

# 環境と健康

リスク評価と健康増進の科学

Vol. 1

No. 4

July,

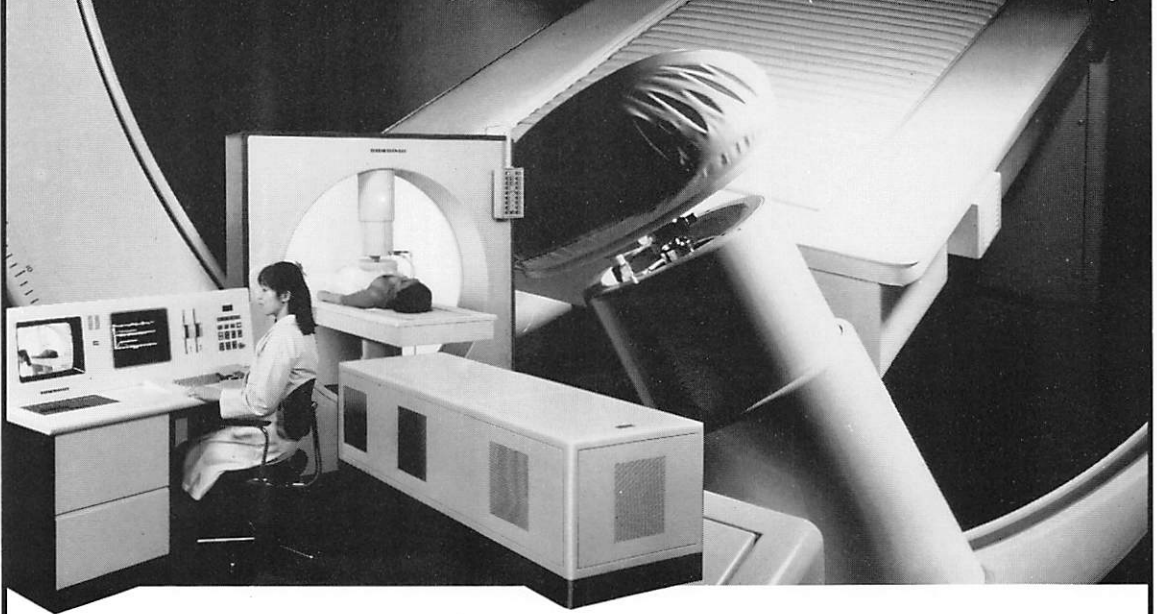
1988

*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<sup>\*</sup>(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<sup>\*</sup>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<sup>\*</sup>、温度測定値のチャート表示<sup>\*</sup>、ボラスと皮膚面を密着させるTECHシート<sup>\*</sup>、特殊電極<sup>\*</sup>、専用ダイナミックファントム<sup>\*</sup>、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. 1 No. 4 July, 1988

目 次

- (1) 老化防御 その原理と方法 菅原 努 ..... 1
- (2) 英国ロイヤルソサエティ報告  
「Risk Assessment」1983 概要 青山 喬 ..... 14
- (3) 「エネルギー産生における放射線リスクと  
先端技術のリスク評価に関する国際会議」  
に参加して 池淵 誠 ..... 41

# (1) 老化防御、その原理と方法

菅原 努

## 1. 老化防御は可能か？

老化を防ぎ不老長寿をはかることは、何時の時代にも人間の夢であったが、とても自然科学の研究対象とは考えられなかった。それどころか老化研究そのものが、対象のはっきりしないもので、そんな泥沼のようなところへは、まともな科学者が手を突込むべきではないと考えられていた。しかし、私自身を含め放射線の人体に対する影響を研究するものには、原爆開発に併行して行われた大規模な実験から放射線による寿命短縮ひいては老化促進という課題が避けて通れなくなった。そこで約30年位前から放射線生物学の有志が中心になって老化を科学的に取扱うことを検討しはじめた。<sup>1)</sup> 老化を防ぐことについても”人類の老化現象の科学研究を通じて、それに対する合理的な防護方法を開発し、それを正しく活用することにより、人類が活動的な長寿を楽しみ、よりよい人類社会を建設していくことに貢献することを目的として”老化防護研究協議会を設立したのが昭和45年4月のことであった。<sup>2)</sup> 防護と言う言葉は防御よりは柔らかいニュアンスの積もりであったが、今回は実行委員会から与えられた老化防御という言葉をそのまま受けて取えて挑戦してみることにした。

上記協議会の発足記念講演会で私は英国の老年学者 Comfortの言葉を引用し、10～20年後には老化コントロールがある程度出来るだろうと発言しているが、18年経った今はどうであろうか。ただこの間に我国でも老化制御という言葉が使われるようになり昭和49年に問題点や可能性の検討が行われ、<sup>3)</sup> その結果”老化制御”(朝倉書店刊 昭和52年)として出版された。これを基礎に昭和52年から理化学研究所で「老化制御指標に関する研究」が10年間のプロジェクトとして行われた。その成果は目下まとめられつつあるところである。このような背景のもとに、与えられた課題にいどむことにした。

## 2. 老化防御の原理

今、私達は高齢の老化学者 Bjorksten と”長寿の科学”という本をまとめつつあるが、その主流をなす歴史的に見た寿命の変遷と主要死因およびその今後への

---

本稿は国際シルバーサイエンス・フェスティバル '88 京都フォーラム  
(昭和63年 5月28日)における講演をもとに作成したものである。

展望をB氏の主張に従って眺めてみよう。彼は主要死因とほぼ一定の平均寿命を持つ時期を一つのエポックと称し、エポックIからVまでを表1のようにまとめている。

表1 A historical overview by Bjorksten (1987)

- Epoch 1. The stone age
  - 2. Contagious disease
  - 3. The deficiency and environmental disease
    - Cardiovascular disease
    - Cancer
  - 4. Mental and neural disease
  - 5. Progressive cross-linking — senility
- Great barrier

現代は先進国ではエポックIIIからやがてエポックIVへ向かおうとしている。エポックIIIでは癌や心血管系疾患が中心であり、エポックIVの神経または脳の病気が段々と顔をあらわして来つつある。この中でわが国は最も先頭を歩んでおり、世界最長の平均寿命を持ち、癌が死因の第一と言っても、その死亡率は欧米のそれより低い。

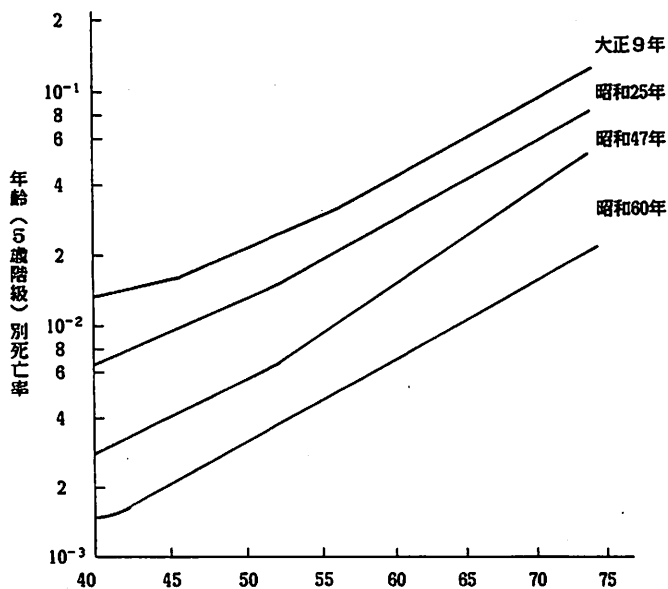


図1 日本人男子のx歳の死亡率の推移

さて、問題はエポック V とその先の大きな障壁である。例えば我が国で三大死因である癌、脳卒中、心筋梗塞による死が全くなかったとすると平均寿命は約 9 年延びると推定されるが、そこから先は大きな壁がある。B 氏はこの状態をエポック V と称し、そこでの死を長年の間に蓄積されたクロスリンク（高分子間の架橋）によるとしている。この説が正しいかどうかは別として、主要死因を除いてもそのあとに寿命の壁はありそうである。このことは日本人の平均寿命の伸びを、Gompertz の表現で見ても言えることである。Gompertz (1779~1865) は年齢に対して年齢別死亡率の対数を目盛るとそれが図 1 のように直線になることを示した。

図 1 はこのことは日本人の統計で示したもので、年代と共に平均寿命が延びたことは、この直線が勾配を保ったまま下方へ平行移動するという形で反映されている。平均寿命が飛躍的に延びるためにはこの直線の勾配が変わってもっとねる必要があるが、今のところそんなことは起りそうにもない。多分のこの勾配は生物としてのヒトに特有の変えることの出来ないもの、すなわち自然の老化そのものではなかろうか。もう一つ、この壁を単的に示すものとして Comfort<sup>4)</sup> の示した図 2 がある。

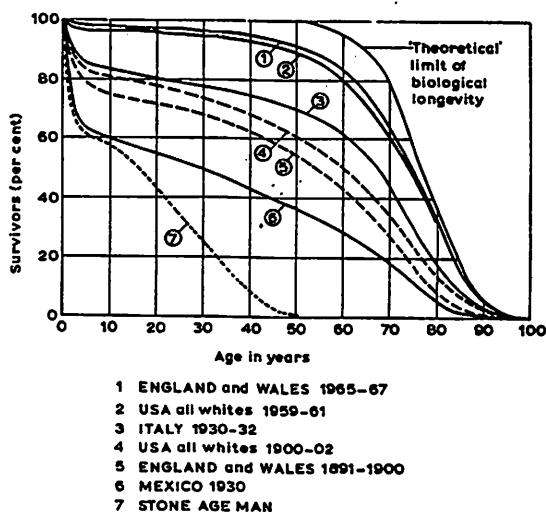


図 2 ヒトの時代別生存曲線：社会と医療が進歩すると共に生存率は上昇するが、それにも生物学的にある限界があると考えられる。

ここでは曲線は時代と共に左下から右上へ順次移行している。すなわち過去には乳幼児の死亡率が高く生存曲線は左下へひきづられていたが、それが近代化と共に全体として生存率が上がって来たことを示している。注目すべきことはこの

間の最高寿命は殆ど変わっていないということである。従って理想的に病気による死亡が防げると最後には90才で一斉に死ぬという形が予想される。これこそ正に大きな障壁であろう。

今のところこの大きな壁は大分違いので直接の目標にはならないが、我々が老化防御と言う以上単に老人病を防ぐだけではなく、老化そのものを防ぐとすれば、この目標から目をそらすことは出来ない。

### 3. 老化防御の研究方法

どうして老化防御の手がかりをつかむか、今のところそれには大きく分けて次の3つの方法が考えられる。

(1)疫学的比較研究

(2)老化の理論にもとづく方法

(3)年令依存的性質の調査にもとづく方法

すなわち (1)は最近癌の予防とその可能性を考えるのに使われている方法で、国や地方による寿命や死亡率の差と生活、食物などを比較するもので、同じ方法は時代的変化から更にある老人病に注目した調査などが行われる。

(2)については、老化には多くの理論が提出されており、それが正しければその理論にもとづく老化の防御ということが可能であるはずである。表2に、最近Schneiderがまとめたもの<sup>5)</sup>を示しておく。

表2 Theories of Aging

Theory	Proponent	Reference
Collagen theory <sup>a</sup>	Verzar (1957)	19
Cross-linking theory <sup>a</sup>	Bjorksten (1968)	1
Endocrine theory	Korenchevsky and Jones (1947)	10
Error catastrophe theory	Orgel (1963)	12
Free-radical theory	Harman (1955)	5
Immunological theory	Wallford (1969)	20
Metabolic theory <sup>b</sup>	Carlson et al. (1957); Johnson et al. (1961)	2,9
Programmed senescence theory	Hayflick (1968)	7
Rate of living theory <sup>b</sup>	Pearl (1928)	15
Somatic mutation theory	Sziliard (1959)	18
Waste product theory	Carrell and Ebeling (1923)	3
Wear-and-tear theory <sup>b</sup>	Pearl (1924)	14

Note: Entries with the same superscript may represent the same theory.

