

統一された害の指標を
作成するための
定量的根拠

ICRP *Publication* **45**

統一された害の指標を

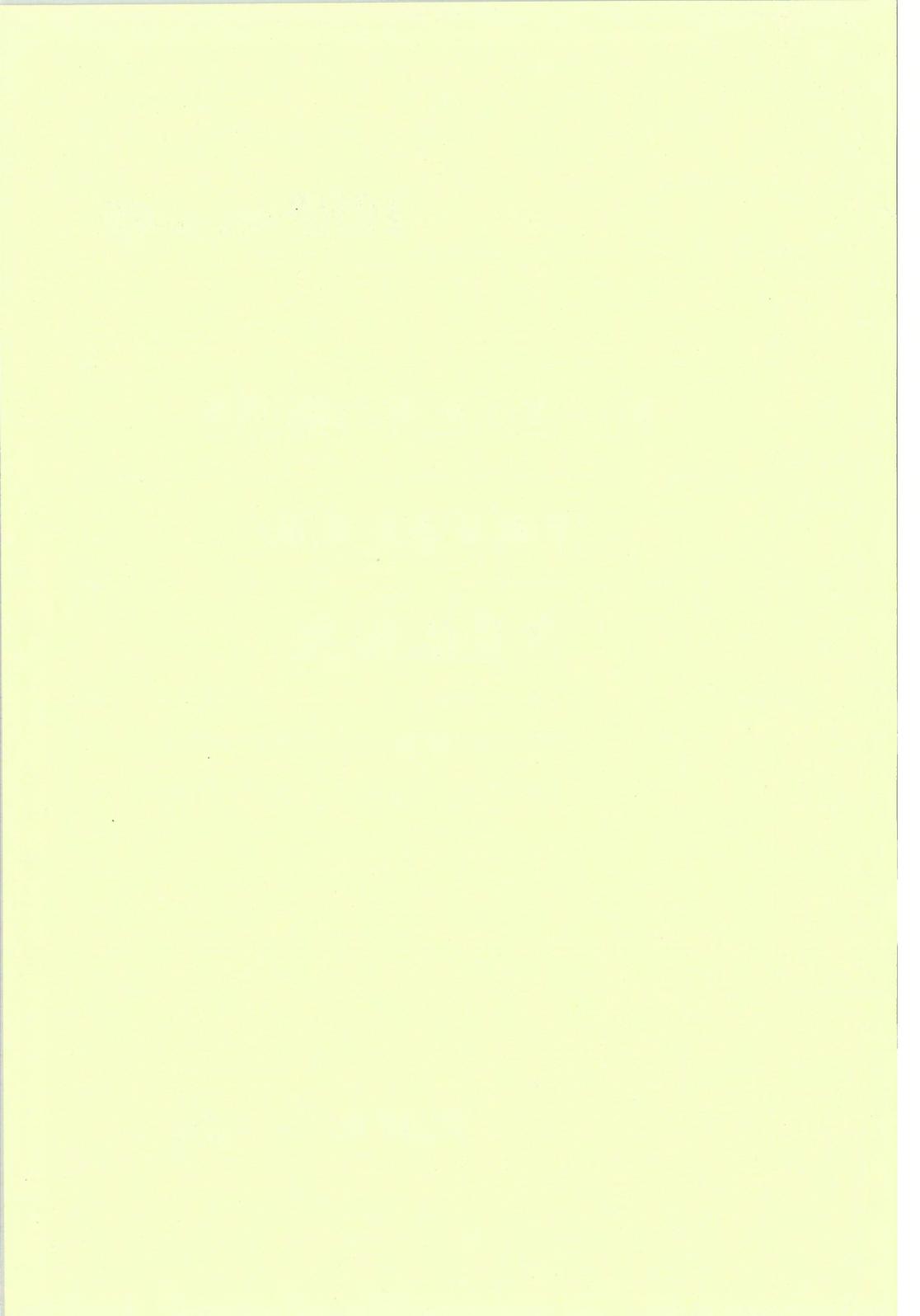
作成するための

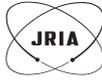
定量的根拠

国際放射線防護委員会のために作成された報告書

1985年3月に主委員会によって採択されたもの

社団法人 **日本アイソトープ協会**





Japanese Translation Series of ICRP Publications
Publication 45

This translation was undertaken by the following colleagues.

Translated by

Sadayoshi KOBAYASHI, Tamiko IWASAKI, Masafumi UCHIYAMA,
Kenzo FUJIMOTO, Shigeru OHNO, Masanori ICHIKAWA

Reviewed by

Tomoko KUSAMA, Osamu TAKAI

Editorial Board

The Committee for Japanese Translation of ICRP Publications,
Japan Radioisotope Association

.....
Eizo TAJIMA* (Chair)

Tatsuji HAMADA (Vice-chair)

Masami IZAWA**

Jiro INABA

Sukehiko KOGA**

Sadayoshi KOBAYASHI Yasuo YOSHIZAWA* Yoshikazu YOSHIDA
.....

* ICRP member at the time.

** Former ICRP member.

邦訳版への序

本書は、ICRP Publication 45として刊行された

“Quantitative Bases for Developing a Unified Index of Harm”,
(*Annals of the ICRP*, 15, No.3(1985)に発表)

を、ICRPの了解のもとに翻訳したものである。

本書はその前版である“Problems of Developing an Index of Harm”, ICRP Publication 27 (1977) (邦訳版「『害の指標』をつくるときの諸問題」昭和53年刊)において提案された「害の指標」の基礎となる職業上のリスクのデータを拡充し、さらに放射線被曝を伴う職業のリスクに関して非致死がん、非確率的影響、および遺伝的影響について定量的考察を加えて、種々の職業に共通に適用できるような「害の指標」の根拠を体系的に構築したものである。

翻訳文はできるかぎり原文に忠実に、しかし、日本語として読みやすくなるようにすることに努めたが、その意図は必ずしも十分に達成できていないことをおそれる。術語の訳語は前版「『害の指標』をつくるときの諸問題」に従うことを基本としたが、変更した場合もある。一例をあげると「industrial disease」は前回「職業病」としたがこの用語には限定された意味合いがあるので、今回は「職業上の疾病」とした。なお、industrialは通常は「産業上の」であるが、原文においてもindustrialがoccupationalと同じ意味合いで用いられている場合が多いので、ここでは意味をとって「職業上の」としている。

また、遺伝的影響に関して、genetic(effect), hereditary(disease), inherited(disease)に対して、従来いずれも「遺伝的——」という訳語があてられているが、本書ではgenetic(学問的意味合いの強い、分子、細胞レベルまで含

(ii)

む広い意味で使われる)を遺伝的とし、後の二つは遺伝性とした。「liveborn」は、「stillborn (死産児)」に対する言葉として「生産児」とした。

本書の翻訳は、放射線医学総合研究所の岩崎民子、内山正史、藤元憲三、大野茂、市川雅教の諸氏が素訳を作成し、これに草間朋子氏(東京大学)および高井修氏(労働省)のコメントをいただいた上で、検討委員会の委員が検討修正して成文とした。翻訳に多大の尽力をされた方々およびご意見をいただいた方々に感謝したい。

昭和63年7月

ICRP 勧告翻訳検討委員会

日本アイソトープ協会

ICRP 勧告翻訳検討委員会

委員長	田島 英三 (立教大学名誉教授)
副委員長	浜田 達二 (日本アイソトープ協会)
委員	伊沢 正実 (日本原子力発電(株))
	稲葉 次郎 (放射線医学総合研究所)
	古賀 佑彦 (藤田学園保健衛生大学)
	小林 定喜 (放射線医学総合研究所)
	吉澤 康雄 (東京大学医学部)
	吉田 芳和 (日本原子力研究所)

目 次

	頁	項
まえがき	vi	
緒 論	1	(1)
職業上の傷害	4	(8)
職業上の傷害によって生ずる時間損失の推定	4	(9)
死亡事故	4	(9)
一時的労働不能を生ずる事故	5	(10)
永久的労働不能を生ずる事故	5	(12)
時間損失の推定のための根拠の比較	6	(16)
職業上の死亡事故率	9	(18)
記録された死亡事故率の範囲	9	(18)
通勤途上の死亡	13	(25)
産業のいろいろな部署における死亡率	15	(27)
製造業の安全性あるいはリスク	16	(31)
死亡事故率の傾向	19	(33)
事故死の結果としての寿命損失の長さ	22	(37)
致死の傷害による時間損失に関する要約	23	(41)
一時的労働不能をひき起こす作業時の事故	24	(42)
何らかの程度の永久的労働不能を生ずる事故	30	(55)
さまざまな重篤度の傷害による時間損失	34	(62)

(iv)

放射線被曝を伴う職業における傷害の発生率	37	(67)
職業上の疾病	39	(71)
放射線被曝の影響	46	(80)
がんの誘発	46	(81)
致死がんの誘発	46	(81)
治癒がんの誘発	51	(91)
治癒がんに関する重みづけ	55	(94)
すべての誘発がんからの時間損失の損害	57	(98)
遺伝性異常の誘発	57	(99)
遺伝性異常の重篤度に関する重みづけ	57	(99)
職業上の被曝線量のうち遺伝有意線量の占める割合	60	(107)
遺伝的および身体的リスクによる損害	64	(112)
非確率的影響	66	(115)
非確率的影響に対する線量限度	66	(116)
感受性の高い組織	68	(120)
妊娠中に放射線によって誘発される影響	70	(130)
妊娠の頻度	71	(131)
着床前のリスク	72	(137)
発生異常のリスク	73	(138)
胎児におけるがん誘発のリスク	74	(141)
胎児被曝の遺伝的影響	74	(143)
妊娠中の被曝による総時間損失としての全損害	75	(144)
放射線と他の職業上のリスク源との比較	78	(150)

結 論	89	(161)
付 録	91	
一般公衆における寿命損失の損害の推定	91	(A1)
がん誘発	91	(A2)
遺伝性異常の誘発	93	(A7)
非確率的影響	97	(A11)
妊娠中における被曝の影響	100	(A18)
結 論	100	(A21)
謝 辞	103	
引用文献	104	
各国の職業上の傷害と疾病の発生率に関する情報源	108	
索 引	113	

まえがき

1977年に委員会はICRP Publication 27として「害の指標をつくるときの諸問題」を刊行した。その報告書において放射線の影響と他の影響との比較を適切に行うことの困難を論じ、職業上の原因によって失われる寿命あるいは完全な活動の長さを考慮した定量的な指標を提案した。

委員会は、ICRP Publication 27において考察した職業上のリスクに関する資料はごく少数の国々から得られたものであること、また、より広い基礎の上になって害の指標を評価することをもし望むのであれば、より詳細なデータが不可欠であることを認識していた。1981年に委員会は、Edward Pochin 卿に、ICRP Publication 27の範囲を拡大して職業上の事故のリスクに関する新しいデータを取り入れ、さらに放射線誘発の非致死がん、非確率的影響および遺伝性損害に関する考察も含めるよう依頼した。委員会は、この報告書の作成についてEdward 卿に謝意を表するものである。

緒 論

(1) 種々の産業における職業上のリスクは、その大きさもまたその種類もかなり異なる。したがって、異なる産業についてのその相対的安全度を検討しようと試みるさいには2種類の算定を行わなければならない。第一はすべての有意なリスク、たとえば事故による死亡、負傷、あるいは疾病の発生率の大きさを推定すること、第二は個々の種類の有害な影響によって引き起こされると判断される損害の相対的な大きさを評価することである。有害な影響のいろいろな種類と頻度に基づくすべての損害を何らかの容認される方法に基づいて集積し算定することができなければ、異なる種類のリスクを伴う産業の相対的安全度を順位づけることに関して十分な進展は図れない。さらに、そのような方法がなければ、すべての職業上の原因による年間死亡率などのように、職業上の害についての不当に制約された推定値に基づいて比較が行われるようなことになろう。

(2) 化学物質あるいは電離放射線のような物理的作用因子への曝露を伴い、それによって生ずる疾病や遺伝性異常のリスクが傷害や事故死のリスクに有意に加わるような産業においては、異なる職業上のリスクを比較することの必要性は明らかである。このような場合のその産業における安全レベルは、いろいろな産業における害の総計がたとえ概算であろうとも比較できるような形で評価できる場合においてのみ、正しく算定され、他の産業の安全レベルと比較することができる。

(3) 1977年のICRP Publication 26¹⁾において国際放射線防護委員会は、職業上の放射線被曝によって生じうるリスクは、安全水準の高いと認められた他の職業にみられるリスクを少なくとも超えるべきでないことを確実

(2)

にすることの重要性を強調した。職業上の危険による作業者の年間平均死亡率に基づくリスクのこのような比較を検討する一方で、委員会は、職業上の疾病や傷害によって生ずる死亡という有害影響に留まらず、よりいっそう広範な有害影響を考察し集成する必要があることを述べた。

(4) 委員会への報告書として同年に刊行された「害の指標をつくるときの諸問題」に関する ICRP Publication 27²⁾において、職業上の傷害や疾病の結果として通常の健康と活動が失われる期間の長さというものは、もし、短い期間の一時的労働不能、さまざまな程度の永久的労働不能、あるいは職業上の致死的な傷害や疾病によって完全に失われる余命など、さまざまな形で失われる期間の同じ長さに対して適切な重みをつけるならば、これは産業上の害全体の指標のための基礎となるかもしれないと示唆されている。この重みづけは、いろいろな重篤度の傷害と疾病が苦難の原因として感知される程度に関連づけられるべきである。そうすれば、概略ではあるが、ある産業についての実際上の安全またはリスクと感覚的な安全またはリスクの両者を反映した、作業年当たりの平均時間損失に基づく指標ができるかもしれない。

(5) 容認されるような何らかの害の指標を完成させることは、単にある一つの産業の安全度を算定し、その安全レベルの経時変化あるいは異なる作業条件における変化をモニタする上で重要であるのみではない。このことはまた、産業全体を通じてのリスクの大ききの範囲を定量的に確定し、それによってある特定の被曝限度やその他の産業上の慣行の安全度を、職業上のリスク全般、それらの変動の程度、そしてそれらの漸減傾向とを広く見通しつつ適正に検討することができるようにするためにも重要である。

(6) したがって、本報告書は職業上の傷害と疾病によって失われる時間の長さに基づいて害の指標を設定することに関連のあるさまざまな種類の数量的な情報を集大成することを目的としている。意図するところは、問題となる点についての包括的なレビューよりはむしろ、ICRP Publication 27

で行うことができた程度よりはずっと広い基盤にたつてのことではあるが、例示を提供することにある。今回もまた放射線のリスクを一般の職業上の傷害と疾病のリスクと比較することに重点を置いているが、作業環境に存在する他の潜在的に有害な作用因子に対しても同様な比較が原理的に可能であることは明らかである。また、いろいろな原因によって生ずる職業上の害の大きさを算定するのに用いる方法のいくつかは、一般環境に存在する諸因子によって引き起こされる害を評価するのにもあてはまることもまた明らかである。

(7) 職業上のリスクを余命、健康および活動の失われる期間の長さとして算定することを、次の3種の害からのリスクとの関連において考察する：

- (a) 職業上の傷害による害
- (b) 電離放射線被曝以外の職業上の諸条件に起因する疾病による害
- (c) 放射線被曝による害。

この報告書で提案する「害の指標」は、すべての種類の職業上の害の結果として失われる時間の総計を判断の基準とし、リスクにさらされる作業員数と年数の積で1,000 作業員・年当たりの健康な生活が失われる年数として表される*。

* 本報告書は主として、いろいろな“産業”すなわちいろいろな種類の雇用機関の作業員によって行われるいろいろな“職業”すなわちいろいろな種類の作業に起因するリスクを取り扱っている。しかしながら、リスクはある一つの産業全体の作業員全員に対する平均値として見積もられるのがふつうであるので、職業および産業という用語、ならびに関連する形容詞を、しばしば相互に区別せずに用いる。

職業上の傷害

(8) 多数の国々から、そして多数の産業について、職業上の傷害の頻度——リスクにさらされる年当たりおよび作業員数当たり——のデータが得られている。これらの傷害は通常、次の3つのグループに分けて記録されている：

- (a) 致命的、あるいは事故後ある所定の期間内の致命的傷害
- (b) 限定された休業期間を伴う、一時的傷害
- (c) 程度の差はあるが、永久的な就業不能をひき起こす傷害。

職業上の傷害によって生ずる時間損失の推定

死亡事故*

(9) ある産業において死亡事故の結果として失われる寿命の長さは、死亡時の年齢と、その年齢における余命についての情報が得られるならば、推定することができる。ある特定の産業について、死亡時の年齢分布あるいは作業員の年齢分布でさえ、その記録は通常は得られないけれども、39項で論じるように、事故死当たりの通常の平均的損失寿命について通常約35年という適切な概略値を求めることはできる。しかし、この数値は当該産業における作業員の年齢（および性）の分布によって、また、比較的高年齢の作業員によって行われる作業の種類に何らかの実質的変化があるならば、それによって変わるであろう。

* 本報告書全体を通じて、死亡事故の頻度とは事故による傷害のために個人が死亡する頻度を意味し、1例またはそれ以上の死亡を起こす事故の頻度ではない。

一時的労働不能を生ずる事故

(10) 一時的労働不能を生ずるような傷害の結果、通常健康と活動が失われる期間の長さは、通常よくあるように、ある産業においてこのような原因で年当たり失われる作業日数の合計、あるいは休業日を生ずるような事故の数とそのような事故1件当たりの平均休業日数とが記録に含まれている場合にも、算定が可能である。このように記録された総時間損失は、異なった国や産業における労働不能に関する習慣にある程度依存することが多く、通常作業へ復帰する能力が職業の種類によって影響されるときにはとくにそうである。しかしながら、ある産業あるいは国における年当たりの作業日数の妥当な値を仮定すれば、そのような傷害によって健康が損われる暦年期間の概略の推定値を得ることができることが多い。この推定値からは当然のことながら就労の継続を妨げる(多くの記録では、3日を超える期間妨げる)には至らない程度の労働不能によって生ずる損害は除かれている。しかしながら、ほとんどの産業において、これは損害のうちの小さな割合にすぎないことが多い。

(11) 就業不能の期間が記録されていない場合には、時間損失という形で損害の大きさを算定することはできない。しかし、このような記録でも、リスクあるいは安全度の異なる産業において、たとえば3日を超える休業の原因となるような重篤度の傷害が、死亡事故の頻度との関係でどう変動するかを知るうえで役に立つであろう²⁾。

永久的労働不能を生ずる事故

(12) 永久的労働不能は、ごく些細ではあっても活動あるいは作業能力が持続的に損われるようなものから、重篤な健康損失であって少なくともとの産業においては作業を続けることがまったく不可能であるようなものま

(6)

できまぎまであるので、定量化はいつそう困難であり、必然的に主観的な判断が入ってくる。

(13) しかしながら、多くの国々において、規定されたさまざまな解剖学的損傷または機能障害に起因する永久一部労働不能——永久全労働不能に対する相対的な——階級づけについての詳細な一覧表が用いられている。たとえば永久全労働不能の場合の補償額の何%に当たるかを規定するために、同じ等級づけをすべての産業³⁾に一律に用いている場合もいくつかある。

(14) ある例では、重篤度の各等級に全労働不能の日数に相当する評点を割り当てている。たとえば、日本⁴⁾では労働不能の最も重い3つの等級に死亡事故による平均の就労損失期間とされている作業日数(7,500日)と同じ数値が割り当てられている。最低の等級(全部で14等級あるうちの)には50日が割り当てられている。他の例では、不能期間はそのような事故が発生する平均年齢から決定できるか、あるいはそれに基づいて推定が可能となっている。

(15) 一時的労働不能の場合のように、全休業年数(あるいはリスクにさらされる1,000作業者・年当たりの休業年数)は、当然のことながら、死亡事故による寿命損失年数と同じ年当たりの損害であるとは必ずしも考えられない。

時間損失の推定のための根拠の比較

(16) それぞれの国で記録されている職業上の事故率を比較するさいに、留意すべきさまざまな点がある。

(a) あるいくつかの産業や職業が同一の分類項目あるいは標準国際分類(SIC)番号のもとにまとめて入れられているとしても、実際に行われる作業の種類は国が異なればかなり違っていることがありうる。このようなことがとくに生じやすいのは製造業と鉱業の範ちゅう

うであって、これらの産業では主要な製品の種類や採鉱の種類（硬岩か石炭かとか、地下採掘か地表採掘かなど）によって、平均リスクの大きさが変わってくる。さらに、死亡事故のリスクは、被雇用者数の大きい企業よりも、小さい企業でかなり高くなるらしいという証拠があり⁴⁾、この理由だけで、ある産業における平均リスクは高度に産業化された国よりも開発途上国の方でより高くなっているかもしれない。リスクは企業の大きさが大きくなると次第に増え、非常に大規模になると再び小さくなることもある⁵⁾（図1の米国のデ

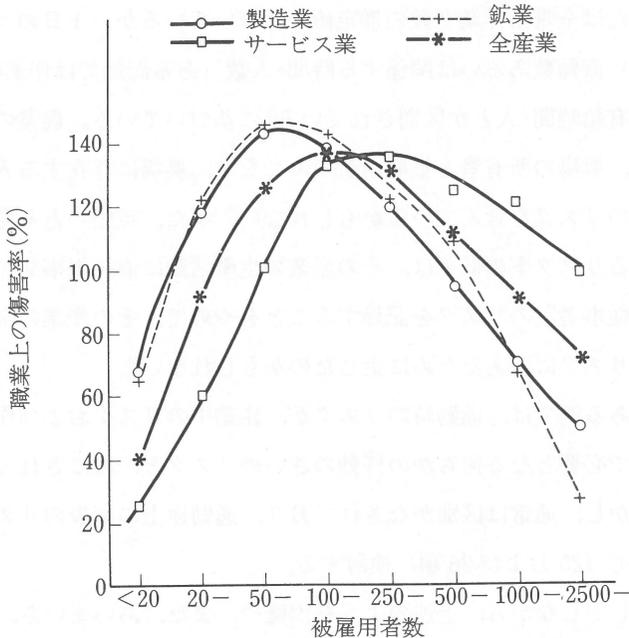


図1 1981年度の米国の諸産業における被雇用者数に対する職業傷害率。傷害率は各産業ごとのすべての雇用規模についての平均傷害率に対する百分率として表してある。(出典：「1981年度における米国の産業別の職業傷害および職業病」, US Department of Labor, Bulletin 2164, Washington D. C., 1983年1月.)

(8)

一夕に示されるように)。

(b) 異なった基準に基づいて事故数が記録されていることがありうる。すなわち、①国の当局に包括的に報告されるもの、産業機関を通じて報告されるもの、あるいはサンプリング調査に基づいて算出されるもの、②事故防止協会のような団体に対して報告するように定められている機関から出されるもの(このような場合には偏りが入ってくる危険があることは明らかである)、あるいは③国または産業界の機関から支払われる補償の対象としての傷害など、である。

(c) “分母”となる数すなわちリスクのある作業者の数は、全作業者または全常勤作業者数の推定値に基づいているか、(1日のうちの直の)直勤数あるいは関係する時間・人数(ある記録では作業時間・人と有給時間・人とが区別されている)に基づいている。農業のリスクは、農場の所有者と被雇用者のみでなく、農場に存在する人員すべてのリスクを含んでいるかもしれない。また、英国のある産業におけるリスク率の低下は、その産業の生産活動に直接従事している全“従事者”のリスクを記録することをやめて、その産業の全雇用者のリスクに変えたために生じたのかもしれない⁶⁾。

(d) ある例では、通勤時のリスクが、作業中のリスクおよび作業の過程で必要となる何らかの移動のさいのリスクと一緒にされている。しかし、通常は区別がなされており、通勤途上の事故のリスクはあとで(25および26項)検討する。

(17) しかしながら、上述のような困難や、また、あいまいさ、偏りの可能性、傷害や疾病と労働不能との混同、あるいは、リスクの概略推定値すら出せないような不十分な数値などの理由によって、事故データの典拠のいくつかを棄てる必要があるにもかかわらず、いろいろな諸条件におけるリスクの典型的なレベルを確定するための十分な情報を得ることができる。しか

し、国の行政機関や産業衛生担当機関は、個々の作業員へのリスクが最大であるような事故を記録することよりも、大部分の事故が発生する産業が何であるかを明らかにすることの方にもっと関心をもつらしいということを確認しなければならない。ある産業における作業員の全数を確定することよりも、事故とくに重大な事故の数の完全な記録を得ることの方が容易である場合が多いことを考えると、たくさん記録されている事故の頻度の情報が、リスクのある作業員の数に関する根拠がないため、作業員へのリスクの根拠として、あるいはそのリスクの経年変化の傾向を示す根拠としては役に立たないということが理解されよう。

職業上の死亡事故率

記録された死亡事故率の範囲

(18) いろいろな産業において起こる死亡事故の頻度は非常に広い幅をもち、詳しい記録が得られる国々においては、その幅は通常2桁以上にわたっている。最も高い死亡事故率は、リスクにさらされる作業員百万人当たり年間死亡数1,000をしばしば超える。より低い死亡事故率を評価するのは比較的容易でない。それは、小規模の産業における短期間の調査では死亡がごくわずかか、あるいは死亡がなく、推定死亡率の信頼限界の幅が大きくなるからである。

(19) このことは、英国における5種類の職業の死亡事故率の推定値によって示される。ここでのリスクは、リスクのある百万人当たり年間死亡数ですべて20以下、おそらく15以下であるが、約百万以上の作業員・年の数について比較する記録が得られないかぎり、このような推定値は非常に不正確となる(表1)。しかしながら、被服、製靴工業の場合、約50万の作業人口で22年間にわたる記録があるので、この期間における $3 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ という平均リスク推定値はかなりの精度で確立されたものである。

表1 英国における職業上の事故死亡のリスク

	利用可能な記録 (1980年までの年数) ^a	死亡数	作業年・年数 (百万人)	事故死亡率 ($10^{-6} y^{-1}$)	90%ポアソン 信頼限界
衣類および履物製造	22	31	10.0	3.1	2.2—4.2
ドライクリーニング	13	1	0.26	3.9	0.2—18
機械製造	11	9	1.04	8.7	4.5—15
電気工業	11	54	5.7	9.5	7.4—12
洗濯業	13	7	0.67	10.4	4.9—20

a 付記：推定の基礎が1981年から変更された^{b)}。

出典：

Annual reports of (UK) Chief Inspector of Factories until 1974, the Health and Safety Executive “Health and Safety : Industry and Services” report in 1975, and its “Health and Safety : Manufacturing and Service Industries” reports subsequently.

