

育種学研究連絡委員会報告

—我が国の動植物育種研究の現状と新育種科学・技術の振興について—

平成9年5月19日

日本学術会議

育種学研究連絡委員会

この報告は、第16期日本学術会議育種学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長 木下俊郎 第6部会員
〔光塩学園女子短期大学教授
(北海道大学名誉教授)〕

幹事 武田元吉〔玉川大学農学部客員教授〕

田名部雄一〔麻布大学獣医学部教授〕

委員 栄花茂〔林野庁林木育種センター育種部長〕

大澤勝次〔農林水産省農業生物資源研究所生物工学部長〕

岡田育穂〔(広島大学名誉教授)〕

原田久也〔千葉大学園芸学部教授〕

日向康吉〔(東北大学名誉教授)〕

藤尾芳久〔東北大学農学部教授〕

古田喜彦〔岐阜大学農学部教授〕

村松晋〔宇都宮大学農学部教授〕

山川邦夫〔タキイ種苗株式会社研究農場顧問〕

山本俊雄 〔農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所生産技術部蚕育種研究チーム長〕

目 次

・ 本研究連絡委員会報告の要約	1
・ はじめに	2
・ 1 新育種科学・技術振興のための総合的な基盤の確立	3
(1) 育種体系の再構築	3
(2) 「産・官・学」のより緊密な研究協力	3
(3) 育種先端技術研究機関・組織の整備拡充	4
(4) 知的所有権に関する行政的対応の整備	4
(5) 遺伝資源の利用と公開	4
(6) 人材養成の対策強化	4
(7) 先端技術に関する社会的合意の形成	5
・ 2 動植物各分野における育種研究の緊急課題	5
(1) 作物の分子育種の強化	5
(2) 花卉育種に係わる基礎研究の充実	5
(3) 材木育種における「産・官・学」の協力	6
(4) 種苗法に係わる課題	6
(5) 家畜ゲノム研究の体制整備と推進強化	6
(6) 家畜胚操作技術研究の重要性	7
(7) 水産分野における先端的な育種研究と環境問題	7
(8) 蚕糸業における先端的な蚕育種研究の推進	7
・ あとがき	8

付属資料	9
------	---

・ 1 我が国の動植物各分野における「産・官・学」の育種研究の 現状－ヒアリングの要旨－	10
(1) 林木育種における「産・官・学」の育種研究の現状	10
(2) 動植物育種における知的所有権について	12
(3) 家畜ゲノム研究の現状と展望	15
(4) 水産業における育種研究の現状	18
(5) 作物の分子育種の最近の動向	19
(6) 花卉育種研究の現状と展望	21
(7) 蚕育種研究の現状と展望	23
・ 2 開催された関連する育種学研究連絡委員会主催シンポジウム のテーマ	25

本研究連絡委員会報告の要約

第16期育種学研究連絡委員会では、転換期にある動植物各分野の育種研究の現状と将来展望について審議を行ってきました。審議の結果、幾つかの改良すべき課題が動植物各分野ごとに、あるいは多くの分野に跨がって生じており、それらの円滑な解決により各分野の育種技術の新展開を図るべきであるとの結論に達した。委員会は、審議の結果を緊急に公表する必要性を認め、研究連絡委員会報告として取りまとめることにした。

1 新育種科学・技術振興のための総合的な基盤の確立

育種科学技術は日本農業の発展を支え、新たに直面する地球環境問題や食糧問題を克服し、人間の健康と豊かな生活を確保するために、欠くことの出来ない重要な科学技術である。特に最近の四半世紀に及ぶバイオテクノロジーの発展が育種への期待を飛躍させている。しかし現状を分析してみると、最近の科学技術の国際化の中で、動植物に係わる細胞・分子育種技術の開発は激しい国際間競争に見舞われており、我が国の育種研究が国際的水準を維持し続けることは容易でない状況にある。今や「産・官・学」が協力して動植物各分野に対応した新育種科学・技術の「総合的な基盤の確立」を急ぐべき時である。このために克服すべき課題として、(1)育種体系の再構築；新品種を作出する育種作業のシステム化に当たっては、強固な理論・技術体系を骨格に備えることが必須である。しかし育種学の境界領域では幾多の先端科学的研究があまりに急激な発展を遂げたので、これらの成果の育種体系への取り込みは現状では不十分である。また既存の理論・技術体系も先端技術の発展により、大幅な変容が迫られている。(2)「産・官・学」のより緊密な研究協力。(3)育種先端技術研究機関・組織の整備拡充；例えば分子育種の分野において、基礎研究から実際育種の選抜での分子マーカーの利用、遺伝子のクローニングと解析、実用的な遺伝子組換え生物の育成までを戦略的研究として総合的に把握、推進させる研究機関・組織を緊急に設立すべきである。(4)知的所有権に関する行政的対応の整備。(5)遺伝資源の利用と公開；育種研究への利用が更に円滑になるよう、情報の整備や利用のルールなどの改善が望ましい。公開については、例えば有用動植物園や自然誌博物館の創設などは育種研究の立場からも望まれる。(6)人材養成の対策強化。(7)先端技術に関する社会的合意の形成、などである。

2 動植物各分野における育種研究の緊急課題

総合的な基盤の確立に併せて、各分野において緊急に克服すべき課題を例示する。(1)作物の分子育種では、特に速やかに戦略的研究組織を整備し、実用的な新品種を輩出すべきである。(2)急成長を遂げた花卉産業を支える育種基礎研究の充実が急がれる。(3)林木育種の特異性を考慮し、「学」の一層の協力のもとに「産・官・学」の緊密な研究協力を促す必要がある。(4)植物育種における種苗法と特許法との調整が急がれる。(5)ウシ、ブタ、ヒツジ以外の家畜ゲノム研究も基礎研究を充実させる必要がある。(6)家畜胚操作技術研究については、安定した実用技術の確立が急がれる。(7)養殖が増大しつつある水産分野においては、染色体操作による水産生物や人工ふ化放流による集団の環境への影響と対策を速やかに検討すべきである。(8)先進国型蚕糸業の開発へ向けての蚕育種研究を重視するとともに、育種材料の利用、供給について海外への対応を配慮した基準を早急に整える必要がある。

はじめに

21世紀に予想される世界の人口爆発に備えて食糧や環境問題がクローズアップされている。これに対応するためには、生命科学の進展を基礎として生物本来の機能を引き出すような育種（品種改良）新技術による貢献が期待されている。

いわゆるバイオテクノロジーにより細胞およびDNAレベルにおける遺伝子操作が植物においては病虫害抵抗性やストレス耐性、果実や種子成分の改変に応用され、育種技術開発の新方向を生み出した。動物においてもトランスジェニック家畜や蚕などで有用物質の生産により新用途への活用が試みられている。また、ヒトゲノム解析により開発された手法が各種の有用動植物に適用され、イネゲノム研究プロジェクトの如く動植物のゲノム解析についての大型研究が国際的な規模で進められつつある。そして、遺伝子の総体であるゲノムについての理解のみならず、有用遺伝子を単離することや分子マーカーによる選抜の効率化に役立っている。そのほか生物の生殖法や発生を人為的に制御する新育種技術が繁殖の効率化へ大きな貢献をしている。このような先端技術の導入にあたっては、遺伝子組換え生物の場合の如く食品や飼料としての安全性や生態系への影響あるいは生命倫理に関する社会的合意を形成することが必要となる。

これまでの交雑育種法、一代雜種育種法などの育種技術もなお高生産、高品質、又は付加価値の高い他用途品種の育種において中心的な役割を演じている。また、多様な栽培・飼育方法や持続性農業に応じる生態育種もますます重要性を増している。そこで、新旧育種技術を互いに補完させて総合的な新科学技術体系を構築して育種効率を高め、生産性、病虫害抵抗性、ストレス耐性などを飛躍的に高めた新品種を作る戦略をとることが、育種を振興する上で重要となる。なお、育種の素材としての有用遺伝資源の開発や貴重な遺伝資源を環境劣化から守るために国際的な協力などにも努力せねばならない。現在、新技術や新品種の開発、遺伝資源については知的所有権による保護が設定されているが、実際的な対応が十分とは言えない。一方では人類の福祉や地球規模での問題に対してはそれらを広く共用して、国際的な協力研究を進めることが必要である。

本研究連絡委員会では、かかる転換期における動植物各分野の育種研究の現状について7名の専門家等からヒアリングを行うとともに、各分野の育種技術の新展開を図るべく全員で審議を行って来た。本研究連絡委員会としては、審議の結果を動植物育種の各分野における育種科学・技術の振興に資するため、緊急に公表する必要性を認め、報告として取りまとめることにした。

