

バレイショ収量予測モデルを用いた 収量水準の国際比較

北海道教育大学札幌校 講師

でぐち 哲久

1 はじめに：日本のバレイショ生産は欧米に取り残されたのか

近年、日本のバレイショ収量は約32t ha⁻¹で頭打ちの傾向を示している。一方、アメリカや欧州の主要国における収量の推移をみると40t ha⁻¹を超えて増加を続けており、日本と欧米の収量差は、1995年時点での2～5t ha⁻¹から2000年以降で12～16t ha⁻¹にまで拡大している（図1）。

一見、こういったデータは欧米でのバレイショ生産の進歩に日本が取り残されたことを示唆しているように見える。しかし、栽培技術や品種開発について、日本が具体的にどのような点で欧米に劣っているのか

は不明瞭であった。

そもそも、収量水準は生育日数や気象条件といった栽培環境によっても多大な影響を受ける。各国の収量の値を単純に比較したところで、その差異が栽培技術、品種開発および栽培環境の何に起因しているのかについて論じることは不可能であると考えていた。

2 収量予測モデルによる比較

この課題に取り組む機会を得たのは2015年のことだった。バレイショ収量予測モデル“LINTUL-POTATO-DSS”¹⁾を報告したばかりのHaverkort氏が北海道大学に短期

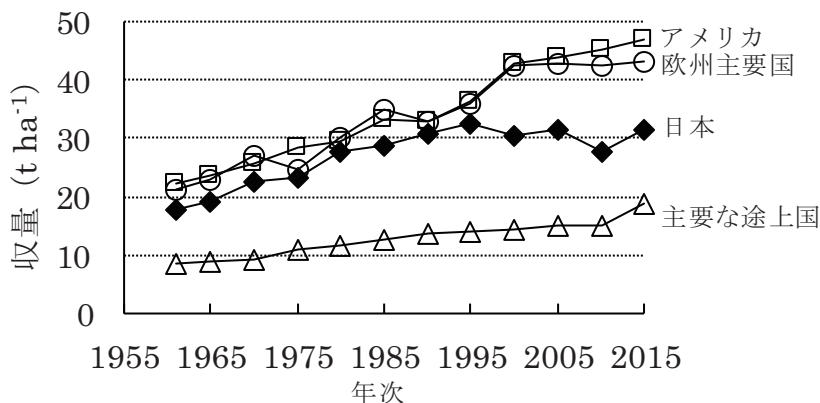


図1 日本、アメリカ、欧州主要国^{a)}、主要な途上国^{b)}におけるバレイショ収量の推移

a) オランダ、フランス、イギリス、ドイツの平均を示す。

b) 中国、ロシア、インドの平均値を示す。

滞在することになり、このモデルを利用した共同研究のお誘いを頂いたのである。

本モデルについて簡単に紹介する。モデル名の“LINTUL”はLight Interception and Utilizationの略であり、バレイシヨの受光量および光利用効率の計算に基づいた収量予測を行うことに由来する。モデルの稼働には気象データおよび植え付け日・収穫日のデータを用いる。得られる収量の推定値は、その生育日数および気象条件において病虫害が無いときに達成可能な収量を意味するため、これを潜在収量（Potential yield）と呼ぶ。具体的な計算方法については、引用文献^{1,2)}をご参照いただきたい。

本モデルの潜在収量を利用することで、各国の栽培環境が収量におよぼす影響を比較することが可能と考えられた。また、潜在収量に対する実際に得られた収量（実収量）の比率（Actual/Potential ratio、以下A/P比と略す）を算出することで、解析対象とした地域の栽培技術および品種開発がバレイシヨの潜在収量をどの程度引き出しているかを比較することが可能になると考えられた。

そこで、実収量だけでなく、潜在収量およびA/P比も同時に国際比較することで、日本におけるバレイシヨ生産の国際的な位置づけが明確になると考え、Haverkort氏

に解析目標のうちのひとつとして提案した。

3 本稿の目的

当時の研究成果は英文誌に掲載済みであり³⁾、また日本のバレイシヨ関係者に向け、和文でまとめ直しての掲載もすでに行っている²⁾。しかし、収量水準の国際比較については、論文を執筆した2015年時点ではモデルの発表から日が浅かったために、海外でのモデルの利用事例が少なかったことが心残りであった。

