The 28th Annual Meeting of
the Japan Trace Nutrients Research Society
第 28 回日本微量栄養素学会学術集会

Program and Abstracts

講演要旨集

Saturday, June 11, 2011
Kyoto

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

第 28 回
日本微量栄養素学会学術集会
プログラム

平成 23 年 6 月 11 日

京都リサーチパーク

10：00 ～ 10：05　**開会の辞**

会　頭：鈴木鐵也（クイーンズランド大学健康科学部／En Tox）

10：05 ～ 10：35　**口頭発表**

座　長：吉田宗弘（関西大学）

10：05 ～ 10：20　講演－1　**日本酒原料米中の D－アミノ酸含量の地域差と局在性**

郷上佳孝*，岡田かおり，老川典夫

（関西大学・化学生命工）

10：20 ～ 10：35　講演－2　**収穫後包皮付スイートコーンの弱光 LED 低温照射による品質保持および旨み成分増強効果**

太田浩一*[1)]，太田万理[2)]，鈴木鐵也[2,3)]

([1)]ラムダシード株式会社,[2)]光産業創成大学院大学光産業創成研究科,

[3)] クイーンズランド大学健康科学部付属衛生化学研究センター）

10：35 ～ 11：20　**口頭発表**

座　長：渡邊敏明（兵庫県立大学）

10：35 ～ 10：50　講演－3　**子馬および母馬に対するビタミン K3 剤補給が子馬の血漿中ビタミン K 同族体濃度に及ぼす影響**

寺地智弘*，松井　徹

（京大院農・動物栄養）

10：50 ～ 11：05　講演－4　**ビオチン欠乏マウスにおけるロイシン大量摂取による有機酸代謝への影響**

安藤沙織*[1)]，松井朝義[1)]，榎原周平[1)]，湯浅正洋[1)]，福井　徹[2)]，

渡邊敏明[1)]

([1)]兵庫県立大学大学院環境人間学部環境人間学研究科,

[2)]病態生理研究所）

11：05 ～ 11：35　　**口頭発表**

座　長：松井　徹（京都大学）

11：05 ～ 11：20　講演－5　**腸管での亜鉛吸収に機能する亜鉛トランスポーター・ZIP4 の発現を促進する食品因子の探索**

橋本彩子*[1)]，木津久美子[2)]，増田誠司[1)]，永尾雅哉[1)]，成田宏史[2)]，神戸大朋[1)]

([1)]京大院・生命，[2)]京女大・家政・食物栄養）

11：20 ～ 11：35　講演－6　**施設で提供されている献立からの鉄，亜鉛，銅，マンガン摂取量の計算値と実測値との比較**

吉田宗弘*[1)]，児島未希奈[1)]，森田明美[2)]

([1)]関西大学化学生命工学部食品工学研究室，[2)]国立健康･栄養研究所）

11：35 ～ 12：05　　**口頭発表**

座　長：荒川泰昭（労働安全衛生総合研究所）

11：35 ～ 11：50　講演－7　**低鉄摂取量時における酸性キシロオリゴ糖の鉄欠乏予防効果**

小林ゆき子*，大渕貴之，福田　智，若杉悦子，濱田真衣，安井梨紗，桑波田雅士，木戸康博

（京都府大院・生命環境・栄養科学）

11：50 ～ 12：05　講演－8　**フィターゼ処理による小麦胚芽中鉄の利用性の改善**

横井克彦*[1,2)]，小池寿奈[2)]，長谷川望[2)]

([1)]聖徳大学大学院人間栄養学研究科，

[2)]聖徳大学人文学部人間栄養学科）

12：05 ～ 13：00　　**昼食・評議員会**

13：00 ～ 13：30　　**総　会**

13：30 ～ 14：40　　**特別講演**

座　長：鈴木鐵也（クイーンズランド大学健康科学部／En Tox）

13：30 ～ 14：40　　**ウナギ完全養殖達成の意義と今後の展望**

田中秀樹

（独立行政法人 水産総合研究センター増養殖研究所）

14：40 ～ 14：55　　休　憩

14：55 ～ 15：45　　ポスター要旨発表

15：45 ～ 16：45　　ポスターセッション

ポスター 1　日本人菜食主義者の脂質栄養状態の評価

細見亮太*[1)]，湯川法子[2)]，大儀倫子[2)]，福永健治[2)]，吉田宗弘[2)]

([1)]鳥取短期大学生活学科食物栄養専攻，[2)]関西大学化学生命工学部生命・生物工学科）

ポスター 2　アロマセラピー精油の不死化視床下部神経細胞に対する作用

大城なつき*[1)]，小山裕也[1)]，中村亜紀子[2)]，川原正博[1)]

([1)]九州保健福祉大学薬学部分析学講座，

[2)]九州保健福祉大学 QOL 研究機構薬学研究所）

ポスター 3　ビタミン B_1 合成酵素群の反応特性の解明

柳橋良次*，谷　泰史，斎藤茂樹，三原久明

（立命大・生命科学部）

ポスター 4　鉄・亜鉛単独もしくは同時欠乏下の血液中および肝臓中ミネラル濃度の変動

許斐亜紀*[1)]，横井克彦[2)]

([1)]愛知学泉大学家政学部家政学科管理栄養士専攻，

[2)]聖徳大学大学院人間栄養学研究科）

ポスター 5　メタロチオネインプロモーターをバイオセンサーとして利用した飼料中重金属検出法の検討

金沢　功*，石崎なつみ，小谷　恵，舟場正幸，松井　徹

（京大院農・動物栄養）

ポスター 6　Cu イオンが泡立て卵白の安定性に及ぼすメカニズムに関する一考察

下藤　悟*[1)]，大谷貴美子[1)]，野村知未[1)]，柴田　満[2)]，松井元子[1)]

([1)]京都府立大・院，[2)]畿央大）

ポスター 7　中国雲南省滇池周辺の酪農家における乳牛への硝酸態窒素負荷

安在弘樹*[1)]，大石風人[1)]，李　昆志[2)]，伊日布斯[2)]，広岡博之[1)]，稲村達也[1)]，熊谷　元[1)]

([1)]京都大学大学院農学研究科，[2)]昆明理工大学生命科学技術学院）

ポスター 8　2－クロロアクリル酸資化性細菌 *Burkholderia sp.* WS における $FADH_2$ 依存的水付加酵素 2－ハロアクリル酸ヒドラターゼの機能

Anoop Vasudevan*，藤田倫代，倉田淳志，川本　純，栗原達夫，江崎信芳

（京大・化研）

ポスター 9　牡蠣肉エキス抽出残渣の処理と有効利用に関する研究（1）. プロテアーゼを用いた加水分解条件の検討

野田春嵩*，吉田宗弘

（関西大学化学生命工学部）

ポスター 10　日本酒中の D−アミノ酸の定量と生成機構の解析

岡田かおり*，郷上佳孝，老川典夫

（関西大学化学生命工学部）

ポスター 11　緑色野菜中ビオチン含量の季節変動とその作用機序について

守木　葵，神山　伸，曽根英行*

（新潟県立大・健康栄養）

ポスター 12　亜鉛欠乏による骨への影響

宮嶋由佳*[1)]，野寺　誠[1)]，宮﨑　孝[2)]，佐藤真喜子[2)]，羽生真由子[2)]，冨永信子[3)]，鈴木政美[3)]，竹中恒夫[4)]，柳澤裕之[5)]，大野洋一[2,4)]，柴﨑智美[2)]，鈴木洋通[2,4)]

([1)]埼玉医大・保健医療学部，[2)]埼玉医大・地域医学医療センター，[3)]埼玉医大・中央研究施設実験動物部門，[4)]埼玉医大・医学部腎臓内科，[5)]東京慈恵会医科大・医学部環境医学講座）

ポスター 13　ヒジキの生育過程におけるミネラルの蓄積過程について

片山眞之[1)]，片山洋子*[1)]，笠間基寛[1)]，岸田恵津[2)]

([1)]大阪青山大学健康科学部，[2)]兵庫教育大学）

ポスター 14　市販離乳食からのヨウ素とクロムの摂取量

吉田宗弘*，野崎詩乃，乾由衣子

（関西大学化学生命工学部食品工学研究室）

ポスター 15　成年女子の“貧血のない鉄欠乏症”における亜鉛値の一考察

澤田孝子*[1)]，許斐亜紀[2)]，横井克彦[3)]

([1)]盛岡大学栄養科学部，[2)]愛知学泉大学家政学部，[3)]聖徳大学大学院人間栄養学研究科）

16：45 ～ 17：15　　口頭発表

座　長：河村幸雄（近畿大学）

16：45 ～ 17：00　講演−9　ヒドロキシケトン誘導体による活性酸素生成

村上恵子*，細川好孝，吉野昌孝

（愛知医大・医・生化）

17：00 ～ 17：15　講演－10　**蛍光イメージングによるトウガラシのカプサイシン類およびその前駆体の非破壊評価**

鈴木英夫*[1)]，太田万理[1)]，渡辺達夫[3)]，鈴木鐵也[1,2)]
([1)] 光産創大院，[2)] Univ.Queensland, EnTox,
[3)] 静岡県大院・生活健康科学）

17：15 ～ 17：45　**口頭発表**

座　長：中川平介（広島大学）

17：15 ～ 17：30　講演－11　**かき抽出エキスパウダーにおける安全性および機能性に関する報告**

西堀頼史*[1)]，鈴木陽子[1)]，岸浪昌礼[1)]，藤澤　紘[1)]，山崎則之[1)]，
松井博之[2)]，松田芳和[2)]
([1)]株式会社新薬開発研究所，[2)]日本クリニック株式会社中央研究所）

17：30 ～ 17：45　講演－12　**クロマグロのリン脂質が HepG2 と 3T3－L1 細胞の脂質代謝関連遺伝子発現に及ぼす影響**

若木泰子*[1)]，内島清隆[2)]，鵜澤有希[1)]，森山達哉[1,2)]，河村幸雄[1,2)]
([1)]近畿大院・農・応生化，[2)]近畿大・農・応生化）

17：45 ～ 17：50　**閉会の辞**

懇親会

特別講演

ウナギ完全養殖達成の意義と今後の展望

田中秀樹

（（独）水産総合研究センター 増養殖研究所）

ウナギの養殖は盛んに行われているが，現在の養殖ウナギは全て天然の稚魚（一般にシラスウナギと呼ばれているもの）を捕らえて育てたものである。日本国内での養殖には約 20 トン（1 億尾）ものウナギの稚魚が必要とされるが，資源の減少によって近年は国内の捕獲量だけではまかなえず，中国や台湾産の稚魚の輸入によって不足分を補っている。しかしながら，東アジア全体でウナギの稚魚が不漁の年には供給不足や価格の高騰を招くため，天然資源に依存しない完全養殖技術の開発が強く望まれている。完全養殖というのは，人工ふ化したウナギの雌雄を親にまで育て，それらを成熟させて卵と精子を採り，授精させて次世代のウナギの子供をふ化させることであり，このサイクルを継続できれば理論的には天然の稚魚を捕獲しなくても永遠に養殖を続けることが可能となる。

