

Photo K.Fukuda

Index

「小児 X 線撮影における被曝低減」

Digital 撮影のトータルシステム設計による被曝低減の実際

.....	川村 義彦、渡辺 典男、丸山 智之、富里 謙一	1
X 線顕微鏡による生体試料観察	伊藤 敦	6
「久保寺昭子先生を偲んで」	小島 周二	11
「ジェインさんとの昼食」 — インドと原子力 —	町 末男	13
イブニングセミナー開催のお知らせ		13
フィルムからガラスへ — 挑戦と克服、ガラスバッジの誕生秘話 —	壽藤 紀道	14
平成20年度密封線源取扱実務者研修会		17
放射線障害防止法に基づく放射線取扱主任者の「定期講習」のご案内		17
新モニタリングサービスシステム(MOSⅢ)のお知らせ【4】		18
[サービス部門からのお知らせ]		
お客様コードが変わります。		19

「小児 X 線撮影における被曝低減」

Digital 撮影のトータルシステム設計による被曝低減の実際

川村 義彦* 渡辺 典男* 丸山 智之* 富里 謙一*

はじめに

臨床現場の X 線撮影システムは、臨床要求に即した画質制御と患者様の被曝に配慮した線量制御を勘案して組み立てられてきた。具体的には撮影装置・関連機器・器具などのハード機器の選択とその使用条件、更に撮影条件設定やポジショニングなどの撮影技術を含めたトータルな関連からシステム設計がなされてきている。Analog ではこの枠組みで済んだが Digital システムとなった現在では、Digital 画像処理という要因も加えたトータルシステム設計が必須となっており、その取り組みを充実させていかなければならないと考えている。ただ、Digital システムへ移行しているこの時代に、Digital 画像処理の要因も組み込んだ新たなトータルシステム設計が必要なのだという考え方方が希薄なことと、その取り組みが余りにもなされていないことに危機感を覚えている。現状では私どもの施設以外にその取り組みはあまり見受けられないので、ここでは私どもの取り組みの内、小児 X 線撮影における被曝低減のシステム開発の幾つかを紹介したい。この FBNews を読まれて新たなシステム設計に取り組まれる施設が増えてくることを期待している。

{第5回テクノル技術情報セミナー (08.2.28.水戸市)で講演:川村義彦}

1. Digital撮影システムの構築を考える

Digital 撮影システムは Gain の Control が可能で階調特性を選択可能である。それに比べて Analog 撮影システムでは Gain の Control が出来ないのが特徴とさえ言える。また Digital 撮影システムは信号の伝送や保存等、取り扱いに可能性が大きい上に撮影部位に合わせた特性変更や Noise-reduction の可能性もある。診断用 X 線撮影に於いては被曝線量の軽減が課題となり、常に Noise との戦いが存在する。そこで Digital システムの画像処理技術に期待をする事となるが、Digital 装置の単純な画像処理では SNR は改善しない。しかし Gain の Control が可能な Digital 撮影システムでは感度の向上により Noise は軽減する。そして Digital 用撮影装置と Digital 用 Positioning 及び特殊な画像処理により SNR 向上は可能となる。つまり Digital 撮影システムは、Digital 用撮影装置と Digital 用 Positioning そして Digital 感光装置によるシステム構成が Analog 撮影システムを超える可能性を具体化する。ここで言う Digital 用撮影装置とは、Digital 感光装置には画素 size が想定されていて X 線管球焦点 size を含む撮影時の幾何学的条件による半影が画素 size 以内である高精度な装置であり、Digital 撮影

*Yoshihiko KAWAMURA, Tsuneo WATANABE, Tomoyuki MARUYAMA, Kenichi TOMISATO
日本医科大学千葉北総病院 放射線センター

では低被曝が期待される場合が多く、精度の高い波尾切断が必要である事も要求される。Digital 用 Positioning には、Digital 撮影は広い範囲の読影が可能となり撮影域すべてに気をつけた Positioning が必要である事と被写体の形状に依存する画像処理技術も存在し高精度な Positioning が要求される。Digital 撮影システムの構築には正しい画像診断学の知識、Digital 画像信号の理解、そして Digital 撮影装置に対する物理学的理解も必須条件となる。これらにより構築された Digital 撮影システムにより被曝線量が軽減されたり、高 SNR 撮影が可能となる等、Analog の銀塩画像撮影システムでは不可能と思えた事が可能となる。

(Digital システム設計の基本

concept を提案：渡辺典男)

2. 小児胸部撮影での比較的高画質を維持した被曝低減 Digital 撮影システムの構築 ◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆

[Concept]

高画質を維持しつつ尚且つ被曝低減に結びつけるシステム設計に取り組んだ。ここでのポイントは、重要な疾患信号自体を強調処理することなく、その信号にかかる Noise 成分を極力取り除くことによって信号の認知を高めようとしたもので、Noise 低減による高画質の維持と被曝低減を目指したシステム開発にあたる。

[開発のポイント]

Digital システムの高感度化は低 Noise を実現し、比較的に高鮮鋭度な撮影システムの構築が可能となる。また X 線の利用効率を向上させれば、より低い被曝線量と比較的高画質が両立する事となることを踏まえて、

- 1) FCR の読み取りを低輝度に設定し、読み取り条件の最適化を図る

- 2) 散乱線除去 Grid の中間物質を Al 製から Fiber 製に替えて無駄な被曝の軽減をする
- 3) 富士フィルムの両面集光 ST-DB (画素 $100\mu\text{m}$ で使用)を用い Noise の軽減をする
- 4) 0.3 mm もしくは 0.6 mm 焦点で SID150 cm とし、高周波信号維持で SNR の向上を図る
- 5) 画像信号の超低周波を Noise とし適度に遮断、不要な信号の削除と画像の最適化
- 6) 肩甲骨を肺野内から確実に外すような高精度な Positioning を行う

[システム構成・使用条件の変更]

- 1) 装置・器具の使用条件
X 線管 PK323DK-80 0.3 / 0.8 F 38 C-80 (0.3 mm 又は 0.6 mm 焦点使用 SID : 150 cm)
Grid Fiber 3 : 1 40本/cm X 線高電圧発生器 30kHz 80kW : UD 150B-10
FUJI FCR : PROFECT CS IP : ST-BD 100 μm 読み取り 両面集光タイプ
- 2) 画像処理条件の設定
階調処理 : (GA : 0.9 GT : E GC : 1.6GS : -0.25)
マルチ周波数処理 : (MRB : C MRT : RMRE : 1.0 MDB : A MDT : B MDE : 0.6)
ノイズ成分抽出処理 FNC : (FFC : M FNB : A FNT : A FNE : 0.3)
- 3) 撮影条件の変更
(従来システム) 72 kV 400 mA 8.0 ms (3.2 mAs) SID 100 cm 焦点 : 1.2 mm
(開発システム) 70~80 kV 100 mA 10.0ms (1.0 mAs) SID 150 cm 焦点 : 0.6 mm



1 / 3 線量小兒胸部 X 線寫真

[まとめ]

従来のほぼ $1/3$ の被曝線量で目的の適切な写真を撮影することが出来た。あえて $100 \mu\text{m}$ の画素を用いる事で高い SNR を確保可能とし、被曝軽減に結びつけた。高いナイキスト周波数 ($10/\text{mm}$) をもつ $50 \mu\text{m}$ 画素は 0.3 mm X 線管焦点を用いる事で高調波をより正確に表現可能であるが、低周波域の信号処理に課題を残す。勿論、低周波域の処理が解決すれば FNC 処理の可能性もあり被曝線量の軽減も可能となる。

(第30回日本小児放射線技術研究会)

シンポジウムで発表：渡辺典男）

3. 脊椎側彎症の全脊椎撮影における被曝低減 Digital 撮影システムの構築

[Concept]

X線単純撮影は、全脊椎を長尺の I.P. (Imaging Plate) により撮影するもので、両股関節の位置関係も把握するためにほぼ全身の被曝となる。小児期の被曝は、0歳時～10歳ぐらいが 1 Sv 当たりに対するリスクファクターは高く、10～20歳では 5 % ほど下がり、20～30歳になると 2 % 程下がるとされる。このように被曝に対するリスクが高い時期に全身を被曝する撮影には、

