

**2014 09**

생물무기금지협약 정보지

# BWC NEWS



## [통권 제22호]

- Building Sustainable Capacity in Biosecurity :  
Bradford Disarmament Research Centre's Experience
- 생물무기금지협약(Biological and Toxin Weapons Convention,  
B(T)WC)의 최근 논의 동향 및 과학기술의 발전
- 북한 생물무기 및 시설 처리를 위한 범정부 대비방향
- 생명공학의 이중적 사용에 관한 인식제고
- 생물테러 대비 신속 정확 분자진단 시스템 개발
- 실시간 부유 생물무기 감시 장비 개발 동향
- 생물무기금지협약 관련 정보
- BWC 사업 추진일지



산업통상자원부  
MINISTRY OF TRADE, INDUSTRY & ENERGY  
MOTIE

koreaBio  
한국바이오협회

2014 09

생물무기금지협약 정보지

# BWC NEWS

Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of  
Bacteriological(Biological) and Toxin Weapons and on their Destruction :  
Biological Weapons Convention(BWC)

## BWC NEWS [통권 제22호]

- 04** Building Sustainable Capacity in Biosecurity :  
Bradford Disarmament Research Centre's Experience  
/ Bradford Disarmament Research Centre Tatyana Novossiolova,  
Gerald Walther
- 44** 생물무기금지협약(Biological and Toxin Weapons Convention,  
B(T)WC)의 최근 논의 동향 및 과학기술의 발전  
/ 선문대학교 제약공학과 이희찬 교수
- 63** 북한 생물무기 및 시설 처리를 위한 범정부 대비방향  
/ 국방부 군비검증단 생물무기검증담당 오동환 소령
- 75** 생명공학의 이중적 사용에 관한 인식제고  
/ 건국대학교 의과대학 장원중 교수
- 93** 생물테러 대비 신속 정확 분자진단 시스템 개발  
/ 나노바이오시스(주) 김성우 대표이사
- 102** 실시간 부유 생물무기 감시 장비 개발 동향  
/ 국방과학연구소 최기봉 책임연구원
- 117** 생물무기금지협약 관련 정보
- 133** BWC 사업 추진일지



# Building Sustainable Capacity in Biosecurity : Bradford Disarmament Research Centre's Experience

Tatyana Novossiolova<sup>1)</sup> and Gerald Walther<sup>2)</sup>

Bradford Disarmament Research Centre

## 1. 개 요

지금까지 15년 이상 브래드포드 군축연구센터(Bradford Disarmament Research Centre, BDRC)는 생물무기 비확산분야에서 상당한 연구를 수행해왔으며, 생물무기 금지협약(Biological and Toxins Weapons Convention, BTWC)을 강화하는 과정에도 적극적으로 참여해왔다. 생물무기금지협약과 관련된 문제들에 대한 연구조사 및 정책연구는 BDRC의 직원에 의해 수행되고, 조셉 라운트리 자선기금(Joseph Rowntree Charitable Trust), 카네기 재단(Carnegie Foundation), 웰컴 트러스트(Wellcome Trust), 미국 생물보안 참여 프로그램(US Biological Engagement Programm), 노르웨이와 스위스 정부, 그리고 가장 최근에는 캐나다 글로벌 파트너십 프로그램(Global Partnership Programm)과 영국의 글로벌 파트너십 프로그램(UK Global Partnership Programm) 같은 여러 유명한 지원기관들의 후원을 받아왔다. 또한 다른 연구기관들

1) Wellcome Trust Doctoral Candidate, Bradford Disarmament Research Centre, University of Bradford, UK

2) Research Associate, Institute for Science, Ethics and Innovation, University of Manchester, UK

과 협력하여 연구조사 및 정책연구를 수행하며 지속적으로 정보를 교류해왔다. 이를 통해 생물무기금지협약 당사국 회의에서의 협상, 지역 및 국가 정책 과정, 주요 비정부기구(NGO) 네트워크에 새로 등장한 이중용도의 생명공학 이슈들에 대해 확실한 검증과 영향력 있는 연구조사 및 기술적 조언을 직접적으로 제공하였다.

BDRC는 가까운 파트너들과 함께 2008년부터 예전에 참여해왔던 것과 유사한 생물무기금지협약 협상 및 검토 과정에 비정부 연구기관으로 지속적인 기여를 하였다. 이러한 활동은 혁신 및 생명공학의 이용 분야에 참여하고 있는 과학계 및 산업계와 함께 BDRC가 고정 참여하며 다루었던 생물보안 이슈들을 추가로 연구할 수 있는 토대를 제공하였다. 이 자료의 첫 번째 파트에서는 BDRC의 주요 기여사항에 대한 개요를 설명하고, 두 번째 파트에서는 영국 맨체스터대학 내 과학윤리혁신연구소(Institute for Science, Ethics and Innovation)와 함께 신경윤리학 교육이라는 주제에 대해 BDRC가 최근 어떻게 협력하고 있는지의 예를 상세히 제시하고자 한다.

## 2. 활동 및 영향

2009년 이후, BDRC는 웰컴 트러스트(Wellcome Trust)로부터 연구비를 지원받아 생명공학 및 생명과학분야의 융합기술이 발전함에 따라 이중용도의 가능성이 상당히 커짐으로 인해 발생할 수 있는 위험에 대처하기 위한 목적으로 이중용도 생물보안에 관한 연구에 참여하였다. 일련의 출판물과 보고서에서 BDRC 그룹과 파트너들은 다양한 분야에서 활발한 연구 및 기술 개발(식물병리학, 신경과학, 나노기술 및 합성생물학)을 통해 그러한 위험에 대한 국제적 인식과 위험지식을 높이는데 상당히 기여하였다. BDRC 그룹은 이러한 이슈들을 이중용도의 생물보안 문제에 포함하여 논의하도록 국제적 인식을 증진시키고 의제를 정하는 역할을 담당하였다.

### (1) 교육 모듈 리소스(Educational Module Resource, EMR)

일본의 방위医科大学(National Defense Medical College, NDMC), 이탈리아 란다우 네트워크-첸트로 볼타(Landau Network Centro-Volta, LNCV)와 함께, BDRC는 22개 오픈 강의 소스 세트에 편리한 노트와 평가 질문 참조자료를 덧붙인 교육 모듈 리소스를 개발하였다. EMR은 다음과 같은 4가지의 핵심 영역 중심으로 구성되었다.

- 생물학전 및 생물테러의 위협과 이에 대한 국제적 금지 제도
- 이중 용도의 딜레마와 생명과학자들의 책임
- BTWC의 국내이행
- 양성 개발(Benign Development)을 보장하기 위한 예방 웹 구축

EMR은 주로 다양한 수준의 교육 및 인식 제고 프로그램을 개발하고 있는 트레이너와 교수들을 지원하기 위한 것이지만, 학교와 전문기관의 학습자들에게도 적합하다. 보급을 극대화하기 위해 영어, 불어, 러시아어, 스페인어, 루마니아어/몰도바어, 폴란드어, 우르두어, 그루지야어, 일본어 등의 10개국어로 모든 자료는 무료로 온라인에서 이용할 수 있도록 했다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/educationalmoduleresource/>

### (2) 응용 이중용도 생물보안에 대한 30학점 석사 과정 수준의 온라인 교육 - 트레이너 프로그램

2010년 9월, BRDC는 생물보안분야에서 공인 교육을 제공하도록 설계된 새로운

커리큘럼을 시작하였다. 미국 생물보안 참여 프로그램(US Biological Engagement Programme)의 기금을 후원 받은 응용 이중용도 생물보안 온라인 원격 학습 모듈은 영국의 30학점 석사과정의 가치가 있는 모듈로, 지속 가능한 역량과 전이 가능성이 있는 기술을 발전시키기 위해 교육적이고 실용적인 접근방법을 현대 생명공학의 윤리적, 사회적 및 법적 의미와 결합시켰다. 이를 위해 프로그램에서는 쌍방향 원격 학습 플랫폼을 활용하여 매주 라이브 강좌와 세미나를 제공하고, 네트워킹을 강화하기 위해 다양한 보충 온라인 툴을 제공하기도 한다. 현재 프로그램에 참여하고 있는 사람들은 파키스탄, 러시아, 나이지리아, 우간다, 필리핀, 아르헨티나, 아프가니스탄, 이라크, 카타르, 케냐, 모로코 등의 여러 전문가들이다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/trainthetrainer/30creditbiosecuritymodule/>

### (3) 국가 시리즈(National Series, NS)

2011년 영국 국방부의 지원 아래 BDRC는 현행 EMR의 핵심가치를 활용하되 테마(주제), 콘텐츠(내용) 및 특정 국가의 교육 상황에 맞는 학습 성과를 설계하여 NS를 개발하기 위한 새로운 프로젝트를 시작하였다. 이 프로젝트의 주된 목적은 수준 높은 교육을 위해 단기 교육 프로그램을 즉시 도입하는데 활용할 수 있는 사용자 친화적인 교육 자원들을 제공하는 것이다. NS(National Series)는 이중용도의 생물보안, 생명윤리 및 생물무기의 비확산에 대한 국가별 맞춤 교육 자료로 구성된다. 각 세트는 5개 강의로 구성되고, 강의자료는 특정 국가의 상황에 초점을 맞춘 약 20여 개의 슬라이드, 편리한 노트, 예제 연습, 평가질문 및 참고문헌 등으로 구성된다. 현재까지 교육 자료가 개발된 국가는 다음과 같다 : 알제리, 아르메니아, 아제르바이잔, 이집트, 그루지야, 요르단, 카자흐스탄, 키르기스스탄, 리비아, 모로코, 파키스탄, 사우

디 아라비아, 타지키스탄, 튀니지와 우크라이나. 모든 자료는 온라인에서 무료로 이용 가능하다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/nationalseries/countrysmaterial/>

#### (4) 팀 기반 학습 교육 패키지

BDRC는 현재 팀 기반 학습(Team Based Learning, TBL) 포맷에 맞춘 쌍방향 교육 패키지를 개발 중이다. 이 패키지는 개별 활동, 그룹 활동 및 즉각적인 피드백의 특별한 시퀀스를 동기부여의 구조 형성에 이용하는 특별한 형태의 협력학습으로, 이 방법을 통해 초점을 강사의 개념 전달에서 학생 팀의 개념 적용으로 변경시킨다. 2012년 11월에는 약학대학(University of Bradford's School of Pharmacy)과 긴밀히 협력하며 생명윤리와 책임있는 연구수행에 관한 팀 기반 학습 세미나를 개최하였다. 세미나에서 받은 긍정적 피드백은 이후에 여러 상황에서 다양한 목적을 위해 활용할 수 있는 맞춤형 자료를 개발하는데 강력한 동기를 제공하였다. 진행 중인 TBL 프로젝트는 개인 퀴즈, 팀 퀴즈, 응용 연습, 가이드 자료 및 참고도서 등을 포함한 5개 세트의 편리한 자료로 구성된 오픈 소스 교육용 패키지이다. 이 패키지의 주된 목적은 생물보안의 핵심 개념들에 대해 이해를 증진시키고, 학습자들에게 해당기술을 습득하도록 하는 것이다. 따라서 대학수준의 교육에 사용해도 되고 지속적인 전문가 개발 교육훈련의 일환으로 사용하는 것도 적절하다. 패키지가 완료되면 온라인에서 무료로 이용할 수 있을 것이다.

## (5) 온라인 생물보안 교재

BDRC는 온라인 생물보안 교재의 개발을 목표로, 캐나다 글로벌 파트너십 프로그램과 영국의 글로벌 파트너십 프로그램의 기금을 지원받아 공동으로 새로운 프로젝트에 착수하였다. 교육 콘텐츠의 보급을 촉진하기 위해 처음에는 영어와 아랍어로 된 교과서를 이용할 예정이다. 이 교과서는 추후 오픈 소스 온라인 자원이라는 인식이 늘어나고 학생, 실무자 및 트레이너가 생물보안 문제들에 참여하기 시작할 때 이들을 지원하기 위한 것이다. 교과서에서 다루는 핵심 주제들은 생물보안과 생물무기 확산방지와 관련된 도전과제, 과거와 현재의 위협, 생물보안을 촉진하기 위한 다자간 이니셔티브, 주요 국제기구와 법률문서, 생물보안 우수사례의 예 등이다. 각 장에는 팀 기반 학습의 연습 세트가 첨부될 예정이다.

위에 기술한 활동의 결과, 2007년에 있었던 생물무기금지협약 협상의 회기간 절차들, 2011년 제7차 생물무기금지협약 평가회의, 그리고 2012년에 시작된 현 회기간 프로그램에 대한 BDRC의 기여활동을 알리게 되었다. BDRC와 파트너 기관들이 BTWC 절차의 일부로 기획한 최근의 부대행사 및 이니셔티브에는 다음과 같은 행사가 포함된다.

- 회기간 절차, 과학 및 교육

2012년 12월 12일, 스위스 제네바 Palais de Nations에서 개최된 BWC 당사국 회의에서 있었던 부대행사로, 브래드포드 대학(University of Bradford)과 베스 대학 (University of Bath )그리고 이탈리아 란다우 네트워크-첸트로 볼타 (Landau Network-Centro Volta)와의 공동 이니셔티브, 부대행사의 의장은 영국의 Ambassador Jo Adamson가 맡았다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

[http://www.unog.ch/\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/89835cb0a2daa4a0c1257b6e003415c5?OpenDocument&ExpandSection=7#\\_Section7](http://www.unog.ch/__80256ee600585943.nsf/(httpPages)/89835cb0a2daa4a0c1257b6e003415c5?OpenDocument&ExpandSection=7#_Section7)

- 최근 생물보안 교육에서의 발전

2013년 8월 13일, 스위스 제네바 Palais de Nations에서 개최된 BWC 전문가 회의에서 있었던 부대행사로, 브래드포드 대학(University of Bradford)과 미국 국립과학아카데미(National Academy of Sciences)와의 공동 이니셔티브. 부대행사의 의장은 스위스의 Ambassador Urs Schmid가 맡았다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

[http://www.unog.ch/\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=8#\\_Section8](http://www.unog.ch/__80256ee600585943.nsf/(httpPages)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=8#_Section8)

- 과학기술의 발전

2013년 12월 9일, 스위스 제네바 Palais de Nations에서 개최된 생물무기금지협약 당사국 회의에서 있었던 부대행사로, 브래드포드 대학(University of Bradford), 베스 대학(University of Bath), 화학무기금지협약기구(OPCW)와의 공동 이니셔티브. 부대행사의 의장은 Ambassador Serhiy Komisarenko 가 맡았다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

[http://www.unog.ch/\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=9#\\_Section9](http://www.unog.ch/__80256ee600585943.nsf/(httpPages)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=9#_Section9)

- 생물보안 교육의 통합

2013년 12월 10일, 스위스 제네바 Palais de Nations에서 개최된 생물무기금지협약 당사국 회의에서 있었던 부대행사로, 브래드포드 대학(University of Bradford), 이탈리아 란다우 네트워크-첸트로 볼타(Landau Network-Centro Volta)와의 공동 이니셔티브. 부대행사의 의장은 제네바 유엔 사무소 폴란드 공화국 부 대표인 Mr. Wojciech Flera가 맡았다.

자세한 정보는 아래 사이트를 참고한다.

[http://www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/F837B6E7A401A21CC1257A150050CB2A?OpenDocument](http://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/F837B6E7A401A21CC1257A150050CB2A?OpenDocument)

#### (6) 생물보안 교육 부문에서 우수사례 개발

2012년 8월, BDRC의 대표들은 캐나다 공공보건청(PHAC), 캐나다 칼턴 대학(Carleton University)과 공동으로 생명과학 보안관리 부문의 전문가과정(Advanced Certificate)을 제공하는데 협력하기로 하였다. 이 10일간의 집중 프로그램에서는 캐나다와 국제 생물안전, 이중용도 생물보안 및 생명윤리에 초점을 맞추고, 시설에서 사람 병원균과 독소를 취급하는 작업자를 교육하고, 더 넓은 지역사회에 이중용도의 문제를 알리고, 생명과학 보안관리 부문의 틀 내에서 국내 및 국제적으로 생물안전 및 생물보안 지침을 강화하는 것을 목표로 하였다. 이 과정에서 이해를 촉진시키려고 하는 것은 다음과 같다.

- 생물안전 및 생물보안의 개념과 실험실 내에서 생물보안과의 관련성
- 생물안전 및 생물보안 리스크의 관리
- 사회에 미치는 과학과 기술의 영향으로 인한 이중용도의 난제와 딜레마



- 이중용도 생물보안의 윤리적, 법적, 사회적 관련성
- 조사 및 다른 연구의 책임 있는 수행에 관한 접근 방법

또한 ‘이중용도’ 생물보안 문제에 대한 추가 연구를 촉진시키고 책임있는 연구 수행과 생명과학과 다른 과학 지식의 오용을 방지하기 위한 연구에 발전시킬 방침과 지침을 개발하기 위한 것이다. 강의과정의 결과와 참가자들로부터 받은 피드백은 작업 문서인 BWC/MSP/2012/WP.4가 “당사국의 생명과학자들을 위한 생물안전과 생물보안 훈련 및 교육에 이중용도의 도전과제에 대한 인식 고취를 위한 고려사항 및 권고사항”으로 생물무기금지협약 당사국회의에서 발표되었다.

지난 몇 년간, BDRC은 인식 제고 및 교육 이니셔티브에 참여한 전 세계인들을 대상으로 한 네트워크 개발을 적극적으로 추진하였다. 2010년에 시작하여, BDRC는 여러 이해관계자들을 한데 모아 경험, 우수사례 및 학습 교훈을 나누기 위한 생물보안 교육 촉진 활동에 관심을 두게 하는 것을 목표로 한 일련의 회의를 시작하였다. 각 회의 의사록은 온라인 연감 형태로 발간되고, 우수사례에 대한 요약은 연2회 회의에서 생물무기금지협약 당사국들에게 제공된다. 2012년 7월, BDRC는 두 번의 회의, 즉 최적관행에 대한 브래드포드 제2차 연례회의와 유럽 과학기술분야의 협력 네트워크(사회적 책임 전달 : 과학자와 기술자들을 위한 지속 가능한 교육과 지속적인 전문가 개발에서의 윤리) 연례 총회를 개최하였다. 가장 최근의 브래드포드 회의는 “생물, 화학 및 생물보안 : 생물보안에 대한 융합의 의미와 최신 생명 과학자의 교육 발전”이라는 주제로 2013년 10월에 개최되어, 5개년 웰컴 트러스트 기금 지원 연구프로젝트인 이중용도 생명윤리에서 지속 가능한 능력 배양의 결론을 도출해냈다. 이 프로젝트는 브래드포드, 배스, 영국의 엑서터 대학의 전문가들과 캔버라에 위치한 호주 국립대학(Australian National University)의 전문가들에 의해 수행되었다. 프로젝트 팀 동료들은 여러 활동을 한데 모으고 앞을 내다보며 ‘다음에는 무엇을 할 것인가?’ 하

는 관점으로 이 회의를 조직하고, 개최하여 참여하였다. 회의에는 화학무기금지기구(OPCW)와 UN 안전보장이사회 결의안 1540을 따르는 위원회를 포함한 주요 국제기구의 대표들이 참여하여 자리를 빛내주었다.

### **(7) 생물무기 모니터**

BDRC는 2012년, 2013년, 2014년에 생물무기 모니터(BioWeapons Monitor)도 편집하여 발간하였다. 생물무기모니터는 한국바이오협회에 의해 한국어로도 번역되었다. 이것은 정부와 함께 생물무기금지협약과 관련한 의무와 생물무기의 영구적 제거를 목표로 이행하고 재발을 방지하기 위해 보완 및 연구하는 것을 목표로 한다. 생물무기 모니터는 국제협력과 지원, 과학과 기술의 개발에 대한 상시 의제 항목에 따른 관련 국가 정보의 제공과 2011년 제7차 생물무기금지협약 평가회의에서 합의했던 국내이행을 강화함으로써 이러한 목표를 달성하려고 노력하고 있다. 또한 신뢰구축 조치와 유사한 정보를 제공하며, 국가 규제 프로그램, 법률 및 생명공학 능력을 검토하고 평가한다.

생물무기 모니터는 아래 사이트를 통해 온라인에서 이용할 수 있다.

<http://www.bwpp.org/publications.html>

### 3. 브래드포드-맨체스터 신경윤리학 교육 개선 협력

이중용도의 문제에 대해 과학자들을 교육하려는 의지의 일환으로, BDRC는 최근 영국 맨체스터 대학 내의 과학윤리학연구소(Institute for Science, Ethics and Innovation)와 함께 신경윤리학 내에서 과학 윤리 교육의 필요성에 대해 연구하였다. 영국의 예술인성위원회(UK Arts and Humanities Research Council, AHRC)의 기금을 지원받은 이 협동 프로젝트는 영국의 신경과학 내에서 이루어지고 있는 윤리 교육의 현 상태를 살펴보고, 이 상황을 개선할 수 있는 방안을 모색하였다.

#### (1) 왜 신경과학인가?

이중용도 연구에 대해 주로 우려하며 논쟁이 되고 있는 부문은 미생물학과 바이러스학 같은 병원균의 연구와 관련된 연구 분야이다. 하지만 생물무기금지협약에서 최근 2012년 영국이 의견을 피력한 것처럼, 신경과학 분야도 중요한 이중용도 문제를 안고 있다. 신경과학이 안보와 관련하여 중요한 분야가 된 것은 특별한 3가지 문제 때문이다. 첫째, 신경과학은 항상 군대의 상상력을 자극해왔다(Dando, 2014; Moreno, 2012). 두 번째, 신경과학은 미국과 영국이 뇌에 대한 이해를 위해 작성했던 최근의 이니셔티브에서 볼 수 있는 것처럼, 거의 틀림없이 가장 빠르게 성장하고 있는 과학분야 가운데 하나이다(Reardon, 2014). 그리고 세 번째, 모든 신경과학 개발이 국제 규정을 준수해야 하는 것은 아니기 때문이다(Jefferson, 2014; United Kingdom, 2012).

첫 번째 문제와 관련해서는 특별 안보 우려대상으로 이중용도의 발생을 먼저 이해

하는 것이 필요하다. 탄저균 편지 사건 이후에 이해된 이중용도는 911 사건 이후에 양성 연구를 지정하는데 사용되었으나 비국가행위자, 즉 생물테러집단에 의해 잘못 사용되었다. 그러나 생물테러도 문제지만, 군비경쟁이 발생할 수 있는 프로그램이나 생물무기 프로그램에 국가들이 참여할 때, 인간안보에 더 큰 문제가 야기될 수 있다. 신경과학은 특히 군비경쟁과 관련될 소지가 다분하다(Royal Society, 2012; United Kingdom, 2012). 이런 위험 때문에 인간안보를 개선하거나 인간안보에 대한 미래의 위협에 참여시키는 것을 목표로 한 신경과학자들에 대한 윤리교육에서 비국가행위자들에 의한 양성 연구의 오용의 위협 문제뿐 아니라 군사적 목적으로 신경과학 연구를 이용할 수 있는 위협에 대해서도 논의해야 한다.

## (2) 신경윤리 교육 모듈(Neuroethics Educational Module, NEM)의 개발

예술인성위원회의 도움으로, 네트워크에서는 영국대학의 신경윤리 강의에서 이루어지는 현 윤리교육에 대한 보다 나은 이해를 목표로 네 번의 워크숍을 개최하였다. 2012년과 2013년에 개최한 워크숍의 제목은 다음과 같다.

- 신경과학자들에 대한 윤리교육의 실태(2012년 6월). 윤리교육의 실태 및 필요성 평가
- 2015년까지 윤리과학자들에 대한 이상적인 윤리교육(2012년 9월)
- 이상적인 윤리교육과 현재의 교육 실태 간의 차이를 메우기 위해 해야 할 일은 무엇인가?(2013년 1월)
- 여기에서 저기로. 이행 변화를 위한 전략 세우기.(2013년 9월) (맨체스터 대학, 2014)

각 워크숍마다 생물안보 전문가, 신경윤리학자, 신경과학자 그리고 교육전문가들

로 구성된 15~20명 정도가 참여하였다. 이전 회의에 참가자들은 항상 다음 회의에도 초청되었으나 참가에는 변동이 있었다. 그렇기는 하지만 몇몇 위원들은 모든 세션에 참가하려고 애썼다. 1회 워크숍 전에 수행되었던 실태 조사를 토대로, 다음 논의에서는 개별 신경과학 강의에서 사용할 수 있는 실제 교육 자료의 필요성이 강조되었다. Walther(2013)가 지적한 것처럼 이 실태조사가 연구의 일부였던, 영국 학부와 대학원 신경과학 강의에는 신경윤리 전담 강의가 없었다. 워크숍에 참석한 신경과학자들(대부분 교수와 강의 코디네이터)은 윤리교육이 거의 자신들이 있는 기관에서 이루어지고 있지 않음을 내비쳤다. 또한 교수 개인이 윤리교육을 의무화하는 개혁을 추진하기는 어렵다는 점을 강조하였다. 그리고 신경과학 교수들이 어떻게 윤리를 가르칠 수 있는지도 우려하였다. 이 첫 회의와 이후의 회의에서 논의한 결과, 네트워크에서는 자신의 교수모듈에 이러한 강의를 변형하여 사용할 수 있도록 신경과학 교수들을 위해 강의 노트를 활용할 수 있는 일련의 강의방법이 개발되었다. 안보 강의 6회와 인간향상과 같은 신경윤리 주제에 대한 강의 6회를 모두 통합하여 총 12회 강의를 신경과학자들을 대상으로 한 윤리 강의에 전부 사용할 수도 있었다. 모든 강의는 온라인에서 무료로 이용할 수 있다(맨체스터 대학, 2014). 각각의 강의는 윤리이론에 대한 배경지식이나 특정 유형의 문제에 대한 지식이 없는 사람들에게 도움을 줄 수 있도록 설계되었다. 윤리 이론을 포기하자는 결정은 다음과 같은 두 가지 우려를 낳았다. 첫째는 신경학자와 학생들이 윤리이론을 망설일 수 있고, 교수들은 윤리이론을 가르칠 자격이 없다고 느낄 수 있다는 점이다. 두 번째는 이론으로만 무장한 교수들이 이전의 모듈에서 논의되었던 이론에 의지할 경우, 개별 모듈의 유용성을 약화시키지 않을까 하는 점이다. 그러나 워크숍 참가자들은 윤리이론을 완전히 포기하는 것을 주저했기 때문에, 철학 개념을 다루는 강의 하나만 남겨두었다. 이 강의는 독립 강의지만 다른 강의를 보완하는데 사용될 수 있다. 마찬가지로 모듈의 두 번째 부분이 국제 규정에 대한 상당한 정보를 포함하고 있는 안보 문제들을 다루기 때문에, 국제규정의 개념과 언어를 다루는 한번의 특별 강의를 따로 설정해두었다. 전체적으

로 모듈에는 두 가지 직접 목표를 두었다. 첫 번째 목표는 신경과학 연구와 관련된 윤리 문제가 있다는 것과 이중용도 문제가 신경과학과 관련이 있다는 정보를 제공하여 인식을 제고시키는 것이고, 두 번째 목표는 교수들과 학생들에게 비판적으로 사고하게 하고, 자신들의 연구에서 이러한 문제들과 유사한 문제들을 확인해보도록 도전하는 것이다. 또한 이 모듈을 통해 신경과학연구의 목표와 특징에 대한 논의가 이루어지도록 자극을 주려는 것이다.

### (3) 교육활동 연구 및 권한 부여

신경과학자에 대한 윤리교육에서 현재의 필요를 확인하는 연구의 일환으로, 우리 연구가 특별 도구(즉, 신경윤리 교육 모듈)의 생산을 수반하지 않는 것은 명백해졌다. 하지만 연구 자체는 참가 과학자들에 대한 권한 부여뿐만 아니라 인식 제고 및 신경과학계와의 상호작용을 통해 하나의 움직임으로 확산되었다. 연구는 직접적인 사회적 요소를 가져야 한다는 생각은 하버마스의 연구에서 유래한 것으로, 교육현장 연구라는 라벨 하에 등장하였다. 이 방법의 핵심에는 연구는 지식의 창조를 넘어 어떤 것을 해야 할 필요가 있다는 확신이 자리매김하고 있다. 1986년 출간된 Carr and Kemmis' *Becoming Critical*에 의해 크게 영향을 받은 이 담론에는 두 가지의 별도 이론이 등장했다(Carr&Kemmis, 1986). 첫 번째는 연구대상의 기술 능력을 중심으로 진행된다. 이 방법의 지지자들은 연구 대상들에게 '기술' 솔루션을 보다 잘 찾을 수 있게 하면, 다시 말해 문제를 보다 효과적으로 해결하는 커뮤니케이션의 능력을 개선시키면 사회가 개선될 수 있다고 주장한다. 두 번째의 현장연구 형태에서는 개방의 필요성을 강조하였다. 즉, 연구가 지역사회로 하여금 그들 자신의 성장과 잠재능력을 제한하는 기존의 권력 구조를 이해하고 도전하여 해체할 수 있도록 할 필요가 있다는 것이다. 두 번째 방법에 대한 정의는 Grundy가 제시한 것으로, 그녀는 "개방적 연구활동이 참가자들이 자율성과 자유를 행사하는데 방해가 되는 불법적 구조와

대인적 제약을 이해하는 개발을 추구해야 한다”고 주장하였다. Grundy가 주장하는 이러한 제약은 불법적인 억압, 지배와 통제를 기반으로 한다. 참가자들이 그러한 제약에 대한 의식을 개발할 때, 부자유와 제약에서 자유와 자율성과 사회 정의로 이동하기 시작한다는 주장이다(Cohen et al., 2000, p. 231).

양 방법의 지지자들 간의 학문 논쟁은 다음과 같다. 기술능력 개선을 옹호하는 지지자들은 개방적 연구를 주장하는 지지자들이 가시적인 결과를 제공하지 못한다고 생각한다. 반면에 개방적 연구를 선호하는 지지자들은 ‘기술 능력 연구자들이 현재의 상황을 전파하고 그들의 실제적인 솔루션이 실제성장과 그들 사이에 단단히 자리 잡고 있는 권력구조에 도전할 수 있는 커뮤니케이션의 능력을 약화시킨다고 주장한다. 그러나 반드시 이 두 목표가 상호배타적이라고만은 할 수 없다. 이 섹션의 나머지 부분에서는 신경윤리 교육 모듈이 두 주장에 대해 신경과학자들로 하여금 기존의 또는 새로 등장한 권력 구조에 도전할 수 있게 하는 기술능력을 제공할 수 있는 방법을 설명할 것이다.

