

東京大学アイソトープ総合センター

EEX

VOL. 36 NO. 3 2005. 12. 26

35 年 前

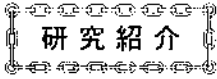
會 田 勝 美

先日、巻頭言の執筆を巻出センター長から依頼されたとき、アイソトープ総合センターの液シンから打ち出されたばかりのデータを手に、心躍らせながら言問通りを渡って農学部へ急いでいる35年ほど前の自分を思い出した。当時、農学部の液シンはとても混んでいて、一刻も早く結果が知りたかった私は、友人に頼んでセンターの液シンで測定してもらったのだった。

今は魚やエビの繁殖生理学を専門としているが、当時生物学は嫌いだった。ところが進学した水産学科の3年生の時、長崎の水産研究所で実習中に、東シナ海のコチが雄から雌へと性転換することを教えられた。顕微鏡を覗くと、卵巣と精巣が隣接していた。XXは雌に、XYは雄になると教えられていた私は、途中で性が変わるなんて思いもしなかったので大変興味をもった。そこで卒論には迷わず魚類生理学研究室を選び、性転換をテーマとして認めてもらった。卒論では、雄から雌に性転換するクロダイの稚魚を実験材料に使うことができた。ちょうど東大水産実験所が海産魚の種苗生産に世界に先駆けて成功した年だった。クロダイの稚魚にごく少量の女性ホルモンを混ぜた餌を3ヶ月ほど与えると精巣が消えて卵巣だけになった。これが私の最初の実験であった。最後のサンプリングの時、折角のサンプルだから血液も採取して電気泳動でも習ってみたらと、助手の先生に勧められた。

電気泳動を試みたら女性ホルモンを投与した個体ではある分画が極端に増加していた。私は直感で雌の性成熟に関係している蛋白質、おそらく卵黄蛋白質ではないかと思った。その後いくつかの実験を行って、肝臓で作られた卵黄蛋白前駆物質が血液を介して卵母細胞に取り込まれるという確信をもった。そのことを指導教官に話したところ、即座に否定されてしまった。しかしその後、前述の液シンのデータは、私の推測が正しかったことを示していた。指導教官に、私の推測を否定されたことが、私をやる気にさせた。今になって考えると、それは指導教官の高等戦術であったような気がしてならない。

私の研究は、その後、ラジオイムノアッセイによる魚の血中ホルモン量の測定に移っていった。とくに下垂体ホルモンは自分たちで精製し、放射性ヨードで標識しなければならなかった。また受容体とホルモンの結合実験も行ったが、ヨード標識がうまくいくと受容体に結合せず、僅かしか標識されないとよく結合するなど苦労した。ここ10年ほどは生殖関連ホルモンの遺伝子発現について研究をしているが、大分non-RIに移行はしたものの、依然としてRIのご厄介になっている。 (大学院農学生命科学研究科長・農学部長)



^{40}Ar - ^{39}Ar 法を用いた岩石・鉱物の年代測定： 南極・やまと山脈の岩石を例として

岩田尚能

1. はじめに

岩石・鉱物がいつ出来たのかという時間に関する情報は、その岩石・鉱物を形成した地質学的な事件がどのようなものであったかを知るのに不可欠な、基本的な要素のひとつである。そのため、岩石・鉱物の年代を決定する研究は、地球惑星科学の分野で一定のウエイトを占めている。

岩石・鉱物、特にマグマが冷却して形成される火成岩類の形成年代を求める手法として、放射年代測定がある。注目する壊変系によって、K-Ar、Rb-Sr、Sm-Nd、U-Pb法など様々な種類があるが、いずれも、放射性親核種が一定の半減期で娘核種に壊変する現象を利用している。

岩石・鉱物の放射年代測定で広く使われているもののひとつに、1940年代に開発されたK-Ar法がある。この系では、 ^{40}K が半減期約12億5千万年で ^{40}Ar に放射壊変することを利用する。親核種であるKが岩石・鉱物に普遍的に含まれていることから適用可能な試料が多く、Kの半減期が地球の年齢の約4分の1と適当であることから広い年代範囲で年代測定が出来ることが特徴である。また、娘核種にあたるArの試料中の初生同位体比を大気のとおりと仮定することで、1個の試料で1個の年代数値が求まるという利点がある。一方、Kの測定とArの測定を別々に行わなければならない、岩石・鉱物形成後から現在までに岩石の変質や熱変成を受けた場合、年代値の若返りなどが起きて測定値が形成年代を示さない可能性がある、といった弱点がある。

