記念講演

米国保健物理学会の現状と将来展望^{*1}

C.B. MEINHOLD^{*2}

The Present and Future Situations of the Health Physics Society

日本保健物理学会 20 周年記念特別講演の1つとして、アメリカ・カナダ Health Physics Society の会長である C.B. MEINHOLD 氏を招き、宮永会長の司会の下で「米国保健物理学会の現状と将来展望」と題する講演会が行われた。

MEINHOLD 氏の好意により、full paper が配布され、speech も非常にゆっくりやっていた。

宮永会長の紹介によると、C.B. MEINHOLD 氏は、1934 年ボストンに生まれ、1956 年ロチェスター大学を卒業された。現在は、Senior Health Physicist の肩書を持っておられる。専門分野は、Radiation Dosimetry および Radiation Protection Standards である。ブルックヘブン国立研究所の、Safety and Environmental Protection Division の部長であり、アメリカ・カナダ Health Physics Society の会長、ICRP 主委員会メンバー、ICRP 第3専門委員会の Chairman、NCRP 第46委員会 (Operational Radiation Safety) の Chairman として活躍しておられる。TMI 事故の時には、現地に最初に到着し指揮をとられ活躍したとの事である。

講演内容は、放射線防護の歴史、米国の保健物理学会の役割りなど幅広い範囲にわたり、日本保健物理学会および学会員の今後の活動にとって有益なものであった。

C.B. MEINHOLD 氏の講演の全訳を以下に記載する。

1. はじめに

会長および保健物理学会の皆さん、日本保健物理学会

の 20 周年をお祝する機会を得たことは、非常に誇りとするところです。米国保健物理学会一同からの、心からのお祝いと、今後のご発展を祈る気持をお届けいたします。

日本保健物理学会が、IRPA における重要な役割を誇りとしているように、米国保健物理学会が日本保健物理学会発足に、微力ながら役立つことができたことを誇りに思っております。私の手許の記録によりますと、1957 年には、米国保健物理学会に 3 人の日本人会員がいただけでしたが、日本に学会と支部が結成された時には、その数が 40 人に達しました。現在は、12 人ですが、1957 年当時の会員 3 人も含まれています。日本の学会は、結成以来 10 年足らずで、400 人以上の会員を持つに至ったことも私は知っております。これらの組織の力と活力は、人間および環境を電離放射線の影響から守るためには、科学者と技術者の組織が必要とされ、またその必要性は今後も続くことを物語っております。

本日の歴史的な意義を考え、私は放射線防護の歴史、とくに応用保健物理学者の立場から見た歴史についてお話しするのが適当であろうと考えました。

2. 放射線障害の歴史

放射線防護の歴史は、1895 年から始まります。ROENTGEN は、クルックス管を使って陰極線 (電子) の研究をしていた時、クルックス管が完全に被覆され、蛍光体がランダムな位置にあるにもかかわらず、自分の持っている蛍光体が励起されていることに気づきました。ROENTGEN は、これは LENHART によって発見された電子とは異なるものと考えました。この注目すべき事象は、1896 年 1 月 4 日科学界に報告されました。その

^{*1} 日本保健物理学会 20 周年記念講演 (第 17 回研究発表会、昭和57年5月28日)

^{*2} アメリカ保健物理学会会長

当時、どこの物理学の研究室でもクルックス管を所有していました。その月の終り、1896年1月26日、シカゴの1人のインターンが診療所に潰瘍を伴う火傷様の傷害を見せにきました。彼の説明によるとX線を用いた実験をしていた彼が、ROENTGENの仕事を実際に模倣してみたのだ、ということでした（彼の治療にあたった医師が、損傷した組織は照射によってさらに損傷を受けやすくなるという推定を行ったことは、注目すべきです。彼は、この考えにもとづいて1月28日に乳がんに対して放射線治療を行っています）。気体を充てんしたこれらの管を使って研究を行っていた物理学者の放射線被曝一彼らのなかのある者は、それと知らずに被曝していたはずですーに注目するようになったことは興味あることです。

