

## 水稻品種タカナリの登熟期間の乾物生産と転流に及ぼす気温と日射量の影響

石川哲也<sup>\*,1)</sup>・藤本寛<sup>2)</sup>・椛木信幸<sup>1)</sup>・丸山幸夫<sup>1)</sup>・秋田重誠<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup>農業技術研究機構・<sup>2)</sup>国際農林水産業研究センター・<sup>3)</sup>滋賀県立大学)

**要旨:** 1992年から1996年にわたる5年間、合計9作期の多肥条件(窒素  $18 \text{ g m}^{-2}$ )での栽培試験をもとに、半矮性インド型水稻品種タカナリの登熟期間の乾物生産および転流に及ぼす気温と日射量の影響について、日本型品種コチヒビキを対照として検討した。タカナリの登熟期間の平均気温は  $27.6 \sim 20.0^\circ\text{C}$ 、平均日射量は  $18.8 \sim 11.7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  の範囲で大きな年次変動が認められた。タカナリの登熟期間の地上部重増加量は1994年5月中旬移植区が最大で  $987 \text{ g m}^{-2}$  を記録し、同様に粗玄米重もこの試験区で最大値となる  $990 \text{ g m}^{-2}$  を記録した。タカナリの地上部重増加量には有意な試験区間差は認められなかったが、平均個体群成長速度(CGR)を算出すると、有意な試験区間差が認められた。タカナリのCGRは平均気温・日射量の双方と有意な正の相関を示し、平均日射量を一定として求めたCGRと平均気温の偏相関係数も正の値を示した。両品種とも、茎葉乾物重の減少量から推定した転流量には有意な試験区間差は認められなかった。タカナリの転流量は平均気温および地上部重増加量と有意な負の相関を示したが、偏相関係数の比較から、気温が転流に及ぼす影響は間接的であると推察された。タカナリの粗玄米重が地上部重増加量と有意な正の相関を示し、転流量とは有意な相関を示さなかった理由として、地上部重増加量を平均すると転流量の5.37倍と大きかったことが推定された。高温条件で高い乾物生産能力を示し、茎葉の非構造化炭水化物蓄積量も安定して多いタカナリは、生産力向上のためのモデル品種として有用であると推察された。

**キーワード:** 乾物生産, 気温, 水稻, 多収性, 転流, 日射量, 半矮性インド型品種。

前報(石川ら 1999)において、異なる気象条件のもとで実施した5年間9作期の試験結果から、半矮性インド型水稻品種タカナリの出穂期地上部全乾物重(地上部重)と面積当たり穎花数の変動係数はいずれも小さく、タカナリの面積当たり穎花数はすべての試験区で日本型品種コチヒビキを有意に上回り、出穂期地上部重も6月上旬移植区ではコチヒビキより高かったことを明らかにした。しかし、感光性の低い(矢島ら 1995)タカナリは、移植時期を遅くすると出穂期も遅くなり、出穂期から成熟期までの登熟期間に低温・少照条件に遭遇して、乾物生産が抑制される可能性が推定される。すなわち、タカナリの乾物生産に及ぼす登熟期間の気温および日射量の影響を明らかにする必要がある。

一方で、出穂期までに水稻の茎葉に蓄積された同化産物の一部も、登熟期間に穂に転流されることにより、登熟期間の同化産物と同様に収量決定機構に関与しており、穎花数の多いタカナリは、蓄積同化産物の貢献する割合が高いことが指摘されている(平岡ら 1992b, 徐ら 1997)。不良な気象条件により登熟期間の乾物生産が抑制された場合には、蓄積同化産物の転流量が増大して穂重の増加に寄与する(太田ら 1958, 翁ら 1982, Nagataら 2001)ことから、タカナリの多収性を安定して発揮させるためには、出穂期までに蓄積された同化産物を、登熟期間に効率的に転流させることも重要と考えられる。しかし、登熟期間の気温あるいは日射量がタカナリの転流に及ぼす影響は十分に明らかにされていない。

そこで、本研究では、気象条件が大きく異なった1992年から1996年までの5年間合計9作期の栽培実験の結果

をもとに、日本型の多収品種コチヒビキを対照として、年次と移植時期により異なる登熟期間の気温および日射量が、タカナリの乾物生産および転流に及ぼす影響について検討し、両者の収量に対する寄与を明らかにするとともに、安定多収栽培技術を確立するための基礎的知見を得ようとした。