1 新育種科学・技術振興のための総合的な基盤の確立

動植物育種は新しい遺伝的素材を農業・生物産業に提供するばかりでなく、生態系の保全や自然環境との調和を図るような生物の遺伝的管理にまで領域を広げている科学技術である。この育種科学技術は日本農業の発展を支え、新たに直面する環境問題や食糧問題を克服し、人間の健康と豊かな生活を獲得するために、欠くことの出来ない重要な科学技術である。特に最近の四半世紀に及ぶバイオテクノロジーの発展が育種への期待を飛躍させた。そのような期待に沿うべく、様々な分野の研究者が新しいバイオテクノロジーを取り入れた育種技術を開発し、新品種・系統を作出すべく懸命の努力を重ねてきたのである。

しかしながら、現状を分析してみると、最近の科学技術の国際化の波の中で、特に動植物に係わる細胞・分子育種技術の開発は激しい国際間競争に見舞われており、我が国の育種研究が国際的水準をリードする実力を維持し続けることは容易でない状況になりつつある。このような状況を打破するためには、思い切った総合的な対策が必要となって来ている。いわゆる「官」の立場から育種技術の発展のための施策が進められているけれども、今や動植物各分野に対応した新育種科学・技術の「総合的な基盤の確立」を急ぐべき時である。この確立のために緊急を要する課題を以下にあげる。

(1) 育種体系の再構築

1900年のメンデルの法則の再発見から十数年の間に、体系としての育種理論が構築された。その後、1960年代までに、選抜法、組換え理論、人為突然変異、遺伝資源、染色体・ゲノム操作、生殖・採種技術、統計的手法などさまざまな新知見が発見され、育種研究者はこれらの新知見を十分に検討した上で、育種体系の中に取り入れて来た。こうして、育種学はさらに利用価値の高い科学として体系づけられて来た。その後、育種学の境界領域では、生化学、細胞・分子生物学、生物物理学、コンピュータ利用による情報科学など幾多の先端科学的研究が飛躍的に発展した。しかしこれらの科学技術領域はあまりに急激な広がりと深化を遂げたので、現状ではこれらの先端科学的研究の育種体系への取り込みは不十分と云わざるを得ない。育種研究者も新分野の研究者を迎えてバイオテクノロジーなどの育種技術を精力的に開発してきたけれども、動植物各分野によって研究の取り組み状況は精粗まちまちである。また、これらの先端技術の発展は、従来から育種体系の中に取り込まれていた分野、例えば大量個体群を扱う選抜技術、上述の人為突然変異、遺伝資源、染色体・ゲノム操作、採種技術、統計的手法のすべてに技術体系の大幅な変容が迫られており、かかる問題認識の視点から育種体系の再構築を図ることが急務である。さらに、育種研究者の権利保護、遺伝資源をめぐる農業者の権利、先端技術の安全性や生命倫理をめぐる社会的許容の問題まで含めた育種体系に発展させ、動植物育種各分野に対応した「総合的な基盤」を充実させるべきである。

(2) 「産・官・学」のより緊密な研究協力

育種技術の「出口」は新品種・系統の作出とそれらの種苗・種畜などの生産を含む。そのため我が国では、育種過程での現地試験や種苗・種畜生産などに農家が様々に協力を行っている。一方、実需者としての産業界・業者を指す意味での「産」の育種への参加の度合いは分野・種類によって大きく異なり、「産」の参加が極めて少ない場合も多い。こ

これらの複雑な状況を踏まえた上で、「産・官・学」のより緊密な研究協力を推進させるために、特に「産」が積極的に参加しやすい方策を更に強力に進める必要があり、「産・官・学」の協力の実態と方向性について絶えず客観的に検証していくことが重要である。

(3) 育種先端技術研究機関・組織の整備拡充

動植物の各分野によって、最重要とされる育種先端技術の内容はかなり異なるが、DNA研究については、以前より「学」における研究費の貧弱さや支援体制の不備が独創的な基礎研究を推進する妨げになっていることが指摘されてきた。一方、「産・官」の協力による実際の分子育種の分野においては、巨額な器械、設備装置を多くの研究機関に分散して設置すべきか、集中して設置すべきかの論議が必要になって来ている。基礎研究から、実際の育種の選抜場面での分子マーカーの利用、遺伝子のクローニングと解析、実用的な遺伝子組換え生物の育成までを戦略的研究として総合的に把握、推進させる研究機関・組織を緊急に設立すべきである。そのような機関・組織の積極的な活動によってのみ、国際競争にも耐え得る分子育種を我が国において継続、発展させることが可能となる。

(4) 知的所有権に関する行政的対応の整備

研究者の意欲を促進し、育種産業の円滑な発展を促すためには、知的所有権に関する行政的対応の整備を欠くことはできず、緊急な対応を必要としている。国際的情勢に対応した法的整備の適切な対応を期待する。一方、利用する側が知的所有権にどのように対応できるか、という問題がある。特に「学」においては、各機関により行政的対応はまちまちであり、育種研究者を保護する見地からみれば、立ち遅れが著しい例も認められるので、「学」の研究者が納得する基盤を早急に整備すべきである。

(5) 遺伝資源の利用と公開

遺伝資源の確保については依然として問題があるにしても現状は、「官」を中心に「産・学」が協力する形で、国際的なレベルで努力が払われている。新たに検討すべきは、利用の側面であろう。特に遺伝資源の中から新形質の検索を実施しようとする時には、特性に関する情報が必ずしも十分でない。そのために多数の不特定の遺伝資源を扱うことになる。そこで収集された遺伝資源をできるだけ有効に利用しようとする研究者の立場と、貴重な遺伝資源を無駄にせずに保存しようとする保管者の立場を一致させるべく、情報の公開、データベースの作成、総合センターなどの情報網の完備、利用のルールなど早急に検討すべきである。また、公開については、各動植物の資源センターの整備・充実を図ることや、有用動植物園及び自然誌博物館を創設することなどは育種研究の立場からも望まれる。

(6) 人材養成の対策強化

人材養成については、若手研究者の育成と大学教育との二つの問題があろう。若手研究者については、特にバイオテクノロジーを利用する育種研究において、地域の研究・技術者を更に育成して、層を厚くすることが、地域における積極的な農業者のパワーを支えることになる。また、若手研究者を育成するために、ポストドクターに処遇を与えつつ教育するシステムを充実させるべきである。このことは独創的な萌芽的研究を促すためにも必要なことである。一方、大学においては、国公立、私立を問わず新育種科学に対応した教育内容、特に実験・実習を強化する方途が検討されるべきである。

(7) 先端技術に関する社会的合意の形成

革新的な先端技術の実用化に当たっては、社会的に受け入れられるように、科学的に正しい理解を得る必要がある。分子生物学的手法による遺伝子組換え生物の安全性の検討は歴史的には微生物から始まって、国の指針の下に組換えDNA実験が行われている。現段階では遺伝子組換え農産物について、例えば食品としての安全性や開放条件下で栽培する場合の環境への影響について、社会的に議論が進んでいる。我が国社会的情勢は一部になお漠然とした不安が抱かれており、この不安を除くのは必ずしも容易ではない。また、このような情勢が「産」の開発意欲を阻害する一因にもなっている。遺伝子組換え農産物は、今後地球人口の増大に伴う食糧需要を満たすために不可欠といわれる。組換えDNA技術は有用物質の生産のためにも必須の技術であり、今後の人類の生存に不可欠である。安全性に十分配慮しながら食糧や医薬品の確保のために組換えDNA技術を活用することの正当性に関して社会的合意を得るために、様々な方策を実施することが必要である。

2 動植物各分野における育種研究の緊急課題

動植物の各分野ごとに抱える育種研究の特有な課題は極めて多岐に亘る。生物種別にみても動物と植物では育種手法が大きく異なるし、動物の中でも家畜と水産動物では育種改良の状況が全く異なる面がある。同じ植物の中でも人間のエネルギー源となる土地利用型の作物と蔬菜・果樹・花卉作物などでは育種研究の緊急課題がかなり異なっている。以下に動植物各分野の中からそれぞれの分野の中で重要な緊急課題を例示する。

(1) 作物の分子育種の強化

ウルグアイ・ラウンド合意による日本農業への影響は一口に云えば「国際化」であり、国際的な競争力の強化や国際貢献を踏まえた技術開発が求められている。作物の分野では欧米化学メーカーが大規模で集中的なDNA研究の取り組みを進めている。我が国においても農業研究を見直し、新たな時代に向けて国際的なリーダーシップを確保する展望を拓かなければならない。そのためには、これまで我が国で実施してきたイネゲノム研究の実績を、イネのみならず他の作物へも広めて実用的な新品種を速やかに輩出しなければならない。そのためには、大規模な共同利用型の、DNA農業の総合的センターの機能を持つ機関・組織の設立が欠くべからざる方策である。ただし、我が国のバイオテクノロジー研究者の中には、都道府県の公立研究機関を中心に地域農業のための研究に取り組んでいるグループも多いので、このDNA農業の総合的センターには、地域農業に根ざした「バイテクセンター」も明確に位置付け、互いに補完して協力することが必要である。

