

# 総合危機管理学会 第6回学術集会

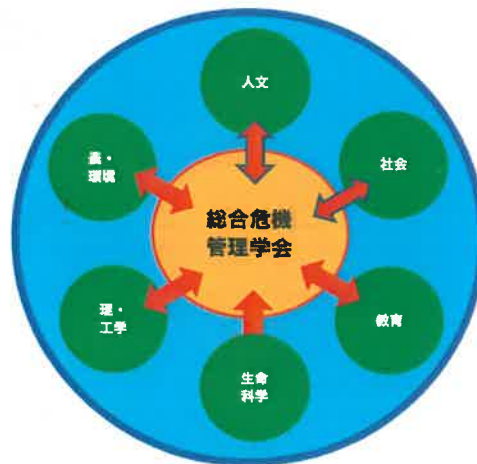
日 時：令和4年5月21日（土）13：30～17：30

会 場：ZOOM ウェビナーによるオンライン開催

テ ー マ：『生体の許容限界から考える環境との共生』

学術集会長：東京理科大学 理工学部 建築学科

教授 大宮 喜文



SIMRiC

Society of Integrated Management for Risk and Crisis

# 目 次

総合危機管理学会第6回学術集会プログラム概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

【学術集会テーマ】『生体の許容限界から考える環境との共生』

【開会あいさつ】

総合危機管理学会会長 木曾 功（千葉科学大学 前学長）

学術集会会長 大宮 喜文（東京理科大学 理工学部 建築学科 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～』・・・・ 2

高嶋 隆太（東京理科大学 理工学部 経営工学科 教授）

【招待講演】

『化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり』・・・・・・・・・ 3

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）

【招待講演】

『Tot・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性』・・・・・・・・・ 4

越地 福朗（東京工芸大学 工学部 電気電子コース 准教授）

【招待講演】

『消防活動における熱中症リスク』・・・・・・・・・ 5

水野 雅之（東京理科大学 国際火災科学専攻 准教授）

## 総合危機管理学会 第6回学術集会 (概要)

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にて開催

学術集会会長：大宮 喜文（東京理科大学 理工学部 教授）

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（千葉科学大学 前学長）	総合司会：三村 邦裕
13：35 ～ 13：40	学術集会会長挨拶 学術集会会長 大宮 喜文（東京理科大学 理工学部 建築学科 教授）	
13：40 ～ 14：20	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 理工学部 経営工学科 教授）	司会：市村 志朗
14：20	休 憩（5分）	
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）	司会：市村 志朗
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 理工学部 土木工学科 准教授）	司会：市村 志朗
15：25	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）	司会：市村 志朗
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）	司会：市村 志朗
16：30	休 憩（5分）	
16：35 ～ 17：25	討論会（高嶋 隆太、鷹屋 光俊、仲吉 信人、越地 福朗、水野 雅之）	司会：柳田 信也、山本 隆彦
17：25	閉会挨拶 大宮 喜文（東京理科大学 理工学部 建築学科 教授）	

## 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

高嶋隆太<sup>1</sup>(東京理科大学<sup>1</sup>)Ryuta TAKASHIMA<sup>1</sup>(Tokyo University of Science)

## 1. 緒言

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。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いる。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る<sup>1)</sup>。労働安全分野のみならず、医療やヘルスケアなど様々な分野において、その必要性が浸透しつつある。これは、規制当局のみならず、実施者、利用者の視点で測ることを目的として、代替策から選択する権利を付与することを意味している。最近の EBPM (evidenced-based policymaking) (エビデンスに基づく政策立案・決定) 的な思考の潮流から、今後さらに必要性が高まるものと考えられる。そこで、本稿では、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について言及する。特に、費用便益による分析・評価手法について説明する。また、リスクを評価する際、不確実性は必ず付随するものである。すなわち、評価におけるリスクや不確実性の取り扱い、必要不可欠なものとなる。そこで、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ついて述べ、実際の規制や政策の決定にどのように応用するかについて言及する。

## 2. 費用便益

費用便益による分析は、対象の政策や規制を採用したとき、その対象の地域における個人の満足度の総和を粗便益とし、その便益を採用時の費用から差し引いた値を正味の便益とする。様々なデータや統計的手法により粗便益、費用を推定し、正味の便益の値を算出することで、対象の政策や規制が採用可能である範囲を明らかにするなどの一連の作業が費用便益分析である。本手法は、正味の便益が正であれば、その政策、規制は採用されると判断し、複数の代替案があるときは、それぞれの案に対し、正味の便益を計算し、最大の値となる政策、規制を採用すると判断するものである。費用対効果による分析と比較し、インパクトが便益といった経済的価値であることが異なる点であり、代替の技術や施策間で比較可能である利点がある。その一方で、粗便益は、