如何に最低限の被曝に抑え、なつかつ診断には影響を与えないようなシステムを構築をするかが課題となる。我々はSNRの低下を抑えて目的のCobb角測定の精度維持を前提に、如何に究極まで被曝線量を減らせるのかをConceptにした被曝低減撮影システム構築を目指した。

[開発のポイント]

- 1) 小焦点の利用と SID 200 cm で、信号のエッジ部を正確（半影を最小）に投影する。通常の X 線管球は、0.6 mm の SID 200 cm での半影（関心領域～I.P 間10 cm）は、40 μ m であり、当院で使用している0.2 mm 管球では、SID 200 cm での半影は10 μ m でボケを最小とした。
 - 2) 高鮮鋭な Low Data を取得出来たため画像処理のノイズ抑制処理 (FNC) を強くかける事が出来き、信号を維持しながらノイズを軽減出来た。また階調処理と周波数処理により画像に寄与しない超低周波を除去し、周波数バランスタイプを C タイプで強めに掛けた。
 - 3) Positioning の対応は、椎体縁が接線投影されるように、高い精度の Positioning をしなければならない。正しく接線投影された場合は信号処理が効果的に作用することになり、精度の良い椎体の描出に相乗効果として働き、システム構築での大事なポイントとなっている。

[システム構成・使用条件の変更]

- 1) 装置・器具の使用条件
X線管球 P38C 0.8/0.2(島津製作所)、SID 200cm Grid 5:1 34本/cm FCR XG-1(Fuji film)、IP ST-Vn
 - 2) 画像処理条件
階調処理:(GA:0.7 GT:G GC:



1/20線量での小児全脊椎 X 線写真

0.8 GS : 0.3) multi 周波数処理：
(MRB : C MRT : P MRE : 4.5)
FNC 処理 : (FFC : A FNB : A
FNT : A
FNE : 0.7)

3) 撮影条件

(従来システム) 75kV 400 mA 70
~80msec (25~32 mAs) SID 200 cm
0.8 mm 焦点
(開発システム) 85 kV 50 mA 20
msec (1.0 mAs) SID 200 cm 0.2
mm 焦点

4) 表面線量：従来システム：874.3 μ Gy 開発システム：26.6 μ Gy

[まとめ]

全脊椎撮影における被曝低減 Digital 撮影システムの開発は、通常の約 1/20以下と言う極めて少ない被曝線量の撮影システムを実現した。現在当院では、小児に対する全脊椎撮影は、標準線量の 1/25~1/30 の線量で撮影を行っているが、この低線量撮影に特化した撮影では、臨床上の被写体



小児股関節 X 線写真

の極端な個体差（椎体の接線投影が出来ないケース）に対応が不十分なので注意が必要となる。

(RSNA2005 Scientific poster にて発表：
丸山智之)

4. 小児股関節撮影の低線量 Digital 撮影システムの構築 ◆◆◆◆◆◆

[Concept]

先天性股関節脱臼等幼児の股関節疾患を対象として X 線被曝を最小限に抑え、かつ最適画像を得るための低線量幼児股関節 Digital 撮影システムを構築する。

[開発のポイント]

- 1) 0.3 mm 小焦点の使用と SID 150 cm の設定により、Signal の Edge 部分を正確に投影し Signal の強度を向上させると同時に信号処理も効果的に働くことになり、高周波信号維持による SNR の向上と高精度化を実現。
- 2) IP を 100 μ m の両面集光タイプにして Noise を減少
- 3) Noise の低減のため被曝を極力抑えた低格子比 3 : 1 Grid を使用し、しかも、出来るだけ不要な X 線を極力抑えるために Fiber spacer Grid を選択
- 4) FNC 処理を有効に活用し Signal を維

持し Noise を軽減、さらに不要な超低周波成分と高周波成分を適度に遮断し不要な信号の削除と画像の最適化。画像処理技術を用いてコントラストを調整し、低線量取り込みモードを応用し読み取り条件の最適化を図った。

- 5) Signal を維持し Noise を軽減する FNC 処理を組み込んでおり、その有効活用のためには、動きのない股関節であることが要求されるため、確実に動きのないボケを発生させない Positioning が必要となる。

[システム構成：使用条件の変更]

1. 装置・器具の使用条件

X 線管 PK 323 DK-80 0.3／0.8 (0.3 mm 使用) Grid Fiber 3 : 1 40本 /cm
X 線高電圧発生器30 kHz 80 kW : UD 150B-10
FUJI FCR : PROFECT CS IP : ST-BD 100 μm 読み取り両面集光タイプ

2. 画像処理条件

階調処理 : (GA : 0.7 GT : G GC : 0.8 GS : 0.3) multi 周波数処理
MFP : (MRB : C MRT : P MRE : 4.5) ノイズ成分抽出処理 FNC : (FFC : A FNB : A FNT : A FNE : 0.8)
3. 撮影条件の変更
(従来システム) 60 kV 4.0 mAs SID 100 cm 表面線量 224.5 μGy
(開発システム) 60 kV 0.5 mAs SID 150 cm 表面線量 11.8 μGy

[まとめ]

今回、開発した新たな小児股関節 Digital 撮影技術は、通常の約 1/20 と言う極めて少ない被曝線量で撮影可能な撮影システムを実現した。構築したシステムでの臨床写真は比較的高画質であり、画質を下げても充分臨床に使用できるとの評価もいただいている、被曝線量をさらに 1/4 (トータルで 1/80) 程度に低減できる可能性がある。
(第63回日本放射線技術学会総会：
低線量幼児股関節撮影技術：富里謙一発表)



左より 富里主任・渡辺副技師長・川村技師長・丸山係長

X線顕微鏡による生体試料観察



伊藤 敦*

1. X線顕微鏡とは？—X線顕微鏡の特徴

X線顕微鏡は、光学顕微鏡で用いる可視光に比べて波長が短いX線を利用するところから、より高分解能の観察が可能な手法として期待されている。分解能はX線光学素子の進歩とともに向上し、現在10-50 nmまでに至っている。これは電子顕微鏡と光学顕微鏡のちょうど中間にあたる。

水を含んだ生理状態にある生体試料観察の観点からは、電子顕微鏡では扱えないような湿潤状態にある厚い試料を光学顕微鏡より高分解能で観察できる技術と位置づけられる。言い換えると、細胞などを超薄切片にせずに、そのままの状態で内部構造を高分解能で観察できる可能性があるということである。その他に、X線特有の観察方法として、X線の吸収特性、すなわち、元素の吸収端での吸収の変化を利用した元素分布、吸収端近傍の吸収微細構造が化学結合によって異なることを利用した化学結合（分子）分布が求められる点も大きな特徴である。このようなX線の吸収スペクトルを利用したイメージング方法はスペクトロマイクロスコピーとよばれる。なお、吸収の代わりに、試料から放出される蛍光X線を用いて元素分布や化学結合分布を求めることが可能である。

2. X線顕微鏡の種類

利用するX線のエネルギー（波長）によって観察方法・対象に特徴がある。これはX線の試料透過率などの特性の他に、ハードウェアの制約、すなわち、光源やX線光学素子による部分も大きい。一般的には、軟X線（1 keV以下のエネルギー、波長では1 nmより長波長）、硬X線（エネルギー数keV以上）にわけられる。ここでは、その中間領域の中エネルギーX線を加えてそれぞれの主な特徴を表1にまとめた。

軟X線顕微鏡はこれまで最も精力的に開発が行われ、最も高い分解能が達成されている。分解能は、X線集光素子であるゾーンプレートの性能向上とともに改善されてきており、現在

集光サイズが15 nmのゾーンプレートも利用可能となっている¹⁾。軟X線は物質との相互作用が大きい結果、生体を構成する軽元素にも十分吸収されるため、吸収によってコントラストが形成される。従って、サブミクロンの分解能が必要な細胞や細胞内構造を観察するために最適な波長領域といえる。しかしながら、軟X線は大気中を透過しないため、水を含んだ生体試料の保持には特別の工夫が必要である。真空中でも水を保持できる密閉した試料ホルダーの開発や試料部分のみ微小な大気の間隙を設ける方法²⁾などが行われている。利用する波長は、水と生体分子の吸収の差が大きい“水の窓”とよばれる領域が重要である。図1にDNA、タンパク質、水の吸収スペクトルを示した。この図からわかるように、70%程度が水からなる生体試料において生体分子を水に対してコントラストよく観察するためには、酸素のK吸収端（波長2.3 nm）と炭素のK吸収端（波長4.4 nm）の間の波長領域を選択すればよい。