(2) 花卉育種に係わる基礎研究の充実

我が国の花卉生産は近年急速に伸びてきており、平成6年には農業粗生産額中、花卉の占める割合は5.4%（生産額で6,120億円）に達している。国内においては花卉は数少ない成長品目として注目を集めているが、世界的にみると既に三大花卉生産国の仲間入りを果たしている状況にある。「産」の育種事業への参加も活発であり、順調な成長を遂げている我が国の花卉生産であるが、農家一戸当たりの生産規模が小さく、生産効率が悪い問題を抱えている。一方、流通の国際化が進み、我が国への花卉の輸入が急激に増えて来て

いる。このような状況の中で、我が国においても今日までの高品質重視の育種に加えて、今後は低コスト生産や周年生産性の向上に向けて、種間交雑による変異拡大や遺伝子組換え技術の利用による取り組みが重要性を増してきている。しかしながら、一口に花卉といっても非常に種類が多く、それぞれの花卉に限ると学術上の知見が乏しい状況にある。しかも研究者数は大変少ない。今後、緊急に「学」をも加えて研究者層を厚くし、基礎的な知見の蓄積を図る必要がある。

(3) 林木育種における「産・官・学」の協力

林木育種には、長期的な展望と多額の出資が必要であり長い時間と労力を要することから、「産・官・学」間の役割分担は、他の植物育種分野とは基本背景を大きく異にする。また、我が国の国有林野事業は多大の山林と労力を有しており、林木育種は主に「官」が指導主体となって「産・官」によって実行されてきた。「産・官」による林木育種の推進が社会的なニーズを捉えやすく、より現場に近い研究が出来たためと考えられる。他方、「学」では研究者、技術者の養成も限界があった。よって、今後の育種研究においては、「学」も加えて「産・官・学」の連携を緊密にし、協力しあいながら第一に着手すべきことは各種の有用な遺伝子型の選抜と収集である。その後に、これら有用遺伝子の遺伝的向上を図るものとする。例えば、「産・官」によって選抜、収集された多様な育種素材を「産・官・学」がそれぞれの役割において共同利用し、これら材料を用いて特に「官・学」にあっては育種理論の構築、先端技術の開発と人材育成を、「産・官」にあっては新素材の開発を目的とした新品種を育成することが重要な課題である。

(4) 種苗法に係わる課題

農林水産業に関する研究成果、技術は特許法や種苗法によって保護される。特許法の保護対象は発明であり、進歩性、新規性、産業上の有用性ないし反復可能性を要件とする。これに対して種苗法の保護対象は植物品種であり、区別性、均一性、安定性の他、未譲渡性、適切な品種名称の付与を要件としている。植物品種については、植物は自己増殖すること、成長が環境に依存すること、交雑品種では必ずしも再現性が保障されないことなど、工業製品とはその性格を異にするものである。このため、我が国では実態に即した種苗法により植物新品種が保護されている。しかし遺伝子導入法などの画期的な育種技術及び産業上の有用な遺伝子については特許法により保護されうる。1991年の植物新品種保護国際条約（UPOV条約）改正により、遺伝子組換え技術によって主に育成されたような従属品種に当たる新品種の使用に当たっては、当該品種の育成者の権利のみならず、原品種の育成者の権利も及ぶこととなる旨が規定されるなど権利の大幅な強化が図られている。一方、我が国では特許法も植物、動物を保護の対象に含めている。これらの状況を配慮して、品種の育成者の権利保護に関して種苗法と特許法との調整が新たに必要である。

(5) 家畜ゲノム研究の体制整備と推進強化

近年の分子生物学の進歩とともに、家畜類のゲノム研究も世界的規模で急速な展開を示している。その成果として近い将来に期待されるものには、個体鑑別と親子鑑別、遺伝性疾患の診断、DNAマーカーを利用した育種選抜法、遺伝子組換え家畜（トランスジェニック家畜）の作出などがあげられる。我が国では主に「官」がプロジェクト研究を進めているが、ウシ、ブタ、ウマ以外の家畜、すなわちヒツジ、ヤギ、ウサギ、ニワト

り、シカ、イヌなどについては、研究者も限られ、研究ネットワークも不十分な現状にある。国際的な研究の進行に遅れないために、それらの有用畜種についてもゲノム研究の体制整備と強力な研究推進が必要である。また、ウシ、ブタ、ウマについても関係大学の研究者も加えた「産・官・学」の連携研究の強化が必要である。さらに、トランジェニック家畜は食糧生産のためには研究されていないが、その他の利用価値は高いので、社会的同意を得るための努力が現時点から必要である。

(6) 家畜胚操作技術研究の重要性

動物における胚操作技術の基本的な部分は我が国でも確立しており、一卵性多子、クローン、キメラが作出されているが、技術としては未だ不安定である。これらの技術は家畜生産上の経済効果が大きいので、安定化技術の大幅な改善とクローン化新技術などの開発が急がれる。最近、英国でヒツジの乳腺細胞を体外培養して卵細胞に入れることにより、母体と全く同じクローン羊の作出に成功した。この技術は今後優秀な家畜をそのまま増殖することにより、家畜育種に重要な貢献を果たすと考えられる。それと同時に、これらの技術は人間の生命の操作に応用できるものであるため、厳密に家畜に限定して研究を進める倫理的制約について社会的な理解が得られるように方策を尽くす必要がある。

(7) 水産分野における先端的な育種研究と環境問題

最近では、200海里規制、環境保護運動の高まりや消費の高度化などの影響に加えて、国際化による輸入品の増大に対応して、我が国の水産業は養殖業への比重が増大し、平成6年には漁業生産量の約15.5%、生産額にして約28.0%と増加している。このような背景から、養殖業における技術革新が重要と考えられ、そのためには受精卵や初期胚の操作による全雌生産、三倍体作出などの育種技術の開発と早急な実用化が必要である。また、水産生物での育種を考える上で、養殖種の品種改良と、人工ふ化放流による集団の維持生産を主体とする育種管理については、基本的な考え方と具体的な方策が異なることに注目すべきである。前者では作出された品種や系統の自然界への流失防止が課題であり、後者は遺伝資源としての天然集団との関わりが重要な課題となる。

(8) 蚕糸業における先端的な蚕育種研究の推進

我が国の蚕糸業は、厳しい国際競争と生活様式の変化に伴う和装離れなどにより、繭及び生糸の生産量は著しく減少している。一方、諸外国から生糸や絹素材が輸入され洋装やカジュアルなどの需要が増加しつつある。現在、「産・官・学」が協力して他国の追随を許さない付加価値のある差別化製品の開発と低コスト養蚕を基盤とする先進国型蚕糸業の構築を図っており、蚕育種に対しては新規用途に適する特性を備えた品種及び低コスト人工飼料に適合する広食性品種が求められている。しかしそのような状況の中で、蚕糸業法が廃止の方向にあり、蚕品種の指定制度も新しい方式に移行せざるを得なくなってしまっており、育種材料の利用、供給について海外との関係を考慮した新しい基準を早急に整える必要がある。一方、蚕の分子生物学的研究は最先端のレベルに達しているけれども、育種にとって最も重要な形質転換が成功しておらず、一層の研究推進が望まれる。

あとがき

21世紀を展望し、真に魅力ある育種科学の新展開を図るべき重要な時期であるとの認識に立って、動植物育種の各分野に対する総合的な基盤の確立と緊急課題の解決に向けて本報告を作成した。ここに指摘した諸問題の具体的な解決には、科学技術基本計画に基づいて検討が進展している具体的施策の中に本報告が活用されることが重要である。そのためには関係分野の協力を得て、早急な対応を進めることが望まれる。

生命科学の進歩に基づいて新しい農学観を作ると、生命の分子・細胞レベルからの接近というミクロな方向を通じて新しい育種技術の開発が展開する。一方、自然環境と人間活動を一体とするマクロな方向からも持続可能な農業や自然生態系の理解により育種目標が定まる。このように農学の核心的な役割を果たす育種科学技術の振興を図り、今後へ向けて活力あふれる農業の未来を期待したい。

付 屬 資 料

- 1 我が国の動植物各分野における「産・官・学」の育種研究の現状
-ヒアリングの要旨-
- 2 開催された関連する育種学研究連絡委員会主催シンポジウムのテーマ

1 我が国の動植物各分野における「産・官・学」の育種研究の現状 —ヒアリングの要旨—

第16期育種学研究連絡委員会では、転換期における動植物各分野の育種研究の現状について6名の専門家からヒアリングを受け、さらに知的所有権についても担当官から説明を受けた。育種学研究連絡委員会報告の付属資料として、委員会で取りまとめたヒアリングの要旨を以下に添付する。

