

논문 2008-45SC-6-7

# SEM/EDS 분석을 통한 수용성 제독제의 오염 항공기 적용 가능성 연구

( A Study on the Applicability of Water-soluble Decontaminant to the  
Contaminated Aircraft Using SEM/EDS analysis )

김 재 균\*, 김 익 식\*\*, 신 기 수\*\*\*

( Jae-Kyun Kim, Ik-Sik Kim, and Ki-Su Shin )

## 요 약

"빈자의 핵무기"로 불리는 생화학무기는 북한의 단기 속전속결 전략과 부합되는 대량살상무기이다. 생화학무기는 아군의 작전수행에 많은 위협을 야기할 뿐만 아니라 국민들의 불안심리와 공포심을 유발할 수 있는 무기로 개전 초부터 지속적으로 전후방 주요 목표를 공격할 것이다. 생화학무기 방어능력 제고를 위해 우리나라에는 군 독자적 또는 민·군 협동으로 생화학전에 대비한 많은 훈련을 수행하고 있으며, 제독제의 개발에도 힘쓰고 있다. 이에 본 연구는 현재 세척수준에 머물고 있는 항공무기 체계에 대한 제독능력 향상을 위해 주둔지 및 궤도/차량형 장비에만 제한적으로 사용되고 있는 수용성 제독제의 항공무기체계 적용 가능성에 대하여 연구를 수행하였다. 이론적 접근과 기존 연구사례를 분석한 결과, 수용성 제독제 적용시 현재 사용되고 있는 상용세제보다 제독능력이 50% 이상 향상될 것으로 기대되며, 부식영향성 평가결과도 상용세제와 비교하여 위험성이 낮은 것으로 나타났다.

## Abstract

Biochemical weapons, called as a poor nation's nuclear-weapon, are most favorable Weapons of Mass Destruction(WMD). At the beginning of war, these biochemical weapons, which can threaten the operations of our forces and cause the anxiety and chaos of people, should be used to attack our principle facilities. And these attacks might be conducted as a long term scenario over the war.

Consequently, our military training as well as civilian-military joint training have been focused on these circumstances to improve defense capability against the invasion of biochemical weapons. Add to these efforts, there have been a lot of researches to develop advanced decontaminations that can secure our troops and equipments.

In this study, applicability of the water-soluble decontaminant for the contaminated aircraft was evaluated. The water-soluble decontaminant has been applied to the military stations and ground weapon systems only. According to the theoretical analyses and published papers, the water-soluble decontaminant has been shown better decontamination capability than commercial cleaner by roughly 50%. Furthermore, as a result of experiment efforts in this study, it was showed that the water-soluble decontaminant can reduce corrosion risk which is primary concern for the aircraft structures.

**Keywords :** 제독(Decontamination), 부식(Corrosion), 수용성 제독제(Water-soluble Decontaminant)

## I. 서 론

생화학무기는 저비용으로 개발이 가능하고 쉽게 제

조할 수 있는 장점으로 인해 북한을 비롯한 불량국가에서는 비대칭 전략을 구사하기 위한 목적으로 다량을 보유하고 있다. 세계 3위의 생화학무기 보유국가로 알려진 북한은 다량의 생화학무기로 개전 초부터 지속적으로 전후방 주요 목표를 공격할 것이다. 랜드연구소의 베넷박사의 발표<sup>\*</sup>에 따르면 북한이 생화학무기를 사용

\* 학생회원, \*\*\* 정회원, 국방대학교 무기체계학과  
(Dept. of Weapon Systems, Korea National Defense University)

\*\* 정회원, 항공기술연구소  
(Aero Technology Research Institute)

접수일자: 2008년10월20일, 수정완료일: 2008년10월22일

<sup>\*</sup> Bruce Bennett, "North Korea's threat to south Korea", march 7, 2003

할 경우 한·미 연합군의 군사능력에도 상당한 위협이 되는 것으로 나타났다. 생화학무기는 살상능력이 뛰어나고 기습공격이 가능하므로 단기 속전속결 전략을 가지고 있는 북한의 전략과 부합되는 대량살상무기로 현 보유량만도 6천톤 이상으로 추정되고 있다. 더욱이 화학무기 생산능력이 평시에는 연간 약 5천톤, 전시에는 1만 2천 톤까지 가능하며 생물무기도 1980년대부터 개발을 시작하여 현재 13여종을 보유하고 있기 때문에 실제 유사시의 위협은 훨씬 더 증가할 것으로 전망된다. 이에 따라 우리나라는 민·군 합동으로 생화학전에 대비한 각종 훈련을 수행하고 있으며, 제독제의 개발에도 많은 노력을 기울이고 있다.

