

## 치과용 아말감에서 유리된 수은이 수질에 미치는 영향

고재완 · 사공준\*†

영남대학교 환경보건대학원 보건학과, \*영남대학교 의과대학 예방의학교실

### The Effects on Water Quality of Mercury Released from Dental Amalgam

Jae-Wan Ko and Joon Sakong\*†

Department of Public Health, School of Environment and Public Health, Yeungnam University, Daegu, Korea  
\*Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine Yeungnam University, Daegu, Korea

#### ABSTRACT

**Objectives:** Based on the amount of amalgam, the duration of exposure, and the water pH, this study aims to investigate the change patterns in the mercury concentrations in water after amalgams have been introduced into sewage water. It is expected that the study results will be useful in improving the system for regulating the amount of mercury that is introduced into the environment.

**Methods:** During the study, a glass test-tube with a cap was washed and disinfected using the glass laboratory device washing method. Then, 1, 2, 3, and 4 tabs were placed into a 10 mL pH 4 solution and 10 mL pH 7 distilled water. Each specimen was prepared in duplicate. The mean of the two mercury concentrations was used as the representative value, and the mercury concentration was measured using a mercury measurement device (DMA-80, Milestone, Italy) a total of eight times at one-week intervals.

**Results:** The results show that the lower was the pH, the higher was the amount of amalgam. Also the longer was the duration, the more significant was the increase of mercury concentration in the water.

**Conclusions:** Dental clinics are collected separately from dental clinics that used them. Given this, dental clinics in Korea must have the necessary facilities to separately collect mercury at their level. In addition, proper disposal systems and social attention to the proper management of dental wastes are required to prevent environmental pollution from mercury.

**Keywords:** Dental amalgam, mercury, water quality, public health

## I. 서 론

수은(43~54%)과 은, 주석, 구리(46~57%)로 구성된 치과용 아말감은 150년 동안 사용되어온 가장 오래된 치과용 충전재료로써 내구성이 좋으며 적용 범위가 넓고, 조작의 용이함과 시간적, 경제적 장점으로 현재까지도 많이 사용되고 있다(Kim, 2009).

치과용 아말감은 매년 약 1.4톤 사용되고 있으나,

폐기처리에 대한 규정이 없어, 의료기관의 일반 감염성 폐기물에서 배출되는 수은은 감염성 폐기물과 분리수거가 되지 않고 있는 실정이다(Ministry of Environment, 2006).

치과용 아말감의 수명은 외국의 경우 5.5년에서 11.5년 사이로 다양하게 보고되고 있지만(Maryniuk & Kaplan, 1986), 2차 우식, 변연부 부적합, 아말감 파절, 치아파절, 동통 등으로 인하여 아말감 수명을

†Corresponding author: Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine Yeungnam University, Daegu 705-717, Korea, Tel: +82-53-620-4372, Fax: +82-53-623-4399, E-mail: jjsakong@gmail.com  
Received: 10 January 2018, Revised: 12 February 2018, Accepted: 19 February 2018

3년으로 보고한 국내의 연구도 있다(Lim, 1991).

외국에서 보고된 환경 내 아말감 유출 실태를 살펴보면 독일의 경우 제조된 아말감의 약 46% 만이 사용되어 나머지는 흡입시스템을 통해 수거되지만 작은 입자들은 하수로 배출되고 있으며(Appel et al., 1989), 미국의 경우 치과용 진료의자에서 발생하는 치과용 아말감 폐기물 총 29.7톤 중, 치과 의료기관에서 29.4톤이 수거되지만, 0.3톤은 지표수로 유출되는 것으로 보고되고 있다(American Dental Association, 2005). 한편, 미생물을 이용한 하수처리시설에서도 메틸수은이 인공적으로 생성되는데 이 경우 메틸수은의 농도는 매우 높아 특별한 재처리가 필요하다는 보고도 있다(Stone, 2003; Lee et al., 2005).

치과, 병원, 실험실에서 하수로 배출되는 치과용 아말감은 수질 내 수은 농도를 증가시키는 것으로 알려져 있으며(Fan et al., 1997), 금붕어 어항에 아말감을 넣고 28일 후 분석한 결과 금붕어의 간, 뇌, 근육 등에 수은이 축적되었다는 보고도 있다(Kennedy, 2003). 하수로 배출된 수은은 미생물에 의하여 메틸수은으로 변환된 후 플랑크톤과 소형어패류, 대형어패류에 축적되고, 어패류 섭취를 하는 경우 인체로 흡수될 수 있다.

