

平成25年度特別経費（プロジェクト分）
「香川グライコリソース（希少糖・ヒト型糖鎖）を用いたナノ糖質生命科学研究推進事業」
研究グループ別研究成果報告書

（本報告書は、必要に応じてホームページ上で公開しますので、知的財産に関連する記述等については注意してください。）

研究組織					
研究グループの組織について記述してください。メンバーは教員ばかりでなく、本研究に携わっている非常勤職員・学生も記載してください。					
研究課題名	希少糖基礎研究の新展開				
グループリーダー	氏名	所属・職名	連絡先		
	徳田雅明	希少糖研究センター長	TEL	本人	tokuda@med.kagawa-u.ac.jp
			e-mail	秘書等	
メンバー	氏名	所属・職名 (学年)	分担事項・役割等		
	徳田雅明	希少糖研究センター長	希少糖の理化学的性質に基づく機能性のスクリーニング		
	山口文徳	医学部・准教授	D-アロースの機能解析		
	神鳥和代	医学部・助教	D-アロースの機能解析		
	ホセイン・アクラム	医学部・研究員	D-プシコースの抗糖尿病効果の解明		
	広瀬加代子	医学部・技術補佐員	D-プシコースの抗糖尿・抗肥満効果の解明		
	深田和宏	希少糖研究副センター長	希少糖及びその誘導体の理化学的性質の解析		
	森本兼司	希少糖研究セ・准教授	イズモリング希少糖の多種・中規模量での生産		
	吉原明秀	希少糖研究セ・助教	イズモリング希少糖の多種・中規模量での生産		
	早川 茂	理事・副学長	食品利用に関わる希少糖の理化学的性質と機能性についての研究		
	野口知里	医学研究科・大学院生 D2	D-プシコースの抗肥満効果解析		
	千葉和也	農学研究科・大学院生 (M1)	希少糖生産酵素の諸性質の検討とその応用		
	小坂井太郎	連大・博士課程院生 D2	希少糖混合系の相挙動解析と複合結晶の作成		
	芳地真史	農学部・学部生	希少糖の溶解度測定		
	岩田涼子	農学部・学部生	デオキシ希少糖の物理化学的性質の解明		
菱池 崇	農学研究科・大学院生	希少糖の代謝実験			

平成25年度研究成果概要

研究成果概要についてわかりやすく記載してください。できるだけ、図を挿入してください。すでに当該年度に外部に発表を行った成果については、研究業績欄の業績番号と対応させてください。

① これまで効率的な生産が困難であった希少ヘキソースの生産と結晶化

昨年度より継続していたL-イドースの単結晶を得るべく実験を進めた。リサイクル分取装置を用いて純度100%のL-イドースの液を調製した。本プロジェクトの経費で導入した本装置によりL-イドースの純粋な液の調製にはじめて成功した。これを高濃度まで濃縮し、結晶化を試みた。種結晶は存在しないため、エタノール、メタノール、アセトンなどの有機溶媒の濃度を変化させて結晶が生じるかを調べた。残念ながら、結晶は生じずシロップのままであった。そのシロップをHPLC分析したところ、L-ソルボースと未知物質が計2%ほど生じていたことから、結晶化中に異性化が起きていたことがわかった。

L-イドースやD-イドースはL/D-ソルボースから異性化酵素で平衡反応によって生産するが、その効率は極めて悪い。そこで新たにL-ラムノースイソメラーゼを有する微生物をスクリーニングした。D-プシコースからD-アロースを生産する効率が既存酵素よりも高い酵素であることがわかったが、残念ながら酵素濃度が薄かったことが原因でL/D-ソルボースからL-イドースやD-イドースへは反応しなかった。

② デオキシ希少糖類の生産

前年度の成果より、イズモリング中で様々な反応を触媒する酵素や微生物は炭素第4位や第5位がデオキシ化された4-デオキシ-ペントースや5-デオキシ-ヘキソースに対しても触媒作用を示すことが確認された。本年度は炭素第6位がメチル基となった単糖（L-ラムノース、L-フコース、D-フコース）を用い、微生物を用いた酸化反応、酵素を用いた異性化反応、化学的な還元反応を組み合わせ様々な各種デオキシ希少糖生産を行った。その結果、炭素第6位がメチル基となっている8種類の6-デオキケトヘキソース、炭素第1位がメチル基となっている8種類の1-デオキシ-ケトヘキソースを生産した。得られたデオキシ糖の結晶化を試みた結果、1-デオキシ-D-プシコース、1-デオキシ-L-プシコース、1-デオキシ-D-タガトース、1-デオキシ-L-タガトース、6-デオキシ-L-プシコース、6-デオキシ-L-ソルボースの結晶が得られた。

③ デオキシ希少糖のうち6-deoxy-L-psicose及び1-deoxy-D-tagatoseに焦点を当て、基礎的な理化学的性質（粉末X線回折パターン、融点と融解エンタルピー、水への溶解熱、変旋光挙動および比旋光度、水中での互変位体の存在比の温度依存性、水中での鎖）を調べ、単糖分子の特定部位をデオキシ化することによる性質の変化についてのデータ集積を進めた。

④ フルクトースとプシコースを共に含む溶液からの単糖結晶の析出を想定し、両者の溶解度データの集積を進めた。その際、結晶化効率を高めるため溶液中にエタノールを加え、エタノール濃度と溶解度との関係を明らかにした。また、プシコースとアロースを共に含む水溶液からの単糖粉末の析出条件を詳細に調べ、純粋なプシコースのみが析出する組成、純粋なアロースのみが析出する組成、プシコース結晶とアロース結晶が共に析出する組成を明確化した。

⑤

1. D-プシコースの抗肥満作用のメカニズム解明

2型糖尿病と肥満を発症するモデルラット Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) を用いて行なった。雄性 OLETF を飼育し CE-2/M を餌として与え飼育した。水道水を飲料として与える群と、D-プシコースを5%W/V含む水を飲料として与える群を作成した。各群10引きずつとした。体重変化、食事量、飲水料、体脂肪率などの他に、total cholesterol (TC), triglyceride (TG), lipoproteins; HDL, LDL, HbA1c, GSH, IL-6, TNF- α , leptin, adiponectin を測定した。

