ISSN 2759-2669(Print)
ISSN 2761-042X (Online)

バイオセーフティ

The Japanese Journal of Biosafety

Vol.2 No.2 July 2025 (No.5)

総説

エムポックスの流行 …… 森川　茂

レポート

米国におけるバイオセーフティ専門家認定制度 …… 黒﨑陽平

講座

（連載）ポスト・コロナのバイオセキュリティ
第５回　バイオリスク・マネジメントに資する国際連携について …… 天野修司
（連載）慢性感染症としての抗酸菌症とその免疫応答
第２回　抗酸菌感染に対する免疫応答と菌の回避機構 …… 阿戸　学

報告

国立感染症研究所 元所長　倉田毅先生を偲ぶ会
…… 杉山和良、長谷川秀樹、森川　茂、松田道行、山西弘一
倉田毅先生を偲ぶ会　開催報告 …… 北林厚生

日本バイオセーフティ学会
The Japanese Biological Safety Association

バイオセーフティ
第 2 巻 第 2 号 2025 年 7 月（第 5 号）

第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会 開催案内 第 2 報,
市民公開講座のご案内について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・四ノ宮成祥 1

総説 エムポックスの流行 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・森川 茂 6

レポート 米国におけるバイオセーフティ専門家認定制度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・黒﨑陽平 13

講座 （連載）ポスト・コロナのバイオセキュリティ
第 5 回 バイオリスク・マネジメントに資する国際連携について ・・・・・・・・・・天野修司 17

講座 （連載）慢性感染症としての抗酸菌症とその免疫応答
第 2 回 抗酸菌感染に対する免疫応答と菌の回避機構 ・・・・・・・・・・・・・・・・阿戸 学 22

報告 国立感染症研究所 元所長 倉田毅先生を偲ぶ会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・杉山和良 28
倉田毅先生を偲んで ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・長谷川秀樹 30
本学会初代理事長の故，倉田毅先生を偲んで ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・森川 茂 31
倉田毅先生のご指導 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・松田道行 33
刎頸の友倉田先生 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・山西弘一 34
倉田毅先生を偲ぶ会 開催報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・北林厚生 35

お知らせ ・・ 36

The Japanese Journal of Biosafety
Vol.2 No.2 July 2025 (No.5)

Announcement of the 24th JBSA Annual Conference, 2025 and the Public Lecture
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Nariyoshi Shinomiya 1

Review Article Mpox Epidemic ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Shigeru Morikawa 6

Report American Biological Safety Association (ABSA) Certified Biological Safety Professional Credential ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Yohei Kurosaki 13

Lecture (Serial) Biosecurity in the Post COVID-19 World
Part 5. International Collaboration for Biological Risk Management ・・・・・・・・Shuji Amano 17

Lecture (Serial) Immune Response in Mycobacterial Diseases as Chronic Infectious Diseases
Part 2. Immune Responses against Mycobacterial Infections and Escape Mechanisms
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Manabu Ato 22

Report: Memorial Meeting for Dr. Takeshi Kurata, Former Director of the National Institute of Infectious Diseases ・・・・・・・・・・・・・・・・・Kazuyoshi Sugiyama, Hideki Hasegawa, Shigeru Morikawa, Michiyuki Matsuda, Koichi Yamanishi 28
Report on the memorial gathering for Dr. Takashi Kurata ・・・・・・・・Atsuo Kitabayashi 35

Information ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 36

第 24 回 日本バイオセーフティ学会総会・学術集会　開催案内　第 2 報

第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会
会長　四ノ宮成祥（しのみやなりよし）

下記のとおり，第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会を開催いたします。奮ってご参加ください。

記

第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会
テーマ：『バイオセーフティとバイオセキュリティ：来るべき未来に向けて』
日　時：令和 7 年 11 月 26 日（水）・27 日（木）
場　所：全国障害者総合福祉センター 戸山サンライズ
（〒 162-0052 東京都新宿区戸山 1-22-1）

参加費（現地参加・リモート参加ともに）

〇事前振り込み（締め切り：令和 7 年 11 月 14 日（金）15：00 まで）

会員	10,000 円
非会員	12,000 円
学生会員	無料（年会費支払い済み／新規入会の場合）
学生非会員	1,000 円

〇当日現地支払い

会員	12,000 円
非会員	14,000 円
学生会員	1,000 円（年会費未納／当日新規入会の場合）
学生非会員	3,000 円

※学術集会への参加申し込み要領につきましては，学会ウェブサイトに掲載しますのでご確認ください。学生の方は有効な学生証のコピーをご提示ください。
学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/annual-conference-and-symposium/annual-conference-2025/）
※リモート参加の場合は，事前申し込みのみ受け付けます。当日の申し込みはできません。

全員懇親会
日　時：令和 7 年 11 月 26 日（水）18：00～（第 1 日目・学術集会終了後）
場　所：全国障害者総合福祉センター 戸山サンライズ
参加費：3,000 円（会員・非会員・学生関係なく全員同額）
※当日の申し込みもお受けいたしますが，なるべく事前にお申し込みください。

第 24 回 日本バイオセーフティ学会総会・学術集会の企画内容（お知らせ）

令和 7 年 6 月 15 日現在

今年度の学術集会では以下のプログラムを予定しています。

1. 予定講演・企画シンポジウム等
○招へい講演：「VLP を利用した Ebola ウイルスの構造決定」（仮題）
演者　Matthias Wolf（OIST）……司会　田中俊憲（OIST）
○国際動向報告：「バイオセキュリティの国際動向」（仮題）
演者　天野修司（日本医療科学大学）……司会　篠原克明（信州大学）
○シンポジウム：『高度封じ込め施設による研究を考える』
演者 1　黒﨑陽平（長崎大学）
演者 2　三浦詩織（新潟大学）
演者 3　花木賢一（JIHS）……司会　中嶋建介（長崎大学）
○総会・委員会報告
○会長講演：「デュアルユース性が問題となる研究とバイオセキュリティ」（仮題）
※その他，シンポジウムを企画・調整中です。

2. 一般演題の募集（**締め切り：令和 7 年 9 月 30 日（火）17：00**）
一般演題の募集を行っています。学会ウェブサイトに一般演題申込書を掲載しますのでご確認ください。応募をお考えの方は，ご記入の上，事務局宛（jbsa-gakkai@primate.or.jp）にご一報ください。
学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/annual-conference-and-symposium/annual-conference-2025/）

演題募集：下記の項目に関連する演題を募集しております
1. バイオリスクマネジメント全般（安全管理運営，教育・研修，病原体輸送，感染性廃棄物など）
2. 医療機関（病院外来，病棟，臨床検査室など）におけるバイオセーフティ
3. 動物に関わるバイオセーフティ
4. 安全装置，器具（安全キャビネットなど）
5. 施設設計（高度封じ込め施設，実験室，病院検査室など）
6. 消毒，滅菌全般（器具や手段，運用方法などを含む）
7. バイオセキュリティ
8. その他

3. 企業プレゼンテーション・企業展示・講演抄録集広告の募集等につきましては，学会ウェブサイトに協賛趣意書を掲載しますのでご確認ください。
学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/annual-conference-and-symposium/annual-conference-2025/）

■日本バイオセーフティ学会事務局
第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会
担当：小野孝浩 柴田宏昭
一般社団法人予防衛生協会内
〒 305-0003　茨城県つくば市桜一丁目 16 番 2
E-mail：jbsa-gakkai@primate.or.jp　　FAX：029-828-6891

第24回
日本バイオセーフティ学会
Annual Meeting of the Japanese Biological Safety Association
総会・学術集会
会長：四ノ宮成祥
（国立健康危機管理研究機構・国立感染症研究所）
学術集会テーマ
『バイオセーフティとバイオセキュリティ
：来るべき未来に向けて』
2025 11/26 WED ▸ 27 THU
全国障害者総合福祉センター
戸山サンライズ
〒162-0052 東京都新宿区戸山 1-22-1
TEL 03-3204-3611
詳しくはこちら

市民公開講座のご案内について

第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会
会長　四ノ宮成祥

下記のとおり，日本バイオセーフティ学会主催の市民公開講座を行います。奮ってご参加ください。また，関連の方々にお声がけやご案内いただけますと幸甚です。

記

日本バイオセーフティ学会・学術企画
市民公開講座『AI の進歩と生命科学研究を考える』
日　時：**2025 年 11 月 28 日（金）13：30〜17：00**
（第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会終了の翌日となります。）
場　所：全国障害者総合福祉センター　**戸山サンライズ**
（〒 162-0052 東京都新宿区戸山 1-22-1）〔第 24 回学術集会と同会場〕
参加費：**無料（事前登録制，先着 160 名まで）**
※参加登録方法につきましては，学会ウェブサイトにてご案内差し上げます。
学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/event/public-lecture-20251128/）

《プログラム予定》
市民公開講座『AI の進歩と生命科学研究を考える』
13：30〜14：30〔60 分〕（第 1 部）「AI を用いた先進生命科学研究」
○「生物の再構成研究の現在と未来」 **市橋伯一（東京大学）**
○「AI によるタンパクデザインとバイオセキュリティ」 **木賀大介（早稲田大学）**

14：30〜14：45〔15 分〕 コーヒーブレイク

14：45〜16：15〔90 分〕（第 2 部）「AI の進歩とバイオエコノミー・研究規制・社会との共生」
○「バイオテクノロジー・AI の進歩とバイオエコノミー」 **松尾真紀子（東京大学）**
○「生物兵器禁止条約と AI に関する規制」 **田中極子（東洋英和女学院大学）**
○「AI と共生する人の社会」 **須田桃子（科学ジャーナリスト）**

16：15〜16：30〔15 分〕 コーヒーブレイク

16：30〜17：00〔30 分〕（第 3 部）総合討論

日本バイオセーフティ学会主催

市民公開講座

『AIの進歩と生命科学研究を考える』

2025 11/28 FRI

全国障害者総合福祉センター
戸山サンライズ

〒162-0052 東京都新宿区戸山 1-22-1
TEL 03-3204-3611

参加費無料（事前登録）

詳しくはこちら

日本バイオセーフティ学会事務局　担当：小野孝浩・柴田宏昭
一般社団法人予防衛生協会内
〒305-0003　茨城県つくば市桜一丁目 16 番 2
E-mail：jbsa-gakkai@primate.or.jp　FAX：029-828-6891
総会ホームページ：https://jbsa-gakkai.jp/meeting/index.html

総　　説

エムポックスの流行

森川　茂

国立健康危機管理研究機構　国立感染症研究所　名誉所員

要旨：感染症法で4類感染症に指定されていたサル痘（monkeypox）が2022年に世界中で流行し，世界保健機構（WHO）がこの病名は差別に繋がるとしてエムポックス（mpox）に名称を変更した。厚生労働省も感染症法上の名称を「サル痘」から「エムポックス」に変更した。エムポックスは，アフリカの齧歯類を自然宿主とする人獣共通感染症と考えられていて，主にアフリカに限局して流行していたが，2022年に世界中で流行して公衆衛生上，大きな問題となった。また，人から人への感染が継続して変異が蓄積されている。感染リスクのある人へのワクチン接種と啓蒙などにより，感染拡大は抑えられたが，2023年からより強毒なウイルスによる流行もコンゴ民主共和国から周辺国へ拡大し，欧米やアジアでも患者が発生している。この流行でもウイルスの変異が蓄積している。

キーワード：エムポックス，サル痘，天然痘，ワクチン，人獣共通感染症，人への馴化

1. はじめに

エムポックスは，1958年にデンマークのコペンハーゲンの国立血清学研究所で，カニクイザルの天然痘様感染症として報告され，サル痘と命名された。その後，サル施設のカニクイザルで複数回流行した。発症サルの致死率は3～48％と報告されている。人のエムポックスは1970年にコンゴ民主共和国（DRC）で初めて報告され，天然痘（痘瘡）根絶後に年々患者数が増加している[1)]。エムポックスは限局性から全身性の皮膚病変，発熱，リンパ節腫脹などを主徴とする急性発疹性疾患で，重症例では天然痘に類似した症状を呈する。2017年以降はナイジェリアでもエムポックスが流行している。2018年以降，ナイジェリアからの帰国者や渡航者による輸入症例が，英国などで数回報告されたが，二次感染は極めて限定的であった。2022年5月に欧州でエムポックス患者が報告され、その後，欧米などで患者数及び患者発生国が急増し，WHOは同年7月に「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態（Public Health Emergency of International Concern；PHEIC）」を宣言した。その後，更に患者数は増加したが，8月以降徐々に患者発生数は減少し，2023年5月にPHEICは解除された。この流行は2023年2月25日時点で，アフリカのエムポックス流行国以外では103カ国で84,509名の患者が報告され81名が死亡した。その後も患者は発生していて，本年1月時点で世界中の患者数は102,000名で 220人以上が死亡している。日本ではこれまでに252名の患者が報告されたが，殆どが国内感染である[2)]。DRCはエムポックスの流行地であり毎年患者が発生しているが，2023年に大きな流行が発生し，14,626名の患者が報告され654名が死亡した[3)]。2024年以降も流行は継続していて，周辺国に流行が拡大している。アフリカ以外の国でも患者が発生しているが，患者数は限定的である。2024年8月にAfrica CDCは「アフリカ大陸安全保障上の公衆衛生上の緊急事態（Public Health Emergency of Continental Security; PHECS）」を宣言した，WHOも「PHEIC」を宣言した。

2. サル痘ウイルス

サル痘ウイルス（*Orthopoxvirus monkeypox*）は，ポックスウイルス科オルソポックスウイルス属に分類され，人の病原ウイルスでは最大のDNAウイルスである。遺伝子は約197,000塩基対の直鎖状の2本鎖DNAゲノムからなり，約200種の遺伝子をコードしている。ゲノム中央部の約100遺伝子がウイルスの増殖に必要な蛋白質をコードしていて，オルソポックスウイルス属のウイルス種間で高度に保存されているため，オルソポックスウイルス属のウイルス種間では血清学的に強く交差する。ジェンナーが開発した天然痘のワクチン（痘瘡ワクチン）は，弱毒化した天然痘ウイルスではなく牛痘ウイルスに由来するワクチニアウイルスであるが，いずれもオルソポックスウイルス属のウイルスであり，交差免疫があるため天然痘の根絶に寄与した。このため，天然痘のワクチンはエムポックスにも有

効である。

サル痘ウイルスは，遺伝的に異なるクレードⅠ（コンゴ盆地型）とクレードⅡ（西アフリカ型）がある。クレードⅠによるエムポックスはDRCでしばしば流行していて，病原性が高く致死率は最大で11％と報告されている。一方，クレードⅡによるサル痘は，殆どが軽症で回復するが，小児，妊婦，免疫不全の人が感染すると重症化するリスクがあり，致死率は0～3.3％である[1, 4]。クレードⅡは西アフリカに分布しているクレードIIaと，2017年からのナイジェリアの流行や2022年に世界的な流行をおこしたクレードIIbがある[4]。クレードⅠはDRCなどに分布しているが，2023年の流行で旧来のクレードⅠと遺伝的にやや異なるウイルスが出現しクレードIbと命名され，旧来型をクレードIaと呼ぶことになった。疫学や動物実験から，サル痘ウイルスの病原性は，クレードIa＞クレードIIa＞クレードIIbとされている（表1）[5]。疫学的には，クレードIbはクレードIaよりも人に対する病原性が低いと考えられるが，実験的にはまだ明らかではない。

サル痘ウイルスは，アフリカの齧歯類を自然宿主とすると考えられていて，人やサル以外にも多くの動物が感受性である人獣共通感染症のウイルスであるのに対し，比較的近縁な天然痘ウイルスは自然感染では人だけが感受性がある。このため，サル痘ウイルスを天然痘ウイルスのように根絶することは困難である。

