

Photo K. Hirano

## Index

国連科学委員会（UNSCEAR）の東京電力福島第一原子力発電所 事故に関する報告書について .....	保田 浩志	1
高感度・携帯型コンプトンカメラの開発 .....	大須賀慎二	6
発展続くベトナムと原子力 .....	町 末男	12
「固体中核飛跡に関する国際会議」 ～26 <sup>th</sup> International Conference on Nuclear Tracks in Solids～ .....		13
FBNews 新編集委員長・編集委員のご紹介 .....		17
〔お知らせ〕 福島市で『放射線管理手帳』の発行を開始しました .....		18
〔FBNews〕 総合目次 その42 (No.445～456) .....		18
〔サービス部門からのお願い〕 ガラスバッジのラベル内容をご確認ください .....		19

# 国連科学委員会(UNSCEAR)の 東京電力福島第一原子力発電所事故に 関する報告書について



保田 浩志\*1

## 1. はじめに

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震および津波の発生に伴い、東京電力福島第一原子力発電所にて過酷事故（以下「福島第一事故」）が起こった。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation、通称「UNSCEAR（アンスケア）」）では、事故発生後の2ヶ月後（2011年5月）に、福島第一事故の人体や環境への影響を科学的に解析・評価した結果を2013年の報告書にまとめる計画を定め、2年半以上にわたる集中的な取り組みを経て、2014年4月に「2011年東日本大震災の原子力事故による放射線被ばくのレベルと影響」と題する報告書（以下「福島報告書」）を刊行した<sup>1)</sup>。筆者は、国連による公募・採用の手続きを経て、2011年12月より任期付職員としてUNSCEAR事務局に配属され、福島報告書の作成に関わる諸々の調整作業に携わってきた。本報では、主に同報告書の概要について紹介したい。

## 2. UNSCEARとは

UNSCEARは、1955年の国連総会で設置された国連の委員会であり、加盟国が任命した科学分野の専門家で構成される。

UNSCEARの役割は、電離放射線による被

ばくの線量と影響を評価し報告することである。世界各国の政府および関連する組織が、放射線リスクの評価と防護措置の決定に用いる科学的根拠として、UNSCEARの解析結果を活用している。

UNSCEARの評価は科学に根ざすものであり、その解析結果は政策立案者にとって意義ある情報になり得るが、UNSCEARでは政策そのものは取り扱わない。UNSCEARは、いかなる国、機関、営利団体、また政治的要請に従うものではない。UNSCEARの活動計画（期間は通常4～5年）は国連総会において承認される。

UNSCEARに任務遂行のための支援を提供する組織的責任は国連環境計画（UNEP）にあり、UNEPによりUNSCEARの事務局がオーストリア国・ウィーン市に置かれている。事務局はUNSCEARの年次会合を開催し、そこで精査すべき文書を準備する。そのために、事務局は、国連加盟国、国際組織および非政府組織等が提出した関連データならびに科学的文献をとりまとめ、データの解析、関連する科学的課題の検討、さらに科学的評価の実施を専門家に依頼する。年次会合での審議と承認を経て、信頼に足る評価結果が公表される。こうして、人々や環境の放射線防護に関する勧告や基準に関する科学的根拠が提供されることになる。

\*1 Hiroshi YASUDA 国連科学委員会(UNSCEAR)事務局 プロジェクトマネージャー

### 3. 福島報告書の概要

-----

#### 3-1. 評価の対象

福島報告書では、主として、様々な集団が受けた放射線被ばくと、その被ばくが人々の健康と環境にもたらすリスクという観点から今後生じ得る影響に重点を置いた。解析の対象とした集団は、福島県民、日本の他の都道府県の住民、原発サイトやその周辺で緊急作業に従事した作業者およびその他の人々である。環境評価では、陸域および水域（淡水および海洋）の生態系を取り扱った。

#### 3-2. データ収集・解析の方法

UNSCEARによる評価作業を支援するため、アルゼンチン、オーストラリア、ベラルーシ、ベルギー、カナダ、中国、フィンランド、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、日本、マレーシア、メキシコ、パキスタン、フィリピン、ポーランド、大韓民国、ロシア連邦、スロバキア、シンガポール、スペイン、スウェーデン、英国、アメリカ合衆国等の国連加盟国からデータが提供された。

加えて、包括的核実験禁止条約機関（CTBTO）準備委員会、国連食糧農業機関（FAO）、国際原子力機関（IAEA）、世界保健機関（WHO）、世界気象機関（WMO）等の国際機関から、データの提供ならびに専門家の派遣という形で協力を得た。

当該報告書の解析作業には、18の国連加盟国から80名以上の専門家が無償で参加した。間接的な情報の提供や解析作業への支援などの関与も含めれば、200名以上の専門家から協力を得たことになる。

UNSCEARでは、提供されたこれら全てのデータセットについて、解析に用いるのに先立ち、「評価の目的に適しているか」否かの検討を行った。データセットの中には評価に直接使わなかったものもあるが、それらも比較や妥当性を確認するのに有用であった。

地震や津波、また福島第一事故の影響を大きく受けた地域では、既存のインフラが崩壊したこと、特に電力供給が途絶えたこと等の要因により、事故後数日にわたり放射線や放射能の測定データの収集が妨げられた。また、混乱の中であって人命救助という最重要の任務が優先されたことから、事故直後に取得されたデータは乏しいものであった。そのため、UNSCEARは、影響評価を実施するために、モデルによる予測手法を広範囲に用いることを余儀なくされた。しかし、事故初期に福島第一原子力発電所から環境へ放出した放射性核種の量やその時間変動を厳密に把握することは至難であり、短半減期放射性物質からの被ばく線量の推定には相当の不確かさが伴った。時間が経過するとともに、現地で実測されたデータが数多く入手できるようになり、これらは評価に直接利用できた。より長半減期の放射性物質に関わるより長期的な被ばくの評価には、地表における放射性物質の沈着に関する大量のデータを活用することができた。将来の被ばく線量予測においては、過去の経験に基づいて選定したモデルを採用した。

#### 3-3. 公衆が受けたと推定される線量とその影響

UNSCEARでは、日本の公衆の被ばく線量を推定するために、対象とする地域を4つのグループに区分した。グループ1は福島県内で避難が実施された地区、グループ2は避難が行われなかった福島県内の行政区画、グループ3は福島県と地理的に近い6県、そしてグループ4はそれ以外の都道府県である。グループ1に属する地区から避難した人々（成人、10歳児および1歳児）の事故後1年間の線量を表1に、グループ2～4の避難対象外の地域に居住していた人々の事故後1年間の線量を表2に示す。

UNSCEARは、個人間で相当の差異（約2倍から3倍の拡がり）があることを認識した上で、最も影響を受けた行政区画における成

**表1 福島第一事故後1年間における避難者の地区平均実効線量と地区平均甲状腺吸収線量の推定値**

線量は自然放射線源によるバックグラウンド線量への上乗せ分である。表中の値は、避難シナリオに基づく地区平均線量の範囲を表す。これらの値は、各地区から避難した人々が被ばくした平均の線量を示すことを意図しており、避難した地区の住民の個々人が被ばくした線量の範囲を示すものではない。データが不十分である場合には仮定を設けており、そのためこれらの値は平均線量を実際よりも過大に評価している可能性がある。

年齢層	予防的避難地区 <sup>a</sup>			計画的避難地区 <sup>b</sup>		
	避難前および避難中	避難先	事故後1年間合計	避難前および避難中	避難先	事故後1年間合計
	実効線量 (mSv)					
成人	0～2.2	0.2～4.3	1.1～5.7	2.7～8.5	0.8～3.3	4.8～9.3
小児(10歳)	0～1.8	0.3～5.9	1.3～7.3	3.4～9.1	1.1～4.5	5.4～10
幼児(1歳)	0～3.3	0.3～7.5	1.6～9.3	4.2～12	1.1～5.6	7.1～13
甲状腺吸収線量 (mGy)						
成人	0～23	0.8～16	7.2～34	15～28	1～8	16～35
小児(10歳)	0～37	1.5～29	12～58	25～45	1.1～14	27～58
幼児(1歳)	0～46	3～49	15～82 <sup>c</sup>	45～63	2～27	47～83 <sup>c</sup>

