

# 日本植物バイオテクノロジー学会

## 40周年記念誌



Japanese Society for Plant Biotechnology



## 目次

学会設立 40 周年記念冊子の発行に際して（小泉望・大阪府立大学）	1
学会 40 年の軌跡（山川隆・東京大学）	2
Plant Biotechnology 誌のこの 10 年（青木考・大阪府立大学）	4
学会名称と学会ホームページの変遷（吉田薫・東京大学）	6
学会法人化のあとさき：植物バイオ 40 年におもう（庄司翼・理化学研究所）	8
ダイバーシティ推進の第一歩としての男女共同参画活動（榊原圭子・理化学研究所）	9
学会におけるキャリア支援活動の歩み（藤原すみれ・産業技術総合研究所）	10
日本植物バイオテクノロジー学会における近年の国際化と今後の展望 （大西利幸・静岡大学）	11
海外研究ネットワーク構築のすすめ（高橋秀樹 ミシガン州立大学）	12
植物バイオテクノロジーで国際協力を試みる！（明石欣也・鳥取大学）	13
植物バイオテクノロジー：出会いと次世代へのバトン（岩瀬哲・理化学研究所）	14
企業から見た産官学共同研究とカネカの取り組み（田岡直明・株式会社カネカ）	15
組織培養（田部井豊・農研機構企画戦略本部新技術対策課）	16
新しい遺伝子導入技術の拡がり（沼田圭司・理化学研究所）	18
植物の幹細胞研究（梅田正明・奈良先端科学技術大学院大学）	19
植物二次代謝に関する最近の話題（山崎真巳・千葉大学）	20
メタボロミクス 20 年の歩みと植物バイオテクノロジー研究への貢献（草野都・筑波大学）	21
高速 DNA シークエンサーの技術進展と植物ゲノム研究（矢野亮一・農研機構）	22
転写制御ネットワーク研究について考える（池田美穂・埼玉大学）	23
花の研究をはじめよう！（大坪憲弘・京都府立大学）	24
遺伝子組換えイチゴによる医薬品開発：インターベリー $\alpha$ <sup>®</sup> （田林紀子・ホクサン株式会社）	25
ゲノム編集と植物バイオテクノロジーへの思い （刑部祐里子・東京工業大学、刑部敬史・徳島大学）	26
ゲノム編集作物の規制と社会受容（四方雅仁・農研機構）	27
植物特化代謝研究のこの 10 年とこれからの 10 年（村中俊哉・大阪大学）	28
バイオテクノロジーによるトマトの育種（江面浩・筑波大学）	29
30 周年のロードマップはどうなった？（矢野健太郎・明治大学）	30
10 年後を展望する（光田展隆・産業技術総合研究所）	31
番外編：大会の楽しみ方（小泉望・大阪府立大）	32

## 編集後記

表紙写真提供（敬称略）  
江面浩、田林紀子、村中俊哉、  
サントリーホールディングス株式会社

## 学会設立 40 周年記念冊子の発行に際して

小泉 望

大阪府立大学大学院・生命環境科学研究科



学会設立 40 周年の 2021 年はコロナ禍に見舞われ、つくば大会はオンライン開催となりました。30 周年の時のような海外から人を招いた記念シンポジウムはできませんが、オンラインでの市民公開シンポジウム、植物組織培養からゲノム編集をカバーするプロトコル集やゲノム編集の紹介マンガの制作などに取り組んでいます。30 周年では立派な記念冊子が作られました。学会 HP に PDF としてアップしてありますので、見たことのない方は是非ご覧ください。

<https://www.jspb.jp/wp-content/themes/jspb/doc/society/30years.pdf>

40 周年記念冊子では主に 2 つの観点から会員の皆様に執筆をお願いしました。1 点目は学会の 40 年の歴史に加え、過去 10 年に重きを置いた学会運営についてです。法人化や前身の日本植物細胞分子生物学会から現学会名への名称変更、ホームページの刷新は大きな出来事でした。学会誌 Plant Biotechnology については IF がつき、PubMed 登録、完全オンライン化が行われました。日韓セミナーが発展し日中韓の三国間シンポジウムとなり、英語セッションも行われるようになりました。さらに、30 周年の際のロードマップを受けて作られた複数の委員会の活動が始まりました。その一環として、大会時には託児室が設置されるようになりました。

2 点目は学会をとりまく研究開発の流れについてです。CRISPR/Cas9 の登場によるゲノム編集技術の広がりには本学会に限らず衝撃的なゲーム・チェンジです。10 年前に誰が予想したでしょう。ゲノム編集の登場により植物組織培養の重要性が見直されています。本学会の設立時の名称は日本植物組織培養学会です。モデル植物に限らない様々な植物のゲノム編集において本学会は重要な役割を果たすことができます。新しい遺伝子導入技術や新規ゲノム編集技術も開発されています。次世代シーケンサーが登場したのは 10 年以上前ですが、本格的に使用されるようになったのはここ 10 年です。勿論、次世代

シーケンサーはゲノム編集以外にも重要な役割を果たしますが、全ゲノム配列はゲノム編集には欠かせません。メタボロミクスも基礎研究に加えて安全性評価の手法として発展しています。特別賞の対象となった社会実装に至るインパクトのある研究も行われました。さらに優れた基礎研究が数多く行われているのは言うまでもありません。どなたに執筆をお願いするかでは大変苦慮しました。産学連携や国際的な要素も是非取り入れたいと思いました。幅広い内容に対応して頂くことができたのは本学会の強みです。

本学会が抱える問題点について述べます。会計の悪化と会員数の減少です。当然 2 つはリンクしています。学会誌の PubMed 登録やホームページの刷新によって一時的に支出は増えましたが、学会誌の完全オンライン化等による支出削減もあり、危機的な赤字体質ではありません。しかし、会員の減少による収入減などから決して楽観視はできません。会員減少については、これまで学会を引っ張って来られた先生方がリタイアされた後、必ずしも後継の立場を担う人がいないことが大きな要因と考えます。本学会は大きなポテンシャルを持っています。アカデミアに加えて産業界にも本学会の魅力を広くアピールし新規に入会を促す努力が欠かせません。

ここ 10 年、学会運営に関わってきた立場から見ると、その仕事量は間違いなく増えています。しかし、様々な学会改革は会員へのサービスに結び付いているのでしょうか。検証は容易ではありませんが会員のニーズを知ることが大切です。学会誌への投稿や大会参加を通しての学術の交流が学会の大切な役目であることは言うまでもありません。さらに、学会の在り方を自分事として捉えることが学会の発展につながると思います。会員の皆様がこれまで以上に様々な立場から学会を支えて頂くことを祈念しています。

最後に、執筆者と編集委員の皆様へ深く感謝いたします。



## 学会 40 年の軌跡

山川 隆

東京大学大学院農学生命科学研究科



本学会は発足当時から常に技術革新とともに発展してきた。ここでは学会40年の軌跡を、その発展を背景とともに記す。紙面の都合もあり、各事項の詳細はそれぞれの記事を参照されたい。

### 1. 学会の誕生(その前身と1981年の誕生まで)

日本では1968年から植物組織培養シンポジウムが隔年で開催されていた。これは植物の組織培養技術を利用する幅広い分野の基礎と応用の研究者が集まり、各々が本来所属する学会の大会とは重ならない7~8月頃の夏休みに開催し、研究成果の発表や情報交換をするものであった。一方、世界では植物組織培養の国際会議が4年ごとに開催されており、1982年にこの国際会議を日本で引き受けることになった。これは1978年の国際会議の際に正式決定され、それから4年間、日本側では藤原彰夫先生を代表に大会準備は東京(駒嶺穆先生)、国際学会事務局のNews Letter作成は京都(山田康之先生)で行うこととなった。国際会議を開催するには形あるものがなくてはならないと、植物組織培養シンポジウムに集まる研究者がこの国際会議の準備を進めるにあたり1978年に日本植物組織培養研究会を設立し、1981年には学会に昇格させた。これが現在の学会の始まりである。形式として本学会は国際学会の下部機関として働き、本学会の幹事長はNational Correspondentとして国際学会とのパイプ役を務めた。当時の日本植物組織培養学会の会員は全員が国際学会の会員でもあった。

### 2. 国際会議開催と初期の学会(1981~1991)

準備の甲斐あって、第5回国際植物組織培養会議は東京と山中湖で1週間にわたって開催され、参加者は600人を超えて大盛会となった。このうち国外からの参加者は半数を少し超えており、外国人は同伴者も多かったため、見かける外国人の数はさらに多くなって山中湖村は外国人で溢れた。筆者を含め、日本の研究者、特に若い者にとっては世界の第一線の研究者と交流できるまたとない機会となった。本学会の歴代の会長のほとんどが何らかの形でこの国際会議の開

催に関わっていたことから、本会議が新時代を開く画期的な出来事であったことがわかる。この国際会議は日本の植物組織培養を利用した研究を大いに押し上げることとなり、日本国内での植物バイオブームの到来に繋がった。国際会議は現在も4年毎に開催されており、毎回10名から数十名の会員が参加している。

国際会議の終了後、学会としての役割を充実させるため、駒嶺先生が中心となって準備を進めて1984年からは学会誌を発行することとなった。この学会誌は和文英文混合で、多少ネガティブな結果でも意義があれば投稿できるよう短報以外に「研究ノート」というカテゴリを作り、名称は和文で「植物組織培養」、英文では「Plant Tissue Culture Letters」とした。製作は学会誌刊行センターに委託した。一方、それまで隔年開催であった学会大会は、1987年から一般講演のない年はシンポジウム(当時はコロキウムと呼称)を開催し、毎年学会総会を開催するようになった。

学会の体制は整ったものの、初期の学会事務局は執行部とともに回り持ちで手弁当の学会事務作業だった。執行部を引き受けた大学や研究所の研究室内で、事務員を雇って入退会、変更、会費徴収などの会員管理や雑誌の発送を行なった。例えば、筆者のいた研究室に事務局があった時は、学会誌が印刷されてくると、学生アルバイトと一緒に封筒詰めして宛名シールを貼り、千数百部をリヤカーで本郷郵便局へ持っていくという具合だった。当時の中島哲夫会長は1991年に雑誌の製作、印刷、発送と会員管理などの事務を株式会社養賢堂に委託して学会事務局の業務委託が開始された。

### 3. 学会の発展(1992年~2005年)

この時期は植物でも分子生物学が進展して植物組織培養の分野でも分子レベルの研究をもとに基礎、応用ともに大きく発展する時代となった。世界では遺伝子組換え作物も誕生するなど、植物のニューバイオテクノロジーと言われるバイオブームが再び到来した。この分子生物学の

潮流を取り込むため、植物核酸タンパク質研究会との統合を果たし、1996年から学会名を日本植物細胞分子生物学会に変更した。この時、編集委員長であった鎌田博先生が中心となって学会誌の完全英文化が進められた。学会誌の名称は1997年に「Plant Biotechnology」へと変更され、完全英文化した。また、J-STAGEを利用した電子ジャーナルの公開は2004年から開始された。これらの大きな変革の後、学会誌の印刷と学会事務委託先は2005年から株式会社国際文献印刷社（現在の株式会社国際文献社）に変更することとなった。これらの発展の中、駒嶺先生の音頭で2005年から科学研究費補助金の二国間交流事業共同研究・セミナー（日韓特別）に申請し、採択された年は日韓セミナーを開催するようになった。第1回は韓国済州島で、第2回は翌年つくばで行われてその後も継続して開催された。

また学会として会員の研究を推進し、優れた研究成果を表彰するものとして学会賞が設立された。まず1996年に技術賞が、次いで1998年に若い研究者向けに奨励賞が設けられた。そして学術賞と学生奨励賞が2000年、論文賞は2004年、特別賞は2005年から授与されるようになった。技術賞が初めに作られたのも当学会が植物バイオテクノロジーの技術を中心に始まり、実用化や産業界との繋がりを重視していることを示している。また、若い優秀な研究者を積極的に表彰することも、将来の技術革新を担う若手を鼓舞することを重視していると言える。

一方で社会に開かれた学会として研究成果をわかりやすく解説する市民向けの公開シンポジウムを1997年から毎年開催するようになり、遺伝子組換え植物など最先端技術への市民の理解を深める役割を担った。これも科学研究費補助金（研究成果公開促進費）を申請して行っている。

#### 4. 情報科学の進歩と新しい植物育種技術（NPBT）の登場（2006年～2020年）

その後も学会を取り巻く技術革新は進み、情報科学の進歩によりオミックス情報と生物学的な知識情報の統合利用が進み出した。植物の有用形質を司る分子機構の解明が進み始めると、基礎研究の進歩ばかりでなくその実用化（育種）への応用も視野に入ってきた。また植物を再分化せずに安定して遺伝子導入が可能となる例が報告されるようになり、遺伝子組換え作物を育成するのに必ずしも組織培養が必要とはされなくなってきた。これらに新しい植物育種技術

（NPBT；New Plant Breeding Techniques）と言われるゲノム編集、エピゲノム編集、接木、迅速育種、アグロインフィルトレーション、逆育種などの技術を組み合わせることにより再び大きな植物バイオテクノロジーの研究展開が起こり始めた。ゲノム編集作物の実用化も報告され、本学会には新たな研究者も迎えて再び大きな発展の機会が訪れた。

そこで本学会の本来の目的を見ると「植物組織培養、分子生物学、および細胞工学の基礎研究とその応用開発研究の発展を目指して、理学、農学、薬学、工学などの多方面の分野における研究者の協力と研究情報の交流を図ることを目的として活動を行う」とある。これに立ち戻り、他の学会との違いを明確にするために2020年に学会名を日本植物バイオテクノロジー学会へと変更した。情報提供ではホームページ刷新、学会誌の完全オンライン配信化を進めた。この間、学会の法人化も達成され、社会への対応も進んだ。学会創設当初は、学会大会の開催方式やシンポジウムの内容など全て開催地の大会実行委員会に任されていた。しかし最近では学会の存在意義である他分野との交流の機会を作り、将来を見据えて基礎研究にも実用化にも魅力あるシンポジウムテーマを掲げて大会に多くの参加者を呼び込むために、学会執行部が実行委員会と連絡をとりながら主導的に大会の開催運営に関与するようになってきた。一方で大会の講演では他分野との交流を図るために必ずしも新規性にこだわらず、過去の発表と多少重複があっても良いという柔軟さは残った。

また日韓セミナーは2016年には中国も加わり、日韓中三ヶ国合同シンポジウムとなった。

#### 5. 現在そして今後の展開期待（2021年～）

ゲノム編集作物の登場が話題になっている矢先に新型コロナウイルス感染症の拡大で学会の大会が延期されたが、2021年にはウェブで開催されることになった。学会にも「新常态」の到来である。植物バイオテクノロジーの研究は、ゲノム編集作物、情報科学の発展も加わり、基礎研究、応用研究ともに、対象も研究者も広がりを見せるようになった。今後は学会も国際化を含め、その対象を広げていくことになるであろう。本学会の活動が「多方面の分野における研究者の協力と研究情報の交流を図る」ために会員各位の新しい研究と技術開発、そしてその成果発表と交流に資することを期待している。

## Plant Biotechnology 誌のこの10年

青木 考

Plant Biotechnology 誌編集委員長、大阪府立大学・生命環境



植物バイオテクノロジー学会の学会誌、Plant Biotechnologyは、学会そのものの年齢より少しだけ若く、2021年で創刊後38年という事になる。現在編集長を務めている私は19代目（12人目）である。Plant Biotechnology誌のあゆみについては、10年前の「30年の歩み」という冊子のなかで触れられているが、30周年から40周年までの10年を振り返る礎石として、30周年までの学会誌のあゆみを改めて概観しておこうと思う。

