

## &lt;試験成績・研究成果&gt;

オホーツク紋別重粘土におけるライムギの栽培と  
食品としての用途拡大の試み横田 聡\* 中司 啓二\*\* 義平 大樹\*\*\*  
木村 正義\*\* 瀧川 重信\*\*

## 要 旨

近年需要が高まっているライムギはコムギ栽培が難しい厳しい気候・土壌環境下で生育可能で北海道紋別市の寒冷な重粘土壌でも管理を適切に行えば穀実生産が可能であることがわかった。さらに安定的な収量を得るためには冬枯れ・倒伏しづらい短稈品種の開発が望まれる。小麦薄力粉を原料とする食品(菓子等)ではライムギ粉で置き換えられるものがあり、独特の色合いと風味、食感が得られるため今後の利用拡大が期待される。

## 1. ライムギの特徴と生産・利用の現状

ライムギ (*Secale cereale*) は麦類のなかでは耐寒性に優れ不良土壌に対する適応能力が高いことから気候・土壌の面でコムギ生産が難しい地域でコムギに代わる穀物として世界各国で栽培されてきた<sup>1)</sup>。コムギの生産が大きく拡大した現在でもロシア、ヨーロッパ、旧ソ連諸国、中国、北米大陸などで食用・飼料用ライムギの持続的生産が行われロシア、ドイツ、ポーランドが三大生産国となっている(2007年FAO統計<sup>2)</sup>)。ライムギ穀実を利用した食品の筆頭はライ麦パンで、ほかに菓子、ビールやウィスキー、ロシアではクヴァースという清涼飲料水の原料としても用いられる<sup>3)</sup>。ドイツの「プンパーニッケル」はライムギ含有率の高いパンとして有名で小麦粉パンとは製法、食感、風味、色等が大きく異なる。ライ麦粉は小麦

粉同様12~13%程度(全粒粉)のタンパク質を含んでいるが、その組成が大きく違う。小麦粉は水を加えてこねると内在タンパク質からグルテンが多量に形成され、生地はイーストの発酵による炭酸ガスを閉じ込めて膨らみ焼成することによりさらに膨らみやわらかいパンが完成する。しかしライ麦粉は同様に捏ねても小麦粉のようにグルテンは形成されず、仮に小麦粉パンと同様にイースト発酵させても大きく膨らむことはなく、焼成により非常にずっしりとした密度の高い硬いパンに仕上がりに、色や食感も同じパンとは思えないほど異なったものになる。小麦強力粉にライ麦粉を混ぜていくと低い比率では小麦粉単独の場合よりも若干膨らむ傾向はあるものの、比率が高くなるにつれ次第に膨らみは抑えられる。ライ麦粉比率の高いパンをより膨らませるためには伝統的にサワー種とよばれるライ麦粉由来の天然酵母をライ麦粉中で増殖させた発酵種が用いられており<sup>4)</sup>、市販もされている。とはいえライ麦粉比率の高いパンは小麦粉パンと同様の膨らみと食感にはならない。また焼成後の色はこげ茶色となり見た目でも小麦粉パンとは大きく違う。

ヨーロッパでは白いパンが高級とされたこともありコムギ生産が盛んとなり、品種や栽培技術も

Cultivation of rye in Okhotsk Mombetsu area on heavy-clay soils and development of new usage of rye flour for food production

\* 北海道農業研究センター Satoshi YOKOTA,  
Keiji NAKATSUKA, Masayoshi KIMURA,  
Shigenobu TAKIGAWA

\*\* 酪農学園大学 Taiki YOSHIHIRA

大きく進歩し収量も上がっている。小麦粉はパン以外にもパスタ、ピザ、ラーメン、うどん、そば、お好み焼き、中国料理の材料、および製菓原料など非常に幅広く使えるが、その点ではライ麦粉・ライムギの用途は限られている。またライムギの収量は各国により大きく異なりドイツの約500 kg/10 aは非常に多い部類で、ロシア、ポーランドではそれぞれ約150kg/10 a、240kg/10 aと差が激しい5)。