최근 기사에서, Kuhlau(2014)는 H5N1연구를 둘러싼 안보 우려사항을 논의한 세계보건기구 회의에서 과학자들과 안보 전문가들 간의 힘의 차이가 있었다고 주장했다. 이 주장을 토대로 하면, 보안업체가 논의에서 그들의 주장을 펼치지 못할 때 권한을 부여해야 한다는 결론을 내릴 수 있다. 반면에 이런 분석은 이러한 특별한 경우와 관련해서는 맞을 수도 있겠지만, 이중용도 문제의 발생 이력을 감안하지 않은 것이다. 2001년 미국에서 탄저균 편지 공격이 발생한 직후에 시작된 이중용도에 대한 이 담론에는 개방 및 권한 부여의 필요성에 대한 논의를 수행하는 것이 필요하다는 내용이 담겨 있다.

과학계의 관점에서 볼 때, 이중용도 문제와 이 문제를 다루는 방법은 그들의 신성

불가침의 활동, 곧 지식의 생산 권한에 대한 도전이 된다. 2012년 미국 국가생물안보 자문위원회(National Science Advisory Board for Biosecurity, 2001년 탄저균 편지 공격 이후에 진행되어왔던 논의 결과로 설립)는 H5N1에 대한 연구 논문을 발표하지 말 것을 권하였고, 이것은 많은 사람들이 과학 연구의 위험, 즉 이중용도의 위험에 대한 논쟁이 일어나고 있음을 알게 된 최초의 사건이었다. 과학계와 이중용도의 문제에 대해 사전 약속이 없었지만, 국가생물안보자문위원회에 대한 반응과 그 권고가 부정적이라는 점은 그리 놀라운 일은 아니었다. 무엇보다 과학적 관점에서 볼 때, 국가생물안보자문위원회 권고는 지식의 생산에 대한 과학계의 자율성과 대치되는 것이었다. 갑자기 한 정치기관이 허용하는 논문과 그렇지 않은 논문을 결정하는 것과 다름 없다(물론, 권고를 할 수 있는 곳은 국가생물안보자문위원회 뿐이었으나 이 역시 과학적 과정에 대한 위반이며, 정치적 규제를 향한 첫걸음이라고 볼 수 있었다). H5N1에 대해 세계보건기구에서 관찰된 것과는 반대로, 과학계가 H5N1에 대한 권고와 이중용도 논쟁이 일어 잠재적으로 힘을 잃게 되자 안보계가 힘을 움켜쥐었다.

교육의 목표는 연구계가 보안 담론에 참여하도록 하는 것이며, 갖가지 질문들을 이해할 수 있게 하는 것이다. 왜 이것이 중요할까? 연구계가 안보계와 함께 연구하는 주된 이유는 그들의 조언이 없으면, 다시 말해 과학적 지식의 생산에는 상당히 해가 될 수 있는 법이 통과되지 않으면, 공식 절차가 수행되지 않음을 확인시켜주기 위한 것이다. 과학계의 조언이 없으면, 안보계가 생명공학 및 생물연구의 오용으로 인한 피해 가능성을 줄이기 위한 방법을 전적으로 고안해야 할 것이다. 안보계가 자체 담론-과학연구의 유익성과 위험성에 관한 담론에 참여할 때, 결정을 내릴 때 과학 담론-과학연구의 진짜 가치에 대한 담론을 이해할 것 같지는 않다. 미국 정부가 2013년 초에 이중용도 연구의 우려사항을 표적으로 새로운 정책을 제안하였을 때 누구나 쉽게 생각할 수 있었던 것처럼, 이 사안과 더 관련이 있다(Office of Science and Technology Policy, 2013). 이 정책은 가까운 시일 내에 법률로 정해질 가능성이 크다.



과학자들에 대한 윤리교육이 도움이 될 수 있는 다른 이유도 있지만, 특히 신경과학자들에 대한 윤리교육이 왜 도움이 되는지에 대한 질문으로 거슬러 올라가보자. 앞에서 지적했듯이, 신경과학이 군비경쟁의 대상이 될 수 있다는 우려가 있다. 또한 생물무기금지협약을 강화하려는 현재의 이니셔티브, 예를 들어 체제 구축에 대한 회담을 요약한 이니셔티브는 2001년부터 계속 그대로 유지되었다. 만일 신경과학이 안보 담론에 참여했다면, 정치적 책임에 대한 질문 측면에서 새로운 문을 열 수 있을 것이다. 예를 들어, 생물무기금지협약을 강화하는데 왜 그렇게 진척이 없었을까? 각 과학자들이 그들의 연구를 군사목적으로 사용하는 것을 원할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있지만, 신경과학의 무기화와 같은 일도 있을 수 있다는 점을 그들의 입장에서 이해할 필요가 있다. 신경과학에 대한 윤리 워크숍 기간에 참석한 몇몇 신경과학자들은 군대의 관심 대상이 될 수 있는 그들의 분야에 대한 우리 연구를 그들이 지금까지 한번도 생각해보지 못한 문제라고 지적하였다. 포스트모던 시대의 활동가인 리오타르(Lyotard)는 다양성과 이해충돌의 특징이 있는 환경 내에서 무한개의 언어 게임을 다룬 철학자이다. 활동 연구원에 대한 도전과제는 사회적 행동을 야기할 수 있는 이러한 언어 게임의 개념을 수용하는 것이다. 즉, 사회적 행동에 대한 ‘공간’은 언어 게임을 통한 지속적인 투쟁이 있을 경우에만 가능하다(Jennings & Graham, 1996, p. 176). 따라서 과학자들에 대한 윤리 교육은 과학자들에게 이중용도의 문제에 대한 이 투쟁에서 경쟁하게 할 뿐만 아니라 생물무기의 국제 규제 문제와의 관계를 통해, 즉 화석화된 입장과 석회화된 대화를 깨부술 수 있는 생물무기금지협약을 통해 새로운 투쟁을 일으키게도 한다.

## 4. 참고문헌

1. Carr, W. & Kemmis, S. (1986) *Becoming Critical – Education, Knowledge and Action Research*, London: The Falmer Press.
2. Cohen, L., Manion, L., and Morrison, K. (2000) *Research Methods in Education Research* (5th ed.), London: RoutledgeFalmer.
3. Dando, M. R. (2014) *Neuroscience Advances and Future Warfare*, in: Clausen, J. & Levy, N. (eds.) *Handbook of Neuroethics*, Dordrecht: Springer Science+Business Media.
4. Jefferson, C. (2014) *International Legal Restraints on Chemical and Biological Weapons*, in: Clausen, J. & Levy, N. (eds.) *Handbook of Neuroethics*, Dordrecht: Springer Science+Business Media.
5. Jennings, L. E. & Graham, A. P. (1996) *Exposing discourses through action research*, in: ZuberSkerritt, O. (ed.) *New directions in action research*, London: The Falmer Press, pp. 165 – 181.
6. Kuhlau, F. (2014) *Responsible Stewardship of Dual Use Research: ethical deliberation and review*. Bradford: Bradford Disarmament Research Centre. Available at <<http://www.brad.ac.uk/bioethics/monographs/>>.
7. Moreno, J. D. (2012) *Mind wars: Brain Science and the military in the 21st century* (2nd edition), New York: Bellevue Library Press.
8. Office of Science and Technology Policy (2013) *Proposed Policy Targets Dual Use Research of Concern*, available at: <http://www.whitehouse.gov/blog/2013/02/21/proposed-policy-targets-dual-use-research-concern>.
9. Reardon, S. (2014) *Brain-mapping projects to join forces*. *Nature*, 20 March, doi:10.1038/nature.2014.14871.

10. Royal Society (2012) Brain waves module 3: Neuroscience, conflict and security, London: The Royal Society.
11. United Kingdom (2012) The convergence of chemistry and biology: implications of developments in neurosciences, BWC/MSP/2012/MX/WP.1.
12. University of Manchester (2014) Interdisciplinary network on teaching of ethics for neuroscientists, available at : <http://www.lab.ls.manchester.ac.uk/neuroethicseducation/>
13. Walther, G. (2013) Ethics in Neuroscience Curricula: A Survey of Australia, Canada, Germany, the UK, and the US, *Neuroethics*, 6(2), pp. 343 – 351. doi:10.1007/s12152-012-9168-2.

# Building Sustainable Capacity in Biosecurity : Bradford Disarmament Research Centre's Experience

Tatyana Novossiolova<sup>1)</sup> and Gerald Walther<sup>2)</sup>

Bradford Disarmament Research Centre

## 1. Introduction

For more than fifteen years now the Bradford Disarmament Research Centre(BDRC) has done substantial research in the area of biological weapons non-proliferation and has been actively involved in the process of strengthening the Biological and Toxin Weapons Convention(BTWC). Our research and policy work on BTWC-related issues has been carried out by staff at the BDRC, and has been supported by a number of eminent funding organisations, such as the Joseph Rowntree Charitable Trust, Carnegie Foundation, Wellcome Trust, US Biological Engagement Programme, the governments of Norway and Switzerland, and most recently, Canada's Global Partnership Programme and the UK Global Partnership Programm. It has been interactive, with research and policy work continually

---

1) Wellcome Trust Doctoral Candidate, Bradford Disarmament Research Centre, University of Bradford, UK

2) Research Associate, Institute for Science, Ethics and Innovation, University of Manchester, UK

informing each other. In this way, the BDRC directly provided influential research and technical inputs on important verification and emerging dual-use biotechnology issues in negotiations at a series of BTWC Meetings of States Parties as well as in associated regional and national policy processes and key NGO networks.

The BDRC, with its close partners, have provided the main non-governmental research-based sustained contribution to BTWC negotiation and review process since 2008, building on its previous similar engagement. These activities also provided the basis for further research on biosecurity issues, which has underpinned engagement by BDRC with scientific and industrial communities engaged in innovation and uses of biotechnology. This first part provides an overview of the major contributions by the BDRC while the second part gives a more detailed example of a recent collaboration by the BDRC with the Institute for Science, Ethics and Innovation at the University of Manchester on the topic of neuroethics education.

## 2. Activities and Impact

Since 2009 the BDRC has been involved in research on dual-use biosecurity aimed at addressing the risks arising from the enormous dual-use potential of the advances in biotechnology and technological convergence in life sciences, funded by the Wellcome Trust. In a series of publications and reports, the Group and partners contributed substantially to international awareness and knowledge of such risks in several sectors of active research and technology development(including

phytopathology, neuroscience, nanotechnology, and synthetic biology). The BDRC Group played a major international awareness-raising and agenda-setting role in locating these issues in the context of the discourse on dual-use biosecurity.

### **(1) Educational Module Resource(EMR)**

Together with Japan's National Defense Medical College(NDMC) and the Landau Network Centro Volta, Italy, the BDRC has developed an Educational Module Resource(EMR), an open-source set of 22 lectures accompanied with facilitation notes, assessment questions references. The EMR is structured around four key areas, namely :

- The Threat of Biological Warfare and Bioterrorism and the International Prohibition Regime
- The Dual-Use Dilemma and the Responsibilities of Life Scientists
- National Implementation of the BTWC
- Building a Web of Prevention to Ensure Benign Development

The EMR is primarily intended to assist trainers and lecturers in the development of educational and awareness-raising programmes of various levels of instruction but it is equally suitable for learners both in academic and professional settings. In order to maximise its wide dissemination, all materials are freely available online in 10 different languages, including English, French, Russian, Spanish, Romanian-Moldovan, Polish, Urdu, Georgian and Japanese.

More information is available at :

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/educationalmoduleresource/>

### **(2) 30-Credit Master-Level Online Train-the-Trainer Programme in Applied Dual-Use Biosecurity**

In September 2010 the BRDC launched a novel curriculum designed to offer accredited training in biosecurity. Funded by the US Biological Engagement Programme, the online distance learning module in Applied Dual-Use Biosecurity is worth 30 UK Master credits, which combines didactic and practical approaches in order to foster sustainable competency and transferrable skills with relation to the ethical, social and legal implications of modern biotechnology. To this end, the programme utilises an interactive distance-learning platform via which live lectures and seminars are delivered on a weekly basis, as well as a range of supplementary online tools to enhance networking. Participation on the programme is broad featuring professionals from such countries as Pakistan, Russia, Nigeria, Uganda, The Philippines, Argentina, Afghanistan, Iraq, Qatar, Kenya and Morocco.

More information is available at :

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/trainthetrainer/30creditbiosecuritymodule/>

### **(3) The National Series**

In 2011, under the support from the UK Ministry of Defence, BDRC launched a new project to develop National Series(NS) by using essential values of the current

EMR but designing the themes, contents and learning outcomes for educational contexts of specific countries. The main objective of this project is to provide user-friendly educational resources which can be utilised for the immediate introduction of short educational programmes for higher education. The National Series comprise a country-specific educational material on dual-use biosecurity, bioethics and biological non-proliferation. Each set is made up of 5 lectures of about 20 slides focussing on the context of a particular country, facilitation notes, sample practical exercises, assessment questions, and bibliography. So far educational resources have been developed for the following countries: Algeria, Armenia, Azerbaijan, Egypt, Georgia, Jordan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Libya, Morocco, Pakistan, Saudi Arabia, Tajikistan, Tunisia and Ukraine. All materials are freely available online.

More information is available at :

<http://www.brad.ac.uk/bioethics/nationalseries/countrymaterial/>

#### **(4) Team-Based Learning Education Package**

The BDRC is currently developing an interactive education package tailored on the Team-Based Learning(TBL) format, a special form of collaborative learning that uses a specific sequence of individual work, group work and immediate feedback to create a motivational framework, whereby the focus is shifted from conveying concepts by the instructor to the application of concepts by student teams. Working closely with the University of Bradford's School of Pharmacy, in November 2012 the BDRC held a Team-Based Learning seminar on Bioethics and Responsible Conduct of Science. The positive feedback received as a result of the seminar has



subsequently provided a strong incentive to develop tailored materials which can be utilised in many different contexts and for various purposes. The ongoing TBL project is conceived as an open-source educational package comprising 5 set of facilitation materials, including individual and team quizzes, application exercises, guiding tools and background readings. The main objective of the package is to foster understanding of key concepts with relevance to biosecurity and equip learners with corresponding skills. As such, it is suitable for use both at university level instruction and as part of continued professional development training. Upon completion the package will be made freely available online.

#### **(5) Online Biosecurity Textbook**

The BDRC has launched a new project aimed at the development of an online Biosecurity Textbook and jointly funded by Canada's Global Partnership Programme and the UK Global Partnership Programme. In order to facilitate the dissemination of training content, the textbook will be initially made available in English and Arabic. It is further conceived as an open source online resource and intended to support students, practitioners and trainers as they begin to engage with biosecurity issues. Key topics to be covered in the textbook include biosecurity and non-proliferation challenges; past and present threats; multilateral initiatives to promote biosecurity; key international organisations and legal instruments; examples of best practice in biosecurity. Each chapter will further be accompanied by a Team-Based Learning set of exercises.

The results of the work described above have informed BDRC's inputs into

the Inter-Sessional process of the BTWC negotiation between 2007 and the 2011 Seventh Review Conference of the Convention, as well as the current Intersessional Programme that started in 2012. Recent side events and initiatives organised by the BDRC and partner organisations as part of the BTWC processes include the following events:

- The Intersessional Process, Science and Education

Side event held at the BWC Meeting of State Parties, 12 December 2012, Palais de Nations, Geneva, Switzerland, a joint initiative of the University of Bradford, University of Bath and the Landau Network-Centro Volta, Italy. The side event was chaired by Ambassador Jo Adamson, UK.

Further information is available here :

[http://www.unog.ch/\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/89835cb0a2daa4a0c1257b6e003415c5?OpenDocument&ExpandSection=7#\\_Section7](http://www.unog.ch/__80256ee600585943.nsf/(httpPages)/89835cb0a2daa4a0c1257b6e003415c5?OpenDocument&ExpandSection=7#_Section7)

- Recent Advances in Biosecurity Education

Side event held at the BWC Meeting of Experts, 13 August 2013, Palais de Nations, Geneva, Switzerland, a joint Initiative of the University of Bradford and the US National Academy of Sciences. The side event was chaired by Ambassador Urs Schmid, Switzerland.

Further information is available here :

[http://www.unog.ch/\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=8#\\_Section8](http://www.unog.ch/__80256ee600585943.nsf/(httpPages)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=8#_Section8)

- Developments in Science and Technology

Side event held at the BWC Meeting of States Parties, 9 December 2013, Palais de Nations, Geneva, Switzerland, a joint Initiative of the University of Bradford, University, University of Bath and the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons(OPCW). The side event was chaired by Ambassador Serhiy Komisarenko.

Further information is available here :

[http://www.unog.ch/\\_\\_\\_80256ee600585943.nsf/\(httpPages\)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=9#\\_Section9](http://www.unog.ch/___80256ee600585943.nsf/(httpPages)/f837b6e7a401a21cc1257a150050cb2a?OpenDocument&ExpandSection=9#_Section9)

- Consolidating Biosecurity Education

Side event held at the BWC Meeting of States Parties, 10 December 2013, Palais de Nations, Geneva, Switzerland, a joint Initiative of the University of Bradford and the Landau Network Centro Volta. The side event was chaired by Mr Wojciech Flera, Deputy Permanent Representative of the Republic of Poland to the UN Office in Geneva.

Further information is available here :

[http://www.unog.ch/80256EE600585943/\(httpPages\)/F837B6E7A401A21CC1257A150050CB2A?OpenDocument](http://www.unog.ch/80256EE600585943/(httpPages)/F837B6E7A401A21CC1257A150050CB2A?OpenDocument)

## **(6) Developing Best Practice in Biosecurity Education**

In August 2012 representatives of the BDRC collaborated with the the Public

Health Agency of Canada(PHAC) and Carleton University, Canada on the delivery of The Advanced Certificate in Biological Sciences Security Management. This 10-day, intensive program had a focus on Canadian and international biosafety, dual-use biosecurity and bioethics and was intended for the training of personnel in facilities handling human pathogens and toxins, bringing issues of dual-use to a broader community, and to enhance biosafety and biosecurity practices in a Biological Sciences Security Management framework nationally and internationally. The course sought to foster understanding of:

- The concepts of biosafety and biosecurity and its relevance to biosecurity within the laboratory.
- Management of biosafety and biosecurity risks.
- Dual-use conundrums and dilemmas that arise due to the impact of science and technology on society.
- Ethical, legal and social relevance of dual-use biosecurity.
- Approaches to the responsible conduct of research and other work.

In addition, it sought to facilitate further research into ‘dual-use’ biosecurity issues and develop policies and practices that will enhance responsible conduct of research and other work to prevent the misuse of knowledge generated by life and associated sciences. The outcomes of the course and the feedback received from participants were presented at the BWC Meeting of States Parties in the form of a Working Paper, BWC/MSP/2012/WP.4 Considerations and Recommendations to Inculcate Awareness of the Dual-Use Challenge into Biosafety and Biosecurity Training and Education for Life Scientists in States Parties

Over the past few years, the BDRC has actively sought to develop a network of people involved in awareness-raising and educational initiatives around the world. Starting in 2010, the BDRC launched a conference series aimed at bringing together multiple stakeholders with an interest in promoting biosecurity education to share experiences, best practices and lessons learned. The proceedings of each conference are published in the form of an online Yearbook and a summary of best practices is made available to the BTWC States Parties at their biannual meetings. In July 2012, the BDRC hosted a twin meeting featuring the Second Annual Bradford Conference on Best Practice(Biosecurity Education for Life Scientists: Progress and Challenges after the Seventh Review Conference of the BTWC) and the Annual Meeting of the European COST(Cooperation in Science and Technology) Network(Delivering Social Responsibility: Ethics in Sustainable Training and Continuing Professional Development for Scientists and Engineers). The most recent Bradford Conference, Biology, Chemistry and Biosecurity : Implications of Convergence for Biosecurity and Recent Advances in the Education of Life Scientists was held in October 2013 and marked the conclusion of a major five-year Wellcome Trust-funded research project, Building a Sustainable Capacity in Dual-use Bioethics. The project has been carried out by experts from the Universities of Bradford, Bath and Exeter in the UK, and from Australian National University, Canberra. Colleagues from the project team were organising, hosting and taking part in this conference with a view to drawing together a number of strands of activity and looking ahead to “what next?”. The conference further benefited from the participation of representatives of important international organisations, including the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons(OPCW) and the Committee pursuant to the UN Security Council Resolution 1540.

### **(7) The BioWeapons Monitor**

The BDRC also edited and published the BioWeapons Monitor in 2012, 2013, and 2014. The Bioweapons Monitor, which has also been translated into Korean by the Korea Biotechnology Industry Organization, aims to complement and work with governments to carry out their duties with regard to the BWC and its goal to permanently eliminate biological weapons and prevent their re-emergence. The Monitor works towards this goal by providing relevant national information following the Standing Agenda item on international cooperation and assistance, developments in science and technology and strengthening national implementation that was agreed on at the Seventh Review Conference in 2011. The Monitor provides information similar to the confidence-building measures, which examine and assess national regulatory programmes, legislation, and biotechnology capacities.

The Monitor is available online :

<http://www.bwpp.org/publications.html>

## **3. A Bradford-Manchester collaboration on improving neuroethics education**

As part of the BDRC's commitment to the education of scientists on the issue of dual-use, the BDRC recently worked together with the Institute for Science, Ethics and Innovation at the University of Manchester, UK, on understanding the need for science ethics education within neurosciences. With funding from the UK Arts

and Humanities Research Council(AHRC), this collaborative project tried to find out what the current state of ethics education in the neurosciences in the UK is and what can be done to improve the situation.

### **(1) Why Neuroscience?**

The current debate on dual-use research of concern primarily targets the research fields involved in work on pathogens, e.g. microbiology and virology. However, as has recently been suggested by the UK(2012) at the BWC, neuroscience poses equally important dual-use problems. There are three specific issues that make neuroscience such an important field with regard to security. First, neuroscience has always been a field that sparked the imagination of the military.(Dando, 2014; Moreno, 2012) Second, neuroscience is arguably one of the fastest growing scientific fields as can be seen in the recent initiatives to understand the brain by the US and the EU.(Reardon, 2014) And third, not all neuroscientific developments may be subject to international regulations.(Jefferson, 2014; United Kingdom, 2012)

Regarding the first issue, it is first necessary to understand the emergence of dual-use as a specific security concern. Dual-use as understood in the post-anthrax letter, post-9/11 world is used to designate research that is benign but then becomes misused by a non-state actor, i.e. bioterrorism. However, while bioterrorism presents a challenge, it may be an even greater challenge to human security when states engage in a biological weapons program or in programs that may result in an arms race. Neuroscience may be particularly prone to become involved in a military arms race.(Royal Society, 2012; United Kingdom, 2012) As a result of

this danger, any ethics education for neuroscientists aimed at improving human security or engaging with future threats to human security needs to discuss not only the threat of a misuse of benign research by non-state actors but also the threat that states may use neuroscience research for military purposes.

## **(2) Development of a Neuroethics Educational Module**

With the help of the AHRC grant the network ran four workshops, which aimed to develop a better understanding of current ethics teaching in neuroscience courses at UK universities. The titles of the workshops that ran in 2012 and 2013 were:

- Present state of ethics education for neuroscientists(June 2012). Assessing the present state of ethics education and needs.
- The ideal state of ethics education for neuroscientists by 2015. (September 2012)
- What needs to be done to fill the gaps between the ideal state and present state of ethics education?(January 2013)
- Getting from here to there. Producing a strategy for implementing change. (September 2013)(University of Manchester, 2014)

The participants, around 15 to 20 for each workshop, consisted of biosecurity experts, neuroethicists, neuroscientists, and education experts. While participants from previous meeting were always invited to the next meeting as well, there were fluctuations in terms of attendance. Even though, several members of the network managed to attend all sessions. Based on the fact-finding that was conducted prior



to the first workshop, the ensuing discussion highlighted the need for actual training material that could be used by individual neuroscience lecturers. As Walther (2013), whose study was part of this fact-finding, points out, there were no dedicated neuroethics courses in the UK undergraduate and postgraduate neuroscience courses he surveyed. The neuroscientists, mostly lecturers and course coordinators, at the workshop echoed this sentiment that ethics education is hardly taking place at their institution. They also highlighted that it is difficult for individual lecturers to push through reforms to make ethics training mandatory. There were also concerns on how neuroscience lecturers would be able to teach ethics. As a result of these discussions at the first and the continuing meetings, the network developed a series of lectures with lecture notes that are targeted towards neuroscience lecturers, who could then alter and use these lectures in the modules they teach. All lectures combined, 12 in total – 6 on security and 6 on neuroethics topics such as human enhancement, could also be used as a full ethics for neuroscientists lecture course. All lectures are freely available online. (University of Manchester, 2014) The individual lectures were designed to be useful to anyone without any background in ethical theory or knowledge of the specific type of problem. The decision to forego ethical theory was a result of two concerns: first, neuroscientists and students might be put off by ethical theory, also that lecturers might feel unqualified to teach ethical theory, and second, having lectures filled with theory might undermine the utility of individual modules, if they have to draw upon theory discussed in earlier modules. However, as workshop participants were reluctant to completely forego ethical theory at all, there is one lecture that only deals with philosophical concepts, which is a stand-alone lecture but could also be used to supplement the other lectures. Similarly, as the second part of the module deals with security questions that contain quite

a bit of information on international regulations, one specific lecture is set aside that deals with the concepts and the language of international regulations. Overall, there are two direct goals for the module: first, to provide information and thus raise awareness that there are ethical issues specific to neuroscience research and that the dual-use question is pertinent to neuroscience; and second, to challenge lecturers and students to think critically about and be able to identify these and similar issues in their own research. In addition, the module also tries to stimulate a debate about the nature and the goals of neuroscientific research.

### **(3) Educational Action Research and Empowerment**

As part of the research on identifying current needs in ethics education for neuroscientists, it became apparent that our research did not only entail the production of a specific tool, i.e. the NEM, but the research itself constituted a move towards an empowerment of the participating scientists as well as via our awareness-raising and interaction with the neuroscience community. The idea that research should have a direct social component comes from the work of Habermas and has been taken up under the label of educational action research. At the heart of this methodology lies the conviction that research needs to do something beyond the creation of knowledge. Within this discourse, which has been shaped heavily by Carr and Kemmis' *Becoming Critical*, published in 1986, two separate strands have emerged.(Carr & Kemmis, 1986) The first approach centres on the technical capacities of the research subjects. Its proponents argue that society can be improved by enabling those under investigation to become better at finding 'technical' solutions, i.e. to improve the ability of communities to be more effective

in addressing an issue. A second form of action research has emphasized the need for emancipation, i.e. research needs to enable communities to understand, challenge and break-up existing power structures that limit their own growth and potential. A definition of the latter is provided by Grundy who claims ‘that emancipatory action research seeks to develop in participants their understanding of illegitimate structural and interpersonal constraints that are preventing the exercise of their autonomy and freedom. These constraints, she argues, are based on illegitimate repression, domination and control. When participants develop a consciousness of these constraints, she suggests, they begin to move from unfreedom and constraint to freedom, autonomy and social justice.’(Cohen et al., 2000, p. 231)

The academic debate between the proponents of each side goes as follows: Those advocating improving the technical capacity believe that those on the emancipation side do not provide tangible results. Those favouring emancipation argue that the ‘technical’ action researcher propagate the status quo and their practical solutions undermine the ability of the communities for actual growth and being able to challenge the power structures that keep them in place. However, it is not necessarily given that both aims are mutually exclusive. The rest of this section will outline how the NEM may both provide technical skills while enabling neuroscientists to challenge existing, or rather, emerging power structures.

In a recent article, Kuhlau(2014) suggested that there has been a power discrepancy between scientists and security experts in the WHO meeting that discussed the security concerns surrounding the H5N1 research. Based on this argument, it could be concluded that it is the security community that needs to be empowered as their

voices are not heard in the discussion. While this analysis may hold true with regard to this specific instance, it fails to take into account the history of the creation of the dual-use problem. It is within this discourse on dual-use, which was initiated in shortly after the anthrax letters attacks in the US in 2001, that a discussion of emancipation and empowerment needs to be carried out.

From the viewpoint of the science community, the dual-use issue and how to deal with it, becomes a struggle over the authority of their most sacrosanct activity: the production of knowledge. When in 2012, the US National Science Advisory Board for Biosecurity(NSABB), an entity that owes its origins to a discussion that had been going on after the anthrax letter attacks in 2001, recommended that a scientific paper on H5N1 should not be published, it was for the first time that a wider science audience was aware that a debate about the risks, i.e. dual-use risks, of scientific research had taken place. Without any prior engagement by the science community with the issue of dual-use, it should have not been much of a surprise that the reactions to the NSABB and its recommendation were negative. After all, from a scientific point of view, the NSABB recommendation constituted a breach of the scientific autonomy on the production of knowledge. Suddenly, a political body decided dared to decide what is an acceptable scientific paper and what is not(of course, the NSABB was only allowed to make a recommendation, yet this still constituted a violation of the scientific process and could be seen as a first step towards political regulation). Contrary to what was observed in the WHO meeting on H5N1, it was a grab of power by the security community at the potential loss of power for the science community that took place with the H5N1 recommendation and the dual-use debate in general.

The goal of the education is to enable the scientific community to engage in the security discourse and be able to understand the questions that are being asked. Why is this important? The major reason why science should try to work with the security community is to make sure that no formal procedures are being implemented without their input, i.e. that no laws are passed that would significantly harm their production of scientific knowledge. Without scientific input, it would be left solely to the security community to devise methods to reduce the potential for harm from the misuse of biotechnology and biological research. As the security community is involved in its own discourse—a discourse around benefit and harm of scientific research—it is unlikely that it will understand the science discourse—about truth values of scientific research—when making such decisions. This issue is more pertinent as one might think as the US government has proposed a new policy that targets dual-use research of concern in early 2013.(Office of Science and Technology Policy, 2013) This policy is likely to become law in the near future.

