

## 有機栽培水稻における目標生育と生育診断に基づく追肥の評価

金田吉弘<sup>1)</sup>・西田瑞彦<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> 秋田県立大学生物資源科学部, <sup>2)</sup> 農研機構東北農業研究センター大仙研究拠点)

**要旨:** 有機栽培水稻において, 収量 550~600 g m<sup>-2</sup> を目指す目標生育を設定した. また, 有機肥料の窒素肥効率と窒素無機化特性を明らかにし, 生育診断による追肥が収量に及ぼす影響を検証した. その結果, 有機栽培の茎数はいずれの時期においても慣行栽培に比べて少なく推移するものの有効茎歩合が高い生育となり穂数はほぼ同等であった. 有機栽培の葉色値は7月上旬までの生育初期は慣行栽培に比べて低いが, 幼穂形成期以降は慣行栽培を上回った. 5種類の有機肥料の窒素肥効率は, 約40から80%で平均では69%であった. 反応速度論的手法により求めた有機肥料の窒素無機化率は約20から60%であり, 窒素肥効率との間には有意な正の相関が認められた. 生育診断に基づき追肥を実施した結果, ほぼ目標値に近い穂数と葉色値に接近し, 550~600 g m<sup>-2</sup> の目標収量が得られた. 以上のことから, 有機栽培水稻において, 目標生育と生育診断に基づく追肥により 550~600 g m<sup>-2</sup> の収量が得られることが明らかになった.

**キーワード:** 生育診断, 窒素肥効率, 窒素無機化特性, 追肥, 目標生育, 有機栽培水稻.

我が国では有機農業を推進するため, 2006年に「有機農業の推進に関する法律(有機農業推進法)」が成立した. 有機農業は, 化学肥料や合成農薬, 遺伝子組換え技術を使用しないことにより環境への負担を減らすことが期待されている. 農林水産省(2016)によれば, 国内における有機栽培面積は, 2009年時点で16000 ha(有機JAS 9000 ha, 有機JAS 圃場以外7000 ha)であり, 農業全体の0.4%を占めている. 一方, 他国の有機栽培面積の割合を見ると, ドイツ6%, フランス4%, イギリス3%, 韓国1%であり, 我が国は諸外国に比べて低い水準となっている. 今後, 国内において有機農産物に対する需要は増すことが予想され, 有機栽培に取り組む新規農家の増加が見込まれている. そのため, 2014年に農林水産省が示した「有機農業の推進に関する基本的な方針」では, 技術体系の確立と普及支援を図ることにより, おおむね2018年度までに耕地面積に占める有機栽培面積の割合を1%に倍増させることが目標に示されている. 有機栽培の内, 有機栽培水田の面積は, 2014年において2961 haであり, 有機栽培全体の29.8%の割合となっている. 有機栽培水稻では, 除草などに労力がかかることの他に, 肥培管理などが技術的に不安定で慣行栽培に比べて収量が低下しやすいことが課題である.

これまで, 慣行栽培では, 安定収量確保を目標にした目標生育や生育診断に関する多くの報告がある(丹野1988, 寺田1993, 北田ら1995, 柴田ら1996, 宮川ら1998, 小柴・小林2006, 森ら2010). また, 各県においては, 稲作指導指針などで品種毎の目標収量に対応した生育の目標値が設定され, 農家はそれに基づき追肥や水管理などを判断して生育を調節することが一般化されている. しかし, 有機栽培水稻については, 目標生育を定めている事例は少なく, 農

家は個人の経験により生育を判断するケースが多い. また, 有機栽培水稻に使用する有機肥料の窒素肥効に関する情報は少ない現状にある. そこで, 筆者らは, はじめに秋田県大潟村において有機栽培を実践している農家圃場の水稻生育データを活用して, 目標収量を得るための生育時期別目標生育を設定した. 大潟村は, 2006年時点で水稻栽培に占める有機栽培の割合が約10%と高く, 全国のJAS有機米生産比率に占める割合も高い(和泉2013). 次に, 農家が入手しやすい有機肥料の窒素肥効率と窒素無機化特性を検討した. さらに, 有機栽培水稻において生育診断に基づく追肥による生育調節が収量に及ぼす影響を解析した. その結果, 有機栽培水稻における目標生育と生育診断に基づく追肥は安定収量確保に有効であることを明らかにしたので報告する.

### 材料と方法

#### 1. 有機栽培水稻の目標生育の策定

2001年から2010年までの秋田県大潟村内の有機栽培農家5名の計50点の有機栽培水稻の生育調査および収量調査結果を基に目標生育を策定した. 品種は「あきたこまち」である. 有機栽培農家の圃場は各1.25 haの連作水田であり, 土壌はいずれも田川統に属する強粘質の細粒強グライ土である. 有機栽培農家は, 化学農薬および化学肥料は使用せず, 有機認定肥料により基肥として窒素(N) 3.0~6.0 g m<sup>-2</sup>, リン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1.0~3.0 g m<sup>-2</sup>, カリウム(K<sub>2</sub>O) 0.5~1.2 g m<sup>-2</sup>を施用し, 追肥は行わなかった. また, 栽植密度は18.1~19.5 株 m<sup>-2</sup>の範囲であった.