このようにライムギ収量には幅があり用途はコムギに比べ限られてはいるが、食物繊維をより多く含むことから整腸作用が期待され7)、ミネラルを多く含むこともあり近年では健康食品として見直されイメージが高まっている。日本でもライムギ配合比率の高いライ麦パンに根強いこだわりを持つ消費者もおり、さらにライ麦の風味や色、健康イメージから小麦粉パンの食感を損なわない範囲でライ麦粉あるいはライムギ粒を配合した“ライ麦入り”のパンが大手メーカーからも多種販売されるようになっており、需要は確実に高まっている。

しかし現在日本国内でのライムギの生産はごく限られており、輸入に頼っているのが現状で、国内での増産が望まれている。

北海道農業研究センター紋別試験地は紋別市街地から約10km南に位置するオホーツク海沿岸にある。この地域は重粘土壌が分布しさらに寒冷な気候であることから栽培可能な作物が限られており、ライムギのように需要があり環境適応性をもった作物はこの地域での新しい畑作物候補として有望であると考えられる。また国内での生産消費は地産地消という点で望ましい。また条件の悪い土地柄でも栽培可能であることは将来的な食料供給や耕地の維持のためにも貴重な作物であるといえる。

そこで紋別試験地においてライムギを試験栽培しその生育、収量、栽培管理について検討し、さらに新たなライムギの活用方法を探った。

## 2. 紋別の気候・土壌とライムギの栽培

### 1) 気候

北海道における実取り用ライムギ栽培は原則秋まきコムギに準じた栽培体系となる。播種期は9月、収穫期は8月である。紋別市ならびにコムギ生産の盛んな北海道十勝地方帯広市の気象データ(1999年～2008年の平均値、気象庁アメダスデータ)を図1～3に示した。

