

【医食同源・玄米で健康】シンポジウム  
2021年12月18日、東京ミッドタウンホールB

# 機能性玄米について

新潟薬科大学応用生命科学部  
大坪研一

# 本講演の内容

1. 米をめぐる現状
2. 玄米(栄養機能性成分が豊富)
3. 色素米(抗酸化性の強い黒米、赤米)
4. 巨大胚芽米(高血圧予防、血糖上昇抑制)
5. 高アミロース米(肥満・糖尿病の予防)
6. 超硬質米(低吸油性、血糖上昇抑制)
7. 黒米・超硬質米(糖尿病・認知症複合予防)
8. メディカルライス

# はじめにー米をめぐる情勢ー

- (1) **米**は世界で年間約7.5億トン（粳ベース）生産され、トウモロコシ、小麦と並んで、**世界の三大穀物**とされている。
- (2) 特に主食として、**世界の人口の過半のカロリー源**となっており、その**生産と消費は、アジアに90%が集中**している、自給的作物である。
- (3) 世界で栽培されているイネにはアフリカイネとアジアイネがあり、後者は、**長粒で硬い米飯となるインド型米と、短粒で軟らかい米飯となる日本型米**があり、日本人の好む日本型米は、約20%と少数派である。
- (4) **世界の食料需給は**、人口増加と耕地面積の減少、異常気象や水不足、BRICs等における食生活の変化等の観点から、**長期的には不足する**ものと予想されている。
- (5) トウモロコシ、小麦、米等の**国際価格は変動が大きい**。
- (6) わが国の米生産量は、**年間約700万トンであり、そのうち、主食用は90%以上で、消費量は年々減少**している。
- (7) **食料自給率（カロリーベース）が約37%**と、先進国中最低水準であり、食料自給率向上のための努力が必要である。

# 米の一般成分

食品名	エネルギー kcal	水分 g	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	灰分 g	食物繊維 g	ビタミンB1 mg
玄米	353	14.9	6.8	2.7	74.3	1.2	3.0	0.41
七分つき米	359	14.9	6.3	1.5	76.6	0.6	0.9	0.24
精白米	358	14.9	6.1	0.9	77.6	0.4	0.5	0.08
はいが精米	357	14.9	6.5	2.0	75.8	0.7	1.3	0.23
飯(玄米)	165	60.0	2.8	1.0	35.6	0.6	1.4	0.16
飯(精米)	168	60.0	2.5	0.3	37.1	0.1	0.3	0.02
発芽玄米	356	14.9	6.5	3.3	74.3	1.1	3.1	0.35
米ぬか	412	10.3	13.4	19.6	48.8	7.9	20.5	3.12

日本食品標準成分表(2015年版)より引用

数値は可食部100gあたりのエネルギーおよび含有量を示す

- (1) 米の主成分は澱粉であり、エネルギーの供給源である。
- (2) 米は、ほぼ毎日食べる食習慣と美味しさがある。
- (3) 米は、ほぼ毎日食べるので、機能性成分の効果も大きい。
- (4) 玄米は、脂質、灰分、食物繊維、ビタミンが多い。

# 米に含まれる機能性成分

機能性成分	部位	生理作用
食物繊維	米糠・胚乳	整腸作用・コレステロール増加抑制・大腸癌発生抑制
フィチン酸	米糠	抗酸化性・癌抑制・免疫機能強化
γ-オリザノール	米油	成長促進・間脳機能調節・性腺刺激
酵素阻害タンパク質	穀粒全体	害虫防除・病原微生物防御・肥満防止
フェルラ酸	米糠・米油	酸化防止・癌予防
ポリフェノール	色素米外層	酸化防止・癌予防・心臓病予防・虫歯予防



## 欧米のグルテンフリー食品市場規模 (日本貿易振興機構調べ)

### 米 国

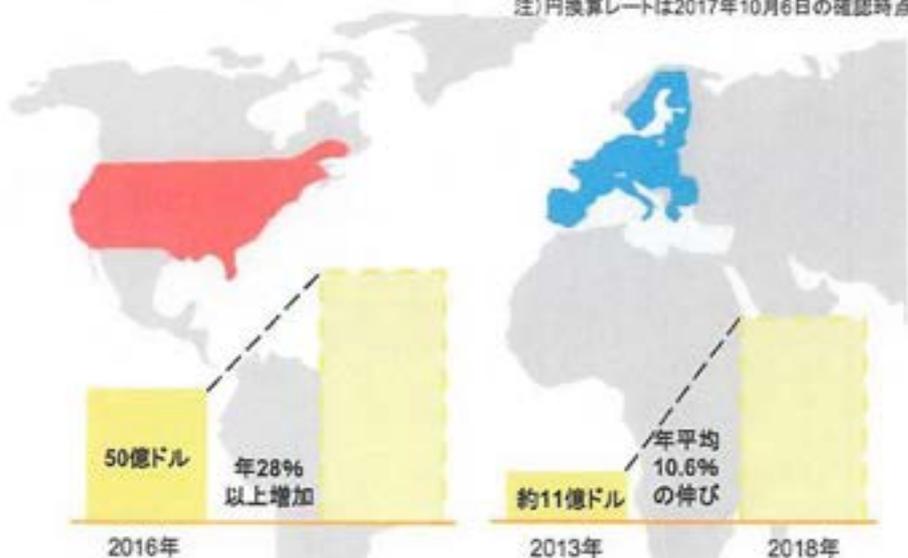
- ・現在50億ドル(約5.6千億円)
- ・毎年28%以上の増加

(2016年調査)

### 欧 州

- ・2013年時点は約11億ドル(約1.2千億円)
- ・2018年まで年平均10.6%伸びる予想(2015年調査)

注)円換算レートは2017年10月6日の確認時点。



グルテンフリー食品市場: 麦類に含まれるグルテンにアレルギーを持つ消費者、セリアック病患者(グルテン摂取に起因する遺伝性免疫疾患)、グルテン過敏症(グルテン摂取に起因する非遺伝性疾患)、ダイエット等のニーズにより形成する食品市場

## 米粉によるグルテンフリー食品市場の 取り込みに向けて

- ◆ 欧米等では、麦類に含まれるグルテンが誘発する「セリアック病」の対策用に「グルテンフリー表示」が制度化

※)表示の基準となるグルテン含有量は $20\mu\text{g}/\text{g}(=20\text{ppm})$

- ◆ 米は成分としてグルテンを含んでいないため、近年、米粉やその米粉を利用した商品の製造に取り組むメーカーも増加
- ◆ 平成29年3月29日、世界最高水準のタンパク質定量技術を活用し、グルテン含有「1ppm以下」の米粉を「ノングルテン表示」でアピールする「米粉製品の普及のための表示に関するガイドライン」を公表



- ◆ 日本米粉協会の発足(2017年5月)
- ◆ 米粉の認証制度の開始(2018年)

# 新潟県農業総合研究所 作物研究センター



こしのめんじまん 燐 夏雲 稚児のほほ 越佳香 かほるこ 紅更紗 紅香 紫宝 越車

コシヒカリ、新之助等の良食味品種を育成したほか、色素米、香り米、高アミロース米、低アミロース米、もち米、巨大胚芽米などの各種新形質米の農業特性を解明し、生産技術を確立した。

# 各種の新形質米の特徴と利用用途

品種例	特徴	推奨用途
一般米(コシヒカリ等)	米飯食味が良好	白飯
色素米(赤米、黒米)	ポリフェノールが多い	抗酸化食品
高アミロース米	物性が硬く、粘りが少ない	低GI食品
巨大胚芽米	GABA、ビタミンE等が多い	発芽玄米
超硬質米(ちくし粉85号)	難消化性澱粉が多い	低GI食品
蛋白質変異米(春陽)	プロラミンが多い	腎臓病向け

# 巨大胚芽米

胚芽は、タンパク質、脂肪、ビタミン、ミネラルに富む

特にビタミンB1、E、GABAが豊富

胚芽の大きさが  
通常品種の  
2～3倍



栄養素が豊富

## GABAとは

$\gamma$ -アミノ酪酸の略称  
(Gamma-AminoButyric Acid)

主に抑制性の神経伝達物質  
血圧上昇抑制効果  
ストレス軽減作用

胚芽飯、栄養食品として利用可能

# 赤タマネギ添加発芽玄米の機能性に関するヒト試験 (にいがた産業創造機構共同研究プロジェクト成果)



**コシヒカリの無菌米飯**



**越車発芽玄米50%添加**

新潟大学農学部 教授 門脇基二・大坪研一

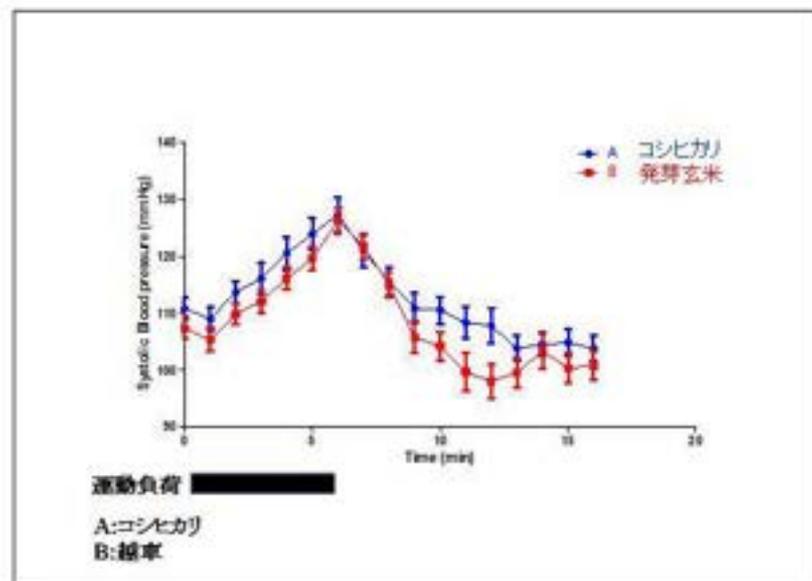
新潟バイオリサーチパーク 倉田忠雄・後藤 博・平山匡男

新潟薬科大学薬学部 臨床薬理学 教授 渡辺 賢一

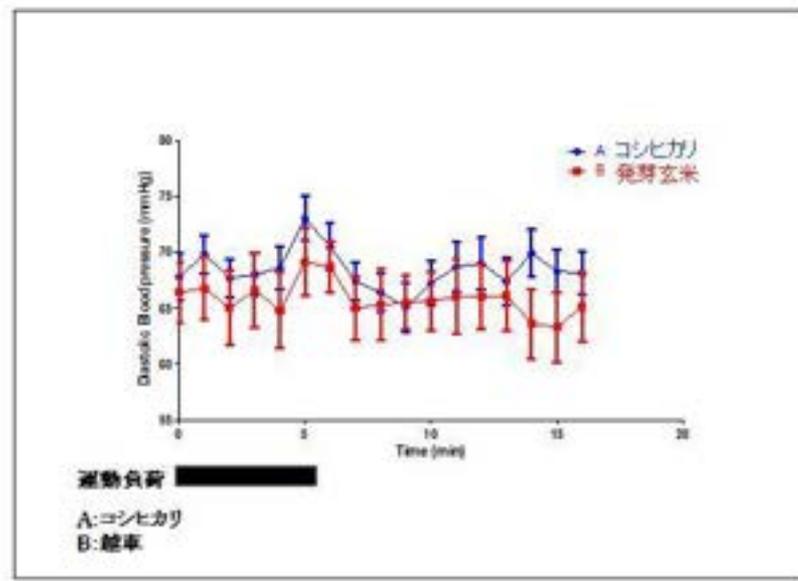
佐藤食品工業(株) 赤塚昌一・渡邊今日子・丸山雅岳

渡辺賢一ら：新潟医学会雑誌 第129巻 第4号 2015年

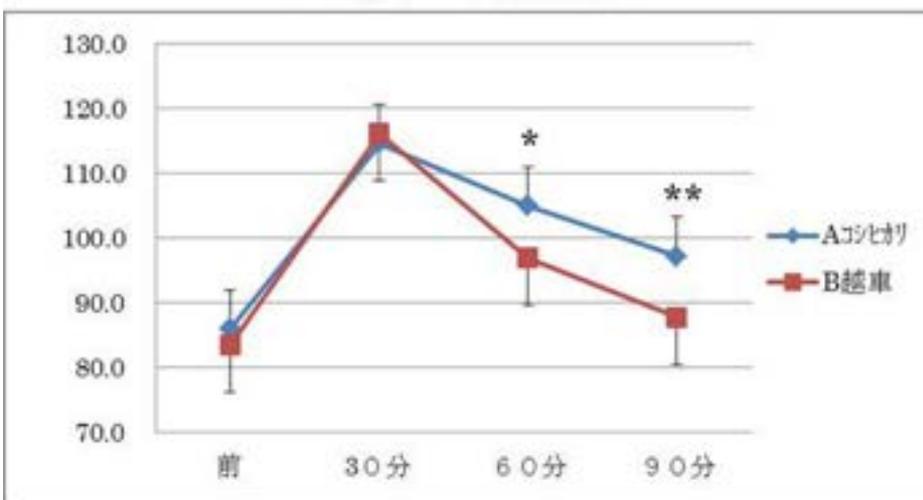
## 摂食後の収縮期血圧の実測値



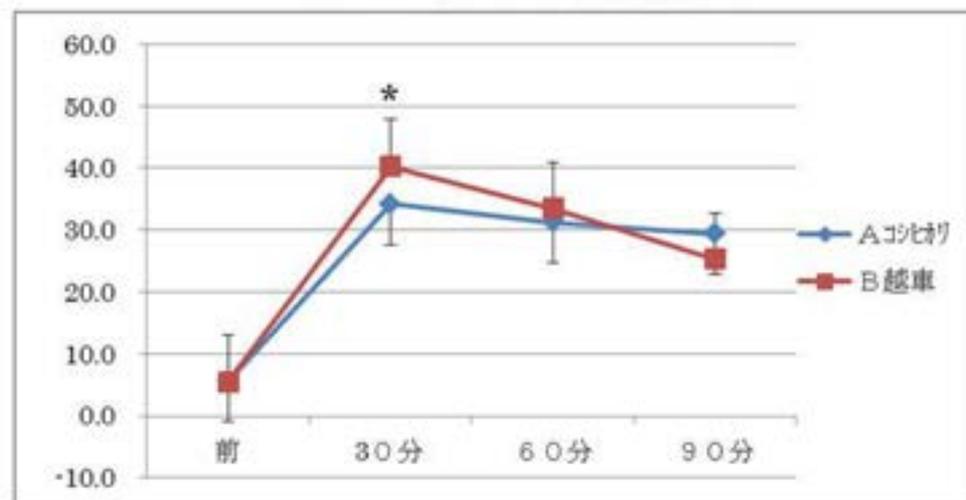
## 摂食後の拡張期血圧の実測値



## 血糖値の実測値



## インスリン値の実測値



巨大胚米の発芽玄米は血圧を下げ、食後血糖上昇を抑制する効果が認められた

# 赤タマネギ添加発芽玄米でのプロテオーム解析の試み (新潟大・三ツ井教授、金子助教との共同研究)

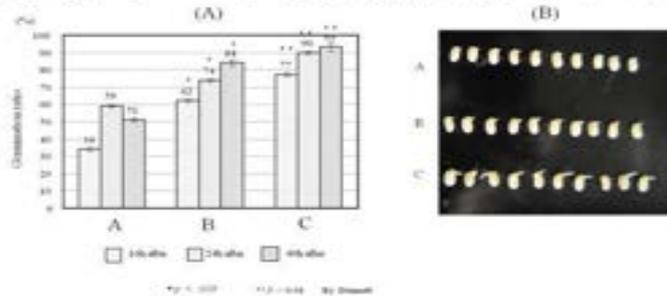


Fig 1. Germination ratio of EM10 by soaking with/without onion.

