

Ⅳ 良食味米および酒米の生産技術

1. 泥炭地での圃場改善による良食味米生産技術

北 川 巖*

はじめに

米政策改革大綱により市場の需要にあった米生産が一層求められる中で、北海道の稲作は今後もさらに激化する産地間競争を勝ち抜くため、より一層の品質向上が、とりわけ良食味であることが求められている。

米の食味は米粒中の蛋白含有率やアミロース含有率が高いと低下することが明らかにされている^{8),10),23),29),30)}。これら知見に基づいて食味の変動要因解析^{2),9),16),22)}や対策技術開発^{7),15),38),40)}がこれまで精力的に取り組まれてきた。その成果は現在の北海道における高品質米の生産に結びついている。

しかしながら、北海道の稲作地帯は気象条件や土壌条件などに大きな差異があり、このことは、米粒中の蛋白含有率やアミロース含有率が地域間で大きいことを示唆している。その中でも、排水性に劣る土壌は約88%もの面積を占めており、さらに、泥炭地水田が約20%の面積を占めている。この泥炭地水田における米粒中の蛋白含有率は依然として高い傾向にあり^{2),8),22)}、これまでの対策技術によっても十分な改善にまで至らないことが指摘されている¹⁶⁾。そのため、泥炭地水田では高蛋白米を低蛋白化し、より一層、食味水準の向上を進めなければ販売が難しくなる。そのため、この泥炭地水田ならびに排水不良な湿田で生産される米の蛋白含有率を低下させることが北海道の稲作において大きな課題として残されている。

これらのことから、泥炭地水田での米生産においては、特定用途を目標とした一定品質の確保と、さらに食味向上をめざした栽培技術の強化と共に、は場条件を根本から克服する技術開発が必要と考える。

1) 北海道における低蛋白化生産技術の進展

高蛋白米となりやすい泥炭地水田においても良食味米生産を行なうためには、土層内の窒素評価と窒素制御技術の開発が必要である。ここでは、これまでの低蛋白米生産のためのは場改善に係る技術の進展状況について検

討し、今後の残された問題点と技術開発目標を整理する。

(1) 良食味米生産技術と土壌肥沃度の対応

土壌と食味の関係は以前から指摘され、北海道でも乾田は湿田より食味が良く、これが米粒中の蛋白含有率の差に起因することが指摘されていた²²⁾。また、稲津(1988)は土壌タイプによる米の食味に関する成分の変動について詳細に検討を行ない、泥炭土ではアミログラム最高粘度やテクスチュログラムが最も低く、食味が最も悪いことを示した。さらに、泥炭土では生育後半における土壌窒素供給力が旺盛なため、この期間の窒素吸収が他の土壌よりも盛んで米粒中の蛋白含有率が高まやすく食味特性に対して不利になることを明らかにした⁸⁾。これにより、泥炭地水田の食味向上の必要性と困難性が浮き彫りになった。

これらの知見に対応するため、北海道では40℃－1週間湛水静置法による培養窒素に基づく「水田土壌の窒素診断とこれに基づく施肥対応」¹²⁾、これに続く「空知管内における低蛋白米生産のための稲体および土壌の窒素指標」³⁹⁾ならびに「気象・土壌情報を活用した水稻生育予測および窒素施肥対応」¹³⁾により施肥管理による低蛋白米生産の支援体制が整い「低蛋白米生産を目指した水田土壌窒素診断の手引き」⁴⁾として広く普及に移されている。

米粒中の窒素吸収量は70～80%が土壌由来の窒素で構成され、低蛋白米の生産には生育後期に吸収される土壌窒素の制御が必要である⁹⁾。下層からの窒素吸収は水稻根域深が30～40cmにまで達する幼穂形成期ころから登熟期に旺盛になり、蛋白含有率を高める要因として下層土の窒素供給量の重要性が指摘されている²⁴⁾。そのため、土壌診断技術に基づく施肥対応の活用だけでは泥炭土に代表される下層からの窒素供給が旺盛な土壌での良食味米生産は困難である。その一方で、下層に泥炭が存在する場合でも、泥炭の窒素供給力低下により蛋白低下が可能であることも示唆されている¹⁾。

