

수돗물과 원적외선 기능수의 수질 특성의 비교

백우현·정의덕·윤천기*

경상대학교 화학과·*기초과학지원연구소 부산분소·**(주)그랑프리 수질연구소
(2000년 4월 11일 접수)

The Characteristics of Water Quality of Tap water and Far-infrared rays mineral water

U-Hyon Paek, Euh-Duck Jeong* and Chun-Ki Yun**

Dept. of Chemistry, Gyeongsang National Univ, Jinju, 660-701 Korea

*Pusan Branch, Korea Basic Science Institute, Pusan 609-735 Korea

**Grand Prix Co.LTD Institute of Water Quality, Ulsan, 680-190 Korea

(Manuscript received 11, April)

The characteristics of Far-infrared rays mineral water(FIR water) have been compared to the tap water by means of relationship between FIR water and Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy(NMR), FIR water and thermography, FIR water and velocity of blood, FIR-water and pH, FIR water and dissolved oxygen(DO), FIR water and Oxidation-Reduction Potential(ORP), using the development FIR water purification of grand prix system. From the experimental result are quite satisfactory when compared with the tap water. Also, the FIR water were evaluated to see if those are tasty and healthy using the Hashimoto's Mineral Balance Index. As a result, FIR-water was found as tasty and healthy.

Key words : FIR water, tap water, far-infrared rays of water, grand prix

1. 서론

물은 인간을 비롯한 모든 생명체의 생명과 생존을 유지시켜 주는 기본 자원이다. 즉 물은 소화과정, 영양분의 흡수, 노폐물의 배설 및 체온조절 등의 생리작용을 하는데 최소한 성인은 하루에 1~2ℓ의 물을 마셔야 하며 사람의 몸은 60~70%가 물로 구성되어 있고 그 중 혈액의 경우는 90%, 뇌는 80%, 근육은 75%가 물로 이루어져 있다. 또한 인체 내에 있는 물은 약 60%정도는 세포 안에 있고 나머지 40%정도는 세포밖에 있는데 이중 10%정도가 혈관을 타고 온 몸을 돌고 있다. 이와 같이 사람은 일상생활을 물과 접하면서 살아간다. 우리가 믿고 식수로 사용하고 있는 수돗물은 대부분 강물을 원수로 취수한다. 우리나라의 경우 1895년 부산시에 최초로 수도시설이 설치되어 급수를 시작한 이래 현재는 전국에 약 750여개의 정수장과 3500여개의 간이 급수시설이 설치되어 급수를 하고 있다. 이처럼 우리 인간에게 가장 중요한 강물이 공장폐수, 생활하수, 농약, 비료, 가축분뇨 등으로 오염되어 수돗물의 원수인 급수시설이 이제는 마시는 물마저도 걱정을 해야 할 시점에 이르렀으며, 특히 1994년 초에 발생한 낙동강 폐놀사태는 수돗물에 대한 불신을 한층 더 고조시키는 결과를 초래함

로서 약수나 생수에 대한 선호도가 높아지게 되었다.

물의 수습관리과정에서 일정한 농도 이상의 오염물질이 함유된 물을 마실 경우 인체내의 생리작용을 저해할 뿐만 아니라 신체적 장애요인으로도 작용할 수 있기 때문에 음용수에 대한 수질기준을 강화하여 관리하고 있으며, 수질 화학적 특성에 많은 관심을 가지고 있다.¹⁻⁹⁾ 현재 우리나라의 경우, 음료수의 수질을 측정하기 위한 시험방법은 기준항목의 설정배경에 따라 측정결과 오차범위, 정량한계, 난이도, 신속성 및 경제성 등 제반조건들이 고려되어야 하며, 시료의 특성이나 실험실 환경에 따라 적절한 측정방법을 선택하여 보다 신뢰성 있는 측정결과를 얻을 수 있도록 충분한 여건을 마련해 주어야 할 것이다.¹⁰⁾ 따라서 많은 가정에서 깨끗한 물과 건강에 좋은 물을 마시기 위해서 정수기를 사용하거나 약수터의 물을 음용수로 사용하는 가정이 크게 늘어나면서 생수나 정수기의 보급이 수돗물의 불신을 가져오게 되는 또 하나의 새로운 계기를 만들었다. 그러면 "건강에 좋은 물이란 어떤 구조를 가진 물이어야 하느냐"라는 질문에 봉착하게 된다. 물은 화학적으로 H₂O로 표시되고 있다. 그러나 여러 연구 결과 액체의 물은 H₂O가 아니고 물분자들이 서로 결합된 (H₂O)_n로 특정구조

