話 題

IAEA 地域研修コース「屋内ラドンからの リスクの低減：ラドンに対する 国家的戦略の確立」に参加して

床 次 眞 司^{*1}

1. は じ め に

国際原子力機関 (IAEA) ではラドンを含めた自然放射線源に起因する屋内での放射線被ばくに対する公衆の防護 (Protection of the Public against Exposure Indoors due to Natural Sources of Radiation) に関する安全基準 (IAEA Safety Standard) の改訂が進められており、間もなく公表される予定である。この改訂の発端となったのは、世界保健機関 (WHO) が 2009 年に刊行した WHO ハンドブックでも見られたように、ラドンによる肺がんのリスクの大幅な見直しであった¹⁾。ラドンと肺がんの因果関係を導くために、これまで多くの疫学調査が実施されてきた。元来、ラドンと肺がんの因果関係が指摘されたのは、ウラン鉱山の坑内作業者の間に肺がんが過剰に発生したことによるものである。その後、一般家屋の環境でも坑内に匹敵するほどラドン濃度が高い家屋が見つかり、欧米を中心とした国々において疫学調査が実施された。これらの疫学調査結果を統合して再解析を行ったところ、屋内ラドン濃度 100 Bq/m³ あたり 15% 程度の過剰の肺がんの発生が認められるとともに、従来の対策レベルである 200 Bq/m³ 以下でもラドン濃度と肺がんの発生に有意性が見いだされた。そのため WHO はハンドブックを刊行することにより、ICRP が勧告してきた従来の対策レベルの半分である 100 ~ 300 Bq/m³ を推奨し、一般公衆に向けて屋内ラドンに対する注意喚起を促した。当然のことながら、国際放射線防護委員会 (ICRP) もこれら最新の疫学研究結果を吟味し、新たな出版物として Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon (ICRP Publication 115) を 2010 年に刊行した²⁾。国

際機関である WHO や ICRP の勧告を受け、IAEA はラドンに関する安全基準の改訂作業に入った。その一環として、IAEA はラドンに対する規制がほとんど存在しないアジア地域を対象とした研修コース「Reducing the risk from indoor radon: Establishing a national radon strategy」を企画した。本コースは 2012 年 10 月 29 日 ~ 11 月 2 日にかけて、インドネシア原子力庁 (BATAN) の協力を得て実施されたものであり、筆者は講師の一人として参加することとなった。本稿ではその研修の概要について紹介するとともに、所感についても述べてみたい。

2. 研修コースの概要

第 1 図に研修の受講者及び講師の集合写真を示す。今回の研修コースにはホスト国であるインドネシア以外に、バーレーン、カンボジア、中国、イラン、イラク、クウェート、マレーシア、ミャンマー、パキスタン、フィリピン、カタール、シリア、タイ、ベトナムの計 15 か国からの参加があった。残念ながら、日本や韓国からの参加はなかったものの、オブザーバーとしてジャカルタのアメリカ大使館から職員が初日から最終日まで常時研修に参加していたことは大変興味深かった。4 名の講師として、IAEA から Tony COLGAN 博士、アイルランド国立大学ダブリン校の James McLAUGHLIN 教授、WHO を代表してドイツ連邦放射線防護局の Michaela KREUZER 博士、そして日本から筆者が講義を担当した。また、ヨーロッパ全域においてラドン測定サービスを扱うランダウア・ノルディック (本社スウェーデン) の Per NILSSON 氏による特別講演も併せて行われた。

第 1 表に研修のプログラムを示す。10 月 29 日午前 9 時から研修は開始された。開会式ではホスト国からの要

第 1 図 IAEA 地域研修コースの参加者 (講師 4 名を含む。最前列右から 3 番目が筆者。)

Shinji TOKONAMI; Overview of Regional Training Course on Reducing the Risk from Indoor Radon Organized by International Atomic Energy Agency: Establishing a National Radon Strategy.

^{*1} 弘前大学被ばく医療総合研究所; 青森県弘前市本町 66-1 (〒036-8564)
Hirotsaki University, Institute of Radiation Emergency Medicine; 66-1 Hon-cho, Hirotsaki-shi, Aomori 036-8564, Japan.