ウナギの人工ふ化の研究はわが国では 1960 年代に始められ，1973 年に北海道大学の山本喜一郎教授らのグループが世界初の人工ふ化に成功した。しかし，当時は天然の初期生態についての情報が全く無かったために，有効な餌料や適正な飼育環境が分からず，人工ふ化したウナギの仔魚（全長約 3 mm）を養殖に使える稚魚（約 5 cm）にまで育てる技術の開発は困難を極めた。90 年代初めから研究を開始した独立行政法人水産総合研究センター（以下，水研センター）養殖研究所（現 増養殖研究所 南勢庁舎）において 2002 年に世界で初めて稚魚まで育てることに成功するまで，およそ 30 年の歳月を要した。その技術は，水研センターの中でウナギ種苗生産技術開発に取り組んでいるもう一つの機関である志布志栽培漁業センター（現 増養殖研究所 志布志庁舎）にも移転され，水研センター内の２ヶ所で平行して人工ふ化ウナギを親にまで育てる取り組みが続けられてきた。2009 年末に雌雄のウナギが成熟可能な段階まで育っていることが確認できたため，2010 年初めから完全養殖実現に向けて，成熟を促進するホルモン投与が開始された。成熟が進むにつれて体調を崩すウナギが続出し，一時は完全養殖実現が危ぶまれたが，志布志栽培漁業センターでは 3 月 26 日以降，9 個体の雌から合計 200 万個以上の卵が得られ，人工ふ化２世代目の完全養殖ウナギが多数誕生した。養殖研究所でも 2 個体から受精卵が得られ，少数ながら完全養殖ウナギのふ化が確認された。ふ化した仔魚は順調に発育し，これまでに，志布志庁舎と南勢庁舎で合わせて 600 尾以上がシラスウナギに変態し，その後も発育を続けている。

完全養殖が達成されたことによって天然資源に依存しないウナギの養殖が理論的には可能となったが，現在の稚魚生産技術では年間数百尾程度の稚魚しか生産できない。実際の養殖に役立つには稚魚を大量生産する技術の開発が急務である。大量生産が可能となって養殖用の稚魚の一部を完全養殖ウナギでまかなうことが出来れば，天然のウナギ資源の保護に役立つとともに，天然稚魚の捕獲量に依存していた不安定な種苗供給を安定化することが可能となる。また，資源の減少が危惧されているウナギを世界一たくさん消費している日本は，ウナギを作り育てる技術の開発でも世界の最先端にあることを国際社会においてアピールできるであろう。また，完全養殖の達成によって，これまで不可能であった「ウナギの育種」も実現可能な課題となる。従来，魚類養殖ではごく一部の例外を除いて野生魚と遺伝的に差異のない魚を育ててきたが，今後，完全養殖ウナギが飼育下で世代を重ねることによって，野生魚よりも育てやすく，おいしく，安全･安心な「水研センターブランドのウナギ」が創出されることも期待される。

口頭発表

講演１

日本酒原料米中の D-アミノ酸含量の地域差と局在性

郷上佳孝*，岡田かおり，老川典夫
（関西大学・化学生命工）

【目的】D-アミノ酸は，生体内に存在する希少なアミノ酸と考えられてきたが，近年分析技術の発達に伴い，ヒトなどの哺乳動物の体内に遊離型 D-アミノ酸が存在することが明らかにされ，その由来や生理的機能が注目されている。先にわれわれは，日本酒中に様々な D-アミノ酸が含まれていることを明らかにした。本研究では，日本酒原料米中の D-アミノ酸含量の地域差と局在性を解明することを目的とする。

【方法】日本酒原料米を粉砕後，得られた粉末に緩衝液を添加し懸濁後，遊離 D-および L-アミノ酸を抽出した。抽出液を遠心分離後，上清にトリクロロ酢酸を添加し除タンパクした。分析試料には，15 都道府県で生産された 30 品種の日本酒原料米（合計 100 サンプル）を用いた。D-および L-アミノ酸は，高速液体クロマトグラフィーで定量した。

【結果と考察】アミノ酸分析の結果，日本酒原料米の玄米中には D-Ala，D-Arg，D-Asn，D-Asp，D-Glu，D-Gln，D-His，D-Ser，D-Val が含まれていることが明らかとなった。D-Asp は，すべての産地の日本酒原料米中に検出され，D-Ala は，兵庫県産，東広島産，広島県産，高知県産，福井県産のみに検出され，D-Ser は，山形県産，徳島県産に多く含まれ，D-Val は，北海道産，岩手県産，福島県産，福井県産，東広島産，徳島県産に多く含まれ，D-Glu は，ほとんどすべての産地の日本酒原料米中に検出され，とくに，北海道産，岩手県産の日本酒原料米中に多く含まれていることが明らかとなった。さらに，精米歩合が 50，60，70%の米には，D-Asp のみが含まれており，D-Asp は米の中心部分に存在していることが明らかとなった。一方，D-Ala，D-Ser，D-Val，D-Glu，D-His，D-Gln，D-Asn，D-Arg は，米の表層部に含まれていることが明らかとなった。以上の結果から，日本酒原料米中の D-アミノ酸の種類や濃度は，日本酒原料米の産地や精米歩合によって大きく異なることが明らかとなった。

講演２

収穫後包皮付スイートコーンの弱光 LED 低温照射による品質保持および旨み成分増強効果

太田浩一*[1)]，太田万理[2)]，鈴木鐵也[2, 3)]
([1)] ラムダシード株式会社，[2)] 光産業創成大学院大学光産業創成研究科，
[3)] クイーンズランド大学健康科学部付属衛生化学研究センター）

【目的】弱光照射 CA（controlled atmosphere）保蔵法により，収穫後青果物の保蔵期間が延長できることが知られている。このような保蔵法を収穫後食味劣化の早いスイートコーン（SC）に適用し効果を検討した。また，異なる単色の LED 光源を用いることで照射光色（波長）による弱光照射保蔵の効果について検討した。

【方法】収穫後の包皮付 SC を，約 1 日冷蔵庫に保管後，個別にフィルム包装し，1 μmol m^{-2} sec^{-1} の LED 光を均一に照射する装置に保管し，5℃の冷蔵庫に約 4 日間保管した。照射光は，暗，赤色，青色の 3 条件とした。SC 保蔵中，糖度経日変化測定のため，包皮の一部をめくり SC 粒を採取し糖度を測定した。さらに保蔵試験後－40℃で冷凍保管した SC を加熱，自然冷却したものについて，味，テクスチャーの官能試験を行った。その結果，保蔵条件によって味に違いがあることを見出し，遊離アミノ酸含量の分析を行った。

【結果と考察】官能試験の結果，弱光照射保蔵した SC は，甘み，うまみ，外観において暗下保蔵のものよりも優れていることが判明した。「甘味」については，赤色および青色で弱光照射保蔵した SC の Brix 値が暗下で保蔵したものより有意に高く，初日の Brix 値と比較しても有意差がなかったことから，赤色，青色光照射保蔵においては SC の糖度減少が抑制され，「甘味」が保持されたと考えられる。

一方，「旨み」については，弱光照射保蔵した SC 中のアスパラギン酸（Asp）量が保蔵前や暗下保蔵のものよりも増加した（青色 LED 照射保蔵では，Asp 含量が保蔵前の約 3 倍に増加）ことなどから，弱光照射保蔵により旨み成分含量が増大したといえる。しかし野菜の「旨み」はグルタミン酸（Glu），Asp 含量やそのバランスにより変わることが知られており，単純に含量が増加しただけでは「旨み」に効果的とは断定できないが，保蔵時の光条件によって SC 中の Glu，Asp 含量が変化することが明らかとなった。

結果，LED 弱光照射低温保蔵法による収穫後 SC の食味保持期間の延長および旨み成分の増強が実現された。そのメカニズムは収穫後 SC での照射光色による光合成反応や窒素固定反応への作用によるものと考察した。

講演３

子馬および母馬に対するビタミン K_3 剤補給が子馬の血漿中ビタミン K 同族体濃度に及ぼす影響

寺地智弘*，松井　徹
（京大院農・動物栄養）

【目的】ビタミン K には，ビタミン K_1，ビタミン K_2（メナキノン類），ビタミン K_3 があり，動物体内でメナキノン-4（MK-4）に変化する。ビタミン K の中で MK-4 のみが転写因子である SXR の活性化を介して骨芽細胞分化を促進することから，MK-4 が「活性型」ビタミン K であることが示唆されている。従来，ウマでは飼料中のビタミン K_1 や消化管内で合成されるメナキノン類によりビタミン K 要求量は満たされていると考えられていた。しかし，消化管内微生物による発酵が少ない離乳前の子馬ではビタミン K が不足する可能性が示唆されているものの，ウマに対してビタミン K を補給した試験は報告されていなかった。われわれは，サラブレッド種成馬を用いた先行試験において，ビタミン K_3 補給は効果的に血漿中 MK-4 濃度を上昇させることを明らかにした。本試験では，母馬の飼料および子馬のクリープフィード（離乳食）へのビタミン K_3 補給が子馬における血漿中 MK-4 濃度に及ぼす影響を検討した。
【方法】サラブレッド種雌馬をビタミン K_3 補給区（n＝4）と対照区（n＝3）に割り当てた。ビタミン K_3 補給区には，出産から 16 週間，10 mg/d となるようにビタミン K_3 を飼料に添加した。また，両区の子馬は哺乳させ，加えて生後 8 週からはクリープフィードを与えた。また，補給区の子馬のクリープフィードには 20 μg/kg 体重/d となるようにビタミン K_3 を補給した。出生 2，4，8，12，16 週後に子馬から採血を行った。また同時期の母馬からも採血を行い，血漿中 MK-4 ならびにビタミン K_1 濃度を白金カラムと蛍光検出器を装着した HPLC により測定した。
【結果と考察】両区の子馬および母馬の血漿中ビタミン K_1 濃度は 8 週齢から上昇したが，試験期間を通して両区間に差は認められなかった。補給区の子馬および母馬における血漿中 MK-4 濃度は対照区と比べ常に高かった。対照区の子馬および母馬の血漿中 MK-4 濃度は試験期間を通してほぼ一定の値を維持した。補給区の子馬の MK-4 濃度は 8 週齢（ビタミン K_3 を含むクリープフィードの投与開始時）以降上昇した。一方，補給区の母馬の MK-4 濃度は試験期間を通して，一定であった。本試験の結果から，母馬に対するビタミン K_3 剤補給により，子馬への間接的なビタミン K 補給が可能であることが示唆された。

