

セントラル合同肥料の農業だより

# 北から南から



2011 No.336

●みちのく伝統こけし

温暖化がカンキツにおよぼす影響  
九州地域に適した新規需要米新品種

..... もくじ .....

温暖化がカンキツにおよぼす影響 佐藤 景子..... 1

九州地域に適した新規需要米新品種  
「ミズホチカラ」「まきみずほ」 田村 泰章..... 5  
「モグモグあおば」「ルリアオバ」の育成

CO<sub>2</sub>の資源化 岩澤 伸治..... 9

**表紙のことは 『みちのく伝統こけし』** 左から 秋保温泉、鳴子温泉、作並温泉

1978年(昭和53年)6月12日17時過ぎ、“宮城県沖地震”(M7.4、死者28人、ブロック塀倒壊が主因、負傷者1万人余、津波小さく、余震少)を体験した。仙台市では都市ガスが長期間使用不能となり、秋保温泉が開放されて市民を救った。それから30年余が過ぎて、2011年3月11日、比べものにならない巨大地震“東日本大震災”が起きた。

被災された皆さまに心からお見舞い申し上げます。

**全般 3ヵ月予報(6~8月)**

向こう3ヵ月の出現の可能性が最も大きい天候と、特徴のある気温、降水量等の確率は以下のとおりです。この期間の平均気温は、東・西日本で平年並または高い確率ともに40%、沖縄・奄美で高い確率50%です。降水量は、北日本で平年並または多い確率ともに40%です。

**6月** 天気は、北日本では数日の周期で変わり、平年に比べ晴れの日が多いでしょう。東・西日本と沖縄・奄美は、平年と同様に曇りや雨の日が多い見込みです。気温は、東・西日本と沖縄・奄美で平年並または高い確率ともに40%です。降水量は、北日本で平年並または少ない確率ともに40%です。

**7月** 天気は、北日本では数日の周期で変わるとでしょう。東・西日本は、平年と同様に、前半は曇りや雨の日が多く後半は晴れの日が多い見込みです。沖縄・奄美は、平年と同様に晴れの日が多いでしょう。気温は、東・西日本と沖縄・奄美で平年並または高い確率ともに40%です。

**8月** 北日本と東日本日本海側は、平年に比べ曇りや雨の日が多いでしょう。東日本太平洋側と西日本および沖縄・奄美では、平年と同様に晴れの日が多い見込みです。気温は、北日本で平年並または低い確率ともに40%、沖縄・奄美で平年並または高い確率ともに40%です。降水量は、北日本と東日本日本海側で平年並または多い確率ともに40%です。

# 温暖化がカンキツにおよぼす影響

## ●「生理落果」と「浮皮」について

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
果樹研究所 カンキツ研究興津拠点 カンキツ研究領域 研究員

佐藤景子

温暖化が進むことで、カンキツにもさまざまな影響が起こると考えられている。杉浦ら(2007)は、全国の果樹関係公立研究機関の協力を得てアンケート調査を実施し、現時点で温暖化が原因で発生していると推定される果樹での影響を明らかにした。その結果、カンキツでは、発芽・開花期の前進、花芽分化の遅延(施設内)のほかに、果実にあたる影響として、生理落果の増加、大玉化、低酸化、果実着色の遅延・不良、日焼け果の増加、浮皮の増加、貯蔵性の低下などを指摘した。

ここでは、これらの影響のうち、温暖化がカンキツの生理落果と浮皮におよぼす影響について紹介する。

### 温暖化がカンキツの生理落果におよぼす影響

#### ●高温に助長される生理落果

温州ミカンでは、開花の始め頃から7月中旬頃まで生理落果が起こる。生理落果期間中の温度と生理落果の関係については、これまでも多くの研究が行われてきた。井上・銭(1987)は、発蕾期から約2ヵ月間の昼夜の温度条件が温州ミカンの落果におよぼす影響を調査した。昼温25℃/夜温25℃の高温区では、落果ピークが早く現れ、落果期間も短く、落果率も高くなるのに対して、昼夜間いずれも20℃以下の低温区では、落果のピークが現れるのが遅く、落果期間は長く、落果率も低くなることを明らかにした。

また、生理落果期間中の日最高気温と落果率との関係については、岩垣ら(1977)、小野ら(1984)、山本ら(1973)は30℃以上が、谷口(1983)は25℃以上が落果を助長することを示

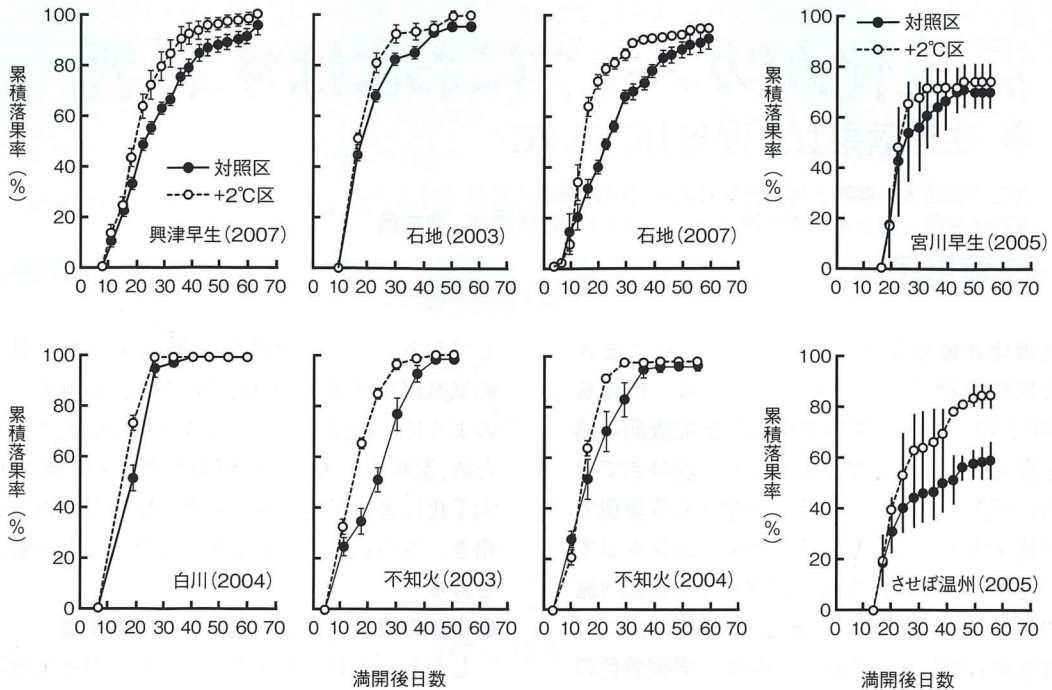
しており、これらの結果から、25～30℃以上の気温が生理落果を助長すると考えられる。このように、高温によって生理落果が助長されるため、温暖化によって過剰な生理落果が起こり、大玉化による果実品質の低下や収穫量の低下を招き、さらに隔年結果が著しくなることが懸念される。

