The 34th Annual Meeting of
the Japan Trace Nutrients Research Society
第 34 回日本微量栄養素学会学術集会

Program and Abstracts
講演要旨集

Saturday , June 24, 2017
Osaka

Japan Trace Nutrients Research Society
日本微量栄養素学会

第 34 回
日本微量栄養素学会学術集会
プログラム

平成 29 年 6 月 24 日
関西大学100周年記念会館

10:30 ～ 10:35　**開会の辞**
会頭：老川典夫（関西大学）

10:35 ～ 11:05　**口頭発表**
座長：細見亮太（関西大学）

10:35 ～ 10:50　O-1　**食品中の D- アスパラギン酸定量への応用を目的とした D- アスパラギン酸の酵素定量法の開発**
鷲尾翼*[1)]、老川典夫[1,2,3)]
([1)] 関西大学 大学院理工学研究科、[2)] 関西大学 化学生命工学部、[3)] 関西大学 先端科学技術推進機構）

10:50 ～ 11:05　O-2　**牡蠣熱水抽出物の経口摂取は、記憶減衰を改善するか？ ― 記憶と食品の研究　IV ―**
松田桂*[1)]、木屋佳奈恵[1)]、中西夏美[1)]、松田芳和[2)]、河村幸雄[1)]
([1)] 京都女子大学・院・食物栄養、[2)] 日本クリニック株式会社）

11:05 ～ 11:35　**口頭発表**
座長：栗原達夫（京都大学）

11:05 ～ 11:20　O-3　**セレン耐性菌 *Pseudomonas* sp. F2a 株のチオレドキシンシステムの解析**
桐山海斗[1)] *、清水敦貴[1)]、片山碧[1)]、戸部隆太[1)]、広瀬侑[2)]、N. Tejo Prakash[3)]、三原久明[1)]
([1)] 立命館大生命科学、[2)] 豊橋科学技術大学環境生命科学、[3)] Thapar Univ. Sch. Energ. Environ.）

11:20 ～ 11:35　O-4　**無機および有機セレン化合物曝露がシロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）の生長と遺伝子発現量に及ぼす影響**
大塚政志*[1)]、廣瀬侑太郎[1)]、細見亮太[1,2)]、老川典夫[1,2)]、吉田宗弘[1,2)]
([1)] 関西大学化学生命工学部、[2)] 関西大学先端科学技術推進機構）

11:35 ～ 12:05　**口頭発表**

座長：吉田宗弘（関西大学）

11:35 ～ 11:50　O-5　**飼料中鉄レベルと貯蔵鉄量ならびに血漿エリスロポエチン濃度の用量反応関係の検討**

横井克彦*[1,2]、藤井香菜子[2]、小林朝恵[2]、潮見唯[2]、渡邉木綿子[2]

([1]聖徳大学大学院人間栄養学研究科、[2]聖徳大学人間栄養学部人間栄養学科)

11:50 ～ 12:05　O-6　**Ebselen の細胞毒性と SH 基修飾作用**

村上恵子*、細川好孝、吉野昌孝

(愛知医科大学医学部生化学)

12:05 ～ 13:05　**昼食・評議員会**

13:05 ～ 13:35　**総会**

13:35 ～ 14:45　**特別講演**

座長：老川典夫（関西大学）

13:35 ～ 14:45　**メタボロミクスの精密表現型解析への応用**

福崎英一郎

(大阪大学大学院工学研究科)

14:45 ～ 15:00　**休憩**

15:00 ～ 16:00　**ポスター要旨発表**

16:00 ～ 17:00　**ポスターセッション**

P-1　**急性肺傷害に対する抗酸化ペプチド・カルノシンの予防効果**

高藤綾香*、田中健一郎、川原正博

(武蔵野大学薬学部生命分析化学研究室)

P-2　**収穫時期、地域の違いがにんにくとしょうがの無機元素量に及ぼす影響ー無機元素分析による産地判別への応用ー**

鴻野みさき*、池田佳菜、岩崎祐佳、片神美咲、吉田　香

(同志社女子大学生活科学部)

P-3　**コーヒー豆中の微量元素による産地判別**

神崎光太郎*[1]、久保山朱理[1]、石浜峻[1]、白井智美[1]、内田治[2]、安藤達彦[1]

([1]東京農業大学醸造学科、[2]東京情報大学総合情報学科)

P-4　**セレン強化スプラウトの抗酸化性の評価**

大津浩平*、細見亮太、福永健治、吉田宗弘

(関西大学化学生命工学部生命・生物工学科)

P-5　コンビニエンスストア弁当に含まれるリンの実測値と計算値の比較
谷崎俊文*、山田紗百合、細見亮太、福永健治、吉田宗弘
（関西大学化学生命工学部生命・生物工学科）

P-6　飼料中脂肪の量や質の相違はラットの肝臓中鉄濃度に影響しない
中川良祐*、舟場正幸、松井徹
（京都大学・動物栄養）

P-7　マグネシウム欠乏期間がラットの肝臓における炎症反応に及ぼす影響
藤本江梨*、舟場正幸、松井徹
（京都大学・動物栄養）

P-8　大和当帰茶のフタライド類およびフロクマリン類の含有量
北野文理*、永澤健
（畿央大学　健康科学部　健康栄養学科）

P-9　低鉄飼料投与ラットにおけるマンガンの臓器蓄積
由上文子*、吉田宗弘、津本真也、斉　悦、細見亮太、福永健治
（関西大学科学生命工学部生命・生物工学科）

P-10　大腸菌におけるテルル酸・セレン酸還元関連遺伝子の同定
森聡美*、西田亮、安間友香理、田島寛隆、戸部隆太、三原久明
（立命館大学・生命科学）

P-11　ランタンイオンの細胞性免疫に対する影響の基礎的検討
秋山珠璃*、井上咲季、中島徹、田中進
（高崎健康福祉大学健康福祉学部健康栄養学科）

P-12　女子大学生の食習慣が亜鉛・ビオチン・葉酸の摂取量におよぼす影響
松尾拓哉*[1)]、竹森久美子[2)]、鍛冶晃子[3)]、渡邊敏明[3)]
([1)] 近畿大学医学部情報システムセンター、[2)] 近畿大学農学部食品栄養学科、
[3)] 大阪青山大学健康科学部健康栄養学科）

P-13　タブノキ種子に含まれる成分の抗腫瘍活性
神山伸*、髙橋美咲、塩沢浩太、曽根英行
（新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科）

P-14　シロイヌナズナ由来ホモシステイン S- メチルトランスフェラーゼ 3 遺伝子の大腸菌での高発現系の構築と *in vitro* での機能解析
寺田俊輝[1)]、山中一也[1,2)]、吉田宗弘[1,2)]、老川典夫*[1,2)]
([1)] 関西大学化学生命工学部、[2)] 関西大学先端科学技術推進機構）

P-15　貧血を伴わない鉄欠乏が脂質代謝に及ぼす影響の一考察
澤田孝子*[1)]、許斐亜紀[2)]、横井克彦[3)]
([1)] 東洋大学食環境科学部、[2)] 安田女子大学家政学部、
[3)] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科）

P-16　**グリーンルイボス摂取による激運動時の抗酸化力上昇作用**

永澤健*[1)]、村上香[2)]
([1)]畿央大学健康科学部健康栄養学科、[2)]広島工業大学生命学部食品生命学科)

P-17　**ストーマ（人工肛門）保有者の栄養状態**

溝畑 秀隆*[1)]、山本正之[2)]、當座康弘[2)]
([1)]神戸松蔭女子学院大学、[2)]市立伊丹病院)

17:00 ～ 17:30　**口頭発表**

座長：三原久明（立命館大学）

17:00 ～ 17:15　O-7　**エイコサペンタエン酸をリン脂質に導入するアシル基転移酵素の特性**

栗原達夫*、田中麻子、陳在民、小川拓也、川本純
(京都大学化学研究所)

17:15 ～ 17:30　O-8　**クエン酸による乳酸菌の D-アミノ酸生産量の変化とゲノム情報の統合的解析**

加藤志郎*[1,3)]、老川典夫[2,3)]
([1)] 香川大学国際希少糖研究教育機構、[2)]関西大学化学生命工学部、
[3)]関西大学先端科学技術推進機構)

17:30 ～ 18:00　**口頭発表**

座長：松井徹（京都大学）

17:30 ～ 17:45　O-9　**亜鉛欠乏ラット肝臓での p53 と HIF-1 α の遺伝子発現について**

宮﨑孝*[1)]、佐藤真喜子[1)]、宮嶋由佳[2)]、野寺誠[2)]、高橋幸子[1)]、荒木隆一郎[1)]、
高橋美保子[1)]、大野洋一[1)]、太田晶子[1)]、柴﨑智美[1)]、柳澤裕之[3)]、亀井美登里[1)]
([1)]埼玉医科大学医学部社会医学、[2)]埼玉医科大学保健医療学部臨床検査科、
[3)]東京慈恵会医科大学環境保健医学講座)

17:45 ～ 18:00　O-10　**亜鉛欠乏および食餌量制限時の腎臓での GATA 関連遺伝子発現量**

許斐亜紀*[1)]、横井克彦[2)]
([1)]安田女子大学家政学部管理栄養学科、[2)]聖徳大学人間栄養学部人間栄養学科)

18:00 ～ 18:05　**閉会の辞**

懇親会

特別講演

メタボロミクスの精密表現型解析への応用

福崎　英一郎
（大阪大学大学院工学研究科）

代謝物総体であるメタボローム情報は上流のオーム情報、すなわち、ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオームといった情報との統合することにより、機能未知遺伝子の機能解析の手段として運用され、一定の成果を上げてきた。一方、メタボローム情報を説明変数としてより下流のマクロ表現型を定量的に解析するメタボリックフィンガープリンティングは、遺伝型の差異を解析できるだけでなく、生体のダイナミックな変動の表現方法として期待できる。メタボリックフィンガープリンティング解析は他のオーム情報（ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム他）を必要としないことも大きな特長である。運用の例を挙げると、例えば、実験動物の発生段階はメタボロームを説明変数として正確に予測することができる。我々はこれまで、ゼブラフィッシュ、線虫、ショウジョウバエ等を実験材料として初期発生胚の発声段階を正確に予測することに成功している。さらに発生段階に重要な役割を担うバイオマーカー探索への可能性を提示している。発生段階をモニタリングできるという性能は、臨床検体（血液、尿等）をサンプルとして疾患の種類と病状レベルを推定することにもつながる。当該技術は疾患バイオマーカー探索や、疾患の早期診断システム開発への応用も期待できる。