また、低蛋白米生産のための土壌化学性の影響についてはケイ酸に対する検討もなされてきた。「低蛋白米生産のための稲体および土壌のケイ酸指標」³²⁾により、低

*中央農業試験場 069-1395 夕張郡長沼町

蛋白米の稲体でケイ酸吸収量／窒素吸収量比が高いことが示された。この成果から成熟期茎葉中のケイ酸含有率および土壌中の可給態ケイ酸含量が示されると共に、水田土壌中のケイ酸含量の指標が示され(表Ⅳ-1-1)、土地改良等のほ場条件改善による土壌中のケイ酸を増強技術の発展に寄与した²⁵⁾。

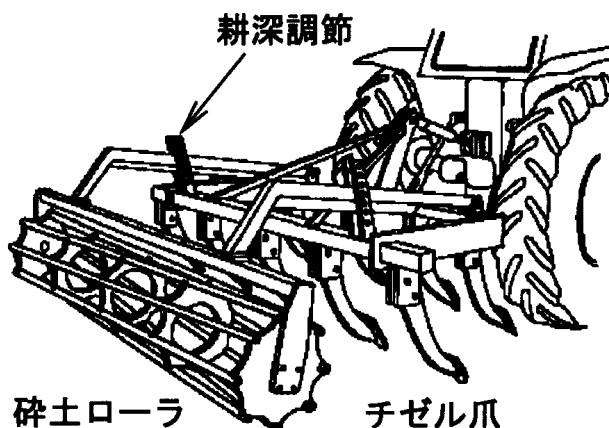
(2) 土壌管理およびほ場管理技術

①土壌管理

これまで、生育後半の土壌窒素供給力が米粒中の蛋白含有率に大きく影響することを示した。この土壌窒素供給力を制御するため土壌管理法の改善による取り組みも

表Ⅳ-1-1 低蛋白質米(80 g kg⁻¹以下)生産のためのケイ酸指標 (宮森1996)

区分	不足域	やや不足域	適正域
成熟期茎葉中 ケイ酸含有率 (g kg ⁻¹)	<100	100~130	130<
土壌中可給態 ケイ酸含有率 (mg kg ⁻¹)	<100	100~160	160<



図Ⅳ-1-1 チゼルプラウの外観 (大下ら2000)

進められてきた。

「気象・土壌情報を活用した水稻生育予測および窒素施肥対応」¹³⁾においては乾土効果を積算降水量と日平均気温からなる水熱係数を用いてモデル化し、40℃-1週間湛水静置法による培養窒素と併せて窒素供給量を推定し施肥設計への対応が提案されている。

その一方で乾土効果により土壌窒素を早期に発現させる方法についても検討されている。一般的には排水対策による融雪後の早期の乾燥化が必要であり、そのための耕起法として、水田作土の乾燥化のための耕起管理にはチゼルプラウ(図Ⅳ-1-1)による簡易耕がほ場の乾燥促進に効果があることが示されている。その特徴として碎土の土塊径が大きいこと、降雨後の表層と下層両方の土壌水分の低下が早い。また、作業性が高くロータリ耕起の2倍の作業効率を有し、良好な土壌条件で多くのほ場の耕起作業が行なえる²⁷⁾。乾燥促進の要因は、従来のロータリ又は水田プラウ耕起に比べ不耕起に近いので土塊が荒く土壌の保水性を高めない耕起であるためと考えられる。一方、耕うんによる土壌物理性への影響としてTriplettら(1968)は、耕うんされた土壌では水の取り入れが多いが、降雨による土壌クラストによりその割合が急に落ち込むため、不耕起状態の方が侵入は多いと指摘している³¹⁾。