血糖値は Fig 1 に示すように、D-プシコースを与えていない群 (O-C) において35週辺りから上昇してきた。一方D-プシコース投与群 (O-P) では、正常コントロール群 (LETO) とほぼ同じように血糖上昇を示さなかった。

その際にインスリンについて測定したところ、コントロール群で有意に高い分泌を示していた。インスリン抵抗性が生じている可能性が示された。

Fig3 に体重増加を示している。コントロール群では10週を過ぎた頃から LETO や D-プシ

コース投与群と差が出始め、20週以降は大きな差が認められた。35週過ぎた頃から、OLETFのコントロール群では約半数が急激な体重減少を示した。これは糖尿病の進行によるものと思われた (Fig4)。一方 D-プシコースを飲水している OLETF 群では安定した体重増加が得られ、ほぼ正常の LETO と同様の増加であった (Fig5)。

このことから D-プシコースの持つ抗肥満効果は一部血糖上昇の抑制によるインスリン抵抗性の改善が原因している可能性が示されたが、さらに詳細な抗肥満メカニズムの解析を目指した。肥満に関与すると思われる各種サイトカインやアディポネクチンなどの測定を行なった。

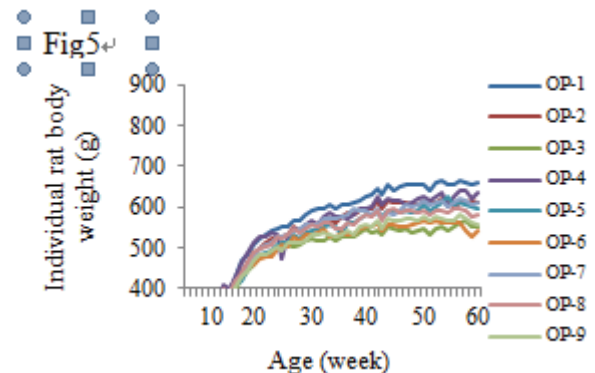
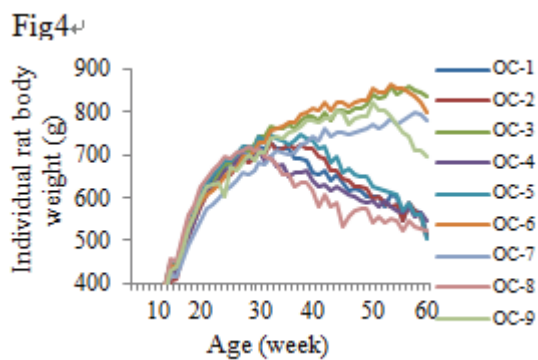
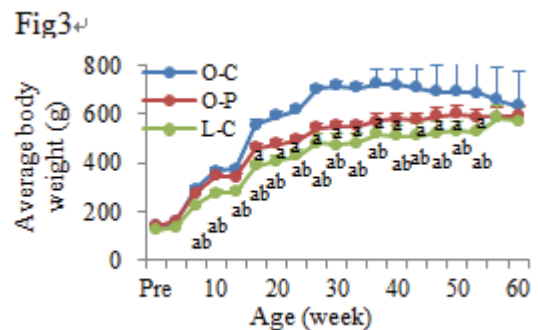
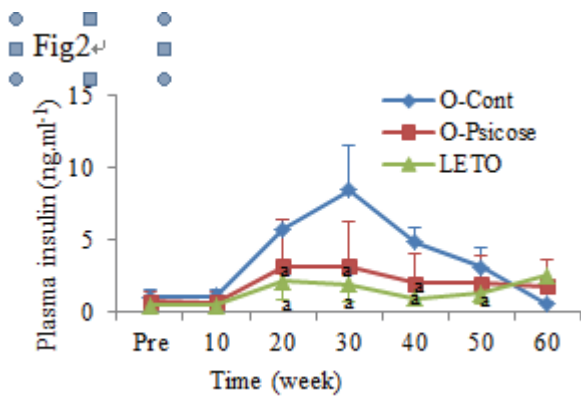
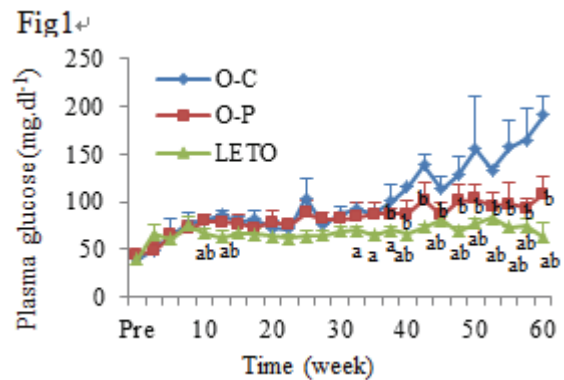


