

総合危機管理

Journal of Integrated Management for Risk and Crisis

NO. 7



総合危機管理学会

Society of Integrated Management for Risk and Crisis

総合危機管理 No. 7

Journal of Integrated Management for Risk and Crisis

学術学会テーマ：『生体の許容限界から考える環境との共生』

巻頭言 「生体の許容限界から考える環境との共生」

大宮 喜文 1

自然・社会環境におけるリスクと便益～リスクアセスメントを超えて～

高嶋 隆太 3

化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり

鷹屋 光俊 15

2つの温暖化（地球温暖化・都市温暖化）と熱中症リスク』

仲吉 信人 23

IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性

越地 福朗 31

消防活動における熱中症リスク

水野 雅之 39

総合討論

柳田 信也・山本 隆彦・高嶋 隆太・鷹屋 光俊
仲吉 信人・越地 福朗・水野 雅之

49

原著論文

NPO 法人日本捜索救助犬協会に必要な財源・人材確保の対策

鈴木 みなも・小沼 守 59

巻頭言

「生体の許容限界から考える環境との共生」

Coexistence with the environment considered from the permissible limits of living organisms

総合危機管理学会第6回学術集会会長 大宮 喜文

President of 6th SIMRiC Yoshifumi Ohmiya

今回の学術集会のテーマ「生体の許容限界から考える環境との共生」の趣旨説明と講演内容について簡単にご説明をさせていただきます。

これまで人々は科学技術の恩恵を受けながら生活を営んでまいりました。その中で日々、生活の質、いわゆるQOLに目を向けながら、さらなる技術革新・イノベーションを進めております。一方で新たな科学技術が発展する中で、同時にそれに起因する課題も顕在化しており、近年サステナブルな社会基盤の構築に向けた取組も重要視されております。例えば持続可能な開発目標、SDGsを設定し、それらの課題を明確にしながら複数の目標を包括的に検討することが重要とされ、戦略的な検討が望まれております。すなわち人々の生活を豊かにしながら、かつ安全などに配慮した対応が求められているわけです。将来の人々の生活をよりよいものにするためには、様々な尺度を総合化し、社会に許容される目標を見据え、対策を検討していくことが肝要になります。そのために医学、理学、工学をはじめとする複数の学問領域を横断する学際的な視点で検討することが望まれているわけです。そこで総合危機管理学会第6回学術集会では、社会の許容リスクから考える環境との共生をテーマとして、社会と環境のつながりについて、様々な視点の中で、特に人間の安全に関わる許容されるリスクに着目することといたしました。このテーマに対して様々な分野でご活躍されてい

る研究者、教育者の方々をご講演者として招聘しております。

はじめに、基調講演として、高嶋先生には「自然・社会環境におけるリスクと便益～リスクアセスメントを超えて～」と題し、行動科学、経済学等の観点から自然、社会環境のリスクの許容や回避の考え方にに基づきながら、リスクアセスメント、さらには費用便益分析についてご報告を頂くとともに、社会の許容リスクに対し包括的な示唆からその重要性やリスクに対する施策への政策的な意思決定についてご講演をいただきます。続いて招待講演といたしまして、まず鷹屋先生には「化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり」と題し、労働環境に潜む意図的、非意図的に参照される様々な化学物質などの有害物のばく露において、リスクの現状と改善策についてご報告いただき、安心で安全な労働環境づくりについてお話をさせていただきます。続いて、仲吉先生には2つの温暖化、いわゆる地球温暖化、都市温暖化と熱中症リスクに対し、地球スケールから人体スケールの幅の中で、都市の暑さが今後どのように変化していくのか。それによる健康疾患・リスクはどれほどかについて紹介いただき、工学的手法を用いた危機管理に関する考え方をご報告いただきます。そして越地先生には「IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性」と題し、近年のワイヤレスシステムは通信からセンシング、電力伝送など様々ですが、これらに用いられるアンテナやコイル、電極などの電磁的インターフェースを起点に、電波に対する生体安全性についてご報告を頂きます。最後の招待講演として、水野先生からは「消防活動における熱中症リスク」と題し、消防隊員が直面している環境変化と関係する活動安全の話題についてご講演をいただきます。

以上、基調講演1題、招待講演4題の中で、ご講演される先生方の分野の先端知を横断的につなぎ合わせることで、生体の許容限界から考える環境との共生について自由闊達な議論が展開されることを期待しております。

自然・社会環境におけるリスクと便益～リスクアセスメントを超えて～

Risk and benefit in the natural and social environment: Beyond risk assessment

高嶋 隆太

Ryuta TAKASHIMA

抄録

危険や有害なモノやコトを削減する、もしくは除外することは自然の摂理である。これらを講じる前に、リスクを特定化し、分析・評価することで意思決定する一連の流れがリスクアセスメントである。本稿では、①リスクを削減するための政策や規制に関する経済性評価が重要であり、②対象の政策や規制を採用したときの費用便益分析を行うことによりリスクを削減することの便益の測定の困難さや重要性がわかり、③不確実性下の意思決定手法の一つであるリアルオプションにより、実際に政策や規制を講じる際、これまでの問題を解決する可能性があることについて考察する。これらの経済性評価がリスクアセスメントを超えて、実際の社会で応用され、様々なリスクに対応可能な安全で安心な社会システムの確立に貢献できると考えている。

Key words: リスクアセスメント、リスク、費用便益、粗便益、リアルオプション、政策決定

はじめに

危険や有害なモノやコトを削減する、もしくは除外することは自然の摂理であります。これらを講じる前にリスクを特定化し分析・評価することで意思決定する一連の流れがリスクアセスメントであります。労働安全分野においては、リスクアセスメントに関する各事項が具体化され、法律により定められており、その実施が義務化されております。近年、リスクアセスメントの使用法の簡便化や代替策の選択に客観性を担保するため経済性評価が注目されています。このように、最近、様々な分野でリスクアセスメント、経済性指標による評価というものが行われており、この中で、本日の話は、リスク、許容限界について皆さんと一緒に考えていけたらと思います。

まず、こちらの記事ですが、こちらは米国のペンシルベ

ニア大学のロースクールで、規制や政策の、主に米国内の記事が記載されているものでして2年前のものとなります。COVID-19の米国で講じた規制であるシャットダウンをしたときの内容ですが、この詳細は後で紹介しますが、このVSL (Value of Statistical Life) というものが便益に関する指標だと思ってください。この便益が通常で米国内で行っている評価では、過小評価しているのではないかという記事です。これは、どちらかというリスクというより危機のクライシスの方だと思いますが、そのような不確実性やリスクに対して、今までこういう歴史がある国でも判断

第6回学術集会 講演資料

はじめに



COVID VSLs and the Undervaluation of
Pandemic Risk
Arden Rowell



"Traditional VSLs undervalue COVID-19 risks, but they can serve as a starting point for policymakers."

SIMRIC

連絡先：高嶋 隆太 takashima@rs.tus.ac.jp
東京理科大学 創域理工学部 経営システム工学科 教授
Professor, Faculty of Science and Technology, Department
of Industrial and Systems Engineering, Tokyo University
of Science

(2023年12月11日受理・掲載)

することは簡単ではないと述べられています。ただ、ここにもありますように一つの材料として、ここをスターティングポイントとして議論すべきじゃないかと言われてます。ですので、今、我々も COVID-19 で日本の中でもそういう政策を行っていく必要がありますが、リスクや不確実性に対応する施策が必要になると考えています。さらに皆さんと議論するというのが重要となる点かと思えます。

その中でまずはリスクアセスメントについてですが、2006年4月に改定されまして、労働安全衛生法において努力義務規定として設けられております。実施内容としましては、まず危険性または有害性を特定します。そして、リスクの見積もり。さらには、軽減措置の内容を検討して実施するという流れになっています。特に重要なものとして、リスクの見積もり、これはリスクをどう扱うかというところで、今日のテーマにもあります、この受け入れ可能リスク (acceptable risk) なのか、許容可能リスク (tolerable risk) なのかというところが非常に重要になってきて、この許容可能リスクまでのリスクのこの範囲というところを決めていかなきゃいけないのですが、これは機関内の安全文化や、もしくは社会的な価値による判断になりますので、こういうところで一つ議論になるのかなと考えています。ただ、リスクアセスメントによって、そういう数値が出てきますので、そういうエビデンスに基づいて意思決定を行うということになります。

本日の扱う分野としまして、化学物質、温暖化、熱中症、生体電磁環境といったそれぞれの分野の先生方がリスクに対してご講演すると思いますが、ここにありますように様々な分野によって、それぞれ化学物質は労働安全の基本となるものかと思いますが、温暖化、熱中症、生体電磁環境と、それぞれ考えるべきところがいろいろあると思います。また、今日は言及しませんが、これは私の専門でもあります放射線・放射性物質、こちらもリスクアセスメント、これは呼び名がリスク分析などと言うときもあります、被曝による死亡リスクというものを評価するものもあります。それぞれ方向性、やり方など異なってはいますが、一つ共通して言えることが、先ほどの許容可能リスクです。ここをどう判断するかというところで、ステークホルダー間でリスクコミュニケーションというものが重要になってくるのかなと私は考えています。次の発表の鷹屋先生にも恐らくそういうリスクコミュニケーションの内容が含まれていると思いますが、これはどの分野にも非常に重要になってくるかと思えます。

先ほど冒頭で述べました経済性指標というところですが、まずリスクを低減、安全性を担保するということには、これは間違いなく新しいことをやろうとしたときには費用、お金がかかります。これが先ほどの受け入れ可能な許容可能なのかというリスクのレベル、水準によっても、どれだけお金をかけるかというところが異なってきます。この

辺りで何か経済的な指標というものが必要なのかなということがあります。そうすると今、費用のことを考えていますが、じゃあ費用が小さいほうがいいのかということになりますと決してそうではなく、もちろん小さいほうがいいのですが、そうではなく高い場合でもそれなりのインパクト、安全レベルや、リスク低減の程度、こういうものにも依存するでしょうということで、いわゆるリスクのみならずインパクトというところも考えた経済指標ということを考えることによって、合理的な判断が可能になるのではないかと考えられます。そのような中で労働安全に関して、中央労働災害防止協会と産総研がまとめた報告書には、代替案というものの比較が簡便になり、安全技術施策というものに対して、これはまさに投資というところで、経済性指標による評価、経済性評価というものが重要になるのではないかと述べられています。経済性評価によって、このエビデンスを得ることによって分かりやすいということもありますし、意思決定がしやすくなると思います。このエビデンス、最近エビデンスを得て意思決定するという流れが非常に国内でも強くなってきております。

エビデンスに基づく意思決定って遡りますと、これは実は医療のほうでして、コクラン共同計画というこのインターナショナルなネットワークです。非営利組織ですが、ここでエビデンスに基づく医療、EBMというのが非常に重要でしようということで、ここのネットワークがデータを

第6回学術集会 講演資料

リスクアセスメント

- ◆ 「労働安全衛生法」において、リスクアセスメントの実施が努力義務規定として設けられている(2006年4月改定)。労働安全衛生法第28条の2第2項
 - 危険性及有害性等の調査等に関する指針(リスクアセスメント指針)
- ◆ 実施内容
 - 危険性または有害性の特定
 - 特定化された危険性または有害性に対するリスクの見積もり
 - 受け入れ可能リスク(acceptable risk)
 - 許容可能リスク(tolerable risk)
 - 安全文化、社会的な価値により判断
 - リスク低減措置の内容の検討
 - リスク低減措置の実施
- ◆ → リスクアセスメントによって算出されたエビデンス(数値)に基づいて意思決定を行う。

SIMRiC

3

第6回学術集会 講演資料

各分野におけるリスクアセスメント

- ◆ 化学物質
 - 化学物質が持つ危険性及有害性の特定化
- ◆ 温暖化
 - 都市レベル、地球規模とリスクの種類が異なる
- ◆ 熱中症
 - 熱中症の発症に関わる危険性・有害性を有する要因
- ◆ 生体電磁環境
 - 電磁界ばく露のガイドライン(国際非電離放射線防護委員会(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection : ICNIRP))
- ◆ 放射線・放射性物質
 - 被ばくによるがん死亡リスク・過剰相対リスク

→ 許容可能リスクを判断するため、ステークホルダー間のリスクコミュニケーションが必要

SIMRiC

4

集めて、様々なエビデンスに基づいてこうやっていくべきだということをやりました。これに触発されて、社会科学の中でも重要でしょうってやってキャンベル共同計画がそれぞれ社会科学に関するデータを集めて、エビデンスに基づいて決定していきましょうと。そこからエビデンスに基づく政策、立案、決定ということがEBPMという言葉ができました。これを受けて、国内でもEBPMの考え方は重要でしょうということ、2018年、もう4年前になりますけど閣議決定されて、それぞれの省庁でこういう考えを推進して、エビデンスに基づいた意思決定をしていこうということになっています。

そういう流れもありまして、様々なところで、特に分かりやすい経済性評価というものが進んでいるわけです。特に、国内では、先ほどお見せしました労働安全もそうですが、医療のほうで医薬品、これも3年前からそういう評価の施策が進んでおりまして、その場合はこの費用対効果です。これは主に比率になります。費用対効果にも費用効果分析、費用効用分析、そして増分費用効果比の分析などそれぞれあります。これは教科書によっていろいろ定義が違っていて、この費用対効果の効果を金銭価値にして、それを費用便益分析と定義することもあります。ここでは分けて議論したいと思います。主に差分のほうを費用便益分析とします。費用効果分析で効果というのは、生存年数、生体のデータなど医療に関わる変数です。効用というものは我々のうれしさや満足度を表します。そういうものを、例えば、生活の質QOLや、ここにあります質調整生存年数というのは、このQOLと生存年数を考えた、いわゆる健康寿命を考えた効用になります。こういうものを考えて費用対効果というものは進んでいるのですが、さらに先を行きます費用便益で、米国でも進んでいるということで、今日は特にここに焦点を当てて、費用便益分析の考え方、そしてその先のリスク・不確実性というものをよりダイナミクスに考えた意思決定、そうすると我々が問題としていたものが何となく解けそうということがありますので、それを今日はご紹介させていただきます。

ということで、まず本日の流れとしまして、費用便益分析について。これは米国のその法制度についても紹介させていただきます。そして先ほど冒頭に出てきましたこのVSLです。Value of Statistical Life、統計的生命価値というものです。これは、費用便益の便益によく使われているのですが、これの見積り方法、そして私の研究の成果も一部紹介させていただきたいので、VSL、WTP・支払意思額、これも後ほどWTPとは何かというものを紹介させていただきますが、これの測定についてご報告させていただきます。そして、リスクや不確実性、これは一つの方法として何かのパラメーター、代理変数に全てその不確実性やリスクを追いやって、それによって評価するとい

第6回学術集会 講演資料

経済性指標による評価の必要性

- ◆ リスクを低減、安全性を担保するための費用
 - 低減する程度(受け入れ可能or許容可能)による異なる
- ◆ 費用は小さい方が良い?
 - インパクト(安全レベル、リスク低減の程度)にも依存する
- 経済性指標を取り入れることにより、合理的な判断が可能?!
- ◆ 中央労働災害防止協会/国立研究開発法人産業技術総合研究所(2022)「安全対策の経済的評価に関する調査研究(2年目)~中間報告~」
 - リスクアセスメントの理解のしやすさ
 - 代替案の比較の簡便さ
 - 安全技術、施策への投資の評価
- 経済性評価によりエビデンスを得ることで、意思決定がしやすくなる。

SIMRiC

5

第6回学術集会 講演資料

エビデンスに基づく意思決定

- ◆ “evidence based・・・”
 - エビデンスに基づく医療(evidence-based medicine: EBM)
 - エビデンスに基づく実務(evidence-based practice: EBP)
 - いずれも、エビデンス(客観的根拠、最新・最良の根拠等)に基づく合理的判断もしくは意思決定
- ◆ EBM
 - コクラン共同計画(The Cochrane Collaboration)(1993~)
 - 重要かつ信頼性の高い研究成果、医療情報に関するデータを提供している組織
- ◆ 社会科学分野
 - キャンベル共同計画(The Campbell Collaboration)(2000~)
 - ビジネス&マネジメント、刑法、教育、国際開発、社会厚生等の分野のデータを提供
- エビデンスに基づく政策決定(evidenced-based policymaking: EBPM)
- ◆ 2019年度予算編成の基本方針(2018年12月7日閣議決定)
 - 各府省は、全ての歳出分野において行政事業レビューを徹底的に実施するとともに、「証拠に基づく政策立案」(EBPM)を推進し、予算の質の向上と効果の検証に取り組む。

SIMRiC

6

第6回学術集会 講演資料

経済性評価・分析手法

- ◆ 費用対効果(主に比率)
 - 費用効果分析
 - 効果:生存年数、生体データなど
 - 費用効用分析
 - 効用:生活の質(quality of life: QOL)、質調整生存年数(quality-adjusted life years: QALY)
 - 増分費用効果比
 - 単位効果得るための費用(間値との比較)
- ◆ 費用便益分析(主に差分)*

*費用対効果における効率を金銭価値に換算して分析することを「費用便益分析」と定義することもある。

7

第6回学術集会 講演資料

本日の内容

- ◆ はじめに
- ◆ 費用と便益
 - 費用便益分析
 - VSLとは?
 - VSL・WTPの測定
- ◆ 不確実性下の意思決定手法の適用
 - なぜリアルオプション?
 - 問題の緩和
- ◆ おわりに

SIMRiC

8

う方法もあるのですが、人間の本能というか頭の中には不確実性リスクというものがあると、どうも先送りするという習性があるかと思います。要するに何か良い状況になったらやりましょうというようなところは、皆さん多分そういう経験はあるかと思います。まさにこの今回の大会も、恐らくできれば対面がいい、私は対面をすごく楽しみにしていたけど、コロナの状況で致し方なくこういうふうにならざるを得ない状況になってきたらどちらか行くというように、ちょっと先送りするということがあったのではないかなと思います。そういうことも人間の中にはこういう本能的なものがある、それも含めて評価してはどうかというものがこのリアルオプションというものです。それを考えると、いろいろ今まで問題だったものが解決する可能性はあるということで、それについても今日、紹介させていただきまして議論の一つにしたいと思います。

費用と便益

それではまず費用と便益ということで、こちらについて紹介させていただきます。まず政策・規制、これは特に米国ですね。欧米、これは英国もそうですが、特に米国が非常に重要視しているということです。これは、社会的受容性や法制度、環境適合性など様々なファクターで議論するのですが、経済性というのはその中の一つとなっています。特に、米国の中ではこの経済性というものを比較的重要視しているところはあります。先ほど費用対効果は比率であると言いましたが、私が今日紹介させていただきます費用便益分析というのは差分、引き算です。粗便益というものから費用を引いて、正味の便益というもので評価しようというものです。この正味の便益が正であれば、政策や規制を実行してはどうかと、合理的ですと考える手法です。特に米国では、そのような評価機関がありますが、それよりもっと遡って、放射線とか原子力、その分野では規制に対して評価しているということがありまして、昔ながらのモデルが存在しまして、そういう流れもあって、米国の中ではしっかり規制評価がされておりまして、特に死亡リスクの削減についてです。

行政管理予算局OMBというまさに予算に関する助言や勧告を行うところがあるのですが、その中に OIRA という情報規制問題室という機関があります。ここで各省庁から集まってきたその政策・規制などを評価、レビューしまして、承認拒否もしくはリジェクトするというものです。あとは、これは、最近はないかと思いますが、オバマ大統領のときの大統領令です。これはここにもありますように、議会の承認を得ることなく発令できるというもので、これに従って費用便益分析、これはオバマ大統領のときはありましたが、これらの観点で評価を行うというところで、そういうようなことを網羅的にレビューするところがあって、

承認するというのがこの OIRA というところですね。こういうところが行っているものがまさにこの計算ですね。便益・費用というものをそれぞれ見積もる必要がありますが、特にこの便益が非常に見積もることが難しいということになります。

今日は、リスク削減のための政策・規制の便益というものを持ってきました。単純にその地域、その考えられている対象の地域の人数とリスク削減に対する支払意思額というものでこれは計算されます。支払意思額というのは、購入してもよいと考える最大の額です。例えば、最近野菜が高いですね。タマネギが2倍か3倍になっていますね。すごく高いなと思います。例えばある額があって100円としましょう。100円で買えるって思ってたものが例えば150円、200円。150円だったらいいかな。だけどそれを超えてしまったら買わないということがあるかと思えます。その150円まで許容できるよという、その150円がこれがまさに支払意思額です。リスク削減に対する支払意思額というものは、いろいろリスクのレベルがありますが、これだけその対策として出したらいよいよというものがリスク削減に対する支払意思額で、それを対象人数で掛けたものが便益になります。これをリスク削減に、このように分解します。これは、ここをキャンセルしたらこの元の式になりますが、これを分解すると対象人数とリスク削減、これはまさに期待救命人数です。リスク削減というのは、死

第6回学術集会 講演資料

政策・規制の決定方法は？

- ◆ 社会的受容性、関連法制度、経済性、環境適合性、技術的成立性等の各々の視点から総合的に評価し、原案を公表し、国民の意見を求め(Public Comment)、その意見を盛り込み決定する。
- ◆ 欧米では経済性の評価に関して、費用便益分析を行っている。
 - 費用便益分析

正味の便益 = 便益 - 費用

- 正味の便益が正であれば、政策や規制を実行すべきと判断
- 欧米の多くの国において、政策や規制の決定に採用されている(OECD, 2018)。
- 国際的な放射線防護規制。米国の原子力規制においては、費用便益分析の詳細なモデルが存在する(ICRP, 1983; NRC, 1997; 高嶋, 2020)
- 米国の規制評価(死亡リスクの削減に関する)

SIMRIC

10

第6回学術集会 講演資料

米国における規制評価

- ◆ 行政管理予算局(Office of Management and Budget: OMB)
 - 大統領や各省庁に対して、予算に関する助言や勧告を行う。
 - 勧告: 行政目的の実現のため、対象の行為を促すように求めるもの。
- ◆ 情報規制問題室(Office of Information and Regulatory Affairs: OIRA)
 - OMBの附属機関
 - 各省庁に導入する政策や規制などを評価・審査し、承認(または拒否)する。
 - 大統領令(Executive Order)に従い、費用便益の観点から評価を行う。
- ◆ 大統領令
 - 米国大統領が連邦政府機関や軍に対して、議会の承認を得ることなく、発令することのできる行政命令やその権限

SIMRIC

11

亡に関わるリスクだとすると、期待救命人数になります。ここは何かといいますと、これはここに書いてあるのですが、1単位分、これは死亡リスクを削減するという事で、死亡確率100%を削減するときのWTPとなります。これを統計的生命価値、Value of Statistical Life (VSL) となります。これを米国は特に一生懸命このVSLはどの程度の値であるかということを様々な研究者が測定、推定しています。

ここだと分かりにくいので数値例を持ってきました。SIMRiC city で測定されたWTPとVSLということで、まず社会調査を行ないました。そのときにこの平均値としまして、このSIMRiC cityの平均値として死亡確率が10万分の1削減、これはなかなか難しいですね、想像するのは、10万分の1。これについて、方法はいろいろあるのですが、10万分の1が分かったということにします。10万分の1分を削減することのWTPは1000円だということが求まったということです。そうすると先ほどの定義に合わせますと、このVSLというのは1000円を10万分の1で割ればいいので、1人当たり1億円と求まります。では、これを基に安全規制の選択、それぞれ規制A、規制Bがあったときにどちらを選択するかということを決めたい。Aというのは期待救命人数50人に対して費用が40億円。Bというのは5人に対して1億円というものです。これを先ほどの式に当てはめまして、このVSLが1億円なので、規制A、規制Bのそれぞれの正味の便益を求めますと、Aが10億円、Bが4億円となります。これを基に規制を選択するというのがOIRAの決定方法となります。

このWTPとVSLの測定は様々な方法があります。大きく分けまして顕示選好法と表明選好法がありまして、顕示選好法は社会経済データを用いて推定する。特に労働市場です。どの程度リスクのある作業で、賃金がどの程度かというところからデータを集めてきて推定するという方法です。表明選好法はアンケートや教室内でやるような実験により、直接尋ねて評価するというものになります。一般的には顕示選好法と比較して表明選好法のほうが低い値となる違いがあります。それぞれ様々な良し悪しがあります

第6回学術集会 講演資料

便益とWTP, VSL

◆ リスク削減のための政策・規制の便益の算出

$$\begin{aligned} \text{便益} &= \text{対象人数} \times \text{リスク削減に対する支払意思額 (willingness to pay: WTP)} \\ &= (\text{対象人数} \times \text{リスク削減}) \times \left(\frac{\text{リスク削減に対するWTP}}{\text{リスク削減}} \right) \\ &= \text{期待救命人数} \times \text{統計的生命価値}^* (\text{value of a statistical life: VSL}) \end{aligned}$$

◆ 支払意思額 (WTP)

- ◆ 購入してもよいと考える最大の額

◆ 「単位リスク削減に対するWTP」である「VSL」とは何か？

- ◆ 1単位分の(死亡)リスクを削減する。
 - 死亡確率100%を削減
- ◆ 「死亡を回避するための」WTP
 - 現時点の状況(自然状態でのリスク)によりWTPは異なる？

*「確率的生命価値」や「確率的生命の価値」と訳されるときもある。

12

便益の数値例

第6回学術集会 講演資料

◆ SIMRiC cityで測定されたWTPとVSL

- ◆ 社会調査結果
 - 死亡確率が「10万分の1」削減することに対するWTP:1000円/人

$$\text{VSL} = \frac{1000}{1.0 \times 10^{-5}} = 1 \text{億円/人}$$

◆ SIMRiC cityにおける安全規制の選択

- ◆ 規制A
 - 期待救命人数: 50人
 - 費用: 40億円
 - 規制Aの正味の便益 = 50人 × 1億円 /人 - 40億円 = 10億円
- ◆ 規制B
 - 期待救命人数: 5人
 - 費用: 1億円
 - 規制Bの正味の便益 = 5人 × 1億円 /人 - 1億円 = 4億円

→ 規制Aを選択

SIMRiC

13

第6回学術集会 講演資料

WTP・VSLの測定方法

◆ 顕示選好法 (revealed preference method)

- ◆ 利用者や消費者の経済活動のデータを観察することで得られる便益を間接的に推定する方法
 - リスク(外傷、罹患、死亡)のある作業のある労働の賃金は高くなる傾向がある。
- ◆ 個人のリスク嗜好を把握することは不可
- ◆ 米国(交通): 900万-1,000万ドル

◆ 表明選好法 (stated preference method)

- ◆ 社会調査(主にアンケート)における実験やラボ実験(経済実験)によって、その価値を直接尋ねて評価する手法
 - 「死亡リスクを10万分の1削減できる場合、1,000円を支払う意思はあるか？」
- ◆ 実験条件等のバイアスにより、誤差が大きくなる可能性がある。
- ◆ OECD: 360万ドル
 - 一般的に、顕示選好法と比較し、表明選好法の方が、低い値が推定される。

→ 顕示選好法と表明選好法のいずれでの評価も必要！

SIMRiC

14

第6回学術集会 講演資料

VSLの測定(高嶋・鶴飼・伊藤, 2017)

◆ 調査形式

- ◆ 時期: 2016年12月21日-2016年12月26日
- ◆ 方式: web調査(委託: 株式会社マクロミル)
- ◆ 地域: 全国
 - 北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州の8つの地域
- ◆ 対象: 15~69歳男女
- ◆ サンプル数: 1,912人

◆ VSLの測定方法

- ◆ アンケート項目
 - 二段階二択選択方式
- ◆ 推定方法
 - 対数線形ロジットモデル

◆ その他の測定項目

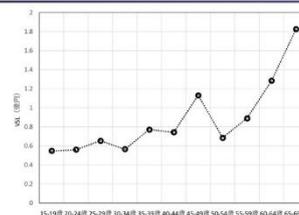
- ◆ ドクターヘリ利用のWTP(本当の目的はこちら)

SIMRiC

15

第6回学術集会 講演資料

年齢との関係



◆ 平均VSL: 7,975万円

- ◆ 74万ドル(2016年) (Homann, Krupnick, and Qin, 2017)
 - 7,980-8,128万円(2016年平均為替レート: 107.84-109.84)

◆ 逆U字型の関係 (Aldy and Viscusi, 2008)

- ◆ 所得の影響が大きく、各国固有の性質を有する。

SIMRiC

16

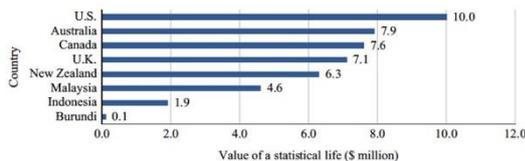
ので、どちらの評価も必要ということになります。

まず私が5年前にドクターヘリ整備のWTPを求めるために、死亡リスクも扱っていたということでVSLも測定しました。縦軸がVSL、横軸が年齢となっています。年齢でVSLということで、平均が7975万円ということで、先行研究の値には収まっています。しかしながら、これは顕示選好法でのVSLの国際比較というのですが、米国とか豪州、カナダって、約10億円となっています。単純に今は1ドル100円ではないですが、1ドル100円であるとして10億円というオーダーです。ということで、表明選好法のこちらよりも非常に高い値になっていることがわかります。

また、これは年齢とともにVSLが増加することが見て取れると思います。これはそれぞれ所得の影響もありますが、例えば、これは米国における年齢とVSLの関係ですが、逆U字であることがわかります。ただ、これは日本と違うところは高齢になると、どの程度保障されているかということです。日本の場合は、米国と比べて非常に保障されていると思いますので、そういう影響もあって増加している傾向にあります。米国では下がっていくといった、こういうような結果になっていまして、それぞれ地域も違えば年齢も違って、それぞれ異なる便益を持っているということがここからもうかがえます。また、これは所得について、所得が横軸で縦軸がVSLですが、所得によっても異なるということがあります。

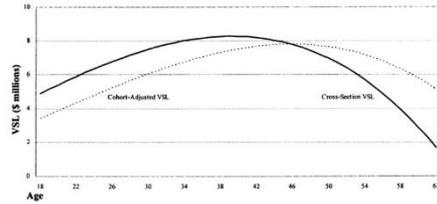
また、こちらは私の専門である放射線被曝に関する関係する金銭価値に換算する被曝線量変換因子というものの結果ですが、放射線を扱うような原子力関係、放射線を扱う施設は規制する必要があるときに、放射線被曝やそれに伴うがんリスクを考える必要があります。それを経済性評価するためには、そのがんリスクというものを金銭価値に換算する必要があります。以前から、この変換因子というものが見積もられてきました。最初、95年では20万ドル。これは名目リスク係数は、被曝したときの死亡リスクというものだと思ってください。そういうものとVSLの300万ドル、約3億円というものを使って、この20万ドル/

VSL国際比較



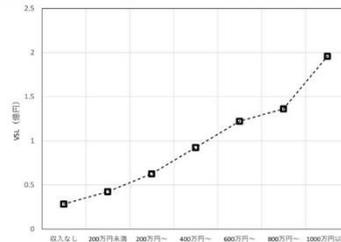
- ◆ Viscusi (2018)
 - 米国のVSLを基準に、所得弾力性、国民総所得等のデータを用いて推定
 - 各国、表明選好法の値より高い値となっている。

VSLと年齢の関係



- ◆ Aldy and Viscusi (2008)
 - 年齢とともにVSLは増加するが、ある年齢に達すると減少傾向になる。
 - 生涯における消費や出生年代の影響を考慮した場合、その変化は緩やか。

所得との関係



- ◆ これまでの多くの実証研究で所得ともに増加することが示されている (Knesner and Viscusi, 2019) .
- ◆ 表明選好法による研究では、低所得国のデータが不十分

被ばく線量変換因子

- ◆ 放射線を扱うような原子力施設等の規制評価に重要な因子
 - 人体が受ける放射線影響の度合いの単位 (Sv) → がんリスク-金銭価値換算
- ◆ NRC (1995)
 - 20万ドル/人・Sv
 - 名目リスク係数: 7.3×10^{-2} /人・Sv (ICRP, 1990)
 - VSL: 300万ドル/人 (OMB)
- ◆ NRC (2015)
 - 51万ドル/人・Sv
 - 名目リスク係数: 5.7×10^{-2} /人・Sv (ICRP, 2007)
 - VSL: 900万ドル/人 (DOT; EPA)
- ◆ VSLの更新 (t年のVSL: V_t)

$$V_t = V_0 \times \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \times \left(\frac{E_t}{E_0} \right)^\alpha$$
 - P_t : t年の消費者物価指数
 - E_t : t年の平均所得
 - α : 所得弾力性 (0.5を使用)

変換因子の更新 (高嶋, 2020)

- ◆ 使用データ
 - Bureau of Labor Statistics, Consumer Price Index Archived News Releases.
 - Bureau of Labor Statistics, Usual Weekly Earnings of Wage and Salary Workers Archived News Releases.

