



ほっかいどう学

北海道の 持続的な畑作農業



「ほっかいどう学」について

「ほっかいどう学」は、北海道の自然や歴史、文化、環境などの分野について、北海道の地域特性や個性に焦点を当て、北海道と日本や世界との関わり、日本や世界における北海道の役割などを学ぶことを支援しています。こうした取り組みを通じ、北海道に対する理解と愛着をいっそう深めるとともに、北海道の強みを生かして「世界の北海道」づくりに取り組む人材の発掘・育成に貢献するものです。

北海道の持続的な畑作農業

北海道は、食料需給率200%を超える「日本の食料基地」であることは、皆さんご存知だと思います。今回はその中でも「畑作物」について取りまとめました。

積雪寒冷地である北海道での畑作は、明治政府による西洋農業の導入に淵源があります。そして、府県ではあまり見られない大規模な土地利用型作物の栽培や、地方での砂糖やでんぷん等の加工事業の展開に結びついています。これらは、厳しい気象条件の下で原野を切り拓いた入植者や農家、関係機関の長年にわたる苦労と努力によって築きあげられたものです。また、北海道を代表するパッチワークのような美しい農村景観は、畑作物の3～4年の輪作によるもので、化学肥料や農薬の使用量の減少にも役立っています。さらに、近年では畑作物のほかに、ニンジンやタマネギをはじめ、ナガイモやキャベツなど様々な野菜類も導入されており、消費者の「安全・安心」のニーズや生物多様性の保全等に対応する「クリーン農業」にも取り組んでいます。

今日の地政学的リスクの顕在化や気候変動を背景に、日本の食料自給率を支える北海道農業の役割は、重要性を一層増しています。一方、担い手の減少やエネルギー価格の高騰など、北海道農業が持続的に営まれていく上での課題も少なくありません。

北海道における畑作物生産の歴史や、消費者・加工産業との結びつき等を振り返ることを通じて、北海道農業への理解が深まるとともに、畑作をめぐる課題解決のヒントとなることを願っています。

目次

I	北海道の畑輪作の意義と新技術が果たす役割 農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 領域長 辻 博之	2
II	ばれいしょの歴史と展望 農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 領域長補佐 片山 健二	5
III	北海道のてん菜生産の歴史と新たな品種による挑戦 農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 上級研究員 黒田 洋輔	9
IV	てん菜の導入と砂糖生産の歴史と変遷 ビート資料館長 清水 政勝	14
V	清里町の農作物と加工施設 清里町 産業建設課産業振興グループ	22
VI	北海道小麦の川上から川下まで ～消費者視点で12年間ウォッチして かとう けいこ	27
VII	オホーツク農業振興において期待される豆類の作付け ～大規模集出荷施設（オホーツクビーンズファクトリー）の取り組み～ オホーツク農業協同組合連合会 農産事業部 部長 清水 則孝・豆類施設課 課長 廣部 史佳	35
VIII	農業微生物学の新展開と今後の展望 農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 スマート畑作グループ 池田 成志	41
IX	畑地農業の展開と土地改良 北海道大学名誉教授 長澤 徹明	51
X	関係資料	59

北海道の畑輪作の意義と 新技術が果たす役割

農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 領域長
辻 博之

1. 畑輪作とは何か

道東の空港から飛行機に乗り、窓の外を見下ろすと濃淡のある緑や小麦色の畑がパッチワーク状に広がっているのが見えます。このいかにも北海道らしい光景は畑で行われている輪作が作り出しているのです。水田は最近では麦類や大豆を作ることも増えていますが、基本的には水田には稲を続けて作ります。このように一つの作物を続けて作ることを「連作」といいます。一方、畑では昔から1枚の畑で順番に複数の作物を作り、それを繰り返すことが行われてきました。このような畑の利用方法を「輪作」といいます。北海道では小麦、てん菜、豆類（大豆、小豆、いんげんまめ）、ばれいしょ等の輪作が行われ、ほかに野菜の生産も盛んにおこなわれています（図－1）。

畑で作る作物の順番も様々ですが、仮に順番が同じでも、ある畑がてん菜を作る番だと、隣は豆類の番だったりするので空から見ると色が違うわけです。このような輪作は昔から行われてきたわけではなく、例えば、十勝の場合では、豆類やばれいしょが連作される時代もありました。また、薄荷^{はっか}、亜麻^{あま}、菜種^{なたね}などの作物が多く作られていた時代もありましたが、それらの作

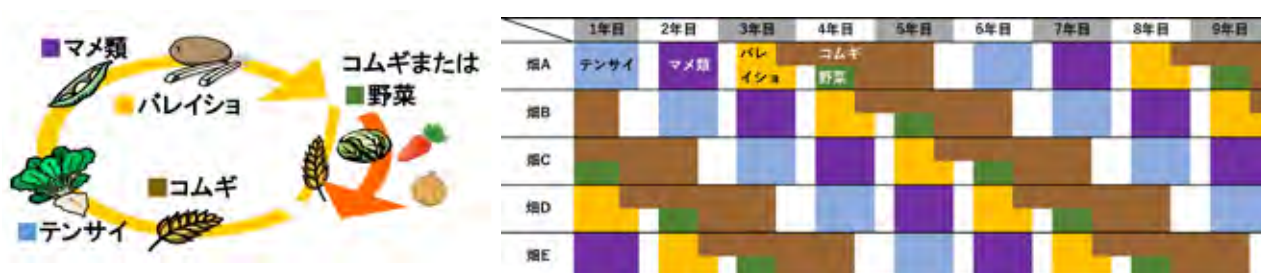
物が姿を消し、現在のような輪作が行われるようになったのは1970年代以降だといわれています。

2. 畑輪作を行う理由

2-1 連作障害の回避

これらの、輪作はどんな目的で行われているのでしょうか。その説明の前に、まず連作の問題点である「連作障害」を簡単に説明することにします。「連作障害」とは、同じ作物を作り続けることにより、

- 1) 特定の土壌養分の消耗または過剰になる（肥料で補う養分と作物が吸収する養分に偏りが起こると養分が不足したり、過剰害により生育が不良になることがある）
- 2) 土壌物理性が悪化する（藁などの有機物が長年供給されないことで畑が固くなり、土壌の構造が壊れて水はけが悪くなる）
- 3) 作物由来の有害物質が土にたまる（アレロパシー：作物の根や葉から出る化学物質により自家中毒症状を起こし生育が不良になることをいう）
- 4) 土壌生物の単純化と病原性微生物が増加する（作物の種類によって特定の生物や微生物



図－1 北海道の典型的な畑輪作の模式図と5年輪作時の5枚の畑の栽培作物

物が増える、このうち土壌病原菌や有害な植物寄生性の線虫類が増えて作物に被害が出ることを狭義の連作障害とする場合がある)

- 5) 特定の雑草が増加する（作物ごとに除草の時期や使用する除草剤が固定化すると、それらを回避できる特定の雑草が増えてくる）

などにより作物の生育が不良になったり作業が困難になることを言います。

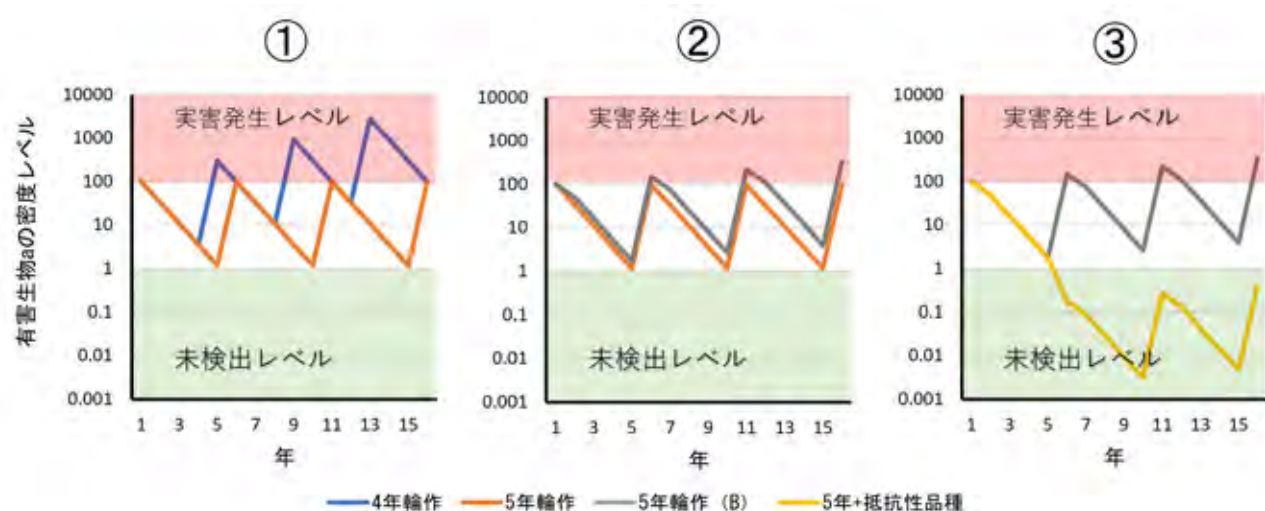
4) の例をもとに輪作の必要性を考えてみましょう。作物に被害を与える病害虫や線虫の多くは特定の作物にしか寄生できなかったり、環境の変動に弱かったりします。輪作は病害虫や雑草が生息する畑の環境を変えることで、作物に被害を与える生物の繁殖を抑制しているのです。

作物Aは線虫aを増やし線虫bを減らす、作物Bは線虫bを増やしaを減らすという組み合わせがある場合、作物Aと作物Bで輪作を組むことで、線虫による被害を経済的に問題が起きない水準に抑えることができるわけです。また、特定の線虫や病原菌を大幅に減らす植物を「対抗植物」といい、対抗植物を緑肥として輪作に組み込むことで連作障害を大幅に減らします。品種改良された抵抗性品種の中にも対抗植物と同じように病原生物を大幅に減らすものが

あります。

図－2はこの関係をモデル的に示したものです。有害生物aは密度が100を超えると作物Aに被害を及ぼし、1未満は調査しても見つからないものとします。図－2①では作物Aを植えると有害生物aが84倍に増え、その他の作物を植えると1年間で3分の1に減るものとして、作物Aを4年に一度栽培する輪作と5年に1度栽培する輪作を比較したものです。

4年輪作（青色）では有害生物aの密度は実害が発生するレベルに増えてしまいましたが、5年輪作（オレンジ）ではぎりぎり実害が出ないレベルに抑えることが可能です。しかし、輪作期間中の減り方が少しでも鈍ると有害生物aは次第に増えて実害を起こすレベルになってしまいます。図－2②の5年輪作（B）（灰色）は作物Aが翌年雑草化して残り、1年間で半分しか減らない場合を想定したもので、連作障害を防ぐには輪作期間の管理も重要であることがわかります。輪作体系に対抗作物または病害抵抗性品種を時折組み込むと、有害生物を大幅に減らし（図－2③（黄色））、ここでは5年目に病害抵抗性品種を植えて1年間に有害生物aが10分の1に減る想定）、未検出レベルまで有害微生物を抑え込むことが可能になります。農研機構・北海道農業研究センターでは、ばれいしょ



図－2 輪作による有害生物の抑制の模式図

やてん菜などで病害に強い抵抗性品種を育種しており、安定的な輪作の実施に貢献しています。

2-2 作業競合の回避と省力化

小麦、てん菜、豆類、ばれいしょの輪作を行う場合、それぞれの作物の農繁期は少しずつずれています。一つの作物だけを作ると種まきや収穫の時期が重なり、特定の時期だけが忙しくなってしまうがちです。特に、家族で農業を営む場合は、限られた労働力を使って、できるだけ多くの収益を上げたいわけですから、様々な作物を作るほうが労働力を有効に使うことができます。このような作業競合の回避も輪作を行う理由の一つです。

現代の作物栽培は機械化が進み、畑作物の農作業の多くは機械を使って行われており、てん菜の10 aあたり労働時間は1980年頃の約30時間から現在では約10時間となり、大幅に省力化が進みました。しかし、ばれいしょは種いもの準備や収穫作業に多くの労働力が必要で、てん菜も移植栽培では苗づくりや苗の定植に人手が必要なため、小麦や大豆ほど省力化が進んでいません。さらに、多くの野菜ではより機械化が遅れており、ばれいしょやてん菜に比べて多くの労働時間が必要となります。

最近ではてん菜や玉ねぎの直播栽培技術、キャベツ収穫機などの技術開発が進められ、さらにはロボットトラクタやロボット技術を用いた作業機械などの開発が進められています。新技術が導入され、何かの作業が省力化されると、収益が最も高い作物の組み合わせ（輪作）も変わるため、試験研究機関は経営が有利になる組み合わせを試算しながら、最適な輪作と新しい技術を提案しているのです。

3. 畑輪作の未来

2021（令和3）年5月に農林水産省は、食料生産を担う生産者の減少・高齢化に対応しつ

つ、食料の安定供給・農林水産業の持続的発展と地球環境の両立に向けて、2050年までに、化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減を目指す「みどりの食料システム戦略」を打ち出しました。

輪作と関係のある部分では、化学肥料の低減対策の一つとして「地力維持等を考慮した輪作体系の構築」や「土壌微生物の機能解明と有効活用技術の開発」、その他として「天敵等を含む生態系の相互作用の活用技術」を開発し、生産体系を転換していくことが求められています。

先に、現在のような輪作が行われるようになったのは1970年代以降であると書きました。これまで、畑輪作は時代の変遷に伴う社会的な要請、技術の進歩等によって姿を大きく変えてきました。今ある畑輪作は現時点での食糧生産・流通条件と生産者の経営戦略、地域の気象条件に適合したものであり、「SDGs」という言葉で象徴される、持続可能で多様な社会で求められる輪作はまた違ったものになるかも知れません。ですから、30年後に飛行機の窓から見える風景は今とは違う畑の光景かもしれません。



写真－1 北海道の典型的な畑輪作の風景

Ⅱ

ばれいしょの歴史と展望

農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 領域長補佐
片山 健二

1. ばれいしょの北海道における歴史

ばれいしょは南米のアンデス地方原産で、1570年代にスペイン人が始めてヨーロッパへ持ち込んだといわれています。その後ヨーロッパの他の国に広がり、オランダ人によりジャガタラ（現在のインドネシアの首都ジャカルタ）から1600（慶長5）年頃に長崎へ伝来しました。江戸時代には冷夏などの天候不順により穀物が凶作となり、大きな飢饉が何度も起きましたが、ばれいしょは冷涼な気候に適し、地下にできるいもは天候不順な年でも一定の収穫が得られたため、救荒作物¹として知られるようになりました。特に蘭学者の高野長英^{たかの ちょうえい}は1836（天保7）年に「救荒二物考」を著して、天候不順でも育つソバとばれいしょの栽培方法や調理方法、貯蔵方法を紹介し、その栽培を推奨しました。江戸時代末期には、探検家の最上徳内^{も がみ とくない}や幕府役人の原胤敦^{はらたねあつ}などにより北海道へ持ち込まれて栽培されたという記録が複数残っています。ばれいしょは北海道の寒冷な気候に適したため、徐々に栽培が広がり、飢饉の際には人々を飢餓から救いました。

1869（明治2）年に北海道開拓使が設置され、1875（明治8）年に屯田兵が置かれて北海道の開拓が始まると、開拓使は寒冷な土地に適した作物としてばれいしょの栽培を推奨しました。また、1876（明治9）年に札幌農学校が設置され、北アメリカ等からの海外品種の導入や試作・配布などを行って栽培の普及・指導を進めたため、ばれいしょの栽培面積は急速に広が

っていきました。開拓使を廃して3県が置かれた1882（明治15）年までに、ばれいしょは石狩、後志、胆振、日高、十勝、天塩、北見の各地で栽培されるようになり、当時は「アーリーローズ」や「スノーフレック」などの海外品種が導入されていました。

1901（明治34）年に北海道農事試験場が設置される頃には、ばれいしょの栽培面積は17,000haを超えるまで広がっており、北海道農事試験場では海外導入品種の比較栽培試験を行って奨励品種を指定していました。同じ頃、民間でも品種に対する関心が高まり、旭川の神谷傳兵衛^{かみや でんべゑ}が1905（明治38）年にドイツから品種を取り寄せて試作した結果、でん粉原料用として「神谷薯（シンバルスフェニックス）」が適していることを見出しました。また1906～1909（明治39～42）年頃には函館の川田男爵がイギリスから品種を導入して試作した結果、「男爵薯（アイリッシュコブラ）」を見出しました。また倶知安の柳原寅造は在来種の中から「蝦夷錦（グリーンマウンテン）」を選び出しています。この頃からでん粉加工業が軌道に乗り、1909（明治42）年の記録にはでん粉加工原料が20%を超える程度まで増加しました。その後、第一次世界大戦中には輸出向けのでん粉原料用の作付けが著しい伸びをみせました。大戦後は一時落ち込みましたが、その後比較的堅実な拡大を続け、第二次大戦頃までは順調な伸びを示しました。

1916（大正5）年から北海道農事試験場において系統育種が開始され、同一品種の中から優

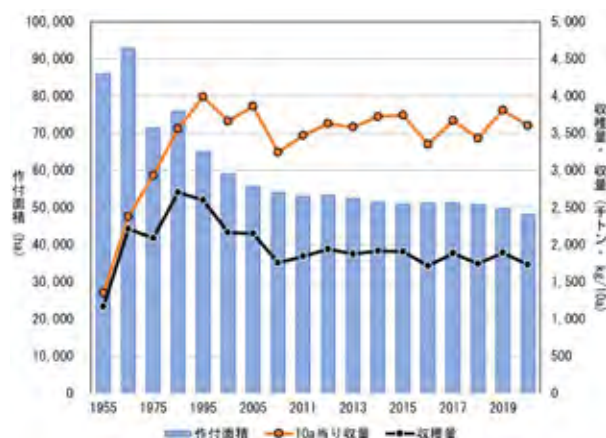
¹ 救荒食物：異常気象や災害、戦争に伴い発生する飢餓に備えて備蓄、利用される代用食物

秀な個体や系統を選抜する栄養系分離を行いました。次いで1918（大正7）年には人工交配による育種が開始されました。その後、ドイツから多数の品種を導入して育種材料としての特性を調査し、交配親として利用しました。それらの中には「ペポー」²のようにその品種自体が多収であったため、一時全道で広く普及したものもありました。同じ1918～1919（大正7～8）年頃には府県から「メイクイン」が移入されています。これらドイツ品種を使った交配育種は、1929（昭和4）年から農事試験場で本格的に行われ、1937（昭和12）年に新品種「紅丸」、「北海白」、「明星」が育成されました。特に「ペポー」の交配後代から選抜された「紅丸」は、極多収・早期肥大を示す画期的な品種で広域適性があったため、急速に全道に普及しました。

1938（昭和13）年からばれいしょの品種改良事業は島松試験地（現恵庭市下島松）に移り、育種の規模が拡大されるとともに、野生種利用に関する研究も開始されました。1943（昭和18）年には「馬鈴薯農林1号」が育成され、第二次世界大戦中の食料増産要請に応える品種として急速に増殖されましたが、増殖中に輪腐病^{わくさび}の被害が発見され、その普及は当初の期待ほど広がらなかった。

第二次大戦後の1947（昭和22）年に国営の馬鈴薯原原種農場が全国8か所に設置されることとなり、道内には中央、胆振、後志、十勝の4農場が設置されてばれいしょの優良原原種が配布されるようになり、その後の増産の基礎が整備されました。その後、ばれいしょ栽培面積は大戦後の食糧難の時代に9万haを超えるまで大きく増加しましたが、高度経済成長期には国民の食生活の変化により減少に転じ、5万ha近くまで下がっています。1990年代以降は10a当たり収量の伸びが止まり10a当たり3.5t前

後となったことから、収穫量は180万t前後で横ばいか微減傾向にあります（図－1）。現在、北海道は国内のばれいしょの8割近くを生産する最大の生産地であり、北海道の畑作農業の安定生産を支える基幹作物の一つとなっています。



図－1 北海道におけるばれいしょの作付面積・収穫量・10a当たり収量の推移

道内の主な産地は、十勝地方、網走地方、北見地方、後志地方等で、十勝地方は生食用と加工用、網走・北見地方はでん粉原料用、後志地方は生食用の生産が多いという特徴がみられます。

2. 品種の変遷と現在の課題

第二次大戦終了の1945（昭和20）年から1960（昭和35）年頃までの食糧不足の時代には、「紅丸」、「農林1号」、「男爵薯」などが広く栽培されていました。その後国内の食糧事情が落ち着き、生食用の消費は徐々に減少して食品加工用の消費が増加する時代に入りました。1976（昭和51）年に育成された「トヨシロ」はポテトチップ加工用として、1981（昭和56）年育成の「ホッカイコガネ」はフレンチフライ加工用として栽培が広がり、現在もそれぞれ主力品種となっ

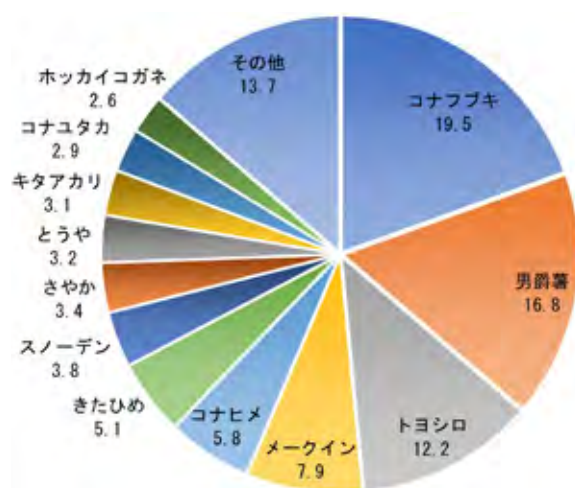
² ペポー：ドイツで人工交配された品種。多収だが品質が良くなく、ドイツでは豚の飼料用として栽培

ています。またでん粉原料用では、1981（昭和51）年育成の「コナフブキ」が広く普及し、主力品種となりました。

一方、1972（昭和47）年に道内でジャガイモシストセンチュウ³の発生が確認された後は、抵抗性品種の開発が進められるようになりました。生食用では「キタアカリ」が1987（昭和62）年に、「とうや」が1992（平成4）年に、ポテトサラダ加工適性が高い「さやか」が1995（平成7）年に育成され、抵抗性の無い品種に代わり栽培が広がっています。さらにポテトチップ加工用の「きたひめ」が2001（平成13）年に育成され、でん粉原料用として「コナユタカ」が2014（平成26）年に、「コナヒメ」が2016（平成28）年に育成され、抵抗性の無い品種に代わり栽培が広がりつつあります。

道内で栽培される品種の割合（2019（令和元）年）をみると、上位4位はでん粉原料用の「コナフブキ」、生食用の「男爵薯」、ポテトチップ加工用の「トヨシロ」、生食用の「メイクイン」の順となっており、この4品種で全体の5割以上を占めています（図－2）。

以降は、でん粉原料用の「コナヒメ」、チップ加工用の「きたひめ」、「スノーデン」、サラダ加工用の「さやか」、生食用の「とうや」、「キタアカリ」、でん粉原料用の「コナユタカ」、フレンチフライ加工用の「ホッカイコガネ」と続きます。



図－2 北海道におけるばれいしょ品種の作付割合（%, 2019）

近年、生産者の高齢化や人口減少により、道内では生産者1戸当たりの栽培面積が大きくなる傾向があり、生産規模拡大に対応するために栽培の機械化が進んでいます。また、重要病害虫であるジャガイモシストセンチュウの発生地域が拡大して大きな問題となっています。このシストセンチュウは、ばれいしょの根に寄生して大幅な収量低下を引き起こしますが、抵抗性品種を作付けることにより、被害を抑えるとともに土壤中の線虫密度を低減する効果があることが知られています。さらにシストセンチュウ発生地域では、植物防疫法により種いもの生産ができませんので、発生地域の拡大防止はばれいしょの安定生産にとって重要な課題です。

一方、消費者はばれいしょを青果物として購入するより、ポテトチップなどのスナック菓子類や中食向けの惣菜等の加工食品として購入する機会が増えています。特にポテトチップ用は近年増加傾向にあり、加工食品用の7割強を占めています。同様の傾向は今後も続き、加工食品用の割合が増えていくことが予想されます。

将来に向けて北海道のばれいしょ安定生産を持続していくためには、省力化のためのスマー

³ ジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*)：ジャガイモの根に寄生する農作物害虫で、駆除が難しい

ト生産技術体系とシストセンチュウ等の病害虫抵抗性新品種の普及が重要な課題です。先に図-2で挙げた作付け上位4品種はいずれもシストセンチュウ抵抗性が無いため、抵抗性品種への置き換えが進むことが期待されます。でん粉原料用では北海道の作付け計画として、「コナフブキ」等のシストセンチュウ抵抗性が無い品種は2022（令和4）年に作付けを廃止し、シストセンチュウ抵抗性の「コナユタカ」、「コナヒメ」、「パールスターチ」等に置き換えていく予定となっています。今後の消費増加が見込まれる食品加工用でもシストセンチュウ抵抗性が無い「トヨシロ」「スノーデン」「ホッカイコガネ」などを抵抗性品種に置き換えていくため、抵抗性品種開発と普及活動を進めています。さらに今後は2015（平成27）年に道内で新たに発生したジャガイモシロシストセンチュウ（*Globodera pallida*：以下Gp）に対する抵抗性品種の開発も進めていく必要があります。

3. 今後の展望

現在、農研機構北海道農業研究センターでは、ジャガイモシストセンチュウ類抵抗性、特にGp抵抗性品種の開発を緊急の課題としています。今後の育種目標としても、Gpを含む病害虫抵抗性について重点的に取り組んでいく予定です。2022（令和4）年育成の「きたすずか（北海112号）」は、Gp抵抗性が「中」で業務加工・生食用としてGp発生地周辺の地域への導入が見込まれています。さらに今後はでん粉原料用など各種用途向けに「やや強」以上のGp抵抗性品種を開発していく予定です。

また、複合病害虫抵抗性を有する安定多収品種の開発に向けて、大学と共同で遺伝的多様性を拡大するための交配母本の開発・選定を行っています。大学ではアンデス原産栽培種などを用いて複数の病害虫抵抗性遺伝子を集積した育種素材を開発し、北農研は試験圃場でそれら育

種素材の栽培特性を調査し、優れたものを交配母本として利用する取り組みです。将来、これらの育種素材を交配母本とした交配後代から複合病害虫抵抗性を有する安定多収品種が育成されることを期待しています。

その他にも、近年は北海道でも温暖化の影響が顕在化してきており、高温・干ばつに対して耐性を有する品種の開発や新たな病害虫の侵入・北上に対する備えについても、準備を始めることが重要と考えています。



写真-1 バレイショ栽培跡地の野良いも対策の冬の雪割り

バレイショを収穫した後に畑に残った小さいも（野良いも）、それが翌年成長するとセンチュウ等の病害虫が増えてしまいます。野良いもを防除するために、雪を除けて土壌を凍らせるため、雪割りをすることがあります（写真の右側）。

土壌の凍結が約30cmとなる時期を予測し、雪割り作業を行います。雪を集めている場所を再度の雪割で土壌を露出させることで圃場を均等に凍結させます

参考文献

- 北海道農業技術研究史、北海道農業試験場、1967年
- 北海道農業技術研究史1966～1980、北海道農業試験場・北海道立農業試験場、1982年
- ジャガイモ事典、財団法人いも類振興会、2012年

III

北海道のてん菜生産の歴史と 新たな品種による挑戦

農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 上級研究員
黒田 洋輔

1. 北海道のてん菜生産の歴史

北海道のてん菜の生産は、1871（明治4）年に北海道開拓使の札幌官園で試作されたことに始まりました。当時の生産には様々な問題が認められましたが、栽培技術や品種改良に対する先人のたゆまない努力が続けられ、今日では砂糖国内消費量の30%を占める生産量があり、北海道内各地の製糖所は地域の経済的な振興の役割を担う重要な産業としての発展を遂げました。本稿では、北海道のてん菜生産の歴史を振り返るため、「作付面積（ha）」、「ha収量（t）」、「歩留（%）」について、統計の記録がある1880（明治13）年から2021（令和3）年にかけての142年間の変動を見てみたいと思います（北海道農産協会2022）。

まず、「作付面積」について、北海道にてん菜が導入されてから現在に至るまでの期間を第Ⅰ期から第Ⅴ期に大別してみました。それぞれの期間の特徴を以下にまとめましたが、国内外の情勢に大きく影響を受けてきたことがわかります（図-1）。

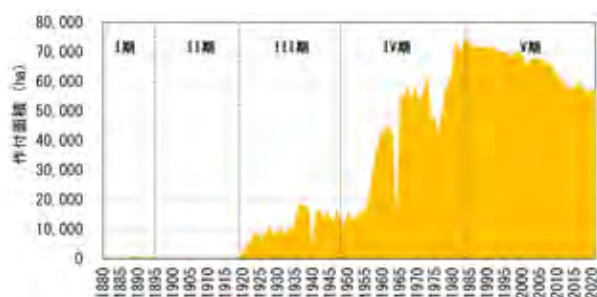


図-1 北海道のてん菜の作付面積
(1880年～2021年)

・第Ⅰ期（1880-1895）：

富国強兵の一環で製糖工場の設置と栽培の奨励が行われ、1890（明治23）年には796haで作付けされました。しかし、収穫物の運搬の問題や、虫害等による生育不良の問題などがあり、1896（明治29）年には製糖工場の操業が停止されました。

・第Ⅱ期（1896-1919）：

1895年以降、日清戦争による日本の台湾領有を契機に、台湾でのさとうきび栽培による砂糖の供給が見込めたこともあり、北海道の一般農家では23年間、てん菜が作付けされませんでした。その一方で、農事試験場では、海外からの導入品種の選抜試験は継続されていました。

・第Ⅲ期（1920-1948）：

第一次世界大戦では、てん菜糖主産地のヨーロッパが戦場となり、砂糖の値段が暴騰しました。これにより、自国での生産体制の強化が求められ、北海道でのてん菜栽培が再開されることになりました。製糖会社の設立に加え、第Ⅰ期のインフラの問題を踏まえ、収穫物運搬の鉄道も整備されました。その後の第二次世界大戦の影響を受けながらも北海道の産業として定着していったのです。

・第Ⅳ期（1949-1984）：

第二次世界大戦により、日本は台湾や南洋諸島を失ったため、国内の砂糖生産の増大は重要政策となり「てん菜生産振興臨時措置法」を契機とした生産奨励が行われました。作付面積は拡大を続け、1984（昭和59）年には過去最大の75,117haで作付けされました。

・第Ⅴ期（1985-現在）：

1985（昭和60）年以降は、作付面積の減少傾向が続いており、2021（令和3）年の作付面積は57,509haになります。国際的な糖価の下落に加え、でんぷんなどから作る異性化糖の増加によって、砂糖の消費量が減少し、作付指標も下方修正（1985年は72,000ha、2012年は66,000ha）されています。加えて、近年は、生産者の高齢化や経営規模の拡大により、労働負担の大きいてん菜から他の作物への転換も進んでいます。

