平成２９年度

秋田県立秋田南高等学校

スーパーグローバルハイスクール

「国際探究」

第３学年

研究論文集

平成 30 年３月

目　次

Ａ１グループ　未来のＩＴ農業
～オランダの植物工場技術を秋田へ～　・・・・・・・　３

Ａ２グループ　温暖化の進行を逆手に取った世界進出
～北極海航路で稲作の活路を見出す～　・・・・・・・・・　１１

Ａ３グループ　黄砂や砂嵐による農業への影響
～緑地化で農業環境の再生を図る～　・・・・・・・・・・　１７

Ａ４グループ　遺伝子組み換えで飢餓を救えるか
～教育による人々の意識改革～　・・・・・・・・・・・・　２３

Ｂ１グループ　The Potential of Food Education
to Solve Obesity Problem　・・・・・・・　３２

Ｂ２グループ　シエラレオネの小学校にグアバを普及させることで、
栄養不足を改善し、平均寿命を上げる　・・　３９

Ｂ３グループ　ONIGIRI でドイツの肥満を改善し食生活を救う　・・・・・　４６

Ｂ４グループ　身近な食品を利用した胃がん予防　・・・・・・・・・・・・　５０

Ｃ１グループ　高齢社会の農業モデルを秋田で確立する　・・・・・・・・・　５４

Ｃ２グループ　山間部の農業を継続し、
耕作放棄地の増加を食い止める　・・・・・・・・・・・・　５８

Ｃ３グループ　未来の秋田の食文化の再発展のために
～特産品に注目して～　・・・・・・・・・・・・・・・・　６４

Ｃ４グループ　希少糖（Ｄ－プシコース）を用いて
糖尿病患者を減らす　・・・・・・・・・　６９

Ｄ１グループ　栄養過多の土壌を活用しリン枯渇をくいとめる　・・・・・　７５

Ｄ２グループ　New Rice for Africa
～アフリカの子供たちのために
ネリカ米の生産量を上げる～　・・・・・・・・・　８１

Ｄ３グループ　輪作体系を用いてガーナの食料事情に貢献する　・・・・・　８７

Ｄ４グループ　緑肥植物を使ってバナナとコーンの収穫量を上げる　・・・　９２

未来のＩＴ農業

～オランダの植物工場技術を秋田へ～

鈴木　涼平，　平岡　祐太郎，　梅津　魁秀，　長谷部　春花，　佐藤　緋名子
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ａ１グループ

本研究では、情報技術（ＩＴ）を活用した次世代の農業により、秋田での農業問題解決を目指している。そこで私たちは、ＩＴ農業の先進国であるオランダの農業に注目した。オランダは国土面積が日本の９分の１程度であるにも関わらず、アメリカに次いで、生産量世界２位の農業大国である。私たちは、オランダの農業の中でも特に「植物工場」に着目した。現在秋田県内でも植物工場を運営している「あきた植物実証コンソーシアム」へのフィールドワークから、秋田での植物工場を導入するには、維持費の問題や電力の使用による環境への影響があることが分かった。より良い方法で秋田に植物工場を導入するため、これらの問題への解決策を提示する。

キーワード：オランダ、植物工場、秋田、IT 農業

Ⅰ　序論　－秋田の抱える農業問題－

１　農業生産量

農業を基幹産業の一つとしている本県ではあるが、産出額で全国の上位５位に入っているのは米のみであり、本県は「農業県」というよりは「稲作県」といえる。秋田県の特徴としては、米の産出額と農業産出額の動きが見事に連動していることと、米とその他の畜産、野菜、果実等の差が極めて大きいことである。2015 年度では産出額全体では東北地区の中で、青森県が 2,759 億円でトップとなっており、岩手県が次いで、本県(1,877 億円)は５位である。ただ、これは、太平洋側の県が東日本大震災の影響を大きく受けたことによるものであり、震災前は、秋田県は最下位が定位置だったことも忘れてはならない。このように、秋田県は決して農業県とはいえないことが分かる。

２　農業人口の減少

秋田では年々、農業人口が減少し続けている。さらに、農業の高齢化も課題である。2016 年度には、秋田県の農業就業人口(自営業のみ)は 54,642 人で、2011 年調査に比べて 17,163 人(23.9%)の減少となっており、男女別では女性の減少が目立つ。また、年齢別にみてみると、構成比では 60 歳以上の高齢者層が上昇している一方、59 歳以下の働き盛り層のほとんどで低下している。平均年齢も 66.7 歳と、農家における高齢化の進行は依然として続いている。近年、低賃金や農業のイメージダウンの影響で若者の農業従事者の減少が著しい。北海道、東北、北陸、関東の農業従事者に占める 65 歳以上の割合は約 60%である。日本全国のどの地域においても高齢者の割合が増えていることがわかる。このまま農業人口が減少し続け、高齢化に歯止めがかからなくなれば、秋田のみならず、日本全国の農業が衰退していくことになる。

３　自然災害の影響

悪天候により、農業生産量が減る年もある。2016 年もそのような問題が起こり、農業に多大な損害を与えた。

ここで一つの例を示す。2012 年、秋田県北部中心の大雪により、農作物では面積にして 0.95ha 分のほうれん草、シイタケ、ネギ、小菊などが被害に遭い、畜産では比内地鶏のヒナ 350 羽と、豚２頭が被害に遭った。また、農業施設ではパイプハウス[1)]の損壊被害が大半を占めており、256 棟が被害に遭っている。農畜産物、農業施設ともに大雪による被害総額は 133,709 円であった。このように、天候や動物の影響で従来の農業（土耕栽培という）には安定した収穫を見込むことが出来ない。

４　耕作放棄地[2)]の増加

耕作放棄地の増加においても同様のことがいえる。農業の高齢化により、労働力不足が深刻になり、農場従事者の数が減った。また秋田においては、米の消費量が減り、農業だけでは経営が成り立たなくなり、兼業農家が増えたことも大きな要因といえるだろう。2015 年調査より、県内の耕作放棄地は 9,590ha で、潟上市の面積にほぼ匹敵し、2014 年調査から 2,179ha（29.4%）も増加している。これは東北（18.3%増）および全国（7.1%）の増加率を大きく上回っている。2014 年調査で農家の種類別には、耕作放棄地が約一割減少していた販売農家が 25.5%増と再び増加に転じたほか、自給的農家および土地持ち非農家の耕作放棄地もいずれも２桁の増加率となっており、依然として、耕作放棄地の増加に歯止めがかかっていない。

これらの問題によって、農業生産量と農家の数が抑えられている。このように、秋田の農業には問題があり、これを解決しない限り秋田の農業の衰退は免れない。そこで私たちは、秋田の問題を解決するために、世界の農業について調べたところ、オランダの農業に興味を持った。次に、オランダと日本の比較をする。

Ⅱ　オランダと日本の比較

１　概要

表１より、オランダは日本より遥かに農地面積が狭いものの、農業輸出額は日本の 30 倍ほどまで及んでおり、農業において、日本とは違う工夫が見られることは明らかだ。さらに、人口も日本の９分の１ほどであるため、労働力の不足を補い、かつ生産力も高い、効率的な農法が存在すると考えられる。

その要因としては、具体的に挙げても様々なものがあるが、今回は「植物工場」に着目した（図１）。

表１　オランダと日本の比較

（2010 年度）	オランダ	日本
面積（㎢）	41,543	377,915
農地面積(㎢)	18,417	45,490
農業輸出額（億ドル）	909	33
人口（人）	16,921,165	129,535,920

図１　植物工場の写真

２　オランダの農業形態

オランダではそれらの問題を解決するために「植物工場型農業」が広く行われている。

「植物工場型農業」には大きく分けて、「完全人工光型」と「人工光・太陽光併用型」の２種類があるが、オランダでは「人工光・太陽光併用型」を中心とし、トマト、メロン、パプリカなどを多く栽培している。

ここで、完全人工光型と太陽光・人工光併用型の違いについて説明する。

(1) 完全人工光型：

外から密閉された方法である。メリットは、密閉されているので外からの影響を受けず、人工的に栽培条件を設定できることで、デメリットとしては、電気代や建設費などのコストがかかることである。

(2) 太陽光・人工光併用型：

温室などの半閉鎖環境の方法である。太陽光を利用しながら、不足光量を人工で補足する。メリットは、太陽光を利用するため、完全人工光型に比べてコストがかからないことであり、デメリットとしては、完全には密閉されていないため、ある程度は自然の影響を受けてしまうことである。

この方法は、日本で行われているハウス栽培と同様に、透明もしくは半透明の屋根を持ち、太陽光のみあるいは人工光と併用して、ハウス内で作物を栽培する。よって、外界の影響は受けやすいが、照明や空調設備などを利用して、気温・湿度は完全管理下におかれる。

また、徐々に「完全人工光型」農業の規模も大きくなってきている。

「完全人工光型」農業では、完全に閉鎖された施設で、人工光を用いて作物を栽培する。完全に閉鎖された環境内での栽培であるので細菌が入り込みにくい。このタイプの農法では、果実野菜に比べ、少ない光量でも栽培が可能であるため、より安価に栽培できる葉物野菜が多く栽培されている。

オランダは、世界的にもインターネットの普及が早く、情報技術の先進国であるため、前述したような、それらの技術を用いた農法の開発も盛んであり、「ＩＴ農業」の先進国とも言える。

さらに、オランダでは露地野菜[3)]の栽培も盛んで、西南部及び海岸部では、根菜類と穀物が多く栽培されている。それに加え、原材料を輸入し、加工して輸出する「加工農業」も行われている。特にオランダは牛乳を多く輸入し、チーズやバターなどに加工して付加価値をつけて多く輸出している。このように単なる露地栽培作物の代用品としてだけでなく、輸出する作物に付加価値をつけて売り出しているため、企業としても利益が上げやすくなっていると考えられる。

「ＩＴ農業」のような農業形態においては、もはや農業は「工業」化し、企業が必要とする人材もそれに伴って工業化してきているため、通常の農業とはまったく異なった雇用形態での運営が可能になり、より若者を雇いやすい農業となっている。

それに加えて日本とは違い、栽培されている作物の種類も少ない。そのため、競争力のある作物に集中して栽培できるため、オランダ国内の農業の競争力がますます高まっており、また付近に大消費地が多く存在し、付加価値の高い作物の消費の増大に繋がっていることも競争力の強化に拍車をかけている。

３　オランダの気候

オランダはヨーロッパの北部に位置する国であるが、海洋性気候のため、１年を通して比較的温暖な気候である。ただし、日照時間は日本とほぼ同程度である。夏至の日を例に比較すると、オランダが 16 時間 49 分で日本が 16 時間 41 分（2016 年）となっていてほとんど同じ時間である。

Ⅲ　研究仮説

オランダでは植物工場をはじめとする IT 技術を応用した農業が進められており、近年 IT 技術は目覚ましい発展を遂げている。そのため私たちは IT 技術がこれらの問題を解決できるのではないかと考えた。中でも全自動トラクター（図２）やロボットによる耕作（図３）が研究されており、特にクボタ株式会社では無人で耕作などの作業ができる自動運転トラクターを公表した。

図２　全自動トラクター

図３　ロボットによる耕作

我々は植物工場に目を付けた。植物工場は、日本を含め世界でも行っているところは少ないが、さまざまな可能性があり、世界中で注目を集めている。前記の通り、日本とオランダの日照時間は同程度であるため、植物の生育に必要な日光が同程度の時間栽培する植物に照ることになる。よって「植物工場化」農業を日本で大規模に行うことになれば、オランダと同程度の効率のよい農業が期待できる。

問題は「植物工場型」農業である。オランダでは、エネルギーを無駄なく利用する方法が豊富であり、それらが広く普及している背景から、徐々に「植物工場型」の規模が拡大しつつある。しかし、日本には前述したシステムは未だに発展途上で、広がりを見せない。そこで、日本で開発が盛んな「自然エネ

ルギー」を利用しようとする動きがある。秋田県にかほ市にある植物工場では、現地で盛んな太陽光発電を利用して栽培を行っている。しかし、それによってコストが割高になるデメリットも同時に存在する。

そのため、植物工場の詳細を調べ、秋田でも植物工場を導入できるような提案をすれば、秋田の農業の活性化につながると考えた。

Ⅳ　植物工場の種類と利点

先にも述べたが、植物工場には大きく分けて、完全人工光型と、太陽光・人工光併用型がある。特に完全人工光型では様々な設備によって植物に適した状態を設定している。

ここでは、植物工場の一般的な方法である完全人工光型について説明する。完全人工光型の植物工場には、大きな利点として特に７つが挙げられる。

①　天候や四季の変化のために栽培条件が左右され、栽培・収穫時期が限定される土耕栽培と違って、植物工場では一年を通して、耕作や収穫を行うことができる。これは、様々な機械を使っているからである。必要な光を LED や蛍光灯で作り出し、また、エアコンや加湿器、除湿器によって気温、温度を調節している。さらに、シリンダーから二酸化炭素を供給している。土は培地、つまり植物を栽培する際に用いる、養分などを含む物質の表面となる。培地は播種培地[4]（ウレタン）、栽培パネル（発泡スチロール）を使用している。水温・水質を管理した水と、養分を含む肥料をポンプによって供給している。

②　多くの作業を人の手で行う土耕栽培に比べて、作業は機械で行うため人手を必要としない。フィールドワーク先の植物工場でも、作業者、管理者合わせて４人であった。

③　生産効率を飛躍的に上げることが可能である。植物にはそれぞれに合った色があり、植物が求める色になるように光源の色を調節することにより、植物の成長速度を通常の数倍に早めることが可能となり、栽培期間を大幅に短縮することができる。また、人工光源を使用し、栽培棚には多くの段が垂直方向に設置されている棚を採用するにより、底面積あたりの生産能力を大幅に増やすことができる。

④　付加価値の高い農産物の生産が可能である。LED の色（波長）を調節することにより、農産物の味やビタミン、ポリフェノールなどの特定の栄養成分を多くするといったような付加価値の高い作物の生産ができる。

⑤　衛生的で日持ちがよい。植物工場での栽培は無農薬栽培であり、収穫時の雑菌が通常の栽培の約 100 分の１といわれている。これにより収穫後の日持ちが露地栽培の２倍になり、水道で洗う手間も省くことができる。

⑥　資源が節約でき、環境に優しい。作物を栽培するのに必要な水の量は、人工光型植物工場では温室やハウスなどの施設で必要な量の約 50 分の１となる。これは栽培室で放出される水蒸気のほぼ全てを温度コントロールするエアコンの冷却面につく結露水として回収し、再利用できるからである。

⑦　場所を問わず建てることができる。それは、完全に室内で作業するため、通常の農業と異なり、肥沃な土地を必要としないからである。これより、現在増加している耕作放棄地にも建設することができるため、植物工場によって耕作放棄地を減らすことも可能であると分かる。ちなみに、フィールドワーク先の植物工場は、産業構造の変動の影響で多くなってしまった空き工場を有効活用するためにつくられた。

Ⅴ　植物工場の問題点

問題点は、大きく２つ挙げられる。

１　発電

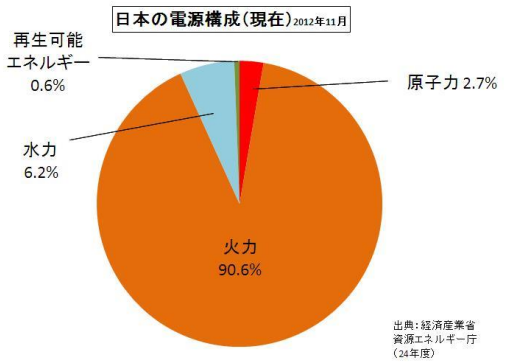


図４　日本の電源構成（出典：経済産業省）

植物工場では人工光を使用するが、日本の発電割合は火力発電がほとんどを占めているため、環境に悪い影響を与えてしまう（図４）。

２　コスト

第２の問題は、コストがかかってしまうことである。建設費は、100 坪当たりの大きさで約１億円、運営費は月に１億 8000 万円、それに加えて建設するために既存の建造物を取り壊すために 4800 万円のコストがかかる場合がある人件費は運営費の約 31％である 5580 万円かかってしまう。

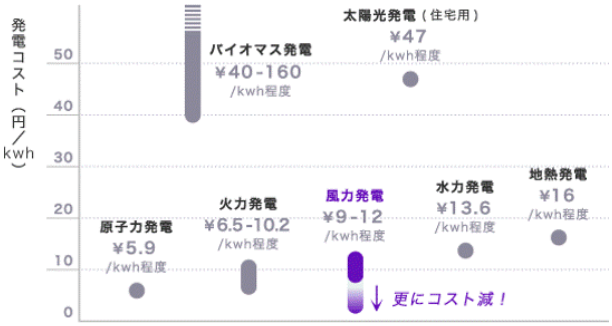


図５　発電コストの比較
（参考：JWPA 日本風力発電協会）

Ⅵ　植物工場の導入に関する問題点の解決策

１　発電法

今、日本における発電割合は、問題点でも述べたとおり、火力発電がほとんど占めている。火力発電をするということは、すなわち、化石燃料を多く燃焼するということなので、二酸化炭素をはじめ、多くの地球環境に有害な物質を排出してしまう。従来の農業は発電をする要素があまりなかったため、植物工場へと転換すると今までよりさらに多くの発電が必要になり、今進んでいる環境問題がさらに悪化してしまう。そのため第一に考えることは、クリーンなエネルギーを発電に用いることである。クリーンなエネルギーと言えば、太陽光発電や風力発電があげられる。そこでこれから長く使っていくにあたって、第二に考えることは維持の比較である。

図４より、太陽光発電にかかるコストは１kw あたり 47 円、風力発電にかかるコストは９～12 円と分かる。またバッテリーの開発が進み、風力発電にかかるコストはさらに安くなり続ける可能性を持っている。

秋田は日本でも北方に位置するために、日照時間が少ない。そのため太陽光発電の効率は南方の地方より効率が悪くなると考えられる。しかし秋田の沿岸部には風力発電に最低限必要な風速である、6.5m/秒程度の風が安定的に吹きつけ、秋田県沖合には風車の建設に適した水深 20～30m の海底が広がっているため、風力発電には向いた土地柄であると考えられる。よって、風力発電を用いることで、クリーンな農業が可能になり、植物工場野菜のクリーンなイメージも守ることができる。

また、「風の王国プロジェクト」との連携も考えている。現在、秋田県沖に７MW 級の風車 426 基を立て、300 万 kW もの電力を発電しようとする「風の王国プロジェクト」が構想されている。このプロジェクトの目的は以下の５つである（「風の王国プロジェクト」ホームページより）。

1. 電力を背景に企業誘致を促進し、雇用を創出
2. エネルギー産業と観光資源の両立を実現
3. 国産の風力発電装置の製造工場を誘致
4. 秋田が一大資源供給地域であることを示し県威発揚
5. CO2 排出量削減に貢献することで秋田県の国家戦略における地位の向上。

その「風の王国プロジェクト」の目的から自分たちが着目したのは１つ目の項目である「電力を背景に企業誘致を促進し、雇用を創出」である。そのため、「風の王国プロジェクト」側と連携を行って、秋田県沖に植物工場を設置し、風力発電で発電した電力をそのまま植物工場で使うシステムを作り上げるという考え方である。そうすれば、風力発電から植物工場への電力の移動にかかるコストをカットでき、より効率のよいシステムとなる。実用化には、これから「風の王国プロジェクト」側との交渉が必要である。

発電の維持費は削減することができても、設置コストの問題がある。設置コストの中で、50％ほどを占めているのは風車自体のコストで、それはより安く作る方法を考えるか、風車を作る際の資本を国や県が補助するしかない。また、25％ほどを占める建

設コスト、人件費の抑制も簡単なことではない。これからの努力が必要である。

２　耕作放棄地を植物工場に

前述したとおり、秋田には多くの耕作放棄地があり、その面積は 9,876ha までにも及ぶ。その多くの耕作放棄地を利用して植物工場にするという考え方である。そうすれば、建物を取り壊して新しく作るよりも、コストが 480 万円程度安くなり、設置コストにかかる費用が少なくなり、より簡単に始めることができ、耕作放棄地となった土地を無駄にすることなく、さらなる農業での収益が見込める。

３　企業化・分業化

植物工場に最低限必要な労働力を集めるために２つのアイデアを述べる。

１つ目は、植物工場を企業化することである。企業化という言葉が意味するものは、植物工場を企業的に、長期的なビジネスプランを立てて、それに沿って運営していくということである。

企業化がもたらすメリットは、ランニングコストを集めることが多少なりとも容易になるということである。企業としての信頼を用いて、出資を希望する協賛者を募り運営資金を株式会社的に集める。そして、長期的なビジネスプランとして、それによって運営が安定した段階で、その植物工場で生産した作物を協賛者に配布あるいは特価で販売することで、協賛者を中心とした広告効果も期待できる。これによって、植物工場の１つの弱点として指摘されている商品知名度の低さという課題を解決できる。

ただし、このアイデアは「無名な植物工場という先行きが不透明な分野に出資する協賛者がいること」が前提条件となっているため、理想的なプランと実際の運用に際しては大きな隔たりが生じることとなり、それに依存したビジネスプランを立てることそのものが論理の破綻を招きかねないため、協賛者に対して植物工場及び植物工場製野菜の良さをどれだけアピールして理解してもらえるかが実質このアイデアの成功の鍵を握っているものとなっている。

２つ目は分業化である。分業化というのは、植物工場内での一連のルーティン作業を細分化することである。

このアイデアによるメリットの１つ目は、作業の効率化を図ることができるということである。作業の効率化によって効率的な作業を行うことができる。それによって一定の労力で行われる仕事量が多くなり、生産量に対する一人当たりの負担を減らすことにつながるため、結果として生産量を上げることになり、商品１つあたりのコストを下げることが可能となる。

２つ目のメリットは、労働力の確保がより容易になることである。分業が意味するものの１つが作業のマニュアル化ということである。マニュアルに沿って作業を行うということは作業に関する専門知識が必要なくなるということであるので、アルバイト的に従業員を集めることができるため、誰でも植物工場の業務を行うことができる。

しかしこれにはデメリットもある。それは作業の不透明化である。例えば、植物工場の作業が、Ａ→Ｂ→Ｃ→Ｄ→Ｅと進むとする。するとＥパートで作業を行う従業員は、それまでにその作物に行われてきた作業、関わってきた従業員について何も知らないままである。消費者段階まで話題を拡大しよう。すると、消費者はそれまで、誰が、どうやって作られたのか何もわからないままその作物を口にすることになる。そうなれば消費者の手元に存在している（店頭で並んでいる）植物工場製作物は、何を施されているかが全く分からなくなる。これは農畜産業を生業としている企業にとっては大きなマイナス要素となる。最近の農畜産業においては、商品の横に生産者の顔写真を掲示するなど、「流通の見える化」を推進している。またこの「見える化」は消費者に情報を届けるだけに留まらず、商品にブランドを持たせる働きを持っている。そのため、植物工場製野菜の販売においてはそれらの強みを持つ地場野菜にどうやって競争で勝っていくかが今後の問題となる。

よって、秋田に植物工場を建設する利点はあることがわかったが、風車及び植物工場を建設するコストの問題は解決できない。そのため、コストパフォーマンスでは通常の土耕栽培には及ばないことから、作物に付加価値をつけることを考える。

Ⅶ　価値の付加

コスト面では土地利用型農業に劣る植物工場型農業だが、それでも植物工場を導入する意味はある。

植物工場では土地利用型農業とは違い、自由に野

菜の生育条件を変えることができるため、様々な栄養機能を持たせることができる。

1　野菜の通年収穫

例えば、通常イチゴは春先から初夏の時期が旬で、夏・秋には価格が高くなる。これはその他の果実も同様に、時期が外れると出回る量も少ないために起こる。この問題を解決するために、植物工場内の生育環境を調節することで、作物の通年収穫が可能となり、1年にわたって値段や量を変えずに栽培・収穫することができる。また、日本の果物は、品質や安全性において海外からの評価が高く、それらは海外においてよい売り上げを示すと考えられる。よって、植物工場での果実の栽培は利点が多い。現在は、ビニールハウスなどの従来型施設園芸でのハウス栽培が多く取り扱われているが、農業の様々な作業に、たくさんの手間と時間がかかるので、植物工場の使用により、労働賃金等の大幅な削減につながる。

2　低カリウム野菜

近年増加している腎臓病透析患者[5)]は、体内のカリウムを十分に排出することができない[6)]ため、不整脈などによる心不全を起こす可能性がある。そのため、カリウムの摂取量に制限がある。しかし、水の性質や肥料の成分を変えることで、野菜に含まれるカリウムを1/4まで減らすことができる。そうすることで、より安全に野菜を摂取することができる。低カリウム野菜は、カリウム含有水耕栽培[7)]で栽培し、その後カリウムを含有しない水耕液で栽培することで栽培される。低カリウム野菜を栽培するプロセスにおいてはこの方法が一般的であるが、この方法だとすでに土がある水耕栽培では難しい。実食した際には、食感はそのままに、洗わずに食べることができるのでとてもクリーンな印象を受けた。

Ⅷ　結論と考察

コスト面では土耕栽培で劣る植物工場においては、単純に土耕栽培で栽培できる作物の代替品としては、今後の競争に勝つことはできない。また、植物工場で作られた作物の知名度が低い、現在のような状況では、育てている量が少なく、価格も高くなる傾向にある。また栄養価を組み替えたことによる野菜および人体への影響が心配される。しかしこれからの時代においてIT農業が発展していくにしたがって生産量が増加していくと考えられ、それと同時に質の発達も必要となってくるだろう。そのため、消費者からの信頼を得るために、多くの時間を費やす必要がある。そうすることで、以前少量しか作ることができなかったのに比べ、より生産量を増やすことが可能になり、より安い値段で売れるようになり、より人々の手に取られやすくなる。このようなサイクルで、数年後には植物工場で栽培された野菜が台頭すると考えられる。

ここまで示した通り、植物工場は、近年発達してきたが、まだ発展途上の農業技術である。そのため、コストなどの問題点が混在し、実際に利益を上げている工場は少ない。しかし、技術革新によりこういった工場は、増加していくと確信している。オランダでの植物工場は、大量生産を目的としているが、日本や秋田に適した農業方法にアレンジすれば、問題を解決に導き、近い未来に、植物工場が増えていくだろう。

謝辞

本研究においてご指導くださった秋田県立大学生物資源科学部　長濱 健一郎教授、原 光二郎准教授に、また、フィールドワークでご協力をいただいた、あきた植物実証コンソーシアム、横手精工株式会社、鎌田グリーン薬局の皆様に、厚く感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

注

1）園芸農業において用いられる「ビニールハウス」のうち、パイプを骨組みとしたもの。

2）高齢化や過疎化による人手不足なので、過去1年間耕作されたことがなく、今後数年の間に再び耕作する意思のない農地。

3）温室や温床などの特別な設備を使わず、露天の耕地で栽培された野菜。

4）種まきに用いられる、養分などを含む液状や固形の物質。

5）特殊な装置を使って人の血液を体外に出してから血液を体外に出してから血液をキレイして再度体内に戻す、人工透析という治療を受けている腎臓病患者。

6）腎不全によって、尿からカリウムが排出されず血中のカリウム濃度が異常に高くなる。それによって心

不全及び突発的な心肺停止を引き起こすことがある。

7）土壌を全く使わず、成長に必要な養分を溶かした水溶液で植物を育てること。

参考文献

・弘兼憲史,「課長 島耕作」シリーズ, 講談社

・「風の王国プロジェクト」ホームページ
http://kaze-project.jp/

・JWPA 一般社団法人日本風力発電協会
http://jwpa.jp/

・秋田経済研究所「2015 年農林業センサスからみる秋田県農業」

温暖化の進行を逆手に取った世界進出

～北極海航路で稲作の活路を見出す～

佐藤　陸斗，　小松　千夏，　山本　泉里，　戸井田　大地
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ａ２グループ

私たちは、世界各国が地球温暖化の進行抑制に取り組んでいてもなかなか成果が出ていない現状に注目した。もしこのままずっと温暖化が進み続けるならば、今の地域に適した農業が続けるのが難しくなる状況もあるのではないかという結論に達した。したがって、もともと暖かい地域が原産で、さらに秋田の代表的な作物でもあるコメを、今は寒冷地である地域も含め世界各国へ広めることが出来るのではないかと考えた。そこで、今後の気温上昇で稲作に適する気候になると予測し、秋田との関わりが深くコメ需要の高いロシアを起点に、温暖化の影響で海氷面積が減ると思われる北極海航路を利用して、秋田の稲作技術を世界に広げるとともに、秋田の農産品をＰＲできるのではないかということを検証した。

キーワード：ロシア極東、北極海航路、稲作、地球温暖化

Ⅰ　問題の所在

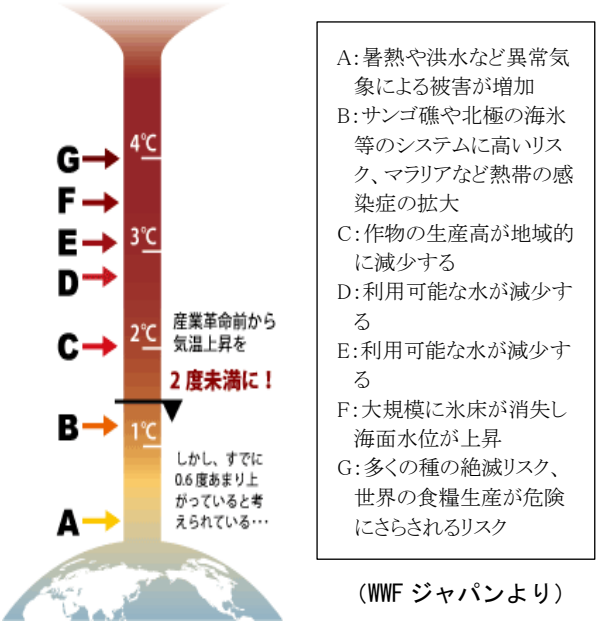
地球温暖化は年々進行している。IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）によると、1880 年～2012 年において世界平均地上気温は 0.85℃上昇している。また、今世紀末(2100 年)には、最小で 0.3℃、最大で 4.8℃上昇すると予測されている。先進国に温室効果ガスの排出削減を義務づけた京都議定書や世界のほぼすべての国が参加している国連気候変動枠組条約といった国際条約、日本の地球温暖化対策推進法、アメリカ環境保護庁がエアコンなどの使用冷媒を規制した重要新規代替物質政策プログラムなど、世界各国が協力して対策に乗り出している。しかしながら、進行のペースを緩められてこそいるが根本的な解決にはつながっておらず、今も地球規模で気温が上がり続けている。

これを産業革命以前と比較すると、現在の気温は、すでに 0.6℃あまり上昇していると考えられている。産業革命以前からの気温上昇について図１と照らし合わせると、0.6℃の気温上昇で異常気象が起こり、1.0℃を超えると北極の海氷等のシステムにリスクが生じる。また、2.0℃気温が上昇すると作物の生産高が地域的に減少、2.5℃以上では、利用可能な水が減少する。さらに、3.0℃を超えると大規模に氷床が消失し海面水位が上昇する。4.0℃以上に気温が上昇すると世界的に食糧生産の危機に陥る可能性が指摘されている。

先に述べたとおり、2100 年には最大で 4.8℃の上昇が予想されており、食糧危機は徐々に現実味を増していると言える。

温暖化によって気候が変わると、悪影響ばかりあるように思われる。しかし、もう温暖化の進行は止められない。

そこで、その進行を逆手に取り、進む温暖化と共存していく農業の模索が必要になると考えた。



（WWF ジャパンより）

図１　地球温暖化で迫る危機

Ⅱ　問題の背景

地球温暖化とは、人間活動において排出される二酸化炭素、メタン、フロンといった温室効果ガスによって地球規模で気温の上昇が続いている現状を指す。これらの気体は、地球が受け取った太陽熱を放射する際にそれらを吸収して地球に向けて再放出するため、増えすぎると気温の上昇につながる。

その原因としては、工業化が進んだことによる大量生産・大量消費の過程での石炭、石油などの地下資源の燃焼によるものが大きい。例えば工場の排煙、自動車の排気ガスなどである。

地球温暖化は、良い影響も悪い影響も与える。

農業での良い影響は、『米国経済に対する気候変化の影響』(The Impact of Climate Change on the United States Economy) によると、特に寒冷な地域で、低温期や降霜期が減少することによる農期の長期化が予想される。さらに、二酸化炭素は植物に取り込まれるとエネルギーのもととなるため、二酸化炭素濃度が上昇すれば発育を促進する効果があるという。『科学・環境政策プロジェクト』の責任者フレッド・シンガー氏は、前述の研究内容に賛同し、アメリカだけに限らずカナダやシベリア地方でも大いにその恩恵を受けるとの見解を示している。そして年平均気温の上昇により、生育可能作物が増えた地域もある。その例として、鹿角市の「北限の桃」がある。桃の北限は現在も広がっていて、県北部の新たな農業の可能性として注目されている。コメについても例外ではなく、生育可能地域が広がると考えられる。

一方、悪い影響は、気温や降水量の変化による生育可能作物の変化に農家が追い付けなかったり、生産量の減少、熱波や寒波、局所的豪雨などの自然災害の増加により農地が荒れたりすることが挙げられる。例えばインドでは、2016 年 4 月から熱波が続き、特に南部と東部では厳しい暑さを記録した。一部では 10 日連続で日中の気温が 40℃を超えたところもある。熱波に伴う干ばつで水資源が枯渇しており、農業被害が出ている。秋田でも、2016 年度の記録的豪雪によって内陸部で果樹に被害が出た。前述の IPCC のレポートでは、特に小麦の生産性の低下が指摘されている。小麦を主食とする国は欧米の先進国に多く、大規模な食糧危機が将来的に懸念されている。

地球温暖化は商業面にも影響を及ぼしている。その代表的なものが北極海航路である。図２・３から、北極海の海氷面積が年々減少していることがわかる。それによって夏場の航行可能期間が延びている。さらに、図４から、南回り航路は平均して約 21,000KM を要する上に海賊などのリスクが高い。

一方、北極海航路は約 13,000KM であり、南回り航路と比べると、距離を約 6 割に短縮でき、海賊によるリスクも少ないため、海運業界が注目している。

なお、本研究では、ロシアの温暖化後の気温は IPCC 第５次研究報告書で言及されている、50%予測値、日本の気温は気象庁によるものとする。

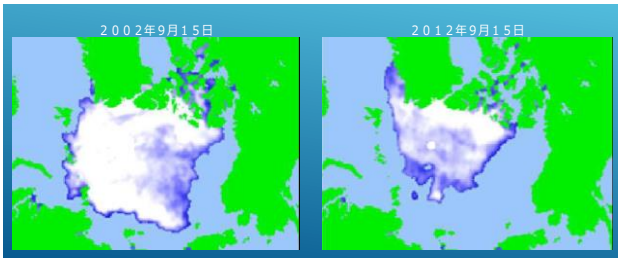


図２　１０年間の北極海の海氷面積変化

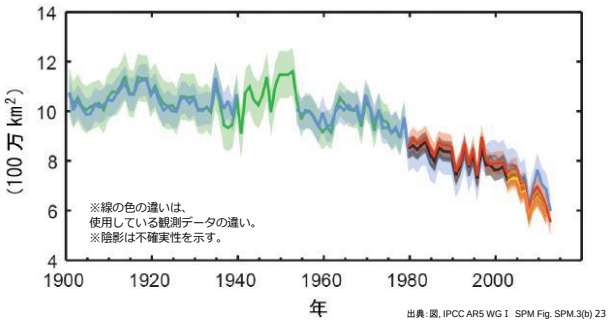
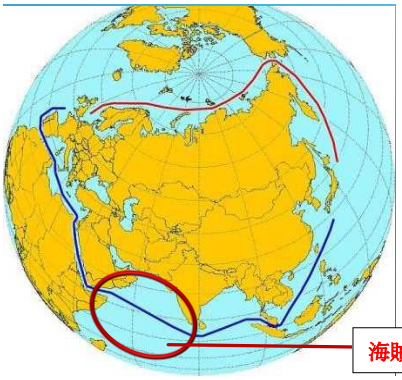


図３　北極域の海氷面積の 7、8、9 月の平均値



国土交通省より

図４　北極海航路と南回り航路の比較

Ⅲ　研究仮説

温暖化の進行で、今後稲作ができる可能性がある地域として、秋田と同じ東経 140 度上にあるロシア極東地方に着目した。

現在のロシア極東地方は、秋田と同じ東経 140 度上にはあるものの、秋田と比べ寒冷な気候である。しかし、温暖化により、ロシア・ウラジオストクの気温は、今後温暖化により上昇していくと考えられ、稲作に適した環境になると予想する。

そして、北極海航路を利用し、ロシア極東地方で作ったコメを世界へ輸出することができるのではないかと考えた。現在、北極海の海氷面積は減少中なので、海氷の影響をそれほど受けず短時間で新米を輸入先へ送ることが可能ではないだろうか。

また、秋田の稲作技術をウラジオストクへ提供することで、秋田の稲作を PR することができるのではないだろうか。

Ⅳ　調査方法

2016 年 8 月 16、17 日に、秋田市の秋田日ロ協会、JETRO（日本貿易振興機構）秋田貿易情報センターを訪れ、職員へのインタビューを行った。また、2017 年 7 月 5 日のグローカルミーティング in 秋田市役所にて、秋田市環境総務課の職員の方々から助言と資料を頂いた。また、北極海航路の情報収集においてはインターネットも利用した。

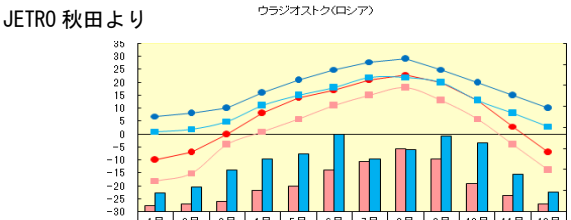
Ⅴ　調査結果

図 6、図 7 から、ウラジオストクと旭川市の年間気温の変化具合は似ていることがわかる。また、図 8 では、ロシアの気温は 20 世紀に入って上昇傾向にあるという値が出ている。

図 9 の北極海氷面積の年間推移を見てみると、地球温暖化の進行に伴い、年々北極海氷面積は減少傾向にあることがわかる。北極海航路の航行シーズンは 7 月上旬から 11 月下旬である。

図 10 のように、ウラジオストクのスーパーマーケットでは、あきたこまちなどの日本の米が販売されており、富裕層を中心に需要が高まっているとのことである。

JETRO 秋田より



	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量	15	18	25	52	61	99	119	149	125	68	38	19
降水量(東京)	45	60	99	125	138	185	126	147	180	164	89	46
最高気温	−10	−7	0	8	14	17	21	23	20	13	3	−7
最低気温	−18	−15	−4	1	6	11	15	18	13	6	−4	−14
最高気温(東京)	7	8	10	16	21	25	28	29	25	20	15	10
最低気温(東京)	1	2	5	11	15	18	22	22	20	13	8	3

図６　ウラジオストクの年間気温

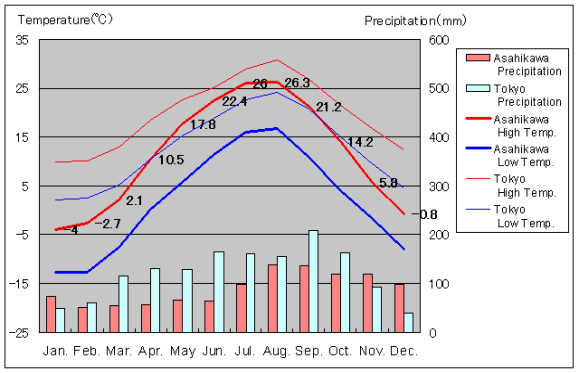


図７　北海道旭川市の年間気温

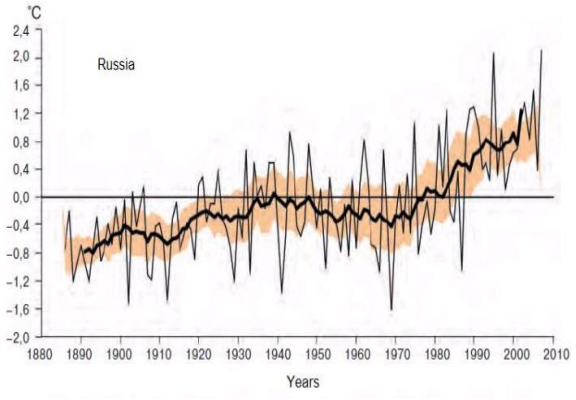


図８　ロシアでの温暖化による気温上昇

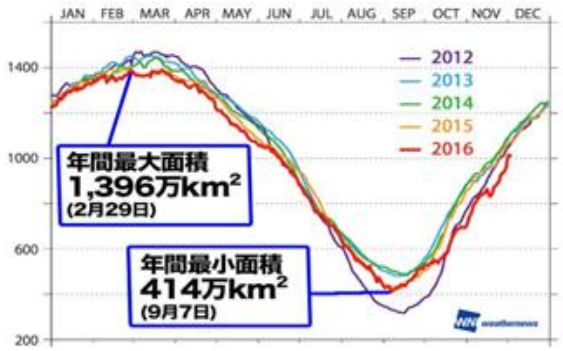


図９　北極海氷面積の年間推移

図 10　ウラジオストクでのあきたこまち販売状況

Ⅵ　仮説の検証

昨年度の研究から、ロシアでは既にあるプロジェクトが進行していることが明らかになった。このプロジェクトでは、ロシア、日本、中国の三カ国が手を結び、ロシアの広大な土地で、日本人技術者が指導し中国人労働者が稲作を行う。ロシアの現在使われていない土地（森林地域、その他の土地）は 1,420,847［1000ha］あり（これは日本の国土面積の約 39 倍にあたる）、農業に生かすことができると考える。また、ここで中国という国が出てくるのは、中国人労働者の労働賃金はロシア人、日本人と比較し低いからである。それに、労働者として考えるとロシアではあまり熱心に働く人が多くはないからだ。ただ、このプロジェクトでは中国人労働者だが、実際にはインドネシア人労働者などもその労働賃金から可能性として考えられる（図 11）。