メタボリックフィンガープリンティングの技術の応用範囲は広く、複数の遺伝子が関与する複雑な定量的表現型の解析にも応用可能である。我々は出芽酵母の分裂寿命を複数遺伝子関与の定量的な表現型と見做し、メタボリックフィンガープリンティングによる寿命関連遺伝子探索を試みた。まず、長寿命変異株と短寿命変異株を通常寿命株とを完全培地でそれぞれ培養し対数増殖期におけるメタボロームを観測した得られたメタボローム行列を説明変数として分裂寿命を応答変数とする OPLS 回帰解析を実施、メタボローム情報を予測変数として寿命を予測することに成功した。さらに、前述のメタボローム行列を主成分分析に供することにより、得られた主成分ベクトル負荷量の情報から寿命の長短に相関のある代謝物情報を得、さらに代謝関連遺伝子を推測し実験により寿命関連遺伝子であることを確認した。結果として様々なレベルの寿命延長株、寿命短縮株を戦略的に作成することに成功した。

メタボリックフィンガープリンティングは、運用対象は生体に限定されない。当該手法を食品に適用することにより、これまで困難だった複雑な食品機能の記述が可能となり種々の応用展開が可能である。食品は、多成分から構成される多機能コモディティであり、どの成分がどの機能に関与しているかを限定することは極めて困難である。関与化合物間に相乗効果が存在することから、現在の解析技術では全容解明は至難と言わざるを得ない。これは、近代科学の常とう手段である要素還元科学の適用が必ずしも有効ではないことを示している。一般にはボトムアップの要素還元科学的アプローチで特定された成分によって食品の機能が再構成されることは稀であり、要素還元科学に依らないトップダウンアプローチが求められることは自明である。メタボロームを説明変数とすることにより、従来のケモメトリクスの手法で達成されるパターン認識による食品機能評価値の回帰予測は当然のことながら、加えて、多変量解析により食品機能と食品成分の間の相関が可視化できる可能性がある。当該相関情報の有効活用はひいては、食品産業における生産、収穫後処理、加工、保管、流通のすべてのプロセスの最適化に資する知見が得られることが期待できる。上記の前置きの上で、メタボロミクス技術を用いた食品機能解析の応用について実例を踏まえながら言及したい。

口頭発表

O－1

食品中の D- アスパラギン酸定量への応用を目的とした D- アスパラギン酸の酵素定量法の開発

鷲尾　翼*[1)]，老川典夫[1,2,3)]
([1)] 関西大学大学院理工学研究科，[2)] 関西大学化学生命工学部，[3)] 関西大学先端科学技術推進機構)

【目的】近年の分析技術の進歩により、様々な食品中に D- アスパラギン酸（D-Asp）が含まれ、食品の味質の向上や肌の老化抑制効果を示すことが明らかとなっている。これまでにわれわれは、超好熱アーキア *Thermococcus litoralis* DSM 5473 のアスパラギン酸ラセマーゼ（Tl-AspR）と L- アスパラギン酸オキシダーゼ（Tl-LASPO）の機能解析を行い、両酵素が定量用酵素として有用な特性を有することを明らかにした。そこで本研究では、食品中の D- アスパラギン酸の迅速簡便な定量を目的とし、Tl-AspR と Tl-LASPO を用いた新規 D-Asp 定量法を開発することを目的としている。
【方法】50 mM KPB（pH 7.0）、5 μM FAD、2 mM フェノール、0.4 mM 4- アミノアンチピリンを含む反応液に、モデル食品分析試料として F 社黒酢を 50 μL、西洋ワサビ由来ペルオキシダーゼ（HRP, 0.8 U）、Tl-LASPO（0.6 U）を添加して 70℃で 30 分間反応させた後、500 nm における吸光度変化に基づき L-Asp 濃度を測定した。上記の反応系に Tl-AspR（2.2 U）を添加して、同様の反応条件下で反応させることで総 Asp 濃度（D-Asp 濃度＋ L-Asp 濃度）を測定した。総 Asp 濃度と L-Asp 濃度の測定値の差から D-Asp 濃度を算出した。また同じ F 社黒酢サンプル中の D- アスパラギン酸を高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で定量し、本酵素法の測定結果と比較した。
【結果】F 社黒酢サンプルを酵素法で測定した結果、総 Asp 濃度：2,755 ± 91 μM、L-Asp 濃度：2,446 ± 29 μM、D-Asp 濃度：310 ± 96 μM となった。一方、HPLC 法で定量した結果、L-Asp 濃度：1,350 ± 66 μM、D-Asp 濃度：374 ± 17 μM となった。以上の結果から、本酵素法と HPLC 法で測定した F 社黒酢サンプル中の D-Asp 濃度は良く一致した。
【考察】F 社黒酢サンプル中の L-Asp 濃度は、酵素法による測定値の方が HPLC 法による測定値より高い値を示した。これは、黒酢サンプル中の Asp 以外の成分がバックグラウンドとして影響を及ぼした可能性が考えられる。一方、本酵素法での D-Asp 濃度の測定結果は、総 Asp と L-Asp の濃度の差として算出されるため、このようなバックグラウンドの影響をほとんど受けないことが明らかとなった。したがって本酵素法による D-Asp の定量は、サンプル中にさまざまな夾雑成分を含む食品中の D- アスパラギン酸の定量に有効であり、高濃度の L-Asp 存在下での定量も可能であることから、様々な食品サンプルへの利用が期待される。なお本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 25 年度～平成 29 年度）」によって実施されたものである。

O－2

牡蠣熱水抽出物の経口摂取は、記憶減衰を改善するか？－記憶と食品の研究　IV －

松田　桂*[1)]，木屋佳奈恵[1)]，中西夏美[1)]，松田芳和[2)]，河村幸雄[1)]
([1)] 京都女子大学・院・食物栄養，[2)] 日本クリニック株式会社)

【目的】加齢やある種の病的状態に起因する認識能や記憶の減退が、食品（成分）により予防や改善ができるかは、認識や記憶が脳の高次機能そのものでありその定量的評価の困難性から未知の研究領域である。我々は、記憶減衰を予防する食品（成分）を見いだすことを目的に、昨年報告したモリスの水迷路変法により、経口摂取した牡蠣熱水抽出物がマウスの記憶減衰の予防に効果があるかどうかを検討した。

【方法】マウス（ddy, ♀ ,9 週令）に直径 120 ×高さ 50cm の円柱形プールの中心の水上退避所（P）の位置を繰返し学習させ記憶を定着させた。摂取食品による記憶減衰改善能は水中拘束ストレスによる水面下 P の発見時間の延長により評価した。

【結果】①マウスの P の位置学習時間は連続 5 回／日、6 日間の学習で速くなり、初日を 100 とすれば 6 日後には 10 に短縮した（記憶定着）②この位置記憶は、1 週間後 100%, 1 ヶ月後 80%、3 ヶ月後 50% 程度保持されていた。③水中拘束ストレス 1 週間負荷群では定着記憶は 10% 程度に減衰したが、ストレス非負荷群では 100% 保持されていた。④ 2-5% 牡蠣抽出物食を摂食した群では、このようなストレスによる記憶の減衰は抑制され、記憶は 60% 程度保持されていた。⑤以上のことは、牡蠣抽出物の摂取はマウスのストレス誘導性記憶減衰を改善（予防）することを示していた。

O－3

セレン耐性菌 *Pseudomonas* sp. F2a 株のチオレドキシンシステムの解析

桐山海斗*[1)]，清水敦貴[1)]，片山碧[1)]，戸部隆太[1)]，広瀬侑[2)]，N. Tejo Prakash[3)]，三原久明[1)]
([1)] 立命大・生命科学，[2)] 豊橋科技大・環境生命科学，[3)] Thapar Univ.・Sch. Energ. Environ.)

【背景】セレン（Se）は、多くの生物にとって必須の微量元素であり、主にセレンタンパク質中にセレノシステイン残基として存在し、種々の生理機能を発揮する。生体における主な Se 源の一つは亜セレン酸であり、微生物における亜セレン酸還元の過程にはチオレドキシンシステムが関与していると考えられている。チオレドキシンシステムは、チオレドキシン（Trx）とチオレドキシン還元酵素（TrxR）から成り、細胞内のレドックス制御に関わる。TrxR は FAD 含有酵素であり、NADPH を利用して、酸化型 Trx を還元型 Trx へと変換する機能を有する。本研究で対象とする *Pseudomonas* sp. F2a 株は、ゲノム解析の結果から、6 種類の Trx ホモログと 2 種類の TrxR ホモログを有していると推測された。F2a 株は近縁株と比較して高い亜セレン酸還元能を有し、これには複数の Trx システムが関与する可能性が考えられた。そこで本研究では、F2a 株のセレン代謝におけるチオレドキシンシステムの機能を解明することを目的とした。

【方法・結果・考察】*Pseudomonas* sp. F2a 株の全ゲノム配列を解読し、本菌のゲノム上には、6 種類の Trx ホモログ遺伝子（*trx171*、*trx286*、*trx303*、*trx2244*、*trx2288*、*trx2399*）と 2 種類の TrxR ホモログ遺伝子（*trxR3610*、*trxR976*）が存在することを見出した。個々のタンパク質を解析するために、上記 6 種類の Trx ホモログ遺伝子および trxR3610 遺伝子をクローニングし、遺伝子産物を His タグ融合タンパク質として精製した。精製 TrxR3610 の TrxR 活性を DTNB 法で測定した結果、NADPH 依存的に TrxR 活性が認められた。また、各精製 Trx ホモログの Trx 活性をインスリン法により解析した結果、測定した全ての Trx ホモログにおいて Trx 活性が認められた。次に，Trx は TrxR から電子を受け取ることで亜セレン酸を還元することを利用して、TrxR3610 の各 Trx ホモログに対する基質特異性を調べた。その結果，Trx2244 と Trx2288 は TrxR3610 の良い基質となり、次いで Trx2399、Trx303、Trx286 の順で反応性が高いことが示された。

O－4

無機および有機セレン化合物曝露がシロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）の生長と遺伝子発現量に及ぼす影響

大塚政志*[1)]，廣瀬侑太郎[1)]，細見亮太[1,2)]，老川典夫[1,2)]，吉田宗弘[1,2)]
([1)] 関西大学化学生命工学部，[2)] 関西大学先端科学技術推進機構)

【目的】 植物において、セレン（Se）を特異的に要求するタンパク質は発見されていない。これまで、植物に無機 Se 化合物を曝露し、代謝変動や含 Se 化合物の同定は行われているが、有機 Se 化合物曝露による検討はほとんど行われていない。そこで本研究では、高等植物がもつ基本的な遺伝子を備えたシロイヌナズナ（*Arabidopsis thaliana*）に無機および有機 Se 化合物を曝露させ、生長、Se 蓄積量および Se 代謝関連遺伝子発現の変化を評価した。無機 Se 化合物としてセレン酸ナトリウム（Na_2SeO_4）および亜セレン酸ナトリウム（Na_2SeO_3）、有機 Se 化合物としてセレノ -L- メチオニン（SeM）、メチルセレノ -L- システイン（MeSeCys）および L- セレノシスチン（SeCystine）を用いた。

