

和食文化国民会議シンポジウム

和食と健康 2023初春

お米の新しい機能

～タンパク質に潜む健康機能性～



新潟工科大学

門脇 基二

富士ソフトアキバホール
2023年2月20日



＜アメリカ人の見方＞
なぜ、アジア人には長寿者が多い
のか。（TIME, 2003）



米食のおかげ？



和食がユネスコ無形文化遺産（2013）

若者ではない!?

でも、実はコメ離れの顕著なのは60, 70代？
（パン給食の世代）

80代以上の世代が昨今の健康長寿を支えているのかも。

世界の三大穀物

とうもろこし 中南米、アフリカで主食 8.4億トン

小麦 世界、特に欧米で主食 6.5億トン

米 アジアで主食 6.7億トン

日本 800万トン

中国 15,000万トン



小麦グルテンの問題（特に欧米）

セリアック病

小麦アレルギー



グルテンフリー

米タンパク質

グルテン含まず
（天然のグルテンフリー）

機能性の研究

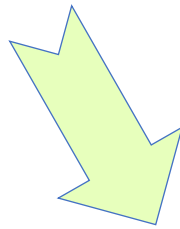
欧米ではほぼなし
（主要な関心がない）

では、お米に機能性はないのか？



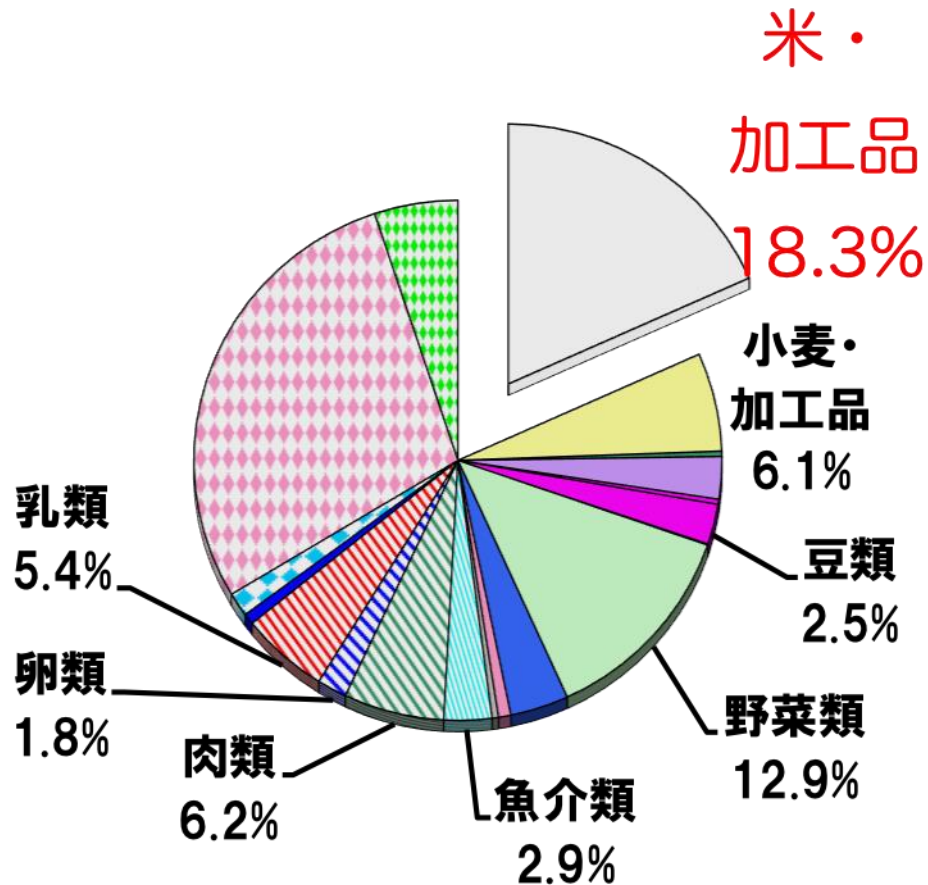
機能性を見つけていないだけ。

機能性を知らないだけ。

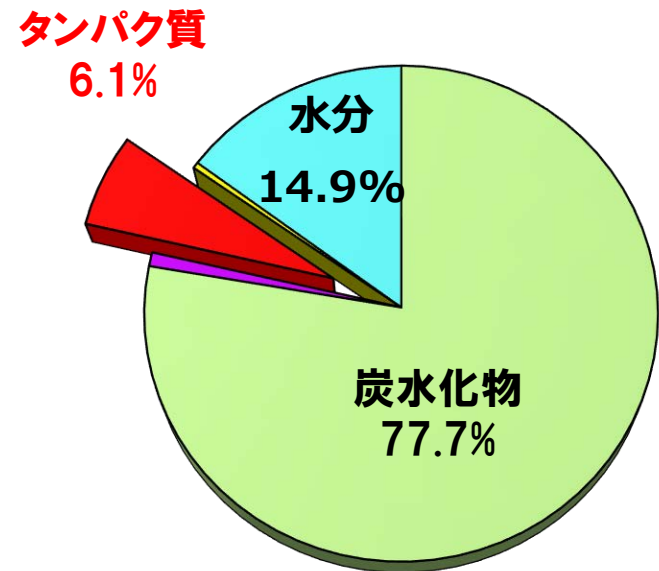


機能性を探してみよう！

米は主食！

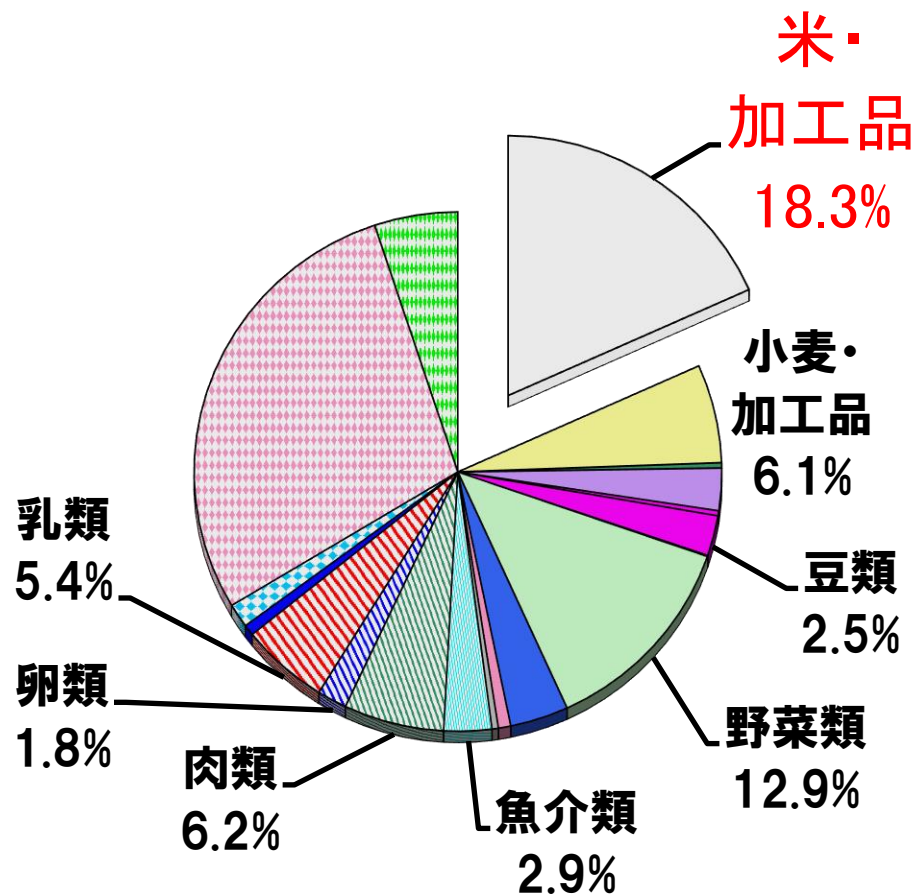


米はデンプン食品！



➡ お米そのものではなく、米成分の機能性探求から！

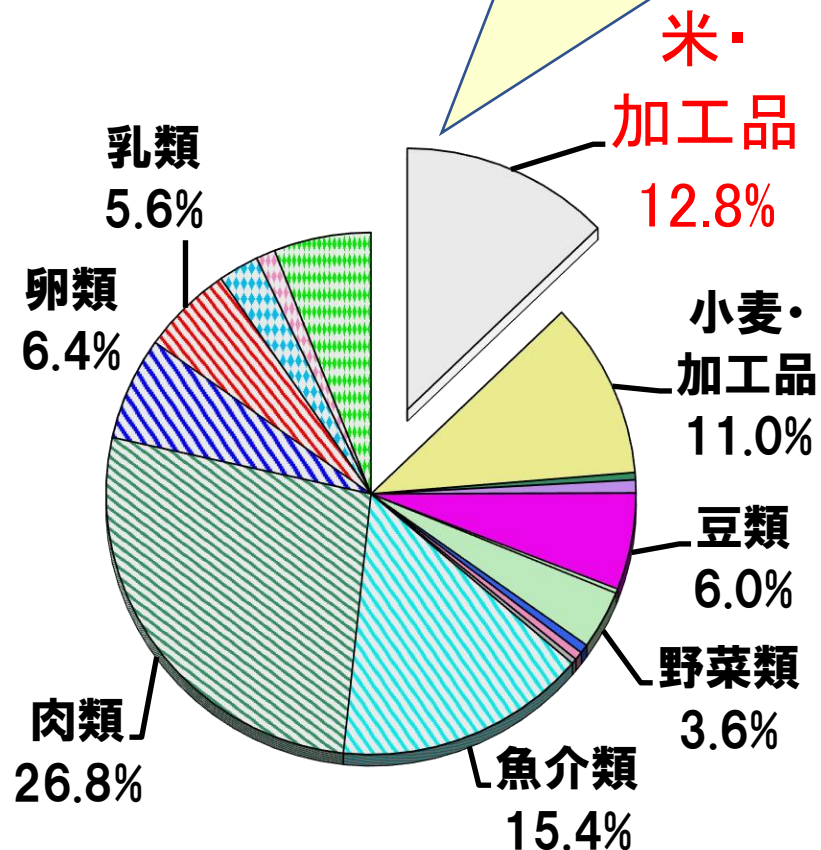
実は、日本人にとって米は**タンパク質供給源**としても重要な食品である。



食品群別摂取量