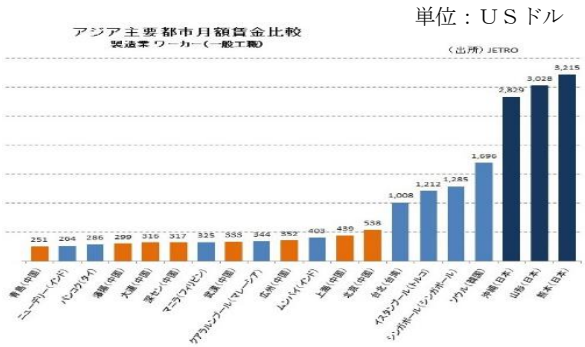


図 11　アジア主要都市での労働賃金比較

ロシアは日本と異なり、大陸性の気候であるため、日本と完全な比較をすることは難しい。しかし、調査の結果、これにより、温暖化したロシアの気温は、現在の北海道旭川市の気温に近くなるということが分かった。ロシア極東地方の年間平均気温は、現在 4.9℃であるが（図 12）、温暖化により今後 50 年間で 2.4℃上昇し、7.3℃となるということが分かった（図 13）。この気温は、現在の北海道旭川市の気温である 6.9℃と近い値になる。旭川市では現在、稲作が盛んに行われているため、ロシアに日本の技術を持っていき、その広大な土地で稲作をすることは可能ではないかと考えた。

図 12　ロシア極東沿海地域の位置と気温

図 13　北海道旭川市の位置と気温

こうして作ったコメの輸出先としては、中国富裕層や和食ブームが起こっているヨーロッパなどが考えられる。現在、世界的に健康志向が高まっていて、健康食や富裕層への高級食として和食が注目されている（図 14）。ロシアでは、現地の高級レストランで米が使われているなど、富裕層を中心に食べられており、一般の人々からはごちそうとして捉えられている面もある。

世界での和食ブームについては、農林水産省による「日本食・食文化の海外普及について」という資料にも記載がある。この資料によると、外国人観光客が訪日前に期待すること第一位は「食事」(62.5%)（JNTO 訪日外客訪問時調査/2010 年）で、外国人が

好きな外国料理第一位は「日本料理」(66.3%)(日本貿易振興機構調査/2014 年 3 月)、

また海外の日本食レストランの数は 2006 年に約２万４千店であったのに対し、2013 年には約５万５千店にまで増加している。

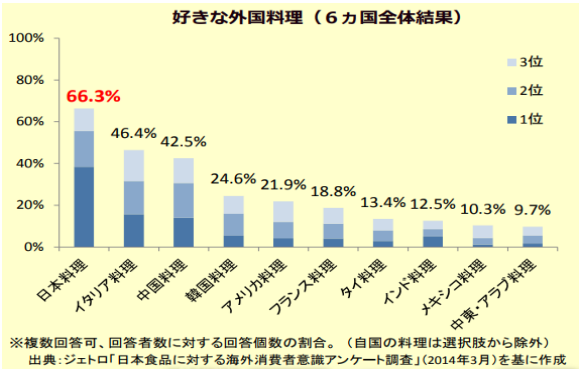


図 14　好きな外国料理

さらに、JETRO の「日本食品に対する海外消費者意識アンケート調査」(2014 年３月）では、都市別で「好きな料理」を聞いたところ「日本料理」と回答したのがバンコク 66.6%、ジャカルタ 50.4%、ホーチミン 37.8%、モスクワ 35.4%と人気が突出していることが明らかになっている。先ほどロシアの日本食レストランでのコメ人気について触れたが、ロシア以外の国にも日本食レストランがあり、そこでレストランフェアなどが行われ多くの人に日本食について知ってもらうという取り組みも行われている。

このようなことから、ロシアへ日本の農業を伝え、稲作を行うという仮説は可能なものであると考えた。また、輸出方法としては、北極海航路を利用する。

北極海航路については、「Ⅱ　問題の背景」でも述べている。ロシアで育てられたコメを輸出する際、この北極海航路を利用することでロシアのコメ及び日本の農産品のヨーロッパ進出が可能になると考える。図２、３のとおり、北極海航路は年々氷が少なくなり、航行可能期間が長くなっている。そこでこの航路を活用することで、新米をヨーロッパ各地に輸出することができると考えた。

北極海航路のメリットは大きく２つである。図４のとおり、１つは海賊のリスクが少ないこと、もう１つは距離が短く日数がかからないため、食品輸送に向いていることだ。さらに航行可能機関が年々延びているため、新米の季節に利用可能になりつつある。しかし、現在の海運業の主力である超大型船が通れない、ロシアによる航行料が高いといったデメリットがある。だが、大型船が通れないなら小さめの船を使い、高速・高鮮度を売りに高級路線で売り出すことができる。航行料は、ロシア産のコメを運ぶため割引が発生すると考えられる。さらに秋田の農産品を相載せし、同時に秋田を海外に PR することができる。

Ⅶ　結論と考察

以上の研究結果から、私たちは次のように考える。まず、秋田の稲作技術をロシアに提供し、現地での稲作を進める。そして育てたコメを、北極海航路を用いることにより海外に輸出し、和食ブームに乗じ高級食や健康食として売り込む。そうすることで秋田の稲作技術と農産品を世界に PR することができる。私たちはこの温暖化の進行を逆手にとった世界進出を、「温暖化ビジネス」と名付けた。このビジネスを通し日本（秋田）の農業技術で作られたコメを現在よりも多く世界に提供することができ、それと同時にさまざまな地域の人々にコメを提供したいと考えている販売者側のニーズに応えることができる。また、これらの国々の間に新たな交流を生み出すこともできる。

地球温暖化を止めることはできない。しかし、それを逆手に取り、新たなチャンスと受け取ることで、独自の農業を行い、持続可能な生活を続けることはできる。

地球温暖化が進行することで、例えば水没してしまうような国もあるだろう。その一方で、そんな時代に彼らが食べていけるよう私たちは食べ物を提供することができる。こうしたビジネスやプロジェクトを通し、その上でこの地球温暖化時代と共存しなければならないのである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、私たちにご指導くださいました、秋田県立大学 生物資源科学部 生物生産科学科　原光二郎 准教授、同じく生物環境科学科 石川祐一 准教授、また、資料を頂きました公益財

団法人 オイスカ 様、ご多忙のところご質問にお答えくださいました、秋田日ロ協会　佐々木三知夫様、JETRO(日本貿易振興機構)秋田貿易情報センター　所長 大山明裕 様、この場を借りて感謝申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

Robert Mendelsohn, James E. Neumann, “The Impact of Climate Change on the United States Economy”, Cambridge University Press, (2004)

Assessment Report on Climate Change and its Consequences in Russian Federation
（ロシアにおける気候変動とその影響の報告書）
http://global-climate-change.ru/index.php/en/climaterf/78-about- climate-rf/179-odrf

秋田県産業労働部だより
http://sankeibu.exblog.jp/14435591/

日本貿易振興機構
https;//www.jetro.go.jp/world/russia_cis/ru/stat_03.htmlhttps;//www.jetro.go.jp/world/russia_cis/ru/stat_05.html

黄砂や砂嵐による農業への影響

～緑地化で農業環境の再生を図る～

鈴木　諒，　白旗　優帆，　越後谷　舞，　佐々木　萌絵，　佐藤　彩月
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ａコース３グループ

本研究では、現在進行している地球温暖化の影響により乾燥する地域が増えたことで、農業への大きな被害が現れている中国に着目し、その農業環境の再生を考えた。一部地域で拡大している砂漠化を減少させ、黄砂や砂嵐などによる農業被害を抑制するためには、農業を通じて緑地化することが有効な問題解決になるかを検証した。検証方法は、緑地化のメリットを探るとともに、灌漑の必要性も併せて考えた。過去に秋田県の栗田定之丞のような、緑地化に取り組み成功させた偉人もいることから、そのノウハウを応用できないかも検討した。実験として、実際に植生の有無による飛砂量の差について調査し、体感的なデータを収集した。さらに緑地化した土地で栽培する作物は何が適当か検討した。結論として、緑地化することを前提としてその土地を活用して作物の栽培を行っていくことで、農業を用いた黄砂や砂嵐の被害軽減と砂漠面積の減少を目指せると考えた。

キーワード：中国、緑地化、栗田定之丞、灌漑

Ⅰ　問題の所在

１　温暖化問題について

私達は、地球温暖化が水資源や農作物など、自然や人間社会にもたらす影響に着目した。

地球温暖化は、二酸化炭素やメタン、フロンといった温室効果ガスが、人間の生活や産業活動で化石燃料の使用や農地拡大のための森林伐採による緑地の減少などで大気中に大量に放出され、大気の温室効果を強めたことが原因と考えられ、今後も地球規模の気温上昇が予想されている。この温暖化がもたらす様々な影響を、世界的な協力体制で、解決策を見つけることが必要である。

２　温暖化による影響

地球温暖化が進行することで私達が被る影響は様々ある。主なところでは、海面上昇による低い土地の浸水、突発的な異常気象によるライフラインの機能停止、気温上昇による干ばつと土地の乾燥化、それによる食糧不足、水資源の慢性的な不足、生態系の変化などが挙げられる。私達は特に乾燥化と水資源の不足に着目した。乾燥化においては、元来乾燥地域であった、中央アジア、北米南西部、地中海周辺において、さらなる土地の乾燥が進行し、人々の生活が困難な地域が増えたことや、夏季少雨気候の地域では、年間を通して降水量が減少している。次に水不足については、温暖化による異常気象によって降水量が極端に減少し、また、地域によっては干ばつも発生しているため、従来乾燥していた地域では深刻な問題となっている。

３　乾燥による砂漠化の現状

「乾燥」を植物の生育が困難な地域であると私達は定義する。乾燥している地域において、その要因は様々である。例えば世界的な気候変動によって降水量が極端に減少し干ばつが発生することで乾燥することや、過度な灌漑によって土地の水分が減少し乾燥することなど、環境的要因と人為的要因の二つがある。環境的要因には主に温暖化が起因しており、その原因には海水温の上下が関係している。

また、国連の統計によると乾燥地は耕作可能地域も含めると地球全体で 40%を超えており、そのうち砂漠化している地域は乾燥した地域のうち 10～20%となっている。乾燥化している地域には現在世界人口の約三分の一にあたる 20 億人が暮らしてお

り、そこに住む人々の生活は困窮しており、さらなる貧困を招いている。さらに毎年約６万平方キロメートルもの規模で砂漠化が進行しているという調査結果もあり、世界的にも砂漠化は深刻な問題と言える。

４　砂漠化による農業への影響

砂漠化が進行すると様々な影響が出るが、それは農業に対しても大きいものであり、極端な例としては農業が出来なくなることだが、その他にも、農作物に砂が付着することで生育不良にあったり、水路に砂が降り積もったりする等、その地で農業が出来なくなる可能性も出てくる。日本でも稀に九州地方で黄砂の影響を受けることもあるが、その影響は非常に小さい。一方、中国国内ではゴビ砂漠等の内陸部を中心に農業に深刻な影響を与えている。

５　黄砂について

私達は身近に砂漠化が進行している地域として中国を例に調べた。中国では国土全体の 18.1%が砂漠であり、これは減少傾向となっているが依然として高い状態である。中国国内において砂漠化による被害は、前述した通り黄砂による被害が最たるものである。中国での黄砂の被害は深刻で、それまで人が住んでいた地域に人が住めなくなるほど、黄砂が降り積もっている。また都市部でも黄砂によって視界が悪くなる被害の他、炭酸カルシウムを通常よりも多く含む他、石英、雲母等の鉱石、さらに、カビや細菌を多く含むため、気管支の疾患や皮膚炎、目のかゆみ等、健康被害も多く報告されている。

Ⅱ　問題の背景

１　砂漠化の進行

中国における砂漠化進行の原因として、気候的要因と人為的要因が挙げられる。具体的な気候的要因として、異常気象による干ばつの発生や飛砂が挙げられる。さらに、中国北西部に吹く季節風が、干ばつによって形成された砂地を拡大させている。また、人為的要因の具体例として、過放牧、過伐採が挙げられる。中国北西部では、灌漑による稲作の他に羊など家畜の放牧が行われている。人口の増加に伴って飼育頭数が増加したため、草原の再生能力を超えて放牧されたため、草原が衰退した。さらに林間部では、材木用や燃料用として多くの木が伐採されたため、一部では樹木の数が減少した。

２ 黄砂の飛散

黄砂による被害は様々ある。そもそも黄砂とは、砂が堆積している地域に突風が吹くことで砂が舞い上がり、それが上空で偏西風等に乗ることで発生する。飛砂量が増えると、農地や農作物が埋まってしまい枯れてしまう。また前述したように、黄砂中に含まれる細菌によって、家畜が伝染病に感染するリスクもある。中国の内陸部にはゴビ砂漠やタクラマカン砂漠等比較的大きい砂漠がいくつもあり、その地域の周辺部で特に飛砂量が多い地域では居住が困難な地域もあるため、生活に多大な影響を及ぼしている。

Ⅲ　研究仮説

1 緑地化の利用

私達のグループは緑地化をすることでこの問題を解決出来るのではないかと考えた。緑地化の本来の目的はその土地の植生環境を整え、植物が持つ何らかの機能を活用することである。また、砂漠を緑地化する際に、その対象地域は全ての砂漠ではなく、半乾燥地域等の土壌全体が乾燥していない再生可能な地域も対象とした。

２　灌漑水路の活用

乾燥地で緑地化を行う上で、水源の確保は重要になる。対象地域が乾燥地であることを考慮すると、灌漑方式による取水が最も適しているのではないかと考えた。緑地化したい地域全体に水路を建設できれば、比較的簡単に緑地化を行えるのではないかと考えた。

３　農地への転用

ある程度の緑地化を達成することが出来れば、その土地を活用して農業を行うことも可能になるはずである。元々は農地であった場所が砂漠化や黄砂の影響を受け、作物を育てることができなくなってしまったところが多い。これまで、その土地で農業によって生計を立てていた人達が多くいたと思われるが、徐々に耕作地が減少していってしまい、農業を放棄してしまったと思われる。そうような人達が再び農業を出来るようになればと思い、農地への転用を考えた。

Ⅳ　秋田の偉人

１　砂漠の流動性

黄砂が発生する一番の要因として、その発生源である砂漠が流動性であることが影響している。このような砂漠は微小な風でも砂が容易に飛ばされることで新たな場所に砂が溜まり、砂漠の面積が拡大する傾向にある。これによって黄砂の被害を受ける地域が増えるだけでなく、今まで黄砂の影響を受けていなかった地域にも黄砂が影響を及ぼすようになっている。

２　栗田定之丞による砂防事業

栗田定之丞は、江戸時代に秋田にいた役人である。当時の秋田は海岸の砂が近くの村に飛散することで、農業が出来なくなる被害が起きていた。新屋村では農地の３分の１が砂に埋まったこと食糧難となり、多くの住民が飢餓状態にあったという。栗田は、そのような状況のなか、沿岸地域で砂防事業を行い初めて成功を収めた人物として知られる。彼は飛砂被害を軽減するために、幾つかの段階に分けて砂防を行った。最初に砂防の下準備のために石垣を設置した。次に風下の方向にグミ、ハマナス、ネム、マツを順番に植えた。このような段階的な植林を行うことで砂防の効果を上げた。この方法は、当時日本各地で行われていたものだが、秋田で初めて成功したのが彼だと言われている。この方法のメリットは、植林する樹木の種類を食糧や薪となるものにすることで村民の生活にも恩恵があったことである。また栗田は、農閑期となる冬にこの事業を行ったことで成功したとも考えられている。

Ⅴ　緑地化について

１ 緑地化の定義

私達の研究において緑地化することとはどのような状態を指し示すのかを明らかにしなければならなかった。どの時点をもって緑地化されたといえるのかは様々なパターンがあるが、ある一定の基準を得ることが出来た。それは、緑地化を行った地域において植生等の生態系が形成されている状態であり、これを緑地化が完了したと定義した。主な理由としては、植物が自生することを目標としているからである。

２　一般的な緑地化

中国国内では様々な緑地化を方法が試行錯誤されながら実践されてきた。

その中で一番効果を得たものに、図１のような「草方格」というものがある。これは緑地化の対象となる地域を幾つか区画分けを行い、その後その場所にスコップ等で藁を埋め込むことで土壌が固定されるというものである。これによってその区画内では土壌が飛散することは無くなるため、植生を行う上で、基礎となる土壌を保護することに役立っている。これは緑地化を行う上で準備段階に過ぎないが、これを行ったことで先述した流動性の砂漠において、作業効率が向上した点で大きな効果を上げた。またこの後、牧草等の比較的生育が容易な食を植えることで植物が定着しやすい環境を作る。「草方格」は藁とそれを植えるためのスコップ、牧草の種等で実施が可能なため、費用面で安価なことから大きな効果を得た。

図１　草方格による治砂・緑地化

３　実際に実施されている対策

中国国内で行われた緑化の方法は幾つかある。

一つは、ある一定の面積を囲う方法である。これは一見草方各と同じにように思われるが、この方法は年降水量が 200～400 ㎜の地域でのみ行える方法である。また、一定面積を囲ったことでその区域内での土壌の飛散を防ぐことが出来るため、一定の降水量が確保されていることから、自然に植生が回復するということである。

二つ目に、適地適作を進めていくことだ。適地適作とはその地域の生態系に適した植物、または生活に適した植物を生育することである。緑地化におけるそれは、まず乾燥に強いものを植えることが重要となる。次にその地域で生活すると仮定した場合に、

食料となるものを植え、生育することが重要になる。これと同時に持続的な農業を実施するために、農家に対して指導や技術の提供も行っていくことが重要である。

４　緑地化のコスト

実際に緑地化する際に一体どれほどのコストが必要なのか。ＮＧＯが実際に行っている活動を例にして考えてみた。あるＮＧＯでは、中国で５年間という期間を設けて、北東部のホルチン砂漠で緑化活動を行っている。この活動では直接苗木を植えているが、植樹の初期段階で草方各を行っていることから、大体のコストを試算出来ると考えた。この活動では 100 ヘクタールの規模で５年間行うという計画で、苗木に約 70 万円、その他草方各用の資材や植生を維持するために約 180 万円必要となる。さらに人件費等も必要なため、合計で約 800 万円必要であることが分かっている。この金額は決して少ない金額ではないが、しかし中国の経済状態を考えると決して無理な金額ではない。中国における砂漠の総面積が約 80 万平方㎞であるが、一度に実施するわけではないので、コスト面では実現可能だと判断した。

５　草原・森林と農地のバランス

ある程度の面積を緑化したと仮定して、仮説でも述べたように緑化した土地を農地へ転用することを検討したい。その時に、全てを農地に転用してもよいのではないかと考えた。しかし、仮に全てを農地に転用した場合、作物を収穫した後にその土地には植生が残っていないため、時間をかけて緑化した土地が緑化する前の状態に戻る危険性も十分考えられる。ただし、具体的にどのくらいの割合が正しいというのは現状では明言することが出来ないが、緑地化された土地と農地とのバランスを考えることは、この先の土地利用を考えるために大変重要になる。

Ⅵ　仮説の検証

１　植生の有無による飛砂量の変化

私達は実際に裸地と植生地での飛砂量の違いを比較するために実験を行った。実験方法は、植生が全くない裸地と適度に植生が存在する状態を容積が数立方メートルの容器を並べ、それらに人為的な風を当てることで、この二つの条件下での違いを検証した（図２）。その結果が最初に示したのが図３である。このグラフから、植生の有無によって飛砂量に大きな変化が見られる。また今回の実験で 800 ㎠程の容器内で行ったが、それでも大きな差が出たため、中国の広大な砂漠の面積を考慮するとやはり植生をすることによる効果は大きいと考える。

図２　実験装置

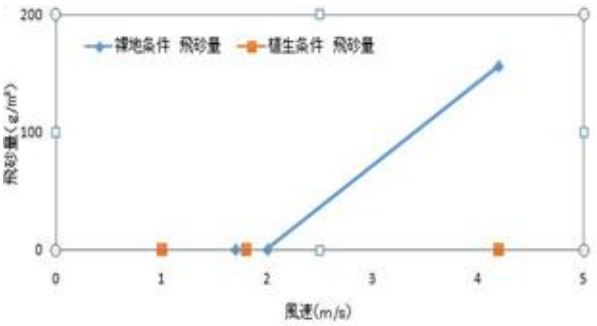


図３　植生の有無による飛砂量の変化

２　河川からの灌漑

降水量の少ない地域で農業を行う上では、水源の確保は最も考えなければならない問題の一つであり、燥地の場合は、安定的に水源を確保しなければならない。そのための方法として最初に挙がるのは灌漑である。灌漑には多くの方法があるが、その中から河川の水を利用する方法を提案したい。現在では海水を淡水化することでそれを飲料用や農業用に使用する技術もあるが、安定的に水源を確保するためには多くの海水を浄化する必要があり、高コスト化が予想されることに加え、乾燥地が中国北部に多く存在するため、水を運搬するコストを考慮すると、海岸からよりも河川からの方が安価になるから

である。

３　水路網の建設

河川から水を農地で使うためには、それを運搬するための水路が必要となる。しかし、乾燥地に水を運搬するためむき出しで乾燥地まで運ぶとなると、途中で干上がる危険性がある。そこで、パイプラインのような形式を提案したい。初期投資はむき出しの形式に比べて高くなるが、乾燥地で安定的に水を供給するためにはこちらの方が適している。さらに、パイプラインを地下に敷設することで水路網を自由に設定することができる。

４　適切な作物

農地へ転用した後、どのような作物を育成するのがよいのだろうか。緑地化したとはいえそこが乾燥している地域であることは変わらない。そこで最初に候補として挙がるのはイモ類やマメ類である。しかし、一度収穫してしまうとそこには植物が残らず緑地化の定義から外れてしまう。この問題は何もイモ類やマメ類に限ったことではなく、野菜類を栽培する際に生じる問題である。そこで、一つの案として果樹の栽培の可能性を考えた。

５　果樹栽培の有効性

なぜ果樹を栽培するのかというと、先に定義した緑地化の条件を満たすからである。具体的には、緑地化された土地における草地の損失を最小限に抑えることが出来るのである。農地を転用する場合と比較すると、農地転用では該当区域の全てを農耕に適した環境にしないといけないため、農地に転用したい面積だけ草地を損失することになる。一方、果樹を栽培するためには、苗木を植える方法が最も一般的だが、そのためには当然草地を損失するが、その規模は必要最小限であるために、農地転用と比較するとこちらの方が適していると考えられる。

６ 桃の栽培

果樹栽培にどのような作物を用いるのがよいのか。乾燥に強い果樹は何種類か存在するが、その中から「桃」に注目した。桃は原産地が中国であり、栽培する際には、若木の段階を除くと少ない水でも育つことができる。完全な乾燥地には適していないが、ある程度の水さえあれば栽培できる。 さらに、中国国内では桃の栽培が盛んであり、栽培のための技術はそれらを利用すればよい。また、水は灌漑によって引いてくるため、栽培に必要な環境は整備できる。以上のことから、桃の栽培を提唱したい。

Ⅶ　結論

これらを踏まえ、私達は、低コストの灌漑と草方格を基礎とした緑地化を行うことと、その上で果樹を基本とした農業作物の栽培を提案する。

灌漑に関しては、緑地化したい地域全体に安定的に水を供給することが条件となり、そのためには河川から灌漑用水を引いてくることで費用を抑えると共に、水路をパイプライン方式にすることによって安定供給を図る。そのためには、既存の灌漑施設を活用するなど、安価にパイプラインを建設する手段を検討しなければならない。特にパイプラインについては、灌漑施設からの距離やパイプの材質等、検討する事項が多岐に渡るため、この場での明言は避けたい。

次に緑地化であるが、これは草方格をより多くの地域で実施していくことが前提条件にある。緑地化の具体的なプロセスとしては、栗田定之丞が行った方法を採用したい。これは現在も行われており、ノウハウがあるからである。樹木の土地との適正を考慮するなど対象地域に適したものを植樹する工夫もしたい。先に述べたように生態系が形成されることを緑地化の目標とするため、10 年程の期間を要することとなる。

その後、桃の栽培を行う。最初は乾燥に強い品種を栽培するが、いずれは日本でも栽培されているもの、例えば白鳳等を栽培したい。また、他にも乾燥に強い果樹はあるので、桃の栽培が成功すれば新たに行いたい。

Ⅷ　考察

結論で述べたような環境を作ることが達成されると、さらなる効果を期待できる。一つは黄砂を当該地域において抑制することができることである。それによって、周辺地域においても黄砂の被害を抑制することが期待される。次に、この地域を足掛かりにして、その周縁部での緑化を行うことが可能だと考えられる。その際、果樹栽培のために既に灌漑水路を引いているため容易に緑地化を行うことが可能となり、さらに初期段階よりも安定して水を確

保できるため、より早く緑化が進行すると考える。このプロセスを繰り返すことにより、可能な限りの乾燥地を緑地化することができ、黄砂の飛散量を現在よりも大幅に減少させ、乾燥地の面積を減少させられると考える。

謝辞

この研究に際して、テーマ設定の段階からフィールドワークでの実験、研究内容の助言をして頂いた秋田県立大学生物資源学部 石川祐一准教授、フィールドワークにて栗田定之丞に関してご教示頂いた秋田県立博物館 新堀道生様のご協力に心より感謝いたします。この場をお借りしてお礼申し上げます。

参考文献

外務省　政府開発援助ホームページ
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunya/water/

鳥取大学　乾燥地研究センターホームページ
http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/japanese/desert/genin.html

NPO 法人「地球村」ホームページ
http://chikyumura.org/environmental/earth_problem/files/booklet/01/33.pdf

一般社団法人地球緑化クラブ　ホームページ
http://ryokukaclub.com/siryousitu/kisotisiki4.html

遺伝子組み換えで飢餓を解決する

～教育による人々の意識改革～

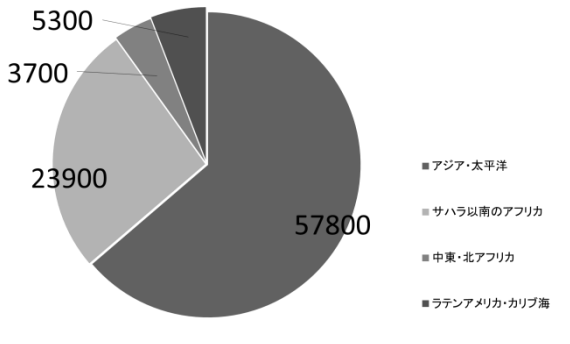
小栗 美七瑠，　加賀谷 理人，　佐藤 華穂，　佐藤 誉頼，　鈴木 瑠華，　堀井 旺歩
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ａコース４グループ

世界では飢餓が深刻化している地域が数多く存在する。我々は、環境耐性能力を持ち、生産力を高めることができる「遺伝子組み換え（GM）作物」を利用することで飢餓問題を解決しようと考えた。しかし遺伝子組み換えには多くのメリットがあるにもかかわらず、一般にはあまり普及していない。我々はGMを普及させるために、正しい知識を人々に伝え、抵抗感をなくすことが必要だと考えた。そこで「教育環境の充実」という１つの考察を提言し、食糧確保の安定化を目指す。

キーワード：遺伝子組み換え、飢餓、教育

Ⅰ　問題の所在

飢饉というものが、一時的・地域的現象であるのに対して、飢餓は永続的、慢性的な食糧不足や低栄養状態を指す。現在、7 億 9500 万人が、実に世界の９人に１人の割合で飢餓に苦しみ、健康で活動的な生活と十分な食糧が得られていない状況に陥っている。



（単位：万人）

図１　世界の飢餓人口地域別割合

図１を見ると、地域別の飢餓人口はアジアが最大で全世界の３分の２を占めている。南アジアでは飢餓人口は減少するも、西アジアでは増加傾向にある。西アジアでは、一般的に衛生環境が良好で、出生児の低体重率[1)]も低いが、戦争・内乱及びその結果生じる大量の移民や避難民により、いくつかの国では飢餓状態が悪化している。そして次に飢餓人口の割合が高い地域は、サハラ砂漠以南のアフリカであり、４人に１人が栄養不足である。

2015 年の飢餓状況を示すハンガーマップ[2)]をもとに、飢餓状態が目立つ地域は以下のとおりである（表１）。

表１　飢餓状態の目立つ地域

	人数 (100万人)		地域別割合 (%)	
	1990-92	2014-16	1990-92	2014-16
Ⓐ 先進地域	20	15	2.0	1.8
Ⓑ 南アジア	291	281	288.8	35.4
Ⓒ サハラ以南アフリカ	176	220	17.4	27.7
Ⓓ 東アジア	295	145	29.2	18.3
Ⓔ 東南アジア	138	61	13.6	7.6
Ⓕ ラテンアメリカ・カリブ海	66	34	6.5	4.3
Ⓖ 西アジア	8	19	0.8	2.4
Ⓗ 北アフリカ	6	4	0.6	0.5
Ⓘ コーカサス・中央アジア	10	6	0.9	0.7
Ⓙ オセアニア	1	1	0.1	0.2
合計	**1011**	**795**	**100**	**100**

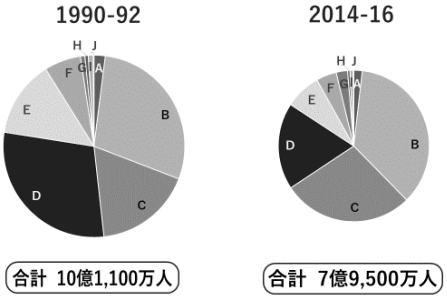


図２　世界の栄養不足人口割合

栄養不足が、５歳になる前に命を落とす子供の死因の 45%近くを占めている。全世界では毎日約 16000 人の子供たちが５歳になる前に命を落とし、亡くなっている。栄養不足による飢餓は子供の身体的・知的発達の遅れにもつながり、国の経済に大きな損失をもたらす。発展途上国に住んでいる子供の数は 19 億人であり、その中の子供のうち、６人に１人は低体重である。発展途上国で 6,600 万人の小学生が空腹のまま学校に通っていて、アフリカだけでも 2,300 万人が該当する。

そして、３人に１人が発育障害の状況にある。発育障害とは、年齢の割に背が低いという、慢性的栄養不足の代表的な症状や、妊娠中の９ヶ月の赤ちゃんが２歳になるまでの 1000 日間に適切な栄養が与えられていないために、子供の身体的・精神的発達が阻害されることなどが挙げられる。発育障害は、世界の子供の４人に１人が患っている。

世界の飢餓の理由は様々で、世界全体をひと括りに見ることはもちろんできない。アフリカを例として見てみると、ジェリア、モロッコなどの「マグレブ」と呼ばれる地域の町並みは、紛争も少なく比較的安全で安定している。しかし、サハラ砂漠以南の「サブサハラ」では、紛争が集中しているために、飢餓が深刻化している。アフリカ諸国は食糧の多くを輸入に頼っているため、食糧価格の値上がりを理由に暴動が多発し、死者も出ている。特にイエメンの栄養事情は紛争が始まる前から世界最悪の国の１つで、５歳未満児の急性栄養不良が 31%と、緊急とされる基準の 15%を２倍も上回る数値を出している。

意外なことに、世界の栄養不足増加率は、1990 年から 1992 年の間の 18.6%から、2014 年から 2016 年の 10.9%まで低下していて、世界の飢餓人口は順調に低下しており、過去 25 年間で最低となっている。

しかし、これは中国を初めとする発展途上国の繁栄によるところが大きく、世界の大半で栄養状態が改善している一方で、異常気象や自然災害、政情不安などが原因で遅れを取っている国もアフリカには多くある。アフリカでは現在、24 カ国が食糧危機に瀕しているが、1990 年から 1992 年の間の二倍の数だ。中東では二極化が進み、アラブ首長国連邦では飢餓削減に成功しているが、シリアやイエメンでは政情不安や内戦により、食糧安全保障が保たれていない。

Ⅱ　問題の背景

飢餓の原因には、次のような理由が考えられる。

１ 食糧不足

現在の世界の食糧生産力では、食糧が不足してしまう。穀物は人間のために生産するだけでなく、家畜の分も生産する必要があるのだ。現在の生産力で足りているという意見もあるが、それは人間が必要としている分に対して足りているということであり、家畜の分は考えられていない。

２　紛争

2012 年 12 月にマリ北部で紛争が起きて以降、多くの農家が農地から逃げ、作物が世話をされないまま放置され、畜産家のほとんどは家畜が盗まれている。生きるために家畜や作物の種を売った人や、略奪にあった人、自分たちが避難を余儀なくされるかもしれないという恐れから家畜を売った人もいる。

３　貧富の差

世界的に豊かになっているなかで、南半球と北半球の間には大きな購買力の差がある。途上国は人口も多いので食糧の自給が追い付いていない上に、貿易収支の赤字は毎年 600～700 億ドルだと言われている。経済協力なしには食糧の輸入を増やすのは難しい。

４　途上国の農業事情

途上国の多くは農業国だが、農地の半分は大部分が輸入用のコーヒーやカカオを栽培している。これ

らの商品作物は、植民地時代に途上国で最も肥えた土地を占拠して栽培されているもので、生産性も高い。しかしあくまで輸出用のため、自分たちの空腹は満たせない。そればかりか、国際市場での作物の価格高騰の影響を受け、自国の十分な食料生産もままならなくなる。つまり、途上国の飢餓の原因には先進国の豊かな生活が大きく関わっている。

５　地球温暖化

地球温暖化も飢餓の原因となりうる。雨期に十分な雨が降らないことや、降り始めの時期に遅れが出ることで農業に影響が出て、農作物の不足が起こる。地球温暖化の原因は二酸化炭素が大部分を占めるが、二酸化炭素の排出量はアフリカ全体でも世界のわずか 3.3％で、日本は 3.8％である。先進工業国の責任も考えなくてはならない。

６　人口増

今後も、世界の人口は増え続け、2015 年の 73 億人から、2050 年には 91 億人となる予想だ。増え続ける人口に見合う食べ物を確保するには、今よりも 1.7 倍もの食糧を増産しなければならない。しかし、食糧を増産するにも、土地・水に限りがあり、食糧や食糧を生産するために必要な資源を巡る争いが国同士で起こる恐れがある。

Ⅲ　研究仮説①

以上の理由で引き起こされる飢餓を解決するにあたり、２～６は解決が難しいと考え、１の食糧不足に着目した。そこで私達は１の解決策として「遺伝子組み換え（GM）作物」で解決することができるのではないかと考えた。

地球にはありとあらゆる気候が存在しており、各地域に適した作物と遺伝子を掛け合わせる必要がある。アフリカを例に挙げてみると、赤道直下に熱帯雨林が生い茂り、南北に向かって乾燥した気候が広がっているように、アフリカだけでも気候が複数存在することが分かる。例えば南北に分布する乾燥地帯でＧＭを育てるとしたら、プロリン[3)]や活性酸素消去酵素[4)]を使って、様々なストレス耐性をつけるか、トレハロース[5)]による乾燥・強光ストレス耐性をつけることで、今までアフリカで作ることの出来なかった作物を育てられるようになる可能性があり、加えて、これからアフリカのサハラ以南で作ることが難しくなると予想されるトウモロコシやマメ類などの作物も今まで通り育てられる。このように、地域に適した作物を目的の場所で育てることが出来れば、世界の飢餓は救えるのではないかと考えた。

Ⅳ　調査結果①

１　ＧＭのメリット

ＧＭによって、消費者にとって次のようなメリットが挙げられる。

・熟期にかかる遺伝子の働きを調節することで、流通過程での腐敗を予防できるとされるフレーバーセーバートマトを生産することができる。
・大豆に、コレステロールを下げる働きがあることが報告されているオレイン酸の含有量を増加させ、より健康に良い脂肪酸組成をもつように改良することができる。
・食品中のアレルゲンの含有量が少ない農作物を生産できる。
・コメに含まれる鉄分を増加させることで、貧血予防に繋がる可能性がある。

上記のような消費者個人のメリットに加え、消費者全体のメリットもある。ＧＭ技術を利用することで、食糧の安定的な供給が可能になる。さらに、病害虫に対する抵抗性を向上させた作物は、農薬の散布量を減らし、環境を保全しながら病害虫による収量や品質の低下を防ぐことができる。また、将来は、塩害や冷害で作物を栽培できない地域でも、ＧＭ技術によって作物が栽培できるようにする取り組みも行われている。

一方で、生産者側のメリットはどうだろう。除草剤や殺虫剤の撒布が減るため、薬品代やそれらを撒くために必要な人件費も減り、さらに害虫や雑草による収穫や品質の低下も避けられる。このことから、生産者にもメリットは見られる。

２　ＧＭの安全性について

厚生労働省では、ＧＭ食品の安全性に関して以下のような研究を行っている。

・遺伝子組み換え体の検知法に関する研究
・遺伝子の安全性に関する研究

・新規タンパク質のアレルギー性評価に関する研究
・リスクコミュニケーションに関する研究

また、市場に出ているＧＭ食品は安全性が確認されたもので、食べても安全であり、安全性は最新の科学的な根拠を基に判断している。その審査の流れは下の図３のとおりである。

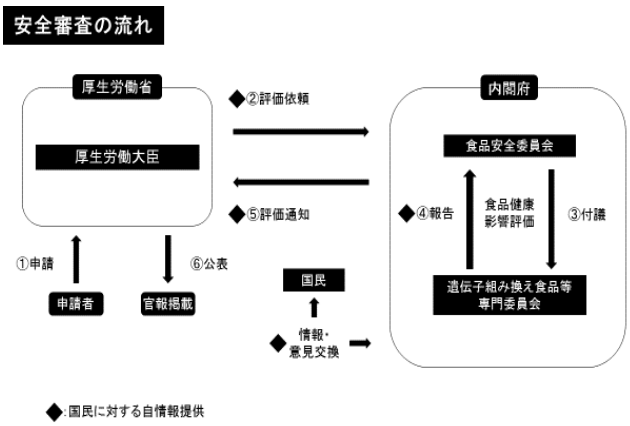


図３　安全審査の流れ

加えて、安全チェックのポイントは次の通りである。

①組み込む前の作物（既存の食品）、組み込む遺伝子、ベクター（遺伝子の運び屋）などはよく解明されたものか、人が食べた経験はあるか。
②組み込まれた遺伝子はどのように働くか。
③組み込んだ遺伝子からできるタンパク質はヒトに有害ではないか、アレルギーを起こさないか。
④組み込まれた遺伝子が間接的に作用し、有害物質などを作る可能性はないか。
⑤食品中の栄養素などが大きく変わらないか。

さらに、消費者の心配要素として、害虫に対して殺作用のあるＧＭ食品を人が食べることに問題はないのか、というのが挙げられる。それについて、結論から言うと問題はない。

例えば、Ｂｔタンパク質というＢｔ（バチルス・チューリンゲンシス）と呼ばれる微生物に含まれる殺虫成分を含むＧＭを特定の害虫が食べると死ぬが、その仕組みは、害虫の消化管がアルカリ性のため、Ｂｔタンパク質が活性化して、害虫の消化管の受容体と結合して作用を発揮するというものだ。人の胃は酸性で、消化管にＢｔタンパク質の受容体もないため、人が食べても影響はない。

また、人体への影響に加え、ＧＭ作物による環境への影響も心配されているが、これについては、農林水産省の「農林水産分野における組換え体の利用のための指針」に基づき安全性が確認される。

農作物の開発者は、利用する農作物や遺伝子の性質を明らかにし、遺伝子組み換えによって作られた農作物について、隔離圃場[6)]において試験的な栽培を行い、花粉の飛散性や交雑など他の生物に及ぼす影響を含めて環境への影響を調べることになっている。