【方法】 (1) シロイヌナズナの培養： MS 培地に各 Se 化合物が 1 ppm、2.5 ppm および 5.0 ppm になるように加えた。滅菌した培地に滅菌種子を一粒播種し、4 週間培養した（長日周期、25℃）。その後、葉および根の採取し、重量を測定した。(2) Se 含量の測定：葉および根の一部を湿式灰化し、誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いて、Se 濃度を測定した。(3) 遺伝子発現量の測定：各 Se 化合物曝露 1 ppm の葉および根から RNA 抽出、cDNA 合成後、Se 代謝に関わる遺伝子発現量についてリアルタイム PCR 法により解析した。

【結果と考察】 Se 無添加と比較し、各 Se 化合物の曝露濃度依存的に葉および根重量の減少が観察された。葉 Se 含量では、Na_2SeO_4 で他の化合物と比較し、Se の高い蓄積が確認された。また根 Se 含量において、SeM および SeCystine 曝露群で他の化合物よりも高い結果が得られた。有機 Se 化合物の中で、MeSeCys は生長阻害が最も低く、Se 蓄積量が高かった。植物中の硫黄取り込みに関わる sulfate transporter 4;2、システイン・シスタチオニン・メチオニン代謝酵素である homocysteine S-methyltransferase（HMT）-1、HMT-2、cystathionine beta-lyase、cystathionine gamma-synthase、methionine synthase-3 の発現量は試験群間で有意な差は確認されなかった。一方、HMT-3 遺伝子発現量は、無添加群と比較し、各 Se 化合物添加群において上昇傾向がみられた。これらの結果から、Se 化合物の化学形態の違いによって、Se の蓄積する部位が異なり、生長抑制の度合いも異なると考えられる。なお本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 25 年度～平成 29 年度）」によって実施されたものである。

O－5

飼料中鉄レベルと貯蔵鉄量ならびに血漿エリスロポエチン濃度の用量反応関係の検討

横井克彦*[1,2]，藤井香菜子[2]，小林朝恵[2]，潮見　唯[2]，渡邉木綿子[2]
([1] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科，[2] 聖徳大学人間栄養学部人間栄養学科)

【目的】鉄欠乏が老化を促進する可能性が指摘されているが、ラットを用いた研究の根拠となる飼料中鉄量の適正範囲は必ずしも明らかではない。昨年の本学会で、ヘモグロビンをはじめとする血液学的検査値から、ラットの鉄の必要量が 49 mg/kg から 126 mg/kg 付近にある可能性を報告した。今回、鉄必要量の推定に資する目的で、飼料中鉄レベルと肝臓中貯蔵鉄量、血漿中鉄濃度ならびにエリスロポエチン濃度の用量反応関係について検討した。

【方法】AIN-93G 処方に基づき、鉄源をクエン酸第二鉄とし、飼料中に添加した鉄レベルを 0、7、14、21、28、35、49、126、252 mg/kg に設定した。3 週令 Wistar 系雄ラット各群 6 匹ずつに、それぞれの飼料を自由摂取させ、飲水として超純水（ミリポア）を与えた。飼育 5 週間後、採取したヘパリン加血漿ならびに肝臓組織を、分析まで -80 度で保存した。肝臓中各種非ヘム鉄濃度と、血漿中鉄ならびにエリスロポエチン濃度を分析した。データは、Bartlett 検定で等分散性が得られた場合 Williams の多重比較検定を、等分散性が否定された場合 Shirley-Williams 検定で解析した。特定の 2 群間は、Welch の t 検定で比較した。また、危険率 5% 未満を有意差ありと判断した。

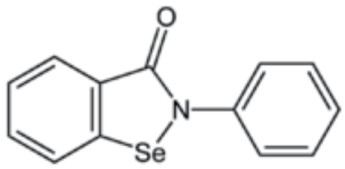
【結果】昨年報告したように鉄レベル 126 mg/kg でヘモグロビン濃度の値が最も高く、そのレベルを対照とした。鉄レベル 126 mg/kg に比較して、肝臓中非ヘム鉄濃度は 49 mg/kg 以下で有意に低下した。血漿中鉄濃度は、鉄レベル 21 mg/kg 以下で有意に低下した。総鉄結合能は、鉄レベル 28 mg/kg 以下で有意に上昇した。血漿中エリスロポエチン濃度は、鉄レベル 21 mg/kg 以下で有意に上昇した。鉄レベル 126 mg/kg と 256 mg/kg の間には、いずれの項目においても有意差はなかった。

【考察】肝臓中貯蔵鉄量を示す肝臓中非ヘム鉄濃度は、鉄レベル 49 mg/kg 以下で有意に低下した。鉄レベル 252 mg/kg は 126 mg/kg の 2 倍量であるにもかかわらず、肝臓中非ヘム鉄濃度は、ほぼ同じであった。これらの結果は、ヘモグロビンをはじめとする血液学的検査値に基づき推測したラットの鉄必要量、すなわち 49 mg/kg から 126 mg/kg 付近を支持するものと考えられる。

O－6

Ebselen の細胞毒性と SH 基修飾作用

村上恵子*，細川好孝，吉野昌孝
（愛知医大・医・生化）



【目的】Ebselen はセレンを持ち、その活性酸素消去能に基づいて急性期脳梗塞に対する治療薬としての他、双極性障害にも応用が想定されている。その一方で副作用として細胞毒性も報告されており SH 基の修飾がその原因と考えられている。しかし酵素レベルでの解析は明らかでなく、グルタミン酸脱水素酵素（GDH）の SH 修飾が報告されている程度である。今回エネルギー代謝系酵素に対する Ebselen の修飾・失活作用を酵母細胞を用いて測定し、SH 基修飾との関連を目的として PCMB による失活をあわせて検討した。

【方法】トルエン処理によって透過性を増したパン酵母を用い酵素に対する SH 修飾の効果を *in situ* で測定した。

【結果】Ebselen と PCMB による失活効果は解糖系呼吸系の酵素で、ある程度の相関が見られた。特にアルコール脱水素酵素とグリセルアルデヒド 3- リン酸脱水素酵素は Ebselen,PCMB のいずれによっても強力な失活作用を受けた。グルタチオンレダクターゼは低濃度の PCMB によって失活したが、Ebselen による失活には高濃度が必要であった。NADP-イソクエン酸脱水素酵素は Ebselen と PCMB によって中等度に失活した。アコニターゼは PCMB で中等度に失活したが Ebselen では全く失活しなかった、グルコース 6- リン酸脱水素酵素（G6PD）と NADP-GDH は Ebselen で失活するが、PCMB では失活しなかった。リンゴ酸脱水素酵素は SH 修飾試薬によって失活しなかった。

【考察】Ebselen による失活と PCMB による効果に相関が見られることから Ebselen の細胞毒性は SH 基修飾による解糖系酵素の阻害に由来するところが大きく、ミトコンドリア酵素に対する効果は弱いと考えられる。また G6PD、NADP-GDH の失活は SH の修飾では説明されず、Ebselen は NADPH 供給による活性酸素処理を他の機序によって阻害する可能性が示された。

ポスターセッション

P－1

急性肺傷害に対する抗酸化ペプチド・カルノシンの予防効果

高藤綾香*，田中健一郎，川原正博
（武蔵野大学薬学部生命分析化学研究室）

【目的】急性呼吸窮迫症候群（acute respiratory distress syndrome：ARDS）は好中球性炎症や細胞死（肺胞上皮、血管内皮）を伴う急性の呼吸器疾患であり、その発症や増悪には活性酸素が重要な役割を果たしている。医療技術の進歩した現在においても、ARDS 発症後の予後を改善できる薬がないため、ARDS の発症や増悪を抑制することのできる治療方法を確立することは大変重要である。一方、カルノシン（β -alanyl-L-histidine）はβアラニンとヒスチジンからなる内因性のジペプチドで、抗酸化作用、金属キレート作用、pH 調整作用、タンパク質の糖化抑制作用など種々の生体保護効果を持つことが知られている。これまでに、我々は神経疾患に対する予防薬（サプリメント）としてのカルノシンの開発を目指して、食品中に含まれるカルノシンの定量法（carbon カラム（Hypercarb®）を用いる HPLC）を確立している。そこで本研究において我々は、カルノシンの抗酸化作用に注目し、ARDS の代表的な動物モデルである Lipopolysaccharide（LPS）肺傷害に対する予防効果を解析した。
【方法】雄性 ICR マウスに LPS（1 mg/kg）を経気道投与し、肺傷害を作成した。カルノシン（0, 10, 50, 100 mg/kg）を 1 日 1 回経口投与した。肺傷害の程度は、組織学的解析や肺胞洗浄液中の炎症性細胞数により評価した。また、肺の活性酸素は、*in vivo* imaging system を用いて定量した。
【結果】LPS を経気道投与することにより、肺の透過性亢進、組織傷害、炎症反応が誘発されたが、これらはカルノシンの経口投与により顕著に抑制された。*In vivo* imaging system を用いて肺の活性酸素を測定した結果、LPS による活性酸素産生が、カルノシンの経口投与により抑制された。また、カルノシンは、LPS による好中球性炎症の亢進（ミエロペルオキシダーゼ活性上昇、好中球細胞外トラップの形成）を顕著に抑制した。さらに、我々は、カルノシンが LPS による肺組織の細胞死や小胞体ストレス応答の誘導を抑制することも見出した。
【考察】これらの結果から我々は、カルノシンが LPS による活性酸素産生の抑制作用を介して、好中球性炎症や肺の細胞死を抑制し、LPS 肺傷害を抑制することを示唆した。したがって我々は、カルノシンが ARDS 予防薬（サプリメント）として非常に有望であると考えている。