(20) 50,000 作業年・年以下の規模の調査に基づく記録では、たとえ真のリスクが百万作業年・年当たり 10 の範囲にあるとしても、記録上は一般に死亡がないことに注目してよい。(この点についてとくに述べると、その調査で予想される死亡数は 0.5 であり、またこの死亡が無作為な時間間隔で単発的に生ずるならば、死亡ゼロの確率は $e^{-0.5}$ すなわち 60 % となる。)

(21) 各国のデータを調べると、死亡事故率の幅はそれらの率を別々に見積った産業の数に依存している。これは、大規模の産業グループをまとめた場合の平均化効果のみならず、小規模の産業の毎年の値から求められた推定値の不正確さにも起因している。同様に平均値あるいは中央値もまたそれらの率を別々に見積っている産業の数と種類に依存している。したがって、表 2 の値はその大きさの桁数を示すだけのものである。

(22) ある職業について、 $5,000 \times 10^{-6} y^{-1}$ あるいはそれ以上の死亡事故率が示唆されている (たとえば米海軍の潜水工作兵では $5,000^7$ 、英国のとび職では多分約 $6,000^8$)、50 フィート以上の高さで作業する米国のとび職では

表2 国内産業における死亡事故率(10⁶作業員・年当たりあるいは2×10⁶作業時間当たり)

国名	報告された産業の数	低率(職種)	中央値	高率(職種)
カナダ	1975/76	11, 10, 金融および保険	150	1 240, 漁業, 狩猟
フランス	1979	15, 12, 衣類製造	75	405, 輸入業およびメンテナンス
西独	1978	35, 19, 保健および福祉 22, 織物および衣類	100	850, 国内航路
インド	1976-78	10, 44, 木綿織物	155	440, 採鉱
日本	1977/78	33, 10, 通信	40	1 040, 石炭および亜炭採鉱業
フィリピン	1976	12, 120, 織物	670	830, 採鉱および採石 900, 製材
スウェーデン	1979/80	9, 12, 教育および病院	90	255, 採鉱
スイス	1968-72	49, 15, 織物 25, 精密機械	250	1 140, 林業 1 340, 鋳造
南アフリカ	1968	23, 28, 織物製造 34, 皮革製造	190	980, 輸送 2 000, 漁業
英国	1980	25, 3, 衣類および履物	30	365, 採石
米国	1982	8つのおもなグループ 40の小グループ	(8グループは10以下) 113(平均値)	550, 採鉱および採石

推定値のあるもの、とくに低率のものは、死亡数またはリスクのある作業員・年数が非常に小さくて信頼度が低いので、これらの数値は変動範囲を大まかに示すものでしかない。

出典：職業性傷害および職業性疾患のおもな情報源として用いられた文献は、本報告書の108～112頁に記載。

(12)

10,000 以上である⁷⁾。軍隊勤務者の戦時の平均年リスクはこれより約1桁高いと推定されている⁸⁾。

(23) 予期されるように、いろいろな種類の産業の死亡率の順位は、明らかに対応する産業の死亡率が系統的に異なっていることがあるにもかかわらず、各国ともおおよそ同様の傾向を示すことが、各国の記録の詳しい調査で示されている。採鉱、採石、トロール漁業、森林業等の死亡率は、その国の全産業の平均死亡率より通常数倍高い。建設作業のリスクは平均値に近いやや高いようである。より安全な“軽”製造業（製紙、被服など）から重製造業（金属製品、化学薬品、機械工業）までいろいろな値があるが、製造過程全般の死亡率は、それぞれの国の平均の半分程度である。主として事務系の仕事に関連したいろいろな職業は致命的傷害のリスクが低い。

(24) 非常に大まかではあるが、各国の種々な産業のリスクに関する有用な手引きとして、国際労働機関（ILO）の「労働統計年鑑」（Year Book of Labour Statistics）があり、それには多くの国々のおもな4種類の産業グループの死亡率が国別に与えられている。表3に、1970～1979年の間に6回以上の報告を出した国のその期間の平均の死亡率の中央値と四分位数

表3 各国における事故死亡率（10⁶作業員・年当たりあるいは2×10⁹作業時間当たり）

産業	国の数	第1四分位数	中央値	第3四分位数	荷重平均値
製造業	51	80	125	200	75
鉄道員	30	170	290	500	230
建設	47	220	350	600	230
採鉱および採石	34	450	700	1200	450

平均値は年ごとのサンプリングの分散に反比例して重みをつけた。四分位数は対数-プロビットプロットの補間によって求めた。

出典：ILO Year Book of Labour Statistics, 1980.

を示す。また平均死亡事故率も示す。平均死亡事故率には若干の偏りがありそうである。その理由は、一部は各国間で死亡事故率の分布に大きなゆがみがあることにもよるが、大きな原因としては死亡事故率の高い多くの国で年ごとに大幅な変動が認められるからであって、これは作業者集団が小さいか、記録の間違ひがあることを示唆している。しかしながら、ある一つの産業での大きな分散の多くは、労働条件の違いはもちろんのこと、工場製品や採鉱鉱物の違い、そしておそらく、死亡が産業条件に帰せられるとしての登録の違いを反映しているようである。

通勤途上の死亡

(25) ある国では、職業別の死亡事故率に通勤や帰宅途中で起こる死亡をも含めている(表3ではこのようなデータを除外した)。このような死亡の頻度は、作業の場所が都市か村落到かに、また家からの距離や通常ほかの交通手段よりも距離当たりのリスクの小さな公共交通機関が利用できるか否かに主として依存しているようである。それゆえ、このリスクの成分の大きさは、いろいろな種類の産業の通常所在地、すなわち町の中かあるいは町から遠いかに関係があるが、これをその産業の労働条件の特性と見なすことを正当とすることはできない。

(26) しかしながら、これは雇用の全リスクのうち大きな部分を占めている。表4 Aは、通勤時の死亡事故率と作業中の死亡事故率(就労日における必要な移動を含めた)を、これら2つの事故率を別々に出した数か国のデータについて比較したものである。表4 Aには、これらの死亡事故率の絶対値と経年変化も示してあるが、これは作業中および通勤途上の死亡頻度がそれぞれ違った割合で減少するかもしれないからである。表4 Bには、事故率の絶対値は得られないが、同一期間内での作業中の死亡と通勤途上の死亡の比を導くことのできる国の記録または報告書からの追加のデータを示す。予

表4 A 作業中の死亡と通勤途上における死亡

国名	期間	死亡事故率/10 ⁶ 作業中・年あるいは 2×10 ⁹ 作業時間当たり		平均比
		〔平均率(および年当たりの減少率)〕		
		通勤途上	作業中	〔通勤途上の死亡〕 〔作業中の死亡〕
西独	1974-82	52(3.9% y ⁻¹)	116(6.2% y ⁻¹)	0.45
フランス	1974-81	82(7.4% y ⁻¹)	124(6.9% y ⁻¹)	0.66
スウェーデン	1970-79	30(4.2% y ⁻¹)	67(6.9% y ⁻¹)	0.45
スイス	1968-77	75(7.8% y ⁻¹)	244(4.2% y ⁻¹)	0.31
米国 ^a	1977-82	127(4% y ⁻¹)	114(6% y ⁻¹)	1.11
平均		73	113	0.60

a 通勤途上のリスクが高いのは推定で90%の作業者が自動車で、しかも時にはかなりの距離を通勤するためらしい。

出典：

- 西独 Deutscher Bundestag 10 Wahlperiode, Drucksache 10/618 of 18.11.1984.
- フランス Statistiques des accidents du travail ... pour l'année 1981. Travail et sécurité, Mars 1983.
- スウェーデン Occupational injuries 1979, official statistics of Sweden, Stockholm, 1982.
- スイス Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents. Résultats de la statistique des accidents...1973-1977.
- 米国 Home to work trips and travel. 1977 nationwide personal transportation study report 4. FHWA/PL/81/002. US Department of Transportation, 1980.

期されるように、この比の値は各国でかなり異なっており、また異なった産業においても違っているようである。しかしながら、もしも通勤距離や通勤手段が国の平均と同程度ならば、高度工業国であろうとなかろうと、多くの比較的安全な職業では、通勤途上の死亡のリスクは作業中に起こる死亡のリスクを上まわること示している点で興味深い。

表 4 B 作業中の死亡と通勤途上における死亡

国名	事故の型	期間	事故死の数		〔通勤途上の事故死 作業中の事故死〕
			通勤途上	作業中	
アルジェリア	死亡(建設作業者)	1976	32	72	0.44
ベルギー	死亡(建設作業者)	1977-81	86	243	0.35
ガボン	死亡	1980	24	75	0.32
ナイジェリア	全事故	1973-79	1 515	6 334	0.24
ルクセンブルグ	死亡	1978-81	35	94	0.37
スペイン	死亡	1982	389	1 118	0.35
					平均0.34

出典：

アルジェリア	Revue Annuelle (Statistiques 1976) Organisme professionnel Algerien... (Bâtiment et travaux publics) Algiers.
ベルギー	Securité construction 23. Brussels.
ガボン	Caisse nationale de securité sociale, Republique Gabonaise, Statistiques au 31 December 1980.
ナイジェリア	Information communicated to ILO.
ルクセンブルグ	Assoc. d'assurance contre les accidents, section industrielle, C.R. de l'exercise 1981. Luxembourg 1982.
スペイン	Sinestralidad laboral 1982. Inst. Nac. de Seguridad.

産業のいろいろな部署における死亡率

(27) 産業における事故死亡率は、その産業の全被雇用者に対する平均事故死亡率として、あるいは管理職、事務員または産業の他の部署のスタッフは別にして産業の工程に実際に携わっている工具に対してのみの平均事故死亡率として発表されている。工具に対してかなりのリスクを伴う産業では、上述の2つの根拠に基づいて求めたリスクはかなり異なることがあり、その差は事務室で働いている被雇用者の割合に依存するが、その割合は通常公表されていない。

(28) 英国のさまざまな産業について記録される事故率は、1981年に、その産業内の工具について求められた事故率から、その産業の全被雇用者の

(16)

平均事故率に変更された。この変更はごく最近のことなので、それによるリスクの低下は、時間経過に伴いすでに起きているリスクの低下と区別できない。

(29) ある単一の産業における作業者として分類された人々のうちでも、その産業の中で行われている仕事または操作の種類すなわち“職種”によって、死亡事故率は5倍あるいはそれ以上も変わるようである(表5)。露天掘りおよび地下採掘の鉱山労働者あるいは他の採鉱労働者との間で一般的にみられる死亡率のかなりの差(ときには5倍もの⁹⁾)は、死亡率が鉱山労働者全体のものとして記載されている場合は不確かさの要因となりうる。時間の経過に伴うリスクの減少は、この場合、安全性の向上か露天掘りの割合の増加(またはリスクが人・年当たりで表されているならば、鉱山労働者の年間直勤数の減少)のいずれかを反映するものであろう。

(30) 産業内における死亡事故率は、一様に男性よりも女性の方がはるかに低い。たとえば、西ドイツにおける産業の1977~1981年の間に起こった職業上の事故に関するきわめて詳細な調査によれば、15倍も開きがある¹⁰⁾。しかしながら、これらの違いが女性と男性によってなされた作業の種類の違いによるものなのか、同種の作業における事故の起こしやすさがほんとうに違うことによるのかは、利用しうる記録からでは通常区別できない。

製造業の安全性あるいはリスク

(31) 事務やその他の座って行う作業に主としてかわる各種の職業は別として、製造業は最も低い死亡事故率をもつ事業グループを代表している。そして、それらの産業内での種々の製造業のリスク率の順位は一般に一致している。それゆえ、比較的安全な産業の職業グループの一例として、さらに詳しく種々の製造職業でのリスクを調べるのが有用である。表3に示したデータの出典は種々の製造業に対して個別に死亡事故率を記録してないが、

表5 産業内における種々の職業活動のリスクの差異

産 業	規 準	平均の事故率	小グループの事故率/平均の事故率
建設業 オンタリオ 1976-81	死亡事故/10 ⁶ 人・時	15	取壊し 10.4 くい打ちとくい抜き 5.1 鋼鉄とコンクリート作業 3.6
林 業 オンタリオ 1972-80	死亡事故/10 ⁶ 人・時	14	伐採 7.1 製材 3.1
発 電 オンタリオ水力発電 1972-80	死亡事故/10 ⁶ 人・時 全事故/10 ³ 人・時	8 20	柱上作業員と地上作業員 8.3 機械工 2.4 溶接工 12±3(標準誤差) コンクリート作業員 6±2(標準誤差) 大工 3.3±0.4(標準誤差)
製鉄・製鋼 ヨーロッパ共同体 1968-72	死亡事故/10 ⁶ 人・時	290	製鋼 1.8±0.1(標準誤差) 溶鉱炉 1.8±0.1(標準誤差)
建設業 日本 1977/78	死亡事故/10 ⁶ 人・時	105	鉄道建設 8.4 水力発電所建設 3.3 橋梁建設 2.8
金属鉱山労働者 カナダ 1970-74	死亡事故/10 ⁶ 人・時	220	銀採掘 6.4(1-20) 立坑掘削 3.4(1.5-6.5) (90%信頼限界)
鉄道員 米国 1969-78	死亡事故/10 ⁶ 人・年	203	制動手と信号手 3.6 車掌(直行貨物便) 3.6
建設業 米国 1981	死亡事故/10 ⁶ 人・年	520	屋根ふき工事と板金作業 5.2
鉄道員 英国 1982/83	全事故/10 ³ 人・年	25	高架線上の作業 2.4 土木作業 2.4
耐久性製品の製造業 米国 1982	死亡事故/10 ⁶ 人・年	35	木材と木製品 5.2
輸送と公益事業 米国 1982	死亡事故/10 ⁶ 人・年	59	水上輸送 4.6 トラック輸送 7.2

注：小グループの事故率と平均の事故率との比については、高い値のみを示した。低い値については原典に示されていないことが多いが、事務職および管理職の死亡事故率は、普通10⁶人・時間当たり5～10の範囲にある。事故率は引用した出典のとおりに表した。

1作業年は通常およそ2,000作業時間に換算される。

出典：108～112頁参照。

表6には、少なくとも1970年以来、毎年包括的に個々の記録が発表されている英国の16種の産業に基づいて、変動幅がよく示されている。

(32) 国際的な比較は、製造業の記述やまとめ方の違いでときには難しくなることがあるが、表7は分布の幅に一般的類似性のあることを示している。絶対的なレベルの違いは、部分的には、死亡を労働条件によるものとして記録し、あるいはいろいろな形式の産業保険や補償の対象として記録するさいの取扱いの差異によるものであろう。

表6 英国のすべての製造業における年当たり、リスクのある10⁶人当たり死亡事故率(標準産業分類3-18,1970-80)

産 業	平均死亡事故率±標準誤差
衣類および履物	3±1
機器製造	9±2
電気工業	9±2
織物	19±4
車輛	19±3
紙、印刷および出版	24±2
食品、飲料およびタバコ	32±2
金属製品(その他)	29±2
皮革・皮革製品および毛皮	29±10
機械工業	33±1
材木・家具など	37±5
化学薬品および関連産業	67±11
レンガ、陶器、ガラス、セメントなど	70±8
造船および海洋エンジニアリング	113±11
金属工業	118±8
石炭および石油製品	148±21

出典：1974年まではUK Chief Inspector of Factoriesの年報、1975年はthe Health and Safety Executiveの報告書“Health and Safety : Industry and Services”，それ以降は、その報告書“Health and Safety : Manufacturing and Service Industries”。

死亡事故率の傾向

(33) 調査された記録では、死亡事故率には一般に年ごとにその値の数%の減少が認められる(表8 Aと表8 B)。年10%以上の減少は、持続する増加と同様に、まれなことである。

(34) しかしながら、いくつかの例で、かなりの期間にわたって推定してみると、このような減少は行政措置の変更、たとえば、補償の対象となる死亡のみを記録するといった変更の反映であるかもしれない。また、国の産業全体あるいは国の製造業についての平均死亡事故率は、リスクまたは安全性のレベルの異なる産業間での作業者の割合の変化を反映したものかもしれない。また、ある場合にはサンプリング方法が異なっていることもあろう。

表7 製造業における死亡率。表に掲げたすべての個々の産業に対する四分位数の値(10^6 作業員・年当たりあるいは 2×10^9 作業時間当たり)。

国名	期間	種類の数	四分位数		
			第1四分位数	中央値	第3四分位数
フランス	1979	10	25	70	90
西独	1978	14	40	70	90
インド	1976/78	6	—	120	—
日本	1979	18	20	50	80
南アフリカ	1965-70	8	45	190	335
スウェーデン	1979	8	30	45	60
スイス	1968-72	22	45	110	275
英国	1970/80	16	20	30	70
米国	1982	25	7	43	112

ここに含まれる産業は通常そのように記載されていないが、SIC 3から18に相当する。すべての率はまるめた近似値である。フィリピンの11製造業での作業員集団は、個々の値を高い信頼度で推定するには小さすぎるが、33,000人の製造作業員中10人の死亡から、平均値300になる。各国の死亡率の違いは、記録の日付の違いにも一部よるであろう。

出典：108～112頁参照。

表 8 A 死亡事故率の経年的傾向

	期 間	全期間にわたっての 事故率の平均値 ($10^6 y^{-1}$)	年 変 化 率 (平均年率の%として表す)
地下石炭採掘	1958-79	920	-2.8±0.3(標準誤差)
ヨーロッパ共同体(うち6か国)			
製造業	1965-79	93	-2.9±0.1(標準偏差) ^a
ヨーロッパ14か国			
オンタリオ水力発電, カナダ	1949-82	240	-5.3±0.8(標準誤差)
報告のあった全産業			
ベルギー	1964-74		-2.1±1.2(標準誤差)
フランス	1954-79		-2.1±0.2(")
西 独	1949-59	290	-5.7±0.9(")
	1959-71	185	-1.7±0.4(")
	1971-77	145	-6.3±0.3(")
日 本	1968-76	44	-6.9±2.1(")
スウェーデン	1955-79	102	-4.4±0.2(")
英 国			
13製造業種	1959-80	50	-1.5±0.4(標準偏差) ^a
石炭採掘	1973-80	213	-4.9±3.2(標準誤差)
建設	1971-80	159	-6.3±1.1(")
鉄道職員	1971-80	182	-3.3±2.5(")
化学工業			
フランス	1965-71	172	-2.4±2.5(標準誤差)
イタリア(ILOへの報告)	1965-71	106	-7.8±3.0(")
米 国			
全産業グループ	1957-80	182	-2.4±0.1(標準誤差)
商 業	1957-80	75	-2.3±0.1(")
製造業	1957-80	98	-1.6±0.2(")
サービス業	1957-80	114	-3.0±0.2(")
政府公務員	1957-80	128	-1.2±0.1(")
輸送と公益事業	1957-80	362	-1.2±0.3(")
建設業	1957-80	677	-1.4±0.2(")
鉱山と採石	1957-80	940	-2.5±0.5(")
農 業	1973-80	561	-0.3±1.0(")

a 標準偏差は個々の産業の回帰係数の, その平均値のまわりの分散である。

標準誤差は取り上げた産業グループにおける事故率の, 時間に対する一回帰の標準偏差である。

出典: 108~112頁参照。

表 8 B

		年変化率(% y ⁻¹ , 標準誤差)		
		事故死	労働不能を生ずるような傷害	
			一時的傷害	永久的な局部傷害
石油産業				
米国の ILO への報告	1925-68	-3.2±0.4	-3.3±0.8	-3.5±0.4
非鉄金属				
米国の ILO への報告	1936-68	-2.5±0.8	-2.4±0.9	-2.7±0.5

出典：ILO 報告書。108～112頁参照。

米国安全審議会は、審議会に対し自由意志で報告を出す産業グループの死亡事故率と、産業全体についてサンプリングしたときの率との差違、また年ごとに変わる“報告者”数の変動の影響について記述している¹⁴⁾。

(35) しかしながら、多数の国々や多くの産業について、20～40年間に、ときには10年以内に、平均事故死亡率は一般に半減することになるか、あるいは実際に半減したほど、産業の安全性が高まっていることを示す十分な確かなデータがある。より危険な産業では、事故死亡率の減少の年間百分率が最大となるということを示す明白な証拠はないけれども、その減少の絶対値は最も大きいようである。

(36) それゆえ、事故死亡の頻度で簡単に表すと、多くの国々では次のことが明らかである。

- (a) さまざまな在来の産業ではリスクのレベルに著しい違いがある。
- (b) 若干の専門職や大方の事務職は別として、製造業は他の多くの産業より比較的安全性の高いグループを形成している。
- (c) 製造業のリスクはそれ自体の中において1桁以上の幅で変動する。
- (d) ある産業内で、仕事や工程の違いにより作業者のリスクには数倍

(22)

の差がある。

(e) 作業中の事故死亡のリスクに加えてかなりの通勤途上のリスクがある。

(f) 事故死亡率は一般的に毎年数%ずつ減少しつつある。

事故死の結果としての寿命損失の長さ

(37) ICRP Publication 27 に報告されたデータの示すところでは、日本、カナダおよび英国の各産業における作業中の事故死による余命の平均損失は約 30 年である。事故死の平均年齢は通常、労働人口の平均年齢よりも数歳高い。多数の産業について、またとくにリスクや作業者の年齢構成がかなり異なる産業についての記録はないけれども、他の情報によればこの 2 つの平均年齢はほぼ等しいことが確認される (表 9)。

(38) 西ドイツにおける作業中の事故死の調査¹⁰⁾では、7,490 人の男性の死亡時の平均年齢は 39.7 歳、302 人の女性では 37.4 歳であり、また、全産業に対しては平均 39.6 歳であった。この値は表 9 に記されている他の産業や国々における死亡時の平均年齢を平均して得られる 40.1 歳と非常によく一致している。

(39) WHO の「世界保健統計」(World Health Statistics) 1983 年版¹²⁾には、世界の 40 か国、および 10 年間ごとの統計が得られる主として工業国について種々の年齢における平均余命が記録されており、1980 年 (平均年) のデータに基づくと、これらの国々では 40 歳の男性の平均余命は 33.2 (± 0.3 標準誤差) 年、また年齢 37.5 歳の女性では 40.0 (± 0.3 標準誤差) 年であった。それゆえ、事故死による平均損失年数は、男女を合わせた作業者集団では、現在の資料によると 30 年よりもむしろ約 35 年とした方がよいように思われる。

(40) いずれの年齢でもずっと低い余命しかもたないような国について

表9 作業中の事故死の平均年齢

	死亡数	平均年齢		差 $D-W$ (歳)
		労働人口 (W)	死亡者 (D)	
鉱山および採石(1971)	10	42.4	39.7	-3
日本				
輸送運転手(1971)	84	29.5	38.2	+9
日本				
建設業(1971)	290	37.7	42.3	+5
日本				
製造業(1971)	185	36.5	38.3	+2
日本				
発電(1970-75)	47	39.8	38.6	-1
オンタリオ水力発電, カナダ				
製造業(1978-81)	539	40.0	41.6	+2
英国				
建設業(1978-81)	559	36.6	41.1	+4
英国				
全産業(1980-82)	324	37.2	42.1	+5
フィンランド				
14種の産業(1977-81)				
西独 男性	7 490	37.4	39.7	+2
女性	302	35.1	37.4	+2

出典：108～112頁参照。

は十分な記録がない。多くのこのような国ではたとえ比較的若い年齢で就労するとしても、事故死当たりの平均寿命損失もやはり小さいと思われる¹³⁾。

致命的傷害による時間損失に関する要約

(41) 事故死の平均年齢は、ある場合にはおそらく高年齢作業者が働く作業の種類の違いに関係して、同一国内においても各産業間で大きく異なることが示されている^{10, 14)}。かつまた、このような事故による平均寿命損失は

(24)

作業者集団の年齢や性の分布、および事故死亡年齢での男女の通常の余命などによっても異なるであろう。しかしながら、一般に少なくとも高度工業国においては、各種産業における事故死亡により失われる余命の全体の長さは、死亡1例当たり約35年の平均寿命損失を仮定することによって、これら産業内での平均事故死亡率と近似的に関連させようように思われる。百万人作業者当たり年間100件の事故死亡がある産業において、これらの死亡事故は1,000作業者・年当たりの損失年として表される害の指標に対して3.5の寄与をすることになる。