第1表 IAEA 地域研修コースのプログラム

<i>Date</i>	<i>Time</i>	<i>Contents</i>
October 29, 2012	09:00–09:30	Registration
	09:30–09:45	Opening Ceremony
	09:45–10:15	Presentation on IAEA Safety Standards (COLGAN)
	10:15–10:30	Presentation on Scope of the RTC (COLGAN)
	10:30–11:00	Coffee
	11:30–13:00	Health Effects of Radon (KREUZER)
	13:00–14:30	Lunch
	14:30–16:00	Current Situation in Member States I
	16:00–16:30	Coffee
	16:30–18:00	Current Situation in Member States I
	18:15–19:30	Welcome Reception
October 30, 2012	09:00–09:45	Sources of Indoor Radon (TOKONAMI)
	09:45–10:30	Radon Measurement Techniques (McLAUGHLIN)
	10:30–11:00	Coffee
	11:00–12:30	Components of a National Radon Strategy (COLGAN)
	12:30–14:00	Lunch
	14:00–14:45	Information Requirements (McLAUGHLIN)
	14:45–15:30	Thoron in Indoor Air (TOKONAMI)
	15:30–16:00	Coffee
	16:00–17:00	Review (yes/no questions)
	09:00–09:45	Challenges in Undertaking Large Scale Radon Surveys (NILSSON)
October 31, 2012	09:45–10:30	Working Group Discussions
	10:30–11:00	Coffee
	11:00–12:30	Working Group Discussions
	12:30–14:00	Lunch
	14:00–15:30	Working Group Discussions
	15:30–16:00	Coffee
	16:00–17:00	Radon Mapping Techniques (McLAUGHLIN)
	09:00–10:30	Working Group Discussions
	10:30–11:00	Coffee
	11:00–12:30	Working Group Discussions
November 1, 2012	12:30–14:00	Lunch
	14:00–14:45	Setting a National Reference Level for Radon (McLAUGHLIN)
	14:45–15:30	Radon in Drinking Water (COLGAN)
	15:30–16:00	Coffee
	16:00–17:00	Review
	09:00–09:45	Building Codes for Controlling Indoor Radon (McLAUGHLIN)
	09:45–10:30	Controlling Building Materials (TOKONAMI)
	10:30–11:00	Coffee
	11:00–11:45	NORM Industries as a Source of Public Exposure (TOKONAMI)
	11:45–12:30	Feedback
November 2, 2012	12:30–14:30	Lunch
	14:30–15:30	Final Discussion
	15:30–16:00	Future Priority
	16:00–16:30	Closing of the RTC

人、主催者等のスピーチに続き、COLGAN 博士は IAEA が現在改訂作業を行っている Safety Standards、続いて本研修コースの狙いについて説明した。コーヒブレイクの後、最初の講義が始まった。KREUZER 博士によるラドンによる健康影響では、WHO が刊行したハンドブックの内容について紹介された。KREUZER 博士は、2005 年に

British Medical Journal に報告されたヨーロッパにおける 13 件のケースコントロール研究のメタ解析に関する論文³⁾の著者の一人である。午後には、参加国による現状報告がなされた。

二日目の午前 9 時から、筆者は屋内ラドンの発生源に関する講義を行った。ここでは研修の初めにラドンに

関する基本的な知識の整理を行うことで理解を深める意図があった。引き続いて、ラドンの測定技術について、McLAUGHLIN 教授による講義があった。30 年以上にわたり教壇に立ってきた教授の講義の進め方には、未だ経験の浅い筆者にとって大いに勉強になった。午前の最後の講義として、COLGAN 博士による現在改訂中の安全基準についての問題点のレビューが紹介された。午後には、McLAUGHLIN 教授によるリスクコミュニケーションの講義があった。放射線に関するリスクコミュニケーションは現在のわが国でも取り組むべき重要な課題であ

る。本講義はラドンに特化したものでその内容については、弘前大学出版会が 2012 年 1 月に刊行した Radiation Emergency Medicine の創刊号の冒頭論文⁴⁾を参考していただきたい。続いて、筆者が屋内空気中のトリロンに関する講義を行った。トリロンの問題は特にアジア地域で問題となっているという国際的な認識があり、筆者らの研究グループはこの問題に長く取り組んできた^{5,6)}。この度の講師依頼についても IAEA からアジア地域を対象とした研修ではこの点を重視したとのことであった。二日目の研修の最後は小テストで締めくくられた。実際に用い