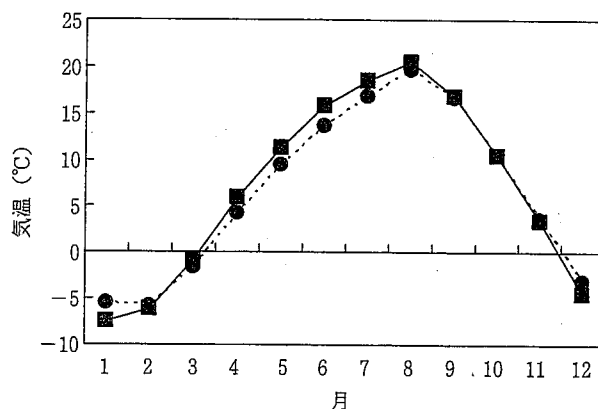


図1 紋別(●)および帯広(■)の月別平均気温 1999～2008年のアメダス平均値

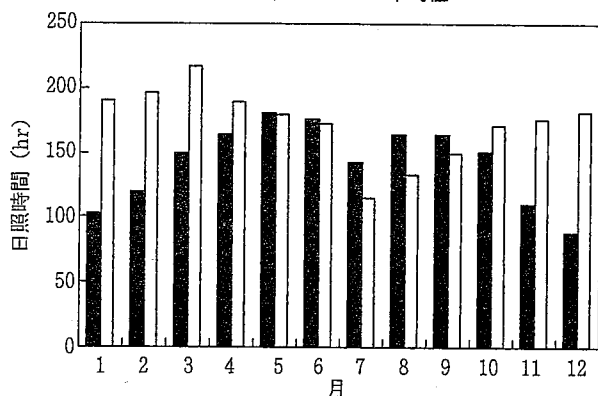


図2 紋別(■)および帯広(□)の月別日照時間 1999～2008年のアメダス平均値

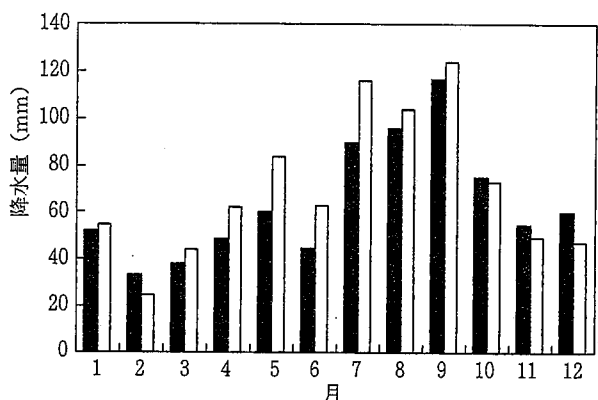


図3 紋別(■)および帯広(□)の月別降水量 1999～2008年のアメダス平均値

播種期である9月の平均気温はほぼ同じで日照時間は紋別が多く降水量は少ない。しかし両地域ともに収穫期・播種期の降水量が年間の中で多い時期にあっている。特に紋別では集中して雨が降ることにより重粘土圃場がぬかるみ、収穫および播種作業に影響を及ぼすことが多い。またコムギに比べて稈が長いライムギでは倒伏により穂発芽・品質低下のおそれがある。したがってこれらに対する工夫が重要であり、後述する。初期成育期の10、11月では日照時間が紋別では短い。融雪後から収穫期までは日照時間は長いものの平均気温は明らかに紋別が低く、積雪期間を除いた生育期間中の積算気温も低い。図1～3のデータより概して紋別は帯広に比べて冷涼少雨である。なお6、7月の紋別の降水量は概ね少なく、干ばつ傾向に陥ることも多い。以上のように作物の生育にとって気候的に紋別は帯広に比べより厳しい条件であるといえる。

2) 土壌

オホーツク沿岸の重粘土壌はそのままではきわめて排水が悪く有機物も少なく土壌物理性は劣悪である<sup>8)</sup>。紋別試験地圃場では暗渠を設置してはいるが強い雨が降ると表土がぬかるみ、機械での作業性が著しく低下するとともに作物は湿害を受けることがある。いっぽう日照が強くと干ばつ気味となれば表土にはクラストとよばれる硬い土の層ができ、作物の出芽が困難となる<sup>9)</sup>。このように湿っても乾いてもその扱いが難しい土壌である。図4はライムギの収穫期の8月と播種期の9月以降の紋別試験地重粘土圃場の土壌水分（表面から30cmまで）である。降水の比較的多いこの時期の土壌水分は30～40%程度であるが通常大型トラクターでは概ね35%以上ではぬかるみとなり収穫作業性は悪い。図4は2008年のデータであるが土壌水分が概ね35%を下回るのは9月下旬以降となっている。また播種に関しては土壌水分が40%を上回ると播種機に土が詰まり均一な覆土が困難になるなどの障害が発生する。しかし小型トラク

ター（クボタ KB-20F, 20ps）にロータリーと播種機を装備した軽量な機械・装備を用いることにより土壌水分が35～40%程度であっても走行・播種が可能であることがわかった。図4のように9月に入ると概ね土壌水分は40%を下回るため降雨直後を除き播種が可能であった。またコムギに準じて融雪後に春施肥を行うならばその時期の機械作業性も重要な問題となる。

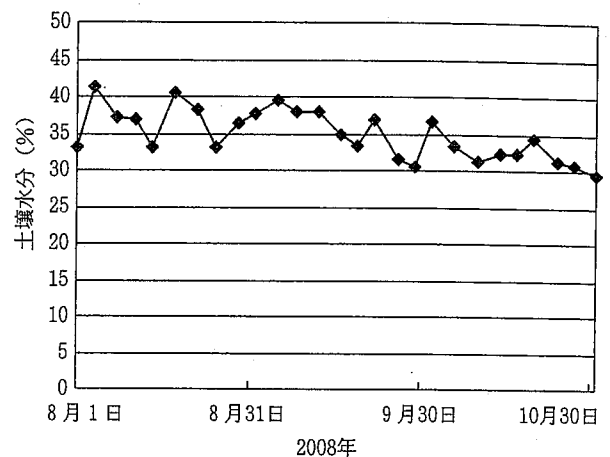


図4 ライムギ収穫・播種期の土壌水分（2008年）  
紋別試験地重粘土圃場3地点の平均値

図5は春施肥を行う4～5月の土壌水分を示すが消雪が例年に比べ3月16日と早かった2008年でも4月中旬まで土壌水分は40%近くを示し、大型機械による作業性は良くない。しかしこの時期であっても小型トラクターを用いれば走行可能であり、施肥を行うことができる。