評価項目は作物の性質を考慮して決定されるが、代表的な項目として、遺伝子組み換え農作物の生育状況が非組み換え農作物と差があるかどうか、繁殖に関わる項目、有毒物質の生産性・土壌微生物相への影響、導入された遺伝子の存在様式と遺伝様式などが挙げられる。その結果が農林水産省に提出され、環境に対する安全性が確認されたものが、これまでの農作物と同じように一般の圃場でも栽培または輸入できる仕組みになっている。

Ⅴ　考察①

以上のことから、ＧＭは人体に悪影響を及ぼすと科学的に証明されてはいない。また、安全なＧＭ作物も存在する。したがってＧＭ作物の生産で世界の穀物量を増やすことができ、飢餓を救える可能性は高いと考える。また、現段階での残留農薬の検査の必要性がなくなったとしたら、よりコストもかからず健康に害のないものが作れる。

Ⅵ　調査結果②

１　留学生のＧＭに対する意識

私達はまず、現段階でＧＭについての知識をどのくらい持っているのか、ＧＭについてどのような印象を持っているかを調査することが必要だと考えた。

初めに、私達は自分たちにどのようなことができるかということを調べるために、国際教養大学の留学生の方々にインタビューを行って、様々な国の意見を比較した。

そこで私達はＧＭについて肯定派と否定派の意

見をまとめた。

１　肯定派

・収穫量が増える
・収入が増える
・価格が安くなる
・除草剤耐性や乾燥耐性を持つ
・食糧供給の安定化

２　否定派

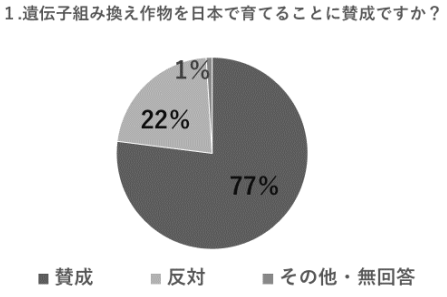
・安全性に問題を感じる
・生態系にもたらす影響が明確でない
・個人の倫理･宗教的な問題がある
・ＧＭについて知らない（認知度が低い）
・正しい知識を持っていない（知識が少ない）

３　その他

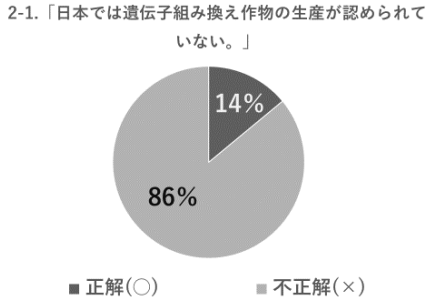
・都会と田舎、若者と高齢者、生産者と消費者でＧＭを気にする意識の差がある
・発展途上国はＧＭを考える余裕がない
・オーストラリアのとある高校ではＧＭについて学ぶ時間がある
・若者が宗教を気にしなくなってきている
・他の宗教に口出しできない

２　秋田南高校中等部生のＧＭに対する意識

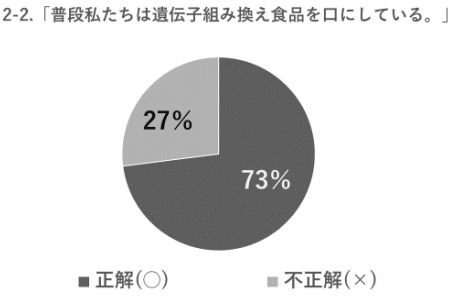
ＧＭ食品を食べることについて、本校の中等部生がどのような意識を持っているのかを調べるため、160 名にＧＭ作物に対する意識調査を行った（巻末資料）。



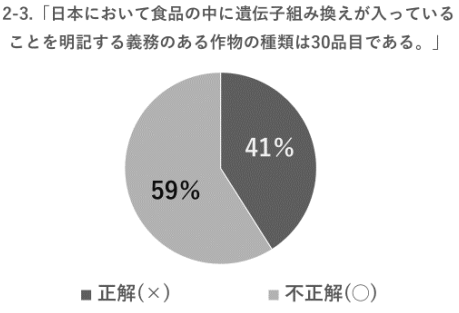
まず、ＧＭに賛成かという問いについては、賛成が 77%を占め、反対は 22%であり、分からないと答えたのが１%だった。



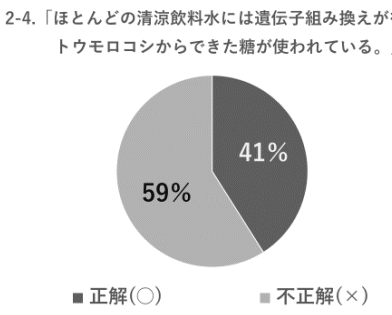
次の質問は正誤判断式とした。第一問「日本では遺伝子組み換え作物の生産が認められていない」という問いは、○が正解なのだが、正答率は 14%(23 人)だった。



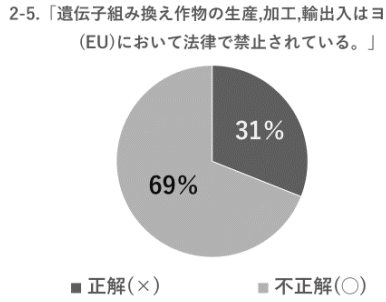
第二問「普段私たちは遺伝子組み換え食品を口にしている」という問いは、正解は○であり、正答率は 73%(116 人)だった。



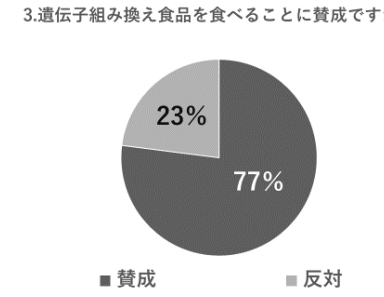
第三問「日本において食品の中に遺伝子組み換え作物がはいっていることを明記する義務のある作物の種類は 30 品目である」という問いは×が正解で、正しくは７品目である。この問いの正答率は 41%(65 人)だった。



第四問「ほとんどの清涼飲料水には遺伝子組み換えが行われたトウモロコシからできた糖が使われている」という問いは○が正解であり、正答率は 41%だった。



第五問「遺伝子組み換え作物の生産、加工、輸出入はヨーロッパ（ＥＵ）において禁止されている」という問いは×が正解であり、正答率は 31%だった。



三つ目の質問はＧＭ食品を食べることに賛成かというものだった。中学生の 77%は賛成、23%が反対だった。賛成の主な理由は、ＧＭの質が良いから、低コストで生産できるから、厳しい基準で安全性を確認されているからなどが挙げられた。一方で反対の意見として、「遺伝子組み換えでない」という表示があるから、人体への影響が懸念されるから、怖いからなどが挙げられた。

最後に、ＧＭに対するイメージを調査したところ、賛成している人の中にもＧＭに対して悪いイメージを持つ人や、正しく理解していない人がいた。例えば、「飢餓を救う有効な手段にはなりうるが、質が悪そう」や「食べてもいいがよくわからなくて怖い」、「低コストで消費者や生産者にとって良いことだが、あまり馴染みがない」、そして「賛成だが、『遺伝子組み換えでない』という表示を見て不安になる」という意見があった。

Ⅶ　考察②

ＧＭに対して否定派の「生態系にもたらす影響が明確ではない」ことは最初に述べたように技術的なことなので私達が直接は変えられない。「個人の倫理、宗教的な問題がある」ことも倫理的なことは他人の考え方に口出しすることはできなく、また宗教的なことも私達の力では変えられないと考えた。

アンケート結果より正しく理解している部分もあったが、理解できていない部分もあった。また、ＧＭに反対している人の中にも賛成している人の中にも正しく理解していない人がいたので、正しい知識を学ぶべきであると考えた。

そこで私たちは人々の意識改革を行おうと考えた。

では、私達はどうすればより効果的に人々の意識改革に訴えかけられるのだろうか。私達は「知識、認知度」に目をつけ、それを高めるための有効な手段を講じる必要がある。また、ＧＭに対してどのように問題意識を生み出していくか、各々がＧＭに対して判断できるようになることが問題となってくる。

また、秋田県立大学を訪問した時にチュニジアからの留学生の方にインタビューさせていただいたところ、アフリカをはじめとする飢餓国はＧＭについての正しい知識を持っている人が少ないと分かった。そのため、ＧＭの安全性に対する情報も当然少ない。

そこで私達はアフリカをはじめとする飢餓国の人々にＧＭを普及させるべく、ＧＭに対しての世界の人々の意識を変えるということを考えた。そこから私達が提唱するのは「ＧＭ教育」だ。

Ⅶ　提案

私達が注目したことはオーストラリアでの教育である。オーストラリア人の留学生へのインタビューの結果、オーストラリアでは現在ＧＭを学ぶ授業が行われているそうだ。その授業ではＧＭについて学んだ後、エッセイを書くそうだ。

オーストラリアは以前まではＧＭが何なのか、体にどのような影響を与えるかがはっきりせず、ＧＭに抵抗感があった。だから現在の高齢者にあたる人々はＧＭに反対している。

しかし、現在の若年層の人々はＧＭ教育により、ＧＭの情報を正しく、深く理解することができるのでＧＭに対して肯定的な意見を持っている人が多い。

以上のことより、正しい知識を得てＧＭを理解することで、ＧＭを受け入れてもらえる可能性があると言える。

Ⅷ　調査結果③

１　日本のＧＭ教育の現状

日本の高等学校教育は世界最高水準だが、ＧＭ教育に関しては教科書の記載、カリキュラムには問題を抱えている。学校教育の現場では、例えば、バイオテクノロジーについては「生物」で高校２，３年次に学習するが、選択科目であり、普通科の高校生では 12%～17%の生徒しか学ばない。一方、主に高校１年次に、「家庭科」では遺伝子組み換え食品について、「社会科」では遺伝子組み換え作物や生命倫理について、それぞれ必修科目として学習することになるが科学的に正しく、中立的に学習されていない。

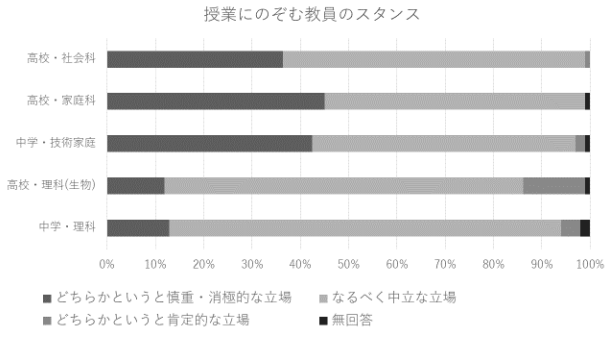


図４　教員のＧＭ教育のスタンス

図４は、内閣府が平成 20 年に教員に対して行った意識調査の結果である。調査は、「全国学校総覧」から中学校 1,000 校、高等学校 2,000 校を無作為抽出し、遺伝子、遺伝子組換え技術、遺伝子組換え作物・食品などに関する授業を実施している中学校の理科および技術家庭科の教員各 1,000 名（合計 2,000 名）、および高等学校の生物、家庭科、社会科の教員各 2,000 名（合計 6,000 名）に対してアンケートを行った（回答はすべて無記名方式）。

これによると、遺伝子組み換え技術に対する教員の意識は、ネガティブな傾向が強いという報告がまとめられている。このように現在の日本の教育現場では、遺伝子組み換え技術に対して正確な知識に基づく教育が十分にされないまま、逆にマイナスイメージが助長されている可能性も否定できない。生物以外の教科において、ＧＭを科学的に扱わない傾向にあるため、ＧＭ技術の科学的側面と社会的側面を関連付けて教えていないという。さらに、遺伝子リテラシー教育の必要性の認知と学習事項が確立されていない。つまり、現代社会を生き抜くための、技術立国の担い手を育むためのカリキュラムが存在しないと言える。

よって、社会全体として、科学的思考を身近なもの、文化の一つとして捉えることを促す教育が重要である。日常との関連性を意識することがなければ、科学や技術に関する興味も基礎的な知識体系も、また批判的精神もしっかりと構築されない。結果として、自らの適切な判断基準を持つことができず、風流に流されることになってしまう。

もし、私たちの教育を日本で実際に行うとしたら、総合の時間に話し合いのテーマとして組み込むことをしていけたらよい。

２　アメリカのＧＭ教育

米国の高等学校では、日本と比べて、基礎生物学からバイオテクノロジーまで幅広く、境界のない生物学を学べるのが特徴である。研究者と高校教員による共同カリキュラム、大学での高校教員のＧＭ教育トレーニングも積極的に行われている。また、大学・企業・高校の連携も密になされており、基礎・応用研究、カリキュラム開発などの環境も充実していることが挙げられる。

よって、ＧＭ教育において、米国では日本に比べ

て進歩しており、日本も取り入れるべき点があると考えられる。GMを理解するには、生物学の幅広い分野について理解しなければならない。同時に科学技術の応用面から社会の繋がりまでの広がりを考えている。

Ⅸ　研究仮説②

まず、GMに関する教育をGMに反対している国の学生を対象に行う。具体的には、12 歳から 14 歳の生徒（日本では、中学１・２年生に相当する）にGMについて調べる時間を設ける。各自でGMについて自由に調べ、レポートやパワーポイントの形でまとめる。まとめたものをクラス単位等で発表する。そこで意見交換をすることで自分の考えを深めることができる。そして最終的に、各々がGMに賛成か反対か結論を出す。

すると若い年齢層の人々はGMに関する正しい知識を持つかもしれない。正しい知識を持った人々の中から、GMに賛成する人も出てくることも考えられる。そういう人が増えたとしたら、GM作物を育てることも容易になり、飢餓国で育てることでその国の飢餓を救う可能性が見えてくるだろう。

Ⅹ　結論と考察

このようにオーストラリアの例からGM教育はGMの普及に対して良い効果をもたらすことが想定できる。このGM教育をアフリカなどの飢餓国だけでなく、世界全体に広めていくことでGMについての正しい知識を得て、GMに対する各々の考えが深まる。そうした上で、GMへの抵抗感も薄れ、普及に繋がるのではないだろうか。そこから、飢餓の現状を少しずつ改善していければよいのではないか。

謝辞

最後に、GMに関する研究にご協力いただきました秋田県立大学の我彦広悦教授、原光二郎准教授、アンケートに協力いただいた国際教養大学の学生の皆様、本校中等部生に心から御礼申し上げます。

注

１）低体重とは、出生時の体重が 2.5 キログラムの新生児を指す。

２）ハンガーマップにおける指標とは、国民から無作為に１人を抽出した場合に、その人が活動的で健康的な生活を送るために必要なエネルギー量を、食糧から摂取できていない確率を示している。

３）タンパク質を構成するアミノ酸の一種。

４）体内の細胞が参加するのを防ぐ酵素。

５）保湿性を持つ還元性を示さない二糖。

６）遺伝子組み換え植物の試験栽培を行うために一定の区画された一般環境を模した圃場のこと。遺伝子組み換え植物が自然に増殖することを防止するとともに、花粉などが圃場外の植物に影響を与えないように木々やフェンスに囲まれている。

参考文献

小島正美，『誤解だらけの遺伝子組み換え作物』，エネルギーフォーラム（2015）

ＪＩＣＡ「MDGs エム・ディー・ジーズを知っていますか？」https://www.jica.go.jp/tsukuba/topics/2010/docs/110202_01.pdf

Nature Climate Change，「サハラ以南のアフリカにおける農業の転換」（2016）https://www.natureasia.com/ja-jp/research/highlight/10556

農林水産技術会議，「組換え農作物早わかり Q&A」農林水産省農林水産技術会議事務局（1996）

鎌田博，「遺伝子組み換え技術の国民的理解に関する調査研究」（2009）

社団法人農林水産先端技術産業振興センター「遺伝子組み換え技術に関する意識調査結果についての報告書」(2006)

【参考資料 - アンケート】

遺伝子組み換え作物に対する意識調査

秋田南高校 G･I　グループ A4

私たちは SGH の活動で遺伝子組み換え作物を利用して飢餓を救えるかということについて研究しています。
遺伝子組み換えとは、その作物の用途に合う性質を持った遺伝子を別の作物の DNA の中に組み込むことを言います。
質の良い農作物を低価格かつ低負担で多く生産できるため、飢餓の解決に役立ちます。しかし現在、GM に対して否定的な意見を持っている人たちが多く、広めることが難しい状況です。
そこで、皆さんの意見をお聞きしたいと思いこの調査を行うことにしました。

１．　遺伝子組み換え作物を日本で育てることに賛成ですか？

はい　　・　　いいえ

２．遺伝子組み換えについて正しいと思うものをすべて選んでください。

1.日本では遺伝子組み換え作物の生産が認められていない（正）

2.普段私たちは遺伝子組み換え食品を口にしている（正）

3.日本において食品の中に遺伝子組み換え作物がはいっていることを明記する義務のある作物の種類は30品目である（誤）

4.ほとんどの清涼飲料水には遺伝子組み換えが行われたトウモロコシからできた糖が使われている（正）

5.遺伝子組み換え作物の生産、加工、輸出入はヨーロッパ(EU)において法律で禁止されている（誤）

３．遺伝子組み換え食品を食べることに賛成ですか？またその理由を答えてください。

はい　　・　　いいえ

理由：

４．遺伝子組み換えについてのイメージがあれば書いてください。

ご回答ありがとうございました。

The Potential of Food Education to Solve Obesity Problem

荒木関　輝，　小林　涼花，　佐々木　彩乃，　南條　佑佳
秋田県立秋田南高校　３年　Ｂコース１グループ

本研究では世界の肥満問題に注目した。特にアメリカ合衆国における実態は極めて深刻で、肥満者は増加傾向にある。私たちは、本研究の解決策として子どもの食育を提案する。食育は持続性の高い取り組みであり、子どもの頃に食生活の基盤を正しく築くことは将来の健康に繋がると考えた。私たちは日本の食育についてのフィールドワーク調査で得た情報を基に、世界に通用する食育のあり方を考えた。さらに、食育を普及させるために学生である私たちが今出来ることを考案した。

キーワード：肥満、食育、アメリカ、日本

Ⅰ　問題の所在

１　肥満とは

肥満は心臓病、心筋梗塞、脳梗塞をはじめとした、命にかかわる様々な病気の原因となるため、世界中で問題視されている。現在世界の肥満人口はおよそ 6 億 4100 万人である（NCD Risk Factor Collaboration, 2016）。最近では子供の肥満人口も増加しており、将来を担う彼らの健康への影響が懸念されている。

図１に示したのは、５か国の肥満人口率の推移である（OECD, 2017, Wiley Online Library, 2015, Yung Seng Lee, 2016 から作成）。

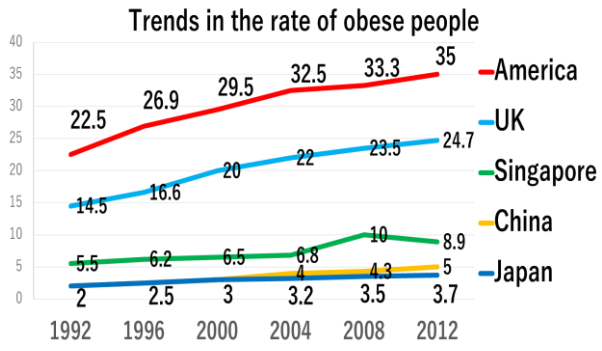


図１　諸国の肥満人口率の推移

２　アメリカの肥満問題

今回、私たちは上記のデータから、アメリカに焦点を当てて研究することとした。アメリカに注目した理由は、具体的な肥満の現状を知るために、肥満人口の多い国に焦点を当てる必要があったからである。そして、政治や経済、食文化などのあらゆる面で世界への影響力が大きいアメリカが肥満問題に取り組むことで、世界の肥満問題にも影響があると考えたからである。

(1) アメリカの肥満問題の背景

主な背景は、大量生産・大量消費をする文化と、ファストフードの低所得者層への急速な普及が挙げられる。

(2) アメリカで行われている肥満対策

アメリカで行われた肥満解決のための取り組みの一つとして、2012～2013 年に当時大統領夫人であったミシェル・オバマが行った給食改革がある。彼女は、給食のカロリー削減、全体量の減量をするほか、給食に使う食材を低カロリーのものに置き換えた。以下の写真（図２）が、彼女が提案した給食のメニューである。

図２　ミシェル・オバマの理想の給食（The Washington Post）

しかし、このようなメニューを実現できた学校は少なく、実際は次のような写真（図３、４）の給食が提供された。

図３　実際の給食（Daily Mail）

図４　実際の給食（The Political Insider）

ミシェル・オバマの給食改革は内容が極端で、運営を各学校に任せっきりにしたため、このような給食が提供されることとなってしまった（図３、４）。その結果、生徒たちは給食の代わりにお菓子を食べ始めてしまい、この改革は失敗に終わってしまった。

Ⅱ　研究仮説

私たちは、アメリカの肥満問題の現状を調べたうえで、日本の肥満率が低い理由は食育の充実にあると考えた。そこで、「アメリカの肥満問題を、食育を用いることで解決する」という仮説を立てた。以下は、私たちの考える食育の利点である。

(1) 食と健康に関する正しい知識の習得が可能。

(2) ダイエット食品などによる肥満解決方法は一時的な取り組みである一方、食育は持続可能な取り組みである。

(3) 子供時代に食育を行うことで、将来の食生活の基盤を築くことができる。

Ⅲ　調査

１　アメリカの食育の現状

始めに私たちは、アメリカの食育の現状を知るために、国際教養大学の留学生や、外務省のKAKEHASHI プロジェクトで本校を訪れたアメリカからの留学生 23 名、本校の ALT など、計 38 名のアメリカ人へのアンケートを実施した。ここでは以下の３つを取り上げる。

・質問１　学校で食育は行われていたか。
・質問２　給食はあったか。またその内容は何か。
・質問３　学校で食育を行うべきか。

結果は次のようになった（図５）。

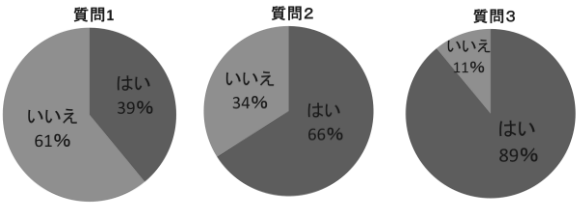


図５　アンケート結果

質問３で「はい」と回答した人の理由として、

・多くの知識を得ることができ、健康的な生活スタイルが築かれるから。
・食生活を見直すことができるから。
・今、私たちは体に良くない食品を多く消費しているが、それらの食べ物が体にどんな影響を及ぼすかわからないから。

などが挙げられた。

「いいえ」と回答した人の理由として、

・食育は行うべきだが、他の事に時間を割くべきだから。
・今のスケジュールでは無理があるから。

などが挙げられた。

このアンケート結果から、アメリカでは食育を行っている学校が少ないのにもかかわらず、多くの人が食育の重要性を感じていることが分かった。

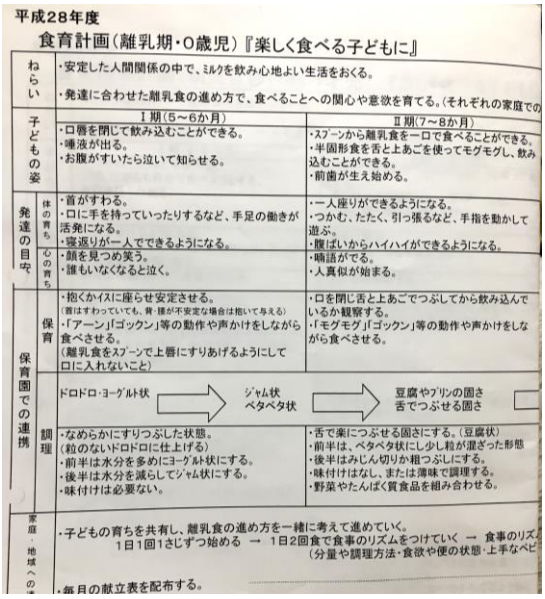
また、他の調査から、アメリカの学校での家庭科の年間平均授業時間は 3,4 時間であり、(FOOD DAY、2013)　昼食に給食を取り入れている学校では、ビュッフェスタイルが多いことも分かった。

２　日本の食育の現状

(1) 給食

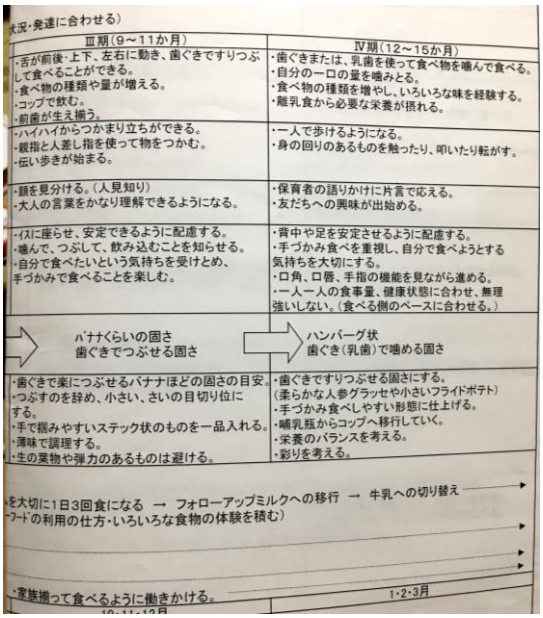
私たちは日本の食育の現状を知るために、フィールドワークとして、秋田市内にある幼稚園や保育園、公立小学校と中学校を訪問し、実態調査を行った（仁井田こども園、牛島ルンビニ園、秋田市立仁井田小学校、秋田県立秋田南高等学校中等部)。

日本では、公立の多くの小・中学校で給食があり、私たちが訪問したすべての施設でも給食や離乳食を提供していた。どの施設にも栄養士が勤務していて、献立のカロリーや栄養バランスを細かく調節していた。牛島ルンビ二園では、子供たちの年齢別に立てられた食育の年間計画を見せていただいた（図６、７)。


平成28年度
食育計画(離乳期・0歳児)『楽しく食べる子どもに』

		Ⅰ期(5～6か月)	Ⅱ期(7～8か月)
ねらい		・安定した人間関係の中で、ミルクを飲み心地よい生活をおくる。 ・発達に合わせた離乳食の進め方で、食べることへの関心や意欲を育てる。(それぞれの家庭での	
子どもの姿		・口唇を閉じて飲み込むことができる。 ・唾液が出る。 ・お腹がすいたら泣いて知らせる。	・スプーンから離乳食を一口で食べることができる。 ・半固形食を舌と上あごを使ってモグモグし、飲み込むことができる。 ・前歯が生え始める。
発達の目安	体の育ち	・首がすわる。 ・口に手を持っていったりするなど、手足の動きが活発になる。 ・寝返りが一人でできるようになる。	・一人座りができるようになる。 ・つかむ、たたく、引っ張るなど、手指を動かして遊ぶ。 ・腹ばいからハイハイができるようになる。
	心の育ち	・顔を見つめ笑う。 ・誰もいなくなると泣く。	・喃語がでる。 ・人真似が始まる。
保育園での連携	保育	・抱くかイスに座らせ安定させる。 (首はすわっていても、骨・腰が不安定な場合は抱いて与える) ・「アーン」「ゴックン」等の動作や声かけをしながら食べさせる。 (離乳食をスプーンで上唇にすりあげるようにして口に入れないこと)	・口を閉じ舌と上あごでつぶしてから飲み込んでいるか観察する。 ・「モグモグ」「ゴックン」等の動作や声かけをしながら食べさせる。
	調理	ドロドロ・ヨーグルト状 → ジャム状 ペタペタ状 → 豆腐やプリンの固さ 舌でつぶせる固さ ・なめらかにすりつぶした状態。 (粒のないドロドロに仕上げる) ・前半は水分を多めにヨーグルト状にする。 ・後半は水分を減らしてジャム状にする。 ・味付けは必要ない。	・舌で楽につぶせる固さにする。(豆腐状) ・前半は、ペタペタ状にし少し粒が混ざった形態 ・後半はみじん切りか粗つぶしにする。 ・味付けはなし、または薄味で調理する。 ・野菜やたんぱく質食品を組み合わせる。
家庭・地域への		・子どもの育ちを共有し、離乳食の進め方を一緒に考えて進めていく。 1日1回1さじずつ始める → 1日2回食で食事のリズムをつけていく → 食事のリズム (分量や調理方法・食欲や便の状態・上手なベビ ・毎月の献立表を配布する。	

図６　食育の年間計画


況・発達に合わせる)

Ⅲ期(9～11か月)	Ⅳ期(12～15か月)
・舌が前後・上下、左右に動き、歯ぐきですりつぶして食べることができる。 ・食べ物の種類や量が増える。 ・コップで飲む。 ・前歯が生え揃う。	・歯ぐきまたは、乳歯を使って食べ物を噛んで食べる。 ・自分の一口の量を噛みとる。 ・食べ物の種類を増やし、いろいろな味を経験する。 ・離乳食から必要な栄養が摂れる。
・ハイハイからつかまり立ちができる。 ・親指と人差し指を使って物をつかむ。 ・伝い歩きが始まる。	・一人で歩けるようになる。 ・身の回りのあるものを触ったり、叩いたり転がす。
・顔を見分ける。(人見知り) ・大人の言葉をかなり理解できるようになる。	・保育者の語りかけに片言で応える。 ・友だちへの興味が出始める。
・イスに座らせ、安定できるように配慮する。 ・噛んで、つぶして、飲み込むことを知らせる。 ・自分で食べたいという気持ちを受けとめ、手づかみで食べることを楽しむ。	・背中や足を安定させるように配慮する。 ・手づかみ食べを重視し、自分で食べようとする気持ちを大切にする。 ・口角、口唇、手指の機能を見ながら進める。 ・一人一人の食事量、健康状態に合わせ、無理強いしない。(食べる側のペースに合わせる。)
バナナくらいの固さ 歯ぐきでつぶせる固さ → ハンバーグ状 歯ぐき(乳歯)で噛める固さ	
・歯ぐきで楽につぶせるバナナほどの固さの目安。 ・つぶすのを辞め、小さい、さいの目切り位にする。 ・手で掴みやすいステック状のものを一品入れる。 ・薄味で調理する。 ・生の葉物や弾力のあるものは避ける。	・歯ぐきですりつぶせる固さにする。 (柔らかな人参グラッセや小さいフライドポテト) ・手づかみ食べしやすい形態に仕上げる。 ・哺乳瓶からコップへ移行していく。 ・栄養のバランスを考える。 ・彩りを考える。
を大切に1日3回食になる → フォローアップミルクへの移行 → 牛乳への切り替え フードの利用の仕方・いろいろな食物の体験を積む)	
・家族揃って食べるように働きかける。	1・2・3月

図７　食育の年間計画

離乳期では、子供たちの発達段階を四つの時期に分けて、それぞれの段階に合わせた食べ物の柔らかさや量などの調理基準、そして子供たちが手や口を使ってどのように食べるかが細かく記載されている。このような食育年間計画は０歳から６歳まで、それぞれの年齢に合った計画が同様に立てられていた。

給食では、子供たちに楽しく食べてもらえるようにどの施設でも様々な工夫をしていた。地元でとれた食材や季節に合った食材を使って、和食か

ら中華、洋食などの幅広い料理が提供されていた。先生方は子供たちに食材の名前や豆知識を教えることで食べ物への興味を持たせ、好き嫌いのある子供たちにはコミュニケーションを積極的に取り、少しずつ食べられるように対応していた。

(2) 学校行事等

また、子供たちの食に関する興味や関心をさらに深めるために、年間にわたって多くの行事が実施されていた。以下は、仁井田こども園での取り組みである。

春　じゃがいも植え、ふきっこ集会
夏　じゃがいも掘り、大根の種まき、稲刈り、
　　おにぎりパーティー
秋　さつまいも掘り、りんご狩り、
　　ふきっこ集会、大根掘り
冬　餅つき、豆まき

これらの中から、二つの行事を具体的に紹介する。一つ目は、おにぎりパーティーである。この活動は、園児が栽培、収穫したお米を使って、年長クラスの園児が下級生のためにおにぎりを作り、みんなで食べる活動である。二つ目は、ふきっこ集会で、この活動は、農家の方々が秋田の名産である蕗について紹介する行事である。その日の給食に蕗を取り入れることで、子供たちの地元の食材への関心が高まる。

このほかにも、子供たちに食べ物に関する絵本や紙芝居を読み聞かせて楽しみながら食に関する知識を学ばせていた。また、給食だよりには毎日の献立のほかに、行事に合わせた食べ物についての豆知識、保護者向けに調理法が紹介されている（図８）。

(3) 家庭科の授業

日本の小学校、中学校、高校では家庭科の授業が必須であり、授業や調理実習（図９）を通して食の基本知識や技術を身に付けることができる。家庭科の教科書には、調理器具の使い方、食材の切り方、だしの取り方などが詳しく載っている（図10、11）。

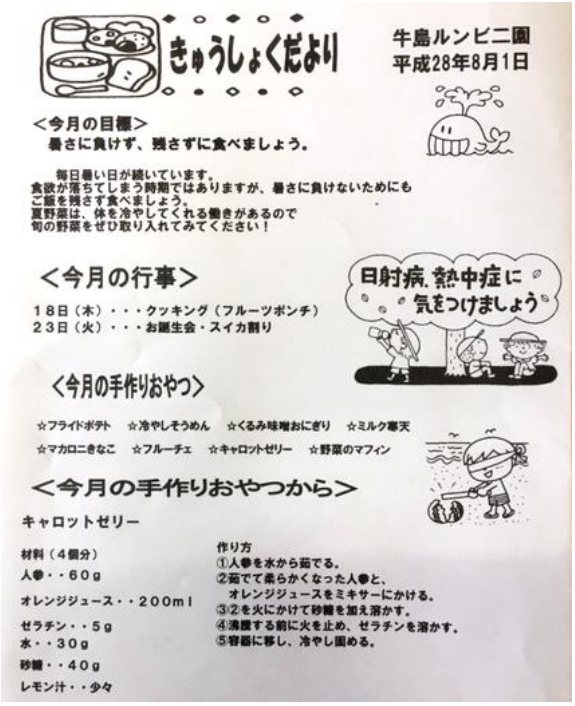

きゅうしょくだより
牛島ルンビニ園
平成28年8月1日
＜今月の目標＞
暑さに負けず、残さずに食べましょう。
毎日暑い日が続いています。
食欲が落ちてしまう時期ではありますが、暑さに負けないためにも
ご飯を残さず食べましょう。
夏野菜は、体を冷やしてくれる働きがあるので
旬の野菜をぜひ取り入れてみてください！
＜今月の行事＞
18日（木）・・・クッキング（フルーツポンチ）
23日（火）・・・お誕生会・スイカ割り
日射病、熱中症に気をつけましょう
＜今月の手作りおやつ＞
☆フライドポテト　☆冷やしそうめん　☆くるみ味噌おにぎり　☆ミルク寒天
☆マカロニきなこ　☆フルーチェ　☆キャロットゼリー　☆野菜のマフィン
＜今月の手作りおやつから＞
キャロットゼリー
材料（4個分）
人参・・60g
オレンジジュース・・200ml
ゼラチン・・5g
水・・30g
砂糖・・40g
レモン汁・・少々
作り方
①人参を水から茹でる。
②茹でて柔らかくなった人参と、
　オレンジジュースをミキサーにかける。
③②を火にかけて砂糖を加え溶かす。
④沸騰する前に火を止め、ゼラチンを溶かす。
⑤容器に移し、冷やし固める。

図８　保護者への配付物（給食だより）

図９　秋田南高校中等部での調理実習の様子

図 10　高校家庭基礎の教科書の一部（実教出版）

図 11　高校家庭基礎の教科書の一部（実教出版）

フィールドワークより、日本では日頃から子供たちが食に身近に触れることのできる環境が整えられており、食育は学校、家庭、地域との連帯によって成り立つものであることが分かった。そして、様々な食育活動によって、日本ならではの食文化に触れることができ、より豊かな食生活にすることができる。

Ⅳ　結論

これらの調査から、食育はそれぞれの地域に根付く独自性のあるもので、さまざまな食育のかたちがあることがわかった。アメリカで充実した食育環境が整えられると、３つのメリットが生まれると私たちは考える。一つ目は、食に関する知識や食事を選択する力を身に付けることで、アメリカのビュッフェ式の食事において、栄養の偏った食事を改善することができることである。二つ目は、野菜作りなどの体験型の食育で、一から食材の育てることで、加工食品を中心とした食生活の中でも、食に対するありがたみを感じることができるようになることである。三つ目は、調理実習を通して基本的な調理技術を身に付けることで、アメリカの一日の平均調理時間、27 分という数値が改善されることが期待され、食費を抑えることにもつながる（メンツェル，ダルージオ，2012)。

様々な食育活動を継続して行うことで、上記のメリットも明確に表れ、健康的な食習慣は今の世代だけにとどまらず、次世代へも受け継がれていくだろう。以上の点から、私たちは、食育はアメリカの肥満を解決する手助けとなるだろうと確信している。

ここで、重要な点が一つある。食育をアメリカで受け入れられるためには、アメリカの文化とアメリカが行っている活動を尊重、支援していく態勢をとることである。日本の食育をそのままアメリカで行うのではなく、アメリカに適した食育のかたちにするために、私たちがアメリカ人に食育の大切さを伝え、アメリカでの食育の場を増やすことが重要である。アメリカは他国よりも国際的な国で、多様な民族・人種がおり、多くの文化が混ざり合っている。このことを活かして、他地域・他民族の伝統料理などについて学びなど、グローバルな視点から食について学ぶことができる。これは、アメリカだからこそできる食育のかたちであると言える。

次に、焦点を世界に戻して考える。

食育が、世界への影響力の大きいアメリカで普及し肥満問題の解決策となれば、食育は世界でも認められ肥満問題を解決へと導く手段になると考えられる。私たちの研究は、アメリカでの肥満問題の解決を第一歩として考え、最終目標は世界の肥満問題を解決することである。アメリカで食育を行うことで肥満問題が解決に近づくことが出来たら、その結果は、各国にも良い効果をもたらすだろう。

最後に、私たちが今できることは、「食育の価値を世界に広めること」である。高校生である私たちにとって、世界各国で食育を行うための経済的な補助について考えることは難しい。それでも、食育への関心を高めてもらい肥満の解決策として取り入れてもらうために、世界中に食育の価値を広めていきたい。以下は、現時点で実行可能な活動と実際に行った活動である。

・食育に関する情報や低価格で作れる健康的な食

事をＳＮＳで発信する。

・１つの食べ物が作られるまでの過程を追った動画をＳＮＳ等で発信。または海外の子供たちにその動画を見せる。
・私たちのプレゼンテーションを、国際教養大学や秋田に訪れた留学生に向けて発表する。
・海外の食に対する意識や食育の現状を知るため、留学生やALTなどにアンケートを行う。

これらは極めて小さな活動であるが、まずは私たちが積極的に動かなければ何も始まらない。

子供たちへの食育がアメリカの肥満問題を解決へと導き、さらには世界中の子供たちがより健康的な生活を送れるようになることを願う。

- No one should cry,
  No one should die from obesity -

謝辞

秋田県立大学生物資源科学部吉澤結子教授をはじめとして、同大学の先生方には研究のご指導をいただき、大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

また、アンケートなどにご協力いただいた国際教養大学の皆さま、フィールドワークでお世話になった仁井田こども園、牛島ルンビニ園、仁井田小学校、秋田南高校中等部の先生方、栄養士の皆さまと児童生徒の皆さま、貴重なご助言をくださった秋田市企画調整課、学校教育課、特定健診課の皆さま、本校ＡＬＴの先生方や留学生の皆さま、さらにお忙しい中、研究発表にご協力いただいた、秋田県教育委員会主催Super English Campの参加者・関係者の皆さまにも、謹んでお礼申し上げます。

今回の研究を通して、ＳＧＨ甲子園やグローバル・リンク・シンガポールなど、たくさんの外部発表会にて発表する機会をいただくことができました。これらの大会では、素晴らしい賞をいただくことができたほか、様々な方の食育や食に対する意識や考え方を学ぶことができ、私たちの研究をより深めることができました。このような経験ができたことを心から誇りに思うとともに、これまでお世話になったすべての方々に感謝申し上げます。

参考文献

NCD Risk Factor Collaboration, Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014, THE LANCET, Vol.387, No.10026, p1377-1396 (2016)

OECD 「Obesity Update 2017」(2017)

Wiley Online Library, Xuezheng Qin, Jay Pan,「The Medical Cost Attributable to Obesity and Overweight in China: Estimation Based on Longitudinal Surveys」Health Economics, Vol.25, Issue.10, pp.1291-1311 (2015)

Yung Seng Lee, Health Promotion Board-Ministry of Health Clinical Practice Guidelines:Obesity, Singapore Medical Journal. 2016 Jun; 57(6): pp.292-300.2016

CHILDREN'S DIETS: a prescription for ill health, FOOD DAY, (2013)
http://www.foodday.org/infographic

ピーター・メンツェル, フェイス・ダルージオ（池田美紀訳）,『地球のごはん　世界30か国80人の“いただきます！”』, TOHO出版 (2012)

