

A-1 抗 CD47 siRNA ヒアルロン酸-プロタミンパーティクルの Lipid への封入と、Anti-CD 47 siRNA の標的注入の精密化について

○原田 聡¹、瀬川昂史¹、江原 茂¹、世良耕一郎²、後藤祥子³

¹岩手医大放射線医学講座、²岩手医大サイクロトロンセンター、

³日本アイソトープ協会滝沢研究所

(要旨)

平成 28 年度の NMCC 共同研究発表会にて、プロタミン-ヒアルロン酸パーティクルに、抗 CD47 siRNA を封入し、抗腫瘍効果の増強することを発表した。しかし、抗 CD47 siRNA プロタミン-ヒアルロン酸パーティクルのみでは、肺、脳への抗 CD47 siRNA 沈着が多くなり、正常肺組織や脳組織のマクロファージによる貪食が起こっていた。今回、我々は、肺組織や脳組織のマクロファージの貪食を低下させるため、プロタミン-ヒアルロン酸パーティクルを Lipid に封入し、腫瘍に対しのみ、精密にマクロファージの貪食が行われる様に研究を施行した。本発表会では、Lipid に封入したプロタミン-ヒアルロン酸パーティクルからの抗 CD47 siRNA の放出、抗腫瘍効果、および肺組織、脳組織のダメージ低下について報告する。

A-2 口腔扁平苔癬罹患粘膜に含まれる微量元素の PIXE 分析

○飯島 伸¹、石橋 修²、杉山芳樹¹、世良耕一郎³

¹岩手医大歯科口腔外科学分野、²八戸赤十字病院歯科口腔外科、³岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

口腔扁平苔癬 (Oral Lichen Planus: OLP) は口腔外科臨床で遭遇する機会が多い口腔粘膜疾患だが、原因が明確でないため、対症療法が行われ治癒に至らないことも多い。OLP の病因説のうち、有力とされている金属アレルギーに注目した。アレルギーの発症には、生体が直接的に抗原としての金属を取り込む必要がある。そこで OLP に罹患した粘膜組織の含有元素を PIXE 法で分析し、その結果を、これまでにわれわれが報告した健常者口腔粘膜組織の分析結果と比較検討した。

本来生体には存在しないはずの汚染元素が、OLP 群の粘膜組織は健常者群の粘膜組織に比べて検出率は低い含有量では多い傾向を示した。また、同一個体から採取した血清、粘膜組織、唾液から検出された元素の含有量の比較では、血清、唾液よりも粘膜組織に多い傾向を示した。汚染元素は粘膜組織に蓄積し、粘膜上皮の脱落とともに排泄されている可能性も考えられた。

A-3 非喫煙者肺癌の発症における微量元素の影響の検討

○千葉亮祐¹、森川直人¹、中村 豊¹、山内広平¹、谷田達男²、菅井 有³、世良耕一郎⁴

¹岩手医大呼吸器・アレルギー・膠原病内科、²岩手医大呼吸器外科、³岩手医大病理診断学講座、
⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

肺癌は一般的に喫煙と強い関連を持つが、近年、非喫煙者の肺癌が増加傾向であり、その発症メカニズムは明らかになっていない。幾つかの微量元素が発がんの契機となる可能性も報告されており、非喫煙者肺癌の発症の上で重要な役割を果たしている可能性がある。また、EGFR 遺伝子変異や ALK 融合遺伝子などの Driver Mutation は非喫煙者における頻度が高く、若年の肺腺癌に多いが、これらの Driver Mutation が生じるメカニズムは不明であり微量元素との関係をみた研究は今までない。本研究では「微量元素の慢性的な吸入・蓄積が、非喫煙者の肺癌、とりわけ Driver Mutation をもつ肺癌の発がんに関連している」という仮説を検証するため、非喫煙者肺癌 (Driver Mutation を持つ症例を含む)、喫煙者肺癌、健常肺の 3 群について、当院呼吸器外科での手術検体を用いて、微量元素の集積を PIXE で測定し比較したので、その結果について報告する。

A-4 健常人および血液透析患者の血中微量元素に対する加齢の影響について

○山谷金光¹、坪井 滋¹、蔦谷知佳子¹、齋藤久夫¹、畠山真吾²、後藤祥子³、
世良耕一郎⁴、大山 力²、舟生富寿¹

¹鷹揚郷腎研究所弘前病院、²弘前大学医学部附属病院泌尿器科

³日本アイソトープ協会滝沢研究所、⁴岩手医科大学サイクロトロンセンター

(要旨)

【目的】微量元素類は、生体調節等に不可欠であるが、近年、血液透析患者においては高齢者がかなり増加しており、加齢の影響について検討した。【対象・方法】当院の血液透析施行中の患者 304 例を対象とし、50 歳未満 (I 群)、50~69 歳 (II 群)、70 歳以上 (III 群) に分けて、健常人 70 例 (59 ± 11 歳) を対照としつつ、PIXE 法により血中微量元素 (鉄、銅、亜鉛、セレン、アルミニウム (Al)、鉛、水銀、ストロンチウム) 濃度を測定、検討した。【結果】血液透析患者全体では健常人に比し、鉄、銅、亜鉛、セレン濃度は低く、Al および鉛濃度がやや高値であった。これを、年齢別にみると、亜鉛およびセレン濃度は III 群がより低値、Al 濃度は II、III 群で高値であった。【まとめ】血液透析患者では、健常人に比し低値の亜鉛、セレン濃度は高齢者でより低値に、高値の Al 濃度はより高値となり、加齢により、いくつかの元素では吸収の低下あるいは蓄積が進むことが考えられた。

