

한국바이오협회 국제협약부문 (BWC) (전화 : 031-628-0026 이메일 : bwc@koreabio.org)  
생물무기금지협약 정보망 [www.bwckorea.or.kr](http://www.bwckorea.or.kr)



## 어떻게 하면 초정밀 표적 생물무기로부터 전 세계를 보호할 수 있을까

국가가 개인의 생물학적 정보와 유전자 구성을 입수할 수 있는 가능성이 전례 없는 속도로 커지고 있다. 결정적으로 전세계의 코로나 19 대응을 보면, 기계, 알고리즘, 컴퓨팅 파워가 얼마나 빠르고 쉽게 생물학적 데이터와 결합되어 신체를 종속시키고 사람들을 통제하는 기술에 사용될 수 있는지를 알 수 있다.

중국 당국은 우한이 봉쇄되자 적외선 카메라가 장착된 드론을 아파트 단지에 띄어 각 가정에 대해 대규모의 원격 체온 측정을 실시했다. 드론은 공공장소 순찰용으로 쓰여 사람들이 마스크 미착용 상태로 다니지는 않는지, 혹은 자가격리를 위반하는지를 추적했다. 중국 경찰은 코로나 19 유증상자를 인식하도록 고안된 AI 기술이 겸비된 증강현실 스마트 안경도 쓰기 시작했다. 이 안경은 실시간으로 사람들의 신원을 확인해서 개인 정보를 알려주는 안면인식 능력을 갖추고 있으며, 사진과 영상도 기록으로 남길 수 있다. 중국 당국은 우한의 봉쇄가 풀리기 시작하자 특히 거주지나 슈퍼마켓 출입이나 지하철과 택시 승하차 시에 사용할 수 있는 “헬스 코드”라는 앱을 도입했다. 이 앱은 사람들의 신분증 번호, 거주지, 바 이러스 보건자와의 접촉 여부, 증상 등 개인 정보를 저장한다. 출입할 때 앱을 작동시키면 색깔이 표시된다. 초록색은 어디든지 가도 된다는 의미이고, 노란색은 7일간, 빨간색은 14일간 자가격리를 해야 한다는 의미이다. 이

앱은 또한 당신도 모르게 당신의 위치 정보를 수집해서 경찰과 공유한다.

이런 감시 시스템은 중국에서만 사용된 게 아니다. 많은 국가들이 [1984]와 [멋진 신세계]같은 디스토피아 소설을 떠올리듯 개인정보와 생물학적 정보를 감시하고 사용하는 눈에 거슬리고 강압적인 시스템을 채택했다. 다른 국가들도 봉쇄 조치를 실시하면서 안면인식 감시 카메라로 자가격리 위반자를 추적하거나 사람들이 많은 곳에서 감염 의심자의 체온을 측정했다. 휴대폰에서 전송되는 세세한 위치 정보는 락다운 명령을 준수하는 사람이 얼마나 되는지를 확인시켜 주었고, 열 감지 카메라는 공향에 도착한 사람들의 발열 상태를 체크해주었으며, 알고리즘은 소셜 미디어에 올라오는 게시글들을 모니터링해서 코로나 19의 확산 징후를 파악하게 해주었다. 중앙에서 사용자의 상호작용을 저장하는 접촉자 추적관리 앱은 당신이 일정 기간 동안 실제로 만난 사람들을 “사회적 그래프” 형태로 보여준다. “면역 여권”이나 “무위험 증명서”는 안면인식 기술을 코로나 19 검사 및 의료기록과 결합한 것이다.

유전자 기술이 발전하면서 인공지능, 머신러닝(machine learning), 자동화, 감성 컴퓨팅, 로봇공학과 결합하면 우리의 생체인식 정보, 감정, 행동을 예전보다 훨씬 더 정교하게 수집하고 분석하게 될 것이다. 정부뿐 아니라 점점 더 많은 기업들이 그 어느 때보다 훨씬 더 정확

하게 생물학적 데이터를 분류, 범주화, 거래, 사용하게 될 것이며, 그 결과 사회적, 생물학적 통제 가능성이 전혀 없는 수준에 이를 것이다. 심지어 어떤 사람들은 새로운 지정학적 질서는 인공지능과 생명공학의 융합에서 생겨나는 새로운 자원, 즉 우리의 생물학적 정보와 유전자 정보를 어떻게 상품화하는지에 좌우될 거라고 주장한다.

이처럼 획기적인 발전은 건강에 대한 관점과 질병의 치료, 수명, 생물학적 연속체에서의 우리의 위치에 상당한 영향을 주게 될 것이다. 이것은 또한 이중용도의 성격을 띤 연구, 의학, 헬스케어의 근본적으로 변화시키고, 특정 집단의 사람들이나 심지어 개인도 표적으로 삼는 신종 생물학 무기의 출현 가능성을 증대시킬 것이다. 현재 빠르고 폭넓게 이루어지는 기술 발전을 관리하려면 앞으로 10년 내에 업계와 학계에서 정계와 국방 분야에 이르기까지 다방면의 전문성을 갖춘 사람과 집단을 활용하는 새로운 지배구조가 필요할 것이며, 이를 통해 새로운 안보 위태요소를 파악해서 이를 해결하기 위한 권고사항을 제시할 수 있을 것이다.

### 생물정보학에 컴퓨팅 파워를 더하다

유전자 기술은 유전자 염기서열과 전장 유전체에서부터 유전자를 특정 기능과 연계시키는 데이터 및 그 외에 사람, 동물, 식물, 미생물의 메타데이터에 이르기까지 유전자 데이터에서 폭넓게 확대되고 있다. 유전자 데이터는 점차 디지털화되고 있으며, 컴퓨팅 파워가 유전자 데이터의 분석 방식을 크게 변화시키고 있다. AI 컴퓨터와 생물학의 융합으로 유전자의 차이가 어떻게 인간을 비롯한 생명체의 성장을 이끄는지, 이러한 차이가 어떻게 우리 인간과 그 외의 생명체가 질병과 신체장애에 취약해지고 약물과 치료제에 반응하게 만드는지를 이해할 수 있는 새로운 가능성이 열리고 있다.

첨단 패턴인식과 데이터에서 통계적 관련성을 추출해내는 작업 - 머신러닝과 딥러닝의 특징 - 은 연구자들이 복잡한 유전체 데이터 세트를 이해하고 임상적으로 관련된 결과물을 추출하는데 도움이 될 가능성이 많다는 것을 보여주었다. 두 가지 중요한 사례인 기능유전체학과 맞춤형 약물 발견을 예로 들어보자.

한 전문가의 보고서에서 강조하듯이, 데이터를 연계시키고 그 상관관계를 파악해서 분석하는 머신러닝의 능력은 특히 유전자 기능을 해석하고, 특정 질병의 유전자 표지를 확인하는데 유용하다. 기능유전체학으로 알려진 이 연구 분야는 어떻게 제1형 당뇨병이나 유방암 같은 질병에 걸리거나, 또는 복잡한 유전적 영향을 받는 키나 특정 병원체에 대한 저항성처럼 특정한 속성과 능력을 갖게 되는지를 예측할 수 있게 해준다. 딥러닝 역시 기능유전체학의 컴퓨터 기반 실험을 가능하게 해주며, 현재 유전자 염기서열이 어떻게 조립되기도 전에 - 사실상 결합물이 보이지도 않는데 - 기능할 수 있는지를 예측하게 해주는 연구가 진행되고 있다. 컴퓨팅 파워는 또한 연구자들이 우리의 유전형, 표현형(즉, 물리적 특징), 마이크로바이옴(인체 내부와 외부에 사는 박테리아와 바이러스) 간의 진화하는 관계를 이해하고, 병원체에 대한 우리의 유전형-표현형 상 기능적 지식을 향상시키는데도 도움이 되어왔다.