一方で、「ha収量(t)」や「歩留(%)」は、どちらも、北海道にてん菜が導入されて以来、ほぼ右肩上がりに上昇を続けています（図-2）。

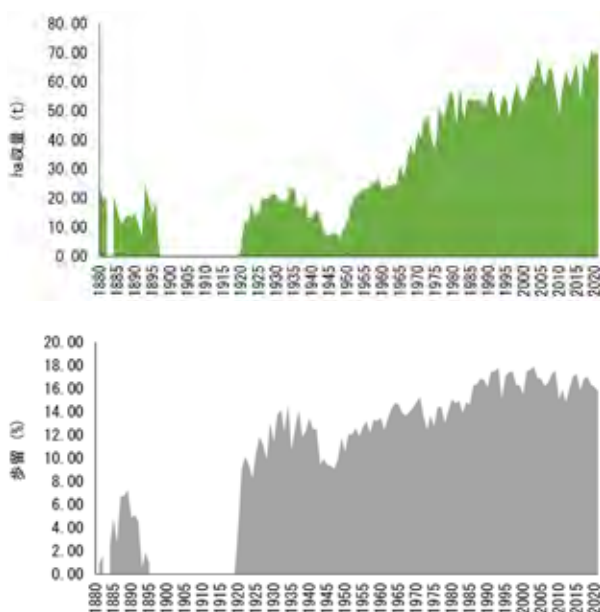


図-2 北海道のてん菜のha収量、歩留の推移（1880年～2021年）

つまり、両測定値の積によって近似されるha当たりの糖量も増加していることになります。これは、栽培・育種技術の向上に負うところが大きいです。ここでは、糖量の増加に寄与した主な技術的要素として、一代雑種、紙筒移植栽培、単胚性種子を以下に紹介しましょう。ちなみに、第二次世界大戦の終戦前後には、両方の値が一時的に低くなっていますが、これは肥料不足の影響を受けたためです。

・一代雑種：

異なる系統の交配によって生まれた個体のことです。ヘテロシス（雑種強勢）により、両親のいずれの系統よりも生育が旺盛となり収量などが増加します。最初に北海道に導入された品種は、一代雑種品種ではなく、ヨーロッパやアメリカで開発された品種の導入（導入品種）や、それらの交配や集団選抜を通じて育成された品種でした。1940年代以降になって、一代雑種品種の育成が始まり、部分的に利用されるようになりました。その後、花粉を付けない（細胞質雄性不稔）系統の発見を契機として、ほぼ100%の純度で雑種子が得られるようになり、1970（昭和45）年以降、完全な一代雑種の利用が広まりました。現在は、北海道で作付けされるほとんど全ての品種が細胞質雄性不稔系統の利用による一代雑種であり、通常は3種類の親系統から種子が作られます（藏之内ら1994）。

・紙筒移植栽培：

紙筒移植栽培が普及する少し前の1955（昭和30）年頃は、北海道のてん菜はヨーロッパと比べて2割ほど収量が低い水準でした。北海道はヨーロッパに比べて春の気温が低く、生育期間が1ヶ月ほど短いため、畑に直接種を播く（直播栽培）と収量が低いのです。この問題を解決するために、雪がまだ残る3月からハウスで育苗し、4月下旬以降に移植する方法が考えられました。ただ、稲や野菜のような育苗方法では根が切れたり、ポットの中で巻いてしまい、根を利用するてん菜には使えません。そこで長さ13cmの紙筒上での播種と保温育苗を経て得た苗を畑への植え付けが可能な紙筒移植栽培法が考案されました。紙筒移植栽培法は、1961（昭和36）年に普及が開始され、1994（平成6）年には移植率が98%に達しました（日本甜菜製糖株式会社農務部2011）。これにより直播栽培よりも生育期間が事実上延長され、ha収量を増加させる一因となり、ヨーロッパ並みの収量水準

が達成されました（田中1994）。ただし、近年は、生産者の高齢化や経営規模の拡大により、育苗・移植に係る経費や労働力が必要な移植栽培から、直播栽培への移行が進んでいます（2021年の移植率は64.5%）。



写真-1 出芽直後のテンサイ

移植栽培は紙でできたポット（ペーパーポット：六角形の枠）で育苗する。種をまいてから10日ほどで芽が出てきます

・単胚性種子：

1971（昭和46）年に導入された品種「ソローベ」より、単胚性の種子の利用が開始されました。その後、急速に広まり、1986（昭和61）年にはすべて単胚性品種に置き換わっています。単胚性の種子は、1粒の種子（果実）が1個の真性種子（胚珠）を持ち、1粒の種子から1個体が出芽します。単胚性の種子が導入される以前は、多胚性（1粒の種子が2個以上の真性種子）の種子が利用され、1粒の種子から複数個体が出芽するため、1本に間引く作業が必要でした。単胚性の種子の導入によって間引きの作業に要する多大な労力が不要となり、作付面積の拡大を後押しする要因となりました（黒沢2002）。

2. 新たな品種による挑戦

北海道では、ヨーロッパ並みの収量水準が達成された現在でも、気象的な影響を受け、生産量に年次変動が認められます。てん菜はそもそもヨーロッパ原産であり、乾燥した夏の気象条件に適応した植物種です。世界のとん菜栽培面積の69%（2019年）を占めるヨーロッパでは主に地中海性気候と西岸海洋性気候に分類される温帯地域で作付けされています。一方、北海道は、亜寒帯（亜寒帯湿潤気候）であり、ヨーロッパに比べて、春の気温が低く、夏の降水量が多いという特徴を持ちます。とりわけ夏の高温かつ多湿の条件は、様々な病気を発生させる原因となっています。

北海道のとん菜の主要な病害は、^{かっ}褐斑病、^ね根腐病、^ぐ黒根病、^そそう根病があります。褐斑病は、糸状菌*Cercospora beticola*の感染により、葉や葉柄に斑点や褐変枯死の症状を引き起こします。有効な薬剤はありますが、長雨等で適期防除を逃すと、感染が拡大しやすいため、抵抗性を持つ品種が求められています。根腐病は、糸状菌*Rhizoctonia solani*の感染により、葉柄基部や根部に黒褐色の壊死症状を引き起こします。防除や連作を避けることが、重要な対策となります。黒根病は、糸状菌*Aphanomyces cochlioides*の感染により、根部に黒色の壊死症状を引き起こします。現在は、有効な薬剤がなく、品種の抵抗性により病害を防ぐしかありません。そう根病は、糸状菌*Polymyxa betae*の媒介によって、病原ウイルスBeet necrotic yellow vein virus（BNYVV）が感染し、根重および根中糖分の低下を引き起こします。この菌は10年以上も土壤中に生存できることから、一度発生すると防除が極めて困難です。

近年のとん菜の病害の発生面積のうちの大部分は、褐斑病および根腐病（黒根病含む）が占めています（図-3）。根腐病（黒根病含む）は、実質的には黒根病による被害と考えられます。

また、そう根病については抵抗性品種の開発が進み、北海道では普及品種の全てが抵抗性品種に置き換わっているため、近年は、被害がほとんど報告されていません。

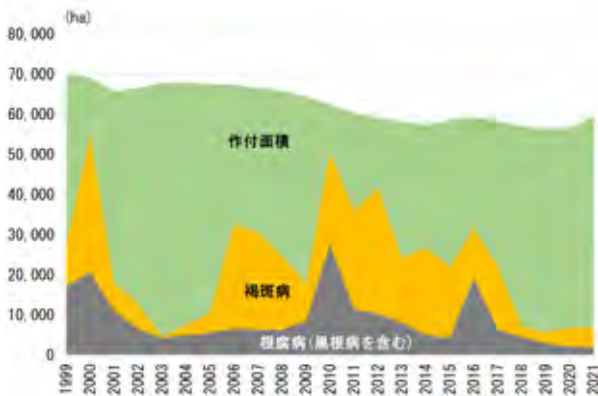


図-3 褐斑病および根腐病（黒根病含む）の発生面積（1999年～2021年）

農研機構北海道農業研究センター（以下、北農研）では、日本の高温多湿な夏の気象条件に適応したてん菜を作るため、その気象条件によって助長される複数の病害に対して抵抗性を有する品種（複合病害抵抗性品種）の開発をしています。近年は、褐斑病および黒根病に対する抵抗性が優れる品種として、2012（平成24）年には「北海みつぼし」を、2018（平成30）年には「カチホマレ」を育成し、北海道の優良品種に認定されました。

・「北海みつぼし」の育成（2012年）：

2006年にスウェーデンのSyngenta社（現DLF社）との共同研究で育成されました。「北海みつぼし」は、褐斑病、黒根病およびそう根病の主な3つの病害に強い（複合抵抗性）品種です。黒根病が発生しやすく、褐斑病の適切な防除が困難な排水不良畑などでもてん菜を作ることができ、農家所得を安定化するのに役立つことが期待され、2012（平成24）年に北海道の優良品種に認定されました。「北海みつぼし」は、2015（平成27）年から道内各地の1,406haの圃場で作付けされ、世界で最初に普及した黒根病

抵抗性“強”の品種となりました。

・「カチホマレ」の育成（2018年）：

2010（平成22）年にスウェーデンのDLF社との共同研究で育成されました。「カチホマレ」は、黒根病および褐斑病に最も強い抵抗性を複合して有する点、黒根病が発生しやすく、褐斑病の適期防除が困難になりやすい排水不良の圃場で被害軽減が期待できる点が高く評価されました。また、「北海みつぼし」は春に低温にあたると抽苔（ちゅうだい）（本来のてん菜は冬を越した2年目に茎をのばして種を付けるが、これが1年目に起きて根に糖分をためなくなること）が発生する懸念があり、オホーツク沿海地域での栽培が難しかったのですが、「カチホマレ」は抽苔しにくいいため、これらの地域でも作付けできる品種として、2018（平成30）年に北海道の優良品種に認定されました。2020（令和2）年には道内各地の616haの圃場で作付けされています。

今後は、これまで育種の対象となっていなかった病害への備えも必要となります。例えば、てん菜の葉が黄色に変色するテンサイ黄化病（旧テンサイ西部萎黄病）という病気があります。現時点では、大きな被害が出ていませんが、文献としての記録がある1950年代以降、今日までに、10年から20年の周期で大発生を繰り返しており（杉本ら1970、成田1980、成田ら1992）、今後育種での対応が必要な病害の一つと考えています。また、2021（令和3）年に農林水産省によって策定された「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに目指す姿として、「ネオニコチノイド系を含む従来の殺虫剤に代わる新規農薬等の開発」という目標が記載されています。テンサイ黄化病の病原ウイルスはアブラムシのうちモモアカアブラムシにより媒介されることが知られ（Yoshida et al. 2019）ています。ネオニコチノイド系農薬は現在これらのアブラムシに対する有効な防除薬剤として使用されて

おり、安定生産に欠かせない殺虫剤の一つです。
しかし、ネオニコチノイド系農薬は、ミツバチ
への壊滅的な影響が避けられないとして、2018
(平成30)年よりEUでは使用が禁止されました。
その結果、ヨーロッパでもテンサイ黄化病と同
属のウイルス被害が、農薬の使用禁止とともに
深刻となり、2021（令和3）年から再認可され
る事態に陥っています。そこで、北農研では、
黄化病抵抗性の導入に欠かせない黄化病抵抗性
遺伝資源の発見に向けて最新の知見を駆使し、
抵抗性の早期導入を進めているところです。

引用文献

- 1) 藏之内利和, 川勝正夫, 林孝通, 手塚光明 (1994)
III品種. 北農会 (編), てん菜, 北海道共同組合通信社,
pp.23-35.
- 2) 黒沢厚基 (2002) てん菜品種の変遷 1. 砂糖類
情報, ([https://sugar.alic.go.jp/japan/view/
jv_0206b.htm](https://sugar.alic.go.jp/japan/view/jv_0206b.htm))
- 3) 杉本利哉, 村山大記, 讃井蕃 (1970) てん菜の萎
黄性ウイルス病に関する研究 (第1報). てん菜研
究会報, 8, 1-163.
- 4) 田中征勝 (1994) I 北海道におけるてん菜栽
培. 北農会 (編), てん菜, 北海道共同組合通信社,
pp.9-16.
- 5) 成田武四 (1980) 萎黄病および西部萎黄病. 北海
道農作物病害総覧, 276-277.
- 6) 成田正孝, 菅原寿一, 木村雅暢, 楠目俊三, 玉田哲男
(1992) 西胆振・後志地方における西部萎黄病の
多発について. てん菜研究会報, 34, 133-138.
- 7) 日本甜菜製糖株式会社農務部 (2011) てん菜の
移植栽培. 特産種苗, 12, 44-46.
- 8) 北海道農産協会 (2022) てん菜糖業年鑑2022年
版. 日孔社.
- 9) Yoshida N, Tamada T (2019) Host range
and molecular analysis of Beet leaf yellowing
virus, Beet western yellows virus-JP and
Brassica yellows virus in Japan. Plant
Pathology, 68, 1045-1058.

IV

てん菜の導入と 砂糖生産の歴史と変遷

日本甜菜製糖株式会社 ビート資料館 館長
清水 政勝

1. 大地に根づいたてん菜糖業

わが国では1870（明治3）年にその種子が初めて輸入され、明治6、7年には北海道や東北地方で試作されました。

工業化されたのは、1878（明治11）年内務省勧農局長であった松方正義が、フランスでのパリ万国博覧会に、日本の副総裁として渡仏し、欧州でのてん菜糖業の実情をつぶさに視察したことがきっかけとなりました。

帰朝後、松方正義は政府の承認を得て1879（明治12）年フランスのフィブ・リル社から製糖機械一式を購入しました。

わが国初のてん菜糖工場建設予定地として、最初にあげられたのは東北の岩手県と青森県でした。

これを裏付ける史料として、今井仲治氏が「糖華」（昭和34年秋号）に「北海道甜菜糖業事始め」として投稿した中で、斎藤定僞翁から親しく聞いた話しが以下の通り、掲載されています。

「松方さんはフランス・パリに出張した時、製糖機械一工場分をスッポリ買い、横浜に送り付けた。偶々、黒田（清隆）さんが松前（当時北海道は旧より松前と言いならしおった）より上京、この話を聞き、松方さんに何処に工場を建てるのかと聞いた。松方さん、砂糖大根と申すもの、寒い所がよいのだそうだから、東北の八戸に建てる積りだと申す。寒い所なら松前に越した所、日本にある筈はない。松前に譲れと強請し、黒田さん体よく工場を捲き上げた。」というのが史実です。後に紋鑑村（現 伊達市）に正式に決定しました。

その理由は「試験栽培の成績もよく、当時と

しては耕地面積が広く、海岸に近く輸送に便利で、仙台藩一門亘理伊達家の旧士族による集団耕作に適し、運搬、工場労働者に恵まれていた」ことによります。

1880（明治13）年北海道紋鑑村に官営紋鑑製糖所（原料処理能力1日約120t内外）を建設、1881（明治14）年に操業に入りました。

当時のてん菜作付面積は、明治14年もおよそ120ha、収穫量は2,400t程度に過ぎませんでした。



写真－1 官営紋鑑製糖所

所蔵：ビート資料館

1.1 ドイツ人技術者の招聘

橋口文蔵は、1882（明治15）年同工場を視察した西郷従道 農商務卿、品川弥次郎 農商務大輔に宛て、機械設備の改善と外国人技術者の招聘など工場経営にかかる意見書を上申したところ、その趣意が認められ翌年5月、明治政府の命により機械購入と外国人技師招聘の目的をもってドイツに派遣され、1884（明治17）年4月機械装置を従来のフランス式圧搾法から、ドイツ式滲出法に改めると共に、製糖技術者2名（ク

リスチャン・クレムメ氏、フレデリック・クレムメ氏兄弟)、機械技術者1名(リチャード・ザイドレル氏)を伴って帰国、外国人技師の指導の下、機械装置の改善に取り掛かり、同年9月には作業は終了、製糖に入りました。



写真－2 左:兄クリスチャン、右:弟フレデリック
所蔵:ビート資料館

製造された砂糖は純白にして以前の様な異臭もなくなり、産糖量は30～40%増加し、従来に比べ質・量ともに大きく好転しました。

砂糖生産が軌道に乗ったとはいえ、営業収支は一向に好転しない状況が続きました。当時、政府はデフレ政策の一環として、官営工場の民間への貸下げか、払い下げかの議論がなされるようになり、1886(明治19)年に国から道庁へ移管され北海道庁管轄下となると、翌1887(明治20)年には民間に払い下げられ、紋鑑製糖株式会社が創立され、道庁の手厚い助成を受けながら経営に当たりました。

一方、1888(明治21)年には札幌製糖株式会社が創立され、2年後の1890(明治23)年、現在の札幌市東区苗穂に工場(処理能力約200t)が作られました。

当時のてん菜作付面積は210haで、収穫高は3,200t余、産糖量160t余でした。

てん菜の耕作地を擁する村々には北海道炭礦

鉄道が走っていたものの、鉄道が敷設されていない地域からの運搬は、馬車を使わざるを得ず、当時は道路の整備が行き届いていない場所が多く、ぬかるみに馬が足を取られ、馬車の車輪が埋まる等で立往生する事が頻繁にありました。そのため、製糖会社は、わざわざ積雪を待って馬^{そり}轡を用いて運ばなければならない状況でした。この様に運搬手段に腐心しながらも紋鑑製糖、札幌製糖ともに作付面積を拡大しながら産糖量の向上に努力しましたが、当時のてん菜栽培技術が未熟(当時の農家にとって心土¹耕¹、適切な施肥は容易な作業ではなかった)だったこと、製糖技術も今日の様に発達していなかったことから、行き詰まっていました。

いずれの工場も1896(明治29)年操業を中止、紋鑑製糖は同年に、札幌製糖は1901(明治34)年にそれぞれ解散となり、てん菜糖事業は一時北海道から姿を消す事となりました。



写真－3 札幌製糖(株) 工場

所蔵:ビート資料館

※現在の「サッポロビール博物館」は、札幌製糖の工場でした

2. 北海道製糖(株)、旧日本甜菜製糖(株)の設立、 明治製糖(株)の甜菜糖事業への参入

製糖会社は明治期に撤退を余儀なくされましたが、北海道ではてん菜の試験栽培が続けられていました。

¹ 心土耕:根張りを良くするため、深い地層を耕すこと

1918（大正7）年、帯広の「北海道農事試験場十勝支場」において、当時としては画期的な“15.4％”の糖分が得られました。当社の前身である北海道製糖株式会社が1919（大正8）年6月11日にこの帯広の地に設立され、翌年12月、北海道製糖（株）帯広工場が竣工、わが国のてん菜糖業は復活を遂げました。



写真－4 北海道製糖（株） 帯広製糖所
所蔵：ビート資料館

また、同年4月には旧日本甜菜製糖株式会社が設立され、翌年に清水工場が竣工しています。旧日甜はてん菜の運搬の為、28哩（約45km）の軽便鉄道を有していました。



写真－5 旧日本甜菜製糖（株） 清水工場
所蔵：ビート資料館

この旧日甜清水工場は、二年目に早くも経営困難となり、1922（大正11）年4月、取締役の原 邦造氏が明治製糖（株）取締役社長相馬半治氏

に対し、吸収合併を申し入れています。

相馬社長は、機会があればてん菜糖業も経営して、その発展を図るという熱意を有していたので、同社の申し入れに応じて1923（大正12）年6月、明治製糖（株）に合併されました。

北海道製糖（株）、明治製糖（株）とも原料であるてん菜の集荷と製品である砂糖の出荷の為、前者は1923（大正12）年4月7日に自社で（後に、全ての鉄道資産を譲渡して十勝鉄道（株）を設立）、後者は1924（大正13）年11月1日に河西鉄道（株）を設立して鉄道を敷設し、それぞれの地域住民からの強い熱意によって旅客業の免許も取得し、地域の産業線として開発に努力、住民生活にも大きな貢献をしました。

2.1 ドイツ人優良てん菜農家の招聘

実は、昭和初期にもドイツから官営紋鑑製糖所における製糖技術者に続き、優秀な農業技術者2家族が招聘されています。

1920年代初頭の北海道農業は、従来の粗放略奪的無肥料経営で著しく低下した地力の回復という大きな課題を抱えており、その対応には「日本人による現地視察だけでは到底不可能であり、欧州から模範となる優れた農家家族を招致し、母国での農業・生活を実践し、広く道内の農家経営者自ら視察体験する事により、農民自身の発憤をこの生きた模範に拠って促そう」と考えました。

当時の北海道長官宮尾舜治氏（在任期間1921～1923年）は、台湾総督府では専売局長、殖産局長を歴任しており、台湾での精製糖事業にも精通していて、北海道の地力低下を改善するためには畜産を加えた「北欧型有畜輪栽式農業経営」導入が必要と考えていました。道庁は外国人によるモデル経営の実践を図るべく、デンマークの酪農家2戸、ドイツの農家2戸を5ヵ年契約で招きました。

道庁は在ドイツ日本大使館に模範農家の招聘を依頼、大使館は参事官を派遣して同国で長い歴史を誇るKleinWanzleben（クライン・ヴァンツレーベン）製糖会社（創業1856（安政3）年、1885年株式会社移行）へ「日本（北海道庁）の取組みへの支援」を依頼しました。

KleinWanzleben製糖会社の元社長であり、当時財務担当顧問を務めていたエルンスト・ギーゼッケ氏は、道庁からの依頼をととても好意的に受け入れてくれ、同社の数ある営農農場で働く農業労働者の中から、信頼できる2家族を選びました。

1家族は、当社前身北海道製糖(株)社有農場に入地したヴィルヘルム・グラバウ氏他5人家族、もう1家族は明治製糖(株)社有農場に入地したフリードリッヒ・コッホ氏他6人家族でした。



写真-6 左:コッホ家族、右:グラバウ家族
所蔵:ビート資料館

2家族は、北海道庁との5年間の雇用契約により、給与・旅費は道庁負担、農地、それぞれの宿舍・農場諸建物の建築・家畜・農機具等は会社負担としてスタートし、グラバウ氏家族は後に子供の教育の関係から4年間で帰国、逆にコッホ氏家族は2年延長の7年後、次女ヘアタさんと日本人酪農家三澤正男氏との結婚式を見届けた後、1930（昭和5）年12月4日に帰国しています。

現在、コッホ氏の孫（ヘアタさん、正男さんの長男）三澤道男氏は八雲町で酪農を営まれ、

ひ孫にあたる長男公雄氏が経営を引き継がれています。

入地後のドイツ人農業者らが行った畑地を耕す方法は、日本での従来方法とは全く異なるものでした。

『前年の秋に起こされた畑は再び二頭曳の深耕プラオを以って1尺4寸起こされていった。この上をジグザグ整地機で整地し、石灰窒素、過磷酸、チリ硝石を畑一面に施した。』彼らは目の前の利益を棄てて永遠の策を講じました。

これに対して日本人農家は、その年の作物の収穫のみを考え、肥料をただ条播^{じょうは}するのみであって、畑の地力の回復という概念をもってはいませんでした。

他に相違点は、畑の姿や家畜に対する態度を挙げることが出来ました。

収穫時期が近づいた初秋、彼等の畑と隣接する日本人農家の畑との違いは歴然と判明しました。『一方は伐根林立し雑草も繁茂しているが他方は伐根殆ど無く、一面黄熟した雑穀類は初秋の風に打ちなびいている』状態であったと言います。

コッホ氏家族は『家畜を家畜としていない。^{あたか}恰も一人の友人関係に置いていた。畜舎の清潔、手入れの丁寧、日本の農家のそれとは雲泥の差があった。』と称されています。

コッホ氏の影響を受けた日本人の中から『付近の農家の心ある人達は彼等に真似て伐根を排除し、その耕作面積を拡大、ある者はその農具に倣って同じ農具を使用し出した。又ある者は彼等の飼育法に習って家畜を立派に育てた。又ある人は簡易なサイロを作って冬期の畜牛の飼料を貯蔵した。』等有形無形に十勝原野に残している功績は決して少なくはありません。

コッホ氏らが残した具体的な影響は、特に「農具の普及」であったと言えます。

特に「深耕プラウ」は、製糖会社の輸入品やコッホ氏らのドイツ式プラウからヒントを得

て、各地の農機具製作者がそれぞれの地域に適する優秀な深耕プラウ等を製作してきました。

2.2 3工場の新設

1936（昭和11）年12月1日、当社前身北海道製糖(株)は標茶町に磯分内製糖所、明治製糖(株)は同年10月21日士別市に士別製糖所を、そして、樺太豊原（現ユジノサハリンスク）に明治製糖(株)2/3、王子製紙(株)1/3の出資割合で、樺太製糖(株)工場の3工場が新設されました。

この道内の2工場について更に触れますと、当社は当時作付面積が増えつつあった北見に、明治製糖(株)は由仁にそれぞれ工場を建てたいと考えていました。

それに対して、当時の北海道長官佐上信一氏（在任期間1931～1936）は、就任後道内を巡回した結果、後発で入植された天北・根釧二つの地域の農家の方々の生活困窮ぶりを目の当たりにして、道庁として「この地域の人達の生活を、先発で入植された人達の生活に近付ける事が第一優先課題である」として、製糖会社の意向を重々知りながら、先の二つの地域に製糖工場を建てる事にこだわりました。

「てん菜」という作物は、冷害凶作に強い作物であった事、農家は収穫後工場で働く事も出来る（雇用創出）、更に佐上長官は、特に根釧地区の農家に家畜を飼う事を奨励しました。てん菜の茎葉を餌として与えて飼育し、二重の収入を得ることが出来る。そして製糖工場は必ず運搬のため鉄道を敷設する事から、製糖会社に地域の開発をも担わそうと考えました。

1940（昭和15）年11月、台湾の「四大製糖」の一つに数えられていた大日本製糖(株)（現・DM三井製糖）が、当社北海道製糖(株)の親会社松方正熊が設立した帝国製糖(株)を吸収・合併しました。そのため、帝国製糖(株)が所有していた

北海道製糖(株)の株式も藤山愛一郎氏が社長を務める大日本製糖(株)に移され、北海道製糖(株)は大日本製糖(株)の傘下に入りました。

1944（昭和19）年、戦時下の国策の一環として、企業体の一元化を進める事となり北海道庁は明治製糖(株)、北海道製糖(株)を統合改組する方針を決定。そのため大日本製糖(株)が持つ北海道製糖(株)の株式は明治製糖(株)に譲渡され、大日本製糖(株)による北海道製糖(株)の経営はわずか3ヵ年余りで終わり、明治製糖(株)の傘下に入った北海道製糖(株)は同年の9月5日、社名を「北海道興農工業株式会社」に改め、帯広、磯分内、士別の3工場が北海道興農工業(株)のもとに統合されました。

2.3 明治製糖(株)清水工場の転換

戦時中は、統制が次第に強化され、生産計画によって枠が絞められた時でもありました。当時は米麦の食糧と軍需作物中心主義で、ビートの作付面積も1万8千haから1万4千haに抑えられました。

このような状況ではじり貧となり、ビート糖業は衰亡してしまう。この状況をなんとか挽回する方法はないものかと、佐藤亀之助氏（当時北海道農地部長）が明治製糖(株)羽賀寛平氏（当時原料部長）、同社山口茂雄氏（当時原料課長）の両名に出向いてもらい、策を練りました。一方、明治製糖(株)の研究室では秘かにブタノール²の研究を行っていました。

いろいろなデータを集めて協議して「よし、事ここに至ったら航空燃料のブタノールで行こうじゃないか、一か八かやってみよう」と軍とも折衝しました。とたんに砂糖原料変じて軍需作物となりました。しかし、それも間もなく敗戦でご破算となりました。

² ブタノール：てん菜を原料に、発酵による燃料生産が試みられた

終戦後、清水工場は国から買い戻し、当社は1947（昭和22）年、現在の「日本甜菜製糖㈱」に社名変更しました。現在、芽室・美幌・士別の3製糖所のほか、清水では「イースト」「ペーパーポット」等の製造を行っております。

3. 短命に終わった内地の甜菜栽培

戦後間もない1946（昭和21）年、当社は青森、岩手の両県でてん菜の試作を開始しており、岩手県から譲り受けた3haほどの土地は「岩手試作地」と呼ばれていました。

残念ながら本州にてん菜栽培を根づかせようとするこの試みは、期待した成果を得る事ができず、程なく中止が決定されました。

ちょうどこの頃、米国カリフォルニアではてん菜種子を秋播きして春に収穫、製糖する事に成功していました。温暖な土地でのてん菜栽培の可能性が見出され、欧州でも研究が本格化していました。当社も1954（昭和29）年、イタリアから入手した暖地向きの種子を山口県下関近郊数か所に播種、研究を開始しました。これが我が国における「暖地ビート」の作付けの始まりでした。

当時は、粗糖³の外貨割当制度⁴の時代。自前の原料確保を求めて、業界各社は北海道てん菜糖業への進出競争を行い、さらに暖地ビートへも熱い視線を送りました。全国の農家も、他の作物と比較して買取り価格が安定していること、輪作作物としての有用性などからこの新しい作物への期待が高まりました。

全国各地で試作研究が行われ、関係各県は企業誘致に乗り出し、各社はこれに応えました。1959（昭和34）年以降、東北地方のてん菜糖業や暖地ビート糖業への進出を表明した企業は、十数社にのぼり、北は青森から本州を南下し、

四国は香川、九州は鹿児島までくまなく分布しました。

しかしながら多くは試作段階で計画中止を余儀なくされ、実際に操業した企業は「新光甜菜糖㈱大分工場」はじめ4社に過ぎず、何れも短命で終わりました。

目標の半分ほどの収量しか確保できず、1963（昭和38）年、粗糖の輸入自由化が決定されると、業界の熱意は急速に冷める事となりました。

戦後、昭和20年代後半から昭和30年代前半にかけて、本州ではさとうきびを原料とする精製糖工場が作られました。ところが昭和30年前半の日本の砂糖自給割合は僅か10%足らずで、この割合では多くの国民に砂糖を供給できる状態では有りませんでした。

そのため国（農林水産省）は、本州の精製糖メーカーが北海道でのビート糖事業に参入できるよう助成を行い、多くの精製糖メーカー等の参入を促しました。

1959（昭和34）年、政府が発表した「甘味資源の自給力強化総合対策」の下で、更にてん菜糖業の振興に取り組むことを明らかにしたため、多くの精製糖企業がこぞって北海道への進出攻勢を掛けました。

手を挙げたのは大日本製糖、明治製糖、名古屋精糖、日新製糖、大阪製糖、台糖、芝浦精糖、東洋精糖等で、国に計画書が提出されています。

国は提出された工場毎のてん菜作付面積に対して「1工場を維持できるか」との判断を下し、最終的に認可されたのは1957（昭和32）年芝浦精糖㈱の北見製糖所、1959（昭和34）年台湾製糖㈱（後の台糖㈱）の道南製糖所、1962（昭和37）年大日本製糖㈱の本別製糖所の3工場、後にこの3社3工場は1968（昭和43）年現在の北海道糖業㈱に合併されています。このほかホ