### 材料と方法

#### 1. 栽培条件

本研究は、茨城県筑波郡谷和原村に位置する農業研究センター(現中央農業総合研究センター)谷和原水田圃場において、1992年から1996年まで実施した。農業研究センターで育成され、半矮性インド型品種としては国内でもっとも高い収量水準にあるタカナリと、出穂がほぼ同時期で、関東地域で多収を示す日本型品種のコチヒビキを供試した。

試験条件は前報(石川ら 1999)と同一である。4月下旬移植は1992年と1993年の2回、5月中旬移植は1992年、1994年と1995年の3回、6月上旬移植は1992年、1993年、1994年と1996年の4回実施し、合計9作期の試験とした。移植時期ごとに異なる圃場に、3反復の乱塊法により試験区を配置した。1区当たりの面積は  $20 \sim 25 \text{ m}^2$  とした。

葉齢が4.6~5.7の成苗を、1992、1993年は株当たり2本、1994~1996年は1本ずつ、栽植密度  $26.7 \text{ 株 m}^{-2}$  (条間  $25 \text{ cm} \times$  株間  $15 \text{ cm}$ ) で手植えた。施肥には化成肥料を使用し、 $\text{N} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{O}$  それぞれ成分量で基肥として各  $8 \text{ g m}^{-2}$  を全層に施用し、幼穂形成期に各  $6 \text{ g m}^{-2}$ 、

減数分裂期に各  $4 \text{ g m}^{-2}$  をそれぞれ表層に追肥し、合計各  $18 \text{ g m}^{-2}$  を施用した。

## 2. 生育と乾物生産

年次により乾物重調査の時期・回数は異なるが、出穂期、成熟期およびその間に1~2回の抜き取り調査を実施した。早朝6時前後に各反復から15株ずつ抜き取り、根を切除した後に、楠田(1993)の重複抽出法に準じて、生体重が15株の平均に最も近い5株を選定し、穂数の測定後に部位別に分解した。分解した試料は、残りの10株全体とともに  $80^\circ\text{C}$  で72時間通風乾燥し、部位別乾物重を求めた。以下、本文中では根を除いた地上部全乾物重を地上部重、穂の乾物重を穂重、穂を除く茎葉の乾物重を茎葉重と略記した。

抜き取り調査の実施日は、試験区の50%の穂が出穂した出穂期および籾・枝梗が80%以上黄化した成熟期とは必ずしも一致しなかったため、出穂期抜き取り調査日と成熟期抜き取り調査日の間を登熟期間として解析を行った。

## 3. 出穂前蓄積同化産物の転流と再蓄積

両品種とも、すべての試験区において、登熟期間の一部あるいはすべての期間にわたり、茎葉重の減少が認められた。本研究では、斎藤ら(1991)の手法に従い、茎葉から穂への転流量を、出穂期の茎葉重(ただし、1993年のタカナリでは出穂後2週の茎葉重の方が大きかったため、この値を基準とした)と、登熟期間における最小値(出穂後3週または4週の茎葉重と、成熟期茎葉重のうちより小さい方の値)との差から推定した。転流量の算出には試験区の平均値を用いた。成熟期の茎葉重が登熟期間における最小値よりも大きい場合には、その差を再蓄積量と定義した。また、出穂期の茎葉部試料を粉碎し、秋田ら(1993)の手法により非構造性炭水化物(Non-Structural Carbohydrate, NSC)濃度を測定した。

## 4. 収量と収量構成要素

抜き取り個体とは別に各反復から100株を収穫し、穂数を調査してから脱穀を行った。不稔籾・登熟不良籾をすべて回収した粗籾を均分器で二分した後に、一方は籾摺りして粗玄米重を求め、もう一方は水選を行い、面積当たり穎花数を求めるとともに、登熟歩合を算出した。さらに、水に沈下した籾を籾摺りし、玄米重および玄米千粒重を求めた。粗玄米重と玄米千粒重は、抜き取り個体と同様に乾燥・秤量して求めた乾物重を水分15%に換算して示した。

## 5. 気象観測値

平均気温および日射量は、試験圃場における気象観測値を用いた。欠測値にはつくば市長峰の高層気象台の観測データを補充した。

## 結 果

### 1. 登熟期間の気象条件

前報(石川ら1999)で述べたように、1993年4月下旬移植区のタカナリでは障害不稔が発生し、登熟歩合28.0%、粗玄米重  $308 \text{ g m}^{-2}$  といずれも他の試験区より著しく低い値を示した(第2表)。また、登熟期間の穂重増加が緩慢で、新たな分げつの発生により出穂後2週まで葉身乾物重が増加し続けるという特異的な生育が認められた。そこで、この試験区の結果は両品種とも参考値として示すにとどめ、統計処理の対象からは除外した。

