

総合研究報告

「生物テロ等の各種 CBRN テロの  
最新動向に関する研究」

研究分担者 木下 学

(防衛医科大学校 免疫微生物学講座 准教授)

平成 30 年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)  
(総合)研究報告書

「CBRNEテロリズム等の健康危機事態における原因究明や医療対応の向上に資する基盤構築に関する研究」

「生物テロ等の各種 CBRN テロの最新動向に関する研究」

研究分担者 木下 学(防衛医科大学校免疫微生物 准教授)

**研究要旨**

生物剤テロ等の各種 CBRN テロに関する最新の世界的な動向を研究するため、米国防総省が主催する“米軍健康システム研究シンポジウム(Military Health System Research Symposium; MHSRS)”や、米国防危機削減庁が主催する“生物化学防護に関する科学技術会議(Cheical and Biological Defense Science & Technology; CBD S&T)”に参加した。また、NATO 主要構成国であるドイツの軍研究機関である薬理学・毒物学研究所、微生物学研究所、および放射線生物学研究所を訪問し、CBRN テロおよび災害等に関する研究交流と意見交換を行った。これら会議への参加、および海外施設訪問を通じて、生物テロをはじめとする CBRN 脅威に関する最新の世界的動向が把握でき、本研究事業に大いに資する成果が得られたと考えられた。

**A. 研究目的**

平成 28 年度は、健康危機管理や CBRN テロ対策に資する情報共有基盤の整備を効果的に進めるために、米国防総省が主催する米軍健康システム研究シンポジウム MHSRS に参加し、CBRN 脅威に関する米国の最新動向や情報共有基盤の整備に関する考えを共有した。さらに平成 29 年度は米国防危機削減庁が主催する生物化学防護に関する科学技術会議 CBD S&T に参加し、より直接的具体的に生物テロをはじめとする CBRN 脅威への対処の現状と最新動向を情報共有した。平成 30 年度は米国だけではなく、NATO の主要構成国であるドイツに注目し、ドイツ軍に所属する薬理学・毒物学研究所、微生物学研究所、および放射線生物学研究所を訪問し、ドイツにおける CBRN 脅威の現状とその最新動向、ならびに対処施策を情報共有した。

**B. 研究方法**

1. 平成 28 年度に開催された国防総省が主催する軍健康システム研究シンポジウム

(Military Health System Research Symposium; MHSRS 2016)に 2016.8.27～2016.8.30 の 4 日間参加し、シンポジウムで提示された情報の取得や米軍医療関係者との情報交換によって、CBRN テロや新興感染症への対策等の健康危機管理に関する最新の動向と情報共有基盤の整備を行った。

2. 平成 29 年度に開催された米国国防危機削減庁が主催する生物化学防護に関する科学技術会議 (CBD S&T) に 2017.11.28 ～ 2017.11.30 の 3 日間参加し、学会で提示された情報の取得や学会参加者との情報交換によって、生物化学テロや新興感染症への対策等の健康危機管理に関する最新の動向と情報共有基盤の整備を行った。

3. ドイツ連邦軍医大学校の関連研究機関である薬理学・毒物学研究所、微生物学研究所、放射線生物学研究所を 2018.11.13～14 の 2 日間に渡り訪問し、CBRN 脅威に関する対応の最新情報を収集すると共に、これらに関する情報共有を行った。

(倫理面への配慮)  
とくになし。

## C. 研究結果

### 1. 平成 28 年度 MHSRS 会議内容の紹介

米軍事医学会は陸海空軍および統合衛生部の衛生担当者が一堂に会する学会で、第一線救護から軍事医学研究に至るまで幅広い内容を協議する場で毎年開催されている。今年は昨年より参加者が増え会場も大きくなった (Gaylord Hotel, Kissimmee, FL にて開催)。同盟国である英、独、豪、加、イスラエルの軍人の他にも、米国在住の民間中国人 (留学などでグリーンカードなし) も 20 名程度参加しており本会議に対する中国の関心の高さが伺われた (次年度以降は民間を含む中国人参加者は完全に姿を消した)。日本からは防衛医大の木下学(9 期)、萩沢康介(15 期)の教官2名と米軍連絡官の河野修一 2 陸佐(防医大卒 25 期)の 3 名が参加した。今年の主要テーマは HIV, TBI (traumatic brain injury), PTSD, Trauma care の 4 つであった。昨年の会議ではイラク・アフガン戦における最も防ぎ得る死 (preventable death) が外傷性出血死であったことが明確に定義され、これに対する 1:1:1 輸血などの対処法がトピックスであった。しかし、今回は戦傷者の大きな割合を占めかつ有効な治療法のない頭部外傷(TBI)に関心が集まり、とくに mild TBI 後の PTSD がトピックスであった。戦場での救護から帰国後の患者フォローに関心が移ったと考えられる。

**基調講演:** 国防総省、陸海空軍、軍医大の各

衛生代表、そして民間 (テキサス大 Holcomb 教授) からの 6 名が基調講演を行った。

1. Guice KS 米軍統合衛生部 (Defense Health Agency)、次席補佐官

軍事医学の根幹は軍の作戦任務を技術、装備の面で支えることである。一方で、ISIS、ジカ熱、爆弾テロ、ウクライナ紛争、エボラなどといったいろいろな不確定要素にも対応していく必要がある。迅速に強化・開発するものとして、疾病防護具、予防接種、外傷予防具、薬物治療、精強性レジリエンスを挙げていた。一方、既に成果があったものとして電子カルテ、先進外傷治療、専門家の育成を挙げていた。軍事医学主導のトピックスとして以下の 6 分野を挙げていた。

(1) 四肢の切断処置訓練 (MATT: multiple amputee trauma trainer)、とくに亜急性期の四肢切断 (delayed amputee)。 (2) 軍放射性生物研究所 AFRRRI と協力した核放射線防護。 (3) 義手の開発。 (4) 退役軍人協会と協力した big data 管理 (癌治療に関しても National Cancer Institute と協力)。 (5) 世界各国と協力した多剤耐性菌対策。 (6) 外傷時脳震盪の治療。

2. Chinn CG 海軍軍医 米軍統合衛生部の海軍トップ APCSS (アジア太平洋安全保障研究センター) にも参加しており、沖縄勤務経験もあり、アジア太平洋方面担当。

治療手技の向上、ワクチン開発、TBI の診断、輸血やタニケットなど外傷性出血への対処手技の確立、ジカ熱への対処などが重要だ。我々の使命は戦闘を支える役割を果たすこと