#### ●自然の温度変化(+2℃)による影響

しかし、これらの研究の多くは、温度処理期間にある一定の温度を長時間保って結果を得ており、実際の気温の推移のように、春から夏にかけて徐々に気温が上昇するような条件下では観察されていない。このため、筆者らはできるかぎり自然の温度変化に沿うように、旬ごとに設定温度を変更し、夏に向けて徐々に気温が高くなるような条件で試験を行った。

さらに、実際の温暖化を想定し、平年どおり気温が推移する区を対照区とし、それよりも常に気温が2℃高い区を+2℃区として設定し、2℃の気温上昇が生理落果におよぼす影響を温州ミカンと不知火を用いて調査した。その結果、いずれの品種でも満開10～20日後頃から落果率は+2℃区で高い値で推移することがわかった(佐藤ら, 2010, 第1図)。生理落果期終了時の落果率は、2℃の気温上昇により、「興津早生」と「石地」では約5%、「させば温州」では26%増加する傾向にあった。このように2℃程度のわずかな気温上昇であっても生理落果が早まり、落果率が高くなる可能性があることが新たにわかった。

例えば、生理落果期終了時の累積落果率が90%と95%では、着果率にするとそれぞれ10%と5%になり、両者の間で着果量は2倍ほ



第1図 2℃の気温上昇がカンキツの生理落果におよぼす影響

ど異なる。このような着果量の差は、収穫量にも影響をおよぼすことが予想され、高温下での生理落果抑制技術が必要になると考えられる。

### ●落果抑制技術

現在の気温条件下で有効な落果抑制技術としては、幼果と養分競合する新梢の芽かきや落果防止効果のあるジベレリンの散布、新梢伸長抑制効果のあるバクロブトラゾール（商品名：バウンティ）の散布がある。芽かきの有効性は、熊本県による調査で明らかにされており、「白川温州」に対して、緑化前に徒長している新梢を除去すると生理落果を軽減できることが示されている。また、長崎県では「させぼ温州」に対し、花の周辺部を芽かきした上でジベレリンを満開7～8日後に散布すると生理落果を軽減できることが示されている。筆者らは、「川田温州」に対して、新梢の伸長を抑制する効果があるバクロブトラゾールを発芽期に散布し、新梢が短くなることにともなって、着果率が向上することを確認している（佐藤ら, 2008, 第1表、写真-1）。

第1表 「川田温州」におけるバクロブトラゾールの新梢伸長抑制、着果促進効果

処理区	新梢長 (cm)	節間長 (cm)	着果率 (%)	葉果比
対照区	16.0a	1.5a	9.6b	82.5a
バクロブトラゾール区	7.0b	0.9b	31.7a	23.7b

2008年4月1日にバクロブトラゾール 860ppm を処理、7月7日～8日に新梢長と節数を調査、7月10日に着果率と葉数を調査

一方、高温下でも有効な生理落果抑制技術に関する試験事例は少ないが、富永ら（2008）は、開花～生理落果期の最高気温を0.8～1.8℃高くした条件下においてジベレリンを散布する実験を行い、GA50ppm 処理により高温で低下した結実率を50～60%ほど回復できることを示した。また、尾形ら（2002）は、植物ホルモンのエチレンの合成を阻害する薬剤であるアミノエトキシビニルグリシン（AVG）は高温条件下でも生理落果を抑制すると報告している。ただし、現在AVGは農薬登録されておらず、実際には使用することができない。

写真-1 「川田温州」におけるバクトラゾールの新梢伸長抑制効果 (2008年5月16日に撮影)



対照区



バクトラゾール区

### 温暖化がカンキツの浮皮におよぼす影響

#### ●浮皮とは

浮皮は果皮と果肉の間に空間ができる現象である(写真-2)。浮皮果は果実のしまりが悪く、選果、箱詰め、輸送中に圧迫されて、皮に傷がつきやすく、腐敗しやすい。また、味が淡白で、貯蔵性も低い。浮皮は成熟期に発生し、着色期以降急激に進む。中生の「杉山温州」では、外觀的には11月中旬から浮皮が認められるとしている(小園, 1966)。倉岡(1962)によると、浮皮はまず、アルベド(果皮の白色部分)の崩壊から始まり、その後フラベド(果皮のオレンジ色部分)が雨水などを吸水・膨張し、その結果、物理的に果肉と果皮の間の空隙が増大して、浮皮が著しくなるとしている。

気温、湿度、土壌水分と浮皮との関係については、横尾ら(1963)は、浮皮は晩秋の高温多雨と密接に関係することを明らかにした。すなわち、浮皮は11月上旬から高湿度の条件があ

たえられると発現し、逆に果実周辺の空気湿度を下げると浮かず、温度だけが高くても出なかったとしている。また、ビニール袋かけを行い連続的に高湿度条件にしたところ、11月下旬の10日間で顕著に浮皮になるのを認めた。

#### ●浮皮発現を左右する条件

河瀬(1984)は、浮皮が起りやすい暖地(九州地域)と浮皮が起りにくい低温地(東海地域)を比較したところ、気象要因の大きな相違点は成熟期の相対湿度であり、一般に九州地方の結露時間は長く、したがって浮皮の進展速度が早いことを明らかにした。また、果実周辺の温度および湿度と浮皮発現との関係について調査したところ、温度が一定の場合には高湿なほど浮皮となり、湿度が一定の場合には高温なほど浮皮になることを観察した。ただし10℃という低温条件下でも浮皮は進むことから、それより温度の高い実際の園地条件では、温度条件よりも園内の高湿結露条件が浮皮発現を左右する大きな要因になっていると考えられる。