例えばフリーラジカル説に対しては、ラジカル補促剤の投与が、またクロスリンク説ではそれを生じるアルミニウムなどをキレート剤で除去することが考えられる。しかしこのように多くの説があるということは、未だ多くの人によって合意されたものがないということで、この方向での防御は今のところ余り期待できない。勿論一つの因子として考慮することは何らかの役に立つかも知れないが。

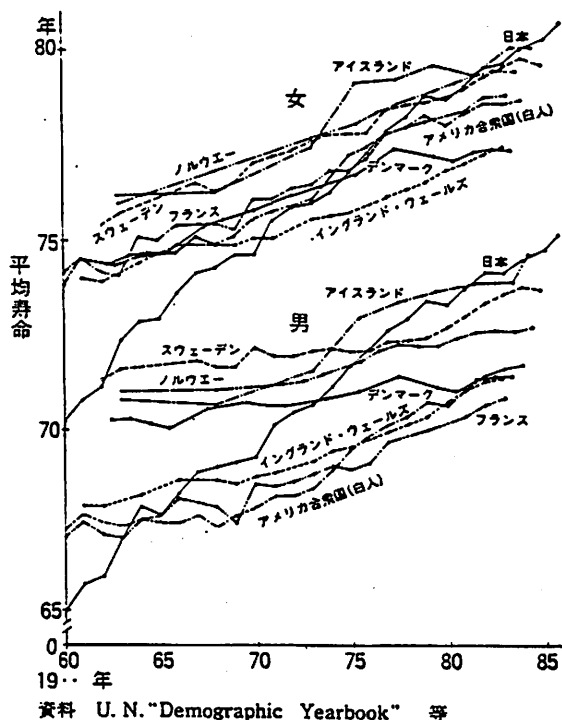
(3)は種々の生物学的あるいは生理的あるいは形態的性質について年齢依存性を調べ、その明らかなものについて、その制御の可能性を探っていこうとするもので、理研の10ヶ年プロジェクトなどはこの線に沿ったものと考えられる。

以下、これらのうちの若干について具体的検討を試みる。

#### 4. 死亡率の国際比較、日本を中心として

周知のように今や日本はアイスランドと並んで男女共に世界最長の平均寿命をほこっている。しかもその状況は図3に示すように、1960年（昭和35年）には先進諸国の間で最低であったものが、極めて急速に他の国をおいこして、トップにおどり出たのである。

図3 平均寿命の国際比較（国民衛生の動向 昭和62年より）

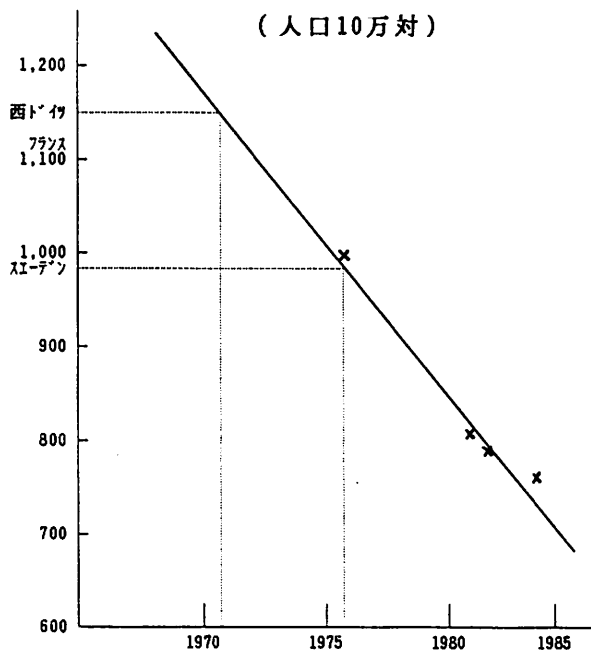




この図よりもっと前を見ると、大正10~14年(1921~1925)では男42.06女43.20で、昭和22年(1947)にようやく男50.06 女53.96に達し、それから急速で昭和25~27年(1950~1952)に男59.57 女62.97になっている。しかもこの古い時代は寿命の伸びは主に乳幼児死亡の減少によったが、昭和45年(1970年)頃からは65才以上の死亡率の低下が大きくきいている。これには食塩摂取量の低下による脳卒中の減少が大きくきいている可能性がある。

そこで、国際比較をより明瞭に行う為に図1に戻ることにしよう。このように表現すればすべての国民で直線は平行でその位置だけが違うと考えられるので、資料の入手出来た55~64才の年齢別死亡率をとってその年次変化を求めたものが図4である。

図4 55~64歳の死亡率  
(人口10万対)



図中の直線は日本の変化を近似したものである。これに西ドイツ、フランス(米国もこれに近い)をあてはめると日本の1970~71年に、よりよいスウェーデンでも1975~76年に該当する。すなわち欧米先進国は我国に比べ5~10年の遅れをとっていることになる。今や我国は経済だけでなく健康の面でも世界の最先端にあるのである。あるアメリカの医学者の曰く、アメリカは日本の3倍の医療費を使っているのにこの仕末である。国民の健康は医療だけでは片付かない何かがあるに違いない、と。それでも日本では癌が死因の第1位になったと騒いでいる。そこで癌の死亡率を表3に示した。(但しここでU.K.とあるのはイングランドとウェールズでスコットランドは除かれている。)

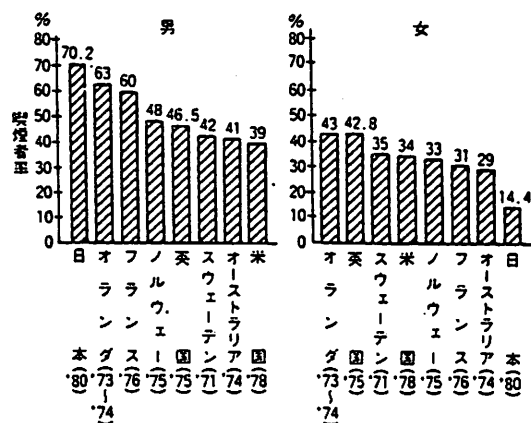
表3 各種がんによる死亡率（人口10万対）の国際比較（1984年）

ICD	Cause of death	Male			Female		
		Japan	U.S.A. (1983)	U.K.	Japan	U.S.A. (1983)	U.K.
140-208	All cancer	182.3	209.7	300.8	123.7	170.1	256.3
151	Stomach	52.5	7.4	25.5	31.1	4.8	16.4
153	Colon	8.8	19.7	20.5	8.8	19.8	24.5
155,199,IC	Liver	22.7	1.7	2.9	8.7	0.7	1.8
162	Lung	33.8	70.7	107.4	12.3	28.8	38.0
185	Prostate	3.9	22.0	25.8	.....	.....	.....
204-208	Leukemia	5.0	8.2	7.9	3.7	6.2	6.5

確かに胃癌と肝癌などだけを見れば日本の死亡率は高いが、全癌については日本が最低である。これで食餌などによって胃癌が減れば日本の成績はさらに良くなるであろう。食餌の影響についてはハワイおよびアメリカ本土在住の日本人と日本に住む人を比較した研究がいくつかある。そこで注意しなければならないのは胃癌は日本、ハワイ、アメリカの順に減るが、逆に大腸癌はこの順に増えることである。同様のことが心筋梗塞と脳卒中との間にも見られ、脳卒中は日本、ハワイ、アメリカの順に減るが、心筋梗塞はこの順に増える。従ってこの比較だけから、どんな食餌が良くそれでどれだけ病気を減らせるかの判断は慎重でなければならない。

ただ日本について極めて成績の悪いのは喫煙であって、図5に見られるように男の喫煙率は先進国中1位である。

図5 世界各国の喫煙者率の比較（国民衛生の動向 昭和62年より）



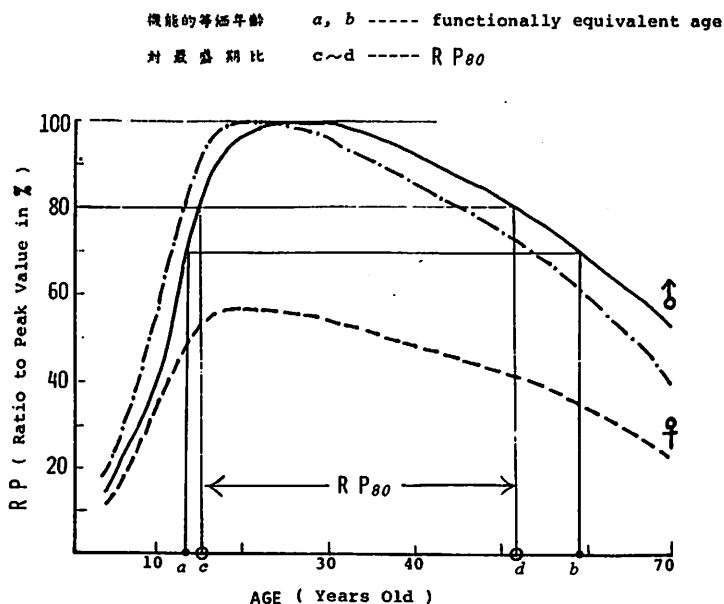
資料 日本は、日本専売公社「専売統計要覧」  
 外国は、U.S. Department of Health and Welfare,  
 Smoking and Health Report of Surgeon General.

幸いに女性は低いですが、最近増加の傾向があることが心配である。このように高い喫煙率にもかかわらず上記のように低い死亡率はどう考えたら良いのであろうか。ただこの喫煙率を下げればさらに一層寿命の延長が期待出来るのではなからうか。

## 5. 年齢依存性変化から何を摘み取るか

我々が老化防護研究協会を始めたころ、万井正人は「体力面から眺めた日本人の加齢現象」ということで多くの生理機能の年齢変化をまとめた(1973)<sup>6)</sup>。約70項目の年齢的推移を彼は図6のようにまとめた。男で25~30才、女で20~25才位をピークにしてそのあと年齢と共に低下する。

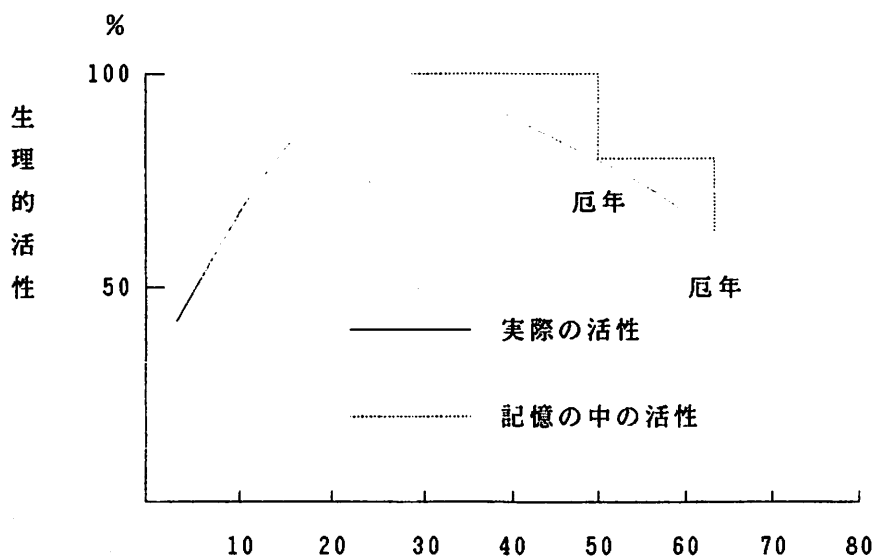
図 6



女性は全体として生理的機能が低いですが、それを男のものと同程度に示されている。彼は最近このようなデータを元に、3分間体力測定器なるものを開発した<sup>7)</sup>。これは身長、体重、握力、平衡機能、垂直飛び、最後に横臥位から警報によって動作に移る時間を自動測定し、標準値をもとにして体力年齢を求めようにしたものである。老人にも、しかも簡便に測定することが出来るのを特長としている。

私がかねてから、このような生物学的年齢と歴年との間のずれを知ることの大切さを強調している。それは人々は一般に若い元気な時の記憶を自分の今の状態と誤認して実際の生理年齢との間に大きな差が生じるまで気付かない。

図 7



長い年月の間にその差が大きなものになり、遂に疲労から病気などを生むようになるのが、昔から言われている厄年ではないかということである。従って少々の鍛練による向上をはかるにしても、自分の生物的状态から大きくはなれないよう自分で気をつけること、年をとれば徐々にうまく負担を減らしていくことが養生というものである。それによって大きなつまづきなく力は衰えながらもそれなりの人生を楽しむことが出来よう。

