

調和ある多様性の創造



QST NEWS LETTER

2022

A P R I L

NO.20



▶ Special feature.01

まるわかり！ 生体ナノ量子センサ

▶▶ Special feature.02

QSTの専門家が持つ知識と経験を伝え、繋いでいく

万が一の原子力災害・放射線事故に備える
QSTの人材育成活動



1分でわかる 生体ナノ量子センサ

「ダイヤモンドは永遠の輝き」—有名なキャッチコピーで表現されるこの小さな一粒は、世界中の人々を魅了するばかりでなく、サイエンスの世界でも優れたセンサ材料として、科学者をも虜にしています。

一粒のダイヤモンドが拓く次世代の生命計測技術とは？そして、生きた細胞内で起きている微小な「変化」を捉え生命現象を理解し、この技術で「生命の謎」にどこまで迫ることができるのか？研究開発をリードする量子生命科学研究所の3人のリーダーが、生体ナノ量子センサ研究の世界へ皆さんをご案内します。

生命現象を引き起こす生体内の変化は非常に小さく、その多くは既存の技術で捉えることができません。例えば、正常細胞からがん細胞になる間で起きている変化を捉えることができれば、発がんプロセスが解明できるかもしれません。生命現象を理解するためには、細胞内で起きているわずかな変化を敏感に捉える計測技術が必要です。

そこで、期待されているのがダイヤモンドなどを材料にしたナノサイズの生命計測ツール「生体ナノ量子センサ」です。

ダイヤモンドの結晶中に窒素 (Nitrogen) 不純物と空孔 (Vacancy) が隣り合って存在すると「NV (Nitrogen-Vacancy) センター」ができます。この NV センターは温度や磁場など、周辺環境のごくわずかな変化を敏感に検知して「量子状態」が変わります。この「量子状態」を特殊な光や電波を用いリアルタイムで読み取ります。

生きた細胞内で起きている変化を、連続的かつ精緻に測定できる超高感度な次世代の計測ツール、これが「生体ナノ量子センサ」です。



体温を測ると
体調がわかる

温度がわかれば
細胞の状態がわかる

▶ Special feature.01

Nanoscale Quantum Sensors

まるわかり！ 生体ナノ量子センサ



量子センサの材料として 期待される「ダイヤモンド」

ダイヤモンドを精巧な生命計測ツールに—世界最高品質の量子センサを目指し、日々研究開発に取り組む物質材料研究のマイスター、物質量子機能化研究チーム 大島武チームリーダーが、材料科学の視点から量子センサを紹介します。

ダイヤモンドの優れた特性とは？

ダイヤモンドの姿形は、いつまでも変わらない。これは皆さんご存じかと思います。実は、ダイヤモンドは温度や圧力だけでなく、酸にも耐え、化学的に安定という材料として優れた特性があり、生体内に入れても無毒です。また、我々が材料として使用する工業用のダイヤモンドは安価で入手が容易です。他にも、不純物としてダイヤモンドにもともと含まれる窒素を利用し、電子線などの量子ビームを照射して、原子レベルの欠陥を作ることで NV センターを作ることができる、つまり、材料そのものをセンサに変えられる点も魅力的です。世界的に見ても、ダイヤモンド結晶中に形成した NV センターは生命科学のみならず、さまざまな分野への応用研究の主流となっています。

高品質な量子センサを作るコツ

高品質な量子センサは、高輝度（蛍光が明るい）、電子スピン（量子状態）が安定、超高感度（方向の揃った NV センターが高濃度に存在している）であることが挙げられます。ここで言う「高輝度」とは、量子センサを輝かせるために入力する光や電磁波などのエネルギーを、NV センター以外の欠陥に阻害されずに、上手く吸収させて最大限に発光させることです。

高品質な量子センサを作るには、ダイヤモンド結晶中に NV センターをいかに高濃度に作るか、工夫が必要になります（コラム1参照）。電子線照射で欠陥を作り過ぎると、ダイヤモンドの結晶が大きく壊れます。そこで、電子線照射を何回かに分けて行い、その間にダイヤモンドの結晶を回復させる効果がある高温処理を施します。また、1000 度の高温下で電子線を照射することでダイヤモンド結晶の損傷を抑え、かつ、空孔を導入しながら NV センターを形成するという新技術も開発中です。



▶ 世界最小のダイヤモンド量子センサ

原料となる炭素の粉末を爆薬が爆発する勢いで圧縮させて作る爆轟（ばくこう）法ナノダイヤモンドは、約5ナノメートルの均一な粒子径を持ち、結晶中に自然に NV センターが形成されます。しかし、その形成の効率が悪いことや、凝集してマイクロメートルサイズ（1マイクロメートル=1000ナノメートル）の塊になってしまうという課題がありました。そこで、爆轟法で作ったナノサイズのダイヤモンドに電子線を照射後、熱混酸による化学処理で凝集をほぐし、細胞内のより微小な空間の計測ができる世界最小5ナノメートルサイズの量子センサを実現しました。
(D. Terada, T. Ohshima, R. Igarashi, et al. (ACS Nano, 2019))



OHSHIMA TAKESHI

物質量子機能化研究チームリーダー

大島 武

材料科学の専門家として、量子ビームを利用した半導体材料やデバイスの放射線照射効果、センサ材料の開発に取り組む。1つの量子センサで細胞内の温度や磁場など複数項目の同時計測が可能な「マルチセンサ化」、ナノ秒レベルの高速反応も観察できるセンサの実現を目指す。

