

寄贈

謹呈

中村

自然災害と放射線障害との関連

RELATIONS BETWEEN NATURAL HAZARDS AND RADIATION DAMAGES

中村重久

SHIGEHISA NAKAMURA

平成19年8月9日

2007 AUGUST 9TH

概説

災害という問題が、大学で主要な課題となったのは、1945年以降のことであるという観点がある。これは、1945年の時点で、米軍の統治下において、日本の政治の中心の機能に重大な障害が発生していたからである。また、その当時は、食糧事情が悪く、日本国民の食生活は極度の貧困の状態にあった。国土は荒れ果てて、裸同然となった。燃料などの生活物資の供給も期待が困難な自体であった。

そのような日本の国土で、1945年の前後の時期には、“空白の天気図”の言葉に代表される枕崎台風の来襲があって、広島原子爆弾による被害の調査に派遣された京都大学調査隊が満足な調査の実施もできなくなり、さらには、調査担当者に犠牲者がでるといふ悲しい事実があった。長崎の原子爆弾による被害は、米軍と東京の理化学研究所を中心とした調査班が、現地を踏査し、当時の長崎^(長崎)大学^{以下}の生存者と協力して、調査が実施された。

また、1944年には、東海沿岸および南海沿岸の沖合いで大地震が発生し、また、それに伴って、大津波が、沿岸域を襲い大被害をもたらしたが、当時の国の事情によって、この被害は極秘とされ、記録も残されることも稀であった。1946年には、南海沿岸を中心とした地域に、大地震と大津波による被害があって、沿岸域の住民の生活と社会的経済的活動とに大きな打撃を蒙った。

このような事情によって、災害の調査を当時の大学の関係者が担当した。さらに、災害の総合的研究が企画され、京都大学では、自然災害に関する研究が発足した。当時は、予算の割当も無く、学内では、それを“見えざる研究所”と称していた。これが、防災研究所創世記である。

自然災害の防止と食糧生活の確保との目的で、関係の部局の協力で、研究体制が整えられ、理学部、工学部および農学部が研究を推進した。

このような経過を知るものとして、当時を顧みると、2007年7月16日に発生した新潟中越地震の際に、中越地方の原子力発電所にも被害があったことは、21世紀の日本を考える時、重要な意味をもっていると考えてよい。1999年の東海村の原子力発電所とは、若干、異なる意義がある。それは、自然災害と放射能障害との関連である。中越地方の原子力発電所には、地震被害に国際的な注目が集まり、直ちに、IAEA(Wien)の調査団が派遣された。

ここで、1999年頃を顧みると、東海村の核燃料としてのウランの臨界事故に関連して、内外の関係者の関心の集まるどころとなり、いろいろと多面的に事故の検討がされてきている。国内での最近の調査研究も進んでいる。もはや、10年以前とは、諸条件も異なっている。

しかし、ここでは、敢て、1999年の時点に立ち戻って、自然災害と放射線障害との関連を考えてみたい。国連関連の研究者により、1999年当時の欧米の情報の概要について記述された良い例がある。これを参考にして、21世紀の自然災害と放射線障害の問題を検討する鍵をもとめることにするのが必要なことであると言っても過言であるとは考えられない。

*[筆者：中村重久-元京都大学防災研究所附属白浜海象観測所長-2007年8月9日之記]

放射線災害の諸問題

中村重久

1999年(平成11年)12月

放射線災害の諸問題

中村重久

目次

1. 緒言
2. シーベルトという単位
3. 原子力発電所の事故と国連
4. 自然放射線と人工放射線
5. 放射線恐怖症
6. 原子爆弾の生き残りとLNT理論
7. 放射線当量とその影響の持続性
8. 適応と防護機能
9. さらに実際的な方法

参考文献

1999年12月

1. 緒言

地球上の人を、放射線障害から防護する方策が完全なものとなるまでには、大変な巨額の経費が必要である。けれども、将来、このような目的にかなうエネルギー利用システムが確立されるものと考えられていた。しかし、実際の現状はどのようになっているのであろうか。ここでは、国連の原子力委員会の関係者の記述のうちで、とくに最近のものひとつを参考にして、この問題を考えることにする(cf. Jaworowski, 1999)。この参考資料は、ポーランドの放射線防護関連の学者であり、国連でも関連問題にかかわっていたことや、それが、米国物理学会の出版物にみられることから、それなりの、国際的な立場からみた表現となっているようであり、欧米中心の考え方が強い部分も認められるが、それだけに、日本における放射線防護の基本的考え方とは、すこしばかり、異なる点もあるようである。しかし、全体としては、国際的な視野にたった問題の把握の上になた記述が中心となっていて、いろいろの点で、系統的な理解が得られるのではないかと考えられるので、ここでは、その記述も、できるだけ紹介することとしたいと考えた。期せずして、日本では、1999年9月30日には、東海村で、核燃料としてのウランの臨界事故が発生した。この場合、関連の問題について、政府や関連機関などが適切な対処ができるように努力することも必要であるが、あわせて、一般の人達が、少なくとも知っておくべきことは何かを、身近な問題として、考えなければならない。このことは、現時点では、大変に重要なことである。

2. シーベルト(sievert)という単位

ここでは、シーベルトという単位が、よく使われるので、最初に、このことについての簡単な説明をする(Cardarelli, 1997)。

このシーベルト(Sv)は、国際単位SIから誘導されたもので、放射性物質による放射線量当量とでもいえるべきものである。この1Svは、実際の電離放射線の吸収線量当量Hが、1キログラム当たり1ジュールであるとき、無次元量Q(クオリティファクター)と、ある乗数Nとを、掛け合わせたものとして表されるものである。このとき、放射線の吸収線量当量Hと放射線当量Qとの間には、 $H=QND$ という関係が成り立っていることになる。ここで示したQおよびNは、放射線防護国際委員会によって規定されている。とくに、Qは、相対的にみたとときの生物学的に認められる効果として知られているものであって、放射線の特性によって異なっているものである。その値は、エックス線(x線)、ガンマ線、ベータ粒子線では、 $Q=1$ であり、中性子線では、 $Q=10$ 、そして、アルファ粒子線では、 $Q=20$ である。また、Nは、放射線量にかかわるエネルギー分布を考慮した因子である。