このようなことから、作土の乾土効果を高めるには耕起法の改善による土壌管理のみでは充分でなく、暗きょや明きょの整備などを組み合わせることが重要と考えられる。

これまでの耕起作業機に関する試験研究の取り組みはロータリでは刃の形状設定による耕うん性能¹⁸⁾や耕うん時の土塊形成過程の性能向上²⁸⁾ロータリ刃の耕うん抵抗軽減¹⁷⁾が中心に検討されてきた。そのため、耕起のための性能向上は行なわれているが、ほ場乾燥化のた

表Ⅳ-1-2 浅耕が水稻の初期成育、成熟期窒素吸収量、精玄米重およびタンパク質含有率に及ぼす影響 (中央・上川農試 2004)

土壌	窒素施肥法	初期成育	窒素吸収量 (成熟期)	精玄米重	タンパク質含有率
泥炭土	側条のみ	同等から、やや抑制する	同等	やや減収する	同等
	全層+側条 全層のみ	やや向上し、経年に 伴い効果が高まる	減少し、経年に伴い より減少傾向	同等から、やや減収 する	低下し、2年目以降 より低下傾向
グライ土	側条のみ	同等から、やや抑制する	減少する	減収する	同等
	全層+側条 全層のみ	同等からやや向上、 経年で抑制傾向	減少し、経年に伴い 顕著に減少する	減収し、経年に伴い 顕著に減収する	低下する。経年効果 は判然としない
褐色低地土	全層のみ	—	—	やや減収、経年に伴 いより減収傾向	低下する

浅耕年数は、泥炭土・グライ土の側条のみは2年以内、全層+側条および全層のみは4年以内、褐色低地土は1~2年

めの土壌物理性を考慮したロータリ刃形状設定にまでは至っていない。また、各種の簡易耕についても作物生産に関する土壌理化学的改善よりも、エネルギー投入軽減などの省力的耕起法や耕うんの高速化の考え方^{19),20)}が優先的である。そのため、良食味米生産のための耕起及び土壌管理機械については新たな観点での北海道独自技術の組み立てが必要である。

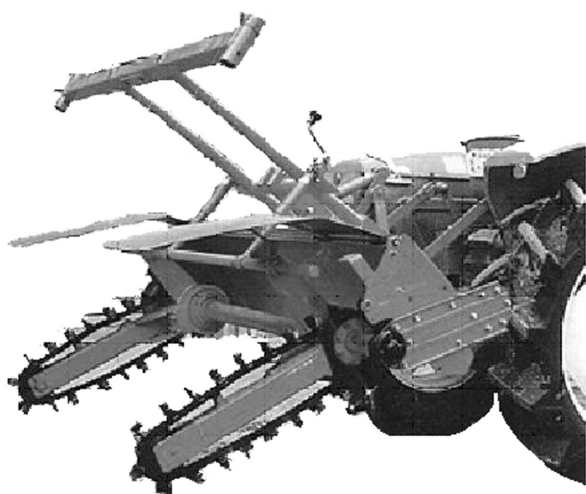
その一方で、良食味米生産のための耕起法として「浅耕代かきによる泥炭地産米の低蛋白化技術³⁸⁾」が提案され耕起による低蛋白化技術の道筋が開けてきた(表Ⅳ-1-2)。

②ほ場管理

ほ場管理は、排水性改善のための管理が主である。ほ場排水性の管理は溝切り又は溝掘り、心土破碎が代表である。これらの中で、近年の営農によるほ場排水性の改善としては溝掘り機を用いた額縁明渠の効果が示されている。額縁明渠はほ場表面の排水をほ場の外周に給排水明きよを構築することでほ場内の排水を迅速に排除でき、土壌の乾燥化に寄与することが明らかにされた²⁷⁾。

