

## 2. 食味ランキング特A産地形成支援のための肥培管理技術

中 辻 敏 朗\*

### はじめに

平成14年12月に策定された「米政策改革大綱」では、行政主導の減反面積割り当てによる現行の米需給調整の仕組みを改めることがうたわれている。すなわち、第三者機関が示した前年の米需要実績(売れた量)に基づいて、都道府県や市町村の農業者団体が、自主的にそれぞれの農業者に生産目標数量を配分する方式に転換される。そのため、北海道を含めた各都府県では、他県に負けない「売れる米作り」をいかに推進していくかが重要な課題となっている。他県に比べて気象条件等に恵まれない北海道の稲作にとって、極めて大きな問題と言わざるを得ない。

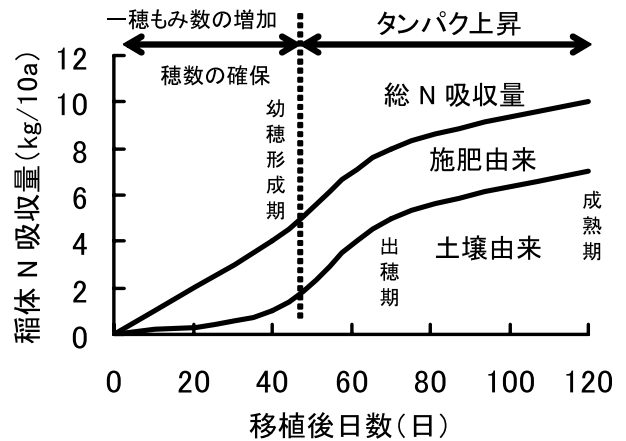
しかし、このことは、現在最も食味が優れるとされる府県産の食味ランキング特A(日本穀物検定協会による)並の高品質良食味米、つまり需要のある「売れる米」を北海道でも生産できれば、市場における北海道米の評価が向上し、道産米全体の需要増加に結びつく可能性を示唆している。つまり、北海道にとって今回の改革は、特A米の生産を一つの起爆剤として「信頼できる北海道米」ブランドを確立するチャンスとみることもできよう。ただし、そのためには、特A米を安定して生産できるような技術の開発が必要である。すなわち、これまでの良食味米(低タンパク米)生産技術をより一層高度化する一方、従来の発想にとらわれない新しい技術開発も必要となってくるだろう。

以上の観点から、本論では、北海道における特A産地(上川中部、空知北部を主に想定)形成支援を目標に、精米タンパク質含有率(以下、タンパク)を慣行よりも0.5~1.0%低下させた低タンパク米(目標タンパク6.0%以下)の安定生産のために今後開発すべき肥培管理技術を展望する。なお、水稻の栄養生理上、タンパクに対し最も直接的に影響をおよぼす養分は窒素(N)であるため、ここではNに関する肥培管理技術を中心に論じる。

### 1) 水稻の窒素吸収経過からみた低タンパク米生産のための窒素肥培管理のポイント

一般に、北海道で良質米500kg/10a程度を生産するのに必要な稲のN吸収量(10a当たり)は、幼穂形成期で

4 kg, 出穂期で8 kg, 成熟期で10kg前後と見積もられている<sup>7)</sup>(図IV-2-1)。また、稲が吸収するNは、施肥に由来する画分と土壌有機態Nの無機化に由来する画分の2つに分けられるが、成熟期の総N吸収量のうち約60%が土壌由来とされている。総N吸収量に対する両画分の比率を稲の生育の推移に沿ってみると、生育前半(移植~幼穂形成期頃)ではその80%程度が施肥由来であるのに対し、生育後半(幼穂形成期以降)には地温の上昇や土壌還元の進行などにより土壌由来画分の割合が急増する(図IV-2-1)。



図IV-2-1 水稻の窒素(N)吸収経過と吸収Nの由来内訳、および吸収Nが水稻の生育におよぼす影響  
(全層施肥でNを9 kg/10 a施用, 精玄米収量が500kg/10 aレベルの場合)

一方、吸収されたNが稲の生育や米の品質におよぼす影響は、Nの吸収時期により異なることが知られている<sup>7)</sup>(図IV-2-1)。たとえば、幼穂形成期もしくは止葉抽出期頃までの生育前半の吸収N(主に施肥由来)は、主に穂数や一穂もみ数の増加を促して多収をもたらすとともに、多収による希釈効果等でタンパクの低下にもつながる。これに対し、生育後半の吸収N(おもに土壌由来)は収量に顕著には作用せず、むしろ産米のタンパクを直接的に高めるというマイナスの側面をもっている。なかでも、止葉期から出穂後10日までの期間に吸収されたNは穂に分配される割合が高く<sup>10)</sup>、産米タンパクを顕著に高めると指摘されている。