生育調査項目は, 平均的な20株についての草丈と茎数, 葉色の指標として主茎の展開第2葉身の葉緑素計値(コニカミノルタSPAD-502Plus)である. 草丈および茎数の調査

時期は、分けつ期（6月10日頃）、有効茎数決定期（6月25日頃）、最高分けつ期（7月5日頃）、幼穂形成期（7月15日頃）、減数分裂期頃（7月25日頃）、出穂期（8月5日頃）の各時期、葉色は有効茎数決定期からである。収穫は、9月25日頃であり、各圃場から40株の稲体を地際から刈り取った後に脱穀し、精玄米重（粒厚1.9 mm以上）を調査した。また、有機栽培水稻の収量水準を検討するために、同じく2001年から2010年までの大潟村内の慣行栽培農家12名の収量調査結果106点と比較した。さらに、目標収量を550～600 g m<sup>-2</sup>とし、その範囲にあった22点の有機栽培の生育値から、有機栽培に対応した生育時期別の草丈、茎数、葉色の目標生育を策定し慣行栽培水稻と比較検討した。なお、慣行栽培水稻の生育値は570 g m<sup>-2</sup>を目標収量とする秋田県稲作指導指針（秋田県農林水産部2016）から引用した。

## 2. 有機肥料の窒素肥効率の測定

2013年と2014年に、大潟村内の有機栽培農家圃場において農家が入手しやすい有機肥料の窒素肥効率を調査した。供試した有機肥料は、有機A（発酵鶏ふん）、有機B（発酵鶏ふん、焼酎粕）、有機C（蒸製毛粉、肉粕粉末、蒸製骨粉）、有機D（蒸製毛粉、魚粕、菜種油粕、米ぬか油粕）、有機E（米ぬか、大豆粕、菜種油粕）の5種類とし、他に化成肥料区と無肥料区を設けた。試験は1区25 m<sup>2</sup>で2連制とし、品種は「あきたこまち」である。栽植密度は、両年とも18.1株 m<sup>-2</sup>とした。各有機肥料区と化成肥料区では、基肥を窒素成分で5 g m<sup>-2</sup>施用し、追肥は行わなかった。生育調査は、生育時期別に平均的な10株について、草丈、茎数、葉色を測定した。調査は各区において2カ所で行った。成熟期（9月25日）において、生育調査結果（データ省略）から得られた平均茎数を示す3株を各区から採取し、茎葉と穂に分別した後に80℃で通風乾燥後に粉砕した後、NCアナライザー（NC-22F、住化分析センター製）を用いて窒素を測定した。また、9月25日に、各区の2カ所において40株の稲体を地際から刈り取った後に定法により、精玄米重（粒厚1.9 mm以上）を調査した。成熟期における各有機肥料区および化成肥料区の全窒素吸収量から無肥料区の全窒素吸収量を差し引いた量を基肥窒素量で除してみかけの窒素利用率を算出した。さらに、各有機肥料区の窒素利用率を化成肥料区の窒素利用率で除して以下に示すように窒素肥効率を算出した。

みかけの窒素利用率（%）＝〔（試験区の窒素吸収量－無窒素区の窒素吸収量）／基肥窒素量〕×100

窒素肥効率（%）＝（有機肥料区の窒素利用率／化成肥料区の窒素利用率）×100

## 3. 有機肥料の窒素無機化特性の解析

大潟村の気温条件における、これらの有機肥料の窒素無機化特性を明らかにするために、20、25、30℃の3段階の温度条件下で有機肥料を添加した土壌の湛水培養を行なっ

た。各温度条件で無機化した窒素量から、反応速度論的手法により無機化特性値を求め（杉原ら1986）、大潟村の気温条件における無機化率を推定した。培養実験は、乾土100gに対して全窒素として150 mg相当の有機肥料を風乾土12 gに添加し、湛水条件の可給態窒素の分析手順（Nishida et al. 2013）に準じて行なった。培養開始から7、28、49、70、105、140日後に有機肥料添加土壌を2 M 塩化カリウム溶液で抽出し、インドフェノール法（Scheiner 1976）でアンモニア態窒素を定量した。同様に土壌のみを培養し、そこから無機化したアンモニア態窒素を差し引き、有機肥料由来の窒素無機化量とした。培養前の有機肥料のみを同様に2 M 塩化カリウム溶液で抽出し、有機肥料中のアンモニア態窒素量を定量して初期値とした。各有機肥料の全窒素を乾式燃焼法で定量し、全窒素量に対するアンモニア態窒素量の割合を無機化率とした。無機化特性値は古江・上沢（2001）の方法で表計算ソフト（EXCEL）を用いて求めた。

