

## 評価結果及び指摘に対する回答

4人の評価者による評価結果及び指摘に対する回答を以下に示します。

### 1) 大課題の評価ランク

[S] (4名の評価者ともにS)

### 2) 大課題全体に対する評価

本大課題は、国の政策や優先順位に合致している。レビューを行った4作物のうち、日本では水稻の生産過剰と他の3作物の生産不足という状況がある。水稻は生産過剰なので、育種研究者はご飯に代わる用途として、たとえばパンや麺用の品種育成に成功している。コムギ、オオムギ、ダイズの収量性向上の目標は合理的であり、育種目標は適切である。<sup>a)</sup>育種の課題は、品質評価において実需者との連携を図ることが重要である。そのことが実需者による新品種の採択を促進することにつながる。これらの作物では、遺伝資源の基盤を広げるべきである。国際農業研究協議グループ(CGIAR)傘下の研究機関は世界の遺伝資源の保管庫であるので、新たな遺伝資源をこれらの研究機関から導入すべきである。<sup>b)</sup>いくつかの研究領域では、水稻、オオムギ、コムギの課題について、特に種をまたがる形質について遺伝的な比較解析を行うことが必要である。特定の中課題に関していくつかの改善のための指摘を行ったが、7つの中課題はいずれも、科学的な厳格さ、目的の明確性、確立した適切な研究方法、そして重要な成果を生み出している点において優れている。

(下線の指摘に対する回答)

- <sup>a)</sup>消費者による新品種の受容を促進するために、特に育種プログラムの初期の段階から食品業界との協力をさらに強化していく。
- <sup>b)</sup>水稻、オオムギ、コムギの相同性(シンテニー)は多くの染色体遺伝子座で確認されており、加えて、大量の塩基配列情報が日々決定されているので、重要な農業形質を評価するために、他の大課題や他の試験研究機関と連携して、比較遺伝子解析を継続していく。

### 3) 7つの中課題に対する評価

#### (1) 米粉等加工用・業務用水稻品種の育成及び米の未利用成分利用技術の開発

本中課題は、非常によく企画・運営されている。本中課題における育種目的は、機能性成分を含む食品開発や高温条件下における作物品質の制御にまで幅広く対応するものとなっている。本中課題が高品質に加えて、環境ストレスや病気に対する抵抗性を付与した品種を育成し続けることができるならば、この課題設定は適切であると言える。高品質の品種開発では素晴らしい成果を上げている。パン用や麺用の水稻品種の開発は、世界的に見ても独創的である。これらの研究が革新的であり、将来を見据えていることは明白である。<sup>a)</sup>DNAマーカーの開発と遺伝資源の利用拡大によって、研究のさらなる加速が期待される。

(下線の指摘に対する回答)

<sup>a)</sup>DNA マーカーの開発は本中課題の重要な研究分野と考えている。現時点では、DNA マーカー選抜育種は病害虫抵抗性や高品質の選抜において実施している。加えて、将来の DNA マーカー選抜育種のために、重要な農業形質に関係している遺伝子と量的遺伝子座 (QTL) の同定に取り組んでいる。遺伝資源の利用拡大については、例えば、近縁野生種の染色体を栽培種の水稲に戻し交配で導入するなどの取り組みを行っている。

## (2) 水稲収量・品質の変動要因の生理・遺伝学的解明と安定多収素材の開発

本中課題は、収量性向上と高温耐性に関して優れた成果を挙げている。植物生理学者と育種研究者/遺伝学者の間の協力は、賞賛に値する。「コシヒカリ」と「タカナリ」背景の染色体断片置換系統群 (CSSL) の開発は、DNA マーカー選抜で利用できる生理的形質と関連した DNA マーカーを特定する際に大いに役立つ強力なツールである。<sup>a)</sup>しかしながら、CSSL が小さな効果を持った多数の遺伝子の集積で成り立つ形質や、上位と下位のような遺伝子間相互作用を含む量的な遺伝形質については解析が難しい点に注意しておく必要がある。登熟期の 26°C 以上の高温は白未熟粒の発生を引き起こし、市場価格を低下させるため、高温耐性の研究も重要である。代謝物質や植物ホルモンの解析は、登熟期における鍵となるプロセスを明らかにし、高温耐性のためのバイオマーカーを同定するのに役立つであろう。特に、高温耐性を研究するために遺伝子のノックアウトシステムを利用することは優れた研究手法である。