コシヒカリ玄米を純水、あるいは赤タマネギ2%水溶液に0、12、24時間浸漬し、水溶性タンパク質を抽出

## プロテオーム解析

1. 情報伝達系のタンパク質リン酸化酵素が活性化する。
2. 植物ホルモン(IAA)合成酵素が増加する。
3. GABAが増加し、Dehydrin, Trypsin Inhibitorが減少する。

S. Nakamura et al., *Cereal Chemistry*, **97**(4), 836-848, 2020.

# 有色素米



■ 糠層にタンニン系もしくはアントシアニン系の色素を含み、ポリフェノール含量が高く、抗酸化能が強い。

■ ビタミン (B群、E)、ミネラル (Fe, Ca, Mgなど) を多く含む。

■ 様々な機能が報告され、最近では「Super Food」の一つとされている。



## 新潟県で開発された有色素米



### ・赤うるち米『紅更紗』

赤褐色褐色の果皮を持つ粳米。タンニン系の色素を利用した玄米米や玄米粥、玄米茶、米菓などの利用が期待される。



### ・香り赤もち米『紅香』

果皮が赤褐色を呈する赤もち米で、「はぎのかおり」に由来する香りを持つ。単品あるいはブレンド用としてもち加工に用いるほか、景観始原用稲としての利用も期待される。



### ・紫黒もち米『紫宝』

紫黒色の果皮を持つもち米。アントシアニン系の色素を利用した赤飯、玄米粥、赤餅、赤酒、水あめ。米菓など多種多様な加工原料に向く。

# 「紫黒米利用の米粉パン」



(株)ボンオーハシが本学と共同で開発した新しい米粉パン。米粉と小麦に、新潟県が新しく開発した紫黒米「紫宝」を本学の特許技術で加工して加えたもので、GABA(γ-アミノ酪酸)等の機能性成分を含み、ワインレッドの外観、しっとりとした食感、ほのかな甘味が特徴。にいがた産業創造機構との産学官連携プロジェクトの実用化第1弾。

# 有色素米に期待される機能性

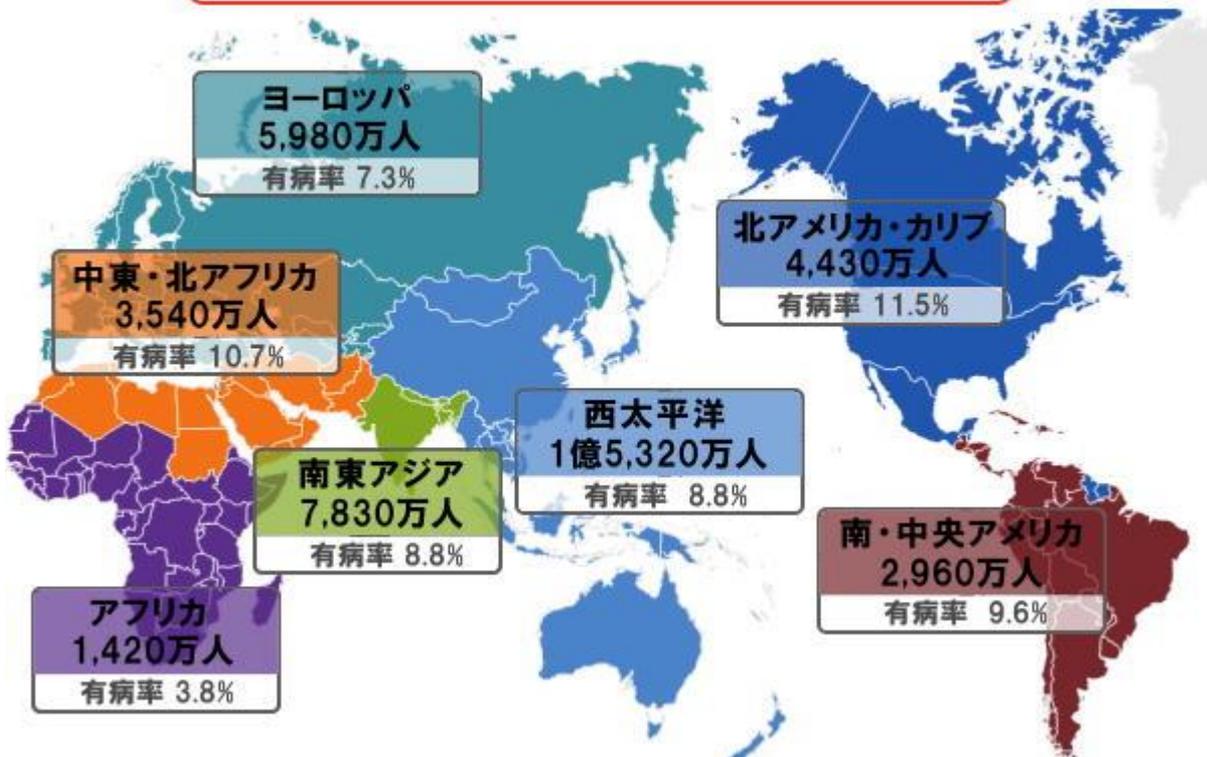
1. **心臓病の予防** (血中総コレステロール、LDL、総トリグリセライド減少→動脈硬化、心筋梗塞予防)
2. **高血圧の予防** (アントシアニンの抗酸化性)
3. **消化性改善、便秘改善** (高食物繊維による効果)
4. **抗炎症効果、抗アレルギー効果** (皮膚炎や鼻炎の抑制、ヒスタミン分泌抑制、IL4発現の抑制など)
5. **解毒作用** (抗酸化、肝臓保護、高脂血症や食事性高血糖の防止など)
6. **糖尿病予防** (肝機能改善→インスリン抵抗性抑制)
7. **その他** (視力改善、体重減少、がん成長抑制など)

Black Rice: U.K.S. Kushwaha, Springer, 2016

# 世界および日本における糖尿病人口

日本を含む西太平洋地区は世界最大の糖尿病人口を抱える

世界の糖尿病人口 4億1,500万人(2015年)

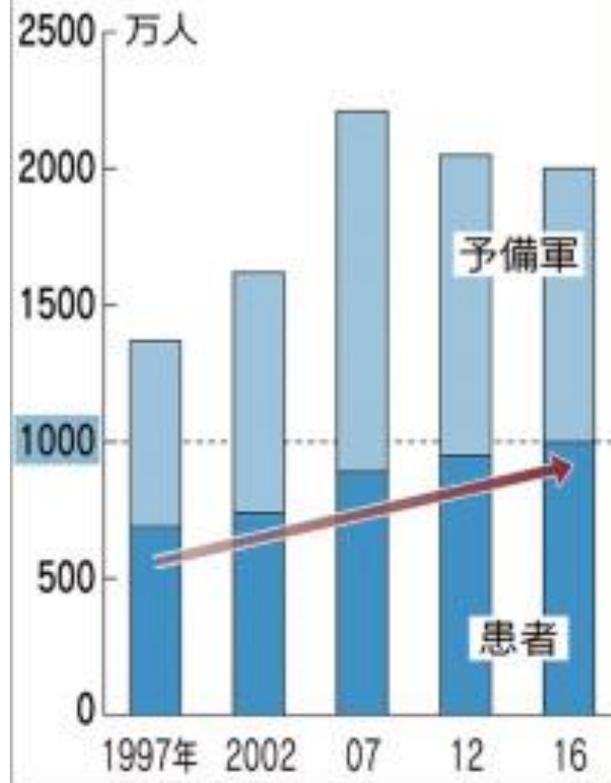


2015年現在の世界の地域別にみた糖尿病有病数と有病率(20~79歳)

出典:IDF Diabetes Atlas 2015(国際糖尿病連合)

## 日本における

糖尿病患者と予備軍の推計



(厚生労働省調査)



# 高アミロース米の食味

(1) 試料米の食味に関する成分分析、物性評価、食味計による評価等、食味評価を行った。

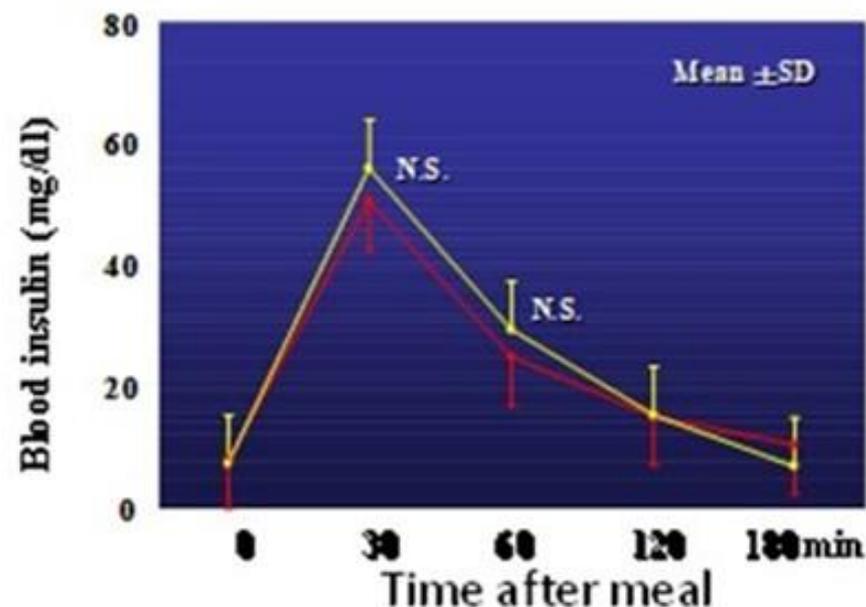
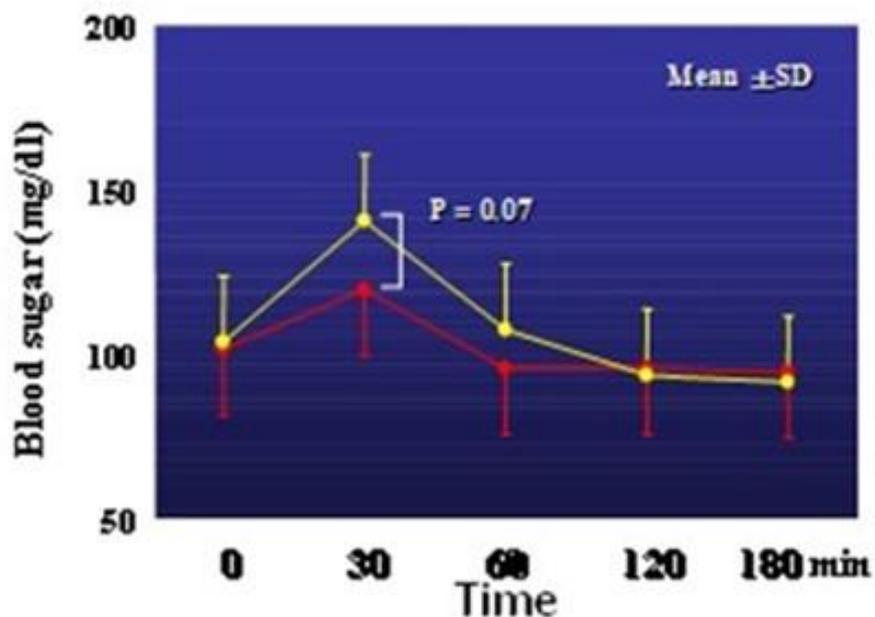
## 試料米の物理化学的特性

試料米	アミロース	蛋白質	糊化特性(RVA)		米飯物性(粘り/硬さ)		精米白度	炊飯食味計	
			ブレイクダウン	コンシステンシー	表層	全体		外観	食味
コシヒカリ	17.8%	5.2%	224RVU	115RVU	0.244	0.236	42.0%	8.5	82.0
夢十色	31.2%	7.0%	127	264	0.027	0.060	40.6%	0.2	30.0
ホシユタカ	29.7%	5.9%	99	193	0.026	0.088	35.7%	0.8	32.0
中国134号	28.7%	6.8%	58	187	0.043	0.094	32.0%	1.2	33.7

ホシユタカ等の高アミロース米は  
食味が著しく不良

# 摂食後の血糖値、インシュリンの比較

(慈恵医大・キュービー)



subjects: 10, age:  $28.4 \pm 10$ , 50g as sugar

High-amylose — Low-amylose —

高アミロース米の米飯摂食後の血糖値は一般米の場合より有意に低かった。

Ohtsubo K., et al.: Possibility of Diabetes Prevention by High-amylose Rice and Super Hard Rice, *J. Diabetes Obes.*, 3(1), 1-8 (2016).

