

大震災後の地球・いのち・エネルギー

B1178151 小倉 徹大 (おぐら てつひろ)

理工学研究科 理工学専攻 化学領域

有機化学グループ 博士前期課程 1年

【要旨】

東日本大震災は地震の揺れやそれに伴う津波によって甚大な被害をもたらした。また、同時に併発した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、周辺環境への放射性物質の放出を引き起こし、我々の生活へと被害を与え続けている。

本論文では、まず放射性物質が放つ放射線が人体に与える影響について科学的に考察し、現状を冷静に理解することから始める。放射性物質に対して、ただ警戒するのではなく、個人個人がその性質を正しく理解することが今後の対策を考える上で重要である。放射線被曝による主な慢性被害は発がんリスクの増大である。

そこで、三大疾病の一つであるがんに対し、有機化学を基軸とした創薬研究の視点から考察することとした。今後の未来を考えるにあたって、化学の応用がもつ魅力と今後の可能性について論ずる。私自身が現在行っている天然物の全合成研究の概略について紹介し、その研究を通じたがん特効薬への応用の可能性について考察する。

科学と倫理の調和は歴史的にも既に多くの人々によって議論されてきた命題であるが、進化論とキリスト教の教えの調和に貢献したテイヤール・ド・シャルダンの考えを教訓とし、今を生きる我々が地球市民としての今後どうあるべきかについて思案することで結びとする。個人の自己成長を遂げること、ならびに今後の地球・いのち・エネルギーのために貢献できることを見出し全力で取り組むことが、今回の震災を乗り越え、人類をさらなる高みへと導くことができるであろう。

I. 序論 一東日本大震災―¹⁾

2011年3月11日、マグニチュード9.0の東日本大震災が東北地方の太平洋沖で発生した。地震の影響で、交通網は寸断され、周辺の広い地域でライフラインが断たれ、日用品の不足や燃料不足が起こった。地震の影響は産業にも及び、多くの工場の稼働停止となるなど日本経済も大きな被害を受けた。とりわけ、地震に伴う津波の影響の被害は甚大であり、今回の震災の被害は死者15,840名、行方不明者3,607名(2011年11月28日現在)となっている。²⁾ 亡くなられた方々や残された遺族の心情を考えるとやりきれない思いである。

ただ、今回の地震で起こったことは悲劇ばかりではなかった。今回の地震における国内ボランティア、海外ボランティアは迅速に行動を起こし、積極的に被災地の支援に当たった。日本各地及び世界各国で募金活動が行われ、多くの義援金が寄せられた。また、大学や企業等においてもボランティア活動が推進され、ボランティア文化の根付きを垣間見えた。また、厳しい避難生活に耐える被災者の姿に対して世界は尊敬の眼差しを向けた。

本論文で取り上げるテーマは、震災時の津波による東京電力福島第一原子力発電所の事故が引き起こした放射能汚染の問題である。津波の被害により停止した福島第一原発の1号機～4号機で原子炉の冷却装置が作動しないという非常事態が発生し、炉心溶融(メルトダウン)も起っていたことが後の調べで明らかとなった。事故当初は水素爆発なども起こり、予断を許さない状況であった。事故の発生を受け、政府は原発周辺住民に避難を指示し、半径二十キロ圏内を「警戒区域」として設定して立ち入りを制限している。また、事実として、放射性物質の飛散や汚染水の海への流出が起こっており、人間や環境への影響が危惧されている。

このことは我々に大きな不安と苦痛を与え続けており、特に放射能の影響を受けやすい子どもたちは心配である。また、放射能の被害により、農作物や畜産物の出荷停止や処分を迫られる農家の方々の様子を見ることは非常に耐えがたいものである。今後、このような事故を二度と起こすまいという思いは誰もが感じたことではないだろうか。

II. 原発事故による放射線の影響と健康被害

II-1 放射線による急性被害と慢性被害

放射線の主な生物作用としては、細胞死(急性被害)やDNAの突然変異(慢性被害)を引き起こすことが知られている。急性被害にはしきい値が存在しており、一定量以上の被曝がなければ作用はみられないが、慢性被害については被曝線量に応じて一定の割合でがんや突然変異の発生率が高まることが知られている。³⁾

