



CWC NEWS

안녕하십니까 CWC NEWS 독자여러분
2015년도 벌써 두달이 지나고 따뜻한 봄기운이 조금씩 다가오고 있습니다.
남은 한 해도 소망하신 일 모두 이루시고 행복한 일만 가득하시길 바랍니다.

이번 호에서는 시리아 화학무기 폐기관련 기고와 과학자문위원회(SAB)의 보고서 등을 통하여 화학무기금지협약의 동향을 살펴봅니다.

또한 최근 화학무기금지기구(OPCW)에서 관심 깊게 다루어지고 있는 화학과 생물의 융합에 대해서도 Special Report를 통하여 알아보도록 하겠습니다. 마지막으로 본 회에서 화학무기금지협약 이행을 위해서 펼치고 있는 사업들에 대해서도 간략히 소개해 드리도록 하겠습니다.

CWC NEWS를 통해서 관련 독자여러분들이 협약 이행을 위한 유익한 정보들을 제공 받으시길 희망합니다.

| 편집자주 |

비매품 | 통권 제23호 2015년 2월
발행일 | 2015년 2월
발행인 겸 편집인 | 권 영 후
서울시 구로구 디지털로32길 29, 501호 구로동 키콕스벤처센터 501호
전 화 | 02-2088-7264
팩 스 | 02-784-0322
디자인 및 인쇄 | 알파프린팅
전 화 | 6300-4567

CONTENTS

I CWC Today

- CWC이행의 국제적 동향 06
- 시리아화학무기 폐기와 화학무기 체제의 미래 08
- 검증 체제에 대하여 10
- 분석화학과 화학무기금지협약 14
- 무능화 화학작용제(ICA)의 연구에 대한 우려와 제언 16

II Special Report

화학과 생물의 융합

- 켐바이오 융합 - 화학 · 생물 무기 금지체제에 대한 영향 22
- 신경작용제 탐지기로 사용되는 식물 26

III CWC 국내이행사업 현황

- 한-OPCW 공동주관 서울워크샵 개최 38
- 2014년 화학무기금지협약 업체담당자 교육 시행 40
- 당사국 협약이행 기본과정 교육 참가 41



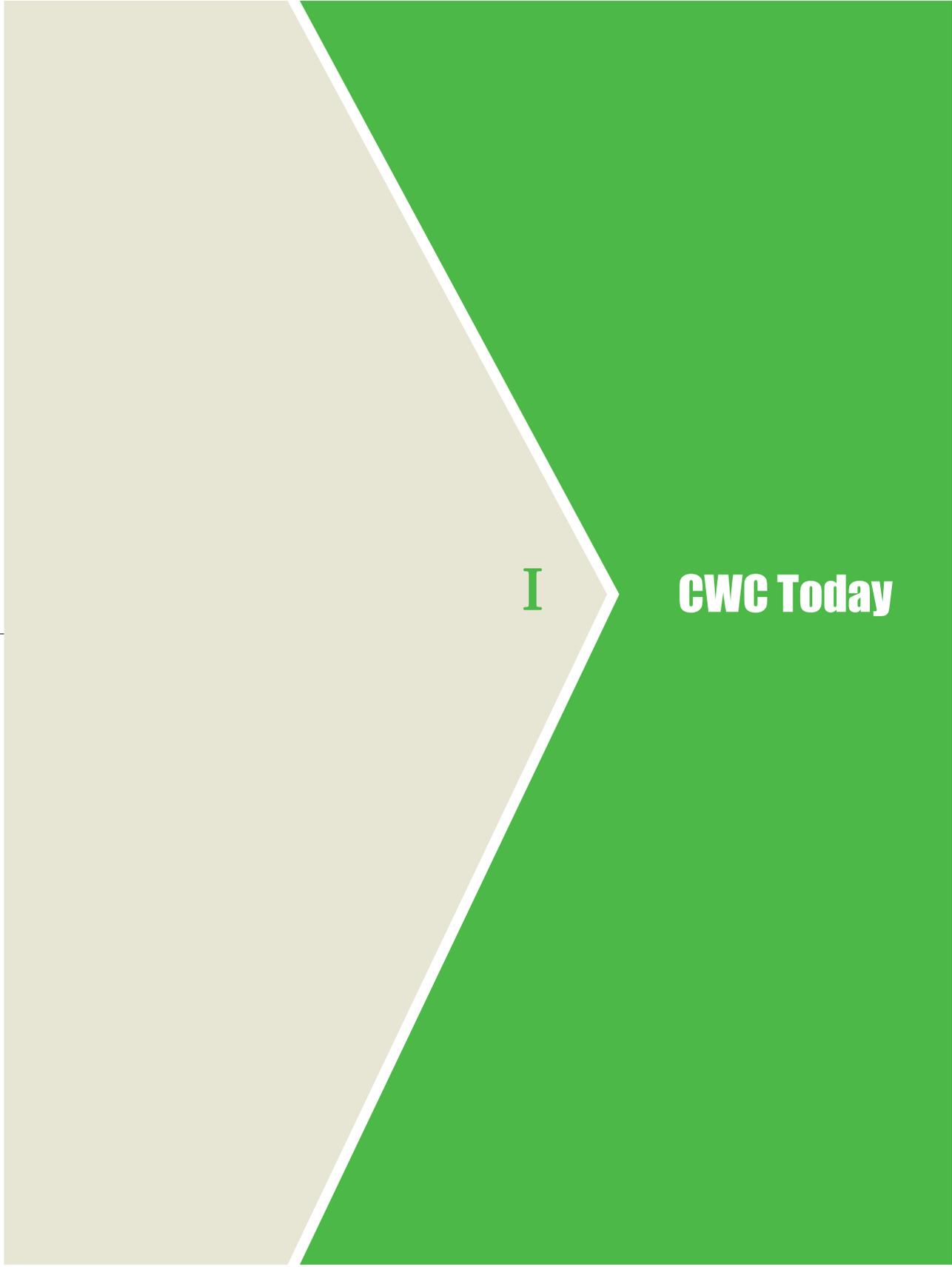
KSCIA

Korea Specialty Chemical Industry Association



Korea Specialty Chemical Industry Association

**Chemical Weapons Convention
NEWS**



I

CWC Today



CWC 이행의 국제적 동향

협약의 보편성을 위한 OPCW의 노력

미얀마는 OPCW와 긴밀한 관계를 가지고 여러 트레이닝과 원조 프로그램에 참여하고 있으며, 협약의 가입을 위한 국회 비준 과정에 있다. 또한, OPCW는 앙골라의 2015년 1월부터 2년 임기의 유엔 안전 보장 이사회 가입을 위하여 접촉을 강화했다. 그리고 OPCW는 8월과 11월에 개최된 세미나를 통하여 이집트와 이스라엘에 꾸준히 접촉 중이다.

화학무기 보유국의 폐기 현황

2014년 11월 기준, 전 세계적으로 카테고리1 화학무기*는 70,439(MT)이며, 그 중 87.2%인 61,445(MT)이 폐기되었다. 당사국 A, 알바니아, 인도, 리비아가 폐기 완료 하였으며, 시리아가 폐기 작업 중이다.

2014년 11월 기준, 전 세계적으로 카테고리 2 화학무기는 2,032(MT)이며 그 중 56.7%인 1,152(MT)이 폐기되었다. 알바니아, 인도, 러시아, 미국이 폐기 완료 하였으며, 리비아는 신고한 화학무기의 40%를 폐기하였으며, 시리아는 신고된 화학무기의 81%를 폐기하였다.

미국

2014년 11월 기준, 신고한 카테고리1 화학무기의 89.75%인 24,924(MT)을 파괴하였으며, 2023년 9월까지 전폐할 계획이다. 카테고리 2,3 화학무기는 모두 파괴하였다. 미국은 총 11개의 화학무기파괴시설이 작업을 완료하였으며, 남은 2개의 화학무기파괴시설은 Pueblo와 Blue Grass에 있으며 각각 2014년 12월과 2020년 4월부터 파괴 작업을 시작할 수 있을 것으로 예상된다.

러시아

2014년 11월 기준, 신고한 카테고리1 화학무기의 84.5%인 33,765(MT)이 파괴되었다. 남은 화학무기는 파괴기한은 기존 2015년 12월에서 2020년 12월로 연기되었다. 카테고리 2,3 화학무기는 모두 파괴하였다.

리비아

2014년 5월, 리비아는 카테고리1 화학무기를 전량(26.34MT) 파괴하였다. 신고한 카테고리2 화학무기 중 39.6%인 555.71(MT)이 파괴되었으며 카테고리3 화학무기는 모두 파괴하였다. 리비아



는 남은 카테고리2 화학무기를 2016년 12월까지 파괴완료할 예정이다.

시리아

시리아의 화학무기는 전례없던 국제적 협력을 통하여 2014년 1월부터 파괴를 시작하여 6월 23일에 완료되었다. 신고된 카테고리1 화학무기는 100% 파괴되었고, 카테고리2 화학무기는 88.8% 파괴되었다.

산업계 사찰

2014년 12월 중순까지, 9번의 시료채취·분석 사찰(Sampling and analysis)을 포함한 241번의 산업계 사찰이 이루어졌다. 2014년 이루어진 사찰 중 40% 이상이 연속사찰이었으며, 이를 통해 효율성을 증가시킬 수 있었다. 또한, 사찰보고서에 사용되는 템플릿의 형태를 간소화하여 사찰 대상 시설에서의 보고서 작성 시간을 감소시킬 수 있도록 하였다. 2015년도에도 동일한 횟수의 산업계 사찰이 이루어질 예정이다.

참고로 2014년도 국내 산업계 사찰은 2중화학물질 2회, 3중화학물질 1회, 단일유기화학물질 6회 이루어졌다.

신고서 제출 기한 준수

2014년 8월 31일 기준, 96개 당사국이 2013년 실적 신고서를 제출하였으며, 그 중 71개 당사국이 제출기한을 준수하였다. 이는 2012년 실적 신고서 제출 당시에는 기한을 준수한 당사국이 56개였던 것에 비하여 향상된 수치이다. 그리고 47개 당사국이 2015년 계획 신고서를 제출하였으며, 그 중 38개 나라가 기한을 준수하였다.

*카테고리1화학무기

1중화학물질에 기초한 화학무기와 그 부품 및 구성성분

*카테고리2화학무기

그 밖의 모든 화학물질에 기초한 화학무기와 그 부품 및 구성성분

*카테고리3화학무기

미충전 탄약 및 장치와 화학무기의 운용과 직접적으로 연계 사용하기 위해 특수하게 고안된 장비

시리아 화학무기 폐기와 화학무기 체재의 미래

줄리아 크레이엔캠프(Julia Kreienkamp, 스위스 보안연구센터)

알려진 모든 화학무기를 파괴하고 분해하기 위한 현재와 미래의 노력에 대하여 시리아의 갈등은 어떤 궁금증을 가지고 있는가? 이 질문과 다른 다수의 질문들에 답하기 위하여, 보안연구센터(the Center for Security Studies, CSS)는 세계 화학무기 통제체제와 시리아 관련 개발에 대한 전망을 살펴보기 위해 2014년 10월 23일 토론의 자리를 마련했다. 초대연사는 스위스 외교부 보안정책과장인 벤노 레그너(Benno Laggner) 대사와 13년 8월 다마스쿠스지방 화학전에서 사용된 것으로 추정되는 화학물질을 분석하는 Spiez 연구실의 화학분과를 이끌고 있는 스테판 모글(Stefan Mogl) 박사이다.

화학무기금지협약 : 성공한 이야기인가?

레그너 대사는 화학무기금지협약은 화학무기와 전구체의 개발, 생산, 획득, 저장, 보유, 이송 또는 사용을 금지를 주요내용으로 하고 있다고 청중들에게 상기시켜주며 그의 이야기를 시작했다. CWC는 완벽하게 검증가능한 대량 살상무기를 금지시킬 수 있는 최초의 무기통제 협약이다. 대부분의 다른 군축비확산 협약과 마찬가지로, CWC도 협약 준수하지 않을 때를 대처하기 위해 화학무기금지기구(OPCW)라는 협약 이행을 감독하는 기관을 포함한 내부 메커니즘을 가지고 있다. 헤이그에 위치한 이 기구는 현존하는 모든 화학무기 전폐, 화학무기의 생산 금지, 화학적 위협으로부터 회원국들의 보호, 화학의 평화적 사용을 위한 국제적 협력 촉진을 추구하고 있다.

OPCW는 신고된 80%이상의 화학무기를 파괴하는 등 1997년 발효 이래로 성공적으로 임무를 수행해왔다. 그러나, OPCW의 기록은 결코 완벽하다고 할 수 없다. 처음 설정했던 화학무기의 전폐 시기를 두 차례 연기했다.(2007년과 2012년). 게다가 이스라엘과 북한을 포함한 6개의 국가가 협약에 가입하지 않았다.

시리아 화학무기 폐기

2014년 8월 18일, 공격이 이루어진지 거의 1년 후에, 오바마 행정부는 시리아가 신고한 화학무기가 성공적으로 폐기되었음을 알렸다. 반기문 총장은 UN-OPCW 합동조사단의 임무 완수를 역사적인 이정표로 묘사하였다.



UN사무총장의 이와 같은 의견은 시리아 사건이 OPCW 스스로가 정체성을 찾는 데 기여했다는 특이한 상황에 더욱 더 의미를 부여할 수 있다. 예를 들어, 내전 중에 어떤 나라의 화학무기가 폐기되었다는 것은 처음있는 일이다. 게다가, 이 미션은 계속되는 연기, 빠듯한 시간, 사찰관들의 안전에 대한 우려 등을 포함한 수많은 어려움에 부딪혔다. 또한, Gouta 지역 화학무기에 대하여 책임을 물을 충분한 증거가 있는지 없는지에 대해서는 합의가 되지 않았었다. 미국과 다른 국가들은 UN 보고서에서 아사드 정권의 책임으로 밝혔겠다고 생각했지만, 스위스와 다른 일부 국가들은 그들의 주장에 더 신중을 기하고 있었다. 이러한 문제들에 불구하고, 두 연사는 당시 지정학적 상황에서 시리아의 화학무기를 찾아내고, 분

CWC Today

해하고 제거하는 과정에서의 국제협력 수준이 매우 주목할 만 했다고 궁극적으로 강조했다. 특히, 레그너 대사는 우크라이나 사태의 발발 이후에도 계속된 미국과 러시아의 협력의 중요한 기회를 제공했던 군축프로그램을 강조했다.

이와 같은 성공에도 불구하고, 레그너 대사는 국제적인 소통이 이루어지지 않는다는 것 또한 인정했다. 시리아 갈등에서 화학무기의 재사용을 막기 위해 여전히 아사드 정권과 협력해야 한다. 시리아의 최근 사건과 그 전개 양상을 볼 때, 아사드 정권이 시리아의 화학무기 프로그램에 대해 완전하게 오픈하지 않았다는 우려가 계속되고 있다. UN-OPCW 미션이 공식적으로 끝난지 하루만에 다마스쿠스는 사찰관들에게 노출되지 않았던 새로운 화학무기시설을 신고했다. 동시에 OPCW 사실조사단은 2014년 초기에 시리아 북부 마을에서 클로린 가스를 사용한 공격이 이루어진 강력한 증거를 찾아냈다고 밝혔다. 레그너 대사와 모글 박사에 따르면, 이러한 폭로는 시리아에서 국제적인 의사소통이 제대로 이루어지지 않았다는 증거라고 할 수 있다. 시리아의 주요 화학무기가 폐기되었지만, 모글 박사는 모든 화학무기 생산 시설이 폐기되었을 때 화학무기전폐가 완벽히 이루어졌다고 말할 수 있다고 지적했다.