3. 動物におけるエムポックスと動物由来の人のエムポックス流行

サル痘ウイルスは，アフリカの齧歯類を自然宿主とすると考えられているが，多くの動物に感受性があるため自然宿主の動物種は未だ同定されていない。これまでにアフリカで捕獲された野生動物からサル痘ウイルスが検出されたのは，キリス，アフリカオニネズミ，トガリネズミ，スーティーマンガベイである。一方，DRCでの野生動物の調査では，キリス（33.3%），アフリカヤマネ（7.7%），アフリカオニネズミ（11.1%），タイヨウリス（33.3%），rusty-nosed rat（4.5%），ハネジネズミ（5.9%）から抗体が検出されている。実験感染では多くの齧歯類に感受性があるが，特に若齢動物で重症化する[6]。カニクイザルへの実験感染では，クレードⅠもクレードIIaも致死的感染を起こすが前者がより強毒である[7]。

1964年には，ロッテルダム動物園に輸入されたオオアリクイ2匹が発症し，その後オランウータン10匹，チンパンジー，ゴリラ3匹，グエノン，リスザル，マカク，マーモセット，ギボン4匹など23匹が発症した。この動物園での流行では，オオアリクイ2匹の他，オランウータン6匹，リスザル3匹，マーモセット1匹，ギボン1匹が死亡している[8]。他にもサル施設などにおいてサル痘発生が1960年代に報告されている。

2003年に，ガーナから米国のテキサスに愛玩用に輸入されたアフリカの齧歯類（アフリカオニネズミ，アフリカヤマネなど）と同じ部屋にいた北米原産のプレーリードッグにクレードIIaのサル痘ウイルスが感染し，プレーリードッグを愛玩用に購入した人がエムポックスを発症して，47名の患者が報告された[9, 10]。この流行ではプレーリードッグからの感染による人獣共通感染症であった。この時，ガーナから輸入されたアフリカヤマネの一部がテキサスの動物業者から日本に輸出されたと米国疾病対策センター（CDC）から連絡があり，輸入された動物を回収してサル痘ウイルス感染の有無を調べた結果，日本にはサル痘感染動物が輸入されなかったことが分かった。

4. 天然痘根絶とエムポックス患者の増加

天然痘とエムポックスの皮膚病変は類似していて，天然痘流行時には主に臨床診断で天然痘の診断がされていたた

表1　Monkeypox virusの各cladeの病原性などの性質

MPXV clade	宿主動物	動物からの感染	人から人への感染性	人での病原性	CAST/EiJマウスでの病原性
clade Ia	野生げっ歯類	頻繁	最大6世代	強い	非常に強い
clade Ib	不明	不明	多い	やや強い	不明
clade IIa	野生げっ歯類	頻繁	限定的	やや弱い	やや弱い
Clade IIb	不明	不明	極めて多い	弱い	極めて弱い

め，1970 年以前にエムポックス患者がいても天然痘と診断されていたと考えられる。天然痘の根絶に用いられた痘瘡ワクチンは非常に有効であったが，副反応も非常に強く，種痘後脳炎（20～100 万人に 1 人），壊死性ワクチニア症，全身性ワクチニアウイルス症（5,000 人に 1 人），ワクチン後湿疹（26,000 人に 1 人），自己接種（ワクチン接種部位から別の部位に自己感染すること；2000 人に 1 人）などが報告されている。このため，多くの国では 1970 年代前半から 1975 年にかけて痘瘡ワクチン接種（種痘）が中止され，年々オルソポックスウイルスに免疫のない人が増えてきた。これに伴い，DRC ではエムポックス患者数が増加してきた。アフリカでは 1970～79 年に 48 名，1980～89 年に 357 名，1990～1999 年に 511 名の患者報告されている。さらに，2000～2009 年には 10,128 名，2010～2019 年には 19,065 名とエムポックス患者が急増してきた[1]。多くの患者は DRC で報告されているが，多くは野生齧歯類などからの感染と考えられ，人から人の感染は限定的で最大でも 6 世代と報告されていた。一方，2003 年に米国ではガーナからの輸入齧歯類によりクレード IIa のウイルスが持ち込まれて，輸入齧歯類からプレーリードッグにおそらく飛沫感染し，プレーリードッグをペットとして購入した人へ感染して 47 名の患者が報告されたが，人から人への感染はなかった[9, 10]。

5. 2022 年以降のエムポックス流行とウイルスの遺伝子変異

上記のエムポックス患者の増加では，ウイルスの遺伝子変異はあまり認められていない。一方，2017 年からナイジェリアで継続しているクレード IIb による流行は，人から人への感染が継続していて，人から人へ感染しやすいウイルスに変化した可能性がある[11, 12]。2022 年 5 月に英国でエムポックス患者が報告され，その後世界的な流行となったのは，COVID-19 が沈静化してきて男性同性愛者や両性愛者の大規模な集会で，ゲイ，バイセクシャルなど男性と性交する男性（MSM）の間で感染が拡大し，感染が世界中に拡散したためと言われている。また，人から人への感染が数十世代以上継続し，より人に感染しやすい変異が生じたと考えられている。この流行では，2018 年から 2019 年にナイジェリアからの輸入症例として検出されたウイルス群をクレード IIb-A.1，米国で 2021 年と 2022 年に検出されたのがクレード IIb-A.2，ナイジェリアで流行しているクレード IIb-A を起源として，分布を世界中に拡大したのがクレード IIb-B.1 と命名された。2022 年からの大流行の患者の大部分はクレード IIb-B.1 に感染しているが，人から人への感染のクラスターが各国でおきた結果，クレード IIb-B.1 の更に変異したウイルス群が出現している[4, 13]。一方，クレード IIb-A.2 は米国で少数の患者から検出されていたが，インドやタイ，英国でも検出された[14]。現在でもクレード IIb による流行は小規模ながら継続しているが，最近は，遺伝子変異はそれほど生じていない。

2023 年から DRC での大規模なクレード I による流行でも，ウイルスの遺伝子変異が生じている。従来のクレード I をクレード Ia とし，それから変異が蓄積して生じたサブクレードをクレード Ib として区別している。クレード Ib は DRC 東部で出現し，男性と女性の性産業に関連した性的接触による感染が起こっていると報告されている[15]。疫学的には，クレード Ia と比較してクレード Ib は弱毒だが人から人への感染力が強くなっていると考えられているが，まだ結論は出ていない。クレード I とクレード II の遺伝子変異の蓄積は，人から人への感染継続や HIV 感染者などの免疫不全者での感染で体内でのウイルス増殖が持続することなどによりよると考えられるが，人の細胞のシチジン脱アミノ酸酵素である APOBEC3 によりウイルス遺伝子配列中の GA を AA に，TC を TT への塩基置換により起きると考えられている[4, 16]。これまでのエムポックスは，人獣共通感染症として齧歯類などから感染して人から人への感染が限定的であったため，遺伝子変異は殆ど認められていない[16]。

6. 古典的エムポックスと大流行しているエムポックスの相違点

アフリカの流行国のエムポックスでは，潜伏期間（5～21 日，平均 12 日）の後，発熱（38℃以上），発汗，頭痛，悪寒，背部痛，筋肉痛，無力感，咽頭痛，リンパ節腫脹などが現れる。発熱後 1～3 日以内に皮疹が顔面や四肢に多く出現し，口腔粘膜，生殖器，結膜および角膜などに病変がでることもある[17]。皮疹は，水疱，膿疱，痂皮へと 2 週間から 4 週間程度で移行して，痂皮が脱落すると瘢痕化して回復する。

2022 年からのクレード IIb によるエムポックスの流行では，患者の年齢層，性別，臨床症状もアフリカの流行地でのエムポックスとは異なる。WHO によると，75,600 人の患者の 96.6％が男性で，患者の年齢の中央値は 34 歳である。詳細な情報の得られた患者データでは，84.1％が MSM で，その内 6.7％が両性愛者である。HIV 陽性者が 48.1％である。性交を介した感染は 68.7％，入院 7.3％，ICU 治療を要した患者は 0.3％，死亡は 0.1％である。医療従事者の患者は 4.3％だが，ほとんどは医療機関外での感染による。皮膚病変部位は，性器・肛門周辺に多く，顔や手足の病変は少ない（10％）が口の周辺や口腔内の病変は多い。また，皮疹のステージが異なる症例が 36％，孤立

性の病変（11%）や紅斑性丘発疹（14%）を呈する患者もいる。また，直腸痛（直腸炎を含む）を呈する患者が40%程と報告されている[18,19]。病変好発部位や臨床症状の相違は，現在流行しているエムポックスでは感染経路がMSM間での性交渉に伴う皮膚と皮膚の接触部位に病変が好発しているためと考えられている。なお，東京近郊で実施された無症状のMSMにおける調査で1,346名のうち5名（0.4%）がウイルス陽性で不顕性感染者が一定程度いることが示された[20]。臨床症状や診療に関しては，エムポッス診療の手引き（第3.0版）に詳しく記載されている[21]。

2023年からのDRCでの流行はクレードIaによるものと新規に出現したクレードIbによるものがある。クレードIaによるエムポックスは，旧来の古典的な人獣共通感染症としてのエムポックスであるが，一部のサブクレードは人から人への感染を起こしていて，中国とアイルランドで輸入症例が報告されている。クレードIbによるエムポックスは，上述したように男性と女性の性産業に関連した感染経路で男女比は1：1である。この感染は，DRC内にとどまらず周辺国へ拡大し，欧米やアジアでも輸入症例が発生している。クレードIbによるエムポックスは，クレードIaによるエムポックスと比較して致命率が低い[22]。

7. 第3世代痘瘡ワクチンと抗ウイルス薬

現在流行しているエムポックスは，新規患者発生数が激減しているが，これは，昨年7月頃から欧米等でMSMなどのハイリスク者を対象としたワクチン接種を積極的に行ったことによる。天然痘根絶後に，天然痘ウイルスがバイオテロリズムに用いられた際の対策として，痘瘡ワクチンが備蓄されたが，強い副反応が問題となる旧来のワクチンとは別に，有効で副反応の非常に弱いワクチン開発と抗ウイルス薬開発が行われた。Bavarian Nordic社の一部遺伝子欠損ワクチニアウイルスMVA株（鶏細胞では増殖するが，人の細胞では流産感染するため安全性が高い）によるワクチン（MVA-BNワクチン；米国ではJYNNEOS）[23]とワクチニアウイルスLC16m8株によるワクチン[24,25]が，それぞれ欧米，日本で承認されていた。これらの痘瘡ワクチンは第3世代ワクチンと呼ばれていて副反応が弱く安全性が高い。これらは，エムポックスワクチンとしても承認されている。WHOは，2024年9月にMVA-BNワクチンを事前承認し[26]，11月にLC16m8株によるワクチン（乾燥細胞培養痘そうワクチンLC16「KMB」；KMバイオロジクス株式会社）を緊急使用リストに追加した[27]。予防としてのワクチン接種は，曝露リスクが高い人に推奨される。最もリスクが高いのは，複数の性的パートナーを持つMSMで，その他には，性的パートナーが複数いる人，セックスワーカー，患者の診療を担当する医療従事者，疑い患者の診断検査担当者などである。また，天然痘と同様に曝露後予防接種は，曝露から4日以内（症状がない場合は最大14日以内）では有効と考えられている。欧米などでは，2022年7月頃からMSMなどのハイリスク者などにMVA-BNワクチンの接種を開始した。また，患者の早期診断と（自己）隔離の徹底，効果的な接触者追跡，感染防止のための情報提供も行われた。その結果，新規患者数は激減した。

また，2018年に米国FDAで，次いで欧州で天然痘の治療薬として承認されていたテコビリマット（tecovirimat）が2022年からのエムポックス流行時にエムポックス治療薬としても承認され，日本でも2024年12月にエムポックス治療薬として製造販売承認された（テポックスカプセル200 mg；日本バイオテクノファーマ株式会社）。テコビリマットは動物実験では有効性が確認されていたが，クレードIIbによる流行とクレードIによる流行で臨床研究が行われた結果，テコビリマット投与群で病変消失までの時間は短縮されなかった[28,29]。CDCでは，重症患者ではテコビリマットに加えてシドフォビル，ブリンシドフォビル，ワクシニア免疫グロブリンなどの治療薬の併用を推奨している。

8. 感染防御策

天然痘は主に飛沫感染により感染するが，エムポックスでは患者の皮膚病変部位との直接接触が主な経路であることから，患者あるいはエムポックスが疑われる人との皮膚と皮膚との直接接触,特に皮膚病変部位との接触を避ける。また，皮膚病変などに触れた衣類やリネンとの接触による間接接触感染もあると考えられている。ドイツの入院患者の調査では，患者が頻繁に触れた場所がウイルスに高度に汚染していた[30]ことから，患者あるいは感染が疑われる人が用いた寝具，タオル，衣類に直接触れない，また，食器やコップなども共用しないことも感染防止として重要である。サル痘ウイルスは脂質膜をもつウイルスであり，アルコール消毒や界面活性剤（洗剤）などで容易に不活化できるため，患者が用いた寝具，タオル，衣類なども直接触れずにグローブなどを用いて洗濯機に入れて洗剤を用いて洗濯すれば安全である。また，頻繁に石けんと水で手洗いし，消毒用アルコールで消毒することでリスクを低減することができる。また，エムポックス感染者は一時的にサル痘ウイルス感染単球によるウイルス血症を呈するため，患者との接触者等のハイリスク者の献血を21日間控えることを通知している。

9. おわりに

2022年に非流行国でクレードIIbによるエムポックスが大流行をおこして公衆衛生上の問題となったが，患者の診断と自己隔離を含む隔離の徹底，感染防止の広報，ハイリスク者へのワクチン接種などが行われた結果，患者発生数は激減してきたが終息には至っていない。さらに，2023年からのDRCでのクレードIによるエムポックス流行で新たにクレードIbが出現しDRC周辺国に広がっている。さらに欧米，アジアなどでも輸入症例が出始めてきた。今後，ウイルスが人から人へ感染が継続することにより，より人に馴化したウイルスが出現するリスクがある。このため，海外では第4世代ワクチンとして感染防御に関わる遺伝子を複数発現するmRNAワクチンの開発も行われている。また，抗ウイルス薬の開発も行われている。