硬X線顕微鏡開発は、近年最も進展の著しい分野である。SPring-8（日本）、ESRF（ヨーロッパ）、APS（アメリカ）などの第3世代とよばれる放射光施設から高輝度硬X線が得られるようになったこと、ゾーンプレートやK-Bミラーなどの集光X線素子の発展によって、硬X線がサブミクロンまで集光できるようになったこと、位相変化に基づくコントラスト形成技術が発展したこと、などが主な理由としてあげられる。これらは主にX線光学の研究者によって推進され、表1にあげた100 nm以下の分解能はそれら集光素子の性能を示すものである。硬X線は透過率が高いため、大気下での観察が可能な点は生体試料にとって大きな利点である一方、生体構成元素の吸収が小さくなるため、生体試料に対してはほとんど透明となる。従って位相変化によるコントラスト形成が重要となる。例えば、ゼルニケ法、ホログラフィ、干渉計、屈折コントラストなどの光学系の開発が活発に行われている。もう一つの硬X

*Atsushi ITO 東海大学工学部エネルギー工学科 教授

表1 X線顕微鏡の利用エネルギーによる特徴

名称	軟X線	中エネルギーX線	硬X線
X線エネルギー	1 keV以下 (波長1 nm以上)	1～数keV	数keV以上
生体構成元素のK吸収端	C, O, N	Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca	Fe, Mn, Znなど微量元素
光学素子(集光、分光用)	ゾーンプレート、多層膜ミラー、Wolterミラー	ゾーンプレート、Kirkpatrick-Baez(K-B)ミラー	ゾーンプレート、K-Bミラー
光源	放射光、レーザープラズマX線	放射光、X線管 ^{*)}	放射光、X線管 ^{*)}
最高分解能(nm)	~10nm	≤100nm	≤100nm
生体試料観察におけるおもな特徴	<ul style="list-style-type: none"> 高分解能 主要構成元素による吸収コントラストによる観察 水溶液中の試料(水の窓領域) 元素、分子マッピング 観察対象は細胞や細胞内構造など。 	<ul style="list-style-type: none"> 生体機能に重要なマイナー元素のマッピング 元素、分子マッピング 観察対象は、細胞や細胞内構造など。 	<ul style="list-style-type: none"> 大気下での観察が可能 位相コントラストによる観察 微量金属元素のマッピング 観察対象は組織など厚い試料

^{*)} 走査型電子顕微鏡での集光した電子線を金属ターゲットに照射する方法も用いられる。

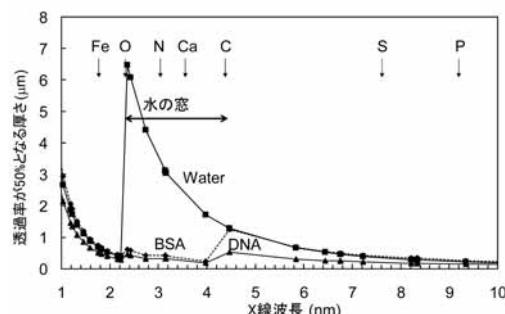


図1 軟X線における生体分子の吸収スペクトル
タンパク質としてBSA(Bovine Serum Albumin: ウシ血清アルブミン)を採用した。縦軸は50%透過率の厚さでHenkeらによる表(B.L.Henke et al., Atomic Data Nuclear Data Tables, 54, 181-342, 1993)の吸収係数を用いて計算した。元素名と矢印は、元素の吸収端の波長を示す。O、N、CはK吸収端、Fe、Ca、S、PはL吸収端である。

線の大きな特徴は、重金属からの蛍光X線を利用した元素マッピングである。生体での微量元素の取り込みとその分布の検出は、多くの分野で有用な情報を提供しており、現状では硬X線マイクロビームの走査によって、1ミクロン程度の分解能による観察例が得られている。

軟X線と硬X線の中間領域の中エネルギーX線は、硬X線に組み入れる場合も多い。蛍光X線による元素マッピングなどは硬X線と共に通である。しかしながら、顕微鏡としてこのエネルギー領域を主な対象とした装置がほとんどないことも事実である。生体試料観察の立場

からは、S、P、Caなど細胞の構造や機能にとって重要なマイナー元素の吸収端が存在するため、それら元素の分布や元素を含む分子の分布を求めるることは大変興味ある課題と考えられる。

最後に各エネルギー領域での観察対象について付け加えたい。硬X線の観察対象としては、まずは病理診断を目的とした生体組織が医学応用の点から重要であり、当初分解能も数十ミクロン程度であったため、軟X線での対象と棲み分けされていたと考えられる。しかしながら、分解能の向上と位相コントラスト光学系の発展により、細胞をも対象とするようになってきた。生体組織診断での位相コントラスト法の利用は大変興味深くまた観察例も蓄積されているが、本稿でのサブミクロン分解能の顕微鏡の観点からは除き、参考となる解説記事のみあげることとする³⁾。細胞を対象とした位相コントラスト法による観察例もようやくはじめたばかりであり、また数十nmのマイクロビームが形成されたからといってその分解能で微量元素の蛍光X線マッピングができるこにはならない。これらの分野は今後の進展を期待して、以下では軟X線顕微鏡の光学系とそれによって得られているサブミクロンの構造観察について紹介する。

なお、X線顕微鏡の最新の成果を知るには、3年ごとに開催されるX線顕微鏡国際会議のプロシーディングス⁴⁾が有用である。特に硬X線での進歩はそれらを参照されたい。

3. 軟X線顕微鏡の光学系

表2に軟X線顕微鏡に用いられる光学系を示した。またそれぞれの光学系の特徴を合わせてまとめた。密着顕微鏡は試料と検出器が密着しており、集光光学素子が不要である。約10 nmの分解能をもつフォトトレジストを検出器として用いた場合、原理的には同等の分解能が得られることになるが、実際には試料の厚さや試料と検出器の密着性によって分解能が低下する。また露光後現像液でエッチングを行うため、定量性の点で劣る。現像後のレジストは再利用ができないので、レーザープラズマ光源など1ショットの露光が可能な光源と組み合わせてよく用いられる。我々は、分解能はレジストに劣るもの定量的な画像化を行うために、2次元検出器として電子ズーミング管を用いて、細胞画像のX線波長依存性から元素や分子マッピングを行っている⁵⁾。

投影型は点X線源から広がるX線の途中に試料を挿入し、その影絵を撮影する。試料を光軸方向に移動させることによってズーミングが可能のこと、視野が広いことなどの利点がある。また焦点深度の問題がないため厚い試料のCTも可能である。分解能は光源の大きさによって規定されるため、微小X線源を作る必要がある。走査型電子顕微鏡の集光電子ビームを金属ターゲットに照射し微小X線源を作る方法、放射光をゾーンプレートによって集光する方法などがある。

結像型はもっとも広く用いられている光学系である。光学顕微鏡と同様に、集光用ゾーンプレートによって試料を照明し、結像用ゾーンプレートによって試料の拡大像を検出器上に結ばせる。アメリカのALSやドイツのBESSYなどの放射光施設に常設され、多くの生体試料が観察してきた。強度の高い白色X線を用いてもゾーンプレートである程度分光される。顕微鏡の分解能は、結像型ゾーンプレートの分解能に依存し、現在では定常的に50 nmあるいはそれ以下の分解能が得られている。試料は真空チャンバーの途中に設けられた微小な大気の間隙に挿入され、放射線損傷を防ぐための急速凍結装置、3次元CT観察のための回転ステージなどが設置されている。欠点としては、視野が狭いことがあげられる。

走査型はゾーンプレートにより集光された単色X線のマイクロビームに対し試料を走査する方式である。透過X線だけではなく、照射部位からの蛍光X線や二次電子を画像化することも可能である。単色X線を用いるため、スペクトロマイクロスコピーによく用いられる。アメリカの放射光施設NSLSでの装置が代表的なものである。