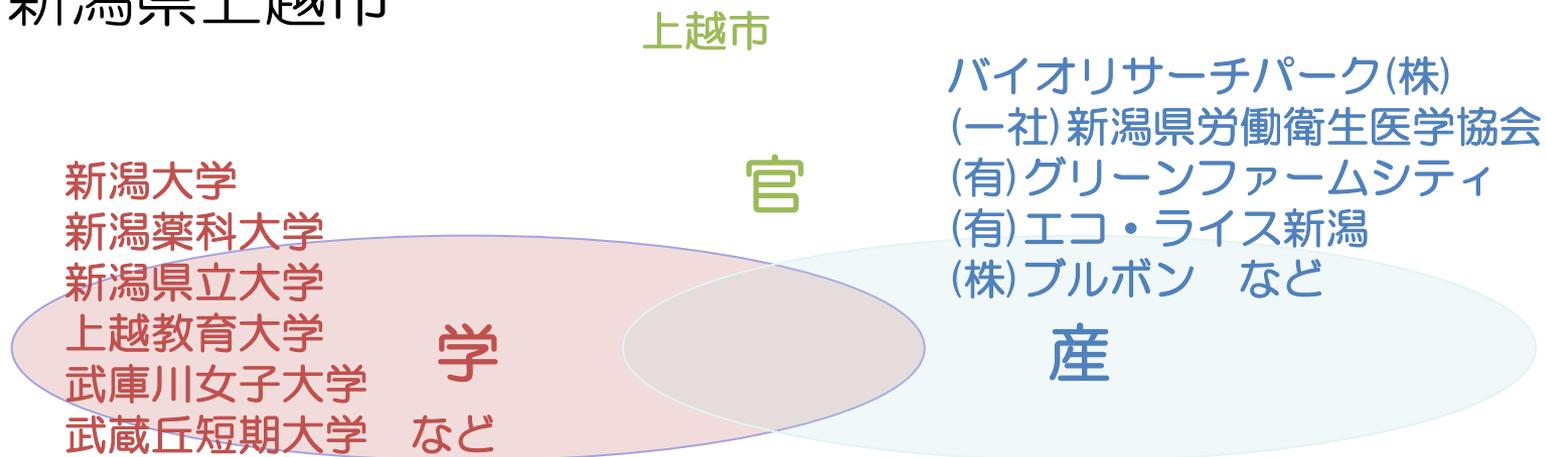
# 糖尿病予防に関する研究成果のまとめ

1. 食総研では、高アミロース米がレジスタントスターチを多く含んでいることを確認した
2. 畿央大では、ラットを米飯で飼育する技術を開発し、高アミロース米の方が食後インシュリン増加が抑制されることを示した。
3. 慈恵医大とキューピー研は、ヒト試験により、米食後に高アミロース米の方が血糖上昇が少ないことを示した。
4. 新潟大では、食味の劣る高アミロース米の、レジスタントスターチを減らさずに食味を改善する技術を開発した。

# 機能性農産物活用促進協議会

【所在地】新潟県上越市

【構成員】



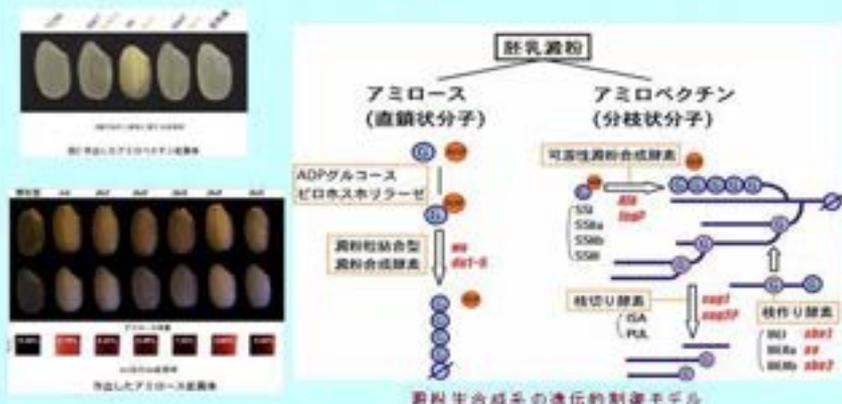
【目的】高アミロース米“越のかおり”などの機能性農産物の普及促進事業を通じ、関連市場の創出・拡大、および生産者の雇用確保・所得向上を目指す。

- 【活動】
- ①調理法・加工方法の開発  
(アプリケーション開発)
  - ②機能性評価・成分分析
  - ③広報普及活動
- ⇒食関連事業者の採用が目標



# 農水省の「超硬質米」共同研究プロジェクト

## 化学的突然変異による開発



MNU処理で各種の澱粉変異系統が得られる

## 超硬質米の澱粉の分子構造

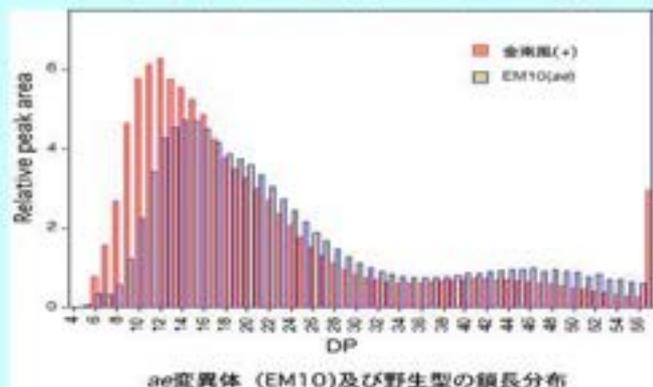
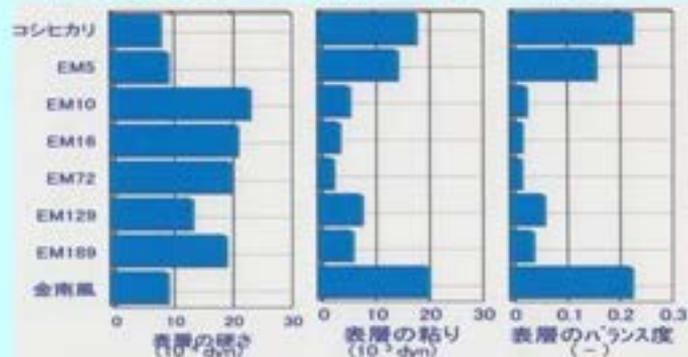


図36 枝作り酵素に関する変異体の澱粉特性の解析  
超硬質米はアミロペクチン短鎖が少なく、長鎖が多い

## 超硬質米の米飯の物理特性



### 各種米飯粒の表層の物性

表層のバランス度：表層の硬さと表層の粘りの比

超硬質米は、米飯がきわめて硬く、粘りが弱い

## 超硬質米の難糊化性

### DSC測定法によるBE変異デンプンの熱糊化特性

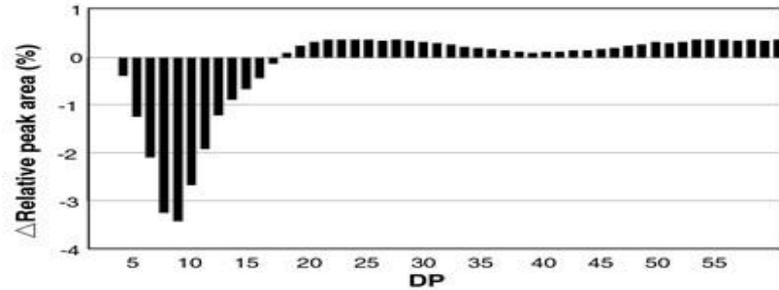
系統	糊化開始温度 To (°C)	糊化ピーク温度 Tp (°C)	糊化終了温度 Tc (°C)	糊化熱量 ΔH(mJ/mg)
T65(通常型)	52.7	61.3	70.3	6.5398
Sbe1欠	49.8▼	58.6▼	66.9▼	4.6745▼
BE1a欠	55.6▲	64.0▲	73.4▲	6.8726▲
超硬質米	65.8▲	76.9▲	85.5▲	6.1998▲
金南風(通常型)	55.9	63.6	72.2	5.7708

▲ : 著しく増加      ▼ : 著しく減少  
▲ : 増加              ▼ : 減少

各種の超硬質米とも、きわめて糊化しにくい



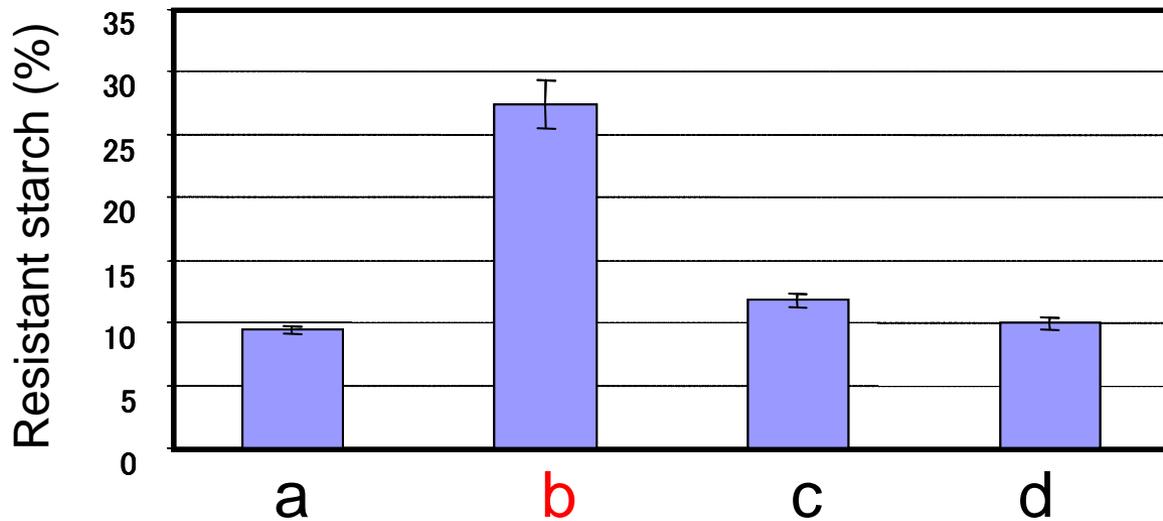
枝作り酵素に関する変異体



超硬質米は澱粉分子の構造が特異

デンプンの分子構造

アミロペクチンの短鎖が少なく、中長鎖が多い



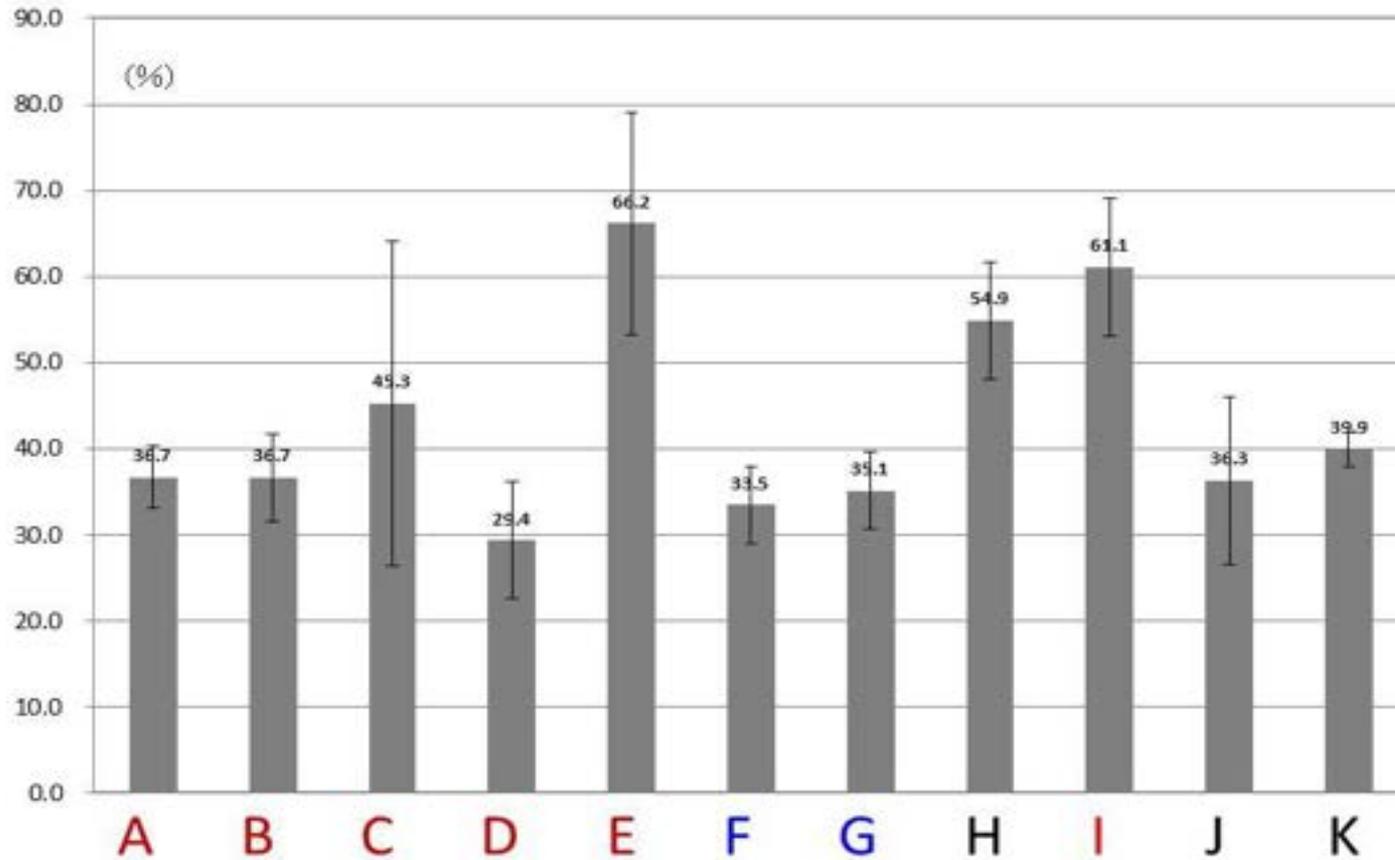
## 超硬質米の難消化性デンプン含量

a: 小麦, b: 超硬質米・EM10, c: 高アミロース米, d: 低アミロース米

# 日本精米工業会の依頼による 米粉の吸油特性試験(新潟大)

1. 小麦と米粉の吸油性の比較  
市販薄力粉と米粉の比較
2. 米の種類と吸油性の関係  
もち米、コシヒカリ、高アミロース米の比較
3. 米の粉碎と吸油性の関係  
微細粉と衝撃粉碎粉、市販米粉の比較
4. 米と小麦のてんぷら食味の比較  
小麦粉と米粉の天ぷらの食味の比較

