

研究・活動紹介

教育研究の歩みと展望

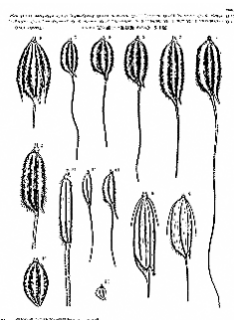
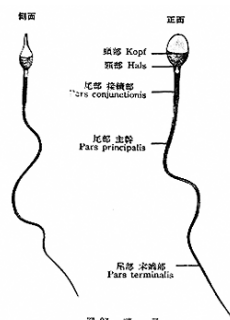
前田 節子（静岡県立農林環境専門職大学生産環境経営学部）

I. 永遠の研究テーマ「健康への貢献」

健康を維持し豊かな人生を全うしたいとの願いは、人類誕生から現代まで人々が持つ共通の願望であろう。世界保健機関（WHO）憲章では、「健康とは、肉体的・精神的さらに社会的にもすべてが満たされた状態にあることをさし、最高水準の健康に恵まれることは、あらゆる人々にとっての基本的な人権の一つである」と述べている。筆者は、これまで「人の健康に資する研究」を主軸として教育・研究を行ってきた。最終的には農学という領域にたどり着いたが、医学、食品栄養という生命科学を基本とする分野での実践や経験が、「人の健康に資する研究」をテーマに選んだ根底にあると考えている。農学・医学・栄養学の分野は、「一部に重なりを有する学際的領域」を含むが、そもそも異なる領域とされている。筆者が研究しているテーマの多くは、この「一部に重なりを有する領域」つまり農・医・食に関する学際的な領域である。本稿では、それらの研究の歩みについて紹介するとともに、展望について述べる。

II. イネを研究材料とする
—野生イネとの出会い—

イネの育種が進んだ現代では、ほとんどのイネの小穂の芒（のげ）の形態は短形であるといえよう。脱粒性も低く、構造改善された圃場で大型機

第1図. *Oryza* 属の小穂
(稲学大成 農文協)第2図. 精子
(特選産科学 金原出版)

械が扱いやすい農業形質に改変されたイネが多い。栽培イネ (*Oryza sativa*) は、多年生と一年生の野生型から生じたと言われている。第1図は、*Oryza* 属のイネ数種の小穂の形態を示したものであるが、いくつかのイネでは、尾のように長い芒を確認することができる。筆者は、周産期医療の現場で助産師として妊娠・出産・産褥期の臨床経験を重ねてきた経緯がある。そのような経験が根底にあったためだろうか、野生イネの芒を見た瞬間、イネの小穂とヒトの精子（第2図）の形態が同じ形をしていると思えたのである。さらに、イネの小穂（種）に生命の息吹と躍動感を覚えたのが、イネを研究材料に選んだ理由である。それは、静岡大学農学部にて三年次編入した年のことであった。その後は、学部～博士課程の間一貫してイネを材料に研究を続け、イネの機能性富化に関する研究で学位を得ることになった。このような経緯で研究材料を決めたのは、生命の誕生に日々接する周産期医療に関わっていた経験が影響していたのではないかと考えている。

III. 玄米及び発芽玄米の機能向上に関する研究

学部では、イネの自然農法に関する研究を行った。修士課程からは、「人の健康に資する研究」を目指し、イネの機能性成分を富化させることを目的に研究を行った。以下はその概要である。

1. イネ品種の混植が玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸含量に及ぼす影響

イネ品種の混植は、いもち病などの病害やイネの倒伏を防ぐと報告されている。しかし、混植が全窒素および遊離アミノ酸含量などの栄養特性へ及ぼす影響は、これまでに全く検討されてこなかった。予備試験から、発芽玄米のγ-アミノ酪酸 (GABA) 含量が、混植処理により富化される可能性が示唆された。そこで、イネの品種混植が発



