원적외선의 기능과 물에서의 작용효과

시즈오카현립대학 약학부
교수 片山 誠二

1. 머리말

오늘날 원적외선(FIR)의 효과는 다양한 분야에 유포되어 있다. 맛있는 물에서부터 식품의 맛이나 조리, 생체나 생체분자에 주는 영향, 산소와 생체고분자가 생활에 주는 영향, 또는 암치료 등에서 보여지는 것처럼 열(熱)이 건강에 미치는 영향 등과 같은 연구가 이뤄져왔다. 한편 우리들의 몸 주위를 생각해 보면 가정의 조리기구, 건강기구 등에 FIR을 이용한 상품을 넓게 살펴볼 수 있다. 이와 같이 FIR의 다양한 분야에 있어서의 효과는 궁극적으로 물의 구성이나 물성의 변화에서 그 원인을 찾아볼 수 있다. 이와 같은 FIR의 효과가 정말 있는 것일까. 또 출시되어 있는 상품이 정말 효과가 있는 것일까는 오늘이 영역의 기본적인 명제로 되어 있다.

FIR의 효과는 강하게 조사(照射)한 경우에 어떤 변화나 효과가 나타난 것이 사실이다. 그것은 주로 열적 효과라고 볼 수 있다. 그러나 미약한 FIR의 조사에 따라서도 여러 가지 효과 이외 FIR 고유의 효과 유무가 문제가 된다. 따라서 FIR의 효과에 관한 연구는 크게 1)가열 효과, 2)무열 효과로 대별되고 연구되도록 되었다. FIR 고유의 효과를 검증하기 위해서는 두 가지 측면에서 검증할 수 있다. 먼저 1)FIR 에너지의 흡수 측면이고, 진동, 회전 등의 천이(遷移) 에너지가 대상이 된다. 다음으로 2)흡수된 에너지의 열 수송에 관한 측면이며 열전도의 메커니즘을 조사하는 것에 따라 달성되어진다.

필자들은 이미 미약한 FIR의 특이한 효과가 정말로 있을까를 검증하기 위한 실험을 개시해왔다. 첫해에는, FIR 조사(照射)에 의한 구형 셀 중의 물의 열전도의 메커니즘에 대하여 조사했다. 그 결과, 셀 내의 측정부위에 의하지

않고, 거의 같은 승온(昇溫) 커브를 나타내는 것을 보여주었다. 이것에서 1)FIR은 용기(석영[石英])벽을 통과한 후 바로 대응하는 진동, 회전의 천이에너지로서 물에 흡수된 것, 2)흡수된 열에너지는 비교적 빠른 속도로 물 속을 전반(傳搬)하는 것 등이 밝혀졌다. 또 수중의 열전도는 격자진동 에너지의 진동, 회전, 수소결합에너지를 사이에 두고 전반하는 메커니즘이 추정되었다. 그러나 이것의 메커니즘이 FIR 변환의 열에너지에 고유의 것인지 어떤지, 즉 전반의 속도에는 파장의존성(波長依存性)이 있는지 어떤지 등 금후의 큰 과제가 되었다. 또 대류(對流)의 기여(寄與)를 무시해도 좋은지도 현안사항이 되었다. 그래서 올해에는 실험계(系)에 개량을 가해 아래의 실험을 실시하게 되었다.

2. 실 험

실험은 온도 23.0±0.1℃로 제어된 항온실내에서 실시했다. 항온실내에 그림1에 표시한 것처럼 두 개로 나누어진 알루미늄제의 상자를 준비하고, 그 속에 양쪽의 상자가 마주보게 한다(연결시킨다). 그리고 유리제 원통상(狀) 셀을 설치했다. 유리셀은 반경(50,20mm), 길이(800,400mm), 높이 100mm의 각종 크기의 것을 준비했다.