A-5 血液から毛髪への元素移行における性差

○世良耕一郎¹、後藤祥子²、細川貴子²、齊藤義弘²、熊谷瑠里子³、山谷金光⁴

¹岩手医大サイクロトロンセンター、²日本アイソトープ協会滝沢研究所、³岩手医大整形外科、
⁴鷹揚郷腎研究所弘前病院

(要旨)

昨年、健常者毛髪 1470 人分の分析結果の報告を行い、Ca、Mg、など多くの必須元素濃度において女性が有意に高い値を示すことが確認された。特に Ca は女性が 2.6 倍ほど高く、明確な性差を示した。しかし過去の経験から、毛髪に元素を運ぶ血液中元素濃度には大きな性差はなかった。

今回我々は、過去の血清・血漿データのうち性別・年齢が明確なもの (F = 148、M = 142) を選び再解析を行った。Ca を始めとする 5 元素に有意差が認められたが、性差は最大 20%であった。また、同一健常者から同時に採取された毛髪と血漿の解析 (F = 21、M = 20) を行い、さらに平均年齢 17 歳ほどの若年層に対する比較も行った。その結果、血液中元素濃度における性差はかなり小さく、毛髪への移行過程に性ホルモンが関与していることが示唆された。10 代の若年層には血液から毛髪への移行係数に有意差が認められず、その考えを裏付ける結果となった。

A-6 フィリピンの人カ小規模金採掘により水銀汚染の実態

○柴田晴音¹、竹中千里¹、富安卓滋²、村尾 智³、世良耕一郎⁴

¹名古屋大学大学院生命農学研究科、²鹿児島大学理工学域理学系、
³国立研究開発法人産業技術総合研究所、⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

人カ小規模金採掘 (Artisanal Small-Scale Gold Mining ; ASGM) は、最大の人為起源の排出源であるが、ASGM から排出された水銀の環境中・人への拡散・影響について調べた研究は少ない。そこで本研究では、フィリピン・カマリネスノルテ州の Labo 市と Jose Panganiban 市を対象に、ASGM から排出された水銀の環境および人への拡散・影響を明らかにすることを目的とした。環境試料としては植物試料と土壌試料を採取し、還元気化冷原子吸光光度法によって水銀濃度を定量した。また、人への汚染を調査するために現地の女性の毛髪試料を採取し、PIXE により水銀を含む元素濃度を測定した。毛髪試料の水銀濃度の分析結果では、ASGM の有無による違いは見られなかったが、魚を食べる頻度・魚の入手方法による違いが認められた。このことから、人への水銀の影響としては、食生活による影響が大きいと考えられた。

A-7

黄砂を含む大気降下物の PIXE 分析

藤原英司¹、世良耕一郎²

¹農研機構・農業環境変動研究センター、²岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

NMCC 共同利用課題「大気試料の PIXE 分析」では放射性核種動態研究の一環として、放射性セシウム等を含む大気中の粒子状物質に着目し、その性状および起源を解明する。物質の性状や起源に関連する指標として元素組成は重要であり、本課題ではこれまでに、主として福島第一原子力発電所事故による影響が認められる大気試料の元素組成分析を、PIXE により進めてきた。しかし福島第一原子力発電所事故時（2011 年 3 月）以前の近年にも時折、大気から Cs-137 等の人工放射性核種が検出されており、その由来として、春季に大陸から飛来する砂塵（黄砂）が考えられている。発表者らが過去に実施した研究では、黄砂飛来時に Cs-137 降下量が増加すること、Cs-137 を含む砂塵の起源は大陸の半乾燥地であることが示唆された。今回は、モンゴルの砂塵発生地で大気試料を採取し、同試料の放射性核種比や元素組成を分析した結果について報告する。

A-8

森林のフィルター機能評価

ー林外雨、林内雨および樹幹流中の粒子状物質の PIXE 分析ー

○酒井正治¹、世良耕一郎²、後藤祥子³

¹森林総合研究所、²岩手医大サイクロトロンセンター、³日本アイソトープ協会滝沢研究所

(要旨)

森林の大気浄化（フィルター）機能、つまりガス状物質（二酸化硫黄など）及びエアロゾル（黄砂、花粉、粉じんなど）の大気汚染物質などを森林が捕捉することにより大気からそれらの物質を取り除く機能は、森林のもつ公益的機能の重要な一つであるが、その定量的解析はほとんどない。これまで行った大気中のエアロゾルの PIXE 分析の成果として、エアロゾル中の土壌由来成分（土壌粒子）は Si や Al 元素濃度から推定可能で、その土壌粒子はエアロゾルの主要な構成成分であることを示した。そこで、雨とともに林内雨および樹幹流として森林内を流下する土壌粒子に注目し、林内雨、樹幹流および林外雨中の粒子状物質の PIXE 分析を行い、粒子状物質中の土壌粒子濃度および土壌粒子量を推定した。なお、粒子状物質中の土壌成分量の推定には、エアロゾルの推定法を適応した。ここでは、途中経過を報告する。