講演４

ビオチン欠乏マウスにおけるロイシン大量摂取による有機酸代謝への影響

安藤沙織*[1)]，松井朝義[1)]，榎原周平[1)]，湯浅正洋[1)]，福井　徹[2)]，渡邊敏明[1)]
（[1)] 兵庫県立大学大学院環境人間学部環境人間学研究科，[2)] 病態生理研究所）

【目的】水溶性ビタミンの一種であるビオチンは，4 種のカルボキシラーゼの補酵素として，重要な役割を果たしている。なかでも，メチルクロトニル CoA カルボキシラーゼ（MCC）はロイシンの代謝に必要な酵素である。ビオチン欠乏により MCC の活性が低下すると有機酸の一種である 3-ヒドロキシイソ吉草酸（3-HIA）が産生され，尿中排泄量が増加する。このため 3-HIA はビオチン欠乏の早期の指標として，有用性が示唆されている。そこで，本研究ではビオチン欠乏指標として 3-HIA が有用であるか検討を行った。
【方法】Jcl: ICR 系 3 週齢雄マウスを，1 週間予備飼育した後，12 週間飼育した。飼料はビオチン欠乏飼料を用い，マウスをコントロール群（C 群）とビオチン欠乏群（D 群）に分け，C 群の飼料にはビオチン欠乏飼料にビオチンを添加した（1.71 mg/kg 飼料）。8 週目以降は C 群および D 群の一部の動物に通常の 2 倍量のロイシン（20.7 g/kg 飼料）を摂取させ，それぞれ CL 群および DL 群とし，週 1 回採尿を行った。飼育終了後，麻酔下で開腹し，腹部大動脈より採血し屠殺した。尿中 3-HIA 量は HPLC にて測定し，尿中ビオチン量は *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 を用いた微生物学的定量法により測定した。尿中のビオチン量および 3-HIA 量は，Jaffe 法を用いて測定した尿中クレアチニン量で補正した。
【結果】ビオチン欠乏動物においては，4 週目以降，体重の有意な低下が見られたが，ロイシン大量摂取による影響は認められなかった。尿中 3-HIA 量は 9 週目以降，有意に増加したが，ロイシン大量摂取による差異は見られなかった。また，尿中ビオチン量が，ビオチン欠乏により有意に減少したが，ロイシン大量摂取によって有意に増加し，コントロール動物と同じレベルとなった。
【考察】本研究では 2 倍量のロイシン摂取による尿中 3-HIA 量への影響は見られなかった。しかし，ロイシン摂取を開始してから，尿中ビオチン量がビオチン欠乏群において有意に増加した。これは，ビオチン欠乏状態でのロイシン大量摂取が体内のビオチン状態に何らかの影響を与えていることを示唆している。なお，幼若期は尿の濃縮力が低く，クレアチニンが相対的に低値であるため，クレアチニンで補正した尿中 3-HIA 量にばらつきが見られた。このことから，尿中 3-HIA 量はビオチン欠乏の指標になるが，幼若期においてはその評価に注意を払う必要があることを示している。ビオチンの栄養状態を評価するためには，3-HIA の有用性について，今後更なる検討が必要である。

講演５

腸管での亜鉛吸収に機能する亜鉛トランスポーター・ZIP4 の発現を促進する食品因子の探索

橋本彩子 *[1)]，木津久美子 [2)]，増田誠司 [1)]，永尾雅哉 [1)]，成田宏史 [2)]，神戸大朋 [1)]
（[1)] 京大院・生命，[2)] 京女大・家政・食物栄養）

【目的】亜鉛は，タンパク質の構造因子，酵素の補因子，種々のシグナルの調節因子として機能する必須微量元素である。そのため，亜鉛欠乏は味覚障害や皮膚炎，成長遅延等をもたらすことが知られている。さらに，亜鉛欠乏状態にある高齢者は，褥瘡や食欲不振，舌痛等により Quality of life が大きく低下しており，日々の食生活を通しての亜鉛の充足は極めて重要となる。食物由来の亜鉛は，おもに小腸で吸収される。この吸収過程において必須の役割を果たすのが，先天性亜鉛欠乏症（腸性肢端皮膚炎）の原因である亜鉛トランスポーターZIP4 である。ZIP4 は，亜鉛欠乏時に分解が抑制され，小腸上皮細胞頂端膜に蓄積して小腸上皮細胞内への亜鉛の取り込みに働く。本研究は，亜鉛欠乏を予防する効果のある食品を見出だすことを目的に，ZIP4 の発現に影響を与える因子の探索スクリーニング系を構築し，ZIP4 の発現を促進する食品因子の探索を行った。
【方法】Hepa 細胞は，小腸上皮細胞と同様に亜鉛欠乏状態で ZIP4 を発現する性質を有する。この Hepa 細胞に，亜鉛濃度に応じて発現が上昇するメタロチオネインのプロモーター制御のもと，分泌型のアルカリフォスファターゼ（Secreted Alkaline Phosphatase: SEAP）を発現する形質を導入し，SEAP-Hepa 細胞を樹立した。従って，本 SEAP-Hepa 細胞を用いたスクリーニング系は，ZIP4 の発現増加にともない細胞内の亜鉛量が増大すると SEAP が増加するため，ZIP4 の発現変化と細胞内亜鉛量の変化を同時にモニターすることができる。種々の食品サンプルを，SEAP-Hepa 細胞の培養液中に終濃度 1%となるよう添加し，24 時間培養後，全細胞および培養上清を回収した。細胞可溶化後，タンパク質 20 μg を用いて Western blotting 解析し，ZIP4 の発現の検出を行った。同時に培養上清の SEAP 活性を測定し，それらの発現や活性を増加させる食品サンプルを探索した。
【結果と考察】200 を超える食品サンプルを検討した結果，複数のサンプルに ZIP4 の発現促進効果が認められた。さらに解析を進めた結果，大豆イソフラボン抽出画分サンプルにおいて ZIP4 の発現促進活性を認め，本サンプル添加培地における培養上清中の SEAP 活性も有意に増加していた。従って，この大豆イソフラボン抽出画分サンプルは，ZIP4 の発現を促進し，細胞内亜鉛量を増加させる効果を持つと考えられる。本報告は，ZIP4 の発現促進効果を持つ食品成分として初めての報告となる。

講演６

施設で提供されている献立からの鉄，亜鉛，銅，マンガン摂取量の計算値と実測値との比較

吉田宗弘 *[1)]，児島未希奈 [1)]，森田明美 [2)]
（[1)] 関西大学化学生命工学部食品工学研究室，[2)] 国立健康・栄養研究所）

食品成分表にもとづく栄養素摂取量の計算値は，献立設計や食事評価において重要である。計算値と化学分析にもとづく真の摂取量との関連の検討はしばしば行われており，エネルギーと主要栄養素では両者間の高い一致性が認められている。しかし，一部のビタミンやミネラルでは計算値と実測値が一致しないことがあり，無視できない調理損耗があるといわれている。本研究では，施設で提供されている献立からの鉄，亜鉛，銅，マンガン摂取量の計算値と実測値との関連を検討した。
【方法】複数の病院および介護施設で提供されていた献立 25 検体（朝食 8，昼食 9，夕食 8）を収集し，1 食ごとに凍結乾燥後，細粉化し，分析用試料とした。試料を硝酸と過塩素酸で灰化後，鉄，亜鉛，銅，マンガンをフレーム式原子吸光光度計で定量し，摂取量の実測値を得た。また，五訂食品成分表を用いたこれら微量ミネラルの摂取量計算値を各施設から得た。
【結果】25 食すべてを用いて摂取量の計算値（X）と実測値（Y）との関連を検討すると，亜鉛では $Y=0.638X+0.312$（$r=0.863$），銅では $Y=0.692X-0.026$（$r=0.872$），マンガンでは $Y=0.607X+0.119$（$r=0.901$）の回帰式が得られた。一方，鉄摂取量の計算値と実測値との関連は，25 食すべてを用いると $r=0.261$ の低い相関だったが，計算値と実測値との乖離が著しい 1 食を除くと $Y=0.499X+0.293$（$r=0.608$）の回帰式が得られた。
【考察】鉄の計算値と実測値が著しく乖離した献立は，食材の水戻しヒジキが成分表になく，乾燥ヒジキの値を流用して計算が行われていた。成分表にない食材に類似食材の数値の転用は危険といえる。4 種の微量ミネラルの計算値と実測値の回帰式は，いずれも原点近くをとおり，相関係数は比較的大きいが，傾きはおおむね 0.5～0.7 の範囲だった。すなわち，今回の献立ではこれらのミネラルの調理損耗が 30～50%だったといえる。ミネラルの調理損耗はミネラルの種類に関わらず 25%程度といわれるが，今回の結果はこれよりも大きい。今回の施設での献立には煮物のように損失が大きくなる調理法のものが多いからかもしれない。食事摂取基準で設定されている数値は実測値を使った研究がベースになっていることから，献立を設計する場合などにおいては，調理損耗に留意する必要がある。

講演７

低鉄摂取量時における酸性キシロオリゴ糖の鉄欠乏予防効果

小林ゆき子*，大渕貴之，福田　智，若杉悦子，濱田真衣，安井梨紗，桑波田雅士，木戸康博
（京都府大院・生命環境・栄養科学）

【目的】難消化性オリゴ糖のひとつである酸性キシロオリゴ糖（U-XOS）は，これまでに還元作用および可溶化作用による鉄吸収促進効果を有することが明らかにされている。本研究では，U-XOS 摂取による鉄欠乏性貧血予防効果について，体重変化が安定した成熟ラットを使って検討した。

【方法】SD 系雌性ラット 20 週齢を 3 群に分け，20%カゼイン食（C 群，n＝6，4.0 mg Fe /100 g diet），低鉄 20%カゼイン食（LI 群，n＝6，0.4 mg Fe /100 g diet）および U-XOS 混合低鉄 20%カゼイン食（LI-X 群，n＝7，0.4 mg Fe /100 g diet）を 4 週間与えた。実験期間終了時に解剖し，血液生化学的指標（ヘモグロビン濃度，ヘマトクリット値，TIBC，UIBC，血清鉄濃度，トランスフェリン飽和度），臓器重量，小腸粘膜二価金属イオン輸送担体（DMT1）およびフェロポルチン mRNA 発現量および肝臓鉄量を測定した。

