

最先端の水稲用基肥一発肥料 “楽一®”の開発

- コシヒカリ等の良食味品種 専用肥料 -

住友化学(株) アグロ事業部
柴田 秀之
農業化学品研究所
竹林 禎浩

Development of a Forefront One-Shot Basal Application Fertilizer “Rakuichi®” for Paddy Rice

- A Fertilizer Exclusive for Rice Varieties such as “Koshihikari” which has a Good Taste but Falls Down Easily because of its Long Culm -

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
Crop Protection Division
Hideyuki SHIBATA
Agricultural Chemicals Research Laboratory
Yoshihiro TAKEBAYASHI

We have developed “Rakuichi®”, a forefront one-shot basal application fertilizer for paddy rice varieties such as Koshihikari which has a good taste but falls down easily because of its long culm. Thanks to the fertilizer coating technologies of Sumitomo Chemical, “Rakuichi®” uses world-first technology to control releases of both fertilizer and the uniconazole-P plant growth regulator. Just by applying “Rakuichi®” at the basal application time, efficacy of the fertilizer is raised at the best additional fertilization time and continues to the late growth stage, something which is impossible for conventional one-shot basal application fertilizers because of the risk of lodging. This report outlines the characteristics and effects of “Rakuichi®” on rice growth, yield and grain quality.

はじめに

1. 良食味品種の施肥体系


今日、日本の稲作を取り巻く環境は、安価な輸入米の増加、米消費量の減少に伴う慢性的な米生産過剰および米価の下落など、厳しい状況下にある。そのため、米の生産現場では売れる米作りを目指し、消費者に受け入れられる良質・良食味米の生産が課題となっている。

稲の作付け品種も、1980年代以降、日本晴のような稈（イネ科作物では、茎のことを「稈」という）が短い「短稈・多収性品種」から、コシヒカリなどの長稈で倒伏しやすいが食味の良い「長稈・良食味品種」へと推移してきている。2006年には、国内水稲作付面積1,684千haのうちコシヒカリは628千haと品種別で第1位を占めており¹⁾、コシヒカリを始めとするコシヒカリ系統の良食味品種の作付け面積が拡大している。

品種の推移に伴い、肥料の施用方法も、品種特性に応じて変化してきた。水稲栽培における施肥時期

は、大きく分けて二つに分けることができる。一回目は、初期生育を促し、茎数（穂数）を増加するため田植え前または同時に施用する「基肥」である。二回目は、一穂粒数を増やし、籾の登熟を促すため出穂期前に施用する「穂肥」である（Fig. 1）。穂肥については、日本晴などの短稈・多収性品種では、幼穂の発達過程である幼穂形成期（出穂25日前頃）に一回目の穂肥（穂肥Ⅰ）を、更にその7～10日後に二回目の穂肥（穂肥Ⅱ）を施用することが一般的である。

一方、コシヒカリなどの長稈・良食味品種は、幼穂形成期に窒素肥料を追肥すると稈が伸長するため、倒伏が生じて減収する恐れがある。そのため、コシヒカリでは、穂肥Ⅰの施用時期をえい花分化後期（出穂18～15日前）以降に遅らせる施肥体系が一般的である。このように、コシヒカリのような長稈・良食味品種の栽培では、穂肥Ⅰの施用は一穂粒数を増やして増収をもたらす反面、時期を誤ると倒伏が生じて減収する恐れもある。



Days 概算日数	0	+20	+50	-45	-25	-18	0	+40
				-40	-15	0	+40	
Growth stage 生育段階	Transplanting	Initiation of tillering	Maximum tillering	Young panicle formation	Latter stage of spikelet differentiation	Heading	Ripening	Maturing
	田植	分けつ開始	最高分けつ期	幼穂形成期	えい花分化後期	出穂期	登熟期	成熟期
Fertilizer application 施肥	Basal 基肥			Additional I 穂肥Ⅰ	Additional II 穂肥Ⅱ			

Fig. 1 Growth stage and fertilizer application time of paddy rice in Japan
水稲の生育段階と施肥

2. スミショート®の革新的技術

長稈・良食味品種の倒伏しやすいという特性を克服する新しい機能性肥料として、住友化学(株)では倒伏を軽減しながら最適な時期(幼穂形成期)に窒素肥料の追肥が行える倒伏軽減剤入り穂肥専用肥料スミショート®を開発した²⁾。スミショート®は、倒伏軽減剤ウニコナゾールPを含有する肥料であり、幼穂形成期の稈の伸長を抑えると共に、最適時期に穂肥を施用できるため、コシヒカリ等の長稈・良食味品種の倒伏軽減と安定多収の両方を実現させることができる。スミショート®は、これまでのコシヒカリに対する穂肥体系を革新する画期的な機能性肥料といえる。

3. 分施から基肥一発施肥への流れ

昨今、米生産農家の高齢化、兼業化が進む一方で、集落営農化が進み、作付け面積の拡大による大規模圃場の農家も年々増加している。このような時代の流れの中、米の生産現場では労力の軽減、省力化が求められており、水稲の施肥体系もこれまでの穂肥を追肥する分施体系から、基肥に一回施肥するだけで穂肥が不要な基肥一発施肥の時代へと移行している。基肥一発施肥が可能となったのは、肥料を樹脂で被覆し、肥料成分の溶出をコントロールする技術が進歩した結果である (Fig. 2)。

住友化学(株)でも、独自の技術で被覆肥料を開発し、基肥一回施肥で水稲の生育に合わせ必要な時期に必要な成分を供給する基肥一発肥料、スーパーSRコー

ト®を開発した。肥料成分の溶出時期や溶出パターンが異なる複数タイプの被覆肥料が開発され、品種、作型および栽培地域の気象等に合わせた基肥一発施肥が可能となった。しかし、このような基肥一発施肥でも、コシヒカリなどの長稈・良食味品種に対しては、穂肥相当の肥効時期を遅くするため、倒伏を軽減しながら増収できる肥料の開発が急務であった。