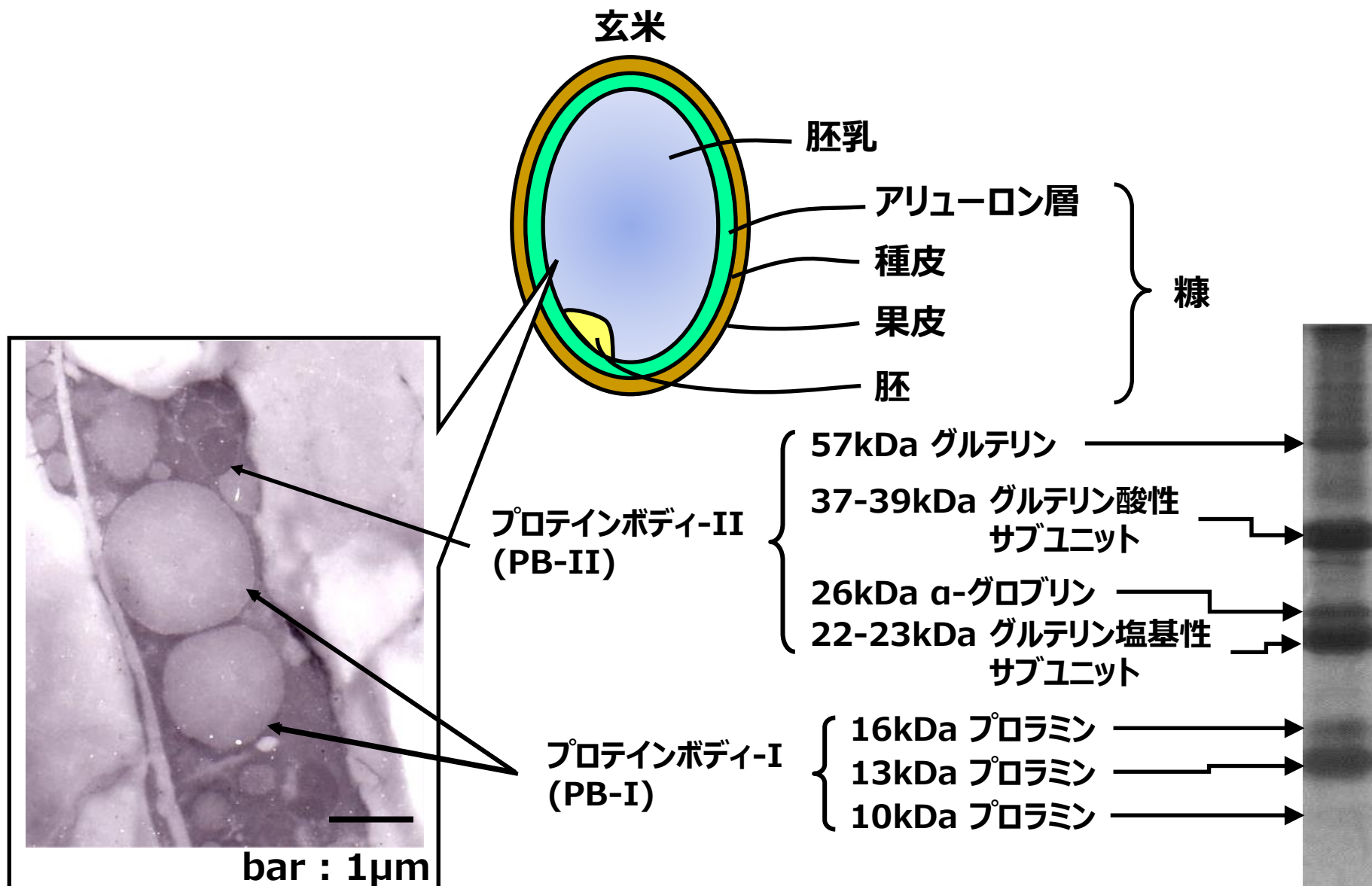
(平成24年国民健康・栄養調査報告, 厚生労働省)

植物性タンパク質として最多！



食品群別タンパク質摂取量

日本人のタンパク質摂取量
= **70 g / 日**



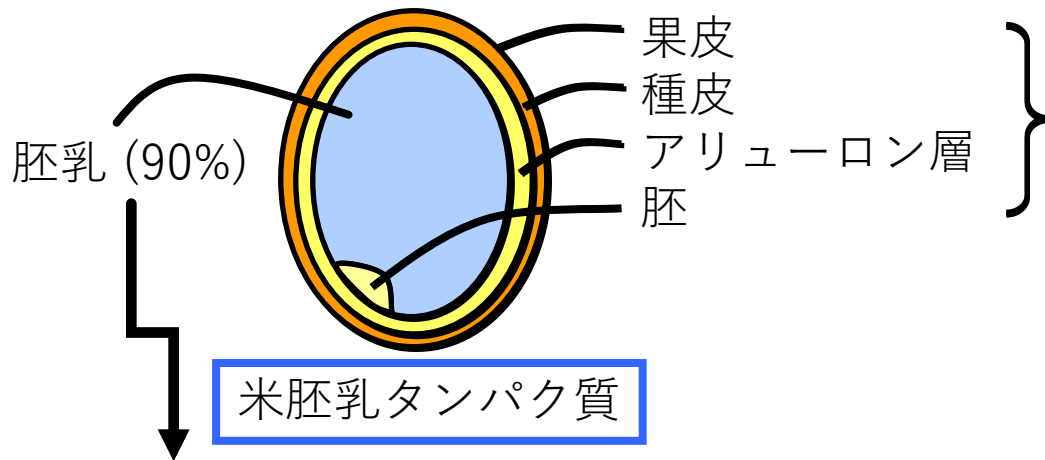
米粉の電子顕微鏡写真

米胚乳タンパク質の電気泳動画像

米の構造と米胚乳タンパク質

米にはタンパク質が含まれています！

玄米



タンパク質

6.1%

水分

14.9%

炭水化物

77.7%

グルテリン

α-グロブリン

プロラミン

水分

10.3%

灰分

7.9%

炭水化物

48.8%

脂質

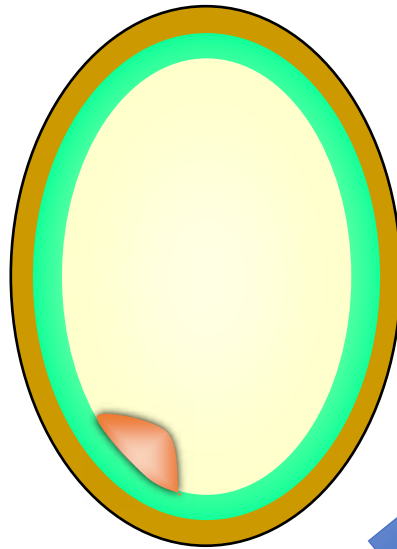
19.6%

タンパク質

13.4%

米タンパク質の機能性を
解明することにより

精製米タンパク質と
して利用
(機能性食材)



食品として摂取
(機能性食品)



米胚乳・米糠タンパク質の多様な生理機能

1. 脂質代謝の改善作用
(コレステロール、中性脂肪の低下作用)
2. 糖尿病への効果
(消化管ホルモン GLP-1 分泌促進作用)
3. 糖尿病性腎症への抑制作用
(種々の腎機能に対する効果)
- (4. 免疫に対する効果)

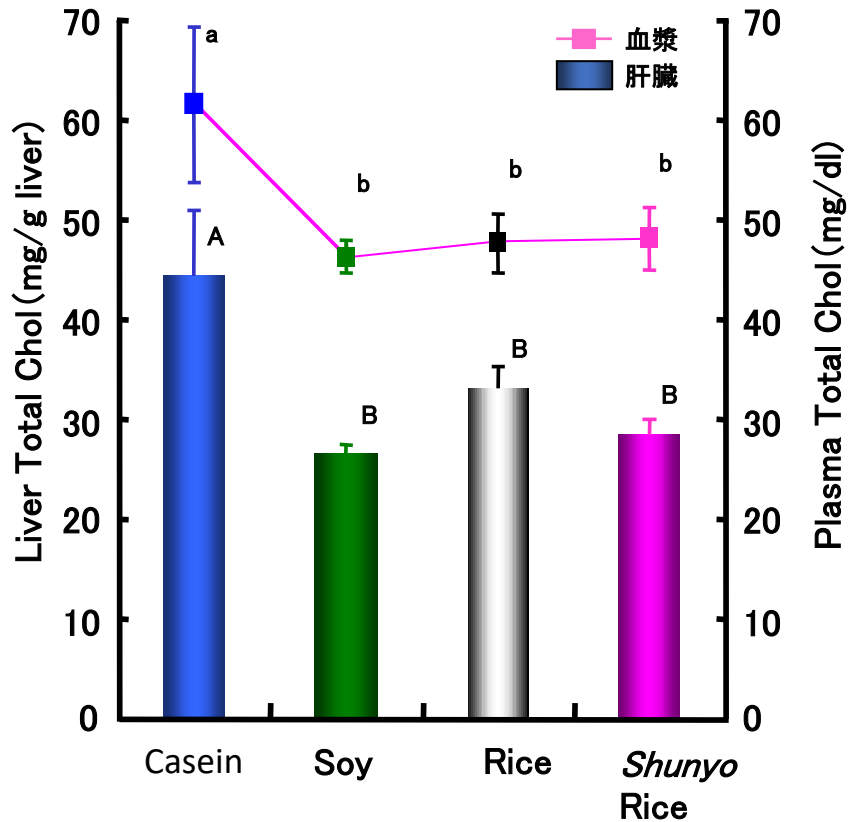
Review: Kadowaki *et al.*, *J.N.S.V.* 65,S42 (2019)

1. 脂質代謝の改善作用

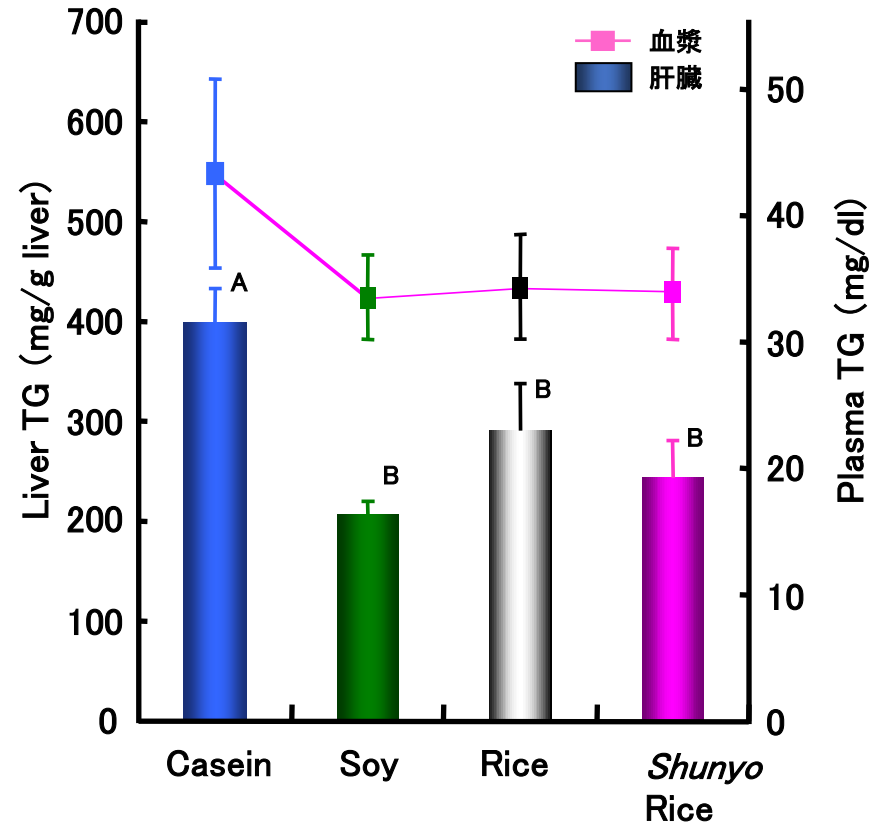
- ・ 血中コレステロール・中性脂肪の低下作用
- ・ 動脈硬化の抑制作用
- ・ 脂肪肝抑制作用
- ・ 抗肥満作用（前処理効果）

