

자화수가 염류의 침전반응 및 석고의 가수 경화속도에 미치는 영향에 관한 연구

손재* · 김동률 · 이성현 · 김동석 · 이희경[†]

강릉대학교 자연과학대학 화학과

[†]강릉대학교 치과대학 치의학과 구강병리학교실

(2001. 10. 18 접수)

Study on the Effect of Magnetized Water in the Precipitation Reaction of Salts and in the Hydration Hardening Speed of Gypsum Plaster

Sang Il Jeon*, Dong Ryul Kim, Sung Hyun Lee, Dong Suk Kim[†], and Suk Keun Lee[†]

Department of chemistry, College of Natural Science, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

[†]Department of Oral Pathology, College of Dentistry, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

(Received October 18, 2001)

요 약. 자화수가 특이한 물리화학적 성질을 갖고 있음은 여러 학자들에 의하여 꾸준히 연구되어 왔는데, 아직도 자화수의 특성이 명확하게 설명되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 자화수가 염류들의 침전반응 및 석고의 가수 경화반응에 미치는 영향을 다음과 같이 관찰하였다. 25 °C 항온조 내부에서 실시한 salt filter assay 방법으로 침전반응을 조사하였으며, 20 °C 실온에서 석고의 가수 경화반응 시간을 Gillmore needle의 방법으로 측정함으로써 석고의 가수 경화 속도도 조사하였다. 0.1 M 염 이온들을 반응시킨 염류의 침전 반응 결과, BaSO₄, BaCO₃, CaCO₃의 침전 생성물의 양은 대조군의 증류수에 비하여 자화수에서 각각 약 3.6%, 3.8%, 4.4% 씩 증가되었으며, 석고의 최종 경화시간은 대조군의 증류수에 비하여 자화수에서 현저하게 감소되었으므로 자화수가 석고의 가수 경화속도를 촉진시키는 것으로 나타났다. 이는 대조군의 증류수에 비하여 자화수는 물분자가 치밀하게 구조화되어서 수많은 cluster들을 형성함으로써 물분자 사이의 결합 및 반응력이 증가되며, Ba²⁺ 또는 Ca²⁺ 같은 염류들에 대하여 특징적으로 반응해 침전반응 속도와 가수 경화 반응 속도가 증가된 것으로 추측된다.

주제어: 자화수, 침전반응, 가수경화속도, 물분자구조

ABSTRACT. Although it has been known that the magnetized water shows different physicochemical properties, the exact nature of the magnetized water is not clearly elucidated yet. We have explored the effect of magnetized water in the precipitation of salts, i.e., BaSO₄, BaCO₃, and CaCO₃, and in the hydration hardening of gypsum plaster. The amount of salt precipitation was measured by salt filter assay in water bath, 25 °C and also the hydration hardening speed of gypsum plaster was measured by the Gillmore needle method at room temperature. When the salt ions were interacted with each other in 0.1 M concentration, the precipitation reactions of BaSO₄, BaCO₃, and CaCO₃ increased more in the magnetized water, about 3.6%, 3.8%, and 4.4%, respectively, than in the control water. And the hydration hardening speed of gypsum plaster increased more in the magnetized water than in the control water. These data suggest that the magnetized water, which is supposed to be organized by forming numerous nano/micro clusters, induces the increase of salt precipitation and also accelerates the hydration hardening speed of gypsum plaster.

Keywords: magnetized water, precipitation reaction, hydration hardening speed, water structure