写真1. 旭川市の実験圃場

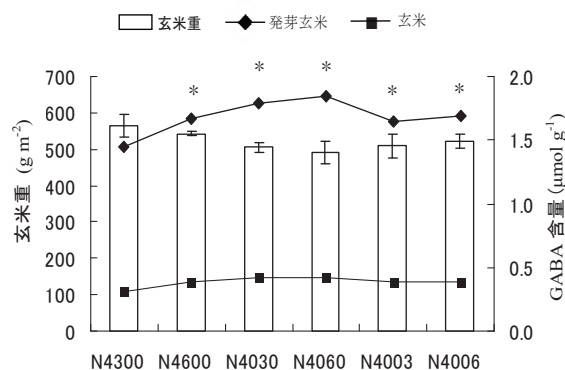
芽玄米の遊離アミノ酸、特にGABA含量に及ぼす影響を調べた。まず、2003年に在来品種を含む5品種・系統 (*japonica*種) および1品種 (*indica*種) を供試した(藤枝市)。

その結果、混植区の発芽玄米のGABA含量 ($2.69 \mu\text{mol g}^{-1}$) は、単植区の平均値 ($1.75 \mu\text{mol g}^{-1}$) と比較して約1.5倍高くなった。次に、2004年、北海道で育成された近縁関係の3品種を供試した(藤枝市)ところ、混植区の発芽玄米のGABA含量 ($2.29 \mu\text{mol g}^{-1}$) は、単植区の平均値 ($1.62 \mu\text{mol g}^{-1}$) と比較して約1.4倍高くなった。さらに、2005年、同様の品種を用いて旭川市で試験を行った。その結果、混植区の発芽玄米のGABA含量 ($1.83 \mu\text{mol g}^{-1}$) は、単植区の平均値 ($1.71 \mu\text{mol g}^{-1}$) に比べて高くなる傾向を示した。一方で、玄米のGABA含量は混植処理による影響を受けなかった。また、いずれの試験においても、混植による減収および食味値の低下は認められなかった。以上の結果から、イネ品種の混植は、発芽玄米のGABA含量の富化に有益な栽培方法である可能性が示唆された。

2. 穂肥の施用時期の違いが玄米および発芽玄米の遊離アミノ酸含量に及ぼす影響

GABAはグルタミン酸 (Glu) から生成される。従って、タンパク質含量の高い玄米を用いれば、タンパク質の分解により発芽中に生成するGlu含量が増加し、発芽玄米のGABA含量の富化に繋がると考えられた。一方で、穂肥の施用量および時期を変えることにより、玄米のタンパク質含量が変化することが報告されている(石間ら1974)¹⁾。そこで、2004年、コシヒカリを供試してポット試験にて出穂日前15日、出穂前5日および出穂日に 2gNm^{-2} または、 4gNm^{-2} の穂肥を施用した

(静岡市)。その結果、穂肥の時期が遅いほど玄米のタンパク質含量と発芽玄米のGABA含量が増加し、両者には正の有意な相関関係が認められた ($r=0.549, p<0.01$)。次に、翌年(2005年)、ポット試験よりもさらに穂肥の施用時期が遅い、出穂日5日後の穂肥処理区を加え、窒素施用量を 3gNm^{-2} または、 6gNm^{-2} にして圃場実験を行った。玄米のタンパク質含量は、穂肥の施用時期が遅いほど、また施用量が多いほど増加した。発芽玄米のGABA含量は、ポット処理と同様に、穂肥を出穂日に慣行区の2倍量施用した処理区で最大 ($1.79 \sim 1.84 \mu\text{mol g}^{-1}$) となり、慣行区 ($1.45 \mu\text{mol g}^{-1}$) と比較して有意に高くなった。また、玄米のタンパク質含量と発芽玄米のGABA含量の間には、穂肥を出穂日までに施用した処理区では、ポット試験と同様に、有意な正の相関関係が認められた ($r=0.659, p<0.05$)。しかし、出穂後の処理区には、両者の間に有意な関係は認められなかった。つまり、出穂日までの穂肥は、玄米のタンパク質含量と発芽玄米のGABA含量を増加させるが、それ以降の追肥は、タンパク質含量は増加させても、発芽玄米のGABA含量を増加させる効果は小さいことが示唆された。また、ポット試験および圃場試験において、出穂日以降の窒素施用は、稈と穂の伸長を抑制し減収をもたらした。以上の結果から、穂肥を出穂日前後に遅らせ、窒素施用量を増加させるという肥培管理方法が、収量を維持しながら発芽玄米のGABA含量を富化するのに有効であると考えられた。