미래를 향해

OPCW가 세계적으로 신고된 모든 화학무기를 제거하는데 한걸음 더 가까이 움직일수록, 이러한 무기의 재등장 방지에 초점을 이동해야 한다. 이러한 맥락에서, 모글 박사는 산업중심적인 통제 중요성과 윤리적 규정의 향상 그리고 과학커뮤니티에서의 더 나은 교육과 공공지원 노력의 중요성을 강조했다. 또한 레그너 대사는 OPCW가 그들의 업무를 통해 얻은 기술적 노하우를 공유하고 저장할 필요성을 강조했다.

토론이 계속될수록, 연사들은 미래의 과학과 기술적 발전이 CWC 협약 체제에 어떻게 영향을 미칠 것인지에 관하여 이야기를 나누었다. 특히, 과학과 생물의 발전되는 융합은 증가하고 있는 문제적 생물학적, 화학적 무기를 명확하게 구별되게 할 것이다. 무능화제재라고 불리는 것이 이러한 추세를 잘 반영하고 있다. 이 화학물질은 사실 목숨을 잃게 하지 않는 생물무기이지만 일시적으로 신체적, 정신적인 무능화를 일으킨다. 이 무기가 CWC의 범위에 속하지만, 이것들이 폭동진압을 포함한 법 집행 목적에 위해 사용될 수 있는지에 대한 협의가 이루어지지 않았다.

결론적으로, 미래의 잠재적 위험과 도전과제들도 불구하고, 화학무기 통제 체제는 그 가치를 증명했으며, 시리아 사건은 단지 국제적 의사소통의 중요성을 강조했다 뿐이라고 말할 수 있다. 그렇지만, 이제는 화학무기 통제의 미래와 화학무기 “전폐 이후의 양상”에 대하여 생각해야 할 시간이다. 교육과 공공지원은 정치적인 의지를 유지하는데 중요한 역할을 할 것이고 화학무기를 가지고 있는 나라의 재등장을 막을 수 있을 것이다. 하지만, 화학산업의 성장과 테러조직의 화학무기 사용에 대한 우려는, 화학무기통제체제가 단순히 국가적인 문제가 아니라는 것을 보여준다.

원문은

<http://isnblog.ethz.ch/technology/chemical-disarmament-in-syria-and-the-future-of-the-chemical-weapons-control-regime> 확인하실 수 있습니다.





검증 체제에 대하여



최 근 관심이 높아지고 있는 과학과 기술 방면에서의 “검증” 관련 이슈를 검토하는 관점에서, OPCW의 사무총장은 과학자문위원회(Scientific Advisory Board, SAB)의 지휘 아래 검증분야 임시협의체(Temporary Working Group on Verification, TWG on Verification, 이하 TWG)를 만들었다. 검증분야 임시협의체는 3년 동안 지속될 예정이며, ‘14년 10월까지 총 4번의 회의가 있었다. **지금부터 검증분야 임시협의체의 회의 요약보고서를 통해서 그들의 논의 현황을 살펴보고자 한다.**

정기사찰

퍼 룬(Per Funn)과 스테판 모글(Stefan Mogl)은 사찰체제의 도전과제에 대해서 사무국 직원들에게 실시한 인터뷰 결과를 TWG에 소개하였다. 직원들은 다음과 같은 3가지 사항을 지적했다.

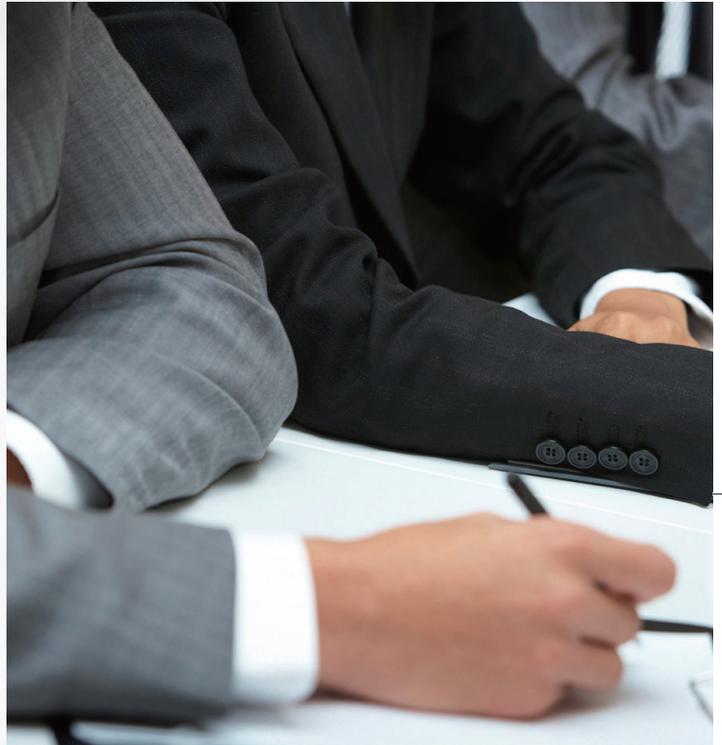
- 검증 체제에 대한 당사국들의 계속되는 지원
- 검증부속서의 제약
- 새로운 과제를 달성하기 위하여 시간에 대해 진화하는 검증방법의 중요성

검증 체제에 대한 당사국들의 계속되는 지원

협약의 검증체제를 유지하는 중요 도전과제는 당사국들의 지원을 계속받는 것이며, 이러한 지원은 당사국이 이익과 비용이 균형이 맞을 때 계속될 수 있을 것이다. 협약의 생존능력은 검증메카니즘과 협약 미준수에 관한 우려사항을 해결 하기 위한 화학무기 사용 추정 의 경우 그리고 강제사찰을 수행해내는 사무국의 능력으로 평가될 것이다.

검증부속서의 제약

검증부속서의 상세한 조항은 강력한 가이드라인을 제공한다. 하지만 변화하는 상황에서는 검증체제를 적용하는 것이 걸림돌이 될 수도 있다. 한 가지 예로는 3중화학물질과 OCPF 사찰에 대한 선정방법이다. 현재 시행 중인 연사찰 횟수에 관한 협약 절차에 따르면, 적은 신고시설을 갖고 있는 당사국에 대해서는 반복되는 사찰이 시행될 것이고 반면에 다수의 시설을 갖고 있는 당사국은 미사찰 시설이 많이 남아있을 것이다.



새로운 과제를 달성하기 위하여 시간에 대해 진화하는 검증방법의 중요성

상기 내용의 해결 위해서는 검증체제는 시간으로 진화해야 한다. 검증의 전체적인 접근의 적용뿐만 아니라 공공적으로 이용가능한 정보의 사용의 이익을 추구하는 것을 포함하여 다양한 분야에서 시간에 대한 주제가 TWG 연구를 통해 다루어질 필요가 있다.

데이터 분석을 위한 현대적이고 효과적인 프로그램의 추구하고 새로운 방법을 사용하기 위한 기술 혁신 적용이 매우 중요할 것이다. 사무국 직원의 능력을 유지하는 것과 사무국이 매력적인 일터로 유지되는 것도 중요하다. 기획력을 잘 갖춘 우수한 직원은 변화하는 상황에 적응할 수 있는 검증을 보장하기 위해서 필요할 것이다.

CWC Today



전자검증도구

사무국의 무랏 굴레이(Murat Gulay)는 사무국의 전자검증도구에 대해서 소개했다. 무랏은 1종화학물질 시설의 신고에 대한 새로운 모듈이 포함된 EDNA 3.0버전의 출시를 포함한 검증정보시스템(VIS)에 향상계획에 대해서 알렸다. 그리고 SIX 시스템의 사용 및 현황에 대해서도 소개했다.

예를 들어 스캔된 문서 이미지와 같은 VIS 이외에서 다루어지는 모든 검증과 관련한 정보를 관리하기 위한 정보관리시스템(Information Management System, IMS) 구현에 대한 노력에 대한 설명도 있었다. 다시 말해 이것은 VIS의 대체가 아니라 전자관문서관리시스템(Electronic Document Management System)과 같은 다른 레거시 시스템의 현대화이다. 새로운 프로젝트의 주요 목적은 현존하는 레거시 프로그램 통합과,

현대 문서 소개와 관리능력 기록, 검색 능력 확장, 데이터 품질을 향상하여 IT지원 없이 업무관리의 유연성을 제공하는 것이다.

DOC의 정의

사무국 직원인 스테판 다라도엔(Stephanie Dare-Doyen)은 DOC를 포함한 OCPF에서 생산한 혼합물 신고와 “합성에 의한 생산”의 의미에서 검증 향상 대한 논의를 위하여 DOC의 정의와 OCPF의 신고에 대하여 발표했다.

이 주제의 토론에서 다음과 같은 사항이 제기되었다.

- (1) 단일유기화학물질에서 단일(Discrete)에 대한 더 자세한 해석이 필요
- (2) TWG은 DOC의 혼합물과 그러한 혼합물의 OCPF 신고여부에 대한 영향과 관련한 해석의 가능한 옵션들에 대하여 또한 논의했다.

화학과 생물의 융합 그리고 사찰

모글은 화학과 생물의 융합에 대한 TWG의 조사의 일부를 소개했고 이것이 검증에 대한 TWG 토론과 관련이 있을 것이라고 했다. 모글은 3차평가회의 때 SAB이 제출한 보고서에서 “화학물질의 생산을 위해 설계된 모든 프로세스는 “합성에 의해 생산된”이라는 용어에 해당된다 “고 서술돼 있음을 상기시켰다. 생물학적 과정으로 생산되는 대량정밀화학제품이 증가하고 있다. 2020년까지 화학 생산량의 약 10 %가 이러한 공정을 사용할 것으로 추정된다. 이러한 추세를 부추기는 것은 상업 및 환경적 요소이며 기존에 사용되던 공급원료에 대한 경쟁이다. 이러한 생명공학은 독소, 독성화학물질의 생산에 적용될 수 있고 융합에 대한 TWG는 제한적으로 1종화학물질과 2종화학물질의 현재 생산에 적용될 수 있는 잠재적 가능성이 있다고 평가했다. 게다가 새로운 생물학적 공정의 개발과 규모확대는 자본, 자원과 시간을 상당히 투자해야 한다.

이 발표는 사무국의 조나단 포먼(Jonathan Forman)이 현재 생물학적 기반 화학산업의 조사로 마무리 지어졌다. 포먼씨는 TWG에게 화학물

CWC Today

질의 종류와 생산량, 현재 개발중에 제품에서 생물학적 기반 과정의 적용을 촉구하는 요소에 대하여 소개했다. TWG는 다음사항에 대하여 기술적 관점에서 검토해야 할 것 이다: 오늘날 신고되지 않는 OCPF 중 어떤 종류가 신고되도록 고려되어야 하는지? 어떤 OCPF가 (보통 신고되거나 앞선 질문에 대한 대답으로 확인되는 것들 중에서) 협약의 목표와 관련이 없는 것으로 나타났으며 신고에서 제외되어야하는지? 또한 이러한 관점에서, OCPF사찰에 대한 기준수량이 수정되어야 할 필요가 있는 것인지?

생물무기금지협약(BWC) 측 전문가인 피어 밀렛(Piers Millet)은 “합성에 의한 생산”의 의미에 대한 생물무기금지협약의 관점은 없음을 밝혔다. 생물무기금지협약 당사국들은 이 용어의 의미에 대하여 고려해 본 적이 없고 생물무기금지협약 아래서 비교할만한 사용 또한 없다. 생물무기금지협약은 협약의 특정화학물질과 견줄만한 목록을 가지고 있지 않으므로 생산이 될 수 있는지를 확인할 수도 없다. 평가회의의 후속조치에 의해서 당사국들은 생산 방법에 관한 협약의 범위에 관련한 합의에 도달할 수 있었다. 예를 들어, 6차, 7차 평가회의에서 “원천이나 생산방식이 어떠하든지 그리고 인간, 동물 또는 식물에게 영향을 끼쳤든지 형태나 양으로 보아 질병예방, 보호 또는 기타 평화적 목적으로 정당화되지 아니하는 자연적으로 또는 인공적으로 만들어진 미생물, 기타 세균 또는 독소들은 생물무기금지협약 제1조가 제한하는 범위에 속한다.” 것이 다시 한번 확인되었다.

BWC는 관련 시설에서 특정 활동의 존재 또는 부재를 검증할 조항을 갖고 있지 않다. 밀렛박사는 1990년대 검증을 통해 BWC를 강화시킬 수 있는 메커니즘을 협상하기 위해 노력했다고 말했다. 하지만, 다자간의 협상과 법적 구속력을 개발하기 위한 노력은 실효가 없었고, 당사국들은 BWC와 무엇이 연관되었는지, 어떻게 관련 활동이 검증될 수 있는지 합의에 도달할 수 없었다. 이러한 BWC 과정의 개요에 관한 정보가 제공되었다.

이 토론에서 다음과 같은 사항이 제기되었다.

- (1) 생물학적 공정으로 무엇이 결정되어야 하는지에 관한 질문이 제기되었다. 일부 당사국들은 생물학적 기반에 시설을 신고하지만 일부 다른 당사국은 그렇지 않다.
- (2) 일부 대규모 생물학적 기반의 생산 공정은 화학공정에서 최종제품으로 변환되는 에탄올과 글리세롤 같은 범용제품을 생산하기 위해 발효를 한다. 만약 최종제품이 DOC라면, 그 시설은 신고되어야만 한다.
- (3) 생물학적 기반의 화학 생산에 관한 신고에 대한 가이드 라인을 만들기 위해서는 화학물질을 생산하는 생물학적 기반의 생산 시설의 전환 가능성에 대한 이해가 필요하다.

화학무기금지협약이 검증 체제에 관한 과학과 기술 발전에 발맞춰 가기위해서 어떤 방법론이 사무국에 도움이 될 것 인가?

조나단은 사무국의 과학과 기술의 모니터링에 대하여 소개하였다. 여러 학문에 걸친 접근을 통한 기술 발전은 자주 일어나는 일인 동시에 중요한 일이다. 화학과 생물을 발전 가능하게 하는 기술은 다른 학문에서 오고 있고 화학의 특정정보에 제한된 모니터링이라면 즉시 인식되지는 않을 것이다. 사무국은 다양한 분야의 전문가들과 계속해서 협력할 것이고 과학적인 소셜 미디어, 정보 그리고 교류의 기술의 이용은 새로운 과학개발을 가능하게 하는 주요 열쇠가 될 것이다. 화학, 공간적, 시간적 데이터와 이러한 기술의 통합의 예가 어떤것인지 논의되었다. TWG는 통합된 정보능력 과 전자의사소통 발전이 검증에 어떤 영향을 미칠 것인지 조사하도록 요청받았다.

