

연구논문

## 반환미군기지 기능별 토양오염특성에 관한 연구

오창규

광운대학교 환경공학과

(2013년 9월 3일 접수, 2013년 9월 23일 승인)

### Study on the soil contamination characteristics according to the functions of the returned U.S. military base

Chang-gyu Oh

Department of Environment Engineering, Kwangwoon University

(Manuscript received 3 September 2013; accepted 23 September 2013)

### Abstract

There are U.S. troops with a force about 290,000 strong stationed all around the world, approximately 150 countries. Among the troops, USFK has performed principal part with its stationing for 50 years against the military threat of North Korea.

However, as a result of an investigation made into environmental contamination of several bases which were restituted from US to ROK by the Land Partnership Plan in the process of relocation of USFK, it was found that the area was contaminated by not only TPH and BTEX caused by diesel fuel and JP-8 but also various heavy metal over the standard level according to the operations of corps. Among these bases, 4 corps, each of which has different duties and function, were chosen to be analyzed for the characteristics and degrees of soil contamination. First of all, in armored camp the soil was contaminated by TPH and heavy metal (Zn, Ni, Pb) due to the repairing activities of tracked vehicles and shooting exercises. In army aviation camp, the soil was contaminated by TPH, BTEX and heavy metal (Zn, Cd) due to repairing activities of aircrafts. Also, in engineer camp there was contaminated area polluted by TPH and heavy metal (Zn, Pb) caused by open-air storage of various construction materials and TPH, BTEX and heavy metal (Zn, Pb, Cu) contamination of aircraft shooting area in shooting range camp were detected. Managing environment will be more effective when we identify the contaminative characteristics and take necessary measures in advance.

Keywords : soil contamination, petroleum contamination, TPH, BTEX, heavy metal contamination

## I. 서론

해외 주둔 미군은 전 세계 약 150 개국에 29만 여 명이 배치되어 있으며, 그 중 1,000명이상의 전투부대가 배치된 나라는 우리나라를 포함하여 독일, 일본, 이라크, 아프가니스탄, 쿠웨이트 등 12개국이다. 이중에서도 독일, 일본, 쿠웨이트는 전력배치와 작전 수행을 위한 시간·공간 중심지역 및 대기지역 역할을 하는 전략적 중요지역이다(ROK-US CFC, 2008).

한반도에 주둔하고 있는 주한미군(USFK) 육군은 8군사령부 및 보병사단, 항공여단, 기갑여단, 항공기갑여단으로 편성되어 있으며, 공군은 7공군사령부, 전투비행단, 비행대대, 특수작전대대로 편성되어 있다. 해군과 해병대는 전투부대 없이 각 사령부 참모인원만 편성되어 있다(USFK, 2007).

미군이 주둔하지 46년이 지난 1996년 녹색연합에서 미군기지 환경문제를 제기 할 때만 해도 주변의 시선은 미국의 환경정책이 매우 높은 수준인데 기지에 환경오염이 있겠느냐는 게 주변의 인식이었다. 그러나 전국 11개 지역 30여개 미군 기지를 대상으로 진행한 하천 수질 환경조사 종합보고 결과는 예상을 넘어 심각한 수준으로 오염되어 있었다(주한미군 범죄근절운동본부, 1999).

이후 2000년 매향리 오폐수사고, 한강 독극물 방류 사건, 2001년 원주 캠프로 기름유출로 인한 주변 농경지 토양오염사건 등으로 미군기지 환경피해가 사회적 문제가 되었음에도 한미동맹과 주한미군의 안정적 주둔이라는 명목으로 미군기지 환경문제는 무시되어 왔다.(미군기지환경피해조사위원회, 2008)

주한미군 재배치가 이루어지는 과정에서 미군은 기지를 대거 반환하기위해 2004년 연합토지관리계획(Land Partnership Plan)을 우리정부와 체결하였다. 양국은 LPP에서 반환되는 미군 기지를 효율적으로 활용하여 국토의 균형발전을 도모하고, 주한미군의 안정적 주둔여건을 보장하여 미래지향적 한미동맹을 강화하기위해 진행되는 사업임을 반환미군기지 환경오염정화사업 백서에서 밝히고 있다(국방부, 2012).

반환미군기지 환경오염조사는 2003년 SOFA 합

동위원회에서 한·미간 합의에 의해 체결된 '환경정보공유 및 접근절차 부속서 A'에 명시된 제반조항과 절차에 따라 수행하였다(환경부, 2003).