一時的労働不能をひき起こす作業時の事故

(42) 大部分の職業上の傷害の記録において、一時的労働不能をひき起こす事故の頻度が記録されており、同じ期間に起きた死亡事故の頻度と比較することができる。

(43) これらの非致死事故の頻度（永久的労働不能を生じる事故については以下の55～61項で取り上げる）は、通常、死亡事故の頻度の100～1,000倍の範囲にある。この比をさらに正確に記述することは、2つの理由により有用ではない。第一に、この比の大きさは職業のリスクとともに系統的に変わり、事故死亡率が最も低いグループにおいて、最も高くなるという徴候がある(48項)。そして第二に、非致死事故を記録に含める規準は、その重篤度の定性的記述（重篤、重大、普通、些細等）や、それにかかわる休業日数（1日以上、4日以上等）によって大きく異なる。

(44) しかし、一時的就労不能をひき起こす事故による休業期間についてのデータが入手可能な場合には、ある国の産業におけるこうした事故による全損失時間は、一般的に、同じ期間の死亡事故による余命の全損失と比較が可能である。

(45) ILOはその「労働統計年報」¹³⁾において、いろいろな国における年

間の致死的な職業上の傷害の件数の値と、対応する非致死事故によるその年の損失作業日の値を与えている。死亡事故による余命の平均損失がたとえば、およそ 9,000 作業日に相当すると仮定すると、この 2 種類の傷害により失われる全時間の比が近似的に算定できよう。

(46) このことに基づくと、非致死事故と死亡事故によりひき起こされる時間損失の比の平均値は、十分なデータ（最新の年において、20 例以上の死亡がある）の得られている 19 か国では 1.2 であったが、この値は大きい標準誤差 (1.1) をもっている。比の中央値は 0.9 である。

(47) しかし、この報告書の目的は、比較的安全な通常の職業におけるリスクを検討すること、またある職業が高い安全水準にあると考えるための規準を検討することにあるので、安全度あるいはリスクの異なる職業における傷害の、時間損失への寄与を算定することが重要である。

(48) ICRP Publication 27 では、いろいろな職業について、一時的就業不能をひき起こす傷害の頻度 (A) を、対応する致死的な傷害の頻度 (D) と比較した。こうした非致死事故の比率 A/D は、事故率の高い産業ほど低下するように見える。実際にもし事故率が高い職業において事故が致死である頻度が高いならば、何らかのこうした関係が期待されるであろう。

(49) この関係は、長期にわたる労働不能をひき起こす事故に関する注意深い調査では観察されなかった¹⁰⁾が、ある一つの国で異なる産業間における死亡または一時的労働不能をひき起こす事故の頻度を比較した場合には、一般的にみられるようである。表 10 に、多くの国におけるこうした非致死事故と死亡事故の相対頻度の比較を示す。いろいろな産業における $\log A$ と $\log D$ の間に線形回帰を当てはめることにより比較した。 $\log A$ の $\log D$ に対する回帰の勾配から、次式における m の値の推定値が得られる。

$$A \propto D^m$$

この関係は、米国安全審議会により1967年から1980年までに報告された8つの主要な産業グループについて詳細に検討された。図2に示されるように、この期間の m の値は一貫して低く、平均値は0.460（標準誤差0.005）である。この8つの産業グループの $\log A$ と $\log D$ の値は、各年とも線形回帰がよく当てはまり、それらの相関係数は、わずかに0.96と0.985の範囲に広がるだけである。

(50) このデータは、死亡事故率のわかっている産業における非致死事故のもっともらしい頻度を推定する場合、これらの頻度の間には単純な比例関係 ($m=1$) はありそうもなく、死亡事故率が高い産業ほど非致死事故の

表10 非致死事故率(A)と死亡事故率(D) (作業員・年当たり)との関係。 $\log A$ の $\log D$ への線形回帰により $A \propto D^m$ を当てはめた場合の m の値。

国名	産業グループの数	非致死事故を記録する規準	相関係数 ($\log A$ と $\log D$)	m ± 標準誤差 (または標準偏差) ^a	
ベルギー	1979	7	一時的就労不能	+0.98	0.72 ± 0.07
		7	永久的就労不能	+0.86	1.05 ± 0.28
フランス	1982	15	一時的就労不能, 損失日数	+0.74	0.48 ± 0.12
西独	1977-81	56	長期にわたる就労不能	+0.74	0.70 ± 0.09
イタリア	1978および1980	10	一時的就労不能	+0.70	0.40 ± 0.17
			永久的就労不能	+0.78	0.61 ± 0.17
日本	1981/82	10	1日以上の休業	+0.68	0.60 ± 0.23
スウェーデン	1979/80	9	休業日数		0.51 ± 0.13
米国	1967-80	8	図2のデータ	+0.98	0.46 ± 0.02 (標準)
英国	1959-80	13	3日を超える休業	+0.89	0.43 ± 0.07
		16	短期の休業	+0.82	0.48 ± 0.09

a 引き続き年における m の値の標準偏差である。

死亡事故に対する相対頻度は減少することが一般に認められることを示唆している。

(51) 49項には、 $\log A$ と $\log D$ の値の相関係数についても記してある。なぜなら低い値の m は、 r が高い場合に、 A と D の間の直接的な比例関係を排除するからである。しかしながら大部分の場合に、別の回帰、すなわち $\log D$ の $\log A$ への回帰においても、 $\log A$ の $\log D$ に対する回帰において見出されたような、 D の値の増加に伴う非致死事故の相対的重要性の低下を示す。 $(D \propto A^n)$ における n の最良の推定値は $n = r^2/m$ により導かれる。

(52) 表 10 は、非致死事故により失われる日数の合計を、対応する事故死亡率と関連づけるデータも含んでいる。これらのデータは、非致死事故の

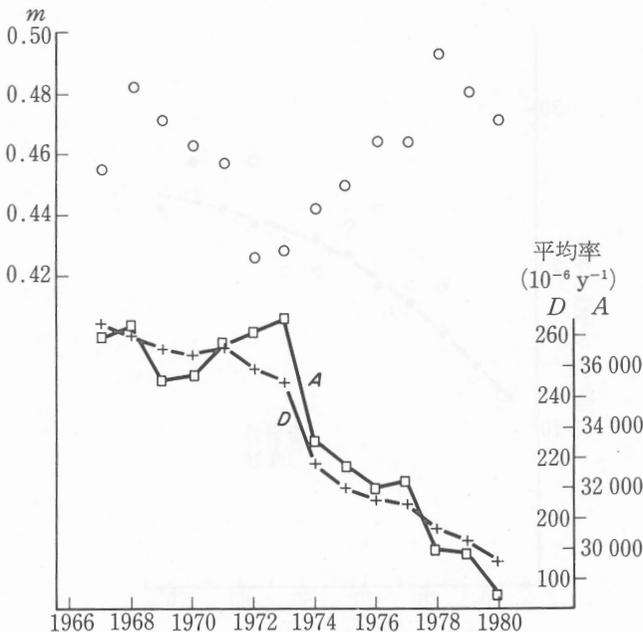


図2 1967~80年の米国の産業における年間の死亡事故率(D)および非致死事故率(A)；各年の8つの主要な産業グループの事故率の関係 $A \propto D^m$ における m の値(出典：Accident Facts, 1968-1981年の報告。)

(28)

結果失われる時間損失の合計ではなく、むしろそれらの事故の頻度を死亡事故の頻度と比較した場合と同じ関係を示唆している。この知見は、驚くべきことであろうが、リスクや事故の頻度が非常に異なる職業間において、非致死事故による休業の平均時間が一定であるという知見と一致している。労働不能の平均期間は、いろいろな国の産業においてあまり変わらないように思われる(表11)。しかしこうした労働不能の期間は、平均的な長さ(図3)においても頻度(図4)においても作業者の年齢や性別により異なる。

(53) 死亡事故による総時間損失と比較しての一時的労働不能を生じる事故による総時間損失は、非致死事故により失われた総作業日数を、同じ期間に起きた事故による死亡の総数と関連づけることにより表すことができ

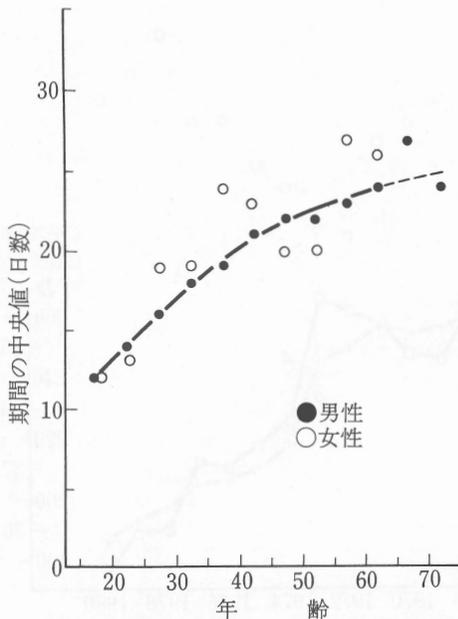


図3 職業上の傷害による就業不能期間の中央値、年齢別(黒丸は男性、白丸は女性)(出典：“Digest of statistics analysing certificates of incapacity, 1969/70”. UK Department of Health and Social Security, London, 1972)

表11 非致死事故による一時的労働不能の平均期間(作業日数)

国名	産業グループ	年度	平均期間 (日±標準偏差)
ベルギー	36小グループ	1982	16±3.0
カナダ	オンタリオ水力発電	1975-79	22
フランス	15グループ	1982	28±3.8
スウェーデン	8グループ	1979	28±2.4
英国	27グループ	1970	男性 28±2.5 女性 31±5.5
米 国			
労働省	9グループ	1981	17±3.2
	74小グループ	1981	17±5.4
米国安全審議会 報告書	7グループ	1982	20±5.2
	42小グループ	1982	20±6.8

出典：108～112頁参照。

表12 1事故死当たりの労働不能による全人・年(暦年)数

職業による死亡 事故率の範囲 ($10^{-6} y^{-1}$)	ヨーロッパ						平均 (年)
	ベルギー	西独	フランス	英国	米国	共同体 (鉄鋼業)	
	1979	1978	1979	1969/70	1972	1960-72	
25-39	84	108	80	126	—	—	100
40-79	—	77	62	—	—	—	70
80-199	36	46	38	47	34	—	40
200-399	29	33	21	—	—	28	28
400—	—	—	8	10	10	—	9

出典：108～112頁参照。

る。表12は、時間損失についての数値的データが入手可能な国々のいろいろな職業における、事故による死亡1例当たりの一時的な就業不能による損失(歴)年数の合計を示したものである。これらの値は、記録がある産業における死亡事故率によりグループ分けされており、ここでもまた、時間損失のみた場合に、事故死亡率が増加するにつれ、事故による死亡に対する一時的

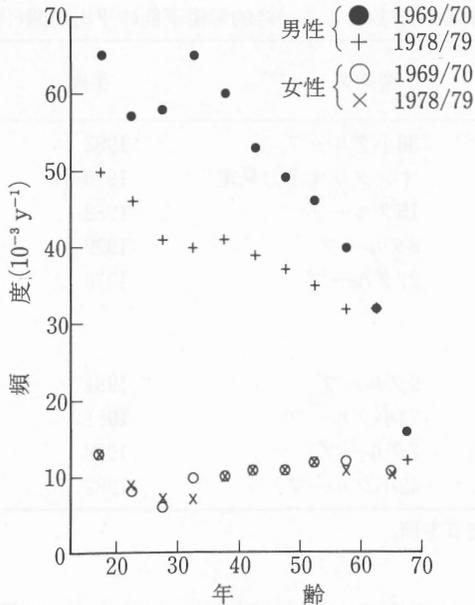


図4 リスクのある作業員 10^3 人当たりの、証明つき就業不能件数、年齢別、男女別 [1969/70(1年)および1978/1979(1年)](出典：図3と同じ、およびSocial Security Statistics, 1981)

労働不能の相対的影響が減少することが示されている。

(54) 職業上の事故による余命の平均損失が35年であることと比較して、表12と図5は、死亡率がおよそ $200 \times 10^{-6} y^{-1}$ より高い職業では、一時的就業不能による時間損失の合計は、死亡事故による寿命の損失より少ないことを示唆している。より安全な産業では、一時的就業不能は、死亡事故の2ないし3倍の時間損失を生じる。

何らかの程度の永久的労働不能を生ずる事故

(55) 何らかの大きさの永久的労働不能を生ずる事故の損害への寄与は、2つの理由により確定することが困難である。第一に、損われた寿命期

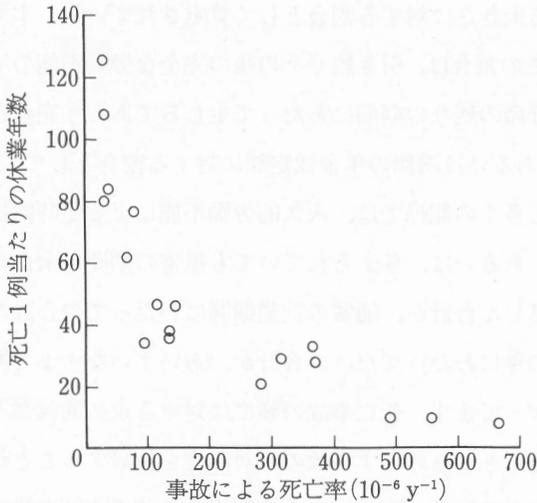


図5 事故死亡1例当たりの致死的でない傷害による全休業(暦)年数
(表12のデータ)

間は、事故の年であってもそれに続く年であっても、国の記録ではしばしば一時的な損傷の期間と混同され、またときとしては死亡による損失期間と混同されている。また、多くの記録では永久的な損傷について言及していない。そして第二に、損傷の程度は非常に広い範囲、たとえば指の硬直や指先の損失から1本の手足または複数の手足の損失にまで及ぶ。したがって、各年に起きるこうした労働不能の絶対数は、それに含まれる健康や労働能力の損失について、あるいはたとえば一時的な労働不能による損失年数や失われた寿命の年数との比較で各年の労働不能に対して適用できるかもしれない重みについて、何の指針にもならない。

(56) したがって、永久的労働不能の総合的な影響は必然的に個々の事例の主観的な評価を含んでおり、この評価は、全事例からではなく、特定の事例を検討することによってのみ行うことができる。しかしいくつかの国の記録では、それぞれの永久的労働不能の大きさは完全な永久的労働不能に由

(32)

来すると思われる大きさに対する割合として算定されている。すでに述べたように(14項)、この割合は、引き続くその後の完全な労働不能の等価日数として、あるいは寿命の残りの期間にわたって生じるであろう完全な労働不能の百分率として、あるいは満額の年金裁定額に対する割合として表されよう。

(57) しかし多くの記録では、永久的労働不能による総時間損失は与えられていないか、あるいは、与えられていても損害の期間が余命の残りの期間にわたって積算した合計か、通常の就業期間にわたっての合計か、あるいは事故後の残りの年にわたってだけの合計か、あいまいなままである。

(58) したがってまず、死亡事故の頻度に対する永久的就業不能(および一時的就業不能)をひき起こす事故の相対頻度を検討することが有用であろう(表13)。これらの種類の事故による時間損失の荷重合計を推定し記録する試みがなされた調査について、表14は死亡事故による時間損失に対する非致死事故による時間損失の比の見積り値または推定値を示している。

(59) 表13と表14は、事故の件数でも、あるいは時間損失でも、死亡事故と比べた場合の永久的労働不能による損害についての種々の値の間に、非常に大きな差があることを示している。同じことが、すでに強調したように、一時的労働不能についてもいえる。

(60) これらの差の一部は、おそらくさまざまな調査に含まれている作業の種類によるものであろう。けれどもこれらの差は、主として、永久的労働不能を記録する方法や、時間損失をそれに結びつける方法の差によるものと思われる。あるいはまた、産業補償の場合にはある産業または国においては記録された数値を左右するような判定上の慣行の違いにもよるようである。

(61) 永久的労働不能を生じる傷害に労働不能と時間損失を結びつけるに当たって、いくつかの面についていっそうの吟味を行うことが明らかに必要である。しかしこうした傷害について、ごく最近西ドイツで行われた詳細

な調査¹⁰⁾は、多くの重要な点を明らかにしている：

- (a) 多くの産業または産業グループにおける事故に適用される平均的損害については、重篤度の異なる永久的就業不能の重みづけは、異なる産業においても同じ基盤に立って定められる³⁾。
- (b) 男女におけるこうした事故が起きる平均年齢については、男性の平均年齢は死亡事故のそれに近い。したがって、損害の平均期間は（“永久的な”労働不能が生涯続くと仮定すれば）死亡事故による余命の平均損失にほぼ等しいものと思われる。しかし、いくつかの例では、産業上の事故に関して年金が支払われる頻度は年齢とともに増している（また、女性よりも男性の方が頻度が高い。図6）。
- (c) この研究は、永久的な労働不能による時間損失と、死亡事故による時間損失の比の推定値を与える。それぞれの時間損失は事故時の

表13 死亡事故と非致死事故の相対頻度

		死亡数	死亡1例当たりの事故の件数	
			永久的全労働不能 あるいは一部労働不能	一時的労働不能
オンタリオ水力発電	1975-79	18	0.1+1.3	74
ニジュール	1968-81	219	2.3	61
日本	1981/82	569	0.05+2.4	88
石油化学作業についての				
ILO データ	1959-68	—	2.6	84
スイス	1968-77	4 228	8.2(廃疾)	
非鉄金属製造業についての				
ILO データ	1959-68	—	11	76
イタリア	1980	946	20	870
西独	1977-81	3 496	23	840
ベルギー	1982	224	46	705
フランス	1980-82	4 205	71	672

出典：108～112頁参照。

表14 非致死事故による損失時間。死亡事故による損失余命の見積値または推定値を1.0としたときの、非致死事故による損失時間の見積値または実際値の割合。

	永久的全労働不能あるいは一部労働不能を生じる事故によるもの	一時的労働不能を生じる事故によるもの
オンタリオ水力発電	0.11+0.16	0.28
非鉄金属製造業	0.42	0.29
石油化学工業	0.11	0.21
米国諸産業	0.90	0.28
西独, 全産業	6.4	—
フランス, 全産業	6.8	2.1
英国, 全産業	2.6	—

出典：108～112頁参照。

年齢における余命により決められ、前者は完全な労働不能に対する時間損失と比べた場合のそれぞれの労働不能に適用される重みをも考慮している。この比の算術平均は、5年間の死亡事故の件数が10を超えた56の産業グループにおいては6.9であった。(産業間では対数正規分布に従う大きなばらつきがあり、比の幾何平均は5.3、幾何標準偏差は2.0である。)

さまざまな重篤度の傷害による時間損失

(62) 明らかに国によって、そしてとくに産業によって、異なる型の傷害による損失時間にはある種の不確かさがあるに違いない。しかし、国の産業全体についての代表的な推定値としては、一時的就業不能の間に健康な生活が損われる全期間は、死亡事故により失われるそれとほぼ等しい。永久的就業不能により損われる生涯の長さは、さらに不確かである。しかしながら、全就業不能の等価年数として表すと、それは事故死亡により失われる年数と等しいかあるいはそれより数倍大きいかもしれない。

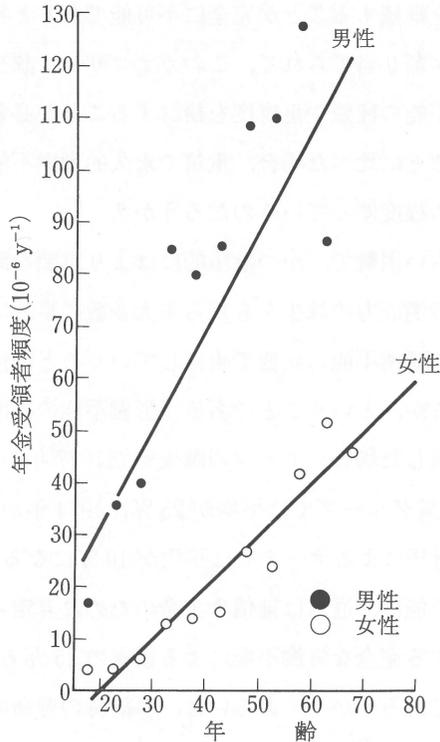


図6 産業上の傷害に対して傷害年金が支払われた頻度。年齢別，男女別。(英国，1980/81，1年， 10^6 作業員当たり)(出典：Industrial Disablement Pensions, UK Dept. of Health and Social Security report：表；DIS. BEN. 55, 事故；1979/80のデータ)

(63) 多くの一時的就業不能により生活が損われる年は，1年についておそらく死亡により失われる余命の1年よりも少ない損害あるいははるかに少ない損害しか含まないと考えられるであろう。もしそうであるならば，死亡事故と比べてこれらの型の事故の相対頻度はいろいろに変動するがその重要性は小さいであろう。というのは，それらが引き起こした損害よりも，死亡事故の損害の方がやはり上回っていると考えられるだろうからである。

(64) 永久的な損傷を生じる傷害については，その位置付けはより不明

(36)

確であって、作業を継続することが完全に不可能であると判断されたりあるいは満額の年金率が割り当てられて、このカテゴリーに該当するものと記録された傷害や労働不能の種類や重篤度を検討することが必要である。事故により死んでしまうことに比べた場合、重篤で永久的労働不能を背負って生き永らえることがどの程度優っているのだろうか？

(65) 同じくらい困難で、かつ数値的にはより重要な問題は、永久的ではあるが部分的な労働能力の減少をもたらす大多数の事故に適用される荷重係数が、この程度の就業不能の状態で生活していくことに伴う損害をどの程度よく反映しているか、ということである。労働不能の程度は、全労働不能に対する百分率で表した場合、ドイツの調査¹⁰⁾で1977年から1981年までに算定された76の職業グループでは平均が25%、1974年から1982年までのフランスの全国統計¹⁵⁾によるデータでは平均が10%になると判断された。こうした程度の労働不能は、通常は補償や年金のために算定されるわけであるが、永久的に存在する完全な労働不能による損害の25%あるいは10%を正しく反映しているであろうか？あるいは、事故時の寿命の損失に帰せられる損害の25%あるいは10%を反映しているであろうか？表14に示されたように、また他の調査によっても支持されるとすると異なる階級の傷害による相対的な時間損失の量に照らし、すべての職業上の傷害による損害量の代表値は、事故による死亡のみの損害と比べてそれを超える分は50%よりずっと少ない程度でしかないとか、3倍以上も大きいとかいうことは、おそらく考えられそうにない。

(66) それゆえ、放射線による寿命の損失と傷害による寿命損失を比較する可能な基盤として、あらゆる種類の職業上の傷害による典型的な損害は、死亡事故それ自体による平均余命の損失35年と比べた場合に、事故による死亡1例当たり50ないし100年の余命の損失と等価であると考えられるかもしれない。もしそうならば、百万作業員当たり年間100例の事故による死亡

がある産業においては、これらの死亡による害の指標への寄与3.5 (41項)は、致命的傷害ばかりでなく致命的でない傷害による害を含めると、たとえば5ないし10へと高められるだろう。

放射線被曝を伴う職業における傷害の発生率

(67) 職業上の害の指標の作成を試みる一つの目的は、ある職業の全リスクを算定する場合に、いろいろな種類のリスクの影響を足し合わせることを可能にすることである。したがって、放射線のリスクが算定されたならば放射線被曝を伴う職業の全リスクを考慮することができるようにするために、放射線被曝を伴う職業における傷害のリスクを算定することが問題となる (157~160項)。

(68) オンタリオの地下ウラン採鉱では、致命的傷害のリスクは $400 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ の近辺であると推定されている¹⁶⁾。1970~1974年のカナダでは、すべての硬岩鉱山では $500 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ 、露天掘の採鉱硬岩鉱山では $300 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ であった¹⁷⁾。米国の白人ウラン鉱山労働者は、1950年から1967年にかけて、およそ $1,700 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ という高い横死 (自動車事故、自殺、殺人以外の原因による) のリスクをもっていたことが記されている¹⁸⁾。南ア鉱業会議所の事故統計では、ウラン鉱山は別個には取り上げられていない。しかし、1976~1978年の死亡事故率は、金鉱山とその他の硬岩鉱山で、それぞれ平均すると $1,420 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ および $700 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ であった¹⁹⁾。英国の石炭を除く鉱山のデータ²⁰⁾では、1974~1980年の期間における平均死亡率は $730 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ である。

(69) 核燃料サイクルの他の大部分の段階では、致命的な障害の発生率は低く、おそらく $20 \sim 30 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ であろうと思われる。けれどもデータは乏しく、このような低いリスク率で、携わる労働人口もつねに少ない場合正確な推定値を得ることはどのみち困難であろう。英国の原子力産業の被雇用者

の、1964～1983年の期間における職業上の(放射線以外の)原因による死亡率は、平均すると $27 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ である²¹⁻²³⁾。最近の致死的でない傷害(3日以上の休業を含む)の割合は $20 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$ (英国中央電力庁, 1983/84²²⁾)および $23 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$ (英国原子燃料公社, 1973～83²³⁾)である。英国で死亡率の低いカテゴリー²⁴⁾($80 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ 未満)に属する産業では、これらの非致死事故の割合は通常そのおよそ1,000分の1, すなわち $20 \sim 25 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ の死亡率事故率に対応する。他の国では、こうした作業のリスクについての調査は見られない。

(70) 放射線あるいは放射線源を扱う医療職員の致死的な職業上の傷害あるいはその他の職業上の傷害の率の推定値は得られておらず、また、これらのグループは通常、国の登録では別個に記録されていない。工業ラジオグラフィ技術者についてのデータも得られていない。彼らの傷害発生率は、とくに固定されていない施設で働いている場合にはいくらか高いかもしれないが、それはおそらく作業中の移動のリスクによるものであろう。

職業上の疾病

(71) 職業上の疾病により失われた健康な期間あるいは寿命損失の算定は、原則として、産業傷害のそれと同様であるべきである。“一時的”疾病の頻度と期間の長さ、慢性疾患によるさまざまな程度の永久的労働不能、およびこうした疾病による死亡の記録が利用可能である。疾病による一時的あるいは永久的労働不能の期間に適切に適用される重みづけは、罹った疾病が職業上の傷害に比べてより大きな苦痛や活動の制限をひき起こす場合には、職業上の傷害の対応する影響についての重みづけと比べて異なることもありうる。しかし、健康や寿命の失われる期間を総合して、異なる職業において観察される健康の損害に対する、ある類似した尺度にすることができるかもしれない。

(72) このように、職業上の害の指標に対する職業上の疾病の寄与は、職業上の事故や傷害によるものと同様な利点や限界がありうる。しかし実際には、疾病が作業条件によるものであるとする認知や登録は、職業上の傷害の場合に比べてはるかに信頼性と一貫性が少ないようである。

(73) このことは、悪性でない疾病の発生について、ILO²⁵⁾に報告された鉱山労働者の塵肺症と珪肺症による死亡率の数値にはっきりと示されている(表15)。各国間で死亡率に非常に大きな変動があるが、その一部は、採掘される物質の種類、粉塵制御の方法、または地表採鉱と地下採鉱との比率によるものであろう。しかし大部分の変動は、記録の方法における行政上の差、すなわち、記録に含められる肺の状態の範囲、そしてそれらを主たる死因として登録するか、あるいは死亡時に存在したとして登録するかということ、および記録を必要とする重篤度の範囲によるもののようである。しかし変動

表15 塵肺症および珪肺症による死亡。(危険のある人100万当たりの年間の死亡数。1963-67年についてILOに報告されたデータ。)

塵肺症		
オーストリア	トンネル労働者	140
ザンビア	鉱山労働者	900
英国	石炭作業員	1 500
ニューサウスウェールズ	石炭作業員	1 800
オランダ	地下石炭鉱山労働者	3 500
英国	金属鉱山労働者	5 400
珪肺症		
スウェーデン	鉱山労働者	210
	石切り工	200
西独	地下鉱山労働者	5 800

出典：Fourth international report on the prevention and suppression of dust in mining, tunnelling and quarrying, International Labour Organization, Occupational Safety and Health Series, No.24 ; ILO, Geneva, 1970.

