

Photo K. Hirano

## Index

D-シャトルと高校生線量測定プロジェクト……………	原 尚志	1
世界の原子力発電事情を見る……………	町 末男	6
放射線量計測の基礎 (3) ……………	細田 正洋	7
「熱蛍光線量計の歴史と未来」……………	眞正 浄光	11
[テクノロコーナー] 放射線管理手帳発行機関のご紹介……………		16
D-シャトル《環境タイプ》線量測定サービスを予定しています!!……………		17
— 個人線量管理システム ACE GEAR (エースギア) V4のご紹介 — ……		18
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
[サービス部門からのお知らせ] ガラスバッジ用発送トレイを変更しました……………		19

# D-シャトルと 高校生線量測定プロジェクト



原 尚志\*

## 1. はじめに

福島高校は、平成19年に文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（SSH）に指定され、以後SSH校として活動しております。その主な活動の1つに生徒の課題研究があり、本校ではSS（スーパーサイエンス）部に所属する生徒が取り組んでいます。福島第一原子力発電所事故以降、SS部に放射線班が立ち上がり、放射線をテーマとする課題研究に取り組んで参りました。

2013年秋、千代田テクノログのとれる個人線量計を開発したと知り、高校生の個人線量を調査する課題研究「高校生線量測定プロジェクト」に利用したいと、協力をお願い致しました。

調査に使用した機器は、半導体式個人積算線量計「D-シャトル」<sup>1)</sup>です。この個人線量計は、1時間ごとの積算線量（線量率）を日時とともに記録でき、生活記録と比較することで、いつどこでどれ程の放射線を受けたのか知ることができます<sup>2) 3)</sup>。

## 2. 調査の方法

調査は国内12校、うち福島県内6校、県外6校、海外はフランス3地域、ポー

ランド7地域、ベラルーシ2地域の計12地域、総数216名に協力をお願いしました。

協力をお願いした学校と人数は表2-1の通りです。福島県内では、文部科学省のマップ<sup>4)</sup>を参考に、事故後線量のやや高い福島市と郡山市、線量の低い会津若松市の学校にお願いしました。福島県外の場合は、日本地質学会「日本の地質図」<sup>5)</sup>を参考に、自然放射線量の高い広島県福山市、岐阜県多治見市・恵那市、低い奈良県大和郡山市、神奈川県横浜市の学校などに協力をお願いしました。海外ではこれまで交流を重ねてきたフランスの学校

市・国(地域)	学校・地域	人数	中央値 μSv/h
福山市	広島大学附属福山中学校・高等学校	11	0.09
神戸市	灘高等学校	11	0.08
大和郡山市	奈良学園中学校・高等学校	10	0.06
多治見市	岐阜県立多治見北高等学校	10	0.08
恵那市	岐阜県立恵那高等学校	10	0.09
横浜市	神奈川大学附属高等学校	11	0.06
郡山市	福島県立安積高等学校	10	0.09
いわき市	福島県立磐城高等学校	11	0.08
会津若松市	福島県立会津学鳳高等学校	11	0.07
三春町	福島県立田村高等学校	11	0.09
二本松市	福島県立安達高等学校	11	0.10
福島市	福島県立福島高等学校	14	0.09
Poitiers(Fr)	Bois d'Amour	16	0.09
Paris(Fr)	Boulogne	11	0.06
Corsica(Fr)	Bastia	13	0.11
Belarus	Gomel・Bragin	12	0.09
Poland	CZE・OST・OTW・PTO・WAW・ZABKI・ZABRZE	33	0.08
合計		216	

表2-1 線量測定プロジェクト参加校

\* Takashi HARA 福島県立福島高等学校 教諭

を通して、協力をお願いしました。なお、福島県内の避難指示区域内の高校は、サテライト校として区域外で授業を行っており、現在区域内に高校はありません。

また各校において協力者を選ぶ際に、全員が高層マンションに住んでいたり、ごく近隣に居住していたり、屋外運動部所属であったりしないよう、生活環境のバランスに配慮しての選出をお願いしました。計測期間は、国内が6/18～7/1、海外はベラルーシ10月初旬～中旬、フランス11月初旬～中旬、ポーランド11月末～12月中旬を基本とする各2週間です。

そして協力者には、常にD-シャトルを首にさげ就寝中も枕元に置くなど、極力身体から離さないようお願いしました。協力者1人のデータ数は24件/日×14日=336件で、1校あたり約3600件、全協力者216名の全データ数は70879件となりました。

### 3. 結果と考察

#### 3-1 個人線量率度数分布比較

国内各校の線量率の度数分布を両対数目盛で図3-1に示します。個人線量率の度数分布

個人線量率度数分布(両対数)

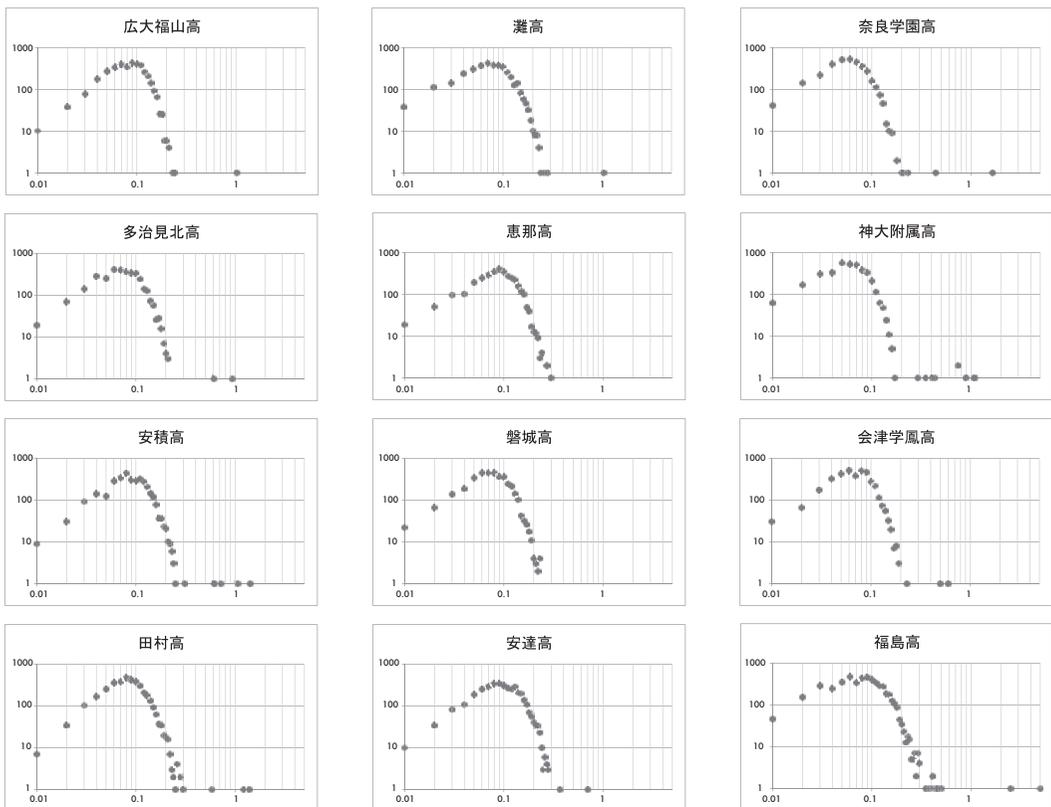


図3-1 個人線量率度数分布(両対数目盛)

各校の線量率データ約3600件の度数分布を、学校ごとに示しています。縦軸は度数、横軸は線量率です。線量率度数分布は対数正規分布となり、両対数目盛のグラフ上で放物線となるのですが、 $0.04 \mu\text{Sv/h}$ 以下と $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上に放物線からのずれ(外れ値)が見えます。高線量側の外れ値は奈良県や神奈川県など福島県外にも見られ、必ずしも原発事故の影響とは言いきれません。

は、対数正規分布に近いことが知られており、両対数目盛のグラフ上で放物線となります。図3-1を見るとグラフはほぼ放物線を描いていますが、 $0.04 \mu\text{Sv/h}$ 以下と $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以上の領域に、放物線からのずれすなわち、外れ値があるのがわかります。外れ値のうち低線量側の原因としては、計測に伴う誤差の影響が考えられます。

