

カガク×アートで見る生体分子、そして 3.11

新潟県立大学准教授 本間善夫

1. 生命を支える分子は美しい

この世界を構成する物質の多くは私たち生物も含め、分子でできていることを人間は長い時間をかけて見出してきた。しかしながら、そのことを認識している人は予想以上に少ないのかも知れない。日々呼吸し、食べ物や医薬などを体内に取り入れ、さまざまな道具をその特性に合わせて使いこなしているというのに、分子という語に拒否反応を示すような場合さえ見受けられる。

筆者は、日本最大のサイエンスイベントと言われるサイエンスアゴラに2006年の第1回から参加したり、各地の科学館・博物館のイベントを見に行ったり、新潟市内で有志と「サイエンスカフェにいがた」¹⁾を運営したりしているが、人気の高いテーマはオーロラ、天体、恐竜、化石などであって、分子関連は開催自体が少ないし、あっても人の集まりがよくないようだ。書籍などでは分子構造式を出すと売り上げが下がるという説もあるし、テレビの科学番組でさえ分子という語を避けて「極小のチリ物質」などという語を用いた例²⁾もあるほどだ。

しかし、やり方によっては分子に身近さを感じてもらえるはずだ。図1は2011年のサイエンスアゴラ出展³⁾の展示ブースとトークに来てくれた化学好きの小学生の写真で、他の化学関連企画も多数見てくれたとのことである。図2は2012年のゴールデンウィークに新潟県立自然科学館で開催された「とやのがたグリーン・フェスタ2012」に「サイエンスカ

フェにいがた」が4日間出張展示した際、分子模型モル・タロウ⁴⁾を組み立ててもらった記念写真で、分子結合のルールと設計図を示すことで小学生でも分子の組み立てを楽しめることがわかる。

水がH₂Oであることは多くの人が知っているのに、習っていないとか別世界のもののように扱われるのは、高校理科で化学分野の科目をとらなかったり、また、受けても化学式は暗記の対象でしかなく、そのルールを教わっていないからではないだろうか。そのような意味で、イベントなどにおいて何かモノや視覚に訴える画像・動画を用いて対面形式で体験などをしてもらうのは有効と考えている。特に「目に見えない」分子との接点をどこに見出すかは、テーマに応じた工夫が求められる。

なお、「とやのがたグリーン・フェスタ2012」では多くのブースがポスター展示だけで説明者がおらず、せっかくの出会い(展示者と来場者、あるいは展示者同士)の「場」が有効に機能していなかった。学校で展覧会などを見に行くことを宿題にする場合も多いが、生徒任せにするのではなく教員が引率してきちんと説明するような習慣も大事だと考えている。そうすることによって自発的にいろいろなイベントに出かけて行くようになるのではないだろうか。

筆者の分子関連企画では分子の塗り絵や分子模型組み立て、パソコン上の3D分子をマウスで動かすなど体験を重視するようにしている。最近になって3Dプリンタによりタンパク質やDNAなどの立体

模型が作成されるようになり、目に見えない生体分子の形の面白さや美しさを手に持って実感できるようになってきている。図3がその例で、左がMol造⁵⁾の石膏(他にナイロン製あり)によるインフルエンザウイルスのN1ノイラミニダーゼ(PDB 2HU4;生体分子構造デー