## II. 본 론

### 1. 제독의 정의 및 일반적인 제독방법

제독이란 화·생·방 오염에 노출된 인원 및 장비에 대한 전투효율 개선과 전투력 복원을 목적으로 수행하는 제반절차를 말한다. 화생방 작용제에 노출된 인원, 장비, 물자, 시설 및 지역 등에 대하여 중화, 제거, 소독, 파괴의 과정을 통해 위험 수준을 낮추고, 완전한 전투력을 회복을 위하여 이러한 제독작전은 신속하고 지속적으로 실시하여야 한다. 제독은 인원 및 장비의 오염에 따라 개인 기본제독, 급속제독, 정밀제독으로 구분된다. 개인 기본제독은 개인의 생존성 보장을 위해 가장 기초가 되는 제독으로, 개인에게 지급된 개인제독제(KD-1)를 이용한다. 급속제독은 오염된 임무형 보호태세 장비 및 물자 교환, 장비세척을 통해 오염물을 제거함으로써 인원이나 장비 등의 오염물질로부터의 위험을 줄일 수 있으나 방독면을 벗을 정도의 안전성은 보장되지 않는다. 마지막으로 정밀제독은 오염된 인원, 장비제독을 포함하여 통상 연대급 이상에서 화학부대의 인원 및 장비를 지원받아 오염물질을 제거/중화시킴으로써 오염인원 및 장비 등을 무시할 수 있는 위험수준으로 제독하는 것을 말한다. 그리고 제독방법에 따른 분류로는 화학약품(수용성 제독제:지역/장비용, DS-2:장비용, STB:지역용)을 사용하여 작용제를 중화시키는 화학적 처리법, 다량의 물이나 대체 제독제(상용세제, 탄산나트륨)를 뿌려서 표면으로부터 오염물질을 세척하는 제거법이 있다. 현재 궤도/차륜형 장비의 경우에는 화학적 처리법을 적용하고 있는 반면, 항공 무기체계에는 다량의 물이나 비눗물을 사용하여 오염물을 제거하는 세척 수준의 제거법이 사용되고 있다.

### 2. 현행 항공무기체계의 제독방법

항공기 제독은 임무상황에 따라 급속제독과 정밀제독으로 구분된다. 급속제독은 화생방 물질에 오염된 항공기의 긴급 재출동이 요구되는 경우 조종사 교대를 위한 탑승로와 재급유 및 재무장을 위한 부분만을 간이 제독하는 방법이다. 총 2단계로 나뉘어지는 급속제독은, 1단계는 외부세척 단계로써 개인제독제를 활용하여 물기 취약부분을 중심으로(엔진부분, MainRoter 등)로 제독 후 방수 조치한 상태에서 외부에 흡착된 오염물질을 물을 이용하여 최대한 제거하고 상용세제를 살포한다. 2단계는 내부제독 및 검사단계로써 항공기 출입문을 개방 후 환기시켜 내부 오염공기를 밖으로 배출시키고 개인제독제를 활용하여 조종사의 접촉이 빈번한 부분을 제독한다.

정밀제독은 비행임무 종료 후 충분한 시간을 통해 항공기 전부분을 제독하는 방법이다. 총 5단계로 나뉘어지는 정밀제독은 1,2단계는 최초 세척 및 제독용액 살포단계로 외부에 묻은 오염물질을 최대한 제거 후 화학작용제의 세척을 위하여 상용세제를 살포한다. 3단계는 반응대기 및 내부제독 단계로써 화학작용제와 상용세제가 반응할 수 있는 시간을 충분히 주고 전문제독 요원이 항공기 내부를 제독한다. 4단계는 재세척 단계로 충분한 물을 사용하여 장비 표면에 존재하는 제독제와 잔여 오염물질을 씻어내는 과정이다. 마지막 5단계에서는 검사를 통해 항공기의 제독상태를 확인한다(검사결과 제독이 되지 않으면 2단계부터 다시 실시함). 현행 제독