【結果と考察】実験期間終了時，すべての食事群のヘマトクリット値およびヘモグロビン濃度に有意な違いは示されなかったが，LI-X 群と LI 群の血清鉄濃度は C 群に比べ有意に低値であり，LI-X 群と LI 群は貧血のない潜在的な鉄欠乏状態であった。そのため LI-X 群と LI 群の TIBC と UIBC は C 群に比べ有意に増加していた。また，TIBC，UIBC およびトランスフェリン飽和度について LI-X 群と LI 群の間に有意差は示されなかった。一方，鉄摂取量低下による LI-X 群の肝臓鉄量の減少は LI 群よりも抑制されており，小腸粘膜の DMT1 とフェロポルチンの mRNA 発現量においても肝臓鉄量を反映する結果であったことから，鉄摂取量が少ない時に U-XOS を同時に摂取すると，貯蔵鉄を保護することが示された。それゆえ，U-XOS は鉄欠乏性貧血の予防効果を有することが推察された。

講演８

フィターゼ処理による小麦胚芽中鉄の利用性の改善

横井克彦*[1,2]，小池寿奈[2]，長谷川望[2]
（[1] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科，[2] 聖徳大学人文学部人間栄養学科）

【目的】鉄欠乏は世界でもっとも多い栄養性疾患であり，貧血，運動能力の低下，学習能力の低下，労働生産性の低下などを生ずる。鉄欠乏克服のために，利用性の高い鉄を含む食品の開発が必要である。小麦胚芽は鉄を多く含むが，同時に鉄吸収を阻害するフィチン酸を含む。そこで，小麦胚芽をフィターゼで処理し，ラットを用いたバイオアッセイ（K Yokoi et al. Br J Nutr 102:215, 2009）で鉄利用効率を測定し，フィターゼの効果を検討した。

【方法】F344/N 系 3 週齢雄ラット 32 匹にまず 4 週間鉄欠乏飼料を与えて鉄欠乏状態とした上で，血液中ヘモグロビン濃度を測定し，硫酸第一鉄飼料，未処理小麦胚芽飼料，フィターゼ処理小麦胚芽飼料，鉄欠乏飼料を与える 4 群に分けた。さらに 3 週間飼育し，再度血液中ヘモグロビン濃度を測定した。2 回のヘモグロビン濃度の差と体重から，硫酸第一鉄を 100%とした時の相対的鉄利用効率（Relative biological value, RBV）を算出した。なお，小麦胚芽は米国産小麦を用い，重量比 0.7%の比率でフィターゼ（天野エンザイム株式会社，名古屋）を混合し，40℃で 1 時間反応させた後，60℃で熱風乾燥した。フィチン酸は（財）日本食品分析センターで分析した。飼料および小麦胚芽は硝酸で灰化し，原子吸光法で鉄濃度を測定した。データは Fisher の PLSD で統計処理を行い，有意水準は 5%とした。

【結果】実験に使用した小麦胚芽中鉄含有量は，未処理のものが 92 μg/g，フィターゼ処理のものが 98 μg/g であった。RBV は，硫酸第一鉄飼料が 1.00±0.07（mean±SD, n＝7），未処理小麦胚芽飼料が 0.65±0.06（mean±SD, n＝6），フィターゼ処理小麦胚芽飼料が 0.76±0.04（mean±SD, n＝6）であり，全群の間に有意差が認められた。フィターゼ処理小麦胚芽の鉄利用率は，未処理小麦胚芽の鉄利用率の 1.16 に相当し，フィターゼ処理によって 16%の利用性の向上が認められた。フィチン酸の含量は，未処理小麦胚芽が 2.3(w/w)%，フィターゼ処理胚芽が 1.5(w/w)%であり，フィターゼ処理により 35%減少した。

【考察】未処理小麦胚芽中鉄の RBV は 0.65 であった。同じ方法で測定したクエン酸鉄およびココア中鉄の RBV は 0.5 程度であり，未処理小麦胚芽中鉄には中等度の利用性があると考えられる。フィターゼ処理した小麦胚芽中鉄の利用効率は 0.76 であり，比較的利用性が高いと思われる。以上の結果から，フィターゼ処理は，小麦胚芽中鉄の利用性を向上させるのに有効であると考えられた。

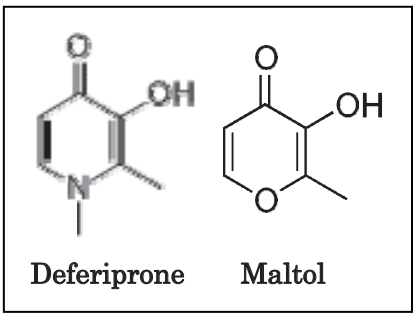
講演９

ヒドロキシケトン誘導体による活性酸素生成

村上恵子*，細川好孝，吉野昌孝
（愛知医大・医・生化）

複素環であるピラン環およびピリジン環をもつヒドロキシケトン化合物は強力な鉄キレート能をもつが，中でもピラン環のマルトール鉄複合体は活性酸素を生成し，アポトーシスを誘導する。ピラン化合物と類似した性質をもつピリジン環のヒドロキシケトンであるデフェリプロン（3-ヒドロキ-1，2-ジメチル-4-ピリドン）はその鉄キレート作用が地中海貧血，フリードライヒ失調症などの治療に応用されているが，その副作用として補助因子に鉄をもつアコニターゼを失活させることが報告されている。今回デフェリプロンの作用を検討し，アコニターゼの失活は鉄の除去によるものではなく，マルトールと同様の活性酸素生成によることを明らかにした。

【結果】1. デフェリプロンは 0.2-0.5 mM の濃度でパン酵母アコニターゼを失活させた。この失活には Fe^{2+} 0.05 mM とカタラーゼを阻害するアジ化ナトリウム 1 mM の共存が必須であるが，シトクロムオキシダーゼを阻害する 1 mM シアン化ナトリウムはアジ化ナトリウムの効果を増強したが必須ではなかった。



2. マルトール（3-ヒドロキシ-2-メチル-4-ピロン）は 0.05 mM Fe^{2+}存在下に 2 mM 以上の濃度でパン酵母アコニターゼを失活させた。この失活にはシアン化ナトリウムが必須であった。アジ化ナトリウムはシアンによる失活を増強したが単独では効果がなかった。
3. デフェリプロン，マルトールによるアコニターゼの失活はテンポール 5 mM の添加によって抑制された。
4. 両化合物共 Fe^{2+}の自動酸化を促進した。

【考察】アコニターゼは活性酸素に最も感受性の高い酵素であり，活性酸素のセンサーとなり，その失活は TCA 回路，エネルギー生成系の阻害を引き起こす。デフェリプロンによるアコニターゼの失活は補助因子の鉄の除去によるものではなく，二価鉄複合体による酸素分子の還元によって生成する過酸化水素によるものと推測された。一方，マルトール/二価鉄は 1 電子還元によるスーパーオキシドの生成による直接作用と推測された。デフェリプロンの過酸化水素生成能は天然物質であるマルトールより強力であり，吸収されれば毒性を示す可能性が強いと思われる。

講演 10

蛍光イメージングによるトウガラシのカプサイシン類およびその前駆体の非破壊評価

鈴木英夫*[1)]，太田万理[1)]，渡辺達夫[3)]，鈴木鐵也[1, 2)]
([1)] 光産創大院，[2)] Univ.Queensland, EnTox，[3)] 静岡県大院・生活健康科学）

【目的】トウガラシの辛味成分カプサイシン類（バニリルアミンの分岐鎖脂肪酸アミド）は胎座組織で合成・蓄積され，エネルギー代謝の亢進作用の他生体に有用な多くの生理作用を示す。その生合成経路ではいくつかの前駆体が関与しているため，これらの分布を非破壊的にイメージングすることを検討し，カプサイシン類を含まないピーマンとの比較を考察した。

【方法】HPLCによるカプサイシンの紫外蛍光の報告から，励起光にQスイッチNd: YAGレーザーの第４高調波266 nm を用い，紫外蛍光画像および蛍光スペクトルをそれぞれ裏面入射型CCDビデオカメラおよび同仕様のマルチチャンネル分光器（ともに浜ホト製）で計測した。試料には低辛味トウガラシ（*C.annuum*）の果実について胎座を含む横ならびに縦断面に切片を取り断面全域に励起光が照射されるように配置して測定に供した。また緑色および赤色ピーマンの果実も同様にして測定するとともに，カプサイシンとその前駆体の試薬の蛍光スペクトルも計測した。

【結果】低辛味トウガラシおよびピーマンを 266 nm で励起した場合，いずれも胎座部分から波長 309 nm～330 nm の強い蛍光を認めたが，トウガラシ試料では照射開始後８分で蛍光がほぼ消滅した。紫外蛍光を用いることにより，カプサイシン類の半定量的イメージングが可能であることが示唆された。

【考察】発光波長とカプサイシンならびにその前駆体であるバニリルアミンには共通の発光波長が認められたが，その他の前駆体では異なった発光波長帯を示したことから，4-hydroxy-3-methoxybenzyl 構造が 266 nm 励起による 309 nm ～330 nm での蛍光に起因していると結論出来る。

カプサイシン類にはカプサイシン，ジヒドロカプサイシン，ノルジヒドロカプサイシン等の他，辛味を呈さないカプサイシン類が発見されている。また，まったく新しいカプサイシン類の育種などが進められていることから，紫外部蛍光検出によるカプサイシン類の非破壊的イメージングによる検出，定量評価法は，品質管理のみならず，育種領域でも役立つと考えられる。

講演 11

かき抽出エキスパウダーにおける安全性および機能性に関する報告

西堀頼史*[1)]，鈴木陽子[1)]，岸浪昌礼[1)]，藤澤　紘[1)]，山崎則之[1)]，松井博之[2)]，松田芳和[2)]
（[1)] 株式会社新薬開発研究所，[2)] 日本クリニック株式会社中央研究所）