現在までのがんに対しては様々な治療・医薬品が開発されているが、現在のところ画

期的な治療法あるいは特効薬は発見されていない。その結果、日本において、がん（悪性新生物）は日本における死因のトップとなっている。

今回の原発事故が起こってから、世界規模の人々がその健康への影響を懸念し続けている。それに対し、マスメディア等を通して得られる回答は「ただちに健康被害はない」という内容のものがほとんどである。すなわち、急性被害はないが慢性被害についてはないとは言えないのが現状であろう。また、例えモニタリングポストでの放射線の計測値が低かったとしても、放射性物質が体内に取り込まれると、長期にわたって内部被曝を引き起こすリスクが高くなる。

このように甚大な被害（放射線の人体への影響は未解明な部分も多いため、これ以上の被害が出る可能性も十分に考えられる）をもたらした原発の使用は今後、当然避けるべきであるが、現状として経済的な理由もあり、使用は継続されている。我々が今後のエネルギー政策について論じる際には原子力のリスクを正確に把握することが必要不可欠である。

さらに、低線量の放射線がもたらす悪影響の例を一つ取り上げる。

II-2 ペトカウ効果

“細胞膜を破壊するには X 線の大装置から毎分 260 ミリシーベルトで、全量 35 シーベルトの高線量率照射が必要だった。しかし、水に溶かした放射性食卓塩(塩化ナトリウム 22)から毎分 0.01 ミリシーベルトという低線量率を長時間照射すると、全量でわずか 7 ミリシーベルトの長時間照射で細胞膜は破壊された。

このように、低レベルの長期にわたる照射の場合、細胞膜を破壊するのに 5,000 倍 (3,500/0.7 = 5,000) も小さい線量しか必要でない。このことはまさに信じられない発見だった。”⁴⁾

これは 1972 年に、カナダ原子力公社のホワイトシェル研究所で、科学者アブラム・ペトカウ氏が発見した現象であり、ペトカウ効果と呼ばれている。この実験はその後、他の科学者の研究によっても再現性が確認されている。この実験結果が意味することは、少量で慢性的な放射線照射は、高線量の短時間照射よりもその影響が大きくなるということである。

では、なぜ低線量の方が高線量よりリスクが大きくなるのであろうか。これは酸素ラジカル（活性酸素）によって説明することができる。酸素が溶け込んだ細胞液中で放射線は酸素分子に衝突し、酸素ラジカルを生じる。この酸素ラジカルは細胞膜を次々に酸化する連鎖反応を引き起こし、結果的に細胞膜を破壊する。すなわち、細胞膜は放射線の直接の影響ではなく、酸素ラジカルによって間接的に破壊される。2 分子のラジカルは互いに反応すると停止反応が起こり失活することから、高線量では大量に発生したラジカルが衝突しやすくなり、酸素ラジカルが失活しやすくなることが容易に想像できる。

加えて、短時間照射よりも長時間照射の方が酸素ラジカルは発生しやすくなる。

以上、ペトカウ効果について述べた。本効果は知名度が低いものの、科学的根拠に基づいた実験結果であり、重視されるべきである。また、今後の放射線の人体への影響とその対策を考える際にも考慮すべき事象である。

III. 皆が健康で暮らせるような社会へ

ここでは、前節で述べた問題に対し、私が大学院での研究を通してどのように社会貢献することができるのかという点について考察する。

III-1 2011年 ー世界化学年ー

2011年は世界化学年と定められており、化学の重要性と今後の発展が期待されている。皮肉なことに、今回の原発事故後、世間に広く知れ渡った放射性ヨウ素やセシウムなどの人体に有害な物質も化学の分野に属する。このように化学（あるいは化学物質）は使いようによって、人間に対して良い面と悪い面の二面性を有している。「変毒為薬」という言葉に象徴されるように、毒が薬となるように、薬も毒となり得るのである。例えば、カビに含まれるマイコトキシンの多くは人が食べると有害なものである。一方で、世界初の抗生物質であるペニシリンは、1929年にイギリスのアレクサンダー・フレミングによって青カビから発見された。このように天然から得られる化合物を上手く活用することで我々人間は多大な恩恵を得ることができる。天然物には薬理活性をもつ化合物が多く、それらは医薬品の開発を目的とした創薬研究へと応用されている。