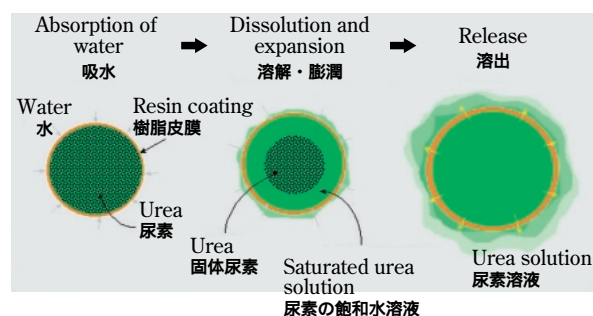


Fig. 2 Diagram showing coated fertilizer release
被覆肥料からの肥料成分の溶出イメージ

4. 良食味品種専用基肥一発肥料“楽一®”の開発

長稈・良食味品種でも省力的で、安定多収および品質の向上を図れる新たな機能性肥料の開発、すなわちスーパーSRコート®のような基肥一回施肥でもスミショート®と同様に倒伏を心配することなく最適穂肥時期に安定した肥効を示す肥料の開発が生産現場から望まれていた。

この要望に応えるため、肥料成分と共に倒伏軽減剤ウニコナゾールPの溶出をコントロールする被覆技術を検討してきた。その結果、ウニコナゾールPを含有した肥料について、被膜の種類、量、被覆条件等を最適化することで、基肥として田植え時に施用しても、稈が伸長する時期にウニコナゾールPを溶出させる技術の確立に成功した。このウニコナゾールP入り被覆肥料を速効性肥料や被覆肥料と配合し、基肥一回施肥でコシヒカリでも倒伏を心配することなく、生育に合わせて肥料成分を過不足なく供給できる最先端の基肥一発肥料、楽一®（開発コード：SSDF）を開発した。

楽一®の特長と水稲生育に及ぼす影響

1. 住友化学(株)の被覆技術による溶出制御

(1) ウニコナゾールPの溶出コントロール

前述のように、住友化学(株)では肥料成分の溶出をコントロールする技術を既に確立していたが、ウニコナゾールP自体は疎水性の化合物であることから、水溶性の高い肥料成分を溶出制御する従来の技術とは異なる技術が要求された。加えて、ウニコナゾールPの効果を有効に発揮させるためには、溶出速度を狭い範囲でコントロールする必要があり、肥料成分の溶出制御に比べてより高度な溶出制御技術を確立する必要があった。

一般的に、膜を介した物質の移動現象にはフィックの拡散方程式が適用できることがわかっている。なお、今回の場合は、レセプター側の薬物濃度は0（ゼロ）、すなわちシンク条件であると仮定する（Fig. 3）。

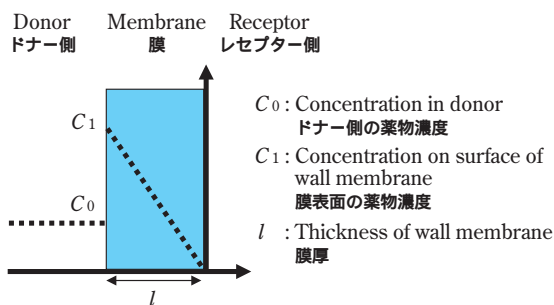


Fig. 3 Diffusion of drug through a wall membrane
膜を介した拡散現象

平板膜を介した薬物の拡散に関して、薬物透過量と時間の関係は通常、Fig. 4に示すシグモイド状のカーブを描き、フィックの拡散式に定常状態近似を適用することで、そのラグタイムから薬物の膜中での

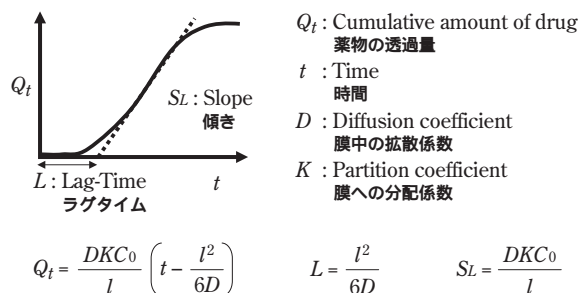
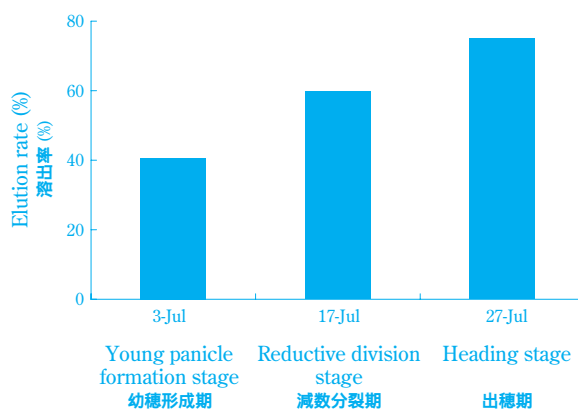


Fig. 4 Diffusion of drug through a plane sheet
平板膜を介した薬物の拡散挙動

拡散係数が、定常状態の傾きから薬物の膜への分配係数が算出される。

疎水性のウニコナゾールPは水溶性の肥料成分とは物性がかなり異なり、膜中での拡散係数、膜への分配係数が異なることから、この理論を適用し、検証を行いながら拡散係数、分配係数を調節し、樹脂組成、樹脂量および被覆条件等の最適化を行った。また、実生産においては、厳密な工程管理、品質管理を徹底し、目的とする品質を有する製品を安定的に製造することが可能となった。

こうして得られたウニコナゾールP入り被覆肥料の水田（住友化学(株)加西試験農場）での溶出試験結果をFig. 5に示す。ウニコナゾールP入り被覆肥料をナイロン製ストッキングに入れ、土壌表面から5cmの深さに埋設した。所定日に順次サンプルを回収し、被覆肥料からのウニコナゾールPの溶出量を測定した。ウニコナゾールPは被覆肥料から徐々に溶出し、7月下旬までに約80%が溶出した。加西試験農場では、稈の伸長は6月下旬から始まり8月上旬の出穂期で終了する。7月は稈が最も伸長する時期であり、この時



Sumitomo Chemical Kasai Experimental Farm (2000)
住友化学(株)加西試験農場(2000)

Fig. 5 Release rate of Uniconazole-P in paddy field
ウニコナゾールPの水田土中溶出率

期に最もウニコナゾールPが溶出する結果となった。疎水性化合物と肥料成分の溶出を同時にコントロールし、必要な時期に効かず技術を農業に応用した例は楽一®が世界で初めてであり、高度な溶出制御技術が有って初めて成し得たものである。