しかし、試験研究機関による水田の新たなほ場管理工法およびその作業機の開発例は少ない。主に機械メーカーによる製品で類似の汎用的作業機が多く、特定の効果を追求した営農管理作業機は少ない。その中で、新たな方法として汎用的な作業機であるロータリをトレンチに改良した細溝暗きよの掘削機¹¹⁾の開発例もある(写真Ⅳ-1-1)。

現在のほ場管理技術である溝切り又は溝掘り、心土破碎にはそれぞれ短所もある。溝切りおよび溝掘り機はほ場の外周又は10～20m程度の間隔で深さ10～30cm程度の溝を掘り、ほ場内小排水路を構築するものであるが、ほ場全体の余剰水を均一に排除することは困難である。



写真Ⅳ-1-1 ロータリを改造した細溝暗渠施工
(亀井・西田, 1988)

加えて、排水路への落水部を人力で溝掘することもあり煩雑である。他方、心土破碎は排水管理が必要な過湿条件での施工に適さず、特に表面滞水時には実施できない。また、破碎間隔が90cm程度と広く、表層の乾燥化にはさらに間隔の狭い破碎溝が必要である。

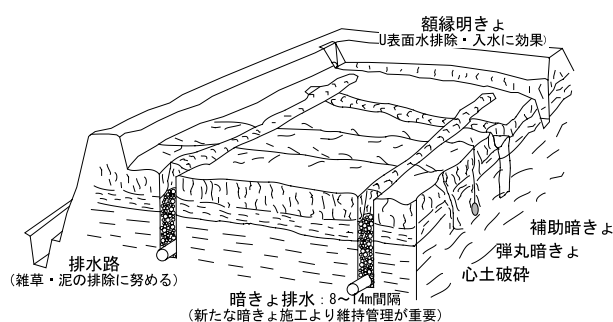
心土破碎より効果的なトレンチャーや有材心破施工機等を用いたモミガラ心破や有材心破の効果については水田の乾田化に寄与することが示されている²¹⁾。最近では各種の作業機が市販されているが、これらの有材心破にはモミガラ等の多量の資材確保と多大な労力が必要で、実際に営農管理の中で行なわれている事例は少ない。このため、普及にあたっては請負施工やコントラクター等による共同作業が前提となる。しかしながら、この労力と費用を考えると、事業等による暗きよ排水による排水性改善にまかせる傾向になってしまうのが現状である。

営農による迅速簡易施工による排水性改善法については北海道開拓時に泥炭地ほ場に対する切断排水法の提案³¹⁾や明渠掘削機等の適用性の検討がなされていた³⁹⁾。しかし、これ以降の進展がなくこの分野の発展が課題である。建設分野では既存構造物の補助機能を付加する目的に無資材の簡易排水技術が多くなっている。

③排水改良技術

水田の排水性改善のための主要技術として暗きよ排水があげられる。北海道の水田に対する暗きよ排水は古くから事業により行なわれている。暗きよ排水の研究の中では国外の施工機の適用性、土壌物理性不良土壌の要因と対策工法、組み合わせ暗きよの有効性などの検討がなされている³⁹⁾。

近年では水田の排水改良工法として細溝砂心破による水田の透排水機能の向上技術¹⁴⁾や無材暗きよの施工技術³⁶⁾が提案されている。また、暗きよ排水の基本技術として木材チップや火山礫等の新疎水材や暗きよ資材の改善、資材使用量を低減するスリムバケットや一貫施工機の開発など進展してきており北海道暗きよ排水設計指針により新たな整備水準の暗きよ排水が設定された^{5),34),35)}。



