

Bulletin of the NARO
Agricultural Research for Hokkaido Region

農研機構研究報告

北海道農業研究センター

No. 205
March, 2017
(平成29年3月)

農研機構研究報告 北海道農業研究センター 第205号

所長 勝田真澄
編集委員長 春原嘉弘
編集委員 田瀬和浩 村上則幸
 細山隆夫 花島大
 山崎武志 濱寄孝弘
 相場聡 佐藤裕
 秋山征夫 横田聡
 野田高弘 西脇健太郎
 藤田直聡

Bulletin of the NARO
Agricultural Research for Hokkaido Region

Number 205

Masumi KATSUTA, *Director General*

Editorial Board

Yoshihiro SUNOHARA, *Chairman*

Kazuhiro TASE	Noriyuki MURAKAMI
Takao HOSOYAMA	Dai HANAJIMA
Takeshi YAMAZAKI	Takahiro HAMASAKI
Satoshi AIBA	Yutaka SATO
Yukio AKIYAMA	Satoshi YOKOTA
Takahiro NODA	Kentaro NISHIWAKI
Naoaki FUJITA	

目 次

太陽熱土壌消毒を模した実験系による温熱処理が可給態リン酸の動態に及ぼす影響 …………… 杉戸 智子・君和田健二・岡 紀邦・橋本 知義	… 1-13
乾乳期におけるイアコーンサイレージ給与が乳牛の栄養生理状態および 早期排卵に及ぼす影響 …………… 青木 真理・青木 康浩・大下 友子	… 15-21
加工用途に適する高アミロース米水稻品種「北瑞穂」の育成 …………… 松葉 修一・清水 博之・横上 晴郁・黒木 慎・ 船附 稚子・池ヶ谷智仁・田村 泰章	… 23-35

CONTENTS

Soil incubation experiments to elucidate the effect of solarization on available phosphateTomoko SUGITO, Kenji KIMIWADA, Norikuni OKA, Tomoyoshi HASHIMOTO 1-13
Effects of the Feeding of Ear Corn Silage on Resumption of Ovary Postpartum and the Composition of the Blood in Holstein Cows during Transition PeriodMari AOKI, Yasuhiro AOKI and Tomoko OHSITA 15-21
Breeding of “Kitamizuho”, a rice cultivar with high amylose content suitable for processingShuichi MATSUBA, Hiroyuki SHIMIZU, Narifumi YOKOGAMI, Makoto KUROKI, Wakako FUNATSUKI, Tomohito IkeGAYA and Yasuaki TAMURA 23-35

太陽熱土壤消毒を模した実験系による温熱処理が 可給態リン酸の動態に及ぼす影響

杉戸智子¹⁾, 君和田健二¹⁾, 岡 紀邦¹⁾, 橋本知義²⁾

摘 要

太陽熱土壤消毒は薬剤を使わずに太陽熱を利用して地温を高めることにより土壤病害を防除する技術である。施肥後に太陽熱土壤消毒を行う畝立後消毒体系では養分の動態が土壤消毒中の高温の影響を受けると考えられる。そこで太陽熱土壤消毒を模した培養実験系において、45°Cで3週間の培養処理（以下、温熱処理）が土壤の可給態リン酸の変化に及ぼす影響を解析した。

温熱処理による可給態リン酸量の変化は給源によって異なった。肥料由来の可給態リン酸量は、リン酸の原料として有機質資材を含む有機配合肥料及び有機質肥料では温熱処理によって有意に増加した。一方、リン酸肥料及び牛ふんオガクズ堆肥由来の可給態リン酸量は温熱処理の影響をほとんど受けなかった。また、土壤由来の可給態リン酸量は温熱処理で有意に増加したがその増加量は小さかった。土壤バイオマスリン酸は温熱処理により減少したが、この減少に由来する土壤中の可給態リン酸の増加は判然としなかった。

温熱処理後の肥料及び堆肥由来の10aあたりの可給態リン酸量の増加を推定した結果、牛ふんオガクズ堆肥（現物で2t/10a施用）では過リン酸石灰10kgP₂O₅、ハイパーCDU入り有機配合肥料（商品名：ハイパーCDU入り豆用配合肥料、現物で300kg/10a施用）では過リン酸石灰20kgP₂O₅、有機質肥料（商品名：デルプラス、現物で250kg/10a施用）では過リン酸石灰20kgP₂O₅以上に相当した。

以上より、太陽熱土壤消毒を模した培養実験により肥料や堆肥から供給される可給態リン酸量を評価することで、畝立後消毒体系における適切なリン酸施肥量の推定が可能になることが示された。

キーワード：太陽熱土壤消毒，土壤培養試験，可給態リン酸，有機質肥料

I. 緒 言

施設栽培では連作が多いことから土壤病害が発生しやすく、土壤消毒が不可欠な技術となっている。しかし、土壤くん蒸剤施用の作業上の負担や食の安全・安心の観点から、さらにオゾン層破壊物質として指定された土壤くん蒸剤臭化メチルの全廃に向けて制定された「不可欠用途臭化メチル全廃に向けた国家管理戦略」（阿部，2012）に基づいて、代替技術の開発・普及が求められている。

太陽熱土壤消毒は作物を栽培しない夏場に施設内の土壤表面にマルチやビニールを張り、日最高地温を50～60°Cまで高めることで土壤中の病害菌を死滅させる技術である（岡山，1999）。

通常は太陽熱土壤消毒後に耕起・施肥を行うが、ハウスの端で十分に地温が上がらず、病原菌の死滅が不十分であった場合には太陽熱土壤消毒後の耕起による病原菌の再汚染が懸念されることから、太陽熱土壤消毒前に施肥・耕起・畝立てを行う作業体系（以下、畝立後消毒体系）が提案されている（白木，1999）。一方で、施肥・有機物施用後に太陽熱土壤消毒を行うため、高地温の影響を受けて肥料の溶出が進むことで、栽培期間中の養分供給パターンが太陽熱土壤消毒後に施肥した場合と異なる、あるいは肥効が不安定になると想定される。

これまでに、和歌山県の実エンドウ栽培では、畝立後消毒体系で窒素肥料として高温の影響を受けずに緩効的に窒素が溶出する微生物分解型緩効性窒素肥料「ハイパーCDU」を用いることで、畝立後消毒体系においても生育後半に窒素の供給を可能とする

と共に追肥作業を省略できる栽培法を提案している(橋本, 2013)。しかし, 畝立後消毒体系での土壌中の可給態リン酸の変化や, 施用したリン酸肥料, 有機配合肥料や有機質肥料及び堆肥中のリン酸の肥効がどのように変化するかについては検討されていない。

そこで, 畝立後消毒体系で太陽熱土壌消毒を行った場合に土壌や肥料, 堆肥から供給される可給態リン酸の変化を明らかにするために, 畝立後消毒体系の普及が見込まれる和歌山県及び宮崎県の施設栽培を対象として, 太陽熱土壌消毒及びその後の作物栽培期間を模した室内培養試験で解析した。

II. 材料・方法

1. 太陽熱土壌消毒前後及び再培養前後の土壌, 肥料及び堆肥由来の可給態リン酸量の推定

1) 室内培養試験

対象とした和歌山県の実エンドウ, 宮崎県のトマトの施設栽培が行われている地域はいずれも以前は水田として利用していた地域であること, 太陽熱土壌消毒による可給態リン酸量の変化量は少ないことが当初予想されたことから, その変化を把握するために可給態(トルオーグ)リン酸の低い土壌として水田土壌を供試した。和歌山県農業試験場内の細粒黄色土の水田圃場(トルオーグリン酸 $7.0\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$, 以下, 和歌山土壌)及び宮崎県総

合農業試験場内の細粒灰色低地土の水田圃場(トルオーグリン酸 $6.7\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$, 以下, 宮崎土壌)から水稲非作付け期間に採取した土壌を風乾処理後, 径2mmのふるいを通して供試した。第1表に示すとおり, 和歌山, 宮崎それぞれの土壌に, 各地域で一般的に用いられている堆肥もしくは有機配合肥料, 有機質肥料を供試して試験を行った。すなわち, 風乾土100gに対して, 和歌山土壌には施用資材としてハイパーCDU入り有機配合肥料(商品名「ハイパーCDU入り豆用配合肥料」, 実エンドウが吸収する肥料分量相当を施用することを目的とした新規開発肥料)を0.3g, 牛ふんオガクズ堆肥を2g, 宮崎土壌には有機質肥料D(商品名「デルプラス」, 宮崎県の農家で一般的に使用されている有機質肥料)を0.25g混和した。さらにリン酸肥料の可給態リン酸量の変化に及ぼす太陽熱土壌消毒の影響を評価することを目的として過リン酸石灰を和歌山土壌には56mg, 112mg, 168mg(それぞれ10kgP₂O₅, 20kgP₂O₅, 30kgP₂O₅/10a相当), 宮崎土壌には56mg, 112mg(それぞれ10kgP₂O₅, 20kgP₂O₅/10a相当)混和した。対照として資材を施用しない土壌のみの処理も設定した。供試した土壌, 肥料及び牛ふんオガクズ堆肥の理化学性を第2表に示す。

肥料及び堆肥を土壌に混和後, イオン交換水を霧吹きで加えて最大容水量の60%(含水率は和歌山土壌で21.9%, 宮崎土壌で26.0%)に土壌水分を調整

第1表 供試した有機質肥料および堆肥の成分施用量

供試土壌	施用資材	成分含量(%)			混和量 (kg/10a相当)	成分施用量(kg/10a相当)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
和歌山土壌	ハイパーCDU入り有機配合肥料	8	3	7	300	24	9	21
	牛ふんオガクズ堆肥	1.70	0.97	1.26	2000	34	19	25
	過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)	0	18	0	56	0	10	0
	過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)	0	18	0	112	0	20	0
	過リン酸石灰(30kgP ₂ O ₅)	0	18	0	168	0	30	0
宮崎土壌	有機質肥料D	6	8	3	250	15	20	8
	過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)	0	18	0	56	0	10	0
	過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)	0	18	0	112	0	20	0

第2表 供試した土壌及び牛ふんオガクズ堆肥の理化学性

	pH(H ₂ O)	有効態リン酸 mg/100g	リン酸 吸収係数	全炭素 %	全窒素 %	C/N	交換性K mg/100g
和歌山土壌	5.4	7.0	442	1.38	0.15	9.2	8.9
宮崎土壌	6.1	6.7	513	1.41	0.13	10.8	15.0
	水分 %	pH	リン酸* %	全炭素 %	全窒素 %	C/N	カリ* K ₂ O%
ハイパーCDU入り有機配合肥料	—	—	3	33.4	8.6	3.9	7
有機質肥料D	—	—	8	36.3	6.3	5.8	3
牛ふんオガクズ堆肥	51.27	5.47	0.97	24.3	1.70	14.3	1.26

*肥料の保証成分含量

した。今回対象とした和歌山の実エンドウ、宮崎のトマトの栽培現場では太陽熱土壌消毒を行う場合は散水を行うことから太陽熱土壌消毒中に水は下方に移動しやすいと想定して、水が下方に移動しやすい条件として底部に5mm程度のれき（商品名：えぞれき）25gを充填した250mLポリビンに水分を調整した土壌を充填した。れきの高さは底面から約30mm、ポリビン上部の空間（ヘッドスペース）は肩の部分までそれぞれ約35mm（和歌山土壌）、43mm（宮崎土壌）であった。

それぞれ45℃（温熱あり）もしくは30℃（温熱なし）のインキュベーター内で3週間静置した（温熱処理）。栽培現場で指導されている太陽熱土壌消毒時の目安温度は40℃もしくは45℃と県によって多少異なるが、本試験では45℃を温熱ありの温度とし、太陽熱土壌消毒を行わない場合も夏場の施設内の温度は露地より高くなることから、一般的な培養試験よりやや高い30℃を温熱なしの温度とした。また、一般的には畝立時にマルチを張り、ビニールで土壌表面を覆って土壌消毒処理を行うことから空気の入りがある程度制限される条件にするため、ポリビンのふたをゆるく締めて温熱処理を行った。

温熱処理終了後にポリビン中の土壌を生土で採取し、温熱処理後の土壌として分析に供試した。なお、最大容水量の60%に調整した直後の土壌を温熱処理前の土壌として分析に供試した。

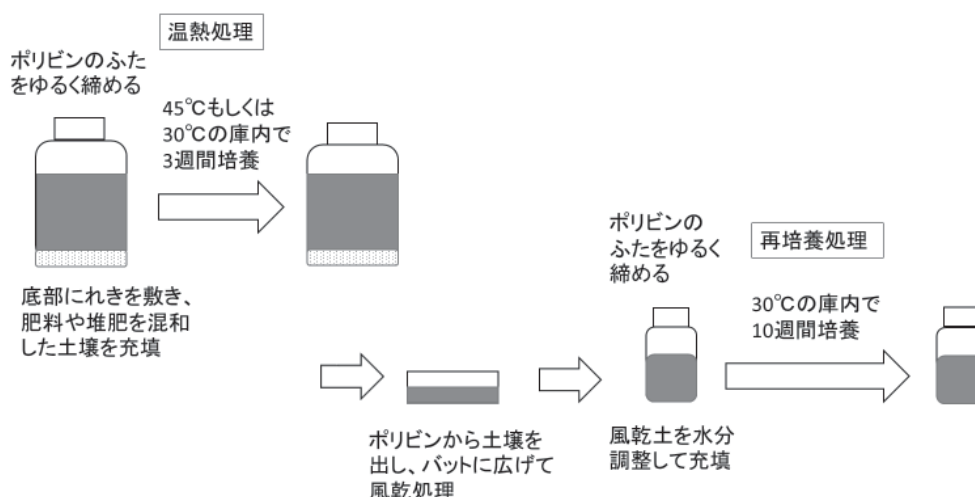
温熱処理前、温熱処理後の土壌について可給態リン酸をトルオーグ法（Truog, 1930）に準じて分析した。すなわち生土で約1g（乾土約0.8g相当）を

250mLポリビンに精秤し、抽出液200mLを加えて振とう抽出後、ろ液中の無機リン酸をモリブデンブルー法で比色定量した。また、温熱処理による土壌微生物由来のリン酸の可給化量を評価することを目的として、土壌のみを温熱処理した区の土壌バイオマスリン酸をクロロホルムくん蒸抽出法の改良法（杉戸・吉田, 2006）で分析した。

次に温熱処理終了後の土壌をポリビンから出して室温で風乾し、この風乾土40gにイオン交換水を霧吹きで加えて和歌山土壌は最大容水量の60%に、宮崎土壌は60%では播種時の水分条件としてはやや高いと判断して50%に水分調整を行い、100mLポリビンに充填した後、30℃のインキュベーター内に静置した（以下、再培養処理）。なお、風乾処理は実際の太陽熱土壌消毒後の条件とは異なるが、今回対象とした栽培現場では太陽熱土壌消毒後に播種・定植に適する条件まで土壌をやや乾燥させることを考慮すると同時に、再培養処理時のサンプル間の土壌水分条件を合わせるために行った。また、今回対象とした実エンドウ、トマトでは畝にマルチを張った条件で栽培することから、再培養処理時もポリビンのふたをゆるく締めて処理を行った。

温熱処理後の風乾土（再培養処理前土壌として）、2週後、6週後、10週後の土壌を採取し、可給態リン酸をトルオーグ法に準じて分析した。すなわち再培養処理前のみ風乾土で、それ以外は生土でいずれも約1g（生土の場合、乾土約0.8g相当）を分析に供試した。以上の培養実験系の概要を第1図に示す。

太陽熱土壌消毒を模した室内実験の手順



第1図 太陽熱土壌消毒を模した室内実験系の概要

2) 太陽熱土壌消毒をした場合の堆肥、有機配合肥料及び有機質肥料から供給される可給態リン酸量の推定

II. 1. 1) の試験により得られたデータを用いて、畝立後消毒体系において土壌に堆肥、資材及びリン酸肥料を施用することで増加する可給態リン酸量を推定した。第3表に示す通り、45°C培養（温熱あり）の処理区について和歌山土壌では牛ふんオガクズ堆肥（W2）、ハイパーCDU入り有機配合肥料（W3）、過リン酸石灰（W4～W6）を施用した土壌から土壌のみ（W1）を温熱処理した場合の、宮崎土壌では有機質肥料D（M2）、過リン酸石灰（M3, M4）を施用した土壌から土壌のみ（M1）を温熱処理した場合の、それぞれの可給態リン酸量の差を「資材由来のリン酸可給化量」とした。例えば、温熱処理後のハイパーCDU入り有機配合肥料を施用した土壌の可給態リン酸量11.1mgP₂O₅/100g（W3）と、温熱処理後の土壌のみの可給態リン酸量5.33mgP₂O₅/100g（W1）との差、5.77mgP₂O₅/100g（W3-W1）が温熱処理後のハイパーCDU入り有機配合肥料由来のリン酸可給化量である。