その他、ホログラフィも試みられている。ステレオ観察やCTと同様に3次元観察を目指す手法であるが、X線の波長が短いことに由来して水平方向の分解能に対して深さ方向の分解能が劣るため、2次元像の再生にとどまっている。zymogen granule⁶⁾やヒト子宮頸ガン由来HeLa細胞⁷⁾の観察と画像再生が行われている。

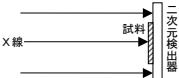
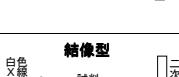
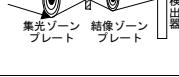
4. 軟X線顕微鏡による観察

以下に軟X線顕微鏡に特徴的な観察例、すなわち、高分解能観察、厚い試料の観察、画像の波長依存性を用いた分子マッピングについて述べる。

4.1. 高分解能観察

現状での最高分解能は密着型顕微鏡でのフォトトレジストPMMAを検出器として用いた約10 nmである。代表的な観察例として、Kinjoらによる水溶液中の単離した染色体繊維の微細構造を検出した研究⁸⁾を紹介する。細胞の分裂期にDNAが染色体構造に折りたたまれる過程のモデルにおいては特徴的な構造が知られている⁹⁾。2 nm幅のDNAが11 nmの球状のヌクレオソームにまきついて、“beads-on-a-string”構造をとる。これがらせん構造をとったクロマチン繊維（直径30 nm）となる。クロマチン繊維がさらにループ状に折りたたまれて染色体繊維となる。このような各段階での構造を観察することがモデルの検証に必要である。電子顕

表2 軟X線顕微鏡の種類と特徴

光学系	特徴
密着型	<ul style="list-style-type: none"> 集光光学素子が不要。 分解能は2次元検出器で決まる。フォトトレジストでは10nm程度の高分解能。 試料が厚いと分解能が低下。 
投影型	<ul style="list-style-type: none"> 2次元検出器の分解能に対する要求は密着型ほど高くはない。 視野のズーミングが容易。 分解能は点光源のサイズと点光源と試料の距離に依存する。100nm程度の分解能が達成されている。 
結像型	<ul style="list-style-type: none"> 分解能は結像ゾーンプレートの性能に依存。最高分解能15nmが達成されているが、定常的には≤50nm程度で利用。 白色X線でもゾーンプレートである程度分光できる。 CTへの拡張が容易。 
走査型	<ul style="list-style-type: none"> 分解能は集光ゾーンプレートの性能に依存。現在は≤50nm程度の分解能で利用。 単色X線の利用が必須。 単色X線のため元素や分子のマッピングが可能。 試料からの蛍光X線や電子などの二次情報が得られる。 

微鏡でも“beads-on-a-string”構造はすでに観察されているが、実際に水溶液中の染色体纖維がそのような構造をとっているのかどうかはX線顕微鏡の課題である。Kinjoらはヒトリンパ球内の染色体を界面展開法という手法によって水面上に広げ、染色体の一部がさらに引き延ばされた部分を密着顕微鏡で観察した(図2)。露光には、水溶液中の観察対象の拡散によって分解能が低下するのを防ぐため、強力なレーザープラズマ光源による極短パルスを用いた。図2の右下の拡大図において、白く抜けた部分が染色体である。黒矢印の構造は直径11 nmでありスクレオソームに、白矢印の30 nmの構造はクロマチン纖維に対応すると解釈された。

4.2.三次元観察

X線顕微鏡の特徴の一つである厚い試料の観察を生かす方法は三次元構造観察である。硬X線ではあるが、Yadaらによる投影型による脳神経細胞ネットワークのステレオ観察は、広い視野と焦点深度を考慮する必要がないという投影型の利点を生かした撮影例である¹⁰⁾。しかし、定量的な三次元画像は、試料を360度(あるいは180度)方向から撮影した複数画像から三次元構造を再構成するCTの技術によって得られる。水溶液中の試料に対しては複数回露光による放射線損傷を防ぐため、急速凍結法が採用されている。光学系は、走査型での試みもあるが¹¹⁾、結像型による多くの観察例がある。ドイツBESSYでのクラミドモナス¹²⁾、核タンパクを金コロイドで標識したショウジョウバエの細胞¹³⁾、アメリカALSの酵母細胞^{14,15)}があげられ、細胞内小器官の3次元配置の可視化、標識

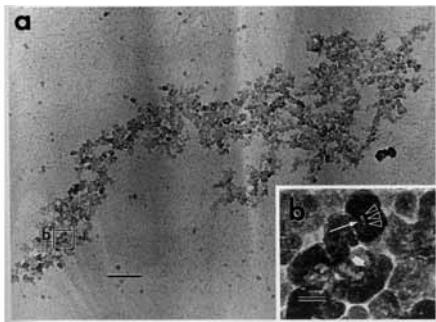


図2 水溶液中のヒト染色体の密着顕微鏡による観察⁸⁾
光源にレーザープラズマX線、検出器にフォトレジストPMMAを用いた。パネル(a)は凝集した染色体纖維を示す。挿入パネル(b)は四角で囲った部分の拡大図である。白く抜けている部分が染色体である。黒矢印のスクレオソーム、白矢印の30 nm クロマチン纖維が見られる。(金城博士とWiley-Blackwell Publishingのご好意により転載)

したタンパク質の局在部位の高分解能観察など、軟X線顕微鏡の生体試料観察では現在最も注目を集めている観察手法である。なお、投影型もCTと両立しやすい光学系であるが、点光源と試料間の距離によって軟X線では特にフレネル回折ボケが目立つため、それを計算機上で除去する試みがなされている¹⁶⁾。

4.3.分子分布の画像化

元素吸収端のエネルギー近くに観察される吸収端近傍微細構造(XANES:X-ray Absorption Near Edge Structure)が化学結合特有の吸収ピークをもつことを利用して、その化学結合を含む分子の画像化が可能である。初めての試みは、C-K吸収端にてDNAとタンパク質(BSA)のXANESの違いを利用してソラマメ染色体中のDNAの画像化を行った研究¹⁷⁾で、染色体内のDNA分布の不均一性が示された。ついで精子のDNA分布も試みられ、頭部にDNAが、尾部にタンパク質が局在する画像が得られた¹⁸⁾。我々はつくば市の放射光施設Photon Factoryにおいて、SのK吸収端でのS含有アミノ酸システィンとその酸化型であるシスチンのXANESが図3のように異なることを見出し、電子ズーミング管を検出器とした密着型顕微鏡を用いて、酸化ストレスをかけた細胞やS含有アミノ酸の多い毛髪においてこれらの相対的な分布を調べている。一例として図4に毛髪のシスチン/システィンの比画像を示した。白い部分はシスチンが相対的に多く、黒い部分はシスティンが相対的に多い部分である。毛髪は大部

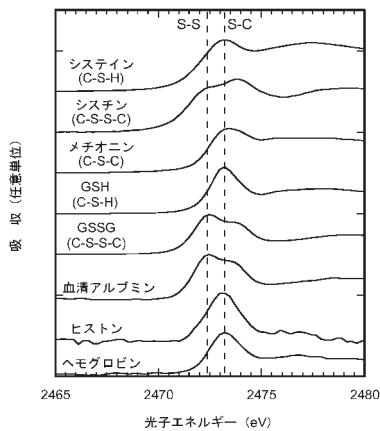


図3 イオウ含有生体分子のS-K吸収端での吸収微細構造(XANES)

GSHはグルタチオン、GSSGはグルタチオン酸化型である。括弧内はSのまわりの化学結合を示す。点線で示したS-S結合由来のピークとS-C結合由来のピークが分離され、そのエネルギー位置は分子の種類によらないことがわかる。