데이터 마이닝 기술의 개발에는 민간부문이 중요한 역할을 했다. 예를 들어, 구글의 유전체 AI 플랫폼인 딥바리언트(DeepVariant)는 수십 억 개의 짧은 염기서열에서 개별 유전체에 있는 유전자 변이주를 확인할 수 있는 자동화된 딥러닝 방식을 개발하는데 앞장서왔다.

또 다른 전문가 보고서에 의하면, 신약 개발에 컴퓨팅 파워를 더하면 “단 한번의 실험으로 100억 개의 핵산 분자를 동시에 판독”할 수 있고, 실험의 정밀성을 단분자 제

어 수준으로 증대시킬 수 있다. 이 보고서는 생물학적 모델링을 강조하면서 신약 후보물질 개발에 딥러닝을 사용해서 물리학 기반 모델의 여러 한계를 극복했고, 이를 통해 단지 화학적, 생물학적 개체를 대표하는 것만으로도 모델을 구축할 수 있으며 속성이 개량된 합성 구조물의 제안을 자동화시킬 수 있다고 전한다. 또한, 보고서에서는 자동화 기술과 진화 알고리즘을 융합했을 때 합성, 검사, 최적화가 가능한 물질의 수가 얼마나 방대하게 늘어날 수 있는지를 강조한다.

신약 후보물질을 개발할 때 기존의 부르트 포스(brute-force) 기법을 사용하면 로봇 한 개가 하루에 1만 개 이상의 화합물을 검사할 수 있다고 한다. 하지만, 이것은 자동화하긴 쉽지만 상대적으로 여전히 느리고 낭비가 심한 방식이다. 도서관에 있는 모든 화합물을 검사해야 하기 때문이다. 최초로 초기 단계의 약물 설계를 자동화시킨 AI 로봇은 2015년에 등장했다. “이브”라는 이름의 이 로봇은 이전에 독립적으로 과학적 지식을 발견하는 기계인 “아담”을 개발한 애버리스트위스 대학교와 캠브리지 대학교의 연구자들이 개발한 것이다. 이브는 신약 후보물질의 검사 과정을 스마트하게 만들기 위해 도서관에서 화합물 일부를 무작위로 골라 다양한 검사를 실시하고, 검사를 통과한 화합물을 기반으로 통계와 머신러닝을 이용해서 더 좋은 점수를 받을 수 있는 새로운 구조물이 무엇인지를 예측한다.

민간기업들도 신약 개발용 머신러닝을 개발하는데 매우 중대한 역할을 하고 있다. 예를 들어, 대형 제약회사인 노바티스(Novartis)는 컴퓨팅 파워를 사용해서 H7N9 인플루엔자 바이러스의 첫 감염자를 통해 3개월도 채 안 되는 기간에 백신을 개발했다. 또 다른 예로, 딥제노믹스(Deep Genomics)는 신약 개발에 영향을 주는 병리학적인 유전적 경로를 지도화하는데 자체 AI 플랫폼을 사용하고 있다.

기능유전체학과 신약 개발, 기타 분야의 발전은 머신러닝을 이용한 유전체 데이터와 건강 데이터 분석을 통해 맞춤형 치료제의 개발 가능성을 열어주고 있다. “정밀 공중보건”은 적절한 시기에 적절한 사람에게 적절한 개입을 하는 것을 목표로 하며, 이미 보건과 헬스케어에서 유전체 기반의 개입을 하기 시작했다. 질병통제예방센터는 공중보건 감시(예를 들어, 인플루엔자 예측), 질병의 발견, 증상 완화와 제거를 향상시키기 위해 인공지능과 머신러닝을 광범위하게 사용하도록 장려하고 있다. 정밀의학 - 맞춤형 백신과 항체, 바이러스학과 미생물 연구를 활용한 맞춤형 치료제, 맞춤형 항암제, 체내 유전자 편집을 활용한 치료제를 포괄함 - 역시 여전히 초기 단계이긴 해도 현실화 되기 시작했다.

템퍼스(Tempus), IBM, 화이자 같은 다수의 민간기업들은 적극적으로 가능성을 모색하고 있으나, 이러한 노력은 대개 어떻게 하면 머신러닝이 맞춤형 치료제의 후보물질이 되어야 하거나 될 수 있는 유전자 표지나 환자를 확인할 때 도움이 될 수 있는지를 이해하는데 여전히 집중되어 있다. 전문가들은 “우리의 생물학 정보를 구성하는 서로 다른 데이터 세트 사이에서 유용한 간섭을 이끌어내려고 할 때 딥 머신러닝이 얼마나 정확하게 작용할지에 대해서는 여전히 불확실함이 만연해 있다”고 강조한다.

### 안보상의 우려 증대

인공지능과 생명공학의 결합으로 생길 수 있는 안보상 위해요소를 포착하기 위해 다양한 위해성 평가 프레임워크가 사용되어왔다. 하지만 광범위한 융합기술을 생명과학에 담는데 필요한 보편성과 미묘한 차이를 담을 수 있는 특이성을 유지할 필요성, 이 두 가지의 균형을 맞추는 일은 어려운 것으로 나타났다. 안보 상의 주된 우려는 결국 무언가 의도가 곳이라면 신기술의 융합이 유해한 유전자나 DNA 염기서열을 빠르게 발견하는데 사용될 수 있

을 거라는 걱정으로 귀결된다. 더 구체적으로 말해서, 유전체 데이터에 첨단 패턴인식 기술을 적용하면 다음과 같은 일을 촉진시킬 우려가 있다. 병원체를 더 유해하게 만들도록 보강하거나, 저위험 병원체를 고위험 병원체로 변형시키거나, 완전히 새로운 병원체를 설계하거나, 심지어는 천연두를 야기하는 두창 바이러스처럼 멸종된 고위험 병원체를 다시 만들어내는 식이다. 마침 이러한 가능성은 인체에 병원체를 운송하는 새로운 전달 체계가 개발되고 있는 시점에 대두되고 있다. 이제는 폭탄, 미사일, 집속탄, 분무기, 과거의 생물전 프로그램 분사기 외에도 드론, 나노로봇, 심지어는 곤충도 사용할 수 있게 되었다.

이러한 병원체 특유의 위해성과 더불어, 특히 바이오경제에 초점이 맞춰진 기존의 사이버 위해성과 “사이버 생물안보” 위해성도 존재한다. 사이버 생물안보 위해성에는 자동화된 바이오 컴퓨팅 시스템, 생명공학 공급망, 전략적 사이버 생물안보 기반시설에 대한 적대적 공격이 있다. 악의적인 행동세력이라면 가령 백신, 항생제, 세포, 면역 치료제의 필수 재고를 손상시키거나 파괴하거나 오염시킬 목적으로 센서망을 끌어들이며 생명공학 공급망에 대한 통제 결정에 영향을 주기 위해 AI 악성 소프트웨어를 사용할 수도 있다. 또 다른 시나리오로는 방대한 유전체 데이터 내에서 기밀 정보를 위조하거나 삭제하거나 훔칠 목적으로 데이터 조작을 자동화하는데 AI 소프트웨어가 쓰일 수도 있다. 이러한 데이터 포이즈닝(data poisoning)은 병원체 탐지 및 분석 방식에 영향을 줄 수 있으며, 수년에 걸쳐 일부 집단을 대상으로 수집된 복합적 질병에 관한 바이오 지능(biointelligence)에도 영향을 끼칠 수 있다.