【目的】牡蠣は，グリコーゲン，脂溶性・水溶性ビタミン，亜鉛およびタウリンなど多くの栄養素を含有し，また種々の生体への有効性や機能性が報告されている。われわれは，牡蠣における種々の報告に着目し，真牡蠣を原材料としたかき抽出エキスパウダー（日本クリニック株式会社提供）について，下記の検討を実施したので報告する。
①ウサギにおけるかき抽出エキスパウダーとアスピリンの併用投与による血小板凝集抑制への影響。
②ウサギにおけるかき抽出エキスパウダーとチクロピジンの併用投与による血小板凝集抑制への影響。
③ラットにおけるかき抽出エキスパウダーとワルファリンの併用投与による血液凝固抑制への影響。
④ラットにおけるかき抽出エキスパウダー投与における海馬中の総グルタチオン量への影響。
【方法】①ウサギ，Kbs: JW（Healthy）に，かき抽出エキスパウダー（200，500 mg/kg/day）を 7 日間投与し，投与 7 日の投与 30 分後にアスピリン（50 mg/kg）を投与した。アスピリン投与前，投与後 30 分および 3 時間後に採血し，常法により血小板溶液を調製した。血小板凝集惹起物質（コラーゲン，アラキドン酸）を添加し，血小板凝集率を測定した。
②かき抽出エキスパウダーとチクロピジン（100 mg/kg）を投与し，血小板凝集惹起物質（ADP，トロンビン）を用い①と同様に血小板凝集率を測定した。
③6 週齢の Crl:CD(SD) (SPF)ラットに，かき抽出エキスパウダー（200，500 mg/kg/day）を 7 日間投与し，投与 6 日の投与 30 分後にワルファリン（1 mg/kg）を投与し，血液凝固時間の測定を行った。
④③の検討時に，海馬中の総グルタチオン量を測定した。
【結果と考察】①②アスピリンまたはチクロピジンとの併用投与による血小板凝集抑制への影響は認められなかった。
③ワルファリンとの併用投与による血液凝固抑制への影響は認められなかった。
④かき抽出エキスパウダー投与両群において，対照群に比べ総グルタチオン量は有意な高値が認められた。老化および認知症の発症に酸化ストレスが関与することが考えられており，老化や認知症などの予防・治療に有用である可能性が示唆された。

講演 12

クロマグロのリン脂質が HepG2 と 3T3-L1 細胞の脂質代謝関連遺伝子発現に及ぼす影響

若木泰子*[1)]，内島清貴[2)]，鵜澤有希[2)]，森山達哉[1, 2)]，河村幸雄[1, 2)]
（[1)] 近畿大院・農・応生化，[2)] 近畿大・農・応生化）

【目的】マグロはわが国で消費量の高い大型魚類である。おもに筋肉部位が食用として利用され，内臓は廃棄物として処理されている。リン脂質は脂質代謝において，コレステロール代謝を改善することが，また，マグロに多く含まれる DHA 結合型リン脂質は，卵黄由来リン脂質よりも脂肪酸合成酵素の遺伝子発現を減少させることが動物実験により報告されている。しかし，脂肪組織や培養細胞レベルでのリン脂質の脂質代謝に対する作用については明らかにされていない。そこで，本研究ではヒト由来 HepG2 肝臓細胞およびマウス由来 3T3-L1 脂肪細胞を用いて，リン脂質の脂質代謝への影響を評価した。
【方法】マグロ肝臓から総脂質を抽出し，HPLC により分取を行い PC および PE 画分を得た。細胞添加試験の予備試験としてリン脂質標準品 3 種（卵黄由来 PC，DHA 結合型 PC および PE）の効果を HepG2 細胞で検討し，脂質代謝への影響を確認した。また，分化誘導後 10 日目の成熟した 3T3-L1 脂肪細胞においてマグロ肝臓由来 PC および PE 画分の影響を調べた。リン脂質はリポソームもしくはエタノールに溶解した形で脂肪細胞に添加し，6 時間後，細胞から全 RNA を抽出し，リアルタイム RT-PCR により脂質代謝関連分子の遺伝子発現変動について解析を行った。
【結果と考察】HepG2 細胞において，3 種の精製リン脂質はいずれも脂肪酸合成酵素 ACC および FAS の遺伝子発現量を減少させる傾向を示した。とくに DHA 結合型リン脂質では，卵黄由来 PC よりも有意に低下させる効果がみられた。また，3T3-L1 脂肪細胞においてマグロ肝臓由来リン脂質の PC および PE 画分も FAS の遺伝子発現を同様に減少させたほか，脂肪細胞の分化誘導因子である PPARγや，細胞内への脂肪酸取り込みに関与する酵素 LPL の遺伝子発現量を低下させた。また，脂肪細胞から分泌される炎症系サイトカインを制御する転写因子 NF-κB の遺伝子発現も減少がみられた。これらの結果から，DHA 結合型リン脂質を多く含むマグロ肝臓由来リン脂質は，脂肪細胞における脂質合成関与分子の遺伝子発現を抑制することにより，脂質代謝を改善する効果を有することが示唆された。

ポスターセッション

ポスター１

日本人菜食主義者の脂質栄養状態の評価

細見亮太*[1)]，湯川法子[2)]，大儀倫子[2)]，福永健治[2)]，吉田宗弘[2)]
（[1)] 鳥取短期大学生活学科食物栄養専攻，[2)] 関西大学化学生命工学部生命・生物工学科）

【目的】ベジタリアン食とは，基本的に肉類等の動物性食品を控え，豆類や野菜，果物，穀類等の植物性食品を豊富に摂取する食事であり，動物性食品として魚介類あるいは卵，乳類を摂取する，また，動物性食品全般を少量摂取するなどさまざまなスタイルがある。その中でも，ビーガンと呼ばれるあらゆる動物性食品の摂取を避けるヒトたちの食事では，エネルギー，脂質や飽和脂肪酸，n-3 系脂肪酸である α-リノレン酸などの摂取量が少ないことが懸念される。本研究ではビーガンの食事を対象として食事摂取基準 2010 年版で定められている脂質，飽和脂肪酸，n-6 系脂肪酸，n-3 系脂肪酸摂取量について評価を行った。

【方法】日本に在住する女性ビーガン 11 名（30～49 歳）から 3 日分の食事，33 食分収集した。各食事を凍結乾燥後，ミルで均一，細粉化し測定用試料とした。試料から Bligh & Dyer 法に準じて脂質を抽出後，ナトリウムメトキシドを用いてメチルエステル化し，ガスクロマトグラフィーにより分析した。その際，内部標準としてヘプタデカン酸（C17 : 0）を用い，各脂肪酸量を定量した。

【結果と考察】測定したビーガン食の各脂質摂取量（中央値と範囲）は次のとおりであった。脂質摂取量（%エネルギー），19.0（6.1～34.0）；飽和脂肪酸摂取量（%エネルギー），2.4（0.8～4.6）；n-6 系脂肪酸摂取量（%エネルギー），4.4（0.9～8.0）；n-3 系脂肪酸摂取量（g/日），1.1（0.1～2.9）。

これらの結果を食事摂取基準 2010 年版において設定されている 30ー49 歳の各脂質の目標量，目安量（n-6 系脂肪酸のみ）と比較すると，n-6 系脂肪酸では目安量を上回る食事がみられるのに対して，飽和脂肪酸と n-3 系脂肪酸摂取量はほとんどの場合において目標量を下回った。

ポスター２

アロマセラピー精油の不死化視床下部神経細胞に対する作用

大城なつき*[1)]，小山裕也[1)]，中村亜紀子[2)]，川原正博[1)]
（[1)] 九州保健福祉大学薬学部分析学講座，[2)] 九州保健福祉大学 QOL 研究機構薬学研究所）

【目的】アロマセラピーは，ストレス解消など心身の不快な状態を改善するために広く使用されており，近年ではうつ病やアルツハイマー病などに対する治療効果が注目されている。アロマセラピー精油の効能については，おもに臨床試験や生理心理学的な研究によって報告されているが，患者の心身の状態や嗜好などによる個人差が大きく，精油の濃度や投与方法等によっても変化することが知られている。そこで，演者らは，多くの神経特異的蛋白を発現し，GnRH（gonadotropin-releasing hormone）分泌能を持つことから，神経内分泌系のモデルとして広く用いられている不死化視床下部神経細胞（GT1-7 細胞）を用いて，精油が神経内分泌系に及ぼす影響を *in vitro* で検討した。

【方法】GT1-7 細胞は経代培養後，trypsin-EDTA により分散，無血清条件下で培養した。H_2O_2，tamoxifen などを投与した後に，様々な精油（GAIA 社）を投与し，細胞生存率を WST-1 法により測定した。また，抗酸化活性を DPPH 法により測定し，SOD 様活性を SOD 活性キット（同仁化学）により測定した。

【結果と考察】数十種類の精油の作用を検討した結果，cinnamon，clove などの精油で顕著な DPPH 活性および SOD 様活性が観察された。しかしながら，これらの精油には H_2O_2 によって引き起こされる GT1-7 細胞の細胞死に対する保護効果は少なく，rosemary，clary sage，frankincense などに有意な保護効果が観察された。

GT1-7 細胞は，女性ホルモン（E2: ß-estradiol）受容体（ERα，ERß）を発現しており，E2 によって突起伸展や細胞生存率の増加を引き起こすことが知られている。Grapefruit，lavender，mandarin などの精油の共投与は E2 による生存率増加を促進したが，geranium は逆に細胞死を引き起こした。また，geranium 精油は，ERα アンタゴニストである tamoxifen による GT1-7 細胞の細胞死を増強した。このような効果は，geranium 精油中の既知成分である geraniol や ß-caryophyllene では観察されなかった。

これらの結果から，性ホルモン系に影響するとの知見がある geranium 精油が ER に直接的に作用している可能性が示唆された。本研究で開発した *in vitro* アッセイ系により，アロマセラピー精油の薬理作用研究の発展が期待される。

ポスター３

ビタミン B_1 合成酵素群の反応特性の解明

柳橋良次*，谷　泰史，斎藤茂樹，三原久明
（立命大・生命科学部）

【目的】*E. coli* には，IscS，CsdA，SufS と呼ばれる 3 種のシステインデスルフラーゼが存在する。本酵素は，システインをアラニンと硫黄に分解し，遊離した硫黄をペルスルフィド中間体の形でシステイン残基上に保持する。ペルスルフィドの硫黄は，チアミンおよびモリブドプテリン等の含硫バイオファクター等の生合成に利用される。チアミンはビタミン B_1 として知られ，*in vivo* ではそのほとんどが補酵素型のチアミン二リン酸として存在する。*E. coli* において，チアミン二リン酸は，システインデスルフラーゼと 12 種のチアミン合成酵素（ThiF，ThiS，ThiG，ThiH，ThiI，Dxs，ThiM，ThiC，ThiD，PdxK，ThiE，ThiL）によって生合成される。しかし，これらの酵素反応の詳細なメカニズムについては不明な点が多い。本研究では，チアミン合成酵素群の反応特性を明らかにすることを目的として，チアミン生合成経路の *in vitro* 再構成系構築について検討を行った。

