

# 高温年次におけるコシヒカリの移植時期が物質生産・収量・品質に及ぼす影響

山口泰弘\*\*・井上健一\*\*・湯浅佳織\*\*\*

## Effects of Transplanting Time on Dry Matter Production, Yield and Grain Appearance in Rice Cultivar Koshihikari during High Temperature Years.

Yasuhiro YAMAGUCHI\*\*, Ken-ichi\*\* INOUE and Kaoru YUASA\*\*\*

4月下旬から5月下旬にかけて約10日おきにコシヒカリの移植時期を変え、生育および登熟期間の気象条件が、物質生産、収量および玄米品質に及ぼす影響について検討した。

播種から出穂期までの日数は播種日の遅れに従い気温が上昇するため直線的に短くなった。そのため幼穂形成期までの乾物増加速度(CGR)は移植時期が遅い方で大きかった。移植時期が遅い稲の物質生産面の特徴は登熟期間の葉面積指数が大きい、登熟前半の穂重増加速度が大きい、成熟期の葉の枯れ上がりが少ない、登熟後半の稈・葉鞘への養分蓄積が多いことであった。収量構成要素を比較すると移植時期が遅い稲は穂数、総粒数がやや少なくなる傾向で、その反面登熟歩合がやや高まるため収量の移植時期差は小さかった。収量構成要素の中で4年間を通して収量と最も相関が高かったのは穂数であった。玄米品質を比較すると移植時期が遅い稲は、乳白粒の発生割合が少なく、完全米割合が高かった。また玄米品質は総粒数よりも、出穂後15日間の平均気温や飽差(乾きやすさの指標)との関係が深く、平均気温が28℃を超え、飽差が高くなると品質が低下した。またよく似た総粒数レベルをで比較すると、登熟期間の稲体の窒素濃度が高い方が乳白粒の発生割合が少なく品質が良い傾向であった。

**Key Words:** コシヒカリ, 移植時期, 品質, 物質生産, 収量

### I. 緒言

全国の年平均気温は上昇傾向にあり、過去100年間あたり約1.0℃上昇している<sup>2)</sup>。また、IPCC(2001)によると1990年から2100年までの気温の上昇は1.4~5.8℃であると予想され、気温の上昇傾向は今後も継続すると考えられている。地球温暖化が農業に与える影響はさまざまであるが、特に水稲作への影響が懸念されており、堀江ら<sup>6)</sup>は大気中の温室効果ガスが2倍に上昇したとき、現在の品種、栽培体系では東北地方の一部以外は減収すると予測している。

現在においては稲作期間の高温は、多くの場合多照をとまうため、収量はプラスとなることが多いが、品質

については福井県の主力品種であるコシヒカリを中心に、低下傾向が問題となっている。その原因として、登熟期間の高温により呼吸が増大し、籾への同化産物供給が不足するため、デンプン合成酵素活性が低下し<sup>17)</sup>、胚乳へのデンプン蓄積が停滞するため等が考えられている。

水稲への高温の影響についての試験は、低温の影響によるものに比べかなり少なく、人工気象装置を用いて高温処理した事例が多く、日常レベルでの調査、解析例が少ない。また、近年では平成11年の記録的な高温等による米質の低下により、高温の水稲への影響、特に玄米品質を中心に全国的な研究がはじめられてきている。

北陸地域の晩植栽培については、仮谷ら<sup>9)</sup>、青田ら<sup>1)</sup>、伊藤ら<sup>8)</sup>、丸山ら<sup>10)</sup>により、作期と生育、乾物生産、収量との関係について検討されている。しかし、近年の地球温暖化に伴う大幅な気象変動により、稲作栽培期間の気象条件は当時とは大幅に異なっており、また、

\* 本報告の一部は日本作物学会第215回講演会にて発表した

\*\* 福井県農業試験場 企画経営部 作物研究グループ

\*\*\* 福井県嶺南振興局 農業普及部

品質との関係についてはこれまでほとんど検討されていない状況である。

本研究では、近年の高温年次において水稻の移植時期を変え、異なる環境条件で生育するコシヒカリの物質生産、収量、品質の特徴について比較検討し特に晩植条件の特徴を明らかにしたので報告する。

## II. 試験方法

コシヒカ리를供試し、1999年から2002年にかけて、4水準の移植時期を設定した。4年間を平均した移植時期と施肥量を第1表に示す。またこれ以降4月27日移植のものを移植1、5月8日移植のものを移植2、5月

第1表 移植時期別施肥量(1999-2002)

移植日 (月 日)	播種日	基肥 (N成分kg/10a)	穂肥
4.27(移植1)	4.7	3.6	2+1
5.8(移植2)	4.18	3.1	2+1
5.18(移植3)	5.1	2.2	2+1
5.29(移植4)	5.14	1.4	2+1

\* 数値は4年間の平均値

18日移植のものを移植3、5月29日移植のものを移植4とする。

それぞれの播種日において乾籾120g/箱播種し、ハウス内で育苗した。葉令2.0から2.5葉の稚苗を、それぞれの移植日に栽植密度20.9株/m<sup>2</sup>、1株3~4本植えとして手植えた。移植日が遅い区は早い区に比べ移植後の気温が上昇し、地力窒素発現量の増加に伴う下位節間の伸長により倒伏が懸念されるため、基肥窒素施用量を移植日により加減した(第1表)。穂肥は各移植時期とも出穂前18日に窒素成分で2kg/10a、出穂前10日に1kg/10aを化成肥料にて施用した。水管理および病害虫防除は慣行栽培に準じて行った。