血中コレステロール・中性脂肪の低下作用

総コレステロール



中性脂肪

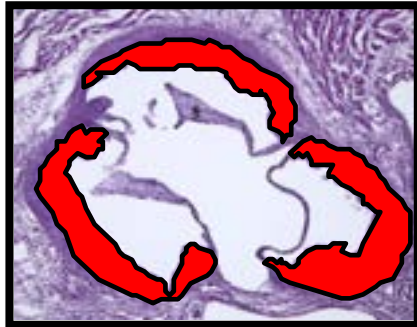


a, b $P < 0.05$, A, B $P < 0.05$

米タンパク質は血中および肝コレステロール・中性脂肪を低下させる。

動脈硬化の抑制作用

コントロール

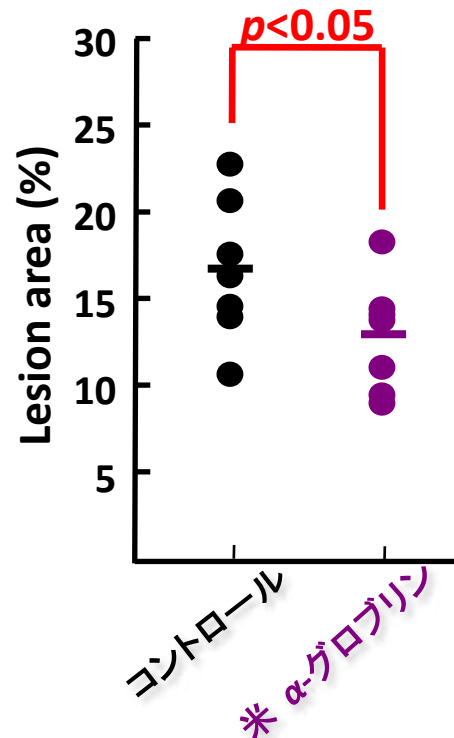


米 α -グロブリン

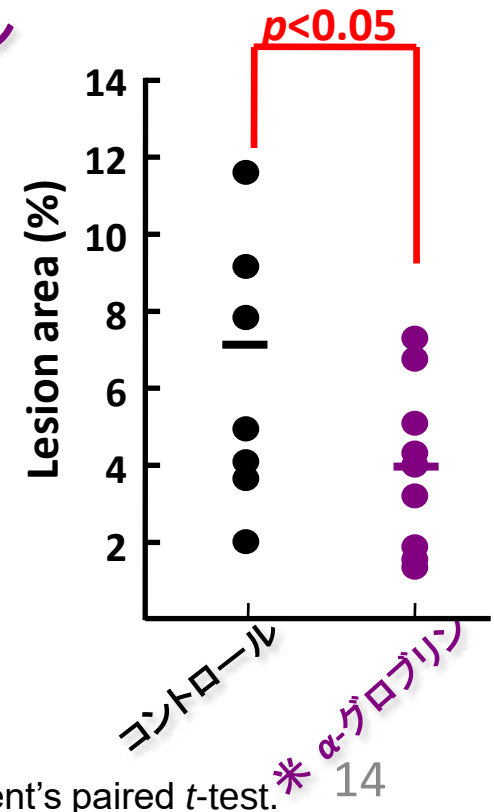
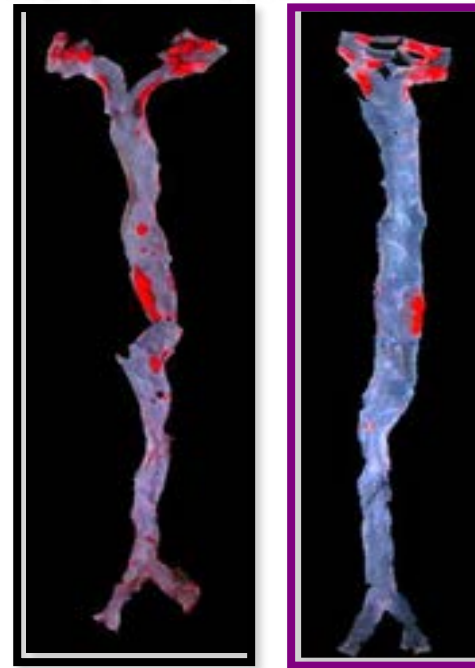


九州大学 佐藤グループ(2014)

米 α -グロブリンは動脈硬化の進展を抑制する。



米
コントロール α -グロブリン



Values are means $\pm$ SE (n=9 per group). Significant different at $p < 0.05$ by Student's paired t -test.

脂肪肝の抑制作用

脂肪肝

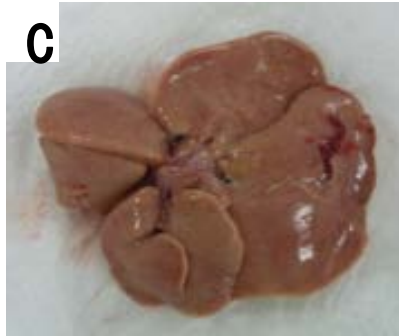


移行を阻止！

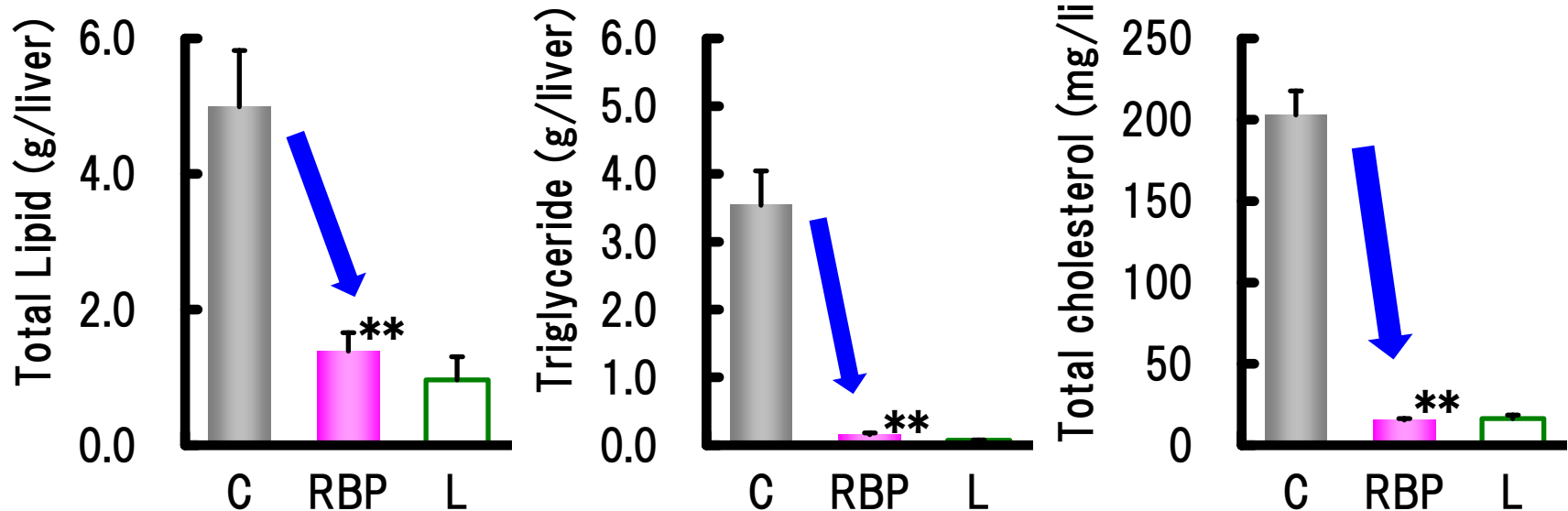
非アルコール性脂肪性肝疾患
(NAFLD)

非アルコール性脂肪肝炎
(NASH)

最多の肝疾患！



米糠タンパク質、米胚乳タンパク質
ともに効果あり。



C, カゼイン食 (ZDF ラット) ; RBP, 米糠タンパク質食 (ZDF ラット)

L, カゼイン食(正常ラット) **P<0.01 (vs C) Kubota et al. *Br.J.Nutr.* (2013)

肥満に与える影響

方法

供試動物：7週齢 雄性C57BL/6Jマウス 30匹 n=7-8

飼料：高脂肪高シヨ糖食（脂肪 30%、シヨ糖 20%）

標準食（脂肪 7%、シヨ糖 10%）

（高脂肪 シヨ糖食群間でペアフィーディング）

試験群：高脂肪高シヨ糖カゼイン群（HC）

高脂肪高シヨ糖米糠タンパク質区（HRBP）

高脂肪高シヨ糖アミノ酸混合物群（HAA）

標準カゼイン区（NC）

（アミノ酸混合物は米糠タンパク質のアミノ酸組成）

試験期間：12週間

測定項目：体重，飼料摂取量，脂肪組織重量，
血液生化学分析，肝臓中脂質含量，
糞中脂質排泄，遺伝子発現解析（脂肪・肝臓）

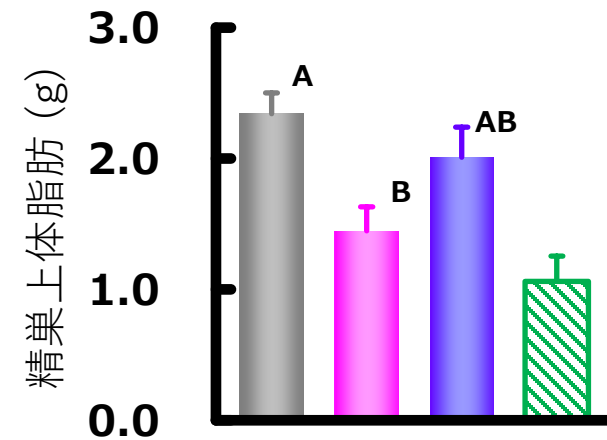
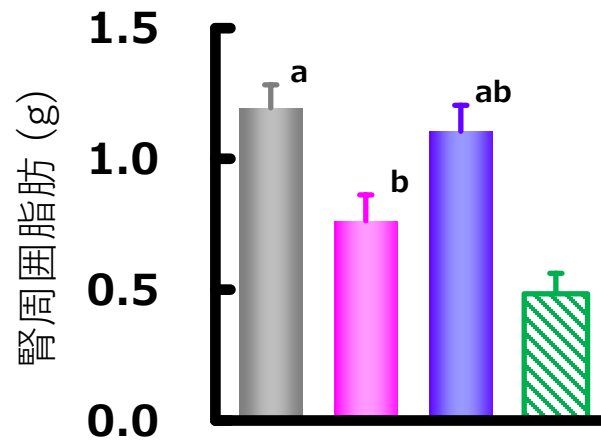
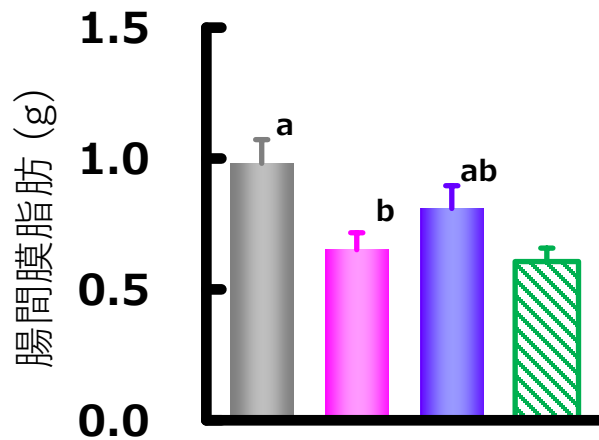
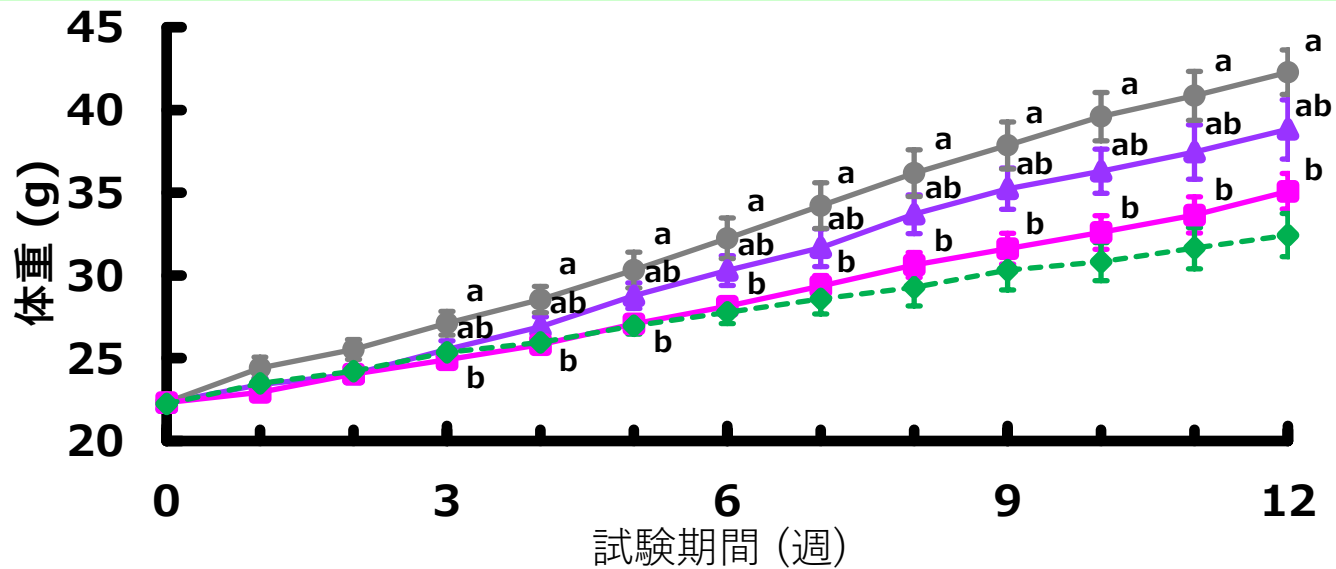
HC区