서 론

물의 자화(磁化)현상에 대하여는 이미 오래 전부터 많은 연구자들에 의하여 연구가 행하여져 왔다. 1977년에 영국의 Lielmezs와 Alleman 등은 온도변화에 따른 물의 점성에 미치는 약한 자기장의 영향을 발표한 바 있고,¹ 1978년에 핀란드의 Simola와 Virtamo 등은 Landau orbital에 의해 파동함수를 확장시키는 방법을 이용하여 강한 자기장 내에서 수소원자의 에너지 준위를 계산하였다.² 1980년에 체코슬로바키아의 Vaček은 25 °C의 물에 있어서 순수한 산소의 용해도에 대한 외부 자기장의 영향에 관해 연구 발표하였으며,³ 최근에는 중국에서 노석증(urolithiasis) 환자의 치료에 자화수를 사용해서 좋은 임상결과를 보고하였는데, oxalate, uric acid 그리고 phosphate urolith의 용해도를 측정한 결과, 자화수에 대한 용해성은 대조군인 증류수에 비하여 다소 높았으며, 자화수를 사용하여 사육된 불고기에서 신장 내 calcium crystal이나 조직 내 calcium의 농도가 평범한 물에서 사육된 불고기에서 보다 현저하게 낮았다.⁴

자화수(magnetized water)는 원래 물분자가 자화되어서 자기장의 특성을 갖는다는 의미가 아니라, 자기장에 의하여 물분자배열이 바뀌어져서 특이한 물의 특성을 보이는 상태를 의미한다.⁵ 모든 물분자들은 변화하는 자기장, 예를 들면 맥동성 자기장에 의하여 반응할 수 있는데 이는 수소원자가 고주파수의 강한 자기장에 의하여 유도되는 magnetic resonance와 구별되는 현상으로 고주파수의 강한 자기장은 수소원자가 순간적으로 자기장 방향으로 spin 배열을 한 후에 바로 원상 복구되어지지만 계속적으로 수소원자의 spin 배열이 지속되는 경우에는 수소원자가 물분자의 쌍극자 특성인 H에 영향을 주어서 물분자 배열에 영향을 주게 되는 것이다.⁶ 이러한 현상은 자화수의 NMR 관찰에서 T₂ relaxation time이 증가되어지는 것으로 알 수 있는데, 이러한 자화수의 물분자 재배열 현상은 자화수를 평상 상태로 방치하였을 경우에도 기억현상이 있어서 대략 12시간 정도 경과하여야 T₂ relaxation time의 증가현상이 거의 원래 상태로 환원되는 것을 확인하였다(본 논문에서는 자료를 제시하지 않았음). Salt column assay를 통한 염류들의 용해도 측정결과 속도의 차이에 따라 수용성 염류들을 세 종류로 나눌 수 있었는데, 첫째 종류로는 자화수에 의해 용해속도가 감소되는 염류들, NaCl, sodium-citrate, urea, (NH₄)₂SO₄, 둘째 종류로는 자화수에 의해

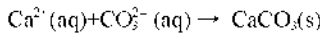
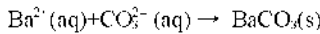
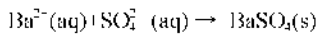
용해속도가 변화하지 않는 염류, KIL₃PO₄, 셋째 종류로는 자화수에 의해 용해속도가 증가하는 염류들, KCl, glycine, Tris-base, MgSO₄, boric acid로 구분할 수 있었다.⁵ 자화수는 일반 증류수에 비하여 NaCl과 KCl 각각에 각기 다른 방식으로 영향을 미쳐서, 이들 염류의 용해속도와 결정화에 특이한 변화가 나타나게 한다. 또한, 일반 증류수에 비하여 자화수는 석고의 수화반응을 촉진시키는 현상이 관찰되었다.⁵ 이러한 결과들은 모두 일반 증류수에 비하여 자화수가 독특한 분분자 cluster 배열을 갖고 있기 때문에,⁶ 각각의 염류 또는 석고와의 수화반응에 있어 차이를 보인다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기 인구 결과를 토대로 자화수가 염류의 침전반응에 미치는 영향을 알아보기 위하여, salt filter assay를 고안하여 실험한 결과 대조군의 증류수에 비하여 자화수에서 매우 특징적으로 염류의 침전반응 속도의 차이를 보였으며, 또한 석고의 경화반응을 일반 증류수의 대조군과 자화수의 실험군으로 관찰한 결과 경화반응 속도의 차이가 현저하게 나타났기에 이를 보고하는 바이다.