(2) 窒素成分の溶出コントロール

楽一®は、倒伏軽減剤ウニコナゾールPと共に、肥料成分（窒素成分）の溶出もコントロールする。

住友化学(株)のコシヒカリ用基肥一発肥料であるスーパーSRコート®コシヒカリ(M)と楽一®21の窒素溶出パターンを新潟県長岡市における気温に基づいて予測した(Fig. 6)。これは、被覆肥料からの窒素成分の溶出量は水温に依存するため、水温と溶出率の実験データおよびアメダスの気温データに基づき、コンピュータでシミュレーションを行った結果である。縦軸は一日当たりの窒素成分溶出率(%)を示している。コシヒカリ(M)では、幼穂形成期に当たる7月10日の溶出率が抑制されている。一方、楽一®21では、7月10日においてもコシヒカリ(M)のように溶出率を抑えず肥料成分が溶出している。楽一®では、幼穂形成期にウニコナゾールPが溶出するため、倒伏を助長せずに肥効を高めることが可能である。このように、楽一®はウニコナゾールPと肥料成分の両方の溶出を精密にコントロールした画期的な基肥一発肥料である。

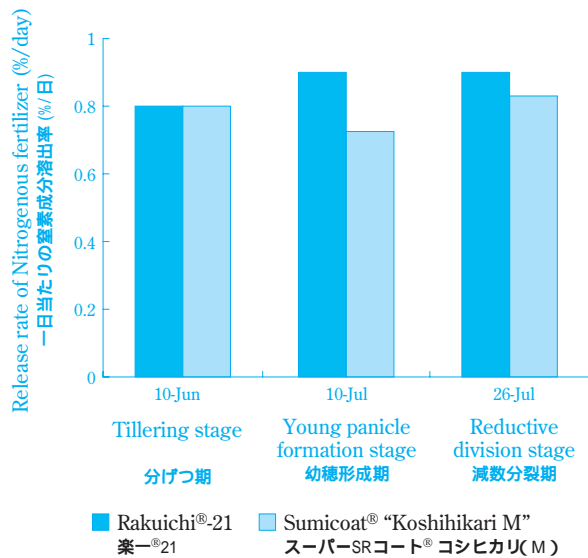
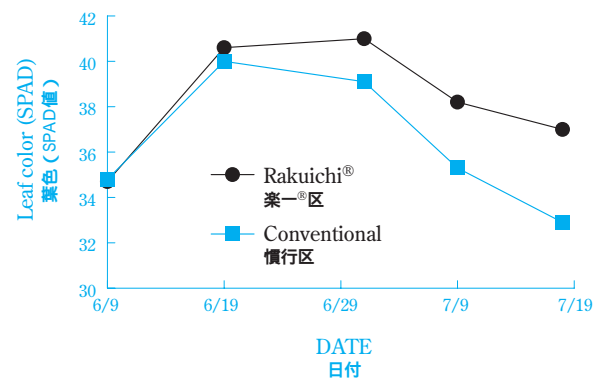


Fig. 6 Simulation of N release rate from coated fertilizer calculated from temperature data at Nagaoka city in Niigata prefecture
窒素成分の溶出シミュレーション(新潟県長岡市)

水稲の圃場栽培試験の事例として、2003年度新潟県農業技術センター圃場試験における楽一®21を施肥

した楽一®区および慣行区の葉色の推移を示す(Fig. 7)。これは窒素の肥効パターンと水稲の吸収反応性を明らかにするため、各生育時期の葉色(SPAD計値)を調査した結果である。慣行区と楽一®区を比較すると、両区ともに6月19日まではほぼ同じ葉色で推移した。その後、6月29日から慣行区では徐々に葉色は低下したが、楽一®区では濃く推移し、7月19日でも葉色の低下が少なかった。幼穂形成期は7月20日であり、葉色の推移から楽一®区では幼穂形成期でも肥効が高く維持されることがわかった。

本試験では、楽一®区の葉色の低下が少なく、生育後半まで稲体活力(光合成能)が高く維持された。最終的な玄米収量は楽一®区が606kg/10a、慣行区が569kg/10aであった。



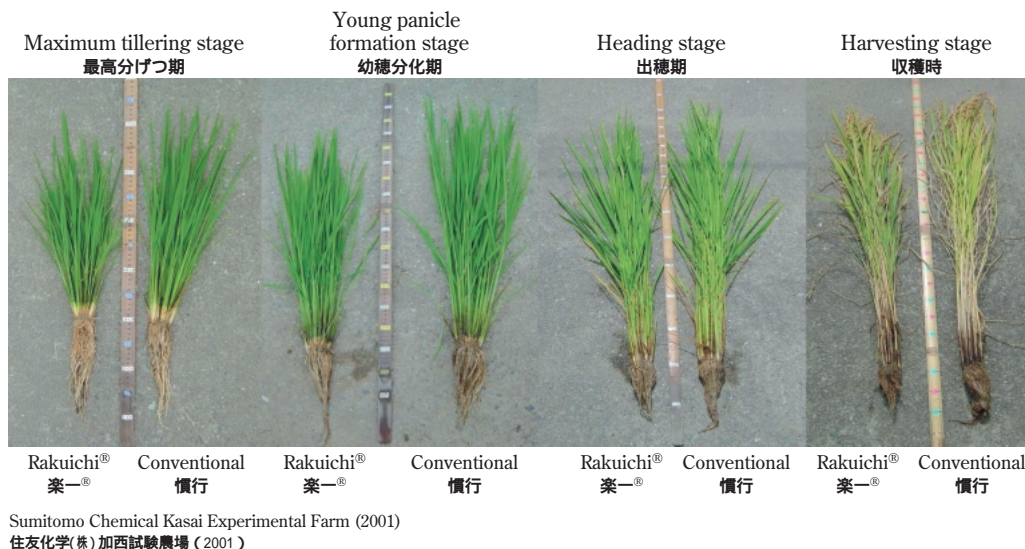
Niigata Agricultural Research Institute Sado Agricultural Technology Center (2003)
新潟県佐渡農業技術センター(2003)