를 가지고 행동한다. 액체의 물속에는 5각형의 고리모양의 물구조와 6각형고리 모양의 물구조가 기본단위이며 5각형 구조에서 6각형 구조로 10-11초로 아주 짧은 시간으로 바뀌고 있다.¹⁰⁾ 이와 같이 물은 H₂O분자의 집합체이므로 분자의 수준에서 건강에 좋은 물을 해석하는 것이 하나의 방법이 될 것이다. H₂O분자에 있어서 지금까지는 수소 원자만을 대상으로 연구가 되어왔기 때문에 물분자의 구조를 해석하는데는 큰 성과를 거두지 못했다. 건강에 좋다는 물은 지금까지는 인간의 경험과 관능테스트에 의해서 평가되어 왔으나 건강에 좋다는 물의 지표의 결정에 어려움이 봉착해왔다. 이러한 문제를 최근에는 NMR 분광법으로 접근해 본 결과 건강에 좋다는 물을 해석하는데 이용 가능한 연구결과가 발표되고 있다.¹¹⁾

본 연구에서는 수돗물과 원적외선 기능수에 대한 원적외선 효과를 ¹⁷O-NMR Spectrum을 측정하여 조사하였고, 원적외선 기능수에 용해되어 있는 이온, pH, DO 및 ORP 등의 상관관계를 수돗물과 원적외선 기능수를 ¹⁷O-NMR Spectrum의 선폭에 미치는 영향을 비교, 조사하였으며, 또한 수돗물 기능수와 원적외선 기능수를 마신 후 Thermography와 혈류측정을 통하여 원적외선 효과를 검증해 보았다. 그리고 Hashmoto의 Mineral Balance Index를 이용하여³⁾ 수돗물과 원적외선 기능수를 평가하였다.

2. 이론적 고찰

¹⁷O-NMR 분광법으로 물의 거동을 관찰해 보면 분자 수준에서 물의 거동을 포착할 수 있다. 모든 물은 분자의 형태를 갖추고 있으며 원래 물은 단일 분자로는 존재할 수 없고 Fig. 1과 같이 수소결합에 의해서 클러스터(cluster)라고 부르는 최소 단위가 다섯 개 이상의 H₂O의 무리를 형성하고 있다.²⁰⁾ 이 클러스터는 끊임없이 큰 무리를 만들거나 다시 깨어져 작은 집단을 형성하며 이와 같이 분자운동을 끊임없이 되풀이하고 있다.

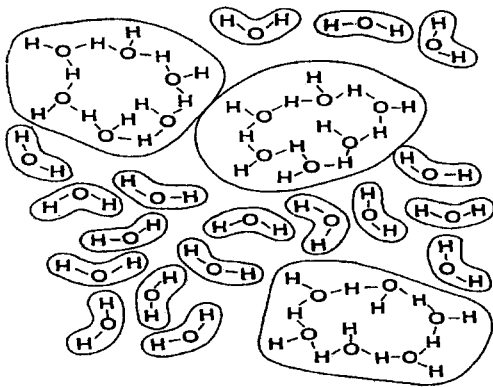


Fig. 1. Cluster of molecular water.