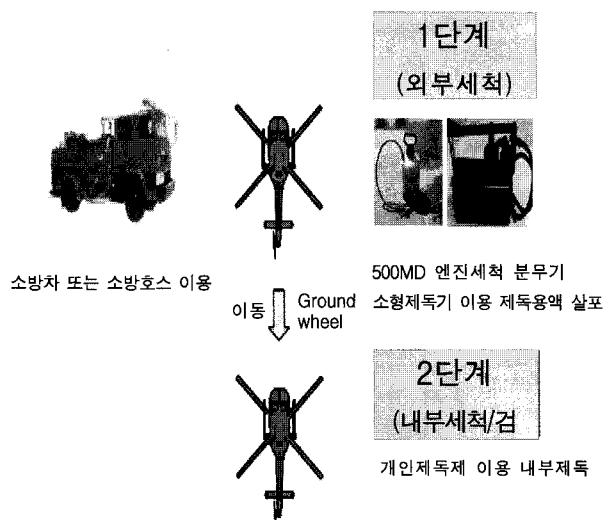


그림 1. 급속제독 절차

Fig. 1. Procedure of Immediate Decontamination.

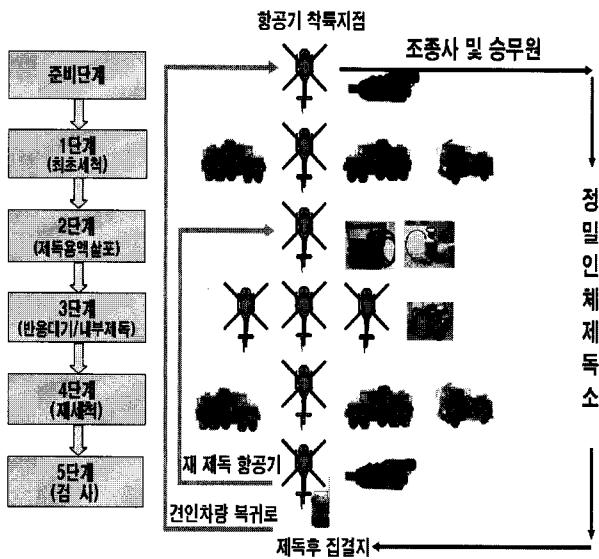


그림 2 정밀제독 절차

Fig. 2. Procedure of Thorough Decontamination.

작전 절차는 육·해·공군별 보유장비 및 항공 무기체계 특성에 따라 다소 차이는 있으나 제독작전은 세척개념하에서 탄산나트륨(비지속성), 상용세제(지속성)등을 주로 사용하고 있다.

### 3. 제독시 항공무기체계 부식영향성

현재 각군이 항공무기체계에 적용하고 있는 제독방법은 다량의 물이나 비눗물을 사용하여 오염물을 제거하는 세척수준에 머물러 있는 실정이다. 하지만 현행 제독방법은 화학적 처리법에 비해 제독능력이 저조하고 제독작전 이후 물과 함께 혼합된 작용제가 하천으로 유입되거나 활주로 바닥면에 흡착하여 잔류하게 되는 경우 2차적인 문제가 발생할 수 있다. 이에 항공 무기체계에 대한 현행 제거개념의 세척방법에서 화학적 처리법으로의 전환이 요구되며, 이에 본 연구에서 화학적 처리법으로 전환을 위해 고려한 제독제가 수용성 제독제이다. 하지만 수용성제독제의 적용에 앞서, 먼저 항공 무기체계에 사용되는 주요 금속과 수용성 제독제와의 부식 영향성 검증이 요구된다. 항공무기체계에 있어서 부식은 기체의 수명에 치명적인 영향을 미치는 중요한 요소로, 염기와 습기에 의한 동체 부식은 피로균열 진전의 가속화를 유도하여 항공기의 수명을 급격히 단축시키는 것으로 알려져 있다. 이에 수용성제독제의 항공 무기체계에 대한 적용가능성을 확인해보기 위해서는 수용성제독제의 제독능력 및 금속과의 반응에 있어서 부식발생여부 확인이 요구된다.

