

環境と健康

リスク評価と健康増進の科学

Vol.2 No.3

June,

1989

Environment and Health
Scientific Approaches to Risk Estimation and Wellness

科学技術庁長官賞受賞

サーモトン-RF8 THERMOTRON-RF8

Most Advanced Hyperthermia System for Cancer Therapy



癌治療に対するHEARTがHARD(装置)に…

- 1 表在性腫瘍・浅在性腫瘍・深部腫瘍それぞれの病巣を的確に加温するための専用回路を内臓。
- 2 巨大コイルを構成する円形ガントリーの中心に電極を配置。偏りのない均一な電波で身体の中心部までの的確に加温。
- 3 大型フレキシブルボラス^{*}(Overlay Bolus)を採用したダブルボラスシステムにより疼痛や表層脂肪の発熱を大幅にコントロール。
- 4 温度測定点における局所血流量の推定ソフト^{*}を内臓。治療効果の判定、化学療法計画等の参考に。
- 5 リニア・アレー温度センサー^{*}、温度測定値のチャート表示^{*}、ボラスと皮膚面を密着させるTECHシート^{*}、特殊電極^{*}、専用ダイナミックファントム^{*}、BGM装置等々治療を適切にすすめるための魅力あるオプション群。 * = 注文仕様

販売



山之内メディカル株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町2-3-11 TEL 03(244)3019

製造



山本ビニター株式会社

〒543 大阪市天王寺区上汐6-3-12 TEL 06(771)0605

環境と健康
-- リスク評価と健康増進の科学 --
Vol. 2 No. 3 June, 1989

目 次

(1) 連載講座：放射線リスク論

- | | | |
|------------------------------|----------------------|----|
| 8. 一般産業や日常生活にどんな
リスクがあるのか | 武田 篤彦 | 1 |
| 9. 医学生物学の進歩とリスク | | |
| A 発癌のメカニズム | 横路謙次郎 | 28 |
| B がんのリスクと放射線生物学 | 二階堂 修
達家 雅明 | 35 |

(2) 聖堂・スパコン・おねえさん

43

(1) 連載講座：放射線リスク論

8. 一般産業や日常生活に どんなリスクがあるか

武田 篤彦

大阪府立放射線中央研究所

はじめに

1985年8月に発生した日航機墜落事故は、520名におよぶ多数の死者を出すという衝撃的なもので、人々を文字通りふるい上がらせた。思えば私達は、常に身のまわりをいろいろな形の危険に取り囲まれていて、程度の差こそあれ、いつでもその襲撃を受ける可能性を持ち続けつつ、時を過ごし日を送っているわけである。

年間の航空機事故による死亡は20~30人程度であり、1985年の520人という数字は、全日本人に対する 10^6 人当り年間死亡率をそれまで5年間の平均0.022人から0.44人へと、一挙に20倍もはね上げさせた。しかし、この0.44人/ 10^6 人という値は、火災による焼死の場合の約1/2に過ぎず、また自動車による交通事故の方が、これの18倍から23倍に達していて、数値に関する限り航空機だけが特に危険が大きいとは決していえない。

北海道の山に少し分け入るとすぐに「熊に注意!!」の看板が目に入り、いろいろ不吉な想いが去来して、落ち着かないことおびただしい。これは、実際に襲われるチャンスはきわめて小さいにもかかわらず、大きなヒグマに出会うことに対する恐怖の念が、そのことの可能性についての判断行為より優先し前面に出てきているためである。航空機の場合もその性質上、事故が発生したらまず助からないという観念が、航空機利用の危険についての認識を、実際にはかなりな危険を伴う自動車利用による事故よりも過大なものにしてている。

このように「危険度」・・・「リスク」の評価には、確率としての客観的数値と、感覚的に投影される心理的広がりとのふたつがあるようである。この後者の解析はリスクの認知・知覚などと名付けられて、その解析は社会心理学などの分野で取り扱われるものであり、本連載講座の他のところで論じられている。

前者すなわち客観的数値としてのリスクは、既にあげた例にあるように危険の程度、可能性を推定する資料として用いられているが、「リスク」をマイナスの性質を持つものとするれば、プラス側のラッキーなことがらの程度、可能性についても同様の取り上げ方が出来るはずである。例えば、先の日航機事故では、生き

残った人が4名いて奇跡の生還といわれているが、それは全乗客の0.76%であり、 10^6 人当りにすると763人に相当し、1986年の国民死亡率 $620.6人/10^6$ 人より大きく、可能性としては割り合いに大きいものといえよう。事実これは宝くじで1等に当選するよりはかなり大きい確率であるが、いろいろなことがらのおこる程度、可能性についての検討は、リスクという単語が導入された経緯からしてラッキーなことがらを増やすということよりも、危険を克服することの必要からマイナスの事象を対象としたものが殆どである。

1. ICRPの問題提起

“リスク学”とでもいうべき研究分野が発展してきた経緯のひとつに、放射線のリスク推定がある。放射線被曝は死に至る障害をひきおこす可能性をもっているから、職業としての放射線作業は一体どれくらい危険な職業なのかといったことは誰もが知りたいところである。その試算をICRP（国際放射線防護委員会）は、放射線作業従事者の被曝による癌死亡率を、他の職業における労働災害による死亡率と比較する方法でリスクという表現で行っている。

ICRPが1977年に刊行したPubl.27「害の指標をつくる時の諸問題」に述べられている放射線作業従事者の死亡率計算の考え方を要約すると、次のようである。

- ① いろいろな資料に基づき、被曝時の平均年齢を42歳とする。
- ② 悪性腫瘍の誘発は集積線量にしきい値がなく、被曝時の年齢にも依存しない。
- ③ 誘発された悪性腫瘍によって死亡するまでの平均生存期間を23年とする。
- ④ そこで、死亡時の年齢は42歳に23年の加わった65歳である。
- ⑤ 平均寿命が75歳程度とすれば、65歳における平均余命は10年であり、被曝時の条件の違いを加味して、寿命損失を10～15年（平均13年）とする。
- ⑥ 実際の平均被曝線量率は、多くの資料から $0.6レム/年$ である。
- ⑦ 放射線被曝による致死悪性腫瘍発生率を、 $100 \times 10^{-6} 人/レム/年$ とする。
- ⑧ そこで、年間 $0.6レム$ 被曝による致死悪性腫瘍発生率は、 $60 \times 10^{-6} 人/年$ となる。
- ⑨ 寿命損失が1人当り10～15年と⑤で仮定しているから、致死悪性腫瘍による寿命損失年数は $(10 \sim 15年/人) \times (60 \times 10^{-6} 人/年)$ となり、それは 10^6 人当り600～900年に相当する。

ここでICRPは、職業上の事故による損失寿命について世界各国のいろいろな業種別死亡時平均年齢を調査し、それが40～45歳であったことから、平均寿命75歳との差として損失寿命に平均30年という値を採用した。

ICRPは以上の計算から、⑨における寿命損失600～900年の死亡は、平均30年の

寿命損失を伴う $20\sim 30\times 10^{-6}$ 人/年、平均 25×10^{-6} 人/年の死亡事故発生率をもつ業種の産業災害に相当することになると結論した。そしてこれに対応する例として、イギリスの製造業（1959～1970年）の 50×10^{-6} 人/年が示された。

そこで、日本における最近の労働災害について資料を検討し、製造業をはじめとする各業種の持っている死亡率がどのくらいであるかを明からかにするとともに、日常生活におけるいろいろな災害、事故についても、その死亡発生率を調査し、得られた数値を相互に比較して、リスクの推定に役立てることとした。

2. 日本人の労働災害の求め方

産業活動に伴って、いろいろな業種に従事する労働者にもたらされる災害～死亡事故、傷害や疾病の発生～の状況を把握することは、そのリスク低減を推進する上で重要な基礎的作業である。

わが国では、労働省労働基準局監督課が労働基準法（昭和22年制定）の定めるところに基づき届出られた労働災害（死亡、休業4日以上）を集計し、いろいろな項目にわけて統計処理を行っている。また、同局労災保険業務室により労働災害補償保険法の定める給付事務からまとめられた労働災害（死亡、休業4日以上、同3日以下、障害）を集計している。前者は「労働基準監督年報」後者は「労働災害補償保険労働災害統計年報」として、毎年それぞれ刊行されている。

これらの労働災害を経年的あるいは業種別に比較するにあたっては、当然、母集団として毎年の労働者数を必要とし、先のふたつの年報には、それぞれその値が示されている。また、5年ごとに行われる国勢調査においても、産業の就業者数として詳しく集計され公表されている。

表1には、1985年における労働者のこれら3種の統計数値を、業種別に示してある。「合計」を例にとると、3つの数値は相当違っているが、それは各統計の性格の違いによるものである。国勢調査は、全就業者を従業上の地位で7種に区分しているが、ここに示したのは、大分類としての「総数」「雇用者」のうち後者を用いた、雇用されている国民の数にあたるもので、他の2統計の値よりは大きくなっている。「労働基準監督年報」（以下、監督年報）については、労働基準法適用事業場の労働者が対象であり、「労働災害補償保険労働災害統計年報」（以下、統計年報）は、労災保険給付の有資格者で公務員が除かれたものになっていることが、小さい数値の原因のひとつと考えられる。また、業種の区分も3種3様にそれぞれ異なり、表1に見られるように、類似のものを比較するのは骨が折れ、数値の不一致の原因にもなっている。

表 1 業種別労働者数（1985年）

労働者災害補償保険 労働災害統計年報		労働基準監督年報 ^{*1)}		国勢調査	
業種	労働者数(人)	業種	労働者数(人)	業種	労働者数(人)
林業	172,412	林業	126,578	林業・狩猟業	137,655
漁業	46,445	水産業	81,394	漁業＋ 水産養殖業	415,349
鉱業	77,047	鉱業	91,486	鉱業	89,535
建設事業	4,755,130	建設業	3,698,742	建設業	4,861,597
製造業	10,748,818	製造業	12,467,153	製造業	13,266,777
運輸業	1,756,599	(電気,ガス,水) 道業をのぞく 運輸業＋ 貨物取扱業	2,306,489	運輸・通信業	3,490,135
電気,ガス, 水道,又は 熱供給の事業	173,198	電気,ガス, 水道業	310,584	電気,ガス,水 道,熱供給業	334,560
-----	-----	官公署	1,908,630	公務	2,056,461
その他の事業	18,485,783	その他 (農業をふくむ)	24,484,490	漁業, 卸売・小 売業, 金融・保 険業, 不動産業, サービス業, 分類不能の産業	33,182,758
全業種	36,215,432	合計(官公署) 合計	43,566,916 45,475,546	合計(公務を除く) 合計	53,613,804 55,670,265

*1) この年報の労働者数は1981年7月1日現在のものしか発表されていないので、左欄の労働者災害補償保険労働災害統計年報に発表されている1981年度の各業種の労働者数に対する1985年度の数値の比率を求め、これを1981年の労働者数に乗じて各業種の労働者数として算出したもので、推定値である。

出典：労働者災害補償保険労働災害統計年報（昭和60年度），第34回労働基準監督年報（昭和60年），昭和60年国勢調査。

「統計年報」と「監督年報」の、最近5年間の死亡者数を対比して示したのが表2である。両者の間には、いろいろな程度に食い違いが見られる。公務員労働者を含む点で「監督年報」の数値が、より妥当と考えられ、労働基準局の各種刊行物にも用いられている。

1950年から最近までの労働者数の推移を、図1に示してある。「国勢調査」は5年ごと、「監督年報」では最近では毎年把握されていないなど不十分なところはあるが、3者の間には全体として相反する点は認められない。これに対して、各業種についての10⁶人当りの死亡率の経年変化は、表2の数値からも推察されるように、2種類の年報の間でかなり相違しながら推移している事が、図2からわかる。

表 2 最近5年間の労働者数と死亡者数(2種類の統計の比較)^{*1)}

業種	暦年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年
林業 ^{*2)}		185,017 ((101)	190,525 ((105)	186,789 ((103)	189,216 ((109)	172,412 ((119)
		136,106 ((106)	140,189 ((124)	137,467 ((121)	138,828 ((120)	126,578 ((122)
鉱業		96,476 ((215)	92,910 ((89)	89,340 ((197)	83,804 ((122)	77,047 ((175)
		114,357 ((223)	109,783 ((111)	106,352 ((112)	99,491 ((172)	91,486 ((137)
建設(事)業		4,992,779 (1,099)	4,950,703 (926)	4,733,567 (1,005)	4,734,982 (1,065)	4,755,130 (956)
		3,893,413 (1,173)	3,854,479 (1,113)	3,698,742 (1,106)	3,698,742 (1,083)	3,698,742 (960)
製造業		10,035,624 ((613)	10,397,195 ((459)	10,374,624 ((506)	10,462,598 ((539)	10,748,818 ((549)
		11,941,811 ((581)	12,419,483 ((556)	12,300,065 ((459)	12,419,483 ((482)	12,777,737 ((475)
運輸業 ^{*3)}		1,758,845 ((280)	1,749,670 ((213)	1,735,453 ((232)	1,739,986 ((271)	1,756,599 ((302)
		2,306,489 ((370)	2,283,424 ((332)	2,283,424 ((326)	2,283,424 ((349)	2,306,489 ((354)
その他の事業 ^{*4)}		15,681,492 ((538)	16,212,796 ((394)	17,390,537 ((658)	17,985,970 ((487)	18,705,426 ((557)
		22,247,491 ((459)	22,914,915 ((438)	24,694,715 ((498)	25,584,614 ((462)	26,474,514 ((524)
全業種		32,750,233 (2,846)	33,598,799 (2,186)	34,510,310 (2,701)	35,196,556 (2,593)	36,215,432 (2,658)
		40,639,667 (2,912)	41,722,273 (2,674)	43,220,765 (2,588)	44,224,582 (2,635)	45,475,546 (2,572)

*1) 上段は「労働者災害補償保険労働災害統計年報」、下段は「労働基準監督年報」によるもので、数字は労働者数。()内の数字は死亡者数。ただし、下段の労働者数は1981年7月1日現在のものしか発表されていないので、各業種についてそれぞれ1981年の上段の数値に対する各年の数値の比率を求め、これを1981年の下段の数値に乗じて各年の労働者数として算出したもので、推定値である。