図1 サイエンスアゴラでの展示ブースの様子 図2 分子模型を組み立ててくれた小学生

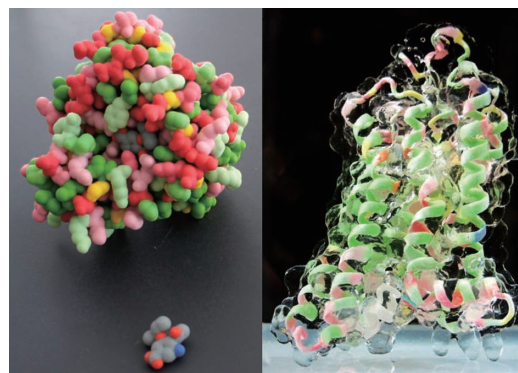


図3 生体分子の分子模型の例

タベース Protein Data Bank⁶⁾の登録データIDは、1文字目が数字、2～4文字目がアルファベットか数字で示される)で、多くの人が名前を知っているインフルエンザ治療薬タミフル(有効成分は体内で代謝されてできる分子なので模型でもその構造にしてある)が結合しており、タンパク質と低分子(リガンドと呼ぶ)の「鍵と鍵穴」の関係で薬の効く仕組みを視覚的に説明できる。右は最近開発されたKawakami Model(今後名称が変更になる可能性あり)⁷⁾によるウシロドプシン PDB 3PQRである。フレキシブルなシリコン樹脂製で3分割モデルにしたため、リガンド(この模型ではレチナール)を出し入れして「鍵と鍵穴」の関係をより实际的に説明でき、生体分子の柔軟性を反映していることから新奇な知見が得られる可能性もある。レチナールはビタミンAの一種(誘導体とする場合もある)であり、光に反応するレチナールが不足すれば視覚に影響が及ぶこ



図5 生体分子組み立てコンテストの様子(アメリカ)

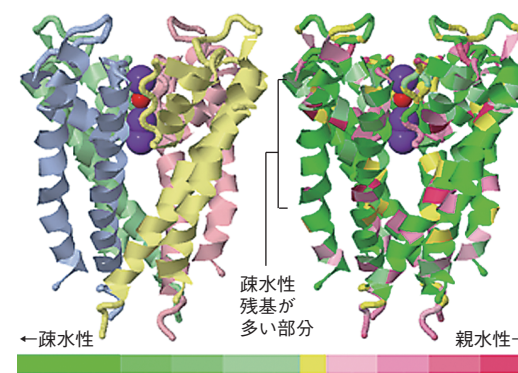


図4 生体分子の3D画像
(左)鎖別着色表示 (右)親水性・疎水性識別表示

とも説明できる。Kawakami Modelは2012年9月時点では正式な受注生産を開始しておらず、開発者の川上勝先生(北陸先端科学技術大学院大学)の全面的な支援を得てスタジオミダス社⁸⁾に製作してもらったものである。Mol造、Kawakami Modelとも現在は高価であるが、今後利用が広がれば価格が下がっていくと考えられる。

なお、図3の着色はタンパク質を構成するアミノ酸の親水性・疎水性を色分けする筆者オリジナルのものにした(なお、Kawakami Modelは水中に入ると色彩が明瞭になる)。図4はカリウムチャネルタンパク質例 PDB 1BL8であるが、図3右のロドプシン同様膜タンパク質であり、親水性・疎水性で色分けすると膜貫通部分が疎水性の緑色になっていることが一目瞭然である(本稿のWeb転載版はカラーで参照できる予定)。アミノ酸残基の親水性・疎水性は「鍵と鍵穴」の関係を説明する上でも有用と考えている。

図5は、アメリカで数年前から行われている生体分子組み立てコンテストの様子である(Facebookによる写真紹介ページ)⁹⁾。このようなアートとゲームを組み合わせたとも言える生命科学イベントで、生体分子の機能を知り、私たち生命体の成り立ちを知ることとは、とても大切ではないかと考えており、日本でもそのような機運が高まることを期待しているところである。PDBで生体分子の構造の美しさをイラストで表現し続けているDavid S. Goodsell博士の“Molecule of the Month”が、日本蛋白質構造データバンク(PDBj)で「今月の分子」¹⁰⁾として和訳が掲載されているのも心強い。高校理科の化学の

領域などでも生命科学を扱うようになり、化学や生物の教科書・参考書でタンパク質の1次構造から高次構造までの図も載るようになってきていることにも着目しておきたい。

2. 生体分子と環境の変化

人間はおおよそ60兆個の細胞から成り、各々の細胞には約80億個のタンパク質が存在するとされ、間断なく生成・分解して生命活動を維持している。そのことを思うと、人間に限らず多くの生物の1つ1つの生命の大切さというものを感じずにはいられない。

地球において最初の生命や生体分子は深海、あるいは高温高压の海底地下で誕生・生成したと考えられるようになってきている。極限環境生物学や宇宙生命科学といった新分野の進展で次々と知見が積み重ねられている成果である。