年	P_t	E_t	V_t (ドル)	変換因子 (ドル/人・Sv)
2014	236.7	791	900万	51万
2015	237.0	802	907万	52万
2016	240.0	823	931万	53万
2017	245.1	855	969万	55万
2018	251.1	873	1003万	57万
2019	255.7	898	1036万	59万

- ◆ 実証研究におけるVSLの推定 (Viscusi, 2019)
 - 2016年、2017年測定したVSL
 - 950万-1000万ドル

人・Sv という値を出しています。これが 2015 年になると 51 万ドルに変わっています。これは倍以上になっていることがわかります。便益が決定されてその便益と費用を引いた分で決定されますので、その便益が大きく変わりますと、意思決定も変わるということになります。では、ここで VSL を更新してどの程度変わるのかということを見たいと思います。

こちらは同じように、こちらが見積もったものと同じような米国のデータを使って VSL を更新しました。この値というのは、先行研究の文献と同じような値ですので、このような簡単な手法でもある程度は求まるものだというのが私の感想です。それに交換因子、先ほどの名目リスク係数を掛けたらこのようになりまして、51 万から 59 万に変わります。また、名目リスク係数も更新されます。技術も変われば、そのようなデータも変わるということで、そういうところからも交換因子というものは、さらに変わりますので、ずっと追いついていかないとけないなというふうに思っています。

これまでの内容では、人の心理的なものは考えなしに便益はこのように求まるということを示しましたが、実は人というのはリスク・恐怖を感じたときには正しく判断できません。特に、このリスクを計算するときに確率というもの是非常に重要になりますので、そういうものを合わせて評価することになります。ただ人というのは、恐怖を感じたときに確率を正しく判断できないというのはよくあると思います。自然災害やパンデミック、原子力の事故などです。また、マスメディアの影響を大きく受けるということもあります。では、どのように政府は対応すべきであるかということになりますが、もちろん政府のみで無理な場合、民間・公共のリソースを割いても対応するべきですが、費用として考えたときに、恐怖が費用に変わるわけです。安全だけでなく安心が得られるようなリスク削減策というのがあり、それを含めた場合どうなるかという議論もあって良いのかなと考えています。だから、先ほどの許容できるリスクとか受け入れられるリスクという話になるのですが、そういうところも含めて費用として考えたときに、費用便益はどのような値になるのかということも考慮しても良いのではないかと考えています。

例えば、先行研究の結果で、がんリスクに対してこちらが通常の 10 万分の 1 と 100 万分の 1 というがんリスクに対して回避できたときの支払意思額を測定する実験ですが、こちらはがんに対する一般的な説明をしたものである一方、こちらは症状に対してリアルな（感情的な）画像を見せながら説明するというもので、それぞれどう違うかということを示したものです。例えば、リスクが 10 万分の 1 の場合、WTP というのは一般的には 10 万分の 1 になりますが、そうはならないということで、これは確率が異なるという結果になっています。その一方で、感情的な場合は、

ほとんど WTP の差がないことがわかります。がんのリスクは、他のリスクと異なり、過大評価することが考えられますが、恐怖を感じるにより、さらに認識が欠如してしまうってことがあり、こういうところもしっかり分かった上で判断すべきであるということがわかります。

こちらは、私が昨年実施した研究成果でして、こちらは情報とその情報を与えたことによってどの程度支払意思額が変わるのかということを見た成果となっています。題材としてはエコカーです。電気自動車や燃料電池自動車、ハイブリッドの自動車などで、それを用いて、例えば、二酸化炭素排出や燃費、それに対してどの程度改善したら、どれだけ支払う意思があるのか、もしくはその情報を与え

第6回学術集会 講演資料

確率認識の欠如

- ◆ 大きなリスク（恐怖）を感じたとき、その結果や影響（悪い）そのものに集中してしまい、生起確率を正しく判断することが困難になる。
 - 自然災害、パンデミック、原子力発電事故、テロなど
 - マスメディアの影響を受ける可能性も大
 - 「生起確率」×「影響（被害）」で判断すべきかどうか。
 - 「期待値」で判断可能か？ 実現値のみ（最悪の状況の）をみているのでは？
- ◆ 政府はどのように対応すべきか？
 - 民間・公共のリソースを割いても対応すべき！
 - 「恐怖」が費用へと変わる。
 - 「安全」ではなく「安心」が得られるようなリスク削減策
 - 便益が費用を上回れば、合理的な判断であると言える。
 - 下回ったときの対応は？

SIMRiC

22

第6回学術集会 講演資料

がんリスクに対するWTP

Probability	Unemotional description	Emotional description
1/100,000	241.25 (100) [20]	250 (100) [13]
1/1,000,000	59.21 (25) [19]	211.67 (200) [15]

Values are given as mean (median) and number of subjects in brackets []

- ◆ Sunstein and Zeckhauser (2011)
 - がんリスクに対するWTPの測定実験
 - 10万分の1、100万分の1のリスク回避
 - がんに対する記述（がんの説明の程度（感情的かどうか））
 - 実験結果
 - リスクが1/10の場合でも、WTPは1/10より大きい値
 - 確率加重関数（プロスペクト理論）
 - 感情的な場合、WTPの差が小さくなる。

→ 確率認識の欠如

SIMRiC

23

第6回学術集会 講演資料

情報とWTP*

- ◆ 社会調査
 - 実施時期：2021年2月16日～ 2021年2月18日
 - 方式：web調査（委託：株式会社マクロミル）
 - 地域：全国
 - 対象：20～69歳男女
 - サンプル数：1720
 - 人口・社会統計に基づき、年齢・世帯年収の層別ランダムサンプリング
 - 質問項目
 - エネルギー技術の社会的受容性、自動車の購入
- ◆ 実験
 - 選択型実験
 - エコカーの選択に関わる支払意思額（WTP）の測定
 - ランダム化比較試験
 - エネルギー・環境に関する情報を与える処置群と情報を与えない対照群の2グループに分ける。
 - 支払意思額を推定

* 本研究は、政策研究大学院大学の田中誠教授との共同実施。

24

SLが5億円としましょう。導入費用は55億円です。現在のOIRAの決定方法では、VSL掛ける死亡件数を避けることの件数で費用を引くと、マイナス5億円となります。そうすると、この規制を適用する可能性は低くなります。ただ、ここで重要なのは、ここにあるBroome's paradoxというものがありまして、これは例えば、ある事象で1人の死亡が生じてしまうことがあったとします。その一人が特定化されてしまったときというのは、恐らくそれはやめたほうがいいってことになると思います。しかしながら、社会的には良いと判断されて、それが特定化されていないような場合には、意見が出ないことがあります。そのような特定化されていない場合は、特定化されている場合より採択される可能性が高くなるというのが、Broome's paradoxというものです。すなわち、この10人がある程度絞られている場合は、倫理的な問題が生じます。そのような場合は、すぐに決断せずに、例えば1年後、様子を見て、死亡件数が変わらない場合はやらないと判断し、その一方、15件になったときに確率2分の1として実施するということになりますので、このような計算になります。そうすると、これは先ほどマイナスだったものがプラスになって正当化されるということです。こういうことで倫理的な問題を緩和する可能性は、先送りにすることによってできるのではないかと考えてられます。

もう一つは、安全と安心です。先ほどこれも述べましたように、安全の水準で本当はやるのですが、安心も含めて費用化して評価してはどうかということです。例えば、今、安全性のみを考慮したときは正味の便益は10億円で、安心を担保するためにさらに追加で20億円かかるとします。そうするとマイナス10億円になるということです。例えば、今ここでマイナスになるのですが、これがプラスであれば、安心を含めて実施可能だということに見なしても私は良いのではないかと考えます。原子力の世論では、リスク認知に関する結果を時系列データとして見た場合、安全性ことは多々あります。これはマスコミがどの程度の情報を流しているかにもよります。そういうことが実際に、1年後の将来、追加費用というもの認知されて、社会に安全性が認知されて費用が少なくなるとします。その状況を考えるとリアルオプション的な決定方法ではプラスになるということで、こういうところからも決して単純に経済性だけではなく、こういう社会の受容性やリスク認知というものを含めた形で評価した場合、数値的にも出てきて判断材料になるということが、一つの例として今示しました。

おわりに

最後に、本講演では、安全基準や規制などでは、リスクアセスメントを前提として考えており、最近、経済性指標というものを考えるようになったことを示しました。それは、理解しやすいことや、様々な観点で比べやすいという

第6回学術集会 講演資料

倫理的問題の緩和

- ◆ ある規制(技術)の導入により、死亡件数を10件を防止することができる。

- VSL=5億円/人
- 導入費用:55億円

- ◆ 現在のOIRAの決定方法

$$5 \text{ 億円 / 人} \times 10 \text{ 人} - 55 \text{ 億円} = -5 \text{ 億円}$$

- この規制を適用する可能性は低い。
- この10人がある程度絞られる場合(地域等で)、倫理的な問題から批判される可能性がある。
→ Broome's paradox

- Broome's paradoxとは?

- あるプロジェクトを実施する場合、一人の死亡が生じる可能性がある。
- 対象が特定されない場合は、プロジェクトは適用される。
- ほぼ特定されるような状況では、プロジェクトは採用されない。

SIMRiC

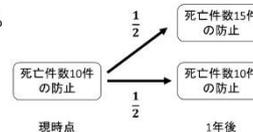
30

第6回学術集会 講演資料

倫理的問題の緩和(つづき)

- ◆ 技術革新により一年後、死亡の防止数を15件に増加させる可能性あり。

- 確率:0.5
- 割引率:10%



- ◆ リアルオプションの決定方法

$$\frac{1}{2} \times \frac{5 \text{ 億円 / 人} \times 15 \text{ 人} - 55 \text{ 億円}}{1 + 0.1} = 9.091 \text{ 億円}$$

- 現時点で採用せず、技術革新の可能性を待ってから実施することが正当化される。
- 現時点で決定(不採用)することで生じる問題を緩和する可能性がある。
→ 便益以上の価値となる可能性

SIMRiC

31

第6回学術集会 講演資料

安全と安心

- ◆ ある規制(技術)の導入により、死亡件数を5件防止することができる。科学的に証明されている安全性に関わる費用の他に、地域住民の安心を担保するに追加費用が付加される。

- VSL=5億円/人
- 科学的な安全性を担保するときの費用:15億円
- 「安心」まで担保するときの追加費用:20億円

- ◆ 現在のOIRAの決定方法

- 安全性のみ
 $5 \text{ 億円 / 人} \times 5 \text{ 人} - 15 \text{ 億円} = 10 \text{ 億円}$
- 安心を担保
 $5 \text{ 億円 / 人} \times 5 \text{ 人} - (15 \text{ 億円} + 20 \text{ 億円}) = -10 \text{ 億円}$

- 実際には、安心を担保した費用がかかるため、採択されない可能性がある。

SIMRiC

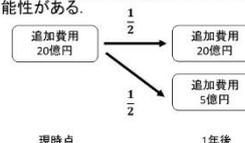
32

第6回学術集会 講演資料

安全と安心(つづき)

- ◆ 安全性が社会に認知(リスク認知が軽減)され、安心を担保するための追加費用が減少する可能性がある。

- 確率:0.5
- 割引率:10%



- ◆ リアルオプション的決定方法

$$\frac{1}{2} \times \frac{5 \text{ 億円 / 人} \times 5 \text{ 人} - (15 \text{ 億円} + 5 \text{ 億円})}{1 + 0.1} = 2.273 \text{ 億円}$$

- 1年後に決定を先延ばしたことで、本規制が実施される可能性がある。
- 科学的な安全性のみならず心理的な安心も含めた費用でも正当化される。

SIMRiC

33

まとめと今後の展望

- ◆ リスクアセスメント
- ◆ 費用便益分析
 - 米国における適用
 - VSLの測定
- ◆ リアルオプションの適用
 - 倫理的な問題の緩和
 - 心理的な費用
- ◆ 今後の展望
 - 分野に合わせた経済性評価手法の構築
 - 放射線防護、ヘルスケア、まだ確立していない分野へ...
 - 許容可能リスクとは？
 - 社会的受容性、リスク認知の把握
 - リスクコミュニケーションの必要性

SIMR1C

35

利点があるからです。日本でもそのような潮流がある一方、米国ではさらに進んでいて、費用便益分析を使用していることを紹介しました。冒頭でも述べましたように、COVID-19の評価もなかなか難しく、その便益というものも色々な面で考える必要があり、研究をさらに進める必要性というものがあります。また、不確実性やリスクというものを動的に考えることの重要性、これはもしかすると今まで解決できなかったもの、倫理的なものや心理的な費用などを解決するのではないかとということの話題提供をしました。今後の展望としましては、経済性評価手法の構築、放射線防護やヘルスケア、まだ確立していない分野の経済性評価手法が社会に認知されることや、リスク認知が軽減するというものをどのように構築していったら良いのかということを考えていきたいと思います。また、許容可能リスクとは何かということはなかなか難しいことであると考えています。これについては、分野によって異なると思いますので、社会的受容性、リスク認知の把握のみならず、リスクコミュニケーションに関する研究も行うことを考えています。次の鷹屋先生にもあると思いますが、リスクコミュニケーションの必要性というところを意識しながらこの許容リスク、許容可能リスクというものを考えていきたいと思っております。

質疑応答

○市村 私のほうから一つだけ質問させていただいてよろしいですか。安心を加えたときの追加費用の計算というのは、安全のときと同じような計算の感じでよろしいでしょうか。やっぱり安心と安全では計算の仕方って違うのでしょうか。

○高嶋 そうですね、これは単純に追加費用がかかる設定となっています。だから、いわゆる地域の人や国民が、さらに水準を上げてください、もっと厳しくしてくださいと言われたときにかかる費用が単純に 20 億円と設定しています。本当は、通常の方としましては、安心というものについて理解を示して、コストを抑えるべきじゃないかという議論もありますが、私は、そうではなく、費用と便益を比較してペイするのであれば、それも含めて議論しても良いのではないかと考えています。だから、この安全性のみだとプラスですが、これに安心を加えるとマイナスで、時間の限界はありますが、コストが低下するまで待ちましょうといった話になります。このような指標を見ながら議論、検討するということになるのかなと考えています。

○市村 ありがとうございます。

参考文献

- 1) 高嶋隆太：社会における経済合理性と受容性-放射線防護における EBPM を目指して-. FB News 522, 7-11, 2020.
- 2) 高嶋隆太, 鶴飼孝盛, 伊藤真理：ドクターヘリの費用便益分析に関する研究. 厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）研究課題「ドクターヘリの適正配置・利用に関する研究」（研究代表者：猪口貞樹）分担研究終了報告書, 2017.
- 3) 中央労働災害防止協会/国立研究開発法人産業技術総合研究所：安全対策の経済的評価に関する調査研究（2年目）～中間報告～, 2022.
- 4) Aldy, J.E., Viscusi, W.K.: Adjusting the value of a statistical life for age and cohort effects. *Review of Economics and Statistics* 90, 573-581, 2008.
- 5) Hoffmann, S., Krupnick, A., Qin, P.: Building a set of internationally comparable value of statistical life studies: Estimates of Chinese willingness to pay to reduce mortality risk. *Journal of Cost-Benefit Analysis* 8, 251-289 2017.
- 6) International Commission on Radiological Protection/ICRP: Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37, *Annals of the ICRP* 10 (2/3), 1983.
- 7) International Commission on Radiological Protection/ICRP: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, *Annals of the ICRP* 21 (1-3), 1990.
- 8) International Commission on Radiological Protection/ICRP: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, *Annals of the ICRP* 37 (2-4), 2007.
- 9) Kniesner, T.J., Viscusi, W.K.: The Value of a Statistical Life. *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*, forthcoming, 2019.
- 10) Nuclear Regulatory Commission/NRC: Reassessment of NRC's Dollar Per Person-Rem Conversion Factor Policy. NUREG-1530. Washington DC, 1995.
- 11) Nuclear Regulatory Commission/NRC: Regulatory Analysis Guidelines of the U.S. NRC. NUREG/BR-0058, Washington DC, 1997.
- 12) Nuclear Regulatory Commission/NRC: Reassessment of NRC's Dollar Per Person-Rem Conversion Factor Policy. NUREG-1530, Rev. 1, Washington DC, 2015.
- 13) OECD: Cost-Benefit Analysis and the Environment: Further Developments and Policy Use. OECD Publishing, Paris, 2018.
- 14) Pindyck, R.S.: COVID-19 and the welfare effects of reducing Contagion. NBER Working Paper Series, Working Paper 27121, 2020.
- 15) Pratt, J. W., Zeckhauser, R.J.: Willingness to pay and the distribution of risk and wealth. *Journal of Political Economy* 104, 747-763, 1996.
- 16) Sunstein, C.R., Zeckhauser, R.: Overreaction to fearsome risks. *Environmental and Resource Economics* 48, 435-449, 2011.
- 17) Viscusi, W.K.: Pricing lives: International guideposts for safety. *Economic Record* 94, 1-10, 2018.
- 18) Viscusi, W.K.: Identifying the legitimate role of the value of a statistical life in legal contexts. *Journal of Legal Economics* 25, 5-28, 2019.

Risk and benefit in the natural and social environment: Beyond risk assessment

Ryuta TAKASHIMA

*Faculty of Science and Technology, Department of Industrial and Systems Engineering,
Tokyo University of Science*

Abstract

It is a law of nature to reduce or eliminate dangerous and harmful things and events. Risk assessment is a series of steps in which decisions are made by identifying, analyzing, and evaluating risks before taking these steps. This paper emphasizes (1) the importance of economic evaluation of policies and regulations to reduce risks, and (2) the difficulty in measuring the benefits of reducing risks by conducting a cost-benefit analysis when adopting target policies and regulations, and (3) Possibility of solving existing problems using real options, which is a decision-making method under uncertainty.

We sincerely hope that these economic evaluations go beyond risk assessment and are applied in real society, contributing to the establishment of safe and secure social systems that can deal with various risks.

KEYWORDS: risk assessment, risk, cost benefit, gross benefit, real options, policy-making

化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり

Risks of chemical exposure and creating a safe and secure working environment

鷹屋 光俊

Mitsutoshi TAKAYA

抄録

事業者による化学物質管理は、労働安全衛生法で規定されている。明らかにリスクが高い化学物質は国が規制を行うが、事業者自身の情報収集などによる自律的なリスク管理を基軸とする規制に移行した。この制度改正は、職場で使用される化学物質の種類が増え、管理方法を法令で細かく規制する方法では労働者の健康を守ることが難しくなったためである。制度改正のきっかけともなった、近年起きた化学物質による労働災害として、橋梁塗装剥離作業における鉛中毒、印刷工場で発生した胆管がん、化学工場で発生した膀胱がんなどを紹介する。どのように安全な労働環境をつくるかを考える上で、化学物質のリスクアセスメントとリスクコミュニケーションは不可欠である。

Key words: 化学物質曝露、労働環境、労働安全衛生法、労働災害、リスクアセスメント、リスクコミュニケーション

労働環境中の化学物質管理の方法が非常に大きく変わろうとしています。それで現状とどのように変わるのか、そしてこのように変わるきっかけとなった化学物質によって起きた災害事例を紹介したいと思います。そして、私たちの分野でどういうふうにリスクアセスメントをやっているか。そしてそのリスクアセスメントを基に、どのようにリスクコミュニケーションをやらなくちゃいけないのか、リスクコミュニケーションに関しては、まだまだ問題が多いと感じますので、それについて問題提起、話題提供をさせていただきます。

まずは、労働安全衛生法（安衛法）上の職場の化学物質管理が大きく変わるということについてご紹介させていただきます。次に、制度改正のきっかけとなった労働災害のうち、3例ご紹介させていただきます。そして、化学物質のリスクアセスメントの実態を少しテクニカルな話を交

えて話させていただき、最後にリスクコミュニケーションをどう取っていくか、それについての問題提起などをさせていただきます。

前の講演でも、リスクなのかクライシスなのかというお話がありましたけど、そもそもこれらの言葉が人によって共通言語じゃなかったりするんじゃないかと思っていました。私の講演ではこれらの言葉をどういう意味で使うのかということについてあらかじめ示しておきます。まず、ハザードという言葉を使います。ハザードというのは、例えば毒性の強さですとか燃えやすさとか爆発する場合の危険性とか、そういう化学物質が持つ危険有害性そのものについて、私はこの講演ではハザードという言葉を使います。それに対してばく露というものがあります。ばく露は、危

本日の講演内容

- 大きく変わる職場の化学物質管理
- 近年起きた化学物質による労働災害
(労働安全衛生総合研究所の災害調査より)
 - 橋梁塗装剥離作業における鉛中毒
 - 印刷工場で発生した胆管がん
 - 化学工場で発生した膀胱がん
- どのように安全な労働環境をつくるか (化学物質のリスクアセスメント)
 - 敵を知る ハザード情報
 - 己を知る ばく露管理
- どのように安心な労働環境をつくるか (リスクコミュニケーション)

連絡先：鷹屋 光俊 takaya@h.jniosh.johas.go.jp
 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
 化学物質情報管理研究センターばく露評価研究部
 Division of Exposure Science, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan (JNIOSH)

(2023年12月11日受理・掲載)



用語定義 労働安全衛生における化学物質のリスクとハザード

- **ハザード**
 - 化学物質そのものがもつ危険有害性およびその程度。
- **ばく露（ばく露リスク）**
 - 危険性：化学物質にどの程度曝されるのかわかるのか。
 - 有害性：化学物質労働者に取り込まれる量。
- **ばく露濃度**
 - 労働者の呼吸域（顔の周辺）の化学物質の濃度
 - 通常は8時間の時間加重平均値を許容濃度と比較して評価
 - 物質によっては天井値や15分の短時間についての許容濃度が設定されている
- **リスク**
 - ハザードの程度とばく露の程度の両方から評価した化学物質が労働者の健康に影響する程度。ハザードとリスクの積とされる場合が多い。
- **許容濃度**
 - ハザードの大きさに応じて決められる健康影響がないと考えられるばく露濃度の水準
 - 8時間の時間加重平均、天井値、15分間値などがある

危険あるいは有害性にどれくらい触れることがあるかです。危険の場合は主に確率で評価されることになると思います。有害性の場合は、まさに体に取り込む量です。これをばく露と呼ばせていただきます。そしてそのばく露の定量的尺度としてばく露濃度があります。これは現実呼吸とともに化学物質が入ることを前提といたしまして、鼻や口のそばの化学物質の濃度のことをばく露濃度という言葉で示します。そして私どもが今日使うリスクというのは、そのハザード掛けるばく露がリスクとなります。こういった定義でしゃべらせていただきます。そしてもう一つ、許容濃度という言葉を使いますが、これはハザードの大きさもある程度定量的に評価した各国であったり学会であったり、規制であったり勧告した濃度です。これは蓄積量として評価する8時間の濃度で示されている数字もありますし、それから短時間で健康影響を与えるようなものに関しましては、もうこの値を超えてはいけないという天井値で表示される場合もありますし、短時間の15分で評価する値など、様々なものがあります。

それでは、まず安衛法による職場の化学物質管理が大きく変わるという話をさせていただきます。安衛法というのは今年で制定後50年です。もともと安衛法ができる前に労働者の安全を守る法律がなかったのかといいますとそうではなくて、労働基準法の中にありました。ただ、労働者の安全衛生を保つためには非常にたくさんのルールが必要であるということで、50年前に単独の法律としてできました。安衛法に沿っていろいろなルールができています。このルールは非常に多岐にわたっておりまして、これは端的に分かりやすい画かなと思っております。この写真を示しておりますけれど、この3冊の本があるんですけど、実際には法律とそれに関する政省令というのは第1分冊に納まっていますが、それを運用するための事細かなルールなどを解説するには分厚い本が必要です。これは化学物質だけではなくて、いろいろな安全も含めての話ですけど、このような非常に膨大なルールが決められて、労働者の安全衛生というものを守るような仕組みができております。

それで、これは厚生労働省がよく使っている図なので見られた方は結構いらっしゃるかと思いますけど、労働安全衛生法における化学物質規制の現行の体系です。実際に産業化学物質というのは数万あります。リスクが高いもの

大きく変わる職場の化学物質管理

- **労働安全衛生法**
 - 昭和四十七年に労働基準法の安全衛生にかかる章を独立させて制定。今年で50年。
 - 施行令（政令）のほか、各種規則（厚生労働省令）、厚生労働大臣告示からなる膨大な法令体系からなる。
 - 化学物質等に係わるもの
 - 特定化学物質障害予防規則
 - 有機溶剤障害予防規則
 - 鉛障害予防規則
 - 四アルキル鉛中毒予防規則



現行の職場における化学物質対策

労働安全衛生関係法令における化学物質管理の体系

出典：厚生労働省 <https://www.mhlw.go.jp/content/11201000/00084780.pdf>

現行の職場における化学物質対策

労働安全衛生関係法令における化学物質管理の体系

出典：厚生労働省 <https://www.mhlw.go.jp/content/11201000/00084780.pdf>

規制から自主管理へ

見直し後の化学物質規制の仕組み（自律的な管理を基軸とする規制）

出典：厚生労働省 <https://www.mhlw.go.jp/content/11201000/00084780.pdf>

のはより厳しい規制下に置かれますが、その数は規制が厳しいほど少なくなります。一番厳しい製造・使用の禁止は8物質です。この図は三角形なんですけど、下の図のように、こんなじゃないかという批判があります。つまりたくさんある物質のうち、実際に規制がかかっているのは極一部ではないかという批判です。これは一面の事実です。ただ、こうなっている理由があります。規制は非常に難しいものです。例えば守らないと刑事の罰則があったり、刑事罰までゆかなくても、製造や使用の禁止といった行政罰があります。これらは、私権、私の権利を権力が制限するわけで、これは十分なエビデンスの裏付けがないと厳しい規制はできないわけです。

そのため、どうしても安衛法は、いま紹介したような複雑かつ膨大な法体系ではあるんですけども、より詳細に安全衛生対策をやれと言っている物質は結局その一部、数万ある産業化学物質のほんの数百にとどまっているというのが現状です。

それが後ほど紹介する、いろいろな災害事例等もあり、それでは労働者の安全や健康を守り切れないのではないだろうかということで、厚生労働者の中に検討会が設けられ、先ほど、その報告書がまとまりまして、今から5年間ぐらいかけて自律管理に変えようという方向になっています。

つまり先ほどの分厚い本に書いてある、箸の上げ下ろしまで決まっているような非常に細かいやり方から、一応大枠は示します、これらの物質を扱うときには対策を取らなさいというものは示しますが、対策の細部に関しては、実際に物を扱って一番分かっている事業者自身がいろいろなやり方もリスクも調べ上げた上で、より自主的に方法を選んでくださいよというふうになります。このように、職場においては化学物質の管理において非常に大きな転換点にあるのが現状です。

では、どうしてこういうことになったか。これだけが原因なのではないですけど、結局あれだけ大きな安衛法令で労働者を守っているにもかかわらず実は守り切れなかった、化学物質に係る労働災害が幾つかありまして、それに伴う反省も踏まえまして法令が変わろうとしています。

災害事例について3つご紹介いたします。一つは高速道路橋塗装剥離工事における鉛中毒。これはどのようなものかといいますと、鉄でできた建造物というのはさび止めの塗装がしてあるのですが、古いさび止めの塗装は、大抵鉛が入っています。その塗装を再塗装するために古い塗膜を剥がす過程において鉛中毒が出ました。なぜそんなことになったかといいますと、基本的にこの塗膜に鉛だけじゃなくてPCB、もちろん鉛自身も汚染物質ですけどPCBが入っているということで、剥がす過程で周辺環境を汚染してはいけないということで、閉鎖空間で剥離工事をしました。閉鎖空間でやったが故に、実際に担当した労働者が非常に高濃度の塗膜粉じんを浴びることになりました。

どんな現場だったかについてご紹介いたします。これが図面です。大きな橋なので非常に高く、これが橋の梁ですね。橋の梁が人の身長よりも高いぐらいのところ、養生で囲まして、その中で作業者が実際に作業をしていました。写真を示しますと、これがもう梁です。この上は今、道路で実はこの日も車が走っています。このような状況で実際に作業しました。こちらは剥離作業、再塗装も終わっている区画です。ここに何かたくさんバケツのようなものがありますが、これに塗膜が入っています。こう剥がした塗膜も鉛やPCBが含まれますので、保管して高度な産業廃棄物の処理をするということだったんですけど、周りに汚染を広げないということのために、非常に狭い空

災害事例1 高速道路剥離工事における鉛中毒



道路橋の塗装を剥離する工事で鉛中毒が集団発生

塗装剥離作業

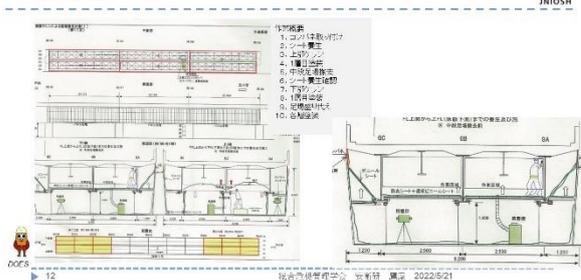
- 過去の塗装はPCB、鉛（防錆剤）、石綿などを含んでおり、塗膜の風化に伴いこれらの汚染物質が周辺に放出されるのを防ぐ必要がある。
- 剥離した塗膜が周辺に拡がらないように徹重に作業場所を覆ったため、逆に作業場所が高濃度になってしまった

対策

- 工法の抜本的な見直し 乾式の研り作業→剥離剤を使用した湿式作業



作業内容



現場



(労働安全衛生総合研究所 HP より)

災害事例2 印刷工場で発生した胆管がん



印刷工場で胆管がんが複数発生

- 発生頻度が高い、若年齢者にも発生→何らかの職業的ばく露が疑われた
- 実際の工場場で研究所職員が模擬的作業を行い、実際に高いばく露があった可能性を確認した。

問題となる化学物質は使用時は未規制物質

- 未規制≠有害性がない 未規制=有害性の情報が無い

有機溶剤の一部が、有機溶剤中毒(神経障害など)の防止を目的とする有機則と発がん性に着目した特化則と両方の規制対象となった。



間で作業が行われておりました。これが実際の作業なんですけど、実際にこういった梁に向かって電動やすりで塗膜を剥がすんですけど、この中が囲われた空間ということで非常に高濃度になって、実際の作業の方が鉛の高濃度ばく露を浴びてしまったという災害事例です。