NC区



肥満に与える影響



■ 高脂肪高シヨ糖カゼイン群; ■ 高脂肪高シヨ糖米糠タンパク質群;
■ 高脂肪高シヨ糖アミノ酸混合物群; ■ 標準カゼイン群. ab, $P < 0.05$; AB, $P < 0.01$.

➡ 米糠タンパク質は抗肥満作用を有している。(米胚乳タンパク質も)

2. 糖尿病への効果

- ・ 消化管ホルモン GLP-1 分泌促進作用
（血糖上昇抑制作用）

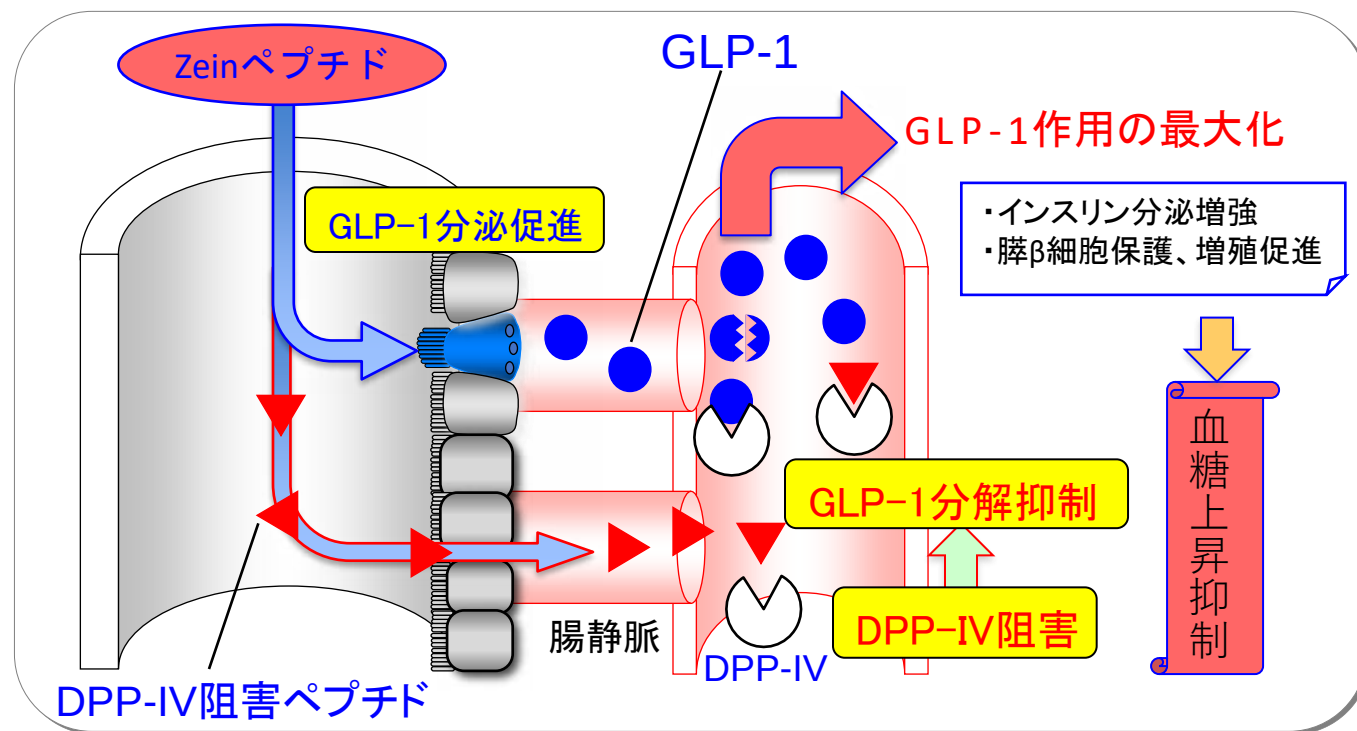
米タンパク質・米糠タンパク質のGLP-1分泌促進作用

消化管ホルモン（インクレチン） → インスリン分泌促進 → 血糖上昇抑制

GLP-1: Glucagon-like peptide-1（インクレチンの一種）

糖質（グルコース）、脂肪酸がGLP-1分泌刺激

タンパク質
Zeinペプチド
→ GLP-1分泌促進



<目的>

米タンパク質にGLP-1分泌促進／分解抑制の機能があるのか？

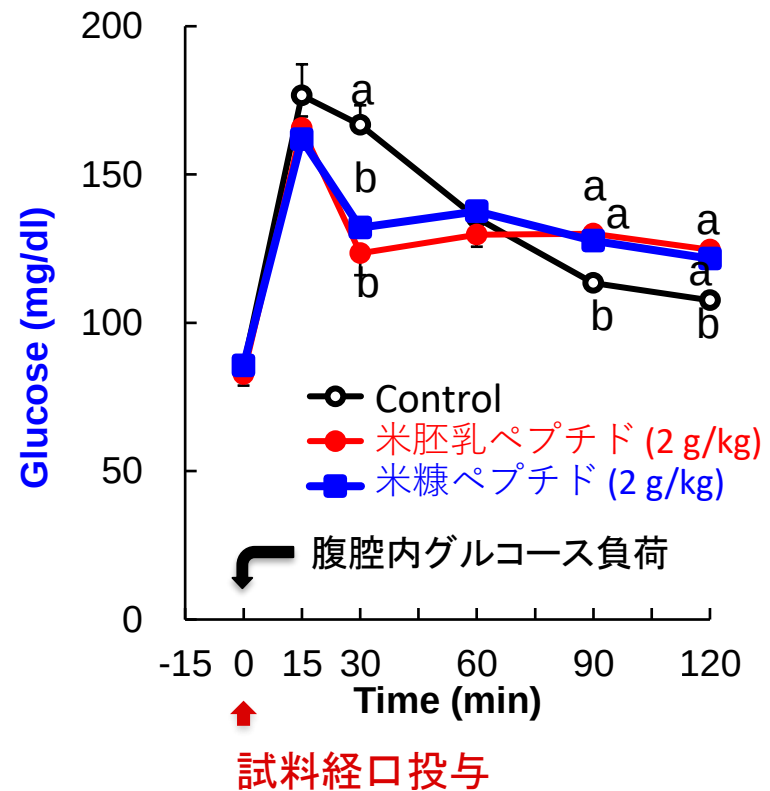
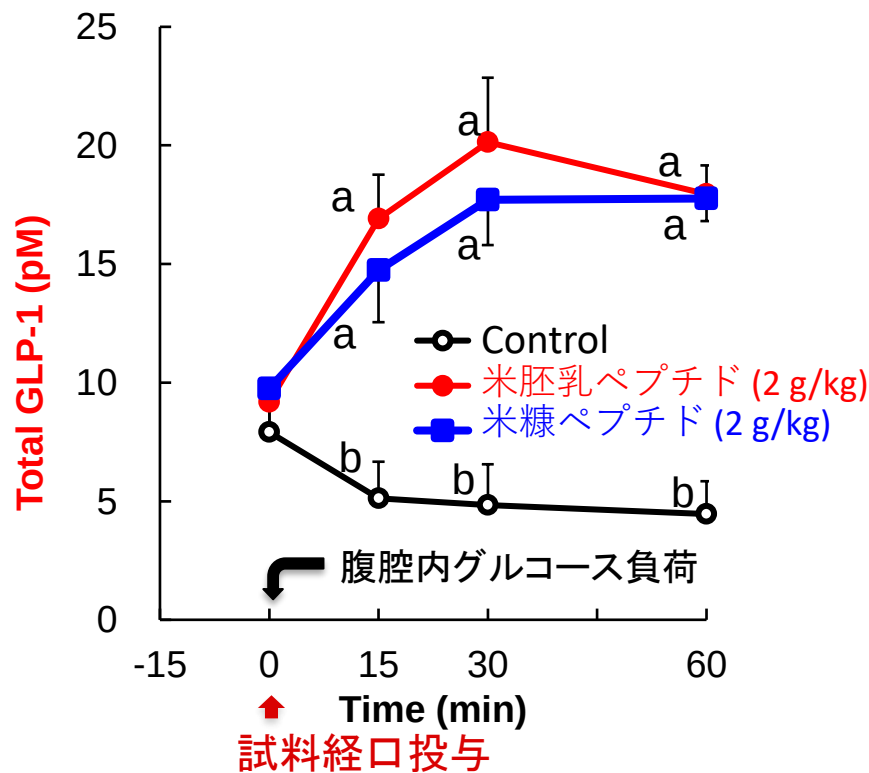
米タンパク質・米糠タンパク質のGLP-1分泌促進作用 (continued)

腹腔内糖負荷試験 (IPGTT)

SD系雄性ラット、7-8週齢、腹腔内グルコース (1 g/kg) 投与 (0 分)

試料経口投与 (0 分)

