

総合研究報告

# 「爆弾テロに関する米国の 基礎研究と救護システムについて」

研究分担者 齋藤 大蔵

(防衛医科大学校 防衛医学研究センター外傷研究部門 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」

「爆弾テロに関する米国の基礎研究と救護システムについて」

研究分担者 齋藤大蔵（防衛医科大学校 防衛医学研究センター外傷研究部門教授）

### 研究要旨

本邦では 2020 年の東京オリンピック・パラリンピック開催に向けて、あつてはならないテロの発生に備えなければならない。我々は、海外で最も事案の多い爆弾テロに焦点を絞り、米国の救護体制あるいは基礎医学研究について見識を深めるために、インターネット等から情報を収集するとともに、米軍施設等を訪問して爆弾テロの有識者および研究者と意見交換を行った。その結果、多くの情報を得ることができ、今後も米国をはじめとして世界における爆傷医学・救護について学び、見識を深めることが、本邦の救護体制を構築していく上で肝要と考えられた。

### A. 研究目的

本邦において 2020 年の東京オリンピック・パラリンピック開催に向けて、あつてはならないテロの発生に備え、万が一の時の救急救護体制の構築は喫緊の課題といえる。しかしながら、日本国内では幸運なことにテロ事案の発生が外国と比較して少なかったため、本邦の救急救護・医療関係者にはほとんど経験がないと言って過言ではない。特に外国のテロ事案のほとんどを占める銃創や爆傷に対して、本邦では救急救護体制が十分でないのが実状であり、今まさに日本において事態対処医療なるものが必要な時期と思料する。そこで、我々は最も事案の多い爆弾テロに焦点を絞り、米国をはじめ世界における救護体制あるいは基礎医学研究について見識を深めることを目的に情報収集した。

### B. 研究方法

インターネットからの情報を収集するとともに、米国およびカナダの施設を訪問し、爆弾テロの有識者および研究者と意見交換を行っ

た。また、2016 年 6 月 13 日～15 日に「日米爆傷フォーラム 2016」が、2017 年 4 月 14 日～16 日に「日米爆傷フォーラム 2017」が、さらに 2018 年 5 月 9 日～11 日に「日米爆傷フォーラム 2018」が都内のホテルで開催され、爆傷医学に関する意見交換を米軍等と行って、学術的な知見を得た。

さらに、我々は成 28 年 12 月 18 日から 24 日までの間にウォーターリード陸軍研究所（ワシントンDC 郊外）およびニュージャージー工科大学（ニューアーク市）を訪問し、平成 29 年 9 月 10 日から 17 日までの間は米国の防衛医大ともいえる米国保健医科大学（USU）、カナダ・エドモントン市アルバータ大学、およびカナダ・メディシンハット市の国防開発研究所を訪問した。さらに、平成 31 年 3 月 11 日～15 日の間、米国のテキサス州サンアントニオ市にある米軍施設を訪問し、3 年間で数多くの戦傷学に関する先進施設を訪問することで爆傷に関する学術的な意見交換を行うとともに、世界最先端の知見を得ることができた。

(倫理面への配慮)

該当なし。

### C. 研究結果

事態対処医療とはテロリズム等の不測の事態が発生した際のシビリアンのための救急救護・医療のことである。銃創・爆傷の多い米国で発展してきた Tactical Emergency Medical Support (TEMS) がその骨子となっている。TEMS は有事・軍事における Tactical Combat Casualty Care (TCCC: 戦術的戦傷救護) のエビデンスに基づいて発展してきた。米国では TCCC が 1993 年から米特殊作戦群と米保健医科大学 (米国の防衛医大) でガイドラインが作成され、1996 年に公表されて特殊部隊へ導入された。その後、2001 年米特殊作戦群内に TCCC 委員会が設置され、2007 年には同委員会は国防衛生委員会に移行、2010 年から TCCC ガイドラインは米軍全軍に導入されている。現在では TCCC は米国国防総省内の戦場負傷者管理分野における負傷者救護・救命処置の標準であり、米国外科学会や米国救護員協会からも推奨されている。TCCC の理念は、1. 負傷者の救護、2. さらなる負傷者の発生防止、3. 任務の完遂、に集約され、シビリアン向けの TEMS もこの理念に沿って形成されており、本邦の爆弾テロの救護に関して、米国の TEMS および TCCC から学ぶべき点は多い。