で、統合衛生部を最適化することである。研究開発に関しては、まずエビデンスを見極め、これを開発に繋げること。RDA project (research data alliance) とは研究データを共有して研究目標を達成することだが、軽度頭部外傷 (mTBI)対策でこれが実践されている。目標を定めるまでが3~5年、形にするまでが2~3年、実行に6~12か月が研究開発スピードの目安。現実よりかなり早く見積もっている。これが米国の開発に関するスピード感か。新たな脅威として、レーザー兵器、新興感染症、超音波兵器などへの対処を挙げている。

### 3. Holcomb BR US Army Medical Research and Materiel Command 陸軍の代表

我々の使命は戦闘する兵士のためにある。感染症、生物化学兵器脅威、負傷者の長距離搬送、凍結血液を含む輸血、TBI や脊椎損傷への対処も重要である。ジカ熱、エボラなどの軍の感染症対策を計画実行することも大切だ。政府と大学、企業が協力して開発する(産官学の協力)ことも重要で、とくに大学は先端技術開発(Cutting edge)を担うこと。米軍では戦傷病や感染症対策とならんで CBRN 脅威への対処が重要と考えているようだ。

### 4. Koeniger MA 第711 human performance 航空団 空軍の代表

現代は相互の関連性(communication)が複雑化しており、big data の10%も分析されていないのが現状である。空軍として航空宇宙医学の重要性を強調していた。CCAT や C-STARS (シンシナチ大学医学部での航空搬送

トレーニング)に取り組んでいると、昨年同様のことを言っていた。BATMAN (battlefield air targeting man) 計画:無人機オペレーター(暗い部屋で1人で操作する)のストレス対策に言及。画面に詳細に映る自らが行う狙撃場面などがストレスとなるため、メンタルヘルス対策の重要性を言っていた。1 PJ (pararescue jumper) for 5 patients:落下傘で降下する救助隊員が一度に5名までの負傷兵をモニタリング出来る監視ヘルメット。今、第3相試験まで行っている(海空軍の共同開発)。

### 5. Thomas R USUHS(米国防衛医大)校長

‘戦時において唯一の勝者は医学である’ by Mayo 外傷治療、兵士治療、専門的治療、医学教育、緊急時や通常時の治療、医学革新、頭部外傷、戦場医療、医療準備体制が戦争において発達してきた。USUHS は教育、研究、指導者育成、国家安全保障、軍務に貢献する。2008年以降に増えてきた頭部外傷と脳震盪への対処、複雑な疼痛機序の研究、Joint Trauma System、空軍第59医療集団の話を紹介。

### 6. Holcomb JH テキサス大医学部教授 (民間の代表だが、アフガン派遣軍の外科医のトップ



でもあった。)

民間でも 46 才以下の死因の半数は外傷死である(2013 年米国統計)。Trauma care の重要性を説く。千人単位で救命可能な外傷死が存在する。外傷治療は軍と民間で基本的に同じ。回避可能な死(preventable death)をゼロにすることが目標。しかし、これに関する NIH グラントは少なく国防省の支援をお願いしたい。外傷治療トレーニングは重要だがレベル1(最高レベル)の外傷センターは軍に1つしかなく問題である(サンアントニオにある)。

## 2. 平成 29 年度 CBD S&T 会議内容の紹介

米国国防危機削減庁主催の生物化学防護に関する科学技術会議(CBD S&T)に参加し



た。本会議は生物テロを含む CBRN テロに対して、いかに迅速な検知と適切な医療対処を行うかを話し合う会議で、2017.11.28～2017.11.30 の 3 日間、カリフォルニア州ロングビーチで行われた。過去 10 年で 5 回開催されているが、トランプ政権下での初めての会議であった。参加者は 1400 人程度であった。米国国防危機削減庁は、主に CBRN 脅威への対処手段の開発のための研究開発資金を全米の大学、企業に提供している機関であり、本学会はその成果報告の場であるとも考えられる。我々もエンドトキシントラランスを用いた敗血症対策と、増殖因子担持ナノシートによる創傷治癒促進対策を発表した。会議全体を通して、米本国での生物化学テロの脅威はあまり差し迫ったものではなく、医療対処を含めた基礎的な技術革新に傾注しているようであった。すなわ

ち、生物化学テロの脅威は、シリアなどの中東と日本を含む東アジアでの極めて深刻ではあるが地域に限局した脅威と考えているようであった。

### (会議内容紹介)

米国国防危機削減庁の各部門からの最近 2 年間のオーバービューがなされた。

#### 1. 診断・検出部門

医学的診断プログラムとしては、バイオアッセイ技術、化学剤検知器、バイオマーカーの開発、薬剤耐性菌対策、そして新興感染症対策では biomedical informatics、すなわち公衆衛生学的情報も含めたものが、重要である。これらは Multi-Echelon diagnosis (多層的な診断技術) と言うべきものである。Man-worn chemical hazard censor (個人が着衣できるセンサー) や、ゼロプロジェクト(誤検知がゼロの検知器)の開発を進めていくとコメントしていた。実際に、今回の学会を通じて、これらに関する開発の進歩を実感した。

#### 2. 情報システム、サーベイランス部門

どうやって CB 脅威を検知、サーベイするか。ハザードの危険予測を重視している。スマートフォンなどの端末で、これらの情報を知らせる。バイオサーベイランスが重要で、作戦時の危険予測と decision make に使う。装着した身体状態のセンサー wearable physiological status censor の開発もやっている。



#### 3. ワクチンプログラム部門

ウイルスではエボラなど出血熱ウイルス、ベネズエラ馬脳炎など脳炎ウイルス、毒素ではリシン、細菌では炭疽菌、野兔病菌、鼻疽菌、類鼻疽菌に注目してワクチンや治療法を開発していた。天然痘や SEB、ボツリヌスに関しては言及なし。確かに、今回の学会ではベネズエラ馬脳炎や鼻疽菌、類鼻疽菌の発表が目立っていた。既存薬剤の違った適応による使用 repurposing に言及していた。このような開発方針も注目しているのか。開発対象の剤を以下のごとく挙げていた。

	開発対象病原体	ワクチン	治療
ウイルス	出血熱ウイルス (エボラなど)	ウイルス様粒子	新規mAb
		DNAワクチン	既存薬剤のFDA再認可 repurposing
	脳炎ウイルス (ベネズエラ馬脳炎など)	ベクターワクチン	新規開発
毒素	リシン	Protein subunit	低分子による治療 Small molecule therapy
細菌	炭疽菌	Bacterial expression platform	既存薬剤のFDA再認可 repurposing
	野兎病菌		
	鼻疽菌	弱毒菌	新規開発
	類鼻疽菌		細菌はほとんど変異する 多方面からのMCMを

