

第12号

〈特別寄稿〉

イネの冷害研究を顧みる — 研究の着想、発見、失敗、進歩の跡 —

佐竹徹夫氏 (元北海道拓殖短期大学教授)



6月29日、岩手連大と岩手大学大学院農学研究科の共催で、大学院への進学を志す学生や教員を対象に元北海道拓殖短期大学教授、佐竹徹夫氏の特別講演会が開催されました。佐竹先生は水稲の冷害研究の世界的権威で、冷害発生時の冷温への感受性時期の特定や冷害被害を予防的に軽減する前歴期深水灌溉技術の開発など、非常にインパクトのある業績を数多く残され、1977年には日本作物学会賞、2007年には日本農学賞を受賞されています。講演では、論文には書かなかった研究の悩み、研究を進める上での苦労話や研究の着想、研究の面白さ等についてお話をいただきました。

次頁の記事は、今回の特別講演を受けて、佐竹徹夫氏からRURCAニュースに特別に寄稿いただいたものです。

Contents

特別寄稿	1~3
共同研究成果報告	4~7
お知らせ	8

イネの冷害研究を顧みる

－研究の着想、発見、失敗、進歩の跡－

佐竹徹夫 氏（元北海道拓殖短期大学教授）



1. 私の冷害研究の始まり

1952年（昭和31年）、北海道の稲作は作況指数51%という大冷害に見舞われた。とくに被害の大きかった道東・道北の稲はほとんど収穫が皆無に近く、どの町村に行っても見渡す限りの水田に不稔の穂が空しく突っ立っていた。収穫皆無であっても、翌年の作付けのため藁は刈り取らねばならない。肩を落として「稲刈りする元気もない」と嘆く農民の声を聞いたとき、冷害の酷さと冷害研究の重要性に身の引きしまる思いがした。

それは北海道農業試験場（現北海道農業研究センター）に就職して5年目の、今から57年前のことであるが、あの惨状は目に焼きついて消えず私の冷害研究の原点になった。私の冷害研究はこうして始まり、定年退職のときまで続いた。

2. 三つの成果における研究の歩み

1966年（昭和41年）4月、組織改変によって北海道農試に稲の冷害研究室が新設された。私はその初代室長となり退職するまでの24年間、「障害型冷害における不稔の発生機作と不稔の防止」をメインテーマとするチームワークを行った。三つの成果がどのようにして得られたかを紹介し、研究の面白さと独創性について考えてみる。

(1) 冷温による不稔の最高感受性期の確定

着想と経過：穂ばらみ期の冷温による不稔をもっとも発生しやすい時期（冷害危険期）は減数分裂期であるという考えは、1938年に初めて報告され、1940年に追認されて定説となった。私は教科書にも載っていたこの定説を何の疑い

もなく信じていたが、あるとき定説を生んだ元の論文を読み、データの不備と結論に疑問を感じて追試を行った。この実験は想像以上に難しく、2回続けて失敗した。失敗の原因を分析して手間のかかる超精密実験法を工夫し、最初の失敗を含めると4年間に6回も実験を行って、ついに小孢子初期（減数分裂が終わった後の4分子期と小孢子前期を含む時期）が最大であることを明らかにし、充実花粉数の減少を小孢子の分化数と退化数の差によって解析した。

成果の活用：この研究は30年来の定説を改定した独創性の高い研究であり、不稔の生理学的研究におけるもっとも基礎的な知見として活用されている。

反省と教訓：定説を生んだ元の論文（原著論文）を読んで疑問を感じたこと、労を惜しまずに精密実験を忍耐強く繰り返したことが、定説を改定する成果につながった。

(2) イネの耐冷素質を強くする前歴深水灌漑技術の開発

着想と経過：円形20粒播きポット栽培で冷害危険期の試料を効率的に得るためには、20個体の止葉葉数を揃えることが必要である。その方法を模索する試みの一つとして、20℃と25℃の水槽にポットを浸してイネの生育を見守っていた。この実験の目的からすれば止葉の葉数を数えるだけでよかったのだが、ある日、偶然の思いつきで水温20℃のイネと25℃のイネの耐冷性を検定し、25℃のイネが20℃のイネに比べて耐冷性が著しく強いことを発見した。この偶然の発見に始まる7年間の研究によって、冷害危険期になる前の約10日間を水深10cmに保つ前歴深水灌漑技術を確立し、従来の危険期深水灌漑と併せて、深水による不稔防止の因果関係を明らかにした。