이러한 물 구조의 수명은 10⁻¹²초라는 극히 짧은 시간에 지나지 않는 것으로 알려져 있다. 물의 군집은 정지

하고 있는 것이 아니므로 [물의 동적 구조]라고 부르는 것이다. <맛없는 수돗물과 맛있다고 하는 미네랄 물을 ¹⁷O-NMR법으로 비교하여 보면 미네랄 물의 물분자 군집이 작고, 물분자로서 움직임이 활발하다는 사실을 알 수 있다.²⁰⁾> 우물물이나 정수기를 통한 수돗물도 물분자 군집이 작아져 있고, 맛있다고 평가되었다. 이러한 연구결과를 토대로 물의 동적구조를 ¹⁷O-NMR Spectrum을 얻어 signal의 선폭($\Delta \nu_{1/2}$)을 비교해 보면 Signal의 선폭은 다음과 같이 핵의 완화 시간에 반비례하며 물분자 cluster가 필요로 하는 시간, 즉 상관시간(τ_c)과 비례하는 관계를 가진다.

$$\pi \Delta \nu_{1/2} = \frac{1}{T_2} = \frac{3\pi^2}{10} \cdot \frac{2I+3}{I^2(2I-1)} \left[1 + \frac{\eta^2}{3}\right] \left[\frac{e^2 Qq}{h}\right]^2 \tau_c$$

π : 비대칭 인자(물인 경우 $\eta=0$)

I : 핵스핀(5/2)

$$\frac{e^2 Qq}{h} : \text{사극자 결합상수} = 7.6 \text{ MHz}/2\pi$$

$$\text{상관시간}(\tau_c) = 0.558 \times 10^{-12} \Delta \nu \cdot 1/2$$

물에 전자파 초음파 전기장을 처리하게 되면 물의 수소 결합이 깨어져서 cluster의 크기가 작아지므로 물의 분자 운동이 활발해져서 T₂가 커지고 선폭, $\nu_{1/2}$ 이 줄어드는 것으로 보고되고 있다.²⁰⁾

3. 재료 및 방법

3.1. 원적외선 기능수 장치 개발 및 재료

원적외선 기능수는 본 연구에서 개발된 원적외선 기능수기를 사용하였으며 Fig. 2와 같이 구성되어 있다. 전처리 필터와 다공질 활성탄 그리고 마이크로 필터가 각각 채워져 수돗물 중에 존재 할 가능성이 있는 부유물 염소 이온 성분 등을 제거하는 메인필터와 이 메인필터에서 정수하지 못한 미세한 녹이나 부유물을 2차로 제거하는 보조필터와 이 메인필터 및 보조필터에서 여과된 물의 활성화를 위해 활성재가 채워지는 카트리지와 상기 메인필터 및 보조필터와 카트리지가 각각 접속되어 상수도관으로부터 유입된 물이 순차적으로 통과되며 정수과정을 거쳐 배출관을 통해 정수된 물을 공급하도록 수로가 뚫어지는 베이스부재로 구성되어 있다. 카트리지에 채워지는 활성재는 중앙에 통공이 뚫어지고 컵형상으로 형성되는 연옥부재와 은이 코팅처리 되어 활성화 세균을 소독함과 아울러 불규칙한 형상 사이로 물이 통과될 때 물의 회전 및 물분자 운동을 자극하는 바이오 원석과 미세한 기공이 다수 불규칙하게 형성되고 천연자성을 띠고있어 지자기를 보충하고, 천연 자화부재와 원적외선을 방출하고 냄새제거와 물을 연화시키는 바이오 세라믹부재와 은이 코팅된 상태로 물속의 각종 유해 균이나 곰팡이를 여과, 흡착하는 항균 활성탄이 들어 있다. 물을 자화시켜 그 분자구조를 인체에 유익하도록 변화시키는 자화 부재와 판형상의 은으로 물

이 통과 될 수 있도록 구멍들이 다수 뚫어지고 물속의 각종 균을 제거하는 살균관과 상기 각 활성부재들 사이에 위치되어 서로 혼합되는 것을 방지하며 항균 기능을 하는 항균메트로 구성되어 있다.

