

科学潜水啓発シンポジウム

「科学潜水とフィールドでの安全管理が拓く科学のフロンティア」報告書

期日	2024年6月6日(木)13:00~17:50
会場	九州大学 共進化社会システムイノベーション施設2階 大会議室 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 【オンライン併用】
内容	はじめに（共催、協賛、協力、後援の紹介を含む） 1) 「未知の世界が広がる海中で新たな発見や感動に出会おう」 菅 浩伸（九州大学 浅海底フロンティア研究センター センター長） 2) 「フィールドサイエンスを支える拠点と技術：マリンステーションと科学潜水」 中野 義勝氏（日本サンゴ礁学会 会長） 3) 「科学潜水の発展を目標とした未来志向の安全」 福岡 幸二氏（九州大学 総務部危機管理室 特任教授） 4) 総合討論 おわりに
主催	九州大学大学院 比較社会文化研究院附属 浅海底フロンティア研究センター
共催	株式会社ワールドスキャンプロジェクト
協賛	アジア航測株式会社、株式会社ジオアクト、三国屋建設株式会社、 NPO 法人 玄海灘を守り育てる会
協力	一般社団法人 ふくおか FUN
後援	日本サンゴ礁学会 調査安全委員会、福岡市、糸島市、九州大学 総務部危機管理室
対象	学生、研究者、企業、団体、行政、一般など 制限なし
人数	[対面] 55名、[オンライン] 58名、計 113名

目的：

海に囲まれた日本。海の研究を進めるには絶好のフィールドである。研究者が直接水中で観察しサンプル採取ができれば、そのアドバンテージは極めて高くなる。一方、ダイビング調査ではしっかりした安全の確保も必要である。本シンポジウムでは、水中のフィールド科学の素晴らしさと安全にフィールド調査を進めるための考え方について議論する。

実施内容：

フィールド調査に挑戦する若者が減少している中、本シンポジウムでは、学生をはじめ研究者、企業、一般の方などを対象に、科学潜水の魅力や調査方法、安全の確保の問題について講演を行った。ファンダイビングと業務潜水の間にある科学潜水について広く認知してもらおう好機となっただけでなく、会場を巻き込んだ議論を行うことで安全管理の課題を各参加者に身近に感じてもらうことができた。危機管理体制のつくり方や潜水計画の立て方を知りたいなど様々に反響があり、定期開催を望む声も頂いている。

開会ご挨拶（菅）：

日本は海に囲まれていますし、海の世界も地域によって変化に富んでいます。海の世界を進めるには絶好のフィールドです。このようなフィールドを生かして、研究者が直接水中で観察することや、サンプル採取ができれば、研究上のアドバンテージは極めて高くなります。一方、ダイビング調査ではしっかりした安全の確保も必要です。このシンポジウムでは、水中のフィールド科学の素晴らしさと、安全にフィールド調査を進めるための考え方について講演を基に皆様で議論したいと思います。

プログラム：

1. 「未知の世界が広がる海中で新たな発見や感動に出会おう」

菅 浩伸（九州大学 浅海底フロンティア研究センター センター長）

科学潜水（Scientific Diving）は、科学者が主体的に行う潜水活動であり、ファンダイブ（Leisure Diving）と業務潜水（Commercial Diving）の間に位置づけることができる。水中には研究者自身が潜水して観察することによって判る科学的事実がある。また、水中でのデータ収集やサンプル採取のために、潜水は欠かせない手段の一つである。海底で堆積物を採取し、組成を観察し分析することで、過去の環境変動や生態系の変遷を解明する手がかりになる。

沿岸の浅海底に関する知見はきわめて少ない。研究者自らが行う科学潜水によって、今でも数多くの発見ができる貴重なフィールドである。最近ではマルチビーム測深やフォトグラメトリーの技術によって海底地形図を作ることができるようになってきた。これによって計画的かつ効率的な潜水調査が可能となり、貴重な科学的発見を導くこともできる。例えば石垣島の名蔵湾では日本最大規模の沈水カルスト地形が発見された。さらにそれまでに想定されていなかった大規模な造礁サンゴ群集も発見された。このことが契機となり、その後の調査を踏まえて2024年3月に名蔵湾全域が国立公園に編入されることになった。