P－2

収穫時期、地域の違いがにんにくとしょうがの無機元素量に及ぼす影響
－無機元素分析による産地判別への応用－

鴻野みさき*，池田佳菜，岩崎祐佳，片神美咲，吉田香
（同志社女子大学生活科学部）

【目的】食べ物には旬があるように季節によって栄養成分が変動する。しかし、これを立証しようとした試みは少なく、日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）でも成分の季節変動を取り上げているのは、ほうれん草とかつおのみである。また、食べ物は生育する土壌や水質の無機元素組成、ならびに気候などの生育環境から影響を受けるため、産地によって無機元素の含有量に差が生じる可能性が示唆されており、近年、この差を応用して産地判別を行う試みが始まっている。さらに食べ物の産地表示は消費者の関心が高いことから、正しい表示がなされていることが食べ物の信頼性を保つ上で重要であり、消費者が食品を選択する権利だけでなく生産者を守ることにもつながる。そこで本研究では、にんにくとしょうがを用いて、収穫時期、地域（都道府県、国）の違いが無機元素に与える影響を調べた。さらに無機元素分析による産地判別方法の検討を行った。
【方法】試料としてにんにくの国内産（7 県）と中国産、しょうがの国内産（4 県）と中国産を用いた。これらの各試料を、夏季と秋季にそれぞれ 5 ～ 10 サンプル集め、均一に粉砕して使用した。食品衛生検査指針・理化学編の方法に準じて乾式灰化法による前処理を行い、原子吸光光度計で無機元素量（Ca、Mg、Fe、Zn、Mn、Cu）を測定した。
【結果および考察】夏季と秋季の収穫時期の違いでは、にんにくにおいてはどの無機元素量にも大きな差は見られなかったが、しょうがにおいては秋季で Mg、Zn、Mn、Cu の含有量が夏季よりも高いことが明らかになった。また、にんにくの国内産と中国産では、中国産の方が Ca、Fe、Mn、Cu の含有量が高かった。このうち国内産と中国産で差が大きかった Ca、Fe、Mn に絞って重回帰分析を行い産地判別式を確立した結果、判別率は 96.0％となった。このことより無機元素分析による産地判別がにんにくで可能であることが明らかとなった。しょうがにおいては Ca、Zn について国内産と海外産で違いが認められたが、その差は小さいことから、判別式の確立は本研究では不可能であると判断した。にんにくでは産地判別式を導くことができたのは、季節による無機元素量の変動が小さく、かつ産地による差が大きかったためと考えられる。このことを踏まえると、しょうがで産地判別式が導けなかった要因として季節による無機元素量の変動が大きく、産地による差が小さかったことが考えられる。

P－3

コーヒー豆中の微量元素による産地判別

神崎光太郎*[1)]，久保山朱理[1)]，石浜峻[1)]，白井智美[1)]，内田治[2)]，安藤達彦[1)]
([1)] 東京農業大学醸造学科，[2)] 東京情報大学総合情報学科)

【目的】コーヒーの味や香りは原産地に由来することから、それぞれの国や地域、出荷港を冠した名前がつけられている。農産物の産地判別法としては、安定同位体や微量元素によって産地を判別する方法が報告されている。しかし、コーヒー豆の産地を判別する方法は、いまだに確立されていないのが現状である。そこで、今回は微量元素による方法を用いてコーヒー豆でも産地判別が可能かどうかを検討した。

【方法】試料には市販のコーヒー豆 50 検体を用いた。試料は、主要な原産地であるブラジル、コロンビア、中央アメリカ地域（グアテマラ、エルサルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、コスタリカ、パナマ）の農園が明記されたサンプルを用いた。試料を硝酸にて高圧分解後、ICPS1000 Ⅳを用いて Mg、Ca、Al、Mn、Fe、Zn、Cu を定量した。統計解析には、SPSS ver.22（IBM）を用いた。

【結果】産地ごとの測定値をもとに、微量元素含有量を測定し判別分析を行った。中央アメリカ地域の中の 6 カ国では判別正解率は 50%、交差確認値は 41％であった。南に位置する 3 カ国（パナマ、コスタリカ、ニカラグア）を中央アメリカⅠ地域とし、北に位置する 3 カ国（ホンジュラス、エルサルバドル、グアテマラ）を中央アメリカⅡ地域とした。その結果、これら地域間の判別正解率は 95%、交差確認値は 81.8% であった。さらに南米のブラジル、コロンビアの 2 カ国間では、判別正解率は 100％、交差確認値は 92.9％であった。中央アメリカの 2 地域と 2 カ国間の判別正解率は、70%、交差確認値は、58％であった。

P－4

セレン強化スプラウトの抗酸化性の評価

大津浩平*，細見亮太，福永健治，吉田宗弘
(関西大学 化学生命工学部 生命・生物工学科)

【目的】 生体内で発生する活性酸素やフリーラジカルとがんや糖尿病を始めとする生活習慣病や老化との関連が注目されている。このような背景のもと、茶のカテキンや赤ワインのポリフェノール類、野菜や果実に含まれるビタミン類といった抗酸化物質を含む食品を摂取し、疾病の予防や軽減に活かそうとする研究が多数報告されている。
一方、疫学調査や動物実験において、必須微量元素であるセレン（Se）には抗腫瘍活性を有することが報告されている。高セレン食品素材の開発の中で、高濃度セレン環境下で野菜類を栽培することで得られるセレン強化野菜の生産・試作が行われており、抗腫瘍活性の評価が行われているが、抗酸化性について評価した報告はない。そこで本研究では、手軽に食することが出来る食材としてスプラウトに着目し、高濃度セレン環境下で栽培したモヤシおよびブロッコリースプラウトの抗酸化性について評価した。
【方法】 (1) スプラウトの調製：プラスチック容器にセレンとして 0 ppm（対照）、10 ppm、20 ppm の亜セレン酸ナトリウムを含む蒸留水を含ませた脱脂綿を広げ、モヤシ（*Vigna radiata*）またはブロッコリー（*Brassica oleracea var. italica*）を播種した。それぞれを容器に密閉し、モヤシは 5 日間、ブロッコリーは 7 日間暗所で放置した。その後、光を照射して 25℃で 2 日間栽培し、高セレンスプラウトを得た。 (2) 抗酸化性の評価：高セレンスプラウトのセレン含量、抗酸化に関わるビタミン C およびポリフェノール濃度、抗酸化活性として 1,1– ジフェニル –2– ピクリルヒドラジル（DPPH）ラジカル捕捉活性，スーパーオキシドジスムターゼ（SOD）様活性について評価した。
【結果と考察】 高セレン環境下で栽培したスプラウトにおいて、高濃度のセレン蓄積が認められたが、10 ppm 曝露で約 50%、20 ppm 曝露で約 60% のスプラウト平均長が短くなった。またモヤシスプラウトと比較し、ブロッコリースプラウトで、高いセレン蓄積がみられた。ビタミン C およびポリフェノール含量は、セレン無添加と比較し、高セレンスプラウトで有意に高かった。また DPPH ラジカル消去活性および SOD 様活性においても、高セレンスプラウトで高かった。以上の結果から、高セレン環境下で栽培したスプラウトは抗酸化性が高まることが示唆された。

P－5

コンビニエンスストア弁当に含まれるリンの実測値と計算値の比較

谷崎俊文*，山田紗百合，細見亮太，福永健治，吉田宗弘
（関西大学 化学生命工学部 生命・生物工学科）

【目的】 平成 27 年国民健康・栄養調査では日本人のリン摂取量は男性 1063 mg／日、女性 925 mg／日と報告されているが、これは日本食品標準成分表 2015（成分表）を基準とした半秤量式食事記録法によって推定されている。この調査では、調理済み弁当類などの外食に含まれるリンは考慮されていない。また弁当に含まれる食材を分けて栄養素量を計算する方法もあるが、この場合は添加物として用いられたリンが計算に含まれていない。このような背景から、調理済みの弁当類のリン摂取量を過小評価している可能性が疑われている。そこで本研究では、コンビニエンスストア弁当に含まれるリン量について、成分表により算出した計算値と化学分析による実測値を求め、その乖離度合いを評価した。

【方法】 (1) 試料調製：大阪府吹田市内のコンビニエンスストア 4 店舗で弁当（試料数：23）を収集した。全ての食材を個々に重量測定し、凍結乾燥・粉末化した。 (2) リンの化学分析：リン分析に用いる試料溶液は乾式灰化法で調製した。日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）分析マニュアルのリン測定方法のモリブデンブルー吸光光度法に基づき測定した。 (3) 計算値の算出：成分表に記載されているリン量を用いて、各食材の重量からリン量を計算し、その和から各食品のリン含量を求めた。

【結果と考察】 コンビニエンスストア弁当のリン含量は、計算値平均 251 mg に比べ、実測値平均 294 mg であり、実測値が有意に高い値であった。実測値と計算値の相関係数は 0.457 であり、弱い相関がみられた（p= 0.02）。23 種類中 18 種類の弁当で、実測値が計算値を上回った。特にとんかつ弁当や唐揚げ弁当に含まれるリン量は、実測値が計算値よりも 100 mg 以上の高く、著しい乖離がみられた。計算値では、弁当に使用されている食品添加物が加算されていないため、実測値が高くなったと考えられる。栄養調査において、成分表を用いて算出したリン量は、実際の量より低く、過小評価している可能性がある。特に弁当を頻繁に摂取するような個人を対象とした調査では注意が必要である。

P－6

飼料中脂肪の量や質の相違はラットの肝臓中鉄濃度に影響しない

中川良祐*，舟場正幸，松井徹
（京大院農・動物栄養）

【目的】鉄蓄積疾患の一つとして肥満や過体重を伴う Dysmetabolic iron overload syndrome（DIOS）が知られている。ヒトにおいては、脂肪多給により DIOS が引き起こされ、この鉄蓄積により増大する酸化ストレスを介して、肝臓において炎症が発生することが示唆されている。一方、実験動物における試験では、脂肪多給が肝臓中鉄濃度を増加、低下させる、または影響しないという報告がある。このように実験動物では脂肪多給が肝臓中鉄濃度に及ぼす影響は一貫していないが、報告ごとに飼料に用いた脂肪は異なっていた。そこで本研究では、多給する脂肪中の脂肪酸組成の相違が肝臓中鉄濃度に異なる影響を及ぼすという仮説を立て、不飽和度や鎖長が異なる脂肪酸を含む種々の脂肪をラットに多給し、これらが肝臓中鉄濃度に及ぼす影響を検討した。

【方法】4 週齢雄 SD ラットを供試した。第一試験では、脂肪酸の不飽和度の違いに着目し、対照飼料（AIN-93G）、リノール酸・オレイン酸組成が高いコーン油またはパルミチン酸・オレイン酸組成が高いバター油を多く含む飼料を 8 週間給与した。第二試験では、脂肪酸の鎖長の違いに着目し、対照飼料、リノール酸・オレイン酸組成が高い大豆油またはラウリン酸・ミリスチン酸組成が高いココナッツ油を多く含む飼料を 12 週間給与した。給与試験終了後、肝臓中トリアシルグリセロール（TG）濃度および鉄濃度を検討した。

【結果および考察】実験 1、2 ともに、多給した脂肪の相違に関わらず、肝臓中 TG 濃度が増加した。肝臓中鉄濃度は多給した脂肪の影響を受けなかった。以上より、多給した脂肪の相違は肝臓中鉄濃度に影響を及ぼさないことが示唆された。