次に印刷工場で発生した胆管がん事例がございまして、これはニュースになったので非常に有名な事例なので皆さんも知っているかと思います。胆管がんは、ある程度の高年齢者にとってはそんなに珍しい病気ではないのですが、若年齢者に発生頻度が高く出たので、これはおかしいということで何らかの職業的なばく露が疑われました。多分、

原因としては印刷工場であるので有機溶剤ではないだろうかということで、どれくらいの有機溶剤にばく露したんだろうかということで、私たちの研究所の職員が実際の工場に行き、模擬的作業を行いました。それは、印刷機を有機溶剤で洗浄するんですけど、実際に1分間に何ccぐらい有機溶剤を使って行うという情報を得て再現してみました。その結果、実際に非常に高い濃度の有機溶剤蒸気へのばく露があった可能性を確認しました。それで、ばく露濃度が高くがんの患者が出ているということで、問題となる化学物質はその洗浄に使った有機溶剤だろうということになっています。

この事例では何が問題だったかといいますと、未規制の物質だったということがあります。未規制物質故に普通の有機溶剤の中毒防止の対策が取られず、結果的により高いばく露が起きてしまったということがあります。これは後でも何回か大切なことと言いますが、未規制は有害性がないということを意味しません。未規制というのは実は有害性の情報が無いということです。僕はこれは常識として皆さんに分かってほしい話なんですけど、実は世の中の的にはこれは全く常識ではなく、結局こういった未規制物質による災害発生ということはどうしても起こり得ることでございます。

さらにこの件に関しましては、この未規制物質意外にも問題がありました。有機溶剤がいわゆる有機溶剤中毒、例えばシンナー中毒とか、そういったものに対する対策の規制があったんですけど、実は高濃度ばく露するとがんにもつながるといことがいままで知られていなかった。がんの原因としての対策が不十分だった。ですが高濃度有機溶剤ばく露の発がんへのリスクが明らかになったので、安衛法令では、有機溶剤の中毒への対策に加えて一部の有機溶剤に関しては発がん性に着目した管理も必要になりました。この時点ではむしろ、自主的に管理をしようという方向よりは、ルールがより複雑になるという形の改正が行われています。

もう一つ災害事例ですけど、これは化学工場で発生した膀胱がんの事例です。これも、報道などがありますので結構有名な話だと思いますけど、染料とか顔料の中間体、例えばカラープリンターのトナーとか、そういったものの色を作る成分の中間原料を製造する化学工場で膀胱がんが多発しました。

ここで使用されていた化学物質の一つは、国際がん研究機関でグループ1であり、発がん性ありと言っていることが分かっていました。発がん性があるということが分かっていたにもかかわらず、職業がんの多発事例が起きてしまった。その工場の空気中の濃度がそんなに高くなかったんですね。だから十分管理されていると考えられたいた。にもかかわらず、実際にはがん患者が出た。

災害事例 3 化学工場で発生した膀胱がん



▶ 染料・顔料の中間体を製造する化学工場で膀胱がんが多発

1. 使用されている原料のひとつ（芳香族アミン）は国際癌研究所（IARC）がヒトへの発がん性ありとしていた物質だった。
2. 環境濃度・ばく露濃度を測定したが、濃度は低かった。一方で、作業者の尿中からは芳香族アミンが検出された。
3. 作業内容の解析・手袋の分析等より、主たるばく露経路は、皮膚からだ と判断された。



▶ 15

名古屋健康科学部 労働研 調査 2022/5/21

災害の原因から



▶ 囲い込みが新たなリスクをもたらす

- ・ 一般環境や、建屋内の周辺への汚染を防止するために囲い込みを行う事は広く実施されている。
- ・ 囲い込みの中で作業を行う労働者のばく露リスクは高くなる。

▶ 呼吸器系以外からのばく露対策も重要

- ・ 経皮吸収対策の重要性が再認識された。

▶ 未規制物質≠有害性がない

- ・ ハザード情報が規制物質に比べ少なくリスクを定量的に見積もることが困難。
- ・ むしろ規制物質よりも危ない可能性がある。



▶ 16

名古屋健康科学部 労働研 調査 2022/5/21

作業内容の解析、実際作業に使った手袋などを分析した結果、問題の有害化学物質は呼吸器から入ったのではなくて皮膚から入ったというふうに判断されました。

その結果、化学物質に関しましては呼吸だけでなく皮膚から入るリスクはあることは知られていたのですが、その問題の大きさが再認識されました。労働者の健康を守るためには対呼吸器だけではなくて経皮吸収の対策もより重要だということで、新たに経皮対策についても規制をかけようというような動きになっております。

3つの災害についてちょっと駆け足でお話ししましたけど、災害の原因からいくつかの課題が浮かび上がりました。

一つは囲い込みが新たなリスクをもたらす。つまり一般環境に対する環境対策と、実際そこで働いている労働者の健康障害防止対策というのは必ずしも目的が一致しない。一般環境への汚染防止対策を取れば取るほど、実は労働者のリスクが高くなる場合があるということが改めて分かったということもあります。

もう一つは、呼吸器系以外、つまり気中濃度だけコントロールしていても労働者を守り切れない。経皮ばく露対策も重要であるということが確認されました。

また、未規制物質イコール有害性がないというこの誤解に基づいて障害が起きてしまったことがあります。

これらを一個一個それぞれ突き詰めますと、特定の物質に関して非常に厳密なルールをつくっていたとしても、その例外には対応できなくて、物質によってその現場がケース・バイ・ケースで対策を考えていかなければ労働者の健康が守れないんじゃないだろうかということが改めて確認されたのです。そこで冒頭で述べましたように規制の対策、細かい規制ではなくて対策の細部は事業者自身が考える

いう自主的な対策の方向に安衛法自身の規制対策が大きく今かじを切るというきっかけとなっております。

では、どのようにリスクアセスメントすればいいかというと、これは少しテクニカルな話もありますが、ご紹介いたします。

一番根っこは敵を知るということでハザードです。ハザード、先ほど言いましたように毒性の強さとかそういったものは知らなくちゃなりません。先ほども言いましたけど、実は規制にかかっている物質は非常に少ないと言いましたが、実はこのハザード情報も十分ではないんじゃないかと思えます。実際に産業化学物質が先ほど数万種類と言いましたが、例えば各国が許容濃度、つまりこれくらいの濃度でコントロールしなさいというハザードが分かって、濃度を定量的に示している物質は 1000 ありません。数百しかないのが現状です。だからやっぱり結局そこら辺、そもそも分かっていないというこういった問題があります。それからもう一つは明確に、しかも人の疫学、だからこの物質を使うと人の健康に本当に影響がありましたよって明確に分かっている物質ですとさらに少ないのが現状です。実際には動物実験とかそういったものに関する推定でしかないということがあります。だからやっぱりどこまでその情報があるかということに関しては、ちょっと難しい面があるなと思っています。

もう一つ少しややこしい、これも技術的な話かと思えますけど、強さの程度が分かっているものと、強さの程度は実は分からなくて障害発生の確率しか分かっていないものもあるので、そこを正しく理解しないと対策が正しく取れないということがあります。

代表的なものは、国際がん研究機関の発がん分類があります。グループ1から3までありますが、これは情報の確からしきです。だから同じ1の中でも、発がん性が強かったり弱かったり、それからがんになった後の予後がよかったり悪かったりするものが同じグループに入っている。ハザードの強さに係わる情報は一切なくて、発がん性の確からしきで1、2A、2Bと分けられている。2Aは1より安全と言うわけではありません。一方で、ハザードの強さを示す指標もあります。許容濃度などもハザードの強さを示していると言えます。この異質な尺度があって、その尺度の性質・性格をちゃんと分かった上で対策を取らなくてはいけないというのが難しいと日頃思っております。

次に、先に述べたとおりそもそも指標があるのが、数万の産業化学物質のうち数百しかないということです。ただし繰り返しますが、情報・あるいは指標がないということでは有害性がないことを示していない。しつこく繰り返しますが、データがないというのは有害性がないということではないので安易に規制値がない物質を選べると、後で非常に重篤な問題が起き得ると言うことは考えておかなければいけないと思います。

敵を知る(ハザード)



物質によってハザードに関する知見の量は大きく異なる

- ・ 実際にヒトへの健康影響のデータ(疫学)がある。
- ・ ある程度のばく露濃度と健康影響の関係が分かっている。
- ・ 有害性の有無しかわからない。
- ・ 動物実験、細胞実験による有害性のデータがある。

程度の定量的評価ではなく、情報の確からしさによる評価尺度の例
国際癌研究機関(IARC)の発がん分類(化学物質以外も含みます)

- 1:ヒトに対して発がん性がある(121)
- 2A:ヒトに対しておそらく発がん性がある(90)
- 2B:ヒトに対して発がん性がある可能性がある(322)
- 3:ヒトに対する発がん性について分類できない(498)



敵を知る(ハザード) その2



許容濃度:ハザードを定量的評価した指標といえる

- ・ 定義の例:ほとんどすべての作業者が毎日繰り返し暴露しても、有害な健康影響が現れないと考えられる化学物質の空气中濃度
- ・ 数値の出し方:疫学、動物、細胞などの毒性試験

(実際はハザードのみで決まらずリスクの考え方も加味されている)

数万種類の産業化学物質のうち、各国の機関・学会などが許容濃度を設定している(曲がりなりにもハザードが定量的に評価されている)物質は数百しかない



データがない≠有害性がない

己を知る(ばく露リスクの評価)



ばく露はどこから?

1. 呼吸器
2. 消化器
3. 経皮吸収

軽作業 毎分40L
8時間=480分
8時間で19200L

8時間の軽作業で呼吸する
空気量は
19200L=19.2m³≒25kg

計算例

トルエン(分子量 92.14)
20 ppm (v/v)の濃度で8時間働いたら?
1ppmあたり 0.0192Lの物質を吸入
20ppmあたり 0.384Lの物質を吸入
0.384L(0°C 1気圧)=0.017モル
=1.56g
Cr(VI) 0.05 mg/m³なら
0.05 mg/m³ × 19.2 m³ = 0.96mg



己を知る(ばく露リスクの評価)



ばく露はどこから?

1. 呼吸器
2. 消化器
3. 経皮吸収

屋外での事故例

鉛塗装の剥離作業
現場で、十分な手洗いの水などが確保できず、弁当などを食べる際に
経口でばく露したと思われる急性中毒例が報告されている



鉛による産業中毒:小川真規, 圓藤陽子, 安全スタッフ 38-39, 2008

己を知る(ばく露リスクの評価)

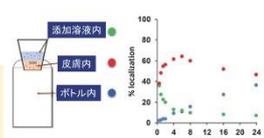


ばく露はどこから?

1. 呼吸器
2. 消化器
3. 経皮吸収

化学工場で発生した膀胱がんの原因物質はオルトトルイジンのばく露を追ってゆく経皮であろうとの結論が出た。その後、別の事業所で、他の化学物質(MOCA)でも同様なばく露と膀胱がん発生が疑われる事例が見つかり、経皮ばく露のリスク評価の重要性が再認識され、各種の研究を実施している。

培養細胞で形成した人工皮膚を用い、放射線ラベル(¹⁴C)を用いて化学物質の皮膚透過速度を評価(図はMOCAの例)



王、豊岡ら:産業化学物質の皮膚透過性評価法の確立とリスク評価への応用に関する研究(労働安全衛生総合研究所プロジェクト研究)

もう一つは、ハザード情報に加えてばく露を知ることです。ばく露というのはどこから来るかというと、呼吸から来るものが主であることは間違いありません。な

ので、労働者が働いている周りの空気の濃度をコントロールする必要は不可欠です。空気は、軽いので意識しませんが、呼吸の回数から言うと実に多くの空気を体は取り入れていますので、濃度が ppm オーダーであっても、思いのほかたくさん化学物質を呼吸から吸っています。

呼吸器からだけではなく、口から食べて入る例もありますし、皮膚から入る部分もあります。

先ほど紹介した膀胱がんの例をきっかけに、経皮吸収を定量的に評価する必要性が再認識されました。今、私どもの同僚が実施している人工的に作った皮膚とラジオアイソトープを使った経皮吸収の速度を測る実験系を組み立ててという研究を図で紹介いたします。以前は経皮吸収は、あるかなぐらいしか情報がなかったんですけど、このような定量的な情報を取れるような技術開発が行われています。

労働環境というのは発生源に近いので、化学物質もいろんな（化学・物理）形で身体に入りまして、その入り方によってリスクが結構違うということを示した図です。最初の図は、粒子の大きさが異なると体のどこまで入るかは大きく違うことを示しています。産業化学物質によっては、同じ成分で、ハザードが異なる大きさが違う粒子が混ざって使用される場合があります。その場合溶かして濃度を測っただけではリスク評価はできず、実際に飛んでいる粒子の情報が必要になります。3枚目は、溶接のヒュームの電子顕微鏡写真ですが、同じヒュームといっても形が違うものがある。形が違うのは生成機構が異なるためです。

生成機構が異なるため、形状が異なる個別の粒子は、それぞれ異なる化学組成を有し、ハザードが異なる場合があります。このように単純にサンプリングして濃度を測ればよいというわけではないというのが労働環境におけるばく露評価の難しい点だと思っています。

単純な化学物質でないときのリスク評価の方法は、混合物のリスク評価という形で、それぞれの物質のリスクを積算する方法や、特定の高ハザード成分をキーとして評価する方法があります。

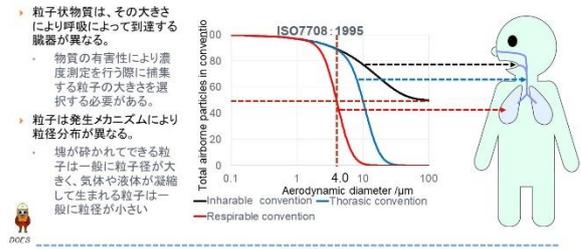
最後に重要な話としてリスクコミュニケーションについて説明いたします。リスクコミュニケーションのための制度、ツールは充実しつつあります。リスクコミュニケーションの送り手側の武器は、どんどんそろっています。図に示す国連GHSによるマーク等の情報をラベルに貼らなくちゃいけないとか、あるいは法令により SDS 提供が義務づけられている物質もあります。

SDS は、その内容が分かりにくいんじゃないかとかそういう話ではありますが、送り手側が使えるツールは、今、制度的なバックアップもありくり返しますが、充実しつつあります。

一方、私は大きな課題だと思っていますが、コミュニケーションは、送り手と受け手の両方が協力して成り立つんですけど、受け手のほうの問題はまだまだだと思っています。

敵を知り己を知る

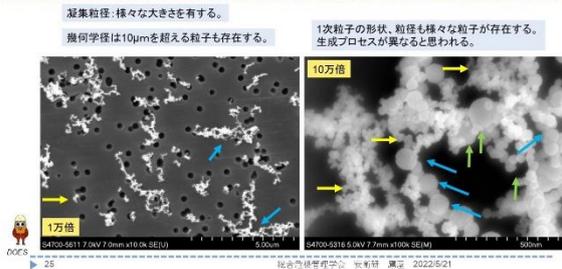
敵の正体は？（大きさによって変わる健康影響その1）



敵の正体は？（大きさによって変わる健康影響その2）



複雑な構成を持つ複合体の例（ばく露評価研究部溶接ヒューム）



単純な化学物質でないとき

- 混合物のリスク評価
 - 有機溶剤について現在の労働安全衛生法では、Σ濃度/管理濃度
- 高リスク成分をキーとして評価する方法
 - 粉じんの管理濃度
 - じん肺対策の観点からじん肺を引き起こす作業が強い結晶性二酸化硅素(遊離けい酸)含有率により粉じんの管理濃度を変える（諸外国の許容濃度も同じ考え方）
$$E = 3.0 / (1.19Q + 1)$$

E 管理濃度 (単位 mg/m³)
Q 当該粉じんの遊離けい酸含有率 (%)
 - 労働安全衛生法における溶接ヒュームの対策
 - ヒュームに多く含まれる成分のうち有害性が高いとされるマンガン濃度をキーとして、リスク評価を行い保護具（マスク）を決める。

リスクコミュニケーションの為に制度・ツールは充実しつつある

【炎】 【どくろ】

SDS GHS分類 ラベル表記 etc.

ケミちゃん

「化学高取扱いの事業者への方へ」
GHS716
化学が安全な活動に際しての表示表示の
D-16 提供 化学高取扱いの事業者への方へ
「化学高の分類および表示に関する 世界調和シ
ステム(GHS)」に基づき 化学品の危険有害性情
報の伝達
経済産業省・厚生労働省 共同プロジェクトより

<https://www.mhlw.go.jp/hew-info/kobetu/toudou/gyousei/anzen/dl/130813-01-all.pdf>

受け手のスキルをどうやっばりブラッシュアップしてゆか。教育というか、啓蒙という言葉は使いたくないんですけど、とにかくトレーニングする必要があります。

特に、化学の知識って意外にみんな知らないなっていうことが大きな問題だと感じています。加えて、安全より衛生はどうしても難しく、また後回しにされやすい。どうということかという、この物質、使い方を間違えると爆発しますよとか火事が起きますよとか、あるいは顔にかかっちゃうと目が失明しますよっていうのは使う人も容易にハザードの内容もリスクの大きさも想像できて安全に使用しようとするんですけど、ほんの少し吸っていたのが原因で30年後に「がん」になりますよっていうのは、中々実感として理解してくれません。だからやっぱり受け手にどうやって、リスク情報の受信のアンテナをつけてもらうか、それ一番大切かつ難しい克服すべき課題だろうということを日々労働衛生の化学物質管理に関わる仕事をしていて感じています。

最後に、今日話した内容、災害調査の事例について、私のこの短い時間の話よりも、もしご興味がありましたら私どもの研究所のホームページに固有名詞とかを取り除いた公開できる部分に関しては要約版としても災害調査の報告書が載っていますので、そういったところから情報を取っていただければと思います。

職場における化学物質管理全体に関して総合的な情報については、ポータルサイトを作って皆さんに、化学物質の自主管理をできるインフラとして、我々も提供していきます。リスクコミュニケーションの送り手側が使えるツールは、私どももどんどん努力して充実させていくように、今、頑張っている最中でございます。こういった情報がどんどん充実していくと思いますので、皆さんご活用いただければと思います。

(法令等は、講演時(令和4年5月)の情報であり、既に改正されている場合があります。)

リスク「コミュニケーション」は送り手と受け手両方が協力して成り立つ 

そもそもリスクはどの程度正しく分かっているのか？

相手は、どの程度の知識を持っている？
現在の学問の専門化細分化の結果、理工系の大学院修了者であっても高校レベルの化学の知識が怪しいということはままある。

もたらされる結果に対する想像力
『安全より衛生は難しい？』

????



20 

おわりに

御清聴ありがとうございました。

本日紹介した災害調査の事例は災害調査報告書(要約版)として労働安全衛生総合研究所のウェブサイトより閲覧可能です。

また、経皮吸収に関するプロジェクト研究については、関連する論文・学会発表の他労働安全衛生総合研究所の年報(こちらもウェブサイトより閲覧可能)にまとめてあります

さらに職場における化学物質管理に関して総合的な情報を提供するポータルサイトを労働安全衛生総合研究所のウェブサイト内に近日公開予定です

労働安全衛生総合研究所 検索



30 

参考文献

- 1) 化学物質による労働災害防止のための新たな規制について、厚生労働省ホームページ：
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/000099121_00005.html
- 2) 災害調査報告書. 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所ホームページ：
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/saigai_houku.html
- 3) 職場の化学物質管理. ケミサポ：
<https://cheminfo.johas.go.jp/>

Risks of chemical exposure and creating a safe and secure working environment

Mitsutoshi TAKAYA

Division of Exposure Science, National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

Abstract

In Japan, management of chemical substances by employers is regulated by the Occupational Safety and Health Law. In recent years, this legal system has undergone a major change as follows: Although the government regulates chemical substances with clearly high risk, there has been a shift to regulations in which employers themselves collect information and manage risk autonomously. The reason behind the revision of this system is that the number of chemical substances used in the workplace has increased, and it has become difficult to protect workers' health in the way that detailed control methods are regulated by law. Also, recent occupational accidents caused by chemical substances that triggered the revision of the system. They were lead poisoning during paint removal work on bridges, bile duct cancer in a printing factory, and bladder cancer in a chemical factory, where made aromatic amine based pigments. Risk assessment and risk communication of chemical substances are most part of conducting indispensable for a safe working environment.

KEYWORDS: chemical exposure, work environment, occupational health and safety law, occupational accident, risk assessment, risk communication

2つの温暖化（地球温暖化・都市温暖化）と熱中症リスク

Risk of heatstroke

due to global warming and urban warming

仲吉 信人

Makoto NAKAYOSHI

抄録

我々をとりまく暑さは、2つの温暖化の影響を大きく受けている。地球温暖化では、化石燃料使用による温室効果ガスの大気中 CO₂ 濃度が上昇し、大気が断熱材として作用し気温を上昇させる。都市温暖化は、人工排熱、建物群による放射エネルギーのトラップ、植物消失による気化熱減少により都市部の気温を上昇させる。このような状況下で熱中症リスクを軽減するには、ヒートアイランド対策と暑熱対策などの都市の暑さ緩和、個人による暑さ管理が考えられる。熱中症の危機とリスク管理に関する問題点などについても言及する。

Key words: 地球温暖化、都市温暖化、熱中症、危機管理、リスク管理

1. はじめに

図1に本報告で取り扱う内容をまとめる。本報告では我々を取り巻く暑さの現状、そして将来予測について概説し、次に、暑さによる健康被害として熱中症に焦点を当てる。熱中症の現状、熱中症の生物理を説明した後に、現状の熱中症のリスク管理手法について説明する。具体的には、熱中症を抑えるためには、都市の暑さを緩和するアプローチと個人による暑さを管理するというアプローチがあることを言及し、著者の研究グループの取り組みを紹介する。最後に熱中症の危機とリスク管理について論を進める。

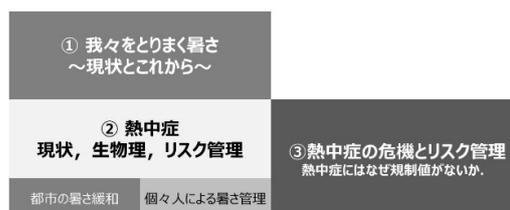
2. 2つの温暖化

地球温暖化は説明の必要性もないほど周知の事象であるが、経済活動等より化石燃料を大量消費することで大気中の温室効果ガス（二酸化炭素、メタンなど）の濃度が上昇する。図2(a)はハワイのマウナ・ロア天文台で観測された大気中の二酸化炭素濃度の変化を示したものである。マ

ウナ・ロア天文台は標高 3,397 m の高さにあり、局地的な影響が排除されていると考えることができる。1960年から現在まで二酸化炭素濃度に明確な上昇傾向が確認される。

エネルギーの輸送形態には、移流、拡散、放射の3形態がある。移流、拡散は流体によるエネルギー輸送であり、流体の動きに沿ったエネルギー輸送が移流フラックスである。流体運動がなくてもエネルギーの空間勾配があれば分子運動によってエネルギーの空間勾配が解消される。分子運動によるエネルギー輸送が拡散フラックスである。放射フラックスは光によるエネルギー輸送であり、流体がなくても生じる。気象学では放射エネルギーを太陽起因の短波放射、地物起因の長波放射に大別し理論を簡単にするが、

本日の話題



連絡先: 仲吉 信人 nakayoshi@rs.tus.ac.jp
 東京理科大学 創域理工学部 社会基盤工学科 准教授
 Associate Professor; Department of Civil Engineering,
 Faculty of Science and Technology, Tokyo University of
 Science (2023年12月11日受理・掲載)

図1 本報告で取り扱う内容

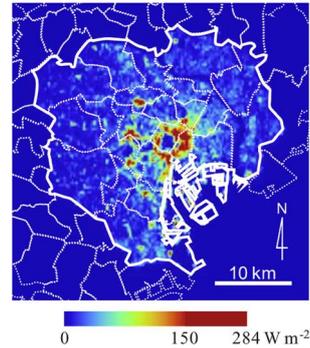
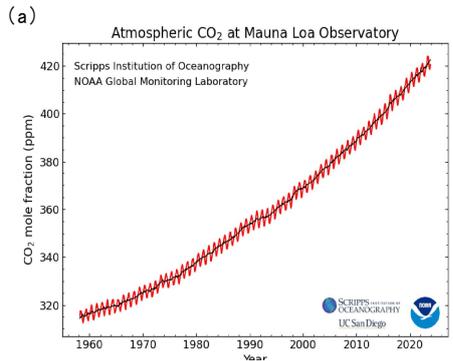


図4 東京23区の8月14時の人工排熱量³⁾



図2 (a) ハワイのマウナ・ロア観測所で観測された二酸化炭素濃度の変化 (<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>)

(b) 地球の放射収支の模式図。

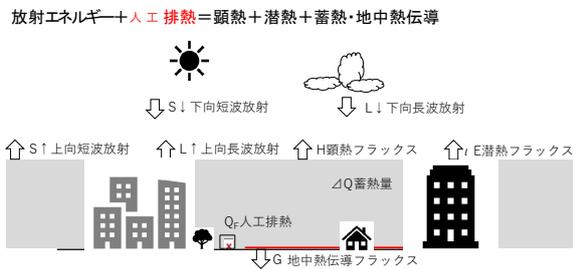


図3 都市のエネルギー収支模式図

短波放射は温室効果ガスによりほとんど吸収されず、地表に到達し地球を加熱する一方、長波放射は温室効果ガスにより幾分か吸収される。図2(b)はこれを模式的に示したものである。短波放射により加熱されたエネルギーの当量が、長波放射により宇宙に出ていけば、地球は温暖化しないが、宇宙に出ていくはずの長波放射が温室効果ガスによりトラップされることで地球温暖化が生じる。

地球温暖化は放射収支だけで説明がつく一方で、他のエネルギー輸送形態も考慮しなければならないのが都市温暖化である。都市の温暖化は、我々の経済活動に伴う排熱（人工排熱）や建物群による放射エネルギーのトラップ、植物消失による気化熱の減少、熱容量の高い建材による都市への蓄熱が要因である。

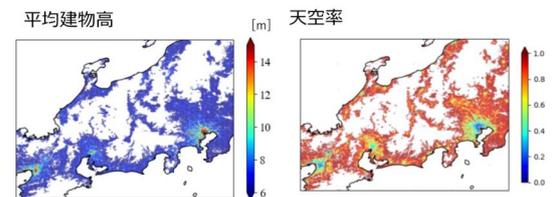


図5 日本における都市幾何パラメータ分布⁴⁾

人工排熱：地表面の熱収支を考える。図3に都市のエネルギー収支の模式図を示す。地表への入力エネルギーは短波放射であり、通常は、大気や地中にどのように配分されるかを考えれば良いが、都市では社会・経済活動により出される追加のエネルギーがあり、それが人工排熱である。

図4は東京23区の8月14時の人工排熱量を示したものである。最大280 W/m²のエネルギーが生じており、日本では、真夏の晴天時12時の短波放射量が1000 W/m²程度であるので、3分の1弱のエネルギーが人工排熱として新たに都市に供給されている。

建物群による放射トラップ：建物群による放射エネルギーのトラップの効果は砂漠と都市を対比すれば、イメージし易いだろう。砂漠の大気は日中暑く、夜間は冷たい。東京砂漠という歌があるが、都市は夜間も暑いことが砂漠との大きな違いの一つであり、砂漠では放射冷却により夜間に熱を宇宙に逃がし、地表・地表付近の大気を冷却するが、建物があることで地物からの放射エネルギーが建物に吸収され、宇宙に逃げづらくなる。図5は本州の平均建物高さ、天空率の分布を示す。天空率は地面から真上を見たときに空がどれだけ見えているかを示す指標である。天空率が1のときは上空には何も遮るものもなく、建物や樹木により視界が遮られれば、天空率は小さくなり、0に近づいていく。三大都市圏である大阪、名古屋、東京のいずれも平均建物高さが高く、天空率は三大都市圏では顕著に低い値を示している。天空率が低いということは、放射エネルギーをトラップしやすい状況と考えればよい。

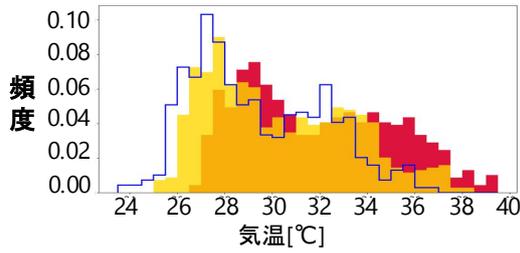


図6 東京大手町における8月14時の人工排熱量⁵⁾
赤：4°C昇温シナリオ、黄：2°C昇温シナリオ、橙：2°C、4°C昇温実験結果の重なり合う箇所、青線：現在気候

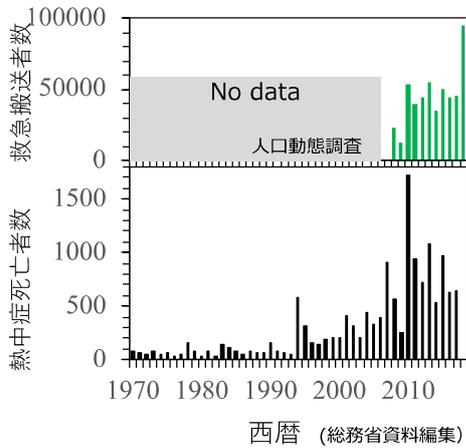


図7 熱中症発症者数の変化

気化熱の減少：短波放射により地物が加熱されると、加熱された個体壁とそれと接する大気の間で拡散・移流による熱交換が生じる。顕熱として熱交換すれば、直接大気を温めるが、地物が湿っていれば、蒸発による気化熱として熱を大気中に伝える。水蒸気のまま大気中に存在するときには大気を温める効果はないため、水蒸気等によって熱が逃げていけば、気温は上昇しない。都市では、植物が減少し、気化熱が小さい暑さを助長している要因である。

異常気象レポート2005(気象庁)によれば、地球全体の平均気温は、過去100年間に0.6°C上昇しているが、東京やパリなど大都市は地球温暖化の数倍の気温上昇が生じている。IPCC第6次評価報告書(AR6)(気象庁)によれば、現在の経済優先の人間活動を続けければ、地球の平均温度は産業革命以前より4°C上昇し、対策を施したとしても1.5°Cから2°Cの気温上昇が生じる。仲吉・中山は4°C上昇シナリオ、2°C上昇シナリオのもとで関東の熱中症リスクを擬似温暖化手法により評価した⁵⁾。大手町の8月の気温のヒストグラムを図6に記す。4°C昇温シナリオでは40°Cに迫る気温が生じる可能性が示唆された。

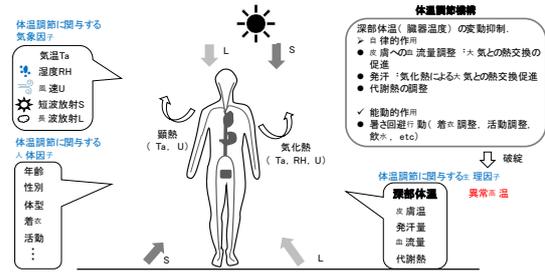


図8 人体熱収支

3. 熱中症の現状とメカニズム

図7に日本の熱中症救急搬送者数の推移を示す。総務省発表のデータをグラフ化したものである。救急搬送者数は近年数万人規模で推移しており、死亡者数も数百人に及んでいる。上述した2つの温暖化に加えて、人口構造の変化も熱中症被害の増加に寄与している。人口ピラミッドにおける高齢者の割合が増加しており、高齢者は暑さに関する検知能力や体温調節機能が低下する。属性群の上昇というも熱中症死亡者数、搬送者数の増加につながっている。