幼穂形成期、出穂期、登熟中期、成熟期にそれぞれ平均的茎数の3株をサンプリングし、部位別に分解して葉面積指数を調査し、80℃で72時間乾燥後乾物重を秤量した。

収量は、各区70株を坪刈して乾燥、脱穀、籾摺後1.85mm篩より上段の玄米を精玄米重として算出した。

試験は1区面積25m<sup>2</sup>の2区制で行った。

窒素分析はケルダール法により行った。

品質調査は1.85mm篩より上段の玄米を1000粒目視することにより行った。

気象データは福井地方気象台のものを用いた。

第2表 生育時期別気象条件の特徴

移植時期	移植~+30日間			移植+30日~幼穂形成期			幼穂形成期~出穂期			
	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	
1999-2002	移植1	17.9	6.0	18.0	21.8	4.9	16.6	26.7	5.4	18.0
	移植2	19.3	6.2	18.6	22.6	4.2	15.3	27.5	6.0	18.9
	移植3	20.5	6.1	18.3	23.7	3.8	14.9	28.2	7.3	20.5
	移植4	21.5	4.7	16.2	25.5	4.7	16.8	28.9	8.4	21.8
平年値	移植1	17.1	6.1	17.7	21.4	4.9	16.1	25.2	4.9	16.0
	移植2	18.6	6.2	18.1	22.2	4.3	15.1	25.8	5.4	16.8
	移植3	19.9	5.9	17.8	23.1	3.9	14.5	26.4	6.1	17.7
	移植4	21.2	4.9	16.2	24.3	4.2	15.0	27.0	6.7	18.5
平年	移植1	+0.8	97	102	+0.4	101	103	+1.5	112	112
	移植2	+0.7	100	103	+0.3	98	101	+1.8	112	113
対差・比	移植3	+0.6	103	103	+0.6	97	103	+1.8	120	115
	移植4	+0.2	95	100	+1.2	112	111	+1.9	126	118
移植時期	出穂期~+15日間			出穂+15日~成熟期			出穂~成熟期			
	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	気温 (°C)	日照時間 (h)	日射量 (MJ/m <sup>2</sup> /日)	
1999-2002	移植1	28.9	9.1	22.4	27.2	6.8	18.2	27.9	7.8	19.9
	移植2	28.6	7.7	20.1	26.9	7.2	18.4	27.6	7.4	19.1
	移植3	28.1	7.4	19.3	26.0	6.3	16.6	26.8	6.7	17.6
	移植4	27.1	6.5	17.8	25.5	5.3	15.0	26.1	5.8	16.1
平年値	移植1	27.2	6.9	18.6	26.6	6.4	17.2	26.9	6.6	17.8
	移植2	27.2	6.8	18.3	26.3	6.3	16.8	26.7	6.5	17.4
	移植3	27.1	6.6	17.9	25.3	5.8	15.7	26.0	6.1	16.6
	移植4	26.9	6.4	17.5	24.3	5.4	14.7	25.3	5.8	15.8
平年	移植1	+1.7	132	120	+0.6	107	105	+1.0	118	112
	移植2	+1.4	114	109	+0.7	115	109	+1.0	114	109
対差・比	移植3	+1.1	113	108	+0.7	108	106	+0.8	109	107
	移植4	+0.2	100	102	+1.2	99	102	+0.8	100	102

注) +は平年差

### III. 試験結果と考察

#### 1. 試験調査年次の気象条件

調査年次の気象条件は第2表に示すとおりである。調査年次はすべての移植時期の各生育期間において、気温、日照時間、日射量ともに平年値に比べ大きく、高温多照傾向であり、特に幼穂形成期から出穂後15日までにおいて顕著であった。これは近年が空梅雨傾向であることも関係している。このため、従来の遅植では問題となるいもち病が感染する可能性も低くかったと考えられる。また、移植時期別に比較すると、出穂期までは移植時期の遅い区ほど平均気温が高い反面、出穂期から成熟期にかけての平均気温は低くなる。また日射量に関しては、移植4で梅雨と重なるために移植後30日間の日射量が少なくなる傾向にある。また、特徴的な点は、幼穂形成期から出穂期にかけての日射量が移植時期が遅い区ほど多くなる点である。この時期の日射量は乾物生産や収量と深く関与している重要な条件であり、後述するように、移植時期が遅くとも従来とは異なり収量がそれほど減収していない原因と考えられる。また、出穂期以降の日射量については移植時期が遅い区ほど低下する傾向にあったが、極端に低いレベルではないため、それによる低収等の悪影響は考えにくい。

#### 2. 生育ステージの変化

4月末から約10日おきに移植時期を変えることにより、幼穂形成期は4から7日、出穂期は4から6日、成熟期は4から8日遅れた(第3表)。これを年次別に比較すると幼穂形成期は最小で2日最大で7日、出穂期は最小で3日最大で6日、成熟期は最小で3日最大で13日遅れた。

第3表 移植時期の違いと生育ステージ(1999-2002)

移植日 (月日)	幼穂 形成期 (月日)	出穂期 (月日)	成熟期 (月日)	登熟日数 (日)	登熟期間 積算気温 (°C)
移植1	7.3	7.25	8.30	36	1011
移植2	7.7	7.29	9.3	36	994
移植3	7.12	8.4	9.11	39	1030
移植4	7.19	8.9	9.17	39	1003

\*4年間の平均値

第4表 移植時期の違いと葉身長と節間長(1999, 2001, 2002)