이 외에도 생물학 데이터 혁명과 컴퓨팅 파워의 융합은 안보상 또 다른 심각한 우려를 자아냈다. 초정밀 표적 생물무기가 그것이다. 과거의 생물전 프로그램에서는 무기가 지리적 위치를 통해 대상자를 표적으로 삼았다. 하지

만 생명공학의 발전으로 악의적인 행동세력들이 광범위한 지리적 지역에 생물무기를 배치할 뿐만 아니라 표적 집단이나 개인에게도 영향을 줄 수 있는 가능성이 열렸다.

사람의 유전자 지도를 완성하는 인간게놈 프로젝트가 진행되자, 1990년대에 이러한 “유전자 무기”의 가능성이 생물무기 통제 공동체 내에서 처음으로 논의되었다. 영국 정부는 “이러한 유전자 연구에서 나온 정보가 특정 종족이나 인종을 표적으로 삼는 무기를 설계하는 용도로 고려될 수 있다는 점을 배제할 수 없다”고 말했다. 영국 의사협회는 “과거에 서로 다른 인구집단이 다양한 질병에 차등적으로 걸릴 수 있다는 사실을 고려한 적이 있었던 만큼, 유전자 무기가 개발되는 일이 절대로 생기지 않기를 바라지만 이런 일은 절대로 일어나지 않을 것이므로 이를 미래의 가능성 정도로 대수롭지 않게 여긴다면 크나큰 실수가 될 것”이라고 경고했다. 스톡홀름 국제평화문제연구소(SIPRI)는 보고서를 통해 “미래에 집단학살에 쓰일 수 있는 대량살상 무기의 개발” 가능성에 대해 언급했다.

유전자 기술과 기타 신기술, 특히 머신러닝과 딥러닝의 발전은 새로운 우려를 자아냈다. “대개 임상 데이터와 직접적인 관련이 있는 수백만 개의 인간 유전자에 접근한다는 것은 생물정보학자들이 특정 집단의 감염 취약성을 지도화할 수 있다는 의미”라고 UN 군축연구소가 최근 보고서에서 경고한 것이다. 한편, UN 대학의 한 보고서에서는 “딥러닝이 취약성, 그리고 면역체계와 마이크로바이옴의 상관관계를 암호화하는 유전적 기능인 ‘정밀질병(precision maladies)’을 확인하는 것으로 이어질 수 있다고 주장한다. 악의적인 세력이 이런 형태의 바이오지능을 이용하면 일부 특정 집단의 면역체계나 마이크로바이옴에 핵심적인 기전을 표적으로 삼는 맞춤형 병원체를 조작할 수도 있다.” 미국 국립과학원의 2018년 보고서에서는 “활동세력들은 특정 집단의 유전자를 기반으로 하거나



백신 접종 전에 이들을 표적으로 삼는 생물무기를 설계하려고 하거나, 심지어는 어떤 집단에게 다음 공격에 ‘대비하도록’ 표적들의 면역체계를 억제시키려 할 수도 있다. 수십 년 전만해도 공포의 대상이었던 이러한 능력은 수궁 할만한 수준에 이른 적은 없지만, 건강과 유전자 데이터를 폭넓게 사용할 수 있게 되면서 실현 가능성이 점차 커지고 있다.”고 암시한다.

여기서 주목할 점은 표적 생물무기에 접근하는 데는 제약이 되는 장벽이 있다는 사실이다. 표적 생물무기를 설계하려면 기술적 기반, 전문성, 재원이 필요한데, 이는 상당한 자원을 보유하고 동기가 부여된 활동주체만이 이러한 가능성을 모색하려고 할 것임을 암시한다.

### 생물무기 군축을 재구상하다

스톡홀름 국제평화문제연구소의 전문가들은 초정밀 표적 생물무기는 만드는 게 상당히 복잡하기 때문에 사용 가능성이 상대적으로 낮다고 암시해왔다. “특정 개인이나 집단에 해를 끼칠 목적이라면 악의적인 세력은 대부분 화기나 독약처럼 낮은 수준의 기술이나 직접적인 방법을 이용할 게 틀림없다.” 이 말은 정확한 것일 수도 모르나, 안타깝게도 21세기 생물무기 통제에 충분한 근거가 되진 못한다. 하버드 대학교의 Matthew Meselson 분자생물학 교수는 생물무기 군축의 옹호자로서 2000년에 생명공학의 적대적 사용을 경고하는 글에서 100년을 미리 내다보며 다음과 같이 생각했다. “기본적인 생명 프로세스를 바꾸려는 능력이 빠르게 발전하면서, 이에 더하여 우리는 생명을 파괴하는 방법을 고안해낼 뿐만 아니라, 인지, 발달, 생식, 유전 프로세스를 포함해서 생명을 조작할 수 있게 될 것이다… 바로 그 안에 전혀 없는 폭력, 강압, 억압, 정복의 가능성이 도사리고 있을 수 있다.”

현재의 군축제도인 생물무기금지협약(BWC)은 1975년부터 계속 시행되어 왔다. 이 협약은 해로운 목적으로

쓰이는 생물작용제로 알려진 생물무기를 포괄적으로 금지하며, 당사국들은 자연적으로나 인공적으로 만들어진 것이건 조작된 것이건 상관없이 이 협약이 모든 미생물이나 그 외의 생물작용제나 독소, 그리고 그 원천이나 생산 방식이 어떠하든지 그 구성요소를 분명히 포괄한다는 데 동의한다.

전반적으로 이 협약은 병원체 특유의 위해성과 초정밀 표적 생물무기의 위해성을 모두 포괄한다. 실제로, 1990년대 중반에 처음으로 유전자 무기 문제를 하나의 가능성으로 제기했던 영국 정부는 유전자 무기는 협약을 “분명히 위반”하는 것이라고 말했다. 사이버 생물안보 위해성의 경우엔 생물무기금지협약에서 다루진 않지만, 이 협약과 더 일반적으로는 무기통제조약은 이런 유형의 위해성을 다루기에 적절한 도구가 아니다.

BWC의 포괄 범위를 두고 다소 불확실성이 있을 수 있다면, 그것은 재해가 생물작용제와 관련이 없는 경우이다. 과학기술의 발달로 박테리아나 바이러스로 사람을 병들게 하는 대신 생물학적 과정에 개입하거나 이를 조작해서 면역체계, 신경계, 내분비계, 마이크로바이옴, 심지어는 유전체를 직접 표적으로 삼는 신종 생물무기가 가능해지고 있기 때문이다. 이는 가령 DNA나 RNA에 의해 만들어진 지거나 여기에서 영감을 받은 것이건 해도 DNA나 RNA, 혹은 그 외에 자연적으로 생기는 우리가 아는 핵산이 아닌 합성 구조물을 기반으로 한 구성체를 사용함으로써 가능해질 수 있다. 이런 경우에는 BWC의 포괄 범위가 명확하지 않겠지만, 이 조약의 목적이 이러한 재해를 금지하려는 것임은 의심의 여지가 없다.

그런데, BWC가 직면한 진짜 문제는 그 포괄 범위가 아니라 각국이 협약을 준수하고 의무를 다하도록 하는 것이다. 이러한 관리감독이 특히 어려운 이유는 관련 물질, 장비, 기술 노하우가 수많은 다양한 과학 분야에 걸쳐 확산되어 있고, 공공 부문보다는 민간 부문에서 점차 확대

되고 있기 때문이다. 게다가, 생물작용제 자체는 자연 속에 존재하며 대개 자연 생식과 복제가 가능한 생물체이기도 하다.