But there is an additional reason why ethics education for scientists could be useful, and this specifically goes back to the questions of why an ethics education for neuroscientists is useful. As pointed out earlier, there is a concern that neuroscience could be subject to an arms race. In addition, current initiatives to strengthen the BWC, e.g. resuming talks about the establishment of a regime, have been on hold since 2001. If neuroscience were to engage in a security discourse it could open new doors in terms of asking questions of political responsibility. For example, why has so little progress been made in strengthening the BWC? While individual scientists may or may not be keen to have their work used for military purposes, it is necessary to have an understanding on their part that there is such a thing

as weaponization of neuroscience. During the ethics for neuroscience workshop, several of the attending neuroscientists started to point out research in their field that could be of interest to the military, a question which they had never thought of before. For Lyotard, '[t]he actor in the postmodern is one who struggles with an infinite number of language games within an environment characterised by diversity and conflict. The challenge for the action researcher is to embrace this notion of language games, which can give rise to further social action. That is, making a 'space' for social action is possible only if there is continuous struggle through language games.' (Jennings & Graham, 1996, p. 176) Thus, not only does the ethics education of scientists allow the scientists to compete in this struggle on the issue of dual-use, it also allows them to generate a new struggle through their engagement with the issue of international regulation of bioweapons, i.e. the BWC, which may break up fossilized positions and calcified dialogues.

## 4. References

1. Carr, W. & Kemmis, S. (1986) *Becoming Critical – Education, Knowledge and Action Research*, London: The Falmer Press.
2. Cohen, L., Manion, L., and Morrison, K. (2000) *Research Methods in Education Research* (5th ed.), London: RoutledgeFalmer.
3. Dando, M. R. (2014) *Neuroscience Advances and Future Warfare*, in: Clausen, J. & Levy, N. (eds.) *Handbook of Neuroethics*, Dordrecht: Springer Science+Business Media.

4. Jefferson, C. (2014) International Legal Restraints on Chemical and Biological Weapons, in: Clausen, J. & Levy, N. (eds.) Handbook of Neuroethics, Dordrecht: Springer Science+Business Media.
5. Jennings, L. E. & Graham, A. P. (1996) Exposing discourses through action research, in: ZuberSkerritt, O. (ed.) New directions in action research, London: The Falmer Press, pp. 165 – 181.
6. Kuhlau, F. (2014) Responsible Stewardship of Dual Use Research: ethical deliberation and review. Bradford: Bradford Disarmament Research Centre. Available at <<http://www.brad.ac.uk/bioethics/monographs/>>.
7. Moreno, J. D. (2012) Mind wars: Brain Science and the military in the 21st century (2nd edition), New York: Bellevue Library Press.
8. Office of Science and Technology Policy (2013) Proposed Policy Targets Dual Use Research of Concern, available at: <http://www.whitehouse.gov/blog/2013/02/21/proposed-policy-targets-dual-use-research-concern>.
9. Reardon, S. (2014) Brain-mapping projects to join forces. Nature, 20 March, doi:10.1038/nature.2014.14871.
10. Royal Society (2012) Brain waves module 3: Neuroscience, conflict and security, London: The Royal Society.
11. United Kingdom (2012) The convergence of chemistry and biology: implications of developments in neurosciences, BWC/MSP/2012/MX/WP.1.
12. University of Manchester (2014) Interdisciplinary network on teaching of ethics for neuroscientists, available at : <http://www.lab.ls.manchester.-ac.uk/neuroethicseducation/>

13. Walther, G. (2013) Ethics in Neuroscience Curricula: A Survey of Australia, Canada, Germany, the UK, and the US, *Neuroethics*, 6(2), pp. 343 – 351. doi:10.1007/s12152-012-9168-2.



# 생물무기금지협약(Biological and Toxin Weapons Convention, B(T)WC)의 최근 논의 동향 및 과학기술의 발전

李 熙 贊

선문대학교 제약공학과 교수

산업통상자원부 생물무기금지협약 전문가그룹 위원

한국생물안전협회 회장

## I. 서 론

새로운 과학기술의 발견 및 실용화는 그에 관여하는 학자 및 기술자는 물론 그로부터 발생할 수 있는 사회적 편리성 및 부의 창출로 모든 사람을 흥분시킬 수 있다. 과학자 및 기술자에게는 본인이 종사하는 전문분야에서 매우 의미 있는 발전이고, 사회적으로도 많은 사람에게 새로운 기회를 만들어내는 유익한 결과를 창출할 수 있는 중요한 사건이다. 내연기관을 만들어낸 제임스 왓트가 18세기 영국에서 시작된 산업혁명과 그로 인한 인류 문명의 발전에 크게 기여한 것은 역사적으로 부인할 수 없는 사실이다. 이렇게 인류 역사에서 중요한 역할을 한 발견/발명이 언급된 것들의 일부를 인터넷 서핑을 통하여 보면 다음과 같은 것 들이 100대 발명품으로 언급된다.

01 바늘 · 02 바퀴 · 03 쟁기 · 04 양수기 · 05 알파벳 · 06 물레 · 07 나침반 · 08 종이 · 09 인쇄기 · 10 렌즈 · 11 시계 · 12 증기 기관 · 13 강철 · 14 전지 · 15 통조림 · 16 사진 · 17 전동기 · 18 전보 · 19 비료 · 20 전구 · 21 엔

진 · 22 자동차 · 23 전화 · 24 라디오 · 25 텔레비전 · 26 비행기 · 27 플라스틱  
· 28 컴퓨터 · 29 개인용 컴퓨터.....아스피린과 항생제.....나일론 (합성섬유).....  
타이어.....콘크리트.....축구공.....인터넷.....

‘작은’ 발명이든 ‘큰’ 발명이든 ‘인간의 삶을 얼마나 혁명적으로 바꿨는가?’의 기준으로, 문명을 업그레이드한 것을 살펴보면 위에 언급된 것 이외에도 많은 것들에 대한 이야기를 할 수 있을 것이다.

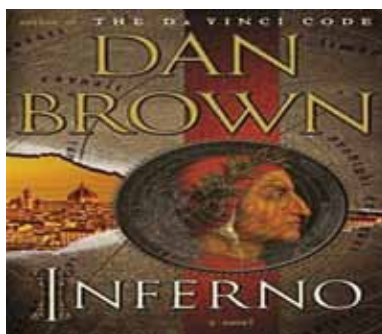
그럼에도 불구하고, 세상의 모든 것이 지킬박사와 하이드의 경우와 같이 양면성을 갖는 것이 일반적이다. 특별히, 사람이 만든 것인 경우에는 더욱 그러할 것이다. 콘크리트를 사용함으로써 가능해진 대형구조물로 인한 도시화의 물결을 보고, 혹자는 인류 문명에 영향을 미친 3대 발명품 중의 하나라고 하지만, 콘크리트를 구성하는 철근, 자갈, 모래, 시멘트의 결합이 너무도 단단하여, 노후된 건물을 철거하고 그 잔해를 분리하여 다시 사용하고자 할 때, 커다란 어려움과 많은 비용이 발생하게 되는 것은 좋은 점이 클수록 그로 인한 폐해가 클 수 있다는 것을 보여주는 좋은 예로 들 수 있다.

人間之事 塞翁之馬라 하지 않았던가. 2011년 3월 일본에서 발생한 대지진으로 인한 후쿠시마 원전사고는 제2차 세계대전에서 히로시마와 나가사키에 사용된 원자폭탄과 함께, 발명의 목적이 인류에게 유익한 전기의 생산을 위한 것이든, 인류의 대량 살상을 위한 무기의 개발을 위한 것이든 동일한 결과를 가져올 수 있다는 중요한 교훈을 주는 예일 것이다.

인류역사상 수없이 많은 중요한 과학기술의 발전이 지속적으로 이루어지고 있지만, 최근 30년간의 발전의 속도는 그 유례를 찾아보기가 힘들 정도이다. 1960년대 반도체시대가 시작되고 1980년 중반부터 퍼스널 컴퓨터의 사용이 시작된 이래 컴퓨터

연산처리속도의 증가속도는 18개월마다 두 배가 된다는 무어의 법칙이, 2002년 당시 삼성전자 황창규 사장이 주창한 황의법칙(Hwang's Law)에 따라 1년에 2배씩 빨라지고 있어 대략 10년이면 1,000배의 속도를 갖게되는 발전을 하고 있다. 1970년 중반 유전자재조합기술이 세상에 소개되고, 유전자의 분석 및 합성이 시작되고, 인간유전체분석(HGP: Human Genome Project)이 시작된 1990년부터 13년 만에 완성된 30억쌍( $3 \times 10^9$  bp)의 염기서열분석을 최근에는 10일 이내에 마칠 수 있는 차세대 염기서열 분석(Next Generation Sequencing, NGS) 기술이 개발되었고, 앞으로 이러한 속도는 더욱 빨라져 1990년부터 13년이 걸렸던 인간유전체 분석이 하루 이내에 가능하게 될 것이다. 대략적으로 계산하자면 약 5,000배가 빨라지게 되는 것이다. 이렇게 빠른 속도로 발전하는 과학기술은 인류문명에 커다란 혜택을 줄 것이 확실하지만, 조금만 주의를 기울리 하면 다빈치코드의 저자 댄 브라운(Dan Brown)의 2013년 소설 “Inferno(지옥)”에서와 같이 인류전체에 돌이킬 수 없는 해를 끼치는 결과를 초래할 수도 있을 것이다.

#### 〈그림 1〉 댄 브라운 소설 Inferno



이와 같이 급속하게 발전하는 과학기술, 특별히 생물학의 발전이 생물무기금지협약의 준수에 어떤 영향을 미칠 것인지, 정보통신 등 관련 기술의 발전과 더불어 검토하고자 한다.

## II. 생물무기금지협약

1975년 3월 발효된 이후 생물무기금지협약은 총 15조의 조문으로 구성되어있고, 각 조에서 강조하는 사항 중 주요조문을 정리하면 다음과 같다.

### 1. 협약의 구성 및 주요조문

생물무기금지협약 각 조문의 주요사항은 다음과 같다.

제1조 : 생물작용제 · 독소 개발금지

제2조 : 폐기, 평화목적으로의 전용

제3조 : 이양 · 취득 원조 등의 금지

제4조 : 국내조치

제5조 : 협의 · 협력

제6조 : 제소 · 조사

제7조 : 원조 · 지원

제8조 : 제네바 의정서와의 관계

제9조 : 화학무기 금지교섭

제10조 : 국제협력

제11조 : 개정

제12조 : 운용검토회의

제13조 : 기한 · 탈퇴

제14조 : 서명 · 비준 · 효력 발생

제15조 : 정본

제1조(Article I) 의 영문 조문을 보면 다음과 같다.

본 협약 당사국은 어떤 경우에도 아래 물질을 개발, 생산, 비축 또는 기타 방법으로 획득하거나 보유하지 아니한다(Each State Party to this Convention undertakes never in any circumstances to develop, produce, stockpile or otherwise acquire or retain).

- (1) 원천이나 생산방식이 어떠하든지 형태나 양으로 보아 질병예방, 보호 또는 기타 평화적 목적으로 정당화되지 아니하는 미생물, 기타 세균 또는 독소(microbial or other biological agents, or toxins whatever their origin or method of production, of types and in quantities that have no justification for prophylactic, protective or other peaceful purposes)
- (2) 적대적 목적이나 무력 충돌 시 전기의 물질이나 독소를 사용하기 위하여 고안된 무기, 설비 또는 수송수단(weapons, equipment or means of delivery designed to use such agents or toxins for hostile purposes or in armed conflict)

## 2. 협약에 대한 당사국의 의무 및 검증

생물무기금지협약은 발효된 지 40년이 되어가는 지금도 검증이 이루어지지 않고 있는데, 화학무기의 검증기관인 화학무기금지기구(Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, OPCW)의 적극적인 활동과는 대조적인 경우를 이루고 있다. 즉 생물무기의 개발 및 사용 등에 대한 의혹이 제기될 경우 협약의 위반 여부를 확인할 수 있는 효율적인 검증장치가 결여되어 있다는 점이 오랫동안 문제로 논의되

고, 생명공학을 비롯한 관련 과학기술의 발전으로 생물무기 확산의 위험성이 증대되고 있다. 생물무기가 테러집단 등에 의하여 악용될 가능성이 제기됨에 따라 생물무기 개발 및 사용가능성을 보다 엄격히 규제할 수 있는 검증체제 수립을 위해 1995년부터 제네바에서 생물무기금지협약 검증의정서 제정협상을 위한 특별그룹(Ad Hoc Group) 회의가 시작되었으나 2001년 미국의 반대로 협상이 중단되고, 그 이후로 검증에 대한 미국의 입장이 바뀌지 않았다.

### 〈그림 2〉 BWC 회의 개최지 : 스위스 제네바 UN유럽본부



2001년 11월에 개최된 제5차 생물무기금지협약 평가회의에서 특별그룹의 필수 유지, 협약 불이행국 문제 등에 대한 미국측의 강경한 입장으로 최종선언문이 채택되지 못하고, 2002년 11월 속개된 제5차 생물무기금지협약 평가회의에서는 최종선언문 협상을 포기하고, 차기 평가회의까지 연례회의를 개최하기로 합의하게 된다. 2006년 제6차, 2011년 제7차 생물무기금지협약 평가회의를 거치면서 검증에 대한 논의가 계속 이루어졌지만, 2013년 8월 개최된 전문가회의(Meeting of Experts)에서 영국의 Filippa Lentzos가 발표한 “Hard to Prove : Compliance with Biological Weapons”에서 전반적인 검증에 대한 각국의 분위기를 파악할 수 있다. 협약에 대한 준수(Compliance with treaty)를 보다 잘 나타낼 수 있는 방안으로 “Top-down approach”와 “Bottom-up approach”로 구분하여 이야기하는데, 정부주도의 상명하달식(top-down)의 전통적인 방식은 과학기술의 발전과 국제화(globalization)로 다

양한 분야의 활동이 개입될 수 있으므로 충분하지 못할 것으로 판단하였고, 이를 보충하기 위하여, 개인, 비정부조직(NGO), 기업, 정부 등 관련된 모두가 BWC에 대한 이해와 준수를 위한 능력을 배양하고 생물보안(biosecurity) 및 생물안전(biosafety)을 증강할 수 있는 적절한 노력을 기울이는 하의상달식(bottom-up)의 노력이 필수적이라고 지적하고, Teva 제약회사의 ISO 14001 준수, 원자력보안과 관련하여 INSEN(International Nuclear Security Education Network)의 활동 등을 예로 설명하였다.

### 3. 협약준수방안

2011년 속개된 제7차 생물무기금지협약 평가회의에서 결정된 사항은 다음과 같다.

#### (1) 협약 당사국들의 고려 사항

- 협약의 조항에 위배되게 사용될 수 있는 과학기술의 발전
- 질병의 감시, 진단, 경감 등의 협약에 도움이 될 수 있는 과학기술의 발전
- 당사국의 협약 준수를 위한 생물 위해 경감
- 관련자들의 행동강령, 교육 및 인식제고 방안
- 세계보건기구(WHO), 국제수역기구(OIE), 국제식물보호협약(IPPC) 및 화학무기금지기구(OPCW)와 같은 국제기구의 다자간 협력에 의한 활동

#### (2) 연차별 특별 논의 주제

- 2012 : DNA 서열분석, 합성 및 분석기술, 생물정보학(bioinformatics) 및 전산 프로그램, 그리고 시스템생물학
- 2013 : 감염병의 조사, 감지, 진단 및 경감, 그리고 독소의 영향

- 2014 : 병원성(pathogenicity), 독력(virulence), 독성학(toxicology), 면역학(immunology)의 이해
- 2015 : 생물무기 및 독소의 생산, 전파 및 이송에 관한 기술

상기 (1) 및 (2)의 구체적인 논의사항은 다음 절 과학기술의 발전에서 기술한다.

### III. 과학기술의 발전

#### 1. 과학기술 발전의 추세

제7차 평가회의를 위해 이행지원국이 정리한 자료에서 과학기술의 발전에 대한 일반적인 경향으로 (1) 서로 다른 학문 분야 간 융합(convergence between disciplines), (2) 생명과학의 원칙(principles)과 기작(mechanism)에 대한 이해의 증가, (3) 상업적 생명공학에서 중심점 이동(shifting focus of priority), (4) 과학기술능력의 지역적 다분화(geographical distribution), (5) 열린과학(open science), (6) 사회와의 소통의 6가지가 요약되었고, 2013년에는 7번째 경향으로 Developing Countries Vaccine Manufacturers Network\*의 지속적인 증가를 예로 들며 협동연구의 증가추세와 제약산업에서 저분자 의약품으로부터 생물공학제품으로의 지속적인 중심이동이 언급되었다. 2014년에는 8번째 경향이 추가될 수 있는데, 생명과학의 작업을 위한 암묵적인 지식(tacit knowledge)\*\*의 요구가 증가한다는 것이 언급되어 7번째 경향과 연결되는 항목으로 고가의 연구 장비로 인하여 다른 연구자의 결과를 재현할 수가 없어서 협동연구가 더욱 촉진되고 있음을 확인한다.

\* Alaric Daerment, "Biosimilars Market to reach \$1.95billion by 2018, study finds," MedTech, November 25, 2013, <http://www.medtech.org/news/global.aspx?recid+4207>; Sonia Pagliusi



et al., “Developing Countries Vaccines Manufacturers Network: Doing good by making high-quality vaccines available to all,” Vaccine(19 April 2013), <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23598479>.

\*\* tacit knowledge(암묵적인 지식)은 문서화된 설명서나 다른 형태의 수동적인 학습에 반하여 실천적 경험 (hands-on experience)을 통해 습득되는 지식을 말한다.

## 2. 질병에 대한 이해의 증진

질병에 대한 이해의 증진은 병원성, 독력, 독성학 및 면역학을 포함하는데 이는 다음의 6가지 항목으로 나누어 설명할 수 있다.

### A. 전염성(Transmissibility)

특정 질병을 병원성의 손실 없이 전염이 가능하게 하는데 필수적인 유전적변이의 본질에 대한 이해의 증진이 논쟁의 대상이 되었던 기능획득연구 (gain-of-function research)를 통하여 이루어졌고, 조류독감바이러스 H5N1\*, H1N1\*\*, H7N9\*\*\*, H7N1\*\*\*\* 등이 보고되었다.

\* Robert Roos, “Study: Lab-made H5N1-H1N1 viruses spread in guinea pigs,” University of Minnesota, Center for Infectious Disease Research and Policy, 2 May 2013

\*\* Ying Zhang et al., “H5N1 Hybrid Viruses Bearing 2009/H1N1 Virus Genes Transmit in Guinea Pigs by Respiratory droplet,” Science, 340(6139) (21 June 2013): 1459-1463

Wei Zhang et al., “An airborne transmissible avian influenza H5 Hemagglutinin seen at the atomic level,” Science, 340(6139) (21 June 2013):1463-1467

\*\*\* Ron A. M. Fouchier, Yoshihiro Kawaoka, et al., “Avian Flu: Gain-of-function experiments on H7N9,” Nature 500 (8 August 2013): 150-151

\*\*\*\* Troy C. Sutton et al., “Airborne transmission of highly pathogenic H7N1 influenza in ferrets,” Journal of Virology (2 April 2014), <http://jvi.asm.org/content/early/2014/03/27/JVI.02765-13.abstract>

### B. 병원성 및 독력(Pathogenicity and virulence)

탄저균의 독성에 대한 새로운 가설과 종간의 독성의 차이가 존재함과 그에 관여하는 플라스미드의 존재 등을 확인하였다.

### C. 독성학(Toxicology)

2013년 보툴리눔 독소의 새로운 항원형(serotype) Type H 발견되었으나 항독소 개발전까지 유전정보가 공개되지 않았고, 리신(ricin) 독소에 대한 중화항체 연구, 유전체연구에 의한 독소진화에 대한 이해가 증진되었다.

### D. 저항성(Resistance)

저항성 유전자, 저항성을 유발하는 유전적 변이(mutations) 등에 대한 연구의 진전이 있었고, 모기의 말라리아 저항유전자\*, H1N1\*\* 및 H7N9\*\*\*의 타미플루(Tamiflu, oseltamivir)에 대한 저항성이 보고되었다.

\* Jun Li et al., PNAS (11 November 2013)

\*\* Nicholas Renzette, Journal of Virology, 88(1) (October 2013): 272-281

\*\*\* Rong Hai et al., Nature Communications, 4 (June 23, 2013)

### E. 면역학 및 숙주반응회피

탄저균, 결핵균 및 에볼라 바이러스\*의 감염에 대한 숙주반응에 대한 보고가 있었고, “일반적(generic)” 항체결합단백질이 발견되었다.

\* Ariel Sobarzo et al., “Persistent Immune Response after Ebola Virus Infection,” The New England Journal of Medicine, 369(2013): 492-493.

### F. 병원균의 진화 및 전파

유전체분석 등의 결과로 에볼라바이러스, 마버그(Marburg) 바이러스, 페스트균에 대한 이해가 증진되었고, 인플루엔자 바이러스에 대한 연구가 관련 자료를 축적하고 있다. 그럼에도 불구하고, 최근의 에볼라바이러스 감염에 의한 서아프리카 중심의 인명피해는 큰 문제를 야기하고 있다.

## 3. Enabling 기술의 진보

### A. 생물시스템 및 조직의 규명

유전자 서열 분석비용이 꾸준히 감소하고, 인간 유전자 지도 작성비용 또한 감소하였고, 유전자의 복합적 특성이 코딩되지 않는 조절부분의 중요성이 부각되고 있고, 단백질체학(Proteomics) 및 대사체학(Metabolomics)의 지속적인 발전이 보고되고, 외부 자극에 대한 세포의 반응에 대한 이해가 깊이를 더해가고 있다.

## B. 생물시스템 및 조직의 공학적 조작

세포시스템에 대한 보다 깊은 이해는 생명체(organisms)의 설계를 가능하게 하였고, 이는 DNA 조작 및 유전자회로공학(gene circuit engineering)을 동물세포에 적용할 수 있는 가능성을 높이었고, 유전적으로 변형된 원숭이가 보고되었다.\* 곤충을 유전적으로 변형하는 기술도 진보하여 뎅기열(dengue fever) 치료를 위한 모기 유전자 변형연구가 브라질에서 승인되었다.\*\* 효모 전체 유전자의 합성, 세포막의 합성, 생산 공정의 보다 개선된 조절방법 등이 보고되고, 실험실에서의 진보에 발맞추어 효과적인 RNA 설계 및 효소설계에 대한 소프트웨어의 개발의 진전이 이루어지고 있다.

\* Yuyu Niu et al., "generation of Gene-Modified Cynomolgus Monkeys via Cas9/RNA-Mediated gene Targeting in One-Cell Embryos," Cell, 156(4)(13 February 2014): 836-843.

\*\* New Scientist, 23 April 2014

## C. 생물정보의 수집 및 취급

최근 유전자 분석 속도의 혁신적인 증가는 생물학적 정보를 수집하고 취급하는 알고리즘(algorithm)에 의하여 제한되고 있다. 실험적인 유전자분석에 의하여 발생하는 정보를 처리하는 알고리즘과 컴퓨터처리능력이 전체 생물정보 처리능력을 제한하게 되고, 최근의 유전자분석기술의 급격한 발전은 이에 대한 지속적인 발전이 더욱 중요하다는 것을 강조하게 한다. 과다 발현된(overexpressed) 유전자의 영향을 분석하기 위한 모델링 및 예측기능이 향상되었고, 생체물질을 정보화하고, 정보를 이용하여 거꾸로 생체를 재생하는 노력이 이루어지고 있으며, 백신개발에 응용되고 있다.

#### 4. 질병과 독소의 탐지, 예방 및 치료

독소 탐지를 위한 진보가 다방면에서 이루어지고 있고, 바이오칩 및 바이오센서, 항체나 동물을 이용하지 않는 탐지법등이 개발되고 있다. 다종의 미생물을 동시에 탐지하기 위하여 나노기술 및 광학기술 등이 이용되었고, DNA시료 분석은 더욱 빠른 속도로 진행되고 있다. 백신개발에 혁신적인 기술들이 적용되고, 건물 건축구조가 미생물 집단에 미치는 영향도 조사되고 있다. 백신생산에 식물을 이용하는 기술, mRNA 치료제의 상업화 등도 진행되고 있다.

### IV. 과학기술의 발전이 생물무기금지협약에 미치는 영향

과학기술의 발전이 생물무기금지협약에 미치는 영향을 학문분야별 및 기술 분야별로 정리해보면 다음과 같다.

#### 1. 생물학의 발전

차세대 염기서열 분석 기술의 급격한 발전으로 유전정보의 수집 및 가공능력이 기하급수적인 추세로 증가하고 있다. 이로부터 생명체의 대사과정을 조사, 분석하고 원하는 방향으로 조정하는 대사공학(metabolic engineering) 기술과 원하는 생물체의 일부, 기구 및 시스템을 설계하고 구성하거나 기존의 생물시스템을 유용한 목적을 위하여 재설계하는 합성생물학(Synthetic Biology) 등의 기술은 1970년대 시작된 유전자의 절단 및 조합을 통한 전통적인 기술에서부터 최신 유전자재조합기술을 이용하여 원하는 생물시스템을 구성할 수 있는 방향으로 발전해왔다. 이는 전 세계의 특정

지역에 제한되지 않고, 인터넷 등의 정보교환기술에 힘입어 전 세계적으로 분산 발전하고 있다. 당연히, 일반화되는 이러한 고도의 생물학적 기술이 생물무기의 개발 및 제조에 이용될 가능성이 매우 높아진 것이 사실이고, 전 세계에 넓게 퍼져나가는 이러한 기술의 이용을 감시하는 것은 더욱 어려워지게 될 것이다.

## 2. 생물학과 화학의 Convergence(합성, 수렴)

경계가 허물어지는 학문영역간의 합종연횡이 화학과 생물학분야에서는 이미 오래전에 발생하여 화학과 생물학이 합성/수렴된 생화학(Biology+Chemistry = Biochemistry)이 하나의 연구 분야로 형성된 지 오래다. 생물무기금지협약의 관점에서 이를 바라보면 최종 산물뿐만 아니라 원료물질, 적용기술 등 모든 것에 생물유래의 자원이나 기술을 사용하면\* 협약에 적용되기에, 1) 화학물질의 생물학적 생산, 2) 생물고분자의 화학적 생산 모두가 생물무기금지협약에 적용되게 되고, 특별히 생물무기금지협약에 포함되는 독소(toxin)는 화학적으로 생산되기도 하기에 화학과 생물학의 영역을 구분하여 적용하기가 점점 더 어려워 질 것으로 생각한다. 이러한 추세에 따라 화학무기금지기구에서도 생물무기와 영역이 겹치는 일부 분자량이 작은 물질을 업무영역에 추가하게 되었다.

\* 협약 1조 조문의 일부를 참조하면 다음과 같다....microbial or other biological agents, or toxins whatever their origin or method of production, of types and in quantities...

## 3. 신경과학의 발전

인간의 뇌에 대한 연구가 실질적인 결과를 나타내면서 신경조절물질 및 신경조절물질의 생산에 대한 관심이 급증하였는데, 이의 대부분이 화학물질로 취급될 수 있는 또는 화학적으로 합성/생산될 수 있는 것이고, 이러한 물질이 생물무기로 사용될

수 있는 가능성은 충분하기에 과학기술의 발전과 화학과 생물학의 Convergence가 생물무기금지협약에 미치는 영향은 더욱 커지게 될 것이다.

#### 4. 나노과학의 발전

나노과학의 급속한 발전은 화학, 생물학 및 의학의 발전과 그 궤적을 함께 해왔다. 생명체의 구성성분의 대부분이 나노사이즈이고, 이러한 나노물질이 질병의 치료 및 진단 등에 광범위하게 응용되면서, 생명체에 존재하지 않던 나노물질에 대한 안전성 및 위험성에 대한 관심이 증폭되고 있다. 따라서, 나노과학의 발전 및 응용분야에 관심을 가지고 이중용도연구에 대한 세심한 주의가 필요할 것이다.

#### 5. 기타 관련기관의 활동

상기에 살펴본 과학기술의 발전이 생물무기금지협약에 영향을 미치는 범위와 방법은 마치 빙산의 일각과 같이 표면에 드러나지 않는 다양한 활동이 존재할 것이고, 그에 의한 모든 영향을 예측하고 적절히 대비하는 것은 매우 어려운 일임이 확실하다. 이러한 상황을 파악한 미국의 연방수사국(FBI)는 생물무기업무를 전담하는 팀을 구성하여 운영하고 있고, 이들은 다양한 활동을 통하여 국제적인 협력을 구축하고 있다. 이러한 활동에는 INTERPOL도 참여하고 있고, 민간차원에서 시작된 국제합성생물학대회(internationally genetically engineered machine, iGEM)에도 FBI가 함께 참여하여 교육과 홍보를 통하여 생물무기금지협약 관련 활동을 펼치고 있다.

### 〈그림 3〉 2014년도 국제합성생물학대회(iGEM)



## V. 결론/맺는말

2011년 제7차 생물무기금지협약 평가회의 결과 당사국들은 2012년부터 2015년까지의 3번째 회기간 절차(Intersessional Process, ISP)에서 변화를 약속하였다. 그 변화에는 생물무기금지협약과 관련된 과학기술의 발전을 고정 의제 항목(Standing Agenda Item, SAI)으로 검토하기로 결정한 것이 포함되었다. 그러나 이러한 시도가 생명과학 및 관련기술의 급격한 발전의 영향을 제대로 처리하지 못하고 그러한 검토가 즉각적으로 효과를 나타내도록 하는 효율적인 과정을 거치지 못하였다. 2012년 및 2013년의 2년간의 검토과정이 4년간의 ISP의 절반을 지난 결과이고 나머지 2년간 의도한 바에 조금이라도 가까이 도달하기 위해서는 2013년 12월까지의 2번의 전문가회의와 2번의 당사국회의에서 주목할 만한 개선이 이루어졌는지를 평가할 필요가 언급되었다. 브래드포드 대학의 Malcolm Dando 교수는 지난 2년간의 회의가 제대로 작용하지 않았고, 원하는 결과를 획득하지 못했다고 평가한다.\* 그리고 앞으로 2년간 그러한 상황이 현저히 개선될 것인가에 대한 강한 의문을 제시한다. 위험한 바이러스에 대한 기능획득 실험의 문제를 논의하면서, 현재의 생물무기금지협약이 현재의 구조로 진행되어서는 명백히 중요하고 관련성 있는 문제를 효과적으로 관리할 수 있는 수단을 개발하는데 기여할 수 없다고 진단하고, 이러한 부적절한 상황이 2016년의 제8차 평가회의 전에는, 현재까지의 증거들로는 변화되기 어려울 것으로 진단한다.