この資材由来のリン酸可給化量と過リン酸石灰由来のリン酸可給化量について、再培養処理前の値と再培養処理中の経時的変化の推移の両面から比較することで、資材由来のリン酸可給化量が過リン酸石灰を何kg/10a施用した場合に相当するかを推定した。

2. 畝立後消毒体系と慣行の消毒体系でのリン酸肥料由来のリン酸可給化量の経時的変化の比較

太陽熱土壌消毒前に施肥を行う畝立後消毒体系と、太陽熱土壌消毒後に施肥を行う慣行の消毒体系との、作物栽培期間中のリン酸肥料の経時的変化に相違が生じるかを検討するため、以下の試験をおこなった。和歌山土壌の風乾土40gに過リン酸石灰

22mg, 45mg, 67mg（それぞれ10kgP₂O₅, 20kgP₂O₅, 30kgP₂O₅/10a相当）を混和した後、最大容水量の60%の水分に調整して100mLのポリビンに充填し、30°Cのインキュベーター内に静置した。開始時（肥料混和後、最大容水量の60%の水分に調整した土壌）、6日後、2週後、6週後及び10週後の可給態リン酸量をトルオーグ法に準じて分析した。すなわち生土で約1g（乾土約0.8g相当）を分析に供試した。得られた結果を、II. 1. 1) の試験の畝立後消毒体系に相当する過リン酸石灰施用、45°C培養（温熱あり）後に再培養処理をした試験区の可給態リン酸量の変化と比較することで、温熱処理に対するリン酸施肥時期の違いがリン酸肥料の肥効に及ぼす影響を検討した。

3. 統計解析

統計解析は「エクセル統計2012（社会情報サービス社）」を用いた。土壌及び施用資材毎に温熱処理の有無と可給態リン酸の分析時期を二因子とした分散分析を行った結果、要因間に相互作用が認められたことから、それぞれの要因の影響について多重比較検定（Scheffe法）を行った。

III. 結果

1. 温熱処理前後及び再培養処理前後の土壌、肥料及び堆肥由来の可給態リン酸量の推定

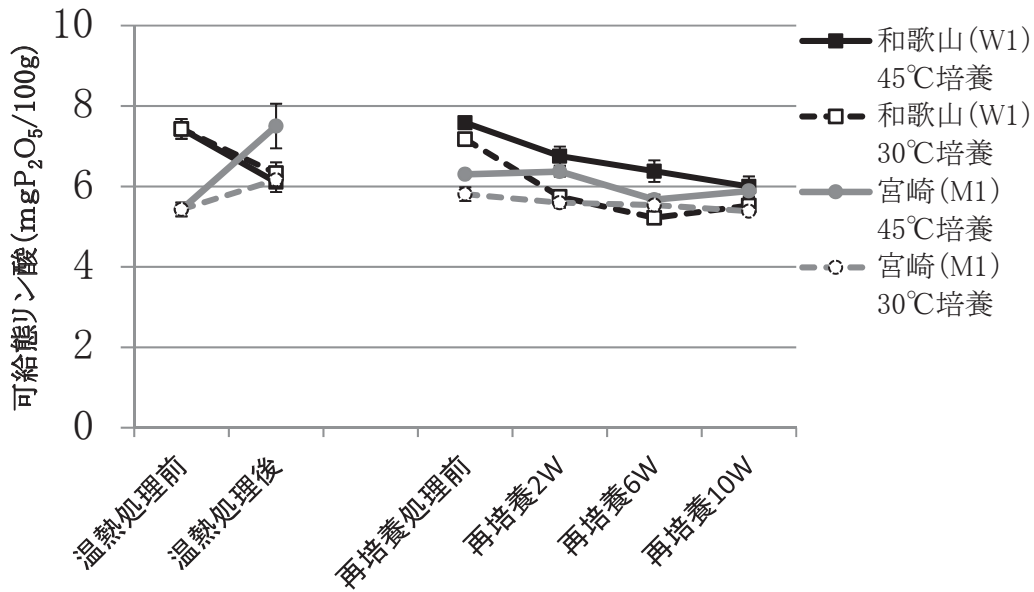
1) 室内培養試験での可給態リン酸量、土壌バイオマスリン酸量の変化

供試土壌を温熱処理及び再培養処理した場合の可給態リン酸の変化を第2図に示す。和歌山土壌では、温熱処理時の温度にかかわらず、温熱処理後の可給態リン酸量は温熱処理前よりも有意に低くなった。ただし、温熱処理前と再培養処理前との間に有意な差は認められなかった。また、再培養処理中の可給態リン酸量は経時的に減少したものの、45°C培

第3表 資材由来のリン酸可給化量の算出

供試土壌	施用資材	処理区記号	資材由来のリン酸可給化量の計算*
和歌山土壌	なし(土壌のみ)	W1	
	牛ふんオガクズ堆肥	W2	W2-W1=牛ふんオガクズ堆肥由来のリン酸可給化量
	ハイパーCDU入り有機配合肥料	W3	W3-W1=ハイパーCDU入り有機配合肥料由来のリン酸可給化量
	過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)	W4	W4-W1=過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)由来のリン酸可給化量
	過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)	W5	W5-W1=過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)由来のリン酸可給化量
	過リン酸石灰(30kgP ₂ O ₅)	W6	W6-W1=過リン酸石灰(30kgP ₂ O ₅)由来のリン酸可給化量
宮崎土壌	なし(土壌のみ)	M1	
	有機質肥料D	M2	M2-M1=有機質肥料D由来のリン酸可給化量
	過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)	M3	M3-M1=過リン酸石灰(10kgP ₂ O ₅)由来のリン酸可給化量
	過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)	M4	M4-M1=過リン酸石灰(20kgP ₂ O ₅)由来のリン酸可給化量

*同一時期に45°Cで温熱処理を行った処理区間の差



第2図 温熱処理及び再培養処理による土壤由来の可給態リン酸の経時的変化

n=4, 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

凡例中のW1, M1は第3表の処理区記号を示す。

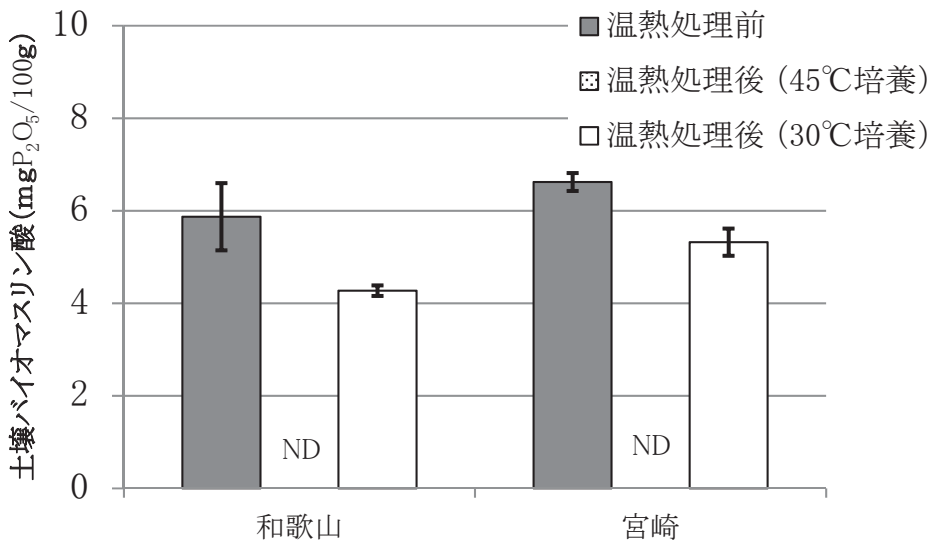
45°C培養：温熱処理時に45°Cで培養（温熱あり）

30°C培養：陽熱処理時に30°Cで培養（温熱なし）

養では30°C培養と比較して有意に高く推移した。一方、宮崎土壤では温熱処理後の可給態リン酸量は温熱処理前よりも有意に高くなった。また、45°C培養で30°C培養と比較して、再培養6週以外で可給態リン酸量が有意に高く推移した。

温熱処理前後の土壤バイオマスリン酸量を第3図に示す。土壤バイオマスリン酸は和歌山土壤、宮崎土壤とも45°C培養で未検出、すなわちクロロホルム

でくん蒸した土壤とくん蒸しない土壤それぞれから抽出されるリン酸量の差がマイナスとなった。仮に、くん蒸した土壤のリン酸量とくん蒸しない土壤のリン酸量の差が統計的に有意となる場合の最小値を検出限界値として試算して、土壤バイオマスリン酸量に換算した結果、和歌山土壤、宮崎土壤それぞれで1.6, 1.3mgP₂O₅/100gとなった。この値から土壤バイオマスリン酸の減少量を試算すると、45°C培



第3図 温熱処理前後の土壤バイオマスリン酸

n=4, 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

和歌山土壤、宮崎土壤のいずれも温熱処理後（45°C培養）の土壤バイオマスリン酸はND（未検出）

養では土壌バイオマスリン酸は約2割に減少していたことになる。一方、太陽熱土壌消毒後の生菌数が半減したという知見（伊藤ら，2000）や、蒸気消毒処理後の土壌バイオマス炭素が半減したという報告（田中ら，2001）がある。本試験で45℃培養後の土壌バイオマスリン酸が約2割まで減少したとする推定ではやや減少量が多いが、試算に基づく推定値としてはおおむね妥当と判断した。

和歌山土壌に牛ふんオガクズ堆肥もしくはハイパーCDU入り有機配合肥料を施用した場合の温熱処理前後及び再培養処理中の可給態リン酸の変化を第4図に示す。

牛ふんオガクズ堆肥施用の場合、温熱処理の有無にかかわらず、温熱処理後の可給態リン酸量は有意に低下した。また、土壌のみの場合（第3図）と同様に再培養処理中の可給態リン酸量は経時的に減少した。45℃培養で30℃培養と比較して再培養2週及び6週で可給態リン酸量が有意に高く推移したが、再培養10週では有意な差は認められなかった。一方、ハイパーCDU入り有機配合肥料施用では、いずれの時期においても45℃培養で30℃培養と比較して可給態リン酸量が有意に高くなった。

宮崎土壌に有機質肥料Dもしくは過リン酸石灰を施用した場合の温熱処理前後及び再培養処理中の可

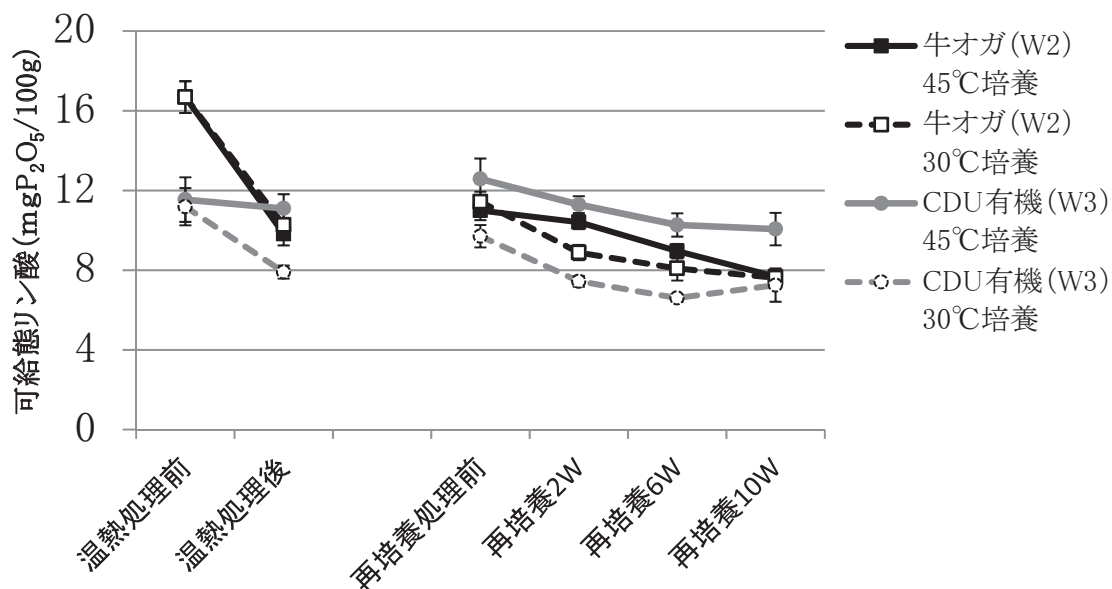
給態リン酸の変化を第5図に示す。有機質肥料D施用では、温熱処理後及び再培養2週ではハイパーCDU入り有機配合肥料施用時と同様に45℃培養で30℃培養と比較して可給態リン酸量が有意に高くなったが、再培養6週以降では有意な差は認められなかった。

過リン酸石灰施用の場合は、牛ふんオガクズ堆肥施用時と同様に、温熱処理の有無にかかわらず温熱処理後の可給態リン酸量は有意に低下した。また、再培養処理中の可給態リン酸量は経時的に減少し、45℃培養と30℃培養との間に有意な差は認められなかった。

2) 温熱処理を行った場合の堆肥、有機配合肥料及び有機質肥料から供給される可給態リン酸量の推定

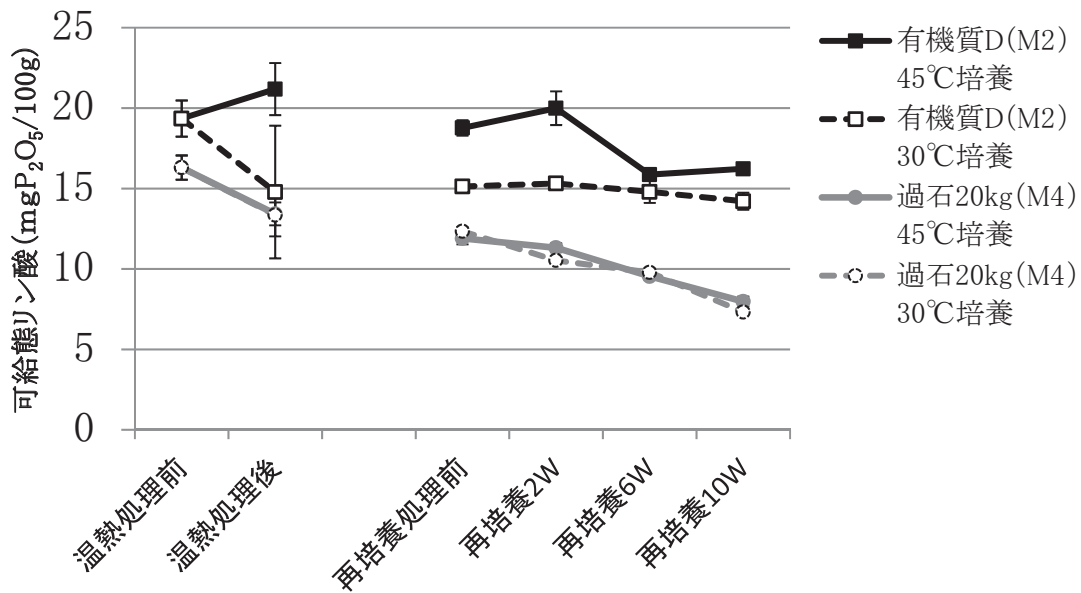
堆肥、有機配合肥料及び有機質肥料から供給される可給態リン酸量を、過リン酸石灰を施用した場合と比較したリン酸可給化量は、牛ふんオガクズ堆肥20kgP₂O₅/10a相当施用（W2-W1）では過リン酸石灰10kgP₂O₅/10a（W4-W1）、ハイパーCDU入り有機配合肥料9kgP₂O₅/10a相当施用（W3-W1）では過リン酸石灰20kgP₂O₅/10a（W5-W1）を施用した場合と同等のリン酸可給化量が見込めた（第6図）。

