

東大教養での放射線教育

東京大学 教養学部/大学院総合文化研究科 助教 鳥居 寛之

東京大学教養学部では前期課程全科類の学生を対象にテーマ講義「放射線を科学的に理解する」を開講し、好評を博している。これは、教養学部の物理・放射化学・生物学の専門家3名を中心に連携して講義を組み立て、さらに医学・原子力工学・農学の専門家を加えて多角的かつ科学的・定量的に放射線を理解してもらうことを目指したもので、異なる分野の教員が連携した講義ということでも注目されている。また、教養教育高度化機構の主催する「高校生のための金曜講座」で、全国の高校約20校延べ1000人以上と中継で結び、放射線の講座を2週にわたり開講した。さらに、時事通信社と博報堂との共同企画で、放射性物質による汚染に対する人々の不安が拭いきれない震災がれき問題についてワークショップを行い、学生たちを現地に派遣し、議論を重ねて発表を行うとともに、環境大臣に面会して直接提言を行った。粒子線物理学を専門とする私が企画・講義・参加をしたこれらの教育活動について、報告する。放射線の物理学的性質、生物学的影響について、いかに教えたらいいいのか、経験を踏まえつつ、考えを述べたい。テーマ講義をまとめた書籍も併せて紹介する。

はじめに

原子力発電所の事故以来、環境中の放射能汚染について、また放射線量について、連日報道されてきた。放射線による人体への影響について、専門家の間でも確定的なことが言えず意見が分かれたことや、そもそも国や電力会社の発表に対する不信感が広がったこともあって、半ばヒステリックなまでに放射線に対する恐怖を訴えるといった反応も見られた。メディアでも度々特集を組んで解説がなされたが、必ずしも国民一人一人が納得して正しい科学的知識を身につけたか疑問である。これまで30年以上にわたって、放射線の基礎的知識に対する教育が十分になされてこなかったことのつけが、科学的リテラシーの欠如となって表れている。

放射線を理解するには、物理・化学・生物学・医学・工学など様々な分野の知識が必要となり、全てを網羅することが難しいことは確かであり、それはメディアに登場した専門家が様々な分野にわたったことから窺える。大学においても、系統立った授業が行われているのは一部の医学系学科や放射線技師養成科などに限られ、一般の学生が学べる機会は少ない。そこで、東京大学教養学部では、私が企画責任者となって放射線に関する講義をシリーズを立ち上げた。

自主講義「放射線学」

きっかけは、震災後の3月末に、知り合いのある2年生学生から、放射線について講義をして欲しいと提案されたことであった。それなりの科学的知識を与えるためには1回のセミナーなどでは不十分なので、有志学生を集めて、(いまどきは珍しい)自主講義を立ち上げることにした。

東京大学教養学部物理部会には素粒子物理・原子核物理の研究者が多数いるが、いずれも理論家であり、シーベルトなどという単位は聞いたこともないという。実験系は原子物理・量子光学・生物物理などで、およそ原子力や放射線に詳しい人はほとんどいなかった

た。私の専門は素粒子原子・粒子線物理学であり、反陽子やミュー粒子を含む原子の実験研究をしている。特にこれまでCERN研究所にて反陽子原子の分光・超低速反陽子ビームの生成と原子衝突実験、反水素原子合成などに携わり、原子核や放射線物理学はよく知っている。また、学部時代より生物学科に通って放射線生物学を履修するなど、放射線が生体に及ぼす影響もある程度学んでいたから、ここは出番と張り切って、一人の教員として個人ベースで始めたのである。

講義に先立って、4月末には教員・院生向けの「放射線に関する講演・討論会」を開き、教員らに知識を提供するとともに、私自身の理解が生物学の研究者などからみておかしくないことを確認した。講師として放射線物理学や放射線生物学、原子核物理学などの教科書を勉強し直し、また web page などで新たな知識を得ながら講義を準備し、毎週ごとに分野の違う内容に合わせてスライドを作成した。

講義は5月から6月にかけて全6回、および最後に討論会を設けた。夏学期のカリキュラムはとうの昔に決まっていたため、急遽開講した自主講義には単位など出るべくもないが、チラシや twitter などでの宣伝の結果、初回に40名（うち1・2年生は28名）が集まった。後半は半減したが、これは基本的なことが分かれば満足したということであろうか。一方で、ポスター掲示などを見て参加してきた外部一般人は毎回5名が最後まで熱心に聴講した。