미군을 포함한 군(軍)은 환경적으로 민감한 청정지역에 넓은 부지를 보유하고 있어 자연생태계 보전지역을 관리하는 긍정적인 측면도 있지만 작전 임무수행 간 불가피한 환경훼손 우려와 다량의 군용물자 사용으로 발생하는 폐기물 및 환경오염물질을 배출하는 부정적인 측면도 있다(유동준, 2008).

따라서 지난 50 여 년 동안 주둔해온 주한미군(USFK) 주력 전투부대 중에 대표성을 가지는 기갑여단, 항공여단, 공군 사격장, 유류보급담당 공병부대를 대상으로 환경오염조사 결과를 비교분석 하였다. 그 결과 반환기지가 가지고 있는 기능별 고유의 작전임무 및 훈련으로 인한 환경오염 특성과 그 문제점을 파악할 수 있었다. 향후 기지 내 각종 오염개연성이 있는 시설물과 주변 토양을 대상으로 토양오염물질에 대한 예방대책을 강구한다면 미군 재배치 이후에는 더 이상 환경피해가 없는 환경정책을 수행하게 될 것이다.

또한 미군이 주둔하고 있는 세계 여러 나라에서 미군기지에 대한 환경정책 수립 시 참고할 수 있는 기초자료의 제공과, 미국으로 하여금 해외 주둔기지 환경정책의 잘못으로 인해 주둔국가가 환경피해를 겪고 있음을 알리고, 유엔 UNEP 등 국제기구가 적극적으로 해결노력을 기울일 수 있는 근거를 제공하는데 목적을 두었다.

## II. 연구방법

지금까지 미군 기지를 대상으로 부대 임무에 따른 토양오염특성을 분석한 자료가 없었고, 군 관련 정보의 비공개 및 정보의 부재로 인해 사실에 근거한 분석이 제한적일 수밖에 없었다. 따라서 연구에 필요한 조사는 K-1전차 및 M-2장갑차로 편성된 기갑여단의 기갑대대와 공격헬기로 편성된 항공여단의 공격헬기대대, 대량유류 분배 및 건설 공사를 담당하는 공병부대, 공군전투기를 위한 공대지 사격장 표적지역(지상 및 해상표적)과 불발탄 처리를 위한 사격장



Figure 1. Location of Camp A, B, C, D

관리부대를 대상으로 부대 유형이 서로 다른 4개 부대를 선정하였다.

선정 이유는 부대임무와 전투장비가 다르면 오염의 특성도 다르다는 가정 하에 특징적인 잠재오염원을 가지고 있는 기능 부대들이 발생시키는 고유의 토양오염특성을 비교 분석하기 위함이었다.

대상기지는 경기도 파주, 문산, 화성 및 강원도 춘천에 위치하였으며, 국·내외의 문헌 및 행정자료 수집, 언론보도 및 관련 자료 분석과 사령부 환경담당자 및 기지별 시설관리자 등 관계자 면담, 미군 기본 환경정보(BEI)자료 등을 기초하여 주한미군, 환경부, 국방부, 조사기관이 합동으로 조사를 실시한 후 각 기지별로 환경오염조사결과보고서를 발간하였다.

본 연구는 4개의 결과보고서에 제시된 오염상태를 비교 분석하였고, 동시에 오랜 군 경험과 군사지식을 접목시켜 기능부대별 토양환경오염 특성 및 그 원인을 파악할 수 있었다.

### 1. 기지별 현황

표 1에서는 주둔기간, 기지별 면적, 기지 내 각종

Table 1. Information of researched camps

Camp	years	Area(m <sup>2</sup> )	Buildings
Camp A (Armored camp)	50	284,299	154
Camp B (Army aviation camp)	50	639,432	272
Camp C (Engineer camp)	54	251,549	82
Camp D (Shooting range camp)	54	26,265	15

시설 수량을 통해 시설규모를 짐작 할 수 있다. 캠프 A, B, C, D는 임의로 붙인 기지명칭이며, 주둔기간 산정과 환경오염조사 결과는 2005년을 기준하였다. 이유는 기지폐쇄 당시인 2005년 3월의 토양오염특성을 가장 잘 반영한 결과이기에 그 가치가 매우 높고, 이후 실시설계를 수행한 2009년과는 시간적 차이에서 오는 오염 확산 및 자연저감 등 부대오염특성 변화가 발생 할 수도 있어서 과거자료를 기초로 분석하는 것이 타당하다고 판단하였다.

