

# アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の乾物生産 および給水機能に関する種特性について

Specific Characteristics in Dry Matter Production and Water-supply  
Mechanism of African Rice, *Oryza glaberrima* Steud.

平尾健二 荒牧英樹 武藤元気  
今村大二 磯谷昭雄

Kenji HIRAO, Hideki ARAMAKI, Genki MUTOU,  
Daiji IMAMURA and Akio ISOYA

技術教育講座

(平成17年 9月22日受理)

## Abstract

In this paper, we tried to clarify the specific characteristics of African rice, *Oryza glaberrima*, in dry matter production and water-supply mechanism from root to leaf by comparing with Asian rice, *O. sativa*. African rice was characterized by the higher partitioning rate of dry matter to root and the higher bleeding rate from root. Therefore, such a feature as observed in African rice is regarded as an advantageous character for active supplying water to plant.

## 1. はじめに

主要作物として現在世界中で栽培されているイネ (アジアイネ, *Oryza sativa*) は, これまでに最も品種改良が進められた作物の1つである。現在においても世界の食糧事情を背景に, 食糧難の地域や栽培が困難な地域の食糧問題を解決する上で更に多収量性でかつ, 様々な条件にも強い耐性を示す新しい遺伝的改良が求められている。

アジアイネ種内での育種では, 遺伝資源のソースにも限界があるため, 収量性の飛躍的向上は難しいと考えられており, その解決の1つとして, 近縁種や野生種との交雑によってそれらもつ優良な形質をアジアイネに導入しようとする試みがなされている (Doi, 1999)。

イネの「栽培種」は世界に2種類あるが, アジアイネは世界の米生産のほぼ全てを占める主要種である。もう一つの栽培種は西アフリカのニジェール川流域で栽培されているアフリカイネ (*O. glaberrima*) であるが (Vaughan, 1994), 現在の生産量は世界的に極めて少なく, 栽培面積は衰退の一途をたどり, 現在では非常にマイナーな存在となっている。アフリカイネはアジアイネと比較して, 人為的な改良の歴史が浅く, 野性的特性を残した種と考えられている (伏水ら, 1997)。そのため, 様々な環境ストレスに対し抵抗性を持つなど遺伝資源としての評価は高く (Katayama, 1987; Sumi *et. al.*, 1994), 野生種とともに, それぞれの遺伝的特性を利用して新品種開発の母材として期待されている。

すでに両種は生理・生態的に異なる性質を有することが知られており、乾物生産システムや光合成・蒸散速度に違いが見られることが明らかになっている (Kawahara *et. al.*, 1997; 窪田ら, 1992; 田川ら, 2001; Sumi *et. al.*, 1994)。

また、これらとともにアフリカイネの特徴として、大きな根系形成と高い蒸散能力が挙げられる (Tozono *et. al.*, 2001)。どちらも吸水、水の体内移動といった水利用の面から乾物生産に関わる要因であることから、個体レベルでの優れた給水機能がアフリカイネの高位な生産システムに貢献しているものと推測される。

そこで、本研究では、アフリカイネの遺伝資源としての有用性について特に水利用の面に着目し、比較的初期のステージ (栄養成長期) における乾物生産能力および給水機能についてアジアイネとの比較検討を行った。

## 2. 材料と方法

### ・実験材料

材料には、アジアイネより4品種・系統 (台中65号 (ジャポニカ), コシヒカリ (ジャポニカ), IR24 (インディカ), S70 (ジャワニカ)), アフリカイネより4系統 (IRGC104038 (以下WK21), G107, G174, G180 (いずれもセネガル産)) の合計8品種・系統を用いた。以下、アジアイネの4品種・系統を合わせてSat, アフリカイネの4系統をGlaと略して表記する。

