

令和6年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 3104-215141 （経常（一般）研究）

1. 研究課題名と成果の要約

- 1) 研究成果名：気象情報を用いた水稻「ゆめぴりか」のタンパク区分に基づく基準品率の早期予測技術（研究課題名：北海道米の戦略的生産体制支援システム構築に向けたタンパク質含有率予測技術の開発）
- 2) キーワード：気象情報、「ゆめぴりか」、タンパク区分、早期予測、累積分布関数
- 3) 成果の要約：「ゆめぴりか」の基準品率とタンパク区分は、出穂期後20日までの気象情報から重回帰式で予測したタンパク質含有率の平均値と標準偏差を累積分布関数に代入して予測できる。開発したアプリに、作付面積割合に応じて選定した410地点の気象情報を入力することで全道の基準品率を予測できる。

2. 研究機関名

- 1) 代表機関・部・グループ・役職・担当者名：中央農業試験場・水田農業部・水田農業グループ
・研究主任・巽 和也
- 2) 共同研究機関（協力機関）：中央農業試験場・農業環境部・環境保全グループ、ホクレン農業総合研究所（北海道農産協会、北海道農政部生産振興局技術普及課、北海道農業研究センター）

3. 研究期間：令和4～6年度（2022～2024年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

極良食味米品種「ゆめぴりか」は、ブランド維持のため厳しい品質基準が定められ、タンパク質含有率による仕分け出荷が行われている。しかし、基準品率の年次変動が大きく安定的な供給の支障となっている。基準品率を早期に把握し流通販売戦略を策定するため、タンパク区分の収穫前予測技術の確立が求められている。

2) 研究の目的

農研機構メッシュ農業気象データを用いて、位置情報と移植日に紐づく気象情報から、出穂期後30日（収穫前20日）までに「ゆめぴりか」の基準品率を予測する技術と簡便な予測システムを開発する。

5. 研究内容

1) 生育予測モデルと気象情報によるタンパク区分に基づく全道の基準品率の予測技術の開発（R4～6年度）

- ・ねらい：生育予測（DVR）モデルを活用し気象情報からタンパク区分割合を予測する技術を開発する。
- ・試験項目等：位置情報と移植日からDVRモデルで幼穂形成期と出穂期を推定し、生育期節を起算日とした気象情報を用いた重回帰式と正規分布の累積分布関数を活用した予測技術を開発する。供試データ：学習データ（2008～2020年のべ9882点、北海道農産協会による食味分析事業、2008年を除き各年500地点以上）、検証データとしてホクレン定点ほ場と農政部による農作物生育状況調査（作況）ほ場（2021～2024年のべ304点）

2) 地域および地点毎の基準品率の予測技術の実証と予測値のマッピング（R5～6年度）

- ・ねらい：1)で開発した技術を地域（振興局）毎および地点毎で検証する。
- ・試験項目等：食味分析事業の調査地点を振興局単位に分割しホクレン支所別の入庫実績データと比較することで地域毎の予測、検証を実施する。また、地点毎の予測と検証を実施し、タンパク区分割合の予測マップを作成する。
- ・用語説明：タンパク質含有率区分割合（以下タンパク区分割合）；第1区分S（ $X \leq 6.8\%$ ）、第1区分（ $6.8\% < X \leq 7.4\%$ ）、第2区分（ $7.4\% < X \leq 7.9\%$ ）、第3区分（ $7.9\% < X$ ）の4区分の割合、基準品率；（ $X \leq 7.4\%$ ）、累積分布関数；ある値以下となる確率を示す関数であり、平均値 X と標準偏差 σ がわかれば、任意の範囲における確率を求めることができる。前歴期間；幼穂形成期後1～13日。