図8に熱中症発症メカニズムの模式図を示す。熱中症は体温調節機構で対処できないほど人体に蓄熱が進み高温になった状態である。人体の熱のやり取りに影響する気象因子は、気温、湿度、風速、短波放射、長波放射の5因子である。人体・大気間の顕熱フラックスを規定する気象因子は気温、風速であり、発汗による気化熱(潜熱フラックス)を規定する気象因子は気温、湿度、風速である。同じ気象条件であっても、人体への蓄熱は年齢や性別、体型、着衣、活動状況によっても大きく変わる。顕熱・潜熱フラックスは気象条件に加え、人体側因子として着衣条件や皮膚温度、発汗能が熱交換に関与する。短波放射に対しても反射率の高い服を着ていれば、人体が受光するエネルギーを減らすことができる。人体には臓器温度(深部体温)を一定に保つよう体温調節機構が備わっており、人体蓄熱時には発汗や皮膚への血流増加によって人体から大気へ伝わる顕熱・潜熱フラックスを増やし、体温を下げるができる。このような自律的作用以外にも着衣の調整、飲水、日陰への移動などの行動性体温調節機能により深部体温が一定に保たれるが、体温調節機構で補えないほど蓄熱が進み、深部体温が異常高温になった状態が熱中症である。

4. 熱中症のリスク低減方法

熱中症のリスク軽減には2通りのアプローチがある。都市の暑さ緩和と個人による暑さ回避行動である。ヒートアイランド対策などの暑熱対策は自治体を中心に行われている。

夏になると、しばしば目にするのはドライミストであり、これは微小な水滴を大気中に噴霧し、水滴が蒸発する際の気化熱によって気温を低減させる。保水性舗装は、気

表1 クールルーフによる気温低減効果

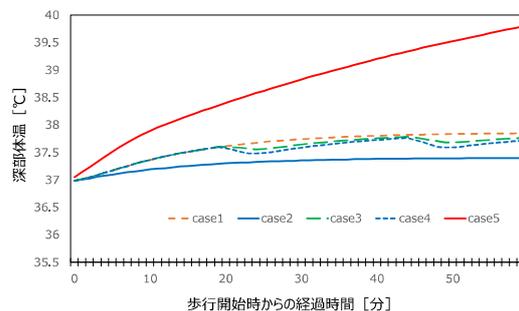
(大山らの結果を編集⁹⁾)

	対策前	対策後	対策後 - 対策前
日中平均気温 [°C]	32.6	32.2	-0.4
日平均気温 [°C]	30.5	30.2	-0.3
最高気温 [°C]	35.5	35.1	-0.4
最低気温 [°C]	26.3	26.1	-0.2
30°C以上 延べ時間 [hour]	331	316	-15

化熱によって路面温度の低下、それに伴う気温の低減につながることを期待される。遮熱性舗装は短波放射を反射させることで路面温度の上昇を低減することが期待される。諸外国では、建物をセットバックや街路樹により歩行者に日陰空間を作るような都市計画も実施されている。日除けについても気象学的な検討からの開発が進んでおり、その一つにフラクタル日除けがある。一般的な日除けは、短波放射を完全に遮断するが、フラクタル日除けでは、相似則に従い日除け部に多数の穴が開いており、樹冠下の木漏れ日のように光を透過する。一般的な日除けでは、日除け部が高温になり、日除け下の長波放射が大きくなるが、フラクタル日除けでは、大小様々な空隙が日除け部の高温下を防ぐため、日除け下も長波放射は増加しない。緑化もよく知られたヒートアイランド対策、暑熱緩和対策である。新宿御苑等の大規模緑地はそこから冷気がにじみ出し、都市内の気温を下げる効果があることが知られている。アメリカの都市では、クールルーフによるヒートアイランド対策が普及している。クールルーフは屋根に高反射塗料を塗り、都市の短波放射吸収を純減させる取り組みである。遮熱性舗装と原理は同じであるが、遮熱性舗装では、反射した短波放射が歩行者に向くため、人体の蓄熱を増加させるデメリットがあるが、クールルーフではそれは生じない。ほかにも都市内に冷涼な空気を導入する風の道や、ゼロ・エナジービルディング導入の取り組みもある。ゼロ・エナジービルディングは熱的に快適な室内空間を、エネルギーを使わずに創出し、人工排熱を減らす取組である。

上述したヒートアイランド・暑熱緩和対策は顕熱-潜熱変換型、放射環境改善型に大別できる。前者は気温上昇につながる顕熱フラックスではなく、潜熱フラックスとして熱を放出するタイプの対策であり、ドライミストがこれにあたる。後者は短波放射を低減させることでその周囲にいる人の暑さを緩和させるものであり、日除けなどがこれに該当する。街路樹は両者の混合型である。

ヒートアイランド対策、暑熱緩和対策、この2つは必ずしも等価ではない。ヒートアイランド対策は気温の低減策であり、暑熱緩和対策というのは熱ストレスの低減策であ



暴露気象条件（夏の晴天日を想定）

短波放射=500 W m⁻²長波放射=560 W m⁻²風速=2.0 m s⁻¹

気温=35.0 °C

湿度=50 %

上記環境下に1時間歩行する場合を考える。

着衣：紺色の半袖ポロシャツ、ショートパンツ、くるぶしソックス、スニーカー、トランク

Case1 日向を歩行

Case2 日傘、または日陰を選んで歩行

Case3 日向を歩行、20分毎に5分日陰飛行

Case4 日向を歩行、20分毎に5分日陰飛行、200mlの冷涼飲料水飲む

Case5 日向を速歩き

図9 個々人による暑さ回避行動の定量評価

る。ヒートアイランド対策によって暑熱ストレスが悪化することもあり得る。また、暑熱緩和対策によって気温は低減しないということも考えられる。例えば、ヒートアイランド対策として遮熱性舗装を例に取る。遮熱性舗装によって地面が受ける熱エネルギーが減る一方で、人体へ入力する放射エネルギーが増大し、熱ストレスを増加させる。また、有意な気温低減効果も確認できない。2020年の東京オリンピックに合わせて東京オリンピックマラソンコースの大部分が遮熱性舗装化された。国土交通省によって遮熱性舗装上で、暑さ指数WBGTと気温低減量の検証がされたが、遮熱性舗装と普通の舗装では有意な違いは確認されなかった¹⁾。屋外では大気は絶えず換気されているため、道路幅10~20 m程度が遮熱されても気温の純減、暑さ指数の低減は期待できないと解釈できる。

都市の気温低減は非常に難しいが、クールルーフが最も効率的にヒートアイランド対策につながるといえる。大山ら(2022)は都市の気象を精緻に再現する気象モデルにより東京都でのクールルーフによる気温低減効果を評価した。東京都区部23区内全ての建物の屋根を高反射化(屋根面アルベドを0.2から0.85に変化)させ、2020年の8月1か月の気象シミュレーションを実施し、高反射により日平均気温0.5°Cの低減が期待できることを示した(表1)。また、東京都区部での冷涼な空気は東京23区にとどまらず、海風により内陸部に移流される。内陸部へされているということも確認された。この気温低減に必要な高反射塗料の塗布面積が153平方キロメートルであり、一般的な白塗料のコストを乗じると、7000億円の費用がかかる計算になる。屋外の気温を低減させることは難題であるが、個々人

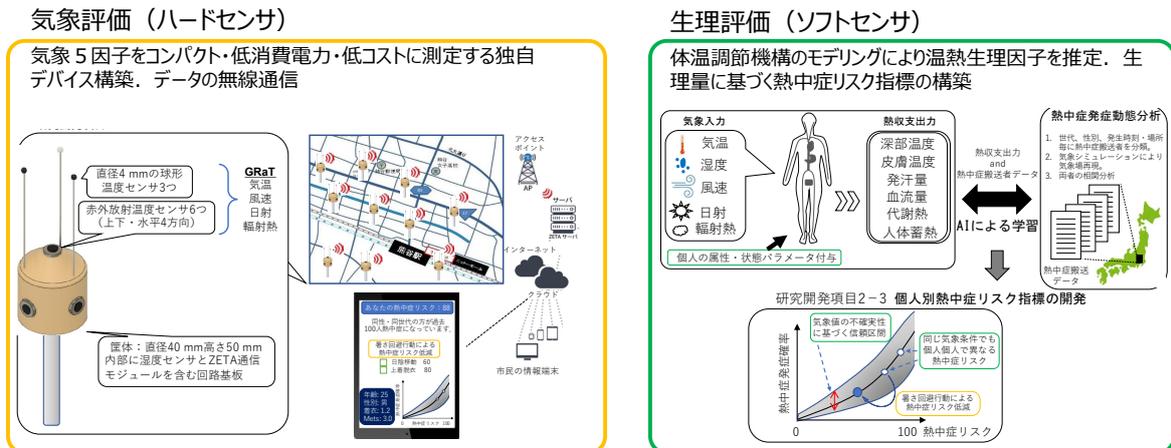


図10 著者らが構築を進める熱中症リスク評価手法概念図

の暑さ管理による熱中症リスク低減は実現しやすい。休憩、着衣の調整、水分摂取、日傘の利用等の暑さ回避行動の効果を人体熱収支シミュレーションにより評価する。暴露気象条件としては夏の晴天日の12時を想定し、人体へ入射する短波放射は 500 W/m^2 、長波放射が 560 W/m^2 、風速 2 m/s 、気温 35°C 、湿度 50% とする。この環境下において1時間歩行による深部体温の上昇量を計算する。歩行者の着衣は紺色の半袖ポロシャツ、ショートパンツ、くるぶしソックス、スニーカー、トランクとする。日向を歩行するケース1、日陰を歩行するケース2、日向を歩行するが20分ごとに5分間日陰を歩行するケース3、日向を歩行し20分ごとに5分間日陰を歩行しつつ、かつ5分ごとに 200 ml の冷涼飲料水を飲むケース4、日向を早歩きするケースの5つのケース5を想定する。ケース5では 36.9°C の初期体温から 39°C を超えるまで上昇する、一方で日陰を歩行するケースでは体温の上昇量を大幅に抑えられていることが確認される。ケース3やケース4でも深部体温の上昇が顕著に抑制されていることがわかる。

5. 熱中症リスク管理

図9は個々人の暑さ回避行動により熱中症リスクが効果的に低減できることを示した。暑さ回避行動を誘起する熱中症リスクアラートについて本節で概説する。熱中症リスク指標を、気象学的アプローチ、生理学的アプローチに大別される。気象学的アプローチとして、暑さ指数WBG Tが日本では広く普及している。これは黒球温度、湿球温度、乾球温度、3つの温度の線形和で暑さリスクを評価する。日本全国では環境省・気象庁が800箇所あまり地点でWBG Tを観測している。労働現場、スポーツ施設でもWBG Tによる熱中症リスクのモニタリングを行っている。カタールではWBG Tによって労働者の労働を規制する法が制定されておりWBG Tが 32.1 以上では運動・労働は禁止

されている。3つの温度測定のみで暑さリスクを評価できるため安価・簡便に利用できることがWBG Tのメリットであるが、個人個人の暑さ耐性を考慮できず小児から高齢者まで、安静時から運動時まで十把一絡げのリスク値になることがデメリットである。WBG Tで利用される3つの温度は、気温、湿度、風速、短波・長波放射全ての影響を受けるが、気象5因子の個別の値を知ることはできない。

生理学的アプローチでは、スマートウォッチなどのウェアラブルヘルスケアデバイスを用い熱中症リスクを評価する。脈拍や皮膚温、加速度センサから推定する活動量、温湿度から熱中症リスクを算出する。現状のウェアラブルヘルスデバイスで測定できる生理因子は限定的であり、正確な熱中症リスク評価に不可欠な深部体温を測定することができない。

著者の研究グループでは、気象学的アプローチと生理学的アプローチを融合する熱中症評価手法の構築を進めている(図10)。気象5因子を測定する独自のIoTデバイス⁶⁾と人体の体温調節機構を再現する深部体温を予測する数理モデル⁵⁾、深部体温に基づく熱中症リスク値⁸⁾を要素技術とし、気象情報から個々人の状態・属性を反映した人体熱収支解析を行い、深部体温を予測し、熱中症リスクを評価する。本手法により、空調服や飲水などの暑さ回避行動の効果を定量評価し、熱中症リスクを算定することが可能となる。来る昇温化された将来における新しい熱中症警戒アラートとしてサービス展開できるように研究を進めている。

6. 熱中症の法規制は可能か

本報告では使用してきた熱中症リスクという言葉は厳密な意味でのリスクになっていない。リスクとは被害レベルとその発生確率の積として定義されるべきであるが熱中

表2 熱中症の被害レベルとリスク

ランク	症状（危機）	考えられる発症確率の評価方法
I度（軽度）	めまい・失神、筋肉痛・筋肉の硬直	WBGT： 救急搬送データ・レセプトデータと 気象測定値の回帰 分析 But,同じ気象でも 人ごとにリスクは違う。 生理量モニタリング： 照らし合わせるデータ の不在
II度（中等度）	頭痛・吐き気、嘔吐・下痢・倦怠感・虚脱感・気分不快、判断力や集中力の低下、それらのいくつかが合わさって生じる。	
III度（重度）	意識障害・けいれん・手足の運動障害・おかしな言動や行動・過呼吸・ショック症状などが、II度の症状に重なり合っ起こる。 高体温	

症リスクを正しく評価している研究は著者の知る限りない。

熱中症の被害レベルは3段階に分類される（表2）。これに対し発症確率を評価するには、気象学的アプローチではWBGTなどの暑さ指数を測定し熱中症救急搬送データやレセプトデータと回帰分析する方法が考えられる。生理学的アプローチでは測定される生理因子（脈拍や皮膚温度など）と発症リスクを紐づけるには質・量ともにデータが不足している。現状では熱中症の危機とリスクを結びつけられえておらず、WBGTによる熱中症被害防止のための行動指針を示すにとどまっているのが現状である。今後暑さが加速する中で、指針だけで良いかについては懸念がある。前述したようにカタールではWBGTによって労働者の労働を規制する法を制定した。日本においても法規制の可否、どのような規制がありえるかは今後考えていかなければいけない問題であろう。

人体に有害な化学物質や放射線被曝というのは法規制されている。熱中症については、熱中症警戒アラートや様々な学会が示す暑さリスク、推奨される行動指針の周知が進むなかでなぜ法規制がないのか。被害規模が小さい訳では無い。熱中症の死傷者数は毎年数百人に上り、労働災害件数も化学物質由来のものと同程度の数が発生している。社会的損失も大きい。熱中症による金銭的被害はまだ定量化が進んでいないが、救急車の出動は1回につき約4万円かかるため救急搬送のみで年間数十億円以上の社会保障費が必要と推定される。熱中症リスクをどのように定量化すればいいのか、規制値をどのように決めるべきなのか、規制した場合に個人の権利と規制の兼ね合いをどのように考えていくべきなのかについては、本特別号で話題提供があった化学物質や放射線の分野が参考になるであろう。ただし、熱中症は化学物質や放射線のケースとは異なり、急性被害であり、また、体温調節機構が人間と他の動物で異なることから動物実験によるリスクの定量化が難しい。法規制やリスク評価に対する化学物質や放射線の知見をどのように熱中症に適用するかについての研究、検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路空間の利活用・景観・緑化・環境、(7)遮熱性舗装
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/utilization/pdf/04-1.pdf>（参照 2023-12-10）
- 2) Global Monitoring Laboratory：Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>（accessed 2023-12-10）
- 3) Moriwaki R., Kanda M., Seno H., Hagishima A., Kinouchi, T: Anthropogenic water vapor emissions in Tokyo. *Water Resources Research*, Vol. 44 (11), W11424 (2008)
- 4) 川浦朝日、仲吉信人: 日本とアメリカにおける都市幾何パラメータデータベース構築の試み、土木学会論文集特集号（水工学）、(2024)
- 5) 仲吉信人、中山拓己: 気象シミュレーションを用いた首都圏における暑熱ストレスの将来変化、環境情報科学論文集、Vol.37、p160-165 (2023)
- 6) 見田 智大、須崎 貫太、仲吉 信人: 高密度気象観測に向けた IoT デバイスの開発、土木学会論文集 B1（水工学）、78巻2号、p. I_727-I_732 (2023)
- 7) 仲吉信人、鈴木菜々、井上奈々子、須崎貫太: 屋外暑熱生理被験者実験に基づく深部体温の数理モデルの開発、土木学会論文集特集号（水工学）、(2024)
- 8) 小野村 史穂、高橋 淳也、仲吉 信人: 埼玉県における熱中症搬送者の暴露気象条件・生理応答の再現計算および熱中症リスク指標の構築、土木学会論文集 B1（水工学）、77巻2号、p. I_1333-I_1338 (2021)
- 9) 大山 純佳、仲吉 信人、小野村 史穂、金子 凌、井戸 滉昇、高根 雄也、中野 満寿男: 東京都区部のクールルーフ導入による夏季気温低下量の検証、土木学会論文集 B1（水工学）、77巻2号、p. I_1339-I_1344 (2021)

Risk of heatstroke due to global warming and urban warming

Makoto NAKAYOSHI

Department of Civil Engineering, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

Abstract

The climate surrounding us is greatly affected by two types of warming, global and urban heat warming. Global warming is caused by an increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere, a greenhouse gas caused by the use of fossil fuels, which acts as an insulator between earth and the space. Urban warming is caused by anthropogenic heat emission, the trapping of radiant energy by buildings, and a decrease in evaporative heat due to the decrease of vegetation land surface category. Reducing the risk of heatstroke caused by these warming can be possible by mitigating the urban heat through countermeasures of urban heat island, as well as the individual heat management. Author will also discuss issues related to the heat stroke crisis and risk management.

KEYWORDS: global warming, urban warming, heatstroke, crisis management, risk management

IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性

Antenna systems and electromagnetic biosafety in the IoT/AI era

越地 福朗

Fukuro KOSHIJI

抄録

近年、電波通信で利用される周波数帯は低周波から高周波まで幅広い。高周波数帯を利用する電波システムにおいては、アレーアンテナを利用した指向性制御技術が導入され、高利得・単一指向性のアンテナが使用されるようになった。また、電磁的生体安全性については、電磁波と人体との相互作用の理解が必要不可欠であり、電磁波に対する人体防護ガイドラインが定められている。近年、高周波化に伴い、6 GHz以上の周波数帯における電磁波に対する人体防護ガイドラインが見直され、従来の電力吸収 Specific Absorption Rate (SAR)に加え、入射電力密度による指標が定められた。本稿では、5G/6G・IoT・AI時代のワイヤレスシステムのためのアンテナを紹介し、人体とアンテナの相互作用や電磁的生体安全性について紹介する。

Key words: アンテナ、高周波、広帯域、電波通信、人体通信、電磁的生体安全性

1. はじめに

近年、Internet of Things (IoT)時代を迎え、人工知能(Artificial Intelligence (AI))を搭載したシステムや機器が実現されつつある。これらのシステムにおいて、ワイヤレス通信機能は、必要不可欠であり、図1に示すような、第5、第6世代移動通信(5G, 6G)や無線LAN (WiFi)、人体通信(Human body communication (HBC))などの利用周波数帯の異なる様々なシステムが混載・共用される¹⁾。

アンテナは、電波の出入り口となる重要デバイスであり、このアンテナの性能がワイヤレスシステムの性能を大きく左右する²⁾。

また、電波の応用先は幅広く、従来の高速データ通信やレーダ・センシングなどの用途にとどまらず、医療やヘルスケア、宇宙・衛星通信など様々な分野に応用・展開がなされ、いずれの用途においても、高性能なアンテナが要

求される。

さらに、モバイル機器やウェアラブル機器、人体近傍で利用される機器においては、アンテナから放射される電波に対する生体の電磁的安全性(電磁的生体安全性)についても考慮が必要となる³⁾。

本稿では、5G/6G・IoT・AI時代のワイヤレスシステムのためのアンテナを紹介するとともに、人体とアンテナの相互作用や電磁的生体安全性について紹介する。

IoT・AI時代のアンテナシステム

- ワイヤレス機能は必要不可欠
- 第5世代移動通信(5G)や無線LAN (WiFi)、人体通信(Human body communication)などの利用周波数帯の異なる様々なシステムが混載・共用
- 特に、アンテナは、電波の出入り口となり通信性能を決める重要なデバイス
- 人体近傍で利用される場合には電磁的生体安全性に関わる重要デバイスでもある

図1 IoT・AI時代のアンテナシステム

連絡先: 越地 福朗 koshi.ji@gen.t-kougei.ac.jp
東京工芸大学 工学部 電気電子コース 教授
Professor; Electrical and Electronics Course,
Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University
(2023年12月11日受理・掲載)

2. IoT・AI時代のアンテナシステム

IoT・AI時代を迎え、身のまわりで利用される電波通信の周波数は、MHz帯を利用するボディア通信^{4,5)}から、無線LAN/WiFiのGHz帯を利用するものまで幅広い⁶⁾。さらに、5G、6Gのような数十GHzのようなミリ波帯を利用するものまで登場するなど、高周波化が加速している⁷⁾。また、スペクトラム拡散通信やUltra-Wideband (UWB)システムのような、超広帯域な周波数帯を利用するものもあるなど、高周波化とあわせて、広帯域化も進んでいる⁸⁾。

図2は、我々の研究室で取り組んでいるアンテナの研究開発の一例を紹介するものである。同図中の上部に示すように、アンテナは、アンテナ自体の形状を変化させることで、様々なアンテナ特性を変化させることができる^{9,10)}。我々の研究室では、アンテナ形状を工夫することで、広帯域化やマルチバンド化とあわせて小型化を実現している。また、アンテナに用いる素材に、薄型のフレキシブルプリント基板を用いることで、折り曲げ可能なアンテナも実現している。さらには、アンテナを形成する素材に導電性布を利用することで、フレキシブルで衣服に組み込み可能なアンテナも実現している¹¹⁾。衣服に組み込み可能なアンテナは、人体近傍で利用されるため、電磁的生体安全性などの考慮も重要となる。

図3は、我々の取り組むアンテナ研究のさらなる展開について示したものである。

一般に、アンテナは導体(金属)で構成され、光を透過しない。光を透過する透明アンテナを実現することができれば、アンテナの組み込みや配置・設置などを極めて柔軟にすることができる。たとえば、窓やガラス・めがねなど透明なものに、その透明性を維持したままアンテナ機能を付加したり、さらには、壁・天井・ディスプレイ・自動車ボディなどに対して外観を変えずにアンテナを付加したりすることも可能となる。

同図に示すように、我々は、機器やシステムのデザイン性を損なわないようにアンテナを設置すべく、透明導電膜を利用した「透明アンテナ」を研究開発している^{12,13)}。

透明導電膜としては、Indium Tin Oxide (ITO)や、Fluorine-doped Tin Oxide (FTO)、Silver-coated polymer (AgHT)などの様々な材料が検討されているが、どの材料もアンテナとして利用するには電気抵抗が高く、高い放射効率のアンテナを実現することが難しいことが知られている。この課題に対して、我々は、金(Au)や銀(Ag)などの導電率の高い金属薄膜を、ITOなどの誘電体薄膜でサンドイッチした誘電体-金属-誘電体(Dielectric-Metal-Dielectric; DMD)構造によって、光学的透明性と高導電率を両立することに成功している。ここで得られたアンテナは、携帯機器やウェアラブル機器に内蔵される小形アンテナと同等の80%以上の放射効率を有する透明アンテナである¹⁴⁾。また、透明であれば、色をつけたり、またつけ



図2 越地研究室で研究するアンテナの一例



図3 アンテナの研究のさらなる展開

5Gで利用される周波数・アンテナ

5G通信は、従来の6GHz以下の周波数帯に加え、**準ミリ波・ミリ波帯**がある。

従来のアンテナは**無指向性**であるが、5Gアンテナ(アレーアンテナ)は**ビームフォーミング**による**単一指向性**を実現している。

空間伝搬損失に対する通信特性向上のために、
・複数のアンテナ (アレーアンテナ)
・ビームフォーミング技術

図4 5Gで利用されるアンテナ

た色をカメレオンのように変化させたりするようなこともインテリジェント化、スマート化という観点から検討を進めている。

3. 5G用アレーアンテナとビームフォーミング

図4は、IoT・AI時代のアンテナの代表例である5Gで利用されるアンテナについて示したものである。同図に示すように、従来、モバイル機器やウェアラブル機器に搭載するアンテナは、無指向性アンテナが多く用いられてきた。近年は、高周波化にともない、空間伝搬損失に対する通信特性向上のためにアレーアンテナを利用した指向性制御(ビームフォーミング)技術が導入され、高利得・単一指

向性のものが用いられるようになってきた¹²⁾。

図5は、アレーアンテナの一例を示したものである。同図中左側には、4つのアンテナを並べた4素子アレーアンテナを示している¹³⁾。同図右側には、アレーアンテナの放射パターンと利得を示している。同図中では、アンテナが1つの場合、2つの場合、4つの場合を比較しており、どのアンテナにおいても、0°の方向に強く放射していることがわかる。アンテナの利得を比較すると、アンテナ素子が1つの場合には、7.27 dBiであり、2つ、4つと素子数が増加すると、9.06 dBi、14.5 dBiと利得が向上し、より強い放射が得られるようになり、放射パターンの形状も、0°の方向に鋭いパターンとなっている。すなわち、アレー化することで、強く、鋭い放射を実現できる。

ビームフォーミングというのは、このアレーアンテナの各アンテナ素子を異なる位相で励振し、アンテナから放射される電波の方向を変えることができるようにする技術である。機械的な構造なしに放射方向を変えることができるので、機械部品を必要とせず、小型化できるだけでなく、部品の機械的摩擦や機械的故障などのリスクの低減につながられるなど、危機管理・リスクマネジメントの観点からも有用な技術である。

ここで、ビームフォーミングの一例を紹介する。図6は、5G用の4素子アレーアンテナの電磁界解析モデルである。図5と同様に、4素子を並べたものであり、5Gの通信周波数帯のひとつである28 GHz帯で動作するように設計されたアンテナである。アンテナサイズは、グラウンドも含む全体サイズで36 mm×24 mmであり、スマートフォンなどにも入る小さなサイズであることがわかる。また、各アンテナ素子のサイズは、3 mm角である。

図7は、この3 mm角の各アンテナ素子に135°の位相差をつけて励振したときの放射パターンを、三次元的に表示したものである。同図に示すように、手前側のほうに強く放射するパターンとなる^{15,16)}。

4. メガヘルツ帯を利用する人体通信

IoT・AI時代は、様々なシステムやアンテナが用いられ、高い周波数帯における通信やアンテナについて紹介してきたが、低い周波数帯を使った通信にも注目が集まっている。そのうちのひとつが、人体通信である^{4,5)}。

一般的な電波通信は、空間に電波を放射して通信する技術であり、アンテナから空間に放射された電波は、遠方へと伝搬していく。一方で、利用する周波数帯とアンテナの形状を工夫することで、電波を放射させずに、人体の周囲にとどまらせることが可能となる。この特徴を利用した通信が人体通信である。

図8は、人体通信の特徴をまとめたものである。同図に

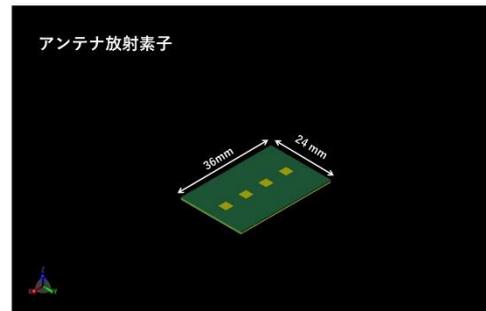
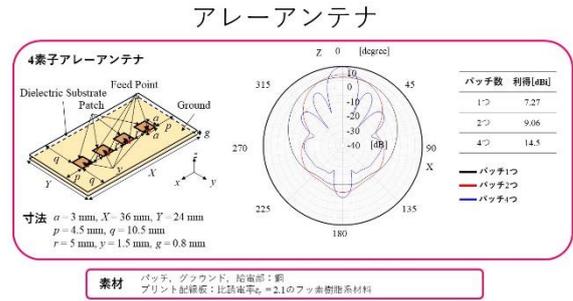


図6 アレーアンテナの電磁界解析モデル

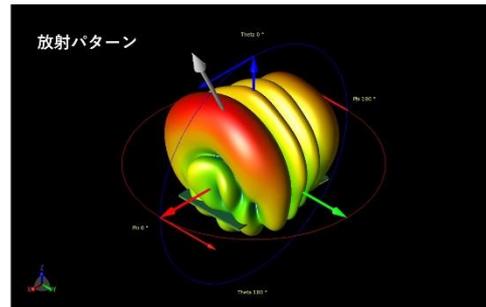


図7 ビームフォーミング

人体通信とは

- **Body Area Network (BAN) 技術のひとつ**
- **人体を伝送路とする通信。**
 ・人体を介して微弱な電気信号を伝送する
- **人体周囲に高効率ネットワークを形成することができる**
- **人体にごく近接、または、触れることによって通信が成立。**
- **秘匿性に優れる。**
- **利用周波数は 100 MHz 以下。**

<周波数 10 MHz における電界分布>

人体通信用機器

図8 人体通信

示すように、人体通信は、人体を伝送として利用する通信であり、人体にごく近接、または触れることによって通信が成立する。すなわち、握手をしたり、通信したいものに触れたりすることで通信を実現することができる。図8右側に示す図は、腕時計型の人体通信デバイスを手につけた人体の周囲に分布する電磁界を示したものである。利用周波数帯を100 MHz以下とし、アンテナの代わりに人体に接触する電極を利用することで、人体周囲のみ電磁界を分布させることができることがわかる。このように、このように空間に放射されない電磁界を人体周囲にオーラのように分布させることができるので、人体周囲のみ高効率な通信エリアを形成できる。また、電波が空間に放射されないため、秘匿性の高い通信が実現できることも人体通信の特長であり、パーソナルエリアネットワークやボディーエリアネットワークとしての有用性に注目が集まっている。

我々の研究室では、この人体通信を利用して、図9に示すような、心拍などの生体情報を伝送するシステムを検討している。同図に示すように、心拍センサを組み込んだ人体通信装置を手首に装着し、取得した心拍信号を送信アンテナ（電極）から手首を介して指先に伝送する。指先に伝送された心拍信号は、スマートフォン背面に配置した受信アンテナ（電極）に指先を触れることによって受信される。図10は、人体通信による心拍伝送のようすを示している。図10では、スマートフォンの代わりにPCに心拍波形を表示しているが、特別な波形整形などの信号処理をすることなく、心拍波形を安定、忠実に伝送可能であることが確認できる(16-18)。同図中では、ウェアラブル送信機電極と受信機電極間の距離は、約200 mmであるが、左手から右手のような1 m以上の距離であっても通信できることを確認している。

5. 電磁波に対する生体安全性・防護

これまで述べてきたように、人体周囲で用いられる電波利用機器について、生体の電磁波防護も重要となる。

図11は、電磁波の人体防護ガイドラインの歴史をまとめたものである。1979年頃のアメロカにおいて、電力設備の磁界ばく露と小児白血病の関係性についての研究がはじめるようである¹⁹⁾。その後、1996年に世界保健機関（WHO）が先導するかたちで、国際電磁界プロジェクトとしてスタートし、2007年には報告書が公開された。現在まで、最も広く受け入れられている人体防護ガイドラインは、国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）によるものであり、ICNIRPガイドラインと呼ばれている。このICNIRPガイドラインは、1998年に初版が制定された²⁰⁾。2007年のWHOの報告を契機に2010年に改訂がなされ、高周波数帯についても2020年に改訂がなされている。