高線量の外れ値は、議論が必要です。福島高校の外れ値に $5 \mu\text{Sv/h}$ と高い値があるのは、協力者のうち1名が福島県大熊町の高線量地区を視察したことによります。また海外ではBoulogneの生徒に $17 \mu\text{Sv/h}$ と極端に高い外れ値がありましたが、自宅内のことで協力者には全く心当たりがありませんでした。このような外れ値はたとえば神奈川大学附属高校など自然放射線の低い学校にも多数見られることから一概に高線量の影響とは言いきれず、ノイズも含まれていると見るのが妥当です。

どの外れ値がノイズであるかは、各協力者の聞き取りに基づいて精査するほかなく、ここでは外れ値を省略せず、すべてデータとして集計に含めていることを強調しておきます。ただし、高線量側の外れ値は平均値・標準偏差などに及ぼす影響が大きいので、各校のデータの比較には外れ値の影響を受けにくい中央値を利用するのがふさわしい、と云えます。

### 3-2 個人線量（年換算）の比較

図3-2は各個人の2週間の積算線量を、一人ずつ一年あたりに換算し直し、換算値の学校・地域ごとの分布を箱ひげ図で示しました。ここでは図3-1で外れ値とした値もすべて含めて集計しています。箱内横線は中央値、箱の底辺は第1四分位数、上辺は第3四分位数、上下のひげの端点は最大値と最小値を表しています。

D-シャトルのデータは自然放射線を含む

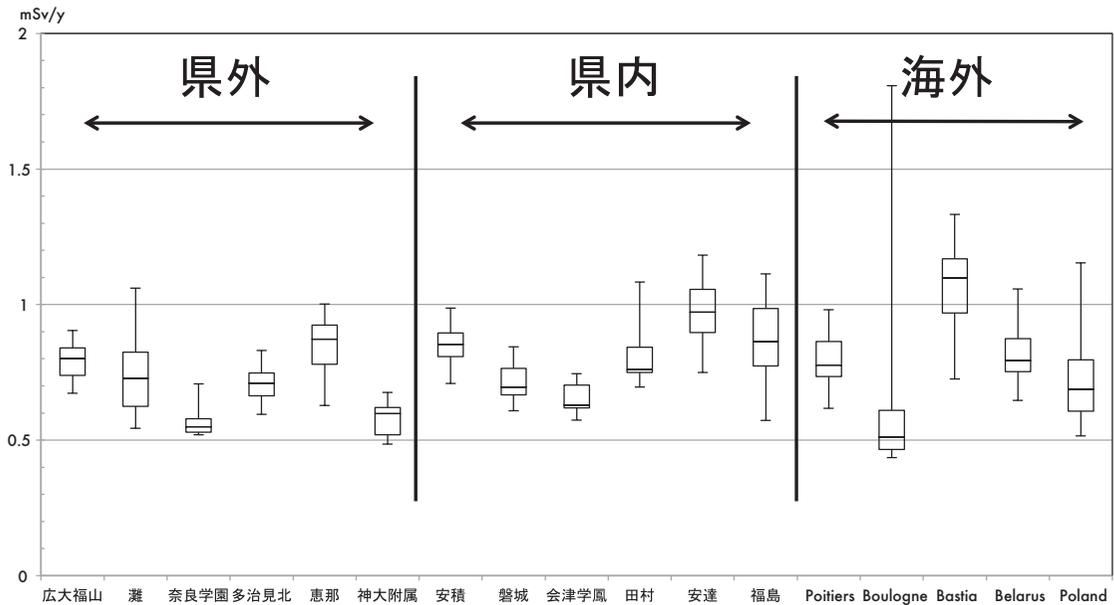


図3-2 個人線量（年換算）の各校比較（片対数目盛）

2週間の個人線量積算値から各協力者の一年間の個人線量を算出し、学校・地域ごとの分布を箱ひげ図で示しました。各校のデータ数は10~33件。箱内横線は中央値、箱の底辺は第1四分位数、上辺は第3四分位数、上下のひげは各校の最大値と最小値を表します。箱の上辺と底辺の間には、各校の度数の50%が含まれます。D-シャトルのデータは自然放射線を含んでいますので、国内で福島県外の値は、自然放射線によるものです。この図から、福島県内の高校生の個人線量が、県外・海外と比べて著しく高い値ではないことがわかります。

ことに注意して下さい。福島県外の中央値をみると0.55~0.87mSv/yとなっています。高低差があっても、これらは自然放射線による個人線量に他なりません。個人線量計による計測値は、実効線量にほぼ等しい値になることが指摘されています<sup>6)</sup>。また大地からの自然放射線は日本では0.33mSv/y<sup>7)</sup>(実効線量)とありますが、多くの文献にはこの値のみが掲載され、どの地域の自然放射線量がどの程度なのかは案外知られていません。

他方、福島県内の中央値は0.63~0.97mSv/y、海外では0.51~1.10mSv/yとなっており三者間での違いは殆どありません。福島県内の個人線量は原発事故によりかさ上げにはなりましたが、図3-2からは、福島県内の高校生の個人線量が県外・海外に比べて著しく高い値ではないことがわかります。

Boulogneには年換算値で1.81mSv/yと、他に比べて特に高い協力者がおられますが、その理由は前述のとおり線量率の中に17 $\mu$ Sv/hと極端に高い外れ値を持つためです。図3-2を見ると、このようなケースは、非常に特殊なケースであることがわかります。また、Bastia(コルシカ島)は全体に高線量になっていますが、ここは地質的に自然放射線が高いことがフランス国内でもよく知られているようです。

#### 4. 結 論

結論は以下の通りです。

D-シャトルによる2週間積算線量から算出した個人線量年換算値を、各校の中央値と比較すると、福島県外0.55~0.87mSv/y、県内0.63~0.97mSv/y、海外0.51~1.10mSv/yと三者ほぼ同等でした。特に福島県外での値は日本の自然放射線による値であり、これと同等である福島県内高校生の個人線量は、ほぼ日本の自然放射線量のレベルにあると言えます。

#### 5. おわりに

以上の結果を、3月23日~25日にフランスのカダラシュで開催されたles Ateliers de la Radioprotection (International Meetings of Radioprotection)にて発表しました。発表には、Meetingsに参加した多くの高校生、研究者の方々に興味を持っていただき、たくさんのご質問やご意見を頂くことができました。その発表スライドは、本校HPにありますので、ご覧頂ければ幸いです<sup>8)</sup>。

最後になりますが、このような課題研究に取り組むことができたのも、D-シャトルを貸してくださった株式会社千代田テクノル様のご支援と、様々なアドバイスをくださった東京大学 早野龍五先生、福島県立医科大学 丹羽太貫先生・宮崎真先生、放射線安全フォーラム 多田順一郎先生、フランスCEPNの Thierry Shneider先生のお力添えと、計測にご協力いただいた多くの協力者の方々のおかげと心より感謝申し上げます。今後もこれらの経験をふまえながら、福島の放射線の状況を少しでも多くの方々に伝える活動に取り組んでいきたいと思えます。

以下は、参加した生徒の感想です。

それぞれの国の高校生が、放射線防護に関する独自の課題を見つけて、それに対する意見を深めている姿に刺激を受けました。

私たちや早野先生のプレゼンのときは、会場の雰囲気が明らかに変わったのを感じ、事故から四年以上が経ってもなお、福島の現状は世界の関心ごとであることを改めて痛感しました。福島の現状を科学的事実に基づいてより広く理解していただきたいという思いで発表しました。

ポスターセッションでは、多くの人に



図 フランスでの発表のようす

「午前中のプレゼンのおかげで、福島への認識が変わったよ。」などと声をかけていただきました。海外で福島を科学的に正しく評価していただく一助となれたことに充足感を感じました。

放射線についての評価はさまざまな場所で耳にしますが、今まで放射線「防護」について議論する場があまりなかったので、今回のInternational Meetings of Radioprotectionへの参加は新鮮な経験となりました。リスクとコストと人の心のバランスをはかることは難しい課題ですが、この発表会で自分の考え方を広げることができました。これからも放射線に関する知識を深めるとともに、福島の実状を少しでも広く発信し続けていきたいと思っています。