人間にとって有用な化合物を天然資源より単離することも可能であるが、天然に存在する量が少ないなどの原因で入手が困難な場合も少なくない。このような背景から、目的物を人工的に合成する有機合成化学は発展してきた。しかし、口で言うのは容易いが、天然物の多くは非常に複雑な化学構造を有しており、合成はなかなか容易ではない。そのため、これまでに多くの有機反応が開発されてきた。昨年、ノーベル化学賞を受賞するに至った根岸カップリングや鈴木カップリングは有機合成化学的に非常に価値の高い反応であり、既に世界中で広く利用されている。このような研究者たちの偉業により、我々は既に恩恵を得ているが、薬学の分野では不治の病や強力な医薬品が示す重い副作用など多くの課題が依然として残っており、今後の有機合成化学の発展にも期待が高まる。

現在、がんに対する医薬品の研究は盛んにおこなわれているが、新薬の発見は非常に難しくコストもかかる(**Figure 1**)。近年では、ゲノム創薬と呼ばれる遺伝子学的な創薬研究も注目されており、今後、さらに研究開発が進むことが期待される。根気よく様々な角度から新薬開発の糸口を探ることが大切であろう。

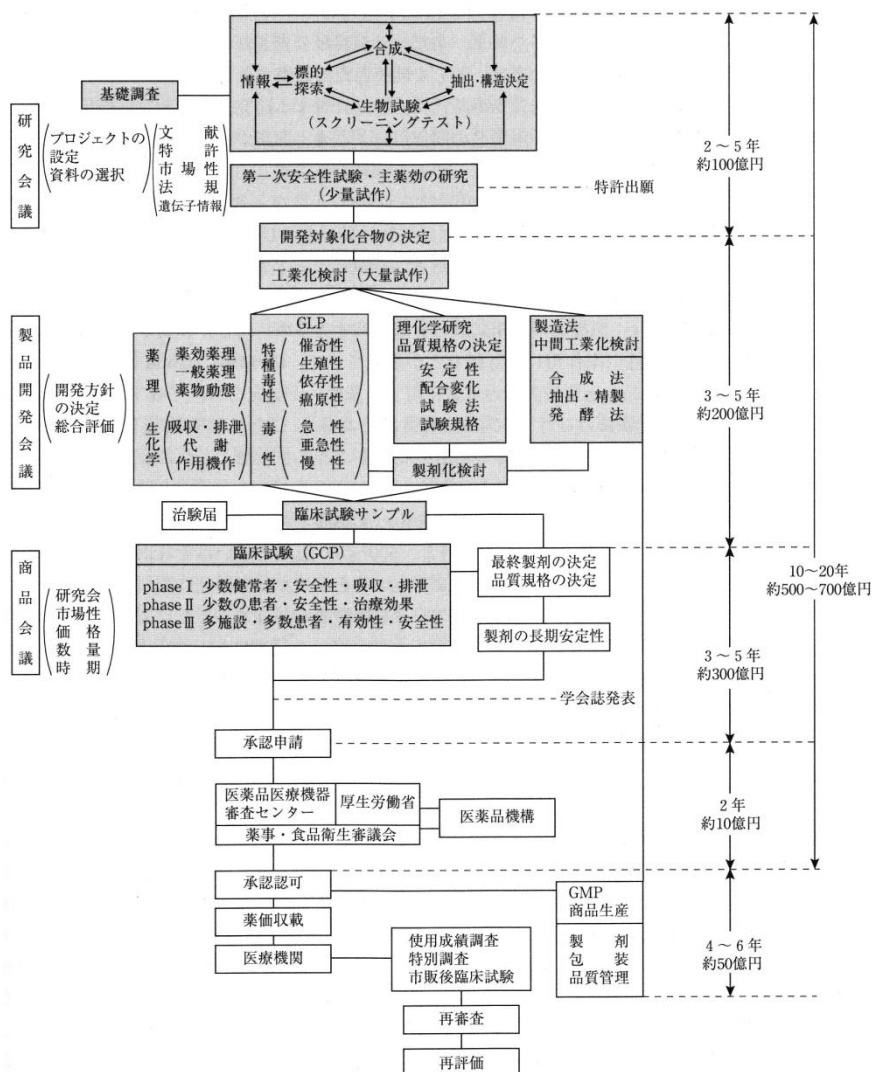


Figure 1. 創薬のプロセスとコスト 5)