- <sup>a</sup> 予防的避難とは、高度の被ばくを防止するための緊急時防護措置として2011年3月12日から2011年3月15日かけて指示された地区の避難を指す。線量の評価にあたっては、双葉町、大熊町、富岡町、楡葉町、広野町全体、南相馬市、浪江町、田村市の一部、川内村と葛尾村についての代表的な避難シナリオを採用した。
- <sup>b</sup> 計画的避難は、2011年3月末から同年6月にかけて指示された地区からの避難を指す。線量の評価にあたっては、飯舘村、南相馬市の一部、浪江町、川俣町、葛尾村の代表的な避難シナリオを採用した。
- <sup>c</sup> これらの甲状腺吸収線量は主として2つの経路：1) 事故直後数日間の避難前と避難中の間に被災地域を通過した大気中放射性物質を吸入することからの内部被ばくと2) その後の期間における経口摂取による内部被ばくによってもたらされた。

**表2 避難しなかった住民の福島第一事故から1年間における行政区画平均または都道府県平均の実効線量および甲状腺吸収線量の推定値**

線量は、自然放射線源によるバックグラウンド線量への上乗せ分である。表中の値は、グループ2とグループ3については行政区画平均の線量の幅を表しており、グループ4については都道府県平均の線量の幅を表している。これらの推定値は、地理的に様々な場所に居住する集団が被ばくした平均線量を示すことを意図しており、これらの場所に住む個々人が被ばくした線量の範囲を表すものではない。データが不十分である場合には仮定を設けており、そのためこれらの値は平均線量を実際よりも過大に評価している可能性がある。

住宅区域	実効線量 (mSv)			甲状腺の吸収線量 (mGy)		
	成人	10歳児	1歳児	成人	10歳児	1歳児
グループ2 <sup>a</sup>	1.0～4.3	1.2～5.9	2.0～7.5	7.8～17	15～31	33～52
グループ3 <sup>b</sup>	0.2～1.4	0.2～2.0	0.3～2.5	0.6～5.1	1.3～9.1	2.7～15
グループ4 <sup>c</sup>	0.1～0.3	0.1～0.4	0.2～0.5	0.5～0.9	1.2～1.8	2.6～3.3

- <sup>a</sup> グループ2：福島県の避難対象外行政区画の住民
- <sup>b</sup> グループ3：宮城県、群馬県、栃木県、茨城県、千葉県、岩手県の住民
- <sup>c</sup> グループ4：その他の都道府県の住民

人の事故後1年間の平均甲状腺線量を最大約35mGyと推定した。また、最も影響を受けた行政区画における1歳児について、事故後1年間の平均甲状腺線量を最大約80mGyと推定した。その主因となるヨウ素131（物理学的半減期：8日）による被ばくは、事故後数週間以内にもたらされたと推定された。

なお、行政区画平均の被ばく線量ははるかに低いものの、福島県の少数の妊娠中の女性が子宮に約20mGyの吸収線量を受けた可能性がある。しかし、該当者が少ないため、この集団について白血病を含む小児がんの発生率が統計学的に識別可能なほど増加するとは予測されない\*<sup>2</sup>。

主としてセシウム134とセシウム137により全身が受けた実効線量は、最大で10mSv程度となり、その被ばくは長い時間をかけてもたらされると予測された。なお、被ばく線量率は事故直後において最も高く時間の経過とともに徐々に低下し、事故後10年間における実効線量は事故後1年間の実効線量の最大2倍、生涯（80歳まで）の実効線量は最大3倍と推定された。なお、UNSCEARの評価では、除染などの環境修復は行われないものと仮定して線量を推定しており、これらの対策を考慮に入れた場合には推定した線量は小さくなると考えられる。

ほとんどの日本人について、事故後1年間とその後の数年間に受けた事故に起因する被ばく線量は、自然にあるバックグラウンド放射線から受ける線量（日本では年間約2.1mSv）よりも低いレベルであると評価された。このことは、事故当時に福島第一原子力発電所からより離れた都道府県に住んでいた人ほど明白である。

\* 2 UNSCEARは、本評価において、線量の低さや人数の少なさ故に既存のリスクモデルにより推論された健康リスクの上昇が現在利用できる方法では検知できない程度に小さい場合、「識別可能な増加は予測されない」と表現した。

### 3-4. 作業員への影響

UNSCEARでは、福島第一原子力発電所の敷地内で事故後作業に従事した作業員のほとんど（2012年10月31日時点で99.3パーセント）について、実効線量は低いレベルにあり（100mSv以下）、平均では約10mSvになることを確認した。よって、放射線被ばくがもたらす健康リスクも低いと考えられ、放射線の線量と健康影響に関する現在の知識と情報に基づく限り、作業員またはその子孫において、放射線被ばくに起因する健康影響の識別可能な増加は予測されない。

約170人（2012年10月31日時点で約0.7パーセント）の作業員が、主として外部被ばくにより100mSv以上の実効線量を受け、その平均線量は約140mSvになることを確認した。この程度の小さな集団に対する発がん率の通常の統計学的ばらつきを考慮すると、該当者が少ないため、このグループにおける発がん率の識別可能な増加は予測されない。

甲状腺に2 Gyから12 Gyまでの吸収線量を被ばくしたと推定される13名の作業員に関しては、甲状腺がんおよび他の甲状腺障害が発生するリスクが増加すると推論した。しかしながら、このような小規模の集団に通常見られる発がん率の統計学的ばらつきに比して、そのごくわずかながん発生率の上昇を確認することは難しいため、このグループにおいて発がん率の識別可能な増加は予測されない。

ただし、UNSCEARでは、相当の被ばくをした人々に対しては、健康影響の有無を確認するため長期にわたり医学的追跡調査を続けること、また、特定の疾患に関して健康状態の推移を明確に示すことが重要であると考えている。また、人口統計に現れる全体的な影響は識別できないほどに小さいと予想されるものの、一部の個人および集団（特に作業員）が、医学的追跡調査が当然とみなされる線量を被ばくしている事実は認識されるべきである。

### 3-5. 陸域および水域生態系の放射線被ばくと影響

UNSCEARは、福島第一事故後の動植物の放射線被ばく線量とそれに伴う影響について、この種の影響に関してUNSCEARが事故発生前に行った同様の影響に関する一般的な評価と比較しながら解析評価を実施し、以下のような見解を得た。

全体として、陸域および水域の生態系が受けた線量は、急性的な影響が観察できない程の低いレベルであった。被ばく期間が短かったため、影響があったとしても、本質的に一過性のものであったと予測される。

海洋環境におけるヒト以外の生物相への影響は、放射能濃度の高い汚染水が海に流れ出た地点の近傍域に限られている。影響が確認できる可能性があるのは水生植物、特に放射能汚染水が海洋に放出された区域内に生息する海藻類である。

特定の陸生生物（特に哺乳類）に対する影響を評価するための生物学的指標について継続的に変化が観られる可能性は排除できなかったが、そうした変化が集団個体群の保全の観点から重要か否かは不明である。

どのような放射線の影響も、放射性物質の沈着密度が最も高い地域に限定されている。この地域以外では、生物相への放射線被ばくの影響は無視できる程度である。

### 3-6. 放射線影響の将来予測

事故によって被ばくした線量が日常生活で受けているレベルよりも顕著に大きい場合には、科学的解析によって、その健康リスクを定量化することができる。もし全身で100mSvの実効線量に相当する急性被ばくを受けた場合、そうした被ばくを受けていない日本人が有する30%以上の発がんの可能性に加えて、がんの生涯リスクが1.3%増えると推定される。

UNSCEARは、福島第一事故でもたらされた被ばくについて、その線量が総じて低いこ

とから、事故による影響を受けた人々全体について、発がん率はこれまでと同じ水準を保ち、将来のがん統計において福島第一事故による放射線被ばくに起因し得る有意な変化が観られるとは予測されない、と結論付けた。

ただし、最も高い線量の甲状腺被ばくを受けたと推定される小児の集団については、甲状腺がんのリスクが理論上増加する可能性があり、今後も状況を綿密に追跡・評価する必要がある。

将来予測に関する主な記述をまとめると以下ようになる。

- ・発がん率は現在の水準を保持する。
- ・推定された線量が最も高い小児の甲状腺がんリスクは理論上増加する可能性がある。
- ・先天性異常や遺伝的影響は観られない。
- ・作業者の発がん率に識別可能な増加は観られない。
- ・野生生物には一過性の影響が観られる。