欠陥を個性に変え、ダイヤモンドを輝かせる

私は、宇宙用の太陽電池の放射線照射効果や、放射線に耐えるデバイスの研究開発にも携わっています。半導体材料中に放射線で発生する、材料の品質を劣化させる欠陥の発生量を予測し、いかに低減するか、という研究開発に取り組んでいます。一般的には結晶を損傷させること、つまり欠陥を作ることは材料の特性を劣化させるとして嫌がられます。しかし、この欠陥こそが、NV センターという有益なものを生むのです。「有益な欠陥をつくる」という逆転の発想から、量子ビームを使って NV センターを形成する研究を始めました。私は、この「欠陥」という言葉が好きです。完全なダイヤモンドに「欠陥」を作るということは、「個性」を持たせることだと思っています。我々のチームは、この欠陥を制御して、NV センターという新機能を材料に持たせる技術で、世界を先導している自信があります。

材料の品質に気を配ったり、作製プロセス一つひとつにも気を遣ったりしながら、世界一、高品質な量子センサの実現を目指します。ご期待ください。

C O L U M N 1



知りたい生命現象に合わせて 量子センサをデザインする

量子センサを用いた細胞内計測技術の研究開発を進める絶対的エース、次世代量子センサ研究チーム 五十嵐龍治チームリーダーが、技術開発、応用研究開発の視点から量子センサを紹介します。

生命科学 × QST 発！量子センサ

我々は長年、量子センサに様々な機能を持たせる表面制御技術と、独自の奇抜な計測手法を開発してきました。物質量子機能化研究チームの世界一の NV センター形成技術と、我々が開発してきたセンサを掛け合わせたことで、たくさんの面白い技術・センサが生まれました。例えば、細胞や分子の回転運動が測れるセンサは、3軸の電磁石を自作して、磁場を何種類も切り替えながら量子センサの向きを精密に測定するという、これまでにない発想から生まれています（コラム2参照）。

生命科学への応用としては、量子センサの細胞への送達やセンサが発する情報をいかに読み取るかという、体内の微小環境を計測する手法の確立を目指し、早い時期からがんの研究を進めているチームと研究を始めました。最近では病態解明の観点から、脳や免疫研究のチームとの研究も進めています。当初、これらの研究への応用はあまりにもハードルが高く、成果が出るのに時間がかかるのでは…と心配でした。しかし、実際に研究を開始してみると、量子センサは1細胞レベルの計測から細胞の状態を詳細に把握でき、疾患との相関を明らかにできる点において、威力を発揮しやすいと思われました。量子センサが最初に社会実装されるのは、認知症や自己免疫疾患に関する研究分野になるかもしれません。

多くの要望が、量子センサを磨き上げる

我々に寄せられる要望・要求は多々あります。多種多様なラジカル、酸素、微量のイオンなど、新たな検出対象を計測できるセンサを作りたい、もその1つです。我々の真価は、創意工夫でこれらの要望の一つでも解決できた時に発揮されます。世界初のナノ pH センサを実現したシンプルな表面化学構造を思いついた時が、まさにその瞬間でした（コラム2参照）。

C O L U M N 2

▶ 量子センサでできること

✓温度、電場、磁場をはかることができる！

生きた細胞内のミトコンドリアや分子集団周辺の温度や電場、磁場を測ることで、そこで「何が起きているのか」を正確に理解できるようになります。温度計測に関する論文：D. Terada et al. (Bioconj. Chem., 2018), K. Kaminaga et al. (Biomater. Sci., 2021)

✓pHをはかることができる！

老化やがん化など、細胞に異常が起こった場合には pH(水素イオン濃度)の細胞内分布にも変化が起きる可能性が考えられています。細胞内の pH を経時的に測ることで、細胞の老化やがん化が起きるその変化の瞬間を、捉えられるようになるかもしれません。T. Fujisaku, T. Ohshima, R. Igarashi et al. (ACS Nano., 2019)



✓回転運動をはかることができる！

細胞内の分子の回転運動を捉えることで、薬剤の効果を効率よく解析できるほか、再生医療の幹細胞モニタリングなどを行うツールとなるなど、医学、生命科学分野への幅広い活用が期待されます。R. Igarashi et al. (J. Am. Chem. Soc., 2020)

✓高感度に見つける！

自家蛍光など望ましくない「背景光」を排除して、超高感度な蛍光イメージングを実現しました。これにより、細胞内にわずかしかな存在しない分子であっても、高感度に見つけることができ、ウイルス感染症など様々な疾患の早期・迅速診断が可能になります。T. Yanagi, T. Ohshima, R. Igarashi et al. (ACS Nano., 2021)



IGARASHI
RYUJI

次世代量子センサ研究チームリーダー

五十嵐 龍治

物理化学的な手法、方法論で生命現象を解析する「生物物理化学」が専門。修士課程の学生時代に読んだハーバード大が発表した論文をきっかけに量子センサ研究の道へ。「測るだけ」から、問題を抱えた細胞の治療・除去もできる「測って介入する」量子センサの実現を目指し研究に取り組む。

免疫など生体の防御機構に見つかっても排除されずに、量子センサが目的の細胞まで到達する「量子センサのステルス性」をもっと上げて欲しいというものもあります。生物研究を行う皆さんの要求は、我々の想像の遥か上を行きます。皆さんの要求に応えられるよう、工夫を重ねたおかげでステルス性は徐々に向上して、今では「世界最高レベル」と言えるまでになりました。

難題に直面するたびに開発に携わる人、特にチームメンバーの心が折れないよう気を遣ってきました。先が見えない、予想通りの結果が出ない真っ暗闇の中、わずかでも光明が見えれば人間頑張れるものです。世界最小の量子センサを作るプロジェクトの時もそうでした。電子線照射後に一般的に用いられる高温処理が、NV センターの量を増やすのに全く効果がないと諦めかけた時、学生さんの「電子線照射のみで増えている！」という報告で流れが変わりました。これは当時の常識では考えられないことでした。これが突破口となって、高濃度な NV センターを持つ世界最小の量子センサが生まれたのです（コラム1参照）。これからも、一筋の光を皆で一緒に見つける努力を常に続けながら、研究開発を進めていきます。