6. 研究成果

- 1) ① 「ゆめぴりか」の全道の基準品率は年次により大きく変動し、作況指数が100以下の年次ではタンパク質含有率の平均値が高く、基準品率は大きく低下する傾向であった（データ省略）。
② 全道の年次別タンパク質含有率のヒストグラムは、各年次ともに釣鐘型の分布を示した（データ省略）。タンパク質含有率の分布を正規分布と仮定し、累積分布関数にタンパク区分とタンパク質含有率の全道平均値（平均値 \bar{X} ）、標準偏差（標準偏差 σ ）を代入して算出したタンパク区分割合と基準品率の理論値と実測値は良く一致した（基準品率： $R^2=0.99$ 、データ省略）。このことから、タンパク質含有率の平均値 \bar{X} と標準偏差 σ がわかれば、タンパク区分の割合を簡便に予測できると判断した。
③ 重回帰分析の結果、平均値 \bar{X} は幼穂形成期後1～20日までと出穂期後5～20日までの平均全天日射量で約7割説明された。標準偏差 σ は幼穂形成期後1～20日までの平均降水量、前歴期間の平均気温で約8割説明された。平均値 \bar{X} と標準偏差 σ の予測値は実測値と概ね一致した（データ省略）。
④ 全道の基準品率の予測値は実測値の年次変動と概ね一致した（ $R^2=0.76$ 、図1）。また、食味分析事業における標準偏差 σ の年次間差は小さく標準偏差の平均値0.54を用いて平均値 \bar{X} に対応したタンパク区分割合と基準品率を推定できる早見表を作成した（データ省略）。予測基準品率と早見表の値は極めて良く一致した。
- 2) ① 振興局別の入庫実績に基づく基準品率と予測基準品率の年次変動は、「ゆめぴりか」の作付面積86%を占める空知、上川、石狩、留萌でよく一致した（ $R^2>0.7$ 、データ省略）。
② 地点毎のタンパク質含有率の予測値と実測値の差は土壌区分よりも振興局（気象条件）で大きく、やませの影響を受けやすく寡照に経過しやすい太平洋沿岸や道南の胆振、日高、渡島、後志で予測誤差が大きい傾向であった（表1）。なお、地点毎のタンパク質含有率の上記の差は $\pm 0.5\%$ の範囲に45～63%が分布した。
③ 予測地点の位置情報（緯度・経度）と移植日（西暦年/月/日）と位置情報に紐づくメッシュ農業気象データを入力することでタンパク区分割合と基準品率を予測するアプリを開発した（図2、AMy-DAS2）。予測地点は作付計画面積比に応じて標本標準偏差が母標準偏差の5%以下に収束する410地点を選定した（図3）

<具体的データ>

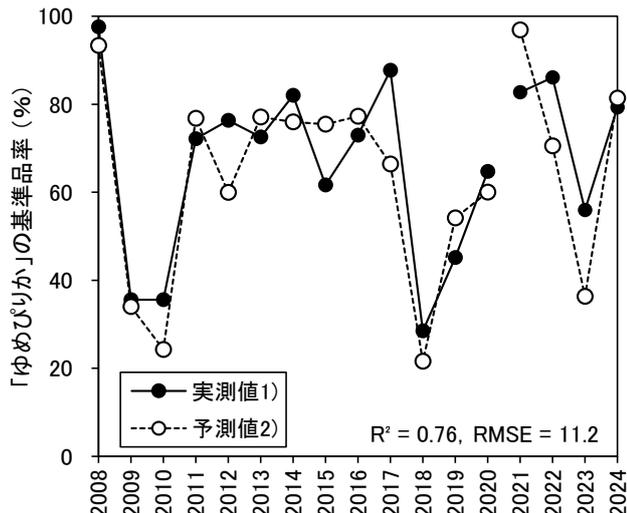


図1 「ゆめぴりか」の基準品率の予測精度検証

- 2008～2020年は食味分析事業、2021～2024年はホクレン定点ほ場と作況ほ場における実測値。
- ・位置情報に紐づくメッシュ農業気象情報から予測したタンパク質含有率の平均値と標準偏差を用いて、正規分布の累積分布関数からタンパク区分割合を推定し算出した(2020年までは学習年、2021年からは検証年)。
・学習年の出穂期は5/25 移植、中苗、移植時葉齢3.2としてDVRモデルで推定した。

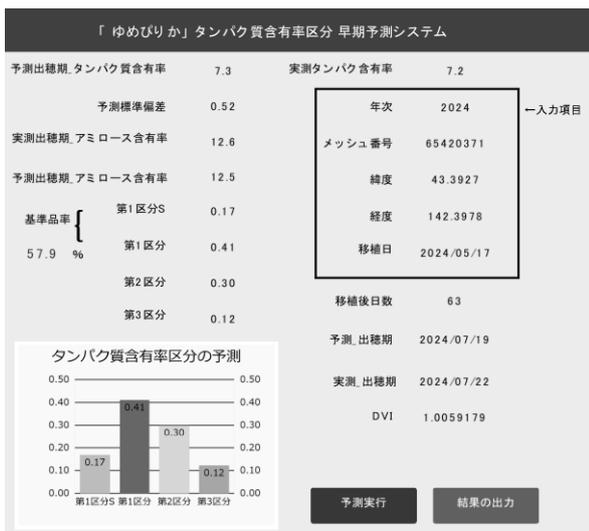


図2 タンパク区分割合の計算アプリ (AMy-DAS2)