*2) 下段の数値は「農業」を加えたもの。

*3) 下段の数値は「道路貨物運送業」、「陸上貨物取扱業」、「その他の運輸交通業」に、「港湾荷役業」を加えたもの。

*4) 上段の数値は「その他の業種」に「漁業」、「電気、ガス、水道又は熱供給の事業」を加えたもの。

出典：労働者災害補償保険労働災害統計年報(昭和56年度～昭和60年度)、第34回～第38回労働基準監督年報(昭和56年～昭和60年)。

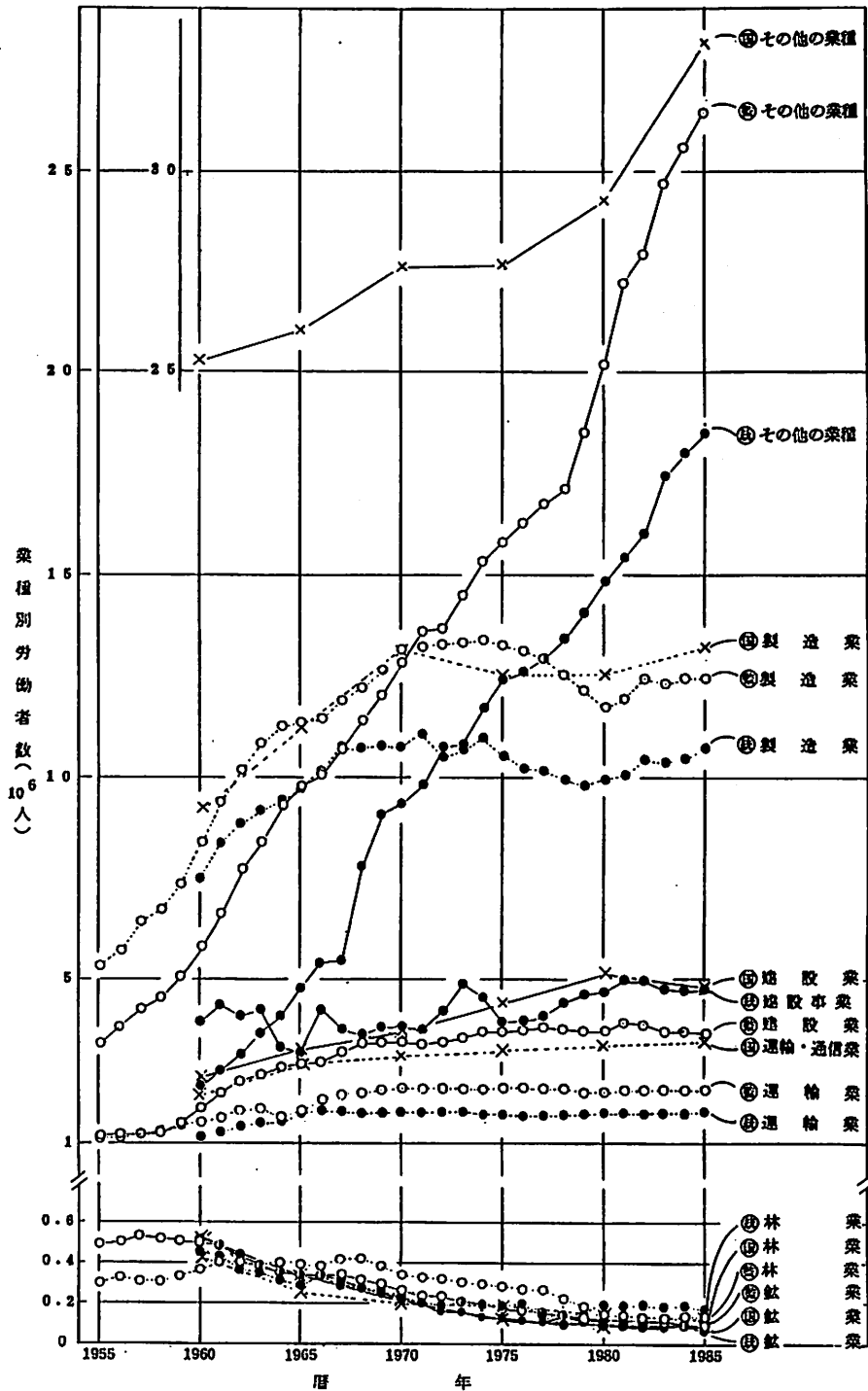


図1 業種別労働者数の経年変化(1955年~1985年)

⊙: 労働基準監督年報, ⊕: 労働者災害補償保険労働災害統計年報, ⊕: 国勢調査.

出典: 労働省労働基準局「労働基準監督年報」(昭和30年~昭和60年, 毎年集計), 労働者労働基準局「労働者災害補償保険労働災害統計年報」(昭和35年~昭和60年, 毎年集計), 「国勢調査」(昭和35年~昭和60年, 5年毎集計).

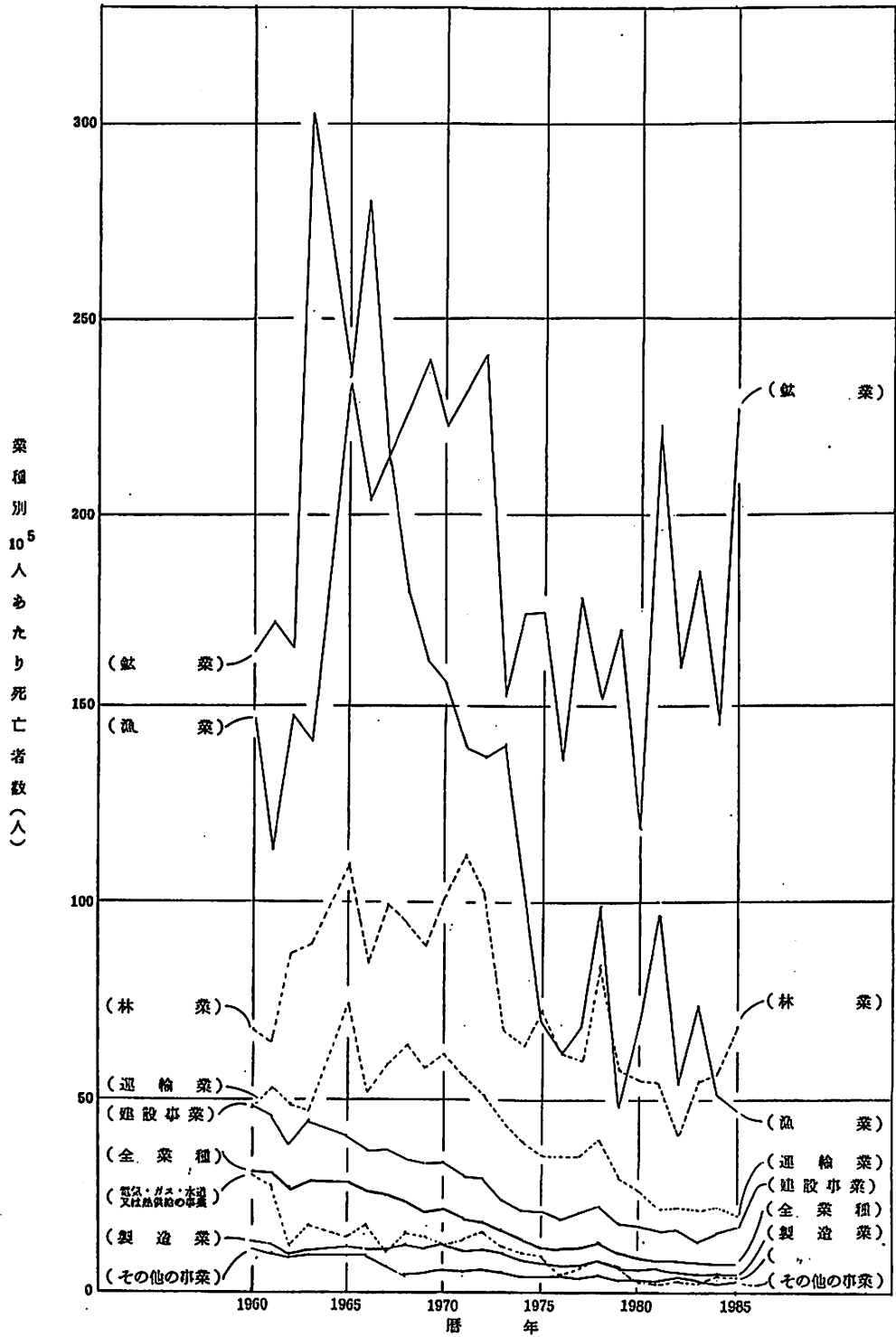


図2(A) 労働災害による死亡率の経年変化(1960年~1985年)

出典：労働省労働基準局「労働者災害補償保険労働災害統計年報」

表3に示したように、1985年の各業種における10⁵人当り死亡率(人)を統計年報と監督年報について求めると、それぞれ、林業; 69.0、96.4、鉱業; 227.1、149.7、建設(事)業; 20.1、26.0、製造業; 5.1、3.7、運輸業; 17.2、4.2、その他の事業; 2.9、2.0、全業種; 7.3、5.7、となった。製造業の値(5.1~3.7)×10⁻⁵は、ICRPが示したイギリスの製造業の年間死亡率50×10⁻⁶と、よい一致を示している。

表 3 各業種についての10⁵人あたり死亡者数

労働基準監督年報(1985年)				労働者災害補償保険労働災害統計年報(1985年)			
業種	労働者数 ^{*1)} (人)	死亡者数 (人)	10 ⁵ 人あたり 死亡者数(人)	業種	労働者数 (人)	死亡者数 (人)	10 ⁵ 人あたり 死亡者数(人)
製造業	12,777,737	475	3.7	製造業	10,748,818	549	5.1
鉱業	91,486	137	149.7	鉱業	77,047	175	227.1
建設業	3,698,742	960	26.0	建設事業	4,755,130	956	20.1
運輸業	1,275,318 ^{*2)}	53 ^{*4)}	4.2	運輸業	1,756,599	302	17.2
貨物取扱業	1,031,171 ^{*3)}	301 ^{*5)}	29.2	漁業	46,445	22	47.4
林業	126,578	122	96.4	林業	172,412	119	69.0
その他	26,474,514	524	2.0	その他	18,658,981	535	2.9
全業種	45,475,546	2,572	5.7	全業種	36,215,432	2,658	7.3

*1)この年報の労働者数は1981年7月1日現在のものしか発表されていないので、右欄の労働者災害補償保険労働災害統計年報に発表されている1981年度の各業種の労働者数に対する1985年度の数値の比率を求め、これを1981年の労働者数に乗じて各業種の労働者数として算出したもので、推定値である。また、「運輸業」と「貨物取扱業」の労働者数は、「図2」を作成するときと算出方法がことなっている。このため10⁵人あたりの死亡者数は、「図2」に示されている数値とは一致していない。

*2)「鉄道・軌道・水運・航空業」、「道路旅客運送業」、「その他の運輸交通業」を含む。

*3)「道路貨物運送業」、「貨物取扱業」を含む。

*4)「道路貨物運送業」を除く「運輸交通業」。

*5)「道路貨物運送業」、「陸上貨物取扱業」、「港湾荷役業」を含む。

3. 労働災害は今後どうなるか

ICRPは、一般業種の労働災害年死亡率をもって、放射線作業従事者のリスクを推定したのであるが、労働基準局は、労働災害としての死傷者数の経年推移について、約20年前からの減少傾向が最近鈍化しつつあることに注目している。死亡者数についていえば、図3のAに示すように、1961年(昭和36年)の6,712名をピークに漸減し、1973年(昭和48年)以降は著しい減少が見られたが、1976年(昭和51年)からは、この傾向が鈍化しているのである。このような傾向は、大阪労働基準局管内のような地域的な場合についても同様である(図3のB)。

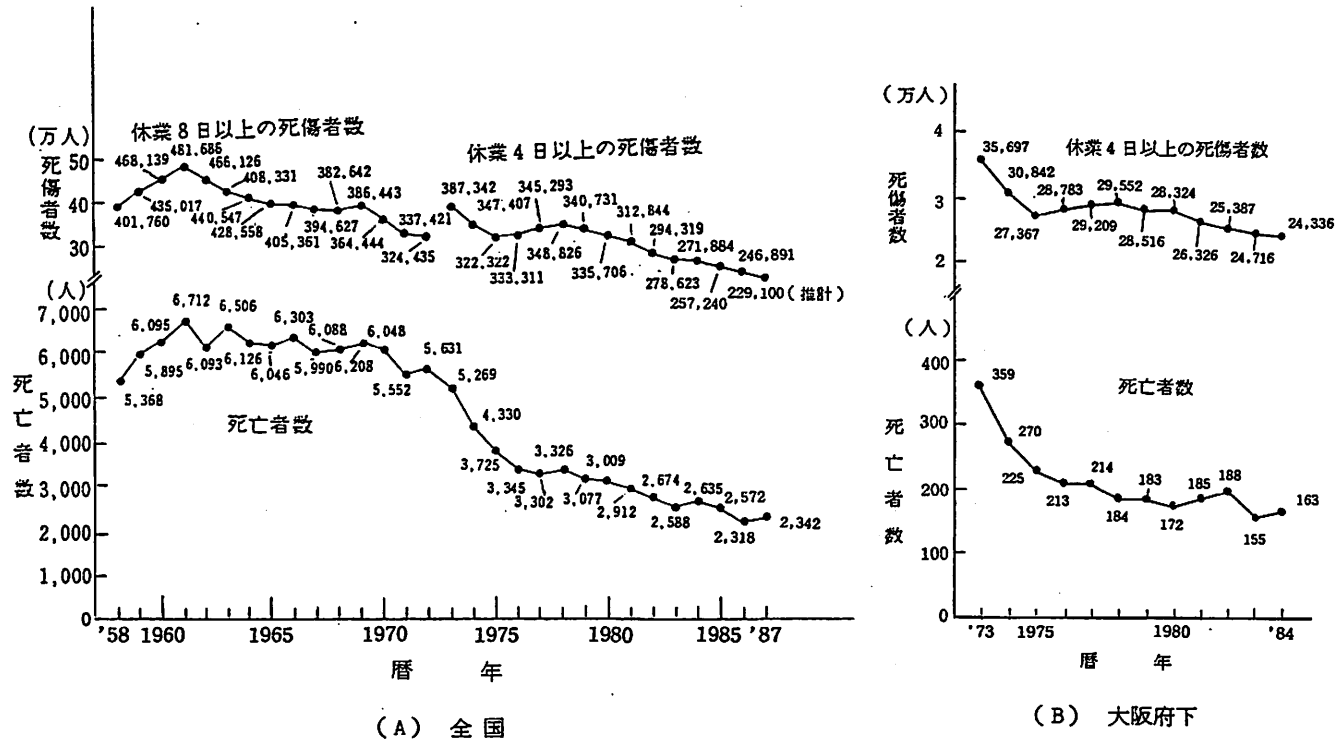


図3 労働災害による死亡者数および死傷者数の経年変化
 出典：労働省労働基準局編「昭和63年度版安全の指標」

1973年以降の下降現象の原因は、1972年10月に施行された労働安全衛生法によるところが大きいと考えられる。これは従来の労働基準法が規定している使用者と労働者の間の雇用条件に加えて、広く労働環境についての規制が効を奏したものと考えられる。また、企業自体にとっても労働災害の頻発は企業イメージの低下につながるとの意識が、次第に浸透していったことも理由のひとつにあげてよいであろう。

労働災害の減少傾向の鈍化には、最近の高齢化社会という事情が強く反映しているようである。林業や建設業のような従来比較的高い死傷率を維持してきた業種の低減への努力にもかかわらず、第3次産業つまりサービス業における災害の増加が、これを相殺して余りある状況となっている。各種の業種を停年退職した者の再就職先として「その他の事業」に分類される清掃業やビルメンテナンス業があり、これらの労働者数の全体に対する割合は、1971年の35.9%から急増して1982年には47.6%に達していて、それらにおける高齢労働者の死傷が増大しているのである。これらの状況を、表4と図4に示した。

従って労働災害の今後の見通しは、なお減少は続くものの業種によっては微増するものすら生じかねないといったところであろう。

4. 職業病とがん

労働災害としての死亡については、その発生が労働中であったか、ある加療期間の後であったか、また職業病（身体に有害な作業が原因となって発生する疾病＝業務上疾病）として不定の療養期間を経過した後の転帰なのかという問題がある。また、企業活動の面からの損失については、傷病で退職した場合には、それによる損失期間はその企業にとっては関知しないもので評価の対象にはならないが、“労働力”としての観点からは、死亡時年齢と平均寿命との差の年数は、損失として計算されるべきである。

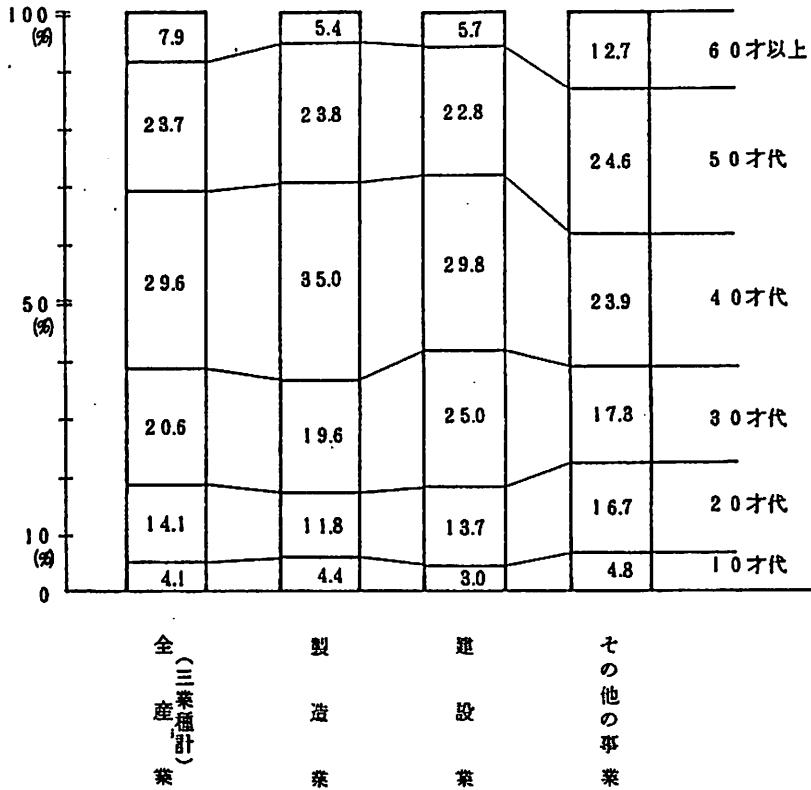
ところが労働者についての統計は、統計年報に年間の死亡および休業4日以上などについて、その総数と10歳の年齢階級別の人数が、労災保険を受給した労働者数を基礎として発表されているが、退職者に関するものはなく、その追跡はされていないようである。また上に述べた統計資料からだけでは、平均死亡年齢や休業総日数と平均休業日数など、重要な事項についての計算は出来ない。