▶ 生体ナノ量子センサ × 再生医療

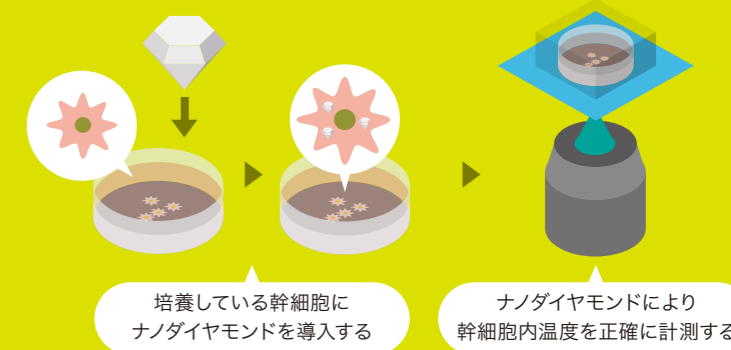
幹細胞内温度計測により再生医療の最適化に貢献！

量子再生医工学研究チームの湯川博チームリーダーが、量子センサを用いた再生医療研究の TOPICS をご紹介します。

これまで我々は 37°C の一定の培養条件下（生体外）で、再生医療用の幹細胞を培養し、移植投与前に評価していました。しかし、移植先の生体箇所の温度は必ずしも 37°C ではなく、ご存知のように、体温が低い箇所もあれば、高い箇所もあります。特に、治療箇所は炎症を起こして 37°C より高い場合が多いと想定されます。そこで、あらかじめ幹細胞に量子センサを導入し、幹細胞内の温度を 42 度、37 度、32 度になるようにして実験したところ、温度に応じて幹細胞の再生因子生産能が変化する結果が示されました。これにより、幹細胞の機能発現にはそれぞれ最適温度があり、1 細胞レベルでの温度計測が大切であることを明らかにしました。

今回開発した技術を生体内に応用することで、移植箇所での温度計測を実現し、より最適な再生医療の実現を目指します。また、温度以外の細胞状態（pH 濃度や柔軟性など）が再生医療の效果に大きく影響することが懸念されており、これらの計測も実現したいと考えています。

H.Yukawa et al. (Nanoscale Adv., 2019)



培養している幹細胞に
ナノダイヤモンドを導入する

ナノダイヤモンドにより
幹細胞内温度を正確に計測する



量子センサで 「生命の謎を解く」に挑む

「生命とは何か？」という究極の問いへの解を得るためには、まだまだ、明らかにすべき生命現象が多く残されています。生体ナノ量子センサ研究開発を率いる気鋭のリーダー 湯川博プロジェクトディレクターに抱負や今後の展望を聞きました。

Q：量子センサ研究で何をを目指したいか？

A：目指すことの一つに、メスを入れることなく体内の「非常事態」を細胞レベルで量子センサが察知して、その場所と状態を知らせてくれる技術の実現が挙げられます。これが実現できれば、病気の超早期発見・診断、未病状態で病気の芽を摘むことが可能になります。量子センサの細胞への送達技術や生体深部への計測技術の開発など、道のりはまだ長いですが、材料開発、計測装置・技術開発、生命科学・生物研究への応用を進めるチームが連携してディスカッションを重ねながら、研究開発を進めていきたいと考えています。現在建設中の量子生命棟が完成すれば、国内外の大学、研究機関、企業の研究者との連携もより深まります。新しい研究棟に量子生命研究の英知が集結して、研究がぐんと加速する環境が整うでしょう。今からとても楽しみです。

Q：プロジェクトディレクターとしての抱負は？

A：チームリーダーたちと協働しながら、研究の方向性を見出し、チームを束ねていくのが自分の役目だと思っています。組織運営は大学よりは会社に近いと感じているので、製薬企業での研究経験が生かせると思っています。

量子センサ研究の軸はしっかりできています。これまでそれぞれのチームがつながってきた協力関係をより深めるとともに、量子生命・医学部門内での連携をさらに密にしたいですね。また、QST 病院には医師で研究者という人が多くいます。医療へ

C O L U M N 3



YUKAWA
HIROSHI

プロジェクトディレクター
量子再生医工学研究チームリーダー

湯川 博

再生医療に対する量子ナノ材料を応用したイメージング研究が専門。医学博士、工学博士の学位を持つ。製薬企業の研究員を経て、研究者と大学教員の二刀流をこなしてきた。真っ暗な生体の中で賢く働く細胞の活動を、量子センサで明らかにすることが研究のモチベーション。

の応用を研究の出口に据えている我々にとって、「医師に使ってもらえる技術」という視点は欠かせません。

量子センサが生命科学のゲームチェンジャーになることは間違いありません。この先、高い壁がいくつも待ち受けているかもしれない。でも、我々は新しいことに挑戦しているのですから、それは当たり前です。壁を一つひとつ打ち破って、世界最高品質、性能を持つ生体ナノ量子センサの実現を目指し、それを応用することで「生命の謎を解く」に挑んでいきます。