リスクを削減する支払意思額として定義され、社会経済データから推定する方法や、調査・実験から測定するものなど多くの手法が存在する。しかしながら、地域、年齢、リスクの選好等により異なる値をとることがあるため、その測定の困難さが存在する。

## 3. 不確実性下の意思決定～リアルオプション～

リアルオプションは、リスクや不確実性のダイナミクスを含めて分析、評価することが可能であるため、エネルギーや医療など様々な分野において活用されている。リスクや不確実性に直面した場合、意思決定を即座に行わず、先延ばしすることが考えられる。リアルオプションを用いることにより、この一連の行動を定量的に分析、評価することが可能となる。自然、社会それぞれの環境下では、国民のリスクへの考えが異なることや、技術の進歩により安全の水準がさらに高まることが考えられる。このような状況に対して、リアルオプションを用いて評価した場合、既存の手法とは異なる判断に至る可能性がある。本手法を採用することにより、将来導入することを考えている事業や技術、施策など、それぞれのリスクへの対応策自体の価値が付加され、これまでより柔軟的な意思決定を行うことが可能となる。

## 4. 結言

本稿では、リスクアセスメントから費用便益に関する経済性評価とその必要性について述べた。特に、リスクを削減することの便益の測定の困難さや重要性について言及した。また、不確実性下の意思決定手法であるリアルオプションについても説明し、実際に政策や規制を講じる際にリアルオプション的な思考により、これまでの問題を解決する可能性があることについても述べた。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安心な社会システムの確立に貢献できることを切望している。

## 謝辞

本講演内容は、国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発)「科学技術イノベーション政策のための科学 研究開発プログラム」による研究成果の一部である。

## 参考文献

- 1) 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。

## 化学物質曝露のリスクと安心・安全な労働環境づくり

## Chemical Exposure Risk assessments for making Safe Work Environment

鷹屋光俊(労働安全衛生総合研究所)

TAKAYA, Mitsutoshi (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan)

## 1. はじめに

職場における労働者の安全と健康を守るために、昭和47年に労働基準法から「労働安全衛生法(以下安衛法)」が独立した法律として制定されて今年で50年になる。この安衛法のうち、化学物質の危険・有害性から労働者を守る部分の法令の仕組みが大きく変わろうとしている。リスクのある作業や対象物質を列挙して、取扱方法を法令で規制する方法では、数万種類をこえる産業化学物質を取扱う労働者の健康を守るには限界がある。そこで、これからは複雑な規制に変えて、事業者がリスクアセスメントを行い適切な設備の整備や物質、作業方法、保護具等の選択を行う自主管理を行う事となる。

本講演では、職場における化学物質管理の現状と規制が大きく変わる未来に向けた課題について述べる。

## 2. 化学物質による労働災害とそこからの教訓

近年化学物質に起因し、労働者の健康が大きく損なわれる労働災害事例が複数発生した。労働安全衛生総合研究所では、それらについて厚生労働省の依頼により災害調査を行った。代表的なものとして、「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」がある。これらの災害の原因は複数の要素があったが、災害調査の過程で、「一般環境を汚染させないための囲い込み」、「未規制物質の使用」、「呼吸器以外からのばく露」等への対策を行わなければ、今後も化学物質に伴う労働災害が発生するであろう事が明らかとなり、前項で述べた安衛法に置ける化学物質管理を大きく変えるきっかけともなった。

## 3. 敵を知り己を知る

職場における化学物質に関するリスク管理について、「敵を知る(化学物質のハザード評価)」と「己を知る(職場環境・ばく露リスクの把握)」に分けて考える。

ハザードとは、化学物質が安全や健康に与える影響の質と大きさを指す言葉である。質というのは、例えば、急性毒性や腐食性、発火・爆発の可能性といった有害事象の種類のことである。

影響の大きさについて、代表的な量と影響の関係としては、化学物質の量と有害事象に遭遇する確率が量反応関係の場合と、化学物質の量と有害事象の

大きさ(深刻さ)が量反応関係にある場合がある。この二つの量反応関係は物質と影響の種類により独立している場合と互いに複雑な関係にある場合がある。ハザード情報には情報の確からしさという別の尺度もある。例えば国際がん研究機関(IARC)の4つの発がん因子のグループ分けの尺度は、発がん性に関する情報の確からしさであり、発がん性の強さ(確率)やがんを発症した場合の健康影響の程度(深刻さ)等とは直接的な関係がない。