(1) 林木育種における「産・官・学」の育種研究の現状

[平成7年3月24日]
〔九州大学農学部教授・斎藤 明〕

1) 「産・官・学」の技術開発の推進体制と背景

今日、「産・官・学」の各機関は、社会的ニーズを考慮した創造的、基礎的研究の強化に向けて、緊密な協力関係を築く必要があるとされている。

本来、「産」にあっては生産等経済的な価値を考慮した研究開発を、「官」にあっては行政ニーズによる研究開発を、「学」にあっては人材の育成とともに基礎的な研究領域の強化が必要である。一方、「産」の研究活動は景気に影響されやすく、瞬発力はあるが恒常性を期待できない。「官・学」においては、景気に影響されず、瞬発力はないが恒常性を期待できる。「学」では同一課題や目標に対して、広範にしかも深く探求出来る。「産・官」では社会的なニーズを捉えやすくより現場に近い研究が出来るし、社会的ニーズの調査、研究設備の確保、フィールドや研究材料の確保は両者の連携によって可能である。このように「産・官・学」の三者にはそれぞれ研究上の特異性があるが、それぞれの課題の設定、研究体制の検討及び技術開発においては三者の強力な連携において行われるべきである。

2) 林木育種の特異性と「産・官・学」間協力の課題

林木育種は他の育種対象と比較して、生育期間は長く、収穫する栄養体は大きく数も多い。その集団の遺伝変異は大きく、多くの樹種は他殖性植物であり品種化が遅れている。着花には周期性があり、品種育成は山林において行われ、栽培環境を人為的に管理できない。育種目標や育種方法等において急な方向転換も出来にくい。さらに林木育種は長期的な展望と多額の出資が必要である。この様な林木育種の特殊性からして、我が国の林木育種における「産・官・学」の技術開発の推進体制と背景においても、他の育種分野とは異なる特異性が認められる。我が国の国有林野事業は多大の山林と労力を保有していたことから、林木育種は林野庁が指導主体となって「産・官」によって実行してきた。「産・官」による林木育種の推進が社会的なニーズを捉えやすく、より現場に近い研究が出来たためと考えられる。

他方、林木育種は長い時間と過大な労力を費やし、多額の出資を要することから「学」では研究者、技術者の養成にも限界があった。よって、今後の林木育種においては、「産・官・学」は互いに連携し、協力しあいながら第一に着手すべきことは各種の有用な遺伝子型の選抜と収集を優先すべきである。その後に、これら有用遺伝子の遺伝的向上を図る

ものとする。例えば、これまでに「産・官」によって選抜、収集された育種素材を、「産・官・学」がそれぞれの役割において共同利用し、これら材料を用いて特に「官・学」にあっては育種理論の構築、先端育種技術の開発と人材育成、「産・官」にあっては新素材の開発による新品種の育成が課題である。

3)林木における育種対象の形質（育種目標）

従来からの育種目標に加えて新しい育種対象の目標を設定し、「産・官・学」の連携によって新品種の創出を行う必要性がある。

形質特性	従来の育種目標	新しい育種目標
①成長特性 わい性	高成長、成長持続、初期成長	バイオマス、パルプ、易蒸解・漂白
②材質特性	高容積重、強度、纖維傾斜度 比重等の組織・物理特性、加工性	色調、木肌、木目 保温性、吸湿、放湿性、断熱性
③抵抗性	気象害抵抗性、病虫害抵抗性 マツノザイセンチュウ抵抗性	
④適応特性	耐陰性、耐せき・アルカリ・酸性	耐乾・暑性、耐風性、耐火性、耐久性
⑤成分特性	セルロース、リグニン、樹脂量 アレルゲン	精油成分、防腐剤、抗ガン剤
⑥機能特性	発根性、着花性、樹幹等形態形成 ストレス耐性（塩、熱、乾燥）	落葉性、常緑性、環境浄化吸収機能 解毒機能、水源涵養、ストレス耐性（酸性雨、炭酸ガス、ヒートアイランド）、2次代謝系酵素、生態系保全調和機能、夜間照明耐性等

4)林木育種における今後の育種技術の開発

林木育種に関する「産・官・学」の連携による主要な今後の取り組み課題として次の6項目がある。

(a)優良形質種苗・有用遺伝形質の創出

細胞融合による有用形質の育種素材への導入、多様性の拡大、遺伝子操作

(b)優良形質種苗・有用遺伝形質の増殖

林業種苗の早生栽培技術、組織・器官の長期保存、人工種子化

(c)省力的林業生産技術

低コスト育成林業用品種（超早生品種、耐草性、耐陰性、高比重）の育成と施業技術の開発。生態育種技術の開発（じか挿し品種育成、天然林の遺伝的管理、複層林及び森林施業と育種）

(d)諸形質の簡易・早期検定技術

モノクローナル抗体・DNAプローブの利用技術の開発

(e)RFLPを用いた選抜・検定技術、遺伝病診断技術

量的形質（QTL）、病虫害抵抗性遺伝子の探索、検定、遺伝子選抜（MAS）及び遺伝病診断技術の確立

(f) 遺伝、育種情報の管理

林木の遺伝育種に関する素材、特性、DNA、遺伝資源、試験林等の情報ネットワークの設置

(2) 動植物育種における知的所有権について

〔平成7年7月13日〕

農林水産省農林水産技術会議事務局主席研究調査官・石毛光雄

1) 知的所有権

知的所有権とは「文芸、美術及び学術の著作物、実演家の実演、レコード及び放送、人間の活動すべての分野における発明、科学的発見、意匠、商標、サービス・マーク及び商号その他の商業上の表示不正競争に対する保護に関する権利並びに産業、学術、文芸または美術の分野における知的活動から生ずる全ての権利」をいう（世界知的所有権機関（W I P O）設立条約第2条（VIII））。知的所有権は、近年、世界的にその重要性に対する認識が高まっており、W I P O、G A T T等の場において、知的所有権に関する国際的調和（ハーモナイゼーション）を図るためにルール作成に向けた検討が行われている。

2) 特許法と種苗法

農林水産業に関する種々の研究成果、技術は主として特許法や種苗法によって保護される。特許法の保護対象は発明であり、進歩性、新規性、産業上の有用性ないし反復可能性を要件とする。「発明」とは、自然法則を利用した技術的思想の創作である。これに対して、種苗法の保護対象は現実に存在する植物品種であり、区別性、均一性、安定性の他、未譲渡性、適切な品種名称の付与を要件としている。特許は、元来工業分野における発明をその保護対象としており、植物品種の育成については、①植物は自己増殖すること、成長が気象等環境に依存すること、②交雑育種では必ずしも再現性が保障されないこと等、工業製品とは本質的にその性格を異にするものである。このため、我が国では、より農業の生産や流通の実態に即した種苗法により植物新品種が保護されている。遺伝子導入法等の画期的な育種技術及び産業上の有用性が期待される遺伝子については特許により保護されうる。特許出願では権利の範囲を自ら請求するが、種苗法では権利の範囲が定められている。特許法と種苗法の主要項目の比較が次頁の表1にまとめられる。

表1 特許法、種苗法の主要項目の比較

	特 訸 法	種 苗 法
目 的	発明の保護及び利用を図ることにより、発明を奨励し、もって産業の発達に寄与	指定種苗の表示に関する規制、新品種の保護のための品種登録制度等を定めることにより、種苗の流通の適正化と品種の育成を図り、農林水産業の発展に寄与
保護対象	全ての技術的成果（物質、生物、その製造方法、その使用方法等）	政令で指定された455種類の属、種、亜種に属する農林水産植物の新品種
保護条件	<ul style="list-style-type: none"> ・自然法則を利用していること ・産業上の有用性があること ・新規性があること（出願前に公知公開、刊行物に記載されていない） ・進歩性があること（その技術分野に属する者が容易に思いつくことができないもの） ・発明の再現性がある（明細書を見て再現できるよう明示） 	<ul style="list-style-type: none"> ・区別性（他の品種と区別される） ・均一性（同一の繁殖段階における特性が十分類似） ・安定性（異なる繁殖段階における特性が十分類似） ・未譲渡性（出願前に譲渡されていない） ・品種名称（適切な名称が付与されている）
審査方法 審査期間	書類審査（場合によっては面接審査も実施）、審査期間は2～8年程度	書類審査と栽培試験または現地調査 審査期間は1年半～3年程度
保護期間	出願から20年かつ公告から15年（平成7年7月より出願から20年に統一）	登録から15年 永年性植物は18年
権利の効力	<ul style="list-style-type: none"> ・業として特許発明の実施をする権利を専有する ・生産、販売、輸入に及ぶ ・増殖に及ぶかどうかは争いがある ・収穫物、加工品に及ぶかどうかは不明 ・以下については及ばない <ul style="list-style-type: none"> ①試験研究目的の使用 ②出願前から善意で実施している者には及ばない ③出願の時から日本にある物 	<ul style="list-style-type: none"> ・増殖・輸入には販売等の目的があれば及ぶ ・販売に及ぶ ・収穫物、加工品には及ばない ・自家採種、育種素材としての使用は自由 ・先に同一の品種を育成した者、親品種の品種登録者には及ばない
侵害に対する措置	差止請求権、損害賠償請求権、信用回復措置	差止請求権、損害賠償請求権
第3者による不服申立	審査中の情報提供制度 出願公告後の特許異議申立制度 登録後の無効審判請求制度	内定公表後の情報提供制度 登録公示後の異議申立制度 行政事件訴訟制度