化学物質などによるリスクについては別に述べられているが、労働者にとっては職業病としてのかかわりが深いと考えられるし、その場合、最初は何らかの異常を訴える形で始まるケースが多いであろう。従って“罹患率”のような統計があればひとつの手がかりになるだろうが、これらに関する資料もやはりないよう

表 4 高年齢労働者の労働災害発生状況の例（1984年1月～11月）

出典： 余裕のある安全管理——高年齢労働者の安全対策（大阪労働基準局，昭和60年）

業 種	高齢者／全対象者，（％）	事業場の規模	性比（％）	経験年数による区分（％）		
				5年以上	1年以上5年未満	1年未満
製 造 業	1398／4561 （30.6）	30人未満が60.1％	男性83.5	73.8	19.7	8.7
建 設 業	549／1814 （30.3）	30人未満が88.0％	男性99.1	85.2	7.8	2.7
清 掃 業	78／201 （38.8）	100人以上が62.8％	女性60.7	80.8	7.7	8.9
ビルメンテナンス業	191／243 （78.6）	100人以上が53.9％	女性60.7	38.2	44.5	16.2



註 本統計は昭和58年1～12月において受理した労働者死傷病報告のうち当該各業種1000件について調査したものである。

図 4 年代別労働災害発生状況

出典：余裕のある安全管理——高年齢労働者の安全対策（大阪労働基準局，昭和60年）

である。

労働基準局によって集計されている統計の一例として“業務上疾病発生状況”を取り上げると、これには20種ある疾病分類の中に「化学物質による疾病（癌を除く）」「化学物質による癌」の項があり、いずれも化学工業を中心とした製造業についての数値が大きく、後者つまり発癌は1982年に5名となっている。

しかし、厚生省の統計資料“職業癌に関する労災補償状況”（表5）によると、1982～1986年の5年間に306件も発生しており、この中「電離放射線による白血病、皮膚癌等」は2件が記載されている。“休業3日以下を含む”とのただし書きつきであるが、資料出所は同じ労働基準局となっていて、両者の間には食い違いがあるようである。

表 5 職業癌に関する労災補償状況(件数)

疾病の種類 \ 年度	1981年度 以 前	1982年度	1983年度	1984年度	1985年度	1986年度
総 数	618	60	68	49	65	64
ベンジジン又はペーターナフチルアミンによる尿路系腫瘍	314	20	10	8	14	11
ビス(クロロメチル)エーテルによる肺癌	11	2	1	—	1	—
タールによる肺癌	67	7	8	8	9	2
タールによる皮膚癌	1	—	—	—	—	—
ひ素による肺癌	49	2	4	—	4	—
クロムによる肺癌	83	5	11	3	1	3
クロムによる上気道の癌	3	1	—	2	3	1
塩化ビニルによる血管肉腫	2	—	—	—	—	—
ベンゼンによる白血病	7	—	—	—	—	—
ベンゾトリクロライドによる肺癌	6	—	—	—	1	—
石棉による肺癌	24	7	4	7	11	14
電離放射線による白血病, 皮膚癌等	7	1	1	—	—	—
その他の癌	44	15	29	21	21	33

出典： 国民衛生の動向（昭和56年～昭和63年）（資料：労働省労働基準局——業務上認定された件数で休業3日以下を含む——）

5. 病気などによる死亡率

癌に罹患すると死の転帰をとる場合が多いので、職業病に限らず一般に多くの人々の関心は高いが、表6に示すように、1982～1986年、日本人の 10^5 人当り癌死亡平均は152人である。ICRPのいう放射線作業従事者の $0.6\text{レム}/\text{年}$ の被曝による癌発生率 $60 \times 10^{-6}/\text{年}$ を加算すると、この場合の放射線作業従事者の死亡は 10^5 人当り $152+6$ 、すなわち158人となり約4%の増加に相当する。

表 6 悪性新生物による死亡(人口 10^5 あたり)

疾病分類 \ 暦年	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年(平均)	1982年を100としたときの指数
合計(悪性新生物)	144.2	148.3	152.5	156.1	158.5	105
食 道	5.0	5.0	5.0	5.2	5.3	102
胃	41.5	41.6	41.7	40.7	39.9	99
直腸,S字結腸移行部及び肛門	6.2	6.4	6.5	6.6	6.7	105
肝 臓	14.0	14.9	15.6	16.5	17.2	112
膵 臓	7.4	7.8	7.9	8.7	9.2	111
気管・気管支及び肺	20.5	21.6	22.9	23.8	24.4	110
乳 房*	7.2	7.3	7.9	4.1	8.3	86
子 宮	8.6	8.5	8.2	8.0	7.7	95
白 血 病	4.1	4.1	4.4	4.3	4.5	104
その他の悪性新生物	37.3	38.9	40.3	42.2	43.1	108

出典： 国民衛生の動向(昭和59年～昭和63年) * 女子のみ

さて、日本人の癌死亡率は上記5年間に約5.3%増大し、1981年以来死因第1位を堅持しているが、世界各国における癌死亡率も年とともに増大する傾向をみせている(表7)。しかしその数値は実にさまざま、人間全体について平均した癌死亡のリスクを求めることは容易でない。表7によれば、 10^5 人当り、高いところではデンマーク283.8、イギリス280.1、ハンガリー277.1、西ドイツ267.2、オーストリア247.1などがあり、アメリカは191.8である。また低いところではエジプト18.5、タイ24.7、フィリピン31.1と極端になっている。日常生活の中の何が、このような相違を生み出したのであろうか。これに関連して、ハワイ在住の日本人男子の癌発生率(10^5 人当り209.7)が、日本人(同191.3)とアメリカ人(同281.2)に挟まれた値を示しているのは興味深い。

表 7 国別にみた悪性新生物による死亡率の比較

国名	暦年	死亡率(人口10 ⁵ 人あたり)		全死亡に対する悪性新生物の比率(%)	国名	暦年	死亡率(人口10 ⁵ 人あたり)		全死亡に対する悪性新生物の比率(%)
		全死亡	悪性新生物				全死亡	悪性新生物	
デンマーク	1982	1,076.9	269.1	25.0	カナダ	1982	708.3	170.4	24.1
ハンガリー	1983	1,390.6	265.8	19.1	オーストラリア	1983	715.8	166.4	23.2
イングランド・ウェールズ	1982	1,172.9	263.2	22.4	スペイン	1979	783.3	153.2	19.6
ドイツ連邦共和国	1983	1,169.5	262.3	22.4	ポルトガル	1982	932.0	148.3	15.9
オーストリア	1983	1,232.0	249.3	20.2	チリ	1983	637.1	102.5	16.1
スイス	1983	944.9	239.7	25.4	コロンビア	1977	580.6	52.0	9.0
フランス	1981	1,028.1	234.7	22.8	タイ	1981	504.2	24.7	4.9
スウェーデン	1982	1,089.0	229.5	21.1	フィリピン	1978	652.4	31.1	4.8
オランダ	1983	819.7	223.5	27.3	エジプト	1979	1,085.2	19.2	1.8
ノルウェー	1983	1,022.8	222.3	21.7	日本	1981	614.5	142.0	23.1
イタリア	1980	971.6	213.5	32.2	"	1982	603.2	144.2	23.9
アメリカ合衆国	1982	852.9	187.4	22.0	"	1983	623.0	148.3	23.8
ニュージーランド	1983	806.3	184.1	22.8	"	1984	619.3	152.5	24.6
ポーランド	1983	955.4	175.1	18.3	"	1985	625.5	156.0	24.9

出典： 国民衛生の動向（昭和61年）

なお、癌以外の原因による死亡について、いくつかの例を表8に示した。脳血管疾患（脳出血や脳梗塞）の死亡率が癌のほぼ80%であり、胃癌と脳出血および虚血性心疾患、子宮癌と自動車事故、白血病と結核、肺癌と自殺などが、それぞれ同じ程度の死亡率を示していることがわかる。

表 8 疾病（悪性新生物をのぞく）などによる死亡（人口10⁵あたり）

分 類	暦 年						1982年を100とし たときの指数
	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年（平均）		
総 数	603.2	623.0	619.3	625.5	620.6	618.3	103
呼吸器系の結核	4.3	4.3	3.9	3.7	3.3	3.9	91
糖 尿 病	7.4	7.5	7.9	7.7	7.6	7.6	103
高血圧性疾患	11.7	11.3	10.9	10.6	9.7	10.8	93
虚血性疾患	41.0	42.0	41.2	41.1	40.1	41.1	108
心 不 全	52.2	56.0	59.3	62.6	64.4	58.9	113
脳血管疾患	125.0	122.8	117.2	112.2	106.9	116.8	93
脳 出 血	37.4	35.3	33.2	30.7	29.3	33.2	89
脳 梗 塞	59.8	59.3	57.7	56.0	53.4	57.2	96
肺 炎	29.9	33.9	32.5	37.5	39.1	34.6	116
先 天 異 常	3.7	3.7	3.6	3.3	3.2	3.5	95
不慮の事故及び 有 害 作 用	24.7	25.0	24.6	24.6	23.7	24.5	99
自動車事故	10.5	10.9	10.4	10.5	10.3	10.5	100
自 殺	17.5	21.0	20.4	19.4	21.2	19.9	114
他 殺	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9	100

出典： 国民衛生の動向（昭和59年～昭和63年）

さらに、これら疾病などによる死亡率の最近（1982～1986年）における経年変化を調べたところ（図5）、著しい増大傾向を示しているものは肺炎と心不全で、肺癌、肝癌、膵臓癌、その他の癌がこれに続いて、全体を押しあげる結果になっている。減少傾向は、肺結核に著しいものがあり、子宮癌、高血圧性疾患、脳出血、先天異常も低下を示していることがわかる。しかし、全死亡としては、表8に見られるように、1982～1986年の5年間の平均は、1982年の3%増にとどまっている。

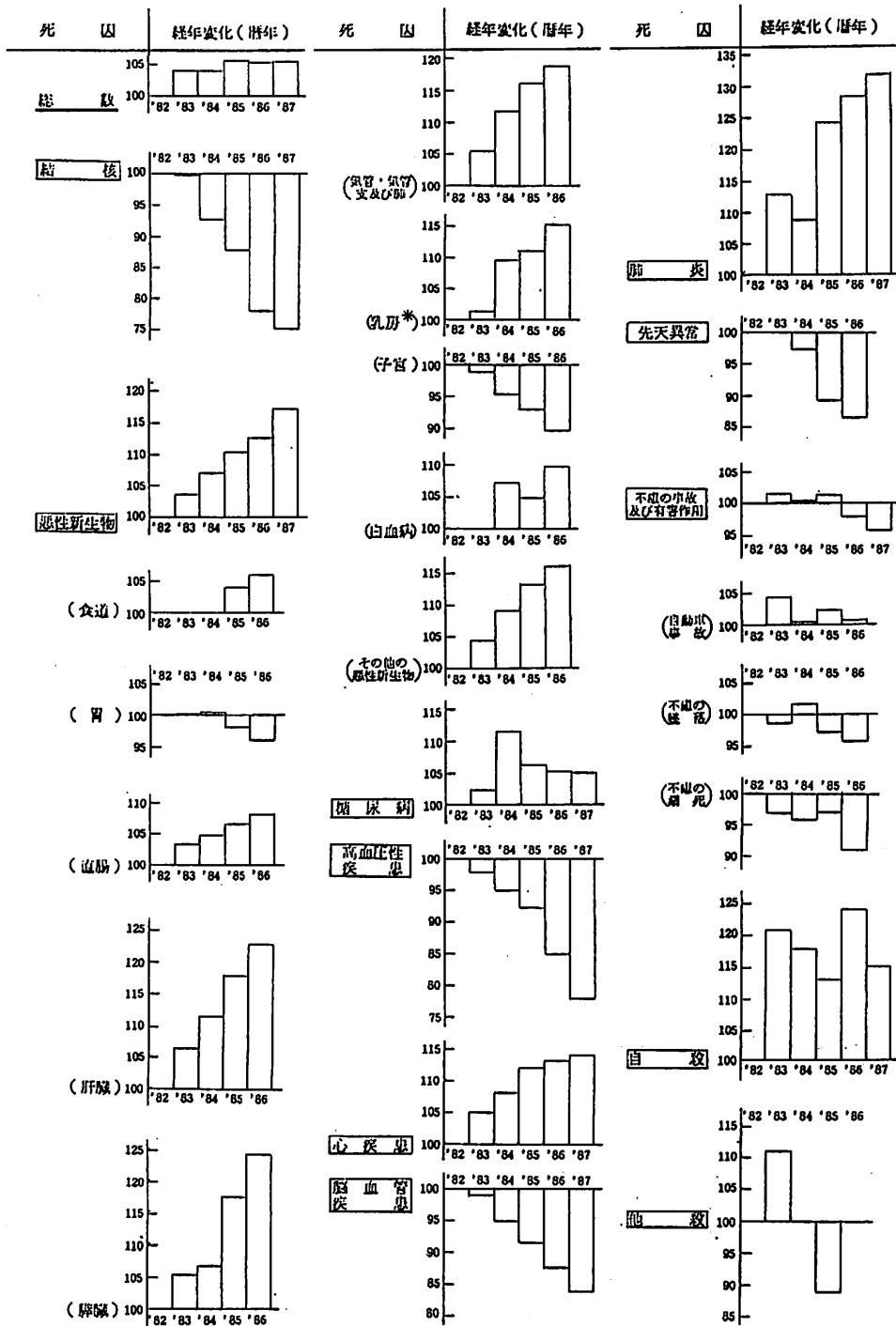


図5 疾病などによる死亡率の経年変化

1982年の 10^5 人あたりの死亡数を100としたときの比較。死因欄の()は、その上の□に含まれる疾病分類。

6. 交通事故 — この人為的なもの

人間の行動が原因である“事故”死のうち最大のものは、表9に示す「自動車事故」の 10^5 人当たり10.3人（1986年）である。ところが警察庁のまとめた「交通事故」死は、7.7人で、厚生省の数値より小さくなっている。このことは表9に見られるように、毎年ほぼ同じ傾向で、死亡者数の比率は、厚生省が警察庁より約35%も多くなっている。この相違は、前者が交通事故が原因で死亡した人すべてを対象としているのに対し、後者では事故発生後24時間までの死亡に限りて集計していることによっている。事故の種類、状態、死亡者の年齢など、解析と作表はすべて後者の資料に依拠して、ここでも2種類の統計数値の妥当性に問題を投げかけている。

表 9 自動車の事故による死亡者についての2種類の統計の比較

事 項		暦 年					
		1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年
死亡者数(人)	警 察 庁	9,073	9,520	9,262	9,261	9,317	9,347
	厚 生 省	12,377	12,919	12,432	12,660	12,458	—
人口 10^5 人あたり 死亡者数(人)	警 察 庁	7.6	8.0	7.7	7.7	7.7	7.7
	厚 生 省	10.5	10.9	10.4	10.5	10.3	—
死亡者数の比率(厚生省/警察庁)		1.36	1.36	1.34	1.37	1.34	—