地球環境の変化に対応しつつ、自らのシステムや他者との関わり方を変えながら長い時間をかけて築き上げられた現在の生命システムは、物質的には地球の限られた表層の海・陸地・大気にあるものをやりくりして廃棄物が出ないように循環させ、エネルギー的には太陽の光エネルギーを原資に植物などの光合成によって産み出される栄養物を出発点として階層的に成立している。そこでは“食う食われる”という関係だけでなく、お互いに助け合う共生という関係も数多く見いだすことができる。ロングセラー「ゾウの時間ネズミの時間」の著者、本川達雄さんは「生物学的文明論」¹¹⁾でサンゴと褐虫藻の共生を紹介している。その中の一例は褐虫藻の光合成を助けるために有害な紫外線を遮ったり有用な光を補ったりするタンパク質群をサンゴが産生するというものである。

今問題となっている放射線はその紫外線より強いエネルギーを有している。それにより生命システムはどのような影響を受けるのか、内部被曝、低線量被曝、晩発性障害など、現在の科学では未解明、あるいは判断が分かれる事象についての懸念が拭いきれないという残念な状況にある。確かに生物は放射線などで損傷を受けたDNAを修復する仕組みなども有しているが、多種多様な生体分子の中には過剰なあるいは継続的なダメージには対応しきれないものがあるかも知れないのだ。

放射線の影響については、環境省によって2011年度から開始された化学物質の影響を調べる「子どもの健康と環境に関する全国調査」(エコチル調査)¹²⁾の中で、福島県については調査対象地域が県全域に拡大され、こどもへの放射線の健康影響も調べるようになった。なお同調査は、近年児童にアレルギー、小児ぜんそく、小児糖尿病、発達障害などが年々増えていると見られることから、その原因を究明することを目的としているもので、全国各地で10万組の子どもたちとその両親について追跡調査(胎児期から13歳まで)を行うものである。人工の有害化学物質の悪影響に放射線の影響が加重されることがあってはならないだろう。

人間社会は科学技術の発達で短時間のうちに地球上になかったもの、少なかったものを大量に生産するようになり、その多くは処理されずに環境中に放出され続けている。その上に、原子核の中に隠されていた核力も利用するようになった影響は多大なものがある。人間に限らず、生物の適応のスピードはとてどもそれに追いつけないでいることに気付くべき時機と言える。

そのことをパソコンの画面の生体分子モデルやリアルな分子模型を見ながら、じっくり考えてみるのもよいのではないかと考えている。共生という語も念頭に置きつつ。

3. 3.11への想い

言葉を失う3.11を経て、国内のみならず海外でも多くの人が自分は何を語るべきか悩み続けている。それが大変な難題であることは、辺見庸「瓦礫の中から言葉を わたしの〈死者〉へ」¹³⁾を読むと再認識でき、“わたしたちはもっと、語ろうとしていっかな語りえない、内面の言葉が必要です”との語り(同書p.104)に沈思するばかりである。被害者や支援活動をしている方々からの言葉に心を打たれる一方、メディアやインターネット上に溢れる空疎な言葉や不毛な争い・無関心にはやり切れない場合もある。震災や原発に関する本が多数発刊され続けるものの、すべてに目を通すことが不可能であるだけでなく、読むことに囚われると自分の考えを発信する機会を逸することにもなりかねない¹⁴⁾。

教育の場でも放射線の影響(内部被曝など)や放射線教育について多様な意見が飛び交い、時には生徒

を巻き込んで残念な結果に陥ってしまうことも想像される。

科学や科学コミュニケーションに対する批判が高まり科学離れが懸念される反面、被害者や支援者が真摯に学んで発信している数多くの例も見逃せない。その発信という意味では、震災直後から大きな役割を果たしたTwitterやFacebookといったソーシャルメディアを含むインターネットの存在を抜きには語れない¹⁵⁾。なお2012年9月には、東日本大震災後約1週間にインターネット上に流れた避難関連などの膨大なデータ(ビッグデータ)を分析する共同事業が開始されるとのニュースも出された。

