令和4年8月1日発行（毎月1回1日発行） 通巻855号 昭和15年4月18日第3種郵便物認可 CODEN:KAKYAU ISSN 0451-1964

CHEMISTRY

化学

AUGUST
2022
Vol.77
8

時評 ● Opinion

データサイエンス教育が目指すもの

解説 ● Research article

原子番号相関（ZC）分子模型の提案

研究物語 ● Research story

第2回国際ナノカーレース参戦記

追悼 ● Memorial

辻 二郎先生を偲びて

研究会へようこそ！ 第32回

量子生命科学会
――量子の目で生命の謎を解く

平野俊夫
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（QST）

量子生命科学の夜明け

今から7年ほど前，新聞に掲載されていたJ. Al-Khalili，J. McFadden共著，水谷 淳 訳，『量子力学で生命の謎を解く』〔SBクリエイティブ（2015）〕の書評が筆者の目を惹きつけた．当時，筆者は新たに発足する量子科学技術研究開発機構（量研／QST）初代理事長就任の打診を受けていた．筆者の専門は免疫学という生命科学の分野の一つである．当時の筆者には「量子」という言葉は馴染みがなかったが，QST理事長就任を打診されていた身なので「量子」と「生命」という言葉が目に飛び込んできたのである．その本は以下のように始まる．

> 年明け、ヨーロッパに冬の寒波が訪れ、夕暮れの空気は身を刺すような冷たさだ。若いコマドリの心の奥深くに潜んでいた、それまではぼんやりとしていた目的意識と決意が、徐々に強まってくる。

コマドリは毎年北欧から3000 kmを渡り，地中海や北アフリカ沿岸までの旅をする．しかも正確に同じ場所にたどり着く．いかにして方向や位置を認識するのか？ 実は量子力学に基づいた，磁気受容であるというのだ．さらに，量子力学が「生命」や「意識」がいかにして形成されるかという問題に迫れる可能性にも本書は言及していた．

～研究会の概要～

設立：2019年
会長：平野俊夫（大阪大学名誉教授）
会員数：正会員164人，学生会員7人，賛助会員1機関（2022年5月現在）
活動内容：毎年1回の学術大会のほか，表彰事業（研究奨励賞，若手優秀賞）や若手組織である「量子生命科学先端フォーラム」の後援を通じた人材育成など
ホームページ：https://quliss.org
連絡先：一般社団法人量子生命科学会事務局
e-mail：secretariat@quliss.org

量子生命科学への道

QSTは，放射線医学総合研究所に日本原子力研究開発機構の核融合部門と量子ビーム部門が移管・統合されて2016年4月に新しく発足した．その初代理事長に就任してまず考えたことは，理工学系と医学生物系の研究領域を融合することにより，新しい研究領域を開拓することであった．

生命科学は，16世紀末の光学顕微鏡の発明により従来の形態学や分類学から細胞生物学へと大きく転換した．20世紀に入り，量子革命の産物である電子顕微鏡の発明や，生化学や遺伝子工学の進展により細胞生物学から分子生物学へと大きく飛躍した．WatsonとCrickによるDNA二重らせん構造の発表をきっかけとして20世紀後半に分子生物学が大きく花開き，生命のしくみが解明されるとともに多くの革新的な医薬や診断技術が開発された．DNAに記された遺伝情報が解読され，今や人類は生命体の部品の設計図を手に入れるに至ったが，依然として「生命体と非生命体」との根源的な相違は謎である．

「量子力学に基づいたさまざまな計測技術を生命科学に応用すれば新しいことがわかるはず，量子力学の観点から生命を研究すれば生命の謎に迫れるかもしれない」と考え，量子生命科学の開拓をゼロから始めた．2016年にはQST内外の理工学系と医学生物系の研究者による勉強会を開催するとともに，理事長ファンドで量子生命科学の部門横断的な研