우리나라의 경우 폐기물관리법상 치과 의료기관에서 배출되는 고상 의료폐기물은 전용의 보관창고에서 일정 기간 보관 후 소각 또는 멸균 분쇄처리하도록 규정하고 있다. 또한 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에서는 종합병원 규모 이상의 의료기관에서 발생하는 의료폐기물 중 액상의 혈액, 체액, 분

비물 등은 폐수배출시설에서 처리하도록 하고 있지만, 현재 미비한 법적 규정과 관리지침에 관한 중요성에 대한 인식 부족으로 일부 치과 의원에서 오·폐수 및 의료폐기물 관리가 부적절하게 이루어지고 있어 제거된 아말감이 하수에 유입되기도 한다(Kim, 2010).

수질영향이 사람에게 건강영향을 야기할수 있으므로 수은이 포함된 아말감 폐기물이 수질로 유출될 경우 발생할 수 있는 유해성을 예측하기 위해서는 치과용 아말감에 포함된 수은이 수질에 미치는 영향에 대한 평가가 우선 되어야 하나 치과용 아말감이 하수에 유입되었을 때 수질 내 수은 농도의 변화 양상에 관한 연구는 현재까지 국내에서 보고된 바가 없다.

이 연구는 아말감이 하수에 유입 되었을 때를 가정하여 아말감의 양, 노출기간, 수질 pH에 따른 수질 내 수은 농도의 변화 양상을 평가하여 환경으로 유입되는 수은을 규제하기 위한 제도 개선에 활용하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험방법

마개가 있는 유리 시험관을 초자기구 세척법에 의해 소독 후 pH 4 용액과 pH 7 용액 10 mL에 분말형 아말감 혼합기를 사용하여 0.76 g의 무게인 1 tablet은 은(34%), 주석(13.25%), 구리(2.5%), 아연(0.25%), 수은(50%)의 캡슐형태로 혼합하여 각각 1, 2, 3, 4 Tab을 제조 투입한 후 1주 간격으로 총 8회

**Table 1.** Experimental method of water mercury concentration by pH and exposure duration

pH	Tab	1	2	3	4	5	6	7	8 (week)
pH4	0	S <sub>401</sub> *	S <sub>402</sub>	S <sub>403</sub>	S <sub>404</sub>	S <sub>405</sub>	S <sub>406</sub>	S <sub>407</sub>	S <sub>408</sub>
	1	S <sub>411</sub>	S <sub>412</sub>	S <sub>413</sub>	S <sub>414</sub>	S <sub>415</sub>	S <sub>416</sub>	S <sub>417</sub>	S <sub>418</sub>
	2	S <sub>421</sub>	S <sub>422</sub>	S <sub>423</sub>	S <sub>424</sub>	S <sub>425</sub>	S <sub>426</sub>	S <sub>427</sub>	S <sub>428</sub>
	3	S <sub>431</sub>	S <sub>432</sub>	S <sub>433</sub>	S <sub>434</sub>	S <sub>435</sub>	S <sub>436</sub>	S <sub>437</sub>	S <sub>438</sub>
	4	S <sub>441</sub>	S <sub>442</sub>	S <sub>443</sub>	S <sub>444</sub>	S <sub>445</sub>	S <sub>446</sub>	S <sub>447</sub>	S <sub>448</sub>
pH7	0	S <sub>701</sub>	S <sub>702</sub>	S <sub>703</sub>	S <sub>704</sub>	S <sub>705</sub>	S <sub>706</sub>	S <sub>707</sub>	S <sub>708</sub>
	1	S <sub>711</sub>	S <sub>712</sub>	S <sub>713</sub>	S <sub>714</sub>	S <sub>715</sub>	S <sub>716</sub>	S <sub>717</sub>	S <sub>718</sub>
	2	S <sub>721</sub>	S <sub>722</sub>	S <sub>723</sub>	S <sub>724</sub>	S <sub>725</sub>	S <sub>726</sub>	S <sub>727</sub>	S <sub>728</sub>
	3	S <sub>731</sub>	S <sub>732</sub>	S <sub>733</sub>	S <sub>734</sub>	S <sub>735</sub>	S <sub>736</sub>	S <sub>737</sub>	S <sub>738</sub>
	4	S <sub>741</sub>	S <sub>742</sub>	S <sub>743</sub>	S <sub>744</sub>	S <sub>745</sub>	S <sub>746</sub>	S <sub>747</sub>	S <sub>748</sub>

\*S<sub>401</sub> means water sample of pH 4.0, 0 Tab, 1 week.

