

日本植物学会について思うこと

黒岩 常祥 (2001 -2004年 会長)

日本植物学会が設立されてから 130 年とのことである。これまで長い間の科学・社会への貢献に敬意を表するとともに、会員の弛まぬ活動により今日まで学会が継続、発展してきたことに対して、誠に御目出とうございますと申し上げたい。これまでは日本植物学会(植物学会)の設立当時の模様を知る機会があまりなかったが、真正粘菌の分類学的研究で著名な南方熊楠の業績を調べている際に出てきた資料を通して、植物学会の設立に関わった牧野富太郎博士の学会や学会誌に対する真摯な考えを知ることができた。また 1987 年に東京大学百年史理学部編集委員会が刊行した「東京大学百年史理学部」にも、委員会のメンバーの記載が一部明瞭ではなかったが、植物学会設立当時の模様が比較的詳細に書かれている。1882 年(明治 15 年)に植物学会は日本動物学会と共同で東京生物学会として設立されたが、5 年後に日本動物学会から分かれ独自の道を歩みはじめた。こうした学会の設立から今日に至る経緯については他の方が紹介されていると思うのでそちらを参照して欲しい。特にこの 30 年史に関しては、和田正三前会長が詳しく書かれているので、筆者は植物学会との 40 年余りになる関わりを、特に学会入会の頃の心境を基にした学会への思いやその展開として、更に後に会員として携わった日本学術会議(19-21 期)との関連について述べてみたい。長い研究生活の中で、筆者が植物学会で発表した実験材料は、高等植物からシダ、コケ、更に藻

類の他、菌類や粘菌類と幅が広い。植物学の研究者は、植物の生態系における重要性に関わる研究は言うまでもなく、植物の多様性や植物固有の生命現象に魅かれ研究する場合と、一方、植物の多様性の中に生物現象の顕現を見出し、生命の普遍的原理について研究する場合がある。筆者は後者の立場から植物を使ってきた。植物はミトコンドリアを持つ真核生物(細胞)にシアノバクテリア(藍藻)が共生し、色素体(葉緑体)となって誕生したと考えられることから、植物細胞は動物や菌類、アメーバ類の細胞の特性をも備え、生物の基本原理の解明には極めて有効な材料と考えられるからであった。

1. 植物学会へ入会の動機

1) 興味ある生命現象と研究材料の選択

最近多くの先生方から著書など(野依良治著、私の履歴書事実は真実の敵なり; 下村脩著、クラゲに学ぶ; 佐藤直樹著、40 年後の『偶然と必然』モノーが描いた生命・進化・人類の未来; 外村彰著、目で見ると美しい量子力学; 早石修対談、睡眠の謎に挑戦; 井村裕夫著、進化医学 人への進化が生んだ疾患)を頂き、また自らも、国内外の物理学者や化学など自然科学者、そして人文科学者の自伝を読む機会が増えた。分野を問わず多くの研究者が子供の頃から蝶や花、フナ、ハゼなどの魚やザリガニと戯れ、多様な生物に興味を持って育ったことを知った。筆者も幼少期に同様な経験

があったが、しかし進路は生物学者以外の選択の余地はあまりなかった。なぜなら、爾来、一貫して生物の普遍的特性や原理の中で細胞の増える仕組みが興味の対象だったからである。大学受験を控えていた頃、大学の進学先について参考書を調べるとともに、予備校の講師(当時助手、後東京大学植物生理学教授)などに意見を聞いた。その結果、細胞分裂の研究で活躍されているのは東京都立大学の団勝麿教授(後総長)であることが分かった。先生は長く米国のペンシルベニア大学とウッズホール臨海実験所を拠点に研究活動を行い、帰国後、三浦半島の先端にある油壺の東大理学部付属臨海実験所でしばらく講師をされてから都立大学へと移った方である。先生は実験には「最適な生物の選択」が必要と常に言っておられ、細胞が大きく扱い易いウニを使って研究をされていた。都立大学の3年生の発生学実習では、助手として米田満樹先生(後京都大学教授)、そして少し前には酒井彦一先生(後東京大学教授)がお手伝いされていた。臨海実習は東京大学の臨海実験所や横浜国大の臨海実験所を使っていた。東京大学には、後にお世話になるウニの細胞質分裂装置の存在を示唆された助教授の平本幸夫先生(後東京工業大学教授)や団先生の奥様で、精子の先体反応を発見された団ジーン先生(お茶ノ水女子大学教授)がおられた。お二人とも団先生の实習に参加され、15名の学生の指導をお手伝いされていた。団先生の研究業績はウニを使って、はじめて細胞核の分裂装置である微小管からなる紡錘体を細胞から取り出し、細胞質分裂の仕組みを生化学的に解析したこと、細胞質分裂に関わるSHタンパク質を明らかにしたこと、そして初期胚における骨(格)の形成のしくみを解明したことなどであった。臨海実習中、卵割を徹夜で観察していた時、括れのブリッジのところには何か構造があるように思えたので、ここに細胞質分裂を引き起こす装置があるのではないかとスケッチに書いた。しかし、これは「Primary bridge」と呼ばれているとの団先生からの説明であった。それから4年後の1968年に、米国のT. E. シュレーダー博士がここにはアクチ

ン繊維を主成分とする収縮環があることを報告した。こうしたこともあり学部生の頃は、日本動物学会に1日参加したこともある。もう一つ実習での思い出は、森脇大五郎教授(後国立遺伝学研究所所長)が3年生の遺伝学の実習を見学させるためT. ドブジャンスキー教授を連れて来られたことだ。握手したようなしないような。ドブジャンスキーは「Nothing in biology makes sense except in the light of evolution」と述べた。この意を理解できてきたのは大分経ってからであり、現在の研究の方向でもある。

筆者の学生時代は、J. D. ワトソン・F. クリックによるDNA二重らせんのモデルの提唱に始まった分子生物学の黎明期で、多くの教員や学生は生物現象を遺伝子で説明することに興味を持ち、増殖の速い細菌やその他の微生物を使いはじめていた。細胞質分裂を起こすのもDNA上の遺伝子で、その遺伝子は細胞分裂に際に現れる顕微鏡下で見える棒状の染色体にあるという。何とも不思議だ。自分の行動を自分で制御している。これから「棒状の染色体」の虜になった。そこで卒業研究では、染色体の中にどのようにDNA分子が折りたたまれ、遺伝子が発現されるか光学顕微鏡と電子顕微鏡を使って調べたいと思った。

2) 細胞遺伝学の研究に最適な高等植物

生物現象を染色体の挙動から解明する分野は「細胞遺伝学」と言われ、1900年のメンデルの法則の再発見の頃から盛んとなり、昆虫の唾液腺染色体やゲノムサイズが動物より一桁大きいオオバナノエンレイソウやタマネギ、ユリ、トウモロコシなどの高等植物が研究材料として使われていた。わが国では1929年に木原均博士がコムギの染色体から、今日のゲノム研究の基盤となるゲノム説をCytologiaの初版に発表され世界的に注目されていた。しかし1960年になると細胞遺伝学の分野は分子生物学に押され衰退していった。都立大学でもこれまで植物の染色体を中心に細胞遺伝学的研究を行っていた研究室が1講座(現在の小講座)あったが、教授、助教授(講師)、そして3

人の助手のほとんどが細菌とファージを使った分子遺伝学研究へと方向転換していた。古い錆びた大型の電子顕微鏡が講師の酒井文三先生（後帝京大学教授）の部屋に放置してあった。酒井先生はオジギソウの葉の上下運動の仕組みを大学に1台しかない共同の透過型電子顕微鏡(TEM)を使って調べていた。先生に、染色体の動態を電子顕微鏡で調べたい旨を伝え、電子顕微鏡の試料の作製を指導して頂き、手近にあるタマネギ根端を使って独自に開発した連続切片法（最近まで使用）を用いて、染色体の構造や分裂期の動態を調べはじめた。理学部の隣には東京都立アイソトープ総合研究所があり、そこでは草薙昭雄研究員（後東大助手、横浜市立大学教授）が光学顕微鏡を使って様々な植物材料の細胞核や染色体の動態を観察しており、時々染色法など聞きに行った。しかしタマネギなど植物の分裂組織では細胞分裂は同調して起こらなかった。その結果、これらの植物では形態学的に観察された発見を物質や分子レベルで解析することが困難であることに気付いた。そこで細胞分裂が自然同調している生物を調べたところ、ユリは染色体が大きく減数分裂期には細胞分裂が100%同調して行われていることが分かった。近くに東京都立園芸高校があり、ここでテッポウユリが大量に栽培されていることを知り、毎週少しずつ若いユリの蕾を頂きに行き、減数分裂期の染色体を光学顕微鏡や電子顕微鏡で観察した。

細胞遺伝学分野として伝統があり活発に研究成果を発表していたのは、動物を使った研究では北海道大学理学部の牧野佐二郎教授の研究室、植物でも北海道大学理学部の松浦一教授の研究室と、広島大学理学部の田中隆荘教授の研究室であった。東京大学理学部植物学教室の遺伝学研究室も、過去に数々の細胞遺伝学的業績を挙げ、多くの細胞遺伝学者を輩出し、我が国の最初の欧文誌「Cytologia」を1929年に発刊した実績があった。しかしこの遺伝学研究室も細菌やアカパンカビを使った分子生物学的研究が主流となり、田中信徳教授だけがムラサキツユクサを使って放射線（コバルトから出るガンマ線）の染色体への影響を細

胞遺伝学的に研究されているとのことであった。迷ったこともあり田中先生にご挨拶も無く突然受験をしたので、先生にはじめて直接お会いしたのは大学院が始まった翌年4月1日であった。田中先生に染色体の複製・分配の研究を光学顕微鏡や電子顕微鏡を使って行いたいと言うと、先生は最近農学部の池田庸之助教授と二人で訳されたというF. J.ライアンとR. セガの両博士の「細胞の遺伝」の訳書を下さった。この時、17年後にクラミドモナスを使って母性遺伝の細胞機構を発見し、セガ博士の説を覆すとは予想にもしなかった。

こうして、新たな生命現象を発見・解明する手段として、まず細胞をじっくり観察する方法・技術を基盤に（個性による）、研究対象が扱いやすく、細胞分裂が同調して起こる生物を使うことを強く意識するようになった。2000年以降、この基本的な考えにゲノム科学的思考が加わった。田中先生は、植物を材料に使うのであればこの研究室で進めれば良いし、ヒトの染色体であれば国立がんセンターもしくは放射線医学研究所の研究員を紹介して下さると仰った。しかし植物と比べると、ヒトの染色体は $2n=46$ 本と数も多く、形も小さく、個々の区別も難しいという難点があった。北海道大学で使っていたエンレイソウは染色体数も少なく大きかったが東京では生育に適さなかった。この頃遺伝学研究室では、微生物の他にアラビドプシスを使って分子遺伝学的研究をスタートさせるとの意見もあったが、それは立ち消えとなった。諸先生を訪ね、細胞遺伝学的研究に最適な材料についてお聞きしたところ、キク科のクレピス (*Crepis capillaris*) が最適であることが分かった。クレピスの染色体は $2n=6$ と数が少なく、個々の形が異なっており区別が容易であった。15年ほど前には多くの先生方が使っていたが、今は誰も使っていないとのことであった。クレピスを探した結果、意外にも都立大学の電頭室前の中庭に、温室から零れ雑草化しているのが見つかった。その種を拾って来て理学部の庭に捲いたのだが、漸く育ったと思った頃に雑草と思われたらしく、すっ

かり抜かれていた。種子にはタンポポのように長い苞が付いており、これが雑菌のコンタミの原因となったのだが、種子を採集する際に電気掃除機で吸い取ると、種は中心に、苞は周辺にと分離することを見出した。このクレピスを使い細胞周期における染色体の動態を解析した。解析技術としては従来の光学顕微鏡に加えて、誰も未だ解析していない間期の染色体の動態を解析するため、分子の動態が分かる超高分解能電子顕微鏡オートラジオグラフィ法を新たに開発した。

2. 学会発表

1) 植物学会ではじめて口頭発表

最初の学会参加は博士課程に進学した 1968 年で、田中先生が日本遺伝学会に関係(後会長)していたこともあって札幌で開催された遺伝学会の年会であった。口頭発表は同年熊本大学で開催された植物学会の年会であった。長崎、雲仙普賢岳(爆発前)、島原城の見学・観光を経て、船で島原半島から三角に渡り、ここで水揚げされたばかりの生簀の巨大な真鯛に感激してから、熊本市内へと向かった。以後学会とともにその開催地の観光も楽しいものとなった。この植物学会での発表以来、主著者としても毎年欠かさず発表するように努め、以来、共同研究も含めると発表回数は 350 (課題) を越える。植物学会での発表で特に印象に残っているのは、1972 年名古屋で開催された年会の際に、植物学会と動物学会の合同シンポジウムが名古屋大学の講堂で開催されたことだ。この時団勝磨先生が座長であった。岡崎フラグメントを発見して間もない岡崎令治先生(名古屋大学教授)と、減数分裂で成果を挙げていた堀田康雄先生(カルフォルニア大学教授)の間で、筆者も発表の機会を得た。前年 *J. Cell Biol.* や *Exp. Cell Res.* などに論文発表していた電顕オートラジオグラフィを用いた細胞周期における染色体の動態を報告した。その時、このような植物学会と動物学会の合同シンポジウムは、毎年行われると思った。しかしこれまでこの 1 回のみで終わったのは残念なことである。両学会で開催場所の調整などを行い、学会

会員は両方に出席できるなど、便宜を図ると学術の交流に良いかも知れない。

2) 学会発表での注意

植物学会での口頭発表は日頃の研究データを整理し、筋が通るようにまとめるという意味でも重要な役割を果たした。学会発表での質問は好意的であった。そして、学会で知り合いとなった先生方に材料の特性を教えて頂いたお蔭で研究が著しく進展した。また学会での発表を機に共同研究へと展開した例は幾つもある。学会発表は意見交換をするきっかけの場として大変に重要である。

しかし外国での発表経験が豊富な先生方から、論文として未発表のものは特に外国で発表する場合は注意が必要であると教えて頂いた。一部の外国人は発表を聞いて直ぐ研究室に戻り実験をやり、数日で論文を書いて先に投稿・発表してしまうことがあるからであると言う。実際に筆者も類似の経験をゴードンコンファレンスで経験をしたことがある。学会発表では新たな知見を盛り込むことよりも、論文発表を優先し、論文として発表した内容を丁寧に説明する程度、もしくは少し新たな知見を足す程度が良いだろう。