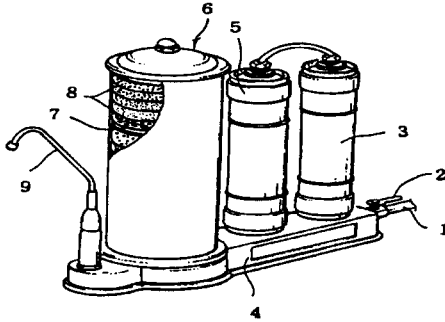


Fig. 2. Equipment of FIR water purification grand prix system. 1 : water pipe, 2 : valve, 3 : main filter, 4 : base material, 5 : support filter, 6 : cartridge, 7 : sterilization pipe, 8 : antibiotics mat, 9 : discharge pipe.

본 실험에 사용한 시료는 진주시 상 수돗물을 채취하였으며 원적외선 기능수는 원적외선 기능수기를 수돗물 급수전과 연결하고 분당 30 l의 유량으로 수도꼭지를 조절하며 통과시키고, 5분간 원적외선 기능수기로 통과시킨 후 각 시험에 따른 필요한 양을 취수하여 시험수로 사용하였으며 콘트롤수는 수돗물 급수전으로부터 5분간 방류한 뒤 취수하였다.

3.2. 실험방법

수돗물과 원적외선 기능수에 녹아있는 미네랄의 영향은 Varian사의 Unity Plus 300 NMR Spectrometer로 ¹⁷O-NMR 스펙트럼의 선폭의 변화를 측정하여 비교하였다.

또한, pH 측정에는 TOA Electronics사의 HM-149 pH meter, DO 측정에는 O2GEN사의 F-102 DO meter를 ORP 측정에는 Fuji seimitsu Denki사의 DORC3 ORP meter로 측정하였다.

인체내의 원적외선 기능수의 온열효과를 조사하기 위하여 써모그래피를 이용하여 수돗물과 원적외선 기능수를 마시기 전후의 원적외선의 온열효과를 Nippon Avonics사의 Thermal Video System(TVS-2000MKIII) 장치를 이용하여 비교 실험을 행하였다.

¹³³Xe 조직 클리어런스법에 따라서 말초 조직 혈류, 말초 순환압 및 말초영역을 채취한 시료를 이용하여 수돗물과 원적외선 기능수를 마시기 전 후 순환 저항을 측정하여 원적외선 기능수의 효과를 검토하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. ¹⁷O-NMR 측정 결과

일상생활에서 우리가 사용하는 물에는 여러 가지 이

온들이 녹아 있으며 나트륨이온(Na⁺), 마그네슘(Mg²⁺), 칼슘이온(Ca²⁺), 염화물이온(Cl⁻), 황산이온(SO²⁻), 탄산이온(CO²⁻)등이 대표적인 이온들이다. 물을 이야기할 때 이들 이온들의 존재를 무시할 수 없다. 왜냐하면 이 이온들은 단순한 불순물이 아니고 물의 물성에 큰 영향을 미치기 때문이다.

이들 이온이 물속에 있을 때 크게 나누어서 3가지 형태의 물의 구조가 가능하다. 하나의 이온과 직접 수화에 가담하고 있는 물분자들과, 또 다른 것은 이온에서 먼 거리에 있는 물내부(Bulk)의 물분자들로 이온으로부터 아무런 영향을 받지 않으며, 나머지 하나는 중간상태의 물분자층으로 존재한다. 이들 이온중 대체로 물분자보다 작거나 큰 전하를 가진 이온 주위의 물은 순수한 물속에 있을 때보다 운동의 제한을 받게 되어 물의 구조성이 증가하는데 이를 +수화라고 부른다. 반대로 대체로 물분자보다 큰 이온 주위의 물은 순수한 물속에 있을 때보다 운동이 더욱 활발해지게 되어 물의 구조성이 파괴되며 이를 -수화라고 부른다.