Fig. 7 Changes in color for leaves applied with Rakuichi®
楽一®区の葉色の推移

2. 草丈、稈長、倒伏軽減効果に及ぼす影響

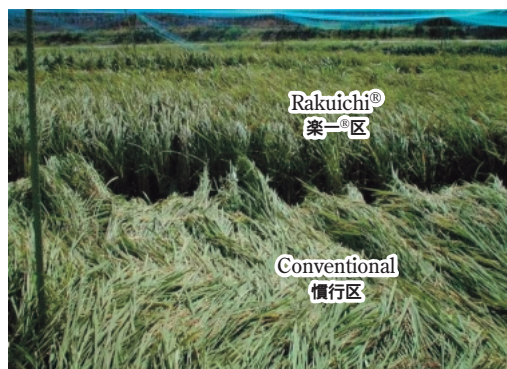
楽一®を施用した稲はウニコナゾールPおよび肥効パターンの影響により、慣行施肥体系と比べ異なった草姿で推移する。草丈は、移植後1ヶ月頃から低くなり始め、最も茎数が増える最高分けつ期(6月下旬~7月上旬)、幼穂形成期(7月上旬~中旬)、出穂期(7月下旬~8月上旬)の各時期ともに、慣行施肥と比較して約10%草丈が低くなる(Fig. 8)。また、稈の伸長も抑制されるので、登熟期には楽一®区の稈は慣行区に比べ約10%短縮する。短稈となることで、稲体の倒伏モーメントが小さくなり、結果として楽一®施用により倒伏が軽減される(Fig. 9)。

楽一®の栽培事例として、前述した2003年度新潟県農業技術センター試験における草丈の推移をFig. 10に示す。6月9日(移植後32日)の草丈は、楽一®区および慣行区でほぼ同じであったが、6月19日(移植後42日)には楽一®区が慣行区に比べ短くなり始



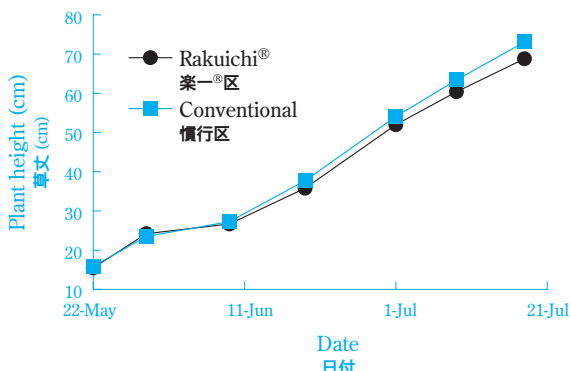
Sumitomo Chemical Kasai Experimental Farm (2001)
住友化学(株)加西試験農場 (2001)

Fig. 8 Shape of paddy rice (Koshihikari) applied with Rakuichi®
楽一®栽培の稲姿



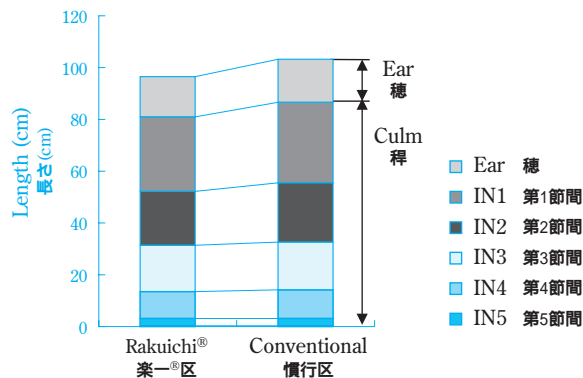
Sumitomo Chemical Kasai Experimental Farm (2001)
住友化学(株)加西試験農場 (2001)

Fig. 9 Reduction of lodging by Rakuichi®
楽一®を施用した水稲の倒伏軽減効果



Niigata Agricultural Research Institute Sado Agricultural Technology Center (2003)
新潟県佐渡農業技術センター (2003)

Fig. 10 Changes in height of plants applied with Rakuichi®
楽一®区の草丈の推移

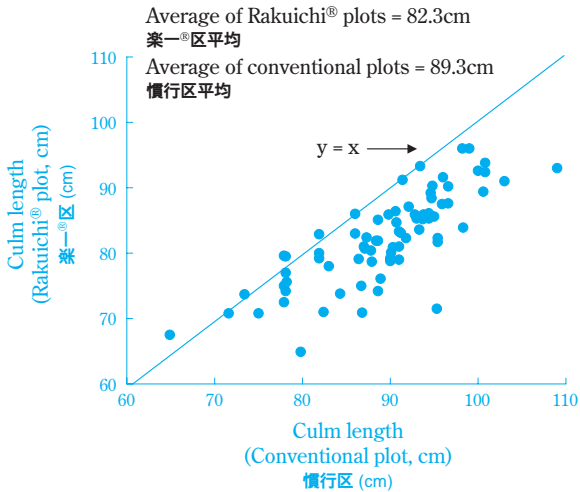


Niigata Agricultural Research Institute Sado Agricultural Technology Center (2003), IN: Internode
新潟県佐渡農業技術センター (2003)

Fig. 11 Length of internode and ear applied with Rakuichi®
楽一®区の稈長および節間長

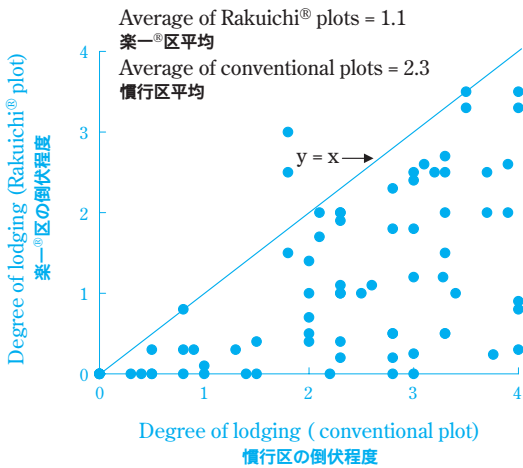
め、7月18日(移植後72日)では楽一®区が68.8cm、慣行区が73.1cmであり、楽一®区が4.3cm低くなった。稈長は、楽一®区が81.0cm、慣行区が86.6cmであり、楽一®区で5.6cm短くなった。稈の各節間長を調べると、全ての節間が短くなる傾向を示した(Fig. 11)。稈の節間伸長は下位の節から始まって、順次上位の節に及び、上位節ほど長く伸長する。一般的には、下位節間(第4、第5節間)の伸長が倒伏程度に影響すると考えられている³⁾。楽一®では、ユニコナゾールPが各節間伸長期に渡り溶出しており、全ての節間伸長を抑制したと考えられる。10月3日(収穫直前)での倒伏程度は、群落全体の達観調査(0(無)~4(甚)の5段階評価)で楽一®区が2.4、慣行区は3.0と、楽一®区の倒伏は短稈化により軽減された。