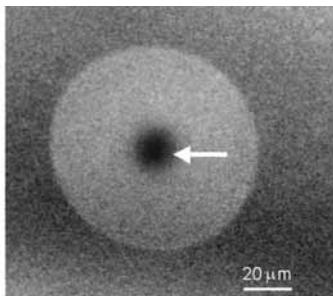


図4 ヒト毛髪の断面におけるシスチン/システィンの比画像

白い部分にはシスチンが多く分布する。白矢印は毛髪中央のメジュラの領域を示す。電子ズーミング管を用いた密着顕微鏡による。

分シスチンからなることはよく知られているが、メジュラと呼ばれる中心領域では少ないことが判明した。

強度が高くかつ鋭い共鳴ピークは、高感度元素マッピングにも有効である。CaのL吸収端での共鳴ピークを利用して、頭蓋骨でのCa分布¹⁹⁾、骨と義肢の境界でのCa分布²⁰⁾が求められている。

より詳細な軟X線顕微鏡の光学系と観察例については優れた総説があるので参考されたい^{21)、22)}。

5. おわりに

これまで述べたように、軟X線顕微鏡は、10 nmから100 nmにわたる大きさの細胞内微細構造、すなわち細胞核内高次構造や、分裂装置微細構造などの分子機械と呼ばれる特定の機能を持った集合体の観察に適した分解能をもつ。観察は単なる2次元吸収画像から、特定タンパク質を標識して高分解能で局在を求める、さらにCT技術によってそれらの3次元配置まで再構成できるようになった。露光方法についても急速凍結法、極短パルス照射など水を含んだ生体試料を放射線損傷を避けながら露光する工夫がなされてきた。スペクトロマイクロスコピーによって外部標識することなしに観察した微細構造に分子識別という付加的な情報を与えることも可能となった。

しかしながら、このような顕微鏡装置が残念ながら国内ではほとんど常設されていない。放射光はよい光源であるが、本稿で述べた多くの観察は国外の放射光施設のビームラインに常設された装置によって得られたものである。特に走査型顕微鏡は国内では現在全く利用できない。常時利用可能な顕微鏡装置によって医学・生物学研究者の協力をあおぎながら多くの観察例を蓄積することが今後の最も大きな課題であろう。

最後に、染色体画像を提供いただきその解釈についてご教示いただいた金城康人博士（東京都立産業技術研究センター）に感謝いたします。

6. 文献

- 1) W. Chao et al., Nature, 435, 518-520 (2005).
- 2) G. Schmahl et al., Rev. Sci. Instrum., 66, 1282-1286 (1995).
- 3) 百生敦、応用物理、76, 363-368 (2007).
- 4) S. Aoki et al. eds., Proceedings of the 8 th International Conference on X-Ray Microscopy, The Institute of Pure and Applied Physics, Tokyo (2006).
- 5) A. Ito et al., J. Phys. IV France, 104, 297-300 (2003).
- 6) C. Jacobsen et al., J. Opt. Soc. Am., A 7, 1847-1861 (1990).
- 7) K. Shinohara et al., J. Synchrotron Radiat., 3, 35-40 (1996).
- 8) Y. Kinjo et al., J. Microsc., 176, 63-74 (1994).
- 9) B. Alberts et al., "Molecular Biology of the Cell" (third edition), 354, Garland Publishing, Inc., New York (1994).
- 10) 矢田慶治、電子顕微鏡、26, 72-81 (1991).
- 11) Y. Wang et al., J. Microsc., 197, 80-93 (2000).
- 12) D. Wei (et al.), Ultramicroscopy, 84, 185-197 (2000).
- 13) G. Schneider et al., Surf. Rev. Lett., 9, 177-183 (2002).
- 14) C. A. Larabell and M. A. Le Gros, Mol. Biol. Cell, 15, 957-962 (2004).
- 15) D. Y. Parkinson et al., J. Struct. Biol., (2008 in press).
- 16) T. Shiina et al., Photon Factory Activity Report 2006 #24 Part B, 256 (2008).
- 17) H. Ade et al., Science, 258, 972-975 (1992).
- 18) X. Zhang et al., J. Struct. Biol., 116, 335-344 (1996).
- 19) J. M. Kenny et al., J. Microsc., 138, 321-328 (1985).
- 20) C. J. Buckley et al., SPIE, 1741, 363-372 (1992).
- 21) J. Kirz et al., Quarterly Rev. Biophys., 28, 33-130 (1995).
- 22) C. Jacobsen, Trends in Cell Biol., 9, 44-47 (1999).

プロフィール

1978年東京大学理学部物理学科卒。1983年同大学理系大学院博士課程修了、理学博士。1983年から1985年まで日本学術振興会奨励研究員、1985年から1987年まで米国アルゴンヌ国立研究所ポスドク、1987年から1994年まで東京都臨床医学総合研究所研究員、1994年から東海大学工学部原子力工学科助教授、2002年より同学部応用理学科エネルギー工学科に名称変更となり現在に至る。専門分野は、X線顕微鏡の生物学応用及び放射線の生物影響、特にフリーラジカル・活性酸素の作用の観点から研究を進めている。

「久保寺昭子先生を偲んで」



小島 周二*

4月15日㈫の朝、時計の針が7時を指すのを待っていた様に電話がなった。「母が昨夜8時54分に急逝しました」との、久保寺先生の娘さんからの連絡であった。

平成11年3月に東京理科大学薬学部を退職され、その後、先月3月半ばまで、講演、対談、編集会議と走り回っておられると聞いていた私には、この突然の訃報は信じることができず、また受け入れることができないものであった。私事ではあるが、私は母親を25年前に亡くしており、以来何かにつけ先生に相談に乗って頂いていた。母の時もそうであったが、“人の命はなんと償いものであるか”をあらためて思い知らされた。

まずは、久保寺先生に最もお世話になり、また可愛がられた門下生の1人として、先生のご逝去に対し、心から哀悼の意を捧げます。



久保寺昭子先生 教授室にて



久保寺先生は放射線や原子力の分野、特に放射線管理学の分野で、教育者として、指導者と

して、また研究者として活躍されました。昭和35年に東京理科大学薬学部に助手として赴任されました。その後、昭和42年に講師、50年に助教授、そして59年には教授になられ、平成11年3月のご定年迄の38年間、放射化学・放射薬品学の教育に尽力されました。私も学部での講義を受けた一人ですが、背筋を“ぴん”と伸ばして、講義室に来られ、それまで騒がしかった教室も一瞬にして静まり返った事を記憶しております。授業がはじまると、非常に歯切れが良く、内容もまとまっており、これぞ講義という講義をされました。また、定期試験に際しても“私の監督の下では、決してカンニングは許さないわよ！”という精神的プレッシャーの下で試験を受けたものです。

先生のご専攻は薬化学で、学生時代は勿論のこと、赴任するまでは、放射線の「ほの字」にも出会いが無かったとのことで、本学部へ東大薬学部から兼任で「放射化学及び放射線保健学」を教えにこられていた鶴藤先生との出会いにより、この分野に専念するようになられたとのことである。退任記念誌のプロローグでも、「高等女学校に入学した当時たぶん読んだ（記憶にない？）『キュリー夫人伝』にあった“放射能”という言葉は知っていたと思うが、「放射線＝こわい」という図式にまで至っていなかつた。それほど私にとって放射線は遠い存在であったが、まさか将来、この放射線の世界にどっぷりと身を置くことになろうとは夢にも思わなかつた」と述べられている。

当時先生は、学生からは“理大のキュリー夫人”とも言われており、髪型もキュリーへアーであり、外観もキュリー夫人を意識されていた

*Shuji KOJIMA 東京理科大学薬学部 教授



研究室職員とともに

のであろうと個人的には思います。

先生は放射線取扱主任者としても、本学部のRI実験施設の管理・運営に尽力されました。先生は昭和39年11月に、第一種放射線取扱主任者免状を取得され、40年の4月から薬学部放射能実験施設の主任者に任命され、長期に亘りこの管理・運営に従事されました。当該施設は我が国で放射性医薬品がはじめて国会を通過し、世の中に産声を上げた昭和35年に認可（使第6号）されたとのことであり、ハード面は当然の事ながら、ソフト面でも種々の問題点が多くあり施設の運営に非常に苦労されたと伺っております。生前先生はよく次のような事を言っておられました。“RIの利用と管理は交わることのない2本の平行に走るレールと同じよね”、また“主任者は二重人格的役割をソツなく、かつ厳格に遂行し、ある時は利用者、又ある時は管理者であるみたいね”。

