

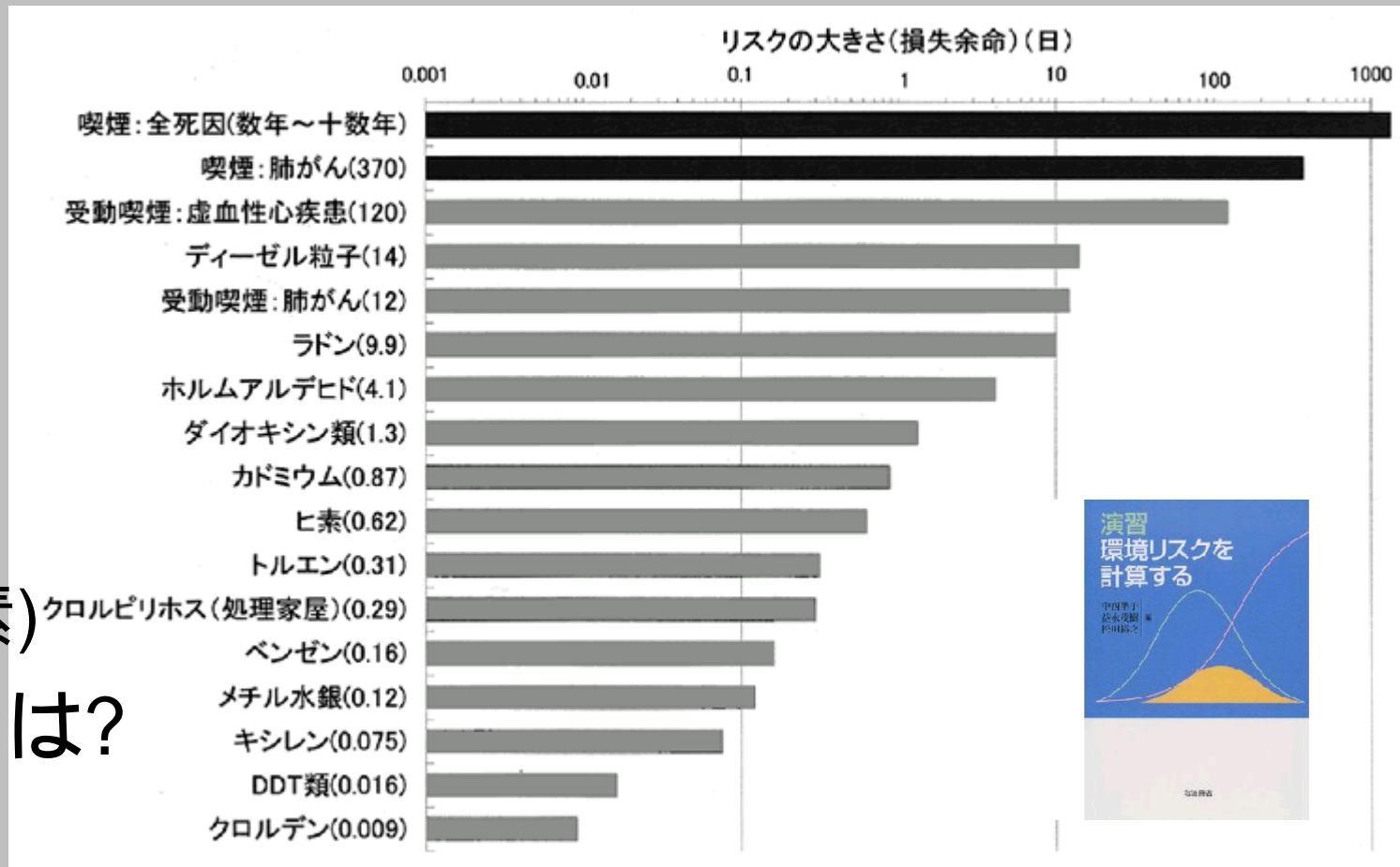
毒性物質や放射線などの 生活環境リスクについて

大阪工業大学 工学部 環境工学科
廃棄物共存工学研究室

教授 渡辺信久

“リスク”のことを学ぶきっかけ 損失余命によるリスクランキング by 中西・益永・松田

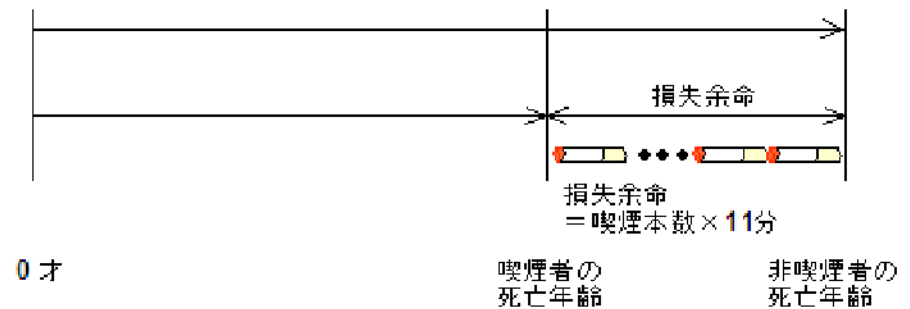
- たばこ
- ベンゼン
- 環境基準
- 作業環境
- 天然リスク
- ラドン (ヒ素)
- 損失余命とは?
- 10^{-5} とは?



(出所:中西準子、益永茂樹、松田裕之編「演習 環境リスクを計算する」岩波書店 2003)

ひとつ解き明かしました: たばこの損失余命: 3~11分/本

- 「たばこ1本で命が11分短縮される」(2000年Jan 1 British Medical Journal(BMJ))



NIPPON DATA 80(2007)での調査結果からの考察