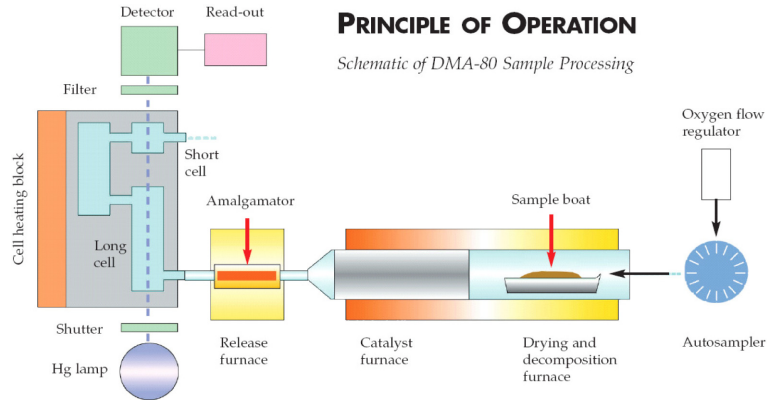


Fig. 1. Automatic mercury analyzer.

연속하여 측정하였다(Table 1). 하수의 수질환경기준이 pH 6.0~8.5(국가법령정보센터, 2011)인 점과, 빗물의 산성도가 pH 4.1~4.9인 점에(한치복, 2010) 착안하여 시험관 내 증류수를 NaOH를 이용한 pH 7 용액과, HCl을 이용한 pH 4용액을 제조하여 Tab을 투입하였다.

측정 오차(measurement error)를 줄이기 위해 동일 조건의 시험관을 2개씩 제조하여 2개 수은 농도의 평균을 대표 값으로 하였다. 분석시간 오차를 줄이기 위해 한명의 실험자가 분석하였고, 밀폐용 테이프를 사용하여 수은 이온의 증발을 최대한 막았으며 적절한 온도를 유지하기 위해 제한점으로 항온수조를 사용하였다.

수은농도의 차이점을 분석하기 위해 10 mL 시험관에서 0.1 mL의 시료를 추출하여 수은 전용 분석기(DMA-80, Milestone, Italy)로 측정하였다(Fig. 1). 수은의 농도는 ppb 단위로 측정하였고, 수은의 용출량 변화 양상을 표와 그래프로 표기하였다. 통계적 분석은 비모수 검정인 Kruskal-Wallis 검정과 모수 검정인 반복측정 분산분석을 시행하였다.

### III. 결 과

아말감을 pH 4 용액에 투입하였을 때 1 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 144.8 ppb에서, 8주 경과 후 634.6 ppb로 증가하는 양상을 보였다. pH 7 용액에 투입하였을 때 1 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 142.7 ppb 에서, 8주 경과 후 662.2 ppb 로 증가하는 양상을 보였다.

Table 2. Water mercury concentration by pH and exposure duration of 1 Tab amalgam (unit: ppb)

Duration (week)	pH 4	pH 7
1	144.8*	142.7
2	160.0	189.4
3	313.1	219.5
4	329.4	233.1
5	558.6	451.3
6	537.9	557.2
7	587.8	621.5
8	634.6	662.2
p value	0.063	0.055

\*Mean value of 2 tubes water mercury concentrations.

pH 4와 pH 7의 차이로는 1주 경과 후 pH 7에 비해 pH 4 수은 용출량이 2.1 ppb 에서, 8주 경과 후 pH 4에 비해 pH 7 수은 용출량이 27.6 ppb 더 높았다(Table 2).

pH 4 용액과 pH 7 용액에 1 Tab을 넣었을 때 4주 후부터 수은 농도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. pH 4 용액에 1 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며, pH 7 용액에 1 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이도 통계적으로 유의하지 않았다.

아말감을 pH 4 용액에 투입하였을 때 2 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 153.0 ppb에서, 8주 경과 후 1490.3 ppb로 증가하는 양상을 보였다. pH 7 용액에 투입하였을 때 2 Tab의 경우 수은농도가 1

**Table 3.** Water mercury concentration (ppb) by pH and exposure duration of 2 Tab amalgam

Duration (week)	pH 4	pH 7
1	153.0*	214.3
2	206.9	330.8
3	376.6	652.4
4	509.4	737.4
5	1020.2	760.7
6	1252.9	791.4
7	1476.4	831.8
8	1490.3	902.9
p value	0.047	0.060

\*Mean value of 2 tubes water mercury concentrations.