### 2. 기지별 오염유발개연시설(RECs)

각 기지별 전체 부지를 대상으로 오염개연성이 있다고 판단된 지역과 오염개연성이 적을 것으로 추정되는 지역으로 나누어 환경오염조사를 수행하였다.

주요 오염유발개연시설(RECs)은 지하 및 지상 유류저장탱크(UST/AST)와 차량장비 정비고, 유수분리기, 유해폐기물집하장, 기갑부대 차량호, 육군항공부대의 격납고, 공병부대의 POL(petroleum oil and lubricant)지역, 기타 사격장 및 표적지역에서 각 부대가 가지고 있는 특징적인 오염유발개연시설들이 분포되어 있었다.

반환기지 환경오염조사는 개황조사와 정밀조사로 나누어 실시하였으며 필요한 조사항목에 대하여 전 항목 분석을 실시하였다.

대상기지 조사는 환경관리공단 및 농어촌공사가 실시하였으며, 부지조사는 추가적으로 배경조사에 필요한 시료를 채취하여 분석하였고, 토양오염 시 별개로 취급 할 수 없는 지하수 조사 및 수리지질 조사를 포함하였다.

대상기지 모두 지질 분포는 투수성이 비교적 양호

Table 2. RECs states of researched camps(unit: sites)

Facility	Camp A	Camp B	Camp C	Camp D	
Oil tank	total	64	96	41	8
	UST	9	34	12	-
	AST	55	62	29	8
Oil-water separator	20	7	2	1	
Repair shop	2	1	1	-	
Dumping ground	8	11	12	1	
Total	94	115	56	10	

하여, 토양내로 유입된 오염물질의 주요한 이동경로가 되고 있었으며, 지하수는 대체로 인접한 하천 방향으로 흐르고 있었다. 이러한 특성으로 인하여 토양 또는 지하수가 오염된 경우에는 오염물질이 하천으로 유출될 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

반환미군기지는 향후 주거지, 공원 등으로 개발될 예정이므로 토양오염우려기준 '1지역'을 적용하였다.

### III. 분석 결과

#### 1. 토양 오염도 조사 결과

군부대에서 발생하는 대표적인 토양 및 지하수 오염 유발물질은 석유류 저장 및 차량정비를 통해 발생하는 유류 및 솔벤트류와 소총, 기관총, 전차, 포, 항공기 등 각종 화기 사격장에서 발생하는 납과 구리 등의 중금속 오염이며, 오염물질의 종류도 다양하고 오염 지역 규모도 민간지역보다 넓은 특징이 있다(국방부, 2001: 유동준, 2008, 정상조, 2008).

환경부, KEI 및 녹색연합 공동으로 2009년 발표한 '군 환경관리의 과제와 발전방향에 관한 연구' 자료에 의하면 미 국방부의 2005년 자료를 인용해 미국 본토 군사기지를 재정비 하거나 폐쇄할 경우 해당 군사기지 면적 중 약 57%가 오염된 것으로 보고하고 있으며, 특히 유럽지역인 독일에 주둔한 미군의 경우가 가장 큰 환경오염 영향시설은 유류 저장시설, 페인트 저장시설, 화학물질 저장시설, 탱크 주차지역이었으며, 연료를 저장하거나 취급하는 지역의 대부분은 복원이 필요한 것으로 나타났다고 밝히고 있다. 본 연

구에서 조사한 결과도 독일에 주둔한 미군과 유사한 오염양상을 보이고 있었다.

반환미군기지는 우리나라 토양환경보전법에 있는 조사대상 오염물질 항목 중 석유계총탄화수소(TPH)와 휘발유 오염에서 나타나는 BTEX가 기준을 초과하여 검출되었고, 중금속 중에서는 아연, 납, 구리, 니켈, 카드뮴이 우려기준을 초과한 것으로 나타났다(미군기지환경피해조사위원회, 2008).

#### 2. 유류 오염물질 분석

##### (1) 석유계총탄화수소(TPH)

반환미군기지에서 발생한 유류오염은 경유 및 항공유 JP-8에 의한 오염으로 나타났다. 경유를 주로 사용해오던 미군은 1990년 대 후반부터 효과적인 전투지원을 위해 시설난방 및 장비연료를 구분하지 않고 사용하는 등유(Kerosene) 계열의 미군 규격 항공유 JP-8로 바꾸어 사용해왔다(조석희 등 2012).