そこで、本稿では2016年以降に発表された同モデルを利用した論文2報^{4,5)}を追加で参照することで比較の幅を広げ、紙面を割いて議論を行うことで日本のバレイシヨ生産の位置づけをより明確とすることを目的とした。

4 日本のバレイシヨ生産の解析

北海道の10地域を対象とした解析と日本の47都道府県を対象とした解析を行った。モデル解析に必要な気象データ・実収量・植え付け日および収穫日のデータの取得方法を表1に示す。なお、今回の報告では生産面積第3位までの北海道、長崎県および鹿児島県の値のみ示すこととした。詳細については過去の報告を参照されたい^{2,3)}。

表1 日本を対象としたモデル解析の内容

	北海道	日本全体
対象地域数	10地区	47都道府県
年次	1993年～2013年	2005年～2014年
気象データ	Meteocrop DBより	Meteocrop DBより
実収量	農林水産省の統計データより	農林水産省の統計データより
植え付け日と収穫日	農業試験場への聞き取り ^{a)}	野菜の種類別作型一覧（2009年）からの読み取り

a) その地域の農家の半数が植え付けを終える日を植え付け日、半数が収穫を終える日を収穫日とした。

5 海外のモデル解析事例の収集

海外のバレイショ生産地域において LINTUL-POTATO-DSS を用いて同様の解析が行われた事例を収集し、5 報の論文⁴⁻⁸⁾を得た。これら論文にあるデータを引用し、日本との比較に用いる。これまでの報告^{2,3)}でデータを引用した国のうち、その後の論文でより詳細なデータが示されている場合には引用文献を更新した。

なお、モデルの性質上、解析は国全体ではなく特定の地域を対象とすることに注意が必要である。各論文で解析対象となった地域の多くは各国において重要なバレイショ生産地域であるため、今回の比較は国家間の比較というよりは、各国の主要生産地間でのバレイショ生産の比較ということになる。しかし、それは今回の解析目標において問題ないと判断した。

6 実収量の国際比較

LINTUL-POTATO-DSS を用いて行われた潜在収量および A/P 比の解析結果を収集し、整理したものを表 2 に示す。日本で最も実収量が高かったのは北海道の 35 t ha^{-1} であった。これを海外の実収量と比較すると、アメリカの Washington (76 t ha^{-1}) やオランダの Flevoland (63 t ha^{-1}) の収量は極めて高く、また南アフリカ (48 t ha^{-1}) やアルゼンチン (43 t ha^{-1}) でも北海道よりも高い実収量を示した。また、日本では北海道に次ぐバレイショ産地として知られる長崎県や鹿児島県の実収量は $19\sim 27\text{ t ha}^{-1}$ であり、これは今回の比較に用いたデータ群の中でも低い部類に属していた。

このように実収量だけを比較していく

と、海外のバレイショ生産が盛んな地域と比較して、日本の栽培技術および品種開発が劣っているような印象を受ける。しかし、繰り返しになるが、収量水準は生育日数や気象条件といった栽培環境にも強く影響を受けることに注意する必要がある。

7 潜在収量の国際比較

世界各地の潜在収量を比較したところ、 $32\text{ t ha}^{-1}\sim 125\text{ t ha}^{-1}$ まで広い範囲の値をとることが明らかとなった (表 2)。日本の潜在収量は $32\text{ t ha}^{-1}\sim 56\text{ t ha}^{-1}$ と相対的に低い水準にある一方、実収量の高かったアメリカの Washington では 125 t ha^{-1} 、オランダの Flevoland では 96 t ha^{-1} という極めて高い潜在収量を示したことからも、国や地域ごとの実収量の差異には栽培環境が大きく影響していることが示唆された。