REVIEW QUESTIONS - 1

1.	Long-term exposure to radon concentrations in the home increases the risk of lung cancer	YES/NO
2.	Radon causes more deaths from lung cancer than smoking	YES/NO
3.	Most of the dose from “radon” is due to radon gas – only a small contribution comes from radon daughters (radon progeny)	YES/NO
4.	The risk estimates derived from epidemiological studies of people exposed to radon in their homes are consistent with the data from studies of miners	YES/NO
5.	The total number of radon-induced cancer cases is usually dominated by smokers due to their higher baseline risk	YES/NO
6.	The relationship between residential radon and lung cancer risk is approximately linear with no evidence of a threshold below which there is no risk	YES/NO
7.	The total number of radon-induced cancers in a country is dominated by the group of people with extremely high radon concentrations	YES/NO
8.	The total number of radon-induced lung cancer cases in a country depends on the lung cancer incidence, the smoking prevalence and the distribution of radon concentrations	YES/NO
9.	A direct relationship has been shown to exist between exposure due to radon in the home non-malignant respiratory diseases such as bronchitis, emphysema and pneumonia	YES/NO
10.	The soil underneath the building is usually the most important source of indoor radon, particularly in ground floor rooms	YES/NO
11.	High concentrations of radon can sometimes be found in natural gas supplies	YES/NO
12.	On the upper floors of high rise buildings, radon exhalation from building materials is often the most important source of indoor radon	YES/NO
13.	If the gamma dose rate from building materials is high, this will lead to high indoor radon concentrations	YES/NO
14.	Environmental factors such as atmospheric pressure and changes in temperature can influence the concentration of radon in buildings	YES/NO
15.	Long term radon measurements are most appropriate for national radon surveys	YES/NO
16.	Short term radon measurements are helpful in assessing if corrective actions to reduce indoor radon concentrations have been successful	YES/NO
17.	Radon concentrations used in epidemiological studies are normally based on short term measurements	YES/NO
18.	Outdoor radon concentrations are a good indicator of indoor radon concentrations	YES/NO

第 2 図 研修コースのために作成された小テストの一例

られた小テストの一例を第2図に示すが、YES または NO で答える形式であった。

三日目の研修のテーマはラドン全国調査とマッピングであった。最初の講義では、ランダウア・ノルディックの NILSSON 氏が、大規模なラドン調査を進める際に考慮すべき事項や陥りやすい落とし穴などについて実体験を交えた講演を行った。その後、参加者を幾つかのグループに分け、それぞれ用意されたシナリオと情報に基づいて、参加者に適切なラドン調査の方法を検討させた。第3図に参加者の議論している様子を示す。昼食後に各グループの座長から説明させ、全体で質疑応答を行った。三日目最後には、McLAUGHLIN 教授がラドンマッピングの作成方法について講義を行った。

四日目は午前中から前日と同様のグループ討議を行った。ここでは、Homeowner（家主）、Professionals（例えば建築業者）、Policy-maker（政策決定者）、Journalist（マスコミ）の4つの職種に分類して、ラドン低減のプログラムを実行する際の問題点の洗い出しを行った。グループ討議の後、McLAUGHLIN 教授がラドンの参考レベルの設定に考慮すべき要件について講義を行った。続いて、COLGAN 博士による飲料水中のラドンに関する講義があり、そこでは飲料水の質に関する WHO ハンドブック⁷⁾の概要が説明され、水中放射能の測定技術についても紹介された。最後には前日と同様の小テストがあり、受講生の理解度を確認した。

研修最終日の五日目には、建築材料に関連した放射能に関して幾つかの講義が行われた。初めに McLAUGHLIN 教授による屋内ラドンを制御するための建築上の規則についての講義では、ヨーロッパで用いられているラドン濃度の低減方法の紹介がなされた。同教授がこの方法は