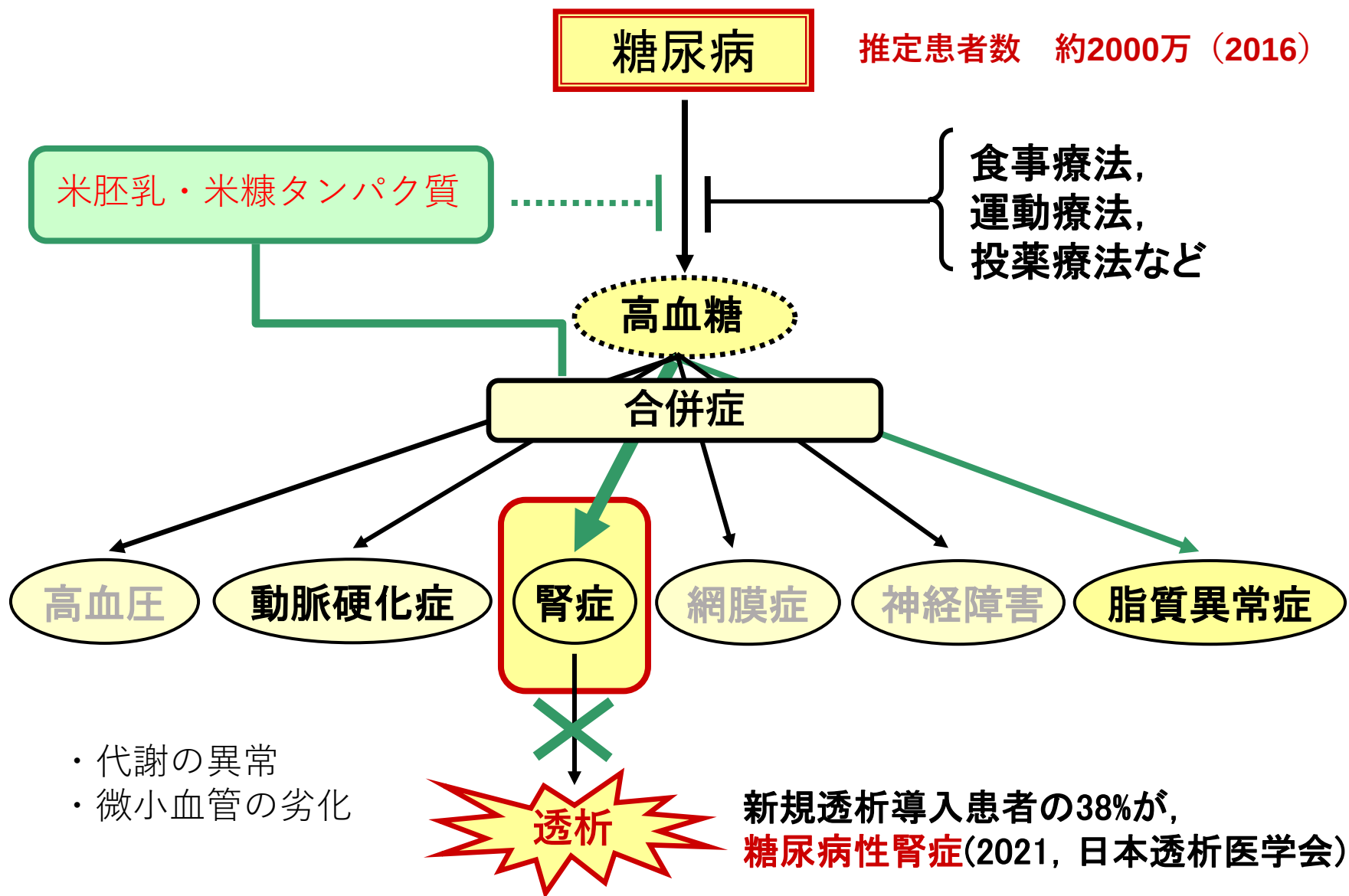
- ・ Control～水 (12 ml/kg)
- ・ 米胚乳ペプチド (2 g/kg)
- ・ 米糠ペプチド (2 g/kg)



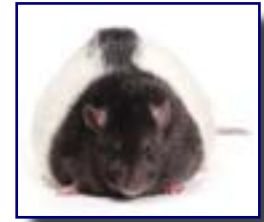
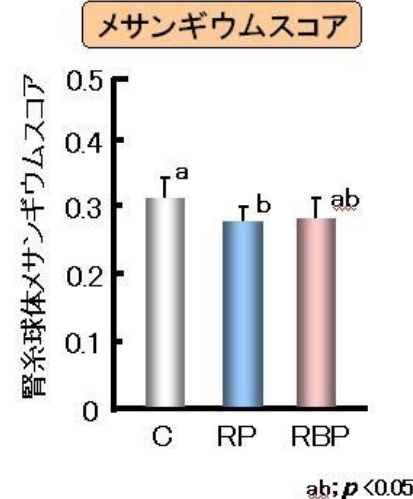
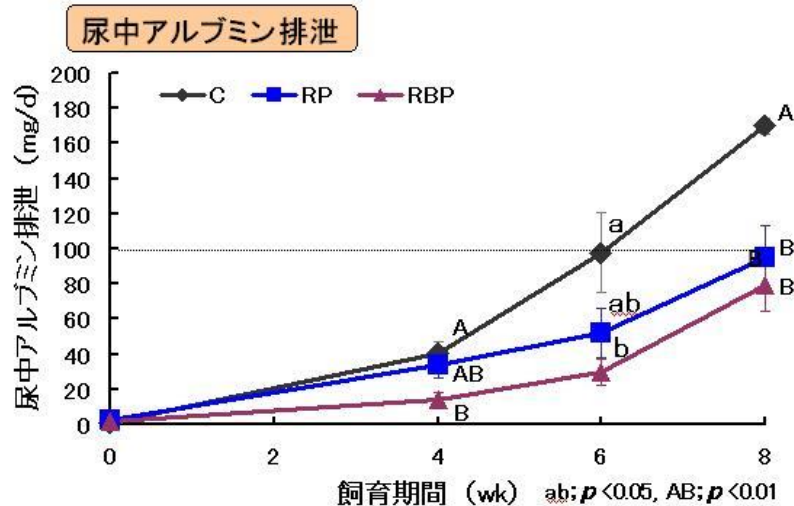
米胚乳・米糠ペプチドにGLP-1 分泌促進作用と血糖上昇抑制作用がある。

3. 糖尿病性腎症への抑制効果

- ・ 糖代謝改善作用
- ・ 腎機能改善作用
- ・ 維持透析患者への効果
- ・ 骨・ミネラル代謝（CKD-MBD）
改善作用

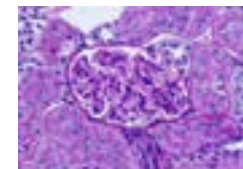
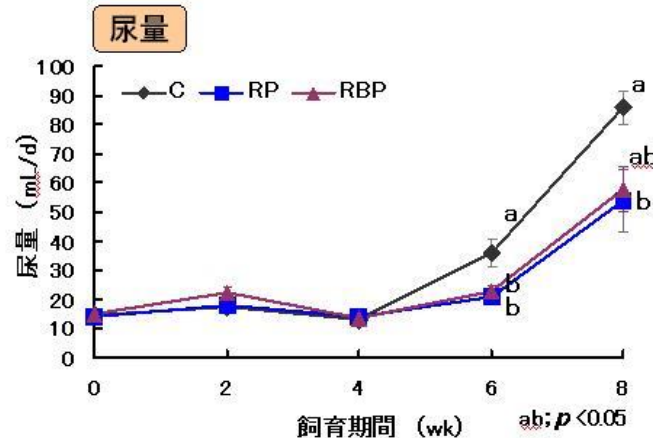
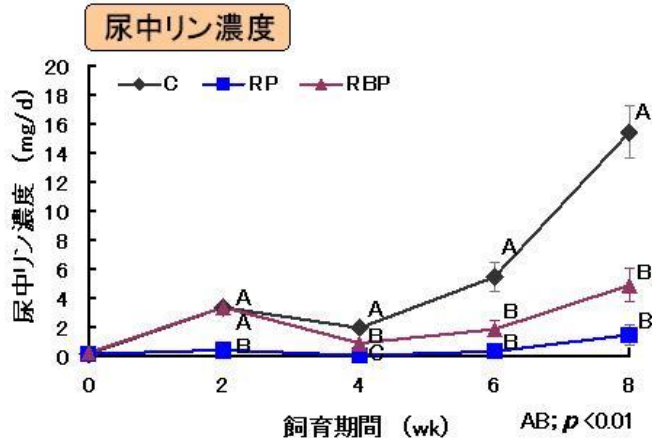


米胚乳・米糠タンパク質の糖尿病性腎症抑制効果

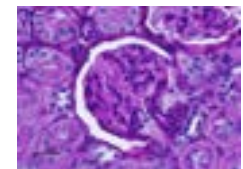


● Zucker Diabetic Fatty (ZDF) ラット
肥満2型糖尿病モデル

腎糸球体組織像



正常 (RP, RBP)



濾過機能低下状態 (C)

自然発症肥満2型糖尿病モデルラットにおいて、米胚乳・米糠タンパク質の長期摂取は、糖尿病診断指標等の有意な改善効果に加え、尿中アルブミン排泄を有意に抑制し、明確な腎機能保持効果を有することが示された。

米タンパク質の維持透析患者への効果

人工透析患者向け米胚乳タンパク質の効果

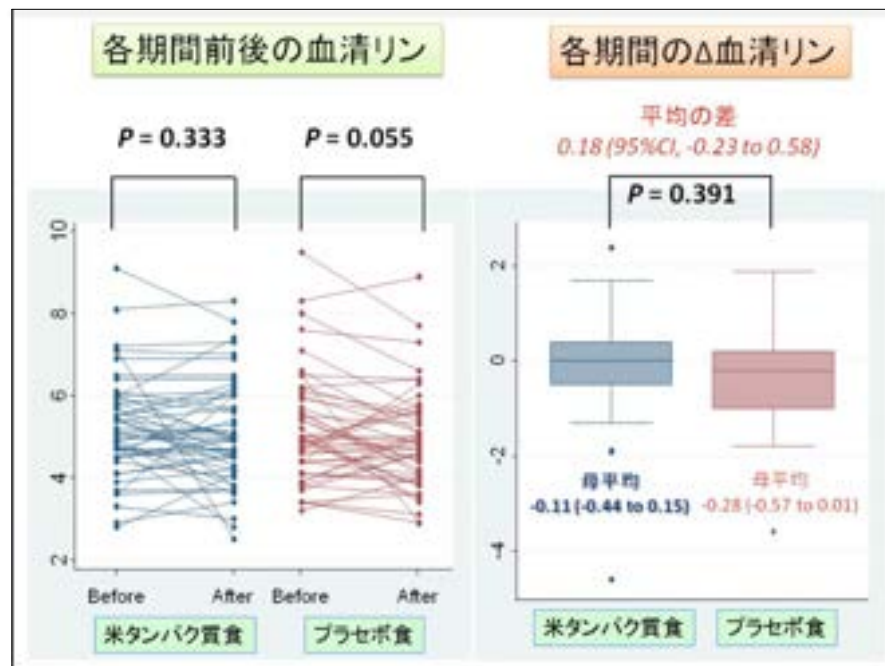
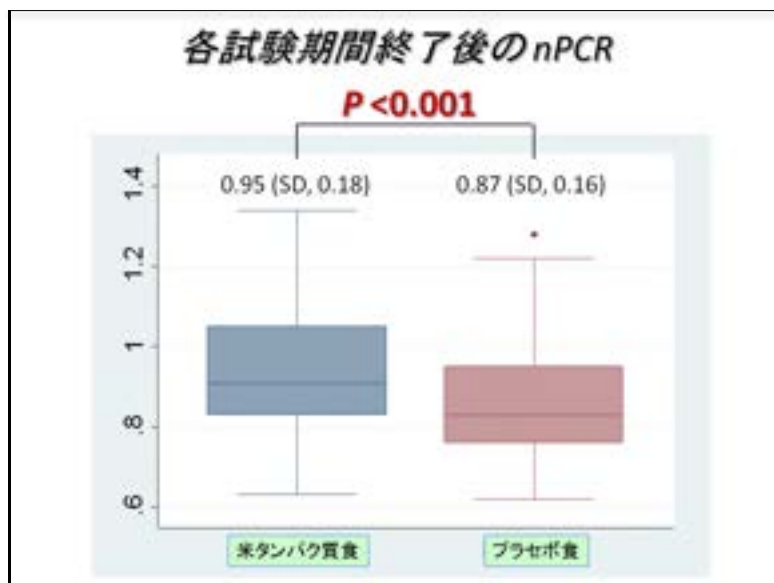
Hosojima et al., Sci. Rep. (2017)