1960年代になって、K-Ar法の発展形である ^{40}Ar - ^{39}Ar 法が開発された。 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法では、試料に速中性子を照射することで、 $^{39}\text{K}(n, p)^{39}\text{Ar}$ 反応により、試料中の ^{39}K の一部を ^{39}Ar に変化させる。中性子照射によって作られる ^{39}Ar 量を未知試料に含まれるK量の代理指標とすることで、K分析の必要が無くなり、Ar同位体の測定だけで年代値が求められるようになる。中性子照射による ^{39}K から ^{39}Ar への生成率は、K-Ar年代値が既知である年代標準試料を未知試料と同時に照射し、Ar同位体比を測定することで求めておくことが出来る。

^{40}Ar - ^{39}Ar 法ではAr同位体比の測定のみで年代値が求められることから、K-Ar法では得られない情報が得られる。例えば、レーザーを使って微小試料や微小領域を加熱し、抽出されたガスを分析することで、局所から年代値を得ることが出来る。また、段階的に試料を加熱し、各温度段階で放出されるガスをそれぞれ分析することで、試料中の異なるArの保持場所からの年代値を得ることが出来る。この段階加熱分析で得られる年代値の変化のパターン(年代スペクトル)は、試料の年代値の信頼性の評価に用いることが出来る。

東京大学での ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定では、試料の中性子照射を茨城県大洗にある日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)の材料試験炉(JMTR)で行い、その後のAr同位体測定をアイソトープ総合センターで行っている。

2. 南極・やまと山脈の岩石での年代測定例

アイソトープ総合センターで行った ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定の例として、南極・やまと山脈の岩石の年代測定結果を紹介する。

やまと山脈は、日本の南極観測の拠点である昭和基地の南西約300kmに位置する(図1)。山脈とはいえ、山体のほとんどは厚さ約2000mの大陸氷床に覆われており、裸氷の上には岩頂部(ヌナタク)が数100m程度出ているだけである(図2)。

やまと山脈の岩石は、角閃岩相・グラニュライト相の変成作用を被った変成岩類(片麻岩類)と、それを貫く深成岩類(閃長岩・花崗岩類)から構成されている。やまと山脈地域の深成岩類は広域変成作用の後退期に貫入したと考えられているが、放射年代のデータが少なく、変成岩類と深成岩類との時間的な関係は明確には示されていなかった。そこで、やまと山脈の片麻岩、閃長岩試料について、K-Ar法および ^{40}Ar - ^{39}Ar 法による年代測定を試みた。年代測定用試料としては、第41次南極地域観測隊(1999-2001)参加時に採集してきた岩石から黒雲母を鉱物分離して使用した。黒雲母のK-Ar年代値は、高温で形成された岩石が約300℃まで冷却した時期を示すと考えられており、岩体の冷却過程を知るのに適している。

K-Ar年代測定の結果、片麻岩試料からは約4億8千万年前、閃長岩試料からは約3億5千万年前という年代値が得られた。しかしながら、地理的に隣接している変成岩類と深成岩類とで年代値が1億年以上も異なることは考えにくく、試料の変質や不均質の影響など、何らかの異常があると疑われた。

そこで、東京工業大学の平野直人さんに協力して頂き、アイソトープ総合センターで ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定を行った。その結果、片麻岩試料では4億6千万年前、閃長岩試料では約4億7千万年前というプラトー年代が得られた。 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定では、段階加熱分析の複数の温度段階でほぼ一定の年代値が得られた場合、それをプラトー年代と呼ぶ。このプラ