A-9 箱根火山噴火後の河川水および温泉水の PIXE 分析 —2017 年 3 月まで成分変化—

○酒井正治¹、世良耕一郎²、後藤祥子³

¹森林総合研究所、²岩手医大サイクロトロンセンター、³日本アイソトープ協会滝沢研究所

(要旨)

箱根山は 2015 年 6 月に突然噴火し、観光業に大きな経済的損失を与えた。その後、火山活動は落ち着きを取り戻しつつあるとはいえ、過去の活動履歴の情報が少ない箱根火山では、火山活動の指標を見つけることが重要と考える。そこで、月 1 回の間隔で、噴火域を起源とする河川水および温泉水（噴気から作られる造成温泉水）の PIXE 分析を行っている。前回の報告（2016/5）では、マグマ起源ガスに由来する S、Cl 元素および Si を除く岩石由来元素、Ca、Fe、Mg、Al、Na、K 元素は火山活動の簡易な指標として有効である可能性などを示した。ここでは、2017 年 3 月までの 21 ヶ月間の河川水および温泉水の溶存態および懸濁態物質の PIXE 分析結果を報告する。

A-10 3 年間の通年観測による大阪市道路沿道の金属元素濃度解析

○三原幸恵²、村重陽志¹、守口 要¹、嶋寺 光¹、松尾智仁¹、近藤 明¹、
松井敏彦²、原井信明²、重吉実和²、世良耕一郎³

¹大阪大学、²中央復建コンサルタンツ(株)、³岩手医科大学サイクロトロンセンター

(要旨)

2016 年は、過年度（2014 年と 2015 年）と同じ地点、同じ季節（春、夏、秋）に、大阪市の御堂筋と新なにわ筋の並木として植えられているイチョウの葉を採取し、葉に付着している元素成分を分析した。分析方法は、イチョウの葉 10 枚を 100%エタノール水溶液 300 mL に浸し、5 分間の超音波振動により葉に付着した粒子を脱離させた後、エタノール水溶液を乾式アスピレータにより吸引ろ過し、粒子を PTFE フィルタに捕集し PIXE により元素分析を行った。2016 年は、並木として植えられているケヤキの葉も採取し、イチョウに葉に付着した元素と比較した。

葉に付着した元素（20 元素：Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Ca、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Sr、Zr、Pb）について解析を行い、季節変動や交通量との関係について検討した。その結果、春には黄砂の影響が認められるものの、葉に付着した粒子は時間経過に伴い増加し、交通由来の発生源プロファイルと類似した元素質量比を示しており、今回、これらの結果について報告する。

A-11 サメの血漿中微量元素動態による Marine Ecosystem のバイオモニタリング

○小口綾香¹、能田 淳¹、鈴木一由¹、亀田和成²、世良耕一郎³
¹酪農学園大学、²黒島研究所、³岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

海棲動物は陸生動物に比べて微量元素の蓄積レベルが高いことが知られている。多くの化学汚染物質は組織に残留して長期間に亘って生物蓄積する可能性があるため、50年以上の長い寿命を有し食物連鎖の上位にいるウミガメは海棲生態系の有害金属汚染バイオモニターとして関心が高まっている。しかし、ウミガメだけでは食性や生息環境が限定されるために他の動物種でのモニタリングも必要である。本研究では比較的簡便に採血ができるサメに着目し、同じ領域に棲息するレモンザメとアオウミガメの血漿中微量元素濃度をスクリーニングすることでサメでのモニタリングの可能性を検討した。その結果、陸棲動物である飼育下オオカンガルーではAsを検出できた個体が16.2%であったが、サメおよびウミガメでは全頭で高い値を検出できた。同様に、血中Pb濃度および検出率は、サメ、ウミガメおよびカンガルーでそれぞれ0.404 (100%)、0.262 (100%) および0.094 $\mu\text{g/g}$ (48.6%) と有意に高値であった ($p<0.001$)。従って、サメによる Marine Ecosystem のバイオモニタリングは有用であることが示唆された。

A-12 沖縄本島および八重山諸島海域に生息するアオウミガメの血漿中微量元素動態

○大塚まりな¹、能田 淳¹、鈴木一由¹、柳澤牧央²、亀田和成³、世良耕一郎⁴
¹酪農学園大学、²沖縄美ら島財団、³黒島研究所、⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

都市における人間の社会活動による海洋生態系の主要および微量元素汚染は依然として問題となっている。人為的な環境汚染物質による海洋汚染、特に重金属による汚染はウミガメの沿岸生息地の急激な減少につながっている。したがって、ウミガメにおける重金属および微量元素動態を調査することは、絶滅の恐れのある生物への潜在的な影響を評価する上で重要であると考えられる。本研究では沖縄本島および八重山諸島周辺海域で捕獲されたアオウミガメの血漿中微量元素をPIXE法により測定し、棲息場所と血漿中微量元素濃度との関係について検討した。その結果、沖縄本島周辺海域で捕獲された個体の血漿中Pb、Si、Ti濃度が八重山諸島周辺海域で捕獲された個体のそれらよりも高値であった。したがって、ウミガメにおける血漿中微量元素を測定することは人為的な海洋汚染の状況を評価するために有用であることが示唆された。