#### 4. 先端的生物化学研究センター部門

若手、とくにポスドクを NMRC (Naval Medical Research Center)、ECBC (Edgewood)、MRICD (Medical Research Institute of Chemical Defense)で雇用してトレーニングする計画を紹介していた。また、国防脅威削減庁(DTRA)が資金を提供してポスドクを国立の医学研究機関である USAMRIID, USAMRICD, ECBC, MMP, USACIL, NRL, NSRDEC などでトレーニングする。2 本立てのプランがあるのか？

#### 5. 新たな脅威に対する先進対処部門

シリアの化学攻撃に対する医療対処の重要性に言及していた。より迅速で正確、簡便な検知法を開発する。

#### 6. 防護、危険軽減部門

J9 計画の紹介(軍衛生部門における研究開発計画) (<https://health.mil/About-MHS/Defense-Health-Agency/Research-and-Development>)。皮膚や呼吸器の防護がポイントである。軽量からフル装備までのいろいろな装備を紹介していた。除染に関しては Chemical hot air decon を紹介していた。シェルターユニットや、スプレーをかけての除染、coating による除染などを紹介していた。

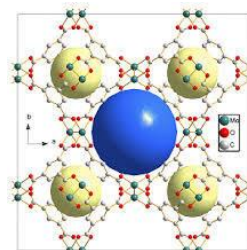
#### 7. 兵士のための技術統合部門

J9 (RD) CBW 計画での新規マテリアルの紹介。金属有機構造体 metal organic frameworks (MOFs) の中でも NU-1000, UiO-66, UiO-67 とかを紹介していた。MOF とは、金属と有機リガンドが相互作用することで、活性炭やゼオライトをはるかに超える高表面積を持つ多孔質の配位ネットワーク構造をもつ材料で、ガス吸着や分離技術、センサーや触媒などへの応用が期待されている三次元マイクロポラス材料のこと。僅か数センチの粒子でも、内部を

含めるとサッカー場1面に相当する表面積を有する物質である。

次に、生物化学兵器に関するパネルディスカッションがあったので紹介する。

司会 Donald Loren: 退役軍人に関する次官補 冷戦時代とは状況が違って来た。テロリストや小グループが脅威の対象となっている。グローバルな感染症にも注意すべきだ。Home growing テロも注意すべきだと、初めにコメント。



Antonio Munera 大佐: CBRN 学校司令: いろいろな機関が協力すべきだと強調。防護衣の話や医療

対処と除染の話をした。化学の専門家か。

Ron Mussone: コーディネーター: 自分は PhD でもないと、あまりコメントしなかった。

Curry Wright: 太平洋軍から: 北朝鮮脅威への韓国との共同対処に言及(この当時、韓国はまだ重要な同盟国であったのか?)。北朝鮮の生物化学兵器に関しても中、日、韓、米の強力が必要だと説く。

Richard Gallant 陸軍少将: 民間支援部署 Homeland defense の立場から: dry decon の話をした。

Scott Jerabek 海軍少将: 2003 年のアフリカでのエピソードを話す。重装備の防護衣で活動していたところ、発汗がすごくて脱水症状になった。現場の first responder の立場で、開発を考えるように指示。

総合討論では除染、医療対処の話題が出た。「横のつながり」と「現場重視」の2つの要素が大切だと次官補が言及。この学会では PhD が医療対処を語っているが、医師がこれらをグリップすべきではないのかとの質問がでた。確かにこの学会は PhD がほとんどで、軍医が MHSRS (米軍事医学会) と比べても圧倒的に少ない印象であった。



## 第1日目午後のセッション

6つの parallel session があった。各々4題(30分)ずつ発表があった。

Session 1: MOF(金属有機構造体)の新規素材がテーマ。

Session 2: 現場での診断検知 field-forward diagnosis がテーマ。

Session 3: Physiological monitoring がテーマ。体に装着可能な身体機能モニタリング装置に関する話か。

Session 4: 細胞内寄生菌に対する医療対処がテーマ。4題中3題が企業からの発表。発表内容は充実していたが、企業の発表のためかメカニズムを詳細には紹介していなかった。

Session 5: 生物化学兵器防護に関する中でも皮膚や呼吸器系への医療対処に関する話。

Session 6: 兵士の作戦能力向上のための新規技術の統合がテーマ

## 第1日目ポスターセッション

ワクチン部門では鼻疽、類鼻疽のワクチン開発に関する研究発表が目立っていた。逆に炭疽菌、エボラは少なかった。臨機応変にグラント配分がなされている証拠か。

## 第2日目のセッション

午前の parallel session が6セッションあった。

Session 1 基礎的な素材研究の進歩

Session 2 生物化学兵器暴露時の BBB(血液脳関門)や神経学的な影響

Session 3 作戦効果とリスク管理

Session 4 大量破壊兵器とナノテク技術の進歩

Session 5 次世代型シーケンスと生物脅威防護

Session 6 リアルタイムに自立制御できる調査・偵察能力

## 第2日目午後 プレナリーセッション

**Keynote Speaker: Robert Kadlec 次官補** 国内の事態対処専門 元空軍軍医

混乱する21世紀、その最初の事例に北朝鮮を提示していた。北朝鮮は Full length の核、生物、化学の兵器をそれぞれ持っている。次にハリケーン、エボラなど新興感染症(ただし、国内の脅威ではない)、テロ(シリア、イラクの化学攻撃含む)、そしてサイバー攻撃(これは北朝鮮や中国からの攻撃を指している)を挙げていた。BARDA (biomedical advanced research and development authority) というプラ

ンがある。公衆衛生に関する危機管理計画か。多角的に医学を進歩させて現代の公衆衛生的な脅威を取り除く。34のFDAライセンスを取っていて、14剤のCBRN対処薬を開発した。鳥インフル、ジカ熱も含む?。Crisper cas9を用いたDNA合成、wearable diagnosis とかの興味深い知見を共有する。Public Health Emergency Medical Countermeasures Enterprise (PHEMCE)、Pandemic and All-Hazards Preparedness Act (PAHPA) とかの枠組みがあり、2018年は big year となるであろうと、話していた。

