

Oryza glaberrima Steud.系統と日本産水稻品種 (*O. sativa* L.) の出穂後の生育と ^{13}C 同化産物の転流の差異

尹榮煥・磯田昭弘・野島博・高崎康夫*

(千葉大学)

要旨: *Oryza glaberrima* Steud. (アフリカイネ) と *Oryza sativa* L. (アジアイネ) の出穂期以降の生育と転流の様相の違いを知ろうとした。 *O. glaberrima* 2系統と *O. sativa* 2品種をポット栽培し、出穂前から生育を調査した。出穂期から1週間ごとに 45 klux, 30°C に設定したグロースキャビネット内の同化箱で $^{13}\text{CO}_2$ を1時間同化処理し、植物体各部への ^{13}C 分布割合を調べた。 *O. glaberrima* 2系統と *O. sativa* 2品種の出穂期以降の生育で明らかな違いは、 *O. glaberrima* の方が出穂期間が長いこと、同じ葉位では *O. glaberrima* の方が葉の老化が速いこと、 *O. glaberrima* の方が出穂後の早い時期に穂への乾物の集積を終えることであった。穂への ^{13}C 分布割合は *O. glaberrima* では出穂後1週目、 *O. sativa* では出穂後3~4週目に最高になり、以降は成熟に向かうに従って低下した。このことは *O. glaberrima* では登熟の早い時期に穂重の増加が大きく、以降は微増しかしないのに対し、 *O. sativa* ではもっと遅い時期まで穂重が増加するという穂への乾物集積の傾向をよく説明し、 *O. glaberrima* と *O. sativa* の穂への乾物集積の経過の違いを転流の面から裏付けているものと考えられた。

キーワード: 一年生, *Oryza glaberrima*, *Oryza sativa*, $^{13}\text{CO}_2$, 出穂割合, 多年生, 転流。

Sumi ら (1994) は西アフリカで収集した *O. glaberrima* と *O. sativa* の6系統ずつに日本晴を加えた計13系統を比較し、 *O. glaberrima* の各系統の乾物重は出穂前後に高い反面それから以降は乾物の増加が急速に停止したが、 *O. sativa* の各系統は緩やかであるがより後期まで乾物増加が継続し、このような差異は *O. glaberrima* の直接の祖先種が一年生であるのに対して *O. sativa* はその祖先種である *O. perennis* の多年生の特性を多分に残していることを反映していると推察した。Takasaki ら (1994) は一年生の *O. glaberrima* と多年生の *O. sativa* の出穂期以後の生育を比較し、 *O. glaberrima* は出穂後の早い時期に穂への乾物集積が多く、遅くなると著しく少なくなるのに対し、 *O. sativa* では登熟後期まで穂への乾物集積が継続しており、このことが一年生と多年生の特徴の一つではないかと推測している。本報では、このような穂への乾物集積の傾向の違いがさらに広い範囲で認められるかどうかを確かめようとして、より晩生の品種・系統を加えた *O. glaberrima* 2系統、 *O. sativa* 2品種を供試して、 ^{13}C を使って行った試験の結果を報告する。

材料と方法

実験は松戸市の千葉大学園芸学部研究圃場で行った。供試したのは、 *Oryza glaberrima* Steud. として W492, C8534 の2系統、 *Oryza sativa* L. としてコシヒカリ、農林22号の2品種である。コシヒカリと W492 は前報 (Takasaki ら 1994) で供試した品種・系統である。本実験ではより晩生の品種・系統として農林22号と C8534 を追加して供試した。 *O. glaberrima* の種子は国立遺伝学研究所から提供されたもので、W492 も C8534 もギニアで収集

された栽培系統である。

1994年4月18日に育苗箱に種子を播き、3葉期に達した5月13日に1/5000アールポット当たり1個体を移植した。移植後は湛水状態で栽培した。肥料は基肥として、N, P_2O_5 , K_2O それぞれをポット当たり0.6g、追肥としてN, P_2O_5 , K_2O それぞれ0.24gを6月24日、7月1日に、それぞれ0.12gを7月8日に施した。