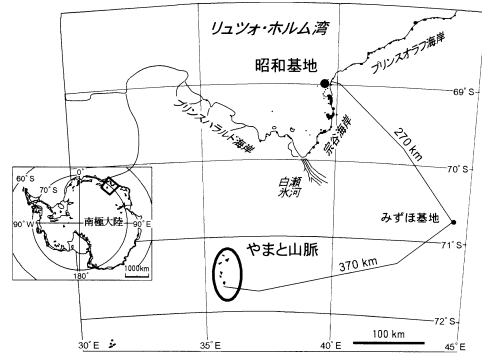


図1 やまと山脈の位置

実線は昭和基地からみずほ基地を経由してやまと山脈へ至るルートを示している。

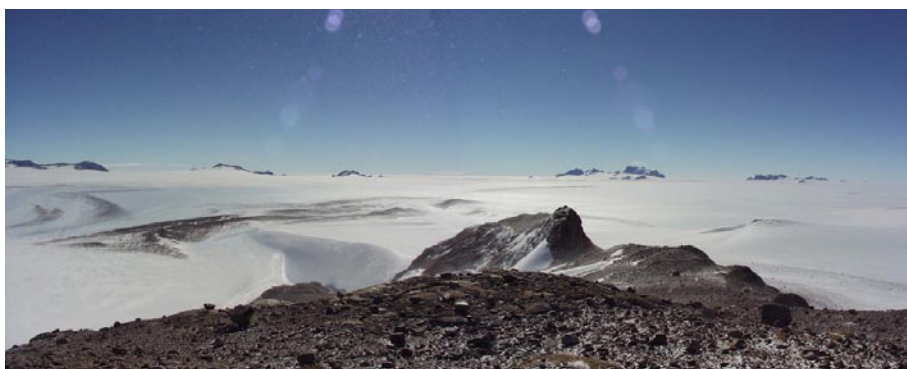


図2 やまと山脈の2513m高の岩頂部から、北西方向を望む

山体のほとんどは裸氷の下に隠れ、山頂部分のみが見えている。氷が岩盤を削って作られる氷成堆積物が裸氷の上に複雑な模様を画いている。

トー年代は、二次的なArの損失などがない年代値を示していると考えられている。やまと山脈の片麻岩・閃長岩試料の ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定で、ほとんど同じプラトー年代(図3)が得られたことは、やまと山脈の変成岩と深成岩の形成時期や冷却過程に大きな差が無いということを示唆している。 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定の結果は、今後、やまと山脈の形成過程を考える上で一定の制約条件を与えるだろう。

3. おわりに

^{40}Ar - ^{39}Ar 法では中性子照射で試料が放射化されるため、放射性物質が取り扱える設備が必要となる。そのため、国内で ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定を実施している研究機関は少なく、東京大学以外では、山形大学、産業技術総合研究所、岡山理科大学でしか行われていない。筆者が所属している山形大学では1982年から ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定を行っているが、Ar同位体の分析に用いる希ガス用質量分析計が調整中のため現在は中断している。

数年後から、日本が主導的な役割を果たすと期待されている統合国際深海掘削計画(IODP)が本格的に始まるが、掘削が進み海底から岩石試料が数多く得られるようになると、海底の岩石の年代測定に実績がある ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定に対する需要が増加すると考えられる。 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定が継続的に行われている数少ない研究機関であるアイソトープ総合センターに対する期待は、これからも大きい。

アイソトープ総合センターでの ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代測定では、森岡正名先生をはじめとするセンターのスタッフの方々、地殻化学実験施設の長尾敬介教授、アイソトープ総合センター客員研究員・関東学園大学の瀧上豊教授、東京工業大学地球惑星科学専攻の平野直人さん、元地震研究所の兼岡一郎名誉教授ほかにご協力を頂いた。また、試料の照射では、茨城県大洗にある東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの方々の協力を頂いた。ここに記して感謝する。

(アイソトープ総合センター客員研究員・山形大学理学部地球環境学科)

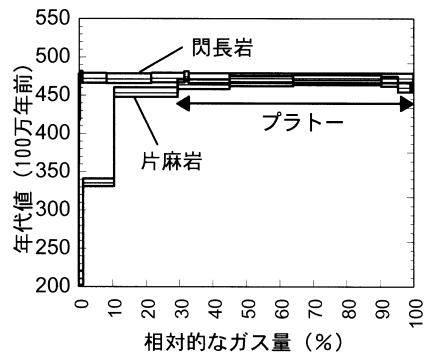
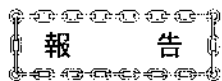