1999～2005年の7年間に於ける楽一®を使用した75圃場試験（委託試験、社内試験）の結果をまとめた。稈長の平均値は、楽一®区が82.3cm、慣行施肥区が89.3cmであり、楽一®区が7.0cm短かった（Fig. 12）。その結果、最終的な倒伏程度は楽一®区が1.1、慣行区が2.3であり、楽一®区では1.2ポイント倒伏が軽減された（Fig. 13）。



75 paddy field trials from 1999 to 2005
1999～2005年の75圃場栽培試験結果

Fig. 12 Effect of Rakuichi® on culm length of paddy rice
楽一®区と慣行区の稈長の比較



75 paddy field trials from 1999 to 2005, 0: none ~ 4: complete
1999～2005年の75圃場栽培試験結果（0：無～4：甚）

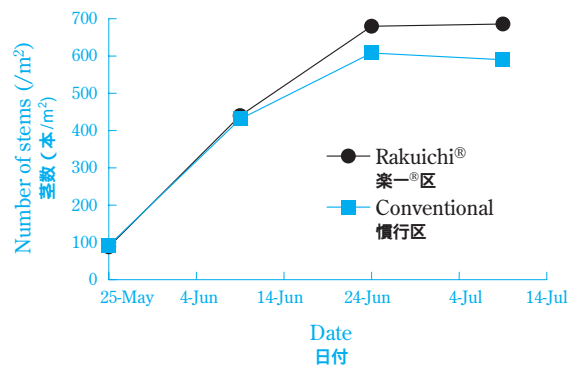
Fig. 13 Effect of Rakuichi® on lodging of paddy rice
楽一®区と慣行区の倒伏程度の比較

3. 穂数の増加と収量性に及ぼす影響

楽一®を用いた栽培では、茎数を確保しやすいという特長がある。茎数の増加は、穂数の増加に繋がるため、最終的な収量にも大きく影響する。そのため、

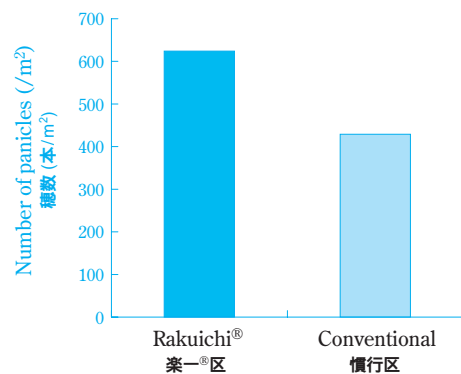
低温によって初期生育が緩慢となりやすい寒冷稲作地域では茎数を確保することが重視されており、楽一®の好適栽培地域の一つといえる。楽一®栽培における茎数の推移をみると、移植後約1ヶ月から増加し始め、最高分けつ期から幼穂形成期には慣行栽培の約10%多くなる。また、楽一®を用いた栽培では、単に茎数が増加するだけではなく、全茎数に対する穂をつけた茎数（穂数）の割合、すなわち「有効茎歩合」も高まる。

楽一®の栽培事例として、2002年度日本植物調節剤研究協会研究所（茨城県）試験結果の茎数（穂数）を示す（Fig. 14）。楽一®区の茎数は、慣行区と比べ移植後15日までは少なく推移したものの、30日目以降に逆転し、60日後には楽一®区が686本/m²、慣行区が590本/m²と16%多くなった。穂数は、楽一®区が624本/m²、慣行区が429本/m²と45%増加し、有効茎歩合も20.4ポイント高まる結果となった（Fig. 15）。



The Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (Ibaraki, 2002)
日本植物調節剤研究協会研究所（茨城県, 2002）

Fig. 14 Changes of number of stems applied with Rakuichi®
楽一®区の茎数の推移



The Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (Ibaraki, 2002)
日本植物調節剤研究協会研究所（茨城県, 2002）

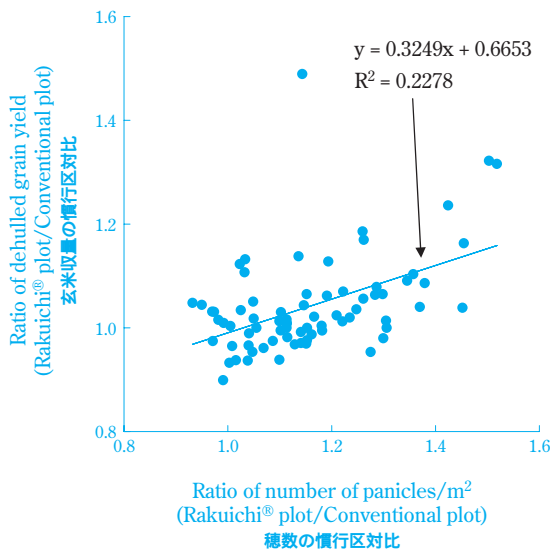
Fig. 15 Effect of Rakuichi® on number of panicles
楽一®区の穂数

Table 1 Effect of Rakuichi® on grain yield, yield components and degree of lodging
楽一®区の収量及び収量構成要素

Plot	Number of panicles (/m ²)	% of productive tillers	Number of spikelets/panicle	Number of spikelets (10 ³ /m ²)	% of ripened grains	1,000 grain weight (g)	Dehulled grain yield (kg/10a)	Degree of lodging (0: none~ 4: complete)
区名	穂数 (本/m ²)	有効茎歩合 (%)	1穂初数 (粒/穂)	初数 (千粒/m ²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米収量 (kg/10a)	倒伏程度 (0: 無~4: 甚)
Rakuichi® 25 楽一®区	624	91.0	56.2	35.1	84.0	22.6	642	0.3
Ratio (Rakuichi®/Conventional, %) (慣行区対比%)	(145)	(129)	(82.1)	(119)	(98.8)	(102)	(116)	(23)
Conventional 慣行区	429	70.6	68.4	29.4	85.0	22.1	552	1.3

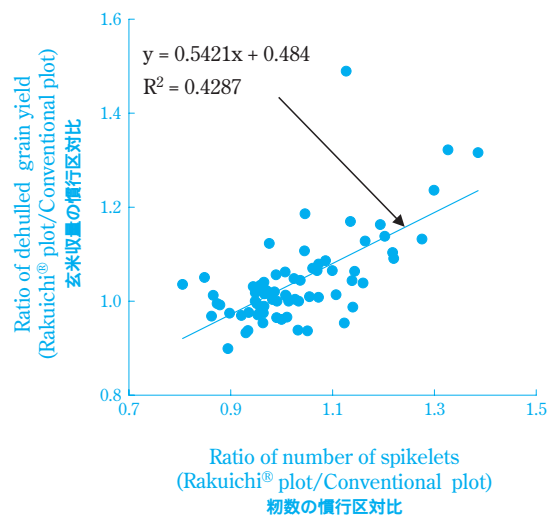
* The Japan Association for Advancement of Phyto-Regulators (Ibaraki, 2002)