물 속에 녹아있는 이온들이 물의 물성에 미치는 영향을 조사한 결과 수돗물과 원적외선 기능수의 무기물 이온의 함량을 조사한 결과 Na, K, Ca, Mg, 및 Si의 농도는 수돗물에서는 19.5ppm, 0.7ppm, 8.3ppm, 2.2ppm, 21.4ppm이었고, 기능수에서는 4.4ppm, 1.9ppm, 14.0ppm, 3.0ppm, 5.7ppm으로, 원적외선 정수 후에는 Na와 Si 성분은 줄어들고 K, Ca 및 Mg 성분은 증가하였다. 수돗물과 원적외선 기능수를 ¹⁷O-NMR Spectrometer로 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 그림 3에서와 같이 수돗물에서는 폭이 59.6 Hz를 나타내었고 원적외선 기능수의 경우 반치폭이 42.9Hz를 나타내어, 반치폭이 16.7Hz의 감소를 나타내었다. 원적외선 기능수 쪽이 좁은 반치폭을 나타내고 있는 것으로 보아 원적외선 기능수에 녹아 있는 미네랄의 영향으로 물분자의 크기를 작게 조개어서 세포내외의 물분자의 확산속도를 증가시켜 주는 것으로 판단된다.

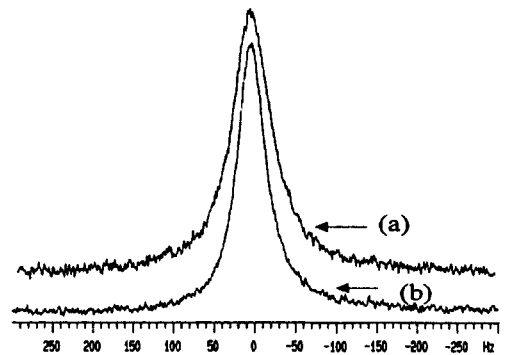


Fig. 3. ¹⁷O-NMR spectrum obtained from the tapwater (a), the FIR water (b).

4.2. pH, DO, ORP의 상관관계

수돗물과 원적외선 기능수의 pH, DO, ORP를 측정하

여 상호 상관 관계를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 수돗물과 원적외선 기능수의 pH는 6.3 과 8.5였으며, DO는 8.6ppm과 5.4ppm을 ORP는 640mV와 -260 mV를 각각 나타내었다.

인체에 건강한 물이란 알카리수 특성을 가지고, 용존 산소 및 낮은 ORP값을 가진 물이 인체에 유익한 건강한 물로서 본 연구에서 사용한 원적외선 기능수가 특성이 우수함을 확인하였다.

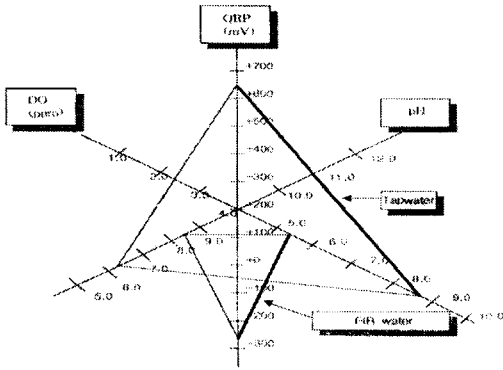


Fig. 4. Relation of pH, DO and ORP for Tap water and Far-infrared rays water.

4.3. 써모그래피 영상측정 결과

써모그래피란 인체의 피부표면 온도를 2차원 영상으로 표시하는 방법으로 이학적으로 표현하면 원적외선 (8~12마이크론)사이의 에너지 분포를 가시화 한 것이다. 의료용 써모그래피는 최근 디지털 영상처리 장치를 개발함으로써 비약적으로 진단 가치가 높아지고 있다. 인체에 대한 온열효과는 수돗물과 원적외선 기능수를 마시기 전후 인체의 등 부위를 써모그래피로 촬영하였다. Fig. 5와 6은 수돗물을 200ml마시기 전·후 건강한 40대 남자의 등 부위를 촬영한 사진이며 Fig. 7과 8은 원적외선 기능수기를 수돗물의 양과 똑같이 200ml를 마시기 전후 같은 40대 남자의 등 부위를 촬영한 사진이다.