3)特許

- (a) 特許は特許法出願及び必要な手続きをとつて初めて特許を受けることができる方式主義をとる。出願できるのは発明者または発明者から権利を承継した者に限られる。
- (b) 我が国を含むほとんどの国は先願主義をとっている。米国とフィリピンのみが先発明主義をとっている。

- (c) 各国別に特許を取得しなければ、その国の保護を受けることができない。また、各國で取得した特許はそれぞれ独立であり、他国の特許の影響を受けない。
- (d) 我が国では、公表された発明は新規性を喪失して特許権を取得することができなくなるので、特許を取得すべき発明については、出願してから公表するのが原則である。ただし、特許庁長官が指定する学術団体が開催する研究集会において文書をもって発表した場合には、6ヶ月以内であれば出願と同時にその旨を記載した書面を特許庁長官に提出し、かつ特許出願の日から30日以内に証明書を提出すれば、新規性の喪失の例外となる。
- (e) 明細書の中の「特許請求の範囲」の項に記載された内容のみが権利範囲となる。
- (f) 開発過程で順次生まれた一連の発明について1年以内であれば、実施例の補充や先の出願に新規発明を取り込んで一つの出願にまとめることができる（国内優先権制度）。
- (g) 我が国から外国に特許出願する場合、あるいは外国から我が国に特許出願する場合に、出願時に優先権を主張すると、第二国での出願の審査に当たり、その出願は第一国の出願日に出願されたものとして取り扱う制度がある（国際優先権制度）。
- (h) 微生物に係る発明について特許出願をしようとする者は、その微生物を容易に入手することができる場合を除き、微生物を寄託し、その番号を明細書に記載して出願しなければならない。
- (i) 「特許法等の一部を改正する法律」が平成6年12月14日に公布され平成7年7月1日から施行された。それにより、特許権の存続期間は特許出願の日から20年をもって終了すること、日本語で作成した願書と英語で作成した明細書等を提出すれば正規の特許出願として受理されること、特許付与後の異議申立制度の導入等の改正がなされた。
- (j) 特許公報の種類として、特許公報、公開特許公報、公表特許公報、特許協力条約に基づいて国際公開された日本語特許出願がある。また特許データベースとして、日本特許情報機構のP A T O L I S、日本科学技術情報センターのS T N、D I A L O G社のD I A L O Gがある。明細書は特許庁万国工業所有権資料館その他特許公報類地方閲覧所、発明協会、日本特許情報機構から入手できる。
- (k) 農林水産分野での出願件数は増加しているが、その内容は応用的な技術に係るものが多く、いわゆる基本特許は少ない。それに対して、遺伝子組換えに関するものは、遺伝子の増殖法、遺伝子の導入法、組換え体の選抜方法、導入遺伝子の発現調節方法、組換え作物の作出方法、組換え動物等についての基本技術が多い。基本技術の請求の範囲が問題になることが多く、あまりにも広すぎる範囲のため、特許が認められないものもある。
- (l) 遺伝子関連特許の権利が、育種、種苗の増殖・販売にどの程度及ぶかについては現状では世界的に一致した見解が出ていないが、我が国としては基本技術の開発、有用遺伝子の単離等を強力に推進し、得られた成果については権利保護を図りつつ、人類共通の財産として成果を公開し、作物の育種等を推進していく。
- (m) 公的機関では、生産部門を持たない、法律的、予算的に制約がある、学会発表が優先している、権利意識が低い、特許管理者がいないなどの特殊性がある。しかし特許管理は良い発明を発掘して育てる、他人の模倣を防ぐ、他人の権利を尊重する、自分の仕事の権利をはっきりさせる等の意義があり、公的機関でも積極的に特許管理にとり組む必要がある。

4) 種苗法

- (a) 1961年のパリ外交会議において、植物新品種保護国際条約（UPOV条約）が締結され、我が国ではこれに基づき、種苗法による品種登録制度を設け、品種育成の振興を図っている。
- (b) 品種の育成者、またはその育成者から品種登録の出願をすることについて同意を得ている人が品種登録をすることができる。
- (c) 稲、麦、果樹、花卉、鑑賞樹、きのこ類、のりなど農林水産物の生産のために栽培される植物のうち現在 455種類（属 245、種 202、亜種 8）の植物について品種登録を出願することができる。
- (d) 品種登録のためには、出願品種が区別性、均一性、安定性、未譲渡性、名称の適切性の要件を満たすことが必要である。
- (e) 品種登録の効力は、登録された品種の種苗を増殖して販売する場合、登録された品種が種苗以外の部分を利用しても容易に繁殖する植物である時に、種苗以外の部分を利用して切花などの生産物を生産して販売する場合、登録された品種を交雑品種の種子を生産するための親として繰り返し利用する場合に及び、品種登録者以外の人は品種登録者の許諾を受けなければならない。
- (f) 権利侵害を受けた場合には差止請求、損害賠償請求ができる。
- (g) 品種登録の日から15年間（永年性植物は18年間）種苗法による保護を受けることができる。
- (h) 品種登録の出願手続きを行うためには、願書、説明書、出願品種の写真、出願品種の種子（種子を種苗とする品種の場合）を農林水産省農産園芸局種苗課に提出する必要がある。
- (i) 出願が受理されると、植物体の特性を調べるための現地調査、栽培試験が行われるほか、名称が適切か、出願される前に日本国内で販売されていたことがないかなど、新品種と認められるための要件を満たすものかどうかの審査が行われる。出願品種が要件のすべてを満たしていると認められた場合、官報で公表され（内定公表）、第三者から品種登録すべきでないと判断される情報の提供がない限り、品種登録される。
- (j) 種苗法に基づく品種登録出願件数は年々増加しているが、品種登録件数は平成2年度から、毎年約500件弱で推移している（平成6年度末までの累計約4,500件）、個人の出願、登録は果樹、草花類、観賞樹が多く、種苗会社は草花類、都道府県では食用作物が最も多い。全体として草花類が登録件数の約半数を占めて最も多い。

(3) 家畜ゲノム研究の現状と展望

〔 平成7年11月10日
農林水産省畜産試験場育種部長・三上仁志 〕

1) 家畜ゲノム研究の意義と進捗状況

近年の分子生物学の進歩とともに、ヒトゲノム研究は大きな成果をあげているが、その成果を基礎にして家畜類のゲノム研究も世界的規模で急速な展開を示している。しかし、その展開はヒトゲノム研究とは一線を画しており、解析された各畜種の遺伝情報は、

育種技術の改良、動物生産技術の効率化に取り入れられ、全人類の生活向上に役立てることを目的としている。その成果の利用として近い将来に期待されるものに、①個体識別と親子鑑別、②遺伝性疾患の診断、③DNAマーカーを利用した選抜法、④トランスジェニック家畜の作出などがあげられる。それらの成果に利用される各畜種のゲノムに関する研究は、基礎、応用両面から米国、ヨーロッパ諸国（EU）、オーストラリア、カナダ、ニュージーランドなど世界的レベルでの共同研究として活発に進行しているし、我が国においても主に農林水産省関係研究機関においてプロジェクト研究として開始されている。

2) 我が国における家畜ゲノム研究の概略

我が国では、研究も遅れていたが、農林水産省畜産試験場（以下、本付属資料においては、「畜試」という。）、家畜衛生試験場、公立試験研究機関、農林水産先端技術研究所（以下、本付属資料においては、「STAFF研」という。）の関連研究室が共同でプロジェクト課題として家畜（主としてブタ）のゲノム研究を平成4年度より開始している。

一方では、農林水産省家畜改良センター（以下、本付属資料においては、「改良センター」という。）、畜産技術協会、動物遺伝研究所（以下、本付属資料においては、「動物遺伝研」という。）を中心に、家畜改良事業団、公立試験研究機関、STAFF研の関係研究室の共同研究として、ウシのゲノム解析とウシのDNA育種実用化事業が平成6年度から進められている。

また、ウマ、ウシの血統登録に関する研究から、従来からJRA競走馬総合研究所、競走馬理化学研究所、家畜改良事業団の関係研究室が国際動物遺伝学会（ISAG）の国際比較試験に参加しており、血液型、DNA多型を利用した個体識別、親子鑑定などの国際協力研究を進めてきている。

これらの研究から、各畜種の親子鑑別、個体識別、遺伝性疾患のDNA診断などが遺伝子地図作製と並行して進められている。

3) 各畜種の遺伝子地図作成

(a) ブタ

ブタについては実験家系を作出し、米国農務省（USDA）、EU（8ヶ国・18研究機関）で大規模な研究計画が進行しており、米国では13常染色体とX染色体から、383マーカー（平均5.5cM間隔）（1994）、EUではPigMapプロジェクトにおいて18染色体とX染色体から239マーカー（平均8cM間隔、81発現遺伝子、158MS）（1995）について、それぞれ連鎖地図が作られている。また、EUでは81遺伝子、73マーカーで染色体地図も作られている。我が国では、畜試とSTAFF研を中心に、11マーカーの連鎖地図を作成し、発現遺伝子25、マーカー10の染色体上の位置を決定している（1995）。