福島県立福島高等学校3年  
小野寺 悠

### 参考文献

- 1) 千代田テクノル, FBNews, 445, 18 (2014)
- 2) 原尚志, 放射線教育フォーラムニュースレター, No.60, 2-3 (2014)
- 3) 早野龍五, 宮崎真, FBNews, 447, 1-5 (2014)
- 4) 「文部科学省による福島県西部の航空機モニタリング結果について2011」  
[http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4894/24/1910\\_0912.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/5000/4894/24/1910_0912.pdf)  
(2015年1月2日閲覧)
- 5) 日本地質学会「日本の自然放射線」  
<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html> (2015年1月2日閲覧)
- 6) 多田順一郎「実効線量を理解するために」  
Isotope News, No.722, TRACER 2014年6月号
- 7) 文部科学省「高校生のための放射線副読本」  
[http://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/other/\\_icsFiles/afieldfile/2014/03/03/1344729\\_2\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2014/03/03/1344729_2_1.pdf) (2015年1月31日閲覧)
- 8) <http://www.fukushima-h.fks.ed.jp/福高NEWS/スーパーサイエンススクール/>

### 著者プロフィール

1986年より福島県立高等学校教諭（理科・物理）として、福島工業高等学校、磐城高等学校、福島高等学校、二本松工業高等学校に勤務。

2回目の赴任となる福島高等学校で授業中に震災がおこる。

2011年より放射線の授業に取り組むとともに、放射線をテーマに課題研究に取り組む生徒の指導にあたっている。

## 世界の原子力発電事情を見る

元・原子力委員 町 末 男



14メートルもの巨大津波によって引き起こされた福島第一原子力発電所事故後4年余りが経過した。未だに10万に及ぶ方々が避難を余儀なくされている。東電と国は除染を効果的に進め、早く帰還できるようにしなければならない。

日本の原発は未だ全て停止しており、その不足分を火力で補っている。そのため必要な天然ガス、石炭の輸入に年間3.6兆円が海外に流れ、日本の電力代は家庭用20%、産業用は30%も値上がりして経済に大きな負担となっている。

### 世界の潮流

4月に日本原子力産業協会の大会が開かれ、IAEA（国際原子力機関）の天野事務局長が基調講演を行った。それによれば、2014年9月現在世界では437基が30カ国で運転中、世界の11%の電力を供給している。更に、70基が建設中であり、その多くはアジア地域である。加えて33カ国が初めての原子力発電導入計画を真剣に検討している。IAEAの推計によれば、2030年までに2102年の原子力発電容量370GWが456から740GWまで増加すると予測されている。

### 何故原子力は必要か

この様に福島原子力事故後も世界の原子力発電は増えている。その理由は増大するエネルギー需要に対応するための「エネルギー安全保障」及び「炭酸ガス排出削減」である。福島事故は巨大津波によって引き起こされたものであり、多くの国ではその可能性は極めて低く、十分な安全対策をとっている。

### 中国に原子力発電は不可欠

中国の電力の65%は温室効果ガス（炭酸ガス）の排出が最も多い石炭火力に依存している。そのため中国は世界の炭酸ガスの27%を排出しており、国際的な問題となっている。一方、電力需要は増え続けている。これに対応するため、巨大な原子力発電計画を進めている。14年末現在で運転中の原子力発電22基、容量20.1GWであり、加えて建設

中が26基、28.5GWに達している。国の計画として2020年までに、運転中58GW、建設中30GWとする。2050年には原子力発電比率が15%に達するという予測もある。

### インドの貧困削減に必要な電力

巨大人口12億人と貧困問題を抱えるインドも電力需要が急速に増えている。2015年1月現在の発電容量25.9GWの内、原子力発電は5.8GWに過ぎない。石炭火力の比率が約60%と大きい。18基の加圧重水炉（PHWR）、2基のBWR、1基のロシア型VVERが運転中である。長期的には2050年に原子力発電の比率を50%まで増加させる計画である。国際協力による大型軽水炉の建設に重点を置いており、17年10.1GW、22年27.1GWと拡大する計画である。長期的には32年では48-63GWの原子力発電を目指す。発展のため原子力発電の急速な拡大は不可欠である。自力による50万kWの高速増殖炉の建設が完了し今年中に臨界を達成する。

### 米国の原子力発電は世界最大

1979年のスリーマイル事故の後も原発の運転は継続し、多くの原発の運転寿命を安全審査の上で40年から60年まで延長している。現在世界最大の100基を運転中で電力の19%を供給している。発電コストは低く有利となっている。一方、原発の新設についてはTMI事故以来行われていなかったが、現在5基の原発をウェスティングハウス東芝社で建設中である事が注目される。オバマ大統領は地球温暖化抑止に向け原子力発電の重要性について述べている。

### 新たな原子力発電参入国

先頭を行くのはベラルーシであり、次いでUAE（アラブ首長国連邦）、トルコ、バングラデシュ、ベトナム、ヨルダン、ポーランド、リトアニア、サウジアラビアなどが計画を決めている。

これらの国に対する日本の技術の提供と人材養成への協力が求められている。

(2015年6月18日稿)

# 放射線量計測の基礎 (3)



細田 正洋\*

## 6. 放射線防護に関係する線量

放射線防護で使用される放射線量に関しては様々な解説がなされている<sup>4, 18)</sup>ので、ここでは主要な線量のみを取り上げる。

先に述べたように、ICRUは吸収線量の単位としてグレイ (gray: 記号Gy) という特別名称を導入しているが、同様に、放射線防護に関係する線量の単位には、シーベルト (sievert: 記号Sv) という特別名称を導入している。

### 6.1 等価線量

放射線のもつエネルギーが組織・臓器に付与されることで、その程度によっては人に作用や影響を与える場合がある。ある組織・臓器に対する吸収線量が同じでも、放射線の種類やエネルギーによって物質・物体に及ぼす作用は異なり、その結果影響の表れ方が異なるため、同じ尺度で被曝の大きさを表すようにした量として等価線量が導入された。等価線量 $H_T$ は(9)式で定義される。等価線量は基本線量である吸収線量に放射線の種類や線質の違いによる影響を補正するための係数である放射線加重係数 $W_R$  (無次元) で重みづけしたものであるため、物理量としての単位は吸収線量と同じ $J\ kg^{-1}$ となるが、上で述べたようにICRUやICRPでは単位の特別名称としてシーベルト (単位: Sv) を使っている。

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R} \quad (J\ kg^{-1}) \quad (9)$$

ICRPは $W_R$ の推奨値を勧告しているがその内容は、基本勧告の改定に伴って変更されることが多い。現行法令にはまだ取り込まれてい

表 1 各放射線に対する放射線加重係数

放射線の種類	放射線加重係数
$\alpha$ 線	20
中性子線	2.5~21 (エネルギーによる)
$\beta$ 線	1
X線, $\gamma$ 線	1

ないが、直近の基本勧告である2007年勧告<sup>19)</sup>に示されているものを表1に示す。実際の勧告では、中性子線に対する放射線加重係数はエネルギーに対する連続関数で表されている。

なお、放射線加重係数は低線量被曝における確率的影響に着目して決められている<sup>4)</sup>。

等価線量は人に対する放射線防護の目的で使用される量であり、確定的影響 (皮膚や水晶体への障害) の防止策における制御量として使用されている他、放射性ヨウ素の摂取による甲状腺への確率的影響の発現リスク制御用の量としても使用されている。

### 6.2 実効線量

確率的影響についての人体の感受性は部位によって異なっている。全身が均一被曝した場合と同じ尺度で被曝の大きさを表すようにした量が実効線量である。したがって、実効線量で表すことで外部被曝や内部被曝といった被曝形態、被曝した組織・臓器の違いや曝された放射線の種類の違いに関係なく同じ尺度で被曝の大きさを比較することができる。実効線量 $E$ は(10)式で表される。実効線量は等価線量を放射線に曝された組織・臓器の違いによる影響を補正するための係数である組織加重係数 $W_T$  (無次元) で重みづけした量であるため、

\* Masahiro HOSODA 国立大学法人弘前大学大学院 保健学研究科 医療生命科学領域 放射線生命科学分野・講師

表2 組織・臓器と組織加重係数

組織・臓器	組織加重係数
骨髄・結腸・肺・胃・乳房	それぞれ 0.12
生殖腺	0.08
膀胱・肝臓・食道・甲状腺	それぞれ 0.04
骨表面・脳・唾液腺・皮膚	それぞれ 0.01
残りの組織	0.12