The Washington Post, Michelle Obama's school lunch agenda faces backlash from some school nutrition officials (2014/05/30)

Daily Mail, 'I'll never forgive Michelle Obama for this school lunch': Students sick of smaller,

healthier portions take to social media to rail against First Lady's pet project (2014/04/07)

The Political Insider 「Families Are Outraged to See Michelle Obama-Approved School Lunches」(2014/10/20)

家庭基礎教科書『生活学 Navi 資料＋成分表』, 実教出版 (2016)

シエラレオネの小学校にグアバを普及させることで、栄養不足を改善し、平均寿命を上げる

太田　有紗，　工藤　睦未，　佐藤　百萌，　篠木　春菜
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｂコース２グループ

私たちは世界で最も平均寿命の低いシエラレオネの平均寿命を引き上げたいと考えた。そこでまず、シエラレオネの人々の平均寿命が低い理由として、ビタミンＣが不足し栄養不足になっているという問題に注目した。その後フィールドワーク先で、バランス良く栄養改善するためにはアミノ酸も欠かせないとアドバイスをいただき、ビタミンＣとアミノ酸の２つの摂取量を増やすために研究を行った。研究の結果から、グアバの栽培によるビタミン摂取と、魚の養殖によるアミノ酸摂取が効果的であると考えた。アミノ酸については、JICA が、私たちが考えたものと同じ方法での支援をすでに行っていることが分かった。ビタミンについては、シエラレオネの小学校就学率の高さを生かし、グアバを小学校で栽培し、より広く普及させる方法を提案する。

キーワード：シエラレオネ　栄養不足　ビタミンＣ　アミノ酸

Ⅰ　研究の動機

シエラレオネは、アフリカ大陸にある共和国で、世界一平均寿命が低い国である。男女平均寿命は 45.6 歳であり、日本の 83.9 歳に比べ、実感がわかないほどの低さである。この国では、約 10 年間にわたる内戦で、たくさんの人々が亡くなり、施設が失われた。この内戦によって、政治が不安定になり、経済が悪化して十分に食物を得ることができなくなった。また、土壌が荒らされたために、食物の生産が滞り、栄養不足に陥っている。このことから私たちは、どの点にどのようなアプローチをすることでこの国の栄養不足を改善し、平均寿命を上げることができるのかについて研究した。

Ⅱ　シエラレオネの基本情報

シエラレオネ共和国は、西アフリカに位置する国である。面積は日本の約５分の１（7.2 万㎢）と小さいが、そこには約 632 万人の人々が暮らしている。首都はフリータウンで、公用語は英語だが、国内には、テムネ族、メンデ族、リンバ族などたくさんの民族が存在しているため、いろいろな言語が使用されている。また、イスラム教徒が 65%、キリスト教徒が 25%、伝統的宗教徒が 10%と、信仰宗教も多様な多民族国家である。1930 年にダイヤモンドが採掘されたことをきっかけに、1960 年にイギリスから独立して以降、ダイヤモンドやボーキサイトなどの鉱物の輸出で国力の上昇を目指した。しかし、それらの資源をめぐる内戦によって政治体制が不安定になり、教育制度の破壊や１人当たりの国内総生産が 675US ドル（2015）で世界平均の 10%を下回るなど、国力の上昇につなげることは難しかった。生活水準が極端に低くなったことから、平均寿命が男性は 45.3 歳、女性は 45.8 歳と世界最下位で、とても深刻な問題となっている。

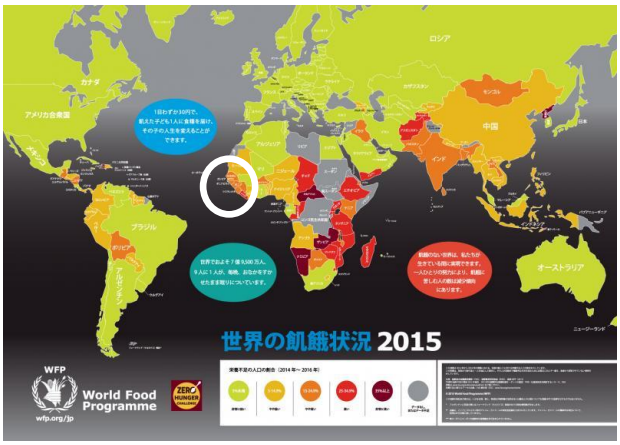
Ⅲ　問題点

シエラレオネの人々の平均寿命が低い原因は、先にも述べたが、おもに内戦によるものである。シエラレオネでは 1991 年から 2002 年頃まで、反政府勢力と政府軍によるダイヤモンド鉱山の支配権をめぐる内戦が約 10 年間続き、7 万 5000 人以上の死者と約 36 万人の難民を出した。内戦はすでに終わっているが、次のような多くの社会問題を残した。

まず、内戦により政治が不安定になったことで雇

用が減り、失業者が増加した。そのため、経済状況が悪化して１人当たりの国内総生産も大幅に減少し、国民は十分な食料や医療を得ることが困難となった。また、内戦で土地が荒れ、労働力不足から土地が耕されなかったために土壌も悪くなり、作物が育ちにくくなった。その結果、栄養不足人口が増え、子供たちが大人になる前に飢餓で死んでしまうような環境になってしまい、平均寿命がこれほどまでに低くなった。

図１は、世界各国の栄養不足人口の割合を示したものである。凡例の区分は左から「非常に低い（２％未満）、やや低い（2～14.9％）、やや高い（15～24.9％）、高い（25～34.9％）、非常に高い（35％以上）、データなしまたはデータ不足」となっている。シエラレオネ（図１の丸で囲まれている部分）は、「やや高い（15～24.9％）」に属しているが、幼児の急性栄養失調は 6.9％、５歳以下の幼児の 34.1％が慢性的に低栄養（外務省）と、栄養状態が非常に良くないことが見てとれる。



（国連 WFP より，2015）

図１　世界の飢餓状況

このように、約 10 年間続いた内戦が平均寿命の低下を招く要因の１つとなった。政治の不安定さや失業者の問題は政府や国の政策で改善していくべき大きな問題であり、私たちが関与するのは非常に難しい。しかし、栄養状態の改善策について提案することは、私たちにもできることである。そこで「栄養不足」に注目し、栄養状態の改善のために、不足している栄養素を補うための方策を現地の人々に提供したい。現地の人が自分たちで栄養のある食料を確保できるようになれば、平均寿命は今よりも高くなると考える。

私たちは現在のシエラレオネの食生活について調べた。図２はシエラレオネの一般的な食事の写真である。この食事は日本人の旅行者がシエラレオネの一般家庭に滞在したときに出されたものである。この写真から、パン、スパゲッティ、お粥のようなものが食べられていると推測できる。この他にデザートとして少量ながらパイナップルやマンゴーを食べていたそうだ。サイトの執筆者によると、シエラレオネの市場では揚げた魚やプラサスと呼ばれるマニオク（キャッサバの異称）の葉を煮込んだ料理が店頭で売られていたそうだ。

これらのことから、シエラレオネの人々の食生活には野菜が不足していることが分かる。野菜が不足しているということは、同時にビタミンが不足しているといえる。

（GoogleTrend.net より）

図２　シエラレオネの食事

Ⅳ　仮説

私たちはシエラレオネの栄養不足の現状について調べ、ビタミンが不足しているということを知った。そして、ビタミンを豊富に含み、なおかつシエラレオネの熱帯の気候でも育つ作物を調べた。すると、１つの果実にレモン２つ分ものビタミンＣを含み、ハワイや西オーストラリアなどの熱帯で育てられている、グアバを見つけた。そこで私たちは、グアバの育て方や食べ方などを現地の人々に教え、小学校でそれを実践してもらうことを提案する。それによって家庭にもグアバが広まり、ビタミンＣを中心としたビタミンの摂取量が増え、ビタミン不足を解決できるのではないかと考えた。

Ⅴ　調査結果

１　栄養不足について

私たちは、栄養不足について詳しく知るために、２年生の夏休みにフィールドワークで秋田栄養短期大学を訪れた。そこで栄養学科准教授の坂本寛先生にお話を伺うことができた。私たちの研究内容を簡単に説明すると、栄養不足の人は三大栄養素（炭水化物・脂質・タンパク質）を積極的に摂取するべきだということを教えてくださった。坂本先生によると、ビタミンＣが不足しているのなら、それが豊富なグアバを提供すればいいというのは良い考えだが、グアバだけではたとえビタミン不足を解決できたとしても、栄養不足までは解決できないだろうということだった。そして、シエラレオネは海に面しているのだから、魚をたくさん食べることができれば、三大栄養素の１つであるタンパク質を構成する「アミノ酸」を摂取することができ、それによって栄養不足を解決できるのではないかと教えていただいた。また、スライドや資料を使って、私たちに栄養不足とはそもそも何なのか、飢餓とは何か、WFP（世界食糧計画）について、微量栄養素についてなど、多くのことを分かりやすく説明していただいた。

栄養不足とは、ある栄養素が欠けている状態のことである。たとえ十分な量を食べていたとしても、その食糧に１日当たりの栄養所要量を満たす適切な量の微量栄養素が含まれていなければ、栄養不足になってしまうのだという。微量栄養素とは、微量であっても人の発達や代謝機能を適切に維持するために必要なビタミンやミネラルのことである。

栄養不足になると、成長したり病気に対して抵抗したりする正常な身体の働きが弱まる。また、乳幼児期の場合、栄養不足は身体および精神の発達を阻害し、回復不可能に近いまでのダメージを与えることになる。これを改善するために国連 WFP は、栄養不足になってしまった人々に必要な食糧と栄養素・微量栄養素を提供すると同時に、栄養不足の防止にも力をいれ、栄養状態の改善をはかっているそうだ。やはりここでもキーワードとなってくるのが微量栄養素である。世界保健機関（WHO）によると、ミネラル（鉄分・亜鉛）やビタミンＡの欠乏は、開発途上国の疾患による 10 大死因に含まれているという。鉄分欠乏は知能発達を遅らせ、ビタミンＡ欠乏は、はしか・麻疹・マラリアによる死亡のリスクを高める。しかし、それら全てを私たちが支援してシエラレオネの人々に供給するというのは現実的ではなく、とても困難である。だからこそ、グアバによるビタミンと魚の養殖によるアミノ酸を支援するべきだと坂本先生はおっしゃった。その２つなら無理のない範囲で、必要な栄養素を補うことが出来るのだそうだ。

坂本先生のアドバイスをもとに、私達はグアバによるビタミンＣに加え、魚の養殖によるアミノ酸の支援を主として考えていくことにした。

２　ビタミンＣとグアバ

(1) ビタミンＣについて

そもそもビタミンとは、生物の生存・生育に必要な栄養素のうち、三大栄養素（炭水化物・脂質・タンパク質）以外の有機化合物のことである。私たちの体やエネルギーは三大栄養素から作り出されるが、これらだけでは健康を維持することはできず、必ずビタミンやミネラルが必要になってくる。しかし、ビタミンには体の中でほとんど合成することができないという特徴があり、主に食料から摂取しなくてはならない。１日の必要な摂取量はわずかだが、ビタミンが不足すると、ビタミン欠乏症とよばれる疾病や成長障害が起こる。その例として脚気が知られている。脚気はビタミンＢ１の欠乏・不足によって起こる。症状は、初期には食欲不振や倦怠感を感じ、しだいに足のしびれ、動悸、感覚麻痺がおこり、そのまま放置すると、心不全をおこして死にいたることがある。

ビタミンＣは別名アスコルビン酸と呼ばれる水溶性のビタミンである。酸化防止剤として食品に使われることも多い。また、コラーゲンの合成に深く関わっている。コラーゲンは皮膚の材料となるだけでなく、筋肉や内臓を維持するにも欠かせないものである。そのため、ビタミンＣを欠いた食事を続けていると正常なコラーゲン合成ができなくなり、壊血病を引き起こす。壊血病とは、毛細血管が脆弱となり、全身の皮下、歯肉、関節内に出血が起こりやすくなる病気である。生活を改善しないと、最悪死にいたる危険がある。

ビタミンＣは他にも、免疫力を高めたり、鉄の吸

収を助けたりするなど、私たちの健康のためになくてはならない栄養素である。また、加熱に弱く、加熱すると空気中の酸素や水分との反応が促進され、分解されやすくなるという特徴もある。

(2) グアバについて

グアバは、熱帯アメリカ原産で主にハワイや西オーストラリアなどで栽培されている熱帯果樹である。土壌を選ばず比較的栽培しやすいのが特徴である。原産地の熱帯アメリカでは紀元前 800 年頃から食されていると言われ、「熱帯のリンゴ」と呼ばれるほどビタミンが豊富に含まれている。特にビタミンCが非常に多く、グアバ 0.2 個で１日に必要なビタミンCを補えるほどである。下の表１は、可食部 100g あたりに含まれるビタミンCの量を、ビタミンCが豊富な他の果物と比較したものである。

この表からも、100ｇあたりのビタミンCが他の果物と比べてグアバが多いことがわかる。

表１　可食部100gあたりのビタミンC含有量

グアバ	220mg
ゆず	160mg
キウイフルーツ	140mg
レモン	100mg
柿	70mg

（果物情報サイト　果物ナビより）

３　アミノ酸と養殖

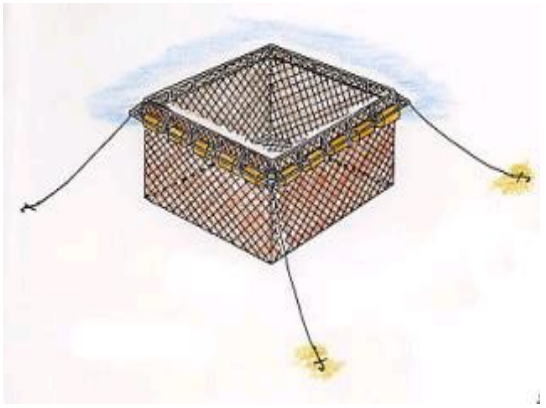
(1) アミノ酸について

アミノ酸はタンパク質を構成するため、体の皮膚、内臓、血管など、私たちの体の約 20％を構成していると言える。人間の体を構成するアミノ酸は全部で 20 種類あり、必須アミノ酸と非必須アミノ酸に分けられる。必須アミノ酸とは、体内で合成することができないもので、体外から摂取しなければならない。非必須アミノ酸とは、体内で合成されるため、体外から摂取する必要のないものである。これらのアミノ酸が不足すると成長が阻害されたり、筋力が低下したりする。それにはヒスチジンというアミノ酸が大きく関わっている。ヒスチジンは大人にとっては非必須アミノ酸であるが、子供にとっては必須アミノ酸であり、成長の促進、神経機能の補助などの効果がある。これらが不足すると、子供の成長阻害に繋がる。子供は体内でヒスチジンが合成できず、ヒスチジン不足によって引き起こされる成長阻害は非常に大きい。成長促進に効果があるアミノ酸は他にバリン、トレオニン（スレオニン）、イソロイシンなどがある。

これらのアミノ酸を多く含む食品に卵と魚介類、肉類、乳製品が挙げられる。卵、肉類、乳製品はいずれも牛や豚、鳥から作られる。シエラレオネの人口の約６割はイスラム教徒であり、ハラール法（イスラム教徒が特殊な方法で行う）で調理された肉以外は食べられないため、私たちが支援することは難しい。そこで、私たちは魚介類に注目した。シエラレオネは以前、乱獲によって魚の量が減少した時期があり、魚を漁で手に入れることは生態系の崩壊を招く可能性があると考えた。そこで、養殖の技術を伝えられないかと考え、養殖に適する魚を探すことにした。

(2) 養殖について

養殖は給仕養殖、無給仕養殖と大きく２つに分けられている。給仕養殖とは人間が育てる魚に餌をやり、育てる養殖方法で、主に魚やエビに利用される。無給仕養殖とは、私たちが手をかけず、海水中のプランクトンなどを餌として利用するもので、主に貝類や藻類などに利用される。給仕養殖は網仕切式、流水式、循環ろ過式など数多くあるが、これらは施設内での養殖となるため、施設の建設費用が多くかかってしまう。そのため、私たちは小割り式養殖を利用しようと考えた。小割り式養殖とは水面に角型などに作った網を浮かべ、その中で養殖をおこなう方法である（図３）。



（香川の漁具漁法より）

図３　小割り式養殖の形態

その網を固定する枠は、竹や木・鉄鋼・ゴム・FRP（繊維強化プラスチック）・アルミなどであるが、一般的には安価で強度があり加工もしやすい鋼製のものが主流である。それら全体をフロートで海に浮かべる。網は化繊網、金網、亀甲網があるが、１番耐久年数の長い亀甲網が良いと考えた。

養殖する魚の種類として、ナイルテラピア（Nile tilapia）が良いと考えた。この魚は、ニジェール川系を中心にアフリカ大陸西部、タンガニイカ湖以北のナイル川水系を原産地とする魚である。この魚は低温に弱いことを除けば環境適応能力が非常に高い魚である。高水温にも耐え、酸欠にも強く、海水の２倍の濃さの塩水にも対応できるのだ。ナイルテラピアは淡水魚であるが、前述の通り海水の２倍の塩水にも対応できるため、海水での飼育は可能である。現に、オーストラリアのサンゴ礁にまでこの魚は住みついており、中国では海水での養殖が確認されている。また繁殖力が非常に強く、沖縄の都市型河川や原生林近くの川でも多数目撃される。知名度は低いものの、味が良い魚であり、日本では「イズミダイ」という名で市場に出荷されている。

４　シエラレオネの小学校について

表２は就学年齢者に対する初等学校への入学率を示したものであるが、就学年齢ではない者の入学も含むため 100%を超える場合がある。貧困など様々な事情により就学年齢より遅れて入学するケースのほか、再入学も含まれる。

シエラレオネでは、表２の通り、就学年齢以外を含む小学校入学率が非常に高く、世界８位である。そのため、小学校でグアバの栽培を行えば、シエラレオネの多くの人がグアバを栽培する経験ができ、家庭へも浸透し、ビタミンの摂取量が上がると期待できる。

表２　シエラレオネの初等学校入学について

小学校入学年齢	６歳	2013 年
小学校就学期間	６年	2013 年
小学校入学率	131.49%	2012 年
小学校入学率（男性）	132.23%	2012 年
小学校入学率（女性）	130.76%	2012 年

※入学率は、就学年齢以外の者を含む

（国際統計格付センター世界ランキングより）

Ⅵ　仮説の検証

私たちの考えは、シエラレオネが世界で最も平均寿命が低い原因の１つである栄養不足を解決するために、グアバの栽培と魚の養殖を自給的に行えるようになるまで支援すれば良いのではないか、というものだ。平均寿命が低い原因には他にも、長く続いた内戦による政治的・経済的な面での問題があるが、それを私たちが解決するのは現実的でないため、解決可能な栄養の面から考えることにする。

１　グアバの栽培について

グアバはビタミンＣをはじめとしたビタミンなどの栄養素が非常に豊富であり、熱帯の国々で食用として栽培されている。このことから、ビタミン不足を解消するためにシエラレオネで食用として栽培するのに適当であると考えられる。また、生育適温が 23～30℃なのに対し耐寒温度は０℃と気候の変化に強く、比較的栽培しやすい果樹であるので、シエラレオネの人々も栽培しやすく、将来的に自給することも可能であると考えられる。

問題点としては、誰がグアバの栽培方法を教えるなどの支援をするか、である。日本からもシエラレオネに対して支援はしているが、主に経済的な面が中心である。また、グアバを育てる環境が日本には少ないため、栽培方法を現地で教えるとなると難しくなってくる。

そのため、日本の農業従事者が支援するのではなく、グアバを栽培している熱帯の国々の農業従事者にシエラレオネへの技術支援をしてもらうという案を考えた。現在シエラレオネでもグアバは栽培されているが、他の国の新しい技術を取り入れることで今より効率よく栽培し、ビタミンの摂取量を上げられると考える。

また、就学率の高い小学校から普及させることで、グアバの栽培方法を学んだ子供達が家庭に持ち帰り、より多くの家庭にグアバが浸透し、ビタミンの摂取量が高まると考える。

２　魚の養殖について

シエラレオネの人々は半数以上がイスラム教徒であり、食べることのできる肉類に制限があるため、アミノ酸を摂取する手段として肉よりも魚のほうが適当であると考えられる。また、シエラレオネは海に面しているため魚の養殖は可能である。私たち

が注目しているナイルテラピアという魚は、前述の通り生命力が強く熱帯の海でも十分に生きていくことができ、その繁殖力の強さから養殖にも向いていると言える。

問題点は、小割り式養殖を行う場合、養殖場を整備する費用と、その設備を何度か交換する費用が必要となるが、それを誰が出すのかということと、ナイルテラピアの繁殖力の強さが仇となり、繁殖しすぎて周囲の生態系へ悪影響を及ぼしてしまう可能性があるということだ。さらに、JICA（独立行政法人国際協力機構）の取り組みでは簡単であまり費用がかからない小規模養殖技術の指導を行っており、ナイルテラピアも指導の対象となっている。この取り組みでは海ではなく養殖池でナイルテラピアを育てており、この方法だと魚が脱走し、周囲の生態系に影響を及ぼす可能性が少ない。私たちが考えた養殖方法よりも費用が安く、また、団体として行っている活動であるため、確実性がある。

Ⅶ　結論と考察

私たちは、シエラレオネの平均寿命を上げるためには栄養不足を解決することが必要であり、そのために、不足しているアミノ酸とビタミンをより多く摂取しなくてはならないと考えた。

アミノ酸については前述の通り、JICA が既に養殖についての十分な支援を行っている。

ビタミンについては、グアバという熱帯果樹の苗木をシエラレオネの小学校に送り、私たちが小学校で朝顔などを育てたように、グアバの苗木を育ててもらうという提案をする。シエラレオネの小学校への入学率は高く、グアバをたくさんの人に供給できる機会であると考えた。グアバは苗木から実をつけるまで約２～３年かかるが、実がつくようになると毎年収穫できる。その収穫したグアバを学校の皆で食べたり、家に持ち帰って家族と食べたりすることで、グアバにより親しみやすくなり、ビタミンの摂取量が上がると考える。また、苗木を送るのみでなく、送る際に育てる上での注意や食べ方についての説明を書いてある紙を一緒に添えることで、シエラレオネの人々がグアバについての知識を深められると考える。

私たちが提案した方法を活用し、他の国の人々も救える可能性がある。私たちの活動でより多くの人々が飢えや栄養不足で苦しまず、笑顔で生活できるようにこれからも探究を続けていこうと思う。

謝辞

最後に、これまでの探究で資料を提供してくださった秋田栄養短期大学栄養学科准教授の坂本寛先生、助言をいただいた秋田県立大学生物資源科学部教授の吉澤結子先生をはじめとするたくさんの先生方に感謝を申し上げます。

参考文献

高嶋四郎,『原色　日本の野菜図鑑』, 保育社 (1964).

『データブックオブ・ザ・ワールド 2016』, pp.278-279, 二宮書店 (2016).

外務省ホームページ「シエラレオネの基本情報」
http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/s_leone/data.html#section1

紛争ダイヤモンドとシエラレオネ「シエラレオネの地理」
http://crystalfarm.jp/mineral/index.html

痩せ TECH ホームページ「必須アミノ酸とは？種類ごとの効果や多く含む食品＆不足による症状」
https://yase.tech/3952.html

トロピカルフルーツネット「果樹栽培ガイド　グアバ」
http://tropikalfruit.net/plantguide/guava.html

水産省「平成 25 年度 水産白書」第１部 第Ⅰ章 第１節 (3) 様々な養殖の方法 (2013)
http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h25_h/trend/1/t1_1_1_3.html

近畿大学水産研究所
http://kindaifish.com/index.html

香川県農政水産部水産課ホームページ「香川の漁具漁法」
http://www.pref.kagawa.jp/suisan/gyogugyohou/yousyoku/hamati/hamati.htm

市場魚介類図鑑ホームページ「ナイルテラピア」
https://www.zukan-bouz.com/syu/%E3%83%8A%E3%82%A4%E3%83%AB%E3%83%86%E3%83%A9%E3%83%94%E3%82%A2

国連 WFP ホームページ「飢餓について　世界の飢餓状況」
http://ja.wfp.org/hunger-jp/map

国際統計格付センター「平均寿命ランキング」
http://top10.sakura.ne.jp/IBRD-SP-DYN-LE00-IN.html

ONIGIRI でドイツの肥満を改善し食生活を救う

工藤　菜々美，　下村　はる乃，　中村　莉子，　福田　将平，　横澤　日菜
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｂコース３グループ

本研究では、ドイツの肥満問題において、「健康スナック」としてのおにぎりを活用して食生活を改善することの有効性について述べる。ドイツの食は、日本に比べ摂取カロリーが多く、脂質の割合が高い。このような日本とドイツの食生活の違いを比較し、肥満の原因を調べた。その結果、おにぎりをファストフードの代わりにすることで、食事における摂取カロリーが抑えられることが分かった。また実際に留学生におにぎりを食べてもらい、ドイツ人がおにぎりを手に取りやすいような、健康面のカロリーなど数値的なものだけでなく、長く食べ続けられる、現地の人に合った案も考案した。日本食代表である「米」が世界の肥満問題解決の糸口となるであろう。

キーワード：おにぎり、ドイツ、食生活、生活習慣病

Ⅰ　研究内容

私たちのトピックは「ドイツ人の食習慣をおにぎりで改善する研究」である。まず初めに、なぜドイツを選び、数ある料理の中からおにぎりを選んだのかということについて、２つの理由を述べたい。

第一に、白米は小麦などに比べ、血糖値をゆるやかに上昇させる。また血糖値の低下を防ぎ、長時間満腹感を持続させることができる食べ物である。最近では、おにぎりは世界中でヘルシースナックとして注目を集めている。ドイツの都市部にはおにぎりを売っている店があり、ドイツ人もおにぎりを好んでいる。

図１　ドイツのおにぎり店　Waraku

第二に、図２を見ると、それぞれの項目でドイツの肥満の割合は日本の約２倍にもなることが分かった。ドイツの肥満の割合がとても高いということから、この研究をすることによってドイツの人たちの食生活を少しでも改善させることができるのではないか、と考えた。

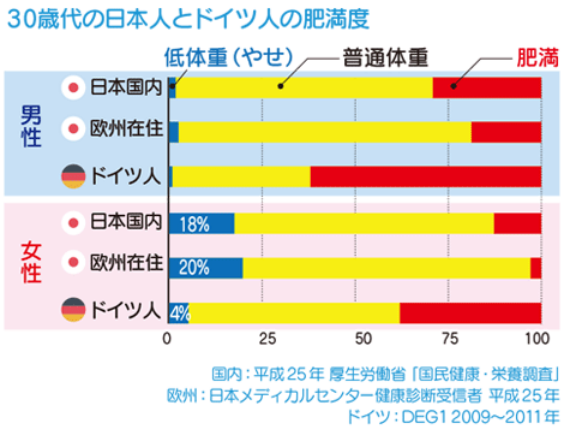


図２　30 歳代の日本人とドイツ人の肥満度

ドイツでは道ばたにたくさんの屋台があり、そこにはケバブやポテト、ソーセージなどのドイツのファストフードが売られている。そのようなファストフードはカロリーが高い上に塩分が多く含まれているので、そのファストフードを食べ続けることでカロリーを多く摂取してしまい、肥満に

なってしまう。肥満は糖尿病や高血圧のような生活習慣病を引き起こしてしまう。また、動脈硬化にもつながり、心筋梗塞や脳梗塞のような死につながる病気も引き起こす事が現代医療で知られており、健康な生活を送るためには肥満を改善することが重要である。

Ⅱ　仮説

そこで私たちは仮説をたてた。

ドイツ人が食べているファストフードが、主に肥満の原因と考えられる。その代わりとして、おにぎりを食べることによって摂取カロリーを抑えることができないかという仮説である。それにより肥満が改善され、生活習慣病も解消することにも繋がると考えられる。

おにぎりをファストフードの代わりとしたのは、おにぎりの中に好きな具を入れることにより、買う人が手軽に自分好みの味のおにぎりを楽しみ、そして飽きずに食べることができるのではないかという視点からである。

この仮説からドイツの食生活を変えることができると私たちは考えた。

Ⅲ　提案

私たちは、フィールドワークでおにぎり専門店一文字さんを訪問した。訪問先で得た情報を元に私たちが考えたドイツ人向けのおにぎりの案を紹介する。

１つ目は、あきたこまちを使用したコンニャク入りおにぎりという案だ（図３及び４）。ドイツで食べられている米の中ではタイ米(インディカ米)が主流である。しかしタイ米は水分が少なく、ぽろぽろしているため、おにぎりを作るのには向いていない。そこで、日本米（ジャポニカ米）の中でも旨みや甘み、粘りのバランスが取れているといわれる秋田県産のお米「あきたこまち」を使用する。それに加え、お米に混ぜてご飯を炊くとカロリーを減らすことができる糸こんにゃくも細かく刻んで使用した。こんにゃくに含まれる食物繊維には、糖質の吸収を阻害するはたらきがある。米の主な栄養素は糖質であり、それだけで摂取すると血糖値が上がりやすいため、食物繊維と組み合わせることで血糖値の上昇が緩やかになり、体への負担が軽減される。また、糖質は体内で使うエネルギーにしっかり変換できないと脂肪に変わって体内に蓄積してしまう。その変換をサポートするのがビタミンＢ１で、ごまに多く含まれる。しかし、以前のアンケート結果では、ごまを使ったおにぎりは、留学生に不評であったため、味付けの方法を考えれば、また違う意見を聞くことができると考える。また、コレステロールを下げるはたらきのあるリノール酸やオレイン酸を含むごま油も活用したい。

図３　秋田県産あきたこまち

図４　細かく刻んだ糸こんにゃく

２つ目に、おにぎりの中に肉と日本の食材を混ぜたおにぎりという案だ。ドイツ人の好みに合わせた具を考えるとすると肉を使用したほうが良いと考えられるが、牛肉や豚肉は鶏肉に比べカロリーが高いということから今回は鶏肉を使用する。また、おにぎりは日本の昔ながらの伝統的な料理である。私たちはおにぎりをただヘルシーで食べやすいファストフードではなく、日本料理として

ドイツで広めたいと考えているので、ごましお、梅などのシンプルでかつ、昔からある具も使用した。

また秋田市特定検診課の伊藤直子さんに教えていただいた、雑穀や豆類、海藻などを組み合わせることで、食物繊維やビタミンＢ１なども加えて摂取できるということを生かし、より肥満予防に効果的なおにぎりを提案したい。

Ⅳ　研究

私たちは実際に５種類のおにぎりを作り、国際教養大学（ＡＩＵ）の留学生たちに試食してもらった（図５）。

具の種類は「ゴマ塩」「サケ」「昆布」「梅と鶏肉のそぼろ」「梅とわかめ」である。

図５　　実際に作りＡＩＵの留学生に食べてもらったおにぎり

そのうちの２つを紹介する。

１つ目は、ゴマ塩おにぎりである（図６）。私たちはゴマと塩を米に混ぜ、少し塩気のあるシンプルなおにぎりを作った。ゴマには冷え性の改善や生活習慣病、脳梗塞の予防などの効果があるといわれている。しかし、あまり留学生には人気がなかった。理由を聞くと味が薄いという意見が多く、アンケートの結果によると、もっと味付けをして欲しいというものがあった。そのことから栄養バランスだけを気にしすぎるのもあまりよくないことが分かった。

図６　作ったゴマ塩おにぎり
カロリー192kcal

２つ目は、梅と鶏のそぼろを混ぜて作ったおにぎりである（図７）。おにぎりの具の定番ともいえる梅には消毒、制菌作用があり、またこのおにぎりは、私たちが作ったものの中で一番人気だった。留学生の方からのアンケートでもおいしいという声が多かった。

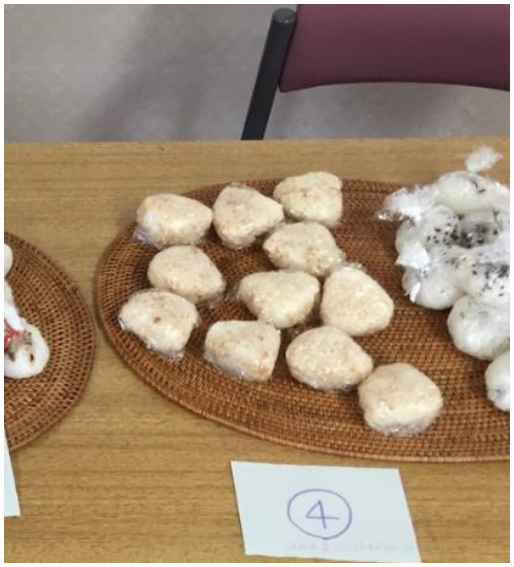


図７　梅と鶏のそぼろのおにぎり
カロリー163kcal

肉を混ぜたおにぎりが留学生に人気であることが分かった。また、たとえおにぎりに肉を混ぜても、その他の工夫によりカロリーはカットするこ

とができるので、様々な具材を混ぜたおにぎりは体に良いことが分かった。そして今回作った５種類のおにぎりにはそれぞれコンニャクが混ざっていたが、気づいた人は誰もいなかった。

Ⅴ　考察

研究により、以下のことが明らかになった。

それは、ドイツで多く食べられているファストフードに比べ、おにぎりは低カロリーで腹持ちがよく、具によってバランスよく栄養を摂取することができることだ。例えば、私たちは肉を使ったおにぎりでも他の具材やコンニャクを混ぜることで低カロリーに抑えることが可能だ。

また、そのように作ったおにぎりは留学生の方にも好評だったことから、従来のファストフードのように健康スナックとして提供することが可能である。

Ⅵ　まとめ

私たちは、ドイツ人に普段からヘルシーなファストフードとしておにぎりを食べてもらうことは可能であると考える。

おにぎりはファストフードよりもカロリーが低く、腹もちがいいので、摂取カロリーを抑えることができる。また、食べやすさでは他のファストフードに劣らない。加えて、おにぎりは具材を変えることで様々な味にできるので、飽きることがない。よって、おにぎりをファストフードの代わりに、新しい選択肢として食べてもらうことができると考える。さらに、彼らがおにぎりをもっと食べ、ファストフードを食べる量が減れば、肥満の原因である脂質や油を少しでもカットすることができる。これらのことから、ファストフードの代わりとしておにぎりを食べてもらうことは、肥満の改善にもつながると考える。

私たちはドイツの方たちにこの研究の内容を提案したい。そのために今私たちができるのは、ドイツ在住の日本人にこの研究を知ってもらい、実行に移してもらうことや、インターネットなどを活用してドイツで暮らす人に知らせることだ。

謝辞

この論文を作成するにあたり、私たちの研究にご指導くださいました秋田県立大学生物資源科学部 吉澤結子副学長に深く御礼申し上げます。また、フィールドワークを受け入れていただいたおにぎり一文字代表 渡辺正宏様、アンケート調査にご協力いただいた国際教養大学の留学生の皆様、グローカル・ミーティング in 秋田市役所にご協力くださいました秋田市特定健診課 伊藤直子様を始め秋田市役所職員の皆さまへ感謝申し上げます。

参考文献

・「ぐるなび PRO 海外トレンドリポート　Vol.59」
http://www.kirinholdings.co.jp/news/2012/1226_01.html

・「ドイツが誇る食文化、ビールとヴルスト」
http://www.asahi.com/and_M/interest/TKY201310080167.html

・「ごま（ゴマ）の栄養・健康効果（効能）」
http://www.hakuraidou.com/info/goma.htm

身近な食品を利用した胃がん予防

川邊　美穂，　熊谷　梢，　進藤　裕太，　多賀谷　桃華
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｂコース４グループ

日本は諸外国と比べ胃がん発症率が高く、秋田県は全国１位である。原因として、秋田県民が濃い味付けを好み、塩分・糖分の多い食事を摂っていることが挙げられる。本研究では、食事改善という視点から、身近な食品として発酵食品を利用した胃がん予防について考える。はじめに、胃がん発症率の低いヨーロッパの発酵食品の中で、抗がん作用をもつブルーチーズに着目したが、２つの問題点からブルーチーズを食べることでの胃がん予防は難しいと分かった。そこで、ブルーチーズの成分を調べた結果、オレイン酸が胃がん予防に効果があり、ブルーチーズの他にも油類やナッツ類などに多く含まれることが分かった。私たちは、より手軽に効率よくオレイン酸を摂取できるという観点から、オリーブオイルが胃がん予防に最適であると考え、オリーブオイルを毎日の食事に取り入れることを提案する。

キーワード：胃がん、オレイン酸、オリーブオイル

Ⅰ　主題設定の理由

現在、日本では徐々に胃がん発症率が高まってきている。中でも秋田県は胃がん患者数が日本一である。胃がんの原因として、食事や就寝時間の乱れなどの生活習慣も考えられるが、塩分の摂り過ぎなどの食習慣の乱れが一番にあげられる。私たちは、胃がん発症率の低い国を調べ、それらがイタリアやフランス等のヨーロッパの国々であることがわかった（図１）。

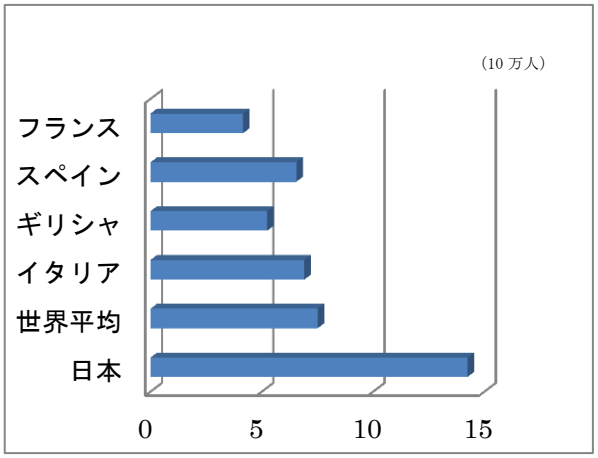


図１　胃がんによる死亡者数

私たちは、欧米化した現在の日本と、ヨーロッパの食生活の違いは、伝統的な食品であると考え、発酵食品に注目した。ヨーロッパの有名な発酵食品にブルーチーズがあると知り、さらに消費量を比べてみると、ヨーロッパの国々の消費量が圧倒的に多いことがわかった（図２）。

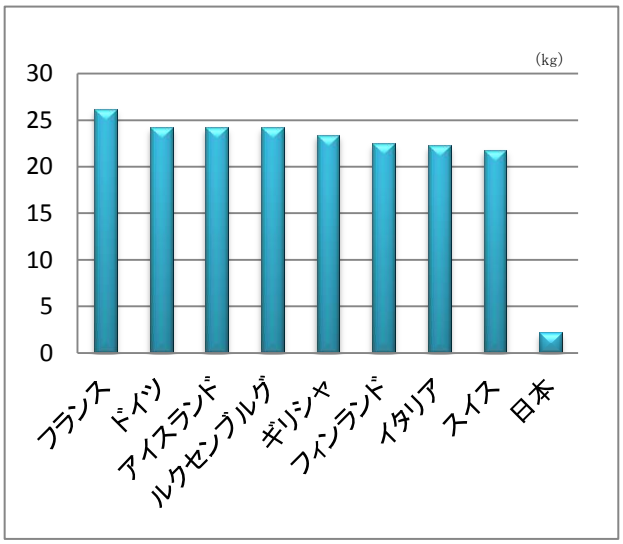


図２　１人あたりの年間チーズ消費量

Ⅱ　調査内容

１　フィールドワーク

私たちはブルーチーズの特徴について深く知るために、秋田県雄勝郡羽後町の「明通りチーズ工房」を訪ねた。この工房では、原料の生乳を地元の雄勝

酪農家から提供され、日本人好みのチーズを製造している。ここでは、工場長の佐藤円さんにお話をうかがい、チーズの発酵過程や製造に関する詳しい内容を知ることができた。

(1) ブルーチーズの欠点

ブルーチーズを胃がん予防に利用する点でいくつかの問題点があることがわかった。チーズは発酵期間の長さによっても味や種類が異なるそうで、発酵を止める段階で多量の塩を使用するため塩分が高い。特にブルーチーズは発酵後に長期間熟成させる際、カビの発生を防ぐ目的でさらに多量の塩を入れる。そのために、ブルーチーズの塩分はかなり高く、食べ過ぎると血管系の病気にかかるリスクが増大する恐れがある。また、ブルーチーズのうま味は日本食のうま味とは異なり、日本人の口には合わないため、日本ではあまり売れないという問題もある。

(2) 調査結果

上記の２つの問題点から、ブルーチーズを食べることでの胃がん予防は難しいということがわかった。

しかし、佐藤さんからブルーチーズの成分に着目したらどうかとアドバイスをいただき、私たちは視点を変え、そもそもブルーチーズに含まれる何が抗がん作用をもっているのかと考え、調べた。その結果、ブルーチーズの抗がん作用には発酵過程でできるオレイン酸という成分が関係しているとわかった。そこで、オレイン酸について調べることで課題解決の糸口をつかむことができると考え、研究を進めた。

