

- トップコラム／東北大学 理学研究科物理学専攻 教授 および  
理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 室長 肥山 詠美子
- 新年のご挨拶
- お願い／登録内容の変更について
- お年玉アンケート／アンケートに答えて、希望賞品をGETしよう!!

ト  
ッ  
プ  
コ  
ラ  
ム  
277



肥山 詠美子

## ミクロの世界の3体・4体問題

物質の構造の詳細を調べようと思うと、最後には、目に見えない粒子レベルまで小さくなります。一般に、物質は、中性子や陽子で構成されている原子核で形づけられています。私はこの原子核を理論的に3体・4体系問題として取り扱い、その構造の詳細を研究しています。これはどういう研究なのかを、人間社会に例えて、説明します。人間社会において、ある集団の構成の過程を考えたとき、構成員の間の相互作用(力関係、影響の及ぼし合い、思惑など)が積み重なって、集団全体としての性格や行動が形成されていきます。こういうダイナミクスを明らかにすることは、我々の社会における基本的な課題です。このようなダイナミクスを解明するためには、その適切な手法が必要となります。物理学では、このように多数の構成委員とその間の相互作用から出発して、集団全体の性質を議論することを「多体問題」と呼びます。「3体問題」がその出発ですが、この基本的な問題でも、実はそう容易ではありません。どういうことかを再度、人間社会を例えて説明します。

人間関係において、比較的關係性の良い人間関係を構築している2人の間で議論する、つまり2体問題の議論は比較的物事は決まりやすくなります。しかし、そこにそうでもない第3者が加わるととたんに別の思惑が発生し、物事が決まりにくくなります。またさらにもう一人加わるとどうなるのでしょうか。というように、人間社会の多体問題は人数が増えるにしたがって複雑になることはどなたでも経験したことはあるでしょう。

それでは、目に見えないミクロの世界はどうでしょうか？前述のように、物質を細かく見ていくと原子核と電子で構

成されている原子が存在し、電子が2個と原子核は、原子の世界の3体問題です。原子の大きさは、約 $10^{-10}$  mです。さらに原子核はプラスの電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子で構成され、その原子核の大きさは $10^{-15}$ ~ $10^{-14}$  mです。原子核の典型的な3体問題、4体問題は、三重水素(中性子2つと陽子1つ)、やヘリウム4(中性子2つと陽子2つ)です。このような原子核を精密に解いてその構造を研究することは実に難しいのです。

近代物理学において、このような問題を解くということは、つまりシュレディンガー方程式を解くということです。このシュレディンガー方程式を解く際、量子力学の一般的な教科書には、2粒子系の解き方は書かれています。しかし、3粒子系以上になると、一般には「変分法」という計算法を用いて解きます。変分法で重要なことは、できるだけ「精密に解く」ための「良い」基底関数を選ぶことです。「良い基底関数」とは、(1)すべての粒子間の強い相関、クーロン力などの遠距離力などを取り入れることができる。(2)エネルギー演算子の行列要素を容易することです。特に(2)は3体問題以上の計算を精密に解くための肝となります。私は特にこの計算法の開発に尽力してきました。私は、(2)をより容易に実施できるように、「動径成分のガウス関数と角度成分の球面調和関数の積」をそれと数学的に同値の多重積分を極めて容易な形式に変換したことです。このことで、多体系行列要素の計算が大幅に簡略化され、4体問題、5体問題の厳密計算へと研究対象が大幅に拡大しました。この計算法を「無限小変位ガウスロブ基底関数法」と命名しました。近年、日本では「富岳」と呼ばれる大型計算機が運用されたことにより、大規模計算が現実的になってきました。この計算は、5体問題以上の計算になると多メモリ、多計算時間が必要となります。この富岳の登場により、6体問題以上の計算が可能になりつつあり、さらに研究対象が増えることが多いに期待されるところです。このように研究対象が拡大することにより、原子核物理学がさらに発展することも期待されることです。

.....

### ひやま えみこ

東北大学 理学研究科物理学専攻 教授  
および 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター 室長

プロフィール●1998年九州大学理学研究科博士(理学)取得。1998年理化学研究所ミュオン科学研究室基礎科学特別研究員。2000年高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所助手。2004年奈良女子大学理学部物理科学科准教授。2008年理化学研究所・仁科加速器研究センター准主任研究員。2017年九州大学理学研究院物理学部門教授。理化学研究所仁科加速器科学研究センター室長(兼任)。2021年東北大学理学研究科物理学専攻教授 現在に至る。

# 新年おめでとうございます

2025年の新春を迎え、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。



代表取締役社長  
浅川 哲也

今年は困難を乗り越える力としてのレジリエンス向上を目指したいと思っています。

昨年は年明けから大きな災害に襲われ、その後も様々な自然災害に悩まされた一年でした。被災された方々に心よりお見舞い申し上げますと共に一日も早い復興をお祈り申し上げます。

地球温暖化による気候変動なのでしょうか。猛暑が9月中旬頃まで続くような年がこれからも繰り返されるのでしょうか。地震や台風に悩まされる日本列島。容易には計り知れない地球規模の変化の中では、人間は成す術がないのでしょうか？