同様な問題は特許取得の際にも起こりうる。現在では理学系の基礎研究でも以前に増して、特許の取得が要求されるようになった。筆者らの特許出願が公開されている時、その極一部が過去に研究室で発表した講演要旨に載っていたのである。この指摘により、特許を取り下げる結果となった。現在では、学会もこの点を配慮して所定の手続きを経ていけば学会発表とともに特許の取得も可能とのことである。講演要旨の記載の際には、こうした観点からの注意が必要であるかも知れない。これに関しては専門書や学会の責任者に聞いて頂きたい。

3) 植物以外の材料を使った研究発表

植物学会に参加し、研究成果を発表する際に、材料が色素体(葉緑体)を持たない真正粘菌や担子菌類を使った研究成果を植物学会や植物学雑誌

で発表してよいものかどうか一時考えたことがある。その時思い出されたのが南方熊楠翁である。植物学会の設立初期には南方熊楠が植物学雑誌に真正粘菌の目録を発表していた。柳田国男氏は「南方熊楠は世界一の粘菌学者」と述べているが、事実はどうであろうか。調べてみると 1926 年、南方熊楠は真正粘菌の三番目の目録を植物学雑誌に発表している。その後、1927 年に「現今本邦に産すとした粘菌種の目録」として、196 種の粘菌を植物学雑誌 41 巻に発表した。これは 1908 年に植物学雑誌 22 巻に発表した「本邦産粘菌目録」(1908 年植物学雑誌 22 巻)、「訂正本邦産粘菌類目録」(1913 年植物学雑誌 19 巻)の改定増補したものである。これに関しては種名の取り上げ方や産地の示し方が不完全であり、研究用の目録としては不備との指摘もある。南方熊楠が亡くなった 1942 年、顕花植物の分類学者であり、植物学会の生みの親でもある牧野富太郎博士は「南方君は往々新聞などでは世界の植物学会に巨大な足跡を印した大植物学者だと書かれ、また世人の多くもそう信じているようだが、実は同君は大なる文学者であったが決して大なる植物学者ではなかった。植物ことに粘菌については、それなり研究せられた事はあったようだが、しからばそれについて刊行せられた一つの成書かあるいは論文かがあるかと言うと私にはまったくそれが存在しているか知らない・・・」と述べている。南方熊楠もこのことは承知だったようだ。後年松村任三東大教授に宛てた書簡では「小生は植物大家などちらほら東京、大阪の新聞へ出で候が、小生は植物を正則に学んだことはなく、・・・」と述べている。

筆者が高等植物の根端分裂組織の細胞分裂が同調して起こらないことに悩んでいた時、真正粘菌の存在を教えて下さった細胞学者の湯浅明先生、そして粘菌の培養法などを教えて下さった太田次郎先生、そして太田先生の師であり、筆者を基礎生物学研究所に助教授として招聘して下さった神谷宣郎先生も東大理学部植物学教室のご出身であった。神谷先生は、ドイツ、米国で長らく研究をされ、東大と大阪大学理学部で研究と教育に尽力

された方であった。神谷先生やそのグループの田沢仁先生(後東大教授)らは生物の基本的な性質である細胞運動のしくみに興味をもたれ、その一般性を解明するため細胞が大きく最適な材料として真正粘菌の変形体やシャジクモの節間細胞を使っていた。その結果筋肉以外でもアクチン・ミオシン系によって細胞運動が起こるという画期的な発見された。この発見が契機となり、動物では筋肉以外の細胞でも、そして全ての真核生物の細胞の運動はアクチン・ミオシン系からなる分子系で行われていることが明らかとなった。これらの成果を植物学会でも発表されていた。

その後、筆者も担子菌や粘菌での研究成果を植物学会や植物学雑誌に発表してきた。また植物で発見された現象の一般性を明らかにするため、研究室でヒトの細胞やメダカを飼ったこともある。これらの成果は主に植物学会以外の学会で発表してきたが、一部は植物学会でも発表した。学生の時に植物学会や日本電子顕微鏡学会に参加して以来、日本遺伝学会、日本植物生理学会、日本細胞生物学会、日本植物形態学会などに参加したが、会員の多い日本分子生物学会や日本生化学会で積極的に参加し発表することはなかった。時間とともに発表の場は徐々に植物学会一つに絞られて行った。植物学会の魅力は、多様な現象、多様な実験材料を発表で知ることができると共に、何よりもその材料を使っている多様な学生・研究者に会い意見交流ができる場であったことである。先にも述べたように、後にこの学会で知り合った先生方の助言から、母性遺伝やオルガネラの分裂増殖に関わる重要な植物材料に関する情報を教えて頂き、研究を飛躍的に発展させることができた。

今年(2012年)の年会は新免輝男先生を大会会長として姫路の兵庫県立大学で行われた。学会発表の際、今年は“シニアセッション”を設けたと(冗談で)言われたような気がする。最近では多くの学会発表形式がポスターセッションになっている。しかし日頃の研究成果をまとめ、多数の聴衆の前で発表することも大事である。若い学生や研究者の(手頃な)研究成果の発表の(練習の?)

場としても、植物学会の年会が大きな役割を果たしてきたことを思い出した。年齢を問わず、多様な生物で得られた研究成果を発表し、温かい助言を頂く場として植物学会の年会を位置づけ続けることが大切だろう。

3. 論文として発表する重要性

研究者は研究成果を論文としてまとめ、審査を経て発表することが必要である。その内容に独創性があれば必ず評価してくれる。学生の頃に開発した超高分解能電子顕微鏡オートラジオグラフィ法は、日本植物学会の諸先輩や同僚の会員、特に諸外国の研究者との交流に大きく貢献した。この方法を用いた研究論文を *Cytologia*, *J. Electron Microscopy*, *Exp. Cell Res.*, *J. Cell Biol.* などに発表した。雑誌の頒布数や内容が技術中心だったことにもよるが、論文別刷請求（リクエスト）カードは *Cytologia* や *J. Electron Microscopy* が最も多く、それぞれ 500 件を越えた（今はメール時代で論文請求も味気ないものになっているが、当時は論文の別刷り請求をハガキで行っていた。ハガキには世界各国の珍しい切手や著名な研究者のサインもあり、研究者の個性が見られて楽しいものであった）。

大学院では長い時間をかけて研究活動の進め方について教えて頂いた。苦勞の末、掲載された論文を見てほっとする瞬間はいつでも心地よい。この研究・教育の基本項目は高校の教科書の最初に「研究活動の進め方」として記載されている。疑問の発生から→予備調査→仮説の設定→観察・実験→結果の整理と検討・考察→報告書の作成となり、そして最後に発表となっている。これは研究者が研究を進める際の基本且つ重要な指針でもある。しかし近年、この指針が蔑ろにされ、研究倫理の乱れが多くなったこともあり、2011年2月、日本学術会議の第二部長浅島誠先生の提案により学術会議会講堂で公開シンポジウム「科学の社会的責任」が開催された。開催の趣旨は1999年にブダペストで開催された世界科学会議に倣い、科学界は従来の「知識のための科学」に加えて「社

会のための科学」の確立を目指すことが宣言された。昨今は科学の力で社会の諸問題を解決することが期待され、先進国では科学の力で経済的発展を目指す「科学技術立国」政策を採用していることがある。一方、科学者の不正行為が科学の質の低下を招いているという現実もある（捏造や経歴詐称も入る）。したがって社会における科学の責任を果たすためには科学の質の保証が必要である。また、最近の会長談話で取り上げたホメオパシー問題のように、社会には非科学の横行や科学に対する不信などの現実もあり、それらの対策も必要である（TVで〇〇に効く〇〇チンなど）。このような現状を踏まえた上で、生命科学の各分野における科学と社会の関係に関する課題と対策について各委員会の責任者が講演をした。筆者は「理学の社会的責任・課題と対策について」として講演した。一般研究者の「研究活動の進め方」は高校の教科書に書かれていることの拡大版と考えてよからう。しかし高校の教科書に書かれていないところがある。研究者が研究の成果を論文として発表した後、新聞やメディアが一般社会人のために、その研究を分かり易く記事として公表してくれることである。場合によっては新聞での反響を研究成果と勘違いする研究者も多い。例が適当であるかどうかは別として、仮に子供が河原で骨のかけらの様な“もの”を拾い、それを“専門家”に見てもらい、研究論文の作成を飛ばし、十分な検証がないまま、いきなり新聞で“何千年前の恐竜の化石発見”として大きな話題となるようなケースである。実際に「旧石器捏造事件」が起きたことは記憶に新しい。考古学研究者？の藤村新一氏が次々に新たな旧石器時代の遺跡を発掘していた。しかし日本の前期・中期旧石器時代の遺物や遺跡（宮城県の上高森遺跡および北海道の総進不動坂遺跡）だとされていたものが、実は全て捏造だったと発覚した事件である。これらは2000年11月5日の毎日新聞朝刊で報じられたスクープによって発覚した。他から持ってきた遺物を埋めたところを撮影されていたのである。生命科学の分野においても論文の捏造報道がなされることがある。

このような不正行為を防ぐ為には大学院では十分な科学者教育をするとともに、マスコミ関係者には新発見を取り上げる際に、著名な雑誌だけでなく、全ての根拠の記載を義務づけさせることが必要である。論文の無い学会発表→新聞のケースも例外ではない。マスコミは論文を基盤にして公表すべきであるとの考えを提案した。

4. 基礎研究の重要性

話は前に戻るが、筆者は大学院修了の前に地方公務員試験を受けていたので、修了と同時に東京都立アイソトープ総合研究所に勤めた。配属部署は研究者がいる研究部ではなく、研究者が必要とする化学物質を、原子炉を使って放射化する支援と、大型ガンマフィールド施設の管理業務を行う放射線安全課であった。しばらく都下にある大学の原子炉で物質を放射化する事業に追われ基礎研究は全くできなかつた。課長に安全課でも基礎研究の必要性を申し入れると、課長は都立の保健所のレントゲン技師へのX線の影響を、染色体を使って調べる応用研究はどうかと提案して下さった。これを遂行するためにバラックの倉庫を片づけ 25m² の研究室が出来た。この研究テーマは田中先生が進められていた外部照射による植物染色体への放射線の影響のヒト版へと繋がり、発展した。更に大学院時代の実験で、トリチウムチミジンを使って染色体の複製をオートラジオグラフィで調べていた時、染色体異常が多発したことを思い出した。そこで外部照射とともに内部照射、放射線（ベータ線）のクレピスの染色体への影響を調べた。この時 DNA の前駆体であるトリチウムチミジンの実験の対照として、トリチウム水を使った。しかし当初の予想に反して、染色体に影響を与えないはずのトリチウム水が多く多様な染色体異常を誘発した。これはクレピスを使ったからこそ分かったことである。当時原子力発電所から大量のトリチウム水が放出されていたため、新聞報道やNHKの番組でも取り上げられ、米国を中心に国際的にも大きな社会的問題として展開をしていった。これにより幾つかの法規は改訂さ

れた。40年前のことである。思いがけない基礎研究の成果が問題を提起し、社会に貢献した例である。今回の東日本大震災でこれらの知見が生かされたと信じている。福島原子力発電所周辺の高等植物の根端の染色体を見れば内部照射による生物への影響を簡単に調査できるはずであるからだ。

5. 研究の連続性—セレンディピティの基

今日まで続く研究の原点は、1973年にセレンディピティ（偶発力）により偶然にミトコンドリア核を発見したことだと思っていたし、そのように著書などでも述べてきた。しかしセレンディピティには、長い助走期間があることを、最近自らの植物学会の過去の講演要旨で知り、更に遡ることができた。大学院時代にはクレピスを使って間期染色体の DNA、クロマチン繊維の複製・転写の構造解析をトリチウムチミジンやウリジンを使って電子顕微鏡オートラジオグラフィで解析していた。しかしクレピスをはじめ高等植物の根端分裂組織では、細胞分裂が同調して起こらず、そこで得た細胞遺伝学的情報を分子レベルでの解析に進めることが困難であった。そこで5-アミノウラシルなど幾つかの DNA 合成阻害剤をクレピスの根端組織に与え細胞分裂の同調を試みた。60-70%まで細胞分裂を同調化することが可能となったが、染色体が分断される異常も増えた。このような状況に悩んでいる時、先に述べた湯浅明先生の細胞学講義（この頃既に、細胞学も古典的な学問として見られ聴講する学生は1-2名であった）があり、それを聴講した。真正粘菌は、変形体の時期には核分裂はするが細胞質分裂はしないで増え、細胞質を共有するため細胞核は自然に100%同調しておくと教えて下さった。講義後、粘菌を使いたいと申し入れると、お茶の水女子大学の太田次郎先生が使っているので指導を受けるとよいと教えて下さり、後に丁寧な紹介状を書いて送って下さった。太田先生の適切な指導もあり、真正粘菌を使って直ぐに細胞核分裂周期の研究をはじめることができた。

超高分解能電子顕微鏡オートラジオグラフィ

の技術はこれまで類のないものであったので、技術として国内外で注目を集めた。1971年はじめ、日本アイソトープ協会から刊行誌の表紙に超高分解能電子顕微鏡オートラジオグラフィーの写真の掲載を依頼された。その時細胞核染色体の弛緩と機能（RNA合成）との関係を粘菌の変形体にトリチウムウリジンを取り込ませて超高分解能電顕オートラジオグラフィー法で調べていたので、この写真を掲載してもらうことになった。細胞核特に核小体（仁）に多数の現像銀粒子が出現し、ここでRNA合成が活発に行われていることは明瞭だった。ところが細胞質のミトコンドリアの中心にある電子密度の高い構造(後のミトコンドリア核、核様体)にも選択的に取り込まれるように見えたので、これに説明文を加えて1971年のアイソトープ協会誌の表紙として記載して頂いていたのである。しかしこの本当の意義に気付くまで3年の時を要し、ミトコンドリア核の存在を植物学会で口頭発表したのは1972年で、論文としてECRに発表したのは1973年であった。