２　オレイン酸

(1) オレイン酸について

オレイン酸とは、食品などに含まれる不飽和脂肪酸の一種で、多くの栄養価を兼ね備えている。また、酸化されにくい性質をもつため、長期保存や加熱にも適している。

(2) オレイン酸の効果について

オレイン酸には主に２つの効果がある。１つは、悪玉コレステロールを減らし、過酸化脂質の発生を少なくする効果である。過酸化脂質とはコレステロールなどの脂質が活性酸素によって過剰に酸化されたもので、この物質が原因となって癌や動脈硬化を引き起こすことがある。オレイン酸はこの活性酸素と結びついて、過酸化脂質の形成を防ぐ効果をもつ。もう１つは、胃酸の分泌を少なくする効果である。胃がんの原因の１つとして、塩分の摂り過ぎによる胃酸の過剰分泌がある。先にも述べたように、これは秋田県の胃がん患者数が国内ワーストの理由でもある。また、胃酸の過剰分泌は胃もたれや胸やけを起こし、胃がんだけでなく胃潰瘍、十二指腸潰瘍などを招く可能性もある。オレイン酸は胃の中での滞在時間が短いため、余計な胃酸を分泌することがなく、消化にも良い。これらの効果に着目すると、オレイン酸を摂取することで胃がん予防が期待できると言える。

そこで私たちは、オレイン酸を食品から摂取することで、毎日の食事から胃がん予防につなげたいと考えた。

(3) 食事改善による胃がん予防とその効果

近年の胃がん研究によると果物や野菜を摂取することで胃がん発症率を抑えられることが分かっている（図３：国立がん研究センター，2002)。なお、グラフはそれぞれ左から「野菜（緑色)」「野菜（黄色)」「野菜（黄緑色以外)」「果物」の順である。

果物や野菜をほとんど食べない人を基準とすると、週１日以上摂取する人は発症率の減少がみられた。しかし、それ以上の摂取をしても大幅な減少は見られなかった。つまり、低頻度の食事改善によって胃がんの発症率を減少させることができるとわかる。

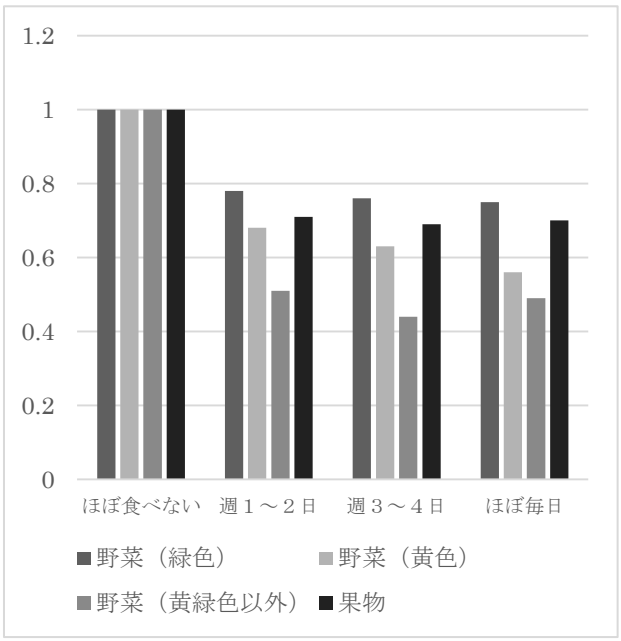


図３　野菜・果物摂取と胃がん発症率の関係

（4）オレイン酸を手軽に取り入れる方法

オレイン酸は、油脂類やナッツ類に多く含まれる。中でも、ヒマワリ油とオリーブオイルは全ての食品の中で最も多い。共に、100ｇあたり約 73g 含まれている。しかし、ヒマワリ油は動脈硬化を誘発する恐れのあるリノール酸も多く含んでいるため、胃がん予防に利用することは難しい。一方でオリーブオイルはオリーブの果肉からそのままできるため、リノール酸をヒマワリ油よりも多く含まず、酸化もされにくい。したがって食品から効率よくオレイン酸を摂取するには、オリーブオイルが最適といえる。

（5）家庭の食用油の使用状況

家庭で主として使われている食用油について私たちの学校で約 300 人を対象にアンケートを実施した（図４）。その結果、私たちの予想通り、キャノーラ油等のサラダ油の使用率が 72％と圧倒的に高かった。理由としては、安価であること、癖がないため多様な料理に応用できるという声が多かった一方、ヘルシーであるという点も多く見られた。これは最近、「低カロリー」や「糖質ゼロ」を売りにしたサラダ油が増加していることが影響していると考えられる。

このことから私たちは、人々にサラダ油のメリット・デメリットとオリーブオイルの栄養価について知ってもらうことで使用する食用油をサラダ油からオリーブオイルに変える家庭が増えると考えた。また、オリーブオイルを風味付けだけでなく、様々な料理に使用する家庭が増えれば、日本や秋田の胃がん発症率が下がるのではないかと考える。

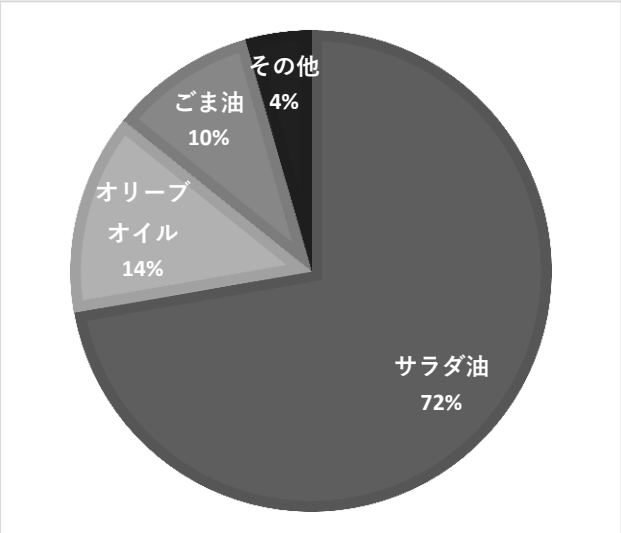


図４　家庭の食用油

Ⅲ　結論

１　提案

オリーブオイルを主として使用する家庭を増やすために、私たちは主婦を対象とした食用油に対する意識改革が有効であると考える。毎日家族の３食分の食事を作る主婦たちが、サラダ油の代わりにオリーブオイルを使用して食事を作るようになれば、家族全員の胃がん予防、健康増進につながるだろう。そこで、食用油に対する主婦の意識を変え、オリーブオイルを広めるための方法として、私たちは次の２つを提案する。

① 食用油のメリット・デメリットの提示

まず、サラダ油とオリーブオイル双方の使用によるメリット・デメリットを分かりやすく提示する。酸化しやすいが癖がなく使いやすいサラダ油、少し高価だが酸化されにくくオレイン酸含有量が高いオリーブオイルの両者の特色を伝える手段として、説明会の実施や、ＳＮＳ（主に Facebook 、Twitter）での発信が、より多数に伝えることができる点で有効だと考える。

② 家庭料理の提案

オリーブオイルを使用した家庭料理をレシピにして提案する。作成したレシピは、スーパーなどの店頭で商品の横に置いてもらい、主婦の目に付きやすくすると良い。こうしたレシピの提案は、オリーブオイルがサラダ油と同じようにあらゆる料理に使用できる万能性をもつことを知ってもらう機会となる。つまり、「オリーブオイルはサラダ油の代わりになれる」ことを主婦に印象づけられるのではないか。

これらの取り組みにより、主婦に食用油に対してより健康に良いものを選ぼうという意識をもたせることが可能だと考える。

２ 問題点

実際に家庭で使用する全ての食用油をサラダ油からオリーブオイルに変えることは難しい。大きな問題点として、オリーブオイルの価格がサラダ油と比較して割高である点が挙げられる。食用油は毎日使用するものであり、消費者はより安価なものを選ぶ傾向がある。特に、揚げ物を作る際は一度に多量の油を使用するため、オリーブオイルを使用するというのは厳しいところがある。

しかし、先に述べたように主婦の意識を変えるこ

とができれば、炒め物など簡単な料理はオリーブオイルを使用するといった家庭が増えるのではないだろうか。

３　考察

胃がん予防に効果が期待できるオレイン酸を多く含むオリーブオイルを摂取することで、胃がん予防につながる可能性がある。私たちが提案する「オリーブオイルを、サラダ油の代わりとして毎日の食事に取り入れることでの胃がん予防」というのは、多くの家庭で健康面を気にしてサラダ油の代わりにオリーブオイルを使用する機会を増やすことで、毎日の食事から胃がん予防を、というものだ。また、オリーブオイルがもつ多くの効用は胃がんのみならず、他の病気などの予防・改善にも効果が期待でき、健康増進に大いに役立つ食品であると考えられる。したがってこの提案が実現することで、秋田県そして日本の胃がん発症率を少しでも下げ、健康増進につながるのではないだろうか。

ヒトのからだは日々口にする食品でできており、毎日の食事をより良いものに変えていくことが健康増進への近道であると私たちは考える。

謝辞

本論文の作成にあたり、フィールドワーク先での情報提供、調査のあり方や考察の方法など、細部にわたるご指導、助言をして下さった「明通りチーズ工房」佐藤円さんに感謝いたします。

秋田県立大学生物資源科学部教授　吉澤結子先生、同大助教　志村祥一郎先生には研究のテーマの決定から、成果発表に至るまで終始支えていただきました。深く感謝いたします。

そして最後に、秋田南高校職員ならびに生徒の方々、私たちのアンケートに協力して下さった皆様に心から感謝いたします。本当にありがとうございました。

参考文献

文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室「第七期食品成分委員会（第 10 回）議事録」(2015)
www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/008/gijiroku/1355989.htm

世界ランキング「人口 10 万人あたりの胃がんによる死亡数(年齢調整値)：2012 年 世界保健機関(WHO)」
http://top10.sakura.ne.jp/WHO-GHE064.html

一般社団法人 日本植物油協会「植物油 INFORMATION 第 57 号 オリーブ油のお話し」(2008)
http://www.oil.or.jp/info/57/page07.html

国立がん医療センター「野菜・果物摂取と胃がん発生率との関係について」多目的コホート研究, 2002
http://epi.ncc.go.jp/jphc/outcome/257.html

高齢社会の農業モデルを秋田で確立する

原田　雄生，　泉　夏菜，　黒澤　祥明，　鈴木　亮祐
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｃコース１グループ

今日、日本では農業従事者の減少と高齢化が進んでいるが、その中でも秋田県の高齢化率は最も高くなっている。これは日本だけの問題ではなく、高齢化が進んでいる世界全体に共通する問題でもある。そこで私たちが提案するのは、若者だけではなく高齢者が従事しやすい農業である。若者が農業に新規参入する可能性は低いと考える。だからこそ、高齢者も農業をしやすい環境を作ることが大切なのだ。秋田クボタや JA 秋田へのフィールドワークにより農業支援スーツの導入で高齢者の身体的な負担を軽減させることが可能だと分かった。その農業支援スーツの財源は複数の農家が集まって農業を行う農業法人を立ち上げることで農家一人当たりの負担を軽減できる。費用もそれほどかからずに農業支援スーツを購入する事ができれば、農業従事者数の減少に歯止めをかけるだけでなく、高齢者の働く場所をつくることにもつながり、また農業技術の伝承・向上につながる。このようにして、高齢化が深刻な秋田は、これから高齢化が進んでいく世界の国々の農業モデルになれる。

キーワード：高齢化、農業支援スーツ、農業法人

Ⅰ　問題の所在

私たちがこのテーマで問題としていることは３点ある。

現在日本の農業従事者数の減少と高齢化が問題となっている。農林水産省のデータによると、平成 22 年には 260.6 万人であった日本の農業就業人口は、平成 27 年には 210 万人にまで減少している（表１）。また、秋田県の高齢化率（農業就業人口に限らない）は日本で最も高い。その高齢化率は平成 26 年時点で 32.6%にも及んでいる（内閣府調べ）。

表１　農業就業人口及び基幹的農業従事者数

	平成22	23年	24年	25年	26年	27年
農業就業人口	260.6	260	251	239	227	210
うち女性	130		128	121	114	101
うち65歳以上	160.5		152	148	144	133
平均年齢	65.8	65.9	65.8	66.2	66.7	66.4
基幹的農業従事	205.1	186	178	174	168	175
うち女性	90.3	79.8	74.7	72.9	70.1	74.9
うち65歳以上	125.3	110	106	107	106	113
平均年齢	66.1	65.9	66.2	66.5	66.8	67

単位：平均年齢のみ歳、それ以外は人　（農林水産省）

表２は世界の人口の推移とその予想である。これから分かるようにこれから世界では高齢化が進んでいく。つまり今秋田や日本が抱える農業従事者の高齢化の問題は世界に共通する可能性のある問題である。

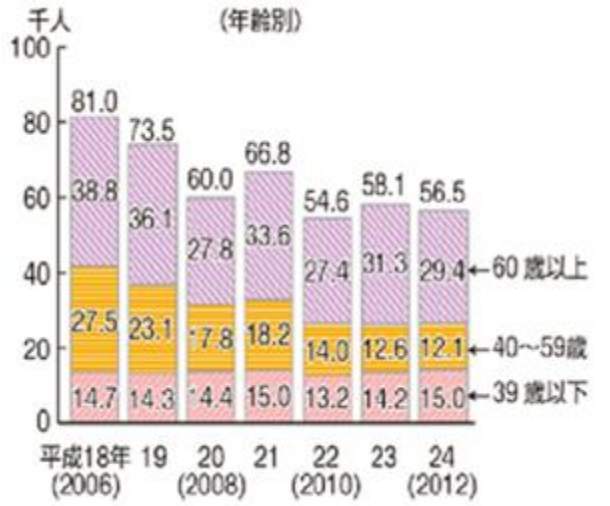
表２　世界の人口推移と今後の予想

	1950年(昭和25)		2015年（平成27）		2060年（平成72）	
総人口	2,525,149	千人	7,349,472	千人	10,184,290	千人
65歳以上人口	128,666	千人	608,180	千人	1,844,269	千人
65歳以上人口比率	5.1	%	8.3	%	18.1	%
資料：UN, World Population Prospects：The 2015 Revision						

（厚生労働省）

Ⅱ　問題の背景

日本の農業従事者数の減少と高齢化の原因には農業に従事する若者が少ないことが挙げられる。図３から分かるように、60 歳未満の新規就農者数は他の年齢層に比べて低くなっている（図１）。

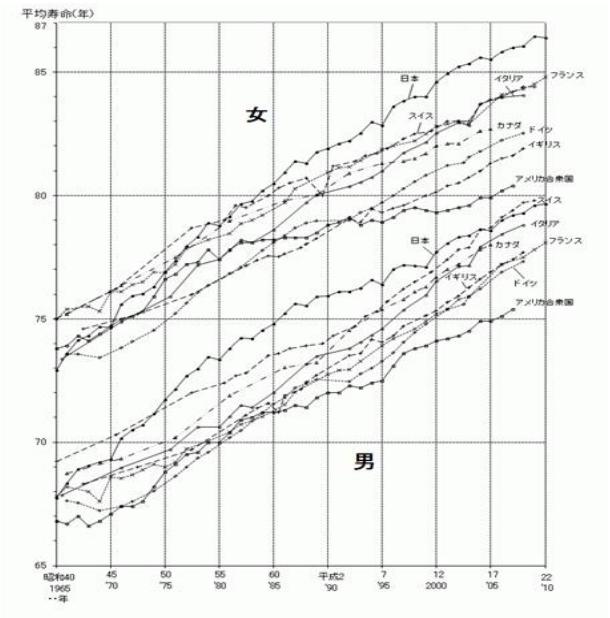


（農林水産省）

図１　新規農業従事者数の推移

その理由としては、安定した収入が得られないこと、農業に慣れるのに時間がかかること、サラリーマンとは異なり初期投資が平均 690 万円かかることなど若者が農業に対してネガティブなイメージを持つためと考えられる。

また、特にアメリカ合衆国や日本、イギリスなどの先進国で高齢化が進んでおり（図２）、これからもその高齢化は続くと言われている。それは先進国だけに限らず、発展途上国でも食糧不足の解決や医療の充実により、平均寿命が伸びているからだ。



（厚生労働省）

図２　主な外国の平均寿命の年次推移

Ⅲ　研究仮説

高齢の農業従事者が農業をやめてしまうのは、身体的に続けられない、というのが大きな理由ではないかと考え、私たちはこの課題を解決するために、農業従事者が農業アシストスーツを使用することを提案する。

１　農業アシストスーツについて

農業アシストスーツには、様々な種類のものがある。例えば、装着者にパワーでアシストし、重いものでも楽に持つことを可能とする物、装置で体の一部を支える、または固定して、長時間に及ぶ同じ姿勢の作業の負担を軽減する物などがある。

秋田県は、農業でのパワーアシストスーツの活用に注目し、県がパワーアシストスーツを用いた試験を行っている。自治体としては初めて、「パワーアシストスーツ」を園芸農家の除雪作業の労働軽減に活用するため、県は平成 28 年度の 9 月補正予算案に事業費 562 万円を盛り込んでいる。2017 年（平成 29 年）１月に、株式会社秋田クボタが農作業中に作物などの重いものを持ち上げるのを支えるパワーアシストスーツが発売された。

１つ目の試験は 2017 年 2 月 9 日に秋田県横手市増田町のリンゴ農園で行われたスーツを着用して、除雪を行うという実験だ（図４）。

（毎日新聞）

図４　除雪に使用されたパワースーツ

秋田県立大学は、スーツ着用者の心拍数からパワーアシストスーツが農園の除雪作業の負担をどの程度削減できるのか研究した。秋田県立大学の藤井吉

隆准教授がデータを採取した。藤井准教授は、スーツを着た状態では心拍数の上昇が抑えられる傾向があり、体への負担が軽減されていることがはっきり分かったと述べている。

２つ目の試験は、2017 年 8 月 30 日に横手市雄物川町でスイカ農家４人が異なるパワーアシストスーツを装着してスイカの収穫作業を行った。このような試験は、農作業の負担を軽減することを目的に、秋田県が 2016 年から行っている。また、2017 年度には、スーツを着て重い果物や野菜ケースなどを運ぶ実験が計画されている。このように秋田県全体で農業支援スーツの大規模実用化への取り組みが行われ始めている。

また農林水産省には、中小企業投資促進税制というものがある。これは、個人事業主(農業者を含む)、資本１億円以下の法人等の方々については、コンバイン、トラクターなどの新品の機械等を購入した場合に、通常の減価償却に加え、30%を特別償却、または、取得額の７%の減額控除メリット措置が講じられるというものだ。国は農業装置とだけ指定しているので、農業支援スーツの金額に応じて、県だけでなく国からも農業支援スーツ導入への金銭的なサポートを受けられる可能性はある。

当然、農業アシストスーツを使用するには多額の費用がかかるが、その課題を解決するためには、農業の法人化を進めるのが良いのではないか。

２　法人化について

法人化では、いくつかの農家による組織を作り、各々の作業を全員で分担し、農業をより企業的に行うことなどを目標としている。農業の法人化によるメリットは、経営者が経営責任を自覚し、家計と経営が分離されることで、経営管理が徹底されること、財務諸表の作成の義務化により、金融機関や取引先からの信用が増すこと、幅広い従業員の確保により、事業展開の可能性が広がり、経営の発展が期待できることがある。その中でも私たちが特に注目しているメリットは、国からの補助金を得られること、農業法人に就農することにより、初期負担なく経営能力、農業技術を取得することができることである。このことから、法人化による個人の設備費用の軽減が、農業アシストスーツの費用についての問題を解決すると言えるのではないか。

Ⅳ　調査結果

秋田県内２つの農業法人へのアンケートを集計した結果、回答者のうち、ほとんどすべての人が農作業は大変であると回答した。特に注目すべきは、経済的理由で農業が大変だというのではなく、農業が大変な理由に身体的理由を挙げた人がほとんどであったということだ。実は、経済的理由で農業をやめる人は、あまりいないのだ。なぜなら、彼らのうち一人がやめることによって耕作放棄地となった農地で発生した害虫が他の農地に移ってしまい、迷惑がかかるからだ。経済的理由で農業をやめるのではなく、身体的理由で農業をやめるのだから、身体的問題を解決すれば農業をやめてしまう農家数の減少を抑えることができるということだ。そこで登場するのが農業支援スーツだ。その中でも我々は、「ラクベスト」に注目した。

「ラクベスト」は株式会社クボタが販売している、長時間、腕を上げての作業を軽労化するアシストスーツである（図３）。

図３　クボタアシストスーツ　ARM-1D
「ラクベスト」（税込 129,600 円）

これは、パワーアシストスーツとは異なり、上腕を固定することで、農家の疲労を軽減する農業支援スーツの一種のことである。これによって、身体的問題の一部を解決できるのだが、残念なことにあまり農家に知られていないのが現状である。

また、フィールドワークの結果、農業法人を作ることにより、農業設備費用の負担軽減が可能になる

ことが分かり、法人化して、農業支援スーツを使うことは、農家が農業をできる期間を延ばし、農業従事者数の減少を食い止める手段だと言える。

私たちが注目した「ラクベスト」以外にもパワーアシストスーツの導入に向けた取り組みが行われ始めるなど、農業支援スーツが多くの農家に使用され、たくさんの農家の負担を軽減することは現実味を帯びてきている。

Ⅴ　結論

秋田県のみならず世界全体で高齢化が進んでいくのは確実である。日本では、農業従事者数の減少と高齢化が顕著であるが、若い年齢層の就農もあまり期待できない状況にある。そこで、農業従事者数を確保するため、高齢者の離農を防ぐことは現実的な方策と考えられる。農業法人へのアンケートの結果やＪＡ秋田でのフィールドワークから、高齢者の離農の理由は経済的事情よりも身体的事情によることが分かった。また、身体的事情を解決するために農業アシストスーツが有効であることも秋田県などの実験からわかった。農業アシストスーツを導入するための費用も、農業法人化を進めることで解決できると思われる。以上の事から、法人化による財源の確保で農業アシストスーツを導入することで農業従事者の減少を食い止めるという仮説は実行可能であると考える。そこで私たちは、この仮説を日本で最も高齢化率が高く、世界でもトップクラスの高齢化率を持つ秋田県で成功をおさめることで、秋田県はこれから高齢化が進み、農業従事者が減少する世界の国々のモデルになりうると考えている。この論文がその一歩となることを願う。

謝辞

秋田県立大学の長濱健一郎先生には、研究テーマ決定の際からたくさんのアドバイスをいただきました。感謝申し上げます。フィールドワークの際にお忙しい中、フィールドワークで調査にご協力くださった「株式会社秋田クボタ」「クボタアグリサービス株式会社」「新あきた農業協同組合」の皆様に感謝申し上げます。また、アンケート調査にご協力いただいた「農事組合法人　白華の郷」「農事組合法人　平沢ファーム」の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

株式会社クボタ　ホームページ
http://www.jnouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist_suit/

農林水産省ホームページ,「農業労働力に関する統計、法人経営のメリット、担い手の動向」
http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.htm/

農林水産省ホームページ,「中小企業投資促進税制」
http://www.maff.go.jp/j/aid/zeisei/nou/pdf/tousi_sokusin_28.pdf#search=

厚生労働省ホームページ,「平均寿命の国際比較」
http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life10/03.html

毎日新聞ホームページ,「毎日新聞　検証実験　パワースーツで除雪作業　労力３分の１軽減」
https://mainichi.jp/articles/20170210/k00/00e/040/196000c

山間部の農業を継続し、耕作放棄地の増加を食い止める

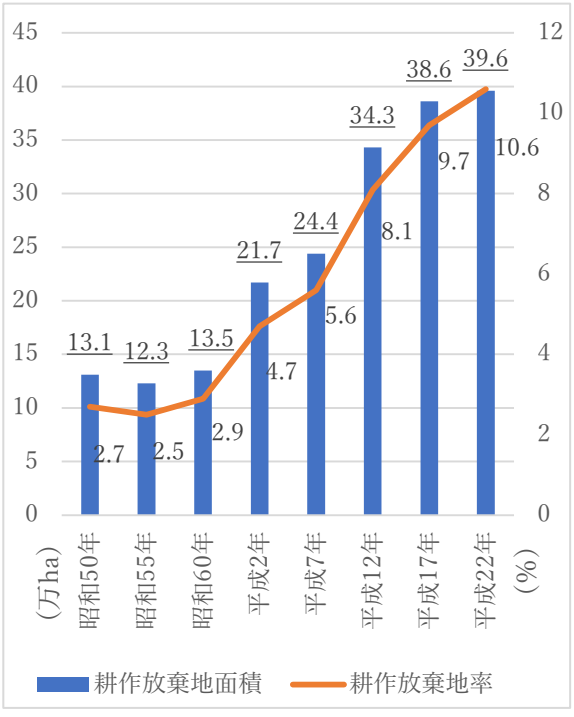
嶋宮　里紗，　林　愛美，　三浦　泰輔，　乾　菜月，　佐川　明
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｃコース２グループ

近年、農業従事者の減少・高齢化や土地条件が不利であることが原因で、山間部の耕作放棄地が増加している。耕作放棄地の増加に伴い、農業や地域の衰退、環境悪化といった問題が生じる。そこで、山間部の耕作放棄地をこれ以上増やさない方法を研究した。その解決方法として、山間部で生産される米や農産物がもつ価値の「効果的なアピール」や、それによる「需要拡大」を考えた。また、農業は食糧生産だけでなく環境保全の役割も担っている。これらのことから、山間部の農業が秘めている可能性が見える。農家の収入を確保し、山間部での農業を維持することが、耕作放棄地の増加を食い止めることができる方法として有効と考えた。

キーワード：耕作放棄地、山間部、情報、多面的機能、需要拡大

Ⅰ　問題提起

私たちは日本の農業問題について研究を進めていく中で、耕作放棄地増加の問題に着目した（図１）。



注：耕作放棄地面積率は、耕作放棄地面積÷（経営耕地面積＋耕作放棄地面積）×100

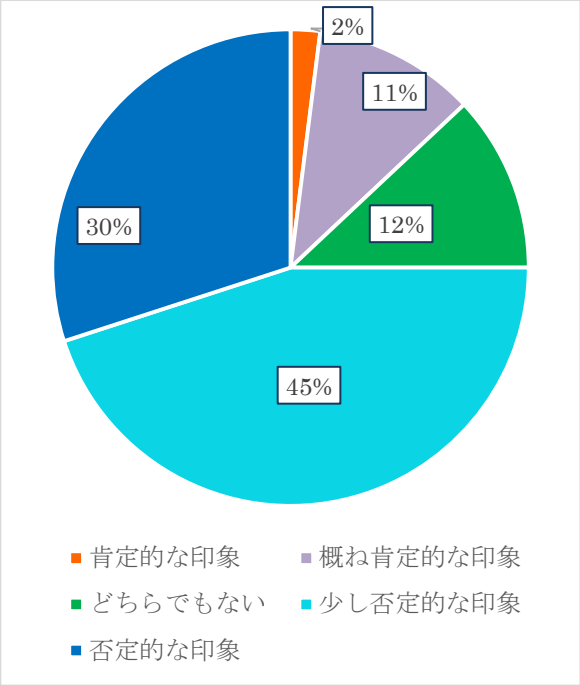
図１　耕作放棄地面積の推移（農林水産省）

耕作放棄地とは「過去１年以上の間、作物の栽培が行われておらず、今後も耕作に使われない土地の状態」を意味する。耕作放棄地が増加している主な原因として、年々農業従事者が減少・高齢化していることが挙げられる。そのため、農地の面積に対し労働力が足りない、農地を所有していながら農作物を育てていない事態が生じている。特に、山間部は条件不利地域のため、作物がうまく育たず農地を手放してしまう傾向にあり、耕作放棄地が増えている。耕作放棄地の増加に伴い、農業の衰退（人口減、地域文化継承の困難）や環境悪化（病害虫・鳥獣被害の発生）の恐れがある。

Ⅱ　昨年度までの研究

私たちは、平成 28 年度の研究活動において、耕作放棄地の増加の主な原因である農業従事者の減少の解決を図り、耕作放棄地の削減を目指した。農業従事者を増加させるには、収入の増加と安定が必要だと考え、日本と同じ先進国であり農業大国と言われるフランスの政策を参考にした。フランスには、農家の所得を安定させる政策として、ＣＡＰ（ＥＵ共通農業政策）やＧＩ（地理的表示）があると分かった。ＣＡＰでは支持価格（政府が価格を安定させるために定めた価格）の引き下げにより、農家に対して直接支払いを可能にしているという点、ＧＩでは作物の付加価値をつけるまでには厳しい条件が

あるという点で、日本での適用は難しいのではないかと結論付けた。次に着目したのは、ゲノム編集である。このゲノム編集は、遺伝子を自在に操作する技術である。よりおいしく、より安定した収穫量を得ることができる点で収入の安定につながると考えた。しかし、消費者の遺伝子操作を行った食品の安全性に関する不安の払拭が課題として残った（図２）。



（農林水産省）

図２　「遺伝子組換え」という言葉についての印象

Ⅲ　今年の着眼点

１　内容

昨年の研究の反省点として、焦点をしぼれず、実現性の高い方法を導き出せなかったことが挙げられる。実現可能な方法にするために、耕作放棄地を再び農地に戻すことを目的とした場合、不可避である資金的な問題を克服しようと試みた。そこで、農業問題の解決策に福祉の視点を取り入れることを考えた。農業と福祉の課題の同時解決を図れば、行政にとっても経費の削減となり、行政が公費を投入しやすくなると考えたのである。しかし、山間部に耕作放棄地が多いなどの理由から、福祉との連携は難しいとわかった。次に、インターネットを介して個人と組織に資金提供を行うシステムであるクラウドファンディングに注目した。これを活用することで、耕作放棄地の再生に必要な資金を集めることができるとわかったが、耕作放棄地の維持を誰が行うかという課題が生じた。これらから、耕作放棄地を削減するには多くの課題があり、行き詰まってしまった。そこで、耕作放棄地の増加を食い止める方法を考えることに切り替えた。特に、急速に耕作放棄地が増加していく可能性がある山間部に焦点を当て、農業や地域の衰退に歯止めをかけること、また環境保全を目指した。

２　山間部の条件不利地域での農業

山間農業地域（林野率が 80％以上であり耕地率は 10％未満の地域）は、農業就業人口は最も少なく高齢化率は最も高い（表１）。

表１　農業地域類型別の農業就業人口と高齢化率の推移

（単位：人、％）

	平成 12（2000）年	17（2005）	22（2010）
都市的地域	891,216 (51.6)	760,063 (56.9)	574,241 (61.9)
平地農業地域	1,456,501 (49.9)	1,280,539 (54.6)	994,997 (57.0)
中間農業地域	1,144,079 (55.3)	966,433 (61.3)	762,941 (64.8)
山間農業地域	399,429 (59.7)	345,555 (65.2)	273,557 (68.9)
計	3,891,225 (52.9)	3,352,590 (58.2)	2,605,736 (61.6)

注：（）内は高齢化率　（農林水産省）

そこで、なぜ山間部での農業就業人口が最も少ないか、山間部での農業に利点はあるのかについて考えた。まず、なぜ山間部の農業就業人口が最も少ないかについてである。第一に挙げられる原因は、山間部は他の地域に比べ、農作物を生産するには条件が不利（例えば、傾斜地）であるということである（図３）。そこで、農業生産活動を継続するために、国や地方自治体による中山間地域等直接支払制度が平成 12 年度から実施されている。中山間地域等直接支払制度は、農業生産条件の不利な中山間地域において農用地の維持・管理の取り決め（協定）に従い、農業生産活動を行う際に、面積に応じて一定額を交付する仕組みである。このような制度の存在からも、山間部での農業は不利であることがわかる。では、山間部での農業には利点はあるのだろうか。

山間部は、水や空気が澄んでいることなど平地とは異なる自然環境がある。この環境を活かすことができれば、収益力のある農業を営むことができるのではないだろうか。そこで、山間部でつくられている様子や作った農家の方々の思いを広く発信し、需要に合わせて生産することが有効だと考えた。

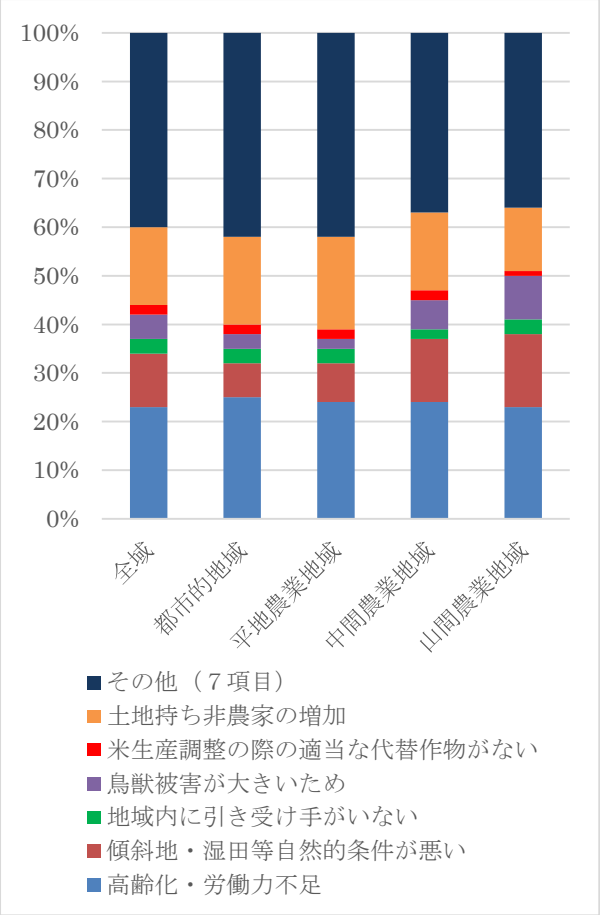


図３　荒廃農地の発生要因（農林水産省）

Ⅳ　研究仮説

山間部での農業を継続させるために米や農産物の価格を高く設定し、関心の高い人々や需要が大きい海外に販売する。山間部の条件不利地域での農業は、平地と比べ多くの費用がかかる。そのため、平地で生産された米や農産物と比較して販売する力が弱く、収益を上げにくいと考えられる。そこで、山間部という自然豊かな場所で生産された米や農産物であることをセールスポイントに価格を高く設定し、平地で生産された米や農産物との差別化を図ることで米や農産物にこだわりを持つ消費者をターゲットにした需要を喚起できると考えた。そして、関心の高い人々や海外に販売することで山間部での農業を継続させることができると考えた。

Ⅴ　調査結果

１　平地の米や農作物との差別化

米にこだわりを持つ人々の需要を喚起するには、米そのものの品質だけではなく、消費者を惹きつけるような「物語」という情報を米に付加することがカギになると考える。米がどのように栽培されたのか、どんなところで栽培されたのか、どんな人に栽培されたのか、といった情報が米に付加されていることが重要である。すなわち、米という商品だけを売るのではなく、そこに情報という新たな価値を加えた商品として売ることである。

山間部での農業の例として、農家の伊藤茂光さんがいる。伊藤さんは秋田県横手市の限界集落で、「特別栽培米」という化学肥料や農薬の使用回数が 50%以下で作られた安心安全な米を作っている。炭を投入した田んぼで栽培しているのも特徴の１つである。この炭は伊藤さんが自ら木を切りだし、自前の窯で炭にしたものである。こうして、炭を田んぼに撒くことで水はけが良くなり、植物の病気除けにつながる。また、秋田の山間部は豪雪地帯となっており、豊富な雪解け水をきれいなまま活用することができる。伊藤さんの他にも、中山間の厳しい環境の中で安全でおいしい出羽大内産のひろっきい米の例も挙げられる（図４）。また、「ホタルが生息する環境で作られたお米」というように、山間部で作られたという情報とともに売り込むことで、平地の米や農作物と差別化を図ることができるものが多くある。

図４　ひろっきい米（ひろっきいホームページより）

このように、山間部だからこそ生まれる「米の物語」もある。山間部の米作りは、「米」と「物語」

の２つの価値を１つの「商品」として売ることが可能であると考える。山間部における耕作放棄をくい止める方策において「情報」という価値を付加することが重要であろう。

２　海外での米需要

近年、美味しさや健康的であることを理由に、和食ブームが海外で展開されており、それと同時に和食には欠かせない米の需要も海外で高まっている。シンガポールや香港では年々日本産米の輸出量が増加している（表２）。

表２　日本産米輸出量の推移（１～９月）

順位	国・地域名	輸出量(トン)			
		2007	2008	2009	2010
1	香港	155	243	313	428
2	シンガポール	65	113	102	191

（JETRO）

さらに、シンガポールでは、安全性の高さが評価されており、日本の一般家庭では敬遠されがちな高級米が現地の消費者に好まれる。このことから、山間部で生産された米の価格を高く設定し、高級米の需要が高い海外、特に香港やシンガポールに販売することが有効だと考えた。

現在、日本では 2020 年の東京オリンピックに備えて外国人観光客の誘致に力を入れているため、年々外国人観光客が増加している（表３）。

表３　訪日外国人動向

国・地域	2015 年 1～12 月	2016 年 1～12 月	伸率（%）
総数	19,737,409	24,039,000	21.8
中国	4,993,689	6,373,000	27.6
香港	1,524,292	1,839,200	20,7
シンガポール	308,783	361,800	17.2
マレーシア	305,447	394,200	29.1
インドネシア	205,083	271,000	32.1
ベトナム	185,395	233.800	26.1
フィリピン	268,361	347,800	29.6

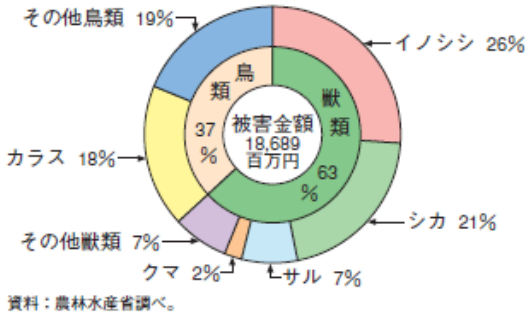
（JTB 総合研究所）

これは、海外での米の需要を増やす好機である。そんな今だからこそ外国人に日本の米の安全性と味の良さをアピールすることが大切である。和食ブームと東京オリンピックが近い今、山間部での耕作放棄地削減の追い風となっている。

３　農業の多面的機能

農業は食糧生産をする役割だけでなく、農地周辺の自然環境の保全にも貢献している。農地であった土地が耕作放棄地になることで、山間部の農地の安全に悪影響を及ぼすということである。その例として、２つ挙げる。

１つ目に、病害虫・鳥獣被害の発生がある。耕作放棄地が増加することにより、野生動物にとっての餌場や隠れ場所が増加する。これに伴い、以前は農地であり人が利用できていた土地は、病害虫・鳥獣の住み家となり、今までできていた棲み分けの境界が曖昧となる。そのため、山から下りてきた熊が農地や民家に危害を加えたり、イノシシやシカが畑の作物を食い荒らしたりという被害が起きてしまう。2017 年現在、全国の鳥獣被害による被害額は、約 200 億円にも上る（図５）。



（農林水産省）

図５　野生鳥獣による農産物被害状況

２つ目に、自然災害の増加がある。土地が農地として機能している場合は、土地環境の整備や用排水設備ができている。しかし、その土地が耕作放棄地になると土地機能が低下する。たとえば、保水能力の低下で降水時、雨水が蓄えられるところが蓄えきれず、ひび割れや地滑りを引き起こす。これらの他にも、耕作放棄地の周囲への雑草繁茂、他の農地の用排水設備の管理難、火災発生の原因、景観の悪化など、耕作放棄地が増加することで以前まで正常に

機能していた土地機能、住民の生活に支障が生じる。

1999 年、農業基本法に代わり制定された「食料・農業・農村基本法」でも上記のような問題を重視し、農業の役割を多方面から見て、正常に機能させる「多面的機能の発揮」が基本理念となっている。これらの問題は、耕作放棄地の増加している山間部、及びその周辺に多く発生している。山間部の耕作放棄地の利用が促進されることで、環境保全の面で大きな役割を果たすと言える。そして、農業の多面的機能も、米などの農産物にまつわる「情報」である。これらの情報をどのように商品として価値あるものにしていくか、と言うことが大切であり、そして山間部の農作物が売れることが農業の多面的な機能の維持につながると考える。

Ⅵ　結論

シンガポールなど海外では必ずしも価格の安いものばかりが好まれているのではない。高品質、ブランドなど商品に魅力があれば売れる。また、横手市の農家の例からも手間暇かかった農産物は消費者の関心をひきつける。したがって、山間部の米や農産物も価格で競争するのではなく、「生産地は、山間部である」ということを魅力としてアピールすることで販売力のある商品になる。つまり、米や農作物そのものだけを商品として捉えるのではなく、生産地、生産過程、生産者の思いなどの「情報」も価値ある商品として売ることができる。山間部でも売れる農産物を生産できることで、人々の農業への意欲を高め、山間部での農業の維持と地域社会の持続が期待できる。売れる農作物を生産することで、山間部の耕作放棄地が放棄されることを食い止め、農業や地域の衰退という問題の解決につながる。また、生態系や土地機能の維持などの環境保全にもつながるといえるだろう。