このシーベルト(Sv)という単位は、スエーデンの臨床医Rolf Maximillian Sievert(1896-1960)の先駆的な業績にちなんで名付けられたもので、それ以前に用いられていたremという単位にとってかわったものである。ちなみに、200-250keVの線に対しては、0.01Sv というわけである。

3. 原子力発電所の事故と国連

1986年4月に発生した、チェルノブイリ原子力発電所の事故の影響は、白ロシア、ウクライナ、ロシアなどの周辺地域で(Ilyin, 1995), 1500万人が、心身の障害に侵された。このことは、公衆衛生の問題としてみても重要なものである(OECD, 1996)。このような障害は、電離放射線によるものであるが、人工放射線の量が、たとえ、ゼロと見なせるような場合であっても、有害であると信じ込まれているために、放射線制御や核の安全性については、1950年代の受け止め方が、ひろくゆきわたっているのが現状である。

同様な考え方にもとずいて、ソ連政府の関連委員会では、1986-95年の期間に、チェルノブイリの事故による放射性物質降下の影響が、6-60ミリシーベルトの地域を対象として、27万人の住民を非難させ、移住させた。世界中の人が一生のあいだに自然放射線(バックグラウンドとして)受ける平均の放射線当量は、およそ150mSvである。チェルノブイリの事故によって汚染された旧ソ連の地域では、一生のあいだの放射線当量は210mSvであるが、世界中の諸地域についてみれば、1000mSvであることを比較の対象として、参考にすることが必要になるわけである。汚染をうけた住居からの多くの住民の強制移住には、倫理的問題の存在も否定できない。医学的あるいは道徳的な見地からみた、避難行動やその他の放射線対応処置を、ここでは、検討して、今後の問題の参考としたい。

過去30年以上にわたって、放射線にたいする原則やその基本概念について、いろいろの経過を経たのちに、非常に厳しい基準や実際的ではない勧告が導かれる結果となって、現在に至っている。このような基準や原則の改定の必要性が、多くの科学者や関連機関によって提案されるようになってきている。このような科学者のなかには、放射線防護国際委員会の代表者であり、フランス科学アカデミーの Roger Clarke博士も含まれている。今年の4月(1999年)には、国連の原子力委員会(UNSCEAR)の決議によって、被曝の問題およびそれにかかわる生物学的な問題や放射線防護への対応の具体的方策についての検討が進められることになった。数年の後には、そのような再評価をきっかけとして、放射線防護にたいして、世界中で、根本的な検討が進められることが望ましいと考えられる。

4. 自然放射線と人工放射線

自然界をみると、電離放射線の増加が認められていることが分かっている(Jaworowski, 1999)。放射線は、地球の外部の宇宙空間からも侵入し、また、いろいろの放射性核物質が、岩石やビルディングのような建造物や大気中や人体中に認められる。地上の雪の塊にも、土の粒子にも、雨の一粒一粒にも、さらに、この地球上のすべての人にも、放射線は降り注ぐものである。しかも、毎日、少なくとも10億個の自然放射線をもった粒子が、人体の中に侵入しているのである。

この自然放射線の線量当量は、個人個人によって異なるものではあるが、平均として、年間、およそ2.2mSvである。ただし、インド、イラン、ブラジルの一部のような、地域では、自然放射線量当量は、上述の数百倍に達している例もある。しかし、そのような地域であっても、太古から現在まで、そこに人達がいたからといって、遺伝学的に良くないことがあるわけではなく、カルシウム成分形成に差し支えることが認められた訳でもなく、また、高い放射線量の被曝によって障害が現れたというわけでもない (Sohrabi, 1990; Kesavan, 1996)。

人工放射線の場合には、この20世紀初頭から現在までを考えると、全地球的にみて、平均的被曝量はおおよそ20%の増加が認められる。その主要な部分は、医療行為としてのx線診断がひろく行われるようになったことによるものである。また、そのほかに、人工放射線の源として重要なものは、核兵器に関連した爆発実験によるものである。このような見方をすれば、チェルノブイリの事故の例では、この増加分の0.1%よりも小さい放射線量当量であるということになる。

それでも、旧ソ連の地域によっては、チェルノブイリの事故によって生じた放射性物質の地表に降下したものによる強度の放射線汚染が認められており、地域住民の受けている放射線量当量は増大はしているものの、自然放射線量当量が高い地域と比較してみれば、その線量当量は小さいということになる。ちなみに、UNSCEARの資料にもとずいて、1990年代における核爆発、チェルノブイリの事故、原子力発電所などによる被曝量は、年間の平均的自然放射線量当量2.2mSvの0.4%でしかない。それよりも、医療におけるx線診断での放射線の線量当量が、平均的自然放射線の約20%であることに、注意を払うべきであろう。自然界にある露頭での放射線は、一定であるものと考えられるものであり、医療のための利用やチェルノブイリのような地域的な事故の例などによる時間的な変化は、ほとんど無視できるものと考えられる(Jaworowski, 1999)。

この地球上に生命が現れた、35億年前、地表でみられた、電離放射線の自然状態でのレベル(水準)は、現在みられるレベルの大体3-5倍であったと推定されている。さらに大切なことは、原生動物や細菌などにたいする実験からも推測されるように、この放射線が現存する生命体を維持する上で重要であったものと考えられるのである(Planel et al., 1987)。

生物進化の初期においては、急速に、複雑な組織が発達して、それに、突然変位や抗性の変化などもみられ、その組織が放射線の悪い影響から生命体を防護する働きを持つにいたったものと考えられている。このような生命体にたいして望ましくない作用をするものとしての、放射線の影響は、細胞核で、はじめて現れる。そこで、まず第一の標的となるのは、DNAである。このような条件のもとで、生命をもったものは、放射線防護に有効な進化をとげたものとみられる。

そのほかに、放射線による激症の病気や早死のような、望ましくない影響が現れる根源は、やはり、細胞のなかにあり、その細胞核の外部に認められる。そのようなことが見られるような放射線量当量は、自然状態による場合の、数千倍であることが知られている。核爆発やサイクロトロンビームによる被曝量は、このような悪影響をおよぼすだけの条件を満たすわけであり、したがって、このような要因は、医学的にみても、産業上からみても、良くない作用の現れる放射線の源となるわけである。チェルノブイリの原子炉の事故の例では、放射線の(直接的)作用によって、28人の人命が失われた。