登熟日数は、同一年次では両品種とも移植時期が遅くなるほど長く、すべての試験区でタカナリの方がコチヒビキより長かった。登熟日数の違いは気温・日射量の積算値に影響を及ぼすので、登熟期間全体の平均値を算出し、解析に用いた。年次および移植時期の違いにより、タカナリの登熟期間の平均気温は1994年5月中旬移植区の  $27.6^\circ\text{C}$  から1996年6月上旬移植区の  $20.0^\circ\text{C}$  まで、平均日射量は1994年5月中旬移植区の  $18.8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  から1993年6月上旬移植区の  $11.7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  までの大きな差が認められた(第1表)。

### 2. 登熟期間の乾物生産

タカナリの登熟期間の地上部重増加量は、1994年5月中旬移植区が最大で  $987 \text{ g m}^{-2}$  を記録し、成熟期地上部重は  $2091 \text{ g m}^{-2}$  に達した(第1表)。タカナリの地上部重増加量には有意な試験区間差は認められなかったが、6月上旬移植区では地上部重増加量が小さくなったため、8試験区全体で算出した変動係数は13.9%となり、コチヒビキの12.0%よりやや大きかった。

地上部重増加量を登熟日数で除して登熟期間の平均個体群成長速度(CGR)を算出すると、コチヒビキでは有意な試験区間差が認められなかったのに対して、タカナリでは5%水準の有意差が認められた(第1表)。タカナリのCGRは平均気温・日射量の双方と有意な正の相関を示したが、コチヒビキではいずれも有意とはならなかった(第3表)。ただし、平均気温と平均日射量の間には、両品種とも1%水準で有意な正の相関が存在した(第3表)ため、単相関係数では、平均CGRに対する気温と日射量の影響を個別に明らかにすることはできないと推察された。そこで、平均CGRとの偏相関係数を算出すると、タカナリでは平均気温に対して正の値を、平均日射量に対して負の値を示し、コチヒビキとは符号が逆となった(第4表)。

### 3. 登熟期間の転流と再蓄積

茎葉からの転流量は反復間の変動が大きく、有意な試験区間差は両品種とも認められなかったが、タカナリでは移植時期が遅くなるほど大きく、コチヒビキでは逆に小さくなる傾向を示した。茎葉重の再蓄積は、斎藤ら(2000)の

第1表 登熟期間の気象条件と乾物生産、転流および出穂期の茎葉非構造性炭水化物 (NSC) 量。

| 品種名   | 移植日      | 平均<br>気温<br>℃ | 平均<br>日射量<br>MJ m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> | 登熟<br>日数 | 成熟期<br>地上部重<br>g m <sup>-2</sup> | 地上部重<br>増加量<br>g m <sup>-2</sup> | 個体群<br>成長速度<br>g m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup> | 転流量<br>g m <sup>-2</sup> | 再蓄積<br>量<br>g m <sup>-2</sup> | 出穂期<br>NSC量<br>g m <sup>-2</sup> |
|-------|----------|---------------|---------------------------------------------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| タカナリ  | 92/04/30 | 25.5          | 18.0                                              | 47       | 1786                             | 826                              | 17.6                                               | 105                      | 9                             | 161                              |
|       | 92/05/14 | 24.8          | 18.0                                              | 48       | 1873                             | 761                              | 15.9                                               | 187                      | 0                             | 192                              |
|       | 92/06/04 | 22.4          | 15.3                                              | 49       | 1857                             | 740                              | 15.1                                               | 183                      | 0                             | 167                              |
|       | 93/04/27 | 23.9          | 12.7                                              | 43       | 1779                             | 559                              | 13.0                                               | 91                       | 169                           | 244                              |
|       | 93/06/04 | 20.8          | 11.7                                              | 49       | 1700                             | 637                              | 13.0                                               | 189                      | 39                            | 177                              |
|       | 94/05/13 | 27.8          | 18.8                                              | 45       | 2091                             | 987                              | 21.9                                               | 82                       | 0                             | 201                              |
|       | 94/06/08 | 24.7          | 13.5                                              | 46       | 1974                             | 770                              | 16.7                                               | 132                      | 0                             | 183                              |
|       | 95/05/12 | 25.6          | 17.5                                              | 49       | 1862                             | 816                              | 16.6                                               | 99                       | 3                             | 147                              |
|       | 96/06/06 | 20.2          | 12.7                                              | 49       | 1812                             | 666                              | 13.6                                               | 177                      | 0                             | 142                              |
|       | 分散分析     | —             | —                                                 | —        | ns                               | ns                               | *                                                  | ns                       | ns                            | **                               |
| コチヒビキ | 92/04/30 | 26.3          | 19.0                                              | 38       | 1600                             | 522                              | 13.7                                               | 205                      | 0                             | 138                              |
|       | 92/05/14 | 25.7          | 18.5                                              | 42       | 1585                             | 637                              | 15.2                                               | 97                       | 41                            | 147                              |
|       | 92/06/04 | 24.2          | 17.7                                              | 45       | 1681                             | 761                              | 16.9                                               | 96                       | 168                           | 104                              |
|       | 93/04/27 | 24.2          | 13.2                                              | 41       | 1426                             | 267                              | 6.5                                                | 220                      | 0                             | 111                              |
|       | 93/06/04 | 21.9          | 12.2                                              | 44       | 1467                             | 572                              | 13.0                                               | 94                       | 90                            | 119                              |
|       | 94/05/13 | 27.8          | 19.1                                              | 40       | 1622                             | 572                              | 14.3                                               | 82                       | 0                             | 152                              |
|       | 94/06/08 | 26.0          | 16.2                                              | 37       | 1581                             | 564                              | 15.2                                               | 111                      | 36                            | 103                              |
|       | 95/05/12 | 27.1          | 18.7                                              | 43       | 1476                             | 643                              | 15.0                                               | 97                       | 73                            | 98                               |
|       | 96/06/06 | 21.8          | 14.3                                              | 42       | 1486                             | 601                              | 14.3                                               | 51                       | 17                            | 108                              |
|       | 分散分析     | —             | —                                                 | —        | *                                | *                                | ns                                                 | ns                       | ns                            | **                               |