▶ 生体ナノ量子センサについて
もっと知りたい方はこちらから！





QSTの専門家が持つ
知識と経験を伝え、繋いでいく

万が一の

原子力災害・放射線事故に備える QSTの人材育成活動

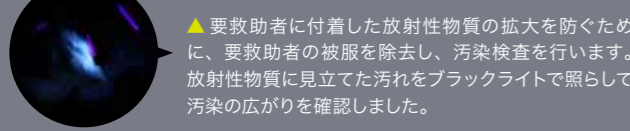
原子力災害や放射線事故の現場で経験を積むことが難しい原子力防災の分野では、万が一の災害や事故における初動対応者や医療関係者を育成する指導者の養成が重要な課題です。QSTはチェルノブイリ原発事故、東海村でのJCO臨界事故、東京電力福島第一原発事故などで得た経験を基に、原子力災害や放射線事故の対応に従事する各機関で中心的な役割を担う人材の育成に取り組んでいます。今回は、放射線に関わる災害や事故に前線で向き合う人材を、QSTがどのように育成しているかをご紹介します。



▲防護装備の着脱と汚染検査の方法を学習。原子力災害や放射線事故の現場で放射性物質の付着から身を守りながら活動するための基礎です。



▲サーベイメーターでの空間線量の測定方法を学習。災害や事故の現場で活動するには、まず放射線量を測定し、その空間で活動できる時間を確認します。



▲要救助者に付着した放射性物質の拡大を防ぐために、要救助者の被服を除去し、汚染検査を行います。放射性物質に見立てた汚れをブラックライトで照らして汚染の広がりを確認しました。



▲実際に災害や事故が発生した場合に、どのように情報を整理し活動すべきか、机上で話し合い、この後に続く総合訓練に臨みました。

放射線の正しい理解が すべての基本

放射線は五感で感じることはできません。原子力災害や放射線事故が発生したとき、救助活動や被ばくした負傷者の初期医療などを行う者は、放射線量を確実に計測し、自身の安全を守るための放射線量管理を行いながら活動することが求められます。そのため、放射線についての正しい理解を土台に、放射線量の計測方法や、人命救助の際の放射性物質による汚染拡大の防止方法などの技術や知識を身に付け、活動現場で状況を正しく把握し、適切な判断に基づく活動ができる人材の育成が重要です。放射線と放射線防護について正しい理解を身につけることが、原子力災害や放射線事故時に備えるスタートラインと言えます。

放射線の専門家であるQSTが 海上保安庁職員に 原子力防災研修を実施

日本の海上で事故災害や自然災害が発生した場合、海上保安庁が救助・救急をはじめとしたさまざまな活動を行います。東日本大震災によって発生した東電福島第一原発事故の際にも海上保安庁は被災地で活動しましたが、こうした原子力災害や放射線事故の対応を経験することは極めて少なく、海上保安庁だけで万が一に備えた人材の育成を行うことには限界があります。

QSTは海上保安庁の依頼を受け、昭和40年代頃から継続的に海上保安庁職員を対象とした原子力防災研修を実施しています。東電福島第一原発事故の災害対応には、この研修に参加した職員も被災地で活動にあたりました。2021年12月に実施した研修では、放射線や放射線防護に関する基礎知識の学習から、原子力災害や放射線事故が発生した際にどのように判断し活動するかの実践的な訓練まで、3日間にわたって学んでいただきました。



原子力災害時に海上保安庁が 使命を果たすために

柳澤：海上保安庁は「愛します、守ります、日本の海」をスローガンに、国民の皆様が安心して海を利用し、様々な恩恵を享受できるように、海上における犯罪の取り締まり、領海警備、海難救助、環境保全、災害対応、海洋調査、船舶の航行安全等の活動に日夜、従事しています。万が一、原子力事故や放射線事故が発生した場合には、海上での救助・救急活動、住民避難の支援や海上警戒、モニタリングの支援等の活動にあたるのですが、活動にあたっては救助を行う我々自身を放射線から守り、放射性物質による汚染拡大防止を適切に行い、迅速に活動できるように、放射線について正しく理解し、技術や知識の向上に取り組むことが欠かせません。

福津：原子力災害や放射線事故が発生することは非常に稀です。そのため、消防、警察などは、発災現場で活動しなければなりません。その対応の経験を積むことはなかなかできません。QSTは放射線を研究する専門機関として、前身の放医研時代から放射線緊急事態に対応してきた経験があります。私たち人材育成センターではそうした実際の災害・事故対応の経験のある者を講師とした研修を行い、放射線の基礎知識のレベルから、実際の現場で何を基にどう判断し、どのように行動するかというレベルまで習得できるカリキュラムを組み、対応にあたる機関や組織に応じた人材の育成に取り組んでいます。海上保安庁を対象とした研修は、その活動フィールドである海上での原子力災害や放射線事故を想定したプログラムを作成しています。

原子力防災体制の強化を図る

柳澤：今回の研修では、全国11のブロック

原子力災害に備え、海上保安庁が 使命を果たすための研修

海上保安庁の職員を対象とした原子力防災研修は、海上保安庁とQSTの両方で研修プログラムを企画しています。今回の研修のポイントをそれぞれの担当者に聞きました。

福津 久美子
QST人材育成センター教務課
専門業務員

柳澤 崇志
海上保安庁
警備救難部環境防災課
原子力災害対策係長

に分かれている海上保安庁の管区において、原子力災害が発生した時に現場指揮官を補佐する役割を担う者を参加させました。日ごろの訓練に加えて、QSTでの研修を通して専門知識や技能を深め、それを自分の管区に持ち帰ってフィードバックすることが研修の大事なポイントの1つです。それによって海上保安庁全体の原子力防災体制の強化ができると考えています。

福津：今回は、災害時に前線で活動を行う方ではなく、後方支援や全体の指揮を担う方を対象とした研修でしたので、放射線・放射線防護の正しい知識や、放射線測定器の使用方法などの基礎的なことを確実に習得し、災害時に状況を的確に把握できるようになることを目標としてプログラムを検討しました。災害現場ではどのような役割分担が必要で、それぞれが果たすべき役割は何か、という土台となる部分を正しく理解してもらうことを第一に考え、実際の事故を想定した訓練はシンプルな設定にしました。