40歳時点での平均余命で比較を行い、表の結果を得ました。先ほどのイギリスの例と同じような計算をしてみましょう。たばこを吸い始める年齢を20才とし、死ぬまで40才時点でのペースで吸い続けるとして計算をすると、たばこ1本あたりの損失余命は3.0 ~ 7.6 分/本となりました。

表 喫煙量と余命の関係

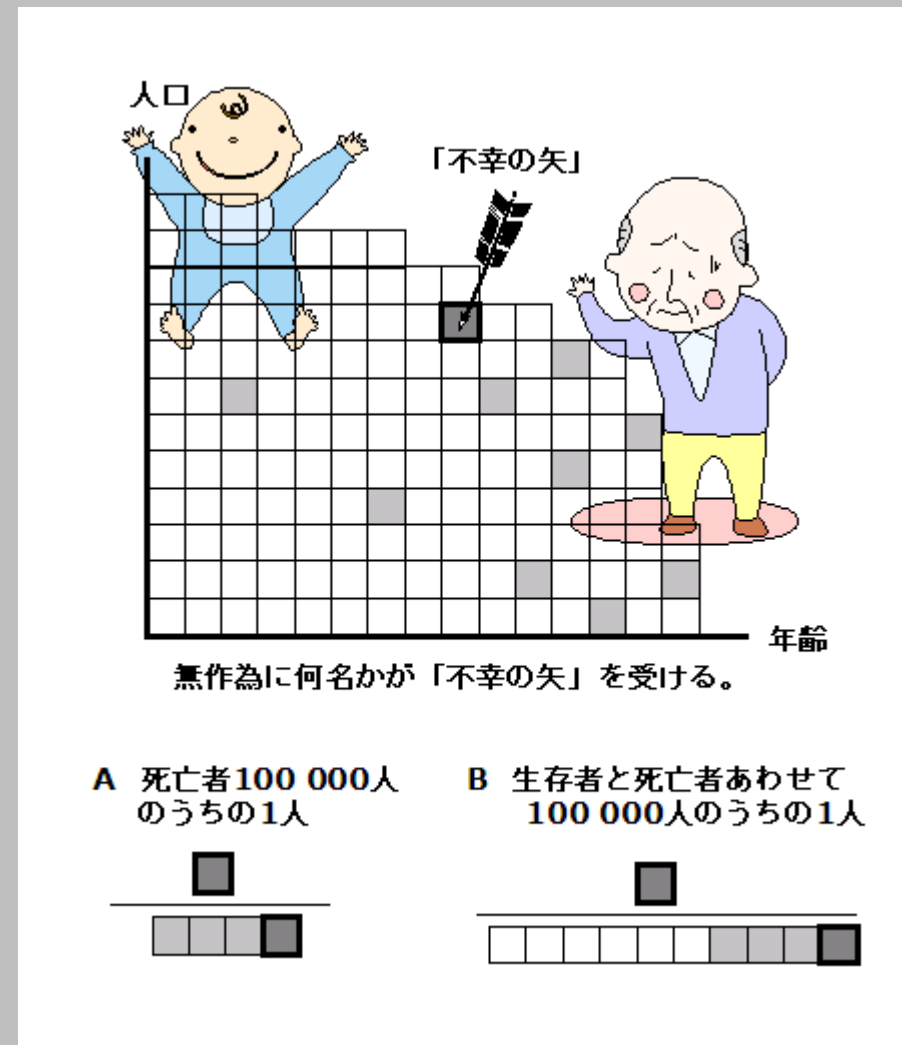
NIPPON DATA 80の結果	たばこ1本あたりの損失余命の推定
40歳の時点での余命(本数/日)	損失余命の計算
非喫煙者 で 42.1年	
1箱/日未満で 39.0年 (10本)	$(42.1 - 39.0) / ((20+39.0) \times 365 \times 10) = 7.57 \text{ 分/本}$
1~2箱/日 で 38.8年 (20本)	$(42.1 - 38.8) / ((20+38.8) \times 365 \times 20) = 4.04 \text{ 分/本}$
2箱/日以上で 38.1年 (50本)	$(42.1 - 38.1) / ((20+38.1) \times 365 \times 50) = 3.02 \text{ 分/本}$



