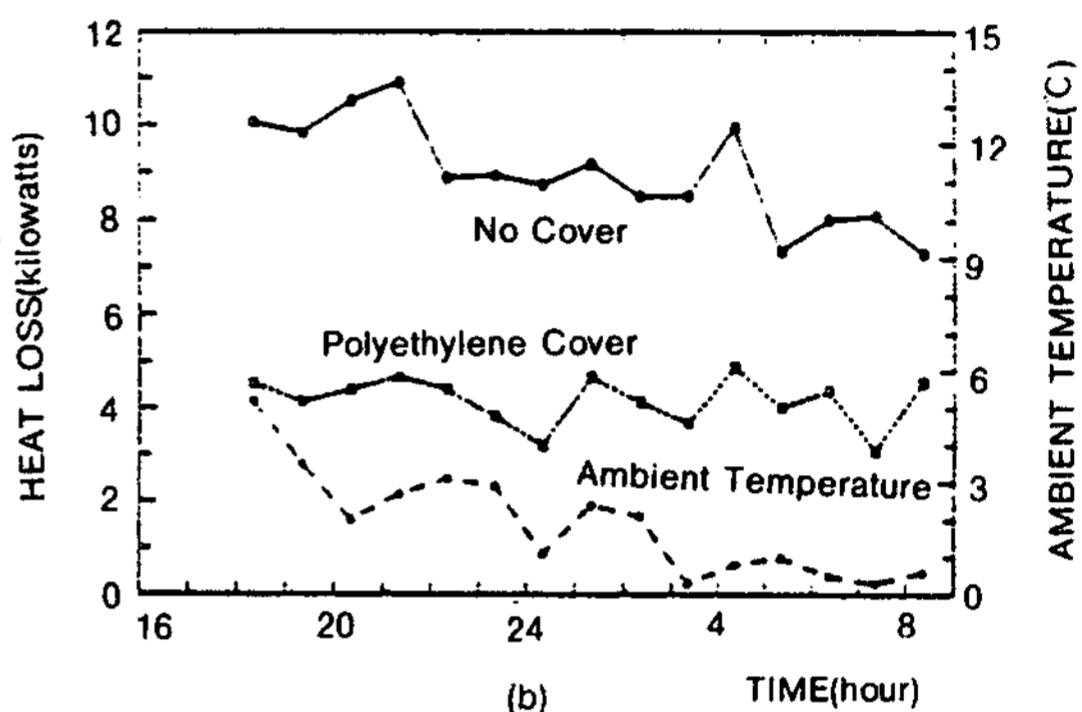
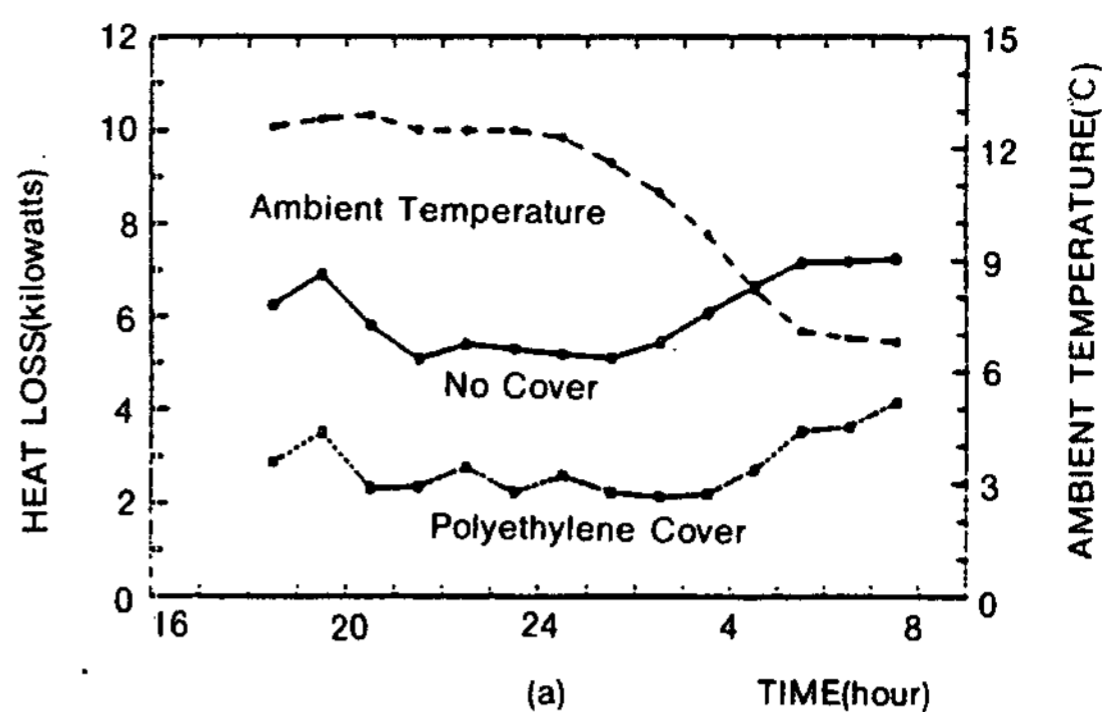
[그림2] 측정시스템도