の原因が何であれ、こうした数値が鉱山労働者一般についての職業上の疾病による死亡率の推定に信頼できる基盤を与えることができないのは明らかである。そして、職業上の疾病がはるかに少ないか、あるいは、致命的であることが少ないとみなされる大部分の職業においても、その有病率の算定は同様に、あるいはよりいっそう、困難である。この困難さは、いろいろな職業やその部署について過去に公にされたがん誘発のリスクの推定値に対して、純粋に統計学的な理由により付与される非常に大きな不確かさにより示される(表16)。

(74) いろいろな職業において、悪性疾患あるいはその他の疾病の罹患率の上昇が継続的に見出されている²⁶⁾ことは、職業上の疾病による死亡率あるいは発生率の統計が、現在国の統計に記されているものよりかなり高いかもしれないことを示している。もしこれらの記録が、より最近になって知ら

表16 化学物質への職業上の曝露によるがん死亡率

職 業	がんの種類	年間死亡率の推定値 (リスクにさらされている人10 ⁶ 当たり)	標準 文 献 誤差 (下記)
製靴(プレスおよび仕上室)	鼻	130	35 a
印刷	肺および気管支	約 200	40 b
切削油を使う作業 (Arve 地区)	陰囊	400	50 c
木工機械作業	鼻	700	200 d
石炭乾留作業	肺(および気管支炎)	2 800	650 e
ゴム製造	膀胱	6 500	3 400 f
マスタードガス製造 (1929-45)	気管支	10 400	2 200 g
カドミウム作業	前立腺(罹患率)	14 000	8 000 h
ニッケル作業 (1925年以前)	鼻腔	6 600	1 050 i
	肺	15 500	1 500
β -ナフチルアミン作業	膀胱	24 000	2 700 j

出典:

- a. Acheson, E. D., Cowdell, R. H. and Jolles, B., *Br. Med. J.*, **2**, 791 (1970).
- b. Moss, E., Scott, T. S. and Atherley, G. R. C., *Br. J. Ind. Med.*, **29**, 1-14 (1972).
- c. Kipling, M. D., *Trans. Soc. Occup. Med.*, **21**, 73-78 (1971).
- d. Acheson, E. D., Cowdell, R. H., Hadfield, E. and Macbeth, R. G. *Br. Med. J.*, **2**, 587-596 (1968).
- e. Doll, R., Fisher, R. E. W., Gammon, E. J., Gunn, W., Hughes, G. O., Tyrer, F. H. and Wilson, W., *Br. J. Ind. Med.*, **22**, 1-12 (1965).
- f. Davies, J. M., *Lancet*, **ii**, 143-146 (1965).
- g. Wada, S., Miyanishi, M., Nishimoto, Y., Kambe, S. and Miller, R. W., *Lancet*, **i**, 1161-1163 (1968).
- h. Kipling, M. D. and Waterhouse, J. A. H., *Lancet*, **i**, 730-731 (1967).
- i. Doll, R., Morgan, L. G. and Speizer, F. E., *Br. J. Cancer*, **24**, 623-632 (1970).
- j. Case, R. A. M., Hosker, M. E., McDonald, D. B. and Pearson, J. T., *Br. J. Ind. Med.*, **11**, 75-104 (1954).

(42)

れた原因〔たとえばゴムの加硫処理を行う人の食道がん、ゲッシン類取扱業者——以前ねずみ取り業者 (rat catcher) と呼んでいた——の膀胱がんなど〕による疾病の罹患率の増加を含んでいるとしても、とくに一般に起こる疾病の罹患率において、ある程度の増加がなお引き続き見出されることになろう。実際、かつて化学産業で働いた人はがん死亡率の増加が示されていること²⁷⁾、および全がんの数%は職業によるものかもしれないと示唆されていることは²⁶⁾、職業上の疾病がいまだに少な目に、それもかなり低く推定されていることを暗示する。さらに、いくつかの一見健康的な製造過程、たとえば、靴、家具、印刷物の製造過程において、過去にがん死亡率の増加があったとする証拠は(表 16)、こうした増加が化学物質への明らかな曝露を伴う職業に限るものではないことを示している。

(75) ある種の仕事が行われる条件は、たとえば作業時間中の喫煙量や飲酒量の増加または制限を生じることにより、個人の習慣に影響を与えそうであることもまた明らかである。その結果としての健康影響はその産業に間接的にしか帰せられないので、職業上の疾病の記録に含まれることはないであろう。同様のことが作業に伴うストレス、不安または責任、あるいは努力の程度などの、より数量化しにくい影響についてもいえる。

(76) したがって、多くの産業において記録されている、届け出るべき職業上の疾病の頻度が低いことは、直接、間接に作業条件に帰せられる実際の害の量をかなり低めに推定している。しかし、鉱業といくつかの化学産業を除いて、報告されている疾病による全損害は、通常は傷害によるものよりはるかに少ないので、たとえ職業上の疾病が1桁過小評価されているとしても、普通は傷害による害が職業上の害の合計の推定値の大部分を占めるであろう。

(77) 表 17 A と B は、このように傷害の影響と、認知されている職業上の疾病の影響を、死亡の規準または一時的あるいは永久的な労働不能による

表17A 指定された職業上の疾病による損害(職業上の事故による損害に対する百分率として表したもの)

国名	年	規 準	全産業に 対する%	例 外	他のすべて の産業にお ける比率
フランス	1973-79	死亡	1.7		
		永久的就業不能	2.5		
		一時的就業不能 数	0.4		
		損失日数	1.1		
スイス	1968-72	死亡	23.3	塵肺症	2.5
		致命的でない影響	3.2	塵肺症	0.6
スウェーデン	1979	死亡	13	鉱業および 化学工業	11
		致命的でない影響	18		18
西独	1979	死亡	7.7	鉱業および 化学工業	2.6
	1973-82	死亡(全産業)	6.5		
カナダ	1975-78	死亡	11.8	鉱業および製造業	1.8
英国	1969-79	就業不能の期間	2.5		
		男性	2.1		
		女性	5.5		
	1969/70	入院患者	5.1		
		外来患者	5.2		
1979/80	軽度の労働不能	2.4			
米国	1980/81	年金	16	塵肺症	10
		全症例 (全11産業グループでの平均：範囲は1-5%)	2.3		

出典：108～112頁参照。

表17B カナダの産業(1975-1981)における職業上の傷害および疾病による死亡率
($10^{-6} y^{-1}$)

	傷	害	疾	病	全死亡数
農業		92		0	86
林業		1 158		2	470
漁業		2 122		0	140
鉱業		518		445	967
製造業		74		23	1 123
建設業		381		18	1 156
運輸業		253		3	1 337
商業		45		1	412
金融業		12		0	37
サービス業		27		1	436
行政		97		3	392
合計		106		15	6 556
鉱業を除く合計		97		7	5 589

出典：Employment injuries and occupational illnesses, 1972-1981 (Tables 1.30-1.32), Labour Canada, Ottawa, 1984.

休業期間のいろいろな規準により判断し、産業全体について総合的に比較したものである。多くの例では、職業上の疾病によるさまざまな種類の労働不能への寄与は、鉱業、製造業および化学産業を除いた産業全体に対し、職業上の事故の10%以下、通常は5%以下である。

(78) 英国のデータでは、職業上の疾病の新たな発生は、就労期間の大部分の間でほぼ同じ頻度で起こる²⁸⁾(図7)。このような疾病の平均的罹患率は、女性では男性より低い(図7)。しかしながら、女性では職業上の事故率がかかなり低いことを考慮すると、女性では男性よりもすべての職業上の害の中で職業上の疾病が占める比率が高いかもしれない。

(79) もしも、ある特定の職業または産業の害の指標を定めようと試みるならば、確認された職業病により失われた健康な生活と余命の間を、そ

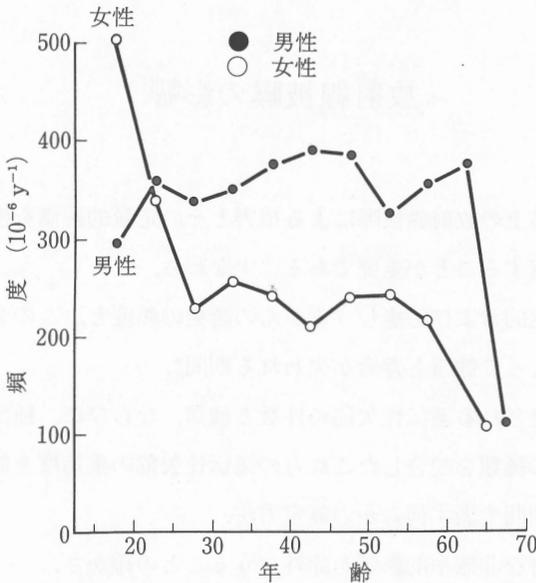


図7 10⁶作業員・年当たりの認定職業上の疾病の新たな発生の頻度。年齢別、男女別。発生の平均年齢：男性42歳，女性37歳。平均発生率：男性350，女性265・10⁻⁶ y⁻¹ (出典：図3と同じ。)

の産業における傷害による損失期間に加えることができるかもしれないが、たとえば疾病による就業不能の継続期間と身体的欠損によるそれとでは、おそらく異なる荷重係数が適用されるであろう。いろいろな職業における全リスクを検討し、通常は高い安全性をもっていると考えられている職業についてリスクのレベルを算定するという比較的大ざっぱな仕事においては、大部分の職業において、職業病は職業上の傷害により失われる時間にその5～10%をつけ加えるだけであり、したがって害全体に比較的小さな寄与しかしないであろうと仮定するのが合理的であると思われる。

放射線被曝の影響

- (80) 職業上の放射線被曝による損害とその定量的評価を検討するさいに、以下を考慮することが重要である。すなわち、
- (a) 致死のおよび治癒しうるがんの誘発の頻度と、この2つの型のがんによって健康と寿命が失われる期間*、
 - (b) 誘発される遺伝性欠陥の件数と種類、ならびに、種類別およびすべての種類を総合したこれらの遺伝性欠陥の重篤度を健康と寿命の損失期間で表す何らかの算定方法、
 - (c) 有害な非確率的影響を除外しうることの確かさ、
 - (d) 妊娠期間中の職業上の被曝の結果として、胚や胎児に害がもたらされる可能性。

がんの誘発

致死がんの誘発

(81) 職業上の被曝によって誘発されるがんに起因する損害は、一部はがんによる病状の重篤度と罹患期間に依存し、一部はがんが発生する年齢に依存する。ICRP Publication 27で推定したように、職業上の被曝は年齢によらずにほぼ一定の率で受けるので、全被曝の平均年齢は作業員集団の平均年齢に近い。この事実は、さらに十分なデータで確認されている(表18 A, B)。被曝の平均年齢を約40歳にとり、ICRP Publication 27で行ったのと同

* この報告書では“がん”は、すべての種類の悪性疾患を含めたものとして用いられている。

表18A 放射線被曝の平均年齢

	集団の規模	平均年齢		E-W (年)	
		作業者(W)	被曝(E)		
日 本					
医療関係者	男性	1 548	44.5	44.8	0
	女性	161	40.4	45.7	+5
研究・教育	男性	657	39.7	38.5	-1
	女性	71	36.1	36.3	0
採鉱	男性	16	43.9	46.9	+3
原子力産業	男性	2 813	34.7	38.0	+3
	女性	22	38.0	44.2	+6
核燃料再処理	男性	332	33.3	33.2	0
非破壊検査	男性	109	31.9	29.1	-3
他の産業	男性	375	37.4	32.9	-4
原子炉保守		215	31.5	28.2	-3
原子炉運転		181	32.6	34.1	+2
英 国					
非破壊検査技師		1 937	38.3	35.4	-3
医学診断		805	37.1	42.9	+6
治療		70	39.6	41.6	+2
研究		357	34.1	34.9	+1
放射化学		614	41.1	45.3	+4
原子力発電所		3 587	41.0	41.6	+1
原子力施設 (1)		4 052	44.3	48.0	+4
(2)		1 350	41.3	43.4	+2
(3)		1 603	40.4	45.3	+5
スイス					
原子核センター	男性	2 623	36.0	34.7	-1
	女性	74	34.3	33.4	-1
平 均			37.9	39.1	
(荷重平均)			39.6	41.0)	

出典：Japan：“Actual state of safe administration at the place of work” (translation), Bureau of Statistical Information, Ministry of Labour, Tokyo, 1974. UK：Information communicated by Health & Safety Executive. Switzerland：Information for 1983, communicated from the Caisse Nationale Suisse d'assurance en cas d'accidents.

表18B 放射線被曝の平均年齢(すべての潜在的被曝作業員；米国，1980年)

職業グループ	性別	集団の規模 (単位：1000人)	平均年齢		E-W (年)	年齢中央値		E-W (年)
			作業員 (W)	被曝 (E)		作業員 (W)	被曝 (E)	
医療	男性	162	36.6	36.9	+0.3	34.3	35.2	+0.9
	女性	422	30.0	31.0	+1.0	27.7	28.5	+0.8
産業	男性	247	35.8	33.3	-2.5	33.4	30.7	-2.7
	女性	58	35.5	35.5	0.0	33.0	32.5	-0.5
核燃料サイクル	男性	141	36.1	34.6	-1.5	33.8	32.7	-1.1
	女性	10	30.4	29.6	-0.8	28.5	27.9	-0.6
公務員	男性	136	35.9	38.0	+2.1	33.7	36.4	+2.7
	女性	68	32.7	33.4	+0.7	30.5	31.6	+1.1
その他	男性	30	35.8	35.1	-0.7	31.8	32.5	+0.7
	女性	46	32.9	29.9	-3.0	29.2	30.4	+1.2
全グループ	男性	716	36.0	34.8	-1.2	33.7	32.8	-0.9
	女性	605	31.0	31.7	+0.7	28.4	29.0	+0.6

出典：Kumazawa, S., Nelson, D. R. and Richardson, A. C. B., *Occupational exposure to ionizing radiation in the United States*, US Environmental Protection Agency, Washington, D. C., 1984.

様に、被曝から致死がんによる死亡までの期間を平均23年と仮定すると、そのようながんによる余命の平均的損失は約15年となろう(世界保健統計に引用¹²⁾されている40か国の平均値に基づく)と、63歳における余命の損失は男性で14.7年、女性で18.3年であることから)。

(82) この推定値は、“絶対リスク仮説”によっており、誘発されるがんは誘発する線量が与えられてからある期間経ってから発現するが、それは線量に依存し、線量が与えられる年齢には依存しないということに基づいている。他方“相対リスク仮説”²⁹⁾によると、放射線は、すべての年齢における(ある潜伏期、通常は10年の後)種々の型のがんの被曝後の自然誘発率を、それぞれの年齢における通常の発生率の一定割合だけ増加させる。この割合は線量の大きさと誘発がんの型に依存する。

(83) がんの自然発生率は年齢とともに急速に増加するので、相対リスク仮説によると就業期間中の被曝により誘発されるがんの平均年齢は絶対リスク予測仮説で示唆される平均年齢よりも高くなること、したがって、誘発がん当たりの余命の平均損失は減少することが予測される。他方、この相対リスク仮説によると、現在の疫学的根拠からは誘発がんの総数はより大きく予測されることになる。

(84) 相対リスク仮説に基づいて、がん罹患当たりの寿命損失はかなり減少するががんの数はより多くなることを考慮して、すべての誘発がんによる余命の総損失について、概略の推定が行われた。この推定では、相対リスク仮説に基づく全時間損失が、絶対リスク仮説に基づいて ICRP Publication 27 で行った推定値よりいくらか小さいことを示している (Gilbert³⁰) と Dunster³¹) を参照のこと)。

(85) この推定は以下の根拠に基づいて行われている：

- (a) BEIR III レポート²⁹) で行ったように、白血病と骨の腫瘍の誘発は絶対リスクモデル (ほぼ同じ潜伏期間をもつ) に従うと仮定する。したがって、これらの悪性腫瘍では ICRP Publication 27 で白血病について仮定された平均死亡年齢をそのまま使用する。
- (b) そのほかのすべての型の悪性腫瘍による死亡数は、男女とも 5 歳年齢層きざみで記録する (イングランドとウェールズの原因別死亡統計³²)、1981)。
- (c) BEIR III レポートで行ったように、20 歳から職業上の被曝を開始し、腫瘍 (白血病と骨がんを除くその他の種類の) が発現せず死亡も生じない 10 年の絶対的な潜伏期間を仮定し、20 歳から 65 歳まで一定の率で被曝すると考える。それゆえ、被曝を続けることに応じて 30~35 歳年齢層のがん死の記録値は、70~75 歳年齢層の値まで直線的に増加し、その後この比は一定になる。

(50)

- (d) 死亡は各年齢層の中間の年齢で起こると仮定し、自然発生の（白血病，骨腫瘍以外の）すべてのがんの平均死亡年齢を導き，相対リスク仮説に基づいて，誘発されたこれらのがんについても同じ平均年齢を仮定する。
- (e) それから，白血病と骨腫瘍については，BEIR IIIレポートに示された相対数を考慮し，その他のがんについては，20 から 65 歳までの被曝について（88 項）誘発された悪性疾患すべての平均死亡年齢を求め，ついで，通常の余命と比較してすべての誘発腫瘍による平均寿命短縮を求める。
- (f) 同じ近似的なやり方が，一般公衆のリスク推定のさいに必要な生涯被曝について用いられている（付録，A 6 項）。
- (g) このようにして，相対リスク仮説の推定に基づくがん誘発による総寿命損失は，絶対リスク仮説の推定で導かれた総寿命損失に対する比で表すと次のように推定された：

被 曝	モ デ ル	比	
		男 性	女 性
20 — 65 歳 生 涯	LQ—L	0.38	0.71
	L—L	0.36	0.70
	LQ—L	0.33	0.85
	L—L	0.33	0.84

(86) 全身均等照射による致死がん誘発のリスクは ICRP Publication 26 では $1.25 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ と推定されている。この推定値は本質的には絶対リスク仮説に基づいており，白血病（骨腫瘍についても同じ）は被曝後ある限定された期間内に現れるものとし，他の型の悪性疾患は一定の率で現れ，また，すべての場合に，がんの現れない短い絶対的な潜伏期があるとしている。

(87) このリスク係数および個々の型のがんについてのリスク係数のも

とになっている疫学調査は、被曝集団が高年齢になるまでを包含するほど通常は長く行われていない。しかし、相対リスク仮説に基づくと、誘発されたがんは、自然発生がんが高頻度で発生する高年齢では発生率が増加することになるので、多くの疫学調査は放射線誘発がんの総数を過小評価していることになろう。

(88) この過小評価の程度は、被曝が起こった年齢に依存するであろう。就業期間中均等な率で受けた被曝については BEIR III レポート²⁹⁾で行われた算定によると、係数約 1.7 の過小評価になることが示されている (表 V-16, 17, 19 および 20 に示された推定値によって)。実効線量当量 Sv 当たり 1.25×10^{-2} (あるいは、皮膚を含めると 1.26×10^{-2}) の致死がんの誘発率は、こうして約 $2 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ に増加する。

(89) 絶対リスク仮説によると、致死がん 1 例当たり 15 年の平均損失 (81 項) と $1.26 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ のがん誘発率を仮定すれば、致死がん誘発による余命損失で表して、実効線量当量 Sv 当たり約 0.19 年の損失が示されよう。症例当たりの余命損失がもっとずっと小さいらしいということと、上に記した暫定的解析の結果を考えると、相対リスク仮説がもっと大きな時間損失を予測するとは考えにくい (85 項)。

(90) 致死がんによる死亡の前の平均約 1 年間の罹病期間^{2,33)} を (同じ重みづけで) 余命の損失につけ加えるならば、Sv 当たり 0.2 年の平均損失が絶対リスク仮説の場合には妥当な推定値と考えられ、したがって、この値は相対リスク仮説では過大評価と考えることができる。

治療がんの誘発

(91) 多くの国で包括的ながん登録よりも死亡診断書が比較的長期間使用されてきており、またその方が信頼性が高い場合が多いため、すべてのがん——治療しうることが判明しているものを含んで——の誘発よりは、致死

表19 がん誘発のリスク (10^{-2} Sv^{-1})

器 官	致死がん ^a	治癒がん	出典(下記)
乳 房	0.25	0.15	a, b, c, d, e
骨 髄	0.20	0.01	a, b, c, f, g, h
肺	0.20	0.01	a, b, c, d
甲状腺	0.05	1.0	i, j, k
骨	0.05	0.01	a, b, c, d
皮 膚	0.01	1.0	c, l, m, n, o, p
残 り	0.50	0.15	a, b, d
総 計	1.26	2.33	

a ICRP Publication 26 にある数値。

出典：

- a. US Department of Health, Education and Welfare. Cancer patient survival. Report number 5, 1976. DHEW Publication No. (NIH) 77-992 (Axtell, L. M. *et al*, eds).
- b. UK Office of Population Censuses and Surveys. 1971-1973, Cancer Statistics : Survival. Series MB1. No.3.
- c. Norway Cancer Registry. Survival of cancer patients. Cases diagnosed in Norway 1968-1975. Montebello, Oslo, Norway.
- d. Kumatori, T. and Fujimoto, I. Communication on Osaka registry data 1970-74.
- e. US Department of Health, Education and Welfare. Cancer incidence and mortality in the United States 1973-1976. DHEW Publication No. (NIH) 78-1837.
- f. Sather, H., Miller, D., Nesbit, M. *et al*., Differences in prognosis for boys and girls with acute lymphoblastic leukaemia. *Lancet*, **i**, 739-743, 1981.
- g. Whittaker, J. A., Reizenstein, R. *et al*., Long survival in acute myelogenous leukaemia : an international collaborative study. *Br. Med. J.*, **282**, 692-695, 1981.
- h. Ishumaru, T., Hoshina, T., Ichimaru, M. *et al*. Leukaemia in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. *Radiat. Res.* **45**, 216-233, 1971.
- i. Shimaoka, K. Getaz, E. P. and Rao, U., Anaplastic carcinoma of thyroid : radiation-associated. *N. Y. State J. Med.*, **79**, 874-877, 1979.
- j. Ron, E. and Modan, B, Benign and malignant thyroid neoplasms after

- childhood irradiation for tinea capitis. *J. Natl. Cancer Inst.*, **65**, 7-11, 1980.
- k. UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. 1977 report to the General Assembly. New York 1977.
- l. Urbach, F. Ultraviolet radiation and skin cancer in man. *Preventive Medicine*, **9**, 227-230, 1980.
- m. American Cancer Society. Facts and figures. New York, 1981.
- n. Zacarian, S.A., *Cryosurgical Advances in Dermatology and Tumors of the Head and Neck*. Charles C. Thomas, Illinois, 1977.
- o. Fraunfelder, F. T., Zacarian, S. A., Limmer, B. L. *et al.*, Cryosurgery for malignancies of the eyelid. *Ophthalmology*, **87**, 461-465, 1980.
- p. Gordon, G. and Silverstone, H., Deaths from skin cancer in Queensland, Australia, *The Biologic Effect of Ultraviolet Radiation*, pp. 625-634 (F. Urbach, ed.), Pergamon Press, Oxford, 1969.