생물학이 갖는 이중용도의 성격과 협약의 준수 여부 평가에 대한 어려움은 BWC에 관한 협상 초기에 이미 인식된 바 있다. 예를 들어, 영국은 군축회의 이전 회의에서 나온 1968년 성명에서 이중용도라는 용어를 군축 논의에서 사용하는 한 이 용어의 측면에서는 그 어떠한 검증도 불가능하다고 말했다. 다시 말해서, BWC 직전에 타결된 핵확산금지조약(NPT) 같은 핵 관련 조약의 검증과 동일한 수준의 정확성과 신뢰성으로 BWC를 검증하는 건 불가능하다는 것이었다. 결과적으로, BWC 제1조 - 당사국은 “어떠한 경우에도 생물무기를 획득하거나 보유하지 않는데 동의한다”는 조항 - 는 금지된 활동과 합법적인 활동의 경계를 구분하기가 모호하다. 제1조에서는 단지 “형태나 양으로 보아 질병예방, 보호, 또는 기타 평화적 목적으로 정당화되지 아니하는” 생물작용제라고 지칭하고 있을 뿐이다.

BWC 준수 평가의 주된 책임은 자매 협약으로서 화학무기금지기구와 국제원자력기구에서 준수 평가를 맡고 있는 화학무기금지협약(OPCW) 및 핵확산금지조약(IAEA)과는 달리 조약의 당사국인 각국에게 있다. BWC에서 각국은 다른 국가의 준수 여부를 평가할 때 자체 자원을 이용한다. UN 안보리는 준수 위반 혐의와 관련해 최종 중재자의 역할을 하나, 현재까지 이러한 혐의를 조사해달라는 요청을 받은 적이 없다. BWC 이행지원국의 역할은 각국의 BWC 이행 노력을 지원하는 것에 그친다.

BWC의 “일반적인 목적의 기준”이란 이 조약에서는 방어나 보호의 목적이라면 거의 어떠한 생물학 연구도 모두 허용한다는 의미이다. 이러한 일부 연구는 타당성이 있다. 하지만 방어용 연구와 공격용 연구의 경계가 모호한 경우도 있다. 허용되는 생물방어 프로젝트와 금지되는

프로젝트를 구분하기란 힘든 일이다. 관련 시설, 장비, 물질, 활동을 평가하는 것으로 그치는 게 아니라, 이러한 활동의 목적이나 의도도 검토하고 해석해야 되기 때문이다.

유전자와 생체계 조작 능력이 상당히 빠르게 발전하고 가속화되면서 냉전 시대의 준수 평가 도구는 점점 시대에 뒤떨어지게 되었다. 이러한 조작 능력으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 생물정보학에 머신러닝과 딥러닝 결합
- 이러한 발전을 유전공학의 습식작업을 중앙집중화해서 척도화하는 제3의 회사인 “클라우드 랩(cloud labs)”과 결합시킴
- 의도적으로 환경에 유출시키는 바이러스 연구
- 생물방어 프로그램 증가 및 이런 프로그램의 역량 강화

생물학 연구의 의도를 밝히려면 단지 발효조의 개수를 세고, 고압멸균기의 크기를 측정하며, 증식 배지의 양을 제한하는 것으로는 충분치 않다. 점점 더 많은 국가들이 생물학은 대부분 물질 계량관리형 검증 방법이 먹히지 않는다는 점을 인정하고 있다. 가령, 영국은 최근에 BWC 준수는 “물질수지를 검토하거나 발효조 같은 개별 물체의 수를 파악하기 보다는 투명성, 통찰력, 솔직함과 훨씬 더 깊은 관계가 있다”고 말했다.

점차 가속화되는 디지털 세계에서 다소 역설적이게도, 지난 몇 년간 이 세상은 생물무기 통제와 관련된 평가 준수에 있어서 철저하게 정량적인 접근방식과 이분법적 모델에서 보다 정성적인 방법으로 움직여왔다. 선도적인 국가들은 투명성을 입증하고 신뢰를 구축할 수 있게 해주는 자발적인 새로운 이니셔티브 - 동료평가, 이행평가, 투명성 실사 등의 이니셔티브 - 를 통해 우수관리기준과 책임 있는 과학을 보여줄 수 있는 방법을 모색하고 있다. 이러한 정보 공유 이니셔티브는 상호작용과 유연성, 단지 현장 모니터링을 하기 보다는 전문가 차원의 우수관리

기준 교류, 관련 실험실과 시설에 대한 폭넓은 이해를 강조하고 있으며, 이는 각국의 참여로 준수 여부를 판단하는데 실질적인 가치를 더하는 것으로 여겨져 왔다.

마찬가지로, 시민사회 단체들은 생물안보 관련 법과 규정을 보완하는 방식으로 행동규범, 포상, 시상, 대회, 우수행동에 대한 기타 인센티브처럼 규범을 구축하는 관리 방법의 개발을 주도해왔다. 평판 위험, 기업의 수치심, 불량 행동에 대한 사회적 압박의 활용처럼 그 이면도 탐색하기 시작했다. 4차 산업혁명에서 생물무기금지협약의 준수는 “준수”나 “미준수”냐의 이분법적 상태를 확인하기 보다는 문제의 활동에 대한 근거를 분석하고 이중용도 가능성을 관리하는 쪽으로 갈 필요가 있다.

생물무기 통제, 더 보편적으로는 UN과 관련해 보다 광범위한 도전과제는 관리 체제를 국가 이외의 이해관계자, 특히 민간기업과 시민사회 단체 등까지 확대하고, 신기술을 중심으로 안보 관련 토론을 하는 글로벌 포럼으로서 동시대의 관련성을 유지하는 것이다. 전통적으로 엘리트 기관과 국가 연구실에 사일로화되어 왔고 각국 정부가 모니터링해온 생명공학 같은 기술은 이제 전세계의 민간 기술 플랫폼과 연구기관에서도 점점 더 쉽게 접근할 수 있게 되었으며, 이들에 의해 제어되기도 한다. 인공지능의 시대에는 이중용도 연구와 관련된 무형 지식과 전산화 도구에 접근하지 못하도록 제한하는 게 더욱더 힘들어질 뿐이다.

생물무기 통제를 구조적으로 진전시킬 수 있는 절호의 기회가 있다. 그 방법 - 그리고 생물학 분야를 또 다른 신기술과 연계시킬 수 있는 방법 - 은 바로 인공지능, 사이버, 생명공학 분야를 넘나드는 협력을 적극적으로 장려해서 책임감 있는 안보 관행을 구축하고, 이를 통해 과학자들이 각 융합분야에 대해 배우고 이 분야가 이중용도 연구에 미치는 영향이 무엇인지를 깨닫게 하는 것이다. 하지만, 이런 유형의 협력이 있더라도 그 자체만으로는

강력한 융합 기술의 오남용으로부터 전세계를 보호하기엔 역부족이다.

광범위하고 빠르게 이루어지는 기술 발전을 제대로 관리할 수 있는 한 가지 방안은 산업계, 학계, 정계, 국방 분야, 시민사회, 국제기구의 뛰어난 사람들로 구성된 “영향력 있는 네트워크” 같은 세계경제포럼의 참여를 이끌어, 과학, 산업, 국방, 정치 분야의 생물학적 위험 관련 발전을 감독하고 분야를 초월한 공동의 조치를 결정하는 국제 이사회를 설립할 수 있게 만드는 것이다. 이와 유사한 방안 - 생물학 분야에 국한하지 않고 신기술도 포함 - 으로 UN의 전략적 미래통찰팀이 소집하는 공공분야와 민간분야의 기라성 같은 핵심 이해관계자들로 구성된 “국제 미래통찰기구”를 설치하는 방법도 있다. “보초병”의 역할을 하는 핵심 직위에 개인을 등재시키고 기관을 선정하는 부차적인 감독 단계를 활용해서 이사회나 국제 미래통찰 관측소를 보충해도 된다. 이런 감시병들은 우선, 책임 있는 과학과 혁신을 적극적으로 장려하고, 둘째, 이사회나 미래통찰기구에서 고려해야 할 안보상 위해요소를 파악하는 이중적인 역할을 할 수 있을 것이다.