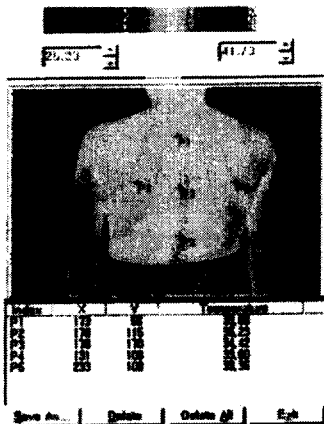


Fig. 5. Before tapwater drinking.

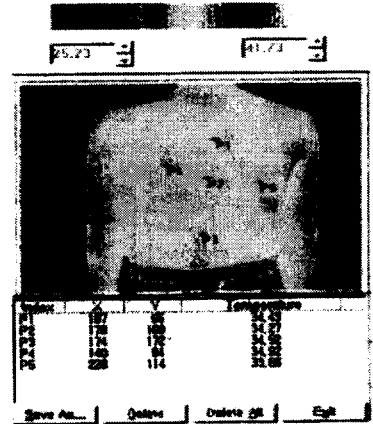


Fig. 6. After tapwater drinking

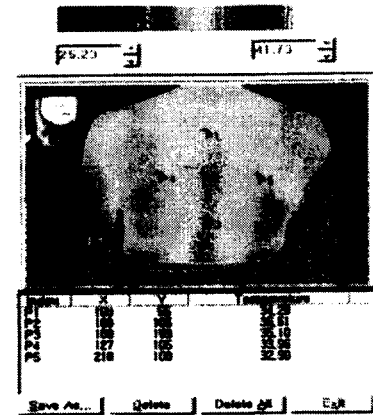


Fig. 7. Before FIR water drinking.

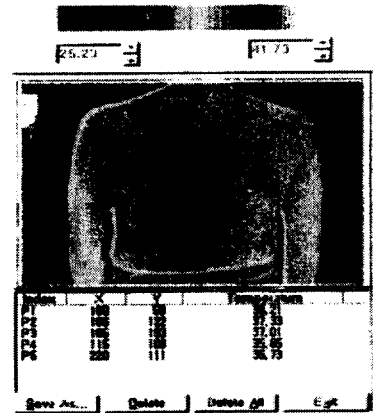


Fig. 8. After FIR water drinking.

Fig. 5와 6의 온열 효과의 차이보다 Fig. 7과 8의 온열 효과가 시각적으로 더욱 뚜렷하고 넓은 부위에 걸쳐 나타남을 볼 수 있다. 또한 온열효과에 의한 인체 열화상의 시각판정 및 마시기 전·후의 피부온도 변화를 해

수돗물과 원적외선 기능수의 수질 특성의 비교

석한 결과 원적외선 기능수의 온열효과가 Fig. 9와 같이 높은 것으로 나타나는 것을 알 수 있다.

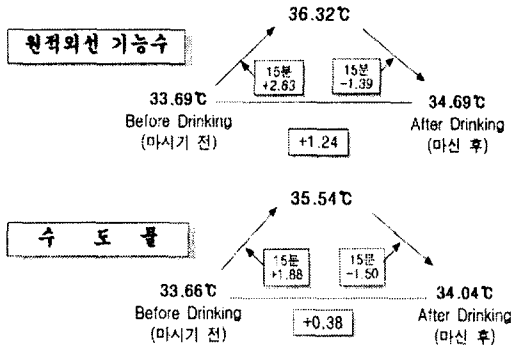


Fig. 9. Diagram of Thermogram for Tap water and Far-infrared rays water.

Fig. 9에서와 같이 40대 건강한 남자가 수돗물 마시기 전 인체의 피부온도는 33.66°C에서 200ml의 수돗물을 마신 15분후 인체의 피부온도는 35.54°C로 증가하였으며, 다시 15분 경과후 인체의 피부온도가 34.04°C로 떨어졌으며, 같은 사람이 원적외선 기능수를 마시기 전 인체의 피부온도는 33.69°C에서 200ml를 마신 15분후 인체의 피부온도는 34.69°C로 떨어졌다. Fig. 9에서와 같이 인체의 피부온도가 수돗물보다 원적외선 기능수를 마신 15분후 0.86°C로 증가를 보였고 다시 15분 경과후 원적외선 기능수쪽이 0.65°C의 증가를 보였다.