筆者自身は1964年の新潟地震で自然災害の凄まじさを知り、2007年の新潟県中越沖地震で東京電力柏崎刈羽原子力発電所の原子炉が緊急停止した事実から、大きな地震があるたびに原発情報をチェックしていたところ、東日本大震災の際は新潟市でも経験のない異様な揺れを感じて、屋外に出て携帯電話でTwitterによる発信・情報収集を試みた。その後テレビ等で津波の惨状を目の当たりにして、未だ先に記した気持ちのまま今に至っている。

自分で“できること”を模索しつつ、1996年の開設以来個人で運営しているWebサイト「生活環境化学の部屋」¹⁶⁾の中で、震災関連コンテンツをいくつか作成し、特に近年は生命誕生や生体分子(DNAやタンパク質)に関心を持っていたことから、それらのコンテンツ群¹⁷⁾も充実させ、その経緯などを中心に地元紙・新潟日報にコラム『震災と環境問題 生命の働き学ぶ契機に』¹⁸⁾を投稿したのに続き、日本化学会機関誌「化学と工業」2012年2月号の特集「美しい形の分子」に『タンパク質分子の美しさを広く知ってもらうために』¹⁹⁾を掲載してもらうことができた。地球という星に生まれた生命は多数の分子が協調して維持されていることを改めて認識することで、その尊さに思いを致し、3.11とこれからの社会を考えることができたかと考える次第である。

なお、これらの視点に関係する画像・模型は2012年11月9～11日に東京お台場地域で開催されるサイエンスアゴラの展示(11月10～11日、日本科学未来館)²⁰⁾でも展示する予定なので、是非多くの方にご来場いただきたい。人間が見出した分子という存在に、多くの方から親しみを感じてもらうことができれば幸いである。

参考文献

- 1) サイエンスカフェにいがた、<http://www.ecosci.jp/n-cafe/>
 - 2) サイエンス ZERO『病気になる前に治す！血中“極小物質”の謎』、<http://www.nhk.or.jp/zero/contents/dsp392.html>
 - 3) 日本コンピュータ化学会@サイエンスアゴラ2011(2012/11/19-20 東京都立産業技術研究センター)、http://www.ecosci.jp/sccj_sa2011/
 - 4) モル・タロウ、<http://www.talous-world.com/>
 - 5) Mol 造、<http://www.fiatlux.co.jp/product/lifescience/molzou/molzou-index.html>
 - 6) Protein Data Bank、<http://www.pdb.org/pdb/home/home.do>
 - 7) JAIST(2012/08/06)『3D印刷技術を応用した新たな分子模型の作製方法を開発 - 複雑なタンパク質の構造、機能の直観的な理解が可能な教材、研究用ツールに応用-』、<http://www.jaist.ac.jp/news/press/2012/post-330.html>
 - 8) スタジオミダス、<http://www.studio-midas.com/>
 - 9) Facebook, Science Olympiad National Tournament 2012 - Center for BioMolecular Modeling
 - 10) PDBj, 今月の分子、<http://www.pdbj.org/mom/>
 - 11) 本川達雄, 「生物学的文明論」, 新潮新書 (2011)
 - 12) 環境省, エコチル調査、<http://www.env.go.jp/chemi/ceh/>
 - 13) 辺見 庸, 「瓦礫の中から言葉を わたしの〈死者〉へ」, NHK 出版新書 (2012)
 - 14) 雑誌特集『放射線副読本をどう考えるか』, 「科学」2012年10月号, 岩波書店
 - 15) たとえば、東浩紀・飯田哲也・荻上チキ・津田大介・宮台真司 ほか, 「IT時代の震災と核被害」, インプレス (2011)
 - 16) 本間善夫, 生活環境化学の部屋、<http://www.ecosci.jp/>
 - 17) 本間善夫, 生命を知り生命に学ぶ、<http://www.ecosci.jp/life/>
 - 18) 本間善夫, 地論『震災と環境問題 生命の働き学ぶ契機に』, 2011/11/12 付け新潟日報
 - 19) 本間善夫, 化学と工業, 65(2), 118-119(2012)
 - 20) 日本コンピュータ化学会@サイエンスアゴラ2012(2012/11/10-11 日本科学未来館), http://www.ecosci.jp/sccj_sa2012/
- 【補足】なお、本稿に記したURLおよび補足事項を以下に掲載する。
- <http://www.ecosci.jp/sn2012/>