参考文献

1) Bunge, E.M., Hoet, B., Chen, L., et al. The changing epidemiology of human monkeypox- A potential threat? A systematic review. PLoS. Negl. Trop. Dis., 16 (2): e0010141, 2022
2) 厚生労働省．エムポックス．https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou19/monkeypox_00001.html
3) Africa CDC. Speech of the Director General / Africa CDC on the Declaration of Mpox as a Public Health Emergency of Continental Security (PHECS). https://africacdc.org/news-item/speech-of-the-director-general-africa-cdc-on-the-declaration-of-mpox-as-a-public-health-emergency-of-continental-security-phecs/.
4) Isidro, J., Borges, V., Pinto, M., et al. Phylogenomic characterization and signs of microevolution in the 2022 multi-country outbreak of monkeypox virus. Nat. Med., 28 (8), 1569–1572, 2022
5) Americo, J.L., Earl, P.L., Moss, B. Virulence differences of mpox (monkeypox) virus clades I, IIa, and IIb.1 in a small animal model. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Feb 21, 120 (8): e2220415120, 2023
6) Hutson, C.L., Damon, I.K. Monkeypox Virus Infections in Small Animal Models for Evaluation of Anti-Poxvirus Agents. Viruses, 2, 2763–2776, 2010
7) Saijo, M., Ami, Y., Suzaki, Y., Nagata, N., Iwata, N., Hasegawa, H., Iizuka, I., Shiota, T., Sakai, K., Ogata, M., Fukushi, S., Mizutani, T., Sata, T., Kurata, T., Kurane, I., Morikawa, S. Virulence and pathophysiology of the Congo Basin and West African strains of monkeypox virus in non-human primates. J. Gen. Virol., 90 (Pt 9), 2266–71, 2009
8) Arita, I., Henderson, A. Smallpox and Monkeypox in Non-human Primates. Bulletin of the World Health Organization, 39, 277–283, 1968
9) Reed, K.D., Melski, J.W., Graham, M.B., Regnery, R.L., Sotir, M.J., Wegner, M.V., Kazmierczak, J.J., Stratman, E.J., Li, Y., Fairley, J.A., Swain, G.R., Olson, V.A., Sargent, E.K., Kehl, S.C., Frace, M.A., Kline, R., Foldy, S.L., Davis, J.P., Damon, I.K. The detection of monkeypox in humans in the Western Hemisphere. N. Engl. J. Med., 350 (4), 342–50, 2004
10) Bernard, S.M., Anderson, S.A. Qualitative assessment of risk for monkeypox associated with domestic trade in certain animal species, United States. Emerg. Infect. Dis., 12 (12), 1827–33, 2006
11) Yinka-Ogunleye, A., Aruna, O., Dalhat, M., et al. Outbreak of human monkeypox in Nigeria in 2017–18: a clinical and epidemiological report. Lancet Infect. Dis., 19, 872–9, 2019
12) Zhan, X.Y., Zha, G.F., He, Y. Evolutionary dissection of monkeypox virus: Positive Darwinian selection drives the adaptation of virus-host interaction proteins. Front Cell Infect. Microbiol., Jan 13, 12: 1083234. doi: 10.3389/fcimb.2022.1083234, 2023
13) Scarpa, F., Sanna, D., Azzena, I., et al. Genetic Variability of the Monkeypox Virus Clade IIb B.1. J. Clin. Med., Oct 28, 11 (21), 6388. doi: 10.3390/jcm11216388, 2022
14) Shete, A.M., Yadav, P.D., Kumar, A., et al. Genome characterization of monkeypox cases detected in India: Identification of three sub clusters among A.2 lineage. J. Infect., Jan, 86 (1): 66–117. doi: 10.1016/j.jinf.2022.09.024, 2023
15) Masirika, L.M., Udahemuka, J.C., Schuele, L., Nieuwenhuijse, D.F., Ndishimye, P., Boter, M., Mbiribindi, J.B., Kacita, C., Lang, T., Gortázar, C., Musabyimana, J.P., Otani, S., Aarestrup, F.M., Siangoli, F.B., Oude Munnink, B.B., Koopmans, M. Epidemiological and genomic evolution of the ongoing outbreak of clade Ib mpox virus in the eastern Democratic Republic of the Congo. Nat. Med., Feb 11, doi: 10.1038/s41591-025-03582-1. PMID: 39933565, 2025
16) Kinganda-Lusamaki, E., et al. Clade I mpox virus

genomic diversity in the Democratic Republic of the Congo, 2018-2024: Predominance of zoonotic transmission. Cell, Jan 9, 188 (1), 4-14. e6. doi: 10.1016/j.cell.2024.10.017. PMID: 39454573, 2025

17) WHO. Monkeypox. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/monkeypox

18) Thornhill, J.P., Barkati, S., Walmsley, S., et al. Monkeypox Virus Infection in Humans across 16 Countries - April-June 2022. N. Engl. J. Med., Jul 21, 2022

19) Patel, A., Bilinska, J., Tam, J.C.H., et al. Clinical features and novel presentations of human monkeypox in a central London centre during the 2022 outbreak: descriptive case series. B.M.J., 378, e072410, 2022

20) Mizushima, D., et al. Prevalence of Asymptomatic Mpox among Men Who Have Sex with Men, Japan, January-March 2023. Emerg. Infect. Dis., Sep, 29 (9), 1872-1876, 2023

21) 中村ふくみ（代）．エムポッス診療の手引き（第3.0版）．https://dcc-irs.ncgm.go.jp/topics/mpox/

22) WHO. Global Mpox Trends. https://worldhealthorg.shinyapps.io/mpx_global/#sec-clades

23) Frey, S.E., Winokur, P.L., Salata, R.A., et al. Safety and immunogenicity of IMVAMUNE smallpox vaccine using different strategies for a post event scenario. Vaccine, Jun 24, 31 (29): 3025-33, 2013

24) Eto, A., Saito, T., Yokote, H., et al. Recent advances in the study of live attenuated cell-cultured smallpox vaccine LC16m8. Vaccine, Nov 9, 33 (45): 6106-11, 2015

25) Kobiyama, K., Utsumi, D., Kaku, Y., Sasaki, E., Yasui, F., Okamura, T., Onodera, T., Tobuse, A.J., Sakkour, A., Amiry, A.F., Hayashi, T., Temizoz, B., Liu, K., Negishi, H., Toyama-Sorimachi, N., Kohara, M., et al. Immunological analysis of LC16m8 vaccine: preclinical and early clinical insights into mpox. EBioMedicine, Apr 15, 115, 105703. doi: 10.1016/j.ebiom.2025.105703. PMID:40239465;PMCID:PMC12020844, 2025

26) WHO. Prequalifies the first vaccine against mpox. 13 September 2024 https://www.who.int/news/item/13-09-2024-who-prequalifies-the-first-vaccine-against-mpox

27) WHO. adds LC16m8 mpox vaccine to Emergency Use Listing. 19 November 2024 WHO. https://www.who.int/news/item/19-11-2024-who-adds-lc16m8-mpox-vaccine-to-emergency-use-listing

28) NIH Study Finds Tecovirimat Was Safe but Did Not Improve Mpox Resolution or Pain. https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-study-finds-tecovirimat-was-safe-did-not-improve-mpox-resolution-or-pain.

29) The PALM007 Writing Group. Tecovirimat for Clade I MPXV Infection in the Democratic Republic of Congo. N. Engl. J. Med., 392, 1484-1496. DOI: 10.1056/NEJMoa2412439, 2025

30. Nörz, D., Pfefferle, S., Brehm, T.T., et al. Evidence of surface contamination in hospital rooms occupied by patients infected with monkeypox, Germany, June 2022. Euro. Surveill., 27 (26), doi: 10.2807/1560-7917, 2022

Mpox Epidemic

Shigeru Morikawa

Emeritus Member, National Institute of Infectious Diseases, Japan Institute for Health Security

Abstract Monkeypox, a category 4 infectious disease under the Infectious Disease Law in Japan (IDL), became endemic worldwide in 2022, and the World Health Organization (WHO) renamed mpox to avoid racist and discriminatory connotations related to monkeypox. The Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan also changed the name of the disease from "monkeypox" to "mpox" under IDL. Mpox is considered to be a zoonosis with African rodents as natural hosts, and although it had been endemic mainly in Africa, it became a major public health problem in 2022 when the disease spread worldwide. In addition, mutations are accumulating in the genome due to continued human-to-human transmission. Vaccination of people at risk of infection and awareness-raising efforts succeeded in control of the spread of the disease. However, an epidemic caused by a more virulent virus strain has also spread from the DRC to neighboring countries since 2023, and patients have also reported in Europe, the United States, and Asia. In this epidemic, mutations in the viral genome are also accumulating.

Key words : Mpox, Monkeypox, Smallpox, Vaccine, Zoonosis, Adaptation to Human

レポート

米国におけるバイオセーフティ専門家認定制度

黒﨑　陽平

長崎大学高度感染症研究センター
JBSA 認定　実験室バイオセーフティ専門家

本誌上にて 2024 年 11 月に，米国バイオセーフティ学会に関するレポート「米国バイオセーフティ学会の概説と年次総会プレカンファレンスで実施された専門養成講習」を報告した[1)]。本稿はその続編として，米国バイオセーフティ学会のバイオセーフティ専門家認定制度について報告する。

1. はじめに

科学技術の進展に伴い，バイオセーフティに関する課題は国際社会においてますます重要性を増している。特に感染症研究や組換え DNA 技術の応用分野においては，安全かつ責任ある研究活動を推進するため，高水準の専門知識と実務経験を備えた人材が不可欠となっている。この背景を受け，米国バイオセーフティ学会（American Biological Safety Association; ABSA）では学会認定バイオセーフティ専門家（Certified Biological Safety Professional; CBSP）と学会登録バイオセーフティ専門家（Registered Biosafety Professional; RBP）の 2 つの専門家認定制度を設けている。CBSP は各機関でバイオセーフティプログラムを監督する専門知識と実務経験を有することを認定するものであり，認定試験に合格する必要がある。一方，RBP はバイオセーフティプログラムやトレーニング等において実践的な知識や経験を有することを認定するものであり，書類審査のみで学会に登録される。

本稿ではより高度な専門性を有する CBSP を取り上げ，CBSP 制度の目的と意義，専門家として期待される役割のほか，具体的な認定手続きについても解説する。本稿で紹介する情報は，ABSA ホームページ（https://absa.org/）に掲載される公開情報や ABSA 会員でもある筆者が CBSP 申請を実際に経験して得た情報に基づくものである。

2. CBSP 制度の目的と意義

CBSP は，微生物学的基盤に立脚したバイオセーフティに関する専門性を認証する国際的資格である。取得者は，単なる知識の習得にとどまらず，実際のバイオリスク管理における応用能力と倫理的責任を併せ持つことが求められる。CBSP の存在は，研究機関における安全文化の醸成，リスク管理体制の整備，公衆衛生への寄与に資する重要な役割を担っている。

3. 米国内での CBSP 事情

ABSA ホームページでは，毎年 CBSP・RBP 認定者の氏名が公開されている（所属機関，国籍等は未記載）。本稿を準備する 2025 年 3 月時点で 577 名の資格認定者が公開されており，そのうち CBSP 認定者が 228 名，RBP 認定者が 473 名，CBSP と RBP の両制度認定者が 124 名あった。

筆者の知る限り詳細な調査データはないが，米国内の研究機関ではバイオセーフティ部門や労働衛生部門に CBSP または RBP を取得した専門スタッフを配置しているところが少なからずあるようである。筆者が知る米国 NIH BSL-4 施設のバイオセーフティ部門スタッフは，配属にあたりキャリアアップのため CBSP の取得を求められた，とのことであった。また，ABSA ホームページではバイオセーフティ専門人材の募集案内が掲載されている。民間製薬企業の募集要件の中には，教育歴あるいは資格欄に「CBSP 取得者またはそれと同等の経験を有すること」と明示しているものもあった。このことは，米国内で CBSP がその専門性を証明する資格として広く認知されていることを示している。

4. 申請要件

CBSP に申請するためには，以下の要件を満たす必要がある。

1）学歴と履修単位

博士号取得者は微生物学関連科目で 30 セメスター時間または 45 クォーター時間以上の履修が必須であり，かつバイオセーフティプログラム管理経験が 3 年以上求められる。修士号取得者は 20 セメスター時間または 30 クォーター時間以上の履修，4.5 年以上の経験，学士号取得者は 6 セメスター時間または 9 クォーター時間以上の履修，6 年以上の経験がそれぞれ要求される。セメスター時間あるいはクォーター時間とは，米国にて 1 年を 2 期制あるいは

4 期制とした際の履修単位を表す。なお，履修すべき科目は「微生物学」「病原微生物学」等，科目に明示的に microbiology 関連の用語を含むことが条件である。一般の生物学や生化学のみの履修で代替することはできない。

2）実務経験

申請者は，学位取得後，職務時間の 51％以上をバイオセーフティ関連業務に従事した実績を示す必要がある。ここでいうバイオセーフティ業務には，リスク評価，施設設計指導，緊急対応計画の策定，訓練プログラムの開発等が含まれる。単なる標準作業手順書（SOP）の作成や補助的作業はバイオセーフティ業務として加味されない。

5. 申請手続き

CBSP の申請には，申請要件を満たした上で，以下の必要書類を資格審査委員会（Credential Evaluation Board; CEB）に提出しなければならない。申請書類は毎年 2 月 1 日までに ABSA まで送付し，申請書類に基づき CEB において各申請者が CBSP の要求基準を満たしているか厳正な審査が行われる。申請から資格認定までの流れを図 1 に示す。

1）申請書

申請書には，上述の資格要件である学歴と職歴，各職歴で従事したバイオセーフティ業務の具体的な説明と時間割合の他，CBSP 申請者の推薦者名（3 名以上）とその連絡先を記載する必要がある。CBSP 資格認定を受けるため，大学教育で修得必須と指定している専門分野（Microbiology，Biotechnology，Biosafety principle など）があり，成績証明に記載された修得授業科目のうちどの科目が，指定分野に該当するかを示す一覧表を申請書の中で作成しなければならない。

2）成績証明

微生物学に関する履修単位は厳格な審査対象となるため，大学の成績証明の提出が必要である。日本を含め，米国外の大学で取得した履修単位を申請する場合は，出身大学の学位証明，成績証明に加え，高等教育の第三者評価機関（例として World Evaluation Service 等）に成績証明を送付し，履修単位を米国基準に換算した評価結果（Course-by-course evaluation）を併せて提出することが求められる。

3）推薦状

申請には最低 3 名の推薦状を提出する必要がある。そのうち 1 名は直属の上司からでなければならない。推薦者は申請者の実務能力，倫理性，専門知識を具体的に評価することが求められる。

6. 資格認定

1）認定試験

候補者の申請内容が CEB にて承認されると，CBSP 認定試験を受けることができる。候補者は年 1 回，計 3 回まで受験が認められている。CBSP 試験は，広範なバイオセーフティ分野の知識を問う形式で構成されている。試験は選択式問題および状況判断問題で構成され，単なる知識暗記ではなく実務適用能力が問われる。

主な出題領域は以下のとおりである。

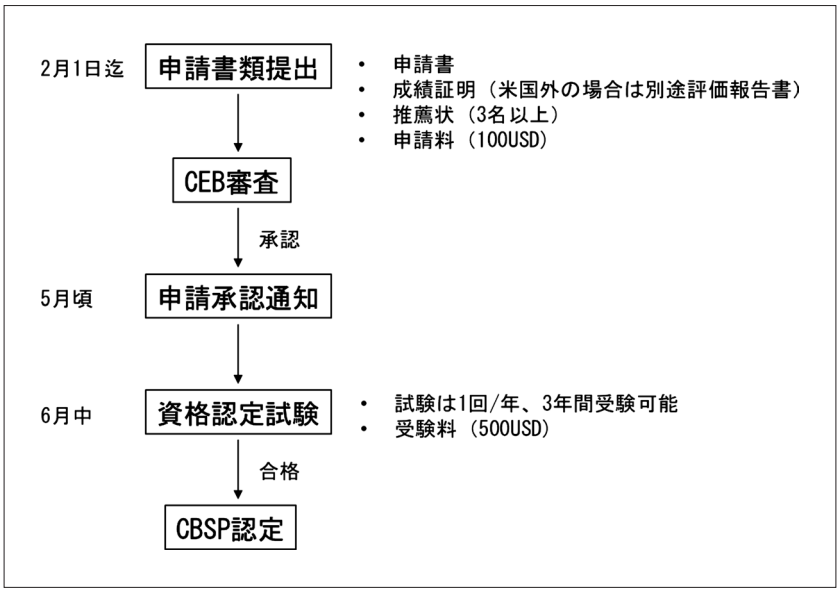


図 1　CBSP 資格認定の流れ

表1　ABSA バイオセーフティ教育コースの構成モジュールと主な学習内容

No.	タイトル	主な学習内容
1	リスクアセスメントとハザードの特定：感染症，遺伝子組換え生物，労働安全衛生	・感染性物質の取り扱いに係るリスクアセスメント ・曝露事例の文書化およびインシデントレポートへの記述 ・感染性物質を取り扱い者の労働衛生プログラム
2	リスクアセスメントに関連する規制：NIH ガイドライン，セレクトエージェントとアニマルバイオセーフティ	・遺伝子組換え生物等に関する米国 NIH ガイドライン ・病原体等および感染動物実験に関する CDC/NIH ガイドライン ・米国病原体規制機関とその役割
3	施設設計と大容量取り扱いバイオセーフティ	・1 次および 2 次封じ込めバリア機能 ・実験室の建築学的，工学的設計計画 ・大容量取り扱いバイオセーフティの実践と監査
4	消毒，除染，滅菌	・消毒，除染，滅菌の定義とモニタリング手法 ・高圧蒸気滅菌の使用と評価 ・実験室の空間除染の使用と評価
5	作業手順，設備，バイオハザードと個人防護具	・無菌的実験手技を含めた微生物学的標準操作手順 ・実験室におけるエアロゾルコントロール ・個人防護服および呼吸補助具の最適な選択と使用法
6	機器，生物学的安全キャビネットとバイオエアロゾル	・BSC の適正使用と性能検査 ・BSC の性能基準（NSF/ANSI 49）とクラス分類 ・HEPA フィルターのデザインと機能
7	規制，基準，ガイドライン，機関バイオセーフティ委員会（IBC）と緊急時対応	・生物材料の適正なパッキングと輸送 ・医療および感染性廃棄物に関する規制とガイドライン ・バイオセーフティ委員会の役割とバイオセーフティ監査活動 ・バイオセーフティ教育の文書化と緊急時対応計画