TPH 오염 깊이는 부대 주둔지 지질의 영향으로 최고 6m깊이 까지 오염된 경우도 있으나 대부분 2m~4m이내의 깊이에서 오염이 형성되어 있었다. 이는 기지별 지하수위가 1.7m~3.39m밀에서 형성되어 있어 강우영향 및 중력흐름에 의한 수직방향의 이동과, 지하수 흐름에 의한 횡적흐름을 따라 오염운이 형성되고 있었으며, 오염면적을 증가시키는 주요 원인이 되었다.

기지별 TPH 오염최고농도(mg/kg)를 분석해 보면 일반적인 형태의 부대로서는 최저 11,615 mg/kg~최고 50,552mg/kg로 매우 높은 농도를 보이고 있

Table 3. Materials which exceed required level concerning soil contamination / Highest contamination concentration (Unit : mg/kg)

Material	Camp A	Camp B	Camp C	Camp D	
Oil	TPH(500)	47,819	50,502	12,108	11,615
	BTEX(80)	-	1,951	-	272
Heavy metal	Zn(300)	1,104	515	1,823	783
	Ni(100)	116	-	-	-
	Ca(4)	-	62	-	-
	Pb(200)	235	-	336	216
	Cu(150)	-	167	-	259

(-) : First level of the required level concerning soil contamination

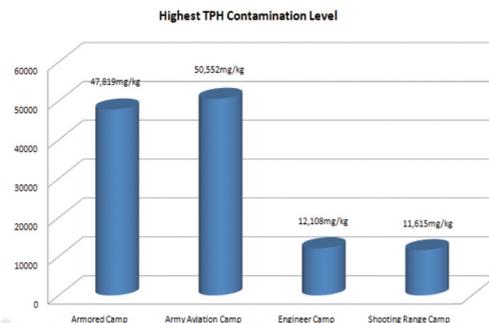


Figure 2. Highest TPH contamination level

고, 이와 같은 고농도의 석유계 화합물은 토양 미생물에 대한 독성 유발로 인해 생물학적 복원 시 분해 효율이 낮아질 가능성이 있다(환경부, 2007).

## (2) BTEX

BTEX는 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 에틸벤젠(ethylbenzene), 크실렌(xylene)을 묶어 부르는 용어로서, 휘발유 및 항공유가 주요 공급원이면서 오염원이다. 2009년 토양환경보전법 개정 이전에는 BTEX에 대한 각각의 기준이 없었고, 토양오염우려 기준 “나 지역” 80 mg/kg 기준이 적용되었기 때문에 금번 자료는 2005년 토양환경보전법을 적용하게 되었다.

휘발유에는 상당량의 BTEX가 포함되어 있으나, 군용 항공유인 JP-8에는 BTEX 함유율이 휘발유 보다 낮기는 하지만 경유(디젤)보다는 함유비율이 높다. 이번 조사에서는 BTEX에 의한 오염지역이 TPH 오염지역과 일치하는 특징을 보였다. 휘발성이 강한 BTEX가 휘발되지 않고 검출된 것은 기지폐쇄 시점인 2005년에도 계속 누출된 것으로 파악되며, 특히 1990년 대 후반부터 같은 유종을 사용해 왔던 미군 부대 특성 상 육군항공부대와 사격장 관리부대에서만 오염된 것은, 기지 내 별도의 휘발유 저장탱크 및 JP-8 저장탱크에 대한 평시 관리체계가 부실하였던 것으로 판단되었다.

## 3. 중금속 오염물질 분석

국방부(2002)에서 발표한 중금속 토양오염 관련 자료에 의하면 사격장 피탄지 부근은 구리, 납, 아연, 철 등의 중금속으로 오염되어 있었다. 그러나 중금속 오염물질 항목 중 아연, 납 등은 토양오염원이 존재하지 않는 지역에서도 기준을 초과하는 경우가 있어 해당기지 주변 배경농도를 확인 하였으며, 그중 파주 지역에서 아연(Zn)의 자연 함량이 110~136mg/kg으로 토양오염우려기준(300mg/kg)의 37%~45%를 나타내고 있었으나 기타 중금속은 우려기준의 10% 내외 수준으로서 비교적 안정된 값을 보였다(환경부 2006).

이번 조사 결과에서는 사격장 피탄지, 차량 및 장

비 정비고, 차량 및 장비 대피호 주변, 장비 및 건설 자재 야적장에서도 우려기준을 초과하는 중금속오염이 발견되었다. 2005년 이전에는 토양오염방지 의식이 높았던 시절도 아니어서 적절한 예방대책 없이 오랜 기간 동안 주기적인 반복활동에 의해 발생된 오염물질들이 조금씩 주변 토양에 집적되어 발생한 오염으로 판단되었다.