水中にあり、一般の人の目に触れることが少ないものを対象とする科学潜水の成果は、科学的に可視化することによって社会に活かされることも多い。沖縄の海底に沈む米軍艦エモンズをマルチビーム測深と潜水調査により三次元的に復元し、科学的事実を追求した研究例がある。科学潜水を通じて得られた成果は、メディアなどを通じて史実を伝えるとともに、水中戦跡遺産として平和を訴える題材にもなった。この他にも、石垣島屋良部沖の水中文化遺産研究を基に、アカデミックなダイビングガイドの育成や一般ダイバー向けのガイドプログラムの作成を目指した、ダイビングスペシャリティー教材が作成された例もある。科学潜水の成果を観光に活かした好例の一つである。

科学潜水の成果を次世代の科学者に伝えることも重要である。これまでも潜水を伴うフィールドエクスカッションによって、国内外の研究者がその知識や経験を若い世代につないできた。最近ではフィールド離れが進み、このような活動が乏しくなってきたが、自然を相手にする科学だからこそ、フィールドの重要性を再認識してほしい。そして、陸上だけでなく水中の自然に目を向けるためにも、科学潜水を継承していく必要がある。

2. 「フィールドサイエンスを支える拠点と技術：マリンステーションと科学潜水」

中野 義勝氏（日本サンゴ礁学会 会長）

人類のグレートジャーニーを支えた好奇心は、現代科学として結実した。現代科学に至る冒険・探検・拠点運営とそこで行われる技術的アプローチとしての科学潜水を考える。

最初に、演者が研究フィールドとするサンゴ礁生態系における研究アプローチのあり方の認識共有のために、多様性の高い熱帯起源の生態系、サンゴ礁の認識をめぐる時間軸と研究の諸相、世界・日本のサンゴ礁とサンゴ群集の多様性、サンゴ礁の発達と人間の定住等、分野横断的な解説を行った。

次に、マリンステーションの歴史と役割を紹介した。マリンステーションは、海洋研究や海洋保全などを目的とした研究拠点である。エクスペディション型の科学潜水スタイルと目的・管理の違いについて述べられた。また、マリンステーションは、気候変動の影響による海洋生態系の変化について継続的で安定した調査が可能であるだけでなく、立地地域の固有の生態系、例えばサンゴ礁の多様性保全活動や研究を通して、次世代の海洋科学者や市民の環境保護意識を高める試みを行っている。長期に亘り地域との信頼関係を築き安定した調査研究環境を維持構成するためには、科学潜水を含めフィールド活動を安全に行えるかどうかも重要であり、安全意識を積み上げることも拠点づくりでは肝要である。レジャーダイビングが陸上生活とは異なる水中という異次元での活動を通じた体験を主目的とするのに対して、サイエンスダイビングは研究の要素技術であり、研究目的の完遂のためには陸（施設、車）海（船）空（衛星画像、空中写真、ドローンなどの情報）のさまざまな要素技術との連携が不可欠であり、研究チームには多くの関連技術スタッフを加えて、相互理解をもとにフィールド調査の安全性と効率性を向上させることが望ましい。

3. 「科学潜水の発展を目標とした未来志向の安全」

福岡 幸二氏（九州大学 総務部危機管理室 特任教授）

2024年1月2日発生した羽田空港での航空機衝突事故と奇跡的な乗客乗務員全員の脱出は、未来の科学潜水の発展と安全にヒントを与えてくれる。

まず、羽田空港での航空機同士の衝突事故を切り口に、そこから得られる教訓について考える。航空機事故は、1977年3月27日に発生したテネリフェ空港滑走路上での衝突事故が転換点となり、航空業界、政府機関、国際機関、学術機関、科学が統合され安全の考え方が大きく変化した。これまでのヒューマンエラーの概念からヒューマンファクターに重点が置かれるようになったことは、科学的事故調査分析の発展に重要であり、事故予防に大きく貢献した。同時に、事故調査から得られた教訓を活用して航空機の機体や材質の改良、パイロットと航空管制官の用語統一、さらに乗客の脱出権限をCAへ付与したことは、リスクの低減と被害軽減に貢献した。

