

캠프 캐럴 인근 지역 주민건강영향조사

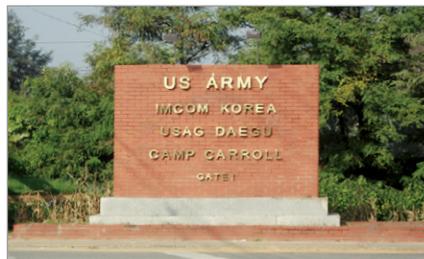


Tetrachloroethylene
Perchloroethylene



동국대학교
의과대학 석좌교수
임현술

퇴역 미군이 2011년 5월 19일 베트남 지역에서 사용한 ‘Agent Orange(에이전트 오렌지)’ 표시가 부착된 드럼통을 1978년경 경상북도 왜관지역의 미군기지 중 아시아에서 가장 큰 군수시설인 캠프 캐럴(Camp Carroll)〈그림 1〉에 매립했다는 주한 미군 전역자인 스티브 하우스 씨의 증언이 기사화되었다. 이에 고엽제 매립 진상을 규명하고〈그림 2〉 환경오염에 따른 지역주민의 건강영향 논란이 야기되었다. 한·미 양국은 공동조사단을 구성해 캠프 캐럴 내·외부의 지하수와 토양조사를 수행하는 등 고엽제 존재 유무 등을 파악하기 시작했다.



〈그림 1〉 경상북도 칠곡군 왜관읍에 위치한 캠프 캐럴 문



〈그림 2〉 고엽제 무단 매립 진상을 규명하라는 현수막들

캠프 캐럴 주변 환경조사에서 고엽제 드럼통을 매립하였다는 구체적인 증거는 없으나 지하수와 토양의 고엽제를 포함한 유해물질 측정 과정에서 기지 내 41구역에서 trichloroethylene(TCE)과 perchloroethylene(PCE)의 농도가 각각 0.002~2.744 mg/L, 0.114~9.592 mg/L 검출되었으며, 기지 외부의 지하수에서도 TCE와

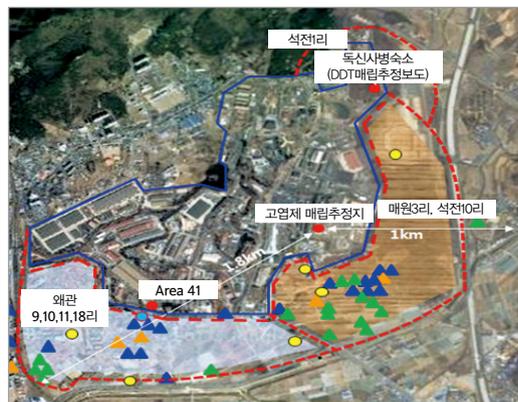
PCE가 0.0006~0.2221 mg/L 검출되어 지하수 수질기준을 초과하는 것으로 보고되었고, 기지 내부에서는 다이옥신류가 극미량 검출되었다. 또한, 민간 단체에서 백혈병이 더 많이 발생하였을 가능성을 제시하여 경상북도 왜관지역 주민건강영향조사를 실시하게 되었다. 과거 파월 군인 역학조사에 연구원으로 참여한 경험을 바탕으로 연구책임자를 맡아 2011년 12월 13일부터 2012년 9월 25일까지 연구를 진행하였다.

유해물질 노출 및 이로 인한 질병 관련성 여부 파악을 위하여 단계적으로 역학조사를 할 필요성이 있다고 판단, 먼저 1단계 연구로 노출 추정지역 인근 주민의 유해요인 노출 유무와 관련된 질병 규모를 파악하고, 1단계 결과를 통해 표본대상자를 선정하여 건강검진 및 생체시료 분석 등 2단계 연구를 실시하여 노출 관련성을 알아보고자 하였다.

1. 차 설문조사에 근거한 인근 주민의 건강수준

1단계 연구 설문조사는 2011년 8월 31일 민·관 공동 조사팀을 구성해 캠프 캐럴 내 고엽제 매립 추정 지역에 인접한 칠곡군 왜관을 석전1, 10리, 매원3리, 왜관9, 10, 11, 18리, 아곡리 등 8개 리를 조사대상 지역으로 선정하였다(그림 3).