爆弾テロの救護体制を構築するために、病院前の救命救急処置や病院内治療の開発、さらには記憶力傷害・うつ症状などを発症して米国で社会問題となっている軽症頭部爆傷 (mild Traumatic Brain Injury; mTBI) に関して、衝撃波によるダメージを最小限に防ぐための基礎研究は欠かせない。世界で多くの傷病者・死者が発生している米国においては、2007 年から本格的に爆傷医学研究が実施されている。そのメッカともいべきウォー

ターリード陸軍研究所(ワシントンDC郊外)、およびニュージャージー工科大学 (ニューアーク市) 等を平成 28 年 12 月に訪問して施設見学を行い、空気圧隔差に基づいた大型の衝撃波発生装置 (ブラストチューブ) を実際に作動していただき、活発な意見交換を行った。百聞は一見に如かずというが、文献上では解らない生の情報を多く得ることができた。また、平成 29 年 9 月には、米国の防衛医大ともいえる米国保健医科大学 (USU)、カナダ・エドモントン市アルバータ大学、さらにはカナダ・メディシンハット市の国防開発研究所を訪問した。空気圧隔差に基づいた衝撃波発生装置 (ブラストチューブ) の Advanced Blast System (ABS) を実際に作動していただき、活発な意見交換を行い、文献上では解らない生の情報を多く得ることができて大変有意義であった。さらに、平成 31 年 3 月には、テキサス州サンアントニオ市の米国軍保健衛生大学南分校、米国陸軍外科学研究所、ブルック・アーミー・メディカルセンター、さらに医療教育訓練センター等を訪問した。米国軍保健衛生大学南分校での表敬を行ったのち、米国陸軍外科学研究所で防衛医大側から爆傷研究や人工血小板研究のプレゼンテーションを行うとともに、時間を延長して活発な質疑応答と議論がなされた。また、動物実験施設の視察を行い、米国の戦傷学研究のメッカは米国陸軍外科学研究所だという強い印象を得た。また、ブルック・アーミー・メディカルセンターでは熱傷センター、救命救急センターを主として見学し、翌日の医療教育訓練センター訪問では、爆傷・銃創に対する米軍兵士の戦術的戦傷救護教育の場を視察することができた。

平成 28 年 6 月に都内で開催された爆傷フォーラムでは約 80 人が参加し、米軍および自衛隊関連の施設だけでなく、一般大学等からの演題発表もなされ、貴重な第 1 回の学術会議が成功裡に終了した。そして、平成 29 年 4

月の爆傷フォーラムでは、計 42 題（うち米国 19 題、英国 2 題）の発表がなされ、実験動物を用いた爆傷メカニズムの解明、衝撃波の生体伝搬に関するコンピューター・シミュレーション、人体模擬モデルを用いた実験、臨床例の紹介、新規圧力センサーや防護技術の開発など、内容は多岐にわたった。平成 30 年度は約 120 人が参加して、日本から計 48 題（うち米国 27 題、英国 2 題、カナダ 1 題、オーストラリア 1 題、ドイツ 1 題）の発表があり、活発な意見交換が行われ、大変有意義であった。爆傷は多様性と複雑性を有するため、広汎多岐にわたる研究は一国で取り組むことは困難であり、欧州を中心とした北大西洋条約機構（NATO）や、米印間での研究交流などが進められており、日本も国際的な学術関係国の一員として認められたものとする。

防衛医科大学校では 2017 年度からブラストチューブを用いて、爆傷基礎医学研究を自衛隊研究関連部署とともに実施している。米軍から得られた情報を基盤に、爆弾テロに対する医療対応できるような基盤研究を行い、実際に役立つ新たな防御具あるいは治療法を開発を目指したい。今後も米軍をはじめとして世界の研究施設と連携して共同研究を行っていく予定である。