실험재료 및 방법

자화수는, 이전에 발표한 연구 결과에서 밝혔듯이 대조군의 증류수와 구별되는 물리화학적 특성을 갖는다.⁵ 따라서 본 연구에서는 이온 물질의 침전반응에 자화수가 미치는 영향을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 자화수는 3차 증류수 제조장치(Aqua 312N, Young-Lin Co. Korea, Mille Q, U.S.A)를 사용하여 이중으로 여과한 물을 약 600-800 Gauss(Gauss Tesla meter, 4048 F.W. Bell, Orlando, U.S.A), 31 Hertz의 맥동성 자기장을 발생시키는 장치(Decal, Hanil, Co. Korea) 안에서 24시간동안 놓아둠으로써 제조하였다. BaSO₄, BaCO₃, CaCO₃의 침전 생성 반응을 위해, BaCl₂(Sigma, U.S.A), Na₂SO₄(Sigma, U.S.A), Na₂CO₃(Aldrich Chemical Co. U.S.A), CaCl₂(Showa, Japan)의 1 M 수용액들을 준비하였다. 침전 생성 반응은 2개의 50 ml, 튜브 각각에 일정한 온도(25 °C)로 유지된 증류수와 자화수를 각각 20 ml씩 담아놓고, 앞에서 준비한 1 M BaCl₂, 1 M Na₂SO₄를 각 2 mL씩 넣어 침전 반응을 시작하였다. 반응은 회전 mixer(2-80 rpm, Ken Rotator, 영연주식회사, Korea)를 이용하여 10초간 흔들어서 수행하였으며, 생긴 침전물은 greenfilter A25B 여과기(0.2 μm, 녹십자의료

공업, Korea)가 달린 주사기로 즉시 추출하였다. 침전물의 양을 정확히 측정하기 위하여, 침전물이 잔존된 여과기를 절단시킨 후 진공 건조장치(up to $1 \cdot 10^{-2}$ cmHg, OV-01, Jeiotech, Korea)에서 24시간 건조시켜 잔존된 침전물의 질량을 측정하였다. 이때 건조기의 조건이나 건조 시간에 따라 차이가 있는지를 알아보기 위하여 48시간, 72시간으로 건조시킨 후에 질량을 측정했는데 질량의 변화가 없었다.

본 연구에서 사용한 무기염류들의 침전반응식은 다음과 같다.



침전을 일으키는 화학 반응식이 $A-B \rightarrow AB$ 라면, 반응속도는 $v = \Delta[AB]/\Delta t$ 이다. 대조군인 증류수에서의 반응속도를, $v_1 = \Delta[AB]_1/\Delta t$ 이라 하고, 자화수에서의 반응속도를, $v_2 = \Delta[AB]_2/\Delta t$ 이라 한다. 시간 간격과 반응물의 초기농도가 같고 반응시킨 용액의 부피가 같다고 가정한다면, 자화수에 대한 증류수의 반응속도의 비는 자화수와 증류수에서 생성된 침전분의 몰(mol)비와 같게 된다.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\Delta[AB]_2}{\Delta[AB]_1} = \frac{[AB]_{2,f} - [AB]_{2,i}}{[AB]_{1,f} - [AB]_{1,i}} \text{ 이고}$$

$$\text{따라서 } \frac{v_2}{v_1} = \frac{(AB)_2 \text{의 몰/수용액의 부피}}{(AB)_1 \text{의 몰/수용액의 부피}} -$$

$$\frac{(AB)_2 \text{ 무게}/AB \text{의 M.W.}}{(AB)_1 \text{ 무게}/AB \text{의 M.W.}} - \frac{(AB)_2 \text{ 무게}}{(AB)_1 \text{ 무게}} \text{ 이다.}$$

여기서 AB_n 는 침전 반응의 생성분을 나타내는데 $[AB]$ 는 생성물의 농도, $(AB)_n$ 는 단지 생성물임을 표시하기 위한 것이다. 또한 아래첨자 1과 2는 각각 증류수와 자화수에서의 결과를 나타내며, 아래첨자 i와 f는 각각 반응처음과 반응이 끝났을 때의 경우를 나타낸 것이다.