주 경과 후 214.3 ppb에서, 8주 경과 후 902.9 ppb로 증가하는 양상을 보였다.

pH 4와 pH 7의 차이로는 1주 경과 후 pH 4에 비해 pH 7 수은 용출량이 61.3 ppb에서, 8주 경과 후 pH 7에 비해 pH 4 수은 용출량이 587.4 ppb 더 높았다(Table 3).

pH 4 용액에 2 Tab을 넣었을 때 4주 후부터 수은 농도가 급격히 증가하여 pH 7 용액 보다 약 2배 차이가 나타나는 것으로 나타났다. pH 4 용액에 2 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이는 통계적으로 유의하였으며( $p < 0.05$ ), pH 7 용액에 2 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

3 Tab 아말감을 pH 4 용액에 투입하였을 때 수은 농도가 1주 경과 후 259.7 ppb에서, 8주 경과 후 2973.9 ppb로 증가하는 양상을 보였다. pH 7 용액에 투입하였을 때 3 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 280.1 ppb에서, 8주 경과 후 2302.1 ppb로 증가하는 양상을 보였다.

pH 4와 pH 7의 차이로는 1주 경과 후 pH 4에 비해 pH 7 수은 용출량이 20.4 ppb에서, 8주 경과 후 pH 7에 비해 pH 4 수은 용출량이 671.8 ppb 더 높았다(Table 4).

pH 4 용액과 pH 7 용액에 3 Tab을 넣었을 때 1주 후부터 수은 농도가 현저하게 증가하는 것으로 나타났다. pH 4 용액에 3 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이는 통계적으로 유의하였으며, pH 7 용액에 3 Tab을 넣었을 때 시간경과에

**Table 4.** Water mercury concentration by pH and exposure duration of 3 Tab amalgam (unit: ppb)

Duration (week)	pH 4	pH 7
1	259.7*	280.1
2	1361.9	463.4
3	1472.7	1015.9
4	1765.3	1326.9
5	1873.1	1757.3
6	2461.1	2051.8
7	2861.0	2161.7
8	2973.9	2302.1
p value	0.049	0.045

\*Mean value of 2 tubes water mercury concentrations.

**Table 5.** Water mercury concentration by pH and exposure duration of 4 Tab amalgam (unit: ppb)

Duration (week)	pH 4	pH 7
1	1280.4*	421.9
2	2140.3	616.5
3	2863.9	1635.3
4	3698.8	2250.0
5	4280.9	2401.5
6	5241.2	2715.9
7	6221.0	3173.5
8	6386.0	3243.5
p value	0.045	0.046

\*Mean value of 2 tubes water mercury concentrations.

따른 수은 농도의 차이도 통계적으로 유의하게 나타났다( $p < 0.05$ ).

아말감을 pH 4 용액에 투입하였을 때 4 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 1280.4 ppb에서, 8주 경과 후 6386.0 ppb로 증가하는 양상을 보였다. pH 7 용액에 투입하였을 때 4 Tab의 경우 수은농도가 1주 경과 후 421.9 ppb에서, 8주 경과 후 3243.5 ppb로 증가하는 양상을 보였다.

pH 4와 pH 7의 차이로는 1주 경과 후 pH 7에 비해 pH 4 수은 용출량이 858.5 ppb에서, 8주 경과 후 pH 7에 비해 pH 4 수은 용출량이 3142.5 ppb 더 높았다(Table 5).

pH 4 용액과 pH 7 용액에 4 Tab을 넣었을 때 1주 경과부터 수은 농도가 현저하게 증가하는 것으로 나타났으며, 같은 시점에서 pH 4 용액이 pH 7 용