テーマ講義「放射線を科学的に理解する」

自主講義の成功をうけ、冬学期（2011年10月～翌1月）にはこれを正課授業として発展させることにした。教養学部の放射線取扱主任者である渡邊雄一郎教授（生命環境応答学）、事故以来、原発周辺を含め各地で環境試料のサンプリングや解析を行っている小豆川勝見助教（環境分析化学）と3人で主題科目テーマ講義「放射線を科学的に理解する」として開講した。物理・化学・生物という分野を越えて連携をはかった講義は、教養学部としても珍しい。何度も打ち合わせを重ね、入門から応用レベルまで、体系的に理解ができるように努めた。また、放射線医学（医学部）・土壌肥料学（農学部）・原子力工学（工学部）の各専門家もゲスト講師に呼んで多角的に幅広い内容をカバーできたと自負している。

講義では、放射線の問題に特化して様々な側面から科学的に理解することをめざした。原発自体の問題や、是非をめぐる議論は切り離し、純粋に放射線の物理学的・生物学的性質について、定性的・定量的に考えるための知識の提供に主眼をおいた。各回の詳しい内容は、一般公開している講義スライドをご参照頂くとして、本稿の最後に示すように、講義をもとに編纂した書籍の章立てを見て頂ければ、大枠はお分かりになると思う。

東京大学では、前期課程の1・2年生は全員、駒場キャンパスにある教養学部に所属し、いわゆる教養教育を受ける。各学年、理科生1800名、文科生1300名を数える。その全員を受講対象とした。初回受講者は80名以上で多くは1年生。受講登録した約60名は全員理系で、うち最後まで受講したのは40名程度。みな真剣に受講し、授業評価アンケートでも満足度が高く好評であった。正直なところ、母数を考えると、百名を超える受

講者をも期待した節はあるのだが、他にも取るべき授業があるなか、新しい講義を熱心に取ってくれた学生たちには感謝したい。

巷では大人たちが政府や科学者の発言を信頼できず疑心暗鬼になり、子どもを持つお母さんたちが不安を訴え、また放射線の危険性をことさらに煽る「専門家」がときに非科学的な言動を見せるなど、混乱した年であったが、学生たちはむしろ極めて冷静に受け止めていた。理科の知識をきちんともっていれば放射線を過度に怖がる必要もないということか、あるいは、「まじめな」学生諸君は大学の先生（科学者）の言うことを「素直に」受け入れるということか、あるいは、原爆や冷戦時代の核実験になじみがないという世代の気質かもしれない。テーマ講義では、毎回の授業後にストロンチウムの危険性などについて様々な主張を述べにきた一般受講者がいたが、これと対照的であった。また、前期課程の理系学生は必修の基礎物理学実験においてGM管や霧箱の種目を履修するが、特に健康影響を心配する学生も現れなかったし、むしろ放射線を身近に体験することで納得できた様子であった。

今回の放射線テーマ講義は、私を中心とする講師陣の個人的な企画により実現したものであって、教養学部報に寄稿した記事が一面トップを含め何度か掲載されたものの、大学として、あるいは学部として講義の枠組みが作られたものではない。我が国がエネルギー問題にどう取り組むにせよ、いまそこにある放射性物質・放射線とは将来にわたって向き合っていくなくては行けない。フランスなどに比べて圧倒的に立ち後れている放射線教育の重要性を考えると、原子力工学などごく一部の学科でしか放射線を教えていない現状は問題である。医学部にしても、一応放射線の教育をするはずであるが、実際のところ放射線について正しい知識を備えている医者は、放射線科の専門医を除けばごく一部である。CTスキャンを受ける専門クリニックで、問診の医師が被曝量について全く知らず、「たぶんレントゲン検査と同じくらい」と答たのは個人的に衝撃的な体験だったし、福島でも事故後に真っ先に医者が逃げて住民が不安に陥ったケースが多いと聞く。もっと多くの大学で、一般教養レベルでも広く教育を普及させるために、今回の我々の講義と似たような取り組みを、ある程度組織的に推進する必要があるのではないか。

なお、東京大学では専門課程である本郷キャンパスでも、放射線に関して理・工・農など学部横断的に大学院生向けの講義シリーズを開講したようであるが、参加状況は芳しくなかったと聞く。また、「放射線を知る」と題して一般向けの公開講座も開かれた。それぞれの専門家が研究内容などを発表していて、それぞれは高度に専門的のためになる講演ではあったものの、内容としては断片的で講演ごとの連関性は薄く、それだけを聞いて放射線の基礎知識を得るのは難しいと感じた。幅広い知識を有機的に結びつけた講義や講演会を企画する際には、よほど時間と能力をかけて講師同士で協議を重ねて練り上げる必要があると感じ、教育カリキュラムとして成功させる上で教養学部の役割は大きいと改めて認識した。