日本植物調節剤研究協会研究所 (茨城県, 2002)、楽一®区: 楽一®25 (30kg/10a)

**Fig. 16** Relationship between ratio of number of panicles/m² and ratio of dehulled grain yield
穂数と玄米収量の相関

楽一®を用いた栽培における穂数の増加と収量との関係を調べるため、収量を構成する要素を調べた。(Table 1)(日本植物調節剤研究協会研究所、2002年、茨城県)。精玄米収量(kg/10a)は穂数、一穂初数、登熟歩合、千粒重という4つの収量構成要素の積で求められる。楽一®区は、穂数が増加する一方、一穂初数は減少し、登熟歩合および千粒重はほぼ同等であった。単位面積当たりの初数(千粒/m²)は、穂数と一穂初数の積である。すなわち、楽一®区では、穂数の増加によって単位面積当たりの初数が多く確保され、その結果増収した。

1999年~2005年の7年間における楽一®を使用した75圃場試験(委託試験、社内試験)の精玄米収量および収量構成要素のデータを用い、楽一®の増収要因を解析した。各収量構成要素について慣行区に対す

**Fig. 17** Relationship between ratio of number of spikelets and ratio of dehulled grain yield
初数と玄米収量の相関

る楽一®区の比を算出し、精玄米収量との相関関係を調べた。その結果、収量構成要素の内、穂数と単位面積当たりの初数が正の相関を示すことが判明し(Fig. 16、17)、楽一®を用いた栽培による安定多収には、穂数および単位面積当たりの初数の増加が寄与していることが示唆され、楽一®を施用した水稻の草姿や収量構成要素は、短稈・多収性品種に近づくものと考えられた。

4. 食味および外観品質

食味は、一般的に同一品種の場合、玄米中のタンパク質含有率が低い方が良食味とされる⁴⁾。そこで、2000~2005年の6年間における楽一®を使用した61圃場試験(委託試験、社内試験)における楽一®区と慣行区の玄米中のタンパク質含有率(乾物当たり)を

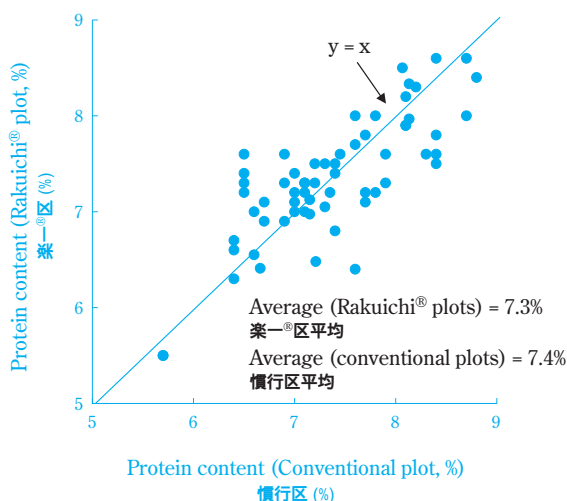


Fig. 18 Comparison of protein content in dehulled rice grain
 玄米中のタンパク質含有率の比較

調べた (Fig. 18)。その結果、タンパク質含有率の平均値は楽一®区が7.3%、慣行区が7.4%とほぼ同等であった。近年、低タンパク米生産のため、窒素施肥量の低減化が図られており、慣行区では楽一®区の窒素施肥量に比べ少ない場合も見受けられる。このような状況のもと、楽一®を用いた栽培は玄米タンパク質含有率がほぼ同等であり、慣行区に勝るとも劣らない食味評価となる栽培方法であると考えられる。

玄米の外観品質は、整粒70%以上が1等米、60%以上を2等米と評価され、市場の玄米取引価格に影響を与える。近年、出穂期の高温に加えて、後期の窒素不足、籾数過多、根の活力低下、水田の地力低下などが原因で、玄米に蓄積されるデンプン供給量が不足し、デンプン不足箇所が肉眼で白く濁って見える乳白粒などの白未熟粒が多発する傾向にある⁵⁾。これらが多発すると玄米の外観品質は不良と評価され

るため、外観品質の向上は重要な課題である。

そこで、楽一®を用いた栽培における乳白粒等の発生率(%)を調査した。1999年の福井県農業試験場圃場試験の外観品質調査結果をTable 2に示す。整粒(完全粒)歩合(%)は、楽一®区が76.5%、慣行区が62.9%であり、楽一®区では整粒歩合が13.6ポイント向上した。その内訳は、乳白粒率が10.4ポイント、心白粒率は0.6ポイント、腹白・背白未熟粒は2.6ポイントの減少であった。一般に被覆肥料を配合した基肥一発肥料では乳白粒の発生を軽減することが知られている⁶⁾。楽一®も被覆肥料を配合した基肥一発肥料であることから、楽一®を用いた栽培では、乳白粒など白未熟粒の発生率が減少し、外観品質の向上が期待できると考えられる。

5. 稲姿と登熟性

楽一®を用いた栽培で乳白粒などの白未熟粒の発生が抑制される理由として、前述のほか、稲姿が変化することによる登熟の向上が関与している可能性が考えられる。一般的に登熟は登熟歩合(登熟粒/全粒(%))として表され、単位面積当たりの籾数と負の相関を示す。しかし楽一®区では、単位面積当たりの籾数は増加するが、登熟歩合は慣行区とほぼ同等であった(Table 1)。そこで、楽一®の登熟向上要因を考察するため、登熟期の稲姿および穂相について調べた。

はじめに、楽一®の稲姿について調べた。通常、慣行栽培の群落では登熟期において上位葉の葉の傾斜角度(稈と葉の角度)は大きくなり、下位葉は受光できずに枯死し、そのため光合成量が減少する⁷⁾。一方、楽一®栽培の群落では、最上位葉(止葉)および上位第2葉の傾斜角度から上位葉が直立する傾向を示した(Table 3)。楽一®区では上位葉が直立するため登熟後半まで下位葉が受光でき、光合成量が持続されていると考えられる。以上のことから、楽一®を用