それではただ年と共に衰えるに任せればよいのかと言うと、そうではない。図 8 は松沢大樹らによる脳の充実度の年齢による変化をすき間の増加として示したものの<sup>8)</sup>であるが、これから年齢によるもう一つの変化として年と共にぼらつき（個人間の差）が大きくなることが知られている。このようなことは別にこのような測定によらずとも、老人には同じ年でも極めて若々しい人といかにも老いさばらえた人の居るのは万人の認めるところであろう。そこで老化防御のもう一つの方法は、このように大きくぼらつく働きについては仲々低下しないので若い時の機能を保つように努めることである。この図に示した脳などは大いに使って衰えさせてはならない。

このような観点から直接主要死因につながらないが高令者にとって大切な免疫能と骨のカルシウムについてのデータを示そう。図9はバーネットの本<sup>9)</sup>から引用したものである。

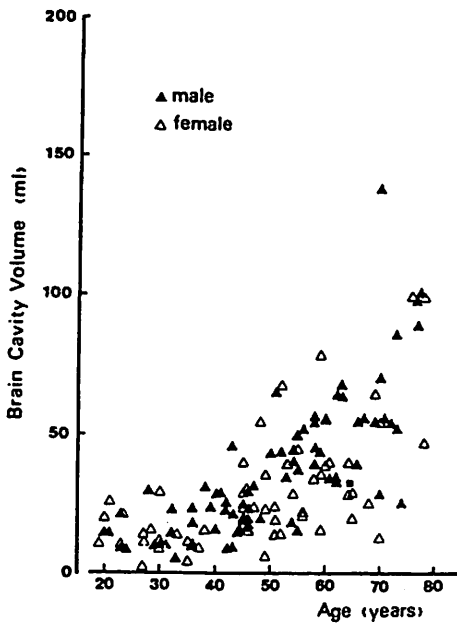


図8 Distribution of BCV according to age and sex

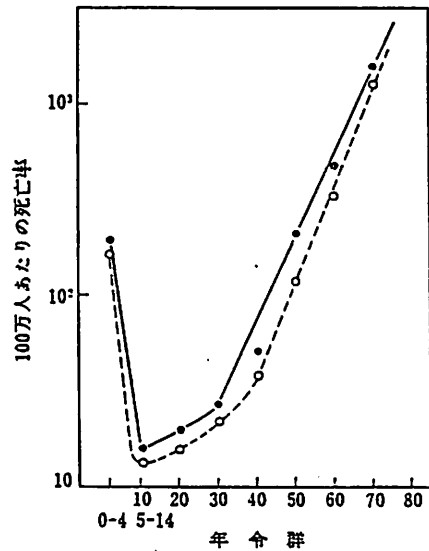


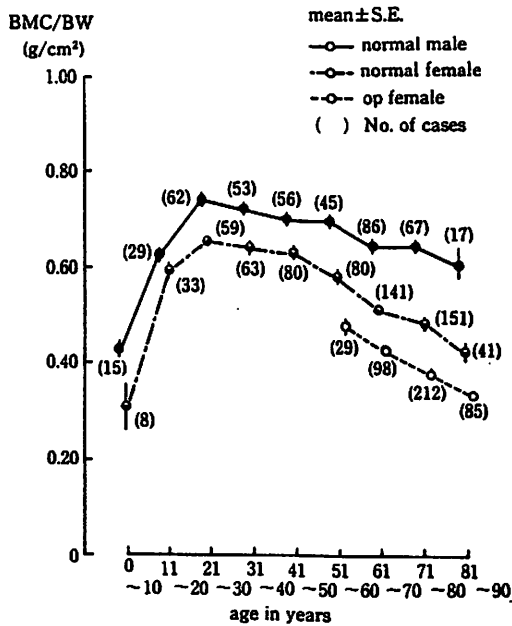
図9 インフルエンザなどの呼吸器感染による死亡

男性（実線）と女性（破線）の年齢相関死亡率が年齢と共に規則的に増大することを示す

加齢による免疫機能は動物でも人でもよく調べられている。これはそれに対応して年齢と共にインフルエンザなどによる死亡が急増することを示している。これに対してウィルス抵抗性を保つためには一般免疫機能をはじめ、インターフェロン産生能を保持しておく必要がある。（財）京都バスターール研究所の岸田などは最近特殊な乳酸菌などにインターフェロン産生能を高める作用のあることを見出し、これを食品として開発した<sup>10)</sup>。このようなものによって高令者のウィルス抵抗性をたかめておけば、インフルエンザはもとより理論的には癌への予防も可能となるだろう。

図10<sup>11)</sup>は骨のカルシウムの年齢、性別の変化を橈骨近位端骨塩含量として示したもので、下の曲線は骨粗疎症のもので、カルシウムの著しい低下が知られる。また女性は男性に比べて低く、ことに高令者で骨折のおこり易いことが理解される。このカルシウムのレベルは同じ日本人でもハワイ在住のものは高いので、食餌による改善が期待出来る。高令者が一旦骨折をおこすと、そのまま寝たきりになってしまうおそれがあり、その予防のためにもこのカルシウムの低下を何とか防ぎたいものである。ホルモン、ビタミンDなどが試みられているがさらなる研究が望まれる。

図10 日本人の橈骨近位端骨塩含量



## 6. 老化防御研究における戦略的問題点

老化防御の研究も医学研究の一つにはすぎないが、今まで疾患の治療や予防の研究とは異なり注意すべき点が3つあると考える。それは戦略的問題点とも言うべき基本的なとり組みから考えるべき問題であることである。

### ① 実験動物からヒトへの外挿

一般に使われている実験動物の寿命は人のそれに比べて可成り短い。従ってそこで見られることが同様に人で見られるとすれば、動物の方では加速されていることになろう。しかし、それでは何故人ではその変化がゆるやかであるかは分からない。また人の寿命80年をきめる基本的なゆるやかな現象があるとすれば、それは人か、寿命の人に近いもので調べねば分からないだろう。この外挿の問題は医学研究にいつもつきまとうものであるが、老化防御研究では特にきびしく吟味する必要がある。

### ② 研究立案における必要な時間と期待する精度との関係

研究対象が人の寿命であればその観察には何十年を必要とし、いろいろの条件を変えたり、何かを加えて介入するにしてもその影響を調べるには大きな規模と長い時間を必要とする。そこで従来薬剤開発と同じ手法を使えば、確かに精

度は高いだろうがすべての結果が出て結論を下せるのは何百年か後になろう。今の人はもう自分達の為に何も期待出来ず、すべては将来の人類のためだというのならそれもよいが、とてもそうはいくまい。同じ京都フォーラムでE.D.Frohlichは「高血圧治療への非薬理学的アプローチ」と言う講演で、高血圧に影響されている肥満、運動、アルコール、煙草、Na、K、食物繊維等々9つの条件をあげたが、実は医学的に関係が証明されているのはそのうちの4つ（肥満、Na、アルコール、煙草）にすぎないと言った。確かに医学的にはほかのものも研究を続けて証明されねばならないが、それでは現に生きている我々はどうしたらよいのか。

ここで、どれを具体的な方策としてとるかは単に科学的証明だけによるのではなく、ある程度の常識的とも言える判断が必要であろう。たとえば適度の運動の効果などは科学的証明がなくても、採用し結果はあとに待つ位の考えが必要であろう。その為には例えば統計的な有意義の判定基準を通常の5%にとらず、20%位のものでとりあげていくといったことが考えられる。兎に角研究に要する時間が個人の寿命よりはるかに長いことを忘れてはならない。

### ③社会的倫理的考察が必要

個人としては誰もが長寿を望むが、社会としてそれを受け入れる体制が出来ているのか。社会的にも、また倫理的にも広い立場で十分検討した上でなければ、老化防御が成功したとして、大きな混乱をまねくのみであろう。現在のところ、とても急にそんなことにならないと安心しているが現に日本では急速に進みつつ高令社会に21世紀にうまく対応出来るかどうか心配である。我々医学生物学の老化防御の研究を他人ごとと思わず、関連分野の方々も十分関心をもってほしい。より積極的な意味でも日本の長寿はむしろその家族制度にあるという説もある位である。むしろ老化防御にはすみよい社会というのか前提条件であるということかも知れない。

[ 文献及び資料 ]

- 1) 文部省科学研究費総合研究 A : 放射線作用と加齢のとの関係についての実験的研究 (昭和44~46年)、代表者: 菅原 努
- 2) 老化防護研究 Vol.1 No.1 June, 1970 老化防護研究協議会発行  
(Vol.2 から老化防護と改題 Vol.6 (昭和50年8月)まで年1~3回発行)
- 3) 財団法人 日本科学技術振興財団: 老化制御研究の体系化と計画化に関する調査研究 昭和49年
- 4) A. Comfort: 1  
Mechanisms of Aging and Development 3, 1-31, 1974.
- 5) E.L. Schneider: Theories of aging: A perspective. Modern Biological Theories of Aging, edited by H.R. Warner et al. Raven Press, New York, 1987 pp.1-4.
- 6) 万井正人: 体力面から眺めた日本人の加齢現象、老化防護 Vol.4 No.2, 15~21, 1973.
- 7) 健康くらぶ(京都府異業種交流グループ・メンバーによる製作) 株式会社日本医学臨床検査研究所CS事業部取扱
- 8) M. Ito, J. Hatazawa, H. Yamaura, T. Matsuzawa: Age-related brain atrophy and mental deterioration — a study with computed tomography. Brit. J. Radiology 54, 384-390, 1981.
- 9) F.M. バーネット (小山 次郎訳) 免疫・老化・がん 共立出版  
昭和53年5月
- 10) 喜多 正和、岸田 綱太郎: 機能性食品ボンナリネのボランティアによる摂取実験 (第1報) ——インターフェロン産生能の増強効果—— 基礎と臨床 21, 75-82, 1987.
- 11) 折茂 肇、白木 正孝: 私信



## (2) 英国ロイヤルソサエティ報告 「Risk Assessment」1983概要

青山 喬

### はじめに

英国王立協会の報告書「リスク評価と知覚」(1983)の概要を次の6章に分けて紹介する。

1. 「リスク評価と知覚」に関する研究グループの成立と経過
2. 工学的リスクの推定
3. 生物学的リスク推定のための動物実験
4. ヒトの観察によるリスクの推定
5. リスク知覚 (The Perception of Risks)
6. リスク管理

これは、王立協会報告書の章の分け方とは必ずしも一致していない。ことに、Summary and Conclusions は省き、そのかわりに上記のように報告書成立の経過を示すために、「リスク評価と知覚」に関する研究グループの成立と経過の一章を設けた。

なお、本概要を制作するに当たり、報告書の内容を筆者が適宜取捨選択したが、一方、出来る限り全体が概観出来るように心がけた。本概要が英国のリスク評価並びにリスク知覚に関する研究及びその対応の現状を知る上で少しでも寄与するところがあれば望外の喜びである。

### 1. 「リスク評価と知覚」に関する研究グループの成立と経過

1978年の末に、英国の環境問題委員会の委員長であるFrederick Warner卿が手紙を王立協会の理事会に送り、研究グループを作ってリスク評価と知覚についての問題を検討してはどうかという提言をした。そこで理事会は研究グループを作り、次の項目について検討することにした。

- (a) リスク評価にあずかる科学的原理について、特にリスク評価と安全確保の量-レスポンス関係、しきい値、その他の数量的基礎、について考える事。
- (b) リスクの受容 (acceptability)を判断するに際し、個人、社会が考慮する科

学的因子その他について考える事。

- (c) 現在のリスクベネフィット分析及びコストベネフィット分析の基礎を評価し、これら分析からの二つ以上の選択のもつ意義について考える事。
- (d) 王立協会がこれについての討論会を開催すべきかどうかの考慮。
- (e) 理事会へ報告し勧告すること。

研究グループは何度かの討論を重ねた末、研究の焦点を“リスク評価”“リスク知覚”“リスク管理”に定め、さらに、広く英国内の専門家の意見を聞くために討論会を開催した。その記録は「リスク評価と知覚」という題名のもとに出版された(Proc.R.Soc.Lond., A376, 1-206, 1981)。その後、1983年に本報告書が出版されている。この研究グループの構成は医学、工学、経済、統計、心理学、さらに英国健康安全委員会、労働団体の代表者など各界の専門家によってなされた。また、数名のサブグループ事務局代表、国外の研究者も参加した。研究グループのメンバーを以下に示す。