1990年代にドミノ理論に替わって登場したスイスチーズモデルという理論がある。それは潜在的状況要因によって多数の防護層に生じたホールが、一直線に重なることによって事故が発生するというものである。この理論から1つのエラーが事故に直結しないよう、多重防護で安全を確保できることが導かれる。さらに、SHELモデルは多重防護層が何であるかを具体的に示すことができることから、両モデルに基づいた多重防護層を構築することが大切である。

世界の大学における事故対応及び研究の流れは、事故発生メカニズムの解明ではなく、個別

事故への対応が主である。事故モデル、科学的事故調査分析手法及び統計学的観点からの対応はなかった。事故を未然に防ぐためには、人為的なエラーが発生しても、それが事故に直結しない多重の防護層を準備すべきである。上記のアプローチと多重防護層の考え方を現場で適用することで、安全にフィールド調査を進めることができる。さらに、周囲の環境の変化によっていままでのマニュアルが現場で適用できなくなることも事故原因の一つであるため、マニュアルは作って安心するのではなく、科学的調査や分析を重ねて更新していくことが重要である。

総合討論に参加した学生の声：

・科学的なダイビングによって、多くのことが発見され、共有され、人々の心を開き、海洋生物を理解し、保護する意識を高めるだけでなく、海とのつながりをより強く感じることができる。しかし、水中での事故は起こりうるものであり、水中に関する知識の乏しさ、不慣れさ、コミュニケーションの制限から、複雑で危険な状況に陥ることもある。だからこそ、リスクと事故の分析が重要な議論の一部となるのだ。議論を通じて理解が深まれば、国民にとっても研究者にとってもより安全なシステムを構築することができると思う。

・海底には未解明の生物や地質現象が多数存在し、科学潜水技術の進歩により、これまでアクセスできなかった海底の探査が可能となり、新たな発見や科学的知見の拡大につながることにとても興味深く思いました。一方で、フィールド研究を安全に進めるためには、事前準備と計画が不可欠であることを学びました。フィールドに関する詳細な情報収集とリスクアセスメントを行い、潜水場所の地形、流れ、天候条件などを事前に把握し、適切な計画を立てる必要があること、安全な潜水のためには、適切な装備の使用とその操作方法の習得が必要であり、特に緊急事態に対応するための訓練は欠かせないと思いました。さらに、各メンバーが互いの役割と責任を明確に理解し、円滑なコミュニケーションを図ることで安全性が向上すると考えます。このように、科学潜水は多大な可能性を秘めており、その実現には技術的進歩と共に安全対策が不可欠であると感じました。

・討論で先生方が懸念していたように、日本の研究チームでは十分な人員が確保されていない。海外のフィールド調査では少数人数の研究者チームに対し、大勢の安全管理スタッフがついているが、日本ではほとんど研究者のみで行われていることは安全意識の不十分であることを示唆している。そこでこのように科学潜水だけではなくあらゆる方面の科学フィールド調査の手順や安全意識を上げるための国際的な交流機関があればと考えた。たとえば普段は違う分野の研究をしている科学者からの安全に対する観点や、また国ごとに調査方法に対して重要視している点が異なっているかもしれないということを交流によってどんどん吸収することによって、日本の科学者や資金援助を行っている機関の意識を変化させることができるかもしれない。また、学生のうちからフィールド調査に対する安全管理の教育を大学で行っていくことも大切である。大学では基本的に調査方法やプロジェクトの立ち上げ方法は自主的に学んでいくしか今のところ方法がないが、そのままでは意識しなければならない点があるというきっかけすら見逃してしまうかもしれない。またいきなりフィールド調査に行く立場に立たされても、慣れていなければ現地できちんと実行することができないだろう。そこでどの大学、学部においても教養の一種として必ず