### ・栽培方法

2種類の容量のポット (小ポット: 250mL, 大ポット: 1000mL) を用いて、土耕栽培を行った。

小ポット栽培: 2002年7月13日にあらかじめ秤量しておいた砂壤土を充填した小ポットに上記8系統を直接播種し、各系統15個体ずつ用意した。

大ポット栽培: 小ポットの播種と同日に育苗用セルにも一粒ずつ播種し、ビニールハウスで21日間育苗した後、8月2日にあらかじめ秤量しておいた砂壤土を充填した大ポットに一本植えて移植し、各系統9個体ずつ栽培した。

### ・生育調査

小ポットの個体の草丈、分けつおよび葉令を播種後18日目 (7月31日), 25日目 (8月7日), 30日目 (8月12日) および38日目 (8月20日) に測定した。大ポットの草丈、分けつを播種後52日目 (9月3日) に測定した。

### ・植物体のサンプリング

播種後31日目 (8月13日), 播種後39日目 (8月21日) に小ポットの植物体を、播種後54日目 (9月5日) に大ポットの植物体をサンプリングした。草丈、分けつ数および葉令を調査した後、植物体を葉身、茎 (稈と葉鞘), 根の各器官に分け、約80°Cで熱風乾燥させ、各器官別の乾物重を求めた。

### ・出液速度

播種後54日目 (9月5日) に大ポットの各個体について、出液速度を測定した。各個体の地上部を地際10cm上部で切断し、あらかじめ秤量しておいた脱脂綿を茎の切断面に装着した。水の蒸発を抑制するためその上をラップで覆い、約3時間後に回収し再び秤量を行った。測定前後の増加量から単位時間当たりの出液量を算出し出液速度とした。

### ・蒸散速度

重量法を用いて播種後30日目 (8月12日), 播種後 (8月20日) に小ポット栽培の個体

アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の乾物生産  
および給水機能に関する種特性について

における蒸散速度を10時～16時の6時間の間に4回測定した。播種後53日目（9月4日）に大ポット栽培における個体当たり蒸散速度を同様に測定した。

・地下部諸形質

小ポット栽培の個体サンプリング時に、根の一部を用いて、一次根を対象にライン交差法により、根長を算出した。さらにカウントしたサンプルを乾物にし比根重を求め、重量法により一次根の総根長を算出した。

3. 結果および考察

(1) 生育パラメータおよび乾物生産について

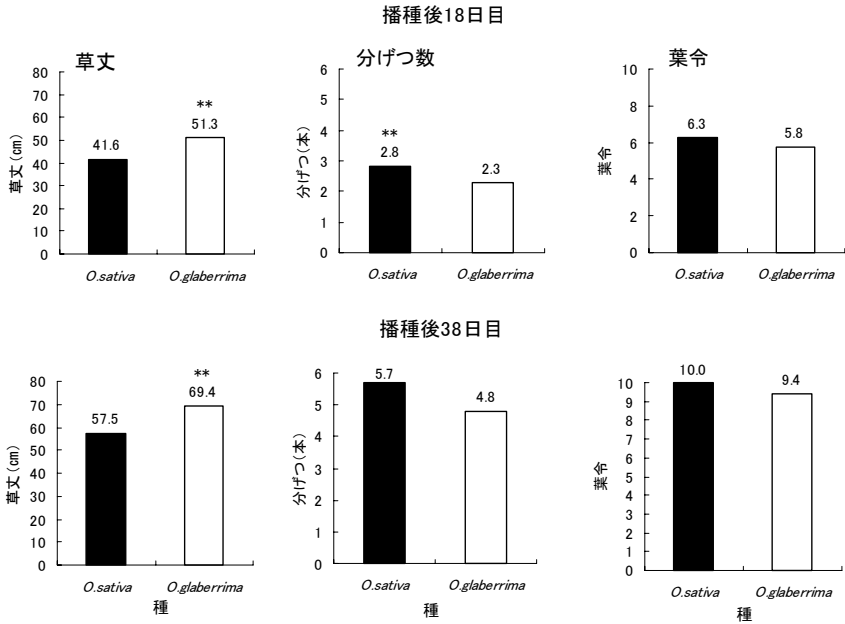
本研究では、両種の生育について、生育ステージの早い段階の栄養成長期に注目し、また、地下部の空間的な制限による両種の生育への影響の違いを捉えるために、2種類の容量のポットでの栽培を行い、種間の差を明らかにしようと試みた。