図Ⅳ-1-2 既存の排水改良法の概要

この暗きょ排水や砂心破などの新工法によるほ場乾燥化が食味改善にも寄与するものと思われる。

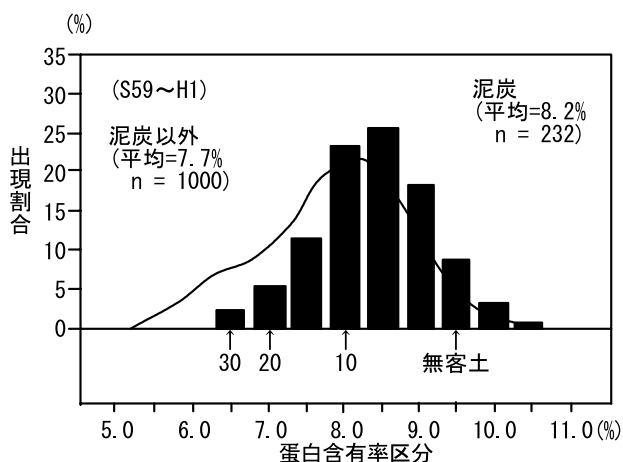
しかしながら、現地で行なわれている排水管理は暗きょ排水にのみに頼り過ぎている傾向がみられる。暗きょ排水の技術向上によっても営農による排水管理が充分でなければその効果を発揮することはできない。このことから、ほ場排水性向上の技術は耕起作業、溝切り又は溝掘り、心土破碎等の営農管理の組み合わせにより改善するしか方法はない(図IV-1-2)。これをなくして良食味米生産を実現することは困難である。

以上のことから、良食味米生産に向けたほ場条件の確保のためには、現有の営農機械を用いた新たな排水性向上技術の開発が必要と考える。

(3) ほ場整備技術

米の食味向上に必要な施肥・土壌・ほ場管理を行なうためにはその前提となるほ場整備技術の導入が不可欠である。北海道の稲作はほ場整備が行なわれたことにより可能となったが、以前のは場整備の目標は「稲作を可能とするほ場整備」から「収量確保と機械作業に対応」、「転作作物生産への対応」へと変化してきた²⁶⁾。その後、「良食味米生産への対応」への働きかけもなされたが、当時は米の品質による販売価格差の設定がなされていない状況であったため事業化には至らなかった。

現在のは場整備は主に機械作業性の向上による省力化を実現する大区画水田の取り組みが多く、農産物の品質向上のための整備の検討は始められたばかりである。数少ない作物生産に配慮したほ場整備技術としては、一度も下層土を踏圧することなくほ場整備が行なえる反転均平工法があげられる。これは整備コスト低減が計れると共に、作物生育を良好に維持できる工法であることから導入されている⁶⁾。



図IV-1-3 道内泥炭水田における蛋白含有率の分布と稲作部圃場の位置 (柳原ら 1991)

本題の泥炭土水田における良食味米生産のためのほ場整備技術の研究では稲津ら⁷⁾により客土の食味向上効果が示されている。これを裏付けるものとして、柳原ら⁴⁰⁾は客土の山土中に多く含まれているケイ酸により本田のケイ酸含量を増強でき、かつ客土による無機質表層の増加により泥炭地水田においても米粒中の蛋白含有率が低下することを示した(図IV-1-3)。さらに、「鉄・ケイ酸レベルの向上による水田地力の増進技術」¹⁵⁾では暗赤色土の山土客土による鉄の増強と、客土資源がない地域での酸化鉄およびシリカ投入による土壌中の遊離酸化鉄および可給態ケイ酸を増強する技術が提案されている(表IV-1-3, 図IV-1-4)。いずれの技術も良食味米生産に結びつく成果である。これらを支援する調査の「石狩川流域における客土資源の分布と汎用田に対する利用指針」³⁷⁾では、客土土取り場の理化学性の分布傾向が示され、ケイ酸や鉄に富む土取り場が存在する地域を明らかにした(図IV-1-5)。食味区分による価格設定が設けられた現在では、これら研究成果を活用した事業化が可能になったことで、研究機関と行政との連携による実用化に向けた取り組みが必要となる。