2011년 8월 31일 당시, 조사대상 지역에 1년 이상 거주한 전 주민 2,519세대를 연구 대상으로 하였다. 조사대상 지역에서 총 6,589명을 설문조사 완료하고 연구 대상자에 부합한 총 5,320명(80.7%)을 1차 설문조사 최종 분석 대상으로 선정하였다. 설문 문항은



〈그림 3〉 경상북도 칠곡군 왜관을 건강영향조사 조사지역 (왜관을 석전1리, 10리, 매원3리, 왜관9, 10, 11, 18리와 아곡리(지도에 표시되어 있지 않음) 등 8개 리)

인적사항, 가족구성원, 직업력 등 일반적 사항과 유해요인 노출평가를 위한 왜관지역 지하수(우물 포함) 섭취력, 거주력, 유해요인 노출에 의한 인체 영향 평가를 위한 질병력을 포함하였다. 질병력은 고엽제 관련 질병을 위주로 지하수, 토양, 하천 등의 환경검사 결과에서 검출된 유기염소계 농약, TCE, PCE 등의 유해인자들과 일부 관련성이 있다고 알려진 암, 고혈압, 당뇨병, 파킨슨병, 다발성골수종, 아밀로이드증, 말초신경병증, 피부포피린증, 척추이분증 등 9개 질병과 호흡기 노출을 고려한 천식을 포함하여 과거 의사 진단력을 조사하였다. 고엽제 매립 추정 시기로부터 30년이 지난 시점에 조사를 시작한 한계 때문에 연도별 소화기 노출, 호흡기 노출 등 정확한 노출 분석이 불가능하여, 노출 평가는 왜관 지하수 섭취기간과 왜관 거주기간으로 기준을 삼았다.

1차 설문조사에서 여자 왜관 지하수 섭취군이 비섭취군보다 암, 고혈압 등 만성질환 의사 진단율이 높아 지하수 섭취에 의한 만성질환 발생 증가 가능성이 제기되었다. 왜관 거주력이 긴 남자 및 여자에서 암, 고혈압의 의사 진단율이 높아 거주기간에 의한 만성질환 발생 증가 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 그러나 왜관 지하수 비섭취군(비노출군)의 의사 진단율이 과소평가되어 교차비가 과대평가되었을 가능성, 차별적 오분류, 단면 연구 등 여러 가지 해석 가능성 및 제한점이 있어 결과 해석에 유의하여야 할 것이다.

1차 설문조사는 체내 유해화학물질 존재 여부와 현재 건강 상태를 확인할 수 없었다. 이에 1차 설문조사에서 파악한 자료를 바탕으로 노출 정도에 따른 건강 영향을 비교하기 위한 2차 설문조사 및 건강검진을 계획대로 실시하였다. 2차 설문조사 및 건강검진에서는 1차 설문조사에서 더 나아가 암 의사 진단력을 개인별로 확인한 것에 의미가 있다. 또한, 건강검진을 통해 현재의 건강 상태를 확인하고 유해화학물질 노출을 뒷받침할 생체시료를 확보하였다.



2. 선별 주민에 대한 건강검진 결과

2차 설문조사 및 건강검진은 2012년 2월 13일(월)부터 2012년 2월 26일(일)까지 칠곡군 보건소에서 14일간 실시하였다(그림 4). 공복검사를 원칙으로 8시간 이상 공복을 유지하도록 교육 및 홍보를 실시하였고 조사는 오전 8시 30분에 시작하여 11시 30분까지 접수를 마친 사람을 기준으로 실시하였다. 최종 건강검진 완료 대상자 중 기준에 부합한 1,033명의 자료를 분석하였다. 건강검진은 신체 계측으로 신장 및 체중, 허리둘레를 측정하였다. 또한 혈압, 요단백 스틱검사, 골밀도검사를 실시하였다. 혈액검사에서는 총혈구수검사, 간효소 수치검사, 지질검사, 공복혈당검사, 당화혈색소, 크레아티닌 검사를 실시하였다.