III-2 大学院研究を通じた社会貢献への考察

私は現在、有機合成化学を駆使した天然物の全合成に取り組んでいる。私の研究対象であるメグスリノキは、日本や中国に分布するカエデ科の植物であり、その樹皮を煎じたものはその名の由来通り、眼病に効く民間薬として戦国時代から用いられてきたと言われている。その樹皮を溶媒抽出することで、**acerogenins** と呼ばれる化合物が得られている (Figure 2)。⁶⁾

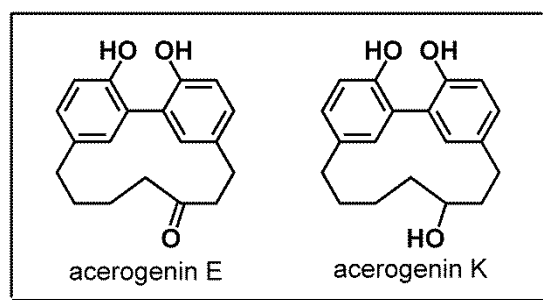


Figure 2. acerogenins の化学構造の一例

近年、それらの化合物が次のような生物活性を示すことが報告されている。

- ・一酸化窒素ラジカル生成阻害作用⁷⁾
- ・抗炎症作用・抗腫瘍作用⁸⁾
- ・安定なラジカルを発生する発がん物質である DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) に対するラジカル除去活性⁹⁾

したがって、このような活性をもつことから acerogenins は先に述べた放射能の影響により引き起こされる酸化ストレスやガンに対する特効薬となる可能性を秘めている。先に述べたようにこれらの天然物はメグスリノキの樹皮から抽出することも可能であるが、得られる量が少ないことが問題として挙げられる。このような背景から、有機合成化学的手法により安価な化合物を出発原料として acerogenins の全合成を達成することの意味を見出すことができる。また、合成した化合物を活性試験に供することで創薬研究に役立てたいと考えている。

これまでに数多の合成ルートを検討してきたが、現在のところ、その全合成の達成にはいまだ至っていない。その一因として、全合成研究は途中まで上手くいっても合成ルートの途中の一ヶ所ですまづくことで、目的物が得られなければ合成を再び最初からやり直すという危険性をもつことが挙げられる。実際、私自身も合成ルートの再考に何度も強いられてきた。また、有機化学実験は人体に対して有害な試薬や溶媒を用いることが多く、経済的コストもかかるため、研究における苦労も多い。しかしながら、全合成を達成することにより、創薬研究に寄与することで、より良い医薬品の開発を目指すという使命感をもって研究に取り組んでいる。

現在のところ、放射能の影響やガンの発現機構は科学的に未解明な部分が多いため、人々の不安を無駄に煽るような情報も存在するかもしれない。つまり、私が先に述べた放射能による健康被害の影響も実際には心配ないのかもしれない。ただ、私は人々がこれから未来永劫、健康で暮らしていけるような世界を実現するために寄与していきたいと考えている。

IV. テイヤールの思想と現在¹⁰⁾

人間と科学の関わり方が問われている今、人々がティヤールの思想に通ずることの重要性は増す。特に、今後のエネルギーをどのように供給し、どのように消費していくかという問題の決断は人類の今後を左右する岐路となるだろう。その際には、これまでのような経済的な要因への偏向から解脱し、科学的観点及び倫理的観点から熟考し、素早い政治的行動へと変えていく必要がある。私がここで一つ述べておきたいことは、人間の幸福がエネルギー消費や経済の発展に必ずしも比例するものではないということである。幸福感は人それぞれのものであり、多産多消がすべてではない。我々は資本主義に流されず、ただ避けることのできないグローバル化の中で、真に大切なものは何なのかという問いと絶えず我々は向き合わなければならない。

また、個人の成長と発展も重要となる。ティヤールの著書『神のくに』の一節において、以下のような問答が記されている。

“キリスト教徒にとってはいずれがよりよいことであろうか。行動することか、耐え忍ぶことか。生か死か。増大か減退か。発展か除去か。所有かそれとも放棄か。”

“——なぜ同じひとつの努力の自然な両面を分離し、対立させるのか。あなたの本質的な義務と要求は、神に結ばれることである。しかし結合されるためには、まず、あなたが存在せねばならず、——しかもできるだけ完全にあなた自身であらねばならない。それならあなたが存在するために、あなた自身を発展させなさい。世界をわがものであるかのように扱いなさい。ついでそれがなされたら、みずからを棄て、他のものに所属するために、減退を受け入れなさい。これこそ完全なキリスト教的修徳の二重にして唯一の掟である。”