このような大きな放射線量当量のばあいの影響については、これまでの研究や調査によって、かなり明らかになってきている。しかし、この線量が小さくても、場合によっては、チェルノブイリの時の放射線物質が、ヨーロッパの中部や西部の地表に落下した場合のようなときには、大気中の温度は、20°Cが、200°Cにまでなるために、確実に、第3度の火傷となることが明らかであり、これは、たとえば、赤ブドウ酒をすするときに危険性が、5リットルの原酒を一呑みにするときの命にかかわるような危険性へと変わることと、同様なものと言えるであろう。

最近の研究成果によれば、人のDNAの損傷が大きいことに加えて、熱力学的な崩壊過程による作用があり、さらに、酸素などの新陳代謝の際に発生する自由基の化学的な反応による作用も認めなくてはならない。このようなことを考慮すれば、ひとりの人についても、細胞の被害として、1年間あたり、7000万個のDNA損傷が、瞬時にみられるということがあつたわけである(Billen, 1984)。

このような場合に対処するための効果的なシステムには、DNA補修機能のはたらきが必要であり、また、そのほかに、組織の全体的健全性の維持機能のはたらきも必要である。このことは、個体としての人についても、また、何千世代にもわたる人類の問題としても、考えられなくてはならない。個体としての人には、その生命機能の維持のためには、酵素のはたらき、アポトーシス(細胞の自殺的挙動とそのあとの老廃物にたいする排除機能)、細胞の寿命にかかわる再生機能、細胞と細胞とのあいだの相互作用などがなくてはならないことは、これまでに分かっていることである。

電離放射線の作用としてのDNAの損傷は、考えられることではあるが、その発現の可能性は、非常に低いと考えて良いであろう。現在のところ、人にたいする平均としての放射

線量当量は、年間、2.2mSvであり、自然放射線の作用としては、年間、ひとつの細胞についてDNA損傷は5回以下であるといつてよい。

電離放射線を感じる特別な組織が、人類には備わっていないようである。その理由は、簡単であつて、その必要がなかったということにあると考えられる。人の放射線にたいする防護機能は、自然放射線のレベルのすべてについて有効である。この自然放射線のレベルは、1mSv以下の低いレベルから280mSvというレベルまでの範囲に相当しているわけである(UNSCEAR, 1993; Sohrabi, 1990)。これに対して、人は、温度変化にたいしては、50°K程度の極めて狭い範囲にしか適応できない。たとえば、Jaworowski(1999)の表現によれば、入浴中に、浴槽内の水温が、快適な温度である293°Kから、沸点である373°Kまで、80°Kの変化があつただけで、命にかかわるが、このときの温度の変化の割合は、1.3程度にすぎない。あるいは、温度が、氷点以下になつたとすると、やはり、死に瀕することになるわけで、この場合の、温度変化の割合は、1.07倍ということではかない。

このような致命的条件としての高温や低温は、生物界では、頻繁に認められることであつて、進化の過程において発達した組織によって、熱さや冷たさを感じ、生存に必要な対処をするようになったものと考えられる。臭覚や味覚にかかわる組織の働きは、有害な毒性物質や病菌の混在する食べ物を口にしようとするときに、その機能を発揮する。しかし、1時間のあいだの電離放射線による被曝致死量は、個体としての人についてみれば、3000-5000mSvであつて、同じ時間での平均的な自然放射線被曝量は、0.00027mSvであり、その差は、1000万倍にも達する。その他の有害物質と比較して見ても、電離放射線は微弱なものである。自然というものは、生命体を、自然界における電離放射線にたいして、十分に安全な状態にあるといふことができる。それに、人工放射線にたいしても、それが平和利用の目的のものであるかぎり、まちがいなく安全な条件が満たされるように、考慮して、十分に行き届いた管理がされるように配慮されている。ただ、この管理に障害があると、望ましくない事態が発生することになる。

5. 放射線恐怖症

もしも、自然の状態の場合、どのようなところでも、放射線や放射性物質の害が認められないならば、そのような放射線というものに対してなぜ憂慮しなければならないか、その理由が分からなくなってしまう。現在、社会の中にある放射線恐怖症というものがあらわれたのは何故であろうか。何故、放射線防護関係機関は、放射線量当量の限界を、一般市民にたいしては、年間1mSvとしたのであろうか。この1mSvという限界は、自然放射線量当量の半分よりも小さい量であり、世界中の多くの地域における自然放射線量当量の1%よりも小さい。何故、世界中の国々で、このような限界を基準として考え、安全をはかるために、多額の経費を費やしているのであろうか。アメリカ合衆国の例では、何百億ドルもの高額の経費となっているのである。

この理由として、たとえば、Jaworowski(1999)は、彼が、国連放射線防護関連委員会の一員であつたものとしての見解をとりまとめて、つぎのようなことを要因として考えている。すなはち、

- 1) 第2次世界大戦の末期に、広島と長崎とに、原子爆弾が落とされ、都市の破壊と人命の損失との原因となつたことに対する、心理的反応、
- 2) 冷戦という、自由主義国家と共産主義国家とのあいだでの心理的な抗争における核兵器にたいする一般市民の恐怖感、
- 3) 化石燃料関連産業の運動、
- 4) 放射線研究関係者の認識と研究経費にたいする利害関係、
- 5) 政治家と放射線恐怖症の人々とのあいだの利害関係、とくに、1970年代の米国、また、1980年代や1990年代の東西ヨーロッパならびに当時のソ連などの、核戦争ゲームにおいて手軽に扱われた核兵器の問題、

- 6) ニュースなどのマスコミの影響による一般市民の恐怖感,
- 7) 放射線の生物への効果にたいする直線的な、そして、限りない不安など.

このように、いろいろの理由が挙げられるであろうが、一般的に見て、核兵器は敵対する相手を脅かすものであり、当然、核兵器保有国は、核兵器使用によってあらわれる放射線やその効果が恐ろしい結果をもたらすことになることは十分に予測しているわけである。このようなことから、たとえば、米国では、明らかに誤った公式見解についても、滅多に、訂正をしようとはしない。たとえば、核戦争による放射線は、人類をすべて全滅させ、あるいは、すべての生命が死滅するという表現をしたり、また、プルトニウム200グラムがあれば、地球上の人類を消し去ることができるなどといった表現をしてきていることである(cf. Koning, 1996).