Chairman	Sir Frederick Warner, F.R.S.
Other member	Professor Sir Richard Doll, O.B.E., F.R.S., Mr H.J. Dunster, C.B. Mr A.J. Fairclough Professor F.R. Farmer, O.B.E., F.R.S. Professor D.J. Finney, C.B.E., F.R.S. Dr M.W. Holdgate, C.B. Professor P.J. Lawther, C.B.E. Professor T.R. Lee Dr R.M. Murray, O.B.E. Dr R. Owen Sir Edward Pochin, C.B.E. Professor P.C. Roberts Professor C.W. Suckling, F.R.S. Dr T.M. Sugden, C.B.E., Sec.R.S. Dr B.C.L. Weedon, C.B.E., F.R.S.
Secretary	Professor A.J. Fox(until March 1981 Dr D.H.Slater)
Occasional observers	Dr A.V. Cohen(secretary to Risk Management Sub-group) Dr R. Griffiths(Secretary to Engineering Risks Sub-group) Professor K.J.Netter(Deutsche Forschungsgemein- schaft) Professor G.F. White(Scientific Committee on Problems of the Environment)

なお、本報告書に用いられたリスク関係述語の日本語訳は別紙1のリスク検討会(代表：菅原努、(財)体質研究会理事長)の定めた訳にしたがった。

## 2. 工学的リスクの推定

### 1) リスク推定の方法

工学的リスクを分類すると、

第1に、損害、原因の統計がはっきりしている場合、

第2に、リスクが存在する証拠はあるが、原因と結果の関連がはっきりしていないもの、

第3に、専門家により事故発現の確率は推定されているが、実際に事故は起こっていないものに分けられる。

工学的分野では、事故原因を調べ、それをフィードバックさせて、二度と事故や故障が起こらないように努めているが、そのような知識、データは不十分であり、これから新しく導入される技術にはリスクの予測が必要である。

工学的リスクの推定は、方法論的に2つに分けられる。

第1は、決定論的な方法である。すなわち、すべては自然法則にしたがって発現するから、設計段階で将来どんなことが起こるか予測可能であるとする。

stressとstrengthの関係が重要で、stress増強因子、strength減退因子のバランスでいろいろな故障が起こるという見方である。

第2は、確率論的手法である。stressも strengthも平均値を中心に分布している。stressの上限と strengthの下限が重なるところに故障は起きる。stress、strengthの分布も確率的である。さらに、人間的な関与が入ってくるので、決定論的な考え方は古いとする。

### 2) リスク推定の技術

工業的分野で行なわれている工学的リスク推定の手順は以下のようなになる。

第1段階は、Hazard identification（障害の同定）である。過去の記録に照らして、新しく起こった工学的障害がどれにあてはまるかを調べる。記録、すなわち知識を増やし同定を容易にする。

第2段階は Reliability and failure analysis（信頼度と故障分析）である。これは裏と表の関係にあると思われる。要求されている機能をどこまで備えているか、どこまで失われると故障が起こるかを分析する。

第3段階は、Event and fault tree analysis（事故、過失発生系統解析）。Event treeの方は最初に発生した事故の方から問題を解析していく。

Fault treeの方は特定の故障が起こったところから逆行して解析する。ボーイング社が宇宙産業開発のために1965年に導入したとされる。

第4段階は、Event and reliability data banksである。データ・バンク的に

記録、知識を集積しておくこと。

第5段階は、The role of tests (テストの試行)。故障、事故の発現機構を知る上で重要である。

第6段階は、Consequence modelling、すなわち、最終的に線量(曝露量)・反応関係のようなモデルを作り閾値があるかどうかというような問題を検討する。

このような流れにしたがってリスク推定の方法が作られている。

Event and fault tree analysisが解析の中心になっているように思われるが、以下のような問題点がある。

- (a) ありふれた原因の故障を解析でどう扱うか
- (b) 最初の情報入力時の不確実さ拡大の対策
- (c) システムの包括性の程度を如何にして確認するか。
- (d) 問題が数量的に扱えるようなFault treeの範囲をいかに特定するか。
- (e) 故障のデータ入力に含まれる確率分布の形とパラメータは何か。

### 3) リスクの表現

リスク推定において、結果としてのリスクをどういうふうに表示するかが次の問題である。

#### (1) Individual risk (個人的リスク) :

最も広く用いられている。例えば、死亡率で、曝露集団の人口に対する死亡数が一番普通である。単位時間当り、すなわち、曝露1年間当り、あるいは1時間当りというふうに表示す。

#### (2) Death per unit measure of activity (単位活動あたりの死亡) :

例えば、旅客-マイル、単位あたりの死亡で示す。

#### (3) 余命の短縮 :

余命とは、出生人口10万を仮定し、その年の死亡率を用いて各年齢別の死亡数を出しその死亡数から平均寿命を計算する。死亡率を使って計算しているので、計算上のものであるが一つの尺度になる。

#### (4) Frequency vs Consequence lines (FC lines) (頻度対結果曲線) :

事故頻度とその結果の両方を合わせることによってリスク推定の信頼度を増加させる。FC曲線の一例を図1に示す。横軸に死亡数、縦軸に事故の頻度をとる。飛行機の事故で、頻度の高い事故の場合は死亡数が小さい。原子炉事故は頻度が一番低い。急性効果の死亡を指標としたときは頻度は低い、後に癌で死ぬ晩発効果を考慮すると事故頻度は若干高くなることが示されている。

#### 4) 結論

リスク推定、リスク管理を進歩させるための条件を下記に示す。

- (a) リスクの同定、リスクの推定に関するデータの改善。
- (b) 設計、管理手順、防護基準の改善
- (c) 事故に学びフィードバックさせる。
- (d) 数量化されたリスクをよく検討する。
- (e) 数量化リスクの評価はアカデミックなものであるが、アカデミックになりすぎて、硬直したものであってはいけない。現実にあう柔軟性が望ましい。

### 3. 生物学的リスク推定のための動物実験

この章は生物学的リスクという表現であるが、主に化学物質の曝露によるリスクを扱っている。化学物質、環境汚染から、安全を確保するには、種々の問題があるが、一番重要なのは、有害影響を受けることなく耐えることができる曝露量を推定することである。しかし、人のデータを集めることは困難なので、研究室の動物実験の役割は非常に大きい。

#### 1) 非中毒学的データの必要性

物理学的な情報、毒物、薬物の化学構造、物理学的な特性、分子構造、さらに仕様書すなわち、化学物質のものとしての説明が重要である。

#### 2) 生物学的効果の特性

##### (1) 全体的考察

動物実験を行なう場合、実験の性格により動物の種類を選ぶ必要がある。例えば、慢性毒性を見るには長寿命の動物を用いる。

##### (2) 中毒学的研究

生物学的効果研究は急性毒性の決定で始まる。LD<sub>50</sub>、すなわち動物集団を半分まで殺すのに必要な量が指標となる。毒性発現の mode of actionも重要な研究目標である。皮膚等の過敏性、刺激性も重要な問題である。化粧品、住宅、工業、農業に関係した化学物質が関係する。過敏症、アレルギー反応の可能性も調べる必要がある。また遺伝毒性(突然変異誘発能)も重要である。体細胞突然変異は発がんに関係している。

#### 3) 実験データの解釈と評価

実験室で行なわれた研究のデータをどう評価するかが重要であるが、一般に

Non-adverse-effect level (NEL: 非有害効果レベル) が用いられる。閾値と考えてよいと思われる。その他に代謝、飼育条件などについての情報が必要である。

次に、ヒトの環境の曝露量推定が問題となる。それには食料品を經由して曝露する場合、食品の濃度と消費量、消費の頻度を知る必要がある。この考え方は職業的曝露にも応用できる。

しかし、結果のヒトへの転移の場合、いろいろな問題がある。ヒトの研究では後向きの疫学研究の多いこと、社会環境の交絡因子の決定が困難であること、ヒトは複数の化学物質に曝露されていること、発癌ではPromotor Co-carcinogenの決定が必要であること、などである。最も重要なことは、動物からヒトへの精度の高い外挿モデルを作ることである。

動物の場合、NELが判明し、体重何kg当たり何mgまでは大丈夫という線が出る。ヒトも同じように、Acceptable Daily Intake (ADI: 一日当りの摂取許容量) を定め、mg/kg (体重) / 日で表わされる。この方法はヒトのリスクが数量化されて出てくる利点があるが、基になる動物実験の欠陥、ヒトと動物の代謝の相違、などの理由から動物からヒトへの外挿は容易でないので今一つ信頼性に欠ける。また動物実験では、曝露量も濃度で与えられ、10倍単位であるので、NELは一番低濃度の10分の1になる。普通、安全係数として100を用い、ヒトのADIを出している。食品添加物とか、職業曝露に対する英国の立場はNEL、ADIを用いず、A、B、C、D、E、Fと言う6段階の食品添加物規制基準を採用している。Aは食品添加物として使用可、Bも可(要観察)、Cは不可(毒物の可能性あり)、Dは不可(おそらく毒物)、Eは不明(データ不十分)、Fも不明(データ無し)。職業曝露の場合はThreshold Limit Values (TLVs: 閾制限値) というのを500種くらい産業化学物質について定めている。そのレベル以下にすべきであるとする立場があるが、発ガン物質(但し、Initiator) については閾値がないという立場をとっている。

## 4. ヒトの観察によるリスクの推定

### 1) 疫学的手法

ヒトのデータからのリスクの推定には疫学という手法が使われる。前述のように、動物データをすぐに人間にあてはめることはできない。ヒトにはいろんなリスクがある。例えば登山のリスクは人間だけに存在し、実験動物で観察するわけにはいかない。サッカリンはマウスにガンを起こすがヒトには無害である。モデルを作り、動物の結果をヒトに外挿して、リスクを推定しているが、その知識は非常に不完全なものである。さらに人間は常に新しい機械とか、新しい化学物質を導入しているので、それらについての動物実験も必要だが、社会に導入された状態を追跡して、初めて実際にリスクのわかることの方が多い。

疫学的方法は以下のように分類できる。

- (a) Proportional mortality studies (deaths in a population are tabulated by cause of death and compared with the proportions of death from each cause in a standard population with the same age and sex distribution);
  - (b) studies of deaths among workers employed at the time of death (the number of such deaths from various causes can be related to the average size of the work-force);
  - (c) case-control studies (life histories of people who die of a particular disease are compared with those of people who do not die of the disease in question);
  - (d) simple prospective studies (a cohort of persons exposed is followed until death, including periods after any member ceased to be exposed).
- (a) Proportional mortality studies (相対死亡比較率) というのは、問題になっている集団と年齢、性を一致させた基準となる集団の死因別死亡の割合を比較する方法である。
- (b) は死んだ時点における作業者の死亡についての研究で、各死因による死亡数は労働人口の大きさに関係するとする。
- (c) は患者-対照研究と呼ばれるものである。調査対象集団の中の、死んだ人の前歴を調べる。例えば放射線に被曝したか、被曝していないかを調べて放射線の影響を知る。有名な米国、ハンホード研究はこの方法で行なわれた。この場合、放射線作業に従事していない人の死亡率が非常に

高かったので、低線量被曝の影響を過大評価する結果になった。

(d) Simple prospective studies (コホート研究) が最も理想的な方法とされている。これは最初に追跡調査する集団を設定してしまう。原爆被爆者の研究はこの方法で行なわれている。

調査の情報源は、国勢調査、病院の記録、健康保険、学校検診、保健婦の家訪問、ガン登録、産業医学的記録、家庭調査などである。

## 2) リスクの複合指標 (Compound Indices of Risk)

種々の原因から起こる効果についてのリスクを1つの尺度上で比較する試みがなされている。ICRP (1977) が電離放射能の職業被曝によるリスクと他の種類の職業のリスクを比較したことは記憶に新しい。1例として、寿命の短縮を指標として各種障害のリスクを比較したものを表1に示す。妊娠合併症の死亡による寿命の短縮は約47年である。しかし、これを集団の平均でみると0.01年の短縮にすぎない。一般に若くて妊娠して死亡するので、50年近い寿命のロスが起こるが、頻繁に起こることではないので平均としての短縮は少なくなる。1日に15から24本タバコを吸う男性医師の寿命短縮はだいたい歳がいつてからガンで死ぬから、平均すると5.45年の短縮となる。どういう指標でみるかでリスクが違うことが理解できる。