O. glaberrima 2系統には、確実に出穂させるためと、出穂期を早めて出穂期以降の生育環境を *O. sativa* のそれに近づけるため、10葉期に達した6月17日から7月1日までの2週間、10時間明期/14時間暗期の短日処理を施した。

SPAD値は、各品種・系統4個体の主茎の葉について、葉緑素計 (ミノルタ社, SPAD-502) を用いて生育を通して同じ個体で調査した。葉の上, 中, 下部それぞれ6点の測定値を平均し、さらに上, 中, 下部の平均値を1枚の葉のSPAD値とした。出穂はSPAD値を測定した4個体とは別の4個体について、生育を通して同じ個体で調査した。サンプリングを伴う葉面積、乾物重は $^{13}\text{CO}_2$ 処理個体を含めた3個体について調査した。

$^{13}\text{CO}_2$ 同化処理は出穂期とその後1週間ごとに計6回行った。 $^{13}\text{CO}_2$ 同化処理はビニールを張った45cm×45cm×130cmの同化箱にポットごと植物体を入れ、これを45klux, 30°C に設定したグロースキャビネットに入れて行った。 $^{13}\text{CO}_2$ は同化箱内に取り付けた100mLのビーカーの中の標識炭酸バリウム6.0gに50%乳酸溶液12mLを加えて発生させた。同化箱内は二つの小型ファンで攪拌した。同化処理時間は正午を中心に1時間である。処理終了後48時間を圃場で経過させた後、植物体を穂、葉、稈

部(稈+葉鞘), 根, 枯死部に分けて, 80°Cで48時間乾燥後粉碎した。粉碎した試料の ^{13}C の濃度を赤外線分析計(日本分光, EX-130S)で測定した。この測定は3回繰り返した。

結 果

1. 出穂期間・出穂割合・稈長

出穂期間・出穂5週目の出穂割合および稈長を第1表に示した。1個体の中で最初に穂が出てから50%出穂までの日数を出穂期間とすると *O. glaberrima* の2系統が *O. sativa* の2品種より長かった。

出穂5週目の全茎数のうち出穂した茎数の割合を出穂割合とすると *O. sativa* の2品種が100%であるのに対し, *O. glaberrima* は100%に達せず, とくに C8534 は低くて72%であって, 出穂しない茎が目立った。

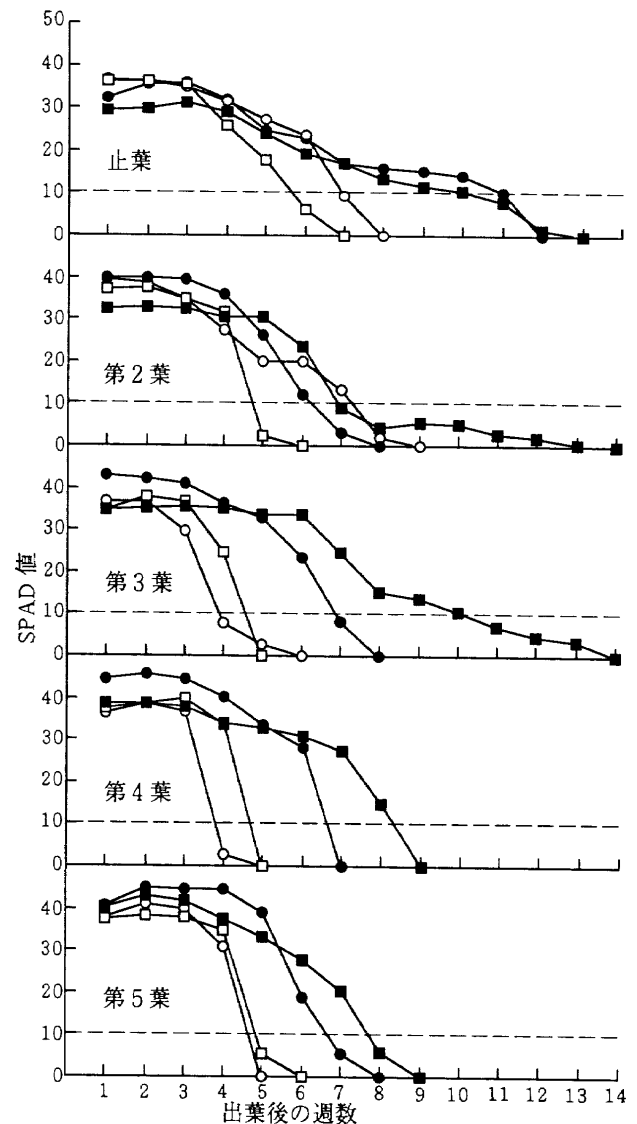
稈長は *O. sativa* が73~75 cm, *O. glaberrima* が63 cm 前後であったが, *O. glaberrima* は1個体内のばらつきが大きく, とくに C8534 では大きかった。C8534 は他の3系統・品種に比べて出穂期間が長く, 出穂割合が低く, この系統の特性と考えられた。しかし, 横尾(1994)は短日処理によって生殖生長に入ってから後の長日処理によって水稻の分化した穂が座止し, 出穂しなかったことを報告しており, このような現象も含めて本実験の短日処理が C8534 に対して不十分であった可能性も考えられる。