³ 粗糖：加工段階にある砂糖の一種で原料糖とも呼ばれる。不純物が含まれ、まだ食用にできない状態のもの

⁴ 外貨割当制度：輸入貿易管理令において、輸入代金の決済に必要な外貨資金の割当ては、通商産業大臣の許可を受けなければ外国為替銀行の輸入承認を受けられなかった

クレン(北海道農業協同組合連合会)が、1958(昭和33)年に中斜里工場、1962(昭和37)年に清水工場の操業を開始しました。

現在、北海道内には3社8工場のでん菜糖工場がありますが、北海道糖業(株)本別製糖所は、2022(令和4)年度で製糖を終了し、翌年度から3社7工場となる予定です。

4. 革新的な「ペーパーポット」の誕生

当社は創業以来、てん菜栽培法の研究を怠りなく続けて来ました。昭和20年代の後半からアメリカのGW系品種⁵が急速に普及していましたが、この品種はいずれも晩熟型で、北海道の気象条件下ではどうしても生育期間が不足し、それを補うための施策が急がれていました。

ドイツでは、柱状にした土の中にてん菜の種子を蒔き、発芽後2～3葉になった苗を移植する「土中栽培法」が研究されており、当社にも早くからその情報は伝わっていました。当社はこの方法に注目、応用しててん菜の幼苗を30～50日ほど育てて移植してみたところ、30%ほど増収となりました。その反面、分岐根⁶が多く、製糖原料としてはとても最適とは言えませんでした。

その後、種々試行錯誤を繰り返し、育苗期間中の腐食に耐えて、圃場に定植した後も側壁からの発根も可能で、活着性も高く、分岐根の形成も抑制され、収量増に繋がる特殊なクラフト紙の筒を開発して、1960(昭和35)年に完成させました。さらに、個々の紙筒を集合して折り畳み式にする構造を考案し、量産方式も確立しました。

1961(昭和36)年に、移植栽培に慣れている生産者が多い常呂町のでん菜生産振興会に、大規模な実証実験を依頼したところ、成績は研究者たちの予想をはるかに超えるものでした。当

時1ha当たり平均25t前後だった収量を大幅に上回り、50t台の収量を上げる生産者が続出したのです。紙製の集合鉢「ペーパーポット」(登録商標)を用いる栽培法は「紙筒移植法」と呼ばれ、注目を浴びました。

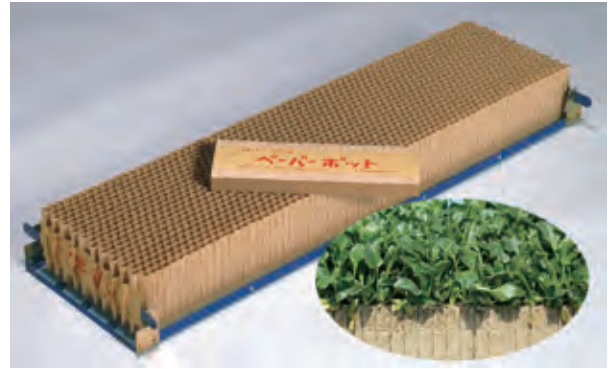


写真-7 移植栽培のペーパーポット
所蔵：ビート資料館



写真-8 直播とポットを使った栽培の成長の違い
所蔵：ビート資料館

好成績の試作を終え、1962(昭和37)年9月には清水工場内に紙筒工場を新設し、いよいよ紙筒の普及活動に入りました。

この移植法はてん菜栽培における画期的技術改善であると高く評価された上、国と北海道の補助奨励もあって急速に全道に広がるとともに1ha当たりの収量も飛躍的に向上していきました。

紙筒移植法の急速な普及の背景には北海道農業の機械化もありました。北海道では戦時下で

⁵ GW系品種：グレートウェスタン製糖会社(Great Western Sugar Company)から導入した品種

⁶ 分岐根：基根の損傷により、てん菜の根の伸長が阻まれる

疲弊した耕土を回復させるため、1950（昭和25）年から「北海道総合開発計画」と並行して、積極的な増産を目指した大型トラクタによる耕土改良事業が行われ、北海道農業に画期的な機械化の機運をもたらしました。

紙筒技術は現在も効率的で環境に優しい農業技術としての改良が進められています。

人物紹介

・今井仲治

1914（大正3）年北大農芸化学科卒業、1919（大正8）年当社前身北海道製糖㈱入社、1936（昭和11）年満州製糖㈱哈爾濱（ハルピン）製糖所長就任、1942（昭和17）年合同酒精現地重役として爪哇（ジャワ）に渡り、精糖業並びにブタノール工場を経営。

・斎藤定僞 翁

紋鑑製糖所の手職工から叩き上げ、後に明治製糖㈱川崎精製糖工場を設計建設、最後に1918（大正7）年末、大日本製糖の朝鮮製糖㈱平壤工場の技師長として有終の美を済した「甜菜糖業技術者第1号」と言われている人物。

・橋口文蔵

1876（明治9）年アメリカ、マサチューセッツ州アマスト農学校に学ぶ。在学中開拓使官費生。卒業後開拓使御用掛。のちに農商務省奏任掛から少書記となり、後に札幌農学校長を歴任する事となる。

参考文献・資料

- ・1949（昭和24）年 伊達町史
- ・「北海道に於ける独逸人経営の模範農家」吉村真雄 著 昭和3年新年号「農業世界」
- ・「前世紀初頭におけるKleinWanzleben製糖工場による日本のビート耕作への援助」
Dr. Erhard Junghans著 ZKW KleinWanzlebenn 育種有限会社KWS種子㈱
- ・「酪農余滴・三澤正男遺稿集」三澤道男著 1981（昭和56）年1月25日
- ・1944（昭和19）年2月8日付明治製糖株式会社第317回取締役会議事録
「清水工場のブタノール計画並北海道製糖株式会社の経営引受の件」
- ・「えぞしゃくなげ」山口茂雄追悼小誌掲載 追悼座談会1959（昭和34）年10月28日
- ・明治製糖株式会社30年史
- ・日本甜菜製糖株式会社40年史
- ・日本甜菜製糖株式会社100年史



ビート資料館

日本甜菜製糖株式会社の創立70周年を記念して、1989（平成元）年10月5日にオープンしました。

創業時の旧帯広製糖所を復元した、縮尺1/70の模型をはじめ、ビート糖業の苦難と発展のほか十勝鉄道の歴史も知ることができる施設です。

ご希望の方には、館長自らの施設案内も楽しみいただけます。

休館日

- 月曜日
- 8月15日、9月5日、年末年始（12月29日～1月3日）
※その他の祝祭日は全て「開館」となります。

開館時間

- 午前9時30分～午後4時30分

入館料

	個 人	団 体
一 般	300円	150円
大 学 生	200円	100円
小・中学生/高校生	100円	無 料

※20名以上を団体といたします。

ビート資料館

帯広市稲田町南8線西14番地
TEL/FAX(0155)48-8812
<http://www.sugarbeets-museum.com>





清里町の農作物と加工施設

清里町 産業建設課産業振興グループ

はじめに

清里町は、北海道の東部オホーツク総合振興局管内の南東部に位置し、北は斜里町、西は小清水町と隣接した、面積は402.76km²、斜里岳の裾野に広大な農地が広がる町です。1955（昭和30）年8月1日に当時の上斜里村から清里町（清らかな里という意味と、分村の歴史を後世に遺す意味を兼ねて、小清水の“清”と斜里の“里”を綴ったもの）となり、清里町行政がスタートしました。

当時から農林業は町の基幹産業の一つで、高度経済成長や農畜産物輸入自由化の中での国民消費生活の変化、農業基本法以来の農業行政の転換や石油危機など厳しい情勢の中でも、1970（昭和45）年当時の農林業の就業人口は1,677名と清里町における製造業やサービス業に比べても多く、清里町の産業の体制は伝統的に農林業を基幹としています。

オホーツク農業で酪農路線へ進んだ地域が少なくない中で、清里町は、9割が畑作での営農となっている地域です。清里町の属する“斜網地域”は古くから寒冷地に適する小麦、てん菜、馬鈴しょといった3品目の輪作体系が確立され、清里町でも規模拡大、機械化などによる生産性の向上を進め、3品目による農業経営が行われています。そして、さらなる農業の振興を図る目的から、農地開発や土地改良など基盤整備事業が計画的に行われてきており、宇遠別川流域一帯の地域においては、宇遠別川が未改修のため地域内に施行されてきた暗渠排水等が効果を発揮できない状況にあったことから、1962（昭和37）年から1969（昭和44）年にかけて受益

面積1,250ha、排水路4条16,861.5mにも及ぶ国営直轄明渠排水事業が実施されました。加えて、1971（昭和46）年から1988（昭和63）年にかけて、斜里岳江鳶山^{え とんびやま}の北麓に広がる緩傾斜の未墾農耕適地の農地造成を図るため、清里町・斜里町が連携して、受益面積1,404.7haにも及ぶ国営農地開発事業が実施されるなど、農業経営基盤の確立を徐々に図っていきました。こうした基盤整備の推進に加え、農業経営の近代化と農作業の機械化が進展していく中で、近年ではGPSを備えたトラクターを町内の農業者のほとんどが導入しています。省力化機械の活用が拡大し、適期作業・栽培技術の向上も相まって、現在では一戸当たりの経営面積が平均40ha近くになるなど、家族農業による大規模経営化が進行しているところです。

こうした清里町の農業ですが、昔からの風害・冷害のみならず、ヒグマやエゾシカ等の鳥獣害による農作物の被害、ジャガイモシストセンチュウによる馬鈴しょへの被害など農業者個人では解決できない地域の課題が山積しています。こうした課題に対して、これまで三作であった輪作体系に大豆を組み込むことや、猟友会の体制整備、シカ柵の設置、抵抗性品種の植え付けなど、町や清里町農業協同組合、清里町に事務所を置く清里町・斜里町・小清水町の3町を所管する農業改良普及センターが連携しながら、地域の課題解決に向けて取り組みを行ってきたところです。

一方で、清里町の農業の発展には、こうした取り組みのみならず、地域内での農作物の加工も重要な役割を占めています。清里町の地域特

産品である「じゃがいも焼酎」はもちろんのこと、後述する町内の加工施設についても清里町の農業の発展の一助となっています。こうしたことを踏まえ、本寄稿においては、斜網、オホーツク地域の農業の特徴や、清里町の加工施設等について紹介させていただくことといたします。

1. 清里町の農業

清里町は、町の発足当時から自然条件を上手く使いながら農業を発展させてきました。町の地形は、斜里川流域及びウエンベツ川流域が平坦地で、斜里岳、江鳶山麓並びにウエンベツ川西部は波状傾斜地を有する高台地となっており、平坦地、山間地の両方が存在しています。地質は、本道東北部の千島火山帯に属する火山噴出岩を母体としたものがほとんどで、土壌は、一部ウエンベツ川流域に泥炭土が見られるほか、摩周跡佐登系統の粗粒火山灰が大半を占めています。

地質に加え、気象も特徴的でオホーツク海高気圧の影響がきわめて強く、概ね大陸性を帯びています。春期には斜里岳から吹きおろす風が強く、作付後の農作物に被害をもたらすこともあるほか、夏季は雨量が極めて少ないものの、しばしば低温となり麦の収穫時期の降雨により被害を受けることもあります。冬季は北西の風が強く山間地域を除き積雪はあまり多くない気候となっています。

こうした自然条件の中、昭和30年代まで農耕馬による耕作が行われていましたが、1962（昭和37）年の第1次農業構造改善事業以来、コンバインやハーベスターなど農耕馬に代わる機械の導入が進むと、しだいに大規模農業に移行し、トラクター保有状況も、1980（昭和55）年（農家戸数241戸）には398台であったものが、1995（平成7）年（農家戸数258戸）には760台となっています。こうした機械の導入に加え前

述の基盤整備事業の推進があったことから、さらに農業経営の規模拡大が進み、1970（昭和45）年当時の一戸当たりの耕地面積は14.26ha（当時の網走支庁管内市町村で首位）でしたが、1980（昭和55）年には19.4ha、1994（平成6）年には27.9haと農地の集積が進み、2021（令和3）年現在では一戸当たり41.8haとなっています。こうした大規模な面積を耕作するに当たっては、GPS付トラクターなどのスマート農業技術の活用がなされ農業経営の助けとなっています。



写真－1 清里町の農村風景

ヨーロッパ並みともいわれる大規模農業が行われる清里町ですが、これら農地のほとんどが畑作であり、栽培されている作物については小麦、てん菜、でん粉原料用ばれいしょが主な作物です。これらの作物で地域の生産量全体の8割以上を占めているほか、各作物の耕地面積を具体的に示すと、2018（平成30）年から2020（令和2）年までの平均では、小麦が約2,750ha（全体の耕地面積の約33%）、てん菜が約2,405ha（全体の耕地面積の約29%）、馬鈴しょが2,013ha（約24%）となっており、町内の耕地面積の8割以上をこれら三作が占めています。

昭和当時から気候に適した三作の輪作体系が確立されていましたが、貿易自由化等の外部情勢や消費者ニーズの変化に伴い、作付け状況に幾分かの変化がありました。小麦については、

貿易自由化により安価で良質な外国産の輸入が増加し、国内産小麦はコストで不利な状況となりましたが、1970年代の米国穀物輸出規制を契機に小麦の作付けが奨励されたことから、昭和60年以来増反がみられ、清里町においてもそうした情勢のもと規模拡大が続きました。また、ビートについても、昭和40年前後から普及した「ペーパーポット」による移植方式や、間引きの必要ない「単胚珠」の普及といった栽培技術の向上により生産性も向上し、輪作体系の重要な一作物という点からも小麦同様、増反が進みました。一方で、馬鈴しょについては、昭和40年代の高度経済成長による食生活の変化や輸入トウモロコシを原料とするコーンスターチの普及によって一時的に原料用馬鈴しょの生産に暗雲が立ち込めたことがありました。しかし、男爵やメークインなどが北海道の特産物や料理の食材として注目されて生食用の評価が高まり、また、スナック菓子の原料として馬鈴しょが脚光を浴びるようになり、道内にもポテトチップス製造工場が進出しました。さらに、本州方面で、種子用馬鈴しょとして評価の高い、北見産の需要が上向くなど、でん粉用馬鈴しょをめぐる情勢は変化していました。

そうした状況に対応するため、オホーツク管内の町村の中には馬鈴しょ用途の変更を余儀なくされた地域もありましたが、清里町は、町内の高規格合理化でん粉工場を持つ強みを生かして一貫してでん粉用馬鈴しょに集中し、でん粉王国を保持してきました。

こうして主要三作物の輪作体系が確立されていきましたが、その一方で“地力の維持・向上”も課題で、近年ではこれらの輪作体系に豆（主に大豆）が組み込まれつつあるほか、玉ねぎ、にんじん、長芋、アスパラガス等の高収益作物たる野菜やそば類、スイートコーンなどの新たな作物の導入も行われています。これらの他、畜産経営農家による牧草、子実用コーンも栽培

されるなど、多様な作物が栽培され始めてきましたが、小麦、てん菜、馬鈴しょの三作物は依然として清里町の主要作物として育てられています。

こうした三作物の輪作体系を基本に発展してきた清里町の農業ですが、その体系を支えたのは、馬鈴しょでん粉工場などの加工施設が近隣に存在していることが大きな要素で、農業経営にとっても非常に重要であるといえます。



写真－2 清里町の馬鈴しょ畑

2. 清里町の農作物加工

清里町には、いくつかの農産物加工施設があります。小麦の乾燥調製・貯蔵施設（神威麦作センター、水元麦作センター）、でん粉用馬鈴しょをでん粉にするでんぷん工場が主な施設としてあり、さらには、近年作付けが増加している豆（大豆）の乾燥調製施設や、長芋の選別場も存在しています。これらの施設は、清里町農業協同組合に地域の農業の発展のために管理をいただいています。この節では、特に清里町の三作の輪作体系を支える小麦の乾燥調製貯蔵施設とでん粉工場について紹介をさせていただきます。

2.1 小麦乾燥調製貯蔵施設

清里町における主要農作物である「小麦」の調製施設が「小麦乾燥調製貯蔵施設」（以降「麦

乾施設」と呼びます。)となり、清里町には水元地域、神威地域にそれぞれ建てられています。水元地域の麦乾施設では、2011(平成23)年より斜里町と小清水町の種子小麦の乾燥と調製も行っています。

神威地域の麦乾施設は、2020(令和2)年度の産地生産基盤パワーアップ事業にて増設され、荷受調製棟(295.52㎡)・サイロ棟(62.26㎡)が新たに増設されました。こうして増設された麦乾施設は、荷受設備が280t/時の処理能力を誇り、乾燥設備容量は647t、貯蔵設備は18,050tの容量となっている大規模場施設です。精製工程については、荷受設備で収穫した小麦を受け取り、粗選機にて夾雑物を除去した後、乾燥設備により適切な水分に調整され、精選機や比重選別機の選別を経て出荷されていきます。小麦については、栽培技術の向上や品種改良等によって収量の増加などがみられており、清里町でも一反当たり10俵以上の収量を得ているところがほとんどですが、今回の増設で、小麦生産量がさらに増加しても対応が可能となり、操業期間の大幅な短縮にも寄与しました。



写真-3 小麦乾燥調製貯蔵施設(神威工場)

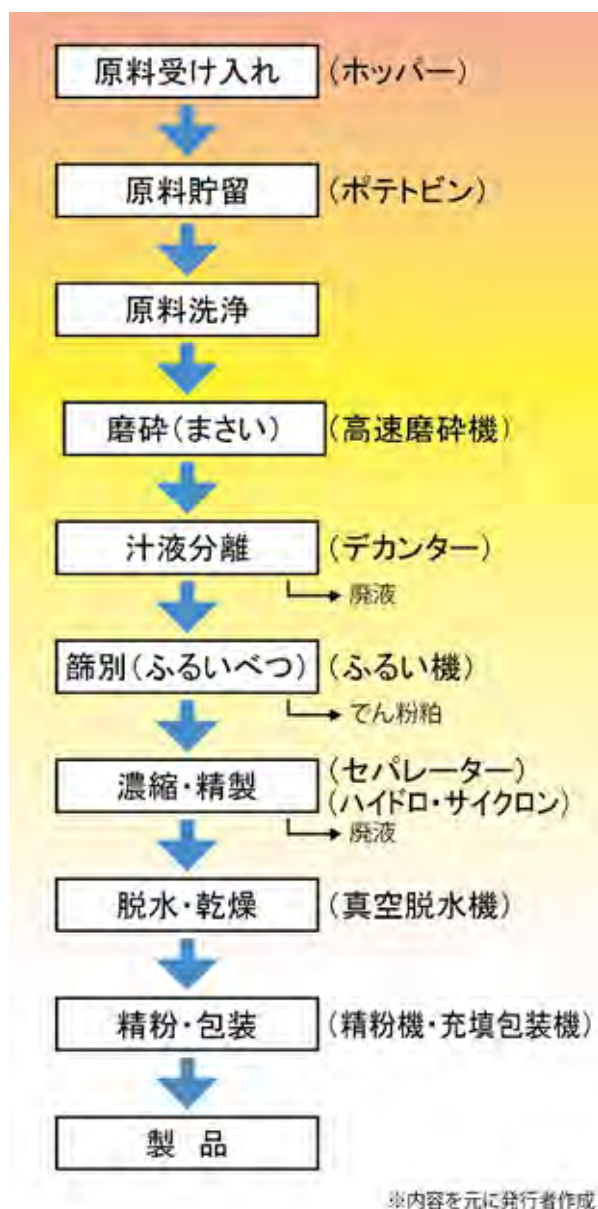
2.2 清里でん粉工場

清里町における主要農作物である「でん粉用馬鈴しょ」を加工する施設が清里町字神威568番地にある「清里でん粉工場」です。馬鈴しょの収穫時期である9月上旬から11月中旬まで稼働しています。原料処理能力は1,300t/日(平

均1,250t/日)で、でん粉製造能力は300t/日(平均270t/日)となっており、清里町で生産される馬鈴しょの加工を一手に担っている施設です。でん粉になるまでの工程としては、大きく原料ライン、磨砕・精製ライン、脱水・乾燥・製粉・包装ラインに分かれています。運ばれてきた馬鈴しょをホッパーで受け入れてポテトビンに貯留します。その際にはライマン価(馬鈴しょ一個当たりのでん粉含有率)を計測し記録しています。ポテトビンから搬出された馬鈴しょは原料洗浄装置で洗浄された後、軽石などが除去され、高速磨砕機ですりつぶされてデカンターと呼ばれる機械により固形物と液体に分けられます。篩機により固形物をでん粉乳(でん粉と水が混ざった液)とでん粉粕に分離します。でん粉乳はセパレーターやハイドロサイクロンでの濃縮・精製を経て脱水・乾燥が行われます。その後、製品化に向けて金属・異物の除去が行われ、袋詰めされます。(図-1参照)こうして馬鈴しょが清里でん粉となり各地に出荷されていきます。



でん粉製造過程で発生した廃液を深層曝気処理装置等にて適正に処理を行い液肥として畑地散布しています。深層曝気処理施設は、処理量が5~7月は10,000m³/日、8~11月は13,000m³/日となっており、これらの処理量に合わせて、畑地散布の量が8月は12,000m³/日、9~11月は11,000m³/日となっています。このようにでん粉工場は、地域の農作物の加工を担うのみならず、液肥の散布等地域ぐるみの循環型農業にも貢献しており、これらの意味で清里町の農業に不可欠な施設といえます。



図－１ でん粉の製造工程

おわりに

このように清里町は、三作の輪作体系の確立や地域内の加工体制の整備がなされながら大きく発展しています。加えて、清里町には地元の馬鈴しょを生かしたじゃがいも焼酎「北海道清里」が特産品としてあり、農業の入口・出口が両輪となって発展してきたことがお分かりになると思います。一方で、全国的に農業の担い手の減少、施設の老朽化、その他世界情勢による作付けへの影響などがある中で、清里町でもその例に漏れず、これら課題を大きく抱えています。後継者不足、経営の安定化のためにもこれまで以上にこうした課題解決に向けて、町全体で取り組んでいく必要があると考えています。

文中の写真は、清里町提供



写真－４ 清里でん粉工場

VI

北海道小麦の川上から川下まで ～消費者視点で12年間ウォッチして

かとう けいこ

はじめに

日本は、古くから小麦を生産し、麺類や菓子類などを食する文化をもっています。日本で消費される小麦の量は約640万t（一人当たり年間消費量約31kg）で、世界でも有数の消費国です。日本における小麦の1人当たりの年間消費量は増加傾向にあります。お米の1人当たりの年間消費量は1962（昭和37）年度をピークに減少傾向ですが、小麦は1960（昭和35）年度と比べ、2021（令和3）年度で1.22倍となっています。小麦の消費は増えていますが、国産小麦の占める比率は決して高くなく、2021（令和3）年度の国産小麦の収穫量（109万7,000t）は国内消費量のおよそ1/6です。



現在の日本では、小麦の約9割を外国から輸入しており、日本政府が国家貿易¹により計画的な輸入を行っています。その多くを輸入に頼る小麦の国際価格は、2020（令和2）年後半から中国の輸入需要の増加や、南米や北米で発生した高温・乾燥、2022（令和4）年2月に勃発

したロシアによるウクライナへの軍事侵攻などの影響で高騰しています。また世界の人口が増加するに従って、世界的に需要の増加が顕著です。世界全体の穀物生産量は単収（単位面積当たり収穫量）の向上により増加してきたものの、近年はその伸び率が鈍化しているのが現状です。そんな中、日本国内の食料安全保障や価格安定の両面で国産の重要性が高まっています。

1. 日本における小麦の歴史

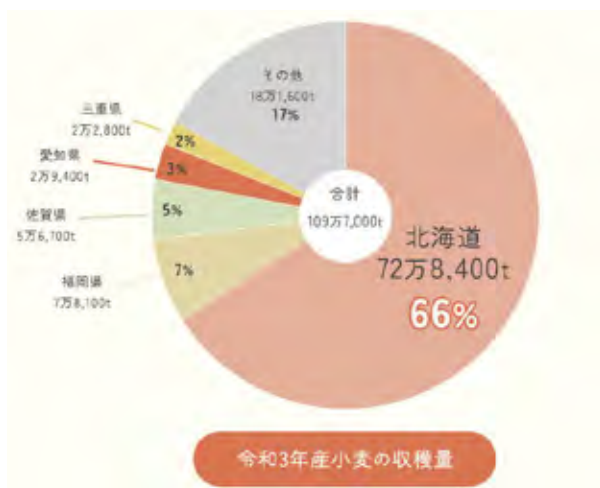
日本では江戸時代以前から小麦がお米の裏作として各地で生産されてきました。明治以降は、欧米のさまざまな小麦料理が伝わり消費が増えたことで生産が拡大しました。1940（昭和15）年には過去最高の生産量179万tを記録しています。1945（昭和20）年に終戦を迎えた後は深刻な食糧不足に陥ったため、不足分を輸入で補いつつ、お米と小麦の増産が進められました。それにより、1961（昭和36）年には小麦の生産量が178万tまで回復したものの、小麦の生産の不安定さを理由に生産は減少に転じ、1973（昭和48）年度には20万t、自給率3.7%にまで落ち込みました。

一方、国内の小麦消費量は増加していましたから、国内の製粉会社や加工業者は、世界各地に日本人の嗜好に合う小麦粉を求めました。その後、国際穀物価格の高騰や米の生産調整を背景に、国内での小麦の生産が増えていきます。その舞台となったのが北海道でした。

¹ 国家貿易：政府が特定の農産物を独占的に輸出したり、輸入したりすること

2. 生産地としての北海道のポジション

2021（令和3）年度の国産小麦の収穫量は109万7,000 tで、国内生産比率は図－1 グラフの通りです。なお、2022（令和4）年度は北海道で大雨の影響などで不作となり、98万7,600 tとなりました。



図－1 国内の小麦収穫量
農林水産省「令和3年度の需給に関する見通し」

2021（令和3）年度の小麦の自給率はわずか17%ですが、国産小麦の収穫量の約7割を北海道産が占めています。北海道の畑作地帯の代表、十勝地域、オホーツク地域では、連作障害を防ぐための主要な作物として小麦が栽培されており、輪作体系を維持する上でも欠かせない作物です。また、稲作地帯の上川地域、空知地域においても田の有効活用を図る作物として栽培されてきました。北海道では梅雨がない気候も小麦の生産にはメリットとして挙げられます。道内市町村別の小麦収穫量（表－1）と道内の品種別作付面積（表－2）を示します。

小麦は秋に種子を播いて、翌年の夏に収穫する「秋まき小麦」と、春に種子を播いて、同じ年の夏に収穫する「春まき小麦」があり、それぞれの特徴を活かして、うどん等の麺やパンなどに利用されています。

- ・秋まき小麦とは、秋（9月中旬～下旬）に播

種（種まき）し、夏（7月下旬～8月上旬）に収穫します。春まき小麦とは、春（4月下旬ころ）に播種（種まき）し、夏（8月上旬～中旬）に収穫します。

- ・春まき小麦は生育期間が短く収穫量が少ないため、「幻の小麦」と呼ばれる品種もあるほどです。収穫期と降雨期が重なりやすく品質が安定しないのも、春まき小麦の流通が少ない原因のひとつです。しかし、タンパク値が高くふんわりもちりとした食感が特徴です。

表－1 北海道における市町村別小麦収穫量

市町村	地域	作付面積 (ha)	10a当たり収量 (kg)	収穫量 (t)
音更町	十勝	6,530	713	46,600
帯広市	十勝	6,330	692	43,800
芽室町	十勝	6,150	692	42,600
幕別町	十勝	4,290	718	30,800
北見市	オホーツク	5,270	574	30,300
岩見沢市	空知	5,400	493	26,600
大空町	オホーツク	3,630	718	26,100

農林水産省「作物統計調査」令和3年市町村別データより、筆者作成

表－2 小麦の品種別作付面積

品 種	作付面積 (ha)	割合
きたほなみ 秋まき	89,270	73.1
ゆめちから 秋まき	15,080	12.3
春よ恋 春まき	13,223	10.8
はるきらり 春まき	2,633	2.2
ハルユタカ 春まき	945	0.8
キタノカオリ 秋まき	870	0.7
つるきち 秋まき	141	0.1
その他 秋まき	38	0.03

「北海道の畑作をめぐる情勢」R4.11より筆者作成

3. 北海道小麦の品種改良の歴史

繰り返しになりますが、現在、国産小麦の収穫量の約7割を占めている北海道です。品種改良に本気で取り組んだきっかけは、1973（昭和43）年の世界食糧危機でした。日本では小麦や大豆の大半をアメリカから輸入していましたが、異常気象をきっかけに、アメリカが大豆の輸出を一時的にストップしたのです。日本ではスーパーの店頭から豆腐や納豆などの大豆製品が消えてしまいました。このことを契機に、大

豆や小麦は国内で作らなければいけないとの意識が高まり、お米の消費量が減り続ける中、麦の品種改良、大豆の生産拡大などに本腰が入れられました。

当時の北海道小麦は、厳しい気象条件のため、ha当たり収量が200kg台と低く、現在の半分以下でした。その後、品種改良を重ね、1970年代に急激に増産されますが、単独ではパンにもうどんにも向かず、加工業者から「やっかいどう小麦」とまで呼ばれていた時期もあったといいます。

こうした中、「うどん」向けの新たな品種開発を目標に掲げ、北見農業試験場でうどん用新品種開発の研究が開始されました。当時、うどん用小麦はオーストラリア産の銘柄「A S W」が主力で、色も食感も「最高」と評されていました。このため、開発上の品質目標は「A S W」とし、製粉会社の協力を得ながら日夜研究を進め、1981（昭和56）年にはうどんのコシや粘りに優れる「チホクコムギ」、1995（平成7）年には病気に強く収量の多い「ホクシン」を開発し、道産小麦は国内トップの品質と評されるようになります。その後、2006（平成18）年に「A S W」に匹敵する新品種の「きたほなみ」が開

発され、2008（平成20）年秋より一般の栽培が開始されて現在の北海道小麦の主力品種となっています。表－3に北海道で生産されている小麦の品種別の用途と特徴をまとめました。

4. オール北海道で小麦の消費拡大と理解を促進「麦チェン」

北海道では、2009（平成21）年度から、食の安全安心、地産地消の観点から、道内で消費、加工される小麦に外国産から転換する取り組み「麦チェン」をスタートさせています。

麦チェンの成果としては、麦チェン率（道産小麦利活用率）という数値があります。これは、道民の小麦需要に対する道内で製粉した道産小麦の割合のことです。スタート前の2007（平成19）年には31%でしたが、2016（平成28）年度には当初目標の50%を達成しています。

今後は更なる地産地消の浸透や新しい品種の開発を経て、その割合は高くなるはずです。

道産小麦商品を積極的に製造販売しているお店の総称、「麦チェンサポーター店」はラーメン店26、うどん店9、イタリアン料理店18、その他の飲食店54、パン店121、スイーツ店94、宿泊8店、その他販売店13店となっています。（2023年1月10日時点）。お店には右の木製ボードが目印として掲示されています。



