

水稲栽培における堆肥利用についての豆知識

高知県畜産試験場
横山 克郎

はじめに

家畜排せつ物法が施行され、畜産環境は大きく改善の一步を踏み出しました。しかしこれはあくまで第一歩に過ぎません。なぜなら家畜の排せつ物が近隣に迷惑をかけることなく堆肥化されることは、必要な知識と装備さえあれば当然のことだからです。真に難しいのは作った堆肥がちゃんと全部農地に還元されることです。そして、その際には、農地還元という環境負荷が周辺環境のキャパシティ以内である必要があります。幸いにして自然豊かな我が国は、豊富な雨量によって大きなキャパが与えられています。しかし耕種部門の農家が農地還元の魅力を感じてくれずに堆肥がはけなかったら、やがて本体の経営部門を圧迫することになるでしょう。これからの畜産環境の一大テーマはいかにして耕種部門で堆肥を利用してもらうかであると言っても過言ではありません。

さて、私は以前、高知県の中西部で水稲での堆肥利用を指導していて多くの事例を調査しました。その後、現職場に異動し、堆肥利活用についての会議などに出るようになって問題に思うようになったのが、畜産側に充分知識がないまま、栽培指導側の否定的な意見に反駁できずに投入推進の機会を逸しているケースが多々あるようにみえることです。堆肥が使える・使えないという議論は需要側、供給側の双方に充分な知識があってこそ成り立つ話だと思いますが、畜産環境の指導者において、過剰施用等のトラブルを栽培技術でどのように軽減するかといった知識があまり普及していないようです。そこで早速「現場の普及員だったらこんな風に考えられるんじゃないか」という趣旨で畜産環境アドバイザー同窓会のホームページに寄稿してみたのが、本稿を書くことになったきっかけです。

ところで、どうして私は堆肥の水稲への利用を一番奨めたいと思っているのか？

水稲は単位面積当たりでは堆肥の多投はいけない作物です。にもかかわらず私が水稲への施用を奨める理由…それは第1に全国どこでも最も広い面積が作られている作物なので、確実に投入量を稼げること。第2点は投入作業の機械化が確立しており、少ない労力で散布ができるから。第3点として畑条件（特に施設園芸などのように圃場に雨が流れないような条件）では堆肥から持ち込まれる過剰な養分が蓄積し後々影響を残すことがあるのに対し、水田条件ではそうしたものが流れ去り易いからです。

しかし、そのためにはどのように投入するかについての知識が必要です。本稿の大きなテーマは

- ・堆肥がどのように水稲に効くのか？
 - ・堆肥の過剰施用を栽培期間中に軽減する方法としてはどんなことがあるのか？
 - ・堆肥の水稲への影響をどのように評価できるのか？
- ということですが、よりいろんなネタを知ってもらうため、やや膨らましたものにしたと思います。

堆肥を使った米はマズイという話のウソとホント

一般的には堆肥を使った米作りでは穀粒内のチッ素が高くなるため（実際は必ずしもそうではないんですが）マズいと言われていています。このことについてかつて私は地元の米と、全国でも良食味で名高い某産地のコシヒカリ（日本で一番作付けが多い品種）を入手し、同僚や農協の営農指導員さん達をパネラーにして食味試験をやったことがあります。結果を統計処理すると、なんと地元のものが某産地のものよりずっとおいしいという結果になったのです。食味計などでも高評点が出るようなそんな米がなぜそんな結果になったのか。私なりの考察は以下の2点です。

第1点目の要因は「日頃食べ慣れている米の味が美味く感じられる」こと（特に高知県人は「香り米」などの炊飯時の芳香を好む傾向があります）。

しかし、ここでさらに重要であった要因は、この某産地の米はどうしたことか非常に割れ米が多く、穀粒が均一に炊きあがっていなかったことです。「米の味」は含まれている成分だけで決まるのではなく、香りや粘り、噛みごたえ等が作用しあってできあがっている感覚です。ところが普及している食味計のなかには、いったん米を粉碎して近赤外線などで成分量を分析し評点を付ける仕組みのものがあつ、こうしたものでは炊飯前の米のコンディションは無視されます。