柳澤：私たちは船舶火災や転覆、沈没、油などの有害液体物質の排出といった事故災害、あるいは地震、津波、台風、大雨などの自然災害に関しては、これまで培ってきた経験やノウハウがありますが、原子力災害への対応は多くはありません。東日本大震災時の東電福島第一原発事故対応の経験から、資機材の充実強化を図るとともに、より一層の訓練研修を進めてきましたが、原子力防災には専門的な知識が必要であり、海上保安庁内での訓練だけでは知識や技量の習得に限界を感じる部分がありました。QSTの研修では、実際に放射線量を計測したり、災害を想定した状況で必要となる判断や対応を習得する訓練など、3日間にわたって原子力防災に関することを集中して学ぶことができるため、とても大きな

期待を持っています。

福津：原子力災害や放射線事故に対応するための技術や知識を学ぶ際、まずは放射線がどんなものかを正しく知らないことに対する不安を解消してほしいと思います。放射線について正しく理解できれば、原子力災害であっても他の災害と同じようにやるべきことをひとつずつ冷静に対応できるはずで、放射線を五感で感じることはできないよくわからないものとしてただ恐がるのではなく、自分たちが向き合う対象としてしっかりと理解することがスタートです。

放射線の基本を忘れず、 いざという時に役立てる

柳澤：東電福島第一原発事故では、QSTの研修に参加した経験を持つ海上保安庁の職員が中心となって被災地での災害対応にあたりました。

福津：QSTからも旧放医研組織での緊急被ばく医療支援チーム(REMAT)や緊急被ばく医療センターを核に全所の協力を得て、人員を現地へ派遣して対応にあたりました。私たち教える側にとっても東電福島第一原発事故の時の経験は貴重なものであり、この経験を研修の中でも伝えていきたいと思っています。「原子力災害や放射線事故は起こるもの」と考えて、普段からの教育訓練を行っていくことが大切ですね。

柳澤：今回、研修に参加した者は、専門知識を有するQSTで研修を経験することができ、とても有意義だったと言っていました。研修で学んだ放射線の基本を忘れず、それぞれの役割を遂行できるよう訓練を積み、得た知識や経験を次の世代に引き継いでいき、いざという時に役立ててほしいと思います。

総合的に原子力防災について学習 基本的知識や技能の重要性を実感



研修受講年
2021年

**KURITA
KUNITERU**

第二管区海上保安本部
警備救難部環境防災課 第二災害対策係長
栗田 国輝

放射線の専門家から学ぶ 貴重な機会

私は海上における衝突事故やそれに関わる人命救助、油等の流出への対応等に従事しています。万が一、原子力災害や放射線事故が発生した場合には実働対処班として現地に派遣されて対応にあたります。

海上保安庁の原発所在地を管轄する部署では、放射線測定器や防護衣などを整備し、その取り扱いについて訓練を実施していますが、実際の災害や事故の際にどのように判断し活動するかという専門的な訓練を独自に行うことは難しいです。QSTで放射線の専門家から原子力防災について教えていただく機会は大変貴重で有意義でした。原子力災害が起きた際の人命救助、搬出、離島からの輸送支援、モニタリング等で適切な業務を遂行するための基本的知識や技能を身に付け、実際に事故が起こってしまったときに慌てないよう、しっかり準備をしなければならないと改めて感じました。

学んだことを持ち帰り 原子力災害に備えたい



研修では、放射線や放射線防護に関する講義のほか、放射線測定、災害現場での放射性物質による汚染状況に応じてエリアを分けるゾーニング、救助活動時の汚染拡大防止などの実習や、それらを踏まえた想定訓練を通して総合的に

原子力防災について学ぶことができました。実際に放射線量を計測する実習は、知識でしか知らなかった放射線について体験を伴って知ることができるもので、海上保安庁では経験することができないものでした。想定訓練では、私は除染班員として参加しましたが、汚染を拡大させないためにどうすればいいのかを考え、目に見えない放射性物質で汚染されているものを正確に認知する必要があるなど、非常に難しかったです。しかし、それら1つ1つを経験することは大変勉強になりました。

私は現在、東北6県の水域を管轄する第二管区海上保安本部に在籍していますが、東電福島第一原発事故対応の教訓を胸に、QSTでの研修の内容をしっかりと身に付け、私が得たことを職場に持ち帰って海上保安庁の各部署と連携して原子力災害に備えたいと思います。

正確な情報の共有と冷静な対応 そして「正しく恐れること」が大事



研修受講年
2019年

**FUJITA
NOBUKI**

第三管区海上保安本部
横浜機動防除基地
防除措置官
藤田 伸樹



海上保安庁では経験できない 実践的なカリキュラム

私は全国各地で発生する海難、地震等の自然災害により海上に流出した油、有害液体物質、危険物等に対応する専門部隊である機動防除隊として活動しています。万が一、原子力災害が起きた場合には、機動防除隊員としての防災業務能力を基に、現場での海上保安官の活動に対して適切な助言・指導を行うことが求められ、除染要領の作成とそれに基づく活動や、発生した汚染物の管理等を行います。

2019年に受講したQSTの原子力防災研修では、海上保安庁内では体験することができないカリキュラムに取り組むことができ、非常に有意義な研修であったと感じています。空間線量の測定の実習では、災害現場で実際に使用する放射線測定器を使用して空間線量の計測方法を学び、目に見えない空間線量が変化することを実際に計測して確認することができました。また、放射線事故の状況を設定して対応にあたった想定訓練では、研修の各プログラムで学んだ内容を実際の活動に落とし込んだ一連の流れの中で実践することで、学んだ内容の復習と自身の課題を発見することができました。