\* Malcolm Dando, "To what extent was the review of science and technology made more effective and efficient at the 2013 meeting of BTWC state parties?," Policy paper 5, Biochemical Security 2030 Project

이러한 상황의 판단을 바탕으로 2년간 실행해야 할 사항을 다음의 3가지로 요약하였다.

1. 2014 및 2015 BTWC에서 당사국들(States Parties)은 협약과 관련된 주요 과학 및 기술이 무엇인지 확인하여야 한다. 생명과학자의 인식제고 및 교육뿐만 아니라 이중용도(dual-use) 실험의 처리를 포함한다. 당사국들은 2016년 제8차 평가회의에서 이러한 문제들에 대하여 어떤 대처방안이 사용될 수 있는지 명확히 해야 한다.
2. 개별 당사국은 이제 각자가 생각하기에 주요한 과학 및 기술의 문제에 대처하기 위한 실질적인 단계를 실행해야 한다. 이러한 단계들은 제8차 평가회의에 그 결과를 보고할 수 있도록 시간 계획이 이루어져야 한다.
3. 국제적 및 각국의 과학단체들도 제8차 평가회의에 기여할 책임이 있다. 협약과 관련된 주요 과학 및 기술의 발전에 관련된 실질적인 행동에 대한 보고가 그것이다.

2014년 8월 4일부터 8일까지 5일간 전문가회의의 주 회의시간(10시부터 1시, 3시부터 6시까지, 매일 6시간)에서 다뤄진 주제들은 다음과 같다.

- 제7조의 실행 강화

당사국의 협조 및 지원조항에 대한 상세한 절차 및 조직

- 제10조의 협조 및 지원강화

- 지원 요청 및 제공을 원활하게 할 데이터베이스 운영
  - 실질적인 지원과 협조를 위한 장비 및 물질을 포함한 과학기술의 교환
  - 재정적 자원을 포함한 자원을 선진국으로부터 개발도상국으로, 국제기구에서 지역기구로의 이동하는 방법과 수단
  - 협약이행과 관련된 생물과학기술 인력개발을 위한 교육, 훈련, 교환 및 결연 프로그램(twinning programmes)
  - 감염병의 발생 혹은 생물무기공격의 탐지, 보고 대응에 대한 능력배양을 위한 생물안전 및 생물보안에서의 국제협력으로 준비, 대응, 그리고 위기대응 및 경감
- 제3조 및 제4조의 통합적 이행
- 국가이행을 위한 최선의 방책을 국가 간 정보를 교환하고 이를 지원할 수 있는 지역(region)간의 협력

정기 회의시간 전 및 점심시간에 이루어지는 부대행사(Side Events)로는 협약에 관련된 과학기술의 발전에 대한 검토, Global Health Security, 이동장비를 활용한 생물보안에서 국제협력, 생물무기를 사용한 테러에 대응하는 탁상훈련(Viral Gale) 등이 있었고, 러시아에서 제기한 법적 검증기구(legally binding instrument)를 통한 협약강화문제는 서방국가(Western Group) 및 비동맹그룹(Non-Aligned Movement, NAM) 국가들 간의 논의를 활발하게 하였고, 그룹간의 논의가 이전의 이행문제를 다시 다루게 되면서 시작되어, 2014년 당사국회의에서는 좀 더 구체적인 논의가 이루어질 것으로 기대된다.

#### 〈그림 4〉 2014년도 BWC 전문가회의 참석



2014년 브라질 월드컵에서 예측을 벗어난 여러 가지 사건은 인간의 행동이 얼마나 복잡한 요인에 의하여 결정되는지를 잘 보여주고 있다. 현재 인간의 사고와 행동에 관한 다양한 정보를 수집, 가공하는 것으로 알려진 구글이 놀랍게도 16강 진출 팀을 정확히 예측하였고, 우승팀을 아르헨티나라고 예측하였을 때 16강을 정확히 맞춘 실력을 믿고, 그렇게 될 줄 알았다. 더군다나 만인의 영웅인 리오넬 메시가 호날두, 네이마르, 뮐러, 반 페르시, 벤제마, 루니 등의 쟁쟁한 스타들과는 달리 자신의 몫을 하고 있었기 때문이다. 그러나 결과는 연장전 끝에 독일의 우승으로 4년만의 축제는 막을 내리고, 세계 최강으로 군림하던 스페인, 브라질 등의 몰락을 보여주었다.

우리는 수없이 많은 요인을 갖고 있는 생물무기에 의한 사고를 사전에 방지하고자, 그렇게 하는 것이 불가능하다면 사태 발생 시 효과적이고 효율적으로 대처할 수 있는 능력을 갖추고자 다각도의 노력을 기울이고 있다. 그러한 노력의 일환으로 과학기술의 발전이 생물무기금지협약에 미칠 수 있는 영향에 대하여 생각해보고 있다. 화학무기나 핵무기와 같이 국제적인 동조하의 사찰이 진행되고 있지 않는 생물무기에 대한 근본적인 해결책은 쉽게 제공되지 않을 것이다. 그럼에도 불구하고, 생물무기에 의한 피해는 화학무기나 핵무기보다 더 무섭고 해결되기 힘든 결과를 가져올 수 있기에 우리는 모든 노력을 기울여 우리 인류의 과학기술의 발전이 인류에 해를 끼치는 방향으로 사용되지 않도록 최선을 다해야 할 것이다.

# 북한 생물무기 및 시설 처리를 위한 범정부 대비방향<sup>1)</sup>

吳 東 桓

국방부 군비검증단 생물무기검증담당

## I. 서 론

미 국무부는 최근 발표한 ‘군비통제, 비확산, 군축이행 보고서’에서 북한이 여전히 생물무기 사용을 고려할 가능성이 있다고 밝혔다. 북한은 다른 나라와의 과학협력 추진을 포함해 생물무기 연구개발 활동을 계속하고 있으며, ‘생물무기금지협약(BWC)’에 가입해 있으면서도 이와 관련된 신뢰구축 조치를 아직 선언하지 않고 있다고 비판하였다. 북한이 생물무기금지협약을 준수하지 않고 있는 사실이나 생물무기 보유와 그 개발 등에 대해 인정하지 않고 있다는 것이다.<sup>2)</sup>

또한 2012 국방백서에 따르면 ‘북한은 탄저균 · 천연두 · 페스트 · 야토균 및 출혈열 등과 같은 다양한 종류의 생물무기를 자체적으로 배양하고 생산할 수 있는 능력을 보유하고 있는 것으로 추정된다<sup>3)</sup>’라고 명시되어 있다. 이렇듯 북한의 생물무기 위협은 이미 실체적이며, 이를 사용했을 경우 그 피해는 상상을 초월하리라 예상된다.

평화적 방법이든, 그렇지 못한 방법이든 북한이 다량 보유한 것으로 추정되는 생

1) 본 내용은 소속기관의 공식 의견이 아닌, 필자의 개인적인 견해를 밝힘.

2) [http:// www. voakorea.com/content/article/1705431.html](http://www.voakorea.com/content/article/1705431.html), Voice of America 기사(2013. 7. 20)

3) 『2012 국방백서』(국방부, 2012), pp. 30.

물무기 및 이와 관련된 시설을 확보하고 처리하는 문제는 우리에게 있어 필연적인 과업이다. 그것이 가까운 미래가 될지, 먼 미래가 될지 현재로서는 가늠할 수 없지만 우리는 이에 대비해야 한다. 그러나 현재 국제적으로 생물무기금지협약이 있지만 생물무기를 검증할 수 있는 체계가 미구축된 것이 현실이다. 또한 국내법 측면에서 볼 때 생물무기 및 시설처리에 대해 어떤 법적 근거도 제시해주지 못하고 있다. 그렇기 때문에 범정부적 차원에서 임무 식별이나 역할 분담이 되어있지 못한 것은 당연한 결과이다. 이러한 상황인식 속에서 필연적 과업으로 예상되는 다량의 북한 생물무기와 관련 시설 처리에 대해 범정부적 관점에서 발전방향을 제시하고자 한다.

## II. 본 론

여러 가지 상황을 가정할 수 있겠지만, 전면전 상황 혹은 북한의 급변사태 상황이라면 군사작전을 통해 생물무기 및 시설을 확보하고, 이를 정부기관으로 이양하게 될 것이다. 또 하나의 가정은 남북이 평화적으로 통일이 되는 상황으로, 군사작전 없이 생물무기 및 시설이 직접 정부기관으로 이양되는 경우이다. 2가지 가정 모두 북한의 생물무기 및 시설의 처리는 필연적인 과업임을 우리에게 시사한다. 그렇다면 이를 효과적으로 수행하기 위해 우리 정부는 어떻게 대비해야 할까?

### 1. 관련 법령 및 지침 검토를 통한 법적·제도적 처리 근거 마련

우선 생물무기와 관련된 국제협약 등의 이행을 염두 해두고, 생물무기 및 시설 처리에 대한 법적·제도적 근거 마련을 위한 조치를 취해야 한다. 생물무기와 관련하여 우리나라에 적용되는 대표적인 국제협약은 '세균무기(생물무기) 및 독소무기의 개발·생산 및 비축의 금지와 그 폐기에 관한 협약(이하 생물무기금지협약)'이다. 생물

무기와 연관된 국내 법령은 ‘화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률(이하 생물무기금지법)’이 있다. 이 법은 화학무기금지협약 및 생물무기금지협약의 시행과 화학·생물무기 금지 및 규제와 관련된 그 밖의 의무 이행 등을 그 목적으로 하고 있다. 또한 ‘감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(이하 감염병예방법)’, ‘유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(이하 LMO법)’ 등이 생물무기와 직·간접적으로 연관되어 있다고 볼 수 있다.

생물무기금지협약 제1조에서는 평화적 목적 이외의 생물무기의 개발, 생산, 보유 등을 금지하고 있으며, 제2조에서는 자국이 소유, 관할 또는 통제하고 있는 생물무기 및 설비 등에 대해 폐기하거나 평화적 목적으로 전환하도록 명시하고 있다. 또한 제4조에서는 생물무기 및 설비 등의 개발, 획득 및 보유 등을 금지 및 방지할 수 있도록 국내 입법 조치를 명시하고 있다. 이러한 협약 조항들은 우리가 북한의 생물무기 및 시설을 확보했을 경우 적용될 수 있는 내용들이다. 우리나라는 연구 등 평화적 목적 이외에는 생물무기와 관련된 물질을 미보유하고 있기 때문에 이러한 협약 조항들이 사문화된 것처럼 느낄 수 있지만, 북한의 생물무기 및 시설들을 확보했을 경우에는 이에 대한 제반 조치가 요구되기 때문에 대비가 필요하다.

산업통상자원부에서 주관하는 생물무기금지법에서는 생물무기 및 시설과 관련하여 다음과 같은 주요사항을 규정하고 있다. 먼저 동 법 제10조에서는 폐기의무자가 생물작용제 등의 종류와 수량을 산업통상자원부장관에게 신고하고, 산업통상자원부장관은 적절한 폐기 방법을 폐기의무자에게 명하도록 규정하고 있다. 또한 폐기방법에 대해서는 보건복지부장관이나 농림축산식품부장관과 협의하도록 명시하고 있다. 제13조의2에서는 생물작용제 등을 보유한 자는 보유량과 보유경위 등을 산업통상자원부장관에게 신고하도록 규정하고 있으며, 제18조의2에 따라 이를 정기검사 및 수시검사 형태로 검사하도록 되어있다.

이렇게 규정된 모든 절차들은 생물무기 및 생물작용제의 주체가 분명한 경우에 적용이 가능하지만, 북한의 생물무기 및 시설의 경우 필연적으로 획득되어지는 것으로 주체가 정부 자체일수 밖에 없다. 그렇다면 산업통상부장관은 획득된 생물무기 및 시설에 대한 처리를 누구에게 명하고 법령을 적용할 것인가? 즉 처리주체가 불분명하기 때문에 이 법령을 적용하기에는 다소 무리가 있다는 것이다. 하지만, 산업통상자원부는 생물무기금지법 담당부처로 북한의 생물무기 및 시설 처리 시 상당 부분 역할을 수행할 수 있을 것으로 사료된다.

보건복지부에서 관할하는 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률에서는 고위험병원체<sup>4)</sup>의 관리에 대해 다음과 같은 주요사항을 규정하고 있다. 제21조에서는 고위험병원체 이동시 보건복지부장관에게 신고하도록 명시되어 있으며, 제23조에서는 고위험병원체 안전관리를 위해 필요한 시설 및 장비 등은 보건복지부령이 정한 안전관리 기준을 지켜야 한다고 명시하고 있다. 또한 제34조에서는 감염병 재난상황 대처를 위해 보건복지부장관은 감염병 위기관리 대책을 수립 및 시행하도록 규정하고 있다. 감염병예방법상에 명시된 법령들을 볼 때, 북한의 생물무기 및 시설 처리 시 보건복지부도 상당 부분 역할 수행이 필요하다고 사료된다.

산업통상자원부의 또 다른 관할 법인 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률에서는 유전자변형생물체<sup>5)</sup>의 관리에 대해 다음과 같은 주요사항을 규정하고 있다. 제7조에서는 관계 중앙행정기관의 장이 유전자변형생물체 안전관리계획을 수립·시행하도록 규정하고 있으며, 제7조의2에서는 관계 중앙행정기관의 장으로부터 위해성 심사를 받고, 인체에 미치는 영향에 대해서는 보건복지부장관과 협의하도록 명하고 있다. 제14조에서는 국민건강 및 생물다양성 위해 등을 일으킬 수 있는 유

4) 생물무기는 대부분 고위험병원체 자체 혹은 그것을 가공하여 무기화 하였으므로 고위험병원체의 범주로 볼 수 있다.

5) 북한의 생물무기 중 일부는 병원체의 유전자변형을 통해 무기화 했을 가능성이 있으므로, 생물무기의 일부에 대해서는 유전자변형생물체 관리 관점에서 접근하는 것이 타당하리라 사료된다.

전자변형생물체에 대해 수입 또는 생산을 금지하고 있다. 제22조에서는 유전자변형 생물체 개발 및 실험하는 시설을 설치·운영 시 관계 중앙행정기관 장의 허가 또는 신고를 명하고 있다. 관계 중앙행정기관에 국방부가 제외되어있는데, 북한의 생물무기의 특성 및 전문적인 처리 소요 등을 고려 시 국방부를 관계 중앙행정기관에 새롭게 포함하는 것도 검토해 볼 필요가 있다. 그렇게 된다면, 생물무기 폐기 부분은 국방부가 어느 정도 역할 수행이 가능하리라 사료된다.

지금까지 생물무기 및 시설과 관련된 국제협약, 주요 국내법들을 살펴보았다. 헌법 3조에 따르면 대한민국의 영토는 한반도와 그 부속도서이므로 북한지역에 확보된 생물무기 및 시설에 대한 처리도 현재 법령을 적용하여 처리하는 것이 타당하다. 문제는 북한의 생물무기 및 시설을 확보했을 때 이러한 법들을 그대로 적용할 수 있는가이다. 앞에서 언급했던 생물무기금지법에서는 신고제조자 및 보유신고자, 감염병예방법에서는 고위험병원체의 반입·검사·보존·관리 및 이동 등을 하려는 자, 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률에서는 유전자변형생물체의 수출입·개발·생산·이용 등을 하려는 자 등 능동적인 처리주체 구분이 분명하다. 따라서 법령들을 적용하는데 제한사항이 없다고 볼 수 있다. 그러나 북한에서 확보된 생물무기 및 시설의 경우 필연적으로 획득되어 처리되어야 할 대상으로서 주체가 범정부 공동일 수 있기 때문에 법령 적용이 애매하다. 따라서 범정부적 차원에서 북한의 생물무기 및 시설을 처리할 수 있도록 관련 법령 보완을 검토해야 한다. 즉 확보된 북한의 생물무기 및 시설을 누가, 어떻게 처리해야 하는가를 명확하게 정의할 수 있어야 한다. 앞에서 살펴본 법령적 근거로 볼 때, 이 부분에 대한 명쾌한 근거 부족으로 어느 부처가 주도적으로 해야 하는지가 불분명하여 표류할 가능성이 충분하기 때문이다. 생물무기금지법을 중심으로 법령을 보완하고, 기타 연계된 타 법령들은 이를 지원하는 방향으로 검토되어야 한다. 이를 통해 북한 생물무기 및 시설 처리에 대한 객관적 근거가 마련된다면, 국제 협약 준수를 통한 국제적 신뢰구축은 물론 생물무기 및 시설의 안전한 폐기를 보장할 수 있을 것이다.

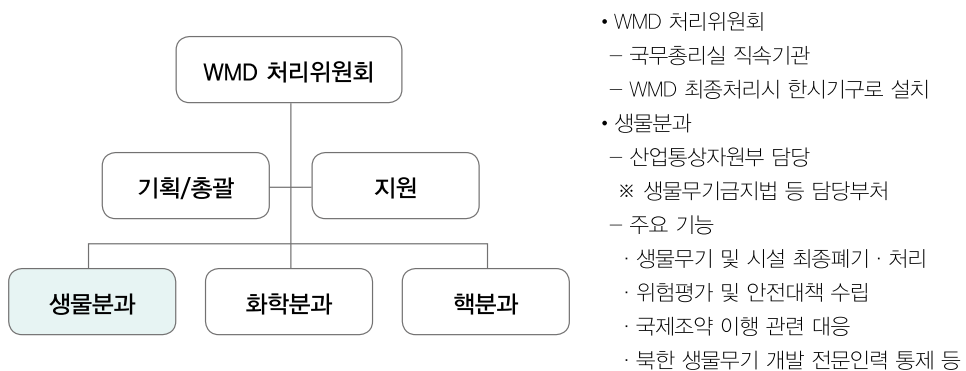


## 2. 생물무기 폐기 및 관련 시설 처리를 위한 범정부 TF 구성<sup>6)</sup>

확보된 북한의 생물무기는 폐기시설을 설치하여 중장기적으로 폐기하고, 생물무기 관련 시설은 완전히 해체하거나 평화적인 용도로 전환하여 재사용을 검토할 수 있다. 그렇다면 이런 임무를 어떻게 추진해야 할 것인가?

생물무기 최종 폐기 및 시설 해체를 위해서는 앞에서 언급한 법적, 제도적 처리 근거 마련을 통해 범정부 TF를 구성해야 한다. 현재 북한의 생물무기 및 시설 처리를 위한 범정부적 계획은 수립되어 있지 않다. 생물무기 폐기 및 관련 시설 처리는 국제 조약 및 국내 법률 이행, 전문가 기술지원, 폐기시설 설치 및 운영, 예산확보, 환경문제, 안전조치 등 다양한 조치소요가 요구되는 범정부적 사안이다. 따라서 각 부처별 역할에 부합되도록 임무를 분장한 범정부 TF 구성은 필수적이다. 범정부 TF는 <표 1>에서 제시한 바와 같이 국무총리실 산하에 WMD 처리위원회(가칭)를 설치하여 1개 분과로 편성하는 것을 제안한다.

〈표 1〉 생물무기 폐기 및 관련 시설 처리 범정부 TF 구성방안



6) 오동환, “전시 북한 생물무기 처리 방안”, 『참지』제58호(2014), p.95~96

산업통상자원부는 생물무기금지협약 국내이행 주무부처로서 생물무기금지법을 담당하고 있다. 따라서 생물분과는 산업통상자원부에서 담당하는 것이 적절하다고 판단된다. 또한 보건복지부는 고위험병원체 통제 및 관리 주무부처이므로 생물무기 폐기 시 기술적인 측면에서 지원하는 것이 적절할 것이다. 생물분과에 참여하는 기관과 임무는 <표 2>와 같이 제시될 수 있으며, 이는 각 정부부처 역할 및 임무 등을 고려하여 충분한 협의를 통해 발전되어야 할 것이다. 이렇게 발전된 계획은 법적, 제도적 근거를 가질 수 있도록 조치하고, 중무계획 등에 반영하여 훈련되고 발전되어야 할 것이다.

**<표 2> 생물분과 참가기관 및 임무분장(안)**

참가기관	임 무 분 장(안)
산업통상자원부	· 생물무기 및 시설 처리 관련 정부계획 수립 · 생물무기 폐기시설 설치 및 운용 · 국제조약 이행 및 대응지원
보건복지부/질병관리본부	· 생물무기 및 시설 처리 관련 정부계획 수립 지원 · 생물무기 폐기시설 운용 관련 기술적 지원 · 생물무기 생산시설 폐기 및 조정 지원 · 폐기 종사자 의료지원
농림축산식품부	· 생물무기 폐기시설 운용 기술적 지원
외교부	· 국제조약 이행관련 대응
미래창조과학부	· 북한 생물무기 관련 전문인력 통제
국방부	· 확보된 생물무기 및 관련 시설 정부이양
국방과학연구소	· 생물무기 및 관련 시설 폐기 관련 기술적 지원
합참/육군	· 생물무기 폐기시설 경계지원 · 북한지역 생물무기 시설 경계 · 탄약 처리관련 기술적 지원

### 3. 생물무기 폐기 및 시설처리 관련 기술 개발

많은 양의 생물무기를 폐기하기 위해서는 어떻게 해야 할까? 생물무기 폐기시설 설치가 필수적이다. 우리나라는 생물무기를 폐기해본 경험이 없고 관련된 기술도 미

식별된 상태이다. 현재 대부분의 생물 연구시설에서 시행되는 폐기 개념은 고압증기 멸균기를 이용하여 고위험병원체 및 각종 폐기물 등을 멸균 후 폐기업체에서 수거하여 최종 폐기하는 형태이다. 폐기해야 할 생물무기가 소규모라면 이런 시스템 하에서 폐기가 가능하겠지만, 대규모 생물무기일 경우 이런 시스템을 적용하기 어려울 것이다. 생물무기는 생물작용제와 발사체 결합된 형태, 드럼 형태의 생물작용제, 기타 형태로 구분될 수 있다. 발사체와 결합된 형태의 생물무기의 경우 생물작용제와 발사체를 분리한 후 각각 처리하는 별도의 프로세스가 요구된다. 또한 발사체에서 분리된 생물작용제, 드럼 형태의 생물작용제, 기타 형태의 생물무기는 동일한 프로세스를 통해 폐기가 가능할 것이다.

생물무기 폐기시설을 설치하기 위해서는 먼저 대규모 생물무기 분리 및 폐기 기술을 연구하고, 이 기술을 바탕으로 장비 및 설비를 개발해야 한다. 개발된 장비 및 설비를 이용하여 일련의 과정에 따라 생물무기 폐기가 될 수 있도록 시스템을 구축하고, 이 시스템을 가동하고 관리할 수 있는 인력을 배치해야 비로소 생물무기 폐기시설이 완성될 수 있을 것이다.

생물무기 폐기시설 설치를 위해서는 생물무기 폐기 기술 개발이 선행되어야 한다. 폐기 기술로는 먼저 고온의 기체로 액체 및 고체 폐기물을 열분해하는 대규모 소각시설을 설치하는 방법이다. 그러나 이 방법은 폐기 잔해물을 양산하는 단점이 있다. 또 다른 방법으로 실험실에서 주로 쓰는 고압멸균기를 대규모로 설치하는 것이다. 100~135℃ 고온의 수증기를 접촉시켜 가열 처리하는 방법으로 생물무기 및 폐기물을 멸균하는데 매우 효과적이기 때문이다. 그러나 이 방법도 폐기 잔해물을 양산하기는 마찬가지이다. 생물무기 종류별로 제독제를 개발하여 폐기하는 화학적 처리 방법도 있을 수 있다. 하지만 이 방법은 모든 생물무기에 대해 조사가 이루어져야 하고, 제독제도 다양하게 요구되는 단점이 있다.

이렇듯 현존하는 폐기방법의 단점을 개선하고 대규모 생물무기를 폐기하는데 효과적이고, 친환경적인 폐기 기술 개발이 필요한 것이다. 나머지 기타 과정에서 요구되는 기술들은 현재의 기술로도 충분히 가능하리라 사료된다. 이렇게 설치된 폐기 시설은 폐기의 완전성과 종사자에 대한 안전성을 동시에 보장할 수 있어야만 한다.

다음은 북한에서 생물무기를 연구, 생산, 저장했던 생물 관련 시설들의 처리에 대한 문제이다. 생물 관련 시설의 경우 적절한 조치 없이 처리할 경우 심각한 생물 오염이 발생할 수 있기 때문에 일반 시설처럼 단순히 폐쇄하거나 평화적인 목적으로 전환 사용할 수 없다. 철저한 시설제독과 안전성 검증이 요구되는 부분이다. 이를 위해서는 공간제독 기술과 이를 검증할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 현재의 대부분의 제독기술은 실외지역의 특정 지점에 대한 2차원적 평면에 대한 제독기술로 시설제독에서 요구되는 공간제독 기술과는 다소 차이가 있다. 완벽한 시설제독이 되기 위해서는 실내의 3차원 공간상에 있는 모든 설비 및 장비, 지점 등이 제독되고 그 안전성이 보장되어야 한다. 이러한 공간제독 기술이 개발되어야만 북한 생물 관련 시설을 최종적으로 폐기하거나 혹은 평화적으로 전환하여 사용하는 것이 보장될 수 있을 것이다.

#### 4. 국제 공조체제 구축

생물사태가 발생할 경우 그 파급효과는 한 국가로 국한되지 않고 국경을 초월하여 인접국가 뿐만 아니라 전 세계적으로 영향을 줄 수 있다. 1910년대에 전 세계적으로 5,000만명 이상 사망자를 냈던 스페인독감사태, 2003년 전세계적으로 900명의 사망자를 발생시킨 사스사태 등이 이러한 특성을 잘 보여주는 예라고 할 수 있다. 우리나라가 북한의 생물무기를 확보하여 처리할 경우 전 세계는 우리나라를 주목하고 혹시라도 잘못되어 자국에 영향을 끼치지 않을까 예의주시할 것이다. 이러한 상황에서 국

제 공조체제 구축은 무엇보다도 중요하다 할 수 있다.

생물무기금지협약은 화학무기금지협약과는 달리 화학무기금지기구(OPCW)<sup>7)</sup>와 같은 검증기구가 존재하지 않고 당사국별 국내 입법조치를 통해 협약을 이행하도록 하고 있다. 그렇기 때문에 생물무기 폐기 시 그 투명성 보장은 생물무기금지협약의 이행의지를 국제사회에 천명하고, 국제적인 신뢰구축을 위해 매우 중요하다. 따라서 UN차원에서 검증조사단이 파견되지 않는다면, 우리나라 자체적으로 국내외 전문가로 구성된 국제 검증조사단을 조직하여 자체적으로 신뢰구축 프로세스를 진행해야 할 것이다. 이를 통해 생물무기의 완벽한 폐기 결과를 객관적이고 공정하게 국제사회에 천명함으로써 국제사회에서 우리나라의 신뢰성을 신장 시킬 수 있을 것이다.

우리나라는 생물무기 폐기 및 관련 시설 처리에 대한 경험이 없기 때문에 축적된 경험을 보유하고 있는 국가들과의 공조 체계를 구축해야 한다. 미국의 경우 구 소련의 생물무기 및 시설에 대한 폐기 경험이 있고, 관련 기술도 세계적 수준으로 축적되어 있기 때문에 공조를 통해 많은 기술과 Know-How를 전수 받을 수 있을 것이다. 또한 북한 생물무기의 기술적 시초는 구 소련에 기반을 둔 것으로 추정되기 때문에 러시아 과학자 및 전문가들도 기술적 측면에서 많은 도움을 받을 수 있을 것이다. 특히, 생물무기 폐기기술, 폐기시설 설치 방법, 생물무기 관련 시설 처리방법 등을 공조함으로써 불필요한 노력의 낭비를 방지하고, 예산 절감 효과를 달성할 수 있을 것이다.

7) OPCW : Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, 화학무기금지기구

### III. 맺음말

지금까지 북한의 생물무기 폐기 및 관련 시설에 대한 범정부 대응방향에 대해 살펴해보았다. 생물무기 폐기 및 관련시설 처리는 그 특수성 때문에 그리 간단하지 않으며, 범정부적 관점에서 접근해야 한다. 북한의 생물무기 및 시설 처리를 위해 우리는 우선 무엇을 근거로, 누가, 어떻게 처리해야 하는지가 정립될 수 있도록 법적, 제도적 검토를 통해 그 근거를 마련해야한다. 이 근거를 토대로 부처별 역할 및 특성에 부합되도록 범정부 TF를 구성하여 안전하고 효율적으로 생물무기 폐기 및 관련된 시설을 처리해야 한다. 또한 이를 기술적으로 뒷받침할 수 있도록 생물무기 폐기시설 설치를 위한 기술과 생물무기 관련 시설 처리를 위한 기술적 진보도 이루어야 한다. 마지막으로 국제공조를 통해 생물무기 폐기의 투명성과 신뢰성을 완성해야 한다.

북한의 생물무기 및 관련 시설 처리는 국민의 건강과 생명에 영향을 줄 수 있는 아주 중요한 문제이다. 생물무기는 다른 무기와 달리 소량으로도 확대 재생산될 수 있기 때문에 철저한 통제와 관리 하에 폐기 및 처리가 진행되어야 한다. 아직 발전시키고 정립해야 할 부분이 많은 분야이지만 이제라도 차근차근 준비한다면 북한의 생물무기는 효과적으로 처리될 수 있을 것이다.

