

- トップコラム／首都大学東京 健康福祉学部 放射線学科 准教授 大谷浩樹
- 地球惑星進化と放射性元素／[シリーズ3]地球の熱進化と惑星としての寿命
- 失敗に学び、知恵を肥やして生き延びる／[その5]失敗知識データベース
- お願い／長期間当社にご返却されないバッジ(未返却バッジ)について
- ご案内／クイクセルWebサービス

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
170



大谷 浩樹

「放射線の授業」出前いたします

ガツン、ガツン。「これ叩くと数字が大きくなるよ。」…単位は $\mu\text{Sv/h}$ 。

それは放射線の出前授業・実習で小学校に行き、生徒一人にひとつ簡易線量計を持たせて放射線量測定をしていた時のこと。

小学生の心理①…『友達よりも目立ちたい』:空間線量はおよそ $0.04\mu\text{Sv/h}$ であったが、花壇や雨どい周囲で少し値が大きくなる傾向にあり、発見した生徒は喜び勇んでいた。それを横目に友達よりも目立ちたい生徒は苦肉の策に打って出た。ガツン、ガツン。なんと線量計を叩き始めたのだ。「こっちの方が大きいよ。」それは本当の数値じゃないからって言う場合じゃなく「叩くなよー」って優しく諭した。そう言えば自分も小学生の時、水銀の体温計を叩いて数値上げて早退した。今も昔も小学生レベルは変わらないってことか。

近年は文部科学省も理科教育に力を入れ、とりわけ放射線・放射能の授業には真摯に取り組んでいる。私はその一つである放射線の出前授業を委嘱され、各学校へ出向いて授業している。その経験を踏まえた話をしたい。

小学生の心理②…『知ってる事をわれ先に!』:小学生の出前授業でイメージングプレートが花の形に光っている様子を見せる。これは用意されたスライドであり、ここからが講師の裁量となる。「さて、ここでクイズです。なんで光るのでしょうか。くっきり見えるのはどこでしょうか。」すると少し背伸びした声があがる。「エネルギーを持ってるから。」…なかなかいいぞと思いつつ、「そのエネルギーは放射線が持っていて、太いところはよく光ってるね。」さらに「放射線は見えないっていうけど、光って見ることはできるよ。お家の人に教えてあげてね。」生徒は自分の知ってることを取り上げてく

れて、自分に任されることが嬉しくて成長していきます。子どもたちは、意外と素直に放射線や放射能に興味を示してくれています。「そう、くきのところは、くっきり見えるね。」…一応、生徒は笑ってくれた。

保護者の気持ち…『うちの子が』:放射線教育の転機となったのは、2011年の環境放射能の変化です。それ以前にも放射線関連は授業項目にありましたが、その時、家庭での反応が変わりました。霧箱を使った出前授業の後、「霧箱で放射線を見た。」と子どもから聞いた保護者から「うちの子を被ばくさせる気か。」「がんになったらどうするんだ。」という声があがったのです。もちろん霧箱で使用するのは生活の中にある放射線源です。「被ばくはしない。がんにはならない。」とは言いませんが、過剰に気にしなくてもいいものと思います。

先生方の工夫…『資料作り』:チーム医療という言葉がありますが、これは医師、看護師、技師などの医療スタッフのみではありません。患者さんが入ってこそチーム医療です。もし、チーム教育という言葉があるならば、これは教師、生徒、保護者がひとつになってのことでしょう。先生は教科書使用や理論説明などを改めて工夫し、分かりやすい資料作りをしています。生徒の興味を引き出すことや放射線が医学や工業に利用されていることなどを例に上げています。しかし、放射線を雨に例えて授業をした時のこと。雨自体が放射能を帯びていると保護者に思われ、学校へ問い合わせが来たそうです。それ以降、先生方は生徒への教育の他、保護者への理解にも配慮した資料作りに苦心しています。

放射線の授業…出前いたします:今まで私は放射線の出前授業を小中高校で行ってきました。生徒には分かりやすく話し、興味を持ってもらうことが大切です。その保護者には子どもたちにきちんと教えていることを理解してもらい、安心材料と安全の確保を提供することを心がけています。そして、先生方には放射線の理論と正確な情報を得てもらい、授業の資料作りとそのまま使える模擬授業をしています。とは言え、チーム教育の中心にいる子どもたちの好奇心に勝るものはありません。

おおたに ひろき(首都大学東京 健康福祉学部 放射線学科 准教授)

プロフィール●1965年群馬県生まれ。日本大学大学院理工学研究科量子理工学専攻修了。第一種放射線取扱主任者、診療放射線技師、医学物理士。「放射線診療における線量計測・防護、環境放射能除染に関する研究」に携わり、医療従事者および患者の被ばく線量低下に貢献する。また、放射線・放射能の理解のため環境放射能の変化に対する住民の声を聴き、周知活動を行う。そして、自らも子を持つ親としての立場も踏まえ、講演や学校への出前授業を行っている。

地球惑星進化と放射性元素

[シリーズ3] 地球の熱進化と惑星としての寿命

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授 田近 英一



地球惑星科学において、放射性元素の挙動はさまざまな場面で重要な役割を果たしている。今回は、放射性元素が惑星としての地球の進化とその寿命を支配する要因であることについて考えてみたい。

誕生から約46億年を経た現在の地球がいまなお活動的な天体であるのは、地球内部がまだ熱く、マントル対流に伴ってプレートテクトニクスが生じ、マグマの発生に伴う火成活動、溶岩の噴出、火山ガスの放出、などが生じているためである。火成活動に伴う地球内部からの物質供給が地球表層における物質循環を駆動している。実は、地球が生命の生存可能（ハビタブル）な温暖湿潤環境を維持していることも、物質循環がはたらいっているおかげなのである。地球内部が現在でも熱い状態にあることが、地球が活動的でハビタブルな惑星であることの原因であるといえる。

地球の誕生直前、地球は大規模に熔融していたと考えられている。地球がそのような状態から冷却する過程を熱伝導理論に基づいて調べると、地球内部はわずか2千万年から4億年程度で現在のような熱的状态に至ること、しかし地球内部が46億年を経た現在でも熱い状態にあるのはウラン (^{238}U , ^{235}U) やトリウム (^{232}Th)、カリウム (^{40}K) などの長寿命放射性元素の壊変に伴う崩壊熱のおかげであることは、前々回述べた。

一般に、惑星は誕生直後から時間とともに冷却していく。これが惑星の進化の本質である。惑星の進化をひと言で表すとしたら「冷却すること」だといえる。惑星の熱的な進化のことを「熱進化」、その冷却史のことを「熱史」という。惑星の熱進化は、放射性元素による内部加熱によって支配されている。現在の惑星がどのような熱的状态にあり、これまでどのように進化してきたのかを理解するためには、惑星内部から表面に流れ出しているエネルギーの流量を知る必要がある。このエネルギー流量は「地殻熱流量」と呼ばれる。地殻熱流量は、地表付近の温度勾配と岩石の熱伝導率を測定することで求めることができる。現在の地球における平均的な地殻熱流量は単位面積当たり約87ミリワット (mW/m^2) である。すなわち、地球表面全体から1秒あたり約 4.4×10^{13} ジュール (J) というエネルギーが失われていることになる。

一方、地球内部において約46億年間に発生した上述の長寿命放射性元素の崩壊熱は、合計すると約 10^{31} Jにもなる。これは地球形成時に発生したエネルギーよりも一桁小さいとはいえ、地球全体を千度以上加熱できる量である。現在の

地殻熱流量を制約条件として、地球の内部加熱を考慮した熱進化を調べることで、地球内部は時間とともに冷却していること、30億年前のマントルの平均温度は現在よりも150～250度高かったこと、当時の地殻熱流量は現在の約2～5倍も高かったこと、現在の内部発熱率は上述の熱散逸率の50～90%程度であること、すなわち残りの10～50%が地球内部の冷却によるものであること、などの知見が得られている。

惑星の熱史を理解する上で地殻熱流量はその境界条件（現在の値）を与える情報として非常に重要な意味を持っている。したがって、月惑星探査において、地殻熱流量の測定は最重要項目のひとつである。

たとえば、月の地殻熱流量は、1970年代のアポロ計画で調べられた。アポロ15号および17号のミッションによると、月表面における平均的な地殻熱流量は約 $18 \text{mW}/\text{m}^2$ と推定された。これは、地球の地殻熱流量の $1/4 \sim 1/5$ 程度に相当する。ところが、最近になってアポロ計画の未解析データの解析が行われた結果、月の地殻熱流量は実際にはもっと小さく、 $3.7 \text{mW}/\text{m}^2$ 程度であろうと指摘された。このことは月内部の総発熱量が従来想定していたものよりずっと少ないことを意味する。すなわち、月内部のウラン存在量は、放射性元素が月内部に一律に分布しているとして、9.5ppb程度しかないはずということになる。これは、地球内部（20ppb）や始源的な隕石（16ppb）の半分程度の値である。このことから、月の材料物質は地球や始源的隕石とは異なる可能性も示唆されている。

火星の地殻熱流量については、熱進化モデルを用いた数値計算による推定はあるものの、まだよく分かってはいない。2016年3月に打ち上げ予定の米国の火星探査機インサイトによって、地殻熱流量の測定が実施される予定である。

一方、地球はこの先もさらに冷却していき、やがてはマントル物質が地表付近まで上昇しても熔融が起らず、マグマが生じなくなるときがくるはずである。そうなれば、地球において火成活動は終焉を迎え、地球の物質循環も止まり、地球はその活動を停止する。それは惑星としての「死」であるといえる。ただし、地球の場合、それはまだ数十億年先の話である、地球は放射性元素のおかげで、まだ当分の間、活動的でハビタブルな惑星として進化し続けることができる。しかし、月や火星のように小さな天体は、すでに内部が冷え切っており、天体としての死を迎えているものと考えられている。

このように、惑星の進化とは惑星内部が時間とともに冷却することにほかならず、惑星の質量と放射性元素の存在量が活動的な惑星としての寿命を決めているのである。

失敗に学び、知恵を肥やして生き延びる

〔その5〕 失敗知識データベース



失敗学会 副理事長・事務局長 飯野 謙次

失敗知識データベースは、独立行政法人科学技術振興機構の事業として2001年4月に始まり、2005年3月に一般公開、2011年3月まで継続された事業である。その後、畑村創造工学研究所に引き継がれている。(http://www.sozogaku.com/fkd)

このデータベースは19世紀終わりから21世紀にかけ、内外のよく知られた1,000件以上の工業事故について、概要の他、事象、経過、原因、対処、対策、知識化や、その他背景要因なども含めて記述している。

高校生だったTim Berners-Leeが考えた基本構造が、World Wide Webの企画書となったのが1990年11月のことである。世界初のウェブサーバー、ウェブブラウザのデビューは翌年8月であった。当初はこの仕組みで情報を公開、取得する人は少なかったが、イリノイ大学アーバナ・シャンペイン校が1993年に発表したブラウザ、モザイク(Mosaic)が爆発的社会現象のきっかけとなった。この開発資金源はアメリカ合衆国、上院議員アル・ゴア(Albert Gore, Jr.)が提出、1991年12月9日にブッシュ大統領(父)が成立させた1991年高性能情報処理法(High Performance Computing Act of 1991 (HPCA))だった。クリントン大統領体制で副大統領となったゴアは、情報スーパーハイウェイ

(Information Superhighway) 構想を推し進めた。

インターネット(Internet)あるいはネット、それとワールド・ワイド・ウェブ(World Wide Web)あるいは単にウェブ(Web)は、よく混同されて使われている。インターネットは複数のコンピュータが相互につながった状態、ウェブは、インターネット上で動作する、様々な情報を交換する環境である。インターネットはハードウェアプラットフォーム、ウェブはその上の1つのソフトウェア環境と考えればよい。日本では、インターネットのことを単にネットとも呼ぶ。

インターネットとウェブは、私たちの生活を大きく変えた。今や電車やエレベータに乗ると、老若男女、特に10代後半から30代は、スマートフォン片手に画面に見入ったり、指を忙しく動かして情報を受けたり作ったりしていることが多い。

こうしてインフォメーションエイジに生きる私たちは、パソコンやスマートフォンと言う、指と目、時には耳の使用を余儀なくされる稚拙なインターフェースを駆使しながら、膨大

な情報を扱えるようになった。

一方で私たちが、脳内に保持しうる情報は、古代人とさほど変わらない。むしろ情報機器を持たなかった昔の人の方が、生活のために駆使していた記憶量は多かったかも知れない。アドレス帳機能付き携帯電話が普及する前は、人は10や20の電話番号は記憶していたものだ。今の人に聞いてみると、110番や119番以外は何も、自分の電話番号さえ記憶していないことが多い。

スマホが普及してから、私たちの脳の働き方も着実に変わってきている。他愛もない情報だが、日常の雑談で、「あの女優さんの名前何だっけ?」という時、ひところ前は、その場にいる人がみな、「うーん、なんだっけ、なんだっけえ」とうなり、思い出した人は、一時だけヒーローになった。今は、「グーグル先生に聞いてみよっ!」と誰でも簡単に、さっさと所望の情報が引き出せる。

さらに、たとえば材料力学の複雑な計算式は、以前は大学の教科書を頼りに式を展開して使用していたが、今ではウェブを使って簡単に答えが得られるようになった。

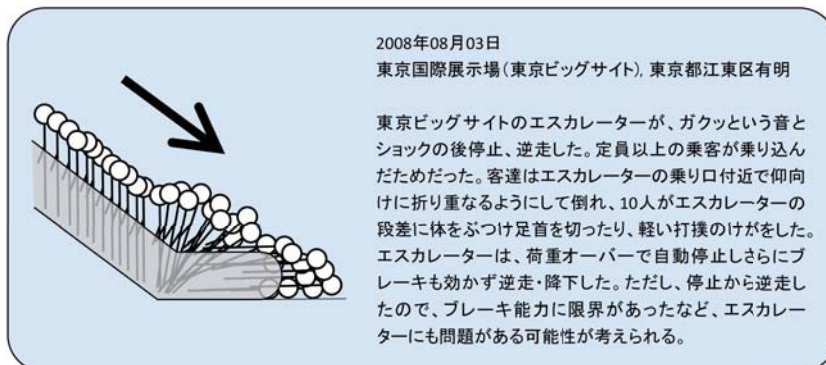
これが人間という生物にとっていいのか悪いのかは、もっと時間が経たなければわからないが、こ

んな便利なツールを手に入れたのだから、意固地にならないでどんどん使うのがよいだろう。

失敗知識データプロジェクトは体系的な記述を目指した。つまり、事の成り行きを簡単に説明するときに、その項目はみんな「事象」と呼んだ。各人が「経過」、「要約」、「過程」など、ばらばらな項目を立てていたのでは、後からデータの共有性が悪くなると考えたのである。先見の明だろう。

このデータベースのルーツは、「実際の設計」シリーズ第3巻(1996)で、100件あまりの事例収集に始まった。工業界に限定されていたが、事例収集からまんだらの定義までをまとめ、1つの体系となった。この手法が、プロジェクトマネジメントや、高等教育の場面でも応用され、成果を出している。他の業界へもさらに伸びていこう。

私たちは、未だ知られない使用法が眠るネット技術を手には、事例情報収集、まんだら定義、知識の共有と手法を駆使して情報の大海原を進んでいる。



2008年08月03日

東京国際展示場(東京ビッグサイト)、東京都江東区有明

東京ビッグサイトのエスカレーターが、ガクッという音とショックの後停止、逆走した。定員以上の乗客が乗り込んだためだった。客達はエスカレーターの乗り口付近で仰向けに折り重なるようにして倒れ、10人がエスカレーターの段差に体をぶつけ足首を切ったり、軽い打撲のけがをした。エスカレーターは、荷重オーバーで自動停止しさらにブレーキも効かず逆走・降下した。ただし、停止から逆走したので、ブレーキ能力に限界があったなど、エスカレーターにも問題がある可能性が考えられる。

図 失敗知識データベースより

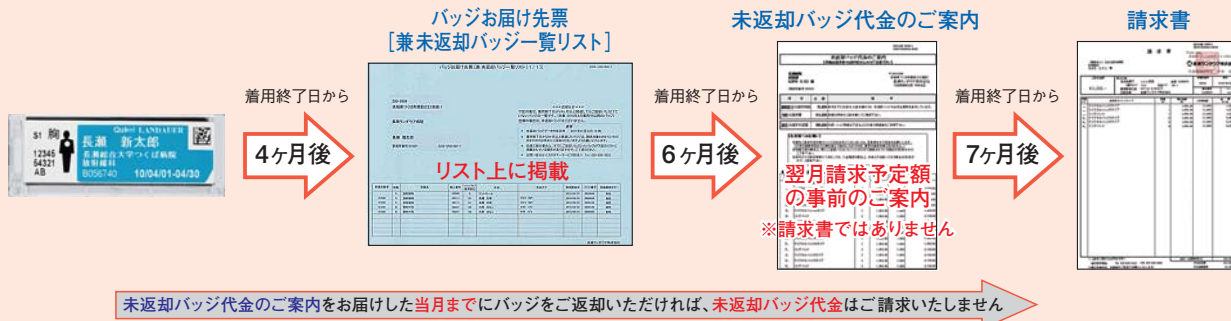
お願い

長期間当社にご返却されないバッジについて

お問い合わせ：お客様サポートセンター
Tel. 029-839-3322 Fax. 029-836-8441

当社のバッジはお客様の被ばく線量を測定するために貸し出しており、返却後は再利用しております。そのため、着用期間終了後7ヶ月を経過してもご返却されないバッジについて

は、下記の手順で「未返却バッジ代金」として別途請求させていただきますので、速やかにご返却ください。また、退職者のバッジも忘れずにご返却願います。



ご案内

クイクセルWebサービス

クイクセルWebサービスは、お客様ご自身がインターネットでバッジの追加、変更等ができるサービスです。サービスは無償で提供しています。(通信料はお客様負担)

＜主な内容＞

- ・バッジの追加、変更、取消など
- ・バッジ登録された方全員の氏名、積算線量の確認
- ・電離放射線健康診断個人票の記入に役立つ、被ばく線量集計表の印刷
- ・外部被ばく線量測定・算定記録表の印刷
- ・外部被ばく積算線量証明書の印刷
- ・外部被ばく線量測定報告書 (PDFファイル) のダウンロード
- ・当社内でのバッジ測定状況の確認
- ・個人一括登録 (CSVファイルのアップロード)

なお、セキュリティ面におきましてはSSL-VPN接続を採用しています。ご興味をお持ちのお客様は当社お客様サポートセンターまでご連絡ください。詳しい資料をお送りいたします。

対応OS : Windows Vista/7
推奨ブラウザ : Internet Explorer 7.0、8.0

お問い合わせ：お客様サポートセンター

Tel. 029-839-3322

Fax. 029-836-8441

E-mail : mail@nagase-landauer.co.jp



編集後記



大谷先生がトップコラムで書いておられる教育現場での様々な取組みには、放射線教育に留まらず、日本の学校教育のあり方として、たいへん興味を引かれました。日本の将来の国力は、小中高生徒たちへの教育如何に掛っています。受験の為の教育ではなく、生徒たちの好奇心を引き出し、自分の頭で考える力を養う教

育。他人を競争相手とするのではなく、共に向上して行く同志とする教育。我々は、それを部外者としてただ学校に期待するのではなく、社会人として積極的に関って初めて実現可能となるのではないかと、そしてそれが、いじめや暴力のない、皆が楽しく学び共に成長出来る教育にも繋がるのではないかと。教育全体のあり方を簡単に変えられるとは思いませんが、そう感じながら拝見しました。(S.N.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail : mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.458 平成28年<2月号>

毎月1日発行 発行部数：37,800部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
の場 洋明