現在進めている複膜系と単膜系のオルガネラの増殖・遺伝の機構から細胞増殖のしくみを解く研究の基盤は、大学院時代に行った超高分解能電顕オートラジオグラフィー法の技術によりもたらされた予期せぬミトコンドリアの観察であった。この流れを知る最初の機会は植物学会の講演要旨であった。講演要旨は毎年刊行されている。130年を記念して過去の発表記録を整理し纏め、デジタル情報（CD）化して配布するのも良いかも知れない。

6. 日本植物学会をはじめとした基礎植物科学研究への評価

日本植物学会や日本遺伝学会に参加してから、多くの学会に関係し、委員、編集員、評議員などを務めたが、他の学会や農学、医学、薬学など伝統のある応用基礎科学分野に比べて基礎植物学関係の学会で欠けている研究評価の一つとして「賞」があった。人事や諸事の際に一般会員が不利になるのではと考え、それが正しいかどうかは別とし

て、賞の設立を積極的に推し進めた。植物学会では賞の設立には反対者も多いということで、最初に賞を設立したのは、基礎植物学関係では、1995年の日本植物形態学会であった。続いて日本植物生理学会で提案したが、実際に始動したのは2004年であった。九大の西村光雄先生と連日連夜、案の策定に時間を費やしたことを思い出す。これらを参考に、続いて植物学会でも河野重行幹事の主導の下、2005年に多様な賞が設立された。賞は、受賞した研究者の発表を聞いた一般会員が納得してはじめて価値があると思われる。また、学会賞に限らずどの賞にも公平性の観点から推薦者の公表は必要かも知れない。

現在の企業の財団が設定する賞の一般的な基準は、1. 研究成果（研究水準、手法・技法、成果のインパクトの大きさ）、2. 発表論文の水準（論文の質の高さ、どのような雑誌へ掲載されたか）、3. 候補者自身の国際的認知度（受賞歴、国際会議への招待）、4. 競争的資金の獲得(科研費など)、5. 今後の研究の発展性、研究者としての将来性、6. 申請分野との適合性、7. 社会的貢献などである。しかし筆者は別の意見である。1と2については最も重要なことであるが、研究内容の独創性や質の高さは雑誌のIFの高さに関係ない。これまでわが国でノーベル物理学賞を得た益川敏秀博士や小林誠博士の両先生の論文をはじめ、最近頻繁に使っている質量分析装置、その開発者である田中耕一博士の選考対象となった最初の論文はわが国の雑誌であるようだ。研究者はあまりIFに振り回され過ぎないことも重要である。論文の主導性については次の見解もある。最近の中国では、自主性が尊重されIFの高い雑誌(Cell, Nature, Science誌を含む)でもfirst authorとlast author以外は評価されないという。研究費の獲得にもIFが10以上の雑誌に発表した業績が基盤だとか。同様なことが博士の学位の獲得に必要な論文にも適応されている。中国は一気にこのようなことを取り入れて発展しているように見える。自らの研究を中心にすべきであるという点では一理ある。そして3も重要である。特に研究の国際性は論文

のみでなく、海外の研究者との交流が新しい考えを生むことになる。自分の研究内容を十分に伝えられるように、国際的に取り残されないように、これからは海外留学経験がいっそう重要となろう。

4. の自分の研究成果をまとめ、それに対して研究費を頂けるように申請書を提出して、その額に問わずある程度の競争的資金を獲得し研究を進めることも自立性の視点で重要である。しかし最近では、研究より研究費の獲得が生きる目的となり、現実と乖離した造言に基づいた申請書で資金を獲得しているケースが見られる。これは断じて許されない。研究者はある程度、研究の実現可能性を予測して申請書の内容にも責務を負うものである。また、多額の研究費を獲得すれば、研究員の数も多く成果が出るのが当然である。中国ほどではないにしても発見した研究者個人と雑誌の種ではなく発見の独創性に対する評価を優先すべきと思う。

5. は研究者自身が決めることであるが、しかし各々の将来性は過去の実績に書かれている。6. の学会賞や資金の獲得では、申請分野の評価者の中に知人がいるかどうかで決まる事があるので、例えば賞など評価や研究費の獲得に落ちたとしても、過度に自分の研究が悪かったと思う必要は全くない。落ちた時こそ、その悔しさをバネに更に独創性のある研究を行い、論文を書き、たまにはその成果を一般誌にも発表し、研究を広く国際社会に知ってもらふ努力をする必要がある。7. については学会活動への積極的な関与も必要であるが、あくまでも発表論文を基盤にし、無理にする必要はない。

7. 植物科学教育

1) 研究思考の放棄

植物学会に参加して15年ほどしてから、植物学関係者だけでなく、生物学者は、一般的に形態学的思考や解析に弱いことが分かり、原襄先生(東大教養部教授)と相談して植物学会の前日に行われる幾つかの研究会の一つとして、1988年日本植物形態学会を設立した。あくまでも植物学会を支援するという視点に立って創設されたものである。

学会の運営に関してはこれまでに幾つかの困難があったようだが、関係する先生方のご尽力により現在まで継続しており、植物形態学分野の研究の発展や若手研究者の育成にその役割を果たしている。ただ残念なのは、昔も現在も形態的情報が分子生物学的研究や生化学成果の添え物となっており、特に最近では、その情報獲得が研究者との共同研究を越えて業者委託になっている。最近、筆者も二件驚くような経験をした。授業後、ある研究室の院生が電子顕微鏡を使ってデータを取りたいと相談に来た。自分で使えるかと訊いたところ、使えると言う。しかしこの院生は光学顕微鏡を扱って、生物材料の観察すらしたことがなかったのである。そこで蛍光顕微鏡観察からはじめたが、向いていないらしく結局途中で頓挫した。十分な訓練や経験を積んでいない研究者や学生が形態学的解析を即席に実践できるものと勘違いしている例や、対象としているレベルが大きく異なる教育と研究に同じ高価な電子顕微鏡を使用している。多様な機器の扱いに関する十分な基礎教育が必要である。こうした例は学生だけではない。研究科の研究を理解しているはずの教員・責任者達が電子顕微鏡を廃棄して委託にしたらと言ってきたことである。このような考えが研究者の中に浸透してきているのは残念なことである。生物科学研究における日々の生物・器官・組織・細胞の形態観察は添え物では無く、これこそが生物の基本原則を発見する最短の手段の一つであることをよく理解して欲しい。発見のチャンスを人に任せては(放棄しては)もはや科学者とは言えない。真理を暴くことが可能なのは深く粘り強い観察である。発表される1枚の写真のバックには500枚の未発表の写真が存在するのである。古くから研究方法として形態学と生理学があり、そこで見出された生物現象を分子生物学的に展開させるのは望ましくことである。しかし、あまりにも試験管内の物質の振り舞いばかりに意識が傾注され、細胞や組織レベルの大局的な生物現象が解析・評価されないのであれば、その研究は一時的に大きな発見と騒がれたとしてもいずれ時代の流れのなかで埋もれる

可能性が高い。これまで我が国で活躍している科学者を眺めると、「形」の観察から基本現象を発見し、独自の世界を切り開いてきた研究者を目にする。筆者は日本電子顕微鏡学会に参加していたこともあり、ここで若い頃から多くの形態学者と知人となった。筆者と古くから親交のある飯島澄男氏(カーボンナノチューブの発見)、故外村彰氏(電子線ホログラフィーとAB効果の証明)、廣川信隆氏(キネシンファミリーの発見と展開)、藤吉好則氏(膜タンパク質の構造生物学)らはいずれも「形」を基盤にして大きな成果を上げられた研究者である。

このような形態的研究の軽視の傾向に対して心配した日本学術会議の基礎医学委員会医学形態細胞生物学分科会(委員長 廣川信隆先生、副委員長 筆者)と基礎生物学委員会細胞生物学分科会(委員長 筆者、副委員長大隅良典先生)が合同で日本学術会議主催のシンポジウムを毎年開催することになった。世話人を大阪大学の内山安男先生と米田悦啓先生にお願いした。第1回は以下のように2007年東大で開催され、その後毎年一回、京大、北大、東北大、阪大などで開催されている。第1回は以下のような内容で開催され、聴衆が30人程度と少なかったが、その後、回を重ねるごとに参加者の数は増えていった。2008年京大で開催された際には2012年にノーベル賞を受賞された山中伸弥氏にも講演を頂いた。

公開シンポジウム

「細胞から生命の営みを探る～いま、なぜ細胞の研究か!～」の開催について

1. 主催: 日本学術会議 基礎生物学委員会・応用生物学委員会合同細胞生物学分科会 基礎医学委員会 形態・細胞生物医科学分科会
2. 後援: 日本解剖学会、日本細胞生物学会、日本顕微鏡学会、日本組織細胞化学会、日本臨床分子形態学会、医歯薬科学アカデミー
3. 日時: 平成19年9月8日(土) 13:00~17:20
4. 場所: 東京大学小柴ホール
5. 次第

開催趣旨

生命科学の進歩にとって、生命の基本単位である細胞の営

みを理解することは必要不可欠であることは言うまでもない。しかし、昨今の研究の流れとして、応用的な研究が重視され、その応用研究を支える基礎研究の重要性に目が向きにくくなっている。この流れを背景にして、若い学生の目も応用的な分野に向きがちである。そこで、本シンポジウムは、主として、これから研究の世界に入ろうとしている学部学生を対象にして、細胞研究のおもしろさ、重要性を理解してもらい、将来の細胞生物学、形態学を担う研究者を発掘することを目的として開催する。

開会挨拶: 廣川 信隆 (東京大学医学部教授、同大学院医学系研究科教授、日本学術会議会員、日本学術会議形態・細胞生物医科学分科会委員長)

司会: 米田 悦啓 (大阪大学大学院生命機能研究科教授、日本学術会議連携会員、日本学術会議細胞生物学分科会委員)

I 講演 (13:05~16:45)

1) 13:05~13:45

大隅 良典 (自然科学研究機構基礎生物学研究所教授、日本学術会議連携会員、日本学術会議細胞生物学分科会副委員長)

「細胞の見事なりサイクルシステム、オートファジーの持つ役割」

2) 13:45~14:25

中野 明彦 (東京大学大学院理学系研究科教授、日本学術会議連携会員、日本学術会議細胞生物学分科会委員)

「細胞小器官ゴルジ体の謎を解く」

3) 14:25~15:05

藤本 豊士 (名古屋大学大学院医学系研究科教授、日本学術会議連携会員、日本学術会議形態・細胞生物医科学分科会委員)

「電子顕微鏡で脂質超分子構造をみる」

15:05~15:25 休憩

4) 15:25~16:05

黒岩 常祥 (立教大学大学院理学研究科極限生命情報研究センター センター長・特任教授、日本学術会議会員、日本学術会議細胞生物学分科会委員長)

「地球環境を支える葉緑体の1個の分裂マシーンを”観る”、”とる”、”掴む”」

5) 16:05~16:45

廣川 信隆 (東京大学医学部教授、同大学院医学系研究科教授、日本学術会議会員、日本学術会議形態・細胞生物医科学分科会委員長)

「ミクロの運び屋”分子モーター”が開く未知の世界: 細胞から生命を観る」

II フリーディスカッション (16:45~17:15)

～これから細胞生物学を目指す君たちへ、君たちから～

閉会挨拶: 黒岩 常祥 (立教大学大学院理学研究科極限生命

2) 植物を使った研究の先駆性

植物は生命の基本原理の解明に重要である。植物が細胞の発見にはじまり、細胞遺伝学、細胞の運動、生物時計（田沢仁著、マメから生まれた生物時計—エルヴィン・ビュニングの物語）の機構など細胞の基本原理の解明に果たした役割は大きい。この数十年、動物の細胞や器官分化の、所謂生殖細胞を経ることなく組織・器官、さらに個体を発生させる分化全能性の研究が盛んとなっている。2012年12月に開催された生物学分野以外の研究者も含む会議（国の予算を執行する立場にあると思える方も含む）でiPS細胞と山中伸弥氏のノーベル賞が話題となった。ここでJ.ガードン博士以来の、わが国におけるES細胞などの研究成果を説明した。植物の研究者であれば何方も良く知っている植物細胞の分化全能性の先駆的研究があることを多くの参加者は全くご存知なく、それらが質問として挙がった。1957年にF.S. スクーグとC.O. ミラーの両博士はタバコの茎の髄にオーキシンとサイトカイニンの比を変えて培養し苗条と根をそれぞれ分化させることに成功した。また翌1958年、F.C. スチュワード博士らはニンジンの根の組織断片を、ココナツミルクを含む培地で培養し、体細胞から個体を再生させることに成功した。わが国では1963年加藤博之、竹内正幸両氏が東大植物園の研究室でニンジンの根から得た単細胞から植物体を形成させることに成功し、世界的な話題となった。1971年長田敏行氏と建部到氏はプロトプラストを用いてこのことを完全に証明している。これらの研究は、植物の普通の細胞が個体を再生できる能力、すなわち分化全能性をもっていることを明らかにし、今流行の分化する前の細胞の状態に戻るといって初期化を示したものである。初期化された細胞は、再び組織に分化させる事ができ、これを再分化という。生物個体組織は動物植物を問わず、脱分化した細胞は再分化が可能であり、これは生物に共通の原理である

ことが植物によって最初に発見されていたのである。会議では少し長くなった補足説明を聞き、皆驚いていた様子だった。この性質は様々な分野で利用されているにも関わらず、その基礎的な研究の意義や背景に関する理解が社会的説明として不足していることを痛感した時でもあった。

3) 教育の現場

植物を使い生物の基本原理が最初に解明されたことの例にはこと欠かない。しかしこれが可能であったのは、植物を扱って基礎的な研究をしている研究室がどこかにあったからである。東大では理学部生物学科に植物学コース、動物学コース、人類学コースがあったが、現在では生物学科となっている。筆者が岡山大学理学部生物学科に赴任した時の講座名は植物形態学講座であった。日本学術振興会の科研費の細目にも植物形態があった。理研でも植物科学研究センターがあったが、改称され「植物」が外されるという。多くの大学研究機関で、研究の進展とともに学科、学部の統合や改組がなされている。