### 가. 부식의 정의

부식은 금속과 주위환경사이의 화학적 반응으로 인해 악기되는 해로운 결과이다. 금속이 전자를 방출하면서 이온이 되는 현상으로서 전해질 내에서 전하이동이 발생하고 이러한 전하 이동의 결과에 의해 부식이 발생한다.

- 산화반응:  $M \rightarrow M^+ + ne^-$ (양극)
- 환원반응:  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (음극)

부식의 종류는 금속 표면이 전체적이고 규칙적으로 부식되는 균일부식, 서로 다른 두 금속 사이의 접합부분에서 부식이 어느 한부분에만 국한하여 발생하는 갈바닉 부식, 금속 또는 합금이 다른 물질과 접촉하여 생긴 작은 틈 영역에서 발생하는 틈부식, 부동태 피막의 파괴로 인해 발생하는 공식(Pitting corrosion), 환경기인균열, 수소손상, 입계부식, 탈합금 부식, 침식부식/프랫팅 부식 등으로 구분된다. 항공기의 부식이 빈번하게 발생하는 부위로는 엔진 배기구역과 외부스킨지역, Piano Hinge, Control Cable, Landing Gear Box, Fasterner, Air intake area 등이 있다. 발생원인 및 현상을 다르나 항공무기체계에 치명적인 영향을 미친다는 측면에서는 동일하다.

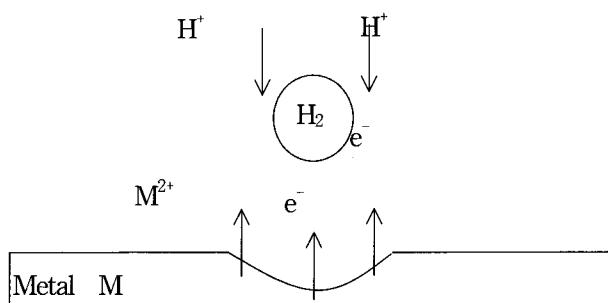
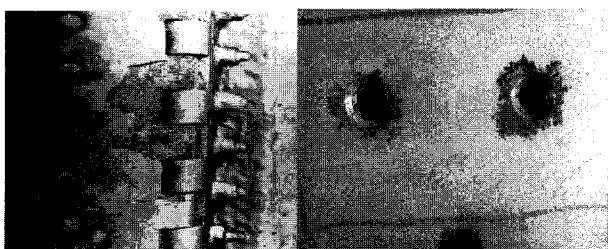


그림 3. 금속의 부식

Fig. 3. Metal Corrosion.



Piano Hinge

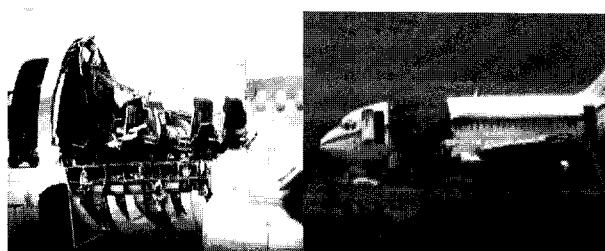
Fasterner

그림 4. 항공기 부식발생 부위 예

Fig. 4. Examples of Corroded Aircraft Structures.

### 나. 부식으로 인한 항공기 사고사례

1988년 4월 28일에 일어난 하와이 알로하 항공기 사고는 부식이 항공기에 얼마나 치명적인지를 보여주는 예이다. 하와이 항공 Boeing-737 항공기가 호놀룰루를 향해 힐로공항을 이륙해 7.3Km의 상공을 날 무렵, 조종사 뒤편에서 우지끈 소리가 함께 엄청난 바람이 쏟아졌다. 돌아보니 조종실 문짝은 간 데 없고 그 뒤 1등석 위로 푸른 하늘이 보였다. 기체 1/3길이의 지붕이 떨어져 나간 것이다. 바닷가 주변에서 운영하는 항공기는 타 지역보다 염기와 습기에 의한 동체부식 위험이 높기 때문에 부식 방지를 위한 조기점검이 이루어져야 한다. 하지만 알로하 항공은 그 주기점검 시간과 점검을 제때 지키지 못한 것이 원인이 되었다. 부식이 된 위치는 항공기 동체 론저론의 Rivet이 1차적으로 부식되었고, 내부적으로 피로가 쌓이면서 비행 중 하중에 의해 항공기 외부동체 스키니 파손되었다. 이 사고로 인하여 승무원 1명이 사망하고 항공기는 수리불가 상태로 폐기되었다.