A-13 Lumpy Jaw Disease (LJD) 罹患オオカンガルーにおける血漿中エンドトキシン活性値と微量元素動態

○横江果林¹、外平友佳理^{1,2}、能田 淳¹、鈴木一由¹、浅川満彦¹、世良耕一郎³

¹酪農学園大学、²到津の森公園、³岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

Lumpy jaw disease (LJD) と呼ばれる口腔壊死桿菌症は、オオカンガルーなど有袋類で多発する下顎骨または上顎を含む進行性の肉芽腫性骨髄炎である。これは主に G(-) 桿菌である *Fusobacterium necrophorum* の口腔粘膜侵入による歯周炎を起点とし、隣接した骨に感染が波及して骨髄炎に発展する。このときに、*F. necrophorum* から放出されたエンドトキシンにより全身性炎症を呈することから本疾病の重症度は血漿中エンドトキシン活性値と関連性があることが報告されている。一方、例えば牛の大腸菌性乳房炎罹患牛では血漿 Fe および Zn 濃度が低値を示し、またハムスターでは急性炎症時に血中 Cu 濃度が増加するなどエンドトキシンに起因する全身性炎症は血中微量元素動態に影響を及ぼすことが知られている。従って、LJD 罹患オオカンガルーの血漿中微量元素を PIXE 法により多元素同時定性定量でスクリーニングを行い、本症と血漿中微量元素濃度との関係について検証したのでその概要を報告する。

A-14 PIXE による血清中微量元素濃度と牛の大腸菌性乳房炎の関連性と応用

○能田 淳¹、嶋守俊雄¹、世良耕一郎²、鈴木一由¹

¹酪農学園大学、²岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

大腸菌性乳房炎はエンドトキシン由来の全身性ショックにより致死的高い経済損失が高い疾患である。そこで、乳房炎に罹患している牛個体 (n=53) と、罹患していない牛個体 (n=39) の血清中における微量元素濃度を PIXE 法にて網羅的に測定した。その結果、血清中 K、Fe、Zn、Br において著しい違いが認められた。特に Fe においては顕著な有意差が認められたことから、Fe を活用した乳房炎治療の了後状況の判定に向けた応用ができると考えた。そこで、ROC 曲線による解析を行い、血清中 Fe 濃度の診断カットオフ値を提案した。血清中の元素、特に鉄の濃度を活用することで、大腸菌性乳房炎に罹患した乳牛の了後状況の判定ができることが示唆されたのでこれらについて報告する。

A-15 Silicon Drift Detector (SDD) の大気 PIXE 定量分析への応用

○世良耕一郎¹、後藤祥子²、細川貴子²、齊藤義弘²

¹岩手医大サイクロトロンセンター、²日本アイソトープ協会滝沢研究所

(要旨)

Silicon Drift Detector (SDD) は、従来の Si(Li) と比べ ① 液体窒素冷却不要で小型軽量であり取付の自由度が大きい、② 分解能は劣らず、低エネルギー領域における感度が高い、③ 高計数率に耐える、などの長所を持つ。今回、Hitachi High Technologies America, Inc. 社の協力を得、SDD を大気 PIXE システムに組み込み性能評価を行うとともに、定量分析への応用を試みた。

まず安定性に関し、電源投入後の 5.98 keV ピーク位置の変動を調べた結果、160 秒後以降は変動幅 0.45 eV 以下と極めて安定性が高く、エネルギー分解能は 130-136 eV の間であり、PIXE への応用には十分な性能であることが確認できた。さらに先端キャップなどの特殊器具なしで Mg までの測定が可能であり、軽元素測定には有利であった。次に大気環境における検出効率曲線を求め標準試料、また実際の試料の定量分析に応用した結果、殆どの分析結果が保証値、真空 PIXE で得られた値とよく一致し、Si(Li) 同様定量分析に充分使用できることが確認できた。

A-16 カヤツリグサ科ハリイ属マツバイによる放射性 Cs 除染の有効性

○榊原正幸^{1,2}、竹原明成³、世良耕一郎⁴

¹愛媛大学社会共創学部、²愛媛大学大学院理工学研究科、³堺市立福泉中学校、

⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

本研究の実験では、カヤツリグサ科マツバイを用いた Cs 吸収能力を解明する室内実験および福島県郡山市の福島県農業総合センター内の水田における放射性 Cs 除染実験を実施した。本研究結果に基づく、マツバイは放射性 Cs に汚染された水および土壌のファイトレメディエーションに有効であると考えられる。今後、放射性 Cs の除染、特に汚染水の浄化における活用が期待される。

A-17 長崎市内のエアロゾルに含まれる安定元素と放射性同位元素、 大気の流れの相互関係

○高辻俊宏¹、袁 軍¹、吉村拓也¹、藤村祐樹¹、中島卓也²、世良耕一郎³

¹長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科、²長崎大学環境科学部、

³岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

長崎大学屋上で採集したエアロゾル中には、福島第一原子力発電所事故発生以来たびたび検出されてきた放射性セシウムが、2015年6月以来検出されなくなった。天然の放射性元素の Pb-210 と Be-7 は常時検出され、濃度に強い相関がある。Pb-210 は主として遠隔地の陸域由来と考えられる。PIXE による測定では、大陸由来と考えられる Pb-210 と相関のある元素、近隣由来か海上由来と考えられる相関の弱い元素や逆相関の元素が検出されている。また、Ti と Fe のように互いに強い相関を示すものもある。各元素の濃度は明確な季節変動を示すもの、風速との関係がある元素がある。これらのデータを大気の流れ（流跡線分析）を考慮して検討する。