午後の parallel session 1 が6セッションあった。

Session 1 ハザード軽減策の進歩 その1

Session 2 毒素に対する広範囲な対処法

Session 3 バイオサーベイランスとエコシステム その1

Session 4 国防省や国土安全保障省、EPA、CDCの基金を得ている研究者の技術協力ワーキンググループ

Session 5 化学剤攻撃に対する医療対処への新しいアプローチ その1

Session 6 野外における化学剤検知器の進歩

午後の parallel session 2 が6セッションあった。

Session 1 ハザード軽減策の進歩 その2

Session 2 前線に持って行ける個々の状況に対応可能な医療対処機器の開発

Session 3 バイオサーベイランスとエコシステム その2

Session 4 ファージ治療と細菌感染

Session 5 化学剤攻撃に対する医療対処への新しいアプローチ その2

Session 6 斬新なネットワークのための合成生物学

## 第2日目ポスターセッション

感染モデル自体の発表や、環境サーベイのような発表まで、広く研究されている。ファージを合成生物学で合成する研究を PhD がやっていたので、これは臨床治験 (clinical trial) をもうやっているか?と聞いたが、clinical trial という用語を理解していなかった。つまり、全く臨床とはかけ離れたところで研究している感があった。米国では、科学研究において、極端に分業体制が進んでいるのではないか? 木下、四ノ宮がLPSトレランスを用いた敗血症治療戦略を発表した。

### 第3日目午前プレナリーセッション

**Keynote Speaker: Rickey Smith** Army training and doctrine command の副司令官

常に米軍は進化している。第一次大戦で戦車が出現し、わが軍はこれに対応した。ここから変化への対応は始まっている。今年にはパンデミックインフルから100年だ。米兵がたくさん亡くなった。現代では敵も進化している。武器も変わってきた。電子戦となり、このような変化にも対応しないとイケない。電子技術を駆使した戦闘、統合された航空打撃力、ナビゲーションシステム、圧倒的な戦力、洗練された情報ネットワークなどが現代戦では重要だ。サイバースペースも重要な戦闘分野と認識しないとイケない。圧倒的な戦力があってこそ、これが抑止力となり戦争を回避できる。今後は、合成生物学も武器となるであろう。レーザー兵器、高周波兵器、インターネット、プラズマ銃、ドローンなどが戦闘手法を変えていこう。これに対応するには、遺伝子操作技術、ナノテク、生物化学の技術、advanced material の利用(MOFか)、ロボット、量子コンピューターなどを駆使しないとイケない。Joint force、統合された軍事力というのが重要だ。アフリカでの事例からも。

午前の parallel session が6セッションあった。

- Session 1 最先端の防護対策 その1
- Session 2 ワクチン開発のための免疫モデル
- Session 3 危険予測と警戒 その1
- Session 4 化学剤による急性全身毒性の予防
- Session 5 感染暴露の早期診断のための宿主バイオマーカーの開発
- Session 6 新規治療の開発と脅威認知のための合成生物学の利用

午後の parallel session が6セッションあった。

- Session 1 最先端の防護対策 その2
- Session 2 薬剤耐性の迅速自動診断に向けて
- Session 3 危険予測と警戒 その2
- Session 4 化学剤毒性の動物モデルと医療対処法の開発
- Session 5 生物化学剤防護への包括的な意思決定サポートのためのシミュレーション
- Session 6 化学剤暴露の診断に関する総合的なアプローチ

### 3. 平成30年度 ドイツ連邦軍の薬理学・毒物学研究所、微生物学研究所、放射線生物学

### 研究所の訪問

ドイツ連邦軍医大学校の関連研究機関である薬理学・毒物学研究所、微生物学研究所、および放射線生物学研究所を2018.11.13～14の2日間に渡り訪問し、研究交流とCBRN脅威に関する情報共有を行った。これらの研究所は、コソボ紛争をはじめ、西アフリカ・エボラ出血熱アウトブレイクへの派遣経験等を基に、CBRN医療対処においてNATO諸国内で大きなイニシアチブを發揮している。なかでも微生物学研究所は、施設や装備も充実



しており、バイオテロを疑わせるような不自然なアウトブレイクに対しても、迅速にチームを現地に派遣して対応できるよう体制を常時取っている。隣接して、薬理学・毒物学研究所と放射線生物学研究所が同じ敷地内にあり、CBRNの複合的な脅威にも対処できるような合理的な体制となっている。ドイツは、かつてその卓越した技術力により、毒ガスから細菌兵器に至るまで各種CBRN脅威の元となるものを製造してきたが、日本と同様に第二次世界大戦での敗戦を経験しており、現在は極めて抑制的、理性的にCBRN Defenseに特化した体制を敷いており、参考となるところが大きい。

#### 1. 薬理学・毒物学研究所訪問

1966年に建設の建屋でしばらく別利用されていたが、2001年に整備し直して現在の研究所としての利用を開始した。建築当時はミュンヘン市の辺縁に位置していたが、現在は市の拡大に伴いむしろ中部に位置することになった。ドイツ軍の毒ガス研究所はかつて、世界に先駆けてマスタードガスを製造し、これを実戦に使用した。サリンもドイツで開発されたもので、米軍はサリンをGBと呼んでいるが、GermanyのGをこれに冠している。

本研究所のミッションとしては、化学剤に関す



る生体マーカーの探索や forensics (科学捜査／法医学)がある。特に、化学剤に関する医学防護として、神経剤やびらん剤に対する研究を行っている。びらん剤に対しては、皮膚や呼吸器に対する影響を検証している。神経剤に対しては、パッチクランプ技術を用いた神経・筋細胞機能の検討、中和・治療薬剤の開発研究を行っている。部隊が派遣先で利用できる検知・診断システムとしてコリンエステラーゼ (ChE) 測定システムを保有している。NMR (核磁気共鳴) を利用した薬剤構造解析、マススペクトロメトリーによる蛋白解析、クロマトグラフィーによる毒物と解毒剤の解析を行っている。正確な検査法の検証のため、化学兵器禁止機関 (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons: OPCW) の国際基準に従い、DIN EN ISO15189 (臨床検査室国際規格) や DIN EN ISO17025 (試験所認定) を採用している。化学剤防護に関するタスクフォースを保有しており、2006 年のサッカーワールドカップに実際に部隊展開した経験もある。ドイツ国内の大学で教育活動も行っている。

#### < 実験室ツアー >

##### ① Receptor Pharmacology Lab (受容体薬理学研究室)

解毒剤の開発を中心に研究を展開しており、ニコチン性アセチルコリン受容体再活性化薬 (nicotinic acetylcholine receptor reactivator) MB327 などについての研究を実施している。



$\alpha 7$  ニコチン性アセチルコリン受容体について CHO (Chinese Hamster Ovary) 細胞を用いたパッチクランプ研究、他大学との共同により MB327 よりも EC50 の低い薬剤をコンピュー

タベースでデザイン中である。また、ラットの横隔膜の支配神経を刺激して筋収縮を研究する実験系を有しており、神経剤であるタブン (Tabun) による麻痺効果や解毒剤として利用されるオキシム剤 (oximes) によるレセプター再活性化を検証している。