하와이 알로하 항공기 사고(1988. 4. 28)

그림 5. 부식피해 사례

Fig. 5. Example of Aircraft Mishap Caused by Corrosion.

## III. 실험

본 연구는 제독능력과 부식영향성 고찰을 목적으로 수행되었다. 제독능력은 이론적 접근과 기존 연구 결과를 참고하였으며, 부식영향성 평가는 항공기 기체 제작 시 주로 사용되는 알루미늄 합금 7075시편(Al-Zn-Mg 합금)을 시험 용액에 담궈 시간경과에 따라 부식발생 여부를 시험장비(SEM, Confocal Laser Microscopy)를 이용하여 측정하였다.

### 1. 실험용액별 제독능력 비교

#### 가. 상용세제의 제독효과

현재 항공무기체계 세척시 많이 사용하고 있는 상용 세제상품은 A사제품(표백용/산소계표백제, 알카리제), B

사제품(세정용/계면활성제, 알카리제), C사제품(계면활성제, 알카리제)등이 있다. 제조사마다 상호명만 다를 뿐 그 구성성분은 유사하였다.(표 1 참조)

#### 표 1. 제조사별 상용세제 용도 및 주성분

Table 1. Uses and Main components of supplier commercial cleaners.

제조사	A사	B사	C사
용도	표백용	세정용	세정용
주성분	산소계표백제, 알카리제	계면활성제, 알카리제	계면활성제, 알카리제
1%수용액 PH값	10.86	11.32	11.34

일반 사용세제의 제독효과 실험은 관련교범<sup>1</sup>에 따라 A사 제품의 경우는 3%농도로, B사 및 C사 제품은 2%의 농도로 제조하여 25°C에서 2분 동안 화학작용제와 반응을 시켰다. 제독효과 실험자료를 분석한 결과 A사 제품은 GD작용제 및 VX 신경작용제를, B사 및 C사제품은 GD작용제에 제독효과를 나타냈다. 일반세제류의 제독효과는 상용세제의 사용량에 비례하였으며 제독효

#### 표 2. A사 제독효과

Table 2. Decontamination effects of A Company's Cleaner.

(반응시간 2분)

구분	GD작용제(25°C)			VX작용제(23°C)		
세제량(mg)	20	50	100	20	50	100
작용제량(mg)	20	20	20	20	20	20
제독제:작용제량(비율)	1:1	2.5:1	5:1	1:1	2.5:1	5:1
제독효과(%)	50.5	69.8	87.3	21.3	22.5	25.6

#### 표 3. B,C사 제독효과

Table 3. Decontamination effects of B, C Company's Cleaners.

(반응시간 2분)

구분	GD작용제(25°C)		
세제량(mg)	20	50	100
작용제량(mg)	20	20	20
제독제:작용제량(비율)	1:1	2.5:1	5:1
제독효과(%):스파크/한스푼	10.7/11.4	24.4/25.9	33.4/35.7

#### 표 4. 일반세제류의 제독시간에 따른 제독효과

Table 4. Decontamination effects versus Decontamination Time using Commercial Cleaner.

(반응시간 2분)

구분		2분	17분	25분	세제 : 작용제질량비
제독 효과 (%)	A사	GD작용제	69.8	89.6	92.9
		VX작용제	25.6	67.4	76.8
	B사	GD작용제	25.4	53.4	61.6
		C사	25.9	55.2	63.2

<sup>1</sup> 육군본부, “대체 화생방 장비 · 물자 운용”, pp56~57, 2006.

과 또한 시간이 지남에 따라 증가하였다. 하지만 세제류는 STB, DS-2, 개인제독제와 같은 작전용 제독제가 불충분한 경우 임시 응급구조용으로 사용되어야 한다. 그리고 상용세제의 경우에는 물보다 무거우나 작은방을 형태로 수면위로 떠다니며 독성효과를 나타내는 H계열의 지속성 화학작용제에 대해서는 효과를 나타내지 못하였다.

#### 나. 수용성제독제의 제독효과

수용성 제독제는 제독제 I, 제독제 II, 유화제로 구성되며 지역용의 경우에는 제독제 I과 제독제 II을 혼합하여 사용하고 기동장비의 경우에는 여기에 유화제를 추가로 혼합하여 사용한다. 수용성 제독제의 구성성분 및 혼합비율은 표 5와 같다.