現場の職員から信頼される 技術・指導力を身に付けるために

海上保安庁は東日本大震災によって発生した東電福島第一原発事故では、被災地の宮城県で情報の収集・伝達、海上における緊急時モニタリングや救助・救急作業、警戒区域での警戒、入院患者の緊急輸送等の支援にあたりました。原子力災害の被害の大きさや対応の困難さを目の当たりにし、原子力事故対応時の知識や技術の習得と、それを基にした正確な情報の共有と冷静な対応が必要不可欠であると身に染みて感じています。

原子力事故に携わるうえで大切なことは、目に見えない放射線を「正しく恐れること」だと感じます。万が一のときに、海上保安庁職員としての使命を果たすために、放射線について正しく理解し、身を守るために適切な準備と対策をして活動にあたりたいと思います。原子力災害対策も含め、海難対応や自然災害対応、海上流出油等の事案発生時に、現場の職員から信頼される技術・指導力を身に付けられるよう努力して行くとともに、東日本大震災を体験した経験も踏まえ、海上保安官の活動に対して助言や指導を行う機動防除隊員として、今後も防災業務の活動を実施していきます。



放射線の専門家の育成と 放射線への理解を広めることが QSTの使命

Expert training

QSTは万が一の原子力災害や放射線事故に備え、日本の中心的・指導的な立場で被ばく医療を担う人材の育成に取り組んでいます。また、放射線を扱う分野に従事する方への研修や、放射線に対する正しい理解の普及のために教育現場への出前授業なども行っています。QSTの人材育成活動の狙いと主な取り組みについてご紹介します。

日本の中核となって 放射線にかかわる人材の育成を担う

原子力災害や放射線事故は、さまざまな機関が連携して迅速な対応を迫られますが、実際の対応の経験を積む機会は稀であり、万が一に備えた人材の育成にはオールジャパンで取り組んでいかなければなりません。

QSTは2019年に基幹高度被ばく医療支援センターに指定され、日本の中心的・指導的な立場で、万が一の原子力災害や放射線事故に向けて、人材育成のシステム作りや国内の被ばく医療体制の整備などの活動に取り組んでいます。

こうした枠組みの整備を進める一方で、放射線を研究する機関であるQSTでは、人材育成センターが中心となって、学生や、技術者・研究者・医療従事者など放射線を扱う専門家を対象に、放射線の基礎から応用まで、さまざまなレベルでの研修を実施し、放射線と放射線利用について正しく、具体的に理解してもらえよう取り組んでいます。現在は「放射線の専門家・指導者の養成」、「放射線関連分野で活躍する若い人材の育成」、「こどもたちの教育支援」の分野で人材育成活動を行っており、人材育成センターの前身の養成訓練部が設置された1959年以来、2021年3月末までに約20,600名の研修生を送り出してきました。

QSTの経験を広げ、繋ぐ

私たちが行う研修は年間で40回以上に

及びます。「放射線事故初動セミナー」は、消防や救急、警察、自治体関係者等の方を対象として、原子力災害や放射線事故が起きた際にどのように活動を行うべきかを学んでいただくために定期的に開催しているものです。放射線や放射線防護に関する基礎知識や、放射線量の計測の仕方などに加え、放射性物質で汚染された方を搬送する際に汚染が広がらないようにするための対応方法など、実際の災害や事故を想定した訓練を行います。海上保安庁向けに行っている原子力防災研修は、このセミナーの内容を基に海上保安庁向けにアレンジしたものです。

QSTは医研時代から東電福島第一原発事故に対し、緊急被ばく医療支援チーム(REMAT)を派遣するなど、常に被ばく医療の最前線で活動をしてきました。活動にあたるチーム員自身の放射線防護のための線量管理や、放射線量を計測して危険区域等に分けるゾーニング、被ばくした負傷者の初期医療、現場のさまざまな情報の把握や管理など、緊迫する現場で適切な対応が求められます。そうした経験に基づく知見を持つQST職員が講師となり、自身の経験を伝えながら、放射線事故初動セミナーの受講生を指導します。

原子力災害や放射線事故の対応を経験することは稀です。しかし、万が一の事態に備えるためには、その数少ない経験を基にした知見や技術を広げ、繋いでいかなければなりません。その使命の下、私たちQST

QST
人材育成センター
教務課
主幹技術員

矢島 浩彦

**YAJIMA
HIROHIKO**

は放射線を扱う専門機関として研修を実施しています。

学校教育が 放射線への理解を深める肝

東電福島第一原発事故後、放射線に関する正しい理解がない中で恐怖心や不安による風評被害が起きてしまいました。

一般の方へ放射線に関する正しい理解を伝えていくには、小中高の学校教育の場での放射線に関する学習がカギを握ると思います。そのためにはまず、生徒に教える立場の先生方に放射線について正しい理解を深めてもらうことが重要です。QSTでは、東電福島第一原発事故後の風評被害を教訓に、学校の先生を対象とした放射線基礎コースを新設し、研修を行ってきました。さらに、QSTが学校などに出向いて放射線に関する授業を行う出前授業も行って、放射線に関する正しい理解の普及に取り組んでいます。

現在は放射線について教科書に盛り込まれるなど、福島第一原発事故の前と比べると放射線に関する教育の枠組みが少しずつ変わってきていますが、一人一人の生徒がどの程度正しく理解できているか、そのフォローが学校教育でのこれからの課題だと思います。私たちは、一人でも多くの先生方に放射線について正しく理解してもらうための放射線基礎コースの拡充や、プログラムの更新を図りながら、研修を継続していきたいと思っています。