이와 같이 새로운 지배구조는 새로운 유형의 투명성, 신뢰구축, BWC 준수 평가를 수립하고, 생물무기 개발 방지와 이중용도의 성격을 띤 생물학 연구의 관리를 뒷받침하는 정치적 이니셔티브 - 예를 들어, 인공지능과 생물정보학 집단 - 로 보완할 수 있다. 융합기술의 엄청난 도전에 직면해 있는 만큼, 미래의 생물무기 통제를 재구성하려면 이처럼 대담한 발상이 필요할 것이다.

(Bulletin of the Atomic Scientists : 2020.12.7)

## 러시아는 UN의 생물무기 조사에 제동을 걸기 위해 어떻게 했나

전세계 대부분의 국가가 맹위를 떨치는 코로나 바이러스 팬데믹과 미국 대통령 선거에 주력하던 지난 10월에 러시아 외교관들은 논란이 되는 한 결의안을 UN 총회에 발의했다. 화학무기나 생물무기 사용 혐의를 조사하는 UN 사무총장의 40년 된 권한을 약화시킬만한 것이었다.

조금이라도 관심이 있는 사람에겐 이 결의안에 숨겨진 “이유”가 명확했다. 독립적인 기술 조사가 실제로 가동하는 것으로 나타나자, 러시아는 자신들이 거부권을 갖고 있는 UN 안보리에 책임을 맡겨 미래의 국제 조사에 대한 통제권을 되찾고 싶었던 것이다.

역사적으로 아이러니하게도, UN 총회가 1970년대 말 동남아시아와 아프가니스탄에서의 화학무기 사용 의혹에 대한 조사 권한을 사무총장에게 일임한 이유는 바로 안보리가 이러한 의혹에 대한 대응 방법에 있어서 합의에 이르지 못했기 때문이었다.

러시아는 강도 높은 외교를 벌였음에도 11월 4일 투표에서 유례 없는 패배를 겪었다.

핵무기, 우주의 무기화, 사이버 전쟁이라는 뻘뻘한 의제에 쏟아지던 관심을 팬데믹이 독식하고 있는 가운데, 상대적으로 잘 알려지지 않은 조사 절차가 UN에서 주목받고 있다는 것은 군축의 미래와 잠재적인 조약 위반국 조사에 관한 대체 논쟁으로서 이 결의안에 대한 논란이 있음을 보여준다. 수십 개 국가들이 러시아 편이라는 것은 생물무기 및 화학무기금지조약 위반에 대한 책임을 물으려는 국가들이 어떤 도전에 직면해있는지를 보여준다.

이 도전은 반기문 사무총장이 시리아 정부가 사린 가스로 민간인을 공격했다는 의혹을 포함해 시리아의 화학무기 사용을 조사하게 한 때인 2013년에 속도가 붙었다. 반기문 사무총장의 조사는 국제사회가 화학무기 사용에 대

해 보다 단호한 입장을 취하는 움직임을 이끌었다.

### 구타 지역 공격과 책임소재

2013년 8월 21일 새벽에 시리아의 수도인 다마스쿠스의 인접 지역인 구타(Ghouta)가 사린 신경가스 50리터가 탑재된 특수 설계된 지대지 로켓포로 폭격을 당했다. 밤에 온도가 낮다는 것은 공기가 땅 쪽으로 유입돼 가스의 잠재적 영향이 극대화될 수 있음을 의미했다.

로켓포가 구타 지역의 집, 아파트 건물, 석조 타일로 된 테라스, 마당을 휩쓸고 지나가자, 여기서 나온 무거운 가스가 땅바닥 가까이 머물며 사람들이 대피해 있던 지하실로 스며들었다.

현장에 도착한 초기 대응자들은 수많은 사람들이 땅바닥에 누워있었고, 상당수가 이미 죽거나 의식이 없는 상태였다고 설명했다. 시리아 반군인 자유시리아군의 장교인 Alla'al-Basha 대위는 부대원들과 함께 사람들을 도우려 갔던 당시 상황을 말해주었다. “길거리에 시체들이 난무해있었어요. 집 전체를 뒤져봤지만 생존자는 찾아볼 수 없었어요.” 그는 사람들이 가까스로 호흡을 이어가며 고통으로 몸부림치고 있었다고 말했다. 어떤 여자는 숨이 막히자 옷을 잡아뜯었다고 한다.

사린가스로 인해 신경계가 교란되자 사람들은 경련을 일으키고 거칠게 숨을 쉬고 구토했고, 이것이 끔찍했던 그날 밤의 모습이다.

병원은 수천 명의 사람들로 발 디딜 틈이 없었고, 이미 의료진, 약, 산소, 전기, 심지어는 병상까지도 턱없이 부족한 상태였다. 그날 밤에 100명 이상의 어린이를 돌보았던 의사인 Ali Abu Emad는 당시를 떠올리며 이렇게 말했다. “어떤 아이들은 상태가 악화된 채로 병원에 오는



바람에 한 두 시간 후에 사망했어요. 또 어떤 아이들은 둘째 날에, 또 어떤 애들은 셋째 날에 살아있다가 죽었어요. 아이들은 제 품에 안긴 채 눈을 감았어요.”

민간인에 대한 맹렬한 폭격이 발생한 다음 날에, 구타 지역의 25개 임시 의료시설에서 확인된 사상자는 사망자가 약 1,500 명, 부상자는 만 명 이상이었다. 사망자 수백 명은 어린이였다. 그 당시에 버락 오바마 미국 대통령은 “남녀 어린이들이 자기 나라 정부가 살포한 가스로 목숨을 잃었다.”고 말했다. 구타 지역의 의사인 Emad는 “아이들의 얼굴이 눈 앞을 떠나지 않는다”고 말했다. 이것이 21세기 최악의 화학무기 공격이었다.

애석하지만 이 공격이 전례 없는 사건은 아니었다. 구타 지역의 대학살은 15년 전에 이란과 이라크 국경 인근의 쿠르드 마을인 할랍자에서 일어났던 역시나 끔찍했던 사건의 복사판이었다. 이란-이라크 전쟁 당시에 이라크 군이 취약한 민간인을 대상으로 화학무기를 사용한 사건이었다. 이 공격으로 수천 명이 목숨을 잃은 것으로 추정된다.

뉴스 보도, 사진, 비디오 영상, 목격담이 나오면서 구타 지역 사건의 참상이 전세계에 전해졌으나, 국제사회가 다 함께 진상 규명에 합의하고 이를 처리할 수 있었던 것은 UN 사무총장의 요청에 따라 독립적인 전문가 팀들이 체계적이며 꼼꼼하게 증거를 수집한 덕분이었다.

반기문 사무총장은 구타 폭격 사건에 관한 조사 보고서를 안보리에 제출하며 이렇게 말했다. “국제사회는 이렇게 끔찍한 일이 재발하지 않도록 하겠다고 약속했지만, 또다시 발생했다.” 사무총장은 세계 각국은 가해자에게 책임을 묻고 다시는 화학무기가 전쟁도구로 재등장하는 일이 없도록 해야 할 책임이 있다고 강조했으나, 폭격의 책임 소재를 따지진 않았다.