また、別に、事実として、つぎのようなことも言える。1945年から1980年までの期間に、541回の大気中核実験が実施され、それによる爆発のエネルギーは、TNT爆弾 (1.8×10^{24} ジュール)を440個も使用したことに相当する。このような爆発実験のあと、地球の大気中では、およそ3トンのプルトニウムが増加したことになる。それは、200グラムのプルトニウムの放射線量等量を致死量とすると、15000人を殺傷するだけのプルトニウムが増加したことに相当する。そうはいても、我々は、現在、なお、生存している。上述の核爆発全体による放射線にたいする平均的な人の線量等量を考えるとき、1945年から1998年までを考えたとしても、およそ1mSvであり、これは、この対象とした期間の自然放射線量等量の1%よりも小さい。

大気中核爆発実験の最盛期であった、1961-1962年には、176回の実験が実施され、それは、84メガトンのTNT爆弾を爆発させたことに相当する。これらの核実験によって生じた放射性核物質の地表への落下量は、1964年に、最大値になっていた。そして、1961-1964年の期間の降下した放射性核物質によって人が受けることになった放射線量等量は、およそ0.35mSvであった。

冷戦の時機について見れば、その最盛期における核兵器の数は、50000個に達しており、全地球上での核兵器貯蔵量は、通常爆弾13000メガトン分とみなされているが、これは、それ以前の核実験すべてについて、大気中に放出されたメガトン級爆弾を30個分に相当するに過ぎない。たとえば、これまでのように、全地球上に貯蔵されている核兵器を一か所に集めて、そこで爆発させたとしても、平均的に見て、世界中で認められる放射性物質落下によるとしても、人の一生のあいだに被曝する放射線量当量は、およそ30mSvということになる。もし、たとえば、1961-1962年を基準にするとすれば、線量当量はおよそ55mSvということになるに違いない。また、その2年間のかわりに、数日間で、すべての核兵器を爆発させたとしても、これまでの推定は、それほど変わるものではないと見られる。ここで、分かったように、55mSvという量は、人が死にいたるほどの3000mSvという放射線量当量を短い時間だけ被曝する例とは、比較にならないほどに影響の小さい量である。

もちろん、以上、述べて来たことは、平均としてのことであるから、多くの生命の死滅を説明するには適当ではないかもしれない。また、問題が、人口密度が極度に高い地域における問題となると、突風性の強い風や火災や放射性物質降下などによる被害なども考慮にいれなくてはならなくなってくるわけである。いずれにしても、たとえ、全面的核戦争のもとで、そのような地域での生命の死滅が認められたとしても、人類やその他の地上の生物は、間違いなく、生き残っているに違いないものと考えられる。

6. 原子爆弾の生き残りとLNT理論

広島および長崎の原子爆弾で生き残った人達は、一瞬のうちに200mSvの放射線量当量に相当する放射線の被曝をしたけれども、ガンの誘発が顕著であったとは認められなかった(Sankaranarayanan, K. 1997). さらに、50年間にわたる研究によれば、非常にたかい被曝

状態にあって生き残った人についてみると、致死量に近い放射線量当量を受けた場合であっても、遺伝的に診て、悪い結果となる例はなかった。

ごく最近まで、このような原子爆弾で生き残った人達についての研究によって分かったことは、この問題が、徹底的に、顧みられなかったことである。実際に、これまでに知見が得られていること、あるいは、分かっていることは、一般の放射線恐怖症の人達の活動を促すことに有益なものであるが、そのよりどころが、放射線による有害な影響は放射線量当量に比例するという推定の根拠としてのLNT(Linear no-threshold)理論であったことをここで述べておかなければならない。この理論では、放射線量当量がゼロならば、それによる有害な影響は無いというわけである。

このLNT理論は、1959年に、放射線防護国際委員会によって、放射線防護の判定基準としてとりあげられた。その当時は、このLNT理論の適用は、実用的な見地から(政策的な判断を目的としたものではなく)、管理条件の判定基準とみられていたのである。しかし、このLNT理論では、ある程度までの放射線量当量では、なにも影響が現れないということが、考慮されていない。それでも、個体としての人への線量当量も推定できるし、ある集団の平均についての推定もできる。さらに、これで、放射線防護の管理は、非常に容易なものとなる。これに加えて、この理論による政策的基準の設定は、どんなに小さい放射線量当量であっても、なんらかの障害が現れる原因となりうるということになる。これは、時として、政策にとって便利な道具となる。たとえば、モラトリアム(猶予設定)で利用されることとなり、また、大気中核実験における爆発の影響の評価においても利用されることになる。このLNT理論は、国際的に見ても、現在もなお、理論的根拠の柱とされていて、放射線防護の実際問題にも適用されているという状況にある。

しかし、最近の、数年にわたって、ICRP(放射線防護国際委員会)の主導による検討が進められるようになってきた。これで、一般の人々の意見やマスメディアやその規制関連団体の動きもとりあげられ、また、多数の科学者の動きやICRPの構成委員の動きもわかるようになってきている。それで、このようなICRPの検討の結果は、科学的にみて実証された事実として、ひろく受け止められるようになってきている。

ところで、このLNT理論の不条理なことが、1986年のチェルノブイリの放射線事故によって明らかになった。すなわち、Marvin Goldman, Robert Catlin, Lynn Anspaughの3人がチェルノブイリで計算に用いた放射線にたいする1分間線量等量をもとにすると、これから50年のあいだに、チェルノブイリで誘発されたガンによって、53400人の死者がでるということである(Goldman et al., 1987)。このような驚くべき死者の予測があらわれた背景として、米国におけるチェルノブイリ事故による線量等量(0.0046mSv/人)という量を、軽率にも、北半球に住んでいる人の数という膨大な数に掛け合わせたことによるものであり、また、日本における原子爆弾の生き残り75000人にたいする流行病学的な(疫学的な)研究にもとづくガン患者出現危険率をよりどころとしたことによるものである。しかし、ここでの原子爆弾の生き残りにたいするデータでは、個々の人の放射線被曝量や線量当量が、参考とすることにあたらぬものであったことによるものである。それは、原子爆弾の生き残りの人々は、およそ1秒の短時間のあいだに、米国在住の人々がこれまでの50年間に受けた放射線量等量あるいはチェルノブイリ事故による放射性物質降下によって受けた放射線量に比較して、その50000倍以上の非常に強い放射線量等量を浴びているからである。