P－7

マグネシウム欠乏期間がラットの肝臓における炎症反応に及ぼす影響

藤本江梨*，舟場正幸，松井徹
（京大院農・動物栄養）

【目的】 慢性的なマグネシウム欠乏は、炎症反応を介して多くの代謝性疾患を引き起こすと考えられている。我々の先行研究により、マグネシウム欠乏食を 1 週間給与したラットの肝臓では、マクロファージ、単球や好中球などのマーカーである Mac-1 ならびに CD45 の mRNA 発現が増加するとともに、マスト細胞のマーカーである Mcpt1 の mRNA 発現が増加することが示されている。マグネシウム欠乏食を給与すると皮膚に激しい炎症が生じ、継続して給与しても皮膚の炎症が沈静化するが、その際の肝臓組織での炎症の動態については未だ明らかになっていない。そこで、本試験では、マグネシウム欠乏食を給与したラットにおいて、皮膚の炎症が最も顕著な時期とほぼ沈静化する時期の肝臓における炎症反応を検討した。
【方法】 5 週齢の SD 系雄ラットを用いた。これらを、対照区（AIN-93G）とマグネシウム欠乏区（AIN-93G に準じたマグネシウム欠乏飼料）の 2 区に割り当てた。マグネシウム欠乏区において皮膚の炎症が最も激しくなった試験開始 1 週後および炎症がほぼ沈静化した 3 週後に屠殺し、血漿、肝臓、大腿骨を採取した。肝臓組織の炎症関連遺伝子発現を検討するとともに、血漿中および大腿骨中のマグネシウム濃度測定も行った。
【結果および考察】 血漿中および大腿骨中マグネシウム濃度は、マグネシウム欠乏区において低下し、マグネシウム欠乏食給与期間の延長により、さらに低下した。したがって、マグネシウム給与期間の延長によりマグネシウム欠乏は増悪することが示唆された。マグネシウム欠乏区の肝臓中 Mac1 の mRNA 発現は、1 週後では対照区と比べ高く、CD45 の mRNA 発現も高い傾向（$p = 0.05$）が見られたが、3 週後ではいずれも差が認められなくなった。また、飼育期間にかかわらず、IL-1 β の発現は差が認められず、TNF α や IL-6 の mRNA は検出できなかった。以上の結果から、マグネシウム欠乏による肝臓の炎症は、皮膚における炎症同様に一時的であり、また、軽微であることが示唆された。一方、飼育期間にかかわらず、マグネシウム欠乏により肝臓中 Mcpt1 と Mcpt2 の mRNA 発現は著しく増加していた。マスト細胞は、脱顆粒刺激によって様々な炎症メディエーターを分泌し、炎症を引き起こすことが知られている。したがって、マグネシウム欠乏による肝臓での炎症が消失しても、他の刺激による炎症を増悪する可能性がある。

P－8

大和当帰茶のフタライド類およびフロクマリン類の含有量

北野文理*，永澤　健
（畿央大学健康科学部健康栄養学科）

【目的】当帰根にはフタライド類およびフロクマリン類が含有されている。フタライド類のリグスチリドには血管拡張作用が報告されており、我々はこれまでに当帰茶飲用による冷え症改善作用を報告している。一方、フロクマリン類には光過敏作用があり、日光に対する皮膚の感受性を増して健康障害を引き起こすことが知られている。当帰葉には当帰の根と同様にフタライド類およびフロクマリン類が含まれていることが明らかになっているが、当帰葉を加工して製造されている当帰茶および当帰茶浸出液中のリグスチリドおよびフロクマリン類の含有量については明らかでない。本研究では大和当帰茶のリグスチリドおよびフロクマリン類の含有量について明らかにすることを目的とした。
【対象と方法】焙煎大和当帰葉茶を試料とした。HPLC 法を用い、フタライド類であるリグスチリド、ブチリデンフタライド、フロクマリン類であるプソラーレン、キサントトキシン、ベルガプテンの 5 成分の同時分析を行った。試験溶液には茶葉 0.5 g を 50 mL メスフラスコに正確に秤取し、メタノールで全量 50 mL とした後、超音波槽で 30 分間超音波を照射し、メンブランフィルターでろ過したろ液を用いた。当帰茶浸出液は、茶葉をティーパックに採取し、200 mL の沸騰したお湯で 3 分間浸出させたものをそのままメンブランフィルターでろ過したろ液を試験溶液とした。
【結果と考察】5 成分のうち、プソラーレンは全てにおいて定量限界以下であった。残りの 4 成分については茶葉のみでなく、浸出液からも検出された。リグスチリドの含有量は浸出液で 5.9 μg/g であった。先行研究と比較すると、当帰茶 70.0 ～ 108.4 g のリグスチリドの含有量は当帰含有の漢方薬 1 日量で同量であった。また、フロクマリン類の含有量は浸出液においてキサントトキシンは 1.3 μg/g、ベルガプテンは 0.1 μg/g であった。フロクマリン類の無性量は 15 mg であることが報告されており、当帰茶の通常の飲用量では無毒性量に達しないと考えられる。
【結論】大和当帰茶には血管拡張作用を有するリグスチリドが含まれており、漢方薬と同量のリグスチリドを摂取できることが明らかとなった。一方、光過敏症発症の危険性を有するフロクマリン類は、当帰茶の過度の飲用をしない限り、健康被害を与える摂取量には至らないことが明らかになった。

P－9

低鉄飼料投与ラットにおけるマンガンの臓器蓄積

由上文子*，吉田宗弘，津本真也，斉　悦，細見亮太，福永健治
（関西大学化学生命工学部生命・生物工学科）

【目的】二価鉄の消化管吸収を担う Divalent metal transporter 1（DMT1）は鉄摂取不足時に増加する。一方、DMT1 はマンガンイオンとも結合するため、低鉄状態ではマンガンの吸収量が増大する。マンガンイオンにはアポトーシスを惹起する性質があるため、マンガンの過剰な臓器蓄積は神経変性疾患などを誘発する危険性がある。本研究では、マンガン摂取量が異なるラットにおいて、鉄の栄養状態が低い場合のマンガンの臓器蓄積量を検討した。

【方法】実験 1：4 週齢の Wistar 系雄ラットを 4 群に分け、それぞれに AIN93G 飼料（鉄濃度、35 μg/g；マンガン濃度、10 μg/g）、AIN93G のクエン酸鉄添加量を減じた低鉄飼料（鉄濃度、10 μg/g）、AIN93G において炭酸マンガンを非添加とした低マンガン飼料（マンガン濃度、0.48 μg/g）、および低鉄低マンガン飼料を与えて 4 週間飼育した。

実験 2：4 週齢の Wistar 系雄ラットを 4 群に分け、それぞれに AIN93G 飼料、AIN93G のクエン酸鉄添加量を減じた低鉄飼料、AIN93G の炭酸マンガンを増量した高マンガン飼料（マンガン濃度、40 μg/g）、低鉄高マンガン飼料を与え 4 週間飼育した。実験期間終了後、肝臓、腎臓、脾臓、脳などを採取し、鉄とマンガン濃度を測定した。

【結果と考察】実験 1 において、低マンガン飼料の投与はいずれの臓器においてもマンガン濃度の低下を引き起こした。低鉄飼料の投与によって、腎臓と脾臓のマンガン濃度はマンガン投与量とは無関係に上昇したが、肝臓のマンガン濃度は低マンガン飼料を投与した場合にのみ有意に上昇した。また、脳のマンガン濃度は、低鉄状態の影響を受けなかった。実験 2 において、鉄充足ラットへの高マンガン飼料の投与は、肝臓と脳の鉄濃度を減少させたが、臓器のマンガン濃度は脳を除いてあまり変化しなかった。一方、低鉄飼料の投与はマンガン投与量と無関係に肝臓と脳のマンガン濃度を上昇させた。以上より、臓器マンガン濃度は、①マンガン摂取量の増加よりも減少の影響を強く受ける、②低鉄状態の影響は低マンガン摂取時には明確だが、高マンガン摂取では不明確になると結論できる。したがって、日常の食生活の範囲内で生じる低鉄高マンガン摂取においては、アポトーシスを惹起するほどの過剰なマンガン蓄積は生じないと思われる。

P－10

大腸菌におけるテルル酸・セレン酸還元関連遺伝子の同定

森聡美*，西田亮，安間友香理，田島寛隆，戸部隆太，三原久明
（立命館大学・生命科学）

【目的】テルル（Te）は、硫黄やセレンと同じ第 16 族に属する元素であり、その特性から太陽電池や電子部品の原材料として先端産業分野で利用されている。一方で、工業排水に含まれる水溶性の Te オキシアニオン（テルル酸や亜テルル酸）は毒性が高く、環境汚染要因となるため、Te オキシアニオンを毒性の低い不溶性の元素状 Te に還元する微生物が注目されている。これまでに、微生物における亜テルル酸還元に関しては、膜結合型硝酸還元酵素や細胞内チオレドキシン・グルタチオン系、キノンプールの関与など、複数の報告が示されている。一方、テルル酸還元については大腸菌でモリブドプテリン含有酵素の関与が示唆されるのみであり、その詳細は明らかにされていない。そこで本研究では、大腸菌の一遺伝子欠失株ライブラリー（Keio コレクション）を用いて、大腸菌におけるテルル酸還元に関わるタンパク質を同定した。

【方法・結果・考察】テルル酸は還元されると黒色を呈する元素状 Te となる。そこで、テルル酸含有培地にて、テルル酸還元に起因する黒色沈殿を形成しないテルル酸還元能欠失株を選抜した。スクリーニングに用いた全 3812 株のうち、テルル酸還元能欠失株として 8 株（Δ *ynbA*、Δ *ydaS*、Δ *nsrR*、Δ *yidH*、Δ *moeA*、Δ *paaG*、Δ *pdxY*、Δ *yjbB*）が選抜された。これらテルル酸還元能欠失株のテルル酸還元能を調べるために、各菌をテルル酸含有培地にて培養し、生成された元素状 Te の量を原子蛍光分析計により定量した。その結果、全ての欠損株で野生株と比較して約 93% のテルル酸還元能が低下していた。また、セレン酸還元能についても、全ての欠損株で野生株と比較し約 95% の還元能が低下していた。以上より、これらの 8 種類の遺伝子産物はテルル酸還元とセレン酸還元の両方に関与していることが示唆された。