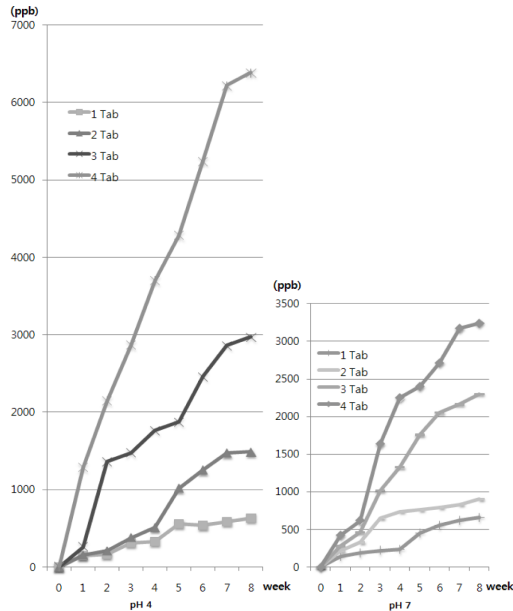


Fig. 2. Water mercury concentration by pH, exposure duration, and number of amalgam tablet.

액 보다 2배정도 수은의 용출량이 많은 것으로 나타났다. pH 4 용액에 4 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이는 통계적으로 유의하였으며, pH 7 용액에 4 Tab을 넣었을 때 시간경과에 따른 수은 농도의 차이도 통계적으로 유의하게 나타났다( $p < 0.05$ ).

pH 4 용액과 pH 7 용액에 아말감 Tab 수를 달리 하여 시간의 경과에 따른 수질의 수은 농도를 1주간격으로 측정된 값을 Fig. 2에서 비교하였다. 반복 측정자료의 분산분석을 이용하여 Tab 수에 따른 구간 차이와 시간의 경과에 따른 차이는 pH 4 용액과 pH 7 용액 모두에서 유의하게 나타났다( $p < 0.01$ ).

#### IV. 고 찰

수질 내 수은의 용출량은 수온에 영향을 크게 받는다는 점과(Lee et al, 1998), 여름철 하수의 수온이 22.1~26.8°C인 점(Lee et al., 2007)을 고려하여, 본 실험에서는 항온수조를 이용하여 Tab을 투입한 Tube의 수온을 25°C로 일정하게 유지하였다.

환경으로 배출된 수은은 생태계의 먹이사슬을 거치면서 농축되는 성질이 있어 농·축산물 및 수산물

을 통하여 인체 내로 유입되며, 미량의 수은이라도 장시간 폭로 시 인체에 유해한 영향을 주는 주요한 환경오염물질이 될 수 있다. 또한, 직업적으로 수은에 특별히 폭로된 적이 없음에도 불구하고 수은의 오염지역에 거주하는 일반 주민들에게서 급·만성 수은 중독이 발생한 사례도 있다(Putman, 1972).

수은 노출 수준은 생활주변의 환경오염 정도, 식생활 양식과 개인적 기호품 등의 영향을 받으므로 수은의 체내 흡수량은 국가나 지역적으로 많은 차이가 있을 수 있다. 우리나라의 경우 작업장에서의 근로자의 수은 노출에 관한 연구가 대부분이며, 일반인에서의 연구는 적은 실정이다(HO et al., 2006).

수은 화합물의 독성은 대부분 중추신경계에 영향을 미치나, 신장과 면역계에도 영향을 미칠 수 있다. 유기수은은 뇌혈관장벽(blood-brain barrier)을 쉽게 통과하므로 태아와 아동은 성인보다 수은 노출에 매우 민감하다(Fowler and Woods, 1977; Magoes et al., 1987; Woods, 1989). 이러한 수은의 유해성 때문에 각국에서는 아말감 사용을 규제하고 있는데, 미국에서는 1993년 치과용 아말감 생산자들에게 아말감 제품 포장지에 아말감 독성의 경고성 문구를 삽입해야 하는 법을 제정하였고, 미국 식품의약국(FDA)은 ‘치과용 아말감 합금, 치과용 수은’의 위험성을 중간 위험도(Class II)로 상향조정하고 특히 수은에 과민반응이 있는 환자에 대해서는 치과용 아말감 사용에 주의해야 한다고 권고하였다(FDA, 2009).

이 연구를 통하여 아말감이 하수로 유입되었다고 가정하고 pH와 아말감의 양, 시간에 따른 수은 농도의 변화양상을 관찰하였을 때, pH 4에서 pH 7보다 현저하게 많은 수은이 용출되어 pH가 수질의 수은오염에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타나 pH가 낮을수록, 아말감의 양이 많을수록, 노출 기간이 길어질수록 수질 내 수은 농도는 현저하게 증가하는 양상을 보였다.