そのSI単位は  $J\ kg^{-1}$  となる。また、等価線量と同じく単位の特別名称として  $S_v$  が使用されているので、表記量が等価線量であるのか実効線量であるのか明記することが重要である。

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \quad (J\ kg^{-1}) \quad (10)$$

ICRPの2007年勧告<sup>19)</sup>によって示された組織加重係数を表2に示す。組織加重係数は広島・長崎の原爆被爆者のがんの疫学データや治療・診断による放射線誘発がんの疫学データをベースとして組織ごとの致死がん・非致死がん罹患率、組織ごとの致死相当に換算したがんのリスク、生活の質 (quality of life: QOL)、寿命損失等を加味して求められているとの解説がある<sup>4)</sup>。また、各組織・臓器の組織加重係数を全て足し合わせると1.0 (つまり全身で1となるように振り分けられている) となる。

実効線量は、人に対する放射線防護の目的で使用される量であり、確率的影響の発現の可能性 (リスク) を推定するための量として使用される。注意を要するのは、実効線量でもって疫学調査を行ってはならないということである<sup>20)</sup>。疫学調査に用いるべきは組織臓器の吸収線量もしくは等価線量である。また、大線量被曝における確定的影響の推定に実効線量を用いることも許されない<sup>20)</sup>。この場合には、組織・臓器の吸収線量で評価する必要がある。

### 6.3 周辺線量当量 $H^*(d)$

周辺線量当量は、後で詳しく説明するが、一様な放射線の整列・拡張場にICRU球があるとき、その主軸上の深さ  $d$  点における線量当量であり<sup>21)</sup>、(11)式で表される<sup>4)</sup>。整列場とは放射線が全て一方向から平行平面状で入射している場のことであり、拡張場とは着目する空間内で放射線の間が一定不変であると考え

る仮想的な場のことである。

$$H^*(d) = \int Q(L) \cdot D(L) dL \quad (11)$$

ここで、 $Q(L)$ は主軸上の  $d$  点における線質係数、 $D(L)$ はその点における吸収線量であり、それぞれ水中の線エネルギー付与 (Linear Energy Transfer: LET) の関数として表したものである。実用量では、放射線加重係数が用いられず、線質係数が用いられる<sup>4)</sup>。放射線防護においては、放射線の種類やエネルギーを合わせて線質といい、放射線の線質の違いによる影響を補正する係数が線質係数である<sup>21)</sup>。ICRPでは、線質係数はLETの関数として与えており、吸収線量と線質係数の積として定義された線量を線量当量と呼んだ<sup>21)</sup>。線量当量の用語は実用量の中で使用されている以外は等価線量に置き換えられ、現在は使用されない。

図9に周辺線量当量の概念<sup>22)</sup>を示す。ICRU球とは、直径30 cmで密度が  $1\ g\ cm^{-3}$  の仮想人体組織等価物質 (酸素、炭素、水素、窒素の成分重量比をそれぞれ76.2%、11.1%、1.01%、2.6%) で作られる線量計算用の数値ファントムを意味する。実際に物体として存在するファントムではない。

### 6.4 方向性線量当量 $H'(d, \Omega)$

方向性線量当量とは、周辺線量当量の定義で仮定した拡張場はそのまま、整列化を行わず (整列場を考えない)、放射線が特定角度で入射するとき、その主軸上の深さ  $d$  点における線量当量である<sup>21)</sup>。

方向性線量当量に基づく空間線量率の測定を目的としたモニタリングでは、サーベイメータの指示値が最大となる方向を見つけ、その指示値を用いて被曝管理を行う。その際、実測に

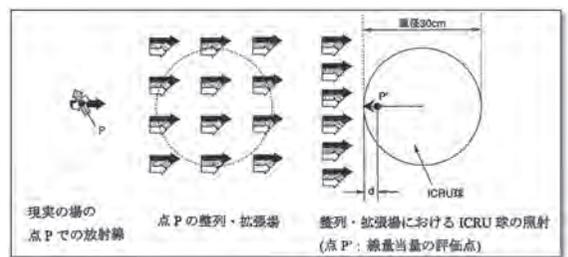


図9 周辺線量当量の概念<sup>22)</sup>

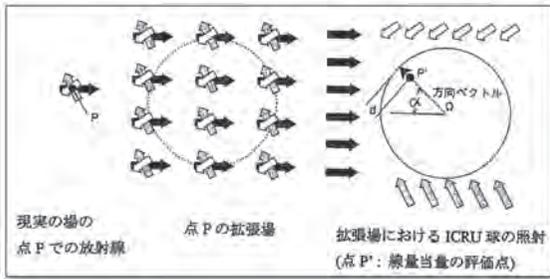


図10 方向性線量当量の概念<sup>22)</sup>

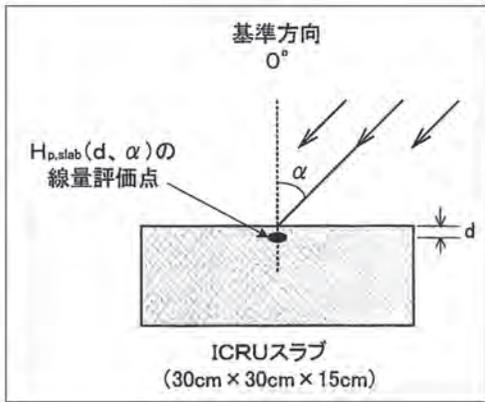


図11 個人線量当量の概念<sup>22)</sup>

よる最大値を採用する場合には角度を記録する必要はないとするのが普通である。また、測定器の方向依存性試験においては、基準方向からの入射角度( $\alpha$ )を定めた量として $H'(d, \alpha)$ が用いられる。方向性線量当量の概念<sup>22)</sup>を図10に示す。

### 6.5 個人線量当量 $H_p(d)$

個人線量当量は、人体上の特定された点（正面から深さ $d$ ）におけるICRU人体等価物質中の線量当量である<sup>4)</sup>。個人被曝線量測定器は人体に装着した状態で測定する。したがって、線量計の較正は体幹部を模した直方体のICRUスラブファントム（組織等価物質）に個人線量計を装着して照射を行う必要がある。個人線量当量の概念<sup>22)</sup>を図11に示す。

## 7. おわりに

本稿では、放射線量計測の体系に使われている量と単位について解説した。さらに、放射線防護の実務で必要となる防護量や実用量

についても説明を加えた。最後に、サーベイメータを用いた放射線計測上の問題を整理したい。市販のサーベイメータで得られる値は通常1 cm線量当量率であり、その単位は $Sv\ h^{-1}$ （率は時間で除すことを意味するので）である。現在、我が国では実用線量として1 cm線量当量を導入し、 $d=1\ cm$ の周辺線量当量（空間線量を表す）と個人線量当量（個人線量を表す）の総称として用いている。なお、実効線量率の単位も $Sv\ h^{-1}$ である。最初に述べたように、実用量は放射線管理上、作業者にとって安全側に評価するため防護量よりも高めの値が出るように設定されている。したがって、サーベイメータの時間当たりの指示値から単純に1年間の値に換算しても年間の実効線量とは一致せず、1.64倍程<sup>5)</sup>高い値となることを知っておく必要がある。この1.64倍の詳細については下による論文<sup>5)</sup>に記載があるのでここでは割愛する。

放射線量計測には、計測対象の物理量をいかに適切に測定・評価することができるかが大切であると考えている。著者は環境中の自然放射線計測を研究テーマとしているが、フィールドでの調査ではサーベイメータによる1 cm線量当量率のみではなく、可能な範囲で $\gamma$ 線スペクトロメータを用いて $\gamma$ 線波高分布を得るようにしている。得られた波高分布は研究室に戻ってからアンフォールディングし、空気吸収線量率を評価し、サーベイメータによる測定値に反映させている。もちろん、どの施設でも $\gamma$ 線波高分布を取得できるわけではないことは理解している。しかし、情報として $\gamma$ 線波高分布を得ることができるのであれば、この結果を基準とするべきであると考えている。著者らは、外部被曝線量評価において、このようにして得られた空気吸収線量率に森内茂ら<sup>23)</sup>によって報告されている換算係数である $0.748\ (Sv\ Gy^{-1})$ を用いて年間の実効線量を評価している。吸収線量から実効線量への換算係数に関しては、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: UNSCEAR）の2008年の報告書<sup>24)</sup>では $0.7\ (Sv\ Gy^{-1})$ と報告してお