図3 やまと山脈の片麻岩と閃長岩の ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代スペクトル

段階加熱分析を行い、各温度段階で得られたガスの相対的なガス量(横軸)と年代値(縦軸)を示している。矢印で示している範囲で、片麻岩試料と閃長岩試料の年代値がほとんど一致している。



『東京大学における下限数量以下の非密封RIの 管理区域外使用に関する基本方針』について

巻 出 義 紘

今回の放射線障害防止法関係法令改正(平成17年6月1日施行)において新たに認められるようになった「下限数量以下の非密封RI(※)の管理区域外使用」では、予めRIの種類・数量及び使用の目的・方法・場所について、文部科学大臣に「許可(承認)使用に係る変更許可(承認)申請書」を提出し、許可(承認)が得られれば、非密封RIを使用する許可事業所では、事業所境界内ならば、管理区域外でも、種々の制限下ではあるが、下限数量以下の非密封RIを使用できるようになった。【※下限数量は、例えば、H-3では1GBq；C-14では10MBq；P-32では0.1MBq；P-33では100MBq；S-35では100MBq；Cr-51では10MBq；I-125では1MBq。ただし複数の核種を使用する場合にはそれぞれの下限数量との比の和が1を超えないこと。なお、許可(承認)申請にあたって、各事業所ではその使用および管理に関する詳細について放射線障害予防規程(あるいは同細則)で所内ルールを定め、使用の記録等を記帳することが要求されている。】

放射線障害防止法関係法令改正への東京大学としての対応を検討する放射線安全部会WGでは、本学における「下限数量以下の非密封RIの管理区域外使用」に関する基本方針原案について検討し、同案は、第6回放射線安全部会(平成17年10月26日)および、副学長・各キャンパス代表の部局長・関係部会長・関係センター長・事務部部长等で構成される東京大学安全管理委員会(平成17年12月6日)で審議され、いずれも承認された。

東京大学として決定した『東京大学における下限数量以下の非密封RIの管理区域外使用に関する基本方針』の内容は以下の通りである。なお、東京大学では、各事業所は部局単位となっている(現在26事業所)。

- ①東京大学では、法令では可能な場合であっても、許可事業所境界の外の敷地では、原則として(部局長から使用の必然性が示され、委員会での審査・承認がなければ)、非密封RIの持ち込み・使用は認めない。
- ②現在の各許可事業所の事業所境界は、原則として変更しない。
- ③管理区域外使用の場所とすることを目的として、既設の管理区域を縮小あるいは廃止することは、原則認めない。
- ④東京大学においては、管理区域外でRIを使用できる者は、管理区域内でRIを利用できる放射線業務従事者としての経験・資格があり、登録がなされた者(即ち放射線取扱者としての教育訓練を受講し、特別健康診断を受診し、放射線取扱者として認定・登録された者)に限定する。
- ⑤一日あたり各許可事業所の管理区域外で使用できる最大数量については、東京大学では許可事業所の数も多く、事業所境界を共有する事業所も多いことから、各事業所あたり管理区域外での非密封RI使用の申請ができるのは、原則として、下限数量の10分の1以下とする。
- ⑥東京大学における事業所境界内の管理区域外での下限数量以下のRI利用に関しては、原則として、管理区域内で実施できない(実施困難な)使用に限定することとする。
- ⑦管理区域外使用で承認された実験室の表示(標識)や放射線管理、同室利用者や周辺への通知、その他の関連する措置については、引き続き、放射線安全部会WGで検討する。

(全学安全管理委員会放射線安全部会長・アイソトープ総合センター長)



『平成17年度放射性同位元素等取扱施設 安全管理担当教職員研修』開催される

巻 出 義 紘

大学等における放射性同位元素の利用範囲の拡大や利用形態の多様化に伴い、放射線安全管理の徹底を図ることがますます重要となってきたことから、全国の国公私立大学等の放射性同位元素等取扱施設における放射線安全管理担当教職員に対し、実習を含めた最新の知識と情報を提供し、その資質向上を図り、教育・研究の進展および施設周辺も含めた放射線安全の確保を図ることを目的として、標記研修が、平成15年度までは文部科学省(学術機関課)と国立大学アイソトープ総合センターの主催によって開催されてきた。平成16年4月の国立大学法人化後、文部科学省の共催は困難になったが、同研修の重要性に鑑み、これまで同研修を担当してきた東京大学、京都大学、東北大学、名古屋大学、大阪大学の5大学アイソトープ総合センターが開催することになった。今年度は東京大学が担当し、平成17年11月10日(木)と11日(金)の両日にわたって、アイソトープ総合センター教育訓練棟で開催した。全国の大学から受講申込み推薦は百数十名あったが、その中から48名に受講してもらった(写真1)。