2. 葉の SPAD 値・葉面積の推移

出葉後の SPAD 値の変化を第1図に示した。出葉してから1~3週ぐらいの間は品種・系統の間に目立った傾向は認められなかった。4週目以後になると *O. glaberrima* と *O. sativa* の間に差が見られるようになり, *O. sativa* の2品種はゆるやかに低下していくのに対し, *O. glaberrima* の2系統は C8534 の2葉目の場合を除き, より急激に低下していくため, SPAD 値は明らかに *O. sativa* の2品種の方が高くなった。

SPAD 値10以下は葉が枯死していると考えられたので, SPAD 値が10以下となる前の週末までを1枚の葉の生存期間とすると, *O. sativa* の2品種の方が *O. glaber-*

rima 2系統よりも明らかに長かった。*O. sativa* の中では農林22号の方が長く, *O. glaberrima* の中では2系統間に明らかな違いはなかった。葉の生存期間の葉位間の違いを見ると, 農林22号の2葉目を除けば上位の葉ほど長い傾向があった。



第1図 出穂後の SPAD 値の変化。

—○— C8534, —□— W492, —●— コシヒカリ, —■— 農林22号。

第1表 出穂期, 出穂期間, 出穂割合および稈長。

品種・系統	出穂始	出穂期 ¹⁾	出穂期間 ²⁾ 日	出穂割合 ³⁾ %	稈長 cm
<i>O. glaberrima</i>					
C8534	7月22日	8月11日	20±5.0 ⁴⁾	72.2±10.7	62.7±17.9
W492	7月18日	8月2日	15±2.4	97.6±0.2	63.0±12.7
<i>O. sativa</i>					
コシヒカリ	7月27日	8月4日	8±2.0	100.0±0.0	74.9±7.9
農林22号	8月12日	8月22日	10±1.9	100.0±0.0	72.9±10.0

1) 全茎の50%が出穂した日。

2) 出穂日から50%出穂までの日数。

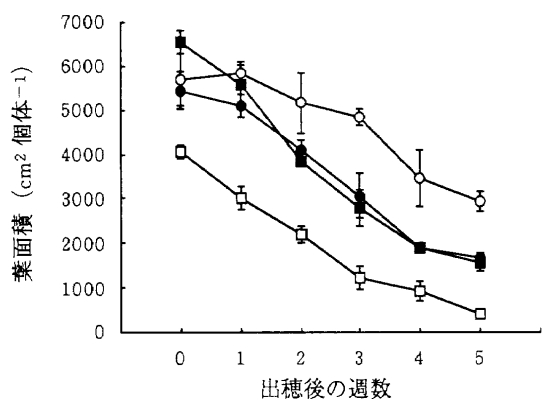
3) 出穂後5週目の出穂割合。

4) 平均値±標準偏差。

葉面積の推移を第2図に示した。葉面積は出穂後減少していくが、*O. glaberrima* のうち C8534 は5週目まで高い値を保ったのに対し、W492 は出穂期から低く、その後も減少を続け、5週目には極めて少ない葉面積であった。*O. sativa* の2品種は、*O. glaberrima* 2系統の中間の値を示し、5週目でもある程度の葉面積を保っていた。