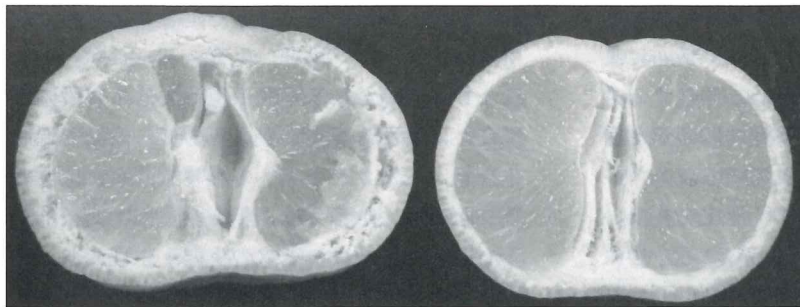


写真-2  
浮皮果(左)と正常果(右)

土壌水分の条件については、横尾（1963）は8、9月に土壌を乾燥させると浮皮がひどく発現したとしており、一方、河瀬（1984）は、9月中下旬に土壌水分が低いほど浮皮発生が少なかったとしている。これらのことから、夏にひどく乾燥し、秋に高湿状態（果面が結露する状態）が続くと浮皮が助長されると考えられる。

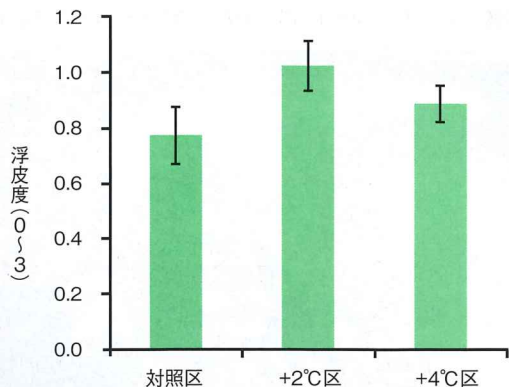
筆者らは、夏から秋にかけての比較的長い期間の温暖化を想定し、中生温州「南柑20号」を用いて、8～11月まで平年の気温の推移よりも常に気温が2℃上昇した場合の着色と浮皮への影響を調査した。その結果、気温を上昇させた処理区では着色が十分に進まないにもかかわらず、浮皮が進行することを明らかにした（佐藤ら、2011）。気温上昇下では、完全着色を待たずして浮皮の発生が著しくなるため、適切な対策をとらずに温暖化が進んでしまうと、果皮に緑色が残ったままの果実を出荷せざるを得ない状況が起こるかもしれない。

#### ●浮皮対策

浮皮の対策としては、アルベドの厚い果実は浮皮になりやすいので、アルベドが薄い果実をつくるようにし、夏に果肉の発育を促す必要がある。そのためには夏肥の窒素の量を控え、なるべく早く施用する。また、夏の高温乾燥期には適度に土壌水分を維持し、秋には土壌水分を少なくするとよい。薬剤散布による浮皮の軽減については、クレフノン、セルバイン、フィガロンは農業登録が行われているため利用できる。

近年、牧田ら（2004）は、ジベレリンにプロヒドロジャスモンを混合して散布する方法が、薬害を発生させることなく、温州ミカンの浮皮を軽減できることを明らかにした。2010年2月に温州ミカンの浮皮軽減に対して、ジベレリンとジャスモメート液剤が農業登録され利用可能である。この方法は、現時点では、散布による着色遅延などの問題があるため、着色するのをゆっくり待つことができる作型の貯蔵用や樹上完熟用に利用範囲が限定されている。

また、抜本的な解決策として、浮皮の少ない品種に改植することが有効と考えられる。中生の主力品種である「南柑20号」や「向山温州」



第2図 成熟期における高温が「石地」の浮皮におよぼす影響

浮皮度は0（無）、1（軽）、2（中）、3（基）の4段階で判定  
2009年10月14日～12月2日まで温度処理、12月2日に調査  
深町ら（2010）より抜粋

では、浮皮の発生が著しいことが問題となっており、「石地」や「川田温州」などの浮皮しにくく高品質な品種が現在注目されている。

深町ら（2010）は、浮皮が発生しにくい「石地」は、成熟期に平年の平均気温よりも2～4℃上昇した場合でも、浮皮発生程度は軽微であり、高温の影響を受けにくいことを明らかにした（第2図）。この結果は、「石地」などの浮皮しにくい品種は温暖化条件になっても浮皮しにくいことを示唆するものであり、温暖化条件に対応する品種の選定のための参考になると考えられる。

#### これからの研究の方向性

生理落果については、高温下での抑制技術について検討する必要がある。現在有効な技術である芽かきやパクロプロトラゾールの新梢抑制、生理落果抑制効果についても、高温下での効果を検証する必要がある。浮皮についても同様に、現状の技術が高温下でどれほど有効なのかを検証する必要があるだろう。ただし、1年を通して温暖化が進んだ場合、生育ステージが前倒しになり、問題となる高温に遭遇する生育段階も現在とは異なる可能性があるため、実際の温暖化を想定したカンキツへの影響を明らかにする必要がある。筆者らは1年を通して、比較的小さな気温上昇がカンキツの生態・生理におよぼす影響を調査していく予定である。

# 九州地域に適した 新規需要米新品種

「ミズホチカラ」「まきみずほ」「モグモグあおば」「ルリアオバ」の育成

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
九州沖縄農業研究センター 水田作・園芸研究領域 稲育種グループ

田村泰章

## 飼料用・米粉用米の作付けが拡大

近年、飼料イネの栽培が急速に広がっている。農林水産省生産局によれば、平成22年度の全国のイネ発酵粗飼料（WCS）、飼料用米を合わせた作付面積は30,000haを超えている。平成21年度と比較すると、WCS用は5,000ha以上、飼料用米は10,000ha以上も増加している。また、平成21年度における米粉用米の作付面積も2,000haを超えている。

このように、主食用以外の用途の水稲が作付けを拡大している理由としては①輸入穀物や輸入飼料の価格が不安定である②食料自給率の向上が求められていることなどから国産飼料の需要が高まっている③休耕田を有効活用できる一などが考えられる。

九州地域の稲作は、温暖な気候を利用して、麦やイグサなどの跡作として栽培される二毛作を中心に多様な作型で営まれている。WCS用の作付面積は全国の約50%、飼料用米も9%が作付けされ、飼料イネの主産地となっている。飼料イネを安定して供給するためには、この地域の稲作体系に適した品種が求められている。また、この地域には台風の襲来があるため、被害を軽減するためにも多様な作型に適した品種が必要である。