…ということは、食味値は高いが刈り遅れて胴割れ米が多い名産地の米よりは、食味値が低くても良い栽培をして均一な実張りをしている堆肥利用米の方が美味しいということは大いにあり得ることなのです。

それでも実際には堆肥を使った結果、本当にマズイ場合もあります。例えば

- ・生育途中で過繁茂になってしまう、あるいは病気が発生して穀粒に充分栄養が回らなかった（ヤセ米）。
- ・初期生育が停滞し、出穂（しゅっすい）が不揃いになってしまったため、先に出た穂は刈り遅れて胴割れ米に、遅れ穂は青米となって混入している。
- ・穂数が少なかった等の理由により、どうしてもなく穀粒のチッ素含量が高い（なぜ穂数が少ないとチッ素含量が高くなってしまうのか？それは1穂当たりに栄養を供給する土の量が相対的に多くなってしまふから）。

ちゃんと適切な管理をしている農家の米は穀粒のチッ素量が多少多くても充分美味しくなります。だから堆肥を利用した米も必ず美味しくすることができるのです。

土の中で堆肥がどのように養分を放出するのか？

植物にとっては最も重要な栄養分はチッ素で、これを根を使って土壌から取り込みタンパク質合成に使っています。土壌ではチッ素はアンモニア態や硝酸態などの無機態チッ素と、可給態チッ素（大雑把な言い方をすれば、微生物の体を構成していたり、生物残渣として残っていたりする有機体のチッ素のことで、いわゆる「地力」）、そして、分子レベルで頑固に土の粒子

と結びついているチッ素（これは植物には利用できない）の形で存在しています。全チッ素分析をするとこのトータルのチッ素含量が数字として出てきます。

堆肥を水田に投入した場合、含まれている硝酸態チッ素は、ほとんど水で流れてしまいます。アンモニア態チッ素は水稲に吸収される他、土壌の微生物に取り込まれたり、土の粒子に結びついたりして固定されます。また堆肥内の有機体チッ素の多くは可給態チッ素の一部として土壌中に蓄積されます。

可給態チッ素は高温・乾燥条件になるとそれによって微生物が死んだり、生物残渣が急激に分解することにより、急速に無機態チッ素として放出されます。こうした働きを「乾土効果」といいます。通常の水稲栽培の場合、初夏、茎の内部で穂が出来始めるまでに田んぼから排水して泥の表面を乾かす操作（中干し）を行います。これには可給態チッ素の放出、不要な肥効の削減等の目的があります。

水稲の肥効の要求パターン

それでは実際に水稲がどのように養分を吸収するかについて高知県の平坦部でのコシヒカリを例に説明しましょう。コシヒカリは水稲の品種の中では収穫が早いほうになります。時期的に言えば4月中旬に田植えをすると、8月下旬頃の収穫になります。こういう品種を早生（わせ）品種と言います。収穫が遅い品種には中生（なかくて）と晩生（おくて）があります。このような収穫時期の違いは日長に対する感度で決まり、遅い品種になるほど日照時間が短くなってないと穂を作る働きが始まらない傾向が強くなります（コシヒカリは寒冷な地方では早い中生品種として位置づけられている場合もあります）。この他、コシヒカリは病気になりやすい、倒れやすいといった言わば堆肥を投入する栽培には不向きな性格が強い品種です。

時期別に生育ステージを説明すると下表のようになります。特に幼穂形成始期以降が非常に短時間でステージの移り変わりがありデリケートな点にご注目下さい。

3月中旬	苗箱へ種まき
4月中旬	田植え 最初水温が低いので直ぐには根の伸びが始まらず、一時伸び悩みます (こういうのを活着が悪いと言います)。
5月上旬	水温の高まりとともに根と茎数が増加していく (分けつ始期)
5月下旬頃	(分けつ最盛期)
6月上旬頃	茎数がピークになる (最高分けつ期)。この辺りから田面を乾かす(中干し)。
6月下旬	茎数が減っていく (ラグ期)
6月20日頃	稈 (かん：穂を先端に付ける茎) が出来始める
6月20～25日頃	(幼穂形成始期) 吸収された栄養は稈 (特に柔らかい下の部分) を伸ばすために使われる
6月25～7月5日頃	(幼穂形成期) 実を付けるために栄養を使う。ここで栄養が足りないと籾数の少ない穂になります
7月5日～15日頃	穂を大きくするために栄養を使います。ここで栄養が足りないと開花できない籾が増える
7月15日頃	出穂・開花。開花終わりまで約1週間程度かかります
7月15日～25日頃	籾の中に白濁したデンプン液が溜まっていく (乳熟期)
7月25日～8月5日頃	穂が黄色くなっていく (黄熟期)
8月5日～15日頃	(完熟期)
8月15日頃	収穫。全部の籾がきれいにそろって熟れるわけではなく、遅れれば胴割れ米が、早すぎれば青米が増えます。