## 含水吸油率(%)



A: こしのめんじまん (UDY) B: ホシユタカ (UDY) C: コシヒカリ (UDY) D: EM10 (UDY)  
E: こがねもち (UDY) F: コシヒカリ (静岡製機) G: こしのめんじまん (静岡製機)  
H: 市販米粉A I: 薄力粉 J: 市販米粉B K: 市販米粉C

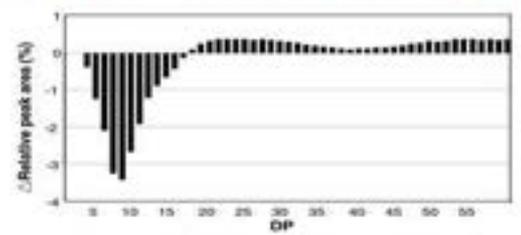
# 各種米粉および小麦粉の含水吸油率

# 「アミロペクチン長鎖型の超硬質米による米粉新需要食品の開発」

超硬質米は粉質で、ピンミルなどでも粉砕が可能  
新潟県食研センター



枝作り酵素に関する変異体

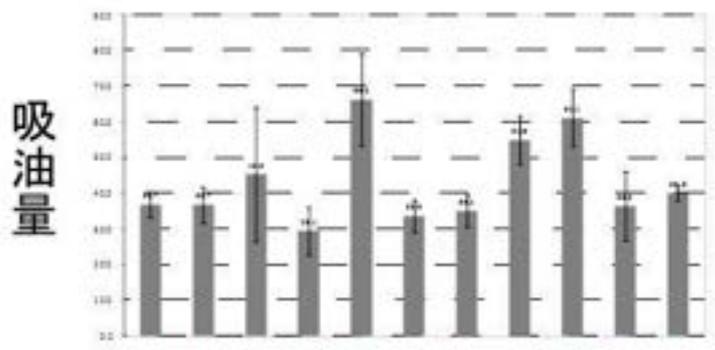


超硬質米は澱粉分子の構造が特異

アミロペクチン長鎖型の超硬質米を品種化する

## 品質特性を解明

含水吸油率(%)



米粉、特に超硬質米は吸油量が少ない

## 機能性を解明・活用

超硬質米EM10の麵の食後血糖上昇の抑制



〈茨城キリスト教大学・辻教授との共同研究〉

超硬質米は、米粉でも血糖上昇を抑制



超硬質米の低オイル天ぷら粉



超硬質米のパスタやラビオリ



超硬質米の低老化米粉パン



A1-2 米加工品の試作  
パンの加工品のRS含量とGI値

新潟県農総研食品研究センター  
赤石隆一郎、野呂 涉ほか

○米粉85%配合したフランスパンを製造

こなゆきの舞 越のかおり コシヒカリ

断面



RS含量 (%)

3.2

1.2

0.1

ラスクの製造

90°C30分素焼き

GI値測定



n=9

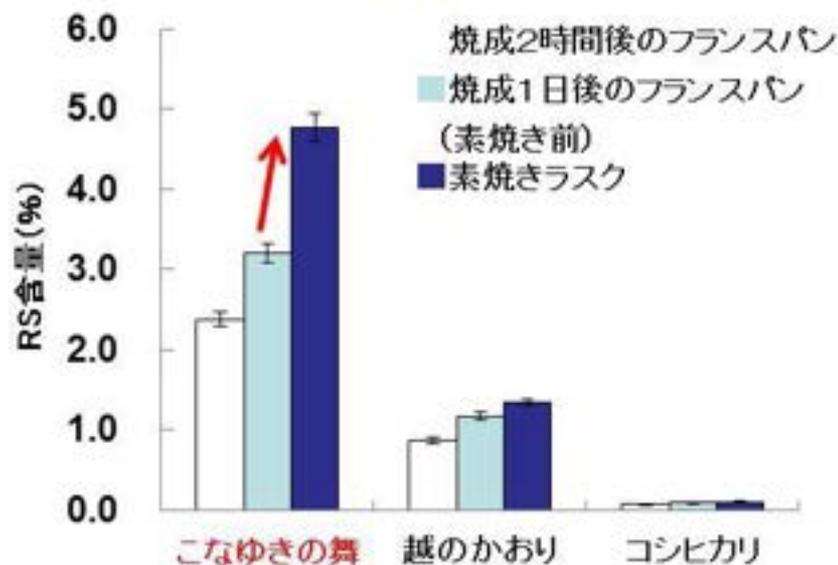


図 フランスパン及びラスクのRS含量

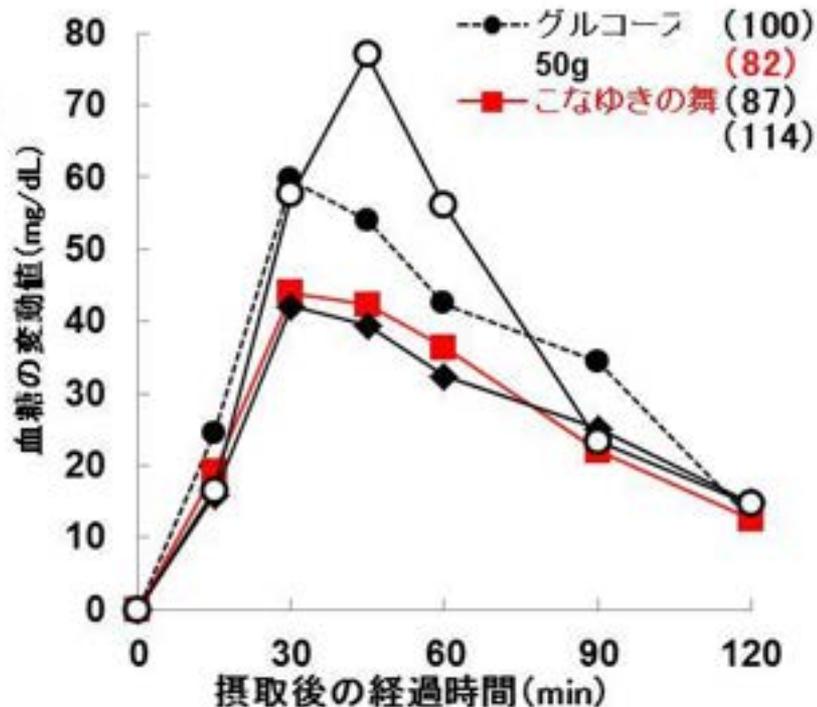


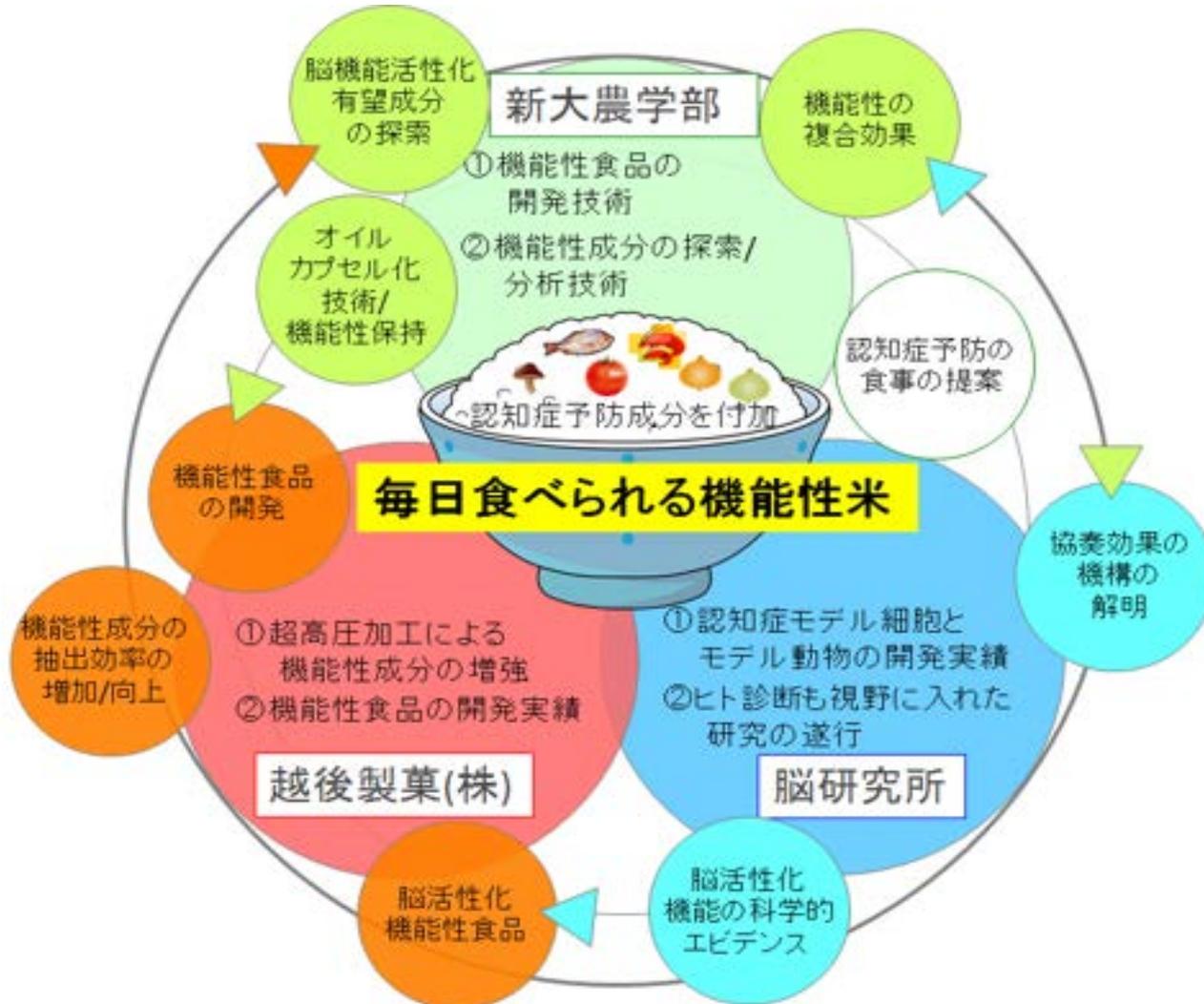
図 フランスパン摂取後の血糖値の変化  
○の数値はGI値

- 「こなゆきの舞」のフランスパンは、ラスクに加工することでRS含量がさらに増加した。
- 「こなゆきの舞」のフランスパンは、「コシヒカリ」に比べ、食後の血糖値上昇が緩やかでGI値が低い傾向を示した。

# 「戦略的イノベーション創造プログラム」(SIP)

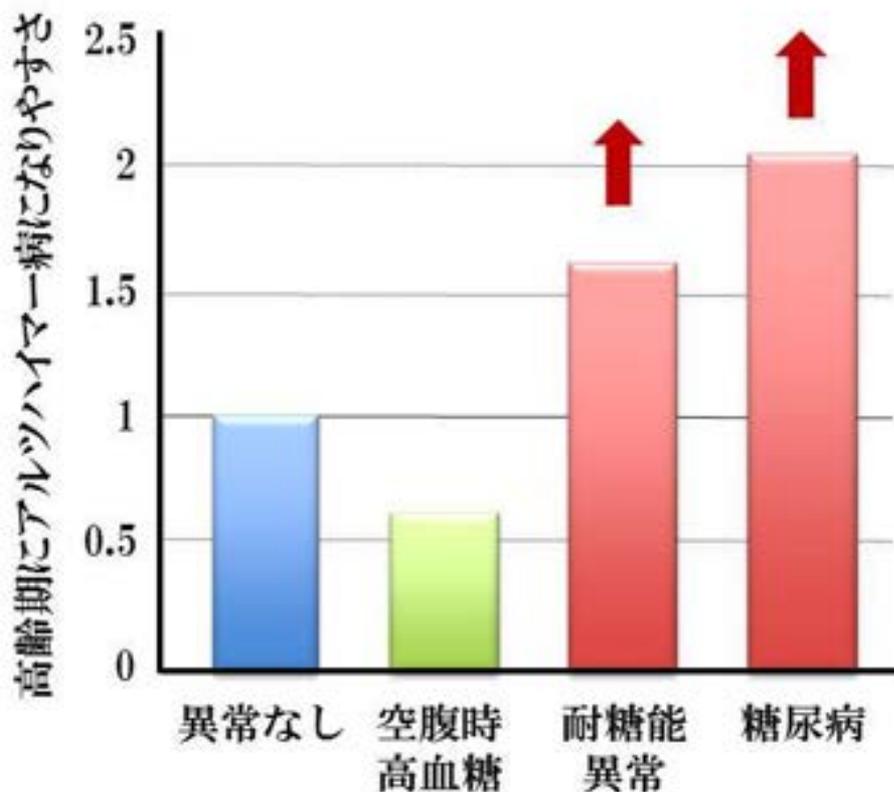
医農連携による脳機能活性化効果の期待されるコメなどの農林水産物・食品の開発

新潟大学 農学部 教授・大坪研一、特任教授・中村澄子、准教授・城 斗志夫、准教授・原 崇  
新潟大学 脳研究所 所長・西澤正豊、教授・池内 健  
越後製菓株式会社 会長・山崎 彬、所長・小林 篤、副工場長・前田 聡