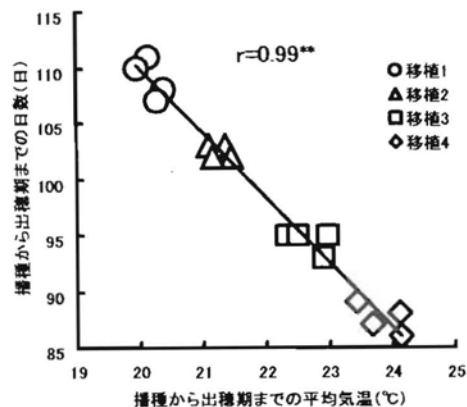
移植 日	稈長 (cm)	穂長 (cm)	葉身長(cm)				節間長(cm)					倒伏 程度	
			L1	L2	L3	L4	N0	N1	N2	N3	N4		N5
移植1	88.7	18.9	27.4	35.9	40.8	35.9	37.7	19.1	15.5	11.3	5.0	0.1	1.6
移植2	90.2	18.6	25.5	36.1	41.3	38.0	39.0	19.3	14.4	11.9	5.3	0.2	1.7
移植3	92.4	17.7	24.5	35.3	42.8	42.9	37.6	19.6	16.6	11.8	7.1	0.3	1.8
移植4	93.8	18.7	25.3	37.6	44.8	34.6	39.8	21.4	16.1	10.9	5.4	0.2	2.8

\* 数値は3年間の平均値

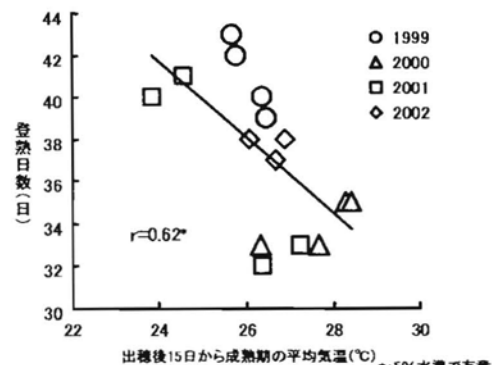
播種から出穂期までの日数は、移植が遅れ生育期間の気温が上昇するに伴い直線的に短くなった(第1図)。これは山川<sup>16)</sup>の指摘と一致する傾向であった。また、年次によっては登熟日数が33日前後、刈取り開始期の指標となる積算気温も900°C前後とかなり短い年もあったので、移植時期別に4年間の平均をとって見たが、平均すると林ら<sup>3)</sup>の報告にある990°Cとほぼ一致する結果となった。移植時期の遅い試験区では、登熟期間の気温の低下に伴い、登熟日数がやや長くなった(第3表)。登熟日数は近年の気温の上昇とともに短くなる傾向であるが、これは登熟前半よりも登熟後半の気温が影響しているものと考えられた(第2図)。

#### 3. 形態の違い

移植時期が遅い稲ほど第2、第3節間長が長くなるため稈長が長く、第3葉身長も長い傾向で、それにともない倒伏程度も増加した(第4表)。これは佐藤ら<sup>15)</sup>の第3葉身長が長いと倒伏程度が大きいという報告と一致した。



第1図 播種から出穂期までの平均気温と日数の関係 (1999-2002)



第2図 出穂後15日から成熟期の平均気温と登熟日数の関係

#### 4. 物質生産の比較

葉面積指数は幼穂形成期以降、移植時期が遅い区で大きい傾向だった(第3図)。これは移植時期が遅い区が過繁茂だったというわけではなく、各生育ステージにおける地力窒素発現量が多いためであると考えられる。

また移植時期が遅い区が各生育ステージにおける地力窒素発現量が多いことは葉身、稈・葉鞘、地上部重に影響を与えた。特徴的な点を要約すると以下の通りとなる。

1. 幼穂形成期以降の葉身乾物重は移植時期が遅いほど大きくなる傾向で、幼穂形成期における葉身の乾物重は移植3以降で大きくなった。
2. 移植2以降の移植では、出穂期以降の葉身の枯れ上がりが少なく、成熟期における葉身重は移植1に比べ、30~40%大きかった。
3. 稈・葉鞘についても葉身と同様の傾向がみられた。
4. 幼穂形成期の地上部重の移植時期差はわずかであったが、その後移植時期の遅い稲は登熟期間の葉身、稈・葉鞘重が大きく推移するため、成熟期の地上部重が移植1のものに比べて100g/m<sup>2</sup>大きかった(第5表)。

次に乾物増加速度(以下CGRと記す)の移植時期差を比較する。幼穂形成期から出穂期にかけてのCGRの移植時期差は小さく、登熟期間には移植時期が遅い区で登熟前半の穂重、1穂重増加速度が大きく、成熟期の葉身の枯れ上がりが少なく、登熟後半の稈・葉鞘への養分蓄積が大きかった(第4図)。また、生育後半の稲体窒素濃度の移植時期差は小さかった(第5図)。

第5表 生育後半の乾物重の推移 g/m<sup>2</sup>, % (1999-2002)

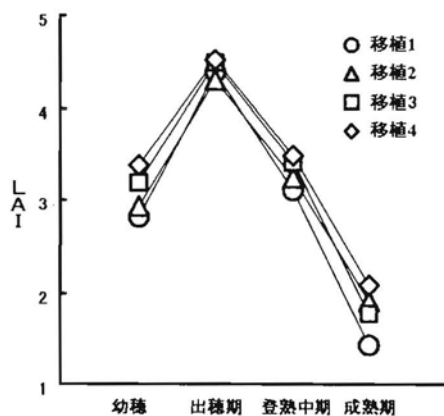
移植日	葉身	枯葉	稈・葉鞘	穂	地上部重
幼穂形成期					
移植1	134	5	240		380
移植2	100	66	101		100
移植3	109	50	99		102
移植4	110	167	94		101
出穂期					
移植1	213	19	568	128	928
移植2	98	73	102	103	101
移植3	101	87	101	93	100
移植4	106	64	106	96	104
登熟中期					
移植1	159	46	487	517	1205
移植2	103	82	102	102	102
移植3	105	96	102	106	104
移植4	108	97	105	101	104
成熟期					
移植1	77	101	484	743	1405
移植2	128	95	111	104	107
移植3	126	102	114	100	106
移植4	141	80	118	98	106