ニューヨークのスローン・ケターリング病院のJOHN LAUGHLIN 博士は、ROENTGENの発見の数年前に、ある物理学者がクルックス管の近くに置かれた写真板のうえに、コインの円形の影ができていのに気付いていたと語っています。もしこの学者がもう少し直感を働かせていれば、線量の単位として「レントゲン」ではなく、彼の名前を用いていたかもしれません。

1897年までに、クリーブランドのSCOTTは69例の皮膚火傷を報告しています。X線の発見から1年もたたないうちに、傷害の原因についての激しい議論がおこりました。TESLERは、それを高周波数の放射線のためと考え、他の者は紫外線、または管やオゾンを物理的にノックオフした微粒子の飛沫によるものと考えました。しかし19世紀末には、X線が障害の原因であることが一般に認められるようになりました。ボストンのCODMANは、170例の皮膚火傷を報告しました。1903年までに多くの報告が論文として発表されております。

1915年、英国のRUSSと共同研究者は、英国放射線医学会に放射線防護に関する勧告を行いましたが、学会はこれを採用しませんでした。この勧告には、保護手袋、保護眼鏡の使用、換気などが含まれています。

2つの重要なでき事が、事態を急激に変えることになりました。第一は、「ホットな陰極X線管」の開発です。これは従来より強い電流、エネルギーを用いるため、線量も透過力も強力です。第二は、1917~1919年の第一次世界大戦において、放射線医学関係者の間に発生した戦場での「貧血症」に対し、世論が高まったことにあります。この2つのでき事は、何らかの対策が必要であると考えていた放射線医学者の大きな関心を集めました。

3. 放射線防護基準

1920年になり一連の規則が採択されました。これは

おもに労働条件に関連した質的な規準で、たとえば1週に5日の7時間労働、1カ月の休暇、適切な換気、電気的障害に対する防護などが含まれていました。X線のエネルギーに応じた遮へいに関するデータは、すでに若干はありました。当時の労働条件は、電気的障害を含めかなり厳しいものでした。多くのX線部門は寒い、湿気の多い地下に位置しており、そこでのオゾンの濃度は、死亡に致らないまでも、身体を衰弱させるほどのものであり、このようなことは珍しいことではありませんでした。

1925年に、MUTSCHELLERは、いかなる者も30日間に紅斑線量の100分の1以上の被曝をしてはならない、という提案を行いました。彼が紅斑線量を使ったのは、被曝線量測定のためのさまざまな物理的技術のなかから、1つを選択することを避けるためであったのです。もし皮膚の障害防止を目標にするならば、「紅斑」線量は、それほど悪い考え方ではありません。しかし、もっと重要なことは、彼が提案した限度を守るための手法です。MUTSCHELLERは、適切に管理されたX線施設では、医師も助手もこの被曝レベルを超えずに仕事を遂行することができると述べています。彼はさらにこのような労働は、適正で健康的であるとも言っています。もちろん、この時すでに彼は産業衛生学上の毒物学的反応に関する経験から、線量と影響との間にしきい値のある関係を推定していたのです。MUTSCHELLERの言葉を借りれば、「防護遮へい壁の厚さを計算するためには、オペレーターが長期間にわたって傷害を受けずに耐えることのできる線量を知らなければならない」ということになります。MUTSCHELLERや同僚は、紅斑のしきい線量以下で完全な防護を行うことを期待していました。

1928年、ICRに新たに結成されたICRUがレントゲン単位を定義し、MUTSCHELLERが提案した被曝線量をレントゲン単位で表現しました。それにひき続いて、ICRPにより0.2 R/日の線量限度の勧告が提示されました。その当時、ヨーロッパでは線量の測定は現場にファントムを置いて行われていましたが、米国では空気中で測定されていました。したがって、ICRP勧告の0.2 R/日は米国のNCRP勧告では、0.1 R/日となっていました。