また、有機質肥料D20kgP₂O₅/10a相当施用（M2-



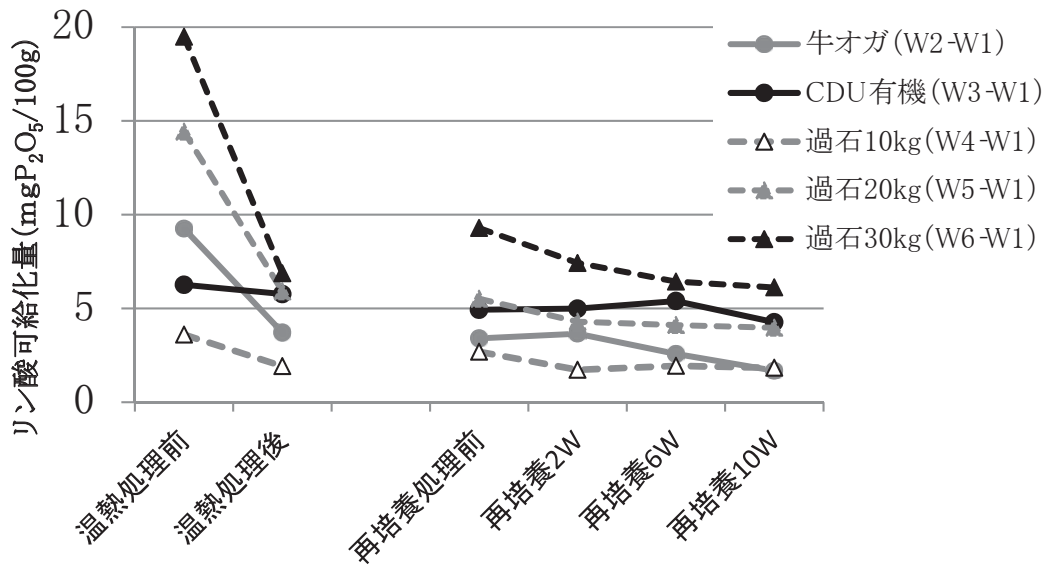
第4図 温熱処理及び再培養処理による堆肥、有機配合肥料施用時の可給態リン酸量の経時的変化（和歌山土壌）

n=4, 図中のエラーバーは標準偏差を、
凡例中のW2, W3は第3表の処理区記号を示す。
牛オガ=牛ふんオガクズ堆肥
CDU有機=ハイパーCDU入り有機配合肥料



第5図 温熱処理及び再培養処理による有機質肥料，リン酸肥料施用時の可給態リン酸量の経時的変化（宮崎土壌）

n=4, 図中のエラーバーは標準偏差を,
凡例中のM2, M4は第3表の処理区記号を示す。
有機質D=有機質肥料D（商品名「デルプラス」）
過石20kg=過リン酸石灰20kgP₂O₅/10a



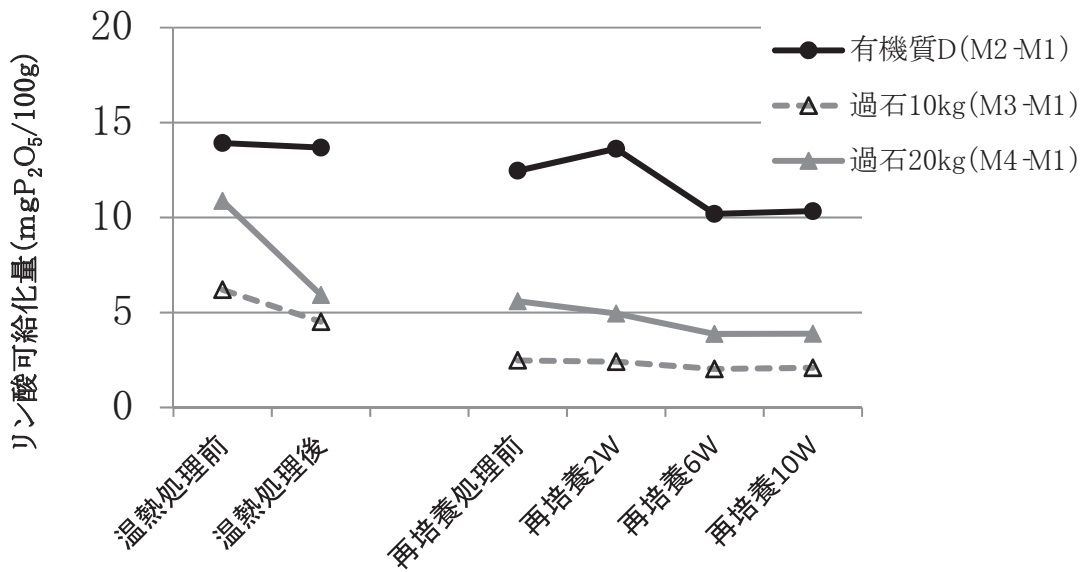
第6図 肥料及び堆肥施用土壌でのリン酸可給化量（和歌山土壌）

凡例中のW1~W6は第3表の処理区記号を示す。
過石10kg=過リン酸石灰10kgP₂O₅/10a
過石30kg=過リン酸石灰30kgP₂O₅/10a

M1) では過リン酸石灰20kgP₂O₅/10a (M4-M1) 施用以上のリン酸可給化量が見込めることが示された(第7図)。

2. 畝立後消毒体系と慣行の消毒体系でのリン酸肥料由来の可給態リン酸量の経時的変化の比較

過リン酸石灰施肥後に温熱処理及び再培養処理を行った土壌(畝立後消毒体系)と、温熱処理を行わずに過リン酸石灰を施肥して30°Cで培養した土壌

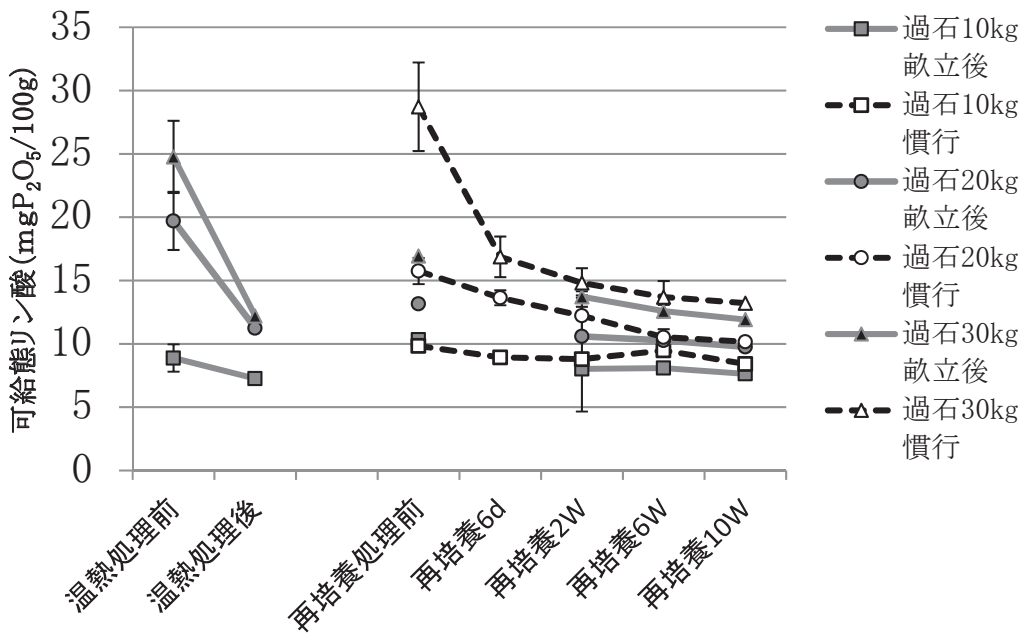


第7図 肥料施用土壌でのリン酸可給化量 (宮崎土壌)

凡例中のM1~M4は第3表の処理区記号を示す。

(慣行体系)の可給態リン酸量を第8図に示す。畝立後消毒体系の過リン酸石灰10kgP₂O₅/10a施用区では再培養処理前の可給態リン酸量がもっとも高くなったが、それ以外は畝立後消毒体系、慣行体系のいずれも過リン酸石灰の施用直後に可給態リン酸量はもっとも高かった。過リン酸石灰10kgP₂O₅/10a施

用では畝立後消毒体系、慣行体系の間に可給態リン酸量の有意な差は認められず、いずれの体系でも施用直後の可給態リン酸量の増加量や、培養に伴う経時的变化は小さかった。過リン酸石灰20kgP₂O₅/10a施用では可給態リン酸量は経時的に減少し、再培養2週までは慣行体系で畝立後消毒体系よりも有意に



第8図 リン酸肥料の施肥時期の違いが可給態リン酸量の経時的变化に及ぼす影響 (和歌山土壌)

n=4, 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
 畝立後：畝立後消毒体系 (施肥後45℃培養)
 慣行：慣行体系 (風乾土に施肥)

高かったが、その後は有意な差は認められなかった。過リン酸石灰 $30\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施用では可給態リン酸量は経時的に減少し、再培養処理前では慣行体系で畝立後消毒体系よりも有意に高かったが、その後は有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

1. 土壌からの可給態リン酸の供給に及ぼす温熱処理の影響

土壌のみを温熱処理した場合、宮崎土壌では温熱処理後の可給態リン酸量は温熱処理前よりも有意に高くなった。また、再培養処理時の可給態リン酸量は宮崎土壌の再培養6週を除けば 45°C 培養で 30°C 培養よりも有意に高く推移した。しかし、その増加量は最大でも $1.3\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ （宮崎土壌の温熱処理後）と少なかった上に、再培養10週では温熱処理の有無による可給態リン酸量の差は和歌山土壌、宮崎土壌のいずれでも認められなかった（第2図）。

なお、本試験における培養試験は可給態（トルオーグ）リン酸の低い水田土壌だけで行っており、畑土壌など他の土壌での検討を行っていない。水田土壌では乾土効果で土壌中の有機物の分解が生じやすいことが畑土壌との大きな違いと考えられるが、本試験では水稲非栽培期間中に採取し、風乾処理を行った土壌を培養試験に用いたことから、培養試験の間に土壌中の有機物の分解により供給された可給態リン酸量は畑土壌とそれほど変わらないと考え、以下の考察を行う。

Gelsominoら（2006）は圃場試験において72日間の太陽熱土壌消毒を行い、太陽熱土壌消毒処理開始直後に土壌中の可給態リン酸が太陽熱土壌消毒を行わない場合と比較して最大で約 $0.7\text{mgP}/\text{kg}$ （ $0.16\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ ）増加したが、太陽熱土壌消毒による可給態リン酸量の増加に有意な差は認められなかったことを示している。よって、施肥後に太陽熱土壌消毒を行う畝立後消毒体系においても、土壌からの可給態リン酸量の供給は慣行体系とおおむね同等であり、考慮する必要はないと判断した。

ただし、リン酸含量の高い易分解性の有機物に富む土壌であれば、後述する有機配合肥料や有機質肥料を施用した土壌同様に温熱処理による可給態リン酸の増加が生じる可能性もあり、今後の検討を要する。

一方、土壌バイオマスリン酸は温熱処理前の2割

程度に減少していたと推定したが、可給態リン酸の増加は判然としなかった（第3図）。土壌微生物菌体中のリン酸は土壌中で分解されやすい核酸、リン酸エステル、リン脂質などが主たる形態であるとされている（Webley and Jones, 1971）。そのため、当初は温熱処理によって土壌バイオマスリン酸が減少した分の菌体は速やかに分解され、可給態リン酸として土壌中に供給されると予想したが、想定とは異なる結果となった。これは、主として増加したリン酸が土壌に吸着されたことによると考えられた。例えば第8図の慣行体系で過リン酸石灰 $20\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施肥した場合、施肥前の土壌とのトルオーグリン酸の差は $10.5\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ であったが、施肥後2週には $6.3\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ となり、 $4.1\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 減少していた。温熱処理による土壌バイオマスリン酸の推定減少量は和歌山土壌、宮崎土壌でそれぞれ 4.3 、 $5.3\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ となることから、土壌バイオマスリン酸由来の可給態リン酸が過リン酸石灰を施肥した場合と同様に土壌に吸着した可能性は十分考えられる。さらに、今回供試した土壌の土壌バイオマスリン酸は堆肥を連用してトウモロコシ・イゲンマメの交互作用を行った黒ボク土の土壌バイオマスリン酸と同程度（Sugito et al., 2010）と比較的高めであったことから、温熱処理による土壌バイオマスリン酸由来の可給態リン酸の増加は量的にも期待できないと判断した。

2. 堆肥、有機配合肥料及び有機質肥料からの可給態リン酸の供給に及ぼす温熱処理の影響

牛ふんオガクズ堆肥施用では温熱処理及び再培養処理を行うことで徐々に減少した（第4図）。温熱処理前の牛ふんオガクズ堆肥施用土壌の可給態リン酸は $16.7\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ で、土壌の可給態リン酸より $9.3\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 高かったことから、牛ふんオガクズ堆肥施用土壌での可給態リン酸の経時的変化は温熱処理の有無に関わらず、牛ふんオガクズ堆肥中に含有されるトルオーグ法の抽出液で抽出される無機態リン酸が温熱処理及び再培養処理中に土壌に吸着したことによると考えられた。

ただし、一時的とはいえ再培養2週、6週においては 45°C 培養で 30°C 培養よりも可給態リン酸は高くなった。この理由は不明であるが、これまでに太陽熱土壌消毒による土壌の物理性の変化も指摘されている（Chen et al., 1991）ことから、太陽熱土壌消

毒によるリン酸の土壌への吸脱着特性の変化について今後の検討が必要であると考えられる。

また、堆肥は堆肥化過程で数週間に渡り60~70℃程度の発熱過程を経ていることから、今回供試した牛ふんオガクズ堆肥には後述する有機配合肥料や有機質肥料に含まれる魚粕、菜種粕、米ぬかのようなリン酸を含有し、温熱処理による分解促進が想定される有機成分はほとんどなかったと考えられた。一方、Gelsominoら(2006)は圃場試験で堆肥を施用して太陽熱土壌消毒を行うことで有意な差ではなかったものの、可給態リン酸の顕著な増加が認められたことを示している。堆肥の性質は原材料、製造方法によって多様であることから、太陽熱土壌消毒により可給態リン酸が増加する堆肥もあると考えられる。よって畝立後消毒体系で堆肥を施用する場合には、実際に施用する堆肥を用いて可給態リン酸の供給量を評価する必要がある。

一方、ハイパーCDU入り有機配合肥料及び有機質肥料Dの施用では、45℃培養では温熱処理後の可給態リン酸量は温熱処理前と同程度であり、ハイパーCDU入り有機配合肥料では再培養10週まで、有機質肥料Dでは再培養2週まで、30℃培養と比較して有意に高くなった(第4図、第5図)。ハイパーCDU入り有機配合肥料に含まれるリン酸の原材料の半分強を占める骨粉はリン酸肥料としては緩効性であるが、残り4割は比較的分解が早いとされる有機質資材(野口, 1992)である菜種粕と魚粕で配合されている。Chenら(1999)は、太陽熱土壌消毒を行うことで、有機物が分解する際に生じるような緩やかな加水分解反応あるいは解重合により溶存態有機物の増加が生じた可能性を示している。また、太陽熱土壌消毒を行うことで土壌中の易分解性有機物の無機化を促進したという知見(Gelsomino et al., 2006; Stapleton et al., 1985)がある。本試験においても、ハイパーCDU入り有機配合肥料に含有されている菜種粕と魚粕が温熱処理により分解、無機化したことで、リン酸が可給化した可能性が考えられた。

宮崎土壌に施用した有機質肥料Dのリン酸の原材料は主として蒸製骨粉、魚粉類、米ぬかであるが、その配合割合は不明である。有機質肥料DでもハイパーCDU入り有機配合肥料と同様に魚粉類、米ぬかの分解、無機化によりリン酸の可溶化が生じていたと想定されるが、温熱処理により分解、無機化する

と考えられるリン酸資材の種類、その配合割合や製造過程の違いにより可給態リン酸量の経時的推移が異なると考えられた。しかし、配合されているリン酸資材の種類、配合割合や製造過程の違いと温熱処理による可給態リン酸量の変化との関係は不明であり、その解析は今後の課題である。