이 토론에서 다음과 같은 사항이 제기되었다.

- (1) 원격/자동 모니터링과 정보기술은 화학무기 사용 추정의 경우와 강제사찰에 적용될 수 있을 것이다.
- (2) 정보를 수집하는 능력은 정보를 분석하는 능력을 앞지를 것이고 상당한 양의 기술발전이 있을 것이다. OPCW와 관련된 기술발전을 고려할 때, 과학과 기술을 검토할 수 있도록 하는 알맞은 질문이 필수적이다.
- (3) 다른 국제기구들은 기술 통찰력을 당사국의 과학 기술 전문가들과 효과적으로 협력하기 위해서 사용해왔다. OPCW도 비슷한 접근을 한다면 도움이 될 것이다.
- (4) 소셜미디어는 한 방향 소통이 아니며 소셜 미디어가 만드는 피드백과 대화는 청중에게 다가가는 것과 같은 가치가 있다.





분석화학과 화학무기금지협약

마크 미카엘 블럼(Marc-Michael Blum, OPCW실험실 분석화학자)
R. V. S. 머티 마미다나(R. V. S. Murty Mamidanna, OPCW실험실 분석화학자)

1 1997년 4월 29일 발효된 화학무기금지협약은 군축분야에서 가장 성공한 사례로 꼽힌다. 화학무기금지협약은 화학무기의 사용, 생산과 비축 금지와 그 잔구체를 규제하는 것을 주요 골자로 하고 있다. CWC의 주요 요소는 네덜란드 헤이그의 위치한 화학무기금지기구(OPCW)가 이행하는 복합적이고 강력한 검증 메카니즘이다.

특히 화학산업계에서 많은 사찰이 이루어지고 있음에도, 제출된 신고 기록을 현장에서 확인하고 CWC와 관련된 화학물질의 존재 또는 부재에 관한 사실증거를 모을 수 있는 유일한 방법은 분석화학 기술의 사용이다. 파괴시설의 폐수에서 잔류 성분 농도가 기준치 이하라는 것을 확인하기 위한 분석은 양적인 분석이 될 수 있다. 그러나 대부분의 다른 분석 시나리오는 정성인 분석이다. 관련 화학물질은 존재할 수도 있고 존재하지 않을 수도 있다. 매년산업계에서 많은 시료채취분석사찰이 이루어지고 있다. 분석사찰은 신뢰를 구축할 수 있는 수단이고 OPCW 장비들을 활용하여 분석화학자들이 현장에서 수행한다. 이러한 미션들의 주로 GC(Gas Chromatography)와 MS(Mass Spectrometry)장비를 활용하여 이루어진다. 이러한 장비들은 OPCW 실험실에서 유지보수되고 ISO 17025 품질 인증을 받는다.

CWC의 검증부속서는 현장 외에서의 분석을 위한 조항 또한 포함하고 있다. 이것은 강제사찰이나 화학무기 사용 추정의 경우와 같은 정치적으로 예민한 업무에서 매우 중요하다. 현장 외에서의 분석에 대해서는 OPCW는 사무총장이 지정한 공인된 파트너 실험실의 국제적인 네트워크를 사용한다. 공인 실험실이 되기 위해서는, 실험실들은 공인된 품질 시스템을 갖고 있어야 하며 OPCW 연구실이 만든 숙련도 시험에 최소 1년에 한 번씩 성공적으로 참가해야 한다. 지난 세 번의 시험에서, 실험실들은 A,A,A 나 A,A,B 등급을 받아야 했다. A 등급은 테스트에서 모든 스파이킹 화학물질을 확인하고 오류 없이 보고한 실험실에게 주어진다. 스파이킹 화학물질을 놓쳤거나, 화학물질을 발견하지 못하는 오류를 범할 수 있는 보고를

한 실험실에게는 B등급이 주어진다. 하나 이상의 B등급 받은 실험실이나 더 낮은 등급을 받은 실험실은 분석을 위한 채취시료를 받을 수 없다. 그리고 테스트방식은 잘못된 양성반응에 대해서 용납을 하지 않는다. 테스트의 실패로 숙련도 테스트에서 잘못된 양성반응을 보고하면, 그 실험실은 공인된 지위를 잃게된다. 신고 대상이 될 수 있는 화학물질의 숫자가 제한되어 있지 않다는 것, 숙련도 테스트에서 일부 스파이킹 화학물질은 스펙트럼 데이터 상에 종종 발견되지 않는다는 것, 그리고 앞서 이야기한 엄격한 성능요건이 실험실의 훌륭한 능력을 증명해낸다. OPCW 숙련도 테스트 프로그램의 초창기에 선택된 분석기술이 GC-MS였을지라도, 이것은 35회 테스트를 거치면서 변화하였다. 현재, GC-불꽃광도측정기/질소인 측정기/원자방출측정기, GC-MS(전자이온화와 화학이온화), GC-MS/MS, 액체크로마토그래픽(LC)-MS, LC-MS/MS, GC-고해상 MS, LC 고해상 MS, NMR 분광학과 푸리에 변형 IR 분광학 등의 기술이 사용된다.

합성능력과 결합시에는, 데이터 상 발견되지 않는 화학물질이라도 표본상 중요한 출처가 남아있다면 구조적인 설명도 가능하다. 그리고 상업적 원천에서 사용가능한 데이터라면, OPCW는 협약에서의 목록물질의 데이터로 보관하고 있다.

OPCW중앙분석데이터는 모든 당사국이 열람할 수 있고 현재 5,200MS 스펙트럼, 4,500개 보유지수(retention indices), 1,400 NMF 스펙트럼과 1,000개의 IR 스펙트럼을 가지고 있다.

환경적 채취분석은 화학제의 존재 또는 부재를 밝혀낼 수 있다. 그러나 잠재적 피해자가 노출되었는지 알아내기 위해서는 생물학적 샘플 분석이 요구된다. 혈액과 소변은 쉽게 채취할 수 있기 때문에 선호되는 샘플이다. 이 분야에서 분석은 지난 몇 년간 상당한 진보를 이루었다.

화학제재와 이것의 대사산물 외에는, 단백질과 DNA와 같은 분자량을 가진 화학무기제재의 부가생성물이 신체에서 확장된 지속성으로 훨씬 긴 시간의 노출에 대한 회고적인(retrospective) 식별이 가능함에 따라, 이러한 물질들의 부가생성물을 연구하는 것이 주된 관심사이다. OPCW가 이

CWC Today

용할 수 있는 능력을 향상시키고 생물의학적 시료 분석 실험실 설계를 위해서 OPCW는 지난 몇 년간 다양한 연구를 하고 있다. 그 중 네 번째 연구가 2014년 봄에 수행되었고, 임무를 맡은 참가자들은 혈청 알부민과 같은 단백질을 가진 유기인계 신경제제의 부산물 분석을 하였다.

이러한 분야에서 다루어지는 분석 기술과 과정은 이 분야의 도전과제만큼이나 다양하다. 화학적으로 다양한 분석은 수준 높은 분리 기술과 강력과 데이터 디콘볼루션을 요구하는 어려움에 마주치게 된다. 분석적으로 식억분율을 다루는 생물의학적 샘플에서 관련 종들의 낮은 농도는 추적 분석을 요구할 수 있다. 그리고 새로운 관련 생물학적 표식을 끊임없이 탐색하고 있다.

최근 사건은 화학무기는 여전히 현실적으로 가능하고 위험하다는 것을 보여주었다. 분석화학은 이러한 무기를 전 세계적으로 금지시키기 위해 오랜 시간 먼 길을 걸어왔다. 그리고 우리는 독자들이 세계적 무기 통제에 실질적으로 기여할 수 있는 통찰력을 얻길 바란다.

원문은

<http://link.springer.com/article/10.1007/s00216-014-7931-4>
에서 확인하실 수 있습니다.

산업사찰시 S&A의 확대 실시 논의 중

OPCW사무국은 '06년부터 실시하고 있는 2중화학물질의 시료채취 및 분석(S&A : Sampling & Analysis)의 경험을 바탕으로 현장 산업사찰의 효과를 높이고, 피사찰 국가의 지리적 배분 확대 등이 위하여 3중화학물질과 OCPF에 대해서도 S&A를 확대 적용하는 방안을 검토 중에 있다.

OPCW사무국은 '14년 2월 산업분야 비공식회의에서 관련 지침, 보고서 등의 서류가 많이 필요한 S&A의 운반효율성 향상을 위한 전자책자(e-booklet)와 분석시간을 줄일 수 있는 장비를 개발했음을 밝혔다.

하지만 3중화학물질과 OCPF의 경우, 2중화학물질과 달리 현장사찰을 24시간 이내에 마쳐야 한다. 이처럼 제한된 시간 내에 분석사찰을 마칠 수 있는지의 여부 등이 아직 해결되어야 할 문제로 남아있다.

S&A의 확대 실시는 화학무기 비확산 검증수단으로서의 유용성과 당사국 신고의 투명성을 높일 수 있다는 점에서 긍정적인 역할을 기대 할 수 있지만, 추가적으로 논의가 필요한 부분이 많으므로 지속적으로 검토가 필요할 것이다.



무능화 화학작용제(ICA)의 연구에 대한 우려와 제언

미카엘 크로윌리 박사(Michael Crowley, 비살상무기 연구 프로젝트 코디네이터, 영국 브래드포드 대학)
말콤 캔도 교수(Malcolm Cando, 사회국제연구학교, 영국 브래드포드 대학)



ICA란?

- 일부 회원국과 다자기구가 ICA의 특징을 규정하려고 해왔으나 현재 국제적으로 용인되는 정의는 없다. 사실 특정 선도 과학전문가와 국제기구들이 그러한 과학적 정의가 가능하지 않는 것으로 믿는다.
- 이견이 있을 수 있는 이러한 담론의 본질을 인지하여 본 보고서는 2012 영국왕립학회(Royal Society)의 정의를 토대로 한 ICA의 잠정적 정의를 활용하도록 할 것이다. 이에 따라 ICA는 장기적이지만 연구적이지 않은 장애를 유발하고자 하는 의도된 목적이 있는 것으로 알려진 물질, 또는 의식 상실, 불안, 환각, 비논리, 마비, 방향감각상실 또는 기타 그러한 효과들을 야기하는 중추작용 작용제로 간주될 것이다.
- 본 보고서의 목적상 “ICA 무기” 는 공격대상을 살해하지 않고 임시적으로 무능화시킬 의도로 개발되었다고 알려진 ICA 및/또는 관련 운반수단으로 구성되는 것으로 본다. ICA 무기로 사용될 가능성이 높은 작용제는 보통 안전역이 매우 낮으며(의도된 효과와 의도하지 않은 효과간의 차이), 따라서 ICA 무기의 영향은 사실상 변동이 심하고 사망을 포함할 수 있다. ICA 무기는 눈, 점막, 피부의 신속한 감각 자극을 유발하기 위해 주변신경계에 작용하고 노출이 끝난 후 그 영향이 즉시 사라지는 폭동진압제와 구분된다.
- 폭동진압제와 달리 ICA는 CWC 하에 별도로 정의는 되지 않으나 독성화학물로 간주되고 이에 따라 규제된다. 그러한 독성화학물의 개발, 획득, 비축, 이전 또는 사용이 오직 “금지되지 않은 목적” 이고 그러한 독성화학물의 “종류 및 양” 이 그러한 목적과 일치할 때에만 허용가능하다. 결과적으로 무력충돌에서의 ICA 무기 사용은 CWC 하에서 절대적으로 금지된다. 그러나 그러한 독성화학물을 법 집행 목적으로 사용 가능한지의 여부, 사용 가능한 환경에 대해서는 해석이 상이하다.

광범위한 제약화학물에 관한 현대의 특정 연구들은 잠재적으로 - 옳긴 그르긴 - 무기 용도로 쓰이는 무능화 화학작용제(ICA)의 연구 또는 개발과 관련되어 있는 것으로 해석될 수 있을 것이다. 본 보고서에서는 그러한 우려 또는 오인이 생길 수 있는 일부 특정 분야를 주로 다룬다. 이에 덧붙여 본 보고서에서는 회원국들이 어떻게 그러한 연구가 화학무기 개발에 이용되지 않도록 할 수 있는지 또는 그러한 목적으로 이용되는 것처럼 오해받지 않을 수 있는지를 탐구한다.

본 보고서는 표준화된 방법론을 토대로 한 여러 사례 연구를 포함한다. 이 사례 연구는 주로 영어로 된 문서에서 가져온 정보를 바탕으로 하고 있으며, 1997년 화학무기금지협약(CWC) 발효 이래 ICA 무기에 적용될 가능성이 있는 연구가 수행된

것으로 알려진 사례 혹은 그러한 무기가 개발되거나 사용된 것으로 알려진 사례 등 여러 다양한 시나리오를 기술한다. 사례 연구로 논의된 회원국들은 다음과 같다.

중국 개인을 공격할 목적으로 미지의 마취성작용제를 사용하는 ICA 무기가 중국 기업들에 의해 개발되고 중국에서 개최된 국제무기박람회에 출시되었다. 2012년에는 그 박람회를 중국 인민해방군이 개최한 것으로 알려진다. 중국은 자국이 보유한 ICA 무기 비축량에 관해 정보를 공개하지 않았으며 그 의도된 개발의 구체적인 목적도 밝히지 않았다. 현재까지 중국은 개인 집단을 공격 대상으로 삼는 ICA 무기 개발과 관련된 연구 활동을 수행했거나 수행하고 있는 기관에 대해 명확하게 언급한 적이 없다.

CWC Today

체코 공화국 2005~2007년부터 체코 과학자들은 오피오이드, 케타민, 메테토미딘, 미다졸람 등 광범위한 제약화학물에 관한 수 년간에 걸친 조사를 내용으로 한 논문을 발표하였다. 그 논문들은 특히 자칭 “약리학적 비살상 무기(pharmacological non-lethal weapons)”의 잠재적 활용을 강조하고 있다. 그러한 화학물에 관한 연구는 2007년 이후에도 계속되었으나, 이후의 보고서들은 그 화학물들의 잠재적 적용을 이른바 “약리학적 비살상 무기”로 언급하지 않았다. 그 후 체코공화국의 CWC 국가당국은 체코의 관련 연구 활동을 조사하였고, 2014년 “연구는 군사 또는 치안 목적으로 사용될 수 있는 어떠한 종류의 무기 또는 장치의 개발과 무관하다”고 밝혔다. 체코의 “약리학적 비살상 무기” 논문과 관련해, 체코 CWC 국가당국은 “연구 프로그램이 정당한 의료 목적으로 수행되었으나 해당 연구 결과 이상의 것을 대중매체에 발표하여 마치 어떤 유형의 화학무기를 개발한 듯한 잘못된 인상을 주었다”고 언급하였다.

인도 인도 국방연구개발기구(DRDO)는 펜타닐 및 그 유사물의 합성, 분무주입, 바이오 효능 관련 연구를 수행한 것으로 2005~2013년 논문에 기술되어 있다. 2014년 인도의 CWC 국가당국은 인도는 ICA 비축량을 보유하고 있지 않고 ICA의 무기에 가담하지 않았으며 “인도에서 수행된 펜타닐에 관한 연구는 보호 목적일 뿐이다”라고 “단정적이고 명확하게 해명”하였다. 그러한 활동들이 인도가 연례적으로 신고하는 “보호 목적 관련 국가 프로그램의 일환으로 OPCW에 보고되었는지는 알려지지 않았다.