そのままアジアに適用できないために独自にその方法を確立する必要性を説いた。次に、筆者による建築材料の制御に関する講義が続いた。この講義では安全基準でも記載されている建材からのガンマ線とラドン散逸率に関する指針が紹介された。午前中最後の講義として、同じく筆者が公衆の被ばく源としての NORM 産業についての講義を行った。ここでは、様々な産業がそのプロセスの中でラドンをどのように生み出しているのか、そのラドンが屋内環境にどのように影響を及ぼすのかについて論じた。午後には全体を通じて最終的な議論が行われ、研修を通じて得られたものを今後どのように生かしていくかについて、各国の事情を踏まえながら、その将来性について意見交換を行った。

3. お わ り に

日本では、これまでに複数回、屋内ラドン濃度調査が実施されてきた⁸⁻¹⁰⁾。これらの調査は国際的な要請に基づくものであり、それらの結果は国連科学委員会（UNSCEAR）でも報告されている。これまでの調査によって、日本の屋内ラドン濃度レベルの平均値は世界的に見ても低いことがわかっている。しかしながら、果たしてこれで終わりにしてよいのだろうか。やるべきことはもうないのか。福島で起こった原発事故後、放射線被ばくに対する公衆の関心が急速に高まり、専門家は放射線のリスクに関して、UNSCEAR 報告書などを引用し、ラドンによる被ばく線量は原発事故によるものよりも大きいと説明する。今回の事故では、幸いにも初期対応者でさえ重篤な急性放射線障害が出てくるほどの被ばくはしていない。多くの人々の関心は、環境中に残存している放射性物質によって、低線量で長期間にわたる慢性的な被ばくが人々の健康にどのような影響を及ぼすのかにある。事故によって、日本には放射性セシウムが天然に存在する環境ができてしまった。それでは、事故前から天然に存在している放射性物質に目を向ける必要がないのか。日本には国際的なラドンの基準値（参考レベル）を超える家屋は一軒も存在していないのか。国際的な参考レベルを超える高ラドン濃度家屋の存在を示す断片的な研究結果はあるものの¹¹⁾、国が主導する系統立てた調査結果に基づくデータがないために明確に回答することはできない。では、屋内ラドンに対する指針（ガイドライン）や低減は日本には不要なのだろうか。

今回の IAEA が企画した研修コースでは日本からの参加者がいないことからわが国のラドンに対する関心が低いことは明らかである。これに対して、アメリカは正式

第3図 ワーキンググループディスカッションの様子

な参加ではないものの、外務省職員がオブザーバーとして参加して情報収集に当たっていた。アジア地域を対象とした研修コースに、日本がもっと積極的に寄与すべきではなかったのか。日本が培ってきた測定技術に関しては他国の追従を許さないほど高いレベルにあることは国際的にも周知の事実である。国際放射線単位測定委員会 (ICRU) は、アジアからの筆者を含めた世界から6名の専門家を招集し¹²⁾、ラドンの測定に関する報告書「Measurement and Reporting of Radon Exposures」を準備しており、来年には刊行される予定である。

最終日の議論では、未だラドンの調査を行っていない国が数多くあることから、IAEA が提供する測定器と自国で用意した測定器を同時に設置して比較測定を行う提案がなされ、全ての参加国が同意した。実施に当たって、このプログラムを実行可能にするためには経済的な支援が必要である。今からでも遅くない。日本がこの分野でアジアにおけるリーダーシップを発揮できるように、各方面からの支援をお願いしたい。

IAEA の COLGAN 博士から講師依頼の打診があったのは、昨年3月に弘前市において開催された自然放射線被ばくと低線量疫学研究に関する国際シンポジウム (NARE2012)¹³⁾ の会期中であった。その後、講師任命にあたり様々な書類の提出があった。特に苦勞したのは、臨時の国連職員の立場で講師としてテロを十分に警戒しなければならないインドネシアに派遣されたため、現地では身の安全や保障に関して正しい判断や行動が求められることである。それ故、事前にウェブ上でそれらに関する2種類の講義を受け、終了後にはそれぞれの試験を受けて8割以上でなければ修了証書が授与されないという大変厳しいものであった。筆者は2度も合格点に満たず、同じ講義を受けての試験には大変苦勞させられた。二度の週末の時間を費やして試験合格後に修了証書を受け取った (ダウンロードした) 時には心底喜びを噛みしめた。ちなみにこの証書の有効期限は3年間である。