# 生活習慣(病)とアルツハイマー病の関連

最近、糖尿病とアルツハイマー病の深い関係が注目されています。中年期に糖尿病があると、将来アルツハイマー病になるリスクが高くなります。



75gブドウ糖負荷試験の結果

# 内閣府SIP 認知症予防効果の期待される米飯及び米加工食品の開発

## 認知症の科学的解明

## 有望素材の探索

## 新評価方法の開発

## 加工食品の開発と動物試験の開始

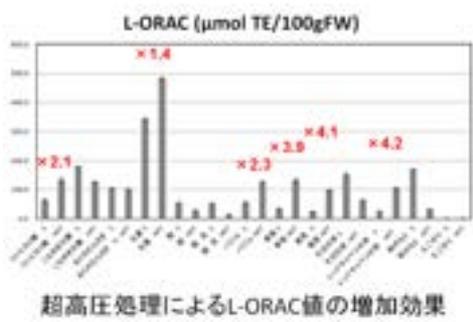
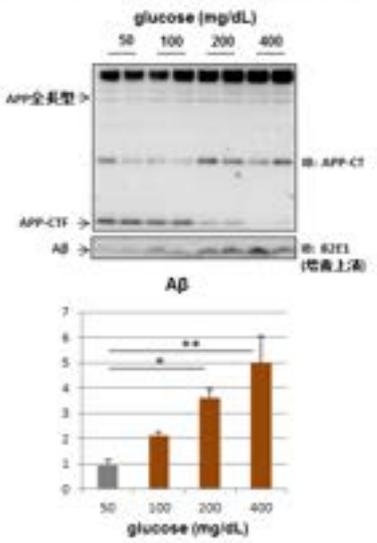
高血糖によるアミロイドβ産生亢進  
 高インスリンによるアミロイドβ産生亢進  
 GABAによる神経細胞興奮抑制効果  
 脂質がアミロイドβ産生に及ぼす影響

抗酸化性(ORAC)、アセチルコリンエステラーゼ阻害活性、β-セクレターゼ阻害活性による選抜を行い、超高压処理でさらにそれらの機能増強を図った

脳研究所から分譲を受けたアミロイドβ産生細胞を用い、酵素抗体法とセルソーター法による新規なリン酸化Tau検出法を開発した

ゴボウ、ソバ、生姜、黒米糠等の有望素材を配合した飼料や米パンを用い、老齢マウスの飼育試験を開始。血液マーカー測定を実施中

### > N2a-swe細胞 (APP発現細胞)

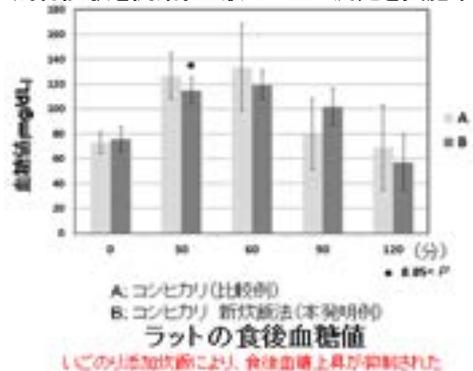
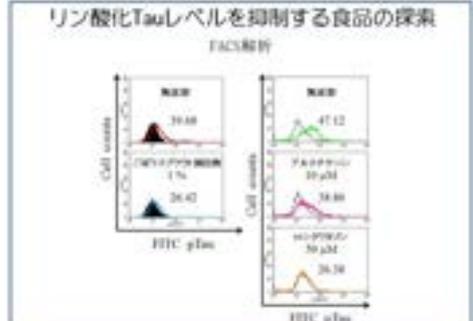
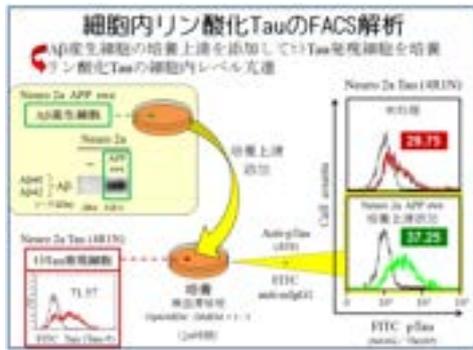
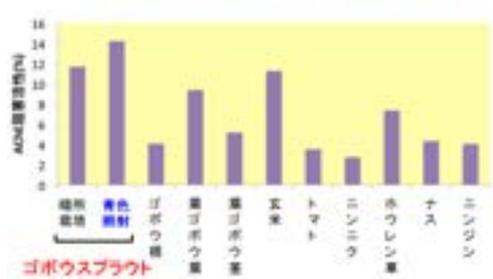


超高压処理の有無とβ-セクレターゼ阻害率

β-セクレターゼ阻害率 (%)	SD
ゴビセカ 糖 HPT	18.9
あぐのらん 糖 HPT	81.2
こがゆの糖 HPT	9.5
そば 糖 HPT(27mg)	34.0
ゴビセカ 糖 S	17.0
あぐのらん 糖 S	81.4
こがゆの糖 S	12.1
パン S	82.6

Abe TK and Taniguchi M, 2014, FEBS Open Bio 4:362-367

### ◆ 様々な食材抽出物のアセチルコリンエステラーゼ阻害活性



### モデル動物による検定

Images showing mice and laboratory equipment used in the animal model study. The text indicates that the addition of the new method's product to the diet significantly reduced blood glucose levels.

### ヒト長期試験を実施

Images showing people participating in the human long-term trial. The text indicates that the trial is currently underway.

### アポE多型依存性のアミロイドβ取り込み機序の解明

Yajima et al. Biochemical Biophysical Research Communications 2015

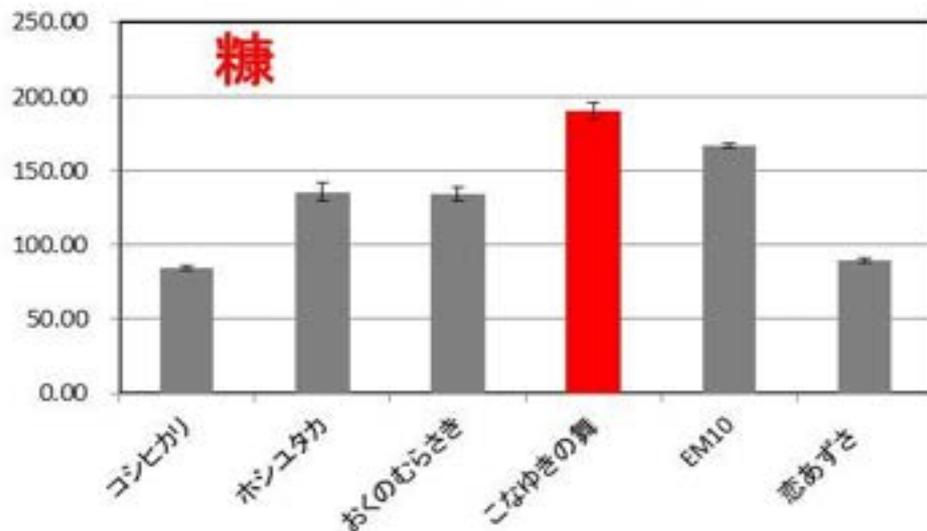
### ▽ ApoE存在下でAβの取り込みが亢進

Western blot analysis showing Aβ uptake in cells with and without ApoE. The text indicates that ApoE presence significantly increases Aβ uptake.

# 米の種類による抗酸化性の相違

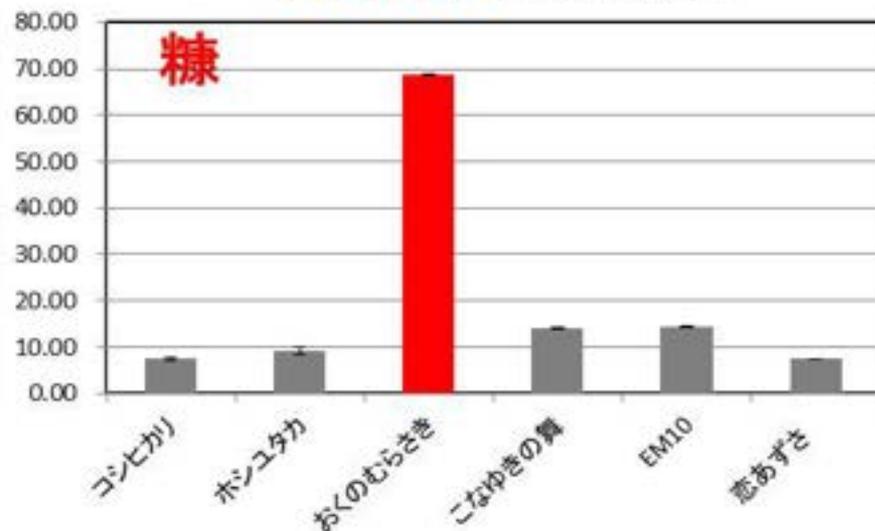
L-ORAC ( $\mu\text{molTE/gFW}$ )

糠



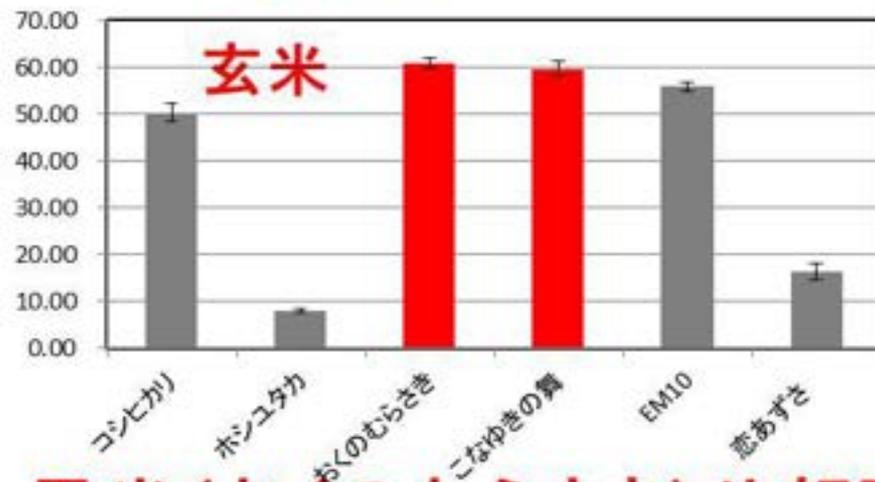
H-ORAC ( $\mu\text{molTE/gFW}$ )

糠



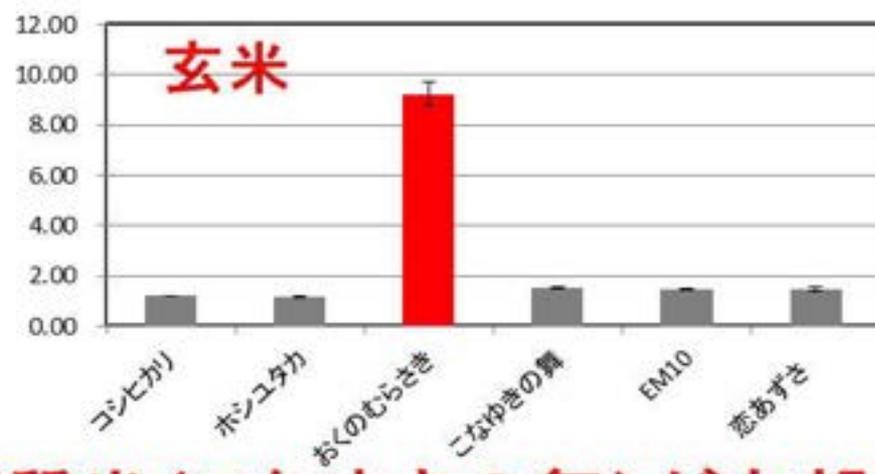
L-ORAC ( $\mu\text{molTE/gFW}$ )

玄米



H-ORAC ( $\mu\text{molTE/gFW}$ )