FAILLAによると、0.1 R/日は、被曝線量が0.1 R/日以下だった3人の技師が3年後もひき続き健康であったという経験にもとづいているとの事です。

米国のマンハッタン計画を通して、線量率の影響や、放射線の線質の違いによる影響について、多くの情報が得られました。もっとも重大な関心事は、これまでの経

験のすべては、100 kV の X 源に準拠してきたものであるが、これよりはるかに強い透過力をもつ放射線に対しても、0.1 R/日の被曝限度が適用できるかということにありました。1920 年代、30 年代を通じて使用された X 線の組織内における半価層は約 5 cm でした。これにもとづいて、もし深さ 5 cm の組織に対する線量が、皮膚線量の半以下に抑えられるならば、皮膚に対して 0.1 R/日 または 0.6 R/週で防護することにより得られる安全と同程度に労働者は防護されると結論を出しました。これは、1954 年勧告にもりこまれた内容でもあり、40 年間用いられたものです。

新しい限度は、皮膚に対して 600 mrem/週、造血器官に対して 300 mrem/週であります。これらは ICRP が Publication 26 を提示するまで用いていた限度です。全身の皮膚に対する年間 30 rem は、放射線の線質に対する補正をして $(0.6 \text{ R/週}) \times 50 \text{ 週} = 30,000 \text{ mrem/年}$ から求めたものです。個々の器官の限度は 15 rem で、これは放射線の線質に対する補正をして $(0.3 \text{ mrem/週}) \times 50 \text{ 週} = 15,000 \text{ mrem}$ から求めたものです。これらの皮膚および器官の限度は、MUTSHELLER が 1920 年代に提案したもので、Publication 26 勧告まで変更されなかったものです。

1956 年勧告の内容は、全身の 1 年間の線量限度を 5 rem とし、さらに総線量は $(\text{年齢}-18) \times 5 \text{ rem}$ 以下とすべきだとしていますが、これは全面的に遺伝学的影響を配慮したものです。英国の MRC および米国の NRC 科学アカデミーは、遺伝学的影響からみて 5 rem/年の線量限度が必要であるとの見解を示しています（もちろん遺伝学の観点からすれば、年を取ってからの被曝の重要性は小さくなりますが、実務的な体系をつくるために、5 rem/年の線量限度に抑えているわけです）。これは、MUELLER によって提案された直線モデルにもとづいたものです。その後間もなく、RUSSLL らはこれらの委員会は遺伝学的リスクを 6 倍も過大評価していることを指摘しました。このことにより限度に対する唯一の科学的根拠が再び失われたかのように見えました。

EISENBUD は、ラジウムに関する興味深い話をしております。1925 年に BLUMP という口腔外科医が、ニュージャージー州のダイヤルペイント会社で数例の顎骨の壊疽の患者を診察し、それは赤リンが原因ではないかと考えました。ニューヨーク大学の MARTLAND は、工場を見学しましたが、リン光体の曝露は発見できませんでした。そこで、CURIE 夫人に手紙を書き、エマネーションとしてのラジウムが壊疽の原因ではないだろうかとの意見を述べたのです。CURIE 夫人は、ラジウムは治

療の手段として用いられるが、病気の原因ではあり得ないと述べた返事をよこしました。Robley EVANS は、この研究をライフワークとして取り組みました。そのなかで、もしラジウムが肺よりも肺以外の部分での負荷量が多くなれば、がんが発生するかもしれないが、少なくとも実際のなしい値が存在するとの結論をだしています。

4. 放射線リスクの概念

1962 年、日本保健物理学会が設立された年がやってきました。当時、原子力はエネルギー自立のための世界的な解決策であるとされていました。当時の防護基準は、線量限度以下に被曝を抑えれば、個人は生涯を通じていかなる傷害も受けることはありそうにない、という考え方に立っていました。米国では、保健物理学者養成への政府の強力な努力が続けられており、身体的影響のリスクの重要性が理解されはじめました。1969 年になって (ICRP Publication 14)、ある程度詳細に固形腫瘍のリスクを定量化する考え方を示しました。紅斑は、1925 年にすでにその例があり、白血病は 1966 年は 20×10^{-6} (ICRP Publication 8) として、1960 年 (ICRP Publication 14) には、全年齢を考えると 10 倍のリスクであるとして示されております。