東大教養では、今年2012年度の冬学期も同様のテーマ講義を開講し、新たに環境汚染・廃棄物問題や、科学コミュニケーション・リスク論も取り上げる予定である。

高校生のための金曜特別講座「放射線の科学」

東京大学教養学部では、教養教育高度化機構が、高校生を対象とした特別講座を毎週開催し、大学での研究や広く一般教養について紹介している。2011年の11月には、「放射線の科学」について特別に2週連続で講座を開き、テーマ講義の3人の教員で《放射線物理学》と《環境放射化学・放射線生物学》について話した。200名入る会場には近隣の高校生のほか、一般聴衆が来場し、また、全国の約20の登録高校に同時双方向配信して、延べ1000人以上が受講した。スライドのコピーのほか、基礎的な用語集を予め準備して理解の補助とした（会場では印刷物として配った）。2回とも盛況で、会場および配信校から活発な質問が飛び、1時間の講演に対して質疑応答は2時間にも及んだ。関心の高さを物語っている。質問や意見の一端を以下に列挙する。生体への影響については2週目の講演で話したが、その前の1週目で既に多くの質問が出た。

- 自然界にもとからある放射線と、原発事故による放射性物質から出ている放射線とで、違いはあるのですか。
- 浴びることによってがんになる可能性が高くなる放射線と、がんを治すために用いる放射線は種類として同じですか。
- 体内にたまった放射性物質は、観測できるほどの放射線を出しているのでしょうか？
- 食べ物や空気中の放射線が人体に与える影響は？
- 世界の中で年間放射線量の高い地域はどこで、何ミリシーベルトでしょうか。
- 低レベルの放射線が人体に与える影響はどうでしょうか？
- ICRPは何故リスク評価のグラフを「直線グラフ」としたのか。
- ベクレルからシーベルトの変換、あるいはその逆は可能なのでしょうか？
- 測定器によって空間線量値が異なるのはなぜですか。
- 福島原発の事故とチェルノブイリ原発事故の違いは？
- 環境中にどのような核種がどのあたりにどれくらい飛び散ったのでしょうか。
- 福島原発の処理に使っているロボットの素材が放射化して故障したりしないのか？
- プルトニウムを燃料にしたときに何が出てくるのかを教えてください。
- ストロンチウムを測る方法についてですが、どのように測っているのですか？
- 除染によって放射性核種の量を減らすことはできますか。
- 除染についていろいろ試していますが、なかなか難しいです。（福島高校科学部）

この講座の様子は、高校講座シリーズの初の試みとして、東大オープンコースウェア(OCW)にて動画配信を準備中である。

ワークショップ「災害廃棄物処理を考えるプロジェクト」

2012年3月には、東京大学と博報堂、時事通信社がタイアップして「3.11のガレキを考える」プロジェクトを実施した。東京大学と博報堂の共同教育プログラム「ブランドデザインスタジオ」の一環として、特別協力の環境省が博報堂に委託した広報費を利用した企画で、有志学生を集めて岩手と宮城の災害現地に派遣し、国や県の災害廃棄物処理担当者や地元住民など様々な人の話を聞きながらこの問題について考えてもらった。まずはシ

ンポジウムを開いて問題点を整理し、翌週に現地派遣。現地および翌週以降にも学生やコーディネータらが集まって議論を重ね、最終的には11ヶ条にまとめ、発表するとともに、細野環境大臣に面会して直接提言を行った。私自身はシンポジウム講師として、また放射線に関する監修者として学生たちの議論に加わり、プロジェクトをサポートした。

震災がれきの広域処理については、その数ヶ月前から、放射性物質による汚染を心配する強い反対の声があがっていた。放射線に関する科学的知識の欠如、科学者の社会への情報発信の失敗、行政に対する不信感、などの問題が背景にあり、我々科学者としてもいかに社会に科学的事実やリスクについて伝えていくべきか、考えさせられる社会問題であった。ただし、学生たちのまとめた提言によると、放射線のリスクは問題の一部であって、国の行政と地元自治体の連携不足や認識のずれ、役所の事務能力、ビジョンや情報伝達の欠如といった幅広い問題点が浮き上がった。

その他の活動

教養学部物理部会の教員有志で、「放射線の物理および生体への影響」および「原子炉の物理」と題した文書をまとめ、2011年6月以来 web 上で一般公開している。

また、一般向けの講演会としては、2011年6月の駒場キャンパス理系後期課程オープンラボ（研究室公開）の折に、放射線の基礎知識を教えるシンポジウムを開催し、一般人や大学生、高校生を集めた。また、私個人としては東京都三鷹市や八王子市、また福島市で講演活動を行うとともに、母校である神戸市の中学・高校でも土曜講座を担当した。