##### ② Mesenchymal Stem Cells/iPS Cells Lab (間葉系幹細胞/iPS 細胞研究室)

マスタード剤 (sulfur mustard: SM) の皮膚への影響を検証するため、間葉系幹細胞の培養系を確立している。細胞老化の状況を  $\beta$ -galactosidase 染色で観察しているが、間葉系幹細胞は SM に対して抵抗性が強く老化しにくいという結果が得られている。非老化細胞を選別・培養し、再生に利用する研究を推進している。また、ヒト iPS 細胞を用いて分化誘導の



研究を実施しており、先々、in vivo (動物実験) や ex vivo (生体外) の実験にもって行きたいとのことである。

##### ③ Lung Slice Lab (肺切片研究室)

Wister ラットの肺を取り出しアガロースゲルに包埋し、組織を一部パンチして取り出し、最低 2 週間生きた状態で気管支の収縮や繊毛の動きを検討することを可能としている (LEICA VT 1000S 顕微鏡を使用)。神経剤により呼吸系の障害が起きるが、これに対する新たな治療薬のテストを行っている。アセチルコリン (Ach) 刺激により気道収縮が起きる系を使用し、これにアセチルコリン受容体リンエステラーゼ (AchE) を添加して気道を弛緩させることができる。VX 10 $\mu$ M により気道が弛緩しなくなるが、アトロピン添加により回復することを見ている。画像で気道収縮の面積を計測することにより、実際に治療薬剤として使用できるかどうかを検証している。本実験系は、化学剤対処の研究だけでなく、気管支喘息など一般の医学領域

の研究にも応用できる。

## 2. 微生物学研究所

現在の建造物である北西ウイングは、1936年ナチスドイツ時代に建てられたもので、ハーケンクロイツの形に合わせて建設されたものの一部である。地上6階地下1階建てのビルであるが、施設が陳旧化したので、先々、新築移転を予定している。現在の施設はBSL3ラボを保有しているが、移転先ではBSL4施設の作成を計画している。65名のスタッフを有し、そのうち20名は研究者である。第三セクターの人員44名がこれに加わる。生物防護に関する①診断、②不自然なアウトブレイクに対する調査、③感染制御・流行の予防などを主な任務としている。研究所内には、(1)細菌・毒素、(2)ウイルス・細胞内寄生菌、(3)医学生物学調査・生物科学捜査、の3つの研究部門が設けられている。ドイツ連邦軍微生物学研究所による微生物株のコレクション(BwIM strain collection)として、BSL3使用株を含む2,339株を保有している。活動内容としては、①研究開発、②科学を基本にしたサービスの提供、③ドイツ防衛省特有の任務(トレーニング、多国間演習、政策提言)などを行っている。研究開発の中心は、診断薬・診断キットの開発、微生物科学捜査(DNA鑑定)、疫学調査、リスク評価、予防、治療などに関することである。写真撮影は禁止であった。

### ①Central Diagnostics Lab Division(中央診断室部門)

検査の精度管理、研究開発、診断技術の提供(正式認可を受けた130以上のパラメータについての診断)などを担当している。

### ②BwIM's National Reference Lab(ドイツ連邦微生物学研究所標準参照部門)

ブルセラ(Brucella: 2010～)、ペスト(Plague: 2014～)、ダニ媒介性脳炎(TBE:2015～)の3つの感染症についての診断任務を担当している。派遣現場で使用可能な診断技術の開発(折り畳み式の検査用グローブボックス)、拡張型実験環境設備などを保有している。EUの計画として、これらを軍のバイオディフェンスのための可搬式実験室(military mobile Lab)として使用することになっている。西アフリカ・エボラ出血熱アウトブレイクの際のEuropean mobile labとしてギニアでの使用実績がある。

### ③Microbial Forensics Lab(微生物科学捜査部門)

Genetic fingerprint(DNA多型診断)、遺伝子型から病原体を推定する逆行性診断(trace-



back analysis by genotyping)などを実施する。施設の透明性の確保として、ルールに従った研究・診断実施への主体的意識の保持、websiteによる公表、年次報告、2年に一度のMedical Biodefense Conferenceの主催などを実施している。

### < 実験室ツアー >

#### ①Diagnostics Lab(検査・診断部門)

診断依頼書式(別添資料1,2)を整備して、諸種診断技術を保有している。

#### ②Field-deployable Equipment(派遣部隊装備)

折り畳み式の箱型実験装置(箱の中で微生物を不活化し検査サンプルとする、培養はしない)を配備し、2人一組としてバディーを組んで作業を実施するプロトコルを取っている。装置は、緑/赤のランプ点灯によりコネクタ部の開閉に誤りがないよう作業手順を実施する。多くの場合は、サンプルDNAのPCRを実施するが、マラリアなどの感染症の場合には顕微鏡検査を行う。可搬装備は、個人レベルの派遣で民間航空機にも搭乗できるよう、箱の重さを31kg以下に制限している。

#### ③BSL3 Lab(BSL3レベル実験室)

バディーシステムを採用し、一度に6名まで作業することが可能である。検体保存用に-80°Cのディープフリーザーを2台保有しており、3つのBSL2 safety cabinetと1つのBSL3 glove boxが設置されている。ガラス張りとなっており、中での作業が観察できる。

#### ④Bioforensics Lab(生物科学捜査部門)

ドイツはUNODA(United Nations Office for

Disarmament Affairs:国連軍縮部)に最も多くの資金を拠出しており、Functional Subunits の訓練活動の実績がある。微生物を解析する機器として、Ion Torrent (次世代型DNA シーケンサー: short read用)、Illumina Miseq (short read)、MinION (可搬式小型DNA シーケンサー器具)、PacBio (超ロングリード次世代シーケンサー)などを配備している。派遣現場においてrealtime で3 時間以内に診断を実施できる。Burkholderia mallei Dubai7 株の診断実績がある。ワクシニアウイルス、輸入ブルセラ菌 (60 例ほど)などの検査実績もある。

### 3. 放射線生物学研究所

ドイツ連邦軍放射線生物学研究所の建屋は、ドイツ連邦軍薬理学・毒物学研究所と棟続きとなっている。Ulm (ウルム) 大学と提携している。ドイツ国内に連邦軍病院は5 か所 (コブレンツ、ベルリン、ハンブルグ、ウルム、ヴェスターシュテーデ) があるが、ミュンヘンに最も近いウルム病院は当研究所から西約100km に位置している。主要任務は、①放射線生物学に関する研究、②教育活動並びにその一環として独自の国際会議の主催、③各ステークホルダーに対する助言、④医学専門的活動 (放射線事故/テロ、現場へのタスクフォースの派遣、施設との連携) などである。組織: 構成としては、所長の下に6 つの専門分野 (①Cell culture facility: 細胞培養施設、②Flow cytometry: フローサイトメトリー、③Genomics: ゲノミクス、④Proteomics: プロテオミクス、⑤Molecular histology: 分子組織学、⑥Cytogenetics: 細胞遺伝学) と研究をサポートする事務や支援などの部門がある。