低栄養傾向のある維持血液透析患者(50名)

ランダム化二重盲検クロスオーバー試験

米タンパク質5 g/日 4週間摂取

主要評価項目: 標準化蛋白異化量 (Normalized Protein Catabolic Rate, n-PCR),
血中リン量 (動脈硬化、骨病変誘因因子)



- ・n-PCRは有意に上昇(生命予後が改善)
- ・血清リン値は上昇せず



米胚乳タンパク質は透析患者にとって
安全なタンパク質補給源

骨とリン代謝への効果

糖尿病が骨代謝（骨量や骨質）を劣化させる。

→ 糖尿病性骨粗鬆症 Diabetic Osteoporosis
脆弱性の骨折リスクなど

これを改善することができるか？

つまり、米タンパク質が糖尿病の糖代謝、腎機能だけでなく、骨代謝にまで効果を及ぼすか？を調べた。

➤ 血中リン濃度に注目！

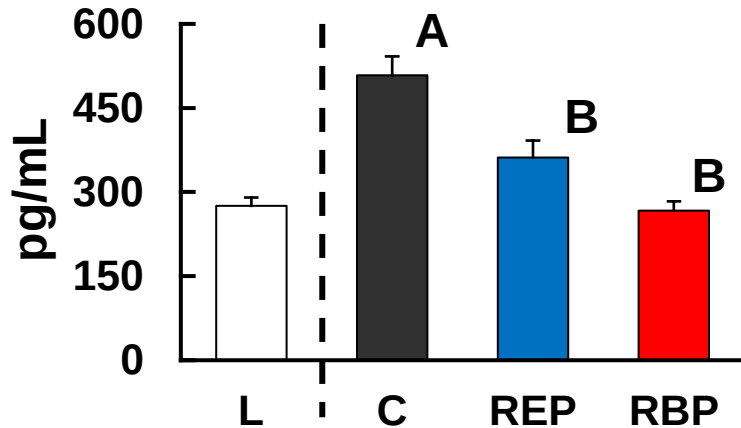
制御因子（FGF23, 副甲状腺ホルモン（PTH））を検討。
腎機能の低下によって、これらは上昇する。

➤ 骨強度や骨質を測定。

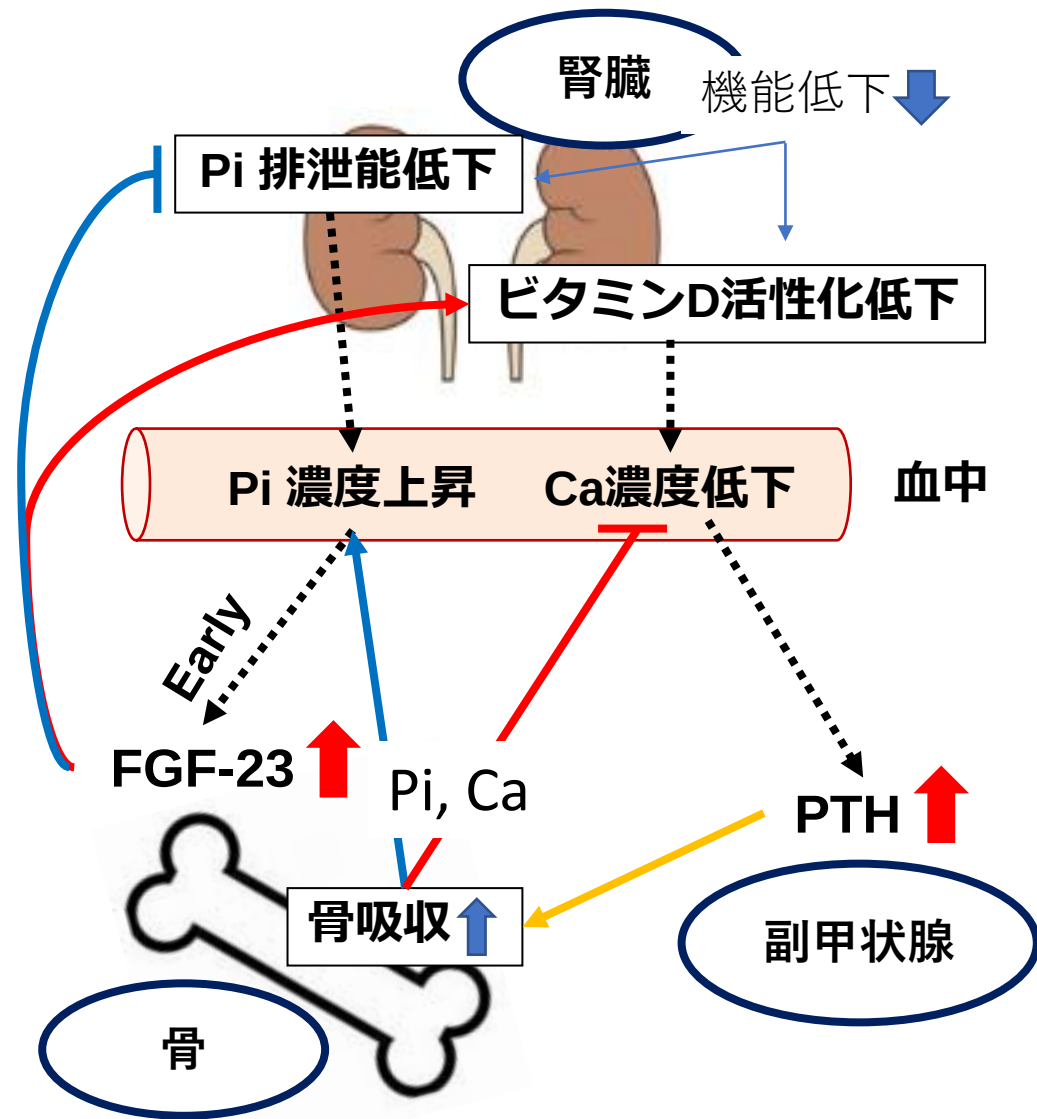
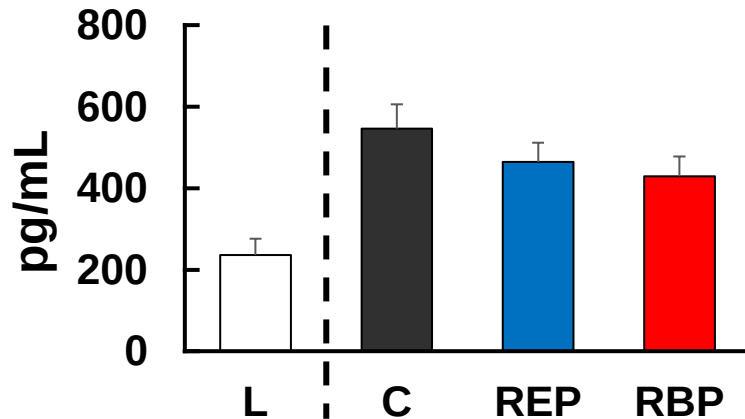
ミネラル代謝への影響 (ZDF ラット)

$A, B: P < 0.01$

線維芽細胞増殖因子23 (FGF-23)



副甲状腺ホルモン (PTH)

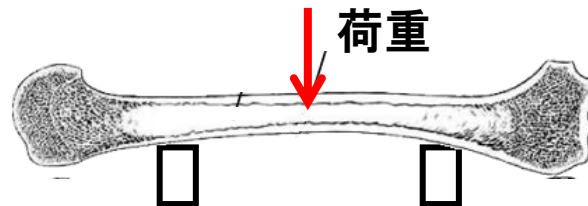


REPおよびRBP摂取でミネラル代謝異常の抑制

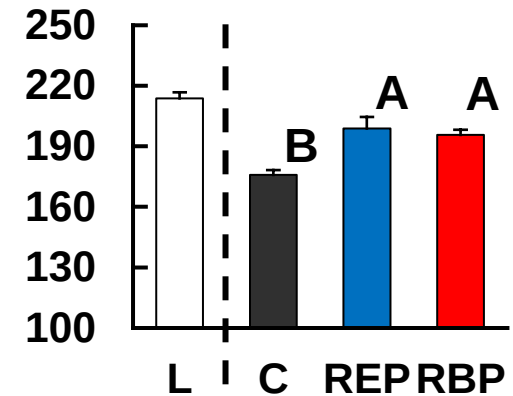
骨への影響 (ZDF ラット)

A,B: $P < 0.01$ a,b: $P < 0.05$

骨強度測定

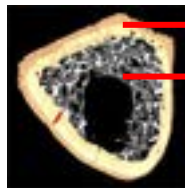
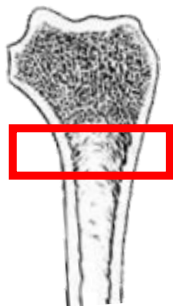


最大荷重 (N)