電磁界の生体への作用は、周波数によって異なる。電波による生体への影響は、主として、生体内または生体周

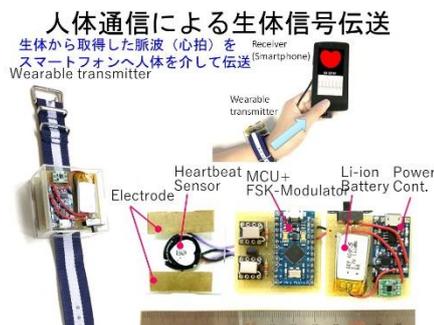


図9 人体通信による生体信号伝送

人体通信による心拍・脈波データ伝送の様子



図10 人体通信による心拍伝送のようす

囲の電磁界によって生体表面や生体内部に誘導される誘導電流によるものであり、周波数に応じて発熱作用と刺激作

ガイドライン

	低周波 (<~100 kHz)	高周波 (>~100 kHz)
生体効果	痛み・知覚	熱効果
観測可能な基礎的な物理現象	神経の活性化	体内温度上昇
ガイドライン（評価指標）	体内誘導電界	電力吸収（SAR） 入射電力密度

図11 電磁波に対する生体効果

ガイドライン

	全身平均SAR 100 kHz~6 GHz	局所SAR 100 kHz~6 GHz	入射電力密度 6 GHz~
制限値	0.08 W/kg ⁻¹	2 W/kg (10 g 平均)	20 W/m ² (4 cm ² 平均)

¹⁾ 70kgの人は5.6W
携帯機器・ウェアラブル機器の出力電力は数百mW以下
6分間の平均値とする

図12 ICNIRPガイドラインの一例

用におけることができる。図11に示すように、低周波数帯では刺激作用が、高周波数帯では発熱作用が支配的である。その境界は、ICNIRPガイドラインでは100 kHzとされている。ICNIRPガイドラインでは、100 kHz以下の周波数帯においては、体内に誘導される電界²⁰⁾が、10 MHz以上の周波数では比吸収率Specific Absorption Rate (SAR)²¹⁾が、両者の間の周波数帯では、体内誘導電界、および SARの両方が、それぞれ制限値として定められている。ここで、SARは、単位質量あたりの吸収電力を表している。

図12は、熱的作用に関連するSARに着目した一般環境における制限値をまとめたものである。SARには、全身を考慮する「全身平均SAR」と、人体の局所的な部位における任意の組織10gの平均値を考慮する「局所SAR」がある。図12からわかるとおり、全身平均SARの制限値は、70 kgの人体の場合、5.6 Wとなり、一般的なモバイル機器やウェアラブル機器が出力する電波の電力が数100 mW以下であることを考えると、多くの場合、問題とならないことがわかる。したがって、一般的なモバイル機器やウェアラブル機器に限定すれば、局所SARの制限値を重点的に考慮すればよいといえる。

ここで、6 GHz以上の周波数帯では、SARではなく、入射電力密度が制限値として設定されている。図13は、筋肉組織に対する表皮深さ（入射した電磁界が0.37倍に減衰する距離）を示したものである。図13に示すように周波数が高くなるにつれて、体内に入り込む電磁界は低下し、人体に照射された電波の電力の大部分が体表付近で熱に変換されることを示している。したがって、6 GHz以上の周波数帯において、SARによる制限では、電磁的生体安全性を過小評価してしまう可能性があり、2020年に、あらたに入射電力密度で評価するガイドラインが導入された²²⁾。

図14は、図6で紹介したアンテナの放射パターン（図7）と電力密度分布をあわせて示したものである。図15は、図14から電力密度分布のみの表示に切り替えたものである。図14、15における電力密度分布は、アンテナ表面から5 mm上方の面における計算値である。同図からわかるとおり、電波放射が強い方向において高い電力密度を示すことがわかる。このように、アンテナから放射される電波、および生体に対する電波照射がどの程度であるかを評価・考慮しながら、システム設計をしていく必要がある。

これまでに説明したSARや電力密度を実験的に評価していくのは労力がかかる。特に生体内のSAR値を実際に測定することは難しい。こうしたときに、電磁界解析による検討は非常に有効な手段である。

ここで、電磁界解析に利用できる人体モデルの代表的なものを紹介する。図16に示すように、日本国内では、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が提供する日本人の平均的な体型を有するモデルがある²³⁾。また、図17に示すように、U.S. National Library of Medicine

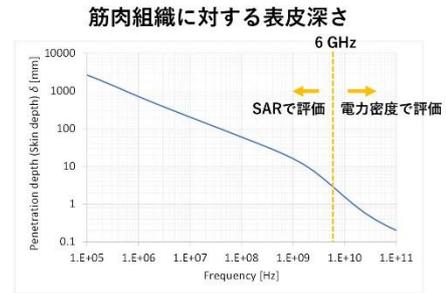


図13 筋肉組織に対する表皮深さ

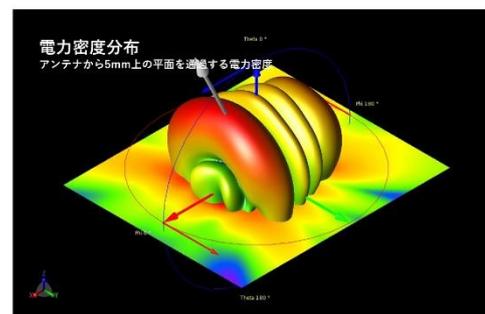


図14 放射パターンと電力密度分布

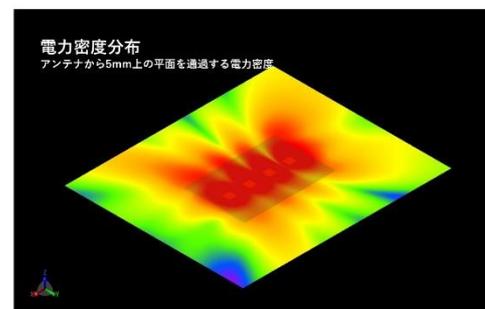


図15 電力密度分布



図16 NICT提供モデル人体モデル



図17 NLM提供モデル人体モデル

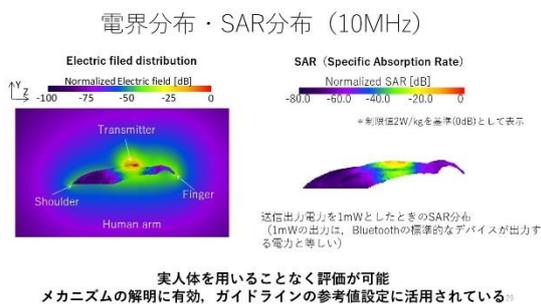


図18 電界分布と SAR の電磁界解析

(NLM)が提供する西洋人の男性の平均的な体型を有するモデルがある²⁴⁾。こうした人体の数値モデルを利用することで、全身平均SARや局所SAR、電力密度などを電磁界解析によって評価・検討することができる。

図18は、図17に示すNLMモデルの腕部を用いて、図8、9、10で説明したMHz帯を利用する人体通信を想定して、電磁界解析したものである。図18の左図は電界分布、右図は、局所SAR分布を示している。ここではウェアラブル機器の一例として、Bluetoothによる通信を想定し、アンテナ（電力）から出力される電力を1 mWとしたときに、局所SARの制限値である2 W/kgを基準(0 dB)として表示したものである。同図からわかるとおり、アンテナ装着部分であっても、SAR値は-10 dB以下の値となっており、制限値の1/10以下であることがわかる。このことから生体への安全性が確保されていることが確認された。

6. まとめ

Internet of Things (IoT) 時代を迎え、人工知能(Artificial Intelligence (AI)) を搭載したシステムや機器が実現されつつある。搭載されるワイヤレスシステムは、第5、第6世代移動通信 (5G、6G) や無線LAN (WiFi)、人体通信 (Human body communication (HBC)) などの利用周波数帯の異なる様々なシステムが混載・共用される。これらのワイヤレスシステムにおいて、アンテナは、電波の出入り口となる重要デバイスであり、このアンテナの性能がワイ

まとめ

- IoT・AI時代のアンテナシステム
 - 多種多様な通信システム
 - アンテナは電波の出入り口・重要デバイス
 - 無指向性から単一指向性 (アレーアンテナ)
 - 接触電極によって人体周囲を励振励振 (ウェアラブルアンテナ・電極)
- 人体防護ガイドライン
 - 歴史、経緯
 - 電磁界防護指針 (ICNIRPによるガイドライン)
- 人体の電気特性
 - 生体組織は周波数依存あり
- 電磁的生体安全評価における電磁界解析の重要性
 - 人体モデル
 - 計算によって推測・予測できる。リスク回避につなげられる

図19 まとめ

ヤレスシステムの性能を大きく左右する。モバイル機器やウェアラブル機器、人体近傍で利用される機器においては、アンテナから放射される電波に対する生体の電磁的安全性 (電磁的生体安全性) についても考慮が必要となる。

本稿では、5G/6G・IoT・AI時代のワイヤレスシステムのためのアンテナを紹介するとともに、人体とアンテナの相互作用やICNIRPによる電磁的生体安全性のガイドラインについて紹介した。

謝辞

本研究の一部は、JSPS科学研究費補助金 (基盤研究(C)) 課題番号21K12812によって実施されたものである。

参考文献

- Jeffrey G. Andrews, Stefano Buzzi, Wan Choi, Stephen V. Hanly, Angel Lozano, Anthony C. K. Soong, Jianzhong Charlie Zhang, "What Will 5G Be?", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 32, No. 6, pp.1065-1082, (2014).
- Yong Niu, Yong Li, Depeng Jin, Li Su, Athanasios V. Vasilakos, "A survey of millimeter wave communications (mmWave) for 5G: opportunities and challenges", Wireless Networks, Volume 21, Issue 8, pp.2657-2676, (2015).
- 村松大陸, 越地福朗, 越地耕二, 佐々木健, "詳細人体モデルによる人体通信機器の入力特性および生体暴露に関する検討", 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2011 (ABML2011) 論文集, O1-1, 156, pp.1-3, Tokyo, Japan, (2011).
- F. Koshiji, K. Sasaki, "Input Impedance Characteristics of Wearable Transmitters for Body-centric Networks", International Conference on Electronics Packaging 2008 (ICEP 2008), 10B1-1, pp.1-6, Tokyo, Japan, (2008).

- 5) 越地福朗, 佐々木健, “人体内通信におけるウェアラブル送信機の電極構造によるインピーダンス整合と電極設計”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.12, No.3, pp.221-232, (2009).
- 6) 高橋裕寛, 越地福朗, 越地耕二, “広帯域半円台形不平衡ダイポールアンテナの円偏波化の検討”, 第30回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 2A5-2, pp.169-171, Online-Osaka, Japan, (2020).
- 7) 松尾佳樹, 越地福朗, 越地耕二, “多層リングで構成するパラボラアンテナの検討”, 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-103, Japan, (2019).
- 8) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “UWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの提案と検討”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.10, No.3, pp.200-pp.210, (2007).
- 9) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “UWB用広帯域小型平面アンテナにおける放射板形状の検討”, エレクトロニクス実装学会超高速高周波エレクトロニクス実装研究会予稿集, Vol.5, No.3, pp.1-6, (2005).
- 10) 越地福朗, 江口俊哉, 佐藤幸一, 越地耕二, “UWB用半円台形不平衡ダイポールアンテナの検討”, 電子情報通信学会2006年総合大会講演論文集, B-1-118, Tokyo, Japan, (2006).
- 11) 富澤将哉, 望月幹太, 越地福朗, 越地耕二, “衣服と一体化する広帯域半円台形不平衡ダイポールアンテナの変形に対するVSWR特性”, 第29回ライフサポート学会フロンティア講演会論文集, pp.101, Tokyo, Japan, (2020).
- 12) F. Koshiji, Y. Yamada, Y. Yasuda, T. Uchida, K. Yamada, “Investigation of Radiation Efficiency of Antenna Using Transparent Conductive Thin Film”, International Conference on Advanced Imaging 2021 (ICAI2021), pp.59-60, Online, Japan, (2021).
- 13) Y. Yamada, F. Koshiji, Y. Yasuda, K. Yamada, T. Uchida, “Reduction of Sheet Resistance and Improvement of Radiation Efficiency by Annealing Treatment of ITO Transparent Antenna”, International Conference on Electronics Packaging 2022 (ICEP 2022), P20, pp.1-2, Online, Japan, (2022).
- 14) F. Koshiji, Y. Yasuda, Y. Yamada, K. Yamada, and T. Uchida, “Transparent antenna with high radiation efficiency and high optical transmittance using dielectric-metal-dielectric composite materials based on ITO/Ag/ITO multilayer film”, Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.15, pp.E22-001-1-7, (2022). (DOI: <https://doi.org/10.5104/jiepeng.15.E22-001-1>)
- 15) 越地福朗, “5Gシステムのアンテナ設計”, “5G対応に向けた部材・材料・デバイス設計開発指針”, 情報機構出版, ISBN: 978-4-86502-175-2第2章, 第4節, pp.59-74, (2019).
- 16) 漆館竜吾, 越地福朗, 越地耕二, “人体通信を用いた生体信号伝送の検討”, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2017 (LIFE2017), 1B-1-5, pp.1-2, Tokyo, Japan, (2017).
- 17) F. Koshiji, R. Urushidate, K. Koshiji, “Biomedical signal transmission using human body communication”, The IEEE 36th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC 2017), pp.1-2, San Diego, California, USA, (2017).
- 18) F. Koshiji, R. Urushidate, D. Muramatsu, T. Yamamoto, K. Koshiji, “Real-Time Heartbeat Signal Sensing and Transmission Using Human Body Communication”, 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2018), FrPoS-32.49, Honolulu, Hawaii, USA, (2018).
- 19) WHO, “Extremely low frequency (ELF) fields”, Environmental Health Criteria 35 (1984).
- 20) ICNIRP : Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Phys. 74, 494 (1998).
- 21) ICNIRP : Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Field (1 Hz to 100 kHz), Health Phys. 99, 818 (2010).
- 22) ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys 118(00):000-000; (2020). Preprint. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210.
- 23) T. Nagaoka, S. Watanabe, K. Sakurai, E. Kunieda, and S. Watanabe, “Development of realistic high-resolution whole-body voxel models of Japanese adult male and female of average height and weight and application of models to radio-frequency electromagnetic-field dosimetry,” Physics in Medicine and Biology, Vol. 49, pp. 1 – 15, (2004).
- 24) M. J. Ackerman, “The Visible Human Project”, Proceedings of the IEEE, Vol.86 No.3, pp.504-511, (1998).

Antenna systems and electromagnetic biosafety in the IoT/AI era

Fukuro KOSHIJI

Electrical and Electronics Course, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

Abstract

In recent years, the frequency bands used in radio communications range from low to high frequencies. In radio systems using high-frequency bands, directionality control technology using array antennas has been introduced, and high-gain, unidirectional antennas are now used. Regarding electromagnetic bio-safety, understanding the interaction between electromagnetic waves and the human body is essential, and guidelines for human body protection against electromagnetic waves have been established. In recent years, with the increase of higher frequencies, the guidelines for human protection against electromagnetic waves in the frequency band above 6 GHz have been revised. In addition to the conventional power absorption Specific Absorption Rate (SAR), an index based on incident power density has been added. This paper introduces antennas for wireless systems in the age of 5G/6G, IoT, and AI, and describes the interaction between the human body and antennas and electromagnetic bio-safety.

KEYWORDS: Antenna, high frequency, Wideband radio wave communication, human body communication, electromagnetic biosafety

消防活動における熱中症リスク

Heat stroke risk during firefighting activities

水野 雅之

Masayuki MIZUNO

抄録

消防隊員は、断熱性能に優れた防火衣、空気呼吸器等の重装備が基本のため、消防活動による運動負荷は大きく、熱がこもりやすく、熱中症になりやすい。それを踏まえて、アンケートや実験を行い、消防活動中の熱中症発症リスクについて考察した。

消防隊員の発症状況や対策などに関するアンケート調査を実施し、手足のしびれや気分が悪い、筋肉のけいれんなどの軽傷を含め約5年間の内に熱中症の症状を経験したことがあった人は30~40%であった。原因としては、脱水(多汗)50%、活動による疲労の蓄積32%、高負荷での活動31%、周囲の高温環境34%であった。周囲温度や高負荷での活動は一定程度避けられないことを考慮すれば、活動時間を短縮し休息を早め取ることで脱水や疲労の蓄積を和らげる対策が考えられる。

消防隊員に室温40℃湿度70%、室温30℃湿度60%の2環境で、2系統の運動負荷及び水分摂取を伴う休息を2回繰り返す実験を実施し、水分摂取は1℃のアイスラリーもしくは、10℃の冷水とした。運動室の温度が高いほど、服装の断熱性や装備の総重量が重いほど、深部体温の上昇が早い傾向が見られた。運動室の温度が高いとアイスラリーによる顕著な深部体温の冷却効果が確認できた。

アイスラリーの摂取は、熱中症リスクを低下させ、また春季の暑熱順化トレーニングも効果的である。

Key words: 消防隊員、熱中症、運動負荷、アイスラリー、個人防火装備

私からは消防活動における熱中症リスクと題して、消防隊員も高温環境で作業されるという状況が発生しまして、そういった方々の熱中症対策をどう考えたらいいかということをお話したいので、東京理科大学と東京消防庁との間で共同研究をさせてもらった経緯があり、それを含めて今日は発表させていただきます。

今日の発表の流れは、大きく分けると5つの項目になっています。消防隊員と熱中症との関係と、気候の面から見た熱中症リスクの上昇というところをまず触れさせていただきます。加えてそういった温暖化という面が、やや無理矢理な感はありますが、屋外で長時間に及ぶ消防活動を必要とする森林火災に対してどういう影響を及ぼしているの

か、最後の2つの話はまさに東京消防庁との共同研究の成果になります。消防隊員の熱中症の状況とアイスラリーを経口摂取することによる身体冷却についてお話しします。

早速ですが、熱中症というものについて原因を整理してみますと、一般論として環境要因と身体的要因に分かれまして、環境要因については気温とか湿度が高いとか、そう

Mizuno lab. 

発表の流れ

- 消防隊員と熱中症
- 気候の面から見た熱中症リスクの上昇
- 温暖化における消防活動が困難な森林火災
- 消防隊員の熱中症の状況
- 消防隊員のアイスラリー摂取による身体冷却

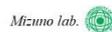
連絡先: 水野 雅之 mizuno@rs.tus.ac.jp

東京理科大学 国際火災科学専攻 准教授

Associate Professor; Department of Global Fire Science and Technology, Graduate School of Science and Technology, Tokyo University of Science

(2023年12月11日受理・掲載)

いったものが関係してきます。一方、身体的要因についてはやはり激しい運動で体内で熱産生が起きて、それが継続されると体温が上がり、うまくコントロールできなくなってしまいます。こういったお話を消防活動の面から見てみますと、消防隊というのは火災から身を守るために断熱性の高い防火衣を着装しています。加えて重装備と表現して良いのか分かりませんが、活動する上で身を守ることに加えて、空気ポンプ等を備えていたり、さらにホース等といった機器を運搬する移動などが発生します。ということで、重装備での移動、身体負荷が大きく、体内で多くの熱が産生され、また発汗を伴い、断熱性の高い防火衣の中は、比較的高温かつ高湿の状態になります。



消防隊員と熱中症

・熱中症の原因

- ・環境要因
 - ・気温や湿度が高い 風が弱い 日差しが強い など
- ・身体的要因
 - ・激しい運動で体内で熱産生 暑さに慣れていない 疲れや寝不足など体調不良

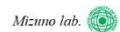
・消火活動

- ・火災から身を守るため断熱性の高い防火衣を着装
- ・重装備で、ホースなどの機器の運搬などの移動

重装備での移動（さらに機材の運搬）は、身体負荷が大きく、体内で多くの熱が産生され、また発汗を伴い、断熱性の高い防火衣の中は比較的高温かつ高湿の状態

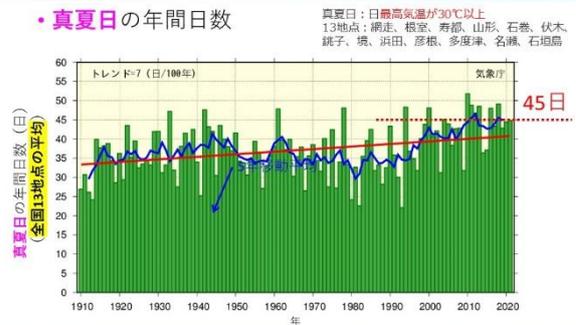
こういったことから深部体温が上昇していった、体温調節をするわけですが、その体温調節の一部として熱放散があるわけですが、これを消防隊員に当てはめてみると、防火衣を着ていることで汗の蒸発もうまくできないし、外気への熱伝達というのもうまくできないので、防火衣の中は高温・高湿の状態になります。体温が上昇して、その結果、体温調節機能というところに乱れが出たり、あるいは激しく発汗することによって脱水の状態になってしまうと、熱中症の症状が出てくることになります。

次の話題です。気候の面から見た熱中症のリスクということで、これは単純に気象庁のデータを持ってきているわけですが、こちらはまず日本の全国平均のデータです。13



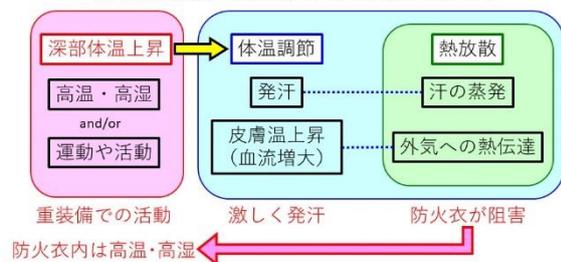
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・真夏日の年間日数



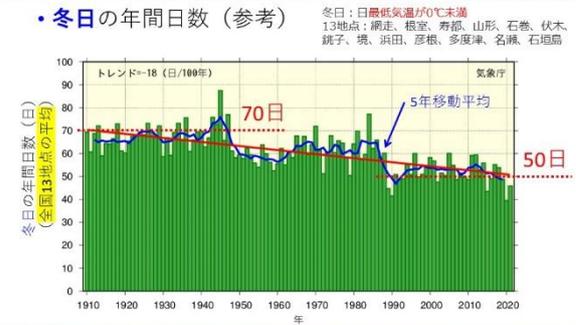
消防隊員と熱中症

- ・熱が放出されず体温上昇により熱中症に
- ・体温調節機能の乱れや、体内の水分が失われる



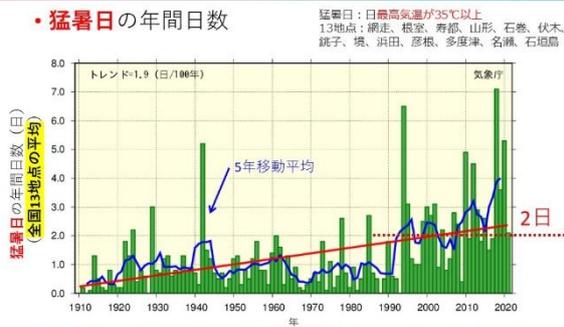
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・冬日の年間日数 (参考)



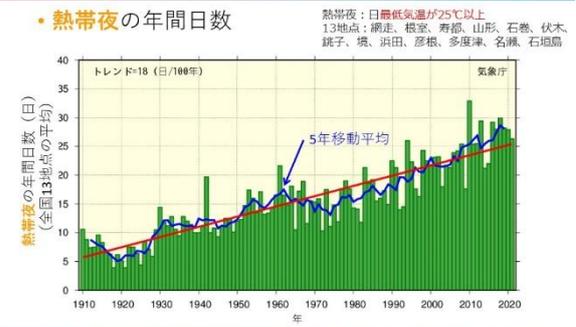
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・猛暑日の年間日数



気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・熱帯夜の年間日数



地点の平均として猛暑日の年間日数を整理しているわけですが、長い期間のトレンドで見ると、100年間で2日増えているぐらいです。一方、真夏日です。こちらについても日数としてはやはり増えてきていることが分かって、最近ですと年間45日ぐらい、トレンドとしては100年間で7日増ぐらいです。逆に冬のほうです。こちらも真夏日とは逆に、減っている傾向が分かります。加えて熱帯夜です。熱帯夜というのは、最低気温が25度以上になっている日のカウントですけれども、こちらも急激に増えている状況が分かります。トレンドで見ると100年で18日増えるような状況です。加えて、これは関係ないと思われるかもしれませんが雨量、降水量です。温暖化によって、水分の循環

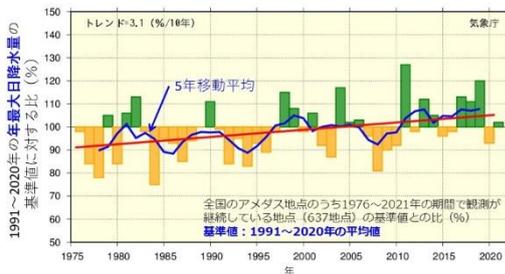
環が多くなって雨量も増えてきている、そういう状況が見て取れます。

先ほどまで全国平均で見えていましたが、ここからは東京都に限ったものになります。同じように見てみますと、猛暑日はもう10日を超えるような状況になっています。真夏日でも、ここで示した値で55日、概ね平均であると思えますけれども、多いときには70日を超えています。熱帯夜についても急激な伸びを示している状況です。こちらは平均気温という考え方です。年間の平均気温ということになりますので、数字そのものは、それほど高くない見え方をするかもしれませんが、トレンドとしては100年で2.5℃上がってきています。少しまとめますと、こういっ



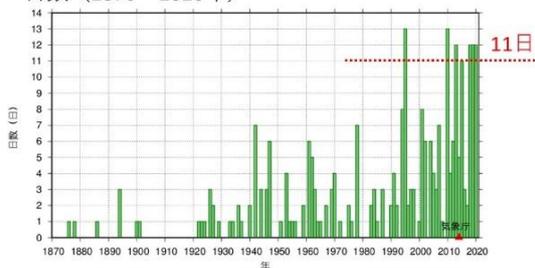
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・年最大日降水量 (参考)



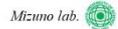
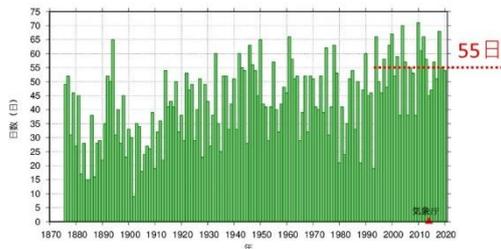
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・東京都の日最高気温35℃以上 (猛暑日) の年間日数 (1876~2020年)



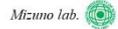
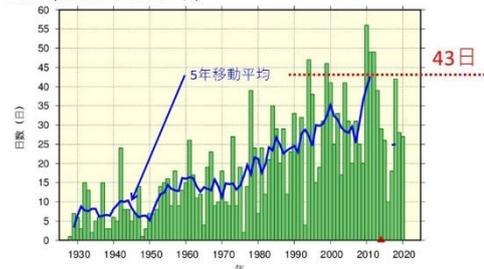
気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・東京都の日最高気温30℃以上 (真夏日) の年間日数 (1876~2020年)

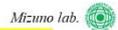
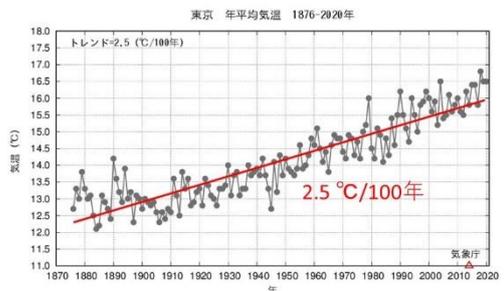


気候の面から見た熱中症リスクの上昇

・東京都の日最低気温25℃以上 (熱帯夜) の年間日数 (1930~2020年)



気候の面から見た熱中症リスクの上昇



気候温暖化における消防活動が困難な森林火災

- ・**栃木県足利市**の林野火災
 - ・ 覚知時刻: 2021年2月21日15時36分
 - ・ 鎮圧時刻: 2021年3月1日16時 (3月15日15時鎮火)
 - ・ 消火活動が困難で林野の焼失面積は約106 ha
 - ・ 民家への延焼の恐れから社会の関心を呼んだ
- ・**東京都青梅市**の住宅火災が林野に延焼した火災
 - ・ 覚知時刻: 2021年2月23日13時23分
 - ・ 鎮圧時刻: 2021年2月24日15時32分 (16時15分鎮火)
 - ・ 住宅火災の飛び火が山林に燃え拡がり約8.5 ha焼失

た形で気候の面から見てやはり熱中症リスクが高まっているというのは、皆さん共通認識を持っていただけたと思います。

この気候の温暖化によって、少しこじつけのタイトルをつけていますけれども、消防活動が困難な森林火災がどうなっているかという話題です。日本においても数件でなく、多数発生していますが、マスコミの取り上げ方で皆さんの印象は異なっていると思います。記憶に新しいのは、2021年2月、これは同時期に2つ発生したのでマスコミでもよく取り上げられていました。民家への延焼のおそれがあるということで社会の関心と呼んだ栃木県足利市の林野火災がありました。数日間燃え続けていますので、社会

的にインパクトがあったと思います。一方で東京のほうでは住宅火災が林野に延焼した火災がありました。写真で見ると、様々なところで濃い白い煙が見えていますが、そういったところで燃焼が進んでいるという状況かと思えます。これが出火当初です。このある一点で濃い煙が発生している状況が分かります。こちらは1日経ったところですけれども、やはりこちらにまだ濃い煙が見えているのが分かります。これが日数が経っていくと、範囲が広がっていくというわけです。地図で見ますと、こちらが出火点で、尾根に沿って広がっていったのかなという雰囲気が分かります。加えて斜面に沿って燃え下がっていくような、そういう燃え広がりを示したと思われます。これが見て分かる

足利市西宮林野火災の記録
～火災の概要と本市等の対応～ (足利市)

Mizuno lab.



15

出火当初の様子

Mizuno lab.



・両崖山を東側から撮影した俯瞰写真 (2/21)

総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

16

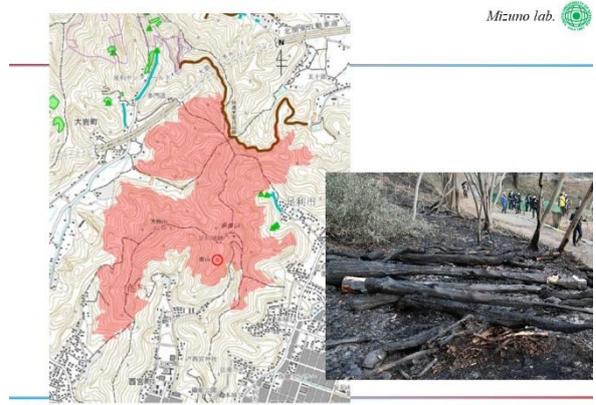


・両崖山を南側から撮影した俯瞰写真 (2/22)

総合危機管理学会

・両崖山を東側から撮影した俯瞰写真 (2/25)

Mizuno lab.



総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

18



紫山斜面の延焼状況 (2/21)

夜間の延焼状況 (2/21)



Mizuno lab.

Mizuno lab.



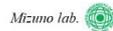
総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

20

Mizuno lab.

Mizuno lab.