九州沖縄農業研究センターでは、暖地地域に適した飼料イネ品種を育成するために早植栽培（5月下旬移植）、麦跡作などを想定した普通期

栽培（6月下旬移植）、イグサ跡作などを想定した晩植栽培（7月下旬移植）の異なる3つの作型で生産力検定試験を行い、育成系統を評価してきた。

2004年にWCS用中生品種「ニシアオバ」を、2006年にWCS用晩生品種「タチアオバ」を育成し普及に移している。その後さらに各作型で安定した子実および地上部乾物全重収量が得られる品種の育成を進めてきた。

2009年に子実多収型品種の「ミズホチカラ」、WCS用早生品種「まきみずほ」、同中生品種「モグモグあおば」、2回刈り専用WCS用品種「ルリアオバ」の4品種を育成したので、これら4品種の特性を紹介する。

## 飼料用米、米粉用の子実多収品種 「ミズホチカラ」

「ミズホチカラ」は強稈、子実多収で飼料用米、米粉原料用など多用途に向く品種である。普通期栽培における出穂期は「中生の晩」で「ニシホマレ」（主食用品種）並みかやや早い。成熟期は「ニシホマレ」より遅く「極晩生」である。稈長は76cmと「ニシホマレ」より10cm以上短い。止め葉は直立し、草姿は良好である。稈は太く、稈質は「剛」で、耐倒伏性は「ニシホマレ」より強い「極強」である（写真-1）。

育成地における粗玄米重は「ニシホマレ」より約20%多収の725kg/10aである（第1表）。2008年の広島県福山市における試験で1,000kg

／10aの粗玄米収量を記録し、温暖地から暖地の広い範囲で多収性を発揮する能力を持ち、飼料用米として利用できる。玄米の見かけの品質は腹白が多く“下上”であり、食味も劣り主食用には適さない。

「ミズホチカラ」は主食用品種に比べて製粉時の損傷デンプンが少ない傾向にあり、製粉性は良好である。「ミズホチカラ」の米粉でつくったパンはよく膨らみ、比容積が大きく（写真-2）、また、内相のきめ立ちもよく、食感が優れる。さらに、スポンジケーキや麺などへの加工試験でもよい成績が得られており、広く米粉用途に適する可能性がある。

いもち病真性抵抗性遺伝子は不明で、日本の菌系では発病しないが菌系の変化により罹病化の可能性があるので、発病を認めた場合には適



写真-1 「ミズホチカラ」立毛

第1表 「ミズホチカラ」「まきみずほ」「モグモグあおば」「ルリアオバ」の特性概要

栽培法	品種名 (比較品種)	試験 年次	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	黄熟期 乾物全重 (t/10a)	成熟期 風乾全重 (t/10a)	粗玄米重 (kg/10a)	推定TDN 含量 (%) <sup>6)</sup>	推定TDN 収量 (t/10a)	倒伏の 多少 (0~5)
普通期 <sup>1)</sup>	ミズホチカラ	1992	9.2	10.31	76	—	1.89	725	—	—	0.1
多肥 <sup>2)</sup>	(ニシホマレ)	2008	9.3	10.22	91	—	1.79	606	—	—	0.8
早植 <sup>3)</sup>	まきみずほ	2004 } 2008	8.4	9.26	103	1.74	—	—	56.6	0.99	0.7
多肥 <sup>4)</sup>	(日本晴)		8.7	9.17	83	1.39	—	—	58.2	0.86	0.9
	(ホシアオバ)		8.5	9.20	96	1.72	—	—	56.7	0.98	0.5
普通期 <sup>1)</sup>	まきみずほ	2004 } 2008	8.23	10.5	102	1.56	—	—	—	—	1.2
多肥 <sup>2)</sup>	(日本晴)		8.20	10.2	81	1.27	—	—	—	—	2.3
	(ホシアオバ)		8.24	10.9	99	1.57	—	—	—	—	0.7
晩植 <sup>5)</sup>	まきみずほ	2007 } 2008	9.23	10.28	98	1.37	—	—	—	—	0.0
多肥 <sup>4)</sup>	(日本晴)	2008	9.10	10.10	65	0.80	—	—	—	—	0.0
早植 <sup>3)</sup>	モグモグあおば	2004 } 2008	8.17	10.8	104	1.92	—	—	57.3	1.10	1.2
多肥 <sup>4)</sup>	(ニシアオバ)		8.17	9.29	101	1.64	—	—	58.1	1.00	2.3
普通期 <sup>1)</sup>	モグモグあおば	2004 } 2008	9.3	10.22	94	1.53	—	724 <sup>7)</sup>	—	—	0.1
多肥 <sup>2)</sup>	(ニシアオバ)		9.3	10.17	94	1.35	—	—	—	—	3.4
早期	ルリアオバ	2007 } 2008	8.5/9.30 <sup>8)</sup>	—	—	1.1/1.2	—	—	—	—	2.5/2.5
2回刈り	(タチアオバ)		8.12/9.21	—	—	1.1/0.9	—	—	—	—	0.0/0.0

1); 6月下旬移植、2); NPK成分 1.6-1.0-1.6kg/a 施用、3); 5月下旬移植、4); NPK成分 1.2-1.2-1.2kg/a 施用、5); 7月下旬移植  
6); 畜産草地研究所の推定式による、7); 別試験区（普通期移植栽培）の値、ニシホマレ比 134%、8); 一番草 / 二番草の値を示す



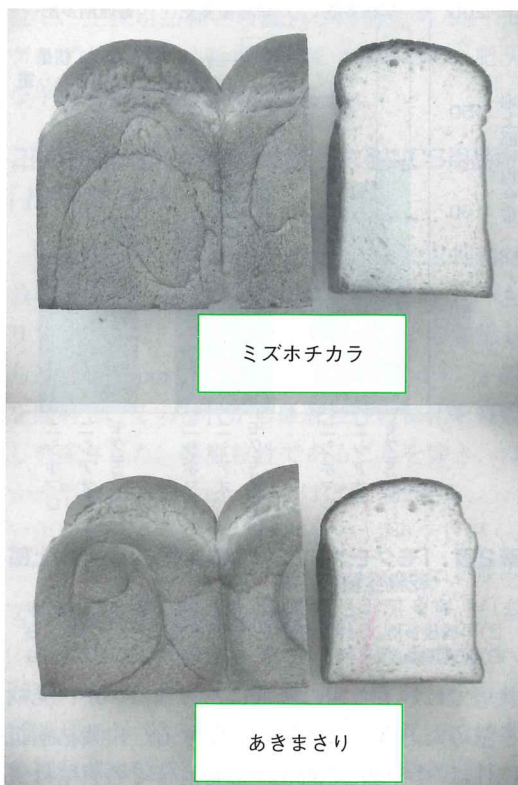


写真-2 米粉パンの形状

切に防除する。白葉枯病抵抗性は「弱」であるため、常発地帯での栽培は避ける。縞葉枯病には罹病性である。平成21年には福岡県で100ha以上（推定）作付けされ、飼料用米として普及している。また、平成22年には熊本県で米粉用として認定品種に採用され、普及が進められている。

