

水稲の安定栽培技術に関する生産生態学的研究
—南北陸地域における良質米品種の生産を中心として—

井上 健一

要約

南北陸地域に位置する福井県においては、60年前より良質米品種を用いた生産が行われてきたが、稲作期間の気象変化は水稲の発育や物質生産、収量構成要素などの生産生態、加えて玄米の外観品質にも影響を及ぼしている。本研究は、同地域の水稲の収量品質安定化のための生産生態的要素を明らかにし、栽培技術体系を構築することを目的として行った。長期間同一耕種条件下で栽培されている作況試験データを用いて、変動する気象条件に対して水稲がどのように反応しているのかを解析した。物質生産過程や生産生態データを長期間ほぼ同一条件下で精密に調査した事例はこれまでになかったからである。併せて、よくわかっていなかった地上部と根の発育パターンを物質生産面から解析し、根重の意義を明らかにした。そして、その解析結果を栽培技術に結び付けようと試みた。すなわち、福井県の代表的な水稲品種である早生品種「ハナエチゼン」および中生品種「コシヒカリ」について、良質安定生産のための育苗や栽植密度、日射環境などのさまざまな栽培、環境要因の効果を精査し、気温や日射量変動の中で、水稲の生育、物質生産や品質への影響を調査、解析した。特に、物質生産と見かけの品質や食味の関係を細かく解析した事例はこれまでになかったために、将来の産米の付加価値向上を念頭に置いて両者の関係を明らかにしようとした。さらに、作物の水分状態を隔測診断するために、熱画像を活用した生育診断手法の実用性についても試行錯誤を行い、新たな生育診断指標を作出し、灌水管理に利用する可能性についても検討した。さらに、現地圃場で灌水時間帯が米の品質食味におよぼす影響について比較調査を行い、温暖化環境下での夜間灌水の効果を明らかにした。

1. 良質米品種の長期間の生産生態の変化

水稲と生産生態との関連を解析することは栽培技術を調整するうえで不可欠である。しかし、長期間の気温および日射量を中心とする気象条件の変動が生産生態に及ぼしている影響を系統的に調査した例は極めて限られ、南北陸の良質米生産においては皆無であった。そこで、「コシヒカリ」で34年間、「ハナエチゼン」で27年間行われた作況試験から得られた結果を特に物質生産に着目して解析した。同試験では、発育段階・収量構成要素に加えて、主要生育時期（生育初期、幼穂形成期、出穂期、登熟中期、成熟期）に部位別乾物重を調査し、乾物増加速度の推移、登熟

期間の穂重増加速度 1 粒重増加速度を求めた。出穂期生育期間の温暖化と多日照化に伴い、両品種ともに発育ステージの早期化、地上部乾物重の増加、生育期間を通した作物個体群生長速度 (CGR) の増加、 m^2 あたり粒数の増加、登熟歩合の低下などの傾向を示すことを認めた。一方、穂の成長速度や 1 粒重増加速度は登熟期前半ではやや低下傾向、登熟期後半では促進傾向であることがみとめられた。収量はほぼ停滞していることを考慮すると、温暖多照条件を生産に活用するためには初期生育や m^2 あたり粒数を過剰としない栽培管理が必要と考えられた。

2. 地上部と関連づけた根量の変動

栽培環境の変化に対する根形質の変化については多くの報告があり、収量向上にとって土壌中に広く発達した根系を形成することおよびその根の機能を成熟期まで維持することが重要であることが指摘されてきた。しかし、登熟期間や成熟期の根を中心にサンプルを収集し、解析しているため、生育初期からの根系がどのように形成され、枯死脱落してきたかについては不明な点が多い。また、地上部の生育経過との関連性についても十分な解析が行われていない。そこで、20 年間にわたりほぼ同一条件で栽培管理された試験区において、根重と地上部重の推移の特徴を明らかにするとともに、収量との関係を解析した。品種「コシヒカリ」を慣行条件で栽培し、有効茎確保期 (6 月上旬)、幼穂形成期 (7 月上中旬)、出穂期 (7 月下～8 月上旬)、登熟中期 (8 月中旬)、成熟期 (8 月下～9 月上旬) に平均的茎数や穂数を示す株 3 株を、27cm×18cm の方形枠にて作土より上部 (深さ約 15cm) から掘り上げ、部位別に分解し乾物重を測定した。この際、脱落した根も網籠を用いて拾い上げて秤量した。成熟期に収量・収量構成要素を調査した。「コシヒカリ」の根重は年次間で大きな変動が存在し、有効分げつ決定期までの初期生育が旺盛な場合にその後幼穂形成期までの根重増加が緩慢となること、有効分げつ期の根重と成熟期の T-R 比との間に正の相関関係があることを認めた。さらに、調査年次を多収年、低収年および中収年に分類し平均値を比較し、多収年は生育初期の根重が他と同等かやや小さいが登熟期間の根重が有意に大きいこと、および根重の変動と収量のそれとが関連することを認めた。