量子生命科学会の大会ポスター

究者の連携組織である「未来ラボ」を設立した．2017 年に全国の研究者コミュニティの構築を目的として「量子生命科学研究会」を設立し，同年 QST において量子生命科学をテーマとした国際シンポジウムを，冒頭で紹介した Al-Khalili と McFadden 両博士に協力していただき開催した．2019 年に研究会の中核メンバーで形成した有識者会議による「量子生命科学の推進に関する提言」を取りまとめ，ウェブで公開するとともに，政府機関や大学，民間研究助成機関などに幅広く配布した．同年，研究会を母体として「一般社団法人量子生命科学会」を設立するとともに，研究組織である「量子生命科学領域」（現量子生命科学研究所）を QST 内に設置した（表 1）．2020 年には国の「量子技術イノベーション戦略」に量子生命の文言が記載され，Q-LEAP の量子生命科学プロジェクトが採用された．2021 年にこれに基づく国内八つの量子技術イノベーション拠点の一つとして，QST が「量子生命拠点」に指定された．そして 2022 年の夏には，最先端の量子計測技術と動物実験施設を集積した量子生命科学研究所の施設建屋がいよいよ竣工予定である．

量子生命科学の推進に関する提言はこちら（PDF）

量子生命科学から生命の謎に迫る

19 世紀末に Max Planck が量子論・量子力学への扉を開いた．この量子革命から 100 年を経て，量子通信や量子コ

表 1　量子生命科学会の年表

年	出来事
2016 年 4 月	量子科学技術研究開発機構（量研, QST）設立（理事長：平野俊夫）.
2017 年 4 月	全国の研究者に呼びかけて量子生命科学研究会を設立（会長：平野俊夫）．第 1 回学術集会「技と好奇心のコヒーレンス」を東京大学山上会館にて開催.
7 月	QST 第 1 回国際シンポジウムを開催．テーマ「量子生命科学」.
2018 年 5 月	科学技術振興機構さきがけ「量子技術を適用した生命科学基盤の創出」と連携し，研究会第 2 回学術集会を東京大学弥生講堂にて開催.
2019 年 3 月	研究会有識者会議による「量子生命科学の推進に関する提言」を公開．政府機関や大学, 民間研究助成期間などに幅広く配布.
4 月	QST 内に研究組織「量子生命科学領域」を設置．領域長に馬場嘉信（名古屋大学教授），領域研究統括に白川昌宏（京都大学教授）を招聘.
5 月	研究会を母体として「一般社団法人量子生命科学会」を設立（会長：平野俊夫）．学会第 1 回大会「第二次量子革命 生命の謎に挑む」を，文部科学省および 26 学会の後援により東京大学弥生講堂にて開催.
12 月	QST 第 3 回国際シンポジウムを再度「量子生命科学」をテーマとして開催.
2020 年 1 月	国の量子技術イノベーション戦略が決定．量子生命の文言が記載された.
8 月	文部科学省，光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）に「量子生命技術の創製と医学・生命科学の革新」（代表：馬場嘉信）が採択．13 大学, 3 国立研究機関, 10 企業で開始.
12 月	学会第 2 回大会「量子による生命フロンティアへの挑戦」を京都大学（オンライン）にて開催.
2021 年 2 月	国の量子技術イノベーション拠点として国内 8 拠点が発足．QST が「量子生命拠点」に指定.
4 月	QST の量子生命科学領域を「量子生命科学研究所」に改組.
9 月	学会第 3 回大会「量子と生命の婚活」を東京大学（オンライン）にて開催.
2022 年 5 月	学会第 4 回大会「Paint It, Quantum: 量子で書き換えろ！ 生命現象の理解」を神戸大学にて開催.
6 月	量子生命科学研究所の建屋が竣工予定（本稿執筆時点）．最先端の量子計測技術と動物実験施設などを集約した施設が 2023 年 1 月に本格稼働の予定.