UNSCEAR 1977 に示されている定量的リスク評価によって、初めて線量制限体系に対して科学的な裏付けが可能になりました。米国内での応用保健物理学者が持っている最も困難な問題の 1 つは、線量と影響の間の直線関係を認めるかにあります。がん誘発の確率としてのリスクを評価する方法は、それまで広く支持されていた放射線障害の考え方とはまったく異なるものです。従来は、回復と長い潜伏期により線量限度以下に被曝を抑えられた個々の作業員には、生涯を通じて傷害は現われないただろうと考えられていました。

$\alpha D + \beta D^2$ の線量効果関係が実際の事例に最も適合するという考え方が放射線生物学者の判断であることを、放射線防護関係者は理解し、受け入れなければなりません。

正当化、最適化、線量制限は新たな意味を持ち始めました。線量限度は設計のための基準ではなく、本当の限度です。ALARA は単なる名目ではなく、線量限度の容認性を確実に決定するものです。線量限度のかわりに経験や微分費用利益分析にもとづいた参考レベルを設定する必要があります。こうしたことのすべては、保健物理学者が放射線防護のために行なう努力、教育・訓練、専門的な評価と分析、不必要な被曝を低減するための創造的で革新的な技術などに今後ともますます重要な役割を

果たすようになるだろうと思います。これからの時代は、作業者は自分のリスクを理解し、作業者もわれわれも必要であればそのリスクを受け入れることを学ぶという時代になります。したがってわれわれは、以前にはなかったほどの成熟した判断力を持つことを期待されているのです。1つの例として、ブルックヘブンの V.P. BOND 博士は、寄与リスク率の概念を導入し、影響を受ける作業者と雇用主が、正しく平等な方法で負担を決定することを提案しております。同博士の意見によると、あるがん患者の放射線被曝を伴う職業に関連するリスクを分子とし、自然のリスク、喫煙に伴うリスク、その他化学物質に曝露するリスクなどその患者のがんに関連したすべてのリスクの合計を分母とする比をとると、この比率（寄与リスク率）が職業に関連した被曝が原因となる確率を示すというわけです。生涯線量が 100 rem の白血病患者の場合、他の白血病の原因となる曝露がまったくなかったとすると、この患者の職業被曝による確率は、100 rad 被曝の白血病のリスクが 100 分の 1 であったとしても、50% ということになります【訳者注： $(100 \text{ rad} \times 2 \times 10^{-5}) / \{4 \times 10^{-5} (\text{人/年}) \times 100 \text{ 年}\} = 0.5$ 】。

5. アメリカ保健物理学会の現状と今後の役割

現在は、放射線防護における大きな転換期です。それに備えるのはわれわれ全体の責任です。この機会を利用して、現在、保健物理学会で進めていることをお話し申し上げておきたいと思います。

(1) 学会の会合

1960 年代初期には、学会の唯一の定期的会合は、年次総会だけでした。約 800 人の会員が出席しておりました。

1967 年になって、年度半ばのトピカルシンポジウムを毎年開催することが認められました。年次総会は、全国学会によって組織、運営され地方支部の援助を受けていますが、年度半ばのシンポジウムは、地方支部が組織、運営に当たり、全国学会は援助と財政補助を行っています。この会合は、よく知られるようになったためシンポジウムの性格がやや失なわれかかっています（出席者は約 400 人です）。こうしたことから、この会合は「中期討論会議（Mid-Year Meeting）」とよばれています。