3. 堆肥及び有機質肥料から供給される可給態リン酸量の推定

リン酸可給化量は、牛ふんオガクズ堆肥20kg $P_2O_5/10a$ 相当施用(W2-W1)では過リン酸石灰10kg $P_2O_5/10a$ (W4-W1)、ハイパーCDU入り有機配合肥料9kg $P_2O_5/10a$ 相当施用(W3-W1)では過リン酸石灰20kg $P_2O_5/10a$ (W5-W1)、有機質肥料D 20kg $P_2O_5/10a$ 相当施用(M2-M1)では過リン酸石灰20kg $P_2O_5/10a$ (M4-M1)施用以上が見込めた(第6図、第7図)。前述の通り、ハイパーCDU入り有機配合肥料及び有機質肥料Dでは温熱処理による有機物の穏やかな分解とそれに続くリン酸の可溶化が土壌へのリン酸吸着を遅延したことで成分保証量以上の可給態リン酸の供給が見込めたと考えられる。

以上より、第1図に示す培養試験によって畝立後消毒体系において施用した資材(堆肥、有機配合肥料、有機質肥料)のリン酸可給化量を過リン酸石灰と比較することで、資材から供給される可給態リン酸量を推定することができた。過リン酸石灰での施用と比較した場合、今回供試した資材のうち有機質肥料Dでは成分保証量以上との評価に留まったが、ハイパーCDU入り有機配合肥料の施用では成分保証量の約2倍の、牛ふんオガクズ堆肥では温熱処理前の施用土壌の可給態リン酸の土壌との差であった9.3mg $P_2O_5/100g$ とほぼ同等の可給態リン酸が、畝立後消毒体系において供給される可能性が示された。

ただし、土壌に施用する有機物の種類によって土壌に富化されるリン酸の形態が異なるという知見(杉戸ら, 2001)もあり、太陽熱土壌消毒を行う施設土壌でも有機質資材や堆肥から供給される可給態リン酸量は施用する資材の種類によって異なることが考えられる。よって、実際の栽培現場で施用する資材毎に培養試験によりリン酸可給化量を過リン酸石灰と比較することで、畝立後消毒体系において施用した資材から供給される可給態リン酸量を推定する必要がある。

4. 施肥時期の違いによる施肥リン酸由来の可給態リン酸

過リン酸石灰の施肥時期（畝立後消毒体系もしくは慣行体系）が異なると、再培養2週までは慣行体系で畝立後消毒体系よりも可給態リン酸量が有意に高くなる場合もあったが、再培養6週以降の可給態リン酸量に有意な差は認められなかった（第8図）。慣行体系では、施用直後の可給態リン酸量を1とした時の過リン酸石灰10～30kgP₂O₅/10a施肥後6日目の可給態リン酸の割合は0.59～0.90であったことから、過リン酸石灰由来のリン酸は施肥後速やかに土壌に吸着されていたと判断できた。さらに慣行体系で畝立後消毒体系よりも有意に可給態リン酸量が多かった場合でもその差は1.6mgP₂O₅/100gと少なかった。よって、畝立後消毒体系で過リン酸石灰を施肥した場合でも、慣行体系の太陽熱土壌消毒後の施肥とほぼ同様の肥効が期待でき、慣行体系で太陽熱土壌消毒を行っていた施設栽培圃場で畝立後消毒体系を新たに行う場合でも、過リン酸石灰の施用量は従来と同量でよいことが示された。

以上より、施設土壌において畝立後消毒体系で太陽熱土壌消毒を行う場合、リン酸肥料や堆肥からのリン酸供給量は慣行体系と同等、有機質肥料や有機配合肥料など有機質のリン酸成分を含む資材を施用する場合にはリン酸供給量が慣行体系よりも増加することから、施用する資材から供給される可給態リン酸量を評価して、適切なリン酸施肥を行う必要がある。

謝 辞

本研究は「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」25060の支援を受けて行われた。

研究を推進するにあたり、北海道農業研究センター研究支援センター業務第2科総括作業長の菅原保英氏には室内培養実験系の構築についてのアドバイスや分析業務の支援をいただいた。また、試験に用いた土壌及び肥料を和歌山県農業試験場の林恭弘氏、三宅英伸氏、橋本真穂氏（現和歌山県庁）、宮崎県総合農業試験場の野崎克弘氏、有簾隆男氏、篠原陽子氏から分与していただいた。ここに記して感謝する。

引用文献

- 1) 阿部清文 (2012) 不可欠用途臭化メチルの代替技術の開発・普及について. 植物防疫所病害虫情報. 第98号. 2-4. 農林水産省. 東京.
- 2) Chen, Y. Gamliel, A. Stapleton, J. J. and Aviad, T. (1991) Chemical, physical, and microbial changes related to plant growth in disinfested soils. *In* Soil Solarization. Eds. Katan, J. and DeVay, J. E., pp. 103-129, CRC Press, Boca Laton, FL.
- 3) Chen, Y. Katan, J. Gamliel, A. Aviad, T. and Schnitzer, M. (2000) Involvement of soluble organic matter in increased plant growth in solarizes soils. *Biol. Fertil. Soils*, 32, 28-34.
- 4) Gelsomino, A. Badalucco, L. Landi, L. and Cacco, G. (2006) Soil carbon, nitrogen and phosphorus dynamics as affected by solarization alone or combined with organic amendment. *Plant and Soil*, 279, 307-325.
- 5) 橋本真穂 (2013) 実エンドウ栽培での微生物分解性肥効調節型肥料を用いた太陽熱土壌消毒前全量基肥. グリーンレポート. 第507号. 10-11. JA全農. 東京.
- 6) 伊藤喜誠, 豊田剛己, 木村真人 (2000) 各種土壌消毒処理のメロンホモプシス根腐病への効果とそれに伴う土壌微生物群集の変化. *土肥誌*. 71. 154-162.
- 7) 野口勝憲 (1992) 有機質肥料の成分組成とその分解による土壌微生物相の変化. 片倉チッカリン株式会社筑波総合研究所特別研究報告. 第1号. 42-51. 片倉チッカリン株式会社. 茨城.
- 8) 岡山健夫 (1999) 太陽熱土壌消毒. 農業技術体系土壌施肥編第5巻-①土壌管理・土壌病害. 213-216. 農文協. 東京.
- 9) 白木己歳 (1999) 施設の施肥・作うね後太陽熱土壌消毒 (改良型太陽熱利用土壌消毒). 農業技術体系土壌施肥編第5巻-①土壌管理・土壌病害. 追録第10号. 216の1の6-2016の1の12. 農文協. 東京.
- 10) Stapleton, J. J. Quick, J. and DeVay, J. E. (1985) Soil solarizaion: effects on soil properties, crop fertilization and plant growth. *Soil Biol. Biochem.*, 17, 369-373.

- 11) 杉戸智子, 吉田光二, 新田恒雄 (2001) 各種有機物の施用に伴う土壤中の形態別リンの変化. 日本土壤肥料学雑誌. 72, 195-205.
- 12) 杉戸智子, 吉田光二 (2006) 黒ボク土畑の土壤微生物バイオマスリン測定のためのクロロホルムくん蒸抽出法の改良. 土と微生物. 60, 11-15.
- 13) Sugito, T. Yoshida, K. Takebe, M. Shinano, T. and Toyota, K. (2010) Soil microbial biomass phosphorus as an indicator of phosphorus availability in a Greyic Andosol. Soil Sci. Plant Nutr., 56, 390-398.
- 14) 田中壮太, 前田和寛, 岩崎貢三, 櫻井克年, 塹江まほ, 飯塚京子 (2001) 各種土壤消毒処理が土壤中の理化学性・微生物性に及ぼす影響 (予報). 土肥誌. 72, 554-557.
- 15) Truog, E. (1930) The determination of the readily available phosphorus of soils. J. Am. Soc. Agron., 22, 874-882.
- 16) Webley, D. M. and Jones, D. (1971) Biological transformation of microbial residues in soil. *In Soil Biochemistry*, Vol. 2. Ed. McLaren, A. D. and Skujins, J, 446-485, Marcel Dekker, New York.

Soil incubation experiments to elucidate the effect of solarization on available phosphate

Tomoko SUGITO¹⁾, Kenji KIMIWADA¹⁾, Norikuni OKA¹⁾, Tomoyoshi HASHIMOTO²⁾

Summary

Soil solarization is a nonchemical method for controlling soil-borne pathogens using high temperatures produced by capturing radiant energy from the sun. The high temperatures generated by solarization may affect the dynamics of nutrients such as phosphate, particularly when fertilizers or compost are applied in advance of treatment. We conducted a soil incubation experiment simulating solarization to elucidate the effects of soil solarization on phosphate availability.

Phosphate dynamics following soil solarization differed depending on the type of fertilizer or compost applied. In soil amended with fertilizer containing organic matter as a phosphate source, available phosphate increased significantly following solarization. In soil amended with phosphate fertilizer or manure compost, available phosphate remained almost constant. In unamended soil, available phosphate increased by a small but significant amount. Although soil biomass phosphate decreased after solarization, we believe that this did not contribute substantially to increasing available phosphate.

In soil amended with 2 t manure compost per 10 a, available phosphate increased following solarization by an amount equivalent to 10 kg P₂O₅ (as single superphosphate). In contrast, available phosphate increased by an amount equivalent to 20 kg P₂O₅ (as single superphosphate) in soil amended with 300 kg mixed organic fertilizer per 10 a and by more than 20 kg in soil amended with 250 kg organic fertilizer per 10 a.

The results demonstrate that soil incubation experiments simulating solarization can be used to determine optimal phosphate application rates for cultivation systems in which fertilizer or compost is applied before solarization.

Key word: soil solarization, soil incubation, available phosphate, organic fertilizer

乾乳期におけるイアコーンサイレージ給与が乳牛の栄養生理状態および 早期排卵に及ぼす影響

青木真理・青木康浩・大下友子

摘 要

乳牛6頭（うち3頭は第一胃カニューレ装着牛）を供して、乾乳後期のイアコーンサイレージ（ECS）給与が分娩前後の繁殖性および栄養生理状態に及ぼす影響を検討した。その結果、ECS給与によるボディコンディション、第一胃内容液性状に対する影響は認められず、また、軽度の肢蹄障害の認められたECS給与牛を除き、供試牛すべてで分娩後3週間以内の早期排卵が認められた。ECS給与牛の分娩前後の血液性状はいずれの項目も正常値の範囲内であり、乾乳後期におけるECS給与は、適正な飼料設計の元では、乳牛の繁殖性ならびに栄養生理状態に悪影響を及ぼさないことが示唆された。

キーワード：イアコーン，乾乳期，乳牛

I. 緒 論

飼料の70%以上を輸入に依存している我が国の酪農では、国際穀物価格の変動に大きな影響を受け（農林水産省，2015a）、生産費で大きな割合を占める飼料コスト上昇の主な原因となっている。飼料コスト削減に向けては、自給粗飼料の品質改善とともに、自給濃厚飼料資源の安定確保が必須である。良質な自給濃厚飼料として飼料用トウモロコシの雌穂のみを利用するイアコーンサイレージ（ECS）の増産と有効活用が期待されている（農林水産省，2015b）。ECSは輸入圧片トウモロコシの代替として泌乳牛に給与できる（上田ら，2014）とされているが、乾乳牛に対するECS給与の影響についての報告はない。本研究では、乾乳後期におけるECS給与が乳牛の繁殖性や健全性に及ぼす影響を検討するために、ECSを圧片トウモロコシを主体とする配合飼料の代替として乾乳牛向け発酵TMRに混合し、分娩前後の第一胃内容液性状、血液成分、ボディコンディションおよび早期排卵の有無について調査した。

II. 方 法

農研機構北海道農業研究センター（札幌市）で飼養されているホルスタイン種乳牛6頭（うち3頭は

第一胃カニューレ装着牛）を供して飼養試験を実施した。乳牛の供試開始時産次数は、 1.7 ± 0.5 であった。

カニューレ装着牛には、分娩予定3週間前からECSを含む発酵TMR（24kg/日（原物，以下同じ））と大豆粕（1.5kg/日）を分娩まで給与した（ECS区）。発酵TMRは、日本飼養標準・乳牛（中央畜産会，2007）に基づき設計し、構成比（乾物ベース）は、オーチャードグラス（開花前）主体牧草サイレージ38%，チモシー（開花期）主体乾草35%，トウモロコシ（黄熟期）ホールクロップサイレージ20%およびECS（完熟期）7%であった。ECSのおもな飼料成分は、乾物54.9%，粗蛋白質（CP，乾物中）8.2%，中性デタージェント繊維（NDFom，乾物中）24.5%，デンプン（乾物中）53.2%であった。第一胃カニューレ非装着牛3頭にはオーチャードグラス主体の乾草（15%，乾物ベース）と同じくグラスサイレージ（75%），配合飼料（10%）を給与した（CTR区）。配合飼料の原料のうち最も多いのはトウモロコシ（約30%）で、他にコムギ，槽糠類，油粕類，その他を含むものであった。飼料中乾物（原物中），CP（乾物中）およびNDFom（乾物中）含量はそれぞれECS区：45.0，12.8および55.9%，CTR区：42.9，13.3および57.4%であった。飼料のTDN，Ca，およびPの乾物中（%）は，それぞれECS区で59.8，0.28，0.21，

CTR区で58.5, 0.28, 0.20であった。飼料の給与は1日1回(9:00頃)とした。分娩後は両区とも慣行通り乾草と牧草サイレージを主体に、配合飼料を日本飼養標準に従いTDNを充足するように個々の牛に合わせて給与した。試験牛の分娩予定10日前から残飼量を測定し、乾物摂取量を算出した。また、分娩予定1週間前と分娩後3日, 1週, 2週, 3週, 4週に採血して血液成分を測定した。血液サンプルはEDTA(ethylenediaminetetraacetic acid)を添加した真空採血管を使用して頸静脈から採取した。採取した血液の一部はヘマトクリット値の測定に供した。残りの血液は4°Cで1600xg 20分間の遠心分離をし、血漿を分取して分析まで-80°Cで保存した。

血漿中総タンパク質(TP)、乳酸脱水素酵素(LDH)、アスパラギン酸アミノ基転移酵素(AST)、カルシウム(Ca)、アルブミン(ALB)、総コレステロール(T-CHO)、グルコース(GLU)、遊離脂肪酸(NEFA)、尿素窒素(BUN)、アルカリフォスファターゼ(ALP)濃度は、自動分析装置での分析を依頼(ニッポーメディカル(株)、札幌市)して測定値を得た。

体重は分娩予定約3週間前(試験前)と分娩後2週(試験期間中)に測定し、ボディコンディションスコア(BCS)を分娩予定前1週から分娩後4週まで週1回測定し、ECS区は、分娩予定2週間前、分娩後3日, 1週, 2週, 3週, 4週に第一胃カニューレを経て内容胃液を飼料給与前に採取し、pHおよび揮発性脂肪酸(VFA)濃度を測定した。pHは試料採取後直ちにpHメーター(pH Meter D-14, (株)堀場製作所)を用いて、VFA濃度はガスクロマトグラフィー(GC4000, GL Sciences Inc.)によって変動を調べた。VFAのうち、酢酸(C2)およびプロピオン酸(C3)濃度のモル比を算出した。また、分娩後25日から27日の間に超音波装置(ECHOPAL EUB-405 7.5MHz, 日立メディコ)診断を行い用いて、黄体の有無を確認し、分娩後、比較的早期に排卵しているかを調査判断した。なお、本研究における動物実験は北海道農業研究センター動物実験等実施要領に基づいて実施した

乾物摂取量, BCS, 第一内容液pHとC2/C3モル比, および各血液性状について、スチューデントのt検定および区と分娩後週数を要因とする二元配置法の分散分析を表計算ソフトMicrosoft Excelで行った。