り、国際的にはこの値がよく用いられている。森内茂らによれば、この値は「等方入射条件における0.5 MeV付近の値に相当し、環境の $\gamma$ 線エネルギー範囲では最低の換算係数にあたる」と報告している<sup>23)</sup>。我々はこの理由により、吸収線量から実効線量への換算係数として0.748を使用している。一方、環境放射線モニタリング指針<sup>25)</sup>では、0.8 (Sv Gy<sup>-1</sup>)としており、各都道府県における環境放射線モニタリングではこの換算係数が用いられている。この値は森内茂らによって報告された換算係数(0.748)を安全側にまらめた値であると解釈できる。さらに、この指針の中では緊急事態発生時の第1段階モニタリングに用いる換算係数は1 (Sv Gy<sup>-1</sup>)としており、福島原発事故直後には1 Gy=1 Svとして取り扱われた。

放射線量計測の体系を理解するのは決して簡単なことではないと思うが、放射線による人体への影響を正しく評価するためには、正しい線量評価が必要であり重要であろう。そのためには、その基礎となる放射線の基本量とそれぞれの単位についての理解は必須であると考えている。ただし、影響を調べるための研究に用いる線量測定、安全管理を目的に行う線量の測定・評価、過剰被曝を受けたような場合の治療目的でなされる線量評価では、使用される線量の種類が大きく異なることに注意する必要がある。

## 謝 辞

放射線量計測や放射線の量と単位に関する考え方は、恩師である故森内和之先生から大学を卒業した後も継続して丁寧かつ熱心に教えを受け続けた。先生の教えがなければこの原稿を執筆することはできなかったと思う。先生が常に話されていたことの一部でも忠実に伝えることができたのであれば幸いに思う。森内和之先生に感謝致します。また、森内先生と長年交友があった加藤和明先生（茨城県立医療大学名誉教授）には本原稿の作成にあたり、弘前までお出で頂き直接多くのご指導を頂きましたことに感謝致します。

## 参考文献

- 4) 平山英夫他：放射線防護に用いる線量概念。日本原子力学会誌, 55(2)：13-26 (2013)。
- 5) 下道國：自然放射線による線量を理解する。ESI-NEWS, 31(6)：1-6 (2013)。
- 18) 高橋史朗：連載講座「放射線防護に用いる線量概念について」第3回 放射線防護に用いる線量の変遷。保健物理, 43(3)：226-233 (2008)。
- 19) International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Oxford (2008)。
- 20) 日本保健物理学会「暮らしの放射線Q&A活動委員会」編。専門家が答える暮らしの放射線Q&A活動委員会。朝日出版社, 東京都 (2013)。
- 21) 日本保健物理学会編：空間線量測定マニュアル。丸善, 東京都 (2002)。
- 22) 小佐古敏荘編：原子力教科書 放射線安全学。オーム社, 東京都 (2013)。
- 23) 森内茂, 堤正博, 齊藤公明：自然放射線における空気吸収線量から実効線量当量への換算係数の評価。保健物理, 25：121-128 (1990)。
- 24) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with scientific annexes Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B, United Nations, Vienna (2010)。
- 25) 原子力規制委員会：環境放射線モニタリング指針 平成20年3月(平成22年4月一部改定)。http://www.bousai.ne.jp/vis/shiryuu/pdf/kankyuu\_monitor\_h2204.pdf (2015年3月20日閲覧可)。

## 著者プロフィール

1974年静岡県浜松市出身。国立大学法人弘前大学大学院保健学研究科医療生命科学領域放射線生命科学分野・講師。博士(保健科学)。岐阜医療技術短期大学の学生時代に当時教授であった森内和之先生と下道國先生の講義を受け、放射線計測学に興味をもった。卒業して間もなく出版されたICRU報告書60の翻訳や自由空気電離箱による照射線量の絶対測定に関する勉強を卒業後も毎週のように森内先生と一対一で行ったことは大変勉強になったし、非常に楽しかった思い出である。先生から得た放射線計測や科学的に考えることの楽しさを少しでも学生達に伝えたいと思っている。研究面では下先生にご指導頂き、ラドン・トロンや大地ガンマ線に関する研究を行った。現在でも環境中の放射性核種の計測・動態評価・線量評価に関する研究を行っている。



# 「熱蛍光線量計の歴史と未来」



眞正 浄光\*



## はじめに



“熱蛍光”と出会ってちょうど20年が経つ。卒業研究で「熱蛍光と紫外線励起による蛍光の発光機序」について調べたのがはじまりであった。当初は、膨大な量の実験データと向き合っているだけであったが、ある時、熱蛍光を直に観察する機会を与えて頂いた。はじめて見たその光はとても美しく、私の人生を左右するほど心を魅了した。今でも、その瞬間を鮮明に覚えている。特に、顕微鏡を改造して観た一粒の結晶から放たれた熱蛍光は格別であった。これがきっかけとなり、現在でも、その魅力に惹かれ続け研究に取り組んでいる。

一方、その光の特性を利用した熱蛍光線量計 (Thermoluminescence dosimeter : TLD) は、1970年代に商品化され今日でも個人被ばく線量計や環境モニタリング用素子として利用されている。医療現場や大学・研究機関等で放射線と携わっておられる読者の方々も、ご存知の方が大多数であると思う。皆様にとってはこのTLDはどのような存在であろうか。おそらく、局所的な線量測定には適しているものの、フェーディングや個体差などの影響により正確さや精度に欠け、積極的に使用する線量計ではないといったところではないか。その様な背景から、今日では利用頻度も減り、販売されている素子の種類も少なくなった。また、測定システムも販売当初からほとんど変更されておらず、TLDの未来は悲観的になら

ざるを得ない状況にあると言える。

しかしながら、病院や研究機関などの現場で使用されている商品としての特性ではなく、熱蛍光という物理的な現象と向き合ってきた筆者は、まったく別の印象を持っている。少なくとも悲観的にはならなくてよい、明るい未来である。

本稿では、研究の歴史を通じて熱蛍光線量計の未来について考えを述べたいと思う。

## 熱蛍光の発見



今から350年程前、ボイルの法則で知られているSir Robert Boyle<sup>1)</sup>が、人肌でダイヤモンドを温めると発光することを発見した。当時は理由が明らかではなかったが、ダイヤモンドに自然放射線のエネルギーが蓄積され人肌程度の熱によってそのエネルギーが光となって放たれたのである。Boyleはこの光を“glimmering light (かすかな光)”と記している。“thermoluminescence (TL)”と呼ばれるようになったのは、Wiedemann<sup>2)</sup>らが1895年に発表した論文で用いてからである。1953年には、F. Danielsとそのグループ<sup>3)</sup>が鉱物や岩石で見られるこのような現象について、X線などの励起エネルギーが物質中に蓄積され、そのエネルギーが熱によって解放されていると予測した。さらに、光電子増倍管を用いると微弱な熱蛍光も検出できると考え、この現象を利用したLiFによる放射線線量測定に成功した。

\* Kiyomitsu SINSHO NPO法人放射線安全フォーラム 企画委員／首都大学東京 准教授

BoyleによってTLが発見されてから290年ほど経過した頃のことであった。TLDのはじまりである。このグループは、3,000以上の岩石や鉱物の熱蛍光特性を調べ、その75%でこの現象を確認している。岩石や鉱物の多くに見られる一般的な特性の一つであることが確かめられた。同じ頃日本では、Watanabe<sup>4)</sup>らによってCaSO<sub>4</sub>:MnのTL特性が報告されたが、フェーディングが大きく実用に至らなかった。1968年にYamashita<sup>5)</sup>らがLiFより30倍も感度の高いTLD素子、CaSO<sub>4</sub>:TmとCaSO<sub>4</sub>:Dyの合成に成功し、商品化され現在のmatsushita UD-110Sなどとして環境モニタリングや個人被ばく線量計などに広く利用されている。F. Danielsらが線量測定に成功した1950年代から1980年代には、TLDの研究が盛んに行われ、CaF<sup>6)7)</sup>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>8)9)</sup>、BeO<sup>10)</sup>、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub><sup>11)</sup>を利用したTLDも数多く開発された。