出所: 渡辺信久・岸本直之・石垣智基「図説 わかる 環境工学」(学芸出版社 2008)

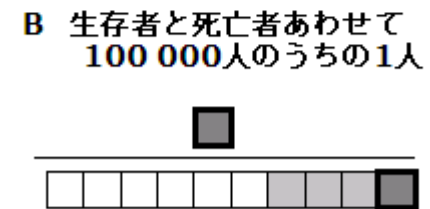
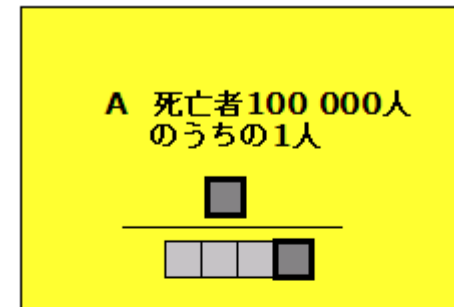
リスクの表現方法 について「 10^{-5} って」

- 言葉の意味は「その事象によって発がん死する人が100 000分の1」です。
- それではクイズです。生命表にランダムに「不幸の矢」があたると考えます。
- 生涯過剰発がんリスク (Life time excess cancer risk) 10^{-5} とは、AあるいはBのどちらでしょう。



生涯過剰発がんリスクとは「死亡者のうちの割合」

- Life time excess cancer risk とは、死亡者100 000人のうち、「その事象によって発がん死した人」が1人であるという意味です。
- 我が国の場合、毎年の死亡者が約1 200 000人なので、 10^{-5} リスクを原因とする死は、年間に12人です。
 - B は、「人口100 000人のうち、毎年、1人ずつ、その事象で発がん死する」と解釈できますが、最近は、あまり使われません。



環境基準「大気中ベンゼン $3 \mu\text{g m}^{-3}$ 」は、 10^{-5} で定められた

- Unit Risk もしくは Slope Factor でリスク見積もりができる。
 - 米国 EPA: Integrated Risk Information Systemで公開されている。
 - 生涯にわたって、継続暴露する場合の、リスクを算定する際に、用いられる係数である。

$$\text{過剰生涯発がんリスク} = 5 \times 10^{-6} \frac{1}{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}} \times 3 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = 1.5 \times 10^{-5}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$

大気ユニットリスク の中央値 (USEPA IRIS)	大気中濃度 (日本国環境基準)
-----------------------------------	--------------------

ベンゼンの管理濃度(労働安全衛生)は 10^{-3} で定められ、1 ppmです。なぜ?

●大気中ベンゼン環境基準

- $3 \mu\text{g m}^{-3}$ at $25 \text{ }^\circ\text{C}$ は
0.96 1 ppbVに等しい。
- 1 ppbV は、概ね、
 10^{-5} リスクである。

	環境基準	管理濃度
10^{-3}		1 ppm
10^{-4}		
10^{-5}	$3 \mu\text{g m}^{-3} = 1 \text{ ppb}$	

- 労働安全衛生での管理濃度は 10^{-3} リスクで定められているが、1 ppbVの100倍ではなく、
1000倍の1 ppmVで定められている。
- すなわち、リスク100倍、濃度1000倍である。なぜか?