### (1) 아연(Zn)

아연(Zn)은 조사대상 중금속 중 전 부대에서 기준을 초과하는 오염물질로 조사되었다.

주요 원인으로는 전투부대 특성상 장비 훼손과 부식방지를 위해 매년 실시하는 장비 도색과, 정비활동 중 갈아내고 닦아낸 중금속 가루를 정비고 주변에 매물 처리 했거나, 건물이나 울타리 철망에 사용한 아연도금 자재가 산성비에 의해 부식되어 토양을 오염시킨 것으로 판단하였다.

미군 군사시설로부터 배출되는 10대 유해물질 중에서 아연화합물이 7위의 배출량을 보이며 중금속류로는 유일하게 포함되어 있다(국방시설본부, 2005, 캠프 게리오웬 환경오염조사결과보고서)는 것을 감안해 보면 이와 같은 분석을 뒷받침해주고 있다.

### (2) 니켈(Ni)

니켈(Ni)은 군용 무기의 강도를 높이기 위한 합금에 주로 사용되며, 또한 가솔린에도 함유되어 있어 엔진연소에 의해서도 발생한다(이민호 등 2011).

니켈 합금으로 되어있는 무한궤도운행 간 마모에 의한 발생 가능성과 과거 군용장비 연료를 휘발유를 사용했던 것을 고려해 볼 때 궤도차량 부대가 타 부대들에 비해서는 상대적으로 높은 오염을 보이고 있으며, 모든 부대의 정비고 및 차량 대피호 주변 토양에서 주로 확인되었다.

### (3) 카드뮴(Cd)

카드뮴(Cd)은 군용 위장 도색 재료 또는 군사용 금속 도금과 합금 등에 폭넓게 사용되는 금속이다. 군에 보급되는 자동차의 윤활유나 타이어에도 함유되어 있어 정비시설 주변이나 군 전용 훈련도로 주변 토양에 상대적으로 많이 집적되어 있다(이민호 등 2011).

장비 부식 방지를 위한 위장도색 과정에서 정비고 및 차량 대피호 주변 토양에 집적되었고, 부대 내 사격장 표적지역에서는 포탄의 도금과 합금이 폭발 시 주변토양에 집적 되었을 것으로 판단하였다.

(4) 납(Pb)

납(Pb)은 군용 가솔린이 연소할 때 첨가된 납이 대기 중에 있다가 강우에 의해 토양표면에 집적되면서 토양오염을 발생시키는 경우와(이민호 등 2011), 사격훈련을 주기적으로 실시함에 따라 사격장 표적지역 토양에 납이 집중적으로 집적되는 경우를 들 수 있다. 전차사격장 표적지역 및 항공기 사격장 표적지역 토양에서 기준을 초과한 오염을 보이고 있으며, 일반 군부대 사격장 오염에서 주로 나타나는 특성과 유사한 오염으로 평가되었다.

(5) 구리(Cu)

구리(Cu)는 탄약 합금으로 주로 활용되고 있다. 대부분의 부대에서는 검출되지 않았으나 부대 특성상 대규모 사격훈련을 주기적으로 실시하는 항공기 사격장 표적지역 토양에서 주로 검출 되었다.

또한 훈련 중 야외에서 사용하는 유조차나 각종 전차 등 대형장비 관리 소홀에 따른 유류누출 및 공급용 송유관 파손에 의한 대량 누출사고도 자주 발생하는 수준이었다.

환경부(2003)에서 실시한 토양오염 기준 및 복원 기준 연구에 따르면 미군기지 폐쇄시 대상부지의 57%가 오염된 것은 미 연방정부가 부지평가복원 시 적용하는 110개 오염물질에 대한 토양선별기준(Soil Screening Levels)을 적용했을 때의 면적이므로 단순비교 하는 것은 무리가 있으나, 우리나라 토양환경 보전법에서 규정하는 21개 오염물질을 고려할 때 오염면적 비율이 낮다고 할 수는 없다.

2. 기능 부대별 오염특성 평가 결과

부대별로 주요 오염분포를 파악해본 결과 평균적으로 유류오염이 전체 오염 면적의 91%를 차지했고, 중금속 오염은 정비고 등 일부지역을 중심으로 오염 면적의 9%로 나타났다.