注)移植1は実数, 以外は移植1比

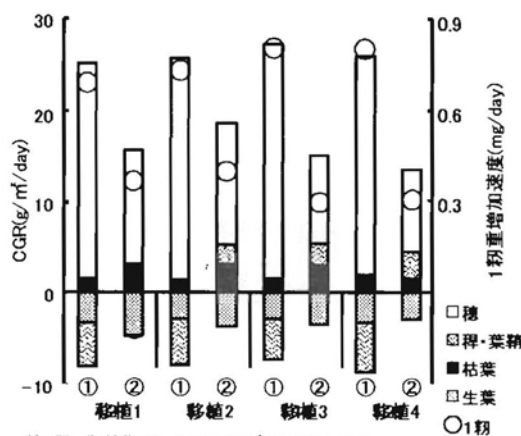
\*4年間の平均値

#### 5. 収量構成要素の比較

収量構成要素では、移植時期が遅いほど穂数、総粒数がやや減少したが一穂粒数は一定の傾向を示さなかった(第6表)。丸山ら<sup>10)</sup>は早生品種のトドロキワセを用いて作期試験を行い、4月16日から5月14日移植までの穂数はほぼ同程度で、それ以降作期が遅れるに従い低下するとし、総粒数は、作期が遅れるに従い減少したと報告している。本試験の結果も、丸山の結果とよく似ているが、穂数が移植時期の遅れに伴い減少しているのは、基肥窒素量を減らした影響が現れているのかも知れない。その反面登熟歩合は移植3以降植えてやや向上した(第6表)。丸山ら<sup>10)</sup>は、出穂15日前から出穂後35日間の日射量別総粒数と登熟歩合の関係を見ており、一般に登熟歩合は総粒数の増加に伴い減少し、日射量が約12MJ/m<sup>2</sup>を下回ると同一総粒数でも登熟歩合が低下するとしている。本試験では、日射量はどの移植時期においても12MJ/m<sup>2</sup>を大幅に上回っており、移植3以降植えて登熟歩合が向上したのは総粒数がやや少なかったことによるものと考えられる。また、第3図に示すように登熟期間の葉面積指数が高く維持されることも、移植時期の遅い条件で登熟歩合をやや高める要因



第3図 葉面積の推移 (1999-2002)



第4図 登熟期間のCGRの比較(1999-2002)

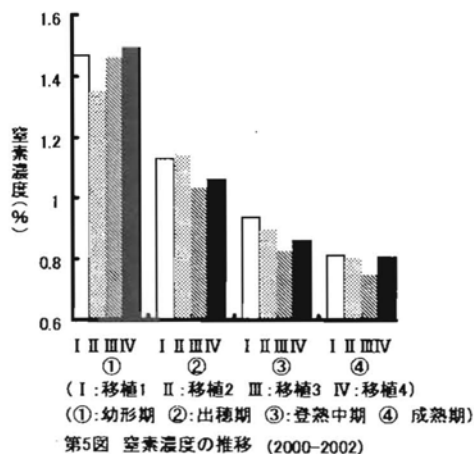
(注)①出穂期~登熟中期、②登熟中期~成熟期

と考えられる。また千粒重は移植4でやや大きい傾向であるが、移植1から移植3の移植時期間差は小さかった(第6表)。丸山らは作期の遅れに伴い、総粒数の減少と籾殻の生長期である出穂30日前から10日前までの気温が高温に推移するため千粒重が増加すると報告している。本試験でも、晩植に伴い総粒数の減少、籾殻の生長期の高温傾向がみられたものの千粒重の増加は顕著ではなかった。

これらの結果、移植4はやや収量が少なく、移植1から移植3までの収量差は小さかった(第6表)。

## 6. 品質

玄米品質の移植時期間差を比較すると、移植時期が遅いものほど乳白粒の発生が抑えられ、完全米の割合が高まった(第7表)。島根農試<sup>19)</sup>は2001年に4月20日から6月19日までの作期にて栽培したコシヒカリにおいて、作期が遅くなるにつれ、背白粒や乳白粒などの被害粒の減少により、検査等級が向上すると報告しており本試験結果もこれと一致する傾向を示した。一方で玄米窒素濃度や食味官能評価の移植時期間差は小さかった(第7表)。松江ら<sup>11-13)</sup>は移植時期が遅れるに従いタンパク質含有率が増加するとしているが、この傾向とは異なっていた。これは第5図に示すように高温年次における生育後半の稲体窒素濃度の移植時期間差は小さいため、玄米窒素濃度も差が小さくなるものと考えられる。



第5図 窒素濃度の推移 (2000-2002)

第6表 移植時期の違いと収量構成要素(1999-2002)

移植日	穂数 本/m <sup>2</sup>	一穂粒数 (粒/本)	総粒数 100粒/m <sup>2</sup>	登熟歩合 %	千粒重 g	収量 kg/10a
移植1	415	81.9	340	86.8	21.7	619
移植2	394	84.1	331	86.6	22.2	617
移植3	391	81.2	318	89.5	21.9	619
移植4	357	83.6	298	88.9	22.6	593

\* 数値は4年間の平均値

## IV 総合考察

### 1. 気象条件と生育・収量

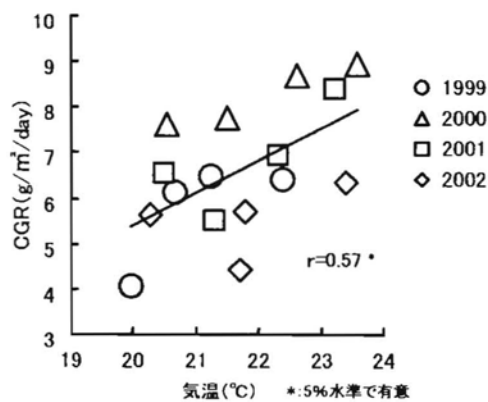
はじめに、気象条件と生育・収量の関係について検討する。井上<sup>7)</sup>がハナエチゼンで指摘するように、コシヒカリでも生育初期から幼穂形成期までのCGRは日射条件よりも温度の影響が大きかった(第6図)。また移植時期が遅いほど移植から幼穂形成期までのCGRが高かった(第7図)。これから移植時期が遅い条件ほど気温が高く、初期生育が旺盛であることがわかる。