## IV. 참고문헌

1. 세균무기(생물무기) 및 독소무기의 개발·생산 및 비축의 금지와 그 폐기에 관한 협약 전문
2. 화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제 등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률(법률 제11690호)
3. 감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(법률 제11645호)
4. 유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(법률 제11536호)
5. 오동환, “전시 북한 생물무기 처리 방안”, *합참지* 제58호(2014)

# 생명공학의 이중적 사용에 관한 인식제고

張元鍾

건국대학교 의과대학 교수

한국생물안전협회 부회장

## I. 들어가는 말

과학의 발전이 인류에게 많은 혜택을 가져다 준 반면 양날의 칼처럼, 인류에게 해를 끼치는 결과를 초래하기도 했었다. 이에 따라 이중용도기술(Dual-Use Technology)이라는 용어가 등장하게 된다. 이중용도기술의 정의는 정치적이거나 외교적인 측면에서 평화적이거나 군사적인 목적에 모두 사용될 수 있는 기술이라고 한다. 보다 일반적인 의미로서 이중용도기술은 동시에 한 개 이상의 목적을 만족시킬 수 있는 그 어떤 기술이라 할 수 있다. 이러한 기술의 예를 들어보면, 우선 미사일의 개발을 들 수 있다. 미사일은 평화를 유지하려는 선한의도로 사용될 수 있는 반면, 전쟁을 일으키는 목적에도 사용될 수 있다. 핵기술은 우리가 너무나 잘 알듯이 핵발전소를 지어 전력 생산에 이용할 수 있는 유용한 면이 있는 반면, 핵무기 개발에도 사용될 수 있다. 화학관련 기술은 인류의 발전과 밀접한 관계가 있어 그 예를 이루 언급할 수 없을 정도이지만, 화학무기를 개발하는데 사용될 수 있고 실제로 전쟁이나 테러에 화학무기가 사용되어 왔다. 생명과학기술의 발전 역시 인류에게 많은 혜택을 가져다주었지만, 생물무기로서의 사용 가능성이 항상 존재해 왔다. 그런데 이중용도기술은 반드시 테러나 전쟁에 사용된다고 해서 문제가 되는 것만은 아니다. 예를 들어 2011년 3월에 발



생한 지진해일로 인한 일본 후쿠시마 원전사고를 들 수 있다. 이 사고는 좋은 목적으로 사용되어 왔던 기술들도 자연재해나 다른 여건의 변화로 인해 인류에게 커다란 재앙을 초래할 수 있음을 확인해 주었다.

인류는 병원체로 인한 질병을 예방하고 치료하기 위해 끊임없이 노력해 왔고, 이러한 결과 인류는 질병으로부터 안전하고 건강한 삶을 영위하는 것은 물론 생명연장을 보장 받고 있다. 이와 관련된 생명과학기술은 대표적인 이중용도기술로서 주목받고 있다. 질병에 관련된 생명과학에서는 특히 병원체를 대상으로 연구하기 때문에 잠재적으로 발생할 수 있는 비의도적인 사고와 환경방출, 더 나아가 탈취 및 악의적 사용의 가능성이 항상 존재하고 있다. 따라서 이를 방지하기 위한 목적으로 생물안전(Biological Safety)과 생물보안(Biological Security)의 필요성이 대두되었다. 이 개념들은 현재 생물위해관리(BioRisk Management)의 개념으로 진화하고 있다. 2011년 말 생명공학연구 결과를 담은 논문 2편이 투고된 이후 전세계에 커다란 반향을 일으키며 생명공학기술의 이중용도에 관련한 중요성이 대두되었다. 이 글에서는 그 사건의 배경과 경과를 살펴보면서 생명과학기술과 관련된 이중용도의 잠재적 위해의 파급효과와 이를 예방하고 제어하기 위한 국내외 생물안전과 생물보안에 관련된 제도적 장치, 법률을 알아보고, 이중적 사용에 대한 대처 방안을 간단히 기술하고자 한다.

## II. 몸 말

### 1. 과학계를 뜨겁게 달구었던 2개의 고병원성 H5N1 바이러스 연구

#### (1) 조류인플루엔자 바이러스

2003년 이후 국내에 고병원성 조류인플루엔자(Avian Influenza, AI)가 총 4차례 걸쳐 발생하였다. 고병원성 조류인플루엔자는 전세계적으로 수많은 조류들을 죽였으며, 국내에서도 감염사고와 그 예방을 위해 수천 만 마리를 살처분한 적이 있다. 역학 조사결과 과거 국내 조류인플루엔자 바이러스 발생은 철새로부터 유래한 것으로 밝혀졌으나, 2013년 발생한 조류인플루엔자 바이러스 감염은 여름철이 되어서도 종식되지 않아 국내에 고착화될 가능성이 있다고 한다. 그럼, 이러한 인플루엔자 바이러스에 대해 살펴보자. 인플루엔자 바이러스는 RNA 바이러스로서 8개의 분절로 나뉜 핵산을 가지고 있다. 각각의 분절은 단백질을 생산하는 유전정보를 담고 있는데, 이들이 생산하는 단백질들 중 바이러스의 숙주세포 내 침투를 위한 부착을 담당하는 헤마글루티닌(haemagglutinin, HA)과 성숙한 바이러스가 세포에서 빠져나올 때 작용하는 뉴라미다제(neuraminidase, NA)가 병원성을 나타내는 데 있어 매우 중요하다. HA는 숙주세포에 돌출된 sialic acid residue에 부착하는데, 숙주 동물간의 sialic acid residue 조성이 다르기 때문에 인플루엔자 바이러스는 그 숙주에 맞게 HA를 변형시켜 진화해 왔고, 따라서 종별 친화도를 나타낸다. 즉, 조류에 친화도를 나타내는 바이러스는 일반적으로 사람에게서 감염을 일으키는 것이 매우 어렵다. 이 같은 단백질들을 유형별로 나누어 인플루엔자 바이러스를 분류하고 있다. 대표적인 조류인플루엔자 바이러스는 HA 5형, NA 1형, 즉 H5N1이다. 이 H5N1형 조류인플루엔자 바이러스는 조류에만 감염되며, 사람에게에는 잘 감염되지 않는 것으로 알려져 있지만, 사람에게 감염되면 치사율이 매우 높아서 H5N1 바이러스를 고병원성 조류인플루엔

자 바이러스라고 한다. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에 따르면, 2003년 이후 고병원성 H5N1 바이러스 감염이 확진된 사람은 630명이고, 이중 375명이 사망(60% 사망률)했다고 한다. 그런데, 인플루엔자 바이러스는 RNA 바이러스이고, 핵산이 8개로 분절화 되어 있어 복제 중 돌연변이가 잘 일어나고, 자연계에서 재배열(reassortment)에 의해 새로운 형태의 돌연변이가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 돌연변이의 결과로서 고병원성 조류인플루엔자 바이러스가 인체에 감염이 잘 되는 바이러스로 만들어 질 수 있고, 과거에 범세계적인 유행(pandemic)을 했거나 새로운 변종 바이러스의 등장이 가능하기 때문에 전 세계적으로 많은 연구자들이 이에 대비하는 연구를 진행 중이다.

## (2) 두 개의 고병원성 H5N1 바이러스 연구관련 논문에 대한 제재

2011년 12월 H5N1 바이러스에 관한 논문 2편이 투고되어, 게재도 되기 전에 커다란 논란을 촉발하였다. 두 논문은 각각 ‘사이언스(Science)’지와 ‘네이처(Nature)’지에 투고되었는데, 미국의 ‘생물안보를 위한 국가과학자문위원회(US National Science Advisory Board for Biosecurity, NSABB)’는 출판사에 이 두 논문의 내용 중 일부를 삭제하고 출간해 달라는 요청을 했다. 인플루엔자 연구의 선두주자인 각각의 다른 2명의 연구자가 H5N1 조류인플루엔자 바이러스를 변형하여 잠재적으로 사람에게 감염될 수 있는 바이러스를 제조하는데 성공했다는 것이 그 논문의 내용이다. NSABB는 이 바이러스가 엄청나게 파괴적인 범세계적인 전염병의 유행을 초래할 수도 있다고 보았고, 이를 다른 사람들이 악의적으로 개발하여 생물테러 등에 사용하지 못하도록 하고자 했던 것이다. 그러면, 과연 그들의 연구 결과는 어떤 것이었는지 좀 더 자세히 살펴해보도록 하자.

앞서 기술한 바와 같이 H5N1 바이러스는 조류에 친화력이 있어 조류에만 감염

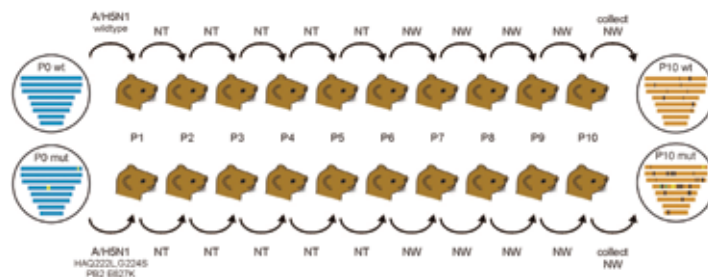
된다. 그런데 2011년 9월 몰타(Malta)에서 개최된 인플루엔자 컨퍼런스에서 네덜란드 에라스무스 메디컬 센터(Erasmus Medical Center)의 푸히르박사(Ron A.M. Fouchier)는 H5N1 바이러스의 HA 유전자상의 3개 염기서열을 변이시킨 바이러스를 족제비(ferret)의 코에 감염시키고 그 족제비에서 바이러스를 분리하여, 분리한 바이러스를 같은 방법으로 다른 족제비에게 연속적으로 10번 계대 감염시킨 결과 족제비들간에 비말(aerosol, droplet)을 통해서 호흡기로 전파될 수 있는 능력을 획득한 바이러스가 얻어졌다고 발표했다. 이후 푸히르 교수는 *Science*지에 이 결과를 투고했고, 이보다 조금 앞서 미국 위스콘신대학(University of Wisconsin)의 카와오카 박사(Yoshihiro Kawaoka) 팀도 유사한 결과를 *Nature*지에 투고 했다. 족제비는 인플루엔자 감염실험 시 사용하는 포유동물 모델로서 족제비간에 호흡기를 통해 전파되는 인플루엔자 바이러스라면 사람에도 감염이 가능하다는 것을 의미한다. 이는 고병원성 H5N1 바이러스가 종의 장벽을 넘어 사람에게도 감염을 유발할 수 있으며, 인류가 겪어 보지 못한 새로운 종의 공격으로 인한 범세계적인 전염병의 유행의 단초를 제공할 수 있음을 시사한다. 따라서 이를 우려한 NSABB는 주요내용을 삭제한 논문을 게재할 것을 요청하였던 것이다.

### (3) 같은 결과 다른 접근

그러면, 과연 10번의 계대 감염 중에 어떤 일이 일어난 것일까? 푸히르에 박사에 따르면, 최초 3개의 돌연변이로는 비말로 인한 호흡기감염이 불가능했지만, 10번의 계대 감염 중에 추가적인 돌연변이가 발생하였다고 한다. 염기서열 분석을 통해 돌연변이가 어떤 위치에 어떤 염기에서 발생했는지가 밝혀졌는데, 공기 중 감염력을 가진 바이러스는 공통적으로 HA의 숙주 수용체 부착 부분에 4개의 아미노산 치환 돌연변이가 발생했고, 중합효소 부위에 한 개의 아미노산 치환 돌연변이가 발생하였다. 이 바이러스는 다행히 사람에게 감염을 일으킬 수 있는 H1N1 바이러스보다는 전

파능력이 떨어졌고, 감염된 족제비들은 죽지 않아서 병원성이 낮은 것으로 보이며, oseltamivir라는 항바이러스제에 감수성이 있었고, 또한 H5 계열 인플루엔자 바이러스 백신으로 유도생산된 항체와 반응성이 있었다.

### 〈그림〉 푸히르 박사의 H5N1 인플루엔자 바이러스 반복 계대 실험 개요



출처 : Science 336, 1534 (2012); Sander Herfst et al.

푸히르는 이러한 실험적으로 제조한 것과 유사한 바이러스들이 자연계의 조건에서도 일어날 수 있음을 강조하고 있다. 특히, 중간 숙주 안에서 재조합이 없이 포유류들간에 이러한 능력을 가질 수 있음은 사람 인플루엔자의 범세계적인 전염병의 유행의 위해요소로 간주되고 있다.

푸히르팀의 논문보다 조금 앞서서 Nature지에 게재된 카와오카팀의 논문은 H5N1이 족제비에 감염될 수 있다는 같은 결과를 보여 주었지만, 방법은 전혀 다른 것이었다. 그들은 H5N1과 H1N1(2009년 범세계적인 유행병의 원인이었던)의 하이브리드 바이러스(hybrid virus)를 제조했다. H5 HA의 4개의 돌연변이를 유발하고, H1N1 바이러스와 재배열을 통해 H5 HA를 남은 H1N1 7개의 유전자를 가진 하이브리드 H5 HA/H1N1 바이러스를 만든 것이다. 이 바이러스는 족제비에 감염되어 폐에 병소를 보이고, 체중감소와 성공적인 복제를 하는 것으로 확인되었지만, 고병원성이 아니어서 감염된 족제비를 죽이지는 않았다. 카와오카 등은 하이브리드 바이러스이기 때

문에 돌연변이 H5 HA뿐만 아니라 7개의 H1N1 유전자가 포유류에 감염되는데 중요한 역할을 담당할 것이기 때문에 모든 H5N1 바이러스에 4개의 돌연변이를 일으킨다고 해서 포유류간에 감염을 일으킬 수는 없다고 밝히고 있다. 하지만, H5N1이 지속적인 돌연변이를 일으켜 진화한다면 언젠가는 사람을 감염시키는 능력을 가질 것으로 추정하고 있다.

#### (4) 이중적 사용의 우려

H5N1 바이러스의 범세계적 대유행을 예방하기 위한 푸히르팀과 카와오카팀의 노력에 반하여 앞서 기술한대로 푸히르팀과 카와오카팀이 논문을 투고했을 때 NSABB는 논문의 정보가 생물테러의 목적으로 악용될 소지가 있다며, 주요 정보의 공개를 막고자 했었다. 즉, 이들의 연구가 인류에게 이익을 줄 수도 있지만, 해악을 끼칠 수도 있다는 ‘이중용도(Dual-Use)’의 문제점이 떠오른 것이다. 이러한 우려는 NSABB 관계자들뿐만 아니라 일반적인 사람들도 갖게 되었다. 인터넷 공간상에서 많은 사람들이 이들의 연구의 위험성을 걱정하였으며, 또한 그러한 연구를 수행한 연구자들을 비난하였다. 인류의 절반을 죽일지도 모르는 결과를 발표하려고 한다는 이까지 나타나게 되었다.

그렇다면, 과연 이들의 우려가 전혀 근거가 없고 과장된 것일까? 실제 실험실에서 유출사고와 감염사고의 발생은 드문 것이 아니다. 2003년 싱가포르 국립대학교의 실험실에서 사스(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS)를 연구하다가 연구원이 감염된 사례가 있으며, 2004년 중국 베이징의 한 연구소에서 발생한 사스 역시 실험 중에 연구원이 감염된 것으로 드러났다. 이 보다 조금 앞선 2001년 영국의 한 농장에서 구제역(Foot and Mouth Disease)이 발생하였다. 조사결과 농장 인근에 위치한 연구소에서 구제역백신을 연구하던 중 배수 시스템의 불량으로 구제역 바이러스

스가 유출되었던 것이었다. 이로 인해 120여 마리의 가축이 살처분되었고, 111,000여개 농장의 가축이동이 금지된 사건이 있었다. 참고로 영국은 2001년 구제역이 발생하여 천만마리에 이르는 가축을 살처분했고, 156조원의 피해를 입은 적이 있었고, 우리나라에도 2011년 구제역이 발생하여 3조 17억원의 피해액이 발생했었다. 또한, 악의적인 목적으로 병원체가 유출되거나 생물테러에 사용된 예도 있다. 2003년 미국 텍사스대학의 토마스 버틀러박사(Thomas C. Butler)는 자신이 연구하던 페스트균(*Yersinia pestis*)을 의도적으로 빼돌린 사건이 있었으며, 1992년 오음진리교(Aum Shinrikyo) 사람들의 탄저균(*Bacillus anthracis*)과 보툴리눔 독소(*Clostridium botulinum toxin*)의 에어로졸 뿌리기, 2001년 미국에서 발생한 백색가루(*Bacillus anthracis*)가 든 편지봉투 사건을 들 수 있다. 만약 우려한 것처럼 변형 H5N1 바이러스가 실험실에서 사고로 혹은 악의적인 목적으로 인해 유출된다면 어떤 일이 일어날 것인가?

##### (5) 두 연구 논문의 게재 : 우려보다 더 큰 이익

2012년 1월 푸히르, 카와오카와 37인의 공동저자들은 *Nature*지의 서신(Correspondence)을 통해서 인플루엔자의 범세계적 유행발생 가능성이 있으며, 이를 예방하기 위한 노력들이 전세계적으로 일어나고 있음을 밝혔다. 이러한 연구들이 공공보건에 긍정적인 이익을 가져다줄 수 있음에도 불구하고 이 변형 바이러스의 유출과 이로 인한 위험성을 우려하지만, 연구자들은 혹시 모를 유출을 최소화하기 위해서 고도로 훈련된 책임있는 연구자들이 안전한 밀폐시설에서 적절한 규제 하에 실험을 수행하고 있음을 알렸다. 더 나아가 이들은 중요한 연구의 수행이 주는 이익과 가능한 위해를 최소화하기 위한 기준을 명확히 설명하기 위한 국제적인 포럼을 열고 과학계가 서로 모여 토론하고 논쟁하기를 제안하고, 전세계 기구들과 정부들이 해결책을 찾을 시간을 마련할 시간을 주기위해 연구자들이 자발적으로 60일 동안 고병원

성 조류인플루엔자 H5N1 바이러스를 포유류에 보다 잘 감염되는 바이러스로 만드는 데에 관련된 모든 연구를 중단하기로 동의했다. 2012년 1월에 18명의 관련분야의 저명한 연구자들은 NSABB에 두 논문을 다시 한번 검토해달라는 편지를 보냈고, 그 밖에 많은 전문가들이 그들의 의견을 피력하고, 세계보건기구의 전문가에게도 결과의 공유 필요성을 알린 결과, 마침내 세계보건기구는 이러한 연구 자체를 막는 것은 옳지 않다는 입장을 밝혔다. 비용대비 이익분석(the cost/benefit analysis)에서 이익이 앞선다는 것이다. 즉, 그들의 연구가 공개됨으로 해서 전세계가 H5N1의 대유행을 예방하는 결과를 얻는 것이 유출이나 테러들에 악용되어 발생할지도 모르는 피해보다 더 크다는 것이었다. 그 후 인플루엔자 전문가와 보건분야의 대표들과의 만남 이후에 NSABB는 그 입장을 바꾸게 된다. 2012년 3월 29일부터 30일까지 이틀에 걸친 재검토 끝에 NSABB의 위원들은 2개 논문을 모든 것을 다 담은 완전한 논문으로 게재할 것을 결정했던 것이다. 결국 불완전한 논문으로 게재하려던 논문은 다시 수정 보완되어 같은해 6월에 세상의 빛을 보게 된다.

## 2. 이중적 사용에 대비한 안전장치

### (1) 누가 승리자인가?

푸히르 교수는 논문의 게재뿐만 아니라 2012년도 타임(Time)지가 선정한 세계에서 영향력 있는 100인에 선정되는 영예를 안게 된다. 그러나 정작 그는 그 가운데에서도 기쁜 마음이 들지 않았을 것 같다. 그의 연구결과는 카와오카팀 보다 조금 늦게 게재되었다. 그 진행이 느려진 배경에는 이중용도기술에 관련된 유럽연합(European Union, EU) 법규와 네덜란드 관련법의 제제가 있었다. EU에서는 이중적 사용가능성이 있는 품목에 대한 수출의 통제가 필요성이 대두됨에 따라, 2009년 유럽 수출 통제법(European Union Legislation on Export Controls)을 개정하여 이중적 사용가능



품목에 대한 법(Council Regulation No 428/2009)을 만들었다. 이 법에서는 이중용도 품목의 수출, 이동, 중개, 통과 등에 대한 통제내용을 담고 있다. 이중용도 품목에는 소프트웨어와 기술도 포함된다. 네덜란드 정부는 푸히르의 연구가 이중용도기술에 해당되며, 또한 논문게재를 국외로의 유출로 판정하여 수출허가(export license)를 취득한 후에 논문을 투고할 것을 결정했다. 심지어 그의 논문결과를 실험실 홈페이지에 올려놓아 네덜란드 이외의 나라 사람들이 읽을 수 있도록 했다면 이 또한 사전허가를 받아야 한다는 것이다. 단 이 법에는 기초과학이나 특허출원을 위한 최소정보 등에는 예외로 한다는 내용이 있다. 푸히르는 그의 연구가 이중용도기술 수출허가의 예외 조항에 속하는 순수기초과학연구이기 때문에 수출허가가 필요 없다고 주장하였지만 받아들여지지 않았다. 그는 결국 수출허가를 신청하여 심사를 받은 이후에 허가를 받고 논문을 투고했다. 물론 카와오카는 미국에 있었기 때문에 이 경우에 해당되지 않았다. 푸히르는 이러한 선례를 남기는 것이 족쇄가 되어 모든 유럽 연구자들이 장차 불이익을 받을 것을 염려하여, 정부를 상대로 ‘그의 연구가 이중용도기술에 해당되지 않는다’는 내용의 소송을 벌였으나 결국 그가 지고 말았다.

## (2) 미국의 이중적 사용을 관리 감독하기 위한 노력

최초 논문게재에 제재를 가했던 것은 미국의 NSABB였다. 이 기구가 어떤 기구인지를 알아보고, 관련하여 미국의 이중용도기술 감시체계를 간단히 살펴보기로 하자. NSABB의 뿌리는 편지 봉투 속에 있던 백색가루, 즉 탄저균 포자의 위협이 있었던 2001년으로 거슬러 올라간다. 미국은 탄저균 테러 이후 미래에 있을지 모르는 생물테러를 대비하기 위해 수 조원을 국립알레르기전염병연구소(National Institute of Allergy and Infectious Diseases, NIAID)를 통해 병원체를 연구하는데 투자하였다. 한편 미 의회에서는 국립학술원(National Academies)에 이중용도연구를 어떻게 확인하며, 통제하고, 허가할 수 있는지에 대한 자문위원회를 만들 것을 요청하였다. 이

렇게 만들어진 미국 국가연구회의(National Research Council)는 2003년에 보고서(Fink report)를 발표하였다. 보고서에서 생명과학에 있어 이중용도의 딜레마와 그 위험을 줄이기 위한 책임에 관련하여 연구자들의 교육이 필요하다고 권고하였으며, 재조합 DNA에 관련된 실험의 심사를 강화해야 하며, 잘못된 사용 가능성의 우려가 되는 것을 7가지로 구분하여 이에 해당하는 연구들을 심사하는 체계를 구축할 것을 권고했고, 잠재적으로 국가안보에 위협이 될 수 있는 논문들을 출판단계에서 심사할 것을 권고했다. 또한, 심의체계로서 정부와 과학계에게 자문과 평가하기 위한 ‘생물안보를 위한 국가과학자문위원회(NSABB)’의 설립을 권고했는데, 이에 따라 2005년에 NSABB가 구성된다. NSABB는 곧바로 이중용도연구에 대한 미국 정책의 가이드라인을 구체화시켜 나갔고, 2007년에 Fink report를 근간으로 그들이 대표적인 문서를 발간하는데, 이 문서에서는 지역의 자치관리를 강조하고 기존에 있는 생물안전위원회(Institutional Biosafety Committee, IBC)의 도움을 받아 조사관이 자신이나 동료들의 프로젝트를 감시하는 것을 제시했다. 이들은 그들의 소관은 아니지만 간혹 미국립보건원(National Institute Health, NIH)의 요청으로 생물안보상의 문제를 야기하는 논문을 심사하였다. 2005년에는 과거 수백만명의 목숨을 앗아갔던 스페인독감 바이러스(Spanish Flu virus, 1918 virus)를 부활시키는 연구내용을 담은 두 개의 논문을 심사하였다. NSABB는 스페인 독감 바이러스는 그 위험이 매우 높음에도 불구하고 숙고 끝에 전체 내용을 담은 논문게재를 권고했다. 이때도 많은 논란이 있었고, 이후 다시 변형 H5N1 바이러스 문제로 과학계의 고민이 반복된 것이었다.

### (3) 생명과학관련 이중용도 연구 및 품목 규제에 관련된 국제적 노력

1970년대 들어 생명과학의 발달로 인해 발생할 수 있는 잠재적 위험성에 대한 우려가 제기되어 이에 대한 국제적인 대책이 마련되기 시작했다. 그 대표적인 예를 몇 가지 들어 보겠다. 1975년에 생물 및 독소무기의 개발, 생산 및 비축을 금지하기 위

한 노력으로 생물무기금지협약(Biological Weapons Convention, BWC)이 발효되었다. 우리나라는 1972년 가맹국으로 서명하고 1987년 비준하였으며, 현재 협약에 비준 및 가입을 한 국가는 170개국이다. 1984년 이라크가 화학물질을 사용한 것이 발견된 이후 1985년 호주의 제안으로 화학물질 수출통제에 관한 정책 및 조치들을 공동협의를 위한 회의가 개최되었다. 이렇게 설립된 호주그룹(Australia Group, AG)은 현재 42개 회원국으로 구성되어 있으며, 우리나라는 1996년에 가입하였다. 호주그룹은 생물·화학무기 관련물질 및 이중용도 장비와 시설의 수출통제를 위한 비공식 협의체로서 법적구속력은 없고, 회원국들이 감시 및 허가제도를 자체적으로 취하도록 하고 있다. 현대생명공학기술, 특히 분자생물학의 발전으로 인해 만들어진 유전자변형생물체(Living Modified Organisms, LMO)가 인체와 환경에 미칠 위험을 사전에 방지하고자 2000년 1월 바이오안전성의정서(Cartagena Protocol on Biosafety)를 채택하였다. 이 의정서는 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)의 부속 의정서로서 유전자변형생물체의 국가 간 이동, 취급 및 사용함에 있어 환경이나 인체에 미칠 수 있는 유전자에 관한 최초의 국제협약이다. 적용대상은 모든 LMO이나 국가간 협약이나 국제기구가 의약품으로 평가한 제품은 예외로 한다. 내용에는 LMO를 수입할 때 사전 통보하고 동의를 받는 절차, 사전예방원칙, 위해성 평가, 위해성 관리, LMO의 운반방법·저장·이용방법의 표시, 바이오안전성정보센터(Biosafety Clearing-House)의 운영 등에 대한 사항 등을 규정하고 있다. 이 의정서는 2003년 9월부터 발효되었으며, 50개국이 비준한 것을 시작으로 현재 167개국이 가입하고 103개국이 비준하였다. 우리나라는 2007년 10월 3일에 의정서를 비준하였고, 미국, 캐나다, 아르헨티나, 호주 등 주요 LMO 생산 수출국은 아직 비준하지 않았다. EU에서 이중용도 품목에 대한 수출, 이동, 중개, 통과 등에 대한 통제를 위한 법(Council Regulation No 428/2009, 동법은 2012년 개정되어 No 388/2012)을 시행하는 것처럼, 미국에서는 수출관리규정(Export Administration Regulations, EAR)을 제정하여 시행하고 있고, 우리나라를 포함한 세계 여러 나라에서 관련법을 시행하고 있다. 이

와 같이 세계 각국은 이중용도 품목의 수출입 통제와 함께 이중용도 연구와 관련된 통제를 동시에 시행하고 있다.

#### (4) 국내 생명과학관련 이중용도 연구 및 품목 규제

우리나라도 국제적 노력에 동참하여 이중용도 연구를 체계적으로 관리하고 있으며, 또한 관련 품목의 수출입을 투명하게 통제하고 있다. 이와 관련된 국내 법규들을 살펴보면 다음과 같다. 1983년 생명공학연구의 기반을 조성하여 생명공학을 보다 효율적으로 육성·발전시키고 그 개발기술의 산업화를 촉진하여 국민경제의 건전한 발전에 기여함을 위해 ‘생명공학육성법’을 제정하였다.

1997년에는 동법 및 시행령에 따라 ‘유전자재조합실험지침’이 마련되었다. 이 지침은 유전자재조합실험의 생물안전성을 확보할 수 있는 절차 및 세부사항을 정함으로써 유전자변형생물체의 전파·확산에 따른 생물학적 위험발생을 예방하고, 생명공학연구를 촉진시키는 것을 목적으로 하고 있다. 이 지침에는 생물체의 위해정도에 따라 1 위험군에서부터 가장 위험한 4 위험군까지 4가지로 구분하였으며, 밀폐연구시설 또한 생물안전 1등급시설부터 4등급시설까지 4가지로 구분하였다. 안전확보 절차에 따라 실험을 국가승인실험, 기관승인실험, 기관신고 실험, 면제 실험으로 나누었는데, 국가승인 대상실험은 반드시 질병관리본부장의 사전승인을 얻어야 한다. 그 외에 생물안전위원회의 구성과 역할을 설명하고 있다.

병원체 연구의 관리를 위한 일환으로 2000년 ‘전염병예방법’을 개정하여 전염병 병원체의 검사, 보존 및 관리에 관한 조항을 신설하여 병원체를 체계적으로 관리하기 시작하였다. 환경에 방출되었을 경우 사람과 환경에 매우 위험한 생물체인 ‘고위험병원체’의 관리 강화를 위해 2005년에 이 법을 다시 개정하여, 고위험병원체 32종을 정

하고 고위험병원체의 분리 및 이동 신고를 의무화하였다. 이후 2009년에는 이 법을 ‘감염병의 예방 및 관리에 관한 법률(이하 감염병예방법)’로 전부 개정하였다. 감염병예방법에서는 고위험병원체를 35종으로 정하며, 법의 적용받는 대상 기관들을 확대했고, 고위험병원체의 분리·이동의 관리가 강화되어 국내 반입에 대한 사전 허가를 받도록 하고 있으며, 그 이외에도 전반적으로 고위험병원체의 관리가 강화되었다.