표 5. 수용성 제독제의 구성성분 및 혼합비율

Table 5. Components and Mixing Ratio of Water-soluble Decontaminants.

구성	제독제 I	제독제 II	유화제
성분	이염화 이소시안산나트륨	탄산나트륨, 탄산수소칼륨	Kerosene/Xylen e 혼합물, NP6
용도	산화제	가수분해제	유화제
혼합비	110kg(6통)	110kg(6통)	390ℓ(2드럼)
비고	제독제 I + 제독제 II + 물(2200L): 85%, 유화제: 15%		

제시된 혼합비율로 제조된 수용성제독제를 화학작용제에 의해 오염된 Alkyd 페인트 시편을 적용한 결과 약 99% 이상의 제독효과가 나타났다. 또한 페인트 시편이 검정색, 초록색인 경우 황토색 및 모래색보다 우수한 제독효과가 나타났는데 이는 페인트에 들어있는 안료가 작용제의 흡착 및 제독제의 페인트 내부로의 침투등의 영향을 주는 것으로 생각된다. 수용성제독제의 지역제독 능력을 평가한 결과 모래 및 콘크리트의 경우 HD, GD 및 VX 작용제에 대하여 모두 잔유량이 0.1이하로 약 98%이상 제독이 가능하였다. 제독제의 지속능력 평가에 있어서도 제조 후 즉시 사용하는 경우 실험조건(제독제:3mℓ, 반응시간:15분)하에서 제독되는 작용제의 최대량은 HD는 약 100mg, GD는 100mg, VX는 40mg으로 나타났으며 제조 후 2시간이 경과하여도 HD 80mg, GD 25mg, VX 35를 분해시키므로 제독제 제조 후 2시간까지도 제독성능이 우수함을 알 수 있었다.

#### 2. 부식취약성 실험

##### 가. 실험과정

알루미늄 7075 시편을 절단기(Cutter)를 사용하여 가로×세로×높이(30mm×20mm×2mm)의 크기로 균일하게 자른 후, 자동연마기를 이용하여 표면을 매끄럽게 가공하였다. 이를 시편을 수용성제독제 및 세제에 담궈 방치한 후, 시편의 표면을 SEM(HITACHI S-4700)/EDS장비를 이용하여 부식표면 관찰 및 성분(Component)분석을 실시하였다. 실험에 사용된 수용성 제독제의 농도는 K-10 제독차 교범에서 제시하고 있는 혼합비율을 적용하였으며, 상용세제는 관련교범<sup>\*</sup>에서 제시하는 기준농도(오차범위 ±2%이내)로 제조하였다. 방치기간에 따른 부식진행 정도를 SEM(Scanning Electron Microscopy, 전자주사현미경)/EDS(Energy Dispersive Spectroscopy, 에너지 분산 X선 분광계)장비를 이용하여 측정하였으며, 실험 진행간 온도등의 환경적인 요인은 고려하지 않고 상온을 기준으로 실험하였다.

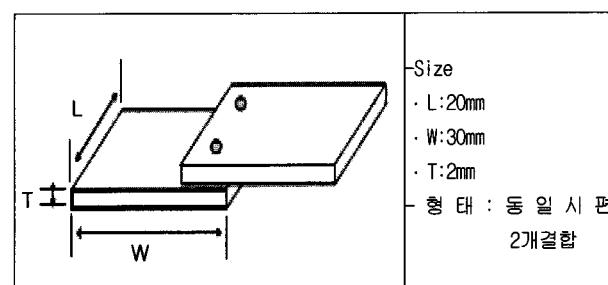
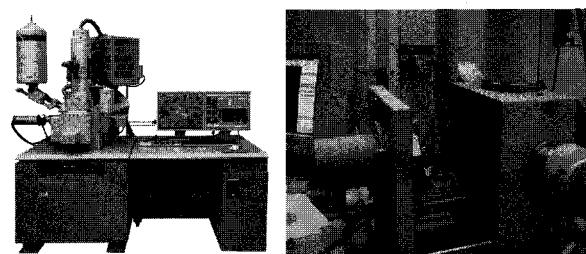


그림 6. 실험적용 시편 형태 및 크기

Fig. 6. Geometry of Experimental Specimens.