・感染症および組換え DNA に関するリスクアセスメント手法
・NIH ガイドライン，CDC/NIH BMBL，特定病原体（セレクトエージェント）規制等の法規制知識
・バイオセーフティレベル（BSL-1～4）施設の設計要件と運用管理
・消毒，除染，滅菌技術の理論と実務
・個人用防護具（PPE）と生物学的安全キャビネット（BSC）の使用法
・緊急事態発生時のリスク緩和と対応計画策定
・バイオエアロゾル制御技術の基礎と応用

認定試験に合格すると，晴れて CBSP の資格認定を得ることができる。

2）バイオセーフティ教育コース

ABSA は CBSP 認定試験の受験者およびバイオセーフティ中・上級者に向けた学習機会としてバイオセーフティ教育コースを提供している。この教育コースは 7 つのモジュールで構成される（表 1）。各モジュールではパワーポイントによるオンライン講義，受講前後に行う理解度確認テスト，および受講者による講義評価アンケートが提供される。理解度確認テストで目標正答率を達成するとモジュールごとに修了証が授与される。各モジュールは有料で（ABSA 会員 125USD，非会員 225USD），受講者は自身が学習したいモジュールを自由に選ぶことができる。各モジュールの所要時間はおよそ 2～5 時間である。受講登録から 280 日間はアクセスが可能で，自分のペースで受講できる。

3）資格維持プログラム

CBSP は取得後も継続的な専門性の証明が求められる。5 年間ごとに専門的活動や継続教育に伴う所定の資格維持（Credential Maintenance; CM）ポイントを獲得し，資格更新申請を行う必要がある。ポイント対象となる活動として，以下のようなものがある。

・学術学会への参加・発表
・専門誌への論文投稿
・継続教育プログラム（オンサイトまたはオンライン）受講
・内部トレーニングや教育活動の主催
・リスクアセスメントやバイオセーフティプログラムの監査実施

必要ポイントの不足，報告義務不履行などがあった場合，資格が失効する可能性がある。特別な事情がある場合

は，延長申請が認められることもある。

4）2025 年の資格制度改定

ABSA は 2025 年 7 月より専門家制度の改定を行い，CBSP と RBP の区別をより明確にする。CBSP はバイオリスク管理の知識と能力の検証を重視する制度へと移行し，一方 RBP は広範なバイオセーフティプログラム全体を統括管理する能力を重視する位置付けとなる。これにより，各申請者は自身のキャリアパスに応じた適切な資格取得を目指すことができる。

7. おわりに

CBSP 資格は，バイオセーフティ専門人材の育成と水準維持を目的とした国際的枠組みであり，研究の安全性確保，公衆衛生保護，環境保全に寄与する。米国において，CBSP 資格保持者は，国内外における研究機関，製薬企業，バイオ関連産業において，リスク管理の要として重要な役割を果たしている。特に新興感染症対応，バイオテロリズム対策，国際共同研究における生物リスク管理において，CBSP 資格者の専門性が不可欠な存在となっている[2)]。今後も，科学技術の発展と社会的要請に応じ，CBSP 資格の意義はさらに高まっていくと考えられる。バイオセーフティに携わるすべての専門家にとって，CBSP 資格は自己研鑽と社会貢献を体現するものであり続けることが期待されている。

日本でも，2021 年に JBSA 実験室バイオセーフティ専門家が制度化された。米国と日本では研究機関等におけるバイオセーフティの文化的背景が異なるところではあるが，今回紹介した CBSP に求められる専門家としての要件とその認証プロセス，CBSP がバイオセーフティ専門家として期待される責務は，日本におけるバイオセーフティ専門家の将来像を考える上でも大いに参考になるところである。

謝辞

本稿の作成に係る調査研究は，AMED の課題番号 24fk0108711h0001 の支援を受けた。

参考文献

1）黒﨑陽平．米国バイオセーフティ学会（ABSA）の概説と年会プレカンファレンスにおける専門養成講習の参加報告．バイオセーフティ，1（3），12-17，2024

2）Emery, R.J., Patlovich, S.J., King, K., Lowe, J.J., Rios, J. Comparing the established competency categories of the biosafety and infection prevention professions: a possible roadmap for addressing professional development training needs for a new era. Appl. Biosaf., 21 (2), 79-83, 2016

American Biological Safety Association (ABSA) Certified Biological Safety Professional Credential

Yohei Kurosaki

National Research Center for the Control and Prevention of Infectious Diseases (CCPID), Nagasaki University

講　　座

（連載）ポスト・コロナのバイオセキュリティ
第５回　バイオリスク・マネジメントに資する国際連携について

天野　修司

日本医療科学大学　保健医療学部

要旨：バイオリスクとは，偶発的な曝露や漏洩事故などのバイオセーフティ上のリスクと，紛失，盗難，転用，悪用などのバイオセキュリティ上のリスクの両方を合わせたリスクである。近年では，バイオリスクを包括的に捉えて，マネジメントするという考え方が主流となっている。国際バイオセーフティ学会連盟（International Federation of Biosafety Associations: IFBA）による専門家の認証制度や国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）35001 の準拠を促進するプロジェクトは，バイオリスク・マネジメントのための専門知識や技術を拡散するうえで重要な役割を果たしている。今後，発展途上の地域において，標準化されたバイオリスク・マネジメントのアプローチが，ますます広がっていくであろう。そのなかで，日本が，どのような役割を果たしていくべきかを改めて考える必要がある。

キーワード：バイオセーフティ，バイオセキュリティ，バイオリスク・マネジメント，国際連携，アフリカ

1. はじめに

2025 年 1 月 22 日から 24 日にかけて，タンザニア連合共和国のアル―シャで，「Global Voices Conference」という会議が開催された。会議の主要なテーマは，「バイオセーフティとバイオセキュリティの多様性を称える（Celebrating Diversity in Biosafety & Biosecurity）」である[1]。会議を主催したのは，国際バイオセーフティ学会連盟（International Federation of Biosafety Associations: IFBA）とタンザニア・バイオセーフティ学会（Tanzania Biological Safety Association: TaBSA）である。

3 日間の会議には，世界 55 か国から 216 名の専門家が参加していた（写真 1）。かくいう筆者も，2024 年度の日本バイオセーフティ学会海外派遣支援事業からのサポートを受けて，参加させていただいた。会議では，さまざまな国や地域におけるバイオセーフティやバイオセキュリティに関連する新しい取り組みや課題などについての情報共有が行われた。本稿では，その会議を通じて得られた知見に基づいて，バイオリスク・マネジメントに資する国際連携の活動を紹介する。

まず，はじめに今回の会議の主催組織でもある IFBA について説明する。IFBA は，国や地域のバイオセーフティ学会の集合体である。次に，国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）35001「研究機関および関連組織のためのバイオリスク・マネジメント」について解説する[2]。ISO35001 は，バイオリスク・マネジメントの世界標準を文書化したものである。さらに，その他の活動の実施状況を踏まえて，今後の国際連携の将来的な方向性について考察していきたい。

写真 1　Global Voices Conference（マウント・メルー・ホテル）

2. IFBA について

バイオセーフティとは，研究所の関係者や周辺の環境

が，偶発的に生物剤や毒素に曝露されることを防ぐための原則や技術および実践である。他方，バイオセキュリティとは，生物剤や毒素の紛失，盗難，転用，および意図的な悪用を防ぐための取り組みである。バイオセーフティとバイオセキュリティは異なる概念ではあるが，どちらも病原体のリスク評価に基づいて実施される必要がある。また，職員の専門性と責任，研究試料の管理義務，移転の記録など共通の必須要素が含まれている[3)]。

偶発的な漏洩事故あるいは意図的な悪用，いずれにしても，病原体が環境中に放出されれば，地球規模で拡散する恐れがある。ゆえに，バイオセーフティおよびバイオセキュリティのための取り組みは，世界中，どこであっても，同じ水準で実施されなければならない。しかし，安全を確保するための活動の実施状況は，国や地域によって，さまざまである。IFBA のミッションは，そのようなギャップを埋めることにある。

IFBA は，55 を超えるバイオセーフティ学会や関連組織が加盟する国際 NGO である[4)]。もちろん日本バイオセーフティ学会も IFBA に加盟している。IFBA は，バイオセーフティやバイオセキュリティに携わる多様な専門家および関係者が，知見を共有し，ネットワークを構築するための機会を提供している。また，国際保健規則（International Health Regulations: IHR）や生物兵器禁止条約（Biological Weapons Convention: BWC）などの国際的な枠組みと連携した活動も行っている。

IFBA の取り組みのなかで，もっとも注目を集めているのが，バイオリスク・マネジメント専門家認定制度である。バイオリスクとは，偶発的な曝露や漏洩事故などのバイオセーフティ上のリスクと，紛失，盗難，転用，悪用などのバイオセキュリティ上のリスクの両方を合わせたリスクである。近年では，バイオリスクを包括的に捉えて，マネジメントするという考え方が主流となっている。IFBA の認定制度は，そのマネジメントのための知識や技術を評価するためのプログラムである。

IFBA の認定制度では，(1) バイオリスク・マネジメント (2) バイオリスク評価 (3) 生物学的廃棄物のマネジメント (4) 生物学的封じ込め施設のデザイン，運営およびメンテナンス (5) バイオセキュリティ (6) バイオセーフティキャビネットの選定，導入および安全な使用 (7) サイバーセキュリティ，という 7 つの専門領域に分けて，試験を行っている。これまでに合計で 2,238 の認定証が発行されている（表 1）。

IFBA は，それぞれの認定試験で必要となる具体的な専門領域の範囲，業務，および知識を詳細に示した学習ガイドを提供している。また，試験形式に慣れるためのサンプル問題も配布している。認定試験は，オンラインで実施されるため，住んでいる国や地域に関わらず，誰でも受験することができる。使用言語は，英語，スペイン語，ポルトガル語，フランス語，アラビア語である。

認定試験に合格した専門家は，自身が所属する研究施設で，バイオセーフティおよびバイオセキュリティを強化するためのベスト・プラクティスを実践するであろう。それが，偶発的な漏洩や意図的な悪用のリスクを低減することにつながる。認定制度によって，国際社会全体でバイオリスク・マネジメントの能力を底上げすることが期待できる。また，認定を受けた専門家のあいだでのネットワークの構築も進んでいる。

さらに，IFBA は，新たな取り組みとして，ケニアにあるマシンデ・ムリロ科学技術大学（Masinde Muliro University of Science and Technology: MMUST）の学士課

表 1　バイオリスク専門家認定証発行数

（1）バイオリスク・マネジメント	1,707
（2）バイオリスク評価	97
（3）生物学的廃棄物のマネジメント	114
（4）生物学的封じ込め施設の設計，運営，維持管理	27
（5）バイオセキュリティ	227
（6）バイオセーフティキャビネットの選定，設置，安全な使用	42
（7）サイバーセキュリティ	24
合計	2,238

（2024 年 12 月 27 日現在）

＊ Claudio Mafra 氏（Brazilian Biosafety & Biosecurity Society, Chair IFBA Certification Body）によるプレゼン資料「Upholding Professional Competency & the Future of our Global Network」のスライドから引用。

程プログラム「バイオセーフティ＆バイオセキュリティ」の開発にも携わっている。「バイオセーフティ＆バイオセキュリティ」の学士号の存在によって，バイオリスク・マネジメントの専門家としてのキャリア・パスがより確立されたものになるであろう。

3. ISO35001 について

バイオリスクをマネジメントするための最適な方法は，本来，科学者たちが研究を進めていくなかで，見出されるものである。その最適な方法を，科学コミュニティが主体となって文書化するという作業が，2004 年から，欧州標準化委員会（European Committee for Standardization: CEN）のプロジェクトのなかで行われた。CEN は，ヨーロッパの産業や技術の分野で製品や材料および作業工程などの基準を定めるための機関である。

プロジェクトの目的は，バイオリスクを組織的にマネジメントするための標準的な方法を，「CEN ワークショップ協定（CEN Workshop Agreement: CWA）15793」として文書化することである。専門知識を提供した主な機関は，欧州バイオセーフティ学会（European Biosafety Association: EBSA）と米国バイオセーフティ学会（American Biological Safety Association: ABSA）である。

世界保健機関（World Health Organization: WHO）や産業向けのリスク管理に関する業務を行うデット・ノルスケ・ベリタスもプロジェクトに関わっている。その他にも，日本を含む 24 か国から 76 名の代表者がプロジェクトに参加していた[5]。長期にわたる議論を経て，2008 年，ついに CWA15793 が完成した。その CWA15793 を土台として，2019 年，新たな世界標準として作成されたのが ISO35001 である。

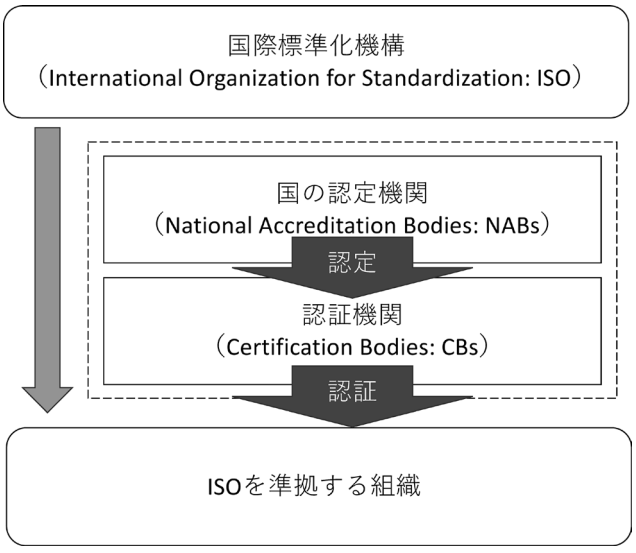
ISO35001 は，原則や作業手順を示すだけのマニュアルではない。そこには，バイオリスクを効果的に特定し，管理するための体系的なマネジメントシステムを設立および維持するための必須事項が示されている。それらを遵守することで，バイオセーフティおよびバイオセキュリティの向上のための計画の策定（plan），実行（do），評価（check）および改善（action）という PDCA サイクルを継続的に循環させるメカニズムを創出することができる。

ISO35001 は，その作成過程において，主要な国際機関や各国の専門家からのコンセンサスが得られているので，バイオリスク・マネジメントのための世界標準としての評価は高い。ヨーロッパやアジアなどの地域にある多くの研究機関で，ISO35001 に準拠した形での管理体制が整備されている。その他，アフリカや中東などの地域でも，ISO35001 の準拠を促進するためのプロジェクトが開始されている。

しかし，ISO35001 の認証を与えるための体制が整備されている国は，今のところ，ほとんどない。一般的に ISO 認証の体制を整備するためには，まず，国の認定機関（National Accreditation Bodies: NABs）が，特定の規格に対する国家認定スキームを確立しなければならない。それから，NABs は，そのスキームに基づいて，認証機関（Certification Bodies: CBs）が認定要件に適合しているかどうかを審査する（図 1）。認定を受けた CBs は，ISO に準拠している組織を審査して，認証することができる。

現在，ISO35001 を認証できる体制を整備している国は，インドネシアだけである。インドネシアでは，MUTU インターナショナルが CBs として認定されている[6]。MUTU インターナショナルは，すでに 2 つの研究機関に ISO35001 の認証を与えている（表 2）。インドネシア以外の国では，ISO35001 の認定スキームは確立されていない。その原因は，NABs が，CBs を認定する際に，高度な専門知識が求められるからである。

現在，IFBA は，各国の NABs の役割を代行するプログラムを開始するための準備を行っている。IFBA は，実績のあるバイオリスク・マネジメントの組織なので，そのような業務を行うことは論理的に正しい選択であるといえる。IFBA は，今後 4 カ月で，正式な提案書を作成し，理事会からの承認を得て，初期資金を集める予定である。平行して，各国の NABs とのパートナーシップの可能性を模索することになっている。