아말감으로부터 유리되는 수은의 양은 아말감을 포함하는 용매의 pH에 의해 큰 영향을 받는다. 이는 pH가 낮을수록 모든 무기이온들이 더 많이 용출되는 또 다른 연구에서도 입증된 바가 있다(Khosbayer, 2006). 이 연구에서도, pH에 의해서 수은 농도가 큰 영향을 받는 것으로 나타나 기존의 연구들과 일치하는 소견을 보였다.

치과용 아말감 Tab의 수에 비례하여 수은 농도가

증가하는 양상은 pH에 따라 다르게 나타났다. 즉, pH 7 용액인 경우 Tab의 수에 비례하여 수은 농도가 증가하는 양상을 보였으나 pH 4 용액인 경우 Tab의 수가 많을수록 수은 농도가 급격하게 증가하는 양상을 보였다.

기간이 증가함에 따라 비례하여 수은 농도가 증가하는 양상을 보였는데 본 연구는 최대 관찰기간이 8주에 그쳐 이상의 시간이 경과한 후의 양상을 관찰하지 못하였으나 8주간의 증가양상을 고려할 때 수은의 용출은 오랜 기간 지속될 것으로 예측된다.

치과 의료기관에서 아말감을 제거할 때, 수은이 환경 내로 유출되는 것을 예방하는 것이 매우 중요하다. 미국의 경우 치과용 진료의자에서 발생하는 치과용 아말감 폐기물 중 수은 1톤을 수거하는데 3억 8천만~5억 7천만 달러를 사용할 정도로 수은이 환경으로 유출되는 것을 막기 위해 노력하고 있다(ADA).

우리는 치과 의료기관이 자체적으로 수은을 분리수거 할 수 있는 설비를 갖추는 것이 필요할 것이다. 또한 수은에 의한 환경오염을 예방하기 위해 국내에서 사용되는 아말감의 소비량, 폐기량 및 수거량에 대한 조사가 이루어 져야 하고, 치과 의료폐기물의 적절한 관리에 대한 제도적 장치와 사회적 관심이 필요할 것이다.

## V. 결 론

치과용 아말감은 매년 약 1.4톤 사용되고 있으나, 폐기처리에 대한 규정이 없어, 감염성 폐기물과 분리수거가 되지 않고 있는 실정이다. 수은이 포함된 아말감 폐기물이 수질로 유출될 경우 발생할 수 있는 위해성을 예측하기 위해서는 치과용 아말감에 포함된 수은이 수질에 미치는 영향에 대한 평가가 우선 되어야 하나 치과용 아말감이 하수에 유입되었을 때 수질 내 수은 농도의 변화 양상에 관한 연구는 현재까지 국내에서 보고된 바가 없다.

환경으로 유입되는 수은을 규제하기 위한 제도 개선에 활용하기 위하여 아말감이 하수에 유입 되었을 때를 가정하여 아말감의 양, 노출기간, 수질 pH에 따른 수질 내 수은 농도의 변화 양상을 평가하였다.

분말형 아말감 혼합기를 사용하여 은, 주석, 구리, 아연, 수은을 비율에 따라 혼합하여 0.76 g의 무게로 tablet을 만들어 유리 시험관을 초자기구 세척법

에 의해 소독 후 pH 4 용액과 pH 7 용액 10 mL에 1, 2, 3, 4 Tab을 투입하고 모든 시료는 2개씩 제조하여 2개 수은 농도의 평균을 대표값으로 하여 1주간격으로 총 8회 연속하여 수은 전용 분석기로 측정하였다.

pH 4에서 pH 7보다 현저하게 많은 수은이 용출되어 pH가 수질의 수은오염에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타났으며 치과용 아말감 Tab의 수에 비례하여 수은 농도가 증가하는 양상을 보였다. 아말감이 투입된 pH 7 용액인 경우 Tab의 수에 비례하여 수은 농도가 증가하는 양상을 보였으나 아말감의 투입된 pH 4 용액인 경우 Tab의 수가 많을수록 수은 농도가 급격하게 증가하는 양상을 보였고, 기간이 증가함에 따라 비례하여 수은 농도가 증가하는 양상을 보였다. 결과적으로 pH가 낮을수록, 아말감의 양이 많을수록, 기간이 길어질수록 수질 내 수은 농도는 현저하게 증가하는 양상을 보였다.