出典： 警察白書（昭和62～63年），国民衛生の動向（昭和56年～昭和63年）

交通事故に関連する“ひきにげ事件”について、検討を加えてみた（表10）。1件当り最少1人が被害者になっていると仮定すると、1987年、 10^5 人当たり23件であり、これは死亡事故の約3倍である。また、“ひきにげ事件”の加害者がすべて運転免許保有者であり、1人1件の割合であるとする、運転免許保有者 10^5 人当りの発生件数は51となり、1,963人に1人がひきにげしている計算になる。

表 10 人口と運転免許保有者数からみたひきにげ事件発生率

事 項		暦 年					1983年を100としたときの指数
		1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	
ひきにげ事件発生件数(件)		28,446	27,188	27,764	30,614	28,382	100
人 口($\times 10^5$ 人)		118,786	119,523	121,047	120,947	121,535	102
運転免許保有者数($\times 10^5$ 人)		48,814	50,607	52,348	54,080	55,724	114
10 ⁵ 人あたり ひきにげ事件 発生率(件)	全 人 口	24	23	23	25	23	96
	運 転 免 許 保 有 者	58	54	53	57	51	88

出典： 昭和63年版交通安全白書，国民衛生の動向（昭和59～昭和63年）

自動車利用による便利さが大変大きいために、交通事故発生率の高さにかかわらず、そのリスクが容認されているという説明には、若干の修正が必要である。交通事故による死亡者を、自動車や二輪車に乗車して死亡したグループと、自転車乗車中や歩行中に自動車によって死亡させられたグループとに区分すると、表11のようになる。乗車側死亡とは、自動車利用のメリットを直接受けるグループの死亡で、非乗車側死亡とは、自動車利用の便利さと直接かかわらないグループの死亡である。1983年から1987年のデータから、乗車側については運転免許保有者は 10^5 人当たり年間10.0~11.8人が死に、非乗車側では人々は 10^5 人当たり、年間2.9~3.1人が死亡させられていることがわかる。表現をかえると、運転免許保有者は年間8,498~9,961人に1人死亡し、また年間13,017~15,000人に1人が他人を死亡させている計算になる。この統計数値は警察庁によるものであり、それより約36%大きい厚生省の数値を考慮に入れて単純に掛け算をして同様の数字を求めると、運転免許保有者の年間死亡は6,249~7,324人に1人、運転免許保有者は年間9,571~11,029人に1人が死亡をもたらしている計算になる。

表 11 状態別にみた交通事故死亡者数とその発生率*

事 項(人)		暦 年					1983年を100とし たときの指数	
		1983年	1984年	1985年	1986年	1987年		
死 亡 者 総 数		9,520 (100.0)	9,262 (100.0)	9,261 (100.0)	9,317 (100.0)	9,347 (100.0)	98	
乗 車 側 死 亡	死 亡 者 合 計	5,744 (60.3)	5,713 (61.7)	5,606 (60.5)	5,632 (60.5)	5,594 (59.8)	97	
	自動車乗車中	3,487 (36.6)	3,391 (36.6)	3,266 (35.2)	3,323 (35.7)	3,192 (34.1)	92	
	二輪車乗車中	2,257 (23.7)	2,322 (25.1)	2,340 (25.3)	2,309 (24.8)	2,402 (25.7)	106	
	10^5 人あたり 死 亡 率	全 人 口	4.8	4.8	4.6	4.7	4.6	96
		運 転 免 許 保 有 者	11.8	11.3	10.7	10.4	10.0	85
	非 乗 車 側 死 亡	死 亡 者 合 計	3,750 (39.4)	3,523 (38.0)	3,621 (39.1)	3,659 (39.2)	3,715 (39.7)	99
自転車乗車中		958 (10.1)	947 (10.2)	965 (10.4)	962 (10.3)	918 (9.8)	96	
歩 行 者		2,792 (29.3)	2,576 (27.8)	2,656 (28.7)	2,697 (28.9)	2,797 (29.9)	100	
10^5 人あたり 死 亡 率		全 人 口	3.1	2.9	3.0	3.0	3.1	100
そ の 他		26 (0.3)	26 (0.3)	34 (0.4)	26 (0.3)	38 (0.5)	146	

* ()内の数値は構成比。

出典：昭和63年版警察白書

交通事故による災害のうち、自転車乗車者や歩行者の死亡は“避けたいが避けられない”ようなリスクの例といえる。表11の内容を棒グラフにした図6からもわかるように、このグループの死亡割合は経年的に漸減しているとはいえ、1987年において全体の39.7%を占めている。つまり死亡者の2.5人に1人は“やられて”死んでいるのであり、クルマが「走る凶器」といわれるゆえんである。

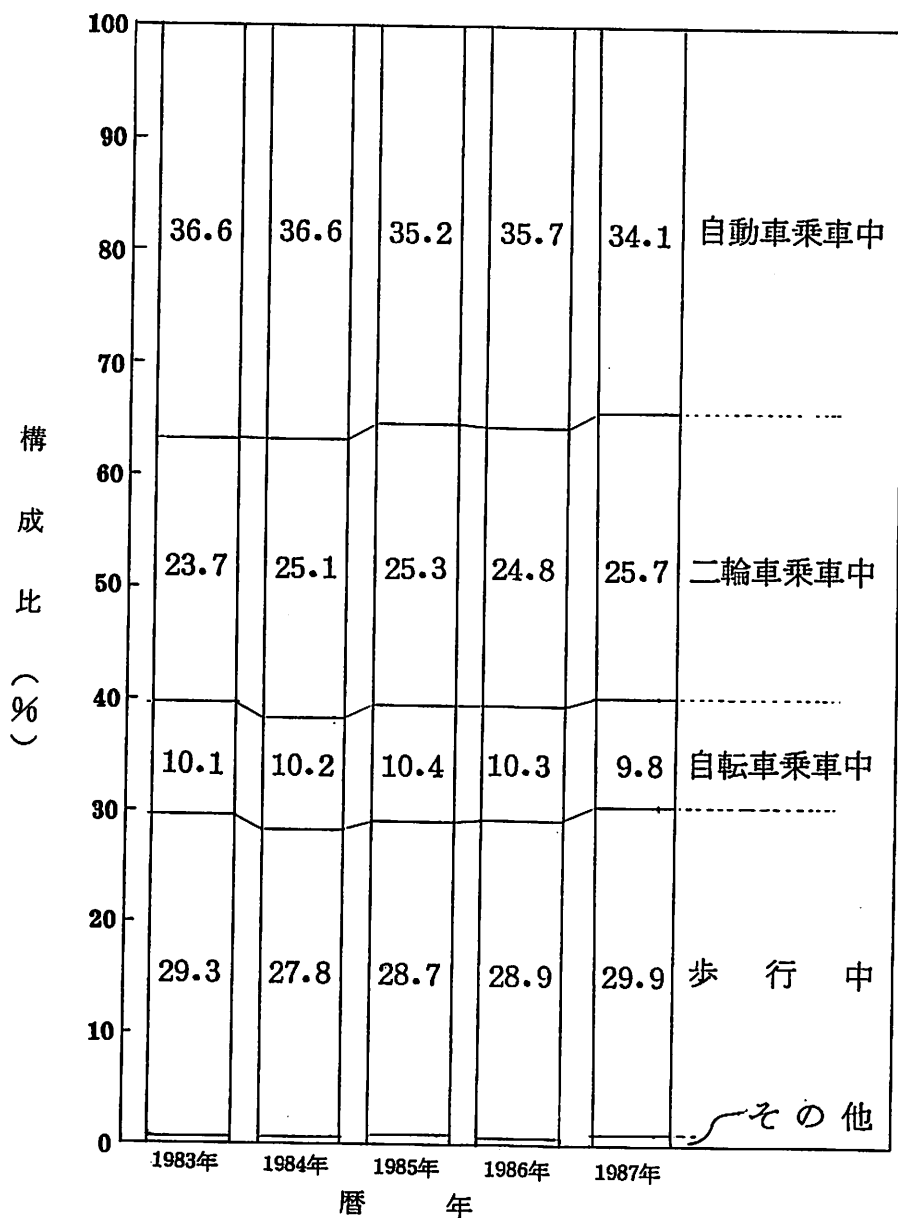


図6 状態別にみた交通事故死亡者の構成比

出典：昭和63年版警察白書

また交通事故による死亡者数の経年変化について、1983年の死亡者数を 100とした時の比較を行うと、図7のようになる。先に述べたように、自転車乗車中や歩行者など非乗車側では、いったん減少したものの再び増加する傾向が認められる。これに対して乗車側ではやや減少を示しているが、その中で二輪車乗車中のケースが5年間に7%近く増加していることは、注目される。

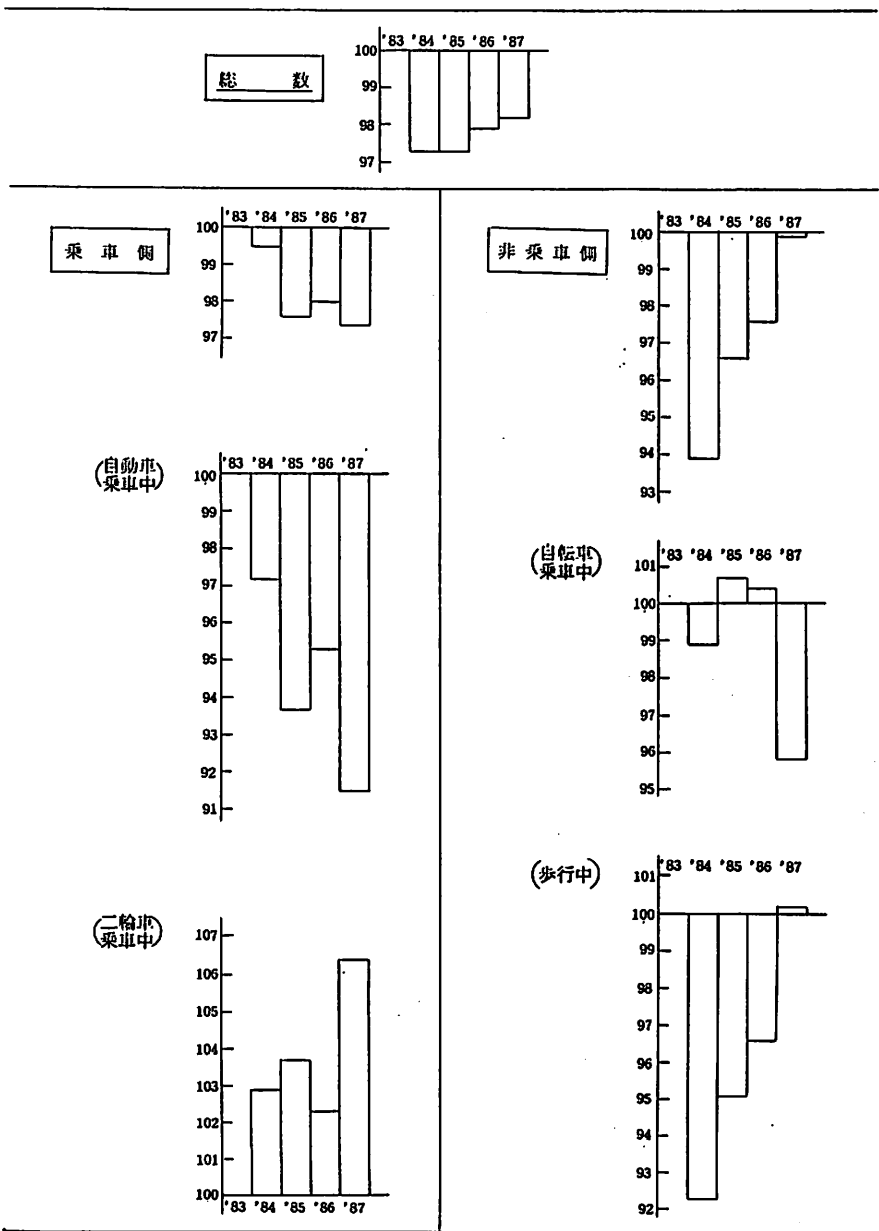


図7 交通事故による死亡者数の経年変化 1983年の死亡者数を100としたときの比較

そこで1987年の二輪車乗車中の死亡者 2,402人について、5～10歳の年齢階級別の死亡者の割合を求めて図示した(図8)。二輪車は、自動二輪車と原動機付自転車の2種に区分されるが、いずれも16～19歳における死亡の割合が最高で、

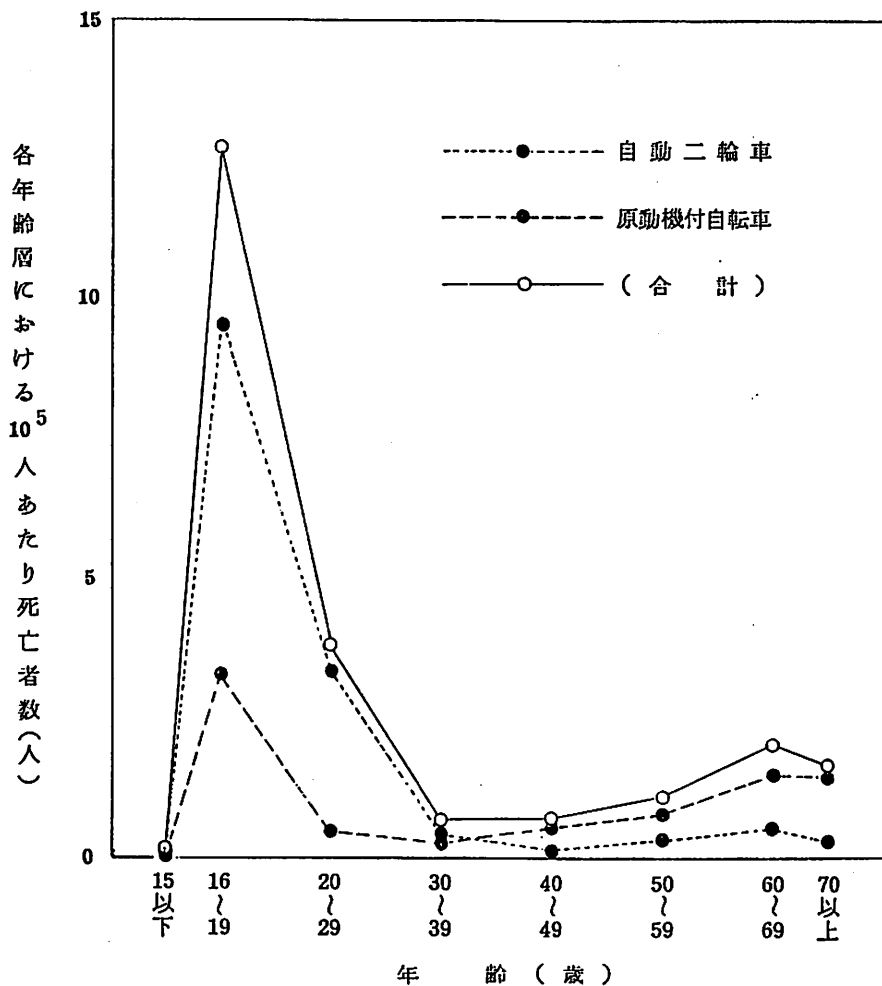


図8 年齢層別二輪車乗用者の交通事故死亡者数

出典：昭和63年度版「交通安全白書」

前者は47.7%、後者は28.1%、二輪車全体で40.5%を占めている。10⁵人当りの死亡者については、二輪車全体で2.0人であるのに対し、16~19歳ではそれが12.7人と6倍以上の高率を示し、この年齢の若者が7,858人に1人の割合で命を落としていることがわかる。オートバイを欲しがめるヤングと、それを売らんかなの販売合戦、それは本来“避けられるはずが避けられていない”リスクといったものではないだろうか。