遺伝学者であり、サルモネラ菌を使って鞭毛の形態形成の解明に道を拓いたのは飯野徹雄先生であった。飯野先生は東大の田中先生の後任となった。その後わが国の遺伝子組換え実験を推進するとともに各大学や研究施設の遺伝子実験施設の創立に尽力された。先生は人事に際し重要な条件として、自分の専門は専門として業績をあげることはもちろんだが、植物を使った植物科学の教育をして欲しいと常々言い、筆者にも人事の際には力説された。先生は研究分野の多様性ととも材料の多様性を維持する教育の重要性を強く理解しておられたと感じている。もし東大に植物を使った研究室が無かったら、筆者を含む多くの先生方の研究の進展は望めなかったと確実に言える。研究内容で学科などの統合化をする際には、植物分野の研究員や教員の確保の約束は必要条件である。

8. 植物科学分野からも日本学術会議への積極的参加

最後に植物学会としても日本学術会議に積極的に参加し、問題点の提案などを具体的に行っていくことの必要性を述べたい。日本学術会議に関してはホームページに簡潔に書かれているが、その詳細に関して以下に少し述べたい。

1) 日本学術会議とは

学術会議は科学が文化国家の基礎であるという考えの下、科学を行政、産業及び国民生活に反映、浸透させることを目的として、1949年に内閣総理大臣の所管の下、政府から独立して職務を行う「特別な機関」として設置された。学術会議は、我が国の科学全分野の約 84 万人の科学者を内外に代表する機関であり、210 人の会員と約 2000 人の連携会員が一部(人文・社会科学)、二部(生命科学)、三部(理学・工学)に分かれて活動している。その役割としては、I 政府に対する政策提言、II 国際的な活動、III 科学者間ネットワークの構築、IV 科学の役割についての学論啓発である。この活動のため 30 の学術分野別委員会(常設)、課題別委員会(臨時)などが置かれており、各分野別委員会の下にはさらに分科会が置かれて活動している。植物学会関連は、30 の分野別委員会の一つ基礎生物学委員会の下に植物科学分科会があり、重要な活動の場となっている。委員は従来、学会からの推薦をへてなされたが、20 期から大幅に変革されて、会員と連携会員は学術会議の会員が選ぶことになった。従って、関連協会、学会との関連が希薄になることが懸念されている。

従来、ここで決定された提言は政府でも尊重されて、基礎生物学研究所の設立をはじめ、幾つかの具体的な成果となったと聞いている。しかし、この 15 年ほどは、提言や報告が政府の政策に反映されることは極めて少なかったようであるが、4 年前から再び、幾つかの提言や報告書が政府側で利用されはじめていると言う。そこで、少し学術会議についても述べておきたい。

2) 機関誌—学術の動向

日本学術会議の機関誌として、毎月発行される

「学術の動向」がある。編集委員会は委員長、副委員長、幹事各 1 名の他委員 6 名の会員から構成されている。筆者も編集に携わったことがある。各科学分野の方がその時代の科学の動向についての的確に執筆されており、常に知的刺激を受けるような先端的な内容となっている。政府の方々を含め、研究に携わる多くの皆さんがここに書かれていることを常々参考にされるのが良いと思っている。生物関係では個人的な執筆は別として、過去に以下の特集が組まれている。「学術の動向」はネットからも直ぐ読めるので参考にされると良い。

学術の動向 2008 年 5 月号

生物科学の今日から明日へ / 黒岩常祥・大隅典子

細胞運動の先端生物学 / 真行寺千佳子

生体超分子ネットワークの仕組みに学ぶ / 難波啓一

http://www.h4.dion.ne.jp/~jssf/text/doukousp/pdf/200805/0805_5051.pdf

社会の中の生物科学・社会の中の生物科学者 / 大隅典子

植物科学の発展と社会への貢献 / 福田裕穂

細胞小器官の細胞科学—ミトコンドリア— / 河野重行

今日から明日への生態学 / 鷲谷いづみ

基礎生物学の発展に向けて / 岡田清孝

生命科学と社会との関係 / 菱山 豊

生物科学のリテラシー / 渡辺政隆

生物科学の発展と高校生物—教科書執筆者の立場から— / 久力 誠

http://www.h4.dion.ne.jp/~jssf/text/doukousp/pdf/200805/0805_6871.pdf

基礎生命科学の憂うべき状況について / 大隅良典

ゲノム科学を基盤に / 黒岩常祥

学術の動向 2010 年 12 月号

植物を活かす—植物を利用したグリーンイノベーションに向けて— / 福田 裕穂

問題点の整理と展望 / 福田 裕穂

植物により良い未来を求める世界 / 服部 亮

植物ゲノム研究の現状と今後 / 佐々木 卓治

植物の CO₂ 感知・適応機構の研究状況と今後の展開 / 射場 厚

微細藻類における CO₂ 濃縮機構と物質生産 / 福澤 秀哉

バイオマス研究 / 梅澤 俊明

ファイトレメディエーションは強力な 21 世紀の技術である / 西澤 直子

90 億人を養うための作物科学イノベーション / 岩永 勝

植物工場 / 野並 浩

植物産生医薬品の開発 / 高岩 文雄

この他に日本学術会議の活動に、最近「日本の展望—学術の提言 2010」が提案された。この提言に付随して各分科会の報告書があり、植物科学を

含む生物科学の諸問題を提起している。

3) 日本の展望—学術からの提言 2010

この中での植物科学分野の活動として、大型プロジェクト提案、学術の動向での意見の提案、シンポジウム開催、その他提案や報告など具体的な行動の規範が提言されている。すべて情報は日本学術会議のホームページから得ることができる。ここでは提言の要点のみを簡単に述べ、関連部分の情報を添付したい。

日本の展望—生命科学からの提言

この提言は、日本学術会議 日本の展望委員会生命科学作業分科会の審議結果を第二部拡大役員会の協力を得て浅島誠委員長が中心となり、取りまとめたものである。これに2部の13委員会で策定された報告書が付随している。植物科学関係の課題は委員会の一つである「基礎生物学委員会」の中にまとめられている。

基礎生物学分野の展望

この報告は、日本学術会議基礎生物学委員会の審議結果を取りまとめ公表したものである。委員は以下ようになる。

委員長	黒岩 常祥 (第二部会員) 立教大学大学院理学研究科・極限生命情報研究センターセンター長、特任教授
副委員長	小原 雄治 (第二部会員) 情報・システム研究機構理事 国立遺伝学研究所所長
幹事	室伏きみ子 (第二部会員) お茶の水女子大学理学部教授
	浅島 誠 (第二部会員) 産業技術総合研究所フェロー兼器官発生工学研究ラボ長
	岡田 清孝 (第二部会員) 自然科学研究機構・基礎生物学研究所・所長
	榎 佳之 (第二部会員) 豊橋技術科学大学長
	野本 明男 (第二部会員) 東京大学大学院医学系研究科特任教授
	柳田 敏雄 (第二部会員) 大阪大学大学院生命機能研究科教授
	山本 正幸 (第二部会員) 東京大学大学院理学系研究科教授

報告書は27ページに及ぶので、以下に要旨のみを述べる。

要旨

1 作成の背景

基礎生物学は、生命科学系の根幹をなす基盤科学として、生命とは何かという大命題のもと、生命の誕生と進化、遺伝、発生・分化、系統・進化、さらに生命間の総合作用など、地球圏に棲息する生命の基本原理解について、急速に展開するゲノム情報を基盤に様々な最先端の技術を駆使しながら解明を行っている。こうした基礎生命科学の成果が、新しい応用科学を生み、さらに医療、食料問題、環境問題など、地球規模で抱える大きな問題解決に大きく貢献しようとしている。基礎生物学研究の目的は、人類をはじめ多くの生物が、この地球上で生息を続けるための基盤となる必須な情報を、真理の探求活動を通して提供することである。

ここでは、基礎生物学全般における多方面にわたる種々の問題・課題の抽出、研究の必要性、今後の解決法・推進の方向などについての提言を取りまとめた。

2 現状および問題点

基礎生物学分野の知見から分子生物学が生まれ、微生物からヒトに至る生物の設計図ともいべきゲノムの解読が進み、これらの情報を基盤に、様々な生命現象を従来に増して遺伝子をはじめ物質レベルのふるまいとして説明ができるようになった。しかし細菌のような最も単純とされる原核生物さえも、未だに「生きている」とはどういうことか、根本的な問題は解明されていない。しかし世界レベルで見れば、この分野でも解析技術の発展に伴って急速に新たな研究が展開されている。一方我が国では、研究費配分、政策、教育、博士課程を終えた研究者の就職難など、次世代を担うべき若い研究者の置かれている環境は極めて不遇な状況にある。これらを早急に改善しなければ我が国の生命科学、ひいては科学立国としての持続的な発展を維持することは困難である。(また、こうした状況の中でも、医療、環境、そして食料問題が深刻化を増している。例えば、食料に関して言えば、地球上の人口は現在67億人であり、2050年には90億人を超えるとされている。過去100年間の急速な地球人口の増加を支えてきたのは農地の拡大、化学肥料、除草剤、農薬、そして品種の改良(育種、遺伝子の組み換え)等である、しかし現在の環境変動とともに従来の対応策の多くは限界に達している。将来の可能性の一つとして、ゲノム情報を基盤とした遺伝子組み換え技術があり、これらの有効な利用が望まれる。

基礎生物学は、生命とは何か、生命の基本原理解の解明を基盤におき、そこから得られた知見を発展させる事により、地球が抱えている様々な問題の解決につながる糸口の解明、発見、新たな技術の創成を目指している。

3 報告の内容

(1) 10~20年程度の基礎生物学の分野別の中期的な学術の展望と課題

近代の生物科学は、1953年のワトソンとクリックによるDNAの二重らせん構造の発見を契機として、遺伝子探索の分子生物学の時代へと突入し、細胞の増殖、分化、さらには免疫機構などその基本的しくみが分子のレベルで語られるようになってきた。特に生命構築の基盤となる生物の設計図とも言うべきゲノム解読も著しく進んだ。1995年のペクターによる、自律的生物としてははじめてのインフルエンザ菌のゲノムの解読から始まり、酵母、線虫、ショウジョ

ウバエなどを経て、2004年にはヒトゲノムの解読が終了した。その後も多様な生物のゲノム解読は日毎に進み、解読装置の進歩もあって、現在ではヒトゲノムはわずかに2ヶ月で再解読が可能となっている。新規ゲノムの解読はまだ課題は多いが、今日では、様々な生物の設計図の種内多様性がDNAの配列として短期間で提示されるようになり、生物の複雑な形質や個性の解明が目指されている。

今後は生命科学のあらゆる分野で、ゲノム情報を基盤にした研究が進み、遺伝情報に基づいて機能する生体分子の構造生物学研究、さらにそれを発展させた原子生物学的研究により、分子から個体に至る生命の連続性に関する理解が、さらに深まるであろう。

一方この地球には、人類の急激な社会的発展を起因とした、気候変動による環境問題、生物多様性の喪失、さらには人口増加による食料問題、医療問題など、解決すべき数々の大きな課題が山積している。我が国では、教育・研究に投資される国家予算のGDP比はOECD加盟国の中では最低レベルであり、こうした問題に対処するためには、人的・財政的基盤の確立が必須である。また科学の将来を切り拓くような研究は、必ずしも先端的、大型研究分野からのみ生まれてくる訳ではなく、多様な基礎科学分野の活性化にも重点を置くことが不可欠である。

こうしたことから、多様な基礎科学の推進やそれを担う人材育成のための教育を推進する上で、大学・研究機関等への継続的な支援が極めて重要である。

このような問題を含め、分科会から多岐に渡る今後の課題が提示された。これらを基礎生物学委員会としてとりまとめ、10~20年程度の中期的な学術の展望と課題、グローバル化への対応、社会的なニーズへの対応、そしてこれからの人材育成に関する行政、教育(中等、研究者養成など)、研究(分野、研究費、施設など)、社会的貢献など幾つかの項目を踏まえ、基礎生物学の展望について報告する。

(2) グローバル化への対応

国際化について、基礎科学研究の成果は、もとより全人類に還元されるべき、国境のない国際的なものと考えられてきた。その崇高な理念は今日も変わりはない。

しかし、生命科学における研究成果が時に知財として大きな利益を生み出すようになり、国家がその権利の確保を主導するようになった今日においては、分子生物学をはじめ基礎生物学分野についても、単に研究における無国籍主義の原則論を唱えるだけでは、現実を動かすことはできなくなっている。現実論として、必要な範囲において知財についての権利確保は進めながら、基礎科学に過度の国家主義・秘密主義が持ち込まれないような配慮が必要と思われる。

特に、今後も物的あるいは人的資源をもつアジア、アフリカなどを中心とする発展途上国と、研究および教育で交流を深めていくことは必然の流れと思われるが、その際、互惠の精神に則った協体制を築くことが肝要である。

さらに、基礎生物学の研究成果を積極的に一般市民に発信し、説明するとともに、応用研究への転換を図り、人類の生存への道を探るために一段と努力する必要がある。

また、生物多様性条約のCOP10が2010年(国際生物多様性年)に開催された。このような会議を通して、我が国の自然史・生態科学のみならず、基礎生物学が国際社会と連携を深めながらリーダーシップを発揮する機会とする必要

がある。

(3) 社会的なニーズへの対応

生物科学は近年その先端的科学として、DNAとゲノム科学を基盤に発展してきた。生物科学研究の長年の蓄積によって得られた、知的情報資源やバイオリソースを社会に還元するために、生物資源の収集、維持、管理、配布およびデータベースの管理などの施設の充実が急務となっている。例えば、展示のみならず研究をも積極的に進めている臨海実験所の充実とともに、自然史博物館、植物園等の整備などが挙げられる。

さらに重要なこととして、分野によってはこれまで得られた基礎的な研究成果を実用的な応用研究へと展開させることが可能となってきている点である。現在地球が抱えている多様な問題のなかの一つとして、多くの国が直面しているものに、急速な環境変動、人口増による食料問題がある。2050年、地球人口は90億人を突破すると言われているが、数十億人分と予想される食糧不足、それから派生する抗争など、社会不安も懸念されている。我が国の植物科学の基礎研究は、国の調査では世界をリードする分野の一つである。

しかしながら、遺伝子組換え植物に対する一般市民の正しい理解が不十分であること、研究に対する圃場整備等が十分に成されていないことなどから、実験室から野外での実験へと展開できない状況に置かれている。作物輸出国は組換え植物を積極的に推進・生産し、それを我が国が大量に輸入しているのが現状である。農業行政で食糧自給率の改善を図るとともに、早急に遺伝子組換え植物の実験の圃場実験設備の充実を行い、温暖化、砂漠化などの環境変動に耐性の穀物を作り、人口増に備える必要がある。