(下線の指摘に対する回答)

<sup>a)</sup>本中課題では CSSL を用いることで QTL の検出を前進させ、それらの効果を証明するために有益な QTL を蓄積させている。小さな効果を持つ複数の遺伝子の集積や上位と下位の遺伝子間相互作用については、今後の重要な研究分野と考えている。我々は他の中課題や他の試験研究機関と連携して、戻し交雑自殖系統 (BIL) や連鎖解析などを用いてこれらの難しい課題に取り組む予定である。

## (3) 次世代高生産性稲開発のための有用遺伝子導入・発現制御技術の高度化と育種素材の作出

本中課題は非常に印象的であり、3つの重要な問題、すなわち、収量向上、耐冷性、そして遺伝子組換え水稲からの外来遺伝子の拡散を減らすための閉花受粉性に重点化を図っている。収量性を向上させるため、光合成能力を高めることが期待できるシアノバクテリア由来の遺伝子をイネに導入した。作出した遺伝子組換え水稲の光合成活性は二酸化炭酸固定によって評価を行い、20%の増加が確認された。また、「酸化性ストレスを減少させるためにアスコルビン酸塩ペルオキシダーゼ遺伝子 (*APXa*)」や「水ストレスを減らすスクロース：スクロース 1-フルクトシルトランスフェラーゼ遺伝子 (*I-SS7*)」を導入するための研究手法は、耐冷性の向上に役立つかもしれない。遺伝子組換え水稲における閉花受粉性遺伝子の導入は、遺伝子工学に反対する人々の懸念の 1 つである遺伝子組換え植物から非遺伝子組換え植物への花粉の移動を防ぐ効果が期待される。

## (4) 気候区分に対応した用途別高品質・安定多収コムギ品種の育成

本中課題は、耐病性や新しい澱粉特性を持ついくつかの品種を育成するなど良い成果が出ている。実需者との密接な連携は新品種の普及を確実にするために欠かせないものである。公立試験場や製粉会社との共同研究は、先進の知識を提供して、新品種の普及を容易にするのに役立つ。コムギ生産における主要な障害は、収穫時期が梅雨に重なることによって発生する穂発芽である。「麦・大豆遺伝子制御」の中課題では、本中課題と連携して、コムギ第3染色体上の穂発芽耐性に関与する *MFT* 遺伝子を同定することに成功している。<sup>a)</sup>最近、育種で利用可能な、麦類赤かび病(FHB) 抵抗性の新しい遺伝資源に関する報告が出ているので是非参考にしてもらいたい。本中課題では、多くの論文が国際的に著名な学術雑誌に掲載されている。

(下線の指摘に対する回答)

<sup>a)</sup>麦類赤かび病抵抗性品種を作出するための主要な遺伝資源について、本中課題で利用しているものは「Sumai3」系統だけである。麦類赤かび病抵抗の新しい遺伝資源についてのご教示は大変貴重であり、早速日本の気象条件下で抵抗性を評価する予定である。

#### (5) 需要拡大に向けた用途別高品質・安定多収オオムギ品種の育成

本中課題は、日本に特有で多様な加工製品に適する、オオムギ品種を育成する非常に創造的な課題である。本中課題では、主要な品質問題（例えば、加熱後に褐変しない特性）、耐病性（例えば、麦類赤かび病（FHB）、オオムギ縮萎縮ウイルス（BYMV））、パン加工適性、強稈性、収量性の改善を目指している。褐変反応を減らすプロアントシアニジンの無い突然変異品種や新しい澱粉特性とβ-グルカン高含有量をもつ新品種を開発している。残念なことに、プロアントシアニジンを欠失させたことは、穂発芽感受性につながっている。しかし、<sup>a)</sup>オオムギで種子休眠性に関する文献でいくつかの QTL が報告されており、これらは穂発芽性を低減するために利用できるかもしれない。新しい特徴を有する多くの品種が育成されている。但し、β-グルカン高含有品種については、その利点を消費者に啓蒙する強力な市場キャンペーンが必要とされるだろう。<sup>b)</sup>より長期の多収性の目標に対処するためには、遺伝資源の多様性を増やすことが必要かもしれない。<sup>c)</sup>赤かび病抵抗性（FHB）については、「Pinnacle（二条オオムギ）」及び「Quest（六条オオムギ）」のようなアメリカの品種を取り入れると良い。

(下線の指摘に対する回答)