### 熱蛍光のメカニズム

図1にエネルギーバンドモデルによる熱蛍光過程を示す。図1の①では、TL素子にX線等の放射線が照射されると結晶中に自由電子と正孔が生成される。この電子と正孔は格子欠陥等に関連した準位に捕獲され準安定な状態となる。この状態は、室温で保持される。(電子捕獲: electron trap, E、正孔捕獲: hole trap, H) ②では、2次的な加熱により捕獲されていた電子が再び自由電子となり、正孔と

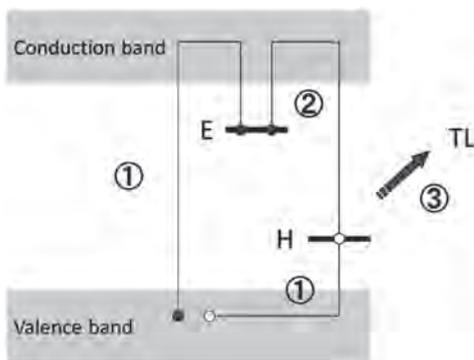


図1 エネルギーバンドモデルによる熱蛍光過程<sup>12)</sup>

再結合する。この再結合時の余剰エネルギーが光として放出される。(TL) ①で生成される電子や正孔は照射された放射線の量に比例するため、③で放出されるTLも同様に放射線の量に比例する。この特性を利用して線量測定が行われている。

TLの測定は、通常グロー曲線を測定する。このグロー曲線は、照射済みのTLD素子を一定の昇温率で加熱したときのTL素子温度とその温度におけるTL量の関係を示したものである。TLDは、この曲線の面積(全TL量)と放射線の線量との相関関係があることを利用した線量計である。

グロー曲線の理論的な解釈は、1945年にRandall<sup>13)</sup>らによってはじめて提唱された。F. Daniels<sup>3)</sup>らが線量測定に成功する8年も前のことである。TLが放射線量に比例することは実験的に周知のことであったが、線量測定に求められる感度を有した素子の開発に時間を要したために理論的な解釈が先行して進んでいたのだと推測される。今日では、当然のことであるが発光準位の生成や格子欠陥の生成に必要な添加物の量は極めて少ない。今日でも高感度化をはじめとする特性の最適化に必要な添加物の種類と量や合成法を同定することは容易ではない。

ここに、Randall<sup>13)</sup>らによってはじめて提唱されたRandall and Wilkins (First order) modelを示す。

$$I(T) = n_0 s \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \exp\left[-\frac{s}{\beta} \int_{T_0}^T \exp\left(-\frac{E}{kT'}\right) dT'\right]$$

$I(T)$ : 温度 $T$ でのTL強度,  $n_0$ : トラップされている総電子数,  $s$ : 頻度因子 ( $s^{-1}$ ),  $E$ : トラップ深度 (eV),  $k$ : ボルツマン定数,  $\beta$ : 昇温速度

この理論は、一定の昇温速度で加熱を行ったとき、それぞれ種類の電子・正孔捕獲センターに捕獲された電子と正孔がすべて再結合によって発光に至ることを前提とした最もシ

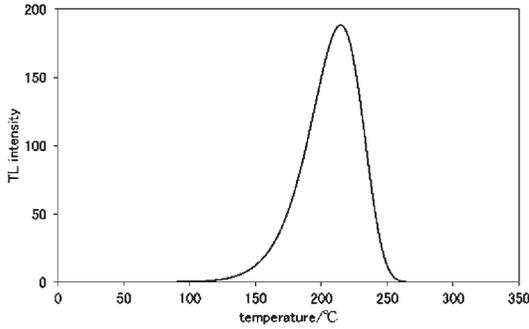


図2 Randall and Wilkins(First order) model式を用いたグロー曲線

ンプルな仮定に基づいた理論である。この式を用いたグロー曲線を図2に示す。極大値はグローピークと呼ばれ、熱安定性の指標として利用されている。

### 研究の歴史

.....

F. Daniels らがLiFによる線量測定に成功した1950年代から1980年代には、TLDの研究が盛んに行われた。新しいTLD素子の開発だけでなく同時に、先に示したRandall and Wilkins modelを基にしたメカニズムの解明に関する研究も次々と報告された。実測されたグロー曲線が理論的に説明され、そこで示されたグロー成分と電子・正孔捕獲中心の帰属も進んだ。それらのデータは、電子スピン共鳴法 (Electron Spin Resonance, ESR) や赤外吸収スペクトルなどの測定技術の進歩によりさらに確かなものとなり、この時代に熱蛍光のメカニズムが次々と明らかにされていった。

しかしながら、すべてが矛盾なく熱蛍光を説明できていたわけではなかった。特に、Randall and Wilkins modelなどの解析によって算出されるTLパラメータの活性化エネルギー (E) と頻度因子 (s) に対しては、矛盾が少なからずあった。このパラメータは、グローピーク温度やグロー曲線の半値幅に依存するため、捕獲準位の熱安定性を定量的に示すものであり、熱によるフェーディングを照射後の温度と時間から見積もることができる。しかし、

これまでに報告されているTLパラメータでは、フェーディングを見積もることができていない。TLパラメータを用いたグロー曲線の解析においても限定された条件にのみ対応したもので、実測を説明するには十分でなかった。Boyleが熱蛍光を発見してから350年経過した今もなお、実験値を十分に説明することができていないのである。グローピーク温度やグロー曲線の半値幅、グロー曲線の立ち上がりから算出されたTLパラメータによって、実測を説明できていないことは、根本的な熱蛍光の理論が誤っているか、実験値に誤りがあるかのどちらかを意味する。

このように長年にわたる理論解析の研究によってもTLを十分に説明できていないのである。また、一般的な使用方法では線量計としての再現性が5-10%程度あり、線量測定の側面からもTLがいくつかの事象が重なった複雑な物理現象であることを伺い知ることができる。

### 問題解決の糸口

.....

しかしながら、測定機器および関連機器の進歩により新しい基礎データも報告されている。ここにその解決の糸口となり得るデータを紹介する。昇温速度に対する熱蛍光量の再現性の関係を図3に示す。筆者らの研究グループによって示されたものであるが、昇温速度を遅くすることで再現性が飛躍的に向上している。このデータは、我々が独自に開発した読み取りシステムによるもので、昇温速度が市販の読み取り装置より2桁以上遅くした測定が可能である。一般的な読み取り装置の昇温速度は $1\text{ }^{\circ}\text{C}\text{s}^{-1}$ – $100\text{ }^{\circ}\text{C}\text{s}^{-1}$ であるため、この結果から予想される再現性は、図右上部の丸で囲われた領域となり5-10%程度が予想される。実際に市販されている製品の再現性とほぼ一致している。この主な原因は、第一に昇温速度が速いときにはヒーター温度を一定の速度で精密に昇温させることが機器の性能の問題か

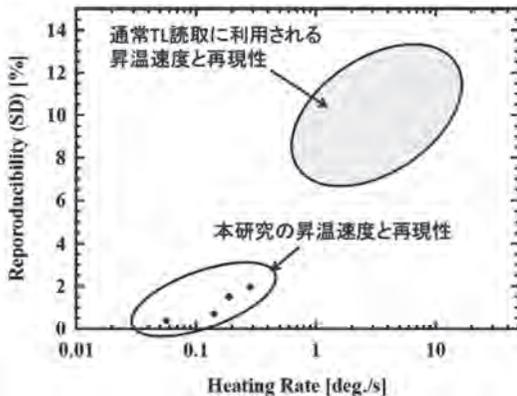


図3 昇温速度に対するTLの再現性  
(放射線医学総合研究所 古場裕介氏提供)

ら技術的に難しいことにある。市販のTLD読み取り装置は $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 程度の精度で昇温しているため、素子の読み出し温度にも差が生じている。多くのTL素子は、読み出し温度範囲の境界付近にも小さな捕獲準位が複数存在しているため、この温度制御の精度がTL読み出し値に誤差を生じさせ、線量測定に誤差を生じさせている。昇温速度を遅くした熱蛍光の測定では、その精度を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 程度まで抑えることができるため、再現性が高くなる。