Fig6

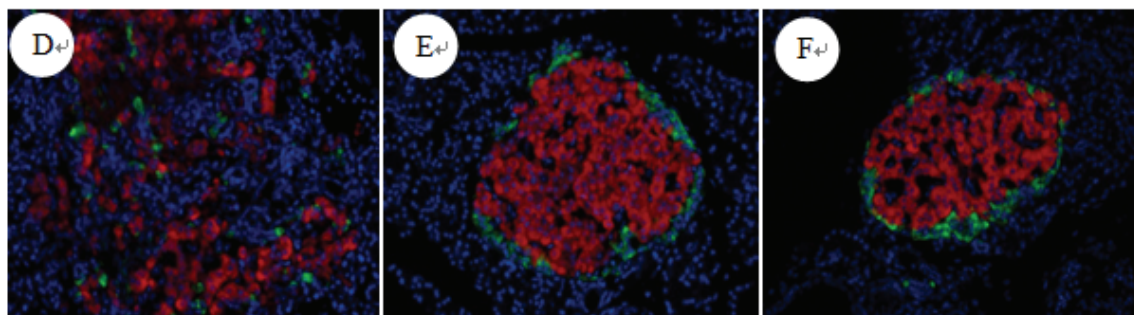
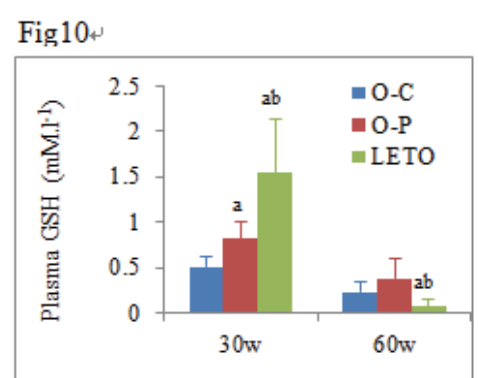
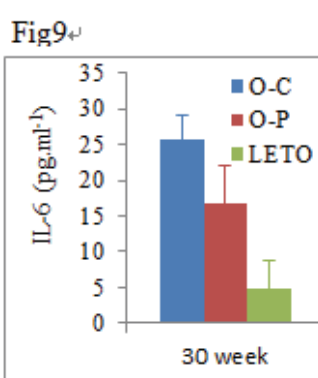
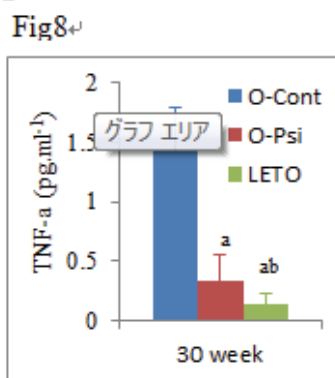
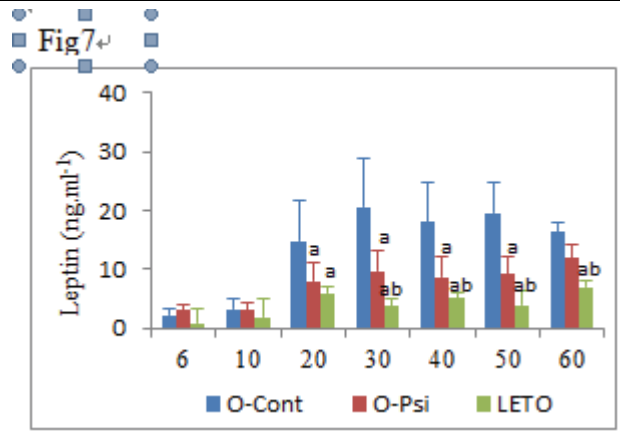


Fig6 に示すように、D-プシコースを投与した OLETF の膵臓のランゲルハンス島 (E) は正常ラットのそれ (F) とほぼ形態的に差が無かった。即ち緑に染まっているグルカゴン産生細胞と赤色のインスリン産生細胞とがきちんとした構造を保っていた。一方糖尿病と肥満を起している OLETF の膵臓のランゲルハンス島では、構造が著しく乱れているのが判る (D)。

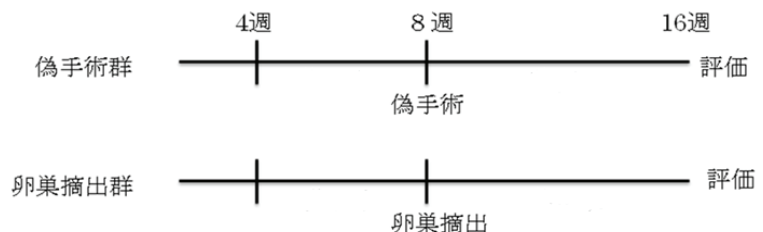
Fig7 に示すように、脂肪細胞から分泌され食欲を制限するホルモンであるレプチンが D-プシコースを投与していない OLETF で高く推移していた。この事実はレプチン抵抗性がこれらのラットで起こっていることを想起させた。また Fig8 に示すように炎症性サイトカインである TNF α とインターロイキン 6 がこれらの群で高く、D-プシコース投与により抑制されていた。この事実は、脂肪細胞で生じる慢性炎症が高血糖や高脂血症により招来されていることが想定される。また Fig10 で示すように細胞内のグルタチオン濃度が肥満したラットにおいて低値を示し、酸化ストレスが加わっている可能性を示した。このように、D-プシコースによる抗肥満効果がある程度明らかになってきた。



2. D-アロースの骨粗鬆症への効果

D-アロースについては、骨粗鬆症への影響についてメカニズム解明を進めた。特に D-アロースの使用量について検討を進め、安全かつ最も有効な量を決定する試みを展開した。

前回同様、偽手術群と卵巣摘出群に 0.02%, 0.1%, 0.5% の D-allose を術後に投与し、解析を行った。



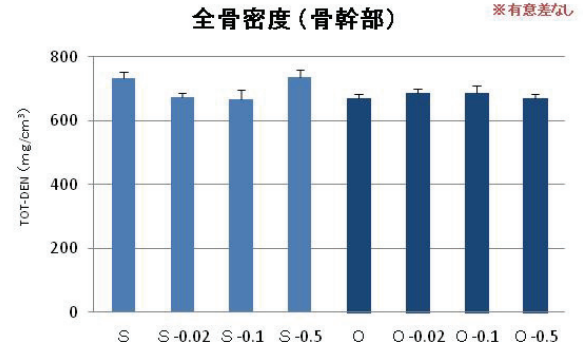
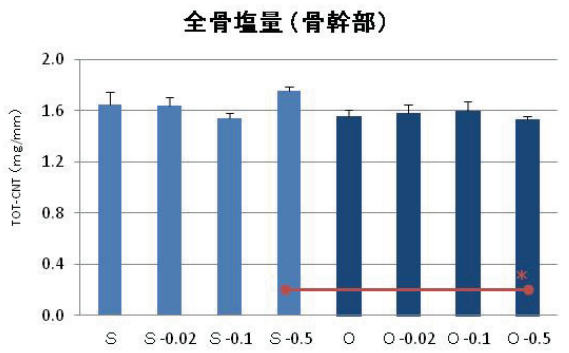
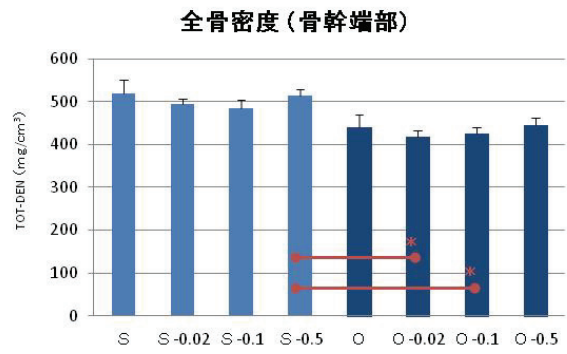
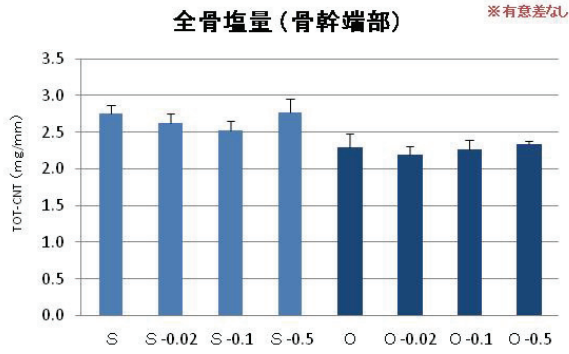
1) 骨塩定量・骨強度の定量:

骨に対する D-Allose の効果を peripheral Quantitative Computed Tomography (pQCT) を使い検討した。各グループのマウス的大腿骨を摘出し、アルコールで保存した。大腿骨遠位部 (海綿骨が多い; グラフ上段) と骨幹部 (皮質骨が多い; 下段) について骨塩量、骨強度を測定した。(S: 偽手術群, O: 卵巣摘出群)。

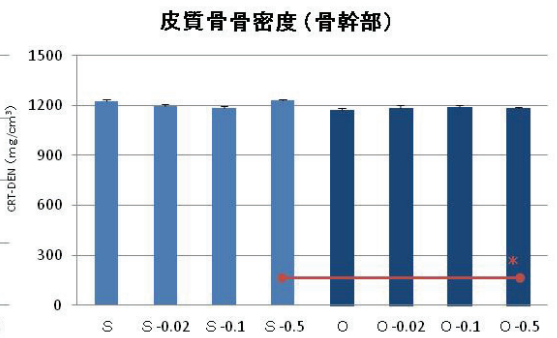
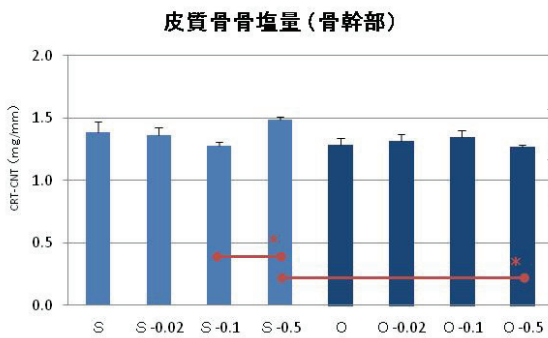
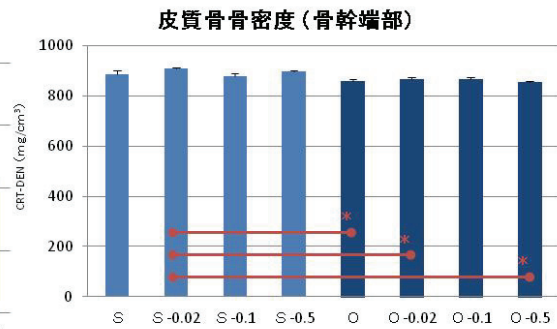
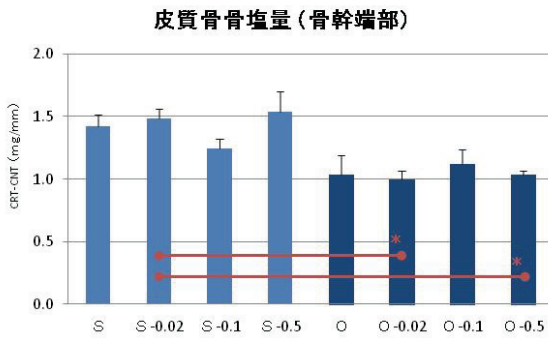
コントロールに比べ、0.02%, 0.1% D-allose 投与群では骨塩量、骨密度の低下傾向が見られた。

0.5%投与ではあまり変化がなかった。

1. 全骨塩量・全骨密度



2. 皮質骨骨塩量・骨密度



皮質骨の骨塩量、骨密度は0.2%D-alloseにて軽度低下傾向があったが、大きな変化は見られなかった。

3. 海綿骨骨塩量・骨密度

解析法1:

解析1 (<395mg/cm³)

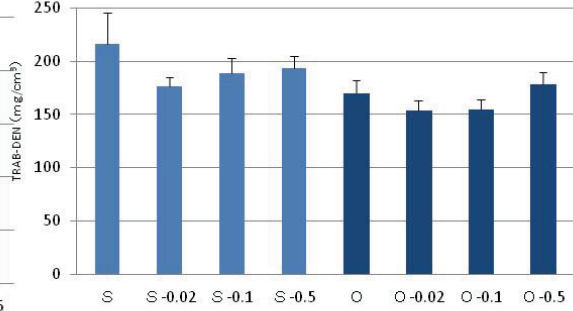
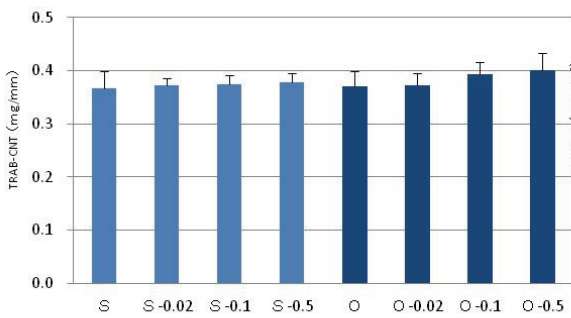
海綿骨骨塩量 (骨幹端部)

※有意差なし

解析1 (<395mg/cm³)

海綿骨骨密度 (骨幹端部)

※有意差なし

解析1 (<395mg/cm³)