왜관 거주력 및 왜관 지하수 섭취력에 따른 의사 진단율 및 임상검사 결과는 차이가 없었고, 일부 유의한 차이가 있는 경우 노출력 증가에 따른 예방 효과를 보였지만 일률적인 경향성은 보이지 않았다. 조사 참여별로 보면 1차 설문조사만 참여한 사람들에게 비해 2차 설문조사 및 건강검진까지 모두 참여한 대상자의 의사 진단율이 높고, 특히 지하수 비섭취군의 질병이 있는 사람들이 섭취군에 비하여 더 많이 2차 설문조사 및 건강검진에 참여한 것으로 나타나, 1차 설문조사의 노출에 따른 유의한 차이가 2차 설문조사 및 건강검진에서는 감소한 것을 알 수 있다. 결과 해석에는 여러 가지의 다양한 가능성 및 제한점이 있지만, 의사 진단력에서는 왜관 지하수 섭취기간이나 거주력에 따른 차이는 거의 없었다.



〈그림 4〉 칠곡군 보건소에서 실시한 2차 설문조사와 건강검진 현장

3. 인근 주민의 혈중 및 요중 휘발성 유기화합물 평가

휘발성 유기화합물 중 TCE와 PCE로 지하수가 오염되어 생체시료는 혈중 TCE, PCE, TCEOH(trichloroethanol)와 요중 대사체인 TCA(trichloroacetic acid)와 TCEOH를 측정하였다. 휘발성 유기화합물의 생체 반감기를 고려할 때 지하수 음용에 따른 노출을 생체시료로 평가하는 것은 문제점이 있지만, 왜관은 수도물이 공급되지 않는 지역이 있으며, 식당, 학교, 공공용수 등에서 지하수를 광범위하게 사용하고 있기 때문에 주민들은 집에서 지하수를 음용하지 않더라도 다른 곳에서 지하수를 음용할 가능성이 있었다.

휘발성 유기화합물 생체시료 대상자 중 혈액검사 대상자 983명의 혈액 중 TCE, PCE, TCEOH의 검출률은 0%였으며, 요중검사 대상자 952명의 TCA와 TCEOH의 검출률은 각각 98.5%와 36.6%였다. 지하수의 휘발성 유기화합물 농도 기준 초과 등 지하수 음용에 따른 노출은 충분히 가능하나, 지하수 음용 여부에 따른 생체 내 TCA 및 TCEOH 농도의 유의한 차이는 없었다. 이것은 요중 TCA 농도가 염소 처리된 수도물의 음용에서도 노출될 수 있기 때문에 TCE 및 PCE의 직접적 노출 지표로 고려될 수 없을 것으로 판단된다. 따라서 일반 환경에서 TCE 및 PCE의 생체시료로써 TCA 및 TCEOH를 측정하는 것은 수도물 음용에 따른 부산물이 혼란 변수로 작용할 수 있기 때문에 노출평가로 적절하지 않을 수 있음을 나타낸다. 이 연구에서는 TCA의 농도 변화와 국내외 보고된 결과를 고려할 때 지하수 음용에 따른 노출보다는 수도물 음용에 따른 노출로 평가하였다.

4. 인근 주민에서 다이옥신류 및 유기염소계 농약의 혈중 농도 및 노출력

캠프 캐럴 인근 주민에서 다이옥신류 및 유기염소계 농약의 혈중 농도 및 노출력을 측정하였다. 다이옥신류 또는 유기염소계 농약검사 대상자는 2011년 9월 캠프 캐럴 인근 주민 중 설문조사와 2012년 2차 검진 참여 대상자 중 혈액채취에 동의한 사람으로 선정하였다. 최종적으로 다이옥신류 또는 유기염소계 농약검사의 대상자는 각각 113명, 190명이었고, 이들 중 유기염소계 농약과 다이옥신류의 검사를 함께 한 대상자는 94명이었다. 다이옥신류만을 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 50 ml, 유기염소계 농약만을 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 10 ml, 두 종류를 모두 측정하는 대상자에게는 최소한 혈액 60 ml를 채취하여 원심 분리 후 혈청만을 분리한 후, 분석 시점까지 -70 °C 냉동고에 보관하였다.