1984年に本学会の前々身である植物組織培養学会での会員間の情報交換のための「植物組織培養 (PLANT TISSUE CULTURE LETTERS)」が刊行された。学会誌は、マイレビュー、一般報文、短報、研究ノート、技術ノート、談話室、セルソーター、研究室紹介、学界ニュース、本会記事、など研究報告ばかりでなく、さまざまな情報の提供の場として利用された。しかし、研究におけるグローバル化の進行とともに、英語化を含めて学会誌のあり方についての議論が起こった。植物組織培養研究は、県の試験場や企業の研究所でも多くの研究が行われていたため、英語化が必ずしも適切ではないとの意見があった。しかし、最終的には1997年発刊分から全文英語化、会誌名も「Plant Biotechnology」へと改称された。2004年の21巻5号から出版社を国際文献社とし、2010年出村編集長の時代にインパクトファクターの取得も達成され、30周年を迎えた。

さて、ここからが30周年から40周年までの10年間の話である。第一の特筆事項は、PubMedへの登録である。2010年のインパクトファクター取得後、さらなる国際化と数値向上の策としてPubMedへの掲載を目指すことになり、2014年の幹事会でPubMed Central登載申請が承認され始動した。2016年に、当時の溝口編集長が中心となり正式に申請を開始、その後サンプル論文の審査などを経て2019年に掲載となった。今ではPubMed利用により、2016年33巻4号以降に掲

載された本誌論文の検索が可能で、Plant Biotechnology誌の国際的認知が高まることが期待されている。登録された本誌の略称は「Plant Biotechnol (Tokyo)」である。

第二の特筆事項は、冊子体の廃止である。2020年37巻1号からオンラインでの出版とし、冊子体はオンデマンド印刷のみとなった。この完全オンライン化の恩恵としては、Figureのカラーチャージが無料になったことが挙げられる。この変更は、元々は学会の財政健全化のためではあったものの、顕微鏡写真や複雑なデータが増えてきた近年の現状にマッチした変更であったと思う。

これらの変革を踏まえて、インパクトファクターの変遷を見てみると2010年：0.853、2011年：0.944、2012年：0.935、2013年：1.056、2014年：0.874、2015年：0.715、2016年：0.941、2017年：0.547、2018年：0.886、2019年：0.901、と推移している。インパクトファクターは上げるべきか、それとも現状維持すべきか、という点についてはこの10年でも様々な意見があった。インパクトファクター取得直後は、1.0未満の数値で維持する方針が主流だった。1.0を超えると、国外からの品質の良くない原稿の投稿が増加する、という見込みが理由であった。しかし植物科学分野でも国外のオープンアクセスの雑誌が増加した現在、この理由は消失している。第二の論点としては学会員の利益享受に資する雑誌としておくために、盲目的にインパクトファクターを上げて良いものか、という議論であった。インパクトファクターが上がり非学会員論文が多くなってきたとき、学会員の論文が採択されづらくなるのは、学会の利益とならないのではないかと、という点だ。さらに第三の論点として、Plant Biotechnology誌にはShort CommunicationとNoteという二つの短報カテゴリーがある。一般論で言うと、こういった短い論文は引用率が高くないため、インパクトファクターを下げる方向に作用する。しかし一方で、これらのカテゴリーへはコンスタントに投稿



がある。多くの雑誌で短報カテゴリーが廃止されたため、Plant Biotechnologyのこれらのカテゴリーは、完成には至らないが有意義な成果を出した研究を収蔵するものとして、一定の需要が生まれている。これらのカテゴリーを存続させるべきか、それとも廃止してインパクトファクターを挙げる戦略をとるべきか。二点目、三点目の論点に関する議論は現在も続いている。

さて、以上のような幾つかの変革が起きたPlant Biotechnology誌のこの10年間は、本誌にとっては順風満帆な時期ばかりではなかった。特集号が出なかった2016年から2019年までのうち2017年、2018年は、通常号でも論文数が減

少した冬の時代であった。このことは、植物科学分野に特化した大型予算が減少したことと関係があるかもしれない。しかしながら、2017年34巻3、4号における掲載論文数を底として、その後論文数は回復傾向にある。特集号についても、2020年37巻から特集号のための編集費用を著者負担としない（論文掲載料はとるが）ように変更しているので、会員からの多くの特集提案を期待している。今後50周年に向けての次なる10年に、さらにPlant Biotechnology誌の国際的地位向上や、インパクトファクター数値の適切な目標設定を期待している。



2020年37巻2号、特集号「Technology in tissue culture toward horizon of plant biotechnology」の表紙。本特集号以降、著者による特集号の編集費負担がなくなった。

## 学会名称と学会ホームページの変遷

吉田 薫

東京大学大学院農学生命科学研究科



本学会は2020年7月1日に「日本植物細胞分子生物学会」から「日本植物バイオテクノロジー学会」に名称を変更し、それに合わせてホームページをリニューアルしました。本稿では、本学会の名称とホームページの変遷について、記載します。

本学会は1981年に前身である「日本植物組織培養研究会」から「日本植物組織培養学会」として発足しました。これは、翌年の第5回国際植物組織培養会議の日本開催を目指してのことでした。学会設立当初から、理学、農学、薬学分野の研究者を対象とし、基礎研究から実用化を目指す応用研究までの幅広い研究情報の分野横断的交流を図ることを目的としていました。これにより、多くの研究者が自分のホームとする学問領域以外の情報を得てさらなる研究の進展を図ることができました。

その後、学会の次なる発展のためには分子生物学の学問領域への拡大が必要であると考えられた山田康之会長が、「植物核酸タンパク質研究会」の世話役をされていた岩淵雅樹先生に研究会の本学会への統合を打診し、双方の会員の賛成を得て、統合が決定されました。それを機会に1995年に学会名称が変更されましたが、新しい名称は、「日本植物組織培養学会」から「細胞」を、「植物核酸タンパク質研究会」から「分子」を取り入れて「日本植物細胞分子生物学会」となりました。学問領域の拡大に伴い、会則には理学、農学、薬学に加えて工学分野の研究者の参画を期することが明記されました。本学会では当初、上部団体である国際組織培養学会の会費を全会員から徴収し納付していましたが、改称をきっかけとして国際学会への登録は会員の自由意志に任せることとなり、現在に至っています。

2018年に会長に就任された山川隆先生は、様々な新育種技術(NPBT)の発展やゲノム編集作物の登場とこれらの技術を後押しする情報科学の発展により植物科学分野は再び大きな変革期にあることから、植物のバイオテクノロ

ジーを幅広く網羅して学術と技術の向上とその実用化を目指す本学会の独自の立場を顕示するためには学会名の変更が必要であるとの考えをお持ちでした。理事、代議員、会員との議論を経て、2019年の代議員総会で2020年からの「日本植物バイオテクノロジー学会」への改称が決定されました。

次に、HPの変遷について記載します。本学会のHPは2000年に開設されました。内宮博文会長の号令のもと、広報担当幹事であった柴田大輔先生が一から手作りでHPを作成され、柴田先生が所属していた(財)かずさDNA研究所のサーバー上で公開されました。2004年にはHPの管理・運営は(株)国際文献社に委託されました。その後、学会30周年を迎えるにあたり、江面浩会長の指揮のもと、学会の今後のあり方を検討するロードマップ作成委員会が矢野健太郎先生を委員長として発足しました。その中で、社会や研究コミュニティへの情報発信のあり方が議論され、学会HPの拡充も学会の重要な課題であることが認識されたことから、その内容を踏まえ、広報担当幹事であった矢野先生のご尽力により2013年に学会HPのレイアウトが改訂され、より親しみやすく検索しやすいHPになりました。

このように学会執行部役員の努力によってHP運営は続けられてきましたが、スマホに対応していないことやHTML形式のコンテンツ更新の業務委託経費が嵩むこと、さらに年々必要なページを継ぎ足してきたためサイトマップが複雑であるなど、問題も生じていました。

2019年の代議員総会で2020年からの学会名称変更が決議された際に、学会名称変更および本学会の特徴を広くアピールする活動を検討するという宿題が執行部(理事会)に課せられました。理事会での議論の末、最も効果的な方法は新たな学会の門出にふさわしい現代的なHPへと専門業者に委託して全面リニューアル



することであるとの結論に至りました。専門業者に任せることで、懸案であったスマホ対応の実現だけでなく、自分達でコンテンツの更新が可能となるCMS方式の採用により維持経費の削減も期待できました。ただ、名称変更の時期に合わせるためには残された時間が半年ほどしかなかったため、山川会長のリーダーシップのもと、すぐに学会HP作成経験のある業者3社から見積もりを取り、1社（株）ムーンファクトリーに絞るとともに、代議員の先生方から承認をいただきました。そこからの5ヶ月間に、デザインの検討、これまでのHPの問題点の抽出と新ページの構想、サイトマップの検討を進めました。新しい取り組みとして、(1)オンラインでの入会システム、(2)オンラインでの問い合わせシステム、(3)フォトギャラリー、(4)植物バイオテクノロジーのページ、(5)学会誌特集号一覧ページ、(6)男女共同参画のページなどを新設しました。また、英語版の充実や既存部分の英文併記を進めて国際化への対応を進展させました。この間、光田展隆理事には業者との対応を一手に引き受けていただき、山崎真巳理事にはサイトマップの検討とHPに採用する写真の取りまとめをしていただきました。HPに掲載した写真の多くは会員からお寄せいただきました。ご協力いただいた皆様に心から感謝申し上げます。また、小泉望監事には植物バイオテクノロジーのページを、青木考編集委員長には学会誌のページを、榊原圭子理事には男女共同参画のページをご担当いただきました。

このように、会員の協力を得て文字通り執行部全員が一丸となって新しい「日本植物バイオテクノロジー学会」の顔となるHP改訂に取り組み、2020年7月の開設に間に合わせました。短期間の準備のため、不備もあろうかと思いますが、今後も地道な改訂を進め、HPを閲覧する研究者、技術者、教員、学生、そしてマスコミ関係者に強く訴えるページへと日々成長していってくださることを、学会名称変更とHP完全リニューアルを進めた執行部の幹事長として心から期待しています。



スマホ対応も実現した学会ホームページ（表紙には関連する写真が遷移するアニメーションを採用しました）

謝辞：本稿作成に際し、貴重な情報をお寄せいただいた山川隆先生、小泉望先生、柴田大輔先生、矢野健太郎先生に心から感謝の意を表します。

## 学会法人化のあとさき：植物バイオ40年におもう

庄司 翼

理化学研究所・環境資源科学研究センター



植物バイオが夢の次世代テクノロジーである時代があった。ポテトとトマトの細胞融合から誕生した「ポマト」がつくば科学万博(1985年)に登場<sup>\*註</sup>し、植物組織培養で生産されたシコニン色素を含むバイオ口紅(1984年)が松田聖子の唇を染めた。科学雑誌ニュートンの植物バイオ特集記事に心躍らせ、この分野に飛び込んでみた。分子生物学を高等植物に応用することで、食糧・環境問題をどれだけ解決できただろうか？

学会法人化を見守った橋本・村中執行部(2014-2018年)のメンバーとして、検討・準備段階から法人第一期までの成り行きについて記しておこうと思う。乱立する学協会が差別化されるとの憶測から、学会法人化が叫ばれたこの時期、本学会でも法人化が検討課題となった。国立大や国研の独法化(学会法人化とは性質が異なる)のネガティブな印象ゆえか、当初、懐疑的な意見もあったように思う。

江戸川橋の学会事務局(国際文献社)に通い、会計士から基本的な説明を受けるとともに、小泉幹事長らと法人化の利点と問題点及びその解決策をひとつひとつ検討し、法人化した場合を具体的にシュミレーションした。「学会長が負債を抱えた場合、個人名義口座にある学会資金が差し押さえられる危険性がある」との会計士の指摘になるほどと納得したものであった。結局、法人への移行に伴う変則的な措置が一時的に必要なものの、本学会のシステムは大幅な変更なく法人化できるものであるという結論に落ち着いた。

かくして、代議員会での審議・議決を経た後、2016年7月に一般社団法人植物細胞分子生物学会として晴れてスタートすることとなった。定款制定をはじめ、各種規程の整備や文言修正などの準備作業も、事務局のバックアップもあり支障なく進められたと記憶している。また、学会年度の変更(開始が1月から7月に)にとともなう混乱も心配されたが、学会員の協力と理解に助けられ、幸い杞憂に終わった。

法人化で何が変わっただろうか？理事会と代議員会の議事録作成に象徴されるように、何事も文書化されたことは大きかったように思う。法人

化前の幹事の仕事引継ぎは口承文化のような以心伝的な要素が多かった。仕事内容は多分に担当幹事の認識頼みで、柔軟性があったとも言えるが、一貫性や正確性には難があったように思う。法人化に伴う見直しに際し、創設期を知る先輩に伺うと、「それは某先生のお声がかかりではじまったはず」などの言もあり、慣習的に行われていたものの、実はあまり根拠はないことも散見されることが分かった。研究者が手弁当で支えた互助会的な集まりが、法人組織に脱皮することは、遅かれ早かれ必然だったのかもしれない。

法人化に際して、執行部が代々引継いできた歴代大会要旨集やポスターなどを除く、大半の資料や備品を大胆に断捨離したことを告白しておかねばならない。伝説の山中湖国際会議(1982年)の関連資料を納めたダンボール箱を開封すると、古紙とインクの昭和の香りが漂った。協賛金を募るためか、「大蔵大臣・渡辺美智雄」「銀行業協会」「建設業組合」などなどの几帳面な文字や数字がびっしりとならぶ大学ノートを開くと、ジャパン・アズ・ナンバーワンの80年代真っ只中、時代の先端科学技術を支える護送船団方式のオール・ニッポン体制がそこにあった。学会創設期を知る貴重な「史料」として大切に保管されてきたものとも考えたが、「研究者たちの夏」の息吹を十二分に心に刻んだ上で、個人の判断で裁断機にかけさせていただいた。過去に恋々とするのではなく、それらを糧に未来指向で進んでいきたい。

時はめぐり令和の今、「グリーン」や「持続可能な発展」などのバズワードとともに、植物バイオに再び光があたり始めた。近い将来、松田聖子(?)に(再)登場してもらって輝く季節が訪れることを信じて筆をおくこととする。

<sup>\*註</sup>万博で実際に展示されたのは、ポテトにトマトを接木したものであった。

## ダイバーシティ推進の第一歩としての男女共同参画活動

榎原 圭子

理化学研究所・環境資源科学研究センター



「男女共同参画」は、少数派としての女性をケーススタディとして、だれもが働きやすい環境を整え、多様な人材の活躍を目指すダイバーシティ推進の第一歩である。本学会の男女共同参画活動は、学会設立 30 周年記念事業の提案に基づいて、2013 年に男女共同参画ワーキンググループが設置されたことに始まった。2016 年の一般社団法人化を機に、キャリア支援・男女共同参画委員会へと再編成され、現在に至っている。(学会 男女共同参画活動ホームページ

<https://www.jspb.jp/society/genderequality/>)

### <男女共同参画への取り組み>

本学会は、日本の理工学系学協会の中で、会員女性比率が高い学会の一つである。委員会では、大会でのセミナーの開催や託児所の設置・利用補助、男女共同参画にかかわるデータの収集と保存等の活動を行っている。また、男女共同参画学協会連絡会に加盟し、大規模アンケートやアンケート結果に基づいた提言要望活動に日本の理工学系学協会と共に連携協力している。

男女共同参画活動は、ともすれば女性優遇策と誤解されることもあり、活動に際しては、客観性のあるデータ(会員、執行部、各賞受賞者、座長等の女性比率等)を収集し、データや研究報告に基づいた働きかけを行った。例えば、代議員、各賞選考委員等の選出の際には、一般会員と学生会員の女性比率や、「黄金の3割」理論(少数派が3割を超えると意思決定に影響力を持つ)等の紹介文を添えた。少数派は1名だけでは象徴的存在となるため3割を超えることが重要である。また、公正な採用や評価を妨げる「無意識のバイアス」について、代議員会で紹介した。