第1表、第1図に小ポット栽培での播種後18および35日目における両種の草丈、分けつ数および葉令を示した。まず、草丈を比較してみると常にGlaの方が高かった。次に分けつ数を比較してみるとSatの方が大きい傾向にあった。特に播種後35日目には両種の差は拡大していた。それに対し、葉令を比較してみるとSatの方がわずかに大きかったが両種の差は変化することはなかった。一般にGlaは草丈、分けつ数ともSatより優れ、生育初期の段階から生育が旺盛であることが知られているが（窪田ら, 1992）、今回の実験ではGlaの草丈は高いが、分けつ数はSatの方が多い結果となった。この結果は、本実験では各個体を小ポット（250mLの狭い空間）で栽培したためにGlaが本来の生育環境と異なった条件におかれることとなり、根の生育が制限された結果が分けつの発生にも影響したためではないかと推察される。

第1表 各系統の草丈、分けつおよび葉令の比較（小ポット）

	アジアイネ ( <i>O. sativa</i> )				アフリカイネ ( <i>O. glaberrima</i> )			
	台中65号	コシヒカリ	IR24	S70	WK21	G107	G174	G180
播種後18日目								
草丈 (cm)	40.4	42.9	41.6	41.3	58.4	47.1	48.9	50.5
分けつ (本)	2.6	2.9	2.7	3.0	2.3	2.5	2.4	1.9
葉令	6.5	6.5	6.4	5.8	5.8	5.8	5.7	5.8
播種後38日目								
草丈 (cm)	62.4	56.1	50.6	60.8	72.6	66.2	72.4	66.3
分けつ (本)	6.5	7.1	5.4	3.8	4.4	5.2	4.7	4.8
葉令	10.4	10.3	10.5	8.7	9.5	9.3	9.5	9.5

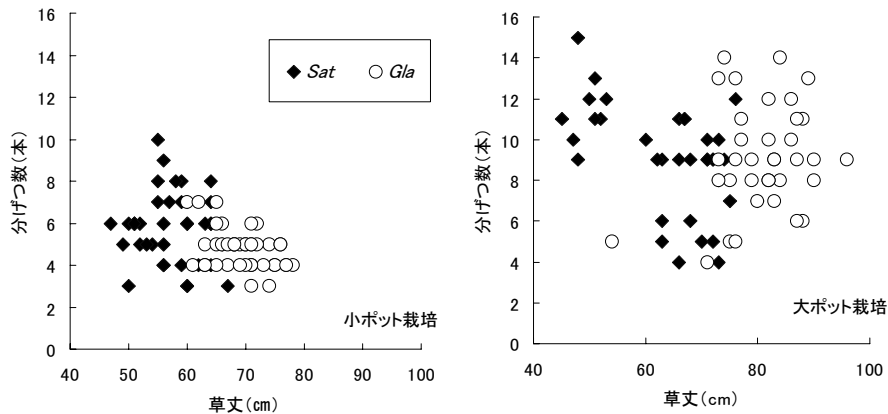
\* 反復数は15とし、それぞれの値はその平均値



第1図 両種の草丈、分けつ数および葉令の比

\*, \*\*はそれぞれ、5%、1%レベルで有意であることを示す (t-検定)

第2図に小ポットおよび大ポットでの結果をもとに、両種における草丈と分けつ数の関係を示した。大ポットおよび小ポットともに、両種間にその分布のしかたに違いがみられた。小ポットにおいては、草丈60cmを境にGlaが高く位置したが、分けつ数が8本より大きいものは全てSatであった。大ポットにおいては、草丈70cmを境にGlaが高い値を示し、両種間の分けつ数の差はなかった。この結果から、Glaの分けつは生育する上で空間の大きさに大きく影響されると推測される。本実験では小ポットを250mL、大ポットを1000mLとして設定したが、この容量の違いにおいても、Glaの反応が変化する性質は非常に興味深いものであり、今後さらに詳細な検討を行う必要があると考えられる。