- 位置情報(メッシュ番号、緯度、経度)に紐づく気象情報を入力することで各区分の割合が計算できる。
- 表示画面は地点毎の予測結果だが、複数地点を登録し対応する気象情報を入力することで複数の予測結果をExcelで出力可能。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- 本技術は、全道の「ゆめぴりか」のタンパク区分ならびに基準品率の予測に活用でき、流通業者の概算金算出根拠や「ゆめぴりか」販売流通計画策定の参考となる。
- 地域別の基準品率の予測は、やませの影響を受けやすく寡照に経過しやすい道南や太平洋沿岸を除き、空知、上川、石狩、留萌地域で活用できる。
- 予測アプリ(AMy-DAS2)は、早見表とマニュアルを合わせて2025年度中の公開を予定する。それまでの試用版の提供について、道総研中央農業試験場水田農業部に問い合わせること。アプリの利用には Claris FileMaker Pro (Windows、Mac) または Claris FileMaker Go (iPhone、iPad) が必要となる。また、機能限定となるが Windows PC で使用可能なランタイムアプリケーションも提供する。
- 気象情報は「農研機構メッシュ農業気象データ」を利用した。

2) 残された問題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等 五十嵐俊成 (2024) Claris カンファレンス 2024 U-9

表1 地点毎のタンパク質含有率の予測値と実測値の差 (食味分析事業、2008～2020年)

(総合)振興局	データ数	予測値と実測値の差の絶対値の平均 ¹⁾ (MAE)	土壌区分 ²⁾	データ数	予測値と実測値の差の絶対値の平均 ¹⁾ (MAE)
胆振	543	0.75	火山性土	726	0.63
日高	204	0.69	泥炭土	1131	0.62
渡島	121	0.65	低地土(乾)	2430	0.51
後志	460	0.65	低地土(湿)	3615	0.51
檜山	314	0.53	台地土	1903	0.50
上川	2218	0.52	その他・不明	77	0.40
空知	4763	0.50			
石狩	782	0.49			
留萌	477	0.42			

1) MAE (Mean Absolute Error) = AVERAGE (ABS (予測値-実測値))

2) 位置情報に基づき日本土壌インベントリーの経緯度検索機能を用いて土壌名を調べて、施肥ガイド2020年の水稻栽培における土壌区分に準じて分類した。

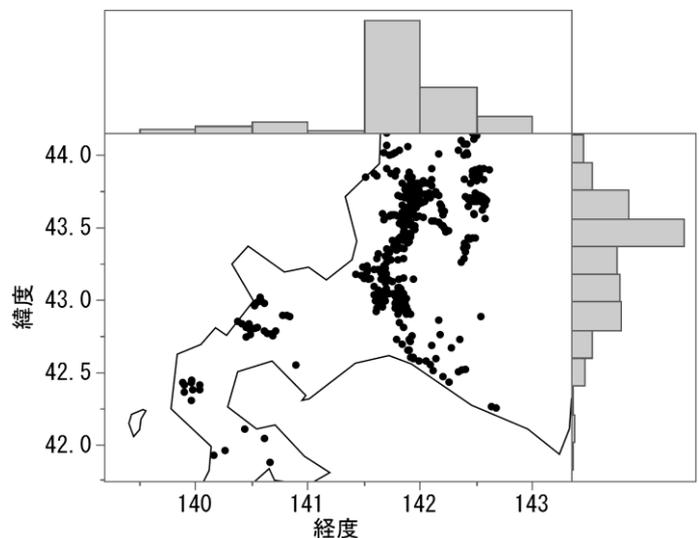


図3 基準品率を予測するために選定した地点

- ヒストグラムは緯度と経度の頻度を示す。
- 2024年「ゆめぴりか」の作付計画面積に基づき配分した。
- 必要な予測地点数(n)は、以下の式から標本標準偏差が母標準偏差の5%以下に収束する410地点とした。

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

SE: 標本平均の標準誤差

$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq 0.05 \times \sigma$$

σ : 母標準偏差