Table 2 Effect of Rakuichi® on quality of dehulled rice grain
 楽一®の玄米外観品質に及ぼす影響

Plot 試験区	Perfect grain 完全粒	Imperfect grain 未熟粒			
		Milky white grain 乳白粒	White core grain 心白粒	White belly grain 腹背基白粒	Other その他未熟粒
Rakuichi® 15 楽一®区	76.5	14.3	0.7	4.9	3.6
Ratio (Rakuichi®/Conventional, %) (慣行区対比%)	(122)	(58)	(54)	(65)	(100)
Conventional 慣行区	62.9	24.7	1.3	7.5	3.6

* Fukui Prefecture Agricultural Experimental Research Station (1999)
 福井県農業試験場 (1999) 楽一®区: 楽一®15 (40kg/10a)

Table 3 Effect of Rakuichi® on angles between leaf and culm
楽一®の葉面傾斜角度に及ぼす影響

Plot 試験区	Culm length (cm) 稈長	Degree of lodging (0 : none ~ 4 : complete) 倒伏程度 (0 : 無 ~ 4 : 甚)	Angle between leaf and culm (°) 葉面傾斜角度		Dehulled grain yield (kg/10a) 玄米収量
			Flag leaf 止葉	Second highest leaf 上位第2葉	
Rakuichi® 15 楽一®区	81.6	1.3	21.0	21.0	602
Ratio (Rakuichi®/Conventional, %) (慣行区対比%)	(84.4)	(33.3)	(68)	(72)	(127)
Conventional 慣行区	96.7	3.9	31.0	29.0	475

* Sumitomo Chemical Kasai Experimental Farm (2003)

楽一®区：楽一®15を40kg/10a施用（住友化学(株)加西試験農場, 2003）

Table 4 Effect of Rakuichi® on panicles and spikelets of paddy rice
楽一®の穂相に及ぼす影響

Plot 試験区	Number of panicles/m ² 穂数(本/m ²)	Number of spikelets/panicle 1穂初数(粒/穂)	Number of spikelets (10 ³ /m ²) 枝梗別粒数(千粒/m ²)			% of spikelets 枝梗別粒数率(%)	
			Total 全穂数	Primary rachis-branch 1次枝梗	Secondary rachis-branch 2次枝梗	Primary rachis-branch 1次枝梗	Secondary rachis-branch 2次枝梗
Rakuichi® 15 楽一®区	453	75.9	34.3	19.0	15.3	55.4	44.6
Ratio (Rakuichi®/Conventional, %) (慣行区対比%)	(116)	(89.7)	(104)	(117)	(92)	(112)	(88)
Conventional 慣行区	391	84.6	32.9	16.3	16.6	49.5	50.5

* Sumitomo Chemical Kasai Experimental Farm (2003)

楽一®区：楽一®15を40kg/10a施用（住友化学(株)加西試験農場, 2003）

いた栽培では、水稲は止葉が直立し、株の深部にまで光が到達することで群落全体の光合成量が増加し、登熟が促進され、かつ倒伏を軽減することで登熟期の受光態勢が維持され、光合成能も高く維持されていると推測される。関本・西川（1993）は、スミシヨート®を施用したコシヒカリの草姿でも、同様の傾向を示すことを報告している⁸⁾。

次に、楽一®の穂相について調べた。楽一®を用いた栽培では、穂数が増加する一方、一穂初数は減少した。この一穂初数の減少は、籾の登熟と密接に関係している。Table 4に、楽一®区と慣行区の枝梗別初数の試験例を示した。穂の枝梗は、主に一次（穂軸）および二次枝梗（穂軸の枝分かれ）に分類できる。楽一®区では、一次枝梗初数の割合が高く（55.4%）、未熟粒となりやすい二次枝梗初数の割合は少ない（44.6%）。二次枝梗に着生する籾は一次枝梗に着生する籾に比べ、初期から発育が遅れるため、蓄積デンプン量の不足により、未熟粒となる可能性が高い⁹⁾。楽一®区では、二次枝梗に着生する初数が

少ないことも、白未熟粒の減少に寄与しているものと考えられる。以上のことから、楽一®を用いた栽培では主に二次枝梗に着生する初数の減少により登熟性が向上することで収量性と外観品質の両方を高める可能性があると考えられる。

楽一®の利用方法

1. 銘柄と使用基準および対象地域・品種

楽一®は、ウニコナゾールP入り被覆肥料と化成肥料、溶出日数タイプが異なる複数の被覆尿素を栽培地域、作型、品種に応じて配合しており、楽一®21、25、27および20Sの名称で2005年10月に肥料および農薬登録を取得した。楽一®の銘柄毎の使用基準、対象品種・地域の例をTable 5に示す。施用時期および方法は楽一®21、25、27が基肥として耕起～代かき時に全面施用土壌混和（全層施肥）、楽一®20Sは耕起～代かき時の全層施肥に加え、田植時の側条施用も可能であり、全て基肥一回のみの施用である。施用量

Table 5 Product lines and directions for use of Rakuichi®
楽一®の銘柄と使用方法

	Product lines	Rakuichi® 21	Rakuichi® 25	Rakuichi® 27	Rakuichi® 20S
	銘柄	楽一®21	楽一®25	楽一®27	楽一®20S
Ingredient (%) 成分	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	21 - 11 - 10	25 - 10 - 8	27 - 10 - 7	20 - 11 - 11
	Uniconazole-P ウニコナゾールP	0.004	0.004	0.004	0.002
	package (kg) 包装	15	15	15	20
Directions for use 使用基準	Application period 時期		Plowing ~ puddling 耕起 ~ 代かき時		Transplanting 田植え時
	Application amount (kg/10a) 量	22.5 ~ 30	22.5 ~ 30	22.5 ~ 30	30 ~ 40
	Application method 方法		Whole layer application 全面施用土壌混和		Side dressing 側条施用
	Number of applications 回数			1	
	Target areas 代表的な対象地域	Hokuriku, Kanto and western Japan 北陸、関東平野部、 西日本平野部	Tohoku, highlands of Kanto and western Japan 東北、関東山間部、 西日本山間部	Tohoku, area of planting on March or early April 東北、 3~4月上中旬田植の西日本	Hokuriku, Kanto and western Japan 北陸、関東平野部、 西日本平野部
Target varieties 代表的な対象品種	Koshihikari コシヒカリ	Koshihikari コシヒカリ	Akitakomachi, Hitomebore, Koshihikari あきたこまち、 ひとめぼれ、コシヒカリ	Koshihikari コシヒカリ	