写真１　第４回量子生命科学学会学術集会
神戸大学百年記念館六甲ホール（2022 年 5 月）．

ンピュータといった分野を先頭に量子現象を積極的に利用する「第二次量子革命」と呼ばれる時代にいる．この流れを生命科学分野にまで大きく展開しようとするのが量子生命科学である．この分野で今，注目のテーマを三つ紹介しよう．

・生体ナノ量子センサ

ダイヤモンド結晶中に窒素（nitrogen）不純物と空孔（vacancy）が隣り合って存在すると，「NV センター」ができる．この NV センターは温度，pH，磁場など，周辺環境のわずかな変化を鋭敏に検知して量子状態を変化させる．この量子状態を特殊な光や電波を用いて読み取ることで，細胞や生体内で起きている変化をリアルタイムかつ精緻に測定できる．NV センターを含むナノサイズのダイヤモンドは，超高感度な次世代計測ツールである「生体ナノ量子センサ」として注目されている．

・量子技術を用いた超高感度 MRI/NMR

化学研究に不可欠な ^{13}C NMR であるが，その感度の低さや取得にかかる時間の長さは悩みのタネである．量子操作（動的核偏極）により磁場環境下の Zeeman 分裂の核スピン占有差を偏らせると，数万倍に増幅された ^{13}C NMR 信号を足がかりに，高速かつ超高感度なスペクトル解析や生体内の代謝イメージングが可能となる．従来法の課題を克服する国産技術開発と新規分子プローブの開発により，生命の謎や次世代医療技術の創成に挑んでいる．

・量子論的生命現象の解明・模倣

光合成では，なぜほぼ 100％の効率で光を電気信号に変換できるのか？ その実体であるタンパク質の揺らぎのなかでは，量子力学的な重ね合わせ状態は高々 10 〜 100 フェムト秒（fs）程度と考えられていたが，生体中ではその 10 倍以上続く可能性が見えてきた．渡り鳥はなぜ方角をまちがえず目的地にたどり着けるのか？ これも，微弱な地磁気による量子効果を，眼にあるタンパク質によって検知している可能性が見えてきた．未解明の生命現象を量子論的に解き明かし，さらにそれらを利用した有用なデバイスの開発を目指している．

今年 5 月 26，27 日は量子生命科学会第 4 回大会を開催した（写真 1）．量子生命科学を推進するためには，理学・工学と生命・医学系の異分野研究領域に立ちはだかる多様性の壁をジャンプする必要がある．今回は 2 年ぶりの対面での大会を開催し，研究者が対面で情報交換をすることの重要性をあらためて実感した．次回からも可能な限り対面開催にするとともに，この分野を広めるためにオンライン参加枠も設定したい．学会活動を介して，量子生命科学ネイティブの研究者が生まれ，生命の謎を解き明かしてくれることを期待したい．

「生命とは？」を考えるために，21 世紀の今，満開状態にある分子生物学が，すぐ先に来る閉塞感を打破して，新しい生命科学の領域に至るためには量子の世界へ旅する以外に道はないのではないかと思う．ぜひとも，理工学系，医学生命系など研究分野を問わず，若い研究者やこれから研究者を目指す人に量子生命科学会の仲間になってほしい．そして生命の謎に迫ってほしいと願っている．

参 考 文 献

特集「量子光と量子生命」，*OPTRONICS*, No.8 (2020)，p.54；五十嵐龍治，根来 誠，須原哲也，「量子科学技術が実現する超高感度・迅速バイオセンシング・デバイス」，『AI・ナノ・量子による超高感度・迅速バイオセンシング』，シーエムシー出版（2021），p.16；五十嵐龍治，「極微センシングを可能とする生体ナノ量子センサー」，『AI・ナノ・量子による超高感度・迅速バイオセンシング』，シーエムシー出版(2021)，p.44.

ひらの・としお ● 量子科学技術研究開発機構理事長，大阪大学名誉教授．1972 年大阪大学医学部卒業，医学博士．＜研究テーマ＞免疫学．インターロイキン 6（IL-6）を発見し，作用機序と慢性炎症性疾患との関連性を解明．The Crafoord Prize，日本国際賞，Clarivate Citation Laureates などを受賞．＜趣味＞ハイキング，旅行，クラシック音楽鑑賞