## 4. 世界保健機関(WHO)の報告書との比較

-----

UNSCEARが推定した線量および健康リスクは、世界保健機関(WHO)が初期の知見に基づいて評価した結果<sup>2)</sup>よりも若干低い値になったが、両者は科学的視点において整合しており、上記のUNSCEARの見解(福島第一事故により日本人が生涯に受ける被ばく線量は少なく、その結果として、今後日本人について放射線による健康影響が現れる可能性も低いこと)は、WHOの結論と一致している。

WHOによる福島第一事故の健康リスク評価の主な目的は、将来公衆に必要となる医療について予見しその健康を守る措置を講じるため、公衆の健康に生じ得る影響の可能性を早期に明らかにすることであった。その調査および評価は、2011年9月までのデータに基

づいて行われ、2012年5月にWHOが刊行した報告書<sup>3)</sup>に記された暫定的な線量の推定値に基づいている。

一方、UNSCEARは、WHOの報告書が検討対象とした期間以後について、より多くのデータ（主として2012年までの情報、一部は2013年の情報）を入手し解析に含めることができた。その結果、線量の推定にかかる不確かさをより小さくでき、それによって健康リスクをより信頼性高く評価することができた。

## 5. 今後の取組み

UNSCEARでは、チェルノブイリとスリーマイル島原子力発電所事故に関する評価の経験から、事故の進展に寄与した要因、その結果発生した公衆、作業員および環境の被ばくの状況等に関する新しい情報を今後も引き続き入手できると考えている。そして、数年後には、より多くの情報に基づいたより精緻な解析評価に再び着手することを計画している。

こうした認識のもと、UNSCEARでは、状況の推移を見守りつつ、新たに公表される研究成果を注視し続けるとともに、今後の活動計画を策定するにあたり、それらを考慮に入れることとしている。

筆者も、微力ながら、その重要な作業に引き続き寄与したいと願っている。

## 謝 辞

本報は、UNSCEARが2014年秋に日本（福島および東京）で実施した説明会のために作成した資料を基に書き上げたものである。当該資料の作成にあたっては、UNSCEAR事務局の同僚ならびに米倉義晴・UNSCEAR日本代表（放医研理事長）はじめ日本人専門家の方々から数多くの貴重な助言を頂いた。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) : UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly, with scientific annexes, Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. UNSCEAR, Vienna, 2014. Available from ([http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013\\_1.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1.html)) on September 2014.
- 2) World Health Organization (WHO) : Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, based on a preliminary dose estimation. WHO, Geneva, 2013. Available from ([http://www.who.int/ionizing\\_radiation/pub\\_meet/fukushima\\_risk\\_assessment\\_2013/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/fukushima_risk_assessment_2013/en/)) on September 2014.
- 3) World Health Organization (WHO) : Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. WHO, Geneva, 2012. Available from ([http://www.who.int/ionizing\\_radiation/pub\\_meet/fukushima\\_dose\\_assessment/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/fukushima_dose_assessment/en/)) on September 2014.

## 著者プロフィール

専門分野は環境放射線・放射能の線量評価。京都大学工学部衛生工学科卒、工学博士。1992年4月放射線医学総合研究所に研究員として入所、同所で主任研究員、調査役、チームリーダー等を務めた後、2011年12月よりオーストリア国ウィーン市にある国連科学委員会（UNSCEAR）事務局にて勤務。趣味は絵を描くこと。

E-mail: [yashnara@gmail.com](mailto:yashnara@gmail.com)

# 高感度・携帯型コンプトンカメラの開発



大須賀慎二\*

## 1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により大量の放射性物質が環境中に放出されてから、既に3年半が経過しているが、福島県内の周辺地域においては、放射性物質の除染が今なお、緊急かつ重要な課題となっている。放射性物質の集積（ホットスポット）を探索するには、従来は、サーベイメータを用いて線量率の空間的な変動を計測する方法が採られてきた。しかし、空間線量率測定に用いられる電離箱式、或いはシンチレーション式サーベイメータは、そもそも、検出感度の方向依存性が小さく、それらを用いたホットスポットの探索は時間と手間を要する作業となる。また、人手による場合には、作業者の被ばくを考慮する必要がある。

放射性物質（例えばセシウム134や137）からのガンマ線を「可視化」し、ガンマ線による撮像が可能となれば、放射性物質の分布を画像として提示することができる。浜松ホトニクス(株)と早稲田大学は、(独)科学技術振興機構の支援を得て、高感度かつ小型軽量のガンマ線可視化装置を開発した。本装置は、短時間で放射性物質の分布を画像化でき、また携帯性に優れ除染現場での設

置が容易であることから、除染作業の効率化や除染効果の確認・説明のための有効な道具になると考えられる。

## 2. ガンマ線による撮像方式

可視光領域においては、被写体から発した光線を、レンズや反射鏡を使って、CCD素子等の二次元光検出器上に収束・結像させ、被写体を撮像することができる。ガンマ線領域では、可視光用のレンズや反射鏡に相当する光学素子を使うことができないため、ピンホールカメラ方式やコンプトンカメラ方式による撮像が行われる。

ピンホールカメラ方式（図1）では、微小孔（ピンホール）を有する遮蔽体中に、二次元ガンマ線検出器をピンホールと対向させて配置する。放射性物質から放出されたガンマ線の内、ピンホールを通過して検出器に入

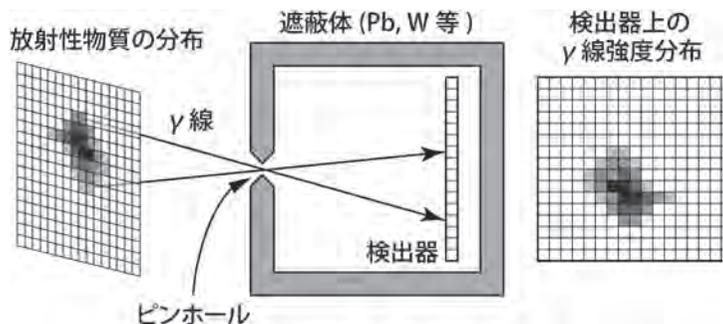


図1 ピンホールカメラ方式の撮像原理

\* Shinji OHSUKA 浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 第1研究室 室長

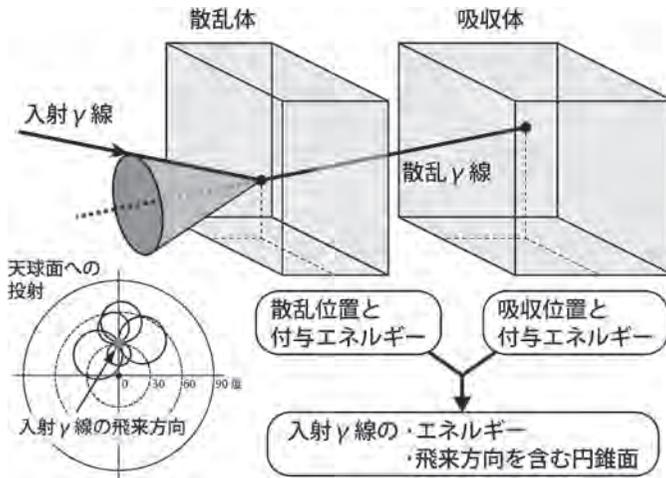


図2 コンプトンカメラ方式の撮像原理

射できたガンマ線のみが検出される。ガンマ線がピンホールを通過することで、ガンマ線の検出位置と飛来方向とが1対1で対応し、ガンマ線による撮像が可能となる。

コンプトンカメラ方式は、ガンマ線と物質との相互作用の一つであるコンプトン散乱を利用して、ガンマ線の飛来方向を特定する。図2に示すように、コンプトンカメラは、散乱体用と吸収体用のガンマ線検出器とから構成され、入射ガンマ線が散乱体検出器でコンプトン散乱を起こし、吸収体検出器で光電吸収される事象について、散乱体検出器での検出（散乱）位置と検出器への付与エネルギー、及び、吸収体検出器での検出（吸収）位置と検出器への付与エネルギーが計測される。これらの情報からコンプトン散乱の運動学に基づき、入射ガンマ線の飛来方向を含む円錐（コンプトン円錐）が計算される。単一のコンプトン散乱事象からは、コンプトン円錐を天球面に投影した円周上のどこかからガンマ線が飛来していることしか言えないが、多数のコンプトン散乱事象を計測し、それぞれの事象について計算されたコンプトン円錐を天球面に投影・重ね描きをすると、多くの円周が重なり合った点を入射ガンマ線の飛来方向として特定することができる。