謝辞

この研究論文は、様々な助言を得て完成しました。秋田県立大学生物資源科学部生物環境科学科教授の長濱健一郎先生をはじめ、調査にご協力いただいた東北大学大学院農学研究科・農学部資資源生物科学専攻准教授の石井圭一先生、秋田市農業農村振興課、長寿福祉課の方々、株式会社こめたび首藤郷様、まめだんしプロジェクト山形健二様、大潟村松橋ファーム松橋拓郎様には、核心を衝いた質問や意見をたくさんいただき、提案を再検討する機会を得ることができました。また、指導を担当していただいた岩川克敏先生には、新たな視点で課題に向き合うことの重要性を教えていただき、自分達独自の考えを導くことができました。皆様のご協力に深く感謝申し上げます。

参考文献

農林水産省ホームページ,「耕作放棄地の現状について」, pp.3,（平成 23 年３月）
http://www.maff.go.jp/j/nousin/tikei/houkiti/pdf/genjou1103.pdf

農林水産省,『平成 18 年度食料・農業・農村白書』, p.150,（2006）

農林水産省,『中山間地域等直接支払制度パンフレット（第４期対策）（平成 29 年４月改訂)』, p.3,（2017）

農林水産省,「耕作放棄地対策に関する意向及び実態把握調査結果（平成 27 年４月)」, p.5,（2015）

農林水産省ホームページ,「食糧・農業・農村基本法のあらまし」
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo02/newblaw/panf.html

農林水産省ホームページ,「平成 18 年度第４回　調査結果について」
http://www.maff.go.jp/j/syouan/johokan/risk_comm/r_anzen_monitor/pdf/20050826_press_4b.pdf

秋田の米　ひろっきいホームページ,「ひろっきい」
http://akitanocome.jp/user_data/hirocky.php

JETRO ホームページ,「拡大する日本産米市場―本物志向が需要を高める」
https://www.jetro.go.jp/world/asia/sg/foods/trends/1012002.html

ＪＴＢ総合研究所ホームページ,「インバウンド訪日外国人動向」
https://www.tourism.jp/tourism-database/stats/inbound/

未来の秋田の食文化の再発展のために

～特産品に注目して～

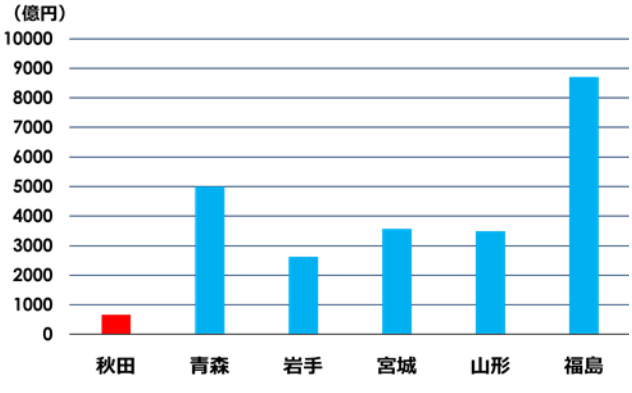
河村　光，　菅原　悠之介，　今　桃江，　金　竜弘
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｃコース３グループ

本研究では、秋田の特産品をより売るための方法を見出すことを目的とした。秋田の製造過程を検証した結果、特産品製造における問題点は工場が不足していることと農家の高齢化にあるということがわかった。それによって秋田の特産品は付加価値が不足しており、他の地域よりも利益効率が良くない。それに対して秋田県は六次産業を提唱しているが、それは農家にとって様々な負担が大きいためあまり有効な手段ではないと考えた。また、廃校を再利用するという新しいプロジェクトにも着目し、「農商工連携」、「工場の増設」という２つの観点から秋田の特産品をより売ることができないか考察した。

キーワード：特産品、農商工連携、廃校の再利用、秋田らしさ

Ⅰ　問題の所在

私たちは秋田に生まれ、秋田に育ち、秋田を誇りに思ってきた。私たちは秋田の特徴は身近に感じられる「豊かな食文化」であると考えた。しかし「豊かな食文化」の象徴である特産品の売り上げが低いという現状がある。図１から分かるように秋田の農産物加工販売額は東北の他県に比べて高いとは言えない。秋田の農産物加工販売額は 670 億円であり、最も高い福島県は秋田の 13 倍の農産物加工販売額である。秋田の特産品を再活性化させ販売額を増やし特産品の質を上げ、グローバル化の傾向や秋田の伝統的な食文化を守りつつ、発展させていく必要があると考えた。



(秋田県６次産業化推進戦略平成 27 年 12 月秋田県農林水産部農業経済課)

図１　平成 25 年度農産物加工販売額

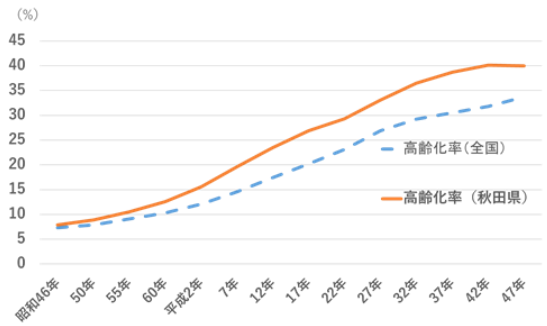
Ⅱ　問題の背景

さて、この問題を解決するために何をすればよいのだろうか。

まず私たちは特産品で大きな利益を上げているフランスやイタリアなどの世界の国々に着目した。フランスやイタリアは様々な種類のチーズやワインを生産しており、世界的に見ても有名なのは言うまでもない。秋田とフランスやイタリアなどの国々を比較した結果、特産品生産における秋田との大きな違いはその生産過程にあるということがわかった。フランスやイタリアには原材料を加工するための工場が多くあるため、酪農によって生産した乳製品や、地中海式農業などで生産したブドウなどを工場で加工して、付加価値をつけ、さらに多くの特産品を生産することが容易にできる。つまり利益効率がいいのだ。また海外の例として 2009 年の日本とアメリカとＥＵの貿易のデータを調べた。その中でもアメリカとＥＵの輸出額についてみると、アメリカは国土の面積が 980 万㎢で輸出額が約１兆 560 億ドルであるのに対して、ＥＵは国土の面積は 424 万㎢にもかかわらず輸出額はアメリカより多く、約１兆 500 億ドルも売り上げている。アメリカが穀物やトウモロコシなどの農産物を中心に輸出しているのに対して、ＥＵは加工食品を多く輸出していた。このことから、いくら土地が広大で農作物を大量に

作れたとしても、加工しなければ効率的に利益を得ることはできないということが分かった。この事例のアメリカと同じように、秋田の特産品はコメから作られたものが多く、加工せずに原料のまま売っている特産品が多い。なぜこのようにコメに頼った特産品の生産体系になるのかについて歴史的、統計的背景を調べた。秋田は兼業農業の割合が 89%と全国平均と比べて一割程度上回っている。また生産品目に占めるコメの割合は 67%と全国平均を 20 パーセント程上回っている。つまりは秋田の農業は「兼業農家による稲作」という特徴があることが分かる。また当然のことながら秋田の風土と気候が稲作に適しているということも挙げられる。さらに、「あきたこまち」というブランドもあり、高値で取引されているのでそれに頼ってしまっているということも挙げられる。

上記の事例のように加工によって付加価値をつけることは、特産品の販売額を上げるために、重要である。しかし秋田には加工するための工場が少ない。食品の加工にかかわる事業所の数が 706 社と東北でも一番少ない。したがって、農作物などの生産力は高いのにも関わらず、工場で加工して付加価値のついた特産品を生産することが難しい。よって多くの利益を生み出すことができない。この問題に対して秋田県は「秋田県六次産業化推進戦略」で六次産業化を農家に提唱している。六次産業とは、農家が生産、加工、販売のすべてを行うことである。六次産業を行うことによって、工場数が少なくても、加工を行い、付加価値を付けることができる。これは理想的な特産品の生産体制のように思える。だがしかし、事態はそう簡単ではない。次のグラフを見てほしい。



(H27 総務省統計局)

図２　全国と秋田県の高齢化率の推移

秋田は現在高齢化の真只中であり、昭和期では秋田の高齢化率は全国と比べてあまり違いはなかったが、平成から徐々に高齢化率が上昇し、現在では、全国平均に比べて大きく下回っている。そして将来も増加し続ける予想だ。このことから秋田の高齢化はこの先も深刻化し、秋田の未来の課題になると予測される。また六次産業化人口に対する高齢者の割合が全国平均は 26.7%であるのに対して、秋田県の人口に対する高齢化率は 33.5%と全国で第一位となるほど深刻な状態である。農業を行っているのは高齢者が多く、若者が少ない。このように、ただでさえ農業を行うだけでも大変な状況にある農家に対して加工や販売も行えと言うのは、県の政策が現在の農家の現状と一致していないことが分かる。さらに農家は農業に対しての知識や技術を持っているが、加工や商売に関する知識や技術は持ち合わせていない。そのような中で大手企業などの工場で作っている特産品などに、農家が加工した特産品が太刀打ちできるとはとても考えられない。また秋田で行われている六次産業は、農家が補助金をもらって行っている。加工施設や機械設備購入および設置調節等における補助の上限は 200 万円、商品開発・改良のための試作商品・パッケージ等製作費における補助の上限は 50 万円、農業者が自宅等の一部を改築することや、開業するための施設設備等における補助の上限は、100 万円である。このように国から補助金をもらって行っているため、失敗しても農家へのリスクが少ない。そのため農家は向上心を持たずに継続して生産できないという側面もある。このように断続的な生産では安定して特産品を生産できないため、将来の秋田への不安が募る。

Ⅲ　研究仮説

このような問題背景から私たちは秋田の特産品には次の二つのことが必要だと考えた。

一つ目は、「農商工連携で特産品を製造することにより農家の負担を減らしつつ、生産量をあげることができるのではないか」という仮説である。農商工連携とは、生産、加工、販売を農家、企業、店がそれぞれ連携して行うという仕組みだ。私たちはこの仕組みが「六次産業化」よりも秋田の現状に適していると考えた。また「農商工連携」と「六次産業」

を並列して利用することでさらに負担が軽減できると考えられる。また私たちは特産品のニーズは時代、地域によって異なると考えた。昔からの製法で特産品を生産し、変わらぬ秋田の食文化を守っていくことも大切だが、変化する地域や人々の好みに合わせて、特産品を製造し、新たな食文化も創造していく必要があると私たちは考えた。また秋田の食文化の活性化のために特産品の生産形態にのみ注目するのではなく、作った特産品をより多くの人に伝わるように宣伝面でも考えていかなければならないと考えた。

二つ目は、「廃校や農業放棄地を再利用して工場を増やすことができるのではないか」という仮説だ。秋田には工場数が少ないため農作物に付加価値をつけることができない。そのため、廃校や農業放棄地を再利用して工場数を増やすべきだと考えた。また廃校や農業放棄地といった用途のない持て余した土地を使うことにより地域貢献ができるとも考えた。

私たちは米から作られている加工品である日本酒に注目して上記の二つのことを利用し次のような仮説を立てた。それは、農商工連携と廃校の再利用で日本酒を作ることによって、日本酒の新たな楽しみ方を拡大する方法だ。具体的にいうと、農家が酒米を生産し、酒蔵で日本酒を生産する。そこに一見日本酒とは関係ないような温泉と研究所が連携することで、日本酒を飲みながら温泉を楽しめる施設を作ることや、日本酒の美容成分を研究し、それを利用した温泉を開発するということだ。また、このように私たちが日本酒を楽しむということは、日本酒の需要が高まることを意味する。需要の高まりに対して生産量を増やす必要性があると考えられる。しかし秋田には加工する工場が少なく、付加価値をつけることが難しい。フィールドワークで秋田醸造株式会社に訪問した時に、日本酒は国内や海外から多くの需要があるが、生産量が需要量に追いついておらず、売ることができていないケースもあるとおっしゃっていた。

Ⅳ　調査結果

1　農商工連携

私たちはまず農商工連携によって秋田で日本酒を造ることができるかについて考えた。農商工連携とは六次産業のように農家が生産・加工・販売をすべて行うのでなく、農家は生産に専念し、企業、工場が加工を行い、卸売店、小売店が販売を行う。そしてこの３つの機関だけではなくさらに大学や研究機関による分析や開発、地域団体による宣伝などを行いながら製品を生み出すというものである。農商工連携は商品開発において責任や資本を分担できるため、各機関に対する経済的負担を減らすことができる。さらにそれぞれの機関の得意分野で製品の製造に関わることができるため、これは高齢化が深刻な秋田県において特産品を作っていくには必要不可欠だと考えた。

これらの点について、フィールドワークで秋田物産振興会と、秋田県仙北市にある夏イチゴ農園（株）ストロベリーファームを訪問し、インタビューを行った。秋田物産振興会の方は秋田の特産品の発展のために農商工連携は必要であるとおっしゃっていた。さらにストロベリーファームの方は各機関が各得意分野で力を最大限に発揮することで、よりよい製品を生むことができるとおっしゃっていた。以下に農商工連携の成功例を示す。

ハスカップを用いた化粧品の開発・製造・販売が北海道札幌市で行われた。連携関係は株式会社esakiが化粧品に適したハスカップの研究・栽培を行った。次に洗濯・美容業を行っている株式会社アメージングアンクがエステ経営の知見を活かしてハスカップを利用した化粧品を開発し、美容院やケアサービスを行う店に販売した。さらに北海道中小企業家同友会札幌支部や広告業を行っている有限会社トライアドや化学工業を行っている株式会社ベルクール研究所なども化粧品開発の助言を行うとともに、商品のブランディング、販売促進をサポートし連携した。農家側はハスカップを食用として販売するとブームなどに左右され安定した利益が得られていなかった。しかしこの農商工連携によって販売先を多角化するとともにハスカップの知名度も上げることができた。またアメージングアンク側も高価なハーブを用いた美容品よりも安価なハスカップ美容品を用いることで、顧客層の拡大、販路拡大へとつなげることが出来た。農業者側は５年間で約186万円の売り上げ増加、中小企業側は５年

間で約 4061 万円の売り上げ増加という結果になった（平成 29 年度北海道経済産業局）。

また、宮城県仙台市ではわさび栽培に建設業者が連携し、成功を収めた例もある。わさび栽培は水管理などの栽培技術が難しい。そこに大学が関わり栽培管理技術を農家に提供した。さらに建設業者が自身のノウハウを生かし、効率的なわさび栽培装置を農家に導入した。また地元農家にもノウハウを提供してもらいながら、生産を行った。さらに老舗蒲鉾店と連携し、販売路線も確保し、1,200 万円もの利益を生んだ。

秋田でも畜産面での農商工連携の成功例がある。小坂市で養豚業者、農家、廃棄物処理業者が農商工連携を行い、廃棄物処理業者がよい土壌作りの技術を提供し、平成 18 年に 25，7 億円の売り上げをあげた。（参考文献参照）これらの成功例を受けて以降の考察をする。

秋田には県立試験研究機関という研究所がある。総合食品研究センター、農業試験場、果樹試験場、畜産試験場、水産振興センター、産業技術センターなどに分かれていて様々な研究が行われている。総合食品研究センターでは、

・県産素材を利用した食品、商品の開発支援
・県産素材の高度加工技術の研究および製品開発
・清酒の品質向上のための新しい酵母・麹菌や酒米の開発
・アルコール飲料の新しい開発

などを行っている。

農業試験場では作物の品種改良や新しい農業技術の開発などを行っている。果樹試験場、畜産試験場、水産振興センターなども同様の活動を行っている。産業技術センターでは、売れるものつくり研究開発や世界に通用する戦略的技術開発を行っている。このような施設に連携を依頼することで、温泉の美容成分の分析、新しい酒の開発、そして安定的した生産ができると考えた。さらに多角的に商品を開発・生産できるとも考えた。

２　廃校の再利用

私たちはまず秋田の廃校数が多いことに目を付けた。秋田には実際 155 校もの廃校がある。廃校を再利用することで、

・工場の建設費用の節約が期待できること
・地域密着型の事業を展開する際に地域の理解が得られやすいこと
・「学校施設の再利用」という地域貢献ができること
・地域雇用の創出につながること

などのメリットがある。

現在、文部科学省では、廃校の再利用のため「みんなの廃校プロジェクト」を実施している。この事業は民間企業などの活用希望者が地方公共団体を仲介して、文部科学省へ廃校の情報を提供し文部科学省のホームページに掲載してもらうことにより活用希望者へ廃校の情報を紹介するものだ。

実際秋田県の大館市で旧山田小学校がこの事業で白川フーズ（株）生ハム工場へとなった。市と年間約 80 万円の賃貸借契約を結び、約 5,000 万円を投じて設備を整えた。冷涼な山田地域の環境と、旧山田小学校の校舎の日当たりのよさ、そして、校舎の前を遮るものが何もないという風通しのよさが生ハム作りに適している。また、日本に生ハム文化を定着させるために、仕込みの時期にあたる冬期間に広く一般の方々を対象に月 1 回のペースで「生ハム塾」を開催している。これは多くの人に本物の生ハムを「生ハムづくり」から楽しんでいただきたいという活動だ。同社の工場には、地区住民の方が季節雇用で 10 人働いている。このように、廃校を再利用することによって地域の雇用創出にもつながる。

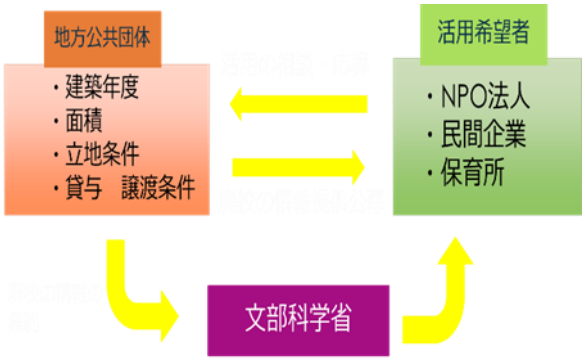


図３　「みんなの廃校プロジェクト」
～廃校の情報と活用ニーズのマッチング～
（文部科学省）

Ⅴ　考察

農商工連携について調べ、二つのことを考察した。

一つ目は秋田には農商工連携が適しているということだ。秋田では先にも述べたように、少子高齢化に乗じて、農家の年齢が上昇している。この現状に対して農商工連携を行うことで高齢の農家の負担を減らすことができる。さらに企業や卸売店とも連携することで高品質な製品をより楽に生産できる。そして二つ目に農商工連携を行うことで生み出す製品に独創性が生まれるということだ。なぜなら農商工連携では例にも挙げたように建設業者や大学、公設試験所、さらに、様々な機関、団体が連携することができるからだ。これによって研究結果の例のように従来生産が不可能といわれていた場所で農作物を生産出来たり、大学などが関わることで品質や安全性が向上したりする。極めつけは上記の理由により、様々な視点からのアイディアが製品に加わるため、他の製品との差別化にも繋がるのではないかということだ。また持続的に製品を製作することにもつながる。これらのことから農商工連携で特産品を製造することは、農家の負担を減らし、さらに独創的な特産品を作ることにつながるため、これを秋田に導入することはとても有効であると考察した。

そっして、廃校を再利用して工場数を増やすという方法だ。秋田の工場数を増やし、加工力を高めることで、特産品の販売額を上げることが出来ると考えた。さらに秋田の高品質な酒を今より多く生産することで、国内外からのさまざまな需要に答えることが出来ると考えた。秋田市産業企画課の方に伺ったところ、廃校は立地条件が悪く、アクセスもよくないというデメリットがあり、廃校を再利用することは難しいのではないかという指摘をいただいた。しかし、白神フーズのように、山地などの立地条件が悪い場所のほうが生産性がよくなるという例もあり、デメリットだけではないと考えた。

Ⅵ　結論

より一層特産品を売るために日本酒を例にして調査したことで二つのことを提案したい。

一つ目は農商工連携によって日本酒を生産するということだ。農商工連携を導入することで、農家の負担を軽減し、高品質で多角的な商品を作ることが出来る。

二つ目は廃校などを再利用して工場を増やすことだ。廃校を再利用することで不足している食品加工工場数を増やし加工力と生産量を上げることが出来るそのうえ、地域雇用創出にも繋がる。

これらの２つの点は日本酒だけに言えることではなく、他の特産品にも当てはまる。

秋田にも良い食品や特産品は存在している。しかし、それは全国的に見て大きな利益を得られていないことが秋田の現状だ。この問題に対し調査結果を踏まえた対策をとることで未来の秋田の特産品をより売っていくことが可能になるだろう。このことを実践することは多額の費用が必要となり、その他にもまだまだ多くの問題点があるので、これからも研究を続け、秋田の特徴である「豊かな食文化」つまり特産品を守り、発展させていきたい。

謝辞

私たちの研究に対し熱心なご指導を頂いた秋田県立大学生物環境科学科長濱健一郎教授に感謝の意を表します。フィールドワークの実施にあたり株式会社ストロベリーファーム統括マネージャー宮下総一郎様、株式会社秋田県物産振興会代表麥澤博英様、秋田醸造株式会社様、「酒のえびな」海老名俊之様に大変お世話になりました。また、グローカル・ミーティング in 秋田市役所では秋田市産業企画課及び特定検診科の皆様から多くの助言をいただきました。ありがとうございました。

参考文献

秋田市産業振興部産業企画課『農家×秋田市　アグリビジネス応援 book』(2017)

秋田県農林水産部農業経済課「秋田県六次産業化推進戦略」(2015)

財団法人東北産業活性化センター「能商工連携による産業・地域活性化」,『IVICT 情報 Vol.86』(2009)

文部科学省ホームページ「～未来につなごう～『みんなの廃校』プロジェクト」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyosei/1296809.htm

希少糖（Ｄ－プシコース）[1)]を用いて糖尿病患者を減らす

坂谷　日向，　佐々木　愛菜，　鷲谷　京香，　伊藤　瑞巴，　田元　楓夏
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｃコース４グループ

日本の糖尿病死亡者数は世界第９位であり、秋田県は日本第２位である（2015 年時点）。本研究では、糖尿病患者を減少させるために、D-プシコースを利用することを提案する。糖尿病の主な原因の一つであるメタボリックシンドロームの解消のために、D-プシコースが持つ内臓脂肪の増加を抑制する特性に着目した。また、官能検査を実施した結果、D-プシコースはガムシロップの甘さと比べてもあまり変わらないという結果を得た。これらのことから、D-プシコースはほかの甘味料に代替することが可能であり、糖尿病の事前予防のためには、D-プシコースを代替品として毎日摂取するのがよいと考えた。

キーワード：D-プシコース、秋田県、糖尿病

Ⅰ　問題の所在

今日の日本において、生活習慣病患者の増加は大きな問題の１つと言える。2015 年現在、日本の生活習慣病患者数は世界第９位であり、その死亡者数は世界第１位となっている。また、私達は自分たちの親戚に糖尿病患者が多いことを知り、生活習慣病の中でも糖尿病に関心を持った。糖尿病は様々な合併症を引き起こす原因となる深刻な病である。日本におけるその患者数は世界第４位と、全人口の約 11 人に１人が糖尿病を患っている。我が秋田県において、都道府県別に見た人口 10 万人に対する生活習慣病死亡者数は全国第１位、糖尿病死亡者数は全国第２位であった。以上のことから、私たちは生活習慣病、特に秋田県の糖尿病に関する研究をすることにした。

Ⅱ　問題の背景

１　糖尿病の仕組み

食事をすると、食べたものが胃で分解され、糖になる。それらが腸に運ばれるとブドウ糖に変換され、血液中に吸収される。そして、すい臓で製造されたインスリンと結合し、栄養分として細胞の中に入っていく。しかし、糖尿病になる人はインスリンやインスリン受容体[2)]に何かしらの問題があり、細胞の中にブドウ糖が入っていけないという事態に陥る。その結果、血液中にブドウ糖が余ってしまい、血糖値が上がる。その状態が続くと糖尿病となる。

２　糖尿病の原因

糖尿病には「１型糖尿病」、「２型糖尿病」、「境界型糖尿病」があり、「１型糖尿病」は原因がよく分かっていない。「２型糖尿病」は、血糖値上昇を抑えるインスリンの量が不十分であること、インスリンに対する細胞の感受性が悪くなることなどが原因として挙げられる。この、細胞の感受性が悪くなることを「インスリン抵抗性」という。また、「境界型糖尿病」とは、血糖値の高さが、糖尿病というほど高くはないが、正常の範囲を超えている（糖尿病と正常の境目にある）という意味であり、いわゆる「糖尿病予備群」のことである。血糖値上昇の主な原因として、ブドウ糖の過剰摂取、運動不足、内臓脂肪の増加（メタボリックシンドローム）などがある。

(1) ブドウ糖の過剰摂取

糖を取り過ぎると、摂取した大量のブドウ糖に対してインスリンの放出量が追い付かなくなり、インスリンが十分に反応することができなくなる。その結果、血液中に占めるブドウ糖の割合が大きくなり、糖尿病になってしまう。

(2) 運動不足

現代人が運動不足である理由として、生活が便利になるなど、日常的に体を動かすことが減少する方向に変化したことが挙げられる。また、別の理由と

して、スポーツや外遊びに不可欠な要素である時間、空間、仲間が減少したことが考えられる。運動不足は肥満へと繋がり、結果糖尿病になる。

(3) 内臓脂肪の増加

内臓脂肪の増加の原因は過食や上記したような運動不足が考えられ、内臓脂肪の増加はメタボリックシンドロームへと繋がる。そして、さらにメタボリックシンドロームは糖尿病へと繋がるのだ。

Ⅲ　仮説

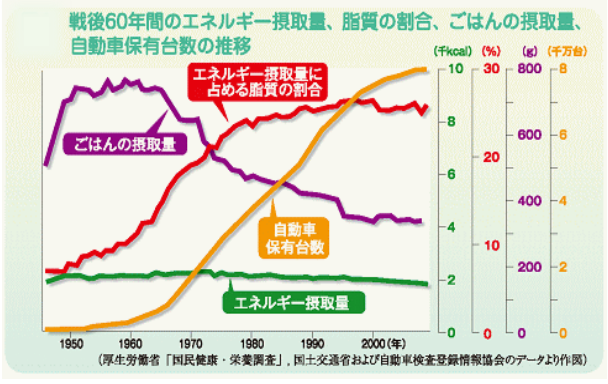
上記した原因はどれも重大であるが、全てを調査することは難しい。そこで、私たちは食事面での原因に絞り、研究することにした。食事は誰もが日常的に行うものであるが、運動はわざわざ時間を割いて行わなければならない。誰もができるわけではない運動と比べれば、食生活は改善しやすくかつ、より多くの人に効果が得られると考えた。

したがって、血糖値の上昇を抑える効果がある食品を調べ、その食品を使った料理のレシピを発信することで、より多くの人に糖尿病予防をしてもらおうと考えた。

Ⅳ　調査結果

1　日本の状況

まず糖尿病の原因のうち、ブドウ糖の過剰摂取と内臓脂肪の増加のどちらが、より大きな原因となっているのかを調べた。



（米穀安定供給確保支援機構ホームページ）

図１　摂取量の変化

エネルギー摂取量における脂質の割合は内臓脂肪の増加、ごはんの摂取量はブドウ糖の過剰摂取にそれぞれ関係していると考えられる。図１から分かるように、エネルギー摂取量に占める脂質の割合は増加し、ごはんの摂取量は低下している。

米には 100g あたり 37g ものブドウ糖が含まれている。さつまいもは 100g あたり 31.5g、バナナは 100g あたり 22.5g であることからも、米における糖の含有量が多いことが分かる（東京書籍『家庭基礎 自立・共生・創造』）。よって、糖を多く含む米の摂取量が低下しているのに、ブドウ糖を過剰摂取しているとは考えにくい。

2　実際の食事量の変化

また、実際の食事にはどれほど違いがあるのかを調べた。図２は、1965 年と 2013 年における食事の内容の変化を示している。

（東京書籍『家庭基礎 自立・共生・創造』）

図２　食事内容の変化

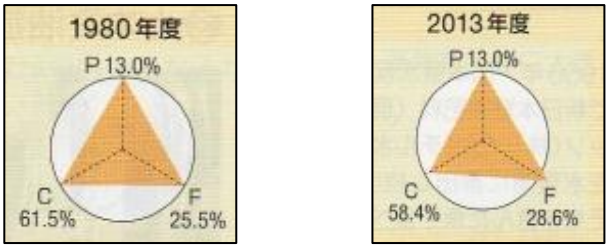
1965 年の牛肉料理では、月１回だったのが 2013 年には月３回に増えている。同じく、豚肉料理も 1965 年では月１～２回だったのが 2013 年には月７回に増えている。植物油に至っては 1965 年では１年で３本消費していたのが、2013 年には１年で８本も消費している。

一方でごはんの摂取量は 1965 年には１日５杯だったのが、2013 年には１日３杯に減っている。

米を多く消費していた 1965 年の糖尿病患者は 2015 年（316 万 6000 人）のおよそ 96 分の１にあたる、３万 3000 人である。

3　エネルギー産生栄養素バランス（ＰＦＣバランス）

また、米を多く食べる日本食は、世界的に健康に良いとされている。近年よりも米が多く食べられていた 1980 年度は、エネルギー産生栄養素バランスがとても良い（図３）。



（東京書籍『家庭基礎 自立・共生・創造』）

図３　エネルギー産生栄養素バランス

エネルギー産生栄養素バランスとは、栄養の質を評価する指標の１つである。もともとはタンパク質（Protein）、脂質（Fat）、炭水化物（Carbohydrate）の頭文字をとって、ＰＦＣバランスと呼ばれていた。この３つの栄養素のバランスは健康に大きく影響を及ぼす。

図３より、2013 年度のエネルギー産生栄養素バランスは、1980 年度のものよりも炭水化物の量が減り、脂質が増えている。

これらのことから、やはり日本人は脂質の多いものを過食していると言える。過食により摂取されたカロリーが消費されずに体の中にたまっていくと内臓脂肪として蓄積される。そして、内臓脂肪の増加はメタボリックシンドロームへと繋がり、最終的には糖尿病にかかるリスクを高めてしまう。

以上のことから、糖尿病の原因は「内臓脂肪の増加」の方が有力であると考えられる。

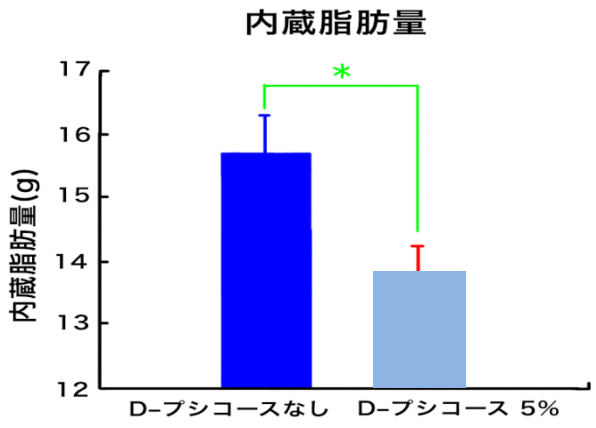
４　フィールドワーク

そこで私たちは内臓脂肪の増加を抑えられる食品やそのより良い摂取方法についてお聞きするため、フィールドワークとして秋田栄養短期大学を訪れた。そこで佐藤実教授に教えて頂いたのが、D-プシコースという希少糖である。

(1) D-プシコースの特徴

D-プシコースは、果糖であるD-フラクトースをC-３エピマー化[3]したものである。ズイナという植物にも実際に含まれている天然糖であり、砂糖の70%の甘味がある。そして、１番重要な特徴は、D-プシコースには小腸粘膜上皮で二糖分解酵素を阻害、肝グルコキナーゼの核から細胞質へ移行を促進してグルコキナーゼの活性化が肝糖代謝を亢進[4]することによって、内臓脂肪の蓄積を押さえる効果がある

ということだ（図４）。

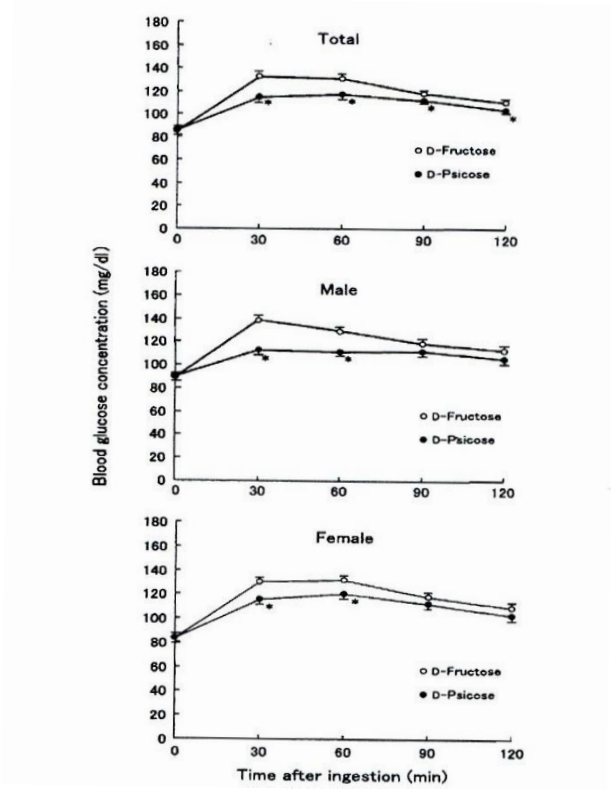


（マイナビニュース）

図４　D-プシコースの内臓脂肪蓄積抑制効果

たった５%でもD-プシコースを含んでいる方は、含まない方より内臓脂肪が付きにくいことが分かる。

またD-プシコースには食後の血糖値の上昇を抑える効果もある。



（松尾・路, 2011）

図５　D-プシコースの食後血糖値への影響

図５は、D-プシコースとD-フラクトースを摂

取した後の血糖値濃度を表したものである（松尾・路, 2011）。上から順に全体、男性、女性における結果を示している。いずれもD-プシコースの方が、摂取後の血糖値濃度が上昇しにくいことが分かる。

(2) D-プシコースの甘みについて

D-プシコースの特徴の１つである「砂糖の 70%の甘み」について調べるため、私たちはガムシロップとD-プシコース入りシロップで官能検査を行った。対象はＳＧＨ活動をしているＤ組、Ｇ組の中からくじで無作為に選んだ 37 人である。実際にはどれほど甘みの違いを感じるのか、その他香りや後味などといった観点において違いはあるのかといったことを知るためである。D-プシコース入りシロップの比較対象としてガムシロップを選んだのは、成分にそれほど違いがなく、また見た目による先入観をなくすためである。

実験では以下のような方法をとった。

①D-プシコース入りシロップなのか、ガムシロップなのか分からないようにする、あらかじめＡと書かれた紙コップにD-プシコース入りシロップを、Ｂと書かれた紙コップにガムシロップを入れておく。

②ＡのD-プシコース入りシロップを紙スプーンですくってなめてもらう。この時に色や香りも確認してもらう。

③甘さを＜とても甘い・甘い・そんなに甘くない・甘くない＞の４段階で評価してもらい、用紙に書き込んでもらう。

④後味を調べるために５分待つ。この間にＡについて感じたことを書いてもらう。５分後、後味の項目に後味が残るか残らないかを記入してもらう。

⑤味が混ざらないように市販の水を飲んでもらう。

⑥②同様、Ｂのガムシロップをなめてもらう。この時に色や香りも確認してもらう。

⑦③同様、甘さを＜とても甘い・甘い・そんなに甘くない・甘くない＞の４段階で評価してもらい、用紙に書き込んでもらう。この時に②と⑥で確認してもらった色や香りについて、ＡとＢで違いがあるかないかを書き込んでもらう。

⑦④同様、後味を調べるために５分待つ。この間にＢについて感じたことを書いてもらう。５分後、後味の項目に後味が残るか残らないかを記入してもらう。

図６は、Ａ、Ｂそれぞれの甘さの評価の数を示したものである。

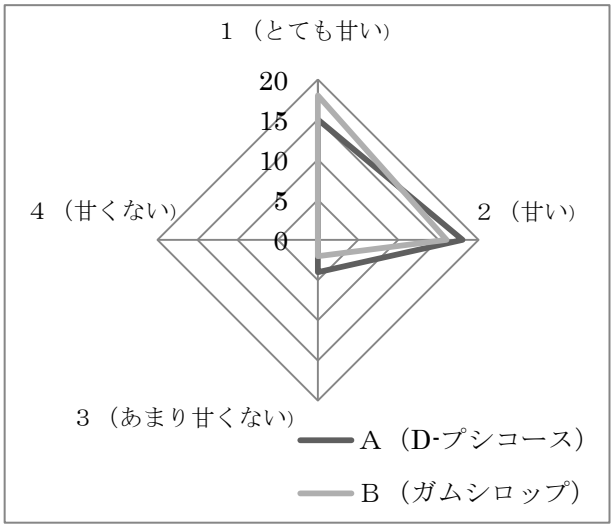


図６　官能検査の結果

このグラフから、どちらも結果はあまり変わらないことが分かる。香り、後味に関しても、大きな違いは見られなかった。

(3) D-プシコースの安全性について

ここで、人口甘味料とD-プシコースはどのような点に違いがあるのかを調査した。まず、人口甘味料は自然界には存在しない物質であるのに対し、D-プシコースは自然界に存在する天然糖である。最大無作量[5)]は人口甘味料であるマルチトールやキシリトールで 0.3ｇ/kg体重であるのに対し、D-プシコースは 0.55ｇ/kg体重である。また、人口甘味料入り飲料やダイエットソーダによるメタボリックシンドロームの発症率の増加や２型糖尿病の発症リスクの増加が報告されているが、D-プシコースはそのような報告が上がっていない。

(4) アンケート結果

私たちは実際にD-プシコースはどれほど知られているのかを調べるためにアンケートを実施した。2017 年７月２日に秋田南高校で行われた文化祭において、地域の方、職員ら計 96 名を対象に行った。結果は以下に示すとおりである。なお、考察に必要なデータのみ抜粋してある。

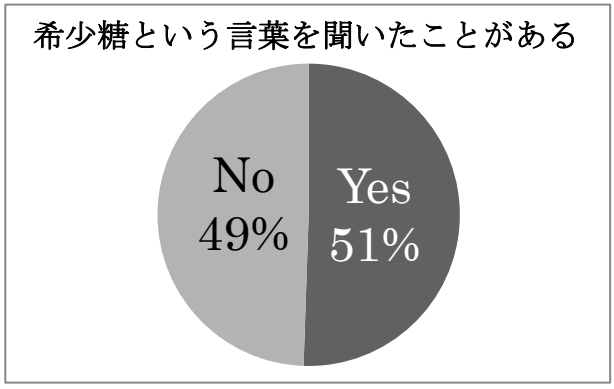


図７－１　アンケート結果１

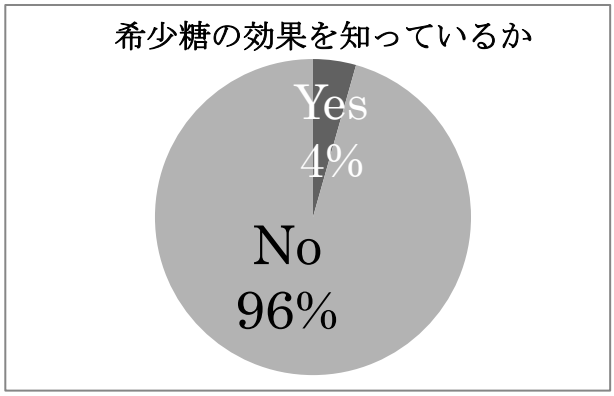


図７－２　アンケート結果２

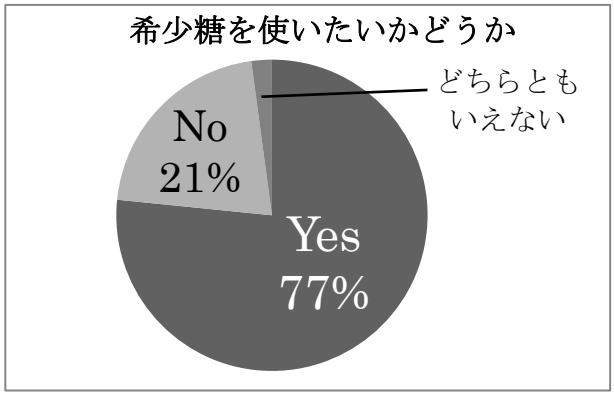


図７－３　アンケート結果３

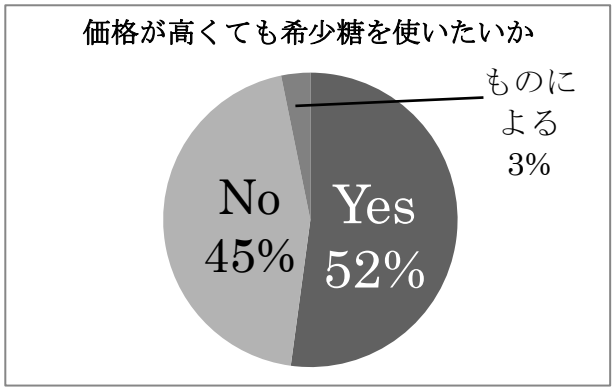


図７－４　アンケート結果４

これらの結果から希少糖という言葉は知っているものの、その効果までは知らないという人がほとんどであることが分かった（図７－１、図７－２）。また、希少糖の効果を紹介したところ、希少糖を使いたいと答えた人は８割近くおり、価格が高くても買いたいという人は半分以上いた（図７－３、図７－４）。

Ⅴ　仮説の検証

ここまでをまとめると、D-プシコースは、内臓脂肪の蓄積を抑え、さらにガムシロップと甘さや香り、後味があまり変わらない。よって、普段使用している砂糖をD-プシコースに変えても、味や香りに大した違いはないうえに、内臓脂肪の増加によるメタボリックシンドロームを予防することが出来る。そして糖尿病患者の減少に効果があるといえる。しかし、医療品と認められていないD-プシコースは、薬事法により内臓脂肪を抑えるなどの効果の説明をすることができないため、どう普及させるかが問題となる。

Ⅵ　結果と考察

したがって、私たちはD-プシコースを日々の食事に取り入れることを提案する。例えば、D-プシコース入りシロップをコーヒーに入れたり、料理するときに砂糖の代わりに使ったりする。さらに、毎日D-プシコースを取るために、ヨーグルトにシロップとしてかけて毎朝食べるなどして、D-プシコースを使った１品を増やす。図４、５からも分かるようにたった５％でも違いがあるのだから、D-プシコースを１度に大量にとる必要はないのだ。少しずつでも毎日摂り続けることを推奨する。

図８　D-プシコースを流通させるためのサイクル

第１のステップとして、まず私たち消費者が意識的にD-プシコースを買う。そうすることにより、D-プシコースの需要が増え、企業がその有望性に気がつき、D-プシコースの研究に投資するなどして、技術開発が進む。技術開発が進むと、流通量が増えたり、より低コストで生産したりできるようになり、価格が安くなる。このようなサイクルが実際に行われるようになれば、より多くの人がD-プシコースを手に入れやすくなり、糖尿病患者の減少につながると考える。

確かに、そんなに上手くサイクルが機能するわけはないだろう。しかし、コンビニスイーツなど、実際にD-プシコースを使った商品がすでに販売されていることや、近年は大勢の人が健康志向に転換してきていることを踏まえれば、決してできないことではない。

ここで問題となるのがD-プシコースをどう消費者にアピールするかである。内臓脂肪の増加を抑える等の効果を説明するには、D-プシコースが医療品と認められる必要があり、そのためには学会で大きく取り上げられる、トクホに認定されるなどしなければならない。しかし、高校生である私たちがこの課題を解決することは難しい。

それでも、このサイクルがうまく回りだせば、多くの人がD-プシコースを摂取し、脂肪の蓄積を押さえることができるようになる。その結果、内臓脂肪の増加によるメタボリックシンドロームを予防することができ、糖尿病予防へと繋がる。また、日本でこの方法が確立されれば、他国、他地域での糖尿病増加問題の解決を考えるとき、多いに役立つだろう。

注

1)　D-プシコースは希少糖の一種である。本研究において、特に指定が無い場合、D-プシコースと希少糖を同義で扱う。

2)　細胞膜にあり、ブドウ糖を細胞内に取り込む。

3)　異性化のこと。分子式を変えることなく、その化学構造を変えること。

4)　(感情・脈搏・病状などが)たかぶり進むこと(Weblio辞典)。

5)　化学物質の毒性試験で、複数の用量段階で動物への毒性を観察したとき、有害／無害を含めた影響が認められない最高の暴露量のこと（公益社団法人日本薬学会)。

謝辞

今回この研究、および論文作成にはたくさんの方に協力していただきました。秋田県立大学生物資源科学部生物環境科学科長濱健一郎教授、秋田栄養短期大学佐藤実教授、秋田市役所産業企画課主事加藤徹也様、特定健診課副参事佐藤裕子様、特定健診課主席主査大山久仁子様、株式会社ローズメイ代表取締役原田青様、プライムスクール代表奥真由美様、官能検査に協力してくださった生徒の皆さまに、この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

文部科学省中央教育審議会答申「子どもの体力向上のための総合的な方策について」(平成14年)

「本気で目指す　Slim-Slender　美人」ホームページ
http://slim-slender.com/

「糖尿病ネットワーク」ホームページ
http://www.dm-net.co.jp/

都道府県格付研究所
http://grading.jpn.org/

東京書籍『家庭基礎　自立・共生・創造［家基301］』(2014)

門脇孝（東京大学大学院医学系研究科糖尿病・代謝内科教授）米穀安定供給確保支援機構
http://www.komenet.jp/samit/2011/kadowaki.html

櫻井勝,「人口甘味料と糖代謝」農畜産業振興機構ホームページ（2017)
https://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_001494.html

松尾達博,路暢「日常生活条件下における希少糖 D-プシコースの食後血糖値上昇抑制作用」生物工学会誌,第 89巻,第７号,p3,2011.