(b) ウシ

実験家系を作出し、米国（USDA）とスイスでは24常染色体とX染色体に313マーカー（平均8.9cM間隔）（1994）、米国、オーストラリア、イスラエル、ケニア、アイルランドの共同研究では、28常染色体とX染色体に171マーカー（平均15cM間隔）（1994）の連鎖地図がそれぞれ作られている。EUでは、各国の協力でBoVMap（32研究所）として取り組み、500マーカーの連鎖地図が作出されている。我が国では、動物遺伝研において、和牛から25マーカーの連鎖地図が作られ、親子鑑別に利用されている。

(c) ウマ

I S A G ウマ部会がサラブレッド国際標準化のための国際協力の下に、ウマの血液型とD N A型の比較同定試験を実施しており、さらに最近 EquineGeneMapping研究も推進している。ウマのゲノム研究は、開始されたばかりで、我が国はJ R A 競走馬総合研究所と競走馬理化学研究所が参加している。

(d)ニワトリ

米国（U S D A）とイギリス（Rosling研究所）がそれぞれ標準集団を作出して共同研究を進めている。米国からは、32連鎖群 273個（86個はマイクロサテライト）、イギリスからは、39連鎖群 248個のマーカーがそれぞれ報告されている。我が国では、組織的な研究は行われていないが、大学などで個々の関連研究が報告されている。

4) D N A マーカーを利用した育種法の開発

家畜ゲノム研究の終局的な目的は、各畜種のゲノム解析からD N A マーカーを利用して特定形質領域を特定し、それに基づく選抜法を開発することである。それに関連した研究開発、事業化は、各国で強力に進められているが、詳細については明らかになっていない部分が多い。

ブタの経済形質とD N A マーカーの連鎖解析は、発育、脂肪沈着、小腸長に関連するQ T Lが第4染色体の特定部位に位置することがスウェーデンの研究グループによって示されて以来（1994）、E U のP i G M a P グループで研究が進められ肉質、発育、脂肪沈着、繁殖能力などとD N A マーカーの連鎖解析が発表されている。

我が国では、畜試、改良センター、8公立試験研究機関が共同で、それぞれ実験家系を作出し、約 100個のD N A マーカーを用いて肉質、赤肉割合、成長、肢蹄、先天異常、繁殖能力などを対象とした連鎖解析、新育種技術の開発が進行している。その結果、毛色、椎骨数、乳頭数などに関連したマーカーが見出されている。

ウシについては、動物遺伝研が改良センターと14公立試験研究機関が共同で和牛を用いて、D N A マーカーと産肉能力との連鎖解析を事業として開始している。一方、家畜改良センターは、和牛と外国種（リムジン種）を交雑して作出した実験家系を用いて、D N A マーカーと特定経済形質の関連性を解析し、D N A マーカーを利用した肉用牛のD N A 育種技術の開発、実用化事業を開始している。

5) 家畜ゲノムのデータベース構築

家畜ゲノムの解析結果をデータベース化し、ネットワークを通じて広く国際的に情報を提供することは、研究者間の情報交換、研究推進上有意義である。ヒト、マウスのデータベースを基にして、米国、E U では既に各畜種のデータベースが作られ、国際的利用に供されている。

我が国でも、ヒト、マウスを加えたウシ、ブタのゲノムデータベースが畜試によって構築され、連鎖地図情報、染色体物理地図情報、P C R プライマー情報、文献情報などが格納されている。W W W 及び電子メールを用いたインターネット上から検索でき、平成6年6月より利用されている。

(4) 水産業における育種研究の現状

[平成 8 年 4 月 15 日]

[水産庁養殖研究所遺伝育種部長・和田克彦]

我が国の最近の養殖業にみられる特徴は① 200海里規制や環境保護運動の高まりによる水産生物の養殖業への比重の増大、②国際化による輸入品の増大、③消費の高度化、グルメ嗜好による品質の重視を挙げることができる。

我が国の漁業生産量（生産額）に占める養殖業の比率は昭和61年には約10.2%、生産額にして20.8%であったが、平成6年には生産量で約15.5%、生産額にして約28.0%と増加している。平成5年での水産物の輸入は312万トンと増加している。それらはエビ類、マグロ・カジキ類、サケ・マス類、タラ類である。また、養殖業が新しい産業として発展しているのは我が国ばかりでなく発展途上国および欧米でも盛んになりつつある。養殖種の増加による養殖業の発展の背景の一つに、食生活と生活水準の向上がグルメ嗜好と重なったための消費の多様化が挙げられる。

このような背景から、我が国の養殖業における技術革新が重要と考えられ、そのためには種苗生産から成魚あるいは成貝までの飼育技術の向上とともに、餌料と育種の技術開発が必要である。

1) 魚介類の育種

(a) 選抜育種

選抜育種で有名なのは、米国ワシントン大学でニジマスの成長と産卵数について長期間にわたって選抜され作成されたドナルドソン系である。その他の選抜例として米国におけるカワマスとブラウントラウトのセッソウ病抵抗性、アメリカガキの寄生虫に対する抵抗性、ノルウェーにおける大西洋サケの早い成長、遅い成熟、高い生残率、高い品質が挙げられる。我が国では、ニジマスの産卵期、高温耐性、耐病性、ストレス抵抗性、アマゴのスモルト化、アコヤガイの黄色真珠の除去などがある。

(b) 交雑育種

多くの魚種で交雑が試みられている。古くはコイ、キンギョ、ドジョウ、サケ科魚類などで種間、属間の交雑がなされ、最近では海産魚のタイ科、イシガキダイ科、ブリ属、フグ属についてなされている。系統間、種間、あるいは属間雑種がヘテロシスを示すことがコイ科、サケ科、タイ科の魚類で数多く報告されている。雑種第1代の利用は毎代種苗を供給する元集団の維持が必要である。このような元集団を維持する自立した種苗産業が未だ成立していない現状ではF1利用は難しい。また、食べ物の嗜好というのは変えるのが意外と難しく、変わったものが珍しいと思われるが、それほど大きな消費にはつながらないという問題がある。

魚介類の選択、交雑による水産生物の育種事業は、現在、水産庁の委託事業として「新品種作出基礎技術開発事業」が地方自治体と大学で進められている。

2) 育種を支援する技術開発

(a) 人為三倍体

魚介類の人為三倍体に期待される点は、①不妊による成長の促進と寿命の延長、②ゲノム倍化による雑種強勢効果、③不妊化による移殖魚の繁殖防止など、である。人為三倍体

は母由来のゲノムを2セットと父由来のゲノムを1セット持つ個体で、体外受精をする魚介類は、卵を大量に処理できるので大量の人為三倍体作出が可能で、サケ科魚類、アユ、カキ、アワビ、アコヤガイでなされている。

(b) 全雌生産

魚類では雌の商品価値が高い場合がある。そのため、不活性精子と極体放出阻止による雌性発生とホルモン処理による性転換を組み合わせての性統御による全雌生産技術が実用化されている。全雌生産と全雌三倍体の作出はサケ科魚類でなされている。例えばニジマスの全雌種苗の年間生産量は約9,700尾、養殖生産高53トン程度で、全雌三倍体は約85,000尾と約630トンとなっている。その他、ヤマメ、ギンザケ、サクラマス、アマゴなどでも作出が行われている。

(c) 雄性発生

雌性発生が卵の遺伝子のみによる単為発生であるのに対して、雄性発生は精子由来の遺伝子による発生である。卵核の遺伝子を放射線で不活性化した後、精子を媒精して、水圧による第一卵割阻止により雄性発生二倍体が得られる。育種への利用として、全雄生産、クローン作出、核・細胞質雑種の作出などがある。

(d) クローン

遺伝的組成が完全に均一な個体の集まりであるクローンの作出が、有用魚種でも成功するようになった。また性が一方に偏っても、ホルモン処理による性転換と交配により継代飼育ができるようになった。その例としてアユがあり、クローンを用いて遺伝率の推定がなされている。また、作出了る多数のクローンを用いて交雑を行い、ヘテロクローンによる雑種強勢を利用することが考えられている。

(5) 作物の分子育種の最近の動向

〔平成8年7月12日
農林水産省農業生物資源研究所分子育種部長・美濃部侑三〕

1) ウルグアイ・ラウンド合意の影響

ウルグアイ・ラウンド合意による日本農業への影響は一口に云えば「国際化」であり、国際的な競争力の強化や国際貢献を踏まえた技術開発が求められている。欧米においては巨大化学メーカーの大規模で集中的なDNA研究の取り組みが進められている。我が国においても農業研究を見直し、新たな時代に向けて国際的なリーダーシップを確立する展望を拓かなければならぬ。