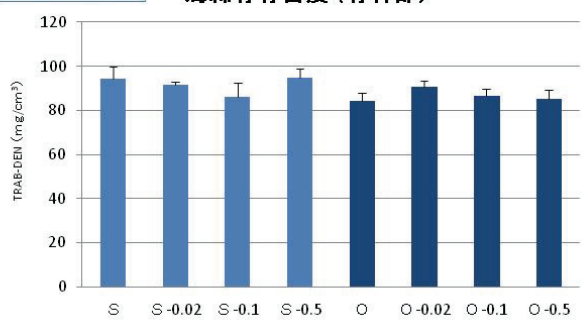
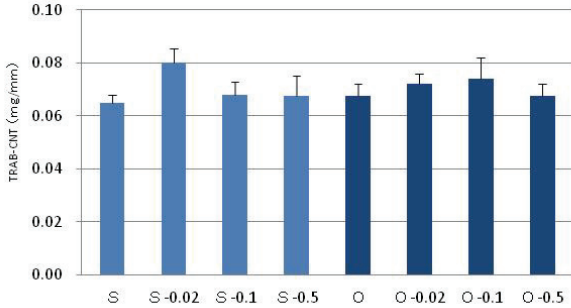
海綿骨骨塩量 (骨幹部)

※有意差なし

解析1 (<395mg/cm³)

海綿骨骨密度 (骨幹部)

※有意差なし

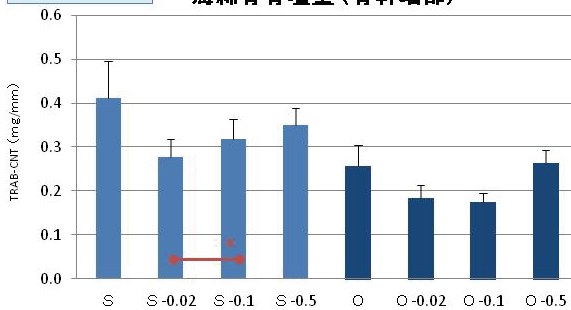


骨塩量は0.02%D-alloseにて骨幹部で上昇傾向を示したが、あまり変化がなく、骨密度は0.02%、0.1%D-alloseで骨幹端部で減少傾向があった。

解析法2

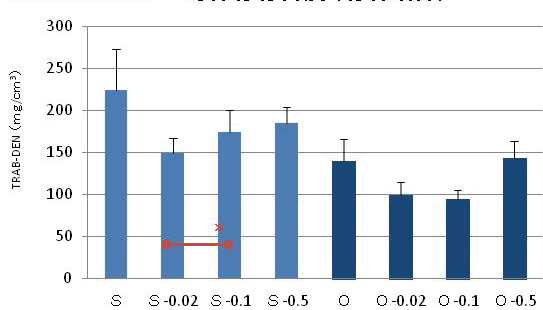
解析2(全骨の35%)

海綿骨骨塩量 (骨幹端部)



解析2(全骨の35%)

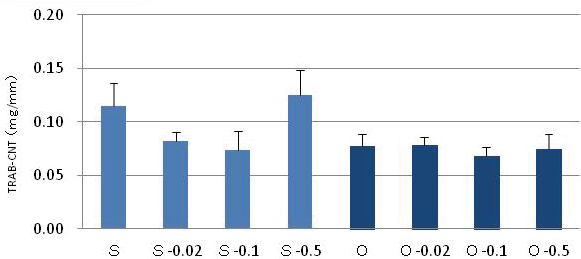
海綿骨骨密度 (骨幹端部)



解析2(全骨の35%)

海綿骨骨塩量 (骨幹部)

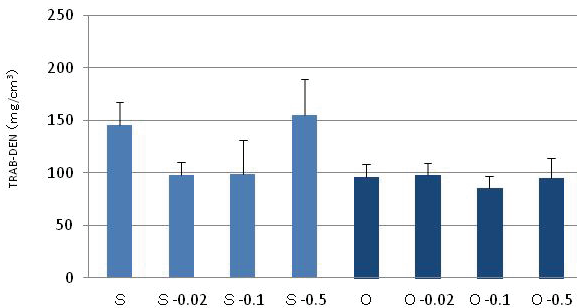
※有意差なし



解析2(全骨の35%)

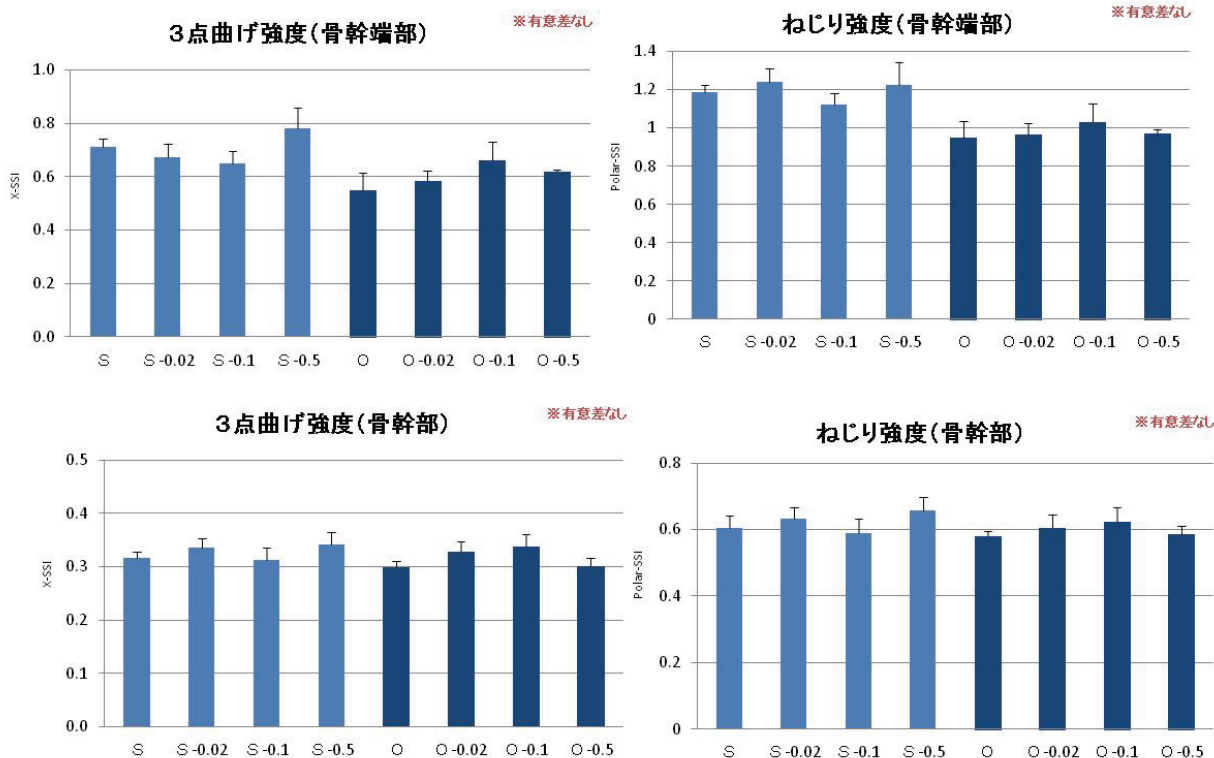
海綿骨骨密度 (骨幹部)