麦チェン事業の目的は、高品質で収量性が高い新品種の開発、春まき小麦の初冬まき栽培技術の普及のほか、「麦チェン」ロゴマークの積極的な使用など、生産・技術の面ばかりでなく、流通・消費の面からも正しい情報を提供することも目的の一つでした。

1年目、2年目はパンやお菓子、麺の新商品を生産地の事業者を中心に開発する事業が実施

表－3 品種別による小麦の特徴

秋播き小麦	きたほなみ	中力粉（うどん、お菓子用） 北海道小麦の作付面積9割を占める、代表的なブランド
	ゆめちから	強力粉（パン・中華めんブレンド用） 北海道初の超強力小麦優良品種、タンパク値が14%と非常に高い
	キタノカオリ	強力粉（パン、中華めん用） 強力粉として製パン性が高い 独特の黄色みがかった粉色も魅力
	つるぎ	強力粉（中華めん用） 硬質小麦でのごちそうがよい
春播き小麦	春よ恋	強力粉（パン用） 風味・香り、製パン性（パンの作りやすさ）と安定した収量
	ハルユタカ	強力粉（パン用） たんばく質が豊富。香りが立って、香ばしさの中に甘さもある
	はるきりり	強力粉（パン用） 強力粉特性は少し弱めで、準強力粉として利用しやすい

筆者作成

され、道産小麦を使って新たに開発された商品のPR「道産小麦新商品開発発表会」などが札幌や旭川の人口規模の大きい都市で開催されました。

そして、3年目の2011（平成23）年に、ツーリズムで消費者・生産者・事業者の3者をつなげる試みをコーディネートする実証実験を請け負う事業者が募集されました。その際に当時「シーニックバイウエイ支援センター」として企画に参画したことが、私が小麦と生産者さん、製粉工場、製菓、製パン業者、レストランの皆さんとお付き合いするきっかけとなっています。消費生活アドバイザーの有資格者、スローフード北海道の会員でもあった私が、北海道産を含めた国産小麦の実態を消費者に正しく伝えなくては行けないと決心した瞬間でもありました。

「麦チェン・ツーリズム」を遂行するうえで、実行委員会を立ち上げました。その時に知ったのが、「麦チェン」が提唱される20年以上前から、地元産小麦の地産地消に積極的に取り組んでいた先進地、江別市の存在と小麦の伝道師、佐久間良博さんでした。

5. 「麦チェン」の先進地江別

江別市が「麦チェン」の先進地になれたのには二人のプロフェッショナルの存在があります。当時、江別製粉に勤めていた佐久間良博さんと片岡農園の片岡弘正さん（故人）です。1970年代、江別製粉では道産小麦の固有用途の確立と全国への市場拡大、さらには小麦の安定生産を求めて地元ブランドの誕生を模索していたそうです。そのためには、どうしても“地元産の小麦”が必要で、そこで目をつけたのが当時、国産小麦で唯一、パンを作ることができる強力粉となる小麦「ハルユタカ」でした。消費者の間には、国産小麦のパンを食べたいという需要が高まっていたからブランド化にはう

ってつけでした。しかし、雨に弱く病気を発症しやすいなど、栽培が難しく、収量が少ないという大きな課題を抱えていました。

オール江別で小麦の生産振興をはかるため、生産・加工・流通・消費・研究などに関わる人たちの交流を深めることを目的に、1998（平成10）年に「江別麦の会」を設立して「ハルユタカ」を中心とした道産小麦のPR活動に努めました。

根幹ともなる江別産小麦の商品開発を後押ししたのが江別製粉の小ロットで製粉できる小型製粉プラント「F-Ship」の操業です。これにより少量の製粉が可能となり、地元産小麦を活用する企業や地産地消を目指す各生産地の希望に応えることができるようになりました。道産小麦を使った「全国焼き菓子コンペ」を江別市で開催、その後、「小麦フェスタ」のほか、小麦関連のイベントである「小麦サミット」などを各地で開催し、その活動は現在も続いています。

江別産小麦は、そうめんやうどん、スイーツやパンとして商品開発が進みました。その中でも重要な役割を果たしたのが地元製麺メーカー「菊水」です。江別小麦めんは江別市民に愛されています。農家、製粉会社、製麺メーカー、そして消費者が一体となる江別の取り組みがオール北海道で推進した「麦チェン」のモデル



写真－1 江別小麦を使っためん類

ルであったことは間違いありません。

前述の片岡さんを中心とした生産者が進めていった「ハルユタカの初冬まき」という革新的な栽培法は、現在江別の他に下川町、美深町や滝川市でも行われています。本来、春まきの「ハルユタカ」の種子を雪の下で越冬させるこの方法は、降雪が少ない地域では難しい栽培法なのです。

2018（平成30）年5月に江別市西野幌にオープンした「ゆめちからテラス」。敷島製パン株式会社（Pasco）と道央農業協同組合（JA道央）が「ゆめちから」を使った新たな価値の創造を求め共同プロジェクトとして行ってきた見える化と言ってもいいでしょう。全てのパンに北海道産小麦を使用した、焼き立てパンのベーカリー。もっちりしっとり食感が人気の食パン「超熟」や「イングリッシュマフィン」に開店前から行列ができています。このお店は、消費者だけでなく、全道のJA関係者も頻繁に視察に訪れ、北海道における小麦生産拡大を後押しする情報発信拠点となりつつあります。そして、パン店と直売所で構成されるこの場所は、札幌市の隣町江別市が豊かで進化し続ける農業のまちであることを示しています。



写真－2 「ゆめちからテラス」とPasco店内

6. 小麦はバトンリレーの作物

「麦チェン・ツーリズム」の事業は2年間行い、その後も自主事業として継続しています。初年度はインフルエンサーを江別市を起点として美瑛町や旭川市、上富良野町を巡り現地にお連れする1泊2日ツアー。同じく江別市を起点として、由仁町や長沼町を「親子の夏の自由研究」で巡る日帰りツアー。2年目は十勝の清水町、芽室町、本別町、帯広市を巡り生産者さんや先進的なパン屋さんとの対話を重ねる1泊2日ツアーでした。そのツアーで出会った多くのプロフェッショナルのなかでも、熱意が飛び抜けていたのが本別町の前田農産食品株式会社代表取締役 前田茂雄さんと、帯広市の株式会社 満寿屋商店（ますやパン）の杉山雅則社長でした。自分のことだけではなく、本別町、帯広市を含む十勝、北海道、日本、世界へと目が向いている構想力と実行力が、ただ事ならないレベルのお二人でした。このお二人とは、前述の佐久間さんよりご紹介いただいたご縁から始まっています。

「麦チェン・ツーリズム」が消費者や地域にどのような影響を与えたかの詳細については、『北海道の農村における着地型観光の可能性「麦チェン・ツーリズム」を事例として』（北海道大学農経論叢 68 53-62, 2013-04-01）を参照ください。

7. 消費者、実需者と向き合い行動する生産者

「麦チェン・ツーリズム」で大変お世話になった前田さんが生産した小麦が本州の著名なベーカリーで使われていると聞き、お店を訪ねたことがあります。2011（平成23）年12月、横浜の人気パン店で前田農産のオリジナル小麦粉を使ったパンが店頭に並んでいるのを目にしました。小麦畑を背景に笑顔の前田茂雄さんの写真が店内に掲示されているのを見たとき、本当の

意味で生産者と消費者がつながったと、“勝手に道産小麦応援団”の私はえらく感激したことを覚えています。

前田さんに人気パン店のオーナーがこうした取り組みをしてくれるようになった理由を尋ねると、『規模拡大だけでは日本の農業に勝ち目はないでしょう。自分が育てた小麦が美味しいのか、美味しくないのか？自分の小麦が必要とされているのか率直な評価を現場から聞きたいと思ったのが、パン屋さんにも小麦粉を使ってもらおうというきっかけです。営農をするとき、消費者を意識するのが当たり前ですね。お客さんにパンを通して小麦を届けてくれるパン職人さんは私にとってのお客様、その要望を聞くことで、小麦畑から何ができるかを考えています』と語ってくれました。

“農家”と“パン屋”が直接つながるこのスタイルは、農家にとっては異例なことです。生産者が収穫した小麦は、農協に出荷されるのが一般的で、農家から集められた小麦はA農家もB農家もC農家も一緒に製粉され、市場に流通するのが当たり前ののです。

小麦粉の自社ブランド「香味麦選」シリーズ（キタノカオリ、春よ恋、きたほなみなど5種類）を展開している前田農産では小麦の収穫機、乾燥、選別、貯蔵用の設備を自前で持ち、製粉は江別製粉に委託して、通年出荷できる体制を築いています。これも非常に珍しいこと。出来るだけ自分でプラントを作ることは、万が一故障したときに対応できるようリスクの軽減にもなると聞きました。

5品種を栽培し続けるのはなぜ？と質問した時にも、明快な回答がありました。『多くの品種を栽培していると、単品で栽培するより作業が増えますが、それを苦に感じることはありません。新品種を小麦の研究員さんが開発して、それを農家が栽培する。いろいろな小麦の良さを知ってもらいたいから、うちではたくさんの

種類を作るんです』

収穫期は品種によって、種まきから収穫までが早い「早生（わせ）」、収穫が遅い「晩生（おくて）」、早生と晩稲の中間期に収穫できる「中生（なかくて）」に分けられます。前田さんは複数の品種を栽培し、効率的に収穫しています。『一品種だけを栽培した場合、収穫期が集中してしまい栽培面積も広大になるから、収穫も困難。だから、複数品種を使い、収穫時期をずらしているんです。河岸段丘になっている本別町は標高差があって、同じ品種でも標高によって収穫時期が変わってくる。複数の畑の地質や気温なども踏まえて、計画的に栽培しています』



写真－3 小麦の生育を確認する前田さん

DXにもいち早く取り組んでいる前田さんは、毎年、すべての畑を土壌分析しデータを蓄積。土壌のバランスを考慮してカルシウム、マグネシウム、ミネラルなどを適切に投入しミネラルバランスの良い土づくりを実践しています。そしてトラクターに搭載されたレーザー式の小麦の葉緑素センサーで、小麦の施肥量を調整し、タンパク室含有量を分析。データを栽培の指標として活用しているのです。

前述の「香味麦選」（「生産者の顔の見える」小麦粉シリーズ）を販売開始したのは2008（平

成20)年。翌年から十勝ベーカリーキャンプ小麦畑ツアー農場として全面協力。2012(平成24)年には小麦畑にミステリーサークルを造り、111mのピザを畑で焼いて消費者と食べるイベントを実施するなど、歩みを止める気配は見えない。ご本人にはそんな気持ちはないかもしれないが、フロントランナーとして全道、全国の若手農家たちに背中を見せ続けていると私は感じています。

8. 「ますやパン」の社長がピザ窯を積んで小麦畑に現れた

2009(平成21)年、全商品に十勝産小麦100%を使用した6号店「麦音」(帯広市稲田町南8線西16-43)が開店したその年に、私は杉山社長とお会いしました。十勝生まれ育ちの私にとって、ますやの社長さんと仕事ができるなんて夢のような話でした。

「誰も手がけたことがない麦チェン・ツーリズムを十勝舞台で行いたいので協力してほしい」とお願いしたとき、ニコッと笑って、『なんでもお手伝いしますよ』とおっしゃってくれました。



写真-4 ますやパン「麦音」の小麦畑

ツーリズムで、JA清水の圃場、帯広市の餃子屋さん、前田さんの畑、帯広市内のパン店、麦音さんでの朝食、芽室のパン店を巡る行程を伝えたとき『僕も前田さんの畑に行きますよ』

と言ってくれました。畑でお会いできるなんて光栄だと思っていたら、当日帯広から軽トラに石窯を積んで来て現地でピザを焼いてくれました。十勝の野菜やチーズ、そして前田さんの小麦で作ったピザの台、ますやの社長が農業者と親友のような関係であることが伝わってきました。

『地元の農産物をパンの材料などにして普及させたい。でも、そもそも地元の農産物が美味しくなければ普及はできない。美味しい農産物を作るためには、何より農産物が健康に育つための良い環境がなければ無理』という杉山さんの言葉通り、麦音では小麦や食材の他にも地元の間伐材や廃材などを利用したペレットを燃料とする石窯やストーブを設置するなど、環境面からの地産地消にも積極的に取り組んでいます。

ますやは、1990(平成2)年から十勝産小麦を使ったパン作りを開始し2012(平成24)年には、全店で「十勝産小麦100%」のパンを提供することに成功した先進的なパン店です。

十勝産小麦でのパン作りを始めた当初は、長年使ってきた外国産とは味・性質が違い、作り方に難儀したほか、原料の確保も難しかったそうです。ご自身が4代目社長になるころには小麦の品種改良が進み、全店すべてのパンを十勝産小麦100%で提供できるようになりました。今後も十勝産小麦の価値を全国の人に伝えていきたいという思いを持っています。

杉山さんが「北海道小麦キャンプ2022」の実行委員長、前田さんが副実行委員長として両輪で全国から集まった専門家、生産者たちと小麦の未来を語り合っている姿を見ると、50年前から始まった小麦育種や試行錯誤して生産技術を高めてきた生産者、小麦の新たな製品づくりのための技術革新にまい進した先輩たちが喜ばれているに違いないと確信します。

9. 北海道に暮らすパン講師としての責任

『15年前くらいから徐々にシフトしてライ麦以外は100%道産小麦を使用しています。ここ7年くらいでしょうか、「はるきらり」の使い方が上手くなって、ハード系がよくなりました』と語るのは、札幌市でパン教室「アトリエタブリエ」を主宰する森本まどかさんです。北海道内、東京、大阪、台湾などで道産小麦を使ったパン作りを指導しています。



写真－5 道産小麦を使ったパン作り

北海道産の素晴らしい小麦から始まり、育種をする人、農家さん、製粉会社の方、パン職人とのつきあいが最大の財産であると感謝しています。そして、北海道の各地（本別町、津別町、岩見沢市、江別市）の生産者さんの畑に受講生と共に足を運び現場で学んでいます。近年は、江別製粉や満寿屋商店などとの協働プロジェクト小学生を対象とした「親子で楽しめるパン教室」にも関わっています。

おわりに

日本の食料自給率は40%以下、小麦の自給率はわずか10%台。近くの土地で信頼する生産者が育ててくれた小麦、その加工品を食べ続けていきたい。持続可能な社会を維持するためにも“地産地消”の選択を無理なく続けていける人が増えてほしいと願っています。耕作放棄地を

減らし、農地を守り、顔の見える関係にある人たちが連携して地域経済を無理なく循環させていきたいのです。新芽、初夏の緑、収穫期の黄金色に輝く穂を見つめながら食と農業にもっと関心を持つ消費者を増やさなくてはいけない。そのためには、川上から川下まで互いの立場を共感し学び合い、情報を開示していくべきだろう。

掲載写真については、筆者提供

参考資料

一般財団法人製粉振興会HP

<https://www.seifun.or.jp/pages/99/>

小麦粉百科HP

https://www.nisshin.com/entertainment/encyclopedia/flour/flour_04.html

北海道農産協会HP

<https://hokkaido-nosan.or.jp/products/wheat/data/page-1556/>

小麦・大豆の国産化の推進について（農林水産省HP）

https://www.maff.go.jp/j/syouan/keikaku/soukatu/mugimame_kokusanka.html

VII

オホーツク農業振興において 期待される豆類の作付け

—大規模集出荷施設 (オホーツクビーンズファクトリー) の取り組み—

オホーツク農業協同組合連合会 農産事業部 部長 清水 則孝
豆類施設課 課長 廣部 史佳
協力：北海道開発局 網走開発建設部

はじめに

オホーツク地域の畑作農業は、これまで畑作3品目といわれる麦類、てんさい、馬鈴しょの生産が主体でしたが、近年、第4の作物定着を目指して、野菜類や豆類等を含めた営農が展開されつつあります。

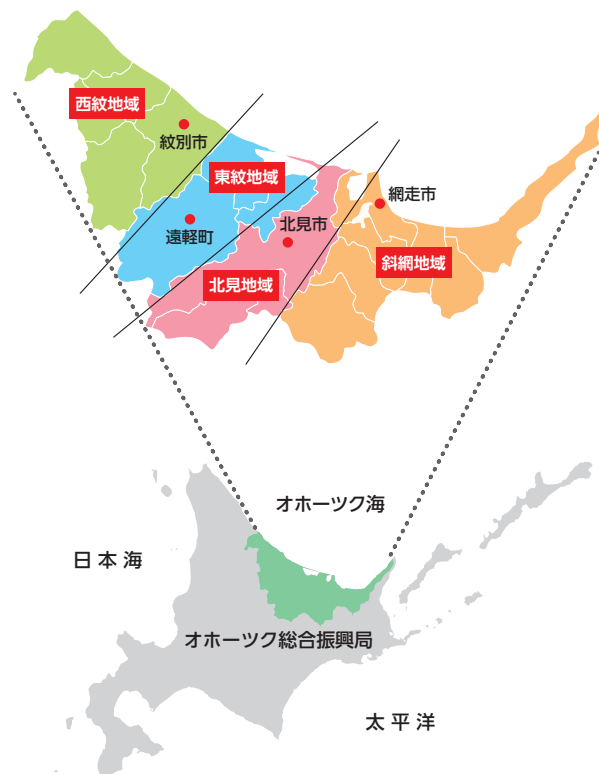
2016（平成28）年度から管内の14農協（JA）で策定した「オホーツク農業の振興方策」を基に豆類を集約する広域大規模集出荷施設の建設とその後増加傾向にある豆類の作付けに注目し、その背景や取り組み、地域構想に関する内容を紹介します。

1. 地域の概要と農業の特色

北海道産の北東部に位置するオホーツク地域（オホーツク総合振興局管内）は、オホーツク海と約280kmの海岸線で接し、西部の北見山地、南部の阿寒・屈斜路火山群、東部の知床半島に囲まれた、その範囲は東西に約200km、南北に約80kmにも及び、総面積は10,690km²で北海道の約13%を占めます。

地域では、小麦・てんさい・馬鈴しょの畑作3品を主体とする畑作や日本一の生産量を誇る“たまねぎ”を中心とした野菜類の生産に加え“酪農・畜産”などの広大な農地を生かした多様な農業が展開されており、気象条件や土地条件などの違いにより、大きく4つのエリア（西紋・東紋・北見・斜網）に区分されています。

西紋エリアでは大規模酪農、東紋エリアでは酪農・肉用牛の経営を中心に展開される一方、北見エリアでは、たまねぎなどの野菜類の生産、斜網エリアでは大型機械を活用した畑作3品の



図－1 地域の位置とエリア

大規模営農を中心に展開されており、それぞれのエリアに合った特色のある農業が行われています。

2. 地域の気候変化

オホーツク管内に於いても2016（平成28）年8月に相次いで3つの台風（7・9・11号）に見舞われるなど、これまで想定されていなかった台風や大雨による広範囲で甚大な災害が発生するようになって、農地や農産物の湛水被害が多くなりました。

オホーツク地域における気候変化の状況（かんがい期間（5月～9月））を札幌管区気象台の資料を参考に整理すると次のような傾向がみ

られます。

図-2の年平均気温偏差から、1980年代は平年値より低い年が多数ありましたが、1990年代に入ると平年値より高い年が多くみられるようになり、地域では2019(令和元)年までの40年間でおよそ1.19℃の割合で上昇していることがわかります。この気温上昇の傾向は、かんがい期間の平均積算温度(平均気温の計)にも現れていて、1980(昭和55)年から2003(平成15)年までは各年の積算温度が2,300℃にも届かない年が半数を超えていましたが、2004(平成16)年から2019(令和元)年までの各年積算温度の平均は2,400℃程度となっていて、年毎の平均積算温度の変動も小さくなっています。

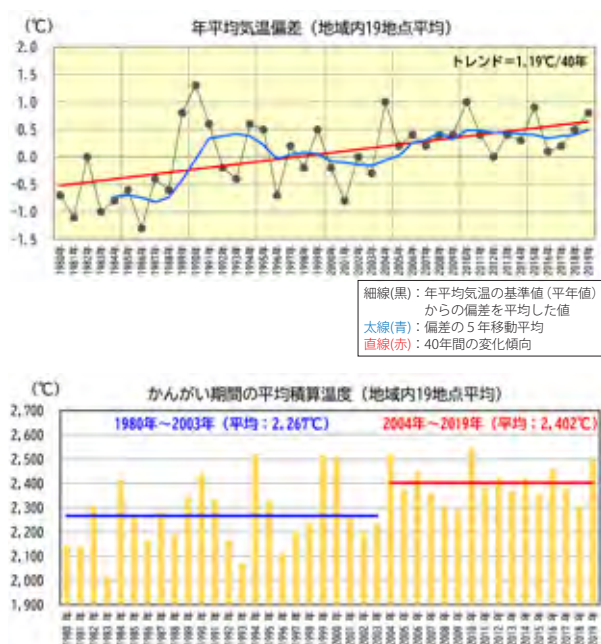


図-2 オホーツク地域の気候変化(平均気温)

出典:「北海道の気候変化【第2版】」
札幌管区気象台

また、管内でかんがい期間に日降水量が50mm以上や70mm以上のあった年間日数(発生頻度)は増加傾向にある一方で、1mm以下(無降水日)及び5mm以上(有効雨量)の降水があった日数については傾向に変化がみられず、気温の上昇と大雨が降る傾向が強くなっているようです。(図-3)

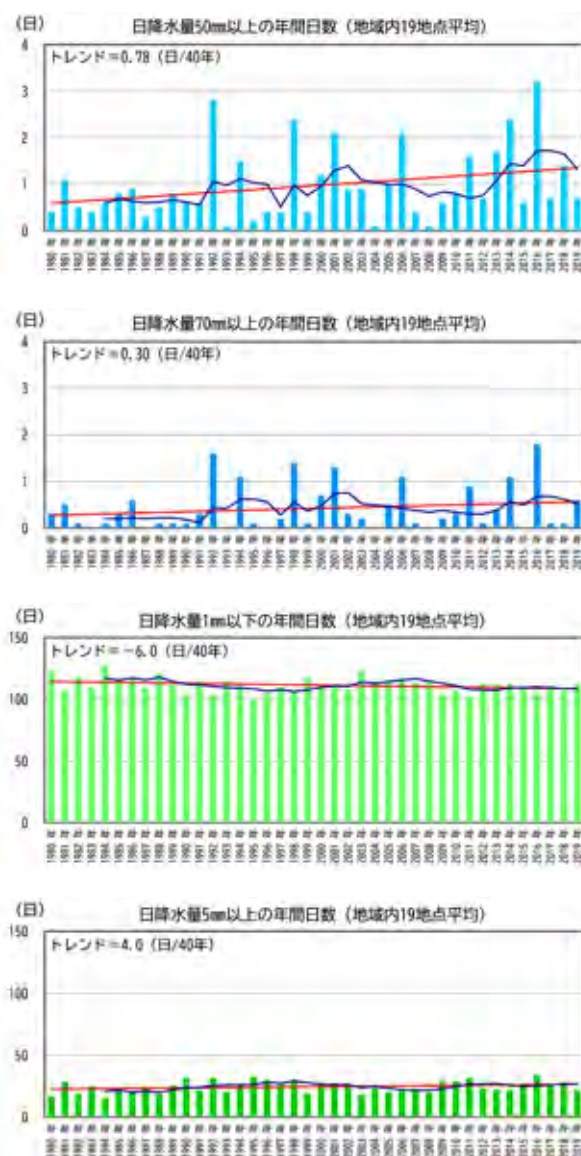


図-3 オホーツク地域の気候変化(降雨日数)

出典:「北海道の気候変化【第2版】」
札幌管区気象台

3. 地域農業の動向

次頁の表-1に示す1951(昭和26)年度以降の本地域の農業動向より、1960(昭和35)年以降増減はありますが、増加傾向だった耕地面積は、1992(平成4)年の175,400haをピークに、その後緩やかに減少し、2010(平成22)年以降は概ね166,000haで推移しています。

農家戸数は、1950(昭和25)年から減少の一途をたどり、2015(平成27)年には5,000戸を下回っています。その反面、離農による耕地を吸収すべく1戸当たり耕地面積は拡大が続き、35haを超える状況となっています。

表－１ オホーツク地域の農業動向

区 分	単位	1951	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015	ピーク(該当年)	
		S26	S35	S45	S55	H2	H12	H17	H22	H27		
耕地面積	ha	-	148,600	139,800	158,200	175,100	170,500	168,200	166,800	166,500	175,400(H4)	
田	ha	-	9,720	11,800	6,980	4,660	3,270	1,980	1,680	1,630	11,800(S45)	
畑	ha	-	138,900	128,000	151,200	170,400	167,200	166,200	165,100	164,800	171,100(H4)	
戸当たり面積	ha	-	5.4	8.0	13.2	17.9	24.5	28.2	31.6	35.9	35.9(H27)	
農家戸数	戸	29,816	27,484	17,481	12,005	9,783	6,973	5,960	5,280	4,641	29,816(S25)	
専業農家	戸	16,612	15,444	9,892	7,087	5,692	3,877	3,581	3,494	3,326	16,612(S25)	
兼業農家	戸	13,204	12,040	7,589	4,918	4,091	2,778	2,038	1,430	980	13,204(S25)	
専業農家割合	%	55.7	56.2	56.6	59.0	58.2	55.6	60.1	66.2	71.7	71.9(H27)	
作付面積	水稲	ha	6,840	8,770	8,330	4,520	3,860	2,470	1,620	1,200	10,600(S44)	
	小麦	ha	11,500	8,740	4,670	18,300	30,200	24,500	26,200	27,200	29,400	31,500(H1)
	ばれいしょ	ha	18,800	19,000	19,300	20,800	21,100	18,700	18,600	17,800	17,300	26,100(S61)
	てんさい	ha	4,640	16,800	18,600	23,700	26,700	27,400	27,000	25,800	23,700	28,800(S59)
	畑作3品計	ha	34,940	44,540	42,570	62,800	78,000	70,600	71,800	70,800	70,400	80,000(S63)
	大豆	ha	13,900	8,670	699	812	309	1,160	619	1,020	1,600	16,900(S29)
	小豆	ha	3,880	6,020	4,800	788	1,170	2,090	1,800	1,430	1,534	7,800(S39)
	たまねぎ	ha	36	90	1,220	2,980	5,020	6,130	6,150	6,797	7,721	7,721(H27)
	だいこん	ha	595	1,140	833	596	288	338	280	198	70	1,220(S33)
	にんじん	ha	345	380	1,230	584	635	943	900	1,050	1,027	1,230(S45)
	はくさい	ha	153	185	376	227	225	209	145	67	44	410(S44)
	キャベツ	ha	297	292	424	232	137	257	141	95	81	488(S42)
	かぼちゃ	ha	2,230	898	556	404	898	1,260	858	839	615	2,230(S26)

※1950(昭和25)年データ

出典：北海道農林水産統計50年のあゆみ（農林水産省北海道統計情報事務所）
オホーツクの農業2018統計編、2019（北海道オホーツク総合振興局産業振興部）

主要農作物の作付面積では、水稲が、1969（昭和44）年の10,600haをピークに減少に転じ、近年は1,000ha程度の作付けとなっています。畑作3品については、1951（昭和26）年以降、若干の変動があるものの増加傾向にありましたが、1989年（平成）以降は、横ばい又は緩やかに減少し、近年は3品全体で70,000ha程度で推移しています。

野菜類は、1970（昭和45）年以降、だいこん、はくさい、キャベツの作付けが低迷する一方で、たまねぎやにんじんが平成以降、作付けを伸ばしています。大豆・小豆の豆類は、冷涼な気候を好むことから、天候による収量が不安定な面もあって、昭和30年代以降減少の一途をたどっていましたが、近年は作付けが増加傾向にあります。

4. 期待されるオホーツクの豆

オホーツク地域における畑作は、前章のとおり畑作3品を主体として一部で豆類の作付けが行われてきました。

オホーツク地域の豆類は、北海道における一大産地である十勝地域の作付け約29,000haには

及ばないものの約5,000haが作付けされており、北海道における主要な産地の一つとなっています。（表－2）

表－2 北海道における豆類の地域別作付面積

地 域	2010年	2015年	2020年
北海道	60,874	64,449	67,392
石狩振興局	3,701	3,189	3,661
渡島総合振興局	721	855	660
檜山振興局	1,955	2,038	1,965
後志総合振興局	3,554	3,494	3,413
空知総合振興局	8,148	8,949	10,852
上川総合振興局	9,078	8,926	8,859
留萌振興局	1,287	985	963
宗谷総合振興局	0	0	0
オホーツク総合振興局	3,895	4,224	5,174
胆振総合振興局	3,016	2,869	2,648
日高振興局	96	57	64
十勝総合振興局	25,422	29,650	29,110
釧路総合振興局	0	1	X
根室振興局	0	0	X

出典：農業センサス 農林水産省統計部

また、地域で作られている品目は大豆、小豆のほか高級菜豆^{さいとう}として区分される白花生、紫花生、とら豆、大福豆^{おおふくまめ}などを含む11品目が生産されており、道内でも数少ない多品目の栽培が特徴です。（図－4）

近年、豆類の主要産地である十勝地域では、台風による被害（2016（平成28）年）や天候不順（2018（平成30）年）により小豆の生産量が著しく減少し、国産小豆の供給が不足する事態

に陥りました。(図-5)

こうした天候による生産不足のリスクを少しでも減らす動きがオホーツクの農業関係者で広まり、知床周辺の斜里町・小清水町・清里町の一帯でも気候変化の影響のほか、品種改良や耕作地の排水改良、収穫機械の機能向上など種々の好条件もあって、豆類の作付けが増えつつあり、オホーツク地域の多様な品種に加え、生産量の増大が見込まれており、その将来性に大きな期待が寄せられています。

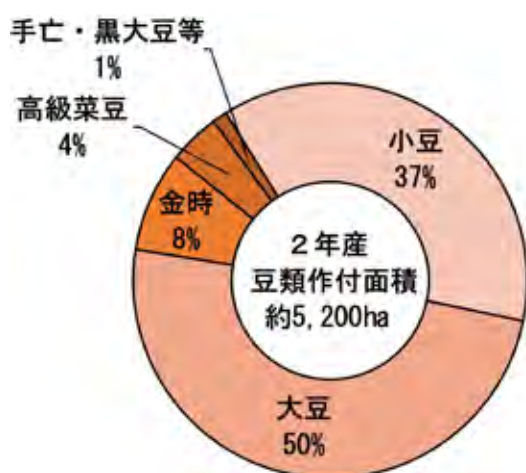


図-4 オホーツク地域豆類の品目別作付割合
出典：オホーツク農協連資料

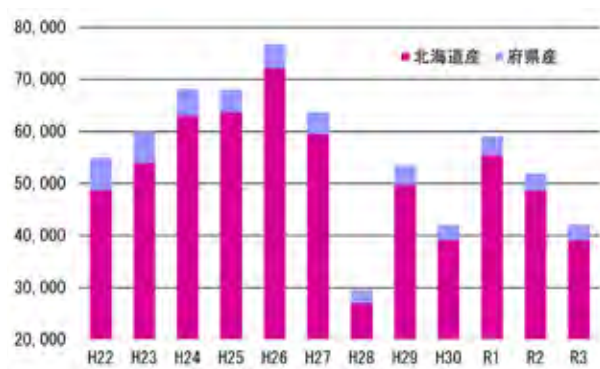


図-5 直近12年における小豆の収穫量
出典：北海道農林水産統計年報

5. 大規模集出荷施設の整備

5.1 オホーツクビーンズファクトリー

2014(平成26)年にオホーツク管内の14農協(JA)の組合長で組織するオホーツク農業協同組合長会で定めた『第1次オホーツク農業の振興方策』により、管内の農協が団結して合理的