2) 組換えDNA農産物の国内での市販

除草剤耐性植物など欧米企業が開発した組換えDNA技術による農産物が、早ければ平成9年の春には国内で市販されることが予想される。我が国に於けるバイオテクノロジー研究の現状への批判や組換え作物の食品としての安全性が今後頻繁に取り上げられ、急速に話題になっていくであろう。

3) 組換えDNA実用品種の国内での開発

我が国では生産者サイドに立った新しい作物の開発が検討され、特にウイルス、細菌及びカビ等の病害抵抗性植物の作出が進められてきた。その結果、イネ縞葉枯病に抵抗性の

イネやキュウリモザイクウイルス病に抵抗性のメロンが作られた。昆虫の抗菌性物質を作る遺伝子をタバコに導入する研究では各種の病原菌に侵されない植物が作成されている。イネの代表的なカビ病害として知られるいもち病の感染に伴い、カビの細胞壁を溶かす酵素であるキチナーゼの遺伝子を過剰発現させた植物が作出されて、各種のカビ病害に有効である事が証明された。キチナーゼ遺伝子を導入したキュウリではこれまで対策に苦慮してきた灰色カビ病に抵抗性のキュウリが作成された。この様な病害に強い作物は直ちに広範に作付けされるとは限らないものの、実用品種作出の育種素材として期待できる。

4)組換えDNA実用品種の国外での開発

欧米企業が実用化した組換えDNA作物は除草剤耐性や耐虫性を付与したものであり、米国やカナダに於ける大規模な作物栽培に有効である。特に、除草剤耐性は生産コストを下げるなどの経済効果や自社の除草剤の利用方法の拡大など企業ならではの狙いがある。その耐性機構は耐性酵素や除草剤自体を修飾したり、分解する酵素などの遺伝子を用いている。ナタネの場合の様に組織特異的プロモータにより、発現したタンパク質は葉緑体などに局在化し、食用にする種子には含まれないなどの工夫が施されている。用いられたDNAは微生物やシロイヌナズナから得られたもので、遺伝子単離に於ける広範な研究の背景がそれらの成果を生んでいることが伺える。

5)イネゲノム研究の発展

数年前に世界的に開始されたゲノム研究はDNA研究の分野を一変させた。我が国においてはイネゲノム研究の成果が国際的な注目を集めた。短期間に大きな成果をあげた要因は強力な推進体制に加えて、集中的で大規模な予算と要員配置が大胆に行われたことであり、更にチーム内の効率的なデータ処理システムの構築など、これまで我が国の生物学分野の研究にはない幾つかの画期的なシステムが試みられ、それが成功したからである。

6)イネの実用形質遺伝子の単離

イネゲノム研究の成果を踏まえて経済形質に関連する遺伝子の単離が開始されている。高密度のDNAマーカーを目印にしたマップベースドクローニングを基礎にシーケンス多型、相補試験(gain of function)、遺伝子破壊(loss of function)などによる遺伝子機能の確認が強力に進められることになるだろう。また、遺伝子の機能だけではなく、遺伝子発現を制御している仕組みが解明されて、様々の条件下で特異的に働くプロモータの利用が進められることになるだろう。

7)DNA選抜育種

高濃度DNAマーカーの作成は遺伝子単離に強力な情報を提供するだけでなく、直ちに選抜診断の技術として育種や品種鑑別に利用される。実際に、インド稲の香りの遺伝形質を日本稲に導入する育種ではDNAマーカーを用いて極めて短期間にインド稲の他の領域をほとんど含まない良質の雑種を作出することに成功している。現在、いもち病耐性や耐冷性などの重要な形質に関するDNA選抜が進められている。

8)新しい技術開発システムの構築

ウルグアイ・ラウンド合意は農業における開国を意味しており、これまで保護されて来た我が国の農業にとっては厳しい試練が待ち受けている。この試練を乗り切る有力な切り札は技術革新であり、短期間に国際的な注目を集めるほどの成果をあげたイネゲノム研究

の推進はウルグアイ・ラウンド合意以降の日本農業の国際化にむけて、競争力の強化を図る明かな展望を示している。少なくともこれまでの研究体制や研究スタイルでは欧米の巨大企業の開発能力に対抗できるはずがない以上、新しい技術開発のシステムを早急に構築しなければならない。新しいシステムは集中的で、大規模な共同利用型の①大規模シーケンスセンター、②遺伝子機能解析センター、③大規模育種システムの構築（集中型育成及び検定センター）などが考えられる。育種選抜構想に基づき交雑育成（世代促進）が集中的に行われ、DNA診断に回される。形質検定は特定の検査機関や個々の育種専門家が行う。DNA診断は育種だけでなく、流通過程での品種鑑別などにも活用される。このような、DNA農業の総合的なセンター化は強力な欧米企業の技術開発に対抗できるただ一つの方策ではないかと考えられる。

(6) 花卉育種研究の現状と展望

〔平成8年1月8日〕

農林水産省野菜・茶葉試験場花卉育種法研究室長・柴田道夫

1) 我が国の花卉生産の現状

我が国の花卉生産は近年、急速に伸びてきており、平成6年には農業粗生産額中、花卉の占める割合は5.4%（生産額で6,120億円）に達している。国内においては花卉は数少ない成長品目として注目を集めているが、世界的にみると、オランダ、米国と並んで、既に三大花卉生産国の仲間入りを果たしている状況にある。他方、国内消費についても順調な伸びを見せており、平成2年度に年間1世帯あたりの切り花の購入額が1万円台になったのに続き、以降も増加傾向にある。このように順調な成長を遂げている我が国の花卉生産であるが、オランダと比較すると、農家一戸当たりの生産規模が小さく、さらに土地生産性及び労働生産性が低く、生産効率が悪い問題がある。一方、流通の国際化が進み、我が国への花卉の輸入が急激に増えてきており、既に米国やヨーロッパに大きな影響を与えるコロンビアやケニアなどからの輸入の脅威も迫ってきている。このような状況の中、我が国においても今日までの高品質重視の生産から、今後は国際化時代に即応したコスト低減に向けた取り組みが重要性を増してきている。

2) 周年生産性向上に貢献した生態育種

これまで我が国の花卉では、むしろ夏は冷涼地、冬は温暖地といった適地適作を中心とした季節的生産が主体であった。今後は、季節的な労働のピークをできるだけなくし、年間の労力の平準化を図り、雇用労力が利用しやすい生産体系を確立していく必要がある。世界の主要な花卉生産地と我が国の気候を比較すると、年間の気候変動の幅が大きく、特に温暖地や暖地では平均気温が25℃以上と多くの花卉において生育開花に適した温度域を越える夏の期間が存在する。周年生産を行う上では、周年にわたり生産に適した環境を作り出すことが望ましいが、冬の低温については加温による生育適温への昇温が可能であるものの、夏の高温については冷房による降温が経済的に成り立ちにくいためにほとんど実施されていないのが現状である。育種的に夏の高温を如何に克服するかが、我が国では大きなポイントとなる。

我が国において生産量第一を誇るキクについても、周年生産の上で夏の高温による開花

遅延及び切り花品質の低下が問題となっていた。農林水産省野菜・茶業試験場（以下、本付属資料においては、「野菜茶試」という。）ではキクの生態育種研究を進める中で、夏秋ギク（秋ギク同様に開花のために一定時間以内の短日が必要であるが、その限界の日長が長いために、自然開花期は7～9月である品種群）が、夏季の高温条件下においても開花遅延しにくく、切り花品質の低下の少ないなど耐暑性を有することを見いだし、この特性が交雑によって容易に導入できることを明らかにした。そこで、夏秋ギクを利用した温暖地における夏季生産用スプレーギクの育種を開始するとともに、開花調節技術開発のための研究に取りかかった結果、ほぼ期待通り夏秋ギク型を用いることによって、温暖地における夏季の生産が可能であることが明らかにされた。生産現場では、その後、夏秋ギク型品種を利用した夏季生産が急速に進み、年間の生産の平準化がかなり達成された。

3) 変異拡大に貢献した種間交雑育種

今日、栽培される花卉は、野に咲く花を元として長い年月にわたる育種の結果生まれたものである。その育種過程では種間交雫育種の果たした役割は大きい。普通作物などでは種間交雫は取り組まれているものの現実には実用化していない。しかし、花卉においては‘変わりもの’自体が高く評価されることから種間交雫は極めて大きな役割を果してきた。

野菜茶試では昭和50年頃からキクの種間交雫育種に取り組み、我が国に自生するキク属野生種と栽培種との間で交雫を行ってきた。雑種第1代（F1）は栽培種にはない野生種の特性を持ち合わせていたものの、花色の変異幅が狭く、花弁が薄く弱いなどの実用面での問題が多かった。そこでF1を栽培種に戻し交雫することを企画し、F1として関東から東海にかけて自生する十倍体の野生種イソギク (*Dendranthema pacificum*) と枝咲き仕立て用栽培種（スプレーギク）との雑種を用い、スプレーギク品種への戻し交雫を行った結果、花径4～6cmで花色はスプレーギクに匹敵する鮮明さを有しながら、しかもイソギクの多花性及び分枝性を合わせもった小輪系スプレーギクが育成できた。この成果を受けて、沖縄農試園芸支場において、現在春の彼岸を中心に出荷されている‘沖の白波’などの品種が育成された。これらの雑種品種は草勢が強く、生産性が高いことから、急速に栽培が増え、平成4年度には沖縄における栽培面積が200ha以上に達している。