A-18 羽毛の原産地識別への PIXE—統計解析法の応用

○片岡恒史¹、山田知美²、世良耕一郎³、中村 剛⁴、野瀬善明⁵

¹横浜市立大学、²大阪大学医学部附属病院、³岩手医大サイクロトロンセンター、

⁴中央大学理工学部、⁵九州大学名誉教授

(要旨)

羽毛原産地を偽る羽毛布団が大量に販売されていることが社会問題となっているが、その根本原因は羽毛の産地を特定する手法が未だ世界的に確立していない（2016年5月11日、日本羽毛協会）ことにある。そこで、Atopy 発症リスク予知で成功した PIXE—統計解析法を原産地識別に適用する研究を開始した。

日本羽毛協会よりポーランド、台湾そしてフランス 2 地区の計 4 産地の羽毛を各 1g ずつ提供頂き、それぞれからダウンボール 80 個を抽出し、PIXE 法により各ダウンボール検体の元素量を測定した。産地間での元素量毎の分布を統計解析することにより、産地識別能力を検証した結果、高い識別能力のあることを発見したので報告する。

A-19 種々の海産藻類の人工培養と微量元素の生物濃縮の測定

○岩田吉弘、下谷将貴、野口なつ果
秋田大学教育文化学部

(要旨)

海洋における食物連鎖をモデル化し、微量金属の生物濃縮について検討してきた。岩手県水産技術センター提供の真正眼点藻類藻類 (*Nannochloropsis* sp.) に加え、*Nannochloropsis gaditana*、珪藻類の *Phaeodactylum tricornutum* の人工培養を開始した。培養は、天然海水に栄養塩 (ギーラード培養液) を添加し、恒温槽内で行った。各藻類を NMCC の PIXE で分析し、主要から微量の 12-15 元素を定量し、その存在度の特徴を明らかにした。

各藻類の培養液に、それぞれ、亜鉛 (Zn^{2+}) を 0.01~1.0 ppm、鉛 (Pb^{2+}) を 0.01~0.2 ppm を添加し、藻類中の元素濃度を PIXE で測定した。培養液と藻類中の元素存在度を比較することで濃縮係数を求めた。今回培養した藻類については、人工海水ベースで培養した藻類に比べ、亜鉛、鉛とも濃縮係数は大きくなり、4,000 から 110,000 となった。また、培養液中の微量元素の増加と共に、濃縮係数が小さくなる傾向が見いだされた。

A-20 徐放性抗癌剤 (リポソーム化シスプラチン) の領域リンパ節への経時的移動量

○安藤禎紀¹、森 弓里子¹、杉山育美²、佐塚泰之²、後藤祥子³、細川貴子³、世良耕一郎⁴、藤村 朗¹
¹岩手医大解剖学講座機能形態学分野、²岩手医大薬学部創剤学講座、
³日本アイソトープ協会滝沢研究所、⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

過去にマウスの舌を用いて徐放性抗癌剤 (リポソーム化シスプラチン) 局所投与後の領域リンパ節への抗癌剤の移動量を計測し、その結果、通常の血管内投与量の 1/100~1/1000 量で局所および領域リンパ節に必要濃度の抗癌剤が到達することを確認し、副作用の発症を抑えることができると推測したが、証明はできていなかった。今回、抗癌剤投与により嘔吐反射を惹起するスunksに液剤としてのシスプラチン腹腔内投与と舌へのリポソーム化シスプラチン直接投与を行い、1 時間後と 24 時間後の舌と舌の領域リンパ節である顎下リンパ節への抗癌剤の移動量を PIXE を用いてシスプラチン内の白金を計測することで推測した。その結果、スunksにおいては腹腔内投与で嘔吐反応を惹起した量の 1/1000 量で局所である舌および舌の領域リンパ節である顎下リンパ節に目標とする白金量を検出した。しかもその量ではスunksは嘔吐反応を示さなかった。徐放化シスプラチンは 24 時間後でも目標とする濃度を保つことが確認された。

A-21 Concentration variability and quantities of particulate trace elements from the Tama - Omono River system: impact of the geology setting

○Pham Minh Quyen¹、石山大三²、世良耕一郎³

¹秋田大学大学院工学資源学研究科、²秋田大学国際資源学部、³岩手医大サイクロトロンセンター

(Abstract)

The suspended particulate matters of the Tama-Omono River System were collected from upstream of Tama and Omono Rivers to confluence point between both rivers in Daisen City in February 2017 and analyzed using PIXE to determine the concentrations of trace elements. Mn and Zn concentrations in the particulate form of river water of Omono River are higher than those of Tama River. The difference of these concentrations accords with the difference in the dominance of Quaternary and Miocene sedimentary rocks along Omono and Tama Rivers. Results indicated that the river water of Omono River transports about 1100 and 715 kg per month of the particulate form of Mn and Zn to the Sea of Japan in the winter season, respectively. These quantities are 2 and 4 times higher than the amounts of Mn and Zn in particulate form that were transported to the Sea of Japan by river water of Tama River. It is thought that the environmental impact of Omono River is larger than Tama River.