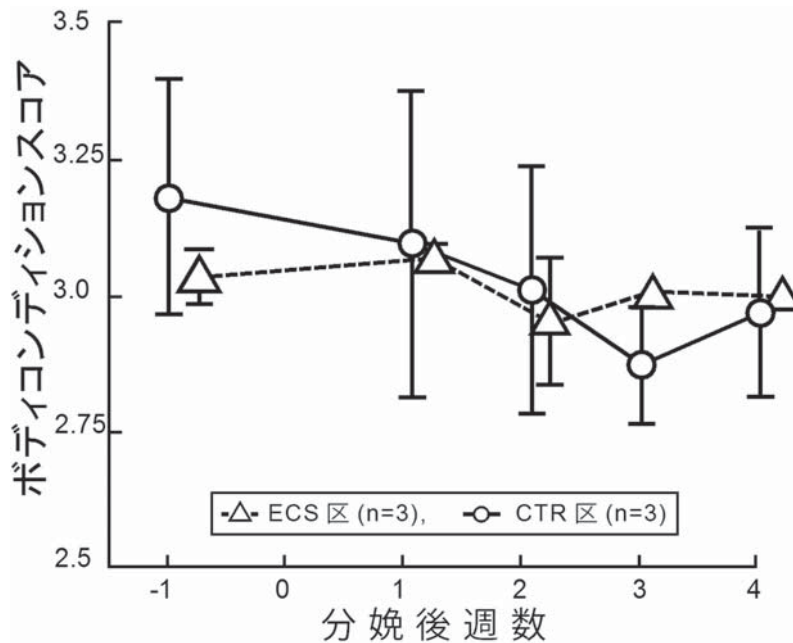
Ⅲ. 結果と考察

分娩前における両区の乾物摂取量は11.6および11.7kgと差がなかった。試験期間前の体重は、ECS区が694.3±64.1kg, CTR区が652.0±42.3kgで、試験区間に差はみられなかった。試験期間中はECS区が672.7±62.7kg, CTR区が620.0±83.9kgと、試験区間に差はなく、また試験期間中にBCSと同様で、大きな変動はみられなかった。BCSは、試験開始時にCTR区における1頭のポイントが高く、試験期間中にやや低下した以外は、ほぼ一定で、両試験区で差は見られなかった(第1図)。

牛では分娩後の3週間以内に排卵が起こることを早期排卵と呼び、分娩後にエネルギーバランスが負から正へ改善した時と連動することが指摘されている(Aoki et al., 2014)。本試験では、CTR区は3頭, ECS区は2頭が早期排卵をしており、分娩前後の栄養管理はほぼ適正であったと考えられた。一方、移行期の蹄病は栄養不足が原因の可能性があるが(鈴木, 2007)、軽度の蹄病の症状が認められたECS区の1頭は、採食量の減少も特に見られず、早期排卵しなかった理由は不明であった。これらについては、アミノ酸や微量元素レベルでの栄養充足といった点について今回は検討していない。今後そのような視点からの検討も必要と考えられる。

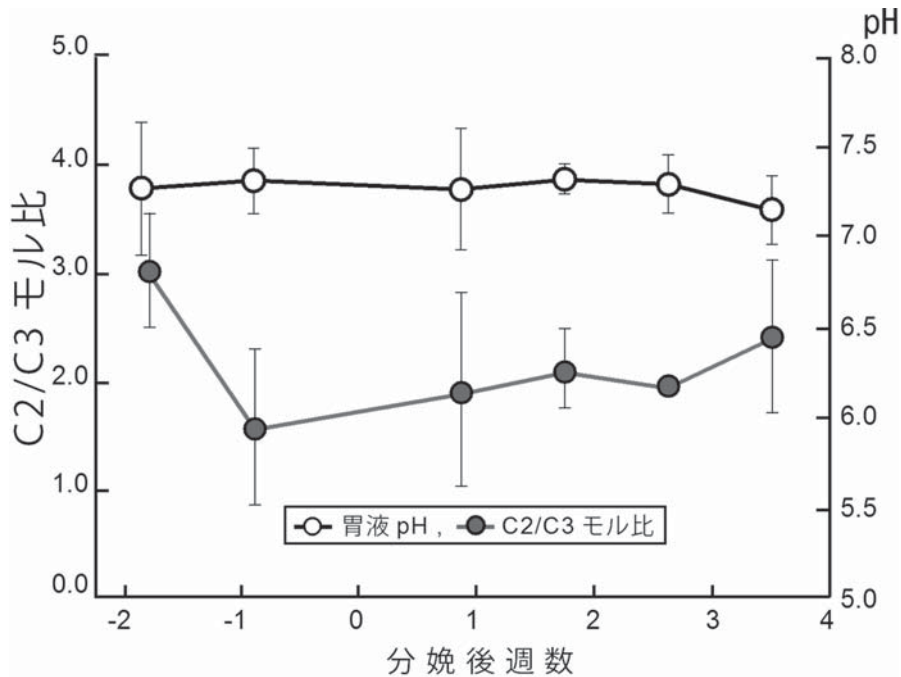
ECS区には、カニューレ装着牛3頭を配置し、飼料摂取前に採取した第一胃内容液のpHおよびC2/C3モル比は3頭とも同様な値であり、また、分娩前後においてもpHは6前後とほとんど変動がなく、正常値の範囲であった(第2図)。大下ら(2010)は分娩前にトウモロコシサイレージを17%含む牧草サイレージ主体飼料を不断給餌した牛では、分娩後2週目の第一胃内容液pHが乾草主体飼料摂取牛よりも低いことを報告している。本試験で給与した発酵TMRはトウモロコシサイレージを20%, ECSを7%含むもののイネ科乾草の占める割合が高い飼料構成であり、このような飼料構成であれば、乾乳後期にECSを給与してもルーメンアシドーシスを引き起こす危険は小さいと推察された(泉ら, 2001)。

血漿中成分は一般成分分析を行ったが、測定結果はほぼ正常値の範囲内であり、それら全てを記載すると煩雑になるため、多少差がみられたものと、エネルギー代謝に関係するものを選択して記載した。TPがCTR区においてECS区より高かった($P < 0.01$)。成牛の血漿中TP濃度の正常値は6.5~7.5g/dlとされ



第1図 分娩前後におけるボディコンディションスコアの推移

- 1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
- 2) ECS区：乾乳期にイアコンを摂取した牛，CTR区：摂取していない牛。

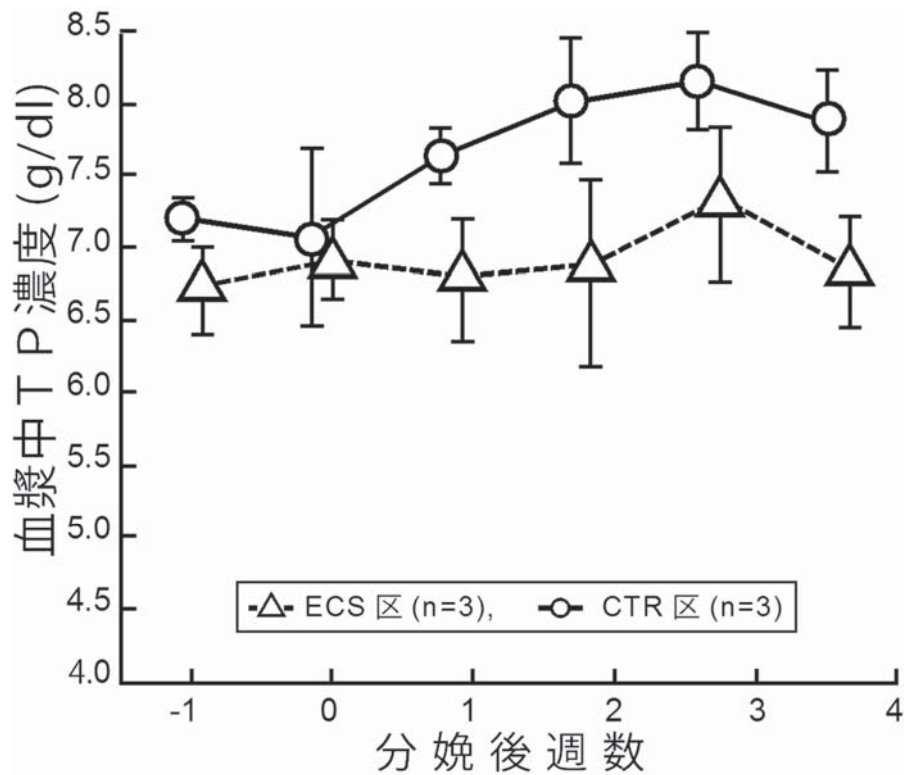


第2図 イアコンサイレージ摂取牛の分娩前後における第一胃内容液pH および酢酸/プロピオン酸 (C2/C3) モル比の推移

- 1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
- 2) ECS区：乾乳期にイアコンを摂取した牛，CTR区：摂取していない牛。

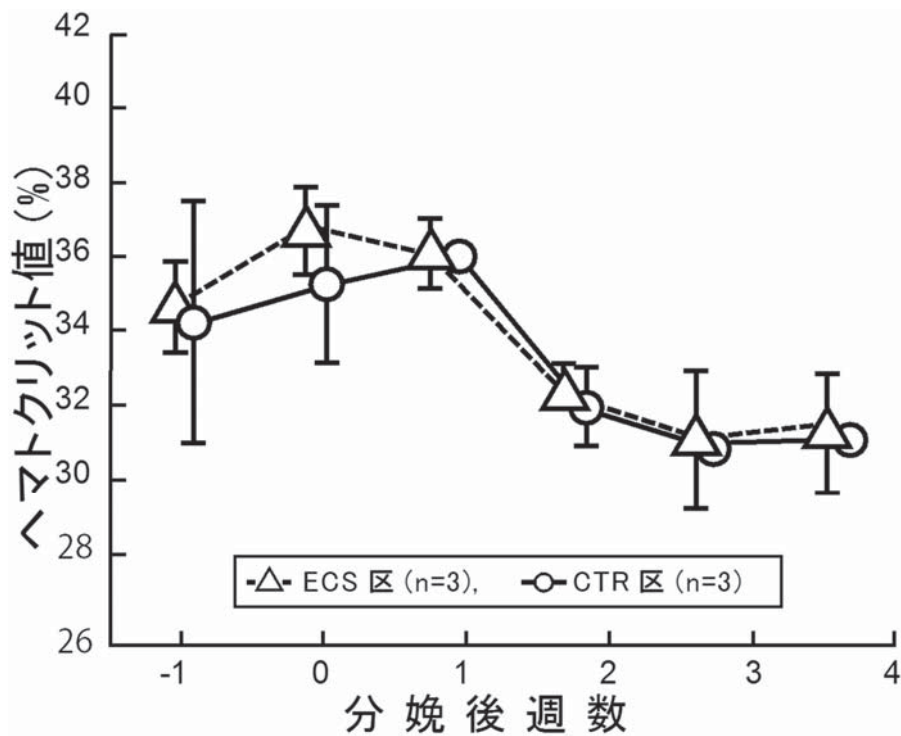
ている（畜産技術協会，2005）。ECS区の血漿中TPは正常値の範囲内であったが，CTR区のうち1頭は分娩2週後から正常値の範囲を上回った（第3図）。一方，ヘマトクリット値には区間に差はなく，両区と

もTPの上昇に関連する脱水症状が疑われるほど高値ではなかった（第4図）。TP濃度は飼養環境によって変動することもあり（林と川島，1961），今回のデータは特段の異常を示すものではないと推察され



第3図 分娩前後における血漿中総タンパク質 (TP) 濃度の推移

- 1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
- 2) ECS区：乾乳期にイアコーンを摂取した牛，CTR区：摂取していない牛。試験区間で有意差有り (P<0.01)



第4図 分娩前後におけるヘマトクリット値の推移

- 1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
- 2) ECS区：乾乳期にイアコーンを摂取した牛，CTR区：摂取していない牛。

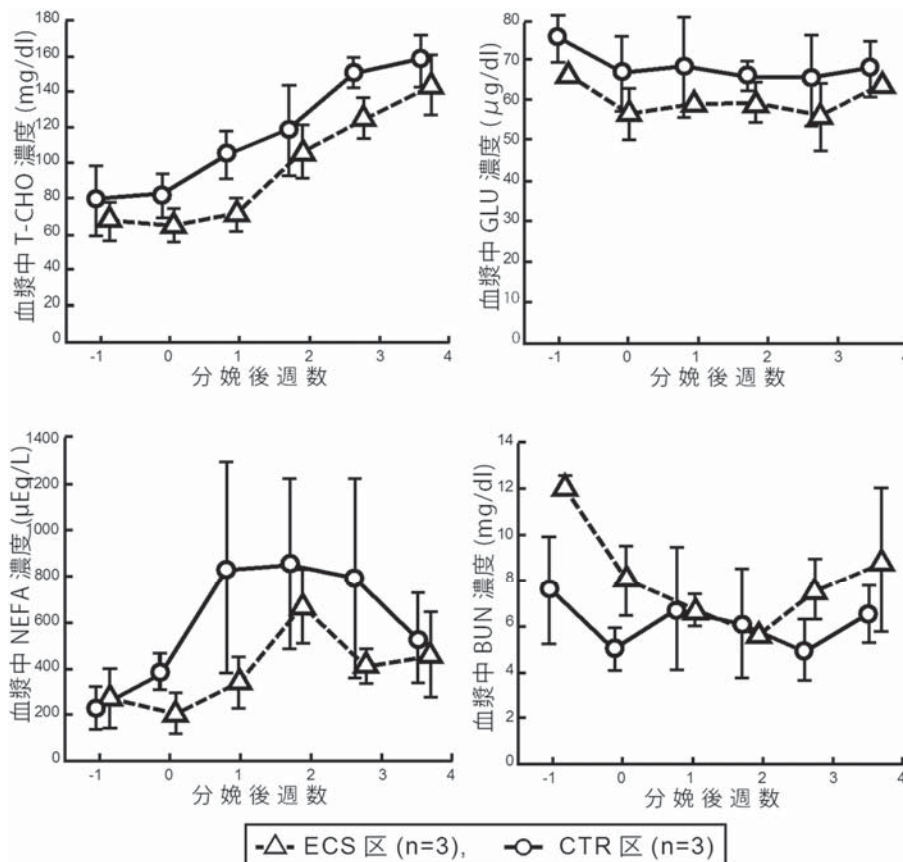
た。LDHは、ECS区:877.4±88.3, CTR区:1120.4±168.8U/L (平均±標準偏差, 以下同じ, P<0.01), ASTは、ECS区: 73.7±14.7, CTR区:90.8±13.4U/L (P<0.01), Caは、ECS区:8.93±0.47, CTR区:9.94±0.43mg/dl (P<0.01)およびALBは、ECS区:0.397±0.068, CTR区:0.455±0.053mg/dl (P<0.025)と、ECS区がCTR区より有意に低かったものの、両試験区とも正常値の範囲内で推移した(畜産技術協会, 2005; Kida, 2002; 扇ら, 1989)。

第5図にT-CHO, GLU, NEFAおよびBUN濃度の推移を示した。ECS区のT-CHO, GLUおよびNEFA濃度はCTR区より有意に低く(P<0.01), BUN濃度は逆にECS区の方が高かった(P<0.01)。ALPは、試験区間で有意な差がなかった。T-CHO, GLU, NEFA, BUNは、いずれも繁殖性に関係があり(竹内ら, 2010; 時田ら, 2007), 異常に高い, または低い値や, 変動幅が大きい場合は繁殖性の阻害と関連するとされる。両試験区とも全般に正常値の範囲内で推移したが, NEFA

はECS区で変動が少なく, BUNはCTR区がECS区よりも低く推移する傾向であった。GLU, T-CHOの推移からは, ECS区がCTR区よりも繁殖性に有利な栄養状態であったことと考えられるが, 本試験で調査した繁殖性の指標では両区に差は認められなかった。このように血漿中成分の中には試験区間で差が見られた項目があったが, いずれも正常範囲内であり, 飼料の相違が各種血液性状に根本的な影響を及ぼさないものと考えられた。ECS給与の繁殖性に対する影響は, 今後, 例数を増やし, 詳細に検討する必要があると考えられる。一方, 本試験結果から, 乾乳後期牛に対するECS給与は, 適正な飼養条件であれば, 分娩後の卵巣機能の回復, ボディコンディション, 第一胃内容液性状および血液性状に対する影響は小さいと判断された。

謝辞

本試験をまとめるにあたり, 農研機構北海道農業



第5図 分娩前後における血漿中総コレステロール(T-CHO), グルコース(GLU), 遊離脂肪酸(NEFA)および尿素窒素(BUN)濃度の推移

- 1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。
- 2) ECS区: 乾乳期にイアコンを摂取した牛, CTR区: 摂取していない牛。試験区間で有意差有り (P<0.01)

研究センター池田哲也酪農研究領域長にご校閲を賜った。また、同センター業務第1科の職員諸氏には供試家畜の管理、採材補助および給与飼料調製を、同センター酪農研究領域非常勤職員の内藤静子さん、東谷和葉さんには飼料および第一胃内容液の成分分析にご尽力いただいたことを深く感謝する。