3. 실험의 결과 및 분석

[그림3]은 실험 결과의 대표적인 예로서, 각 수조내의 평균 수온과 외기온을 시간에 따라 나타낸 것이다. (a)와 (b) 두 경우는 서로 다른 조건에서 수행된 실험 결과이며, 각 경우 모두 폴리에틸렌 pool cover를 덮은 수조의 온도 저하가 그렇지 않은 수조보다 적다는 것을 알 수 있다. 이 같은 차이는 외기온과 수조내 수온



[그림3] 시간에 따른 수온의 변화 비교



[그림4] 시간에 따른 열손실량 비교

의 차가 큰 경우 외부로의 열손실이 더욱 심하여, 더 커지는 것을 알 수 있다. 그러나 이와 같은 수온의 단순 비교를 통해서도 실제 수조의 수면을 통한 열손실이 어느 정도인지 알 수 없으므로, 다음과 같은 식

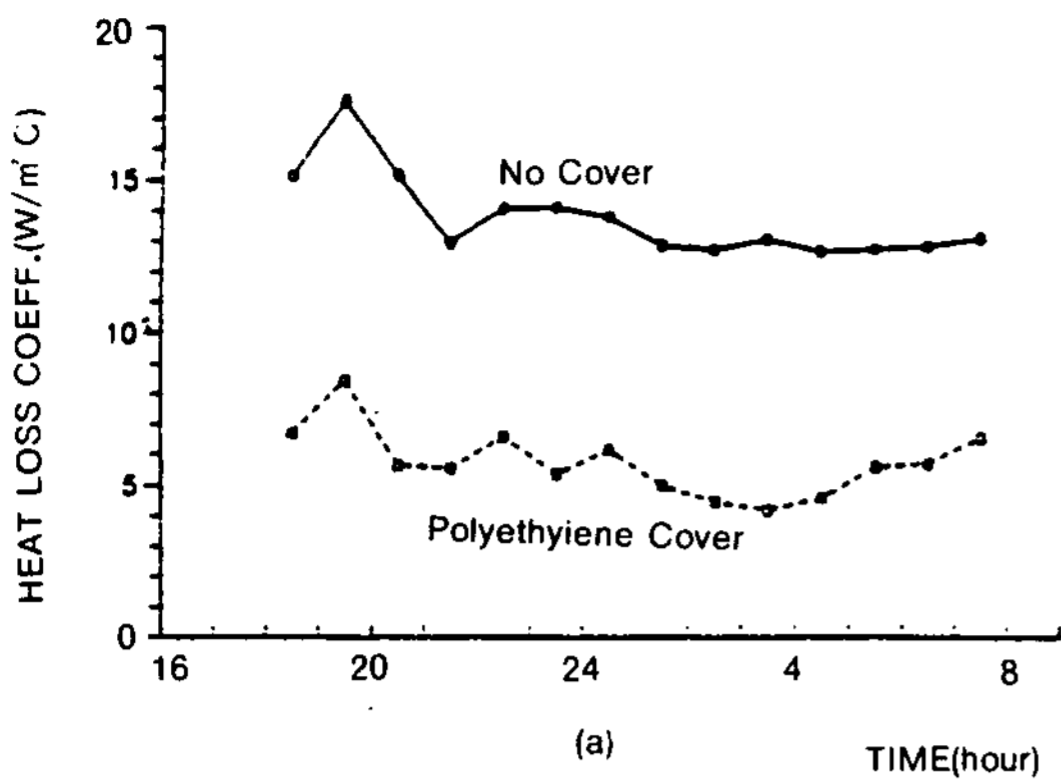
$$\dot{Q} = \rho V C_p \Delta T \quad (1)$$