### 幅広い作期に適する早生のWCS用品種 「まきみずほ」

「まきみずほ」は早生に属するWCS用品種で、二毛作栽培に適性がある。現在、九州地域で普及しているWCS用品種の多くは晩生種であり、生育期間が短い二毛作栽培では収量を確保することはむずかしい。九州の麦跡作を想定した普通期栽培における「まきみずほ」の出穂期は8月下旬で、「ホシアオバ」と同じ早生の晩に属する（写真-3、第1表）。

黄熟期は9月下旬で、「ヒノヒカリ」（主食用

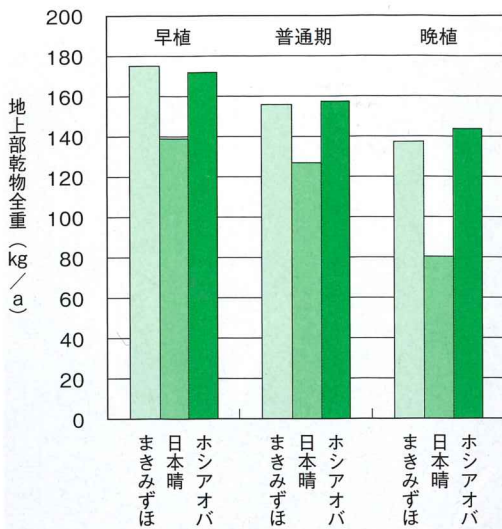


写真-3 「まきみずほ」立毛

品種)の成熟期より前に収穫できる。稈は太く、稈質は剛で、耐倒伏性は「ホシアオバ」並みの「やや強」である。地上部乾物全重収量は早植栽培では「日本晴」を24%上回り、「ホシアオバ」と同等である。普通期栽培では「日本晴」を23%上回り、「ホシアオバ」と同等である。晩植栽培では「日本晴」より明らかに多収であるが、「ホシアオバ」よりやや少ない（第1図）。

移植時期が晩化したことによる収量の減収割合は「日本晴」よりも少なく、「まきみずほ」は晩植栽培でも収量を確保しやすい。推定可消化養分総量（TDN）含量は57%前後で「ホシアオバ」と同等であり、早植栽培では約1tのTDN収量が得られる。

いもち病真性抵抗性遺伝子は不明で、通常の栽培ではいもち病の発病はみられないが、発病を認めたときには適切に防除する。白葉枯病抵抗性は「やや弱」で、常発地帯での栽培は避ける。縞葉枯病には抵抗性である。子実は極大粒で、主食用品種との識別が可能である。



第1図 「まきみすほ」の各作型における地上部乾物全重の比較

注1) 早植: 5月下旬移植 施肥窒素成分で1.2kg/a  
 2) 普通期: 6月下旬移植 施肥窒素成分で1.6kg/a  
 3) 晩植: 7月下旬移植 施肥窒素成分で1.2kg/a

## 強稈でWCS用と飼料用米両方に使える 「モグモグあおば」

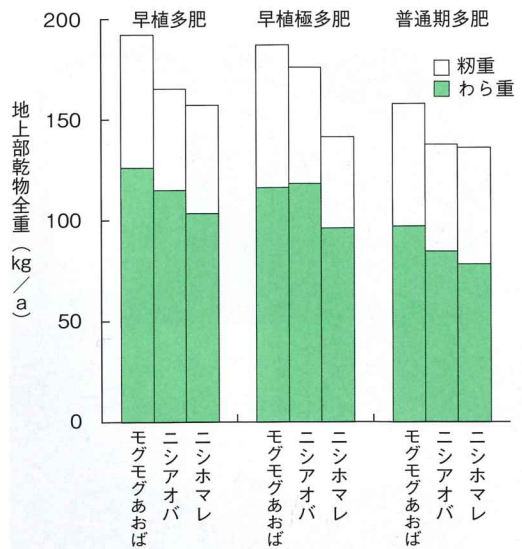
「モグモグあおば」は強稈で地上部乾物全重と子実重がともに多収のWCS・飼料用米兼用品種である(写真-4)。

普通期栽培における出穂期が「ニシホマレ」「ニシアオバ」とほぼ同じ“中生の晩”に属する。早植栽培では稈長は1mを超えるが、稈は太く、稈質は“剛”で、耐倒伏性は「ニシアオバ」より明らかに強い“強”である(第1表)。

地上部乾物全重収量は早植栽培では1.9t/10a、普通期栽培でも1.5t/10aであり、「ニシアオバ」よりそれぞれ、16%、12%多収である(第2図)。

TDN含量は58%程度と「ニシアオバ」と同等で、早植多肥栽培では1.1t/10aの推定TDN収量が得られる。また、普通期栽培における粗玄米収量は「ニシホマレ」より34%多収である。現地試験では粗玄米収量が1t/10aを超える事例もあり、飼料用米としての利用が可能と考えられる。

いもち病真性抵抗性遺伝子は不明で、通常の



第2図 「モグモグあおば」の各作型における地上部乾物全重の比較

注1) 早植多肥: 5月下旬移植 施肥窒素成分で1.2kg/a  
 2) 早植極多肥: 5月下旬移植 施肥窒素成分で1.8kg/a  
 3) 普通期多肥: 6月下旬移植 施肥窒素成分で1.6kg/a

栽培ではいもち病の発病はみられないが、発病を認めたときには適切に防除する。白葉枯病抵抗性は“やや弱”であり、常発地帯での栽培は避ける。縞葉枯病には抵抗性である。子実は大極大