とおり、斜面を燃え下がっていている状況です。こういったところに対して、消防団は、後ろにバッグを背負っていますが、これは水を入れたバッグを持って水をかけに行く作業をしているところです。ヘリコプターで散水したり、さらには水圧の高い放水が可能なポンプで放水しても風向きによって影響を受けるということで、火勢の弱い場所では人が水をかけるという作業をしていました。先ほどは冬季に発生していますので、直接熱中症に結びつく話ではないですが、そういう事例が日本でもあったということです。それで林野火災の日本の状況を年代を追って見てみますと、何となく林野火災がクローズアップされているので多くなってきているのかなというふうに思いがちですが、全体と



日本における林野火災

- 約70年間の林野火災件数の推移



総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日 21



近年の森林火災

- アマゾン**
 - 2019年夏に南米大陸のアマゾンの熱帯林を中心に、森林火災が多数発生
- オーストラリア**
 - 2019年7月から2020年3月まで、1千万haが焼失
 - 3000棟以上の建物が被災。死者33人以上
 - 野生動物への影響も大
 - コアラ：個体数の約30% (8400頭に相当) が被災
- カリフォルニア**
 - 継続的に森林火災が発生 (春から秋にかけて乾燥)
 - 2019年10月28日から11月5日：ゲッティ火災で301 ha
 - 2019年10月23日から11月6日：キンケード火災31,468 ha
 - 2020年8月12日から9月28日：レイク火災12,581 ha

総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日 22



アメリカの森林火災

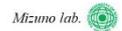
- 発生件数



NIFC (National Interagency Fire Center). 2021. Total wildland fires and acres (1983-2020).
USDA (U.S. Department of Agriculture) Forest Service. 2014. 1991-1997 wildland fire statistics. Prepared by USDA Forest Service, State and Private Forestry, Fire and Aviation Management staff, and supplemented with historical records provided by Forest Service staff, April 2014. 23

しては減少傾向にあります。これは基本的に人為的なものが多くて、そういったものに気をつけようという意識が働いて、徐々に減ってきているという状況が分かります。

次に世界の方に目を向けてみます。日本よりもやはり世界的に見たほうが森林火災を問題視していて、研究の分野でも森林火災に対して大きな研究費がつくようなトレンドもごさいます。近年で見ますとアマゾンとか、皆さんも記憶に新しいオーストラリア、カリフォルニアは、ほぼ継続的に森林火災が毎年起きています。そういったところでの焼損面積を見てみるとすごく大きなものが出ています。これはアメリカのデータで、森林火災の件数になります。先ほど日本で示したものよりは減り方は少ないかもしれませ

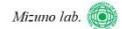


アメリカの森林火災

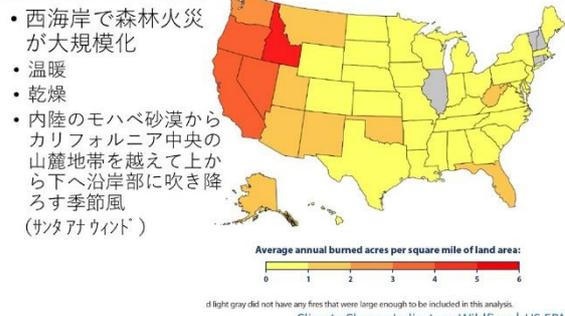
- 焼失面積



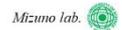
NIFC (National Interagency Fire Center). 2021. Total wildland fires and acres (1983-2020).
MTBS (Monitoring Trends in Burn Severity). 2020. 24



アメリカの森林火災 Average Annual Burned Acreage by State, 1984-2018



MTBS (Monitoring Trends in Burn Severity). 2020. 25



気候温暖化と森林 (林野) 火災

- 温暖化による森林火災への影響**
 - 気温上昇により土壌から多くの水分を蒸発
 - 土地が乾燥しやすくなる
 - より早い融雪をもたらし、長い期間乾燥の原因
 - これらの要因に加えて、強風が火災拡大を助長
- 森林火災の発生件数は減少傾向にあるが、温暖化によって森林火災が大規模に発展しやすい環境となっている。**
- 消防活動は、困難な上に長時間を要する。**
- 森林火災による温暖化への影響**
 - 燃焼に伴う温室効果ガス等の排出 *温暖化を加速させる物質
 - エアロゾル放出、炭素沈着、火災後の地表アルベドの変化
 - 永久凍土の融解によるメタンハイドレート*の放出

J. T. RANDERSON, et al., The Impact of Boreal Forest Fire on Climate Warming, SCIENCE • 17 Nov 2006 • Vol 314, Issue 5802 • pp. 1130-1132 • DOI: 10.1126/science.1132075 26

んが、件数がすごく多いです。こういった中で、減少している傾向は見て取れると思います。一方、これは焼損面積ですが、これは右肩上がりの傾向が見て取れると思います。つまり件数は減ってきているけれども、焼損面積は増えているというのは、1件当たりの燃え方が大規模化しているという状況が分かると思います。アメリカの西海岸で森林火災が大規模化していると言えると思いますが、この影響はやはり温暖、それによる乾燥とかが影響しています。

これをまとめますと、温暖化による森林火災への影響という視点で見ると、気温の上昇によって土壌から多くの水分を蒸発させるということが影響し、また早く冬が終わり春が来るということで、早い時期に融雪が行われ、長期間乾燥する期間が生じてしまうことで森林火災が大規模化する原因になっていると言えると思います。それから森林火災の温暖化への影響というところも少し調べようと思ったのですが、実際の発熱による影響といったところは、やはり気象の専門家でないとうまいこと説明できないと思ひまして、私のほうでは簡単なことだけ書いています。単純には温室効果ガスが排出されるということ。それと煤とかエアロゾルとかあるいは炭素の沈着によって、あるいは火災後、焦げた状態で地表アルベドの変化が起これという変化が起きて、それが太陽光の吸収に関係していると言われています。また温暖化によって永久凍土の融解による温室効果ガス、温室効果物質といいますが、その放出が懸念

されると言えると思います。

それでは次のトピックスに移りますが、消防隊の熱中症の状況という話題になります。まず職業別の熱中症の発生状況を示していますが、見ていただくと建設業が多い、あるいは製造業も多く、ブルーが死傷者、赤色が死亡者数ですが、死傷者に対する死亡者の割合を見ますと、やはり建設業が多いです。また、数そのものはそれほど比較して多くはないですが、農業も割合が高いことが分かります。こういった職業は、屋外で日射を受ける、そういう環境で仕事をされていることが分かると思います。消防隊員も同じような状況に置かれる活動場面が多くありますが、ただ、時間としてはそれほど長くない条件かもしれません。

東京消防庁のこの10数年の累計のデータが出ていますが、月別で8月が多く、20人ぐらい、ということですが、往々にしてこういったところに出てくるのは、本当に重症や少なくとも中等症になっているひどい症状を発症した場合について申告されていると思ひまして、そういったことも考慮して、改めて統計を取ろうということで、東京消防庁の協力を得てアンケート調査を実施させていただきました。概ね5年弱の期間を対象に、消防職員で3署にお勤めの方に回答していただいたのですが、熱中症の受傷経験ありとなしで見ますと、ありのほうで35%ぐらいが実際にはあると回答しました。もちろんこれは軽症も含んだ形になっています。経験年数との関係を見ると、発症率にな

職業別の熱中症の発生状況

- 建設業が最多で、死傷者数に対する死亡者数の割合も農業に次いで高い……屋外（日射）

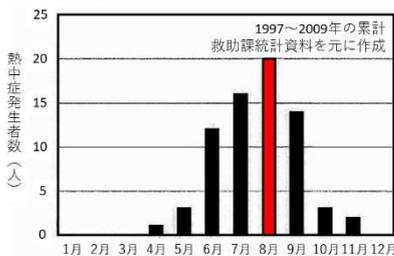


厚生労働省 令和2年職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）より



消防隊員の熱中症の状況

- 東京消防庁管内の消防活動及び訓練、演習時における熱中症の月別発生者数

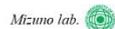


山本隼太ら：消防活動における効果的な暑熱順化の方策に関する検証。消防技術安全所報47号、2010



消防隊員の熱中症の状況（東京消防庁）

- 実態把握に関するアンケート調査
 - 調査対象
 - 東京消防庁管内で災害出場件数が比較的多い3署（特別救助隊あり）
 - 警防業務を主務とする職員を対象
 - 調査方法
 - 自記式の無記名マークシート調査票（2016年12月配布）
 - 回答後に回収箱に集め回収（匿名化）
 - 実施に際しては、東京消防庁倫理審査専門部会で確認
 - 調査項目
 - 基礎項目：年齢層、性別、警棒業務の経験年数、現配置任務
 - 活動状況：水分補給、冷却材の使用、休息の取り方、運動負荷の程度
 - 休息状況：環境、体位、時間、水分補給、身体冷却方法、冷却剤交換
 - 熱中症の経験：程度、回数、他の職員の発症の目撃
- （2012年4月から2016年12月までの5年間弱を対象）



消防隊員の熱中症の状況（東京消防庁）

- 調査結果……599人の調査票を分析対象
 - 一部の設問に無回答あり
- 熱中症の受傷経験あり……209人（34.9%）
 - 中等症・重症……102人
 - 軽傷……107人
- 熱中症の受傷経験なし……377人（62.9%）

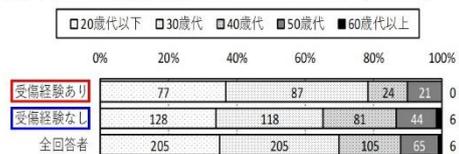


図 年齢層別の熱中症経験の有無（データは回答数）

りますが、それほど差はなくて、ただ新人さんでやや高い、あるいは5年から10年で慣れてきたところで責任感もあって頑張ってる作業されるということがある傾向が出ています。次に上から軽症、それから中等症、重症という順になりますが、数回症状を感じている方も一定の割合でいるということが分かると思います。また中等症についても10%を超える割合で症状を確認している方がいらっしゃるということが分かりました。どういった原因かを聞いてみると、やはり脱水とか高負荷の活動、疲労の蓄積、温度の高さが出てきますが、周囲の温度の高さはさすがに変えられないので、脱水とか疲労の蓄積の抑制という意味では、活動時間を短縮する、それは全体を短くする、あるいは休

息を早めにとるという配慮が必要ではないかと考えております。

最後の話題です。これは東京消防庁の恒温恒湿室を使って温度条件等をコントロールした状態で被験者実験をさせてもらったものになります。水分摂取として冷水を摂る場合とアイススラリーを摂る場合、アイススラリーとは氷を含む流動性の高い飲料になります。こうしたものを摂取することで身体冷却をうまくできるのではないかとということに注目したわけです。最初の実験は運動室の温度を25℃にした場合と40℃にした場合で、水分摂取の2条件と掛けて4条件の実験をしました。実験の流れは、プレクーリングとしてまず水分摂取を行った後、運動を20分、休

消防隊員の熱中症の状況 (東京消防庁)

・経験年数別の該当割合と約5年間の熱中症受傷率

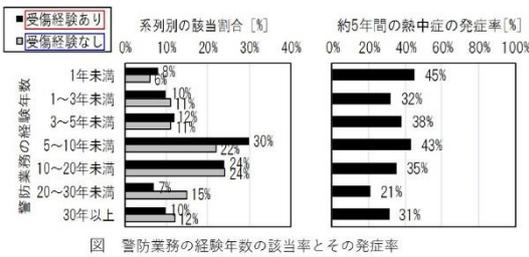


図 警防業務の経験年数の該当率とその発症率

消防隊員のアイススラリー摂取による身体冷却

・実験の流れ

- ・プレクーリング
 - ・運動1の15分前から、水分500gを100gずつ3分毎に5回摂取
- ・運動1 (20分)
 - ・防火衣、空気ボンベなど完全着装で踏み台昇降運動 (100bpm)
- ・休息1 (30分)
 - ・運動1の6分後から、水分500gを100gずつ3分毎に5回摂取
- ・運動2 (20分)
 - ・運動1と同じ
- ・休息2



消防隊員の熱中症の状況 (東京消防庁)

・現場又は訓練での熱中症の発症状況

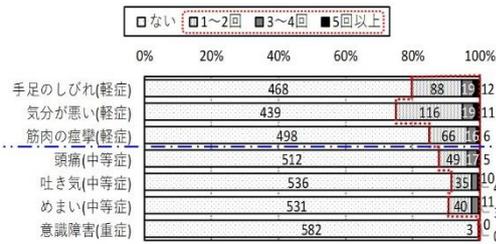
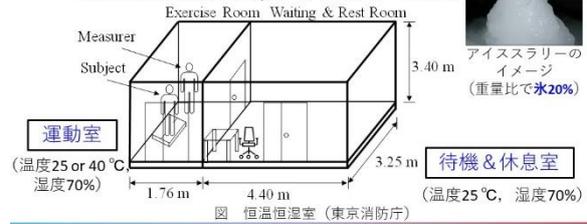


図 2012年4月~2016年12月の熱中症の発症状況

消防隊員のアイススラリー摂取による身体冷却

・実験1 (防火衣の完全着装)

- ・水分摂取: 冷水 (10℃) vs アイススラリー (1℃)
- ・運動室温度: 25℃ vs 40℃ (相対湿度70%)
- ・踏み台昇降運動100 bpm (台の高さ: 20 cm)



消防隊員の熱中症の状況 (東京消防庁)

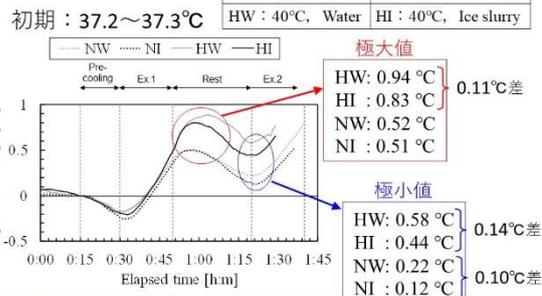
・熱中症を発症したと考えられる要因



図 熱中症を発症したと考えられる要因

消防隊員のアイススラリー摂取による身体冷却

・直腸温の変化



息 30 分、また運動を行うという流れで実験を行っております。実験 1 では防火衣を着て、ポンベも背負った完全着装状態で踏み台昇降運動を実施してもらいました。こちらが直腸温の温度変化です。初期の深部体温の温度が 37°C 程度ですが、その変化を示したものになります。プレクーリングをして下がるのですけれども、運動によって上がっていく。20 分経って運動をやめているのですが、その後、惰性で上がっていくような状況があります。こちらの 2 本が環境温度 40°C の条件で運動した場合です。アイススラリを摂取した場合のほうが早く深部体温が減少傾向に持っていける。冷水摂取している場合にはもう少し上がっていくような状況で、極大値で見ると温度差が出ます。また次の活動に入るところで、最も下がりアイススラリ摂取と水摂取で温度差が出ており、アイススラリ摂取の効果が現れたと言えると思います。

次の実験は実験 2 としまして、運動室の温度を 30°C に設定して、服装の違う条件を採用しました。作業着を着ている、防火衣を着ている、こちらはこういう毒劇物防護衣というゴムとか密閉性の高いものを着た上で防火衣を着た毒刺という状態になります。これによって装備の重量も違いますし、着衣量の断熱性を表す clo 値も違っていません。服装の違いによってこういった直腸の温度変化の履歴の違いはあるのですけれども、いずれの条件でもアイススラリの摂取によって、この毒刺の場合はそれほど差はな

Mizuno lab.

消防隊員のアイススラリ摂取による身体冷却

- ・実験 2 (運動室: 30°C、休息室: 25°C、相対湿度 60%)
 - ・水分摂取: 冷水 (10°C) vs アイススラリ (1°C)
 - ・着装条件: 執務室 (A)、防火衣 (B)、毒刺 (C)
 - ・踏み台昇降運動 100 bpm (台の高さ 20 cm)



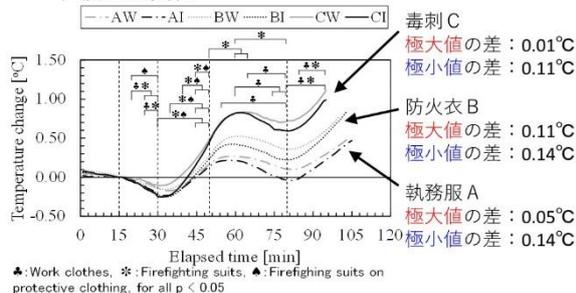
総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

37

Mizuno lab.

消防隊員のアイススラリ摂取による身体冷却

・直腸温の変化



総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

38

かったのですけれども、防火衣とか執務服の場合は差があって、かつ次の活動に入る休息の最後のところでの温度差ってというのは十分確保できたということが分かりました。こういったことで特に防火衣の場合は環境温が高温のときに深部体温の上昇を抑制する効果が確認された。加えて活動再開時の深部体温をより低下させられる効果が確認できたと言えます。また全体で見ると深部体温がおよそ 0.8 から 0.9°C と上がったような状況がこういう厳しい条件では見えたのですけれども、こういったものは装備の軽量化等によって、場合によっては抑制できる可能性があると考えています。

全体のまとめですけれども、熱中症の発症リスクという面でこういった環境要因、身体的要因があるということを確認しました。加えて温暖化による気温上昇と、消防活動が大変な森林火災の大規模化が起こっていると思います。消防活動における熱中症対策としては、早めの休息とか効果的な身体冷却、装備の軽量化というものを挙げまして、またこういった暑熱順化という暑さへの慣れ、さらには深部体温のモニタリングというもののできれば、活動とか休息の制御が可能になるのではないかと考えております。以上で私からの発表を終わりたいと思います。

Mizuno lab.

消防隊員のアイススラリ摂取による身体冷却

- ・アイススラリの摂取効果
 - ・防火衣の完全着装条件下では、活動環境が高温で、活動後の深部体温の上昇(極大値)を抑制
 - ・活動環境が 30~40°C : 20分の踏み台昇降で 0.11°C の差
 - ・活動再開時の深部体温(極小値)をより低下
 - ・毒刺 (30°C で運動) : 0.11°C の差
 - ・防火衣 (25~40°C で運動) : 0.11~0.14°C の差
 - ・執務服 (30°C で運動) : 0.14°C の差

- ・40°C で 20分運動の防火衣 (21.0 kg, 1.82 clo)
- ・30°C で 20分運動の毒刺 (24.3 kg, 2.14 clo)

→ 深部体温がおおよそ 0.8~0.9°C 上昇

装備軽量化 (現状: ポンベ 11 kg, 防火衣 3.9 kg, 毒劇物防護衣 5.7 kg)

Mizuno lab.

まとめ

・熱中症の発症リスク

- ・環境要因 (高温・高湿、熱放散が低い)
- ・身体的要因 (重装備での活動、多量の発汗、暑さへの慣れ)

・温暖化による気温上昇・森林火災の大規模化

- ・消防活動環境の熱中症リスクの増大

・消防活動における熱中症対策

- ・活動時間のコントロール (早めの休息)
- ・休息時の効果的な身体冷却 (アイススラリ摂取)
- ・装備の軽量化による身体負荷の軽減
- ・暑熱順化による暑さへの慣れ
- ・深部体温のモニタリングによる活動・休息の制御

総合危機管理学会 第6回学術集会 2022年5月21日

40

参考文献

- 1) 気象庁:大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化.
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html(参照 2023-12-11)
- 2) 足利市:足利市西宮林野火災の記録～火災の概要と本市等の対応～.
<https://www.city.ashikaga.tochigi.jp/manage/contents/upload/633fc645d8380.pdf>(参照 2023-12-11)
- 3) 林野庁:日本では山火事ほどの位発生しているの?
https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/yamakaji/con_1.htm
(参照 2023-12-11)
- 4) United States Environmental Protection Agency, Climate Change Indicators: Wildfires.
<https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-wildfires>(参照 2023-12-11)
- 5) JT Randerson, et al: The Impact of Boreal Forest Fire on Climate Warming, SCIENCE, 17 Nov 2006, Vol 314, Issue 5802, pp.1130-1132 (DOI: 10.1126/science.1132075)
- 6) 厚生労働省:令和2年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況(確定値).
<https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000972318.pdf>
(参照 2023-12-11)
- 7) 山本陽太ら:消防活動における効果的な暑熱順化の方策に関する検証. 消防技術安全所報 47号, 2010
- 8) 水野雅之, 秋枝哲人, 丁鐘珍, 柳田信也, 市村志朗, 大宮喜文, 玄海嗣生, 持田春人, 鈴木峻:消防隊員の身体負荷が活動安全に与える影響に関する研究 その1 災害活動や訓練・演習時の熱中症対策や運動負荷に関する消防隊員へのアンケート調査、日本火災学会研究発表会梗概集、pp. 92-93、2017
- 9) 丁鐘珍, 水野雅之, 秋枝哲人, 大宮喜文, 玄海嗣生:熱中症対策や運動負荷に関する消防隊員へのアンケート調査 消防隊員の身体負荷が活動安全に与える影響に関する研究 その1、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-2、pp. 45-46、2017
- 10) 丁鐘珍, 水野雅之, 柳田信也, 市村志朗, 山本隆彦, 大宮喜文:高温又は常温環境で模擬活動する消防隊員の生理指標へのアイスマスリー又は水の摂取の影響、日本火災学会論文集、Vol.70, No. 2, pp. 35-51、2020
- 11) 福井瀬生, 丁鐘珍, 水野雅之, 柳田信也, 市村志朗, 山本隆彦, 仲吉信人, 大宮喜文, 玄海嗣生, 清水祐二, 鈴木峻, 久貝壽之:消防隊員の身体負荷が活動安全に与える影響に関する研究. その6 水分摂取と消防服装の違いの影響を調べる実験条件の整理、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 52-53、2019

Heat stroke risk during firefighting activities

Masayuki MIZUNO

*Department of Global Fire Science and Technology, Graduate School of Science and Technology,
Tokyo University of Science*

Abstract

Firefighters are basically equipped with heavy equipment such as fire-retardant clothing with excellent insulation performance and air breathing apparatus. Consequently, firefighting activities impose a substantial exercise load, increasing the risk of heatstroke. To assess the potential for heatstroke during firefighting, we conducted questionnaires and experiments.

A questionnaire survey was administered to firefighters, focusing on heatstroke incidence and countermeasures. Findings revealed that individuals experiencing heatstroke symptoms, such as numbness in the hands and feet, discomfort, and muscle spasms in the past five years, accounted for 30-40%. Identified causes included dehydration (50%), cumulative fatigue (32%), high-load activities (31%), and high-temperature environments (34%). Acknowledging the inevitability of high temperatures and high-load activities, measures such as reducing activity duration and incorporating early breaks can mitigate dehydration and fatigue.

Experiments were conducted in two environments: room temperature at 40 degrees Celsius and humidity at 70%, and room temperature at 30 degrees Celsius and humidity at 60%, incorporating two cycles of exercise stress and rest with water intake, involving ingestion of 10°C cold water or 1°C ice slurry. Higher exercise room temperatures and increased insulation in clothing resulted in a faster rise in core body temperature. Notably, ice slurry demonstrated a significant cooling effect on core body temperature under high-temperature conditions.

Ingestion of ice slurry emerged as an effective measure in reducing the risk of heatstroke, alongside the effectiveness of spring heat acclimatization training.

KEYWORDS: firefighters, heatstroke, exercise stress, ice slurry, personal fire protection equipment

学会テーマ：『生体の許容限界から考える環境との共生』

総合討論

- 司会： 柳田 信也（東京理科大学 教養教育研究院 教授）
山本 隆彦（東京理科大学 電気電子情報工学科 准教授）
- シンポジスト： 高嶋 隆太（東京理科大学 経営工学科 教授）
鷹屋 光俊（労働安全衛生総合研究所 ばく露評価研究部長）
仲吉 信人（東京理科大学 土木工学科 准教授）
越地 福朗（東京工芸大学 工学部電気電子コース 准教授）
水野 雅之（東京理科大学 国際火災科学専攻 准教授）

○柳田 司会を仰せつかりました東京理科大学の柳田信也と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

○山本 同じく総合討論の司会を仰せつかりました東京理科大学の山本と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

○柳田 それではまず、鷹屋先生に質問が1つありまして、規制している物質のピラミッドのところ、数百という非常に少ないものしか規制されていない。その数万もある物質の中でそれが選ばれている。今後、なぜそれが選ばれたの？ということと、幾つもある数万の中から数百という、そこを何がどんなハザードがあるのかとか、それに伴うリスクがどうなのかを推測するようなことは可能なのかと。いわゆる今の規定されていない物質に対してそういうシミュレーションのようなことができるのかという質問がございました。

○鷹屋 数百あるものと、それから一番上にある一番厳しい、例えば製造禁止物質ですとか、それは選ばれている理由があります。一番上の厳しいものは、労働者であるとか、あるいは労働者ではなく

て、現実に一般人に対して健康影響があることが分かっているというか、逆に言うと現実にそれで労働者の方の健康が損なわれたという実態があるものから選ばれています。その後、一番厳しい製造禁止物質もそうですし、その次の物質でいくつか特別なものがあるんですが、必ずしも労働現場とは限らないのですが、例えば、先ほどの情報で国際がん研究機関が、発がん性があると認定したものとか、あるいは発がん性の疑いが非常に濃かったそういったカテゴリーが選ばれています。特にここ数十年、厚労省がやっていたものと、その有害性のある情報と産業で多く使われているというものの両方の情報を、文献情報とか実態調査とかを合わせて、規制ベースに乗せて、どんどん上のほうに上げていくということです。だから今、情報があるものに関しましては調べる動機があった。有名な有害物質と構造が似ているとか特性が似ているのではなかろうかというような話と、もう一つは、産業で実際にと使われていたり、あるいは一般環境で公害問題を起こしたとか、そういった理由があって学術的に調べられて、かつ、その結

果としてやっぱりハザードがあるんじゃないだろうかというものに関しましてのリスクの見積もりを行ないまして、そのリスクの見積もりに応じた対策が取られているという状況でございます。その数万ある中から危険性のあるものをもろろいろいろな、例えば構造活性相関とか、そういったいろいろな研究が行われていますけど、今すぐこの数万のものから、例えばリスク度クラス分けとか、そういったものをできるかどうかという難しいのではないかというのが現実ではなからうかと思えます。

○柳田 分かりました。非常に丁寧にお答えいただき、分かりやすくご回答いただき、ありがとうございます。今の話に関連してなんですけども、様々な化学物質のクラスタリングと申しますか、ハザードの分類みたいなものがあるかと思うのですが、そんな何とか系とかこういう形だとかいうのはあるのですか。クラスター解析のようなことはされているのでしょうか。

○鷹屋 私もちよっとそちらのほうは専門外なので、逆に間違ったことは言えないかなと思いますので。当然ピックアップして、例えば先ほどの事例ですとオルトリジンという、芳香族アミンで発がん性があったとなると当然、芳香族にアミンがついてるものに関して横断的に調べるとかそういったことはやりますけど、もう数多くの化学物質を例えば構造から分けてとか、そういったことはもちろん研究レベルでは盛んにやられていると思いますが、それがすぐさま実際の規制に結びつくほどの実用化まで行ってるかどうかということに関しましては、ちょっと不勉強で逆に知らないというのが実態です。

○柳田 分かりました。ありがとうございます。それでは、先生方同士でご質問ですとか意見交換をしたいというようなことがありましたらご発言いただきたいのですがいかがでしょうか。

○鷹屋 先ほど許容濃度っていう話を出しましたが、許容濃度っていうのは疫学的なベースであったり動物実験の実験であったりするんですけど、例えば各国によって濃度が違うんですけど、例えば代表的な定義というのは例えば平日8時間働いて40年間勤め上げたときに、もともとそういう体質的な高リスク要因でない限り、ほぼ健康影響が出ないであろうという設定です。ですからゼロリスクではないんですけど、化学物質の標準的な決め方っていうのは結構リスクを非常にゼロに近い形で置いておきます。あとは閾値のない発がん物質ですと、例えば何万分の1とかそういった数字が出るんですけど、基本的には設定する水準としてはゼロリスクというところとちょっと語弊がありますが、非常に低いところに置かれているという。現実今でも毒性の知見が新しく出てくると、許容濃度が平気で10分の1ぐらいにとか、50分の1ぐらいに改定されるとか、そういったことが割と頻繁に、頻繁とは言いませんけどあるので、根底の思想としてはもう基本的には職業性ばく露で健康を損なわれることがあってはならないっていうのがベースとしての考えであると思います。

○高嶋 ありがとうございます。ということは、その物質によって全ての情報が明らかになっていない場合は、やはりいわゆる不確実性がある場合はかなり抑えられる、リスクを抑えなきゃいけないっていう形になるんですか。

○鷹屋 そうですね。だから動物実験しかない場合は、もうNOAEL（ノアエル）に10倍して、種差の10倍とやったら、簡単に100、1000倍とか、1000倍とか1000分の1とかいう非常に低い濃度が、情報が少なければ出てきちゃいますね。

○高嶋 ありがとうございます。

○水野 今日の発表では消防隊の熱中症の話を見せていただきましたが、そこについての基準というのは特になくはないと思いますので、私が答えるより

もそれこそ労働安全衛生のほうでどうなのかっていうところをお聞きしたいところではあります。火災安全のところでは言いますと、例えば構造材料の耐力みたいなお話になりますと、先ほどばらつきの不確実性の話が出ましたが、大体平均値に対して3シグマぐらい、つまり平均値から標準偏差の3倍の安全率を見込んで耐力を決めたりしますので、建築設計というところの法規制の枠組みでいうと、それこそゼロリスクまではいかないですけども、全然大丈夫なところで材料や設定条件などの基準を決めながら設計行為をしているという、その設計行為に対する規制をしているというふうに受け取っています。

○柳田 ありがとうございます。越地先生はいかがでしょうか。

○越地 電磁界のリスクについてですが、人なり、動物なりを対象としたときに、物理現象として、電磁波を浴びると、刺激作用や熱作用が生じます。その症状・現象が生じる値がひとつの基準になっています。そこに安全率を十分掛けて、その中で基本制限っていうものを設定しています。安全率として、100倍とか10倍とかそういったオーダーで設定されます。

しかしながら、それが基本制限で設定されている物理量というのは、体内に誘導される電界だったり、発熱だったりするのですが、実際、体の中にどれぐらい電界が入り込んでいるかとか、温度上昇がどれぐらいあるかとか、そういったことは、体の中のものなので測りにくいわけです。したがって、それらを簡単に評価ができるように、参考レベルということで、実際、外から電磁界がどれぐらいかかるかとか、そういった値に置き換えてガイドラインを設定しています。そのような形で回答になっていますでしょうか。

○柳田 よろしいですか。

○高嶋 ありがとうございます。高嶋です。いわゆ

る電磁波、放射線も電磁波の一種だと思うのですが、ただエネルギーが小さくて波長が大きいということで、多分、その違いがそれぞれあって、電磁波の場合は先生の講演をお聞きしましたが、直接いわゆるがんリスクとか健康に多大な影響を及ぼすっていうことは多分ない中で、その中でいわゆるガイドラインを持ってここまでならしめようっていう基準を作らなきゃいけないっていう非常に難しいものではないかと私は先生のお話を聞いて思っていたんですけど、その、例えば体温が上がるとかです。体温は私の中で上がってもいいんじゃないのと思っちゃうんですけど、そのリスクというものをどのように評価しているのかっていうところがもしあれば教えていただきたいんですけど。大変興味があるんですけど。

○越地 体温の上昇に関しては、実際、上昇するとやっぱり細胞が壊れたりするところにつながっていくので、それが起きるか起きないかっていうところが、閾値になります。実際には、僕はこのガイドラインを決めることには携わっていないのですが、どういった背景でこのガイドラインが設定されたかを調べていきますと、実際に、これまでの電磁波を浴びることによって生じる現象の知見や動物実験なりをしてどれぐらいの温度上昇があるか、それで細胞が損傷して元に戻らない不可逆な影響があるかどうかっていうところをちゃんと調べていて、安全係数をかけて、設定されています。