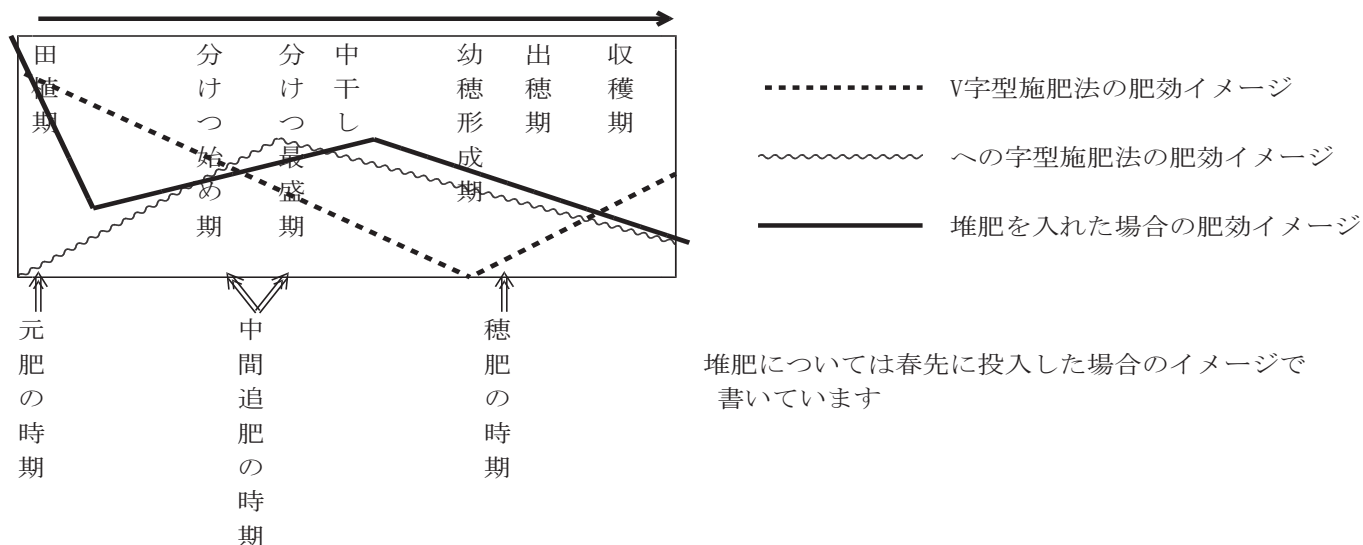
出穂期以降は実を充実させる時期なので栄養が必要です。

田植え期	必要。でも植物体が大きくないのであまりたくさんは要らない。
分けつ始期	必要
分けつ最盛期	必要
最高分けつ期	茎数が増えすぎると枯れる茎 (無効分けつ) が増えるので要らない
幼穂形成始期	倒れやすくなるので要らない
幼穂形成期～完熟期	必要

従って時期ごとの養分の要求はうえのようになります。

そこでこれに対する施肥法としては大きく分けて田植え期～分けつ始め期に元肥 (もとごえ：植え付け時に施用する肥料)、幼穂形成期に穂肥 (ほごえ：穂

の育成のために施用する肥料) を投入する「V字型施肥法」と、分けつ最盛期に段階的に中間追肥を投入する「への字型施肥法」の二つのやり方があります。堆肥を投入した場合はどちらかという「への字型」に近い肥効の効き方になります。