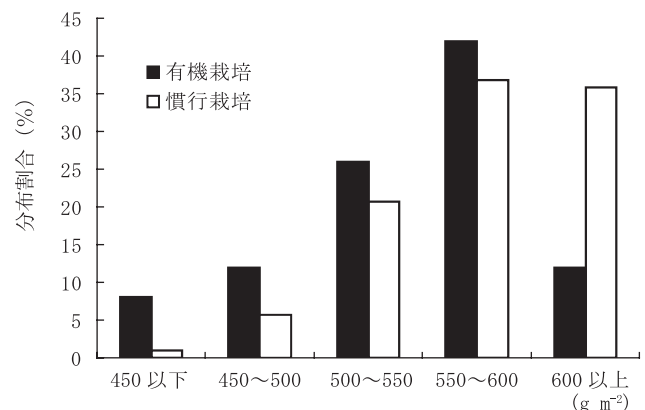
## 4. 生育診断に基づく追肥による生育調節の検証

2013年と2014年に大潟村内の有機栽培農家圃場1.25 haにおいて、収量550～600 g m<sup>-2</sup>を目指した目標生育に基づく生育診断による追肥の効果を検討した。移植は、5月20日とし9月30日に収穫した。供試品種は、「あきたこまち」である。栽植密度は18.1株 m<sup>-2</sup>とした。基肥と追肥には前述の有機肥料Aを用い、2013年の基肥量は窒素、リン酸、カリウム各5.0-3.0-3.0 g m<sup>-2</sup>とし、2014年は各3.0-1.8-1.2 g m<sup>-2</sup>とした。生育時期毎に草丈（データ省略）、茎数、葉色（データ省略）を調査し、生育が目標生育より不足した場合に、58 aの追肥区を設け有機Aによる追肥を行った。追肥窒素量は窒素肥効率を考慮して3 g m<sup>-2</sup>とした。

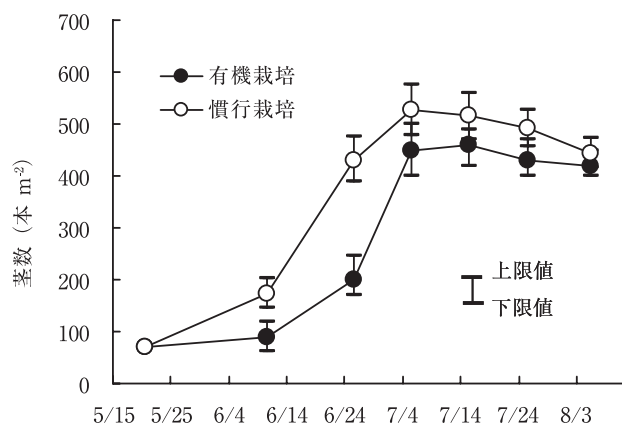
## 結 果

### 1. 有機栽培水稻の収量水準

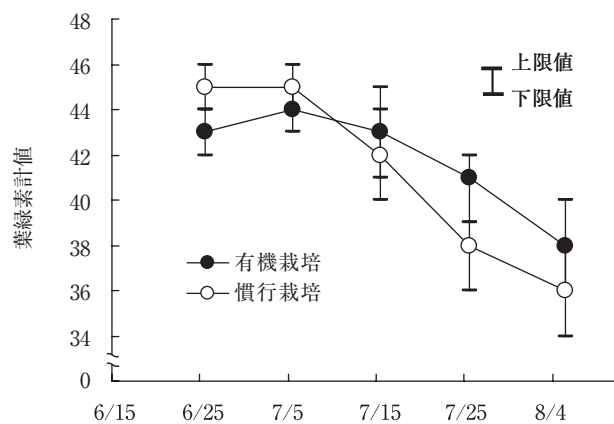
第1図には、2001年から2010年までの秋田県大潟村内の有機栽培水稻50点と慣行栽培水稻106点の収量別分布



第1図 有機栽培および慣行栽培水稻の収量分布割合（品種：あきたこまち）。



第2図 有機栽培および慣行栽培水稻の茎数の推移 (収量 550~600 g m<sup>-2</sup>, 品種: あきたこまち).



第3図 有機栽培および慣行栽培水稻の葉色の推移 (収量 550~600 g m<sup>-2</sup>, 品種: あきたこまち).

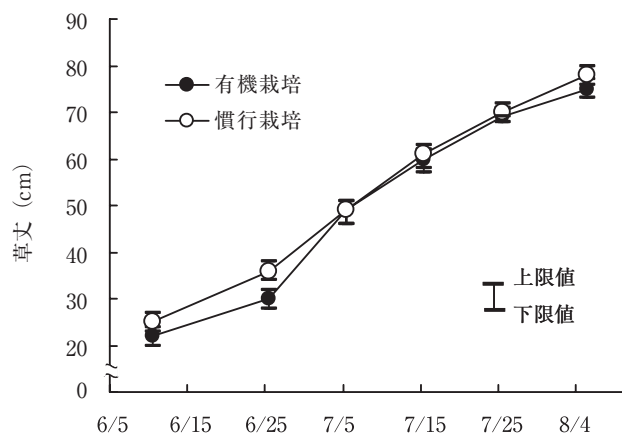
割合を示した. 慣行栽培では, 550~600 g m<sup>-2</sup> の割合が 37% と最も高く, 次に 600 g m<sup>-2</sup> 以上が 36% であった. 一方, 有機栽培での 600 g m<sup>-2</sup> 以上の割合は 12% と低かった. 有機栽培において最も分布割合が高かったのは 550~600 g m<sup>-2</sup> で 42% であり, それ以下の分布も多かった. すなわち 500~550 g m<sup>-2</sup> に 26%, 450~500 g m<sup>-2</sup> に 12%, 450 g m<sup>-2</sup> 以下にも 8% の分布が見られた. また, 有機栽培および慣行栽培の平均収量は, それぞれ 539 g m<sup>-2</sup>, 578 g m<sup>-2</sup> であり, 有機栽培水稻は慣行栽培水稻に比べて 7% 程度少なかった.