## D. 考察

日本における爆傷に対する救護体制は、いまだ確立していない。TCCC あるいは TEMS において負傷者に救命処置を行うコレクションポイントは通常ウォームゾーンにおかれるが、日本における事態対処医療のコレクションポイントは限りなくコールドゾーンに近いウォームゾーン（実質上、コールドゾーン）に設定されるものと思料する。しかしながら、ホットゾーンからコレクションポイントまで負傷者の救護を担当する法的執行機関はどこなのか、決まっていないのが現状である。警察の特殊部隊は警護と援護を実施するものと考

えられるが、現行では救護を担当する組織が見当たらない。自衛隊が国内においてはこの任務を担うことは、法的な制約および発生からの時間的な制約から、国内のテロに対処することは難しいものと思料する。2020 年にオリンピック・パラオリンピック開催を控えて、この問題を議論して、万が一のための救護体制を確立する必要がある。

## E. 結論

米国の TCCC あるいは TEMS をはじめ、世界の最先端の爆傷研究・対策について学ぶことは、2020 年のオリンピック・パラリンピックの開催を控える我が国にとって、大変有意義であった。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

1. Kinoshita M, Nakashima H, Nakashima M, Koga M, Toda H, Koiwai K, Morimoto Y, Miyazaki H, Saitoh D, Suzuki H, Seki S. The reduced bactericidal activity of neutrophils as an incisive indicator of water-immersion restraint stress and impaired exercise performance in mice. *Sci Rep*. 2019 Mar 14;9(1):4562. doi: 10.1038/s41598-019-41077-5.
2. Kushimoto S, Abe T, Ogura H, Shiraishi A, Saitoh D, Fujishima S, Mayumi T, Hifumi T, Shiino Y, Nakada TA, Tarui T, Otomo Y, Okamoto K, Umemura Y, Kotani J, Sakamoto Y, Sasaki J, Shiraishi SI, Takuma K, Tsuruta R, Hagiwara A, Yamakawa K, Masuno T, Takeyama N, Yamashita N, Ikeda H, Ueyama M, Fujimi S, Gando S; JAAM Focused Outcome Research on Emergency Care for Acute respiratory distress syndrome, Sepsis and Trauma (FORECAST) Group. Impact of Body Temperature Abnormalities on the Implementation of Sepsis Bundles and Outcomes in Patients With Severe Sepsis: A Retrospective Sub-Analysis of the Focused Outcome Research on Emergency Care for Acute Respiratory Distress Syndrome, Sepsis and Trauma