一方、収量構成要素の中で最も収量との関係が強かったのは穂数であり、これは青田ら<sup>1)</sup>の報告と一致した。穂数と収量の間をみると、380~430本/m<sup>2</sup>の穂数が確保できれば、おおむね600kg/10a以上の収量が得られる傾向が認められた(第8図)。また第9図に示すとおり、移植から幼穂形成期までの平均日射量と穂数の間には緩やかな正の相関がみられた。第9図の円で囲った試験区のように移植4では、栄養生長期の短縮も重なって、同一日射条件でも穂数が確保されにくい傾向であった。したがって、初期の気温と日射は稲の物質生産に大きく関わっており、主に日射条件は穂数の増加に伴う地上部重の増加に関与し、平均気温は稲の生育ステージの速度に関与していると考えられる。

第7表 移植時期の違いと品質(1999-2002)

移植日	整粒	乳白	心白	茶米	青未熟	背白・赤白	玄米窒素濃度
移植1	79.6	10.6	2.2	1.8	3.1	1.8	1.22
移植2	81.3	9.3	1.7	2.2	2.1	1.5	1.24
移植3	84.2	4.2	2.4	3.4	2.1	2.9	1.22
移植4	87.0	3.4	1.1	2.7	4.0	0.5	1.23

\* 数値は4年間の平均値



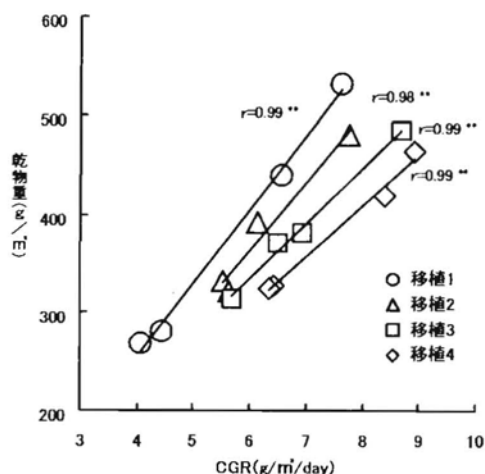
第6図 移植から幼穂形成期までの気温とCGRの関係

また、出穂前15日から出穂後30日間の日射量と収量の間には正の相関がみられた(第10図)。第10図中に円で囲った試験区(移植4)のように、穂数が十分でない場合には日射量が同じ条件でも、収量が50kg/10a程度減少した。丸山ら<sup>10)</sup>は作期の違いに伴う収量の変動は移植から出穂までの日数に支配される総穂数と、出穂15日前から出穂後35日までの気温と日射量に支配される登熟歩合に二分されると報告している。移植4の場合は栄養生長期の日数短縮に伴う穂数および総穂数の減少により、たとえ日射量が充分多く、登熟歩合が高まっても収量は減少しやすいと考えられる。

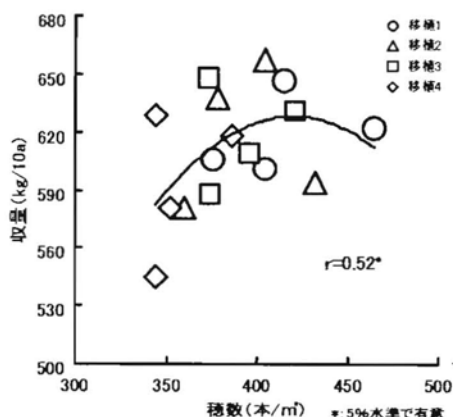
ここで登熟条件について、近年の高温年の傾向をつかむため、林<sup>4)</sup>が開発した気候登熟量指数(登熟期間の潜在的収量を示す)を用いることにする。試験年次の気象条件を当てはめ、平年と気候登熟量指数を比較すると、試験年次には指数が減少していることがわかる(第11図)。この指数は下記の式により表され、