이란 이맘호세인대학(IHU) 연구 과학자들이 펜타닐 및 그 유사물의 구조-활동 관계를 탐구하였고, 메테토미딘 및 기타 잠재적 ICA로 안정적이고 지속성 있는 연무제 개발을 시도하였다. 이 연구내용이 2007~2013년 논문에 자세히 서술되어 있다. IHU는 군사노선에 따라 운영되는 교육기관이며 이란혁명군의 통제를 받는다. 2014년 이란의 CWC 국가당국은 책임연구자가 “CWC에서 금지되지 않은 학문적 과학적 화학 이슈 진전에 관심

이 있었으며” “학문적 연구의 재정지원은 과학기술부가 하였고 오로지 과학적인 목적이었다”고 밝혔다.

이스라엘 이스라엘 보안군은 1997년 적어도 한 차례 이상 ICA 무기를 살상의도 도구로 사용하였다. 어떠한 이스라엘 기관이 현재 ICA를 활용한 무기 연구를 수행하고 있는지 혹은 이스라엘이 그러한 무기를 비축하고 있는지를 확인할 수 있는 공개된 정보가 충분하지 않다. 구체적인 연구 프로젝트의 세부사항은 알 수 없으나, 이스라엘 생물학연구소(Institut for Biological Research)가 잠재적으로 관련 있는 이중용도 분야의 연구를 수행하고 있을 수도 있다는 획득가능한 정보가 제한적으로 존재한다.

러시아연합 소련 및 이후의 러시아연합은 CWC 발효 이전과 이후에 ICA 무기에 관한 연구를 수행하였다. 2002년 러시아 보안군이 체첸군에게 잡혀있는 900명의 인질을 석방 시키기 위해 ICA 무기를 이용하였다. 인질들은 풀려났지만 인질 125명이 ICA의 후유증으로 사망하였고 정확한 알려지지 않은 수의 인질들이 장기적인 부상을 겪고 있다. 러시아 연구자들은 ICA 무기의 잠재적 적용에 대한 연구를 계속하였다. 2009년 발표 자료에 상세히 기술된 이른바 폐쇄공간에서의 “진정제(calmative)” 가스 유입에 관한 컴퓨터 모델링 그리고 2005~2012년 논문에 상세히 기술된 아편 수용체(OR) 및 OR 리간드와의 상호작용 관련 연구가 그 예이다.

시리아 1970년대 이후 시리아는 광범위한 화학 무기 및 작용제 전구물을 획득 및/또는 개발, 비축한 것으로 알려져 왔다. 그 비축량은 신고된 상태이며, OPCW의 감시하에 파괴되고 있다. 무장 반군과의 계속되는 갈등 속에 시리아 정부군이 ICA 무기를 사용하였다는 의혹이 2012년 초부터 반복해서 제기되었으나 현재까지 확인된 바는 없다.

영국(U.K.) 2000년대 초중반 영국정부는 특정 범집행 목적으로 ICA 무기 도입의 타당성을 평가하

CWC Today

였으나, 후에 이 옵션을 기각하였다. 2013년 영국은 “법 집행을 위해 ICA를 보유하거나 개발 중이지 않다”고 “명백하게” 선언하였다. 영국 포트다운 국방과학기술연구소(DSTL) 연구자들은 “보호 목적”으로 연구를 수행하였고, 영국은 이러한 활동관련 정보의 일부를 영국 의회와 OPCW에 제공하였다.

미국(U.S.) 미국은 BZ(3-quinuclidinyl benzilate)를 함유한 ICA무기를 1960년대에 개발하였다. 무력 충돌에 이 무기를 사용했다는 확인된 보고는 없으며 모든 비축량은 1980년대 후반 및 1990년대에 파괴되었다. 미국은 이후 군사 및 법 집행 목적으로 CWC 발효 이전과 이후에 ICA 무기에 관한 연구를 수행하였다. ICA 무기 개발이나 생산이 완료되었다는 증거는 없다. 2013년 미국은 “매우 명확하고 직접적으로” “ICA를 개발, 생산, 비축 또는 사용하고 있지 않다”고 선언하였다. 미국이 “보호 목적”으로 ICA와 관련해 이중용도 연구를 착수했는지 그리고 이것이 OPCW에 보고되었는지는 현재 알려지지 않았다.

테러리스트 집단 같은 무장 비국가행위자들이 공동으로 ICA 무기를 연구하거나 개발하려는 시도를 하고 있는지 공개된 증거가 현재는 없다. 범죄자들이 소규모로 “수면가스(sleeping gas)”를 사용했다는 별도의 보고는 있었다.

과거의 ICA 개발 프로그램 그리고 현대의 ICA 무기 연구 또는 개발에 잠재적으로 적용가능한 연구와 관련해 오픈소스 정보를 분석한 결과 그러한 활동이 국방, 안보, 법집행기구와 연관된 국가 연구기관 내의 과학자들 또는 그러한 기구에 의해 재정 지원이나 통제를 받는 민간 연구기관의 과학자들에 의해 수행되었다.

잠재적으로 관련 있는 이중용도 연구에 관한 증거가 많은 국가에서 수집되었으나, 특정 국가들이 수행하는 그러한 연구의 완전한 본질 및 목적은 적용 의도가 그러하듯 명확하지 않을 때가 많다. 그러한 불확실성은 많은 요인들에서 비롯된다. 이 분야에서의 연구가 갖는 내재적 이중 또는 다중

적용가능성, 개별 연구자 또는 연구기관의 진정한 의도 정립의 어려움, CWC 적용의 상충되는 본질 등이 그 예이다.

현재 법 집행 목적의 ICA 무기 연구 및 개발에 관한 효과적인 OPCW 보고나 투명성 메커니즘은 존재하지 않는다. 따라서 그러한 활동을 수행중인 CWC 회원국들이 OPCW에 이 분야의 정보를 제공할 것 같지는 않다. 그러한 정보 공백에서는 완전히 선량한 목적의 연구가 잘못 인식되거나, 반대로 법 집행 또는 군사 목적의 ICA 무기 개발 프로그램이 국제사회의 인지 없이 수행될 위험이 있다.

일부 회원국에서 CWC의 허가 하에 보호 목적의 ICA 연구를 수행한 것처럼 보인다. 분명 우려되는 위협 그리고 현재 실행되고 있는 대응 조치와 관련해 그러한 연구는 일정 수준의 비밀유지가 필요하다. 그러나 그 연구가 예방 및 치료를 위한 작용제의 식별, 보호조치의 수립 같은 방어의 필요에 의해서만 지시된다는 어느 정도의 보장 없이는 그러한 활동의 본질 및 목적에 대한 오인이 발생할 수 있는 위험이 자명하다.

ICA 무기가 법 집행 목적으로 사용될 수 있는지 그렇다면 어떠한 환경 하에서 사용가능한지에 대해 OPCW의 정책결정기구가 명확한 지침을 내리지 못하는 까닭에 회원국의 현 활동에 대한 오인, 회원국의 이중용도 연구 동기에 대한 오해 가능성이 높아진다. 이러한 정책적 허점으로 인해 개별 회원국들이 이 분야에서 자국이 책임져야 할 의무의 범위 및 본질을 자체 해석하게 된 것이다.

현재는 상대적으로 적은 수의 회원국에게 ICA 무기의 소유 및 이용이 제한된 것처럼 보인다. 그렇기 때문에 국제사회가 아직 행동할 시간이 있다. OPCW로서는 관련 이중용도 연구의 양상을 효과적으로 감시하고 무기로서의 이러한 작용제의 개발, 획득, 비축 및 잠재적 이용 시도를 적극적으로 해결하기 위해 예방 조치를 취할 수 있는 기회의 창인 셈이다. OPCW가 가까운 미래에 단호히 행동하지 않으면 점점 더 많은 수의 회원국들이 ICA

무기 개발 프로그램을 위해 관련 과학 분야의 진보를 이용하려고 하거나 - 옳건 그르건 - 그렇게 하는 것으로 인식될 수 있는 위험이 있다. 그렇게 되면 다른 회원국들도 자체 ICA 무기 개발 연구 프로그램을 수행하거나 더 광범위한 화학작용제를 탐구할 수 있으며 그로 인한 일련의 작용과 반작용이 화학무기 금지를 약화시키거나 궁극적으로 사라지게 할 수 있는 위험이 존재한다. 그러한 우려사항을 감안할 때 CWC 회원국들은 개별적으로나 집단적으로 ICA 무기 개발에 적용될 가능성이 있는 연구를 규제하기 위한 아래의 활동과 프로세스를 고려해야 한다.

- (1) 법 집행을 위한 ICA 무기 활용에 대해 회원국들이 공동으로 논의할 수 있는 OPCW 내의 메커니즘 착수.
- (2) 현 국가적 관행이 법 집행을 위한 독성 화학물질 사용을 폭동진압제(RCA)로 제한하는 것임을 단언. 기존 정책에 그러한 제한이 없다면 회원국들은 법 집행 목적으로 의도된 ICA 무기의 개발, 획득, 비축, 이전 및 사용에 관한 국가 모니터링을 도입해야 함.
- (3) 일반목적조항(General Purpose Criterion)을 포함한 CWC의 종합적 해석, 효과적 실행 및 광범위한 선포.
- (4) 기존 CWC 보고 의무를 이행하고 추가 투명성 메커니즘을 도입.
- (5) ICA 무기의 개발, 획득 또는 사용의 보고 등 우려사항이 될 수 있는 활동이 알려지게 되는 경우 기존 CWC 협의, 조사 및 사실조사 메커니즘을 활용.

뿐만 아니라 사무총장 및 기술사무국은 과학자문위원회(SAB)와 협의하여 아래와 같이 하여야 한다.

- (1) 사용의혹 조사에 필요한 적절한 ICA 관련 검증 메커니즘을 수립.
- (2) ICA 무기 사용 또는 사용 위험이 있는 경우 OPCW 지원 및 보호 조치의 적용을 검토.
- (3) ICA 무기 개발에 적용될 수 있는 과학 기술의 발전을 모니터링하고 우려스러운 활동에 대해 회

원국들에 알림.

- (4) 법 집행에서의 ICA 무기 사용에 관한 기존 법적 제한 검토를 실시.

마지막으로 비정부 의학 및 과학계가 적극적으로 이 문제에 관여하는 것이 중요하며, 특히 다음과 같이 하여야 한다.

- (1) ICA 및 관련 운반수단과 관련해 과학 기술의 발전을 모니터링하고 무기 프로그램에 그러한 발전을 이용하려는 시도에 초점.
- (2) OPCW가 과학적 정보를 바탕으로 하는 실현 가능한 정책 대응을 마련하고 권장하도록 함.
- (3) 이러한 이슈들에 대해 의학, 화학, 생명과학계에 교육을 제공하고 인식을 제고.

본 보고서의 원문은

https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/PDF/Down_the_Slippery_Slope_Final_LQ.pdf에서 확인하실 수 있습니다.



Korea Specialty Chemical Industry Association

**Chemical Weapons Convention
NEWS**

II

Special Report

화학과 생물의 융합

켈바이오 융합 - 화학 · 생물 무기 금지 체제에 대한 영향

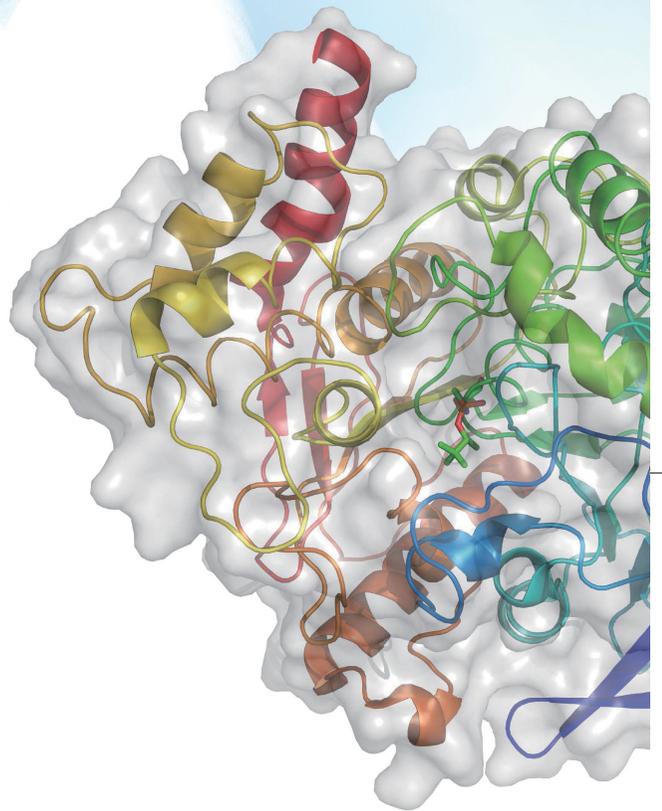
랄프 트랩 교수(Ralf Trapp, 프랑스 군축 컨설턴트)

“켈바이오 융합”이란 무엇인가?

켈 바이오 융합(더 나은 표현이 없으므로 이렇게 칭하도록 한다)은 생명과학의 광범위한 변화의 일부분이다. 사실 화학과 생물학의 긴밀한 관계는 생명과학의 융합에 대한 논의보다 더 오래된 것이다. 일부는 생물학이 (예를 들어 “생화학(biochemistry)”이라는 용어에서 나타나듯) 분자 수준에서 단지 또 다른 형태의 화학이라고 주장할 것이다. 또한 화학은 항상 가설을 시험하고 자연 환경을 조사하기 위해 생물학이 사용해진 도구였다고 주장할 수도 있을 것이다.

생명과학의 초기 융합 논의는 사실상 화학과 무관하였다. 공학의 개념 및 방법론이 생물학에 도입되는 것에 관심을 두었다. 그 대부분은 “합성생물학(synthetic biology)”의 개념에 포함되었다. 슈미트(Schmidt)는 “합성생물학의 [한 가지] 목적은 생물학을 더 용이하게 조작하는 것이다. 합성생물학에서 주요한 노력은 방대한 연구 및 기술 과정을 거치지 않고 생물학적 시스템을 설계하는 도구상자를 개발하기 위한 것이다.”라고 말했다. 램드(Rand)는 이 융합을 “다제적 기술 혁명(multidisciplinary technology revolution)”으로 특징지었다. 이러한 융합 추세는 생물학, 화학, 공학, 정보과학, 고급전산학, 수학(모델링 및 시뮬레이션)을 망라하였고, 인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 고속대량스크리닝과 결합한 결합 합성 등의 수많은 기술, 더 일반적으로 말하면 생명과학 연구에 사용된 핵심기술의 자동화에 의해 가능하였다. 그러나 군비 통제의 측면에서 특히 흥미로운 점은 이러한 변화들이 화학과 생물학 무기 각각의 관련 위험들을 통제하고 관리하기 위해 수립된 규제시스템 간의 중첩에 직접적으로 영향을 주었다는 것이다. 군비 통제의 맥락에서 당시 생명과학의 지속적인 융합은 화학과 생물학 간의 융합으로 인식되었다.

