

イネ深水栽培の展開に必要な生理生態学および形態学的特性の評価  
大江真道 (大阪公立大学大学院農学研究科)

イネの深水栽培法は篤農技術として一部の篤農家で古くから実践されてきた多収技術である。これは灌漑水を深く保つことで分けつの生育制御をはかり、イネの草姿を有効茎歩合の高い多収穫型に誘導する技術であるが、一般の農家の栽培体系の中に広く組み込まれるまでの技術としては確立されてこなかった。すなわち、篤農家の経験則から編み出された技術にとどまるもので、処理方法も多様であり、多収穫を期待して試行しても倒伏や穂数の減少で十分な収量を得られない場合があるなど、その評価は一様ではなかった。このような評価の中、大江氏は、深水栽培技術を誰しもが利用できる安定・多収穫技術のひとつとするために、深水にした際のイネの生理生態学および形態学的特性を詳らかにし、本栽培法展開のための基盤的知見を明らかにした。特に本技術を実践する際に重要な要素となる 1) 分けつ性の変化、2) 耐倒伏性に関わる形態学的変化、3) 生育反応の生理学的変化、4) 分けつ制御が群落光環境と収量に及ぼす影響、5) 生育制御技術としての処理適期と期間について解明した。あわせて深水栽培を導入する際の注意点などを含めた知見を整理し、生産者や技術指導者への啓発書をまとめた。その成果の内容は以下のとおりである。

### 1. 深水処理が分けつ性に及ぼす影響と品種間差異

深水栽培の処理要素としての水深については、最上位完全展開葉の葉関節が沈む水位で分けつの出現が抑制できることを証明した。深水で抑制される分けつには規則性があり、抽出中の葉の2枚下の葉の葉鞘内で伸長中の特定の分けつ芽、すなわち出現直前の分けつ芽が最も抑制を受けること、一方で分化後まもない発育初期の分けつ芽や既に出現している分けつは抑制されないことを明らかにした。また、水深を最上位完全展開葉の各葉関節が常に沈むように、葉が1枚展開するごとに水深を順次深くした場合は、出現直前の分けつ芽がその都度抑制されることで分けつの出現が連続的に抑制されることを明らかにした(業績1)。

分けつ特性が異なる穂重型と穂数型の4品種を供試して深水の影響を調べ、分けつ特性によらず最も抑制される分けつは葉鞘から出現直前の分けつ芽であること、また分化直後の分けつ芽や既に出現した分けつの抑制程度は小さいことを示した。株あたりの穂数は穂数型、穂重型の品種ともに深水により減少し、これが弱小分けつの抑制による有効茎歩合を著しく高め、有効茎歩合が大きく向上した品種では1穂初数の増加による1株穂重の増加が増収に貢献する可能性があることを明らかにした(業績2)。

### 2. 耐倒伏性に関わる稈の形態学的変化

品種の耐倒伏性に関わる稈の成長と挫折強度に及ぼす深水処理の影響を前述の分けつ性の異なる4品種を用いて明らかにした。供試4品種ともに稈基部の節間の直径は深水処理によって太くなり、横断面の真円率が高まり挫折強度は高まったが、その強度は稈を中空パイプと仮定した理論値に比較して劣ることを明らかにした。また、その原因について検証し、太さの増大が認められたにもかかわらず強度が劣った日本晴の組織学的観察から、深水処理後に著しく発達した破生通気組織が要因となることを明らかにした。このことをもとに深水処理によって茎の太さは増大するものの、挫折強度への貢献は品種によって異なり、深水栽培においては耐倒伏性に留意した品種の選定が重要であることを指摘した(業績3, 4)。