先生の主任者としての、また研究者としての当時の“悩み”を物語るお言葉でしょうか。さらに退職後も、ある時“自分の歩いてきた主任者の道は、同じ責務を荷う人々にとって、いまだに暗いトンネルの中なのよね”といわれた一言に先生の焦燥感を感じると同時に、私自身の非力を悔いたものである。

ご研究分野では当時、昭和32年10月10日のウインズケール（イギリス）のプルトニウム生産

炉事故に伴い人体汚染が問題となり、各国で体内に取り込まれた放射性核種の体外排除の研究が行われていたが、先生も放射性ストロンチウム (^{90}Sr) に対するキレート剤の検索から着手されたとのことです。数年間の試行錯誤の後、それまで報告されたものより優れた Bis (dicarboxy aminoethyl) ether (EDTA) を発見されておられます。その後は、肝臓癌発生過程でのがんマーカーの検索、放射性腫瘍診断薬の開発、さらには放射性心・脳機能診断薬等の開発へと研究を広げられ、数多くの業績を上げられておられます。

社会的活動としては、放射線審議会委員、原子力安全規制専門委員、原子力研究基盤推進委員、中央薬事審議会特別部会委員、日本アイソotope協会理事、大学等放射線施設協議会副会長、放射線取扱主任者部会常任委員、原子燃料サイクル施設環境放射線等監視評価会議委員等々を歴任され、我が国の放射線（能）安全管理の指導者の一人としてご活躍され、1995年には科学技術庁長官賞（原子力安全功労者表彰）を受賞されました。

後に残る私たち門下生が、先生のやり残された放射線管理、教育、および研究分野での仕事を完遂することを誓いつつ、衷心よりご冥福をお祈り申し上げます。

プロフィール

1948年神奈川県横浜市に生まれる。1972年に東京理科大学薬学部製薬学科を卒業、その後千葉大学大学院薬学研究科修士課程を修了、帝京大学薬学部に助手として赴任する。帝京大学薬学部講師を経て、1989年に東京理科大学生命科学研究所研究所員として母校に戻り、2001年より薬学部教授となり、現在に至る。主な研究としては、「がん関連抗体を用いたがんの放射免疫学的診断と治療に関する研究」、「生体内ペテリン化合物の生理活性に関する研究」、「生体の低線量放射線に対する適応応答に関する研究」などがある。主な著書としては、「新放射化学・放射性医薬品学」、「薬学における放射化学実習」などがある。1999年10月には「科学技術庁長官賞（放射線安全管理）」を受賞している。社会的活動としては、日本アイソotope協会ライフサイエンス部会常任委員、Isotope News編集委員、大学等放射線施設協議会理事、日本アイソotope協会理事等を歴任している。趣味としては、一木彫、料理、ジョギングなどがある。

「ジェインさんとの昼食」 —インドと原子力—

前・原子力委員 町 末 男



先日、来日中の「インド原子力発電会社」社長のジェイン氏と昼食を共にして、いろいろな話を楽しんだ。ジェインさんは厳格な菜食主義を守っているので、肉も魚も卵も食べない。サラダ、温野菜、舞茸のスパゲッティーとデザートの果物という特別のメニューを予約しておいた。インドの人には辛味は大切で、ジェインさんは卓上のスパイスをふりかけていた。私がIAEAで仕事をしていたとき、当時のインドの原子力委員長チダンバルさん（現在は首相の科学・技術顧問）を我が家家の夕食にお招きした事があり、家内は野菜だけの食事を作るのにいろいろ工夫をしていた。その時もチダンバルさんは、胡椒を沢山ふりかけていたことを思い出した。

インドはいわゆる BRICs の中でも特に発展の期待できる国である。人口はすでに11億人で中国について世界2位である。人材は重要な国力である。しかし、ジェインさんによれば、国民の40%が電気を使うことが出来ない貧困の中におかれているという。私も10年余り前にインドの原子力研究所 BARC を訪問したが、立派な研究所の外に出ると、庶民の生活の貧しさが見えて胸が痛む思いがした。

インドの国民一人当たりの平均の電力使用量は世界平均の四分の一に過ぎない。産業を発展させ、生活レベルを高め、貧困を削減することが当面の

最重要的課題である。そのためには、エネルギー、特に電力供給の増加が必要だ。最近のGDPの年間の伸び率は順調に増加しており、年率10%の成長を目指している。これに伴ってエネルギー需要の年間の伸び率は8～10%になっている。発電容量は現在の140 GWを2032年には700 GWにまで7倍も拡大する必要があるという。

このような目標を達成するためには、原子力の果たす役割が大きい。現在電力の60%が国産の石炭に依存しているが、灰分の多い石炭で、大気浮遊塵などの環境問題があり、さらに温暖化の抑止上も好ましくない。従って原子力と水力の拡大が重要と考えられている。

インドでは独自の技術で重水炉型の発電炉を実用化しており、既に15基、3.4 GWの容量を持っている。またロシアから導入した1 MWのWWER型の軽水炉2基が建設中である。さらに注目される事は独自技術で50万 kWの高速炉を建設中で2年後の運転開始を目指している事である。将来計画としては2020年までに20 GW以上の原子力発電の増設を達成するという大きな目標を掲げている。

地球環境の保護、エネルギー源の多様化の観点からインドにおける原子力発電利用が核の拡散を伴うことなく、かつ安全に進展するように願っている。インドは核の拡散、核爆発の実験を行はない事を表明している。

(2008年5月7日記)

日本アイソトープ協会放射線取扱者主任者部会放射線計測分科会 イブニングセミナー開催のお知らせ

テーマ：「放射線計測の新展開」

日 時：平成20年7月3日(木) 17：30開場 18：00開演

場 所：日本青年館5階 502号室 (東京都新宿区霞ヶ丘町7番1号)

内 容：特別講演1 「マイクロパターンガス検出器の進歩」 山形大学 門叶冬樹

講 演2 「小型冷凍機を搭載したポータブル型Ge半導体核種分析装置」 セイコー・イージーアンドジー 小野 浩

講 演3 「CdTe 検出器の基礎特性と応用技術の動向について」 アクロラド 岸 紀行

講 演4 「実験動物用X線CT装置 LCT-200の説明」 アロカ 細部 孝

参加費：無料

申し込み方法：幹事または主査にメール等でご連絡下さい。会員・非会員に問わず参加可能。

申込み締切：6月末日

分科会主査 野村 貴美 (東京大学大学院工学系研究科) k-nomura@t-adm.t.u-tokyo.ac.jp

幹 事 山田 孝一 (アロカ株式会社) yama1442@am.aloka.co.jp

幹 事 寺中 朋文 (千代田テクノル) teranaka-t@c-technol.co.jp

フィルムからガラスへ — 挑戦と克服、ガラスバッジの誕生秘話 —

壽藤 紀道*

はじめに

このタイトルからして、なにやら中島みゆきの主題歌と共に人気のあった某TV局の「プロジェクトX」ぱりの雰囲気ですが、ガラスバッジ(GB)は少し大げさに言えばそれらと似たような開発経緯を辿って誕生しました。実際、この開発経緯は、地上波ではありませんでしたが、CS放送のサイエンスチャンネルにおいて、

“匠の息吹を伝える「‘絶対’なき技術の伝承」「自動測定ラインに込められた技と経験、～放射線測定サービス～」”と題し、(独)科学技術振興機構の主催で全国に放映されました。

GBは、平成12年10月からフィルムバッジ(FB)からの切替を始め、平成13年4月から全面使用となりましたが、昭和29年に日本で始めて個人モニタリングが実施されて以来、半世紀近くにわたって個人モニタの主役の座にあったFBのサービスを中止し、GBに変えるということは、確かにとんでもなくエポックメーリングなことでした。それだけに、GBの開発に当たっては社内で猛烈な反対に遭い、提案した私としてはそれなりの確信を持っていたものの半ば強引に着手したような感もあります。社内において正式にGBの開発に着手したのは平成9年の末ですから、早いもので既に一昔前のこととなりました。現役の個人モニタとして使用されているだけに時効と言うには未だ早いかもしませんが、創立50周年という節目でもあり、開発当事者と