研究の背景:

#### ①過去の事故

チェルノブイリ原発事故の場所がミュンヘンから飛行機で4 時間ほど東の場所に位置していたことから、種々の点でドイツは大きな影響を受けた。放射性核種漏出の影響は、ヒトのみならず農作物や家畜などに影響を及ぼした。

#### ②保有状況 (核弾頭個数)

次に挙げるように、多数の国が核兵器を保有しており、放射線に対する被曝対処対策は必須の事項である。(USA-7260 個、UK-215 個、フランス-300 個、イスラエル-80個、ロシア-7500 個、中国-260 個、パキスタン-100~200

個、インド-90~100 個)

③2017 にNCRP (National Council of Radiation Protection and Measurements: 米国放射線防護審議会) へ参加し、放射線の防護および放射線の測定方法についての調査、研究開発等を推進している。

#### ④事故対応

急性放射線症候群 (Acute radiation syndrome: ARS) に対し、放射線障害の解析に高度に特化した施設の必要性がある。また、急性放射線曝露時の対応として下記の点に留意する必要がある。

(a) 潜在的に汚染の可能性のある人への対応

- ・診断能力
- ・医療コンサルテーション
- ・心理的サポート

(b) 管理原則

- ・放射線被曝の重症度評価
- ・治療施設の決定
- ・治療介入に関する展望
- ・トリアージ (“worried well”)

(c) 臨床的必要度

- ・生物学的線量予測 (biological dosimetry: effect oriented)
- ・物理学的線量予測 (physical dosimetry)
- ・臨床的線量予測 (clinical dosimetry: disease oriented)

(d) 生物学的線量予測について

- ・48 個の細胞株を保有 (マイコプラズマの汚染排除などの品質管理)

・Cytogenetics: ISO19238/ISO21243:2008 に準拠

- ・ARS の重症度予測と線量の見積もり
- ・染色体異常の検出 (dicentric chromosome)
- ・微小核の検出 (micronucleus analysis)
- ・FISH による染色体転座の検出 (reciprocal translocation)

⑤線量計測に関する近年の活動として、下記のものがある。

- ・NATO exercise 2011-13
- ・Multibiodose (Multi-disciplinary biodosimetric tools to manage high scale radiological casualties) 2010-13
- ・RENEB (Running the European Network of Biological and retrospective Physical dosimetry) 2012-15

⑥遺伝解析 (genomics)

- ・DNA modification

- Transcriptional changes
- Liquid biopsy
- 核構造の変化(nuclear architecture)
- Projects Chernobyl (Chernobyl Tissue Bank)
- ⑦バイオマーカー(線量予測)とバイオインディケーター(疾患予測)
- Gene signature を利用した初期のARS での予測(フランスと共同でバブーンを用いた動物実験を実施)
- ハイスループット・トランスクリプトーム解析(transcriptomics):血液1,000サンプルを5日間で処理することが可能(RNAを分離→cDNAに変換→RT-PCR 解析)
- POC(point of care) test 診断(右写真)
- Microfluiditic (lab on chip): 18SrRNA, 8qRT-PCR が可能
- H-module:放射線事故患者のデータベースをもとに、血算の結果を見て病状を予測することが可能。迅速性(被曝後1~3日)、簡便な利用性、簡便な訓練が特徴。→ Worried well (H0):非被曝患者を被曝患者から分けることが可能
- ⑧NATO での教育クラス  
研究グループの任務  
2019年に最初のワークショップをパリで開く予定
- ⑨診断能力
- RN(放射線・核)医療タスクフォースを配備している。毎年15~20のCBRN教育コースを実施している。ステークホルダー(患者、隊員、医師、政治家)に対する助言を行う。
- 国際ネットワーク:フランス、ウクライナ、ポーランド、NIH(USA)、WHO、IAEA、RENEB などとの国際協力を結んでいる。
- ⑩ConRad 2019(放射線医学に関する国際会議: - Global Conference on Radiation Topics - Preparedness, Response, Protection and Research)を2019年5月13~16日に連邦軍放射線生物学研究所(ミュンヘン)で実施予定であるので、是非参加して欲しいとの要請があった。

#### <実験室ツアー>

- ①Microscope/Cytogenetics Lab (細胞遺伝学部門:bio-dosimetry を実施)
- 個人レベルの検索、大規模コホートの両方を実施している。
- 血液標本をもとに、生体の吸収線量の予測を行う。

- Cytogenetics で解析するのは、(1)dicentric chromosome、(2)translocation、(3)micronuclei の3つの方法で、これらの結果から被曝線量を逆算している。(このような実験は、実験室毎に解析方法のクオリティコントロールをすることが重要とのことであった。)
  - 被曝緊急時の検査では、20~50個の細胞について迅速かつラフに算定する(=triage mode)ことになっている。
  - 質保証:ISO19238/ISO21243(triage)
  - 実験室のネットワーク:BioDoseNet(WHO)、RENEB(Europe)
  - テレスコアリング(遠隔地支援)→onlineでの解析を実施
  - ②Histology Lab(組織解析部門)
  - DNAダメージやアポトーシスを調べることで、細胞内のダメージを見ている。
  - 精巢の検査で遺伝的効果を予測できる。
  - 皮膚のモデルではCaspase3の染色をもとにアポトーシスを算定する。
  - γ-H2AXの免疫組織染色により、α線の効果などをわかりやすく見ることができる。(α線の場合には、核内のlong trackとして検出できる)
  - ③Genomics Lab(遺伝子検査部門)
  - Early high-throughput diagnosisを開発している。
- チェルノブイリの時の生存者データをもとに、被曝線量と疾患重症度の関連の予測解析に繋げている。全身被曝の場合、1Gy以下の患者は殆ど生存する一方で、7Gy以上の患者は殆ど死亡することが分かっている。しかし、1~5Gy被曝の場合は被曝線量と重症度が必ずしも一致しない。したがって、この被曝範囲の患者の予後予測をすることが重要である。今回の遺伝子発現解析から、バブーンを使った実験HARS(hematologic acute radiation syndrome)の診断予測を可能とした。方法は、



血液サンプルからRNAを抽出しcDNAに変

換してmicroarray を実施することにより、1~2 日のうちに重症度予測をする。89 個の候補遺伝子を解析し、qRT-PCR 解析の結果から WNT3 遺伝子などの高感度遺伝子を絞り込んだ。血液1,000 検体を30 時間以内に解析することにより、被曝線量を調べることなく多数の患者の重症度算定が一度にできる。(QIASymphonySP によるRNA 自動抽出、cDNA変換)