A-22 PIXE 法によるゲル線量計材料の元素分析

○寺川貴樹¹、斉藤はづき¹、梶山 愛¹、細川 響¹、藤原充啓¹、石井慶造¹、
和田成一²、世良耕一郎³

¹東北大学工学研究科、²北里大学獣医学部、³岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

近年、強度変調放射線治療 (IMRT) や粒子線治療など、腫瘍形状に一致した高線量域を形成する高精度放射線治療が普及してきている。治療計画の精度保証の観点から 3 次元線量分布の実測評価の必要性が求められおり、3 次元線量計測法の一つとしてゲル線量計が注目されている。ゲル線量計は、放射性感受性物質をゼラチン等のゲルで固形化して線量情報を 3 次元的に保持し、MRI による読出しで 3 次元線量情報の取得を可能にする。ゲル線量計材料は、ゼラチンなどの生体由来の物質のため軽元素以外が存在する可能性や、放射線増感効果の観点から他の中重元素を添加することがあり、粒子線照射 (陽子線、炭素線) や BNCT の中性子照射時に放射化すれば、管理・廃棄上の観点で問題となる。当日は、PIXE によるゲル線量計材料の分析結果や、放射化等について発表する。

A-23 福島原発事故等により放出された放射性核種 (^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$) の ヒト乳歯への蓄積の推移に関する研究 (第 1 報)

○井上一彦¹、山口一郎²、佐藤 勉³、村田貴俊¹、今井 奨¹、野村義明¹、花田信弘¹、櫻井四郎⁴
¹鶴見大学歯学部探索歯学講座、²国立保健医療科学院生活環境研究部、³日本歯科大学東京短期大学、
⁴大妻女子大学社会情報学部

(要旨)

核実験等や東京電力福島第一原発事故で環境に放出された放射性核種の人体への移行を調べるために日本全国より乳歯を集め、乳歯中での放射性核種 (^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$) の濃度を調査し、東京電力福島第一原発事故による影響を検証すると共に原発事故前後の推移を明らかにする。今回は、埼玉県 (2003 年生年、35 本)、東京都 (2003 年生年、57 本)、愛媛県新居浜市 (2003 年生年、45 本)、愛媛県八幡浜市 (2003 年生年、29 本)、埼玉県 (2004 年生年、34 本)、東京都 (2004 年生年、54 本)、愛媛県新居浜市 (2004 年生年 48 本)、愛媛八幡浜市 (2004 年生年、18 本) の乳歯 8 試料と、対照として成人第三大臼歯 (1980 年生年、埼玉 13 本) の 9 試料の測定調査を実施した結果について報告する。 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 計測は文部科学省放射能測定法シリーズにより実施した。(JSPS KAKENHI JSPS KAKENHI Grant Number 15K11435)

A-24 セシウムを用いて水田土壌を除染できるか?

○矢永誠人¹、三好弘一²、桧垣正吾³、森 一幸⁴、西澤邦秀⁵、後藤祥子⁶、世良耕一郎⁷
¹静岡大学理学部、²徳島大学 ARREM、³東京大学 RIC、⁴㈱イング、⁵名古屋大学名誉教授、
⁶日本アイソトープ協会滝沢研究所、⁷岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

福島市内の田の土壌または静岡市内で採取した田の土壌を用い、様々な条件にてイネの栽培試験を行った。その結果、田を灌水する用水中にセシウムの安定同位体を添加すると、土壌から原発事故由来の放射性セシウムや苗を植え付ける前に土壌に人工的に添加した放射性セシウムの吸収が促進されることが確認された。イネ中の放射性セシウムの分布は、可食部、すなわち、コメにおいて最も濃度が低くなることを考慮すると、安定同位体のセシウムを田に施すことにより、稲作を行いつつ、緩やかではあるが、田の土壌の除染を行うことができるのではないかと考えられた。

A-25 X線照射によるバイスタンダー因子に関する研究

○岩木晃太郎¹、林 悠¹、和田成一¹、柿崎竹彦¹、世良耕一郎²、夏堀雅宏¹

¹北里大学獣医学部獣医放射線学研究室、²岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

バイスタンダー効果とは、X線照射された細胞からの分泌因子によって非照射細胞にも細胞死を誘導する現象である。この分泌因子（バイスタンダー因子）として膜小胞が含有する2価の金属元素と結合したシグナルタンパク質が関与すると考えられているが、詳細は明らかにされていない。そこで本研究では、バイスタンダー効果に関与する膜小胞が含有するシグナルタンパク質の性状を調べた。X線照射後の培養上清から膜小胞を分離し、膜小胞内の微量元素をPIXE解析したところX線照射によって亜鉛元素に変動が観察された。さらに、金属捕捉能を有するビーズを用いて膜小胞の金属結合タンパク質を捕捉後にタンパク質を溶出したところ、X線照射によって金属結合性タンパク質量の増加が観察された。これらのことからX線照射によるバイスタンダー効果に関与する膜小胞は亜鉛結合性タンパク質を含有することが示唆された。

A-26 旧警戒区域内で飼育継続中の肉用牛のPIXE分析

○片桐光貴¹、小島貴文¹、夏堀雅宏¹、和田成一¹、世良耕一郎²、柿崎竹彦¹、佐藤 至³

¹北里大学獣医学部獣医放射線学研究室、²岩手医大サイクロトロンセンター、³岩手大学

(要旨)