放射線の基礎を知ることが研修のスタートライン

みなさんに知ってほしいことは、放射線は身近にあるということです。私たちは生まれた時から一定量の放射線を受けながら生きています。放射線は宇宙から絶えず降り注いでいますし、大地やほとんどの食べ物に含まれる放射性物質からも放出されています。このようにさまざまな形で自然界からの放射線を受けていますが、それに対して私たちのからだの中ではDNA修復等の巧妙な応答機構が作用しています。それが生物としての自然な日常なのですが、このようなことが自分の身に起きていることを知らないと、放射線に対してさまざまな誤解が生じてしまいます。放射線について知らないことが恐怖心に繋がるため、まずは放射線の基礎を知っていただくことが我々の研修のスタートラインであると考えています。



▲QSTでは放射線について分かりやすく説明したアニメーションを公開していますので、是非ご覧ください。

研究を支える多様なお仕事

幅広い領域で研究開発を進めている QST。多様な研究開発を推進していくためには、研究活動だけでなく、それを支えるスタッフを含めた組織全体での取り組みが不可欠です。今回は、QST における安全と研究活動に必要な施設の建設を総括する「安全管理部」の活動をご紹介します。

▶ Special Interview



KANAMORI KENJI

安全管理部 安全管理課

主任技術員 金森賢司



URUSHIDATE YUTO

安全管理部 建設課

技術員 漆館裕斗

！ 拠点との連携を密にし、万が一に備える

私は QST の本部組織の一員として、放射性物質等の許認可申請等の総括や、国際規制物資の保障及び計量管理、事故対応、職員の安全の総括など、QST 全体の安全管理の総括に関する業務を担当しています。具体的な業務としては、安全担当理事による各拠点の巡視対応、原子力規制庁への各種申請やヒアリング対応、各拠点における事故・トラブルの発生状況やヒヤリハット報告の取りまとめなどを行っています。

令和3年度からは、保安管理関連部署実務者情報交換会を発足しました。この会は各拠点の保安管理課及び放射線安全課に所属する中堅～若手の職員が、月に一度 WEB 会議で交流や情報交換を行うものです。毎月の安全管理担当課長会議で情報共有を行う各拠点の課長や技術統括以上の職員と異なり、中堅～若手の職員はコロナ禍以前から他拠点の職員と交流する場が限られていました。コロナ禍によってそのわずかな機会も失われてしまいましたが、QST において WEB 会議システムが普及したことにより、新たな交流の機会が生まれたのです。まさに災い転じて福をなすといたったところでしょうか。

また、いずれかの拠点で事故が発生した際は、機構対策本部を立ち上げて対応を行っています。事故の発生を未然に防ぐことも重要ですが、事故が発生してしまった際に迅速かつ確かな対応に努めることで、被害の拡大を防止するとともに、QST における研究開発活動を滞らせないようにすることも重要です。緊急時における各拠点の現地対策本部との連携はもとより、平時から連絡体制の整備や事故・トラブル情報の共有を行うことで、QST 全体の安全管理に取り組んでいきたいと思っております。

！ SDGs 等の環境変化に対応できるよう知識を知恵に昇華させる

私は建設関係として主に建屋における設計・工事発注と監督業務に従事しています。現在は、量子メス棟の建設に向けた建屋の基本設計、国土強靱化年次計画に基づく耐震改修（設計・工事）を担当しています。国の事業として行う QST での建設業務は、様々なステークホルダーとの調整が多く、また、現場の安全管理にも十分に留意して遂行する必要があります。時に思わぬ重大トラブルに見舞われる事もありますが、レジリエンスを発揮し切り抜けられた時には大きな成長を実感しています。

コロナ禍において、データ授受のクラウド化や会議のオンライン化など、ソフト面の効率化・合理化が図られました。ハード面である施設の建設は多大な費用が掛かるため、より一層のトータルコストの合理化を検討していかなければなりません。しかし、建設業界では業界全体の慢性的な人材不足から労務費が高騰しており、また SDGs の面からは、環境保全のために脱炭素化や自然エネルギーの活用などの検討が必要であるなど、経済性・効率性・有効性だけでなく社会課題としても考えていく必要があります。

こうした環境と、限りある予算の中で新工法の採用を検討していく為に、主たる専門性の向上のほか、関連分野の幅広い知識も然る事ながら、業界における最新動向等のインプットに努め、知恵へと昇華させるべく自分なりに実践していく事を心懸けています。今後、時代的にヒト・モノ・カネ・可処分時間といったリソースが更に不足していくことは間違いありません。QST 全体で協働・連携の重要性を再認識していく事が研究活動を支える業務のより円滑な執行に繋がるものと思っております。

PRESS RELEASE.1



放射光を使った磁石の奥まで透ける顕微鏡

～X線発光の新原理を用い開発に成功～

関西光科学研究所の菅原健人技術員、稲見俊哉上席研究員は、JFE テクノリサーチ(株)と共同で、放射光を利用し、磁性体深部にある磁区(小さな磁石が同じ向きを向いて集団となっている領域)構造を奥深くまで観察できる、磁気顕微鏡の構築に世界で初めて成功しました。

モーターや発電機、変圧器などに広く用いられている電磁鋼板は磁性材料の一つですが、電力-動力、電力-電力変換の際には磁性材料の中に形成された磁区が動くことによりエネルギーの損失が生じます。その損失は、日本全体で見ると一般的な家庭およそ 600 万軒分の電力消費量にも相当すると推計され、より損失の小さな磁区構造を持った電磁鋼板を開発できれば、大きな省エネルギー化が見込めます。

電磁鋼板のエネルギー損失には磁区の分布が深く関わっているため、鋼板全体の磁区構造を知ることが重要

ですが、これまでの磁区を観察するための顕微鏡は 200 ～ 300 マイクロメートルの厚さがある電磁鋼板の表面 1 マイクロメートル程度までの深さしか観察することができませんでした。