3. 乾物重の推移

乾物重の推移を第3図に示した。植物体全体の乾物重では、*O. glaberrima* の C8534 は4週目まで増加し、5週目にやや減少した。W492 は3週目まで増加した後はあまり大きく変わらなかった。*O. sativa* の2品種は3週



第2図 出穂後の葉面積の変化。
短い縦線は標準偏差を示す。
—○— C8534, —□— W492, —●— コシヒカリ, —■— 農林22号。

目まで増加し、以降は大きくは変化しなかった。

穂重では、*O. glaberrima* の C8534 は3週目まで増加したが、大きな増加は出穂期から1週目にかけてであった。3週目以降はあまり変化しなかった。W492 も3週目まで増加したが、大きな増加は1週目までであって、3週目以降は大きく変化しなかった。*O. sativa* の2品種は4週目まで増加し続け、以後は変わらなかった。*O. glaberrima* の2系統では穂重の大きな増加が出穂後1~2週目までの早い時期に終わってしまう傾向があるのに対し、*O. sativa* の2品種はより後期の4週目まで増加したのが特徴的であった。

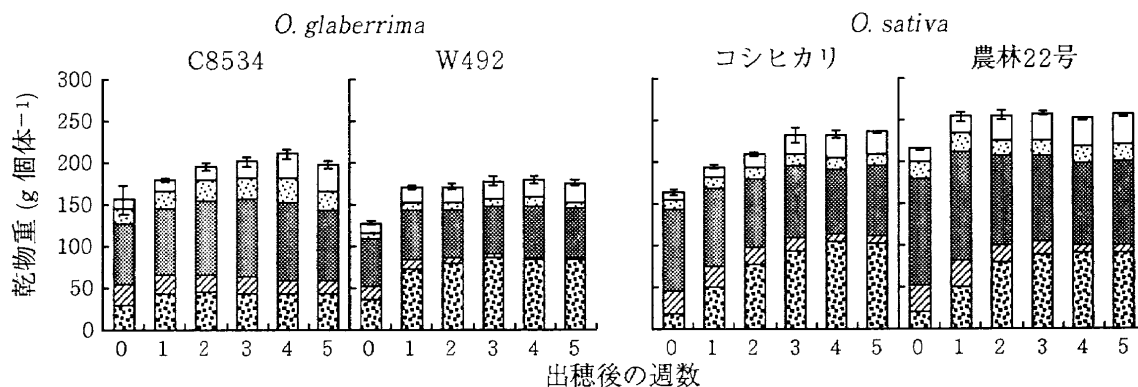
稈重は *O. glaberrima* のうち、C8534 は4週目まで増加し、5週目にやや低下した。W492 は出穂期以降あまり変化しなかった。*O. sativa* の2品種は出穂期以降4週目まで減少傾向を示した後、5週目にやや増加した。

根部重は時間に伴う変化は認められなかった。

枯死部重はいずれの系統・品種とも後期になるほど増加した。

4. 収量構成要素

出穂5週目の収量構成要素を第2表に示した。穂数は *O. glaberrima* の2系統が *O. sativa* の2品種よりも多かった。1穂粒数は *O. sativa* の2品種の方が多かった。千粒重は C8534 が小さく、W492 とコシヒカリがほぼ等しく、農林22号が大きかった。登熟歩合は *O. sativa* の2品種と *O. glaberrima* の W492 が95%前後を示したのに対して、C8534 は80%に満たなかった。収穫指数 (H.I.)