環境大気の生涯曝露時間は、労働曝露時間の10倍だから

- 生涯曝露は、700 800 時間(寿命 80年として)
- 労働曝露は、72 000 時間 (週40 時間労働、45週/年、40年間の就労として)
- 労働曝露は、生涯曝露の10分の1だから、10倍の濃度で等価になる。
- 従って、リスク計算をするにあたっては、曝露時間を考慮して計算しなければならない。

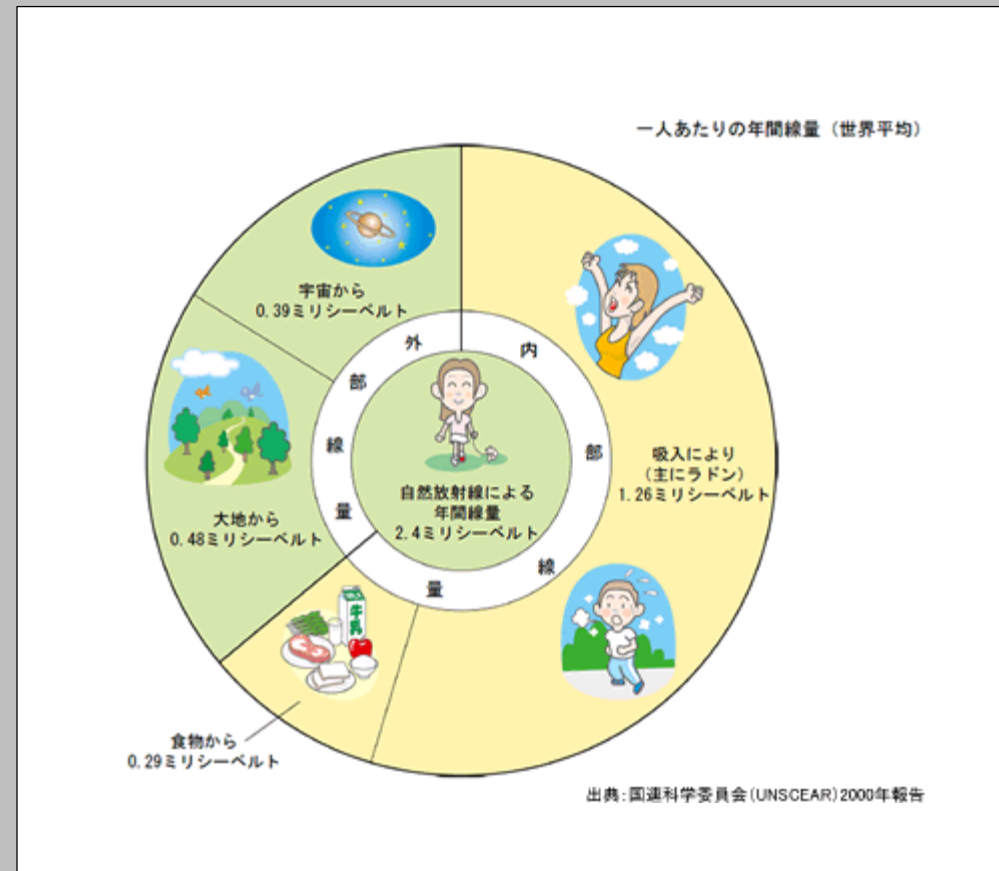
	環境基準	管理濃度
生涯曝露時間	$80 \text{ y} \times 365 \frac{\text{d}}{\text{y}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}$ = 700 800 h	$40 \text{ y} \times 45 \frac{\text{w}}{\text{y}} \times 40 \frac{\text{h}}{\text{w}}$ = 72 000 h
10^{-3}		1 ppm
10^{-4}		
10^{-5}	$3 \mu\text{g m}^{-3} = 1 \text{ ppb}$	