がんの誘発に関してより信頼性の高い推定値が得られてきた。しかし、放射線で誘発されるがんは、自然に発生するがんと組織型、経過および臨床像が同様であると思われる。したがって、治癒されうるような放射線誘発がんの割合は、放射線により誘発される種々の組織型の致死がんの数と、各種類のがんの自然に発生した場合に治癒されうる割合との検討から、もっともよく推定される²⁹⁾。

(92) この問題は国連科学委員会によって検討され、治癒の判断基準として、診断およびその後の手術その他の処置（先進医療施設をもつ国で）後15年間生存していた種々の型のがん患者の百分率を可能なかぎり、用いている。委員会がまとめた報告書によると、以下に述べる近似的な推定値が出されている（表19）。

- (a) 乳がんについては、5か国のデータで診断時のあらゆる段階のがんについての生存率、および放射線で誘発される管状がんの値と他のすべての型のがんの値との類似性に基づくと、生存率は40%である。

(54)

- (b) 白血病については、生存率は漸進的に改善されており、小児期のある型の白血病はとくにそうである。しかし、慢性リンパ性白血病は放射線誘発ではないのでこれを除いて、平均長期生存率はなお数%にすぎない。
- (c) 肺と気管支のがんについては、長期生存率は5%あるいはそれ以下である。
- (d) 甲状腺がんについては推定が難しい。というのは、多くの統計では、死亡率の高い未分化型や死亡率が中程度の随様型と、放射線で誘発され、通常、進行が遅く致死率の低い乳頭型や濾胞型とを区別していないからである。しかし、そのほとんどが放射線で誘発されたのであろう165例の甲状腺がんが含まれている4つの疫学調査では、がんの診断、処置から平均20年の間に5件の死亡が生じた³⁴⁾。退形成性の変化が併発して数十年前に誘発されたがんの患者の死亡をきたすのでないかぎり、最終的には3~9%の致死率がこれらの型のがんについて示唆された。
- (e) 骨腫瘍に関しては、実際には他の臓器に生じたがんの骨への転移による場合も、骨がんによる死亡と記録されることもありうるので、若干の不確かさが生ずる。しかし、原発性骨がんとして診断されたものの15年生存率は約20%である。
- (f) 皮膚がんについては、全国レベルでの死亡率は手に入るが、生存率については信頼にたる数値は見られない。これは明らかに、ほとんどの非黒色腫の皮膚がんは、簡単な手術によって容易にかつ有効に治療されているので発生数は確実に記録されていないし、また処置を受けた患者の詳細な、あるいは長期の追跡が普通には行われないう理由によるものである。皮膚の悪性黒色腫は(電離)放射線によって誘発されることが知られていないし、あるいはそう考

えられていないのでこれを別として、利用できる推定によると、致死率はわずかに1%かそれ以下の範囲で、5%より高くないことは確かである。

- (g) すでに挙げた6つの臓器のがんを除く他の型を一括したがんの治癒率は25%付近である。これは“すべてのがん”について見積られた率と、上に算定した特殊な型についての率との差から、特殊な型の発生頻度を考慮して判断したものである。

(93) これらの必然的にきわめて近似的な根拠に基づいて、ICRP Publication 26に与えられ、そこで使用されている荷重係数に暗に示されている致死がん誘発のリスク率や皮膚について示されたりリスク率に対して、表19に示すように、これらに対応する治癒しうる悪性疾患の誘発のリスク率をつけ加えることができよう。

治癒がんに関する重みづけ

(94) ほとんどの皮膚がんは容易に治癒し、発病中の症状も軽微であり、あるいは治療中の能力の低下もわずかであるのに対して、他の多くのがんは重篤な症状で、おそらくは手術、化学療法あるいは放射線療法の繰返しと、長期間にわたる追跡治療が必要である。治癒しうるがんの誘発による損害に“重み”をつけようと試みるさいには、このような著しい差を何らかの形で重視しなければならない。

(95) 種々の型のがんについて、処置前、処置中、処置後のかなり重い症状や苦痛の続く期間の平均値に関しての定量的データは得られていない。一方、そしてそれ以上適切な基準はないのだが、どのような型のがんについても、成功した処置に伴う苦痛や損害は処置を成功させることの難しさと実際に関連することが示唆されてきた³⁵⁾。

- (96) 上述の一般化が、がんの治癒に通常伴う損害が小さいか重大かに

表20 治癒がんによる損失の荷重^a

	致死がん	治癒がん		“治癒の難しさ”		治癒がん
乳房	0.25	0.15	×	0.6	=	0.09
骨髄	0.20	0.01	×	0.95	=	0.01
肺	0.20	0.01	×	0.95	=	0.01
甲状腺	0.05	1.0	×	0.05	=	0.05
骨	0.05	0.01	×	0.85	=	0.01
皮膚	0.01	1.0	×	0.01	=	0.01
その他	0.50	0.15	×	0.75	=	0.11
総計	1.26	2.33				0.29

- a この表において、“治癒の難しさ”とは、96項に示唆されているように、同じ型のがんについて致死的なものと治癒しうるものとの合計に対する致死的なものの比に等しいとされている。

かかわらず、すべての治癒しうるがんに対して同じ重みを与えるよりも少なくともよりよいとして受け入れられるならば、表19に記されたりスク係数は、ある型の治癒しうるがんをその型のがんの致死率で重みづけすると、実際の損害をもっと現実に即して表示することになる³⁵⁾。それゆえ表20において、各種の型のがんについての“治療の難しさ”は、治癒に成功せず死亡につながる型のがんの比率に等しくとってある。

(97) 全体として、これは、治癒したがんによる平均損害は治癒しないがんによる損害の約1/8 (0.29/2.33)であることを意味するであろう。この比率は、治癒という明らかな利益を考慮する一方、難しいが実際には成功した治療後になお続くに違いない心配という要素を考慮したもので、治癒がんと治癒しないがんとの間の関係を示す値として合理的なものであると思われる。しかし、がんの個々の型に関して期間を指標に用い、たまたま治癒した肺がんや白血病に、それと同じ型の、類似しているが致死性のがんに対する15年の寿命の損失と1年の健康損失という値にほとんど等しい損害を当てることは、これらのがんによる損害の過大評価になるかもしれない。甲状

腺がんあるいは皮膚がんの治癒にはそれぞれ9か月（15年×0.05）あるいは8週間（15年×0.01）という損害が暗に示されるが、これらはより現実合っているようである。しかし、種々の型のがんの治癒に伴う損われた健康または苦痛の実際の期間の平均値に関する情報が得られるべきである。

すべての誘発がんからの時間損失の損害

(98) 上述の数字は明らかにきわめて暫定的であり、人為的である。しかし、それらの数字が致死がんと比べての治癒がんの近似値的な大きな影響を反映すると考えられるならば、全身均等照射で誘発される治癒しうるがんからの全損失は誘発される致死がんによる損失の約1/4であるという数字と矛盾はないであろう。(表20の0.29/1.26)。それゆえ、致死がんの誘発による0.2 y Sv⁻¹の寿命損失という損害(90項)は、すべてのがん誘発からの時間損失を含めると、平均0.25 y Sv⁻¹まで増加することになる。言いかえると、女性だけに致死および治癒しうる乳がんが誘発することを考慮すると、寿命損失という損害は、女性で約0.3 y Sv⁻¹、男性で0.2 y Sv⁻¹となる。それゆえ、示唆されているように害の指標を1,000作業員・年当たり失われる年数で示すと、放射線発がんによる損害として年線量1 mSv当たりで女性作業員集団では0.3、男性作業員集団では0.2が加わることになる。

遺伝性異常の誘発

遺伝性異常の重篤度に関する重みづけ

(99) 放射線の“遺伝的”影響によって生ずる害全体の評価は、以下の2種類の証拠によるべきである。すなわち、いろいろな種類の影響の生ずる頻度とそれぞれの種類の影響に伴うと考えられる害の量とである。少なくともゲッシ類や種々の霊長類で示されるように、影響の頻度については利用しうる定量的知見は増えつつある。しかしながら ICRP Publication 27 で強調

したように、異なる型の害に与えられる重みについては見解上の問題が必ず存在する。

(100) しかし、生産児に発現する放射線によって誘発される害の量をさまざまな型の遺伝性異常による寿命損失の期間あるいは損われた寿命の期間を用いて算定する重要な試みが、UNSCEARの遺伝学に関する報告の中で行われている³⁹⁾。放射線によって引き起こされるかもしれないおもな遺伝病や異常のそれぞれに対して、損傷の現れる平均年齢とか、異常や病気による死亡の平均年齢について証拠が集められた。これらのデータから各種の異常に対し、正常であった(なんらかの損傷が現れる以前)年数の平均値、損傷を受けている年数の平均値あるいは早められた死亡で失われた年数の平均値についての推定値が得られている。

(101) さらに異常の程度は、紅彩の色のわずかな変化のようなものから、重篤な行動欠陥あるいは機能欠陥まで、さまざまであるので、損われた寿命期間の記録値が重篤な損傷と等価な期間に対応するように、小さな異常に対して近似的な相対的重みづけが提案された。この立場は、いろいろな程度の永久損傷をもたらす傷害についてすでに論議した立場、すなわち、傷害には小さなものから重篤なものまでいろいろあり、それぞれの傷害について損われる寿命の期間が最大損傷に等価の期間として表される、という立場と同様である。

(102) 両親の生殖腺組織に対する単位吸収線量当たりを生ずるいろいろな影響の誘発の頻度と、それぞれの影響による損害が損われた寿命あるいは失われた寿命として与えられれば、子供の受胎に先立って両親の生殖腺組織が受ける単位線量当たりの子孫に生ずる損害に対して、ある定量的推定値を示唆することが可能である。

(103) 被曝した個人に生ずる傷害または誘発された疾病の影響を算定する場合とまったく同じように、いろいろな種類や程度の遺伝性不具の同じ長

さの期間に対し、あるいは影響を受けた子供の損われた寿命または失われた寿命の期間に与えるべき相対的重みに関し、代表的な意見を作り出すことには明らかな困難がある。

(104) 被曝した個人の健康の損失あるいは寿命の損失の1年を彼の子孫の一人に生ずる1年の損失と等しくすることもできない。しかしこのような知見が提示されれば、これらの問題の再検討の理由となるはずである。この知見は、放射線傷害の身体的・遺伝的成分の影響の検討に対し、影響の重篤度とは関係なく単にその影響を受けた数で行うよりも、あるいは遺伝的異常をそれらの影響が小さいか大きいかで (ICRP Publication 27 におけるように、小さい影響にはゼロの重みを、また大きい影響には致死がんに等しい重みを任意に与えて) 分類することによって行うよりも少なくとももっと客観的な根拠を提供する。

(105) 100 および 101 項に述べた根拠に基づき、UNSCEAR は、ある範囲の遺伝性異常について自然発生、放射線被曝後の第一世代における発生、あるいは連続被曝後の平衡時における発生 (これらの条件下では異常の型の違いによりその割合もいく分異なる) に対する、損われなかった寿命期間、損われた寿命期間、あるいは失われた寿命期間の平均の推定値を求めた。表 21 は放射線で誘発される型の異常に対し、70 歳の正常な生涯のうち平均約 25 年は損われないこと、同じく 25 年は損われること、また早死で約 20 年が失われることを示している。

(106) UNSCEAR 報告書は、これらの推定値と、一世代当たり (低線量率で受ける低 LET 放射線の) 1 Gy の線量を集団が被曝することによって生ずると推定される遺伝的欠陥の数とを組み合わせている。集団の大きさが増加せず、1,000 人の個人から一代当たり 1,000 人の子供が生きて産まれる場合、遺伝的に有意な照射の人・Gy 当たりの損害は、第一代の子孫において損われた年数は約 0.05 年、失われた年数は 0.05 年、すなわち損われ、または

表21 遺伝性異常による損害年数および寿命損失年数

異常あるいは 病気の原因	遺伝性異常1例当たりの平均の損害 (寿命年数)			(遺伝有意)人・Gy 当たり の損害 (寿命年数)	
	損われない年数	損われた年数	失われた年数	損われた年数	失われた年数
自然誘発	20	22	28		
遺伝的なもの					
放射線遺伝的なもの					
第一代	25	24	21	0.055	0.045
平衡時	26	24	20	0.34	0.29

出典：Ionizing radiation, sources and biological effects. UNSCEAR 1982 report to the General Assembly ; UN, New York, 1982.

失われた年数は合計0.10年と推定される。全世代に対してこれに相当する合計は、遺伝的に有意な放射線の人・Gy 当たり0.63年となろう。

職業上の被曝線量のうち遺伝有意線量の占める割合

(107) ICRP Publication 27には、どの年齢においても一定の率で被曝したとしての、いろいろな年齢構成の作業員集団における集団線量のうちの遺伝的に有意な(遺伝有意)線量の割合の推定値として広い幅の値が示されている。表18AとBおよびそれらの基礎となっているデータは、多くの職業で実際に被曝線量率が年齢に対しほぼ一定であることを示唆している。国によって、遺伝有意割合はそれに関係している作業員集団の性別や年齢構成ばかりでなく受胎時の父親および母親の平均年齢にも依存する。しかし、1例として米国での女性25歳、男性28歳ぐらいという最近の受胎平均年齢³⁷⁾をとると、放射線被曝を伴う職業における作業員集団の年齢構成やいろいろな年齢で受けた線量を考慮して、平均遺伝有意割合の推定値を求めることができ(表22)、これらのすべての職業に対する平均遺伝有意割合は0.3である。106項で与えられた推定値に基づいて、もしこのような作業員集団が2 mSv

表22 職業被曝による集団線量のうちの遺伝有意割合(米国, 1980年)

職業グループ	人数 (単位:1000人)	女性 (%)	集団線量中の遺伝有意割合		
			女 性	男 性	全職員
医 療	584	72	0.31	0.21	0.28
産 業	305	19	0.23	0.37	0.34
核燃料サイクル	151	7	0.29	0.29	0.29
公務員 ^a	204	33	0.16	0.14	0.15
その他 ^b	76	61	0.32	0.30	0.31
全グループ	1 321	46	0.29	0.29	0.29

a エネルギー省および国防省: P.H.S., N.I.H., NASA, N.B.S および V.A.

b 教育および輸送。

出典:

1. Kumazawa, S., Nelson, D. R. and Richardson, A. C. B., Occupational exposure to ionizing radiation in the United States, Environmental Protection Agency, Washington D. C., 1984.
2. UN Demographic Handbook 1981, United Nations, New York, 1983.

y^{-1} の被曝をし, 集団線量の0.3が遺伝的に有意であるとすれば, 害の指標に対する遺伝性異常の寄与は, 職業におけるリスクのある1,000作業者・年当りに損われるあるいは失われる年数で表すと, $(2 \times 0.3 \times 0.63) = 0.4$ となろう。

(108) ICRP Publication 27では原子力発電所(0.21と0.19), 再処理工場(0.32と0.16), また放射化学施設(0.24)に対して見積られているいくつかの値は, 英国における放射線被曝を伴う職業に対する代表値として約0.25という値を示唆している。英国での全職業区分に対する平均値は, 彼らの年齢構成および性構成(1979年の)に単純に基づくと0.28となる(27の個々の区分間の標準偏差は0.04である)。表22に与えられている値は米国の種々の職業のうち放射線に被曝する可能性のある百万人以上の作業者の記録³⁸⁾に基づいたもので, 被曝した人数と被曝した集団線量が, 産業別, 男女別に, 5歳ごとの年齢グループについてそれぞれ記録されている。それゆえ,

0.3 という遺伝的に有意な割合の値は、これらの職業に対する平均値として確かな推定値であるが、異なった職業グループではより若い年齢で雇われて被曝した人数に大きく依存して、0.14～0.34 というかなりの変動がある。

(109) ほかの国の職業上の遺伝有意割合の平均値を詳細に調べることは、受胎時の両親の平均年齢、作業者集団の詳細な年齢構成や性構成についての利用できる公表された値が欠けていることなどのため、実施できなかった。しかし、職業人に対する平均値は集団全体に対する平均値よりもかなり小さいらしい。受胎時の平均年齢と出生時の平均余命によって直接に決定したイングランドとウェールズにおける集団全体の平均値は、女性では約 $26/76=0.34$ 、男性では $29/70=0.41$ であり、米国の値も同様（たとえば女性では $25/78=0.32$ 、男性では $28/70=0.40$ ）で、やはり職業人の値よりも高いようである（表 22）。

(110) しかしながら、職業集団の値は多くの因子の影響を受ける：

(a) 放射線被曝に関連した仕事についての年齢と離職した年齢。多くの国では雇用一般について詳しい情報があり、年齢別の“経済上、活動している”集団の百分率が与えられている。この状態に入る年齢は受胎の平均年齢に近いであろうから、非常に重要である。ILO 年報¹³⁾にデータが記録されている 72 か国におけるこの年齢の中央値は男性で平均 20 歳（標準偏差 1.2）、女性で 19 歳（標準偏差 2.0）である。しかしこれらの値は、医療でも工業でもトレーニングにかなりの期間を要する放射線被曝に関連した産業における作業者の就労年齢を必ずしも反映してはいないであろう。経済的活動が終止する年齢の中央値は記録されたデータではあまりはっきりしていないし、いずれにしてもそれは放射線の職業被曝が終止する年齢を反映することはあり得ない。

(b) 両親がその子供達を受胎したときの平均年齢は、子供達の生まれ

たときの両親の年齢分布についての国連の人口ハンドブック³⁷⁾のデータから求めることができる。受胎時の推定平均年齢は国によって異なり、とくに父親の年齢には変動があるが(表23)、記録されているすべての国の平均値は次のようである。

父親 30.6 (2.9 標準偏差) 歳

母親 25.9 (1.7 標準偏差) 歳

しかし、受胎時の両親の平均年齢には、ある限られた期間においてあるはっきりした時間的傾向があるようであり(図8)、生物学的可能性よりも社会的あるいは経済的要因により依存するであろう。

(111) ある職業における集団線量の遺伝有意割合は、その職業での被曝に由来すると思われる遺伝的全リスクを示しており、全作業員の年齢構成に大きく依存している。しかしながら、個々の作業員に対しては、年間生殖腺線量の遺伝有意割合は、仕事の開始前の1から中年にはほぼゼロにまで落ちてしまうであろう。したがって、職業被曝で生ずる遺伝性の欠陥を後代に伝える平均年間リスクは、職業上の被曝の開始と終了の年齢と、被曝開始年齢と子供を受胎する平均年齢との関係に直接依存するであろう。それで男性に対しては、職業上の放射線被曝は、20歳でついたそのような被曝のある職業の最初の約10年間が遺伝的に有意となるであろう。もし60歳まで被曝が続

表23 41か国における子供の受胎時の両親の平均年齢^a

年 齢	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	…	39
母 親	4	8	11	10	3	2	2	1	—	—	—	—	—	…	—
父 親	—	—	—	—	9	7	3	5	5	3	2	4	2	…	1
平均年齢：母親	25.9(標準偏差1.7)														
父 親	30.6(標準偏差2.9)														

a たとえば“年齢23”は、23.0—23.9歳を含む。

出典：UN Demographic Year Book 1981, UN New York, 1983.

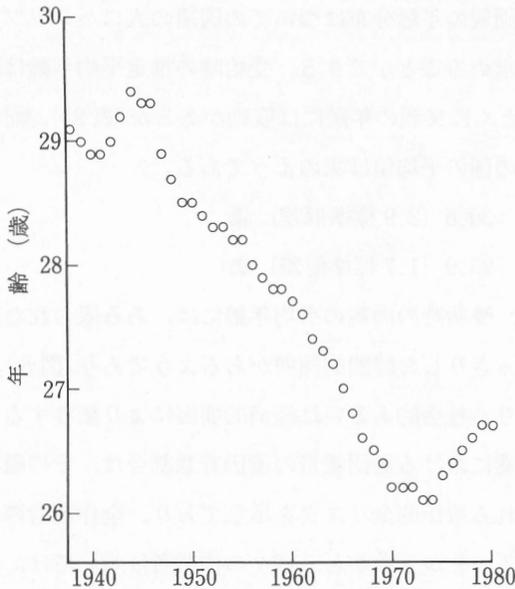


図8 出産時の女性の平均年齢，英国 1938/80。(出典：UK Office of Population Censuses and Surveys, report FN 1 No. 4 Seasonality, London, 1977.)

き，また年齢に対してほぼ一定の率で被曝したとすれば，職業上の全被曝のうち $(10.6/40=)$ 26% が遺伝的に有意となるであろう。女性に対しては，受胎時の平均年齢が男性より低いのでこの百分率は低くなろう。たとえば，もし 20 歳から 60 歳まで均一に被曝が続くとすれば，それは 15% となろう。18 歳から 65 歳まで均一に被曝が続き，またもし受胎時の両親の平均年齢を男性 30.6 歳と女性 25.9 歳（表 23 に示されるように）とすれば，対応する百分率は男性に対して 28%，女性に対し 18% となろう。

遺伝的および身体的リスクによる損害

(112) 遺伝的リスクの推定値と受胎時の平均年齢の推定値とから，生涯の職業被曝に起因するがんの誘発による健康および寿命損失の期間と遺伝的

異常の誘発による損失期間との間の大ざっぱな数量的比較が可能となる。すなわち、たとえば20歳から始まり45年間にわたる就労期間中に 2 mSv y^{-1} の一定の割合で全身被曝をすると、すべてのがん誘発による病気の期間と余命の損失の期間を合わせて、次のような時間損失の損害が起こるのであろう。

$$90 \text{ mSv} \times 0.25 \text{ y Sv}^{-1} = 22 \times 10^{-3} \text{ 年}$$

あるいは、ここで、98項に述べたように乳がん誘発の違いを考慮して

$$\text{男性では} \quad 90 \text{ mSv} \times 0.2 \text{ y Sv}^{-1} = 18 \times 10^{-3} \text{ 年}$$

$$\text{女性では} \quad 90 \text{ mSv} \times 0.3 \text{ y Sv}^{-1} = 27 \times 10^{-3} \text{ 年}$$

(113) 遺伝性影響の誘発に対して、表21は、病気または無能力と余命損失の両方による全寿命損失の損害は 0.63 y Sv^{-1} に相当することを示している(すべての世代に対して、また、最初の二世代に対しては約0.2)。110項(b)で述べたように、20歳から受胎の平均年齢まで 2 mSv y^{-1} の割合で被曝すると、時間損失の損害は次のようになろう。

$$\text{男性では} \quad 21 \text{ mSv} \times 0.63 \text{ y Sv}^{-1} = 13 \times 10^{-3} \text{ 年}$$

$$\text{女性では} \quad 12 \text{ mSv} \times 0.63 \text{ y Sv}^{-1} = 8 \times 10^{-3} \text{ 年}$$

これらの推定値は、単位線量当たりの遺伝性異常の誘発率は男性よりも女性の方が低いらしいという UNSCEAR³⁶⁾の指摘した可能性を無視している。

(114) このような数値は、それによって集団の被曝の遺伝的影響と身体的影響との相対的重要性について決定的な比較をするものと見なすことはできない。しかしながら、これらの数値は、たとえば健康や寿命の損失期間に、あるいは遺伝的または発がん影響を通じて起こるこのような損害に、あるいは被曝した個人やその子孫に現れる損害に適用されるかもしれない容認しうる相対的重みづけの検討が早急に必要であることを示唆している。このような展開は、放射線の害について、影響が示す害の種類を考慮することなく影響の数だけを比較することによって得られるよりも、またその頻度を考えることなく害の種類だけを比較することによって得られるよりも、もっとよい

見通しを得るために必須であるように思われる。

非確率的影響

(115) 委員会は、“放射線防護の目的は有害な非確率的影響を防止し”，また同時に確率的影響の確率を容認できると思われるレベルにまで制限することにおくべきである，と述べ¹⁾，“非確率的影響の防止は，線量当量限度を十分低い値に設定して生涯の全期間にわたる被曝あるいは全就労期間の被曝の後でさえも，しきい値に達しないようにすることによって達成されるであろう”と述べている。

非確率的影響に対する線量限度

(116) 全身均等の体外被曝において，たとえ 50 年間の就業期間全体にわたって最大線量率で身体に被曝したとしても年実効線量当量限度を遵守すれば，いずれの臓器に対しても 0.05 Sv y^{-1} を超える線量率，あるいは 2.5 Sv を超える総線量の職業上の被曝を，防止することができよう。

(117) これらの状況の下では，ICRP Publication 41³⁹⁾で推定されているように，いかなる単一線量，全線量，あるいは連続した線量率の被曝でもしきい値を超えることはないから，非確率的影響はいかなる臓器や組織にも生じないであろう。ICRP Publication 41 の関連する表はここで表 24 として再録した。

(118) 個々の臓器の中あるいはその隣接組織に濃縮され保持されている放射性核種によって個々の臓器が選択的に照射されるような体内被曝の場合には，確率的影響を適切に制限するために勧告されたレベルにこのような組織線量を制限しても，もっと高い組織線量を受けるかもしれない。それゆえ，非確率的影響の制限をつけ加え，いかなる組織も 0.5 Sv y^{-1} (あるいは水晶体に対しては 0.15 Sv y^{-1}) よりも大きい線量率 (あるいは 50 年間の預託線

量率) を受けないようにしている。

(119) ほとんどの臓器にとってなんらかの有意な非確率的影響を生ずるようなしきい値は、非確率的影響に基づく年線量限度で50年間体内照射されたときに受けることがあり得る25 Svという最大線量当量よりもさらに大き

表24 成人の睾丸, 卵巣, 水晶体および骨髄の非確率的影響に関するしきい値の推定値 (ICRP Publication 41の表6)

組織および 影響	しきい値				
	1回短時間被 曝による総線 量当量(Sv)	多数回の分割 被曝あるいは 遷延被曝によ る総線量当量 (Sv)	長年月の多数 回分割被曝あ るいは遷延被 曝による年線 量率 (Sv y ⁻¹)	現在勧告されている年線量当量限度 (Sv) ^a	
				局所被曝の場合	全身被曝の場合
辜 丸					
一次的不妊	0.15	NA ^b	0.4	0.2	0.05
永久不妊	3.5	NA	2.0	0.2	0.05
卵 巣					
不 妊	2.5—6.0	6.0	>0.2	0.2	0.05
水晶体					
検出しうる 混濁	0.5—2.0	5	>0.1	(0.15)	0.05
視力障害(白内 障)	5.0	>8.0	>0.15	(0.15)	0.05
骨 髄					
造血機能低下	0.5	NA	>0.4	0.4	0.05
致死的形成 不全	1.5	NA	>1.0	0.4	0.05

a ()内の値を除いて、記された値は確率的影響に対する年線量当量限度を示している。これらの値は問題としている組織に対する制限値である。

b NAは、しきい値が総線量よりもむしろ線量率に依存するため、該当しないことを示す。

出典：ICRP Publication 41, Non-stochastic effects of ionizing radiation.
Annals of the ICRP, 14(3), 1984.