は、楽一®21、25、27が22.5～30kg/10a、楽一®20Sが30～40kg/10aである。対象地域・品種は、楽一®21が北陸および関東と西日本の平野部のコシヒカリ用、楽一®25が東北および関東と西日本の山間部のコシヒカリ用、楽一®27が東北のあきたこまち、ひとめぼれ用であり、かつ3月～4月上中旬田植の西日本の早期栽培コシヒカリも対象としている。楽一®20Sは、肥料の窒素成分が抜けやすい砂地土壌地域のコシヒカリ用および、側条施肥でコシヒカリを栽培する場合に使用する銘柄である。

2. 目標収量構成要素

目標収量および収量構成要素は、気象、土壌などの地域性や品種、栽植密度などの栽培管理によって異なる。2003年度新潟県農業技術センターの試験結果を参考に作成した楽一®21を対象とした新潟県の目標収量および収量構成要素の一例をTable 6に示す。楽一®を用いた栽培の目標は、穂数(本/m²)を慣行分施肥体系の10～15%増とし、穂数の増加によって単位面積当たりの籾数を多く確保し、登熟歩合および千粒重を同等以上にすることを目標とする。玄米収量(kg/10a)は、単位面積当たりの籾数の増加に合わせ5～15%増を目標とする。整粒割合(%)および玄米タンパク質含有率(%)は慣行分施肥体系同等以上の品質向上を目標とする。

Table 6 Target yield and yield components (Niigata prefecture)
新潟県の目標収量および収量構成要素の一例

	Rakuichi® 21	Conventional
収量構成要素	楽一®21	慣行分施肥区
Number of hills (/m ²) 栽植密度(本/m ²)	18	18
Number of panicles (/hill) 穂数(本/株)	26.5	23.1
Number of spikelets (/panicle) 1穂籾数(粒/穂)	66.5	71.6
% of ripened grains 登熟歩合(%)	88	82
1,000 grain weight (g) 千粒重(g)	21.5 ~ 22	21.5 ~ 22
Dehulled grain yield (kg/10a) ⁽¹⁾ 玄米収量(kg/10a) ⁽¹⁾	606 ~ 614	525 ~ 537
Number of panicles (/m ²) 穂数(本/m ²)	478	415
Number of spikelets (×10 ³ /m ²) 籾数(千粒/m ²)	31.7	29.7
Maximum number of tillers (/m ²) 最大茎数(本/m ²)	600 ~ 730	540 ~ 676
% of productive tillers 有効茎歩合(%)	79.7 ~ 65.5	76.9 ~ 61.4
% of grains over 1.85mm thickness 1.85mm以上の粒厚分布(重量%)	92.4	91.8
% of perfect grains 整粒割合(%)	90.3	88.1
% of protein content in dehulled grains 玄米タンパク質含有率(%)	6.3	6.6

(1) Yield is calculated on the yield components.

各収量構成要素の値から算出した(含水率15%に換算表示した)

今後の課題と展望

日本の稲作を取り巻く環境は、年々厳しさを増す一方である。安価な輸入米の増加、米消費量の減少、米価の下落が進む中、米生産現場では省力・低コスト化がより一層求められ、昨今は消費者に受け入れられる良質・良食味米であることが必須である。

これらの現状を踏まえ、住友化学(株)が開発した楽一®は、コシヒカリ等の良食味品種に対する慣行分施の施肥方法とは異なり、幼穂形成期の窒素供給量を増やし、かつ稈長の伸びを抑制して倒伏を軽減しようというスミショート®の斬新なアイデアと、品種、作型および栽培地域等に合わせて様々な種類の肥料を配合したスーパーSRコート®の基肥一発施肥体系のコンセプトが融合した最先端の基肥一発肥料である。

今後、稲作農家の高齢化・兼業化が進む中、夏場の施肥作業は負担が大きく、これまでの慣行分施体系から基肥一発施肥体系へと移行するものと予想される。楽一®は、倒伏の危険性が高い地域でも消費者に好まれるコシヒカリ等の長稈・良食味品種が栽培でき、本田での追肥を省略し、安定した収量を確保できる点で、近年の日本における米生産者のニーズに適合した商材であるといえる。

しかし、水稲の栽培は肥料が全てではない。各稲作地域では、気象、土壌、作型、品種などが異なるため、各々の地域性に適した楽一®の栽培管理法が必要である。具体的には、植付け株数の差異による栽植密度の最適化、水深や間断灌水および中干しの程度、施肥に関しては耕起深度および施肥量の最適化が必要である。また、栽培地域に合った新銘柄の開

発と既存品の適用拡大についても、今後、更に検討したい。

楽一®は、世界初の溶出制御された倒伏軽減剤入り基肥一発肥料である。楽一®は、コシヒカリ等の良食味品種を栽培する大規模稲作農家、兼業・複合経営農家、新規就農稲作農家の有用な肥料資材として、日本の稲作環境の改善および発展に寄与するものとする。

引用文献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部, “農林水産統計 平成18年産水稲の品種別収穫量”, (2007).
- 2) 大内 誠悟, 西川 章, 岡田 昭二, 住友化学, 1996-I, 4 (1996).
- 3) 齋藤 祐幸, 北陸作物学会報, 26, 125 (1991).
- 4) 大淵 光一, “おいしいコメはどこがちがうか”, 農文協編, 農山漁村文化協会 (1992), p. 56.
- 5) 農林水産省 水稲高温対策連絡会議対策推進チーム, “水稲の高温障害の克服に向けて (高温障害対策レポート)”, (2006).
- 6) 福井県農業試験場研究成果資料, 平成11年度普及に移す技術 “コシヒカリの全量基肥施肥法による乳白粒の発生軽減と玄米品質の向上”, 福井県農業試験場 (1999).
- 7) “稻学大成第二巻生理編”, 松尾 孝嶺編, 農山漁村文化協会 (1990), p. 564.
- 8) 関本 均, 西川 章, 日本土壤肥料学雑誌, 64 (6), 662 (1993).
- 9) “稻学大成第二巻生理編”, 松尾 孝嶺編, 農山漁村文化協会 (1990), p. 104.

PROFILE



柴田 秀之
Hideyuki SHIBATA

住友化学株式会社
アグロ事業部
主任部員



竹林 禎浩
Yoshihiro TAKEBAYASHI

住友化学株式会社
農業化学品研究所
主席研究員