しかしながら、こういうことを調べたり、検証していくには、やっぱり労力がかかりますし、いろいろお金もかかるので、そういったことでちょっと私の講演の中でも紹介しましたが、実際には実験をして確認をすることも必要なんですけれども、参考レベルのところの値を設定するに当たっては電磁界解析のようなシミュレーションでリーズナブルに検討していくことも必要なのではないかと思えます。

○高嶋 ありがとうございます。

○柳田 それでは仲吉先生、いかがでしょうか。

○仲吉 熱中症に関してはそういう規制というものはないというふうに認識しています。WBGTという指針で31.5度、熱中症警戒アラートだと33度以上というふうに出ていますが、それは経験則です。ただ、ここで強調しておきたいのが、熱中症警戒アラートは1日1回アラートが発令されるんですけども、WBGTが33度を超えたその瞬間が危険かというところじゃなくて、継続的な、何時間そういう暑い環境でばく露されているのかということが必要なので、そういうことを決めるまだ検討材料さえも今はないのではないかなと思います。もう一つが熱中症リスクは深部体温で表現できるんですけども、じゃあ何度の深部体温だとどれぐらいの危機なのかという情報もない。そういう被験者実験ももちろんできないので、どういふふうにかこれから決めていくのかというのは非常に難しい問題だというふうに認識しています。

○高嶋 ありがとうございます。先生のご講演をお聞きしまして、これからの都市でもやはり上昇傾向というか上がっていくと、恐らく多分、上がっていくってことは熱中症の確率も多分上がってきて、被害者ももっと増えていくんじゃないかなと。その中でそういう決まっていけないというものは非常に何か危険なような気がしています、むしろそういう基準っていう、しかもどこかの国ではもう決まっているってあったんですけど、ああいうものが多分国内でないと、なかなか被害だけが出てきちゃって。でも何かしなきゃいけないよねっていうそれだけのものになって、早く決めなきゃいけないと思うんですけど、それはそういう議論っていうのはどこかでして、そろそろそういう数値みたいなものをやりましょうっていう話もあんまり出ていない？

○仲吉 出ていないですね。WBGTを推して、い

ろんなところで評価していこうっていうところが今盛んに言われているだけで、その基準をどうするかについては何もです。

○柳田 今のって非常に面白いところなんですけど、まさに仲吉先生がお話しされたとおり、熱中症の難しさと遅々として進まないところだと思うんですけど、ポイントは、個人の差が大きいという部分ももちろんあると思いますし、動物実験がやっぱり十分にできないんですよ。ラットとかマウスに熱放散反応がないので、皮膚が毛で覆われている。そうすると先ほど鷹屋先生の話でも越地先生の話もそうですけど、基礎となる動物実験があってそれを10倍値とかにするというところが熱中症においてはすごく難しいのかなというところがあるので、概算のしようがないところがあるかと思っています。

○高嶋 なるほど。ありがとうございます。

○柳田 ありがとうございます。ほかに何か先生方のほうから。水野先生、どうぞ。

○水野 先ほど火災安全の話で、私、材料の話をしてしまったんですけど、生体影響のところでは話すと、一応、避難安全を評価するときに使っている二酸化炭素の濃度は0.5%で5000ppmなので、多分これは労働安全衛生法のほうで決まっている基準で、火災安全は短期的なところですけどもいわゆる日常における基準を採用しているという形で、安全側に大分シフトした形で基準が決められていると思います。

○高嶋 そこを更新するっていうのは、もうずっと昔から固定されていて？

○水野 そうですね。ぎりぎりなところを評価しようというよりは、やはり一定の安全率が暗に含まれた形で建築物を造るという形になっています。

○高嶋 なるほど。分かりました。

○柳田 ありがとうございます。そうしたらちょっと一つ、私のほうから次の論点といたしますか先

生方に伺いたいことがあるのですけれども、安心と安全ということは一つのキーワードとして、それぞれ先生方のご専門とされる物質や物がどのような影響かっていう話があったかと思うのですけれども、冒頭のこの会の一つの意義で、大会長の大宮先生からお話がありました、その背後にはQOLをどうするかとか、我々人類が歩んできた工業化であったりとか、そのベネフィットを追求してきた結果リスクになっているというようなことがあるかと思うのですけれども、安心とか安全っていうことと我々のQOLを上げるためのテクノロジーとしてのそこは発展するがゆえに生まれてしまったリスクという部分において、その関係性をどう取っただけとお考えでしょうか。例えば何でもかんでもハザードだって言って取り除いてしまうと、我々の生活が豊かに進展していくことを妨げる可能性も出てくると思うのですけれども、その辺りに対するお考えはいかがでしょうか。もちろん熱中症のことに関しても、都市化というのはその最たるものだと思うのですけれども。先生方のほうで……。

○高嶋 じゃあ私。

○柳田 じゃあ高嶋先生から口火を切っていただいて。

○高嶋 なかなか興味深いというか、恐らく今、私は先生方の話を聞きまして、多分それぞれの分野でここだっていう基準があるんです。そのことについて国民全体が近いか遠いかで、多分いろいろ変わってくるんじゃないかなと思っています。例えば遠いものであれば、ある労働の中での基準であれば、多分そこでやりましょうって話になるんですけど、我々国民の生活に関わってくるような基準になると、それでいいのかっていうのが出てくると思うんです。これは原子力とか、放射線もそうで、技術者とか専門家が決めたとしても、いやいや、それ本当かよ？っていうようなものが上が

ってしまう。これはもちろん私の発表でありましたマスメディアでどれだけの報道があったかっていうのもあるんですけど、やはりそれが遠いかどうかで決まってくるので、なかなかじゃあベネフィットでどうだっていうところの議論もあるんですけど、やっぱりリスクというものに対して我々国民というか利用者が近いか遠いかで、いろいろ議論が変わってくるのかなというふうに私は感じております。

○柳田 まさにこのタイトルでもあるんですけども、共生をするって、排除だけではそこはうまくいかない部分があると思うので……

○高嶋 ちょっと私、一般論として。

○柳田 鷹屋先生、いかがでしょうか。労働という観点から考えた場合に。

○鷹屋 今の柳田先生の質問に直接答えになっているかどうか分からないですけど、個人的な経験から言いますと、私は15～16年前にちょうどナノテクノロジーがたくさんはやりそうだったときに、ナノテクノロジーの労働衛生、厚労省も予防的に対策してくださいっていう、それは規制じゃなくてそういったアラートが出て、それを出すだけじゃ駄目だろうからいろいろばく露対策とかそういったものを研究しようっていうことがあって、結構頑張ったんですけど意外に先にもしかして危ないかもしれないっていうことが出て、あのナノテクノロジーのような華々しいものでも、結構そういったことがちょっと出ると、正直、企業がリスクテークしなかったりとか、あとは逆に国際的にあんまり楽しい話じゃないですけど遅れているほうの国が殊さらにそれをある種、競争のツールとしてポリティカルに使ったりとかそういったことがあって。だからやっぱりまさにリスクコミュニケーションとしては、ベネフィットのほうも定量的に示すことができないと、結局みんな進めないんじゃないかなっていうのが、そういったナノテ

テクノロジーの労働安全衛生に携わったときの経験からちょっとそういった感想を持っています。

○柳田 ありがとうございます。大変興味深いですし、まさにナノテクのところは本当に中国なんかが結構勢いを持ってやられてしまったところがあるかなという印象を私は持っていますし、我々の藤嶋 昭元学長もそんなことが起こりつつあるので、まさになあというようなお話でした。ありがとうございます。水野先生はいかがでしょう。

○水野 ちょっと難しいところではあるのですが、火災という意味ではエネルギーをどう使っているかによって、それに対して規制をどうしていくかっていう部分も含まれていて、それこそリチウムイオンバッテリーをどうしていくかっていうようなこともあるかもしれませんが、もうちょっと我々の生活に近いところでいくと、今、住宅用火災警報器というのがどの住宅にも必ずつけましようというふうになっています。もう10年はたっているんですけども。それは一定のコストがかかるわけですね。でも、当時やはり消防庁としては火災の死者数が、基本的には人口が、高齢化にシフトしていく中で死者数が増えてきたので、これを抑えなければいけないということで住宅用火災警報器を義務化したのですけれども、現実問題として本当にどれぐらいの効果があつたのかというところは、きちんと評価する必要があると感じています。特に火災の分野でいうと、大規模な災害が起きると規制を強化するという方向にどうしても走っていくので、高齢者福祉施設についてもスプリンクラーを建物規模に関わらずつけるというように、グループホームで火災被害が起きたときに段階を経て厳しくしていったんですね。それで確かに火災によるグループホームの死者数は減ったんですけども、じゃあそれですとそのままでいいのか、いろんなテクノロジーが改善されていく中で火災のリスクが下がったときに、そこら辺

の規制をまた戻していく方向もあるのか、何かそういった規制を強化した後どうするのか、というところは私も興味があります。

○柳田 ありがとうございます。ベネフィットという意味では特に5Gなんか興味深いところですが、越地先生、いかがでしょう。

○越地 基本的に僕が感じているのは、5Gの例でいいますと、まず周波数が今まで使っていた周波数よりも10倍以上高い周波数なんです。もともと3Gなどの時代には、半導体やICチップの性能のことも考慮すると、20ギガなんか使わないよ（使えないよ）という感じであつたわけですので、その辺の周波数のところのガイドラインっていうのは定められていなかったんです。しかしながら、実際、今日のように5Gのような周波数帯が利用されるようになると、6ギガヘルツ以上のところのガイドラインは、実情に合っていないよねということなり、新たなガイドラインが2020年制定されました。ICNIRPのガイドラインは、2020年の変更だけでなく、これまでも、随時見直しがなされてきています。やっぱりベネフィットとかやっぱり実情に合わせて、必要に応じて見直しながら、うまくそのリスクとか危険性とかそういったこととベネフィット、それをうまくバランスを取りながらやっていく感じになるのが一番かなと思います。

○柳田 ありがとうございます。仲吉先生、いかがでしょう。

○仲吉 2つの観点でお話しさせてください。1つ目が温暖化っていうところですね。エネルギーをゼロにする、カーボンニュートラルをするっていうのは歴代の首相が言っているわけですけども、本当にそれができるのかというのは疑問ですよ。それをやるために技術革新だけで乗り越えようというのはやっぱり難しく、どこかで個人個人に対する規制がないと、お金を持っている人は家に

いなくてもずっとエアコンをつけてエネルギーを
使いつ放しの人というのはいますので、そういう
規制を今後していくことが求められてくるんじや
ないかなというのが1つ目の話です。もう一つ熱
中症に関しての規制なのですが、熱中症って一般
市民にも非常に身近な病気で、かつ専門家の理解
というのは一般市民の理解とあんまり変わらない
んですね。熱中症の深いところって何度でどれぐ
らいのリスクになるかって分からない。実験がで
きないっていうので分からなくて、一般市民の人
が自分で今、暑い寒いと感じてリスクヘッジでき
るわけなので、それを大体的にWBGT33度以上
で運動しちゃ駄目っていうふうな規制になったと
きに、本当にそれが守られるのか。個人の権利との
観点で見たときに、どうやっていくのかが難しい
なと思いました。

○柳田 ありがとうございます。質問が一つ届い
ておりまして、安心と安全の違いを教えていただ
けるとうれしいですということなのですが、鷹屋
先生に伺ったほうがよろしいでしょうか。いかが
でしょうか。先生としての、ご自身としての定義で
もよろしいかと思うのですが。

○鷹屋 難しいというか、正直なところ僕は安全
をどう担保するかということに今まで割と研究と
したスタンスで言ってきたんですけど、そこで今
のこういう自主とかいう流れでいくと、やっぱり
現実に携わる人が納得してくれないと安全が担保
できないので、まさに安心って心の問題だと僕は
思うんですけど。意外にこれは安全安心っていう
ことは今まで実は安全と安心が違うんだよって
いう考え方で僕は来たんですけど、今はやっぱり携
わるのが人間である限り、実はきれいな境目って
本当はないのかなっていうふうな、まるで逃げの
ような答えで恐縮なんですけど。というのが今の
僕の感想です。

○柳田 ありがとうございます。では、高嶋先生、

お願いします。

○高嶋 私も鷹屋先生の回答に近いですけど、安
全というのはやはりそれぞれの分野で科学的に証
明されていて、もう納得のする、ここの基準にしま
しょうってというのがその安全性を担保するって
いうことだと私は認識しています。安心はまさに心
理的な面とか、どう思っているかっていうところ
ですね。それがだから安全というレベルが、国民と
かその関係者が安心であるのであれば安心と安全
は等しくなるんですけど、多分そこが違って
特に原子力はそうなんですけど、化学、やはりも
っとそんなの分からないのだから、我々はそんな
分からないし、もっともっと下げてください、も
っと厳しくしてくださいっていうまで下げると、今
度は安全と安心に乖離が生じるっていうふうに私
は認識しております。いろいろ多分、分野によっ
ても使い方が違うと思うんですけど、私の近い分
野ではそういうふうに分けている感じだし、同じ
ときもあるという感じです。

○柳田 ほかに演者の先生方で何か、この安全・安
心ございますか。火災報知器なんかはどうなん
ですか。安心、安全ではないですよ、つけたところ
で。

○水野 僕らの分野の安全と安心の受け止め方は、
多分、安全ってというのは今、科学的根拠ってあり
ましたけども、評価基準があってそれを満たすか満
たさないかというところの区別を安全というふう
に言っています。安心ってというのは人によって、よ
く評価基準が動いてしまうという部分があると思
います。

○柳田 山本先生も何かいかがですか。

○山本 スプリンクラーの話について、ルールを
変える必要があるのではないかという話が先ほど
水野先生からありました。現在のコロナ禍でのマ
スクの問題にしても、規制をしたり厳しくするの
は、ある意味で簡単なことだと思います。一方で、

それを緩めるのは、「自分は責任を取りたくない」ということから、なかなか進まないということがあると思います。先生方の分野でこのように規制を変える、特に緩い方向に変えるときに、どのようなことを考えなければならないのかを教えてくださいませんか。

○高嶋 じゃあまた私からいいですか。とてもとても難しいですけど議論はされています。やはり私の近い分野でも。どうするかというのは、やはり世論の動向であったり、皆さんがどういう意見で、どういう状況だったら本当に納得いく、だからやはり緩めて、緩めて皆さんが納得する形を講じることができれば、多分、社会が全員納得しているでそこに何も無い。もちろん後から何かリスクが出てきちゃったら駄目なんですけど、多分そういうのがなくて納得したらいいんですけど。ただ、そこがやっぱり本当にそうかよってというのがなかなかない。できなくて、政治家とかもなかなか踏み切ることができないと思うので、そこはよくやる我々はやっぱり世論とかの動向を見ながら、政治家というわけじゃないですけど世論とかを見ながら、それがどういうことで皆さんが感じているのかってものを分析しながら緩めていく、もしくは何か新しいことを講じていくってことはよくやります。

○仲吉 私の分野というわけではないですけども、やはり科学技術によって担保される情報の質が上がるということが、緩める真つ当な理由になるのかなと思ってまして、コロナに関してもいろんな情報が出てくる中で、何が真実なのかをちゃんと伝えて、それに基づいて緩めるってことが国民の納得であったり、クオリティー・オブ・ライフの向上には必要なんだと思っております。

○山本 ありがとうございます。それは非常に難しいもので、声の大きな人が強いといった感じになってしまうのは少し怖いところだなと感じてお

ります。

○高嶋 仲吉先生の話に関連して、まさに価値とか情報を共有するっていう、だから伝える側っていうのが非常に重要になってくると思うんですけど。じゃあ本当に例えば国民とか対象の利用者が信頼するかっていうところにまた問題がありまして、それも結構社会的な背景とかそのときの状況によって科学者のことを信じるよっていう方もいれば、いやいやいやいや、この分野の科学者は私たちは信じませんっていうときもあるので。それはそういう時代背景とかそういうときの状況によって変わってくるのかなってよくありますね。

○越地 やっぱりさっきおっしゃっていた科学的に担保できるかどうかってところは、分からない、判断しづらいから困ってしまうんですね。最終決定者が責任をとることにもなってしまいますし、なかなか難しいところなんだと思います。例えば、ここで議論しているの科学技術とは関係ないですけども、仕事上、機密事項を扱わなければならない状況があり、それを同僚と共有しなければならないんですが、今オンラインの環境だと、どういうふうにそれを共有すればいいかっていうときに、データなら、学内のサーバーを使うとか外部のセキュリティーの高い業者をお願いするとか、いろいろな検討があるのですが、これも最終決定者が責任をとることになりますから、やはりそれがセキュリティーが担保できているかどうか、そこはなかなか判断できないところだと思っていて、これまでの議論とよく似ているなと思ってましてちょっとコメントさせていただきました。

○柳田 ありがとうございます。非常に興味深い点だと思います。ほか、先生方のほうから討論の題材として何かいかがでしょうか。

○仲吉 先ほどの話ですごく面白いなと思って、もう少しだけこう掘り下げたいなと思うのですね。

科学技術の進歩がなければ要は規制緩和というのは難しいというのが私の意見なんですけども、そこは突き詰めた意見でそれだと難しいというのも重々承知しています。一方で、科学者がぼんやりと決めていくという風潮が、例えば今のコロナ、あれが何か眉唾物の陰謀説が流れてきてしまったり、どっちつかずの状況を生んでしまっているというのもあるので、そこをどうすればいいのか、答えはないんですけども、全ての情報を開示して国民に投げるっていうのも違うと思いますし、そこを集約するのが科学技術者の立ち位置だし、あとはリスクコミュニケーションというその我々と一般市民をつなぐコミュニケーションの部分をどれぐらい今後重要視していくのかっていうのも必要性として考えなきゃいけないなというふうに思いまして、私も取り留めのない話なんですけども、どんなふうに国民と科学技術を共有し合っていくのかって非常に難しいなと思いました。

○柳田 ちょっとそこからさらに飛躍してしまうかもしれないですけど、テクノロジーを手に入れるとか利便性を手に入れるということを考えたときに、社会全体で同じ必要があるのかと。例えば鷹屋先生のお話でも少しありましたが、職業として規制するのは難しいという話がありましたけども、それを強制するのはまた別の話になると思うのですが、自分でリスクを背負いつつも、その利便性が上回ってその職業を選び、そこでばく露されるリスクを許容している人がいたとしたら、それは社会全体が毒性があるからといって、ハザードだからといって取り除くっていうことが是なのか非なのかというようなことが出てくるかと思うんですけども。スポーツと熱中症なんていうのは最たるもので、WBGTが32度になったら、スパッと止められるというようなことがあって、でもそれを許容してスポーツをしている人たちのインテグリティとしてそれを奪う権利が誰にあるのかという

ようなことが出てくると思うので、自主的にとか主體的に何をどう受け止めるかということについては変わるかと思うのですが、高嶋先生の社会全体という話があった中でいかがでしょうか。

○高嶋 そうですね。今の先生のお話を聞いていて思ったのが、やっぱり世界レベルで標準っていうのが決まっていない場合、だからそれぞれの国によって規制値があるという場合はまさにそれに当たるのかな。だからそれぞれの国において違うというのは、それぞれの国におけるベネフィットというものがどこにあるか、もしくは非常にコストが、リスクというものを全然ほかの国と比べて低く考えていて、そのコストが低くなっている。全体的なベネフィットを高く置いている。いろいろな状況あると思うんですね。だから、そこがやはり評価とかその規制を置いている主人公というか、その国それぞれがやっぱり違う計算をして異なることがあるのかなって。だから先生の話聞いていて、やっぱりそれぞれの国で違いがちょっと思い浮かびました。

○柳田 例えばもっと言えばスマホなんかその最たるものだと思うんですけど、多少、これはちょっと適切な表現かどうか分かりませんが、多少、電磁波を浴びても大容量で速いほうがいいという選択肢はあり得るんじゃないかなと思うんですね。それも先ほどの科学的なエビデンスに基づいてどうやって緩和するかっていうようなこととの関係があるかもしれないんですけども、労働安全っていう意味においては鷹屋先生、いかがですか。生産性を上げるためにリスクを背負うというようなことは許されるのでしょうか。

○鷹屋 労働安全の場で、結局、昔の資本対労働というそういう古くさい概念を持ち込むわけではないんですけど、やっぱりこのベネフィットを受けている人とリスクを負う人が労働の場というのは必ずしも同一じゃないという問題があると思うんで

すよ。もちろんこの前、実際には特別な技術を持って、危険だけど特別な技術を持ってそれで高収入を得ているという方、特に例えば安全なんかではそれは日本でもごく普通にいますけど。特に割とちょっと衛生は分かりにくいとか言いましたけど、実は今日うまく無事に注意して安全に終わればもう終わりというようなタイプの安全と、やっぱり将来的な健康影響があるとか何とかっていうところでは、やっぱりちょっと今、リスクを負う人とベネフィットがある、つまり経営側が同一じゃないというところで、少し難しいところがあるんじゃないかなという気はします。

○柳田 そうですね。確かにそこに、強制力の温床があるかもしれないですね。

○山本 さて、議論がかなり盛り上がっているところではありますが、そろそろお時間となりました。リスクとベネフィットという、国民を巻き込んだ議論が大切である一方で、結論はなかなか出ないかもしれません。こうした背景から、総合危機管理学会の役割、重要性を改めて認識できました。それではこれを持ちまして総合討論を閉じたいと思います。どうもありがとうございました。



NPO 法人の捜索・災害救助犬団体に必要な財源・人材確保の対策

Measures to Ensure Necessary Financial and Human Resources Needed by the NPO Search & Rescue Dog Organization

鈴木 みなも, 小沼 守

Minamo SUZUKI, Mamoru ONUMA

抄録

捜索・災害救助犬は、災害支援活動に欠かせない存在であるが、消防組織などの公的機関に所属することはほとんどなく、いくつかのNPO法人（特定非営利活動法人）に頼っている。NPO法人は、様々な社会貢献活動を行う上で得た収益を分配することを目的とせず、活動費に充てる団体であり、それがために、団体運営において、活動資金の確保や後継者を含めた人材不足などの課題がある。今回、捜索・災害救助犬による災害支援活動を行っているNPO法人の現状と課題について捜索・災害救助犬に関わるスタッフに、アンケートによる調査を実施した。その結果、災害支援活動時の資金不足、スタッフの高齢化、後継者不足などの重大な課題が明らかとなった。

Key words: NPO法人 捜索救助犬 災害救助犬 財源 人材 大規模災害 サステナビリティ

1. 緒言

捜索・災害救助犬は、犬本来の優れた嗅覚によって、要救助者や行方不明者を迅速に発見し、その救助を助けるよう訓練されているので、大規模災害発生時の救助・救出活動において、災害救助犬は欠かせない存在になっている。しかしながら、日本には、消防組織などの公的機関に所属する捜索・災害救助犬はほとんどなく、NPO法人の災害救助犬団体だけが頼りという現状にある。

NPOとは、Non-Profit Organizationの略であり、NPO法人とは、特定非営利活動法人のことであり、様々な社会貢献活動を行い、団体の構成員に対し、収益を分配することを目的としない団体の総称である¹⁾。そのため、収益を目的とする事業を行うこと自体は認められるが、事業で得た収益は、様々な社会貢献活動に充てることになる。NPO法人には種類があり、その中の“認証法人”は認定や特例認定を受けていないNPO法人、“認定・特例認定法人”は認定・特例を受けているNPO法人となっている。NPOは法人

格の有無を問わず、様々な分野で、社会の多様化したニーズに応える重要な役割を果たすことが期待されており、近年では団体数も増加してきている¹⁾。しかし、災害救助犬団体を含めたNPO法人の増加に伴い、様々な課題が浮き彫りになってきている。内閣府が令和2年度に実施した「特定非営利活動法人に関する実態調査」では、各々の団体が抱える課題として、認証法人でも認定・特例認定法人でも“人材の確保”、“収入源の多様化”、“後継者の不足”が上位3つとして挙げられ、団体の運営において大きな課題となっている²⁾。実際、災害救助犬団体においては、令和3年7月に発生した熱海市伊豆山土石流災害において活動したNPO法人日本捜索救助犬協会でも、活動資金やハンドラーおよび救助犬の不足により十分な支援ができなかったなど課題も多かった³⁾。

NPO法人の運営の課題の1つに活動資金の確保がある。田中らの「財務指標から捉えた民間非営利組織の評価」においては、単一の収入に依存せず、事業収入に加え、寄付や会費などの多様な財源を集める団体の方が、財務的持続性を確保しやすい可能性があるということが示されており、収入源を多様化することは、今後の団体の存続可能性にも影響を与えることができる⁴⁾。NPO事業継続推進機構では、団体や企業のニーズに合わせて、専門性の向上等を目的に資格制度を提供することで、持続教育の構築に活かすだけ

連絡先: 小沼 守 monuma@cis.ac.jp

千葉科学大学 危機管理学部 動物危機管理学科

Department of Animal Risk Management, Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

(2023年12月11日受理・掲載)

でなく、資金調達の一助になっている⁵⁾。

2つ目の課題は、後継者を含めた人材不足がある。小室らの「非営利組織における事業承継問題と後継者育成問題」では、日本のNPO法人において事業承継や後継者育成に関する課題やそれらを解決することの必要性を認識しつつも、対応できていない状況を明らかにした⁶⁾。さらに、自ら存続する意思のあるNPOには、事業を継承するために後継者を育成することが必要であると示している⁶⁾。

そこで今回、NPO法人である災害救助犬団体の現状と課題を把握した上で、災害救助犬と関わるNPO法人のハンドラー(災害救助犬の訓練を行う人)にアンケート調査を行い、今後必要な財源・人材確保の対策について検討した。

2. 方法

2-1. アンケート調査

NPO団体の現状と課題を把握するため、内閣府が出している「令和2年度特定非営利活動法人に関する実態調査」²⁾、および先行研究から、王らのNPO団体の持続可能性⁷⁾、石田らの財源の多様性⁸⁾、前田のNPOが運営するチャリティショップの現状と課題⁹⁾、浅野らのNPOの継続に関わる財務・人材面の課題とその対策¹⁰⁾を調査し、NPO団体全体の現状と課題について分析した。次に、そのことを踏まえた上で、「ボランティア・NPO活動の現状と課題」¹¹⁾、「過疎地域を支える人的資源：能登町におけるアンケート調査より」¹²⁾で用いられているアンケート調査を参考にし、災害救助犬団体にあわせた18問の択一式設問を作成した(表1)。

表1 アンケート調査の設問

問	設問	選択肢
1	(代表様向け) 団体創設、または(個人向け) 団体に参加されてから、の年数を教えてください。	1年未満・1～3年未満・3～5年未満・5～10年未満・10～20年未満・20～30年未満・30年以上
2	(代表様向け) 貴団体の会員数は何人ですか。	人 *賛助会員含む
3	あなたの年齢はどれにあてはまりますか。	10代・20代・30代・40代・50代・60代・70代以上
4	あなたの性別はどれにあてはまりますか。	男性・女性・回答しない
5	NPOでの活動を本業としているか	はい・いいえ・その他
6	貴団体は、事務所を設置していますか	専用の事務所を設置している・自宅を使用している・事務所は設置していない・他の団体と共同で事務所を設置している・その他
7	貴団体の事務所の体制はどのようなものですか。	有給スタッフだけ・無給スタッフだけ・特に事務所スタッフは置いていない・その他
8	貴団体の活動資金や運営資金の種類は、次のうちどれですか。	会費・委託料(行政)・委託料(民間)・補助金・委託料以外の事業収入・公募による助成金や協賛金・寄付金・バザー等の売上・赤い羽根共同募金の配分金・その他
9	(代表者様向け) 貴団体の1年間の活動資金や運営資金は、次のうちどれですか。	ない・49万円以下・50～99万円・100～199万円・200～499万円・500～999万円・1000万円以上・その他
10	貴団体では、どのような活動を行っていますか。	災害時の支援活動・災害以外での捜索活動・救助犬の育成・ハンドラーの育成・しつけ教室・訓練・イヌやネコ等の保護活動・外部での教育・その他
11	定期的に活動している場所や施設はどこですか。	貴団体が所有する訓練施設・行政が提供している訓練施設・近隣の公的な場所(公園など)・その他
12	貴団体には、どのようなきっかけで参加しましたか。	自発的な意思で・友人や知人に勧められて・家族や親戚に勧められて・ボランティアに関する研修会、講習会、行事、イベントに参加して・テレビ・インターネット・新聞・雑誌・ポスターなど・SNS・その他
13	貴団体が活動する上で、他の団体との連携状況はどうか。	現在連携している団体(企業)がある・現在連携している団体(企業)はないが、今後連携したい・現在連携している団体(企業)があるが、今後は連携しない・現在も今後も連携しない・個人と連携・その他
14	今現在の連携している団体等はどのようなものですか。	他のNPO団体・地域団体・企業・学校や教育の機関・行政機関・その他
15	貴団体での活動ではやりたいことができていますか。	できている・ややできている・ややできていない・できていない・その他
16	活動や組織の運営の面で困っていることはありますか。	会員が不足している・新たな会員の参加が得にくい・団体を運営するスタッフが不足している・リーダーを担っている次世代の人がいない・活動資金や運営資金が不足している・団体の地域住民に対する認知度が低い・活動のマンネリ化や縮小化の傾向がある・特に困っていることはない・その他
17	貴団体としての活動や、ハンドラーとして活動する上での課題は何ですか。	技能・専門知識・情報・継承者・人手・資金の各項目で、とても切実・解決できれば良い・問題ではない、を選択
18	貴団体での担い手(指導者等)としての課題は何ですか。(それぞれ○は1つ)	専門性が必要・悩みを相談できない・負担が重い・若手の参加不足・担い手の高齢化の各項目で、とても切実・解決できれば良い・問題ではない、を選択
19	どうすれば貴団体への参加者が増えると思いますか。	気軽に参加や活動できること・参加する仲間がいること・活動を通じて知識や技能が身につくこと・自分の能力を活かす場があること・とにかく楽しむこと・多少の謝礼や特典が得られること・きっかけとなるイベントや講座が開催されること・SNS等で気軽に情報を受け取れること・その他
20	資格制度を用いることで、貴団体への活動資金や人材の確保に対して影響があると思いますか。	良い影響がある・悪い影響がある・どちらともいえない

対象は、NPO法人日本捜索救助犬協会、九州救助犬協会、沖縄救助犬協会などで活動している計50人のハンドラーとした。得られた調査結果を、会員個人の情報、団体情報、他団体との連携状況、団体の課題、課題に対する対策に分類した。

2-2. 倫理的配慮

本研究は、千葉科学大学における人を対象とする研究倫理指針に従い実施した。なお、調査対象者に調査は強制でないこと、無記名であること、知り得た個人的情報は調査以外の目的には使用しないこと、プライバシーに関わる情報は決して公表されないこと、得られた内容は個人が特定されないことの説明を文書に明記し、同意が得られた者のみがアンケート調査に回答した。

3. 結果

今回の調査では、50名中27名の回答を得ることができた(回収率54%)。問1から20の中、会員個人の情報に関する設問は問1～4、12、団体情報に関する設問は問5～11、他団体との連携状況は問13、14、団体の課題は問15～18、課題に対する対策は問19、20と関連事項毎に順番を入れ替え分類して結果を示した。なお、アンケート調査結果において一部で無効のもの、もしくは、重複回答があったため、各設問に母数の変化が生じた。