いと推定される。しかし、より低いしきい値をもつ臓器として ICRP Publication 41 で指摘されている骨髄と生殖腺については、就労期間を通じていかなる放射性核種を継続的に摂取し続けてもそれらのしきい値を超えることが確実にならないように考慮する必要がある。(水晶体に対しては 126 項参照。)

感受性の高い組織

(120) 放射性核種の年摂取限度 (ALI) あるいはそれらの“誘導空气中濃度 (限度)” (DAC) は、確率的または非確率的影響のいずれか最低限度を決める方に基づいて推定されている⁴⁰⁾。表 25 は、これら組み合わせた制限をもってすると、二、三の放射性核種摂取により骨髄に対しては 0.14 Sv を、また生殖腺に対しては 0.08 Sv を超える年間被曝を生ずることを示している。

(121) 骨髄では、年限度 (ALI) でのいかなる摂取方法によっても最も高い線量率は 0.23 Sv y^{-1} (クラス D 残留の形の ^{90}Sr の吸入の場合) である。ただし、放射性核種の混合物を摂取をした場合には最大線量率は 0.26 Sv y^{-1} (非確率的影響によって制限されている ^{90}Sr と確率的影響によって制限されている ^{205}Pb を、それぞれの限度でとった場合) になりうる。それゆえ、ALI 値でどのように被曝しても、造血機能低下のしきい値としての 0.4 Sv y^{-1} より大きな値 (表 24) に達することはないであろう。

(122) 卵巣では、年限度でいかなる摂取をしても最高の線量率は 0.114 Sv y^{-1} である (^7Be の経口摂取による)。勧告された ALI レベルで見積られる生殖腺被曝線量は、不妊をひき起こすかもしれないような 0.2 Sv y^{-1} 以上の年線量率にもまた 6 Sv という総線量にも到達しないであろう。

(123) 睪丸では、ALI の限度⁴¹⁾での摂取による線量率はすべて、遷延被曝であれ一回短時間被曝であれ、非確率的影響を起こさないとされる 0.08 Sv y^{-1} (表 24) より低い。

(124) 空気中の放射性核種による被曝に関しては、勧告されている濃度

表25 0.08 Sv y⁻¹以上の線量を骨髄あるいは生殖腺に受けることになる ALI 値
あるいは DAC 値の数

	ALI あるいは DAC の総数 ^a	下記の線量当量率(Sv y ⁻¹)を もたらすもの数		
		0.08以上	0.14以上	0.20以上
骨髄に対し				
経口摂取	297	11	6	1
吸入摂取	474	30	13	2
サブマージョン(DAC)	100	2	0	0
生殖腺に対し ^b				
経口摂取	528	7	0	0
吸入摂取	523	0	0	0
サブマージョン(DAC)	100	0	0	0

a 骨髄または生殖腺の有意な被曝をもたらすもの数を記載してある。

b 卵巣に対するものである。辜丸の方が卵巣より被曝が少ない。

出典：ICRP Publication 30, Limits for intakes of radionuclides by workers, supplements. *Annals of the ICRP*, 3(1/4), 5(1/6), 7(1/3) and 8(1/3).

限度 (DAC) による骨髄や生殖腺に対する年線量当量は (表に示されたいかなる空気体積中の Ar, Kr, Xe についても) 0.09 Sv 以下に制限される。

(125) それゆえ、個々の組織に対する非確率的限度の 0.5 Sv y⁻¹で継続的に被曝すると、骨髄または生殖腺に有害な影響を生ずることがありうるが、これらの組織およびその他の組織の確率的影響を制限するためにさらに限度を加えることで、そのような線量率の被曝が防止されるであろう。

(126) 眼の水晶体に関する見解は ICRP Publication 41 で検討されており、“最近勧告された線量当量限度 (0.15 Sv) を 50 年間毎年水晶体に受けても、被曝した何人かには眼科的に検出できるような混濁を生ずるかもしれないが、視力障害を伴う白内障を生じないであろう。”との結論を述べている。

(127) 発生中の胚に非確率的な性質の害が起こる可能性については以下の項で述べる (137~139 項)。それ以外では、もしも体外および体内被曝の現

(70)

行の職業上の限度が守られれば、有意な非確率の影響が起こったり、放射線被曝に関係した職業に対する害の指標にそれが何らかの寄与をすることがあろうとはほとんど考えられない。

(128) これまでの議論は、被曝や摂取が線量制限の線量率で就労期間中に毎年継続的に起こるとした場合に、被曝線量がいずれかのしきい値をも就労期間の終わりまでに最終的には超えてしまう可能性について行ってきたのであるから、この結論はより確かであるように思われる。少なくとも全身の体外被曝に対しては、おおかたの職業の年被曝線量は、現在、確率的な線量限度の平均1/10以下であり(154, 155項)、また非確率の影響の発生に対してはほとんどの臓器に対する限度の100分の1以下である。

(129) 就労期間50年間にわたり、個々の臓器あるいは身体の一部が線量制限の線量率で定期的に毎年職業上の被曝をすることは、体外被曝にしても体内被曝にしても、ありそうにない。ウランや他の硬岩の採鉱中に肺がその線量限度に近い線量率で被曝するという例外はありうるが、職業上の害の指標への非確率の影響の寄与や、確率の影響に対する非確率の影響の重みづけの評価をすることは、必要とは思われない。

妊娠中に放射線によって誘発される影響

(130) ある作業員集団中の妊娠した婦人の胚や胎児の照射は、職業上の放射線被曝に帰せられる害全体に寄与するであろう。この害の量は4つの情報源に基づいてICRP Publication 27で算定されている。

- (a) 任意の1年における、女性作業員集団中の妊娠する可能性のあるものの割合。
- (b) 受精した卵子が子宮壁へ着床する前に被曝した場合の、単位線量当たりの害のリスクとこの期間の長さ。
- (c) 着床した胚の器官形成期間における発生異常の誘発のリスク率お

よびリスクのある期間の長さ。

(d) 発生期間の間のがん誘発によるリスク率。

妊娠の頻度

(131) 大ききの増加がない集団では、おもに成人期間の間に、女性はそれぞれ平均2人の子供を産むであろう。したがって、もしもある作業員集団が18歳から65歳のすべての年齢の同数の女性からなるとすれば、各100作業員・年で約4.2件の妊娠があるであろう。

(132) 雇用されている女性集団全体の年齢構成をもつようなある集団(1970年の英国とウェールズにおける)に対しては、相応する年齢の女性に対する国全体の出産頻度を考慮すると、その妊娠の頻度は100作業員・年当たり6.4であるとICRP Publication 27は述べている。同様な値(6.7)がある原子力プラントの女性職員の年齢分布から推定されている。

(133) 妊娠の頻度はいろいろな職業上の被曝者集団の年齢分布によって大幅に変わる。また、国の年齢別妊娠率に基づいた値はいずれも、常勤で働いている女性がその被雇用期間中に妊娠を遅らせたり避けたりすることのために、その分本当の頻度を過大評価することになる。

(134) さらにまた、ICRP Publication 27では放射線被曝が妊娠の全期間中一定の率で続くと単純に仮定しているが、それもまた害を最大に見積ることになるであろう。なぜならば、放射線被曝のある職業ではいったん妊娠が確認されると被曝のレベルが制限されるし、またすべての職業で、妊娠の後期になるほど仕事をやめる女性が増加するからである(図9)。

(135) しかしながら妊娠中の被曝に由来すると考えられる害の推定値は、それらが暫定的な最大値であって、今後個々の産業における妊娠の調査と、妊娠の各段階において実際に生ずる被曝の調査とによって改善されるようなものであるとしても、求めておく必要がある。そうすれば、妊娠中に起

(72)

こる害の推定値を、作業者グループ全体の放射線被曝による害全体との関連でみることができ、あるいは、いろいろな産業に従事する女性の割合は非常に大きく異なっているので多分もっと有用と思われるが、作業者グループ中の全女性構成員の被曝による害全体に対する割合としてみる事ができる。

(136) それゆえ以下の項では、100 作業者・年当たり 6.5 の頻度で起こる妊娠期間を通じて、比較の便宜上(157 項と同じく) 2 mSv y^{-1} の線量率で被曝する女性作業者グループにつき、発生中の胎児に起こるいろいろな型の害の確率を考察する。

着床前のリスク

(137) 着床前放射線被曝によるヒト受精卵の子宮内死亡のリスクについての直接的証拠は得られていない。しかし、マウスやラットのデータ³⁴⁾は死亡

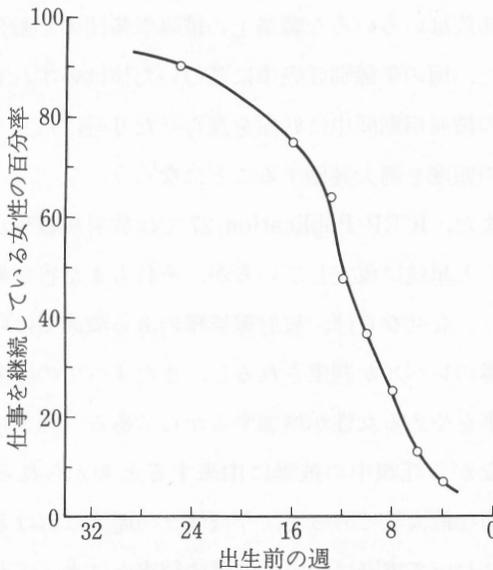


図9 出産前の週に対する、仕事を継続する女性の百分率(出典：W. W. Daniel, (U. K.) Policy Studies Institute report P. S. I. No.588, June 1980.)

率が $8 \times 10^{-4} \text{ mSv}^{-1}$ のあたりにあることを示唆している。もし、このリスクがヒトにも適用できると仮定すると、 2 mSv y^{-1} で被曝する女性作業員集団における受精卵の着床前喪失の平均リスクは、着床前のリスクのある8日間と年間の妊娠確率(0.065)と組み合わせて算定でき、年当たりのリスクは次のようになろう。

$$0.065 \times (8/365) \times 8 \times 10^{-4} (\text{mSv}^{-1}) \times 2 (\text{mSv y}^{-1}) = 2.3 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$$

発生異常のリスク

(138) 生産児に現れる放射線誘発奇形は広島・長崎の原爆の放射線を子宮内で被曝した日本人の子供達で明らかにされており、Woodらは1967年に初めて精神遅滞の起こることを報告している⁴²⁾。障害児の被曝した時期についてのさらに最近の分析は、精神遅滞の誘発のリスクのある期間は約8週間すなわち受胎8～15週目の間であることをはっきり示している。その誘発の確率は $4 \times 10^{-4} \text{ mGy}^{-1}$ で、この割合は明らかに線量について一定である⁴³⁾。

(139) いろいろの線量グループの、障害児の数がわずかであることに由来する不確かさや、とくに線量に関する誘発率の回帰曲線の信頼限界は、もしも大脳障害が多数の細胞死によるものであるとした場合に期待されるような、数10 mSvのしきい値を、確実に排除はしない。しかし、もし反応がしきい値なしに生ずると仮定し、またヒトでは他の型の奇形について同様な有意な誘発の証拠がないことから、胚のリスクは次のように算定されよう。

$$0.065 \times (8/52) \times 4 \times 10^{-4} (\text{mSv}^{-1}) \times 2 (\text{mSv y}^{-1}) = 8.0 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$$

(140) ヒトの器官形成の初期における被曝の影響についての定量的知見は少なく、低線量あるいは低線量率で胚が被曝した場合、ヒトに他の型の異常が誘発されたという証拠はない。臓器のもととなる細胞が広範に殺されたために生ずる奇形は、数10 mSvというかなりなしきい値を超えた線量が通常わずか数日以内という決定期間内に与えられないかぎり、起こらないであ

(74)

ろう。職業上の被曝のほとんどの場合にみられるような典型的な低線量率では、非常に小さなしきい値が存在すれば、数週間にわたって線量が蓄積されても、そのような影響の誘発を防止するであろう。たとえば 2 mSv y^{-1} の均一な線量率の場合には、いかなる 8 週間という期間においてもわずか約 0.3 mSv が与えられるだけである。

胎児におけるがん誘発のリスク

(141) 子宮内照射は生後 10 歳までの間の悪性疾患による死亡率の増加と関連することが示されている⁴⁴⁾。今この関連を因果関係であると仮定し、妥当と考えられる胎児被曝線量の推定値を用いると、誘発率は $2.3 \times 10^{-5} \text{ mSv}^{-1}$ と算定され、これは成人女性の致死がんの平均誘発率の約 1.5 倍である。悪性疾患発生率の増加分の約半分は白血病によるもので、この増加分はその後の継続的研究によっても確かめられているが⁴⁶⁾、他の悪性疾患の増加についてはまだ不確実である。

(142) しかしながら、もし胎児での誘発率が、このように成人の発生率よりも高いことが容認され、胎児が子宮内にある 9 か月にわたって $2.3 \times 10^{-5} \text{ mSv}^{-1}$ であるとすれば、胎児の致死がん誘発のリスクは次のように算定できる。

$$0.065 \times (9/12) \times 2.3 \times 10^{-5} (\text{mSv}^{-1}) \times 2 (\text{mSv y}^{-1}) = 2.2 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$$

胎児被曝の遺伝的影響

(143) 胎児の生殖腺やその前駆細胞は胎内での発生の 9 か月間放射線に被曝し、その被曝のすべては遺伝的に有意である。もし、成人の遺伝的に有意な被曝について仮定されたように、子孫での損われるあるいは失われる寿命の年数について仮定したのと同じリスクを仮定すると、時間損失の損害は次のように表されるであろう。

$$0.065 \times (9/12) \times 2 \text{ mSv y}^{-1} \times 6.3 \times 10^{-4} \text{ mSv}^{-1} \text{ 損失年} \\ = 0.61 \times 10^{-4} \text{ 損失年 (被曝年当たり)}$$

妊娠中の被曝による総時間損失としての全損害

(144) 精神遅滞や致死がんの誘発に対する損害の期間や寿命損失の期間は、男女の子供について平均した出産時の標準余命におそらくほぼ等しいと見なされるに相違ない。これら2つの影響を合計した $10.2 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ という頻度の重篤な損害年数と寿命損失年数とは、それゆえ、 2 mSv y^{-1} での年当たり被曝につき約 7.4×10^{-4} 年の寿命損失に当たるであろう(表26)。もしも受精卵着床失敗の損害を同じ基礎に加えるとすると、生産児に現れるこの損害量にさらに 1.7×10^{-4} 年が加わることになろう。なお、放射線により誘発される型の治癒しうるがんによる損害は小さいであろう。

(145) 胎児の生殖腺に生ずる遺伝性欠陥による後代の寿命損失推定値をも含めて、重篤な損害と寿命損失の全期間は、それゆえ、妊娠中の 2 mSv y^{-1} という被曝によって約 10×10^{-4} 年となろう(すなわち1,000女性作業員・年当たり1年となり、職業に関する害の指標に1が加わる)。

(146) この推定値は、もしも胎児に対する平均線量が成人に対する全身平均線量にほぼ等しいと仮定すれば、等しい期間の間に被曝する成人に生ずる損害と同程度かもしれない。

(147) 112, 113項ですでに討議したことに基づくと、 2 mSv y^{-1} で被曝する女性に対する年当たりの平均寿命損失の損害は、全がんの誘発に対しほぼ 6×10^{-4} 年、遺伝的欠陥の誘発に対し 2×10^{-4} 年と推定される。男性に対しては、これらに対応する推定値は 4×10^{-4} 年と 3×10^{-4} 年である。それゆえ1,000作業員・年当たりの損失年数で表される害の指標への寄与分は、女性の発がんや遺伝的影響に対しそれぞれ0.6と0.2、また男性に対してはそれぞれ0.4と0.3となろう。

表26 妊娠期間中に 2 mSv y⁻¹の割合で被曝する場合の損害の期間

被 曝	影 響	想定される リスク率 (10 ⁻⁶ y ⁻¹)		影響当たり の寿命損失 (年)		寿命損失に よる損害 (10 ⁻⁴ 年)
着床前	着床不能	2.3	×	73	=	1.7
器官形成期	発生異常	8.0	×	73	=	5.8
全妊娠期間	致死がん	2.2	×	73	=	1.6
	治癒がん	<1	×	<10	=	<0.1
	遺伝性欠陥 (本文参照)					<u>0.6</u> 9.8

付記：出生時の余命は「世界保健統計1981」の統計でデータが報告されている40か国の平均値である(男性=69.7歳,女性=76.2歳)。

出典：World Health Statistics 1981, World Health Organization, Geneva, 1983.

(148) このような推定値は確定的なものとも信頼できるものとも見なすことはできない。これらの算定のための基礎の多くは、さらに直接的な調査が必要である。種々の放射線影響の結果として失われる同一期間に与えるものとして示唆された重みづけは、それらについて適切な調査を行い、かつ意見を求める必要がある。そして、いずれにせよ、作業集団に性別の割合や年齢分布に大きな変動があるため、職業上の被曝のさまざまな障害の相対的な影響について簡単に述べることはできない。

(149) しかし、とくにこれらの推定値から生ずる次の2つの示唆は考慮に値するようである。

(a) 妊娠中の被曝に由来する損害を別とすると、男性でも女性でも推定される全リスクは同じくらいである。UNSCEAR 1982年³⁰⁾に引用されたデータにおいて示唆されているように、遺伝性の異常を誘発する単位線量当たりのリスクは女性の生殖細胞より男性の生殖細胞の方が数倍高いならば、それらは等しくなるであろう。

(b) しかし、妊娠を考慮し、もしも被曝が、胎児線量が母親の全身線

量に近くなるような放射線によるものであるならば、妊娠中に生ずると推定される損害は、そうでない場合に女性のこうむる年間損害の2倍になるであろう。しかし、ここに示された推定値は、妊娠が一般集団と同じ率で常勤被雇用者にも起こり、妊娠の全期間中就労が継続され、かつ妊娠中被曝率が他の成人作業者と同じであるという、最大の仮定に基づいている。

放射線と他の職業上のリスク源との比較

(150) 職業上の放射線被曝によるリスクと他の職業上のリスクとを比較しようとするとき、職業上の傷害のリスクに関連してすでに考察した放射線リスクのいくつかの面を考慮に入れるべきである。

- (a) 同じ産業のいろいろな部署において、行われている仕事の種類に応じてどの程度放射線リスクが違っているか。
- (b) いろいろな職業における放射線被曝レベルが年とともにどのような傾向で変化しているか。
- (c) いろいろな職業における現在の線量率はいくらか。
- (d) 放射線被曝のある職業の傷害発生率はいくらか。したがって、その職業の全リスクはいくらか。
- (e) 放射線被曝や他の因子によるリスクレベルがいろいろであるような職業は、時間損失の全損害の算定によって判断するとき、種々の在来の産業と比べてどのようであるか。

(151) 1977年および1982年のUNSCEAR報告書のデータ(表27)によれば、一つの産業内のいろいろな部署における放射線リスクのばらつきは、部署内の平均線量率のばらつきで判断すると、他の産業内に認められる死亡や他の傷害のリスク(表5)のばらつきと同じ程度である。

(152) UNSCEAR報告書や他の情報源は種々の職業において記録されている平均線量率の経年変化に関する知見を与えている(表28A, B, C)。そのような傾向は種々の原因、すなわち、新技術の導入、職員数の変化や職員当たりの仕事量の変化、作業習慣の変更または設備の老朽化と保守の必要性の増加から生じたものであろう。しかし、全体として多くの線量率、した

表27 一つの産業グループ内のいろいろなカテゴリの作業における平均線量率の変動

データ出典	産業グループ	カテゴリ数	すべての カテゴリ の平均 (mGy y ⁻¹)	最も高い カテゴリ	平均線量率 (mGy y ⁻¹)	すべてのカ テゴリの 平均に対す る比	文 献 表の番号	UNSC EAR 年度
西 独	原子力研究者	9	1.6	廃棄物処理	5.3	3.3	33	(1982)
オーストラリア	産業と研究	5	0.7	工業用放射線 (撮影) 技師 (遮蔽のな い施設)	2.4	3.5	25	(1977)
オーストラリア	医療とその関連 作業	16	1.2	看護婦 (密封線源 取扱い)	4.4	3.7	20	(1977)
カナダ	原子炉従事者	10	3.0	機械保守	11.5	3.8	20	(1982)

出典：国連総会へのUNSCEARの1977年と1982年の報告。

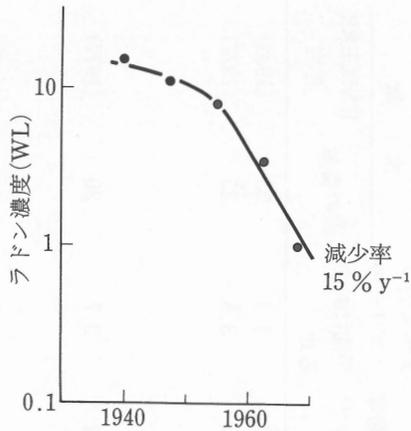


図10 WLで表した米国ウラン鉱山のラドン推定濃度(対数目盛), 1940/80。
(出典: 文献47と同じ。)

表28A 年線量率の傾向

国名	産業グループ	期間	線量率の年変化 (% y ⁻¹ ± 標準誤差)	文献	
				表の番号	UNSCEAR 年度
西独	燃料再処理	1972-78	-23 ± 5	28	(1982)
カナダ	原子力公社	1970-78			
	体外線量		-18 ± 5	30	(1982)
	トリチウム線量		+ 3 ± 3		
スイス	トリチウム発光剤	1969-75	-10 ± 2	32	(1977)
米国	原子力推進船プラン トの造船作業者	1970-78	- 6 ± 2	17	(1982)
西独	トリチウム発光剤	1966-75	+10 ± 5	84	(1977)

出典: 国連総会への, UNSCEARの1977年(付録E)と1982年(付録H)の報告。

表28B 年線量率の傾向

産業グループ	期間	線量率の年変化 (% y^{-1} ± 標準誤差)	出典
米国原子力施設	1973-81		a
工業用ラジオグラフィ		-4.3±0.8	
製造と流通		-6.5±1.2	
燃料加工と再処理		-15.7±3.0	
商用軽水炉		-2.7±1.1	
加圧水型軽水炉従事者		-6.3±1.7	
沸騰水型軽水炉従事者		-1.1±1.2	
臨時作業者		-8.5±1.8	
スウェーデンの各職業	1966-82		b
医療		-15.6±1.8	
産業		-11.4±1.5	
研究		-12.5±2.1	
フランスのウラン鉱山労働者	1971-79		c
グループ 1		-10.6±1.3	
グループ 2 (外部)		-8.8±1.6	
グループ 2 (吸入)		-7.7±1.1	
グループ 3 (外部)		-12.9±1.2	
グループ 3 (吸入)		-13.3±1.8	
トリチウム発光剤 (尿中のトリチウムによる)	1977-81	-24.7±12.1	c
医療職員	1975-83	-13.7±1.2	d

出典：

- a. Occupational radiation exposure...annual reports 1980 and 1981. US Nuclear Regulatory Commission NUREG-0714 Vols 2 and 3.
- b. Swedish National Institute of Radiation Protection. Information communicated from the Division of Personnel Dosimetry, April 1984.
- c. Report (ICRP/82/C4-16) by ICRP Committee 4 on analyses by French and UK agencies, and by the Nuclear Energy Agency. (Submitted for journal publication).
- d. イタリア (Tuscania) の30の病院における医療職員および医療補助職員の被曝に基づくデータ。Reported to IRPA 6th International Congress (Berlin 1984) by R.Renzi *et al.*, Compacts Vol. II 841-844 and accompanying demonstration, 1984.