成果の活用：この研究はこれまで誰もやったことのない独創的な研究である。前歴深水灌漑は生まれてくる小孢子数を多くして危険期のイネの耐冷素質を予め強くしておく「攻めの技術」であり、従来の危険期深水灌漑は死ぬ小孢子数を少なくして被害を軽減する「守りの技術」である。この二つの深水灌漑は冷害対策の基本技術として広く農家に浸透し、実際の冷害防止に役立っている。

反省と教訓：前歴水温の効果が分かってから過去のデータ

を見直すと、16年前と10年前に発表した論文の中に、前歴高温の効果を示唆するデータが見つかった。それを見て着想できなかったのは、先入観に捕らわれていたり、データの意味を深く考えなかったため、研究のヒントを掴むチャンスは2回も見過ごしていたことを反省した。

耐冷性とは全く関係のない止葉葉数を揃える方法を模索している過程で、なぜ20℃と25℃のイネの耐冷性を比べてみようと思ったのだろうか。それは今考えても分からない。幸運だったとしか言いようがないが、偶然の幸運を掴むためには、問題を四六時中考えてそのことで頭の中を一杯にし、脳のヴォルテージを高く保っておくことが必要なのだと思う。

(3) 受精構成要素による耐冷性の評価

着想と経過：前歴水温の効果を解析するため、耐冷性の異なる数品種を用いて実験した。「前歴水温の上昇→充実花粉数増加→受精率向上」の因果関係は全ての品種で見られたが、品種間で比べると充実花粉数の多い品種が受精率が高いとは限らなかった。このことに気づいたことが、受精構成要素の概念を生む端緒になった。

すなわち、小胞子の分化から受精に至るまでを4つの過程に分け、受精率を4要素の積によって表すことを考案した。4要素とは、①分化小胞子数、②発育花粉歩合、③受粉歩合、④柱頭上花粉の受精効率、である。耐冷性の異なる19品種で実験した結果、耐冷性品種間差異の82%が最初の3要素によって説明された。それぞれの要素には品種間差異が認められ、統計遺伝学的研究によって推定された数個の耐冷性遺伝子は、この4要素に関係していると考えられる。

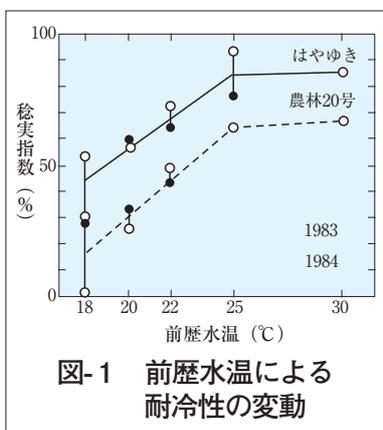


図-1 前歴水温による耐冷性の変動

成果の活用：受精構成要素による耐冷性の評価は、全く新しいアイデアに基づく独創的な研究である。今後の耐冷性の育種および生理の研究にこの概念を活用することによっ

て、研究の飛躍が期待される。

反省と教訓：前歴水温効果の仕組みを解析するためなら1品種でもできたはずなのに、なぜ数品種も用いたのだろうか。それは今考えても分からないが、ここにも偶然の幸運があった。振り返ってみると、前歴水温の効果が偶然に発見され、その効果の仕組みを実験するための品種選定の偶然が、受精構成要素を考える芽になった。二つの幸運な偶然が重なって耐冷性評価の新しい概念に発展したことは、研究の面白さを語って余りある。

受精率と受精構成要素の関係を19品種で調べる、という労力のかかる実験を二年にわたって二回行い、小胞子数と花粉数の調査は退職後にほぼ1年かけて完了した。こうして論文を書き上げたのは退職の2年後、実験開始から通算すると4年の歳月が経っていた。単調な仕事に耐える忍耐力と、実験結果は必ず論文にする責任感が結実した成果である。