また、細胞の無限増殖により引き起こされるがんや、インフルエンザなどに代表される感染症なども、その生物学的メカニズムは、基礎生物学研究の範疇にあり、関連諸分野と研究政策で密接に連携をもって、社会的ニーズへ対応することが肝要である。

(4) これからの人材育成

① 生命科学に関する小・中学校から高校教育

現在の日本の教科書のレベルは、残念ながら欧米に比してどころか、世界的に見ても極めて低いと言わざるを得ない。この状況を打破し、生命の設計図の基礎となるDNAとゲノムを基盤として、生命の進化にしたがって、地球生命圏(海洋、陸上)の生物の遺伝、増殖、発生、系統・進化、多様性、生態、生命系の保全などを系統的に教え、その延長線上にある医療、環境、食糧、多様性保全などの展開に向けた、教科書と教育システム(実習を含む)を充実させる必要がある。物理化学が様々な現象を数式や元素記号に基づいて説明するように、生命科学はDNAの配列を基盤にして多様な生物現象を説明できる時代になっている。併せて、上記を教える教員の質のレベルの向上が強く望まれる。教育の原点は教員が十分に内容を理解し興味をもって教えることであるため、教員に対する教育システムの構築も重要である。

② 大学における教育

これから一般社会で、あらゆる面で生命に関する話題が発生しよう。ゲノム情報が究極的な個人情報として利用されつつある現在、正確で公正な判断をすることができるよ

う大学では生命科学を全員に教えるべきである。DNAとゲノム情報を基盤にするなら、微生物(細菌)から高等動物植物に至るまで、進化・系統、遺伝、増殖、発生、多様性などを系統的に易しく教えることができるはずである。このような教育体系においては、学問分野の多様性も必要である。したがって学生には、異分野の教育をも受けられる選択の自由が与える事が望ましい。横断的な学問経験を持つ人材から、新たな発想が生まれ、新しい応用的な研究が展開する可能性があるからである。

③ 大学院における教育

専門教育の充実を十分に図るべきである。その基本となるDNAの扱い、特に遺伝子組換え技術、急速に発達した顕微鏡を中心としたバイオイメージング技術、コンピュータによる情報科学などを十分に教えるべきであり、その教員の補充や教育プログラムの充実を図る必要がある。日本の将来を担う研究・教育者は基本的には大学院博士(後期)課程の研究経験を経て育成される。しかし我が国では、他分野と同様に生命科学分野でも、現状では大学院を修了し学位を得ても正規の職につけない研究者が急増している。これは大学や研究機関の独立法人化でそれに伴う人員削減、正規職員から契約職員への転換など、研究・教育者の雇用が大幅に狭められたことが大きな原因である。このような状況が続けば、我が国の生命科学の将来は暗澹たるものになる。これを打破するためには、全大学への基盤経費の支援、大学研究機関自身の雇用・評価制度の改革による、能力ある人材の確保、国の機関による大学研究機関への雇用支援などの政策が急がれる。

④ 専門官の設置

これまで先進国といわれた欧米諸国において、研究者、研究費、研究業績が低迷するなか、この10年でこれら全ての国々を追い越したのが中国である。中国の中枢にいる政治家や科学的指導者に理系出身者が多くなったと聞く。中国のみならずインドをはじめアジア諸国そして世界的に見てもこれまで発展途上国とされてきた国々が、教育の質を高め、最新のバイオテクノロジーを使い、食料生産、バイオエネルギー生産など国家戦略として取り組み成功を収めつつある。このような状況の下、我が国の科学技術行政はすでに世界の中でも後手々となり、遅れをとっていることを認識すべきである。国際的な科学技術行政の全体動向を把握し、科学の進展が理解できる専門官を行政の中枢に置くべきである。

本提言は、基礎生物学委員会および各分科会から、(1)10～20年程度の基礎生物学の分野別の中期的な学術と課題、(2)グローバル化への対応、(3)社会的なニーズへの対応、(4)これからの人材育成の中課題項目にしたがって、基礎生物学関係で今後推進すべき緊急・重要課題について収集し・検討した結果を、文部科学省、農林水産省、環境省、厚生省、その他の関係行政機関、産官学の研究機関、公立試験研究機関、一般社会に対する報告として、取りまとめたものである。

第21期には基礎生物学委員会には、13の常設の分野別分科会がある。① 動物科学分科会、② 植物科学分科会、③ 細胞生物学分科会、④ 遺伝学分科会、⑤ 分子生物学分科会、⑥ 生物科学分科会、⑦ 遺伝資源学分科会、⑧ 海洋生物学分科会、⑨ 発生生物学分科会、⑩ 進化・系統学分科会、⑪ 総合微生物学分科会、⑫ 生物物理学分科会、⑬ ゲノム

科学分科会であり、第20期より継続して活動している。第20期から第21期の移行に際して、生物教育分科会が廃止された。しかし生物学の教育の問題は依然として山積しており、形を変えて復活させる必要があるとの意見もある。国際分科会としてはIUBS分科会があり、活発に活動している。最後に植物科学関連の課題の部分を全体が分かるように目次から抜粋して述べる。

目次

1 はじめに	1
2 提言の内容	3
(1) 10～20年程度の基礎生物学分野別の中期的な学術の展望と課題	3
① 分子生物学、生物物理学、細胞生物学領域の展望と課題	3
② 動物科学、発生生物、植物科学、生物科学領域の展望と課題	5
③ 遺伝学、遺伝資源、ゲノム領域の展望と課題	7
④ 進化系統そして海洋生物学領域の展望と課題	8
⑤ 基礎生物学の共通の課題	10
(2) グローバル化への対応	12
① 留学生の受け入れと海外研修・留学	12
② 研究における国際連携	12
③ 地球レベルの生物多様性の保全	13
④ 進化学の国際的中核研究機関の設立構想	14
⑤ アジア諸国との連携	14
⑥ アジア・アフリカ地域における社会貢献	14
(3) 社会のニーズに対応	15
① 教育、生命科学の意義、社会への啓蒙	15
② 社会のニーズに応える人材の育成と適切で公平な雇用	17
③ 食糧の確保と食の安全	18
④ 技術革新が進む社会における人間性の涵養	19
(4) これからの人材育成	19
① 教育	19
② 機器管理・事務部門のサポート体制	23
③ ポスドクの雇用と企業	23
④ 政府組織	24
⑤ メディア報道など	25
⑥ 生命倫理	25
3 おわりに	26
<用語の説明>	27
<参考文献>	27
<参考資料>	27

動物科学、発生生物、植物科学、生物科学領域の展望と課題については以下のことを述べている。

地球上の生物は、生命が誕生して以来、およそ40億年の歴史を経て様々な環境に適応して進化し、その結果、未知のものも含めると数千万種とも数億とも推定される多様な生物が存在すると考えられている。これらの数え切れない生命は、ひとつひとつに個性があり、それぞれが網の目のように様々な関係でつながっている。この生物多様性のユニットが種である。現在、学名がついた約150万以上の生物種が生存するとされており、動物だけで100万種を超えると

考えられる。動物科学は、このような多様な動物種が様々な環境に適応しながらつくりだされてきたプロセス、またそれぞれの動物が示す様々な生命現象の仕組みについて、より広い視点から自然科学的に理解する学問である。動物学は対象とする分類群によって哺乳類学、昆虫学、魚類学などと分けられることもあるが、さらに最近は研究分野が細分化され、発生学、生理学、生態学、動物行動学、形態学などの視点で研究分野が形成されている。動物学では一見系統的に離れているように見える生物の研究成果がヒトの生物学に関わる共通原理を提示することもあり、多様な生物を研究対象として基礎研究を継続させることが重要である。また近年では、生物多様性の解析や保全についての生物学的研究も著しく加速し、動物を取り巻く生態系が維持されてこそ、人類も持続可能であることの重要性が再認識されつつある。

発生生物学は、このように多様に進化した生物、主に動物における個体発生過程の共通現象の基本的メカニズムを解明しようとする学問であり、その成果は応用研究へと展開している。例えば、アフリカツメガエルでは既に顕微操作を施し、組織の細胞核を移植してクローン生物を作成することに成功している。我が国の研究でも、器官形成に必要なオーガナイザータンパク質分子や、多細胞化に重要な細胞接着に関わるタンパク質分子の働きが解明され、また多分化能をもったiPS細胞が創出されるなど、世界をリードしてきた。そしてこれら基礎研究の成果は医学、農学、薬学においては工学関係への波及効果を示し、現在の再生医学へと展開している。今後も基礎発生生物学的研究はゲノム情報を基盤に新たな知見を生むことが期待される。

地球上に生息している無数の生物に対して、光合成により食料（糖）と酸素を供給して、その生命活動を支えてきたのが藻類と植物である。しかしながら20世紀に入って世界の人口が爆発的に増加し、その結果として、森林を伐採し、大規模な開発や都市化が進み、化石燃料の消費は増え、大気中の二酸化炭素濃度は上昇を続けている。さらには、天然資源の大量消費をもたらした、その影響は酸性雨や地球温暖化となって現れ、地球環境を著しく変貌させている。熱帯雨林や珊瑚礁が急速に減少し、砂漠は増大し、そこにすむ多種多様な生物は棲み場を奪われて、多くの種が絶滅の危機に瀕している。このように人類は、地球規模の様々な問題に直面している。世界的な人口増加、新興国の急激な経済発展による食料需要の急増、地球温暖化による異常気象や砂漠化などによる食糧供給の不安定化などが現実の問題となっている。これらは多量の食料資源を輸入に頼っている我が国の安定的な食糧供給、また安全保障にも大きな影響を与えるばかりでなく、人類全体の持続的な発展を妨ぐことさえ懸念される。こうした環境面の諸問題に対して、その全ての局面で鍵となる植物の活動に関するサイエンスが植物科学であり、世界的に最も高い水準にある我が国の植物科学の基礎研究成果を最大限に活用し、積極的に且つ緊急性を持ってこれらの問題に取り組む必要がある。

環境問題が深刻化を増すにしたがって、生物多様性研究の重要性とそのための施設の確保ならびに充実化の必要性がますます高まっている。多様な生物と向き合う学問であることから、実験室で管理・維持されたモデル生物だけでなく、自然に存在する様々な生物を研究対象とすることが大切である。そのためには、様々な生物種の研究と保存を可能にする、臨海・臨湖実験所や植物実験圃場などの施設について、長期的スパンに立った整備・拡充が是非とも必

要とされる。加えて、様々な生物の野生株、変異株（人為的形質転換体を含む）や、形質転換用ベクターなどを積極的に蒐集し、それらを管理・維持して利用希望者の便に供することができるバイオリソース施設は、今後ますます重要になる。このようなバイオリソースの確立と活用は、生物多様性の研究のみならず、貴重な生物資源の保存の上でも欠かせない課題である。

基礎発生生物学的研究を基盤に発展した幹細胞の研究は、多くの応用研究への道を拓いた。そしてこれに対する期待の高まりから、広義の意味での発生生物学分野に対する総研究費は増加している。しかし、研究予算の配分状況を概観すると、応用研究に著しく偏っており、基礎研究のための研究費獲得の競争率はむしろ増大している。基礎研究と応用研究はいわば車の両輪であり、互いに正しくフィードバックし合ってはじめて健全で効率的な発展を遂げるものである。したがって、今後両者のバランスを考慮した国の投資が非常に大切である。

基礎植物科学研究において、我が国はシロイヌナズナやイネゲノム解析研究に代表されるように、植物の遺伝子機能解析面での優れた研究実績がある（サイエンスマップ2006参照）。ところが、これらの基盤研究の実績を、環境や食糧問題解決へと発展させるための研究は、教育、科学研究振興、研究施設などの基盤整備の不備や、一般社会における応用的な植物研究に対する正しい理解が不十分であることなどから、欧米に比べて遅れをとっている。これを挽回し、世界の第一線に復帰するためには、現在の我が国の社会基盤を、根本的に大きく改善する必要がある。これまで研究の中心とされてきた小型のモデル植物であるシロイヌナズナならば、各研究者個人の努力でも、ある程度の実験設備が備えられる。しかし現在世界的に進められている、食糧や環境問題解決を視野に入れたポストモデル植物時代の植物科学においては、遺伝子組換えにより増産や成分改変が可能になったユウカリや杉など大型の本木、寒冷環境に暮らす高山植物、高温耐性の熱帯の作物なども重要な研究対象植物となる。

こうした多様な環境適応形質の理解のためにも、また地域に応じたオーダーメイドの植物機能開発のためにも、さらには多様な地球環境における植物の機能の理解のためにも、国家プロジェクトとして、地球上のあらゆる環境をシミュレートできる、各地の気象を活かした環境効果解析施設としての閉鎖式遺伝子組換え試験施設を設立できれば、その有用性は計り知れないものとなる。このような設備の拡充および円滑に運営するための施設群の新設と整備が、緊急の重要課題である。

4) 組換え植物研究の現状と問題点

この重要な問題に関して、平成22年（2010年）7月基礎生物学委員会・統合生物学委員会・農学委員会合同植物科学分科会においてまとめられ、提言として発表された。ここでは委員会のメンバー、要旨、目次のみを掲載させて頂く。詳細に関しては日本学術会議のホームページをご覧いただきたい。

提言

我が国における遺伝子組換え植物研究とその実用化に関する現状と問題点

この提言は、日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会・農学委員会合同植物科学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