日本の原子爆弾の生き残りにおける1秒間の線量当量は、あえて言えば、6000mSvであるという、信頼すべき疫学的データが、放射線防護関係の国際機関にはある。だが、人の放射線被曝が50年以上にわたる例は、データとしても存在しないし、そのような長い年月にわたる期間に0.0046mSvという線量当量の放射線被曝を受けたというデータもない(このようなことは、これからも、あり得ないことである)。このような日本での被曝の線量当量は、米国においてチェルノブイリ事故による被曝の線量当量の 2×10^{15} 倍であったことに注目しなくてはならない。このように線量当量を考える際に、広い範囲にわたる外挿を考えることは、科学的にみても、認識論的にみても、正しいこととは言えないのである。米国放射線防護計測協議会の元会長である、Lauriston Taylorが、いみじくも言っているよう

に、そのような外挿というものは、“科学的な所産を、まったく非道義的な目的のために利用している”ということにはかならない、ということである。

7. 放射線量当量とその影響の持続性

これまでに考えたLNT理論での仮定をもとにしようとすると、放射線量当量の残留蓄積(蓄積)を考慮にいれなくてはならない。この蓄積の問題は、1960年代初期に、取り上げられたものである。そのころは、この問題は、核実験による放射性物質降下によって誘起される遺伝的な悪影響に関連した問題である。それから約40年が経過して、この蓄積の考えは、忘れ去られるものと見られていたけれども、実際には、現在では、ひろく知られ、いろいろの面で利用されるようになった。

UNSCEARは、1962年、この蓄積の表現を用いた。これは、世界中の人口にゆきわたったとした、ごく小さい値の、平均放射線量当量を、無限時間についての積分(積算)して得られるものとして、定義されたものである。実際問題としては、一連の核爆発における問題を考えるに当たって利用されたのが、始まりであるといってよい。このような積算を求めるには、それなりの仮定条件を設定しなくてはならないし、非常に長い時間(eons)にたいして、人口力学や環境変化についての超人的巨大科学をよりどころとしなくてはならなくなる。あとで分かることではあるが、控え目な表現をとるという立場にたつことを趣旨として、UNSCEARは、時間の目安を、50年、500年、10000年、あるいは、数百万年と選び、それに対応した放射線量当量積算の概略値を導入した。しかしながら、当初の段階で考えられた“無限”の時間については、ごく最近のUNSECARの文書においても、その定義についての見解は、留保されたままである。

ここで、蓄積あるいは集積放射線量当量の定義を容認するためには、以下のような事項についての約束事を認めなくてはならないのである。すなはち、

- 1) 個体に吸収された放射線量等量と危険度とにたいする理論の関係、
- 2) 個体の生存期間中の危険度の加算(線量等量の場合に準じた加算)ができること、
- 3) 同じ世代の個体の危険度(線量当量)の加算に意味があること、
- 4) いろいろな世代にわたる個体の生存期間中の危険度(線量当量)の加算を考慮すること、
- 5) 数年間あるいは数世代にわたる長期の集積(積算)線量当量によって現れる遅発性の障害が、瞬間的に与えられた同等の線量当量によって生じる障害と同じであること、
- 6) 集積線量当量で現れると予想される障害、あるいは、取るに足らないように見える障害であっても多人数を対象とするときに予想されるものが、多量の線量当量が小人数の集団に与えられた場合に計算して得られるものと同じであること(このことは、危険な基準以下の毒性物質の希釈や分散の問題で実際に常識となっていることとは全く逆である)。

UNSCEARは、1969年に、自然放射線のレベルを、便宜的に、基準とすることにし、この基準を基にして人工放射線源による被曝線量当量の比較検討をすることとするように勧告した。しかしながら、この考えが導入されてから30年間のあいだ、この勧告に従う例はみられなかった。自然放射線源による世界中の人々の被曝にかかわった線量当量は、50年間について、650,000,000 man Sv であるとし、このことを1993年にUNSCEARは報告書に盛り込んでいる。人工放射線の線量当量の無限時間にたいする推定をしようとするにあたり、なぜ50年間を対象としたのであろうか。その理由は、それによって、個々の人について、過去の自然放射線による被曝の期間に対応した期間の人工放射線源による線量当量を算定することが簡単になるからである。このような方式による計算にあたって、過去数百万年のあいだ、自然放射線の線量当量は、現在と同じであった(1年について2.2mSv)という仮定をおいていることに注意しなくてはならない。

ここで、参考までに、人類の祖先の被曝した放射線量当量を、次のように表示する：

表 1 人ひとりあたり被曝した自然放射線量当量の推定値

人類の区分	人類が存在した期間/世代数	被曝した線量当量
1] 新ホモサピエンス(初期)	130,000(年) / 4,300	286(sieverts)
2] 古代のホモサピエンス	400,000 /13,300	880
3] ホモエレクトクス(直立)	1,800,000 /60,000	3960
4] ホモハビリス(器用な)	2,400,000 /80,000	5280

注:出典は, Cambridge Encyclopedia of Human Evolution, Cambridge U.P., Mass, 1994,

この表と同様なものを, 過去の世代についての全地球上の人口にたいしての積算値について表示することもできるわけである. さらに, 将来の数十世代あるいは数千世代が自然放射線量当量によって被曝する場合の推定値を算定することもできることになる.

我々は, それぞれ, このような数値の影響をつねに受けているのである. それでは, このような数値は, 真実をあらわしているのだろうか, それとも, 学術上の抽象的表現に過ぎないのだろうか. このような高い線量当量の医学的効果というものは, どのようなものであろうか.

国際的な研究例のひとつとして, つぎのようなものがある. すなはち, 北極海の一部である, カラ海での, 核物質投棄作業によって, 世界中の人々が被曝を受けるとして, その積算線量当量は, 3000ADまでを対象として考えたとして, およそ10 manSvと推定される. ここで, このような推定値が, その他の事例で, どのような場合に対応するか, つぎに, 考えてみると, 次のようになる. すなはち,

- 1] 1人あたり, 1日について, 10 Svで, 致死的な激烈な影響がみられる. あるいは,
- 2] 1人あたり, 1年について, 10 Svで, たとえば, ガンのような, 慢性的な影響がある.
- 3] 20人あたり, 1日について, 0.5 Svで, 慢性的症状が影響としてあらわれる. また,
- 4] 1000人あたり, 1000年について, 10^{-5} Svで, 生物学的あるいは医学的な問題はない.
- 5] 現存の人口とその子孫33世代の1人あたり, 1000年について, 2×10^{-12} Svでは, まったく問題はない.