＊ Stefan Wagener 氏（Biorisk International, Malta）によるプレゼン資料「International Accreditation System for Certification Bodies of ISO 35001:2019」のスライドから引用。

図 1　ISO の認証スキーム

表 2　MUTU インターナショナルによる認証を受けた研究機関

研究機関	認証の対象
BBTKLPP Jakarta	BSL1：寄生虫学研究室，BSL2：ウイルス学研究室，微生物学研究室
BB BINOMIKA	BSL 2 ：臨床検査室，環境微生物学研究室

＊ MUTU インターナショナルウェブサイトから引用。

4. その他の国際連携の取り組み

西アフリカ・バイオリスク・マネジメント・ネットワーク（West African Biorisk Management Network: WABNet）は，2020 年に設立された。WABNet の目的は，西アフリカ諸国経済共同体（Economic Community of West African States: ECOWAS）の加盟国内で，標準化されたバイオセーフティとバイオセキュリティのアプローチを導入することである。ECOWAS は，西アフリカの 15 か国からなる地域政治経済連合で，総人口は 4 億 2,500 万人を超える。

WABNet は，西アフリカで，バイオセーフティおよびバイオセキュリティに関連する政策，ガイドライン，および標準作業手順書（Standard Operating Procedures: SOP）の策定をサポートしている。また，危険な病原体を安全に取り扱うための機器の導入や実験室の整備も行っている。さらに，バイオリスク・マネジメントについての優れた知識と技術を有する人材を地域全体で確保することを目指している。

具体的な活動の例として，WABNet は，ECOWAS の加盟国の研究施設の関係者を対象に研修を行っている。WABNet の生物学的廃棄物のマネジメントの研修には，14 か国から，59 名の職員が参加した。そのうち 58 名が，IFBA のバイオリスク専門家認定（生物学的廃棄物のマネジメント）の試験を受けた。58 名のうち 55 名が合否の結果を公表している。それによると，55 名のうち 30 名が試験に合格している（合格率：55%）。

カリブ海地域では，カリブ・バイオセーフティ・バイオセキュリティ協会（Caribbean Society for Biosafety and Biosecurity: CSBB）が，2023 年に発足している。それまでの 10 年間，カリブ海諸国の専門家のあいだで，バイオセーフティとバイオセキュリティについての意識と関心が高まって，CSBB の構想ができあがった。CSBB のミッションは，バイオリスク・マネジメントの能力の向上を通じて，カリブ海地域にある 20 か国以上の国を結束させることである。

CSBB は，バイオセーフティとバイオセキュリティの基礎的な知識を持った次世代の生命科学の専門家を育成している。戦略的なプランとして，CSBB の加盟国で，最低でも 1 名を IFBA 専門家認定試験に合格させることを目指している。また，それぞれの加盟国で，バイオリスク・マネジメントの研修が実施できる体制を整備することになっている。最終的な目標は，専門知識や技術および人材を，国境を越えて共有し，生物学的脅威に対抗するための統一戦線を構築することである。

また，CSBB は，意思決定者や実務者と協議して，バイオリスク・マネジメントが，各国の政策やガイドラインに統合されることを促進している。すでに，少なくとも 2 か国が，バイオセーフティとバイオセキュリティのための国家システムを整備するための具体的な一歩を踏み出している。そこから，さらに輪を広げて，カリブ海地域全体で，病原体のアウトブレイクを迅速に検知し，対応するためのメカニズムを構築する。

欧州連合（European Union: EU）は，アジア，中東，アフリカなどの地域で，化学，生物，放射性物質，核兵器（Chemical, Biological, Radiological and Nuclear: CBRN）のリスク削減センター・オブ・エクセレンス（Center of Excellence: CoE）を開設している。CoE では，その国の必要性に合わせて，知識や技術の向上，法制度の整備や政策立案のサポートなどを行っている。CoE の活動は，あくまでも，各国による自発的な取り組みの支援である。

EU は，2023 年，東部および中央アフリカの地域で，バイオセーフティおよびバイオセキュリティを向上するための CoE を新たに開設した[7]。新しい CoE のミッションは，「ワンヘルス・アプローチ」に基づいて，偶発的あるいは意図的な病原体の放出から，人間，動物および環境を防護することである。CoE は，生物剤，実験室，研究施設におけるリスクの発見と低減に貢献している。

新しい CoE は，9 か国にある 16 の研究施設で，ISO 35001 の準拠を促進するためのプロジェクトを行っている。16 の研究施設の内訳は，BSL-1 が 39%，BSL-2 が 48%，BSL-3 が 13%，BSL-4 が 0% である。プロジェクトでは，それぞれの研究施設で，どれほど ISO35001 の必須事項が遵守され，文書化されているのかについての評価が実施された。その評価に基づいて，バイオリスク・マネジメント体制を構築するためのサポートが行われている。

5. おわりに

かつては，発展途上国をサポートするための取り組みといえば，研究施設のインフラ整備などキャパシティ・ビルディングが重要とされていた。しかし，近年では，グローバル・サウスと呼ばれる地域の経済発展がめざましく，先進国と発展途上国のあいだでの経済格差が縮小しはじめている。発展途上国が求めているものは，もはや物質的な面でのサポートではなく，専門知識や技術の向上という面でのサポートなのかもしれない。

IFBA による専門家の認証制度や ISO35001 の準拠を促進するプロジェクトは，まさに，そのような専門知識や技術を拡散するうえで重要な役割を果たしている。アフリカの国々は，その昔，ヨーロッパ列強各国の植民地となっていたので，英語やフランス語など，ヨーロッパの言語を使用しているところが多い。そういった意味でも，欧米諸国によって創出された専門知識や技術を拡散するためのメカニズムを受け入れやすい土壌があったといえる。

今後，発展途上の地域において，標準化されたバイオリスク・マネジメントのアプローチが，ますます広がっていくであろう。そのなかで，日本が，どのような役割を果たしていくべきかを改めて考える必要がある。以上が，アフリカの地で，専門家の方々から，直接，話を伺って感じたことである。最後になったが，今回，会議に参加する機会を与えてくれた日本バイオセーフティ学会に心から感謝の意を表する。

謝辞

本稿作成にあたり，2024 年度の日本バイオセーフティ学会海外派遣支援事業の支援を受けた。

参考文献

1）Global Voices Conference Program, 2025
2）Wagener, S. Establishment, Implementation, and Auditing Laboratory Biorisk Management System based on ISO35001: 2019. Biorisk Institute, 2024
3）バイオメディカルサイエンス研究会．バイオセーフティの事典．みみずく舎，東京，2008
4）International Federation Biosafety Association. https://internationalbiosafety.org/
5）天野修司．バイオセキュリティを巡る国際動向の変化：リスクに応じた管理体制の整備に向けて．国際安全保障，40，1，2012
6）MUTU International. https://mutucertification.com/en/
7）EU CBRN CoE. Strengthening Biosafety and Biosecurity capabilities in East and Central Africa: P99.

Biosecurity in the Post Covid-19 World
Part 5. International Collaboration for Biological Risk Management

Shuji Amano

Faculty of Health Sciences, Nihon Institute of Medical Science

Abstract　Biological risk is the combination of biosafety risks, such as accidental exposure, and biosecurity risks, such as loss, theft, diversion, and misuse. In recent years, a comprehensive approach to biological risk and its management has become the key concept. The International Federation of Biosafety Associations (IFBA) professional certification system and the International Organization for Standardization (ISO) 35001 compliance have played an important role in spreading expertise and technology for biological risk management. In the future, standardized approaches to biological risk management will become increasingly prevalent in developing regions. Japan needs to reconsider what role it should play in this process.

Key words：Biosafety，Biosecuriy，Biological Risk Management，International Collaboration, Africa

講　　座

慢性感染症としての抗酸菌症とその免疫応答
第２回　抗酸菌感染に対する免疫応答と菌の回避機構

阿戸　学

国立健康危機管理研究機構 国立感染症研究所　ハンセン病研究センター

要旨：抗酸菌は他の細菌と異なり，宿主内で急速に増殖し，他の宿主に伝播していくという生存戦略をとらなかった。その代わりに，宿主個体群内で菌数を維持し，宿主の繁殖に伴い新たな個体に伝播し，慢性感染を持続させるという戦略を採用したのである。宿主である脊椎動物が進化し多様化するにつれて，抗酸菌も宿主種に合わせて分化・進化した。数千万年にわたり宿主と相互依存関係を築いてきた抗酸菌は，宿主の免疫機構を操作するさまざまな工夫や戦略を持っている。ここでは，細胞内病原体に対する宿主の免疫反応について概説し，その後，抗酸菌が宿主の免疫機構をどのように操作して慢性感染を確立し，拡大していくのかについて論説する。

キーワード：抗酸菌，結核，ハンセン病，慢性感染症，潜伏感染，休眠，再燃

1. はじめに

前回は，抗酸菌症の歴史を振り返りながら，抗酸菌症の概要を述べ，その原因となる抗酸菌の特徴として，免疫細胞であるマクロファージ等で細胞内感染を成立させ，その内部で緩徐に増殖する慢性感染および免疫応答から回避するために潜伏感染，休眠等について解説した。第２回では，慢性感染を引き起こす抗酸菌に対抗する免疫の分子機構と菌による免疫回避のせめぎあいを取り上げる。この宿主免疫と菌の相互作用が，抗酸菌による疾患の病態，および再発の理解につながることを望んでいる。

2. 細胞内寄生菌に対する宿主免疫応答

一般に，細菌に対する自然免疫担当細胞は好中球とマクロファージである。これらの自然免疫細胞は，病原体そのものに対してではなく，病原体が持ち，宿主が持たない病原体関連分子パターン（Pathogen-associated Molecular Patterns: PAMPs）をそれらに対する受容体が認識することによって，活性化する。自然免疫細胞数の上では圧倒的に好中球が多く，好中球は，補体活性化，または抗体の結合した細菌を貪食して殺菌するとともに，活性酸素種や活性窒素種などのケミカルメディエーター，顆粒に含まれるディフェンシン等の抗菌ペプチドや分解酵素，自身のDNAを放出し微生物を捕獲して殺菌するNeutrophil Exudating Traps:（NETs）等の様々な殺菌機構を有する。マクロファージは，異物および病原体の排除を担当するプロフェッショナルな細胞ともいうべきもので，補体や抗体の結合がなくても，異物と認識した細菌を積極的に貪食し，細胞質内に保有するリソソーム内の消化酵素を利用して，貪食した異物を分解する。マクロファージは異物認識を介して活性化し，ケミカルメディエーターや種々の炎症性サイトカインを産生し，他の炎症細胞を感染局所に集積させる他，これら集積した自然免疫細胞を自分自身を含めて活性化させ，細胞寿命の延長や機能分子の産生亢進を介して，炎症を拡大し，病原細菌を排除する。

細胞内寄生病原体は，これら自然免疫細胞の貪食機構を免れるべく，様々なツールを介して，宿主細胞内で感染を成立させ，増殖を開始する。「味方」を攻撃することがプログラムによって阻止されている自然免疫細胞では，これらの細胞内病原体に対応できない。そこで，免疫系は獲得免疫というシステムを構築したのである。すなわち，細胞内寄生病原体に寄生された細胞には，何らかの病原体由来分子の細胞表面発現や，正常細胞とは異なる表面発現分子の乱れが生じる。これらを認識し，このような分子を発現している細胞を，敵に寄生された細胞とみなして，細胞死を誘導して感染細胞ごと排除する機能（キラー活性）が獲得された。これとは別に，病原体由来分子の認識機構を応用して，異物に特異的に結合する抗体産生システムも確立した。抗体は病原体に結合してその細胞への侵入を阻止するだけではなく，補体活性化を介した殺菌，自然免疫細胞に対する貪食能の亢進，および毒素等の病原因子の無力化など様々な感染症を阻止・軽減する働きがある。また，獲得免疫の活性化を介して産生されるサイトカイン，特にインターフェロンγ（IFNγ）は，感染細胞そのものを活性

化し，細胞内寄生に対する抵抗性を付与し，自然免疫細胞を強力に活性化することによって，寄生を成立させた病原体に対しても殺菌して排除することを可能にする[1)]（図１）。これらの正常細胞には害を及ぼさず，病原体特異的で，精密な獲得免疫機構が成立するためには，病原体との遭遇後，１週間から４週間ほどの時間を必要とする。我々の体は，自然免疫応答が，速やかに，大雑把な認識による感染阻害機構により感染拡大を食い止めている間に，獲得免疫機構を成立させて，細胞内寄生病原体を含む感染を排除するシステムを持っているのである。

3. 細胞内寄生抗酸菌に対する宿主免疫回避機構

このような精密な免疫機構にもかかわらず，どのように抗酸菌は，細胞内で慢性感染を成立させるのであろうか。抗酸菌の増殖に適した主要宿主細胞は，マクロファージである。細菌を貪食して殺菌するプロフェッショナルな殺菌機構を持つ細胞を逆手にとって，感染を成立させ，増殖のニッチを獲得する。第１回で述べたが，貪食された細菌は，外膜の脂質成分および，VII 型分泌装置（Esx1-Esx5）により食胞内にエフェクタータンパクを放出する。例えば，NdkA は食胞の成熟に必要な Rab ファミリータンパクの食胞膜への結合を阻害する。さらに NADPH の蓄積を阻害して，食胞の成熟に必要な食胞内 pH の低下を阻止する。これらのエフェクター分子の一部は食胞膜の透過性亢進をもたらし，細胞質内に別のエフェクター分子を拡散させる。その中の一部は，細胞周期を止め，アポトーシスを阻害するなど，細胞内寄生の成立を容易にするほか，抗酸菌の増殖に必要な鉄，中性脂肪やコレステロールを細胞に蓄積させるようにマクロファージの代謝を修飾している[2)]。

らい菌はマクロファージ以外ではシュワン細胞内での寄生を確立させる。感染シュワン細胞が免疫状態にどのような影響を与えるかについては，ハンセン病の神経感染動物モデルが存在しないため，また，らい菌の試験管培養が確立していないためよくわかっていない。しかし，マクロファージ等に比べて，防御機構やサイトカインに対する反応性は低いと考えられている。

空気感染した結核菌は肺胞マクロファージに貪食される。肺胞上皮細胞内にも菌の侵入が認められるが，感染が成立するのは肺胞マクロファージのみであるとされている（図２）。肺胞マクロファージに感染した菌の一部は殺菌されるが，上記に記載した回避機構により結核菌に寄生された肺胞マクロファージは，感染２週間ほどで，肺胞を離れ肺間質へ移動する。肺間質に移動した肺胞マクロファージ

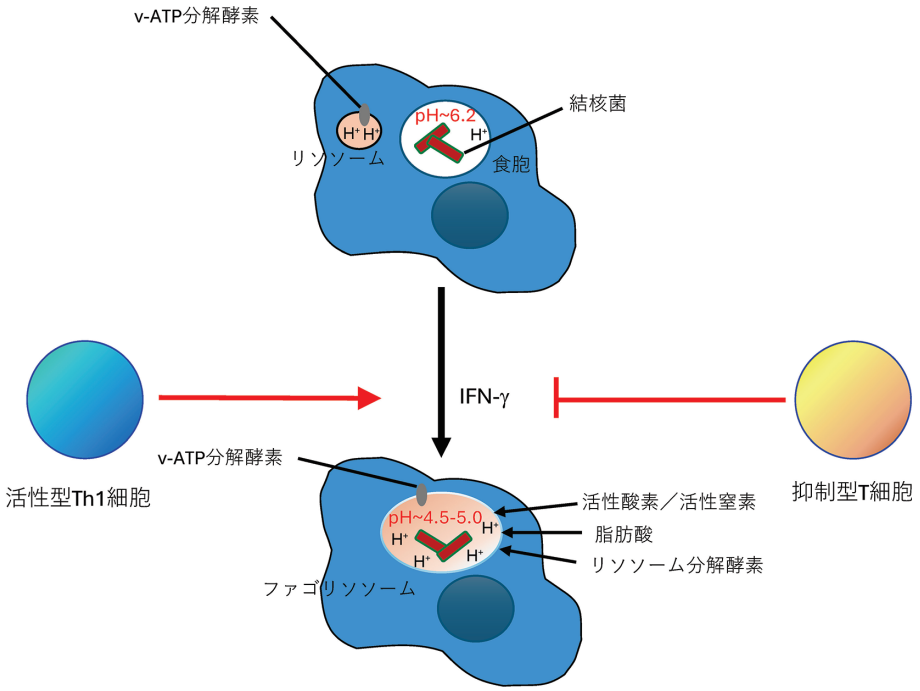


図１　結核菌感染マクロファージにおけるインターフェロン -γ の保護的役割

結核菌はマクロファージの食胞の成熟を阻害し，微酸性環境下で感染を持続させる。Th1 細胞等が産生するインターフェロン -γ によるマクロファージ活性化が起こると，食胞内 pH が低下し，胞とリソソームが融合して，あるいは活性酸素の産生を通じて抗酸菌の殺菌を行う。（文献１を改変）