## 2. 水稻生育の特徴と目標生育

有機栽培の内, 収量の分布が最も多かった 550~600 g m<sup>-2</sup> の 22 点について茎数, 葉色値, 草丈の特徴を検討した. なお, 慣行栽培水稻の生育値については, 秋田県稲作指導指針 (秋田県農林水産部 2016) から引用した. 第2図には, 茎数の推移を示した. 有機栽培の茎数は, いずれの時期においても慣行栽培に比べて少なく推移した. また, 有機栽培の最高分げつ期は, 慣行栽培に比べて 10 日程度遅くなる傾向が見られた. 第3図には, 葉緑素計による葉色値の推移を示した. 有機栽培の葉色値は, 慣行栽培に比べて 7 月 5 日までは低かったが, それ以降出穂期にかけては慣行栽培より高く推移した. 第4図に, 草丈の推移を示した. 有機栽培では 6 月 25 日までは慣行栽培に比べて低かったが, それ以降はほぼ同等の長さで推移した. 第1表には, 目標収量 550~600 g m<sup>-2</sup> の生育時期別の目標生育を示した.

## 3. 有機肥料の窒素肥効

第5図に, 精玄米重を示した. 両年とも有機肥料区の収量は, 化成肥料区よりやや低かったが有機肥料区間において有意な違いは見られなかった. また, 第6図には成熟期の窒素吸収量を示した. 精玄米重と同様に, 有機肥料区の窒素吸収量は, 化成肥料区よりやや低かったが有意な違いは見られなかった. 第7図に, 有機肥料区の窒素肥効を



第4図 有機栽培および慣行栽培水稻の草丈の推移 (収量 550~600 g m<sup>-2</sup>, 品種: あきたこまち).

示した. 各有機肥料区における窒素肥効の年次間差は小さかった. 有機 B (発酵鶏ふん, 焼酎粕) 区の窒素肥効率は, 2 カ年平均で 43% と他の有機肥料区に比べて低かったが, 他の有機肥料区では 66~84% の範囲であった. また, 有機肥料全区における窒素肥効率の平均は 69% であった.

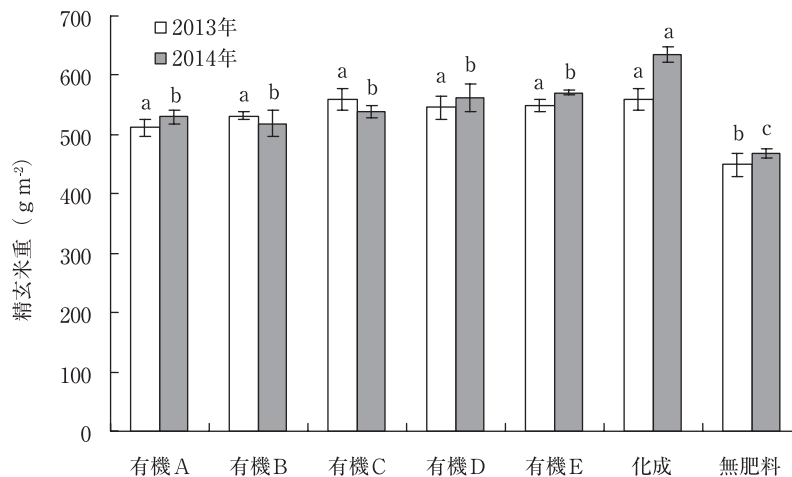
## 4. 有機肥料の窒素無機化特性の解析

大潟村の平均気温の平年値における各有機肥料の無機化率の推定値を第8図に示した. 有機 A と有機 B は速やかに無機化し, その後無機化量は増加しなかった. これらはいずれも発酵鶏ふんを原料とする肥料であった. 有機 C, 有機 D, 有機 E は徐々に無機化し, この中では有機 C の無機化速度が最も大きかった. 水稻の成熟期 (9/25) までの無機化率は有機 A が 51%, 有機 B が 24%, 有機 C が 59%, 有機 D が 46%, 有機 E が 41% であった. 次に栽培試験を実施した 2013 年と 2014 年それぞれの平均気温における成熟期 (9/25) までの窒素無機化率の推定値と各年の水稻の窒素吸収量から求めた窒素肥効率との関係を第9図に示した. 培養実験での窒素無機化率と圃場条件での窒素



第1表 生育時期別の目標生育（品種：あきたこまち、目標収量 550～600 g m<sup>-2</sup>）.

項目	栽培圃場	分けつ 始期	有効茎 決定期	最高 分けつ期	幼穂 形成期	減数 分裂期	出穂期
		6/10	6/25	7/5	7/15	7/25	8/5
草丈 (cm)	有機	上限	24	32	51	62	77
		目標	22	30	49	60	75
		下限	20	28	46	57	73
	慣行	上限	27	38	51	63	80
		目標	25	36	49	61	78
		下限	23	34	46	58	76
茎数 (本 m <sup>-2</sup> )	有機	上限	120	245	500	490	450
		目標	90	200	450	430	420
		下限	61	170	400	400	400
	慣行	上限	204	475	576	559	477
		目標	174	431	527	491	446
		下限	145	388	478	456	415
葉色 (葉緑素計値)	有機	上限		44	45	45	42
		目標	—	43	44	43	41
		下限		42	43	41	39
	慣行	上限		46	46	44	39
		目標	—	45	45	42	38
		下限		44	44	40	36



第5図 有機肥料および化成肥料による収量（品種：あきたこまち）.