### <男女共同参画活動の成果>

30周年記念誌「日本植物細胞分子生物学会30年の歩み」では、今後の課題として、学会の三役(会長、幹事長、編集員長)に女性の起用例がないこと、座長やシンポジウム発表者の女性割合の増加、大会における保育所の紹介等が挙げられている(「ロードマップ作成委員会からの提言」)。現在、これらの課題は、この10年間の歴代の理事や委員

をはじめとする皆様のご尽力によりほぼ達成されている。学会三役については、2018年に初の女性幹事長が、2020年には初の女性監事も誕生した。また、2010年頃より、執行部(理事、幹事、代議員)の女性比率が安定して10%を超え、2016年、2020年は会員女性比率とほぼ同等であった(図1)。会員女性比率を周知した2020-2021年度の代議員の女性比率は22%と過去最高値を示し、各賞選考委員(2019-2020年度、2021-2022年度)の女性比率も共に43%と2017-2019年度の14%より約3倍に上昇した。座長の女性比率も2019年京都大会:37%、2018年金沢大会:17%、2017年さいたま大会:22%であった。大会における託児所も常設されている。

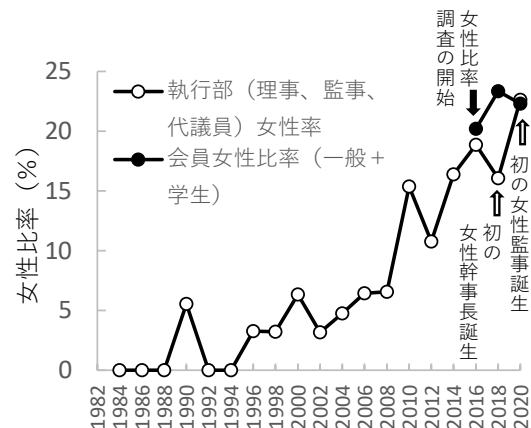


図1 執行部および会員の女性比率

### <今後の課題>

ジェンダー平等は、既に世界的な社会規範である。男女共同参画学協会連絡会が公開している学会向け女性会員の可視化と能力発揮のためのチェックシート ([https://www.djrenrakukai.org/unconsciousbias/doc/checksheet\\_acadsoc.pdf](https://www.djrenrakukai.org/unconsciousbias/doc/checksheet_acadsoc.pdf)) 等を参考に本学会に必要な対策を検討し、性別、国籍、年齢等に関わらず、誰もが能力を発揮でき、公正に評価されるシステムの構築が期待される。



## 学会におけるキャリア支援活動の歩み

藤原 すみれ

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門



本学会におけるキャリア支援活動は、2012年の学会設立30周年記念事業の提案に基づき、キャリア支援ワーキンググループ(WG)が設置されたことで本格化しました。その後、2016年の一般社団法人化を機に、男女共同参画WGの活動と併せて引き継ぐ形でキャリア支援・男女共同参画委員会が設置されました。

1990年代以降に始まった大学院重点化政策により博士人材が増加したものの、パーマナント職が増えず、キャリア形成に深刻な問題を引き起こしました。当学会においても強い問題意識の聲が挙がっており、喫緊の課題として対応を検討してきました。特に、ポスドク等の博士号取得者や大学院生に対して、アカデミアに限らず民間企業などへの就職も視野に入れた幅広いキャリア・パスを考える機会を提供する重要性や方法について議論してきました。

まず、活動の一つとして、大会・シンポジウムでの発表時に求職中であることを示す「求職ロゴ」が作られました。求職ロゴ使用により、企業の方などと直接話をする中で、幅広いキャリアの可能性に気付くことが期待されます。また、大学や公的研究機関側だけでなく企業側から見ても、「求職ロゴ」は人材発見のきっかけになりうると考えています。



図：求職ロゴ。  
学会HPからダウンロード  
してご利用いただけます。

また、WGおよび委員会の主な活動として、キャリア支援シンポジウムやランチョンセミナーを開催してきました。2014年に開催した初回のシンポジウムの企画においては、産官学連携WGとキャリア支援WGが共同で協議をおこない、博士を積極採用している企業の方、企業で活躍し

ている方、大学院生や博士人材のキャリア支援の現場にいる方からの生の声を届け、議論することで、産業界での就職に関する疑問を解決し、博士人材の活躍を後押しすることを目的として開催しました。

その後もアンケート結果をもとに必要とされるテーマを検討し、次の企画内容を決定しています。複数のポスドク経験を経てパーマナント職に就いた方、起業した方、アカデミアに就職した方、企業で活躍する方など、ご講演内容は多岐に渡り、毎回好評を博しています。

また、キャリア支援活動と切り離せない密接な関係にあるのが男女共同参画推進活動です。委員会として統合する以前から、男女共同参画WGとも連携し、子育てしながらのキャリア形成や支援制度などについて、ランチョンセミナー等での情報提供を進めています。

博士人材のキャリア形成問題が残る中、近年は、博士課程に進学を希望する学生数が減少するという課題も生じています。その一因として、学生が博士課程への進学やその後のキャリア・パスに対して不安を抱えている現状があります。そこで、ランチョンセミナーにおいてロールモデル等を提示することで、博士人材としての人生の魅力を伝え、博士課程進学をポジティブに検討してもらおうということも重要な課題として取り組んでいます。

今後も社会情勢の変化などにより学会に求められるキャリア支援活動が変化していくと考えられます。セミナー時のアンケートなどの機会には是非ご意見賜りますようお願いいたします。

# 日本植物バイオテクノロジー学会における近年の国際化と 今後の展望

大西 利幸

静岡大学 学術院 農学領域/グリーン科学技術研究所



日本植物バイオテクノロジー学会 (本会) における近年の国際化への主たる取り組みは、①日韓中の三国間シンポジウム (The Trilateral Joint Symposium on Plant Biotechnology) への参加・開催、②大会における英語セッション (口頭発表) の設置である。本稿では、近年の国際化への取り組みおよび国際化における今後の課題について紹介する。

## 1. 本会における近年の国際化への取り組み

### ① 日韓中の三国間合同シンポジウム

日韓中の三国間シンポジウムの前身は、本会 (当時: 日本植物細胞分子生物学会) と韓国植物バイオテクノロジー学会 (Korean Society for Plant Biotechnology; KSPBT) により開催されてきた日韓セミナーである。日韓セミナーは、2005 年から 2015 年まで、ほぼ毎年開催され、植物バイオテクノロジー研究や技術開発に留まらず、遺伝子組換え作物に関する法的な規制や環境影響評価などの幅広いテーマについて情報交換がなされた。2016 年からは、本会と KSPBT に中国植物生理与植物分子生物学学会 (Chinese Society for Plant Biology CSPB) を加え、三ヶ国の研究者がよりグローバルな視点で連携し、また情報交換することを目的に、三国間合同シンポジウムが始まった。第 1 回三国間合同シンポジウム (The 1st China-Japan-Korea Trilateral Joint Symposium on Plant Biotechnology) は、2016 年 8 月に中国貴州省貴陽市で開催され、本会からは村中会長、岡澤幹事長ならびに山川監事 (当時) が参加した。2017 年には、第 35 回日本植物細胞分子生物学会 (さいたま) 大会において、第 2 回三国間合同シンポジウム (The 2nd Japan-Korea-China Trilateral Joint Symposium on Plant Biotechnology) が開催され、ゲノム編集を用いた環境ストレス耐性植物の創出、また植物ホルモンであるストリゴラクトンやブラシノステロイドなど多岐にわたる講演があった。第 3 回 (2018 年) は韓国麗水市で、第 4 回 (2019 年) は中国南昌市で開催され、本会か

らはそれぞれ 3 名が派遣された。各シンポジウムとも各学会の年会に合わせて開催されており、多くの聴衆の参加と活発な議論、人的交流が行われ、本会の国際的ネットワーク構築の一助を担っている。

② 日本植物バイオテクノロジー学会大会における英語セッション (口頭発表) の設置  
第 35 回日本植物細胞分子生物学会 (さいたま) 大会 (2017) から口頭発表において、英語セッションが開始され、発表や質疑応答の全てが英語で実施された。このセッションは、海外からの研究者、また近年文部科学省の施策により増加しているアジア各国からの留学生の口頭発表の場として機能しており、これまでの 3 大会において、それぞれ大会において 11-12 演題が発表され、グローバルな視野を持つ若手研究者の育成にも大きく貢献している。

## 2. 今後の国際化に取り組みについて

「国際化」を推し進めるに当たっては、必ず本会の会員に益するものではなくてはならない。会員にとって有益なこととして、多数の研究報告が発表され、実りある研究者交流ができる大会の開催であり、また最新の研究情報が Plant Biotechnology 誌に掲載され、会員に随時提供されることが挙げられる。国内の会員数は減少傾向にあることを踏まえると、海外からの研究者の大会への参加の促進、また Plant Biotechnology 誌への投稿を増やし、質の高い論文を掲載することが、本会の「国際化」に求められる今後の課題である。そのためには、英語セッションの拡充はもちろんのこと、少なくとも口頭発表スライドやポスターを英語記述にすることは不可欠であろう。また学会の顔ともいえるべき Plant Biotechnology 誌を海外の植物バイオテクノロジー研究者にアピールする広報活動も必要である。どれも一朝一夕に進めることは難しいが、地道な取り組みが本会の持続的な発展に繋がると考える。

## 海外研究ネットワーク構築のすすめ

高橋秀樹 ミシガン州立大学



学会創立 40 周年おめでとうございます。さて、この度 40 周年記念誌を発刊されるにあたり、本学会会長の小泉先生から「将来の植物科学の研究分野を担う学会員の皆様へ向けて海外の研究室からメッセージを寄稿してください」との依頼をいただきましたので、私が所属するアメリカ合衆国のミシガン州立大学と研究室の紹介、また教育研究活動などについて著述します。

私がミシガン州立大学に着任したのは 2010 年ですので、今年で 11 年目になります。大学のメインキャンパスはミシガン州の州都ランシング市の隣のイーストランシングにあります。元々は 1855 年に農業大学として設立され、後に総合大学に発展した歴史ある大学です。現在、広く植物分野の研究全般を網羅する約 200 名の教授陣が教育研究活動に携わっており、植物科学の研究分野で伝統のある大学です。最近では日本人の学生や研究者が少なくなりましたが、本学会員の先生方の中には若い頃ミシガン州立大学で研鑽を積まれた方が何人もいらっしゃると思っています。

私の研究グループは、分子生物学及び分子遺伝学の研究手法を用いて、植物の根の発達を最適化するプロセス、主要栄養素である窒素と硫黄の輸送、シグナル伝達の分子メカニズムを解明することを目的として、代謝生理学と発生生物学の接点に焦点を当てて研究を進めています。私の研究室がある Molecular Plant Sciences Building は、所属学科の異なる 4-5 名の教授が約 1000 m<sup>2</sup> のフロア全体を共有するデザインになっています。建物の名の通り、全ての研究室が植物を扱った遺伝子レベルの研究を行っています。時には雑音をシャットアウトすることも必要ですが、他の研究室のメンバーとのコミュニケーションの中から新しい情報を取り入れ共有する機会に恵まれています。メンバーの国籍は多様で仕事の流儀も様々です。もちろん英語が共通言語です。移民で成り立っている国の縮図であり強みとも言えます。少なくとも私の周りでは、お互いの権利や良い意味での個人主義を尊重して研究室を運営しようと努力しています。そこには、日本独特の同調性の美徳のようなものはありませんが、

accountability や collegiality が求められます。

ミシガン州立大学は研究に重点をおく R1: Doctoral University ですので、大学院教育とそれに関わる科学論文の作成へのアプローチについて所感を述べたいと思います。御多分にもれず洋の東西を問わず大学院生が目指す将来像は様々です。大学や公的機関で研究開発の仕事をした人もいれば、企業の研究者を目指す人もいます。何れにせよ、Ph. D. の学位を取得することが彼らの第一目標となります。先づ、こちらの大学院生の場合、2 年目の終わり頃までに過去の知見と予備実験の結果をもとにして研究提案書を書く能力を審査されます。自分が向こう 3 年間に行う研究内容について 15 ページの研究提案書を提出し口頭試問を受けます。この予備審査に合格してはじめて集中して実験に取り掛かり、後に雑誌に投稿する論文を書いてめでたく学位取得という経路をたどります。その間には、学部教育のティーチングアシスタント、外部機関でのインターン、セミナーやワークショップの運営等の活動を通して視野を広げることが求められます。一研究室で彼らが行う研究は基本的には個人戦ですので、学内外の研究ネットワークを利用する機転が必要とされます。多少時間がかかって遠回りするようにも感じられますが、研究者個人の提案能力や論文作成の質を追求するアプローチとして私は肯定的に捉えています。大学院生→ポスドク→PI と立場が変わっても実践できる方法です。若手研究者の皆さんには 5 年後 10 年後の自分への投資だと思って積極的に海外の研究者とネットワークを構築することをおすすめします。

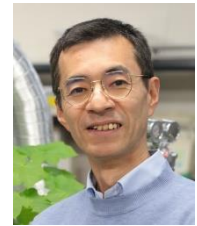
昨今の地球温暖化、食糧、健康、エネルギー等の地球規模の問題、さらには国連が掲げる SDGs (Sustainable Development Goals) を鑑みれば、植物科学の研究に携わる私たちへの期待は非常に大きいと考えられます。言うまでもなく、植物バイオテクノロジー学会はこれらの分野で重要な役割を果たしてきた、またこれからも果たすであろうと思われま。本学会員の皆様の益々の御発展と御活躍を祈念します。



## 植物バイオテクノロジーで国際協力を試みる！

明石 欣也

鳥取大・農



共同研究や調査などで発展途上国を訪問する楽しみの一つは、現地の気象風土に適応した珍しい植物を見たり食べたりすることではないでしょうか。育種の研究者の方々と一緒にアフリカのボツワナの視察出張に行ったことがあるのですが、専門家だけあって初めて直接見る植物群や昆虫群に大興奮し、私には雑草にしか見えなかった草むらに入り込んで長時間動かなくなり、往生したことがありました。また、同国のスイカ農家を訪問した際に、スイカを砕いて皮ごと樽に入れ、自然発酵させて作ったワインを飲ませていただきましたが、スムージーの様なとろみがあり、皮から抽出されたほのかな苦みがビールのホップの様に心地よく、アルコール度数も結構あって美味でした。スイカの種は自家採取で継代しているとのことでしたが、農家ごとにスイカの形態が実に様々でした。種を盗んだ云々という係争が農家間でしばしば起こるらしく、「牛が食べて糞として拡散した場合は罪にはならない」として、村の酋長が仲裁することがあるそうです。植物資源の価値を、農家が実感している証でもあると思います。

最近、植物遺伝資源を国家管理するという流れが強くなり、また遺伝資源に由来する利益について原産国は権利をもつという概念が広く知れ渡ってきました。植物バイオテクノロジー分野は、遺伝子特許や化合物特許などで宝の山を生みだすかもしれないということで、自国でこの分野の若手研究者を育成したいという話を、途上国の行政の方や大学の方からよく聞きます。また、途上国の研究所の実験室が、思いのほか分析機器が充実していて驚くことがあります。ただし、機器を購入したは良いが未開封で放置している残念な例や、電源供給が不安定でPCRや電気泳動が突然の停電で止まった、あるいは施設への送電線が盗まれた！といったことが頻発すると、ここで何かを分析するのはちょっと難易度が高いぞ、となります。