な輪作体系を確立するため、畑作3品プラス豆類の作付けの拡大を図り、ブランド化を目指すこととなりました。

その前身は、ホクレン北見地区穀物調製工場(通称美幌工場：昭和45年～平成30年)を始め、JAきたみらい、JA佐呂間町、JA津別町、JA小清水町、JAオホーツク網走が保有する系統6工場で豆類の調整を行ってきました。しかし、どの工場も昭和40～50年代に建設されたもので老朽化が著しく、近々に多額の費用をかけて更新する必要が生じていました。

このため、振興方策により点在している豆類の調製施設を1箇所に再編合理化することとし、大空町が事業主体となって国の補助事業を活用する「オホーツクビーンズファクトリー構想」(当時はオホーツクビーンファクトリー構想)を打ち出し、2018(平成30)年秋より延べ床面積約2万㎡の道内最大の豆類調整工場として稼働しています。



写真-1 オホーツクビーンズファクトリー全景

オホーツクブランドの拠点となるオホーツクビーンズファクトリーでは、地域で生産される11品目の豆類を受け入れており、施設規模だけでなく、一施設として取り扱う品揃えでも国内最大級を誇ります。

生産者から納入される豆は、運び込まれる前に生産者毎のサンプルを格付けして共同調整計画を立ててから受け入れを行うことで、出荷口

ットごとの品質が均一になるように配慮されているほか、研磨や何段階もの選別が様々な機械や人手によって行われた後、自動包装設備によって紙袋に袋詰めされ、定温倉庫で保管され出荷を待ちます。紙袋に印字された個別番号により、生産者まで追跡できるトレーサビリティが確保されるなど、安全管理も徹底されています。



写真-2 上) 人手による手選別
下) 比重選別機による選別

紙袋のパッケージも一目でオホーツク産であることがわかるようにデザインされ、豆の種類ごとに色分けされるなど、かつての茶袋とは違って、斬新な物となっています。



写真-3 一目でわかる豆袋

5.2 地域における貢献度

オホーツクビーンズファクトリーは、オホーツク農業協同組合連合会（以下、農協連）が大空町から指定管理者制度による運営管理を行っており、農協連が事務局となる管内の農協の豆類担当部課長による運営委員会で、協議・連携

を図り運営されています。

また、主に販売を行うホクレン農業協同組合連合会（ホクレン）とも綿密に連携することで、生産者側と流通側への情報提供が可能となり、良質な豆づくりに向けた相互の円滑な情報交換体制も進みました。

具体的には、2019（令和元）年、2022（令和4）年の2度にわたって開催した、全国和菓子協会と生産者の意見交換会により、オホーツク産豆類への評価と期待から、双方における信頼関係の醸成ができ、生産者における生産意欲の向上にも繋がっています。

また、農商工連携により大豆のエキスを原料としたハンドクリームや地元企業とコラボレーションした豆菓子（はっか豆・だいず糖）など、農業分野以外に与える影響にも広がりを見せ、原料供給にとどまらない新たな価値の創造にも繋がっています。



写真-4 豆類を原料に開発された製品

そのほか、大豆の栽培方法や生産された大豆の用途に関する紹介を交えた地元小学校への学習活動、地域の障害施設と連携した定期的な就労の受け入れを行う農福連携など、地域への貢献も積極的に進めています。加えて最新鋭の設備機器を導入した工場は女満別空港に近いこともあり、施設訪問を契機とした取引先が開拓されるなど、予想以上の工場建設に伴う効果も生まれています。



写真-5 一般販売用の小袋

6. 地域における今後の営農展開

近年、ジャガイモシストセンチュウ類やコムギなまぐさ黒穂病、コムギ縮萎縮病などの病害虫の発生により、生産の停滞や通常の営農活動に支障が出ており、現実的に合理的な輪作体系の確立が急務となっています。

このため、農協連ではこれまでの畑作3品による3年輪作から、第4の作物として豆類を導入した4年輪作への転換を推奨しています。また、豆類の導入が進む背景には、次のような理由があります。

- ・従前は霜害の影響を受けやすく、生産者が作付けを敬遠する傾向にあった
- ・近年、降霜初日が遅く無霜害期間も長くなる傾向にあり、安定した栽培が可能となっている

観測年	5月	6月	7月	8月	9月	10月
	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下	上 中 下
1980(S55)	平均霜終日	12				平均霜初日
1988(H01)			無霜期間	平均156日間		
1990(H02)	平均霜終日	8				平均霜初日
1999(H11)			無霜期間	平均171日間		
2000(H12)	平均霜終日	1				平均霜初日
2009(H21)			無霜期間	平均175日間		
2010(H22)	平均霜終日	1				平均霜初日
2019(R01)			無霜期間	平均178日間		

図-6 無霜期間の推移

提供：網走地方気象台

- ・大豆・小豆は、播種から収穫までのほとんどの作業が機械でできるため。省力化が進む今の時代、生産者側としても受け入れやすい作物になっている

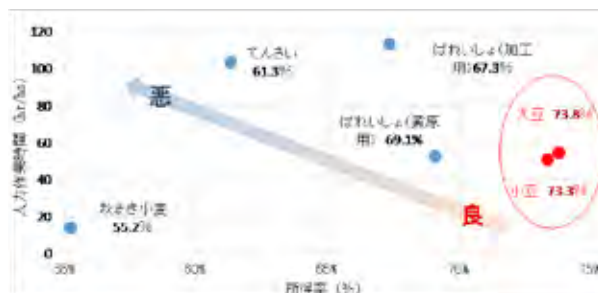


図-7 主要作物における作業時間・所得率

農協連では、このような農業振興方策による推奨やオホーツクビーンズファクトリーによる集出荷体制の整備により、オホーツク管内における豆類（小豆、大豆、いんげん類など含む）の作付けが今後も増加に転じるものと推測し、『第2次オホーツク農業振興方策（令和2年～令和6年）』では、7,000haの作付面積を目標としています。そのため、令和3年度事業に再度、大空町が事業主体となり調製施設の増強と貯蔵施設の増設を行い、万全な施設環境を整えて更なるオホーツクブランドを極め、北海道豆類の安定生産と産地形成に向け管内14農協（JA）が一丸となる体制整備を進めていきます。



参考文献

- 1) 札幌管区気象台：北海道の気候変化（第2版）これまでの120年とこれからの予測、2017
- 2) 気象庁：過去の気象データ検索
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 3) 農林水産省北海道統計情報事務所：北海道農林水産統計50年の歩み、1997
- 4) 北海道オホーツク総合振興局産業振興部：オホーツクの農業2018統計編、2019



農業微生物学の新展開と今後の展望

農研機構 北海道農業研究センター 寒地畑作研究領域 スマート畑作グループ

池田 成志

はじめに

農業微生物学は20世紀末から21世紀始めにかけて幾つかの技術的なパラダイムシフトを経た後、生命科学分野における巨大な新フロンティア領域として質・量ともに爆発的な研究の進展がみられるような研究分野となりました(Ikeda et al., 2010)。病虫害防除や植物栄養、温暖化研究などの古典的な農業微生物学の研究課題についての議論は他の総説に譲り(大久保ら、2016)、本稿では北海道の農食産業の現場との関連を意識しながら、そのような進展の基盤となった新しい概念や研究技術、それらに関連した近年の主要なトピックスを紹介し、産業分野への活用の可能性や今後の課題等について私見を述べたいと思います。

1. 生きているが培養できない(viable but nonculturable : VBNC)微生物の発見

大腸菌が環境中で「生きているが培養不可能な状態」(Viable but nonculturable, VBNC)で存在し得ることが明らかにされた1982(昭和57)年以降(Xu et al, 1982)、農業分野においても土壌中や植物組織で各種の植物病原細菌群がVBNC状態として存在し得るとの報告が続きました(Manahan and Steck, 1997; Grey and Steck, 2001)。このようなVBNC状態の微生物の発見は、古典的な生菌検査ではVBNC状態の病原体を見逃したり、病原体の菌数を過小評価したりするリスクがあることを明らかにしたといえるでしょう。さらに、農耕地環境や農産物においてVBNC状態にある人体病原細菌が続々

と発見され(表-1)、それらの知見は植物共生微生物と腸内微生物の緊密な関係性と農食医連携研究の重要性を示す端緒となりました(Dinu et al., 2009)。

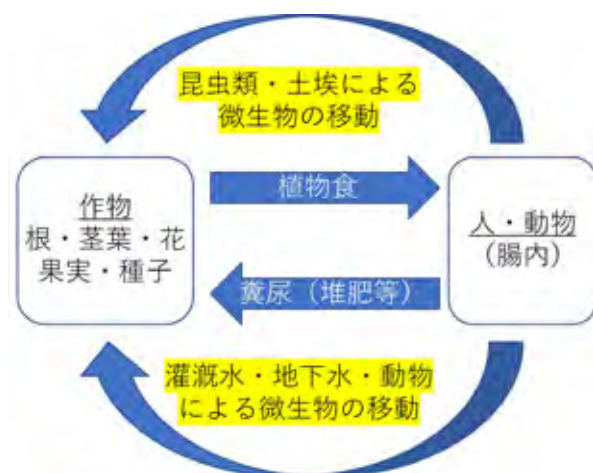
現在では病原性腸内細菌群は生鮮野菜や果物の食中毒事例における最も重要な病原体として認識されています(Brandl, 2006)。実際に、北海道内では2011(平成23)年にブロッコリーサラダでサルモネラ菌による食中毒事故が、2012(平成24)年にハクサイの浅漬けで大腸菌による食中毒事故等がおこり、国内の他の地域でも生鮮野菜等の農産物に関係する大規模な食中毒事故が近年多発傾向にあります。農水省は2011(平成23)年に生鮮野菜を衛生的に保つための栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針を策定しました(農林水産省、2011)。この指針では栽培環境中の病原性腸内細菌の汚染源として水と家畜糞尿堆肥、農機具や収穫容器、資材(ビニールシートやマルチフィルム)等の管理について特に注意を払うように示されています。灌漑水は作物への病原性大腸菌等の主要な汚染源の1つであり(表-1)、灌漑水用の地下水や河川水等の水源付近に畜産関連施設がある場合は施設からの表層水や地下水の微生物汚染のリスクに注意する必要があります(Solomon et al., 2002)。また、近隣の家畜関連施設からの土埃の移動、ハエ等の衛生害虫の侵入等にも注意が必要です(図-1)。

家畜関連施設が周囲にない場合でも未熟な糞尿堆肥の持ち込みやスラリー、メタン発酵消化液、食品工場や都市下水等の汚泥由来の肥料・堆肥、低品質の有機質肥料・有機物資材、食品

表－１ 畑作に関連した病原性腸内細菌の研究事例

潜在的な汚染源となり得る環境試料	病原細菌の種類	参考文献
コリアンダーの葉	<i>Salmonella enterica</i> serovar Thompson	Brandl and Mandrell, 2002
サラダナの葉	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	Solomon et al., 2002
カイワレ大根、クレス、アルファルファの種子、それらから発芽した可食部	<i>E. coli</i> O157:H7 <i>S. Enteritidis</i>	Hara-Kudo et al., 2004
灌漑水、非根圏土壌、レタスの根圏土壌と葉	<i>E. coli</i> O157:H7	Ibekwe et al., 2004
鶏糞堆肥、牛糞堆肥、非根圏土壌、灌漑水、レタスとバセリの葉	<i>E. coli</i> O157:H7	Islam et al., 2004a
鶏糞堆肥、牛糞堆肥、非根圏土壌、灌漑水、レタスとバセリの葉	<i>S. enterica</i> serovar Thompson	Islam et al., 2004b
鶏糞堆肥、牛糞堆肥、灌漑水、非根圏土壌、収穫時のニンジン	<i>E. coli</i> O157:H7	Islam et al. 2005
クレス、レタス、ダイコン、ホウレンソウの苗の組織内部	<i>E. coli</i> O157:H7	Jablastone et al. 2005
レタス、ダイコンの組織内部	<i>Salmonella typhimurium</i>	Jablastone et al. 2005
ロメインレタスの根圏と葉	<i>E. coli</i> O157:H7	Ibekwe et al., 2006
ハクサイの葉	<i>Bacillus</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Pantoea</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Yersinia</i>	Kim et al., 2018
7月のシソの葉	<i>Acinetobacter lwoffii</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Staphylococcus</i>	Jeon et al., 2019
ハクサイの葉上のアブラムシの甘露	<i>Serratia</i> , <i>Shigellois</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Zhan et al., 2020
6月に出荷されたニラの葉	<i>Acinetobacter lwoffii</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pantoea</i> , <i>Serratia marcescens</i>	Seo et al., 2022

出典：参考文献より筆者作成



図－１ 植物共生系と腸内共生系の関係図

大腸菌を含む腸内細菌群の一部は植物に共生する能力を持ち、糞尿と共に人間や動物の体外に排出された後、植物組織に移行・定着する。さらに人間や動物が植物組織と共に腸内細菌を摂食することにより再び体外にいた腸内細菌が腸内に戻る。動物から圃場・植物への腸内細菌の移動については、人為的な糞尿堆肥やスラリー等の有機物施用だけでなく、昆虫類や土埃等を介した空気中の移動と水や動物を介した地表や地下を介した移動にも注意する必要がある。

廃棄物、野生動物の死骸等のように、人体病原細菌の潜在的な汚染源が農耕地帯には常に存在するリスクがあります。特に、ハエ類のような衛生害虫は比較的遠距離の飛行が可能であり、栄養価の高い花粉や蜜を求めて訪花することもあるため種子も汚染される可能性も否定できません。道内では過去に圃場への生糞の表層施用について奨励された事例もありますが（谷、2009）、各種の病原体や重金属、抗生物質、抗生物質抵抗性遺伝子等による農耕地や農産物の汚染リスクの観点から糞尿等に関係する有機物の農業利用は慎重に行うべきと考えます。

腸内細菌科の病原細菌類は根圏土壌中에서도一定期間生残できる能力を持つことや、植物の根から葉へ移行し得ること等が判明しています。生鮮野菜や果物の摂取は人間の健康維持にとって大変重要ですが、農産物の表面や内部に共生

する病原性腸内細菌は消費者による生鮮野菜の水洗等では容易に除去できないことが生鮮農産物に関係した食中毒事故の重要なリスク要因になり得ます (Franz et al., 2007)。Ibekweらのグループは一連のレタスの栽培試験において、1) 非根圏土壤中 VBNC 状態の病原性大腸菌が長期間 (3 カ月以上) の生残性を持つこと、2) それらの VBNC 状態の大腸菌が汚染源になり得る (増殖性と病原性を回復し得る) こと、3) 病原性大腸菌が根圏土壤中で長期間生残しやすいこと、4) 砂質土壌よりも粘土質土壌でより長期間生残すること、5) 砂質土壌は粘土質土壌よりも土壌から葉へ大腸菌が移行しやすいこと、6) 根や葉など植物組織中において大腸菌が 1 カ月半以上生残できること等を報告しています (Ibekwe et al., 2004; Ibekwe et al., 2006; Ibekwe et al., 2007)。さらに病原性大腸菌は凍結土壌中 (-20℃) で 500 日以上 の生残性を持ち得ることも明らかにされており (Gagliardi and Karns, 2002)、寒冷地の農耕地においては秋の時点での農耕地や農業施設の大腸菌汚染リスクが翌春まで続く可能性は否定できません。

植物組織中での腸内細菌群の増殖能は栽培環境によっても大きく変化します。例えば、22℃で栽培されたコリアンダーの葉面上のサルモネラ菌は一般的な葉面細菌の 10 分の 1 程度の菌密度にしかありません。しかしながら、30℃のような高温と高湿度の条件下で栽培されると葉面上のサルモネラ菌の菌密度が大きく増加する (Brandl and Mandrell, 2002) ことが知られています。1990 年代以降、生鮮野菜や果物に起因した食中毒の発生事例が世界的に増加している原因としては、物流のグローバル化と並んで、同時期の顕著な地球温暖化が影響した可能性が指摘され (Brandl, 2006) ています。このように、栽培中の環境条件や収穫後の保管・輸送条件を適切に管理しないと食中毒事故の発生リスクを増やすおそれがあります。

2. 農業微生物研究から明らかにされた抗生物質抵抗性遺伝子による汚染リスク

20 世紀末ごろまでに培養技術では検出できない微生物群が環境中に無数に存在することが明らかとなり、培養法の欠点を補完する技術として土壌等の環境試料から微生物 DNA (土壌 DNA) を直接抽出するための技術開発が進みました (池田ら、2005)。日本では 2000 年代前半に黒ボク土壌からの DNA 抽出を可能とする技術が開発され (Takada-Hoshino and Matsumoto 2004; Ikeda et al., 2004)、国内の土壌微生物研究が徐々に進展し始めました。さらに、2010 年代以降の次世代シーケンス技術の普及により、土壌微生物や植物共生微生物の多様性や機能性に係る研究が世界規模で爆発的に進むようになりました。その結果、植物共生細菌類の多様性解析から農産物には潜在的な日和見感染菌群が植物組織の常在菌として共生することや (Yin et al., 2022)、糞便中から検出される絶対嫌気性細菌群が多様な農産物において広く共生していること (Jackson et al., 2015) 等が明らかにされてきました。さらに、植物共生微生物の多様性解析により窒素の施肥量の増加や貯蔵中の老化過程で植物組織中の腸内細菌科の細菌群の割合が増加することも明らかにされています (Ikeda et al., 2010; Lopez-Velasco et al., 2011)。

一方、一般的な土壌微生物群は大腸菌の根への内生化を抑制することや (Xu et al., 2021)、慣行栽培と比べて有機栽培の農産物には病原性腸内細菌群が共生し難いこと (Gu et al., 2013)、有機栽培の農産物には、腸内細菌科が少ないこと (Leff and Fiere, 2013) 等の事例も報告されています。これらの事実は栽培管理による植物共生微生物群の多様性の制御を介して農産物における人体病原性細菌群による汚染リスクの軽減や回避ができる可能性があることを示すものです。一般的に、堆肥や汚泥等

の有機物中の人体病原細菌は各種の抗生物質に曝されることが多いため、抗生物質抵抗性遺伝子（antibiotic resistance genes, ARGs）や多剤耐性遺伝子（multidrug resistance gene, MRGs）を保持している可能性が高くなります。近年の研究により、そのような人体病原細菌が持つARGsやMRGsが多様な土壤微生物や植物共生微生物にも広がることで農産物がARGsやMRGsを持った微生物による汚染を受け、さらに、それら農産物の摂取を介した人間の腸内などへの恒常的なARGsやMRGsによる汚染・蔓延が多剤耐性菌の発生リスク等の視点から大変危惧されています（Huijbers et al., 2015）。

糞尿堆肥中の病原細菌群と動物用抗生物質の存在が農耕地環境中で抗生物質耐性微生物やARGs・MRGsが増加する主因の1つであると考えられますが、グリホサート等の除草剤や土壤殺菌剤のような農薬の施用によっても土壤微生物群集内のARGsが増加したり、それら遺伝子群の微生物間の水平伝達（多様な細菌群へのARGs汚染の拡大）が助長されたりするリスクがあります（Du et al., 2022; Liao et al., 2021）。また、ボルドー液のような銅剤や重金属類もARGsやMRGsの汚染・蔓延を助長するリスク要因となり得ることが指摘されています（Kang et al., 2018; Zhang et al., 2019）。したがって、有機栽培であっても、それらに汚染された糞尿や下水由来の堆肥や有機物が施用される圃場では、土壤や農産物のARGsやMRGsによる汚染が発生し、そのような汚染がボルドー液等により助長される可能性が否定できません（Liu et al., 2023a）。したがって、有機栽培においてもボルドー液のような重金属類を含む資材の使用は必要最小限に留め、乱用することは控えるべきと考えます。

下水汚泥を利用した堆肥やリン酸肥料（ストルバイト）の製造・普及についての検討が国内でも増えていますが、ストルバイトの利用リス

クは汚泥の種類（畜産糞尿、都市下水、食品工場廃液等）とストルバイトの製造装置のタイプによっても大きく変動することも指摘されています（Chen et al., 2018a）。種類については、都市下水の汚泥は糞尿よりも多様な病原体（ウイルス、クロストリジウム菌、赤痢菌、病原性バチルス菌、黄色ブドウ球菌等）や重金属類が含まれているリスクがあり、都市下水の汚泥の農業利用は慎重に検討・管理されるべきです（Doyle and Erickson, 2008; 千葉ら, 2013年）。

堆肥化、特に高温で堆肥化することにより、糞尿や下水汚泥等の有機物中の病原微生物や抗生物質、ARGs等による汚染リスクをある程度軽減することは可能です（Subirats et al., 2020; Zhou and Yao, 2020）。有機物含量が少ない土壤中では糞尿堆肥由来のARGsの汚染量が多くなることから、緑肥や炭等の人体病原微生物や汚染物質の少ない有機物の土壤への施用を増やし、土壤微生物の多様性を改善することが農耕地土壤中の人体病原細菌やARGs汚染量を減らすために重要であると考えられます（Chen et al., 2018b; Li et al., 2021）。畜糞堆肥への炭の施用は抗生物質やARGs等の汚染リスクを大きく減らすだけでなく、堆肥の品質を改善する効果も認められています（Ejileugha, 2022; Yue et al., 2021）。炭の施用による堆肥や土壤中の重金属類の不活化はARGsの土壤微生物や植物共生微生物への水平伝達を抑制することにより、ARGsによる農耕地環境の汚染リスクを減らします（Ejileugha, 2022）。炭の効果は施用後の3年間の圃場試験において低下しなかったことから（Cheng et al., 2021）、数年に一度程度の炭の施用で継続的な効果が期待できると思われます。

さらに、炭（450℃で製造）と木酢液の各単独での施用や同時施用の検討により木酢液にも土壤のARGsによる汚染を軽減できる効果があること、炭と木酢液の同時施用による相加的な

効果がある程度期待できることも明らかにされています (Zheng et al., 2021)。木酢液について高い蒸留温度 (220℃) の画分に根圏と非根圏土壌中のARGsの汚染量を大きく減らす効果があることも報告されています (Zheng et al., 2020)。

土壌中のARGsの種類と汚染量を減らす方法として、石灰の施用 (Li et al., 2022)、ミミズ堆肥化 (Zhou and Yao, 2020) 等も報告されています。また、ミミズやケイ素肥料の単独施用や同時施用でも根圏土壌のARGsの量が減ることが報告されています (Xiao et al., 2023)。畜糞堆肥を定期的に切り返しながら、できるだけ長期間直射日光や風雨に曝すことによって堆肥中の病原性微生物の死滅や抗生物質の分解も促進される可能性が高まります。土壌から作物の地上部組織への人体病原細菌やARGsによる汚染リスクを減らすため、土埃を低減するような各種マルチの利用や (Deng et al., 2022)、圃場外から圃場内へ土埃が飛び込まないように圃場周囲の生垣や防風林などの整備も望ましいように思われます。

3. 農業微生物研究から明らかにされた農業環境のマイクロプラスチック汚染リスク

農耕地はビニールマルチ等の農業資材等のマイクロプラスチックの発生源が多数存在する環境です (Khalid et al., 2022)、マイクロプラスチックが土壌中で蓄積されるリスクがあること (Fuller and Gautam, 2016)、農薬や動物用抗生物質等の化学物質を吸着しやすいこと (Wang et al., 2020; Šunta et al., 2020)、マイクロプラスチックに吸着された抗生物質は分解され難くなること (Wang et al., 2022)、さらに病原菌とARGsの集積が観察されていること (Zhu et al., 2022) 等の知見から、土壌や農産物・食品類に対するマイクロプラスチック汚染リスクも

近年懸念され始めています (Conti et al., 2020; Huang et al., 2019)。

難分解性のマイクロプラスチックの蓄積は上述したような農薬や病原菌が集積するリスクに加えて、土壌の気孔率の減少の悪化につながることで等から農作物の生育に対する悪影響が懸念されており (Lu et al., 2022)、土壌中のマイクロプラスチック汚染により農作物のバイオマスが減少すること (Qi et al., 2022)、土壌中のマイクロプラスチックが根細胞に対するストレスとなり、窒素吸収・栄養生長が抑制されること (Liu et al., 2023b) 等が報告されています。また、マイクロプラスチックにより汚染された土壌中で植物病原性微生物群が増加する可能性があることも明らかにされています (Qi et al., 2022)。

生分解性プラスチックは一般的には環境に優しい資材として知られていますが、慣行のものと比べて生分解性プラスチック由来のマイクロプラスチック上でより多くの抗生物質やARGsが集積すること (Wang et al., 2022)、人間や動植物の病原菌がより多く集積すること (Ju et al., 2021) も報告されています。

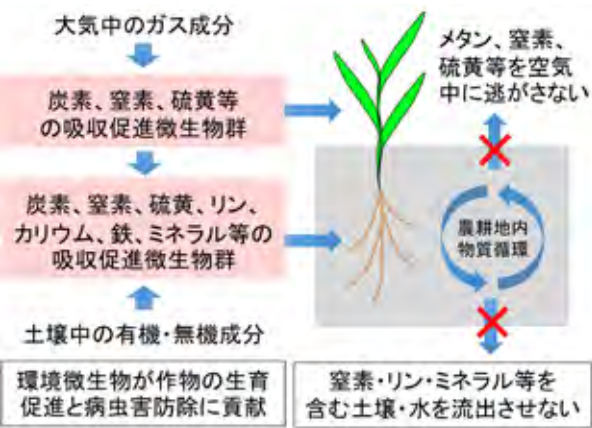
以上のような研究状況から、人間や環境に安全な農業資材の開発・利用を促進していくことが望まれると同時に、マイクロプラスチックの発生源となり得る不要となったビニールやプラスチック製品 (ビニールハウスやマルチ、育苗ポットなど)、化学繊維等は速やかに農耕地から除去し、適切に処分することが生産者の健康や農産物の安全性の向上のために重要です。また、炭の施用や緑肥の栽培により抗生物質等の分解を促進したり、マイクロプラスチックを炭に吸着させたりすることで、マイクロプラスチックによる汚染リスクを低減できる可能性があるようにも思われます。

4. 農業微生物研究から明らかにされた化学農薬の弊害・環境リスク

持続的農業を行うためには土壌微生物や植物共生微生物の有用機能の活用が必須ですが（図－2）、現在の農業現場は過剰な耕起や化学物質の施用で農耕地生態系の微生物が持つ有用機能は低下していると考えられています。EU圏では菌根菌とアンモニア酸化細菌（硝化菌）が土壌微生物に対する農薬の毒性を評価するための指標微生物として注目されています（Karpouzias et al., 2022）（表－2、表－3）。特に、菌根菌は80%以上の高等植物の根に共生する最も普遍的な植物共生微生物であり（Kiers et al., 2011）、作物への土壌養分の供給や、多様な環境ストレスに対する耐性を植物に付与するなど農業生産に貢献する幾つもの有用機能を持っています（Veresoglou et al., 2012）。さらに、菌根菌は団粒構造形成等の土壌構造の安定化や（Rillig et al., 2015）、土壌炭素の貯留（Fernandez et al., 2015）などを介して土壌の生物的環境保全にも寄与しています。残念ながら、そのような菌根菌が農耕地では多様な化学

農薬により、有用機能を発揮できない状況にあることは以前から広く知られています（Wan et al., 1998）。

近年の研究においてグリホサートのような除草剤に菌根菌に対して非常に強い毒性があることが示され、非標的生物に対する化学農薬の毒性を示す典型的事例として注目されています



図－2 有用微生物を利用した持続的農業の概念図
大気中や土壌中に存在する養分の多くは土壌微生物や植物共生微生物を経由して作物に吸収される。矢印は環境中の養分の移動方向を示す。持続的農業を行うためには、吸収された養分をできるだけ土壌から流出させず、圃場内や土壌内に養分を循環的に維持する工夫が重要である

表－2 農耕地生態系（菌根菌）に対する化学農薬の悪影響の事例

農薬の種類	農薬の負の影響を受ける生物群・物質代謝系等	参考文献
AMPA (Glyphosateの代謝物) Azadirachtin Benomyl Chlorothalonil Glyphosate	菌根菌の胞子形成	Wan et al., 1998
Copper hydroxide Mancozeb Ziram	菌根菌 (Glomus mosseae) の発芽	Giovannetti et al., 2006
Glyphosate MCPA (Glyphosateの代謝物) Terbutylazine Ziram	菌根菌 (Glomus mosseae) の菌糸伸長	Giovannetti et al., 2006
Glyphosate	菌根菌 (AM菌) の土壌中の胞子の生存性、根への感染性、外生菌糸の伸長	Druille et al., 2013
Fludioxonil Captan Metalaxyl	根に共生する菌根菌の多様性	Jin et al., 2013
Fludioxonil	菌根菌 (<i>Gigaspora hoi</i> と <i>Acaulospora uera</i>) の根への共生	Jin et al., 2013
以下を主成分とする浸透移行性の殺菌剤 CarbathiinとThiram CarbathiinとThiabendazole FludioxonilとMetalaxyl Metalaxyl TrifloxystrobinとMetalaxyl	菌根菌の根への共生、健全な状態の宿主の生育とリン酸吸収	Jin et al., 2013
Flutolanil	菌根菌の根への感染性、樹枝状体の形成	Buysens et al., 2015
以下の3種の混合物 Fenhexamid、Folpel、Deltamethrin	菌根菌の (<i>Glomeromycota</i>) の根への感染性、菌量、多様性	Rivera-Becerril et al., 2017

出典：参考文献より筆者作成

表－3 農耕地生態系（硝化菌）に対する化学農薬の悪影響の事例

農薬の種類	農薬の負の影響を受ける生物群・物質代謝系等	参考文献
Ethoxyquin	硝化菌に対する一時的な阻害作用	Papadopoulou et al., 2016
Chlorothalonil	アンモニア酸化の遺伝子量	Zhang et al., 2016
Chlorothalonil	アンモニア酸化遺伝子、硝化活性	Teng et al., 2017
3,5-dichloroaniline (Iprodioneの代謝物)	アンモニア酸化菌の増殖、アンモニア酸化活性	Vasileiadis et al., 2018
1,3-dichloropropene	アンモニア酸化、硝化、硝化細菌 (Nitrosomonas, Nitrospira)	Fang et al., 2019
Chlorpyrifos	窒素固定活性	Lu et al., 2020
Pyraclostrobin	アンモニア酸化	Hou et al., 2022
Azoxystrobin, Chlorsulfuron, Fipronil, Flutriafol	硝化活性	Sim et al., 2022