※有意差なし



コントロールに比べ、0.02%、0.1%D-alloseによって骨密度・骨塩量の低下傾向が見られた。

4. 3点曲げ強度、ねじり強度



3点曲げ強度、ねじり強度については、どの濃度においても大きな変化を認めなかった。

2回目の実験から、D-alloseの骨への効果は、全体として0.5%以下では大きなものとは思われなかった。従って有効濃度としては0.5%が臨界となっていることが想定された。

⑥

小腸上皮培養細胞 Caco2 細胞を用いた希少糖 D-プシコースの体内吸収過程の解析

希少糖 D-Psicose (Psi) は経口摂取すると小腸から体内に吸収されるが、代謝されず尿とともに体外へ排出される。このことからノンカロリーの甘味料として注目を集めている。また、Psiは食後血糖値の上昇を抑制する効果があり、機能性食品への利用が期待されている。しかし、Psiが腸管からどのような経路を介して体内に吸収されるのかは明らかとなっていない。

そこで、培養細胞 Caco2 を用いて Psi の腸管からの吸収経路の解明を行った。

Psi、Glc、Fru を小腸上皮細胞層の頂端側に添加してインキュベートしたところ、HEPES 緩衝液中で 30mM の糖を添加した時の糖の Caco-2 細胞層透過量は時間経過とともに直線的に増加した。Caco-2 細胞層に糖を添加してから 120 分の時点における Glc、Fru、Psi の透過量は約 550 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、約 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、約 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。30mM の Psi と 30mM の Glc を同時に添加すると、120 分の時点で Psi の透過量は Psi を単独で添加した場合の約 1/5 まで低下した。Glc も単独の時に比べ半分以下にまで減少した。30mM の Psi と 30mM の Fru を同時に添加した場合 1 種類の糖を添加した時の透過速度と比べて、Psi、Fru とも透過速度が半分に低下していた。30mM の Glc と 30mM の Fru を同時に添加した場合の糖の

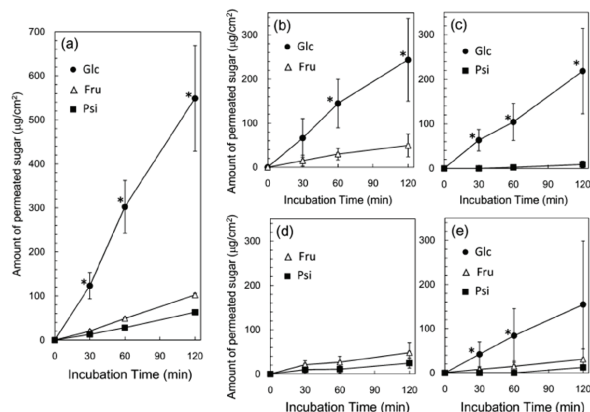


Fig.: Apical-to-basolateral transport of mixed sugars across the Caco-2 cell monolayer (a) a single sugar, (b) mixture of Glc and Fru, (c) mixture of Glc and Psi, (d) mixture of Fru and Psi, and (e) mixture of Glc, Fru, and Psi. ●, Glc (30mM); △, Fru (30mM); and ■, Psi (30mM). Data are presented as mean value \pm SD (n=6).

Caco-2 細胞層の透過速度は 1 種類の糖を添加した時と比べると Glc、Fru とも透過速度は約半分に低下していた。30mM の Glc、Fru、Psi を同時に添加した時の透過速度は 1 種類の糖を添加した時の約 1/3 に低下していた。

以上のように 2 種類の糖が共存すると透過速度が約半分に、3 種類の糖が共存すると約 1/3 に減少したことから、これら 3 つの糖は同一のトランスポーターを通過して吸収されるものと推定された。小腸上皮細胞内から Glc と Fru を細胞外へ排出するトランスポーターは GLUT2 であることから Psi もこの GLUT2 より排出されるものと考えられた。

SGLT1 の阻害剤である Phloridzin (Pz) を細胞層に添加し、透過性試験を行ったところ、Pz が存在しない時の透過速度と比べ、Glc の透過速度は約半分に低下していた。Psi と Fru の透過速度は、Pz 非存在時の透過速度の約 80% であった。Pz によって SGLT1 が阻害されたことによって Glc の透過量だけが大きく減少したと考えられる。Psi と Fru が減少した理由は不明であるが、Psi と Fru の Pz に対する応答は同様であった。

GLUT2 トランスポーターの阻害剤 Phloretin (Pt) を細胞層に添加して透過性試験を行ったところ、Glc の透過速度は Pt 非存在時の透過速度の約 60% と 40% の減少を示したが、Psi と Fru の透過速度は低下しなかった。Pt に対する Psi と Fru の応答はほぼ同じであった。

また、Fru のトランスポーター (GLUT5) の発現促進剤である Forskolin (Fk) を添加すると、Glc の透過速度に大きな変化は見られなかったが、Psi の透過速度は Fru と同様に Fk 非存在時の透過速度から約 4 倍に増加した。このことから Psi は Fru と同様に GLUT5 を介して頂端側から基底膜側へ輸送されると推定された。

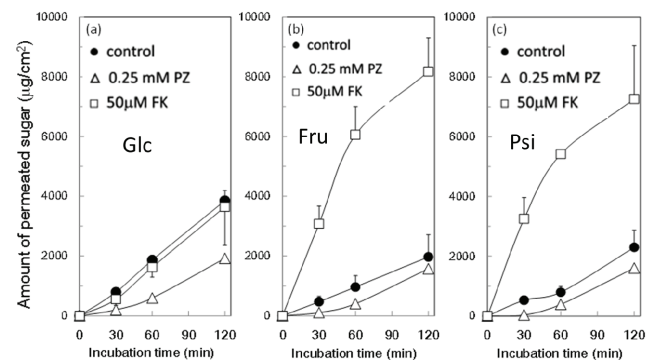


Fig. 1: Effects of a transporter inhibitor and inducer on apical-to-basolateral transport of (a) Glc, (b) Fru, and (c) Psi. The concentration of each sugar added was 100mM. ●, control (without PZ and untreated with FK); △, added with 0.25 mM PZ; and □, cell layer treated with 50µM FK. Data are presented as mean value ± SD (n=5).