引用文献

- 1) Aoki, M., Ohshita, T., Aoki, Y. and Sakaguchi, M. (2014) Plasma thiobarbituric acid reactive substances, vitamin A and vitamin E levels and resumption of postpartum ovarian activity in dairy cows. *Anim. Sci. J.*, 85(5), 532-541.
- 2) 林朝舜, 川島毅 (1961) 乳牛における血清蛋白の研究. *日本獣医師会雑誌*. 14, 109-110.
- 3) 泉賢一, 吉原慶子, 田代ゆうこ, 野英二 (2001) 高栄養濃度の混合飼料 (TMR) 給与が低泌乳初産牛の採食量, 産乳成績およびルーメン内発酵様相に及ぼす影響. *J. Rakuno Gakuen Univ.*, 26(1), 63-70.
- 4) Kida, K. (2002) Use of every ten-day criteria for metabolic profile test after calving and dry off in dairy herds. *J. Vet. Med. Sci.*, 64(11):1003-1010.
- 5) 農林水産省 (2015a) 平成26年度 食料・農業・農村白書. 一第2節我が国の食料自給率の動向一. http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h26/pdf/z_1_1_2.pdf
- 6) 農林水産省 (2015b) 飼料をめぐる情勢<データ版>. http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryu/pdf/siryu_data_2711.pdf
- 7) 扇勉, 前田善夫, 伊東季春, 梶野清二, 岸昊司, 松田信二, 安里章, 臼井章 (1989) 北海道における乳牛群の代謝プロファイルテスト. *日本獣医師会雑誌*. 42(5), 306-311.
- 8) 大下友子, 宮地慎, 青木真理, 青木康浩 (2010) 乳牛の分娩前後における第一胃内容物性状の変動. *日本畜産学会第112回講演要旨*, 28.
- 9) 鈴木俊彦 (2007) 代謝プロファイルテストにおいてアルブミンの低下が認められた乳牛群の飼養状況とその要因. *広島県獣医学会雑誌*. 22, 31-33.
- 10) 竹内隆泰, 田中健, 近藤守人 (2010) 分娩後の発情回帰と血液生化学値との関係. *福井県畜産試験場研究報告*. 23, 10-14.
- 11) 畜産技術協会 (2005) 家畜衛生マニュアル改訂増補版一. 畜産技術協会. 112-117. 東京.
- 12) 時田康広, 猪野一郎, 稲田司, 清島和生, 野中敏道 (2007) 分娩前移行期における蛋白質給与水準がホルスタイン種乳牛の産乳性および繁殖性に及ぼす影響. *熊本農業研究センター研究報告*. 14, 132-137.
- 13) 中央畜産会 (2007) 日本飼養標準・乳牛 (2006年版). (独) 農業・食品産業技術総合研究機構編. 23-135. 中央畜産会. 東京.
- 14) 上田靖子, 大下友子, 青木康浩, 根本英子, 青木真理, 西浦明子 (2014) イアコーンサイレージ給与が乳牛の乳生産性と乳中揮発性成分に及ぼす影響. *日畜会報*. 85, 301-307.

Effects of the Feeding of Ear Corn Silage on Resumption of Ovary Postpartum and the Composition of the Blood in Holstein Cows during Transition Period

Mari AOKI, Yasuhiro AOKI and Tomoko OHSITA

Summary

An experiment was carried out to investigate the effect of feeding of ear corn silage (ECS) during dry period on reproductive performance, rumen condition and metabolic status in dairy cows. Three cows fed fermented total mixed ration including ECS during approximately 3 weeks prior to parturition showed little variation in body condition score until 4 weeks of following lactation period as control cows (n = 3) did. The pH and the molar ratio of acetate to propionate in rumen fluid were also stable peripheral parturition. Except for one cow which gave mild hoof disease, all cows were classified as early responder. The blood levels of several constitutions, such as total cholesterol, glucose, non-esterified fatty acid and urea nitrogen, of cows received ECS seemed to be within preferable range in the viewpoint of metabolism and postpartum ovarian activity compared with control cows, although the difference among groups was slight. From these results, we suggested that the feeding of ECS during the dry period has no adverse effects on reproductive performance, body condition, rumen fluid condition, and metabolic status during transition period of dairy cows.

Key word: ear corn, dry period, dairy cows

加工用途に適する高アミロース米水稻品種「北瑞穂」の育成

松葉修一¹⁾・清水博之²⁾・横上晴郁³⁾・黒木 慎⁴⁾・
船附稚子⁵⁾・池ヶ谷智仁, 田村泰章⁶⁾

摘 要

「北瑞穂」は、北陸以南向けのインド型多収高アミロース米品種「夢十色」と北海道向け酒米品種で耐冷性が極強の「初雫」を反復親とした戻し交配後代から選抜・育成された高アミロース米品種であり、2014年に種苗法に基づく品種登録がなされた。

「北瑞穂」の主要特性は以下のとおりである。

1. 育成地における出穂期および成熟期は、“中生の中”に属する。
2. 穂ばらみ期耐冷性は、“強”である。
3. いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia, Pik*”と推定され、いもち病圃場抵抗性は葉いもちが“やや強”，穂いもちが“やや弱”である。
4. 「きらら397」に比べて収量性はやや高く，千粒重はやや低く，粒厚はやや薄い。
5. 白米のアミロース含有率が高く，約30%である。
6. 白米の高アミロース性による特性により，米粉麺や米粉クッキーなどの加工用途に適する。

以上の特性から，米粉麺などの加工向け高アミロース米品種として，寒地における成熟期が“中生の中”の水稻の栽培が可能な稲作地帯で普及が期待される。

キーワード：水稻，新品種，高アミロース，米粉加工用

I. 緒 言

わが国の平成26年度の供給熱量ベースの食料自給率は39%であり，先進国中で非常に低く，また米を巡る情勢では，一人当たりの米の消費量が漸減し，生産量，水田面積ともに減少してきている（農林水産省大臣官房政策課，2015）。自給率を向上させ，また環境資源としても重要な水田面積を維持するため，わが国で自給可能な米の消費量を増やすことが重要である。その一つの方策として，米の主な消費形態である炊飯米とは別の新たな米の用途開発・拡大を進めることが期待されている。その中でも，特に米粉としての利用は国の施策の一つとして目標が

明記されており（食料・農業・農村基本計画，2015年3月閣議決定），2025年度には10万t（2013年度実績の5倍量）の生産努力目標が掲げられている。米粉の利用拡大をはかるためには，いくつかの問題を解決する必要があるが，品種育成においても，米粉としての適性を備えた新品種の育成が期待されている。一方，白米のアミロース含有率が25%以上の高アミロース米の炊飯米は，硬くて粘らないことから，一般に日本人の嗜好に合わないため，これまでその用途はピラフなどの用途にとどまっていた。しかし近年，米粉麺への適性があることが明らかとなり，道外でいくつかの高アミロース米品種が育成されてきている。そこで北海道農業研究センターにおいても，寒地向けの多収・高アミロース米品種の育成を進め，2012年に「北瑞穂」を育成し，2014年に品種登録がなされた。「北瑞穂」は“中生の中”の成熟期で北海道の広い地域で栽培可能であり，白米のアミロース含有率が約30%の高アミロース米とし

平成29年1月12日 原稿受理

北海道農業研究センター作物開発研究領域

1) 現 北海道農業研究センター 企画部企画室

2) 現 北海道農業研究センター 技術支援センター

3) 現 東北農業研究センター 水田作研究領域

4) 現 次世代作物開発研究センター 稲研究領域

5) 現 西日本農業研究センター 企画部産学連携室

6) 現 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

て普及が期待される。本稿では、「北瑞穂」の育成経過とその品種特性および加工適性の概要について報告する。

II. 育種目標と育成経過

「北瑞穂」は、北海道向けの耐冷性が強い高アミロース米品種育成を目標として、2003年に北海道農業研究センターにおいて、耐冷性が極強でやや高アミロースの北海道初の酒米品種「初雫」と高アミロース性のWx-a遺伝子を持つ北陸以南向きインド型多収品種「夢十色」とのF₁に、「初雫」を花粉親として戻し交配を行って育成された品種である(第1図)。

第1表に「北瑞穂」の育成経過を示した。2004年にBC₁F₁を温室で養成し、2005年に国際農研沖縄支所において、BC₁F₂からBC₁F₃の世代促進を行った。2006年にBC₁F₄世代で個体選抜を行い、2007年以降

は系統栽培を行いながら選抜・固定をはかった。2009年にはBC₁F₇世代で「札系09035」の系統番号を付して生産力検定試験に供試した。2010年BC₁F₈世代より「北海315号」の系統名で北海道の奨励品種決定調査に供試した。奨励品種決定調査では、「北海315号」の高アミロース性が日本における一般的な良食味品種とは異なる特性であり、全道に広く普及するものではないと判断され、北海道優良品種(奨励品種)には採用されなかった。しかし、「北海315号」の高アミロース性に注目した生産者から作付けおよび加工・販売の希望があったことから、一般栽培・流通を可能にすることを目的として、2012年に品種名「北瑞穂」として品種登録出願を行い、2014年5月に登録された(第23428号)。また、2013年度の世代はBC₁F₁₁である。

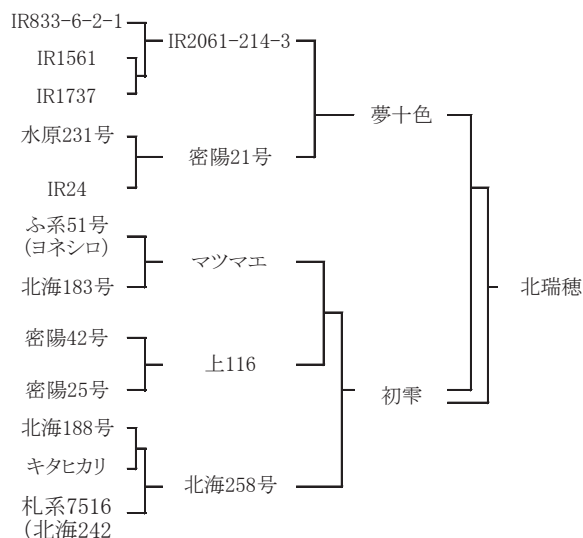
III. 特性概要

「北瑞穂」の特性について、同様な出穂期区分の多収品種「きらら397」と多収の良食味品種「ななつぼし」を比較品種として、その概要を記す。

1. 形態的特性

移植時の苗丈は“やや短”，葉色は“中”であり「きらら397」並であるが、葉身の形状は“やや立”である(第2表)。本田における生育初期の草丈は「きらら397」よりも長く「ななつぼし」より短い。茎数は「きらら397」「ななつぼし」より少ない(データ省略)。ふ先色は“黄白”で、芒の多少と長さはそれぞれ“稀”“短”である。粒着密度は“やや密”で、脱粒性は“難”である(第2表)。

「北瑞穂」の成熟期における、株上げした草姿を写真1に示した。稈長は「きらら397」,「ななつぼ



第1図 「北瑞穂」の育成系譜

第1表 「北瑞穂」の育成経過

年次(年度)	2003	2004	2005		2006	2007	2008	2009	2010	2011
世代	交配	BC ₁ F ₁	BC ₁ F ₂	BC ₁ F ₃	BC ₁ F ₄	BC ₁ F ₅	BC ₁ F ₆	BC ₁ F ₇	BC ₁ F ₈	BC ₁ F ₉
育成系統図	夢十色/初雫 × 初雫	- BC ₁ F ₁ -	B	- B -	B	- S59 -	S640, S641, S642	L236, L237, L238, L239, L240	L89, L90, L91, L92, L93	L56, L57, L58, L59, L60, L61, L62, L63, L64, L65
備考	札15交5		世代促進 国際農研沖縄支所		個体 選抜			札系 09035	北海 315号	

1) Bは集団, □は選抜系統を示す。

第2表 「北瑞穂」の形態的特性

品種名	移植時苗			稈		芒		ふ先色	穎色	粒着密度	脱粒難易
	苗丈	葉色	葉身	細太	剛柔	多少	長短				
北瑞穂	やや短	中	やや立	中	中	稀	短	黄白	黄白	やや密	難
きらら397	やや短	中	中	中	中	稀	短	黄白	黄白	中	難
ななつぼし	やや短	中	中	中	やや剛	少	短	黄白	黄白	中	難

1) 育成地における調査の結果。移植時苗特性は達観調査，それ以外の特性は稲種苗特性分類調査報告書（農林水産技術情報協会，1980）に従って調査した。



写真1 「北瑞穂」の草姿

(左：北瑞穂，中央：きらら397，右：ななつぼし)

し」よりも長く，穂長は「きらら397」より長く，「ななつぼし」並である（第3表）。穂数は「きらら397」，「ななつぼし」より少ない。一穂粒数は「きらら397」，「ななつぼし」より多く，草型は“偏穂重型”である。耐倒伏性は「きらら397」よりやや劣り，「ななつぼし」並の“やや弱”である。割粒の発生は「きらら397」と同程度からやや多い（第3表）。

2. 生態的特性

出穂期は「きらら397」並からやや遅い“中生の中”，成熟期は「きらら397」よりやや遅い“中生の中”の粳種である（第3表）。精玄米重でみた収量性は，冷害年であった2009年を含めた3ヶ年の平均値では「きらら397」と比べてやや多く，通常年においても「きらら397」並からやや多い（第4表）。また精玄米の千粒重は，「きらら397」より同程度からやや軽く，「ななつぼし」と同程度である。

障害型耐冷性は「きらら397」及び「ななつぼし」よりも強い“強”（第5表），いもち病の真性抵

第3表 移植栽培の生産力検定試験における生育調査成績

栽培条件	品種名	出穂期	成熟期	登熟日数	稈長	穂長	穂数	一穂粒数	倒伏	不稔歩合	割粒歩合
		(月.日)	(月.日)	(日)	(cm)	(cm)	(本/m ²)	(粒)	0-5	(%)	(%)
中苗 標肥	北瑞穂	7.31	9.19	50	81	17.2	463	79.7	0.4	9.3	31.8
	きらら397	7.30	9.15	47	69	15.7	587	53.8	0.3	10.4	32.8
	ななつぼし	7.29	9.13	46	77	17.6	517	60.3	0.7	9.5	40.7
	ほしのゆめ	7.28	9.11	45	72	15.8	606	51.3	0.1	11.4	55.2
中苗 多肥	北瑞穂	8.01	9.20	50	87	18.1	517	83.3	1.8	14.7	40.3
	きらら397	7.30	9.16	48	75	16.7	673	56.8	1.4	17.8	33.4
	ななつぼし	7.30	9.15	47	82	17.6	594	67.5	2.5	18.5	41.0
	ほしのゆめ	7.29	9.13	46	77	16.1	688	53.5	0.9	17.8	56.9

- 1) 2009～2011年の3ヶ年における育成地の成績の平均値を示す。
- 2) 播種：4月15～21日，移植：5月20～23日。
- 3) 栽植密度は24株/m²（条間33.3cm，株間12.5cm），1株個体数は3本とした。
- 4) 施肥は化成肥料（14：17：12）を全量基肥とした。1aあたりの施肥量は窒素成分で標肥栽培が0.7kg，多肥栽培が1.0kgである。
- 5) 倒伏程度：0（無），1（微），2（少），3（中），4（多），5（甚）の6段階評価

第4表 移植栽培の生産力検定試験における収穫物調査成績

栽培 条件	品種名	全重 (kg/a)	精玄 米重 (kg/a)	同左比 きらら397 対比	屑米 歩合 (%)	玄米 千粒重 (g)	検査 等級	精玄米重 (2010, 2011平均)*	
								(kg/a)	きらら397対比
中苗 標肥	北瑞穂	159	60.6	114	10.7	21.8	3中	66.0	110
	きらら397	136	53.4	(100)	7.7	22.4	1下	60.3	(100)
	ななつぼし	153	57.3	107	4.6	21.6	1中	64.6	107
	ほしのゆめ	140	51.8	97	9.6	21.7	1下	59.1	98
中苗 多肥	北瑞穂	171	62.7	106	12.9	21.6	3下	70.5	100
	きらら397	151	59.2	(100)	9.3	21.9	1下	70.8	(100)
	ななつぼし	172	61.1	103	8.6	21.1	1下	73.5	104
	ほしのゆめ	159	58.6	99	12.4	21.5	2中	70.6	100

- 1) 2009～2011年の3ヶ年における育成地の成績の平均値を示す。
 - 2) 試験条件は第3表に示したものと同様である。
 - 3) 精玄米重は1.9mmの篩選後のデータを示した。
 - 4) 検査等級は、検査機関による達観評価（1～3等，等外）による。「北瑞穂」の落等要因は、「充実度不足」（心白・腹白・乳白が多い）。
- *：冷害年（2009年）を除いた通常年のデータ平均を示した。