3. 冷害研究を顧みて

以上の三つの研究に共通しているのは、原著論文を批判的に読むこと、先入観を持たないこと、緻密な観察と実験を忍耐強く続けること、などの既に言い古された研究姿勢と、偶然の幸運を掴むためのたゆまぬ努力である。「学問に王道はなく、研究に近道なし」というが、愚直一徹に続けることが、研究を成功させる唯一の道である。生涯一研究者を貫いて研究の面白さを存分に味わい、冷害防止にも少しは貢献できたことは、幸せというほかない。

人間一人にできること、一生かけて成し遂げられることは、ほんとにささやかなことだが、そのささやかなものを大切に守ってゆく人間が一人でも多く存在することが、未来の希望につながる。私の研究成果は冷害克服の一里塚に過ぎないが、後続の研究者がそれを踏み台にしてさらに研究を進め、何時の日にか冷害を解決してくれることを願っている。

地球規模の食糧危機が迫りつつある時代にあって、農学研究者の仕事はますます重要である。学生諸君の中から多くの研究者が育ち、面白くて難しくてやりがいのある課題に挑戦してくれることを期待している。

研究成果の概要

水田土壌中の嫌気性微生物群集の機能に関する研究



研究代表者 山形大学農学部 教授 上木厚子
 研究分担者 弘前大学農学生命科学部 准教授 殿内暁夫
 山形大学農学部 教授 鈴木大典
 (現 名古屋大学エコトピア科学研究所)

湛水後の水田土壌では、酸素供給が制限されるため無酸素環境が発達し、酸素存在下では増殖できない嫌気性微生物の活動が活発化し、メタンが放出されるようになる。メタンはCO₂に次いで重要な温室効果ガスであり、その大気中濃度の増加が地球温暖化という観点で憂慮されている。メタンは、偏性嫌気性微生物であるメタン生成古細菌によって、有機物の嫌氣的分解の最末端段階で生成されるが、その基質(主に酢酸とCO₂ + 4H₂)は他の細菌の有機物分解によって供給される(図1)。本研究では、水田土壌における嫌気性微生物生態系の中で、その生態がまだほとんど明らかになっていない短鎖脂肪酸等の分解細菌(図1の★印)について、栄養共生的プロピオン酸分解細菌と硫酸還元細菌に注目して検討した。結果の概略は以下の通りである。

(1) プロピオン酸分解細菌の計数と系統(弘前大学)

水田土壌中のプロピオン酸分解細菌数を、水素資化性メタン生成古細菌を共生微生物としてMPN法により測定したところ、プロピオン酸分解細菌は2.6×10⁵~4.3×10⁷ MPN/g(乾土)の範囲で計数された。PCR-DGGE解析により、この時の最高次希釈のMPN陽性培養液からはいずれも、共生的プロピオン酸酸化細菌 *Pelotomaculum* 属および *Syntrophobacter* 属に系統的に近縁な細菌が検出された(図2)。

(2) 硫酸還元細菌の分離と系統解析(山形大学)

異なる電子供与体基質(乳酸、プロピオン酸/酪酸およびH₂/酢酸)を添加した硫酸還元細菌用培地を用いた集積培養により、水田土壌から多数の硫酸還元細菌株を分離した。乳酸分離菌株の多くがグラム陰性湾曲桿菌で、全菌株が乳酸を酢酸へ不完全酸化したが、その細胞形態や生理学的性質は多様だった。16S rRNA遺伝子塩基配列に基づく系統解析では、これらは全て *Desulfovibrio* 属の近縁に位置づけられた。