결론적으로 침전반응속도의 비는 자화수에서 침전된 염류의 양(g)에 대한 증류수에서 침전된 염류의 양(g)의 비와 같다. 따라서 증류수에서 침전된 염류량과 자화수에서 침전된 염류량을 비교함으로써 증류수와 자화수에서의 염류 침전반응 속도의 차이를 비교할 수 있게 된다.

한편, 석고의 수화 경화속도는 석고의 경화시간을 측정하여 판별할 수 있는데, 석고의 수화 경화 반응시 표면에서 광택이 소실(loss of glistening) 되는 현상으

로 경화의 진행을 파악할 수 있다. 또한, 경화가 진행됨에 따라 석고 혼합물이 길모어 침(Gillmore needle)에 저항할 수 있을 정도의 충분한 강도를 가질 수 있는 시간을 측정하여 경화의 정도를 파악한다.⁷ 석고의 경화반응은 물 50 mL에 석고(Dental plaster, Mungyo Industrial Co. Korea) 100 g을 섞어서 1분 동안 spatulation 한 후에 측정하였다. 표면 윤기 소멸시간(loss of surface glistening time) 측정은 표면의 윤기가 없어지는 시간으로 치유 물과 혼합하기 시작한 시간으로부터 경화되어 가는 석고 표면에서 불기가 없어질 때까지의 시간이다. 초기경화시간은 압입 시험을 이용하여 혼합의 시작에서 무게가 14 파운드(113.4 g), 침의 직경이 1/12 inch(2.13 mm)의 길모어 침을 석고 혼합물 표면에 놓아 침의 압흔이 남지 않을 때까지이며, 최종경화시간(finial setting time)은 불과 분말을 혼합한 시간으로부터 무게가 1 파운드(453.62 g), 침의 직경이 1/24 inch(1.06 mm)의 길모어 침으로 압흔이 생기지 않을 때의 시간이다.⁷

실험 결과

염류의 침전반응(salt precipitation)

자화수와 증류수에서 BaSO_4 , BaCO_3 , CaCO_3 무기분들의 침전반응을 관찰한 결과, 증류수에 비하여 자화수에서 염류의 침전반응 속도가 증가되었으며, 관찰 결과는 Table 1과 같다. 즉, BaSO_4 침전반응에서는 대조군인 증류수보다 자화수에서 3.6% 정도 침전물이 많이 생성되었음을 관찰하였고, BaCO_3 침전반응에서는 자화수가 대조군인 증류수보다 3.8% 정도 침전물을 많이 생성하였고, CaCO_3 침전반응에서는 자화수가 대조군인 증류수보다 4.4% 정도 침전물을 많이 생성하였다.

석고의 경화반응

자화수와 증류수에서 석고의 경화반응을 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 석고의 경화반응 시간 측정 결과, 표면 광택시간(surface glistening time)은 대조군의 증류수에서는 약 5분 38초(STD, +30초)이었고, 자화수에서는 약 5분 55초(STD, +10초)이었다. 또한, 초기 경화시간(initial hardening time)은 대조군의 증류수에서는 약 11분 18초(STD, +20초)이었고 자화수에서는 약 11분 11초(STD, -27초)이었으며, 최종 경화시간(final hardening time)은 대조군의 증류수에서는 약 19분 34초(STD, +35초)이었으나 자화수에서는 약 17분 45초(STD, +49초)이었다(Fig. 1). 결과적으로 자화수가 대조

Table 1. Comparisons of salt precipitation rate between the control and magnetized water