11)

すなわち、自身の成長が自己形成へとつながるということであり、それはキリスト教徒に限らず、すべての人間に当てはまることである。今回の地震を機に、防災やエネルギー、放射線といった社会が抱える問題に対する知識を高める等、我々は積極的な知の向上に努めるべきである。そのような成長を遂げた上で、あるいはその成長を絶えず続けながら、自らができることに全力で取り組むことがこれからの世界を切り開いていく駆動力となるだろう。それぞれの環境でそれぞれができることをする。このことは、東日本大地震の際に世界中から寄せられた募金やメッセージ、各地から駆けつけてきたボランティアに合致しており、同時に“オメガ点”への到達とも同方向を向いている。

V. 総括 —今後の地球・いのち・エネルギー—

今年 3 月に地震、津波、原発事故、放射能汚染という連鎖的な形で我々に被害を与えた

東日本大震災は、被災地の復興ならびに今後のエネルギー問題といった課題を我々に露見させた。中でも、放射性物質の問題は今後の人間や環境の状態に影響を与える可能性があることから今後も注視が必要である。また、震災時の深い悲しみや生活の苦境を原因に自殺に至るなどの社会問題も生じており、被災地を中心としてまだまだ被災地の復興は多くの課題を残している。仕事や家を失った方々への経済的支援や悲しみを少しでも和らげるような精神的なケアは今後も必要となるであろう。医薬品のみでこのように苦しむ人々を救うことは困難であり、社会的・経済的支援も不可欠である。ただ、未だ打開的な治療法のない難病に対して新たな医薬品を創造することで、少しでも人々が健康に暮らすこと、すなわち QOL の向上に貢献できるよう尽力することは意味のあることだと私は考える。

科学は多くの課題を背負うこととなった。エネルギーの問題や防災の問題、そして健康の問題である。科学者たちはその知識と知恵を以ってして、我々人間が目指す理想の社会、すなわち、「現象としての人間」においてテイヤールが提唱した“オメガ点”への惜しまぬ努力に励むことで、真の意味で豊かな世界の到来を早めることになる。また、科学者だけでなく、地球上に生活するすべての人々が今、自分ができることに懸命に取り組むことが、テイヤールの述べたキリストの到来を待つことと同義である。

[参考文献・URL]

- 1) 伊藤滋、尾島俊雄 (2011) 『東日本大震災からの日本再生』 中央公論社
- 2) 東日本大震災について | 警察庁 <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/index.htm> (2011/11/29 閲覧)
- 3) 五郎丸毅、堀江正信 (2011) 『放射化学・放射薬品学』 廣川書店
- 4) ラルフ・グロイブ、アーネスト・スターングラス (2011) 『人間と環境への低レベル放射能の脅威』 肥田舜太郎、竹野内真理訳 あけび書房 “129, 130 頁引用”
- 5) 山川浩司、金岡祐一、岩澤義郎 (2004) 『メディシナルケミストリー』 講談社サイエンティフィック “3 頁引用”
- 6) Inoue, T. *Yakugaku Zasshi* **1993**, *113*, 181-197.
- 7) Akihisa, T.; Taguchi, Y.; Yasukawa, K.; Tokuda, H.; Akazawa, H.; Suzuki, T.; Kimura, Y. *Chem. Pharm. Bull.* **2006**, *54*, 735-739.
- 8) Morikawa, T.; Tao, J.; Togurchida, I.; Matsuda, H.; Yoshikawa, M. *J. Nat. Prod.* **2003**, *66*, 86-91.
- 9) Akazawa, H.; Akihisa, T.; Taguchi, Y.; Banno, N.; Yoneyama, R. Yasukawa, K. *Biol. Pharm. Bull.* **2006**, *29*, 1970-1972.
- 10) ティヤール・ド・シャルダン (1985) 『現象としての人間』 美田稔訳 みすず書房
- 11) ティヤール・ド・シャルダン (1968) 『神のくに、宇宙賛歌 (ティヤール・ド・シャルダン著作集 5)』 宇佐見英治、山崎庸一郎訳 みすず書房 “80 頁引用”