そこで遺伝資源を日本に持って帰って分析するということになるわけですが、諸手続きもさる

ことながら、その前提になってくるのが信頼関係かと思います。信頼関係を構築するため、研究に関するセミナーや、研究計画のプレゼンだけでなく、所轄官庁などへの表敬訪問、関連する係官との連絡調整、市民向けのワークショップ、さらに様々な会食などで個人的な相談事や自慢話を聞いたりなどすることになります。

ボツワナの出張中に、当国の大学の先生の自宅にバーベキューに招待され星空の下で火を囲み、宴たけなわとなったときに、同席したボツワナ人の若者が、故郷の自慢話をはじめました。

「俺の村の酋長は凄いパワーを持っているんだ」「へえ、どんなパワー？」

「俺の酋長は、人を呪い殺すことができるんだ」

どうやら彼はホラ話を吹いている様子ではなく、大真面目に信じている風です。魔術師がある程度信じられているお国柄でもあるので、私も真面目風に話を合わせていきました。

「そんなことがあったの？」

「そうさ、この前の村の集会で、酋長に歯向かって集会を退出した奴がいたんだが、集会場から出た瞬間に車にひかれて死んだんだ」

それは単なる偶然じゃないのか！というツッコミが私の頭をよぎりましたが、それを口にしてしまうと、今夜ホテルに帰れなくなるのではないかと心配になってきました。そこで、

「あなたの酋長は凄いね！」

と大絶賛して、無事にホテルに帰ることができました。

上の小噺はともかく、ボツワナとの国際共同研究はその後に遺伝子特許を生み、大激論などを経て、特許権収入の一部がボツワナ政府に入るようになりました。現在は鳥取大学の辻本先生がリーダーの SATREPS コムギプロジェクトの一員として、スーダンとの国際協力を実施中です。2020年はコロナ流行で直接の国際交流は制限されましたが、コロナの世界流行が明けたら、植物バイオテクノロジー分野で、様々な専門の方々とまた楽しい国際協力をしたいものです。

## 植物バイオテクノロジー：出会いと次世代へのバトン

岩瀬 哲

理化学研究所・環境資源科学研究センター



植物バイオテクノロジー学会に入会させて頂いた。自己紹介と未来への思いを綴りたい。

9歳の時につくば科学万博があった。茨城の藤代町（現取手市）に住んでいたこともあり、両親は何度も私を万博に連れて行ってくれた。あるパビリオンで見た、実が1万個も生る、たった一本のトマトの木の衝撃。水耕栽培で育てられたその巨木は、植物の能力を理解し利用することで凄いことができるという概念を私に強烈に植え付けた。さらに、「うまくいけば芽が出ますよ」と言われて土産にもらった小瓶にはニンジンの細胞塊が入っていた。これがカルスとの初めての出会いだった。待てど暮らせどカルスから芽は出なかったが、植物の能力を不思議に思う心とバイオテクノロジーへの期待は芽吹いたのだった。

翌年、私は何も考えずに手近にあった植物でお茶を作って家族に飲ませた。飲んだ全員が暫くしてげえげえ吐いた(n=3)。私もその一人であり、お猪口一杯程度のお茶で酷い眩暈と嘔吐が訪れたのを覚えている。程なく全員回復したのは不幸中の幸いだったが、植物の代謝産物に興味を持つきっかけとしては十分すぎる事件であった。将来は植物に関係する研究者になりたいと思った。高校生物の実験でカルスに再会して再生現象の凄さに実感を深め、また、週一の「自由研究」の時間には薬草の研究も進めた。

大学で門を叩いた細胞培養工学の研究室では、カルスを用いた有用物質生産を研究テーマの一つにしていた。私の研究テーマは、組織を直接培養することで有用物質の生産を上げることが出来ないかというもので、それ以来、ハサミで植物を切り刻むことを仕事にしている。研究室の書棚に置かれていたのが、「植物組織培養」誌だ。時折ニチニチソウのアクの強い、逞しい匂いの残る手でページをめくり心躍らせた。様々な植物種の組織培養の手法や応用展開のみならず、メカニズムを解き明かす研究も多かった。もが

いている自分自身の研究に大きなヒントをくれただけでなく、分子機構への興味も花開かせたのだった。研究の方向を基礎寄りシフトさせた私は多くの良い出会いにも恵まれ、カルス化や再生に関わる転写因子や分子機構を発見することができた。万博で渡されたカルスの小瓶が、世代を超えて研究を繋ぐ科学の営みのバトンだったのだとやっと気づいた。そしていつの間にか、そのバトンをどのように次世代に渡していけるのかを考える年齢になっている。

言うまでもなく、食糧、エネルギー、環境問題が切迫している現代において、植物バイオテクノロジーが果たすべき役割は極めて大きくなっている。組織培養に限っても、ゲノム編集技術の興隆とともにさらなる拡充が必須になっているし、環境低負荷で複雑な構造の化合物を作るには常温常圧下で反応を進める組織や細胞の力を借りるのが一番良い。若い人達に、より一層興味をもって研究に参画してもらうためには、まず学術分野そのものの重要性と学会の魅力を知ってもらわなくてはならない。「植物組織培養」や「Plant Biotechnology」誌を眺めて常に思うことは、この学会の研究者達はこれまで基礎から応用まで幅広く、ユニークかつ面白い研究で世界をリードしてきたということだ。重要な試みや発見はおおよそ先輩達によって既になされていると思うことも多い。しかし、もうやることはないのかと言えばその逆で、植物の営みが分子レベルからよりクリアに見えるようになり、様々な技術革新を経た今だからこそ掘り起こせる基礎研究や実用化に近づける応用研究は山ほどある。発信できる魅力は既に十分蓄えられている。一研究者として、植物の能力や細胞の不思議を組織培養から理解し利用して、面白いと思ってもらえるような研究をしたい。また、拝命した広報の役割を通じて、この分野と学会の魅力を広く発信し、若い人たちに植物バイオテクノロジーのバトンを着実に繋いで行きたい。

## 企業から見た産官学共同研究とカネカの取り組み

田岡 直明

株式会社カネカ アグリ・バイオリサーチセンター



弊社では2010年に食料生産支援領域を重点領域と定め、植物バイオテクノロジーの研究開発に取り組むこととしました。ただ、農業は全くの新分野であったため、まずターゲット作物をコムギと定め、遺伝子導入技術の開発から始める方針とし、当時、北海道農業研究センターでコムギの研究をされていた今井亮三先生との共同研究を開始しました。また、従来のアグロバクテリウム法ではなく、コムギを用いて「どんな品種にも遺伝子導入できる技術」の開発を目指しました。挑戦的な課題であったので、しばらく結果の出ない時期が続きましたが、産学が密に連携することで植物個体に遺伝子を直接導入する技術（iPB法\*1）の開発に成功しました。

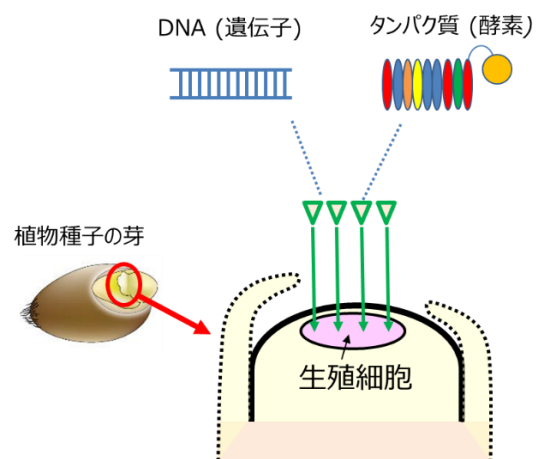
一方、ゲノム編集に注目が集まり始めた2014年、本分野の第一人者であった土岐精一先生から戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）次世代農林水産業創造技術「新たな育種技術（NBT）の改良・開発」への参加を勧められ、ゲノム編集技術の共同研究を開始しました。この共同研究では、筑波拠点からのサポートを受けながら、コムギを用いてiPB法のゲノム編集技術への適用を実証できました。コンソーシアム内では本技術の他作物種への利用検討も進み、また、この連携を起点とした新しい共同研究も複数立ち上がっています。

日本植物細胞分子生物学会（現：日本植物バイオテクノロジー学会）においても、これらの成果を評価頂き、「茎頂メリステムをターゲットにした培養不要で汎用性の高い遺伝子改変技術の開発」に関し、2018年度技術賞を受賞することができました。本技術を用いることで、従来の遺伝子導入技術では必須であり、時間を要していた組織培養が不要となり、育種プロセスを大幅に簡略化できます。今後は、高精度な遺伝子改変（塩基置換等）、適用作物の拡大（大豆やトウモロコシ、ジャガイモ等）、等により当技術を更に高度化しながら、育種現場での実用化を進めていきます。

今回の共同研究は産官学の連携が上手く進んだ好例ではないかと思えます。異分野への新規参入、特に初期検討においては、新分野に精通したアカデミアの技術と経験が、難しい課題のブレイクスルーに大きな力となります。また、長期間かかる植物バイオの基盤技術開発を企業単独で完結することは難しく、産官学で基礎ステージと応用ステージとを役割分担することが、結果的に効果的な社会実装にも繋がります。

植物バイオの分野に限らず、研究開発の壁はますます広がり高くなっています。産官学連携では、知財の取り扱い等が課題となることもありますが、今後も弊社はオープンイノベーションを積極的に活用していきます。

\*1：in planta Particle Bombardmentの略。芽の生長点にある生殖細胞（花粉、胚珠等）に遺伝子導入する技術。





## 組織培養

氏名 田部井 豊

所属 農研機構企画戦略本部新技術対策課



植物研究における組織培養は、植物の形態形成や物質代謝などの基礎的な研究から、遺伝子組換え技術やゲノム編集技術への応用、さらに作物育種や有用物質の生産等の実用場面まで、不可欠な技術である。日本植物バイオテクノロジー学会の始まりは、「日本組織培養学会」であったことから、組織培養は本学会の礎でもある。本稿では、組織培養の発展と本学会の歴史、さらに組織培養技術を残すための取組を紹介する。

組織培養の研究は、20世紀初頭に始まった。植物細胞には分化全能性があることが提唱されていたが (Haldebrandt 1902)、カルスから不定芽分化が確認されたことで (White ら 1939)、それが証明された。さらに、Steward ら (1958) と Reinert (1959) は、ニンジンのカルスから体細胞胚を誘導した。

組織培養の効率化を図るため、植物ホルモンの種類や量比の検討と同時に、多くの基本培地が検討された。その中で、現在最もよく利用されている MS 培地はタバコの髓細胞培養での栄養分の濃度を最適化した培地として報告されたものである (Murashige & Skoog 1962)。その他、ダイズの根端細胞の培養のために検討された B5 培地 (Gamborg 1968) や N6 培地 (Chu 1978) など多くの培地があるが詳細は他の著書等に譲る。

組織培養研究では、多細胞で構成される組織からの再分化に留まらず、単一細胞の分化全能性も検討され、プロトプラストから植物全体を再生することで、それが証明された。次いで、植物の組織・細胞培養は、特殊な代謝物の生産や、樹木や作物、園芸植物 (特にラン) のマイクロプロパゲーションなど、産業目的に発展した。

日本では、これらの研究の発展を目的に、日本植物バイオテクノロジー学会の前身となる組織・細胞培養を研究する研究会が組織された。この研究会は、1968年に植物細胞培養に関する最初のシンポジウムを開催した。1986年時点で、国際植物組織培養学会の会員 2894名のうち 731名が日本人であり、日本の研究者が組織培養や細胞培養の重要性を理解していたことが伺える。

### 植物組織培養による有用物質の生産

植物は生理活性が大きく異なる構造異性体などを含む複雑な代謝産物を生合成している。有用な植物性代謝物の化学合成が困難である場合、通常、植物から抽出するが回収率が低いことが多い。このような特殊な植物性代謝物は、特定の植物種の一部の組織や器官だけで生合成されて蓄積されることが多いため、その組織を大量培養することで効率的に有用物質を回収することが可能となる。1950年代後半から1960年代前半にかけて、植物組織培養による有用物質の生産が注目されて、例えば日本では、1984年にカネボウ (現・カネボウ化粧品) から「BIOリップスティック」が販売されて大ヒットとなった。この口紅には、古来より染料や生薬として利用されてきた希少な「シコニン」が含まれており、その生産には紫根の培養細胞の大量培養が使われた。

### 遺伝子組換え技術やゲノム編集技術への利用

Cohen ら (1973) は異なる種の DNA を結合させ、それを大腸菌に導入することに成功した。これが現代の組換え DNA 技術とはじまりとされている。1984年には遺伝子組換えタバコが報告された (De Block ら 1984, Horsch ら 1984)。その2年後には米国において遺伝子組換え植物の野外実験が行われた。1994年には、日持ち性を改良した遺伝子組換えトマト品種 (Flavr Savr) が販売され、1996年以降、米国を始め世界各国で除草剤耐性ダイズやナタネ、害虫耐性トウモロコシなどの遺伝子組換え作物が商業的に栽培されるようになった。遺伝子組換え作物の作出には、アグロバクテリウム法やエレクトロポレーション、パーティクルボンバードメントなどがあるが、ごく一部を除いて組織培養が不可欠である。近年、ゲノム編集技術の利用が急速に広まっている。植物のゲノム編集技術も一部の手法を除いて基本的には組織培養を必要としている。このような状況において、組織培養の必

要性・重要性はますます高まっている。

バイオテクノロジー研究の重要性から、日本でも各省庁による遺伝子組換え作物開発研究プロジェクトが推進された。しかし、経済状況の悪化や遺伝子組換え食品に対する反対等から、遺伝子組換え作物の実用化や社会実装のための研究は2004年頃から停滞している。

#### 組織培養技術の継承

かつては大学や国立研究開発法人、各都道府県の研究所において、様々な植物種で組織培養や遺伝子組換え技術の開発が進められていた。しかし、前述した状況で、特に都道府県におけるバイオテク研究が下火になり、重要な作物種の培養技術などの継承が困難になった。

すでに確立された培養技術を伝えるために、拙著「形質転換プロトコール」(化学同人社)を取りまとめさせていただいた。本学会も新たな作物における培養系や形質転換系、さらにゲノム編集技術の開発に供する情報提供として、学会大会(2016~2019年)において、シンポジウム「難培養植物への挑戦と新たな形質転換系の開発に向けて」を開催した。さらに、学会誌2020年37巻2号において、「Technology in tissue culture toward horizon of plant biotechnology」とする特集号を発行した。本特集号では、8種の作物(トウモロコシ、ユリ科植物、カボチャ、スギ、トールフェスク、リンゴ、ブドウ、チャ)の培養系と形質転換条件及びタバコのプラスチック形質転換を紹介している。さらにゲノム編集法としてiPB法やTALENの一過的発現によるゲノム編集、シングルガイドRNAにより複数箇所を切断する編集技術も紹介している。他には、ジャガイモのマイクロチューバーによる増殖技術、スギのエンブリオジェニックカルの低温保存、ゲノム編集による変異の検出法など、多くの話題が掲載されている。

現在、本学会の創立40周年記念事業として、さらに多くの作物種における培養技術を取りまとめたプロトコール集の作成を進めている。これらが、学会員はじめ多くの研究者の方々が、新たな作物で培養系やゲノム編集系等を開発する際の参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- Cohen S, Chang A, Boyer H, Helling R (1973) Proc Natl Acad Sci USA 70: 3240–3244
- De Block M, Herrera-Estrella L, Van Montagu M, Schell J, Zambryski P (1984) EMBO J 3: 1681–1689
- Gamborg OL, Miller RA, Ojima L (1968) Exp Cell Res 50: 151–158
- Haberlandt G (1902) Sitz-Ber Mat Nat Kl Kais Akad Wiss Wien 111: 69–92
- Horsch RB, Fraley RT, Rogers SG, Sonders PR, Lloyd A, Hoffmann N (1984) Science 223: 496–498
- Murashige T, Skoog F (1962) Physiol Plant 15: 473–497
- Reinert J (1959) Planta 53: 318–333
- Steward FC, Mapes MO, Mears K (1958) Am J Bot 45: 705–708
- White PR (1939) Bull Torrey Bot Club 66: 507–513