第3図 出穂後の植物体各部の乾物重。■ 穂 ■ 葉身 ■ 茎+葉鞘 ■ 根 □ 枯死部
短い縦線は標準偏差を示す。

第2表 収量構成要素と収穫指数。

品種・系統	1株穂数	1穂粒数	千粒重 g	登熟歩合 %	収穫指数
<i>O. glaberrima</i>					
C8534	57±6.8*	33±2.1	20.1±0.3	79.4±8.1	0.18±0.034
W492	81±5.0	41±4.2	22.3±0.3	94.3±0.4	0.43±0.011
<i>O. sativa</i>					
コシヒカリ	54±9.3	82±6.4	22.4±0.5	95.8±0.1	0.43±0.018
農林22号	52±3.6	72±2.1	24.3±0.2	96.8±0.2	0.34±0.003

*平均値±標準偏差。

は C8534 だけが極端に低く、次いで農林 22 号が低く、W 492 とコシヒカリはほぼ同じ水準にあった。

5. 植物体各部位への ^{13}C の分布割合

植物体各部の ^{13}C 分布割合の推移を第 4 図に示した。穂への ^{13}C 分布割合は、*O. glaberrima* の 2 系統では出穂後 1 週目に最高を示し、以降は減少した。*O. sativa* では、コシヒカリは出穂後 3 週目まで、農林 22 号は 4 週目まで増加し、その後は減少した。C8534 は他の系統・品種に比べ穂への分布割合が著しく低かった。葉身への ^{13}C 分布割合は、どの系統・品種とも出穂後減少したが、*O. glaberrima* の C8534 が最も高く、W492 が最も低く、*O. sativa* の 2 品種はその中間の値で推移した。

稈部への分布割合は、*O. glaberrima* では出穂後 1 週目に最も低く、その後は C8534 ではあまり変化せず、W 492 ではわずかではあるが 5 週目まで増加した。*O. sativa* の 2 品種では出穂期に最も高く、その後は減少して 5 週目になるとわずかではあるが増加した。

考 察

本実験の *O. glaberrima* 2 系統と *O. sativa* 2 品種の出穂期以後の比較で、生育上の明らかな違いは、*O. glaberrima* の方が出穂期間が長いこと、同じ葉位では *O. glaberrima* の方が葉の老化が早いこと、*O. glaberrima* の方が出穂後の早い時期に穂への乾物の集積を終えることであった。

^{13}C の穂への分布割合は、*O. glaberrima* の 2 系統では出穂 1 週目に最高になり、以降は成熟に向かうに従って低下した。一方、*O. sativa* の 2 品種では出穂後 3~4 週目に最高になり、以降は低下した。つまり *O. glaberrima* では登熟の早い時期に大きく、後期になると低下するのに対し、*O. sativa* ではもっと後期に大きくなることを示している。このことは *O. glaberrima* では登熟の早い時期に穂重の増加が大きく、以後は微増しかしないのに対し、*O. sativa* では登熟のもっと遅い時期まで増加するという穂への乾物集積の傾向を説明するように思われる。このような穂への乾物集積の *O. glaberrima* と *O. sativa* の違

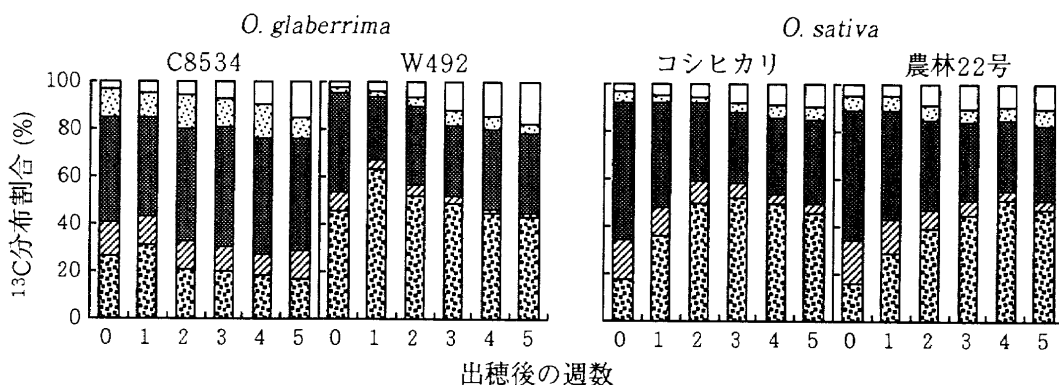
いは、Sumi ら (1994)、Takasaki ら (1994) も報告している。Sumi ら (1994) はこのような違いが *O. glaberrima* の祖先種が一年生であり、*O. sativa* のそれは多年生であることに由来していると推察した。Takasaki ら (1994) はこの違いが一年生と多年生の特徴の一つではないかと推論している。本実験における *O. glaberrima* と *O. sativa* の穂への ^{13}C 分布割合の傾向の違いは、両者の乾物集積の傾向が違う理由の一つを転流面から裏付ける結果である。