➡ REP・RBP 摂取で骨強度低下抑制！

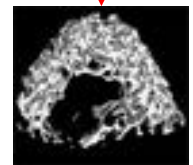
マイクロCTによる骨構造解析



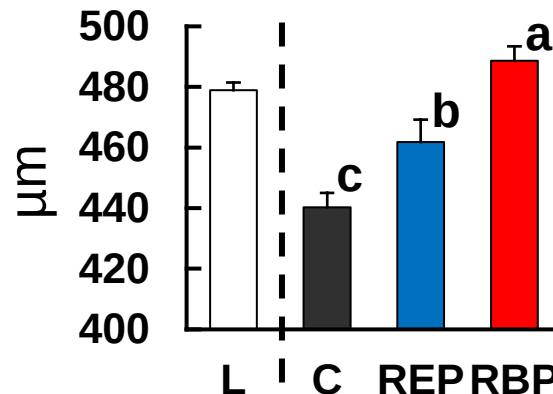
皮質骨



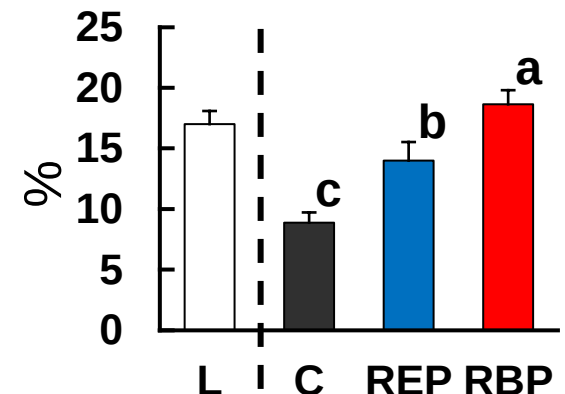
海綿骨



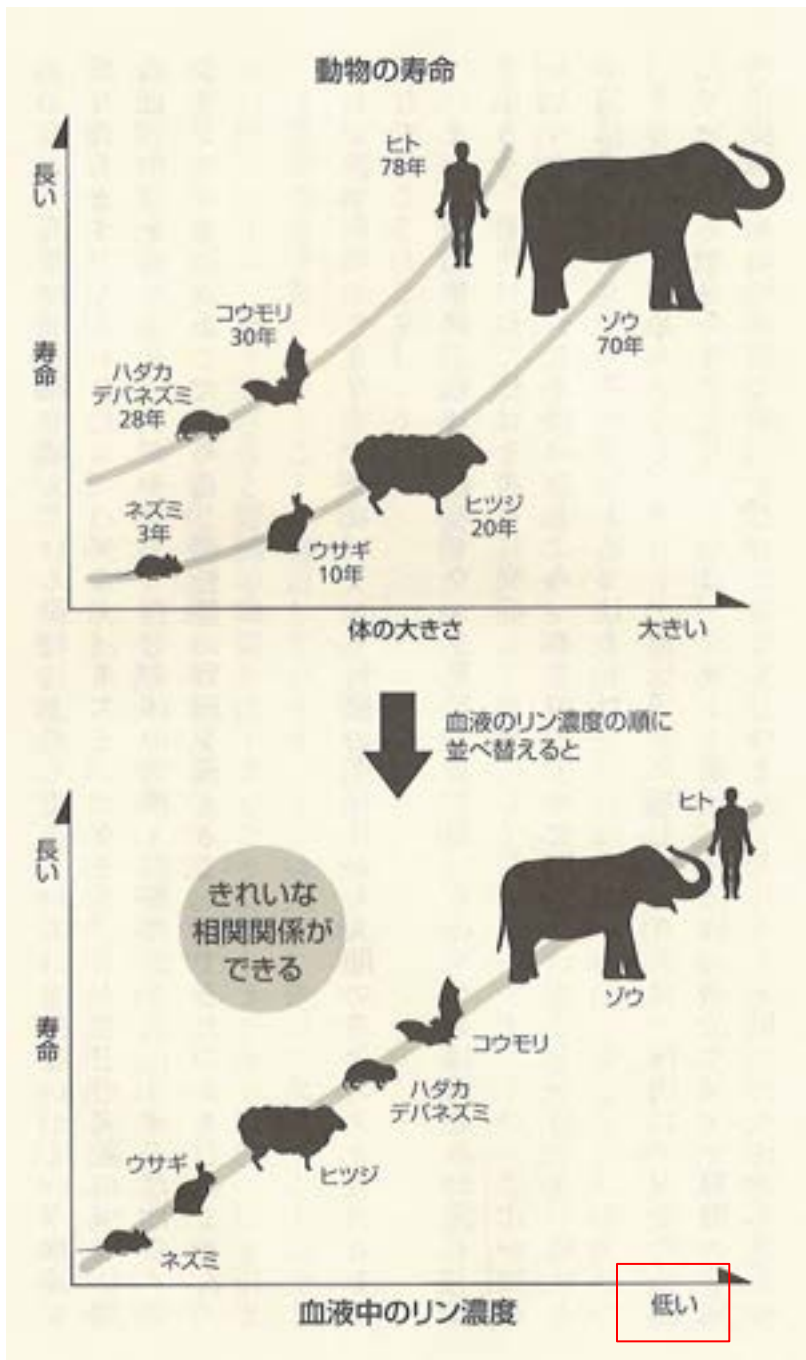
皮質骨幅



骨梁体積率



➡ REP・RBP 摂取で骨構造劣化抑制！



血液中のリン濃度と寿命の相関

何かリンが多いことで起こりやすい不都合があって、体内にリンを溜めがちな動物ほど寿命が短く、リン排出能力が高い動物ほど寿命が長くなる？

➡ リンの排泄を調整するのは腎臓

慢性腎臓病では食事中的リンの排泄が減る（濾過機能の低下により）

血中のリンが増加（細胞毒）

この仕組みは？

動脈硬化や心臓病、骨病変

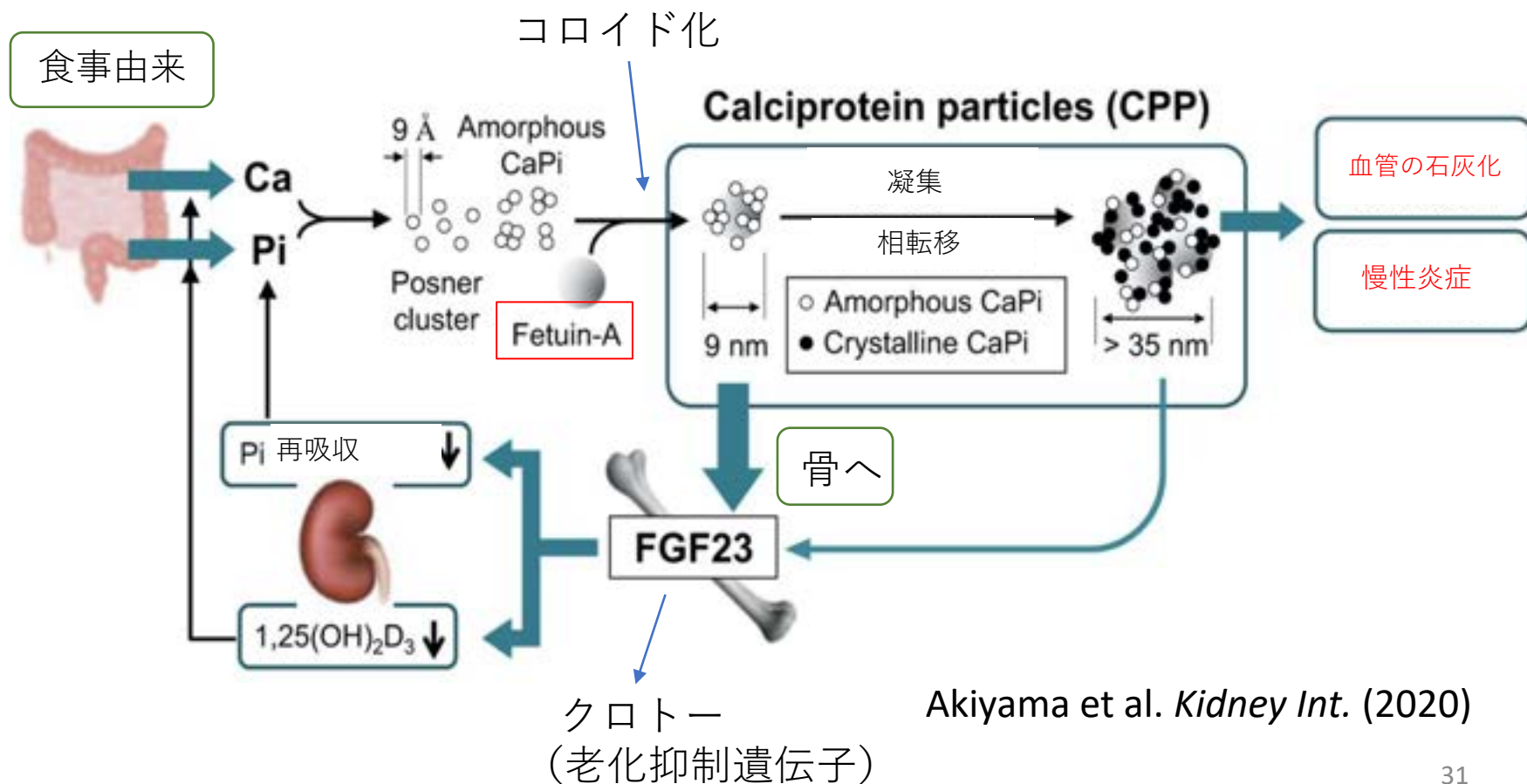
老化の促進。寿命が短くなる。

黒尾誠「腎臓が寿命を決める」 幻冬舎新書 (2022)

血中リン濃度の上昇が動脈硬化へ

CaPiがフェツインAとコロイド化 (CPP) し、結晶化・沈殿を防いでいる。
リン濃度が上昇するとこのCPPが骨でFGF23分泌を促進し、血中を循環し血管に蓄積。

➡ 血管の石灰化や慢性炎症、動脈硬化へ



リン酸カルシウムと脂の比較

不溶性物質	リン酸カルシウム	脂
たんぱく質とくっつくと……	CPP	リポたんぱく (HDL、LDL)
貯蔵先	骨	脂肪細胞
貯蔵先からあふれると……	動脈硬化 (血管石灰化)、 老化	動脈硬化 (粥状硬化)、 脂肪肝

では、なぜ米タンパク質は効果があるのか？

実は、米タンパク質中のリン含量 (mg/100g)

米胚乳タンパク質 大豆タンパク質 カゼイン

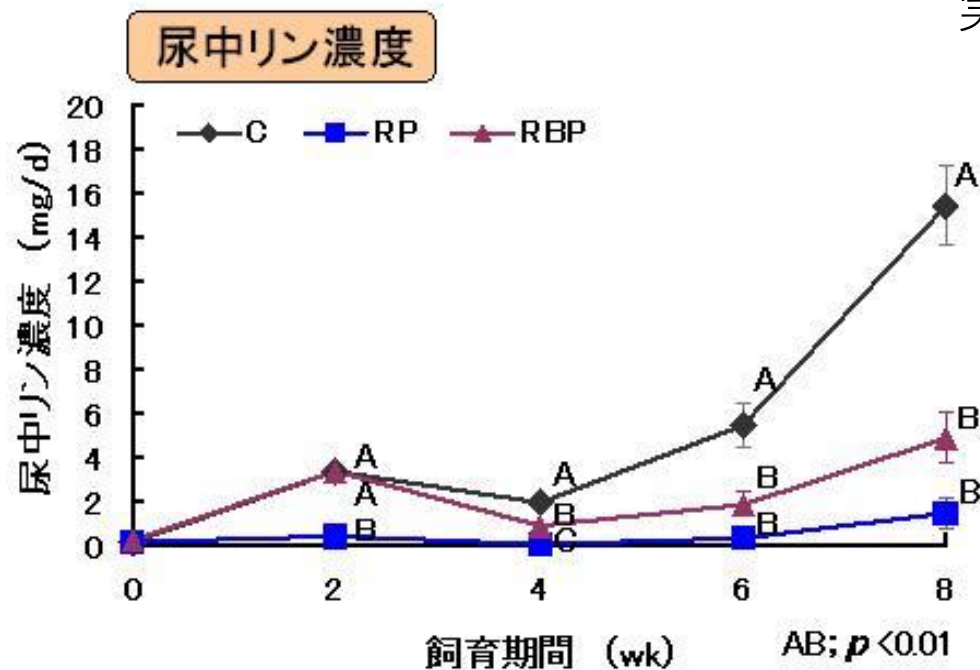
P

150

787

737

(フィチン酸)



実際、尿中リン排泄は米胚乳タンパク質の方がカゼインよりも遥かに少ない。



腎臓の尿細管障害が少ない。



抗老化へ

米胚乳・米糠タンパク質の新たな健康機能性（まとめ）

抗動脈硬化作用・抗肥満作用

- ・動物試験で明確な効果を確認。
- ・米タンパク質中の **α -グロブリン** が機能性成分。
- ・**動脈硬化予防効果** あり。
(大豆にもコレステロール低下作用あり)

【脂質異常症患者数：1400万人】

透析患者のタンパク質栄養

- ・リンやカリウムの含量が低く、必要量摂取しても骨や心臓への影響が少ない。
(大豆はリン、カリウムの含量が高い)

【透析患者数：30万人】

米胚乳・米糠タンパク質

低リン、低カリウム、腎保護機能
コレステロール低減機能
GLP-1分泌促進機能

臨床試験実施

糖尿病の予防

- ・2型糖尿病発症の一因として、GLP-1分泌低下の可能性が考えられている。
- ・米タンパク質は GLP-1分泌を亢進させる。
(小麦、大豆にはない作用)

【糖尿病患者数：1000万人】

免疫調節機能

- ・抗アレルギー作用の可能性（現在進行中）

抗菌機能（ペプチド）

- ・歯周病予防、ニキビ予防など

酒粕の機能性 (新潟県醸造試験場との共同研究)