\*\*, \*は, 1993 年 4 月 27 日移植区を除いて品種ごとに分散分析を行い, 8 試験区の間にそれぞれ 1%水準, 5%水準の有意差が認められたことを, ns は有意差が認められなかったことを示す。

第2表 収量と収量構成要素。

| 品種名   | 移植日      | 粗玄<br>米重<br>g m <sup>-2</sup> | 登熟<br>歩合<br>% | 玄米<br>千粒重<br>g |
|-------|----------|-------------------------------|---------------|----------------|
| タカナリ  | 92/04/30 | 858                           | 86.4          | 20.5           |
|       | 92/05/14 | 897                           | 85.7          | 21.3           |
|       | 92/06/04 | 883                           | 83.3          | 21.7           |
|       | 93/04/27 | 308                           | 28.0          | 21.6           |
|       | 93/06/04 | 697                           | 68.7          | 20.7           |
|       | 94/05/13 | 990                           | 88.5          | 21.5           |
|       | 94/06/08 | 882                           | 83.5          | 20.9           |
|       | 95/05/12 | 898                           | 84.8          | 21.0           |
|       | 96/06/06 | 804                           | 62.5          | 21.3           |
|       | 分散分析     | **                            | **            | **             |
| コチヒビキ | 92/04/30 | 709                           | 81.9          | 22.1           |
|       | 92/05/14 | 729                           | 87.3          | 23.2           |
|       | 92/06/04 | 669                           | 83.6          | 22.5           |
|       | 93/04/27 | 409                           | 45.1          | 18.6           |
|       | 93/06/04 | 547                           | 72.2          | 20.9           |
|       | 94/05/13 | 650                           | 71.1          | 23.1           |
|       | 94/06/08 | 686                           | 81.0          | 24.1           |
|       | 95/05/12 | 644                           | 80.2          | 22.9           |
|       | 96/06/06 | 686                           | 83.7          | 23.3           |
|       | 分散分析     | **                            | ns            | **             |

\*\*, \*は, 1993 年 4 月 27 日移植区を除いて品種ごとに分散分析を行い, 8 試験区の間にそれぞれ 1%水準, 5%水準の有意差が認められたことを, ns は有意差が認められなかったことを示す。

指摘の通り, タカナリでは 3 試験区のみで認められ, その量もわずかであったのに対して, コチヒビキでは, 移植時期が遅くなると再蓄積量が大きくなった (第1表)。気象

要因との関係をみると, タカナリの平均気温のみが転流量と有意な負の相関を示した。乾物生産との関係では, タカナリの転流量は地上部重増加量および平均 CGR と有意な負の相関を示した (第3表)。