【方法】チアミン合成関連遺伝子をそれぞれ導入した大腸菌の無細胞抽出液を調製し，SDS-PAGE により各タンパク質の発現を調べた。また，ThiF，ThiS，ThiG，ThiH を共発現させるために，大腸菌 W3110 株より *thiFSGH* オペロンをクローニングし，その発現を確認した。大腸菌抽出液を用いた酵素反応系により Thz-P の合成を試みた。

【結果と考察】合成酵素（15 種）は，すべて可溶性画分に発現した。チアミンリン酸の前駆体である 4-アミノ-5-ヒドロキシメチル-2-メチルピリミジン二リン酸（Hmp-PP）は， 4-アミノ-5-アミノメチル-2-メチルピリミジンを原料とした有機合成反応と，ThiD 発現大腸菌抽出液を用いたリン酸化により合成した。もう一つの前駆体である 4-メチル-5-（β-ヒドロキシエチル）チアゾールリン酸（Thz-P）の合成においては，ThiM を利用する合成経路とシステインデスルフラーゼを利用する合成経路が存在する。Thz を ThiM 発現大腸菌抽出液でリン酸化することで前者の経路を再現した。一方，後者の経路を確立するために，ThiFSGH 発現大腸菌抽出液に，Na_2S および $FeCl_3$ を添加し，嫌気的条件下で ThiH の Fe-S クラスターの再構成を行った。これに，ThiI および IscS 発現大腸菌抽出液，基質等を混合して反応させ，Thz-P を得た。さらに，Hmp-PP および Thz-P を ThiE 発現大腸菌抽出液とともにインキュベーションしたところ，いずれの場合においてもチアミンリン酸の合成が認められた。

ポスター４

鉄・亜鉛単独もしくは同時欠乏下の血液中および肝臓中ミネラル濃度の変動

許斐亜紀*[1)]，横井克彦[2)]
([1)] 愛知学泉大学家政学部家政学科管理栄養士専攻，[2)] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科）

【目的】鉄と亜鉛は食事からの補給源と吸収阻害因子がほぼ同じであるために，ヒトでは鉄欠乏と亜鉛欠乏が併発しやすい。わが国では，とくに若年世代で鉄と亜鉛の摂取量が食事摂取基準の推奨量に満たず，鉄と亜鉛の同時欠乏の蔓延が危惧される。しかし，鉄と亜鉛の同時欠乏の生体影響は殆ど分かっていない。そこで，鉄と亜鉛の同時欠乏が血漿中および肝臓中の各種ミネラル濃度に与える影響を報告する。

【方法】SD 系 4 週齢雄ラット 40 匹を体重に差がないように 4 群：対照群（AIN-93G，35 mg Fe，30 mg Zn/kg diet；Cont 群），重度鉄欠乏群（Fe 無添加，30 mg Zn/kg diet；-Fe 群），中等度亜鉛欠乏群（35 mg Fe，4.5 mg Zn/kg diet；-Zn 群），鉄・亜鉛同時欠乏群（Fe 無添加，4.5 mg Zn/kg diet；-Fe-Zn 群）に分けた。カゼインは 1%および 0.5%EDTA 溶液で洗浄した後，MilliQ 水ですすぎ，ミネラルを除去した。このカゼインを用いて各飼料を作成した。4 週間の飼育後に，腹部大動脈から採血した血液を遠心して血漿を得た。この血漿を 0.05%EDTA 溶液で 20 倍希釈した後，ICP-MS（島津製作所 ICPM-8500）で各種ミネラル（Mg，Ca，Mn，Ni，Cu，Zn，As，Se，Mo）濃度を測定した。Fe 濃度は溶血の影響を削除するために，和光純薬社製比色キットで測定した。肝臓は採取後，−80℃で保存したものを硝酸による湿式灰化法で前処理を行い，分析に用いた。データは多重比較および 2 元配置分散分析で解析し，危険率 5%を有意とした。

【結果】血漿中ミネラル濃度に亜鉛の主効果が見られたものは，Mg，Fe， Zn， Se であった。鉄の主効果が見られたものは Mg，Fe，Zn，Se，Mn，Mo であった。交互作用が見られたものは，Ca，Fe，Se，Mn であった。肝臓中ミネラル濃度に亜鉛の主効果が見られたものは，As，Rb，Mn，Co，Fe，Zn であった。鉄の主効果が見られたものは Se，Mo，Fe，Cu であった。交互作用が見られたものは Se，Fe であった。

ポスター５

メタロチオネインプロモーターをバイオセンサーとして利用した飼料中重金属検出法の検討

金沢 功*，石崎なつみ，小谷 恵，舟場正幸，松井 徹
（京大院農・動物栄養）

【目的】近年，資源リサイクルの観点から，汚泥肥料の利用や新しい飼料資源の開発が進められており，重金属の汚染が危惧される。飼料中の重金属汚染は監視される必要がある。As，Cd，Hg，Pb といった重金属は基準値が定められているが，個々の重金属の分析には多大な労力を要し，それぞれ特殊な機器が必要である。メタロチオネイン(MT)は，様々な重金属により活性化された金属転写因子 - 1 (MTF-1) が, MT プロモーター領域の MRE と結合することによって発現が誘導される。本研究では MT 遺伝子発現系をバイオセンサーとして応用し，飼料中の様々な重金属を検出する方法の開発を試みた。
【方法】MRE を含む MT-1 遺伝子のプロモーターにルシフェラーゼ (Luc) 遺伝子を結合させたレポーター遺伝子 (MT-1 Luc) と MTF-1 遺伝子を HepG2 細胞に導入した。5 μM の Zn 添加または無添加の無血清培地中に V，Ni，Zn，As，Rb，Cd，In，Sn，Hg，Pb あるいは Bi を加え，Luc 活性による検出を試みた。さらに，イネサイレージ（RS）中 Cd の検出も試みた。
【結果と考察】In，Hg あるいは Bi を 10 μM になるように培地に添加したところ Zn 存在下においてのみ MT-1 Luc 転写促進が確認された。一方，V，Ni，Rb，Sn ならびに Pb 添加した培地の場合，Zn の存否に関わらず Luc 活性は認められなかった。また，Cd と As では Zn 添加においてのみ Luc 活性が著しく増加した。Cd を 10 μM 添加したところ，細胞死が確認されたので, Cd は 1 μM で試験した。用量反応を検討したところ, Zn は 10 μM, As は 2.5 μM, Cd は 0.013 μM, Bi は 1 μM, In と Hg は 10 μM 以上で検出された。飼料中重金属の検出には Zn 含量 (通常は 1.5 mmol/kg 以下) を考慮する必要がある。重金属の検出下限の対 Zn 検出下限比は, 0.25 (As), 0.0013 (Cd), 0.1 (Bi), 1 (In, Hg) となり, 飼料に含まれる 375 μmol/kg の As，2.0 μmol/kg の Cd，150 μmol/kg の Bi，1.5 mmol/kg の In と Hg が Zn の影響を受けずに検出可能であることが推察された。RS の湿式灰化液を培地に添加したところ，RS 中 2 μmol/kg の Cd は検出されなかったが，13 μmol/kg の Cd は検出された。牧草の Cd 基準値は 1 mg/kg 飼料（約 9 μmol/kg)であり，本方法を用いて，基準値を上回る Cd を検出可能であることが示された。

ポスター６

Cu イオンが泡立て卵白の安定性に及ぼすメカニズムに関する一考察

下藤 悟*[1)]，大谷貴美子[1)]，野村知未[1)]，柴田 満[2)]，松井元子[1)]
([1)] 京都府立大・院，[2)] 畿央大）

【目的】メレンゲの調製に銅ボウルを用いると良質なメレンゲが出来ることが知られているが，そのメカニズムについて詳細な検討はされていない。すでにわれわれは Cu イオンが泡立て卵白の安定性や物性などの特性に影響を及ぼしている可能性があることを報告[1)]した。そこで本研究では，Cu イオンが泡立て卵白の安定性に及ぼすメカニズムを明らかにすることを目的とした。
【方法】卵白は無塩凍結卵白 P（キューピー製）を流水解凍したものを用い，銅標準液（$Cu(NO_3)_2$）を添加したもの，2-メルカプトエタノールを添加したものについて泡立て卵白の特性を検討した。ボウルは銅製およびガラス製のものを用いた。泡立て卵白の特性の評価は，比重，離液量，離液の粘性測定（BROOKFIELD VISCOMETER DV-1 Prime），マイクロスコープによる気泡の観察（KEYENCE VHX-1000），泡沫の動的粘弾性測定（UBM 株式会社 Rheosol-G3000）によって行った。
【結果と考察】銅ボウルで調製することで泡立て卵白の安定性が向上した。また，銅標準液を添加した卵白をガラスボウルで調製した場合でも同様の効果が得られた。このことから，Cu イオンが泡立て卵白の安定性に関与していることが示された。また 2-メルカプトエタノールを添加した卵白を銅ボウルにて調製するとさらに安定性が高くなった。このことから Cu イオンが卵白タンパク質の SH 基に反応し，泡立て卵白の安定性に寄与していることが示された。動的粘弾性測定の歪み依存性測定より，銅ボウルを用いて調製した泡立て卵白は，ガラスボウルのものと比べてクロスオーバーポイントが高く，安定性が高いことが示された。また，離液の粘性はボウルの種類による差がなかったことから，Cu イオンは破泡を防ぐことで安定性を高めている可能性が示唆された。マイクロスコープによる気泡の観察より，銅ボウルで調製した泡立て卵白は，ガラスボウルで調製したものと比べ，調製から 120 min 経過後においても小さい気泡が多く残っており，破泡が抑制されている可能性が示された。安定性の向上のメカニズムとして Cu イオンが卵白タンパク中の SH 基に影響し，泡膜を破れにくくしている可能性が示唆されたが，その詳細についてはさらに現在検討中である。

[1)] 下藤ら(2010)，泡立て卵白の品質に及ぼす銅イオンの影響，微量栄養素研究 27：7-12.