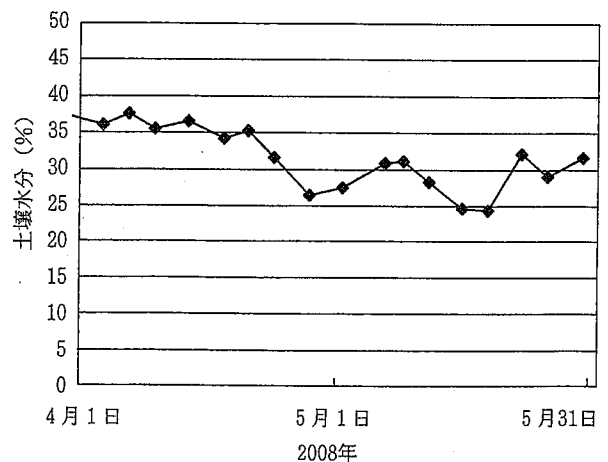


図5 ライムギ春施肥期の土壌水分（2008年）  
紋別試験地重粘土圃場3地点の平均値

春施肥の必要性和倒伏への影響については後述する。ライムギ播種期以降は気温が低下、日照時間も減少し降雨が適度にあることから強固なクラストの形成はみられず出芽は順調に推移した。なお、重粘土圃場においてはプラウによる深耕が必要な場合などを除いて小型軽量トラクターの作業性が高く、ライムギ栽培に限らず非常に有用で土壌に対するダメージも少ないことを付け加えておきたい。

### 3) 栽培の実際と問題点

紋別試験地圃場における標準試験栽培の条件を表1に示した。播種量は畝1mあたり100粒程度をめどとしたため、種子千粒重に依存する。播種機はクボタKB-20Fトラクター後部に取り付けられたロータリー耕うん機の後方に置かれた繰り出しベルト方式(商品名:ごんべえ)で、播種時に10cm程度の深さで碎土しながら播種を行った。なお播種機は同時施肥ができないタイプであったが施肥・播種は同時に可能であるため同時施肥が行えるものがより効率的である。種子消毒は雪腐れ病の予防のためにコムギ同様に行ったが、雪腐れの発生程度は品種や年次により大きく変化し一定の傾向は認められなかった。図6は越冬後のライムギの雪腐れ病によると思われる冬枯れの一例であり、壊滅的被害を生じることもある。冬枯れの防止のためには越冬前防除を行うことも重要と考えられるが、越冬性の高い品種の開発も望まれる。出穂期は概ね5月下旬～6月上旬で品種により差が大きい。越冬後収穫までに葉・穂にカビやサビ病が発生することがある。コムギでは赤カビが産生する毒素デオキシニバレノール(DON)の規制値が設けられているが、ライムギ粉についてELISA法(Romer Labs AgraQuant Deoxynivalenol Assay 0.25/5.0)<sup>10)</sup>で測定したところ、いずれも規制値を下回っており問題のないことがわかった(表2)。

ライムギは概して栽培コムギに比べて草丈が長い時には2mに及ぶこともある。その長稈性のた

表1 紋別試験地重粘土圃場におけるライムギ栽培慣行法

畝間	30cm
播種密度	100粒/m
基肥	N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O = 4:8:5 kg/10a (播種同時施肥)
分肥(春)	N = 2 kg/10a (翌年4月下旬～5月上旬)
種子消毒	ベフラン液剤25 原液処理
除草剤	ロロックス 200 g/10a 土壌処理(播種直後に散布)
播種時期	9月中旬～末まで
収穫時期	翌年8月中下旬