## 3) 活動の種類によるリスク

旅行のリスクを表2に示す。データは1967年から1971年と1972年から1976年の古いものである。10<sup>9</sup>kmの旅行あたりの死亡率を見ると、列車事故は0.65から0.45、飛行機事故は2.3から1.4、バスのリスクは両観察期間とも1.2、トラックは5~6、タクシーが97、自転車は88、オートバイは163から165であるが、ドライバーのリスクよりも歩行者のリスクは375から379。いかに暴走族が危険かということがわかる。

医療のリスクは表3に示されている。ワクチンのリスクは低いがトロートラストとか、強直性脊髄炎の放射線治療のリスクの高いことがわかる。

職(産)業のリスクは表4に示されている。靴とか織物などを作る工業のリスクは低い、炭鉱、採石、石油採掘、沖合いで天然ガス、深海魚業のリスクは高い。

スポーツのリスクは表4に示されている。学校でのフットボール(米)10万人・時あたりの死亡が0.3くらい。ロッククライミングが4、モーターサイクルが3



で、これらは非常に危険なスポーツである。スポーツ・パラシュートも 100万人・時当りにすると0.2くらいである。

## 5. リスク知覚 (The Perception of Risks)

### 1) 客観的統計的リスクと受容可能レベルの査定

Perceived risk (知覚的リスク) というのは感覚でとらえられたリスク、知覚されたリスクといえる。それに対して、これまで紹介されたリスクは objective あるいは statistical、つまり、客観的な、あるいは統計的なリスクである。政治や産業がリスクを管理、意志決定などを行なう場合、指標として用いられるリスクレベルは、acceptable risk (受容可能リスク) と言われ、つまり、大衆が受容可能なリスクのレベルなら、その産業は社会に受け入れられると考えられる。しかし、そのレベルを決定することはなかなか困難である。客観的リスクと一般大衆の受容可能リスクレベルの間にギャップの存在することがある。大衆は数字的にリスクが低いから受容するとは必ずしもいえないからである。原子力発電などは、リスクからいえば非常に低いが反対も多いわけである。

### 2) 客観的リスクと知覚リスク査定類似性

Starr (1969年) は「大衆はリスクと受益を取り引きする(risk benefit trade-off)」という考えを発表した。しかし、取引をするだけではなく、心理学でいう“revealed preference”とか“行動的観察”つまり、直感的に「これはいやだ」、「これはいい」という反応をすると考えるべきである。それは問題とされる障害の死亡率の大きさ、影響出現の迅速性、などいろいろの因子に影響される。高リスク、高死亡率影響がすぐに起こると悪いと考え、ずっと後で起こると忘れられてしまう。自発的行為による死は知覚的リスクは低い、他人からの影響で死んだ場合の知覚的リスクは高い。大衆自身の悩み、不安などの感情も影響する。従って、政策の決定者は、大衆の反応をくだらないと考えてはいけない。受容可能リスクレベルを設定する場合、大衆の反応を十分考慮しなくてはならない。

### 3) 客観的リスクと受容性研究の限界

#### (1) リスクディメンジョン

リスクの定量化で、頻度だけを問題にすると順位だけが問題となり、リスク定量化のデメンジョンは1つになってしまう。その事故が人工的なものか、自然のものか、自発的なものか、そうでないのか、ということでリスク・ディメンジョンが異なる。

#### (2) 時間単位

リスク評価における時間の単位も問題である。すでに述べたように時間当りではロッククライミングは火事と比較し非常にリスクは高い。しかし、年の単位で見ますと、ロッククライミングのリスクは火事よりもはるかに低い。

(3) Who is affected (当事者は誰か)

当事者は誰かによりリスク受容のレベルが変わる。例えばその集団の大きさ、社会的地位、政治力が違うとリスク受容のレベルが変わるわけです。

(4) Accepted vs Acceptable (受容されたリスクと受容可能リスク)

受容されたリスクと受容可能リスクとは同じではない。喫煙は受容されており、喫煙者はたくさんいるが、実際は受容不可能な非常に有害なものである。

(5) How individuals arrive at decisions (個人の意志決定過程)

最後に、個人が意志決定に到達するのにどのような過程をとるかという問題が残る。前述の「リスクと利益の取引」というのも一つの考え方であるが、Green(1979年)は、これは間違っており、「荷重と抵抗の関係」に似ていると言った。意志決定過程は単純なものではなく、心理的に非常に難しい問題であって、心理学的に研究せねばならないと Whyte と Burton(1980年)は述べている。

#### 4) リスク知覚の科学

われわれはリスクというものを感覚でとらえている。そのリスク知覚の測定法には次の様なものがある。

(1) The Social Survey (世論調査)

どういう人がどんなふうに思っているかを調べる。簡単で、深さより広がりが見える。集団の分布、意見の関連性などが明らかになる。

(2) Psychometric Scales (心理測定尺度)

理想的には絶対安全というのを0とし、種々の活動や事故などの心理的な危険度を推定してもらおう。例えばロッククライミングは100という反応を引き出せる。人間の行動あるところリスクありで、存在していることすらリスクがあるから、絶対安全というものを見出すことは困難である。そこでいろいろな障害(源)のリストを見せて、一番安全だと思うものを探させ、それをゼロにして、それに比しどのくらい危険かを考えてもらう。

(3) Repertory Grid (レパトリー格子法)

いろいろな障害(源)を格子上に分布させ、その位置を決める方法である。Kellyが1956年にPersonal Construct Theoryを提出した。人は頭の中に対立する“Constructs”(構造概念)がセットになって存在する。例えば、exciting/dull, voluntary/involuntary, controllable-by-me/uncontrollable

など。この概念のセットで自分の住んでいる世界の中のいろんな“element”（要素）、例えば病気とか、交通事故とかの関連性を調べて結合している。逆に、いろんな要素の結合をどのようにしているかをたどると、その人の精神構造がわかる、ということである。実際には、水平軸の方に要素、垂直軸に構造概念をとって調べる。

表5にelements（要素）とConstructs（構造概念）の例を示した。

図2には2種の因子リスクの認識度を縦軸、リスクの恐ろしさを横軸にして30の障害（源）について分布を見たものである。調査対象は、LOWV（League Of Women Voters）；学生、クラブ活動家、専門家である。専門家は○で他は●、4者のポイントを連結してある。原子力は、わからなくて恐ろしい存在であることがわかる。民間航空はやはり怖いという気持ちはあるが、ある程度はわかっているものとしてとらえられている。原子力については専門家集団はそれほど恐ろしくないものとしてとらえているが、飛行機は一番恐ろしいものとしてとらえている。

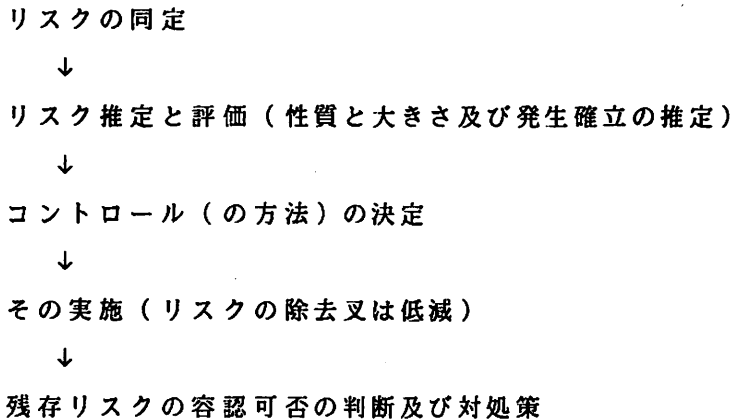
図3に同様な調査結果が示されている。X、Y軸は、図2と同じであるが、前述の構造概念が図の下に書かれていて、X、Y軸の因子として調べることが可能であることを示している。実際には示されていない。それで平面的な図でみると原子力の位置は図1と同じところにある。

このような調査で判明した、リスク知覚因子のリストを別紙2に示す。例えば、集中的で明白リスクは恐ろしいと感じられている。直接の受益者でない人達に対するリスク、例えば一般大衆が原子力発電所からの放出物に曝露された場合、リスクは大きいと感ぜられる。よく知らないリスク、人工的リスク、自発的でなく受けたリスク、すぐ発現するリスクなどリスクは大きいと知覚される。

## 6. リスク管理

### 1) リスク管理とは

リスク管理とはどういうものか。どんな活動でも人間の活動にはリスクがつきまとう。人が一番問題にするのは産業活動によって生ずるリスクであり、産業界としては、そのようなリスクをコントロールする必要がある。どういうコントロールが必要なのか、あるいはそのコントロールは妥当であるか、あるいは実施できたかとか、あるいはコントロールする費用が社会的に容認できるか、というようなことは政府とか、規制当局が決めることである。そういうコントロールに関して、個人、企業、政府、いろいろな人たちが決定にコミットする。この複雑な過程をリスク管理という。それを流れ図式に示すと以下のようなになる。



リスクは、受容されるかどうか非常に問題である。この意味でリスクを分類すると、利益も非常に大きい、リスクのレベルが非常に高い。つまり利益は大きい、個人が生存できない。これは受容されない。非常に発現頻度が低く、まれに特定の個人に影響はあるが、社会全体では低いというものは問題にならない。非常に大きい影響がある、多人数が影響を受ける、つまり、社会的リスクがある。これは非常に問題になる。従って、リスク管理の場合も、社会的リスクが問題になって、結局そのリスクの上限、下限、受容可能なレベル、管理のガイドラインというものを決めていくことが必要になってくる。

### 2) リスクの正当化及び最適化レベル

正当化とか最適化の問題がある。ICRPはこの考え方に立っている。本報告書の著者の中にポーチン卿も入っているので、かなりICRPの考え方が入っていると思われる。正当化というのは、弁益の合計が費用と損害の合計を上回っていること。最適化というのは、リスクの低減に要する費用が低減されるリスク損害を上回る

ないところまでリスクを低くする。すなわち、合理的に達成できるまでリスクを下げることである。ICRPの「As low as reasonably achievable」ではトントンであればいい、何とかそこまで到達すればいい、ということになっている。英国の労働法は、「So far as is reasonably practicable」で示されるようにより厳しい規定である。低減に要する費用が得られる利益より不釣り合いに大きくなならないこと、となっている。リスク低減策がいくつかあげられている。まとめると以下のようなになる。

#### リスク低減策

- ( i ) それぞれの状況毎に合理的に達成できる、または実用できる最大限まで、リスクを低減させることを約束する（決意する）。
- ( ii ) リスクの同定と推定に係わるデータを更新・改善する努力を続けること。
- ( iii ) 発生障害源を回避する目的の下に、設計、コントロール措置、防護措置を改善する努力を続けること。
- ( iv ) 事故から教訓を得、かつそれを設計とコントロールのプロセスにフィードバックさせるような有効な手はずを整えること。
- ( v ) 大気汚染コントロールにおける「実行可能な最善の手段」法の意図するところにならって、段階的改善を行なうように全般的に決意すること。

### 3) 意志決定の過程

#### ( 1 ) 操業管理

リスク管理は工場などの必須の課題である。これに関して工場マネージャーの行なうべき措置として以下の事項があげられる。

- ( a ) 固有の潜在的障害源を同定する。
- ( b ) 障害源を出来る限り少なくすべく、目的を修正し、残存する障害源によるリスクを低減するよう適切な手段をとる。
- ( c ) 更に残って存在する固有のリスクを定量化する。
- ( d ) リスク及び損害が容認不可であれば、リスクを容認できるレベルまで低減するか、あるいはそのプロジェクトを放棄する。
- ( e ) リスク低減のために決めた対策措置の実施具合をモニターし、確実に実施させる。
- ( f ) 設備・手順について大きな変更を試みる場合はその前に上記(a)-(d)の段階を十分に（詳細に）繰り返す。

ないところまでリスクを低くする。すなわち、合理的に達成できるまでリスクを下げることである。ICRPの「As low as reasonably achievable」ではトントンであればいい、何とかそこまで到達すればいい、ということになっている。英国の労働法は、「So far as is reasonably practicable」で示されるようにより厳しい規定である。低減に要する費用が得られる利益より不釣り合いに大きくなならないこと、となっている。リスク低減策がいくつかあげられている。まとめると以下のようなになる。