10⁻⁵へのチャレンジ

- 「10⁻⁵をリスク受容の目安」もしくは、ALAP(As low as possible)を唱えていれば、学者としての我が身を守ることができます(最近型御用学者)。
- 一方で、リスクを取り除くためのコストを真剣に考えれば、「それくらいは、仕方がないだろう」という意見を持つ人も出てくる。
- そもそも、私たちは、10⁻⁵を上回るリスクを受け入れている。まずは、それをよく知っておきたい。

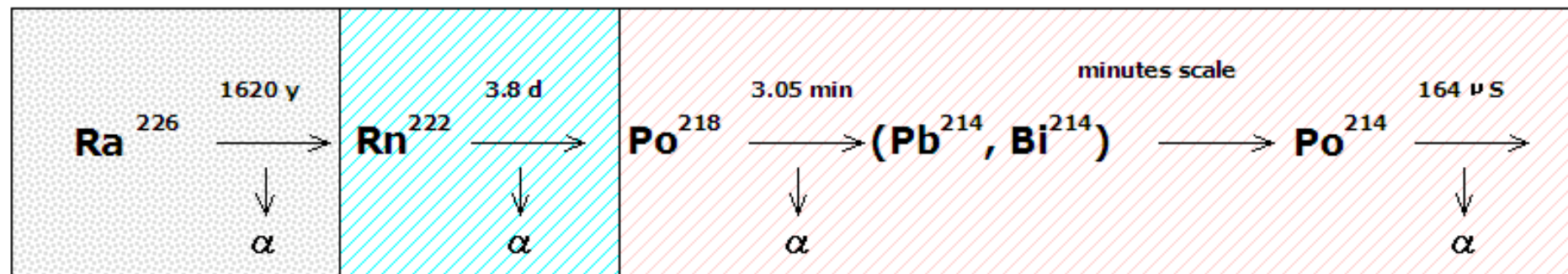
10⁻⁵を上回るリスクの例: ラドンによる肺がん

- 自然放射線: 2.4 mSv y⁻¹
- そのうち、1.26 mSv y⁻¹は、ラドンの吸入によるもの
- その他は、食物、大地、宇宙線である。



ラドンについてももう少し詳しく

- ラドン (Rn222)は、地中やコンクリートに含まれるラジウム(Ra226)を親核種として、大気中に放出される(ラジウムの半減期は1620 y)。
- ラドンは、不活性ガスなので、吸入しても、すぐに排出される。
- しかし、ラドン(半減期3.8 d)から生成する娘核種 (ポロニウム (Po218、Po214)など)は、粒子状で大気中に浮遊し、肺に沈着し、放出されるα線が内部被曝をもたらす(年間被曝線量は約1 mSv)。
- 最初は、鉱山労働者の肺がんの多発から見つかった。



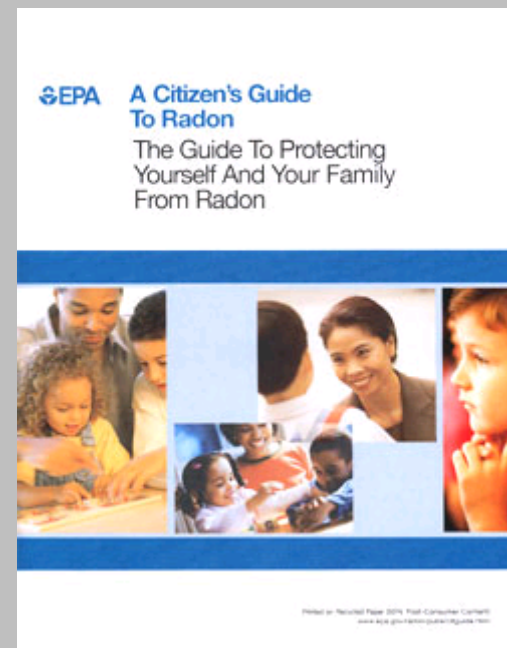
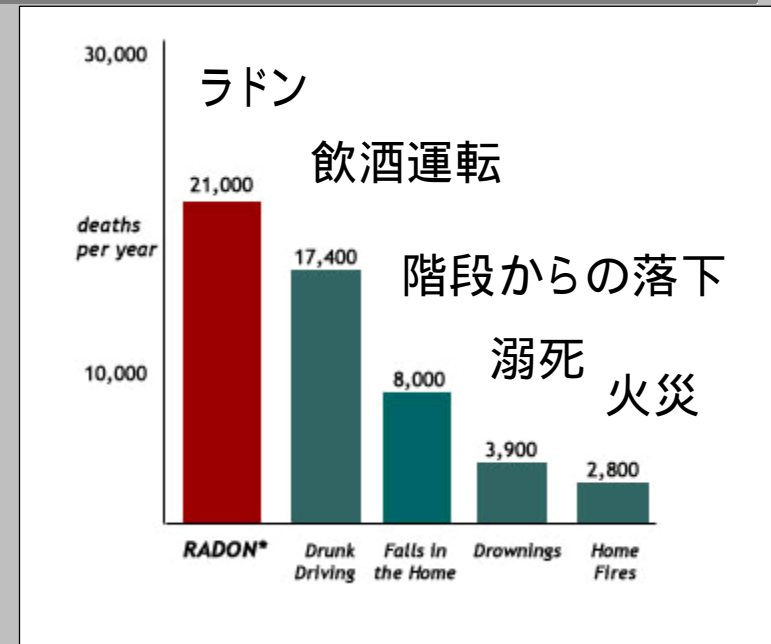
地中
コンクリート 等