ピンホールカメラ方式のガンマ線可視化装置は、福島第一原子力発電所の事故後の早い時期に製品化され、現場にも投入されている<sup>1)</sup>。撮像原理が簡単であり、ガンマ線の検出から画像化に至る過程の分かりやすさが特徴であるが、原理的に遮蔽体を必要とするため、セシウム137からの662keVガンマ線のように比較的エネルギーの高いガンマ線を撮像する場合には、鉛製やタンゲステン製の遮蔽体を使用した重い装置となってしまう。我々は、原理的に遮蔽体を必要と

しないコンプトンカメラ方式を選択し、除染現場での取り扱いが容易であり、かつ、短時間で放射性物質の分布を画像として提示可能とすることを目標として、高感度・携帯型コンプトンカメラの開発に取り組んだ。

### 3. 高感度・携帯型コンプトンカメラ

我々が開発した高感度・携帯型コンプトンカメラ<sup>2, 3)</sup>の外観写真を図3に、また、検出器構成の概念図を図4に示す。コンプトンカメラ本体の重量は1.9kgであり、図3に見られるように、容易に持ち運びが可能である。ガンマ線飛来方向の計算と画像表示はUSB接続したノートPC上で処理され、また、コンプトンカメラへの給電は、USB経由でノートPCよ



図3 開発したコンプトンカメラの外観写真

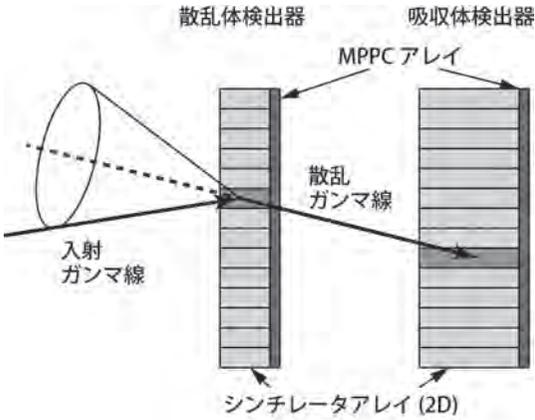


図4 開発したコンプトンカメラにおけるガンマ線検出器構成の概念図

り行う。したがって、コンプトンカメラ本体とノートPC、及びコンプトンカメラを設置する三脚を用意すれば、現場での測定が可能となる。

コンプトンカメラの散乱体と吸収体となるガンマ線検出器は、柱状のシンチレータ結晶を二次元的に配列したシンチレータアレイと、浜松ホトニクス株が開発した高性能な半導体光検出器であるマルチピクセルフォトンカウンタ<sup>4)</sup> (Multi-Pixel Photon Counter: MPPC) の二次元アレイとを結合して構成されている。ガンマ線が散乱・吸収されたシンチレータ結晶は、ガンマ線により付与されたエネルギーに応じた強度のシンチレーション光を発生する。そして、シンチレーション光はMPPCアレイの複数の素子に分配されて検出される。各MPPC素子の出力の、総和からは検出器への付与エネルギーが、また、重心演算によりガンマ線の散乱・吸収位置 (正確には、ガンマ線が散乱・吸収されたシンチレータ結晶) を知ることができる。

散乱体検出器と吸収体検出器で、ほぼ同時に出力が生起された事象が、コンプトン散乱事象の候補となる。更に、散乱体検出器に付与されたエネルギーが所定の範囲にあり、かつ、散乱体検出器と吸収体検出器に付与されたエネルギーの和が、分布状況を画像化したい放射性物質からのガンマ線のエネルギー (セシウム137なら662keV) を中心とする所定の範囲にある事象が選別され、画像化のために供される。図5 (a)-(e)に、セシウム137点状線源からのガンマ線を実際に計測したデータから、画像が生成される過程を示す。選別事象数が増加するにつれて、視野のほぼ中央に置かれた線源からガンマ線が飛来していることが、より明瞭に示されている。なお、コンプトン散乱事象のデータから画像を生成するアルゴリズムには、これまで説明してきた逆投影 (back projection) 法の他に、統計的な画像推定アルゴリズムを用いたMLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization: 最尤推定期待値最大化) 法がある。MLEM法では、選別されたコンプ

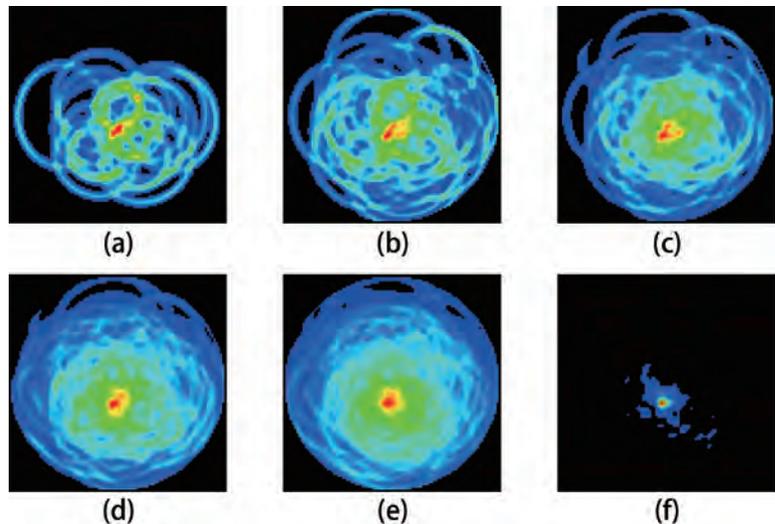


図5 開発したコンプトンカメラにおける画像生成

視野(上下・左右、各±90度)のほぼ中央にセシウム137点線源を置いて撮像した。  
 (a)-(e)：逆投影法。選別事象数は、(a)23、(b)54、(c)106、(d)224、(e)436。  
 (f)：MLEM法。選別事象数は(e)と同じ。

トン散乱事象それぞれについて、どの方向からのガンマ線に起因するか、ガンマ線の飛来方向についての確率分布が、コンプトン散乱事象毎に求まる散乱・吸収位置と検出器への付与エネルギーから計算される。そして、データ収集の終了後に、コンプトン散乱事象それぞれについて計算された確率分布に基づき、収集されたデータにとって最も尤もらしいガンマ線飛来方向の分布を推定して画像化する。MLEM法では、図5(f)に示す様に、点状のガンマ線源はほぼ点状に画像化される。ただし、広がりを持った分布の画像化に適用する場合には、データの統計的な揺らぎに起因して、偽の構造が現れる場合もあるため、MLEM法は、数1,000個程度の選別事象を蓄積した後に、詳細に放射性物質の分布を見たい場合に適している。

コンプトンカメラ方式においては、ガンマ線飛来方向の決定精度（角度分解能）はガンマ線の散乱・吸収位置の精度（位置分解能）、及び、散乱体検出器と吸収体検出器に付与されたエネルギーの精度（エネルギー分解能）に依存する。福島第一原子力発電所の事故を受けて、エックス線天文衛星搭載用に開発されたガンマ線検出器の技術を転用し、我々に先行して開発されたコンプトンカメラ<sup>5)</sup>では、シリコン(Si)半導体検出器を散乱体検出器として、また、テルル化カドミウム(CdTe)半導体検出器を吸収体検出器として使用している。半導体検出器を使用することで良好な位置分解能とエネルギー分解能が得られ、662keVのガンマ線に対して5.4度(FWHM)の角度分解能が達成されている。我々は、ガンマ線可視化装置が除染現場で実際に役立つためには、数分から10分程度で放射性物質の分布を画像として提示できる高感度性と、取扱いが容易な小型・軽量

であることが重要と考え、敢えて、ガンマ線検出器としてシンチレーション検出器を選択した。

シンチレーション検出器では、シンチレータの厚さを、SiやCdTe検出器1層の厚さよりも一桁以上厚くできるため、高感度化と小型化の両立が可能である。また、シンチレーション光の検出に、放射線モニタリング用検出器への使用実績もある高性能半導体検出器MPPCを使うことで、装置全体としても小型・軽量化が可能であると考えた。高感度化を優先し、シンチレータアレイに使用する柱状シンチレータの長さを10mm程度としたため、散乱・吸収位置の不確かさに起因する角度分解能への影響が懸念されたが、結果として、662keVガンマ線に対して14度(FWHM)と、実用上は十分と考えられる値が得られた。我々の開発構想の中には、微細なブロック状シンチレータを三次元的に積層したシンチレータアレイをガンマ線検出器に用いることで、高感度性と10度(FWHM)以下の角度分解能を達成する目論見を持っていたが、早期に実用化できることを優先し、柱状シンチレータの二次元アレイを用いたタイプを先行開発した。福島県内での2度の現地試験を経て、開発したコンプトンカメラの性能が実用レベルに達していると判断できたため、2013年9月に製品化に関するプレス発表を行った。主要な性能諸元を表1に示す。なお、微細ブロック状シンチレータの三次元アレイを用いたタイプについては、試作機により、8度(FWHM)程度の角度分解能を達成できるこ