福島第一原発事故の旧警戒区域内では数百頭の牛が数 $\mu\text{Sv/h}$ ～数十 $\mu\text{Sv/h}$ の環境中で飼育継続中である。本研究ではそれらの肉用牛（黒毛和種）から採取した血液、血清、尿、被毛についてPIXE法を実施し、低線量率長期被ばくが生体内微量元素濃度に及ぼす影響について考察した。調査対象地区は空間線量率の異なる3カ所の牧場（福島県浪江町高瀬地区28頭、小丸地区62頭、大熊町49頭）で、最も高い小丸地区の牧場内の牛に装着した線量計の記録および初期の土壌汚染から事故後6年間の平均積算線量は最大で約1.4 Gyと推定された。PIXE解析により生体試料から得られた元素（Na、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn、Ga、Br、Rb、Sr等）は牛の性差、年齢差において有意な差は認められなかった。しかしながら白斑症発症群の血液、血清試料において予想された外部被ばく線量とは非依存性にCuが有意に低値を示した。

C-1 一側性脳主幹動脈閉塞性病変に対する ^{99m}Tc -ECD SPECT の貧困灌流検出能

○松本昌泰、千田光平、及川公樹、小島大吾、藤原俊朗、小林正和、吉田研二、小笠原邦昭
岩手医大脳神経外科

(要旨)

【背景】脳主幹動脈の慢性狭窄・閉塞性病変における貧困灌流の検出には、本邦では ^{123}I -IMP SPECT が用いられている。しかし、国際的には ^{99m}Tc -ECD SPECT が一般的である。一方、Crossed cerebellar hypoperfusion とは病変側大脳半球の対側小脳半球の CBF 低下と定義され、病側大脳半球の相対的な代謝量を表すことが知られている。

【目的】本研究では PET を対照として、 ^{99m}Tc -ECD SPECT の貧困灌流検出の精度を検証した。

【方法】対象症例は脳主幹動脈の一側性慢性狭窄・閉塞性病変 97 例とした。PET により CBF、 CMRO_2 、OEF 画像を作成、また ^{99m}Tc -ECD SPECT を施行した。両側中大脳動脈域と両側小脳半球に関心領域を置き、それぞれ患側/健側比(AR_{MCA})、健側/患側比(AR_{cbi})を算出した。

【結果】貧困灌流 (PET OEF の AR_{MCA} 高値) 検出能は、 ^{99m}Tc -ECD SPECT の AR_{MCA} 単独(AUC: 0.780) に対し、 $\text{AR}_{\text{cbi}}/\text{AR}_{\text{MCA}}$ (AUC: 0.947)で有意に大きかった($P=0.0001$)。

【結論】脳主幹動脈の一側性慢性狭窄・閉塞性病変における貧困灌流は、 ^{99m}Tc -ECD SPECT における大脳半球・小脳半球左右比の組み合わせにより高い精度で検出しうる。

C-2 術前 7 Tesla 定量的磁化率マップ(QSM)による OEF 画像を用いた 頸動脈内膜剝離術後過灌流出現の予知

○野村順一¹、上野育子²、佐々木真理²、工藤與亮³、山下典夫²、伊藤賢司²、松本昌泰¹、及川公樹¹、藤原俊朗¹、千田光平¹、寺崎一典⁴、小林正和¹、吉田研二¹、小笠原邦昭¹

¹岩手医大脳神経外科、²岩手医大歯歯髄総合研究所超高磁場 MRI 診断・病態研究部門、

³北海道大学病院放射線診断科、⁴岩手医大サイクロトロンセンター

(要旨)

CEA の合併症の 1 つである術後過灌流の出現には術前脳循環不全が関与していることが明らかになっている。臨床では、術後過灌流の予知として、Diamox 負荷脳循環測定が行われている。最近、7T MR 高解像度磁化率イメージングから得られる QSM (quantitative susceptibility mapping) を用いた OEF 画像が PET 上での OEF 画像と相関することが示された。

本研究では術前の 7 TQSM を用いた OEF 画像が、CEA 後過灌流の出現を予知できるかどうか検討した。方法は一側性内頸動脈狭窄症に対して CEA 前に、7T MR 高解像度磁化率イメージングを施行し、QSM-OEF 画像を作成する。3D-SRT を用いて QSM-OEF 画像を標準化し、中大脳動脈関心領域で QSM-OEF の患側/健側比を求める。術前および術直後に脳血流 SPECT を行い、術後過灌流の有無を判定する。QSM-OEF の患側/健側比が術後過灌流を予知できるかどうか、統計学的に検討したので報告する。

C-3 頸動脈内膜剥離術後過灌流は術中塞栓による脳虚血巣の出現を抑える： Wash out 仮説の拡大解釈

○小林正和、松本昌泰、野村順一、小島大吾、吉田 純、島田泰良
岩手医科大学脳神経外科

(要旨)