タカナリの出穂期における茎葉 NSC 蓄積量は, 1994 年 5 月中旬移植区で最大値となる 201 g m<sup>-2</sup> を示した。両品種とも, 茎葉 NSC 蓄積量には有意な試験区間差が認められた (第1表) が, 8 試験区全体で算出した変動係数は, タカナリでは 12.1% となり, コチヒビキの 17.7% よりも小さく, 出穂前の生育条件が NSC の蓄積に及ぼす影響はタカナリの方がより小さかったと推察された。また, 茎葉 NSC 蓄積量は出穂期までに決定されるため, 両品種とも登熟期間の気象要因とは有意な相関を示さず, 転流量との有意な相関も認められなかった (第3表)。

#### 4. 収量と収量構成要素

タカナリの粗玄米重は, 登熟期間の地上部重増加量および成熟期地上部重と同様に, 1994 年 5 月中旬移植区で最大値を示し, 990 g m<sup>-2</sup> を記録した (第2表)。8 試験区全体で算出した粗玄米重の変動係数は, タカナリでは 9.8% となり, コチヒビキの 8.3% よりやや大きかった。

タカナリでは, 粗玄米重および登熟歩合がいずれも平均気温・日射量と有意な正の相関を示したが, コチヒビキでは有意とはならなかった。また, 収量と乾物生産・転流との関係をみると, タカナリでは, 地上部重増加量と粗玄米重との間に有意な正の相関が認められた一方, 転流量と粗玄米重の間の相関係数は負となり, 有意ではなかった (第

第3表 登熟期間の気象要因と収量、乾物生産および転流との相関係数の品種間差異。

| 項目         | 平均<br>気温 | 平均<br>日射 | 登熟<br>日数 | 粗玄<br>米重 | 登熟<br>歩合 | $\Delta W$ | CGR      | 転流量      | 再蓄<br>積量 | NSC    |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|--------|
| 平均気温       |          | 0.864**  | -0.733*  | 0.835**  | 0.896**  | 0.934**    | 0.995**  | -0.896** | -0.426   | 0.483  |
| 平均日射       | 0.875**  |          | -0.423   | 0.801*   | 0.835**  | 0.825**    | 0.765*   | -0.627   | -0.493   | 0.283  |
| 登熟日数       | -0.486   | -0.279   |          | -0.688   | -0.563   | -0.768*    | -0.847** | 0.646    | 0.303    | -0.675 |
| 粗玄米重       | 0.376    | 0.626    | -0.452   |          | 0.794*   | 0.876**    | 0.851**  | -0.625   | -0.803*  | 0.374  |
| 登熟歩合       | -0.072   | 0.260    | 0.009    | 0.779*   |          | 0.790*     | 0.752*   | -0.593   | -0.439   | 0.485  |
| $\Delta W$ | -0.378   | 0.523    | 0.736*   | 0.058    | 0.390    |            | 0.991**  | -0.847** | -0.473   | 0.445  |
| CGR        | 0.209    | 0.424    | 0.236    | 0.441    | 0.549    | 0.831**    |          | -0.834** | -0.445   | 0.547  |
| 転流量        | 0.379    | 0.397    | -0.510   | 0.276    | 0.579    | -0.403     | -0.900   |          | 0.300    | -0.078 |
| 再蓄積量       | -0.328   | -0.837   | 0.755*   | -0.359   | 0.792    | 0.834**    | 0.580    | -0.269   |          | 0.028  |
| NSC        | 0.368    | 0.394    | -0.276   | 0.237    | -0.200   | -0.387     | -0.347   | 0.259    | -0.544   |        |

$\Delta W$  は地上部重増加量, CGR は個体群成長速度, NSC は出穂期茎葉 NSC 量を示す。

右上側にタカナリ, 左下側にコチヒビキの相関係数を示した。

相関係数は 1993 年 4 月 27 日移植区を除いて算出した。

相関係数に付した \*\*, \* はそれぞれ 1% 水準, 5% 水準で有意であることを示す。

第4表 登熟期間の平均気温, 平均日射量および個体群成長速度の偏相関係数。

| 項目    | タカナリ      |             | コチヒビキ     |             |
|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|       | 平均<br>日射量 | 個体群<br>成長速度 | 平均<br>日射量 | 個体群<br>成長速度 |
| 平均気温  | 0.633     | 0.798       | 0.890     | -0.387      |
| 平均日射量 |           | -0.148      |           | 0.523       |