写真-4 「モグモグあおば」立毛

粒で、主食用品種との識別が可能である。「モグモグあおば」は強稈で多収であるため、肥沃な平坦部での栽培が可能である。

## 2回刈り栽培により多収が得られるWCS用品種「ルリアオバ」

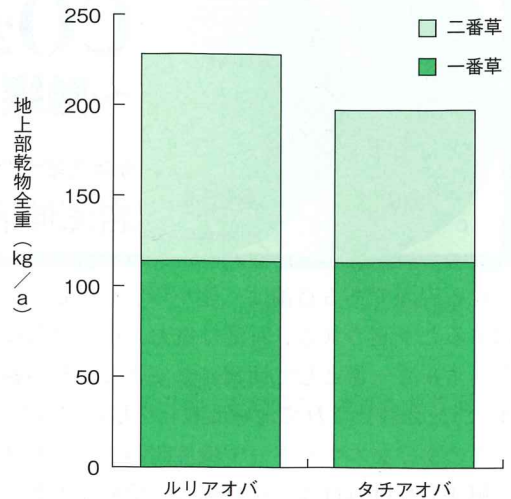
「ルリアオバ」は再生イネを利用した2回刈り栽培で多収が得られるWCS用品種である。「ルリアオバ」は、生育量が多い台湾在来の陸稲もち品種「Taporuri (タポルリ)」の種子にγ線を照射し、その後代から難脱粒性の個体を選抜し育成された。難脱粒性であることを除き、ほかの形質は「Taporuri」とほぼ同等である。

出穂期は一番草で「タチアオバ」より7日早く、二番草で9日遅く、いずれも「Taporuri」並みである(写真-5、第1表)。

草丈は極長で「タチアオバ」より長く、「Taporuri」よりやや短い。耐倒伏性は「Taporuri」並みの弱であり、1回刈りでは乳熟期以降に倒伏リスクが高くなる。穂揃期に一番草を収穫した刈株からの再生は「Taporuri」並みに旺盛であり、一番草、二番草を合わせた総収量は2.3t/10aに達し、「Taporuri」並みで「タチアオバ」より10%以上優る(図-3)。

いもち病真性抵抗性遺伝子は不明であり、日本の菌系では発病しないが菌系の変化により罹病化の可能性があるため、発病を認めた場合には適切に防除する。縮葉枯病は抵抗性である。「ルリアオバ」の栽培適地は、気温が高く生育期間の長い九州南部である。

写真-5 「ルリアオバ」一番草立毛(左)と「タチアオバ」一番草(右)



第3図 「ルリアオバ」の2回刈りでの全重収量

## 栽培上の留意点—薬害注意

「ミズホチカラ」と「ルリアオバ」はベンゾピシクロン、テフリルトリオン、メソトリオンを含む除草剤に対して薬害を示すことが明らかにされている。「ミズホチカラ」と「ルリアオバ」を栽培する際に除草剤を用いるときは成分を必ず確認し、これらの成分を含む除草剤の使用は避ける。また、「まきみずほ」と「モグモグあおば」の種籾は、主食用品種と識別可能にするために大粒である。そのため、育苗の際には播種量を多くする必要がある。

新規需要米の栽培面積が急激に増加しているなかで、主食用品種を栽培している場合が多く見受けられる。混種の懸念や種子の入手性のためとも考えられるが、主食用品種は専用品種と比べ、収量性や耐倒伏性が劣るためよい結果が得られないことが多い。今回紹介した4品種のうち「ミズホチカラ」「モグモグあおば」は各都道府県の窓口を通じ、日本草地畜産種子協会から種子を入手できる。

これら4品種は、九州地域における稲作の多様な作型に応じた新規需要米の品種選択を可能にし、国産飼料のさらなる増産に貢献することが期待されている。

# CO<sub>2</sub>の資源化

## ～触媒を活用する二酸化炭素固定～

東京工業大学 大学院理工学研究科 化学専攻

岩澤伸治

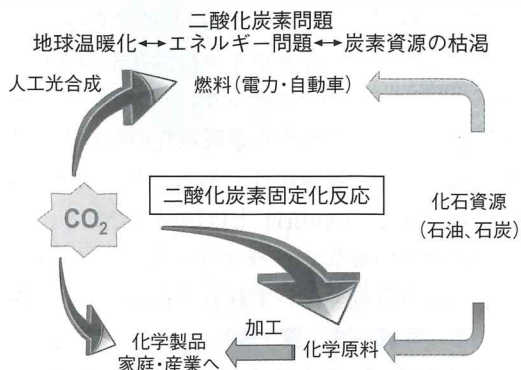
化石資源である石油は、遠からず不足して枯渇すると予測される。石油は電力、車の燃料などエネルギー源として活用されてきた。その結果、CO<sub>2</sub>が放出されて地球温暖化を招いている。

このようなエネルギー・環境問題はわれわれが解決しなければならない極めて重要な課題であるが、ここではもう一つ異なる視点から石油に関わる問題を述べてみたい。

われわれの日常生活において、有機化合物はさまざまな場面で重要な役割を果たしている。例えば、ナイロンやビニロンなどの合成繊維、また、テレビや携帯電話の液晶画面などの機能性材料や、医薬・農薬などの有用な化合物群の多くが工業によって合成された有機化合物である。ここで重要なのは、これら人の生活を支えている有用な物質の多くは、基本的にはほぼすべて石油からつくられていることである。

### CO<sub>2</sub> 固定化反応の開発

このような状況のなかで、筆者が専門とする有機合成化学の研究分野でも、二酸化炭素を炭素資源として、フラスコのなかで再度われわれの生活を支える有用な物質に変換しようという試みが活発に研究されるようになってきた。その試みには多様なアプローチがあり、比較的古くから研究されているものとしては、二酸化炭素を還元して工業原料やエネルギー源として利用可能な、ギ酸やメタノール、一酸化炭素、さらにはメタンなどの一炭素化合物（炭素原子を一つ含む化合物）に変換する反応の開発をあげることができる。本稿ではその詳細にはふれないが、これらの研究はわが国が世界をリードしており、例えば三井化学が、二酸化炭素と水