たしかに, 集積線量当量を用いると, 時間的空間的な放射線物質の堆積の人にたいする危険度も, それにかかわる生物学的影響の推定の問題も, 考える必要がなくなってしまうことになる. 個々の人の被曝放射線量当量は, 世代にわたって積算しても, それは意味がない. この理由は, ある人が被曝しているからといって, それが, 他の人に影響するわけではないからである. 生物学的にみて自己治癒能力が認められることや, ガン誘発に多くの段階があることなどを知るには, 個々の人の被曝放射線量当量がたとえ小さくても, それを, 単純に, 加算してやればよいし, これによって, それが原因で, ガンとなるかどうかの推定が可能となるわけである. さりとて, この積算された線量当量に, 生物学的な意味があるわけではないのである.

これまでに公表されている積算線量当量などは, 個々の人の小さな値の線量当量から求められたものである. たとえば, UNSCEARの計算の例では, つぎのような例で示すようになっている. すなはち, 過去54年間の核爆発によるものとしては100,000 man Sv としている. 原子炉や再処理施設によって, これから10,000年のあいだに, 全地球上の人については 205,000 man Sv としている. さらに, 北半球で永続的長時間にわたるチェルノブイリ事故による放射性物質落下の影響については600,000 man Sv とし, そして, 過去50年間にわたる自然放射線による世界中の人については650,000,000 man Sv としているのである. このように大きな数値での表示をすると, 一般の人々は脅威を感じるかもしれないが, これは, 核爆発, 核使用施設, チェルノブイリの例のような降下物, あるいは, 自然条件にたいして, 個々の人あるいは人の集団が危険な状態にあることを意味しているわけではない. それでも, 社会にたいして, 生物学的にみて, あるいは, 医学的にみて, 適切な判断のよりどころを与えるというようなことをしていないことも, 残念ながら, 事実である. というよりも, 放射線関係の人々は, 放射線の危険が切迫しているのかのような, 誤っ

たイメージをあたえてしまっているのが、現状である。これは、社会的にも、心身の上からみても、実際に悪い結果があらわれることになってしまう。もし、個々のひとについて障害はほとんど無いというのであれば、その人達の社会全体について、これまでの過去のことや将来をみわたして、そこで、自然放射線あるいは人工放射線による被曝があったとしても、それで、危険度が無いということ、はっきりさせる必要がある。

8. 適応と防護機能

これまでに用いてきたLNT理論には、実際の現象とは一致しない点がある。すなはち、たとえ小さい放射線量当量であっても、生命体は、その刺激作用にたいする適応や防護機能の向上などの効果が認められる。このような効果についての最初の報告は、藻類の問題として、100年以上も昔にあったということである(cf. Atkinson, 1898)。さらに、最近の発表例では、原子爆弾の生き残りのうち、自然放射線よりも低いレベルの被曝において、白血病の例に、適応と機能向上の効果が含まれていて、それが、寿命を長くするようなかたちで、効果としてあらわれている(cf. Kondo, 1993)。このような効果についての論文は、2000人以上の科学者たちによって発表されてはいるが、これに関連した一連の現象のことは、世界第二次大戦後、放射線防護の問題のうちの無視できるような問題として、顧みられないようになってしまった。1994年になって、ようやく、UNSCEARが、このような放射線にたいする適応や機能向上の効果についての認識を示し、その効果をj確認している。これによって、放射線学における倫理や技術的な基礎の水準の向上が、飛躍的なものとなった。

ここで、放射線学関連の学者たちは、理論的に予想される放射線の健康への障害について、それが、事実上はイメージとしての過剰評価に過ぎなかったことを理解できるようになってきた。このために、実際に莫大な保険事業の基金の使用の必要性があったということが分かり、さらに、このような問題における倫理が必要なものであることも分かるようになってきた。このようなことから、公衆の放射線防護のための問題にたいして、LNT理論を適用するときには、核物質利用には限定的な条件のもとでの有効な制御を前提とし、環境に優しい核エネルギー開発の道を探らなくてはならないわけである。このことは、たとえば、米国だけではなく、その他の国でも、同様である。ポーランドの例では、最初の原子炉の建設には数十億ドル(US\$)をかけたが、LNT理論に立脚した大衆の意見によって、政策上の問題としてとりあげられ、その稼働は取りやめとなった。

日本が、世界中で唯一の原子爆弾被爆国であり、その放射線障害による被害者であることを、世界に訴えるにあたって、単に、被爆にたいする主張をするだけではなく、現在の世界的情勢についての十分な認識が必要である。ちなみに、国連の原子力防護関連委員会の、基本的な考え方は、次のようなものであると言って差し支えないであろう。すなはち、西側の産業地帯の人命が救われているのは、現在の放射線防護関連の規制を実施することによるものであり、それに必要な費用は、およそ250億ドルと考えられている。これだけの経費そのものが、すでに、不条理なものであり、非道義的なものである。ここで、開発途上国では、一人を助けるのに、50-99ドルあればよい(Cohen, 1992)。その場合、いろいろな病気にたいする免疫をほどこすのに必要な経費が小さいことと比較してみるとよい。

このようなときの病気としては、例えば、はしか、ジフテリア、百日咳などである。十億ドルというお金が、人を放射線から護る(と信じてその目的を果たす)ために、毎年、毎年、費やされているが、貧しい国々の人命救助を実行するためには、ほんのすこしの必要なものがあれば足りる。それでも、このようなことは、恥ずかしいことに、だれも考えようとはしないのである。

9. さらに実際的な方法

放射線防護対策は、実際に即したものでなくてはならない。そのためには、放射線によるガンの発生や遺伝的症状の発現などのおそれがあるような場合を対象としなくてはならないわけである。このような悪い影響がないような弱い放射線にたいしては、対策は、とくに、考慮する必要はない。また、放射線のレベルが非常に高い場合には、被爆する放射線量等量も非常に大きく、広島や長崎の経験に照らしてみても、対策を考えても、手のほどこしようがない状態となるわけである。この、広島や長崎の原爆災害については、多くの調査や検討が、いろいろの面から、実施されているが、その科学的な側面は、たとえば、日本の科学者によって、取りまとめられている（原爆災害誌編集委員会編、1979）。