ハザードが高い化学物質であっても、労働者の身体に入らなければ有害事象の発生は起こらない、従って、化学物質のリスク管理ではばく露防止が主要な対策となる。化学物質のばく露経路として最も主要なものは、呼吸に伴うものである。呼吸からのばく露については、ばく露量の評価および防止対策に関する様々な技術的な蓄積がある。一方、膀胱がんの災害事例で指摘された皮膚からの化学物質ばく露(経皮吸収)については、評価・対策ともに課題が多い。

## 4. おわりに、リスクコミュニケーションの重要性と難しさ

安全・安心のうち、安心という観点では、規制から自主管理へと大きく方向が変わることにより、リスクコミュニケーションが、今まで以上に重要となる。

GHSに従ったラベル表記、SDSなど、自主管理を有効に行うためのインフラとしてのリスクコミュニケーションツールの整備が進んでおり、送り手の側が使える道具は充実しつつある。一方でコミュニケーションのもう一方の当事者である受け手の方が、受け取った情報を十分に理解し、ミスコミュニケーションを起こさないようにするためには、まだまだ課題が多い点を指摘して本講演の結語とする。

## 参考文献

1) 厚生労働省、職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会報告書、2021年  
職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会報告書

<https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000807679.pdf>

# IoT・AI時代のアンテナシステムと電磁的生体安全性

## Antennas for IoT and AI Systems and Electromagnetic Biosafety

越地福朗<sup>1</sup> (東京工芸大学<sup>1</sup>)

Fukuro KOSHIIJI<sup>1</sup> (Tokyo Polytechnic University<sup>1</sup>)

### 1. はじめに

近年, IoT (Internet of Things) 時代を迎え, 人工知能・AI (Artificial Intelligence) 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, ワイヤレス機能は必要不可欠であり, 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・共用される. 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あるとともに, 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.

本稿では 5G・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.

### 2. IoT・AI時代のアンテナシステム

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エリア通信から, 5G, 6G のような数 GHz~ミリ波帯を利用するものまで幅広く, Ultra-Wideband (UWB) のような超広帯域な周波数帯を利用するものまでである. 図1は, IoT・AI時代のアンテナシステムの一例を示したものである. 同図に示すように, 従来は, 無指向性アンテナが多く用いられてきたが, 近年は, 高周波化にともない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) 技術が導入された高利得・単一指向性のもも用いられている.

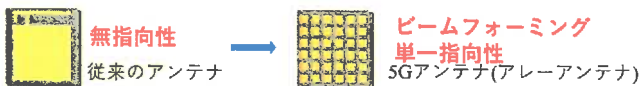


図1 IoT・AI時代のアンテナシステム

### 3. 生体の電気特性と電磁的生体安全性

電磁的生体安全性については, 国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)<sup>1)</sup>や米国電気電子学会(IEEE/ICS)<sup>2)</sup>によって定められている電磁波に対する人体防護ガイドラインがある. これらにおいては, 表1に示すように, 電磁界ばく露によって体内に生じる電気量(低周波: 体内誘導電界, 高周波: 吸収電力・入射電力密度)を安全性評価の指標としている.

電磁的生体安全性を検討するためには, 電磁波と人体との相互作用の理解が必要不可欠である. 人体の電気的特性は, 生体組織ごとに異なるだけでなく, 周波数によっても大きく変化する<sup>2)</sup>.

近年, 利用周波数帯の高周波化にともない 6 GHz 以上の周波数帯におけるガイドラインが見直され,

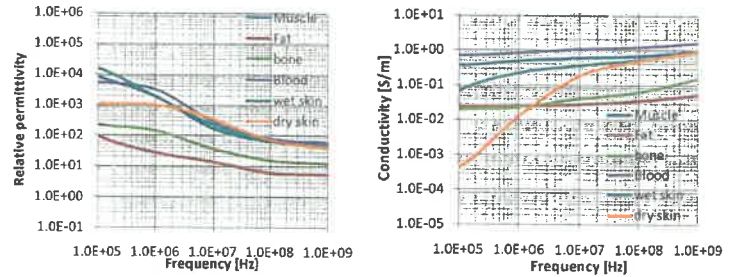


図2 生体組織の電気特性

表1 低周波・高周波における生体効果と測定可能な物理現象, およびガイドライン

	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 入射電力密度

表2 100 kHz 以上の周波数帯におけるガイドライン

	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	2 W/kg (10 g 平均)	20 W/m <sup>2</sup> (4 cm <sup>2</sup> 平均)

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加えられた. 表は 100 kHz 以上の周波数帯における局所 SAR 値と入射電力密度のガイドラインをまとめたものである.

### 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

- 1) ICNIRP: "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", Health Physics, Vol. 74, pp. 494-522 (1998)
- 2) IEEE: "IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz", IEEE Std C95.1 (2005)
- 3) S. Gabriel, et al., "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz", Phys. Med. Biol. 41, pp.2251-2269, 1996.