第5表 穂ばらみ期耐冷性検定試験における評価

品種名	北海道農研 (育成地)	上川農試	中央農試
	2009-2011年	2010年	2010年
北瑞穂	強	強	やや強
きらら397	やや強	やや強	やや強
ななつぼし	やや強～強	強	強
ほしのゆめ	強	強	強
初雫	極強	極強	極強

- 1) 設定水温19～20℃の中期冷水掛け流し法または恒温深水循環法により処理を行い、稔実程度を基準品種と比較して評価した。
- 2) きらら397（やや強），ほしのゆめ（強），初雫（極強）は基準品種としても供試された。

抗性遺伝子型は“*Pia, Pik*”と推定され、圃場抵抗性は葉もちが「きらら397」よりも優る“やや強”，穂もちが「きらら397」並の“やや弱”である（第6表，第7表）。

3. 玄米品質および食味特性

玄米の粒形は「きらら397」より細長い“やや細長”であり、粒大は「きらら397」と同程度で“やや大”である。「きらら397」より粒長はやや長く、粒幅はやや狭く、粒厚はやや薄い（第8表，第9表，写真2）。玄米の外観は、腹白・心白・乳白の発生程度が多く、検査等級は「きらら397」より劣る（第4表）。玄米白度および白米白度は、「きらら397」「ななつぼし」より高い（第10表）。搗精に要する時間は、「きらら397」「ななつぼし」よりやや長く、胚芽残存及び碎米は「きらら397」「ななつぼし」より多い（第11表）。

第2図のDNAマーカー電気泳動写真で示すとおり、「北瑞穂」は「夢十色」や「越のかおり」と同様に*Wx-a*遺伝子を持つため、白米のアミロース含有率は「きらら397」より高く、約30%を示す（第12

第6表 葉もち圃場抵抗性検定試験における評価

品種名	真性抵抗性 推定遺伝子型	特性基準	北海道農研 (育成地)	上川農試	中央農試
			2009-2011年	2010年	2010年
北瑞穂	<i>Pia, Pik</i>		やや強	やや強	やや強
キタアケ	<i>Pia, Pik</i>	やや強	やや強	—	—
キタヒカリ	<i>Pia, Pik</i>	中	中	—	—
ユーカーラ	<i>Pia, Pik</i>	弱	弱	—	—
きらら397	<i>Pii, Pii</i>	やや弱	やや弱	弱	やや弱
ななつぼし	<i>Pia, Pii</i>	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱

- 1) いずれも畑晩播法による評価。前年の罹病葉を散布して発病を誘発した。発病程度を特性基準品種と比較して耐病性を評価した。
- 2) —：供試されなかったことを示す。
- 3) 真性抵抗性推定遺伝子型が「北瑞穂」とは異なるが、対照，比較品種の評価を点線以下に示した。

第7表 穂いもち圃場抵抗性検定試験における評価

品種名 系統名	真性抵抗性 推定遺伝子型	特性 基準	北海道農研 (育成地)	上川農試	中央農試
			2009-2011年	2010年	2010年
北瑞穂	<i>Pia, Pik</i>		やや弱	やや弱	やや弱
渡系8215	<i>Pia, Pik</i>	強	強	強	強
イシカリ	<i>Pia, Pik</i>	中	中	中	中
はなぶさ	<i>Pia, Pik</i>	やや弱	やや弱	中	中
キタヒカリ	<i>Pia, Pik</i>	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱
ユーカラ	<i>Pia, Pik</i>	弱	弱	弱	弱
きらら397	<i>Pii, Pik</i>	中	やや弱	やや弱	やや弱
ななつぼし	<i>Pia, Pii</i>	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱

- 1) 発病の誘発方法は以下のとおり。
北海道農研：「ほしのゆめ」の罹病苗を誘発源として移植。
上川農試：前年の罹病藁を散布。
中央農試：「ほしのゆめ」「彩」の罹病苗を誘発源として移植。
- 2) 各試験地とも発病程度を特性基準品種と比較して耐病性を評価した。
- 3) 真性抵抗性推定遺伝子型が「北瑞穂」とは異なるが、対照、比較品種の評価を点線以下に示した。これらは特性基準品種でもある。

第8表 玄米の粒形の特徴

品種名	粒長 (mm)	粒幅 (mm)	粒厚 (mm)	粒長/粒幅	粒長×粒幅	粒形	粒大
北瑞穂	5.29	2.68	2.06	1.98	14.19	やや細長	やや大
きらら397	5.14	2.75	2.08	1.87	14.13	中	やや大
ななつぼし	4.99	2.70	2.07	1.85	13.48	中	中
ほしのゆめ	5.17	2.70	2.04	1.92	13.95	やや細長	中

- 1) 2009年と2011年の北海道農研・生産力検定試験区の玄米について、SATAKE穀粒判別機RGQI10Bを用いて標肥区、多肥区それぞれ整粒1000粒を調査し、平均値を示した。
- 2) 粒形および粒大は稲種苗特性分類調査報告書（農林水産技術情報協会，1980）に従って判定した。

第9表 玄米の粒厚分布の比較

品種名	北海道農業研究センター(育成地)				他場			
	粒厚別(mm・重量%)				粒厚別(mm・重量%)			
	1.9≦	2.0≦	2.1≦	2.2≦	1.9≦	2.0≦	2.1≦	2.2≦
北瑞穂	14.9	38.5	39.2	7.4	12.9	35.2	44.2	7.7
きらら397	12.2	36.4	42.5	8.9	9.8	28.6	50.1	11.6
ななつぼし	10.9	35.8	44.1	9.3	6.3	24.0	53.9	15.9
ほしのゆめ	24.8	46.9	25.5	2.8	18.8	51.7	27.0	2.5

- 1) 1.9mmの篩選にかけた玄米について段篩を用いて調査した。
- 2) 北海道農研は2009-2011年、他場は上川農試、中央農試の2010年の標肥区、多肥区の平均値を示した。



写真2 「北瑞穂」の籾および玄米

(左：北瑞穂，中央：きらら397，右：ななつぼし)

第10表 玄米白度および白米白度の比較

品種名	玄米白度		白米白度	
	標肥	多肥	標肥	多肥
北瑞穂	20.3	19.6	48.4	46.5
きらら397	19.6	19.0	42.4	41.7
ななつぼし	19.1	18.0	43.1	42.4
ほしのゆめ	19.8	19.1	43.3	42.4

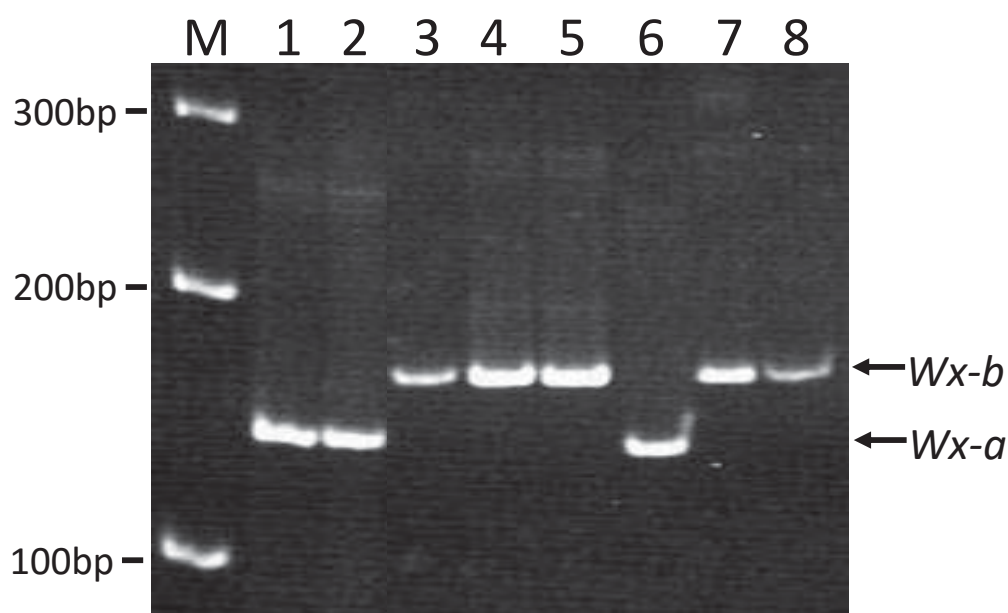
1) 北海道農研における2009-2011年の生産力検定産米の平均値を示した。白度はKett社白度計C-300で測定した。

表)。アルカリ崩壊性は“易”であり、「越のかおり」の“難”（笹原ら 2008）とは異なる（第12表）。白米のタンパク質含有率は「きらら397」, 「ななつぼし」より低い（第13表）。炊飯米は粘りが弱くて硬く、食味は「きらら397」より大きく劣る（第14表）。ラピッドビスコアアナライザーを用いた「北瑞穂」の白米粉の糊化粘度特性の測定結果を第15表に示す。「きらら397」や「ななつぼし」と比べ、「北瑞穂」では、食味と正の相関が報告されて

第11表 玄米の搗精試験成績

品種名	供試玄米		調査項目	搗精時間(秒)					
	水分(%)	白度		60	70	80	90	100	110
北瑞穂	14.1	21.2	搗精歩合(%)	92.3	91.4	91.2	90.2	89.4	88.3
			胚芽残存歩合(%)	49.3	33.0	23.0	11.7	8.7	1.7
			白度	38.5	40.6	41.2	43.0	44.1	44.8
			碎米歩合(%)	4.7	8.0	6.7	9.3	12.0	14.0
きらら397	13.7	20.8	搗精歩合(%)	92.1	91.3	90.7	90.4	90.1	89.5
			胚芽残存歩合(%)	22.7	13.3	8.0	6.7	2.7	2.0
			白度	33.2	35.8	37.9	39.1	40.2	40.7
			碎米歩合(%)	0.7	1.0	1.7	2.0	2.7	5.3
ななつぼし	14.0	20.3	搗精歩合(%)	91.9	91.3	90.9	90.6	90.2	89.9
			胚芽残存歩合(%)	20.0	13.0	8.0	4.0	2.0	0.7
			白度	35.7	37.6	38.1	39.7	40.7	40.9
			碎米歩合(%)	1.0	0.7	1.0	1.3	1.3	1.7

- 1) 2011年産の北海道農研・生産力検定試験・標肥区の玄米100gを供試した。Kett社TP-2型搗精機を使用し、搗精し、白度はKett社C-300で測定した。
- 2) □は適搗精時の搗精歩合を示す。適搗精時は、胚芽残存歩合および糠層の残存程度から判定した。
- 3) 胚芽残存歩合の測定には、搗精米100粒を供試し、胚芽が残存した粒を目視で判別した。
- 4) 碎米歩合は、白米10g中の碎米の重量%で示した。



第2図 Wx-a を判別するdCAPS マーカーによる反応産物の電気泳動

M: 100bp サイズマーカー, 1: 北瑞穂, 2: 夢十色, 3: 初雫, 4: きらら397, 5: ななつぼし, 6: 越のかおり, 7: ほしのゆめ, 8: おぼろづき

1) PCR, 制限酵素処理は, Yamanaka *et al.* (2004)の方法に従った。

第12表 白米中のアミロース含有率(%)とアルカリ崩壊性

品種名	北海道農研 (育成地) 2009-2011年		上川農試 2010年		中央農試 2010年		アルカリ 崩壊性
	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥	
	北瑞穂	29.6	29.2	32.9	32.0	31.8	
きらら397	19.8	18.9	20.1	20.2	18.2	18.6	易
ななつぼし	19.3	17.7	19.1	19.1	17.9	18.1	易
ほしのゆめ	19.9	19.3	20.9	20.6	19.5	19.1	易

- 1) アミロース含有率は, ブランルーベ社オートアナライザーにより測定。
北海道農研では食味試験用として, 山本製作所精米機VP30で3回搗精した白米を用いた。上川農試・中央農試では搗精歩合90.5%の白米を使用した。
- 2) アルカリ崩壊性は, 白米を1.5%水酸化カリウム溶液に浸し, 25°C・24時間保持した後、目視観察によって判定した。

第13表 白米中のタンパク質含有率(%)

品種名	北海道農研 (育成地) 2009-2011年		上川農試 2010年		中央農試 2010年	
	標肥	多肥	標肥	多肥	標肥	多肥
	北瑞穂	5.1	5.7	6.1	6.9	6.0
きらら397	6.8	7.3	7.0	7.8	7.5	7.7
ななつぼし	5.9	6.6	7.0	7.3	7.0	7.2
ほしのゆめ	6.5	7.1	7.2	8.2	7.3	7.5

- 1) 北海道農研: ニレコ社 近赤外分析計 NIRSystems 6500で測定。
上川農試: FOSS ELECTRIC社INFRATEC1255で測定。
中央農試: ブランルーベ社インフラライザー2000で測定。
- 2) 白米の調製方法は第12表と同様である。

第14表 食味官能試験成績

品種名	つや	白さ	粘り	柔らかさ	味	総合
	光沢小～ 光沢大	くすむ～ 白い	パサパサ～ 粘る	硬い～ 柔らかい	不良～良	不良～良
北瑞穂	-2.16	0.81	-2.84	-2.20	-2.41	-2.82
きらら397	0.04	0.24	-0.05	0.04	-0.01	-0.11
ななつぼし	0.19	0.33	0.30	0.22	0.05	0.12

1) 北海道農研における2010～2011年産の同じ試験区の米で行った計4回の試験の平均値を示した。各調査項目は、20名程度のパネルにより、-3～+3の7段階で評価した。

例) つや -3: (基準と比較して) 光沢が非常に小、-2: 光沢小、-1: 光沢やや小、0: 同等、1: 光沢やや大、2: 光沢大、3: 光沢非常に大

2) 炊飯時の加水量は1.4倍で、基準は標肥栽培の「ななつぼし」とした。

第15表 ラピッドビスコアライザー (RVA) による糊化粘度特性

品種名	産地	最高粘度	ブレイクダウン	セットバック	粘度上昇 開始温度
		(RVU)	(RVU)	(RVU)	(°C)
北瑞穂	上川農試	308	87	185	69.6
きらら397	上川農試	329	154	123	71.2
ななつぼし	上川農試	346	172	113	70.8
ほしのゆめ	上川農試	326	150	128	70.5
大地の星	上川農試	315	133	129	71.2
あきたこまち	秋田	410	216	112	70.8
ひとめぼれ	宮城	402	221	112	71.5
コシヒカリ	新潟魚沼	390	202	115	72.9
ヒノヒカリ	鹿児島	376	182	118	70.8

1) 2010年産米の米を用いて、上川農業試験場において測定した。

RVA: NEWPORT SCIENTIFIC社製, RVA-4を使用。白米粉乾重3.0g, 0.01M EDTA・2K 25ml使用。

2) ブレイクダウンは「最高粘度-最低粘度」、セットバックは「最終粘度-最低粘度」で算出。

いるブレイクダウンと最高粘度 (太田ら, 1993) は非常に低い。またセットバックは非常に高い (第15表) ことから、「きらら397」よりも糊化デンプンの老化がかなり速いと判断される。

4. 米粉を用いた食品への加工適性

1) ライスパスタ (コンキリエ型) および米粉麺 (ロング型)

道内において、米の生産・加工・販売で6次産業を展開しているA社では、水稻粳品種「ゆきひかり」の白米粉または玄米粉を用いて、ライスパスタ・コンキリエ (貝殻) 型や米粉麺・ロング型を製造・販売している。そこでA社において「北瑞穂」の加工時の評価を行い、さらに北海道農研で食味官能試験を行った。その結果、A社による製麺時の評価では、比較品種「ゆきひかり」と比べて、白米

粉、玄米粉ともに麺帯のつながりに優れ、作業性に優れるとともに、乾燥時の割れも少なく、総合評価も優れた (第16表)。また白米粉によるライスパスタ・コンキリエ型 (写真3・左上) を北海道農研で食味官能試験に供試したところ、基準品種「ゆきひかり」に比べ、食感・口当たりが優れ、適度な硬さがあり、味や総合評価に優れる結果が得られた (第17表)。さらにA社の「北瑞穂」米粉麺 (写真3・左下) についても、いくつかのイベントで試食に提供したところ、「のどごしに優れる」、「適度な硬さとコシの強さ」、「麺離れが良い」などのコメントが得られ、概ね好評であった。