Fraction	BaSO ₄		BaCO ₃		CaCO ₃	
	control	Mg	control	Mg	control	Mg
1	249.6	257.2	188.7	191.3	154.4	161.4
2	240.3	258.9	184.3	193.2	155.7	162.0
3	246.1	252.8	186.6	202.0	153.3	154.7
4	246.2	250.4	185.5	188.1	153.4	156.5
5	246.1	250.4	189.0	198.8	156.4	156.8
6	241.5	255.0	187.1	188.3	159.6	167.2
7	246.7	251.9	187.7	194.7	150.3	168.9
8	240.9	250.5	188.0	194.0	156.1	162.8
9	242.6	247.5	184.8	197.4	156.7	160.9
10	249.2	257.1	188.3	195.9	155.8	160.2
11	246.2	244.7	189.5	193.3	157.8	171.3
12	240.5	258.4	187.2	194.5	154.8	160.0
13	243.9	257.3	188.4	194.1	156.9	166.5
14	247.7	258.5	187.2	195.5	158.8	163.7
15	249.3	258.2	187.9	192.9	156.1	164.1
total	3676.8	3808.8	2810.2	2914.0	2336.1	2437.0
average	245.1	253.9	187.3	194.3	155.7	162.5
STD	3.28	4.52	1.51	3.60	2.32	4.67

*unit: mg, control: distilled water, Mg: magnetized water

Table 2. Comparison of hardening time of dental gypsum between the control and magnetized water

Fraction	Control water			Magnetized water		
	Surface glistening	Initial hardening	Final hardening	Surface glistening	Initial hardening	Final hardening
1	04 : 35	10 : 55	18 : 35	05 : 40	10 : 15	16 : 55
2	05 : 20	11 : 15	19 : 20	05 : 55	10 : 35	17 : 35
3	05 : 45	11 : 20	20 : 00	05 : 50	11 : 25	18 : 0
4	05 : 40	11 : 10	19 : 55	06 : 05	11 : 35	19 : 05
5	05 : 55	10 : 55	19 : 40	05 : 40	11 : 20	17 : 40
6	05 : 30	11 : 05	20 : 05	05 : 50	11 : 40	17 : 00
7	06 : 00	11 : 30	19 : 50	05 : 55	11 : 15	16 : 50
8	05 : 20	11 : 20	19 : 00	06 : 00	11 : 05	19 : 00
9	05 : 50	11 : 35	18 : 55	06 : 10	11 : 25	17 : 10
10	06 : 25	12 : 00	20 : 20	06 : 05	11 : 15	18 : 15
average	05 : 38	11 : 18	19 : 34	05 : 55	11 : 11	17 : 45
STD	00 : 30	00 : 20	00 : 35	00 : 10	00 : 27	00 : 49

*unit: min: sec

군의 종류수에 비하여 최종 경화시간이 현저하게 감소 되었음을 알 수 있다.

총괄 및 고찰

자화수가 각종 동식물의 성장을 촉진한다는 현상학적 인 보고는 잘 알려져 있는 반면에 자화수의 물리화학적

인 성질을 과학적으로 분석한 연구는 비교적 드물다.^{8,11} 본 연구는 자화수의 물리화학적 특성을 연구하는 일련의 과정에서 자화수가 염류들의 침전반응에 미치는 영향을 관찰함으로써 자화수 특성의 일부를 파악하고자 하였다. 자화수는 CaCl₂의 용해성을 증가시켜서 Ca²⁺의 농도가 자화수에서 증가됨이 다른 학자들에 의해 보고 되었으며,¹² 보일러 등의 물탱크의 물을 자화시키면 단

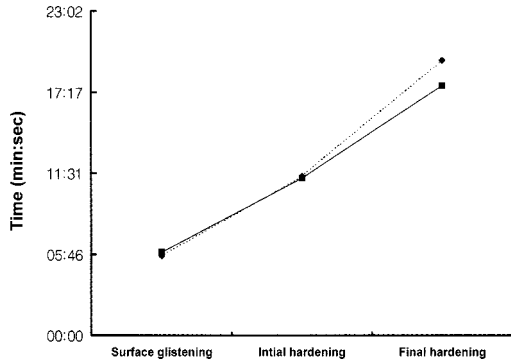


Fig. 1. Comparison of hardening time of dental gypsum plaster between the control and magnetized water.: control water, —: magnetized water.