第2図 両種における草丈と分けつ数の関係

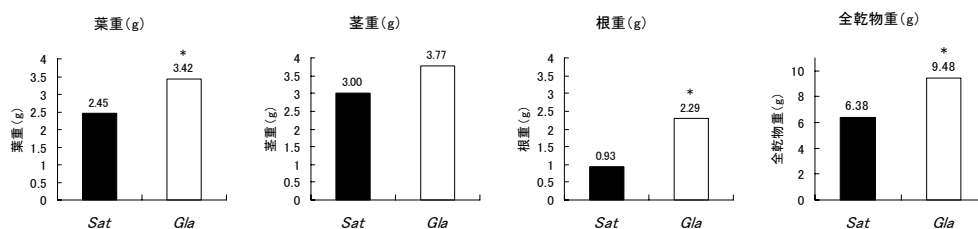
アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の乾物生産  
および給水機能に関する種特性について

次に、両種各品種・系統の器官別乾物生産に注目すると、小ポット（播種後31日目）では各器官においてGlaが統計的にも有意に大きい値を示し、乾物生産能力を示すことが明らかとなった（第2表）。特にGlaの中ではWK21が最も大きかった。第1図で分けつ数および葉令に関してはSatが大きい値を示したが、茎重および葉重においてはGlaが大きい値を示した。このことより、茎の太さや葉面積には両種間に大きく差があり、Glaが大きいことが推測される。また、大ポット（播種後54日目）の各器官においてもGlaの方が大きい値を示した（第3図）。特に根重において両種間に大きな差が見られGlaはSatの約2.5倍であった。小ポットと比較しても大ポットの方が大きな差が示され、種間差が拡大していた。これはGlaでは生育する上で、根の生育空間の狭さが個体全体の乾物生産に影響を与える度合いがSatより高いためであると考えられる。

第2表 各系統の器官別乾物重の比較（小ポット：播種後31日目）

系統・品種	葉重(g)	茎重(g)	根重(g)	全乾物重(g)
台中65号	0.55	0.68	0.28	1.51
コシヒカリ	0.57	0.62	0.23	1.41
IR24	0.58	0.81	0.36	1.76
S70	0.88	0.89	0.47	2.25
WK21	1.00	1.11	0.63	2.74
G107	0.89	1.11	0.51	2.51
G174	0.92	0.96	0.56	2.44
G180	0.76	0.95	0.48	2.19
Sat	0.65	0.75	0.34	1.73
Gla	0.89	1.03	0.54	2.47
	*	**	**	***

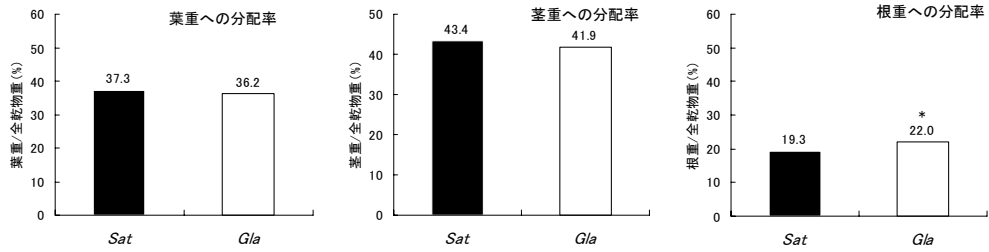
, \*\*, \*\*\*はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示す(t-検定)