薬学用語解説　公益社団法人日本薬学会ホームページ
http://www.pharm.or.jp/dictionary/wiki.cgi

栄養過多の土壌を活用しリン枯渇をくいとめる

佐藤　心，　齊藤　綾乃，　安部　夏美，　藤田　美波
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｄコース１グループ

近年、食物の高騰を引き起こし、食糧危機につながるリン資源の枯渇が指摘されている。今回の研究でリンの輸入と排出のデータから栄養過多になっている土壌がある点に着目した。また、フィールドワークで、補給型施肥と高窒素鶏ふんペレット堆肥がリン枯渇の改善につながること、さらにリンの循環に鶏ふん焼却灰が有効であることが分かった。しかし、栄養過多の土壌のリンはそのまま活用できないため、解決策として落花生の緑肥を用いることを検討した。その結果、栄養過多の土壌や鶏ふんのリンを活用することによって、リン資源枯渇の解決につながるものと考察した。

キーワード：リン枯渇、補給型施肥、高窒素鶏ふんペレット堆肥、鶏ふん焼却灰、緑肥の落花生

Ⅰ　問題の所在

現在、リン資源の枯渇が問題となっている。図１のとおり、現時点で採算の取れるリンは 180 億トンである。しかし、リンの年間消費量は１億 3800 万トンであるため、単純に計算すると、リンは 130 年で枯渇してしまう。リンが枯渇すると、価格が高騰する可能性がある。また、リン資源の品質が低下するが、資源として使えるリンは 540 億トンある。しかし、採掘コストが上昇するため、採算が取れず、どちらにしろリンの価格が高騰する。リン鉱石からリン酸を作り、そのリン酸を肥料の成分として使っているため、リンの価格の高騰によって、肥料を作ることもできなくなり植物の成長を遅くしてしまい、収穫量に影響し重大な食糧危機を引き起こすことになる。このことから私たちは、リン枯渇を改善したいと考えた。

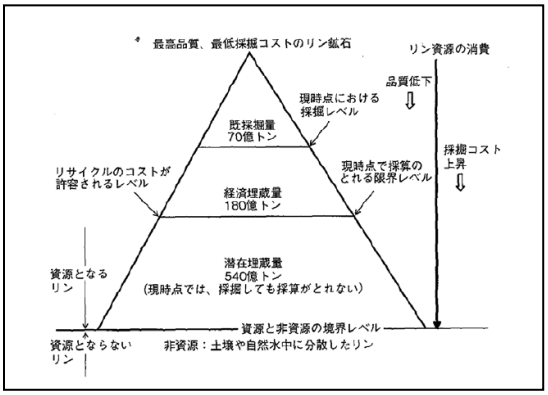


図１　リン資源の採掘ピラミッド

Ⅱ　問題の背景

日本でのリン酸の現状について説明する。現在、日本はリンを 100%輸入に頼っている。量にすると、年間 70 万トンほどである（図２）。日本では、リンをさまざまな目的で輸入している。リン鉱石・肥料として 50%、農畜産物・海産物として 44%、工業原料として６％という内訳である。工業原料の一例として、リンを使って、ろうそくなどの生活に使う身近なものも作っている（図２）。リン資源は農業だけでなく、工業原料などにも使われているためリン枯渇は様々なことに影響を及ぼす。

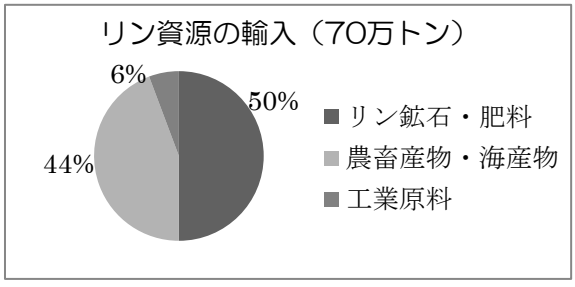


図２　リン資源の輸入

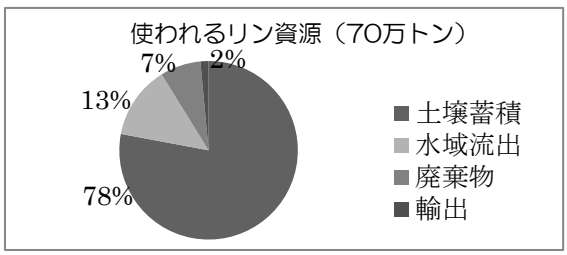


図３　使われるリン資源

リンの使用のされ方については土壌蓄積として78%、水域流出として 13%、廃棄物として７%という内訳である（図３）。水域流出はリン酸の土壌蓄積が過剰であることが原因だと考えられる。このことから、リン酸の土壌蓄積の過剰がリン資源の90%の消費につながっていると考えられる。こうなった原因は肥料をたくさん与えれば収穫量の増加に結びつくと農家が思いこんだこと、年に何回も栽できる作物が出てきたこと、施設園芸農業が普及し肥料が土壌から出ていく量が減ったことであると言われている。また、特にリン酸は過剰に与えても影響がほぼないため気づきにくいことも原因の１つである。それによって、地球の水環境への悪影響も出ている。肥料の成分は水に溶けやすく、土壌に蓄積した過剰なリン酸が雨水とともに河川へ流出し富栄養化の結果アオコの発生、赤潮などにつながっている（図４）。その一方でリンを必要としている土壌もある。

よって過剰に土壌に蓄積したリン酸を有効活用し、リンの蓄積の少ない土壌には補給しリンの循環を作り、リン資源の輸入を減らすべきであると考える。

図４　アオコが発生し富栄養化になった川

Ⅲ　仮説

１　高窒素鶏ふんペレット堆肥

土壌に多くのリンが蓄積した時の解決策の１つとして高窒素鶏ふんペレット堆肥を挙げたい。この堆肥はリンの濃度が低く、窒素の濃度が高いため、リンが蓄積しすぎた土壌に使用できる。　この堆肥の特徴として次のことが挙げられる。ブロイラー鶏ふん堆肥と尿素を重量比８：２で混合・ペレット化していて、肥料全体に窒素 11%、リン酸３%、カリ２%含まれている。また、大きさは機械施肥に適合するように直径 5.5～6.0㎜、長さ 9.5～11.0cm に作られている。そして、リン酸やカリが蓄積している圃場[1)] での利用に適している。

高窒素鶏ふんペレットは使用する耕種農家[2)] にとってメリットが多い。例えば、ハンドリングの向上、つまり、ほこりが少なく、容積が減少され、機械での散布が可能である。そして、一般のペレット肥料と比較して、窒素濃度に比べリン酸・カリの濃度が低いため、養分過剰蓄積圃場で使いやすく、肥料費削減が可能であり、農作物の生育が安定している。デメリットとして、リン酸・カリが少ないため、定期的な土壌診断[3)] をして土壌の状態を知る必要がある。その際、ＪＡ（農協）などの農業機関に頼んで有料で土壌診断[3)] をしてもらうことになる。最近ではインターネット通販でも簡単で安い土壌診断[3)] キットが売っているが、それだけでは正確な診断ができないなど課題もある。

図５　高窒素鶏ふんペレット堆肥

しかし、堆肥を販売する企業にとっては、デメリットが多い。１つめは、ペレット化するのにコストがかかることである。設備の導入費用、堆肥の水分低下にかかる処理費用などでコストが増加してしまう。２つめは、ペレット形状が大きいことである。ペレット形状が大きいため、水稲の側条施肥機[4)] への対応が不可となっている。３つめは、窒素含有量が少ないことである。鶏ふん由来の窒素を二割しか含まないため、特別栽培用肥料[5)] として使用ができない。４つめは、ペレット化するのに手間がかかることである。一般のペレット堆肥と比較すると尿素添加にかかる手間が増加してしまう。５つめは、鶏の生育状態や品種に左右されるためはっきり数値を出すことが難しいことである。堆肥は動物によ

って含まれる成分やその成分の濃度が異なる。人間の排泄物が糖尿病だと糖が多いし、コレステロールが高いと脂肪が多いのと同じで個体によって成分が違うので一概には言えないのだ。

畜産農家側にもデメリットがある。ペレット化するときに、使う堆肥の量が少ないため、畜産農家側にたまった堆肥を効率よく消費できないことなどがある。

しかし、土壌内に蓄積したリン酸は多くの植物は吸収できない。土壌中にリン酸を加えるとリン酸が溶け出してリン酸はイオンの形で存在する。リン酸イオンは陰イオンの中でも異質で、土壌中にリン酸を固定（リン酸固定）され、作物が吸収できない肥料成分の形（不可給態）にしてしまう。その原因として、リン酸イオンは土の中に含まれる鉄、アルミニウム、カルシウムのいずれかと必ず結合してしまうことがある。カルシウムと結合するとリン酸カルシウム（このように結合しているときのリン酸を可給態リン酸と呼ぶ。）となり植物は吸収可能だが、鉄やアルミニウムと結合すると不可給態になってしまう。それには、土壌の性質が関わっている。火山灰土は鉄やアルミニウムが多く含まれているので溶けだし、リン酸イオンと結合してしまう。残念なことに日本の土は 47%が火山灰土である。土壌中に含まれているリン酸は不可給態リン酸で植物が吸収できるようにする必要がある。

2　落花生緑肥

そこで、私たちは不可給態リン酸でも吸収できるラッカセイに目をつけた。ラッカセイはキレート活性というはたらきをする。キレート活性とは、根の細胞壁にリン酸鉄やリン酸アルミニウムが結合し、リン酸イオンのみを吸収し、鉄やアルミニウムがこれ以上結合できない飽和状態になると根の表面が脱落し新しい根の表面が形成されるしくみである（図６）。

このしくみがあるので、ラッカセイを生育させる際にリン酸の施用は必要ない。また、アーバスキュラー菌根菌（AM菌）がはたらく。AM菌は、根の外側に伸ばした菌糸によって土壌からリン酸などの養分や水を吸収し共生している植物に運ぶ役割をしている。AM菌の菌糸はとても細く、根の届かない土壌の粒の隙間からリン酸を吸収することができる。

緑肥とは、栽培した植物を田畑にすきこみ、次に栽培する作物の肥料にすること、あるいは、そのための植物そのもののことである。土壌中のリン酸をいったんラッカセイに吸収させ、それを緑肥としてすきこみ、リン酸を吸収できる状態にし、次に栽培する作物にいったん吸収させたリン酸を使い、土壌に蓄積したリン酸を有効活用できると考えた。

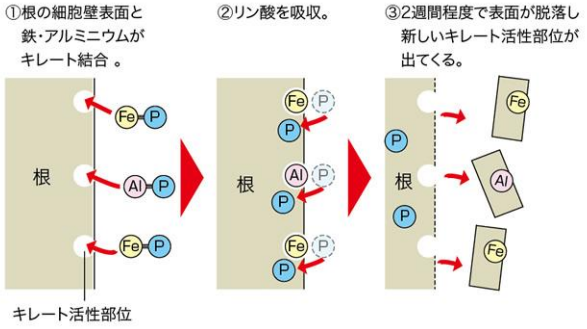


図６　キレート活性

3　鶏ふん焼却灰

土壌にリンが蓄積していない状態のときの解決策として鶏ふん焼却灰を挙げたい。鶏ふん焼却灰とは鶏ふんを焼却して得られる灰のことである。

図７　鶏ふん焼却灰

これを使用するメリットは４つある。１つめは、この焼却灰には鶏ふんに含まれていたリンが残っており、この焼却灰を肥料として散布することができることである。２つめは、無機物質として扱えるようになることだ。仮に鶏が病気を持っていたとしても、焼却することで加熱殺菌されるため、焼却灰には病原体が残らない。３つめは、鶏ふん焼却灰がアルカリ性のため、土壌のpHを大きくすることができる（図８）。

土壌の最適 pH は 6.0～6.5 である。過度に酸性だと、アルミニウムが溶け出し植物に吸収され、リン

の吸収を阻害する。また、日常的に降る雨が土壌を酸性化させる原因にもなっている。そのため、土壌の酸性を防ぐ必要がある。過度な酸性の土壌では、pHを大きくして、土壌を最適pHに近づけなくてはならない。鶏ふん焼却灰はアルカリ性だから、過度な酸性土壌に散布すれば、土壌を最適pHに近づけ長期的に利用できる。４つめは、焼却灰を分解する工程を経れば、リン単体として取り出すことができることだ。リン単体になれば使い勝手がよく、農業だけでなく他の産業分野にも活用が可能である。

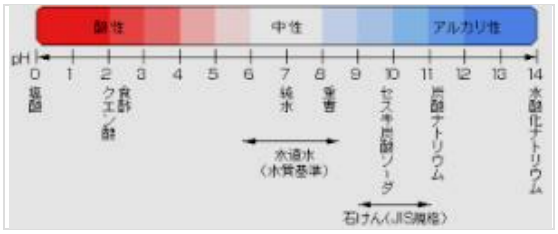


図８　pH基準

デメリットは３つある。１つめは、コストがかかることだ。鶏ふんを焼却灰にするためにはボイラー施設を設置し、その際に発生する事業費と電気代を払う必要がある。２つめは、鶏ふんを焼却しなくてはいけないことだ。鶏ふんには窒素やリン酸が多く含まれている。鶏ふんをそのまま投与することは環境破壊の原因となるため、窒素の含有量を減らす必要がある。焼却することで窒素酸化物は大気中に放出されてしまう。３つめは、熱処理することで大気中に二酸化炭素などの温室効果ガスが排出され、地球温暖化につながる可能性があることだ。このように、鶏ふん焼却灰にもメリット・デメリットがあるが、リン資源を循環させるためには、鶏ふん焼却灰も有効な解決策であると考える。

Ⅳ　仮説のまとめ

補給型施肥をもとに土壌診断し、可給態リン酸が多い場合、高窒素鶏ふんペレット堆肥を使い、不可給態リン酸が多い場合ラッカセイを栽培して緑肥として用いて土壌中のリン酸を可給態リン酸にし、高窒素鶏ふんペレット堆肥とともに使い、リン酸が少ない場合鶏ふん焼却灰を使用する。１年ごとに土壌診断を行い、その結果に従って上記３つの解決策を使い分ける。これによって土壌に蓄積したリンを有効活用でき、リンの輸入が減り、リン枯渇の改善ができると考える。

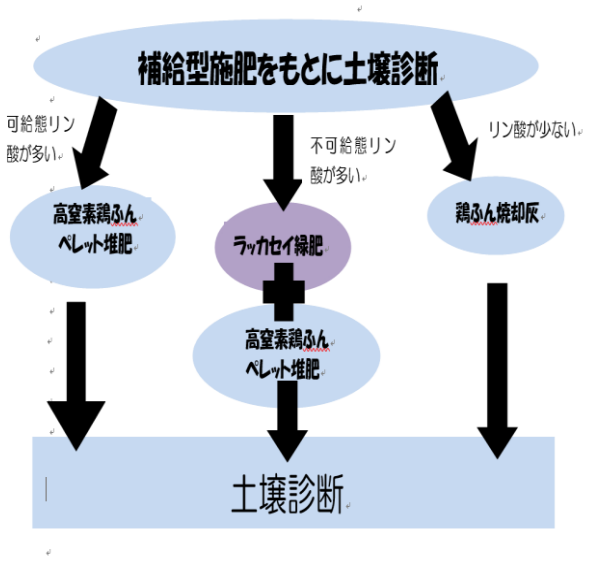


図９　仮設のまとめイメージ図

Ⅴ　検証

補給型施肥とは、土壌に蓄積しているリン酸やカリウムなどの栄養素を土壌診断で調べて、その土壌に蓄積している栄養素を堆肥で補う考え方である。具体的に言うと、収穫物による肥料成分持ち出し量と降雨等浸透水による土壌養分の溶脱量を計測して不足した栄養素を堆肥で補うということである（図 10）。養分過剰と認められれば「減肥基準」を参考にして、適正値に近づくように肥料を減らして与える（図 11）。リン酸が多い土壌では、リン酸の含有量が少ない高窒素鶏ふんペレット堆肥を使用したい。

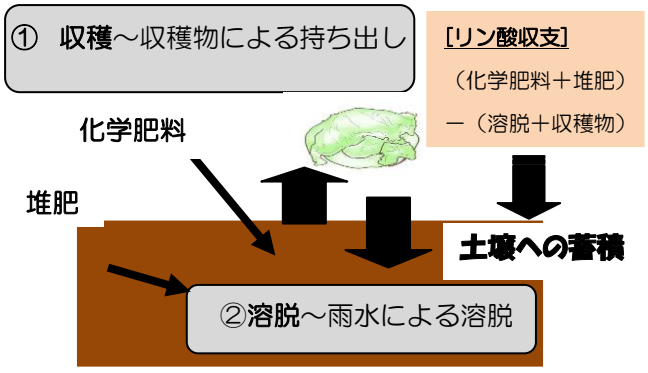


図 10　リン酸収支

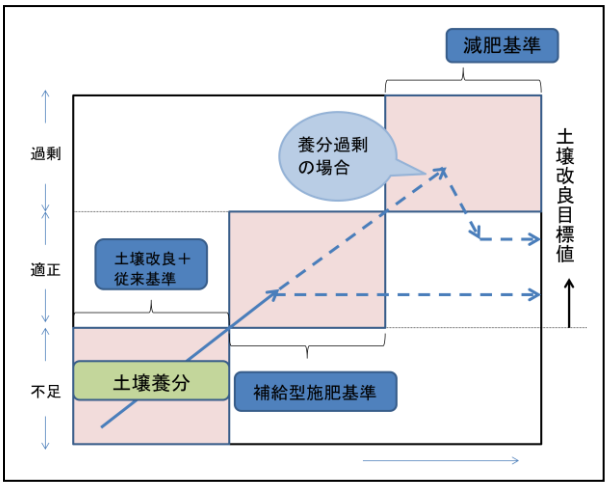


図 11　減肥基準の考え方

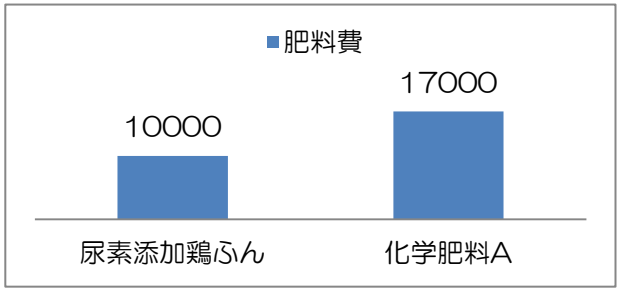


図 12　肥料費の比較

表 1　リン酸とカリウムの施用量の比較

種 類	施用量 (kg)	リン酸施用量 (kg)	カリウム施用量 (kg)
高窒素鶏ふんペレット	114	3.42	2.28
一般の鶏ふん	1609	45	28.5

（窒素 10kg/１ａ）

10ａの農場で 4500kg のキャベツを栽培しようとすると、補給型施肥基準に基づいてリン酸を４kg、窒素を 10～12 kg必要とする。高窒素鶏ふんペレット堆肥は窒素が多く、リン酸が少ないことが特徴であるため、窒素を 10 kg与えるとすると、高窒素鶏ふんペレットは 114 kg必要とする。一般の鶏ふんに比べて、高窒素鶏ふんペレット堆肥は容積が原料堆肥の 2/3～1/6 になり、一般の鶏ふんと比べると、７％の重量となり非常に少ない量で済むことになる。それによって、輸送費用も一般の鶏ふんに比べて安価になり、散布量が少なくて済むため散布が楽になる。また、肥料費も化学肥料に比べて安くなる（図 12）。リン酸は肥料の中に３％含まれているため、リン酸の量は 3.42 kgという計算になる。これは施肥基準より 0.58 kg少ない量であり、その分過剰に蓄積したリン酸を活用できる（表１）。

不可給態リン酸が多い土壌ではラッカセイ緑肥を利用する。緑肥は肥料効果だけでなく、土壌の保護・改善効果、雑草制御、病害虫・有害線虫の防除、天敵の保護・増殖、農村景観美化などの機能について着目されている。ラッカセイのすきこみ後、３週間以上おいてから作物の種まきをする。ラッカセイの緑肥はリン溶解菌のうち糸状菌の活性化を促す。リン溶解菌は溶けにくいリン酸を溶けるようにするはたらきをするため、次に栽培する作物にリン酸を届けることができる。グラフからラッカセイの緑肥はリン酸無施用にも関わらず、リン酸のある区画に近い生育を示したことが分かる。このことから、ラッカセイの緑肥はリン酸を追加供給することなしに作物を育てられる（図 13）。リン酸が少ない土壌では、リン酸の含有量が多い鶏ふん焼却灰を使用したい。

石灰はアルカリ性で、虫よけ効果があり、土壌の酸化を防ぐ効果がある。リン酸が４kg必要な場合、約 18 kgの鶏ふん焼却灰で賄うことが出来る（表２）。

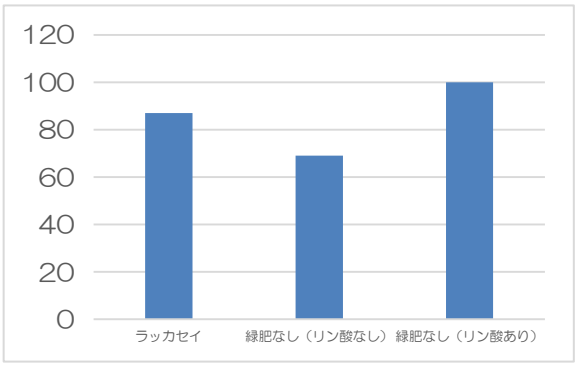


図 13　緑肥のすきこみやリン酸施用量がコムギの生育に及ぼす影響

表 2　鶏ふん焼却灰に含まれる成分

成分	含有量
リン酸	22.4%
カリウム	20.2%
石灰	26.1%

Ⅵ　結論

緑肥はすきこみ後、３週間以上経たないと作物を植えられないというデメリットはあるが、リン酸肥料の施用量削減には大きな効果がある。高窒素鶏ふんペレット堆肥と鶏ふん焼却灰には上記のような問題があるが、リン資源の枯渇をくい止めるためにとても有効であり、また農家にとってのメリットの多い肥料であり、緑肥とともに広めていくべきであると考える。鶏ふん焼却灰は鶏ふんからリン酸を取り出すことができるため、堆肥よりも使い勝手がよく化学肥料の代替となることができるだろう。そして、取り出したリンは肥料だけでなく、工業製品の原料としても使用できるだろう。それぞれを使用するには土壌の状態を常に農家が理解している必要がある。しかし、土壌診断は農家単体で行うことは難しくＪＡや、この度フィールドワークに行かせて頂いた農業研究センターの協力が不可欠だ。そのため、農家とそういった機関とが協同した農業システムになることも重要であると考える。

謝辞

本論文の作成にあたり、秋田県立大学生物資源科学部助教 高階史章先生には、調査のあり方や考察の方法など、細部にわたるご指導をいただきました。感謝申し上げます。また、岩手県農業研究センター環境部生産環境研究室主任専門研究員 葉上恒寿様には、フィールドワークで大変お世話になりました。高窒素鶏ふんペレットのことを詳しく丁寧に説明していただきました。岩手県独自の農業活動のことなど、インターネットや本では知ることのできない現場の話を聞くことができました。さらに、グローカルミーティン in 秋田市役所では秋田市園芸振興センター主査 中島直教様に可給態リン酸と不可給態リン酸についてのご指摘をいただき、研究を深めることができました。そして、本研究の趣旨を理解し快く協力して頂いた皆様に心より感謝致します。本当にありがとうございました。

注

1)圃場：作物を栽培する田畑のこと。

2)耕種農家：田畑を耕し、作物を作る農家のこと。

3)土壌診断：土壌に栄養素がどのくらい含まれているかＪＡなどの農業機関に依頼し土壌の栄養状態を知るためのもの。

4) 側条施肥機：苗を移植するときに苗横３～５cm、深さ３～５cm 程度に施肥するための機械のこと。

5)特別栽培用肥料:特別栽培農産物に使用できる肥料のこと。特別栽培農産物とは、化学合成農薬および化学肥料の窒素成分を慣行レベルの５割以上削減して生産した農産物のことである。

参考文献

黒田章夫,滝口昇,加藤純一,2005. リン資源枯渇の危機予測とそれに対応したリン有効利用技術開発. 環境バイオテクノロジー学会誌 4(2), 87-94, 2005-02.

泉川康弘,田中隆(香川県西部家畜保健衛生所),2007. 鶏ふん焼却の現状と焼却灰の有効利用. 家畜衛生の進歩 No.42, 全国家畜保健衛生業績抄録.

大竹久夫,2010.新しいグリーン産業としてのリン資源サイクル. Journal of Environmental Biotechnology（環境バイオテクノロジー学会誌）Vol.10, No.2, 71-78, 2010.

農研機構 中央農業総合研究センター「土壌リン酸の有効利用によるリン酸施肥削減技術　Ⅲ.土着菌根菌利用によるリン酸減肥基準」『土壌診断、施肥法改善、土壌養分利用によるリン酸等の施肥量削減にむけた技術導入の手引き』(2014)

関祐二「リン酸肥料リン酸施肥の間違いとその原因　燐酸過剰の弊害」(「農業ビジネス」ホームページ, 1994)
https://agri-biz.jp/item/detail/650?page=5

New Rice for Africa

－アフリカの子供たちのためにネリカ米の生産量を上げる－

佐藤　薫平，　大関　羅捺，　加藤　陽，　斉藤　遥
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｄコース２グループ

アフリカでは、子供たちの飢餓について指摘されている。その原因の一つは貧困によって引き起こされる３食の欠食であると考えた。私たちは未来を担う子供たちを救うことを目標としている。ネリカ米とは、「New Rice for Africa」の略称であり、アフリカの気候や現状などの農業の条件に適した、アフリカのために開発された米である。しかし、ネリカ米には栽培する上での問題がいくつかあげられる。私たちは特に、水不足、雑草、鳥害、散布の問題に着目し、解決策を提案する。そうすることでネリカ米の生産量が上がり、より多くの子供たちに栄養価の高いネリカ米を含む食事を３食取ってもらえるのではないかと考えた。また、ネリカ米の収穫量を上げた後のネリカ米の商品価値についても検討した。

キーワード：ネリカ米、アフリカの子供たち、飢餓、３食

Ⅰ　問題の所在・背景

2015 年の時点で栄養不足人口が世界で一番高い地域はアフリカである（図１）。

このことからアフリカの人々は毎日十分に食事をとることができていないということがわかる。とりわけ子供たちはこれからの未来を担う存在である。子どもたちが成長できないと、国の政治的発展や経済向上に努めることができない。これらの理由から私たちはアフリカの子供たちに３食食事をとって生きてほしいと考えた。

飢餓の原因は主に３つある。１つ目は自然災害である。地震や津波、洪水、干ばつなどの自然災害が起きると農作物が被害を受け、人々は家や財産、仕事などの生活基盤を失う。近年では、気候変動の影響、あるいは自然災害による被害が一層深刻化している。２つ目は紛争である。紛争が起きると、大勢の人が家や農地などすべてを捨てて難民キャンプなどへ避難せざるを得なくなり、長期間帰ることができない。地元に残った場合でも、危険を伴い農作業もままならないため、食料の確保は困難を極める。３つ目は慢性的貧困である。貧しい農民は農業を行うための土地や水、種子を得る資金がないため自給自足ができず、貧困や飢餓から抜け出せない。また子供にも教育を受けさせられないため貧困が連鎖する。これらの原因から、アフリカには母親から十分な母乳を得られない赤子やエイズなどの病気で親を亡くしてしまった遺児などが多く存在する。5 歳になる前に命を落とす子供の半数近く（45%）は栄養不足が原因だ。その数は毎年 310 万人にのぼる。

図１　世界の飢餓状況

Ⅱ 研究仮説

１　仮説

私たちがアフリカの子供たちの飢餓を解決するために注目したものはネリカ米である。ネリカ米とは、「New Rice for Africa」の略称で、収穫量の多いアジア稲と雑草に強いアフリカ稲の交配によって開発された、アフリカのための新しい米である。

私たちは次のような研究仮説をたてた。ネリカ米

の生産量を上げ、安く売ることが出来れば、裕福な人たち以外にも食べてもらいやすくなり、アフリカの子供たちが 3 食食事をとることが出来ると考える。また、ネリカ米の生産量を上げたあとの農家の生活を考え、ネリカ米の商品価値をあげることが必要であると考える。

(1) 生産量を上げるための仮説

ネリカ米の生産量を上げる方法として、主に４つの問題を解決することが効果的だと考える。その問題とは、水不足である、雑草除去の手間がかかる、鳥害により穂が攻撃される、種まきの方法が悪いというものである。

① 水不足の問題

アフリカでは水資源が豊富ではないため、畑全体に水がいきわたらないという問題がある。そこで有効であると考えたのが「段々畑」だ。段々畑は降水量が少ない地域で作物を栽培する際に利用されている。段があり、そこに田畑があるため、雨が降ると水を停滞させたり、ゆっくり流したりする。また地下に浸透した水を保水する効果もある。段々畑は傾斜がある場所や山があるところで使用できる。

② 雑草除去の手間がかかるという問題

米を栽培する際、除草に手間がかかってしまうため、作物にかける時間が減ってしまう。そこで植物育成阻害物質を含む「コーヒーを淹れたあとの抽出かす」を撒くことが有効的であると考えた。アフリカにはイギリス植民地時代の名残でティータイムの文化があり、コーヒーを飲んでいる人もいるため、利用できると考える。

③ 鳥害の問題

現地では、穂を狙う鳥を追う払う方法として声をだすということを行っている。これは、かかしやＣＤ、ネットというものの効果がないからである。そのことから私達は、「House of the field -shout of branch (empty cans) and wind-」というものを考案した。構造は、田畑の真ん中に木を立て、作物を囲むように木を立てる。中心の木と周りの木をロープで結び、そのロープに缶や木を吊るす。それらが風に揺られて、音を出すという仕組みのものである(図２)。

この案は、風の力があれば音を出すことができるので、人が常に畑についている必要がなく、鳥を追い払う労力を減らすことができ、他の農作業にかける時間を増やすことができると考える。またこの案は、アフリカで鳥害対策として利用されているものと似ているため、利用できると考える。

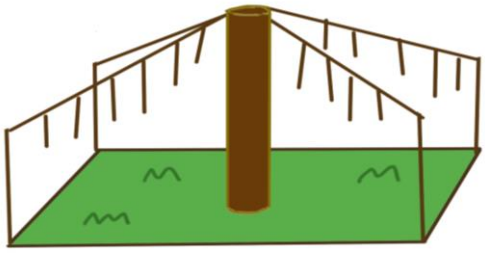


図２　House of the field

④ 種まきの方法の問題

アフリカでは通常、種を適当にばらまく。その為、一つ場所に種が数粒まとまってしまい、成長する際に水が均等にいきわたらず成長しないということや栄養に偏りが出るという問題が生じる。そこで、使用できると考えたのが「ロープ」だ。種まきの際にロープを張り、それに沿って種をまくことで、等間隔にまくことができ、一箇所にまとまってまいてしまうことを防げると考える。

(2) 商品価値を上げるための仮説

初めに、なぜネリカ米の商品価値を上げる方法を研究したかについて述べる。(1)の仮説から、ネリカ米の収穫量が上がり、多くの人が食べるようになるとネリカ米の商品価値が下がってしまう。そうすると、現地でネリカ米を栽培している農家が利益を得られなくなり、ネリカ米を栽培する農家が減少するのではないかと考えた。また、現在アフリカではネリカ米は換金作物として市場に出回っているため、商品価値がさがると、農家の収入にも大打撃となる。そこで、ネリカ米でつくったお菓子を売ることでネリカ米の商品価値を上げることができ、効果的だと考える。次に、なぜネリカ米をお菓子にするかについて述べる。先にも述べたように、アフリカはヨーロッパの植民地であったためティータイムの文化がある。その際にコーヒーや紅茶と共にお菓子やパンを食べる習慣があるため受け入れてもらいやすいと考えたからだ。そのお菓子やパンをネリカ米で作ることで手軽に栄養価の高いものを食べ

てもらうことができると考えた。

2　ネリカ米の特徴

・生殖成長期になると葉が立ち、太陽光線の受光を良くし収量を増加させる。
・丈夫な茎を持ち倒伏することなく重い穂を保持することができる。
・有効分蘖が多く、また穂は脱粒しにくい。
・穂は２次枝梗を持ち 120～250 粒の籾をつける。
・草丈が高く穂刈りをしやすい。
・主には畑で育てる陸稲であるが、水田でも育てることのできる水陸両用の米である。陸稲であるため、水不足であるアフリカの土地でも栽培が可能となる。
・在来種に比べ乾燥に強く、降雨量が年 500～600 ㎜のサバンナ地域でも栽培が可能である。
・在来種に比べ少量の肥料・農薬で栽培が可能であるため高収量を得られる。収穫量は従来のアフリカ米の２～３倍ある。
・在来種に比べ収穫できる期間が早く、栽培期間が 30～50 日短縮される。そのため、二毛作、三毛作が可能となる。
・間作ができるため農家が現在栽培している作物も継続して栽培できる。また、ネリカ米が不作のときも他の作物を収穫できる。間作とは、作物と作物の間で栽培することである。アフリカではとうもろこしやササゲなどを間作しており、ネリカ米もとうもろこしやコーヒー、バナナと共に栽培している例がある。
・病害虫に強く、特に稲の主要害虫（イエローモットル病、イモチ病）に対する抵抗性がある。
・高タンパクであり、在来種は６～８％であるのに対し、ネリカ米は８～10％である。

図３・４は米とアフリカの人々が一般に食べている作物のタンパク質量とエネルギー量を比較したものである。

このような利点があるネリカ米だが、実際に食べている人は少ない。その理由の一つは、高価であるということだ。ネリカ米は現地価格で約 90～120 円／kg である。現地の主食であるアフリカのジャガイモは 10 個あたり約 30～50 円、マトケ（調理用バナナ）は 10 本あたり約 60～100 円であることからも米が高いことが伺える。米はクリスマスやイースター、結婚式といった特別な日に食べるごちそうであり、週１回食べることができれば幸せだといわれている。そのため、毎日米を食べることができるのは都市部の裕福な人たちだけであるというのが現状だ。