今後の展望

本事業期間内（平成22-25年度）に得られた研究成果を踏まえ、今後の研究発展の展望について記載してください。図を挿入してもかまいません。

① これまで効率的な生産が困難であった希少ヘキソースの生産と結晶化：

L-イドース分子は、ねじれ舟型と呼ばれる立体配座をしており、これまで誰も結晶化を成し得ていない唯一の六炭糖である。今後はこれまでの知見をもとにさらに異なる条件で結晶化させたいと考えている。

② デオキシ希少糖類の生産：

様々な希少糖生産に重要な酸化還元酵素やエピ化酵素が、分子構造の類似する炭素第1位、炭素第6位、炭素第5位がデオキシ化されたデオキシヘキソース、炭素第4位がデオキシ化された4-デオキシペントースに対しても触媒作用を示すことを本事業で明らかにした。本事業において得られたデオキシケトースに各種異性化酵素を作用させることで、今後新たな希少アルドース生産が可能となったので、それらを用いて希少糖類の生理活性のメカニズム解明や新規生理活性物質のスクリーニングを進めることが出来ると考えている。

③ 希少糖及びその誘導体の理化学的性質：

1位や6位の水酸基がデオキシ化されたケトヘキソース類のうち本事業期間内に調べることができなかった物質について、引き続き理化学的性質を調べていく。また、未だ結晶化されていないデオキシ希少糖類の単結晶作成を行い、X線結晶構造解析によって結晶中での分子構造を明らかにしていく。

④ グルコースとフルクトースの混合系、タガトースとソルボースの混合系における固液平衡を明らかにして、液相から析出する固体の組成を明確化すると共に、単糖複合結晶（超分子希少糖）形成のための条件を検討する。また、グルコース間の異性化反応の平衡定数を求め、未だ得られていないイドースの熱力学的安定性データ（生成モルギブズ自由エネルギー）を見積もり、全ヘキソースの水溶液中での熱力学的安定性を定量化する。

⑤ D-プシコースについての抗肥満効果のメカニズムの解明の糸口はほぼ明らかになった。次にはD-プシコースの食欲抑制効果の有無を明らかにしたい。またD-プシコースを用いたヒト試験により、抗肥満作用の確認を行いたい。その結果を基に、D-プシコースの抗肥満作用の特定保健用食品の申請を目指したい。

D-アロースの骨粗鬆症への効果は0.5%程度がひとつの臨界となっていることが判った。そしてこの作用は我々の過去の研究で破骨細胞分化抑制効果が鍵をなすことが判っている。骨芽細胞への影響についての解析が未だであるので、その解析を目指す。招来骨粗鬆症の予防や改善を目指す機能性食品としての開発を目指す。

⑥ D-プシコース以外のD-アロースなど50種類ほど存在する希少糖についても小腸での取り込み実験を行う予定である。

特記すべき事項

本研究に関する受賞（学生対象の賞も含む）・プレスリリース・大型外部資金獲得につながった等、特記すべき事項があれば記述してください（ささいなことでもかまいません）。本欄は必須ではありませんので、「該当なし。」でも可ですが、できるだけ記載してください。

1. TBS 世界ふしぎ発見で希少糖の抗肥満に関して放映 2013年10月
2. KTV スーパーニュースアンカーで希少糖について放映 2013年11月15日
3. 日本経済新聞（地方版） 希少糖を世界展開 2013年11月19日
4. 毎日新聞 希少糖の機能 2013年11月20日
5. NHK テレビ あさイチ！でダイエットの味方として紹介 2013年12月2日
6. TBS テレビ朝ズバッ！で希少糖について紹介 2013年12月4日
7. 朝日新聞 太らない糖として紹介 2014年1月18日
8. 日経ヘルス1月号に「甘いのに痩せる希少糖」として掲載

研究業績

本研究に関連した、平成25年度中の発表した、[1] 査読がある原著論文 (Corresponding Author には*印を付す。), [2] 著書, [3] 招待講演, [4] 学会発表 (発表者には○印), [5] 産業財産権 (特許等), [6] その他 (プロシーディング, 査読がない論文, 投稿記事等) を通し番号を付して記入してください。本事業の参加者にはアンダーラインを引いてください。記入欄が足りない場合は、用紙を追加してください。

[1] 査読がある原著論文

1. The rare sugar D-allose has a reducing effect against ischemia-reperfusion injury on the rat abdominal skin island flap model. Muneuchi G*, Hossain A, Yamaguchi F, Ueno M, Tanaka Y, Suzuki S, Tokuda M. *J Surg Res*. 2013 Aug;183(2):976-81.
2. Immunoreactivity of glucose transporter 5 is located in epithelial cells of the choroid plexus and ependymal cells. Ueno M*, Nishi N, Nakagawa T, Chiba Y, Tsukamoto I, Kusaka T, Miki T, Sakamoto H, Yamaguchi F, Tokuda M. *Neuroscience*. 2014 Feb 28; 260:149-57.
3. FOXO/TXNIP pathway is involved in the suppression of hepatocellular carcinoma growth by glutamate antagonist MK-801. Yamaguchi F, Hirata Y, Akram H, Kamitori K, Dong Y, Sui L, Tokuda M*. *BMC Cancer*. 2013 Oct 10;13:468.
4. Uechi, K., Sakuraba, H., Yoshihara, A., Morimoto, K., Takata, G.: Structural insight into L-ribulose 3-epimerase from *Mesorhizobium loti*. *Acta Crystallographica D* **69(12)**, 2330-2339, (2013).
5. Shompoosang, S., Uechi, K., Yoshihara, A., Asada, Y., Morimoto, K.: Enzymatic production of three 6-deoxy-aldoheptoses from L-rhamnose. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, in press.