7. 自然災害や事故による危険

さて、疾病や交通事故を除くその他の災害や事故の様子はどうか。

自然災害による死傷の状況を、表12に示した。5年間における平均の死傷者数合計に対する死者・行方不明者の割合は20.8%で、人口10⁵人当り死者・行方不明者数は0.17人であった。各年についての前者の割合は、1983年；30.5%、1984年；22.6%、1985年；18.9%、1986年；18.0%、1987年；10.9%であった。これらの数値について、表13に示した自然災害の分類の各項目と照らし合わせると、死亡割合の大きかった1983年は地震・津波により合計の1/3が死亡していること、1984、1985、1986の各年の数値は、豪雪による雪害がもたらしたものであることがわかる。また1985年の死者・行方不明者228名の46%は、台風、大雨などによるもので、負傷者も468名にのぼっている。

表 12 自然災害による死傷の状況

事 項 (人) \ 暦 年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	(平均)
死者・行方不明者						
総 数	331	225	228	146	81	202
人口10 ⁵ 人あたり	0.28	0.19	0.19	0.12	0.07	0.17
負 傷 者						
総 数	754	772	976	667	665	767
人口10 ⁵ 人あたり	0.63	0.65	0.81	0.55	0.55	0.64
合 計						
総 数	1,085	997	1,204	813	746	969
人口10 ⁵ 人あたり	0.91	0.83	0.99	0.67	0.61	0.80

出典： 昭和63年版警察白書

表 13 自然災害・事故による死傷の発生状況(人口10⁵あたり)

区 分 事 項	(死者・行方不明者)						(負傷者)						(合計)					
	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	(平均)	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	(平均)	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	(平均)
全 体	3.91	3.88	4.16	3.42	3.16	3.71	6.10	6.47	6.19	6.06	5.37	5.86	10.01	10.33	10.35	9.48	8.53	9.74
自 然 災 害	0.28	0.19	0.19	0.12	0.07	0.17	0.63	0.64	0.81	0.55	0.55	0.64	0.91	0.83	1.00	0.67	0.61	0.80
台風・大雨 強風・高潮	0.15	0.02	0.09	0.04	0.02	0.06	0.36	0.05	0.39	0.14	0.29	0.25	0.51	0.07	0.48	0.18	0.32	0.31
地震・津波	0.09	0.02	—	—	0.00	0.02	0.18	0.02	0.02	0.01	0.12	0.07	0.27	0.05	0.02	0.01	0.13	0.10
落盤山崩れ	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
雪 害	0.02	0.10	0.06	0.06	0.02	0.05	0.05	0.53	0.36	0.39	0.08	0.28	0.06	0.64	0.43	0.45	0.10	0.34
落 雷	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02
事 故	3.63	3.67	3.97	3.30	3.10	3.48	5.46	5.82	5.38	5.50	4.82	5.40	9.10	9.50	9.35	8.81	7.92	8.94
山岳遭難	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.20	0.24	0.20	0.20	0.20	0.21	0.33	0.36	0.32	0.32	0.32	0.33
水 難	1.77	1.61	1.67	1.47	1.33	1.57	0.81	0.76	0.71	0.51	0.30	0.62	2.58	2.37	2.37	1.98	1.62	2.18
爆発物 による爆発	0.03	0.05	0.07	0.02	0.02	0.04	0.50	0.40	0.38	0.30	0.28	0.37	0.55	0.44	0.45	0.32	0.30	0.41
火 災	0.83	0.90	0.80	0.89	0.78	0.84	1.70	2.01	1.81	1.78	1.71	1.80	2.53	2.92	2.61	2.67	2.49	2.64
航 空 機	0.03	0.02	0.44	0.02	0.03	0.11	0.05	0.01	0.02	0.10	0.03	0.04	0.08	0.03	0.46	0.12	0.05	0.15
船 舶	0.04	0.04	0.06	0.05	0.08	0.05	0.05	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.12	0.15	0.13	0.17	0.13
列 車	0.10	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.20	0.05	0.29	0.08	0.14	0.20	0.31	0.13	0.05	0.17	0.17
そ の 他	0.68	0.84	0.72	0.66	0.64	0.71	2.07	2.12	2.12	2.17	2.13	2.12	2.74	2.96	2.68	2.65	2.73	2.75
(自動車事故)	7.97	7.70	7.70	7.70	7.69	7.75	548	536	563	589	594	566	556	544	571	597	602	574

出典： 昭和63年版警察白書，昭和63年版交通安全白書

このような自然災害は、本来“避けたいが避けられない”要素の大きいリスクであるが、これに対して“避けられるはず”の人為的な事故によるリスクがいくつもあり、表12に併せて収載した。1985年の航空機による突出した数値については最初にふれたが、水難による死者・行方不明者が 10^5 人当たり1.57人と、意外に高い数値を示しているほかは、火災を除いて一般に数値は大きくない。火災による死亡が経年変化の少ない、毎年ほぼ一定の数値をとり続け、死傷者合計の30%に相当していることは、このような日常生活に密着した事項については、事故を減少させリスクを低下させることが、容易でないことを物語っている。

おわりに

以上、私達の身の周りのリスクについて客観的な数値を列挙してきたが、最初に述べたように、これらの諸事項について実感される主観的なリスクの認知との間には、さまざまな程度に食い違いがある。

“認知されたリスク”が、客観的な“数値としてのリスク”と観念的な“感じとしてのリスク”から成立しているとすれば、このふたつの因子の相互関係はどのようなものであろうか。

交通手段の利便の程度をあらわすのに、各都市間を結ぶ所要時間に基づいて、短時間のところは短距離に表現した地図があるが、地理的な距離が“数値のリスク”であり、この「時間地図」が“感じとしてのリスク”であると、“認知されたリスク”をどう表現すればよいのであろうか。

最後に、ここで紹介した“数値のリスク” — 10^5 人あたりの死亡者数— を、まとめて表14にかかげておく。

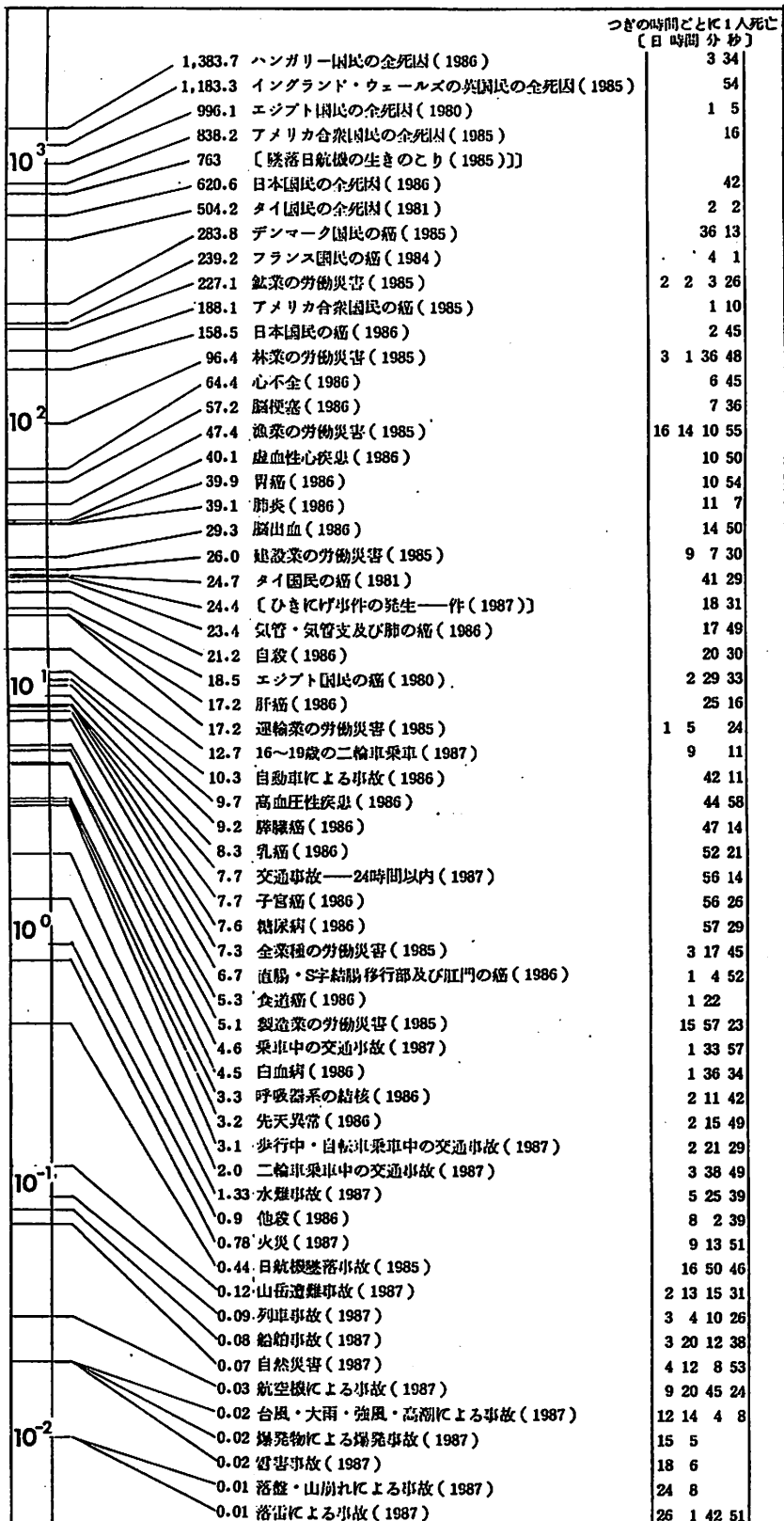


表 14 いろいろな事項についての 10^5 人あたりの死亡者数 (人)

9. 医学生物学の進歩とリスク

9. A 発癌のメカニズム

横 路 謙次郎

広島大学原爆放射能医学研究所

はじめに

人が罹患する病気の頻度あるいはそれによる死亡頻度は一定したものではなく、医療水準の向上には勿論であるが、大きくはその国の社会的並びに経済的状况に、直接的には我々を取りまく生活環境に依存して常に変動している。例えば、厚生省の人口動態統計によると、明治後期から昭和初期に至る間の我が国における死因の上位は肺・気管支炎、結核症、胃腸炎などの感染症が占めていたが、これらの疾患は抗生物質の開発によって戦後急速に減少し、それらに代わって、癌、心臓疾患、脳血管疾患などの所謂「成人病」が死因の上位を占めるようになってきた。そのうちでも癌は昭和56年からは死因のトップを占めるに至っている。因みに昭和58年度を例にとると、我が国の年度総死亡数 740,038人のうち、癌による死亡が 176,206人で、人口10万対年間死亡率は 148.3 (人) となり、総死亡数の 23.8% に達している。しかも、これらの数字は年々上昇の傾向を示している。

このような状況下において、癌に対する国民の関心は急速にたかまり、かなり専門的事項に関してまでもマスコミに取り上げられるようになってきている。一方、専門学会である日本癌学会及び日本癌治療学会の昭和60年度年次総会はそれぞれ東京都及び広島市で開催され、3,000題に近い研究発表が行われ、参加者は8,000人以上に及んでいる。我が国の癌研究のレベルは最近では欧米と比肩するまでに至っており、熱心な基礎的並びに臨床的研究によって、癌の診断・治療は目覚しく進歩している。しかしながら、癌の本質、癌はどのような仕組みでおこってきて、とめどもなく増殖した後、宿主を倒し、自らも滅亡するのだろうか？ それに対する明確な答えは未だ得られていない。本稿では、それらについて現在までに解っていることと今後の展望について簡単に述べたい。

I. 癌とは？

成人は約60兆個もの細胞から構成されていると言われるが、これらの細胞は生命維持のための機能的単位として、恒常性を保ち、合目的によく統御されている。細菌やウィルスの侵入によって組織や細胞が損傷、破壊される炎症性疾患と異なって、癌はこれらの正常細胞が何らかの原因によって、統御から外れて、自

律性をもって無制限に増殖する。これら癌細胞集団は隣接組織、器官を圧迫、侵襲し、更には血管やリンパ管を通して遠隔組織に転移して、遂には個体を斃してしまふ。癌が悪性新生物とも呼ばれる所以であつて、自分自身の細胞による内乱とも言える極めて特異な疾病である。

II. 発癌因子

それでは、細胞を癌化させる因子あるいは誘発因子にはどんなものがあるのだろうか？ 人における疫学的調査、あるいは動物を使つての実験的研究から、現在までにはっきりしているのは紫外線や電離放射線のような物理的因子、環境中に存在する種々の化学物質、腫瘍性ウィルス、及びある種のホルモンなどである。

1. 放射線

熱帯地方の住民の間に皮膚癌が多いのは太陽光線中の紫外線によることが判つているし、放射線照射による発癌は、古くはボヘミア地方のラジウム鉱夫に発生した肺癌、放射線専門医、放射線従業者における白血病や皮膚癌、英国において放射線治療をうけた強直性脊椎炎患者にみられた白血病、放射性物質を含有するX線造影剤（トトロラスト）注入患者、あるいは放射性物質を含んだ蛍光塗料を取り扱つた時計工場従業者などに多発した胆管癌、骨肉腫、米国コロラド山塊のウラン鉱夫における肺癌など、種々の職業的あるいは医療被曝集団における例証は枚挙に暇がないが、何と云つても代表的なのは原爆被曝者集団であつて、人における放射線障害の危険度の評価についても多くの資料が得られつつある。また、発癌の機構を探る目的で、マウス、ラット、犬などを用いての動物実験、あるいは組織培養法を用いた試験管内発癌実験も広く行われている。

2. 化学物質

消化管あるいは呼吸器系をはじめとして、人の癌の70~80%は広い意味での化学物質の摂取によると言われている。人におけるはじめての症例は18世紀終わりに英国で、煙突掃除人癌と言われたもので、石炭の燃えかすの付着による陰嚢癌の発生であつた。この化学発癌で有名なのは、約70年前のことであるが、東京大学の山極勝三郎教授と市川厚一助手は兎の耳にコールタールを反覆塗布することによって世界で初めて人工的に癌を作ること成功した。更にそれが契機となつて、コールタール中から強い発癌性を示すベンツピレンが抽出され、その後の化学発癌研究の進展の礎となつた。最近では、食品中のカビや蛋白質の加熱分解産物中にも強い発癌性を示す物質が見つかり、身近な問題として重要である。勿論、喫煙は肺癌の第一義的な原因となることは多くの疫学的研究によって疑う余地のないところであるが、飲酒とともに他の多くの癌の発生にも関与している可能性

が指摘されている。このように多くの癌は広い意味での生活様式 life style とのかかわりが深いことが漸次明らかになりつつあり、大げさに言えば、我々は発癌物質の海の中で泳いでいるようなものである。

3. 腫瘍（癌）ウィルス

種々の動物に白血病、乳癌、肉腫などを発生させるウィルスの存在が古くから知られ、後述の如く、詳しく研究されている。人癌ウィルスの存在についても、アフリカの小児に多発するパーキットリンパ腫、東南アジアの中国系住民における上咽頭癌や子宮癌などのウィルス原性が疑われているが、確証は得られていない。ところが、最近になって、本邦の南西部沿岸地域（長崎、鹿児島、愛媛、高知の各県など）において、あるいは同地方出身者に地方病的に多発している白血病（成人T細胞性白血病、ATL）の病因として、Human T-cell Leukemia virus (HTLV-1)の関与が確実視され、人癌ウィルスの第1号として注目されている。このウィルスは免疫能を担っているある種のリンパ球に感染し、それを癌化させてATLをおこすが、これに関連して興味あるのは、最近、現代の黒死病（ペスト）として恐れられ、我が国でも患者が出始めているAIDS（後天性免疫不全症候群）の病因ウィルスはHTLV-1の同族であるHIV-I及びHIV-IIであることで、このウィルスはHTLV-1が感染すると同じリンパ球に感染し、それを障害するために免疫能が失墜し、患者は種々の感染症によって高い死亡率を示すのである。HIVの起源は明らかではないが、中央アフリカにおいて類人猿から人に感染し、それが伝播されたものであろうと推測されている。