$$Y = Sr \{1.28 - 1.92 \times 10^{-2} (21.9 - T)^2\}$$

Y: 気候登熟量指数, Sr: 出穂後40日間の積算日射量,  
T: 出穂後40日間の平均気温



第7図 幼穂形成期の乾物重と移植から幼穂形成期までのCGRの関係 (1999-2002) \*\* : 1%水準で有意

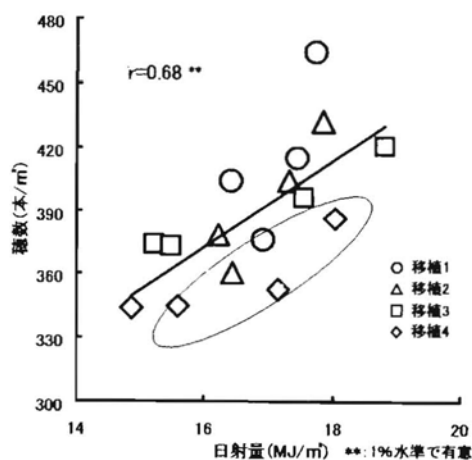


第8図 穂数と収量の関係 (1999-2002) \* : 5%水準で有意

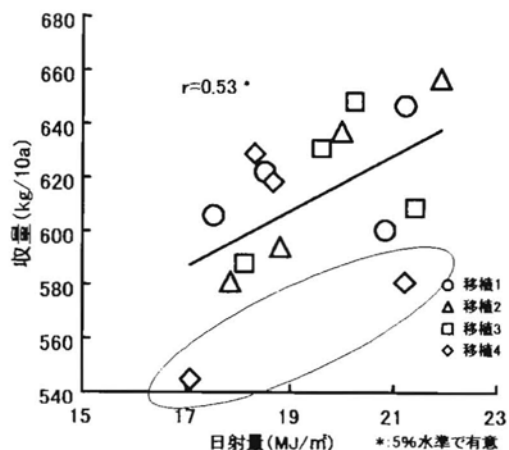
日射量が多ければ指数が高まり、気温は21.9℃で最大値をとり、それ以上の気温であれば気温の上昇にともない減少する負の二次曲線である。そこで近年の気象条件が平年に比べ気温要因と日射要因がどのように変化したのかをみるために、気温要因(気温: 近年の値, 日射: 平年値)と日射要因(気温: 平年値, 日射: 近年の値)として気候登熟量指数をみてみると、近年の気象条件はどちらかという気温要因の気候登熟量指数のパターンをとっている。つまり、日射要因よりも気温要因の影響を強く受け、気候登熟量指数が低下していることがわかる。移植時期が遅い稲は早い移植時期の稲に比べ日射条件は悪くなるものの、気温条件の改善の方が大きいために登熟条件が良くなるものと考えられる。すなわち、生育前半に穂数、総穂数が確保できれば、登熟条件の良い移植時期の遅いものの方が収量的に高くなる可能性を持っていると考えられる。

## 2. 気象条件と品質

次に気象条件と品質の関係について考えてみる。第12図に示すように出穂後15日間の平均気温が28℃を超えると乳白粒の発生が多くなり、完全米率が減少する傾向が認められた。



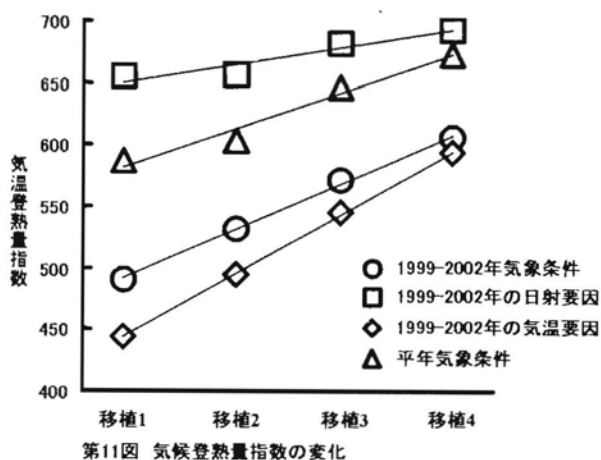
第9図 移植から幼穂形成期までの平均日射量と穂数の関係 (1999-2002) \*\*\* : 1%水準で有意



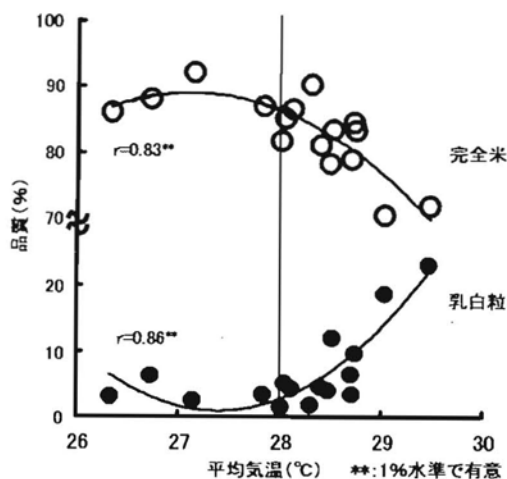
第10図 出穂前15日～出穂後30日間の日射量と収量の関係 (1999-2002) \* : 5%水準で有意

登熟期間の温度と品質の関係については、新潟県<sup>13)</sup>における8月の気温と1等米比率の関係をみた報告、小葉田ら<sup>14)</sup>による穂揃い後30日間の平均気温と乳白粒の発生をみた報告等があり、いずれも気温が25℃から26℃を超えると品質が下がるという傾向を示し、本試験結果もこれらの報告とほぼ一致した。本試験結果では気温が上記報告よりも高くても品質が安定しているのは、上記報告が一月にわたり平均気温と品質の関係をみているのに対して、本試験では出穂後15日間という登熟前半の玄米の肥大が活発な時期に注目して解析している点が異なるためである。

また、出穂後15日間の飽差(乾きやすさの指標)と完全米率の間に負の相関が認められた(第13図)。飽差は主に気温と湿度が関係しており、気温が高く、湿度が低いと飽差が高くなる。飽差が大きいと品質が低下する理由として、平沢<sup>5)</sup>らが指摘するように、光合成速度の低下がデンプンの蓄積を停滞させ、乳白粒等の被害粒が発生しやすくなるためであると考えられる。移植時期が遅い試験区では、第14図に示すように出穂後15日間の気温が低く、湿度が高くなる。このため移植時期が遅い稲は登熟前半に飽差が低く経過し、光合成が阻害されないため乳白粒を中心とする被害粒の発生が少なくなる



第11図 気候登熟量指数の変化

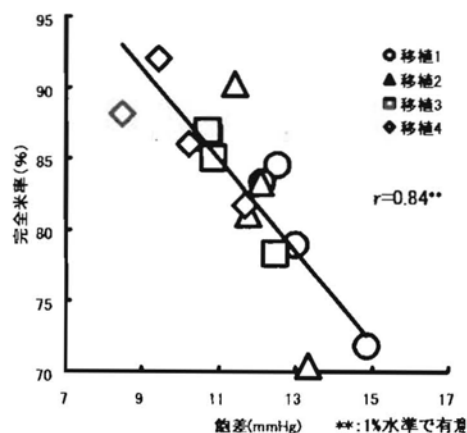


第12図 出穂後15日間の平均気温と完全米・乳白粒割合の関係 (1999-2002)