このほか、個々の支部が全国学会の財政補助と援助を受けて小規模の、本当のシンポジウムを開くことも奨励されています。

(2) 支部

過去 20 年間の保健物理学会へ最も劇的な影響を与えたことの 1 つは、強力で活動的で責任感の強い支部の成

長でしょう。現在、32 の州およびプエルトリコに 30 の支部があります。全国学会の次期会長は、できる限り多くの支部を訪問し、理事会が支部の問題、関心を理解するうえでの支部のスポンサーマンの役割を果たすように求められています。さらに会長は、全国委員会の指名の対象となるような積極的な支部の活動家を把握しなければなりません。学会によって与えられる数々の榮譽、たとえば、若い有能な保健物理学者に与えられる Elda Anderson 賞、学会へのすぐれた寄与に対する功労賞などの候補者を推薦する際にも、支部は主要な役割を果たしています。支部は、さまざまな形で多様な技術プログラムを提示しており、年に 2 回 2 日間の会合を持つ支部もあれば、月例会議を開催する支部、その中間のいろいろな組合せ等があり、さらに 5 つの支部が共催で会合を持つ場合などもあります。

(3) 管理運営の財政

初期の頃は、学会のすべての運営業務をパートタイムの秘書が行っていました。1974 年に学会は、専門的な科学学会秘書業務の契約を結びました。それと期を同じくして「Health Physics」誌の管理、運営のための新しい契約をパーガモン・プレスとの間で結びました。この契約のためと、旅費を節約したために、1970 年代中ごろには強い財政的基盤を持つことができました。われわれは、20 ドルの会費で、会員に国際的なジャーナル、月刊のニューズレター、年間最低 2 回の会議を提供できていることを誇りとしています。

(4) 出版

学会の旗印はいうまでもなく「Health Physics」誌です。ご承知のとおり、われわれは Health Physics 誌を IRPA 会員に年間 18 ドルで提供しています（正直に言えば、これが値上げされない唯一の理由は、雑誌の予約購読料が学会会費より高くなつては具合が悪いということにあります）。

現在、重要な出版物はニューズレターです。それは、学会と会員間、会員相互間、および、保健物理学者を求めている人と職を求めている保健物理学者との間の早い通信手段となっています。職を紹介する欄は、学会の行っているもっともポピュラーなサービスの 1 つとして会員に重宝なものになっています。

(5) 基準作成のための活動

長年にわたって、学会は ANSI に設けられる委員会に対して提案をするメンバーの 1 つにすぎませんでした。しかし、この 10 年の間に、保健物理学会基準委員会、200 人以上の会員が基準作成のために働いているほどに拡大されました。さらに約 8 年前には、学会は放

射線防護基準を取扱う ANSI の主要な委員会である第 13 委員会の事務局となりました。

(6) 広報活動

保健物理学会の理事会が、いまもっとも深い関心を寄せているのは広報活動です。ペンシルバニア州ミドルタウン（スリーマイル島）での、情報不足による大衆のヒステリー様症状は、すべての保健物理学者にとって不名誉なことでした。いくつかのアプローチについて現在検討されております。各支部には、講演の際に利用できるスライドやパンフレットが送られました。支部会員が巡回講演に出ることも計画されています。

もう 1 つのアプローチは、科学の教師を対象とした会合、ショッピングセンター、ステートフェアなどでの展示を行なうことです。聞いてくれる人がいれば、会員はどこへでも出かけていくのです。学会はノックスビルでの世界博でも展示を行なっています。

(7) 教育・訓練

先にも申し上げたように、会員が将来その仕事を立派に果たすには、会員に学会は新しい情報を提供しなければなりません。われわれはいくつかの部門で職業開発を行っています。一つは、ニューズレターにはすべての教育・訓練のお知らせが掲載されています。第二は、年次総会、中期討議会議のたびごとに 4 回ないし 6 回の継続教育コースを提供しています。第三は、毎年の年次総会を機会に 1 週間のサマースクールを開催しています。

学生たちには旅費の補助をするほか、年次総会で発表された論文の一席から三席までには賞金を贈ることも行っています。さらに本年は、5 人の保健物理の大学院コースの学生に 1 人当り 300 ドルの奨学金を授与したことは喜ばしい限りです。

学会にはその他いろいろの活動分野がありますが、すでにご存じのものも多いかと思います。

ご静聴ありがとうございました。（草間朋子訳）