表28C 1960-1985年の米国の各職業における年線量率の傾向。被曝の可能性のあるすべての作業者の平均年線量率の線形回帰係数を、この期間中の平均線量の百分率で表したものの。

職業グループ	1960-1985平均線量 (mSv y ⁻¹)	線量率の年変化 (% y ⁻¹ ±標準誤差)
医療	1.2	-4.9±0.2
歯科	0.5	-7.5±0.5
開業医	1.7	-4.9±0.3
病院	2.3	-5.1±0.5
その他 ^a	0.5	+0.6±0.3
産業	1.8	-3.4±0.5
ラジオグラフィ	3.8	-3.4±0.8
製造と流通	2.4	-4.9±0.9
他の使用者	1.6	-3.4±0.5
核燃料サイクル	3.3	+0.8±0.2
動力炉	3.6	+1.2±0.3
燃料加工と再処理	2.6	-5.1±0.6
その他 ^b	1.8	-2.1±1.3
政府	1.2	-4.6±1.0
エネルギー省	1.4	-4.3±0.3
国防省	1.2	-4.4±2.2
他の省庁	0.5	-3.0±0.7
その他	0.7	-0.1±0.2
教育	0.8	-2.8±0.7
輸送	0.5	+3.4±0.2
すべてのグループ	1.4	-2.5±0.2

a 獣医学と脊椎指圧治療；足病治療

b ウラン粗製錬と濃縮；核廃棄物管理

出典：Kumazawa, S., Nelson, D. P. and Richardson, A. C. B., Occupational exposure to ionizing radiation in the United States. A comprehensive review for the year 1980 and a summary of trends for the years 1960-1985.

表29 職業被曝の平均線量率

職業グループ	データの出所		平均線量率 (mSv y ⁻¹)
	国の数	小グループの数	
原子力発電			
ウラン採鉱	3	3	9.3
燃料製造	3	5	1.0
原子炉運転	4	20	4.4
燃料再処理	4	4	6.8
原子力研究	8	9	2.2
医療			
診断放射線	6	16	0.7
核医学	3	7	1.6
放射線治療	3	7	1.5
歯科	5	5	0.2
一般	9	21	1.1
その他			
工業用ラジオグラフィ	5	7	1.6
発光剤	4	5	8.0
他の産業利用	4	11	1.1
研究活動	9	21	1.6

出典：UNSCEAR 1982（使用した値は、引用されている最も新しいデータで、そのほとんどは1978年のものである。）

がって多分リスクに認められる減少の時間的変化率は、他の職業における致死傷害のリスクが減少する時間的変化率（表8）の多くと同じ程度である。

(153) しかし、米国のウラン鉱山について報告されているラドン娘核種濃度の低下率⁴⁷⁾（図10）は、ラドン娘核種の吸入が鉱山労働者の放射線被曝の単に一部にすぎないとはいえ、在来の産業に認められるリスク低減率よりもさらに急速なリスクの減少を示している。

(154) 1982年のUNSCEAR報告では、多数の職業と国における、記録された体外被曝の線量率を公表している。表29に、そのほとんどが1978年

表30A 英国における現在の職業被曝の線量率

下記におけるモニタリング結果による	年	線量当量 (mSv y ⁻¹)
核燃料サイクル		
燃料加工	1983	1.3
燃料濃縮	1983	0.4
燃料再処理	1983	7.0
発電所	1982	1.4
研究		
原子力	1983	2.8
大学	1980	0.1
産業		
放射線(撮影)技師	1982	1.7
トリチウム作業員	1980	3.4
放射性核種供給	1982	3.8
他の産業利用	1982	0.4
医療		
診断従事者	1981	0.4
放射線治療従事者	1981	2.6
放射性核種作業員	1981	0.3
高められた自然放射線被曝の推定値による		
石炭鉱山労働者		1.2
非石炭鉱山労働者		26.0
航空機乗務員		1.6
被曝の可能性のあるすべての作業員の平均		1.4

出典：Hughes, J. S. and Roberts, G. C., The radiation exposure of the UK population — 1984 review. National Radiological Protection Board report NRPB-R173. NRPB, Chilton, Oxon. 1984.

のものである最近の報告値を示すが、それによれば職業グループの半数は1～2 mSv y⁻¹の線量率を受けており、2グループはそれよりも低く、5グループはそれよりも高い。

表30B 米国における職業被曝の線量率(1980年)。測定可能な被曝をした全作業者の平均値

	線量当量 (mSv y ⁻¹)		線量当量 (mSv y ⁻¹)
核燃料サイクル		政府	
燃料加工と再処理	1.7	エネルギー省	1.6
ウラン濃縮	1.2	国防省	0.9
動力炉	6.5	他の省庁	0.6
廃棄物管理	3.8	その他の職業	
ウラン粗精錬	2.6	教育	1.1
ウラン鉱山労働者	3.5	輸送	2.0
体外被曝と0.9WLM のラドン娘核種の被 曝との和		航空機乗務員と添乗員	1.7
		学生	1.0
		非ウラン鉱山労働者	2.2
産業		0.3WLMのラドン 娘核種の被曝を含む	
放射線(撮影)技師	4.3	職業上被曝したすべての 作業者の平均 ^a	2.2
製造と流通	2.7	1740人・Svの合計値に基づく (WLM 当たり10 mSvとした7500人・ WLMを含む)	
その他	2.1		
医療			
病院	2.0		
開業医	1.8		
脊椎指圧治療	0.8		
足病治療(1975)	0.3		
歯科	0.7		
獣医科	1.1		

a 被曝の可能性のあるすべての作業者に対する平均値は1.1 mSv y⁻¹である。

出典：Kumazawa, S., Nelson, D. R. and Richardson, A. C. B., Occupational exposure to ionizing radiation in the United States, US Environmental Protection Agency, Washington D. C., 1984.

(155) 英国⁴⁸⁾と米国³⁸⁾におけるすべての形態の職業上の被曝に関するさらに最近のデータ(表30A, B)ではいろいろな職業ごとにその線量率の範囲が示されているが、その値は一般的に0.4~4 mSv y⁻¹の間にあり、高い値

として英国の非石炭鉱山労働者グループの 26 mSv y^{-1} がある。職業上被曝するすべての作業者の平均値は、英国では 1.4 mSv y^{-1} である。被曝の可能性のある米国のすべての作業者の平均値は 1.1 mSv y^{-1} であり、記録された年間に測定可能な被曝をした作業者の平均値は 2.2 mSv y^{-1} であった。

(156) ウランや他の硬岩鉱山労働者において一般に高い線量率が記録されている。前者については、ラドンやトロン娘核種の吸入、吸入粉塵中のウランやトロンの含有量、ウラン含有量の高い鉱体の地下採掘における岩石からのガンマ線被曝を考慮に入れると、場所によっては 30 mSv y^{-1} 程度の平均実効線量率になりうる。他のいくつかの硬岩鉱山では 25 mSv y^{-1} 程度の線量率となりそうである。

(157) したがって、総体的にみると、大部分の職業の大多数の作業者は年当たり数 mSv の実効線量当量を受けている。そして一般的に、これらは致死やその他の傷害のリスクが 67~70 項で議論したように低いと思われる職業であり、作業者である。代表的な被曝線量率の推定値は多分 2 mSv y^{-1} であり、それに付随する死亡事故率は $25 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ である。

(158) しかしながら、主として男性作業者からなる数少ない職業では、その線量率が年に数十 mSv になることがある。これらはおもに傷害のリスクが高い職業であり、その典型的な年間事故死亡率はリスクのある作業者百万人当たり数百人である。

(159) これら 2 つの被曝レベルの職業における放射線と傷害による全リスクを表す試みとして、表 31 に、本報告書で示唆された害の指標への寄与量として表される時間損失を尺度に用いて、放射線と傷害の各々による時間損失の害を推定する。これに基づくと、放射線被曝を伴う大部分の作業による年間損害は、 2 mSv y^{-1} の線量率と $25 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ の死亡事故率を仮定すれば、放射線被曝はないが、死亡事故と永久的労働不能との相対的な重み (66 項) により値が変わるが $37.5^* \sim 50 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ の範囲にある死亡事故率をもつ職

表31 害の指標への寄与量

線量率 (mSv y ⁻¹)	死亡事故率 (10 ⁻⁶ y ⁻¹)	年間の時間損失の損害 (1000作業年当たりの損失年数)		合計 (害の指標の値)
		放射線 がんと遺伝的障害	事故 致命的傷害1例当たり 100年間または50年間	
		集団1：年齢20—65歳、男性50%		
2	25	男性：(1/2)(0.4+0.3) 女性：(1/2)(0.6+0.2) 妊娠中：(1/2)(1.0)	1.25 } +2.5 または+1.25	=3.75 =2.5
比較対象	0		0 +3.75	=3.75
または	0		0 +2.5	=2.5
		集団2：年齢20—65歳、すべて男性		
30	400	男性：(6 +4.5)=10.5	+40 または+20	=50 =30
比較対象	0		0 +50	=50
または	0		0 +30	=30

業の年間損害と同等であろう。どちらの場合にも、全リスクの推定値は比較的
安全な製造工業にみられる値の範囲内にある(表6, 7)。ここで、作業
者集団は同数の男女で構成されているとし、妊娠中のどの時期においても女性
の被曝を制限することなく、また胎児の線量率は母親の値と同じと仮定され
ている。

(160) 考察する第二番目のケースは、実効線量当量率が 30 mSv y⁻¹で死
亡事故率が 400×10⁻⁶ y⁻¹である男性鉱山労働者集団の場合である。放射線被
曝によるリスクの推定値は、事故によるリスクよりも小さいが、放射線被曝

* (前頁) 訳注 原文の値 35 を訂正した。

(88)

を伴わないけれども約 $500 \sim 600 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ の事故死亡率をもつ職業のリスクにまでその全リスク推定値を高め、このリスクは国別の産業の中で示した他の高いリスクの職業 (表 2) と同じ程度である。(実際のところ、ラドン娘核種からの線量は発がんリスクだけに寄与し、遺伝リスクにはほとんど影響しないであろうが、ここでは放射線の発がんと遺伝のリスクを 146, 147 項で用いた根拠に従って実効線量率より導いた。)

結 論

(161) ICRP Publication 27 で強調されているように、職業や他の原因によるすべての害を表すどんな単純な数値指標も、完全なもの、あるいはこれ以外には方法がないようなものと見なすことはできないということを繰り返したい。しかしながら、いろいろな職業や活動による害の量の間の比較が必要とされるときには、そのような指標についての議論やそれを作成した根拠についての議論は、重要と考えるべき害の成分と、その各成分に適用するための重みとを確定するのに役立つはずである。

(162) 健康損失や寿命損失の全期間を用いることにより、死亡率のみから得られるよりもすべての害のもっと十分な算定が可能となるようである。しかしながら、次のような多くの因子についてさらに考慮を払う必要があることは明らかである。

- (a) いろいろな種類の疾病の期間、傷害に起因する休業期間、および余命損失の期間に適用される相対的な重み。
- (b) 少なくとも、寿命や活動が失われる年齢が、考察されている産業の間で異なっているかぎりにおいて、いろいろな年齢における寿命損失や活動の損失の年数に適用される相対的な重み。
- (c) 事故時に即座に生じる突然の死亡と放射線被曝後 20 年たって生じるがんによる死亡との間の重み（あるいは比較選択）の違い。
- (d) 被曝した当人の労働不能や子孫の誰かに生じる労働不能に与えられるべき相対的な重み。
- (e) 被曝時よりむしろ将来に発現するかもしれないリスクに対する作業業者やその家族の心配という要素。

(90)

(163) しかし、この種の算定を検討することは、たとえそれが近似的かつ暫定的なものであったとしても、公衆の健康と産業の安全性の監視をする上で必要な責任であると思われる。同様な量的規準は、一般環境中の潜在的な有害源の公衆の健康への重要性について評価するさいにも明らかに適用でき、同じようなやり方で研究する価値がある。本報告書の付録では、この問題の放射線医学的的局面を追求するいくつかの道について検討する。

付 録

一般公衆における寿命損失の損害の推定

(A 1) 本報告書で作業者集団の放射線被曝による損害の算定に用いた方法のうちのあるものは、原理的には、自然あるいは人工的な放射線源から普通に被曝している一部の一般公衆の損害の算定にも適用できるかもしれない。しかしながら、何らかのこうした算定が行われる場合、被曝の期間とその結果である影響の頻度、およびそれによる時間損失との関係は、いくつかの例では、全集団の被曝の場合と作業者集団の被曝の場合とは異なるであろう。したがって、これらの差のいくつかについてその特性と大きさを記しておくことは有用であろう。

がん誘発

(A 2) 単位線量当たりのがん誘発率が被曝時の全年齢にわたって同一であると仮定された型のがんについては、致死がん当たりに失われる寿命の年数は、作業者集団について（絶対リスク仮説に基づいて）計算されたものと大きく違うことはないであろう。後者については被曝時年齢の平均は 40 歳であるとされた。その全生涯にわたり一定の率で被曝する一般集団については、被曝時年齢の平均は出生時の平均余命の半分、すなわち、一般的には 35 歳あるいはそれ以上であろう。

(A 3) 甲状腺がんや乳がんのように、成人よりも子供や就業以前の年代において高い誘発率を示すことの証拠が得られているがんについては⁴⁹⁾、致死がん当たりの余命の損失の平均は大きくなるであろう。環境中の汚染が均

一であるという条件の下で、もし成人よりも子供の方が臓器線量が大きくなるならば、そうしたいくつかの臓器について同じことが言えるかもしれない。

(A 4) 相対リスク仮説の下では、被曝が生涯にわたって続く場合、誘発されるがんの数は絶対リスク仮説で予測される数のおよそ2.5倍となる²⁹⁾。これは被曝時を就労期間としてとった20歳から65歳に限定した場合の1.7倍(88項)と対照的である。

(A 5) どちらの倍率も、晩年に誘発されたある種のがんが残された余命の中で現れないことを考慮しての値であると思われる。相対リスク仮説に基づく推定値は、また、自然に起こるがん(そして、この仮説では誘発がんも)は年齢とともに罹患率が急激に増加するが、他の原因ではなくがんによる死亡の頻度は、男性では65歳より後、女性では50歳より後(英国のデータ³²⁾、図11)では減少するという事実によっても影響されていると考えられる。

(A 6) このように、誘発されるがんの頻度は絶対リスク仮説ではなくむしろ相対リスク仮説に従って増加するが、誘発されたすべてのがんによる余

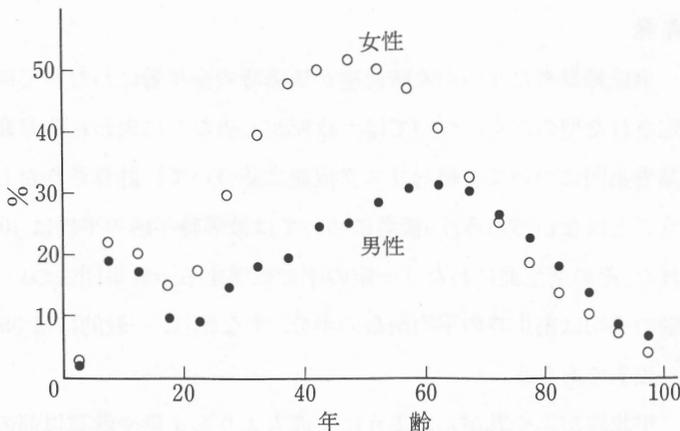


図11 死亡の原因が他の原因でなく、がんである確率の年齢による変化, 男女別。
(出典: Mortality Statistics, England and Wales, 1981. Office of Population Censuses and Surveys, DH2 No.8.)

命の損失の合計はこの仮説によると比較的小さいように思われる。というのは、こうしたがんの大多数は、余命が減少した年齢になって現れるからである(85項)。

遺伝性異常の誘発

(A 7) 集団が一定の率で被曝する条件の下では、集団線量のうちの遺伝的に有意な線量の割合はその集団における子供を妊娠する平均年齢と出生時の平均余命との比に依存している。しかし、この被曝の遺伝的重要性は、また父親、母親のそれぞれ、または一組の両親から生まれる子供の平均数、したがってまた、集団の大きさが増加する速度にも依存する。

(A 8) 国連人口ハンドブック(1981年度統計)は、41か国について、男女の平均余命と子供の出生時の両親の平均年齢の推定値を記載している。図12は、受胎と出生との期間を平均0.75年と仮定して、これらの国の推定値を示している。受胎の平均年齢は女性で20~30歳、男性の年齢は27~36歳(40

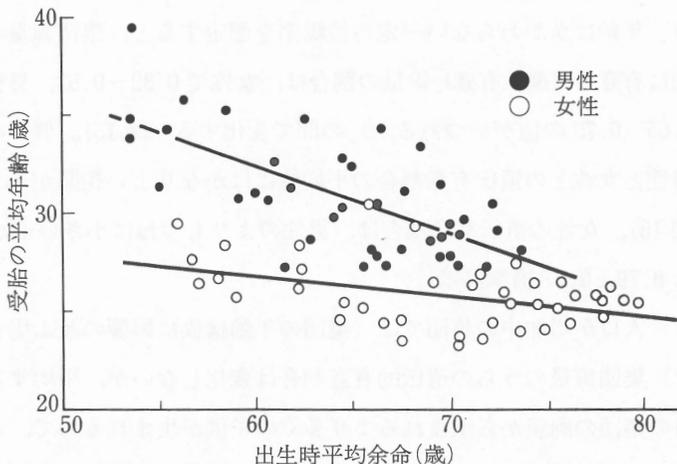


図12 各国における出生時平均余命と受胎の平均年齢との関係、男女別。(出典：UN Demographic Yearbook 1981, UN, New York, 1983.)

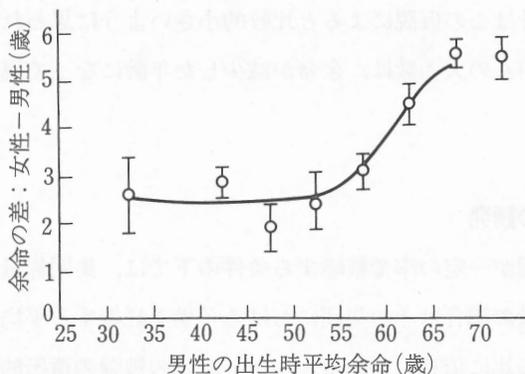


図13 男性の出生時平均余命に対する、男性と比較した女性の超過寿命(168か国；男性出生時平均余命の5か年以上の期間について平均された数値。幅はサンプリングの ± 1 標準誤差。)(出典：UN Demographic Yearbook 1980, UN, New York, 1982.)

歳の“とび値”が1例ある)の間で変動する。種々の国の記録データには、女性と男性の値の間に、出生時の平均余命(図13)と受胎時平均年齢(図14)のどちらについても関連性があるという明確な証拠がある。

(A 9) 年齢にかかわらず一定の被曝率を想定すると、集団線量のうちの遺伝的に有意な(遺伝有意)線量の割合は、女性で0.32~0.52, 男性では0.38~0.65(0.73の値が一つあるが)の間で変化する(図15)。個々の国における男性と女性との遺伝有意割合の平均値にはかなりよい相関があり(表A 1と図15), 女性の遺伝有意割合は、男性のよりもつねに小さい(女性/男性の比は 0.79 ± 0.07 標準偏差)。

(A 10) 人口が増加中の集団では(集団の年齢構成に影響の及ぶ場合を別にすると)集団線量のうちの遺伝的に有意割合は変化しないが、平均すると、一定人口の集団の両親から生まれるより多くの子供が生まれるので、その遺伝的影響はもっと大きくなる。それゆえ、そのように人口が増加を続けている集団では1両親当たりの子供期待数が大きくなるのに比例して、ある与え

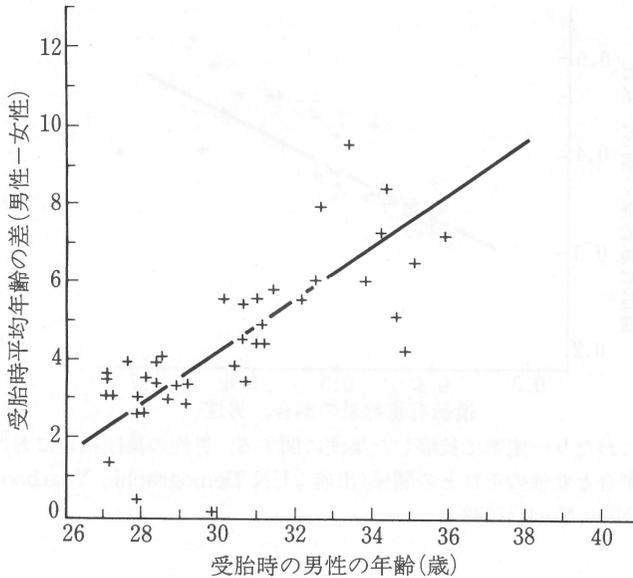


図14 受胎時の男性の平均年齢に対する、受胎時の男性と女性の平均年齢の差
(出典：UN Demographic Yearbook 1981, UN, New York, 1983.)

られた集団線量の集団全体への遺伝的リスクは大きい。人口安定集団における親・Sv 当たりのリスクに対するこの遺伝的リスクの増加比 (G) は、集団の人口の年間増加百分率 (p , % y^{-1}) および女性の妊娠時平均年齢 (A , 歳) と

$$G = (1 + 0.01p)^A$$

によって関係づけられる。表 A 2 には、この根拠に基づいて推定された G 値が記載されている。受胎の起こる年齢より低い年齢で死亡があるにもかかわらず、これらの死亡は出生時の平均余命に影響し、それゆえ推定された集団国民線量の遺伝有意割合にも影響するから、この式がやはり正しいことは注目されてよい。

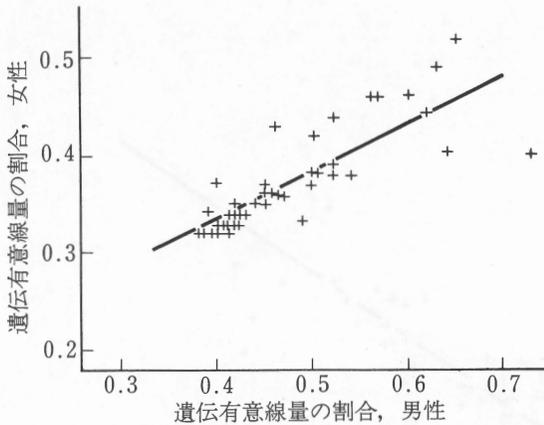


図15 生涯にわたり一定率で被曝した集団に関する、男性の集団線量における遺伝有意割合と女性のそれとの関係(出典：UN Demographic Yearbook 1981, UN, New York, 1983.)

表A1 出生時平均余命と平均受胎年齢の関係

	平均受胎年齢 (y , 歳)	出生時平均余命 ^a (x , 歳)	γ	x への y の線形回帰
男性	30.6	64.7	-0.68	$y=53.2-0.35(\pm 0.06)x$
女性	25.9	68.7	-0.52	$y=33.0-0.10(\pm 0.03)x$
集団線量中の遺伝有意割合				
	女性における p	男性における q	r	q への p の線形回帰
	0.37	0.48	+0.81	$p=0.14+0.49(\pm 0.06)q$

a 1983年の「人口学ハンドブック」は子供の出生時の両親の年齢の調査を含んでおり、受胎時の平均年齢のデータはこれに基づいている。それゆえ、同じ国および年次について、このハンドブックに引用されている出生時平均余命をこの表に用いる。しかし、その数値は「世界保健統計1983」に記録され、この報告書の他のところで用いた同じ国および年次のものとは異なる。

出典：UN Demographic Handbook 1981, United Nations, New York, 1983.

表A2 増加しつつある人口：女性に対する遺伝リスク比(G)の値

取り上げた国	受胎時の両親の平均年齢 (A)	年人口増加 (p, % y ⁻¹)	$G = (1 + 0.01p)^A$ の値
アフリカ	26.4	2.9	2.1
北中米	25.2	0.8	1.2
南米	26.0	2.7	2.0
アジア	26.8	2.0	1.7
ヨーロッパ	26.0	0.4	1.1
オセアニア	26.0	1.5	1.5
ソ連	25.6	0.9	1.3

出典：UN Demographic Handbook 1981, United Nations, New York, 1983.