생물학 부분에서 생물학적 시스템 및 프로세스에 관한 우리의 이해는 공학 원리, 수학적 모델링 및 시뮬레이션을 통해 생물학적 프로세스와 요소들을 분리하고, 그 개별적인 기능적 특성들을 분석하며, 그러한 기능들을 지시된 대로 예측 가능한 방식으로 조정할 수 있도록 하는 수준에 이르렀



다. 이로 인해 오늘날 우리가 말하는 “합성생물학”이 탄생하였다. 이 용어는 소기의 기능을 수행하기 위해 생물학적 회로에 연결될 수 있는 명확한 기능을 보유한 표준화된 생물학적 빌딩 블록 (“생물벽돌(biobricks)”)을 개발하려는 시도에서부터 새로운 생물학적 유기체를 만들거나 바이러스 또는 박테리아 같은 기존 생물학적 유기체를 재구성하는 것에 이르기까지 광범위한 실험 활동을 포괄한다. 이와 동시에 계산용량이 커진 수학적 모델링 및 시뮬레이션으로 인한 지식 확장으로 “시스템 생물학(system biology)”이라고 불리는 새로운 분야가 촉발되었다. 시스템 생물학은 “실험을 컴퓨터 모델링 및 이론과 재강화 주기로 통합시킴으로써 생물학적 질문을 해결하는” 접근법으로, 1차 원리로부터 생물학적 기능을 예측

Special Report

화학과의 융합

하기 위해 한 발 더 나아가는 시도이다.

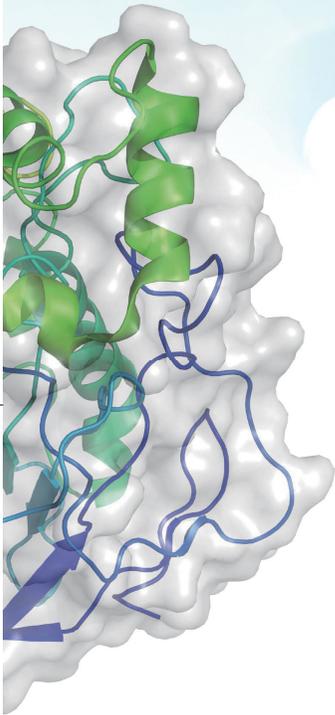
화학에서는 몇 가지 동력이 생물학적 프로세스를 특정 종류의 화학물질을 위한 전통적인 화학합성의 매력적인 대안으로 만들고 있다. 광유 및 휘발유의 잠재적인 부족을 해결하기 위해 대체 원자재를 찾으려는 노력이 새로운 “플랫폼 화학물질(platform chemicals)” (화학적 공급원료)을 개발하려는 노력으로 이어졌다. 또한 연료 생산을 위한 재생가능 자원의 필요성이 바이오 연료의 생산을 촉진시켰다. 마지막으로 의학에서 사용되는 특정 천연물의 부족으로 자연재료로부터의 추출과 정밀 검사가 제한되고 결과적으로 가격이 상승하여, 경제적으로 매력적인 대안으로서 생물학적 프로세스와 화학적 프로세스를 결합시키는 대체 기술이 탐색되었다.

캠바이오 융합은 초기에 생물학제품뿐만 아니라 화학제품 제조에 미칠 수 있는 잠재적인 영향 때문에 준비 통제 집단으로부터 주목을 받았다. 생물작용제 및 독소물질의 제조 기술(복제 및 대사와 같은 생물학적 시스템 기능에의 의존)을 화학제품의 산업적 제조로부터 분리시켰던 전통적 장애물이 사라지기 시작하였다. 화학제품의 산업제조는 유리 및 강철 용기 같은 생산 설비의 합성을 통해 이루어졌다. 과학자문위원회(SAB)에서 말했다, “화학 및 생물학의 융합은 생물학대개 프로세스 및 단순한 복제 유기체, 생물학적 부위, 생물작용제 또는 독소물질 같은 생물학적 기원을 둔 작용제의 합성을 통한 화학물질의 상업적 생산 증가에서 자명하게 나타난다.”

과학자문위원회(SAB)는 제3차 평가회의 보고서에서 이러한 융합에 의해 영향을 받은 또는 이러한 융합을 대변하는 수많은 관련 국면을 목록화하였고, 그 내용은 다음과 같이 요약된다.

- 석유기반 공급원료의 비용 증가 및 친환경 화학으로의 전환으로 인해 대량 화학물질의 생물학대개 생산이 증가하고 있음.
- 대량 정제 화학물 생산에서의 생체촉매반응이 소량 특수 화학물 및 제약품, 대량 상품 화학물의 제조를 증가시킬 것으로 예상됨.
- 독성화학물의 생물학대개 생산이 과거 기술과 비교해 특별한 이점이 없는 것처럼 보이는 반면, 개량된 생물학적 시스템에서는 더 복잡한 화학물의 생산에 중요한 변화들이 일어나고 있음 (단백질 및 저분자 질량 비단백질 천연물의 생산, 생물반응장치에서 유전자변형 이스트 또는 박테리아에 의한 재조합 단백질의 생산, 형질전환생물을 활용한 바이오팜, 대사경로 조작을 이용한 복잡한 비단백질 화학물의 생산)
- 독성화학물 제조에의 합성생물학 적용은 향후 모니터링의 대상이 될 것임.
- 생물학적(복제) 시스템의 화학합성은 기술진보를 통하여 설비 및 자재비용의 감소, 인터넷으로 거래되는 DNA 합성과 같은 전문서비스의 출현을 가능케 함.
- 펩타이드 및 타 생물작용제, 또는 대사 저항성이 더 강한 유사물 및/또는 생물작용제의 기능을 모방하는 화학물의 화학합성(또는 대사경로 조작에 의한 제조)이 새로운 무능화 작용제로의 발전 가능성 맥락에서 중요해질 것임.
- 화학무기에 대한 방어력을 증강할 수 있는 개발들 (예, 신경작용제 중독을 치료하는 생물작용제, 치료제 또는 해독제로 변형된 효소)

그러나 장기적으로 캠바이오 융합은 생물학 및 화학 제품 생산 환경의 변화 그 이상의 것이다. 위 논의에서 나타났듯, 융합은 더 많은 사람들이 생물학적 시스템을 더 빠르고 더 값싼 비용으로 더 쉽게 조작할 수 있도록 한다. 따라서 생물학적 프로세스 및 시스템의 현실적 적용은 그 잠재적 범위가 늘어난다. 더 장기적으로는 생물학은 화학



Special Report

화학과의 융합

및 생물학의 융합을 넘어 공학 원리의 활용 및 수학적 모델링과 시뮬레이션의 응용을 통해 주로 서술하는 과학에서 점점 더 예견하는 과학으로 변모하게 될 것이다. 유전학 분야에서 이러한 추세는 이미 가시화되었다. 더 경제적이고 우수한 유전자 배열 방법 및 설비, 유전자 교환·삽입·추출·활성화·비활성화 도구의 개발, 거대한 유전자 배열 심지어 전체 게놈을 더 정확하게 합성하도록 하는 용량의 증대는 생물학적 시스템의 기능에 대한 새로운 통찰력을 주었고 바이러스나 박테리아 수준에서 완전히 기능하는 작은 생물학적 유기체의 (재)창조를 낳았다.

물론 현재의 유전자 합성으로 달성 가능한 정확성에는 여전히 한계가 있다. 때문에 상업적 적용에서는 DNA 조각을 더 작은 단위로 합성하고 그 후 기존 미생물에 통합시키는 것이 일반적인 관행이 되었다. 한 예로, 지시된 진화 및 이후의 백신 등 제품 생산에 이러한 방식이 적용된다.

더 복잡한 생물학적 시스템 및 기능과 관련해, 생명 프로세스의 “불명확성”과 생물학적 유기체의 복잡성으로 볼 때 그 진전은 더 느리고 예측가능성은 더 낮다. 생물학이 실제로 서술 과학에서 예견 과학으로 얼마나 빨리 얼마나 멀리 옮겨가느냐, 생물학이 복잡하고 완전히 기능하는 인공 생명 형태의 합성 쪽으로 얼마나 옮겨갈 수 있는냐에 대해서 대답하기가 어렵다. 그러나 오늘날 그러한 연구들이 인체의 일부 근본적인 규제 시스템에 관한 우리의 이해를 증진시키고 있다는 것이 이미 명확해져왔다. 인명살상을 목적으로 하는 화학 및 생물학 작용제로부터 지각, 기분, 성과, 경제심 따위의 복잡한 생물학적 기능을 조작하는 더 미묘한 독성 형태로 관심이 옮겨가면서, 두뇌 및 인체 타 기관의 규제 회로 그리고 그 안에 포함된 생체분자의 기능에 대한 지식이 점차 늘어나고 있다. 모든 종류의 화학 또는 생물학 무기에 대한 기존의 금지가 약화되거나 양 조약체제의 근간이 되는 규범들이 새로운 유형의 무기 개발 방식에 강력하게 적용되지 않는다면, 이러한 생물학적 기능에 대한 이해 증대는 그러한 새로운 유형의 잠재적 생화학적 작용제를 발견해내는 원천이 될 수도

있을 것이다.

화학, 생물무기 금지를 위한 체제에 대한 영향

1972년 생물무기금지협약(BWC)이 채택된 이래 화학 및 생물학 무기는 두 개의 별도 무기 범주로 취급되었고, 양 조약 체제(BWC와 화학무기금지협약(CWC))는 다른 방식으로 진화하였다. 이러한 분리는 당시에 실현가능한 것(생물학무기의 금지)과 협상을 위해 시간과 노력이 더 필요한 것(화학무기의 금지)에 대한 고찰이라는 현실적인 이유에서 비롯되었다. 이 두 가지 유형의 무기를 규율하는 체제의 분리는 양 체제의 근간이 되는 과학과 기술의 차이점을 반영한 것이기도 했다. 이 부분에서 생명과학의 현 추세가 중요성을 갖는다. 화학과 생물학 교차점에서의 융합은 (특히 수학, 정보기술 및 공학 등 타학문과의 융합을 포함하여) 점점 더 화학과 생물학 무기 군비 통제의 경계를 무너뜨리고 있다. 이는 BWC의 회원국 및 이행지원국(ISU)뿐만 아니라 화학무기금지기구(OPCW, CWC의 실행 기구)에 의해 인식되어 왔다. 이 두 제도적 환경은 관계가 진화해 왔고, 최근 생겨난 위험을 평가하기 위해 그들이 사용하는 과학 정보 토대의 일부도 공유되고 있다. 정책과 실행에 있어서의 이러한 협력에 덧붙여, 화학 및 생물학 무기를 또다시 하나의 단일 규범 하에 두려는 공동의 틀을 마련하기 위한 법적 영역의 융합도 제안되어 왔다. 본 논문에서는 국제적 차원에서의 실행 및 규범정비에 관한 공동의 접근방식을 중복이 심화되더라도 불가피하게 마련해야 한다고 논한다. 이는 양 조약의 차이점, 법적 융합이 가져올 광범위한 현실적 어려움에도 불구하고 그러하다. 사실 그러한 프로세스는 이미 몇몇 국가에서 국가 실행의 차원에서 시작되었다. 그러나 이 프로세스가 국제적 차원에서 어떻게 관리될 수 있는지 또 어떠한 법적 제도적 해결책을 마련할 필요가 있는지는 두고 봐야 할 문제이다. 하지만 본 논문에서는 지금이 그러한 기회에 대해 고찰하고 이러한 프로세스를 수용가능하고 정치적으로 실행가능하게 만들기 위해 충족해야 할 제약과 조건을 규명할 때임을 논한다. 본 논문에서는 공동의 법적 틀 또는 어떠한 형태의 제도적 융합을 만들

어 낼 것을 제안하지 않는다. 그보다 환경법 내에서 그리고 자연재해에 대한 인도주의적 대응의 일환으로 이미 채택된 접근법과 유사한 노선을 따라 프로세스 조율을 개선하고 공동의 프로그램을 마련할 것을 지지한다. 여기서는 다음과 같이 5개의 구체적인 권고안을 제시한다.

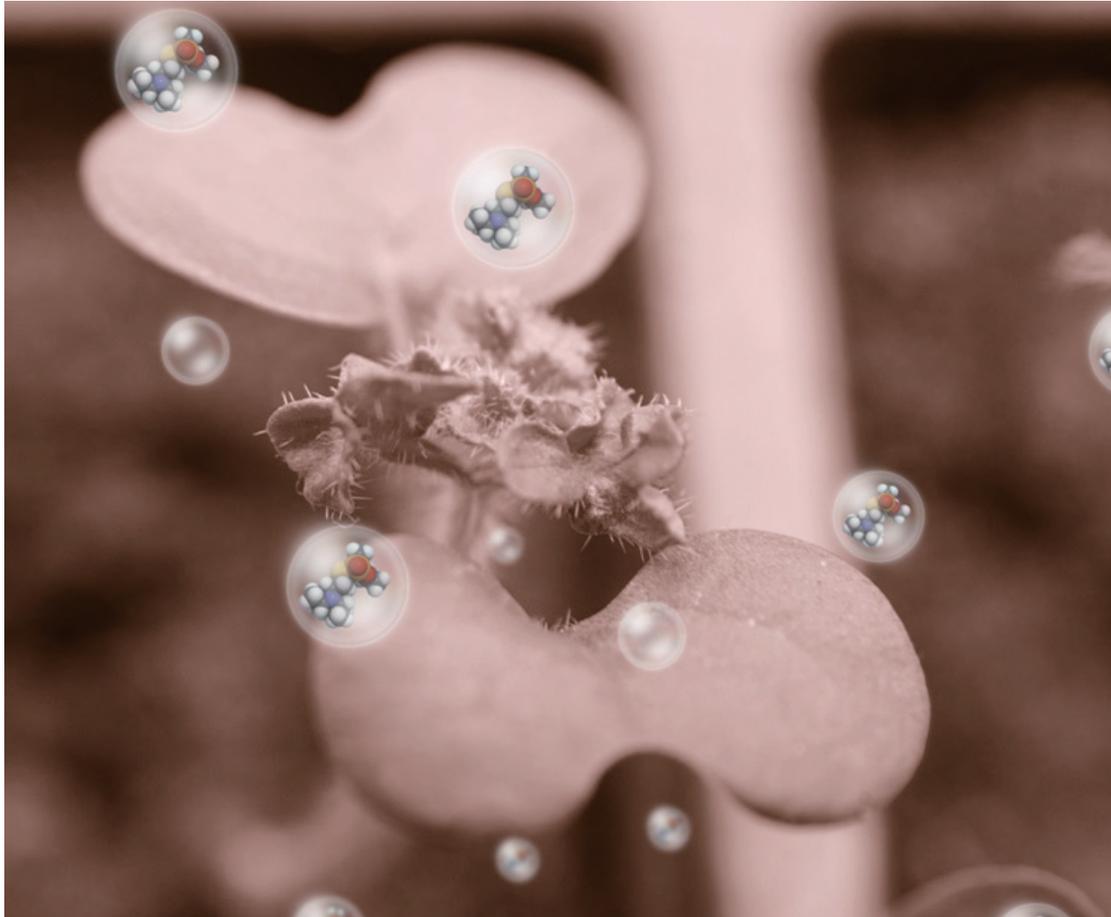
1. 과학과 기술의 발전이 진화하는 생물학 기반 과학의 사용에 있어서 어떻게 생산 및 거래 패턴을 변화시키는지, 또한 그러한 발전이 화학 및 생물학적 재료 사용에 어떻게 영향을 주는지 감시 및 검토하는 비공식 전문가 그룹의 창설.
2. CWC 및 BWC 간 중복 분야에서 국제적 검증을 위한 기술적 옵션 및 대안적 컴플라이언스 관리 조치를 검토하는 일련의 전문가 회의 또는 프로젝트 그룹의 조직.
3. CB 군비 통제 및 군축에 중요한 화학 및 생물학 교차점에서의 양상과 관련해 최신식의 위험 식별, 평가, 관리 방식을 논의할 국제적 토론포럼의 조직.
4. ISU와 OPCW간 과학자문위원회(SAB) 등을 통한 비공식 정보 교환 및 연락 지속.
5. 양 조약간 중복되는 활동과 관련된 실행 이슈를 해결하기 위해 OPCW, ISU 및 기타 관련 국제기구(예, WHO, OIE, UNITAR, Interpol)의 조율 절차 수립 및 가능한 경우 공동의 프로젝트 마련.