表1 高感度・携帯型コンプトンカメラの性能緒元

項目	緒元
大きさ	15L×13.5W×15Hcm
カメラ本体重量	1.9kg
エネルギー分解能 @ 662keV	およそ9% (FWHM)
角度分解能 @ 662keV	およそ14度 (FWHM)
計測感度	カメラ位置で毎時5マイクロシーベルトの空間線量率を与えるセシウム137線源を20秒から30秒で識別できる

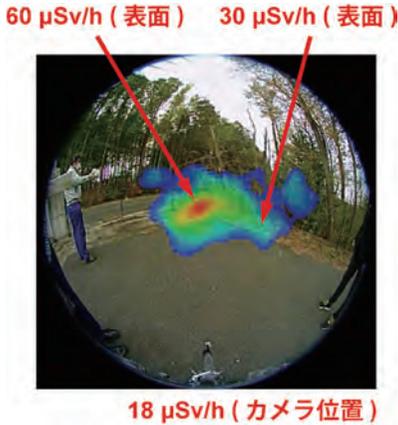


図6 放射性物質(セシウム137)の分布を示す画像  
測定地点：福島県内、データ蓄積時間：1分程度。

とを確認している<sup>6)</sup>。

居住制限区域内で行った現地試験では、バックグラウンドの空間線量率が毎時8マイクロシーベルト程度の環境において、3～5分間のデータ蓄積により放射性物質の分布の画像化が可能であることを確認した。また、毎時1～2マイクロシーベルト程度の線量率環境にある住宅地においても、10分程度のデータ蓄積により放射性物質の集積を画像として示すことができた。図6は、福島県内で実際に計測されたデータであり、放射性物質の集積状況が示されている。カメラ位置での空間線量率は毎時18マイクロシーベルトの環境で、地表面にサーベイメータを近づけて測定すると表示が毎時60マイクロシーベルトに達する放射性物質の集積が、1分程度の計測により明瞭に識別可能である。なお、可視魚眼カメラによる画像とコンプトンカメラによる画像とを重ね合わせて表示することで、放射性物質の集積箇所の特定が容易となっている。

#### 4. むすび

福島第一原子力発電所の事故からの福島地域の復旧・復興に役立つことを目標に、(独)科学技術振興機構の支援を得て早稲田大学と共

同して、高感度・携帯型コンプトンカメラを開発し、製品化を行った。本製品が、除染の促進の一助となり、福島地域の復旧・復興が加速されることを願ってやまない。

#### 謝 辞

本稿で紹介したコンプトンカメラの開発は、(独)科学技術振興機構による以下の事業・開発課題の一環として実施しました。

事業名：研究成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム

開発課題名：「高感度かつ携帯可能な革新的ガンマ線可視化装置の開発」

チームリーダー：大須賀慎二

開発期間：平成24～25年度

共同して開発にあたって頂いた、早稲田大学の片岡淳教授(サブリーダー)と片岡研究室の皆様へ感謝申し上げます。また、福島県内での現地試験に御助力頂いた福島大学の河津賢澄先生、本稿へデータの御提供を頂いた(株)千代田テクノル様に御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 佐藤央明：日経ビジネス 2012年5月21日号、76 (2012)。
- 2) 浜松ホトニクス(株)プレスリリース：http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/news/2013\_09\_10.pdf。
- 3) H. Suzuki et al.: IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), NPO1-144 (2013)。
- 4) 大須賀慎二：応用物理 83, 268 (2014)。
- 5) 松浦大輔 他：三菱重工技報 51, 80 (2014)。
- 6) 早稲田大学プレスリリース：http://www.waseda.jp/jp/news14/140724\_compton.html。

#### 著者プロフィール

1982年名古屋大学工学部原子核工学科卒業。同年浜松ホトニクス(株)へ入社。以後一貫して、光計測・放射線計測分野において、計測の3要素である対象、手法、データについての理解を深化させる、基礎計測的な研究に取り組んでいる。現在、中央研究所 第1研究室 室長。

## 発展続くベトナムと原子力

元・原子力委員 町 末 男



安倍首相が2012年12月に就任してから最初に外国訪問したのがベトナムであった。日本のODAの最大額の受け入れ国である。

ベトナムの人口は増え続けていて、2013年には約9,170万人になっており、平均年齢は29歳という若さである。

2000年以降、平均約7%の経済成長率で順調に発展してきた。2008-09年国連の安全保障理事会の非常任理事国を初めてつとめ、2014年からは国連人権理事会の理事国にもなっているなど国際社会での地位も高まっている。

筆者は1991年に初めてハノイを訪れたが、その当時の静かで、夜は明かりも少ない街の姿に比べ、今の賑やかさは驚くべきものである。車とモーターバイクが混在して道を溢れんばかりに走っている。交差点に信号が無いので外国人の歩行者が渡るのにはコツがいる。

政府が力を入れている農業はGDPの約3割を占め、胡椒の輸出は世界1位、コーヒーとコメは世界2位である。コメは30年余り前には輸入していたが、作付面積の拡大、品種改良で生産量を大きく伸ばす事に成功し輸出国となった。

日本との関係も急速に深まっており、日本企業の数が増えるに伴い、在ベトナム日本人の数は2005年の4,200人から2012年12月の11,200人と約3倍に増えている。

今回はFNCA（アジア原子力協力フォーラム）の原子力発電に関する会議が有り、ハノイに出張した。原子力研究所（VAEI）のタイン理事長、原子力庁（VAEA）のトラン理事長、原子力安全規制庁（VARANS）のタン理事長の3人の原子力のトップにお会いした。

ベトナムでは急速な経済発展に電力の供給が追いつかず、電力不足が続いている。そこ



ハノイでの「アジア原子力協力フォーラム」の原子力発電に関する会議 2014年8月26-27日

で、慎重な検討の結果、4基の原子力発電プラントの建設を決め、2021年頃の運転を目指して、国を挙げて取り組んでいる。ダラットには小型の研究炉が動いており、そこで原子炉の運転経験、原子力工学者の育成をこれまで進めて来た。しかし、商業炉は初めてであり、それに必要な人材の育成が重要な課題である。日本もベトナム電力（EVN）などから研修生を受け入れて、人材育成に協力している。今回のFNCAの会議も日本や韓国、中国の持っている経験をベトナムなどこれから原子力発電の導入をしようと計画している国々に伝える事が目的である。

ベトナムをはじめとして、これから社会・経済の発展が続き、電力需要が増える多くの開発途上国にとって経済的な電力の確保は不可欠である。一方、石炭を中心とする化石燃料の利用の増加により温暖化ガス排出量が増大し、気候変動が更に生活を脅かす事が懸念される。この問題を同時に解決する最も現実的な方法は安全に十分に配慮した原子力発電の利用である。原子力発電の長い経験を持つ日本はこれら途上国の原子力発電計画の実現に協力して行く事が期待されている。

(2014年9月15日稿)

## 「固体中核飛跡に関する国際会議」

～26<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Tracks in Solids～

### 1. 概要

平成26年9月15日から19日の5日間、神戸大学総合研究拠点コンベンションホールにおいて、「固体中核飛跡に関する国際会議」が開催された。この場所は、理化学研究所に設置されたスーパーコンピュータの名称「京コンピュータ」と隣接し、周辺部には、神戸どうぶつ王国（以前は、神戸花鳥園として有名な場所）がある。また、神戸空港から近く、交通の面では便利な場所でもある。

さて、今回の国際学会では、19の参加国で99人が参加した。参加国としては、日本の参加者が多く、次いで中国、インド、ロシア、台湾と続いた。学会における発表は、口頭発表が60件、ポスター発表が60件行われた。

この国際会議の歴史は古く、1957年フランスのストラスブールにおいて、「International Colloquium on Corpuscular Photography」(赤血球フォトグラフィーに関する国際討論会)が始まりで、それ以降、1958年、1960年、1962年、1964年、1966年、1970年、1972年、1976年、1979年、1981年、1983年、1985年、1988年、1990年、1992年、1994年、1996年、1998年、2000年、2002年、2004年、2006年、2008年、