出典：参考文献より筆者作成

(Giovannetti et al., 2006)。また、植物体内を移行する（浸透移行性）殺菌剤についても根への菌根菌を阻害することが明らかにされており（Jin et al., 2013）、化学農薬の中でも浸透移行性のものは有用（微）生物と宿主の精緻な生物間相互作用を攪乱しやすい可能性があります。

また、一部の農薬は散布後一カ月以上土壌中に残留し得ることが知られています（Pandey and Singh, 2004）。多くの除草剤は作物へのリン供給に重要な根圏細菌の活性を阻害し（Cycoń et al. 2013）、さらに、そのような有用微生物に対する除草剤の悪影響は重金属類の存在で助長されることも明らかにされています（Maliszewska-Kordybach and Smreczak, 2003）。一方で、一部の殺菌剤は菌根菌の根への共生や健全な状態の宿主の生育、リン酸吸収に対する悪影響は少ないこと（Jin et al., 2013）、適正な使用条件下では菌根菌の胞子の発芽や内生菌糸、外生菌糸の伸長に対する有害性がない化学農薬もあること（Buysens et al., 2015）等も示唆されており、既存の化学農薬の中から有用微生物に対する悪影響の少ないものを選抜したり共生微生物に対する安全性の高い化学農薬の開発をしたりすることにも一定の価値があるように思われます。

グリホサートが阻害する標的酵素は植物だけではなく微生物にも存在するため、昆虫類やミミズなどの共生微生物に対するグリホサートの悪影響も明らかにされています。例えば、蜜蜂

の腸内細菌群の大部分はグリホサートの標的酵素を持っており、グリホサートに曝されたミツバチでは腸内細菌群の多様性や菌量が減り、さらに若いミツバチは日和見感染菌による感染死が増加することが報告されています（Motta et al., 2018）。また、果樹の花に共生し、受粉に重要な役割を持つ酵母類に対して殺菌剤が有害であることも報告されています（Schaeffer et al., 2017）。さらに非標的生物に対する農薬のリスクとして、グリホサート、グルホシネート等の除草剤の施用がARGsによる土壌汚染を助長し得ること（Liao et al., 2021）も示唆されています。

農薬は環境中で代謝や分解を受けますが、農薬原体と比較してそれら代謝物・分解物がより高い毒性を持つ場合があります。例えば、市販後20年から30年以上が経過した後に農薬の毒性が明らかにされた幾つもの事例があります（Fenner et al., 2013）。

これらの知見から、環境中で生成された農薬の代謝物・分解物についての人間や環境に対するリスクアセスメントは化学農薬の隠されたリスクとして今後検討する余地があるように思われます（Storck et al., 2017）。また、農薬の主成分の施用効果を高めるために市販農薬中に添加されている各種の補助資材についても土壌（微）生物に対する影響評価が必要と考えます（Crouzet et al., 2013）。

5. 化学農薬に依存しない病虫害・雑草管理の可能性について

本稿では詳述しませんが、有機物・緑肥等による病虫害防除の研究も多数の検討が行われ、それらの有機物施用時の微生物多様性解析から有用な土壌微生物や共生微生物の特定や探索へとつなげる研究事例も増えつつあります。例えば、ジャガイモそうか病では土壌への米ぬか施用と種いもへの発酵濃縮液の浸漬処理により、それぞれStreptomyces属とBacillus属が増加し、そうか病菌と拮抗することで病害を軽減していることが示唆されています (Tomihama et al., 2016; 竹腰ら, 2020)。炭については土壌微生物相の改変を介してアンモニアの保持による硝化抑制効果や窒素固定、温暖化ガス (N₂O) の発生の抑制、リン溶解細菌の増加、難分解性有機物の分解促進、植物病原微生物などの減少等、土壌の微生物性の改変を含む多面的な有用効果が期待されています (Anderson et al., 2011)。

6. 植物共生微生物研究の新展開

農業・農産物の視点からの植物共生微生物群の有用性についても多様性解析や機能性解析に基づいた多数の新知見が得られています。例えば、収穫直後から出芽まで貯蔵期間中の塊茎共生細菌の多様性解析の結果に基づいて選抜されたFlavobacterium属細菌が、出芽を抑制することでジャガイモの貯蔵性を向上させる効果を持つ可能性が示唆されています (Buchholz et al., 2021)。また、セロリは強いアレロパシーを持つことが知られていますが、トマトの連作と比べて、トマトとセロリを輪作すると土壌微生物のバイオマスと土壌糸状菌類の多様性が増加し、トマトにとって有害なリスクのある糸状菌群が減る可能性のあることが示唆されました (Lyu et al., 2020)。実際に道内でトマトとセロリの輪作をしている農業現場もあり、今後

の技術開発が期待される研究分野の1つです。また、イネ科穀類に由来するグルテンは人間の酵素では不完全にしか分解されず、その結果腸内にアレルゲンとして懸念されるグルテンの残渣が蓄積します。人間の腸内細菌群はグルテン残渣を分解する能力を持っていますが、現代人の腸内ではグルテン残渣を積極的には分解しません。一方、根菜類の塊茎や塊根に共生する細菌群が胃を経由して腸内で一時的に定着・増殖し、腸内環境下でグルテン残渣を分解できる可能性があること等が最近明らかにされました (Köiv et al., 2020)。これらの結果はグルテン分解細菌が多く共生している農産物を生食することで、グルテン過敏性腸症等の症状が軽減され得るかもしれないという可能性を示しています。この他にも植物共生微生物群にはグルテン分解活性が期待できるものがあることが報告されています。

さらに、キクイモの塊茎内ではプロバイオティクスが期待できるような高い菌密度で乳酸菌が共生していることも明らかにされており (Köiv et al., 2019)、比較的低酸素と考えられる根菜類の根内部は嫌気的な腸内細菌群にとって共生しやすい植物組織なのかもしれません。

このように、生鮮野菜や果物の生食の有用性・重要性については、植物共生微生物の視点から農学的、食品科学的に再検討する余地が大きいように思われます。

おわりに

本稿で紹介したように、現代の農業微生物研究は古典的な植物病理学や土壌肥科学の研究の範疇を超えた、農学・生命科学研究の新領域として拡大・進化しつつあります。環境微生物の多様性と機能性という20世紀までの農学や生命科学にはなかった全く新しい概念と知識を活用することで、真に持続可能な農業技術の開発や、科学的な「Farm to table」、「おいしさ」、「医

食同源」を科学するというような、これまで農学的な検討が非常に困難だとされてきた課題に挑戦できる時代となりつつあるように思われます。

参考文献

- Anderson et al. (2011) *Pedobiologia* 54: 309-320.
- Brandl (2006) *Annual review of phytopathology* 44: 367-392.
- Brandl, M.T. and Mandrell, R.E. (2002) *Applied and Environmental Microbiology* 68: 3614-3621.
- Buchholz et al. (2021) *Scientific Reports* 11: 1-12.
- Buysens et al. (2015) *Mycorrhiza* 25: 277-288.
- Chen et al. (2018a) *Environmental Science & Technology*, 52: 14566-14567.
- Chen et al. (2018b) *Soil Biology and Biochemistry* 119: 74-82.
- Cheng et al. (2021) *Environmental Pollution* 288: 117719.
- 千葉ら. (2013) 福島県衛生研究所年報 31: 53-55.
- Conti et al. (2020) *Environmental Research* 187: 109677.
- Crouzet et al. (2013) *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 64: 23-31.
- Cycoń et al. (2013) *Applied Soil Ecology* 72: 242-250.
- Deng et al. (2022) *Journal of Environmental Sciences* 112: 121-128.
- Dinu et al. (2009) *Journal of Food Protection* 72: 1342-1354.
- Doyle, M.P. and Erickson, M.C. (2008) *Journal of Applied Microbiology* 105: 317-330.
- Druille et al. (2013) *Applied Soil Ecology* 6: 99-103.
- Du et al. (2022) *Science of the Total Environment* 805: 150426.
- Ejileugha, C. (2022) *Heliyon* e09543.
- Fang et al. (2019) *Science of the Total Environment* 650: 44-55.
- Fenner et al. (2013) *Science*, 341: 752-758.
- Fernandez, C.W. and Kennedy, P.G. (2015) *New Phytologist* 205: 1378-1380.
- Franz et al. (2007) *Food Microbiology* 24: 106-112.
- Fuller, S. and Gautam, A. (2016) *Environmental science & technology* 50: 5774-5780.
- Gagliardi, J.V. and Karns, J.S. (2002) *Environmental Microbiology* 4: 89-96.
- Giovannetti et al. (2006) *Prevention Today* 2: 47-61.
- Grey, B.E. and Steck, T.R. (2001) *Applied and Environmental Microbiology* 67: 3866-3872.
- Gu et al. (2013) *Phytopathology* 103: 381-388.
- Hara-kudo et al. (2004) *Japanese Journal of Food Microbiology* 21: 14-22.
- Hou et al. (2022) *Agriculture, Ecosystems & Environment* 340: 108186.
- Huang et al. (2019) *Environmental Pollution* 254: 112983.
- Huijbers et al. (2015) *Environmental Science & Technology* 49: 11993-12004.
- Ibekwe et al. (2007) *Canadian Journal of Microbiology* 53: 623-635.
- Ibekwe et al. (2006) *Engineering in Life Sciences* 6: 566-572.
- Ibekwe et al. (2004) *Canadian Journal of Microbiology* 50: 1007-1014.
- Ikeda et al. (2010) *Plant and Cell Physiology* 51: 1398-1410.
- Ikeda et al. (2004) *Microbes and Environments* 19: 301-309.
- 池田ら. (2005) 育種学研究 7: 25-33.
- Islam et al. (2004a) *Journal of Food Protection* 67: 1365-1370.
- Islam et al. (2004b) *Foodborne Pathogens & Disease* 1: 27-35.
- Islam et al. (2005) *Food Microbiology* 22: 63-70.
- Jablasone et al. (2005) *International Journal of Food Microbiology* 99: 7-18.
- Jackson et al. (2015) *Agriculture* 5: 170-187.
- Jeon et al. (2019) *Food Research International* 126: 108664.
- Jin et al. (2013) *Applied Soil Ecology* 72: 22-30.
- Ju et al. (2021) *Frontiers in Microbiology* 12: 785737.
- Kang et al. (2018) *Environmental Science and Pollution Research* 25: 29314-29324.
- Karpouzias et al. (2022) *Pure and Applied Chemistry* 94: 1161-1194.
- Khalid et al. (2022) *Journal of Hazardous Materials* 130455.
- Kiers et al. (2011) *Science* 333: 880-882.
- Kim et al. (2018) *Journal Microbiology and Biotechnology* 28: 227-235.
- Kõiv et al. (2020) *Applied Microbiology and Biotechnology* 104: 8871-8885.
- Kõiv et al. (2019) *PLoS One* 14: e0210542.
- Kõiv, V. and Tenson, T. (2021) *Applied Microbiology and Biotechnology* 105: 3045-3059.
- Leff, J.W. and Fierer, N. (2013) *PloS One*, 8: e59310.

- Li et al. (2021) *Ecotoxicology and Environmental Safety* 227: 112946.
- Li et al. (2022) *Science of the Total Environment* 817: 152971.
- Liao et al. (2021) *Molecular Biology and Evolution* 38: 2337-2350.
- Liu et al. (2023a) *Science of the Total Environment* 860: 160516.
- Liu et al. (2023b) *Journal of Hazardous Materials* 443: 130384.
- Lopez-Velasco et al. (2011) *Journal of Applied Microbiology* 110: 1203-1214.
- Lu et al. (2020) *Chemosphere* 256: 127098.
- Lu, X.M. and Chen, Y.L. (2022) *Journal of Hazardous Materials* 428: 128196.
- Lyu et al. (2020) *Frontiers in Microbiology* 11: 829.
- Maliszewska-Kordybach, B. and Smreczak, B. (2003) *Environment International* 28: 719-728.
- Manahan, S.H. and Steck, T.R. (1997) *FEMS Microbiology Ecology* 22: 29-37.
- Motta et al. (2018) *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 10305-10310.
- 農林水産省 (2011) 生鮮野菜を衛生的に保つために -栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針- (第2版).
- 大久保ら. (2016) *土と微生物* 70: 10-16.
- Pandey, S. and Singh, D.K. (2004) *Chemosphere* 55: 197-205.
- Papadopoulou et al. (2016) *Applied and Environmental Microbiology* 82: 747-755.
- Qi et al. (2022) *FEMS Microbiology Ecology* 98: fiac017.
- Rillig et al. (2015) *New Phytologist* 205: 1385-1388.
- Rivera-Becerril et al. (2017) *Science of the Total Environment* 577: 84-93.
- Seo et al. (2022) *Journal of Microbiology and Biotechnology* 32: 195-204.
- Sim et al. (2022) *Science of the Total Environment* 807: 150734.
- Schaeffer et al. (2017) *Environmental Microbiology Reports* 9: 79-84.
- Solomon et al. (2002) *Journal of Food Protection* 65: 673-676.
- Storck et al. (2017) *Science of the Total Environment* 575: 1027-1033.
- Subirats et al. (2020) *Science of the Total Environment* 746: 141113.
- Šunta et al. (2020) *Chemosphere* 261: 127762.
- Takada-Hoshino, Y. and Matsumoto, N. (2004) *Microbes and Environments* 19: 13-19.
- 竹腰ら. (2020) *土と微生物* 74: 32-41.
- 谷昌幸. (2009) *現代農業* 88: 116-119.
- Teng et al. (2017) *Environmental Science and Pollution Research* 24: 3562-3571.
- Tomihama et al. (2016) *Phytopathology* 106: 719-728.
- Vasileiadis et al. (2018) *Applied and Environmental Microbiology*, 84: e01536-e01518.
- Veresoglou, S.D. and Rillig, M.C. (2012) *Biology Letters* 8: 214-217.
- Wan et al. (1998) *Environmental Toxicology and Chemistry* 17: 1421-1428.
- Wang et al. (2022) *Water Research* 222: 118920.
- Wang et al. (2020) *Chemosphere* 244: 125491.
- Xiao et al. (2023) *Environmental Pollution* 319: 120900.
- Xu et al. (2021) *Environmental Science & Technology* 55: 10462-10470.
- Xu et al. (1982) *Microbial Ecology* 8: 313-323.
- Yin et al. (2022) *Science of the Total Environment* 815: 152851.
- Yue et al. (2021) *Chemosphere* 278: 130358.
- Zhan et al. (2020) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100: 3007-3012.
- Zhang et al. (2016) *Science of the Total Environment* 543: 636-643.
- Zhang et al. (2019) *Environment international* 129: 478-487.
- Zheng et al. (2021) *Science of the Total Environment* 796: 148962.
- Zheng et al. (2020) *Environment International* 145: 106158.
- Zhou, Z. and Yao, H. (2020) *Microorganisms* 8: 268.
- Zhu et al. (2022) *The ISME journal* 16: 521-532.

はじめに

北海道の畑地農業はいつごろから始まったのでしょうか。蝦夷地を安堵された松前藩は、他藩とは異なり、自藩（士）の収入を海産物などに依存しました。時代が下ると、漁場を商人の管理に委任して「運上金」を徴収する制度に変わっていききました（「イシカリ場所」など）。つまり、当時の農業は寒冷な気候風土で安定せず、水田農業が排除されたのはもちろん、産業としての農業はなかったと思います。ただ、自家用の畑はあったし、先住民であるアイヌもヒエやアワなどの穀類やダイズ、アズキなどの豆類、そしてカブ、ダイコンといった野菜類を栽培していたといえます（高倉新一郎ほか、1977）。

幕末期、蝦夷地を直轄した幕府は、渡島半島に御手作場をひらき、本州から専門家、たとえば二宮尊徳一門を招聘して水田を造成しました。ここで成果を上げた報徳門下の高弟大友亀太郎は、のちにサッポロ御手作場をひらき、農業用水路として大友堀（創成川の前身）を掘削しました。御手作場は現在の札幌市の発祥地であり、大友堀は市街地形成の基線となります。大友が拓地殖民に奮闘していたころ、明治維新という体制の大転換がおこりました。

1. 畑地農業の曙

1.1 明治の畑作

明治新政府は、北方政策を重視してなけなしの国費を振り向け、1869（明治2）年には内務省や大蔵省と同格の開拓使をおきました。南下をうかがうロシアに対し、北海道を「北門の鎖鑰」とすべく、開拓次官の黒田清隆に富国強兵

政策を委ねます。黒田の業績は多岐にわたりますが、特筆すべきは拓殖の模範をアメリカに取ったことです。当時の日本は、イギリスやフランス、ドイツなどヨーロッパを産業や教育、文化、軍事などの師と仰いでいたなかで異例ともいえました。黒田の目には、フロンティア・スピリットに満ち溢れた若きアメリカが北海道開拓の助言者として相応しい、と映っていたのです。

黒田がアメリカに赴いたとき、少弁務使森有^{もりあり}礼^{のり}の紹介でグラント大統領に会い、北海道開発に資する人材の派遣を懇請したといえます。人選の結果、アメリカ農務局長ケプロンの招聘に至りました。ケプロンは、1871（明治4）年、アンチセル、ワーフィールド、エルドリッジらを伴って来日します。開拓使顧問となったケプロンは、北海道開拓の方針について、畑畜混同農業を基本とすることを提言しました。これは、黒田の意を迎えた内容、もしくは開拓政策を裏付けるためだったように思われます。アンチセルは、気象観測資料に基づいた積算温度から米作の不利を主張し、ケプロンもこれに同調しました。しかし、出来高にムラはあったものの、すでに渡島や石狩で水田が開かれ、コメの生産が行われていたし、中山久蔵のような米作に執念を燃やす篤農家がいたのです。

入植者や屯田兵が消費するコメは本州からの移入に頼っていたため、国庫に重い負担となっていました。入植者の水田稲作への執着も強かったし、藁などの副産物の需要も大きかったにもかかわらず、水田開発に腰が引けていたのには理由がありました。端的に言えば財政上の問

題です。沢水を引いたり湿地を利用するといった小規模稲作は、北海道の拓地殖民、すなわち富国強兵を急ぐ政府にとって推奨しかねたのです。

1.2 農業政策と農地開発

稲作は用水源を確保し、安定的に取水・配水する施設を構築して維持管理するほか、畦畔^{けいはん}で仕切った均平で適度な水持ちの圃場^{ほじょう}を造成しなければなりません。そこには巨費と多くの時間を要することが明らかです。開拓使は、入植者の水田造成補助申請を受け付けなかっただけでなく、屯田兵村の米作りは強権を持って許可しませんでした。開拓使は米作を我慢して時期を待ったのです。その証拠に、米作抑制政策のもと札幌育種場で稲作の試験を継続し、1884（明治17）年、それまでの8年間における成績を「稲作経験略記」という文書で公にしています。近い将来の稲作振興を構想していた、と言わざるを得ません。

札幌農学校存続の危機を救い、北海道帝国大学へと牽引した佐藤昌介は、農学校1期生としてクラーク博士^{くんとう}の薫陶を受けた農業経済学者です。その佐藤が1890（明治23）年に苗穂の泥炭荒蕪地^{こうぶち}167町歩を得て、農学校の拓殖理念でもある混同農業を実践しました。世人は机上の空論と批判し、佐藤農場を「鴨の練兵場」と揶揄したといひます。しかし、クラークの教えである「学問より実行」を胸に秘め、数年後には成功に至ったのです。ここでは湿地の水を抜く排水、農業経営のための農道を造成し、小作をいれて和気藹々^{わきあいあい}の集落が形成されました。佐藤は土地改良によって畑草地の基盤を整え、家畜を飼養して混同農業を実現したのです。まさに身をもって、専門の農業経営学の実践に挑んだのです（佐藤昌彦、2011）。

潮目が変わるのは1892（明治25）年に第4代北海道長官として赴任した北垣國道の政策から

です。北垣は、北海道農業の方針を変えるに当って、当時、稲作の権威であった酒匂常明^{さこうつねあきら}（帝国大学農科大学教授、兼農商務省技師）を北海道財務部長に招聘し、寒地稲作を検討させました。北垣長官は石狩地方ほかに排水運河を造成するなど、北海道拓殖に大きな功績を残しましたが、その一つに水田農業の振興があったのです。しかし、本格的に水田が拡大するのは1899（明治32）年の北海道拓殖銀行法、1902（同35）年の北海道土功組合法公布以降になります。大正年間には、水田が外縁地域に拡大しましたが、戦争とそれによる経済の浮沈、自然災害等があった農業のすがたは変遷していきます。

2. 畑地農業と土地改良

2.1 畑作農業の進展

第1次世界大戦は北海道農業におおきな影響を及ぼしました。ヨーロッパが戦火によって農業生産が落ち込むなかで、北海道ではムギ類やマメ類などの畑作物を増産し輸出するようになります。すなわち、生産が不安定な外縁域の水田拡大は足踏みし、畑地の拡大に向かったのです。しかし、間もなく情勢は暗転します。ヨーロッパが復興し、需要が減じたためですが、その後、農地とくに畑地面積は増大し、第2次世界大戦が始まるころまでその傾向が続きました。

第2次世界大戦以前の北海道農業は、低空飛行の状況が続きます。土地改良のための公費は切り詰められ、農地の造成は抑制傾向となりました。これには、満州などの植民地経営による食料供給に軸足が移ったことも一因です。そうしたなかで、農業当事者による食糧増産の動きもありました。

第2次世界大戦の敗戦によって植民地からの引揚者や復員兵が多数にのぼり、かつ1945（昭和20）年の大凶作もあって、食料不足による飢餓が現実味を帯びていました。そうした状況の

もと、政府は「緊急開拓事業」を計画し、北海道にその多くが委ねられました。混乱が一段落したことと、1946（昭和21）年が豊作だったことから、1947（昭和22）年には「緊急」の2文字を消した「開拓事業」となりました。ここには、帰農を促進する目的から、土地の農業利用増進を図る方向に修正され、社会政策的色彩から経済政策的側面が強められる、といった政治意図がみられます（北海道農業土木史編集委員会、1984）。

2.2 戦後の畑地開発と課題

土地資源に余裕があると見做された北海道は、全国の開墾計画面積155万町歩のうち70万町歩と45%を占めました。しかし、言うまでもなく、未墾地は条件不利地でしたから、さまざまな課題がありました。その一つが作土の流亡です。

昭和20～30年代、畑地の土壤保全問題に取り組んだ北海道農業試験場は、農業分野の研究は伝統的に水田稲作を対象とするものがほとんどであって、畑地農業に関する研究は立ち遅れ、とくに傾斜地農業の組織的研究は全くなかったとし、続けて、日本農業発達の歴史のなかで畑地、とくに傾斜地の農業利用については経験が短かったため、土壤の流亡損失が多額の脅威を与えるという事実はほとんど認識されることがなかった、と指摘しています（西潟高一、1963）。

傾斜地で営まれる農業は平坦地のそれとは性格が異なるにもかかわらず、平坦地農業の技術が無批判に取り入れられたため、傾斜地農業の問題を複雑、かつ深刻なものにしました。こうした状況のまま戦後の開拓事業のなかで傾斜地農業が行われたため、戦時中の傾斜地林木乱伐・荒廃とも相まって、傾斜畑の土壤侵食が激

しく発生するような事態になったのです。西潟らを中心とした北海道農業試験場の研究チームは、土壤侵食発現の機作や傾斜畑の性状から調査を進め、防止方法を提言しました。検討は緻密で実証的なもので、傾斜畑の土壤保全に貴重な示唆を与えましたが、十分とは言い難かったようです。

昭和20年代後半、農林省は傾斜地農業と土壤保全に関する研究結果を取りまとめました。北海道ではそれに先立つ1931（昭和6）年、喜茂別に傾斜地経営試験農場を設置し、土地利用の適正化や農地保全、営農改善などの指導を行っていたといいます。こうした素地があって、1948（昭和23）年には喜茂別町知来別に傾斜地試験地が設けられ、翌年から試験に着手したのです。ここでの研究目的は、主に耕種法による侵食防止でした。

2.3 傾斜草地開発

昭和30年代なかば以降、土地改良の目的が食糧増産から農業基盤整備に変わり、寒冷地畑作営農の改善、農業生産の選択的拡大と生産性向上を目指すようになりました。この農業政策のなかで1965（昭和40）年には草地開発事業が、翌1966（同41）年から畑地帯総合土地改良パイロット事業が大々的にスタートします。

草地開発事業は1966（昭和41）年度の「十勝中部地区」から1993（平成5）年度に着手した「士幌地区」まで45地区にのぼり、1999（平成11）年度にはすべて完了しています。この間の造成面積はトータル2万7千haに及びます。

筆者は、1973（昭和48）年度から始まった「東台地区」の丘陵斜面や沢筋を這い回り、ときにヒグマの生々しい痕跡に慄いたことを懐かしく思い出します。この地区は山成畑工¹によって丘陵のほとんど（沢筋以外）を草地化して公共

1 山成畑工：現況地形勾配そのままに畑面を仕上げる工法

牧場にするものでした。想定される影響は水文流出と表土流失であり、学生と現場に泊まり込んで調査に当たったものです。今から50年前のことです。



写真－1 山成畑工で造成された放牧採草地
(鶴居村、2005) 筆者撮影

2.4 大規模な畑地帯の開発

さて、北海道における畑地整備の記念碑的な事業は、国営畑地帯総合土地改良パイロット事業「鹿追地区」でありましょう。この事業は、9千haほどの農地の生産性を改善する目的で、1968（昭和43）年度から1984（同59年）度までの17カ年にわたって実施されました。「総合」としたのは土地改良事業と開拓事業を合体させたこと、単独事業の計画を変更して統合することを意味し、本地区は前者のケースで全国の嚆矢でした。

このうち、排水改良のための幹支線排水路建設が先行実施されました。地区内には過湿な農地が分布し、トラクターの運用に支障をきたしていたためです。また農業用水の整備は、従来のマメ類偏重を脱してコムギ、バレイショ、テンサイ、マメによる輪作体系を確立させるのに貢献しました。道路の整備は、殖民区画のなかの未整備区間や湿地を通る部分を改良することにより、春先や長雨のとき悩まされた道路の泥濘化による集乳の支障を解消させたのです。

また、農地造成はおもに牧草ほかの飼料作物生産に向けられました。道路の改良と粗飼料増産、そして灌漑^{かんがい}によって地域の酪農は発展したのです。灌漑について付言すると、先駆的な「肥培灌漑」が特筆されましょう。環境負荷となる家畜糞尿を灌漑用水と調整し、草地に撒布還元する技術です。取扱いや環境上の課題から、現在では手段が変わりましたが、当時、糞尿処理と牧草生産向上の一石二鳥として注目されたのです。

もうひとつ、さらに大規模で歴史的な国営畑地帯総合土地改良パイロット事業をみることにします。網走管内の「斜網地域」です。（図－1）

この事業は、先にあげた個別事業を統合したケースに当たります。すなわち、実施中の3地区（小清水地区・昭和53年度、斜網西部地区・57年度、斜里地区・61年度開始）にはそれぞれ独自の灌漑計画がありましたが、受益面積の調整や営農体系の変動などによる計画の見直しを迫られていました。そこで、3地区を統合して用水源を「緑ダム」に一本化し、共同で利用する計画に変更したのです。地区の統合だけではなく、用排水と農地造成、区画整理の3事業を総合的に実施することで畑地の基盤整備を一貫施工する事業でした。

斜網地域の整備面積は2万2千haと広大なスケールです。水利施設の管理は、関係4市町が連携して当たっています。灌漑施設のなかには地域性を反映して「デンプン廃液」の農地還元があり、これは先の「家畜糞尿」と類似の肥培灌漑でした。

しかし、巨大なシステムの運用は、地域間の意思疎通や調整に困難が伴うと思われます。そうした課題をクリアした本事業に対し、農業農村工学会から2007（平成19）年度の「上野賞」が授与され、関係者の労が報われました。

国営畑地帯総合土地改良パイロット事業は、十勝管内で2地区、網走管内で5地区など、計

活動を続けています。なかなか妙案が出せないでいるものの、例えば配水系統の操作によって地下水位を制御すること、などを議論しています。

3.2 傾斜畑の土壌侵食

畑地の土壌侵食が、とくに傾斜地農業の課題であることはすでに述べました。侵食を引き起こす原因がわかれば対策を講じることができます。しかし、厳密に言えば山林傾斜地でも表土の流亡は発生するので、傾斜農地の侵食を完全に止めることはできません。それではどうするか。細かなことを述べる紙幅がないので、基本的な考え方だけ紹介します。

土壌侵食問題の深刻さに衝撃を受け、国を挙げて対策に乗り出したのはアメリカです。きっかけは1930年代の大恐慌のなかで、穀倉地帯として大規模畑作農業を続けてきた中西部で「ダストボウル」²が発生し、都市を大砂塵が襲った事象です。原因を調べると、酷使された畑地が荒れて侵食が激発し、それがもとで土壌が吹き飛ばされたことがわかったのです。そこでアメリカ農務省は土壌保全局を新設し、全国に試験地を設置して原因究明に乗りだしました。その結果、ある条件のもとで発生する侵食土量を定量化することに行き着きます。この方法は汎用土壌流亡予測式（USLE）とよばれ、これにより農家は侵食を許容できる範囲内で畑作を営営する具体的な方針を立てることができるようになったのです。ここでいう「許容できる範囲」とは、曖昧な表現ですが、上記の「侵食を完全に止めることはできない」を思い出してください。はっきり言うと、1年で作土の減耗1ミリ以下は「許容」することにしたのです。作土層が30センチとして、作物生育にとって最低20センチは必要とするなら、10センチまでの減耗は

許容できます。そうすると100ミリ、つまり100年は畑として利用できることになります。ずいぶん割りきった、というか胡乱^{うろん}な方法ですが、「侵食許容量」という考え方を前提にして耕地管理や営農体系を工夫するのがUSLEの趣意なのです。

アメリカの風土のもとで得られた方法（USLE）を日本に適用させるため、農林水産省は1985（昭和60）年から6カ年にわたって全国に8試験地を設置し、降雨や畑の土壌、勾配・斜面長などの形状、栽培作物などと侵食流亡土量の関係に関するデータを収集しました。その結果は土地改良事業設計指針に記載されています。この指針のなかに土壌保全（水食対策）の内容が入っていますが、指針の表題が「農地開発（改良山成畑工）」とされていることからわかるように、当時、広く行われていた傾斜修正による造成畑の土壌保全を目的としたものでした。



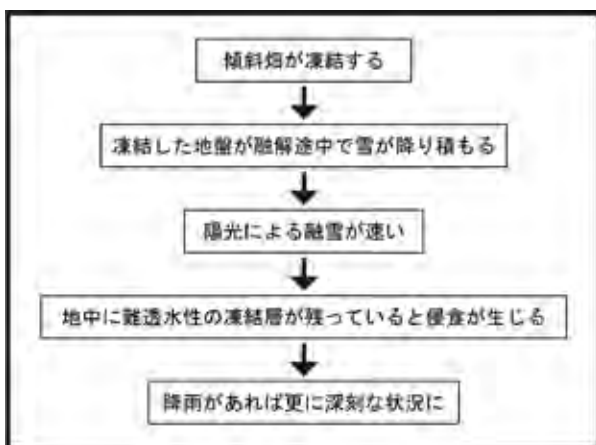
写真－2 改良山成畑工で造成された傾斜畑
(剣淵町、2004) 筆者撮影

2 ダストボウル：(Dust Bowl) 1931年から1939年にかけて、断続的に発生した砂嵐

3.3 積雪寒冷地の農地保全

北海道では雨竜郡北竜町と雨竜町にまたがる国営農地開発事業「北雨地区」に試験地を設けてUSLEを検討しましたが、多様な気象や土壌からなる北海道を1箇所代表させることには限界があったと思います。たとえば、おおむね北海道の南半分をおおう火山灰性土壌は耐侵食性が小さいとされますが、試験地は軽植土であるため比較定量は難しいし、融雪や土壌の凍結融解に伴う侵食の評価も十分ではありませんでした。