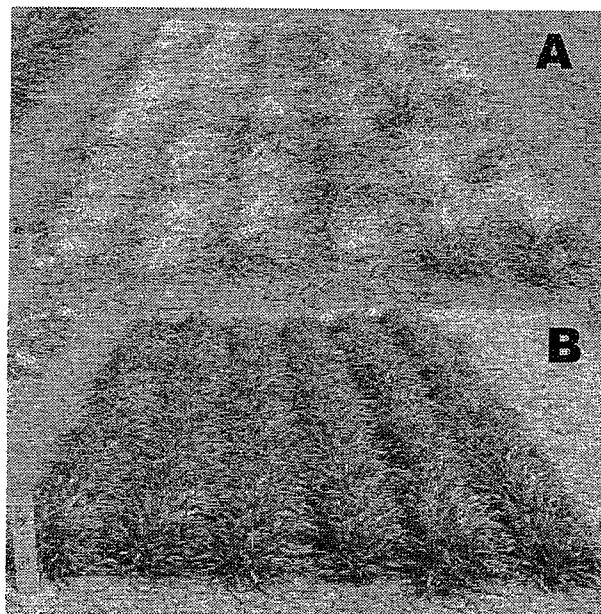


図6 冬枯れのみられたライムギ区(A)と同じ圃場で冬枯れのみられなかった試験区(B)。

A, B品種は異なる。撮影日は2004年4月19日。

表2 ライムギ粉のDON濃度

試料	DON濃度* (mg/kg)
市販コムギ強力粉(対照)	0.00
市販輸入ライムギ粉	0.35
紋別試験地産ライムギ粉	0.23

\*コムギの国際的暫定規制値は1.1mg/kg

めに登熟初期であっても強い風雨などをきっかけに稈が傾き倒伏状態になることがある(図7)。ライムギの稈は概してしなやかで、株元から折れ稈全体が完全に着地するような倒伏は少ないが、一度傾いた稈が元通りに直立することは難しい。倒伏したのち長雨となればカビの発生など品質低下につながり、また収穫作業性も著しく悪化する

ので対策が必要である。ライムギのなかでも短稈の系統は倒伏しにくい傾向にはあるが、一般的に倒伏は窒素過多などによる徒長で稈の強度が低い場合に起こりやすい。そこで施肥コントロールによる倒伏抑制を試みた。その結果、倒伏は特に春施肥を多くした場合に起こりやすいことがわかった(図8)。また草丈のデータより必ずしも稈が長くなることによって倒伏が助長されているのではないことも明らかだった(表3)。



図7 大規模な倒伏がみられたライムギ畑  
(2005年7月31日, 紋別試験地)

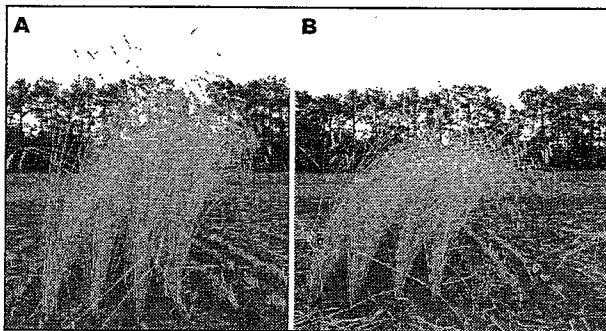


図8 基肥窒素/春肥窒素の量によるライムギ草姿の変化  
A: 基肥窒素10/春肥窒素 2,  
B: 基肥窒素 2/春肥窒素 10 (kg/10a), 2008年8月28日

表3 基肥/春肥窒素施用量と草丈・乾物重・子実収量\*

窒素施用量		草丈 (cm)	総乾物重 (kg/10a)	子実収量	子実割合** (%)
基肥	春肥				
(kg/10a)					
4	2	172	853	187	22
2	4	166	753	206	27
10	2	176	1070	257	24
2	10	162	984	275	28