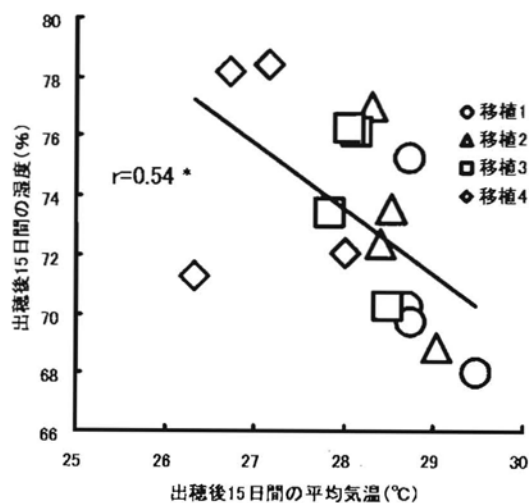
と考えられる。また飽差と品質の相関は乳白粒、あるいは他の被害粒単独よりも、被害粒全体あるいは完全米率との相関が高かった。このことは飽差が大きいことが特定の被害粒に影響するのではなく、ソース不足や稲体の活力低下にともなう全体的な被害粒の発生に関与していると推測される。

### 3. 物質生産と品質

次に総粒数を中心に物質生産と品質の関係について考察する。第15図について年次毎にみると、7月下旬から8月上旬にかけてフェーン現象が多かった1999年は総粒数と品質の間に相関は見られず、その他の年については総粒数と完全米率との間に緩やかな負の相関がみられた。しかし、温度や飽差といった気象要因に比べ相関が低いことを考えると、高温年次には総粒数の増加が直接的な品質低下の原因とはなっていないと考えられる。また、比較的品質が安定と思われる粒数レベルは円で囲ったm<sup>2</sup>あたり3万粒前後と考えられる。



第13図 出穂後15日間の飽差と完全米率の関係 (1999-2002)

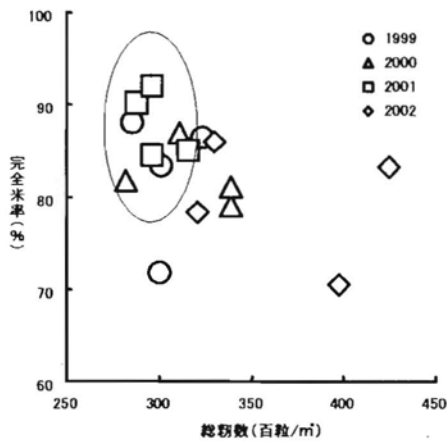


第14図 移植時期別出穂後15日間の平均気温と湿度の関係

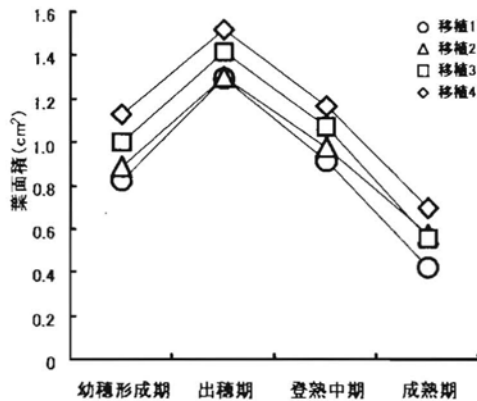
移植時期が遅い区は総粒数がやや少なく、葉面積指数は幼穂形成期以降大きく推移するため、登熟期間の1粒あたり葉面積が高く推移する(第16図)。つまり移植時期が遅い区はシンクソースのバランスが良いため、第4図に示したように登熟前半の穂重、1粒重増加速度が大きくなり、登熟がすばやく円滑に行われる。これも完全米率が高い原因と考えられる。

#### 4. 窒素濃度と品質

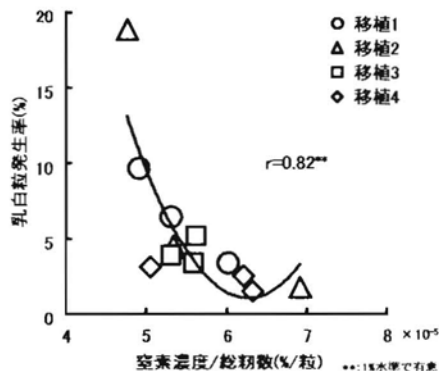
次に葉身窒素濃度と品質の関係について考察する。粒数レベルをほぼ同程度とした場合、葉身窒素濃度が登熟期間に高い方が乳白粒の発生が少なく、完全米率が向上する傾向がみられた(第17, 18図)。



第15図 総粒数と完全米率の関係



第16図 1粒あたり葉面積の推移 (1999-2002)



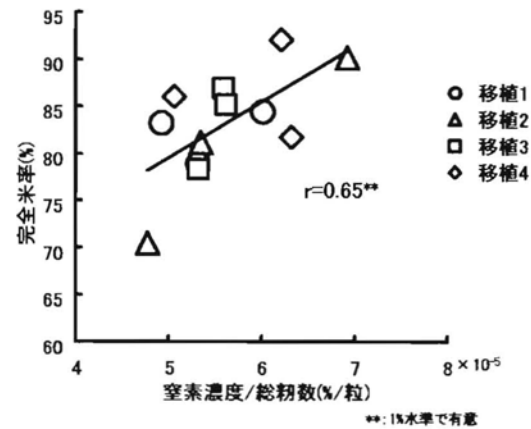
第17図 登熟期間の葉身窒素濃度と総粒数の比と乳白粒発生率の関係 (2000-2002)

また、移植時期との関係についてみると、年次間差があるものの移植3, 4は比較的粒数レベルをほぼ同様とした場合の葉身窒素濃度が登熟期間中高く推移するようである。これは粒数レベルを同様にした場合の葉身窒素濃度が高い方が登熟期間の光合成速度が大きく経過し、品質面でプラスとなると考えられる。