このような防護対策が必要かどうかは、医学的見地にたってみた被爆にたいする疫学的なデータ、核物質使用産業施設の実態、自然放射線のレベルが高い地域のデータなどをもとにして、判断するべきである。なお、Jaworowski(1999)は、医学的見地として、流行病(epidemiological data)にたいする立場から考慮すべきであると述べているが、このことは、彼の放射線障害にたいする認識不足によるものか、言語的にみて、適当な表現が見当たらなかったのか、いまのところ、定かではない。いずれにしても、現在では、1年あたりの被爆による線量当量の下限界を1mSvとするということになってはいくが、この限界は、これまでのことを考慮して10mSvあるいはそれ以上としてもよいかも知れないと考えられるのである。個々の人についての線量当量の下限は、このようにして決めることはできるかもしれないが、放射線防護関連機関では、個々の人の被爆が下限を越えたときに限るとしていることには、注意を払わなくてはならない。このようにして定められた下限は、放射線障害防護を合理的に処置するために重要なことであり、また、放射能や放射線の恩恵が広くゆきわたる方向に向かうことが望ましいことである。

おわりに、本文は、国連の放射線防護関連委員会委員であった、ポーランドの学者が、米国の物理学者を対象とした出版物に発表したものを骨子として、記述したものである。そのために、そのほかの専門分野からみれば、説明が十分ではないところがあるかもしれないというおそれがある。これについては、それぞれの専門分野について、関連資料を補足して検討されることが望まれる。関心のあるかたがたに少しでも御参考になれば幸である。

参考文献

- Atkinson, G. F. Science, Vol. 7, p. 7.
Billen, D. 1984 BELLE Newsletter, Vol. 3, No. 1, p. 8.
Cardarelli, F. 1997 Scientific unit conversion, Springer-Verlag, London.
Cohen, B. L. 1992 Rational Readings on Environmental Concerns, ed. by J. H. Lehr, Van Nostrand Reinhold, New York, p. 461.
Goldman, M., R. J. Catlin and L. Anspaugh 1987 US Department of Energy research report, DOE/RR-0232.
原爆災害誌編集委員会 1979 広島長崎の原爆災害, 岩波書店, 東京, 504p.
Ilyin, L. A. 1995 Chernobyl: Myth and reality, Megaropolis, Moscow.
Jaworowski, Z. 1999 Radiation risk and ethics, Physics Today, Vol. 52, No. 9, pp. 24-29.
Kesavan, P. C. 1996 High levels of natural radiation, eds. L. Wei, T. Sugahara, and Z. Tao, Elsevier, Amsterdam, p. 111.
Kondo, S. 1993 Health Effects of Low-level Radiation, Kinki U.P., Osaka, Japan.
Koning, H. 1996 International Herald Tribune, 27 November 1996, p. 9.
OECD 1996 Chernobyl-Ten years on, radiological and health impact, Nuclear

Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development,
Paris.

Sankarayanan, K. 1997 Lecture presented at 46th session of the United Nations
Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 18 June 1997.

Sjoblom, K.-L., and G. Linsley 1999 International Atomic Energy Authority Bull.,
Vol. 40, No. 4, p. 18.

Sohrabi, M. 1996 High levels of natural radiation, J. U. A. (eds. M. Sohrabi and
S. A. Durrani, International Atomic Energy Authority, Vienna, Austria, p. 39.

Taylor, L. S. 1980 Proc. International Congress of the International Radiation
Protection Association, Israel Health Physics Society, Jerusalem, p. 307.

UNSCEAR 1993 Sources and effects of ionizing radiation, New York.

著者略歴紹介

1933年 長崎県生
1958年 京都大学理学部卒業
1958-1963年 京都大学大学院理学研究科在学
1963-1997年 京都大学防災研究所在職

書 名 放射線災害の諸問題
PROBLEMS ON RADIATION HAZARDS

著 者 名 中 村 重 久
発 行 者

発 行 所 646-0031和歌山県田辺市湊674-2-A104

発 行 日 1999年(平成11年)12月31日

~~郵便振替 01010-8-28160~~

~~定 価 (本体500円+税)~~

~~ISBN4-931427-90-7 C0440 ¥500E~~

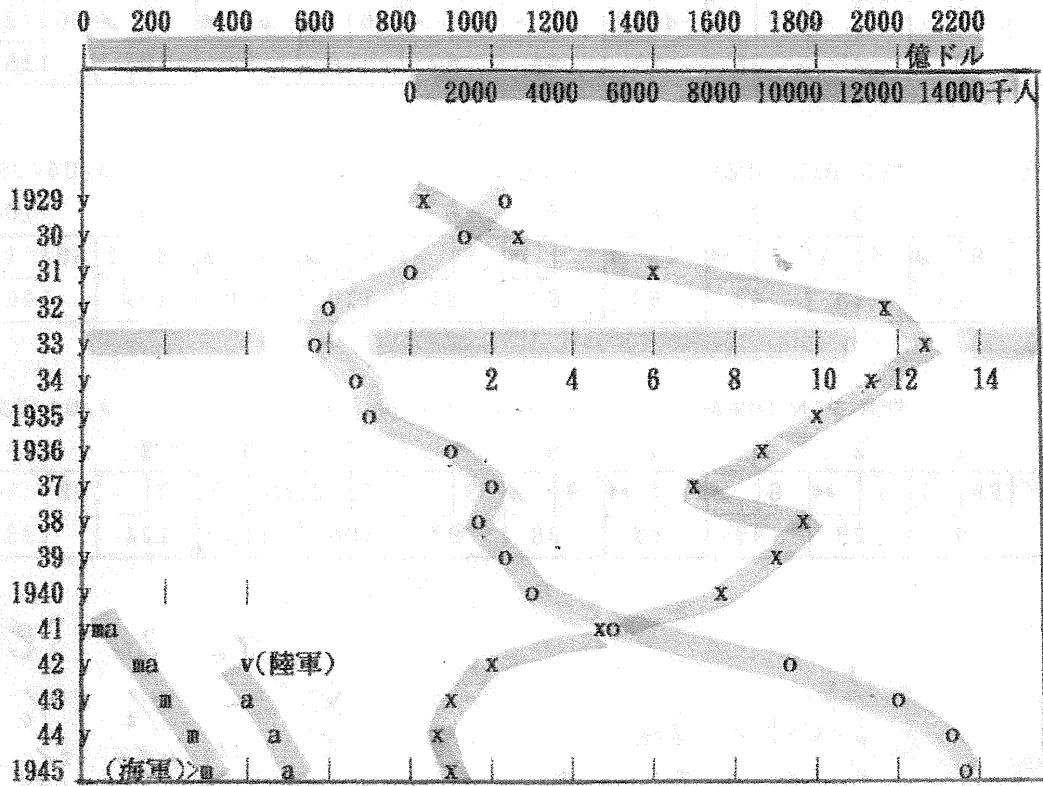
添付資料 昭和大恐慌から原子爆弾投下時までの米国の事情

大恐慌から第2次世界大戦終了までの米国のGNP(o), 軍次予算(y), 失業者数(x)