## 新しい遺伝子導入技術の拡がり

沼田圭司

理化学研究所・環境資源科学研究センター/京都大学・工学研究科



植物バイオテクノロジーを利用した物質生産は幅広い分野において利用が検討されている。植物や光合成生物を利用した物質生産の標的物質として、生理活性物質、高付加価値化合物、および環境循環型素材などが候補として挙げられる。近年では、二酸化炭素を固定化し利用する技術 (Carbon Capture Utilization, CCU) としても、植物をはじめとした光合成生物に関連したバイオテクノロジーの利用が検討されている。これらを効率よく進めるためには、核ゲノムの改変だけでなく、葉緑体やミトコンドリアが持つゲノム (オルガネラゲノム) の改変も重要となる。また、ゲノム編集ツールの CRISPR-Cas9 を ribonucleoprotein (RNP) の形で細胞内に導入するためには、核酸だけでなくタンパク質の導入技術も必要である。

ナノサイエンスや化学の分野においても、植物細胞を標的とした遺伝子導入や、タンパク質導入による細胞改変などに関する報告が年々増えている。カーボンナノチューブを利用した導入方法や、遺伝子銃の金ナノ粒子に代わるナノ材料に関する研究例が多い。特に、カーボンナノチューブを用いた材料化学では、植物細胞への遺伝子導入に限らず、葉緑体への遺伝子導入や、植物ホルモンを標的としたナノセンサーとしての応用も報告されている。また、RNP の末端に機能性の配列を追加することで、細胞内に効率良く導入する手法が報告されており、RNP を利用したゲノム編集に対するハードルを大きく下げることが成功している。

改変する植物材料としては、植物受精卵、カルスなどの未分化細胞、そしてメリステムなどの利用が検討されており、遺伝子や RNP を導入した後の分化や評価を容易にすることに成功している。このように、植物細胞への遺伝子や生体活性物質の導入には、導入技術と植物材料という両輪からの工夫とアプローチが必要である。植物科学と化学、または材料科学との境界領域における研究は、先進国と途上国の区別なく、急速に拡がっている。

筆者らは、宇都宮大の児玉らと共に、複数の機能を有するペプチドを利用した植物への遺伝子導入法として、「ペプチド法」を提案している。既存の技術との比較や、欠点、詳細なプロトコールなどについては、他の総説などに譲る。核酸である RNA (mRNA/dsRNA) や DNA (プラスミド/PCR 産物) に限らず、タンパク質や、RNP なども送達できることを報告している。プラスミド DNA を送達する場合を例にとると、特殊なアミノ酸配列を有するペプチドと DNA 水溶液を混ぜ合わせることで、イオン性相互作用によりペプチド-DNA 複合体を調製する。植物へ複合体水溶液を導入 (湿潤、減圧処理、もしくは噴霧処理など) することで、DNA を植物細胞内に送達することができる。また、表面電荷を示さないタンパク質や RNP を導入する場合には、PICsome と呼ばれる中空型のベシクルが有効であることを報告している。

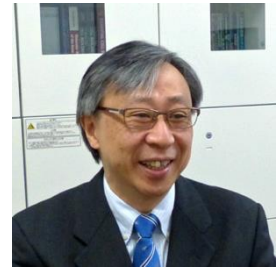
ペプチド法によりオルガネラを改変する研究例も増えてきた。葉緑体外包膜への移行配列を含むペプチドを用いて、葉緑体への DNA の導入を報告しており、複合体が葉緑体外包膜に吸着し、取り込まれる様子が観察されている。また、葉緑体ゲノムと相同配列をもつプラスミド DNA を利用して、外来遺伝子を葉緑体ゲノムに挿入することにも成功している。さらに、ミトコンドリア移行配列を利用することで、植物ミトコンドリアへの選択的な導入とゲノム改変も達成されている。現在は、選抜システムなども含めて、このオルガネラ形質転換を普遍的に使える技術として展開するために研究を進めている。近年、ドイツの Max Planck Institute の研究グループがミトコンドリア改変細胞の選抜マーカー候補を提案し、東京大学の有村らが TALEN を利用したミトコンドリアゲノム改変を報告している。今後も世界各国から、オルガネラに関する植物バイオテクノロジーが報告されることが期待され、更なる展開が非常に楽しみである。



## 植物の幹細胞研究

梅田 正明

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科



動物は受精後すぐに多能性をもつ幹細胞を失います。成体には組織幹細胞（成体幹細胞）が存在しますが、これらは限られた細胞タイプに分化する能力しかもたないため、主に組織の修復や恒常性維持に働きます。一方、植物の多能性幹細胞は一生を通じて分裂組織の中で維持され、腋芽のような新たな幹細胞集団を生み出します。そこから新たな器官が作られ、幹細胞集団がさらに増えていくので、植物の成長は止まることはありません。このように考えると、動植物の成長様式の違いは幹細胞のあり方の違いに起因すると言っても過言ではありません。

しかし、植物の幹細胞と言ってもその種類は様々です。茎頂の幹細胞は多能性幹細胞と言って問題ありませんが、根端の幹細胞は特定の細胞タイプのみを作り出す性質をもっているため、組織幹細胞に近いと言えます。一方、側根が作られる際には内鞘細胞の脱分化が起きます。これは側根を作り出す複数種の組織幹細胞を新生する前段階なので、一定の初期化（リプログラミング）が起きていると考えられます。内鞘細胞自体が潜在的に多能性を有していると考えられる研究者もいますが、その議論はここでは避けたいと思います。いずれにしても、植物体内には様々な未分化程度の細胞が存在し、それらが時空間的に厳密に制御されることにより幹細胞として機能し、時として新たな幹細胞を生み出しているのです。

それでは、細胞の未分化状態はどのように制御されているのでしょうか？ 多くの人は、分裂活性が高いと分化程度が低く、分裂活性が低下すると分化する、というように、ちょうどシーソーの左右に「分裂」と「分化」を置いたような図式を思い浮かべるとと思います。しかし、細胞分裂と分化は相対的に理解できるものではありません。例えば、私達は以前、サイクリン依存性キナーゼ活性を誘導的に下げる実験を行ったことがあります。そうすると細胞分裂が停止するよりもはるかに早く分化が進行することがわ

かりました。つまり、細胞分裂が停止した結果分化が進行するわけではないということです。また、未分化な幹細胞は器官原基の細胞よりも分裂速度が遅いことが知られています。これも細胞分裂と分化をシーソーの両側に乗せて考えてはいけないことを如実に示しています。1細胞解析技術が急速に進んでいるので、今後は植物細胞の分化状態についてもクロマチンレベルの視点で議論できるようになるでしょう。その結果、細胞の初期化や全能性・多能性について共通原理の理解が深まり、得られた知見を様々な植物種の組織培養技術に応用することも可能になると考えられます。

植物の幹細胞はDNA損傷に曝されると死滅します。幹細胞の周囲の分裂細胞は死なないので、これは幹細胞に特異的な現象です。この際、幹細胞に隣接する形成中心の細胞が分裂を活性化させ、新たな幹細胞を生み出します。このような幹細胞の再生現象は低温ストレスでも観察されており、ストレス下で植物が生き抜くための重要な戦略と考えられます。最近の研究で、幹細胞の再生だけでなく、幹細胞の維持・新生にも細胞間コミュニケーションが重要な役割をもつことが明らかになりつつあります。また、ホルモンシグナルの相互作用が組織内で位置情報を与え、幹細胞の挙動を制御する例も報告されています。このような知見が蓄積すれば、植物体内で幹細胞を自在に制御することも可能になると考えられます。幹細胞は器官成長の元となり、植物の形態やバイオマス生産を大きく左右します。したがって、幹細胞を人為的に操作する技術開発は、食糧増産や低炭素社会の実現といった社会的課題の解決に光明をもたらすはずです。今後、動植物の幹細胞の特性比較を通してさらに大きなブレイクスルーが生まれれば、医療分野に貢献することも夢ではないでしょう。私はそれぐらいの期待度をもって、今後の植物の幹細胞研究に注目していきたいと考えています。

## 植物二次代謝に関する最近の話題

山崎真巳

千葉大学・大学院薬学研究院



植物二次代謝は生物に共通の重要な生命現象には関与しない“付随的なもの”と長い間考えられてきました。その一方で、二次代謝産物には阻害剤や殺菌剤、細胞毒等の著しい生物・生理活性をもつ代謝物が多く、医薬品資源として有史以前から人類に利用されてきました。近年、多様な二次代謝産物が植物自身の生存戦略のために不可欠な役割を果たし、複雑な生物間相互作用に関与して生態系を支えていることが分子レベルで次々に明らかにされ、その重要性が再評価されています。そして最近ではよりポジティブな意味を込めて specialized metabolism (特化代謝あるいは特異代謝) の語がよく使われるようになりました。現在、多くの植物種のゲノム解読が進み比較ゲノム学から二次代謝の分子進化のしくみが明らかにされつつあります。

進化の過程で代謝が多様化するためにはいくつかの条件が必要です<sup>1)</sup>。まず、複雑な化合物を生産するために多段階の反応に関与する複数の因子が同時に同じ場所で発現しなければなりません。さらにその場に基質が供給され、酵素タンパク質が触媒作用を示すことが必要です。二次代謝の触媒酵素は普遍的に存在する一次代謝の酵素を祖先として分子進化してきたと考えられます。一次代謝では基質も生成物も厳密に定まっていますが、その基質特異性が緩くなり複数の生成物が生じることが、二次代謝経路が派生するきっかけとなります。また、遺伝子重複により、もとの一次代謝活性を失い全く新しい機能をもつようになった酵素が現れることにより二次代謝が拡張される例も多く、これらの重複遺伝子が近傍に存在する遺伝子クラスターも数多く発見されています。

遺伝子重複による二次代謝拡張の例として、植物で最もゲノム研究の進んだシロイヌナズナでエコタイプ等の自然変異体のコレクションについて網羅的な二次代謝成分の分析が行われ、紫外線の強い地域に生息する自然変異体のみが

特異的なフェニルアシルフラボノイドのサイギノールを生産し、その生合成遺伝子を有することが明らかになりました<sup>2)</sup>。サイギノールには有害な紫外線から花を守る作用のあると考えられ、遺伝子重複による代謝拡張によって苛烈な紫外線の強い環境で生き抜いてきたことが示唆されました。

一方、リジン由来アルカロイド生合成経路の分子進化は、遺伝子重複を伴わない代謝拡張の例です。マメ科のルピナス属やスイレン科およびヒカゲノカズラ科植物は、塩基性アミノ酸のリジンを前駆体として化学多様性と生物活性に富むアルカロイドを生産します。これらの植物は、オルニチン脱炭酸酵素(ODC)から分子進化して基質特異性が緩くなった二機能性のリジン/オルニチン脱炭酸酵素(L/ODC)をもちます。これらの酵素にみられる共通のアミノ酸置換が二機能性の原因であり、独立した種の間で収れん進化したことが示唆されました。この酵素をシロイヌナズナに導入するとリジン由来のアルカロイドが生産され、二機能性酵素の存在がアルカロイド生産への代謝拡張に関与することが示されました<sup>3)</sup>。

植物のゲノム解読の進展により、今後情報科学による二次代謝研究が加速されると期待されます。すでに深層学習に基づく配列情報からの予想、共発現解析ならびに遺伝子クラスター解析などが多くの種で始まっています<sup>4)</sup>。

### 参考文献

1. Leong and Last, *Curr. Opin. Struct. Biol.* 47, 105-112 (2017)
2. Thoge et al., *Nature Comm.*, 7, 12399 (2016)
3. Shimizu et al., *Plant J.*, 100, 505-521 (2019)
4. Mutwil, *Curr. Opin. Plant Biol.*, 55, 38-46 (2020)

# メタボロミクス 20 年の歩みと 植物バイオテクノロジー研究への貢献

草野 都

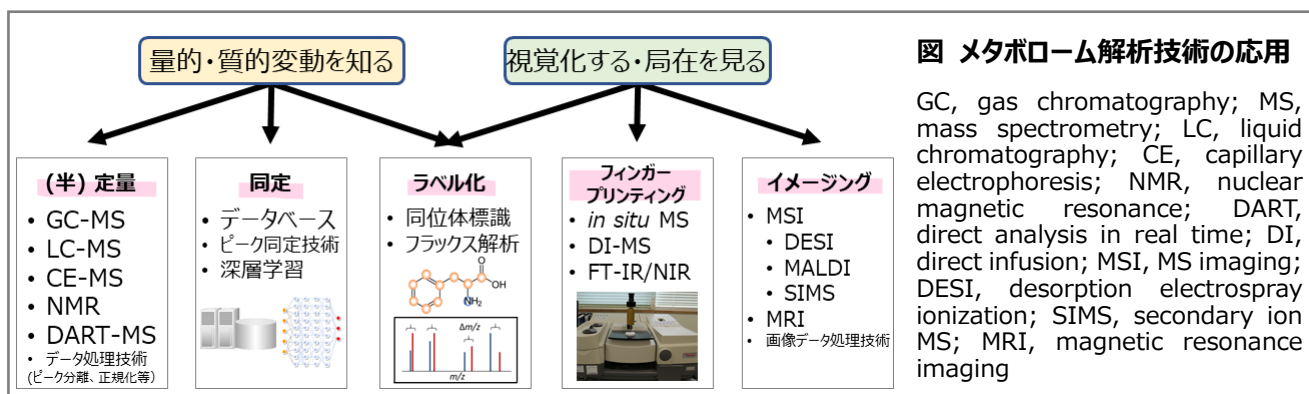
筑波大学・生命環境系



代謝物は、生物の代謝を介して生産されるあらゆる低分子有機化合物を指し、個々の代謝物が有する物理化学的性質は多種多様です。メタボロミクスは代謝物総体を科学する研究分野です。ヒトの健康を包括的に理解するという観点から、本分野は臨床の現場から発展しました (Horning and Horning, 1971)。一方、植物が生産する代謝物に関する研究として、糖類やアミノ酸等植物が光合成や窒素代謝を介して同化する代謝物にフォーカスした分析や、植物ホルモンに代表される生理活性物質やヒトの生活を豊かにする機能性成分を対象とした研究が行われてきました。1986年に発明されたPCR法に代表される分子生物学的研究技術の飛躍的革新、2000年にモデル植物シロイヌナズナのゲノム解読の完了を受け、転写制御因子等の遺伝子機能同定が植物科学世界を席卷します。時を同じくして、2000年にポストゲノム科学の一端を担う植物メタボロミクス論文が発表されました (Fiehn et al., 2000)。その後、植物科学分野の研究者が中心となり、メタボロミクスの国際化を進めることとなります。第1回は2002年オランダのワーゲニンゲンでPlant Metabolomicsが開催されました (2010年からMetabolomics Societyに統合)。2008年には横浜で第5回International Conference on Plant Metabolomicsが開催され、大成功を収めました。現在もメタボローム解析技術を用いた研究成果が国内外で数多く発表されています。

代謝物は「化合物」であり、構造そのものが情報となります。メタボローム解析技術は、基本的に複雑な有機化合物構造決定に必要な分析機器を利用しています。ちなみに、メタボローム解析で用いられる「化合物」を分離する技術であるクロマトグラフィー、「質量電荷比」を分離する技術である質量分析法、原子の結合状態を観測する核磁気共鳴法は、ともに1900年代初頭に開発されたものであり、100年以上の時を経てもなお要の技術として活用されています (図)。また、メタボローム解析で欠かせないのが、データ処理やピーク同定技術に代表されるようなコンピューショナルな手法開発です。これらの技術革新により、近年では代謝物のイメージングや深層学習の利用、生合成経路予測など新たな研究が展開されています。