단하게 석회화된 응고물이 생기지 않고 slough화되어 쉽게 제거되는 침전물이 생기는 것이 보고되었다.¹³ 이는 자화수가 염류의 이온 반응 속도를 증가시킴으로써 Ca^{2+} 의 용해성을 증가시키고 음이온과 쉽게 반응하여 신속한 침전반응을 일으키게 함으로써 일반적으로 보일러 내의 $CaCO_3$ 등의 석회화 침전반응이 서서히 일어나므로써 생기는 커다란 결정화를 막고 작은 결정체의 침전물이 증가되어, 보일러 내에 발생하는 석회화 침전물이 slough화된 침전물 상태로 바뀐 것이다. 또한 Higashitani 등은 자기장에 노출시킨 $CaCl_2$ 와 Na_2CO_3 수용액으로부터 자기장을 제거한 후, 두 수용액을 섞어 생기는 침전물인 $CaCO_3$ crystal의 특성 관찰을 하였지만, 어떤 특성있는 결과를 얻지는 못하였다.¹⁴

자화수가 염류의 이온 침전반응에서 대조군인 증류수에 비하여 염류의 용해도를 증가시킨 뿐만 아니라 본 연구에서 관찰한 바와 같이 이온화된 염류의 침전반응 속도를 증가시키 염류의 침전량이 증가됨은 특기 할만하다. 이는 이전의 연구에서 관찰한 자화수의 특성 중에서 자화수가 KCl, glycine, Tris-base, $MgSO_4$, 및 boric acid 등에서는 용해도가 증가되었으나 NaCl, sodium-citrate, urca, $(NH_4)_2SO_4$ 등에서는 오히려 용해도가 감소되는 현상과도 밀접한 관련이 있을 것으로 추측되는데, 이는 자화수가 모든 염류에 대하여 이온화를 증가시키는 것이 아니라 자화수의 구조화된 물분자 배열에 따라 선택적으로 염류의 이온화에 작용한다고 생각할 수 있다. 본 연구에서는 시험관 내에서 비교적 쉽게 일어나며, 발열량이 적은 침전반응을 일으키는 $BaSO_4$, $BaCO_3$, $CaCO_3$ 의 침전 반응을 관찰하였다. Ba^{2+} 와 Ca^{2+}

는 Na^+ 나 K^+ 들과는 달리 물분자의 구조화에 비교적 영향을 덜 미치고 SO_4^{2-} 나 CO_3^{2-} 와 만나면 자발적으로 침전반응을 일으키는 양이온으로서 침전반응을 비교하기에 적합하다. 본 연구에서 대조군인 증류수에 비하여 자화수에서 $BaSO_4$, $BaCO_3$, $CaCO_3$ 의 침전반응이 증가되었는데, 이는 자화수의 물분자가 구조화되면서 무수히 많은 cluster들을 형성함으로써 물분자 사이의 결합 및 반응력은 증가되지만 물분자와 다른 이온 물질간의 결합 및 반응력은 상대적으로 감소되어서 Ba^{2+} 와 Ca^{2+} 같이 비교적 약한 염류들이 대조군의 증류수에서 보다 자화수에서 침전반응 속도가 증가된 것이라고 생각된다.

결국 자화수는 대조군의 증류수와 비교해 무기물의 침전속도에 상이한 결과를 보이는데, 이는 용액 속에 녹아있는 이온들과 물분자와의 상호반응의 차이를 간접적으로 나타낸 것으로, 자화수가 대조군의 일반 증류수와는 다른 물분자 배열을 갖고 있음을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 자화수의 기억현상(memory effect)을 이용하여 24시간 동안 800 Gauss의 맥동성 자기장으로부터 얻은 자화수를 사용해, $BaSO_4$, $BaCO_3$, $CaCO_3$ 의 침전 반응 속도를 측정해 약 3.6~4.4% 정도 증가된 결과를 얻었으나, 만약 보다 높은 자기장으로 자화 처리되는 환경에서 염류의 침전반응을 관찰하면 훨씬 높은 침전반응속도의 증가를 기대할 수 있을 것이라고 생각한다.