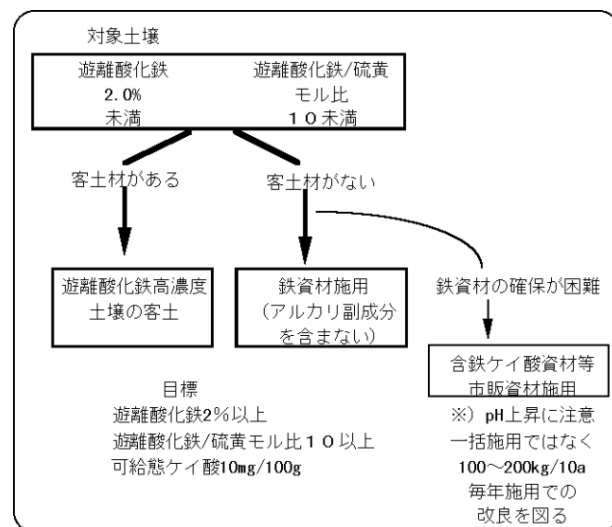
2) 残された問題点

泥炭地における米粒中の蛋白含有率低下による食味向上は土壌診断に基づく施肥管理が前提となる。しかしながら、肥培管理によっても制御できない窒素供給の制御

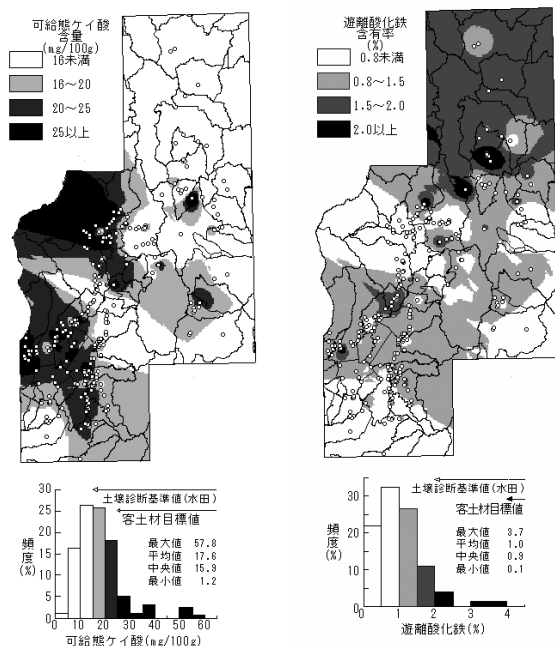
表IV-1-3 北海道の水田土壌における遊離酸化鉄の適正水準(上川・中央農試2002)

適正水準 (%)	
遊離酸化鉄(Fe_2O_3)	2.0% <

※ 全硫黄が高い場合(0.08%以上)は、遊離酸化鉄/硫黄モル比10以上必要



図IV-1-4 客土及び鉄資材施用による土壌改良対策(上川・中央農試2002)



図IV-1-5 石狩川流域における客土材の理化学性の分布

は、営農技術だけでは対応できない点も多い。

泥炭地水田に対する良食味米生産のためのほ場改善技術としては、①有効土層の乾土効果を向上させるため、現有機械を利用した営農による排水技術を開発すると共に、②下層泥炭の影響を受けないほ場へ改善する土層改良を含めた総合的な改善技術を確立することである。

(1) 営農対応技術

溝掘り又は溝切り機、心土破碎、チゼルプラウなどの土壤管理作業機を有効利用することで、作土の乾燥化を促進させ乾土効果を発現できるようにし、土壤診断の活用により減肥等による食味安定化を計る。

(2) 基盤整備対応技術

現在の泥炭地水田に対する基盤整備技術は、①区画整理、②暗きょ排水、③客土しかなく、良食味米生産のための④土層改良という考え方が整っていない。また、泥炭地特有の下層からの窒素供給による米粒中の高蛋白質化を防止する手だてがなく、これを解決する良食味米生産のための土層改良技術の開発が望まれる。また、これと共に基盤整備技術と営農対応技術を総合的に組み合わせた管理技術も必要と考える。

おわりに

泥炭地水田での良食味米生産には食味特性に最も強く影響する窒素を制御するための技術が求められる。しかし、泥炭地水田に存在する窒素の潜在量を勘案すると、短期間での窒素制御は困難を極める。そのため、ほ場条