本学会の研究分野は一次代謝や二次代謝、有用物質生産が含まれており、メタボロミクスとの親和性が非常に高いと言えます。植物の環境応答や遺伝子組換え植物研究分野にもメタボロミクスは多用されており、最近ではsingle-cell metabolomicsのように細胞そのものを対象にした研究にも応用されつつあります。植物種を問わずにメタボローム解析を適用できることも強みです。次世代植物バイオテクノロジー研究推進のためのツールとして、多くの方にメタボロミクスに対し興味を持っていただけると幸いです。



**図 メタボローム解析技術の応用**

GC, gas chromatography; MS, mass spectrometry; LC, liquid chromatography; CE, capillary electrophoresis; NMR, nuclear magnetic resonance; DART, direct analysis in real time; DI, direct infusion; MSI, MS imaging; DESI, desorption electrospray ionization; SIMS, secondary ion MS; MRI, magnetic resonance imaging



## 高速 DNA シーケンサーの技術進展と植物ゲノム研究

矢野 亮一

農研機構・高度分析研究センター



2000年代後半に登場した高速 DNA シーケンサー（通称：next-generation DNA sequencer, NGS）は、今日ではゲノム配列解析のみならず、トランスクリプトーム（RNA-seq）や DNA 修飾・クロマチン構造解析（メチローム, ChIP-seq, Hi-C）、マイクロバイオームに至るまで、様々な場面での活用が広がっている。最も汎用的な NGS プラットフォームといえば、イルミナ社 HiSeq/Novaseq® に代表されるショートリード型 DNA シーケンサーであるが、これらでは 150-300 bp をペアエンド形式で大量シーケンスできる。ショートリード NGS は SBS (sequence by synthesis) 方式を採用しており、鋳型 DNA に標識ヌクレオチドを取り込む都度、伸長反応をストップし、一次データを取得する。最大の特徴は安価に多系統の DNA シーケンシングをおこなえることで、イネやダイズ、トマト、メロンといったゲノムサイズ 400 Mb~1 Gb 程度の実用作物では、1 系統あたり 3~7 万円のコストで対ゲノム 10~20 倍量程度のデータ取得が可能になっている（2021 年 2 月現在）。リシーケンス解析では「ゲノムリファレンス（参照ゲノム配列情報）」に解析対象個体のリード配列をアライメントすることで、主に一塩基多型や短い挿入・欠損多型を中心に DNA 多型情報を数万~数十万単位で一斉取得する。今日では数百系統の遺伝資源・品種の DNA 多型情報を一斉解析してデータベース化する取り組みが世界的に進展しており、表現型情報との組合せによるゲノムワイド関連解析や、既知の重要形質関連遺伝子（例：病害抵抗性遺伝子）のアレル判定などに活用されている。このような DNA 多型情報データベースは従来の選抜育種の効率化のみならず、将来的なゲノム編集育種においてもサポート情報として活用されることが期待される。

一方、ショートリード NGS に加えて普及が進んでいるのが、Pacbio や Oxford Nanopore などのリアルタイム DNA シーケンサーである。特にナノポアは一次情報を電気シグナルに代える

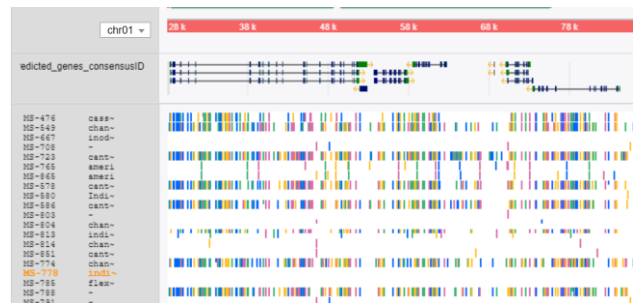


図 1. 多系統の DNA 多型情報を web ブラウザで閲覧可能にしたデータベースの例

ことで、手のひらサイズのデバイス化に成功した。Pacbio もナノポアも SBS のように塩基毎に反応を止めることなくシーケンスする方式であり、数十 kb のロングリード・データを取得可能である。最近では、HiFi (Pacbio) やディープラーニングを採用したベースコーラー（ナノポア）によって、塩基配列データの正確性も上昇している。それぞれ一長一短があり、解析対象ゲノムの性質（自殖か他殖か、二倍体か倍数体か等）によって使い分けが必要と考えられるが、新規にゲノムアセンブルを行う際はいずれもロングリードの活用が一般的となっている。現在では 1 系統 200-300 万円のコストでゲノムリファレンスを新規に構築することも可能であり、一つの植物種に複数のリファレンスが報告されるのは、もはや一般的になりつつある。マルチ・ゲノムリファレンスによる比較ゲノム研究も進展しており、リシーケンス解析では分かりづらい構造多型（遺伝子コピー数の違いやトランスポゾン挿入の有無、転座領域など）の重要性が明らかになりつつある。

ゲノムレベルの研究は個人でも行える時代に入っているが、増え続けるデータをどのように活用するかは課題も多い。ビッグデータの一元管理も重要であるが、一方では解析技術の多様化も進んでいる。日本は他の先進諸外国に比べてバイオインフォマティクス人材が不足しているため、この分野における人材育成は喫緊の課題であると考えられる。

## 転写制御ネットワーク研究について考える

池田 美穂

埼玉大学大学院理工学研究科



学会創立 40 周年、誠におめでとうございます。学会を支えてこられた多くの先生方に感謝し、お礼申し上げます。

さて、今回、転写制御の話題で執筆をというお話をいただき、私の最初の研究テーマ「ニンジン不定胚形成因子の転写制御の解析」を思い出しました。1997 年当時、私のこの研究は遅々として進まず、今考えれば、我々には、情報とツールが足りていませんでした。ゲノム情報もトランジェントのアッセイ系もない中で 2003 年に本学会の学生奨励賞をいただけたのは、ひとえに、ニンジンゲノムライブラリー作成など、様々な実験を立ち上げてくださった先輩方と先生のおかげでした。

他の研究も同様と思いますが、転写制御研究にはツールが大切です。2004 年、産総研の高木優先生の研究室に参画し、整備されたゲノム情報や転写因子ライブラリー、トランジェントアッセイ系や CRES-T 種子ラインが使えるようになり、私はモデル植物の便利さと、多くのツールの重要性を痛感しました。

今日の転写因子研究の進捗に特に貢献したツールは、松井南先生の Fox Hunting System と高木優先生の CRES-T だと思います。完全長 cDNA 情報から個別に構築されたこれらの転写因子ライブラリーによって、発現量が少なく解析が難しいという転写因子研究のネックは解消されました。Fox Hunting は過剰発現、CRES-T は機能抑制の表現型をドミナントに誘導し、転写因子の機能重複の問題も解決。多様な重要因子の発見につながりました。

現在はさらに多くのツールと情報が、転写因子研究の利便性を飛躍的に高めています。マイクロアレイから開始したトランスクリプトーム解析は RNAseq によって性能を増し、DAPseq 情報 (in vitro でプロモーターに結合する因子の情報) や、miRNA、エピジェネティックの情報など、多くの情報がパブリックデータに整備されて、容易にアクセスできます。実用作物を含め、

多様な植物種のデータも公開されつつあり、今後も作物情報の整備が進むことが期待されます。

さて、植物の転写制御を研究していると、その緻密さに目を奪われます。私にとってその 1 つが転写抑制因子です。転写抑制ドメインを有する抑制因子候補はシロイヌナズナで 430 個余、数値上は全転写因子 (2000 個) の 2 割超存在し、転写活性化因子とセットで、アクセルとブレーキのように転写を調整すると思われます。転写抑制因子の分解による迅速な転写活性化システムは植物ホルモン応答などで見られます。

他にも、転写因子の活性を制御するシステムとして、熱応答時の HsfA のような細胞内局在変化や、リン酸化などによる活性制御、miRNA などによる分解制御、HLH のようなヘテロダイマー形成を介した拮抗阻害など、多様なシステムが時空間的に緻密な転写制御を可能にしています。

転写制御は緻密であり、かつ、柔軟で、頑健でもあります。遺伝子改変で 1 つの遺伝子の発現を増やせば、その重複遺伝子は発現が抑制され、分解系や、拮抗抑制因子、メチル化を使った恒常性維持システムが機能します。植物は網目のような転写制御ネットワークを使って巧妙に体内のバランスを維持し、容易には形質を変えません。釈迦に説法ですが、この知識は応用にも重要です。必要な形質変化を過不足なく誘導するには、転写制御ネットワークを知り、改変ポイントを見極めることが必要と私は感じます。

今回、執筆にあたり、CRES-T 法を用いた論文を検索したところ、想定よりも実用作物の論文が少ないのが印象的でした。転写因子は種間での機能の保存性が高いとされ、応用が期待されつつも、まだ、その域に至らないのが現実なのかもしれません。次の 10 年間、モデル植物の転写制御ネットワークの知識と実用作物の形質を見比べて、汎用的システムと個別システムの境目を見極めつつ、実用的な応用方法を模索していかなければならないと私は思うのです。

## 花の研究をはじめよう！

大坪 憲弘

京都府立大学大学院・生命環境科学研究科



大学で研究室に入って最初に扱った植物はヒマワリでした。発芽後 7-8 cm くらいまで伸びた胚軸を 1 cm 程度の長さに切り分け、寒天培地に立てて上端にアグロバクテリウムを 1 滴、周囲に飛び散らないように慎重に載せます。2 週間程度で切り口にカルスの増殖が観察されますが、これがいわゆるクラウンゴールです。緑色が強く硬い、いわゆるコンパクトな形質転換カルスを選抜しつつ増殖させ、導入遺伝子の発現解析に用いました。形質転換細胞から植物体を再分化させて表現型に与える影響を調べるといった研究が身近な花で一般的になったのはそれから 10 年以上経ってからのことです。

花卉園芸植物には他の植物種にない研究材料としての特徴（アドバンテージ）が数多くあります。組織培養が容易で多数の植物種・系統で形質転換系が確立されている、形質変化が目で見えてわかりやすい、形態形成や色素の研究が進んでいる、遺伝子組換え植物が実用化されている、対象となる形質が多岐にわたるなど、枚挙にいとまがありません。古くは江戸時代から庶民に愛好され、生活の質の向上や癒やしの効果を持つなど、一般の方にもなじみやすく身近な植物である点も重要です。教育やアウトリーチ活動のツールとしても使いやすく、好感度が高いことから遺伝子組換えやゲノム編集における先導的な役割が期待される場面も多々あります。遺伝的に固定されていないものが大半を占めるため遺伝学のツールとしてはシロイヌナズナに譲りますが、さまざまな繁殖形態のものが実用化されており、育種の観点から形質改変のアプローチを模索する楽しみはやはり実用植物ならではのです。花のバイオテクノロジーは日本が世界をリードしていると思っていますが、その割に研究人口は多くないようで、横のつながりが強く情報共有がしやすい、分野外の研究者とも関わりをつくりやすいことも特徴として挙げられます。一方、花は育種の対象としては他の作

物とは違った側面を持っています。例えば多くの作物の場合、「たくさん獲れる」、「美味しい」、「虫や病気に強い」などが主な目標形質となりますが、花の場合は「美しい」、「種類が多い」、「長く楽しめる」、「香りが良い」などが加わり、用途も多様でニーズの変化も早いのが特徴です。「花の業界ではその年ごとの流行を的確に把握して適切な時期に出荷できた生産者が成功する」というフレーズに象徴されるように、市場を読むセンスが強く求められる一方で、既存の形質にとらわれず新しいものを作り出す創造力や独創性も必要です。人は花のほんのわずかな形質変化を見逃さずに捉えることができますが、これは言い換えると連続的で微妙な変化の一つ一つが個別の商品になり得ることを意味しています。皆さんは花屋の店先に並ぶいろいろな花を手にとって、それぞれの色や形、大きさ、香りの違いを瞬時に認識できると思いますが、葉の形や付き方がどんなだったかは記憶していませんよね。これは人が花を人の顔を識別するのと同様に詳細に捉えているからなのですが、こういった特徴も分子育種の戦略を考える上では重要なポイントで、変異原処理やショットガン的な遺伝子導入などでバリエーションを拡げることが有効な手段となります。新たな遺伝子の導入だけでなく、内在遺伝子の抑制が新形質付与に効果的な点も花の強みと言えるでしょう。基礎研究で得られた知見が実際の形質改良に結びつく場面も多く、花器官に特異的に発現する遺伝子のほかにも利用できるものが多数あることがわかってきています。

このように、実用化を前提としたバイオテクノロジーの素材として、花は大きな可能性を秘めています。モデル植物の基礎研究になにか物足りなさを感じているあなた、本学会 40 周年の節目にお花の研究をはじめ「世界に一つだけの花」を創ってみませんか？



## 遺伝子組換えイチゴによる医薬品開発：インターベリーα<sup>®</sup>

田林 紀子

ホクサン株式会社 植物バイオセンター



### 【遺伝子組換え植物による物質生産】

植物の遺伝子組換え技術の開発・発展は、植物を物質生産の母体として活用するという新たな可能性を示してきた。

特にこれまで微生物や動物培養細胞に依存していた医薬品等の高付加価値なタンパク質生産に関して、植物生産系は、哺乳類の病原体混入リスクが低いこと、低コストで拡大生産が容易であることに加え、可食性の作物を利用することで抽出・精製が不要な経口投与型の剤の開発の可能性も期待されている。

一方、これらの組換え植物は、環境への拡散や、食料・飼料への流通時の混入などのリスクも指摘されている。そこで、我々は、これらのリスク回避を実現するために、完全人工環境型の植物工場技術を導入することで、動物用ではあるが、世界で初めて経口投与型医薬品の開発・上市に成功した。

### 【インターベリーα<sup>®</sup>の開発】

我々は、以前からイチゴの遺伝子組換え系の開発に取り組んでいた。イチゴは生食可能な上、加工適性も高く、草丈も低いことから多段栽培という効率的な生産も可能である。加えて、医薬品の生物生産系には、世代を経ても遺伝的に変化が無いことが求められるが、イチゴはランナー増殖という世代を経ない増殖が可能であることも医薬品生産に向いていると判断した。それまで、イチゴを用いてヒトの医療用タンパク質やワクチン成分などの発現研究を行ってきたが、事業化のターゲットとしては、イヌのインターフェロン遺伝子組換えイチゴによる歯肉炎軽減剤の開発に集中して取り組むこととした。実際に、製品開発のためには、単なる導入遺伝子高発現の基礎・基盤研究のみならず、今まで全く前例の無い遺伝子組換え植物で医薬品を生産する場合の医薬品製造に関する様々な規制・基準に一から対応していくことが求められた。例えば、当時は未開発だったイチゴの人工環境下水耕栽培技術の開発も、単に栽培の成功のみならず、栽培の再現性・安定性に加え、清浄

度の担保も視野に入れた栽培環境構築も必要となった。さらには、遺伝子の不活化や製造に関する方法の開発に加え、それらの手順書の整備、開発品の安全性の試験項目設定から品質確認試験に至るすべてが前例のないものであったが、約9年という長い開発期間を要し、インターフェロン遺伝子組換えイチゴの果実そのものを原薬とした経口投与型の“イヌの歯肉炎治療薬”として動物用医薬品の認可を受けるとともに、植物工場が医薬品製造工場としても認められる最初の例となったのが、インターベリーα<sup>®</sup>である。