#### リスク低減策

- ( i ) それぞれの状況毎に合理的に達成できる、または実用できる最大限まで、リスクを低減させることを約束する（決意する）。
- ( ii ) リスクの同定と推定に係わるデータを更新・改善する努力を続けること。
- ( iii ) 発生障害源を回避する目的の下に、設計、コントロール措置、防護措置を改善する努力を続けること。
- ( iv ) 事故から教訓を得、かつそれを設計とコントロールのプロセスにフィードバックさせるような有効な手はずを整えること。
- ( v ) 大気汚染コントロールにおける「実行可能な最善の手段」法の意図するところにならって、段階的改善を行なうように全般的に決意すること。

### 3) 意志決定の過程

#### ( 1 ) 操業管理

リスク管理は工場などの必須の課題である。これに関して工場マネージャーの行なうべき措置として以下の事項があげられる。

- (a) 固有の潜在的障害源を同定する。
- (b) 障害源を出来る限り少なくすべく、目的を修正し、残存する障害源によるリスクを低減するよう適切な手段をとる。
- (c) 更に残って存在する固有のリスクを定量化する。
- (d) リスク及び損害が容認不可であれば、リスクを容認できるレベルまで低減するか、あるいはそのプロジェクトを放棄する。
- (e) リスク低減のために決めた対策措置の実施具合をモニターし、確実に実施させる。
- (f) 設備・手順について大きな変更を試みる場合はその前に上記(a)-(d)の段階を十分に（詳細に）繰り返す。

- (g) 事態に応じて適切な相手に情報を伝え、あるいは相談する。
- (h) リスク・損害を更に低減できることにつながるような技術革新に絶えず注意する。
- (i) 常に法的規制及び受け入れられている規範を遵守する。

## (2) 政府及び政府機関による管理

規制当局も企業と同様リスクを継続的に査定して、そういうものを管理し、あるいは意志決定を行なう必要がある。その時、公衆、公衆の代表を決定に参加させる。そうすると、意志決定は公然と政治的システムの一部となり、専門家は事故の決定について是非を問われたときに、正当化できるように最低限の準備をしておかなければならない。さらに、恐るべき事態を公衆がはっきり知ることもある。マスメディアなどがそれを強調することもある。顕著な障害源のみが注目を集め、本来注意を要するものでも、目だたぬものが見逃されるという歪みができる。

## 4) 定量的規範(ガイドライン)の例

### (1) 個人に対するリスクの上限值

個人に対する死亡リスクは、年間100分の1、これが最も危険とされる事象のリスク・レベルではないか。1,000分の1のリスクが容認できるか、できないかというのは、100分の1の場合はほとんどははっきりしない。1歳から20歳までの全死因を合わせてのリスクは1,000分の1以下である。このレベルはまったく容認可とはいえない。

危険とみなされている産業(鉱山、建設業、鉄道)の致死事故率は $1 \sim 3 \times 10^{-4}$ /年、製造業が $0.3 \times 10^{-4}$ /年である。 $10^{-3}$ のように容認不可の境界に近いリスクは個人の自発的な活動でない場合は、最も厳格な正当化が必要である。

### (2) 個人に対するリスクの無視できるレベル

無視できるレベルは人によって認識の程度が違うが、 $10^{-5}$ /年の死亡リスクに対して、費用を費やして対策を講ずる人は少ないようである。 $10^{-6}$ /年になると、その数は最も少なくなってくるのではないか。企業の製品について、因果関係が認定されているような場合 $10^{-7}$ を除くと、 $10^{-6}$ という数値は妥当のようである。

以上から個人の死亡リスクというのは $10^{-3}$ から $10^{-6}$ /年の範囲の間であれば何とか容認できるのではないかと思われる。この間のリスクは $10^{-3}$ で禁止、 $10^{-6}$ で無視などせずリスク、費用、便益を比較してリスク管理を行なうべきである。

## 5) 結論

最後に現在の中心課題は以下のように結論される。

- (a) 現在、またある場合は将来とも、正確ではあり得ない「リスク推定値」に寄せる公衆の関心が増し続けていることによる影響（結果）、
- (b) 関連責任機関が、公衆のリスク認識について情報を得、（リスク低減策の）長期的改善への公衆の期待をしん酌しつつ、リスク推定値に対する公衆の反応を適切に考慮に取り入れる方法、
- (c) 個人が自己の生活の中で遭遇する危害源を管理し、自分自身のためにリスクと損害についての決定を判断する最善の方法、及び
- (d) リスクと損害を絶えず低減させていくという決意（決定）を定量的規範、及び費用便益解析の両者を用いることとを連結させるような「規制方式(Formula)」

謝辞：本概要を執筆するに当たりリスク検討会（代表：菅原努(財)体質研究会理事長）における岡田重文、三枝利文、阪上正信、武田篤彦、小林定喜氏の王立協会報告書解説を参考にさせていただいた事に感謝致します。



表 1 : Loss of Expectation of Life from Various Hazards .

<i>population</i>	<i>adverse event: death from</i>	<i>average age at death if unexposed to specific hazard</i>	<i>loss of expectation of life if exposed from age 20 years</i>	
			<i>those dying from hazard (yrs)</i>	<i>average over all exposed to risk (yrs)</i>
all women	complications of pregnancy	77.45	47.45	0.01
all men	motor traffic accidents	71.97	27.07	0.30
blue asbestos – gas-mask assembling, female	lung cancer, mesothelioma, asbestosis	78.93	21.02	1.51
underground coal- miners, male	mining accidents, pneumoconiosis	68.90	18.22	2.40
nickel-refiners, male	cancer of lung or nasal sinuses	69.28	14.18	3.97
doctors smoking 15 to 24 cigarettes a day, male <sup>5</sup>	all conditions associated with smoking	76.30	14.68	5.45

表 2 : Deaths per 10<sup>9</sup> km travelled

	1967-71	1972-76
<i>rail travel</i>		
to passengers, from train accidents	0.65	0.45
<i>air travel</i>		
UK airlines, passengers on scheduled services	2.3	1.4
<i>road travel</i>		
public service vehicles, passenger or driver	1.2	1.2
driver of goods vehicle		
of 1.5 tons or less	7	6
of over 1.5 tons	6	5
car or taxi		
driver	9	8
passenger	9	7
pedal cyclist	88	85
two wheeled motor vehicle		
driver	163	165
passenger	375	359
pedestrian (if the national average distance travelled daily by road is x km)	140/x	130/x

Source: Department of Environment 1978

**表 3 : Risk of Death Associated with Medical Procedures (per 10<sup>6</sup> cases)**

Vaccination (England & Wales, 1967-76)	1
Surgical anaesthesia (England & Wales, 1970-73)	40
Childbearing (England & Wales, 1974-76)	100
Needle biopsy of liver	200
Former thiouracil treatment of thyroid over-activity	4000
Immuno-suppressive therapy for renal transplants	4000
Treatment of ankylosing spondylitis by radiotherapy or by radium 224	10000
Former use of 'Thorotrast' as a radiological contrast medium	60000

*Sources:* reviewed by Pochin (1981a & b)

**表 4 : Average Annual Accidental Death Rates at Work in UK per Million at Risk  
(1974-78 except as stated)**

Manufacture of clothing and footwear	5
Manufacture of vehicles	15
Manufacture of timber, furniture, etc.	40
Manufacture of bricks, pottery, glass, cement, etc.	65
Chemical and allied industries	85
Shipbuilding and marine engineering	105
Agriculture (employees)	110
Construction industries	150
Railway staff	180
Coal miners	210
Quarries	295
Non-coal miners	750
Offshore oil and gas (1967-76)	1650
Deep sea fishing (accidents at sea only) (1959-68)	2800

*Sources:* Health and Safety Executive 1978, 1979a & b, 1980a & b, Central Office of Information 1978, Schilling 1971.

表 5 : Accidental Death Rates Attributed to Sporting Activities

	<i>Deaths per 10<sup>6</sup> participant-hours*</i>
School and college football, US, 1960-64	0.3
Amateur boxing, UK, 1946-62	0.5
Skiing, US, 1967-68	0.7
France, 1974-76	1.3
Canoeing, UK, 1960-62	10
Mountaineering, US, 1951-60	27
Motorcycle racing, UK, 1958-62	35
Rock climbing, UK, 1961	40
	<i>Deaths per 10<sup>6</sup> participant-years**</i>
Cave exploration, US, 1970-78	45
Glider flying, US, 1970-78	400
Scuba diving, UK, 1970-80	220
US, 1970-78	420
Hang gliding, US, 1978	400 to 1300
UK, 1977-79	1500
Power boat racing, US, 1970-78	800
Sport parachuting, US, 1978	1900

\*Based on approximate estimates of participants' hours per year spent in the activity

\*\* Based on numbers of participants and deaths per calendar year, without allowance for hours actually spent in the activity.

Sources include: British Hang Glider Association (1981), British Sub-Aqua Club (1981), K.S. Clarke (1966), Metropolitan Life Assurance Co., (1979) and F.D. Sowby (1965).

表 6

List of Elements Presented and Constructs Elicited for Repertory Grid Study

*List of Elements*

1. Hotel fire	8. Home fire	15. Accident in a chemical plant
2. Coal mining accident	9. Plane crash	16. Skiing accident
3. Air pollution	10. Earthquake	17. Factory fire
4. Fire in a discotheque	11. Car crash	18. Accident in the home
5. Illness	12. Rock-climbing accident	19. Food poisoning
6. Train crash	13. Accident on a building site	20. Motorcycle crash
7. Accidental release of nuclear radiation	14. Being struck by lightning	21. Being knocked down while crossing the road

*List of Constructs*

<i>construct (or group of similar constructs)</i>	<i>no. of grids to include construct</i>	<i>frequency of constructs</i>
<b>ORIGIN OF DANGER</b>		
Natural/man-made	12	23
Human cause/no human cause	8	10
Blame assignable/no blame assignable	3	3
Self responsible/self not responsible	5	6
Internal/external	2	6
<b>CHARACTERISTICS OF HAZARDS</b>		
Necessary/unnecessary activity	8	18
Occupational/not occupational	6	9
Potential/present	2	2
Near/far	4	4
Moving/stationary	3	3
Slow/fast event	3	3
Specific/non-specific location	2	3
Open/enclosed	3	5
Large/small concentration of people	3	3
<b>THREAT</b>		
Frequent/infrequent occurrence	2	6
High/low risk of accident	8	12
Most dangerous/least dangerous	4	8
Safe/unsafe	3	5
Sudden/continuous threat	2	2
<b>CONSEQUENCES</b>		
Major/minor	9	27
Large/small consequence	11	17
Fatal/survivable	6	10
Many killed/few killed	5	6
Many affected/few affected	8	11
Personal/impersonal	9	12
Instantaneous/long-term consequence	4	4
Reversible/irreversible	3	3
Painful/painless	2	4
<b>HUMAN INTERVENTION</b>		
Own control/out of own control	11	24
Rely on others/rely on self	3	4
Avoidable/unavoidable	6	10
Preventable/unpreventable	3	4
Precautions/no precautions	2	2
Foreseeable/unforeseeable	2	5
Easy/difficult to escape	7	12
<b>REACTIONS</b>		
Aware/unaware of danger	3	5
Sleeping/awake	3	4
Familiar/unfamiliar	4	6
Ugly-hideous/not ugly	2	6
Scaring/not scaring	5	7
Worry-concern/non-worry, unconcern	3	7
Acceptance/non-acceptance	4	5
Panic-chaos/orderly-calm	3	7
Public reaction/no public reaction	4	5
Miscellaneous (unique)	10	20
<b>TOTAL</b>	<b>215</b>	<b>358</b>