今回は、本年6月に改正された放射線障害防止法関係法令に関する文部科学省原子力安全課放射線規制室長による講演「放射線障害防止法改正と大学等における放射線管理の向上」と、パネル討論「管理区域外での下限数量以下の非密封RI使用への大学での対応」、東京大学アイソトープ総合センターでの研究成果を取り込んだ実習3課題と、実習内容に関連した講義「非密封RIの飛散と汚染、その防御」、「放射線計測の原理と実際」、「放射線遮蔽の実際とシミュレーション」等で構成された(写真2)。

実習課題(1)では、本センターが共同で開発して既に実用化されている焼却型チャコールフィルターに使用されているシート状の活性炭素繊維を使用して、「活性炭素繊維フィ



写真1 本研修における受講生、講師、センター関係者



写真2 講義室全景



写真3 活性炭素繊維フィルターをホルダーに装着

ルターによる放射性ヨウ素（無機ヨウ素と有機ヨウ素）の分別捕集」の実験を行った。トリエチレンジアミンの添着ありとなしの活性炭素繊維フィルター数枚を組み合わせてホルダーに装着し、化学反応で発生させた $^{131}\text{I}_2$ と $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ を吸引してそれぞれの捕集効率を調べた(写真3)。これら軽量で薄い活性炭素繊維が、放射性ヨウ素の捕集に極めて有効であることが実感してもらえた。

実習課題(2)の「放射線の遮蔽の実際」では、放射線の遮蔽効果は遮蔽材の材質とその厚さのみでは決まらず、遮蔽材の大きさ、位置、多重層の場合はその順序、距離等の要因によっても大きく変化する。課題(2-1)では、Cs-137からのガンマ線をコンクリートと鉛で遮蔽した場合の線量率と遮蔽材透過後のガンマ線スペクトルを測定した(写真4)。課題(2-2)では、P-32からの高エネルギーベータ線について各種遮蔽材による制動放射効率を測定した(写真5)。これら両者の結果と申請書で用いられる「遮蔽計算実務マニュアル」による結果を比較して、同マニュアルに基づく計算結果がいかに安全側の過大評価になっているか、あるいは理論やテキストで周知の制動放射線の発生を実際に体験した。実習結果についてはグループごとに結果を整理・解析し(写真6)、報告する(写真7)ことで内容の理解が進んだようであったが、整理・解析に時間が十分取れなかったのが残念であった。

法令改正に関するパネル討論では(写真8)、各受講者が抱えている疑問や意見を交換でき、有意義であった。

東京大学では、本研修を文部(科学)省と共催でこれまで5回開催したが、法人化後主催するのは今回が初めてであった。全国の国公私立大学の放射線施設の放射線管理

写真4 Cs-137線源からの γ 線の多重層遮蔽実験写真5 P-32線源からの β 線による制動放射実験



写真6 実験結果の整理・解析



写真7 実習結果の報告・討論

の向上・改善をめざし、まさしくその中心となる本センターがそれら施設の活動を引き続き支援していくことが強く要望されており、センターの中期目標・計画にも記したが、学内施設の支援は固より、全国の期待に応じていくことも、法人化後の本学に引き続き課せられた重要な役割と認識している。（アイソトープ総合センター長）



写真8 パネル討論での意見交換

『平成17年度放射性同位元素等取扱施設 安全管理担当教職員研修』に参加して

小 柳 充

平成17年4月新潟大学で農学部RI研究施設に異動して7ヶ月が過ぎ、医学部放射線取扱主任者業務から離れて4年間のブランクは思っていた以上に大きく感じました。RI管理実務を離れたことでそれまでの人脈や勘を失ってしまったからです。農学部に着任早々、文部科学省放射線規制室の指示による「管理下でない放射性同位元素等の調査や点検」および今年の「障害防止法の改正」と波乱続きで戸惑うばかりでした。そんな折り標記の教職員研修の案内をいただき、放射線安全管理の再教育の場として絶好の機会と考え、応募し、参加の機会を得ました。