第3図 大ポット栽培における両種の器官別乾物重の比較（播種後54日目）

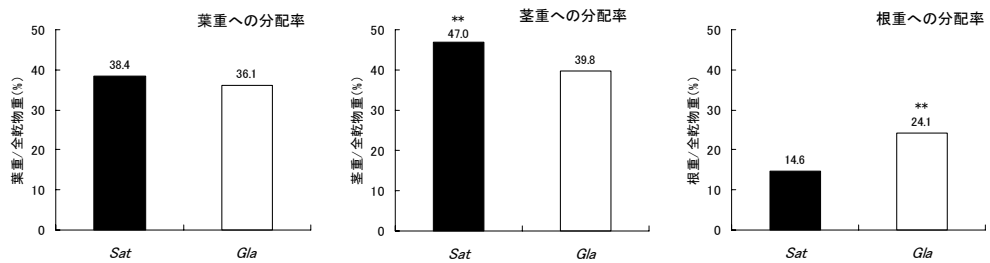
\*は5%水準で有意であることを示す(t-検定)

第4図および第5図に、小ポット（播種後31日目）と大ポット（播種後54日目）における両種各品種の器官別の乾物分配率を示した。小ポットおよび大ポットにおいて両種とも全乾物重に対する茎重の分配率の値が最も大きく、次に葉重、根重の順となった。まず、両種の全乾物重に対する茎重への分配率を比較してみると両ポットともSatの値が高く両種間には1%レベルで有意差が存在した。葉重への分配率には大きな差は見られなかったが、一方、根重への分配率を比較してみると両ポットともGlaが高い値を示し、有意差が認められた。この結果から、両種間にはT-R率（地上部-地下部の相対比率）に違いが見られ、Glaの方が相対的にSatに比較して根系の発達が良好な傾向にあることが明らかとなった。



第4図 小ポット栽培における両種の器官別乾物分配率の比較 (播種後31日目)

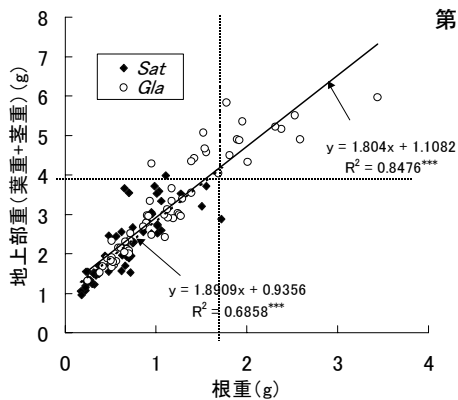
\*はそれぞれ5%水準で有意であることを示す (t-検定)



第5図 大ポット栽培における両種の器官別乾物分配率の比較 (播種後54日目)

\*\*は1%水準で有意であることを示す (t-検定)

第6図に大ポット, 小ポットを込みにして得られた全データを対象に両種の地上部と地下部の関係を示した。まず地上部をみるとGlaのみが4gを超える大きな値を示すことが明らかとなった。次に根重をみるとGlaのみで1.8gを超える大きな値を示された。このことから大ポットにおいてGlaの成長は旺盛で, そのレベルに達するSatはなかったといえる。前述したようにGlaの生育は根系が発達する地下部の空間の大きさに植物体全体が大きく影響を受けることを示した結果であると考えられる。



第6図 両種の乾物生産における地上部と地下部の相互関係

\*\*\*は0.1%レベルで有意であることを示す

アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の乾物生産  
および給水機能に関する種特性について

(2) 地下部諸形質について

第3表に播種後31日目における小ポット栽培の植物体の比根重, 根重および総一次根長を示した。ここで比根重とは, 単位長さ当たりの根重を示し, 根の太さに密接に関連するパラメータとして捉えることができる。

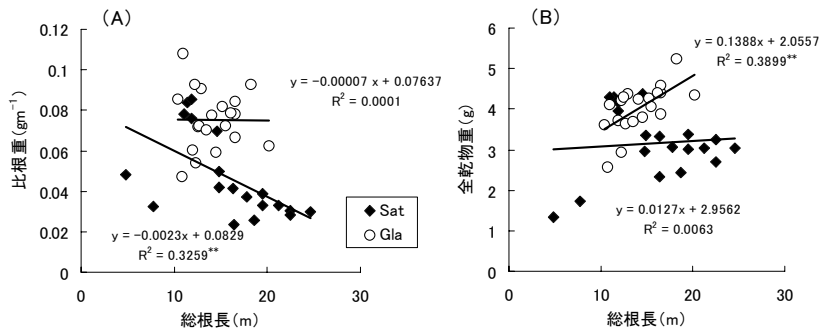
まず, 根重を比較すると前述したようにGlaが有意に大きい値を示した。比根重においては両種間に大きな差がみられGlaが高い値を示し, 5%レベルで有意であった。総一次根長を比較するとSatが大きい値を示した。このように両種を比較した場合, Glaの根の方が太く短い傾向にあることが明らかとなった。