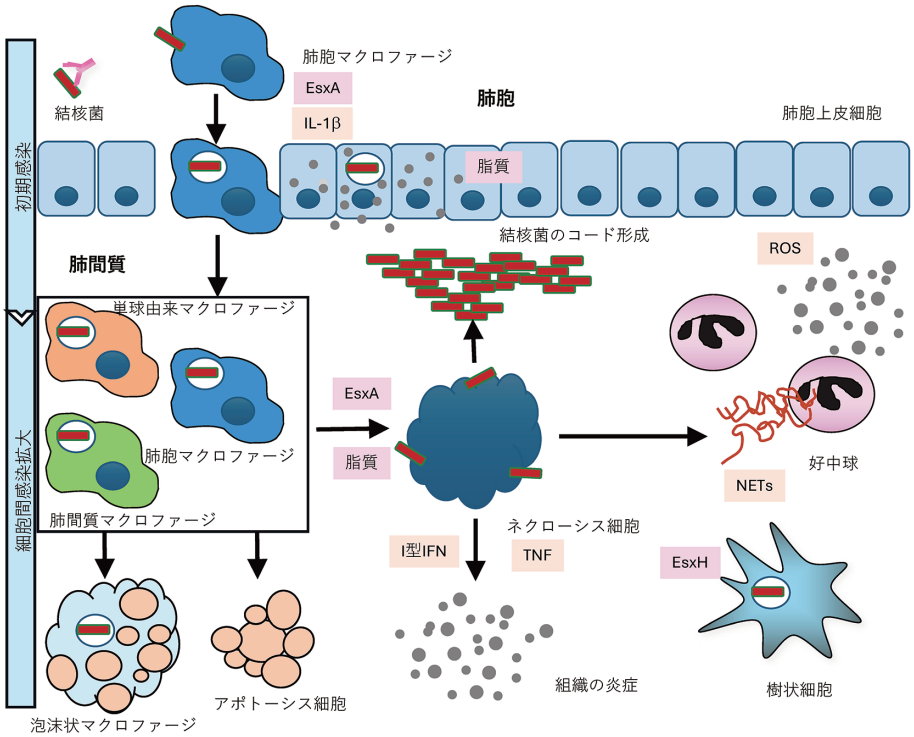


図 2　気道における結核菌感染成立と自然免疫回避機構

結核菌はまず，肺胞マクロファージに感染し，感染を成立させ増殖のニッチを獲得する。加えて，肺胞上皮細胞にも感染し，病原性因子である脂質を放出させる。感染肺胞マクロファージは肺実質に遊走し，他のマクロファージに感染するとともに，ネクローシスにより感染拡大，炎症を引き起こす。（文献 2 を改変）

は，炎症性サイトカインやケモカインを産生するようになり，単球由来マクロファージや顆粒球等，他の自然免疫担当細胞を積極的に呼び寄せる。最近の一細胞解析研究の結果によると，感染後には複数の肺胞マクロファージ亜群が肺に蓄積しており，肺胞マクロファージ亜群や単球由来マクロファージは炎症性サイトカインを盛んに産生するが，サイトカインをほとんど産生しない亜群も存在する。この時期，好中球にも多数結核菌が認められるが，殺菌が積極的に行われている様子は見られない。むしろ，マクロファージの産生するサイトカインによって好中球の多数がネクローシスに陥る。このような環境でマクロファージに結核菌が取り込まれると，結核菌の感染と増殖が促進されていることが観察される。感染 6 週間後には，肺胞マクロファージはではなく，単球由来マクロファージが主要な結核菌感染細胞となる。結核菌は樹状細胞にも感染する。このように，最近の知見では結核菌感染マクロファージが感染の経過で遷移することがわかってきた（図 2）。結核菌を取り込んだ樹状細胞は，所属リンパ節に遊走する。ここで獲得免疫応答が起こるとともに，リンパ節内に結核菌が侵入する契機となる。リンパ節のマクロファージに感染が成立すると，結核性リンパ節炎となる。しかし，これらの知見のほとんどは，動物結核感染モデル，特にマウスモデルに限られていることに注意しなければならない。マウスはヒトと比べて獲得免疫系の保護的役割が強く，マクロファージ亜群も必ずしもヒトと同じではないため，その結果の解釈をヒトに直接当てはめることはできない可能性がある。

獲得免疫の確立，特に結核特異的な T 細胞免疫が確立することによって，全身播種性感染が阻止されるとともに，肺および感染リンパ組織における肉芽腫の形成が起こる。前回に記載したように，感染マクロファージはマクロファージが変化した類上皮細胞の包み込まれるような形態を取り，その周囲に T および B リンパ球が分布する。肉芽腫の形成には，腫瘍壊死因子（Tumer Necrosis Factor: TNF）と CD4 陽性 T リンパ球が必要であることが知られている。肉芽腫は抗酸菌封じ込め装置としての役割を持ち，肉芽腫内では血流および酸素分圧が低下して抗酸菌は休眠ないし死滅する。TNF 阻害剤の使用または HIV 感染症のような CD4 陽性 T リンパ球機能不全の場合には，肉芽腫の形成が阻害され，播種性抗酸菌症のリスクが高まる

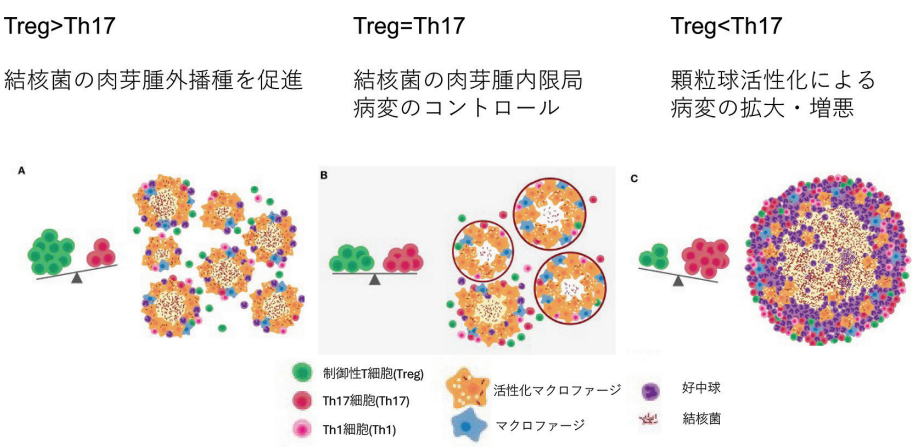


図３　結核病変の進展における制御性Ｔ細胞と Th17 細胞のバランス

A Treg の活性が Th17 より強い場合，免疫抑制状態の場合，結核菌容易に播種性感染となる。B 両者の活性バランスが保たれている場合，結核菌は肉芽腫に封じ込められ，病変はコントロールされる。C Th17 活性が Treg 活性を上回る場合，好中球の蓄積と活性化により肉芽腫は増大し，結核病変も増悪する。（文献４を改変）

ことが知られている。結核性の肉芽腫が陳旧化すると，肉芽腫が吸収されるか肉芽腫の石灰化により瘢痕化する。CD4 陽性 T リンパ球が抗酸菌感染症における獲得免疫の主役であると長年考えられてきたが，CD8 陽性 T リンパ球によるキラー活性や，多様性を持たない T 細胞亜群である γδT 細胞など防御免疫に貢献していることが明らかになっている。また抗酸菌感染症では B 細胞の関与は乏しいとされてきたが，近年，BCG の静脈内接種で皮内接種より強い防御効果が得られる原因の一つとして，高い抗結核抗体産生能が関与していることが示唆されてから，液性免疫の誘導を目指す予防ワクチン研究などが盛んになりつつある。

結核菌の産生する EsxH はタンパク分解活性があり，獲得免疫が標的とする抗原の分解を通して，獲得免疫応答を修飾している可能性がある。一方，結核菌の慢性感染による抗原の持続的放出は，CD4 陽性 T リンパ球および CD8 陽性 T リンパ球の T 細胞受容体の発現低下を介して，T 細胞疲弊（T cell exhaustion）を引き起こすことが知られている[3]。結核既感染者に対する免疫賦活や追加免疫で，感染防御効果が得られない現象は古くから知られていたが，診断に使用する抗原に対するサイトカイン産生応答が維持されていることから，抗酸菌抗原特異的 T 細胞の持続性反応と再活性化阻害機構にはより複雑な細胞群の違いや機能制御が含まれているのかもしれない。

前述したように，抗酸菌感染における獲得免疫の主要なメディエーターは IFNγ であり，Th1 に分化した CD4 陽性 T リンパ球から主として分泌される。事実，IFNγ の下流シグナルやその上流の IL-12 シグナル強度が低下するような遺伝子変化を持つヒトは結核に高感受性であることが知られている。しかし，獲得免疫をいかに強化しても，獲得免疫によって，結核菌を全て排除できるわけではない。また，肺で IFNγ シグナルを著しく亢進すると，肺における炎症や組織破壊が進むことによって，かえって宿主における病態を悪化させることも報告されている。肉芽腫の形成においても，マクロファージの類上皮細胞への分化には，Th1 反応と相剋する Th2CD4 陽性 T リンパ球が必要とされている。また，成熟した肉芽腫内では，抗酸菌の外膜脂質成分により誘導される IL-10 や TGF-β といった CD4 陽性 T リンパ球機能を抑制する抑制性サイトカインが豊富に生産されている。宿主内で形成される肉芽腫は，全て同じ状態にあるのではなく，それぞれが異なる免疫学的状態を示す可能性も示唆されている。近年，結核性肉芽腫の形成に関してこのような免疫バランスの重要性を示す報告が認められた。すなわち，CD4 陽性 T 細胞亜群のうち，結核について防御的な役割を演じ，炎症を惹起する IL-17 を産生する Th17 細胞と獲得免疫を抑制する抑制性細胞 Treg が存在することが知られている。この両者のバランスが，肉芽腫に結核菌を封じ込める機能に大きく影響しており，Treg の機能が Th17 より優勢の場合は，肉芽腫の形成が抑制され，播種性感染のリスクが高くなる。一方，Th17 の機能が Treg よりも優勢の場合は，好中球等の活性化を通じて壊死が拡大し，局所の病態が悪化して，結果的に感染排除にはマイナスとなる[4]（図 3）。以上のことから，抗酸菌が起こす慢性感染症に対する防御免疫は単純なものではなく，それぞれの役割をもつ免疫細胞機能のバランスによって病態の進展，改善に影響を及ぼしている

ことが予想される。

4. 休眠と再燃とめぐる免疫学的問題

結核菌に感染しても，90% のヒトにおいては潜伏感染となり生涯発症しない。一方，免疫不全や抗サイトカイン療法によって，再燃・再活性化が起こり発症することも知られている。

結核の再燃・再感染による発症機序については，動物モデルがないことから，解析が困難であった。近年，TNF, IL-2, IFN-γ 等を産生する多機能 CD4 陽性 T リンパ球が，潜伏感染の維持に重要であることが明らかとなった[5)]。また霊長類モデルで，SIV 感染や抗 TNF 抗体投与で結核感染の再活性化が認められることから，これらの免疫学的機序の解明が期待される。一方，抗 IFNγ 自己抗体産生患者で播種性非結核抗酸菌症が発症することが知られている。しかし，当該自己抗体で結核の再燃がほとんど認められないことから，結核に対して防御作用を有するサイトカインにおいて，再燃に関与するサイトカインと，初感染の成立・進展に関するサイトカインが異なる可能性も考えられる。

結核菌は免疫からの排除圧力を受けたり，酸素分圧が低下したりすると，容易に休眠状態に移行する。活動期に必要なタンパク産生や代謝を抑制し，休眠状態を維持するために，菌の遺伝子発現プロフィールは大きく変化する。このような遺伝子発現調節因子の主なものが Dos レギュロンといわれる二分子転写制御系である。活動型結核で認められる主要抗原の多数が，潜伏感染では発現が抑制され，別の抗原が産生されることになるため，結果的に抗原シフトによる免疫回避が生じる。

5. おわりに

以上のように，抗酸菌症が慢性感染となり，発症すると自然治癒することが困難な理由としては，1）自然免疫機構を回避して，細胞内感染を成立させ，感染を拡大している潜在力を有する。2）活動性免疫と制御性免疫のバランスによって，病態の増悪が起こり，必ずしも免疫を単純に強化することが菌の排除や治癒につながらないことが挙げられる。この抗酸菌感染の免疫状況を理解しなければ，有効な予防法や，免疫療法，バイオマーカーの発見にも至らないと考えられる。そこで，第 3 回では，慢性感染である抗酸菌症で起こる免疫修飾を克服すべく，現在もなされている予防・診断・治療に関する新規治療法や新規ワクチン開発についての展望についても触れる予定である。

参考文献

1）Vandal, O.H., Nathan, C.F., Ehrt, S. Acid resistance in Mycobacterium tuberculosis. J. Bacteriol., 191, 4714–4721, 2009

2）Chandra, P., Grigsby, S.J., Philips, J.A. Immune evasion and provocation by Mycobacterium tuberculosis. Nat. Rev. Microbiol., 20, 750–766, 2022

3）Gallegos, A. M., et al. Control of T cell antigen reactivity via programmed TCR downregulation. Nat. Immunol., 17, 379–386, 2016

4）Cardona, P. Cardona, P.J. Regulatory T Cells in Mycobacterium tuberculosis Infection. Front. in Immunol., 10, 2139. 2019

5）Boom, W. H., Schaible, U. E., Achkar, J. M. The knowns and unknowns of latent Mycobacterium tuberculosis infection. J. Clin. Invest., 2021

Lecture (Serial) Immune Response in Mycobacterial Diseases as Chronic Infectious Diseases Part 2. Immune Responses against Mycobacterial Infections and Escape Mechanisms

Manabu Ato

Leprosy Research Center, National Institute of Infectious Diseases,
National Institute for Health Security

Abstract　Mycobacteria did not adopt a survival strategy of rapidly multiplying within the host and spreading to other hosts. Instead, they adopt the strategy of maintaining their populations within the host and sustaining chronic infection as the host population expands. As the host vertebrates evolved and diversified, Mycobacteria also differentiated and evolved to suit their host species. Having established a mutualistic relationship with their hosts over millions of years, Mycobacteria have a variety of devices and strategies to manipulate the immune mechanisms of the host. Here outline the host immune response to intracellular pathogens, and then discuss how Mycobacteria manipulate host immune system to establish and to expand their chronic infection.