委員会

委員長 福田 裕穂 (連携会員) 東京大学大学院理学系研究科教授

副委員長 鎌田 博 (連携会員) 筑波大学大学院生命環境科学研究科教授

幹事 河野 重行 (連携会員) 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授

幹事 塚谷 裕一 (連携会員) 東京大学大学院理学系研究科教授

岡田 清孝 (第二部会員) 自然科学研究機構基礎生物学研究所所長

黒岩 常祥 (第二部会員) 立教大学大学院理学研究科極限生命情報研究センター長・特任教授

石田健一郎 (連携会員) 筑波大学大学院生命環境科学研究科准教授

射場 厚 (連携会員) 九州大学理学研究院教授

佐々木幸子 (連携会員) 元名古屋大学農学部教授

佐藤 文彦 (連携会員) 京都大学生命科学研究科全能性統御機構学教授

篠崎 一雄 (連携会員) 独立行政法人理化学研究所植物科学研究センター長

寺島 一郎 (連携会員) 東京大学大学院理学系研究科教授

西谷 和彦 (連携会員) 東北大学大学院生命科学研究科教授

西村いくこ (連携会員) 京都大学大学院理学研究科教授

野並 浩 (連携会員) 愛媛大学農学部教授

町田 泰則 (連携会員) 名古屋大学大学院理学研究科教授

三村 徹郎 (連携会員) 神戸大学大学院理学研究科教授

提言書及び参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

小野 道之 筑波大学大学院生命環境科学研究科准教授

小泉 望 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科教授

町田千代子 中部大学応用生物学部応用生物化学科教授

松井 南 独立行政法人理化学研究所植物科学研究センター

植物ゲノム機能研究グループグループリーダー

渡邊 和男 筑波大学大学院生命環境科学研究科教授

要旨

1 作成の背景

今日、我々は地球的規模の諸問題に直面している。世界的な人口増加、新興国の急激な経済発展による食料需要の急増、さらには、化石燃料使用に伴う空気中二酸化炭素濃度の異常増加と、それに伴う地球温暖化・異常気象や砂漠化・海水酸性化等の環境危機などである。一方、化石エネルギーに依存しない代替エネルギー源としての「エネルギー作物」の需要は食料資源との競合をもたらし、食料供給のさらなる不安定化の要因となっている。これらの諸問題を総合的に解決するには、原材料としての植物の潜在能力を解明し、その能力を効率よく利用することが不可欠である。既に諸外国ではそのための多くのプログラムが提案・実施されつつある。狭い国土に多数の人口を擁する日本においても、この植物の利用効率を上げるために、植物の生命システムを解明する植物科学研究における、基礎研究のより一層の進展と、基礎研究の応用研究への幅広い展開が強く望まれる。

2 現状及び問題点

遺伝子組換え(GM, Genetically Modified)技術は、自然界に既に存在する生物現象を、人類が一部加工して、より効率を上げたもので、今では世界的標準技術となっている。これにより近年、植物の生命システムの遺伝子レベルでの理解が飛躍的に進んだ。さらに、遺伝子組換え技術が作り出す遺伝子改変植物、すなわち遺伝子組換え植物の実用化は世界規模で急速に進行しており、今後、地球規模の食料・環境・エネルギーに関する諸問題解決のための突破口となると考えられている。実際、2008年のG8で、各国リーダーは、遺伝子組換え作物(GMO, Genetically Modified Organism)の重要性について初めて言及し、「遺伝子組換え作物の研究と開発を促進し、農業生産を向上させるための新技術を取り入れ、こうして開発された新品種の良否を科学的に評価しよう」と呼びかけている。

資源に乏しい日本は、科学技術立国を目指し、学術や技術の進展に力を入れてきた。その効果は植物科学にも及び、シロイヌナズナやイネを材料とする基礎研究において世界を先導する優れた研究実績が蓄積されている。諸外国では、世界の食料や環境問題の解決に貢献しようとする遺伝子組換え植物を開発し、25カ国が遺伝子組換え作物を既に栽培している。一方、日本では、花卉(かき)を除くと、食用作物などについては、遺伝子組換え作物を自国で実用化・栽培・収穫するに至っておらず、諸外国から大量に輸入して利用する状態にとどまっている。日本の高度な基礎研究の成果を社会に還元し、今後ますます深刻となる環境問題や食料問題など地球規模の問題解決に植物機能を活用するためには、遺伝子組換え植物の研究や開発に向けた研究基盤を拡充するとともに、これら有用技術の利用に関する国民の理解の増進に向けて、我々科学者が、多方面の関係者と協力して努力する必要がある。

3 提言等の内容

資源に乏しい日本が、科学技術立国を目指し、世界の食料の安定供給や環境問題の解決に貢献するためには、遺伝子組換え植物の利用に向けた戦略的な取組が求められている。以下に、その具体的な内容を提言としてまとめた。

(1) 植物遺伝子機能解析の戦略的な取組を目指す

植物が持つ多彩な機能を高度に活用するために、多様な植物についての分子レベルでの理解が必要である。特に、多様な植物のゲノム解析とそのゲノム情報のさらなる活用が求められている。近年、野生植物の作物化、品種改良の過程で、多くの優良遺伝形質が失われてきたことが明らかになってきた。こうした未利用の遺伝子資源の発掘のために、ゲノム比較はトランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム等の統合オミックス解析とともに、植物遺伝子の未知機能の活用不可欠なプラットフォームである。こうした最先端技術の植物科学における活用にあたっては、基礎研究と応用研究を結びつけるための中・長期な戦略的取組が必要である。

(2) 遺伝子組換え技術の安全性の検証と野外圃場試験地の整備を行う

遺伝子組換え技術の改良やその安全性等に関し、さらなる研究開発による安全性に対する信頼感の醸成とともに、現在の実験室内での成果を実用的な高機能植物の開発に展開するには、野外環境試験の推進が不可欠である。遺伝子組換え技術に不安を感じている国民の強い支援を得るためにも、野外環境試験による実地データの確保が欠かせない。特に、

日本のような小規模型農業に適し、地域特性に応じたオーダーメイドの品種改良を実現するには、日本各地の様々な環境の下で遺伝子組換え作物の試験栽培を行えるような、野外施設の整備が必要である。

(3) 若手人材育成を進める

遺伝子組換え植物の実用化に向けて、日本には、多くの緊急の課題が山積している。これら諸課題を解決するに当たっては、新たな人材の育成が必須となる。特に、植物の生命システムを遺伝子レベルで解明し、遺伝子組換え技術の安全性を確保・検証し、その理解を社会に還元する必要がある。そのためには、植物科学に精通し、応用科学への橋渡し研究（トランスレーショナルリサーチ）にも理解を持つ若手研究者の養成と活躍の場の確保が緊急に必要となる。

(4) 遺伝子組換え植物の社会的な受容に向けての取組を進める

社会における遺伝子組換え植物に対する科学的な認識の普及が不可欠である。日本においても遺伝子組換え植物に関する不安は根強い。この現状を踏まえて、遺伝子組換え植物が、人の健康や環境、生態系に与える影響について、国内外の研究機関が進めてきた科学的な調査を、これまで以上に発展、継続する必要がある。一方で、その知見を誤謬なく社会に情報発信することで、社会の構成員が平等に研究成果にアクセスできるようにするとともに、科学者、政府関係者、産業界、マスコミ、生産者、消費者等が共通の情報に基づいて、共同して遺伝子組換え植物の利用に対する社会の合意形成に働くことができる体制を整える必要がある。

日本が科学技術立国を国是として、国際競争の下、世界的な食料問題、環境問題に率先して対処していくためには、植物科学を基盤とした世界トップクラスのバイオテクノロジーが必須となる。日本学術会議・植物科学分科会

は、環境と調和のとれた安全な食料の生産・供給、ならびに生物機能活用による物質生産のための基盤技術の構築を検討し、日本国民の理解を得ながら、遺伝子組換え技術を活用した食料の増産、環境の保全、バイオマスエネルギーの増大に関する研究を進めることが不可欠との認識のもとに、今回、提言を取りまとめた。

目次

- 1 はじめに…………… 1
- 2 遺伝子組換え植物の現状と課題…………… 2
 - (1) 遺伝子組換え植物の栽培・流通の現状…………… 2
 - (2) 遺伝子組換え植物利用に関する今後の展望…………… 4
- 3 植物における遺伝子機能解析の現状と課題…………… 6
 - (1) 遺伝子組換え技術の基盤となる研究の発展…………… 6
 - (2) ゲノム科学の発展…………… 7
 - (3) 遺伝子組換え植物の将来性…………… 7
 - (4) 日本における植物研究の水準…………… 8
 - (5) 遺伝子組換え植物を用いた品種改良と基盤研究の必要性…………… 8
- 4 遺伝子組換え植物の栽培が生態系に与える影響に関する国内の研究の現状…………… 9
 - (1) 遺伝子組換え植物と宿主植物との交雑や花粉飛散…………… 9
 - (2) 遺伝子組換え植物の生態系への影響に関する研究…………… 9
 - (3) 日本における研究レベルと将来性…………… 10
- 5 遺伝子組換え植物に関連する法整備の現状と課題…………… 10
 - (1) カルタヘナ議定書の成立と国内法整備…………… 10
 - (2) カルタヘナ法の現状…………… 11
 - (3) 栽培と食品利用に関する安全性評価…………… 11
- 6 日本における行政の取組の現状…………… 12
 - (1) 基礎研究の現状…………… 12
 - (2) 基礎研究から応用研究への橋渡し研究…………… 12
- 7 教育面の課題…………… 13
- 8 課題と提言…………… 14
 - (1) 課題…………… 14
 - (2) 提言…………… 14
- <用語の説明>…………… 17
- <参考文献>…………… 19
- <参考資料>…………… 22

5) 大型研究計画への参加

もう一つ重要な課題として、大型研究計画の提案がある。これについては最近も継続的に提案がなされているので詳細は学術会議のホームページをご覧頂きたい。これまで多くの先生方に協力頂いた経緯もあるので重複するところがあるが、次にその取組について述べたい。この議論は2008年末から（もう少し前だったか）はじまり2009年に具体化をはじめた。そして2010年には各委員会からの提案としてまとめられていった。最近に関しては以下のようになっている。

提言

学術の大型施設計画・大規模研究計画 一企画・推進策の在り方とマスタープラン策定について—平成22年(2010年)3月17日 日本学術会議科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会 この提言は、日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会(委員長岩澤康裕氏)の審議結果を取りまとめ公表するものである。

要旨

1 作成の背景

我が国における学術の「大型施設計画」(素粒子・原子核物理学、天文学、宇宙空間科学、核融合科学、地球科学など)は、国際的な協力と競争の下で、科学者コミュニティのボトムアップによる周到な立案と大学共同利用機関などが主体となった建設・共同利用によって推進され、我が国の科学を世界の第一線に押し上げ、かつ大学等における基盤的研究と人材育成を支えてきた。

いっぽう、生命科学、地球環境科学など広範な学術の諸分野において、多くの研究者を長期にわたって組織する計画によって、長期定点観測・研究、大規模データ収集、広範なデータベースや大規模資料ライブラリーなどの大分野を支え、我が国の学術の将来的発展を実現する「大規模研究計画」と呼ぶべき研究計画の実施が、国際的視点も加えて緊急の課題となりつつある。

これらの大型計画(大型施設計画および大規模研究計画、以下同じ)の遂行には、科学研究費補助金等の枠では賅いきれない多額の予算が必要である。大型計画は、新たな科学と技術の限界への挑戦であり、フロンティアを切り開き新たな知を創造する先端研究である。大型計画により生み出される成果は、我が国の国際的地位を高め、広い関連分野の研究・教育を育て加速させるとともに、萌芽的研究を育成する研究基盤を広く強化することができる。資源・エネルギーに乏しい我が国にあって、広範な学術的基盤に支えられた最先端科学の発展が果たす役割は非常に大きく、持続可能な人類社会の構築に必要な技術の革新や産業創出にもつながる。

従って、これら学術の大型計画の継続的推進は緊急の課題であるが、それとともに、我が国の大型諸計画の高い成果に伴い、国際的な共同協調に関する迅速で強力な対応が求められていることも指摘したい。

2 現状および問題点

このように学術の大型計画の適切な推進は、日本の科学水準の維持強化に不可欠であるが、いくつかの問題点が指摘される。

その第一は、国民の、そして科学者コミュニティの理解が得られるような、科学に基づく透明なアセスメントの必要性である。大型施設計画には、前記の基礎科学分野を中心としたボトムアップ型の計画とともに、国策的視点から独立行政法人研究機関を中心にトップダウン的に実施されてきた、予算規模がより大きく技術開発色・応用色の強い計画がある。高い透明性と公開のもとで立案されるボトムアップ型計画においても、最終的な予算化段階や成果の公開で社会への説明が十分なされているとはいえない面があった。トップダウン的・国策的な大型施設計画にはさらに多額の予算が投入されてきたが、計画策定や決定のプロセスに科学者コミュニティが十分に寄与することができず、透

明性や科学的視点に基づく評価、適切な利用体制などが不十分なケースも少なくなかった。

第二の問題点は、大型施設計画を長期的かつ組織的に推進する仕組みの明確化が不十分なことである。科学者コミュニティの意見集約を踏まえた上で、科学的に有用性が高いと評価される各大型施設計画の所要経費、計画期間、期待される成果などをマスタープランとして明らかにし、それを政策判断に基づいて適切に実現して行くことは、大型施設計画に対する国民の理解を得る上でも必須である。

第三の問題点として、近年、従来の「大型施設計画」とは異なるが、様々な分野で増大している、学術分野の重要課題として長期間にわたって多くの研究者を組織し、通常の競争的経費では実施が困難であるような予算を要する「大規模研究計画」の必要性が高まっているが、それらに対する対応が不十分であることである。大規模なデータや資料の収集と効果的利用を推進することで新たな知を創造することなどで代表される、このような研究計画の概念を整理、確立して日本の科学政策において位置づけるとともに、大型施設計画と同様に科学的で透明性の高い評価および、所要経費、計画期間、期待される成果などについてのマスタープランの策定と、確実な推進の体制が求められる。日本学術会議は以上の学術の推進上の重大な問題点を認識し、科学者コミュニティの専門的意見を集約して、大型施設計画および大規模研究計画の検討を行い、わが国として初めての全分野にわたる大型計画のマスタープランを策定した。今後マスタープランにおける計画追加や補強、学術的観点からの計画評価等を進めるとともに、以下に提言する大型計画に関する政策の学術的俯瞰的立場からの具体化とその実現を通じて、我が国の学術の大型計画の適切な推進と学術の長期的強化の役割を果たすものである。

3 大型計画の企画・推進の在り方に関わる提言

我が国の学術の大型計画の企画、そして推進の施策の在り方について、以下を提言する。関係方面において、速やかな対応を検討し、実現されることを期待する。

結語

本報告では、従来の「大型施設計画」に加えて広い学術分野における「大規模研究計画」を新たに確立し、我が国の学術研究の長期的飛躍を図ることを提言するとともに、全学術分野の調査を通して、当面我が国が推進すべきと考えられる大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランを、そのリストとともに提示した。