偏相関係数は 1993 年 4 月 27 日移植区を除いて算出した。

3 表)。したがって, タカナリの収量は, 乾物生産が高まる条件で高くなり, 転流量の増大する条件ではむしろ低下すると推察された。これに対して, コチヒビキでは, 粗玄米重は地上部重増加量・転流量のいずれとも有意な相関を示さず (第3表), 収量の決定にはこれら以外の要因が関与していると推察された。

## 考 察

試験年次あるいは作期の違いによる半矮性インド型水稻品種の収量変動とその要因については, 多収性品種水原 258 号 (窪田ら 1988, 平岡ら 1992a) に続いて, タカナリについての検討が行われている (平岡ら 1992b, 長田ら 1997, 徐ら 1997, 崔ら 1999)。窪田ら (1988) は晩植区において水原 258 号の登熟歩合が著しく低下することを, 長田ら (1997) は四国地域での早植え栽培において, タカナリの登熟歩合の変動が大きいことを指摘した。本研究においても, タカナリの粗玄米重および登熟歩合は平均気温・日射量と有意な正の相関を示し (第3表), 登熟期間の気象条件がタカナリの収量を変動させる要因であると推察された。

コチヒビキとは異なり, タカナリの粗玄米重は地上部重増加量および平均 CGR と有意な相関を示し, 平均 CGR はさらに平均気温・日射量と有意な正の相関を示した (第3表)。したがって, タカナリにおいては, 登熟期間の気象要因は乾物生産を変動させ, 収量に影響を及ぼしたもの

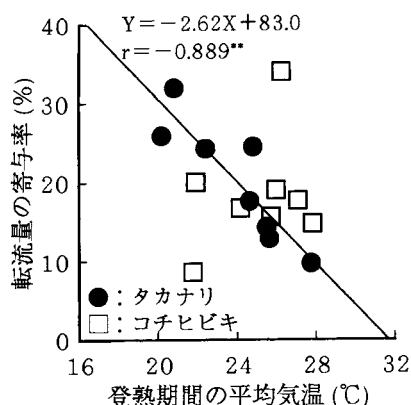
と推察された。

タカナリでは登熟歩合と平均 CGR との相関係数も有意となった (第3表)。Nagata ら (2001) は, 登熟初期の遮光と施肥試験を組み合わせると, タカナリの登熟歩合が, 1 穎果当たりの出穂後 10~20 日の乾物増加と有意な正の相関を示し, 蓄積 NSC の転流量を加えることにより, さらに強い相関関係が認められたと報告している。したがって, 低温少照の試験区における登熟歩合の低下は, 低温による受精障害だけではなく, 平均 CGR の低下による同化産物の供給不足も関与した可能性が示唆された。

本研究においては, 気温と日射量の相関が強かったため, 平均 CGR に対する偏相関係数を算出して, それぞれの気象要因単独の影響を求めたところ, 平均日射量を一定として算出したタカナリの平均 CGR と平均気温との偏相関係数が, 正の値である 0.798 を示した (第4表)。これは, コチヒビキで得られた負の偏相関係数や, 鈴木 (1980) の報告と反するものである。

1994 年 5 月中旬移植区において, タカナリの登熟期間の平均気温は 27.6 °C に達した。これは, 制御環境下におけるインド型品種の登熟期間の至適温度範囲として示された 19~25 °C (Yoshida and Hara 1977) より高く, インド型品種の光合成適温域の 25~35 °C (Osada 1964) の範囲に含まれる。このような高温条件であっても, 1994 年のような高い日射条件に恵まれると, タカナリは高い乾物生産能力を発揮する (徐ら 1997, Nagata ら 2001)。したがって, 今後この高い乾物生産能力をもたらし生理的機構を明らかにすることにより, 地球規模の温暖化傾向のなかで生産力を向上させるためのモデル品種として, タカナリを活用できると推察された。

転流と気象要因の関係については, 松島・和田 (1958) が制御環境下での試験を実施し, 登熟盛期の 20 日間の転流量が 17~25 °C の範囲ではほぼ温度とともに直線的に上昇したと報告している。本研究では, タカナリの転流量と登熟期間の平均気温には有意な負の相関が認められ (第3



第1図 粗玄米重に対する転流量の寄与率に平均気温が及ぼす影響。  
転流量を粗玄米重の乾物換算値で除して寄与率を算出した。  
タカナリの回帰直線と相関係数(1%水準で有意)を示した。

表), 平均気温が低下すると粗玄米重に対する転流量の寄与は有意に高まった(第1図)。同時に, タカナリの転流量は地上部重増加量と有意な負の相関を示した(第3表)ことから, 地上部重増加量を一定として求めた転流量と平均気温との偏相関係数と, 平均気温を一定として求めた転流量と地上部重増加量の偏相関係数を比較すると, 後者の絶対値の方が大きかった(第5表)。したがって, 転流量の決定には, 気温の直接的な影響よりも地上部重増加量の影響の方が大きかったと推察された。