平均値±標準誤差で示す。異なる英小文字間とは同じ年度内で Tukey 法により、5%水準で有意差があることを示す。肥料の配合は、有機A（発酵鶏ふん）、有機B（発酵鶏ふん、焼酎粕）、有機C（蒸製毛粉、肉粕粉末、蒸製骨粉）、有機D（蒸製毛粉、魚粕、菜種油粕、米ぬか油粕）、有機E（米ぬか、大豆粕、菜種油粕）。

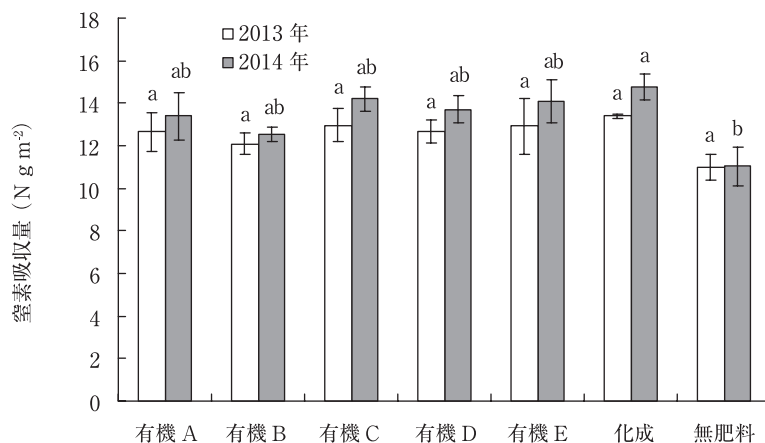
肥効率との間には有意な正の相関が認められた。

##### 5. 生育診断に基づく追肥による生育経過と収量

2013年は6月24日、2014年は7月5日の生育診断により 550～600 g m<sup>-2</sup> を目標にした目標生育に比べて茎数と葉色が不足と判断し追肥を行った。第10図には、茎数の推移を示した。診断区における追肥後の茎数は、目標値に接

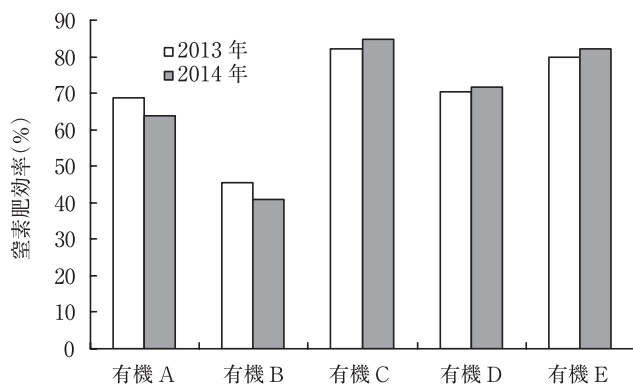
近して推移し、ほぼ目標値に近い穂数を確保した。また、追肥を実施しない対照区の茎数は目標値より少なく推移し、穂数は目標値より減少した。診断区における追肥後の葉色（データ省略）は2カ年とも対照区を上回り、目標値に近い値を推移した。

第2表には、2カ年の収量および収量構成要素を示した。診断区では、2カ年とも穂数、総粒数が対照区に比べて有

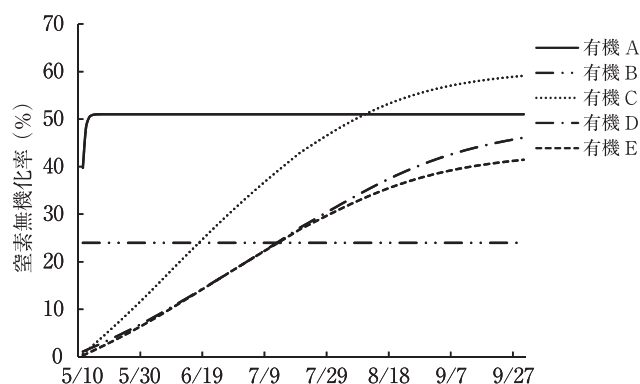


第6図 有機肥料および化成肥料による窒素吸収量 (品種: あきたこまち).

平均値±標準誤差で示す. 異なる英小文字間は同じ年度内で Tukey 法により, 5%水準で有意差があることを示す. 肥料の配合は, 第5図脚注を参照.



第7図 有機肥料の窒素肥効率 (品種: あきたこまち).  
肥料の配合は第5図脚注を参照.

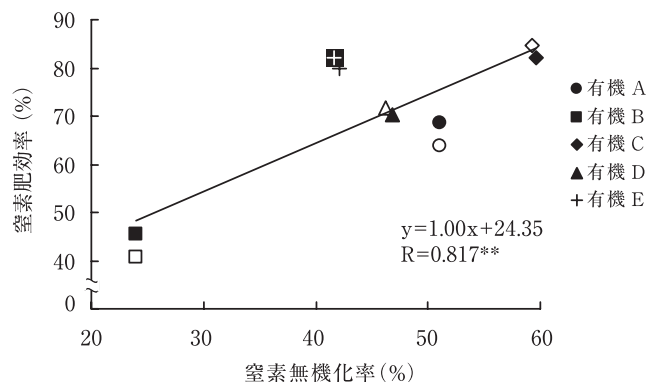


第8図 反応速度論的手法による各有機肥料の窒素無機化率の推定.  
(大潟村の平年気温により推定). 肥料の配合は第5図脚注を参照.