본 기고문은 일부 발췌한 것으로 원문은 아래 주소에서 확인 가능합니다.

<https://biochemsec2030dotorg.files.wordpress.com/2013/08/trapp-paper-6-2-print-version.pdf>

신경작용제 탐지기로 사용되는 식물

매튜 J. 베이커(Matthew J. Baker), 매튜 R. 그래빗(Matthew R. Gravett), 파라 B. 홉킨스(Farrha B. Hopkins), D. G. 세리스 리(D. G. Cerys Rees), 제임스 R. 리치즈(James R. Riches), 아담 J. 셀프(Adam J. Self), 앤드류 J. 웹(Andrew J. Webb), 크리스토퍼 M. 팀펠리(Christopher M. Timperley)



화학과 생물학의 융합을 포함한 생명과학의 빠른 진보가 화학무기금지협약(CWC) 이행에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지에 대한 관심이 커져 왔다. 본 기고문에서는 특히 유기인계 신경작용제와 식물의 상호작용 등 화학 및 생물학적 지식의 발전이 그러한 물질의 사용 의혹 조사에 얼마나 유용한지를 논한다. 또한 식물이 그러한 신경작용제로 오염된 토양을 정화시키는 데에 어떻게 활용될 수 있는지에 대해서도 서술한다.

서론

화학무기금지협약(CWC)은 회원국에 의한 화학무기의 개발, 제조, 획득, 비축, 보유, 이전 또는 사용을 금지한다. 이행여부 검증 및 사용의혹에 관한 조사는 화학무기작용제(CWA) 및 그 열화물의 정확한 검출을 필요로 한다. 순재료에서 ppb까지 다양한 농도로 존재하는 CWA, 그 전구체 및 열화물을 지정된 국립연구소에서 규명해 낼 수 있는 것이 CWC 지원에 필수적이다. 본 기고자들이

Special Report

화학과의 융합

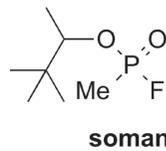
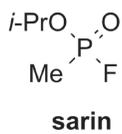
소속된 포터다운 소재 영국 국방과학기술연구소(Dstl)에는 영국의 그러한 지정 연구소가 입주해 있으며, 화학무기금지기구(OPCW)가 주관하는 능력평가 테스트에서 7회 연속 'A 등급' 을 획득하였다. 이 연구소 내에서 CWA는 사상자에서 채취한 생체의학 표본 및/또는 환경 표본을 분석함으로써 검출된다. 고도의 선택성과 민감도를 모두 필요로 하기 때문에 질량분석(MS)을 병행하는 기체색층분석(GC) 및 액체색층분석(LC)이 신경작용제 및 관련 화합물 규명에 핵심 기술로 사용된다. 이보다 민감도가 덜하고 화학구조 배열에 유용한 핵자기공명분광법이 간혹 함께 사용되나, 생체의학 표본보다 표본량에 제한이 적고 존재하는 분석물질의 농도도 더 높은 환경샘플에만 사용된다.

신경작용제는 그 구조에 따라 German 작용제(G용제) 및 독성 작용제(V용제) 2가지 종류로 분류된다(그림 1). G용제의 대부분은 화학적으로 반응하는 인-불소(P-F) 결합이며, V용제는 대부분 인-황(P-S) 결합이다. G용제에는 2차 세계대전 중에 개발된 사린과 소만이 있으며, V용제에는 냉전 중 비축된 VX와 Russian VX가 있다. 두 종류 모두 적은 양으로도 치명적이다. 이들은 신체에서 신경 자극 전달을 조정하는 효소 아세틸콜린에스테라아제(AChE)를 비가역적으로 억제한다. 이러한 억제로 인해 경련, 마비, 또 의학적 치료 부재시 종종 사망에 이르는 신경작용제의 전형적인 독성 표지가 야기된다. 억제는 P-F 또는 P-S 결합 절단을 통해 효소 활성자리에 있는 특정 아미노산(세린)과 반응하는 신경작용제를 통하여 발생한다.

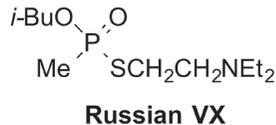
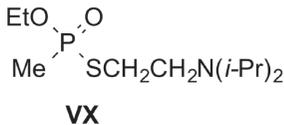
신경작용제는 자연환경에 존재하는 물과 반응해 무해 산물을 발생시킨다. 사린, 소만, VX는 각각 이소프로필 메틸포스폰산(iPMPA), 피나콜릴 메틸포스폰산(PMPA), 에틸 메틸포스폰산(EMPA)

을 생성하고 그 후 더 느린 속도로 메틸포스폰산(MPA)이 생성된다(그림 2). 이 '가수분해물' 들은 수용성이며 이들을 함유한 수용액은 건조상태까지 농축될 수 있다. 또한 그 잔여물이 화학시약으로 처리되면 비휘발성 iPMPA, PMPA, EMPA, MPA는 휘발성 파생물로 전환(이 과정은 '유도체화' 라고 불린다)되어 비활성 기체에 의해 GC-MS 도구로 최대한 운반되므로 보존시간 및 분열패턴이 고유한 특징을 나타낸다.

또한, 이 가수분해물들은 유도체화 없이도 LC-MS로 분석이 가능하다. LC-MS 분석은 이 감시대상 화합물들을 유기용제(예, 아세토나이트릴)와 물로 된 용액에서 극성 순으로 용리시킨다. 순수한 상태일 때 iPMPA, PMPA, EMPA 및 MPA는 물에 용해되고 매우 약한 독성을 띤다. iPMPA, PMPA, EMPA가 화학합성에 의해 조성된 액체인 반면, MPA는 상업적으로 이용가능한 고체이다. 이러한 '믿을만한 표준' 은 분석된 표본에 이 화합물들이 존재하는지를 명료하게 확인하기 위해 사용될 수 있다.



G-agents



V-agents

그림 1 일부 G용제 및 V용제. 사린과 소만은 휘발성이며, VX와 Russian VX는 비휘발성으로 상온에서 액체이다. 미국과 러시아는 각각 비축된 VX, Russian VX를 제거하고 있으며, 이를 OPCW가 감시중이다.

Special Report

화학과의 융합

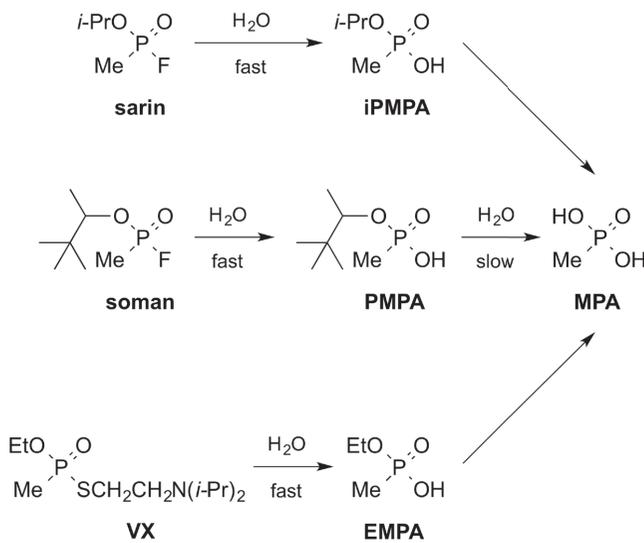


그림 2 신경작용제인 사린, 소만, VX는 자연환경의 수분과 반응하여 iPMPA, PMPA 또는 EMPA를 생성한다. 이 산성물질들은 물과 천천히 반응하여 이소프로판올, 피나콜릴 알코올, 에탄올이 손실되고 MPA를 발생시킨다. 2013년 8월 21일 시리아아랍공화국 고타지역 공격 이후 UN 조사팀이 수집한 표본을 OPCW 지정 연구소들이 일괄적으로 분석하고 사린, iPMPA, MPA를 검출함으로써 비로소 사린이 장착된 로켓이 사용되었음이 확인되었다.

환경 표본

신경작용제의 가수분해는 물에 노출된 자연 모체에서 발생한다. 공격 추정 부지의 토양이 통상적으로 핵심 모체 표본이다. 다른 모체들은 흡수 및 대기 중 수분으로부터의 보호를 통해 손상되지 않은 신경작용제를 보유할 수 있고, 이를 분석하면 사건 재구성에 도움이 된다. 표본으로 추출되는 다른 모체들에는 금속 파편, 플라스틱이나 고무 같은 고분자물질, 건물의 잔해가 있다. 이라크-이란 전에서 쿠르드인들에 대한 사린 공격이 감행된 지 4년 후에 추출된 토양 표본은 iPMPA와 MPA가 포함되어 있었고, 군용 페인트로 도색된 금속 파편에는 검출가능한 양의 사린이 함유된 것으로 나타났다. 지난해 고타지역 사린 공격에 대한 UN 조사에서도 토양 표본에서는 iPMPA가, 금속 파편에서는 iPMPA 및 MPA가 포함되어 있었던 것으로 보고되었다. 이러한 종류의 산물들은 모두 신경작용제가 사용되었음을 강하게 시사해준다. 현재까지 알려진 살충제 중 어떤 것도 이 신경작용제에서 발견되는 인-메틸(P-Me) 결합을 포함하고 있지 않다. 이 결합은 극히 안정적이다(MPA는 밀봉관에서 농축 질산으로 가열되어도 변하지

않는다). 그러므로 해당 지역의 자연환경에서 발견된 분해산물들이 이 고유하고 견고한 결합을 포함하고 있다는 사실은 놀라운 일이 아니다. 그러한 화합물들은 대개 자연적으로 또는 서로 연결되어 생성되지 않는다. iPMPA 및 MPA, 혹은 다른 그러한 산성물질(예, PMPA나 EMPA) 및 MPA가 특히 신경작용제 그리고/또는 P-Me 결합을 함유하는 불순물 산물과 함께 검출된 것은 신경작용제 사용의 설득력 있는 증거가 된다. 따라서 사용이 의심되는 경우 오염되지 않은 것으로 간주되는 지역의 토양을 대조 표본으로 하여 공격을 받은 것으로 추정되는 부지의 토양과 비교할 필요가 없다. 앞서 설명한 이유로 인해 P-Me 화합물질이 어떠한 대조 표본에 존재할 가능성이 없기 때문이다.

표본추출 전략

CWA 사용의 발견 가능성을 최대화하기 위한 표본추출 전략은 사건의 본질, 표본추출이 필요할 지역에 따라 결정된다. 표본추출의 최적지가 어디인지에 대한 보편적인 지침은 없으며 의사결정은 목격자 증언 및 언론 보도를 고려하여 사례별로 이루어진다. 탐지, 식별 및 감시 (DIM) 설비 - 접촉, 원격 또는 원거리 화학작용제 탐지기가 표본추출에 적합한 오염 지역을 표시하는 데에 사용될 수 있다. 탄착지점에는 무기과편 또는 토양에 분자적 증거가 풍부할 것이다. 그러한 증거가 제염 및/또는 화재로 인멸될 수 있는가? 제염은 그 흔적을 남긴다. 모래 위에서 점화된 등유로 가열을 하거나, 액상 표백제 또는 DS-2 제염제에 미리 담궈놓고 가열을 하는 방식으로 진행된 최근의 VX 연구는 그러한 강력한 처치에도 VX 및 관련 불순물들이 파괴되지 않았음을 명확히 보여주었다. 신경작용제 사용의 증거를 인멸하려는 시도가 실패할 것이라는 결론을 내릴 수 있다. 신경작용제 사용의 분자적 증거는 통상적으로 수개월 때로 수년간의 오랜 기간에 걸쳐 지속될 것이다. 토양 표본 추출과 별개로 이러한 증거를 수집하는 한 가지 방법은 오염 식물을 재배하고 추출하는 것이다. 다음 항목에 서술된 바와 같이 그 이유는 그러한 식물에는 신경작용제 사용에 대한 기록이 명확하고 해독하기 쉽게 잘 보관되어 있어 여러 면에서 타임캡슐의 역할을 하기 때문이다.



신경작용제의 식물 대사

CWA와 식물의 상호작용에 관한 보고서는 그리 많지 않다. 접근가능한 그러한 보고서들은 가장 중요한 신경작용제 일부만을 다룬다. 1970년대에 출간된 최초의 보고서들은 밀을 시험종으로 검토하였다. 최근 출간된 다른 보고서들은 백겨자에 시험종으로 사용하였다(그림 3). 다음 세부항목에서 그 주요 결과를 요약 서술한다.



그림 3 전문가심사 학술지 Analytical Methods (영국 왕립화학회, 2013) 및 Proceedings of the Royal Society A (영국 왕립학회, 2014)에 게재된 신경작용제 탐지기로써의 백겨자에 관한 최근 논문의 표지 그림 (양 학회의 허가하에 재구성됨). 그림은 VX 오염토에서 자란 백겨자로, 물방울은 이 식물의 흡수 및 분해를 상징적으로 보여준다.