‘바이오안전성에 관한 카르타헤나 의정서’의 국내 이행법으로서 유전자변형생물체의 개발·생산·수입·수출·유통 등에 관한 안전성을 확보하기 위하여, ‘유전자변형생물체의 국가간 이동 등에 관한 법률(일명 LMO법)’이 2008년 1월 1일 시행되었다. LMO 법에 따르면 유전자변형생물체를 수입하거나 생산하는 자는 관계중앙행정기관의 장의 승인을 얻어야 한다. 관계기관장은 당해 유전자변형생물체의 위해성 등을 심사한 결과 및 당해 유전자변형생물체가 국내 생물다양성의 가치에 미칠 사회·경제적 영향을 고려하여 그 승인 여부를 결정하도록 하고 있다. 즉, 유전자변형생물체 개발 및 실험에 대해 국가 승인제도를 시행하고 있다. 또한, 유전자변형생물체를 개발하거나 이를 이용한 실험을 하는 연구시설을 설치·운영하고자하는 경우 관계중앙행정기관의 장의 허가를 받거나 신고를 하도록 하고 있다. 이 법은 2013년 3월에 개정되어 12월 12일에 시행되었으며, 이에 따라 개정된 통합고시에는 생물안전에 대한 사항들이 구체화되고, 강화되었다. 예를 들어 유전자변형생물체를 국내에 수입할 경우 통관 이전에 수입 검사를 하도록 하였고, 생산공정 이용시설의 설치허가에 관한 사항을 추가하였으며, 생물안전 2등급 이상의 시설을 설치·운영하는 기관에 생물안전관리책임자(생물안전관리자)를 지정하도록 하였으며, 실험연구종사자들이 생물안전교육을 매년 이수하는 것을 의무화했다.

국제 ‘생물무기금지협약’을 준수하고, 생물무기 제조금지, 관련제조와 수출입을 규제하기 위해 2006년 ‘화학무기·생물무기의 금지와 특정화학물질·생물작용제

등의 제조·수출입 규제 등에 관한 법률(생물무기금지법)’을 제정하였다. 이 법에서 ‘생물작용제’란 자연적으로 존재하거나 유전자를 변형하여 만들어져 인간이나 동식물에 사망, 고사(枯死), 질병, 일시적 무능화나 영구적 상해를 일으키는 미생물 또는 바이러스로서 대통령령으로 정하는 물질로 정의하고 있다. 생물작용제를 제조하는 것을 금지하고 있으나, 질병의 예방과 치료 등 평화적인 목적 등에 한해 산업통상자원부장관에게 미리 신고를 하도록 하고 있다. 다만 ‘감염병예방법’에 따라 질병관리본부에 고위험병원체의 분리·이동 신고한 경우, ‘가축전염병예방법’에 따라 농림축산검역본부에 가축전염병 병원체의 분리신고한 경우에는 산업통상자원부 장관에게 제조신고 한 것으로 간주한다. 생물작용제를 보유하고자 할 경우 한국바이오협회에 신고를 하고, 매년 2월에 보유현황을 보고 하도록 하고 있다. 역시, 질병관리본부와 농림축산검역본부에 보존 현황 제출 또는 보존관리 한 경우 한국바이오협회에 보유신고 한 것으로 간주한다. 생물작용제의 수입도 산업통상자원부에 허가를 받아야 하며, 예외로 ‘가축전염병예방법’과 ‘식물방역법’에 따라 농림축산식품부에 허가를 받은 것을 허가로 인정한다.

1986년에 제정된 ‘대외무역법’에는 ‘전략물자’의 수출입에 대한 규제를 포함하고 있다. 전략물자란 재래식무기 또는 대량파괴무기와 이의 운반수단인 미사일의 제조, 개발, 사용 또는 보관 등에 이용 가능한 물품, 소프트웨어 및 기술로서 국제 평화와 안전유지, 국가안보를 위해 수출입에 제한을 받는다. 이 법에서는 인수공통병원체, 식물병원체, 독소, 유전적 성분 및 유전자변형생물체, 그리고 이를 생산하는데 필요한 기기와 설비, 기술을 전략물자로 정하여 통제품목에 넣고 있다. 우리나라는 대외무역법 및 다자간 국제수출통제체제의 원칙에 따라 산업통상자원부장관이 전략물자기술수출입통합고시 별표 2에서 3에 전략물자를 고시하고 있다.

〈표〉 국내 생명과학관련 이중용도 연구 및 품목 규제에 관련된 법

국내법	관련 국제협약	대상	주요내용
생명공학육성법- 유전자재조합 실험 지침		· 생물안전 확보를 위한 전 반적인 절차 및 세부사항	· 생물체의 위험군분류 · 생물안전연구시설 설치 운영 기준 · 생물안전위원회 운영 · 생물안전교육
감염병예방법		· 고위험병원체 35종	· 고위험병원체의 분리 및 이동신 고, 반입허가, 안전관리
LMO법	· 생물다양성협약- 카르타헤나의정서	· 보건복지부장관이 정하는 병원체를 대상으로 하는 LMO실험	· LMO 수입, 개발 · 실험 승인 · 연구시설 설치 · 운영 신고 및 허가
생물무기금지법	· 생물무기금지협약 (BWC)	· 생물작용제, 독소	· 생물작용제의 제조, 보유, 수입
대외무역법		· 생물작용제, 독소, 기기, 설비, 기술	· 생물작용제, 독소, 생산 기기, 설비, 기술 등의 수출입

### Ⅲ. 맺는말

현대 생명과학기술은 급속도로 발전해 가고 있다. 2003년 발생한 사스 바이러스 감염, 고병원성 H5N1 조류인플루엔자 인체 감염, 2009년 H1N1 인플루엔자의 대유행, 최근에 서아프리카 지역에서 발생한 에볼라 바이러스 감염 등 신 · 변종 병원체에 의한 감염사고의 발생은 더욱더 의생명과학분야의 발전을 가속화시키고 있다. 앞서 2011년에서 2012년에 일어난 고위험 H5N1 변형 바이러스의 연구결과와 관련된 일련의 사건들을 통해 생명과학의 발전으로 인해 이중적 사용의 우려가 함께 커져 있는 것을 알게 되었다. 1970년대부터 생명과학기술의 이중용도에 대한 우려가 시작되었고, 범세계적으로 이를 예방 및 통제하기 위한 법률적 제도장치들을 만들었다. 고위험 H5N1 변형 바이러스 사건은 기존제도의 문제점을 확인하고 보완하는 좋은 계기가 되었다.



생명과학은 이중적 사용의 우려에서 자유로울 수 없다. 하지만, 우리에게 가져올 수 있는 긍정적인 면과 부정적인 면을 생각해서 긍정적인 면이 더 많다면, 그것을 취하고 부정적인 면을 최소화하는 방안을 마련해야 할 것이다.

이중적 사용의 부정적인 면을 줄이는 방안을 몇 가지 제안한다면, 그 첫 번째로 법, 제도의 개선을 들 수 있을 것이다. 앞서 기술한 바와 같이 우리나라는 이중용도 연구 및 품목들이 국가적인 차원에서 엄격히 관리·통제되고 있다. 국가 주도의 관리 및 통제는 반드시 필요하지만, 불필요한 규제는 최소화하여 관련 연구의 활성화를 꾀해야 할 것이다. 또한, 현재 정부 각 부처별로 관련법을 시행하고 있고, 이로 인해 중복 혹은 혼란의 발생 가능성이 있다. 따라서 통합된 제도의 마련 혹은 기존 제도를 설명할 수 있는 충분한 홍보가 필요할 것이다. 둘째, 연구기관과 연구자들의 교육이 필요하다. 연구자들은 연구수행 능력이 물론 중요하겠지만, 그에 앞서 이중용도 연구에 관련된 생물안전·생물보안에 관련된 법률과 지식을 숙지하고 이해함으로써 잠재적으로 발생할 수 있는 생물안전·생물보안 사고를 미연에 방지할 수 있다. 또한 교육을 통해 연구자들의 자율적인 참여를 유발할 수 있고, 법을 알지 못하는 것 때문에 받을 수 있는 불이익을 피할 수 있다. 끝으로, 국가적인 차원에서 생물안전·생물보안 전문인력의 양성이 필요하다. 국내에는 생물안전·생물보안 전문가가 매우 부족한 실정이다. 이 전문가는 생물안전·생물보안 관련 법규를 이해하고, 위해성 평가능력을 지니고, 생물안전관리자를 교육할 수 있는 수준의 사람을 의미하며, 이들을 국가 정책의 자문과 국가승인대상 이중용도 연구계획 심의, 생물안전관리자 및 기관 생물안전위원회 위원들의 교육에 활용할 수 있을 것이다.



## IV. 참고문헌

1. Herfst S, Schrauwen EJA, Linster M, Chutinimitkul S, Wit E, et al. Airborne Transmission of Influenza A/H5N1 Virus Between Ferrets. Science. 2012;336:1534-41.
2. Russell CA, Fonville JM, Brown AE, Burke DF, Smith D, et al. The potential for respiratory droplet-transmissible A/H5N1 influenza virus to evolve in a mammalian host. Science. 2012;336:1541-7.
3. Imai M, Watanabe T, Hatta M, Das SC, Ozawa M, et al. Experimental adaptation of an influenza H5 HA confers respiratory droplet transmission to a reassortant H5 HA/H1N1 virus in ferrets. Nature 2012;486:420-8.
4. Fouchier Rom MA, Kawaoka Y, et al. Pause on avian flu transmission studies. Nature 2012;481:443.
5. Report on technical consultation on H5N1 research issues. WHO. Geneva. 16-17 Feb. 2012.
6. Meeting of the National Science Advisory Board for Biosecurity to Review Revised Manuscripts on Transmissibility of A/H5N1 Influenza virus. Statment of the NSABB 2012: 29-30.
7. Declan Butler. Mutant-flu researcher plans to publish even without permission. Nature. 2012. 17 April 2012.
8. Brendan Maher. Bird-flu research: The biosecurity oversight, Nature 2012.
9. Council Regulation (EC) N428/2009 of 5 May 2009.
10. United States Government Policy for Oversight of Life Sciences Dual Use Research of Concern. NIH. 29 Mar. 2012.

# 생물테러 대비 신속 정확 분자진단 시스템 개발

金 成 佑

나노바이오시스(주) 대표이사

## I. 요 약

2000년 초 미국에서 탄저균 생물 테러이후 전 세계적으로 이에 대한 공포와 우려가 확산이 되었고, 각 국가 전문 기관들과 군사 전문가들이 이에 대한 신속한 대응 방안을 마련하려는 시도들이 있어왔다. 2013년 8월 12~16일 스위스 제네바에서 열렸던 생물무기금지협약(Biological Weapons Convention, BWC) 전문가회의에서 이에 관련된 이슈들을 다루면서, 나노바이오시스(주)에서 개발한 "랩칩 기반 초고속 분자진단 시스템"을 새로운 대응 기술로 소개하게 되었다.

### 〈그림 1〉 BWC 전문가회의 초청 나노바이오시스(주) 신기술 발표 참석



## II. 서 론

스위스 제네바에 소재하는 유엔군축실(United Nations Office for Disarmament Affairs)의 BWC 이행지원국(Implementation Support Unit)에서는 매년 생물학적 무기 개발, 생산, 및 축적 금지 및 폐기에 관한 각국 대표 회의를 개최하고 있다. 2013년 BWC 전문가회의는 8월 12~16일 사이에 개최 되었으며, 의장의 초청으로 나노바이오시스(주)에서 개발한 랩칩 기반의 real-time PCR 시스템으로 현장에서 바이러스, 박테리아, 곰팡이 등의 세균 유전자들을 15분 이내에 초고속 정밀 진단할 수 있으며, 향후 무선으로 통신 할 수 있는 단계에 가까이 왔음을 보여주는 신기술을 발표하도록 요청받았다.

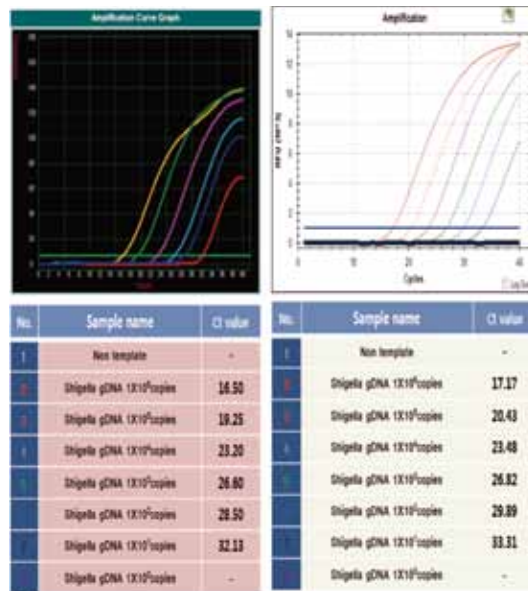
이 회의의 주요 의제는 1) BWC 제10조항의 규정에 따른 협력 및 조력의 강화, 2) BWC에 관련된 과학 및 기술의 개발 검토, 3) 각 국가에서의 협약 이행 강화이다. 생물학적 세균들의 특별 감시, 진단, 및 대처를 위한 새로운 과학과 기술의 발전, 특히 휴대용 real-time PCR을 이용한 현장에서의 신속 정확 진단 기술 발전이 큰 관심거리가 되었다. 세계 각국에서 과학기술(Science and Technology) 발전 검토 의제 부문의 초청자 8명 중의 한사람으로 나노바이오시스(주)의 김성우 대표/의학박사가 선정되어 “Production of state-of-the-art PCR diagnostic equipment”에 대한 개발 내용을 발표하게 되었다. 현재 동 사는 세균들의 유전자를 10분 이내에 증폭 정량하는 LabChip-based real-time PCR 기술을 보유하여 상용화하고 있다.

### Ⅲ. 본 론





현장 진단에서 요구되는 5가지 중요한 요소는 신속성, 정확성, 민감도, 경제성 및 휴대성이라 볼 수 있다. 작은 화학 물질을 신속 정확하게 검출 하는 현장 진단용 시스템은 많이 개발되어 있으나, 단백질이나 유전자를 신속 · 정확하게 진단하는 시스템들은 아직 미숙한 단계에 있다. 항원 항체를 이용한 면역 진단 시스템의 경우에는 Rapid Immunoassay Kit와 같이 현장에서 신속하게 진단하는 기술이 있기는 하지만, 정확도와 민감도 부분에서 너무나 낮아 이 기술을 쓰기에는 불합리한 경우가 종종 있다. 정확도나 민감도에서는 분자 진단법을 따라 갈 수 있는 것은 현재 거의 없다고 보는 것이 맞다. 그러나 이방법의 단점은 속도가 느리고 장비가 크며 장비 가격 및 진단 시약 가격도 비싸다. 이를 극복하기 위한 시도가 지난 20년 동안에 부단히 일어났지만 탁월하게 눈에 띄는 성과들은 없었다. 나노바이오시스(주)에서는 랩온어칩 기술<그림 2>이라는 신기술을 도입하여 랩칩 기반의 초고속 정량 real-time PCR을 개발하여 주목을 끌게 되었다. 기존 기술에 비해 2-10배 빠른 속도, 25-50% 크기의 소형화 및 저렴한 경쟁력 있는 가격 등의 큰 장점을 가지면서, 정확성과 민감도를 기존 real-time PCR과 동등성을 갖도록 개발하여, 현장 진단용 세균 유전자 진단 시스템으로서의 우위성을 보였다<그림 3 참고>.

〈그림 2〉 나노바이오시스(주) Labchip 기술





〈그림 3〉 유전자 진단 시스템 비교

Compound	Nanobiosys	Life technologies	Roche	Illumina
Name	G2-3/4	ABI step one	LC nano	Eco
Figure				
Test number	16	48/96	24	48
Tube type	LabChip	Plate/Strip	Strip	Plate
Test volume	8 ~ 12 ul	20 ~ 50 ul	20 ~ 50 ul	20 ~ 50 ul
Running time	15 min	60 min	50 min	60 min
Size(WxDxH) Weight	8.4" X 9.1" X 10" 5.5kg	9.7" X 20.4" X 19.1" 23.6kg	9.45" X 9.06" X 10.63" 7kg	12" X 12" X 13" 13.6kg
	✓ Small & Light ✓ nexpensive ✓ Short operation time	✓ Large & Heavy ✓ Expensive ✓ Long operation time		

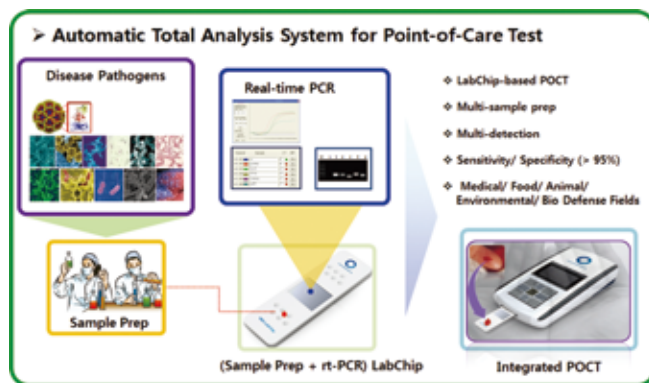
## 1. 현장 진단용 기술 현황

생물테러가 발생할 시, 현장에서 신속 정확하게 측정하여 질병관리본부 생물테러 대책반이나 국가비상운영 대책반에 무선으로 신속하게 연락을 취하여 대책을 마련할 수 있는 시스템 혹은 장비가 필요하다. 이때 사용하는 장비는 사용하기 간편하고 값싸게 진단할 수 있어야 하며, 신속·정확하게 단 한 마리의 세균까지도 검출할 수 있는 민감한 결과를 얻어 낼 수 있어야 한다. 현재까지 이러한 요건들을 충족시킬 수 있는 진단법은 개발되어 있지 않다. 가장 중요한 민감도와 정확도는 분자 진단법이 가장 우수한 것 중의 하나로 알려져 있다. 그러나 이러한 기기는 일반적으로 복잡하고 크며 속도가 느리다는 단점을 가지고 있어 이를 극복하기 위한 시도들이 계속 이어져 왔었다.

## 2. 랩온어칩 기반의 초고속 전처리 시스템 및 real-time PCR 개발

현장에서 세균들을 신속 정확하게 측정해 내기 위해 가장 먼저 개발 되어져야 할 핵심 요소들은 1) 초고속으로 세균 유전자를 샘플에서 직접 증폭 및 정량할 수 있는 시스템 구축, 2) 기기를 간편하게 운반 및 조작할 수 있도록 포터블 형태로 단순 소형화, 3) 세균별 특이적으로 민감하게 검출할 수 있는 효율적인 진단 키트로 볼 수 있다. 이를 개발해 내기 위한 많은 시도들이 있어 왔지만, 아직도 만족 할 만큼의 기술을 갖추지 못해 왔었다.

〈그림 4〉 나노바이오시스(주) 랩온어칩 기술과 real-time PCR 기술 접목







최근에 나노바이오시스(주)에서는 랩온어칩 기술을 real-time PCR 기술에 성공적으로 접목시켜 위에 제시된 문제점들의 상당 부분을 극복하여, 향후 현장 생물테러 진단에 필요한 중요 기반 기술들을 확보하고 방향을 바르게 제시하여 주었다.

기존에 세균들을 직접 증폭 정량 하는 기술들이 개발 되었는데, 일반적으로 분석하는 시간들이 60분~120분 정도 소요되고, 장비도 크기 때문에 현장에 들고 가기에 힘든 단점이 있었다. 이러한 단점들을 극복하기 위해 장비나 시약측면에서 10~20년 동안 개발을 지속적으로 해 왔었지만 뚜렷하게 두각을 나타낸 기술적 진보는 거의 없었다. 최근에 바이오 맴스라는 새로운 기술 분야가 관심을 끌면서 랩온어 칩 기술을 이곳에 접목 시키려는 시도들을 많이 해왔었다. 나노바이오시스에서는 일회용 플라스틱 칩과 독특한 방식의 real-time PCR 기기를 접목하여 유전자 증폭 정량 속도를 10분(30 cycles of real-time PCR) 이내로 단축시키면서 장비 크기도 기존 장비들에 비해 훨씬 소형화 시켜 5.5kg 정도의 포터블이 가능한 크기로 줄이는데 성공을 하였다. 이뿐만 아니라, 장비의 가격 및 분석 비용까지도 상당히 감소시켜, 현장 진단 적용에 아주 가깝게 다가왔음을 증명하였다. 이 기술을 이용하면, 이론적으로는 가장 아이디얼한 현장 진단용 세균 분석 시스템을 만들어 낼 수 있다고 여겨졌지

만, 실용적인 증명을 해 보이는 데는 오랜 시간이 걸려 왔다. 이러한 기반 기술을 바탕으로 식중독, 결핵, 신종플루, 노로바이러스, 구제역 등과 같은 박테리아 혹은 바이러스성 세균을 신속 정확하게 진단하는 시스템과 진단 키트들을 개발하여 상용화를 진행하고 있다.

〈그림 5〉 나노바이오시스(주) 기술 기반 개발 상용화 진행 범위

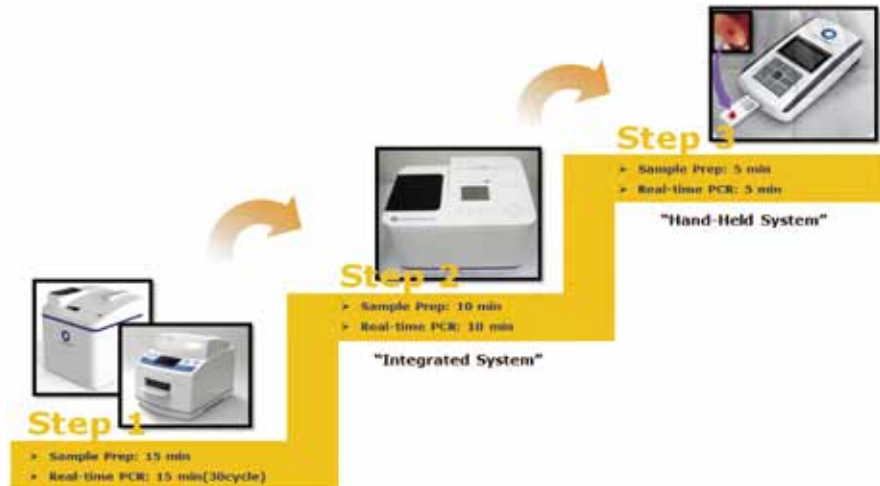
Bio-defence/ Environment	> SARS, Super Bacteria, Environmental bacteria, Fungi, etc. 
Medical Diseases	> Respiratory infectious diseases, Cancers, TB, HIV, etc. 
Food & Animal Diseases	> Food pathogens, GMO, AI, Foot-and-mouth disease, etc. 
Medical Research	> Biotechnology, Physiology, Neuroscience, Microbiology, etc. 

### 3. 스마트폰 크기의 통합 자동화 시스템

보다 정교한 시스템으로 발전시키기 위해서는 생물테러 세균이 오염된 샘플로부터 유전자를 분리하고 연속해서 유전자를 증폭 정량하는 기술을 탑재하는 것이 더욱 유용하다. 나노바이오시스(주)에서는 이러한 시스템을 프로토타입으로 이미 만들어 실용화 단계로 진입 중에 있다. 샘플을 넣어 주면 자동으로 유전자를 분리해 내고 정량 분석까지 신속하게 해줄 수 있게 된다. 현재 동사에서 가지고 있는 기술에 비추어 보면 30분~40분 정도면 가능해 보이는 것으로 추정된다. 현재까지 상용화된 기기들을 사용할 때 분석 시간이 2시간~6시간 정도 소요된다. 뿐만 아니라 이러한 기술들에 무선 통신시스템을 탑재하면 생물테러 세균 현장 진단 시스템으로 이용할 수 있는 것이다.



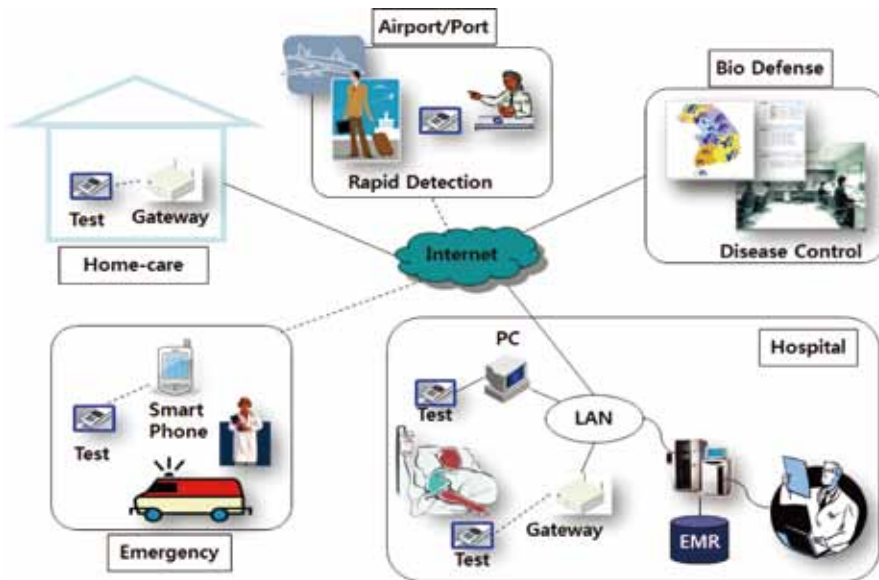
〈그림 6〉 현장 진단 통합 자동화 시스템 상용화 단계



## IV. 결 론

불안정한 국제 정세, 북한의 도발적인 행위들, 최근 웨스트 아프리카 지역에 발생한 에볼라 바이러스 위협 등을 고려할 때, 현대에 사는 우리는 핵 위협 뿐 아니라 생물학전 위험도 높아지고 있다고 보여진다. 이는 우리나라에만 국한되는 것이 아니라, 세계 각국에서 생물테러 위협이 높아지고 있다고 보아야 할 것이다. 이에 대한 대책으로 생물학전 혹은 생물테러 대비 현장에서 신속·정확한 진단 및 치료할 수 있는 효율적인 시스템의 구축이 절실히 요구되고 있는 시점인 것이다. UN에서는 이러한 대비를 위해 이에 적합한 새로운 기술 접목을 통한 “신속 정확 간편 경제적 현장 진단 시스템”을 찾아 미리 준비하고자 하는 것이다. 이러한 U-healthcare 개념의 신 기술은 생물학적 세균 진단 외에도 각종 인간 질병 진단용, 동물 진단용, 식품 세균 검사용, 환경 오염 세균 분석용, 그리고 의료 연구용 등으로도 유용하게 적용 될 수 있기 때문에 이러한 분야의 기술 개발은 향후 인류에게 중대한 기여를 할 것으로 보여진다(그림 7 참조).

〈그림 7〉 U-healthcare 개념의 신기술 적용 기술 개발



# 실시간 부유 생물무기 감시 장비 개발 동향

崔 基 鳳

국방과학연구소 책임연구원

## I. 생물무기 조기 탐지 필요성

생물무기는 제조가 용이하고 화학무기에 비해 매우 낮은 농도로도 살상 효과가 크며 인체 감염 후에는 스스로 증식하고 잠복기를 거쳐서 발병된다. 발병 시에는 기하급수적으로 전염되기 때문에 목표 대상뿐만 아니라 불특정 다수의 생명을 파괴한다. 생물무기 공격으로부터 아군의 피해를 최소화하고 전투력을 유지하기 위해서는 야전에서 빠른 시간에 생물무기 공격 여부를 조기에 탐지하는 장비가 필요하다. 또한 민간에서도 대테러 위협이 증대되고 있는 현실을 고려할 때 주요시설이나 다중이용시설에 대한 생물학 테러 대비 실시간 탐지 장비가 필요하다.

## II. 생물무기 탐지 단계

생물무기 탐지단계는 감시(Monitoring), 경보(Alerting), 수집(Sampling), 탐지(Detecting), 추정식별(Identifying), 보고(Reporting) 및 표본후송(Evacuating Sample)등으로 구성되어 있다.

감시단계는 부유하는 입자의 크기, 농도, 형태 및 형광특성 등을 분석하여 이상징후를 포착한다. 탐지단계는 단백질, DNA, ATP나 효소 등 생물무기의 구성성분의 농도를 측정하여 생물무기의 존재유무를 분석하는 단계로 미생물과 독소로 구분하여 탐지하기도 한다. 식별단계는 유전자식별기나 면역식별 방식을 이용하여 작용제의 종류를 식별하는 단계이다. 각 단계별 세부내용은 <표 1>과 같다.

**<표 1> 생물무기 탐지단계**

단 계	내 용
감시 (Monitoring)	· 공기 중에 있는 특정 크기의 에어로졸 입자 개수, 크기 및 특성을 지속적으로 관찰하여 생물학전 징후 포착
경보 (Alerting)	· 생물학전 징후에 대한 최초 결정으로 생물학작용제 존재 가능성을 나타내는 생물학적 입자 개수 변화 사실 전파
수집 (Sampling)	· 표본 후송 및 식별을 위한 생물작용제 의심 입자 표본 수집
탐지 (Detecting)	· 수집된 생물작용제 의심 입자 표본의 작용제 여부 판단 (장비에 따라 박테리아, 독소 또는 포자 등으로 포괄적 구분 가능)
추정식별 (Identifying)	· 수집된 생물작용제 의심 입자와 일련의 사전 지정된 작용제 종류와의 일치여부 확인을 통한 간접적 식별공
보고 (Reporting)	· 초기 감시 단계부터 사전 지정된 계통을 통해 보고하고 통제 센터에서 생물학전 발생 여부 판단
표본후송 (Evacuating a Sample)	· 추정식별 입자를 수집, 포장하여 획득 경위 관련 자료와 함께 추가식별 및 생물학전 증거확보를 위해 지정 시설로 후송

이와 같이 감시, 수집, 탐지, 식별의 단계를 거치는 이유는 감시, 탐지, 식별의 순으로 분석의 정확도는 향상되나 분석 시간이 오래 걸려 분석 비용도 많이 소요되기 때문이다. 통상 감시는 거의 실시간으로 이루어지지만, 탐지는 수분, 식별은 수십분에서 수일이 걸리기 때문이다. 따라서 감시를 실시간으로 하고 있다가 감시가 되었을 때 수집을 하여 탐지를 하고 탐지에서 양성 반응이 나왔을 때 식별을 실시하는 운용 개념을 가지고 있다. 이는 신종플루 유행 시 공항에서 열상장비를 이용하여 얼굴의 체온을 실시간으로 측정하고 이상이 있는 사람만 체온을 측정하고 특이적으로 체온이 높은 사람만 채혈하여 정밀 분석을 실시하는 과정과 유사하다고 할 수 있다. 즉, 이

런 단계적 접근 방법이 가장 시간을 절약하면서 경제적인 방법이라고 인정되기 때문에 미군과 한국군의 생물학전 운용개념도 이런 절차를 따르고 있다.