[2] 著書

なし

[3] 招待講演

1. 徳田雅明 「砂糖だけではない糖質甘味料～希少糖～を用いたメタボ対策へのアプローチ」 第60回日本栄養改善学会学術総会 2013年9月13日 神戸国際会議場
2. 徳田雅明 「香川発夢の糖『希少糖』で世界を健康にしたい」平成25年度中国四国地区高等学校長研究協議会 2013年10月9日 香川県民ホール
3. Masaaki Tokuda, Rare Sugars: Kagawa University's Original Sweeteners for Healthy and Sustainable Society. Alberta/Japan Twinned Municipalities Association, 2013年7月6日 Didsbury, Canada
4. 森本兼司: 酵素法による希少糖生合成と用途開発. 第69回酵素工学研究会 pp27-29. (2013).

[4] 学会発表(○は発表者)

- Jingya Lyu, Hitomi Imachi, Satoshi Tada, Takamasa Nisiuchi, Takuo Yoshimoto, Kensaku Fukunaga, Xiaozhou Zhang, Maki Ueda, Koji Kondoh, Masaaki Tokuda, Koji Muraio, Effects of D-Psicose on Pro-inflammatory Cytokines Levels in Type 2 Diabetic Patients. International Rare Sugar Symposium 2014, March 30, 2014, Takamatsu Kagawa.
- Kazuho Kamitori, Fuminori Yamaguchi, Youyi Dong, Akram Hossain, Yuko Hirata, Ayako Katagi, Chisato Noguchi, Hiroshi Hoshikawa, Masaaki Tokuda, Molecular Analysis of D-Allose Anti-Proliferative Effect for Development of A New Cancer Therapy. International Rare Sugar Symposium 2014, March 30, 2014, Takamatsu Kagawa.
- Ikuko Tsukamoto, Maki Takata, Yasuo Kubota, Yasuhiro Kawanami, Norikazu Sakakibara, Tokumi Maruyama, Masaaki Tokuda, Ryoji Konishi, Physiological Activities of The Rare Sugar Derivatives. International Rare Sugar Symposium 2014, March 30, 2014, Takamatsu Kagawa.
- Sirinan Shompoosang; Kenji Morimoto; Akihito Yoshihara; Yasuhiko Asada; Ken Izumori. Production of 6-Deoxy-L-glucose from L-Rhamnose by Microbial Enzymatic Reactions. FerVAAP 2013 (The 5th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products)
- 野々垣陽介; 千葉和也; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Shinella zoogloeoides* NN-6由来のケトース3-エピメラゼの諸性質. 2013年度日本農芸化学会支部会 (2013年度合同広島大会) 49. (2013).
- 黒田智美; 竹地紀昭; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Pseudomonas putida* NT11 および化学法を用いたスクロース誘導体、D-アロシル-D-フルクトースの生産. 2013年度日本農芸化学会支部会 (2013年度合同広島大会) 49. (2013).
- 若林徹; 藤井翔太; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Bacillus* sp. K44由来の希少糖生産酵素の解析. 2013年度日本農芸化学会支部会 (2013年度合同広島大会) 50. (2013).
- 小坂井太郎; 吉原明秀; グラッパリプシュパキラン; 新谷智也; 松谷諒; 何森健. *Arthrobacter globiformis* M30が

生産する新規ケトース 3-エピメラゼの精製と諸性質. 2013 年度 日本生物工学会大会 33. (2013).

- 千葉和也; 野々垣陽介; 藤井翔太; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Shinella* sp. NN-6 由来の希少糖生産関連酵素の基質特異性の解明. 2013 年度 日本生物工学会大会 115. (2013).
- 藤井翔太; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Bacillus* sp. K44 菌株による L-フシトールから 1-デオキシ-L-ブシコースの生産経路の解明. 2013 年度 日本生物工学会大会 115. (2013).
- 黒田智美; 森本兼司; 吉原明秀; 高田悟郎; 何森健. *Agrobacterium tumefaciens* M31 株を用いたトレハロースから希少糖 D-アロース生産. 2013 年度 日本生物工学会大会 116. (2013).
- 藤井翔太; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Bacillus* sp. K44 菌株による L-フシトールから 1-デオキシ-L-ブシコースの生産経路の解明. 2013 年度 日本農芸化学会中四国支部 第 38 回講演会 35.(2014).
- 成富旭; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. 新規微生物 70A 株による D-フシトールから 6-デオキシ-D-タガトースの生産. 2013 年度 日本農芸化学会中四国支部 第 38 回講演会 35.(2014).
- 福浦晃; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. 新規微生物 KP21 株による L-ラムニトールから 1-デオキシ-L-フルクトースの生産. 2013 年度 日本農芸化学会中四国支部 第 38 回講演会 36.(2014)
- Sirinan Shompoosang; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. Production of 6-deoxy-L-talose from L-fucose by microbial enzymatic reactions. 2013 年度 日本農芸化学会中四国支部 第 38 回講演会 36.(2014).
- 千葉和也; 吉原明秀; 高田悟郎; 森本兼司. *Shinella* sp. NN-6 由来の希少糖生産関連酵素の基質特異性の解明. 2013 年度 日本農芸化学会中四国支部 第 38 回講演会 44.(2014).
- 小坂井太郎, 深田和宏, 何森健「ブシコースとアロースの混合単糖の水への溶解平衡と溶液からの結晶化」日本化学会中国四国支部大会, 東広島 (広島大学), 2013 年 11 月.
- 岩田涼子, 吉原明秀, 佐藤正資, 深田和宏「末端水酸基をデオキシ化したケトヘキソース類の溶液物性について」日本化学会第 94 春季年会, 名古屋 (名古屋大学), 2014 年 3 月.

[5] 産業財産権 (特許等)

なし

[6] その他 (プロシーディング, 査読がない論文, 投稿記事等)

なし