第3図. 玄米重およびGABA含量(玄米・発芽玄米)

処理区の数字は左から基肥、出穂日前10日、出穂日および出穂日後5日に施用した窒素量 (g m^{-2}) *Tukey法により5%水準で有意差があることを示す。図中のバーはS.D.を表示。(n=3)

発芽玄米のGABA含量を富化させる栽培方法について「イネ品種の混植」および「穂肥の施用時期と施用量の調節」に着目し検討したところ、それらの方法は、発芽玄米のGABA含量の富化に有効である可能性が示唆された。また、いずれの方法も、特別な設備や器具を要しない極めて簡便な方法であった。日本の稲作の現場では、いかにタンパク質含量の低いコメを栽培するかに関心が払われている。「イネの機能性成分の富化」に注目すると、現在推奨されている肥培管理とは異なる方法についても、検討する余地がありそうである。

3. 種皮褐色遺伝子 *Rc* が玄米の抗酸化能に及ぼす影響

赤米の抗酸化成分は玄米の糠層に局在しているため、種皮褐色遺伝子（着色遺伝子）*Rc*の発現が赤米の抗酸化能に影響を及ぼすことが予想される。同質遺伝子系統であるT65Rcとその親系統のP.T.B.10（赤米）および台中65号（白米）を用いて、*Rc*遺伝子と玄米の抗酸化活性の関係を明らかにした。XYZ活性酸素消去発光法による赤米品種・系統の玄米および発芽玄米の過酸化水素消去活性は、白米の約9倍と著しく高かった。*Rc*遺伝子供与親のP.T.B.10の抗酸化活性は白米のコシヒカリに対し有意に高かったが、一方で、同質

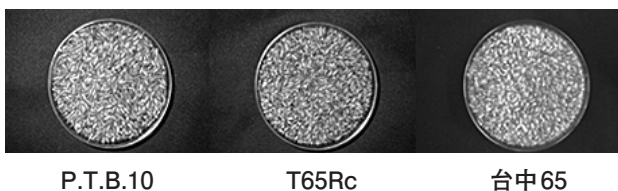
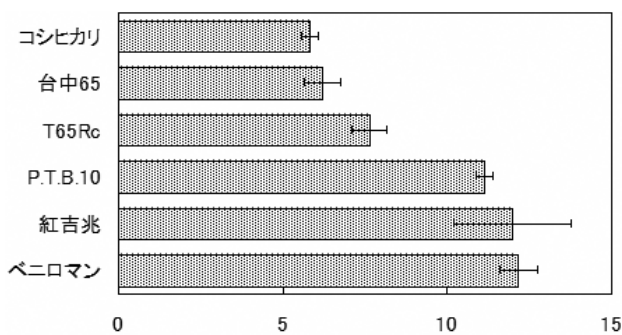


写真2. 同質遺伝子系統と親系統



第4図. 玄米のDPPHラジカル消去活性

図中のバーはS.D.を表示。(n=3)
異なるアルファベットはTukey法により5%水準で有意に差があることを示す。

遺伝子系統のT65Rcと戻し交配親の台中65号の抗酸化活性は有意差がなくコシヒカリと同程度であった。このことから、着色遺伝子*Rc*の白米への導入により、玄米の種皮を赤色に着色することは可能であるが、赤米の持つ抗酸化能を、着色遺伝子*Rc*の導入により白米に付与することは期待できないことが示唆された。つまり、着色遺伝子*Rc*は、赤米が有する抗酸化活性には関与しないことが本試験により明らかとなった。