必修の授業にするべきだと考える。さらに実際にフィールド調査に赴く学生は、保険加入を行うだけでなく、フィールド調査の1か月前ほどから、実際にフィールド調査に参加しても大丈夫かどうかのテストだったり、研修を行う制度も設けることが大事である。

おわりに（菅）：

本シンポジウムでは、未来志向の科学潜水の発展に焦点を合わせ、講演者3名がそれぞれ異なる視点で語りました。そして、会場の皆様とオンラインの皆様からのご質問やご意見にお応えしながら総合討論を行いました。特に学生からの質問が活発で大変充実したシンポジウムになったと思います。またこのような機会を設けて、趣味で行うファンダイブと、会社などの業務潜水の間にある、「科学潜水」をもっと一般の方々にも知っていただき、潜水科学者についての社会的認知が進み、その人口が増えればと願っているところです。ありがとうございました。

シンポジウムの様子：



アンケートで寄せられた声：

ご感想

- ・海底についてあまり知識がなかったが、今日の講演を受けて興味を持った。また、日本の大学における研究が直面している問題について知り、改善していく必要があると感じた。(学生)
- ・科学潜水で出来たこと、その意義、科学潜水を含めた大学の活動に応用できる安全工学の実例を学べた。技術や理論以外にも、こういった心構えが必要かも学べた。(学生)
- ・海中の地図を作ることで得られた効果（海中内で GPS が使えないことの代用になったり、戦争遺跡の調査など）に非常に面白味を感じました。平面であるよりも 3D 的に表現された方が空間的把握がしやすく、安全性も上がり、結果安全管理マニュアルの精度やマリンステーションの設備を整えることの質も非常に上がるのではないかと思います。(学生)
- ・科学潜水という言葉は初めて深く知り、理解できた。価値あるものに対する実際の評価が乖離している現状は憂うべきだし、その解決策の一つがこのシンポジウムなのだと感じた。(学生)
- ・航空安全についての話題提供は弊社にとっても身近な話題であるとともに、現場での安全管理はしても足りないかと再認識した。当事者に刺さる内容もちらほら。事前に、作業中に、事後に、関係者が同じ意識レベルで安全確認に注意を割く必要がある。(一般)
- ・ファンダイビングと作業潜水の間に科学潜水があること。この一言が心にすっと入ってきた。科学潜水から官民と共に研究調査、レジャーダイビングを行い、福岡・九州の海を楽しくたくさんの人々に伝えようと思った。(一般)
- ・科学潜水、作業潜水、レジャー潜水の目的は異なるが、安全は共有できると感じる。意見交換したい。(一般)
- ・安全性の確保、体力を要するなどの理由から、潜水による調査研究を行う人が減っている気がしていた。そのような状況の中、本シンポジウムによる潜水調査の魅力と安全性の確保などを情報発信していただき、大変有意義であったと思う。(一般)
- ・科学潜水に関わる 1 人としてとても勉強になりました。特に今後のリスクマネジメントについては色々と考えていきたいと思えます。(一般)

ご要望

- ・これからも安全に潜水科学調査を実施できるよう、組織としてどのような体制を構築していく必要があるのか、特に若い人たちの研究機会を確保するためにどのような取り組みをしていったらよいか、具体例などの情報共有ができる場があるといいと思いました。
- ・潜水作業時の生理学、現場に応じた潜水計画の立て方の紹介をしてほしい。
- ・科学潜水分野で水中における安全管理（危機管理能力）についてもっと聞きたい。
- ・潜水の安全や効率をテーマにした話題は、海を対象とする研究者には普遍的な問題であるため、今後も多角的かつ多段的な視座で取り組みいただき、アウトプットをこのような形式で披露していただけるとありがたいです。
- ・定期的開催してください。

以上