京コンピュータが設置してある理化学研究所建屋



神戸大学総合研究拠点コンベンションホール

2011年と会議が行われ、今年で第26回の本開催を迎えている。国際会議名についても開催する度に当時の歴史背景が反映されて変更されている。具体的には、1964年から1970年までは、「International Conference on Nuclear Photography」に変更され、1970年に「International Colloquium on Corpuscular Photography and Visual Solid-State Detectors」、1972年に「International Conference on Nuclear Photography and Solid-State Detectors」と変更し、1976年から1990年までは、「International Conference on Solid-State Nuclear Track Detectors」、1990年「International Conference on Particle Tracks in Solids」、1992年「International Conference on Nuclear Tracks in Solids」と変更後、2002年インドで開催された第21回以降「International Conference on Nuclear Tracks in Solids」に変更後、今日に至っている。なお、次回開催は、フランスで開催することが決定したので、第1回の開催国に戻ってきたことになる。

今回の開催国は、オーストラリアでの予定であったが、開催国の事情により、急遽日本

で開催を行うことになった。ただし、開催主催は、オーストラリアとなっている。

国際会議の始まりとなった一つにフィッシュントラック法を用いた年代測定がある。

フィッシュントラック法とは、放射性核種の壊変を利用して岩石などの年代を測定する方法である。岩石を対象とする年代測定方法には、フィッシュントラック法、熱ルミネッセンス法、 $^{14}\text{C}$ 法などがある。この内、フィッシュントラック法は、岩石中の雲母、ジルコン、カンラン石中にウランが微量に存在している。 $^{238}\text{U}$ は、 $\alpha$ 線崩壊する以外に、わずかに自発核分裂をする。この自発核分裂によって生じた核分裂片が岩石中を通過する際に潜在飛跡を残す。この潜在飛跡は、岩石が生成した時から蓄積し始めるので、内部に残っているUの量とフィッシュントラックの数から岩石の年代を計測できる。年代測定方法は、1960年代に多くの研究者が調査を行い、海洋底玄武岩質のガラスを用いたフィッシュントラック年代測定法、自然界における海底の広がり範囲などの調査にも利用された。これ以降、宇宙線の起源、寿命などを調査するのに利用されたプラスチックフィルムからの飛跡、陽子、中性子検出子に関する開発などへ続いて今日に至っている。

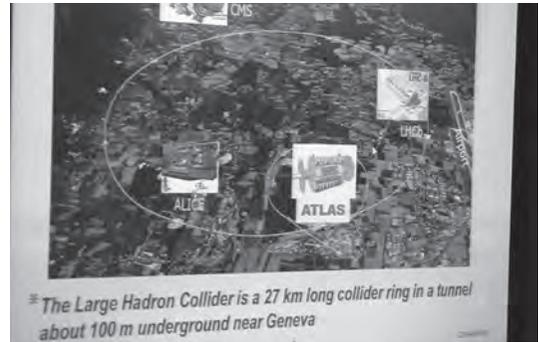
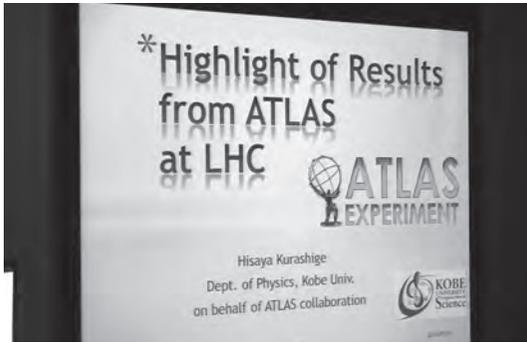
さて、学会当日は、開会式に引き続き、特別講演 蔵重 久弥氏「Highlight of Results from ATLAS & at LHC」の講演が行われた。物理学において素粒子とは、物質を構成する最小の単位を意味している。素粒子は、フェルミ統計に従う粒子をフェルミ粒子、ボース統計に従う粒子をボース粒子と呼ぶ。フェルミ粒子は、クォークとレプトンとに分類される。ボース粒子には、素粒子間の相互作用を伝達するゲージ粒子、ヒッグス粒子に分類される。クォークは、クォーク同士を結合してハドロンと呼ばれる複合粒子を形成する。クォークは、6種類存在し、3世代を形成する。すなわち、第一世代のアップ、ダウン、第二世代のチャーム、ストレンジ、および第三世代のトップ、ボトムである。各世代は、電荷が正の物と負の物で



開催直後の国際会議の様子

対を作っている。クォークの質量は、世代が上がるごとに増加する。より重たいクォークは、粒子崩壊の過程を経てすぐにアップおよびダウンクォークに変化する。一方、チャーム、ストレンジ、トップ、およびボトムは、宇宙線や粒子加速器の中で起こるような高エネルギー衝突の中でしか生成しない。2008年、ジュネーブ郊外にある欧州合同原子核研究所 (CERN) で建設中の大型ハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider、略称LHC) が完成し、史上最高エネルギーの素粒子実験が開始した。現在、8 TeVまでエネルギーを生み出すことに成功し、今後14 TeVを目指している。このLHCは、27kmの円周があるトンネルを反対方向に加速された陽子や鉛核イオンが正面衝突することで、宇宙始まり直後の状態を再現する。また、LHCでの高エネルギー陽子と陽子衝突の反応を観測する巨大アトラス測定器も完成し、今後、「ヒッグス粒子」やダークマターのSUSY (スージー) 粒子の発見等が期待されている。ヒッグス粒子は、不安定な粒子で、生まれてすぐに他の粒子に崩壊する。そこで、崩壊生成物を測定することによってヒッグス粒子を観測することができる。ここでは、これまでのLHC装置に関する壮大なる計画とヒッグス粒子解析が進展して状況についての講演があった。

コーヒーブレイク後、宇宙科学で宇宙用センサーや粒子測定器などの先駆的研究を行ってきた道家忠義先生の追悼講演として、永松愛子氏と小平 聡氏の講演が行われた。「Space



アトラスの講演：欧州合同原子核研究所(CERN)で建設中の大型ハドロン衝突型加速器

radiation dosimetry by PADLES in the ISS Russian segment to evaluate the effects of polyethylene shielding and different tissue equivalent materials」の永松氏の講演では、宇宙飛行士の被ばく線量を目的に開発された、熱蛍光線量計と固体飛跡検出器 (CR-39) を組合せた線量計PADLESに関する報告が行われた。「Precise track analysis and application for various radiation fields with high speed microscope and PitFit software」の小平氏の講演では、画像解析装置を用いた様々な重粒子で得られるエッチピット解析の報告が行われた。

ここで、固体飛跡検出器の科学について紹介する。固体飛跡検出器は、1958年に誕生したD.A.Youngが、LiF結晶中内に核分裂片で出来た飛跡を発見したことが始まりで、その後、雲母、ガラス、プラスチックなどを用いて、化学エッチング処理を施すと、光学顕微鏡で容易に飛跡を観測できた。今日、中性子用検出器として利用されているPADCプラスチック(商品名“CR-39”)は、この分野で1978年、B.G. Cartwright らにより速中性子用として紹介された後、PADCに対する研究が多くの研究者によって素材改良、エッチング処理方法、測定方法が研究されている。弊社の中性子線量計として利用している検出器もこのPADCである。この学会では、これまでPADC以外の材質として、フィルム、ガラスなど多くの固体飛跡検出器に関する基礎研究から計測方法などが主に発表された。具体的には、 $\alpha$ 線や陽

子などの重荷電粒子を照射した固体飛跡検出器をアルカリ溶液等でエッチングした際に発生する飛跡のメカニズムや固体飛跡検出器を用いたラドン・トロンの計測方法、中性子測定方法、宇宙線測定方法がある。

午後のセッションでは、黒堀 利夫氏から「Two-and three-dimensional X-ray image reconstruction from a disk-type Ag-activated phosphate glass plate」の講演が行われた。この講演では、蛍光ガラス(銀活性リン酸塩ガラス： $\phi 12\text{cm}$ )を用いた2D分布の応答についての調査研究とその応用について紹介された。発表では、8 keVのX線で1 mGy照射を行い、共焦点の技術を用いることで、深さ方向の情報から3次元のラジオグラフィに利用することができる。2日目は、PADC、LR115を用いたラドン線量計に関する講演が主に行われ、3日目は、モノポール、イオンにおけるトラックの挙動等について講演が行われた。