4. ホルモン

元来ホルモンは生体内で産生される生理的物質であるので、前に述べた物質とは本質的に異なり、このような生理的、内因的物質に発癌性があるとは考えにくい。ホルモンの作用は一般にその標的組織に対して、増殖的に、かつ、機能促進的に働く。従ってホルモンは発癌物質というよりは他の発癌物質によって癌化した細胞の増殖促進、あるいは抑制などの修飾因子と考えるべきである。その代表例を挙げると、乳癌に対する女性ホルモン（エストロゼン）は促進作用を示すが、前立腺癌に対して男性ホルモン（アンドロゼン）は促進的に、女性ホルモンは抑制的に作用することがよく知られている。マウスやラットでは放射線や化学発癌剤で誘発した乳癌に対してエストロゼンとともに脳下垂体から分泌される催乳ホルモン（プロラクチン）が強力な促進作用を示す。

ホルモン剤の使用と癌の発生との因果関係が疑われている例として、かつて流産防止に使用された合成エストロゼン（ジエチルstilbestrol、DES）及び経口避妊薬、更年期障害治療剤として使用されたエストロゼン製剤がある。

前者は胎児期に DESの影響をうけた女子が思春期に至って、膣癌に罹患する率の高いことが知られている。後者では肝癌や子宮内膜癌の発生との因果関係が指摘されている。

ラット、マウスなどの実験動物では内因性、あるいは合成エストロゼンの投与による膣、子宮、乳腺、肝あるいは脳下垂体腫瘍などの発生が報告されている。

5. 二次発癌（医原性発癌）

以上の如く、4種の発癌因子が各個別に、あるいは共同的に作用して癌の発生に至るのであるが、最近注目されているのは癌の治療目的で使用された放射線あるいは抗癌剤投与に基づく二次発癌（医原性発癌）である。放射線照射された局所における肉腫、あるいは白血病の発生などが報告されており、癌の治療法の進歩によって癌患者の余命が延長しつつある現状からみて、今後の対策がまたれる問題である。

Ⅲ. 発癌機構に関する学説

現在最も多くの研究者から支持されているのは発癌の二段階説である。これは1940年頃にイスラエルの Berenblum博士によって提唱された学説で、発癌過程を Initiation stage（初発期）と Promotion stage（促進期）とに分けている。この説はマウスの皮膚癌発生をモデルとして実証された。即ち、それ単独では発癌しない少量の発癌剤を塗布した後に、それ自体は発癌性のない植物油（クロトン油）を追加塗布することにより癌が発生した。順序を逆にした場合には発癌しなかった。その説くところは、発癌物質（Initiator）によって標的細胞の核の中にある、その形態、機能制御の源泉である遺伝子（人では数万あるいは数十万個あると言われ、未だその数も定かでないが、それらは染色体上に存在し、物質的には DNAと呼ばれる）に不可逆性の変化が招来され（突然変異）、その結果、細胞の癌化（悪性変換）がおこる。しかしながら、癌化細胞が直ちに増殖を開始して、臨床的に認識される癌になるのではなく、多くの場合にはその増殖を促進、あるいは支持する第二の物質（Promoter）の作用が必要である。最近では、増殖する癌細胞集団の中に悪性度の強い細胞が出現し、それらが優勢となり、転移形成などの癌の特性を発揮するようになる progression stage（増悪期）を加えるようになっている。

従来の癌研究の多くは Initiation に主力が注がれてきたが、癌の発生率を規定するという意味では Promotion が鍵を握っているとも言える。Initiation は1つの発癌因子に短時間接触することによっても起こると思われるが、Promotion は長時間に亘って促進因子に接触する必要があると考えられるので、両者は異なっ

たメカニズムによるものであろう。他方、InitiatorとPromoterの区別は必ずしも明確ではない。即ち、放射線やある種の化学物質は量次第では所謂完全発癌因子として両方の作用を発揮する場合もある。

ここで言う Initiatorとは勿論、放射線、化学発癌物質、腫瘍ウィルスなどを指し、人あるいは動物を問わず多くの例証があるのに対して、Promoterに関しては動物においては前記のクロトン油中の有効成分として TPAという物質が分離されている他に、サッカリンやフェノバルビタールなどが知られているが、人癌におけるその寄与は不明である。この意味からも我々の生活環境中に存在するであろう Promoterの同定は重要な課題と言える。

IV. 発癌遺伝子を探究する分子生物学的アプローチ

最近の分子生物学、あるいは遺伝子工学の急速な進歩によって従来興味をもたれてきた生物学的諸現象の本質的解析が可能となってきた。発癌に関しても例外ではなく、1980年代に入ってbreakthroughという言葉がピッタリする程の進展がみられているので簡単に紹介する。

1. オンコジン仮説 (Oncogene hypothesis)

これは1960年代後半に米国人研究者によって唱えられたもので、発癌を遺伝子レベルで捕らえようとした最初の試みであった。それを要約すると、人を含めて哺乳動物の全ての体細胞は細胞の癌化能を有するウィルス産生のための遺伝子を正常構成成分として保有している。正常時にはこの遺伝子は発現されない(switch off)状態にあるが、放射線や化学発癌物質に暴露されたり、老令化すると、それが引金となって発現(switch on)する結果、ウィルスが産生され、癌化に至るといものである。ここで言うウィルスの概念は、外部からの感染ウィルスではなくて、内在性であり、主成分が核酸の一種である RNAで構成されるところに特徴があった。その後、多くの内在性 RNAウィルスには発癌性のないことが明らかにされ、発癌機構を統一的に説明しようとしたこの仮説の正当性は証明されなかったが、遺伝子レベルで発癌の謎に迫りつつある現在の考え方に先鞭をつけたもので、その意義は小さくはなかった。

2. 癌遺伝子(オンコジン)の発見: その由来と機能

従来、細胞遺伝子(DNA)に傷がつき、何らかの遺伝子の突然変異によって細胞が癌化するのであろうとの漠然とした概念が抱かれていた。数年前までは夢物語であったその癌遺伝子(oncogene, onc)が特定されたのである。その端緒は全く異なった2つの研究分野から開かれた。

その1つは動物腫瘍(癌)ウィルスの研究である。古くからトリ、ネコ、牛、

マウスなどに白血病や肉腫などをおこす RNAウィルスの存在が知られていたが、1970年代の後半になってそれらウィルスの保有する癌遺伝子 (viral oncogene, v-onc)によく似た分子配列が人を含む多くの動物細胞中にも存在することが明らかにされた。そのあるものは酵母細胞中にも見つけられたが、これはその遺伝子 (細胞性癌遺伝子、cellular oncogene, c-onc) は元来、細胞増殖・分化などの重要な機能に関与するところから、進化の過程においてもよく保持され、酵母から人細胞に至るまで動物界に遍く存在するのである。c-oncは感染したウィルスに取り込まれ、多少、配列、構造が変わることにより、一転して細胞癌化という凶悪な機能を発現するのである。この発見によって、従来、人癌とはおよそ無縁と考えられ、白眼視されていた動物腫瘍ウィルスの研究が一躍脚光を浴びるようになった。前述のATLVの発見も一連の研究の成果の1つである。因みに動物腫瘍ウィルスの研究に先鞭をつけた P. Rous博士がノーベル賞を受けたのは、同博士が有名なRous肉腫ウィルスを記載した半世紀後のことであった。

もう1つのアプローチは、人癌細胞から遺伝子構成成分である DNAを抽出精製し、これを試験管で培養されているマウス細胞 (NIH3T3細胞) に特殊な方法で移入(transfection)してやると、マウス細胞が癌化することが1980年はじめ頃から米国の複数の研究者から報告された。興味深いのは前記の v-oncと同質の c-oncが人癌の DNA中にも存在することで、人癌と言えども c-oncの“活性化”あるいは遺伝子配列の極く一部に変化(点突然変異)がおこることによって細胞癌化が招来されることが明らかになったわけである。肺癌、膀胱癌、神経系腫瘍、白血病などから主として“ras family”と呼称されている一連のoncogeneが分離同定されているが、最近、我が国においても胃癌細胞から新しいoncogeneが発見されている。現在までに数十種類にも及ぶoncogeneが同定され、その一部は細胞染色体上の所在位置もわかっている。

次に問題となるのはこれらoncogeneの機能と細胞癌化との相関性についてである。oncogeneの産物の多くが同定され、かつ、細胞内の局在及び機能も明らかにされつつある。その多くは蛋白質磷酸化酵素作用をもつが、中には細胞の増殖因子あるいはその受容体の働きをするものもある。このような急速な展開は遺伝子操作法の進歩に負うところが大きで、新知見が殆ど週単位で国際的専門誌の紙面を賑わしている。

極く最近になって、従来、癌化の主角と考えられてきた oncogene (dominant oncogene) に対して、細胞癌化に抑制的に働く recessive oncogene (anti-oncogene) の存在がクローズアップされ、それらの不活性化あるいは欠失による発癌機構の存在がにわかに注目を浴びるようになっている。

おわりに

本稿では現時点において知られている発癌に拘る諸要因と、メカニズムについて概説した。発癌因子としては触れなかったが、種々の危険因子に対する個人の感受性を規定する遺伝的要因も重要である。従来、素因あるいは体質という抽象的な表現をされていたが、明らかに遺伝的要因が大きな役割を演じている癌も知られている。大別すれば、主として小児期に発現する癌には遺伝的背景の強いものが多く、成人後の癌はlife styleの関与が大きいように思われる。

発癌のメカニズムについては分子生物学的アプローチによってoncogeneの機能と細胞癌化との相関性について学界をあげて取り組まれているのが現状である。これからも越えねばならない山坂はあるにしても、癌の予防、治療に結びつく成果を期待し得るまでの展望が開けたことは確かである。それと並行して、疫学的研究を通じて生活環境中における Initiator及びPromoterの同定とそれらの除去に努めるべきである。これに関連して、環境放射線のリスクをどのように評価すべきかという問題があるが、life styleに深くかかわる広い意味での化学物質のリスクに比べて“正常時”における放射線のリスクはとるに足りないという意見もある。その当否はおくとして、科学的根拠に基づく議論を行い得る研究の推進が望まれる所以である。

9. B がんのリスクと放射線生物学

二階堂 修 金沢大学薬学部
達家 雅明 京都薬科大学生命薬学研究所

はじめに

近年の生物学の発展は目覚ましいものがある。特に、私達の最大の関心事であるがんをめぐる研究の華々しい成果が一般新聞紙上を賑わすことも日常茶飯事となってきた。この文ではそのような最新の研究の中から、ヒトのがんのリスク評価につながる研究成果をピックアップすると同時に、最近の生物学の進展がリスクの評価とどのような関係にあるのかをまず概観することとしたい。

放射線のリスクに関する数値は、基本的には被曝した人々の疫学調査によって得られるものである。被曝線量が 0.1シーベルト (10レム) 以下というような低い線量域では、その影響 (がんの発生の頻度) が小さいこともあり、あるいは、他の様々な要因の影響が混入してくることもあって、被曝線量と発がんとの因果関係を正確に把握するのは一層困難となる。例えば、0.01シーベルト (1レム) の被曝線量での発がんの頻度を求めるには、統計学的に 100万人の0.01シーベルト被曝者集団が必要となる。ところが0.01シーベルトを平等に被曝した 100万人の集団は現実には存在しないので、真の0.01シーベルト被曝のリスクは求めるべくもないことになる。そこで国際放射線防護委員会(ICRP)では、このような低線量域の放射線被曝のリスクを、放射線防護の観点から、リスクは被曝線量の低下に伴って直線的に減少すると仮定して、高い被曝線量域でのリスクから計算で求めることにしているのである。このようなリスク評価の現状を踏まえて、リスク評価に現在の放射線生物学がどのような貢献を為しうるのかを考えてみたい。

リスク評価に対する放射線生物学の貢献

放射線被曝線量とその影響との間に直線的関係を仮定して計算された、低線量域でのリスクをより確かなものとするためには、1グレイ以下での低い線量域での被曝線量と効果 (ここでは発がんの頻度) 関係を求めなければならない。例えば、ICRPが仮定したように、両者の関係は直線的であるのか、二次曲線に従うのか、あるいは発がん線量にしきい値があるのかということを明らかにする必要があるであろう。

現在では、がんは放射線の被曝から長い潜伏期を経過して発生することが知ら

れている。放射線が細胞に一体どんな作用を及ぼし、それが長い時間経過の後にがんになるのであろうか。がんは、放射線などの作用原が細胞、特に遺伝子を形作っているDNAに対し最初に作用する（イニシエーション）ことに始まり、ついで、イニシエーションに続く複雑な発がん促進過程（プロモーション）があって成立するという、発がんの多段階説が現在広く受け入れられている。イニシエーションによって細胞DNAに与えられた傷に対し、細胞は自己の持つ修復力（DNA修復）を発揮し、傷を直して生残ろうとするので、DNA修復はリスクを低下させるように働くはずであるが、別項に記載するように必ずしもリスクの低下につながってはいないと考えられている。いったん変異した細胞が生じて、それががん細胞の塊であるがん組織に発展する間には、細胞相互間の関係に変化が生じたり、がんの発生を促進するプロモーターや、逆に、抑制的に働く物質の関与があるであろう。これら発がんの初期過程の研究には、ヒトを含む種々の動物由来の培養細胞を用いた試験管内発がん系の活用が有用と考えられる。また組織レベルでは、がんの発生に関与する免疫学的、血管形成因子、ホルモンなどの体液的要因も考慮されねばならない。この方面の研究は主としてハツカネズミ（マウス）や、より大型のドブネズミ（ラット）など動物個体を用いて行われている。しかしこれら培養細胞や、マウスやラットなどの動物個体は、ヒト個体とは異なる生物学的特性を持つので、細胞や動物での発がんをヒト個体での発がんのリスク評価にそのまま当てはめる（外挿）ことは出来ないことに注意する必要がある。したがって、このような実験的発がん系は、発がんのメカニズムの解析という点で、ヒトのリスク評価に側面的に貢献することが期待されるものと考えられる。実験系における研究成果から、発がんの多段階的な諸過程を定量的に把握することが可能になれば、がんの種々の前兆をヒトのがんにおいても捉えることを可能とするであろう。例えば放射線被曝の際の染色体異常が、将来どのようながんの発生に結び付くのが明らかになれば、低線量域における被曝のリスク評価も、もっと正確になるであろう。

第2の可能性として、個人におけるがん発生の確率をあらかじめ知ることが可能ならば、努力や個人の生活のスタイルの変更によって、がん罹患しないようにすることも可能となるであろう。風邪を引き易い人、頑健な人、日焼けしやすい人々というように、我々は常識として人間一人一人が色々違うことを知っている。ここでは個人個人の放射線に対する感受性の違いについて、放射線によって生じた遺伝子の損傷を直す力（修復）の観点から述べてみたい。

遺伝子 (DNA) の損傷と修復

ヒトと我々の腸内に住む大腸菌は、互いに似ても似つかぬ生物であるけれども、生物学的な共通点を挙げてみると、どちらも、ヒトは次の世代を担うヒトを生み、大腸菌は分裂して増殖し大腸菌となる。世代が変わってもヒトはヒト、大腸菌は大腸菌のままである。これは皆さんが御存知のようにヒトにはヒト特有の、大腸菌には大腸菌特有の形とか性質とかを決める遺伝子が備わっているからなのである。遺伝子は特別な4つの成分から出来ていて、その組み合わせによっていろいろな遺伝する形質を決定している。我々人間のように高等な生物も、大腸菌のように単純な生物も、その遺伝子は同様に4種類の成分の組み合わせによって成りたっている。だから大腸菌を大腸菌に、ヒトをヒトにしているのは4種類の成分の組み合わせと遺伝子の数によって決まることになる。遺伝子はこのようにその生物のあるべき姿や性質を決めているものであるから、少し以前までは遺伝子、すなわちDNAは容易に壊れるものではないと考えられていた。ところが過去30年にわたる研究によって、遺伝子は紫外線や放射線、それに環境中にある様々な化学物質によって簡単に壊れてしまう事が明らかになってきた。遺伝子の構造が壊れると、大腸菌のような単細胞生物ではどのような事が起きるのであろうか。まず初めに考えられることは、遺伝子が壊れると生物としての色々な働きを停止してしまっ、大腸菌は死に至るであろう(致死)。これは遺伝子の壊れかたが大きかったり、あるいは大腸菌の遺伝子の壊れた部分(傷)を大腸菌自身が直すことが出来ない場合に起きる。ここで大腸菌が傷を直すと述べたが、実は大腸菌には自分の遺伝子に傷が出来たときに、その傷を直す力を持つ遺伝子が備わっているのである。傷を直すことが出来れば大腸菌は生返ることになる。傷を元通りに直すことが出来れば問題は無いのだが、それが不十分であったり、元々とは違うように直してしまったら、大腸菌は突然変異を起こし、元の大腸菌とは違った大腸菌に変化してしまう。