転流量と出穂期茎葉 NSC 蓄積量との相関係数が両品種とも有意ではなかったことと, 転流量と地上部重増加量の間にもコチヒビキでは有意な相関係数が認められず, タカナリでは有意な負の相関が認められた(第3表)ことを考えあわせると, 本研究において, 転流量は転流可能量, すなわち出穂期における蓄積炭水化物量に規定される(翁ら1982)と考えるよりも, とくにタカナリにおいて, 登熟期間の乾物生産の低下を補うために増大する(Nagataら2001)との考えがより妥当であると推察された。

さらに, タカナリの転流量と粗玄米重の間の相関係数が負となった(第3表)ことから, 転流量が増大しても収量はむしろ低下したと推察された。Nagataら(2001)は, 出穂期までに蓄積された炭水化物が登熟や収量に対して重要であるとする報告では, 供試品種の出穂期以降の乾物生産が必ずしも高くなかったことを指摘している。本研究において, タカナリの登熟期間の地上部重増加量は, もっとも小さかった1993年6月上旬移植区でも  $637 \text{ g m}^{-2}$  で, この試験区の転流量の3.36倍であった。地上部重増加量および転流量の平均値を用いてこの比率を算出すると5.37となり, 転流量に比して地上部重増加量がきわめて大きく, 乾物生産に好適な条件であったために, このような関係が得られたと推察された。

ただし, タカナリは出穂期の茎葉 NSC 蓄積量がコチヒ

第5表 登熟期間の平均気温, 地上部重増加量および転流量の偏相関係数。

| 項目      | タカナリ    |        | コチヒビキ   |        |
|---------|---------|--------|---------|--------|
|         | 地上部重増加量 | 転流量    | 地上部重増加量 | 転流量    |
| 平均気温    | 0.787   | -0.149 | 0.024   | 0.359  |
| 地上部重増加量 |         | -0.400 |         | -0.384 |

偏相関係数は1993年4月27日移植区を除いて算出した。

ビキより多く(第2表), その変動係数も小さかったことから, 転流可能量を高い水準で安定して確保できるといえる, 生産力向上のためのもうひとつの有用性を備えていると推察された。

謝辞: 本研究の遂行に当たって, 調査に協力していただいた現東北農業研究センターの長田健二氏, 藤澤弘幸氏, 広島県立農業技術センターの保科亨氏および福島県農業試験場の渡部隆氏に感謝の意を表する。

## 引用文献

- 秋田重誠・石川哲也・李泮雨・片山勝之 1993. 生理的令を異にする水稻の組織・器官の暗呼吸速度とその変動に関する諸要因. 日作紀 62: 73—80.
- 崔晶・楠谷彰人・豊田正範・浅沼興一郎 1999. 水稻における収量安定性の品種間差異. 日作四国支部報 36: 28—35.
- 平岡潔志・建部雅子・米山忠克 1992a. 多収稲水原258号の乾物生産・養分吸収への気象の影響. 日土肥誌 63: 177—183.
- 平岡潔志・吉田新一・建部雅子・米山忠克 1992b. 養分の吸収・分配, シンク(穂)の特性からみた関東146号(タカナリ)の多収性. 日土肥誌 63: 517—523.
- 石川哲也・藤本寛・桜木信幸・丸山幸夫・秋田重誠 1999. 水稻品種タカナリの出穂期までの乾物生産と穎花数の決定. 日作紀 68: 63—70.
- 窪田文武・田中典幸・有馬進 1988. 日印交雑稲品種「水原258号」の生産生態の解明. 日作紀 57: 287—297.
- 楠田幸 1993. 水稻圃場試験調査法の改善のための基礎研究. 第4報 乾物重の効率的調査法. 日作紀 62: 33—40.
- 松島省三・和田源七 1958. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. XLVII. 水稻登熟機構の研究(8) 転流機構特に温度と転流速度との関係並びに登熟歩合向上方法について. 日作紀 27: 6—8.
- 長田健二・吉永悟志・小林廣美・高梨純一 1997. 四国地域における超多収水稻の生育・収量特性. 四国農試報 61: 107—117.
- Nagata, K., S. Yoshinaga, J. Tanakashi and T. Terao 2001. Effects of dry matter production, translocation of nonstructural carbohydrates and nitrogen application on grain filling in rice cultivar Takanari, a cultivar bearing a large number of spikelet. Plant Prod. Sci. 4: 173—183.
- Osada, A. 1964. Studies on the photosynthesis of Indica rice. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 33: 69—76.
- 太田保夫・山田登・加美佐郷・田島克己・舟山謙三郎 1958. 水稻の登熟に関する研究. 第2報 登熟に対する遮光の影響. 日作紀 27: 196—200.