을 통해 열손실량을 비교하여 [그림4]에 나타내었다. 여기서 ρ , V , C_p 는 각각 물의 밀도와 비열, 그리고 수조내 물의 부피(5m×5m×1m)를 말하며, ΔT 는 시간당 수온의 변화를 의미한다. 실제 계산에서는 ΔT 로써 1시간당 수온의 감소를 이용하여 열손실량을 계산하였다. 그림에서 알 수 있듯이 pool cover가 있는 경우 열손실량은 1/2이하로 감소하며, 외기와 과 평균 수온의 차가 클수록 그 차이는 더욱 심한 것을 볼 수 있다.

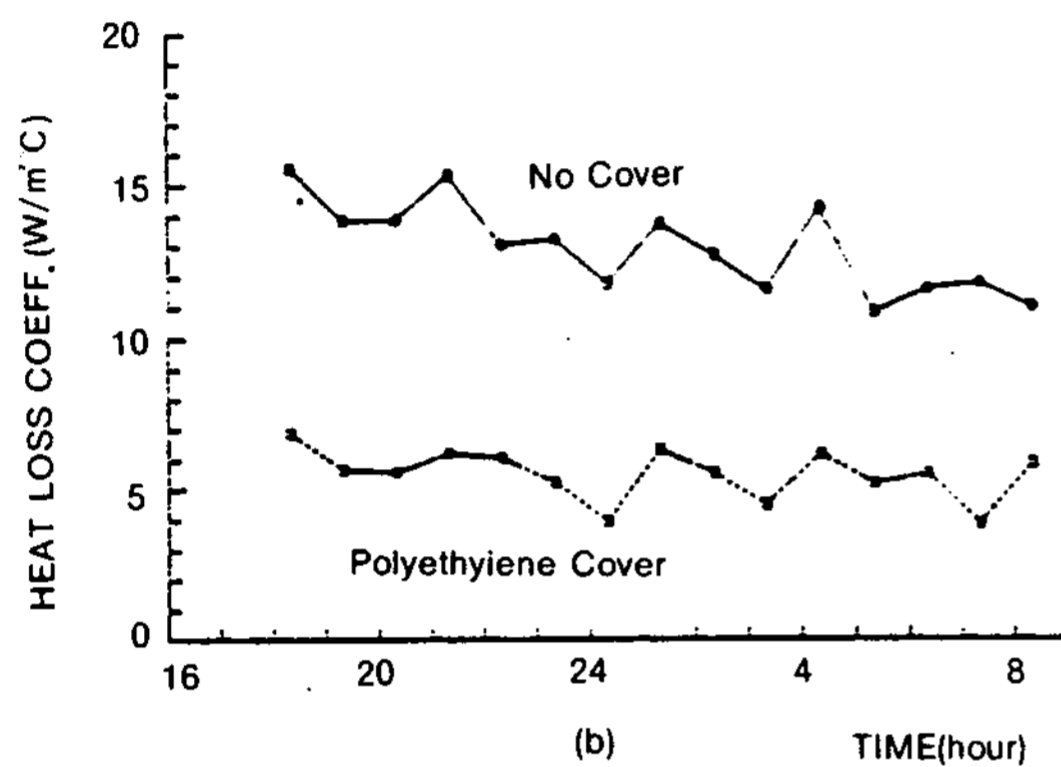
Pool cover에 의해 수면을 통한 열손실이 차단되어 외부로의 열손실이 외벽이나 지중을 통