(a) 밀

수경재배로 재배된 가을밀(*Triticum aestivum*)에 관한 연구에서는 배양기에 첨가된 G-용제가 뿌리에 의해 흡수되고, 사린의 경우에는 iPMPA로 다른 신경작용제(예, 소만)의 경우에는 이와 동등한 산성물질(예, PMPA) 및 MPA로 해당 식물에

Special Report

화학과의 융합

서 신속히 가수분해 되었다. iPMPA가 식물에 의해 MPA로 전환되지 않은 이유는 명확하지 않지만, PMPA는 전환되었다. 이러한 변화에 영향을 주는 대사 시스템은 밝혀지지 않았다. 사린과 소만 증기는 잎에 의해 즉 기체 교환에 영향을 주는 구멍(기공)에 의해서도 흡수가 되었고, 동일한 산물로 열화되었다. 따라서, 잎과 뿌리 흡수 이후의 G용제의 열화 경로는 유사하였다. 식물추출물에 있는 메틸포스포닉산 파생물질의 양은 G용제의 수증기 농축, 수증기에의 노출 기간, 식물의 조도에 영향을 받았다. 연구에 따르면 식물 재배는 유기인산 화합물에 의해 오염된 공기를 흡수하고 ‘개수대’ 역할을 할 수 있다. G용제의 광독성 연구에서는 신경작용제 및 그 분해산물이 밀의 종자 발아 그리고 수경재배중인 (14-18일 된) 묘목의 성장에 미치는 영향을 검토하였다. 사린과 소만은 광독성이 있었는데 이것은 열화물이 아닌 그 신경작용제의 한 특성이었다. 광독성은 신경작용제의 O-알킬군의 성질에 의해 영향을 받았다. 그래서 사린은 소만보다 독성이 덜하였다.

밀에 관한 연구에서 신경작용제 및 그 산성 분해산물에 대한 GC-MS 분석은 디아조메탄을 이용한 산성 분해산물 유도체화 이후에 수행되었다. 연구에 따르면 광독성은 식물에 있는 한 개 이상의 효소를 억제하는 것에서 유발되었다. 다음 세 부항목에서 제시할 연구들은 전술한 4가지 연구들과 약 30년의 격차가 있었는데, 그 기간 동안 MS 분석도구에 큰 진전이 있었다. MS 분석도구는 이제 더 견실하고 민감하며 훨씬 적은 농도의 화학물질도 검출할 수 있다.

(b) 백겨자

본 기고자들의 연구소에서는 최근 신경작용제 및 열화물의 토양 퇴적물을 모방한 조건하에서 백겨자(*Sinapis alba*)에 관한 연구를 수행하였다. 이 중을 선택한 것은 백겨자가 모래, 양질토 및 산성, 알칼리성, 중성 PH를 띠는 중점토에 60cm x 30cm 치수로 야생이나 경작을 통해 전세계적으로 존재하고 있기 때문이었다. 백겨자는 잎과 종자가 식용으로 재배되며, 성장이 빠르고 광범위하게 분포하므로 녹비로도 경작된다. 백겨자는 보편적인 신경작용제 탐지기로 몇 가지 이점이 있다. 백겨자는 지리적으로 분포 범위가 넓고, 모든 형태의 토양에서 자라며, 많은 잡초종보다 우세하고, 자연파종 및 번식을 하며 다양한 기후에서 잘 견딘다. 이러한 이유들로 인해 또 백겨자를 탐지기로 사용할 것을 제안한 연구가 과거에는 없었기 때문에, 본 기고자들은 이 중을 선정하여 사린 열화물인 iPMPA, 그리고 VX 및 그 가수분해물로 여러 차례의 실험을 수행하였다.

이 실험에서는 칸으로 나뉜 플라스틱 쟁반에 조사대상 토양을 담고 각 칸에 백겨자 종자를 심었다. 이 종자들을 칸의 상단 높이까지 토양으로 덮고, 시험 합성물(신경작용제 또는 분해산물) 용액 250 μgml^{-1} 1ml를 가하였다. 쟁반에는 국부 보어홀을 통해 10ml의 물을 24시간 간격으로 주고 하루 10시간동안 빛(38,400 루멘)을 제공하는 조명 시스템 아래에 두었다. 종자가 발아하였고 묘목으로 자랐다.

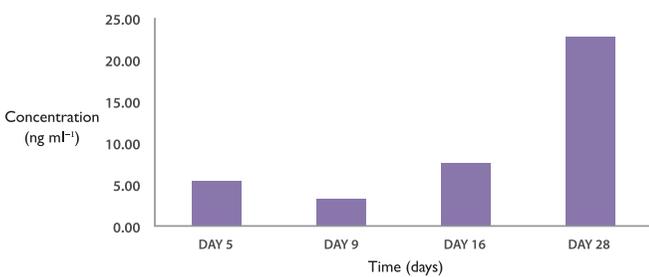


그림 4 iPMPA용액 250 μgml^{-1} 1ml를 가한 양질토의 종자에서 자라난 백겨자의 4차례 수확시점의 iPMPA 농도. 각 시점의 결과는 4가지 식물을 분석한 평균이며, 식물들이 사린 가수분해산물을 수주일 동안 흡수하고 28일째 측정 농도가 최대치가 됨을 보여준다.

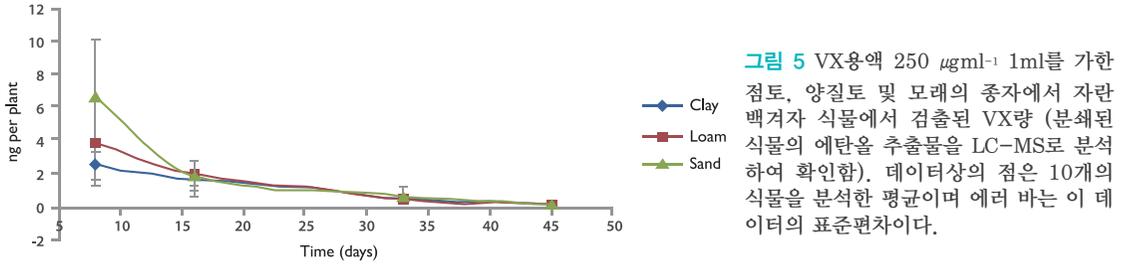


그림 5 VX용액 250 μgml^{-1} 1ml를 가한 점토, 양질토 및 모래의 종자에서 자란 백겨자 식물에서 검출된 VX량 (분쇄된 식물의 에탄올 추출물을 LC-MS로 분석하여 확인함). 데이터상의 점은 10개의 식물을 분석한 평균이며 에러 바는 이 데이터의 표준편차이다.

정해진 시점에 이 묘목들을 수확하고 막자 및 막자사발로 분쇄한 다음 에탄올로 추출한 후 거기서 나온 - 광합성 색소(예. 엽록소)를 포함하는 - 녹색 용액을 여과하였다. 이제 단백질과 고분자가 포함되지 않은 이 용액들은 유도체화(tert-butyl dimethylsilylation) 과정을 거친 후 LC-MS 또는 GC-MS로 분석되었다.

수분과 접촉하면 사린은 재빨리 iPMPA로 가수분해된다. 토양과 적은 양의 사린 용액을 섞는 것이 쉽지 않다. 휘발성이 높고 그러한 위험물질을 주사기로 정확하게 조제하기가 어렵기 때문이다. 구상중인 시험을 위해 이 문제를 극복하는 것으로는 충분하지 않다. 사린 용액이 뿌리를 관통하는 것 이외에도 사린 증기가 잎(밀의 경우)을 투과할 수 있기 때문이다. 사린이 토양에 가해진다면, 조제의 정확성 - 토양으로부터의 증발량(잎 흡수의 경우)에 대한 토양에서의 가수분해량(뿌리 흡수의 경우)의 비율 - 을 둘러싼 불확실성이 높아질 것이고 뿌리 흡수만으로 어떠한 결론을 내리는 것이 더 복잡해 질 것이다. 그 변수를 최소화하기 위해 여기서는 사린 퇴적물을 모방하여 종자에 iPMPA 수용액 250 μgml^{-1} 1ml를 섞었다. 이러한 농도는 해당 종자에 대한 독성이 가시적이지 나타나지 않았고, 묘목들이 동일한 통기월에서 재배된 비처리 묘목들과 유사하게 자랐다.

사린의 열화물은 유기물 함량이 높은 토양과 긴밀히 결합한다. 그리고 종자 분의에 사용된 것과 동일한 농도로 섞은 후 에탄올로 추출 - 염기성화, 물로 추출 그리고 유도체화 - 한 iPMPA 토양에서는 iPMPA가 발견되지 않았다. 그러나 식물의

에탄올 추출로 iPMPA가 28일째에 검출되었고(그림 4), 이는 토양 분석만으로는 획득할 수 없는 사린 사용의 증거를 잠재적으로 제공해준다.

백겨자 종자는 VX, EMPA 및 MPA가 섞인 점토, 양질토 또는 사토에서 재배되었고 그 결과물이 8일, 16일, 33일, 45일 후에 수확되었다. 토양이 다양하여 VX 최초 흡수는 경감되었으나 장기적으로는 흡수가 좋지 않았다. 그러나 식물당 VX 1ng 이하까지 VX가 검출가능했던 기간은 동일하였다(그림 5). 이는 토양 유형과 관계없이 사용 후 최소 45일 동안 토양에 과거 VX가 존재했다는 증거가 식물에서 추출될 수 있다는 것을 보여주었다. 식물들은 VX를 EMPA와 MPA로 대사 작용을 했고, VX가 섞인 점토에서 재배된 경우 더 많은 MPA가 식물에서 발견되었다. EMPA가 섞인 양질토에서 종자가 자란 경우 식물에서 EMPA가 검출되지 않았다. MPA가 섞인 양질토에서 자란 식물은 MPA 프로필이 VX가 섞인 양질토에서 자란 식물의 MPA 프로필과 일치하였다. EMPA와 MPA는 파종 후 45일까지 검출되었다. 이러한 데이터는 VX 오염토에서 자란 식물에서 발견되는 EMPA가 VX 대사작용에서 기인한다는 것을 말해 주며, 오염된 땅의 생물적 환경정화를 위해 식물이 활용될 가능성을 시사한다. 이 가능성에 대해서는 이후에 논의된다.

밀과 백겨자 연구는 이러한 종들이 G-용제 및 V-용제를 쉽게 흡수하고, 이 용제들을 간단한 에탄올 추출과 (유도체화 이후의) GC-MS 분석 및/또는 LC-MS 분석으로 검출이 가능한 무해 산물로 전환할 수 있음을 보여준다.

신경작용제가 식물 내에서 수일(G-용제) 또는 수개

Special Report

화학과의 융합

월(V용제) 동안 지속될 것으로 예상되나, 그 가수분해 산물은 훨씬 더 장기간 지속될 것으로 기대된다. 따라서 이 산물은 이후에도 오래 동안 신경작용제 사용의 표지로 활용될 수 있을 것이다. 다음 항목에서는 식물 생물지표에서 추가 증거를 획득할 수 있는지를 검토한다. 식물 생물지표는 이전에는 고려되지 않았으나, 추가 정보의 원천이 될 것이다.

(c) 식물 생물지표

식물 생물지표는 비무장화 활동이 환경에 미치는 영향을 감시하는 데에 유용할 수 있다. 인간 및 식물의 신경작용제 대사작용은 유사한 과정을 밟는 것처럼 보인다. 모두 주요 대사물은 알킬 메스포스포닉산(사린의 iPMPA, 소만의 PMPA 그리고 VX의 EMPA) 및 MPA이다. 이러한 유사점에도 불구하고 우리가 아는 바로는 신경작용제 사용에 관한 조사 중 어떤 것도 가능성 있는 분자적 증거를 얻기 위해 식물을 검사하지 않았다. 이러한 목적으로 식물을 사용하는 것이 매력적인 한 가지 이유는 공격지대 외부에서 오염되지 않은 대조 표본을 찾아내고 수집하는 것이 용이하다는 것이다. OPCW 지정 연구소로 식물 재료를 운반하게 되면 해당 식물의 훼손이 수반될 수 있다. 그러나 이러한 훼손은 연쇄보관 과정에서 냉장 저장을 통해 지연시킬 수 있을 것이다. 그렇지 않으면 식물 추출을 현장에서 신속하고 간단한 절차로 완료하고 다른 분석 장소로 운반할 수도 있을 것이다.

분쇄된 식물 추출물의 분석은 신경작용제 사상자의 소변을 분석하는 것과 유사하다. 모두 동일한 가수분해 산물을 식별하는 것이 목적이다. 인간의 생물지표 식별을 위한 접근방식을 식물의 추정 생물지표에 적용할 수 있는가? 동물 AChE와 대조적으로 식물의 콜린에스테라아제 생성과 관련한 데이터는 많지 않다. AChE같은 활성이 있는 효소가 밀(*Triticum aestivum*), 백겨자(*Sinapis alba*) 및 토마토(*Lucopersicon esculentum*)에서 발견되었고, 옥수수(*Zea mays*)에서 AChE의 특징이 나타났다. 최근에는 콜린에스테라아제 활성이 선별된 118개 식물종 중 67개 종에서 감지되었다. 양성반응을 보인 식물종의 모든 부분에서 활성이 나타나지는 않았다. 대극과

(Euphorbiaceae) 및 콩과(Leguminosae)의 모든 종에서 활성이 있었다. 가지과(Solanaceae)의 대부분 종이 양성 반응을 보였고 - 원생 구스베리(*Physalis minima*)의 잎이 특히 콜린에스테라아제가 풍부하였다 - 국화과(Asteraceae) 대부분은 음성 반응을 나타냈다. 콜린에스테라아제가 구조적으로 인간 AChE와 유사하다면 마찬가지로 신경작용제에 의해 억제되어야 한다. 사실 인간 AChE의 강력한 억제제이자 사린과 구조적으로 매우 유사한 다이아이소프로필 플루오로포스페이트(DFP)는 식물 콜린에스테라아제를 억제한다. DFP의 사용이 50개 상위 식물과 및 3개 양치식물과에 속한 약 70개 종에서 콜린에스테라아제 활성을 식별하는 데에 도움이 되었다. DFP에 의한 식물효소의 억제 패턴은 아미노산 시스테인에 속하는 함황 효소들은 DFP (및 G용제)가 화학반응을 거의 일으키지 않는 효소 활성화부위에서 DFP의 영향을 받지 않는다는 것을 보여주었다. 세린 잔류물을 통해 기능할 것으로 추정되는 효소들만 억제되었다. DFP로 불리는 P-32 방사능은 후에 강낭콩(*Phaseolus vulgaris*)에서 분리된 효소의 세린 잔류물과 결합하는 것으로 나타났다. 그들의 자연적 기질 - 아세틸콜린 - 이 생명 진화의 초기에 아주 많이 있었던 것으로 추정되어 식물, 균류, 박테리아를 포함해 신경계가 없는 많은 유기체에 존재한다는 사실이 알려진 바, 때가 되면 더 많은 식물 AChE가 발견될 것이다.

신경작용제를 검출하기 위해 표본으로 이끼를 사용할 가능성도 있다. 선태류 - 선류, 빨이끼류, 우산이끼류를 포함하는 육상 식물 - 도 콜린에스테라아제를 함유한다. 한 연구에 따르면 13개 선태류과에 속하는 30개 종에 ChE 활성이 있었다. 인도 이끼 *Anoetangium bicolor*가 활성이 가장 높았다. 이끼는 습지에서 번성하며 수용성 신경작용제 열화물(예, iPMPA 및/또는 MPA)을 흡수할 것이다.

식물계 전역에 AChE가 광범위하게 분포하기 때문에 신경작용제로 오염된 식물 조직 추출물은 GC-MS에 의한 분석을 위해 (V용제 노출 후) G용제를 재생성하거나 G용제 유사물을 제조하기 위해 불소로 처리해야 한다. 이것이 이전에는 고려되지 않았으나 적어도 이론적으로는 가능하다.