第3表 各品種・系統における地下部諸形質の比較 (播種後31日目)

品種・系統	比根重(gm <sup>-1</sup> )	根重(g)	総根長(m)
台中65号	0.0226	0.28	12.41
コシヒカリ	0.0277	0.23	8.16
IR24	0.0563	0.36	6.47
S70	0.0536	0.47	8.77
WK21	0.0941	0.63	6.65
G107	0.0596	0.51	8.48
G174	0.0666	0.56	8.41
G180	0.0634	0.48	7.54
Sat	0.0400	0.34	8.95
Gla	0.0647	0.50	8.01
	*	**	

\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%レベルで有意であることを示す(t-検定)。

さらに, 第7図に播種後38日目における総根長と比根重および全乾物重の関係を示した。まず両種の総根長と比根重の関係(A)をみると両種とも総根長が大きく伸長していたが, それに対し比根重はSatでは低下したのに対し, Glaではあまり変化がなかった。すなわち, Satでは根が細くなる傾向にあったのに対し, Glaは総根長の伸長に対しても比根重が低下しなかったことは特徴的であり, アフリカイネの根への高い乾物分配, 根系の発達能力を支持する結果であった。次に両種の総根長と全乾物重の関係(B)をみると, Satでは総根長が伸長しても全乾物重が増加しないのに対し, Glaでは両者に有意な相関関係が認められ, 総根長の伸長とともに全乾物重が増加していた。そのため, 総根長が大きくなるにつれて, 両種の乾物生産量の差が拡大していた。Glaの方が総根長の増加に伴う全乾物重の増加の割合が大きく, これはGlaの総根長の伸長による全乾物重への影響が大きいことを示す結果であると考えられる。

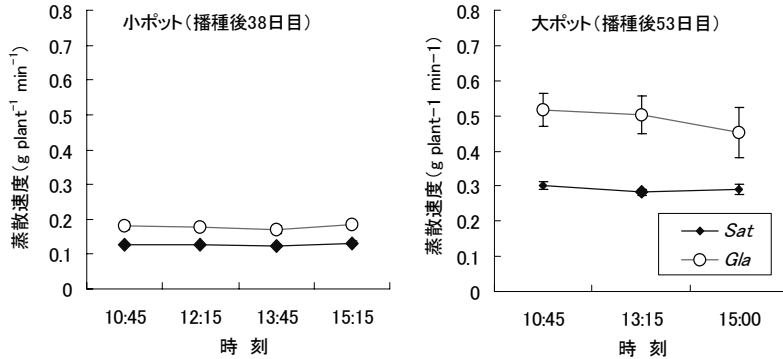


第7図 総根長と比根重および全乾物重の関係 (播種後38日目)

\*\*は1%レベルで有意であることを示す

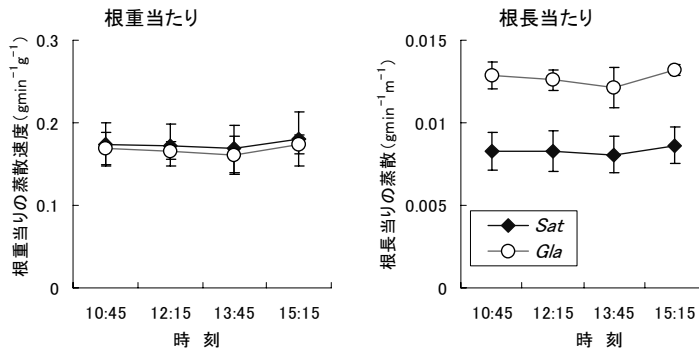
### (3) 給水機能について

第8図に播種38日目(小ポット栽培)および53日目(大ポット栽培)の両種の個体蒸散速度の経時変化を示した。まず両種の蒸散速度を比較してみると常にGlaが高い値を示した。Glaの蒸散速度はSatと比較して常に高く、さらに高い状態を長く維持する傾向にあることが明らかとなった。