乳酸発酵酒粕 “さかすけ®”

酒粕の成分 (新潟県産)

酒粕タンパク質 10～15%

乳酸発酵酒粕タンパク質 20%

(米タンパク質、 6～7%)

米タンパク質とほぼ同じ組成 (アミノ酸組成も変わらず)

⇒ 機能性もほぼ同じものが期待できる。

ex) 脂質代謝改善作用

(コレステロール、中性脂肪低下作用) 他





“こめたん”の紹介

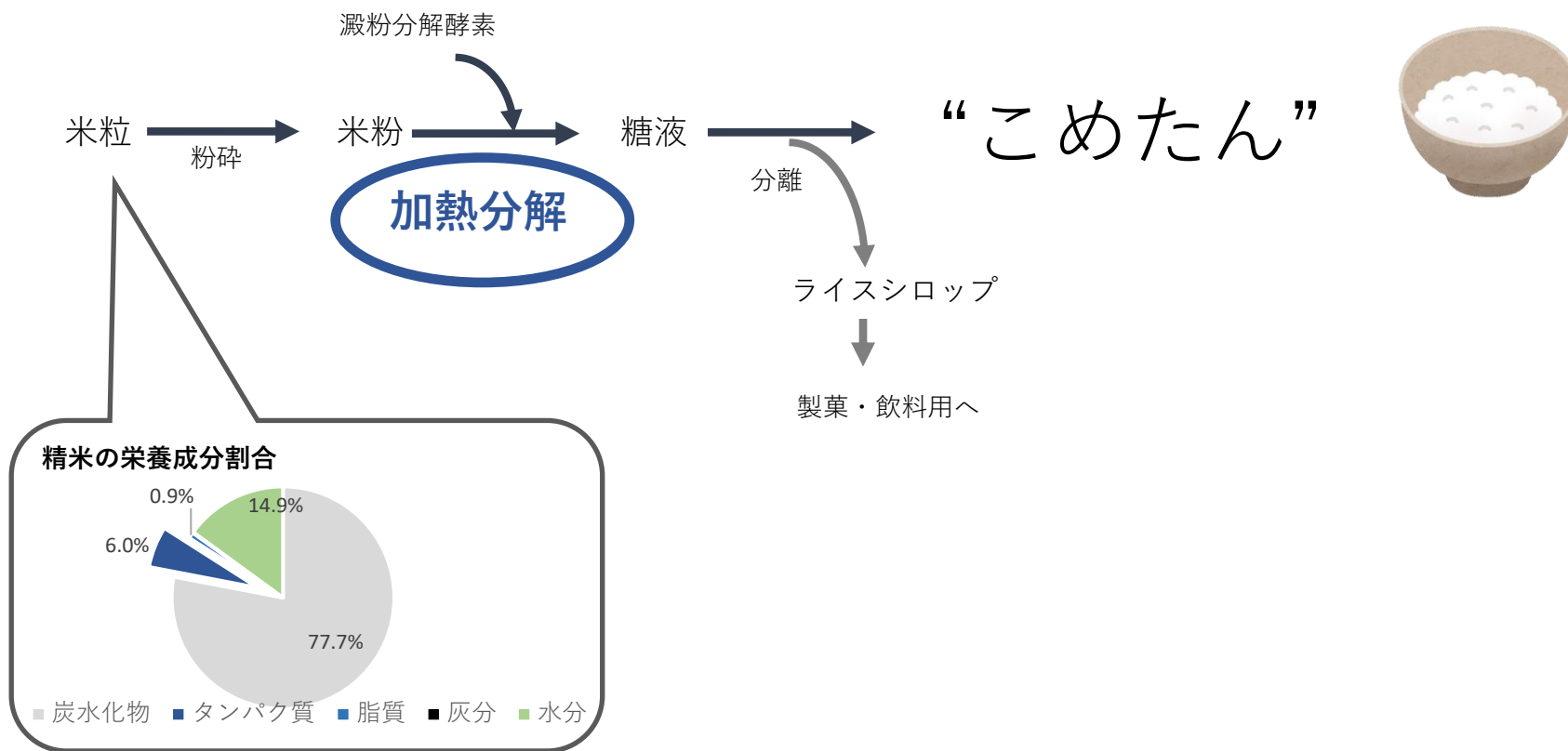
- 市販米胚乳タンパク質



“こめたん®”の紹介（製造方法）

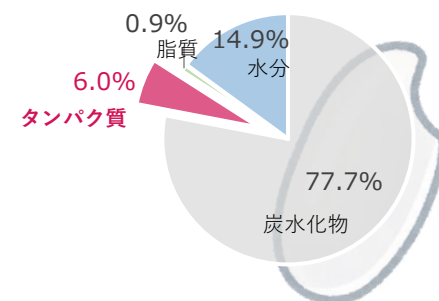
米からデンプンを**加熱**糊化、分解除去、加熱処理を加えて製品化

（加熱抽出されている米タンパク質は、**炊飯米に含まれる**タンパク質と同じ構造を持つ）



こめたんの紹介

- 米由来の植物性タンパク質を75%以上含有
- 消化性が良く、必須アミノ酸の含有比率が高い
- 指定アレルゲン28品目に該当しない
- 炊飯米に含まれるタンパク質と同じ構造を持つ



こめたん一生粋

アプリケーション例



麺に



水練り製品に



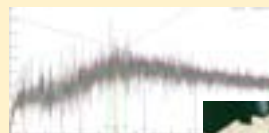
和洋菓子に

さまざまなアプ
リに使用可能

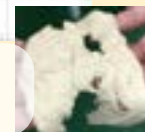
麺類、和菓子・洋菓子など

こめたん一焙煎

一般的なタンパク質を添加



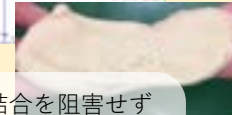
小麦たん白が弱まり
生地は切れやすい



「こめたん一焙煎」を添加



小麦たん白の結合を阻害せず
良好なつながりを実現



ミキンググラフ条件

小麦たん白10g、小麦澱粉15g、米由来タンパク5g、水28gを混ぜて混練

	1675	体積 (ml)	2440	
	2.75	比容積 (g/ml)	4.05	

ベーカリー食品、焼き菓子など

こめたんの使用で、高タンパク製品も食べやすく！！

代替肉 (Alternative Protein), 植物肉 (Plant-Based Meat) の展開

現在これ以上の食肉増加は困難。特に畜産増加は環境負荷が大きい。地球温暖化を促進してしまう。



動物肉から植物肉へ (動物タンパク質から植物タンパク質へ)
明らかに健康には良い。

ベジタリアン、ヴィーガンというより、むしろ肉を食べる (普通の) 消費者をターゲット。

植物肉 Plant-Based Protein

大豆、えんどう豆、緑豆、ジャガイモ、ひよこ豆、ピーナッツ、
小麦、キノコ・菌糸体 など

米がない !!

代替肉 (プロテイン)

植物性プロテイン、マイコプロテイン、昆虫食、細胞培養肉、
微生物・発酵など

昨今、話題の代替肉・植物肉市場

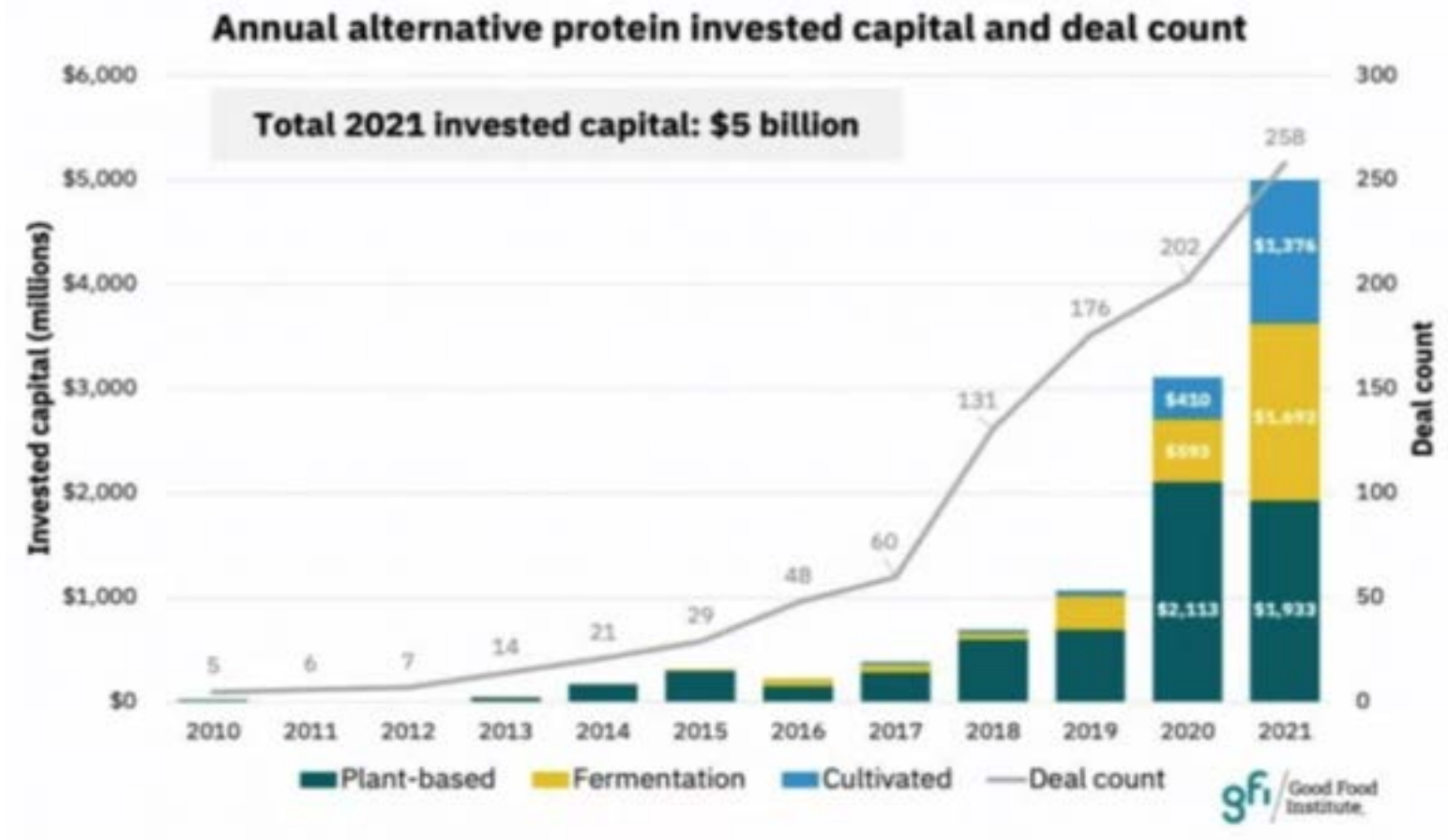
Beyond Meat

シリコンバレー発
Bill Gatesなどの出資
30カ国に進出
大豆やエンドウ豆を主原料



Impossible Foods

100%植物由来の人工肉
Burger Kingが採用
肉の味がする大豆由来ヘムタンパク質
温室効果ガスを発生する畜産業への依存を減らす



2021年、代替タンパク質の投資額は約50億ドル（約7,000億円）
植物肉、発酵タンパク質、培養肉など

「2030年には食肉市場で植物肉が半分程度になっていても不思議ではない。」
（米国食肉最大手タイソン・フーズ社）

ご静聴ありがとうございました。

小千谷

Niigata, Japan