東京大学では、放射線計測器を使って環境系学生団体のサポートも行った。この団体は毎年落ち葉堆肥を作って学園祭で一般配布しているが、2011年は保管していた落ち葉が東京にも降り注いだ放射性物質をかぶってしまったため、堆肥中の放射性セシウムの放射能を測定する必要があると学生から相談を受けた。ゲルマニウム半導体検出器による γ 線測定は教員が行う一方、GM管による β 線測定には装置の使用許可を出して、アドバイスをしながら学生たちに測定してもらった。結果は、基準値である 400 Bq/kg に近いものもあったが、いずれも下回り、無事堆肥を配布することができた。

書籍「放射線を科学的に理解する」

東大教養でのテーマ講義の成果は、書籍としてまとめることにした。3名の担当教員で執筆し、何度も打ち合わせをして、互いの文章をチェックしつつ全体の見直しをしながら私が中心となって取りまとめ、1冊の書籍として仕上げた。

巷に放射線や放射能に関する書物はたくさん出版されているが、内容が断片的だったり、基礎的な入門書に留まっていて、なかなか科学的に深いところまで書かれたものは見当たらない。一方で、放射線物理学や放射線医学・生物学、あるいは放射線取扱主任者試験の対策用教本は、内容が専門的すぎて一般の人にはハードルが高すぎる。本書は、そんな入門書と専門書のギャップを埋めるべく、理系の大学1年生向けを念頭に、また、なるべく福島第一原子力発電所の事故の現状に即して役に立つものになりたいという願いを込めて書き下ろした。大学での一連の活動や各地での講演活動の経験を生かし、巻末にはQ & Aも設け、一般の人の疑問・質問に答えられるようにした。

大学生や広く一般の人々はもちろん、小学校、あるいは広く中学、高校の理科の先生方、あるいは大学の研究者の皆様にも、ぜひ読んで知識を深め、これからの放射線教育にご活用頂きたい。

著書「放射線を科学的に理解する ― 基礎からわかる東大教養の講義」

鳥居寛之・小豆川勝見・渡辺雄一郎 著、中川恵一 執筆協力

丸善出版（2012年10月刊行）

- 1章 放射線とは？《放射線入門》 / 2章 放射線の性質《放射線物理学 I》
- 3章 原子力発電で生み出される放射性物質《原子核物理学・原子力工学》
- 4章 放射線量の評価《放射線物理学 II》
- 5章 放射線の測り方《放射線計測学》 / 6章 環境中での放射性物質《環境放射化学》
- 7章 放射線の細胞への影響《放射線生物学》 / 8章 放射線の人体への影響《放射線医学》
- 9章 放射性物質と農業《植物栄養学・土壌肥料学》
- 10章 放射線の防護と安全《放射線防護学》
- 11章 役に立つ放射線《放射線の利用・加速器科学》 / Q&A

おわりに

よく引用されることばであるが、物理学者寺田寅彦の1935年のことばを掲げておく。「ものをこわがらな過ぎたり、こわがり過ぎたりするのはやさしいが、正当にこわがることはなかなかむつかしいことだ（と思われた。）」

こわがるというのは人の感情であり、これを「正当に」という理性でコントロールすることは簡単なことではない。放射線による健康影響のリスクに関しては、リスクを過大評価しても過小評価してもいけない。「被曝を怖れすぎても、怖れなさすぎても健康被害が出る」とは中川恵一先生（東京大学附属病院放射線科）のことばである。「病は気から」と言うが、普段から精神的不安によって免疫力低下など実際の健康に影響が出ることを経験している医者ならではの実感なのであろう。

ゼロでないリスクとどう向き合っていくのか。偏らない科学的知識に基づいたうえで、人々が自分なりの判断を下せる社会の構築が求められている。

参考サイト

東京大学教養学部における講義・高校講座・一般講演の詳しい内容および、スライドについては、以下のホームページで一般公開しているので、ぜひご参照頂きたい。今回の研究会講演では、こうした東京大学での活動をご紹介したわけであるが、今回の講演のスライドも同様にホームページで公開しているため、スライド等の図表はそちらに譲ることとし、本稿には図などは一切含めなかった。

<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/>

教養学部物理部会の有志で書いた放射線に関する文書も上のページに掲げてある。

なお、震災がれき問題のワークショップについては以下のサイトへ。

<http://www.bdstudio.komex.c.u-tokyo.ac.jp/diarypro/diary.cgi?field=5>