気中(ガス状:
吸っても、
吐き出される)

粒子状(吸入すると肺に沈着する)

肺がん死の10人に1人はラドンが原因(US EPA)

- ラドン肺がんによる年間死者数は21 000人(米国EPAでの市民向けパンフレット)
- 米国での肺がん死者数は、160 000人(2007)
- 日本にあてはめると、
 - 肺がん死者 67 000 人
 - そのうち、5000 人くらいは、「ラドン肺がん」なのではないか(後述)。



ラドンレベルの高い家では肺がん死が多くなるので改修を推奨(US EPA)

- 2 pCi L⁻¹ で 非喫煙者1000人中4人が肺がんを患う
- 1.3 pCi L⁻¹ (平均室内ラドンレベル) で非喫煙者1000人中2人が肺がんを患う
- 平均屋外ラドンレベル 0.4 pCi L⁻¹
- 喫煙者もしくは喫煙経験者はさらにリスクが高まる

Radon Risk If You've Never Smoked

Radon Level **If 1,000 people who never smoked were exposed to this level over a lifetime*...**

20 pCi/L **About 36 people could get lung cancer**

10 pCi/L **About 18 people could get lung cancer**

8 pCi/L **About 15 people could get lung cancer**

4 pCi/L **About 7 people could get lung cancer**

2 pCi/L **About 4 person could get lung cancer**

1.3 pCi/L **About 2 people could get lung cancer**

(Average indoor radon level)

0.4 pCi/L

(Average outdoor radon level)

Note: If you are a former smoker, your risk may be higher.

ICRPの名目リスク係数からも同様の計算ができる

- 国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) は、1990年勧告(Pub 60)および2007年勧告(Pub 103)で、名目リスク係数(Nominal Risk Coeff)を述べている。「低線量」、「集団」に対して適用される。

がんのNominal Riskを
 $5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ として
計算すると、

表3 がんと遺伝子的影響に関する損害リスク係数 (10^{-2} Sv^{-1})

被ばくした集団	がん		遺伝的影響		合計	
	1990	2007	1990	2007	1990	2007
全体	6.0	5.5	1.3	0.2	7.3	6.0
成人	4.8	4.1	0.8	0.1	5.6	4.0

ラドン の場合 我が国での平均的な被曝量は 1 mSv y^{-1} である。

寿命 80 年とすると、生涯でのラドン被曝は、 $80 \text{ mSv / lifetime}$

$$0.08 \text{ Sv lifetime}^{-1} \times 5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1} = 0.004 \text{ lifetime}^{-1}$$

すなわち、寿命80年としたときの、1000人の死者のうちの4人は、「ラドン肺がんで死んだ」勘定になる。

$$1\,200\,000 \text{ 人/年} \times 0.004 = 4800 \text{ 人 (ラドン肺がんによる死)}$$

各リスクを一覧

- 環境基準として定められている 10^{-5} は、天然由来や労働安全衛生のリスクより、2桁程度低いところに設定されている。
- しかし、現在の世論を見ていると、additional risk に強く関心があるようだ。
- 天然リスクを直視することが、今後の、リスク認知に重要と考える。