現在、製造販売を開始してから7年間に経過し、遺伝子組換え技術を用いた製品であるにもかかわらず、市場からの大きな拒否反応も無く、着実に販売実績を年々伸ばしている。加えて、本製品に対して海外企業の注目も高く、複数の国のそれぞれの海外企業とともに、各国の許認可獲得に向けて準備を進めている。



### 【今後の開発動向】

インターベリーα<sup>®</sup>の開発研究における、植物の遺伝子組換え技術と植物工場、すなわち、完全人工環境下での植物の栽培技術開発の融合が、医薬品をはじめとする高付加価値な物質生産技術の実用化への一つの方法として実証されたこと、また、この戦略が海外においても多くの医薬品等生産のための遺伝子組換え植物工場設置への流れを形成したことは大きな意味があると考えている。

海外では、一過性発現系を利用した生産系が主流となりつつあるが、植物体を原薬として利用した本技術は、現在でも我々独自の実績であり、今後も新たな開発へと展開できればと考えている。

以上

## ゲノム編集と植物バイオテクノロジーへの思い

刑部 祐里子<sup>1</sup>、刑部 敬史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学・生命理工学院

<sup>2</sup>徳島大学・大学院社会産業理工学研究部



日本植物バイオテクノロジー学会 40 周年誠におめでとうございます。今から 30 年ほど前、本学会が日本植物組織培養学会の名称のころ、大会に初めて参加した当時を振り返りますと、植物の遺伝子工学の研究の幕開けで、大学院に進学したばかりの私たち世代は、植物バイオテクノロジーの大きな躍進の波が起きる真っ只中で学生時代を過ごしました。大腸菌や酵母で確立された遺伝子工学技術を植物にどんどん利用するのだと、植物バイオテクノロジーの新しい技術を作り上げる喜びに満ちていた時代です。種々の植物で培養系や遺伝子導入系を作り上げ、様々な植物遺伝子の機能を明らかにし、さらには、新しい機能を付与した新系統を生み出すことの実現の可能性を肌で感じ、新しい手法を自身の研究材料に利用しようと、興奮を持って必死に取り組んだ時代でありました。初めて植物細胞から DNA を抽出し、PCR で増幅させた時の感動は今も忘れられません。貪るように国内外の論文や総説、実験プロトコルを収集し、本学会大会でも目を耳を研ぎ澄まし、様々な講演を聴講したことを昨日のこのように覚えています。この時代には、しかし、種や品種が多岐にわたる植物分野において、(材料の取り扱いやすさ、導入や培養の容易さにより) 遺伝子工学技術は対象が限定されることも見出され、その範囲に関する知見も蓄積されていきました。ほどなく遺伝子組換えに対する社会受容性における課題の波とともに、植物バイオテクノロジーの歴史は、その後、モデル植物であるシロイヌナズナを中心とした植物分子生物学として発展し、植物学において根本的な重要知見が大きく蓄積することになりました。

現在、本学会がバイオテクノロジーを冠して改称され、新しい時代の到来の中で、遺伝子工学はゲノム編集という新しい技術を確立し次なる変革の時を迎えました。2012 年に CRISPR-Cas9 が開発されて以来、ゲノム編集技術は大きく進展し、原理的には様々な生物において、標

的 DNA 配列に対しピンポイントで改変が可能なことから、新しい遺伝子改変技術として、植物分野においては世界的な動向として農業・資源作物の分子育種への利用の期待が一気に高まりました。社会実装のための整備が短期間でなされたことに加え、ともすればコンサバティブな植物学分野において、ゲノム編集を介して横断的な融合研究が自然発生したのは大きな成果だったと思います。最近では、筑波大江面先生らのグループによる GABA トマトも市場化が近いことなど、米国の Calyxt 社の高オレイン酸ダイズに続き、農作物におけるゲノム編集は実用化レベルまで短期間で到達しています。

このような流れの中、私たちが直面している課題は、植物の根本的な生物としての特徴に起因する古くから示されてきた技術課題です。動物細胞では大きく進むノックインについて、植物細胞での難しさは植物の DNA 代謝の特徴によると考えられ、DNA 修復および複製、細胞周期、クロマチン構造制御などの知見の集積により解決の可能性もあります。ゲノム編集の周辺技術における課題としては、植物遺伝子工学の最も基本的な技術の一つである、遺伝子導入系や再生技術、組織培養技術です。これらの技術は、冒頭のバイオテクノロジー時代の始まりから一貫して植物遺伝子工学の課題であり、この時代において改めて取り組むべき重要な研究テーマと言えるでしょう。初めて CRISPR-Cas9 が開発された当時、冒頭の学生時代の分子生物学「ことはじめ」時代の息吹を思い出しました。古くて新しい植物バイオテクノロジーにおける次なる課題に、様々な技術革新が集積され解決できる日も遠くないと期待します。さらに、現代の社会実装においては、一般社会の皆様と科学者が一つとなり課題解決や新しい知見を共有することが重要です。今後、コミュニケーションを専門とする先生方と連携し、さらには、企業、アカデミア、様々な融合体が一体となって、新しい科学の発展に貢献できればと考えています。

## ゲノム編集作物の規制と社会受容

四方 雅仁

農研機構・広報部



本学会の前身が発足した 1981 年は、交配や突然変異処理により作物の育種（品種改良）が行われていた。その後、遺伝子組換え技術が登場し、本学会が 40 周年を迎える 2021 年はゲノム編集技術で育種したトマトを一般市民が栽培できるようになった。作物育種はこの 40 年で大きな変化があったと言える。

ゲノム編集とは、狙った DNA 配列を切断し変異をおこして遺伝子の働きを改変する新しいバイオテクノロジーである。2020 年にはゲノム編集技術の一つである CRISPR/Cas9 の開発者にノーベル化学賞が授与されて一般市民にも注目を浴びた。ゲノム編集は作物の特定の性質を狙って改変できるため、効率的な育種が可能になる。DNA 配列の変異誘導は、これまでもガンマ線や重イオンビーム照射、化学薬品処理によって可能だったが、これらの突然変異処理では、DNA 配列のどの部分に変異がおこるかわからないのがゲノム編集との大きな違いだ。ゲノム編集や突然変異処理で切断された DNA は、生物が有する修復機構によって元通りに修復されるが、まれに修復ミスが起こり元と異なる DNA 配列となる。これが変異である。このように切断と修復とそれに伴う変異といった DNA 上で起きる現象は同じであり、変異後に DNA を調べても何によって生じた変異かを見分けることができない。そのため規制は不要とする見解と、新しい技術なので規制すべきという見解があり、その動向が注目されていた。

研究者、行政、消費者団体を交えた議論を経て、2019 年にゲノム編集作物・食品の取扱い方針が決定した。まず、どのようなものがゲノム編集作物・食品に該当するのかについて整理された。(1)ゲノム編集では狙って切断した部位に外部から DNA 断片を挿入することもできるが、この場合は遺伝子組換え生物に該当する。(2)ゲノム編集を行うための CRISPR/Cas9 などを作る外来遺伝子が除かれていても、外来 DNA を利用して 1~数塩基の欠失や置換の変異をおこしたものは、カルタヘナ法上では遺伝子組換え生物

に該当し規制対象となった。作出のプロセスが重視された結果だが、一方、食品衛生法上ではプロダクトベースの考え方で、自然界でも起こりうる変化や、従来の育種技術でも生じる変異については、遺伝子組換え食品に該当せず規制対象外となる場合がある。(3)外来 DNA を持たず、切断後の修復ミスで変異が起こっただけのものは規制対象外になる可能性がある整理された。

ゲノム編集作物を屋外で栽培したり食品として使用したりする場合、まずは農林水産省や厚生労働省と事前相談を行い、規制対象外かどうかの確認が必要となる。規制対象となるものは遺伝子組換え作物・食品に該当するので、従来の遺伝子組換え作物と同様、安全性審査が法律のもとで行われる。規制対象外となったゲノム編集作物・食品は法律に基づく義務的な安全性審査は行わないが、知見の収集や状況把握のために、情報提供、届出が求められることとなった。この情報提供の内容は生物多様性影響の考察や食品としての安全性に関するデータ等が求められるが、遺伝子組換えの安全性審査とは異なる。情報は各省のホームページ上で公開される。届出は義務ではないが、ゲノム編集食品に関してはこの手続きを経ずに流通させた場合は企業名などが公表されるため、実効性が高い制度だと考えられる。

新しい技術に対しては不安を感じる方もいる。そのような不安に対しては丁寧な説明が必要だろう。科学的根拠に基づく正確な情報を、研究者自らが積極的に発信していくことが求められる。本学会では毎年遺伝子組換えを始めとするバイオテクノロジーについての市民公開シンポジウムを開催しており、ゲノム編集についても何度か取り上げ情報発信している。ゲノム編集は育種を効率化するものなので、消費者や生産者の要望に迅速に応える幅が広がったと言えるかもしれない。研究者と一般市民との共創でメリットの大きい作物がゲノム編集で開発されれば、自ずとゲノム編集作物は社会に受け入れられるのではないかと期待される。



## 植物特化代謝研究のこの10年とこれからの10年

村中俊哉

大阪大学大学院工学研究科／大阪大学先導的学際研究機構



日本植物バイオテクノロジー学会 40 周年まことにおめでとうございます。この 10 年の間に学会が法人化され、さらに時代に即した学会名となり 40 周年を迎えられましたこと、みなさまとともに喜びを分かち合いたいと思います。ここでは私の専門である植物二次（特化）代謝研究領域におけるトピックスとこれからのについての所感を述べたいと思います。

まず、なんと言っても**ゲノム編集技術**の急速な技術革新がありました。植物では、非相同末端結合はランダムでしか起こらず、相同組換えによる変異導入はほぼ不可能でした。前世紀よりゲノム編集技術としてジンクフィンガーヌクレアーゼ (ZFN) はあったものの、「高価なわりにはキレの悪いハサミ」でした。私たちの研究グループは、農水省関連のプロジェクトにおいて、代謝の流れをコントロールし有用物質を生産する研究開発を実施していました。その過程で、ジャガイモに含まれる有毒なステロイドグリコアルカロイド (SGA) の生合成に関わる酵素遺伝子 *SSR2* を同定しました。*SSR2* は、ナス科植物において、植物一般に保存されている 24-アルキルステロールを合成する *SSR1* の遺伝子重複によりコレステロールの合成に特化したものと考えられました。2012 年 1 月にたまたま参加した研究会で、「TALEN」を知り、この技術をジャガイモに適用したところ、*SSR1* には全く影響を与えず、*SSR2* を特異的に破壊し、SGA が大幅に低下することを見出し、これにより、ゲノム編集が、植物の特化代謝の制御に有効な技術であることをいち早く報告できました (Sawai et al. 2014)。さらに、より高活性な Platina TALEN を用いることで高効率に *SSR2* を破壊し、SGA を大幅に削減したジャガイモを試験的に作ることができました (この 40 周年記念号の表紙の写真に採用いただきました)。続いて、ゲノムに“ハサミの遺伝子”を組み込まない手法 (アグロ変異法) を開発し、理化学研究所、農研機構などの多大な尽力により、本年 2021 年 4 月から研究レベルでの野外試験を開始することができました。2019 年

より始まった農林水産技術会議戦略的プロジェクト「ゲノム編集技術を活用した農作物品種・育種素材の開発」において農作物、花卉等へのゲノム編集技術を行なっており、トマトに次いで、学会 50 周年の際にはそのいくつかはマーケットに並んでいることを期待いたします。

続いて**合成生物学**。「代謝工学」は前世紀より知られていた技術ですが、単純な遺伝子導入のみならず、宿主の細胞の代謝そのものをリデザインすることが大きな特徴です。2013 年に抗マラリア薬アルテミシニンの前駆体であるアルテルテミシニン酸を高タイターで生産させ、化学合成法と組み合わせることによりアルテミシニンを製造する手法が米国の研究グループにより開発され大きな反響を呼びました。植物の有用特化代謝物を持続的に生産する手段として大きな可能性を秘めたものと言えます。その後、ケシのオピオイド、ステビアのステビオール、アサのカナビナイド、ナス科植物のトロパンアルカロイドなどで酵母を用いた研究例が多数報告されました。私たちの研究グループも、マメ科植物カンゾウが産生する天然の甘味成分グリチルリチンの生合成研究を続けてきました。生合成酵素のうちアグリコンであるグリチルレチン酸にグルクロン酸を転移する酵素遺伝子がどうしても単離できませんでしたが、グルクロン酸転移酵素が、従来知られている酵素群とは全く異なる CSyGT と名付けた酵素であることがわかり、CSyGT を含め計 7 個の植物酵素遺伝子を酵母に導入することによって、酵母でのグリチルリチン生産を達成できました (Chung, Seki et al. 2020)。今年度より酵母によるグリチルレチン酸生産の実証研究が開始されます。

このようなゲノム編集、合成生物学などの新技術により植物バイオテクノロジーのさらなる飛躍が期待されますが、一方で、ELSI (倫理的・法的・社会的課題) の観点からもさまざまな学際領域の方を巻き込んだ実証研究が必要です。SDGs のゴールである 2030 年の翌年、学会 50 周年の時に向けて若い世代の今後の活躍に期待します。

## バイオテクノロジーによるトマトの育種

江面 浩

筑波大学生命環境系・つくば機能植物イノベーション研究センター



トマトは、1994年に遺伝子組換え技術により実用品種が開発・商業化された世界初の農作物であります。果実軟化を促進する酵素ポリガラクトクロナーゼをコードする遺伝子を RNAi 技術を使って抑制し、果実の日持ち性を向上させた遺伝子組換えトマトであります。皆さん、ご存知の FLAVRSAVR™ トマトです。我が国でもこの遺伝子組換えトマトを育種素材とした品種改良が企業により行われ商業品種育成が行われましたが、商品化には至りませんでした。

トマトは、農作物の中でも重要育種形質とその関連遺伝子との関係が深く研究されています。これらの知見を活用し、遺伝子組換え技術を用いた改良技術が多く論文で報告されています。イギリス・ジョン・イネスセンターでは、果実の色素合成に関する転写因子を制御することでアントシアニンを果実に高蓄積するパープルトマトを開発し、動物実験により機能性評価試験を行うとともに、ベンチャー企業 (Norfolk Plant Sciences) を 2012 年に設立し、カナダでの商業化を目指しているが、上市には至っていません。

我が国でも遺伝子組換え技術を利用したトマトの品種改良が行われ、各種概念実証研究 (PoC 研究) が行われ、学術論文として公表されています。ウイルスのコートタンパク質遺伝子を導入したウイルス抵抗性の付与、糖代謝関連遺伝子の制御による高糖度化、ホルモン情報伝達遺伝子を制御し単為結果性の付与などの PoC 研究がありますが、社会実装には至っていません。

著者も筑波大学に移籍後、遺伝子組換え技術やゲノム編集技術などのバイオテクノロジーを活用したトマトの育種改良に取り組んでいます。

遺伝子組換え技術を利用した改良では、味覚修飾タンパク質であるミラクリンを果実に高蓄積したミラクリントマト (写真 1) の開発と社会実装に取り組んでいます。現在、承認申請を行っており、もう一步で社会実装に進める段階まで来ています。国産の食べる遺伝子組換え作物としては第一号になると注目されています。

ゲノム編集技術を利用した改良では、機能性成分として食品分野での利用が拡大している GABA (γ-アミノ酪酸) を高蓄積した機能性トマト品種の開発に取り組んでいます。GABA 合成酵素遺伝子に CRISPR/Cas9 技術により変異を導入し、この遺伝子から作られる GABA 合成酵素の活性を高め、GABA 蓄積量を増やす技術を開発しました。この成果を社会実装すべく、2018 年には大学発ベンチャー企業を設立し、実用品種で GABA 高蓄積トマトの開発を行いました (写真 2)。同社は、関係省庁への事前相談を行い、2020 年 12 月 11 日に届出を完了しました。これにより、一般のトマト品種と同様の利用が可能となりました。同社は、2021 年 5 月 12 日より、家庭菜園用の苗のモニター配布を開始しました。事前のモニター募集では 5000 件を超える申し込みがあり、消費者の関心の高さを感じました。CRISPR/Cas9 を活用した農作物の世界初の商業利用の開始となりました。

