

酵母からの復興—研究室で携わった復興への取組み

大矢 禎一

この特集が発刊されるのは、東日本大震災から2年以上経っているところである。月日の経つのも早いもので、もう2年も経ったのかというのが正直な感想である。しかし一方で、東北地方の復興は今なおその途上にあることを最近特に感じている。

はじめにお断りしておかなければならないことは、筆者は復興に力を注ぎ、何度も被災地に足を運んで積極的に震災復興・復興支援に取り組んできた人間ではない。おそらく平均的な国民に比べるとほんの少し震災からの復興を意識している程度である。日本全国を見渡すと、復興に対する意識はとても温度差があるように思われる。筆者および研究室のメンバーがこの大震災の復興について意識せざるを得なくなったのには、いくつかの理由がある。

一つ目は、電力問題だった。筆者らのキャンパスは内陸部の千葉県柏市に位置しているため、直接の津波の被害は免れた。地震による影響も建物にヒビが入り、実験器具のいくつかが損傷した程度だった。しかしすぐさま研究を開始することができなかった最大の理由は計画停電の実施だった。結局大学では計画停電が2回しか行われなかったものの、翌日に停電するかもしれないという連絡がくると、前日からの準備と冷凍保存してある菌株の安全確保が必要となり、研究室のメンバーはこの作業に2週間以上追われることになる。3月に実施された計画停電とともに、その年の夏に危惧されていた電力不足に対する省エネ対策も重要な課題であった。そのため研究室では「チーム30%」を組織して、研究室の消費電力30%減に真剣に取り込むことにした。

二つ目は、放射能問題だった。震災から4日後、3月15日の午後4時ごろ、研究室のメンバーが短時間放射性管理区域に閉じ込められるという出来事があった。管理区域から退室する際には汚染検査を行い、汚染していないことを確認してから退室することになっている。ただしこの日は、何回検査し直してもハンドフットクロスモニタ（手足服の汚染を検査するモニタ）の計数値が閾値を超えて、退室できなくなってしまった。後から考えれば、福島第一原発からの放射能による影響である。当時はSPEEDI（放射能拡散予測システム）の情報も公開されていなかったのだからそのことを知る由もなかった。やが

て数か月経ち、千葉県柏市や松戸市、埼玉県三郷市など、「東葛地区」に、「ホットスポット」と呼ばれる放射能汚染地帯ができていたことを知るようになる。

三つ目は、震災による生活への影響だった。西日本に比べると、東日本はやはり震災に対する意識が高い。直接の震災の被害だけでなく、震災後にライフラインの一部が断たれ、交通網の寸断による帰宅難民やペットボルの買い占めなど短期間にさまざまなことを経験したからである。震災後半年間はイベントやお祭りなどの多くが延期や中止になった。

被災地支援：実験機器などの送付

震災からちょうど3週間経った頃、4月1日に研究室でミーティングを開いて、今やるべきこと、やりたいことを大学院生に話してもらった（表1）。まだ電力事情が安定せずに、定常的に研究ができるような状態ではない時期だったため、多くの学生が早く普通の生活に戻りたいと話してくれたが、意見の中に、「研究室で使わなくなった機器類を被災地に送ってはどうか」というものがあった。

研究室で行う省エネ対策で有効なのは、電灯やエアコンそして電力を使う機器の使用を極力減らすことである。空き部屋を設けることができればさらに効果的である。結局、研究室の半分を一時的に閉鎖し、使わなくなった機器を整理することにした。機器や什器類の中には、10年経ってもまだまだ使えるものが多数ある。数万円～数百万円で購入したものを、合わせて60点以上の機器

表1. 震災直後の研究室ミーティング

今やるべきこと・やりたいこと(2011.4.1) ～大学院生のアンケートから～

- ・節電しながらも研究のアクティビティは保ちたい
- ・今自分がここでできることをちゃんとやりたい
- ・使わなくなった機器類を被災地に送りたい
- ・なるべく行動の無駄を減らしたい
- ・なるべく早く普段通りの生活に戻す
- ・エレベーターをなるべく使わない
- ・冷暖房の我慢
- ・東北の物を買いたい
- ・募金をしたい

を用意することができた。そして2か月以内のうちに、個人的な知り合いと文科省ポータルサイトを利用して、宮城教育大学、宮城県山元町立小学校、宮城県気仙沼市の幼稚園、関東地方の中小企業、石巻市の方々などに送付した。