日本の潜在収量が国際的にみて低水準にあるのはなぜだろうか。潜在収量は生育日数および生育期間中の平均日射量と正の相関関係を示す²⁾。長崎県および鹿児島県では、夏季が高温であり、作期を春作と秋作に分割しているため、生育日数の短さが潜在収量の低さの主要因であると推察できる。

一方、北海道は夏季が冷涼であるため、春に植え付けて秋に収穫することで長期の生育日数を確保することが可能である。しかし、それでも潜在収量は 56 t ha^{-1} と国際的にみて高い水準にあるとは言えない。考えられる要因として、北海道では市場の多様な需要に応えるべく早生品種も多く栽培されていること、日本は曇天・雨天日も多いため晴天日が少なく、日射量を稼ぐことができないことの 2 点が主要因であると推

表2 LINTUL-POTATO-DSS での解析が行われた地域における実収量、潜在収量、A/P 比の国際比較

地域分類および国名	解析対象 データ数 ^{a)}	実収量 (t ha ⁻¹)	潜在収量 (t ha ⁻¹)	A/P 比	引用文献
<u>日本^{b)}</u>					
北海道	10	35	56	0.62	Deguchi et al. (2016)
長崎県 春作	1	27	41	0.68	Deguchi et al. (2016)
長崎県 秋作	1	19	32	0.60	Deguchi et al. (2016)
鹿児島県 春作	1	20	50	0.40	Deguchi et al. (2016)
鹿児島県 秋作	1	20	38	0.52	Deguchi et al. (2016)
<u>アメリカ^{c)}</u>					
Washington	1	76	125	0.61	Deguchi et al. (2016)
Maine	1	36	76	0.47	Deguchi et al. (2016)
<u>オランダ^{c)}</u>					
Flevoland	1	63	96	0.66	Kempenaar et al. (2017)
Drenthe	1	47	96	0.49	Kempenaar et al. (2017)
<u>アジア</u>					
バングラデシュ	1	35	61	0.57	Kempenaar et al. (2017)
インド	2	32	46	0.70	Kempenaar et al. (2017)
中国	2	29	65	0.44	Kempenaar et al. (2017)
インドネシア	2	17	33	0.51	Kempenaar et al. (2017)
ベトナム	2	16	40	0.39	Kempenaar et al. (2017)
ミャンマー	2	14	40	0.35	Kempenaar et al. (2017)
<u>アフリカ</u>					
南アフリカ	15	48	77	0.64	Steyn et al. (2016)
ジンバブエ	7	28	88	0.32	Svubure et al. (2015)
アルジェリア	2	28	39	0.71	Kempenaar et al. (2017)
レソト ^{d)}	8	26	57	0.45	Molahlehi et al. (2013)
ケニア	1	19	60	0.32	Kempenaar et al. (2017)
エチオピア	3	13	63	0.20	Kempenaar et al. (2017)
<u>南米</u>					
アルゼンチン	1	43	66	0.66	Kempenaar et al. (2017)
チリ	20	31	74	0.42	Haverkort et al. (2014)

a) 地域、作期、灌水の有無など、論文によって様々な着眼点で解析が行われているが、本表には平均値を示す。なお、同一条件で複数の年次での評価が行われている場合にはその平均値を用いる。

b) 日本の作付面積の上位3道県の値を示す。

c) 日本との比較において重要であるため、地域間の平均をとらずにデータを示す。

d) 実収量および潜在収量について、論文内では乾物重データが提示されているが、同論文内の乾物率データおよびモデル上の乾物率を用い、生重に換算して示す。

察された。

なお、北海道の夏季は全体として冷涼ではあるものの、地球温暖化の進行に伴い、夏季の高温ストレスが深刻化する可能性はある。実際、本モデルによる2℃の気温上

昇を想定した解析では、道南地域の潜在収量は5%～10%程度の低下が想定された^{2、3)}。高温ストレス耐性品種の開発は今後重要となるだろう。

次に、海外で潜在収量の高かった地域の

特色について検討したところ、南アフリカやジンバブエでは標高が高いため、高い日射量と冷涼な気候が両立されていること^{4,8)}、オランダでは生育日数が170日と長いことに加え、高緯度にあるため生育中期の日長が16時間程度と長く、多くの日射を利用できること⁵⁾などが指摘されていた。このように、標高や緯度といった要因も国際的な収量差に影響を及ぼしている点に留意する必要がある。