혈액 중 다이옥신류 분석은 다이옥신분석 공인기관에서 다이옥신류 7종 및 퓨란류 10종을 분석하였고, 다이옥신류의 혈중 농도는 지질 보정치로 제시하였다. 혈액 중 유기염소계 농약 분석도 같은 기관에서 유기염소계 농약류 22종을 분석하였고, 이 또한 다이옥신류와 마찬가지로 지질 보정치로 제시하였다.

에이전트 오렌지에 의한 주요 오염 성분인 다이옥신(2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin; 2,3,7,8-TCDD)은 모두 검출한계 이내로 검출이 되지 않아 에이전트 오렌지에 노출이 되었다는 객관적인 증거를 확보할 수 없었다. 왜관을 총 거주기간과의 관련성이 일부 다이옥신류에서 있었으나 총 거주기간과 용량-반응 관계가 존재하는 것은 아니었으며, 평균연령이 높은 40년 이상 거주자에서만 국한하여 나타났다. 또한, 전체 혈중 농도의 변이에 미치는 영향이 낮아, 칠곡군 왜관을 지역이 고엽제를 포함한 다이옥신류와 유기염소계 농약의 과도한 과거 노출이 있었다고 판단하기는 어려웠다. 하지만 이 연구가

노출이 추정되는 시점으로부터 30년 정도가 지난 후에 시행되었음을 고려할 때 과거 고엽제 노출 여부를 이 연구결과 하나로 단정지를 수 없음을 연구결과 해석 시 고려할 필요가 있다.

5. 건강 관련 2차 자료에 근거한 암 발생 현황

건강 관련 2차 자료에 근거한 왜관지역 주민의 암 발생 현황은 환경오염 물질에 의한 노출이 추정되는 왜관 주변지역 주민을 대상으로 암 등록 자료, 사망원인 및 건강보험 이용 자료 등을 분석하여 고엽제를 비롯한 유기염소계 농약 등의 환경오염 물질에 의한 암 발생률, 암 사망률, 질병별 의료 이용률 등의 연도별 변화와 지역별 차이를 관찰하였다.

지역 암 등록 자료에서 왜관읍의 환경오염과 관련된 암 발생률이 대조지역에 비해 유의한 증가를 보인 암종은 여자의 경우 위암, 남자의 경우 기타 암이 있었고, 왜관읍 암 발생률이 대조지역에 비해 유의한 감소를 보인 암종은 여자의 경우 갑상샘암, 담낭 및 기타 담도암, 남자의 경우 전립선암이 있었다. 또한 환경오염과 관련된 암에 대한 국가사망자료, 국민건강보험자료 등 국가통계자료 분석에서는 왜관지역이 다른 지역에 비해 의미 있는 증가를 나타내지 못하였다. 환경오염 노출에 의한 건강 영향을 파악하기 위한 이 연구에서 활용할 수 있는 2차 자료는 모두 동원하였으나, 2차 자료의 경우 국가통계 자료원에 대한 제한으로 고엽제 매립 추정 시기로부터 30여 년이 지난 최근의 자료라는 한계점을 고려하여야 한다.

최종 결론은 다음과 같다. 에이전트 오렌지에 의한 주요 오염 성분인 다이옥신은 모두 검출 한계 이내로 왜관읍 주민들이 에이전트 오렌지에 노출

되었다는 증거를 확인할 수 없었다. 기타 다이옥신류와 유기염소계 농약의 혈중농도도 국내의 일반인 수준이었다. 그러나 다이옥신류의 독성등가치(Toxicity Equivalency, TEQ)와 일부 다이옥신류(1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,7,8-PeCDD), 유기염소계 농약 중 디디티(dichloro-diphenyl-trichloroethane, DDT)의 대사산물인 p,p'-DDD가 연령을 포함한 다른 영향요인을 보정하고도 왜관 지하수 섭취기간 또는 왜관 총 거주기간과 유의한 관련성을 보여 왜관의 어떠한 지역적 특성이 이러한 화학물질의 혈중농도를 높이는데 기여하였을 가능성이 있었을 것으로 추정되었다. 한편 휘발성 유기화합물의 경우 일부 왜관 지하수에서 검출되었으나 왜관 지하수 섭취력과의 관련성은 확인하지 못하였다.