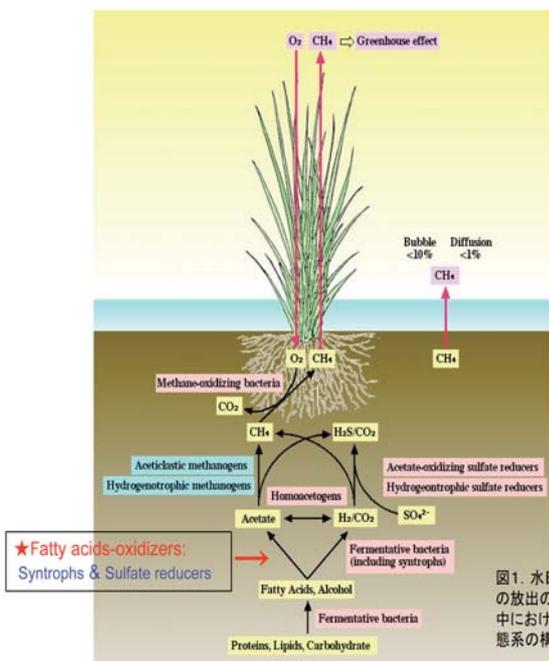


図1. 水田土壌からのメタンの放出の仕組みと水田土壌における嫌気性微生物生態系の構成

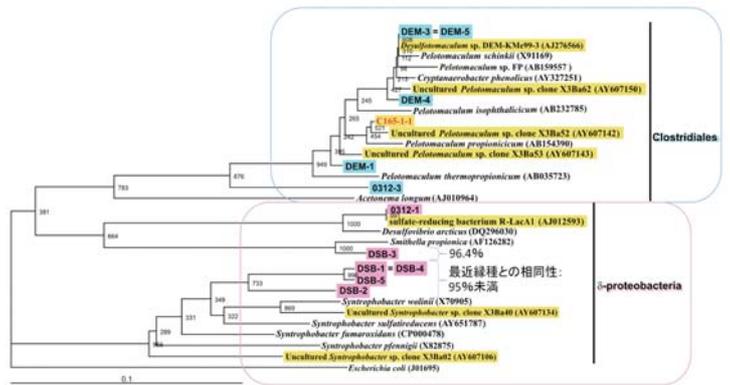


図2. MPN陽性チューブのPCR-DGGE解析から得られた16S rDNA配列および近縁な配列に基づく細菌系統樹。青色はClostridiales、赤色はδ-proteobacterialに属するDGGE由来の配列。黄色は水田土壌由来の配列を示す。赤字で示したC165-1-1はプロピオン酸を基質とし接種源を水田土壌とした集積培養液から得たクローンの配列。スケールバーは10%の塩基置換距離を示す。

作物の環境適応力向上を指向した植物成長調節物質研究の新展開



研究代表者 弘前大学農学生命科学部 准教授 高田 晃
 研究分担者 岩手大学農学部 教授 河合成直
 山形大学農学部 教授 三橋 渉

地球温暖化、土壌劣化による耕地面積の減少、食とエネルギーの競合など、作物を取り巻く環境は日ごとに悪くなっています。我々は植物成長調節物質がどのようにして植物の生理機能を調節しているのか物質レベルで追求することで、作物の環境適応力を向上させる方策が見つかるのではと考えて研究を進めています。今回の共同研究により以下のような成果を得ることができましたので紹介します。

1) ナトリウム型アルカリ条件下でムギネ酸の分泌を調べたところ、重炭酸イオンによりムギネ酸分泌が激減することが分かりました。ムギネ酸は鉄吸収において中心的役割を果たす物質であり、この機構をさらに調べることで、鉄欠乏土壌での作物生産が可能になると期待されます。

2) ニンジンより新たな細胞周期停止因子 (DcICK2-cDNA) の遺伝子の単離に成功しました。またqRT-PCRを用いてDcICK1と2遺伝子の器官特異的発現量を調べたところ、茎頂において葉原基の形成に伴い発現量が上昇することが分かりました。細胞分裂の制御は作物の形態やサイズの調節等、生産力と密接に関連します。DcICK1についてはプロモータ領域にジベレリン応答配列様の配列があることから、ジベレリンを利用した細胞分裂の停止制御が期待できます。

3) 以前の研究から、一回結実性老化の開始にジャスモン酸類が関わっていることを示しています。今回、ジャスモン酸の類縁体を合成し、その構造活性相関を調べることで、受容体特定のための重要な手がかりをつかむことができました。植物は個体老化によってその栄養を次世代である子実へ集積しています。本研究をさらに進めることで、植物のアンチエイジングを実現できれば、子実への栄養の高度集積が可能となります。



表層に炭酸ナトリウムが集積しpH10を示すアルカリ塩類土壌で生育するイネ科牧草シオチガヤ (砂漠化が進む中国吉林省の試験地にて)

開花後2週目 (7月中旬)



無処理区

莢除去区



開花後7週目 (8月下旬)