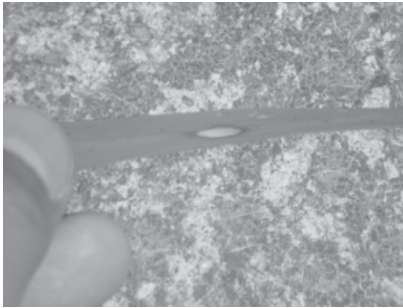


有機態チッ素による水稻への障害と対処法

水稻が吸収するチッ素のうち投入している肥料から得ている分は3～4割、残りのうち3割強は土壌の可給態チッ素から、2割強は用水から得ているということです。養分の供給元の5～6割が水と土から得られている訳なので、言わば水稻というのはほとんど地力でできてしまう作物なのです。

だから私が普及員時代に肥料がらみで水稻のトラブル対応をした内容はほとんどが「やり過ぎ」に関わるものでした。用水からの養分はコントロールのしようがありませんが、肥料投入と地力の部分は対応のしようがあります。以下はこれらが不適切な作用をするときに起こる事態とその対処法です。

障 害	症 状	対 処 法
ガス湧き	田植えをしてから5～6月に水温が高くなった頃、土壌が有機物を豊富に含んでいる状態では、還元状態における有機物分解が急激に起こって硫化水素やメタンなどが大量に発生し、水稻の茎数増加を妨げる。田んぼに踏み込めばアワが足元からたくさん出るのですぐわかるが、こんな田んぼでは黒っぽい藻類が水際でよく発生しているので、苗の株元が黒っぽく見えることがある。	水管理を間断灌水にして（気温の高い日中は排水して田面を露出させ気温の低い夜だけ湛水するような管理）をすると土壌が酸化状態になり、またできたガスもスムーズに放出されるので回復が早くなる。
イモチ病	チッ素が過剰な状態の水稻はこの病気にかかりやすくなるが、壊滅的な被害を受けることも多々ある。稲の葉っぱに菱形の病斑ができ、やがて新芽が出なくなり枯れる。出穂期になってからかかる場合もあるが、その時には穂イモチと言って穂の枝の途中が病気に冒されて実に栄養が行かなくなる。	薬剤予防が重要で、最近では箱処理剤と言われる薬（田植え時に苗箱へ散布する粒剤）が長期的な予防効果がある。
無効分けつ の増加	茎数が増加している時期にチッ素が効き過ぎると、増えた茎への栄養を後半補うことができず、穂の数が減る。	これらは全て肥効のタイミングによって起きるものなので、水管理や施肥コントロールで軽減できるものです。ただし、これについては稲の生育パターンを理解しておく必要があります。詳しくは次項の表を参考にしてください。
倒伏	穂が伸びている時期にチッ素が効き過ぎると、茎が高くなりすぎて風で倒れる。	
不稔籾（ふねんもみ） の増加	籾の数が増える時期にチッ素が効き過ぎると、増えた籾への栄養が補えず実の入らない籾ができる。またそんな場合は全体に玄米が痩せている場合が多い。	
登熟の不揃い	遅れ穂が出ることにより未熟粒の比率が高くなる。	
食味の低下	穀粒内のタンパク質が高まることによってマズイ食感になる。	



イモチ病の病斑(停止型)

堆肥を使った水稻の生育をどのように評価するのか？

では、実際の田んぼに出て水稻を目の前にしたとき、その出来をどのように評価すればよいのでしょうか。

通常稲作担当の農業改良普及員は地域の主力品種の生育ステージごとの草丈、茎数、葉色、収穫時期の穂数、桿長、穂長、一穂籾数、10a当たり収量、千粒重

(玄米千粒分の重さ)等をデータベース化しています。堆肥の利用を指導する担当になった方はぜひ稲作担当普及員と連携して、実証展示圃場を作り、その地域の気候や土質、品種と利用拡大したいと思っている堆肥との相性を把握することが必要です。特に注目すべき点と判断の仕方、対処法は以下のとおりです。