バイオテクノロジーを利用した農作物の開発では、“絵にかいた餅”を示す段階から、“食べられる餅”を示す段階に移行する時期になったと感じています。そのような事例を積み重ねることが市民の理解と受容を向上し、当学会の設立当初に目指したバイオテクノロジーによる地球規模課題の解決に資することになると思います。



写真 1：ミラクリントマト



写真 2：GABA 高蓄積トマト

## 30周年のロードマップはどうなった？

矢野 健太郎

明治大学・農学部



学会の今後を見据えたロードマップの作成は、江面浩会長（2010-2011年度）が掲げた30周年事業活動の1つとして実施され、「ロードマップ作成委員会からの提言（中間報告）」として「日本植物細胞分子生物学会30年の歩み」に掲載されました（PDFは学会HPの「学会案内」→「概要と軌跡」のページから入手可）。ロードマップ作成委員会の発足からロードマップ（提言書）作成、現在に至るまでの10年間を振り返ると極めて短く感じます。関連するメールや議論内容、会報を見返すと、各委員が若手・中堅なりに熟考・議論し、委員会として提言書を取りまとめて提示できたことに大きな安堵感があります。さらに、提示のみで終わりがちな活動に対して、以降の学会執行部が実現可能な事項から改革に着手いただけただけのことに、本学会の変革に対する柔軟さ、若手の意見にも向き合う懐の広さ、研究コミュニティとしての力強さを感じます。

委員会の発足は、2011年6月に江面会長より打診がありました。「幹事会で、過去の奨励賞受賞者に委員として作成を依頼することを決定したので、委員として参画するように」とのことでした。初回の委員会において、委員の中で矢野が最年長であることから委員長を仰せつかったと記憶しています。委員会発足時は、委員長：矢野健太郎、委員：關光、伊福健太郎、梅原三貴久、藤原すみれの体制で、2012年2月より、加藤一幾、草野都、篠山治恵、丸山明子、三柴啓一郎の参画で体制が強化されました（敬称略）。

委員会発足から約2ヶ月間でドラフト原稿を作成するスケジュールであった一方で、学会の運営方針・内容を理解していない上に、メンバー間が遠隔に位置しているため、情報集積・取りまとめ・文書作成を効率化することから始めました。メーリングリストを作り、パスワード保護されたオンライン掲示板pukiwikiをWebサーバー上に設置し、メンバー間の意思疎通と情報共有を円滑にしました。そして、江面会長からご提示いただいた検討項目ごとにWeb掲示板の書き込みページを作成し、改革案と案に対す

る意見、提言書文案を全員で記入、共有しました。扱った検討項目は、学会の研究方向（基礎研究と応用研究の融合など）、大会のあり方、学会誌Plant Biotechnologyのあり方（IFが付いた後の課題）、産学官連携（国プロ企画）、キャリア支援（学生の確保と養成）、学会の国際化、学会活動の社会発信、男女共同参画、その他です。

各検討項目における提言のとりまとめでは、メンバー間の意見が最後まで合わないことも当然として、すべての意見をリストアップして議論しました。そのために、他学会の動向なども含めて調査し、男女共同参画については吉田薫先生から、組織培養・形質転換プロトコール集作成については村中俊哉先生からご助言・サポートをいただきました。そして、本文と手描きイラストから構成されるドラフト原稿を取りまとめ、8月17日に江面会長へ提出した後に、次期会長である小関良宏先生より「日本植物細胞分子生物学会30年の歩み」へのドラフト原稿の掲載をご提案いただき、結果として、多くの学会員の皆様の手に届くこととなりました。

ドラフト原稿については学会員からのパブコメを求め、議論を行うと共に、小関会長の下で改革すべき事項に優先順位を付けました。その結果、広報や産学官連携、国際化、キャリア支援・男女共同参画に関する委員会設置、大会でのポスターセッション、ベストポスター賞の開始、キャリア支援・男女共同参画、産学官連携に関するランチョンセミナー開催など、次々に実現し、以降の執行部において引き継ぎ・検討がなされています。もちろん、未達成事項も残っていますし、実行した事項についても検討と改善が常に求められます。このことから、学会が継続的に発展するために、若手研究者によるロードマップ作成を定期的に行い、執行部・代議員が大きな視点で提言に基づく改革を進める体制を今後も保持することを切に願っています。委員会メンバーに出会えたこと、この機会を与えてくださったことに深く感謝いたします。



## 10年後を展望する

光田 展隆

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門



本学会が創立 40 周年を迎えるこの年に偶然に幹事長という大任を預かることになり、畏れ多さと同時に大変光栄に思います。私がこの学会に参加したのは比較的最近のことで、会員歴はまだ 10 年少々なのではないかと思えます。一方で「産業技術総合研究所」というところに勤めてもう 15 年ですから、「植物バイオテクノロジー」学会にかかわることは必然的な運命であったのかもしれないとも思えます。しかしご存じのとおり本学会が「植物バイオテクノロジー学会」となったのはきわめて最近のことです。私が山川先生からの直電を受けて会計担当理事として本学会の役員になったときには「日本植物細胞分子生物学会」でありました。苦勞の末に旧学会名を選定された先生方には大変失礼な話ですが、最近やっとこの旧名を間違えずに正しく言えるようになりました。しかし、当時は役員でありながら学会名を間違えて名刺に印刷するという有様で、あまり覚えやすい名前ではなかったかと思えます。そこで私は、新旧役員の引継ぎを行った理事会のあとの懇親会で、思い切って酔った勢いで、村中元会長（当時は前会長）と山川前会長（当時は新会長）に学会名を日本植物バイオテクノロジー学会にしましょう！と申し上げました。それが端緒になっているかどうかはわかりませんが、その後吉田前幹事長と山川前会長のたいへんなご尽力により学会名改称が実現したのはご存じのとおりです。ここで私が申し上げたいのは（これまでもそうであったように）学会は常に変化するということです。私の 10 年後の予想の一つ目は再び学会名が改称されるというものです。次はどんな名前になるのか考えたらわくわくしますね。

吉田前幹事長と山川前会長が学会名の改称やホームページの刷新、Plant Biotechnology 誌のオンライン化などに多大なエフォートを（無報酬で！）注がれた背景には学会会員数の減少とそれに伴う財政状況の悪化があります。私は会計担当理事でしたからもっとも危機感を感じ

ていたかもしれません。国内の労働生産人口が年々減少してきている現状を鑑みれば、会員数の減少はやむを得ないとは思いますが、これが右肩上がりの時代であったなら・・・とは思いません。しかし、われわれはこの時代に生きなければならないわけです。学会名の改称だけでなく、これからも学会の改革、改善は続くことでしょう。ということで 10 年後の予想その 2 としては、学会がさらに大きく改革され、財政状況が大幅に改善している・・・です。赤字が出なければいいという考え方もありますが、黒字が出る体質になれば学会賞に副賞が出せるようになりますし、役員にもきちんと報酬を出せるようになります。（現在は一部の理事の会費が免除されているだけです）。さらにさまざまな新しい企画ができるようになるでしょう。

しかし、改革だけでは会員数は増えないものです。会員数を増やしていくためには、これまで学会に馴染みのなかった人たちにアプローチしていく必要があります。それはやはり産業界なのではないかと思えます。産業界の中にはどの学会にも積極的に所属していない方も多くいらっしゃると思います。学会の性質が変わることを恐れずにそういった方々の横のつながりや学界とのつながりを促進するような学会にしていかなければならないと思います。折しもいまバイオテクノロジー業界はゲノム編集技術の普及やゼロエミッション、バイオエコノミーを目指した動きによってかつてない盛り上がりを見せています。われわれはこの機を逃さずに新しいチャレンジをしようとする方々を取り込むと同時にわれわれ自身が新しいチャレンジをしていかなければならないと思います。10 年後の予想その 3 は今の会員が全会員の半分以上になるくらい新しい皆さんをお迎えしている・・・です。右肩下がりの時代にあってはこれくらい思いきった変化を志さなければ学会の発展はないのだと思っています。皆さん、変化を恐れずに明るい未来に向けて突き進みましょう！

## 番外編：大会の楽しみ方

小泉 望（大阪府立大学）



中綴じ印刷（製本費が安い）を前提にすると諸般の事情で1ページ余りました。どなたかに新たに頼めば良かったのですが、締切り等を考えると難しいとなりました。学会の軌跡等で埋めましょと無責任に言いましたが、軌跡はホームページにきっちりまとめてあります。

<https://www.jspb.jp/society/sub01-1/>

そこでサイエンスとは別の意味での大会の楽しみ方について過去10年を中心に書くことにしました。全く個人の経験や主観的かつ断片的な内容となることをご容赦下さい。過去10年と書きましたが、学生時代に遡ると大会の楽しみは様々な場所に行けることでした。自分の発表が終わり、会場を抜け出して近場の観光スポットに行くと、偉い先生に出会いお互い気まずい思いをしたこともありました。過去10年に限ればほぼ真面目に会場にいましたが、2016年の上田大会では「少し」早めに会場を後にして真田丸ゆかりの上田城を見に行っただけを白状します。

2011年の福岡大会では、30周年ということでゴールデンライスの開発者ポトリクスさんとハワイのウイルス抵抗性パイアの開発者ゴンザルベスさんをスペシャルゲストとして招きました。ホテルの朝食会場に行くとポトリクスさんが一人だったので同席させて頂きました。しばらくするとゴンザルベスさんがご夫妻で現れました。彼らはお互い名前は知っているけれど、初対面で握手、ハグが交わされました。横で見ただけですが、歴史的な？場面に立ち会えて強く印象に残っています。

記憶に残っている懇親会について書きます。2013年の札幌大会ではキリンビール園でのジンギスカンでした。日頃余りしゃべらない方々と1つのコンロを囲み楽しい時を過ごしました。2014年の岩手大会では学生さんによるジャグリングのパフォーマンスと当時の橋本会長と学術賞を受賞された江面さんも参加された「わんこそば大会」で大いに盛り上がりました。2017年の鉄道博物館での埼玉大学のマスコットキャラクター「メリンちゃん」が登場した懇親会もよく

憶えています。しかし何と言っても2018年の金沢大会は衝撃的でした。突然、音楽とともにベリーダンサーが登場し、会場内を練り踊るといふ事態が発生しました。是非についてのコメントは控えますが強烈な印象として残っています。2019年の京都大会では会は鏡開きで始まり、沢山の銘柄の日本酒が供されました。2021年のつくば大会ではSpatialChatでのオンライン懇親会が予定されています。どうなるか楽しみです。懇親会は学術の交流の場として重要な役割を果たしますが、過度に力を入れましょと言うわけではありません。2022年の堺大会では特別な趣向は考えていませんので悪しからず。

続いて市民公開シンポジウムについてです。

<https://www.jspb.jp/sympo/sub01/>

2011年は大会地の福岡から大阪に移動してポトリクスさん、ゴンザルベスさんとサントリーの田中良和さんに登壇して頂きました。30周年ということで諸団体からの援助も頂き、同時通訳も付いて300人ほど（主催者発表）が入りました。2014年からは原則として大会と同時に市民公開シンポジウムを開催することにしました。学会員も参加しやすいからです。2015年は内容（新植物育種技術）と場所（東大）もあって行政も参加し、弥生講堂が満席となりました。市民公開シンポジウムは新しい会員を獲得するチャンスでもあります。非会員のシンポジストを講師として招くことで入会に至ったケースもあります。これは、大会でのシンポジウムにも言えると思います。2021年は40周年記念ということで学会を代表する方々にスピーカーをお願いしました。コロナ禍のためオンラインにしたこともあり海外も含め全国から約600名の視聴があり大盛況となりました。広報委員により宣伝動画が作られ、twitterによる宣伝も行われました。お褒めの言葉を多方面から頂きました。学会の知名度が上がったことを期待しています。アフターコロナにあってもオンラインあるいはハイブリッドで実施するなど新しい市民公開シンポジウムの在り方を検討する必要があります。

## 編集後記

学会が発足してから40周年ということで、40周年記念誌を作ることになりました。小泉会長のご指名で40周年記念誌担当理事として現執行部に入りましたが、実務はほぼ武田先生にお願いし、原稿のチェック、レイアウト監修などの役に徹しました。お忙しい中ご執筆頂いた皆様、編集にご協力頂いた皆様に深く感謝申し上げます。私は日本植物細胞分子生物学会に名称が代わってからの会員で、学会の歴史には深く関わっておらず、軽いノリで編集始めました。ところが、皆様の原稿を読むと学会の発足時の苦労話、学会名変更手続き、財政事情の悪化と改善への努力、ジャーナルや大会発表の国際化など、歴代執行部の皆様の努力の数々を目の当たりにし、これは軽くは無いぞと身が引き締まりました。小泉会長のコンセプトは30年誌に学会の歴史は詰まっているので、その後の10年に焦点を当てて欲しいとのことでしたので、内容は最近の出来事が半数以上を占めると思います。結構ボリューム感ありです。是非、全ての原稿に目を通して頂きたいです。30年までを知りたい方は学会HPの「学会案内」の「概要と軌跡」に「30年記念冊子」のpdf版がありますので、ご参照ください。私は新しい物好きな性格なので、学会活動も時代に合わせてどんどん変わって行けば良いと思うし、そうでないと新しい分野は開けないと思っています。この学会は新しい事を始めるのに適していますので、チャレンジ精神にあふれた人はどんどん参加して欲しいと願っております。(増村威宏・京都府立大学)

今回、40周年記念誌の原稿依頼・校正・とりまとめをさせていただきました。私は2019年の京都大会を機に入会した新参加者ですが、著者の皆さんの原稿を拝読し、学会の成り立ちや歴史を知ることができ、また様々なテクノロジーを駆使した植物利用への道がどんどん開拓されていることに感銘を受けました。これまでの植物学は「植物がどうなっている」という博物学的な着眼点が多かったのですが、これからは知見を利用した技術展開をどんどん進めていく時代でしょうし、そのためには（光田先生も書いておられるように）産業界の方々の学会参加が不可欠だと感じています。MITでは植物の感覚を用いたCyborg Botanyという分野が進んでいるようですし、日本の植物科学も異分野（特に工学）と連携した取り組みが必要だと考えています。植物バイオテクノロジー学会は、まさにこのような取り組みを牽引していく組織であり、日本発の植物新技術の開発に向けて、私も尽力していきたいと考えております。

最後に、お忙しい中執筆頂いた先生方、とりまとめや校正に甚大なご協力いただいた会長および委員の皆様に、改めて感謝申し上げます。(武田征士・京都府立大学)





## 日本植物バイオテクノロジー学会について

1981年に日本植物組織培養学会として設立された本学会は、1995年に日本植物細胞分子生物学会へ、2020年7月には日本植物バイオテクノロジー学会へと改称し、バイオテクノロジーを中心とする植物科学分野の進展に寄与する団体として、英文学術誌の刊行、年次大会の開催、研究の奨励と表彰、講演会の開催、男女共同参画推進、アウトリーチ活動等の事業を行っています。

植物を取り巻く科学技術が急速に発展し、ゲノム編集やAIを利用した研究が進み、新たな作物の作出が報じられるようになりました。基礎から応用まで植物の広範囲な分野で新たな技術を用いた研究開発を目指す本学会は、さらなる発展を目指します。

詳しくは、学会ホームページをご覧ください。



学会HP



入会のご案内



30周年記念誌 (PDF)