いっぽう、ヒトの場合を考えてみよう。ヒトは大腸菌とは違って多くの細胞から成りたっている。すなわち多細胞生物では、大腸菌のような単細胞生物とは、細胞そのものに根本的な違いがある。大腸菌は無限に分裂出来るのに対し、ヒトなど多細胞生物の細胞は一部の例外はあるにしても、ある一定回数しか分裂出来ず死滅してしまうという、有限の寿命をもつことが知られている。もしも多細胞生物の細胞が不死、すなわち無限の寿命をもつようになると、がんになったと考えられている。ヒトの細胞は大腸菌と同じように、自分の遺伝子の傷を直すことが出来るので、遺伝子の小さい傷などは元どおりに直す、直しても元どおりでなかったりすると、突然変異したり、がん化するのだと現在の科学では考え

られている。特に細胞のがん化については、細胞の中で正常に機能していた前駆がん遺伝子が、遺伝子の突然変異のために反乱した結果がん化する（がん化の突然変異説）という考え方が現在有力になってきた。このように遺伝子（DNA）の傷と、それを直そうとする細胞の修復力はヒトにおけるがんのリスクを考えるときに非常に重要な因子となるのである。その例をひとつ述べてみよう。

ヒトの遺伝的な病気の中で、太陽光線にあたると顔や手の皮膚ががんになるという稀な病気がある。この病気（色素性乾皮症）の患者から細胞を採取して調べると、太陽光線に含まれている紫外線にあたると、細胞は正常ヒトの細胞に比べて死に易いことがわかった。この細胞をさらに詳しく調べたら、この遺伝病の細胞は、紫外線によって遺伝子に出来た傷を直せない（修復欠損）ということが明らかになったのである。現在、日本では言うにおよばず、世界中の色々な研究室でこの遺伝病細胞の修復をつかさどる遺伝子のどこに欠陥が有るのかを研究しているので、早晚詳しいことが明らかになるであろう（科学の進歩は恐ろしい程早いもので、最近、大阪大学の田中博士が世界に先駆けて遺伝子を分離することに成功した）。この病気の患者でも、もし自分の細胞が紫外線によって死に易い（紫外線高感受性という）ことが前もって調べられていれば、太陽光に当たらないようにするとか、その他色々な方法でがんに罹るのを防ぐことが出来ることになる。実際に太陽光を遮蔽するという医療指導がこれらの患者の方々に対して行われているのである。この色素性乾皮症という遺伝病の例でも明らかのように、自分のがんのリスクが高いのかどうかを予知することが出来たら、個々人が、がんに罹る可能性を何等かの努力によって減らすことが出来るのではなかろうか。

これまでは紫外線に高い感受性を示す遺伝病の話述べたが、つぎに放射線に高い感受性を示す遺伝病を例に挙げて、リスクの予知が可能かどうか述べることにしたい。

発がんのリスクの予知への放射線生物学の貢献

環境中には種々の変異原や発がん原、例えば車の排気ガス、アスファルトの粉塵、タバコの煙、食品添加物や太陽光、石綿、それに放射線等が存在している。それらの中で、最も良く研究されているのが、実は放射線なのである。というのはどのくらいの放射線が出ているのかを正確に測定出来る機器が完備されているためである。そのような研究の基礎があるために、放射線の生物への影響についての研究は、他の環境変異原の研究に比べて圧倒的に進んでいると言っても過言ではない。

放射線を0.01グレイ浴びると、がんのリスクは 2×10^{-4} 増加、すなわち百万

人当り 200人のがん患者が増加すると国際放射線防護委員会(ICRP)では述べているが、このことは百万人の人すべてが放射線に対し同じ感受性を示すと仮定しているのである。もしも紫外線の場合と同じように、放射線に対し特別に感受性の高い人がいるならば、その人のリスクはもっと高いことになるであろう。それでは実際にそのような人々がいるのであろうか。

ある偶然の出来事から血管拡張性小脳失調症といわれる稀な遺伝病の患者が、放射線に対し高い感受性を示すことが明らかになった。同時に、患者は色々ながんに移り易いという疫学的調査の結果も報告されてきた。この患者から血液を採取し、その中のリンパ球の放射線感受性を調べた結果を図1に示した。

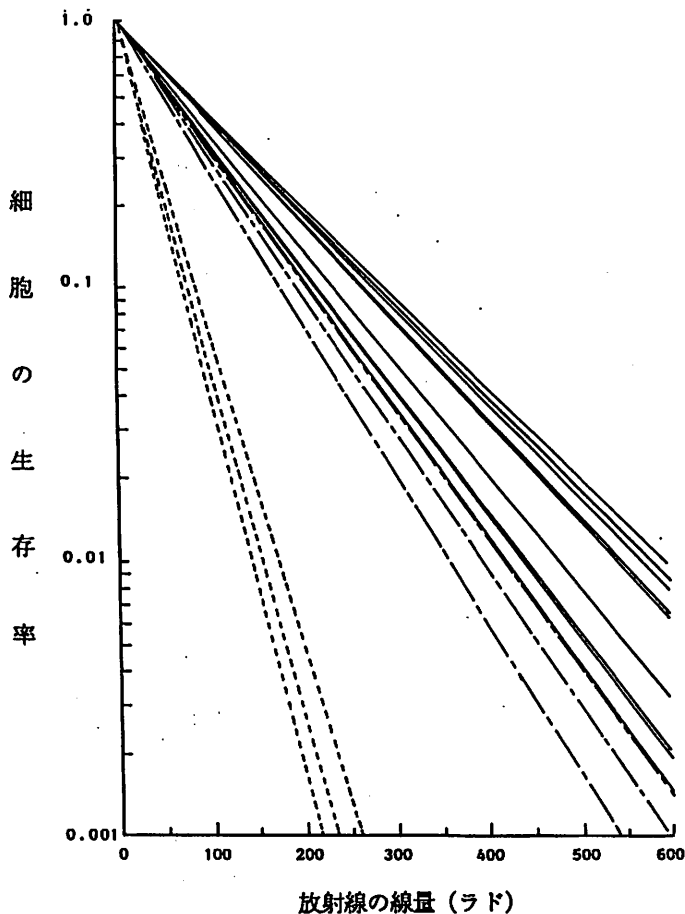


図1. 色々な人々から採取した血液細胞の、放射線を照射された際の生存率曲線。(—) 正常人由来細胞、(---) 患者(ホモ接合体)、(- - -) 患者の両親(ヘテロ接合体)。患者細胞は僅かの放射線線量で死んでしまう。

図には一般の正常人、患者とその両親のリンパ球の感受性が示されている。横軸に実験的に照射するX線の線量を取り、縦軸にリンパ球細胞がその線量によってどの位生き残るかを割合で示すと、一般の正常人の場合には直線の傾きが緩やかであるが、患者由来のリンパ球では直線の傾きが大きい特徴がある。さらに患者の両親から採取したリンパ球の直線は正常人と患者のそれらの中間のところにきている。このことは、患者のリンパ球は正常人のそれに比べ3~5倍も高い感受性を示し、いっぽう患者の両親のリンパ球は正常人よりも少し感受性であることを示していることになる。

つぎに図2を御覧いただきたい。

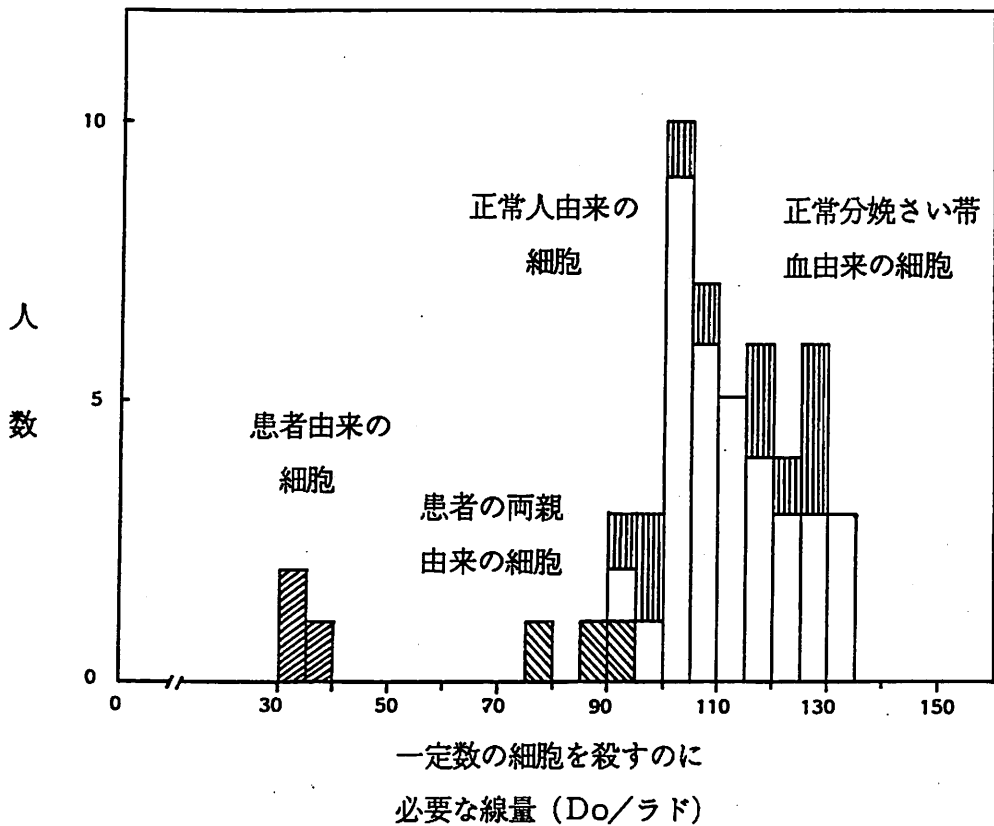


図2. 色々な人々から採取した血液細胞の放射線感受性
患者の両親（ヘテロ接合体）の感受性は正常人由来細胞の
下限と一部重なっている。

図2は図1の色々な直線の傾き、すなわち放射線に対する感受性を横軸に、縦軸にそのような感受性を示した人の人数を表してある。横軸で左側に向かえば放射線に感受性であり、右側にあれば抵抗性であることになる。色々な年齢の成人と、新生児のさい帯血のリンパ球の感受性を調べたところ、その一部に遺伝病患者の両親と同じ程度の感受性を示した例が見出されたのである。

ここで遺伝病・血管拡張性小脳失調症について、もう少し詳しく述べることにしよう。この遺伝病は常染色体性劣性遺伝病といわれるもので、その両親は見かけ上正常であるが、二つある遺伝子（対立遺伝子）のうち、一つが変異（突然変異）して何等かの欠陥のある遺伝子になっているとされている。患者の発生頻度から計算すると、両親と同じように二つの遺伝子のうち、一つが変異した遺伝子を持つ人（ヘテロ接合体という）は、約100人に1人の割合でいることになる。もちろん、両親などのヘテロ接合体は、外見上正常の人と全く変わらないので、それを明らかにするには細胞の放射線感受性を調べる以外に方法はない。アメリカの研究者・スイフト博士らの報告では、この遺伝病患者はもちろんのこと、図1で示した、正常ヒトより幾分感受性であった患者の両親などの血縁者にも、がんが多発する傾向があるそうである。このようにがんに罹り易い人々の集団は高がんリスク群と呼ばれている。これらの結果から、放射線に高い感受性を示す人々ではがんが多発するという作業仮説を立てる事が出来よう。この仮説が正しいものかどうかを確かめることは非常に重要であると同時に、また一方ではとても困難な、かつ長期間を要する作業となるであろう。この研究で今後行わなければならない点として、以下に記述する2点を指摘したい。その一つは、外見上正常人といわれる人々の中に、放射線に対するどの程度の感受性の違いがあるかをもっと多くの人々について確かめなければならないことである。もう一つは、もしも放射線に対し高い感受性を示す人が見出されたなら、その人ががんに罹り易いのかという将来にわたる追跡調査を行う必要があることである。

このような研究において、血液を広く多くの人々から提供していただくこと、それを研究の対象として用いることに対し一般の人々の理解と協力を得ることが最も重要なことである。そのためには個人の秘密を厳守出来る公的機関で本研究を主宰する必要があるであろう。もちろん一般の人々の御協力を頂くからには、登録者に対する定期的な健康診断を長期間にわたって行うことが必要であり、そうすることによってがん登録も可能になると考えるものである。

追 記

世界における放射線生物学研究者の中で、ヒトの放射線感受性の違いを明らかにするべく研究を行っている研究者グループが幾つか有る。カナダのチョークリバーにあるカナダ国立原子力研究所のグループ、アメリカ合衆国ハーバード大学、英国サッセックス大学医学研究所のグループ、それに広島市の放射線影響研究所のグループを挙げることが出来る。ヒトから容易に得られる、血液細胞を材料として、あるいは皮膚由来細胞を材料として研究を行っているが、現在当面している一番大きな問題は、血液中に存在する様々な細胞と皮膚細胞のうち、どの様な細胞が、その人の放射線感受性を最もよく表しているかという問題である。同じ一人の人から得られた細胞でも、細胞の種類によって放射線感受性も様々に異なっていることが最近明らかになった。どの細胞を選ぶべきかという問題、放射線感受性の高い人は癌のリスクが果して高いのかといった問題は、よく組織化された研究組織によって集中的に研究解決されなければならない課題と言えるであろう。

(2) 聖堂・スパコン・おねえさん…

「私は環境保護主義者だ」選挙運動中ブッシュ氏は環境問題に対する取り組み姿勢をアピールして来た。レーガン政権時代の8年間酸性雨や毒性廃棄物などの問題が軽視されていたので、環境保護運動家は新大統領に大きな期待を寄せた。しかしブッシュ政権四ヶ月にしてその環境浄化への取り組みに疑問が出てきた。アラスカのタンカー油漏れ事故対策の不手際、オゾン破壊・温室効果問題への対応、排気ガス抑制のために提案されたガソリン税引き上げの拒否、クリーンエア法の行方などブッシュ政権は、環境危機の増大する中で国が対応を迫られることに強力且つ決断的な指導者とは言えないとする意見が出始めたのである。

温室効果対策では、航空宇宙局のトップサイエンティストが委員会用に作成した「大気中の二酸化炭素他のガスが温暖化や重大な気象条件変化を起こすメカニズムについての証言」に、行政管理予算局（大統領直属）が「地球温暖化は推定で、信頼できる予測ではない」として否認の意見を付けた。オゾン破壊のフロンガスについても製造の全面禁止を最初に提言したECに遅れを取り、この秋にワシントンで地球温暖化問題のワークショップを開くべく、ジュネーブの国連環境会議出席中の米代表に他国の参加を呼びかけるよう急遽打電したことも退勢挽回のキャッチアップ・プレイと見られている。（TIME, May 22, 1989）

何事によらず多くの国の合意を得ることは困難とされたものだが五月のヘルシンキでの会議では86ヶ国代表がCFCの全面禁止を望んだ。24ヶ国が参加した87年モントリオール議定書による、今世紀中50%削減計画から大きく前進している。ヘルシンキアコードが先進諸国に、これから冷媒を必要とする途上国のために国連基金の設立を呼掛け、ノルウェイはGNPの0.1%約8800万ドルを充てると発言した。（TIME, May 15, 1989）

英国が温室効果対策の国際条約の必要を提案するなど、環境問題は今や世界の指導者にとって見識評価の尺度にもなり兼ねない。地球の汚染に関する危機感の高まりの中で悲観的な話ばかりでも無い。「プラスチックは環境を汚す安い使い捨て製品だ……と考えているが、今、弗素でドレスアップした高分子がイメージを変える」べく登場した。大気汚染