P－11

ランタンイオンの細胞性免疫に対する影響の基礎的検討

秋山珠璃*，井上咲季，中島　徹，田中　進
（高崎健康福祉大学健康栄養学科）

【目的】希土類元素はスカンジウム（Sc）、イットリウム（Y）、およびランタン（La）からルテチウム（Lu）までの15種類のランタノイドを含む17元素からなるグループであり、レアアースとも呼ばれている。希土類元素は3価の元素であり、主に機能性素材として工業的に利用されている。しかしながらその一方で、一部の希土類元素は医薬品にも応用されており、Laを主成分とした炭酸ランタンは、リンを吸着させる特徴を持つことから、慢性腎臓病疾患者に見られる高リン血症の改善薬として、また同じくセリウムはシュウ酸セリウムとして制吐薬として使用されている。従って、希土類元素の生物学的な影響や機能性を検討することにより、人の健康維持や医療分野などに応用していくことは重要なことであると思われる。本研究では希土類元素の細胞性免疫に対する影響に着目し、中でもランタンイオン（La^{3+}）を中心として、免疫抑制剤の標的酵素であるカルシニューリン（CN）に対する影響やヒトT細胞様株Jurkat細胞が産生するインターロイキン-2（IL-2）に対する影響をそれぞれ検討したので報告する。
【方法】CN活性の測定は活性化剤（刺激剤）として塩化ニッケルを使用し、また基質としてパラニトロフェニルリン酸を用い、任意の濃度の塩化ランタン（$LaCl_3$）を加えてLa^{3+}のCNに対する影響を検討した。またコンカナバリンA（ConA）刺激によりJurkat細胞が産生するIL-2を指標に、La^{3+}の影響を検討した。
【結果と考察】CN活性は$LaCl_3$の添加によりコントロールと比較して低下し、50％ 阻害濃度（IC_{50}）は5.7-11.2 μmol/Lであった。現在、キネティクス解析を行って、La^{3+}のCN阻害様式を検討している。また、Jurkat細胞が産生するConA誘導性のIL-2においても$LaCl_3$により顕著に低下した。次にLaよりも原子量が大きいSc、Yについてそれぞれ同様に検討を行ったところ、作用する濃度に違いがあるもののいずれもIL-2産生の低下を認めた。更に、5種類のランタノイド1 mmol/L（セリウム、サマリウム、ユーロピウム、イッテルビウム、ルテチウム）をそれぞれ使用してJurkat細胞のIL-2産生への影響を検討したところ、コントロールと比較して有意にIL-2が低下することが示された。このことからLaをはじめ希土類元素は細胞性免疫を低下させる可能性があることが、酵素レベル、細胞レベルで示唆された。現在、La^{3+}を用いてその作用機序の解析を、IL-2産生に関与する転写調節因子の検討を中心に進めている。

P－12

女子大学生の食習慣が亜鉛・ビオチン・葉酸の摂取量におよぼす影響

松尾拓哉*[1)]，竹森久美子[2)]，鍛冶晃子[3)]，渡邊敏明[3)]
([1)] 近畿大・医・情報，[2)] 近畿大・農・食品栄養，[3)] 大阪青山大・健康科学・健康栄養）

【目的】我々は、葉酸の重要性を伝える機会を持つ職業を目指す栄養・医療課程の学生を対象に先天異常の発症に関係を持つ微量栄養素（亜鉛・ビオチン・葉酸）の認知向上と摂取促進を目的とした調査と講義を行っている。今回は、微量栄養素（亜鉛・ビオチン・葉酸）の認知と食習慣がそれぞれの微量栄養素摂取におよぼす影響について報告する。
【方法】栄養･医療課程の大学（大阪府､奈良県）の女子大学生450人（18歳から22歳）を対象に食物摂取頻度調査（FFQg; Ver.3.5）と微量栄養素意識調査を実施した。
【結果】女子大学生296人（平均19歳）から有効回答を得た。296人の微量栄養素摂取量は、亜鉛：7 ± 2 mg/日、ビオチン：26 ± 11 μg/日、葉酸：207 ± 88 μg/日であった。それらの栄養素について「知っている」と回答した学生の摂取量は、亜鉛：169人、7 ± 2 mg/日、ビオチン：132人、27 ± 10μg/日、葉酸：200人、208 ± 80 μg/日であった。「知らない」と回答した学生の摂取量は、亜鉛：125人、7 ± 2mg/日、ビオチン：162人、26 ± 11μg/日、葉酸：95人、204 ± 104 μg/日であり、微量栄養素認知の有無と摂取量の間に差はなかった。食習慣調査では、「食事状況は良い」と回答した56人の摂取量は、亜鉛：8 ± 2 mg/日、ビオチン：28 ± 10 μg/日、葉酸：235 ± 89 μg/日であり、「食事状況に問題が多い」と回答した学生126人の摂取量（亜鉛：7 ± 2 mg/日、ビオチン：25 ± 11 μg/日、葉酸：191 ± 87 μg/日）に比べて有意に（$p < 0.05$）高い値を示した。また、「普段の食事を欠食しない」と回答した学生150人では、亜鉛：7 ± 2 mg/日、ビオチン：27 ± 11μg/日、葉酸：217 ± 94 μg/日を示し、「欠食する」と回答した学生147人の摂取量は、亜鉛：7 ± 2 mg/日、ビオチン：25 ± 10 μg/日、葉酸：196 ± 80 μg/日であった。「欠食しない」と回答した学生のビオチンと葉酸の摂取量は、「欠食する」と回答した学生に比べて有意に（$p < 0.05$）高いことが示された。
【考察】それぞれの微量栄養素の認知と摂取量の間に関係はないが、食習慣が微量栄養素の摂取に影響をおよぼすことが明らかとなった。特に、先天異常発症リスクを低減する葉酸の摂取を促進するためには、葉酸の認知向上のみならず食習慣向上のための学習機会を設けることが望まれる。また、葉酸については、妊娠可能状況にある女性は、葉酸サプリメント400 μg/日を内服することが望まれる。

P－13

タブノキ種子に含まれる成分の抗腫瘍活性

神山　伸*，髙橋美咲，塩沢浩太，曽根英行
（新潟県大・健康栄養）

【目的】脂肪族アセトゲニン類は、抗腫瘍作用、殺虫・殺菌作用、抗マラリア作用等の生物活性を示す天然生理活性物質である。特に抗腫瘍作用に関しては、選択的にがん細胞のみ生育を阻害することが報告されている。アセトゲニン類には多くの種類があり、バンレイシ科植物にはアシミシンやブラタシン等、クスノキ科ワニナシ属のアボカドにはペルシンのように異なるアセトゲニンが含まれている。
温暖地域や海岸地域で植栽されているクスノキ科タブノキ属の常緑高木タブノキはアボカドの近縁であり、食用にはされないものの類似した果実をつけるが、どのようなアセトゲニンが含まれるかは明らかにされていない。本研究ではタブノキ果実種子抽出物の抗腫瘍活性をアボカド種子抽出物と比較することより、その機能性について検討した。
【方法】クスノキ科のアボカド（*Persea americana*）とタブノキ（*Machilus thunbergii*）の種子をそれぞれ粉砕し試料とした。5 種類（アセトン、エタノール、酢酸エチル、メタノール、ヘキサン）の有機溶媒で脂質成分を抽出し、窒素気流の下で乾固させ、抽出物の回収率を求めた。ヒト非小細胞肺がん由来細胞株である A549 細胞を用い、各試料抽出物による細胞増殖抑制を確認することにより、回収率と細胞増殖抑制効果から最適な有機溶媒を選択した。最も細胞増殖抑制効果の高かったメタノール抽出物を用いて A549 細胞の細胞増殖阻害試験を行うことにより、それぞれの種子抽出物の 50% 阻害濃度（IC_{50}）を求めた。また、これらの種子抽出物による細胞死を測定するため、トリパンブルー染色を用いた測定と PI 染色を用いたサイトメトリー解析により、生細胞と死細胞の割合を求めた。
【結果と考察】アボカド種子とタブノキ種子のメタノール抽出物について抗腫瘍活性を比較するための細胞増殖阻害試験を行った結果、それぞれの IC_{50} はアボカド種子 2.0 μg/mL、タブノキ種子 2.4 μg/mL と算定された。またそれぞれの抽出物を 10 μg/mL の濃度で添加した 24 時間後の細胞の状態から、アポトーシス様の細胞死が示された。
以上の結果から、タブノキ種子抽出物はアボカド種子抽出物と同程度の抗腫瘍活性を持っており、アポトーシスを誘導し肺がん細胞の増殖を抑制することが示された。これらの種子の有効利用とともに、それに含まれる成分とその生理活性について詳細な研究がなされることが望まれる。

P－14

シロイヌナズナ由来ホモシステイン S- メチルトランスフェラーゼ 3 遺伝子の大腸菌での高発現系の構築と *in vitro* での機能解析

寺田　俊輝[1)]，山中　一也[1,2)]，吉田　宗弘[1,2)]，老川　典夫*[1,2)]
([1)] 関西大学化学生命工学部，[2)] 関西大学先端科学技術推進機構）

【目的】セレン（Se）は、ヒトや動物に対する必須微量元素である。また近年、各種癌の罹患リスクが Se サプリメントの摂取によって低減することが報告されている。特に *Se*- メチル L- セレノシステイン（SeMSC）等のモノメチル化されたセレン化合物は、Se よりも毒性が低く、また体内で容易にメチルセレノールに変換され、より高い抗癌活性を示す。Se 高蓄積植物として知られるブロッコリーでは、Se は主に SeMSC として蓄積され、そのためセレン強化ブロッコリースプラウトは機能性食品として注目されている。ブロッコリー中では、SeMSC は、L- セレノシステインと S- メチル L- メチオニン（SMM）を基質とし、セレノシステイン Se- メチルトランスフェラーゼ（EC 2.1.1.280, *Ab*SMT）によって生合成される。一方、双子葉モデル植物であるシロイヌナズナのゲノムには、*Ab*SMT と相同性を示す 3 つのホモシステイン S- メチルトランスフェラーゼ（*At*HMT-1, *At*HMT-2, *At*HMT-3）のホモログ遺伝子が存在する。先にわれわれは、マイクロアレイ解析の結果、高濃度セレン暴露したシロイヌナズナの *At*HMT-3 遺伝子の発現レベルは、*At*HMT-1 や *At*HMT-2 遺伝子より高いことを見いだした。そこで本研究では、シロイヌナズナの *At*HMT-3 遺伝子（*Athmt-3*）に着目し、本遺伝子の大腸菌での高発現系を構築するとともに、精製 *At*HMT-3 を用いて *At*HMT-3 の *in vitro* での機能解析を行うことを目的とする。
【方法】シロイヌナズナの *c*DNA クローン株（RAFL19-23-M07）から *Athmt-3* をポリメラーゼ連鎖反応で増幅後、pET21MALb にライゲーションし、*Escherichia coli* BL21（DE3）に形質転換した。発現タンパク質は、無細胞抽出液から Ni-IDA カラムクロマトグラフィーで精製した。ホモシステイン S- メチルトランスフェラーゼ（EC 2.1.1.10, HMT）活性は、L- ホモシステインと SMM を基質として用いて 30℃で反応を行い、生成する L- メチオニンを高速液体クロマトグラフィーで定量し測定した。酵素 1（U）は、1 分間に 1 μ mol の L- メチオニンを生成する酵素量とした。
【結果および考察】まず *At*HMT-3 の C 末端側に 6 × His タグを融合し大腸菌で発現を試みたが、ほとんど全ての発現タンパク質は封入体を形成し不溶性画分に存在した。そこで、大腸菌マルトース結合タンパク質（MAL）をさらに N 末端側に付加した MAL-*At*HMT-3-6 × His 融合タンパク質として発現させたところ、*At*HMT-3 を可溶性画分に大量に発現させることができた。精製酵素標品を用いて、HMT 活性を測定したところ、比活性は 0.52 U/mg であった。これまで、*At*HMT-1 及び *At*HMT-2 は HMT 活性を示すことが報告されているが、本研究は、*At*HMT-3 が HMT 活性を示すことを明らかにした最初の例である。今後、さらに *At*HMT-3 の詳細な酵素科学的性質を解明し、*At*HMT-3 とシロイヌナズナの Se 代謝との関連性を解明していきたいと考えている。なお本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 25 年度～平成 29 年度）」によって実施されたものである。