Source: Perusse 1980

图 1

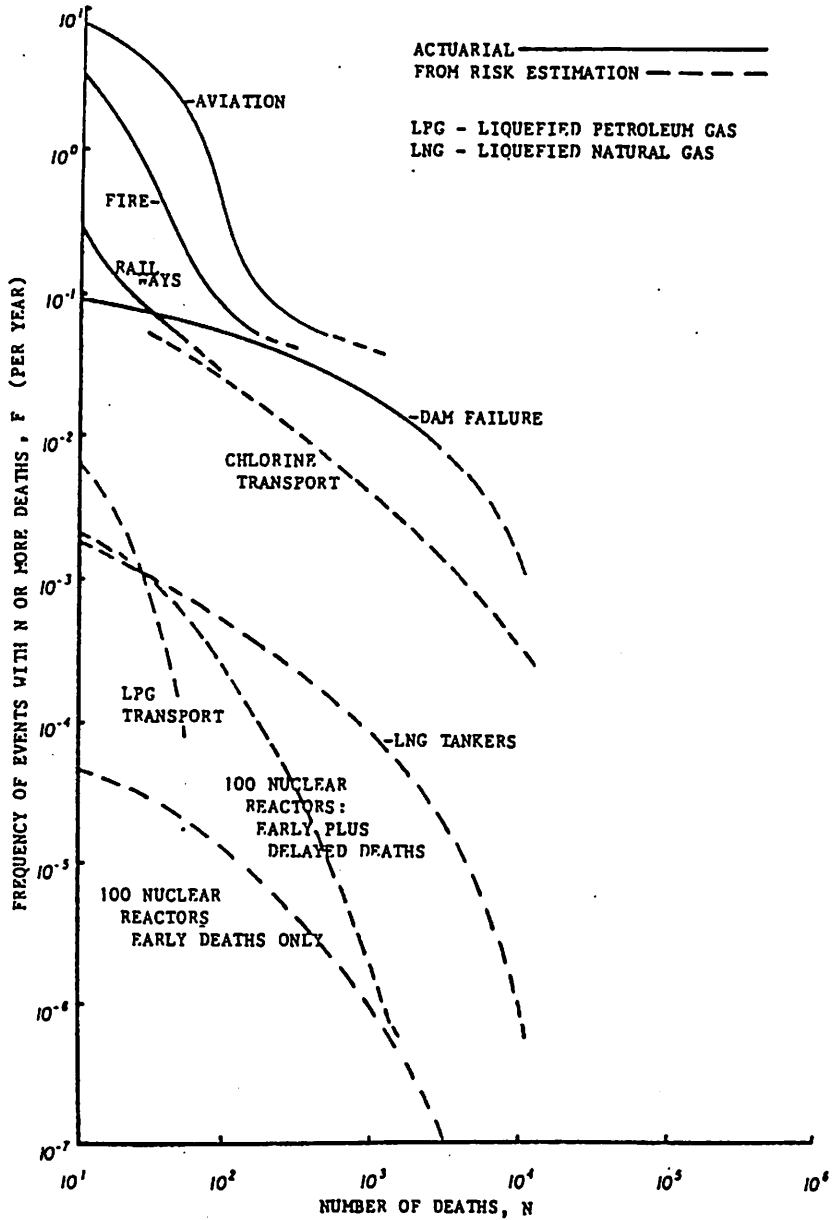
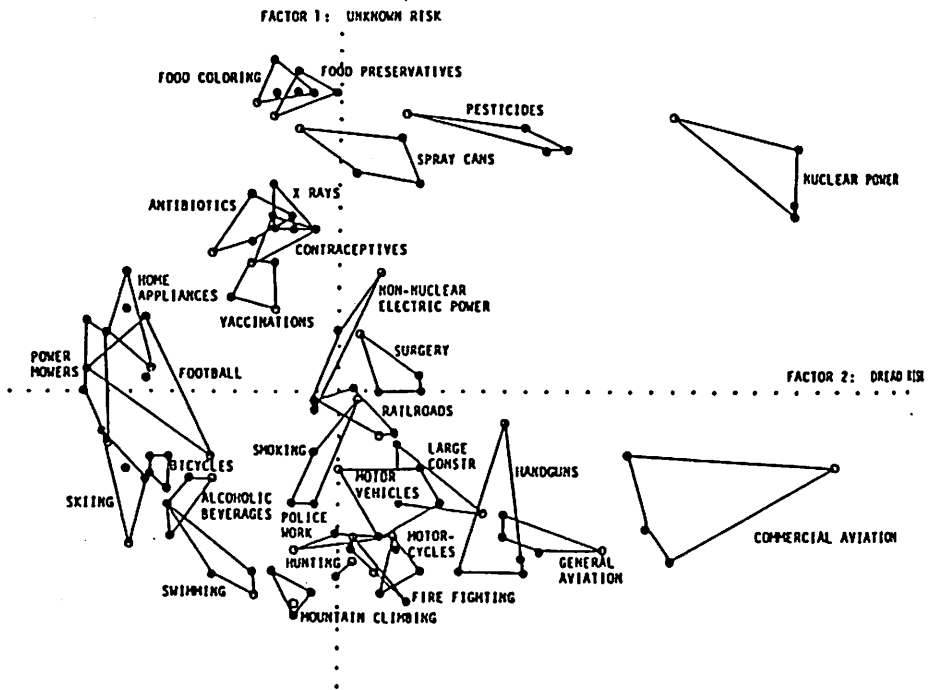


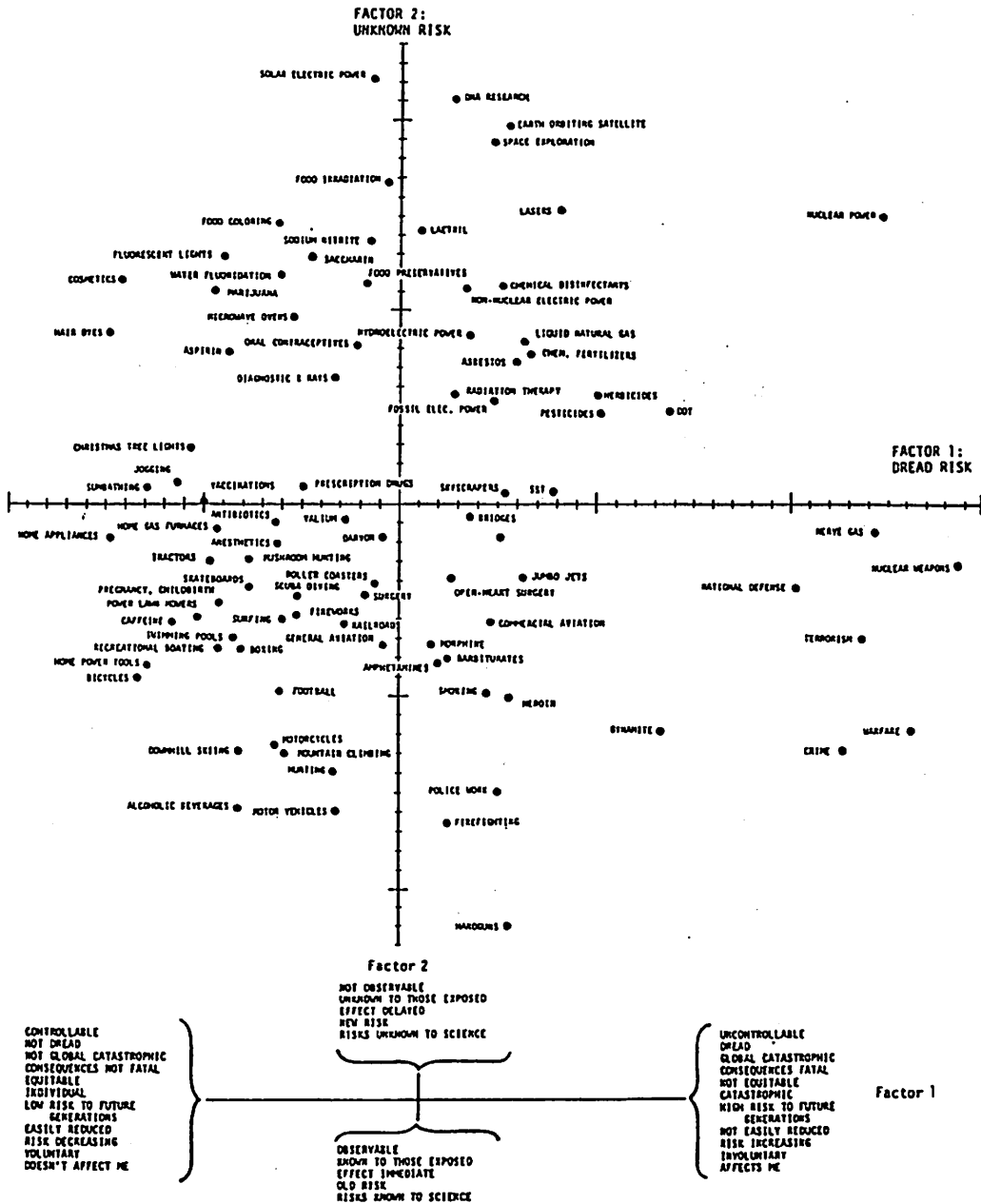
图 2



Location of 30 hazards within the two-factor space obtained from LOWY, Student, Active Club and Expert groups. Connected lines join or enclose the loci of four group points for each hazard. Open circles represent data from the expert group. Unattached points represent groups that fall within the triangle created by the other three groups.

Source: Slovic *et al.* 1981.





Hazard locations on Factors 1 and 2 of the three-dimensional structure derived from the interrelationships among 18 risk characteristics in Study 2. Factor 3 (not shown) reflects the number of people exposed to the hazard and the degree of one's personal exposure.

Source: Slovic et al. 1980.

リスク関係術語日本語訳

リスク関係術語	本検討会で用 いる日本語訳	術語の定義 ( The Royal Society 1983, A Study Group Report より )
RISK	リスク	The probability that a particular adverse event occurs during a stated period of time, or results from a particular challenge.
ADVERSE EVENT	有害事象	An occurrence that produces harm.
HAZARD	障害源/障害	The situation that in particular circumstances could lead to harm.
HARM	害	The loss to a human being ( or to a human population ) consequent on damage.
DAMAGE	傷害	The loss of inherent quality suffered by an entity (physical or biological).
BENEFIT	便益	The gain to a human population.
DETRIMENT	損害	A numerical measure of the expected harm or loss associated with an adverse event.
RISK-ASSESSMENT	リスク査定	The general term used to describe the study of decisions subject to uncertain これは、便宜上、Risk estimation と Risk evaluation に分かれる。
RISK-ESTIMATION	リスク推定	(a)The identification of the outcomes. (b)The estimation of the magnitude of the associated consequences of these outcomes. (c)The estimation of the probabilities of these outcomes.
RISK-EVALUATION	リスク評価	The complex process of determining the significance or value of the identified hazards and estimated risks to those concerned with or affected by the decision.
RISK-MANAGEMENT	リスク管理	The making of decisions concerning risks and their subsequent implementation.

## FACTORS INFLUENCING THE PERCEPTION OF RISK

- '(a) Concentrated, obvious risks (e.g. of motorway pile-ups or major industrial explosions) are regarded as worse than diffuse risks like those from general road accidents or an equal number of deaths scattered around as a result of smaller scale industrial accidents.
- '(b) Risk to non-beneficiaries (e.g. general public exposed to emissions from nuclear power stations, or people living alongside railways) are regarded as worse than risks to beneficiaries (e.g. recipients of radio-therapy or railway workers).
- '(c) Involuntary risks (e.g. of receiving carcinogens in food) are regarded as worse than voluntary risks (e.g. rock climbing).
- '(d) Risk imposed for the benefit of others (e.g. whooping cough vaccinations imposed on older children for the benefit of younger age groups) are regarded as less acceptable than risks undertaken for self-protection.
- '(e) Risks that are isolated, and not compensated for by associated benefits (e.g. exposure to X-rays in fitting shoes) are regarded as less acceptable than risks obtained in a largely beneficial context (e.g. risks from radon emissions in buildings that otherwise provide warmth at a low energy cost).
- '(f) Immediate hazards (e.g. of new electrical equipment) are regarded as worse than deferred hazards (e.g. resulting from bad maintenance).
- '(g) Unfamiliar, unnatural or "new" hazards (e.g. from new food additives or radiation from nuclear industry) are regarded as worse than risks from familiar, natural, and established causes (e.g. traditional foods, cosmic radiation or emissions from Aberdeen granite).
- '(h) Risks arising from secret activities (e.g. in the defence field) are regarded as worse than those derived from open activities.
- '(i) Risks evaluated by groups who are suspected of partiality (e.g. statements by an industry about the safety of its own installations) are regarded as worse than risks evaluated by impartial groups.
- '(j) Risks that some other person pays to put right are regarded as worse than risks individuals have to pay themselves to remedy!