한편, 물은 석고의 경화 반응에 밀접하게 관련되는데, 석고의 경화는 가수반응의 결과 $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O + \frac{1}{2}H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + 3900 \text{ cal/g mol}$ 로 나타낸다.

위의 화학반응은 발열 반응이며, 생성물은 단단한 구조의 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 의 석회결정체를 형성한다. 이와 같이 석고가 물과 수화반응하는 경우에는 물의 특성을 나타내는 물분자 배열 상태가 중요한 영향을 미치게 되는데,^{15,16} 결과적으로 자화수가 대조군의 증류수에 비하여 석고의 경화 반응을 촉진시키는 것으로 나타났다. 석고의 경화반응에서, 자화수는 표면 율백 시간(surface glistening time)이 증류수에 비하여 약간 증가되어 나타났으며, 초기 경화 시간(initial hardening time)은 서로 비슷하였지만 최종 경화 시간(final hardening time)은 증류수에 비하여 자화수에서 훨씬 감소되어 나타났다. 석고의 경화반응에 자화수를 사용한 이전의 연구에서, 보다 섬세하고 치밀한 구조의 석고 결정체가 만들어지는 것을 관찰하였는데,⁵ 본 연구에서는 석고의 가수 경화반응에서 대조군의 증류수와 자화수를 사용하였을 때 석고 결정체인 $CaSO_4$ 의 수화 경화반응 속도의 차이를

관찰하였다. 석고의 가수 경화반응은 일종의 물분자와의 침전반응으로서 $BaSO_4$ 나 $BaCO_3$ 등의 침전반응과 유사한데, $CaSO_4 \cdot H_2O$ 의 석고 분말이 가수 반응에 의하여 최종 경화 침전반응을 일으키는 것이다. 따라서 본 연구에서는 $CaCO_3$ 와 $CaSO_4$ 라는 두 개의 서로 다른 칼슘 침전물에 대한 평가를 할 수 있다. 자화수가 석고의 가수 경화 반응에 미치는 영향은 대체로 두단계(biphasic)로 나타나는데, 초기의 표면 광택시간이나 초기 경화시간에는 자화수의 효과가 거의 없어서 대조군의 증류수와 거의 유사한 반응속도를 보였으나, 최종 경화시간의 측정에서는 자화수를 사용한 경우에서 현저하게 신속한 경화 촉진 현상이 관찰되었다. 결과적으로 대조군의 증류수에서보다 자화수에서 석고의 최종 경화 속도가 현저하게 증가되었으므로, 이는 자화수의 불분자 배열이 갖는 특징이 석고의 수화반응에 영향을 미친 것으로 생각되며, 자화수의 불분자 cluster가 최종 경화 과정에서 $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ 의 석고분자와의 신속한 결정화를 이룬 것으로 추측된다. 자화수의 이러한 석고 결정화의 촉진 현상에 대한 결과는 이전에 연구한 자화수에 의한 석고 결정화 양상에서 일반 증류수에 비하여 자화수가 석고의 결정화를 증가시키며, 보다 치밀한 구조의 석고 결정을 만드는 현상과 일치한다.⁵

자화수의 물리화학적 현상은 일부의 무기질의 침전 및 가수반응에 국한되는 것이 아니라 광범위한 생물현상에 모두 나타날 수 있으므로 많은 학자들이 이에 대한 관심을 갖고 있다.^{4,6,17,18} 특히 최근에는 nano/micro clustered water라는 새로운 개념의 물이 생체에 중요한 영향을 미치는 것이 연구되어지고 있으며^{19,20} 앞으로 인류의 수자원의 어려움을 해결하기 위하여서는 물에 대한 폭넓은 연구가 수행되어야 할 것이다. 본 연구를 통하여 본 연구자들은 무기물과의 침전, 치환 및 가수 반응에서 자화수가 일반 증류수와 차이 나는 반응을 보이는 것을 관찰하였으며 이러한 현상을 인류생활에 이용하기 위해서는 앞으로 자화수의 분자 물리화학적 및 분자 생물학적 연구가 심도 있게 수행되어야 한다고 사료된다.