P－15

貧血を伴わない鉄欠乏が脂質代謝に及ぼす影響の一考察

澤田孝子*[1]，許斐亜紀[2]，横井克彦[3]
([1] 東洋大学食環境科学部，[2] 安田女子大学家政学部，[3] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科)

【目的】健康と思って生活をしている有月経期女性の中には、貧血のない潜在性鉄欠乏状態が高頻度に発見されている。そこで今回若年女子の貧血を伴わない鉄欠乏状態が脂質指標に関わっているかを、血清フェリチン（sFer）レベルとの関連性から検討したので報告する。

【方法】対象者は、ミネラル / ビタミン剤を常用せず、喫煙歴がなく、健康な妊娠していない 18 歳から 22 歳の女性 65 人である。ヘモグロビン（Hb）と sFer の値を基準として、Hb >12 g/dl かつ sFer <20 ng/ml を貧血のない鉄欠乏症（IDNA）とし、Hb >12 g/dl かつ sFer >20 ng/ml を鉄栄養正常（Normal）とした。10 ～ 12 時間絶食後の朝に採血した。血液学的指標として赤血球数、白血球数、血小板、ヘモグロビン、ヘマトクリット、MCV、MCH、MCHC を求めた。生化学検査では、鉄指標として sFer、血清鉄、UIBC、TIBC、トランスフェリン飽和率、並びに脂質指標として総コレステロール、トリグリセリド（TG）、高密度リポ蛋白質コレステロール（HDL-C）を求めた。低密度リポ蛋白質コレステロール（LDL-C）は、総コレステロール、HDL-C および TG から算出した。IDNA と Normal の検査値は、Student's *t* test もしくは Mann-Whitney test で比較した。HDL-C あるいは LDL-C と sFer の相関は、Kendall's rank correlation を用いて解析した。有意水準は 5% とした。

【結果】身長、体重、BMI、血圧、脈拍、体温は、Normal と IDNA 群間に統計学的有意差はなかった。IDNA 群における鉄栄養指標は、鉄枯渇状態すなわち鉄欠乏性貧血の前段階（貧血がないという意味で「潜在性の」鉄欠乏状態）を示していた。HDL-C レベルは、Normal 群と比較して IDNA 群が有意に高かった（P = 0.006）が、両群の平均値は >40mg/dL で、成人女子の正常範囲内であった。IDNA 群における LDL-C と sFer の間に有意な正の相関があったが、Normal 群では有意な相関はなかった。

【考察】小規模な横断研究に基づくものであり速断はできないが、これらの結果は、脂質指標が IDNA と関連することを示唆していた。わが国では、妊娠可能な成人女性の半数以上が貧血のない鉄欠乏症である。そのため、鉄欠乏が脂質代謝に及ぼす影響についてさらに研究を進める必要があると思われる。

P－16

グリーンルイボス摂取による激運動時の抗酸化力上昇作用

永澤健*[1]，村上香[2]
([1] 畿央大学健康栄養学科，[2] 広島工業大学食品生命学科)

【目的】激しい運動は活性酸素を過剰に生成させて酸化ストレスが上昇する。酸化ストレスの増大は DNA 損傷や過酸化脂質生成の原因となり、さらには運動パフォーマンスや身体のコンディションに悪影響を及ぼす可能性が指摘されている。こうしたことから、運動前に高い抗酸化性を有する食品を摂取すれば、生体内の抗酸化力が高まり、運動に伴う酸化ストレスが軽減することが期待されている。

非発酵型のルイボスであるグリーンルイボスは高い抗酸化性があり、さらにアスパラチンが高濃度に含有されている。そこで本研究では運動前のグリーンルイボス摂取が、激運動時の生体内の酸化度および抗酸化力に及ぼす影響について検討することを目的とした。

【方法】健常成人男性 10 名を対象とした。グリーンルイボス茶葉由来のグリーンルイボスエキス 520 mg（以下 GRE）もしくはプラセボとしたデキストリン 520 mg を二重盲検法にて経口摂取させ、摂取終了 1 時間後に最大努力による 30 秒間の自転車運動を 4 分間の休憩を挟み 2 回行った。実験は無作為化クロスオーバー法により行い、摂取条件間には 1 週間のウォッシュアウト期間を設けた。摂取前の安静時、運動後 3 分、運動後 30 分に採血し、血液の酸化度（Reactive Oxygen Metabolites；d-ROMs）と抗酸化力（Biological Anti-oxidant Potential；BAP）の測定を行った。

【結果と考察】運動パフォーマンスは摂取条件間に有意な差がなかった。酸化度（d － ROMs）は両摂取条件共に安静値から運動 3 分後に有意に上昇を示し（$p<0.01$）、30 分後には安静値に戻った。抗酸化力（BAP）は、グリーンルイボス摂取条件において運動 3 分後に有意な上昇を示し、30 分後においても安静値と比べて有意な上昇が持続した（$p<0.01$）。一方、プラセボ摂取条件の抗酸化力は、運動 3 分後に有意な上昇を示したものの（$p<0.01$）、30 分後に安静値に戻った。これらのことから、グリーンルイボス摂取には激運動時における生体内の酸化度の軽減効果がないものの、激運動後に抗酸化力を上昇させる効果があり、これにはグリーンルイボスエキスが作用したものと推察された。

【結論】グリーンルイボスの運動前の摂取は、激運動後に抗酸化力を上昇させる効果があることが示された。

P－17

ストーマ（人工肛門）保有者の栄養状態

溝畑 秀隆*[1)]，山本正之[2)]，當座康弘[2)]
([1)] 神戸松蔭女子学院大学，[2)] 市立伊丹病院)

【目的】ストーマ（人工肛門）保有者は、特別な食事を摂取する必要性や極端な食事制限をする必要はない。しかし、食品によっては、におい（便臭）のもとになりやすいものや下痢、便秘になりやすいものなどがあり、便の性状も考えて摂取を控えている傾向がみられる。本研究では、1日のエネルギー摂取量、微量栄養素について、消化器系別も併せて調査した。

【方法】対象者は、伊丹市内の研究対象病院に通院するストーマ患者26名（男性17名、女性9名）、平均年齢70.6 ± 8.1歳、身長159 ± 10.2cm、体重53.5 ± 11.6kg、BMI21.2 ± 3.1である。ストーマ外来診察日に併せて食物摂取頻度調査をした。また栄養状態の指標である総たんぱく質（TP）量とヘモグロビン（Hb）値も検討した。

【結果】1日のエネルギー摂取量平均は1,480 ± 417kcal（男性1,500kcal、女性1,280kcal）であった。日本人食事摂取基準（2015年版）身体活動量、70歳以上のエネルギー推奨量（男性1,850 kcal女性1,500 kcal）と比較すると、少ない傾向がみられた。たんぱく質摂取量平均は57.0 ± 14.6g（男性59g、女性46g）であり、たんぱく質推奨量（男性60g、女性50g）と比較すると、僅かではあるが少ない傾向がみられた。鉄摂取量平均は5.7 ± 2.1gであり、鉄推奨量（6.5g）と比較すると、少ない傾向がみられた。TP量平均は6.8 ± 0.8/dl（基準値:6.6 ～ 8.1/dl）であり、基準値内である。Hb値平均は11.9 ± 2.4/dl（基準値:13 ～ 17/dl）であり、低値であった。消化器系別はコロストミー（エネルギー摂取量平均1,430 kcalたんぱく質55,4g、鉄5,6g 、TP量7,0/dl、Hb値11,8/dl）、イレオストミー（エネルギー摂取量平均1,380 kcal、たんぱく質53,5g、鉄5,8g、TP量6,3/dl、Hb値12,0/dl）であった。イレオストミーにエネルギー、たんぱく質の摂取量が少ない傾向がみられた。

【結論】生活習慣からみた栄養状態は、1日の摂取量が少ないことから微量栄養素についても少ないことが考えられる。今後、ストーマ保有者の栄養管理は、ストーマの造設部位と各病態（術後、糖尿病、腎臓病、褥瘡、皮膚障害など）も併せて考えていく必要がある。

口頭発表

O－7

エイコサペンタエン酸をリン脂質に導入するアシル基転移酵素の特性

田中麻子、陳在民、小川拓也、川本純、栗原達夫*
（京大・化研）

【目的】3系高度不飽和脂肪酸の一種であるエイコサペンタエン酸（EPA）は、動脈硬化や高脂血症などの血管系疾患の予防効果をもつ機能性脂肪酸として注目されている。EPA は種々の脂質メディエーターの前駆体として機能するほか、生体膜を構成するリン脂質のアシル鎖成分として、生体膜の物性や機能にも影響を及ぼす。EPA の主たる一次生産者は微生物であり、ある種のラビリンチュラ類や糸状菌などの真核微生物、種々の海洋性細菌などが EPA を生合成することが知られている。我々はこれまでの研究で、海洋性細菌 *Shewanella livingstonensis* Ac10 が EPA を生合成し、本菌の細胞分裂や膜タンパク質生合成に EPA が関与することを明らかにしてきた。本研究では、本菌において EPA をリン脂質へ導入する反応を担うアシル基転移酵素 PlsC1 の特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】His タグを付与した PlsC1 を発現する *Escherichia coli* C43（DE3）を作製した。PlsC1 は膜タンパク質と推定されたため、本菌の膜画分を用い、種々の界面活性剤を用いて PlsC1 の可溶化条件を検討した。得られた可溶化画分から Ni-NTA カラムを用いて本酵素を精製し、基質特異性などの諸性質を解析した。一方、*S. livingstonensis* Ac10 における PlsC1 と EPA 生合成酵素群の相互作用を Pull-down 実験によって調べた。

【結果・考察】精製 PlsC1 の至適温度は 20-25℃、至適 pH は 8.5-9.0 であった。基質特異性を調べたところ、EPA などの不飽和脂肪酸が結合したアシル CoA に対して高い活性が見られた。パルミチン酸やステアリン酸などの直鎖飽和脂肪酸が結合したアシル CoA に対する活性は低かった。一方、EPA 生合成酵素群の一つである Orf8 を bait として pull-down 実験を行った結果、PlsC1 との相互作用が示された。本菌においては、EPA 生合成酵素群から PlsC1 に EPA が直接的に受け渡され、EPA 含有リン脂質が生合成されることが示唆された。