#### 5. 要約

以上の結果を総合すると、移植時期を5月中下旬に遅らせたコシヒカリの気象条件を含めた特徴は、以下のように取りまとめられる。

1. 気象要因: 登熟期間の気温が低くなるため飽差が低く、一方で日射の低下程度は小さいため、光合成速度が大きいと推定される。
2. 収量: 穂数、総粒数の減少がみられるが、登熟歩合が向上するため、収量差は小さい。
3. 物質生産: 適度な着粒数で、登熟期間の葉面積が大きく、稲体窒素濃度が高く維持されることにより、登熟が早く円滑に行われる。
4. 品質: 上記の要因により乳白粒を中心とした被害粒の発生が少なく、完全米率が向上する。



第18図 登熟期間の平均葉身窒素濃度と総粒数の比と完全米率の関係 (2000-2002)

#### 引用文献

- 1) 青田精一・木根淵旨光・橋本 勉・水野 進(1964). 北陸地域における水稻晩植栽培の減収要因とその収量性. 北陸農試報 7: 29~60.
- 2) 原沢英夫ら(2001). 地球温暖化の日本への影響 2001 第1章.
- 3) 林 恒夫・井上健一・尾嶋 勉(1994). 北陸農業研究成果情報. 10: 24-25.
- 4) 林 陽生(2001). 温暖化が日本の水稻栽培に及ぼす影響—研究の現状と展望—. 農業および園芸 76:



- 3-8.
- 5) 平沢 正・飯田幸彦・石原 邦(1988). 水稻葉身拡散伝導度, 光合成速度に及ぼす葉の水ポテンシャルと空気湿度の影響の相互関係. 日作紀 57:112-118.
  - 6) 堀江 武 (1991). 水稻の生育・収量とCO<sub>2</sub>の気候変化. 農業および園芸 第66巻 第1号:109-116.
  - 7) 井上健一・佐藤 勉・岩田忠寿・尾嶋 勉・酒井 究(1994). 低温・寡照条件におけるハナエチゼンの生育の物質生産的解析. 福井県農業試験場研究報告第32号:1-12.
  - 8) 伊藤十四英・田中孝幸(1977). 水稻の稚苗および成苗における作期の移動が収量生産過程に及ぼす影響. 北陸作物学会報 12:14~17.
  - 9) 仮谷 桂・池 隆肆(1950). 水稻品種の晩植適応性の解析. 農及園 25:893-894.
  - 10) 丸山幸夫・田中孝幸(1985). 水稻の作期が生育収量に及ぼす影響. 北陸農試報 27:80-99.
  - 11) 松江勇次, 水田一枝, 古野久美, 吉田智彦(1991). 北部九州産米の食味に関する研究 第1報 移植時期, 倒伏の時期が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀 60:490-496
  - 12) 松江勇次・尾形武文(1999). 栽培条件が穂上位置別の米粒のタンパク質含有率に与える影響. 日作紀 68:370-374
  - 13) 松江勇次・尾形武文(1999). 栽培条件が穂上位置別の米粒のアミロース含有率に与える影響. 日作紀 68 495-500
  - 14) 小葉田 亨・植向直哉・稲村達也・加賀田 恒(2003). 高温条件下での同化産物不足による乳白米発生. 日作紀 72 別1:90-91.
  - 15) 佐藤 勉・間脇正博・井上健一・岩田忠寿(1990). コシヒカリの上位第3葉身長の診断による倒伏軽減技術. 北陸農業研究成果情報 第7号:47-48.
  - 16) 山川 寛(1962). 暖地における栽培時期の移動に伴う水稻の生態変異に関する研究. 佐賀大農業報 14:23~159.
  - 17) 農林水産省(2000). 高温による水稻作への影響と今後の技術対策に関する資料集. 東北農試:73.
  - 18) 農林水産省(2000). 高温による水稻作への影響と今後の技術対策に関する資料集. 新潟県:75.
  - 19) 農林水産省(2002). 平成13年産水稻作における高温の影響についてー現場データ等を利用した解析についてー. 島根農試:61.

# Effects of Transplanting Time on Dry Matter Production, Yield and Grain Appearance in Rice Cultivar Koshihikari during High Temperature Years.

Yasuhiro YAMAGUCHI, Ken-ichi INOUE and Kaoru YUASA

## Summary

To decrease the occurrence of the degradation grain appearance during high temperature years, the effects of the transplanting time were investigated for 4 years by changing transplanting time from late April to May a change of about 10 days.

With the transplanting time delayed, the days from transplanting to heading became shorter. From the viewpoints of dry matter production and translocation, the following characteristics were observed in late transplanted rice:

1. The crop growth rate(CGR) during panicle formation period increased.
2. During the ripening period, the leaf area remained large. Also the amount of leaves which died off were few.
3. During the former half of the ripening period, the rate at which the panicle weight increased was high.
4. The re-accumulation of carbohydrate nutrition to the culm was high.

In the data from the 4 years, the number of ears had the highest positive correlation to the grain yield among yield components. And the late transplanted rice showed a decrease in the number of ears and spikelets. The difference of the yield between the different times was comparatively small because of the compensation in the increase of the percentage of ripened grain.

In grain appearance, the percentage of milky grain decreased and that of perfect grain increased in late transplanting. The grain appearance showed a close negative relationship to the average air temperature and the vapor saturation deficit during the 15 days after the heading time. When the average air temperature rose over 28°C and the vapor saturation deficit followed, the grain appearance degraded severely.

In relation to dry matter production, the high ear growth rate during the former half of ripening period showed high grain appearance. And in the cases where the nitrogen concentration of rice plant remained high during the ripening period, good grain quality on the same spikelet level was maintained.