(a) SEM(HITACHI S-4700)

(b) EDS

그림 7. 부식측정장비

Fig. 7. Pictures of SEM and EDS.

##### 나. 실험결과

상용세제를 이용, 농도변화(2%, 4%, 6%)에 따른 부식영향성을 SEM/EDS 장비를 이용하여 분석을 실시하였다. 그림 8, 9, 10의 SEM 형상분석에서 세제의 농도가 증가할수록 불규칙적인 그물모양 구조로 골의 깊이가 깊고 골 간격이 넓은 균일부식으로 진행됨을 확인하

\* 육군본부, 상계서.

## -상용세제의 부식진행도

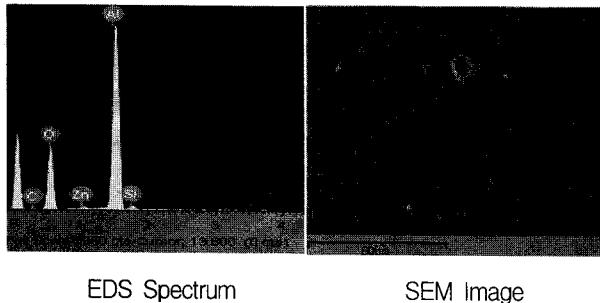


그림 8. 2% 상용세제의 부식정도

Fig. 8. Corrosion Effects by 2% Commercial Cleaner.

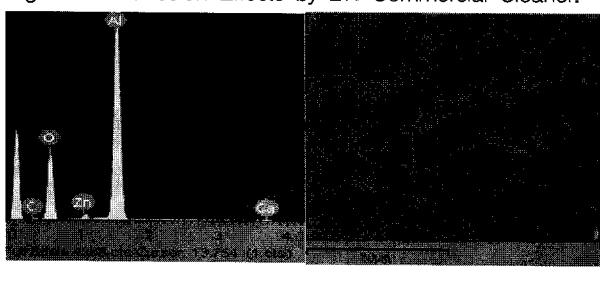


그림 9. 4% 사용세제의 부식정도

Fig. 9. Corrosion Effects by 4% Commercial Cleaner.

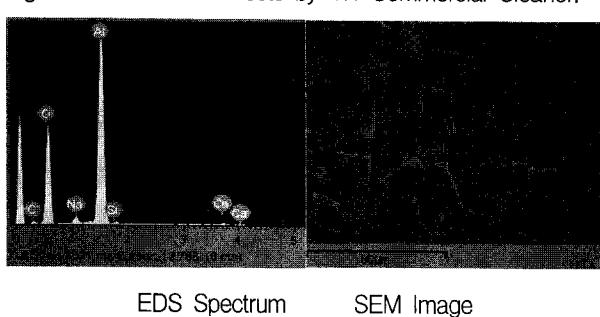


그림 10. 6% 상용세제의 부식진행 정도

Fig. 10. Corrosion Effects by 6% Commercial Cleaner.

## -수용성제독제의 부식진행도

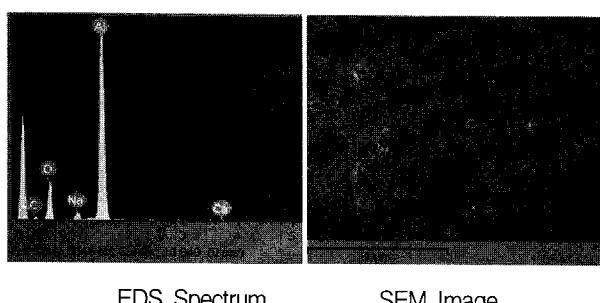


그림 11. 수용성 제독제의 부식진행 정도

Fig. 11. Corrosion Effects by Water-soluble Decontaminant.