災害対策では「事前の備えを充実させ、災害を乗り越える力としてのレジリエンスの向上が重要」と言われています。レジリエンスとはストレスや逆境に直面した時に折れずに適応し、乗り越えていく力のことです。

そのレジリエンスを高めるには、「ストレスに強い、しなやかで柔軟性のある心」と「周囲との絆」を大切にすることが重要だと言われます。昨年も日本選手が大活躍したオリンピックのモットーは「より早く、より高く、より強く」でした。最近これに「一緒に」が付け加えられたのは、レジリエンス同様に、ただ優れているだけでは乗り越えられない困難が世界には溢れているという意味なのでしょう。

現代社会に生きる我々は災害だけでなく様々な困難に直面します。常日頃から「しなやかで柔軟性のある強い心と周囲との絆」を大切にして、レジリエンス向上に努めたいと思います。

当社はこれからも皆様との絆を大切に、より良いサービス提供を継続して参ります。本年も引き続きご愛顧を賜れますようお願い申し上げます。

2025年元旦

## 放射線に強い生物の多様性 (第1回)

*Deinococcus radiodurans*

東洋大学 生命科学部 学部長 生命科学科 放射線微生物学研究室 教授 鳴海 一成



今回から3回に分け、電離放射線に高い耐性を示す生物をご紹介します。今回は放射線抵抗性細菌の中でも最も研究が進んでいる*Deinococcus radiodurans*のお話をいたします。

放射線抵抗性細菌に関する最初の論文は1956年に発表されました。アメリカ・オレゴン州の農業試験場で、ガンマ線滅菌試験後の牛肉の缶詰から発見されたR<sub>1</sub>株は、60 kGyという高線量のガンマ線照射でも完全には滅菌されず、30℃で栄養培地中24時間振とう培養することで増殖し、寒天培地上で3日間培養することで赤桃色のコロニーを形成します。この細菌は芽胞を形成せず、常に栄養型細胞の形態を維持しています(図1)。1960年には*Micrococcus radiodurans*と命名され、1974年発行のギネスブックには、「世界で一番タフな微生物」として紹介されたとの記録が残っています。細胞壁や細胞膜脂質の組成分析や16S rRNA系統解析などから、この放射線抵抗性細菌の属は、1981年に*Micrococcus*から系統分類学的にかけ離れた新しい属*Deinococcus*に変更されました。*Deinococcus radiodurans*の学名は、「放射線に耐える奇妙な球菌」という意味をもちます。

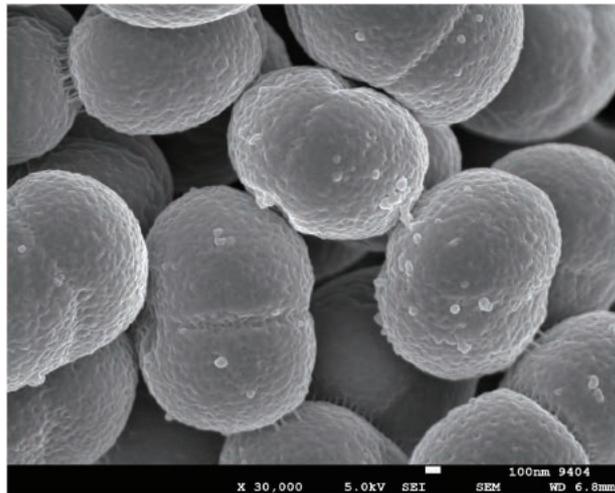


図1 *Deinococcus radiodurans*の走査電子顕微鏡像

本菌の発見以来、現在までに、動物の糞、淡水魚、海水魚、温泉、地下水、砂漠、高山土壌、南極の岩石、成層圏など、様々な自然環境中から90種類を超える*Deinococcus*属細菌が分離されています。例えば、*Deinococcus grandis*は、日野市にあった淡水魚研究所のコイの腸、*Deinococcus proteolyticus*は上野動物園のラマの糞、*Deinococcus radiophilus*は、インド洋の食用海水魚テナガミズテングから分離されました。これまでに分離された*Deinococcus*属細菌すべてについて放射線抵抗性があるのかどうかは調べられていませんが、試験されたものは多少の違いはあるものの、一般的な細菌と比較して例外なく高い放射線抵抗性をもっています。分離源はすべて自然放射線の線量レベルの場所と推測されるため、*Deinococcus*属細菌は現在の地球環境において特に放射線レベルが高いところを好んで生息している訳ではありません。

一般的な微生物からヒトに至る通常の生物は、ガンマ線や電子線に代表されるような物質へのエネルギー付与が少

ない放射線よりも、重粒子線のような物質へのエネルギー付与が多い放射線に高い感受性を示すことが知られていますが、*Deinococcus radiodurans*は放射線の種類に依存せず、どんな線質の放射線にも同等の耐性をもちます。また、放射線のみならず、紫外線、乾燥、DNA架橋剤などにも高い耐性を示します。本菌に放射線を照射すると、他の生物と同様にDNA二本鎖切断が生じますが、その後、DNA切断の損傷がすべて正しく修復されることから、本菌が著しく高いDNA二本鎖切断修復能力をもつことが1960年代には知られていました。