判断ポイント	状 態	対 処 法
最高分けつ期の草丈と茎数	草丈が通常より2割近く高い、または茎数が3割近く多い場合は「無効分けつの増加」「倒伏」「不稔籾の増加」が起きやすい。	中干し期間を長くし、幼穂形成期までに土の肥効成分をとばしたうえで、幼穂形成期以降はしっかり水を与えて籾の充実を図る。
幼穂形成期の葉色	通常より濃い場合「倒伏」の危険性が高まっている。	決して穂肥を施用してはいけない。
出穂の仕方	穂が出そろうまでに10日以上かかってしまう場合は遅れ穂が相当多く「食味の低下」を招きやすい。	割れ米よりは青米が多いような状態になるように早めに刈り取る。ただし圃場の条件が許す限り、出来るだけ遅くまで水を与えて籾の充実を図る。
病害の発生	葉及び穂にイモチ病が出ている場合は収量が減収し、品質も落ちる。	出来るだけ早く薬剤を散布する。

また、収穫時に坪刈りを行い、どのような仕上がりがであったかのデータ取りをするのも、来年以降の栽培改善に非常に役立ちます。データを取る数値は「面積当たり穂数」、「一穂籾数」、「登熟歩合(ちゃんと充実した籾が何割であったか)」、「千粒重」です。単位面積当たりの収量はこの4つの数値の積で割り出されるため、これらを収量構成要素といいます。このなかで

穂数が、最高分けつ期に測ったときの茎数に対して7割を切るような非常に少ない場合は(有効茎歩合70%以下と表現します)堆肥の投入量が多すぎることを意味しているので、来年は堆肥投入量を半量程度にして様子を見るように奨めます。他の3つの数値は幼穂形成期以降の管理が適切であったかを示しています。これに加えて直接収量に結びつく数値ではありません

せんが、桿長は倒伏のし易さを表す数値として重要です。

その他、ここまでやっている普及員はかなり少なくなりますが、止め葉節（穂が出る前の1番最後の葉の葉鞘がついている位置）の高さを調べると、倒伏のし易さの目安として使えます。（止め葉節の高さ）÷（桿長+穂長）で表される数値が0.48を超えると、茎の中の重くて柔らかい部分が伸びすぎているので倒れやすいとされています。穂もよく観察すると子梗（籾のついている枝）の根本に籾になりきれず退化した痕跡が残っていますので、地域の標準的な数値を把握して比較すると幼穂形成期の栄養状態を考察する参考になります。

農家指導の実例

最後に私が指導地域の堆肥投入実証展示圃のデータをもとに作成し、実際に中生品種の栽培指導に用いたパンフレットをご覧下さい。

ここでは7つのポイントを上げています。

ポイント1は堆肥投入を年内にしています。堆肥の肥効をより有効に使おうと考えれば春先の方が有利ということになりますが、ガス湧きのもとになる余分な有機物が十分に分解し、また過剰なチッ素分が流れる時間を与えるための設定です。

ポイント2は健苗育成です。「苗半作」ということわざがありますが、高い播種密度と高温高湿度環境でヒョロヒョロ苗になってしまうと後々まで生育に影響します。苗作りの失敗を棚に上げて堆肥を悪者にするケースがあるのは困ったものです。

ポイント3で書かれている緩行性肥料とは養分が2段階に溶出するように工夫された肥料のことで、元肥

時に投入すると穂肥の投入作業が省略できるものです。これを堆肥投入した状態で施用すると盛夏期には堆肥と緩行性肥料から相乗的に肥効が効いてくるため、生育をコントロールするのが難しくなるということで外しています。

ポイント4はイモチ病対策、ポイント5はガス湧き対策、ポイント6、7は倒伏対策です。

また、このパンフレットの「☆畜産堆肥のメリット」1項目目で「基盤整備直後の土作り」に触れています。この地域は非常に急ピッチで基盤整備が進んでいたのですが、基盤整備前の老朽田などでは作土層の下にマンガンなどの金属元素や硫酸等が沈着している場合があります。堆肥などの有機物は緩衝作用によってそれらの障害を和らげる働きがあるので、基盤整備地域等で堆肥投入を推進する場合はそうしたメリットもぜひ強調すると良いでしょう。

お断り

すでに私が普及現場を離れて6年も経っており、また個人的な研究や体験がベースになっている原稿です。最新の知識を知らなかったり、既に古い知識になっている可能性もあります。ぜひこの原稿をネタに手近な栽培指導の担当の方と最新の知識について意見交換をしてみてください。こうしたことも耕畜連携のひとつのきっかけになると思います。ご質問の方は畜産環境アドバイザー同窓会のホームページのFORUM（情報交換室）内フリートークルームへ書き込みしていただくか（<http://syokutsure.s150.xrea.com/lea/html/>）私のアドレスkatsurou_yokoyama@ken4.pref.kochi.jpまでご連絡下さい。なお返信が遅いのはご容赦下さい。