•Microfluiditics を利用したChip も作成しており(既出の写真)、血液サンプルの添加から PCR による測定結果を得るまでをわずか1 時間で行うことを可能とした。これを onsite diagnosis (現場での診断)に利用することができる。

•Open array/3,000 measurements、QuanStudio12K Flex (Life Technologies)などの最新機器を利用した遺伝子解析システムも導入している。

#### ④タスクフォースの装備

(ドイツ連邦軍のMedical Academy はCBRN それぞれのタスクフォースを保持しているが、ここではRN 部門のタスクフォースを配備)

•医官1 名と隊員3 名の合計4 名でタスクフォース1 チームを編成し、2 チームを常設している。

•Box の中に必要な計測機器を格納し、いつでも持ち出せるようにしている。

•Clinical, biological, physical の3つの dosimetry を行うが、診断的アプローチとしてはclinical dosimetry により臨床症状をチェックして(チェック表がある)、被曝線量の算定を行う。

•H-module はiPhone へのインストールが可能: 血算から重症度を予測できるもので、トリアージに利用する。

•諸種測定機により、線量計測、放射線核種の同定、SVG2 プローブ(口・鼻の拭き取り)によるコンタミネーションの検出などを行う。

•ORTEC による汚染源の同定

•γ-post monitor (MIRION):ゲート型のモニターで、その中を人が通過することにより汚染状況を検出できる。Wait in(ゲート内に留まるとの 詳細な検索)やFast track(ゲート内を移動することにより、汚染がどの個人によるものかを認識 できる)などができる。[0.5t 以上とかなり重たいが、可搬式である]→ 次年度に57Kg の軽い whole body counter が装備される予定

•現在の研究所の人員は、医官 9 名、生物学者 5 名、物理学者 1 名の編成とのこと。

## D. 考察

### 米軍健康システム研究シンポジウム MHSRS での最新動向と考察

2016 年度の学会では戦場から兵士を如何に生還させるかが最重要課題であったような印象があったが、今年は帰還兵を如何に国内でフォローしていくかに重点が移ったように感じられた。アフガン・イラク戦における最も多い preventable death が出血性ショックであることが明らかになり、昨年はその対処法が盛んに研究されていた。すなわち四肢からの大量出血はタニケットの適切な使用によりショック状態を回避し救命出来ることが実証され、次の課題として体幹からの出血を如何に止血するかがトピックスになっていた。これに対して体幹タニケットや REBOA(大動脈内バルーン止血療法)がチャレンジングなものとして数多く発表されていたが、今年はこれらに関する演題数がかなり減りヒトでの報告もなされていなかった。一方、蘇生輸血では昨年は赤血球と血漿、そして血小板をバランスよく投与する 1:1:1 輸血、すなわち止血成分の入った輸血に関心が集まっていた。



しかし実際の戦場では新鮮血輸血や、赤血球と血漿の 1:1 輸血が専ら行われていたのが現状であり、今年の学会では MEDEVAC が輸血

を如何に早く行えば救命出来るかや(ゴールドタイムは 13 分以内)、血小板を冷蔵することで使用期限を延ばせないかなどといった現実的な検討が目立っていた。血小板に相当するような画期的な止血剤の開発は未だ出来ないようだ。

対照的に今年、目立ったのは頭部外傷(TBI)後の将兵のリハビリ等で、PTSD に関しても数多くの発表があった。また、TBI の重症度や予後を予測出来る有用なバイオマーカーに関する研究も注目されていた。とくに軽度の TBI と脳震盪に関する研究が、動物実験レベルはもとよりアフガン・イラク派遣兵士のデータ、国内での外傷患者のデータなど、膨大な数を集めて大規模に行われていた(戦場や国内で発生したほとんどすべての症例を集めているようだ)。米国は近い将来に mild TBI と PTSD に関する懸案問題に答えを出すような気配が感じられた。さらに IED などの攻撃で下肢を負傷した将兵に対する'delayed amputation'、すなわち急性期を過ぎた後に切断する治療法に関しても盛んに研究されていた。いたずらに保存療法を続けるのではなく切断した方が、若い健康な兵士の場合は QOL がむしろ良くなるというもので注目に値する。

米国においては 2001 年に始まったアフガンイラク戦がある程度収束し、今後は負傷兵のリハビリに焦点が移っていく節目の年であるような印象を持った。

ちなみに MHSRS は毎年参加しており、平成 30 年度の報告書での最新情報としては以下のものがある。

“トランプ政権の国防予算の増額のためか、

軍事医学研究が全体的に活発化し、企業活動もこれに伴い活発化している。今回の MHSRS 学会で分かった米軍衛生部門の最大の変化は、1 時間の golden hour から、72 時間生命の維持をさせる Prolonged Field Care (PFC) へと関心や研究対象が移ったことである。増額された研究費を PFC に注ぎ込んでいるようだ。ECLS (生体外生命維持装置)の開発など、負傷した現場で如何に高度な医療処置を行うかに焦点が移ってきている。また、前線の現場では SC-LTOWB という冷蔵した低力価の O 型全血輸血がかなり積極的に行われるようになっていた。クロスマッチの必要がなく、迅速に全血輸血が出来、救命効果が上がっているようだ。REBOA の現場での積極使用の声も上がっているが、歴戦の軍医の間ではまだ慎重論がかなりある。研究全体が活発化してきており、FDA の認可を早くとうとうという動きが各方面である。mTBI の診断キットやマラリア治療薬が認可されている。CT で判別できない軽度の頭部外傷に対して、UCH-L1 と GFAP の 2 つのマーカーを血中で測定し診断するキット(Banyan kit)が FDA で認可されたことは特筆に値する。



組織編制に関しては今年の 10 月から始まる DHA への統合運用が大きな事案である。既に軍医の運用に関しては完全に統合がなされているが、病院組織全体や研究所の予算管理まで DHA に一括運用されるようになる。また、gene project のように NIH と協力して一般医学にも貢献していく動きもある。膨大な数の兵士の遺伝情報を VA (退役軍人) 部門と共同で将来の発癌などを追跡していくものだ。“

### 生物化学防護に関する科学技術会議 CBD S&T での最新動向と考察

CBD S&T は隔年で行われており、平成 29 年度の学会ではエボラに関する発表はほとんどなく、ウイルス感染症ではベネズエラ馬脳炎に関する研究が多く認められた。炭疽菌の発表も少なく、細菌感染では研究の中心が鼻疽、類鼻疽などの細胞内寄生菌に移っていた。バイオフィルムは臨床でも極めて重要で、そのこと自体は認識されているが、これに関する発表はなかった。北朝鮮による生物化学テロにはほ