ハイパー核は、1952年に宇宙線によって生成されたハイパーフラグメントとして原子核乾板の中で発見された。V粒子として、ストレンジネスを持つ $\Lambda$ 粒子(ラムダ)やK中間子(カッパ)が発見されてから間もなくのことである。その後、加速器によって生成されるK-中間子を利用してハイパー核の研究が進められる。1970年代CERNでIn-flightによる(K-, $\pi^-$ )反応が利用されることで、ハイパー核の励起状態の研究が盛んになった。現在は、 $\Sigma$ ハイパー核の研究やハイパー核ガンマ線測定が

主に進められている。KEK-PS（陽子シンクロトロン施設）では、原子核乾板と磁気スペクトロメーターを組み合わせたハイブリッド・エマルジョン法により、二重 $\Lambda$ ハイパー核の研究が進められている。エマルジョン検出器は、少ない物質で高い空間分解能（ $<1\mu\text{m}$ ）をもつ飛跡検出器である。エマルジョンで $\gamma$ 線による電子対生成の始まりを捉えることで、 $\gamma$ 線に対して優れた角度分解能、及び直線偏光に対する感度を持っている。

この日は、バンケットとして、神戸ハーバーランドから遊覧船で明石海峡方面を約2時間遊覧した。船内では、樽酒の鏡割りが行われた。

4日目は、中性子測定と解析、フィッシュトラックに関する講演が行われた。招待講演としてオクラホマ大学 Eric Benton氏から「The use of CR-39 Plastic Nuclear Track Detector in quantifying the contribution to dose in healthy tissue from Secondary Neutrons in Proton and Photon Radiotherapy」の講演が行われた。



遊覧船



バンケットの様子



ポスターセッションの様子



展示ブースの様子

講演内容としては、陽子線・光子線治療装置で発生する2次中性子による正常組織への寄与が、最近重要視されてきているので、PADCを用いた測定結果が報告された。最終日は、重粒子に関する解析についての講演が行われた。

ポスターセッションでは、弊社大洗研究所の研究者が「Outline of new “wide-energy range personal neutron dosimeter (WNP)” using CR-39 nuclear track detector」と題する発表を行った。この発表は、弊社の中性子線量計の開発内容を発表している。弊社大洗研究所では、個人モニタリングサービスに関連する製品の基礎から応用までの開発に取り組んでいる。

最後に、今後もガラス線量計を含めた個人積算線量計が幅広く利用され、研究されるようにご提供していきたいと考えておりますので、今後ともよろしくお願い申し上げます。

（線量計測技術部：大口裕之）

# FBNews 編集委員長 編集委員のご紹介

## 【新編集委員長】



畑崎 成昭 (はたざき しげあき)

本年7月より、FBNews編集委員長として編集に携わる事になりました線量計測事業本部の畑崎と申します。営業所勤務が長く、営業担当としてガラスバッジ、RI施設関連機器、医療機器等の仕事をさせていただいた経験を編集に活かして行きたいと思えます。FBNewsは放射線安全管理総合情報誌として約50年前に発刊され、現在まで皆様に有益な情報をお届けしています。今後も編集委員全員で有意義な情報、新しい話題を提供し、皆様のお役に立ちたいと考え編集に取り組んで参りますのでよろしくお願いいたします。

## 【新編集委員】



五十嵐 仁 (いがらし ひとし)

今期FBNews編集委員を拜命いたしました医療機器技術二課の五十嵐と申します。医療機器の設置、取説、不具合対応、保守メンテ、およびQA/QC製品の技術サポートをしています。最新医療情報をFBNewsを通じてお伝えできればと思います。どうぞよろしくお願いいたします。



山瀬 耕司 (やませ こうじ)

皆様、はじめまして…。新しく編集委員になりました山瀬耕司と申します。入社して20年になる、おじさんです。今年の7月から東京に転勤して来ました。新潟に10年、福井の9年と車による通勤でしたので東京の朝の通勤電車がスポーツと感じている毎日です。よろしくお願いいたします。



長谷川香織 (はせがわ かおり)

この度、FBNews編集に携わることになりましたエンジニアリング本部の長谷川と申します。エンジニアリング本部はRIの施設保守業務、作業環境測定等の技術面をサポートする部署です。微力ではございますが、わかりやすい誌面作りを目指して活動してまいりますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。

## 【お知らせ】

### 福島市で『放射線管理手帳』の発行を開始しました

千代田テクノルでは、福島復興支援本部（福島市）内に新たに放射線管理手帳発行機関を新設し、発行業務を開始いたしました。

#### ○お問い合わせ先

(株)千代田テクノル 福島復興支援本部

住 所：福島市大町7-23（朝日生命大町ビル2階）

電 話：024-526-0908（手帳専用）

担 当：鶴本、佐々木

窓口受付時間：9：30～11：30

13：30～16：00（土日祝日除く）

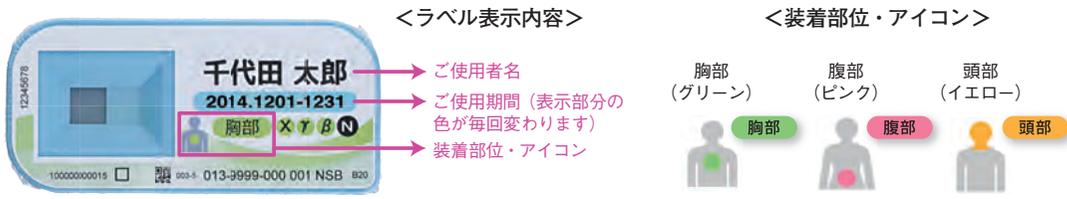
「FBNews」総合目次 その42 (No.445~456)