意に増加した. 診断区における収量は, 2013 年  $570 \text{ g m}^{-2}$ , 2014 年  $566 \text{ g m}^{-2}$  であり, 目標とする  $550 \sim 600 \text{ g m}^{-2}$  の範囲の収量となり, それぞれ対照区に比べて 9%, 5% 増収した. 一方, 対照区の収量は, 両年とも  $550 \sim 600 \text{ g m}^{-2}$  に達しなかった.

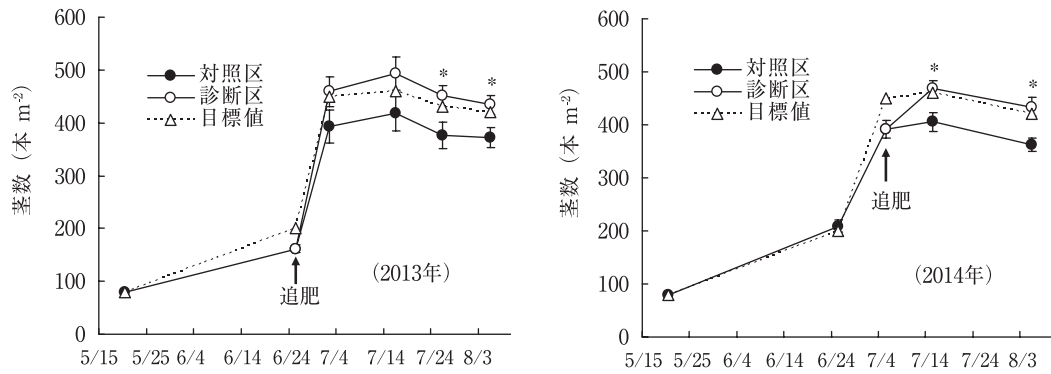
## 考 察

これまで, 基肥に有機質として堆肥を施用した場合には, 穂数が不足し収量が低下するとの報告がある (鈴木ら 1994, 前田 2001, 前田ら 2005). また, 中島ら (2014) は, 基肥に有機肥料を利用した場合, 堆肥と同様に初期生育が遅く茎数は慣行栽培に比べ少なく推移し, 収量が低い傾向になることを報告している. さらに, 齊藤ら (2001) は, 10 年間にわたって有機栽培水稻の収量推移を検討した結果, 慣行栽培に比べて茎数が少なく推移し, 平均では約 10% 程度低下することを示した. 同様に, 有機栽培を 15 年間継続した場合, 5~7 年目以降, 収量の変動幅が小さくなるものの慣行栽培に比べると低くなるとの報告がある



第9図 反応速度論的手法による各有機肥料の窒素無機化率 (成熟期) と栽培試験における窒素肥効率との関係.

各塗りつぶしは 2013 年, 白抜きは 2014 年の結果. \*\* は 1% 水準で有意な相関があることを示す. 肥料の配合は第5図脚注を参照.



第10図 生育診断による茎数の推移 (品種: あきたこまち)。

平均値±標準誤差で示す。\*はt検定により対照区と診断区間に5%水準で有意差があることを示す。

第2表 追肥判定による収量および収量構成要素 (品種: あきたこまち)。

年次	区	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	総初数 (× 10 <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> )	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	追肥判定
2013 年	対照区	372*	27.6*	85.4	22.5	524*	
	診断区	434	31.6	84.0	22.2	570	6/27 追肥 N3 g m <sup>-2</sup>
2014 年	対照区	362*	29.3*	81.4	22.4	538*	
	診断区	422	32.5	80.1	22.5	566	7/3 追肥 N3 g m <sup>-2</sup>

\*はt検定により同じ年度で5%水準で有意差があることを示す。

(浅井ら 2016)。このように、有機栽培は慣行栽培に比べ収量が低下することが知られており、その低収要因としては、茎数が少なく推移することによる穂数不足があげられている。本報告においても、これまでの知見と同様に、有機栽培水稻の収量は慣行栽培に比べて低い範囲に分布している事例が多く、穂数不足が原因と考えられた。新良 (2010) は、水田条件において有機質資材由来窒素の無機化が遅れることを明らかにしている。有機質資材や有機肥料を利用する有機栽培では、生育初期における有機質由来の無機化窒素量が少ないことが茎数の減少に影響すると推察した。

一方、出穂 30~40 日前に慣行栽培と同量の窒素を有機肥料により追肥した事例では、収量は慣行栽培に接近し大幅に低下しないことが明らかにされている (鈴木ら 1994)。これは、有機栽培においても生育に応じて適切に追肥を行うことにより慣行並の収量が得られる可能性があることを示唆している。我が国では、良食味米品種の開発に伴いそれぞれの品種の目標収量に対応した目標生育が提案され、それに基づく生育診断により農家は追肥などで対応するシステムが各県で構築されている。しかし、有機栽培における目標生育を設定した事例は少ないため、本報告では有機栽培に適応した目標生育を策定し、それに基づいた追肥の効果を検証した。