この大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランは、提言『日本の展望—学術からの提言2010』(2010年4月)[13]とともに、日本の科学者コミュニティが将来をどのように展望し、発展の道を探っているかについて広く日本と国際社会に発信するものであり、当面の学術的・総合的推進や国際的共同への対応などの面で極めて有効なものとなると期待している。

その一方、このマスタープランは、国際情勢、学術環境、社会的要請などにより俯瞰的な視点からその科学的意義・妥当性・必要性を継続的に評価・検討し、適切な選定プロセスにより定期的に策定し直す必要がある。マスタープランの引き続き改訂に関しては、大規模な改訂は3年を目途とすることが考えられるが、今回はマスタープラン策定の最初であること、各分野の科学者コミュニティにおける一層の議論と検討が引き続き行われていること、優れた計画

の追加の可能性もあることから、今回は、今から1年後にマスタープランの小規模な改訂、2年後に大きな見直し改訂を行うこととする。また、マスタープランを実施に移して行くための評価と選定のプロセスのさらなる検討、ボトムアップ型計画と国策的トップダウン型計画の将来に向けた協調と総合化の検討は、大型施設計画、規模研究計画を問わず重要であり、その具体的検討が、次の大きな課題である。本分科会は引き続き、上記のマスタープラン改訂、計画の推進実現と総合化に向けた方策の検討を審議し、フォローアップを行う。

日本学術会議における今回の検討と『日本の展望—学術からの提言2010』のとりまとめを通じて、科学者コミュニティとしての将来を見据えた議論が進み、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の各分野のいわゆるスモールサイエンスと言われる分野からも、長期的、共同的な大規模研究の重要性が提起されたことは、今後の我が国の多様な学術の発展と開拓に期待を抱かせるものである。他方、科学者コミュニティとして世界を先導する研究テーマの討議と精査はなお十分とは言えず、今後も継続的になされることが望まれる。大規模な研究開発投資は、必ずしも純粋に科学的な価値のみで決定されるものではないが、その推進の在り方を含めて、科学的な評価・検証の上に行われるべきものであって、科学者コミュニティの代表機関である学術会議としては、強い関心と責任をもって関与して行く立場であると認識している。今後の日本にとって、大型施設計画・大規模研究計画を策定、推進するための省庁を超えた枠組みを構築することは必須の課題であり、日本学術会議は、総合科学技術会議をはじめ関係省庁と共に、その責務を担うことを表明する。

6) 基礎生物委員会を中心に提案

現在は、学術の大型施設計画・大規模研究計画マスタープラン2011として整理され、人文社会が4課題、生命科学が14課題、エネルギー・環境・地球科学が9課題、物質・分析科学が4課題、物理科学・工学が9課題、計40課題が提案されている。植物科学に関連した提案としては、大型施設計画ではなく、大規模研究計画に属する内容となる。その中でも基礎生物学的色彩の強い二つについて述べる。一つは2009年度に筆者が代表として当初基礎生物学関連でも30を超える提案がなされたがそれを幾つかに整理し、提案したものが基礎となっている。現在は岡田清孝、小原雄治、筆者の提案の形として「次世代ゲノム科学を基盤とした環境適応戦略研究拠点の形成」がある。これは、時代に変動に向けて基礎生物学全体が発展するための拠点形成に持って行けることを願っている。選定は先ず学術会議での委員会で、次に文科省での二つの委員会の審議を経て決定されると聞いている。もう一つは鷲谷いづみ統合生物学委員会委員長の提案である生物多様性の統合生物学的観測・データ統合解析ネットワーク拠点」である。

(2) 生命科学

計画番号	区分(注1)	計画名称	提案責任者	責任者所属機関または実施機関	所要経費(億円)	計画期間	計画概要	期待される成果	国際共同のレベル(注2)	構想の成熟度
5	B	次世代ゲノム科学を基盤とした環境適応戦略研究拠点の形成 (Establishment of Research Center and Researchers' Network for the Study of Adaptation Strategies of Living Organisms to the Environment, Based on Next Generation Genome Science)	岡田清孝、小原雄治、黒岩常祥	自然科学研究機構・基礎生物学研究所、情報・システム研究機構・遺伝学研究所、立教大学	35(H23-24:建設) 40(H25-32:運転・運用)	H23-32	生物はゲノム情報を変化させ多様な環境に適応し全地球上に広がった。この環境適応戦略機構を、次世代ゲノム科学を基盤に、高度環境制御施設やバイオリソース等を整備し、大学・研究機関の共同利用により解明する。	生物のゲノムに隠された環境適応力や地球生命史の全貌が解明され、その成果がバイオエネルギー、気候変動耐性作物の生産、構造生物学を基盤にした医学・創薬に利用される。	E 大型の高度環境制御生物育成施設は国際的に利用が期待される。国内外の主要研究拠点、バイオリソース拠点を連携し共同研究ネットワークを形成する。	温暖化等の環境問題に早急に対応するため、生物の環境適応能力の解明が喫緊の課題であり、今年度より、基生研、遺伝研が国内外の大学と連携して、予備的研究を進めている。
6	B	生物多様性の統合生物学的観測・データ統合解析ネットワーク拠点 (Integrative Biological Network for Monitoring and Data Integration and Analysis of Biodiversity)	鷲谷いづみ	東京大学	建設等初期費用56 運用:100(各年10X10年)	H24-H33	生物多様性ホットスポットの生態系・生物多様性監視のための指標群および広域・長期観測データの統合・分析法の開発。複雑で動的な対象の包括的理知をもとく迅速化、蓄積化、外来生物侵入の影響の評価および予測	生態系・生物多様性に関する基礎科学的、統合科学的理解を飛躍的に向上させるとともに、生物多様性ホットスポットの保全と持続可能な利用に必要な知見を社会に提供	E ILTER(国際長期生態研究)のネットワークを通じ、長期・広域で観測手法の統一化、データベース化などを共同で行っている	「長期生態系観測ネットワーク」等の活動実績をもとに、統合生物学委員会での審議をもとに立案。新設拠点(原流域等)は過渡期の遊休施設借用等により整備予定
7	B	糖鎖科学の統合的展開をめざす 先進的・国際研究拠点の形成 (A Network of Cutting-edge International Research Centers Aiming for the Integrated Development of Glycoscience)	吉川頼一	名古屋大学大学院医学系研究科	総額133.5(初期投資41.1、運営費92.4)	H23-H29	国際的にリードしてきた日本の糖鎖科学の優位性が国際競争で立ち遅れの危機にある。国策と個別研究を融合した糖鎖研究の先進的・国際的拠点を形成し、構造・機能解析の融合、若手育成、他分野や外国との連携を図る。	糖鎖科学の基盤体系「糖鎖アトラス」の創成、生命現象の理解、新興感染症、癌、神経難病等の医学的課題の解決、異分野や企業との連携、若手の育成と国際貢献等が進展する。	E N型、O型糖鎖解析の質量分析などによる国際共同研究を主導し標準化法を確立。若手研究者を中心に欧米、アジア諸国との交流のための国際研究集会を定期的に複数回実施。	8年前に糖鎖科学コンシウムを設立。糖鎖学会の賛同と支持に加え、各省庁研究の統合的研究基盤と協力体制が形成される等、コミュニティの合意と準備状況は十分である。

その個々の内容に関してその要旨を述べたい。今後これらを参考に更に良い提案がなされることを期待したい。

(2) 生命科学

計画番号5 次世代ゲノム科学を基盤とした環境適応戦略研究拠点の形成

① 計画の概要

生物は、世代を通じてゲノムの変化を蓄積し、細胞や個体レベルで新たな機能を獲得して環境に適応してきた。そのような生物の環境適応戦略を明らかにするための新たな研究分野を創成することが、多種生物のゲノム情報が活用可能となった現在、生物学の重要な課題である。本研究計画は、生物の環境適応戦略を組織的に解明するための国内外の研究者による共同研究ネットワーク体制の構築と、その基盤となる設備・施設を備えた研究拠点形成を目的とする。必要な基盤設備等は以下のとおりである。

1) 生物環境適応戦略研究のためのスーパークラスターシステム

温度、光、化学物質等のモデル生物生育環境を長期（年単位）にわたり精密に制御し、その環境下で長期飼育した微生物や動物・植物・水生生物の個体、組織、細胞の各階層における環境応答をライブイメージングによりモニタリングするとともに、観察中あるいは観察後に各階層から多検体サンプリングを行い、遺伝子/タンパク質発現や代謝物質変動のモニタリングを行う設備である。これにより、四季等の環境変化や温暖化等の環境変動に対する生物環境応答を定量的かつ網羅的に解析し、地球温暖化、寒冷化、化学物質の暴露等による生物の環境応答機構を分子レベルで明らかにすることが可能となる。

2) バイオリソース及びデータベースの整備

生物環境適応戦略研究のために用いる生物や遺伝学的手法に基づいて環境適応能力とゲノムの関係を解析するための

バイオリソースの整備及びゲノム情報等のデータベースの整備を行う。

3) 共同研究ネットワーク設備

得られたデータや解析結果を、遠隔地の共同研究者と同時に共有するための配信システムも必要であり、これにより研究拠点と各サブセンターを結び、幅広い研究分野における研究者とのネットワーク型の共同研究体制を構築することが可能となる。

以上は、本研究の基礎となる設備等であり、初期投資のみならず毎年の運営費が極めて重要である。

②科学的な意義

20世紀生物学は、遺伝物質DNAの発見、複製と転写・翻訳機構など基本的機構の解明、ゲノム配列の決定と飛躍的に発展してきた。一方、全ての生物は、環境（温度、光、pH、大気、圧力等）とその変化に適応して、自らとその子孫を維持するために、多くの遺伝子とその制御機構を進化させてきた。環境は、生物の生存と進化にとって本質的に重要であり、生物の多様性をもたらす基本である。そのような環境と遺伝子の相互作用を解明することは、温暖化を含めて激変する地球環境におけるヒトを含む生物の将来を考えたとき、21世紀生物学の最も重要な課題であろう。その解明のためには、生命の発生と進化を地球の進化との相互作用という地球生命史的観点から研究することが必要である。我が国が国際的な学術コミュニティを主導してこの課題に対処するために、国内外の研究者による共同研究体制を早急に確立し強化することが求められている。本研究計画による個体レベルの環境制御システムとそこで得られる遺伝情報と発現データの解析システムを備えた研究拠点の形成と研究者ネットワークの構築は、我が国の学術基盤を確立し、今世紀の生命科学を推進するための基礎となるものである。

③所要経費

75億円（初期投資：35億円〔1、2年目〕、運営費等：40億円〔3年目～10年目〕）

平成23年度～平成24年度（初期投資：35億円）

- 生物環境適応戦略研究のためのスーパークラスターシステム：30億円

- バイオリソース、データベース整備：4億円・共同研究ネットワーク設備：1億円

平成25年度～平成32年度（運営費等：40億円）

- 運営費備品・消耗品費（共同利用研究経費、ネットワーク運用経費を含む。）4億円/年

- 人件費：1億円/年

④年次計画

平成23年度～平成24年度：

- スーパークラスターシステムの導入、バイオリソース及びデータベースの整備、共同研究ネットワーク設備の構築を行う。
- 連携中核拠点とサブセンター間の連携体制及び詳細な研究計画を構築し、研究を開始する。

平成25年度～平成27年度：

- 連携中核拠点及びサブセンターにおける研究、多様なモデル生物の開発、研究サポート体制の整備、強化を行う。また、国内外研究者コミュニティとの連携確立を行う。



平成28年度～平成30年度：

- ・プロジェクトで得られた成果を論文や特許として積極的に発信するとともに、新たなモデル生物の開発、リソース化、配付を行う。また、国際サブセンターを核として国際社会との連携体制を構築し、研究成果の人類社会への利用を実現させる。

⑤提案する中心的実施機関または実施体制

大学共同利用機関である基礎生物学研究所と国立遺伝学研究所を中心機関として国内外に連携サブセンターを設置し、生物の環境適応戦略機構を組織的に解明する国内外の研究ネットワークを構築することにより、研究を推進する。

〔連携中核拠点〕基礎生物学研究所、国立遺伝学研究所

〔国内連携サブセンター〕名古屋大学、京都大学、筑波大学、東京大学、立教大学、北海道大学、東京工業大学、海洋開発研究機構、山口大学

〔国際連携サブセンター〕欧州分子生物学研究所(EMBL)、ドイツ・マックスプランク植物育種学研究所、米国・プリンストン大学、シンガポール・テマセク生命科学研究所、ミシガン州立大学、ドイツ・ハインリッヒハイン大学

⑥学術コミュニティの合意状況等

本計画の概要については、日本学術会議基礎生物学委員会及び関連学会で討議され合意をみた。その後、日本学術会議主催の「生命科学の将来に向けたマスタープラン」（平成23年5月19日）において発表討議した。

⑦国際協力・国際共同

本プロジェクト提案のような大型の生物環境適応戦略研究拠点は、国際的にも例がない。次世代の育成を視野に入れた国際的な共同研究ネットワークを構築し、欧州分子生物学研究所(EMBL)、米国・プリンストン大学、ドイツ・マックスプランク植物育種学研究所、シンガポール・テマセク生命科学研究所、ミシガン州立大学などの国際連携サブセンターと連携して共同研究を行う。

計画番号6 生物多様性の統合生物学的観測・データ統合解析ネットワーク拠点

① 計画の概要

生物多様性の保全と持続可能な利用は、国際的にも国内でも優先度の高い社会目標の一つとなっている。そのための科学的課題として、複雑で動的なシステムである生態系と生命史の所産としての生物多様性の現状を、監視とデータ統合・解析を通じて把握し、保全・管理のための課題を明らかにすることが求められている。特に、日本列島を含む生物多様性ホットスポット（本来は生物多様性が高いにもかかわらず、危機が高まっている地域、世界規模では日本を含む34箇所）の監視については社会的な要請が大きい。しかし、保全上の重要性が特に高い原生的な生態系とその生物多様性に関する知見はきわめて不十分である。それは、日本に残存する原生的な生態系が北海道、本州中央の山岳域、離島域など人里離れた遠隔地にあり、研究・観測の拠点が十分に整備されていないこと、また、これらについての統合的な研究が組織されていないことによる。そのような状況に鑑み、本研究計画は、日本における生物多様性ホットスポットの的確な現状把握と将来予測に資するため、