- 斎藤邦行・柏木伸哉・木下孝宏・石原邦 1991. 水稻多収性品種の乾物生産特性の解析. 第4報 穂への同化産物の分配. 日作紀 60: 255-263.
- 齊藤邦行・村木智裕・土居寿幸・黒田俊郎 2000. 水稻品種の乾物生産に及ぼす暗呼吸の影響—日本晴とタカナリの生長効率の比較—. 日作紀 69: 194-200.
- 鈴木守 1980. 暖地水稻の収量成立過程の物質生産的特徴に関する研究. 九農試報 20: 429-494.
- 翁仁憲・武田友四郎・縣和一・箱山晋 1982. 水稻の子実生産に関する物質生産的研究. 第1報 出穂期前に貯蔵された炭水化物および出穂後の乾物生産が子実生産に及ぼす影響. 日作紀 51: 500-509.
- 徐銀発・大川泰一郎・石原邦 1997. 水稻多収性品種タカナリの収量と乾物生産過程の解析—1991年から1994年の4年間—. 日作紀 66: 42-50.
- 矢島正晴・P. C. Sta. Cruz・房志勇・柁木信幸・高橋均 1995. DVSモデルからみた日本稲およびインド稲の出穂特性. 日作紀 64 (別1): 80-81.
- Yoshida, S. and T. Hara 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutr. 23: 93-107.

**Effect of Temperature and Solar Radiation on Dry Matter Production and Translocation during the Ripening Period in Rice cv. Takanari**: Tetsuya ISHIKAWA<sup>\*1,1)</sup>, Hiroshi FUJIMOTO<sup>2)</sup>, Nobuyuki KABAKI<sup>1)</sup>, Sachio MARUYAMA<sup>3)</sup> and Shigemi AKITA<sup>4)</sup> (<sup>1)</sup>Natl. Agr. Res. Cent., Tsukuba, Ibaraki, 305-8666, Japan; <sup>2)</sup>Japan Internatl. Res. Cent. for Agr. Sci.; <sup>3)</sup>Natl. Inst. of Crop Sci.; <sup>4)</sup>The Univ. of Shiga Pref.)

**Abstract**: Dry matter production and translocation during the ripening period of semidwarf indica rice cv. Takanari were examined in comparison with those of the standard japonica rice cv. Kochihibiki. Nine field experiments were conducted from 1992 to 1996 with high nitrogen application of  $18 \text{ g m}^{-2}$ . Large differences in the range of both average temperature ( $27.6\text{--}20.0^\circ\text{C}$ ) and average solar radiation ( $18.8\text{--}11.7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ) during the ripening period of Takanari were observed. Both the largest increase of dry weight of the above-ground part ( $987 \text{ g m}^{-2}$ ) during the ripening period and the highest grain yield ( $990 \text{ g m}^{-2}$ ) of Takanari were achieved at a mid-May transplanting plot in 1994. Significant differences between experimental plots of Takanari were not found when comparing the increase in dry weight of the above-ground part ( $\Delta W$ ), but were found when average crop growth rate (CGR) was calculated. The CGR of Takanari showed significant correlations with both average temperature and solar radiation. A positive partial coefficient of correlation between CGR and average temperature, calculated on the assumption of fixed solar radiation, was also found in Takanari. Significant differences between experimental plots of both cultivars were not found in the amount of translocation (T), which was estimated from the decrease in straw dry weight. Although T of Takanari showed significant negative correlation with both average temperature and  $\Delta W$ , it was suggested that the effect of temperature on translocation was indirect as the consequence of comparing partial coefficients of correlation. The large  $\Delta W$  of Takanari, which was 5.37 times as much as T on the average, is supposed to be one of the reasons why the grain yield of Takanari did not show significant correlation with T, but did with  $\Delta W$ . It is suggested that the ability of Takanari to produce larger dry matter under high temperature, as well as to accumulate a stable, large amount of nonstructural carbohydrate in straw, was useful as a model crop for the improvement of production potency.

**Key words**: Dry matter production, High yield ability, Rice, Semidwarf indica cultivar, Solar radiation, Temperature, Translocation.