研究グループは、稲見上席研究員が平成 29 年に発見した X 線磁気円偏光発光を利用し、X 線の高透過能によって従来の磁気顕微鏡より 10 倍以上の深さまで透けて観測することができる磁気顕微鏡を大型放射光施設 SPring-8 のビームラインに構築し、電磁鋼板の磁区観察に成功しました。

今後は、磁性材料の磁区構造を三次元的に観察する手法の開発に取り組む計画です。これにより、電磁鋼板の低エネルギー損失化を達成し、大きな省エネルギー化や、高効率モーターの実現による自動車電動化の推進などへの貢献が期待できます。

PRESS RELEASE.2



放射線腸管障害の防護薬として有望

～出血を誘発しない高硫酸化ヒアルロン酸の開発に成功～

放射線医学研究所 放射線規制科学研究部 組織再生治療研究グループの三浦太一研究員、中山文明グループリーダーは東京化成工業(株)と共同で、放射線腸管障害に対する防護効果が得られ、かつ、出血誘発もない、安全な高硫酸化ヒアルロン酸糖鎖(単糖が鎖のようにつながった化合物)の開発に成功しました。

小腸などの消化管は放射線感受性が非常に高いため、放射線治療の際の副作用として放射線腸管障害が起こることが未だに大きな問題となっています。そのため、医療現場において放射線腸管障害の克服が強く求められています。

研究グループは、これまでの研究で、放射線障害から小腸を防護する効果がある FGF1(線維芽細胞増殖因子-1)は、糖鎖の一つであるヘパリンの存在下でその構造が安定化し、高い防護効果が得られることを明らかにしています。しかし、ヘパリンには出血を促す作用があり、しばしば出血が起こる放射線腸管障害の患者さんに対して用いることができないた

め、出血を促進することなく FGF1 の構造を安定化できる薬剤の開発を試みました。

着目したのは、ヘパリンを構成する糖鎖に似た骨格構造を持つヒアルロン酸です。ヒアルロン酸は糖鎖に硫酸基がついていない点がヘパリンと異なるため、まず、ヒアルロン酸に適度な数の硫酸基を付加して硫酸化度を制御する技術を開発し、大量の「高硫酸化ヒアルロン酸」を合成しました。マウスでの評価で、FGF1 と高硫酸化ヒアルロン酸の組み合わせは、FGF1 とヘパリンの組み合わせと同等の効果を持つこと、さらに、高硫酸化ヒアルロン酸は血液の凝固を妨げないことがわかりました。これらの結果から、高硫酸化ヒアルロン酸は、出血の危険性が低い放射線障害防護薬として有望と言えます。

今後、高硫酸化ヒアルロン酸の薬剤としての安全性などが確認できれば、放射線障害防護薬としてだけでなく、出血の誘発を避けなければならない傷口・火傷の治療などさまざまな治療への応用にも期待できます。



▶ Pick Up Technology

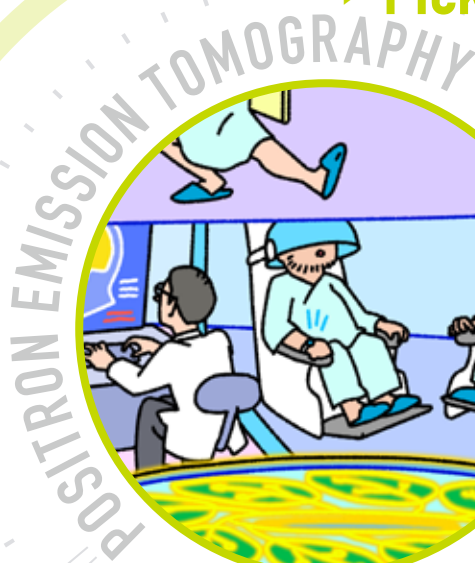
QSTの理念である「調和ある多様性の創造」。その思いが創りあげた未来を想像し、イラストにしてみました。そんな未来のテクノロジーを実現する為に研究を進めているQSTの技術の一部をご紹介します。



認知症を早期に診断

ヘルメット型PET

高性能・小型化を実現した頭部専用の検査装置「ヘルメット型PET」がまちの病院に導入され、神経疾患（認知症）の早期診断が普及しています。診断をもとにサプリメントや薬を服用して早期予防につなげます。



HELMET TYPE

▶▶▶ ヘルメット型PETの国内販売が開始

PETは、がんなど患部に集まる検査薬を注射し、検査薬が放つ放射線を検出器で捉えて病巣を画像化します。近年、PETによる認知症診断が注目されており、頭部検査に特化した高精度で小型な普及型装置が求められてきました。

QSTは（株）アトックスと共同で、世界で初めて半球状の検出器配置を採用した、小型・高性能なヘルメット型のPETを開発し、製品化しました。開発したヘルメット型PETは「頭部専用PET装置 Vrain™」と名付けられ、（株）アトックスが令和3年10月7日に医療機器承認を取得し、令和4年1月18日より国内で販売を開始しました。



ヘルメット型PETでは、これまでの脳腫瘍やてんかんの検査の高精度化に加えて、アルツハイマー型認知症の進行に関わっているタンパク質が脳に蓄積されるごく初期の段階を捉えることができるようになると考えられ、認知症の診断にも役立つと期待されます。さらに、今後有効な治療薬が開発された際の治療開始時期の判断にも役立つと期待されています。

※ご寄附のお願い※
QSTの活動を
ご支援ください



▶お問い合わせ先▶▶▶

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 イノベーションセンター研究推進課

Tel : 043-206-3023(直通) Email : kifu@qst.go.jp

URL: <https://www.qst.go.jp/site/about-qst/1311.html>

(オンラインでもご寄付いただけます)