<b>2014 1.1 No.445</b>		「自然の国」ニュージーランドと原子力 ……町 末男 11	
迎春のごあいさつ ……山口 和彦 1		車載型放射線モニタリングシステムの概要 ……橋崎光太郎・佐藤 祥・丸田 文之 12	
除染・廃棄物協議会の活動について ……佐藤 理 2		[テクノコーナー]	
〔施設訪問記⑩〕一浜ホトニクス株式会社 中央研究所の巻ー		線量率サーベイメータ等の校正サービスについて	
「光のバイオニア」として「未知未踏」の領域を追究 ……7		改正されたJIS Z 4333：2014対応開始のご案内 ……17	
元気なインドネシア ……町 末男 12		[ご案内]	
新型ガラスバッジの測定サービスを開始します ……13		第26回固体中核飛跡に関する国際会議	
▶▶▶D-シヤトルのご紹介◀◀◀		(26 <sup>th</sup> International Conference on Nuclear Tracks in Solids, ICNTS-26)	
ー住民用モニタリングサービス「Light-ct56」の商品名を変更しましたー ……18		[サービス部門からのお願い]	
(サービス部門からのお願い)		平成25年度「個人線量管理票」のお届けについて ……19	
ガラスバッジが届かない? ……19			
<b>2014 2.1 No.446</b>		<b>2014 8.1 No.452</b>	
福島環境再生に向けた原子力機構の取り組み ……石田順一郎 1		産学連携での次世代リスク教育に関する新たな活動と挑戦	
走る韓国 ……町 末男 6		～NPO法人REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する	
放射線と原子力に見るウィーン的光と影 ……鈴木 敏和 7		自主研究活動の支援事業」の紹介～	
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ ……12		～飯本 武志・主原 愛・伊藤 通子・石黒 陽子・大島 義人 1	
原子力の安全と利用 ……松井 一秋 13		世界のMo-99供給の現状と問題点 ……源河 次雄 6	
日本放射線安全管理学会		気象変動を抑えるために原子力エネルギーが必要 ……町 末男 11	
第12回学術大会(①札幌)に参加して ……加藤 和明 15		最近の放射線計測技術 ……高橋 浩之 12	
[書評]		▶▶▶D-シヤトルモニタリングサービスのご紹介◀◀◀	
「低線量放射線を越えて 福島・日本再生への提案」 ……18		ACE GEAR Q&A -放射線業務従事者個人管理システム ……18	
(サービス部門からのお知らせ)		公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ ……18	
～ガラスリングのサイズが変更できます!～ ……19		[サービス部門からののお知らせ]	
		ガラスバッジのラベルを変更しました ……19	
<b>2014 3.1 No.447</b>		<b>2014 9.1 No.453</b>	
福島の内部被ばくと外部被ばく		実用的なエネルギー分解CTのためのtransXend検出器 ……神野 郁夫 1	
～測って伝える個人線量～ ……早野 龍五・宮崎 真 1		中国とつきあう ……町 末男 6	
原子力に対する時代認識 ……藤家 洋一 6		平成25年度 個人線量の実態 ……7	
国際的評価高い「日本のアジア途上国原子力協力」 ……町 末男 11		土壌減容をめざす土壌選別装置 (CSSU)	
福島の除染に関わる取り組み		日仏4社による共同開発 ……16	
～福島第一原子力発電所事故から現在までの取り組みと今後の課題～		[サービス部門からののお知らせ]	
[第9回 放射線モニタリングに係る国際ワークショップ] が開催されました!		報告書発送用の封筒デザインが変わりました ……19	
(The 9th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring) ……17			
(サービス部門からのお願い)		<b>2014 10.1 No.454</b>	
ガラスバッジやガラスリングを洗濯してしまつたら ……19		「原子力の日」に思う ……岡 芳明 1	
		放射線教育の必要性	
<b>2014 4.1 No.448</b>		放射線教育の変遷、多面的な要素 ……森 千鶴夫 3	
獣医学領域におけるRIの利用		ユーザーミーティング ……8	
～馬の骨シンチグラフィ～ ……山田 一孝 1		ー獣医療における放射線利用の現状と課題ー ……8	
整合性のある原子力システム ……藤家 洋一 6		動き出したパングラデシュの原子力発電計画	
日本の存在感示す「アジア原子力協力フォーラム」 ……町 末男 11		ー国民の生活を支えるー ……町 末男 13	
ISMTR-6に参加して ー試験炉を活用するー ……榎瀬 正和 12		第4回アジア・オセアニア放射線防護会議	
ISMTR-6での発表		The Fourth Asian and Oceanic Congress on	
"Development of <sup>99m</sup> Tc production from (n, γ) <sup>99</sup> Mo based on		Radiation Protection (AOCRP-4) 印象記 ……宇部 道子 14	
solvent extraction and column chromatography" ……太田 朗生 15		日本保健物理学会第47回研究発表会に参加して ……上野 智史 17	
[新刊紹介]		[サービス部門からのお願い]	
「放射線計測ハンドブック」第4版 ……17		ガラスバッジやガラスリングを洗濯しないようご注意ください ……19	
[2014国際医用画像総合展]のご案内 ……18			
(サービス部門からのお願い)		<b>2014 11.1 No.455</b>	
4月1日はガラスバッジの交換日です ……19		国際放射線防護委員会	
		ICRP科学事務局の活動と経験から ……佐々木道也 1	
<b>2014 5.1 No.449</b>		〔施設訪問記⑩〕ー京都大学原子炉実験所の巻ー	
海底土中の放射性物質濃度の面的な把握に向けて ……小田野直光 1		「医療分野での中性子利用の新たな展開」 ……町 末男 11	
ラジオアイソトープ (RI) の製造 ……山林 尚道 6		平成25年度 一人平均年間被ばく実効線量0.22ミリシーベルト ……中村 尚司 12	
食品照射を利用して貧困の削減を ……町 末男 11		平成25年度 年齢・性別個人線量の実態 ……15	
大貫台GASシステムの紹介		公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ ……18	
～第二世代のガラスバッジ～ ……野呂瀬富也 12		[サービス部門からののお知らせ]	
[新刊紹介]		ガラスバッジのクリップが変わりました ……19	
土壌汚染ーフクシマの放射性物質のゆくえ ……17			
第57回放射線安全技術講習会開催要項 ……18		<b>2014 12.1 No.456</b>	
ご案内		国連科学委員会 (UNSCEAR) の東京電力福島第一原子力発電所	
2014年製薬放射線研修会 (第16回製薬放射線コンファレンス総会) ……18		事故に関する報告書について ……保田 浩志 1	
(サービス部門からのお願い)		高感度・携帯型コンパクトカメラの開発 ……大須賀慎二 6	
新型ガラスバッジのシュリンク包装について ……19		発展続くベトナムと原子力 ……町 末男 12	
		[固体中核飛跡に関する国際会議]	
<b>2014 6.1 No.450</b>		～26 <sup>th</sup> International Conference on Nuclear Tracks in Solids～	
低線量被曝についての考察 ……土器屋卓志 1		FBNews 新編集委員長・編集委員のご紹介 ……17	
ラジオアイソトープの国内流通状況について ……中村 吉秀 6		[お知らせ]	
福島原子力事故の影響を受けるタイの原子力事情 ……町 末男 11		福島市で「放射線管理手帳」の発行を開始しました ……18	
[NPO放射線安全フォーラム]の来し方、行く末を語る座談会 ……12		「FBNews」総合目次 その42 (No.445~456) ……18	
平成26年度 放射線取扱主任者試験の実施について ……18		(サービス部門からのお願い)	
(サービス部門からのお願い)		ガラスバッジのラベル内容をご確認ください ……19	
新型ガラスバッジの装着について ……19			
<b>2014 7.1 No.451</b>			
素晴らしい国の良さ思い出 ……コンスタンティン・ミル			
ラジオアイソトープの有効活用 ー放射性医薬品についてー ……森川 康昌 6			

サービス部門からのお願い

## ガラスバッジのラベル内容をご確認ください

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいます。誠にありがとうございます。  
 ガラスバッジをご使用されるときは、ガラスバッジのラベルの内容をご確認ください。ラベルには「**ご使用者名**」「**ご使用期間**」「**装着部位・アイコン**」が表示されております。表示内容をよくご確認のうえ、ご使用くださいますようお願いいたします。  
 皆様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。



## 編集後記

●時の過ぎるのは早いもので、今年も師走を迎えようとしています。今年1年を振り返ると、自然の驚異(自然災害)を痛感した年であったと思います。年明けは、STAP細胞作製の成功や冬期オリンピックの開催などの明るい未来を感じさせる話題で始まりましたが、その後はマレーシア航空機が消息を絶ち、韓国旅客船の沈没事故など暗いニュースが続きました。日本列島では、記録的な大雨による広島土砂災害や御嶽山の噴火災害などがあり、各地で「観測史上最大」や「防災警報・気象警報」をよく耳にするようになりました。ただ、年の終わりに来て、青色発光ダイオードの研究開発で、赤崎勇教授と天野浩教授、中村修二教授がノーベル物理学賞を受賞されたことは明るいニュースでした。今年もあと僅かです。1年間を無事に過ごせたことに感謝し、来年が明るい年であることを願っています。  
 ●今月号の巻頭には、国連科学委員会事務局プロジェクトマネージャーの保田浩志先生より、「国連科学委員会(UNSCEAR)の東京電力福島第一原子力発電所事故に関する報告書について」ご執筆いただきました。この国連科学委員会報告書では、事故後の膨大な科学的データを解析・評価し、公衆の推定線量とその影響、作業者の推定線量とその影響、陸水および水域生態系の放射線被ばくと影響、

放射線影響の将来予測等について述べられているとご紹介いただきました。事故は起こってしまった過去の事実ですが、今後も、被ばく線量の高い方の追跡調査や将来に亘る生態系(環境)の調査などの息の長い調査が望まれます。  
 ●浜松ホトニクス株式会社の大須賀慎二先生より、「高感度・携帯型コンプトンカメラの開発」について、ご執筆いただきました。この装置は、放射性物質による汚染状況を可視化する測定器で、福島地域で除染される方々の利便性を考慮し、小型・軽量で使い易く、また、高感度のため測定時間が短くて良い特徴を備えているとのことでした。このような装置の開発により、避難されて居られる住民の皆様が、一刻も早く戻ることができることを祈っています。  
 ●弊社の線量計測技術部長の大口裕之より、本年9月に開催された「固体中核飛跡に関する国際会議」をご紹介させていただきました。この国際会議の歴史は深く、第1回の会合は1957年に開催されたとのことですが、放射性核種の壊変を利用した岩石の年代測定の話や素粒子の講演、また、宇宙放射線測定の講演など時間的・空間的にスケールの大きなテーマを討論されていることに驚きました。

(佐藤典仁)

## FBNews No.456

発行日/平成26年12月1日

発行人/山口和彦

編集委員/畑崎成昭 佐藤典仁 中村尚司 金子正人 加藤和明 五十嵐仁 加藤毅彦  
 木名瀬一美 篠崎和佳子 長谷川香織 福田光道 安田豊 山瀬耕司

発行所/株式会社千代田テクノロ 線量計測事業本部

所在地/〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話/03-3816-5210 FAX/03-5803-4890

http://www.c-technol.co.jp/

印刷/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体371円)