玄米



黒米(おくのむらさき)や超硬質米(こなゆきの舞)が有望

# 糖尿病がアルツハイマー病を誘導する機序（仮説）

糖尿病



アミロイド $\beta$ の蓄積



リン酸化タウの蓄積

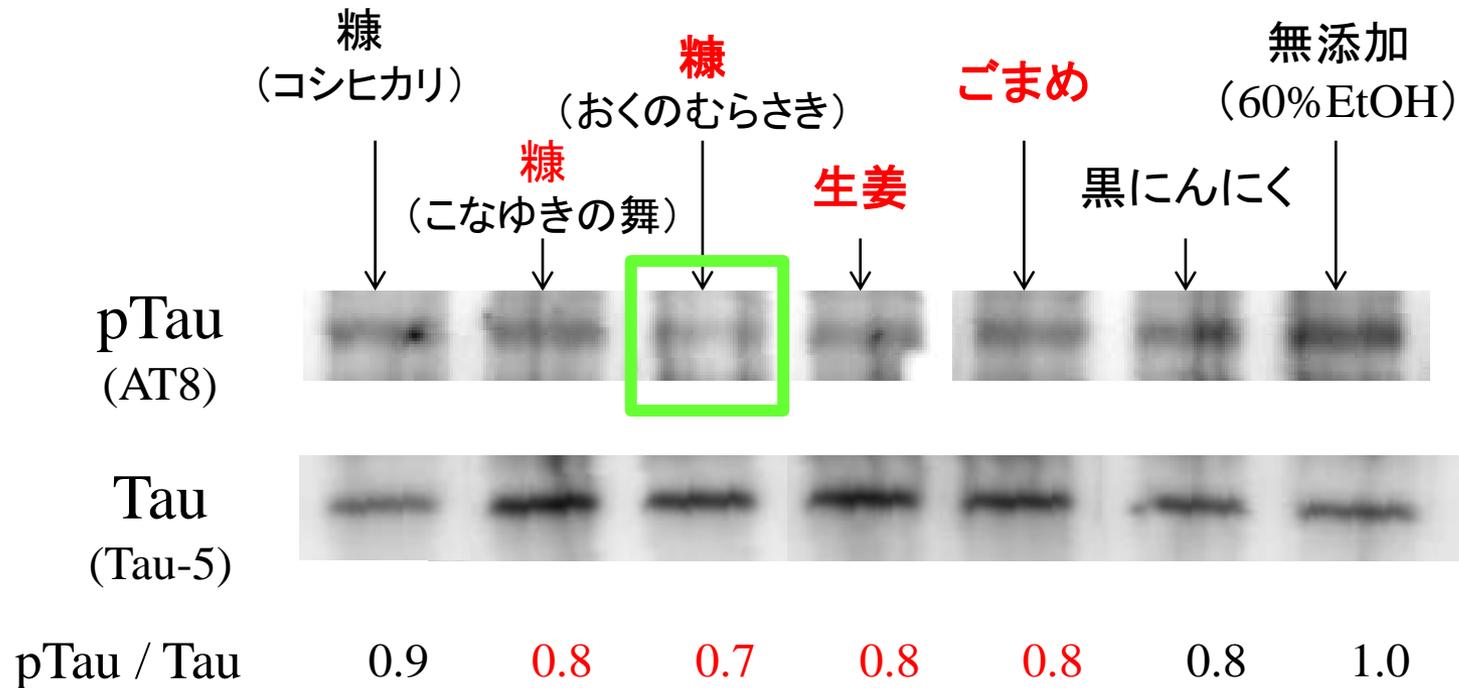


# リン酸化Tauレベルを抑制する食品の探索②

ウエスタンブロット解析

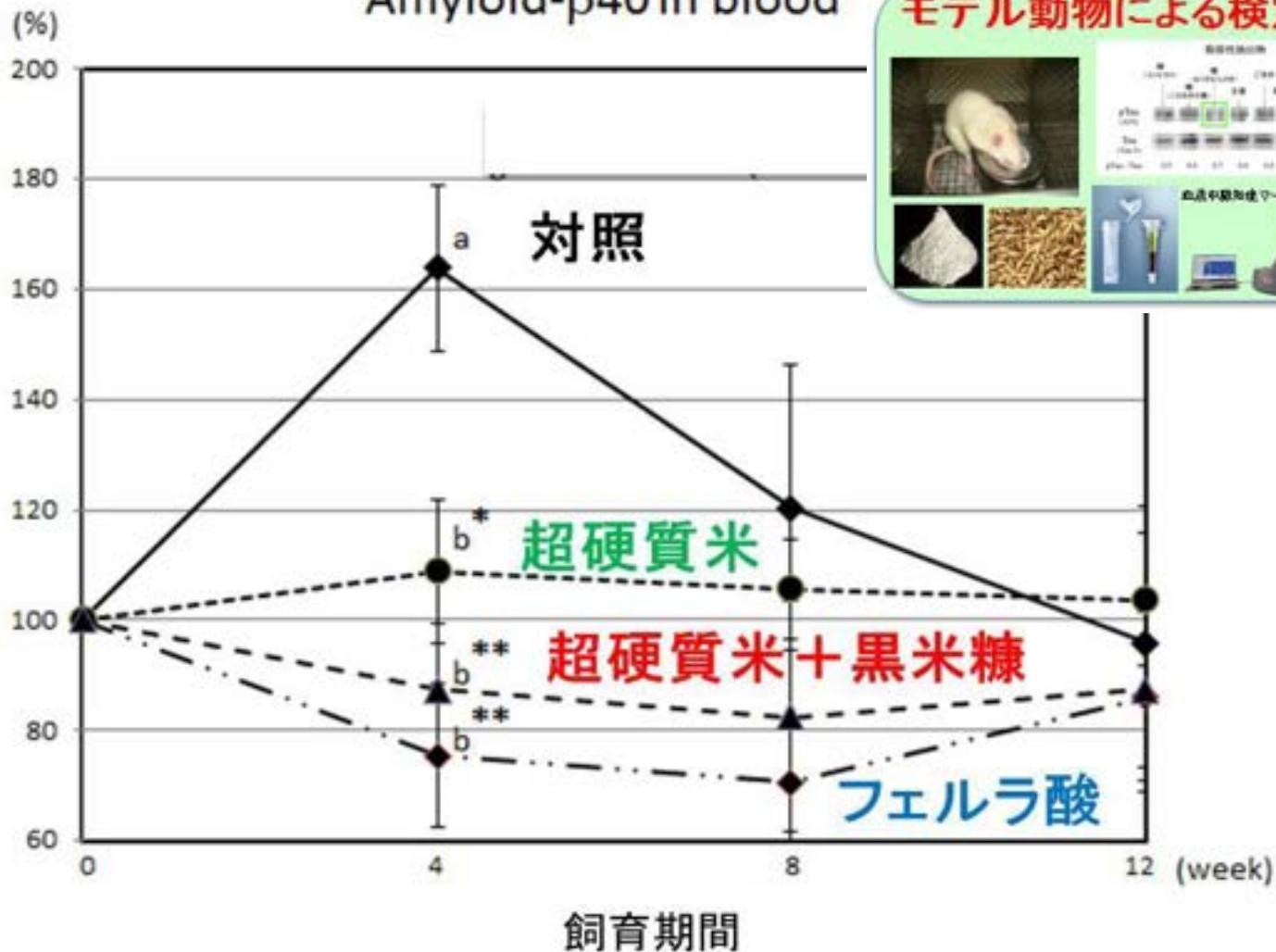
L-ORAC値の高いサンプルを選抜し、  
リン酸化Tauの抑制作用について評価した。

## 脂溶性抽出物



(新潟大学農学部:原 崇)

# Amyloid-β40 in blood



**モデル動物による検定**

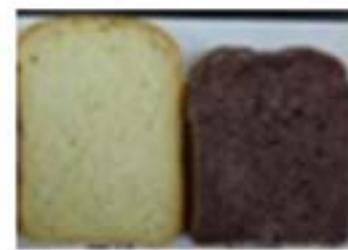
動物性抽出物

抽出液							
β40	+	+	+	+	+	+	+
β42	-	-	-	-	-	-	-
β28	-	-	-	-	-	-	-
β20	-	-	-	-	-	-	-
β12	-	-	-	-	-	-	-
β8	-	-	-	-	-	-	-
β4	-	-	-	-	-	-	-

血清中β40検出マーカーの検定



紫黒米



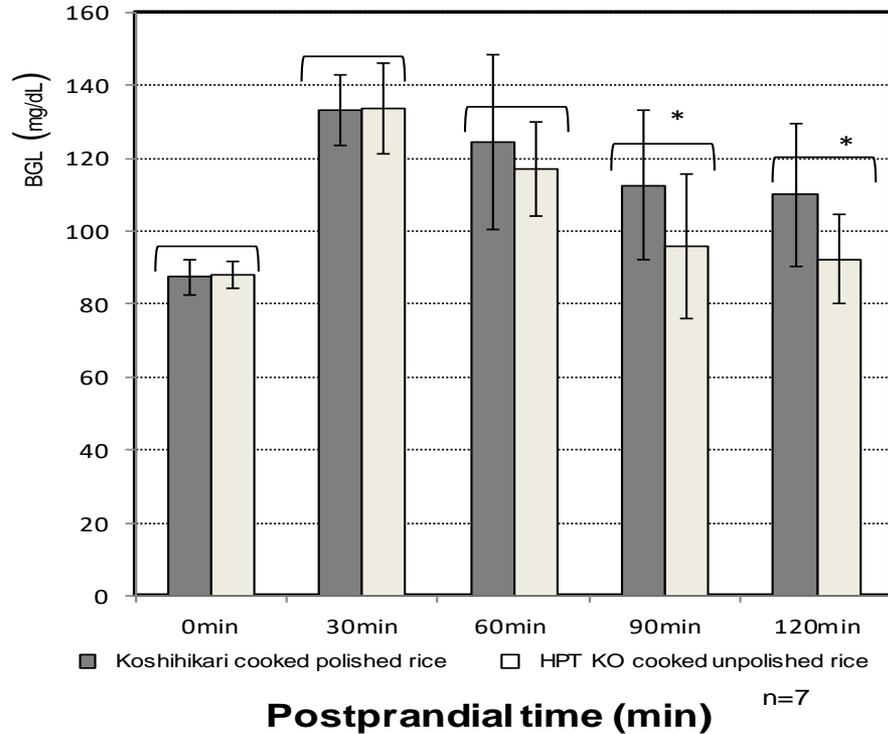
A B

A: 通常のパン  
B: 黒米糠添加パン

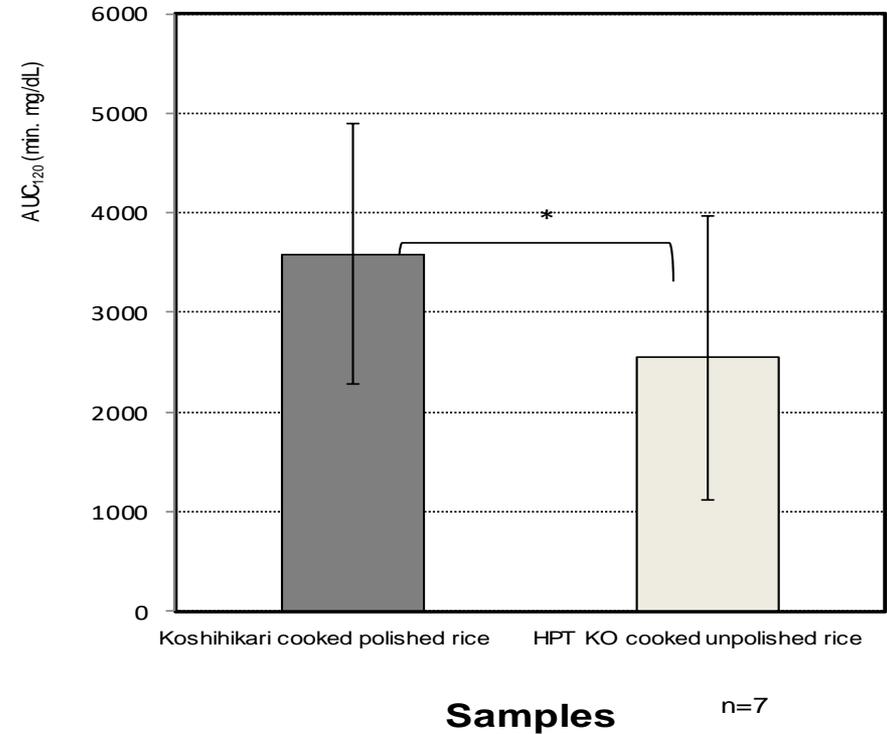
## マウス飼育試験中の血中アミロイドβ40の変化

S. Nakamura et al: *Biosci. Biotechnol. iocem.*, 81(2), 323-334, 2017.

(A)



(B)



Notes:(A) BGL at 30, 60, 90, and 120 min.( high-BGL subjects) .

(B) AUC at 120 min.

Notes: An asterisk denotes a significant difference ( $p < 0.05$ )

黒米/超硬質米配合米飯は、一般米飯に比べて、有意に食後血糖値が低かった

# 単回投与試験における食後血糖値の相違

Ohtsubo K. & Nakamura S.: *Biomed J Sci & Tech Res* 2019; 19(3): 1-7.