第1図 二酸化炭素固定化反応

素からメタノールを合成するプロセスの実証パイロット設備を稼働させ事業化を進めているなど、実用化を視野に入れた研究が行われるまでになってきている。

これに対し、有機化合物と二酸化炭素から炭素-炭素結合を形成しつつ合成中間体として有用なカルボン酸あるいはその誘導体を得る反応は、二酸化炭素が反応性の低い安定な化合物であることから、これまで高い反応性を持つ反応剤を化学量論量用いる必要があった。しかし、このような反応では、高い反応性を持つ化合物をまず合成する手間がかかり、さらに化学量論量の反応であることから必然的に大量の廃棄物が副生するため、効率のよい反応とはいい難かった。したがって、入手容易な化合物を原料として、ごく少量の触媒を用いて反応の活性化を行い、二酸化炭素を固定化し役に立つ化合物を合成することができれば、これまで不要なものと考えられていた二酸化炭素を有用な炭素資源として再利用する可能性を秘めた、非常に価値の高い反応になるものと期待できる。このような観点からわれわれは二酸化炭素を有効利用

して再資源化する効率のよい反応の実現をめざした研究を行い、最近いくつかの新しい二酸化炭素固定化反応の開発に成功した。以下、専門的な話になるがこれらの新反応を紹介したい。

## ロジウム触媒を用いる

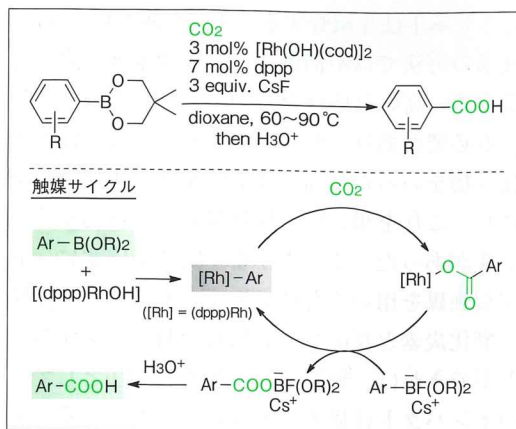
### 有機ホウ素化合物のカルボキシル化反応

まず始めにロジウム触媒を用いる有機ホウ素化合物のカルボキシル化反応である。有機ホウ素化合物は昨年ノーベル賞を受賞された鈴木章先生がカップリング反応に用いた化合物であり、空気中でも安定で取扱い容易な化合物である。現在さまざまな化合物が市販されており入手も容易である。われわれはこれら化合物に対し1気圧の二酸化炭素雰囲気下でロジウム触媒を作用させると有機ホウ素化合物が活性化され、安定で反応性が低いと考えられてきた二酸化炭素への付加反応が速やかに進行し、合成中間体として有用なカルボン酸が収率よく得られることを見出した。すなわちフラスコのなかで触媒的に二酸化炭素を再資源化することに成功したことになる。この反応は、アリール基を遷移金属触媒を用いて二酸化炭素と反応させた世界で初めてのものである。さらにこの反応を発展させ、高価な貴金属であるロジウムに代え、安価な銅触媒を用いても同様の反応が実現することも見出している。本反応は非常に適用範囲の広い優れた二酸化炭素固定化反応である。

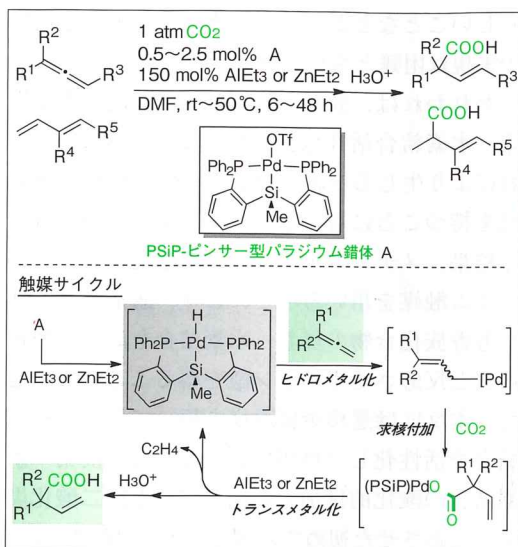
## パラジウム触媒を用いる

### 不飽和炭化水素のヒドロカルボキシ化反応

次に、われわれが独自に設計したパラジウム錯体を用いた、不飽和炭化水素のヒドロカルボキシ化反応である。第3図に示すような、リン原子とケイ素原子が三座に配位したパラジウム錯体を触媒とし、炭化水素であるアレン化合物や1,3-ジエン化合物を出発物質として用い、トリエチルアルミニウム存在下、一気圧の二酸化炭素との反応を行うと、高収率で $\beta$ 、 $\gamma$ -不飽和カルボン酸が得られる。単純な炭化水素からカルボン酸が得られる点が特徴で、例えば工業原料として大量に入手可能なブタジエン



第2図 ロジウム触媒を用いる有機ホウ素化合物のカルボキシル化反応



第3図 パラジウム触媒を用いる不飽和炭化水素のヒドロカルボキシ化反応

やイソプレンなどを基質として用いると、500を超える高い触媒回転率（一分子の触媒が500回以上反応を触媒することができることを意味する）で二酸化炭素との反応が進行する。またさまざまな官能基があっても問題なく反応が進行し、例えばアミノジエンを基質とすると合成中間体として有用性の高いアミノ酸誘導体が簡単に合成できる。

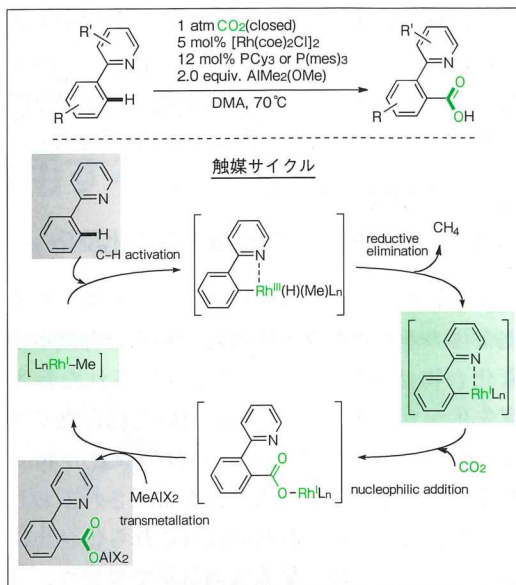
## 炭素-水素結合の直接カルボキシル化反応 (アルミニウム化合物添加)