ポスター７

中国雲南省滇池周辺の酪農家における乳牛への硝酸態窒素負荷

安在弘樹*[1)]，大石風人[1)]，李　昆志[2)]，伊日布斯[2)]，広岡博之[1)]，稲村達也[1)]，熊谷　元[1)]
（[1)] 京都大学大学院農学研究科，[2)] 昆明理工大学生命科学技術学院）

【目的】中国雲南省に位置する滇池の南東岸の園芸作地域では，作物に対する不適切な施肥管理の結果，作物中に高濃度の硝酸態窒素が蓄積していることが予想され，また，周辺の酪農家では同地域で生産されている蔬菜･花弁の残渣および市場規格外品を乳牛に対して大量に給与しているため，乳牛が過剰に硝酸塩を摂取していることが危惧されている。反芻動物において摂取する硝酸塩が過剰になると中毒症状を引き起こすおそれがあるが，当該地域で飼養されている乳牛における硝酸態窒素負荷の状況は明らかになっていない。そこで，本研究では同地域酪農家における給与飼料中の硝酸塩含量から硝酸態窒素負荷を定量化した。

【方法】滇池南東岸の畑作地域における酪農家 5 戸を対象に，2009 年 9 月から 2010 年 9 月にかけて飼料給与量を調査した。給与飼料は各飼料別にサンプリングを行い，硝酸態窒素含量を測定した。また，補足的にその中の 2 農家において乳牛の血液を採取し，血中のメトヘモグロビン量を測定した。

【結果と考察】5 農家における蔬菜・花弁残渣給与量は 1 日 1 頭あたり原物で 28.4～50.0 kg であり，乾物重量で総給与飼料の 25%～31%を蔬菜･花弁残渣が占めた。蔬菜･花弁残渣のうちパセリ，ステムレタス，ムラサキキャベツ，アブラナ，カーネーションにおける硝酸態窒素含量は乾物中 0.14～0.37%であり，Bradley ら(1940)による基準において中毒防止のために給与量を制限すべき含量(乾物中 0.1～0.4%)であると考えられた。さらに，セロリ，ブロッコリーにおける硝酸態窒素含量はそれぞれ乾物中 1.36%，0.59%であり，同基準において中毒の危険があるため給与すべきでない含量(乾物中 0.4%以上)であると考えられた。一方，総飼料中の硝酸態窒素含量は乾物中 0.15～0.19%で農水省草地試験場(1988）の許容限界(乾物中 0.2%以下)をわずかに下回っていた。血中の全ヘモグロビンに占めるメトヘモグロビンの割合は全試料において 10%以下であったことから，調査時点で乳牛が急性的な硝酸塩中毒に陥っている可能性は低いと考えられた。一方，給与される蔬菜・花弁残渣の種類，量および給与方法によっては乳牛が直ちに中毒に陥るおそれがあり，当該地域の酪農家において蔬菜残渣の給与による乳牛の硝酸塩過剰摂取に注意を払う必要があることが示唆された。

ポスター８

2-クロロアクリル酸資化性細菌 *Burkholderia* sp. WS における $FADH_2$ 依存的水付加酵素 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼの機能

Anoop Vasudevan*，藤田倫代，倉田淳志，川本　純，栗原達夫，江崎信芳
（京大・化研）

【目的】フラビン酵素の大部分は酸化還元反応に関与するが，少数ながら酸化還元以外の反応を触媒するフラビン酵素が知られている。われわれは有機ハロゲン化合物の微生物代謝を研究する過程で，2-クロロアクリル酸（2-CAA）資化性細菌 *Pseudomonas* sp. YL が 2-CAA や 2-ブロモアクリル酸への水付加反応を触媒する新規フラビン酵素 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼを生産することを見いだした。本酵素は $FADH_2$ 依存的に基質への水付加反応を触媒する点でユニークな酵素である。一方，われわれが先に 2-CAA 資化性細菌として分離した *Burkholderia* sp. WS では，2-CAA を炭素源とした際に，2-ハロアクリル酸ヒドラターゼホモログとともに，2-CAA の不斉還元を触媒する 2-ハロアクリル酸レダクターゼが誘導生産された。本研究では，*Burkholderia* sp. WS が生産する 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼホモログの機能を明らかにするとともに，これらのタンパク質の 2-CAA 代謝への寄与を明らかにすることを目的とした。

【方法】2-CAA を炭素源として培養した *Burkholderia* sp. WS の 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼ活性を測定した。また，乳酸，フマル酸，2-クロロプロピオン酸などが 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼの生産性におよぼす影響を調べた。一方，*Burkholderia* sp. WS の 2-ハロアクリル酸レダクターゼおよび 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼホモログの遺伝子を破壊し，両酵素の 2-CAA 資化能への寄与を調べた。

【結果と考察】2-CAA を炭素源として培養した *Burkholderia* sp. WS の細胞抽出液中に，$FADH_2$ 依存的に 2-CAA からの塩化物イオン脱離を触媒する 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼ活性を見いだした。また，本酵素活性に必要な $FADH_2$ が，NADH による FAD の還元によって生成することを見いだした。本菌の 2-ハロアクリル酸ヒドラターゼは 2-CAA を炭素源としたときに誘導生産され，乳酸やフマル酸を炭素源とした場合には誘導されなかった。2-ハロアクリル酸レダクターゼ遺伝子を破壊した場合，2-CAA を炭素源とした培地での生育速度は低下しなかったが，2-ハロアクリル酸ヒドラターゼ遺伝子を破壊した場合は 2-CAA 培地でほとんど生育しなくなった。以上のことから，本菌の 2-CAA 資化においては，2-ハロアクリル酸ヒドラターゼが主要な役割を担っていることが明らかとなった。

ポスター９

牡蠣肉エキス抽出残渣の処理と有効利用に関する研究(1).

プロテアーゼを用いた加水分解条件の検討

野田春嵩*，吉田宗弘
（関西大学化学生命工学部）

【目的】牡蠣は，グリコーゲン，タウリン，亜鉛など，様々な機能性成分を含有する食品である。このため，これらの機能性成分を種々の方法で抽出・濃縮した牡蠣肉エキスが市販されている。一方，エキスを抽出した後の牡蠣肉残渣については，これまで廃棄物として扱われてきた。しかし，エキス抽出後の残渣には，牡蠣肉の主要成分であるタンパク質が残存している。近年，水産物中のタンパク質，およびその加水分解物には種々の機能が見いだされていることから，廃棄されている牡蠣肉残渣中にも新規な機能性成分が存在している可能性がある。本研究では，牡蠣肉エキス抽出後の残渣の有効利用を図る目的で，プロテアーゼによる残渣の加水分解条件について検討した。

【方法】牡蠣肉エキス抽出後の残渣（水分含量約 60%）を凍結状態で粉砕し，加水分解条件検討用の試料とした。この粉砕試料を市販のプロテアーゼ（ペプシン，フレーバーザイム®，Protamex®，パパイン，トリプシン，ニュートラーゼ®，アルカラーゼ®）の標準的な条件で 1 時間処理した。加水分解処理によって可溶化された窒素量を測定し，各プロテアーゼのタンパク質分解率を求めた。また分解効率のよかったプロテアーゼに関しては，酵素量や反応温度などについて最適条件を検討した。

【結果と考察】残渣の成分について分析したところ，固形成分の 50%以上がタンパク質であったが，若干の灰分，脂質，炭水化物も残存していた。検討したプロテアーゼ中，トリプシン，ペプシン，アルカラーゼは残渣中タンパク質の 70%以上を可溶化した。また，もっとも可溶化率の高かったアルカラーゼに関しては，指摘酵素濃度 0.05～0.1%，至適 pH 8～9，反応温度 45～70℃であることが判明した。現在，プロテアーゼの種類を増やし，より至適な分解条件を検討中である。

ポスター 10

日本酒中の D-アミノ酸の定量と生成機構の解析

岡田かおり*，郷上佳孝，老川典夫
（関西大学化学生命工学部）

【目的】D-アミノ酸は，非天然型とみなされ，生体内で重要な生理機能を持たないと考えられてきた。しかし近年，ヒトを含む哺乳動物の特定の部位に高濃度の遊離型 D-アミノ酸が存在することが報告され，それらの由来や生理機能に関心が寄せられている。先にわれわれは，本学会でさまざまな野菜や果物などの食品中に各種 D-アミノ酸が含まれていることを報告した。本研究では，種々の日本酒中の D-アミノ酸を定量し，原料米，産地，仕込み方，種別などの違いが，日本酒中の D-アミノ酸含有量に及ぼす影響を解析することを目的としている。

【方法】47 都道府県 51 社の酒造会社の 141 種の日本酒製品について，D-および L-アミノ酸の定量を行った。アミノ酸分析は，各分析試料を 50 mM 酢酸ナトリウム溶液で希釈後，含有アミノ酸を *o*-フタルアルデヒドと *N*-アセチル-L-システインで蛍光キラル誘導体にして HPLC で実施した。測定は少なくとも 3 回実施し，各アミノ酸について作成した検量線からそれぞれのアミノ酸濃度を算出した。

【結果と考察】定量の結果，141 種の日本酒のうち，80%以上の製品に D-Asp，D-Ala，D-Arg が含まれていた。また，D-Pro，D-Glu，D-Val，D-Lys，D-Phe，D-Ile は約 70%，D-His，D-Asn，D-Tyr は約 50%，D-Gln は 33.8%，D-Leu は 4.4%，D-Ser は 2.5%の日本酒にそれぞれ含まれていた。日本酒の種類別では，生酛づくりのものや長期熟成のものに D-アミノ酸含量が高い傾向が見られた。さらに，開封後一定期間経過後のすべての日本酒について，同様の分析を行ったところ，一部の日本酒で D-Ala，D-Asp，D-Glu の含有量が増加することが明らかとなった。

なお，本研究はイノベーション創出基礎的研究推進事業により実施したものである。

ポスター 11

緑色野菜中ビオチン含量の季節変動とその作用機序について

守木　葵，神山　伸，曽根英行*
（新潟県立大・健康栄養）

【目的】水溶性ビタミンの一種であるビオチンは，4 種のカルボキシラーゼの補酵素として生体内代謝において重要な役割を果たしている。食品中のビオチン含量は，平成 17 年度の「五訂増補日本食品標準成分表」にはビタミンで唯一収載されておらず，ようやく平成 22 年度の「日本食品標準成分表」で主要食品のみ掲載されることになった。これまでにわれわれは，日本と欧米諸国との食品中ビオチン含量を比較し，野菜類でビオチン含量の地域差を示唆する結果を報告している。つまり，野菜類におけるビオチンの成分表を策定するためには，栽培環境の違いによるビオチン含量の変動についても検討することが必要と考えられる。本研究では，緑黄色野菜，とくに葉菜における食品中ビオチン含量の栽培環境差について解析を行い，その作用機序を解明することを目的とする。

【方法】周年供給される緑黄色野菜を中心に，新潟県と九州・四国地方から夏季・冬季の 2 度に分けて試料収集を行い，ビオチン含量の比較検討を行った。次に，ビオチン含量に影響を与える栽培環境因子を同定するために，日照時間（0，4，12 時間）と栽培温度（6，12，25℃）の異なる環境下で豆苗を栽培し，ビオチン含量とクロロフィル含量（緑化の目安）を測定した。豆苗は種子からのビオチン供給の影響を排除するために，発芽後，種子を取り除いた状態で栽培した。栽培には，ビオチンを含有しない植物栽培用の培養液を用いた。ビオチン含量は，試料に加熱酸加水分解の前処理を施した後，マイクロプレートを用いた微生物学的定量法にて測定した。