赤米の抗酸化物質プロアントシアニジンは、赤く着色した種皮に局在している。従って、着色遺伝子*Rc*の発現が赤米の抗酸化能に影響を及ぼすのではないかと推定された。そこで、着色遺伝子*Rc*の同質遺伝子系統（T65Rc）と親系統を供試して着色遺伝子*Rc*が赤米の抗酸化活性に及ぼす影響を調べたところ、予想に反して、赤米の抗酸化活性に着色遺伝子*Rc*は関与しないことが明らかとなった。イネの赤色系着色に関する遺伝子には、*Rc*と種皮赤色遺伝子（分布遺伝子）*Rd*の二対の基本遺伝子座がある（Nagai, 1962）²⁾。赤米の種皮の色調は、これらの基本遺伝子座の組み合わせにより決まる。分布遺伝子*Rd*は赤色色素を分布し、定着させる役割が主要であると考えられていた。赤米の研究は、約60年前から北海道大学で精力的に行われ、第1染色体と第7染色体の2ヶ所に着色を支配する因子が存在することが明らかにされていた。しかし、遺伝子の実態は不明であった。ところが、最近、分布遺伝子*Rd*は、プロアントシアニジンを生成する酵素（dihydroflavonol-4-reductase: DFR）をコードする酵素タンパク質で、*RcRd*の遺伝子型を持つ赤米の系統に*Rd*を導入すると、プロアントシアニジンが蓄積されると報告された（Furukawa *et al.*, 2007）³⁾。このことから赤米の抗酸化活性には*Rc*遺伝子よりも、分布遺伝子*Rd*が関係し赤米の抗酸化能に何らかの影響を及ぼしているのではないかと考えられた。本試験では遺伝子解析を行っていないが、*Rc*遺伝子供与親のP.T.B.10の遺伝型は、*RcRd*と推定されている。台中65号と戻し交配を繰り返し、同質遺伝子系統のT65Rcが育成される過程で抗酸化能が失われていったものと考えられた。赤米の高い抗酸化活性のメカニズムを解明するためには、T65Rcの育成段階で、プロアントシアニジン含量がどのように変化した

か等、酵素・遺伝子レベルで検証することが求められる。

赤米は、江戸時代まで日本の広い地域において栽培されていたが、明治時代に入ると排除され、第二次大戦前にはほとんど姿を消してしまった。現在栽培されている赤米の品種で良食味の品種は存在しないなど、赤米の農業形質には改良すべき点が多い。しかし、赤米にはカテキンやタンニンなどの抗酸化成分の含有量が高く、育種材料として着目すべき点も多い。このような、抗酸化能に関与する遺伝子を詳細に検討することが、機能性の高いコメ（人の健康に資することができるコメ）の育成に貢献できるのではないかと考えられた。

IV. 農と周辺の風景に関する研究

「能」と「農」には深い関係があるという。月次風俗図屏風などをみると、田植えの傍で太鼓をたたき、鼓を打って舞う様子が描かれている。過酷な農作業をイベント化するために田植え歌を歌い、「鼓舞」している風景である（大倉，2017）⁴⁾。最近では、大型機械により苗が一度に植えられ収穫されていく。機械を相手に黙々と行われ、時間をかけ腰を曲げて作業をするイメージはない。人が過酷な労働を担っていた時代、その力を最大限に引き出すため鼓が重要な役割を果たしていた。