2) 米粉入りクッキー

道内の洋菓子製造販売B社に依頼し、「北瑞穂」50%入り米粉入りクッキー (写真3・右上) の加工作

第16表 ライスパスタ（コンキリエ型）「製麺時」の評価（A社）

米粉種類	品種名	生地状態	麺帯のつながり	製麺作業性	乾燥時の割れ	総合評価(1~5)
精白米粉	北瑞穂	やや粗い	良い	良い	少ない	4
	ゆきひかり	滑らか(基準)	普通(基準)	普通(基準)	普通(基準)	(基準)
玄米粉	北瑞穂	粗い	やや切れ易い	良い	少ない	3
	ゆきひかり	粗い	やや切れ易い	やや悪い	割れやすい	2

- 1) A社水田圃場における2010年産の米を用いた。
 2) 総合評価は基準と比較して、1：「非常に劣る」、2：「劣る」、3：「同じ」、4：「優る」、5：「非常に優る」の5段階で評価した。

第17表 ライスパスタ（白米粉・コンキリエ型）の食味官能試験（パネル11名）

品種名	つや (-3~+3)	白さ (-3~+3)	食感・ 口当たり (-3~+3)	柔らかさ (-3~+3)	味 (-3~+3)	総合 (-3~+3)	基準品種
北瑞穂	-0.36	0.18	1.00 **	-0.82 **	0.82 **	0.91 *	ゆきひかり

- 1) A社・2010年産の米を用いて製造されたライスパスタを評価した。
 2) *は5%、**は1%水準でt検定による基準との有意差ありを示す。



写真3 「北瑞穂」の米粉を用いた加工品

(左上：A社のライスパスタ・コンキリエ型，左下：A社の米粉麺ロングタイプ，
 右上：B社の50%米粉入りクッキー，右下：C社で開発された60%玄米粉クッキー)

業性評価と食味官能評価を行った。その結果、精白米粉および玄米粉のいずれにおいても、基準品種「ななつぼし」と比べて、「北瑞穂」の米粉入りクッキーでは、生地の状態や成形作業性を含めた加工作業性は同等であり、食味官能評価ではサクサク感や味に優る評価を得た（第18表）。

IV. 栽培適地および栽培上の留意点

「北瑞穂」の栽培適地は、北海道において出穂期、成熟期が「中生の中」である品種が栽培可能な地帯である。栽培上の留意点は以下の通りである。

- 1) 穂いもち病抵抗性は十分ではないので、適正な防除に努める。

- 2) 耐倒伏性は十分ではないので、極端な多肥栽培は避ける。

V. 命名の由来および育成従事者

「北瑞穂」は、北海道の北国でこの品種が、瑞々しく稲穂を垂れるのを願うことに因んで命名された。育成従事者は第19表の通りである。

VI. 論議

「北瑞穂」は、*Wx-a*遺伝子を備えた北海道向けの高アミロース米品種として育成された。これまで高アミロース米品種は道外でいくつか育成されているが、2000年以前に育成された「夢十色」（上原

第18表 米粉50%入りクッキーの加工作業性および食味官能評価（B社）

米粉種類	品種名	加工作業性			食味官能評価			総合評価点 (1~5)
		生地状態	成形作業性	総合評価点 (1~5)	焼き色	食感 (サクサク感)	味	
精白米粉	北瑞穂	滑らか	普通(小麦粉だけの既製品と同様)	3	普通(小麦粉だけの既製品と同様)	ややサクサクする	クセがなく 美味しい	3
	ななつぼし	滑らか	普通	3	普通	ややもちもちする	淡泊、香ばしくない	2
玄米粉	北瑞穂	やや粗い	普通	3	普通	サクサクする	香ばしい、 かむと甘みある	4
	ななつぼし	やや粗い	普通	3	やや濃い	ややサクサクする	香ばしい	3

- 1) 北海道農研・2010年産の米を供試した。
- 2) 総合評価点は、1：非常に悪い，2：悪い，3：普通，4：良い，5：非常に良い，の5段階評価で行った。

第19表 育成従事者一覧

氏名	2003 交配	2004 BC ₁ F ₁	2005 BC ₁ F ₂ BC ₁ F ₃	2006 BC ₁ F ₄	2007 BC ₁ F ₅	2008 BC ₁ F ₆	2009 BC ₁ F ₇	2010 BC ₁ F ₈	2011 BC ₁ F ₉	備考
清水博之										現 北海道農業研究センター 技術支援センター
横上晴郁	10月									現 東北農業研究センター
松葉修一		4月								現 北海道農業研究センター 企画部企画室
黒木 慎	3月					4月				現 次世代作物開発研究センター
船附稚子				4月						現 西日本農業研究センター
池ヶ谷智仁								4月		現在員
田村泰章			4月 3月							現 国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点

ら 1997) や「ホシユタカ」(篠田ら 1990) 等は、チャーハンやレトルト粥などの粒食の調理加工用米として普及が図られた。しかし、「北瑞穂」や北海道外で近年に育成されたいくつかの高アミロース米品種(「越のかおり」(笹原ら 2008)、「さち未来」(永野ら 2013) など) は、米粉を巡る情勢の変化などあって、米粉麺などの米粉加工用途が大きく期待されている。「北瑞穂」は「越のかおり」と同様にライスパスタや米粉麺への加工適性が高い(第17表)が、これは高アミロース米の特性が原因と考えられる。すなわち、アミロース含有率はデンプンの老化性や生地の粘りに関係し、一般の中低アミロース米では麺の表面の付着性が強いいため、麺線どうしがくっついて麺離れが悪くなるが、高アミロース米による麺では表面の付着性が弱く、麺離れが良くなる。さらに高アミロース米の米粉麺は適度な硬さを保持しており、コシのある麺として食感の向上にも寄与しているものと考えられる。このような「北瑞穂」の米粉麺への加工適性および食味適性をふまえ、実際に「北瑞穂」の米粉麺(ロングタイプ)が開発・市販されている。また、米粉入りクッキーにおいて、「北瑞穂」で示された優れたサクサク感(第18表)は高アミロース性による可能性がある。この結果も参考にして、道内のC社において、「北瑞穂」の玄米粉クッキー(玄米粉60%+小麦粉40%)が商品開発され(写真3・右下)、一般販売に至った。また米粉だけでなく、粒食としての用途においても、従来の高アミロース米同様、「北瑞穂」はピラフやリゾットへの適性も高いことが期待できる。さらに、高アミロース米は一般に難消化性デンプンや食物繊維含有量が高く、食後の血糖値の急激な上昇を抑える(Zenel and Stewart 2015)などの機能性が報告され、近年注目されつつある。「北瑞穂」においても、これら高アミロース米の機能性に関する特性は興味深い長所となりうる。一方、米粉としては、米粉パンへの加工用途にも、大きな需要があるが、一般に高アミロース米による米粉パンは硬く、パサつくなど、米粉パンへの適性は低いことが知られており(青木 2009)、「北瑞穂」についても米粉パン適性は低いという予備的な試験結果が得られている(データ省略)。高アミロース米の粒食、米粉以外の用途として、炊飯米を高速せん断攪拌することで、多様な用途に利用する「米ゲル」が最近開発され(柴田ら 2012)、新たな需要が期待で

きる。今後も、高アミロース米という新しい素材を活かせる用途、加工技術が開発されることを想定し、より望ましい農業特性(多収性、低コスト生産を可能とする直播栽培適性、耐病性など)を付与する品種改良についても継続していく計画である。

「北瑞穂」は2014年産から国の多収性専用品種および北海道における産地品種銘柄指定を受けた。2015年4月における種子の利用許諾先は1件であり、複数の原種苗提供契約による種子配付量を含め、推定される2015年の普及面積は約4haである。2015年3月に策定された「食料・農業・農村基本計画」には、「食料の安定供給を確保するため、農業や食品産業が、消費者ニーズへの的確な対応や新たな需要の取り組み等を通じて健全に発展するため、6次産業化等を促進する」方針が記載された。米粉麺等への加工適性があり、また一般の主食用米とは異なる用途、高アミロース性に関する機能性を利用した新しい商品開発が期待される「北瑞穂」は、6次産業化に資する有望な素材の1つである。北海道で栽培可能な高アミロース米品種として、「北瑞穂」がさらに普及し、北海道産米の新規需要拡大の一端を担うことが期待される。

謝 辞

「北瑞穂」の育成にあたっては、農林水産省の委託プロジェクト研究「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」(実施年度2006~2010年)の助成を受けた。また、特性検定の実施などで北海道立総合研究機構・農業研究本部・農業試験場の関係者から多大な協力をいただいた。道内のA社では、北瑞穂の試験栽培から米粉麺の試作と評価、洋菓子製造B社では、米粉入りクッキーの試作と評価、C社では、北瑞穂を用いた米粉入りクッキーの商品開発から一般販売までを手がけて頂いた。また北海道農業研究センター業務第2科職員として、小田認氏、笠井健二氏(現畜産研究部門)、佐藤勝彦氏、澤田将氏(現野菜花き研究部門)に支援をいただいた。室内調査や圃場作業等で非常勤職員の太谷美恵子氏、故・石川良子氏、南久子氏、矢内厚子氏、北川紗由利氏、近藤美奈子氏、天城美幸氏、菊池智子氏、千高佐知子氏、菅原里佳氏、中島睦美氏、小林裕子氏には多大の支援をいただいた。また芦田かなえ博士には、「北瑞穂」の玄米粉クッキーの商品化等に多大なる協力をいただいた。さら

に、次世代作物開発研究センター・梅本貴之博士と
 入来規雄作物開発研究領域長には試験成績の取りま
 とめに当たって貴重なご助言をいただいた。ここに
 記して深謝する。

引用文献

- 1) 青木法明(2009): 米粉を用いた製パン試験の現状. 食品工業, 52(12), 29-35
- 2) 永野邦明, 松永和久, 早坂浩志, 薄木茂樹, 小山倫子, 千葉文弥, 宮野法近, 佐々木都彦, 遠藤貴司, 我妻謙介(2013): 水稻新品種「さち未来」について. 宮城県古川農業試験場研究報告 11, 1-16
- 3) 農林水産技術情報協会 (1980) 稲種苗特性分類基準調査報告書. 農林水産技術情報協会, 東京.
- 4) 農林水産省大臣官房政策課(2015) 平成26年度食料需給表. 農林水産省. 東京.
- 5) 太田早苗, 佐々木忠雄, 田中一生, 吉村徹(1993): 道内水稻品種系統におけるラピッドビスコアライザー(RVA)と食味の関係. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報 34, 70-71
- 6) 笹原英樹, 三浦清之, 清水博之, 後藤明俊, 重宗明子, 長岡一朗, 上原泰樹, 小林陽, 太田久稔, 福井清美, 大槻寛, 矢野昌裕, 小牧有三(2013): 製麺用高アミロース水稻品種「越のかおり」の育成. 中央農業総合研究センター研究報告 19, 15-29
- 7) 柴田真理朗, 杉山純一, 藤田かおり, 蔦瑞樹, 吉村正俊, 粉川美踏, 荒木徹也(2012): 攪拌処理処理による高アミロース米ゲル物性の変化. 日本食品科学工学会誌, 59(5), 220-224
- 8) 篠田治躬, 岡本正弘, 星野孝文, 坂井真, 柴田和博, 藤井啓史, 鳥山國士, 山田利昭, 小川紹文, 関沢邦雄, 山本隆一(1990): 多収性水稻新品種「ホシユタカ」の育成. 中国農業試験場研究報告 6, 135-148
- 9) 上原泰樹, 小林陽, 古賀義昭, 内山田博士, 清水博之, 太田久稔, 福井清美, 大槻寛, 三浦清之, 堀内久満, 奥野員敏, 藤田米一, 石坂昇助, 中川原捷洋, 山田利昭(1997): 水稻新品種「夢十色」の育成. 北陸農業試験場報告 39, 23-47
- 10) Yamanaka, S., Nakamura, I., Watanabe, KN. and Sato, Y. (2004) Identification of SNPs in the *waxy* gene among glutinous rice cultivars and their evolutionary significance during the domestication process of rice. *Theor. Appl. Genet.*, 108(7), 1200-1204.
- 11) Zenel, A. M. And Stewart, M. L. (2015) High amylose white rice reduces post-prandial glycemic response but not appetite in humans. *Nutrients*, 7, 5362-5374

Breeding of “Kitamizuho”, a rice cultivar with high amylose content suitable for processing.

Shuichi MATSUBA¹⁾, Hiroyuki SHIMIZU²⁾, Narifumi YOKOGAMI³⁾, Makoto KUROKI⁴⁾,
Wakako FUNATSUKI⁵⁾, Tomohito IkeGAYA and Yasuaki TAMURA⁶⁾

Summary

“Kitamizuho”, a new rice cultivar with high amylose content in the endosperm was bred from the progeny of backcross between “Yumetoiro” (donor parent), which has high amylose content, and “Hatsushizuku” (recurrent parent), a cultivar for sake brewing with high cold tolerance at Hokkaido Agricultural Research Center, NARO.

1. “Kitamizuho” is a moderate maturing cultivar, and its heading and maturing dates are slightly later than those of “Kirara397”, one of leading cultivars in Hokkaido.
2. “Kitamizuho” has high tolerance to cold temperature at the booting stage.
3. “Kitamizuho” is estimated to possess the true resistance gene *Pia* and *Pik* for blast disease. Its field resistance to leaf and panicle blast are moderate resistant and moderate sensitive, respectively.
4. Yielding ability of “Kitamizuho” is slightly superior to “Kirara397”. The grain weight of “Kitamizuho” is slightly lighter and the grain thickness of “Kitamizuho” is slightly thinner than that of “Kirara 397”.
5. The amylose content in the endosperm of “Kitamizuho” is very high and the value is approximately 30%.
6. “Kitamizuho” is suitable for rice noodle and rice cookies because of the feature of high amylose content.

“Kitamizuho” is considered to be adaptable to major rice cultivating areas in Hokkaido.

Key words : Rice, New cultivar, High amylose content in the endosperm, Rice flour

Division of Crop Breeding Research, Hokkaido Agricultural Research Center, NARO

1) Present address: Planning Section, Department of Planning, Hokkaido Agricultural Research Center, NARO.

2) Present address: Technical Support Center, Hokkaido Agricultural Research Center, NARO.

3) Present address: Division of Lowland Farming Research, Tohoku Agricultural Research Center, NARO.

4) Present address: Division of Rice Research, Institute of Crop Science, NARO.

5) Present address: Promotion Section of Industry–Academia Collaboration, Department of Planning, Western Region Agricultural Research Center, NARO.

6) Present address: Tropical Agriculture Research Front, JIRCAS.

農研機構 北海道農業研究センターの組織

【札幌（本所）】 〒062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘1番地 1, Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, 062-8555, Japan
【芽室（芽室研究拠点）】 〒082-0081 河西郡芽室町新生南9-4 9-4, Shinsei-minami, Memuro, Kasai, 082-0081, Japan

企画部	(札幌・芽室)
総務部	(札幌・芽室)
リスク管理室	(札幌・芽室)
技術支援センター	(札幌・芽室)
寒地畑作研究監	(芽室)
水田作研究領域	(札幌)
酪農研究領域	(札幌)
生産環境研究領域	(札幌)
作物開発研究領域	(札幌)
畑作物開発利用研究領域	(芽室)
大規模畑作研究領域	(芽室)

Organization of the Hokkaido Agricultural Research Center, NARO

Organization	Location
Department of Planning	(Sapporo/Memuro)
Department of General Administration	(Sapporo/Memuro)
Office of Risk Management	(Sapporo/Memuro)
Technical Support Center	(Sapporo/Memuro)
Director of Northern Field Crop Research	(Memuro)
Division of Lowland Farming Research	(Sapporo)
Division of Dairy Production Research	(Sapporo)
Division of Agro-environmental Research	(Sapporo)
Division of Crop Breeding Research	(Sapporo)
Division of Field Crop Research and Development	(Memuro)
Division of Farming System Research	(Memuro)

農研機構研究報告 北海道農業研究センター 第205号

平成29年3月16日 印刷

平成29年3月24日 発行

農研機構 北海道農業研究センター

〒062-8555 札幌市豊平区羊ヶ丘1番地 電話(011)851-9141
<http://www.naro.affrc.go.jp/harc/index.html>

印刷 柏楊印刷株式会社

〒007-0802 札幌市東区東苗穂2条3丁目4-48 電話(011)789-2377

本研究報告から転載・複製する場合は、北海道農業研究センターの許可を得てください。

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

Hokkaido Agricultural Research Center,
National Agriculture and Food Research Organization (NARO)