件改善を基本技術に、施肥・営農管理を組み合わせた取組みが重要と考えられる。

そこで、今後の試験研究では第一段階のほ場条件の改善のための土層改良法と共に現有の営農機械利用による新たな排水法の開発を進める。

なお、ほ場条件改善技術導入の取組みは、試験研究部門と基盤整備を担当する行政部局との連携による制度化への推進が望まれる。すなわち、農業生産現場に良食味米生産のための基盤整備技術を進めるには新たな技術開発は基より、その技術を導入するための取組みも同時に進行させる必要があり、今後の試験研究にはこの点も求められる。

引用文献

- 1) 笛木伸彦, 今野一男. “泥炭土およびグライ土における下層土の窒素供給力の経年的低下が水稻の窒素吸収量・白米中蛋白含有量に与える影響”. 日本土壤肥科学雑誌. 73(1), 17-25(2002).
- 2) 後藤英次, 三浦 周, 野村美智子, 稲津 脩. “北海道の水田土壌における化学性の現状とその問題点”. 日本土壤肥科学雑誌. 74(4), 475-483(2003).
- 3) 北海道農試泥炭地研究室. “泥炭層切断が地下水位に及ぼす影響”. 北海道農務部. 普及奨励並びに指導参考事項. 150-155(1956).
- 4) 北海道農政部, 道立農試, 北海道米麦改良協会. “低蛋白米生産を目指した水田土壌窒素診断の手引き”. 1998. 25p.
- 5) 北海道農政部. “暗きょ排水設計指針”. 2002.164p.
- 6) 北海道農政部. “反転均平工法の実施に向けて, 反転均平工法の手引き”. 2002.23p.
- 7) 稲津 脩, 渡辺公吉, 今野一男, 森 毅彦. “泥炭地水田に対する客土の米質向上効果”. 北海道立農試集報. 39, 1-11(1978).
- 8) 稲津 脩. “北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究”. 北海道農業試験場報告. 66(1988).
- 9) 稲津 脩. “米の品質管理” 北海道農業と土壤肥料 1999北農研究シリーズXII. 日本土肥学会北海道支部編, 北農会, 1999. p.82-86.
- 10) 岩間紀男, 平 宏和, 平春枝, 御子柴穆, 吉川誠次. “米の食味に及ぼす窒素施肥および精粒中のタンパク質含有率の影響”. 食料研究所研究報告. 29, 9-15(1972).
- 11) 亀井雅浩, 西田初生. “細溝暗きょ排水法”. 九州農業試験場ニュース. No.40.(1988).
- 12) 上川農試. “水田土壌の窒素診断とこれに基づく施