널리 통용되는 생물무기 탐지 기술은 단백질, DNA, ATP나 효소 등 생물무기의 구성성분의 농도를 측정하는 기술로 형광, 발광, 흡광 측정 기술과 질량분석 기술이 일반적으로 사용되며 식별 기술은 PCR 기기를 이용한 유전자 분석 방법과 항체나 압타머 등을 이용한 다양한 바이오센서 기술 등이 사용된다.

본 보고에서는 실시간으로 부유하는 생물무기를 감시하기 위한 장비의 개발 기술에 대하여 세계적으로 가장 발달된 미국과 한국을 중심으로 분석하고자 한다.

### Ⅲ. 생물무기 통합 탐지 장비 현황

대표적인 생물학 무기 탐지 장비로는 1998년 미 화생방 사령부 창설과 함께 야전 배치된 BIDS(Biological Integration Detection System), JPS(Joint Portal Shield)와 2004년부터 현재까지 연간 약 100여대씩 야전 배치되고 있는 JBPDS (Joint Biological Point Detection System)등이 있으며, 캐나다의 경우 CIBADS(Canadian Integrated Biochemical Agent Detection System)가 있다 <표 2>. <표 3>은 대표적인 생물무기 탐지장비의 특성을 비교한 것이다.

〈표 2〉 미국 및 캐나다의 생물무기 탐지장비

Joint Portal Shield	BIDS (Biological Integrated Detection system)
	
JBPDS (Joint Service Light Nuclear, Biological, and Chemical Reconnaissance System)	CIBADS (Canadian Integrated Biochemical Agent Detection System)
	

〈표 3〉 생물무기 탐지장비의 기능

국가	장비	감시	수집	탐지	추정 식별	경보	표본 후송
미국	DFU*	—	○	—	—	—	—
	JPS	○	○	—	○	○	—
	BIDS	○	○	○	○	○	○
	JBPDS	○	○	—	○	○	○
한국	생물독소 감시기	○	○	—	—	○	○
	생물학 정찰차	—	○	○	○	○	○
	신형 화생방 정찰차	○	○	○	○	○	○

\*DFU : Dry Filter Unit

한편, 국내에서도 생물무기를 탐지하기 위해 생물학정찰차를 개발하여 군에서 운용 중에 있다. 또한 국방과학연구소 주관으로 생물독소분석식별기(BTDS, Biological Agent & Toxin Detection System, 탐색개발)를 개발한 바 있으며 고정형(fixed site) 모델인 생물독소감시기(BTMS, Biological Agent & Toxin Monitoring System) 체계 개발 사업을 완료하였다<표 4>.

〈표 4〉 한국의 생물무기 탐지장비

생물학정찰차	생물독소분석식별기
	
생물독소감시기	화생방정찰차
	

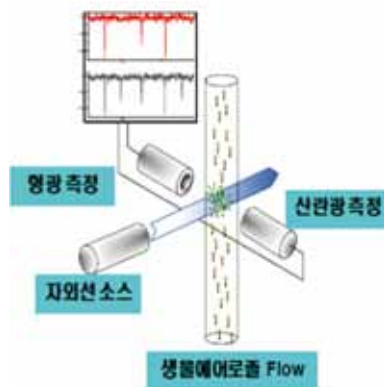
## IV. 실시간 생물무기 감시 장비

### 1. 실시간 생물무기 감시 원리

실시간 생물입자 측정 기술로는 대기 중 부유입자를 흡입하여 선별, 농축한 후 이송된 단일입자에 빛을 조사하여 발생한 산란광(scattering light) 세기와 미약한 형광(fluorescent light) 세기를 측정하여 세균입자인지 일반입자인지를 구분하는 레이저 유도형광 기술이 유일한 방법으로 개발되었으며 최근에는 레이저의 단점을 보완한 UV-LED를 이용한 자외선 유도형광 기술 개발이 진행중이다.

〈그림 1〉은 레이저 유도 형광을 이용한 실시간 생물입자 감시 기술의 원리를 보여 준다. 공기 중에 부유하는 입자를 흡입하여 노즐에 통과시키고 입자가 지나가는 노즐 끝에 자외선 광원을 조사한다. 일반 입자는 조사된 빛에 의해 산란을 일으키며 이 산란광의 크기는 입자의 크기에 비례한다. 생물입자는 산란뿐만 아니라 매우 미약하지만 형광을 발생한다. 따라서 형광과 산란을 각각의 광검출기로 측정하고 있을 때, 일반 입자가 지나갈 때는 산란광만 측정되지만 생물입자가 지나갈 때는 산란광과 형광이 동시에 측정된다.

〈그림 1〉 실시간 생물무기 감시 원리





미세입자 중 생물입자에 극미량으로 존재하는 형광물질은 광원을 흡수한 후 형광을 방출한다. 특히 형광신호는 산란광 신호에 비해 매우 작기 때문에 수집 및 측정 방법의 선택 시 상당한 주의를 요구한다. <표5>는 형광물질 중 대표적인 biological fluorophore를 여기(excitation)와 형광(fluorescence)파장을 중심으로 정리하여 놓은 것이다.

〈표 5〉 Biological Fluorophore에 따른 여기와 형광 파장

Compound	Excitation (nm)		Fluorescence (nm)		Quantum Efficiency	Fluorescence Decay time(ns)
	Range	Maximum	Range	Maximum		
Tyrosine	275	275	303	303	14%	2.6
Tryptophan	240~290	287	330~390	348	13%	2.6
NADH	310~380	210, 260, 340	420~520	470	1.9%	0.4, 1.8
Riboflavin	340~430	267, 375	480~560	535	26%	4.2

380nm에서 405nm 파장의 다이오드 레이저를 광원으로 사용하는 경우 NADH와 Riboflavin가 biological fluorophore로 사용되고 280nm급의 UV-LED를 광원으로 사용하는 경우 Tyrosine과 Tryptophan가 biological fluorophore로 사용된다.

Riboflavin은 380nm이 최대 여기 파장이며 형광은 480~580nm 파장에 걸쳐 이루어지고 약 535nm에서 최대 방출된다. NADH 340~365nm에서 여기되어서 380nm 부근의 형광을 발생한다.

일반적으로 270~280nm 파장에서는 단백질의 구성성분인 Tyrosine과 Tryptophan 관련 형광이 생성되며, 생물입자가 아닌 경우에도 형광이 발생하기도 한다. 그 예로 유기오염물질은 공기 중에서 오존과 작용하여 300~800 nm의 형광을 발생한다. 270~280nm 파장의 광원으로는 Xenon, Nd:YAG 또는 UV-LED 사용.

## 2. 실시간 생물무기 감시의 연구 역사

### (1) Jim Ho, Hairston in DRES and TSI

바이오 에어로졸 트리거의 개발에 초기 작업은 1980년대 후반 중반에 시작하여 1990년대 중반에 뿌리를 내렸다. 캐나다의 국방기관 DRES(Defence Research Establishment Suffield)에서 Jim HO는 자외선 cytofluorometer의 아이디어를 적용하여 대기 입자 UV-LIF 트리거 시스템을 개발했다.

Jim Ho의 아이디어로 TSI사는 APS를 기반으로 기존 산란 측정뿐만 아니라 형광 검출이 가능한 형광 에어로졸 입자 센서(FLAPS)를 제작하였다. 미군의 경우 FLAPS 하드웨어의 최신 버전은 UV-APS로 알려져 있다. 형광 측정 능력과 그 이후의 개발 및 추가 개선은 Jim Ho의 발명으로 근거했다. 1994년 FLAPS I 시제품은 캐나다의 통합 생물탐지시스템(CIBADS) 필드 테스트를 위한 트레일러에 완료, 설치되었다.

2세대 FLAPS2는 캐나다와 ECBC가 공동으로 1995년과 1996년에 개발하였고 시제품은 TSI에 의해 제작되었다. FLAPS2는 광원으로 고체레이저(tripled Nd:YAG) 소스를 사용하여 입자가 지나가는 노즐 끝에 조사하고 이때 발생하는 형광과 산란을 측정한다. 광원이 연속광이 아니고 맥파(pulsed wave)이며 주파수가 20,000Hz이므로 초당 최대 20,000개의 입자만이 측정 가능하다. 이 시스템은 1999년에 미 육군 P3I BIDS, 캐나다 해군 CIBADS시스템에 의해 적용되었다.

FLAPS3는 광원으로 405nm의 다이오드 레이저를 사용하는 특징이 있다. 또한 세광 검출 채널을 사용한다(형광산란 2개, 탄성산란 1개). 연속광원인 다이오드 레이저를 사용하기 때문에 측정 입자수의 증가가 기대되었으나 실제 성능은 2세대 장비와

비슷한 수준이다. 이는 광원은 비록 연속광원이지만 신호처리 속도 등의 보완이 아직 완성되지 않았음을 암시한다.

〈표 6〉 실시간 생물무기 감시 장비의 개발 단계

	1세대	2세대	3세대
형상			
원리			
장비	· APS	· UVAPS-3314	· UVAPS-3317
장점	· 산란측정 · Time of flight	· 산란+형광 측정 · PW 레이저(355nm) · 일반/생물입자 구분	· 산란+형광 측정 · CW DL(405nm)
단점	· 형광 구분 불가	· 레이저 유지보수 · 측정입자수 제한	· 감도 제한 · 측정입자수 제한

## (2) ECBC(미국)

2004년에 개발이 시작된, 적은 비용, 컴팩트, 경량, 저전력 UV-LIF 트리거로 알려진 TAC-BIO는 DARPA의 SUVOS 과제로 개발되었다. 그 장치의 구성은 하나의 산란 측정 채널과 하나의 형광 측정 채널을 이용하여 유도된 형광과 산란을 측정한다. 광 원으로는 340nm의 UV-LED를 사용하고 광측정기는 2개의 PMT를 사용한다.

자동정렬 광학시스템은 발광을 위한 UV 플라스틱 렌즈와 신호 수집을 위한 반사 광학계로 매우 간소하다. 센서의 크기는 약 0.25 ft, 배터리를 제외한 무게는 7 lbs 이며, 6 watt 전력을 소비한다. 약 직경 5 $\mu$ m 이하 입자 크기를 가진 일반 중균 중 하나인 바실러스 글로비지(bacillus subtilis globigii) 측정을 위해 에어 1리터에 약 100개 작

용제를 포함하는 합리적인 ROC 커브 수행을 가진 장치가 보고된 바 있다.

TAC-BIO II는 몰딩을 이용하여 플라스틱 재질로 작고 가볍게 만들었으나 여전히 340nm의 UV-LED를 사용하기 때문에 성능은 TAC-BIO I과 유사하다<표 7>.

국방과학연구소와 미국의 ECBC 및 ARL은 광측정기로 TAC-BIO II에서 사용하는 PMT를 대체할 UV-APD를 공동개발 할 계획이다.

〈표 7〉 미국 Tac-Bio 개발 현황

TAC-BIO I	TAC-BIO II
	

### (3) Lincoln Laboratory

틀림없이 가장 성공적인 입자 감시 장비의 발전은 Lincoln Laboratory에서 발생했다. 실험실은 적어도 3개의 바이오 에어로졸 트리거 시스템(BAWS, BAST, RAAD)을 가지고 있다.

바이오 에어로졸 위협을 감지와 식별을 위한 광학 기술의 개요는 2009년에 Lincoln Laboratory에 의해 발표됐다. LIF 트리거 감지 하드웨어와 알고리즘 설명이 쉽게 쓰여진 설명서가 Dr. Tom Jey에 의해 링컨 실험실 저널에 발표됐다.


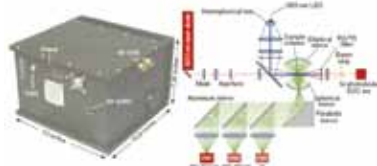
## 1) BAWS

BAWS(생물작용제 경고 센서)는 1996부터 2000년까지 Lincoln Laboratory에서 개발되었다. BAWS는 생물작용제 감시기를 광학기반으로 하는 최첨단 리얼타임 장비이다. BAWS는 JBPDS를 위한 트리거를 기반으로 하는 형광이고, BAWS는 펄스 q 스위치 4차 조화파 레이저 소스를 이용하고, 주로 tryptophan을 타겟으로 한다. 작고, 튼튼한 프리퀀시 업컨버팅 Nd:YAg 레이저는 BAWS 개발을 위해 Lincoln Laboratory에서 개발됐다.

## 2) BAST and RAAD

RAAD는 Lincoln Laboratory와 ARL, ECBC가 협력 개발했다. RAAD는 다양한 파장에서 장치를 통과하는 각각의 입자 측정이 가능하다. 성능은 매우 신뢰할 수 있다. RAAD는 808, 266, 355, 1064 파장 레이저를 이용한다. 이 4개의 파장을 이용하면 탄성 스캐터, 형광, 그리고 LIBS 신호가 수집된다. RAAD는 저렴하게 디자인 되어있지 않지만, 상당히 신뢰할 수 있는 장치이다.

〈표 8〉 Lincoln Laboratory 연구 현황

BAWS	BAST
	

#### (4) BIRAL(영국)

##### 1) VeroTect

VeroTect는 ASAS(Aerosol Size And Shape) technology를 이용하여 산란으로부터 입자의 크기 및 형태를 분석하고 형광으로 생물입자를 판별하여, 실시간으로 바이오물질 모니터링 및 분석하는 시스템이다. 군사 기술용으로 영국정부의 허가가 있어야 판매 가능하다. Xenon lamp 사용하여 280nm로 여기하고 330nm~650nm와 420nm~650nm의 형광 채널을 갖고 있으며, 2 l/min 속도로 분석하고 측정 입자 범위는  $0.5\mu\text{m}$ ~ $15\mu\text{m}$ 로 최대 20,000 입자/초로 분석 가능하다.

##### 2) AFS

AFS(Aerosol Fluorescence Sensor)는 VeroTech의 형광입자 감시 부분을 상용화한 제품으로서 280nm로 여기하고 300nm~420nm 와 420nm~600nm의 형광 채널을 이용하여 실시간 에어로졸 형광을 검출한다. AFS는 단독으로 운용하여 형광을 검출하거나 Aspect(single particle size and shape analysis system)과 결합하여 입자의 크기 및 입경을 동시에 측정하여 입자의 다양한 특징을 확인하는데 이용이 가능하다.

〈표 9〉 영국 Biral사의 연구 현황

BAWS	BAST
	 

### (5) 입자감시기(한국)

국방과학연구소 주관으로 개발 완료한 생물독소감시기의 핵심장비로 405nm 다이오드 레이저를 광원으로 산란/형광 빔스플리팅 방식 적용으로 형광 신호를 증가시키고 렌즈/핀조립체 형태의 빔덤퍼를 적용하여 잡음을 획기적으로 감소시켜 감도가 우수하다. 특히 한국적 환경에 적합한 감시알고리즘을 개발하여 탑재하였기 때문에 오경보율이 매우 작으며 초당 측정가능 입자수도 13만개로 세계 최고 수준이다.

국방과학연구소에서는 이 입자감시기 기술을 필요로 하는 기업에 이전해주고 있으며 이미 이 기술을 이전받은 삼양화학공업(주)에서는 민수용 제품을 제작하고 있다.

### (6) 생물입자 탐지용 소형형광센서(한국)

한국에서도 405nm 다이오드레이저 기반의 생물독소감시기 개발 기술을 바탕으로 280nm급 UV-LED를 광원으로 사용하는 휴대용 소형형광센서를 개발 중에 있다.

〈표 10〉 개발이 완료된 실시간 생물입자 감시 장비

장비명	CIBADS	JBPDS	VeroTect	C-FLAPS
제조국	캐나다	미국	영국	캐나다
형상				
광원	PW Nd:YAG	PW Nd:YAG	PW Xenon	CW Diode

장비명	CIBADS	JBPDS	VeroTect	C-FLAPS
여기파장 (nm)	355	266	280	405
신호수집 (%)	50	50	50 이하	50
비오염 연속농축	보유	미보유	일부보유	보유
측정 가능입자수	24,000/초	10,000/초	20,000/초	16,700/초
흡입유량 (lpm)	350	20	33	350
광학계 유지보수	필요	필요	필요	불필요
빔덤퍼	분말코팅형	분말코팅형	분말코팅형	분말코팅형
광경로 점검	불가능	불가능	불가능	불가능

## V. 실시간 생물무기 감시 발전 방향

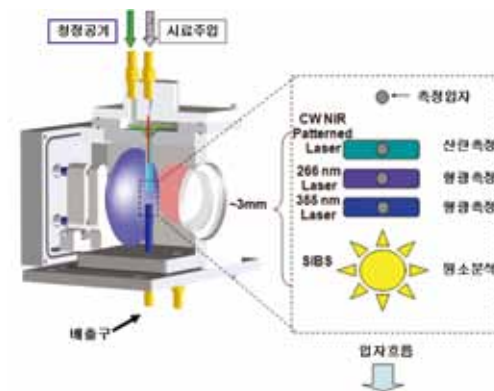
형광 분석에 의한 실시간 생물입자 측정 장비가 대기 중 간섭물질에 의한 오경보를 발생할 우려를 해소하기 위하여 입자 분석 기법에 원소분석 기법을 병용한 새로운 기술이 미국의 ECBC, NRL 및 LL-IMT 공동연구로 시도되고 있다.

대기 중 시료는 1단계에서 다양한 파장의 레이저와 상호작용하여 생성된 산란광으로 입자 크기, 속도와 위치를 측정하여 SIBS 방전 목표가 되는 입자를 선별하고, 2단계에서는 1단계에서 물리적 특성을 알아낸 2~10 $\mu$ m 입자의 다양한 생물유도형광을 분석하여 잠재적으로 생물입자 여부를 판단한다. 3단계에서는 2단계에서 시료가 생물특성을 보일 때 3단계에서 SIBS 방전을 동일한 입자에 적용하여 플라즈마 상태로 만든 후 Ca, Mg, Na, K 등 원자 스펙트럼을 측정한다. 4단계에서는 1단계에서 3단계까지의 정보를 바탕으로 생물학 작용제를 분별하는 기술을 적용하고 있다. 산



란과 형광 분석 뿐만 아니라 원소 분석을 실시하기 때문에 생물학 입자의 정확성을 높일 수 있다. <그림2>는 미국의 RAAD(Rapis Agent Aerosol Detector)의 원리를 보여 준다.

〈그림 2〉 RADD의 분석 원리





## 생물무기금지협약 관련 정보

### ◆ 미국, 일본 오키나와에서 벼도열병균을 이용한 생물무기 실험

미국측 기록에 의하면, 약 50년 전에 미군이 일본 오키나와에서 생물무기 실험을 12건 이상 실시한 걸로 나타났다.

교도 통신은 미군이 벼도열병균이 작물생산에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 1961년~1962년까지 논 위에 이 균을 퍼뜨리는 실험을 실시했다고 미국 관리들이 입수한 자료를 인용하며 보도했다.

이 문서를 보면 미군이 소형 살포기를 이용하여 오키나와와 대만의 논에 접종원을 살포하면서 여러 지점에서 사용한 용량과 농업생산에 미치는 영향을 기록한 것으로 나온다.

약 85개 국가에서 볼 수 있는 벼도열병균은 매년 6천만 명의 사람을 먹여 살릴 수 있는 양의 쌀을 못쓰게 만드는 걸로 알려져 있다.

미국 정부는 중국과 동남아 국가에서 벼도열병균을 사용할 가능성을 검토해왔던 것으로 알려졌는데, 당시 닉슨 대통령은 1969년에 미국의 생물무기 개발 노력을 중단하도록 명령했다.

(Global Security Newswire : 2014. 1. 13)

### ◆ 미국, 캔자스 바이오디펜스 시설에 대규모 자금지원 예정

새로 공개된 미국의 종합세출법안(omnibus appropriations bill)에는 예정된 캔자스 바이오디펜스 연구소에 대해 엄청난 규모의 재정지원(작년의 13배 이상)을 하는 내용이 들어있다.

상하원 세출위원회가 밝힌 법안에 따르면, 아직 완공되지 않은 이 국립생물농업방어시설(National Bio and Agro-Defense Facility)을 위해 2014년에 4억 400만 달러가 지원될 예정이다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

상원 세출 국토안보소위원회(Senate Appropriations Homeland Security Subcommittee)의 Mary Landrieu 의장(민주당, 루이지애나)에 따르면, 이 프로젝트는 2013년에 3,070만 달러를 지원받았는데, 이 곳의 핵심 연구소 공간은 올해 공사가 시작될 예정이다.

Jerry Moran 상원의원(공화당-캔자스)은 신규 세출법안이 이 시설의 앞날과 관련된 의혹에 종지부를 찍게 될 거라고 말했는데, 여태까지 이 시설의 필요성과 위치에 관한 논란이 있어왔다.

Moran 의원은 “국립생물농업방어시설이 캔자스에 건설될지에 관해 의문을 가져왔던 사람들에게는 이번 재정지원 법안 통과가 yes 라는 명확한 답이 되어줄 것이다”라고 논평을 통해 말했다.

국토안보부 자료에 의하면, 맨하탄 캔자스 주립대학 근처에 574,000 평방피트 규모의 단지가 건설되면 인간의 건강과 식품공급에 위협을 줄 수 있는 동물질병의 치료제를 개발하게 되며, 연구소의 약 1/10은 현재까지 알려진 치료제가 없는 치명적인 공기 전염성 병원균을 취급하는 생물안전 4등급 공간으로 쓰일 예정이다.

이 프로젝트는 이전에 재정지원이 지연되는 상황에 직면했었는데, 2013년에 Landrieu 의장은 이 연구소의 건설비용이 10억 달러에 달해 다른 우선사업의 재원에 위협이 될 수 있다며 우려를 표시했다.

(Global Security Newswire : 2014. 1. 15)

### ◆ 미국 오바마 행정부, 각국 병원균 대응 지원 강화

미국 오바마 행정부는 각국이 잠재적인 생물학적 공격과 다른 질병의 위협에 신속하게 대응할 수 있도록 도움을 주기를 희망한다고 *Washington Post* 지가 보도했다.

2014년 2월 13일에 발표된 미국의 신규 프로젝트는 병원균 연구시설의 방어체계를 개



## 생물무기금지협약 관련 정보

선하고, 예방접종을 강화하며, 2시간 내에 신종질병의 위협에 대응할 수 있는 응급의료센터를 설치하는 것이다. 국방부 보도자료에 의하면, 이 프로젝트는 향후 5년간 30개 이상의 국가에 주력할 예정이다.

질병통제예방센터의 Tom Frieden 센터장은 “이러한 위험물질에는 테러공격을 통해 의도적으로 만들어진 물질이 포함될 수도 있다. 우리는 글로벌 시대에 살고 있으므로 어딘가에 위협이 생기면 이것은 전세계적인 위협이나 다름없다”라고 말했다.

최근에 베트남과 우간다에서 이루어진 시험 프로그램은 두 나라에서 생물학적 물질을 분석해서 전염 가능성이 있는 병원균의 시험량을 이전하는 역량을 강화시켰다고 *Washington Post* 지는 보도했다.

이 신문은 한 가지 예를 언급하며 우간다는 자국에 설치된 전자통신장치 덕분에 수 개월이 아닌 며칠 내에 멀리 떨어져 있는 민간당국에 질병에 대한 경고를 할 수 있을 거라고 전했다.

Frieden 센터장은 “미국 관리들은 현재 우간다 현지에서 환자의 침대 옆에서 20분 내에 페스트를 진단할 수 있는 전염병 임상기술을 시험하고 있으며, 이 기술은 이미 사람의 목숨을 구하고 질병의 발생을 멈추는데 쓰이고 있다”라고 말했다.

국가안보회의(National Security Council)의 Laura Holgate 대량살상무기 테러위협 감축국장(senior director for WMD terrorism and threat reduction)은 이 프로젝트가 안보측면에서 불안정한 상황에 대한 대비뿐만 아니라 질병의 발생과 관련된 인명피해 가능성과 경제적 손해에 초점을 맞추고 있다고 말했다.

2014년 질병통제예방센터 기금으로 4,000만 달러가 지원될 예정인 이 초기작업과 관련해 우간다, 베트남, 그 외의 8개 국가가 혜택을 받을 예정이다.

정통한 소식통인 전문가들에 의하면, 미국은 이디오피아, 인도, 케냐, 탄자니아에 대해서도 2014년 지원 가능성을 염두에 두고 있다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

보건부에 의하면, 2015년에는 질병통제예방센터 지원금으로 4,500만 달러가 추가로 지원될 예정이라고 전했다. 보다 장기적으로 보면, 부분적으로는 이 프로젝트를 통해 수십 개의 피지원 국가들이 자국 영토의 80%에서 5개나 그 이상의 치명적인 생물작용제를 확인할 수 있게 될 것이라고 Frieden 센터장은 국방부 보도자료를 통해 밝혔다.

(Global Security Newswire : 2014. 2. 13)

### ◆ 미국, 치명적 바이러스의 자연 확산 대비 취약

미국은 가상의 생물테러 공격에 대한 우려로 인해 치명적인 바이러스의 자연적인 확산 위협에 점차 취약해지고 있다.

최근 조류독감이 호주와 중국에 다시 발생했고, 100건 이상의 중동호흡기증후군(Middle East respiratory syndrome, MERS)이 사우디아라비아에서 발생한 것으로 보고되었다.

9.11 테러공격 이후 미국 연방정부는 생물테러 위협을 예방하고 모니터링 하는데 수십억 달러를 쏟아 부었지만, 미국은 2009년 돼지독감(swine flu) 발병에 대해서는 대비가 미흡한 상태였다.

물론, 전세계적인 테러 위협을 감안할 때 자연적인 바이러스 발생보다 생물테러에 더 역점을 두는 것은 당연한 일이며, 이것은 전염병 퇴치 임무를 군대에게 맡기는 미국의 기존 방식과 일맥상통하는 것이기도 하다.

Philly.com은 사회학자인 Allan McCoy는 9.11 테러 이전에도 질병통제예방센터가 생물테러에 관심을 가지며 1998년 공공보건을 위협하는 생물테러(Bioterrorism as a Public Health Threat)를 비롯해 수많은 보고서를 발표했다고 말했다.

9.11 테러와 미국 상원의원과 언론인을 표적으로 한 탄저균 편지 사건 이후 질병통제예방센터의 자문위원들은 생물테러 공격 시 환자를 강제로 격리시킬 수 있도록 이를 합법화할 것을 요구하며, 보건비상사태대응능력모델법(Model State Emergency Health Powers Act)을 제안했다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

하지만, 2009년 돼지독감이 발생하자 자연적으로 확산되는 바이러스 위협에 대한 미국의 대응능력이 미흡하다는 게 드러났는데, 위험군에게 접종할 수 있는 돼지독감 백신 비축분이 부족했던 것이다.

질병통제예방센터는 당시에 임산부, 의료진, 기타 핵심그룹에게 접종할 백신이 1억 5,900만 개 필요했는데 3,200만 개만 확보된 상태였다고 보도했다.

말라리아와 결핵을 비롯해 감염성이 높고 치명적인 질병에 대한 연구 기금이 있었으나 이 기금은 탄저병과 야토병처럼 비교적 덜 확산되는 바이러스 연구로 전용되었는데, 이는 두 가지 바이러스가 정부의 잠재적인 생물테러 물질 목록에 올랐기 때문이다.

질병통제예방센터는 미국에서 중동호흡기증후군이 확산될 가능성에 대비하기 시작했으나 위험성은 낮은 걸로 알려져 있다.

질병통제예방센터의 Mark Pallansch 바이러스성질환국장은 FoxNews측에 “유럽의 경험으로 볼 때 위험이 제로가 아니라는 걸 안다. 유럽은 중동에서 온 여행객을 통해 바이러스가 유입된 사례가 4건 이상 있었다. 유럽은 미국에 비해 중동과의 여행규모가 훨씬 더 큰 만큼 우리에게 이런 사례가 발생하지 않은 것은 당연하지만 그렇다고 해서 위험성이 제로는 아니다”라고 말했다.

질병통제예방센터는 중동호흡기증후군 사례를 진단하고 보고할 수 있도록 병원에 진단 키트를 갖추게 하기 시작했다.

Pallansch 국장은 “현재 우리는 여행객을 추적 · 관찰하고 있진 않지만, 의사에게 환자가 오면 여행을 간 적이 있는지, 특히 지금까지 중동호흡기증후군이 발병한 중동지역의 4개 국가에 다녀온 적이 있는지 물어보도록 권장하고 있다”라고 말했다.

전문가들은 군사적 우려와 공공보건의 우려가 상호 보완될 수는 있으나 미국이 생물테러에 대한 걱정으로 인해 자연적인 바이러스 발생에 무뎌졌다고 말한다.

## 생물무기금지협약 관련 정보

전문가들은 공공보건 우선사항의 균형을 재조정할 때라고 말한다. 그렇게 해야 실제로 전염병 발생 위험이 발생했을 때 이보다 더 동떨어진 생물테러 위협에 대비하느라 속수무책으로 있는 상황을 막을 수 있을 것이다.

(Homeland Security News Wire : 2014. 2. 27)

### ◆ 네팔 정부, 생물무기금지협약 비준 움직임

네팔 정부는 UN군축실과 함께 생물무기금지협약(BWC) 국가이행에 관한 워크숍에서 생물무기금지협약 국가이행 전략을 마련하기 위해 노력했다.