그렇게 되면 실질적으로 중요한 결과로 보답할 새로운 방식의 분석 조사가 가능해질 것이다.



(d) 신경작용제의 식물 정화

신경작용제 또는 그 가수분해물로 오염된 토양을 정화하기 위해 식물을 활용하는 아이디어는 다른 곳에서 논의된다. 요약하면 다음과 같다. 그러한 토양을 정화하는 한 가지 해결책은 그 토양 위에 백겨자(*Sinapis alba*)를 경작하는 것이다. 이 작물은 또 다른 작물의 경작을 위해 수확, 파기 또는 토양으로 환원될 수 있다. 식물의 각 세대에는 신경작용제가 완전히 고갈될 때까지 신경작용제 일부를 파괴하게 될 것이다. 이 ‘녹비’ 접근법은 표백제 사용이나 소각 같은 전통적인 화학적 정화보다 이점이 많다. 비용이 덜 들고 친환경적이며 태양 이외의 다른 에너지를 필요로 하지 않는다. 신경작용제를 더 효율적으로 가수분해하고 인 함유물을 활용하여 정상적 성장을 하도록 식물을 유전적으로 조작할 수도 있을 것이다. 밀과 백겨자의 경우에서 보았듯, 식물에 의한 신경작용제의 대사는 해당 식물 내에 있는 콜린에스테라아제에 의한 결합을 통한 해독이 수반될 것으로 예상된다(이런 식으로 비활성화된 신경작용제의 모든 분자는 독살이 불가능한 정도가 된다). 인체 내의 치료적 신경작용제 청소물질로서 잠재력을 가진 BuChE가 의료 대책 연구를 위해 유전자변형

식물에 의해 만들어졌다는 사실은 흥미롭다. 동일 식물들이 그들의 ‘이식된’ BuChE를 통해 자연 환경에서 신경작용제를 조직적으로 청소해줄 것으로 기대된다.

결론

신경작용제 사용 확인을 위한 접근법이 검토되었고, 식물이 신경작용제 사용 의혹 조사를 위한 표본 추가 옵션이 될 수도 있다는 것을 입증할 과학적 증거가 수집되었다. 식물 분석은 비무장화 중이거나 폐기된 화학무기로부터의 오염에 대한 환경 감시에 유용할 것이다. 백겨자와 같이 빨리 성장하는 식물들은 오염 부지의 생물적 정화에도 가치가 있을 것이다. CWC 이행과 관련해 화학과 생물학의 융합을 실증하는 주제에 초점을 두었던 본 기고문에서의 논의는 평화와 안보, 화학무기에 관한 국제적 금지의 수호자인 OPCW의 목적에도 기여한다. 이러한 논의를 통해 분석적 화학 연구가 미래의 화학무기 배치를 억제하기 위해 어떻게 활용될 수 있는지 생각해 볼 수 있는 계기가 되길 바란다.

Special Report

화학과의 융합



크리스토퍼 팀펠리는 영국 포터다운 국방과학기술연구소(Dstl)의 펠로우로, 화학 기술 책임자이다. 2013년 1월 OPCW 과학 자문 위원회(Scientific Advisory Board)에 임명되었고 2013년 6월 부회장으로 선출되었다.

세리스 리는 포터다운 Dstl의 분석 및 귀인의 기술 책임자이며, 2012년 런던 올림픽 보안 지원을 포함해 이 분야에서 수년간 일해 왔다.

제임스 리치즈는 포터다운 Dstl의 분석적 화학의 기술 책임자이다. 2007년 이래로 OPCW 지정 Dstl 연구소를 이끌며 7회 연속 A등급을 달성하였다. OPCW 데이터베이스를 위해 분광데이터를 평가하는 OPCW 확인 그룹(Validation Group)의 의장이다.

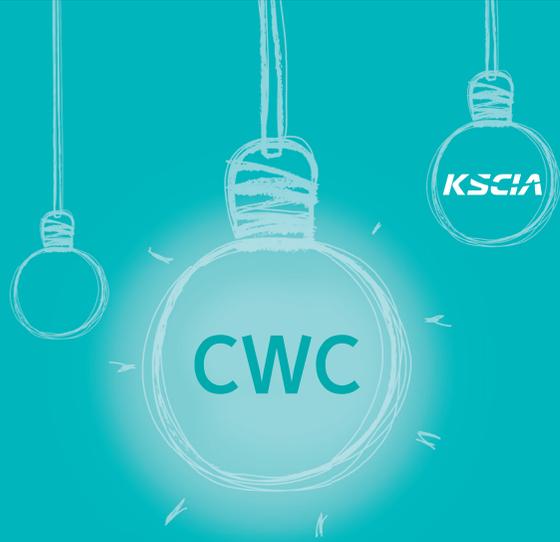
매튜 그래빗, 파라 홉킨스, 아담 셸프, 앤드류 웹은 포터다운 Dstl의 분석 화학자이며 지정연구소 내의 과학자들을 이끈다. 백겨자식물에 관한 연구를 수행한 팀의 일원이었다.

매튜 베이커는 前 포터다운 Dstl 리서치 펠로우로, 센트럴 랭커셔 대학(UCLan)으로 옮겨 그 대학의 바이오분석 과학 연구 그룹(Bioanalytical Sciences Research Group)을 이끌기 전 화학 및 생물학 무기 작용제 탐지에 관한 연구를 수행하였다. 최근 스코틀랜드 글래스고 소재 스트래스클라이드 대학의 순수 응용화학부 (Department of Pure & Applied Chemistry) 화학 부교수(Senior Lecturer)로 임명되었다.

본 기고문의 원문은 OPCW Today

(<http://www.opcw.org/documents-reports/opcw-today>, 27-36p)

에서 확인하실 수 있습니다.



..... Working together for a world free
of chemical weapons





Korea Specialty Chemical Industry Association

**Chemical Weapons Convention
NEWS**

III

CWC

국내이행사업 현황

한-OPCW 공동주관 서울워크숍 개최

Seoul Workshop on the Peaceful Development and Use of Chemistry
for Member States of the OPCW in the Asian Region



화 학무기금지협약(CWC: Chemical Weapons Convention) 관련, 화학기술의 평화적 이용 증진 및 화학물질의 안전관리 의식 제고를 위한 「서울 워크숍」이 10. 15(수) ~ 17(금)간 서울에서 세번째로 개최되었다.

동 워크숍은 외교부 및 산업통상자원부 후원하에 한국정밀화학진흥회과 화학무기금지기구(OPCW) 사무국이 공동 주최하였으며, 아시아 11개국 정부·유관기관·단체가 참석하였다.

이번 워크숍에서 우리나라는 국내 화학산업 현황과 화학안전관리 등에 대해 소개하였고, 특히 국내 화학물질 등록·평가제도 및 화학사고 대응시스템에 대한 참가자들의 관심이 높았다. 참가국 대표들은 자국의 화학안전관리 시스템과 화학사고 대응 사례에 대하여 그들의 경험을 공유하였다. 마지막날에는 한국화학연구원을 방문하여 참가자들에게 연구 영역 및 국제 협력관계 등을 소개하였으며 한국화학연구원과 OPCW가 연계한 인턴십 프로그램, 컨퍼런스 개최 등 향후 협력관계에 대하여 논의하였다.

이번 워크숍을 통해 협약이행 모범국으로서 국가적 위상을 높이고 협약 11조에 따른 국제협력에 크게 기여하였으며, OPCW 사무국과의 협력 관계도 강화해나가기로 하였다. 또한 국내 화학물질의 안전관리와 산업발전 경험 등을 아시아 11개국에 소개하는 계기로 활용하였다.

CWC 국내이행사업 현황

워크숍 개요

- **명 칭** : Seoul Workshop on the Peaceful Development and Use of Chemistry for Member States of the OPCW in the Asian Region
- **목 적** : 우리나라의 화학기술 및 산업발전 경험을 토대로 아시아국가의 정부·유관기관·단체 등을 대상으로 협약과 관련한 화학의 평화적 이용을 고취시키고 당사국간의 사례를 공유함으로써 그들의 역량 제고
- **주 최** : OPCW 기술사무국, 외교부, 산업통상자원부(주관 : 정밀화학산업진흥회)
- **기 간** : 2014. 10. 15(수) ~ 17(금)
- **장 소** : 그랜드힐튼호텔(서울 홍은동 소재)
- **참가자**
 - 참가국 : 11개국 20명
 - 사무국 : ICA 국제협력과장 Mr K. Misra 외 2명
 - 주최국 : 외교부(2), 진흥회(3), 국내강사진(5)



워크숍 주요 내용

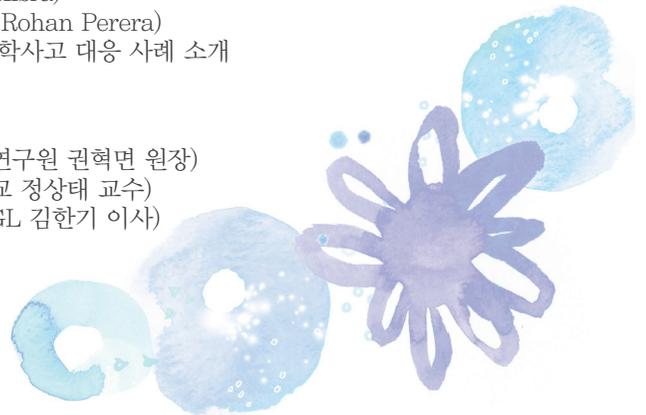
1일차 국내 화학산업소개 및 아시아지역 화학안전관리

- 국내 화학산업 소개 및 미래기술 동향(화학연구원 고영주 본부장)
- 국내 화학물질 등록·평가제도 소개(KTR 오동민 선임연구원)
- 워크숍 의제 및 목적 소개(OPCW Mr K. Misra)
- 중소기업 위험 평가 제도 소개(OPCW Mr Rohan Perera)
- 참가자들의 자국내 안전관리 시스템 및 화학사고 대응 사례 소개

2일차 화학물질 안전관리 시스템 소개

- 국내 안전관리 시스템 소개(산업안전보건연구원 권혁면 원장)
- 국내 화학사고대응 시스템 소개(인제대학교 정상태 교수)
- 국내외 Responsible Care·활동(DNV·GL 김한기 이사)
- 화학 안전관리에 대한 참가국 토의

3일차 한국화학연구원 견학



2014년 화학무기금지협약 업체담당자 교육 시행

본회는 화학무기금지협약의 원활한 국내이행을 위하여 CWC 신고·사찰대상업체 실무담당자들의 정기신고 및 국제사찰 등의 의무 이행 관련 지식수준 향상과 업체 간 실무경험 교류의 장을 마련키 위하여 2014년도 화학무기금지협약 업체담당자 교육을 2014년 10월 30일~31일간 부산 글로리콘도에서 진행하였다. 이번 교육에는 24개 업체에서 28명이 참석하였다.

교육 참가자들이 대부분 화학업체에서 참여하는바 지난 해 교육에 이어 올해도 화학물질관리법 관련 강의를 마련하였으며, 동 주제가 최근 화학 산업계의 화두인 만큼 참가자들의 만족도가 높았다.



교육 일정 및 강사진

날 짜	시 간	강 의 내 용	강 사
10.30(목)	14:00-14:30	등록, 개회 및 인사말	진흥회
	14:30-16:00	화학물질관리법의 장외영향평가 및 위해관리계획	화학물질안전원 김민수 연구사
	16:00-16:50	화학무기금지협약 배경 및 내용	진흥회
	17:00-18:00	화학무기금지협약 최근 동향과 산업계 현안	진흥회
10.31(금)	09:30-10:30	화학무기금지기구 산업사찰 대응요령	진흥회
	10:30-11:30	산업계 정기신고 이행	진흥회
	11:30-12:00	토의 및 강평	진흥회

당사국 협약이행 기본과정 교육 참가

한국정밀화학산업진흥회 CWC운영팀 이지은 주임

2014년 9월 15~19일간 네덜란드 헤이그에 위치한 OPCW 본부에서 열린 당사국 기본과정 교육에 참가하였다. 이 교육은 CWC 이행을 위한 국내담당기관 실무자 기본과정 (Basic Course For Personnel of National Authorities Involved In The National Implementation of The Chemical Weapons Convention)으로 브라질, 콜롬비아, 쿠바, 필리핀 등 32개국 32명이 참가하였다. 이번 교육은 협약에 관한 이론교육과 이행에 관한 실습, OPCW 시설 견학 등의 내용으로 5일간 이루어졌다. 일정별 교육내용은 아래와 같다.

주요 교육내용

일정	교육내용
9.15(월)	<ul style="list-style-type: none"> ● 화학무기의 역사와 화학무기금지협약, OPCW 소개 ● 협약 7조 협약의 국제적 이행 방법 ● 국제 이행 관련 케이스 스터디 ● 협약 이행 현황 ● 협약 제3조 및 제6조 관련 조항 소개
9.16(화)	<ul style="list-style-type: none"> ● 협약상 신고대상인 산업 활동 식별법 ● 신고 대상 화학물질 확인을 위한 도구(Tools) 소개 ● 신고 활동 및 시설 신고 관련 케이스 스터디 ● 신고서 양식 작성 관련 케이스 스터디 ● 목록물질의 수출입 신고와 관련한 실제 이슈 공유
9.17(수)	<ul style="list-style-type: none"> ● EDNA 소개(OPCW가 개발한 신고프로그램) ● 협약 제3~6조 관련 검증 체제 ● EDNA 실습 ● 협약 제6조 관련 사찰 시설의 선택 방법 ● 협약 제6조 관련 사찰 이행
9.18(목)	<ul style="list-style-type: none"> ● OPCW Laboratory and Equipment Store 방문 ● 협약 제7조 이행 - 이행 지원 프로그램(IPB) ● 협약 제10조 이행 - 지원 및 보호 프로그램(APB) ● 협약 제11조 이행 - 국제적 협력 프로그램(ICB) ● SIX 프로젝트 소개
9.19(금)	<ul style="list-style-type: none"> ● 과학, 기술 그리고 CWC ● NA의 역할과 효과적인 기능 ● 협약 제11조 사찰 관련 케이스 스터디 ● 그룹활동 : NA의 효율성을 높이는 방법 토의 ● 수료증 배포 및 마무리



OPCW 실험실 방문



그룹 토의 모습

CWC 국내이행사업 현황

특히 이번 교육에는 협약의 비준을 앞둔 미얀마 대표도 참석하여 자국의 협약이행을 위한 여러 이론과 실습교육에 진지하게 임하였다. 미얀마 대표는 우리나라가 협약 이행에 앞장서고 있다면서 같은 아시아국가인만큼 자국의 협약 이행을 위한 멘토 역할을 요청하기도 하였다. 이번 교육을 통해 다시 한번 협약에 대한 지식을 쌓을 수 있었고 다양한 국가의 협약 이행 현황을 확인 할 수 있었다. 그리고 이론 뿐만 아니라 여러 가지 사례연구와 실습을 통해 문제해결 능력을 향상시킬 수 있었다. 마지막으로 OPCW 사무국 직원들과 각국의 협약 담당자들과의 네트워크 형성에 도움이 되었으며 정보교류를 확대할 수 있는 계기가 되었다.