とんど関心がなく、米国では北朝鮮の核による脅威が強い印象があった。北朝鮮による生物化学テロの脅威は極めて深刻で重大な脅威ではあるが、あくまで、日本など東アジアでの局地的な脅威と理解されているようで、米本土への直接的な脅威ではないと考えているようであった。同様に、シリアの化学兵器には言及するが、米国本土での脅威ではないようだ。つまり、生物化学脅威はほとんどなく、これを使って米国本土を攻撃してくる仮想敵がいない状況である。しかし、ある程度の技術伝承が重要なことは認識しており、生物化学脅威への防護研究を維持していくのであろう。化学剤の検知を迅速、簡便、しかも正確に行えるように、軽量化を徹底した防護衣に特殊繊維を使った布を使う技術は今後、格段に進歩し、装備化されていくだろう。繰り返しとなるが、米国では爆発物や銃によるテロが深刻な問題で、生物化学剤を使ったテロは、当面の直面する脅威ではないように思えた。あくまで、シリアやアフガン、北朝鮮などでの戦闘で生物化学剤の攻撃を受ける可能性を考えていると思われた。一方、日本は北朝鮮に隣接することから、生物化学テロの可能性を米国のように考えてはいけな思われる。以上を鑑みると、我が国独自の生物化学テロへの防御態勢が必要となってくるのかも知れない。すなわち、生物化学テロの脅威は米国より我が国の方が、重大な危機として認識している必要があると考える。

ちなみに平成 30 年の夏には米軍横田基地で生物化学兵器への対処訓練が行われている。我々は、本訓練に参加したが、極東米軍にとっては、BC 脅威は深刻なものであり、常時その対処訓練が必要と考えている。

### ドイツにおける CBRN 脅威の最新動向と考察

ドイツ連邦軍の放射線医学生物化学研究所、微生物学研究所、薬理学・毒物研究所の3つの研究所は、以前は同じくミュンヘンにあるドイツ連邦軍医科大学の附属機関であった。ドイツ連邦軍医科大学の起源は 200 年前に成立したプロイセン陸軍医科大学にまで遡る。現在は衛生士官候補生のための教育課程、士官に対する軍事技術的な衛生教育を行う機関だが、通常の医学部を卒業して入校するため、一般の医学教育は行っていない。1957 年にこの地に創立されており、60 年以上の歴史があ

る。現在、3つの研究所は、ドイツ連邦軍医科大学と共にドイツ連邦軍衛生局の直轄となっている。

薬理学・毒物学研究所では動物実験ができないが、近隣の動物実験ができる一般大学と共同研究を行っていた。また、ラットの横隔膜や肺気管支を摘出して、これに対する化学剤、および解毒剤の反応を見ており、化学剤が容易に動物実験に使えない世界的な現状を考えると、現実的な研究をやっている印象があった。びらん剤による難治性皮膚潰瘍への医療処置として、骨髄由来幹細胞や iPS 幹細胞を潰瘍創面に移植することを将来的に考えて、現在 vitro の実験を行っているが、これでは同種間移植となり生着は期待できない。これは彼らも認識していた。我々は、拒絶反応が起こらない自家の脂肪由来幹細胞をナノシートに担持して、これを潰瘍創面に貼着する治療を考えており、すでにマウスを用いた vivo の実験に成功しており、この研究に関しては我々の方が進んでいる状況にあると考える。iPS 細胞を皮膚移植に適した幹細胞に分化させ、これを日側でマウスを用いた vivo の研究を行う共同研究が可能かと思われる。

微生物学研究所は、伝統的な細菌学研究所といった印象があった。現在、BSL3 が稼働しているが、2020 年には建物を新築して BSL4 を作る予定。3つの研究所の中で群を抜いて規模が大きく、研究者だけでも 20 名、総勢 100 名程度の人員を擁している。細菌やウイルス、毒素の検知同定能力は極めて高いが、例えば、細菌の薬剤感受性やバイオフィーム生成能といった細菌の活性などを検知することには関心がないようだ。B 剤攻撃で使用されるであろう遺伝子改変による薬剤耐性菌に関しては対処ができないと考えられ、その点では硬直化しているような印象を受けた。

放射線生物学研究所は微生物学研究所に次いで規模が大きく研究レベルも高い。動物を用いた研究は出来ないが、放射線傷害に関する診断評価技術は十分に備わっている。すでにフランス軍とのヒビへの照射モデルの研究をはじめ、米軍の放射線生物学研究所 AFRI とも共同研究を行っていた。近隣の医科大学との動物実験に関する共同研究も行っている。我々よりも優れた診断評価技術があるので、日側が放射線照射の動物実験を担当し、独側がその評価解析を行うといった共同研究は現

実的で有用ではないだろうか。

## E. 結論

MHSRS に参加して、米国の最新の CBRN テロや脅威に関する報告を聴講し、自らも我が国における防衛医学研究の一端を紹介し、相互安全保障に関して衛生面からの貢献を行った。平成 27 年度までの軍事医学会では如何に治療を施しながら安全に戦場から負傷者を後送するかがトピックであったが、平成 28 年度以降は帰国兵の QOL に関心が移っていた印象があった。すなわち、イラクアフガン戦争からの戦後期に移行したと考えられる。しかし極最近の米軍動向からは、新たなる事態への対応に移行しつつあるような印象も受ける。

CBD S&T に参加して、米国の最新の CBRN テロや脅威に関する研究報告を聴講し、自らも我が国における防衛医学研究の一端を紹介し、最先端の生物化学脅威への防護対策を討論し、情報収集した。米国にとっては、CB 脅威はとくに中東と東アジアでの脅威と考えられている印象がある。米本土にとっては北朝鮮からの核の脅威が深刻に語られており、ちなみに東アジアに存在する日本は既に回避対応が不可能な状態と認識されている懸念がある。

NATO 主要構成国であるドイツは、かつてその卓越した技術力により、毒ガスから細菌兵器に至るまで各種 CBRN 脅威の元となるものを製造してきたが、日本と同様に第二次世界大戦での敗戦を経験した。このため、現在は極めて抑制的、理性的に CBRN Defense に特化した対応体制を敷いており、日本でも参考となるところが大きいと考えられた。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

1. MHSRS2016 米軍事医学会報告書（防衛省、厚労省関係機関に配布）
2. CBD S&T 2017 報告書（防衛省、厚労省関係機関に配布）
3. ドイツ軍医学研究所訪問報告書（防衛省、厚労省関係機関に配布予定）

### 2. 学会発表

とくになし

（発表誌名巻号・頁・発行年等も記入）

## G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得 とくになし
2. 実用新案登録 とくになし
3. その他 とくになし