### (3) 「エネルギー産生における放射線リスクと先端技術のリスク評価に関する国際会議」に参加して

池 淵 誠

(滋賀医大・放射線基礎医学講座)

本誌の創刊号および2号にその参加案内が掲載されていた上記の国際会議が、4月26・27日に京都グランドホテルにて開催された。主催は日本リスク検討グループおよび財団法人体質研究会、共催が日本晩発研究グループであり、リスクを科学的、客観的に評価しようとする考えの普及を目指しこの会議を開催したものである。リスクを前面に押し出した会議としては放射線に比重がかかりすぎやや物足りない感じも残ったが、日本のリスク研究を一步進める上では有意義な会議であったと思われる。参加者は60人程度のこじんまりした会議ながら、外国人研究者7名を含め、活発な討論が行われた。5つのセッションで22題の講演が行われた。いずれ各セッション毎の詳しい紹介がなされると思うので、ここでは興味を引かれた話題について感想を交えながら紹介し、会議の雰囲気の一部を伝えたいと思う。

#### 原爆線量再評価

放射線リスク推定上、最も重要で信頼性のあるのは、広島・長崎の原爆被曝生存者のデータである。そのため放射線影響研究所からの参加者・発表者が多かった。

1986年3月、原爆線量再評価が行われ、新しい線量体系DS86が導入された。古い体系T65DRと比較すると、空中ガンマー線量は広島で幾分増加、長崎で減少し、中性子線は広島で前の値の10%、長崎で30%に減少した。中性子線の寄与率が低下したため、従来両市の差から推定していた中性子のRBEが推定できなくなり、リスク推定のおり、RBEを10と仮定したときリスクはいくらといった表現になり、何かまどろっこしい感じもするようになった。ともあれ、両市間の差は新線量を使った方が小さくなり、その合理性が示唆されている。例えば、生物学的線量測定として適していると言われているリンパ球に現れる染色体異常は、T65DRでは2倍広島の方が高いが、DS86では1.3倍と両市間の差が小さくなる(阿波、放影研)。また、白血病のように両市間で線量効果関係の違いが大きいものは、新線量体系では差が小さくなるという(加藤、放影研)。

## 癌のリスク

原爆被爆者による発癌のリスクについて発表した加藤（放影研）によると、放射線によって誘発される癌の種類については、新旧の線量体系において大差ないという。さらに、家屋による遮蔽率の減少と器官の透過率の増加が相殺しあい、リスク係数は新旧の線量体系で大きな違いはないということであった。ところが、続いて原爆被曝生存者の研究についてレビューしたD. A. Pierce（アメリカ）によると、リスクは中性子のRBEによって左右され、RBEが大きくなるにしたがって高くなり、例えばRBEを10としたとき、新線量では白血病リスクは2倍くらいに増加するという。中性子RBEの決定は、今後に残された大きな問題だと感じた。

原爆被曝生存者のデータは一回被曝によるものであるが、低線量で繰り返し被曝の例として青山（滋賀医大）は放射線技師集団に着目、日本と中国との共同研究を行って、まだ予備的な結果であるが、癌死亡または罹患リスクを推定した。日本では $5.9 \times 10^{-4}$ /Gy/年（死亡リスク）、中国では作業開始年によって異なるが $3.2 \sim 29.4 \times 10^{-4}$ /Gy/年（罹患リスク）であり、原爆被曝生存者（ $10.1 \times 10^{-4}$ /Gy/年；死亡リスク）と比較してもかなり高い値となっていることがわかった。今後の研究が期待される。

## 遺伝的リスク

生殖細胞に誘発される突然変異は次世代の健康に直接関わってくるが、広島、長崎のデータでは、ヒトで誘発されるという直接的な証拠は得られていない。そのため、マウスの実験に基づきUNSCEAR、BEIRのレポートで推定されている遺伝的リスクは高すぎる可能性があるという指摘がある。中井（横浜市大）はカニクイザルの精母細胞にγ線で誘発される転座を調べ、マウスと比較した。0～1 Gyの低線量では、線量－効果関係は直線的であり、その傾斜はマウスと変わらない。しかし、高線量においては、サルでは2 Gyをピークとして転座率は減少するのに対して、マウスでは6 Gyまでは下がらないため、1 Gy以上ではサルの感受性がより低くなる。動物実験に基づいた上記のレポートにおける放射線に対するヒトの遺伝的リスクの推定は、低線量では正しく、高線量では高すぎるのではないかという。

## ラドンとトリチウム

自然放射線の被曝におけるラドンの寄与の問題が最近注目されてきて、日本各

地の家屋のラドン濃度の測定が放医研を中心に進められている（小林、放医研）。北海道が74.8 Bq/m<sup>3</sup>で一番高く、九州（26.5 Bq/m<sup>3</sup>）が低く、全国平均は38.6 Bq/m<sup>3</sup>である。換気、地質、壁の素材などがラドン濃度を定める大きな要因になるという。この濃度は、日本の家屋は開放型であるにもかかわらず、ヨーロッパと類似している。ラドンの問題は欧米では以前から関心が高く研究も先行していて、本会議でも2人の外国人講演者に取り上げられた。スウェーデンでは、平均53 Bq/m<sup>3</sup>であるが、10%は100 Bq/m<sup>3</sup>以上、1%は400 Bq/m<sup>3</sup>以上を示すという（Halldahl, スウェーデン）。肺癌によるラドンのリスクがカナダの鉱夫のデータより計算され、アメリカ、チェコのウラニウム鉱夫のデータと同等な $3 \times 10^{-4}$  /WLMという値を得た（Myers, カナダ）。肺癌リスクの9~10%はラドンの寄与によるものではないかと推定されている。

核融合は未来のエネルギー源として期待されて、実用化に向けての研究が進んでいる。それにともなって、燃料として使われるトリチウムについての研究が進められている。岡田（京大）は環境のトリチウムのレベル、代謝、放射線生物学についての日本の研究状況について話した。日本の環境水中のトリチウムレベルは、平均2.9 Bq/lくらいで欧米より低いという。トリチウムのRBEは1より大きく、例えば致死効果では1.3~2.3だという。

### リスクの認知

木下（京大）は、昨年大阪府で実施した12項目の科学技術についてその有用性について一般大衆はどう考えているかを調べたアンケート調査の結果を発表した。有用で信頼されると考えられるグループには新幹線、胸部X線撮影、盲腸手術が入る。それに対し、遺伝子治療、金属圧縮機、原子力発電は危険で有用性は低く、受け入れ難い技術と感じられている。技術として古くから使われているものは受け入れ、最新技術で日が浅くまだ馴染みの薄いものは受け入れ難いと感じられているという。ここで、こうしたリスクの知覚と実際のリスクとは一致しているのかが問題となるが、残念ながら日本では科学技術のリスクを比較した研究がないのが実状のようである。また、外国人の感じ方とどう違うかという質問があったが、アンケートのとり方などにより直接比較できないとのことであった。多くの問題点が提起された。

藤元（放医研）は原子力発電が危険と考えられているその理由について言及した。恐れの原因のトップは事故である。次いで廃棄物の問題、見えないこと、非公開性、無知、排出の順であった。リスク推定には事故の確率をも含むものでなければならぬのではないかと。

## 原子力発電と火力発電のリスク

それでは一体、原子力発電での真の危険性はどうなのかという問題を、火力発電との比較で二人の演者が取り上げた。両者とも、石炭石油による火力発電の力が人々に及ぼす健康（死亡でみた）に対するリスクの方が高いことを発表した。Myers（カナダ）によれば、チェルノブイリの事故は原子力発電のリスクを大きく引き上げる結果になっているが、それでも火力発電のリスクより低いという。化石燃料の使用の拡大により、人々の健康と環境に大きな影響を与えているのかかわらず、米国政府はその問題に対してわずかな取り扱いしかしていないと、Hamilton（アメリカ）が憤っていたのが印象に残った。

## 科学技術

城阪（金沢工大）は、科学史の立場から論じ、科学技術そのものは善とも悪ともいえない二面性があることを強調した。新しい技術発明により、人々の生活を便利にする一方、戦争という大量殺りくの道具に使われ、公害を生み出す元凶となる。それを司るべき人間が優れたものを生み出す賢い面と自らのエゴにより破滅に導く獣のような馬鹿な面とを兼ね備えているからであるという。放射線の利用の歴史はそのことを端的に示している。

日本が経済大国となった背景には科学技術の発達に負うところが大きく、日本人は科学技術の恩恵を最も受けている国民の一つといえるのではないだろうか。新聞、テレビでも科学技術の成果を盛んに報道するようになった。もはや、流れを止めることのできないほど、国民の生活・経済に深く浸透し、我々日本人の生活水準を維持しようと思えば、科学技術を捨て去るわけには行かない所にきているように思える。さすれば、科学技術の悪い面を抑えるのもまた科学技術を使うしかないかも知れない。

「ものを怖がらな過ぎたり、怖がり過ぎるのはやさしいが、正当に怖がることはなかなか難しい」・・・・・・寺田寅彦

会議が終わり、車を運転して帰宅する途中、大津市内で自家用車同士の交通事故の現場を通った。交通事故を目撃するのは珍しくない。リスクは高いに違いない。同時に自動車は排気ガスを出す。それによる発癌のリスクも高いのではないか。木下（京大）の研究では、自家用車は原子力発電よりもずっとリスクが低く役立つものと感じられている。この感覚は正しいであろうか。残念ながらその答えはこの会議からだけでは出ない。今後、こうしたリスク研究が進展し放射線だけでなくもっといろいろな面のリスクが推定され、討論されるような会議が開かれるべきであろう。そうしてこそ、はじめて”正当に怖がる”ことが可能になるのではないかと思った。



環境と健康 —リスク評価と健康増進の科学—  
Vol.1 No.4 (隔月刊) 1988年 7月30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 〒602 京都市上京区河原町通丸太町下ル  
伊勢屋町406 マツヲビル4F  
(財)体質研究会 河原町分室  
TEL (075)241-4054 FAX (075)251-0901

\*\*\*\*\*  
\* 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…

**【眼球銀行】**

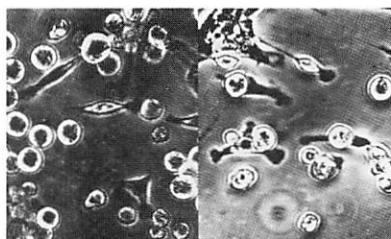
財団法人 体質研究会  
理事長 菅原 努

**血液研究所**

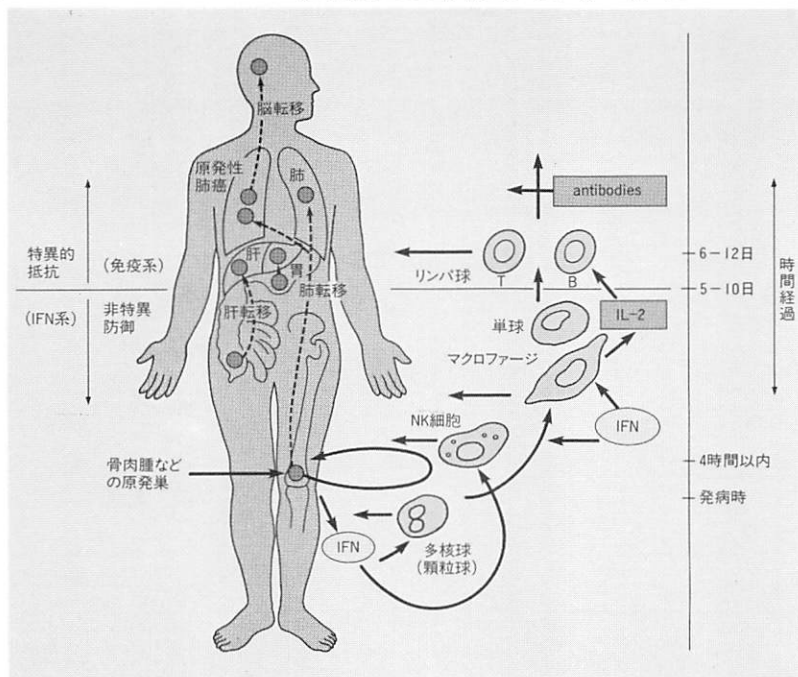
〒606 京都市左京区一乗寺大新開町26  
TEL (075) 781 - 7118 (代)

# 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