### 3. 深水処理による生育反応の生理学的変化

幼穂形成期における葉色値が、品種を問わず慣行の水管理区に比べて深水区で高くなることを明らかにし、深水による増収で認められる1穂初数増加との関連を示した(業績2)。また、深水処理後の主茎と分けつ間の乾物重増加速度による器官別の物質分配の変動について検証し、深水処理直後から地上部の乾物重増加速度は抑制されるが、器官別に見ると主茎では分けつよりも抑制程度が小さく、分けつ間でも差異があることを示した。すなわち、主茎が深水条件となると主茎葉からの養分の分配は、分けつよりも主茎自身の伸長中の葉身・葉鞘へ優先されること、また分けつ間では早く出現した分けつよりも遅く出現した分けつが優先されるように調節されていることを明らかにした。なお、主茎の葉関節が水面まで到達して葉身が水面上に展開するにつれて、各分けつの乾物増加率が回復することを明らかにした。これらの結果から、深水による分けつ抑制が母茎と分けつ間における養分分配における競合によって生じること、母茎の葉鞘の深水後の著しい伸長に伴う水面上への光合成器官である葉身の展開により栄養的に余裕が出ることでその後に出現する分けつへの影響が小さくなることを説明した(業績5)。

### 4. 深水処理による分けつ制御が水稻の群落光環境と収量に及ぼす影響

深水栽培では、無効分けつが制御されるため、最高分けつ期であっても葉面積指数(LAI)は慣行の水管理区と比較して優り、登熟期ではさらに優ることを明らかにし、深水栽培では茎数が制御されるにもかかわらず葉身面積が十分に確保されることを証明した。また、深水栽培ではLAIが大きくても吸光係数は小さく、群落下層への光の到達が良好となる草型に変化することを明らかにし、この要因が葉身の傾斜角が直立的になることに起因すること、深水栽培では群落の空間に余裕があり、栽培空間を有効利用できる可能性を示唆した。このことから、栽植密度を高めることが収量増に結びつくか否かを検討し、高い栽植密度を反映した収量増加を認めた(業績16)。

### 5. 生育制御技術としての深水処理適期の明確化

生育制御としての深水処理を実際栽培に導入する際の条件として、処理開始期と処理期間を明確にする必要がある。そこで、一定水深、一定期間の深水(16日間)を分けつ開始期、分けつ初期後半、分けつ盛期、最高分けつ期直前の4つの開始期で設定して検証した。その結果、分けつ開始期、分けつ初期後半および最高分けつ期直前に開始する深水では有効茎歩合の向上は認められず生育制御の効果が劣った。一方、分けつ盛期に開始する深水では弱小分けつが効果的に抑制されて有効茎歩合が著しく向上し、穂数が確保され、穂重が増加して増収し、また稈が太くなることで挫折強度が高まった(業績9)。処理期間については、制御効果が高い分けつ盛期の処理においても期間が長くなると稈の皮層繊維組織の薄化によって倒伏の危険性が高まり、出穂期以降の深水処理ではいかなる生育制御の効果もなかった(業績4)。すなわち、穂数の減少を伴わずに無効分けつが抑制される深水処理の最も効果

的な期間は分けつ盛期から最高分けつ期までであり、実際栽培においては分けつ盛期から約2週間の処理が効果的であり、一方、この期間よりも以前あるいは以後の処理や長期間の処理は、倒伏を助長する危険性を示した。

大江氏は、上述の研究成果をもとに、深水による一期作茎数制御による再生二期作での穂数の確保（業績19）、ゲリラ豪雨の深水害による収量変動（業績22）などの研究を展開した。また、イネの分けつ生育の特徴を整理し（業績6, 11）、分けつの効率的な調査方法（業績13, 14, 15）やイネ随伴雑草ノビエの分けつ型の特徴と防除法（業績7, 8, 10）などの知見も示した。

本研究は、イネの生育に対する深水処理の影響を生理生態学的、形態学的に解明し、経験則に基づく篤農技術の有効性の根拠を科学的に明らかにしたものである。これらの成果は、論文以外に著書「イネの深水栽培」（業績18）、農業技術体系作物編（業績12）、イネ大事典（業績21）などの他、農家向けの単行本（業績17, 20）においても公表し、これらの成果を通じて、深水処理がイネの安定多収技術のひとつとして一般の農家に広く知られるようになった。以上のことから、大江氏の研究業績は日本作物学会賞に値するものであると言える。