最後にごく最近その実現に成功した、芳香族化合物の炭素-水素結合を直接二酸化炭素と反

応させる手法を紹介する。先にも述べたように、従来の方法では不活性な二酸化炭素と反応させるために高い反応性を持つ結合（化合物）を用いる必要があり、そのため入手容易な炭化水素化合物をいったん高い反応性を持つ化合物に変換し、これを用いて二酸化炭素との反応を行う必要があった。このような手間をかけずに、適切な触媒を用いるだけで炭素-水素結合を直接二酸化炭素と反応させ有用化合物を合成することができれば、無駄のない物質合成法としてそのインパクトは極めて大きい。しかし炭素-水素結合を活性化するのが容易でないこと、また反応性の低い二酸化炭素と反応させるのはむずかしいことなどから、これまでそのような反応の実現は困難とされていた。

われわれは、触媒としてロジウム化合物が炭素-水素結合活性化能を持つこと、および、これにより生じる炭素-ロジウム結合が高い求核性を持つことに着目し、さまざまな検討を行った結果、メチルアルミニウム反応剤存在下、ロジウム触媒を用いることにより、通常は不活性な芳香族化合物の炭素-水素結合を直接二酸化炭素と反応させカルボン酸を得ることに成功した。本反応は遷移金属触媒を用いて炭素-水素結合を活性化し（専門用語としては、炭素-水素結合の酸化的付加を利用して）直接二酸化炭素と反応させた初めての例である。現時点では、ロジウムに反応基質を接近させるためのパーツ（置換基）が必要であるが、さまざまな基質に適用可能で、本反応の一般性は広い。本反応の成功の鍵として、触媒を再生する工夫として、化学量論量のアルミニウム化合物を添加していることがあげられる。このアルミニウム化合物はいわばエネルギー源として二酸化炭素との反応を触媒的に行うのに必要である。

上述のように、現時点では、反応基質にロジウムを接近させるためのパーツが必要である。しかし、原理的には今回開発した反応はこのような特別なパーツがなくても進行するものと考えられ、そのような反応を実現することができれば、二酸化炭素と石油成分である炭化水素とから直接有用な有機資源へと触媒的に変換する



**第4図 炭素-水素結合の直接カルボキシル化反応**  
 ことが可能になると期待できる。例えば高分子材料の重要な原料であるアクリル酸をエチレンと二酸化炭素とから合成することができるようになれば、そのインパクトは非常に大きいものと考えられる。さらに反応を触媒的に行うために加えているアルミニウム化合物も比較的安価であるとはいえ大量合成を行うには廃棄物として問題となる。われわれは究極的には太陽光エネルギーを利用してこの反応を触媒的に行うことをめざしたいと考えている。



以上述べてきたように、二酸化炭素を炭素資源として有効利用しようとする試みが注目を集めつつある。これまで二酸化炭素は地球温暖化の主要因とされ、いかにこれを削減するかがもっぱら課題とされてきたが、発想を逆転させ二酸化炭素を有用な炭素資源として積極的に利用することができれば、その価値は計り知れない。もちろん現時点では基礎研究の段階であり、工業的規模で二酸化炭素を炭素資源化するプロセスへと発展させるには、今後さまざまな課題を解決していかなければならない。しかし、化石資源の枯渇問題に対する一つの有力なアプローチとして今後その重要性を増すことは確実であると考えられる。

◎セントラル合同肥料の農業だより◎

自然とコミュニケーション…  
**セラマイティー<sup>®</sup>R**  
[セラコートR入り複合S555]

内容

名称	セラコートRの種類	セラコートRの窒素の割合(%)
セラマイティーR1号	R50、R90	70
セラマイティーR2号	R30、R50	70
セラマイティーR3号	R25	70
セラマイティーRL号	R90、R130	70

成分  
(%)

窒素		リン酸		カリ
TN	AN	S-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	W-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	W-K <sub>2</sub> O(硫酸カリ)
15.0	3.5	15.0	11.0	15.0

特長

◎全量基肥の省カタイプ

セラマイティーRは、野菜の初期生育に必要な速効性肥料と新しい被覆肥料セラコートRを組み合わせています。肥効調節型野菜専用肥料で、基肥全量施肥ができます。

◎収量・品質を高める

野菜の生育に応じて肥効があらわれますので、追肥が省けるほか、収量・品質向上が期待できます。

◎環境にやさしい

窒素の溶出がコントロールされていますので、肥料成分の溶脱や流出が少なく、水質の汚染を防ぐ効果があります。  
また、肥料の利用率が高まるため、施肥量を減らすことができます。

使い方

セラマイティーRは、野菜類、花き類の基肥や、マルチ栽培、多作1回施肥にうってつけです。  
土とよく混ぜて、全層に施してください。深層施肥にも効果があります。

作物	施肥基準量(kg/10a)	推奨銘柄(タイプ)
果菜類 きゅうり、なす、トマト ピーマン、すいか、いちご	150~200	R1号 R2号 RL号
茎根菜類 ごぼう、にんじん たまねぎ、にんにく、くわい	120~200	R1号 R2号
葉茎菜類 レタス、キャベツ、はくさい ブロッコリー、ねぎ、セロリ	100~200	R2号 R3号
花き類 キク、カーネーション	150~250	R1号 R2号

※施肥量は、品種、作型などにより異なりますので、適宜増減してください。

くわしい使い方については、JAもしくは農業技術指導機関等にお問い合わせください。

# 新しい時代の コーティング肥料



## 特長

- 1 シャープなシグモイド型溶出**  
溶出パターンは、初期溶出を抑制したシャープなシグモイド型で、土壌やpHなどには影響されませんので、作物が必要な時期に必要な量の窒素を供給します。
- 2 寒地から暖地まで、一回施肥で肥効ピッタリ**  
溶出速度は温度で決まりますので、最適な銘柄の選択や組み合わせで、地域、作物、植え付け時期に適合した理想的な複合肥料をつくることができます。
- 3 被覆材には天然素材**  
被覆材は天然素材を使用した植物油系ポリウレタン樹脂ですので、溶出終了後、光や微生物などの作用により徐々に分解・崩壊していきます。
- 4 抜群の耐衝撃性、機械施肥にも最適**  
被膜には、抜群の耐衝撃性がありますので、機械施肥（側条施肥田植機、背負式動力散布機、ブロードキャスター）でも、溶出性能は損なわれません。
- 5 高成分で経済的**  
全窒素保証が41%と高成分なので、大変経済的です。

●▲農協 **全農** 県連

◎ **セントラル合同肥料株式会社**