これまで秋田県における慣行栽培では、収量 570 g m<sup>-2</sup> を確保するための時期別目標生育を設定している (秋田県農林水産部 2016)。生産現場では生育調査結果と目標生育を比較し、茎数や葉色値などが不足した場合には幼穂形成

期と減数分裂期を中心に原則として窒素成分で 2 g m<sup>-2</sup> を追肥することが奨励されている。本報告では、はじめに有機栽培農家園場のデータから収量 550~600 g m<sup>-2</sup> を目標とする草丈、茎数、葉色の目標生育を策定した。秋田県が定めた慣行栽培における収量 570 g m<sup>-2</sup> の目標生育と比較すると、有機栽培の茎数はいずれの時期においても慣行栽培に比べて少なく推移するものの有効茎歩合が高い生育となり穂数はほぼ同等であった。また、有機栽培の葉色値は7月上旬までの生育初期は慣行栽培に比べて低い、生育後半は慣行栽培を上回った。茎数が少なく生育後半の葉色値が高まる傾向は過去の知見 (中島ら 2014) と一致していた。

次に、生育時期別の目標生育を基に生育診断を行い、追肥の効果を検証した。これまで、慣行栽培における追肥窒素量は 2 g m<sup>-2</sup> が一般的である。有機栽培において追肥効果を検証した例は少ないが、荒井・酒井 (2005) は、幼穂形成期に窒素 2 g m<sup>-2</sup> を追肥したが、穂数は慣行栽培に比べて 20% 程度減少したことを報告している。また、三澤ら (2006) は、通常の慣行栽培の窒素 2 g m<sup>-2</sup> より多い窒素 3 g m<sup>-2</sup> の出穂 40 日前追肥を有機栽培の施肥基準に定めているが、追肥窒素量の根拠は明らかにされていない。そのため、追肥に利用する有機肥料の窒素肥効率を知ることは、追肥窒素量を決定する場合に有効となるが、窒素肥効率に関する知見は少ない。佐藤 (2010) は畑条件において、10 点の有機肥料の窒素肥効率を検討し、約 17% から約 80% までと幅があることを報告している。また、西田 (2010) は水田において <sup>15</sup>N 標識法により 9 種類の有機質資材の窒

素肥効率を測定した結果、約16%から約70%までと資材によって大きな違いが認められることを明らかにした。本報告では有機栽培農家が入手しやすい5種類の有機肥料について、水稻の窒素吸収量から窒素肥効率を測定するとともに培養実験から窒素無機化率の推移を推定した。その結果、窒素無機化率と窒素肥効率の間には有意な正の相関が認められ、有機肥料からの窒素無機化が水稻による窒素吸収に反映することが確認された。これにより、有機肥料の無機化率を調べることで、水稻への窒素肥効率が推定できることが明らかとなった。程度の違いはあるが、全ての有機肥料で窒素無機化率よりも窒素肥効率が高かった。このことは基肥として施肥した場合、有機肥料の無機化窒素利用率は化成肥料よりも高いことを示唆している。窒素肥効率は約40から80%、窒素無機化率は約20から60%とどちらも40%程度の幅があった。この理由としては、これまでの報告と同様に有機肥料の原料となる有機質資材の種類によって窒素肥効が異なるためと推察した。

本報告では、速やかに窒素が無機化する有機肥料Aを追肥に供試した。有機肥料Aの窒素肥効率は約70%と推定し、慣行栽培の追肥窒素量 $2\text{ g m}^{-2}$ に対応して追肥窒素量は $3\text{ g m}^{-2}$ とした。2013年と2014年に茎数および葉色が理想生育より少ないと判断した時期に追肥を実施した結果、ほぼ理想生育に近い穂数と葉色値を確保したことから550~600 $\text{ g m}^{-2}$ の目標収量が得られた。この結果、有機栽培において生育診断による追肥は収量確保に有効であると考えられた。今後、水稻の生育量と必要な追肥窒素量との関係を明らかにすることにより、さらに生育診断の有効性が高まると推察される。

これまで、有機栽培の稲作農家は個人の経験により生育量を判断する場合が多く、不安定な収量要因のひとつであった。本報告で述べたように、有機栽培において目標収量に対応した目標生育を策定し、生育診断による追肥により生育を調節することで目標収量が得られることが明らかになった。さらに、有機肥料の窒素肥効率を考慮して追肥窒素量を決定することで、追肥の効果が高まることが示唆された。今後、有機栽培が普及するためには、有機栽培の継続による土壌養分の変化にも注目しながら、有機栽培の肥培管理方策をそれぞれの土壌タイプに応じて確立することが重要であると考えられた。