なんらかの原生的な特性をもつ生態系を対象とし、遺伝子から生態系にいたる各階層の生物多様性と生態系機能の基礎科学的な理解を深化することを目標とし、ネットワーク化された拠点による観測と統合研究を提案する。生態系に関しては、物質・生物動態の空間的なまとまりとしての流域単位とした監視が有効である。一方で、高山域や亜熱帯地域はその特殊な環境ゆえの重要性が高い。そこで、本計画では、流域（海岸部を含む）に原生的な状態が比較的良好に残されている河川流域として、別寒辺牛川、朱太川（いずれも北海道）等の各流域、日高山脈・大雪山（北海道）等の中部山岳などの山岳域、および亜熱帯域の西表島等を主な監視対象（地図参照）として、拠点を整備し、既存の長期観測プロットとネットワーク化することで長期にわたる統合的観測を行い、生物多様性・生態系の現状と変動、その要因と要因間の関係を解明し、生物多様性の保全と持続可能な利用のために必要な情報を社会に提供する。各拠点に加え、研究計画から社会への情報提供までを統括する統合生物学の研究センターとして「ラボラトリー拠点」を設置する。それは適応進化を含む動的な特性にも注目して遺伝子の多様性に関するデータ統合解析をすすめるエコゲノム研究の中心となるラボラトリー拠点としての役割もになる。なお、本研究計画は、日本各地の自然系博物館とも連携してすすめる。

②科学的な意義

現在、地球は、毎年約4万種が失われるという空前の大絶滅時代を迎えている。それは、生命史に蓄積されてきた膨大な遺伝情報と適応戦略情報の急激な喪失を意味する。さらに、生態系の変質や特定のタイプの生態系の喪失が、生態系サービスの喪失・改変を介して人類社会に与える影響は甚大なものである。しかし、現状の把握がきわめて不十分な現状のもとでは、複雑に絡まり合った現象を解明し、生物多様性と生態系の変化に関する科学的な予測をすることが難しい。既存の自然史や生態情報を最大限活用するとともに長期的な監視によって生物多様性ホットスポットの原生的な要素を残す生態系を監視・研究対象とし、遺伝子から生態系までのいくつもの生物学的階層において多様性と動態にアプローチすることは、生物多様性と生命史について統合的で包括的な理解を深める上で意義が大きい。また、本研究計画を同様の国際的なプログラムと連携することで、大きな空間的なスケールでの生物多様性と生態系機能の科学的な現状把握と将来予測が可能となる。気候変動や土地利用変化、侵略的外来生物の影響の激化など、今後予想される人為的な環境変動のもとで、生態系サービスを持続可能な形で確保するため管理計画の立案に欠かせない情報を社会に提供するという応用科学的な意義も大きい。

③所要経費

156億円（初期投資：56億円、運営費等：各年10億円×10年）

④年次計画

平成24年度：研究・観測拠点の整備および観測装置の設置（フィールド新拠点6ヶ所×1億円＝6億円）、既存の大規模長期計測プロットとの連携のもと環境・生物モニタリングを開始。分析・評価手法の検討を経て統合生物学的研究計画を立案。

平成25年度：ラボラトリー拠点（50億円）の整備（内訳：セ

ンター建設費用20億円、次世代シークエンサー5基で7億円、安定同位体測定システム一式8億円、データベースシステム15億円等。

平成24～33年度運営費：各年度10億円（拠点間連携および国際的な連携＝フォーラムの開催など、多元スケールでの生物多様性、生態系サービスの変動パターン・要因等を解析・評価）

⑤提案する中心的実施機関または実施体制

全体調整・統括：日本学術会議統合生物学委員会との連携のもとに新たに組織される統合生物学大型研究総括チームが日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER)と共同で調整・統括を行う。(エコゲノム分析/エコインフォマティクス) ラボラトリー拠点の設置・運営：東北大学、名古屋大学などが候補。

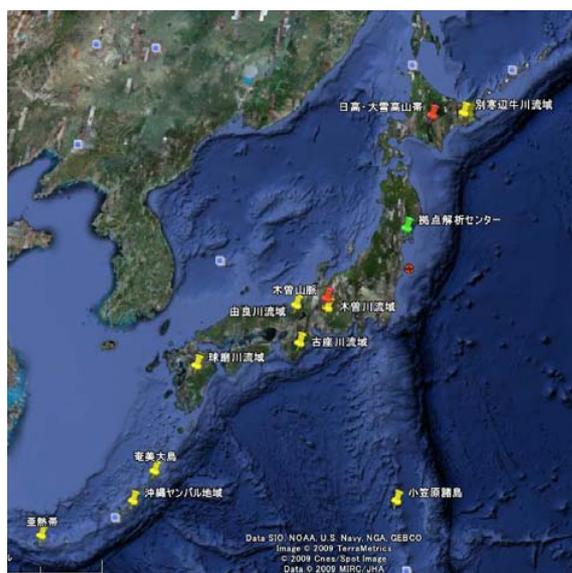
各地拠点における観測、研究の推進：北海道大学、東北大学、東京大学、京都大学、国立環境研究所など、全国の十数の大学・研究機関

⑥学術コミュニティの合意状況等

本計画は、日本長期生態学研究ネットワーク(JaLTER)との連携のもと、日本学術会議の統合生物学委員会において、検討がなされたものである。JaLTERは、大学、国公立研究所等によって運営されている。全国の46サイト(森林、草原、農地、湖沼、沿岸、深海)からなる学際的なサイトネットワークであり、平成18年に変動環境下における大規模長期の観測、野外実験、環境教育を実施するために設立。日本生態学会、日本森林学会、日本ベントス学会、日本陸水学会、水文・水資源学会、森林立地学会の後援。生態系観測サイトの整備と共同利用、統合研究の重要性については、文部科学省の科学技術・学術審議会の研究計画・評価分科会地球観測推進部会の報告書等においても述べられている。

⑦国際協力・国際共同

本研究計画は、生物多様性科学国際協同プログラム(DIVERSITAS)、地球圏-生物圏国際協同研究計画(IGBP)の一環を担う。現在、日本(JaLTER)を含む40カ国が加盟している国際長期生態学研究ネットワーク(ILTER)を中心に



図：統合生物学研究のための新拠点

して、環境変動下における生態系研究に関する国際的などが進められている。これらの実績を背景とし、またいっそうの連携強化に寄与する本計画により、学際的な大規模・長期生態系研究のレベルアップが図られ、国際的な研究イニシアチブやプログラムにおいて我が国の統合生物学分野が主導的な役割を果たす。生物多様性や生態系は、近距離移動する渡り鳥や海洋生物などによって他の地域と密接に結びついている。したがって、それらの観測や保全にあたっては国際協力や国際共同研究が不可欠である。この統合生物学研究拠点は東アジア、環太平洋諸国との観測における連携情報交換、共同研究、共通のデータベース構築などを積極的に進める。本計画によって強化されるネットワークは、東アジアにおける生物多様性関連の研究・教育の拠点としても重要な役割を果たすことが期待される。

第22期の基礎生物学委員会関連の二部会員は次の方々である。連携会員に関してはホームページをご覧ください。尚、二部の部長は山本先生である。提案などは各先生に直接相談されると良い。

岡田 清孝	自然科学研究機構理事・副機構長・基礎生物学研究所
小原 雄治	情報・システム研究機構理事 国立遺伝学研究所所長
岸本 健雄	東京工業大学大学院生命理工学研究科教授
中野 明彦	東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻教授
福田 裕穂	東京大学大学院理学系研究科教授
藤吉 好則	名古屋大学細胞生理学センター教授
室伏 きみ子	お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科教授
山本 正幸	公益財団法人かずさDNA研究所所長

更に植物科学に関連する分科会としては、日本学術会議基礎生物学委員会植物科学分科会があり、現在の委員会のメンバー（敬称所属略）は次のようになる。

植基礎生物学委員会・統合生物学委員会・農学委員会合同植物科学分科会) 20名

平成23年12月27日現在

委員長	福田 裕穂 (第二部会員) 東京大学大学院理学系研究科教授
副委員長	佐々木卓治 (連携会員) 東京農業大学総合研究所教授
幹事	河野 重行 (連携会員) 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
幹事	西谷 和彦 (連携会員) 東北大学大学院生命科学系研究科教授
	岡田 清孝 (第二部会員) 自然科学研究機構・基

鎌田 博 (連携会員) 礎生物学研究所・所長
 (連携会員) 筑波大学大学院生命環境科学研究科教授

篠崎 一雄 (連携会員) 独立行政法人理化学研究所植物科学研究センター長

塚谷 裕一 (連携会員) 東京大学大学院理学系研究科教授

原 登志彦 (連携会員) 北海道大学低温科学研究所・生物環境部門教授

三村 徹郎 (連携会員) 神戸大学理学部教授

黒岩 常祥 (連携会員) 立教大学大学院理学研究科特任教授

後藤 英司 (連携会員) 千葉大学大学院園芸学研究科教授

篠村 知子 (連携会員) 帝京大学理工学部バイオサイエンス学科教授

高橋 秀幸 (連携会員) 東北大学大学院生命科学研究科教授

川井 浩史 (連携会員) 神戸大学自然科学系先端融合研究環内海環境教育研究センター教授

野並 浩 (連携会員) 愛媛大学農学部教授

戸部 博 (連携会員) 京都大学大学院理学研究科教授

宮尾 光恵 (連携会員) 独立行政法人農業生物資源研究所植物生産生理機能研究ユニット長

野口 哲子 (連携会員) 奈良女子大学理学部教授

長田 敏行 (連携会員) 法政大学生命科学部教授・学部長

9. 最後に (～研究者の輪廻～)

筆者は研究目的にあった研究材料として植物を使って研究し、植物学会を通じ良き研究者と出会い、材料を教えて頂き、研究を発展させることができた。2008年に学術の動向の編集室から、連載「私が研究者になるまで」の執筆を依頼された。そこで、岡山大学での藤茂宏先生との出会いを書かせて頂いた。先生を“潜在的”にはじめて知ったのは1972年、名古屋大学で開催された植物学会であった。ミトコンドリア核の講演を終え、食事をしていると、後ろの方で、特別大きな声の元気の良い東京弁が聞こえてきた。知っている様々な先生の話(所謂 ○○グチ?)を放言されていたので、振り向くと白髪の老人であった。この方が、翌年からいろいろところで世話になる“おやじ”、岡山大学理学部生物学科植物生理学教室の藤茂教授であった。学術の動向では、岡山での公私にわ

たる話を書いた。先生は光合成を専門として反応中心の研究をされ、多くの成果を残した。日本植物生理学会の会長もされた。現在の教員は先生が辞められてから何代目になろうか。最近光合成の中心物質の原子構造決定がなされ、2011年の科学10大成果の一つとしてScience誌などで取り上げられていた。藤茂先生の東京大学にはじまる70年余りにおよぶ光合成一筋の研究の流れが、途切れることなく輝かしい成果となって世界に認められたことは嬉しいことである。藤茂先生は野球、語学とお酒が好きだった。大学のグラウンド(空き地)で行われるソフトボール大会では、常に腰に手ぬぐいをぶら下げて、バットを振っていた。語学では、英語のみならず中国語など多くの外国語を、耳にイヤホーンをつけて聞かれ勉強をされていた。外国で開催された国際会議で、町で擦れ違っても必ずイヤホーンを付けて散歩されており、その国の言葉を学習されていた。健康そのものであった先生が、2002年の春に脳梗塞で倒れ、岡山市の隣の西大寺にある病院に入院された。西大寺は2月の裸祭りで有名であり、しばしば筆者が牛窓に釣りに行く途中に通過する町であった。心配して先生のお見舞いに行くとベッドに座り、イヤホーンで好きな高校野球を聞かれていた。その暮れに筆者が東京大学を定年となり、回復はまだと思われる先生にも挨拶のつもりで案内状を出した。ところが、最終講義が始まる一時間前に教授室のドアの前に現れ、最終講義では一番前に座られて聞いて下さった。この時知ったことだが、先生は30年振りに東京大学理学部二号館を訪れたという。更に先生が東京大学の植物生理学研究室で光合成の実験をされていた部屋が、ココ、私の居室だったのである。藤茂先生の語ったところによると、1950年頃藤茂先生の講座の主任教授は田宮博先生で、光合成の研究では国際的にも著名な方であった。その中の業績で特に「同調培養によるクロレラの生理学並びに生化学研究」で1965年に日本学士院賞、学士院会員に、そして文化勲章をはじめ多くの章を得られた方であったという。筆者が感じ取ったところでは、藤茂先生が理学部二号館に来ら

れなかった理由は、お二人は同じような性格で合わなかった過去があったのかも知れない。藤茂先生が来られた時、筆者が座っていた場所は田宮先生がおられた場所であり、座っている机は植物園から放出された牧野富太郎博士のものだった。

筆者は、クレピスの根端分裂組織で細胞分裂の同調系を開発し、真正粘菌の細胞核分裂の同調培養系を使い、更にシンプルな系の同調培養系を求めて、藻類を使うことになった。そのきっかけは、田宮先生の1957年のクロレラの同調培養の論文を知ったからであった。クロレラに限らず藻類であれば、葉緑体が光のセンサーとなり細胞分裂は同調すると確信をもっていた。植物学会で出会った諸先生方のご意見を伺ったり、直接共同実験をさせて頂きながら、最終的には原始紅藻シゾン (*Cyanidioschyzon merolae*) に至った。現在でもシゾンが光の明暗で細胞分裂が100%近く同調した時

の喜びは大きい。細胞分裂の同調とともに細胞小器官もまた完全に同調分裂・遺伝をする。真核生物(細胞)の生きる基本原理の解明に最速で迫れる生物であると確信している。

研究の本質的な展開が大きな機器や高額な資金にあるのではなく、現象に対する興味、観察、人との出会い、助け合いにあり、更に輪廻に似た繋がりにあることに驚きを感じる。そのような精神・知識の温かい交換・育成場として植物学会がこれからも発展することを望んでいる。

謝辞

本文は暮れの忙しい中、黒岩晴子(立教大)、三角修己(山口大)、大沼みお(立教大)、藤原崇之(理研)、井元祐太(東大)の各氏に読んで頂いた。ここに感謝の意を表したい。