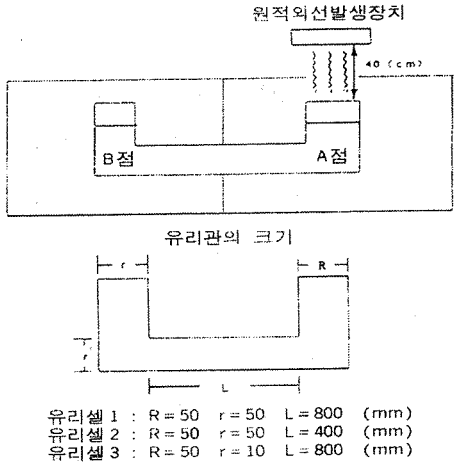

그림1 실험장치

셀 속에 물을 충분하게 하고, 한쪽의 상부(다른 방의 상부)에서 FIR를 조사했다. FIR원(源)은 일본경금속제세라콘포R(500W)를 사용하고, 표면온도 67℃가 되도록 변압기로 전압을 조종했다. 선원(線源)에서 셀 내 수면까지의 거리는 40㎝로 했다. 셀 상부단(上部段)은 파라필름으로 봉인하고, 물의 증발 등을 방지했다. 덧붙어 FIR은 수면에 수직으로 조사했다. FIR 조사 후, A점 및 B점의 온도상승의 시간의존성을 여러 종류 크기의 셀에 대하여 관측했다. 그 결과를 바탕으로 열류(熱流)의 속도 및 그때의 열전도의 메커니즘을 논했다. 측정은 항온실내는 소등 하에서 실시하였고, 실험계(系)에 다른 기여는 제외하도록 배려했다. 온도측정은 정도 0.001℃의 온도 리파란사(테크노세븐社製)를 이용해서 실시했다. 온도측정은 자동측정으로 했으며 디지털표시의 온도를 비디오카메라로 기록했다.

3. 결 과

그림2는 유리셀(50×50×800)을 이용한 경우의 A점, B점의 상승커브의 결과를 나타내고 있는 것이다.

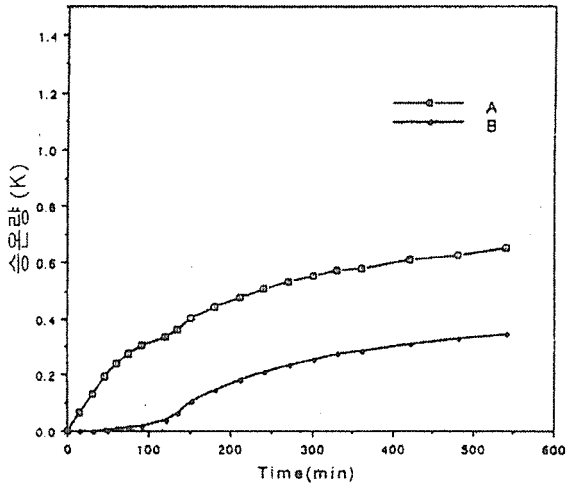

그림2 "50×800" 의 온도변화

A점은 조사직후부터 온도가 올라가고 지수관수(指數關數)적인 온도 상승커브를 나타냈다. 120분당 변곡점이 보였다. 한편 B점은 조사개시 45분까지는 전혀 온도상승을 나타내지 않았지만 45분 이후 점차 온도가 올라가고 120분 정도의 변곡점을 거쳐서 지수관수적인 상승커브를 그렸다. 이 승온(昇溫) 커브는 A점보다 낮은 레벨에서 일어났다. 이것은 FIR을 흡수한 열에너지는 셀 내(內)를 전하고 과도적인 온도 구배(勾配)를 나타내는 것을 시사했다. FIR은 항상적(恒常的)으로 조사하고 계속했기 때문에 열에너지가 보충되어 계속된다. 이를 위해 다음으로 온도 구배가 크게 되며 동시에 열에너지의 도달거리도 길어진다. 이렇게 생각해보면 A점은 비교적 빠르게 온도가 올라가지만 B점은 45분까지는 열에너지가 도달하지 않는 것이 이해된다. 과도적인 온도 구배가 셀 전체에 전해지고 공기 속에서의 방열평형(放熱平衡)에 달하기까지는 20분 경과한 것으로 보여진다. 120분 이후는 온도 구배와 셀 밖으로 열이 나가는 것과 평형이 성립되고 A점도 B점도 싱글 모드의 승온 커브를 그린 것으로 해석된다.