해서만 일어난다고 가정하면, 수면을 통한 열손실은 두 수조의 열손실량 차이라고 할 수 있다. 따라서 수면을 통한 대류, 복사, 그리고 증발 열손실의 합은 전체 열손실의 50%가 넘는 양이며, 이의 방지가 수영장에서 에너지 절약에 크게 기여할 것임을 알 수 있다. 본 연구에서의 실험은 외벽이 모두외기에 노출된 상태에서 이루어졌으므로, 실제 수영장에서 그 구조에 따라 이러한 비율이 달라질 수 있을 것이다. 즉 외벽을 통한 열손실이 상대적으로 큰 구조의 실내 수영장에서 이 비율이 보다 작을 것이며, 실외 수영장의 경우는 훨씬 큰 비율의 수면 열손실이 발생할 것이다.

수온과 외기온의 차이에 따른 영향을 배제시키기 위해서는 열손실 계수를 계산하여 비교하는 것이 적절하다. 예로 든 실험 결과를 이용하여 다음 식에 의해 계산된 열손실 계수 U의 변화를 [그림5]에 나타내었다.



(a) TIME(hour)



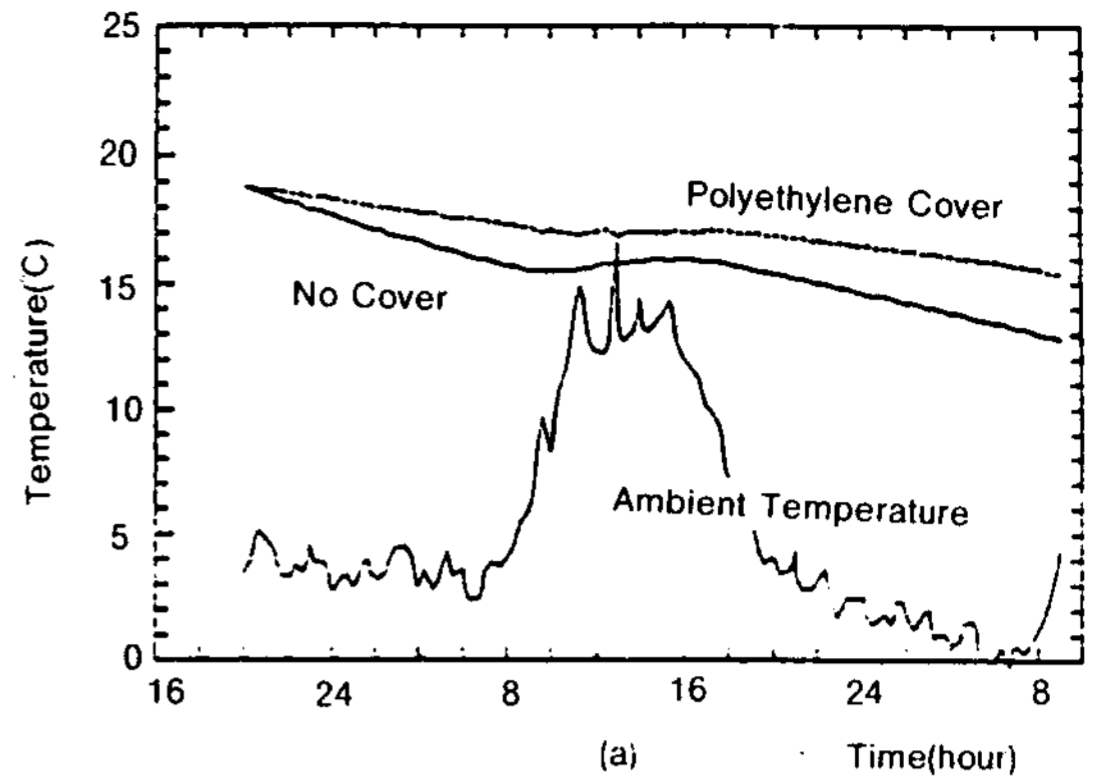
(b) TIME(hour)