이러한 결과는 원적외선 기능수가 신진대사 활성화

Table 1. Velocity of blood of FIR water(90 sec/time)

	time elapse	hematocele speed	hematocele quantity
Before drinking	1	3.01	36.44
	2	2.95	35.82
	3	2.87	33.25
	4	3.05	34.23
	5	3.11	37.86
	6	3.03	35.30
	7	2.80	35.85
	8	2.65	36.02
	9	3.13	34.80
	10	3.03	35.20
average value		2.96	35.48
After drinking	1	3.15	39.23
	2	3.03	40.09
	3	3.42	39.93
	4	2.98	39.25
	5	2.73	40.11
	6	3.23	38.98
	7	3.02	39.54
	8	3.54	41.66
	9	3.03	38.12
	10	3.16	40.03
average value		3.13	36.69

영향을 미치게 되는 것으로 판단할 수 있다.

4.4. 말초순환 혈류 측정 결과

수돗물과 원적외선 기능수를 건강한 40대 남자가 마시기 전·후의 혈류량과 혈류속도를 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1에서와 같이 원적외선 기능수가 수돗물보다는 높은 혈류 변화를 나타내었다. 원적외선 기능수를 마시기 전보다 마신 후 혈류 속도는 평균 했을 때 2.96에서 3.13으로 약 5.74% 증가하였고 혈류량은 35.48에서 39.69로 약 11.87% 증가를 나타내었다.

이와 같은 현상은 원적외선 기능수가 생체분자와 공명흡수 작용에 의하여 신진대사가 활발해진 것으로 사료된다. 인체에 건강한 물이 혈액순환촉진, 신진대사의 활성화, 물분자의 활성화에 영향을 준다고 알려진 원적외선의 공명흡수 효과를 규명하기 위하여 인체 세포에 미치는 영향과 효과에 대한 연구가 추후 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4.5. Mineral Balance Index

일본 오사카대학교 공학부 Hashimoto교수는 맛있고 건강한 물의 판단 기준으로 2가지의 Mineral Balance Index로 K-Index와 O-Index를 제안하였다.³⁾ 이 제안에 의하면 $Ca - Na \geq 0.26(\text{meq}/\ell)$ 이며 mg/ℓ 로 나타내면 $K\text{-index} = Ca - 0.87 Na \geq 5.2(\text{mg}/\ell)$ 이다. 또 한가지 O-Index는 일본의 대표적인 음류수, 광천수의 관능시험에 대해 Ca, K, SiO_2 가 맛을 좋게 하고, Mg, SO_4^{2-} 가 맛을 나쁘게 하는 것이 명백하다고 하여 $O\text{-Index} = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4^{2-}) \geq 2.0$ 이면 맛있는 물로 제안하였다. 물론 이 두 가지 지표값은 단정적인 것은 아니나, 맛있고 건강한 물의 표준의 하나로써 채택하는데 간편하고 편리한 방법이라 할 수 있다. 본 연구에서 사용한 원적외선 기능수로부터 K-Index와 O-Index값을 적용시킨 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보듯이 Hashimoto 교수의 Index값을 비교해 보면 본 연구에서 사용한 원적외선 기능수가 인체에 건강하고 맛있는 물로 확인할 수가 있었다.

Table 2. Mineral balance Index of FIR water

FIR water	K-Index	O-Index
	5.36	2.06

5. 결 론

원적외선 기능수에 녹아있는 미네랄 성분을 계속 섭취하게 되면 체내 각 조직에 미치는 영향을 매우 크다고 판단되며 인체에 건강한 물이 어떤 차이가 있는지를 수돗물과 원적외선 기능수를 대상으로 고찰한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, $^{17}O\text{-NMR Spectrometer}$ 의 선폭을 비교해 본 결과 수돗물보다는 원적외선 기능수가 반치폭을 16.7 Hz 감소시키는 결과를 확인할 수가 있었고, 이것은 물 분자를 작게 해서 생체가 흡수를 잘 할 수 있다고 판단

된다.