研修ではCs-137 γ 線をコンクリートや鉛を用いてしゃへい実験を行いました。私の所属するRI施設では「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2000」（原子力安全技術センター編集出版）の実効線量透過率のデータを用いてしゃへい計算を行っておりますが、実習で行った透過率の実測値から見て、計算実務マニュアルに載っているしゃへい体コンクリートの厚さは、想像以上に安全側の値が採用されているのだなあと感じました。

放射線規制室長・小原 薫氏を交えてのパネル討論では、今回の法令改正に伴い、許可事業所境界の中の管理区域外でも下限数量以下の非密封RIが使用可能になったのに対してかなり煩雑な手続きが求められた。このことにかなり反論が出るものと思いました。しかし、実際は管理区域外のRIの使用を認めない、あるいは管理区域内で実施できない使用に限定するという考えで対応する事業所が大勢を占めていました。本当にこれで良いのか？研究者からみれば、自分の研究室でRIを使えることは夢のような出来事です。残念ながら、私の所属するRI施設でも、管理区域外でのRIの使用を認めるべきかどうか、未だ判断がつかないのが現状です。

今回参加させていただいた研修は、基本の再確認・再認識を全面に出したRI講義・実習の内容であり、RI施設の安全管理担当教職員に対しての再教育の場として大変有意義なものでした。この場をお借りして、お世話になった講師の先生方に御礼申し上げます。

(新潟大学農学部放射性同位元素研究施設・技術専門職員)



●センター日誌

平成17年11月10日, 11日	平成17年度放射性同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修(東京大学アイソトープ総合センター主催)
12月16日	平成17年度第Ⅱ期共同利用終了
教育訓練の実施	
平成17年10月4日, 5日	新規放射線取扱者講習会第124回RIコース
10月27日~11月7日	薬学部 学生実習
12月2日	新規放射線取扱者講習会第93回X線コース
12月2日	新規放射線取扱者講習会第12回英語X線コース
12月7日, 9日	新規放射線取扱者講習会第125回RIコース
12月8日, 9日	新規放射線取扱者講習会第15回英語RIコース

●委員会だより

○放射線・安全衛生管理委員会	平成17年9月12日(月)	開催
○放射線・安全衛生管理委員会	平成17年10月31日(月)	開催
○センターニュース編集委員会	平成17年11月2日(水)	開催
○運営委員会	平成17年12月19日(月)	開催
○放射線・安全衛生管理委員会	平成17年12月26日(月)	開催

東京大学アイソトープ総合センターニュース

目 次

巻頭言

35年前	會田 勝美	1
------	-------	---

研究紹介

⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar法を用いた岩石・鉱物の年代測定：南極・やまと山脈の岩石を例として	岩田 尚能	2
--	-------	---

報 告

『東京大学における下限数量以下の非密封RIの管理区域外使用に関する基本方針』について	巻出 義紘	5
--	-------	---

TOPICS

『平成17年度放射性同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修』開催される	巻出 義紘	6
『平成17年度放射性同位元素等取扱施設安全管理担当教職員研修』に参加して	小柳 充	8

センター日誌		9
--------	--	---

委員会だより		9
--------	--	---

編集後記

先日、外国人学生とのやりとりで和月名の話になりました。「12月は師走（ティーチャー・ラン）とあって、先生も走るほど忙しい月なのだねー」なんて会話をしていました。「でも、大学の先生方は常に忙しいではないか」という話になり、それではいつの時代の師は12月のみ走ればよかったのかと調べて見ますと、どうやら師走というのは当て字であり、語源も未詳ということで拍子抜けしてしまいました。それにしましても、大学の先生方は、12月に限らず本当に忙しい毎日を過ごされています。

RI使用、管理におきましても、先生方のお手を煩わすことがあります。忙しいのを承知で頼まなければいけないというのはなんとも心苦しいところです。日ごろはご協力いただき、感謝しております。本号が皆様に届くころは、年末年始真っ只中です。皆様が忙しくありませんように。忙しいとは心を亡くすと書くわけですから。

(田野井慶太郎)