O－8

クエン酸による乳酸菌の D- アミノ酸生産量の変化とゲノム情報の統合的解析

加藤志郎*[1,3]，老川典夫[2,3]
([1] 香川大学・希少糖機構，[2] 関西大学・化学生命工学部，[3] 関西大学・先端機構)

【目的】近年では、経口摂取した D- アミノ酸が生理作用を示すことが示唆されつつあり、食品中の D- アミノ酸に強い興味が注がれている。我々はこれまでに、日本酒発酵過程の菌叢および D- アミノ酸組成の解析から、日本酒中の D- アミノ酸生産に乳酸菌が大きく寄与することを明らかにするとともに、酒造会社の酒蔵より単離した D- アミノ酸高生産乳酸菌のゲノム解析を実施し、全ゲノム配列の解読および推定のアミノ酸代謝経路の構築を完了している。また、いくつかの乳酸菌において培地中のクエン酸含量が D- アミノ酸生産に顕著に影響することを見出してきた。本研究はクエン酸が D- アミノ酸生産に与える影響を分子レベルで解明することを目的としている。

【方法】酒造会社の酒蔵より単離された D- アミノ酸高生産乳酸桿菌 *Lactoacillus sakei* LK-145 株をクエン酸濃度が 0 ～ 0.85% になるように調製した MRS 液体培地で培養し、生育曲線の作製および培養上清の D- アミノ酸濃度を測定することでクエン酸が D- アミノ酸生産に与える影響を検証した。

【結果および考察】標準条件（クエン酸濃度 0.17%）と比較して、クエン酸非存在下においては生育曲線に有意な変化は観察されなかったものの、D- アミノ酸（D-Ala, D-Asp, D-Glu）生産量は有意な低下が認められた。一方で、クエン酸高濃度条件（0.51% または 0.85%）においてはその生育に遅延が認められたにも関わらず、培地中の D- アミノ酸（D-Ala, D-Asp, D-Glu）含量は有意に増大していた。上記 3 種の D- アミノ酸のうち、D-Ala は生育と相関せずにクエン酸濃度依存的な生産量の上昇が認められた一方で、D-Glu は生育と相関した生産量の上昇が観察され、D-Asp 生産量に着目するとその中間的な表現型を示した。本会では、ゲノム解析を通して構築した *L. sakei* LK-145 株の推定代謝経路および whole transcriptome 解析の結果から、クエン酸が及ぼす D- アミノ酸代謝への影響を考察する予定である。なお本研究は、「文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 25 年度～平成 29 年度）」によって実施されたものである。

O－9

亜鉛欠乏ラット肝臓での p53 と HIF-1 α の遺伝子発現について

宮﨑孝*[1)]，佐藤真喜子[1)]，宮嶋由佳[2)]，野寺誠[2)]，高橋幸子[1)]，荒木隆一郎[1)]，
大野洋一[1)]，太田晶子[1)]，柴﨑智美[1)]，柳澤裕之[3)]，亀井美登里[1)]
([1)] 埼玉医科大学医学部社会医学、[2)] 保健医療学部臨床検査学科、[3)] 東京慈恵会医科大学医学部環境保健医学講座）

【目的】必須微量栄養素である亜鉛の欠乏は、味覚異常、炎症の増悪、糖代謝異常、脂質代謝異常や心血管系疾患等、種々の疾患と関連することが知られている。日本人の死因の第 1 位は悪性新生物であり、その特徴は細胞の異常増殖とそれに伴う代謝異常である。そのため末期には体重や骨格筋量の減少が顕著となる。この様な病態による体重の減少は栄養素の欠乏と共に亜鉛の欠乏の可能性がある。末期までの病態の進行・進展には新生血管の増殖とがん抑制因子の発現低下が関連している。がん抑制転写因子の p53 は、がん細胞の増殖と強く関連している。また、がん組織の増殖により細胞は低酸素に曝され Hypoxia induced factor 1-alpha（HIF-1 α）が誘導される。HIF-1 α は血管新生とともに p53 を介した細胞の Apoptosis に重要な働きをしている。血管新生や Apoptosis に対して亜鉛不足はどのように働くのかを明らかにするために、亜鉛欠乏ラットモデルの肝臓での p53 と HIF-1 α の遺伝子発現を検索した。
【方法】体重約 100g の SD 系雄ラット 21 匹を購入、1 週間馴化後、亜鉛添加食を自由摂取した群（F 群 n = 6)、亜鉛欠乏食を自由摂取した群（ZnD 群 n = 7)、亜鉛欠乏による摂食量の低下に対する対照として、ZnD 群と同一カロリーの亜鉛添加食を摂取した群（Pf 群 n = 6）の 3 群に分けた。特殊飼糧による個別ケージによる飼育開始から 4 週後、イソフルレン麻酔下に血液と肝臓を採取、血液は遠心分離後血清亜鉛値を測定した。摘出した肝臓から ISOGEN により total-RNA を抽出、total-RNA を使用して cDNA を合成、合成した cDNA を用いて real-time PCR を行った。結果は GAPDH の遺伝子発現量から Δ Δ CT 法で計算により求めた。統計計算は分散分析後、Bonferroni test を行い p 値が 0.05 以下を有意差ありとした。
【結果】亜鉛欠乏食投与前の体重が 191.5 ± 4.1g から 4 週後には F 群 374.3 ± 7.8g、Pf 群 242.3 ± 6.3g、ZnD 群 195.6 ± 4.1g であった。血清亜鉛値は F 群 112.5 ± 5.8 μ g/dl、Pf 群 101.5 ± 2.4 μ g/dl、ZnD 群 195.6 ± 3.6 μ g/dl であった。肝臓の p53 遺伝子発現量は F 群 1.0 ± 0.06、Pf 群 0.67 ± 0.102、ZnD 群 0.78 ± 0.08 であった。HIF-1 α の遺伝子発現量は F 群 1.0 ± 0.09、Pf 群 0.93 ± 0.06、ZnD 群 1.26 ± 0.10（p = 0.0348 vs Pf 群）となった。
【考察】がん抑制転写因子の p53 と血管新生と関連する HIF-1 α の遺伝子発現を亜鉛欠乏ラット肝臓で検索した。亜鉛欠乏群の p53 遺伝子発現は対照群に比較して増加傾向を示し、HIF-1 α は有意に増加したことから、血管新生を亢進させる可能性があり、亜鉛の摂取は血管新生に対して抑制的に働くことが予想される。

O－10

亜鉛欠乏および食餌量制限時の腎臓での GATA 関連遺伝子発現量

許斐亜紀*[1)]，横井克彦[2)]
([1)] 安田女子大学家政学部管理栄養学科，[2)] 聖徳大学人間栄養学部人間栄養学科）

【目的】これまでに亜鉛欠乏および長期的な食餌量低下が造血機能に影響を及ぼすことを明らかにしてきた。亜鉛は、DNA/RNA ポリメラーゼの補因子として知られ、その欠乏により各種造血関連遺伝子の発現に影響を及ぼすことが考えられる。本研究では、腎臓での GATA 関連遺伝子の mRNA 発現への影響について、亜鉛欠乏と食餌量制限の 2 要因から検討した。

【方法】3 週齢 SD 系雄性ラット 30 匹を、体重が等しくなるように対照群（Control 群：AIN93G 給餌)、亜鉛欠乏群（ZD 群：給餌飼料中亜鉛濃度 4.5 ppm)、食餌量制限の影響を検討するための Pair-Fed 群（PF 群：ZD 群ラットの前日摂餌量の AIN93G を制限給餌）の 3 群に割り付け、対応する飼料及びイオン交換水を与え 4 週間飼育し、腎臓を皮質と髄質に分けて採取し分析に使用した。GATA1、2、3、4、5、6 および Gatad1、Gatad1a、Gatad1b の遺伝子発現を TaqMan probe と Quantitative real time PCR 装置（Bio-Rad 社製）で分析した。ANOVA で有意な差が見られた場合に、Tukey-Kramer 検定で群間比較を行なった。危険率は 5% 未満を有意とした。

【結果および考察】腎臓皮質中では、測定した GATA 関連遺伝子すべての発現量に有意な差が見られなかった。腎臓髄質中では、GATA3、4、5 の発現量に有意な差が見られ、GATA3 は、対照群に比較して亜鉛欠乏および食餌量制限で有意に減少した。また、GATA4 と 5 では対照群に比較して亜鉛欠乏で有意に減少した。Gatad1 および 2a、2b では、対照群に比較して亜鉛欠乏と食餌量制限により有意に減少した。これらの結果から、亜鉛欠乏と食餌量制限では、共に造血障害を発症するが、そのメカニズムは遺伝子レベルで異なることが示唆された。

MEMO

牡蠣を知ると
「美」と「健康」が見えてくる。

牡蠣(かき)は「海のミルク」と呼ばれています。ビタミン、ミネラル、アミノ酸などの40数種類の栄養素をバランスよく含んでいます。そのため、海のミルク、海の玄米などと呼ばれているのです。
一万年前から牡蠣は、人類に愛され、
貝塚には牡蠣の殻がたくさん見つかっています。
栄養豊富な牡蠣を季節に関係なく、
お召し上がりいただけるよう
科学で設計しなおした
日本クリニックの
かき肉エキス。
この一粒に
約40年の歴史と
19の特許が
凝縮されています。

かき肉エキス
主要栄養素

[炭水化物]
グリコーゲン

[ミネラル]
亜鉛・ナトリウム
カルシウム・鉄・カリウム
リン・マグネシウム・銅
マンガン・ヨード・セレン
総クロム・リチウム
コバルト

[ビタミン]
ビタミンB_1
ビタミンB_2・ビタミンB_6
ビタミンB_{12}・ビタミンC
葉酸・ビオチン
イノシトール・ナイアシン
コリン

[アミノ酸]
タウリン・アルギニン・リジン
ヒスチジン・フェニルアラニン
チロシン・ロイシン・イソロイシン
メチオニン・バリン・アラニン・グリシン
プロリン・グルタミン酸・セリン
スレオニン・アスパラギン酸
トリプトファン・シスチン
オルニチン

牡蠣を超えた「かきの栄養」
THE OYSTER EXTRACT SINCE 1974

［牡　蠣］

［オイスターZ］

［バランスターZ］

［バランスターWZ］

（JCOE専売品）

http://www.japanclinic.co.jp

牡蠣の神秘を科学で届ける――かき肉エキスのパイオニア
日本クリニック株式会社

■本　社／〒603-8331 京都市北区大将軍西町1番地
■食養相談室／TEL075-465-3553
■営業部／札幌・仙台・東京・名古屋・関西・広島・福岡　■工場／京都府宮津市