3-1. 会員情報

団体参加年数(問1)は、全体「1～3年未満」33.3%(9/27)、「10年以上」29.6%(8/27)、1年未満14.8%(4/27)であっ

た。年齢(問3)は、60代が30.8%(8/26)と最も多く、次いで70代以上が19.2%(5/26)、その他(12/26)となった。性別(問4)は、男性51.9%(14/27)、女性48.1%(13/27)となった(図1)。その他、各団体の会員数(問2)は50名であり、参加した経緯(問12;複数回答可)については、「自発的な意思で」が59.3%(16/27)で最も多く、次いで「友人や知人に勧められて」が25.9%(7/27)、「研修会等のイベントに参加して」が22.2%(6/27)、「テレビ等のメディアで見て」が7.4%(2/27)、「家族や親戚に勧めた」が3.7%(1/27)となった(図1)。

年数においては1~3年未満と10年以上の割合に、性別についても割合に大差がなく、経験や男女比に偏りは無い。

3-2. 団体の情報

NPOでの活動を本業としているか(問5)については、全員が本業としていないという結果になった。スタッフの体制(問7)は、無給スタッフまたはボランティア100%(26/26)であった。事務所設置の有無(問6)については、全体では、「専用の事務所を設置している」が44%(11/25)、「次いで自宅を使用している」が36%(9/25)、「他の団体と共同で事務所を設置している」が20%(5/25)、「事務所が設置していない」は0%(0/25)となった。団体の1年間の活動資金や運営資金の金額(問9)は、50~99万円が77.8%(7/9)と最も多く、次いで100~199万円と200~499万円が同率の11.1%(1/9)となった。団体の活動資金や運営資金の種類(問8;複数回答可)は、「会費」が42.2%(27/64)と最も多く、次いで「寄付金」が37.5%(24/64)、「公募による助成金や協賛金」が14.1%(9/64)、「赤い羽根共同募金の配分金」が6.25%(4/64)であった。寄付金の種類は、ふるさと納税、その他募金や寄付金も含まれていた。なお、委託料(行政・民間)、補助金、委託料以外の事業収入、バザー等の売上はともに0%(0/64)だった。

団体の活動(問10;複数回答可)では、全体で「検索・支援活動(災害時以外も含む)」が31.7%と最も多く(26/82)、次いで「救助犬・ハンドラーの育成」30.5%(25/82)、「訓練や教室(しつけ教室や外部での教育を含む)」18.3%(15/82)、「イヌやネコ等の保護活動」11.0%(9/82)、「その他」8.5%(7/82)となった。なお、その他には主に防災訓練への参加、社会福祉協議会、地域住民との交流が含まれていた。定期的に活動している場所や施設はどこか(問11;複数回答可)については、「団体が所有する訓練施設」が39.2%(20/51)と最も多く、次いで「近隣の公的な場所(公園など)」35.3%(18/51)、「私有地(会員所有または協力者からの提供)」19.6%(10/51)、「行政が提供している訓練施設」5.8%(3/51)となった(図2)。

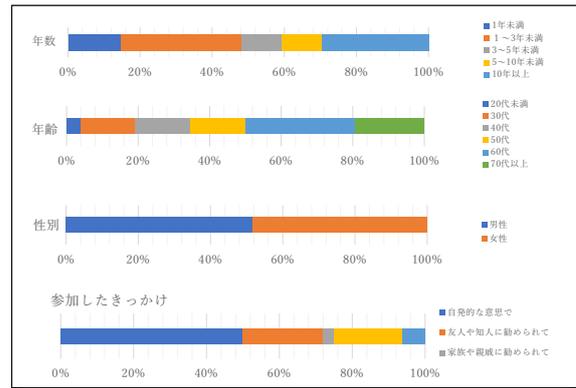


図1. 会員情報のアンケート結果(問1~4, 12)

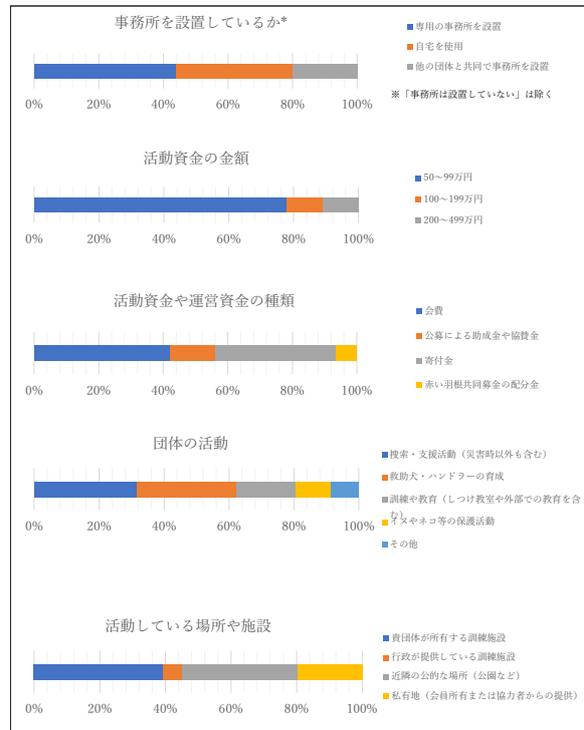


図2. 団体の情報のアンケート結果(問5~11)

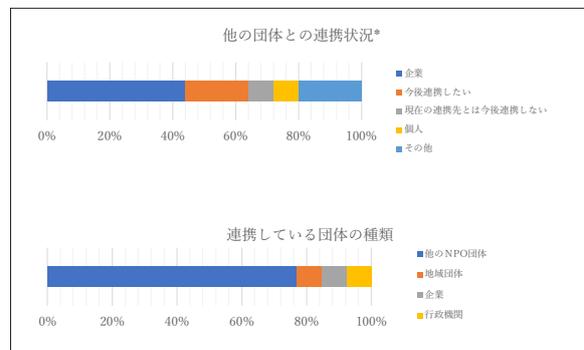


図3. 他団体との連携のアンケート結果(問13, 14)

3-3. 他団体との連携

他の団体との連携状況(問13)は、「現在連携している団体(企業)がある」が44%(11/25)と最も多く、次いで「現在連携している団体(企業)はないが、今後連携したい」20%(5/25)、「現在連携している団体(企業)があるが、今後は連携しない」と「個人と連携している」が8%(2/25)、「現在も今後も連携するつもりはない」は0%(0/25)となった。今現在の連携している団体等の種類(問14;複数回答あり)は、「他のNPO団体」が76.9%(10/13)と最も多く、次いで「地域団体」、「企業」、「行政機関」の7.7%(1/13)、「教育機関」は0%であった(図3)。

3-4. 団体の課題

団体の課題として、まず団体での活動でやりたいことができているか(問15)では、「ややできている」と回答した人が53.8%(14/26)と最も多く、次いで「できている」が34.6%(9/26)、「ややできていない」が7.7%(2/26)、「できていない」が3.8%(1/26)となった(図4)。

活動や組織の運営の面で困っていること(問16;複数回答可)については、「活動資金不足」が25.6%(22/86)と最も多く、次いで「運営スタッフの不足」と「次世代の育成不足(高齢化含む)」が16.3%(14/86)となった。「会員の不足」15.1%(13/86)、「新規会員の開拓不足」14.0%(12/86)、「低い認知度、広報不足」7.0%(6/86)、「なし」3.5%(3/86)、「その他」2.3%(2/86)となった。

具体的な課題とその割合(問17;複数回答可)は、各項目への回答を“とても切実”、“解決できれば良い”、“問題ではない”の3つのうち1つを選択してもらったところ、「資金」で“とても切実”を選択した方が73.1%(19/26)、「後継者」52.0%(13/25)、「人手」46.2%(12/26)、「活動に関する情報」、「専門知識」、「技能」は共に32%(8/25)となった。担い手(指導者等)としての課題の種類(問18)については、問17と同様に分類したところ、「若手の参加不足」で“とても切実”を選択した方が53.8%(14/26)と最も多く、「担い手の高齢化」52.0%(13/25)、「専門性が必要」42.3%(11/26)、「負担が重い」が11.5%(3/26)となっている。「悩みを相談できない」については、“とても切実”は0%(0/27)となった。

やりたいことができているかについては、会員の多くがややできている、を含めると88.4%と多くができていると回答しているが、ややできていないを含めると11.5%ができているとの回答もあった。

3-5. 課題対策

団体への参加者増の方法(問19;複数回答可)では、「知識や技能が身につく」が20.8%(15/72)と最も多く、「とにかく楽しめる」19.4%(14/72)、「気軽に参加できる」16.7%(12/72)「多少の謝礼や特典が得られる」11.1%(8/72)、「

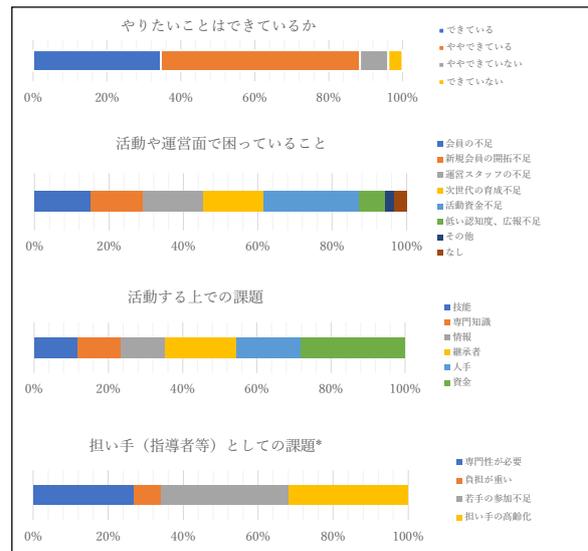


図4. 団体の課題のアンケート結果(問15~18)

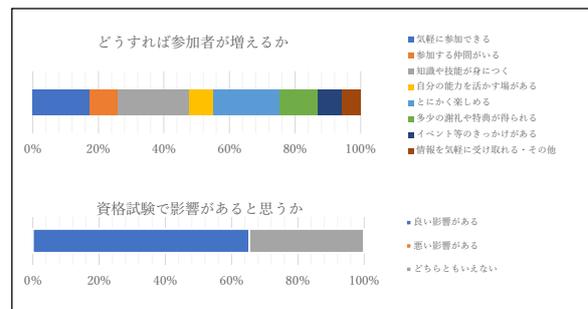


図5. 課題への対策のアンケート結果

「参加する仲間がいる」8.3%(6/72)、「イベント等のきっかけがある」と「自分の能力を活かす場がある」6.4%(5/72)、「情報を気軽に受け取れる・その他」1.4%(4/72)となった。

「資格制度を用いることで、団体への活動資金や人材の確保に対して影響があるか(問20)」については、選択肢である「良い影響がある」、「悪い影響がある」、「どちらともいえない」のうち、「良い影響がある」を選択した人は65.4%(17/26)と過半数を超えていた(図5)。

問20の資格制度を用いることの影響についての自由記述(問21)では、「興味を持ってもらえたり、理解が深まったりする」、「若い人材の育成につながる」、「活動資金が増える」、「災害時の救助犬活動に対する認知が広がる」、「資格を得ることで、自信をもって活動することができ、向上心や信頼にもつながると思う」といった意見があった。

その他ご意見についての記載(問22)では、「イヌの能力を活かせる」、「有給で活動でき、若い人への金銭的な負担が少なくなれば良い」、「セミナーの開催、企業や大学等教育施設との連携、SNSの活用をする。またそこから認定NPOを目指す」、「街頭での募金活動や、インターネット・TV・雑誌などでPRする」、「災害時、行方不明者などの捜

索の際にいち早く出勤し早期に活動することで、SNSなどに呼びかける救助犬の活動をもって知ってもらえるようにする」といった意見があった。一方、資格制度の課題として、「救助犬育成に集中したい」、「付随する仕事の増加は望んでいない」という意見もあった。

4. 考察

4-1. 会員情報

会員の年齢においては、回答者の半数が60代以上であるため、会員の高齢化が進んでいることに加え、次世代を担う人材が不足していることが課題であると考えられる。参加した経緯では、米山ら¹¹⁾による報告でも、今回の結果と同じように「自発的な意思で」、「友人や知人に勧められて」、「研修会等のイベントに参加して」といったものが参加のきっかけに関係していることが分かっている。自発的な意思に加えて周りの交友関係からの参加も多くなっていることがわかるため、後継者の育成や人手のためにも特に若い世代が気軽に参加したいと思えるような広報をすることが重要であると考えられた。

4-2. 団体の情報

本調査により回答者全員がこの団体での活動を本業としておらず、無償・ボランティアでの活動が主であることに關しては、この団体での活動が会員自身の収益につながるものではないことが関係していると考えられる。また、事務所の設置については、自宅を使用しているという回答者がいることから、専用の事務所を設置する費用がないことや、会員自身が自宅で犬のしつけ指導等の活動を行っているためと考えられる。団体の活動資金については、最も多い回答が50～99万円であることから、内閣府調査の「特定非営利活動法人に関する実態調査」²⁾と比較すると、最も割合の多い群に入り、他にも多くの団体が100万を超える収益合計であるため、この研究での対象団体の活動資金が足りているとは言えず、活動資金が多いと活動の幅が広がる可能性がある。活動資金等の種類については、会費や寄付への偏りが見られるため、田中らの報告⁴⁾にあるように単一の収入に依存せず、多様な収入源があることで団体の活動資金の増加、財源の持続性につながると考えられる。団体の活動では、救助犬・ハンドラーの育成の他に、訓練や教室、保護活動等があるため、その際、救助犬の活動を広報することで新規会員が得られるのではと考えられる。

4-3. 他団体との連携

他団体との連携については、米山らの報告¹¹⁾によると、連携することによって情報の共有が促進され、事業の安定化や継続化が可能になるとされている。また、捜索救助犬団体では、災害時等の活動が県外となることもあるため、他県の団体との連携をすることにより、情報の共有や現地

での活動がスムーズに行えると同時に、サポートしあえると考えられる。

4-4. 団体の課題

団体の課題として、小室ら⁶⁾の報告では、NPO団体は自らの意思で活動しようとする人々が集まって、社会的使命を達成しようと活動する組織体であり、ミッションを達成しようとする特性を有しているとの記述もあるため、より多くの会員がやりたいことができていると感じるような団体であることで、会員の活動の継続や、会員の獲得につながる可能性がある。運営の面で困っていることについては、今回のアンケートで活動資金、スタッフ不足、高齢化が主にあげられているため、最も重要な課題点であると思われる。また、具体的な課題においても高齢者が多いことによる後継者や人手を課題と感じている人の割合が高くなっており、担い手（指導者等）としての課題においても若手不足や高齢化の割合が高くなっている。そのため、従来の方法に加えて別の方法による資金集め、会員の獲得の方法の構築が重要であり、高齢化の防止と共に、後継者の育成、次世代人材の確保等への対策が必要だといえる。また、小室ら⁶⁾の報告では、人材不足及び収入源不足は、事業承継や後継者育成に密接に関連する課題でもであるとされているため、これら対策が重要であるといえる。

4-5. 課題対策

団体への参加者増の方法については、自由記述欄への記述に有給で活動ができることや、金銭的な負担が少なくなることについての記述があることから、活動資金や団体への収入が増加することで、現在の会員の活動にも参加者の増加にも良い影響の出る可能性がある。また、「NPOの有給職員とボランティア—その働き方と意識」からの報告¹³⁾では、資金不足がNPOで働く職員の待遇を劣化させ、懸命に活動に従事しながらも職員のバーンアウトを招いていることが指摘されているため、重要な課題であるといえる。また、資格制度の取り入れについては、回答者の過半数が良い影響があると回答したため、団体での活動として行えると考えられる。しかし、どちらともいえないという意見も多数あるため、運営側が納得して資格試験を実施できるように資格制度を確立していくことが今後の課題であると考えられた。

5. まとめ

現在の団体の活動に関する課題でも、これからの参加者増加に関する課題でも、大きく浮かび上がった課題は、資金面の問題、会員の高齢化の問題、若い世代（後継者）の獲得の問題であった。これらの課題は、小室ら⁶⁾の報告から密接に関連する課題でもであるとされているため、これらを解決することによって、双方の課題解決につながる可能性がある。そこで、本研究での目的であった、NPO法人

の現状と課題を把握した上で、1 つの安定した資金調達やハンドラーの高齢化を伴う人材確保の手段として、資格制度の構築は広報につながる事が知られているため⁴⁾、新規会員の獲得および受験料による活動資金獲得に一定の効果があると考えられた。

謝 辞

本研究に取り組むにあたり、アンケート調査にご協力頂いた NPO 法人日本搜索救助犬協会、NPO 法人沖縄災害救助犬協会、NPO 法人九州災害救助犬協会の皆様に深謝いたします。

参考文献

- 1) 内閣府 NPO ホームページ:NPO のイロハ
<https://www.npo-homepage.go.jp/about/npo-kisochishiki/npoiroha> (参照 2023-12-11).
- 2) 内閣府 NPO ホームページ:統計調査等 > 特定非営利活動法人に関する実態調査
<https://www.npo-homepage.go.jp/toukei-npo-homepage.go.jp> (参照 2023-12-11).
- 3) NPO 法人日本搜索救助犬協会ホームページ
<https://www.japan-srda.net/> (参照 2023-12-11).
- 4) 田中弥生, 栗田佳代子, 粉川一郎: 財務指標から捉えた民間非営利組織の評価—持続性の要因を探る—. *The Nonprofit Review*. 10(2): 111-121. 2010.
- 5) 丸谷浩明, NEC 技報. 59(4): 10-12, 2006.
- 6) 小室達章, 横山恵子:非営利組織における事業承継問題と後継者育成問題. 金城学院大学論集. 社会科学編 17(1):52-64, 2020.
- 7) 王娜, 下川敏雄, 大山勲, 北村眞一:山梨県における NPO 法人の持続可能性に関するヒアリング調査の計量的分析—山梨県における NPO 法人経営の持続性に関する研究(2)—. 日本感性工学会論文誌 14(1):207-214, 2015.
- 8) 石田裕:NPO 法人における財源多様性の要因分析—非営利組織の存続性の視点から—. *The Nonprofit Review* 8(2):49-58, 2008.
- 9) 前田洋枝, 渡邊聡:環境 NPO が運営するチャリティショップの現状と課題—名古屋の環境 NPO へのインタビュー調査による検討—. 南山大学紀要『アカデミア』社会科学編 21:145-174, 2021.
- 10) 浅野悟史, 星野敏, 九鬼康彰:NPO の継続に関わる財務・人材面の課題とその対策—京都府山城地方における里山保全団体を事例に—. 農村計画学会誌 28: 225-230, 2010.
- 11) 米山宗久:ボランティア・NPO 活動の現状と課題. 長岡大学地域連携研究センター年報 4:37-91, 2017.
- 12) 武田公子:過疎地域を支える人的資源:能登町におけるアンケート調査より. 金沢大学経済論集 36(1):71-92, 2015.
- 13) 労働政策研究・研修機構:NPO の有給職員とボランティア—その働き方と意識—, 労働政策研究報告書 No.60,2006.
<https://www.jil.go.jp/institute/reports/2006/060.html> (参照 2023-12-11).

Measures to Ensure Necessary Financial and Human Resources Needed by the NPO Search & Rescue Dog Organization

Minamo SUZUKI, Mamoru ONUMA

Department of Animal Risk Management, Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

Abstract

Search and rescue dogs (disaster rescue dogs) are indispensable for disaster relief activities, but they rarely belong to public institutions such as firefighting organizations and belong to some NPOs (non-profit organizations). NPOs are bodies that do not aim to distribute profits earned from various social contribution activities, but rather use them for operating expenses. Accordingly, they tend to face challenges in organizational management such as funding for activities and resolving insufficient human resources including successors. We conducted a questionnaire survey to clarify the current status and challenges of the NPO Japan Search & Rescue Dog Association that performs disaster relief activities with disaster rescue dogs. The results revealed difficulty in funding for disaster relief activities, aging members, and a shortage of successors.

KEYWORDS: NPO, Search and rescue dog, Disaster rescue dog, financial, human resources, Large-scale disaster, sustainability

総合危機管理学会第6回学術集会および総会プログラム

日時：令和4年5月21日（土）13:00～17:30

場所：ZOOMウェビナーによるオンライン開催

学術学会テーマ：『生体の許容限界から考える環境との共生』

プログラム

13:00～13:30 総合危機管理学会総会

13:30 開会挨拶 総合危機管理学会会長 木曾 功

学術集会会長挨拶 大宮 喜文（東京理科大学 建築学科 教授）

13:40～14:20 基調講演

司会 市村 志朗（東京理科大学 教養教育研究院 教授）

基調講演 『自然・社会環境におけるリスクと便益～リスクアセスメントを超えて～』

高嶋 隆太（東京理科大学 経営工学科 教授）

休憩（5分）

14:25～16:30 招待講演

司会 市村 志朗

14:25～14:55

招待講演1 『化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり』

鷹屋 光俊（独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 化学物質情報管理研究センター ばく露評価研究部長）

14:55～15:25

招待講演2 『2つの温暖化（地球温暖化・都市温暖化）と熱中症リスク』

仲吉 信人（東京理科大学 土木工学科 准教授）

休憩（5分）

15:30～16:00

招待講演3 『IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性』

越地 福朗（東京工芸大学 工学部電気電子コース 准教授）

16:00～16:30

招待講演4 『消防活動における熱中症リスク』

水野 雅之（東京理科大学 国際火災科学専攻 准教授）

休憩（5分）

16:35～17:25 討論会

司会 柳田 信也（東京理科大学 教養教育研究院 教授）、山本 隆彦（東京理科大学 電気電子情報工学科 准教授）

パネラー 高嶋 隆太、鷹屋 光俊、仲吉 信人、越地 福朗、水野 雅之

17:25 閉会挨拶 大宮 喜文

総合危機管理学会 機関誌「総合危機管理」投稿規定

総合危機管理学会の機関誌である、「総合危機管理」の投稿規定は、下記のとおりである。

(1) 掲載論著

本誌は、総合危機管理学会の機関誌であり、広義の危機管理に関する論著を掲載する。

論著は、原著論文・総説・報告・短報・事例報告・資料・学会報告などとし、未発表のものに限る。

(2) 倫理規定

投稿論文は、生命倫理、人権およびプライバシーの保護に関して、必要に応じて倫理委員会による審査を得るなどして十分に配慮されていること。

(3) 利益相反

編集委員会は責任者に対して必要に応じ、「利益相反の有無」について開示を求めることがある。

(4) 投稿資格

投稿論文の採否は編集委員会が決定する。委員会の責任で、部分的な訂正を求めること、字句の訂正をすることがある。

(5) 著作権 掲載された論著の著作権は総合危機管理学会に属する。

(6) 原稿の作成上の注意

A. 一般的注意

1) 原稿は、原則として和文、もしくは、英文に限る。

2) 原稿は、Word 文書形式、一太郎文書形式、または、テキストファイルで作成する(Windows 版、Mac 版どちらでも受けつける)。

3) 原稿の最初のタイトルページに、①論文のタイトル、②著者全員の氏名、③著者全員の所属機関詳細を和文・英文両方で記す。④連絡責任著者 (Corresponding Author) の名前と連絡責任著者が所属する施設・研究機関の郵便番号、電話、ファクシミリを含む、住所と E-mail アドレスを記載する。

4) 論文中で繰り返される語は、略語を用いてもよいが、正式略語または慣習的に使用されているものを原則とし、初回の完全用語に () で以下、略語を用いることを明記する。

例：multiple organ failure (以下 MOF)。

B. 各構成要素に関する注意

1) 抄録とキーワード

抄録は、和文抄録を 600 字以内で、英文抄録に関しては、250word 以内で作成すること。

キーワードは、適切な言葉を 3~7 個選択して、抄録の下に記載する(英文抄録でも同様)。但し、タイトル中の語句を用いてはならない。

2) 図、写真および表

図、写真は、Power Point ファイル、JPEG 形式を用いる。なるべく解像度の高いもので提出すること。表は Word もしくは Excel ファイルで作成すること。これらの挿入箇所については、それぞれ明記すること。

3) 文献の記載

文献は本文中に肩付け、本文末尾に一括して引用番号順に配列する。その順序は引用順とし、番号を本文中の引用部分の右にカッコを付けて記す。雑誌論文の場合は、著者名、論文名、雑誌名、巻、頁、発行年を記載し、単行本の場合は、著(編)者名、書名、出版社、頁、発行年等を記載する。著者名は筆頭著者から 3 名まで列記し、それ以上は、他または et al. とする。誌名略記は、『医学中央雑誌』収載誌目録略名表および Index Medicus に準ずる。電子媒体(インターネット)によるものも認めるが、引用内容の科学性や倫理性を加味して変更を求める場合がある。

4) 論文のフォーマット

Word による論文のフォーマットがあるので、必要であれば、編集委員長に請求することができる。

(7) 投稿手続

1) 投稿方法

E-mail の場合は、ワープロ原稿および図表の入ったデータを添付して「info@simric.ac.jp」宛まで送る。郵送の場合は、データの入った CD-R、DVD-R、USB メモリなどを添付し、編集委員長宛に送付する(原則、返却はしない)。

2) 二重投稿と二次出版に関して

二重投稿、盗用など重大な過ちが判明したときは、編集委員会および理事会の議を経て処分が決定される。但し、下記事項を満たすものは、編集委員長の審査を経て、二次出版が容認され、査読の対象となる。

- ① 一次出版の編集者から二次出版の許可を得た文書、一次論文のコピー、別冊または、原稿を提出すること。
- ② 一次出版の優先権を尊重するため、二次出版までには少なくとも 1 週間をおくこと(双方の編集者による別途取り決めがある場合は、この限りではない)。
- ③ 二次出版の論文が、学術分野が全く異なるなど、異なる読者層を対象としていること。
- ④ 二次出版の内容は、一次出版のデータおよび解釈を忠実に反映していること。

⑤ 二次出版のタイトルページに掲載される脚注において、その論文全体、あるいは、一部は過去に掲載されたことがあるという旨を読者、査読者、著作権管理機関に対して告知し、初出文献をしめすこと。(脚注例：「本論文は〔雑誌名および詳細な書誌事項〕にて最初に報告された研究に基づくものである。」)

(8) 原稿の受付

① 原稿到着日を受付日とする。

② 原稿は、編集委員会から特に寄稿を依頼された場合を除き、すべて編集委員会が依頼した査読者により査読を行い、その論文の扱いは、編集委員会で決定する。

③ 査読後の編集委員会の決定により返送され、改訂を求められた原稿は、返送日から1カ月以内に再投稿すること。これを超えた場合には、新規受付として取り扱われる。最終稿として、原稿データを提出する。

④ 原稿が受理された場合は、受理の日付、掲載予定の巻および号数を投稿者に通知する。

(9) 校 正

初校は、投稿者が行うのを原則とし、校正刷り受領後、速やかに校正を行い、返送する。校正に当たっては、編集委員会の承諾なしに原文を大きく変更したり、加筆したりしてはならない。再校以降は、原則として、編集委員会で行う。

(10) その他

① 原稿料は支払わないものとする。

② 原稿の送付、および投稿に関する照会は下記宛とする。

その他、投稿査読に関して疑問ある場合は編集委員長にお問い合わせください。

(宛先) 〒288-0025 千葉県銚子市潮見町 15-8

千葉科学大学 危機管理学部

総合危機管理学会 機関誌

「総合危機管理」編集委員長 黒木 尚長

E-mail : info@simric.jp

・総合危機管理 編集委員

編集委員長：黒木 尚長 副編集委員長：海老根 雅人

編集委員：粕川 正光、木村 栄宏、佐藤 庫八、嶋村 宗正、
八田 珠郎、本庄 秀樹、松村 聡、三村 邦裕

総合危機管理学会機関誌

総合危機管理 No. 7

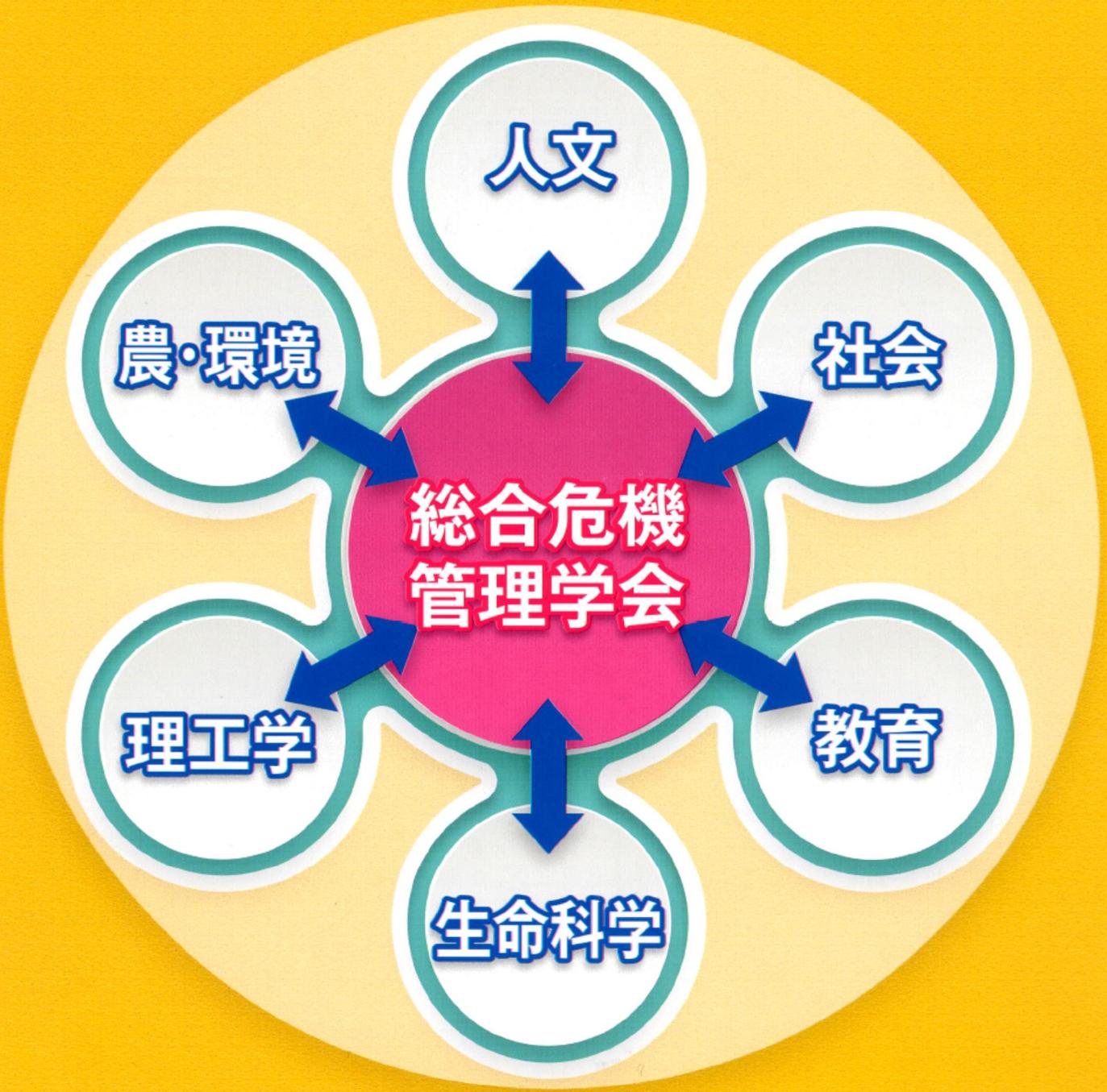
発行

編集・発行 総合危機管理学会

会長 東 祥三

〒288-0025 千葉県銚子市潮見町 15 番 8 号

千葉科学大学危機管理学部内



<http://www.simric.jp>