非確率的影響

(A 11) 放射線の非確率的影響はしきい値を超えることがなければ起こらないと考えられているが、臓器や組織の最大被曝に関する非確率的限度は、公衆の構成員に対しては職業的に被曝する人よりも、1/10に低められるべきであることを委員会は勧告している。

(A 12) これらの年限度を公衆についてなぜ低減すべきであるかということには種々の理由があるが、この件の定量的面を検討する価値があると思われる。

(a) 公衆の構成員の生涯被曝は、職業上の被曝に想定される最大50年ではなく平均80年以上続くかもしれない。それゆえ1.5~2.0の係数で低減することは、これらの根拠のみによっても適切と思われる。さらに、環境起源の体内放射線への比較的一定な生涯被曝は、摂取が定期的に監視され算定される作業条件の下で50年間職業上のALIで連続摂取することよりも、可能性としてもっと考えやすい。

(b) ほとんどの国において、その全人口は職業上の被曝をする人々の人口より少なくとも数100倍大きいようである。放射線の非確率的影響

への感受性がこの2つの集団に正規的にかつ等しく分布しているかぎり、正規分布する観察値の範囲は、たとえば、人口が1,000から百万に増しても、変動域は係数1.6だけ増加するにすぎない、といったように、試料数によってきわめてゆるやかに変化するにすぎないから、集団の大きさの差が別々の個人におけるしきい値の分布の“範囲”を著しく増すはずがない。しかし、集団の大きさが増加して医学検査で作業集団から排除されるような異常な感受性をもつ個人をも含むことになると、分布の範囲はかなり増すことがある。

- (c) 軟骨の照射による骨の成長の阻害のようなある種の新確率的影響に対するしきい値が、成人より子供でかなり低いらしいことは、強調されなければならない。しかし、しきい線量を最終的に超えた場合に新確率的影響が起ることが事実であるならば、小児期のしきい値が成人に対して想定されているよりもずっと低い場合に、そのような影響は小児期の被曝からのみ生ずることになる。もし、75年間毎年、限度いっばいの恒常的被曝を続けて成人のしきい値に達しないのであれば、任意の期間、たとえば生涯の最初の15年間についての適切な値としてもっと低いしきい値があるとしても、その値が勧告されている成人の値の1/5、すなわち、一般成人に適用する値としての作業者の防護のためのしきい値の1/50という低い値でないかぎり、その15年間にそのしきい値に達してしまうことはないであろう。

(A 13) 職業被曝(128項)におけると同じように、公衆の被曝の条件においても、線量率の新確率的限度を守ることによって、新確率的影響の誘発に比較的低いしきい値をもつ感受性の大きい臓器、たとえば骨髄、生殖腺および水晶体に、新確率的影響が現れるのを防ぐことが期待されている。そして、たとえば、雇用の当初から受胎がそれまでにほとんど起こる年齢までの30年間の職業被曝によって生殖能力が損われないならば、出生からこの年齢まで

の50年間続く1/10に下げられた確率的限度の実施によって決まる被曝により、生殖能力が損われることはないであろう。

(A 14) 公衆における非確率的影響の誘発防止のための追加の保証が委員会の助言⁵⁰⁾の中にあり、公衆の決定集団の個々の構成員がその生涯の全期間にわたって実際に有意に被曝するかもしれない場合には、この被曝は1 mSvという平均年全身被曝線量限度を超えるべきではないとされている。これらの条件の下では、75年の終わりにおけるどの臓器の生涯蓄積線量も体外被曝によって75 mSvとなる。この線量は、作業者のほとんどの臓器における非確率的影響の誘発に関して想定されている25 Svというしきい値のわずか0.3%であって、もっと感受性の高い身体組織について表24に示したどのしきい値の2%よりも小さい。

(A 15) また、確率的根拠で決められた公衆の全身ないし臓器被曝の限度が、それ自体、あらゆる形の体内被曝による非確率的影響の誘発を防ぐことになることは明らかと思われる。職業被曝に関する年摂取限度が非確率的制限条件で決められている場合、これらのALI値(ALI_N)は、甲状腺細胞または骨細胞がもっと大きな制約を必要とする場合を除いて、確率的根拠だけで決められているALI値(ALI_S)の1/2よりも低いことは決してない。

(A 16) 甲状腺細胞や骨細胞に関してすら、単独に照射された場合の任意の組織についての 0.5 Sv y^{-1} の非確率的限度と、甲状腺細胞と骨細胞についての 0.17 Sv y^{-1} の確率的限度の比と同じく、 ALI_S と ALI_N の比は3.4を超えるはずがない。ALI値が丸められているため、5に近い比を示す例がいくつかあるが、表A 3は、この比がいかなる形での放射性核種の摂取によっても普通には3.4に達しないことを示している。(高い値の比は、クリプトンの2つの放射性同位体の場合における大気中の線源からの皮膚と水晶体の被曝に該当するが、一般公衆の構成員がそのような線源の制限濃度に生涯被曝することはありそうにないと思われる。)

(100)

(A 17) ICRP Publication 41 に述べられているように、たとえ非確率的影響のしきい値が、公衆では作業員集団より適切にはいくらか低くあるべきであるにしても、“確率的影響に関する線量当量限度は公衆の構成員の非確率的影響の誘発を防ぐのに十分である”ことは明らかと思われる。

妊娠中における被曝の影響

(A 18) すべての年齢において均一に被曝している一般集団中の任意の小集団に対して妊娠当たりのリスクは上に述べたように (100~114 項) 同じらしいと思われるが、妊娠の頻度はもっと小さいであろう。つまり、大きさが増えて行くことがないような集団においては、女性一人は平均して2回の妊娠を完了して生産児を産む。もし女性の余命が75年であるとする、任意の1年間に妊娠が起こる確率は、130~143項において採用した就労年当たり0.065という値ではなくて0.027になる。

(A 19) しかし、人口が年当たり2.7%増加し、したがって女性の平均受胎年齢ごとに倍加するような集団においては(表A 2)、集団の大きさの増大に伴ってしばしば減少する女性の余命、たとえば、60年のうちに4回の妊娠があれば、年当たりの妊娠率は作業員集団について仮定されたのと等しい値に増加するであろう。

(A 20) したがって、他の放射線影響からの損害との比較上での、時間損失に対する公衆の妊娠中の被曝の寄与は、人口増加率に依存するところが相当に大きく、余命への依存はそれより小さく、また集団が異なっても通常はそれほど大きく変わらない受胎平均年齢にはほとんど依存しないであろう。

結 論

(A 21) 産業全般のリスクよりは特定された産業グループのリスクを算定する方がより現実的であるが、これと同様に、職業被曝の場合と同じく、公

表A3 放射性核種の職業上の年摂取限度について、非確率的影響に基づいて決められた限度ALI_Nと、同じ核種で確率的影響にのみ基づいて計算された限度ALI_Sとの比

非確率的影響に基づいて制限因子となる器官	比 (ALI _S /ALI _N)										制限因子となる核種摂取の数	比の平均値	比の中央値	
	1.0	1.1—	1.5—	2.0—	2.1—	2.5—	3.0—	3.5—	4.0—	4.5—				5.0
胃	31	22	22	14	—							89	1.4	1.3
下部大腸壁	43	30	4	5	—							82	1.2	1.1
腎	3	8	1	2	—							14	1.3	1.1
膀胱	1	1	1	1	—							4	1.5	1.5
肝	2	—	—	—	—							3	1.2	1.1
				(2.0-2.4)										
甲状腺	2	5	4	16	16	12	3	8	—	1	67	2.7	2.6	
骨細胞	23	30	60	64	9	6	—	1	—	—	193	1.8	1.9	

比は、ICRP Publication 30, Part 1,2,3に記載されているすべての型の摂取(吸入のD,W,Y；経口摂取についてはすべてのf_i)について求められている。放射性核種の大気中濃度による皮膚または眼の水晶体の被曝についての値は含まれていない(56件)。

出典：ICRP Publication 30 Supplements におけるALI値(表25に同じ)。

(102)

衆の集団全般についての害の指標よりは、ある特定の集団の放射線被曝について害の指標を算出する方がもっと容易なはずである。

(A 22) しかし、いろいろな種類のリスクをある数値的見通しの中におく試みと、職業上のリスクの場合と同様に、公衆のリスクへのさまざまな寄与につけるべき相対的な重みに関して情報に基づいた算定値をひき出す試みの両者は、同程度に重要であろう。

謝 辞

委員会は本報告書に含まれる情報の収集に当たっての多数の同僚の助力に感謝する。とくに、ジュネーブの国際労働機関 (ILO) の Dr. G. H. Coppée と Mme. R. B. Cornaz, 米国のデータソースに関して Dr. Warren Sinclair, 英国 Health and Safety Executive の Dr. Adrian Cohen およびその同僚諸氏, 英国 Department of Health and Social Security の Mr. A. Eaves, 英国のデータに関して Dr. John Fox, カナダの事故データに関してトロント市の Mr. Robert Wilson, 鉱業における現在の被曝と事故率の推定値に関してオンタリオ州労働省の Dr. Jan Muller に感謝する。著者はまた, 本報告書作成に当たってその施設の使用の便を許可された英国 National Radiological Protection Board に謝意を表したい。

引用文献

1. *ICRP Publication 26*, Recommendations of the ICRP. *Annals of the ICRP*, **1** (3), 1977.
2. *ICRP Publication 27*, Problems involved in developing an index of harm. *Annals of the ICRP*, **1** (4), 1977.
3. H. Schieke and G. Mehrrens, *Unfallversicherung*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1983.
4. Annual Report 1983, Japan Industrial Safety and Health Association, Tokyo, 1983.
5. *Occupational injuries and illnesses in the United States by Industry, 1981* (at Table 5). US Department of Labor, Bulletin 2164, January 1983.
6. *Health and Safety: Industry and Services*. (UK) Health and Safety Executive, H.M.S.O., London, 1981.
7. Metropolitan Life Insurance Company, *Statistical Bulletin*, **55** (3), 1974.
8. E. E. Pochin, The acceptance of risk. *Br. Med. Bull.*, **31** (3), 184-190, 1975.
9. Metropolitan Life Insurance Company, *Statistical Bulletin*, **59** (2) and (3), 1978.
10. E. Schaaf and J. Henning, Berufsspezifische Unfallrisiken zum Vergleich mit Risiken durch berufsbedingte Strahlenbelastung, Bericht Nr. St. Sch. 905, Bundesministers des Innern Köln, 1984.
11. *Work Injury and Illness Rates*, US National Safety Council 1982 Edn (1981 rates given for "reporters" at pp. 8-33, compared with rates by sampling of similar industries by Bureau of Labor, quoted in) *Accident Facts*, National Safety Council, Chicago, 1983.
12. *World Health Statistics 1983*. World Health Organization, Geneva, 1983.
13. *Year Book of Labour Statistics 1982*. International Labour Office, Geneva, 1982.
14. J. Mehl, K. Renz and E. Schaaf, Analysis of harm involved in various occupations. *IRPA 6th International Congress Proceedings Compacts*, **1**, 513-516, 1984. Fachverband für Strahlenschutz e. V., Jülich 1984.

15. *Statistique des accidents du travail...pour l'année 1981*. Travail et sécurité, March 1983 ; and *Accidents du travail...en 1982*. Legislation sociale No. 5535 du 12 Septembre 1984.
16. Information communicated by Dr. J. Muller, 1985.
17. J. H. Ham, *et al.*, *Report of the Royal Commission on the Health and Safety of Workers in Mines*, Ministry of the Attorney General, Toronto, 1976.
18. F. E. Lundin, Jr., W. Lloyd, E. M. Smith, V. E. Archer and D. A. Holaday, Mortality of uranium miners in relation to radiation exposure, hard rock mining and cigarette smoking. *Health Physics*, **16**, 571, 1969.
19. *Accident Statistics 9 & 10*. Chamber of Mines of South Africa. Prevention of Accidents Committee.
20. *Health and Safety, Mines and Quarries ; Mines*. (UK) Health and Safety Executive. Annual Reports, H.M.S.O., London.
21. Incidents at nuclear installations. *Nuclear Energy*, **17** (1), 12, 1978.
22. Electricity Council, London, Engineering Department, Safety Branch. Personal Communication, June 1984.
23. British Nuclear Fuels Ltd., Director of Health & Safety, Personal Communication, July 1984.
24. *Manufacturing and Service Industries, 1983 Report*. (UK) Health and Safety Executive. H.M.S.O., London, 1984.
25. Fourth International Report on the prevention and suppression of dust in mining, tunnelling and quarrying. *ILO Occupational Safety and Health Series*, **24**, Geneva, 1970.
26. R. Doll and R. Peto, The causes of cancer : quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *J. Natn. Cancer Inst.*, **66**, 1191-1308, 1981.
27. G. R. Olin and A. Ahlborn, The cancer mortality among Swedish chemists graduated during three decades. *Environmental Res.*, **22** (1), 154-161, 1980.
28. *Digest of Statistics Analysing Certificates of Incapacity*, (UK) Department of Health and Social Services, H.M.S.O., London, 1972.
29. The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation. Committee on the biological effects of ionizing radiation (*Beir III report*). National Academy Press, Washington DC, 1980.
30. E. Gilbert, Late somatic effects, *Health Effects Model for Nuclear Power*

- Plant Accident Consequence Analysis*, Vol. II, Chapter 2, US Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-4214, 1985.
31. H. J. Dunster. In course of preparation for publication.
 32. *Mortality Statistics (Cause)*, 1981, England and Wales. Office of Population Censuses and Surveys, Series DH 2, No.8, H.M.S.O., London, 1983.
 33. J. A. H. Waterhouse, *Cancer Handbook of Epidemiology and Prognosis*, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1974.
 34. *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. UNSCEAR 1977 report to the General Assembly. UN, New York, 1977.
 35. B. Lindell, Quantities and units used in radiation protection. *Chinese J. Radiological Med. Prot.*, **1**, 4-8, 1981.
 36. *Ionizing Radiation : Source and Biological Effects*. UNSCEAR 1982 report to the General Assembly, UN, New York, 1982.
 37. Demographic Yearbook 1981. United Nations, New York, 1983.
 38. S. Kumazawa, D. R. Nelson and A. C. B. Richardson, Occupational exposure to ionizing radiation in the United States ; a comprehensive review for the year 1980 and a summary of trends for the years 1960-1985. US Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1984.
 39. *ICRP Publication 41*, Non-stochastic effects of ionizing radiation. *Annals of the ICRP*, **14** (3), 1984.
 40. *ICRP Publication 30*, Limits for intakes of radionuclides by workers. *Annals of the ICRP*, **2**(3/4), **3**, **4**(3/4), **5**, **6**(2/3), **7** and **8**(1/3).
 41. J. R. Greenhalgh, T. P. Fell and N. Adams, Doses from intakes of radionuclides by adults and young people. National Radiological Protection Board report NRPB-R 162.
 42. J. W. Wood, K. G. Johnson and Y. Omori, Mental retardation in children exposed *in utero* to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Am. J. Public Health*, **57**, 1381-1389, 1967.
 43. M. Otake and W. J. Schull, *In utero* exposure to A-bomb radiation and mental retardation : a reassessment. *Br.J.Radiol.*, **57**, 409-414, 1984.
 44. A. Stewart and G. W. Kneale, Radiation dose effects in relation to obstetric X-rays and childhood cancers. *Lancet*, **i**, 1185-1188, 1970.
 45. *Ionizing Radiation : Levels and Effects. Vol.II, Effects*. UNSCEAR 1972 report to the General Assembly. UN, New York, 1972.

46. R. R. Monson and B. MacMahon, Prenatal exposure and cancer in children, in *Radiation Carcinogenesis : Epidemiology and Biological Significance*, pp.97-105, J. D. Boice, Jr. and J. F. Fraumeni, Jr. (eds), Raven Press, New York, 1984.
47. L. W. Swent, Statement of principles, in *Hazards in Mining*, pp.4-7, International Conference, Golden, Colorado ; October 1981, M. Gomez (ed.), American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, 1981.
48. J. S. Hughes and G. C. Roberts, The radiation exposure of the UK population — 1984 review, National Radiological Protection Board report NRPB-R 173, NRPB, Chilton, UK, 1984.
49. Report of the National Institutes of Health *ad hoc* working group to develop radioepidemiological tables. US Department of Health and Human Services ; NIH Publication 85-2748 Washington, D. C. 1985.
50. Statement from the 1985 Paris meeting of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP*, **15** (3), i - ii, 1985.

各国の職業上の傷害と 疾病の発生率に関する情報源

ベルギー

- H. de Lange, Les accidents du travail dans les différents branches d'activité —
— 1982. *Promosafe*, **73**, 7-9, 1983/4. Sécurité construction.
Annales des mines de Belgique, Jan 1981.
Fonds des maladies professionnelles, Rapport Annuel 1978.

カナダ

- Ontario Hydro Safety/Accident statistics*, Safety Department/Health and Safety
Division reports, 1975-1979. B. L. Cohen, Perspective on occupational
mortality risks. *Health Physics*, **40**, 703-724, 1981.
R. Wilson and W. J. Chase, *Comparison of Industrial Risks*. Canadian Nuclear
Association, Uranium and Nuclear Issues Seminar, Toronto, November
1982.
Canadian employment injuries and occupational illnesses. *Labour Canada*, 1979.
D. K. Myers and J. R. Johnson, Impact of occupational hazard on the life
expectancy of uranium miners. *International Conference on Occupational
Safety in Mining*, Toronto, 1984.
*Employment Injuries and Occupational Illnesses 1972-1981: Occupational
Safety and Health*. Labour Canada ; Ministry of Supply and Services,
Canada, 1984.

欧州共同体

- Eurostat : Social Statistics*. Accidents du travail — Sidérurgie 1960-72 and
1977-78. Statistical Office of the European Communities, Luxembourg.
Commission of the European Communities 17th and 18th reports of the Safety
and Health Commission for the mining and other extractive industries.
Years 1979 and 1980, Luxembourg 1980 and 1981.

西 独

- E. Schaaf and J. Henning, Berufsspezifische Unfallrisiken zum Vergleich mit Risiken durch berufsbedingte Strahlenbelastung. Bericht Nr. St. Sch. 905, Bundesministers des Innern Köln, 1984.
- J. Mehl, K. Renz and E. Schaaf, Analysis of harm involved in various occupations. *IRPA 6th International Congress Proceedings Compacts*, 1, 513-516, 1984. Facherband für Strahlenschutz e. V., Julich 1984.
- Arbeitssicherheit '80. Unfallverhütungsbericht, Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn 1980.
- Bericht der Bundesregierung über den Stand der Unfallverhütung und das Unfallgeschehen... (Unfallverhütungsbericht).
- Deutscher Bundestag, 10 Wahlperiode. Drucksache 10/618 of 18.11.83.

フィンランド

- National Bureau of Labour Protection
Annual Report 1979.
Industrial Accidents 1981.

フランス

- Accidents du travail et maladies professionnelles
Legislation sociale
Reports 5025 of 23 March 1981
5083 of 14 September 1981
5535 of 12 September 1984.
- Secutité et médecine du travail, Ph. Hubert. Revue bimestrielle No.66.

イ ン ド

- Statistics of mines in India. Vol.1—Coal 1980*. Directorate General of Mines Safety, Dhanbad.
- T. Subbaratnam, Risk assessment models for radiation protection. *Bulletin of Radiation Protection*, 5(3/4), 43-58, 1982.
- Indian Labour Statistics 1977. Labour Bureau, Ministry of Labour, Chandigarh.

国際労働機関

Year Book(s) of Labour Statistics. I.L.O. Geneva.
Petroleum Committee, Report III, I.L.O. Geneva 1983.
Chemical Industries Committee, Report II, I.L.O. Geneva 1976.

イタリヤ

Consiglio Sanitario Nazionale, 1984 report on "Health conditions in Italy".
Centenario inail 1883/1983. Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli
infortuni sul Lavoro.

日 本

Japan Industrial Safety and Health Association. Annual reports : 1979 and
1983.
Actual State of Safe Administration at the place of work (translation) Bureau of
Statistic Information, Ministry of Labour, 1974.

ニジェール

Information communicated to ILO.

フィリピン

Ministry of Labor and Employment : Safety Promotions and Information
Section, Health and Safety Division. Report communicated to ILO.

南アフリカ共和国

P. E. Metcalf and B. C. Winkler, Risk ratios for use in establishing dose limits
for occupational exposure to radiation, *Proceedings of 5th International
Congress of Internatinal Radiation Protection Association*, Papers Vol.1.
Radiation Protection : A Systematic Approach to Safety, pp.211-214,
Pergamon Press, Oxford, 1980.

スウェーデン

Occupational injuries 1979. National Central Bureau of Statistics, Stockholm
1982.

Statistiska meddelanden : arbetsskador 1980. Sveriges officiella statistik,
Stockholm 1982.

Scand. J. Work Environ. Health, 6, Supp.2, 1980.

ス イ ス

Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents. Resultats de la statistique
des accidents, périodes 1968/72 and 1973/77. 65^e rapp. ann. 1982.

Statistics of the Caisse Nationale for 1978-1982. Communicated by J Reimann,
CNA Secrétariat général.

英 国

Reports of the Chief Inspector of Factories

Reports of the Health and Safety Executive

Health and Safety : Mines

Mines and Quarries

Coal Mines

Manufacturing and Service Industries.

Digest of statistics analysing certificates of incapacity. (UK)

Department of Health and Social Security. June 1969 to May 1970.

Ibid, October 1979 to September 1980.

Ibid, October 1981 to September 1982.

国際連合

United Nations Demographic Handbooks

米 国

Accident Facts. Editions of years 1967 to 1983, (US) National Safety Council,
Chicago.

Work Injury and Illness Rates, Editions of years 1981 to 1983. (US) National
Safety Council, Chicago.

Occupational injuries and illnesses in the United states by Industry, 1981
(at Table 5). US Department of Labor, Bulletin 2164, January 1983.

Department of Labor, Bureau of Labor Statistics Reports.

Metropolitan Life Insurance Company, *Statistical Bulletin*, 51-65, 1970-84.

Mine Injuries and work time quarterly. US Department of Labor, Mine health and safety administration ; Jan/June 1982.

S. Kumazawa, D. R. Nelson and A. C. B. Richardson, Occupational exposure to ionizing radiation in the United States ; a comprehensive review for the year 1980 and a summary of trends for the years 1960-1985. US Environmental Protection Agency, Washington, D. C., 1984.

索引 (五十音順)

(見出し語のあとの数字は項番号を表す。)

ア行

- ICRP Publication 26 3, 86, 115, A 11, A 14
 ICRP Publication 27 4, 37, 48, 81, 99, 104, 107, 130, 161
 ICRP Publication 30 120, 表 25, A 15, 表 A 3
 ICRP Publication 41 117, 119, 126, 表 24, A 17

異常

遺伝性 — 99

発生 — 138

遺伝的影響(の誘発) 99

一般公衆における — A 7

遺伝有意線量の割合 107, 表 22

一般公衆における — A 7, 表 A 1, A 9

重みづけ

遺伝的影響に関する — 99

永久的労働不能に関する — 55, 61 (a)

治癒がんに関する — 94

カ行

害の指標 7, 41, 66, 98, 107, 145, 159, 161, 表 31, A 21

がん(放射線誘発) 81

一般公衆の — A 2

子宮内照射による胎児の — 141

致死 — 81

治癒 — 91, 表 19, 表 20

企業

リスクに関する — の規模の影響 16 (a)

経年的傾向

事故率の — 33, 表 8

職業上の線量率の — 152, 表 28

(114)

建設 表 3

鉱業 16 (a), 表 3, 129, 156, 160, 表 30

公衆の損害(放射線被曝に起因する時間損失)の推定

遺伝的影響による —— A 7, 表 A 1, 表 A 2

がん誘発による —— A 2

妊娠中の影響による —— A 18

非確率的影響による —— A 11

骨髄 119, 表 24, 表 25

サ 行

時間損失

一時的労働不能による —— 10, 42, 表 10~12, 表 14

遺伝的影響による —— 113, 表 21

永久的労働不能による —— 12, 59, 表 14, 61 (c), 66

がん誘発による —— 81, 98, 112

相対リスク仮説に基づく —— 82, 85, 88, A 4

絶対リスク仮説に基づく —— 82, 88, A 2

事故死による —— 9, 37, 41

職業上のリスクのすべての源による —— 159, 表 31

胎児への影響による —— 144, 表 26

疾病(職業上の) 71, 表 17

珪肺症 —— 73, 表 15

塵肺症 —— 73, 表 15

放射線以外の原因によるがん —— 74, 表 16

傷害

一時的労働不能をひき起こす —— 10, 42, 表 11~14

永久的労働不能をひき起こす —— 12, 55, 表 13, 表 14

致命的 —— 9, 18, 表 2~10, 36

水晶体(眼の) 119, 126

生殖腺 119, 122, 表 24, 表 25

製造業 16 (a), 表 3, 31, 36, 表 6, 表 7, 159

タ 行

胎児→妊娠

通勤

- のリスク 16 (d), 25, 表 14 A および 14 B
 鉄道員 表 3

ナ 行

妊娠

- 中胎児に誘発される影響 130, A 20
 —— の頻度 131, A 18
 年摂取限度 120, 表 25, A 15, 表 A 3
 年齢(平均)
 永久的労働不能をひき起こす事故に遭う —— 61 (b)
 子供を受胎したときの親の —— 107, 110 (b), 表 23
 雇用 —— 110 (a)
 事故死の —— 37, 表 9

ハ 行

- 肺 97, 129
 非確率的影響 116, A 11
 放射線被曝 80
 記録された線量率 154, 表 29, 表 30
 —— を伴う職業における事故の発生率 67
 放射線量率の産業内の差異 151, 表 27

ヤ 行

- 余命(の損失) 39, 66, 81, 85, 90, A 6, A 8, A 19

リ 行

リスク

- 高事故率 22, 68, 160
 事故の —— の産業内の差異 27, 表 5
 女性の —— 30, 61 (b), 78, 98, 111, 112
 通勤の —— 16 (d), 25, 表 14 A および 14 B
 低事故率 19, 20, 表 1, 69, 159

統一された害の指標を作成するための

定量的根拠

定価 1,800 円

昭和 63 年 7 月 20 日 初版第 1 刷発行

編 集 社 団 日 本 ア イ ソ ト ー プ 協 会
お よ び 法 人
発 行

113 東京都文京区本駒込二丁目 28 番 45 号

電 話 (03)946-7111

振 替 東京 8-143345

発売所 丸 善 株 式 会 社

電算写植 レオ・プロダクト

印刷・製本 (株)萬友社