したがって、稲のN吸収経過と吸収したNの稲生産性

\*上川農業試験場 078-0398 上川郡比布町

への影響との関係からみて、一定レベルの収量を維持しながらタンパク含量の低い米を生産するためのN肥培管理のポイントは、以下の2点に要約できる。1)必要十分量のNを施与して幼穂形成期または止葉抽出期頃までの生育(初期生育)量を確保する、2) 幼穂形成期または止葉抽出期以降の土壌からのN供給量を過大にさせない。1)は生育初期の施肥由来N吸収量を、また2)は生育中・後期の土壌由来N吸収量をそれぞれ制御することを意味する。

ただし、この2つのポイントは、どちらか一方が欠けると目的は達成されないことに留意する必要がある。たとえば、適正なN施肥によって初期生育を確保したとしても、土壌のN供給量が過大だと産米のタンパクは高くなりやすい。反対に、土壌のN供給量が少なくても、施肥N画分が幼穂形成期や止葉抽出期以降まで残存するほど多量に施肥すると、これも高タンパク化を引き起こす。2つのポイントをバランス良くクリアすることが重要である。

## 2) 特A産地形成支援に向けた技術開発の展望

ここでは、前述の2つのポイントを満たすために今後開発が必要と考えられる肥培管理技術について、既往の知見にふれながら展望する。

### (1) 側条重点施肥体系

肥料を水稻根近傍に局所的に施与する側条施肥は、全層施肥よりも速効性<sup>1,20,21)</sup>で、水稻による利用率も高く<sup>17,19,20,21)</sup>、寒冷地での初期生育の促進に卓効を示す<sup>8,20,21)</sup>ことが知られている。しかし、速効性である反面、肥効の発現は水稻生育初期に限られるため、土壌のN肥沃度が低い場合には、側条施肥単独では幼穂形成期以降のN供給量が不足し凋落的な生育を招く<sup>8)</sup>という欠点も有している。そこで、収量安定確保のため、肥効が持続的な全層施肥と組み合わせることが前提とされてきた<sup>6)</sup>。

一方、低タンパク米生産を主眼とした場合、肥効が速効性で生育中・後期まで持続しないという側条施肥の欠点をむしろ積極的に活用した技術開発を行うべきである。その一つとして、総N施肥量に対する側条施肥の割合を極力高め、中・後期の生育に必要なNをできる限り土壌からのN供給のみに依存するような側条重点施肥体系が考えられる。この体系のねらいは、全層施肥の省略により、タンパク上昇の原因となる生育中・後期の水稻へのN供給を極力減らすことにある。ただし、本技術が適用可能かどうかは土壌のN肥沃度に依存するところが大きく、条件によっては少量の全層施肥による補完が必要と

なる場合も想定される。もしくは、緩効性肥料の育苗箱施用による補完も可能かもしれない。以上のように、これまでの全層施肥と側条施肥の組み合わせを再考し、“脱全層施肥”を究極の目標とした土壌N肥沃度別の側条重点施肥体系の可能性を検討する必要がある。

### (2) 成苗密植栽培法

既往の成績<sup>11)</sup>によれば、中苗を用いた少肥密植栽培(基肥N量: 8 kg/10 a, 栽植密度40株/m<sup>2</sup>)は、慣行栽培に比べ、初期生育が良好で、水稻1株当たりのN含有量が少なく、出穂期が斉一で登熟歩合も高いことから、低タンパク米の安定生産技術として有効とされている。密植の導入に付随する育苗作業コスト増の問題も、矮化剤を利用した密播育苗法<sup>5)</sup>の開発により、技術的にはほぼ解決された。現地栽培試験においても、慣行栽培より多収かつ低タンパクであることが実証<sup>14)</sup>されており、密植栽培は確実にタンパクを低下させる技術として評価できる。

ところが、本技術が対象とした中苗は、成苗に比べて移植後の活着に劣るため、いわゆる初期生育不良地帯では密植導入によっても初期生育を確保しにくい場合もあった。さらに、密植に適した品種がなかったことなども相まって、中苗密植栽培法は技術としての可能性を備えながら、これまで十分には普及してこなかった。