謝辞：本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発・有機農業の生産技術体系の確立」（2009~2012年）において実施したものの一部である。本研究のとりまとめにあたっては、大潟村水稻栽培研究会「五星会」の農家の皆様に多大なご協力をいただきました。また、圃場試験は、大潟村農家相馬喜久男氏にご協力をいただき遂行しました。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 秋田県農林水産部 2016. 稲作指導指針：1-222.
- 荒井義光・酒井孝雄 2005. 福島県浜通り地域における水稻有機栽培の実証 第2報 有機栽培初年目の水稻生育と収量－. 日本作物学会東北支部会報 48: 19-20.
- 浅井辰夫・飛奈宏幸・前田節子・西川浩二 2016. 15年間継続した水稻有機栽培の生育、収量および食味値. 日作紀 85: 274-281.
- 古江広治・上沢正志 2001. 反応速度論的手法での土壌および有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集－アンケート調査まとめ－. 農研センター資料 43: 1-50.
- 和泉真理 2013. 有機農業：JAの取り組みの可能性を探る. JC 総研レポート 25: 26-33.
- 北田敬宇・塩口直樹・森正克英 1995. システム施肥法による良食味米・高位安定生産. 土肥誌 66: 107-115.
- 小柴守・小林和弘 2006. 「ゴロピカリ」の生育診断に基づく良食味生産のための追肥法. 群馬県農業技術センター研究報告 3: 19-29.
- 前田忠信 2001. 堆肥連年施用水田と化学肥料連年施用水田における低農業栽培した水稻収量の年次変動とその要因. 日作紀 70: 525-529.
- 前田忠信・久保二郎・平井英明 2005. 堆肥連年施用有機水田における堆肥多量施用と水管理が水稻の生育、収量と温室効果ガスの発生に及ぼす影響. 日作紀 74: 58-64.
- 三澤秀樹・大場伸一・卯月恒安・上野正夫 2006. 水稻「はえぬき」の有機栽培における生育目標と発酵鶏糞の施用基準. 山形農事研報 38: 83-101.
- 宮川英雄・児玉徹・佐藤福男 1998. 良食味米生産のための水稻簡易生育診断及び土壌窒素無機化予測を組み入れた水稻生育栄養診断システム. 秋田農試研究報告 39: 1-35.
- 森静香・横山克至・藤井弘志 2010. 山形県の庄内地域における登熟期の葉色診断による産米の玄米タンパク質含有率別仕分け法. 日作紀 79: 113-119.
- 中島宏和・森静香・藤井弘志 2014. 山形県庄内地域における有機栽培水稻の生育、養分吸収、収量構成要素の特徴. 土肥誌 85: 200-214.
- 新良力也 2010. コメヌカとオカラの湛水培養での窒素無機化特性解析と圃場での窒素放出経過の推定. 土肥誌 81: 511-513.
- 西田瑞彦 2010. 重窒素を用いた直接的手法による水田における有機質資材由来窒素の動態解明. 東北農試研報 112: 1-40.
- Nishida, M., Sekiya, H. and Yoshida, K. 2013. Status of paddy soils as affected by paddy rice and upland soybean rotation in northeast Japan, with special reference to nitrogen fertility. Soil Sci. Plant Nutr. 59: 208-217.
- 農林水産省 2016. 有機農業の推進について. <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/yuuki/convention/h27/pdf/siryo2-1.pdf> (2016/1/16 閲覧).
- 齋藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 2001. 水稻の有機栽培に関する継続試験－10年間の生育収量－. 日作紀 70: 530-540.
- 佐藤紀男 2010. コマツナの連続栽培による各種有機質肥料の窒素肥効特性. 土肥誌 81: 557-562.
- Scheiner, D. 1976. Determination of ammonia and Kjeldahl nitrogen by indophenol method. Water Res. 10: 31-36.
- 柴田康志・藤井弘志・松田裕之 1996. 庄内地域における「はえぬき」の窒素栄養特性からみた生育診断. 山形農試研報 30: 17-29.
- 杉原進・金野隆光・石井和夫 1986. 土壌における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報 1: 127-166.



- 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一 1994. 水稻の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形農試研報 28: 39-56.
- 丹野文雄 1988. 総合計量化方式によるコシヒカリ, ササニシキの生育予測と診断技術. 土肥誌 59: 423-428.
- 寺田優 1993. 北陸地域における水稻の生育診断・予測技術開発研究の現状, 日作紀 62: 641-646.

**Target Growth and Evaluation of Topdressing Determined Based on Growth Diagnosis in Organically Grown Rice** : Yoshihiro KANETA<sup>1)</sup> and Mizuhiko NISHIDA<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>*Fac. of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University, Akita 010-0195, Japan;* <sup>2)</sup>*Tohoku Agricultural Research Center, NARO*)

**Abstract** : Target growth of organically grown rice was to produce yields of 550–600 g m<sup>-2</sup>. After clarifying the nitrogen uptake rate and nitrogen mineralization characteristics of organic fertilizer, we examined the influence that topdressing had on yield determined based on the growth diagnosis. The tiller number of organically grown rice was smaller than that of conventionally grown rice throughout the growth period. However, the percentage of productive tillers in organically grown rice was higher than that in conventionally grown rice. The panicle number in organically grown rice was almost the same as that in conventionally grown rice. Furthermore, as compared with conventionally grown rice, the leaf color score of organically grown rice was lower until the beginning of July and was higher after the panicle formation stage. Rate of nitrogen uptake from five types of organic fertilizers ranged from 40 to 80%, with an average of 69%. Kinetics analysis showed that the nitrogen mineralization rate of organic fertilizer was 20 to 60%, and the rate showed a significant positive correlation with the nitrogen uptake rate. Topdressing based on the growth diagnosis produced the target number of panicles and color score in organically grown rice to obtain the target yield of 550–600 g m<sup>-2</sup>. Thus, the target grain yield can be obtained by topdressing determined based on the growth diagnosis in organically grown rice.

**Key words** : Growth diagnosis, Nitrogen mineralization, Nitrogen uptake rate, Organically grown rice, Target growth, Topdressing.

---