어떤 국가들은 훨씬 더 강력한 조치를 촉구했다. 당시 Samantha Power UN 주재 미국 대사는 수동적으로 사린

가스 공격을 비난하는 상대국들에 대해 격노했다. “‘화학무기가 사용되었다’라고 말하는 걸로는 부족하다. 이것은 1994년에 르완다에서 ‘마체테라고 하는 큰 칼이 사용되었다’라고 말하면 충분했을 거라고 말하는 것보다 더 나을 게 없는 것이다. 사용자를 엄단해야 한다.”

현재 상태로는 책임 소재를 따지는 건 사무총장의 조사 소관이 아니다. 구타 폭격사건 조사를 비롯해 이러한 조사 권한은 화학무기 공격이 실제로 있었는지 여부를 확인하는데 국한되어 있기 때문이다.

하지만, 구타 지역 대학살 이후에도 시리아에서 화학무기 사용이 계속되자 프랑스를 주축으로 여러 국가들이 행동에 나서는 계기가 되었다. 2018년 6월에 이들 국가 연합체는 화학무기금지협약 회원국들을 대상으로 시리아 조사단에 책임을 묻는 권한을 부여하는 투표를 강행했다. 그 결과 82:24라는 절대다수 득표로 투표에서 이겼다.

중국, 인도, 이란, 시리아, 베네수엘라를 반대표를 던졌다. 하지만, 가장 강력한 반대국은 러시아였다. 1년 전만 해도 안보리에서 러시아는 화학무기금지기구와 함께 안보리의 시리아 조사를 끝내는데 거부권을 행사했었다. 그런데 2020년에는 사무총장에게 생물무기 또는 화학무기 사용 의혹에 대한 독립적인 조사 권한을 부여하는 체제를 겨냥하면서 국제조사팀의 작업과 권한을 약화시키는 쪽으로 입장을 선화하고 있는 것이다. (화학무기금지기구는 여전히 화학무기 사용 의혹을 조사해서 책임을 물을 수 있는 권한을 가지고 있다.)

UN 회원국들은 UN 사무총장의 생화학무기 사용 조사 권한을 약화시키게 될 결의안을 대대적으로 거부했다.

### 러시아의 결의안

2020년 10월에 러시아는 사무총장의 조사 권한 절차 - 공식적으로는 사무총장의 생물무기 및 화학무기 사용 의혹 조사 메커니즘으로 알려진 - 를 갱신하려는 목적의

공격 조사 권한을 부여하는 총회 결의안을 처음으로 제안한 때인 1980년에, 결의안은 주로 냉전 동맹의 노선에 따라 78 대 17로 채택되었다. 36개국은 다같이 기권표를 던졌다.

당시에, 수십 년간 생물무기 및 화학무기에 대한 국제적인 견해를 이끄는데 도움을 준 Julian Perry Robinson은 “총회의 투표는 단연코 동-서 노선에 따라 양분되고, 비동맹 국가의 유망 분야에서는 관여하지 않으려는 입장이 분명한 분위기 속에서” 냉전의 정치가 좌우되었다고 말했다.

오늘날에는 전세계가 양분될 위험이 훨씬 더 커졌다. 시리아 내전에는 화학무기가 광범위하게 사용되었고, 이라크에서는 테러단체가 화학무기를 사용한 바 있다. 테러리스트가 화학무기를 사용하고 이런 무기가 내전에서도 쓰인 것을 넘어서서 최근에는 특정 화학무기(노비츠크와 VX)가 암살 무기로 쓰였다.

화학무기금지협약은 지난 7년간 전반적으로 화학무기 사용 의혹에 잘 대처해왔다. 반면에, 생물무기금지협약에는 이를 이행할 전담 국제기구가 없고 검증 규정도 없다. 그래서 생물무기 사용 의혹이 있거나 그러한 의심이 들면 협약 가입국들이 안보리나 사무총장의 조사를 요청해야 한다.

지금까지 생물무기 사용 의혹을 조사해달라는 요청은 단 한 건도 없었지만, 코로나 19 팬데믹은 감염병이 무기로 매력적일 수 있다는 우려를 제기하고 있어 적절한 조사 메커니즘이 시행될 필요가 있다는 것을 보여주었다. 일부 국가들, 그 중에서도 특히 러시아는 안보리 - 거부권을 행사해서 조사를 막을 수 있음 - 가 미래의 생물무기 사용 관련 조사를 통제해주기를 바라고 있다.

### 독립적인 조사를 왜 막으려고 할까?

화학무기 사용 의혹 조사에서 얻은 가장 중요한 한 가지 교훈은 강압적인 조사(intrusive investigations)가 효

과적일 수 있다는 점이다. 의심스러운 질병에 대한 역학 조사와 화학 사고에 대한 화학물질 탐지 조사는 차이가 있긴 하지만, 그럼에도 불구하고 화학무기 사용 의혹을 조사하면서 얻은 경험 - 1990년대 이라크에 대한 UN 무기 사찰단과 2010년대 시리아 조사단의 경험 - 은 조사가 효과적임을 시사한다. 모든 국가가 이런 교훈을 배웠으나, 이를 탐탁지 않게 여기는 국가도 있다. 그래서 조사팀의 권한과 작업을 중단시키고 방해하고 약화시키며 이에 이의를 제기하려는 노력이 심화된 것이다.

이러한 방해 작전은 화학무기금지기구(화학무기조약을 이행하는 행정기구)와 UN 같은 공식적인 외교 환경, 그리고 조사의 타당성, 정확성, 공정성에 관한 인식에 영향을 주려는 허위정보와 정보왜곡 활동 등, 다양한 영역에서 이루어지고 있다.

시리아에서의 경험과 기타 경험으로 볼 때, 조사는 점점 더 논쟁적이고 복잡하며 중요해지고 있다는 것을 알 수 있으며, 이는 사무총장 주도의 생물무기 조사가 이루어진다고 해도 정치적으로 험난하고 기술적으로 복잡해질 거라는 점을 시사한다. 또한, 위반국이 안보리에 보호장치를 갖고 있다면, 이는 해당 국가에 책임을 돌리려고 할 때마다 다각도로 어려움에 직면하게 될 것임을 암시한다.

안보리에 생물무기 및 화학무기 조사 권한을 더 많이 부여하려는 러시아의 제안서는 공공이 속이 있는 것으로, 러시아가 다른 국가들로 하여금 사무총장은 이러한 조사를 수행하기엔 역부족이라고 믿게 하려는 것처럼 사무총장의 무능력을 나타내는 신호가 아니다. 오히려, 러시아, 그리고 처음부터 러시아의 결의안을 지지한 중국 같은 국가들이 독립적이며 공정한 절차가 그들의 통제와 거부권 밖에 있을까 봐 우려한다는 신호이다.

UN 총회에서 생물무기 및 화학무기 사용 의혹을 조사하는 폭넓은 권한을 사무총장에게 부여한지 40년이 지났는데도 이 권한은 여전히 위협받고 있다. 특히, 생물무기

금지협약을 이행할 기구가 없는 상황에서 생물무기 사용 의혹을 조사하는 경우에 그러하다.

우선, UN 총회는 사무총장의 권한을 축소하려는 알파한 시도를 막는 데는 성공했으나, 할 일이 산적해있다. 생물무기 사용 의혹이 있을 때 국제사회가 철저하게 조사할 수 있으려면 조사관 교육, 실험실 네트워크, 그 외의 운용

준비를 강화할 필요가 있다. 그리고 때가 되면 사무총장은 공격의 책임자를 밝히는 새로운 공식적인 절차를 필요로 하게 될 것이다.