北海道最大の畑作地帯である十勝管内は、冬期間晴れの日が続きますが寒さは厳しく、土壌が火山灰性で圃場が深くまで凍結します。降雪の頻度も少なめですが、春先に低気圧の急発達によるドカ雪（大雪）が発生します。この風土と気候が、深刻な侵食を引き起こしかねないのです。こうした状況が上記の「指針」には反映されていません（長澤徹明ほか、1993～1995）。



一方、近年の温暖化現象によって十勝平野の畑地盤凍結が緩和傾向にあります。加えて、断熱性に優れる積雪が畑を覆うようになってきたため、以前に見られなかった問題が出てきました。それは、土壌凍結によって腐朽した収穫もれのバレイショが生き残り、翌年の畑作に「雑草」となって本作の邪魔をするのです。地元ではこうしたバレイショを「野良芋」と呼んで頭

を悩ませています。対策としては、畑を除雪して地盤を凍結させる方法がありますがコストが掛ります。

おわりに

北海道の畑作農業は、明治の開拓政策として半強制的に導入され、やがて水田農業の普及・拡大がすすむと造田の難しい土地が対象となっていました。十勝や網走に見られる隆盛は、さまざまな課題をのりこえて手に入れたものなのです。上記のように、排水によって畑地の生産基盤が整えられ、さらには暗渠排水が作物の生育環境を保障しますが、地中に埋設した暗渠は管理が難しく、大型機械の登場は暗渠の機能に影響を及ぼします。暗渠は時間とともに劣化するから適宜更新する必要があるのです。また、暗渠の出口の明渠排水路は、圃場の大区画化の支障となるため路線を変えたり、管渠化することもあります。地区内の小河川を排水路として改修・利用していることが多いため、元来の生態系に影響を及ぼすことにもなりかねません。

北海道に分布する特殊土壌地帯、すなわち泥炭地帯、火山灰地帯、重粘土地帯のいずれも土性改良のために「客土」を必要とします。作物生産に不向きな土性を矯正するため、山土や砂を圃場に入れるのです。この作業は費用がかか



写真－3 暗渠排水工
(美瑛町、1995) 筆者撮影

り、地道な作業であるばかりか、時間が経つと効果が薄れていくため、繰り返す必要があります。暗渠にしても客土にしても、土地改良は「これでおしまい」ということのない農地への働きかけなのです。そして、その営為が農村の景観を作り上げ、維持しているという認識がとても重要なのです。

「日本で最も美しい村」のひとつ、美瑛は波状性丘陵地に広がる畑地の景観で有名です。そして、観光客に人気の高い景観を維持するため、町や農家、関係者は大きな努力を払っていることを知るべきでしょう。例えば「赤麦」の栽培によって景観を彩るなどの努力は、農業による地域貢献として特筆されます。傾斜畑は営農機械の運用が危険で、耕耘や畝立てなどの作業が難しいのです。

農作業の危険を減らし、土壌流亡を抑えるには改良山成畑工、もっと言えば一筆圃場を水平にする階段畑工にしたいところですが、巨額の経費と景観を消耗させることになり、人気の高い「丘の風景」は損なわれることになりかねません。

自然の大地に手を加え、生きるための作物を育てること自体、元来の環境を攪乱することにはほかなりません。自然と人との共生という言葉は、何かしら矛盾を内包している感じがします。我々は自然の包容力にも限界があることを認識し、環境容量のなかで、いいかえると環境攪乱が自然回復できる範囲内の土地利用に制御した食料生産を続けるしかないように思います。近年、SDG s が言われていますが、これに先立つ地球サミット（1992）のブルントラント報告のなかで「持続可能な開発とは、将来の世代のニーズを充足する能力を損なうことなしに、今日の世代のニーズを満たしうるような開発」と定義されました。つまり、環境のことを考えない開発は持続可能ではない、ということを示したのです（蟹江憲史、2020）。ここで言う「開発」

を「畑作」とおきかえる覚悟があるか、と「今日の世代」は突きつけられていると思います。



写真－4 「日本で最も美しい村」

（美瑛町、2001）筆者撮影

参考文献

- 蟹江憲史；SDG s（持続可能な開発目標）、中公新書、2020
- 佐藤昌彦；佐藤昌介とその時代（増補・復刊版）、北海道大学出版会、2011
- 高倉新一郎・関秀志；北海道の風土と歴史、山川出版社、1977
- 長澤徹明ほか；北海道における土壌侵食抑制に関する研究（Ⅰ）～（Ⅳ）―、農業土木学会論文集、1993～1995
- 西潟高一；北海道における土壌侵蝕発現基盤とその防止に関する研究、北海道農業試験場報告62、1963
- 農林水産省構造改善局；土地改良事業計画指針、農地開発（改良山成畑工）、1993
- 北海道農業土木史編集委員会編；北海道農業土木史、農業土木学会北海道支部、1984

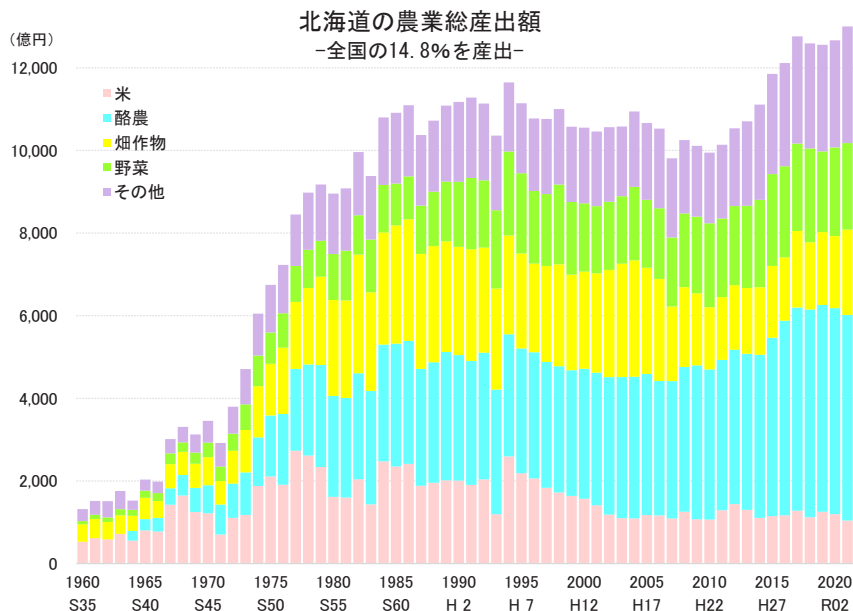
北海道農業の特徴



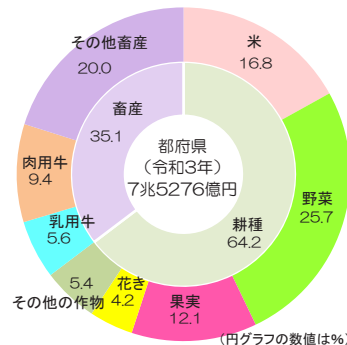
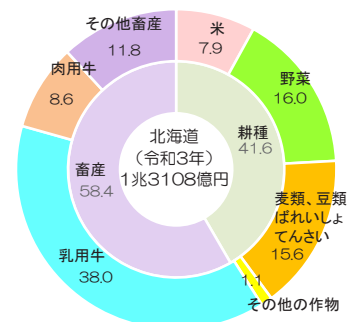
○北海道の農業産出額は、畑作物と酪農のウエイトが高いのが特徴です。

1984(昭和59)年以降、ほぼ1兆円の水準を維持しており、2021(令和3)年は1兆3千億円を超えました。全国に占める割合も年々高まっています。

○品目別の内訳をみると、酪農(乳用牛)が最大で4割のシェアを占め、次いで、野菜が16%、小麦やばれいしょ、てん菜等の畑作物が16%となっています。米の割合は8%で、全国の半分となっています。



(資料) 農林水産省「生産農業所得統計」



(円グラフの数値は%)

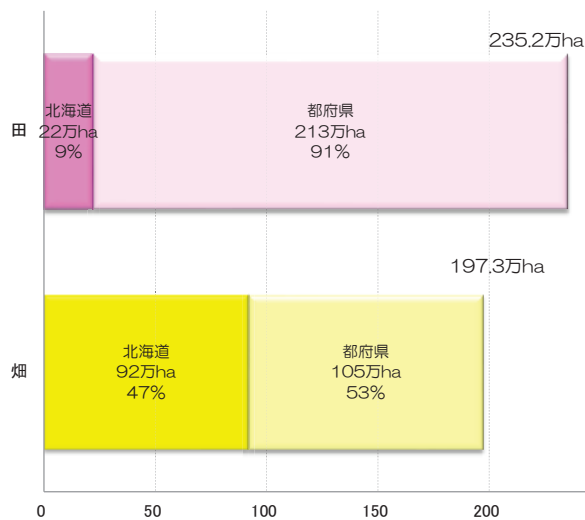
北海道畑作の役割



○北海道の農地は畑地(樹園地、牧草地を含む)が多く、全国の47%を占めています。

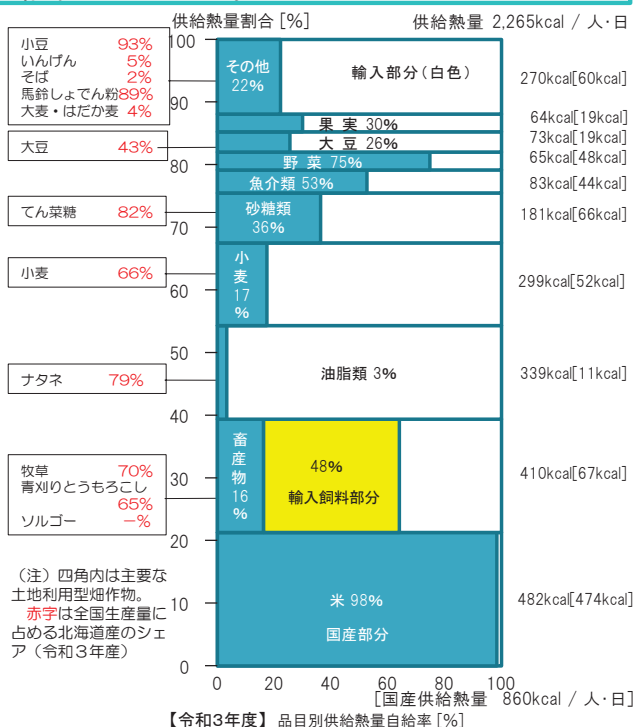
○北海道の畑地では、国内自給率の低い小麦や豆類(大豆や小豆等)、てん菜(砂糖の原料)、牧草(乳牛等の飼料)など土地利用型畑作物の生産が多く、わが国食料の安定供給に大きな役割を果たしています。日本の2021(令和3)年度のカロリーベース自給率は38%でした。

■北海道と都府県の田畑別耕地面積(令和4年度)



(資料) 農林水産省「耕地及び作付面積統計」

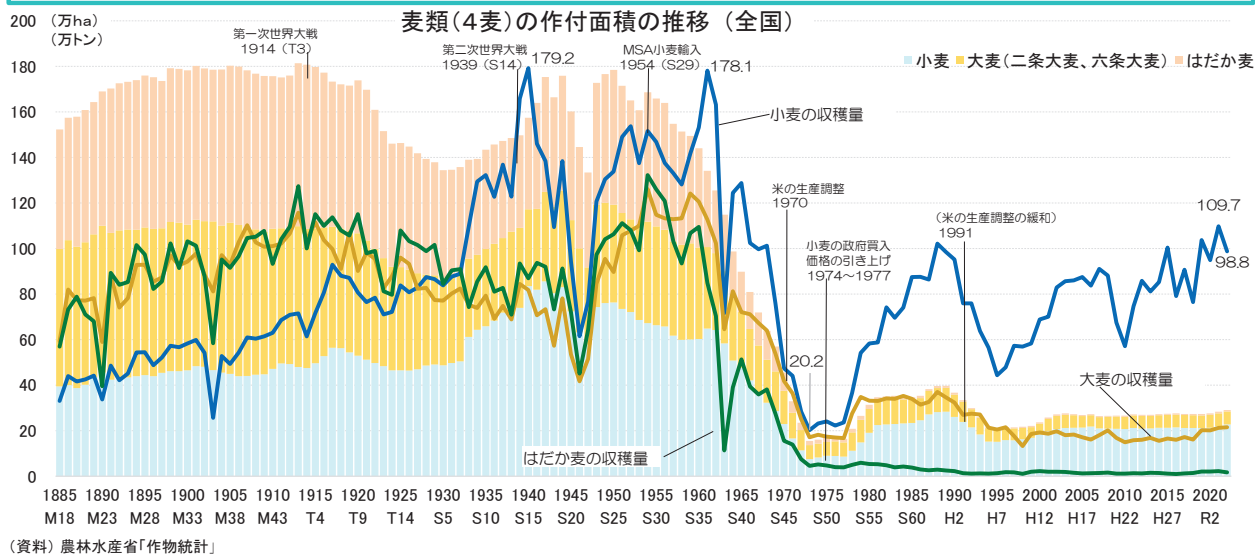
注:畑には樹園地(25.9万ha)を含む



わが国における麦類の歴史



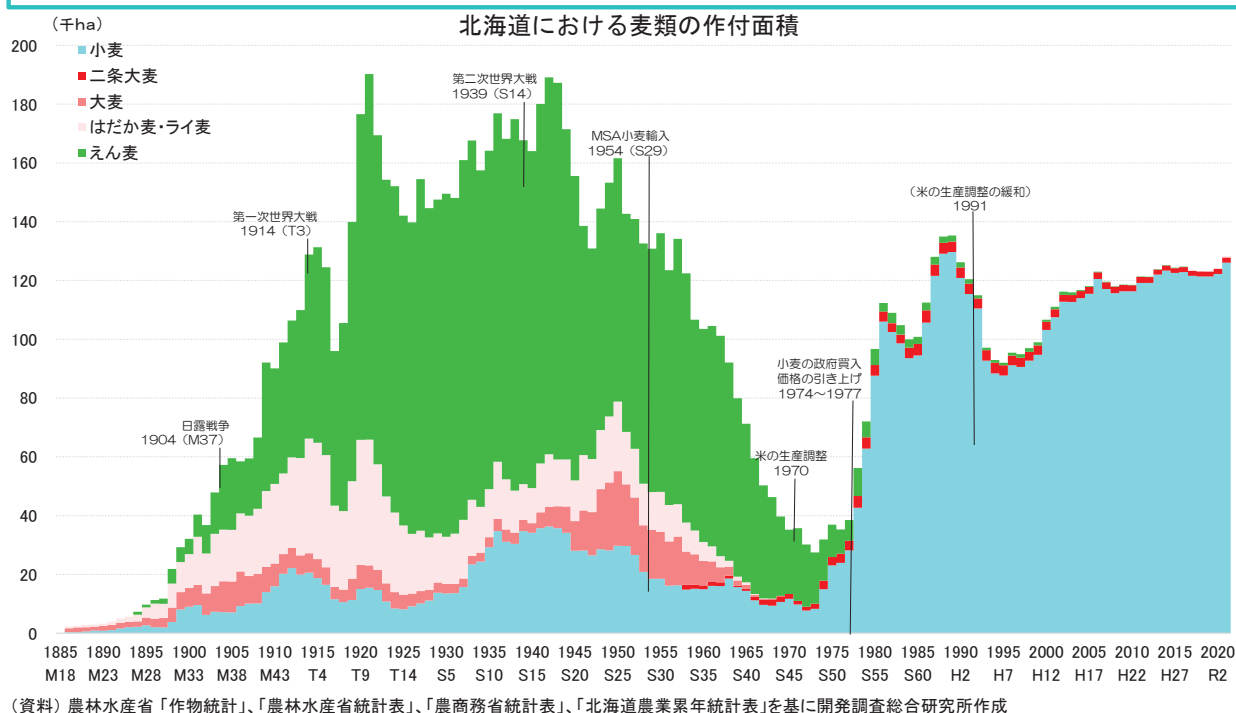
- 日本では、弥生時代に、小麦や大麦、大豆、小豆などが朝鮮半島から伝来したとされています。江戸時代になると、稲の裏作として麦類の栽培が普及し、麺類などの原料として、重要な食糧となっていました。徳川家康は、若い頃から健康に留意しており、麦ご飯を食べていたといわれています。
- 明治に入っても食糧作物としての麦の重要性は変わらず、栽培面積は約180万haで推移していました。その7割以上が大麦、はだか麦でした。文明開化を背景に、東京の木村屋が、小麦粉に酒種酵母を加えて生地にし発酵させた「あんパン」を発売し、小麦を原料としたパン食も広がりはじめました。
- 第二次世界大戦後の食糧難に対応して、稲作とともに麦作が奨励され、1950(昭和25)年には小麦、大麦、はだか麦の作付面積が178万haに達しました。その後は、安価な外国産小麦の輸入が拡大したこと等によって、国内の麦作は急減に縮小していきます。



北海道における麦類生産



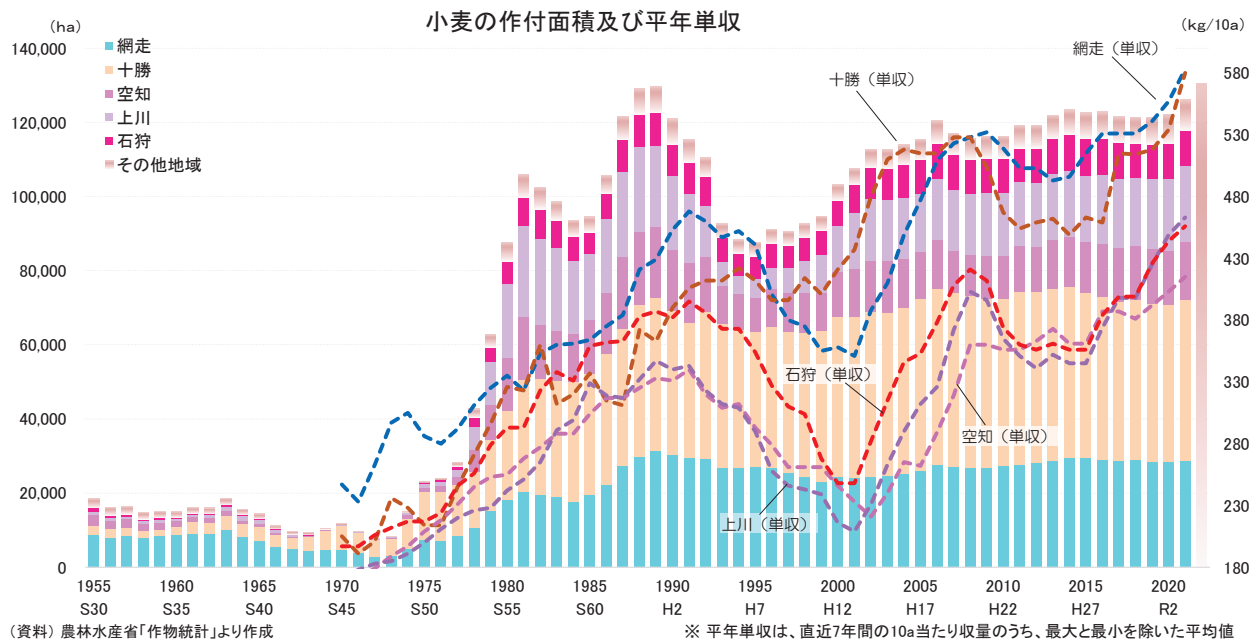
- はだか麦は、大麦の一種で容易に皮を剥いで実を取り出すことができるので、北海道でも開拓期から食用に生産されていました。えん麦は、換金作物として重要でした。日清、日露戦争を経て、日高種馬牧場の設置など軍用馬生産が拡大していくのに伴い、馬のエサとしてえん麦の生産が拡大しました。
- 戦後は、1970年代の小麦の生産者価格引き上げ等により、小麦の作付面積が拡大しています。



小麦の作付面積の推移



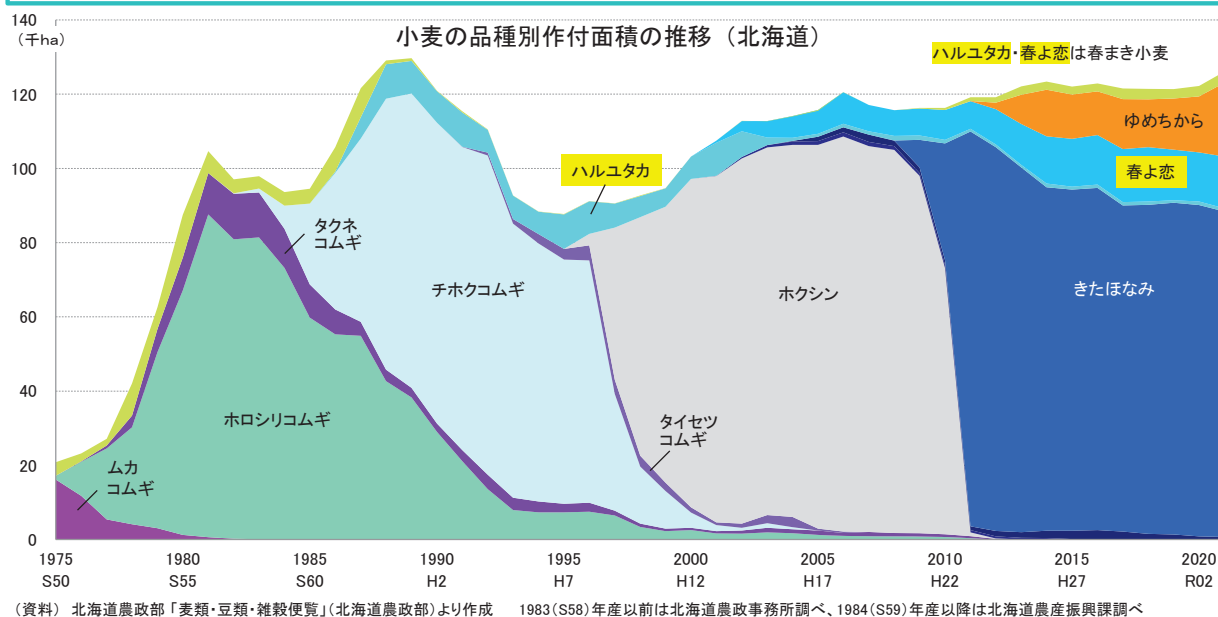
- 冷帯に属する北海道は降雨が少ないこともあり、日本の中にあつては小麦生産に適した地域となっています。道内で生産される小麦は、品種改良によって耐冷性、耐雪性が高まってきており、また、機械化によって投下労働時間が少なくなっていることから、大規模経営に適した作物となっています。
- 北海道でも、小麦等の輸入拡大によって、麦類は千ha程度まで縮小しましたが、1970年代後半から米の生産調整や麦類に対する補助金の増額等により、小麦の作付面積が急増しました。現在では、小麦の面積は約13万haで、その85%が秋まき小麦となっています。



北海道の小麦品種の変遷



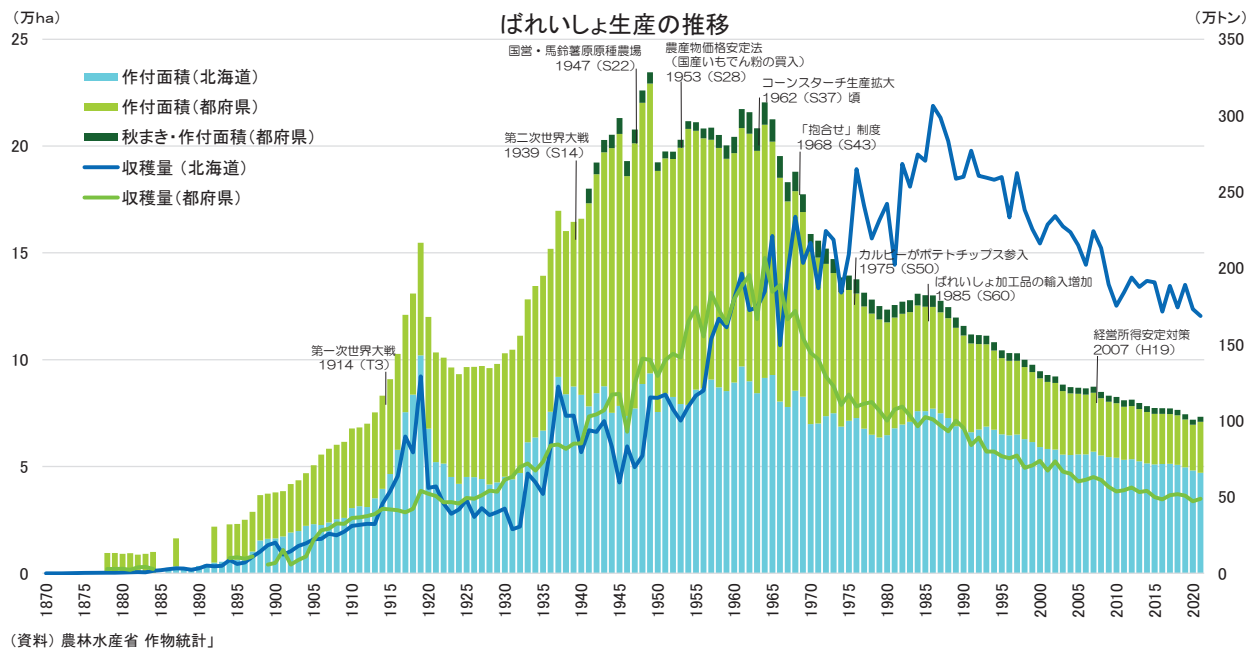
- 北海道では、1970年代後半から小麦生産が拡大しています。実需者の要請に応えられるよう、官民が連携して品種改良や栽培技術の改良に取り組んでおり、生産の安定化と品質向上を図ってきています。
- 2006(平成18)年に育成された「きたほなみ」は、小麦粉の粉色が良好で、ゆめめんの色、粘弾性ともに優れ、オーストラリア産のめん用小麦「ASW」に匹敵する高品質を実現しました。「きたほなみ」は2008(平成20)年秋から一般栽培が始まり、2011(平成23)年産では約10万haの作付面積となりました。
- 2012(平成24)年からは、製パン特性に優れた超強力小麦「ゆめちから」の本格的な作付けが始まっています。



わが国のばれいしょ生産の歴史



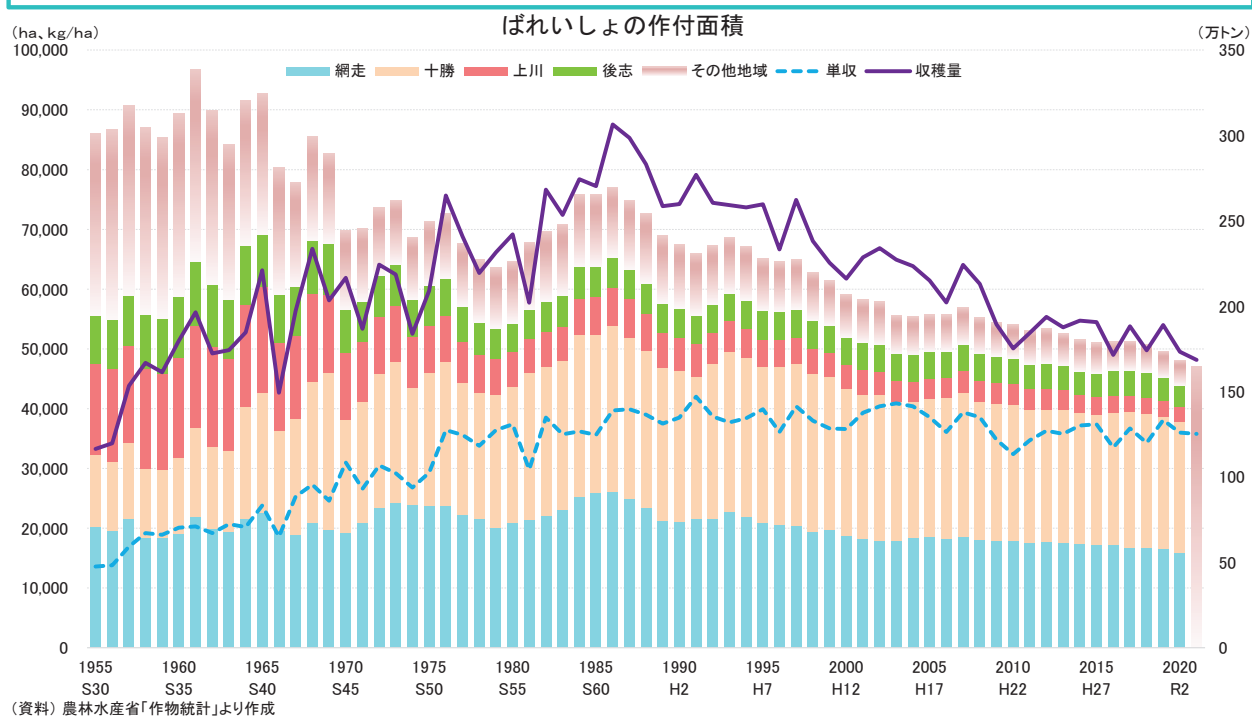
- じゃがいもの原産地は、南アメリカのアンデス高原といわれています。欧州には、16世紀末に持ち込まれ、冷涼な気候でも生育したことから、ヨーロッパ全土に広がりました。
- 日本には、慶長年間(1600年前後)に、ジャカルタを拠点にしていたオランダ人から伝わり、じゃがいもの名前も「ジャガタラ」に由来しています。日本では、飢饉の時の救荒作物として広まりました。
- 明治になって北海道開拓が始まり、開拓使による外国品種の導入や新品種の育成なども始まり、全国的に栽培されるようになりました。



北海道のばれいしょ作付面積の推移



- 北海道のばれいしょ作付面積は、平成に入ってから減少傾向にあり、2021(令和3)年産では47,100ha(全国の66%)となりました。
- 地域別の作付面積をみると、十勝が45%と最大となっており、次いで網走が33%で、この2つの地域で道内の約8割を占めています。