였다. 세제의 농도가 진할수록 부식이 빠르게 진행되는 것을 알 수 있다. 부식이 발생한 알루미늄 시편에서는 부식발생 이전에는 발견되지 않는 규소(Si), 나트륨(Na), 칼슘(Ca)성분이 검출되었다. 수용성 제독제에서는

시편 전체에 걸쳐서 균일부식이 발생하였으나 상용세제 2%농도에서 발생한 부식에 비해 훨씬 낮은수준을 나타냈으며, 성분분석 결과 나트륨(Na) 및 칼슘(Ca) 성분이 검출되었다. 두 실험에서 규소(Si), 나트륨(Na), 칼슘(Ca)성분이 알루미늄의 부식을 유발하는 원인물질임을 추정할 수 있다. 제독제의 주성분인 유효염소(Cl)성분은 이온상태에서 전자를 주고받는 전해질 역할을 한 것으로 보인다. SEM 및 EDS를 이용한 표면 및 성분분석 결과 실험에 사용된 알루미늄 7075 시편의 경우 수용성 제독제에 비해 상용세제를 사용시 부식에 취약한 것으로 나타났다..

## IV. 결 론

화학작용제에 대한 제독능력 연구결과 수용성 제독제를 사용하는 경우 기존 상용세제를 사용한 것보다 제독능력이 50%이상 향상될 것으로 기대된다. 부식에 대한 영향성에서는 양쪽성 원소인 알루미늄 합금의 특성상 세제는 계면활성제 성분(Si, Na, Ca)으로 인하여 부식이 발생하였고 수용성 제독제에서도 염소(Cl), 나트륨(Na), 칼슘(Ca)성분으로 인하여 부식이 발생하였다. 다만 그 부식정도를 비교분석한 결과 수용성 제독제가 일반 상용세제보다 부식에 대한 영향이 적음을 확인하였다. 이에 현행 상용세제를 사용하여 제독을 실시하는 세척수준의 제독방법은 부식영향성이 적고 제독능력이 우수한 수용성 제독제를 사용하는 제독방법으로 전환이 필요하다. 다만 본 연구에서 사용된 제한적인 실험조건을 고려할 때 향후 다양한 조건에서 추가 실험이 필요하다. 추가연구를 통해 현행 상용세제에 의한 오염물 제독방법에서 화학적 처리형태의 제독방법으로 전환할 경우 적의 생화학 무기 공격 후 아군의 전투력을 획기적으로 복원시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 육군본부, “화학부대(야교37-5)”, pp. 5-28~5-36, 2005. 6.
- [2] 유준, “수용성 제독제 다용도 운용방안”, 합동 화생방 기술정보, 화생방방호사령부, pp72~80, 2006
- [3] 육군본부, “쉽게 풀어쓴 지상무기체계 원리Ⅱ”, pp9-9~9-10, 2002.
- [4] 공군본부, “화생방 제독작전(공교5-125)”, pp61~70, 2006.
- [5] 육군항공작전사령부, “화학오염항공기 절차”, pp.

- 1~22, 2006.
- [6] 제 6전단 화학대, “항공기 제독지침”, 재구성
  - [7] 김용, “ERW 탄소강관의 용접부 흠부식 발생 및 유동에 따른 부식 가속화에 관한연구”, 한국 항공대학교, 2005.
  - [8] 육군교육사령부, “화학발전 방향”, 육군인쇄창, pp 73~81, 2004.
  - [9] 육군본부, “화생 테러 위협 및 방호”, 교육참고9-3, 육군인쇄창, pp31~131, 2002.
  - [10] 육군본부, “화생작용제”, 술정보3-200, 육군인쇄창, 제2장~7장, 2006.
  - [11] 이용환 외 2명, “수용성제독제(KDA-1)의 제독능 평가”, 국방과학연구소, pp1~29, 2004.
  - [12] 육군본부, “대체 화생방 장비 · 물자 운용”, pp56~57, 2006.
  - [13] 국방부, “참여정부의 국방정책”, p23, 2003.

---

#### 저 자 소 개



김 재 균(학생회원)  
2004년 전북대학교 화학공학과  
학사 졸업  
2007년 ~현재 국방대학교  
무기체계학과 석사 재학  
<주관심분야 : 군사통신, 정보/전자전>



신 기 수(정회원)  
1988년 공군사관학교 기계공학  
학사 졸업  
1995년 위치타 주립대학 항공공학  
석사 졸업  
2004년 미공군대학원 항공공학  
박사 졸업  
<주관심분야 : 항공기 구조제어, 통신, 신호처리>



김 익 식(정회원)  
2001년 전남대학교 화학과  
박사 졸업  
<주관심분야 : 복합소재 분석기법  
개발 및 연구>