3. 良質早生品種「ハナエチゼン」の品種生態的特徴と収量品質安定のための生育要因

1991 年に育成された早生品種「ハナエチゼン」の生産生態的特徴を、3 年間の栽培試験結果から同熟期の旧品種の「フクヒカリ」と比較解析した。低温寡照下では、「ハナエチゼン」は「フクヒカリ」に比べて生育初期の茎数増加は緩慢であるが、有効茎歩合が高かった。また同品種は、登熟期前半の CGR が顕著に大きい特徴を示し、とくに穂重の増加速度が早かった。登熟期前半に遮光条件を与えても、遮光終了後の CGR および NAR (純同化率) の回復も早い、それは直

立した上位葉と大きな LAI（葉面積指数）および SLA（葉面積比）を持つことに関連すると推察された。早生新旧 4 品種を用いた施肥試験における登熟期間の物質生産経過の解析により、LAI の維持と穂への窒素の転流抑制が、光合成、物質生産能力の維持を通じて収量、玄米タンパク含量と密接に関わること、 m^2 籾数が類似する条件では登熟期間の穂重増加速度が高い場合に乳白粒発生率が低く、玄米品質が安定する傾向があることを明らかにした。

4. 「コシヒカリ」の栽培条件が物質生産、収量品質に及ぼす影響

育苗時の播種量、施肥量、灌水量、育苗期間および育苗温度を変えて、稚苗の苗質が移植後の初期生育や収量品質に及ぼす影響を 3 年間比較調査した。その結果、苗の窒素保有量と 6 月中旬の地上部乾物重ならびに LAI との間に高い正の相関関係が認められ、窒素保有量の多い苗の乾物重は大きくなった。しかし、苗質の違いにともなう生育の差は発育が進むにつれて小さくなった。苗質不良な苗では、 m^2 あたり籾数がやや少ないにもかかわらず乳白粒が多く、さらに登熟期間の早期落水条件にともなう乳白粒の増加程度がやや大きいことがわかった。一方、初期生育過剰を抑制するための疎植栽培の効果を明らかにするための、4 年間の栽植密度試験を実施した。標準栽植密度 21 株/ m^2 の約 30% 低減では m^2 あたり籾数の低下程度は小さく、収量への影響も小さかった。しかし、栽植密度を約 50% 低減すると m^2 あたり籾数は 6% 減少し、収量も 7% 低下した。反面、栽植密度の 50% 低減により、完全米の比率が 5% 向上し食味評価も高まること、登熟期間の高温や寡照環境における乳白粒の増加が少ないことがわかった。乳白粒の発生要因を解析し、登熟期前半の 1 籾重増加速度が大きい条件で発生程度が少なく、それは m^2 あたり籾数と明瞭な負の相関があることを明らかにした。乳白粒低減のための適正籾数は 28,000 粒/ m^2 であることがわかった。

5. 水稻の水ストレスの診断と水管理による品質向上

水稻の水分状態の簡易な診断手法として、熱画像の用いる方法を開発した。苗水分ストレス指数 (SWSI : Seedling Water Stress Index) と苗質の関係をより明らかにするために、水稻品種「コシヒカリ」を育苗箱で栽培し播種時期と灌水量の異なる処理区を設けた。育苗箱の群落表面温度を、赤外線放射温度計（日本電子製 JTG-5700 型）を用いて、2 葉期から毎日 2 回灌水直前に計測した。基準蒸発面（育苗箱直上に吊り下げた湿らせたろ紙）の温度を同時に計測し、SWSI を求めた。SWSI は高温乾燥条件で高く、低温湿潤条件で低くなった。灌水量が少ない条件では苗丈や茎葉および根の乾物重が劣り、一方湛水条件では特に高温条件で苗丈が著しく伸長し、いずれも苗質が低下した。健苗の指標となる苗丈や茎葉乾物重を満足させるためには、育苗期間の

平均 SWSI を 0.3~0.35 とすることが望ましいことが明らかとなった。本方法による SWSI をもとに灌水量を増減することで健苗育成に活用できると考えられた。また、圃場条件下で収集した登熟期の群落表面温度は、光合成速度、CGR、および収量品質と関連していることを示した。これらより、圃場での水稻水分状態の診断および水管理支援情報として群落の熱画像が活用できる可能性が示唆された。さらに、登熟期間の夜間灌水の効果と昼間灌水それとの比較を現地圃場 6 年間延べ 10 ヶ所で実施した。夜間灌水により完全米の割合が向上し、胴割粒や白未熟粒の発生が低減し、タンパク含量の低下などの品質食味要素の改善がみられることを明らかにした。これらの差は小さく、気象条件により変動しやすいが、夜間灌水が高温登熟下での品質食味安定のための技術要因になりうることを示唆された。

以上より、南北陸地域の稲作における良質米の収量品質を不安定させている要因として、近年の籾数増加傾向に応じた物質生産力が登熟期間に維持されていないことが示唆された。これを確保するためには、移植後の初期生育を控えめとし m^2 あたり籾数を過剰としないこと、CGR を生育後半まで安定して高く維持する必要があること、登熟期間の根重低下や根の機能低下を防ぐこと、同化産物の穂への転流を円滑に行える態勢を構築し 1 籾重増加速度を高めることが重要と考えられた。それを実現するための栽培技術として、適正な施肥および栽植密度の低減が有効であることがわかった。加えて、品質の向上に夜間灌水が有効であることが示唆された。