【目的】脳主幹動脈から末梢に塞栓子が飛んだ時、その灌流領域に脳虚血巣を形成するかどうかは動脈血流速度に依存するという「Wash out」仮説が提唱されている。流速が正常より遅い場合には虚血巣が出現しやすくなるという説である。頸動脈内膜剥離術(CEA)においてこの現象はすでに証明されている(Stroke 2008)が、灌流領域の流速が正常を超えて早い場合にさらに虚血巣の出現頻度が低下するかどうかは不明である。今回この「Wash out」仮説の拡大解釈が成り立つかどうか CEA 後過灌流と術中塞栓との関係を検討することにより検討した。【対象・方法】狭窄率 70%以上の頸部内頸動脈狭窄に対して CEA を施行した症例中、以下の条件を満たす 32 例を対象とした。1) 術前脳血流 SPECT にてアセタゾタマイド反応性低下(術後過灌流および artery-to-artery embolism による脳虚血巣出現のハイリスク)、2) 術中経頭蓋ドップラーで頸動脈露出操作中に microembolic signal を認める(術後脳虚血巣出現のハイリスク)。これらの症例に術直後脳血流 SPECT を施行し CEA 術後過灌流の有無、拡散強調 MR 画像において術後虚血巣の出現の有無を評価したので、その結果を報告する。【結果・結論】32 例中、14 例(44%)で脳血流 SPECT 上術後過灌流を認め、16 例(50%)で拡散強調 MR 画像上新たな artery-to-artery embolism によると思われる術後虚血巣を認めた。拡散強調 MR 画像上新たな術後虚血巣出現の頻度は、術後過灌流を認めた症例では(1/14: 7%)、術後過灌流を認めなかった症例(15/18: 83%)に比して有意に低かった($p=0.0009$)。embolism 出現後でさえも、灌流領域における正常をはるかに超えた血流流速(過灌流)は虚血巣の出現を抑制する。これは、「Wash out」仮説の拡大解釈が成り立つことを示唆する。

C-4 膠芽腫治療薬 bevacizumab 投与による腫瘍内血管における L-type amino acid transporter-1 (LAT1) 発現への影響

○別府高明¹、佐々木敏秋²、佐藤雄一³、寺崎一典²、小笠原邦昭³

¹岩手医大高気圧環境医学科、²岩手医大サイクロトロンセンター、³岩手医大脳神経外科

(要旨)

悪性脳腫瘍に対する PET scan における radiolabeled amino acid tracer は、blood-brain barrier (BBB)破綻による受動的拡散と BBB の状態に影響されない能動的拡散によって、血管内から腫瘍細胞に取り込まれる。能動的拡散は、血管内皮に発現する L-type amino acid transporter-1 (LAT1)に制御されている。悪性脳腫瘍の中で最も悪性度の高い膠芽腫では、ほとんどの症例で BBB は破綻しており、tracer の取り込みは受動的拡散に依存している。近年、膠芽腫治療で使用される頻度が増して来ている血管内皮成長因子のモノクローナル抗体である bevacizumab は、破綻した BBB を再生させ浸透圧を正常化するため、tracer の細胞内取り込みは専ら LAT1 による能動輸送に依存することとなる。しかし、LAT1 の発現は bevacizumab の標的である血管内皮成長因子に依存していることが報告されている。そこで、bevacizumab 投与後に手術によって摘出された膠芽腫組織内の LAT1 の発現を免疫組織化学的に検討した。口演ではその結果について報告する。

C-5 線源周囲のバックグラウンドを含めた PET 描出能の検討

○佐々木敏秋、寺崎一典、世良耕一郎
岩手医科大学サイクロトロンセンター

(要旨)

【背景】PET の空間分解は、その線源周囲に RI が存在しない状態で測定される。しかし、臨床時は、腫瘍周囲に線源が存在するため、BG を含めた PET の描出能と 2 点間分離能力を検討することとした。

【使用装置】PET Eminence Sophia、FDG 3.0 MBq、シリンジ 20 ml、エクステンションチューブ（以下 EXT）6 本。【方法】内径 1.0 mm の EXT 6 本を並べ、20 mL の注射器に巻き付け、これをファントムとした。実験は 2 種類実施し、実験 1 では EXT に FDG を封入し、シリンジ内に線源が無い状態、実験 2 は EXT とシリンジ内に線源が存在する状態とし、データ収集を実施した。FDG 濃度はシリンジ内 2.65 kBq/ml、EXT にはその 4.0、8.0、16.0 倍を封入した。【結果】実験 1 では、EXT5 本まで EXT の識別は可能であったが、6 本目を入れると EXT の区別が出来なくなった。実験 2 では 4.0、8.0 倍では EXT を識別できず、SUV16.0 ではじめて表示された。これらの結果から、現在の PET では 1.1 mm の分離は不可能、また、表面に存在する腫瘍は SUV16 程度の悪性度の高い物が撮像される、ということを確認した。

P-1 臨床応用に向けたエストロゲン受容体イメージングプローブ^[18F]FES の自動合成

○寺崎一典¹、石川洋一²、小山理恵³、小豆島正典⁴、後藤祥子⁵、岩田 錬²
¹岩手医大サイクロトロンセンター、²東北大学サイクロトロン RI センター、
³岩手医大産婦人科、⁴岩手医大歯科放射線科、⁵日本アイソトープ協会滝沢研究所

(要旨)

16 α -^[18F]fluoro-17 β -estradiol (^[18F]FES) は、エストロゲン受容体イメージング薬剤として、エストロゲン依存性疾患の診断や婦人科腫瘍におけるホルモン治療の効果予測、効果判定に役立つと期待されている。本研究では本薬剤の PET 臨床利用を目指し、自動合成のためのプログラムを作成し、標識反応などの基礎的条件を最適化した。^[18F]FES の合成はフッ素化の触媒と ^{18F} との複合物と原料物質をアセトニトリル中で 110°C、10 分間反応させ、塩酸で加水分解した後、HPLC による分離・精製、次いで、固相抽出法による製剤化を行った。照射終了時点からの合成には 85 分を要し、得られた製剤は放射化学的純度 98%以上、比放射能は 300 GBq/ μ mol 以上であり、PET 臨床に適用可能な品質を保持していることを確認した。