둘째, 수돗물과 원적외선 기능수의 pH, DO, ORP를 측정 한 결과 수돗물과 원적외선 기능수의 pH는 6.3과 8.5였으며, DO는 8.6ppm과 5.4ppm을 ORP는 640mV와 -260mV를 각각 나타내었고 원적외선 기능수의 특성이 우수함을 확인하였다.

셋째, 인체에 대한 온열효과를 비교 해 보면 수돗물과 원적외선 기능수를 마시기 전후 인체의 등 부위를 촬영해 본 결과, 원적외선 기능수를 마시기 전후의 온열 효과가 시각적으로 더욱 뚜렷하고 넓은 부위에 걸쳐 균일하게 나타남을 볼 수 있다.

네째, 본 연구에서 사용한 원적외선 기능수가 수돗물보다는 인체에 필요한 미네랄을 공급해 줄 수 있으며 음용수로 적합하다고 판단된다.

참고 문헌

- 1) Todd, D. D, 1979, *Groundwater Hydrology*; John Wiley & Sons: New York, 293-294.
- 2) 김종훈, 안종성, 1992, 제주도 용천수 수질 화학적 연대 측정에 관한 연구, *J.Korean Chem. Soc.*, 36, 727
- 3) 김종훈, 최용욱, 1996, 전라북도 온천수의 수질 화학적 특성과 연대 측정, *J. Korean Chem. Soc.*, 36, 727.
- 4) 이창근, 1989, 인천지역 광천수의 수질 특성의 관한 연구, 석사학위논문; 숭실대학교.
- 5) *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*, 1985, 16th Ed, APHA-AWWA-WPCF, Washington, DC.
- 6) Calf, G. E., B. W. Seatonberry and L. W. Smith, 1976, *The Measurement of Natural Levels of Tritium in Water*, AAEC Report E 373.
- 7) Freeze, R. A., J. A. Cherry, 1979, *Groundwater*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 86-89.
- 8) Sawyeer, C. N. and P. L. McCarly, 1993, *Chemistry for Environmental Engineering*, Trans. into Korean; Donghwa Engineering; Seoul, 395-398.
- 9) 이창기, 1991, 수도수 수질측정방법 개선에 관한 연구. 국립환경연구원 보고서.
- 10) 전무식, 1995, 6각수의 수수께끼, 46-48, 김영사.
- 11) 松下和弘, 1989, 遠赤外線とNMR法, 人間と歴史社, 35-65.
- 12) Anbu, M., 1990, Recent Technological Developments in Thermology and Their Impact of Clinical Application, *Biomedical Thermology* 10.
- 13) Dakada K., 1990, Scientific and Functional Material of Far-Infrared Ceramics, 10, 39-51.
- 14) Paek, U. H., 1995, The Spectral Characteristics of Korean Far-Infrared Radiant Ceramics, The 1st KOREA-JAPAN SYMPOSIUM on Far Infrared, 105-170.
- 15) Houdas, U. and G. Suttgen, 1985, *Thermological Methods*, VCH, Weinheim, edit by J. M. Engel.
- 16) Paek, U. H., 1990, Study on the Spectral Characteristics of Far-infrared Radiant Ceramics, *Gyeongsang National University Journal of Natural Science*, 6, 71-74.
- 17) Paek, U. H., 1996, Thermographic Evaluation upon Positive Influence of Far-Infrared to Biological System, *J. Korean Soc., Hyperthermai & Oncology*, 1.
- 18) Hashimoto, S. M. Fujita, K. Furnkawa and J. Minami, 1987, Indices of Drinking Water Concerned with Taste and and Health, *J. Ferment*, 65, 185. *Technol*, 65(2), 185.