BWC 이행관련 워크숍은 UN아태평화군축센터(United Nations Regional Centre for Peace and Disarmament in Asia and the Pacific) 및 생물무기금지협약 이행지원국(Implementation Support Unit, ISU)의 지원과 유럽연합의 재정지원으로 2014년 2월 20일~21일에 카트만두(Katmandu)에서 개최되었다.

워크숍이 진행되는 동안 12개의 네팔 정부기관 대표, UN아태평화군축센터 관리, EU 위원, 각 분야 전문가들이 모여 네팔의 생물무기금지협약 비준과정을 시작하는 걸로 간주되는 사안을 논의했다.

워크숍에서 논의된 주제로는 국가별 신뢰구축조치 증진 방법, 행동강령 마련, 생물안전 및 생물보안 기준 수립이 있었다.

국제적인 화학 · 생물 · 방사능 · 핵 비확산 전문가인 Jean Pascal Zanders 박사와 각 국에게 생물무기금지협약 국가이행을 권고하는 비영리기구 VERTIC의 법무관인 Yasmin Balci는 네팔의 정부기구 대표들이 조약비준을 위해 효과적인 길을 갈 수 있도록 통찰력과 전문성을 함께 나누었다.

지금 현재 생물무기금지협약 당사국은 170개국이며 서명국은 10개국으로, 이들 10개국은 아직 조약을 비준하지 않았는데, 이 중 시리아는 생물무기 프로그램을 보유하고 있



## 생물무기금지협약 관련 정보

다는 의혹이 있다.

1972년에 체결된 생물무기금지협약은 특정 유형의 대량살상무기를 금지한 최초의 조약으로 1975년에 발효되어 생물무기의 생산, 비축, 사용을 금지하고, 국제사회의 일원이 이러한 무기의 확산 및 사용을 하지 못하도록 하는 것을 목적으로 한다.

생물무기금지협약은 출범 이후 특히 검증과정과 관련해 수많은 문제점에 직면해 왔는데, 핵확산금지조약(NPT) 및 화학무기금지협약(CWC)과는 달리 국가의 협약준수를 보장할만한 검증시스템이 없다.

생물무기금지협약이 직면한 이러한 문제점과 검증 프로토콜의 개선방법을 논의하기 위해 5년마다 평가회의를 열고, 지금까지 생물무기금지협약이 사용한 주된 도구는 신뢰구축조치를 이용한 것이었다.

생물무기금지협약 당사국이 신뢰구축조치에 포함해야 하는 사항으로는 과거의 공격 및 방위 프로그램 신고, 백신생산시설 신고, 국가 간에 적극적인 과학정보 교류 등 6가지가 있는데, 이러한 조치의 주된 목표는 모든 당사국들이 자국이 지원하는 과학연구 개발활동을 공개하고 투명하게 하는 것이다.

여러 비평가들은 생물무기금지협약이 신뢰구축조치 및 진행 중인 활동 검증 시스템을 자발적으로 준수하는 국가에 의존하는 것이 가장 근본적인 문제점이라고 비난했다.

이러한 비판이 있음에도 불구하고, 생물무기금지협약이 박수를 받을만한 점은 UN의 협력 노력, 생물무기금지협약 이행지원국, 각국의 생물무기금지협약 국가이행을 위한 EU의 지원이다.

승인된 검증제도가 없는 상황에서 정부간 기구들로 이루어진 이러한 협력그룹은 각국이 생물무기금지협약에 대한 책무를 지킬 수 있도록 적극적으로 다가감으로써 한 발자국 앞으로 나아갔는데, 그 예로 이 협력그룹은 카트만두에서 열린 워크숍 등의 회의 개최를 들 수 있다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

네팔에서 열린 워크숍은 UN군축실, 생물무기금지협약 이행지원국 및 EU가 생물무기금지협약 준수를 위해 지난 몇 개월간 개최한 여러 워크숍 중 하나로, 동 워크숍들은 보편적인 생물무기금지협약 준수를 위해 당사국에게 인적자원, 물류자원, 재정자원을 제공하도록 수립된 EU의 생물무기금지협약 활동 프로젝트의 일부이다.

이 협력그룹은 2013년 9월 3일에 남아시아와 동남아시아에서 생물무기금지협약 국가 이행에 관한 지역 워크숍을 조직했는데, 동 워크숍은 카트만두 워크숍과 마찬가지로 생물무기금지협약 이행전략을 논의하기 위해 많은 핵심인사들이 함께 했다.

2013년 12월 초에는 UN군축실이 생물무기금지협약 이행에 관한 공개대화를 촉진시키면서 베냉(Benin)과 부르키나 파소(Burkina Faso)에서 두 건의 국가 워크숍을 개최하기 위해 UN아프리카 평화군축센터(United Nations Regional Centre for Peace and Disarmament in Africa, UNREC)와 공동작업을 했다.

생물무기금지협약 비판자들은 검증기구가 없는 점을 단점으로 지적하지만, 바로 이 점이 EU 같은 정부간기구의 적극적인 참여를 이끌어 생물무기금지조약에 비준하지 않은 국가들이 비준할 수 있도록 장려하고 있는 것으로, 이러한 적극적인 참여와 국제협력은 바로 국제사회가 대량살상무기 위협에 대한 국제안보를 증진시키기 위해 필요로 하는 것이다.

2013년 8월에는 국제사회가 화학무기금지협약에서 금지하는 또 다른 유형의 대량살상무기를 사용한 혐의를 확인했는데, 당시에 화학무기금지협약 비회원국이던 시리아가 자국민들에게 화학무기를 사용한 혐의를 받은 것으로, 시리아 정부가 화학무기를 사용했는지 여부는 아직 확인되지 않았으나 반군이 화학무기를 배치했다는 추측이 계속 떠돌고 있다.

MIT의 Theodore Postol 교수와 Richard Lloyd 전 UN 무기 사찰관이 실시한 분석연구에 의하면, Bashar Al Assad 정권과 싸우는 시리아 반군이 민간인에게 화학무기를 사용했을지도 모른다는 생각이 타당한 것으로 보이는데, 이러한 의견이 사실로 확인될 경우 시리아 정부의 무죄가 입증될 것이다.

시리아의 화학무기 사용에 관한 국제사회의 조사가 진행되고 있는 가운데 시리아의 사례를 통해 얻을 수 있는 중요한 교훈이 하나 있는데, UN과 화학무기금지협약 검증기관인



## 생물무기금지협약 관련 정보

화학무기금지기구(Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, OPWC)가 공격의 범인을 알아내는데 무능력하다는 점에서 찾아볼 수 있다.

화학무기가 어디에서 나온 것인지 모호한 이런 상황은 생물무기금지협약 비회원국(또는 아직 비준하지 않은 국가)이 생물무기 사용 의혹에 직면했을 때, 국제사회가 앞으로 어떤 어려움을 겪을 수 있는지를 보여주는 것이다.

바로 이런 이유로 인해 보편적인 생물무기금지협약 준수에 대한 공개적인 대화를 촉진시키기 위해서는 UN군축실과 EU같은 정부간 기구들의 협력활동이 지속되어야 하고, UN군축실이 생물무기금지협약 미비준 국가에서 개최하는 워크숍은 42년 된 이 조약의 보편적인 준수가 현실이 될 수 있도록 밀어붙이는 적극적인 접근방식을 제시해 준다.

네팔에서 열린 생물무기금지협약 국가이행 워크숍에 관한 내용은 unrcpd.org에서 참고할 수 있다.

(The Pandora Report : 2014. 3. 4)

### ◆ 네덜란드, 조류인플루엔자 연구관련 공방에 자국 생물보안규정 정비

네덜란드 과학자들이 조류인플루엔자의 전염성을 강하게 변형시킨 연구 후 네덜란드는 자국의 생물학적 규제 시스템을 개편하고 있다.

네덜란드의 외무부 관리는 앞으로의 정책은 포괄적으로 될 것이라고 *Global Security Newswire*에 전했다.

네덜란드 외무부 비확산군축본부 보안정책과 관리인 Ayse Aydin은 신규 규칙을 제정할 때 바이러스 학자인 Ron Fouchier 박사의 H5N1 조류독감 변형 연구에 관한 논쟁에서 얻은 교훈을 고려할 거라고 말했다.

Aydin은 심의에서는 관련이 있는 모든 보안관련 문제 및 국제협약 준수 문제를 다루



## 생물무기금지협약 관련 정보

게 될 거라고 이메일 질의응답을 통해 밝혔다.

Aydin은 정책이 공개되기 전에 이에 대해 설명하기를 거부했으나 정책 입안자들이 네덜란드 왕립예술과학원(Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences)의 12월 보고서 결과를 고려할 거라고 밝혔다.

네덜란드의 이 공식 기구는 자체 권장사항으로 생물무기 활용 가능성이 있는 연구수행 제안서에 대해 구속력 없는 지침을 발표할 수 있는 정부위원회의 신설을 요구했다.

Aydin은 생물무기금지협약의 두 개의 다자간 회의 중 한 일정에서(8. 4~8일로 예정된 전문가회의나 12. 1~5일로 예정된 당사국회의) 신규 정책이 공개될 것으로 기대하고 있다며, “우리는 새로운 생물보안 정책이 마련되었을 때 우리의 논의를 계속할 의향이 분명히 있다”라고 덧붙여 말했다.

이러한 정책 개정 뉴스는 네덜란드 로테르담의 에라스무스 의료센터에서 수행된 Fouchier 박사의 연구에 대해 논란이 지속되는 가운데 나왔는데, 이 연구는 H5N1 바이러스가 공기를 통해 포유류 간에 확산되도록 바이러스를 변형시킨 것이었다.

미국은 H5N1이 어떻게 자연적으로 진화하여 인간에 대한 위협을 더욱더 심각하게 만드는지를 보다 잘 이해하기 위해 네덜란드의 연구 및 위스콘신의 유사 연구를 지원했다.

미국의 한 바이오펜스 자문기관은 2011년에 이 두 개 연구를 엄밀한 공개조사에 맡겼다.

잠재적인 생물테러범들에게는 이 연구과정이 치명적인 대유행병을 촉발하는 방안이 될 수 있을 것으로 사료되었기 때문인데, 자연발생 조류독감은 인간에게는 상대적으로 감염 되기가 힘들지만 일단 감염이 되면 절반 이상이 사망에 이른다.

이후 이어진 입안자들의 설명은 두 가지 특정 연구에 대한 우려를 완화시키는데 도움이 이 되었고, 두 연구가 2012년에 공개될 수 있는 토대가 되어 주었지만 그 외의 소위 “기능획득(gain-of-function)” 병원균 연구에 대한 향후 규제에 대해서는 보다 광범위한 논쟁이 지속되었다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

기능획득 연구에서는 자연발생 균주에는 아직 존재하지 않는 숙성의 병원체를 의도적으로 배양하는데, 많은 연구원들은 앞으로 출현할 수 있는 질병 형태를 퇴치하려면 이러한 연구가 필요하다고 말한다.

Fouchier 연구팀이 H5N1 바이러스를 변형시킨 후 이 병원체는 포유류의 세포 수용체에 더 쉽게 결합될 수 있었다.

네덜란드 법률 시스템에서도 연구에 대한 논란이 있었는데, 이와 유사한 민감한 정보가 다른 나라에 전달되기 전에 이에 대한 허가를 요구하려는 네덜란드 정부의 권리에 Fouchier 박사가 이의를 제기한 것이다.

Fouchier 박사는 2013년 8월에 H7N9이라고 하는 다른 조류독감 바이러스에 주력하기 위해 다른 바이러스학자들과 함께 미래의 기능획득 연구를 요구한 바 있다.

Fouchier 박사는 2013년 9월에 허가 논쟁에 대한 첫 공판에서 패소한 뒤, 2013년 11월에 네덜란드 상급법원에 항소했다.

(Global Security Newswire : 2014. 3. 28)

### ◆ 프랑스 파스퇴르 연구소, SARS 바이러스 샘플 분실

어떻게 된 일인지 프랑스의 한 연구소가 SARS 바이러스 단편이 들어있는 샘플을 2,000개 이상 분실했는데, SARS는 2003년에 전세계적인 유행병이 도는 동안 800명을 죽음으로 몰고 간 치명적인 바이러스이다.

중증급성호흡기증후군(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS)인 SARS는 2003년에 억제될 때까지 전세계적으로 발병한 것으로 여겨졌다.

마지막으로 사람에게 전염된 것으로 알려진 SARS 사례는 2004년에 중국에서 보고되었고, 실험실에서 SARS를 연구하던 연구자들에게 발생한 것이었다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

ABC 뉴스는 분실된 바이러스 단편은 그 자체로 위험하진 않다고 사람들을 안심 시켰지만 문제는 파스퇴르 연구소의 수준이 SARS를 연구하기엔 지나치게 느슨한 편일지도 모른다는 점이다.

누군가가 범죄의 목적으로 사용하려고 훔쳤다면 어떻게 할 것인가? 연구소가 단편이 아닌 완전한 바이러스가 든 샘플을 분실했는데 이 사실을 아무도 모르는 것이라면 어떻게 할 것인가?

연구소는 분실된 샘플 사건을 관련당국에게 맡겼는데, 프랑스의 의약품 및 건강제품 보안기구(National Security Agency of Medicines and Health Products)가 이 혼동 상황을 조사하고 있다.

Vanderbilt 대학의 William Schaffner 박사는 “이 샘플들이 우발적으로 소각되어 폐기 되었을지도 모른다고 추정하고 있지만, 최악의 시나리오는 이 샘플에 무슨 일이 발생했는지 모르게 되는 경우이다. 그런데도 걱정하지 말라고?” 라고 말했다.

(Global Security Newswire : 2014. 4. 17)

### ◆ 미국 Battelle Memorial 연구소, 차세대 바이오디펜스 기술 도입

미국 Battelle Memorial 연구소는 국방부의 국토안보와 그 외의 연방 바이오디펜스 이니셔티브를 위해 자원 효율적인 바이오식별 시스템(Bioidentification System, REBS)으로 알려진 차세대 생물·화학센서 시스템을 생산한다고 발표했다.

바이오식별 시스템은 한 대당 하루 1달러 미만의 운영비와 샘플당 0.04 달러의 분석비용으로 자율적이며 지속적인 사용이 가능한 내구성 높은 배터리 가동 시스템이다.

Battelle 사의 새로운 스마트 기술은 부패하기 쉬운 시약의 필요성을 없애 비용절감이 가능하다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

바이오식별 시스템은 이 대신에 특히 에어로졸 컬렉션과 광학분광법(optical spectroscopy)의 결합에 의존하여 박테리아, 바이러스, 독소에서 분무형 화학물질에 이르는 수백 가지의 위협과 심지어는 모든 게 혼합된 위협을 탐지한다.

Battelle사 CBRNE 방어 사업국의 Matthew Shaw 부사장겸 국장은 “군 관계자들, 일차대응자, 보안직원, 업계의 다수는 환경에 상관없이 새로운 생물, 화학 물질을 신속하게 확인할 수 있는 합리적인 가격의 믿을만한 첨단 탐지시스템을 필요로 한다. 바로 바이오식별 시스템이 이에 대한 해결책이다. 이 시스템의 우아하고 자동화된 설계 덕분에 꾸준한 유지관리 및 지원 필요성이 없어졌고, 1,000대당 약 5,600만 달러의 비용이 절감된다”라고 말했다.

Battelle사에 의하면, 바이오식별 시스템은 보스턴 지하철에서 있었던 운전 중 시험에서 성공하는 등 여러 개의 정부 및 개별 임상시험에서 입증되었고, 이와는 별개로 2013년에 탄저균 포자처럼 살아있는 생물작용제를 이용한 개발 시험에서도 성공적이었다.

이 시스템의 스마트 기술 능력 덕분에 추후의 확인을 위해 표본을 보존할 수 있고, 네트워크 대기 중으로 신종 위험물질을 확인한 뒤 24시간 내에 이를 찾을 수 있게 되었다.

표본은 자동으로 보존되어 기록보관소에 보관되며, 이를 통해 국내나 해외의 최첨단 바이오감시 활동에 완벽하게 통합될 수 있다.

바이오식별 시스템은 단일장치로서 혹은 네트워크 안에 구성되어 하나의 단일 지휘소(command post)가 되는 수백 개의 시스템으로서 고정된 장소에 설치되거나 이동식 활용 장치에서도 사용될 수 있고, 인터넷을 통해 운영, 모니터링, 업데이트될 수 있다.

Battelle사는 미군이 생물무기위험을 탐지하고 확인하기 위한 믿을만하고 자동화된 방법을 요청하자 1990년대에 군대의 현 자동화 생물탐지시스템인 생물지점공동탐지시스템(Joint Biological Point Detection System, JBPDS)의 개발을 진두 지휘했다.

현재는 해군함에서 Stryker NBCRV와 M31A2 생물통합탐지시스템에 이르기까지 전세계적으로 약 700개의 생물지점공동탐지시스템이 배치되어 있고, 각 시스템에는



## 생물무기금지협약 관련 정보

Battelle사가 제조한 bio-suite 부품이 들어있다.

(Global Biodefense : 2014. 4. 29)

### ◆ 전세계 보건분야 대표들, 천연두 비축물 폐기 가능성 결정 연기

세계보건기구는 전세계에서 마지막 남아있는 걸로 알려진 천연두 바이러스 비축물의 제거 가능성에 대한 결정을 미뤘다고 *Nature*지가 보도했다.

세계보건기구의 다국적 운영회의에 참여한 각국 참가자들은 연구용으로 바이러스를 보유했을 때 얻을 수 있는 공중보건 상의 이득이 이 바이러스를 보유하고 있는 러시아 연구소나 미국 시설에서 유출된 물질의 잠재적 위험을 정당화할 수 있는지를 두고 교착상태에 빠졌다고 이 저널은 보도했다.

세계보건총회는 그 대신 이러한 논의에 대해 조언을 제공하기 위해 새로운 전문가 위원회를 설치하기로 했는데, 이 자문기구는 이전에 세계보건총회를 대표해서 이 문제를 평가하기로 한 두 그룹의 서로 다른 의견 간에 공통기반을 마련할 예정이다.

이 두 개 기관 중 하나인 세계보건기구 두창 바이러스 연구 자문위원회는 천연두 바이러스는 앞으로의 예방접종 연구나 평가도구에 필요하진 않을 것이나 신규 의약품을 마련하는 데는 여전히 필요할 거라고 말했다.

부분적으로 볼 때 유망한 항바이러스 치료제 2개가 현재 말기 개발단계에 있는 만큼 후자의 결론은 위원회 내에서 논란의 대상이 되었으나 회원국들은 이 문제에 대해 최종적으로 합의에 도달했다.

두 번째 독립 전문가 위원회는 이러한 치료제 연구에는 천연두 비축물이 필요하지 않다고 반박했고, 바이러스는 필요할 때 인공적으로 다시 만들 수 있다고 말했다.



## 생물무기금지협약 관련 정보

세계보건기구의 Glenn Thomas 대변인은 새로운 전문가 위원회에 과학 및 공중보건 분야의 전문가들과 다른 분야의 전문가들이 포함될 거라고 말했다.

*Nature*지에 의하면, 이 그룹의 특정 권한은 미결 상태이며 아직 정해지지 않은 회원자 격은 바이러스 폐기에 관한 논의에서 뜨거운 쟁점이 될 수 있다고 전했다.

천연두는 1980년에 완전히 근절된 것으로 공표된 바 있고, 미국과 그 외의 일부 정부들은 한 국가나 비정부국가세력이 비밀리에 보관 중인 비축물에서 해당 물질을 유출할 경우를 대비해 추가적인 대응조치를 계속 요구해왔다.

(*Global Security Newswire* : 2014. 5. 29)

### ◆ Kawaoka 교수 연구진, 1918년 스페인 독감 유사 바이러스 재생

연구자들이 1918년에 발생하여 5,000만 명의 생명을 앗아간 바이러스와 유사한 독감 바이러스를 재생하였다고 *Washington Post*가 보도하였다.

2014년 6월 11일에 발간된 *Cell Host & Microbe* 저널에 따르면 세계 각국의 미생물 학자들은 1차 세계 대전 당시 스페인독감 이후 그 병원체와 97% 유사한 바이러스를 채집 했다고 전했는데, 동 연구 그룹의 지휘는 위스콘신 대학의 Yoshihiro Kawaoka 교수로 실험실에서 자연 발생적인 바이러스보다 훨씬 위험한 바이러스를 탄생시켰던 그의 이전의 연구는 2011년 전 세계적인 논쟁을 촉발시켰었다.

Kawaoka 교수는 “감시체계 및 대유행 대비를 위한 결정사항 정보를 제공하면서, 자신들의 실험이 자연상태에서 발생할 수 있는 질병 위협을 대비하는데 도움이 될 수 있다”라고 주장하였다.

Kawaoka 교수는 또 사고나 고의로 그 연구에 사용되는 생물학적 물질이 유출되어 더 위험하게 변형될 수 있다는 항간에서 오랜 기간 계속되어온 공포를 일축하며, 그러한 연구가 수행되는 시설은 엄격히 보호되고 있고, 그 실험을 비난하는 자들은 이 연구가 얼마나





## 생물무기금지협약 관련 정보

엄격하게 규제되고 있는지를 알지 못한다고 주장했다.

London Guardian은 하버드 대학 Marc Lipstich 전염병학 교수가 “Kawaoka 교수의 최근 연구는 공중보건에 대한 확실한 근거도 없이 닥치는 대로 전염성이 강한 새로운 바이러스를 만들어내는 경향이 점점 심해지고 있음을 나타내는 것이다”라고 하면서 두려운 마음이 든다고 말했다고 보도하였다.

Lipstich 교수는 “이 연구는 가장 안전한 실험실에서조차 위험한 활동이다. 과학자들은 이 연구가 생명을 구할 수 있다는 확실한 증거가 없으면 그러한 위험을 감수해서는 안 된다. 이 논문에는 그 증거가 나와 있지 않다”라고 2014년 6월 11일자 신문 논평을 통해 밝혔다.

Post에 따르면, 전 영국 수석 과학 고문이었던 Robert May도 Kawaoka 팀의 연구는 절대적으로 미친 짓이라고 주장했다고 전했다.

(Global Security Newswire : 2014. 6. 12)



## BWC 사업 추진일지

### 1 2013년도 생물무기금지협약 국내이행사업 결과보고서 제출 및 2014년도 협약체결

- 본 협회는 2013년도 생물무기금지협약 국내이행사업 결과보고서 및 사업비 사용실적보고서를 2014년 1월 29일 산업통상자원부에 제출하고, 2014년도 생물무기금지협약 국내이행사업추진을 위해 산업통상자원부와 2014년 2월 17일 협약을 체결하였다.

### 2 생물무기금지협약 신뢰구축조치(CBM) 신고자료 제출

- 1986년 제2차 생물무기금지협약 평가회의 결정에 따라 BWC 당사국들은 매년 당사국간 신뢰구축조치(CBM : Confidence-Building Measures) 자료를 UN 군축실의 BWC 이행지원국에 제출하여야 하는데, 본 협회는 2014년도에는 산업체관련 사항(인체백신 생산업체)에 대한 자료를 조사·작성하여 3월 20일 산업통상자원부에 제출하였다.

### 3 2014년도 생물작용제등의 보유신고현황 종합보고

- 본 협회는 본 협회를 포함하여 질병관리본부, 농림축산검역본부에 생물작용제등의 보유를 신고한 자에 대한 2014년도 보유신고현황을 파악하여 이를 3월 7일 산업통상자원부에 종합 보고하였다.

### 4 2014년도 생물무기금지협약 국내이행사업 제1차 관계기관 실무협의회 개최

- 일 시 : 2014. 3. 13(목) 오후 3시
- 장 소 : 서울역 KTX 1 회의실
- 참석자 : 6명
- 내 용 : 2014년도 생물작용제 및 독소 제조·보유신고기관 합동검사 추진계획 협의 등



## BWC 사업 추진일지

### 5 생물무기관련 국내외 동향 모니터링

#### ■ BWC Monitoring 발간 및 배포

- 본 협회는 국내외 정부 · 산업계 · 학계의 생물무기관련 뉴스, 관련이슈 등 동향 정보를 수집하고, 국내 관련기업 및 기관의 관심과 이해제고를 위해 생물무기관련 국내외 동향 모니터링 자료인 BWC Monitoring No.42를 2014년 3월 21일에, No.43을 2014년 5월 30일에, No.44를 2014년 6월 18일, No.45를 2014년 6월 30일, No.46을 2014년 7월 31일, No.47을 9월 1일에 관련 기업 및 기관에 전자우편으로 배포하였다.

### 6 2014년도 생물작용제 및 독소 제조 · 보유신고시설 정기검사 시행

- 기 간 : 2014. 4. 4(금)~2014. 5. 12(월)
- 장 소 : 생물작용제 및 독소 제조 · 보유기관 52개 기관(62개소)
- 검사팀 : 산업통상자원부, 질병관리본부, 농림축산검역본부 및 한국바이오협회 등 관련전문가
- 내 용 : 생물작용제등 신고 · 허가 내용 일치 여부 확인, 생물작용제등의 안전 · 보안관리체계 점검 등

### 7 2014년도 생물무기금지협약 국내이행사업 제1회 전문가그룹회의 개최

- 일 시 : 2014. 5. 28(수) 오후 3시
- 장 소 : 서울역 회의실 KTXⅢ
- 참석자 : 8명
- 내 용 : 독소 안전관리체계 개선방안 논의

## BWC 사업 추진일지

### 8 생물무기금지협약 홈페이지 유지보수 및 운영을 위한 계약체결

- 일 자 : 2014. 7. 11(금)
- 기관명 : (주)콘텐츠브릿지
- 참석자 : 2014. 7. 14(월) ~ 2015. 1. 13(화)
- 내 용 : 생물무기금지협약 홈페이지 유지보수 및 운영

### 9 2014년도 생물무기금지협약 전문가회의 참가

- 기 간 : 2014. 8. 4(월)~8. 8(금)
- 장 소 : 스위스 제네바 UN유럽본부
- 참석자 : 선문대학교 이희찬 교수, 한국바이오협회 김종민 과장
- 내 용 : 협약 10조 관련 국제협력 및 지원강화, 협약 관련 과학기술 발전 검토, 국내이행 강화 등 논의의제 자문

### 10 생물무기금지협약 홈페이지 및 애플리케이션 리뉴얼 업체 선정 심의위원회 개최

- 일 시 : 2014. 8. 19(수) 오후 3시
- 장 소 : 서울역 KTX II 회의실
- 참석자 : 10명
- 내 용 : 생물무기금지협약 홈페이지 및 애플리케이션 리뉴얼 업체 선정을 위한 심의 등

### 11 생물무기금지협약 및 생물무기금지법 온라인 홍보

- 본 협회는 생물무기금지협약 및 생물무기금지법제도에 대한 온라인 홍보를 위하여 생물학연구정보센터(BRIC)에 온라인 배너광고를 9월 1일부터 시행하고 있다.

## BWC 사업 추진일지

### 12 2014년도 생물무기금지협약 워크숍 개최

- 기 간 : 2014. 9. 25(목)~9. 26(금)
- 장 소 : 휘닉스 아일랜드(제주도 서귀포시 소재)
- 참석자 : 생물작용제관련 산·학·연·관 관계자 등 106명
- 내 용 : 생물작용제 및 독소 관리제도 교육, 연구시설 안전 및 보안관리 사례 발표 등
- 일 정

일 시	주 제	발표자
13:30~13:40	집결 및 등록	
13:40~13:50	개회사	산업통상자원부
13:50~14:00	축사	한국바이오협회
생물작용제 및 독소 관리제도 / 좌장 : 연세대학교 성백린 교수		
14:00~14:40	생물작용제 및 독소 관리제도	한국바이오협회 / 김종민 과장
14:40~15:20	고위험병원체 관리제도 및 병원체 생물안전	질병관리본부 / 채희열 연구관
15:20~15:30	휴식	
9. 25 (목)	연구시설 생물안전 및 보안관리 / 좌장 : 부산가톨릭대학교 장경수 교수	
15:30~16:00	한국파스퇴르연구소의 생물안전 및 보안관리	한국파스퇴르연구소 / 강지영 팀장
16:00~16:30	서울대학교의 생물(LMO) 안전관리	서울대학교 환경안전원 / 김동욱
16:30~16:40	휴식	
16:40~17:10	(주)농우바이오의 생물안전 및 보안관리	(주)농우바이오 / 이장하 책임연구원
17:10~17:50	보안관리의 중요성과 대응방안	P&S 파트너스 / 신현구 대표이사
17:50~18:00	종합 질의응답	
18:00~20:00	방배정 및 저녁식사	
9. 26 (금)	07:00~09:00	조찬
	생물(화학)무기금지협약 관련 동향 / 좌장 : 고려대학교 김찬화 교수	
	09:30~10:20	화학무기금지협약 국내외 이행현황 및 산업계 대응
	10:20~11:10	생물무기금지협약의 최근 논의 동향
	11:10~12:00	종합토론 및 현장 애로사항 등 의견수렴
	12:00~	교육수료증 배포 및 해산

**BWC NEWS**

---

## **BWC NEWS** [통권 제22호]

---

발행일 : 2014년 9월

발행인 : 배 은 희

인쇄처 : (주)한성칼라

발행처 : 한국바이오협회

후 원 : 산업통상자원부

주 소 : 463-400 경기도 성남시 분당구 대왕판교로700

(삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층

전 화 : (031) 628-0026, 0027

팩 스 : (031) 628-0054

생물무기금지협약 홈페이지 : [www.bwckorea.or.kr](http://www.bwckorea.or.kr)

---

ISSN 2092-5840

※ 무단 전재를 금합니다.

# BWC NEWS

Convention on the Prohibition of the Development, Production and  
Stockpiling of Bacteriological(Biological) and Toxin Weapons and  
on their Destruction :

Biological Weapons Convention(BWC)



**산업통상자원부**  
MINISTRY OF TRADE, INDUSTRY & ENERGY  
MOTIE

**koreaBio**  
**한국바이오협회**

주 소 : 463-400 경기도 성남시 분당구 대왕판교로700

(삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층

전 화 : (031) 628-0026, 0027

팩 스 : (031) 628-0054

생물무기금지협약 홈페이지 : [www.bwckorea.or.kr](http://www.bwckorea.or.kr)



ISSN 2092-5840