\*長稈タイプの試験用ライムギ品種での結果。2008年8月28日収穫  
\*\*子実割合(%) = 100 × 子実収量 / 総乾物重

春施肥は収量を増加させる目的で行われるが全施用窒素量が同じであっても春施肥を多くすることにより10%程度子実の増収が認められた(表3)。したがって同じ窒素施肥量で増収を望むのであれば春肥により多く分肥したほうが有利であるが、倒伏および品質と作業性の低下を抑えるためには春肥を抑えるか、もしくは基肥のみの施用とし圃場作業性の悪い春施肥を思い切ってゼロにして労力を削減するのもひとつの方法であると考えられる。子実収量は年次により変動が大きい約180~350kg/10aの範囲にあることが多い(表4)。収量が大きく低下する要因としては極端な遅まき(10月までずれ込んだ場合)、初期生育時の圃場の排水不良・湿害による枯死および壊滅的な冬枯れである。前二者は栽培管理の問題である。冬枯れに関しては防除や融雪水の排水溝による早期排水などの対策も重要であるが、減農薬・省コストの観点からも抵抗性品種の育成も望まれる。収穫後はコムギ同様に乾燥調整して保管する。なお、ライムギに好発するとされる麦角(麦角菌により形成される菌核で毒性が高いアルカロイドを含む<sup>11)</sup>)の発生の有無については注意深く観察していく必要がある。

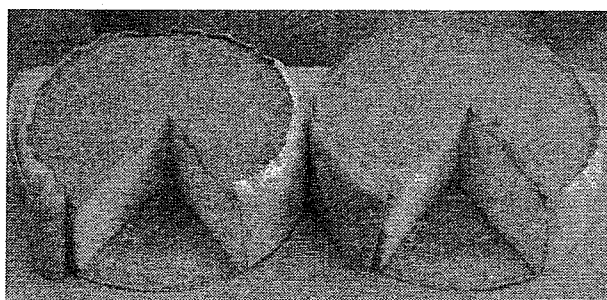
表4 ライムギ子実収量

収穫年次	品種・系統	子実収量 (kg/10a)
2004	春香	227
	Amilo	385
	Warko	379
	Petkuser	139
	試験用系統	350
2005	試験用系統	707
2006	試験用系統	318
2007	試験用系統	199
2008	試験用系統	187

### 3. ライ麦粉の用途の拡大の試み

1. で述べたように諸外国ではライムギはパンの原料として用いられることが多い。しかし日本ではまだライムギ含有率の高いいわゆる黒パンは普及しているとはいえない。今後、嗜好の多様化とライムギの持つ健康イメージによりライ麦パン

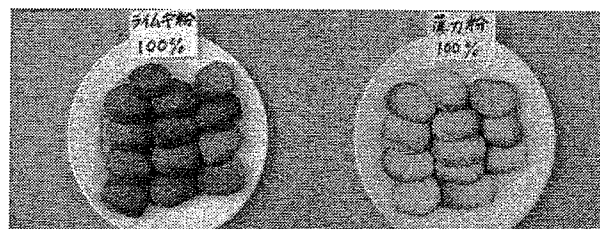
の需要が拡大する可能性はあるが、より日本人のなじみやすい形でのライ麦粉の用途を探った。先述のようにライ麦粉は加水した場合、小麦粉のようにグルテンが形成されない特徴がある。この性質は薄力粉よりもさらに弾力の少ない生地を作ることができることを意味する。小麦粉の用途のうち弾力がむしろ障害となるような食品の製造には薄力粉に置き換えてライ麦粉を用いることができる可能性もある。ここではスポンジケーキとクッキーの試作について簡単に紹介する。図9は小麦薄力粉を全量ライ麦粉に置き換えて同様の手順で焼成したスポンジケーキである。膨らみは若干劣るが焼成後の収縮も問題とならず小麦粉にはない独特の色合いに仕上がった。



ライ麦粉100% 小麦薄力粉100%  
図9 ライ麦粉100%スポンジケーキの外観  
(対照は小麦薄力粉100)