[그림5] 시간에 따른 열손실 계수 비교

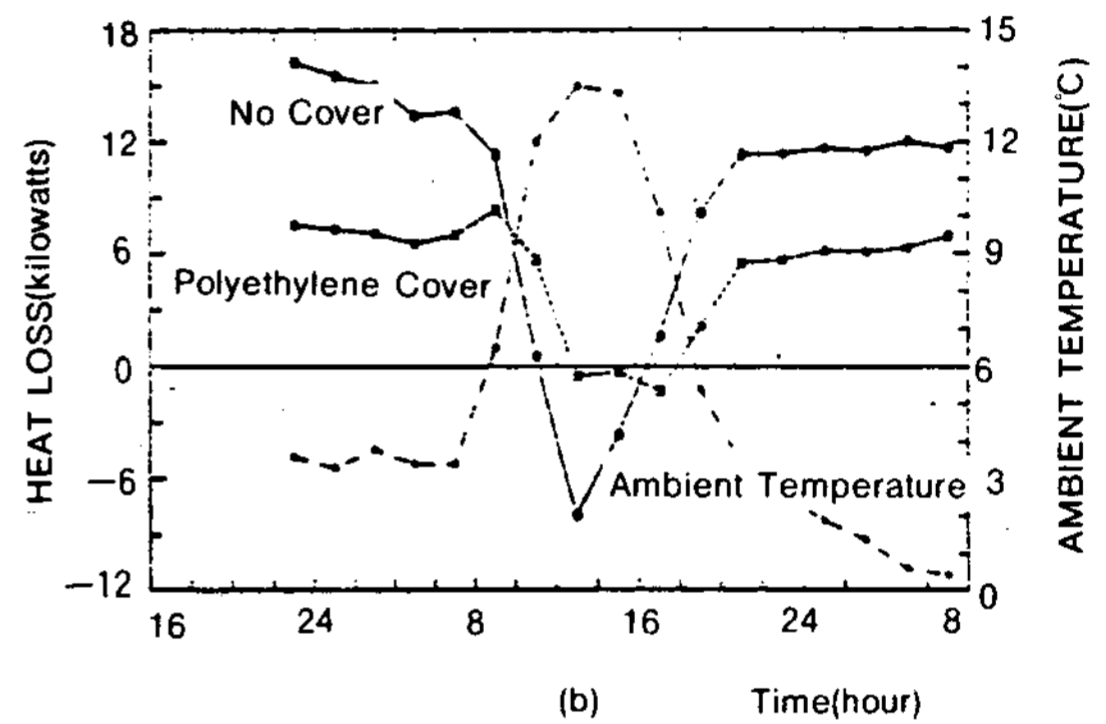
$$Q = UA \Delta T \quad (2)$$

여기서 \dot{Q} 는 식(1)에서 계산된 열손실량이며, A 는 외벽과 풀 수면 면적의 합, 그리고 ΔT 는 수조내 평균 수온과 외기온의 차이이다. 따라서 U 는 총괄 열손실 계수를 의미하는데, pool cover가 있는 경우 두 실험 모두 약 $6W/m^2C$ 의 값을 가지며, 없는 경우에는 약 $14W/m^2C$ 임을 알 수 있다. 따라서 앞에서와 같은 가정하에, 풀 수면을 통한 열손실 계수는 약 $8W/m^2C$ 라고 할 수 있다. 물론 수면을 통한 열손실 계수는 수온 및 외기온, 그리고 바람의 영향에 따라 다를 수 있으나, 본 연구에서 수행한 10여 차례의 실험 결과에서는 거의 같은 값을 얻을 수 있었다.