# ヒト長期試験(12w)の試験食品

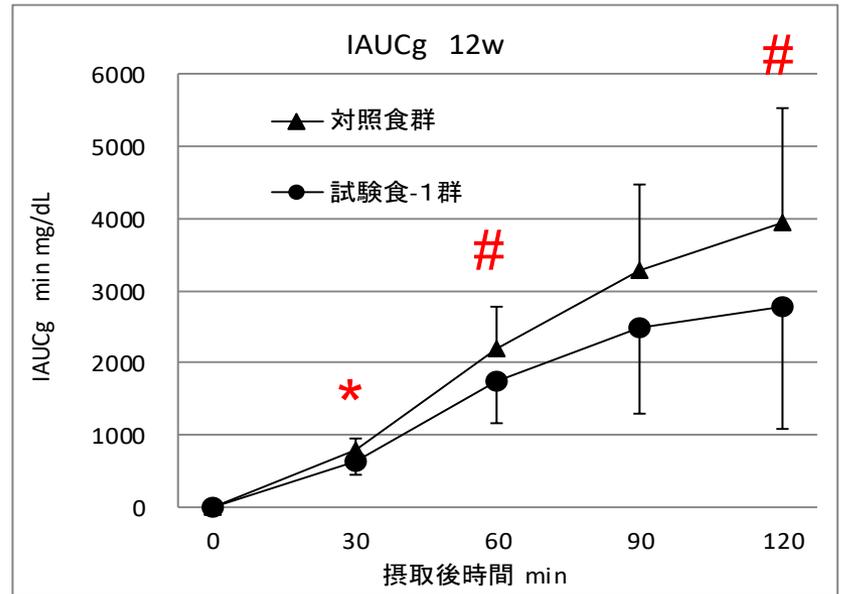
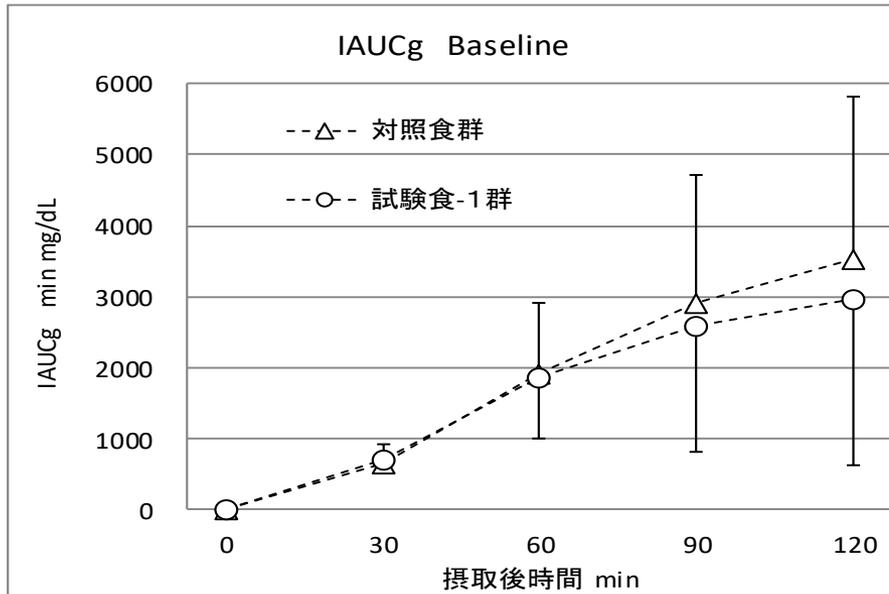
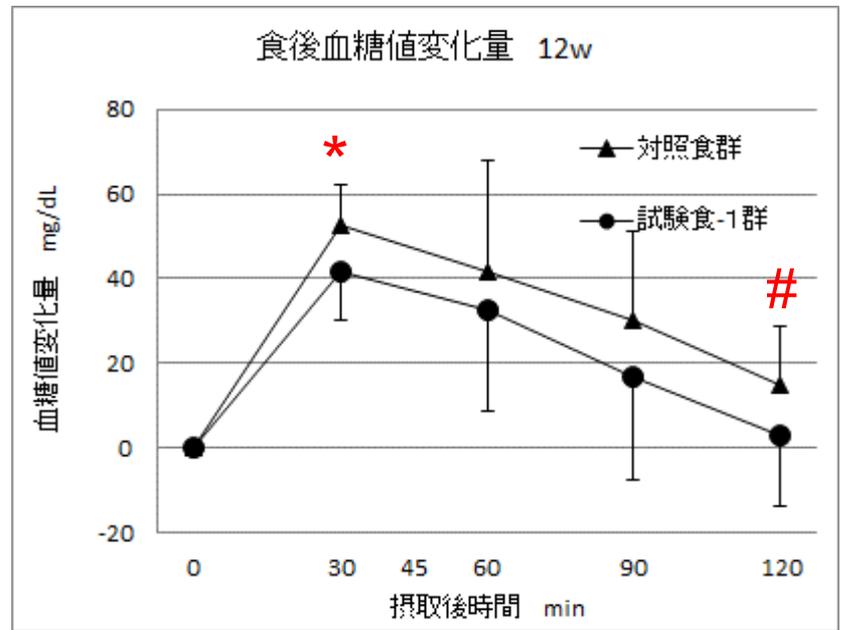
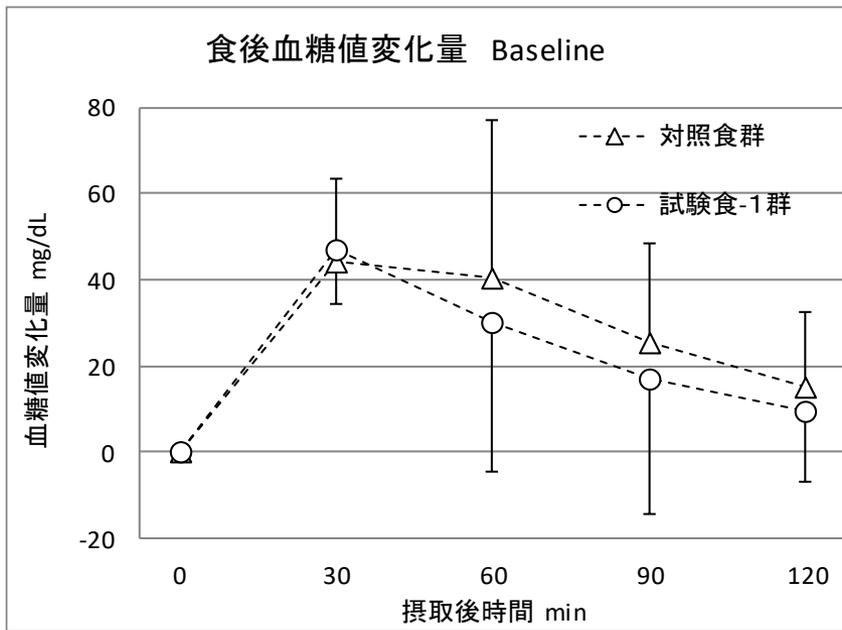
- ① 試験食-1: 黒米玄米40%、超硬質米40%、コシヒカリ玄米20%を配合し、200MPaの高圧処理を施した後、炊飯したパックライス。
- ② 試験食-2: 同上(コシヒカリ精米50%、大麦精麦50%)
- ③ 対照食: 越後のごはん(コシヒカリ)

## 試験方法



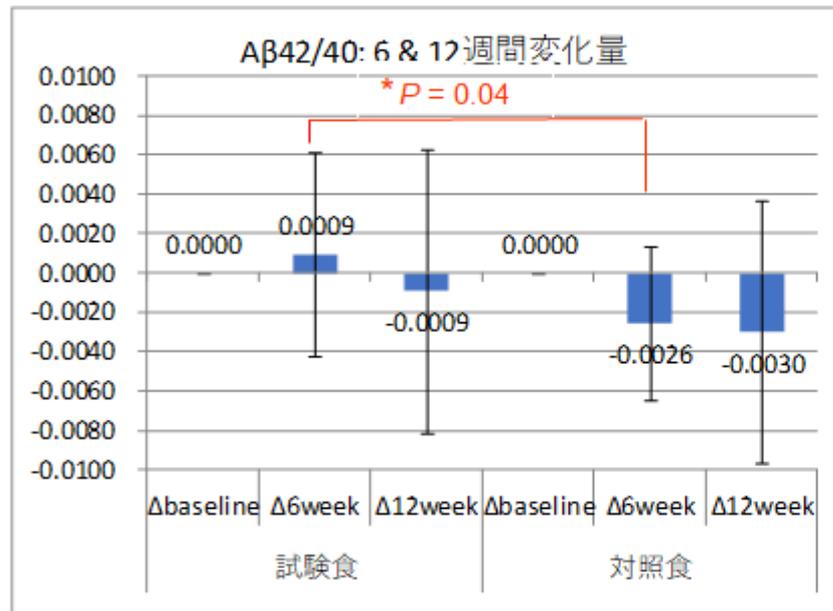
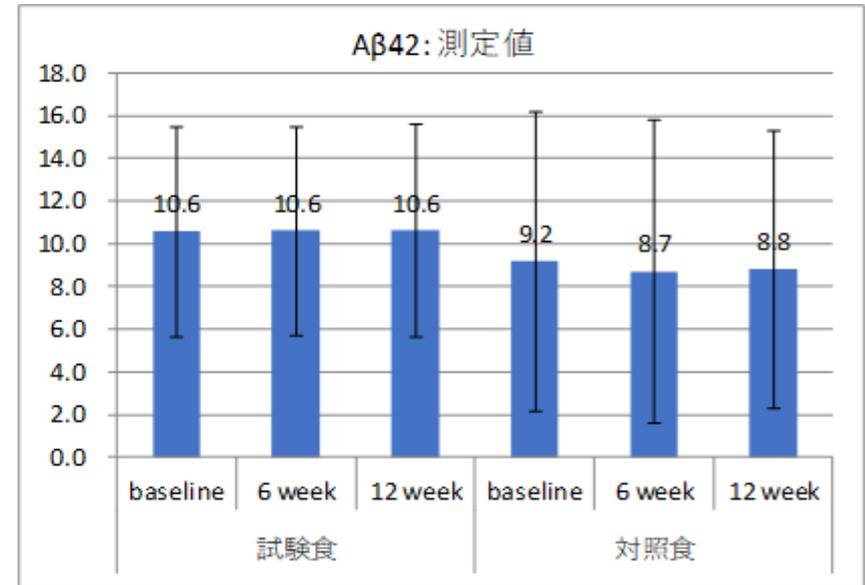
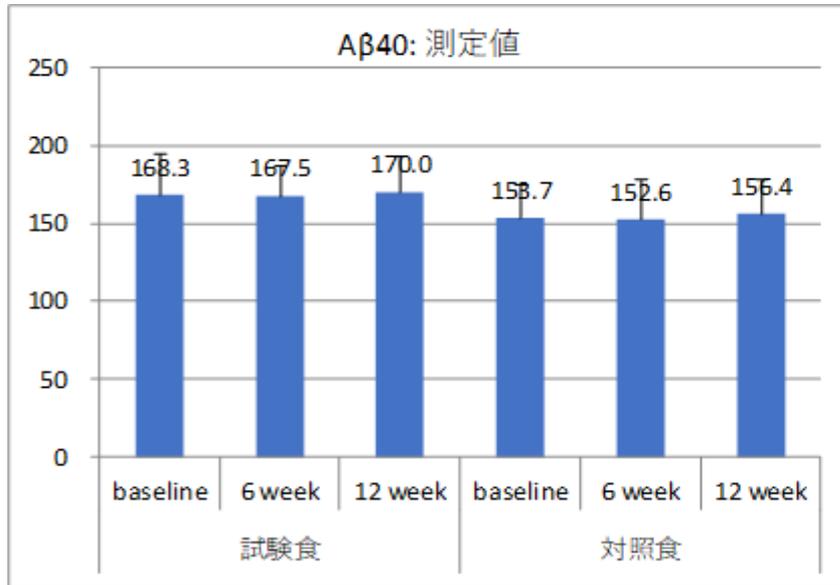
黒米玄米を配合した高圧処理・無菌米飯の試料

1. 被験者36名を、1群12名で試験食-1、試験食-2、対照食を3群に割り付けをし、被験者は12週間の摂取を行う。
2. 血糖上昇曲線下面積(IAUC<sub>g</sub>)、インスリン上昇曲線下面積(IAUC<sub>i</sub>)を測定(試験前、12週間後)。
3. 医師問診・身長・体重・体脂肪率・血圧測定・血液検査で安全性を確認する(0, 6, 12週間後)。
4. アミロイドβ、最終糖化産物(AGE)を検査日に測定する。



開始時および12週後の食後血糖値の変化

# ヒト長期試験における血中アミロイドβ42およびアミロイドβ40の変化



アルツハイマー病進行の指標とされる、Aβ42/Aβ40の低下 (Tanaka et al., Nature, 2018) が有意に抑制されている

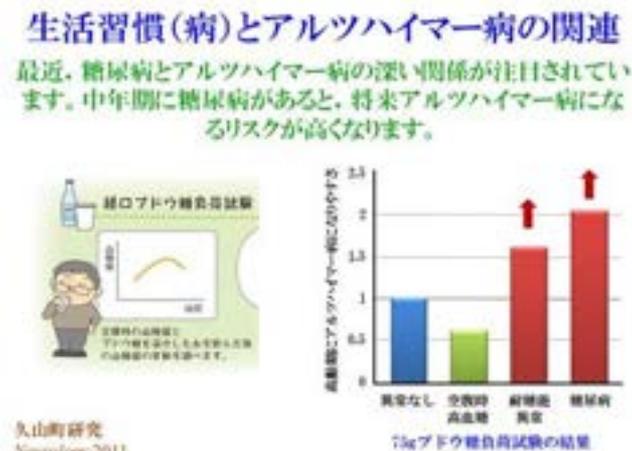
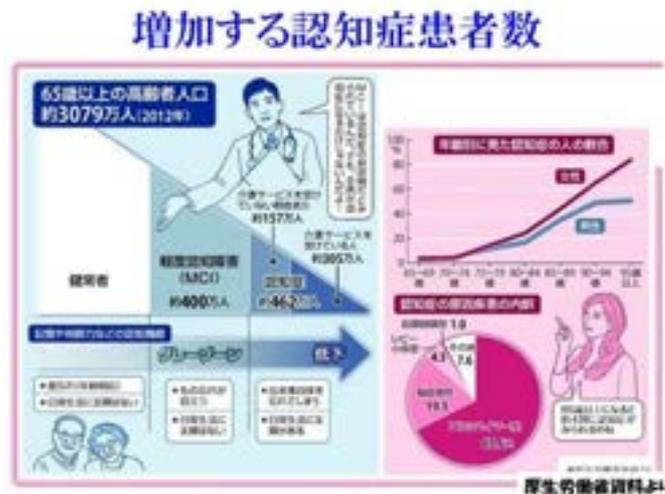
# ヒト長期試験結果の要約

- ① 血糖値変化量の12w, 30分後では有意な低値となった。
- ② IAUCgにおいても、12wの30分後に有意な低値、60分後および120分後に低値傾向が示される結果となった。
- ③ 試験食群と対照食群の食後血糖値、変化量およびIAUCgについて比較すると、開始時では統計的な差異が認められなかったが、摂取12週後では試験食群がいずれの項目でも有意な低値または低値傾向を示した。
- ④ この結果は、試験食を単回摂取するよりも、12週間摂取することにより、血糖上昇抑制の効果が増幅されることを示すと考えられる。
- ⑤ 血中アミロイドβの測定結果から、試験食は、対照食に比べて、認知症進行の指標とされる、 $A\beta_{42}/A\beta_{40}$ の比率の低下を有意に抑制したことから、さらなる研究継続が有望であることが示された。
- ⑥ 12週間の試験を通じ、有害事象は現れず、被験全員が無事に試験を終了し、安全性と受容性が確認された。

# 01026C: 超高齢化社会対応と輸出促進のための認知症・糖尿病複合予防効果のある米加工食品の開発 (令和1-3年度)

新潟薬科大学(代表機関)、新潟大学、  
農研機構食品研究部門、新潟県農業総合研究所、  
新潟市農業活性化センター、東洋ライス(株)、  
丸栄製粉(株)

【協力機関】: 大潟ナショナルカントリー(農事組合法人)、  
新潟バイオリサーチパーク(株)、新潟製粉(株)



# 1. 原料米の育成および実用的栽培試験

## 超硬質米「新潟129号」の生産力検定試験 新潟県作物研究センター

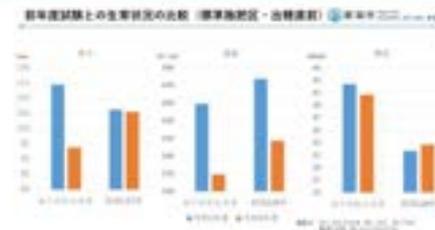


新潟129号の生産力検定試験

アルカリ崩壊性試験

## 新潟市での栽培試験

	令和2年度	令和3年度
①試験区構成	おくのむらさき：標準施肥区 新潟129号：標準施肥区 多肥区	おくのむらさき：標準施肥区 新潟129号：標準施肥区 多肥区
②肥料設計	標準施肥区：N=8.5kg 多肥区：N=17.0kg	標準施肥区：N=6.8kg (▲20%) 多肥区：N=10.2kg (▲20% × ▲25%)
③管理条件	前年稲作 田植え同時側条施肥	前年稲作（同圃場） 田植え前全層施肥