<sup>a)</sup>プロアントシアニジンを生成しない穂発芽抵抗性オオムギ品種の育成は主要な問題の1つと考えている。報告された QTL を評価して、プロアントシアニジンの無いオオムギ品種にその QTL を導入し、評価する予定である。

<sup>b)</sup>品種改良には遺伝資源の多様性を増やすことは不可欠であり、オオムギのナショナルバイオリソースセンターである岡山大学との共同研究を続けていく。

<sup>c)</sup>ご教示のあった赤かび病抵抗性の新しい遺伝資源については、日本の気象条件下で抵抗性を評価する予定である。

#### (6) 気候区分に対応した安定多収・良品質ダイズ品種の育成と品質制御技術の開発

本中課題は、日本のダイズの品種改良に着実に貢献している。育成した新品種を実需者や消

費者に受け入れてもらうことが本プロジェクトの大きな課題である。近代的な DNA マーカー育種は、生産性に係る農業特性を改良する品種開発を加速するために使用されている。短期目標は生産性の問題に合致している。<sup>a)</sup>狭い遺伝的バックグラウンドの戻し交配育種に依存するのではなく、遺伝資源の多様性を増やす必要がある。遺伝的基盤を広げることは多収性の重要な基盤となるため、長期にわたって取り組むべき研究である。<sup>b)</sup>収量性の向上には特定の環境条件や品種に適合した革新的な栽培技術が必要と考えられる。<sup>c)</sup>DNA マーカーを用いた戻し交配に加えて、本中課題では新しいタイプの交配育種やゲノム選抜を考えてみても良いかもしれない。ダイズにとって品質は特に重要である。<sup>d)</sup>ダイズ消費量の拡大にとって重要な構成要素を見つけるためには、組換え自植系統 (RILs) の QTL 分析に加えて、生体内代謝産物の網羅的解析も有効であると考えられる。

(下線の指摘に対する回答)

- <sup>a)</sup> 品種改良のために育種素材の遺伝的多様性を広げることは不可欠であると考えている。遺伝資源を利用するために、国のジーンバンクプログラムなどの活動に参画している。引き続き、ダイズ研究の世界的ネットワークに協力して、材料の相互利用を行っていく。
- <sup>b)</sup> 顕著な収量向上を目指して、栽培研究者を含む関連する研究者と 2012 年から共同研究を開始した。栽培技術と品種開発が相互にフィードバックしながら技術開発を進めることで著しく高い収量が得られると考えている。引き続き、関係者が力を合わせてはるかに高い生産性を目指して取り組んでいく。
- <sup>c), d)</sup> 研究資源が利用できる限り、問題解決するためにあらゆる先進技術を検討するとともに、大学や試験研究機関との連携を深めて研究を推進していく。

#### (7) ゲノム情報を活用したムギ・ダイズの重要形質制御機構の解明と育種素材の開発

本中課題では、コムギの穂発芽、耐寒性、耐湿性、越冬性の改良に役立つ生物工学的手法の開発・利用の観点で、めざましい進歩がある。QTL を同定する際に育種研究者と共同して研究を進めていることは特に重要である。最近の重要な発見の 1 つに、穂発芽抵抗性に必須である種子の休眠を制御する *MFT* 遺伝子の同定がある。穂発芽はこれまでは改良が困難であったので、これは大きな成果である。ダイズにアルコール脱水素酵素 2 遺伝子 (*ADH2*) を過剰発現させることは、耐湿性の向上に有望と思われる。<sup>a)</sup>遺伝子や転写制御因子の単離・同定には莫大な労力がかかるが、得られた遺伝子の塩基配列情報を利用した自然変異の探索も検討して欲しい。本中課題は、国際的に著名な科学雑誌に多くの論文を発表している。加えて、低温下での RNA の二次構造を解消させる RNA シャペロンについて興味深い発見をしている。同様にスクロース：スクロース 1-フルクトシルトランスフェラーゼ遺伝子 (*I-SS7*) を過剰発現させる課題は重要で、コムギの越冬性や雪腐れ病抵抗性が強化されることを期待したい。

(下線の指摘に対する回答)

- <sup>a)</sup> 塩基配列情報を用いて、コムギの発芽抑制に関与する *MFT* 遺伝子やアブシジン酸代謝酵素遺伝子 (*ABA 8-ox*) などに関する自然変異を探索し、自然変異が育種素材として役に立つかどうかについて検討していく。