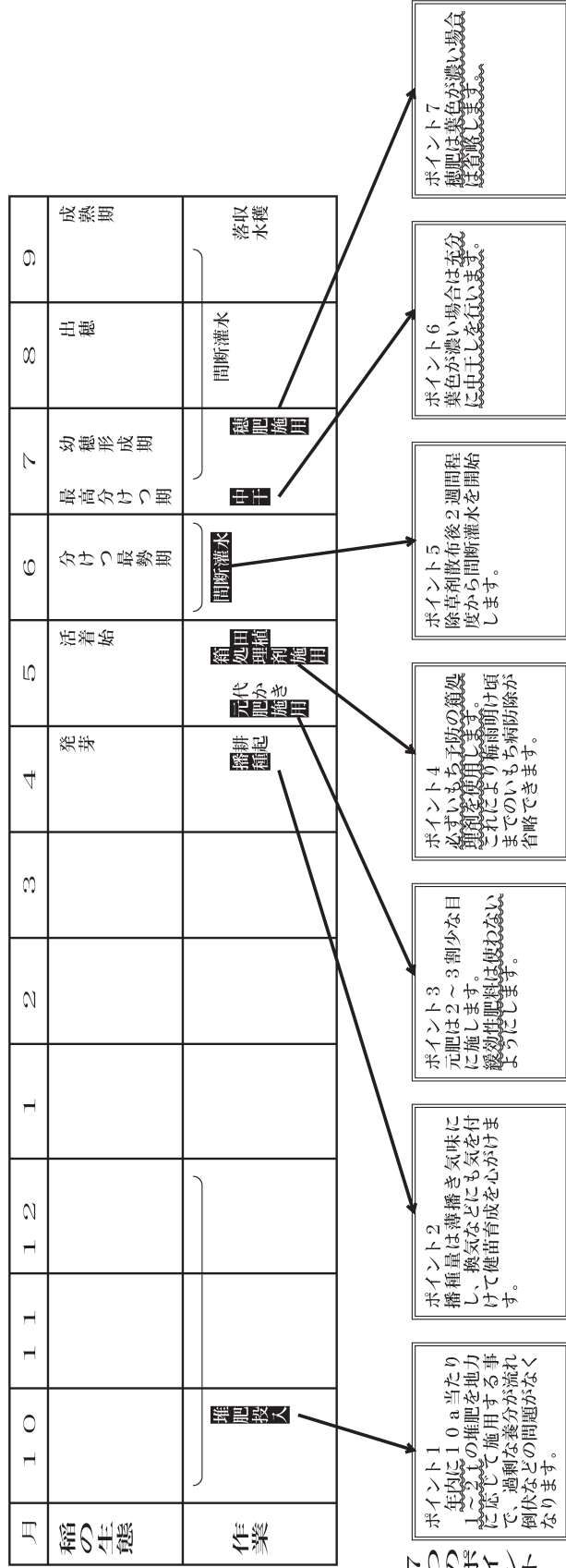
畜産堆肥を水稲栽培に有効利用しましょう

- ☆畜産堆肥のメリット
- ・土壌障害の発生が抑えられるなど基盤整備直後の土づくりに有効です。
 - ・地力が高まり、生育が旺盛になります。
 - ・水稲の根の活力が高まり、生育が旺盛になります。
 - ・肥料の投入量を節約できます。

☆畜産堆肥使用の留意点
 チョップ分を含んでいるため、過剰に投入すると倒伏を招くおそれがあります。
 また、いもち病、紋枯病などの病気については防除を徹底する必要があります。

☆堆肥を利用する場合の栽培体系例

黄金錦・ヒノヒカリの場合



※あきたこまち・コシヒカリの場合も基本的には同様ですが、堆肥投入は更に早めを心がけること、元肥投入量は通常より少な目にするに気をつけて下さい。
 ※堆肥投入直後の耕転は土とのなじみをよくするため、浅叩きと深叩きの2回に分けると理想的です。フライワなどによる動き起こしも行えば更に良くなじみます。