また、この温度制御の影響はこれだけに留まらず、基礎特性をも正確に把握することを妨げている。たとえば、ヒーターの温度とTL素子の温度は昇温速度が早ければ早いほど乖離するため、それを用いて算出されたTLパラメータは正確な値ではなく、当然に昇温速度を変えた時のグローピーク温度やグロー曲線の半値幅、フェーディング特性などを説明することはできない。その他にも、近接して捕獲準位が存在する場合は一度に読み出されてしまうため、正確な成分数を判別することも困難にさせる。また、昇温速度を遅くしたグロー曲線の測定によって今まで以上に詳細が明らかにされたことであるが、照射後に生成される捕獲準位は、TLDの読み出しやアニーリングによってすべて読み出されているのではなく、読み出し温度以上にもより安定な捕獲準位が存在し、この捕獲準位に捕獲されていた電子

や正孔は、読み出さずには、アニーリング後に低い準位へ再分布することがある。そのため、照射履歴に熱蛍光特性が依存する場合も少なくない。この影響は、アニール処理によって排除できるが、市販化された当時は正しい基礎データが不足していたためにアニール処理温度が適切でないTLDもある。

すなわち、正確さや再現性に欠けていたのは、測定器の性能や測定手法の問題が大きな原因を占めている。メカニズムに関しては、これまで報告されている昇温速度の速い測定によって得られたグロー曲線は、TL素子の温度とTL強度を示したのではなく、ヒーターの温度とTL強度を示したものであり、TL素子の物理特性を示していなかったので実験値を十分に説明できなかったと推測される。このため、メカニズムの解明を遅らせることになった。本来は、できるだけ多くの基礎データを基にした商品化が実施されるべきであるが、不幸なことにTLの研究が盛んに行われた1950年代から1980年代にかけては昇温速度を精密に制御できる装置がなかった。

## 新しい技術と未来

TLの歴史を振り返ってみると、測定技術の困難さから正しい基礎特性を十分に把握しないまま今日に至っている。近年の線量測定のニーズは、高精度化だけでなく二次元化や高い人体軟組織等価性など多岐にわたる。熱蛍光の適切な測定システムを再構築し、これまでより詳しい基礎データを再取得することでメカニズムの解明が進み、また、社会のニーズに対応できる新しい熱蛍光線量計の利用法やデバイスが生まれてくるに違いない。地味ではあるが“基礎特性のデータの蓄積”が医療をはじめとする社会のニーズに対して貢献できる技術の礎となる。

現在では、測定精度の向上により、熱蛍光という物理現象の再現性が考えていた以上に高いことが分かってきた。これは、未来への

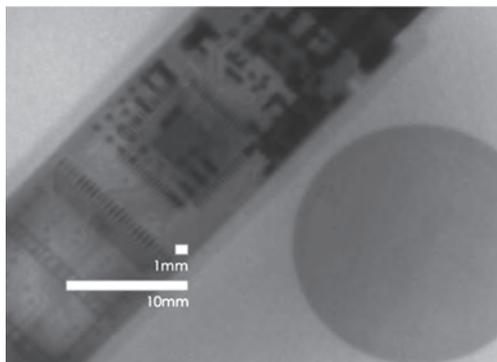


図4 セラミックスのTL特性を利用したUSBメモリと1円玉のX線像(補正なし)<sup>14)</sup>

希望の光と考えるとよい。これまで以上にメカニズムの解明が進み、新しい材料開発へつながり、社会のニーズに対応したデバイスが開発されていくに違いない。

最後に、TLを用いた新しい技術を紹介する。図4にセラミックスのTL特性を利用したUSBメモリと1円玉のX線像を示す。セラミックス板の上にUSBメモリと1円玉を配置させX線を照射した後、ホットプレートで加熱しその時に放たれたTLをCCDカメラで撮影したものである。簡易的に高空間分解能のX線イメージが可能である。放射線治療装置の照射位置精度管理や、環境放射線測定などへの応用が期待されている。2次元化は、ポーランドの研究グループ<sup>15)</sup>も取り組んでおり、今後も進展が期待できる。また、ポイント測定においてもこれまで、全TL量と線量との相関以外の情報は利用されていなかったが、グロー曲線測定精度の向上により、グロー曲線の形状から線量を導くことも決して難しいことではなく、今まで欠点であったTLの超直線性やLET依存性を利用した新しいデバイス、さらには他の検出器と合わせて使用するハイブリッド型デバイスなどの出現も十分に期待される。

参考文献

1) Boyle,R., Experiments and Considerations Touching Colours. Royal Society,413 (1664)  
 2) Wiedeman,E. and Schmidt,G.C., Ann. Phys. Chem. Neue Folge 54,604 (1895)

3) Daniels, F., Boyd, C.A. and Saunders, D. F., Science117,343 (1953)  
 4) Watanabe, S., Phys. Rev. 83,785 (1951)  
 5) T. Yamashita, N. Nada, Health Physics Pergamon Press. 21, 295 (1971).  
 6) Ginther,R.J.and Kirk,R.D.,J.Electrochem. Soc.104,365 (1957)  
 7) Binder,W., Disterhoft,S. and Cameron,J.R. In: Proc. 2nd Int.Conf.on Luminescence Dosimetry, Gatlinburg, CONF680920 (NTIS, Springfield, VA) p.43 (1968)  
 8) Daniels,F. and Rieman,W.P., University of Wisconsin, Final Report No7 (1954)  
 9) Kossel,W., Mayer,U. and Wolf,H.C., Naturwiss.41,209 (1954)  
 10) Moore,L.E., J.Phys. Chem. 61,636 (1957)  
 11) Schulman,J.H.,R.D. and West, E.J. In: Proc.1st Int. Conf. on Luminescence Dosimetry, Stanford. P.113 (1965)  
 12) 眞正浄光：熱蛍光体による放射線イメージングー放射線治療計画の検証から環境放射線測定までー, 光アライアンス, 24(6), 26—30 (2013)  
 13) J. T. Randall and M. H. F. Wilkins, Proc. Roy. Soc. A184, 366 (1945)  
 14) 眞正浄光, 古場裕介, 玉津早駿, 櫻井昇, 若林源一郎, 福田茂一：熱ルミネッセンススラブ線量計, 医学物理, 33巻3号 pp.137-144 (2014)  
 15) L. Czopyka, G.A.P. Cirronec, G. Cuttonec, M. Kłosowska, P. Olkoa, U. Srokaa, M.P.R.Waligórski, Radiation Measurements 43, 977-980 (2008)

著者プロフィール

平成15年 立教大学理学研究科化学専攻  
 博士課程前期課程 修了  
 平成18年 立教大学理学研究科化学専攻  
 博士課程後期課程 修了  
 博士(理学)取得  
 平成18年 立教大学先端科学計測研究センター  
 ポストドクトラルフェロー  
 平成21年 首都大学東京 健康福祉学部  
 放射線学科 助教  
 首都大学東京大学院  
 人間健康科学研究科  
 放射線科学域 助教  
 平成24年 首都大学東京 健康福祉学部  
 放射線学科 准教授(現在に至る)  
 首都大学東京大学院  
 人間健康科学研究科  
 放射線科学域 准教授  
 現在に至る

# テクノコーナー 放射線管理手帳発行機関のご紹介

現在、東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により飛散した放射性物質で汚染された地域において除染等の事業が行われています。

除染等業務に携わる従事者の被ばく線量を一元的に管理するための「除染等業務従事者等被ばく線量登録管理制度」が、平成25年11月15日に環境省発注の除染等事業を対象に発足し、さらに、平成26年4月1日から地方自治体及び環境省以外の国の機関が発注する除染等業務を対象に発足し、公益財団法人放射線影響協会放射線従事者中央登録センターが主体となり運営されています。

弊社では従来より原子力登録管理制度の放射線管理手帳発行機関として、青森営業所（六ヶ所村）、福島営業所（いわき市）、茨城営業所（大洗町）、柏崎刈羽営業所（新潟県柏崎市）、敦賀営業所（福井県敦賀市）の5ヶ所で放射線管理手帳の発行を行っていましたが、昨年9月から福島市でも発行業務を開始し、申請書の受付、書類審査、中央登録センターへの登録、放射線管理手帳の作成を行っています。5月からは自動記帳システムを導入し迅速にきれいな手帳が発行できるようになりました。申請の仕方、手帳への記載方法など何なりとお問い合わせください。窓口担当一同お待ちしております。