이상과 같은 실험 결과의 분석을 통하여, 수면을 통한 열손실이 상당히 큰 값이며, pool cover의 사용은 이 열손실을 크게 줄인다는 것을 알 수 있었다. 그러나 실외 수영장인 경우 주간에는 입사되는 태양열이 pool cover로 인하여



(a) Time(hour)



(b) Time(hour)

[그림6] 수온변화 및 열손실량의 비교(주간 포함)

방해받기 때문에 오히려 불리할 가능성이 있으며, 이에 따라 투명한 pool cover가 추천되기도 한다. [그림6]은 오후 5시부터 이틀 후 오전 8시까지 측정된 실험결과로서, 주간에는 불투명한 pool cover를 덮은 경우가 불리함을 보여주고 있다. (b)에서 열손실이 음수인 것은 외기로부터의 열획득을 의미한다.

4. 결 론

수영장에서의 열손실중 중요한 부분을 차지하는, 수면을 통한 증발손실에 관하여 실험적 연구를 수행하였다. 실험결과 수면을 통한 열손실은 수영장 전체 열손실중 상당부분을 차지하므로, 이의 방지가 매우 중요한 요소임을 알 수 있었다. 본 연구에서 행한 실험 조건에서는 수면을 통한 열손실이 전체 열손실의 50% 이상을 차지함을 볼 수 있었고, 따라서 pool cover의

사용은 이를 차단하므로써 에너지 절약에 크게 기여할 수 있음을 알았다. 실제 pool cover를 수영장에 설치하기 위해서는 간편하게 작동시킬 수 있도록 roller 형태로 제작되는 것이 좋으며, 태양열 시스템과 연계하여 사용하므로써 에너지 절약 효과를 극대화하는 것이 바람직할 것이다.

끝으로 현재 국내에 건설되어 있는 300여개소의 실내수영장에 야간 비사용시에 pool cover를 추가 설치하여 에너지 손실을 막아주도록 권장·유도함으로써 막대한 에너지를 절약할 수 있을 것으로 사료되는바 이의 홍보를 위해 관련부처에서 적극적인 배려가 있기를 기대한다.

후기 : 이 연구는 동력자원부 지원하에 수행된 대체 에너지 과제의 일부이며, 관계자 제위께 감사의 뜻을 표한다.

참 고 문 헌

1. G. Szeicz and R.C. McMonagle, "The Heat Balance of Urban Swimming Pools," Solar Energy, Vol.30, No.3, 1983, pp.247-259
2. K. Maekawa, J.Takata, M. Hashizume, H. Hanzawa, and K. Sakamoto, "Study on Performance of Hybrid Solar System for Indoor Swimming Pool," Proc. of the Int. Symp. on Thermal Application of Solar Energy, April 7-10, 1985, Hakone, Japan, pp.301-305.
3. J.L.A. Francey and P. Golding, "The Weathering of Solar Pool Covers," Solar Energy, Vol.26, 1981, 237-242
4. J.L.A. Francey and P. Golding, "The Optical Characteristics of Swimming Pool Covers Used for Direct Solar Heating," Solar Energy, Vol.26, 1981, pp.259-263
5. J.L.A. Francey, P. Golding and R. Clarke, "Low-Cost Solar Heating of Community Pools Using Pool Covers," Solar Energy, Vol.25, 1980, pp.407-416
6. D. Govaer and Y. Zarmi, "Analytical Evaluation of Direct Solar Heating of Swimming Pools," Solar Energy, Vol.27, No.6, 1981, pp.529-533

Experimental Study for the Heat Loss of the Open Pool Using Pool Cover

Bu-Ho Kim · Dong-Won Lee · Eung-Sang Yoon · Mun-Chang Joo

Korea Institute of Energy & Resources

ABSTRACT

Experimental study for the heat loss in the swimming pools using pool cover has been performed. Results of these experiments show that over the 50% of the total heat loss are reduced in these cases.

Global Warming and a Clean Energy Supply System

Hun S. Chung

Korea Institute of Energy and Resources

ABSTRACT

The greenhouse gases from fossil fuels and the global warming are discussed. In addition, a total clean energy system is conceptualized including the nuclear and renewable energies into a fossil fuel conversion stream to maintain the clean global environment while the increased energy demand is fulfilled.