本実験に用いた *O. glaberrima* の C8534 は ^{13}C の穂への分布割合が著しく低く、稈部への割合が高かった。C 8534 は出穂期間が長く、出穂割合が低く、遅発分げつが多く、シンクとしての穂が不足する状態にあったため、稈部への分布割合が大きくなったと考えられる。

本実験では、確実に出穂させるためと出穂期を早めて出穂期以降の生育環境をできるだけ *O. sativa* 2 品種のそれに近づけるため、*O. glaberrima* 2 系統に短日処理を行っている。この意味では十分ではないまでもその目的を達していると思われる。しかし、短日処理そのものが生育に及ぼす影響を考えると、短日処理を行わないでも出穂が揃うような出穂特性を持つ系統の選択、あるいは *O. glaberrima* と *O. sativa* の双方に短日処理を行う必要があると考える。

イネ属の中の二つの栽培種のうち、*O. glaberrima* (アフリカイネ) は一年生とされており (Morishima ら 1962, 高崎ら 1989, 竹沢 1984, 渡辺 1989)、*O. sativa* (アジアイネ) は本質的には多年生であるとされている (岡 1986, 高橋 1982, 高崎ら 1988, 渡辺 1989)。多くの多年生イネ科植物では、新茎を発生させて生育を続けるために茎部に貯蔵養分を蓄積することが知られている (Ryle 1970, Ryle and Powell 1972, Smith 1972)。菅 (1979) は一年生草本と多年生草本では、同化産物の貯蔵器官への最終転流方向が正反対のことが多いとしている。本実験の結果では、*O. glaberrima* も *O. sativa* も登熟後期の転流方向が同じであり、この面から一年生と多年生の違いを論ずることはできなかった。

本実験では、同化された ^{13}C の穂への分布割合は、*O.*



第4図 出穂後の植物体各部位への ^{13}C 分布割合。■ 穂 ▨ 葉身 ▩ 茎+葉鞘 ▤ 根 □ 枯死部

glaberrima では W492 でもより晩生の C8534 でも登熟前半の出穂後 1 週目に最高となるのに対し, *O. sativa* ではコシヒカリでもより晩生の農林 22 号でも後半の 3~4 週目に最高となるという結果が得られた, 本実験の乾物重は 3 個体だけの平均値なので, 乾物分配率と ^{13}C 分布割合の対応関係を正確に検討することはできなかったが, このような ^{13}C 分布割合の傾向の *O. glaberrima* と *O. sativa* の違いは, *O. glaberrima* では登熟の早い時期に穂重の増加が大きく, *O. sativa* は登熟のもっと遅い時期まで増加するという穂への乾物集積の傾向が違う理由の一つを示すものであると考える, 本実験で得られた結果は *O. glaberrima* 2 系統, *O. sativa* 2 品種の比較の結果である, *O. glaberrima* の C8534 の出穂の挙動には解釈しにくい面もあり, 今後は材料の出穂特性なども十分吟味するとともに供試品種・系統を増やし, 調査個体数も増やして本実験で得られた結果をさらに確かめる必要があると考えられた。

謝辞: *O. glaberrima* の系統の種子は 1992 年国立遺伝学研究所の佐野芳雄博士 (現北海道大学農学部) から提供を受けた。記して感謝の意を表します。