このように、能は農を原点とする農業と関わりの深い伝統芸能である（大倉，2017）⁴⁾。この事例に見られるように、農にはその周辺にある文化や芸術、宗教・祭事などと密接な関係がある。農の本質を知るためには、農が有機的に関わっている領域を考察することが必要である。以下はその研究の一部に関する概要である。

1. 野菜を用いた供養・祈願から

現代は、医学や公衆衛生学が進歩し数十年前には不治の病とされた疾病や感染症が、治癒あるいは寛解される時代である。そのような中、令和2年、新型コロナウイルスの感染拡大により、日常生活が一変する事態に見舞われた。治療薬・消毒薬・医療機器が整わない時代、病や災厄から命を守る手段として人々に広く認知され、現在まで継承されている芸能や伝統行事が各地に残っている。コロナ禍とも呼ばれる災厄を経験することになった中、「野菜を用いた供養・祈願」に注目し、疫

病平癒と食の関係について考察した（前田，2021）⁵⁾。

2013～2020年に、園芸作物や果実などを用いて供養・祈願を行う伝統行事の中から、「きゅうり」「かぼちゃ」「だいこん」「へちま」に関する事例を分析対象とした。調査は、一般参列者として参加して法要および振る舞いの様子を観察する。現地で配布される資料や寺や神社のホームページを参考にし、可能な限り関係者から直接聞きとることを基本とし、必要に応じて事前あるいは事後に関係者に電話にて確認をとった。写真撮影は、許可されている場所のみとし、それぞれの神社・仏閣の指示に従って伝統行事進行の妨げにならないよう特に配慮した。

食品の機能には一次機能（栄養機能）、二次機能（感覚機能）、三次機能（生体調節機能）があるとされる。人間は、食品に各種栄養素の供給源としての機能や美味しさ、機能性成分から健康維持と疾病予防を図ろうとする。現代社会に生きる我々は、医学・薬学や公衆衛生学を駆使して疾病や感染症に対峙し、災厄を取り除こうとしている。今回調査したきゅうり封じをはじめとした伝統行事を分析してみると、災厄を人間の体や社会に生じた不自然な現象であると捉え、それをキュウリに移行させて「身代わり」とし、災厄を軽減させた上で自然界に同化させるサイクルを形成する伝統行事の形であることがわかった。

また、食用として人々の生活に馴染んでいると同時に、神仏の供物でもあるだいこん、かぼちゃは、夏至や冬至に無病息災を祈るための作物としての役目を担っていたと考えた。『本草和名』に記されているように、古の人々も作物の持つ薬効に多大なる関心を寄せていた。その一方で、作物は、災厄を自然界に移行させ浄化するために重要



写真3. 鹿ヶ谷南瓜を用いた祈願

第1表. 作物と祈願の作法

作物	行事の呼称	祈る	食べる	身体への接触	最終	太陽・月
きゅうり (ウリ科)	きゅうりふうじ(五智山蓮華寺)	○	×	○	土	夏至
	きゅうり加持修行(神光院)	○	×	○	土	夏至
かぼちゃ (ウリ科)	胡瓜封じ(栖足寺)	○	×	○	河童・土	×
	鹿ヶ谷かぼちゃ供養(安楽寺)	○	○	×	人	夏至
だいこん (アブラナ科)	南瓜大師供養(不思議不動院)	○	○	×	人	冬至
	大根焚(了徳寺)	○	○	×	人	×
へちま (ウリ科)	大根焚き(千本駅迦(アブラナ堂))	○	○	×	人	×
	嵯峨聖天の大根供養(覚勝院)	○	○	×	人	×
へちま (ウリ科)	囃息封じ「へちま加持」(赤山禪院)	○	△	×	土	仲秋の名月

であったと考えられた。また、災厄を野菜などの作物に封じ込め、自然界に返し浄化するためには、そこに「祈り」が必要不可欠であり、常に人間と作物の近くには「祈り」が共にあったと考えた。伝統行事は、夏至・冬至・仲秋の名月など太陽や月との関係が深い。一年の締めくくりの年末に主に行われる大根焚(だいこだき)は、自然や暦・火との結びつきが深いことも示唆された。