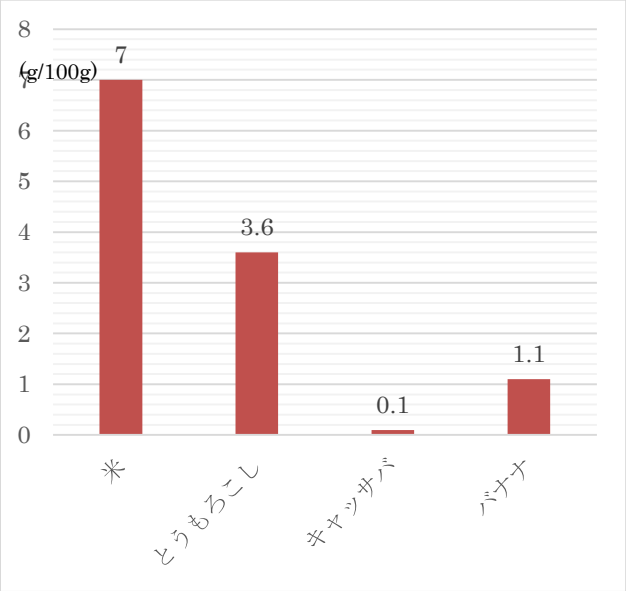


図３　アフリカの作物のタンパク質比較

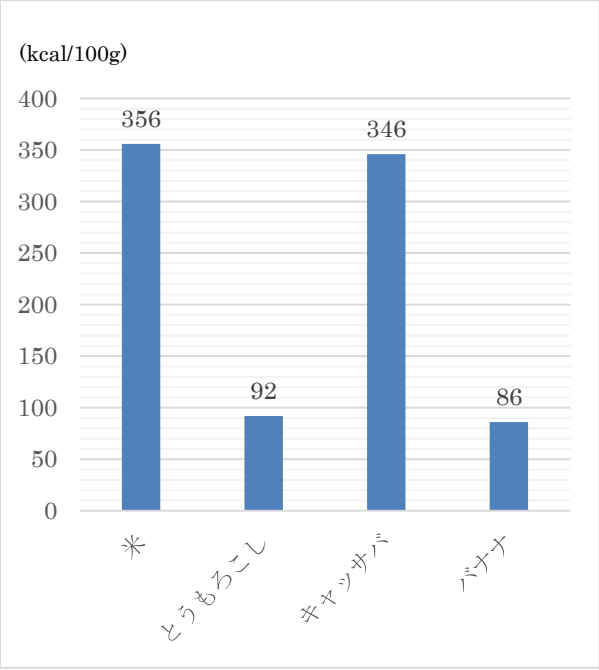


図４　アフリカの作物のエネルギー比較

3　ネリカ米の普及活動

アフリカでネリカ米の普及を行っている団体が JICA（独立行政法人国際協力機構）である。JICA

は「ネリカ米復興計画プロジェクト」というネリカ米普及活動を、ウガンダで行っている。ミスターネリカと呼ばれており、ネリカ米普及の第一人者である坪井達史さんをはじめとする専門家を派遣し、天水稲作の技術を導入している。ネリカ米を普及していく上で最初の土地としてウガンダを選んだ理由は、ウガンダが稲作に向いている土地であると判断したからだ。ウガンダは標高が平均 1100mという高原にある国で、熱帯でありながら一年中穏やかな気候である。また、ナイル川の最上流域に位置し、巨大なビクトリア湖にも面しており、緑に恵まれ、降水量も多く、土地も肥沃である。農業も盛んであり、商業作物を栽培している。以上のことから、坪井さんはウガンダでの稲作技術の発展を試みることを決め、ネリカ米の普及活動が始まった。

Ⅲ 考察

１　ネリカ米栽培

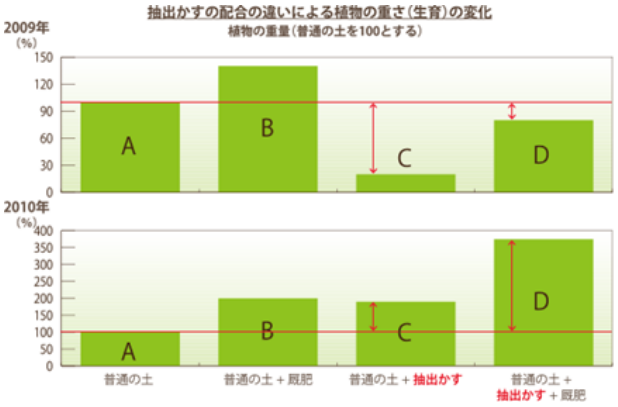
私たちはネリカ米について知るため、実際に種籾を入手し、栽培してみた。場所は、秋田南高校３階のバルコニーで、市販の土とペットボトル容器を使用した。

２　水不足について

私たちがネリカ米を育てた際には段々畑の傾斜を忠実に再現することができなかったため、段々畑が水不足の解決策になるかどうかの検証はできなかった。しかし実際、アフリカの国であるブルンジではコーヒーの木や茶葉を栽培する際に段々畑が使われている。よって、段々畑は傾斜がある地域または山がある地域では使用できると考える。

３　雑草除去について

私たちがネリカ米を育てた際には、雑草が生えなかった。その理由として、市販の土とペットボトルという環境、さらに３階のバルコニーという高所で育てたためであると考える。よって、コーヒーの抽出かすに雑草を生えにくくする効果があるのかどうかを検証することはできなかった。しかし、雑草除去のために家庭菜園としてコーヒーの抽出かすを使用しているという多数の情報をインターネットから得ることができた。また、コーヒーの抽出かすと雑草の成長の関係を研究しているところもあった（図５）。



（山根ほか, 2011）

図５　抽出かすの配合のちがいによる生育の変化

このことから、実際に現地でも行ってみる価値はあると考える。また、私たちがコーヒーの抽出かすを得る為の供給源として注目したのがエチオピアである。エチオピアはコーヒーの年間消費量世界ランキングで８位であり、アフリカの中では最も消費量が多い（図６、表１）。このことから、コーヒー豆を得ることのできる地域がアフリカにもあると考える。

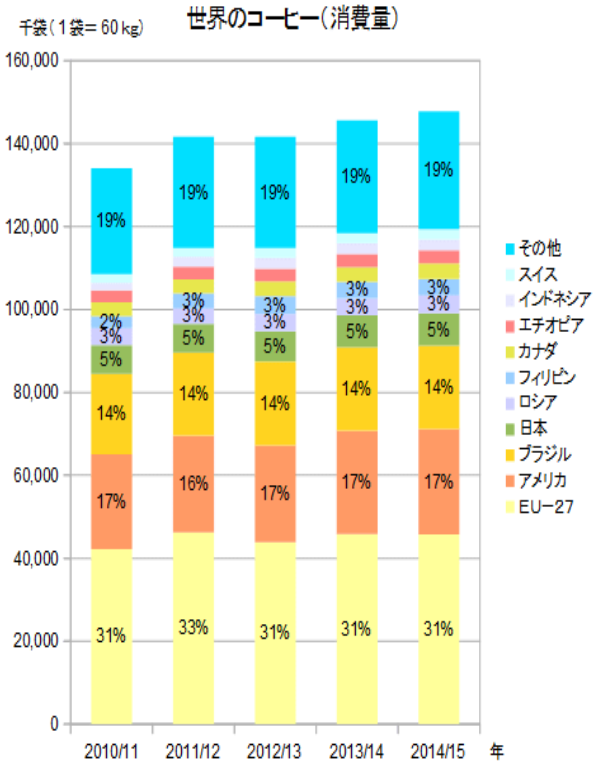


図６　世界のコーヒー消費量

表１　コーヒーの年間消費量世界ランキング

（単位…千袋）	2010/11 年	2011/12 年	2012/13 年	2013/14 年	2014/15 年
EU（27 か国）	42,220	46,210	43,895	45,800	45,700
アメリカ	22,833	23,351	23,392	24,991	25,436
ブラジル	19,420	20,025	20,110	20,100	20,100
日本	6,900	6,925	7,370	7,655	7,800
ロシア	4,190	3,700	4,070	4,200	4,400
フィリピン	2,825	3,660	4,405	3,950	3,920
カナダ	3,375	3,390	3,555	3,550	3,750
エチオピア	2,860	3,050	3,055	3,120	3,125
インドネシア	1,690	2,380	2,670	2,680	2,700
スイス	2,180	2,175	2,340	2,350	2,400
その他	25,594	26,790	26,758	27,187	28,379
合　計	134,087	141,656	141,620	145,583	147,710

しかし、アフリカにはティータイムの文化があっても、コーヒーを飲んでいる人は少ないという情報を得た。よって、コーヒーの抽出かすを現地から得ることは難しいとも考える。

４　鳥害について

JICA 秋田デスクにフィールドワークで伺った際に私たちは、かかしの使用や CD、ラジカセのテープを吊り下げることがアフリカで実践されていることを知った。これらは、低コストであるため多くの農家が使用している。また、アフリカでは缶は高価であるため空き缶を使用できるとは考えにくい。そのため、私達が考案した策は使用しづらいと考える。

５　散布について

ロープを用いた方法は JICA が実際に現地でプロジェクトを行っていた際に使用していた方法である。実際に問題となっていた、一箇所にまとまってしまい成長の妨げとなることは改善されていたので、今後も使用できると考える。

６　商品価値について

アフリカの多くのお菓子屋で能率的に小麦粉の代わりにネリカ米の米粉を使用している。そのため、ネリカ米をお菓子として導入しやすいのではないかと考えられる。ガーナにはカカオ豆を栽培しつつ、パン屋を開いている農家がいた。このことから、農家がネリカ米や他の作物を栽培しつつ、ネリカ米でつくったお菓子をつくることが可能だと考える。農家がつくることで農家の収入がさらに上がり、より多くの作物を栽培できるようになる、という循環ができると考える。また、その収入で生活必需品を買うことが可能になれば、貧困の解消に近づくと考えた。

Ⅳ 結論

アフリカでは政治的影響、経済的影響などから食糧が不足している現状があるため、栄養不足に陥り、多くの子供たちが幼くして命を落としている。子供たちは未来を担う存在であるため、私たちは子供たちに３食食事をとって生きてほしいと考えた。そこで、アフリカの気候に適しているネリカ米の収穫量を増やすことでアフリカでは比較的高価なネリカ米の流通する量が増え、価格が下がり、裕福な人々以外も食べやすくなるのではないかと考え、研究した。段々畑やコーヒーの抽出かす、ロープはこれからネリカ米を栽培して収穫量を増やすことに役立っていくと考える。加えて、ネリカ米の商品価値を上げるためにはネリカ米のお菓子をつくることが効果的だと考える。以上のことから、アフリカの子供たちが３食食事をとることが出来ると結論付ける。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた秋田県

立大学生物資源科学部助教 曽根千晴先生、フィールドワークを受け入れてくださった株式会社こめたび首藤郷様、情報・資料提供をいただいた JICA 秋田デスク櫻庭武蔵様、助言をいただきました秋田市園芸振興センターならびに秋田市子ども健康課の皆さまに深く感謝申し上げます。また、「ミスターネリカ」JICA 坪井達史様には、ネリカ米について多くの助言をいただき、さらにネリカ検定認定証まで授与していただきました。ありがとうございました。

参考文献

池上彰 (2010 年)『世界を救う 7 人の日本人 - 国際貢献の教科書』日経 BP 社.

坪井達史「NERICA ウガンダにおけるネリカ研究・普及活動」
http://www.apu.ac.jp/researchesupport/uplads/fckeditor/news/pdf/no80_001.pdf

坪井達史「ネリカ研修資料」
http://www.apu.ac.jp/researchesupport/uplads/fckeditor/news/pdf/no80_002.pdf

根本利通「Safari ya Burundi - ブルンジ紀行 - JATA Tours」
http://jatatours.intafrica.com/habari118.html

ソトコト「福岡神一の生命浮遊　クワシオコア」
https://www.sotokoto.net/jp/essay/?id=112

八木宏典監修 (2015)『史上最強カラー図解 最新 世界の農業と食糧問題のすべてがわかる本』ナツメ社 .

EA Somado, RG Guei and SO Keya, 2008. NERICA : the New Rice for African - a Compendium. Africa Rice Center (WARDA).

Jone Mula「Jone のブログ～ガーナの巻～」
http://ameblo.jp/yone0612/
国連開発計画 (UNDP)「アフリカの飢餓を救うネリカ米」
http://www.unpd.or.jp/publications/pdf/Nerica.pdf

カロリーslism
http://calorie.slism.jp/

国連 WFP ホームページ「数字で見る飢餓」.
http://ja.wfp.org/hunger-jp/stats

ARI African Rice Initiative - What’s ARI
http://www.africarice.org/ari/default.asp

山根浩二, 河野充晃, 岩井和也, 福永泰司, 飯島盛雄 2011.コーヒー抽出残渣施用が雑草と緑肥作物生育に及ぼす影響. 日本作物学会記事 80 (別 2) : 246-247.

輪作体系を用いてガーナの食料事情に貢献する

佐藤　皓斗，　石井　瑞夏，　加藤　風香，　佐々木　颯斗，　高野　光
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｄコース３グループ

ガーナ北部は貧困が原因で飢餓に苦しんでいる。本研究では、それを支える作物としてササゲに注目した。連作では、豆科が連作障害を引き起こしやすいため、他の作物と輪作体系を用いることによって安定した収穫量が期待される。輪作にはササゲの前作によいカボチャ、サツマイモを使う。それらの作物はそれぞれ使用する栄養分が違うため、ササゲを安定して確保できるようになる。これらのことから、この組み合わせの輪作体系を提案する。

キーワード：輪作体系、ササゲ、カボチャ、サツマイモ、ガーナ

Ⅰ　問題の所在

ガーナ北部は貧困が原因で飢餓に苦しんでいる。下の表１より､地域人口に占める最貧困層の割合が、北部サバンナ農村部が一番高い。また、表２よりノーザン州、アッパーウエスト州、アッパーイースト州の州別一人当たりの年間収入が低いことが目立つ（ノーザン州、アッパーウエスト州、アッパーイースト州はいずれもガーナ北部にある州である）。

さらに、表３、表４から州別・男女就学率、一度も予防接種を受けていない乳幼児の割合がガーナ北部で目立っている。

これらのことより、ガーナ北部は貧困が原因で飢餓に苦しんでいる。

表１　地域別最貧困層の分布

	地域人口に占める最貧困層の割合(%)
アクラ	1.7
沿岸都市部	14.3
森林地帯都市部	10.9
北部サバンナ都市部	27.1
沿岸農村部	28.2
森林地帯農村部	21.1
北部サバンナ農村部	59.3
ガーナ全体	26.8

出所：Ghana Statistical Service [2000b], p.8.

表２　州別一人当たりの年間収入

（セディ*）

州	1人当り年収
ウエスタン	568,000
セントラル	444,000
グレーターアクラ	932,000
イースタン	415,000
ボルタ	527,000
アシャンティ	622,000
ブロンアハホ	548,000
ノーザン	210,000
アッパーウエスト	206,000
アッパーイースト	321,000
全国平均	527,000

* 1999年3月価格。
出所：Ghana Statistical Service [2000a], p.102.

表３　州別・男女別就学率

州	6歳~11歳		12歳~15歳		就学経験のある成人	
	男子	女子	男子	女子	男性	女性
ウエスタン	93.6	90.8	93.0	84.3	88.3	63.6
セントラル	84.7	82.6	89.1	81.6	80.6	57.5
グレーターアクラ	91.7	85.9	87.3	85.4	92.6	79.1
ボルタ	81.4	83.6	84.6	82.0	82.7	58.5
イースタン	89.0	90.4	87.1	77.4	86.6	65.1
アシャンティ	90.8	87.8	85.4	78.3	90.2	72.1
ブロンアハホ	91.6	83.9	88.7	82.3	84.4	61.9
ノーザン	67.2	57.3	71.9	46.1	46.0	22.5
アッパーウエスト	60.3	73.2	62.6	71.6	53.6	34.8
アッパーイースト	64.9	54.6	60.2	47.2	35.7	16.9
全国	84.4	81.6	83.8	76.8	79.2	59.6

出所：Ghana Statistical Service [2000a], p.10.

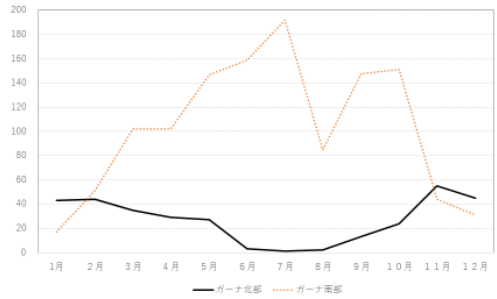
表４　一度も予防接種を受けていない乳幼児の割合
（地域別、年齢別）

年齢	アクラ	アクラ以外都市部	沿岸農村部	森林地帯農村部	北部サバンナ農村部
0歳	11.1	12.1	19.5	19.9	28.0
1歳	0.0	0.9	8.0	5.2	7.3
2歳	0.0	1.2	7.8	4.8	9.0
3歳	0.0	1.4	0.7	5.1	9.9
4歳	3.0	0.0	1.0	3.9	7.8
5歳	0.0	2.7	3.6	3.4	10.8
6歳	0.0	1.3	2.0	4.8	14.4
7歳	0.0	2.6	1.3	3.8	13.9
全体	1.4	2.6	5.2	6.4	12.4

出所：Republic of Ghana [2000a], p.24.

Ⅱ　問題の背景

ガーナ北部は南部と比べて降雨水量が安定せず、総雨量も劣る（図１）。



（北部：タマレ、南部：クマシ）

図１　ガーナの北部と南部の降水量の差

そのうえ、ガーナ南部には、広大な森林地帯が広がっている（図２）。森は、地中にはりめぐらされた樹木の根によって、土壌をつなぎ止める能力を持っている（図３）。さらに、森の土壌は、有機物やさまざまな生物によってスポンジのような構造となっているため、裸地と比べて、雨水を地中に浸透させる能力が約３倍もある（図４）。これらのことから、北部は南部より農業生産の条件が劣る。

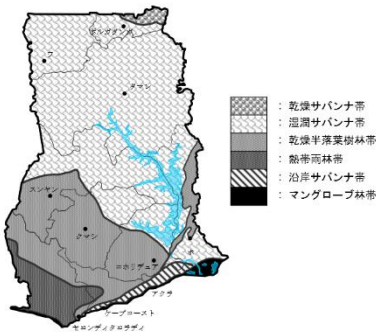


図２　ガーナの気候帯

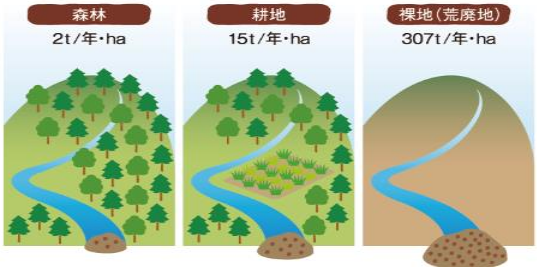


図３　森林の土壌保全機能

図４　雨水の浸透と森林

Ⅲ　研究仮説

私たちはガーナ北部の人たちが自分たちで作って自分たちで食べられる農作物の収穫量を増やして、ガーナ北部の食糧自給率向上を目指した。ササゲを用いた輪作体系を利用することでガーナ北部の農作物の収穫量を増やすことができると考える。

輪作体系とは、いくつかの作物の土地を定期的に循環することである。例として北海道では、小麦、馬鈴薯、てん菜の栽培において、輪作体系を用いたことにより収穫量が増えたという事例がある（表５）。

表５　農林水産省「作物統計」

（kg/10a）（千t）

		平成18	19	20
小麦（北海道）	反収	427	497	468
	収穫量	514	582	542
	作況	(99)	(112)	(100)
馬鈴しょ（北海道）	反収	3,650	3,940	3,860
	収穫量	2,031	2,242	2,131
	作況	(93)	(101)	(97)
てん菜	反収	5,820	6,450	6,440
	収穫量	3,923	4,297	4,248
	作況	(98)	(107)	(105)

輪作体系では、それぞれの食物が使う栄養素によって順番や循環させる年数を決める。輪作をすることで土壌の栄養素は一定に保たれ土地がやせることがなくなる。作物を何年も同じ場所で作ると、連作障害が起こる。連作障害とは、毎年同じ場所に同じ野菜（あるいは同じ科の野菜）を栽培することでその野菜を冒す病原菌や有害線虫が多くなったり、土壌の中の養分が不足したりして、野菜の生育が悪くなり収穫量が減ることである（図５）

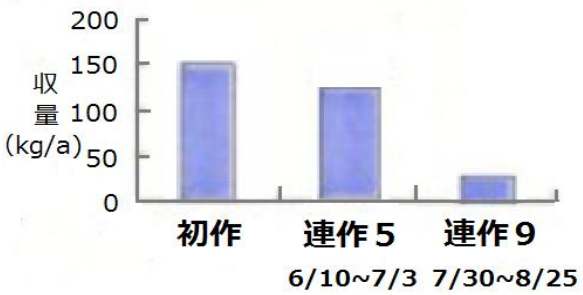


図５　ホウレンソウの連作収量

ササゲと相性のいい作物はとうもろこし、枝豆、たまねぎなどがある。しかし、これらの作物は乾燥に弱く、枝豆はマメ科なのでササゲと一緒に育てることができない。そこで私たちはかぼちゃとなすに注目した。かぼちゃとなすは高温に強く、ササゲと相性がいいからである（図６）。

後作に良い	前作
カボチャ	ササゲ
トウモロコシ	
枝豆	
ナス	
たまねぎ	

図６　前作と後作の関係

Ⅳ　調査結果

ササゲ豆はマメ科の野菜であり、日本では、おもに赤飯や甘納豆として食べられている。熱帯地域原産のため暑さ、日照りに強く乾燥を好む。反対に低温には弱く、霜にあうと枯死する。肥料分の少ない痩せた土地でも栽培可能。また、病気に強く、つくりやすい発芽地温は 20～25℃と高く、種まきは地温が 15℃以上になってから行う（家庭菜園と実のなる木「ササゲの育て方」「生態・特徴」「種まき・植え付け」より）。

ササゲ豆を育てていく中で必要なことは、栄養素と先述した輪作体系の２点である。

栽培において必要な栄養素は、窒素、リン酸、カリウムの３つである。窒素は３つの栄養素のなかで１番大切で、たんぱく質を育てる役割をもつ。少なくなると豆が育たず、多すぎると幹が伸びすぎて実がつきにくくなる、徒長現象が起こる。リン酸は細胞を育て、実の大小に影響する。カリウムは抗体成分を持っており、豆の病気や害虫から作物を守る働きをする。これらの栄養素は天気に左右されるので調節が難しい。そこで私たちは、栄養素を栄養剤で補えることを学んだ。例えば、晴れの日は光合成で栄養分を補えるが。雨の中には窒素酸化物が含まれており、土に雨が降るとその成分を土が吸収し、栄養分の糧の比率が変わる。そのようなときは土の中に栄養剤を入れ調節する。このように栄養素は自分たちの手でコントロールできる。

Ⅴ　仮説の検証

私たちは始め、ガーナで行う輪作体系においてナス、カボチャ、ササゲを用いることにした。

ナスは発芽適温が、最低気温が 15 度、適温が 25 度から 35 度、最高気温は 40 度である（図７）。生育温度は、最低気温は７,８ 度で適温が昼は 23 度から 28 度、夜は１６度から 20 度、最高気温は 40 度であり、ガーナの気温に適しているといえる（「初心者でも簡単！家庭菜園の作り方」より）。

しかし研究していくうちに、ナスはガーナでは輪作体系に用いるには不適であることが分かった。それはナスが土壌の肥沃度に成長が左右される（図８）、暑さには強いが水は多量に必要という特徴があるからだ。

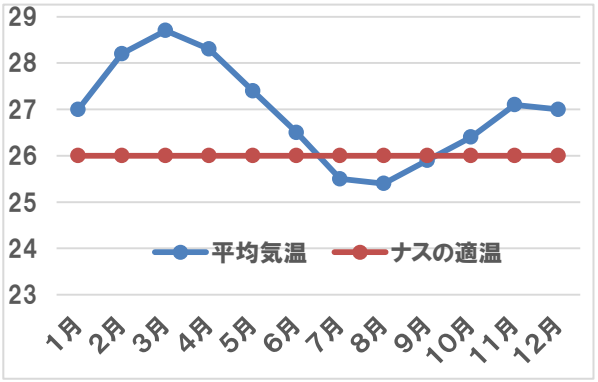


図７　ナスの適温とガーナ北部の平均気温

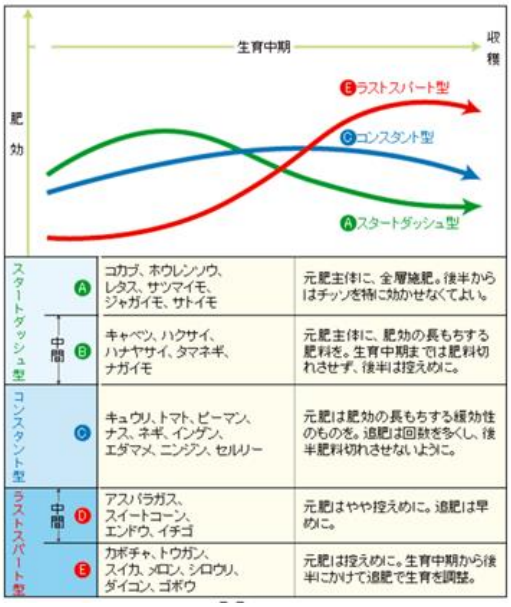


図８　野菜の肥料の効かせ方のタイプ

ここで、自分たちは、改めてガーナという地で生育可能な野菜について考えた。すると、乾燥に強い（年間降水量は約 400㎜）、やせた土地でも栽培可能である、輪作体系において相性のよい組み合わせがあることを秋田県立大学生物資源科学部の曽根千晴先生の話からもまとめることができた。以上の条件を満たす中で、私たちは芋類に注目した。それは、芋類は水はけがよく、乾燥した土壌の方が育ちやすく、連作障害も起こりにくいからである。その上、芋類はタンパク質が豊富であり、現地の人々に、より栄養価の高いものを提供できると考えたからでもある。私たちはその芋類の中でもサツマイモを輪作体系に組み込もうと考えた。

サツマイモは、同じ場所で連作しても連作障害が起きにくいと言われている（やまむファーム「さつまいも栽培の特徴・肥料」より）。またササグはマメ科なので、後作を休耕地にすることで土地を休ませるのが最も良いといわれている。そこでササグの後に休耕地を設けることにした。私たちはこのようにしてガーナで用いる輪作体系を確立した。（図９）

また、これらの作物を用いて栽培することによって得ることができる利点はこれだけではない。これらの作物を用いると８月から 11 月の間にかけて種植えをすることができ、11 月から２月の間に収穫をすることができる。実際に輪作体系を用いたことにより生産量が上がったというデータもあるため、私たちの目標は達成できると考える。

図９　サツマイモを用いた輪作体系

表６はそれぞれの野菜を連作、輪作体系で栽培した時の収量を比較している。てん菜、馬鈴薯、えん麦、大豆に着目し、４年輪作の指数を 100 とすると連作のそれぞれの値は 100 未満で輪作体系を設けることで連作するより高い生産量が期待される。

表６　全期間における各作物の平均収量（指数）

区　名	てん菜	馬鈴薯	秋小麦	えん麦	大豆	菜豆
連作	82	91	67	84	80	59
2 年輪作	81	–	–	93	–	–
3 年輪作	90	–	–	97	96	–
4 年輪作	100	100	–	100	100	–
5 年輪作	95	94	94	96	–	–
6 年輪作	99	92	100	97	–	100

Ⅵ　結論と考察

私たちは、最初にササゲ、カボチャ、ナスを使用して輪作体系を組もうと考えた。ナスは暑さに強く、カボチャと相性がよいため、ガーナでよく育つと考えらえたが、ナスは乾燥に弱いことから私たちの提案する輪作体系には適さないと考えた。そこで新たにササゲ、カボチャ、サツマイモを使用することに決めた。農家の意見からサツマイモは少ない肥料で栽培することができ、むしろ少ない肥料のほうが甘いサツマイモを栽培することができることが分かった。

これらの３つの野菜は、乾燥に強く、肥料を必要としないため、貧困であるアフリカの地域でも輪作が実現可能であると考えた。

謝辞

私たちが本研究について、ここまで知ることができたのは、ガーナの農業事情についてご教授くださった秋田県立大学生物資源科学部助教 曽根千晴先生、フィールドワークで輪作体系やササゲについて教えてくださった鈴和商店 鈴木昌幸さんのおかげである。ここに記し、また、私たちのグループの研究に関わってくださったすべての方々に心より感謝を申し上げる。

参考文献

JICA, 2002.『ガーナ国別援助検討会報告書』, 第２部 各論, 第３章 ガーナの農村の現状と課題.

JICA, 2007.『平成 19 年度貧困農民支援調査（2KR）調査報告書』, 第２章 当該国における農業セクターの概況.

野田滋（島根県中山間地域研究センター）, 2003.「竹炭施用によるホウレンソウの連続栽培」.

秋田県農林水産部農地整備課企画・調査班, 2003.『ほ場整備を契機とした三つの物語』, 平鹿町ハウス団地組合の取り組み～平成 13 年度～.

アタリヤ農園 Web サイト「ささげ」
http://www.atariya.net/yasai/sasage.htm

やまむファーム Web サイト「サツマイモの栽培方法」
https://ymmfarm.com/cultivation/veg/sweet-potato

家庭菜園と実のなる木 Web サイト「ササゲの育て方」
https://minonaru.net/post-1400/

Web サイト「初心者でも簡単！家庭菜園の作り方」
http://www.redpython.net/

フォレスト・サポーターズ Web サイト「豊かな森林の役割」
http://mori-zukuri.jp/foresapo/yutaka

タキイ種苗株式会社 Web サイト「施肥の基本的な考え方」
http://www.takii.co.jp/tsk/y_garden/spring/point04/index.html

緑肥植物を使ってバナナとコーンの収穫量を上げる

柏崎　佑真，　伊藤　月菜，　神原　卓紀，　白野　衿晶，　成田　陽
秋田県立秋田南高等学校　３年　Ｄコース４グループ

本研究では、ガーナの食糧不足の問題を解決するため、緑肥植物を使いガーナの主食であるコーンとバナナの収穫量を上げることをテーマとして研究を進めてきた。秋田県農業試験場でのフィールドワークをもとに緑肥植物について調べた結果、土壌の栄養価を高めたり、増えすぎた栄養価を抑えて連作障害を防いだりする効果があるとわかった。ガーナの主食として食べられているトウモロコシとバナナを、トウモロコシはエビスグサと、バナナはライムギと組み合わせることによって、トウモロコシとバナナの収穫量が上がり、食糧不足を解決できると考察した。

キーワード：ガーナ、緑肥植物、食糧問題

Ⅰ　問題の所在

私たちが解決を図りたい問題は、ガーナの不十分な食料自給率である。ガーナはアフリカの中で経済力の高い国であるのに、十分な食料を生産できていないという状況にある。

Ⅱ　問題の背景

１　歴史的背景

ガーナでは植民地時代からのプランテーション農業がいまも主要産業として根強く残っており、自国消費を目的とした農業が発達してこなかった。

２　経済的背景

ガーナは北部と南部の経済格差が激しく、南部は裕福な都市部、北部は貧しい村々が大半を占めており、効率的な農業技術を駆使した食物生産が行われる場がない。

３．気候的背景

ガーナ北部では貧しい農村があるものの、その気候や環境は農業には適しておらず、十分な食料生産ができない。

以上３点がガーナの食料自給率の低さの要因である。

Ⅲ　研究仮説

私たちはガーナの作物の収穫量を上げるために様々な仮説を立て、それらの仮説が現地の気候や環境でも可能かどうか検証した。

１　最初の仮説

(1) キャッサバ

仮説の一つとして私たちはキャッサバを栽培することを考えた。

キャッサバとはキントラノオ目トウダイグサ科イモノキ属の植物で熱帯低木である。栽培方法は簡単で、茎を地中にさすだけで発芽する。そして、どんな土地や気候でも生育可能で、主食としてたべることができるため、ガーナに適していると考えた。しかし、キャッサバは植えた土地の栄養を根こそぎ奪ってしまうと秋田県立大学生物資源科学部助教曽根先生から助言をいただいた。これにより持続的に栽培することには適さない植物だと結論づけた。

(2) ミミズ

次に私たちはミミズを使って土を肥やし、土に栄養を与え作物の収穫量を上げると考えた。ミミズは穴を掘るため土の通気性が良くなる。さらに、落ち葉や土を主食とするため有機物が分解される。これらのことから、分解された有機物とミミズのフンが肥料になると考えた。しかし、ガーナではミミズが生息していないという曽根助教の指摘により、ミミズがガーナで生息できるか、また仮に生息できた場合生態系にどのような影響を及ぼすかわからないため、実現不可能だろうと判断した。

２　新たな仮説

ガーナで主要作物と一緒に育てているササゲが

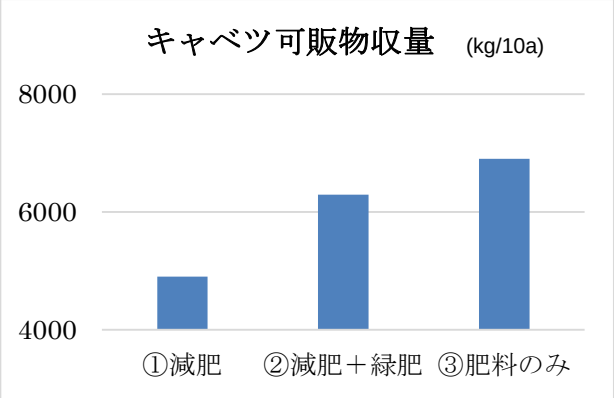
緑肥植物と知った。そこで緑肥植物について調べたところ、緑肥植物には、組み合わせて育てた作物の生育を助ける様々な効果があるという記事を得たため、より深く調べてみた。

Ⅳ　調査結果

１　緑肥植物の効果

私たちは、フィールドワークで秋田県農業試験場を訪れた。秋田県農業試験場では、キャベツなどの野菜栽培の前作として、マメ科緑肥植物のヘアリーベッチを育てていた。そこでキャベツの栽培の前作としてヘアリーベッチを使った時のキャベツの収穫量について教えていただいた。

図１はキャベツの収穫量のグラフである。３つのうち③の収穫量の時使った化学肥料の量を基準とし、②は③で使った化学肥料を減らし、減らした分を緑肥植物に替えたときのキャベツの収穫量、①は③で使った化学肥料を減らして何もしなかったときのキャベツの収穫量を示している。このグラフからわかるように、化学肥料の量を減らすとキャベツの収穫量は落ちてしまうが、減らした分を緑肥植物で補うことによって、収穫量の減少を抑えることができる。



（引用元　農林水産省委託プロジェクト研究「有機資源材」）

図１　キャベツの可販物収量

２　緑肥植物の種類と働き

主要作物と緑肥植物を一緒に育てる場合、主要作物が育つ条件と対照的な条件下で育つ緑肥植物が、主要作物との相性がよいとされる。また、主要作物と緑肥植物の科が違うものも相性がよいとされる。日本では、緑肥植物は育ったあと食用とはせず土に戻して使うが、私たちの研究の対象であるガーナでは食用として利用し、飢餓のリスク分散の役割を担っている。また緑肥植物には雑草抑制の効果もある。

緑肥植物には、様々な種類があるが、私たちは以下の特性よりマメ科とイネ科の２種類に注目した。

(1)　マメ科

マメ科の緑肥植物は、窒素を土壌に固定し、窒素をたんぱく質に変えることで土壌をよりよくする。堆肥による栽培は外から窒素を持ってきて土に入れる方法だが、緑肥植物には土の中の物質を吸って、それを土に作用させる働きがあり、それが肥料として働くため、作物が生育する過程で窒素を加える必要がなくなることが特徴だ。

(2)　イネ科

イネ科の緑肥植物には、線虫予防の効果や連作障害[1)]を防ぐ働きがある。線虫や連作障害を防ぐことにより、土壌がより良いものとなり、作物の収穫量があがる。

Ⅴ　仮説の検証

１　緑肥植物の効果

図１で示したように、緑肥植物は肥料の代わりとして利用できるため、緑肥植物を使ってガーナの主作物であるトウモロコシとバナナの収穫量をあげられる可能性があるとわかった。また、緑肥植物には、連作障害や線虫などを予防する効果があるほか、土壌の栄養バランスを整える効果もあるため、土壌を回復させて収穫量を上げることができると分かった。

２　２つの緑肥植物の妥当性

(1)　トウモロコシとエビスグサ

エビスグサは熱帯地方に生息するマメ科の緑肥植物である。エビスグサは背丈がトウモロコシより低いため、一緒に育てても太陽光を遮らない。また、トウモロコシはイネ科の植物で、異なる科の植物であるエビスグサとは必要な栄養素が被らないため相性がよい。

(2)　バナナとライムギ

ライムギはイネ科の緑肥植物であり、栄養過多の土壌をもとに戻す働きがある。沿岸の土地では多くなりすぎた塩分を元に戻すことができ、痩せた土壌に対し耐性があるので、ガーナの土壌にも適してい

る。一緒に育てようとしているバナナはバショウ科の植物であり、異なる科であるライムギとバナナの相性はよい。また、バナナの木に比べライムギの背丈は低いので、受け取る光量の面でも相性がよいといえる。

図２　エビスグサ

図３　ライムギ

Ⅵ　結論と考察

１　組み合わせ

図４は、ガーナ周辺地域における作物生産量の割合である。私たちはこの中から、多くの料理に使用され、食べられる頻度の高いトウモロコシと、トウモロコシと組み合わせて用いられることの多いバナナを選んだ。

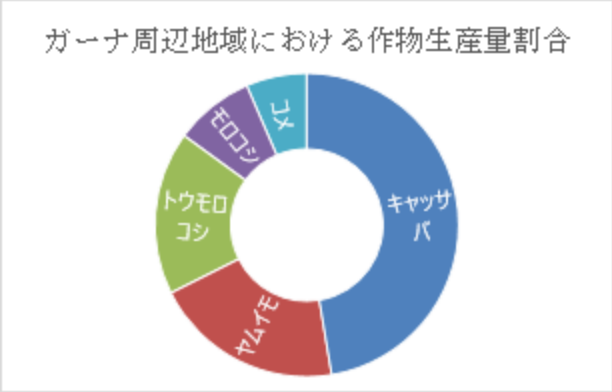


図４　ガーナ周辺における作物生産量割合

(1)　トウモロコシとエビスグサ

イネ科のトウモロコシとマメ科のエビスグサを組み合わせることで、連作障害を防ぐことができ、収穫量を増やすことができる。

(2)　バナナとライムギ

バナナとライムギを一緒に育てる際に、育ったライムギは食べずに土に還す。土に作物を還さないと土壌が痩せこけていき作物が育たなくなるが、土に還すことでライムギが腐葉土化するなどし、それによって肥料の効果が得られると考えられる。そのため緑肥植物の作用から得られる栄養以外も補うことができる。

２　目指すべき農業

以上のことから、緑肥作物を用いることで、トウモロコシとバナナの収量を上げることが可能であると考えた。そして、さらに農業形態や方法についても検討した。以下の２点について述べる。

(1)　ビジネスとしての農業

まず、ビジネスとして農業を行うことを考えた。現在、ガーナではイギリスに多く作物を輸出している。その中の余分なものを他の先進国、例えばカカオがあまりとれないアメリカなどにも輸出すれば、イギリスに輸出するよりも利益を得られると考えた。そうすることで、経済成長が促され、ガーナ国内にはびこる問題を解決できると考える。

(2)　競争力のある市場

次に、ガーナは同等の経済力の国と比べたとき、国内の市場があまり発展していないということがわかった。競争力のある市場にするには、商品の生産性を上げ、経済を回す必要がある。農業の視点で見たとき、その第一段階である生産性の向上には緑肥植物が不可欠であるといえる。

謝辞

私たちの研究をご指導してくださった秋田県立大学生物資源科学部助教 曽根千晴先生、フィールドワークを受け入れてくださった秋田県農業試験場の皆さま、グローカル・ミーティングにおいて助言くださった秋田市産業企画課の皆さま、忙しい中時間を割いて私たちの研究にご協力くださり、本当にありがとうございました。

注

1) 同じ土地で毎年同じ作物や同じ科の植物を植えることにより、病原虫や有害線虫といった虫が土壌中に増える。そうなると、土壌中の栄養が不足し、作物の生育を妨げる。

参考文献

秋田県農業試験場,『農林水産省委託プロジェクト研究「有機質資材」南高校 SGH 用』

八丁信正, 2009. アフリカにおける食糧・環境問題. 海外農業情報調査分析事業アフリカ・ロシア・東欧・中南米等地域事業実施報告書, 国際農林業協働協会. http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/k_syokuryo/h20/pdf/h20_africa_01.pdf

野口のタネ Web サイト http://noguchiseed.com/hanbai/tane/shosai/0153.html

世界の経済・統計 情報サイト「ガーナ」 http://ecodb.net/country/GH/imf_gdp.html

タキイ種苗株式会社 Web サイト「緑肥の効果」 http://www.takii.co.jp/green/ryokuhi/kouka/

秋田県立秋田南高等学校

ＳＧＨ校内組織

平成２７年度「国際探究」研究班・１年部

腰山　　潤	
岩川　克敏	浅利　　宏
平田　哲久	關　　友明
伊藤　　史	加茂谷糸恵
中村　　東	高久　　誠
奥山　　昇	戸坂　圭子
髙橋　雅子	加藤　祐毅
村越　竜也	伊藤　勝美

平成２８年度「国際探究Ⅱ」研究班

腰山　　潤	關　　友明
中村　　東	浅利　　宏
岩川　克敏	戸坂　圭子
加茂谷糸恵	奥山　　昇

平成２９年度「グローバル・イシュー」研究班

腰山　　潤	關　　友明
中村　　東	内海　則彦
浅利　　宏	伊藤　勝美
岩川　克敏	佐藤亜希子
戸坂　圭子	奥山　　昇

平成３０年３月　発行

秋田県立秋田南高等学校　スーパーグローバルハイスクール
「国際探究」第３学年　研究論文集

発　行　秋田県立秋田南高等学校
〒０１０－１４３７
秋田県秋田市仁井田緑町４－１
Tel　０１８－８３３－７４３１
Fax　０１８－８３３－７４３２
編　集　秋田県立秋田南高等学校
ＳＧＨ研究部

南開
獨立自尊