筆者らが一度使った機器をお送りすることが失礼に当たらないかと思うこともあった。しかしながら、結局政府による復興支援計画が半年以上かかってから実施されたことを考えると、早めに筆者らの実験機器や事務用品を送って使っていただけたことはよかったのではないかと思う。

微生物からの復興

筆者が所属する大学院専攻では、入学直後全員にまず「プレスクール」という集中講義を受講してもらって、各研究室で行っている研究分野について他の研究室の学生も学べるようにしている。授業の後で出すレポートの課題を、この年は震災に関係するものにした。「2011.3.11の大災害からの復興に向けて、私たち人間が微生物を利用できる例をあげ、その実現性について議論しなさい」である。

授業の中でも、微生物を利用した復興での取組みをいくつか紹介した。大震災後に気仙沼や大船渡では石油タンクから流出した重油が地面や家屋に染み込み、長い間油の臭いが残ったという。重油の分解を行なうには、*Alcanivorax*、*Marinobacter*などの海洋細菌が有名であるが、実際には回収した重油は、吸着剤とともに焼却処理されるのが一般的な方法だった。大船渡市では、重油を回収後、微生物に分解処理させることで堆肥生産につなげる実証実験が行われた¹⁾。堆肥化することで二酸化炭素排出量の削減などが期待され、環境負荷が小さい回収策として今後注目されていくかもしれない。

有用微生物群による悪臭の除去もさまざまな地域で行われた。津波の被害にあった岩手県山田町の小学校では、海水をかぶった校庭の悪臭を取り除く作業のなかで、乳酸菌や酵母などの微生物が80種ほど入った液体を運動場にまかれたと報道された。宮城県栗原市でも、津波をかぶった水田や住宅地、河川敷にまかれ、悪臭除去やヘドロの浄化が図られた。フィールドはオープンな系であるのでその効果について科学的に検証するのはなかなか困難である。また、そもそもどの場所でも使えるオールマイティな有用微生物群は存在しえない。こうしたことから、有用微生物群を使った研究データは事前にもっと蓄積し、科学的な実証と検証を行っておく必要があるだろう。

大学院学生のレポートの中で私が注目したのは、微生物を利用したバイオマス発電である。バイオマス発電は、大きく分けて「バイオガス発電」と、「バイオ燃料電池」の2種類がある²⁾。前者は、メタン生成菌 (Methanogen) を利用した発電様式であり、糞尿中の有機物を加水分解してメタンを生成することから、発電だけでなく、環境浄化の観点からも注目されている。一方、後者は、微生物が持つ酸化還元反応と燃料電池での電子の移動をカップルさせて化学エネルギーを電気エネルギーに変換する比較的新しい技術である。レポートでは、復興の過程での導入を考えると、特にコスト面、供給量の面から実現性は低いと分析していた。ただし、今後「反応系の維持の簡略化」「より一層発電効率の良い技術の確立」などの課題がクリアできれば、家庭内発電としての利用が期待できる可能性があるかと結んでいた。このレポートは専攻内での選考の結果、2011年度プレスクール論文特別賞に選ばれた。

酵母からの復興

福島第一原発事故が起きたことにより、わが国のエネルギー政策は抜本的に見直さなければならなくなった。前節で述べたバイオマス発電もその一例だが、原子力発電に依存せずに、風力、太陽光、水力、地熱、バイオマスなど自然の力を利用したグリーンエネルギーの利用を加速させる必要がある。一方で、震災の前から地球温暖化や燃料の枯渇を回避する方策として、食料問題とはバッティングしない農業残渣や木質からのバイオエタノール生産に注目が集まっていた^{3,4)}。ただし、この実用化には大きな問題がある。残渣や木質の主成分であるリグノセルロースからバイオエタノールを生産するためには熱化学処理という工程を経る。このとき発生するフラン化合物やフェノール化合物は後の工程において使用される酵母の増殖を阻害し、発酵によるエタノール生産量を低下させるのである。化合物の中でも特に低濃度で酵母の増殖を阻害するのはパニリンであったため⁵⁾、パニリンの増殖阻害機構の研究は、バイオエタノールを高生産する酵母の育種開発、さらにはグリーンエネルギーの研究につながると考えた。

筆者らの研究室では、出芽酵母の顕微鏡画像の表現型を指標にして、薬剤の細胞内標的を予測する高次元細胞形態プロファイリング法を開発している⁶⁾。これは薬剤処理をした出芽酵母の形態を独自に開発したCalMorph画像解析システムによって501の観点から解析し、薬剤処理細胞と4718株の出芽酵母非必須遺伝子破壊株を定量的かつ統計学的に比較するという方法である(図1)。こ