(左) ダイズは開花後一斉に枯れ挙がる。(右) 莢を除去すると老化が遅れる。

研究成果の概要

新規ミトコンドリア内在性カルパインの同定および機能解析



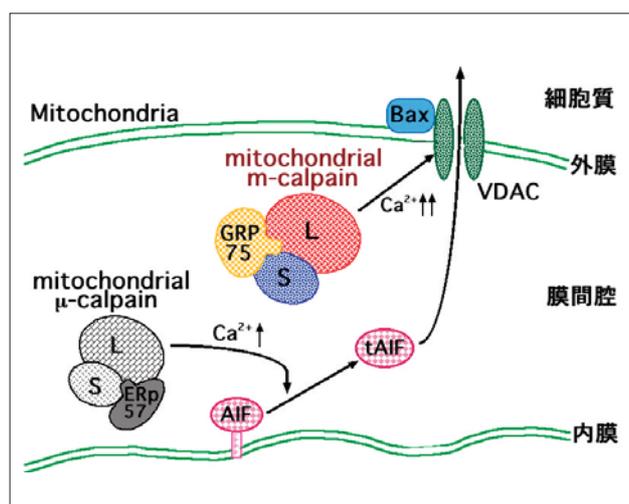
研究代表者 弘前大学農学生命科学部 教授 石黒誠一
 研究分担者 岩手大学農学部 准教授 山下哲郎
 帯広畜産大学畜産学部 教授 石井 達

カルパインは細胞内 Ca^{2+} 依存性中性システインプロテアーゼで、哺乳類

では14種類の分子種が存在し、基質を限定分解することで様々な細胞機能を調節している。カルパインは細胞質にのみ存在すると考えられてきたが、ミトコンドリアにも μ -カルパインが存在し、ミトコンドリアを介した細胞死を制御していることが、最近の我々の研究で明らかとなった(文献1,2)。

本申請課題では、 μ -カルパイン以外に未知なミトコンドリアカルパイン分子が存在するので、そのカルパインを同定し、機能を解析することを目的として、岩手大学の山下哲郎博士、帯広畜産大学の石井達博士との共同研究を行った。

カラムクロマトグラフィーおよび免疫沈降法を用いて、ラット肝臓ミトコンドリア画分より未知なカルパイン分子を精製した。nanoflow-LC-MS/MSおよびデータベース解析によりそれを同定したところ、カルパイン2 (m -カルパイン大サブユニット) と相同性を有することが明らかとなり、ミトコンドリア m -カルパインと名付けた。この分子は、ミトコンドリア特異的に発現する分子シャペロンである Glucose-regulated protein 75 (Grp75) と結合していることも分かった。さらにミトコンドリア m -カルパインは、アポトーシス誘導因子の1つである Apoptosis-inducing factor (AIF) の細胞質への遊離を制御していることが分かった。そのAIF遊離には、ミトコンドリア m -カルパインによる Voltage-dependent anion channel (VDAC) の限定分解が伴い、切断型VDACと Baxの複合体を介していることが示唆された。本研究により、ミトコンドリア m -カルパインはミトコンドリア μ -カルパインと共役して細胞死を制御する、という重要な知見を得た。



(1) Taku Ozaki, Hiroshi Tomita, Makoto Tamai, Seiichi Ishiguro. Characteristics of Mitochondrial Calpains. J. Biochem. 2007; 142 (3), 365-376.

(2) Taku Ozaki, Tetsuro Yamashita, Sei-ichi Ishiguro. ERp57-associated mitochondrial μ -calpain truncates apoptosis-inducing factor. Biochim. Biophys. Acta, 2008; 1783 (10):1955-63.

農山村社会における地域資源管理ガバナンスの解明-社会ネットワーク論の適用



研究代表者 岩手大学農学部 准教授 柴崎茂光
 研究分担者 弘前大学農学生命科学部 准教授 藤崎浩幸
 森林総合研究所北海道支所 八巻一成
 森林総合研究所東北支所 林 雅秀

農山村集落の維持・活性化のためには農山村集落内の社会で、どのような社会構造を構築する必要があるか考える必要がある。地域づくりの先進地である青森県黒石市、岩手県葛巻町などを対象として、発展過程を調査し把握した(図1)。その結果、①地域資源に対する新たな価値付けが、内部(リーダー)もしくは外部(教育研究機関等)から初期段階で行われ、地域住民にも徐々にその意識が浸透していったこと、②町長(リーダー)主導型の事例では、補助金を活用した施設整備に加え、自発的に市民がサポートするネットワーク網を構築する仕掛けが存在していたこと、③水平型の事例では、インフォーマルな組織内で地域資源の価値に関する共通理解を得た上で、派生的にフォーマルな組織が発展したこと、が判明した。ただし、リーダーやサポート役の市民が世代交代する際に、地域づくりの理念が必ずしも継承されていないという問題点も浮き彫りとなった。