## 上越市での実用的栽培試験



伊藤教授・大潟ナショナルカントリー

新潟129号とおくのむらさきの  
実用的栽培試験を実施中



← 8/16 出穂している  
おくのむらさき

8/16 まだ出穂していない

↓ 新潟129号



## 2. 食品の製造方法の開発:

12週間の動物試験用5飼料(各約2Kgのα化米)を作製して新潟大に提供 **米飯の改良炊飯方法(新潟薬大、東洋ライス)**



飼料一覧表

飼料名	備考	配合	量
A	コシヒカリ精米	白米100%	1,926kg
B	通常の炊飯飯(ロウカット玄米)	4:4:2	1,916kg
C	5%黒米糠添加炊飯(ロウカット玄米)	同上	1,932kg
D	2%米油、5%黒米糠添加炊飯(ロウカット玄米)	同上	1,936kg
E	高圧(黒米のみロウカット玄米)2.5%黒米ぬかが添加	4:4:2	1,926kg

黒米:新潟129号コシヒカリ4:4:2



ヒト長期試験用米飯



新潟大学の原准教授の動物試験結果を参考に決定

超味製法製作

(A)に黒米(ロウカット):新潟129号(玄米):コシヒカリ(玄米)=4:4:2、2.5%黒米糠添加 + 0.2%米油  
(B)にコントロール米飯(コシヒカリ精米)

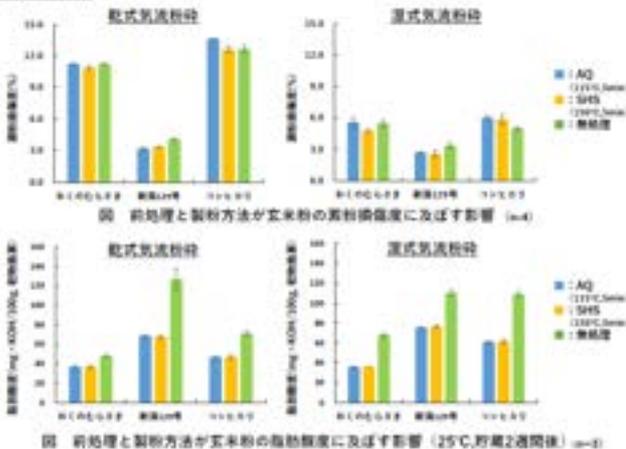
米飯の物性値

	硬さ [g/cm <sup>2</sup> ]	SD	こし [g/cm <sup>2</sup> ]	SD	付着 [g/cm <sup>2</sup> ]	SD	粘り [g/cm <sup>2</sup> ]	SD
ヒトテスト[4:4:2]洋飯 15分後	1.06	0.11	17.7	1.57	7.1	1.46	5.52	1.67
コシヒカリ精米コントロール 15分後	1.2	0.24	18.32	1.40	9.65	1.63	14.6	5.74

Aのヒト長期試験用米飯は、Bの比較コシヒカリ精米に比べ、「硬さ」は約1.6倍と高く、「粘り」はBの約38%と低下傾向を示したが、前回の試作Aに比べ、米油の添加により、食味が改善された。

## 米粉加工条件の確立と実用的加工技術(新潟県食品研究センター、丸榮製粉)

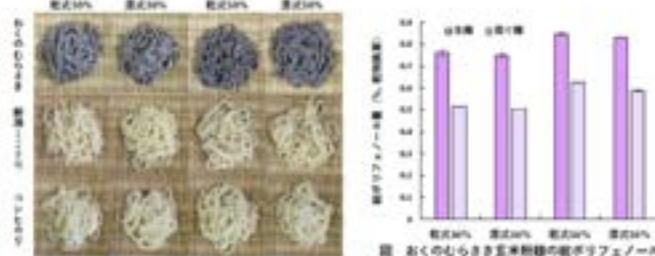
今年度の結果



### ①新形質米の基本性状、加工性状の確認

「製麺への利用」

製粉方法の異なる玄米粉より麺の試作(品種、代替量の検討)  
加工～調理時の機能性(製造、加熱時の色素変化)に対応した製麺性



- ・「おくのむらさき」の玄米粉麺は鮮やかな紫色の麺、新潟129号の玄米粉麺は少し黄色をおびた麺になった(左図)。
- ・「おくのむらさき」の玄米粉麺は、他2品種の麺に比べ軟らかく、湿式玄米粉を使用した場合は特に麺が切れやすくなった。理由米の短い玄米粉が原因と考えられた。
- ・「おくのむらさき」の玄米粉麺は、煮ることでポリフェノールが溶出し減少した(右図)。



丸榮製粉㈱の試作乾麺米粉(4:4:2)を30%配合

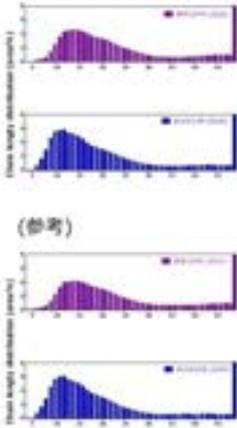
- ① 湿式米粉
- ② 乾式米粉
- ③ 湿式米粉+呈味成分
- ④ 乾式米粉+呈味成分

### 3. 機能性の評価:

#### 澱粉特性と消化性(農研機構)

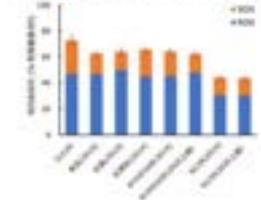
##### 原料米の澱粉特性

##### アミロペクチン鎖長分布



品種・系統	アミロペクチン鎖長分布 (area%)				
	DP6-12	DP13-24	DP25-36	DP37-48	DP49-
新米129号(2020上穫)	13.4	43.9	13.2	10.4	19.2
新米129号(2019上穫)	27.2	43.5	11.6	8.4	9.3
新米129号(2019)	12.2	39.6	12.3	10.1	25.7
新米129号(2019)	27.7	44.6	10.7	7.8	9.1

新米129号; アミロペクチン鎖長分布はDP13-24とDP49と若干年次変動の炊飯米の消化性については年次間で有意差なし



#### アントシアニン、抗酸化性等(新潟薬大)

##### ヒト長期試験用の試作米飯(二回目)の機能性成分分析

項目	試作米飯の物性値		試作米飯の抗酸化能	
	値	SD	値	SD
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	1.96	0.08	H-ORAC μmol TE/100gFW	77.45
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	1.89	0.11	L-ORAC μmol TE/100gFW	75.00
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	25.48	3.13	Total ORAC μmol TE/100gFW	152.45
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	7.40	1.16	Total ORAC μmol TE/100gFW	150.00
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	7.82	1.44	Total ORAC μmol TE/100gFW	150.00
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	9.71	2.87	Total ORAC μmol TE/100gFW	150.00
硬さ (g/cm <sup>2</sup> )	11.92	5.79	Total ORAC μmol TE/100gFW	150.00

×1.5

Aの黒米のみロウカット混合米飯は、Bの3品種玄米(おくのむらさき、新潟129号、コシヒカリ)比べ、外観(色調)が良く、炊飯米の物性値は、一回目の試作米飯に比べ、約1.1倍「硬さ」が増加した。また、Aの抗酸化能はBとほぼ同じ値を示したが、L-ORAC値が約1.1倍高い値を示し、単回投与米飯に比べ、ヒト長期試験用米飯は、約1.5倍高い抗酸化能を示した。

#### 細胞・マウス試験(新潟大・農学部)

#### マウス腸内菌叢の解析(新潟薬大)

##### 令和3年度実施項目

##### 炊飯米経口投与試験 12週間飼育(終了)

- ヒト試験用炊飯米サンプル設計へ反映させる。
- Tauリン酸化
- 酸化ストレス
- アミロイドβ産生
- インシュリンシグナル



**ヒト試験用炊飯米サンプルの候補**  
脳におけるp-tau低減、Ab産生抑制の点から、黒米糠を追加した飼料(C, D, E)が効果的と推測される。

##### 高脂肪食摂取マウスに対する黒米糠投与試験

黒米糠の認知機能改善効果を確認する。

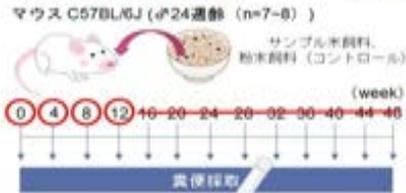
- 認知行動試験 (モリス水迷路試験)
- Tauリン酸化
- アミロイドβ産生
- 酸化ストレス
- インシュリンシグナル

**前年度から継続中の実施項目**  
野生型老齢マウス黒米糠投与試験 (飼育は2018年度実施)  
・脳組織サンプルのp-tau、アミロイドβ、抗酸化酵素、インシュリンシグナルの関連性を探る。

##### 培養神経細胞を用いた米成分の抗アルツハイマー活性評価

フェルラ酸、アントシアニンによるNRF2活性化がp-tau、Aβの減少に寄与し得るか、明らかにする。

##### 腸内細菌叢解析の流れ



飼料区分	検体	糞便採取
NF群 (粉末飼料100%)	n=8	0 day 4 weeks 8 weeks 12 weeks
A群 (精白米+粉末飼料)	n=8	
B群 (通常の炊飯米+粉末飼料)	n=8	
C群 (5%黒米糠添加炊飯+粉末飼料)	n=8	
D群 (2%米油、5%黒米糠添加炊飯+粉末飼料)	n=8	
E群 (高圧(黒米のみロウカット) 2.5%黒米糠添加+粉末飼料)	n=7	

##### 一解析条件一



Image Copyright © 2019 Illumina, Inc. All rights reserved. Illumina, the Illumina logo, and NextSeq are trademarks of Illumina, Inc.

# 3. ヒト長期試験・コホート研究

## ヒト単回投与試験

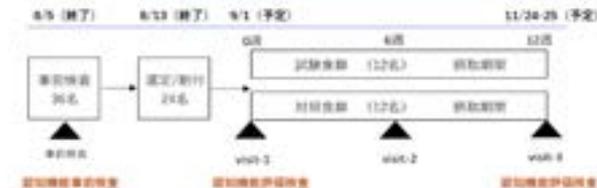
単回投与試験における血中アミロイドβ（新潟薬科大、新潟大脳研と共同試験）

試験間に有意差は認められなかった → 機能性の強化が必要

## 令和3年度のヒト長期試験

### 3-2 ヒト試験（認知機能評価について）

デザイン：プラセボ対照ランダム化並行群間試験



### 認知機能検査

事前検査：MMSE(ミニメンタルスケール)

認知症のスクリーニング検査として世界で最も用いられている検査であり、23点以下が認知症疑いと判断される

評価検査：コグニトラックス

コンピューターを用いWeb上で検査を実施する。記憶力、注意力、処理速度、実行機能など広範囲の機能同時を測定。

## 長期試験での認知機能評価（新潟大・脳研究所）

### 3-2 ヒト試験（認知機能評価について）

認知機能評価検査：コグニトラックス

Visit 1とVisit 3で実施

### 概要

- ✓ 既存の認知機能検査を組み合わせ、コンピューターを用いてWeb上で検査を実施
- ✓ 記憶力、注意力、処理速度、実行機能などの機能領域を測定し、結果は数値化され、年齢標準値との比較で示される
- ✓ 経時的にモニターすることで、記憶力や認知機能の変化が検出可能
- ✓ 学習効果や天井効果が低い

## コホート試験(メディカルライス協会)

低たんぱく加工玄米製造工程管理JASについて（申請中）

- 我が国の透析患者数は年々増加し、これに伴う医療費は年間2兆円に迫り、これからさらに将来世代の負担を圧迫しかねない状況。
- 透析患者を増やさないためには、慢性腎臓病（CKD）及び未病の人々の腎臓への負荷を軽減する低たんぱく食の実践が重要。その際、主食のご飯（玄米）からたんぱく質を除去することにより、おかずを変えずに低たんぱく食を実現することが可能。
- 低たんぱく加工玄米製造工程管理の基準を規格化することにより、次の効果が期待。
  - ①低たんぱく食事療法の心理的ハードルを下げ、高齢とともに腎機能の低下に悩む未病の高齢層に訴求することが可能に。
  - ②医食同源の考えに基づき付加価値の高い食の提供により、原料の有機玄米生産の振興に。



# ヒト長期試験における検査風景

全景



摂食



採血



認知機能



結果は現在集計中

# メディカルライス協会の設立

(2019年5月)

米の機能性が人の健康に与える研究

米の機能性に関する情報発信

メディカルライスの基準の策定、並びに国際的標準化の推進

メディカルライス認証制度の構築

メディカルライスを活用した新しい食品、料理の開発

研究助成金の授与

その他当法人の目的を達成するため必要な事業





医用米(食養用) 腸内環境保全

医用米(血糖用) 血糖保全



医用米(腎臓用) 腎機能保全

医用米(認知用) 脳力保全

医用米(気分安定に) 抗うつ機能



医用米(がん抑制) 抗酸化機能

Shaw. Watanabe: Prevention of diabetic complication.  
11th Asia Pacific Conference of Clinical Nutrition  
17th Chinese Nutritional Congress, Nanjing Sep 19-22, 2019

# メディカルライス協会の研究助成課題 (令和3年度)

- ① 低蛋白玄米の腎不全を有する糖尿病性腎臓病患者における腸内細菌業叢に及ぼす効果  
(金沢医科大学・北田宗弘氏)
- ② 保存・流通性の改善された機能性玄米粉並びに酢酸発酵糊化性調整玄米の食品素材化技術  
(江川技術士事務所・江川和徳氏)
- ③ イネ品種ライブラリーより選抜した $\gamma$ -オリザノール高含有品種の栽培試験ならびに分子育種によるオリザノール分子デザイン育種  
(福井県立大学・高橋正和氏)

# 本講演のまとめ

1. 米を巡る現状
2. 玄米(栄養機能性成分が豊富)
3. 色素米(抗酸化性の強い黒米、赤米)
4. 巨大胚芽米(高血圧予防、血糖上昇抑制)
5. 高アミロース米(肥満・糖尿病の予防)
6. 超硬質米(低吸油性、血糖上昇抑制)
7. 黒米・超硬質米(糖尿病・認知症複合予防)
8. メディカルライス協会とイノベーション事業