クッキーも同様に小麦粉を全量ライ麦粉に置き換えて調製したところ、スポンジケーキよりもさらに独特の色合いが濃く、噛み砕きやすい歯ざわりのものができた(図10)。クッキーの硬度を測定したところ、小麦全粒粉および小麦薄力粉に比べて割れやすく、噛み砕く力の弱い人にも食べやすいクッキーが得られた。また風味も小麦粉にはない独特のものであった。このほかロールケーキ、パウンドケーキ、ポテトニョッキ、マーラーカオ、かりんとう、だんご、天ぷらの衣なども試作を行った結果、小麦薄力粉を原料とする食品にはライ麦粉で置き換えることが可能なものが多いことがわかった。今後もライ麦粉の用途拡大を目指しレシピの開発を行っていく予定である。また近年小麦

製品を含む食品によるアレルギーも顕在化してきたが、ライムギのアレルゲンとしてのコムギとの違いとアレルギーフリー代替原料としての可能性についても興味を持たれる<sup>12)</sup>。



ライ麦粉100% 小麦薄力粉100%

図10 ライ麦粉100%クッキーの外観  
(対照は小麦薄力粉100%)

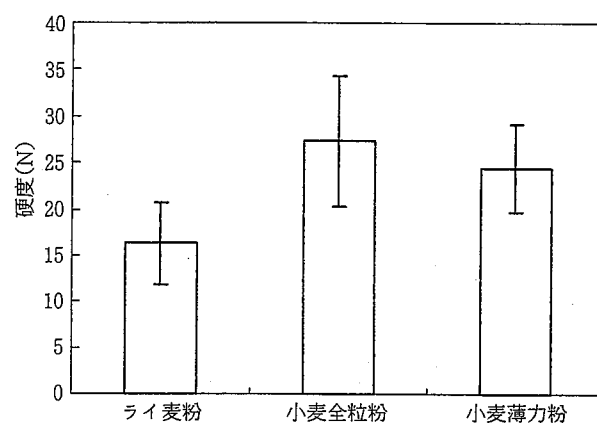


図11 ライ麦粉100%クッキーの硬度

比較として小麦全粒粉および小麦薄力粉それぞれ100%で調製した。n=20±S.D. 測定にはデジタル硬度計(KHT-20N, 藤原製作所)を用いた。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり現地試験全般に尽力いただいた北海道農業研究センター紋別試験地・西岡國雄氏、同・故横山順一氏、同・深谷貴志氏に深く感謝の意を表する。

## 引用文献

- 1) 星川清親 (1996) : 新編 食用作物, 養賢堂, 277-291.
- 2) FAOSTAT (2009) : <http://faostat.fao.org/>
- 3) 荻野恭子 (2004) : 豊かな大地の家庭の味 ロシア料理, 東洋書店, 122-123.
- 4) 荻野恭子 (2004) : 豊かな大地の家庭の味 ロシア料理, 東洋書店, 56.

- 5) FAOSTAT (2009) : <http://faostat.fao.org/>
- 6) 文部科学省食品成分データベース (2009) : <http://fooddb.jp/>
- 7) McIntosh GH, Noakes M, Royle PJ, Foster PR (2003) : Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged man, *Am J. Clin. Nutr.* 77 : 967-74.
- 8) 岩間秀矩 (1988) : 北海道北部に分布する重粘土の物理的不良要因とその改良, 北海道農業試験場研究報告, 150 : 91-198.
- 9) 横田 聡 (2006) : オホーツク紋別重粘土における根系発達の特徴, 北海道土壌肥料研究通信 52 : 17-22.
- 10) Yoshizawa T, Kohno H, Ikeda K, Shinoda T, Yokohama H, Morita K, Kusada O, Kobayashi Y. (2004) : A practical method for measuring deoxynivalenol, nivalenol, and T-2 + HT-2 toxin in foods by an enzyme-linked immunosorbent assay using monoclonal antibodies., *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 10 : 2076-2085.
- 11) Mirdita V, Dhillon BS, Geiger HH, Miedaner T (2008) : Genetic variation for resistance to ergot (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) among full-sib families of five populations of winter rye (*Secale cereale* L.), *Theor. Appl. Genet.* 118 : 85-90.
- 12) 老田 茂, 横田 聡 (2008) : コムギ Nonspecific Lipid Transfer Protein 1 抗ペプチド抗体の特性, 日本食品工学会誌55, 137-142.