さらに、岩手県西和賀町S集落内の社会構造を社会ネッ

トワーク分析により定量的に把握した。その結果、区長に関して、信頼ネットワークの中心性が高い一方で、情報ネットワークの中心性は高くなかった。ただし、区長とのネットワークが密な2名の住民が、集落内の情報共有を促進する役目と古老(前区長など)との橋渡しをする役目をそれぞれ果たしていた(図2)。このことは、区長などのリーダーと目される人物が社会ネットワークにおいて全ての重要な地位を占めなくとも、密接に関わり合いを持っている人物の社会ネットワークの働きで補うことにより、同等の社会ネットワークを有し得ることを意味している。S集落の事例から、表面的にリーダーと認識されている評価対象の人物と情報・信頼の両ネットワークで親密に結ばれている複数名で成立している構造だと考えられた。

今回の調査から、社会ネットワークは一元的でなく重層的に捉える必要があること、また時系列的な変化を考慮した上で将来的なネットワークのあり方を考える必要があることがわかった。



図1 葛巻町での調査の様子

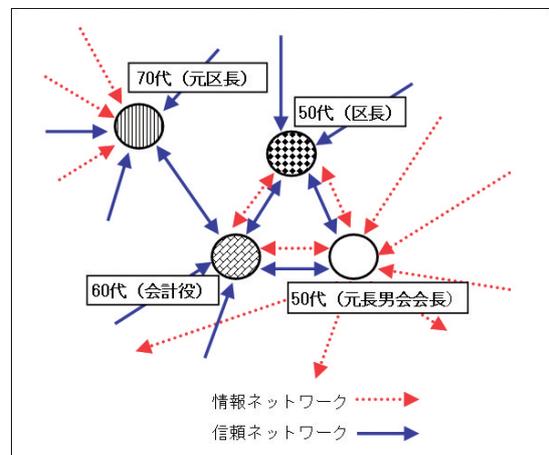


図2 S集落における区長を取り巻くネットワーク構造

Information

特別講演会（予報）

ドイツの農学研究と高等教育

Agricultural research and higher education in Germany



グーゲンヴェルガー教授

主 催：寒冷圏未利用資源研究ネットワーク
日 時：2009年11月12日(木) 15:00~17:00
場 所：岩手大学大学院連合農学研究科 遠隔講義室
講演者：ハノーバー大学教授 グーゲンヴェルガー氏 他

ドイツは農学や森林科学の分野でも、歴史的にわが国と深い関わりを持ってきました。このたび、ドイツ・ハノーバー大学のグーゲンヴェルガー教授（土壌学）を岩手連大にお招きし、ハノーバー大学の事例を中心にドイツの農学研究の概要と、ドイツの高等教育、大学院教育のシステムについても紹介



ハノーバー大学

いただくことになりました。特別講演会では、岩手連大の研究者からのコメントも予定しており、意見交換を行いながら今後の高等教育におけるドイツと日本の共同研究や教育連携の可能性を探りたいと考えています。

特別講演会の詳細は、後日、岩手連大ホームページ等を通じてお知らせします。

また、当日の様子は、遠隔講義システムで複数の連大構成大学に配信する予定です。

【編 / 集 / 後 / 記】



佐竹徹夫氏の特別寄稿は、紙面の制約はありますが先生の貴重な経験談であふれています。先生の研究に対する情熱と思いが、若い研究者に引き継がれていくことを期待したいと思います。この他、本号では平成20年度の共同研究の成果を掲載しました。

(比屋根)

RURCA News Research Network Related to Unused Resources in Cold Area 寒冷圏未利用資源研究ネットワークニュース 第12号 平成21年8月

●発行／寒冷圏未利用資源研究ネットワーク事務局

●RURCA Newsに関するお問い合わせは岩手大学大学院連合農学研究科(農学部連合大学院係)まで

〒020-8550 盛岡市上田三丁目18-8 TEL 019-621-6246 FAX 019-621-6248 E-mail rendai@iwate-u.ac.jp