Key words：Mycobacterium, Tuberculosis, Leprosy, Chronic Infection, Latent Infection, Dormancy, Reactivation

国立感染症研究所 元所長

倉田毅先生を偲ぶ会

◆ ◆ ◆

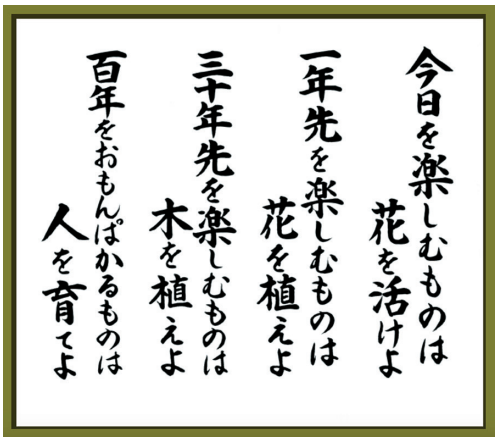
謹んで倉田毅先生のご冥福をお祈り申し上げます。

日本バイオセーフティ学会では令和6年11月の総会・学術集会の冒頭に倉田先生を偲び，追悼の時間を設けました。

今回，倉田先生の所属された国立感染症研究所（感染研）の感染病理部関係者を中心とし，感染研OBも加わり「倉田先生を偲ぶ会」が企画され，令和7年3月22日に感染研にて開催されました。河津桜が葉桜となり，子彼岸桜が咲き始める中，数日前の寒さとは打って変わって穏やかな快晴の日よりのなか，吉倉廣元所長，宮村達男元所長（JBSA設立時世話人），渡邉治雄元所長（JBSA設立時世話人，JBSA総会・学術集会長）をはじめ，多数の関係者（厚生労働省・東京大学医科学研究所・感染研OB・感染研研究，事務職員・企業他）約140名が集い，先生の偲ぶ会にふさわしい和やかな会が執り行われました。

偲ぶ会は，追悼シンポジウム（司会　長谷川秀樹先生：1階共用会議室）と偲ぶ会（司会　石川晃一先生：1階食堂）の2部構成で行われました。

長谷川先生発表の際に紹介のあった，倉田先生が講義の初めに好んで使用されていたPPスライドに示されたジャンダルム
ジャンダルム（Gendarme）は，飛騨山脈（北アルプス）穂高連峰・奥穂高岳の西南西にあるドーム型の岩稜



長谷川先生発表の際，「人を育てよ」のところで，感染病理部のセミナー室に掲げられていた言葉として紹介されたもの

偲ぶ会式場に置かれた倉田毅先生のお写真

感染研所長退官後の富山県衛生研究所所長のおり，長谷川秀樹先生が富山を訪ねた際に撮影

追悼シンポジウムでは，長谷川秀樹先生の開会の辞，1 分間の黙祷ののち，以下の先生から出会いや研究との関りや教えなど，エピソードを交えてお話がありました。

長谷川秀樹：元感染病理部長 「感染症病理理解から予防へ　―倉田先生が教えてくれたこと―」
森川　　茂：前獣医科学部長（JBSA 元理事）「倉田先生との思いで」
小島　朝人：元感染病理部員 「倉田先生（倉田さん）との>50 年」
松田　道行：元感染病理部員 「蛍光イメージングの現在，過去，未来」
佐多徹太郎：元感染病理部長 「先師」
山西　弘一：元大阪大学医学部教授（JBSA 元理事長）「刎頸の友　倉田先生」　（敬称略）

シンポジストの 4 名の先生から JBSA 会誌「バイオセーフティ」本号に寄稿をいただきました。

偲ぶ会は 18 時開始予定でしたが，15 分位前からお酒も交えた歓談が始まりました。倉田先生なら時間を気にしないだろうということでの進行でした。脇田隆字所長（JBSA 会員）の開会の辞，倉根一郎前所長（JBSA 元理事長）の献杯ののち歓談となり，浅沼一成先生，田村慎一先生，岩本愛吉先生（JBSA 設立時世話人），川名尚先生の 4 名の先生方から追悼の言葉をいただきました。やや歓談の声にかき消されるような状況でした。事務局で予定していた先生以外からも追悼の言葉がありました。森川茂先生の閉会の辞で和やかなうちに終了しました。

発起人や感染研研究，事務職員の皆様のご尽力に感謝いたします。JBSA 会誌「バイオセーフティ」への寄稿をいただいた先生方に感謝いたします。

発起人：脇田隆字，森川　茂（JBSA 元理事），高橋元秀，中嶋建介（JBSA 理事），石川晃一，
鈴木忠樹（JBSA 認定 実験室バイオセーフティ専門家），長谷川秀樹　（敬称略）

日本バイオセーフティ学会 理事
杉山　和良

倉田毅先生を偲んで

私が倉田先生と初めてお会いしたのは，大学院に進学したばかりの頃でした。北海道大学で病理学を学び始めた私にとって，先生が部長を務めていらっしゃった感染病理部での研究生活は，未知の世界への入り口でした。何もわからない若造だった私に，先生は「どうよ，何か面白いことあるか？」と，常に探究心を促す言葉を投げかけてくださいました。

倉田先生のご経歴は，日本の感染症研究におけるパイオニアとしての道そのものです。信州大学医学部を卒業後，東京大学病院での臨床研修を経て，信州大学大学院や東大医科研での研究に取り組まれ，医学博士を取得されました。国立予防衛生研究所（現在の感染研）では，病理部の研究員としてスタートし，その後，東大医科研助教授，感染研病理部部長，さらには副所長・所長として，長年にわたり第一線でご活躍されました。また，大阪大学微生物病研究所，富山県衛生研究所，国際医療福祉大学などでも指導的立場を担われ，感染症病理学の発展に多大な貢献をされました。

特筆すべきは，先生が現場主義の研究者でもあったことです。天然痘の根絶活動ではインドやバングラデシュの現地に赴き，日本最後の天然痘輸入症例にも対応されました。さらに，米 CDC と連携し，アフリカ・シエラレオネにおけるラッサ熱の調査にも加わるなど，命がけで感染症と向き合ったお話しを常々伺い，私たちは大きな影響を受けました。

研究面では，免疫組織化学や免疫蛍光法を用いた病原体の同定，診断技術の開発に尽力され，病理学の手法によって感染症の理解を深める道を切り拓かれました。1988 年には，山西弘一先生らとの共同研究で，突発性発疹の原因がヒトヘルペスウイルス 6 型（HHV-6）であることを世界に先駆けて示され，国際的にも高く評価されました。

私が留学から戻った際には，倉田先生からお声がけいただき，感染病理部に戻ることとなりました。学位を取ったばかりの若輩者に対しても，先生は「自分で面白いことを見つけろ」と，まるで一人前の研究者として接してくださいました。その自由な空気の中で，私は HTLV-1 やインフルエンザウイルスの研究を深めることができました。

特に，インフルエンザウイルスが主に上気道上皮細胞に感染するという知見をもとに，感染防御には分泌型 IgA 抗体を誘導する経鼻ワクチンの研究を継続してきました。このテーマはもともと 1980 年代に田村先生，倉田先生が始められたもので，私が引き継ぎ，現在では感染病理部長の鈴木忠樹先生へと継承されています。40 年を超える年月をかけて，ついに臨床治験を終え，承認申請に至ったことをご報告できなかったのが，何よりも心残りです。

「人を育てよ」――これは感染病理部のセミナー室に掲げられていた言葉であり，倉田先生のリーダーとしての在り方そのものでした。先生は決して「教え込む」のではなく，若手の自主性を尊重し，「とにかく何が大切か，自分で考えてやれ。環境は用意するから」という姿勢で，背中を押してくださる方でした。その姿は，いま言われる“サーバントリーダーシップ”の先駆けでもあったように思います。

先生の元からは，数多くの研究者が羽ばたいていきました。私の知る限りでも，感染病理部出身で教授や PI として活躍している方は 7 人を超えます。先生は一人ひとりの能力を引き出し，仲間の成長を誰よりも喜ばれました。

今回の偲ぶ会の案内を通じても，先生にお世話になったと語る方々の声が多く寄せられました。その範囲は感染病理部にとどまらず，広く感染症の分野で今を担うリーダーの方たちに及びます。まさに，感染症分野における“人づくり”においても，先生は偉大な存在であったと改めて感じています。

私たちはこれからも，自問し続けます――「自分の研究は面白いか？役に立っているか？」。その問いとともに，倉田先生の情熱とスピリットを胸に，前に進んでまいります。

倉田先生，本当にありがとうございました。どうか安らかにお休みください。

国立感染症研究所 インフルエンザ研究センター
長谷川　秀樹

本学会初代理事長の故，倉田毅先生を偲んで

日本バイオセーフティ学会設立の先頭に立って，平成14年1月に日本バイオセーフティ学会設立総会を開催し，本学会設立に多大な貢献をされた倉田毅先生が令和6年7月23日に，83歳で永眠されました。倉田先生のご逝去を悼み，謹んでお悔やみ申し上げます。

倉田先生は，昭和41年に信州大学医学部をご卒業され，昭和46年に信州大学大学院医学研究科博士課程を修了し医学博士を取得されました。その後，昭和46年～48年に国立予防衛生研究所・病理部研究員，昭和48年から東京大学医科学研究所・病理学研究部助手を歴任し，昭和50年にインド，バングラデシュでの天然痘根絶対策に従事し，ウィーン大学癌研究所の助手を務められました。昭和53年に東京大学医科学研究所・病理学研究部助教授に就任され，昭和55年には米国CDCの研究チームに参加して，シエラレオネでのラッサ熱の調査研究を行いました。その後，昭和60年に国立予防衛生研究所・病理部長に就任され，昭和61年～平成7年にかけて米国CDCでウイルス性出血熱の研究に従事されました。平成10年に大阪大学微生物病研究所エマージング感染症研究センター教授，平成11年に国立感染症研究所副所長に就任され，平成16年～18年まで国立感染症研究所所長を務められました。平成18年～23年まで富山県衛生研究所所長，東京理科大学客員教授，平成23年からは国際医療福祉大学塩谷病院教授を務められました。

この間，日本バイオセーフティ学会の初代理事長を平成19年まで勤められました。その他，日本ウイルス学会理事長，日本感染症学会理事，WHOバイオセーフティ専門委員，WHO生物製剤ワクチン標準化委員会委員，厚生科学審議会感染症分科会長やその他多くの政府委員会委員等を務められました。倉田先生は，ウイルスの感染病理学の第一人者として多くのウイルス感染症の発症機序の解明などに大きく貢献されました。ウイルス性出血熱の研究に従事されたことから，BSL4施設やバイオセーフティ，バイオセキュリティにも詳しく，国立感染症研究所ではバイオセーフティ委員長を勤められ，国立感染症研究所のバイオセーフティ・セキュリティにも多大な貢献をされました。国内で輸入症例のラッサ患者が発生した際の血清学的診断も行われました。

倉田先生のウイルス感染病理学の功績に対して，平成3年第27回小島三郎記念文化賞（ウイルス病の感染病理学解明に関する研究），平成24年春の叙勲で瑞宝重光章（保健衛生功労）を受章されました。

倉田先生は，痘そうウイルス，ヘルペスウイルス，ハンタウイルス，ラッサウイルス，HIV，インフルエンザウイルス，SFTS，その他，多くのウイルスの感染病理学的解析，インフルエンザに対する経鼻ワクチン開発など，幅広くウイルス学の分野で多くの業績があります。また，国立感染症研究所在籍中は，輸入ウイルス感染症特にウイルス性出血熱に対する水際対応の具体化方策に関する研究」（平成9年），「HIV/AIDSの感染病態と生体防御に関する研究」（平成9年～11年），HIV感染者の病態把握に関する病理・血清学的研究」（平成3年から8年），「痘そうワクチンの安全性等に関する研究」（平成11年～13年），「痘そうワクチンの安全性等に関する研究」（平成11年～13年），「海外のワクチンの品質評価に関する研究」（平成13年），「感染症診断・検査手法の精度管理並びに標準化に関する研究」（平成12年～14年），「ウイルスベクターの安全性及び有効性を評価する実験系の開発」（平成13年～15年），「サル等を用いたウイルスベクターの安全性・有効性の評価に関する研究」（平成16年～18年）など，多くの研究プロジェクトの代表研究者として，我が国のウイルス感染症対策に多大な貢献をされました。国立感染症研究所，富山衛生研究所を退職後にも，重症熱性血小板症候群（SFTS）が国内で患者発生時には，「SFTSの制圧に向けた総合的研究」（平成25年）の研究代表者として診断体制の確立，人獣共通感染症としての動物からの感染リスクなどの解明に貢献されました。

国立感染症研究所在職時には，何時も始発電車で出勤され，他の誰よりも早く出勤されていました。何時もエネルギッシュで，全力で泳いでいるマグロのような先生でした。倉田先生のご生前のご厚情に深く感謝するとともに，故人のご功績を偲び，心からご冥福をお祈り申し上げます。

略歴

昭和 41 年 3 月　信州大学医学部　卒業
昭和 46 年 3 月　信州大学大学院医学研究科博士課程終了，医学博士
昭和 46 年 4 月　国立予防衛生研究所病理部　研究員
昭和 48 年 4 月　東京大学医科学研究所病理学研究部助手
昭和 50 年　ウィーン大学癌研究所　助手
昭和 53 年 4 月　東京大学医科学研究所病理学研究部　助教授
昭和 60 年 4 月　国立予防衛生研究所病理部　部長
平成 10 年 4 月　大阪大学微生物病研究所エマージング感染症研究センター　教授
平成 11 年 4 月　国立感染症研究所　副所長
平成 16 年 4 月　国立感染症研究所　所長
平成 18 年 4 月　富山県衛生研究所　所長，東京理科大学　客員教授
平成 23 年 4 月　国際医療福祉大学塩谷病院　教授
平成 13 年 4 月　富山県衛生研究所長
令和 6 年 7 月 23 日　ご逝去

受賞（章）

平成 3 年　第 27 回小島三郎記念文化賞（ウイルス病の感染病理学解明に関する研究）
平成 24 年春　叙勲で瑞宝重光章（保健衛生功労）

名誉称号

平成 18 年 4 月　国立感染症研究所　名誉所員
平成 23 年 9 月　日本ウイルス学会　名誉会員

国立感染症研究所 名誉所員
森川　茂

倉田毅先生のご指導

東京大学医学部3年生だった1979年の夏に3か月ほど基礎研究をやる期間があり，せっかくの機会だから本郷を出て医科研に行ってみようということで，病理研究部にお世話になることにしました。そこで，当時助教授だった倉田先生に初めてお会いしました。残念ながら，夏の短い期間だけでしたので倉田先生始め，教員の方々の実験の見学で終わりました。医学部卒業後，病理学教室の長嶋和郎先生の元でJCウイルスの研究を始めたことからウイルス学会に参加するようになり，倉田先生とまたお話をする機会もありましたが，あまり研究の話をすることもありませんでした。転機は，大学院も終わりに近くなったころです。当時，基礎医学である病理学は裕福な家庭の人間がやるという雰囲気がありました。大学院に入る前に，教室を主宰しておられた島峰徹郎教授，森亘教授との面接があり，「家からは仕送りを続けてもらえるのか？」と聞かれて衝撃を受けたことを鮮明に覚えています。わたしはずっと大学寮に住んでいて，授業料も当然のように免除してもらっておりましたので，医師免許を取ったら少しはましな暮らしができるかと思っていたからです。大学院の間もバイトの暇があるはずもなく，相変わらず寮に住みながら鬱々と研究をしておりました。なんとか論文は出し続けましたが，病理学教室では職を得る見込みもなく途方に暮れておりましたところ，国立予防衛生研究所（のちの感染研）の部長になっておられた倉田先生から「うちにこないか」とお誘いをうけたのです。それも，倉田先生の研究を手伝えということではなく，「好きなことをやっていいし，留学もさせてやろう」という，夢のような好条件でした。大学院修了後，10年間ほど御世話になりましたが，文字通り自由に研究をさせていただきました。倉田先生ご自身が苦労して大学を卒業されていたので，同じような状況であった私に共感を覚えていただいたのかもしれません。