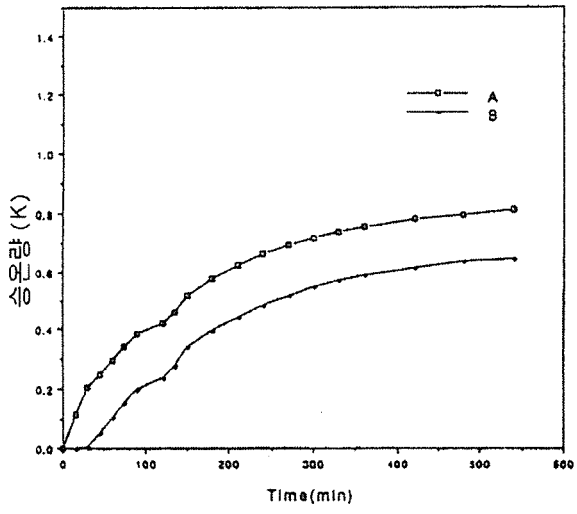

그림3 "50×400" 의 온도변화

그림3은 유리셀(50×50×400)을 이용한 경우 A점, B점의 승온 커브를 나타낸 것이다. A점은 조사 직후보다 온도가 올라가고 지수관수적인 온도상승커브를

나타냈다. 120분 정도에서 변곡점이 나타났다. 이 승온 커브는 위의 셀 장(長)이 긴(800) 셀에 대한 결과와 비교해 낮은 온도레벨로 나타났다. 이 차이는 같은 A점이라도 긴 셀이 짧은 셀보다도 후방의 열을 방출시킬 가능성이 있기 때문에 도달 총열량이 적어지며, 온도 구배가 낮아져 긴 셀 속의 온도가 낮게 관측된 것으로 해석되어진다. 이것은 또 열의 전반이 극히 빠르고 셀 전체의 수량에 응답해서 온도 구배가 나타나는 것을 시사했다.

B점은 30분까지는 거의 온도가 오르지 않지만 30분 이후부터 지수관수적인 승온 커브를 그렸다. 또 이곳에서도 120분경에 변곡점이 나타났다. 이 때 B점의 승온 커브는 A점의 승온 커브에 비해 조금 낮은 레벨을 나타내고, 셀 장이 긴(800) 경우의 B점의 커브보다 상당히 큰 레벨이었다. 이것은 셀 장이 짧으면 A점과 B점의 온도차는 적고, 열에너지의 B점에로의 도달량이 많은 것을 의미하고 있다.

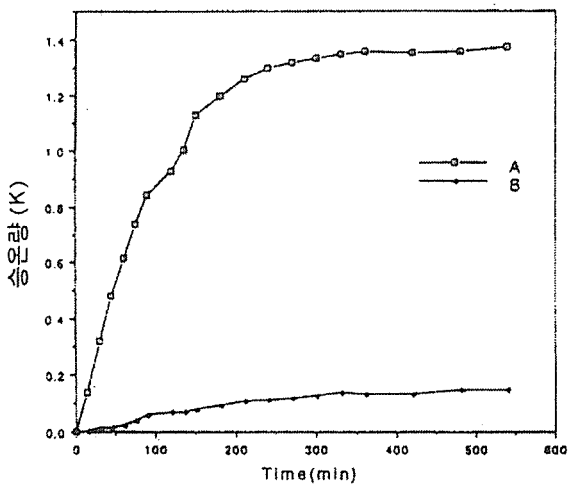

그림4 "10×800"의 온도변화

그림4는 유리셀(50×10×800)을 이용한 경우의 A점, B점의 승온 커브 결과를 나타낸 것이다. A점은 조사 직후부터 온도가 급상승하고, 지수관수적인 궤적을 그렸다. 역시 120분 정도에서 변곡점이 나타났다. 이 승온 커브는 길이(800)는 같아도 간(竿)의 길이가 굵은 셀의 경우의 승온 커브보다도 큰 레벨로

나타났다. A점으로 보는 한에 있어서 같은 승온 커브를 나타내도 좋은 것으로 생각되어지나, 이와 같은 결과는 열량의 흐름이 셀 전체에 의해 정해지는 것을 시사하고 있다. 즉 FIR에서 끊임없이 일정량 공급되어지는 열에너지가 좁은 폭 부분에서 셀 후방으로 열량의 수송량이 적어지고 A점 부근에 (멈추고) 체류했기 때문에 온도가 상승한 것으로 보여진다.

B점은 조사 직후부터 응답했고 매우 적지만 온도상승을 나타냈다. 그러나 그 후의 승온 커브는 극히 낮은 레벨의 것이었다. 이것은 B점에 도달하는 단위당의 열량은 간(竿)이 가는 관의 것이 굵은 관의 것보다 크고, 또 가는 관에서 방열이 나누어지는 것이 굵은 관보다도 크기 때문에 일어나는 것으로 이해되었다.