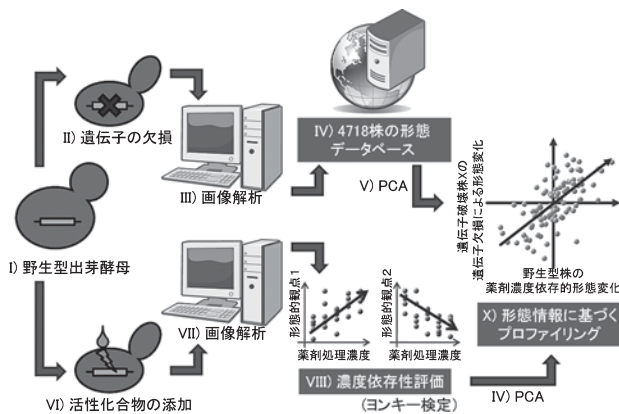


図1. 高次元細胞形態情報プロファイリングによる化合物の標的推定法

の方法で調べたところ、パニリン処理細胞はリボソーム大サブユニットのいくつかの欠損株と有意に類似していることが明らかになった。このことは、パニリンの増殖阻害がリボソームの機能、つまり翻訳過程をブロックしていることを示唆している。

時系列的に正しく述べると、実はこのパニリンの増殖阻害機構の研究は震災の1年ほど前からひとりの大学院学生が始めた研究である。そして、ちょうど大震災の日に、パニリンが翻訳を阻害しているという上記仮説のもとに、彼はmRNAがリボソームに結合したポリソームの量を計測していた。シヨ糖密度勾配遠心実験のなかの何本かのサンプルを地震の揺れで失ってしまい、この日の実験は成り立たなくなってしまったが、その後、京都工芸繊維大学との共同研究を進めることにより研究成果をまとめることができた⁷⁾。

おわりに

自然災害や環境問題を日頃から研究している研究室とは違い、筆者らは長年出芽酵母の増殖のメカニズム、酵母細胞のシステム的理解を目指して研究してきた。研究室でできること、研究者や個人として復興に貢献できることがないかという気持ちは、震災が起きた後で新たに持ち始めたものである。ただ、この気持ちはこれからもずっと持っていたいと思う。

2012年初冬、多くの犠牲者を出した宮城県名取市閑上地区を訪ねる機会があった。あれから20か月が経ち、瓦礫などは撤去されていたが、復興にはほど遠い。中学校の時計の針が2時46分で止まっていたが、この地区の時間もあれからほとんど動いていないという印象をもった(図2, 3)。我々日本人は決して被災地のことを忘れてはいけないと思う。



図2. 閑上地区の中学校校舎

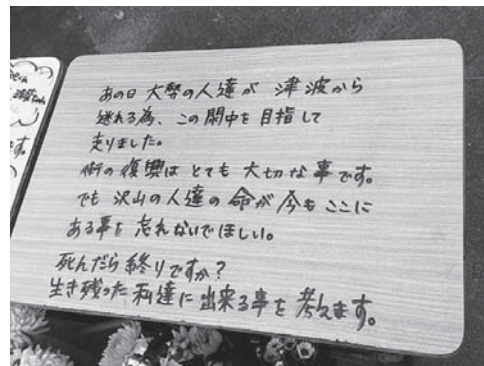


図3. 閑上地区の中学校にて

謝 辞

ここで紹介した研究は菅 洋平が中心になって行った研究です。被災地支援のための実験機器の送付は、吉田光範、野上謙、根岸孝寛、大貫慎輔、岡田啓希が中心になって行いました。2011年度プレススクール論文特別賞に選ばれた関根彰彦君のレポートを取り上げさせていただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

文 献

- 1) 小谷公人：公開資料 実装支援プロジェクト終了報告書 油流出事故回収物の微生物分解処理の普及 (2012).
- 2) 吉川邦夫, 森塚秀人監修：バイオマス発電の最新技術 シーエムシー出版 (2006).
- 3) Gray, K. A. et al.: *Bioethanol. Curr. Opin. Chem. Biol.*, **10**, 141 (2006).
- 4) Hahn-Hagerdal, B. et al.: *Trends Biotechnol.*, **24**, 549 (2006).
- 5) Klinke, H. B. et al.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **66**, 10 (2004).
- 6) Ohnuki, S. et al.: *PLoS One*, **5**, e10177 (2010).
- 7) Iwaki, A. et al.: *PLoS One*, **8**, e61748 (2013).