(1) 기갑부대(캠프 A) 오염 특성

기갑부대의 오염 특성은 K-1전차 및 M-2장갑차에 의한 정비활동 간 윤활유 사용 및 JP-8등 유류사용이 많아 유류에 의한 TPH 토양오염이 기지 전반에 걸쳐 심각하게 나타나고 있었다. 정비활동간 발생할 수 있는 아연, 니켈, 납 등에 의한 중금속 오염이 정비고 주변 및 유해폐기물 집하장, 차량 및 장비 대피호, 사격장 등에서 검출되었다.

IV. 결론

1. 부대별 오염특성 공통점 분석

부대 공통적인 오염특성으로는 모든 부대가 주둔지 전 지역에 걸쳐 고농도 유류오염이 발생했다.

임시 주둔군으로서 미군은 영구적인 시설물 보다는 지형에 맞게 소규모 임시시설들을 배치하였으며, 그 시설에 난방 보일러와 유류저장 탱크를 설치하여 지원함에 따라 부대 전 지역에 고루 오염유발개연시설이 분포되게 되었다.

주둔지는 적의 공격이나 테러로부터 안전을 보장받기위해 유류저장탱크 및 배관은 가급적 지하에 매설하였으며, 휴전이 50여 년 동안 지속됨에 따라 지하 매설 유류저장 탱크 및 배관의 노후로 인해 유류 누출이 발생했다. 지하 매설로 인해 누출된 유류는 눈에 보이지 않게 장기간에 걸쳐 넓은 지역을 고농도로 오염시킨 원인으로 판단되었다.

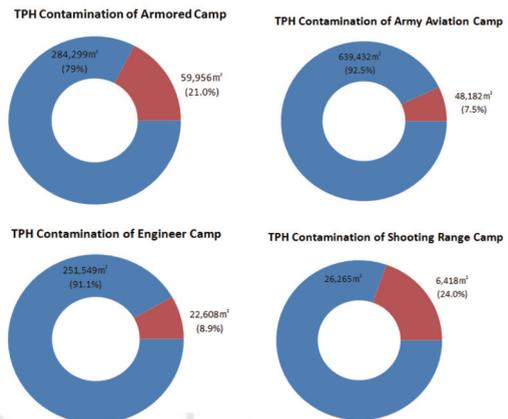


Figure 3. TPH contamination of each camp

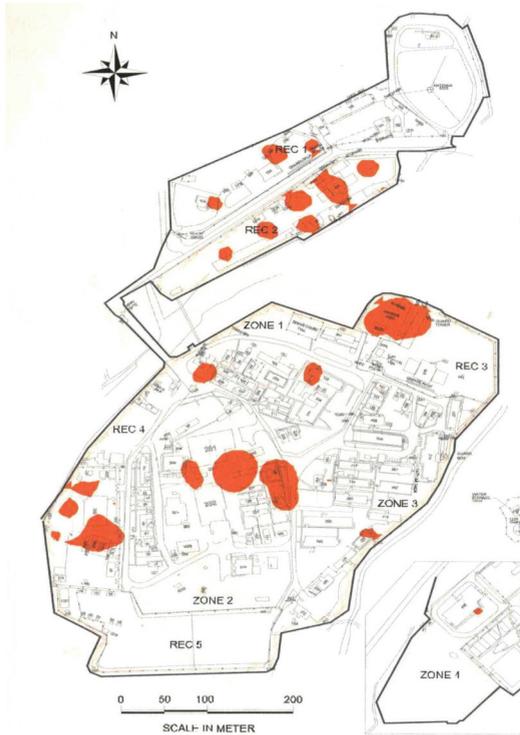


Figure 4. Assessment report for the environmental contamination survey of camp A

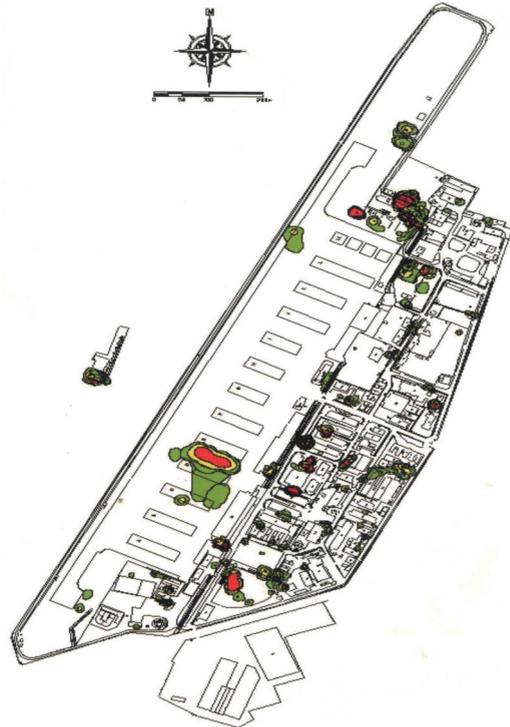


Figure 5. Assessment report for the environmental contamination survey of camp B

특징적인 점은 아연(Zn)이 부지면적의 1%인 2,580㎡에서 기준 값을 초과하고 있는데 그 원인은 차량 대피호에서 운전자 정비, 기존 도색 벗겨내기, 새로운 도로로 분부식 도색하기를 매년 반복적으로 실시하는 과정에서 차량대피호 주변으로 비교적 넓은 범위의 토양에 집적된 것으로 판단되었다.