【結果と考察】野菜類の地域差では，ビオチン含量は新潟産で低く九州・四国産で高い傾向がみられた。とくに，夏季におけるモロヘイヤとにら，冬季におけるほうれんそうでは，新潟産で有意な低下が認められた。季節変動では，ビオチン含量は，新潟産のほうれんそうと春菊で，夏季に比べ冬季で有意に低下していた。しかし，水菜にはその傾向が認められなかった。ビオチン含量は緑色野菜で栽培環境因子の影響を強く受けるものと考えられる。また，豆苗を用いた実験では，日照時間，栽培温度に比例してビオチン含量は有意に低下しており，野菜類で認められた傾向を支持する結果が得られた。以上の結果から，緑色野菜中ビオチン含量には季節変動が存在し，その要因として日照量と栽培温度が強く影響することが示唆された。

ポスター 12

亜鉛欠乏による骨への影響

宮嶋由佳*[1)]，野寺　誠[1)]，宮﨑　孝[2)]，佐藤真喜子[2)]，羽生真由子[2)]，冨永信子[3)]，
鈴木政美[3)]，竹中恒夫[4)]，柳澤裕之[5)]，大野洋一[2, 4)]，柴﨑智美[2)]，鈴木洋通[2, 4)]
（[1)] 埼玉医大・保健医療学部，[2)] 埼玉医大・地域医学医療センター，[3)] 埼玉医大・中央研究施設実験動物部門，
[4)] 埼玉医大・医学部腎臓内科，[5)] 東京慈恵会医科大・医学部環境医学講座）

【目的】近年，日本人の約 20%が亜鉛の欠乏あるいは亜欠乏の状態にあるとの報告もあり，亜鉛摂取の方法等について検討されている。一方，高齢化率 22.5%（2010 年）が示すように，わが国は急速に高齢化が進んでいる。これに伴い，骨粗鬆症をはじめとする疾患が増加することが予想されている。骨粗鬆症は骨量の減少が主たる原因である。また，亜鉛は骨に比較的多く含まれる元素であり，亜鉛欠乏が骨に種々の影響をもたらすことが報告されている。今回，亜鉛欠乏食により飼育したラットの骨密度と，骨組織の主要な構成成分である Ca と P の尿中排泄量を測定し，通常の亜鉛量を含む飼料で飼育したラットと比較し検討した。

【方法】SD 系雄ラットを亜鉛欠乏群（ZnD 群）と対照群（Pf 群）の 2 群に分けた。両群ともに 5 週齢で，体重も同一にした（ZnD 群：161±4.0 g，Pf 群：161±6.6 g）。特別食による飼育開始から 4 週後，大腿骨密度（BMD）を二重エネルギーX 線吸収法で測定した。骨代謝の指標として骨 ALP および TRAP 活性を測定した。また，代謝ケージを用いて 15 時間尿を採取し，尿中 Ca と P 量を測定した。

【結果と考察】4 週後の体重は ZnD 群 164.0±6.6 g，Pf 群 185.1±7.6 g であり，ZnD 群で体重増加の停止が確認された。大腿骨における BMD 値は ZnD 群 0.692±0.03 g/cm^2，Pf 群 0.731±0.041 g/cm^2 であり，ZnD 群は Pf 群に比較して有意に低下していた。骨 ALP 活性は ZnD 群 Pf 群に比較して約 60%低値であった。TRAP 活性は両群間に有意差は認められなかった。尿中 Ca 値は ZnD 群 0.82±0.34 mg/dL, Pf 群 0.20±0.033 mg/dL であった。尿中 P 値は ZnD 群 0.47±0.34 mg/dL, Pf 群 0.0086±0.0036 mg/dL であり，ZnD 群における Ca および P の増加が確認された。以上のことから，亜鉛欠乏状態では骨密度の低下，骨 ALP 活性の低下，尿中 Ca と P 排泄の増加が確認された。これらのことは骨粗鬆症の予防の観点からも微量栄養素の摂取，とくに亜鉛摂取に対するさらなる検討が必要と考えられる。

ポスター 13

ヒジキの生育過程におけるミネラルの蓄積過程について

守片山眞之 [1)]，片山洋子 *[1)]，笠間基寛 [1)]，岸田恵津 [2)]
([1)] 大阪青山大学健康科学部，[2)] 兵庫教育大学）

海藻・ヒジキ（*Sargassum fusiforme*）は褐藻類に属し，伝統食の食材として古来から摂食されてきた。ヒジキには食物繊維が豊富に含まれ，また栄養的に有用なミネラルの含有量も高い。一方，ヒ素元素の蓄積も知られている。

ヒジキは秋に発芽し初夏まで生育する。この間におけるヒジキ藻体の各部位における諸ミネラルやヒ素の蓄積過程を経時的に測定した。各種ミネラルの測定は原子吸光法によった。

ミネラル蓄積の経時変化は各部位において不均一であり，この不均一性が海藻におけるミネラル蓄積の特性の一つであると考えられる。

ポスター 14

市販離乳食からのヨウ素とクロムの摂取量

吉田宗弘 *，野崎詩乃，乾由衣子
（関西大学化学生命工学部食品工学研究室）

生後 6 か月以降乳児のヨウ素とクロムの摂取量を推定する目的で，市販離乳食中の両元素濃度を測定し，6 か月以降乳児が市販離乳食と母乳に依存した場合の両元素摂取量を算定した。

【方法】5 つの国内メーカーより，レトルト，または瓶詰めで販売されている離乳食 53 食を購入し，測定用検体とした。収集離乳食は「7 か月頃より」表示が 24 食，「9 か月頃より」表示が 29 食だった。離乳食は，1 食ごとにすべてを凍結乾燥後，均一・細粉化し，分析用試料とした。試料を 550℃ 16 時間加熱による灰化後，ロジウム（20 ppb）を含む 0.1 M 硝酸 5 mL に溶解し，ICPMS でクロムを定量した。また，テルル（20 ppb）を含む 0.5%テトラメチルアンモニウム溶液に試料を溶解し，ICPMS でヨウ素を測定した。分析結果より，各離乳食のヨウ素とクロム濃度をエネルギー（kcal）あたりで求めた。離乳食は「7 か月頃より」，および「9 か月頃より」表示だったので，6〜8 か月児が前者，9〜11 か月児が後者を摂取した場合の両元素摂取量を乳児のエネルギー摂取量報告値をもとに算定した。さらに，この値に，母乳ヨウ素またはクロム濃度から推定される母乳由来摂取量を加え，市販離乳食と母乳を摂取した場合の摂取量をもとめた。

【結果】エネルギーあたりのヨウ素濃度（ng/kcal）は，「7 か月頃より」表示が，平均値 378，標準偏差 800，範囲 29〜2817，中央値 51 であり，「9 か月頃より」表示が，平均値 1396，標準偏差 2473，範囲 28〜9489，中央値 54 だった。また，母乳とあわせたヨウ素摂取量（μg/d）は，6〜8 か月児が，平均値 144，標準偏差 137，範囲 85〜562，中央値 89，9〜11 か月児が，平均値 691，標準偏差 1118，範囲 72〜4349，中央値 84 だった。一方，エネルギーあたりのクロム濃度（ng/kcal）は，「7 か月頃より」表示が，平均値 45，標準偏差 85，範囲 7〜397，中央値 20 であり，「9 か月頃より」表示が，平均値 21，標準偏差 14，範囲 6〜63，中央値 18 だった。また，母乳とあわせたクロム摂取量（μg/d）は，6〜8 か月児が，平均値 8，標準偏差 14，範囲 2〜68，中央値 4 であり，9〜11 か月が，平均値 10，標準偏差 6，範囲 3〜29，中央値 9 だった。

ポスター 15

成年女子の“貧血のない鉄欠乏症”における亜鉛値の一考察

澤田孝子*[1)]，許斐亜紀[2)]，横井克彦[3)]

（[1)] 盛岡大学栄養科学部，[2)] 愛知学泉大学家政学部，[3)] 聖徳大学大学院人間栄養学研究科）

【目的】重度鉄欠乏性貧血者の血清亜鉛値は健常者よりも低値であることが報告されている。アメリカ人女性を対象とした研究では，貧血を伴わない鉄欠乏症では，交換性亜鉛プールが低下していた。そこで，貧血のない鉄欠乏症における血清亜鉛値について調べたので報告する。

【方法】亜鉛や鉄のサプリメントを常用していない 19 歳から 20 歳の女性 48 人をヘモグロビン（Hb），血清フェリチン（SF）の値から，Hb <12 g/dL と SF <20 ng/mL を鉄欠乏性貧血（IDA），Hb >12 g/dL と SF <20 ng/mL を貧血のない鉄欠乏症（ID），ID と IDA を除いたものを正常（Normal）とした。10～12 時間絶食後，翌朝採血し，血清を保存した。血清中微量元素は ICP 質量分析装置（島津製作所製 ICPM－8500）で測定した。一般血液検査は，松戸メデイカルラボラトリー（株）で行った。血清亜鉛値と貧血指標の Hb， SF， 血清鉄，UIBC， TIBC について，Fisher の PLSD で統計処理を行い，有意水準は 5%とした。

【結果】ID における血清 Hb と SF の濃度は，13.0 ± 0.9 g/dl と 12.8 ± 4.2 ng/mL で，Hb は正常値の範囲であるが SF は 20 ng/mL 未満であり，血清鉄濃度は Normal に比較して有意に低いが IDA より高い値で明らかな IDA の前段階の状態であった。血清亜鉛濃度は，ID においては 80.1 ± 12.5 μg/mL であり，Normal の 88.9±17.0 μg/mL より低い傾向であった（p= 0.07）。IDA は，3 群の内で，血清亜鉛濃度が最も高く（95.3 ± 14.3 μg/mL），Normal との間に有意差はないが，ID との間に有意差が認められた。

【考察】ID における血清亜鉛値は Normal より低いが，IDA は Normal よりむしろ高い値であった。主要な鉄のトランスポーターである DMT1 は亜鉛も運搬するので，枯渇状態において拮抗する亜鉛の吸収率が上昇したことにより IDA の血清亜鉛値が高い値を示したと推測される。日本人女性を対象とした本研究の結果は，貧血のない鉄欠乏症において人体の亜鉛プールが小さいとする横井らの報告と一致するものであり，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日本では，亜鉛栄養にも配慮する必要があるだろう。