そこで、今後は、中苗よりも初期生育を確保しやすい成苗を用いた密植栽培法を検討すべきである。そして、低タンパク米生産に対する密植栽培の特性や問題点を再度詳細に検討し、密植栽培に適した品種の持つべき特性を栽培の視点から育種サイドに提示することが重要である。あわせて、従来の密植栽培では基肥施用であった施肥体系に、新たに側条施肥などを導入して初期生育をより確実に促進し、高度で安定した密植栽培法の確立に向けて技術の再構築を図る必要がある。

### (3) 無代かき栽培における耕うん法

耕うん法や代かき強度の差異などに起因する土塊(団粒)の大小と水稻生育との関係については、古くから検討が行われている<sup>4,15,16)</sup>。それらの結果を要約すると、土塊の大小は湛水期間中のN無機化量や無機化パターンに差をもたらすこと、一般に土塊を小さくするほど無機化が早く進んでその量も多いこと、そしてこれらのことが水稻の地上部および根部の生育に影響することなどが指摘されている。土塊の大きさがN無機化量や無機化パターンに影響するという事実は、耕うん法と代かき強度などの調節によりタンパクが制御できる可能性を示唆しているが、これらの研究ではそれについての言及は見られない。道立農試でも、耕起・代かき作業を省略または

軽減した移植技術がいくつか検討された<sup>9,13)</sup>が、作業コストの低減と省力化が主たる目的であり、土壌Nの無機化抑制によるタンパク制御という視点からのアプローチは十分とは言えない。

これから検討すべき技術として、水稻の生育中・後期N吸収抑制に効果的な耕うん法の解明が挙げられる。すなわち、無代かき栽培を前提とし、砕土率とN無機化量および水稻N吸収量の推移との関係を検討して、生育中・後期の水稻のN吸収抑制に最適な砕土率を土壌のN肥沃度別に明らかにする必要がある。また、無代かき栽培の欠点である初期生育の遅延を改善するため、側条施肥の導入など施肥法と耕うん法の組み合わせ体系についても検討の余地があろう。また、このような耕うん処理を継続した場合の累積効果や効果の持続性、さらには無代かきとすることによる漏水の懸念などにも留意する必要がある。本技術が産米の低タンパク化に有効ならば、生産者が現有の耕うん作業機で実施可能な技術として普及性は高いと期待される。

#### (4) 乾土効果の推定精度向上

乾土効果とは、湛水前に土壌がある一定水分以上に乾燥すると、湛水後のN無機化量が増加する現象をいう<sup>23)</sup>。この効果は湛水後速やかに発現するため、無機化したNの水稻による利用率は基肥N(全層施肥)と同等である。したがって、乾土効果を正確に予測できれば、基肥施用Nを適正に減らすことができ、低タンパク米生産にとって有効な技術となる。既往の研究によれば、乾土効果発現量は、湛水後の地温の影響をほとんど受けないため、湛水前の土壌乾燥程度から予測できる<sup>23)</sup>という。道立農試ではこの考えを応用し、水熱係数(前年秋から当年春までの積算降水量/同日平均気温10℃以上の日の積算気温×10)と風乾土の湛水培養N量から乾土効果発現量を推定する手法を開発した<sup>12)</sup>。しかし、土壌乾燥程度の指標である水熱係数に、融雪日の年次変動や土壌の保水性や排水性といった要因が考慮されていないなど、改良の余地がある。

今後の展開としては、まず、融雪後の水田土壌の乾燥程度を気象条件と土壌の特性から推定する手法を新たに開発し、これを現行の乾土効果予測法(水熱係数法)に導入して、予測精度の向上を図る必要がある。次いで、乾土効果を促進するために効果的な春先の耕うん法の検討も重要である。冬期間長期積雪のある北海道で早春の土壌の乾燥促進は困難ではあるが、潜在的な乾土効果を評価することは、施肥N量の適正化を進める上で重要な情報になると思われる。

#### (5) 水管理による脱窒促進

脱窒は、水田におけるN損失経路の一つとして古くから重視され、全層施肥技術確立の理論的背景となった現象である<sup>18)</sup>。既往の成果によれば、脱窒量を制御する重要な因子は硝酸化成率であり、その硝酸化成率は酸素の拡散速度に強く影響されている<sup>2,22)</sup>。また、水田土壌からの脱窒量を施肥N収支試験から推定した例<sup>3)</sup>では、施肥Nの20~30%との報告があり、損失としては無視できない量である。