さて，なぜ，追悼文のなかでこのような自分の話を延々と書いたかと申しますと，自らの退職に際して来し方を振り返り，倉田先生という指導者の懐の深さを改めて思い出したからです。研究者としては，典型的な昭和の方でした。医科研に在職されていた時から，始発電車で出勤し，タオルを腰にぶら下げて，下駄をはいて，ひたすら実験をして，速足で昼食に行き，ご飯はあっという間にかき込むとそそくさと戻ってまた実験をする，そんな日常でした。八王子から目黒まで，毎日通っていたのですから，睡眠時間は5時間はなかったはずです。新宿に移った感染研では，7時前に来て，技術職員の宮前さんとお茶を一服した後，部長室にこもって書類を書き，9時以降は厚生労働省を始め，多くの会議で走り回っておられました。部長として感染研に来られてからは，自らのやりたい研究を進めるのではなく，やらねばならない研究をし，研究員には好きに研究をさせる，と決めておられたように思います。やらねばならぬ研究といいますのは，10年おきくらいに流行する感染症のことです。倉田先生の大好きな出血熱は幸いにも日本では水際で止められて流行には至りませんでしたが，AIDS，狂牛病，SARSなど次々にやってきました。その都度，それらの感染症の研究班を立ち上げ，対策に奔走されました。とはいえ，感染病理部の現場で対応するのはほとんど佐多徹太郎先生（倉田先生の次の感染病理部長）で，私を含めた他の部員は，お手伝いはしましたが，ほぼ自分の研究を続けさせていただいたと記憶します。この時の研究成果のお陰で，感染研を出て大学で職を得ることができました。感謝の念しかありません。

では自らを振り返ってどうかと言われれば，全く倉田先生のようにはできませんでした。学生が卒業しやすい短期的研究テーマで，自主性を尊重するよりは研究費を取りやすいプロジェクトをやらせてしまう，ということの繰り返しでした。拙文を読んでいただいた方々には，倉田先生のおおらかな指導方針を，昭和の古き良き時代だから，と懐かしむのでなく，国家百年の計にたつ後進の指導を考えていただければありがたい，と反省を含めて申し伝えたいと思う次第です。そして最後にもう一度，勝手気ままに研究を進めた私を暖かく見守っていただいた倉田先生に深くお礼申し上げます。

京都大学 客員教授，山梨大学 客員教授，国立循環器病研究センター 客員部長
松田　道行

刎頸の友倉田先生

倉田先生との出会いは今から 40 年以上前で，お互いに助教授時代にヘルペスの委員会であった。先生は青山教授，私は高橋教授と共にその会に参加していた。色々の点で意見が一致して，特に先生の率直に，かつ的確にものを言われる正義感が強いところに感動した。それ以後，朝に強い二人は早朝に度々電話をして意見を交換したのが思い出である。

まずは先生が 1970 年代世界では未だに天然痘患者が存在していた時期にわざわざインド，パキスタンを訪ねてその患者を目で見てこられたことは我国のバイオセ - フテイの発展かつ確立面で重要なことであったと思われる。種痘を接種していたとはいえ，先生自らが患者から材料を採取されたことは本当に勇気がいることで，種痘というワクチンを信じられたことへの証であった。特に天然痘と臨床上類似疾患との鑑別は重要で，早期診断法の開発にも尽力を注がれた。我々の保有していた水痘の診断法も多少は貢献できた。更に我が国の危機管理上重要な最も危険性の高い感染症の対策には身をもって当たられ，感染対策上重要ないわゆる P4 施設の設立管理に努力された。このためには一番先進の米国 CDC に度々訪問され P4 施設で研究を行い，CDC の研究員とも深く交流され，我が国のいざというときに備えられたのは感服の至りである。又感染症上，緊急時の対策には省庁間の連携が必要で内閣府下にそのための委員会を運営された。この会は私も副として参加させていただいた。その結果長崎大に P4 施設が設立されたのは皆様のご存知の通りである。

現在バイオセーフテイ学会のあるのは倉田先生の功績が大きい。2002 年に発足された学会は初代から理事長を務められ，私も何代か後の理事長をさせていただいた。先生はいつも先頭に立ってこの学会をひっぱってこられたことは頭の下がる思いである。

又 1980 年代に我が国の動物施設でラットに腎症候性出血熱（流行性出血熱）の感染があり，人への感染が懸念された。そこで文科省に対策のための班が設立され倉田先生，私も参加した。幸いにも感染研，阪大微研ともウイルス分離に成功し全国の施設で動物実験室での対策がなされ幸いにも患者は出なかった。この対策にも倉田先生の経験が大いに生かされた。

倉田先生との共同実験は多くあるが，まずは新たなインフルエンザワクチンの開発である，全粒子不活化インフルエンザウイルスを経鼻に接種して局所免疫を誘導する方法である。この研究は倉田先生のグループが永年基礎研究をされ，それを応用研究に発展させることを，私が大学に居た時よりに始まった。現在では感染研の長谷川先生のグループと阪大研究会の共同研究になっている。日本発のよいワクチンが開発されることが期待される。

次いで私の生涯の研究である HHV-6 ウイルス（第 6 番目のヒトヘルペス）である。先生とは始めから一緒に研究を進め，このウイルス研究が日本を始め世界で研究が進んだことは喜ばしいこととともに倉田先生と一緒に研究できたことに感謝をしている。

以上にように倉田先生とは若い頃から亡くなるまで研究を行えたこと，先生の研究の取り組みを身近に見ることが出来たこと，又先生の我が国の予防衛生への熱い思い間近に見られたことに感謝の気持ちを伝えたい。

先生のご生前のご指導，友情に感謝をして，ご冥福をお祈りいたします。

大阪大学名誉教授
山西　弘一

倉田毅先生を偲ぶ会　開催報告

去る，5 月 28 日（水曜日）にホテル プリンセスガーデン（品川区上大崎）にて，故 倉田毅先生のご功績を偲ぶ会が先生と特に関与された方々により開催されました。

ご生前にご指導など頂いた方にご参列頂き，和やかな雰囲気にて先生を偲ぶと共に参列者各位の懇親を深めることが出来ました事に共催者として，厚く御礼申し上げます。

偲ぶ会は，非営利活動法人バイオメディカルサイエンス研究会（BMSA：瀬島俊介理事長）と一般社団法人予防衛生協会（吉川泰弘代表理事）の共催により企画運営を行い，日本バイオセーフティ学会（JBSA 前田秋彦理事長）より，後援を頂きました。開催の主旨に賛助頂きました各位に感謝いたします。

駒村宏一 BMSA 事務局長の司会により開式され，ご参列者全員での黙とうを行いました。共催者を代表し吉川泰弘氏より，予防衛生協会の代表理事への推薦（指示）への経緯や同郷で有ったこと，東大医科学研究所時代，病理学教室にお伺いの機会が多くその後感染症研究所では実験動物（霊長類）や BSE，感染症法などを始め，霊長類センターの運営に就いてなどの相談には率直なご意見を頂いたこと，予防衛生協会の代表理事としての引継も倉田先生よりの指示より引き受けさせて頂いたことなどのご挨拶と哀悼の言葉が有りました（倉田先生の代表理事の就任期間：2006 年 6 月～2013 年 3 月）。

来賓として厚生労働省医務技監「迫井正深」氏，同じく危機管理・医務技術総統括審議官「佐々木昌弘」氏，衆議院議員「寺田稔」氏の参列を予定していましたが，公用に就き欠席されました。寺田稔氏の秘書の迫田誠氏よりご挨拶を頂きました。

広島県議会議員「城戸常太」氏より，広島県呉市に発生した水害には，BMSA より多量の「マスク」のご支援と倉田先生より感染症発生防止対応や，イカリ消毒株式会社より食中毒防止などについてご教授頂き，感染症・食中毒が皆無で終わったことや新型コロナ感染症の際には，消毒用アルコールを安価に提供頂いたこと，病院船（2024 年 6 月法令施行）に就きましても，運用での役割に就きご意見を頂きましたなど感謝と哀悼の言葉を頂きました。

送る言葉として，瀬島俊介氏より JICA でのベトナム国の母子手帳やガーナ国野口英世研究所の BSL3 施設の運用，インドネシア国のワクチン製造など多くの事業へのご指導や貴重なご意見を頂いたことへの感謝と哀悼のお言葉が有りました。

北林厚生（JBSA 前田秋彦理事長の代理として）より 1989 年感染症研究所移転差し止めの提訴があり，上司よりの指示により北村敬先生（建設委員長）と倉田先生との打合せを行い，バイオハザード対策での各種実証では「自分で確かめる」ことの大切さを教えて頂いたこと，その際，消毒・滅菌に就き現場で大切な事は，北村敬先生や当時イカリ消毒株式会社（黒澤聡樹社長）にご指示頂いたこと，実証結果では倉田先生より多くの指摘や結果に基づく報告書の作成などに就いて朝早く研究所内で打合せした事が思い浮かばれことなど哀悼の意を述べました。（2005 年 4 月勝訴）

献杯は寺尾恵治（予防衛生協会：理事）氏によりご発声頂き，ご出席者各位の懇親が行われました。

閉会の辞として，前川秀彰（BMSA：常任理事）氏より倉田先生のエピソードとして，タイ国 NIH のバイオセーフティ講習会に同行した際の会食の「トムヤンクン」が辛くなかったことや先生は，肉・乳製品は食べない事と辛い物も食べない，食べるのは淡白な物のみで，特に郷土名物の「お蕎麦」が大好物だったことなど，倉田先生のお人柄について紹介と倉田先生の足跡に就いて紹介されたのち，閉会となりました。

賛助企業名：ダイダン株式会社，株式会社夏目製作所，日本エアーテック株式会社，株式会社日立産機システム，株式会社ウエルウエル，イカリ消毒株式会社　（順不同）

発起人：一般社団法人予防衛生協会　吉川泰弘・寺尾恵治・北林厚生，
NPO 法人バイオメディカルサイエンス研究会　瀬島俊介・前川秀彰・杉山和良　（敬称略）

事務局：バムサ・予防衛生協会

日本バイオセーフティ学会 前理事長・顧問
北林厚生

お 知 ら せ

学術集会

第 24 回日本バイオセーフティ学会 総会・学術集会

第 24 回集会を四ノ宮成祥会長（国立感染症研究所）のもと，2025 年 11 月 26，27 日（水，木）に戸山サンライズ（東京都新宿区）にて開催します。詳細については学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/annual-conference-and-symposium/annual-conference-2025/）に掲載いたしますので確認願います。多数の参加をお願いいたします。

市民公開講座

市民公開講座『AI の進歩と生命科学研究を考える』

2025 年 11 月 28 日（金）13：30～17：00（第 24 回日本バイオセーフティ学会総会・学術集会終了の翌日となります）に戸山サンライズ（東京都新宿区；第 24 回学術集会と同会場）にて開催いたします。参加費は無料です。（事前登録制，先着 160 名まで）

参加登録方法につきましては，学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/event/public-lecture-20251128/）にてご確認ください。

学術企画

病原体取扱施設関係者リスク評価トレーニングコースの開催

2025 年 4 月 15 日 13：00～16 日 15：00 に戸山サンライズ大会議室（東京都新宿区戸山）において病原体取扱実務者のリスク評価（各論 2：病原体の取り扱いにおける安全確保と評価（SOP，PPE，etc.））をテーマに第 2 回トレーニングコースを開催しました。対面のみでグループディスカッションを中心とした内容でした。7 名の JBSA 認定実験室バイオセーフティ専門家を含む 20 名の参加がありました。2025 年 7 月 15 日（火）13：00～16 日（水）15：00 に戸山サンライズ大会議室において第 3 回（各論 3：取扱い病原体の一次封じ込めとその評価（BSC・施設・設備を中心に））を開催します。内容や応募方法等の詳細につきましては学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/education-and-training/training/）にて確認願います。

講習会

2025 年度第 7 回 JBSA 実験室バイオセーフティ専門家講習会の開催

第 7 回講習会を 2025 年 6 月に開催する予定でしたが延期となり，2025 年 10 月 16 日（月）～20 日（金）につくばの予防衛生協会にて開催します。詳細については学会ウェブサイト（https://jbsa-gakkai.jp/biosafety-specialist/）にて確認願います。

理事選挙

今年度は 2026～2029 年度の理事を選ぶ選挙を実施いたします。理事の半数が改選となります。また，理事会推薦理事は被選挙権を有します。理事選挙のご案内を準備中ですのでよろしくお願いいたします。

学会費納入

2025 年度（1－12 月）の年会費 10,000 円（正会員），1,000 円（学生会員）および 30,000 円 / 一口（賛助会員）の納入をお願いします。納入に際しましては 1 月に送付しました「払込取扱票」を用いての払込や指定銀行口座への振込にて納入してください。なお，前年度までの未払いがある場合も同様に納入をお願いします。ご不明な点は学会事務局まで問い合わせてください。

会員情報

新規会員紹介

会員：中澤賢（ファルマ・ソリューションズ株式会社），藪中依子（大阪公立大学），本間大奨（株式会社 BIKEN），久保田修一（ささえあ製薬株式会社），奥谷晶子（国立感染症研究所），北山明子（国立感染症研究所），阿部元治（KM バイオロジクス株式会社）

学生会員：金子実夏子（京都産業大学）

学会入会手続

学会ウェッブサイトの「入会のご案内」（https://jbsa-gakkai.jp/membership-information/）の入会手続に掲載されている「JBSA 入会申込書」に必要事項を記載の上，学会事務局（E-mail:jbsa-gakkai@primate.or.jp）までメールで送付してください。

会員の所属先・住所・メールアドレス等の変更

所属先・住所・メールアドレス等の変更がある場合は，必ず変更後の情報を学会事務局までメールにて連絡願います。

学会等開催案内

第 24 回日本バイオセーフティ学会 総会・学術集会

会長：四ノ宮成祥（国立感染症研究所）

会期：2025 年 11 月 26，27 日（水，木）

場所：戸山サンライズ（東京都新宿区）

第 68 回米国バイオセーフティ学会（ABSA）年次会議

会期：2025 年 11 月 24－29 日

場所：ローリー，ノースカロライナ

https://absaconference.org

販売

JBSA 実験室バイオセーフティガイドライン（第 2 版）の販売

本ガイドラインには実験室バイオセーフティにおけるソフト・ハードの基本的な情報が掲載されており各機関のバイオリスクマネジメントの持続的改善に資するものです。また，実験室バイオセーフティ専門家講習会のテキストとして使用しています。ご購入を希望される方は，学会事務局までご連絡ください。

販売価格（送料別途） 学会会員：2,500 円 / 冊，非会員：3,500 円 / 冊

実験室バイオセーフティマニュアル第 4 版（2020），WHO の日本語版

本編とモノグラフ「リスク評価」について NPO バイオメディカルサイエンス研究会にて日本語翻訳が行われ，2022 年 3 月に朝日新聞出版より出版されました。ご購入を希望される方は，申込フォーム － バイオメディカルサイエンス研究会（npo-bmsa.org）をご覧ください。

会誌「バイオセーフティ」に関する会員のご意見，ご要望等をバイオセーフティ編集委員会または学会事務局までご連絡願います。E-mail：jbsa-gakkai@primate.or.jp

賛助会員

アゼアス株式会社
一般社団法人日本血液製剤機構
株式会社イカリステリファーム
株式会社エアレックス
株式会社生物技研
株式会社竹中工務店
株式会社日立産機システム
株式会社山下設計
公益社団法人日本ペストコントロール協会
シスメックス株式会社
柴田科学株式会社
タカラバイオ株式会社
ニッタ株式会社
ニッタエアソリューションズ株式会社
日本エアーテック株式会社
日本たばこ産業株式会社

【発行日】　2025 年 7 月 1 日
【発行人】　前田　秋彦　日本バイオセーフティ学会 理事長
【発行所】　日本バイオセーフティ学会　バイオセーフティ編集委員会
杉山和良（委員長）
天野修司，有川二郎，大沢一貴，北林厚生，小暮一俊，
早坂大輔，前田秋彦，三浦詩織，矢島美彩子，吉田一也
【印刷所】　株式会社ソウブン・ドットコム
TEL 03-3893-0111　FAX 03-3893-6611

日本バイオセーフティ学会事務局

一般社団法人予防衛生協会内
〒 305-0003　茨城県つくば市桜一丁目 16 番 2
E-mail：jbsa-gakkai@primate.or.jp
TEL：029-828-6888　FAX：029-828-6891
https://jbsa-gakkai.jp

日本バイオセーフティ学会
The Japanese Biological Safety Association