8 各国のA／P比の差異についての考察

今回の解析対象となった地域において、A／P比は0.20～0.71まで幅広い値をとっていた。日本の主要生産地におけるA／P比は0.40～0.68であり、アメリカの0.47～0.61、オランダの0.49～0.66と概ね同水準であることが明らかとなった。この結果は、日本のバレイショ栽培技術および品種開発は欧米と同等の水準で潜在収量を引き出していることを示唆している。

また、Kempenaarら(2017)は「バレイショ生産における主要な課題を解決し、経済的に最適な栽培を行っている地域においては、A／P比は0.65に収束する。農家はさらにA／P比を向上させることもできるが、種イモ、水、肥料や農薬への投資に見合った収量増が得られない」と言及している⁵⁾。北海道や長崎県のA／P比が0.60～0.68という値を取ったことも、日本の栽培技術および品種開発は十分に高い水準にあることを示唆するものであろう。

一方、A／P比の水準が低い国について、ベトナム、インドネシア、エチオピア、ミャンマーにおいては国民一人あたりの年間バレイショ消費量が少なく、国民の食生活に

おける重要性が低いこと⁵⁾、チリ、ジンバブエ、レソトにおいては重要な作物ではあるものの、適切な作期の選定や、肥料の投入といった栽培技術の水準が十分でないこと⁶⁻⁸⁾が背景として説明されていた。

日本の47都道府県の比較においても、主要な産地以外のA／P比は低水準であり、例えば中部、近畿、中国、四国地方の春作バレイショのA／P比は0.27～0.39程度にとどまっていた^{2,3)}。これらの地域においてもA／P比をさらに引き上げることは理論上可能と考えられるが、最適な栽培技術を実行することの費用対効果が低いため、A／P比が低水準にとどまっていると推察された。

9 おわりに

今回、国際比較に特化した原稿のご依頼をいただき、改めて最新の文献を収集し、各国の潜在収量やA／P比の差異をもたらしただ要因について整理して示すことができたことは幸運だった。

解析の結果から、日本の主要なバレイショ生産地における栽培技術および品種開発は、世界的にみても高い水準で潜在収量を引き出していると結論付けられた。さらにはA／P比が0.65に達すると、さらなる収量性の向上を目指しても費用対効果が見合わなくなるというKempenaarらの見解も紹介した。

しかし、個人的にはバレイショ品種の多収性向上によるA／P比の向上は可能ではないかと考えている。本モデルでは光利用効率の最大値を1.25、収穫指数を0.75として乾物生産を推定しているが、これらの数値は少ないデータ投入でモデルを稼働でき

るように経験的な値を設定しているにすぎない。草型や光合成速度の向上による光利用効率の向上や乾物分配の最適化による収穫指数の向上を目指す基本的な作物学的アプローチにはまだ伸びしろがあると期待している。遺伝子レベルの解析や遺伝資源の拡充といった育種学的アプローチに加え、作物学的なアプローチにも今後の発展を期待して本稿の結びとしたい。

引用文献

- 1) Haverkort A. J. et al., Potato Research 58 : 313-327 (2015).
- 2) 出口哲久ら、北農 第85巻 第2号 124-130 (2018).
- 3) Deguchi T. et al., Potato Research 59 : 207-225 (2016).
- 4) Steyn J. M. et al., Field Crops Research 199 : 136-149 (2016).
- 5) Kempenaar C. et al., Open Agriculture 2 : 544-551 (2017).
- 6) Haverkort A. J. et al., Potato Research 57 : 13-31 (2014).
- 7) Molahlehi L. et al., Potato Research 56 : 237-258 (2013).
- 8) Svubure O. et al., Field Crops Research 178 : 77-90 (2015).