第8図 両種の個体蒸散速度の経時変化(ポット当たり)  
各プロットのバーは標準誤差を示す

次に、第9図に播種後38日目の小ポット栽培の両種の根重当たりおよび根長当たりの蒸散速度を示した。ここで、根重あるいは根長当たりの値は蒸散作用の地下部における効率として捉えることができる。両種の根重当たりの蒸散速度には両種の差は認められなかった。一方、両種の根長当たりの蒸散速度を比較するとGlaが常に高い値を示した。この結果はGlaはSatと比較すると単位長さ当たりの個体蒸散が高く、根の吸水に関する効率に優れると判断される。



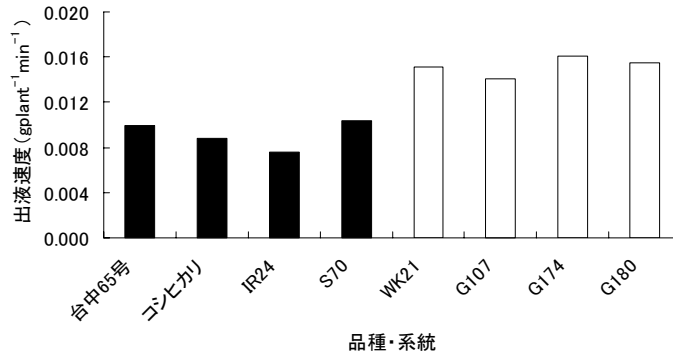
第9図 両種の個体における蒸散効率の経時変化  
各プロットのバーは標準誤差を示す

また、第10図に播種後54日目における大ポット栽培での各系統・品種の個体当たりの出液速度を示した。ここで、出液速度とは、単位時間あたりの出液量を示し、出液作用は植物が根圧によって行う「能動的吸水」のことを指す。これは葉からの蒸散流による「受



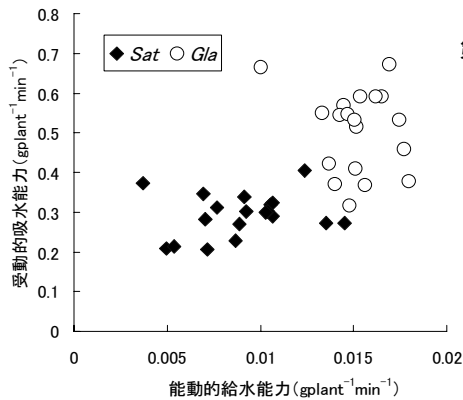
アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の乾物生産  
および給水機能に関する種特性について

動的な吸水」よりも絶対量としては少ないがエネルギーを利用する生理現象であることから、根系の活力の評価にも利用されている（森田，2000）。Satの4系統とGlaの4系統を比較するとGlaの値が高いことが明らかとなった。



第10図 各品種・系統の出液速度の比較

植物体内への給水機能を両種で比較するために、出液速度を「能動的吸水能力」とし、蒸散能力を「受動的吸水能力」として用いることにした。しかしながら、本研究で用いている個体当たりの蒸散速度は、個体当たりの葉からの蒸散量をもとに算出したものであり、実際には出液量を含んだものであるため、「受動的吸水能力」については蒸散速度から出液速度を差し引いた値を用いることにした。第11図に大ポットにおける両種の受動的吸水能力と能動的吸水能力の関係を示した。両種の分布に明らかな違いがみられた。能動的吸水能力では、Glaのみで0.15gを超える大きな値を示した。次に受動的吸水能力ではGlaのみが0.4gを超える大きな値を示すことが明らかとなった。このことからGlaはSatと比較すると受動的にも能動的にも給水機能に優れていると判断された。また、両種を比較するとSatではX軸方向への広がり大きく、すなわち能動的吸水能力における変動幅が大きいに対し、GlaではY軸方向への広がり、受動的吸水能力の変動幅が大きかった。これは、Satでは根による能動的な吸水作用に種内の変異が大きく、Glaでは葉の蒸散による受動的な吸水の方が種内の変異の幅が大きいということを示唆していると考えられる。