니켈(Ni)은 무한궤도에 합금으로 많이 쓰여 장비 운행 및 기동훈련 간 마모에 의한 발생 가능성과 과거 기갑장비는 휘발유를 사용했던 것을 고려해 볼 때 휘발유에서 연소된 니켈이 주변에 집적되어 타 부대들에 비해서는 상대적으로 높은 수준의 니켈 오염을 나타내고 있었다. 또한 부대 내 사격장 표적지역 토양에서는 납(Pb) 오염이 나타났다.

토양오염으로 인해 기지 내 지하수 및 지표수에서 TPH가 검출되었으며, 농도는 2.99mg/L로 비교적 낮게 나타났으나 지하수의 흐름이 인근하천으로 유출되고 있거나 진행 중에 있어서 조기에 정화가 요구되고 있었다.

## (2) 육군항공부대(캠프 B) 오염 특성

육군항공부대의 오염 특성은 회전익 항공기 정비 활동 간 윤활유 사용 및 POL 지역 등에서 항공유 JP-8에 의한 TPH 및 휘발유에 의한 BTEX를 포함한 유류에 의한 토양오염이 기지 전반에 걸쳐 심각하게 나타났다. 항공기 기본정비 및 장비 도색활동이 주로 이루어진 정비고 및 야적장 주위에서 기준치를 초과한 아연이 검출되었고, 기지 내 소총 사격장 토양에서는 납(Pb)과 구리(Cu)오염이 검출되었다. 항공기 격납고 및 유해폐기물 집하장 등에서는 아연, 카드뮴, 구리 등 중금속 오염이 검출되었다.

토양오염으로 인해 기지 내 지하수 및 지표수에서는 TPH가 타기지에 비해 708mg/L로 비교적 높게 나타났다. 자유상 유류(free product)도 지역별로 최대 1M 까지 나타났다. 벤젠, 크실렌, PCE 등도 검출되었다. 지하수의 흐름이 인근 북한강으로 유출되고 있거나 진행 중에 있어서 조기에 정화가 요구되었다.



Figure 6. Assessment report for the environmental contamination survey of camp C

(3) 공병부대(캠프 C) 오염 특성

공병부대 고유의 오염 특성은 기차로 수송되어온 대량 유류를 주변부대에 지원하기위한 보급용 POL에서 유류 누출이 심각했고, 토양 내 지하수위를 중심으로 자유상 유류(free product)가 많이 확인되었다. 공병부대 임무 상 아연도금 강판, 철망 등의 건축 자재를 야적하였을 때 산성비에 노출되었거나, 장비 도색활동을 실시했던 정비고 및 야적장, 유해폐기물 집하장 주위에서 다른 기지에 비해 가장 높은 농도의 아연(Zn)이 검출되었다. 소총사격장 지역 토양에서 나타난 납(Pb) 오염은 일반 군부대 사격장 오염에서 주로 나타나는 특성과 같은 오염으로 평가할 수 있었다. 정비활동간 발생할 수 있는 아연, 납 등에 의한 중금속 오염이 정비고 주변에서 검출되었다.

토양오염으로 인해 기지 내 지하수 및 지표수에서 TPH가 1개소 검출되었으나, 타기지에 비해 검출 농도도 8.95mg/L로 비교적 높게 나타났다. 자유상 유류도 지역별로 최대 2.4M 까지 나타나는 등 지하수의 흐름이 인근하천으로 유출되고 있거나 진행 중에 있어서 조기에 정화가 요구되었다.