이상의 각종 셀의 크기, 길이를 바꿔서 한 실험결과보다 다음과 같은 수중의 열량의 흐름의 메커니즘이 명백히 나타났다.

①도달열량은 셀의 형상(形狀)(길이, 굵기)에 의존하는 것.
②어느 한 점의 온도는 도달열량과 방열의 밸런스에 따라 결정되는 것.
③어느 한 점에 도달한 열량은 셀 전체의 과도적인 온도 구배에 따라 결정되는 것.
④굵은 관에서 가는 관으로 열량이 이동한 경우 가는 관 속의 열전도율이 굵은 관의 것보다 크게 나타난다 하더라도 굵은 관 내의 열량의 체류가 일어나고, 그 결과 굵은 관내의 온도는 굵은 관-굵은 관의 경우보다도 상대적으로 상승한다. 반대로 가는 관에서 굵은 관으로 열량이 이동한 경우 굵은 관내에 유입한 열량이 분산하고, 그 결과 승온이 방해받는다.

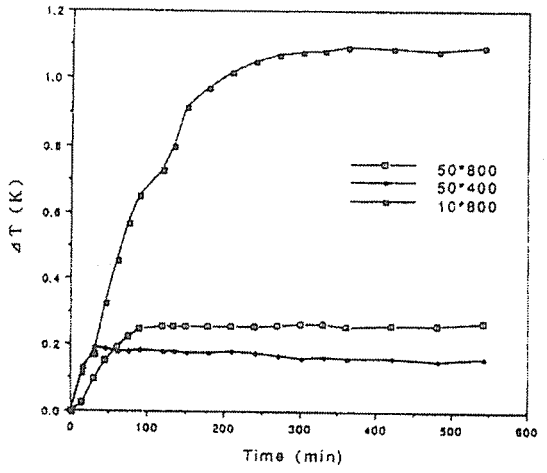

그림5　조사측(A점)과 비조사측(B점)과의 온도차

그림5는, 상기 3종의 셀의 A점과 B점의 온도차의 시간변화를 도표로 만든 것이다.

어떠한 셀의 경우도 조사직후보다 온도차는 증가하지만, 곧 일정치에 도달한다. 셀A(50×10×800)의 경우는 100분이 되어서 일정치에 달하고, 셀B는 (50×10×400)의 경우는, 25분에 일정치에 달했다. 또 셀C는 (50×10×800)의 경우는, 일정치에 달하는데 250분이나 걸렸다. 일정치의 도달온도는 가는관 셀(간[竿]굵기)의 경우가 가장 크고, 굵은 관이며 짧은 간(竿)길이의 셀이 가장 낮은 레벨이 되었다. 이것의 결과는 상기 A점, B점의 승온 커브 결과의 해석을 바꾸어 본 것으로 본질적으로는 위와 같은 의논(議論)이 성립한다고 생각된다.

4. 열전도의 이론

여러 가지 종류의 셀을 가지고, 수중의 FIR 열전도의 메커니즘에 대해 보아왔지만, 여기서 수중의 열전도 κ는 일정하지 않는 것으로 보고 이야기를 진행해왔다. 열전도는 일반에는 확산방정식에 의해 이론적으로 기술(記述)된다.

$$\partial W(x,t)/\partial t = \mathrm{div}[a \cdot W(x,t)] + D \cdot \Delta W(x,t)$$

여기에서 $W(x,t)$는 농도 또는 입자의 존재확인 분석관수를 나타내며, a는 표속(漂速)백틀, D는 확산계수를 나타내고 있다. 이 식을 열전도에 적용하면 즉, $W(x,t) \rightarrow T(x,t)$의 변환을 하면, $a=0$, $D=\kappa$(열전도율)이 되고,

$$\partial T(x,t)/\partial t = D \cdot \Delta T(x,t)$$ 이 된다.

이것을 두께 d, 단면적 A, 온도차 $T_1 - T_2$ 의 물 속을 단위시간당 열류 J 가 통과한다고 하면,

$$J = -\kappa(T_1 - T_2)A/d$$ 가 된다.