引用文献

- Morishima, H., K. Hinata and H.I. Oka 1962. Comparison between two cultivated rice species, *Oryza sativa* L. and *O. glaberrima* Steud. Jpn. J. Breed. 12: 153–165.
- 岡彦一 1986. 稲における種形成の動態. 赤沢堯編, 資源植物 遺伝・進化・生化学. 学会出版センター, 東京. 1–17.
- Ryle, G.J.A. 1970. Distribution patterns of assimilated ^{14}C in vegetative and reproductive shoots of *Lolium perenne* and *L. temulentum*. Ann. Appl. Biol. 66: 155–167.
- Ryle, G.J.A. and C.E. Powell 1972. The export and distribution of ^{14}C -labelled assimilates from each leaf on the shoot of *Lolium temulentum* during reproductive and vegetative growth. Ann. Bot. 36: 363–375.
- Smith, D. 1972. Cutting schedules and maintaining pure stands. In Hanson, C.H. ed., Alfalfa science and technology. American Society of Agronomy, Wisconsin. 481–496.
- 菅洋 1979. 作物の発育生理. 養賢堂, 東京. 3–5.
- Sumi A., T.C. Katayama and W. Agata 1994. Studies on agronomic traits of African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). II. Dry matter increase and water use efficiency. Jpn. J. Crop Sci. 63: 105–110.
- 高橋成人 1982. イネの生物学. 大月書店, 東京. 53–70.
- 高崎康夫・植田智巳・笠原隆・中神洋二・磯田昭弘・野島博 1988. イネ属植物の年生についての二・三の観察. 日作紀 57(別 2): 255–256.
- Takasaki, Y., A. Isoda, H. Nojima and H. Oizumi 1989. Behaviours of annual and perennial grass species in the same genus. Proc. XV I Int. Grassl. Congr. 449–450.
- Takasaki Y., Y. Seki, H. Nojima and A. Isoda 1994. Growth of an annual strain of *Oryza glaberrima* Steud. and a perennial cultivar of *Oryza sativa* L. after heading. Jpn. J. Crop Sci. 63: 632–637.
- 竹沢尚一郎 1984. アフリカの米. 季刊人類学 15: 66–118.
- 渡辺好郎 1989. イネ. 松尾孝嶺監修, 植物遺伝資源集成 第 1 巻. 講談社, 東京. 330–333.
- 横尾政雄 1994. 感光性イネの生殖生長期における長日処理による出穂攪乱. 育種 44: 67–70.

Differences in Growth and Translocation after Heading between Two Strains of *Oryza glaberrima* Steud. and Two Cultivars of *Oryza sativa* L.: Young Hwan YOON, Akihiro ISODA, Hiroshi NOJIMA and Yasuo TAKASAKI* (Fac. of Horticulture, Chiba Univ., Matsudo, 271-8510, Japan)

Abstract: An experiment was designed to know the differences in growth and translocation between *Oryza glaberrima* Steud. and *Oryza sativa* L. Two strains of *O. glaberrima* and two cultivars of *O. sativa* were used. They were grown in pots and under flooding condition. Growth was recorded from before heading. At heading and thereafter every week, one plant of each strain or cultivar was transferred into an assimilating chamber controlled at 45klux and 30°C and treated with $^{13}\text{CO}_2$ for one hour. The plant was sampled after 48 hours. The ^{13}C ratio of each plant part was determined. Heading period (days from the first panicle emergence to 50% heading) was longer for *O. glaberrima* than *O. sativa*. The life span of leaves at the same position was shorter for *O. glaberrima* than *O. sativa*. *O. glaberrima* completed their dry matter accumulation to panicles in earlier stage of ripening compared to *O. sativa*. The ^{13}C ratio of the panicles of *O. glaberrima* was greatest one week after heading, and that of *O. sativa* was greatest 3 or 4 weeks after heading. These results justify the facts that dry matter accumulation to panicles of *O. glaberrima* was great in the early stage and very little in the late stage of ripening, while that of *O. sativa* was great even in the late stage of ripening.

Key words: Annual, $^{13}\text{CO}_2$, *Oryza glaberrima*, *Oryza sativa*, Percentage of reproductive tiller, Perennial, Translocation.