## 消防活動における熱中症リスク

## Risk of Heatstroke in Firefighting Activities

水野雅之<sup>1</sup>(東京理科大学<sup>1</sup>)Masayuki Mizuno<sup>1</sup>(Tokyo University of Science<sup>1</sup>)

## 1. 緒言

消防隊員は、火災による熱や刺激性ガス等が発生する環境で安全に活動できるよう、断熱性能に優れた防火衣や密閉性の高い毒劇物防護衣等を身につけ、空気呼吸器等の装備を着装している。これら身につける総重量は防火衣の完全着装で20 kgに及び、消防活動による運動負荷は大きく、また外部環境による影響を受けにくい服装は活動に伴う熱産生や発汗を服装内部に閉じ込める面がある。木造家屋などの火災では屋外での活動が主となり、夏季で炎天下ともなれば体温上昇に大きく寄与し、耐火建造物での火災では燃焼に伴う火炎や空間内を流動する高温の煙からの熱伝達が消防隊員の活動環境を悪化させることは容易に想像できる。

本発表では、消防隊員の熱中症発症に係わる要因を整理した上で、気候の面から見た熱中症リスクの上昇に関する気温上昇を取り上げると共に、温暖化が関係すると見られる過酷な消防活動が強いられる森林火災に関する多方面からの見解やその実態を整理する。また、東京消防庁と共同で実施した消防隊員における熱中症に関するアンケート調査の結果、並びに、アイススラリー(微細な氷と水や水溶液による流動性のある混合物)をプレクーリングや休息時の水分摂取の飲料として採用したことによる身体冷却の効果を分析した実験について報告し、消防活動における熱中症リスクについて述べる。

## 2. 消防隊員と熱中症

熱中症の原因は、一般的に環境要因と身体的要因に大別される。消火活動に当たる消防隊員に当てはめると、環境要因として、防火衣を着装しての活動は、服装内部の身体が曝される環境は気温や湿度が高い条件に当てはまり、また日射についても屋外での活動や火災からの放射熱を受ける活動が当てはまる。身体的要因として、重装備での活動が基本で、かつ機材の搬送などを伴うため、激しい運動に相当するような体内での熱産生を伴うことが当てはまる。

## 3. 消防隊員の熱中症の状況

2016年12月に2012年4月から2016年12月までの5年間の期間を対象に熱中症の発症状況や対策などに関する実態を把握するアンケート調査を実施した。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割合は、警防業務の経験年数によってばらつきは見られたものの30~40%に及んだ。発症した原因として、脱水(多汗)50%、活動によ

る疲労の蓄積32%、高負荷での活動31%、周囲温度の高さ34%(いずれも回答者216名の選択率)を回答しており、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。

## 4. 消防隊員のアイススラリー摂取による身体冷却

東京消防庁消防技術安全所(現・安全技術課幡ヶ谷庁舎)内に設置された恒温恒湿室を用いて、消防隊員を被験者として主に2系統の運動負荷及び水分摂取に伴う休息を2回繰り返す実験を実施した。運動負荷は高さ20 cmの台を用いた踏み台昇降運動とし、20分の運動負荷に対して30分の休息を取った。水分摂取は、1℃のアイススラリーに対して10℃冷水を比較対象とした。

実験1では、運動時に防火衣や空気ボンベ、面体の完全着装状態になってもらい、運動は室温40℃と25℃(相対湿度70%)の環境で、休息は25℃(相対湿度70%)の環境とし、運動時の室温の違いによる深部体温(直腸温)の変化への影響を調べつつ、アイススラリーの身体冷却効果について分析した。

実験2では、運動は室温30℃(相対湿度60%)、休息は実験1と同じ環境とし、服装を執務服(作業着)、防火衣、毒刺(毒劇物防護衣の上に防火衣を着装)3種類設定し、これら装備の違いによる影響を調査しつつ、同様にアイススラリー摂取による身体冷却効果について分析した。

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、運動室の温度が高いでアイススラリーによる顕著な深部体温の冷却効果が確認でき、また服装装備の違いにおいても一定の効果が確認された。

## 5. 結語

環境条件(服装の断熱条件等も含む)や身体的条件によって熱中症の発症リスクは異なるが、アイススラリーの摂取を伴う休息によって効果的にリスクを低下できると考える。また、夏季に向けて春季に暑熱順化トレーニングの実施が重要である。

## 5. 謝辞

本発表の一部の成果は、平成30年度消防防災科学技術研究推進制度に採択され実施された研究において得られたものである。また、実験に参加して頂いた消防隊員の方々に、ここに記し感謝申し上げます。