しかし、逆にこの損失を利用して水稻生育中・後期の土壌からのN供給量を減らせないだろうか。つまり、間断かんがいなどで土壌をいったん酸化的にして硝酸化成を促した後、再び湛水して脱窒量を増やすという方法である。冷害危険期には深水管理が必要な北海道では、水管理を制限なく行える期間は短い。このような条件であっても水管理による脱窒促進が実際に可能かどうかを、従来の発想にとらわれない新しい技術の一つとして検討してみる価値はあるだろう。

#### おわりに

食味ランキング特A産地形成支援に向けた肥培管理技術とは、土壌の性質や水稻の生育経過に合わせた適切なN管理に尽きる。これは、安定多収を目標とした時代から追求し開発してきた技術と根底は同じと言える。それゆえ、既往のN管理技術の方法や理論を良く理解することが必要で、その上で新しい技術を再構築することが重要と思われる。

#### 引用文献

- 1) 土居晃郎, 古山芳広. “水稻に対する側条施肥の表層施肥効果”. 北農. 52, 45-56(1985).
- 2) 長谷部亮. “水田土壌における硝化脱窒に関する研究—特に酸化層・還元層の分化とアンモニア酸化菌の生態について—”. 北陸農試研究報告. 32, 123-170(1990).
- 3) Hauck, R. D. "Methods for studying N transformations in paddy soils: review and comments". Nitrogen and rice. Los Banos, Philipines, IRRI, 1979. p.73-94.
- 4) 平野俊, 原楨紀, 中野啓三, 藤井兵夫. “土壌の酸化還元と水稻の生育について”. 四国農業試験場報告. 4, 45-62(1958).
- 5) 北海道. “平成16年度農作物病害虫・雑草防除ガイド”. 2004. p.267.

- 6) 北海道農政部. “北海道施肥ガイド”. 2002. p.16-19.
- 7) 北海道農政部, 北海道立農業試験場. “低蛋白米生産をめざした水田土壌窒素診断の手引き”. 1998. p.25
- 8) 北海道農政部. “昭和59年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1984. p.323-327.
- 9) 北海道農政部. “平成 8 年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1996. p.55-59.
- 10) 北海道農政部. “平成 8 年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1996. p.335-337.
- 11) 北海道農政部. “平成 8 年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1996. p.337-339.
- 12) 北海道農政部. “平成10年普及奨励ならびに指導参考事項”. 1998. p.144-147.
- 13) 北海道農政部. “平成13年普及奨励ならびに指導参考事項”. 2001. p.220-222.
- 14) ホクレン. “やさしい施肥管理の手引—水稲編—(改訂版)”. 2003. p.80-81.
- 15) 泉 清一. “水田における耕耘の栽培技術的研究”. 農事試験場研究報告. **1**, 1-45(1962).
- 16) 川口桂三郎, 喜田大三. “土壌構造に関する水稲ポット試験”. 日本土壌肥科学雑誌. **27**, 15-18(1956).
- 17) 今野一男, 宮森康雄. “異なる移植方式における水稲側条施肥の窒素肥効”. 道立農試集報. **72**, 1-9 (1997).
- 18) 栗原 淳. “施肥位置による肥効増進, 肥効調節および環境保全. 施肥位置と栽培技術—現状と問題点—”. 日本土壌肥科学会編. 博友社, 1982. p.5-47.
- 19) 御子柴穆. “水稲の施肥位置. 施肥位置と栽培技術—現状と問題点—”. 日本土壌肥科学会編. 博友社, 1982. p.139-194.
- 20) 三浦 周, 坂本宣崇, 古山芳広. “寒地における側条施肥水稲に対する窒素追肥の影響”. 道立農試集報. **63**, 31-39(1991).
- 21) 大山信雄. “東北地方の水稲栽培における側条施肥法”. 日本土壌肥科学雑誌. **56**, 343-346(1985).
- 22) Reddy, K. R., Patrick, W. H. and Phillips, R. E. "Ammonium diffusion as a factor in nitrogen loss from flooded soils". Soil Sci. Soc. Am. J. **40**, 528-533(1976).
- 23) 鳥山和伸, 関矢信一郎, 宮森康雄. “湛水前の土壌乾燥が土壌窒素の無機化量に及ぼす影響の定量的把握”. 日本土壌肥科学雑誌. **59**, 531-537(1988).