作物や伝統行事に関する調査研究を行う中で、食品(作物)には、食すこと以外にも多様な役割があることが分かってきた。食文化の醸成を担ってきた基層食材のだいこん、かぼちゃなどの作物を材料として分析してみると、「災厄」を自然界に還すために重要な役目を果たしていることがわかった。それは、「豊かさ」という食品の第四の機能であるかもしれない。

日本人は、疫病の蔓延や早魃・飢饉が続く時など、能・狂言・茶会などの芸能を通して祈りを捧げた。日本各地で継承されている伝統行事あるいは新たに始められた野菜を用いた供養・祈願の調査から、人と自然界をとりなす仲介役、それが作物(食物)の持つ役割の一つであると考えた。調査の詳細については、2021年刊行の和食文化研究第三号(疫病と食)に掲載されている。

2. 在来作物のある風景に関する研究

静岡在来作物研究会では、県内の大学教員や高校教員が専門の垣根を越え生産者や料理人などと連携しながら活動している。在来作物は農家の畑や旧家の庭の片隅にひっそり残っていることが多く、顕在化しにくいのが特徴である。2013年から静岡県内の在来作物の保全と活用について調査を行っている。成果の一つとして、在来作物に直

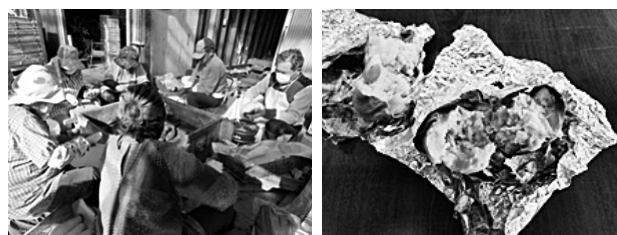


写真4. 干し芋を作る風景(左),
掛川在来になじん芋(右)

接関係する人たち(農家や料理人)が主役となって「在来作物と私」と題する冊子をつくった。そこには研究者目線ではない当事者の立場だからこそ見える厳しい現実や状況、あるいは在来作物に寄せる熱き想いが描かれている。南伊豆から天竜・水窪まで60数名が冊子作りに携わった。調査結果から、在来作物というユニークな作物が県内各地に存在することが確認されただけでなく、周辺にある農の風景が明らかになってきた(静岡在来作物研究会編, 2015)⁶⁾。

風景とは、文化や人によって織りなされる多様性や豊かさを含めたものを指し、研究会では「在来作物のある風景」とよんでいる(静岡在来作物研究会編, 2015)⁶⁾。研究会では、高校生を対象としたコンファレンスや助産院での「さつまいも比べ」などを企画し、在来作物の継承と利用について発信している。また、和食文化学会・栄養士研究大会などの学会や国際シンポジウムでも研究成果の発表を行っている。

引用文献

- 1) 石間紀男・平 宏和・平 春枝・御子柴 穆・吉川誠次(1974) 米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響. 食品総合研究所報告29: 9-15.
- 2) Nagai, I. (1962) Color characters, "Japonica rice its breeding and culture", Yokendo, Tokyo. 260-294.
- 3) Furukawa, T., M. Maekawa, T. Oki, I. Suda, S. Iida, H. Shimada, I. Takamura and K. Kadowaki (2007) The *Rc* and *Rd* genes are involved in proanthocyanidin synthesis in rice pericarp. *Plant J.* 49: 91-102.
- 4) 大倉源次郎(2021)『大倉源次郎の能楽談義』淡交社
- 5) 前田節子(2021) 疫病と食-「野菜を用いた供養・祈願」からの考察. 和食文化研究第3: 58-80.
- 6) 静岡在来作物研究会編(2015)『在来作物と私』玉川きこり社