4) 遺伝子組換え技術の花卉での利用

花卉ではキク、バラ、カーネーションなどのように栄養繁殖されるものが主要である。しかし、これら栄養繁殖性の花卉は、遺伝的に雑ぱくでヘテロ性に富んでおり、交雫育種によって目的とする遺伝子集積の効率を高めにくい問題がある。突然変異による枝変わりは、遺伝的な背景はほとんど同じでありながら、花色などの特定の形質のみが異なっていることから、よく利用してきた。オランダではキクの放射線利用による人為突然変異育種が、ほとんどの育種業者の一般的の育種プログラムに組み込まれている。しかしながら、突然変異育種では、もともとその品種が持っている劣性の形質を突然変異によって発現させるので、変異には一定の方向性がある。例えば、キクの枝変わりの場合、白色の品種から黄色の枝変わりは出るが、その逆は起こらない。近年注目されている遺伝子組換えの手法は、突然変異育種と同様に他の特性は変えずに目的とする形質だけを改変することができるのに加えて、新たに有用遺伝子を組み込むことができるので、これまでにない画期的

な育種技術となり得る。現在のところ、花卉で利用可能な遺伝子の単離もそれほど多くなく、形質転換系についても主要花卉では転換効率が低く、導入した外来遺伝子のサイレンシングなどの問題があるが、新花色の作出や花の日持ち性の改良は比較的実現性が高いものと考えられる。

(7) 蚕育種研究の現状と展望

[平成 9 年 1 月 30 日]
東京農工大学農学部助教授・蜷木 理]

1) 蚕糸業の現状

我が国の蚕糸業は、厳しい国際競争と生活様式の変化に伴う和装離れ等により繭及び生糸の生産量は著しく減少している。しかし、諸外国から生糸や絹素材が輸入され、洋装やカジュアル等の需要が増加しつつある。現在、産、官、学が協力して他国の追随を許さない付加価値のある差別化製品の開発と低コスト養蚕を基盤とする先進国型蚕糸業の構築を図っており、蚕育種に対しては新規用途に適する特性を備えた品種及び低コスト人工飼料に適合する広食性品種が求められている。

2) 遺伝資源の保存・評価と利用

蚕糸・昆虫農業技術研究所では地理的品種を主体に 470 余種を保存し、九州大学農学部では遺伝子突然変異を主体に 450 余種を保存している。地理的品種は日本種、中国種、欧洲種、熱帯種などに分類され、繭糸質に特徴を有するものを中心に育種素材として利用されている。突然変異種は卵、幼虫、蛹（繭）、成虫の全生活環にわたっており、主に基盤的研究面で利用され、n = 28 個の染色体の全てに標識遺伝子を配置した連関地図が作成されている。また、効率的に保存するため、受精卵の低温による 2 年間保存および卵巣や精子等生殖質の超低温による長期保存の研究が行われている。

3) バイオテクノロジー研究

- (a) バイオテクノロジー育種による実用化の最たるものは、幼虫斑紋、卵色、繭色等の遺伝子を雌を決定する Y 染色体に転座させた限性品種の育成である。1944 年に最初に成功して以来、多数育成され、現在では実用品種の約 4 割に導入されている。雌雄鑑別が容易で蚕種の製造能率が高いのが利点である。
- (b) クローニングされている遺伝子には、絹の生合成系に関連した遺伝子（フィブロイン H鎖、L鎖、セリシン 1 、 2 、 P 25 タンパク）、コリオン、血液蛋白質（ピテロジエン、貯蔵タンパク、 30 K ）、卵特異的蛋白質、胚子の発生に係わるホメオティック遺伝子、生理活性を有するペプチッド（脳ホルモン、休眠ホルモン）などがあり、構造や機能が解析されている。
- (c) 遺伝子を発現させる系として、 in vitro の無細胞転写系と培養細胞等を用いた新たな発現系が確立されている。また、核多角体病ウイルス（ N P V ）を利用してインターフェロン等の外来遺伝子を組み込んだ組換え体ウイルスを培養細胞や個体に感染・増殖させるタンパク質生産系が開発され、昆虫産業として成立しており、今後の発展が期待される。
- (d) 形質転換は最も育種に利用できるものとして期待が大きい。初期胚に D N A を注射し卵内で発現させる方法が確立されたが、遺伝子の受け入れ側の研究が進んでおらず、次世

代に外来遺伝子を伝達する場合の障害になっており、これを克服するための研究が行われている。

(e) RFLP関連研究では、cDNAやゲノムDNAからのRFLPマークー用の遺伝子のクローニング、RAPDによる連関地図作成、染色体の *in situ*ハイブリダイゼーション等の研究が行われている。

4)実用形質の遺伝分析

(a) 統計遺伝学的手法を用いた研究の蓄積は多いが、育種に役立つ研究は不十分である。しかし、繭糸纖度や食性など一部の形質については連関分析が行われ、標識遺伝子による育種が可能となるなど、新しい育種法が開発されつつある。

(b) 最近発見された有用遺伝子として、第3染色体上に座位する広食性遺伝子 (brd) を交雑育種で導入し、低コスト人工飼料に適合する品種 (あさぎり、外5品種) が育成された。濃核病ウイルス (DNV) に対して完全抵抗性を示す1種の優性遺伝子 (Nid-1) と2種の劣性遺伝子 (nsd-1、nsd-2) が発見され、このうち第17染色体上のNid-1を交雑育種により導入した品種 (大成) が育成された。

5)蚕育種の現状

(a) 原蚕種管理法に基づく蚕品種の指定制度によって、実用品種は農林水産大臣の指定するものでなければ用いることができない。指定は交配形式を指定するもので、農業資材審議会蚕種部会が審査に当るが、全てが日本種と中国種との二元、または四元の交雑種である。指定試験は11ヶ所の研究機関で実施され、普通品種32、広食性品種5、特徴ある品種6、計43組合せが指定されている。

(b) 我が国の養蚕は稚蚕期を人工飼料で飼育するシステムが採られており、普通品種と言えども稚蚕期は桑粉末を含む人工飼料育に適することが必要である。最近開発された広食性品種は桑粉末を含まない低コスト人工飼料で1～4齢期の飼育をするもので、普通品種と区別されている。

(c) 新需要を創出する目的で、特徴ある品種の区分で纖度が2デニール内外の細纖度品種が育成された。普通の品種は約3デニールであり、これに比べてしなやかでコシが強く、しわの回復力がよい等の利点が多く、高級な洋装あるいは薄地の和装用の外、化学纖維との複合系「ハイブリッドシルク」等に利用されている。また、洋装外衣用として纖度が4デニール以上の太纖度品種、繭の生産性を著しく高めた超多収性蚕品種、染色性が優れた着色繭品種などが育成された。

6)今後の育種の課題

(a) 低コスト省力養蚕に対応して、低コスト人工飼料による全齢飼育に適した品種及びストレス耐性品種（高温、病原菌）などが重要視されている。

(b) 高付加価値化、差別化製品の開発に対応して、諸外国で作れない高品位品種（極細纖度、糸の強度・伸度が高い、分裂纖維少ない、節が少ない）、あるいは既存の生糸と異質な特性を持つ品種（玉繭、綿繭、平面繭）などが求められている。

(c) 衣料素材への利用、核多角体病ウイルスをベクターとする有用物質の生産以外に絹蛋白質の生体親和性や物質透過性などの特性を生かして、酵素の固定化担体、細胞培養床、物質透過膜、人工皮膚などの医療素材や工業素材として利用できる見通しがつき、天然素

材を生産する「昆虫産業」へ展開する状況が生まれている。そのため、特殊な物理・化学的特性を対象にした蚕品種が必要になり、短サイクル（経過）蚕やタンパク合成能力の高い裸蛹（Nd）系統の育種が始まられている。

2 開催された関連する育種学研究連絡委員会主催シンポジウムのテーマ

① 第15回基礎育種学シンポジウム；

観賞用動植物の育種

－ゆとりのある社会と科学との出会い－

[平成 6 年 11 月 12 日]
於 岐阜大学農学部

② 第16回基礎育種学シンポジウム；

動植物の染色体研究と育種

－基礎と応用の最前線－

[平成 7 年 11 月 11 日]
於 岐阜大学農学部

③ 第17回基礎育種学シンポジウム；

有用動植物の起源と分化に関する最近の知見

－育種素材の視点から－

[平成 8 年 11 月 9 日]
於 岐阜大学農学部

④ 公開シンポジウム；

動植物育種における先端技術の発展と社会的許容性

－安全性と社会的合意の検証－

[平成 9 年 4 月 25 日]
於 日本学術会議講堂