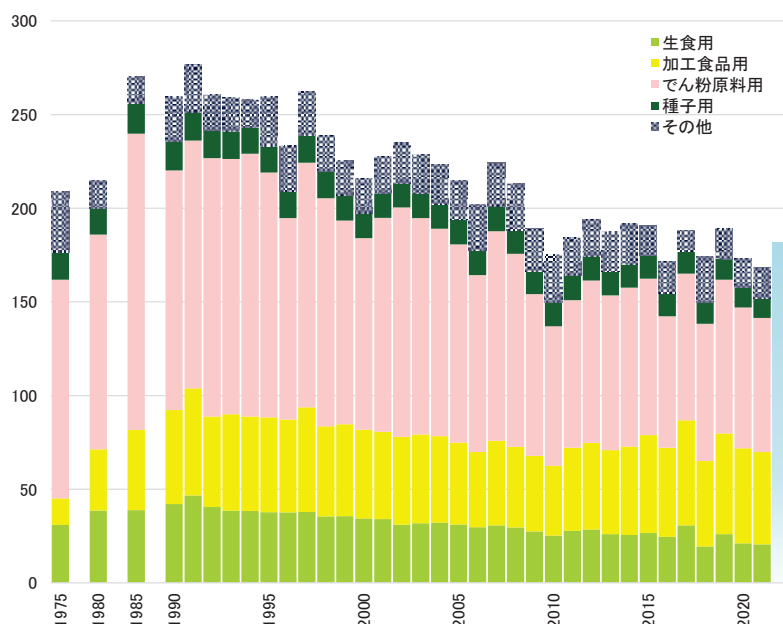
北海道のばれいしょの用途別生産量



○2021(令和3)年産ばれいしょの国内生産量は218万トンで、うち北海道産が78%を占めています。

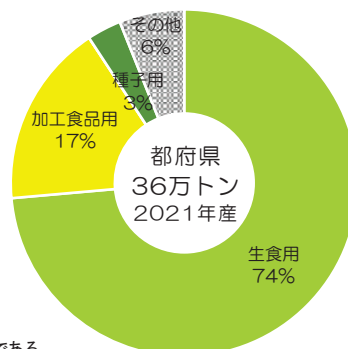
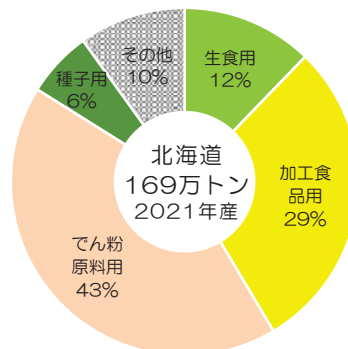
○道産ばれいしょの用途では、でん粉原料用が43%と一番多く、次いで加工食品用(ポテトチップなど)が29%、生食用が14%となっています。種子用では、道産が9割以上を担っています。

(万トン) ばれいしょの用途別消費量の推移(北海道)



(資料) 農林水産省「いも・でん粉に関する資料」

※その他は、飼料用及び減耗の合計である



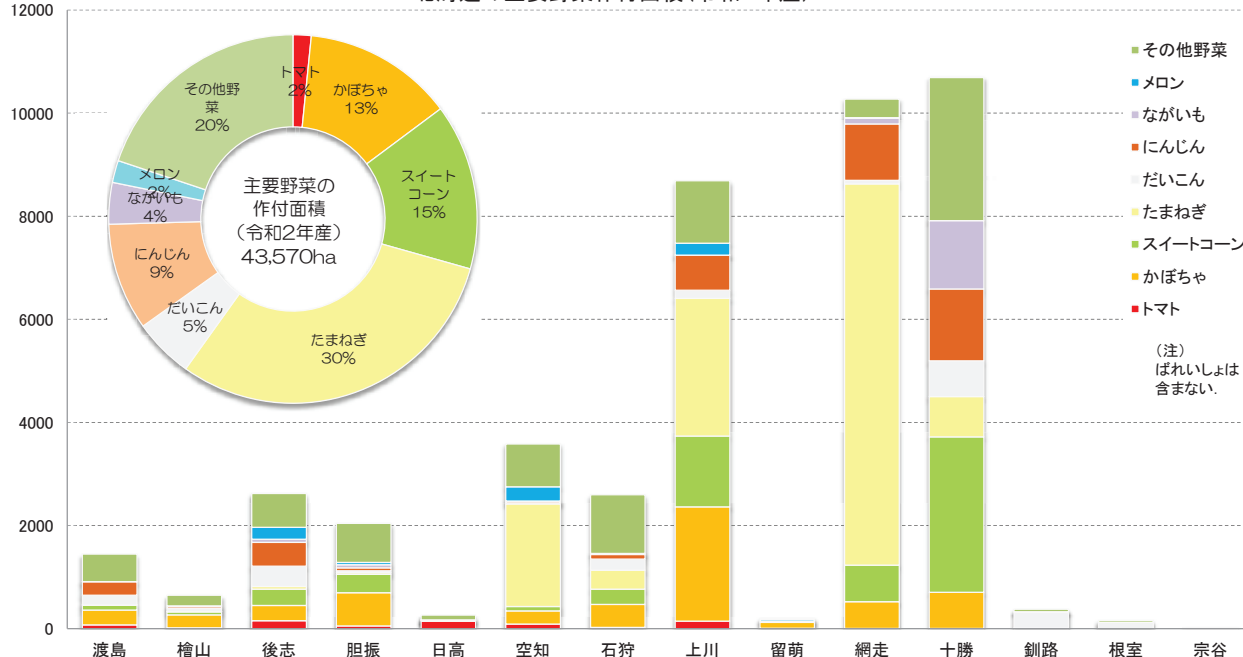
北海道の野菜類の生産



○北海道は、地域によって、真夏には日中の気温が30℃を超え、夜との寒暖差が10℃以上となることも珍しくありません。また、日照時間も長く、野菜の成長や養分を蓄える条件が適しています。さらに、冬季の積雪寒冷という気象条件が、害虫の発生を抑える働きがあります。

タマネギやニンジンをはじめ、大根やスイートコーンなどの野菜品目の生産量が全国一です。

(ha) 北海道の主要野菜作付面積(令和2年産)



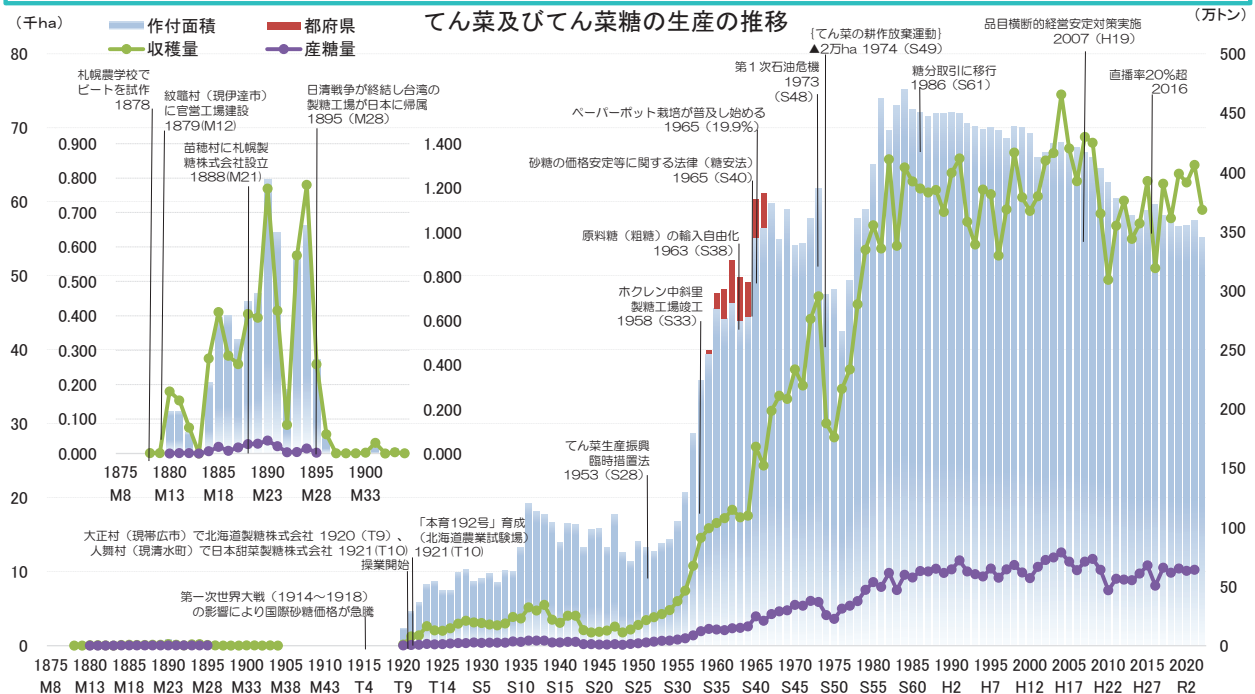
(資料) 北海道農政課「令和3年度主要野菜作付実態調査集計表」より作成。関係市町村からの聞き取りで「農林水産統計」とはデータの連続性がない

北海道のてん菜生産の歴史



○開拓使が1880(明治13)年に紋龍村(現在の伊達市)に、てん菜糖工場を建設し、てん菜の栽培も本格的に始まりました。明治後半には生産が中断しますが、大正に入って国際価格が高騰したのを契機に、大正村(現在の帯広市周辺)に製糖工場が建設され、てん菜生産が再開されます。

○第二次世界大戦後は、青森・岩手でも作付けされましたが、現在は北海道のみとなっています。

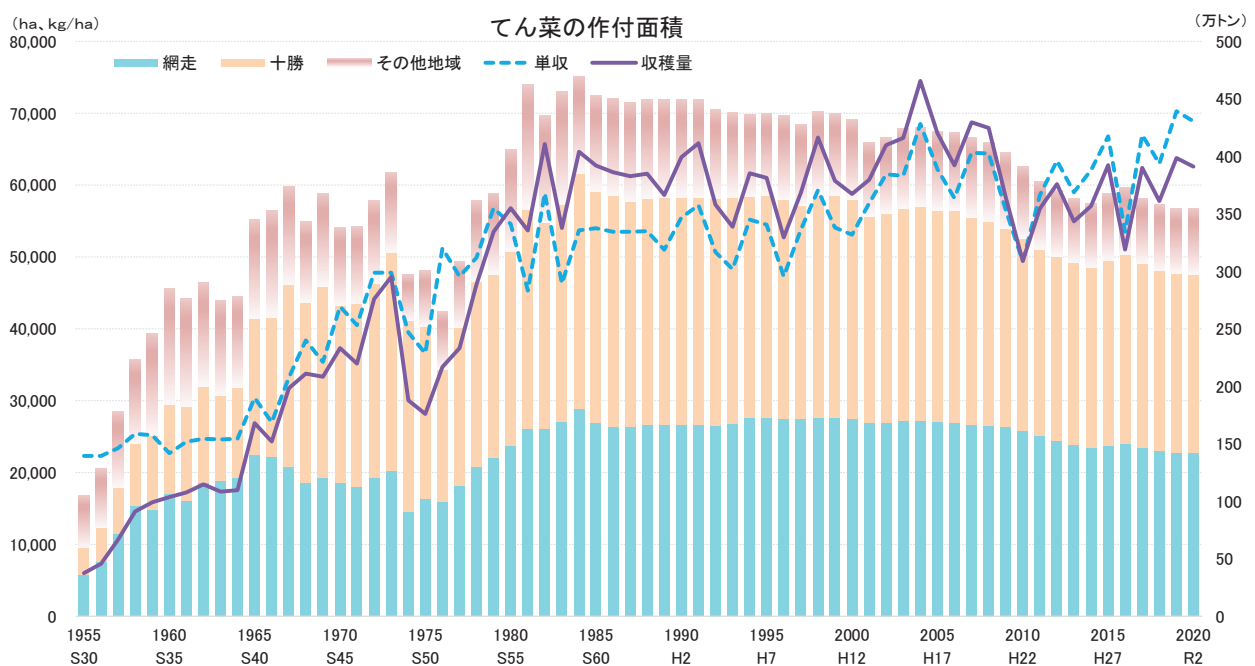


北海道のてん菜作付面積の推移



○砂糖類は、1980年代から清涼飲料用を中心に異性化糖による代替が進行し、人工甘味料等との競合、消費者の低カロリー志向等を背景として、砂糖の総需要量は減少傾向にあります。

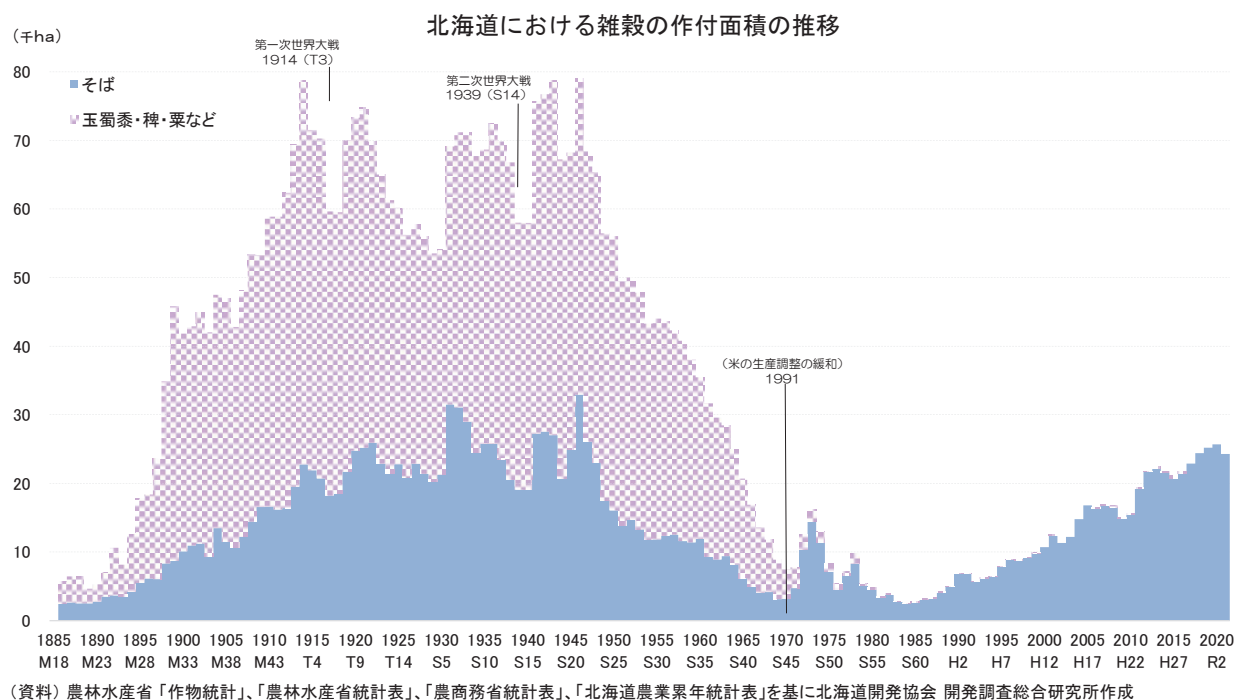
○てん菜の作付面積は、生産者の高齢化や労働力不足等により減少傾向で推移していますが、2020(令和2)年産は、56,749haと若干増加しました。地域別では、網走と十勝で全体の8割強を占めています。



北海道の雑穀生産



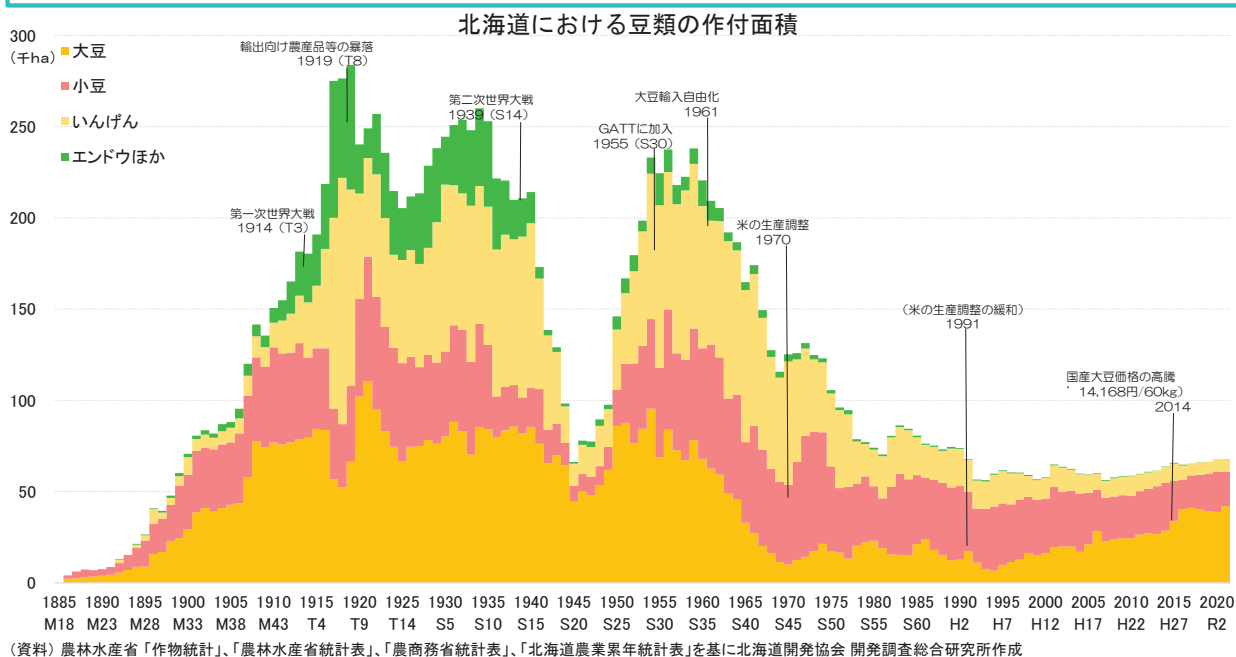
- 雑穀とは、米、小麦、トウモロコシ以外の穀物の総称です。よく知られているものでは、粟(あわ)、稗(ひえ)、黍(きび)、胡麻(ごま)、蕎麦(そば)、大豆などが挙げられます。
- 蕎麦は、双子葉植物で比較的冷涼な気候を好み、北海道は全国の生産量の半分を生産しています。「そばの実」を製粉したのが蕎麦粉で、水やつなぎを加えて生地にし、茹でて食されるのが一般です。



北海道の豆類生産の歴史



- 北海道の開拓が始まった頃は、豆類は入植者の自家消費用に生産されていましたが、内陸部に鉄道が開通するようになって、小豆や菜豆等が移出されるようになりました。特に、第一次世界大戦の影響で国際価格が高騰すると、十勝を中心に菜豆やエンドウの作付面積が拡大しました。
- 第二次世界大戦後の食糧不足に対応するため、豆類の生産が拡大し、小豆は「赤いダイヤ」と称されるほど価格が高騰し、作付面積が増加しました。その後は、農産物の自由化の進展に伴い、国内生産は急速に減少していきます。

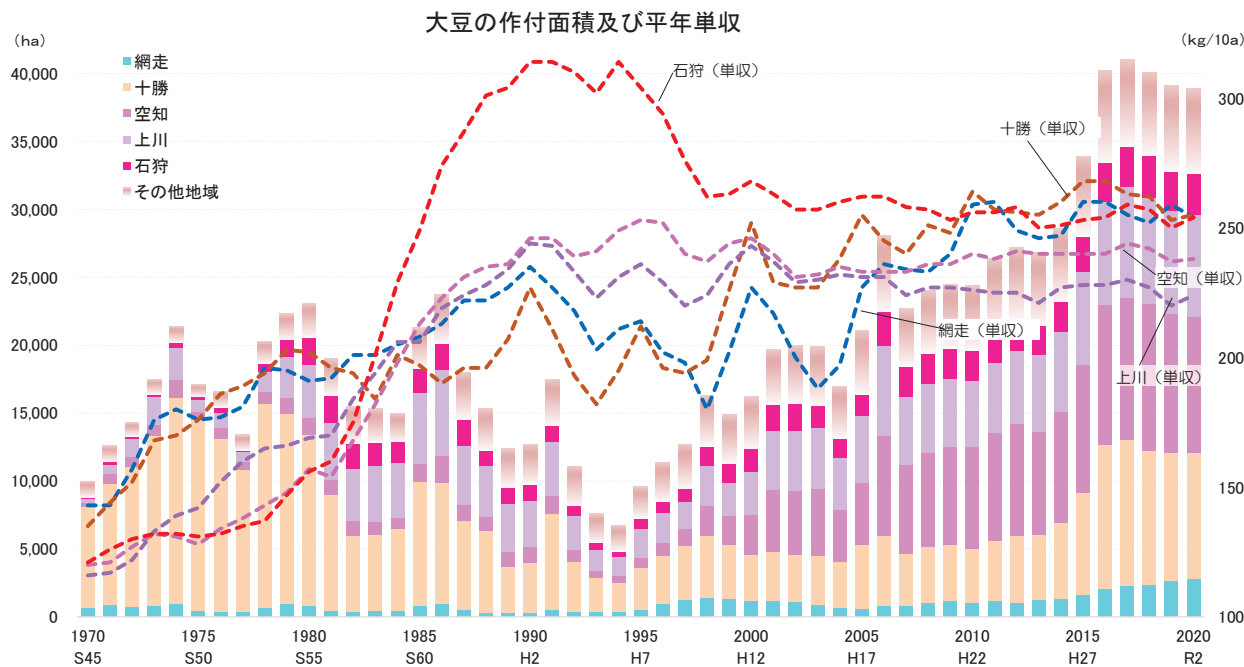


北海道の大豆作付面積の推移



○わが国の大豆生産は、米の生産調整を背景に162,700ha(1987年)まで増加した後、1994(平成6)年には60,900haにまで減少しましたが、その後は増加傾向となり、近年は14万ha前後で推移しています。

○北海道でも、1994(平成6)年に6,740haまで減少しましたが、その後は、米の生産調整を背景に、石狩、空知、上川の転換畑で作付が拡大し、近年は約4万haで推移しています。



(資料) 農林水産省「作物統計」より作成

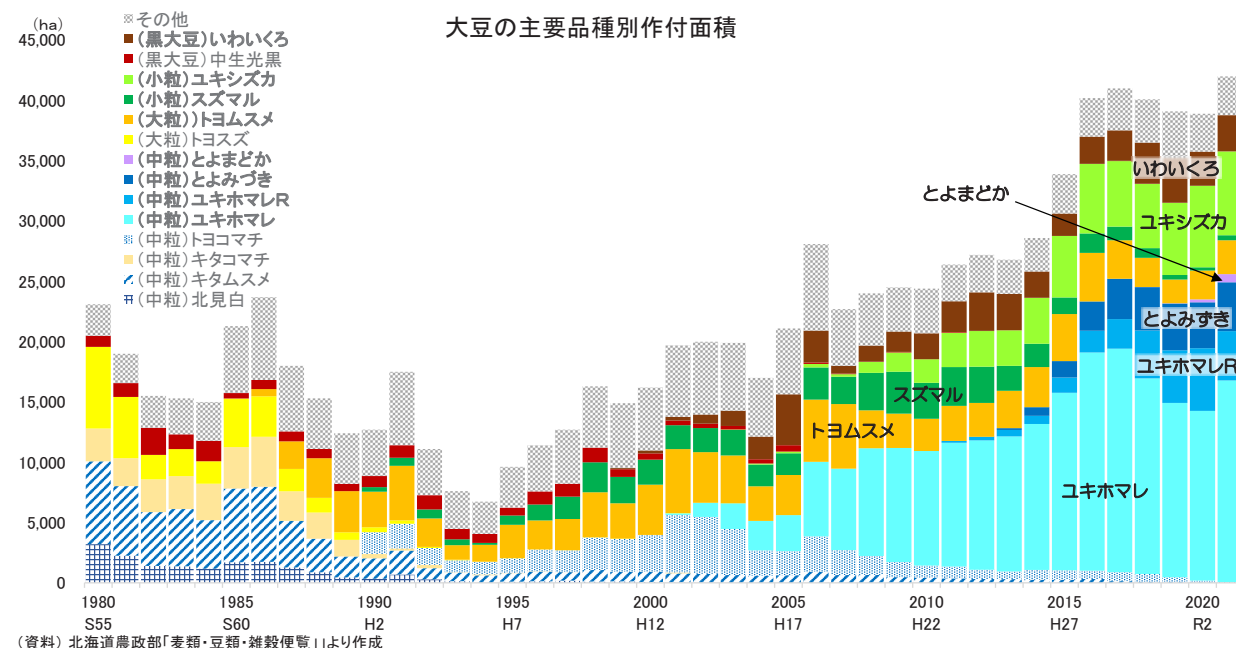
※ 平年単収は、直近7年間の10a当たり収量のうち、最大と最小を除いた平均値

北海道の大豆の品種



○北海道の大豆品種は、美味しさの代表的指標であるショ糖含量が高く、煮豆や惣菜に利用されています。大粒・中粒品種は、煮豆・豆腐・みそ等一般的な用途に仕向けられており、ユキホマレの作付面積が最も多くなっています。

一方、タンパク質含量が低かったことから、豆腐製造にあまり向いていませんでしたが、近年はタンパク質含量の高い「とよみずき」の面積が増えています。納豆用の小粒品種では「ユキシズカ」が主力となっています。



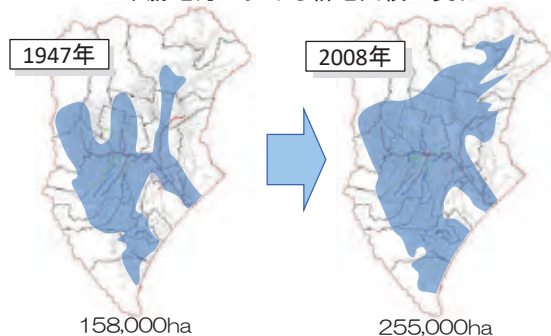
(資料) 北海道農政課「麦類・豆類・雑穀便覧」より作成

北海道の畑作農業と排水改良

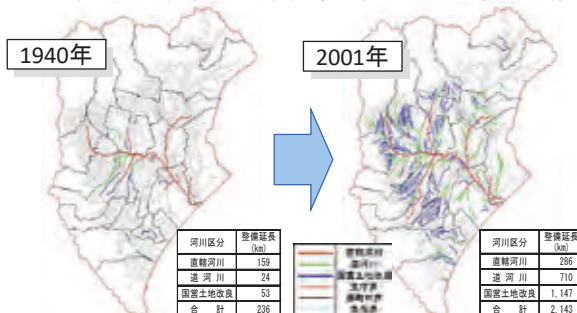


- 北海道の畑地は、低平地に拓けており、排水条件が悪く、作物の収量も上がりませんでした。
- 十勝地域では、国営事業等によって基幹的な排水路や暗渠排水等の整備、河川改修等が実施され、耕地面積が大幅に拡大するとともに、畑作物の単位面積当たり収量が増加し品質も向上しました。

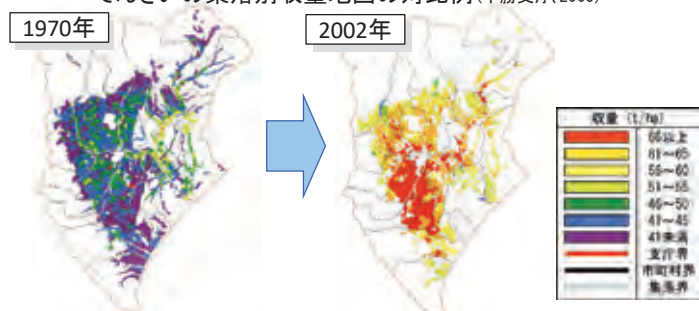
十勝地方における耕地面積の変化



河川改修及び国営土地改良事業実施による排水整備



てんさいの集落別収量地図の対比例(十勝支庁、2005)



大規模畑作地帯(芽室町)

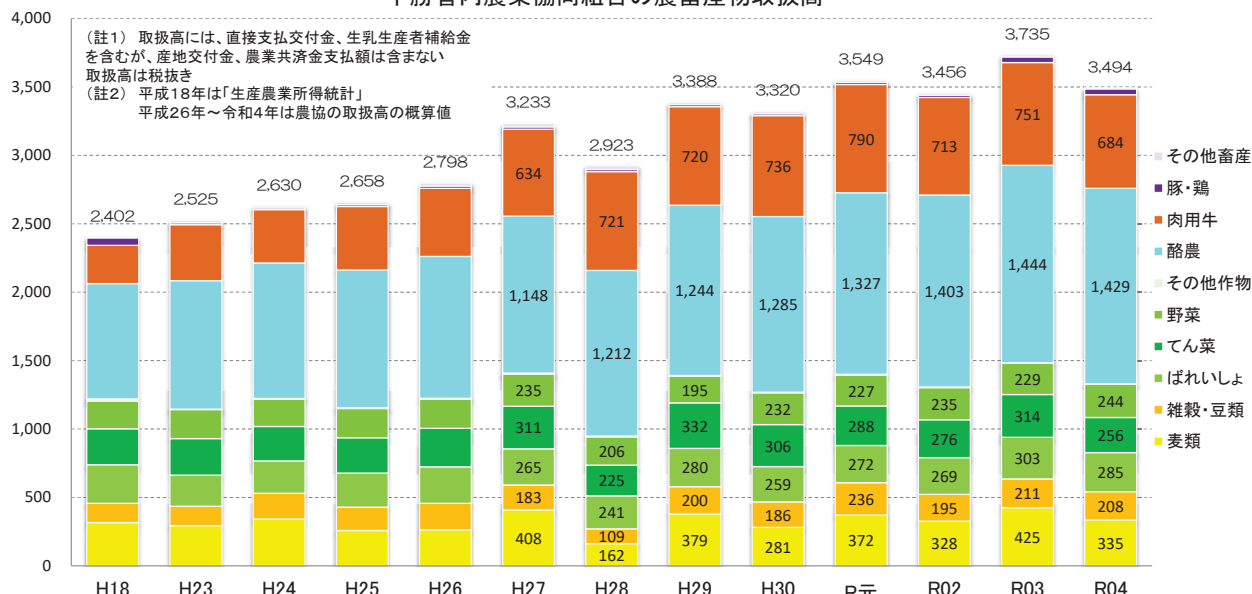
北海道の畑作農業～十勝地域の農業産出額



- 北海道畑作は、輸入農産物と競合する品目が多いことから、国の「経営所得安定対策」に支えられ、農業経営の安定が図られています。
- また、畑作地帯では、てん菜を原料とする製糖工場や、ばれいしょを原料としてポテトチップスやでん粉を製造する工場、豆類や野菜を原料とする食品製造工場が立地しています。牧草等の飼料作物は乳用牛等のエサとなり、さらに、バターなど乳製品や食肉に加工され、全国に届けられています。
- 畑作農業は、食品工場や資材産業、運送業等を結びつき、地域の経済や雇用を支えています。

(億円)

十勝管内農業協同組合の農畜産物取扱高



ほっかいどう学
「北海道の持続的な畑作農業」

令和5年3月

一般財団法人 北海道開発協会
〒001-0011 札幌市北区北11条西2丁目
セントラル札幌北ビル
(代表) 011-709-5211

冊子の作成には、ライラック基金を活用しています

※冊子内のイラストや画像の他、テキストの無断転載・無断使用を禁じます



一般財団法人 **北海道開発協会**
Hokkaido Development Association