1999年に、*Deinococcus radiodurans*の全ゲノム配列が発表され、放射線抵抗性に重要な遺伝子を調べることができるようになりました。現在、本菌に独特なDNA修復メカニズムとして、伸長合成依存的鎖対合(ESDSA)と凝縮核様体依存性末端結合(CNDEJ)という2つの仮説が提唱されています。また、本菌には、放射線照射により誘導されるDNA修復関連遺伝子群があることもわかりました。これらの放射線誘導性遺伝子群がESDSAで働くのかあるいはCNDEJで働くのか、放射線誘導性遺伝子群から作られるタンパク質と他のDNA修復タンパク質との相互作用に関するメカニズムを今後明らかにしていく必要があります。

DNA修復タンパク質による修復反応とは別に、*Deinococcus radiodurans*には受動的なDNA損傷防御機構も存在します。本菌の細胞内には高濃度のマンガンイオンが存在することが古くから知られていましたが、細胞内のマンガンと鉄の濃度比も高く、カルボニル化修飾によるタンパク質酸化に対する防御とマンガンイオンとの関連性が考えられています。マンガンイオンは、鉄イオンと置き換わることで、Fenton反応を介した鉄イオンによる活性酸素種の産生を防ぐ働きがあります。本菌の細胞中で、マンガンイオンはオルトリン酸やペプチドなどの低分子量代謝産物と結合して、マンガン抗酸化物質として存在しています。また、本菌が生産するカロテノイドdeinoxanthinは、他のカロテノイドと同様に高い抗酸化活性をもちます。さらに、細胞外膜に存在する表層タンパク質SlpAとdeinoxanthinの複合体は、抗酸化作用をもち、熱にも安定であることが知られています。

# お願い

## 登録内容の変更について

(お問い合わせ: お客様サポートセンター)  
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

バッジのご着用者に変更がございましたら、登録変更依頼書の中央に記載しております登録内容変更締切日までにご連絡いただきますと次回のバッジ発送分に反映させることができます。

締切日時を過ぎて、追加・取消のご連絡をいただいた場合、追加のバッジは別便にてお送りいたし

ます。取消のバッジは発送を止めることが出来ませんので、前月着用分と一緒にご返送ください。

なお、バッジの追加や取消など、お電話でいただく場合には、最初にお客様の事業所番号をお教えくださいますとお待ちせずことなくスムーズにご依頼事項に対応できます。

事業所番号 登録内容変更締切日



# お年玉アンケート アンケートに答えて、希望賞品をGETしよう!!

日頃より「NLだより」をご愛読いただきまして、ありがとうございます。  
今年も「お年玉アンケート」を行ないます。ご希望の賞品をお選びの上、ご応募ください。  
たくさんのご回答お待ちしております。

### A賞 2名様

スティッククリーナー  
EVOPOWER SYSTEM  
NEO II+  
グレーブラック  
LC551JBK  
サイクロン式  
コードレス



### B賞 3名様

ReFa(リファ)  
ビューテックドライヤー プロ  
BEAUTECH DRYER PRO  
ホワイト  
ホワイト  
RE-AJ02A



### C賞 6名様

ジェットウォッシャー  
超音波水流モデル  
Doltz(ドルツ)  
白  
EW-DJ55-W  
ハンディタイプ  
国内・海外兼用



【応募方法】 下記、URLまたは右記のQRコードよりアンケートにお答えください。

URL: <https://forms.office.com/r/01YuBv0dfQ>

(お一人様、1回のみ有効です。2回以上の応募は無効です。)



【締め切り】

2025年1月20日(月)

【当選発表】

別途、メールにてご連絡いたします。

\*お客様の個人情報は、賞品発送の委託業者に提供する場合を除き、承諾なく第三者に提供することはありません。

## 編集後記



明けましておめでとうございます。「NLだより」も弊社の個人被ばく線量測定サービスと共に50年近くに渡り、読者の皆様へ情報発信を続けて参りました。当初は「FBだより」としてスタートし、著名な先生に業界のお話を聞く「炉ばた物語」や、お客様の施設を紹介する「FBユーザー訪問記」をメインに掲載しておりました。現

在は「トップコラム」として、科学の最先端の話題や、放射線関係に関する法律・管理・技術等を掲載しており、今回、肥山先生にご執筆いただきました。過去には他の業界の著名な方からもご執筆いただいております。また、皆様からのアンケートを基に様々なシリーズ連載を企画しています。今後も皆様に有用な情報を用意いたしますので、本年も何卒宜しく願い申し上げます。(編集長 八木)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>  
E-mail: [mail@nagase-landauer.co.jp](mailto:mail@nagase-landauer.co.jp)

■弊社へのお問い合わせ、ご連絡は  
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440  
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

**NLだより** No.565  
2025年(1月号)

毎月1日発行 発行部数: 44,600部

発行 長瀬ランダウア株式会社  
〒300-2686  
茨城県つくば市諏訪C22街区1  
浅川 哲也