## 研究業績

1. 大江真道・後藤雄佐・星川清親 1994. 深水処理が水稻分けつの出現に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 63 : 576-581.
2. 大江真道・田村晶・三本弘乗 1995. 深水処理が水稻品種の生育反応に及ぼす影響. 近畿作育研究 40 : 17-21.
3. 大江真道・田村晶・三本弘乗 1996. 深水処理が日本型水稻品種の稈の生長と倒伏抵抗性に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 65 : 238-244.
4. 大江真道・三本弘乗 1998. 深水処理の時期および期間が日本型水稻の生長と倒伏抵抗性に及ぼす影響. 日本作物学会紀事 67 : 153-158.
5. 大江真道・三本弘乗 1999. 深水処理による日本型水稻の乾物生産特性の変化. 日本作物学会紀事 68 : 482-486.
6. 大江真道 2000. 湛水深の調節による日本型水稻の生育制御. 近畿作育研究 45 : 47-52.
7. 大江真道・山口裕文 2000. ノビエにみられる分けつ型の特徴について. 近畿作育研究 45 : 39-41.
8. 大江真道 2001. ヒエ属植物の基本形態と学名「分けつ体系」. 藪野友三郎監修, ヒエという植物. 全国農村教育協会, 東京. 31-42.
9. 大江真道・三本弘乗 2002. 水稻の生育制御を目的とした深水処理適期の検討. 日本作物学会紀事 71 : 335-342.
10. 清田隆治・大江真道・大門弘幸・原田二郎 2003. 深水条件下におけるタイヌビエと水稻の生育. 近畿作育研究 48 : 19-24.
11. 大江真道 2003. 茎葉「分けつ」. 温故知新－日本作物学会創立75周年記念総説集. 日本作物学会, 35-42.
12. 大江真道 2006. 生育相と生態・生理反応のとらえ方「深水による生育相の変化－草型・分けつ・茎質・根系－」. 農業技術大系－作物編. 1 : 基+ 218 の2-19. 農山漁村文化協会, 東京.
13. 大江真道 2008. 分けつについて. 日本作物学会紀事 77 : 229-232.
14. 大江真道 2010. 発芽から苗立, 成長（イネ科）. 日本作物学会編, 作物学用語事典. 農山漁村文化協会, 東京. 78-79.
15. 大江真道 2010. 分けつの増加, 成長（イネ科）. 日本作物学会編, 作物学用語事典. 農山漁村文化協会, 東京. 80-81.
16. Ohe, M., Okita, N. and Daimon, H. 2010. Effects of the deep-flood irrigation on growth, canopy structure and yield under different planting patterns in rice. *Plant Production Science* 13: 193-198.
17. 大江真道 2011. 深水栽培イネの仕組みと特徴（イネつくりコツのコツ, 農文協編）. 農山漁村文化協会, 東京. 82-89.
18. 大江真道 2014. イネの深水栽培. 農山漁村文化協会, 東京. 1-120.
19. 内田果世・大江真道 2016. 水稻再生二期作栽培における一期作の生育制御が再生二期作の生育と収量構成要素に与える影響. 日本作物学会紀事 85 : 260-265.
20. 岡島秀夫・本田強・大江真道・森田敏・薄井勝利 2018. よくわかるイネの生理と栽培. 農山漁村文化協会, 東京.
21. 大江真道 2020. 深水による生育相の変化. イネの生理作用I, 生育相と生態・生理反応のとらえ方. 農山漁村文化協会編, イネ大事典（上巻）. 農山漁村文化協会, 東京. 235-252.
22. 大江真道・松尾洋明 2020. 幼穂発達期と登熟期における短期間の冠水による水稻収量構成要素の変動. 日本作物学会紀事 89 : 98-101.