- 肥対応”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。333-335(1990)。
- 13) 上川農試。 “気象・土壌情報を活用した水稻生育予測および窒素施肥対応”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。144-147(1998)。
- 14) 上川農試，中央農試。 “砂充填細溝心土破碎(砂心破)による水田の透排水機能の向上技術”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。111-113(2002)。
- 15) 上川農試，中央農試。 “鉄・ケイ酸レベルの向上による水田地力の増進技術”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。40-42(2002)。
- 16) 上川農試，中央農試，北海道米麦改良協会，北海道。 “北海道米の広域調査による蛋白変動要因”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。314-316(2004)。
- 17) 片岡 崇，渋谷 栄，小野寺一宏，太田義信。 “アップカットロータリ耕うんの土塊投てき性(第3報)，角運動量による土塊投てき性能評価”。農業機械学会誌。 **60**(5)，11-18(1998)。
- 18) 片岡 崇，岡本博史，寺脇正樹，端 俊一。 “深耕ロータリ耕うんづめのすくい面長さによる耕うん性能”。農業機械学会誌。 **66**(2)，130-136(2004)。
- 19) 雁野勝宣。 “耕土保全，環境保全からみた耕うん法に関する研究動向，1. 耕うん法が土壌の物理性に及ぼす影響”。農作業研究。 **28**(1)，1-8(1993 a)。
- 20) 雁野勝宣。 “耕土保全，環境保全からみた耕うん法に関する研究動向，3. 耕うん法が環境保全に及ぼす影響”。農作業研究。 **28**(3)，165-171(1993 b)。
- 21) 前田 要。 “北海道の強粘質水田の理工学特性と排水不良対策に関する研究”。北海道農業試験場報告。 **42**(1983)。
- 22) 南松雄，土居晃郎。 “北海道産米の品質に関する物理化学的研究 第1報，米の食味特性値と栽培環境要因との関係”。北海道立農試集報。 **24**，43-55(1971)。
- 23) 南 松雄，土居晃郎。 “北海道産米の品質に関する物理化学的研究 第2報，米の食味特性と蛋白質との関係”。北海道立農試集報。 **26**，49-58(1973)。
- 24) 宮森康雄，柳原哲司，藤倉潤治，谷口健雄。 “下層土からの窒素供給と産米品質について”。日本土壤肥料学会講演要旨集。 **38**，244(1992)。
- 25) 宮森康雄。 “低蛋白米生産におけるケイ酸の役割とその診断指標”。日本土壤肥料学雑誌。 **67**，696-700(1996)。
- 26) 農業土木新聞社。 “北海道の水田整備”。1985。 p52-62。
- 27) 大下泰生，栗崎弘利，渡辺治郎，湯川智行，平岡博幸。 “チゼルプラウ耕起と給排水明きょによるほ場の乾燥促進技術”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。272-274(2000)。
- 28) 渋谷 栄，片岡 崇，近江谷和彦，寺尾日出男。 “ロータリ耕うんにおける土塊の形成過程(第1報)重粘土のアップカットロータリ耕うん実験”。農業機械学会誌。 **52**(1)，69-75(1990)。
- 29) 竹生新治郎，渡辺正造，杉本貞三，酒井藤敏，谷口嘉廣。 “米の食味と理化学的性質の関連”。澱粉科学。 **30**，327-341(1983)。
- 30) 竹生新治郎，渡辺正造，杉本貞三，真部尚武，酒井藤敏，谷口嘉廣。 “多重回帰分析による米の食味の判定式の設定”。澱粉科学。 **32**，51-60(1985)。
- 31) Triplett, G.B.Jr., D.M.Van Drren.Jr. and B. L.Schmidt. “Effect of corn stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration.”. Agronomy Journal. **60**，236-239(1968)。
- 32) 中央農試。 “低蛋白米生産のための稲体および土壌のケイ酸指標”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。267-268(1995)。
- 33) 中央農試。 “空知管内における低蛋白米生産のための稲体および土壌の窒素指標”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。246-247(1997)。
- 34) 中央農試。 “北海道における暗きょ排水の実態と機能向上対策”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。266-269(2000)。
- 35) 中央農試。 “土壌・土地条件に対応した排水改良マニュアル”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。115-116(2002)。
- 36) 中央農試。 “掘削型無材暗きょを用いた農耕地の低コスト排水改善技術”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。98-99(2003)。
- 37) 中央農試。 “石狩川流域における客土資源の分布と汎用田に対する利用指針”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。105-107(2004)。
- 38) 中央農試，上川農試。 “浅耕代かきによる泥炭地産米の低蛋白化技術”。北海道農政部。普及奨励並びに指導参考事項。108-110(2004)。
- 39) 梅田安治，赤沢 傳。 “暗きょ排水，その施工技術の発達”。北海道土地改良事業団体連合会編。1992。 99 p.
- 40) 柳原哲司，宮森康雄，稲津 脩，谷口健雄。 “泥炭地水田に対する客土の食味向上効果(1)，客土材中ケイ酸の特異性とケイ酸供給源としての役割”。北海道立農試集報。 **63**，61-69(1991)。