치과 의료기관에서 아말감을 제거할 때, 수은이 환경 내로 유출되는 것을 예방하는 것이 매우 중요하다. 미국의 경우 치과에서 사용된 수은의 약 80%가 치과 의료기관에서 자체 분리수거 됨을 고려할 때 우리나라도 치과 의료기관이 자체적으로 수은을 분리수거 할 수 있는 설비를 갖추는 것이 필요할 것이다. 또한 수은에 의한 환경오염을 예방하기 위해 국내에서 사용되는 아말감의 소비량, 폐기량 및 수거량에 대한 조사가 이루어 져야 하고, 치과 의료폐기물의 적절한 관리에 대한 제도적 장치와 사회적 관심이 필요할 것이다.

## References

1. American Dental Association. Summary of Recent Study of Dental Amalgam in Wastewater. 2005.
2. Appel, H.G., Volkel, G., Rahimy, S.I. Environmental pollution by tooth amalgam. Biomed Tech (Serc), 34: 242-243, 1989.
3. Fan, P.L., Arenholt-Bindslev, D., Schmatz, G., Halbach, S., Berendsen, H. Environmental issues in dentistry-mercury. International Dental J. 47, 105-109, 1997.
4. Food and Drug Administration. Class II Special Controls Guidance Document: Dental Amalgam, Mercury, and Amalgam Alloy-Guidance for Industry and FDA Staff. 2009.
5. Fowler, B.A. and Woods J.S. Ultrastructural and

- biochemical membranes and changes in renal mitochondrial function. In: Trump, B.F., Arstila, A.U. (Eds). Pathobiology of Cell Membranes. Academic Press, N.Y., 1977.
6. Han, C.B.. A Study on the Characteristics of Rainwater and Storage Rainwater Quality in Urban Area. Graduate school of Environmental Engineering Changwon National University. 2010.
  7. Ho, M.G., Lim, Y.Y., Lim, J.H., Yang, J.Y., Shin, D.C.. A Study on the association Between factor of health/life and blood mercury concentration. J. Environ. Toxicol., 229-238. 2006.
  8. Kennedy, C.J. Uptake and accumulation of mercury from dental amalgam in the common goldfish, *Carassius auratus*, Environmental Pollution. 121: 321-326, 2003.
  9. Khosbayan Maravdorj. The Effect of Lactic Acid with Different pH values on Dental Amalgams. The Graduate School Kyungpook National University, 2006.
  10. Kim, I.G. Clinical Dental Material. 3 editions, Koonja Publisher. 73-87, 2009.
  11. KIM, H.J. Dental Waste Management Practices of Dental Offices in Gyeongsangnam-do. Department of Public Health Graduate school of Environment and Public Health Yeungnam University, 2010.
  12. Lee, S.O., Won, H.S., Lee, D.S. Degradation of highly concentration. 1440-1446, 2005.
  13. Lee, D.s., G.J., Dollard, S. Pepler. Gas-phase mercury in the atmosphere of the United Kingdom. Atmospheric Environment, 32, 855-864, 1998.
  14. Lee, Y.H., Shin, H.J., Yoon, H.C., Park, H.G. Heating and Cooling System using the Sewage Source Absorption Refrigeration and Heat Pump Cycle. Journal of the Korean Solar Energy Society, 19-26, 2007.
  15. Lim, M.K. Evaluation of the longevity of the Amalgam. Korean Academy of Conservative Dentistry, 16-23, 1991.
  16. Magos, L., Clarkson, T.W., Aparrow, S. Hydson, A.R. Comparison of the protection given by selenite, selenomethione and biological selenium against the reotoxicity of mercury. Archives Toxicology. 60: 422-426, 1987.
  17. Maryniuk, G.A., Kaplan, S.H. Longevity of restoration: survey results of dentists' estimates and attitudes. JADA 112: 39, 1986.
  18. Methylmercury by *Pseudomonas balearica*, Korean Society of Environmental engineers. 1440-1446, 2005.
  19. Ministry of Environment. Mercury Management Comprehensive Plan. 2006.
  20. National Legal Information Center. Environmental Standards (Article 2 related). 2011.
  21. Putman, J.J. Quicksilver and slow death. Natl. Geogr. Mag, 144: 507, 1972.
  22. Stone, M.E., Cohen, M.E., Liang, L., Pand, P. Dental Materials. 19, 765, 2003.
  23. Woods, J.S. Mechanisms of metal-induced alterations of cellular heme metabolism. Comments Toxicology, 3: 3-25, 1989.