(4) 사격장 관리부대(캠프 D) 오염 특성

사격장 관리부대 고유의 오염 특성은 넓은 바다 갯벌을 포함하고 있으나 바다 갯벌 환경조사는 별도로 하기로 하여 갯벌을 제외한 표적지역으로 사용되는

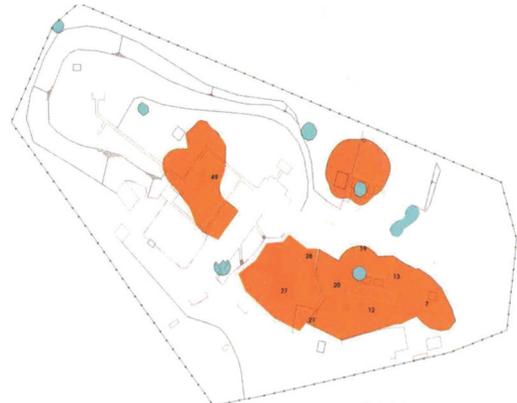


Figure 7. Assessment report for the environmental contamination survey of camp D

농섬과 사격장을 관리하는 육상복합지역에서만 조사를 실시하였다. 평시 관리인원 없이 훈련 때 만 사용하는 기지로서 항공유 JP-8 및 휘발유 사용이 비교적 적은 부대임에도 BTEX를 포함한 유류에 의한 토양오염이 심각하게 나타난 것은 훈련 간 유류사용이 부적절했거나, 차량 정비활동 간 윤활유 사용 후 미처리 방치로 인해 유류토양오염이 발생했을 것이다. 이는 유류오염개연시설이 없는 주차장에서도 유류오염이 발견된 것으로 보아 훈련 중 야외에서 사용하는 유조차나 보급용 송유관 파손에 의한 대량 누출사고를 고려해 볼 수 있었다.

항공기 및 대공화기 사격 간 발생할 수 있는 탄피 및 폭발에 의한 아연, 납 중금속 오염이 육상 표적지역 주변 및 해상 농섬 표적지역 주변 등에서 다량 검출되었다. 특히 농섬 주변에는 포탄 탄피를 제외한 오염유발개연시설은 없었으나, 사격장 주변에 방치된 사격 잔재물 또한 주요 오염원으로 처리대책이 요구되었다.

토양오염으로 인해 기지 내 지하수 및 지표수에서 TPH, 벤젠, PCE, TCE가 검출되었으며, 자유상 유류는 발견되지 않았다.

참고문헌

국방부, 2001, 환경보전 종합 발전계획.  
 국방부, 2002, 사격장토양오염조사 및 오염 확산방지 대책 연구.

- 국방부, 2005, 군 환경오염조사 표준수행절차.
- 국방부, 2012, 반환미군기지 환경오염정화사업 백서, p.36, p.50, pp.81-89.
- 국방시설본부, 2005, 캠프A 환경오염조사결과보고서.
- 국방시설본부, 2005, 캠프B 환경오염조사결과보고서.
- 국방시설본부, 2005, 캠프C 환경오염조사결과보고서.
- 국방시설본부, 2006, 캠프D 환경오염조사결과보고서.
- 국방시설본부, 2005, 캠프 게리오웬 환경오염조사 결과보고서, pp.154-155.
- 미군기지 환경피해 조사위원회(녹색연합 등), 2008, 미군기지 환경피해 보고서.
- 유동준, 2008, 국방, 군사시설의 토양환경관리정책 사례.
- KEI, 2008, FR-06 토양지하수환경포럼 제5과.
- 이민효, 최상일, 이재명, 이강근, 박재우, 2011, 토양 지하수환경.
- 정상조, 2008, 군 토양/지하수 환경관리 현황, 제10회 군 환경보전 학술대회, pp.3-23.
- 조석희, 김복현, 박석환, 박준석, 조병렬, 2012, 토양 환경관리개론.
- 주한미군범죄근절운동본부, 1999, 끝나지 않은 아픔의 역사 미군범죄, pp.313 - 322.
- 한미연합군사령부(ROK-US Combined Forces Command), 2008, 미국과 미군에 대한 이해, p.195.
- 환경부, 2003, SOFA 환경조항 이행을 위한 환경정보공유 및 접근절차 운영지침.
- 환경부, 2003, 토지이용 용도별 토양오염기준 및 복원기준 마련을 위한 연구, p.39.
- 환경부, 2005, 2009, 토양환경보전법.
- 환경부, 2006, 국정감사제출자료, 반환미군 29개기지 환경조사 결과.
- 환경부, 2006, SOFA 및 관련합의서.
- 환경부, 2007, 오염토양 정화방법 가이드라인.
- 환경부, 한국환경정책·평가연구원, 녹색연합, 2009, 군 환경 관리의 과제와 발전방향에 관한 연구, pp.10-15.
- USFK, 2007, Military Valance.

최종원고채택 13. 09. 30