국제사회는 그 어떤 상황에서도 사용해선 안 되는 무기가 쓰였을 때 책임을 물을 수 있어야 할 것이다.

(Bulletin of the Atomic Scientists : 2020.12.11)

## 싱가포르, 2025년까지 운영 준비가 끝나는 BL4 실험실에 9천만 달러 투자 예정

싱가포르는 다음에 있을 대규모의 팬데믹이나 생물학적 위협에 대비하기 위해 2025년까지 국내최초의 최고 등급에 해당하는 생물안전 밀폐 실험실의 가동 준비를 마칠 예정이라고 Ng Eng Hen 국방부 장관이 말했다.

Ng 박사는 싱가포르 국방연구기관인 DSO 국방연구소의 역량을 전세계 생물안전 대비조치의 최고 등급인 4등급(BSL-4)으로 업그레이드하는데 약 9천만 달러가 투입될 예정이라고 의회의 국방부 예산 논의에서 말했다.

바이러스는 전파성과 치명성에 따라 위험군 1~4로 분류된다. DSO 국립연구소의 현 시설들은 사스(중증급성 호흡기증후군)와 코로나 19 같은 위험군 3의 바이러스를 안전하게 취급할 수 있다고 국방부 측은 말했다.

“다수의 선진국들은 이미 수년 전에 건설된 최고 등급의 생물안전 실험실(BSL-4)을 가지고 있다. 2015년 이후로는 중국, 일본, 한국 같은 아시아 국가들도 BSL-4 실험실을 구축했다. 동남아시아국가연합(ASEAN)에는 이런 시설이 전무하다”고 Ng 박사는 말했다.

이 외에 전세계의 일부 BSL-4 실험실로는 호주 멜버른의 피터 도허티 감염 및 면역 연구소, 독일 베를린의 로버트 코흐 연구소, 미국 텍사스의 겔버스턴 국립연구소가 있다.

“따라서 국방부는 DSO가 보건부와 함께 작업하도록 약 9천만 달러를 투자해서 DSO에 있는 시설의 생물안전

등급을 최고 수준으로 업그레이드할 예정”이라고 Ng 박사는 말했다.

BSL-4 실험실에서는 공기분리를 더 엄격하게 할 필요가 있으므로 필요할 때 시설을 신속하게 폐쇄하고 격리시킬 수 있어야 한다고 Ng 박사는 말했다.

싱가포르는 DSO 국립연구소의 시설들을 업그레이드함으로써 앞으로 더 치명적이고 전염성 강한 바이러스에 대한 대응물질을 안전하게 취급, 평가, 개발할 수 있는 능력을 갖추게 될 것이라고 국방부는 말했다.

이 실험실은 진단제와 항체 치료제 같은 대응의약품을 개발하기 위해 신종 감염병의 병원체와 잘 알려진 고위험 병원체를 분리하고 배양하는데 사용될 것이라고 국방부가 덧붙여 말했다.

Ng 박사는 DSO 국립연구소는 시설을 업그레이드하기 위해 보건부와 협력할 것이며, 설계, 건설, 시스템의 주기적 밸리데이션을 포함한 전체 공정에 대한 자문을 제3자와 해외 전문가들에게 의뢰할 거라고 말했다.

업그레이드되는 생물안전 실험실은 설계 원칙, 관리와 운영 정책, 우수관리기준, 성능 검사 등 2019년 5월에 수립된 보건부의 최대밀폐시설 생물안전 기준을 따르게 된다고 국방부는 말했다.

또한, 신규 시설이 세계보건기구와 미국 질병통제예방센터의 국제기준과 가이드라인에 부합할 수 있도록 관련

경력이 있는 유능한 자문위원이 이 과정에 참여할 예정이다. 신규 BSL-4 실험실은 모든 근무자에게 양압 보호복 같은 개인 보호장비를 착용하게 하는 등, 강화된 안전장치를 갖추 예정이다.

그 외에 신축 실험실에서 병원체가 유출되는 것을 방지하는 생물안전 조치로는 이중 고효율미립자공기(HEPA) 필터와 배기장치, 이중 배관과 배출 전 액체 살균, 모든 고체 폐기물의 소각 전 가열살균이 있다. 또한, 단방향의 공기흐름을 보장하기 위해 실험실에 여러 에어락과 음압 장치를 설치할 것이며, 최대밀폐시설 둘레에는 안전벽의 역할을 하게 될 에어 코리도(air corridor)를 설치하게 된다.

뿐만 아니라, 기술적 결함이 생기면 압력을 중립 상태로 유지해서 공기가 시설 밖으로 빠져나가지 못하도록 완전한 폐쇄 장치가 실험실에 장착될 것이다.

Ng 박사는 미래의 팬데믹이나 생물학적 공격은 코로나 19보다 더 안 좋은 상황을 초래할 수도 있으므로, 싱가포르를 “외부에 위탁”해서 대응하거나 다른 국가에 도움을 요청해선 안 된다고 말했다. “다른 국가에 의존하는 것은 어리석은 일일 것이며, 우리 자신을 보호하기 위해 싱가포르 내에 역량을 구축할 필요가 있다”고 그는 말했다.

Ng 박사는 싱가포르의 지난 몇 년간 DSO 국립연구소에는 40명의 바이오 인력을, Medial Corps에는 약 250명의 의사와 준의료직원을 유지하는 수준으로 투자금을 유지해왔다. 또한, 사스 사태 이후 DSO 국립연구소에 더 안전한 생물학 실험실들을 건설했다.

이처럼 생물방어와 의료 역량에 대한 장기적이고 꾸준한 투자는 코로나 19에 대한 국방부와 싱가포르군의 신속한 대응 능력으로 그 정당성이 입증되었다. 이 바이러스가 싱가포르에 들어온 때인 작년 1월에 DSO가 기어이 PCR(중합효소 연쇄반응) 검사를 준비시킨 것이 바로 그 예이다.

“우리가 지난 몇 년 간 사스, 사린가스, 탄저병, 기타 치명적인 생화학 사고에서 올바른 교훈을 얻지 못했다면, DSO는 코로나 19가 우리나라를 침투했을 때 검사장치를 생산하는 인력과 전문성을 비롯해 그 외의 타개책은 커녕 시설 조차 갖추지 못했을 것이다”라고 Ng 박사는 말했다.

(THE STRAITS TIMES : 2021. 3. 1)

## WHO, 11,000회분 이상의 에볼라 백신이 기니에 도착할 예정이라고 밝혀

세계보건기구는 최근에 서아프리카 기니의 남부지역인 은제레코레에서 발생한 것으로 밝혀진 치명적인 에볼라 출혈열을 근절시키기 위해 11,000회분 이상의 에볼라 백신을 기니에 보낼 예정이라고 말했다.

WHO의 아프리카 지역 국장인 Matshidiso Moeti 박사는 11,000회분의 백신이 제네바에서 준비되고 있으며, 주말에 기니에 도착할 예정이라고 목요일에 말했다. 추가 86,000회분은 미국에서 운송될 예정이라고 이 박사는 말했다.

이로써 빠르면 월요일에 백신접종 캠페인이 시작될 수 있을 것이다.

“이미 30명의 접종 전문가들이 현지에서 동원되었고, 이들은 에볼라 백신이 기니에 도착하자마자 투입될 준비가 되어 있다”고 Matshidiso Moeti 박사는 말했다.