- Study. *Crit Care Med.* 2019 Feb 14. doi: 10.1097/CCM.0000000000003688.
3. Abe T, Aoki M, Deshpande G, Sugiyama T, Iwagami M, Uchida M, Nagata I, [Saitoh D](#), Tamiya N. Is Whole-Body CT Associated With Reduced In-Hospital Mortality in Children With Trauma? A Nationwide Study. *Pediatr Crit Care Med.* 2019 Feb 5. doi:10.1097/PCC.0000000000001898.
  4. Aoki M, Abe T, [Saitoh D](#), Oshima K. Epidemiology, Patterns of treatment, and Mortality of Pediatric Trauma Patients in Japan. *Sci Rep.* 2019 Jan 29;9(1):917. doi: 10.1038/s41598-018-37579-3.
  5. Abe T, Ogura H, Shiraishi A, Kushimoto S, [Saitoh D](#), Fujishima S, Mayumi T, Shiino Y, Nakada TA, Tarui T, Hifumi T, Otomo Y, Okamoto K, Umemura Y, Kotani J, Sakamoto Y, Sasaki J, Shiraishi SI, Takuma K, Tsuruta R, Hagiwara A, Yamakawa K, Masuno T, Takeyama N, Yamashita N, Ikeda H, Ueyama M, Fujimi S, Gando S. Characteristics, management, and in-hospital mortality among patients with severe sepsis in intensive care units in Japan: the FORECAST study. *JAAM FORECAST group. Crit Care.* 2018 Nov 22;22(1):322. doi: 10.1186/s13054-018-2186-7.
  6. Aoki M, Abe T, [Saitoh D](#), Hagiwara S, Oshima K. Use of Vasopressor Increases the Risk of Mortality in Traumatic Hemorrhagic Shock: A Nationwide Cohort Study in Japan. *Crit Care Med.* 2018 Dec;46(12):e1145-e1151. doi: 10.1097/CCM.0000000000003428.
  7. Hagiwara K, Kinoshita M, Takase B, Hashimoto K, [Saitoh D](#), Seki S, Nishida Y, Sakai H. Efficacy of Resuscitative Transfusion With Hemoglobin Vesicles in the Treatment of Massive Hemorrhage in Rabbits With Thrombocytopenic Coagulopathy and Its Effect on Hemostasis by Platelet Transfusion. *Shock.* 2018 Sep;50(3):324-330. doi: 10.1097/SHK.0000000000001042.
  8. Satoh Y, Araki Y, Kashitani M, Nishii K, Kobayashi Y, Fujita M, Suzuki S, Morimoto Y, Tokuno S, Tsumatori G, Yamamoto T, [Saitoh D](#), Ishizuka T. Molecular Hydrogen Prevents Social Deficits and Depression-Like Behaviors Induced by Low-Intensity Blast in Mice. *J Neuropathol Exp Neurol.* 2018 Sep 1;77(9):827-836. doi: 10.1093/jnen/nly060.
  9. Kushimoto S, Gando S, Ogura H, Umemura Y, [Saitoh D](#), Mayumi T, Fujishima S, Abe T, Shiraishi A, Ikeda H, Kotani J, Miki Y, Shiraishi SI, Suzuki K, Suzuki Y, Takeyama N, Takuma K, Tsuruta R, Yamaguchi Y, Yamashita N, Aikawa N. Complementary Role of Hypothermia Identification to the Quick Sequential Organ Failure Assessment Score in Predicting Patients With Sepsis at High Risk of Mortality: A Retrospective Analysis From a Multicenter, Observational Study. *J Intensive Care Med.* 2018 Jan 1:885066618761637. doi: 10.1177/0885066618761637.
  10. Nagata I, Abe T, Uchida M, [Saitoh D](#), Tamiya N. Ten-year in-hospital mortality trends for patients with trauma in Japan: a multicentre observational study. *BMJ Open.* 2018 Feb 8;8(2):e018635. doi: 10.1136/bmjopen-2017-018635.
  11. Moriya T, Fukatsu K, Noguchi M, Nishikawa M, Miyazaki H, Saitoh D, Ueno H, Yamamoto J. Effects of semielemental diet containing whey peptides on peyer's patch lymphocyte number, immunoglobulin a levels, and intestinal morphology in mice. *J Surg Res* 222: 153-159, 2018.
  12. Umemura Y, Ogura H, Gando S, Kushimoto S, Saitoh D, Mayumi T, Fujishima S, Abe T, Ikeda H, Kotani J, Miki Y, Shiraishi SI, Shiraishi A, Suzuki K, Suzuki Y, Takeyama N, Takuma K, Tsuruta R, Yamaguchi Y, Yamashita N, Aikawa N. Assessment of mortality by qsofa in patients with sepsis outside icu: A post hoc subgroup analysis by the japanese association for acute medicine sepsis registry study group. *J Infect Chemother* 23: 757-762, 2017.
  13. Iba T, Hagiwara A, Saitoh D, Anan H, Ueki Y, Sato K, Gando S. Effects of combination therapy using antithrombin and thrombomodulin for sepsis-associated disseminated intravascular coagulation. *Ann Intensive Care* 7: 110, 2017.