参 考 文 献

- 1) WHO (World Health Organization); "WHO Handbook on Indoor Radon", (2009), ISBN 978 92 4 154767 3, Geneva.
- 2) ICRP (International Commission on Radiological Protection); "Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon", (2010), ICRP Publication 115, Ann. ICRP 40 (1).
- 3) S. DARBY, D. HILL, A. AUVINEN, J. M. BARROS-DIOS, H. BAYSSON, F. BOCHICCHIO, H. DEO, R. FALK, F. FORASTIERE, M. HAKAMA, I. HEID, L. KREIENBROCK, M. KREUZER, F. LAGARDE, I. MÄKELÄINEN, C. MUIRHEAD, W. OBERAIGNER, G. PERSHAGEN, A. RUANO-RAVINA, E. RUOSTEENOJA, A. S. ROSARIO, M. TIRMARCHE, L. TOMÁSEK, E. WHITLEY, H.-E. WICHMANN and R. DOLL; Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, *BMJ*, doi:10.1136/bmj.38308.477650.63 (2005).
- 4) J. P. MCLAUGHLIN; Risk communication as a strategic tool to raise awareness of radon health effects and to reduce exposures to the public, *Radiat. Emergency Med.*, **1** (1-2), 2-6 (2012).
- 5) S. TOKONAMI; Why is ^{220}Rn (Thoron) measurement important?, *Radiat. Prot. Dosim.*, **141** (4), 335-339 (2010).
- 6) S. TOKONAMI, Q. SUN, S. AKIBA, W. ZHUO, M. FURUKAWA, T. ISHIKAWA, C. HOU, S. ZHANG, Y. NARAZAKI, B. OHJI, H. YONEHARA and Y. YAMADA; Radon and thoron exposures for cave residents in Shanxi and Shaanxi provinces, *Radiat. Res.*, **162** (4), 390-396 (2004).
- 7) WHO (World Health Organization); "Guidelines for Drinking Water Quality", (2011), ISBN 978 92 4 154815 1, Geneva.
- 8) K. FUJIMOTO, S. KOBAYASHI, M. UCHIYAMA, M. DOI and Y. NAKAYAMA; Nationwide indoor Rn survey in Japan, *Hoken Butsuri*, **32** (1), 41-51 (1997).
- 9) T. SANADA K. FUJIMOTO, K. MIYANO, M. DOI, S. TOKONAMI, M. UESUGI and Y. TAKATA; Measurement of nationwide indoor Rn concentration in Japan, *J. Environ. Radioact.*, **45**, 129-137 (1999).
- 10) G. SUZUKI, I. YAMAGUCHI, H. OGATA, H. SUGIYAMA, H. YONEHARA, F. KASAGI, S. FUJIWARA, Y. TATSUKAWA, I. MORI and S. KIMURA; A nation-wide survey on indoor radon from 2007 to 2010 in Japan, *J. Radiat. Res.*, **51** (6), 683-689 (2010).
- 11) A. SORIMACHI, C. KRANROD, S. TOKONAMI, T. ISHIKAWA, M. JANIK, R. SHINGAKI, M. FURUKAWA, S. CHANYOTHA and N. CHANKOW; Anomalously high radon concentrations in a dwelling in Okinawa, Japan, *Radioisotopes*, **58** (12), 807-813 (2009).
- 12) ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements); "Report Committee 27 on Measurement and Reporting of Radon Exposures", Available at: <http://www.icru.org/home/uncategorised/report-committee-27>, 閲覧 2013 年 5 月 16 日.
- 13) S. TOKONAMI, M. JANIK, J. CHEN, A. SORIMACHI and T.

ISHIKAWA; International symposium on the natural radiation exposures and low-dose radiation epidemiological studies. *Radiat. Prot. Dosim.*, **152** (1-3), 1 (2012).

床次 眞司（とこなみ しんじ）

国立大学法人弘前大学被ばく医療総合研究所放射線物理学部門教授。博士(工学)。ISO 及び IEC 専門委員として、放射線計測の国際標準化に従事。ICRU ラドンレポート作成委員。青森県・放射線に関する正しい知識の普及・啓蒙に係る顧問。福島県県民健康調査検討委員会委員。