第11図 両種における受動的吸水能力と能動的吸水能力の関係

#### 4. おわりに

アフリカイネ, *O. glaberrima*は現在では衰退の進む栽培種として位置付けられているが, 本研究で得られた結果からも分かるように, アジアイネ, *O. sativa*を上回る優れた乾物生産能力や給水機能が備わっているといえよう。実験に用いた品種系統はそれぞれの種内の限られたごく一部であり, 本研究はそれらの比較にすぎないが, 対照であるアジアイネには特徴的なものを材料に選定して実験を行ったことにより, 乾物生産能力や給水機能についてアジアイネの種内の変異幅を大きく超えた有用性をアフリカイネが有する可能性は非常に高いと考えられる。作物遺伝・育種の分野では, 染色体部分置換系統群(Introgression Lines)を利用したイネの近縁種の優良遺伝子の解析が進んでいる。アジアイネを遺伝的背景として, アフリカイネ染色体を導入したアフリカイネ染色体部分置換系統群(GILs: Glaberrima Introgression Lines)の育成, その解析はまさにその例である(Doi, 1999; 武藤ら, 2004)。このような研究に本研究で得られた結果が用いられ, アフリカイネの有用性に注目したアジアイネの改良が進んでいくことが期待される。

#### 5. 引用文献

- Doi K. 1999 Construction and utilization of *Oryza glaberrima* introgression lines in the background of *O. sativa* L. PhD. thesis, Kyushu Univ. 1-63
- 伏水邦彦・平尾健二・齋藤和幸・窪田文武・縣和一 1997 アフリカ産栽培稲, *Oryza sativa* L.と*Oryza glaberrima* Steud., の永年生長性の比較 九大農学芸誌 51 125-130
- Katayama T.C. 1987 General remarks on cultivated rice in Africa concerned Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac. Occasional Papers, 10 91-102
- Kawahara T., F. Kubota, K. Hirao and K. Saitou 1998 Interspecific difference in growth perenniality in rice cultivars, *Oryza sativa* L. and *O. glaberrima* Steud. J. of Fac. of Agric., Kyushu Univ. 42 315-323
- 窪田文武・岡野智・縣和一・片山忠夫 1992 西アフリカ地域の水稻栽培種*Oryza glaberrima* Steud.と*Oryza sativa* L.の乾物生産と光合成の水耕液濃度に対する反応 日作紀 61(2) 207-212
- 武藤元気・磯谷昭雄・谷岡健児・土井一行・常松浩史・平尾健二 2004 染色体部分置換系群を利用したアフリカイネの生理生態的形質に関するQTL解析 日作紀73 (別2) 358-359
- 森田茂紀 2000 根の発育学 東京大学出版会 東京 154-159
- 田川毅明・平尾健二・窪田文武 2000 アフリカイネ, *Oryza glaberrima* Steud., の個葉光合成における窒素利用効率の種特性 日作紀69 (1) 74-79
- Sumi A., T. C. Katayama and W. Agata 1994 Studies on agronomic trait African rice (*Oryza glaberrima* Steud.)II. Dry matter increase and water use efficiency. Jpn. J. Crop Sci. 63 105-110
- Tozono H., K. Hirao and F. Kubota 2001 A specific difference in growth persistency between *Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steud. as evaluated on the new root development potential at post-heading stage J. of Fac. of Agric., Kyushu Univ. 45 387-394
- Vaughan D. A. 1994 The wild relatives of rice: a genetic resource handbook IRRI Manila, Philippines 36-37