しての当時の苦労、心境などを含め、GBが世に出るまでの概要を紹介します。

GB開発までの道のり

私が入社したのは昭和49年4月ですが、入社以来一貫して測定サービスの分野に従事していました。もちろん、入社当時に当社が提供していた個人モニタはFBで、しかも自動処理装置等は一切無く、東京、大阪、名古屋、福岡及び仙台の各営業所にフィルムの現像装置と濃度計がおかれ、全国の測定サービスを分担して実施していました。また、測定件数の増大する原子力発電所への対応として、入社した年に福島と敦賀の営業所に新たな現像施設が設置され、元々写真が趣味で現像経験等を持っていた私も、入社後直ちに東京で1ヶ月間、大阪で1ヶ月間の集中特訓を受けて、新設の敦賀の現像施設で測定サービスを担当することになりました(新入社員にいきなりひとつの地域の測定サービスを任せると、今では考えられないような英断?だったと思いますが…).当時は、FBの現像・測定が忙しい時期は技術業務に専念しますが、月末等は担当地域の営業活動もこなすといった状況で大変忙しかったものです。しかし、この時代における測定と営業の兼務は、後々になって顧客ニーズに沿った商品開発を進める上で大変効果的だったと感じています。

この敦賀で1年、次いで大阪で2年ほど勤務した後に東京に戻り、委託試験の担当

*Norimichi JUTO 弊社大洗研究所 主席研究員

等につきました。この時代に、原研（現、原科研）、放医研、電総研（現、産総研）等々の諸先生のご指導をいただき、放射線計測や校正、個人モニタリングに関する様々な知識・経験を取得することができ、ATLバッジ・リング、キャロット、ニューピットバッジ等、数々の個人モニタを開発するための大切な基礎となりました。

GB 開発の決意

冒頭に記したように、社内でGBの開発が正式に認められて着手したのは平成9年末ですが、私自身が漠然と蛍光ガラス線量計を利用した各種のモニタリングサービスを考え始めたのは更に2年位前からでした。私自身も着想当初には、これほど急激な開発及び実務導入をすることになるとは思っていませんでした。

しかし、それ以前の開発時も常にそうでしたが、このGBの開発時においても社会情勢の変化及びライバルとの競争を無視することはできませんでした。蛍光ガラス線量計を利用したモニタリングサービスのアイデアを暖め始めて暫くすると、海の向こうの最大のライバル（と私は常々考えていましたが）から、FBやTLDに替わる新たな検出素子を利用した測定方法が発表されました。また、ICRPの90年勧告を導入した国内法令の改正時期も大分明らかになってくる等、我が国の個人モニタリングサービス市場にもわかに騒がしくなってきました。

私がその時に強く感じたことは、もはや「既存のFBやTLDでは21世紀のモニタリングサービス市場で戦うことができない！」ということでした。これを解決するには、FBに替わる新たな個人モニタの開発が必要でしたが、全く新しい検出素材を開発することは時間的にも技術的にも大変難しく、短期間で開発するためには、既知の測定原理の利用が不可欠でした。そこで、放射線計測上の特性としては優れた性能を

持つ蛍光ガラス素子を使用し、モニタリングサービス用として相応しい新たな個人モニタを開発すること、また、やるからには世界に通用する個人モニタを開発することを決意し、平成9年に入ると同時に具体的な設計等を開始しました。この時に考えたことは、万が一にもこの開発を実現することができなければ、当社の個人モニタリングサービスの将来はなく、そうなれば個人モニタリングの分野一筋で仕事をしてきた者としては、もはや会社に残る意味がないという不退転の決意でした。

GB 開発の承認取得

私の頭の中でのGB開発はこのようにスタートしたのですが、この開発を具現化すると共に開発したGBをモニタリングサービスに導入するためには、どうしても越えなければならない非常に高いハードルが3つありました。

先ずは、蛍光ガラス線量計の製造メーカーである東芝硝子㈱（現、AGCテクノグラス㈱）に、この新規開発品の製造を承諾してもらえるかどうかでした。GBはモニタリングサービスに適したモニタとするため、既存製品に比べて小型軽量を図ると共に種々の改良を計画していましたし、これを測定するためのリーダに対しても種々の改良を計画していました。これらの計画を携えて交渉を開始したわけですが、私にとっては時間的なゆとりもなく、先方の経営層に対してまで、大変失礼なこととは存知ながら「当社と共にメジャーな個人モニタと成り得る蛍光ガラス線量計を開発して欲しい」と、強引な直談判に及んだことを今でも鮮明に覚えています。その結果は当然のことながら、そこまで言われるからには、「開発当事者としての要望ではなく会社として経営層からの明確な意向を示していただきたい」ということになりました。かくして最大の難関であった、GB開発に関す

る会社承認を得るための苦労が始まりました。本来ならば社内の承認を得ることが先決ですが、当時は運営体制や組織体系が大きく変化していた時期もあり、このような提案をしても結論は先送りされてしまうと感じていました。私としては、開発及びサービス開始までの持ち時間は既にぎりぎりの状態であると考えていましたので、後先を逆にし、いわば外堀を埋めた状態で可否を迫るような作戦を取ったわけです。このようなことを明らかにすると、会社から大変叱られるかもしれません、結果的にこの作戦は成功したと思っています。(事実、GB導入は平成14年度の法改正に何とか間に合ったのですから(笑)。)

さて、二番目の最も高いハードルを越えることは、本当に大変なことでした。FBを主軸としたモニタリングサービス事業は、順風満帆の状態で当社の基幹事業として安定した利潤を確保しており、GBを開発しなければこの状態が数年後には崩壊してしまうなどという意見は、誰一人として受け入れませんでした。提案した平成9年7月から、取締役会や経営層に各事業部門長等を加えた拡大経営会議が何度も開催され、その度に、「何故順調なFBを全面廃止する必要があるのか」、「経営計画としてあまりにもリスクが大きい」といった意見が続出し、まさに四面楚歌の状態で暗礁に乗り上げていました。今だから言えますが、当時は常に○○を懐に入れて何時でも出す決意で会議に臨んでいたものです。しかしながら、最終的には社長の決断により、その年の暮れも迫ってからようやくGB開発は承認を得るに至り、開発契約の締結に漕ぎつけることができました。

最後のハードルは、開発したGBが社会に受け入れてもらえるかということでした。我が国で個人モニタリングが開始されて以来、40年以上の長きに亘り主軸モニタはFBでした。このFBをGBに替えるということは大変なことで、モニタリングサービス

を提供するという社会的な責任からも、事前に十分吟味する必要がありました。これについては、社長の発案によって「個人線量評議会」なるものが設立され、数回に亘って各分野の識者にお集まりいただき、開発したGBに関して種々の検討をお願いしてFBに替わるモニタとして相応しいとの評価をいただきました。

GB開発とモニタリングサービスへの導入

GBは、以上のような経緯を辿って開発されました。開発中においては当然のことながら幾つもの技術的な難関がありました。特にフィルムのように技術者による読影が基本的に難しいGBについては、信頼度の高い合理的な測定評価を実施するためには、これを補うためのアルゴリズムの開発が不可欠で、複雑なパズルを解くような思索を何週間も継続するようになりました。また、GBをモニタリングサービスへ導入するためには、FBの測定センターに替わる新たな測定センターの設置が必要になります。新測定センターの設置に当たっては大きなプロジェクトが組まれ、全社一丸となって現在の大洗事業所にあるラディエーション・モニタリング・センターが設立されました。平成12年10月、ここを拠点としてGBによるモニタリングサービスが開始され、現在に至っています。

おわりに

GBは、このように大変な難産の末に生まれた線量計・計測技術ではありますが、いまや当社の基幹事業を支え、世界に打って出るツールとして全面的に取り上げられる盛況ぶりで、既に原子力大国であるフランスにおいて導入される等、良くぞここまで育ってきたなと嬉しく思います。今後とも皆様のお力添いを得て、益々立派に成長していければと存じます。 (完)

平成20年度密封線源取扱実務者研修会

今年度も、密封線源取扱事業所等の放射線管理及び組織教育等の充実にご活用頂きたく、この研修会をご案内致します。また、ご好評をいただいている個別相談コーナーを設けます。