放射線管理手帳



問合せ先：株式会社千代田テクノ

●福島復興支援本部（福島市） ☎ 024-526-0901  
（いわき市） ☎ 0246-45-3881

●青森営業所 ☎ 0175-71-0711

●柏崎刈羽営業所 ☎ 0257-22-3334

福島市大町 7-23 朝日生命大町ビル 2階  
いわき市内郷御厩町 3-68 田久ビル

●茨城営業所 ☎ 029-266-3111

●敦賀営業所 ☎ 0770-23-3466

## ▶▶▶D-シャトル《環境タイプ》線量測定サービスを 予定しています!!◀◀◀

以前、FBNewsNo.445（2014年1月号）にて、住民用モニタリングサービス「D-シャトル」についてご紹介をさせていただきました。D-シャトルは、科学技術振興機構（JST）の先端計測分析技術・機器開発プログラムの重点開発領域「放射線計測領域」の平成24年度新規課題に産業技術総合研究所と共同で申請し、認可された製品です。

D-シャトルは、1年間という長期間の線量を時間単位で保存しながら計測することができる電池駆動式の半導体積算線量計で、現在は、「個人線量測定サービス」として、主に福島県内にて住民の方の線量測定にご利用いただいております。「個人線量測定サービス」では、お客様にD-シャトルを1年ご使用いただき、1年後に回収を行い、測定結果報告書を出力します。月々、日々の線量と特定の日の時間毎の線量をグラフ化したものをご報告いたします。電池の交換、校正の後、お客様へD-シャトルを返却します。

従来は、個人線量の測定用としてD-シャトルの線量測定サービスを行ってまいりました。その中で、「環境測定の用途にD-シャトルを使いたい」とのご要望をいただくことがございました。その為、現在、D-シャトルを環境タイプとして使用できるよう準備を進めております。

環境タイプと個人用の違いについては、以下の表をご参照ください。



D-シャトル環境タイプ  
(左上に緑の丸印)

### D-シャトル 環境タイプと個人用の違い

	D-シャトル（環境タイプ）	D-シャトル（個人用）（従来タイプ）
線量当量の種類	周辺線量当量（H*10）	個人線量当量（Hp10）
線量計の校正	空間中にて校正	ファントム使用
外観上の識別	線量計表面に緑丸印あり	線量計表面に緑丸印なし

### D-シャトル 環境タイプと個人用の共通仕様

測定線種	γ線
検出方式	半導体方式
測定範囲	0.1 μSv ~ 99.999mSv（総積算線量）
線量率直線性	≤ ±10%（ <sup>137</sup> Csにおいて、2 μSv/h ~ 3 mSv/hの範囲）
記録機能	1時間毎の線量を記録
校正	<sup>137</sup> Cs - γ線による校正
校正時の対応	除染後のエネルギースペクトルを想定し、エネルギー補正を実施します。
電池寿命	約1年間（1日2回の読取表示を行った場合）
サイズ・重量	約68mm×32mm×14mm・23g

（線量計測技術課）

## — 個人線量管理システム ACE GEAR (エースギア) V4 のご紹介 —

### ◆優れた4つの特長

#### 1) 外部線量の管理

ガラスバッジの測定結果をACE GEAR V4に取り込み、放射線業務従事者が受けた放射線量を管理することができます。

#### 2) 内部被ばく線量の管理

空气中放射性物質濃度、作業室立ち入り時間等から摂取量を求め、内部線量を算出することができます。

#### 3) 健康診断の管理

電離放射線健康診断個人票を印字することができます。血液検査等の検査データをエクセル形式で取り込み、手間なく管理ができます。

#### 4) 教育訓練の管理

法令で定められた教育の受講記録を管理することができます。

### ◆動作環境 (推奨)

- ・コンピュータ本体：PC/AT互換機
- ・ディスク装置：CD-ROMドライブ
- ・インターネット接続環境
- ・ソフト

Access 環境：Microsoft Access 2007～2013  
(32bit版のみ動作保証)

※Microsoft Office Access Runtime版は、ACE GEAR V4のCDに収録してあります。なお、ご使用になられる機種のOSとAccessの組み合わせによっては、正常に動作しない場合があります。

Excel 環境：Microsoft Excel 2007～2013  
(32bit版のみ動作保証)

※ExcelとAccess (runtime) は同一のバージョンをご利用ください。バージョンが異なると正常に動作しない場合があります。

- ・CPU：Core 2 Duo以上 (2.4GHz以上推奨)
- ・メモリ：1 GB以上
- ・ディスプレイ：1024×768 (XGA) 以上
- ・OS：Windows 7, 8, 8.1 (32bit, 64bit版)
- ・ディスクの空き容量：2 GB以上

●お申し込み、お問い合わせは弊社の最寄りの営業所までお願いいたします。

## 公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ

### ★講習会について★ (平成27年5月20日現在)

講習名/月	8月	9月	10月	11月	12月
登録定期講習		7：東京	17：東京(医) 30：東京 31：大阪(医)	12：札幌 17：仙台 19：名古屋 25：大阪	3：広島 4：福岡 10：東京
医療放射線従事者のための放射線障害防止法講習会	22：大阪				
放射線安全管理講習会			21：大阪	10：東京 I 11：札幌 18：名古屋 24：福岡 30：東京 II	
医療機関のための放射線安全管理講習会			19：岡山 24：東京		

### ★出版物について★

放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015、放射線施設の遮蔽計算実務(放射線)データ集2012、最新放射線障害防止法令集(平成25年版)、記帳・記録のガイド(2012)等発売しております。

### ★講習・出版物の詳細、お申込みについては、公益財団法人原子力安全技術センターのHPをご参照ください。

URL：http://www.nustec.or.jp/ メールアドレス：kosyu@nustec.or.jp 電話：03-3814-5746

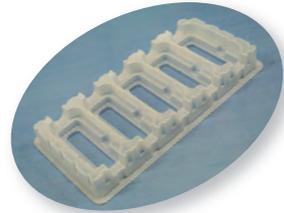
サービス部門からのお知らせ

## ガラスバッジ用発送トレイを変更しました

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と、誠にありがとうございます。

このたび、一部のお客様よりいただいておりますガラスバッジが届いた際トレイの角が割れていた、トレイからガラスバッジが取り出しにくいなどの不具合のお声を受けまして、ガラスバッジ用発送トレイの材質を変更いたしました。従来の発送トレイよりやわらかい材質となっております。材質の変更に伴いまして、トレイの色を緑から乳白色へ変更いたしました。順次改良版に切替えさせていただきます。

これからもより良いモニタリングサービスをご提供できるよう努めて参りますので、ご理解とご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。



## 編集後記

●今月号の巻頭では福島県立福島高等学校の原 尚志先生に「D-シャトルと高校生線量測定プロジェクト」と題してご執筆いただきました。スーパーサイエンスハイスクールに指定されている福島高校が、福島第一原子力発電所事故以降に課題研究として取り組まれた、国内12校、海外12地域の総勢216名の高校生による個人線量測定の調査結果をフランスで開催されたles Ateliers de la Radioprotection (International Meetings of Radioprotection)で発表されました。福島高校のHPに発表会への取り組みがアップされていますので併せてご覧ください。弊社がこのような課題研究のお手伝いができたことをうれしく思います。

●弘前大学の細田正洋先生の「放射線量計側の基礎」が最終回を迎えます。最終回は放射線防護に関する線量についてご執筆いただきました。3回にわたり放射線量計測の体系に使用される量と単位について連載していただき、ありがとうございました。

●「熱蛍光線量計の歴史と未来」と題し、熱蛍光の研究を20年続けてこられたNPO法人放射線安全フォーラム／首都大学東京の真正浄光先生に、熱蛍光の発見からその研究の歴史を分かりやすく解説いただきました。熱蛍光のメカニズムがさらに解明されてゆくことが期待されます。

●この編集後記を書いている時に、ちょうど関東地方が梅雨入りしましたが、同時に気温が少し落ち着いたものの、湿度は高く不快指数があがり、早くも晴れ間が恋しくなっています。そんな中、通勤途中にある植え込みの紫陽花に目がいくようになりました。青や紫の繊細な色合いと手毬状の可憐な様子に癒されています。次第に色が変化してゆくことでも目を楽しませてくれます。本号がお手元に届く頃は夏真っ盛り、暑さが続いていると思います。くれぐれもご自愛のほどお祈り申し上げます。

(長谷川 香織)

## FBNews No.464

発行日／平成27年 8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ル 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)