に曝された中世のカセドラルや文化財の保護に始まり、スーパーコンピュータの冷却から、おねえさんのメイクにと、八面六臂の活躍が期待される。

近着のニューサイエンティスト誌から……

五十年前の或土曜日、米国デュボン社の研究室で若い化学者が洗っていたガスシリンダの一つに変なものを見つけた。ロイ・ブランケットは四弗化エチレンと言うガスに関わっていた。このガスはエチレンの様に炭素は二つだが水素の代わりに四つの弗素を持ち、デュボン社はこのガスで冷媒を造る研究を進めていた。

ロイ・ブランケットはさっき迄ガスが入っていたシリンダの底の白い塊に気が付いた。これが四弗化エチレンが重合して出来たテフロンとして知られるプラスチックの誕生であった。シリンダ内のガスが何故重合したかは未だに不明と言う。

弗素はテフロンの様な特別な化学的性質を持つポリフルオロカーボンの基本になる元素である。炭素と弗素の結合が強いので安定である。テフロンは五十年前に出来たが化学会社が弗素を含む他のプラスチックを開発し始めたのは極く最近のことである。可視光や紫外線を通し、不燃性で高熱に耐え、最も反応性の激しい弗素にも影響されない。第二次大戦中原爆製造に当り、ウランの放射性同位元素を分離するのに使う六弗化ウランを造る器機の内壁保護にテフロンが使用された。

テフロンは変化し難いだけでなく水や油の様な他の分子を積極的に排除する。その非粘着性を鍋やフライパンに応用し、防水加工をした布はフォークランドの戦争で実用性が確かめられた。最近の家庭用品では一晩で焼き上げる自動パン焼き器に使われている。建物の保護 (weather resistant)、化学工場の保安資材、軸受け、戦車の塗装 (化学兵器による汚染防止)、人工鞆帯・臓器など医用高分子、その他に年産は五万トンを超える。

テフロンには熱成形がし難い、不透明、高価などの短所がある。特別な性質を持ったプラスチックをつくるのに二種類のモノマーをくっつけてコポリマーにする方法がある。ポリエチレンは安価で柔らかいが弱くて燃え易い。エチレンとテ

トラフルオロエチレンの二種のモノマーを重合させると両方の長所を持ち強くて柔らかく、それ自身の特徴もあるコポリマーが出来た。ヘキスト社はホスタフロン、デュボン社はテフザールと名付けて製造している。

ホスタフロンは縫ったり、融着したり、ペンキを塗ったり金属でカバーしたり、熱で成形したり出来る。耐火性があり、 -50°C から $+150^{\circ}\text{C}$ に耐える。このことはフランス、チリの共に海拔2500米の山頂に設置された電波望遠鏡のパラボラ反射機の材料として理想的である。反射機は僅か30ミクロンのアルミニウムでコートされたフルオロポリマー皮膜が、炭素繊維で強化された枠に支えられている。この電波皿は通常アルミニウムや鉄のものより優れており、 200km/h の風や、 -30°C の低温にも耐える。

典型的なコポリマーはビニリデンフルオライド (CH_2CF_2) とヘキサフルオロプロピレン ($\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$) から出来たゴム様の物質、弗化エラストマーで、デュボン はピトンと名付けた。高温と腐食性のケミカルに強い。スリーM社はフルオレルと言う名前で同様のゴムを造った。これらのエラストマーは無鉛ガソリンや燃料噴射方式と関連して自動車のシールやホース、ガスケットとして理想的である。

コポリマーを造るのと同様に、黒鉛とフルオロポリマーとの構成物は、容易に成形加工出来、熱にも強いものが得られる。ヘキスト社は腐食性条件に3000時間まで耐える製品を造っている。フルオロカーボンの重合体の有用性は、炭素原子の鎖が非常に長いので硬い事にある。例えばテフロンは各鎖に CF_2 を20万迄持たせることが出来る。短い鎖の重合体はテフロンと同じく安定だが液体である。全部弗化された炭化水素、パーフルオロカーボン(PFC)の内、6-20の分子をを一鎖に持つ物の沸点は $50-280^{\circ}\text{C}$ の間にある。短鎖の重合体は水にも炭化水素油にも混じらない特性がある。フルテックの名で知られ、スリーM社はフルオリナート、ヘキスト社はホステナートとして製品化している。

四弗化エチレンまたは六弗化プロピレンを純酸素ガスと反応させ、更に -40°C で紫外線照射をするとより多様な機能を持つ弗化炭素油が得られる。これは過酸化物の粗混合体で、さらに 200°C で弗素ガス処理を行うとパーフルオロポリエーテルが出来る。液体テフロン的一种で、化学的に極めて安定且つ分子の蝶番とも言えるエーテル結合を持ち流動性がある。

パーフルオロポリエーテルは分子量500-20,000の長短の鎖を持つものの混合である。分子量の少ないものは減圧下で蒸留できる。イタリアのモンテディソン社はこれをガルデンとして、一方揮発性のより少ないものをフォンプリンの名で発売している。既に20年前に発見されていたが宇宙船の潤滑油、グリースの様な特殊用途外には高価で使えなかった。今ではシリコンに取って代わるものとして期待される。シリコンや酸素で出来た化合物と同じく間もなく石鹼シャンプーなどの家庭用品になるだろう。既にこれらの化粧品のテストの結果は良好であったと言う。

これらの油状高分子は非常に安定で特別な物理性状を持ち、強酸・塩基、酸素、塩素ガスなどに侵されない。不燃性だから高温で使え、表面張力が小さいから潤滑すべき表面に早く行き互る。他のプラスチックと反応しないからビデオテープやコンドームの様な薄膜に対しては理想的潤滑剤である。磁気やビデオディスクにも適している。鎖の末端の3つの弗素を持った炭素原子を、より活性的な何か例えばカルボン酸グループ(COOH)と交換することで潤滑すべき物の表面に永久的に結合させれば、追加を必要としない潤滑油が得られるだろう。

ガルデン、フルオリナート、フルテック、ホスチナートなどの耐熱性の高い軽い油は電気を通さずに熱の吸収放散が出来る。これらは印刷配線板のプラスチックの様なデリケートな素材を温めるのにもって来いである。プラスチックのモノマーは熱をかけて印刷した配線板上に直接重合させる。仕上げに通常の赤外線ランプを使うと均一でない上に約一時間半かかる。ガルデンの蒸気中をくぐらせれば一分で済む。この技術を使った欧州最初の工場が英国に年内に誕生する。フルオリナートはまたクレイの様なスーパーコンピュータの冷却にも使われる。このほか建築物の保護にも使用される。フルオロカーボンは通気性が有るので石造りの建物・像の塵、雨、油汚れを防ぐのに適している。酸性雨、大気汚染を炭化水素やシリコン膜で保護しても数年で剝離変色し、どうして剝すかが問題になる。

文化財へ応用するには厳重な条件をクリアせねばならない。化学的に不活性で寒暑に耐え小さな裂け目にも浸透するよう表面張力が低いこと、水・油をはじき無色で太陽光で変色せず細菌などを繁殖させないこと、もちろん使用に際し安全であることなどを要求される。フォンプリンはこれらの厳しい基準に適合する唯一の材料だ。

揮発性溶剤に溶かした70% フォンブリン液を石の構造物に吹き付けると一分内に乾く。イタリア政府はこの技術を古代建築の保護用として公認した。大理石や石造りのいろいろな物がこれでコーティングされ、最近ではシラクサの聖堂、フィレンツェのパラゾピッチの様な重要建造物が処理されている。

フォンブリンは同様に人体も保護する。洗顔クリーム、日焼け止めローション、シャンプー、石鹼等に応用されるだろう。無色・無臭・無毒・無刺激・透明且つ皮膚や髪に絹様の感触が得られるなど化粧品としての特性がある。フォンブリンを含む日焼け止めローションが今年夏に発売されるだろう。

ポリフルオロカーボン (PFC) の多彩な応用が次の十年に為されるだろう。CFC が導入されたとき人々は冷媒・エアゾール用に完全なガスとして歓迎した。全く安定安全と思われ四十年間年々使用は増加した。PFC で同じ過ちを繰り返すのだろうか？ 答えはノーである。塩素を含まないのでオゾン層を破壊しない。また、コストが高いからリサイクルが図られるだろう。安全性についても多様な検討を経て確認されている。実際、パーフルオロデカリンは人口血液として使用されている。

1990年代にはフルオロポリマーは塗料、磨き材、スキンケアに使用される他、分子鎖の端に反応性のある化学物質を付け、より有用な化合物を求めて研究はさらに進むだろう。資源消費の世界で「使い捨て」は忌み語となる日は近い。2000年までに建物、家具、車、コンピュータはフルオロポリマーのお蔭で長持ちするだろう。(John Emsley: New Scientist 22 April 1989)

1771年に発見されたガス体であるハロゲン属の弗素は、非金属中最も腐食性があり毒性も高く取扱が難しかったが、一方反応性が高いので結合物は極めて安定している。いまフロンガスに代わろうとするPFCの核心とも言うべき弗素の横顔は……。

元素周期表Ⅶ族(ハロゲン属)のフッ素は単体としても、フッ素化合物のキーマテリアルであるフッ化水素酸にしても、取扱が難しく経済性でも塩素に水を開

けられ取っつき難い元素として敬遠されてきた様に思われる。最近そのユニークな物性や機能が認識されてきた。既に抗癌剤や向精神薬・農薬として分子中にFやCF₃を含むものが注目されるようになり、一般に生物活性効果が高く、選択的である（副作用が少ない）ことは他の元素では得られない特徴である。

第二次世界大戦中にモノフルオロ酢酸メチルは毒ガスとして研究され、またモノフルオロ酢酸は無置換の酢酸のように振舞い、生体を“騙す”事が出来（mimic効果）、TCAサイクル内でフルオロクエン酸を“死に至る合成”（lethal synthesis）によって作り出す。

フッ素原子はあらゆる元素原子の中で電子的陰性度が最も強く、立体的には水素について小さい。このことが弗素化合物がユニークな化学的物理的機能を示す原点とも言うべき特徴である。C-F結合はC-Cl結合より短く、その結合エネルギーは1.5倍に達する。一般に有機分子内にハロゲンが入ると親油・脂性が増すが、置換基としてのFはClより効果が劣る。しかし、トリフルオロメチル基CF₃はClよりも親油効果が大きく、生体膜の通過性も良くなる。

物理的には一般にフッ素化合物（特にポリフルオロ化合物）は無機・有機をとわず、分子量の大きい割に揮発性が高く、フロンガスはその性質を利用した典型例である。（石川延男：フッ素による化学修飾、化学の領域、35:441-446,1981）

医薬品への応用のうち、癌の集学的治療の視点からは、放射線治療効果を高める薬剤の開発が進められている。弗素のもう一つの側面を……。

外科手術と放射線治療は癌治療に大きな役割を果たしている。腫瘍が大きくなり難治性になるのは、放射線抵抗性の強い低酸素細胞が増えるからである。対策の一つとして低酸素細胞増感剤の開発が進められている。1960年代後半、ニトロベンゼン誘導体が低酸素細胞の放射線致死効果を高める事を見つけ、73、74年にメトロニダゾールとミソニダゾール（MISO）の有用性が判明し、わが国でも34施設で第三相臨床試験が行われた（1980-83）。これと並んで組織的な増感剤の開発研究が始められ、筆者らは側鎖にフッ素置換基を持つものが優れた腫瘍親和性を示すことを見いだした。その一つがKU-2285である。MISOより増感活性が高

く副作用が軽減されている。動物実験の結果はフッ素化修飾したニトロアゾール誘導体が高活性の低酸素細胞増感剤となりうることを示している。(鎌谷勤/西本清一: INNERVISION. Vol.4, No.1, 66-67, 1988)

このような弗素の見直しを通して、経済性をのみ求めて安易に大量生産に走り、消費は美德とばかり使い捨て文化に酔った"先進国"とは、果してその呼び名に値するのか? という疑問が起こる。安物買いの何とやら・・は地球規模のツケと成ったように思える。 (Yo)

* 技術と経験に基づいた *
* 精度の高い各種検査を行います *

【臨床検査】

血清学的、血液学的、病理学的、寄生虫学的、
生化学的、微生物学的、生理学的・・・各検査

【公害検査】

水質、土壌、食品、底質、汚泥、体液、大気・・・

株式会社 血液研究所
(財)体質研究会 血液研究所

〒606 京都市左京区一乗寺大新開町26

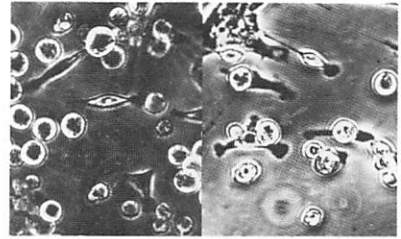
TEL (075) 781 - 7118 (代)

環境と健康 - リスク評価と健康増進の科学 -
Vol.2 No.3 (隔月刊) 1989年 6月10日発行

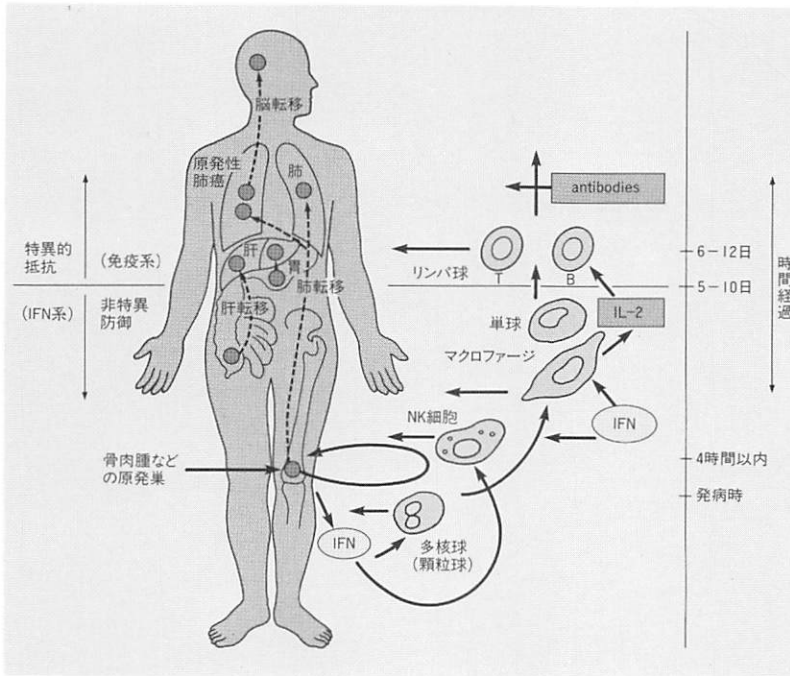
編集・発行 財団法人 体質研究会
編集人 菅原 努
発行所 〒606 京都市左京区田中門前町103-5
パストゥールビル5F
財団法人体質研究会
TEL (075)702-1141 FAX (075)702-2141

ボンナリネ

BON-NARINE



インターフェロン産生能を高めるボンナリネ



発病(腫瘍・ウイルス病など)後時間経過と生体内防御機構に活躍する諸細胞と諸因子との関連性
 出典：岸田 綱太郎：Interferon、日本医師会雑誌93-8、付録、臨床医のための免疫科学

人間の体には元来、できたばかりの癌やウイルス感染症といち早く戦う生まれながらの仕組みが備わっていることが判ってきました。この仕組みが正常に働いて、癌、ウイルス感染症、成人病などを自然に治せた人は幸運ですが、この仕組みが正常に働かない場合に癌などが進行して行くのです。

この仕組みによって造り出され、種々の病気と戦うのがインターフェロン(IFN)という物質です。しかしこのインターフェロンという物質を体の中で造り出す能力には個人差があります。ボンナリネはこの能力を高めます。



研究指導 財団法人 京都パストゥール研究所
 発売元 財団法人 体質研究会

(財)京都パストゥール研究所では「ナリネ菌」と健康の関わりを解明する研究が進められています。
 (財)体質研究会では、健康増進を目指し、種々の研究活動を行っています。

財団法人 体質研究会
Health Research Foundation