단위 면적당의 열류 h 를 이용하면, $h = \Delta J/\Delta A$, $\Delta J = -\kappa \Delta T \cdot \Delta A/\Delta d$ 이므로,

$$h = -\kappa \Delta T/\Delta d \quad (1)$$

즉 $h = -\kappa dT/dX$ 로 표시된다.

κ는 열전도율, 단위는 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ $(=J \cdot M^{-1} \cdot s^{-1} \cdot K^{-1})$가 된다.

물의 $\kappa(10^{-3} \cdot W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$

K	260	280	300	320	340	360	380	400	450	500
κ	539	582	612	638	659	674	684	686	673	635

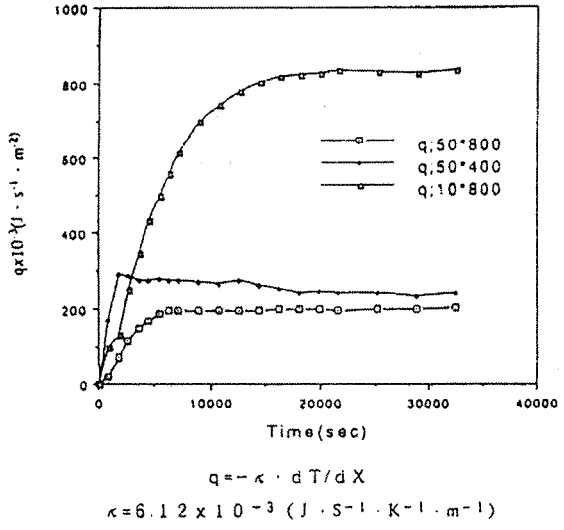

그림6 "열량 q정리"

물의 경우, 각 온도에 있어서 κ의 치(値)가 위의 표와 같이 주어지고 있다.

식(1)을 이용해, 이번 실험결과의 온도차, 거리(0.4, 0.8m) 및 300K의 κ를 대입하고, 단위시간, 단위 면적당의 열류량을 추구해 도표화하니 그림6과 같이 되었다.

본실험계는 열량의 흐름과 같이 열의 방산의 과정도 포함하기 때문에 상기 열의 확산방정식을 적용하기에는 꼭 타당하다고 생각하지는 않지만, 셀의 폭(徑)이 동일한 경우에는 방열과정을 무시할 수 있으므로, 셀 B의 셀 길이가 짧은 쪽이 단위시간, 단위면적 당 도달하는 열량이 빠르며, 긴 셀의 경우는 늦은 것을 볼 수 있다. 이 식을 이용한 해석을 실시한 것은 방열과정을 고려한 실험적인 테스트(T.夫)가 필요하기 때문이라고 생각되어진다.

5. 고 찰

본 실험에서는 수중의 열전도율 κ를 일정하다고 판정해 왔다. 그러나 열의 본성은 수분자의 운동 에너지에 있다. 따라서 열의 에너지는 수분자의 병진운동(竝進運動)이나 분자 내의 진도, 회전, 변각(變角), 진동-회전의 각 준위(準位)의 천이 에너지 및 분자간의 수소결합에너지로 되어 있으며, 전체로서 열에너지를 축적하는 격자진동처럼 열층을 형성하고 있다고 생각할 수 있다. 외부에서 FIR을 조사하면 대응하는 파장의 천이가 일어나고, 에너지흡수가 일어난다. 보다 높은 운동상태의 격자진동을 가진 계(系)로 바뀐다. 이 때 열에너지가 FIR 파장을 반영한 고유의 것인지 어떤지가 문제가 된다. 즉 열에너지와 다른 형태가 있는지가 문제가 된다. 열에너지의 전반의 메커니즘이 수소 결합한 분자간의 격자진동의 망(網)을 두고 전해진다고 한다면 그 열에너지의 종류의 형태에 대응해, 전반(傳搬) 속도가 다르다고 하여도 불가사의는 없는 것이 선견적(先見的)으로 고찰되었다.

즉, 이것은 파장이 다른 전자파를 열로 변환한 것으로 그 열 운동 형태 고유의 전도율이 존재하고 있다고 해도 좋다고 생각한다. 필자들은 눈앞의 이점에 착안해 열전도의 파장의존성에 대한 실험을 개시하고 있다. 만약 이것이 실증(實証)된다면 FIR 고유의 열에너지의 성질(예를 들면, 식품내부까지 에너지가 침투하는 성질)을 밝힐 수 있지는 않을까 기대해본다.