14. Nakamura Y, Ishikura H, Kushimoto S, Kiyomi F, Kato H, Sasaki J, Ogura H, Matsuoka T, Uejima T, Morimura N, Hayakawa M, Hagiwara A, Takeda M, Kaneko N, Saitoh D, Kudo D, Maekawa K, Kanemura T, Shibusawa T, Hagihara Y, Furugori S, Shiraishi A, Murata K, Mayama G, Yaguchi A, Kim S, Takasu O, Nishiyama K. Fibrinogen level on admission is a predictor for massive transfusion in patients with severe blunt trauma: Analyses of a retrospective multicentre observational study. *Injury* 48: 674-679, 2017.
  15. Kudo D, Kushimoto S, Shiraishi A, Ogura H, Hagiwara A, Saitoh D. The impact of preinjury antithrombotic medication on hemostatic interventions in trauma patients. *Am J Emerg Med* 35: 62-65, 2017.
  16. Hagiwara K, Kinoshita M, Miyawaki H, Sato S, Miyazaki H, Takeoka S, Suzuki H, Iwaya K, Seki S, Shono S, Saitoh D, Nishida Y, Handa M. Fibrinogen  $\gamma$ -chain peptide-coated, ADP-encapsulated liposomes rescue mice from lethal blast lung injury via adenosine signaling. *Crit Care Med* 44; e827-37, 2016.
  17. 齋藤大蔵. 爆傷. 外傷専門診療ガイドライン JETEC 第2版. へるす出版(東京), pp285-291, 2018..
2. 学会発表
1. Daizoh Saitoh, Yasumasa Sekine, Yuya Yoshimura, et al. Introduction of a blast tube established at National Defense Medical College in Japan. The 14<sup>th</sup> Asia Pacific Conference on Disaster Medicine . Kobe, October 16<sup>th</sup>, 2018
  2. Daizoh Saitoh, Yasumasa Sekine, Yuya Yoshimura, et al. Introduction of a blast tube established at National Defense Medical College using a budget of Advanced Research on Defense Medicine of Japan. NCT Asia Pacific, Tokyo, May 30<sup>th</sup>, 2018.
  3. 齋藤大蔵. 爆傷の特徴と救急救護. 第24回脳神経外科救急学会(特別講演), 大阪、平成31年2月1日.
  4. 齋藤大蔵. 事態対処医療の最前線 - 外傷救護と医療安全の観点から -. 第70回日本気管食道科学会総会ならびに学術講演会(教育講演). 東京、平成30年11月8日.
  5. 齋藤大蔵. 事態対処外傷救護の最前線. Yamaguchi Neurocritical care symposium (特別講演). 宇部, 平成30年4月26日.
  6. 齋藤大蔵. 災害対策基本法の限界と救命救護の新たな潮流. 第19回地域防災緊急医療ネットワーク・フォーラム(講演), 東京、平成30年3月10日
  7. 齋藤大蔵. テロ災害対策(CBRNE対策)(5)爆発物(Explosive). 日本医師会 CBRNE(テロ災害)研修会. 東京, 平成30年4月4日.
  8. 齋藤大蔵. 事態対処医療の課題と展望. 第23回日本集団災害医学会総会・学術集会(教育講演). 平成30年2月2日.
  9. 齋藤大蔵. 爆傷医学研究と戦傷外科救命処置教育コースの紹介. 平成29年度防衛医学セミナー(シンポジウム). 平成30年2月1日.
  10. 齋藤大蔵. 熱傷診療(爆傷を含む). 日本集中治療医学会リフレッシュセミナー. 東京, 平成30年7月21日
  11. 齋藤大蔵. 教育セミナー:TCCC(Tactical Combat Casualty Care)から紐解く事態対処医療. 第31回日本外傷学会総会・学術集会, 横浜, 2017.
  12. 戸村 哲, 齋藤大蔵. レーザー誘起衝撃波を用いたマウス軽症頭部爆傷モデルの開発研究. 第30回日本外傷学会, 東京, 平成28年5月.
  13. 戸村 哲, 瀬野宗一郎, 齋藤大蔵. レーザー誘起衝撃波を用いたマウスモデルによる軽症頭部爆傷研究. 第40回日本脳神経外傷学会, 東京, 平成29年3月.
  14. 佐藤泰司, 樫谷賢士, 荒木義之, 大川晋平, 平沢 壮, 西井清雅, 守本祐司, 水足邦雄, 塩谷彰浩, 四ノ宮成祥, 山本哲生, 藤田真敬, 徳野慎一, 小林 靖, 妻鳥元太郎, 齋藤大蔵, 石塚俊晶. 衝撃波管を用いたマウス爆傷モデルの作製と神経系への影響の解析. 平成28年度衝撃波シンポジウム, 横須賀, 平成29年3月.
  15. 大川晋平, 藤田真敬, 石原雅之, 石原美弥, 齋藤大蔵. 被爆車両の乗員防護能の評価に関する文献調査. 第62回防衛衛生学会, 東京, 平成29年2月.

## G. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし