

環境放射線を用いた環境教育 —愛知教育大学における試み—
A trial education for environment assessment using natural radioactivity

水野将人¹・丹羽陽太¹・富山天耀¹・柳瀬里枝¹・渥美雅己¹・加藤弘太郎¹・川口陽平¹・古居竜太郎¹・
久保翔輝¹・下間祥子¹・高須泰良¹・鄭 卓涵¹・菅野慶文¹・五十嵐夕香莉¹・三宅 明²・田中 剛^{3*}

Masato Mizuno¹, Yota Niwa¹, Tenyou Tomiyama¹, Satoe Yanase¹, Masaki Atsumi¹, Kotaro Kato¹,
Yohei Kawaguchi¹, Ryutarou Furui¹, Syouki Kubo¹, Syoko Shimotsuma¹, Taira Takasu¹,
Zhuohan Zheng¹, Yoshifumi Kanno¹, Yukari Igarashi¹, Akira Miyake², Tsuyoshi Tanaka^{3*}

¹愛知教育大学 学生・ ²愛知教育大学 理科教育講座 地学・

³名古屋大学 年代測定総合研究センター, 愛知教育大学非常勤講師

¹Student of Undergraduate Course, Aichi University of Education, Hirosawa 1, Igaya, Kariya
448-8542, Japan

²Geology, Department of Science Education, Aichi University of Education, Hirosawa 1, Igaya, Kariya
448-8542, Japan

³Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan

*Corresponding author. E-mail: Tanakat@nagoya-u.jp

Abstract

We experienced severe accident on nuclear power plant at March 2011. We understood now that the radioactivity is one of the most important environments for our mankind. Knowledge and basic experience on radioactivity must be a fundamental curriculum to be taught at University of Education. We intended to understand natural radioactivity depend on our daily environments. In this paper, we report the result of our trial to measurement of radioactivity in and around the Aichi University of Education. Measured activities will be memorized on students as our common exposure.

keywords: natural radioactivity; survey meter; micro-sievert; Aichi University of Education

キーワード: 天然放射線; サーベーター; マイクロシーベルト; 愛知教育大学

1. はじめに

筆者の一人田中は、2009年に環境放射線をもちいた大学教育を試みるにあたって『放射線は、日本国内では、よほどの事がない限り、生命を脅かす環境因子となることはない。しかし、名古屋大学の卒業生が、世界中のさまざまな場で活躍する将来を予想した時、放射線に関するフィールドトレーニングは、自分自身で自分の身を守る、重要な基礎教育である』との前書きを記した(片岡ほか、2009)。しかし、2011年3月に起こった東京電力福島第一原子力発電所での事故は、この前書きの間接的表現を大きく踏み越えたものとなった。事故以来10ヶ月、この報告書を執筆している2012年1月4日の朝日新聞名古屋版朝刊には“3日の測定値”として福島市の線量当量0.93マイクロシーベルト/時が掲載されている。このような値は様々な地域について、毎日報告されている。そして、その値を基にして様々な論評や施策がなされる。

我々は、旅立ちの前に、カイロの気温が摂氏 38 度、あるいはヘルシンキの最高気温がマイナス 10 度であると聞いた時、どのような服を準備すれば良いかおおよその想像がつく。それは、それぞれ自分が過去に経験した気温との比較、あるいはその延長線上での類推がなされるからである。しかし、マイクロシーベルト、あるいはベクレルの数値が目の前に踊っても、それらがキャンパスのある刈谷での日常体験と比較して、どれほどのものであるかの経験が無ければ、値の評価は難しく、すべて行政府から公にされる指針が行動の基準となる。将来の教育に携わろうと考えるには、しかし、なんであれ常にそのような指針が出された理由を考え、自分自身の行動に自ら判断を下す力を持つことが望まれる。

本報告は、2011 年度後期に開講された愛知教育大学 2 年生向け授業「環境と人間展開 2 - 宇宙から人間社会へ」の一部において「放射線環境の体験」をめざした試みの報告である。

2. 装 置

放射線測定は、(1)受講生が日常の生活において被曝している線量を知る、(2)愛知教育大学キャンパス内の様々な場所の線量の違いとその変化が何に起因するかを体得する。(3)その線量を今回の発電所事故による値と比較する。この 3 点を目標とした。測定器具は、名古屋大学アイソトープセンターのご好意により借用した。(1)の測定にはアロカ社電子ポケット線量計「マイドーズミニ PDM-111 型」(図 1 下方 a)と予備電池を受講生全員に渡し、1 日 (24 時間) の生活時間における被曝線量を測定した。(2)の測定には、アロカ社シンチレーションサーベイメータ TCS-161 (図 1 上方 b) を 3 名 1 組のグループが持ち、キャンパス内を室内/屋外を問わずそれぞれのグループが目指した場所での線量を測定した。

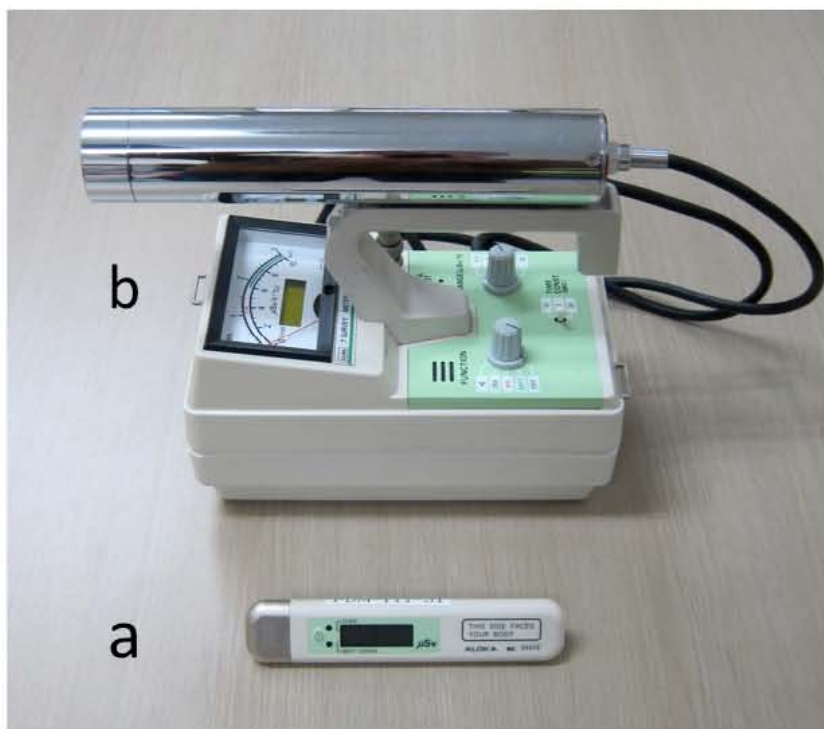


図 1 : 本講義で用いた測定装置。

下方にある a はアロカ社電子ポケット線量計「マイドーズミニ PDM-111 型」通常この装置は、研究室で放射線を扱う実験時などに各個人が身につけ、個人被曝の積算量を測定する。上方にある b は、アロカ社シンチレーションサーベイメータ TCS-161 型で、放射線を扱う研究において、その場/その時における放射線量を測定するのに用いられる。

いずれも、名古屋大学アイソトープ総合センターのご好意で借用した。

3. 地質環境

愛知教育大学は刈谷市の北端に位置する。西三河地域には、何段かの段丘面が存在するが、愛知教育大学キャンパスは、最高位段丘面である三好面の上に立地している。そのすぐ西側には段丘崖をはさんで、境川が形成した沖積平野が広がっている。三好面をつくる地層は、主に白色に脱色したチャート礫からなる礫層であり、三好層と呼ばれている。愛知教育大学付近では、2~3 cm 程度の礫径のものが主体である。三好層は、基質の部分が風化によって赤色土壌化しているのが特徴である。三好層の形成年代については、確かな証拠は出されていないが、赤色土壌化が進んだと考えられる最終間氷期（約12万年前）より古いことは確実であり、数十万年前であると考えられる。三好層の露頭は、キャンパスに隣接した道路の切り割りで良く観察できる。キャンパス内でも地層としては改変されてはいるものの、あちらこちらの道路や建物のわきで、チャート礫や赤色の土壌をみることができる。

4. 結果

受講生が各自の1日（24時間）の生活において被曝した線量を第1表に示す。測定時間（この間に被曝した量が積分される）は学生により多少異なるので、積算量と共に、その値を測定時間数で割った、1時間あたりの被曝量として合せて示した。測定者（受講生）は、多くの時間を大学と自宅（下宿）で過ごしたようである。測定者による差は、ほとんど見られず、0.07 マイクロシーベルト/時から0.10 マイクロシーベルト/時の値がえられた。平均は、0.080 マイクロシーベルト/時である。測定者がもっとも多くの時間を過ごした場所は、大学の教室内と自宅（下宿）での睡眠期間中であると考えられる。この値は、次に示す愛知教育大学キャンパス内での測定値の内“室内”の値に対応していることから、室内での被曝量が通常の生活環境下での被曝量を規定している事がわかる。

第1表： 通常の生活環境での1~2日間の被曝量

(アロカPDM-111 ポケット線量計 (図1のa) による)

| 測定者 | 測定日時/時間 | 線量当量 $\mu\text{Sv/h}$ (積算量) | 主な測定環境 (生活の場) |
|-----|-------------------|-----------------------------|-----------------------|
| A | 10月18日10時から19日11時 | 0.062 (1.54/25h) | 大学~自宅 (名古屋) |
| B | 10月17日16時から18日16時 | 0.082 (1.96/24h) | 大学~自宅 (安城) ~バイト先 (安城) |
| C | 10月17日15時から18日15時 | 0.080 (1.93/24h) | 大学~自宅 (名古屋) |
| D | 10月17日15時から18日15時 | 0.085 (2.05/24h) | 大学~自宅 (尾西) |
| E | 10月17日16時から18日20時 | 0.071 (1.98/28h) | 自宅 (名古屋) ~車内~ナゴヤドーム近辺 |
| F | 10月17日16時から18日16時 | 0.072 (1.72/24h) | 自宅 (尾西) |
| G | 10月17日16時から18日16時 | 0.065 (1.57/24h) | 大学~自宅 (刈谷) |
| H | 10月17日16時から18日16時 | 0.101 (2.42/24h) | 下宿 (刈谷) ~バイト先 (ピアゴ) |
| I | 10月17日16時から18日16時 | 0.090 (2.16/24h) | 下宿 (刈谷) |
| J | 10月19日11時から20日11時 | 0.092 (2.21/24h) | 自宅 (刈谷) ~大学 |
| K | 10月17日16時から18日17時 | 0.081 (2.06/25h) | 大学~自宅 (碧南) |
| L | 10月17日16時から18日16時 | 0.081 (1.95/24h) | 大学~自宅 (岡崎) |
| M | 10月17日16時から18日16時 | 0.077 (1.84/24h) | 自宅 (名古屋) |

上記 13 測定の平均値 0.080 マイクロシーベルト/時は、0.70 ミリシーベルト/年に換算される。

この値は、日本全国の放射線分布図（中部原子力懇談会，2009）から読み取れる愛知県中部の環境放射線量 0.7~0.9 ミリシーベルト/年と符合する。

次に、受講生 3~4 名を 1 グループとして、1 グループにサーベーター（図 1 の b）1 台を持たせ、キャンパス内を建物の内外を問わず、各自が興味を持った場所の線量を測定した。測定結果を第 2 表に、測定場所と測定値を第 2 図に示した。生協電子レンジ付近での測定（c5）がなされているが、これは、電子レンジから放射線が出ているのではないか？という学生らの疑問に基づいた選択であろう。そして同じ売店内で、電子レンジから離れた場所での値（c6）が、電子レンジ近くと同じであったことから、学生達は電子レンジから放射線は出ている事を自ら理解したと思われる。また、PCB 汚染物保管場所は、2 つのグループによって測定されている（a-5, b-4）。これは、汚染物/危険物 → 放射能も、という思考が働いたものと考えられるが、二つの測定ともに 0.04~0.05 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ と低い値が得られており、PCB と放射線が無関係なものであることを確認したと思われる。

環境放射線は地質環境に依存する（たとえば 湊，2006）。さらには地質依存性を利用して、環境放射線から目視で区別しにくい層序対比に用いる試みもなされている（田中ほか，2010）。本調査地域の刈谷キャンパス一帯は、前述のように、チャート礫を主体とする三好層が分布する。キャンパスの屋外線量が 0.04~0.06 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ と低い事は、チャートにカリウム、ウラン、トリウムなどの放射性元素がほとんど含まれない事と符合する。学生はこの線量がキャンパス一帯の平常値である事を理解したと思われる。

第 2 表: 愛知教育大学キャンパス内の放射線量 (アロカ TCS-161 サーベーターによる)

| 測定者 氏名 | 測定場所 番号 | 測定環境 室内/屋外 | 空間(1m)線量か 特定物に密着か | 線量当量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 測定環境メモ |
|-----------|------------|---------------|----------------------|-------------------------------------|----------------|
| 久保 | a-1 | 屋外 | 空間 | 0.09 | 第 2 共通棟変電設備の入口 |
| 富山 | a-2 | 屋外 | 空間 | 0.05 | プールサイド |
| 下間 | a-3 | 室内 | 空間 | 0.09 | 第一体育館内部 |
| 丹羽 | a-4 | 屋外 | 空間 | 0.06 | P1 2 駐車場 |
| | a-5 | 屋外 | 空間 | 0.04 | PCB 汚染物保管所 |
| | a-6 | 屋外 | 空間 | 0.04 | P1 1 駐車場 |
| 瀧美 | b-1 | 室内 | 空間 | 0.08 | 売店レジ/コピー機周辺 |
| 柳瀬 | b-2 | 室内 | 密着 | 0.09 | 音楽棟ピアノ |
| 加藤 | b-3 | 屋外 | 密着 | 0.04 | 体育館前で人体の腹部 |
| | b-4 | 屋外 | 空間 | 0.05 | PCB 汚染物保管場所 |
| | b-5 | 屋外 | 空間 | 0.07 | 高校体育館前 |
| | b-6 | 屋外 | 空間 | 0.06 | 弓道場/地面は土 |
| 高須 | c-1 | 屋外 | 密着 | 0.05 | 落ち葉/地面は土 |
| 川口 | c-2 | 屋外 | 空間 | 0.04 | P9 駐車場 |
| 古居 | c-3 | 屋外 | 空間 | 0.06 | 馬小屋 |
| 菅野 | c-4 | 屋外 | 空間 | 0.04 | 池の水辺 |
| | c-5 | 室内 | 空間 | 0.10 | 生協内電子レンジ付近 |
| | c-6 | 室内 | 空間 | 0.09 | 生協売店内 |
| 五十嵐 | d-1 | 屋外 | 空間 | 0.07 | 講堂前庭 |
| | d-2 | 屋外 | 空間 | 0.06 | 道路上 |

| | | | | | |
|----|------|----|----|------|------------------|
| 鄭 | d-3 | 屋外 | 空間 | 0.05 | 道路上 |
| | d-4 | 室内 | 密着 | 0.07 | 情報処理センター内机に密着 |
| | d-5 | 室内 | 空間 | 0.04 | 本部北の建物 |
| | d-6 | 室内 | 空間 | 0.13 | 本部建物ロビー、床はコンクリート |
| | d-7 | 室内 | 空間 | 0.09 | 保健管理センター長椅子の上 |
| | d-8 | 屋外 | 空間 | 0.08 | 保健管理センター建物前 |
| | d-9 | 屋外 | 空間 | 0.08 | 第2福祉施設建物前 |
| | d-10 | 室内 | 空間 | 0.10 | 第2福祉施設建物内 |
| 水野 | d-11 | 屋外 | 空間 | 0.05 | バス停留所 |
| | d-12 | 屋外 | 空間 | 0.05 | 植え込み |
| | d-13 | 室内 | 空間 | 0.09 | 図書館内 |
| | d-14 | 屋外 | 空間 | 0.07 | 図書館正面外 |
| | d-15 | 室内 | 空間 | 0.11 | 第一共通棟113教室 |

第2表に区分した室内/屋外の測定環境ごとに、測定値の平均を求めると、屋外 21 地点の平均は、 $0.057 \pm 0.015(1\sigma)$ マイクロシーベルト/時で、室内 12 地点の平均は $0.090 \pm 0.022(1\sigma)$ マイクロシーベルト/時と、室内の線量が高い。これは、東京電力福島第一原子力発電所事故による被曝地域では、室内の線量が屋外より低い事とは逆の傾向である。これは、被曝地域では汚染に由来する線源が屋外に多く存在するのに対し、本研究地域のような通常環境では、建物内部が、天然の放射性元素を骨材に含むコンクリートなどの建材に、上下左右が囲まれている（絶対値は低く、いずれも自然界の値であるが）ことに因ると理解されよう。

愛知教育大学キャンパス内の放射線量分布

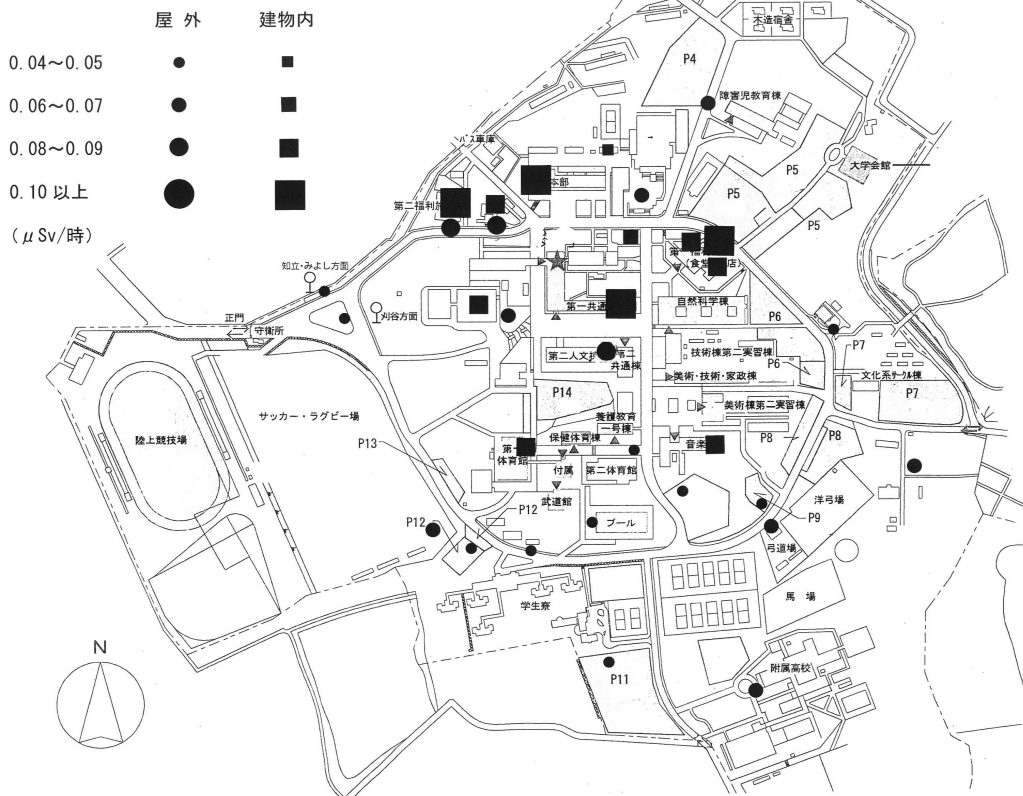


図2：愛知教育大学キャンパスで測定した放射線量（第2表）を場所ごとに表示したもの。屋外では場所による差はほとんど無いが、建物内が相対的に高い事がわかる。

5. 授業の展開と将来への展望

上記の放射線測定は、授業の導入に用いた。学生は、耳慣れないマイクロシーベルトや食品の汚染に使われるベクレルの用語に戸惑いながらも自分に関係したデータとして測定を進めた。身近な値として学生の気が入った所で、ベクレル、グレイ、シーベルトへの説明を始める。測定値が高かった所と低かった所の比較や、天然の岩石中に存在するカリウムの放射壊変から、普通の岩石も、規制されている牛肉とおなじ数百ベクレル/kgの放射能を持つ事、よく使われる“シーベルト”は、なかなか定量化しにくい値である事等へと学習を進める。

学習は、放射線が持つ利点へも展開する。名古屋大学年代測定総合研究センターでは、考古遺物、地質試料の年代が測定されている。これらの年代測定はいずれも炭素14やウラン、トリウム、ルビジウム等天然の放射壊変を利用したものである。いかに微小な同位体の変化を正しく測るかが、これら年代測定のキーポイントである。生物実験のトレーサーとして、リンなど生体元素の放射線は欠くべからざるものである。気候変動を規定する海洋大循環が見いだされたのも、水爆実験によるトリチウム分布の発見がきっかけであった。

宇宙の開闢以来、星の中で進む元素の合成も核反応のひとつである。原子炉の中でも起こっているs過程、期待されるがなかなか確定しないp過程やr過程、われわれ人類の住む地球に至る元素の進化を説明するのにも、身近な放射線測定は理解のきっかけを与える。これらも本授業での展開内容の一つである。名古屋大学宇宙物理学の佐藤修二先生も同様なお考えをお持ちであった。

次年度は段戸山、鳳来寺山など多様な地質を持つ地域へと実習範囲を拡大出来るなら、様々な自然環境と放射線環境について学ぶ素材が得られると確信する。

謝辞

本報告のきっかけとなった愛知教育大学における授業「環境と人間展開2—宇宙から人間社会へ」には、名古屋大学アイソトープ総合センターから受講生数のポケット線量計15台と4台のサーベーターをお貸しいただいた。ここに記して御礼申し上げる。

参考文献

- 片岡良輔、沼田直樹、白川知恵、神田ゆか、小沢 萌、中村明博、小畑伶子、三浦 悟、竹内 誠、南 雅代、柴田理尋、田中 剛 (2009) 放射線を指標とする環境評価教育の開拓。
名古屋大学博物館報告 25号, 15-23。
- 田中 剛・於保 俊・桂田祐介 (2010) 天然放射線を用いたガーネムアリ遺跡の土壌対比。
名古屋大学博物館報告 26号, 59-70。
- 中部原子力懇談会 (2009) 目で見える環境放射線 pp.10。
- 湊 進 (2006) 日本における地表 γ 線の線量率分布。地学雑誌 115巻1号, 87-95。

日本語要旨

2011年3月、我々は未曾有の原子力発電所事故を経験した。この事故は広範囲に放射性物質を飛散させ、放射線が人類にとって最も重要な環境因子である事を、強く認識させた。放射線に対する基礎的な知識と経験は、二酸化炭素やヒ素による環境汚染以上に大学教育において強く教えるべきことがらであろう。環境放射線を素材として、日常での被曝量を体験する事、その被曝量の場所による違いを知る事、を目的とした実習授業を行った。この結果は、日頃なじみの薄い線量の単位とともに受講生の放射線に対する認識をより深め得たと考えられる。