出典: "Historical Statistics of United States: Colonial Times to 1970"

(「米国の歴史的統計: 植民地時代-1970年」)

(米国商務省 統計局 1975年刊)



添付資料 放射線障害関連法規抄録

労働安全衛生法—[cf. 労働基準法]
電離放射線障害防止規則—昭和49年

第1条 (省略)–

第2条

1. 電離放射能—アルファ線、重陽子線、又は電磁波
 ベータ線および電子線
 中性子線
 ガンマ線およびX線
2. 放射性物質—放射性同位元素 74Bq/g以下の固体 3.7 Mbeq以下(密封されたもの)
 種類1.-⁹⁰Sr- α 線を放出する同位元素(トリウムウランを除く)
 - 2.半減期30日以上(³H,⁷Be,¹⁴C,³⁵S,⁵⁵Fe,⁵⁹Fe,⁹⁰Sr,- α 線を放出するものを)-37KBeq
 - 3.半減期30日以下(¹⁸F,⁵¹Cr,⁷¹Ge,²⁰¹Ta, α 線を放出するものを除く)-370KBeq
 - 4.-³H,⁷Be,¹⁴C,¹⁸F,⁵¹Cr,⁷¹Ge,²⁰¹Ta,To,U — 3.7MBeq

第3条 外部放射線による実効線量当量 Q_E ,空気中の放射性物質による実効線量当量 Q_A が
0.3mSv/wkを超えるおそれのある場所—”標識” — Q_E -1cm線量当量

第4条 放射線業務従事者の放射線被曝限度—実効線量当量-50mSv/年以下

第5条 —1.眼の水晶体-150mSv/年以下

2.人体の組織-500mSv/年以下

5.2—女性腹部—13mSv/3ヶ月以下

5.3—妊婦出産—10mSv

第7条&第8条[緊急作業時の被曝線量限度]

作業従事の間—実働作業線量当量—100mSv以下-(1cm,3mm,7 μ m線量当量)

第9条 線量当量の測定結果の確認記録等

1日における外部被曝による線量当量が1cm線量当量について1mSvを超えるおそれのある労働者—外部被曝線量当量測定結果確認

あとがき

著者は 京都大学理学部において 1954年から4年間 地球物理学専攻の名の下に 理学部のすべての学科の講義や演習、実験、実習などにおいて学習することができた。当時は、理学部学生は、理学部内の教育科目を選択することができた。著者は、とくに、物理学科および数学科の科目を多数選択し、一般力学(古典力学)、光学、電磁気学、流体力学、弾性体力学、統計力学などを履修し、さらに、電気力学、量子力学、その他、当時の先端的な物理学につながる実験にも参加した。物理学の眼で地球を見るという時代というよりは、地球物理学は、地球の実態を観測によって把握する時代であった。

現在、地球科学の進展も顕著で、地球上の多くの現象が、物理学的問題としてのみならず、化学的問題、生物学的問題、地質鉱物学的問題に新風が吹き込まれている。地球上の環境問題も、さらに発展して、宇宙環境における地球の問題においても、すばらしい研究の進展によって、新しい発見や知見が報じられるようになってきた。

それでも、このような問題にたずさわる研究者が満足に安定した生活が確保され、あわせて、研究に必要な条件が十分に整備されていることが必要である。かつて、研究推進の原動力は、ハングリー精神であるといわれてきた。しかし、研究が国際的になってくると、それだけでは十分ではないことも明らかになってきた。

最近のノーベル物理学賞受賞の対象となった素晴らしいカミオカンデで使用されている光電増倍管は、著者が大学在学中に受信機などに利用されていた。ただし、原理は同じであっても目的によっては大変高度な技術が必要であり、その技術が十分に発揮されるためには、経済的な問題のほかに、関係する多くの人々の心意気が必要である。人のこころは、物質的なものなどでおきかえることのできないものである。

最近の報道で紹介された長崎大学の研究成果によると、検体としてのマウスの群れに、遺伝子のひとつに放射線障害の異常があるマウスを1匹だけ入れておくとき、この群れでは、世代をかさねるとともに、異常な遺伝子の拡散がみとめられ、およそ30世代になると、群れのなかに異常な遺伝子が一部分離した状態になってしまった個体があらわれることがわかったと伝えられている。人為的なマウスの実験例で、このようなことが起こるのであれば、ある自然現象で、強力な放射線被曝を受けると人類は数世代の後まで放射線障害を遺伝形質として継承していくことになることが予測される。これが、ここで、本文を記述する重要な”ひきがね”となったことは確かである。

関係各位の御理解を得て、今後、21世紀の人類が抱える重要な問題のひとつとして、関連研究の進展がはかられ、さらには、その問題への適切な対処を導くことになれば、著者の一文への回答あるいは解決策も21世紀のうちに得られることであろうと期待している。

[Shigehisa Nakamura, 2007-8-11]

著者紹介

著者名：中村重久

現在の研究活動：Fellow, Electromagnetics Academy(Canbridge, MA)

電磁気学アカデミー、フェロー

Fellow, Pacific Congress on Ocean Science and Technology

略称：PACON International(Honolulu, HI)

太平洋海洋科学技術国際会議、フェロー

Life Member, American Geophysical Union(Washington,D.C.)

米国地球物理学連合、終身会員

略歴：1933年－長崎県出身

1958年－京都大学理学部卒業

1958-1963年－京都大学大学院理学研究科在学

1963－1997年－京都大学防災研究所在職

1978年－ハワイ大学客員上級研究員

1980－1981年－オーストラリア政府CSIRO客員科学専門研究者

1992－1996年－京都大学防災研究所付属白浜海象観測所長

理学修士、工学博士

著者名：中村重久(Shigehisa Nakamura)

著書名：自然災害と放射線障害との関連

(Relations between natural hazards and
radiation damages)

印刷日：2007年8月9日

(2007 August 9th)

著作品：非売品