결 론

본 연구에서 일반 대조군 증류수와 자화수에서 염류의 침전반응 및 석고의 가수 경화 반응을 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. 무기물들의 침전반응 속도 관찰결과 일반 대조군의 증류수에서 보다 자화수에서 염류의 침전반응이 $BaSO_4$ 는 3.6%, $BaCO_3$ 는 3.8%, $CaCO_3$ 는 4.4%씩 각각 증가하였다.

2. 석고의 경화반응에서 표면 광택 시간(surface glistening time)은 증류수에서는 평균 5분 38초(STD. ± 30 초)였고 자화수에서는 평균 5분 55초(STD. ± 10 초)로 자화수에서 약간 증가하였으나, 초기 경화 시간(initial hardening time)은 증류수에서는 평균 11분 18초(STD. $+20$ 초)이고 자화수에서는 평균 11분 11초(STD. $+27$ 초)이었으며, 최종 경화 시간(Final hardening time)은 증류수에서는 평균 19분 34초(STD. ± 35 초)이지만 자화수에서는 평균 17분 45초(STD. ± 49 초)로 자화수에서 최종 경화시간이 증류수보다 현저하게 낮았다.

인 용 문 헌

- Lielmezs, J.; Alleman, H. *Thermochim. Acta.* **1977**, 21(2), 225.
- Simola, J.; Virtamo, J. *J. Phys.* **1978**, 11(19), 3309.
- Vacek, V. *Thermochim. Acta.* **1980**, 35(2) 181.
- Zhang, Y. S.; Wu, H. W. *Z. Urol. Nephrol.* **1987**, 80(9), 517.
- Jeon, S. I.; Kim, D.-R.; Lee, S. K. *J. Korean Chemical Soc.* **2001**, 45(2), 116.
- Colic, M.; Morse, D. *J. Colloid Interface Sci.* **1998**, 200, 265.
- O'Brien, W. J.; Ryge, G. *An Outline of Dental Materials and Their Selection*. W. B. Saunders Co., London, 1978.
- Schimmelpfeng, J.; Dertinger, H. *Bioelectromagnetics* **1997**, 18(2), 177.
- Hazlewood, C. E.; Nichols, B. L.; Chang, D. C.; Brown, B. *Johns Hopkins Med. J.* **1971**, 128(3), 117.
- Akber, S. F. *Med. Hypotheses* **1997**, 48(1), 71.
- Akber, S. F. *Eur. J. Radiol.* **1989**, 9(4), 198.
- Mohiaddin, R. H.; Firmin, D. N.; Underwood, S. R. *Br. Heart J.* **1989**, 62(2), 81.
- Caines, G. H.; Schleich, T.; Morgan, C. F.; Farnsworth, P. N. *Biochemistry* **1990**, 29(33), 7547.
- Higashitani, K.; Kage, A.; Katamura, S.; Imai, K.; Hatada, S. *J. Colloid Interface Sci.* **1993**, 156, 90.
- Ingram, G. S.; Horay, C. P.; Stead, W. J. *Caries Res.* **1992**, 26(4), 248.
- Tzialas, D.; Economidis, N. *J. Endod.* **1999**, 25(8), 539.
- Coe, J. M. D.; Cass, S. J. *Magnetism and Magnetic*

- Materials* **2000**, *209*, 71.
18. Higashitani, K.; Oshitani, J. *J. Colloid Interface Sci.* **1998**, *204*(2), 363.
19. Murphy, D.; Pinho, M. N. D. *J. Membrane Sci.* **1995**, *106*, 245.
20. Kawagoe, M.; Takeshima, M.; Nomiya, M.; Qiu, J.; Morita, M.; Mizuno, W.; Kitano, H. *Polymer* **1999**, *40*, 1373.
-