1차 설문조사 결과 왜관 지하수 섭취기간 혹은 왜관 총 거주기간이 길수록 암, 고혈압, 천식 등 만성질환 의사 진단율이 높아서 왜관 지역의 거주력이 이러한 질병의 발생에 기여했을 가능성도 있을 것으로 추정된다. 그러나 2차 주민 조사에서는 이러한 관련성을 확인하지 못하였으며, 이 조사의 경우 단면 연구로써 정확한 원인적 관련성을 확인할 수가 없다는 한계점이 있다.

지역 등록 자료에서 왜관읍 암 발생률이 대조지역에 비해 유의한 증가를 보인 암종은 여자의 경우 위암, 남자의 경우 기타 암이 있었고, 왜관읍 암 발생률이 대조지역에 비해 유의한 감소를 보인 암종은 여자의 경우 갑상샘암, 담낭 및 기타 담도암, 남자의 경우 전립샘암이 있었다. 국가사망자료, 국민건강보험자료 등 국가통계자료 분석에서는 왜관지역이 다른 지역에 비해 의미 있는 증가를 나타내지 못하였다. 그리고 주민건강영향조사의 실시 이유 중 하나인 백혈병과의 관련성은 관찰할 수 없었다.

이 연구를 통해 얻은 경험은 생체시료 분석의 정확도를 확인하여야 한다는 점이다. 다이옥신류 측정은 국·내외 인증을 받은 우수한 대학기관에서 하였지만, 우리 측 연구원이 정확도에 대한 문제를 제기하여 이를 바르게 수정하

였다. 게다가 휘발성 유기화합물의 경우 검사기관에서 실시하였는데 잘못된 경우가 있어 수정해야만 했다. 그러므로 아직까지 생체시료 등 예측하지 않은 분석 결과가 나오면 반드시 그 정확도를 확인하여야 할 것이다.

이번 연구에서 특기할만한 기억을 떠올리자면, 주민대책위 대표로 참여한 분이 모임 때마다 과거에 거주하다가 현재 건강검진 대상 지역이 아닌 타 지역에 거주하고 있는 주민의 검진도 반드시 필요하다고 주장을 해온 바, 이들을 포함할 경우 역학조사의 모집단을 확정할 수 없고 만일 질병이 발견될 경우 후에 검진하여 포함할 것이라고 설득하였으나 주장을 계속하여 난감하였다.

또한, 민간단체에서 연구원으로 참여한 어느 교수가 최종 보고회 후 연구 결과 발표에 문제가 있다고 대구 지역과 국회 환경보건위원회에서 똑같은 내용을 약간 다른 방향으로 직접 발표를 하는 바람에 당황스러웠으나, 하나의 해프닝으로 마무리되어 다행이라고 생각했다. 연구 윤리에 대해 다시 한번 생각하는 계기가 되었다. ☺

참고문헌

1. 민영선, 임현술, 이관, 박선애, 이덕희, 주영수, 양원호, 김근배, 유승도. 설문조사에 근거한 캠프 캐럴 인근 주민의 건강수준. *한국환경보건학회지* 2013;39(4):312-321.
2. 민영선, 임현술, 이관, 박선애, 이덕희, 주영수, 양원호, 김근배, 유승도. 캠프 캐럴 인근 선별 주민에 대한 건강검진 결과 분석. *한국환경보건학회지* 2013;39(4):322-334.
3. 이관, 임현술, 민영선, 이덕희, 주영수, 양원호, 조용성, 김근배. 건강관련 2차 자료에 근거한 왜관 지역주민의 암 발생 현황. *한국환경보건학회지* 2013;39(4):335-345.
4. 임현술, 양원호, 김근배, 조용성, 민영선, 이관, 이덕희, 주영수, 김순신, 허정, 정다영. 캠프 캐럴 인근 주민의 혈중 및 요중 휘발성 유기화합물 평가. *한국산업보건학회지* 2016;26(1):11-19.
5. 배상근, 김근배, 조용성, 이유미, 이덕희, 양원호, 주영수, 이관, 민영선, 임현술(교신). 캠프 캐럴 인근 주민에서 다이옥신류 및 유기염소계 농약의 혈중 농도 및 노출력. *한국산업보건학회지* 2016;26(3):277-285.
6. 임현술 등. 경북 왜관지역 주민건강영향조사 최종보고서. 국립환경과학원