최근 몇 주간 기니와 콩고민주공화국에서 에볼라 환자가 발생하자 WHO는 아프리카 6개국에게 에볼라 감염에 대해 초경계 태세를 갖춰달라고 요청했다.

“서아프리카 지역은 경계태세를 취하고 있고, 인근



국가들에서도 감시가 이루어지고 있다”고 동 박사는 말했다. “그렇지 않아도 코로나 19 팬데믹으로 의료진과 의료시설이 이미 한계에 도달한 와중에 에볼라가 겹잡을 수 없이 퍼지는 것을 방지하려면 우리가 다 함께 신속하게 행동해야 한다.”

기니의 이 감염병은 보건 공무원이 설사, 구토, 출혈 증상을 보이는 환자들의 의심 사례를 발견한 뒤 한 달도 안 돼서 긴급 회의 후 일요일에 선포되었다. 기니 보건부에 따르면, 감염자들은 지난 1월에 사망한 후 기니의 남부 구아케 지역에서 2월 1일에 매장된 한 간호사의 장례식에 참석했다고 한다. 전통 장례식에서는 사람들이 사망자의 몸을 씻고 만지기 때문에 에볼라가 쉽게 퍼질 수 있다. 이 바이러스는 보통 박쥐 같은 감염 동물에서 사람에게로 넘어온 뒤에 체액에 직접 접촉하면서 사람끼리 감염된다.

WHO에 의하면, 기니에서는 목요일 현재 에볼라 사망자 한 명을 포함해 확진자 3명이 확인되었다.

보건 공무원들은 서아프리카의 에볼라 확산이 억제되기를 바라고 있다. 이 지역은 2014년~2016년에 역사상 가장 치명적인 에볼라 유행을 겪으며 11,300명이 목숨을 잃었고, 사망자는 대부분 기니, 라이베리아, 시에라리온에서 발생했다.

인근국가인 시에라리온과 라이베리아는 국경 내 의심 사례를 추적하고 있다.

라이베리아의 보건부 장관인 Wilhelmina Jallah 박사는 기니의 은제레코레 마을에 갔다가 2월 12일에 라이베

리아로 돌아온 후에 에볼라 증상을 보이고 있는 한 여성을 의료진이 검사하고 있다고 지난 목요일에 말했다. 이 여성은 현재 검사 결과를 기다리며 격리 중에 있다고 동 장관은 말했다.

시에라리온도 최근에 여행한 적이 없는데도 에볼라 증상을 보이는 한 남자에게서 감염이 의심된다고 이번 주 초에 보고했다. 보건위생부의 Harold Thomas 대변인에 의하면, 이후 검사에서 이 남성은 에볼라 음성 판정을 받았다.

UN은 기니와 콩고민주공화국이 또다시 유행하는 에볼라를 억제할 수 있도록 긴급구호기금에서 1,500만 달러를 지원할 거라고 발표했다.

중앙아프리카의 콩고민주공화국은 국내 동부 지역에서 네 건의 에볼라 사례가 확인되었다고 지난 2월 7일에 발표했다. 이는 2020년 이후 첫 번째 집단감염이다.

WHO에 의하면, 콩고민주공화국에는 현재 8천회 분 이상의 에볼라 백신이 있으며, 월요일에 고위험군을 대상으로 부템포 지역에서 백신접종 캠페인이 시작되었다.

콩고민주공화국의 네 건의 감염 사례는 2018년 8월과 2020년 6월 사이에 2,200명 이상의 목숨을 앗아간 국내 10번째 에볼라 사태와 같은 지역에서 발생한 것이다.

Moeti 박사는 “확산이 연속적으로 이어진 것으로 볼 때 이번 유행과 이전에 북 키부 주(콩고 동부 지역)에서 발생한 유행간에 관련성이 있다”고 목요일에 말했다.

(AP : 2021. 2. 19)

## 미국, 대기생물학 연구를 통합하지 않으면 국가안보를 위협하게 할 수 있어

미국 생태학회 저널인 [생태학적 응용(Ecological Applications)]에 새로 게재된 한 논문에 따르면, 전세계를 순환하는 바람은 장거리에 거쳐 국경을 넘나들며 박테리아, 진균 포자, 바이러스, 꽃가루를 운반할 수 있음에도

미국은 대기 내 미생물에 의해 야기되는 미래의 질병이나 식량공급 위협에 대처하는데 미흡한 실정이다.

논문의 주요 저자인 아메리카 대학교의 Claire Williams 연구 교수는 수십 년간 나무 꽃가루의 장거리 이동

을 연구했다. 그녀의 초기 연구 결과가 나오면서 산림유전학, 대기화학, 기후변화에 관해 광범위한 연구를 진행하던 독일과 러시아의 과학자들과 함께 대기생물학이라는 통일된 주제로 공동작업이 이루어졌다.

“대기 내에 있는 꽃가루에 대해 알게 될수록, 꽃가루가 소위 ‘대기 플랑크톤’ - 박테리아, 곰팡이류, 지의류 분자(lichen soredia)[생식 구조물], 곤충 부위, 바이러스 등으로 이루어진 커다란 대기 환경의 일부라는 사실을 더욱더 잘 이해하게 되었다.”라고 Williams 교수는 말했다.

Williams 교수는 통합이 잘 되어 있고 재원이 풍부한 대기생물학 연구가 독일과 러시아에서 진행되는 걸 보면서 미국 지도자들이 국가안보에 대한 대기생물학의 가치를 깨닫고 미국이 기대에 미치지 못하고 있음을 인정하길 바라고 있다.

밸리열병(Valley Fever)의 지속적인 위협은 위협에 대처할 때 체계적인 연구가 얼마나 중요한지를 보여주는 한 가지 예이다. 밸리열은 미국 남부의 덥고 건조한 토양에 숨어있는 콕시디오이데스(Coccidioides) 곰팡이를 흡입했을 때 발생하는 질병이다.

질병의 발생을 감시하고 완화하려면 토지 이용, 기상학, 인체의 위해 요소들을 이해해야 한다. 그리고 진균 포자, 박테리아, 꽃가루는 국경이나 경계에 따라 이동하는 게 아니므로 밸리열병 같은 질병에 대처하려면 국제협력과 외교가 필요할 수도 있다.

미국에서는 대기 내 미생물에 대한 연구와 모니터링이 여러 연방기관에 분리된 채 이루어지고 있다. 농무부는 식량 공급을 위협하는 대기 내 병원체를 감시하고, 국방

부는 탄저균같은 생물작용제를 감독하며, 질병통제예방센터는 대기 내 병원체가 사람의 건강에 미치는 영향을 연구하고, 그 밖에 대기생물학 연구는 국립보건원, 미국 지질조사국, NASA, 국립과학재단, 에너지부, 국립해양 대기청에서 하고 있다.

각 부처나 기관이 자체적인 책임과 이해관계에 맞게 연구를 수행하는 것이 타당한 일이긴 하나, 협업과 정보공유가 이루어지지 않으면 사실상 미국이 여러 기관의 협력과 조언이 필요한 팬데믹 같은 국가안보 위협에 대응하는데 큰 문제가 생길 수 있다.

“올 것이 왔다. 결국, 팬데믹은 대기 내 바이러스 및 대기 내에 있는 다수의 병원체, 해충, 기생충에 의해 야기되는 것이기 때문이다.”라고 Williams 교수는 말했다. “미국의 여러 과학 기관들에 흩어져 있는 전문성을 한데 모은다면, 다음에 닥칠 팬데믹이나 집단발병에 보다 잘 대비하게 될 것이다.”

(Global Biodefense : 2021. 1. 30)