プログラム（予定）

- I. 最近の放射線安全行政の動向及び放射線障害防止法の施行状況について
- II. 密封線源取扱事業所を取り巻く安全管理の話題
～線源登録管理、セキュリティ～
- III. 密封線源取扱事業所における安全管理について
～事故にみる安全管理～
- IV. 表示付 ECD と表示付認証機器に関する実務管理事例
～法令に基づく管理と自主管理～
- V. 質疑応答
演題等に変更がある場合もあります

主 催：(財)原子力安全技術センター <http://www.nustec.or.jp/>

日時・場所：7月7日(月) 日本科学未来館7階 みらいCANホール(東京)

7月18日(金) 大阪科学技術センター8階 中ホール(大阪)

問合せ：(財)原子力安全技術センター 出版・講習Gr. (TEL 03-3814-5746)

*定期講習 東京開催7/8(密) 及び大阪開催7/17(密)につきましては、「平成20年度密封線源取扱実務者研修会」に前後して開催することとしておりますのでご利用ください。

放射線障害防止法に基づく放射線取扱主任者の「定期講習」のご案内

【平成20年度 定期講習（7月～10月）の実施計画について】

*11月以降の開催予定及び最新の情報につきましては、当センターホームページにてご確認ください。

◇定常開催

開催地	7月	8月	9月	10月
東京	※7/8(密) 7/26(医)	※8/29 (使)		※10/21 (密)
大阪	※7/17 (密)			10/4(医)
各地 開催			※京都 9/12(使)	京都 10/31(非)

- (使)：密封、非密封、放射線発生装置を問わず放射性同位元素を使用する事業所の主任者の方を対象とした講座
- (非)：大学及び研究所等において密封されていない放射性同位元素の使用をする主任者の方を対象とした講座
- (医)：病院及び診療所において放射線発生装置又は密封された放射性同位元素の使用をする主任者の方を対象とした講座
- (密)：非破壊検査、密封線源利用機器使用者等、密封された放射性同位元素の使用をする主任者の方を対象とした講座

※定期講習（販売・賃貸） 定期講習（使用）及び（密封）にて同時開催となります。

【受講申込方法について】

定期講習を受講希望の方は、下記 web サイトの定期講習のページよりお申込みください。

(財)原子力安全技術センター web サイト：<http://www.nustec.or.jp/>

問い合わせ先：〒112-8604 東京都文京区白山5-1-3 東京富山会館ビル4階

登録定期講習機関 財団法人 原子力安全技術センター

原子力技術展開事業部 技術展開部 定期講習事務局

電話 03-3814-5746 E-mail kosyu@nustec.or.jp

新モニタリングサービスシステム(MOSⅢ)のお知らせ【4】

いつも弊社のモニタリングサービスをご利用いただきまして、誠にありがとうございます。新システムでは、ガラスバッジ Web による変更手続きが、より簡単に、そしてより一層便利になります。今月号では、ガラスバッジ Web サービスの新機能についてご案内いたします。

- ♥その1 ガラスバッジのご使用先やお届先のご登録内容をWeb上で訂正することができるようになります。
訂正された内容は、以後作成されるモニタまたは報告書から反映されます。
 - ♥その2 ご使用者の登録、中止、休止、名義変更等の変更手続きがより簡単になります。
変更された内容はその場で確認ができますので、入力ミスがあった場合にも直ちに訂正することができます。
 - ♥その3 ご使用者の名簿やモニタお届者の名簿をダウンロードすることができるようになります。「ご使用者名簿」は、作成日時点でのご使用になられている方を対象に、「モニタお届者名簿」は、モニタをご使用になられた方を対象にご使用期間毎に作成いたします。
 - ♥その4 ご使用者のご登録期間を確認することができるようになります。
平成元年以降にご登録のあった方が対象になります。一時的に予備等をご使用になられた方についても、ご登録期間の確認が行えます。
 - ♥その5 年度を指定して、報告書等をPDF形式でダウンロードすることができるようになります。
PDF形式なので検索も簡単です。
 - ♥その6 電子報告データをダウンロードすることができるようになります。
電磁媒体の送付に比べて、ご報告に要する日数が大幅に短縮されます。
 - ♥その7 検索機能が強化されました。
豊富な検索条件により、ご使用者の確認がより簡単になります。
 - ♥その8 モニタの処理状況を確認することができるようになります。
測定依頼されたモニタの処理状況がリアルタイムで更新されます。報告書の到着予定期日の確認にご利用いただけます。

新しいガラスバッジ Web サービスの開始は10月を予定しております。新システムから広がる新しいサービスに、どうぞご期待ください。

サービス部門からのお知らせ

お客様コードが変わります。

平素より弊社モニタリングサービスをご利用いただき、誠にありがとうございます。

FBNews 6月号の『新モニタリングサービスシステム（MOS III）』の
お知らせ【3】】にありましたように、平成20年9月の新しいシステム（MOS III）運用に伴いお客様コードが次のように変わります。

① 6桁の数字のお客様

先頭にゼロが付き、後尾にハイフンとゼロが3桁付きます。

例 13-9999 → 013-9999-000

② 6桁の数字に加えてアルファベット、カタカナ等が付いているお客様

先頭にゼロが付き、4桁の数字の後ろはハイフンとスペース部分にゼロが入り3桁で表示します。

例 13-9999△△A → 013-9999-00A

また、次に示すような一部のお客様には、新しいコードを設けることもございます。対象のお客様には別途個別にお知らせ致します。

a. 個人用のモニタと環境用のモニタと同じお客様コードでご利用のお客様

b. 同一契約先で異なる6桁のコードをお持ちのお客様

詳細については、今後も、逐次お知らせいたします。

引き続き、弊社のモニタリングサービスをご愛用くださいますよう、よろしくお願ひいたします。

お客様コード



(測定センター：米山)

編集後記

●本誌発行元である株式会社千代田テクノルは、先月号でご案内の通り、本年6月12日を以ってめでたく創立50周年を迎えました。本誌も、お引き立て戴いている顧客の皆様やご愛読戴いている皆様のご期待に、より一層お応えできるよう、編集委員一同気を入れ直して取り組む所存ですので、今後とも変わらぬご賛頃をお願いいたします。

●ご案内の通り、弊社の主要事業の一つは「放射線安全管理」業務の中核となる「個人被曝線量の測定・評価」であります。半世紀前、世界の標準的技術は、写真フィルム技術の転用であるフィルムバッジ（FB）を用いるもので、わが国も例外ではありませんでした。そして今、これに代わる新技術への切り替えが世界的に行われています。弊社は、平成12年から僅か1年にして、新方式のガラスバッジ（GB）に全面的切り替えを行いましたが、これは蛍光ガラス線量計の方式を大規模事業に取り込むものとしては、世界の先駆けとなるものでした。この技術が、原子力王国のフランスで

も採用となり、それに伴い欧米主要国の関心を集めているようあります。そこで、弊社のFBからGBへの“技術転換”に大きく関わったといわれる壽藤紀道（大洗研究所）主席研究員に、当時の経緯を、改めて紹介戴くことになりました。

●最近、世間で話題となっているものに、「X線顕微鏡」「小児を対象とするX線撮影における被曝低減対策」というのがあります。それぞれ、わが国で第1人者といわれている伊藤敦先生と川村義彦先生（とご協力者）に、これらトピックスについて解説をお願いしました。

●という訳で、今月号も、内容の充実した1冊とすることが出来たと自負して居りますが、読者の皆様のご評価は如何でございましょうか？只今実施中の「アンケート」調査によって、ご意見を頂戴することにしておりますので、ご協力の程、宜しくお願ひいたします。このアンケート調査には、編集委員長が豪華な賞品を用意すると申しておりますので申し添えて置きます。

（加藤和明）

FBNews No.379

発行日／平成20年7月1日

発行人／細田敏和

編集委員／佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 金子正人 加藤和明 壽藤紀道

畠崎成昭 福田光道 藤崎三郎 丸山百合子 柚木正生 米山高彦

発行所／株式会社千代田テクノル 線量計測事業部

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／株式会社テクノルサポートシステム

－禁無断転載－ 定価400円（本体381円）