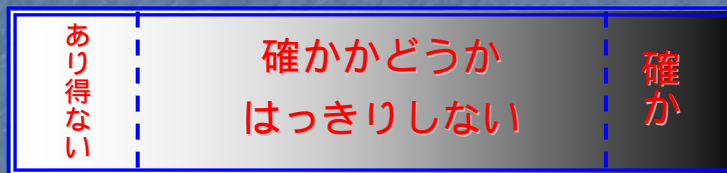


低線量被曝リスク評価に関する 話題紹介と問題整理

今中哲二

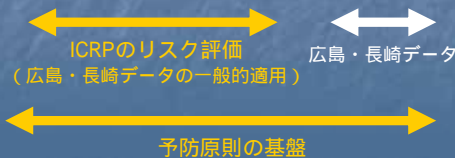
考え方の整理 (1)

ものごとの「確かさ」



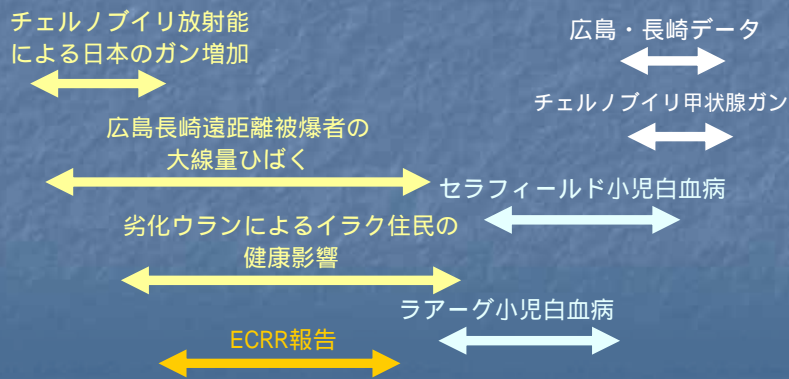
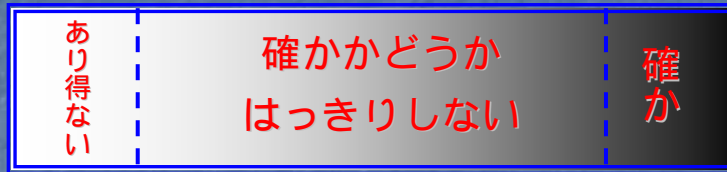
生物学的知見や疫学的知見の弱点
普遍性に乏しい!

科学的推論の基盤
(その強み: 一貫性と普遍性)
工学的応用の基盤



考え方の整理 (2)

被曝影響データの「確かさ」(今中の認識)



< 広島・長崎データ >

被爆者寿命調査研究 (LSS) 固定集団

TABLE 1
LSS Vital Status and Cause of Death Summary by Age at Exposure as of January 1, 1998

Age at exposure	People	Alive	Total deaths	Cancer and benign tumors			Noncancer diseases			Ill-defined or unknown cause
				Solid cancers	Hematopoietic cancers	Other tumors	Blood diseases	Other diseases	External causes	
0-9	17,824	91%	1,581	456	56	21	9	664	365	10
10-19	17,558	80%	3,528	1,166	107	45	18	1,704	464	24
20-29	10,883	66%	3,725	1,202	100	52	21	2,136	199	15
30-39	12,266	31%	8,456	2,161	130	112	42	5,672	328	11
40-49	13,491	4%	12,942	2,531	127	110	69	9,639	452	14
50+	14,550	0%	14,539	1,819	62	107	63	12,066	392	30
Total	86,572	48%	44,771	9,335	582	447	222	31,881	2,200	104

Preston⁵, Radiation Research 2003

< 広島・長崎データ >

LSS固定集団の被曝線量とガン死数

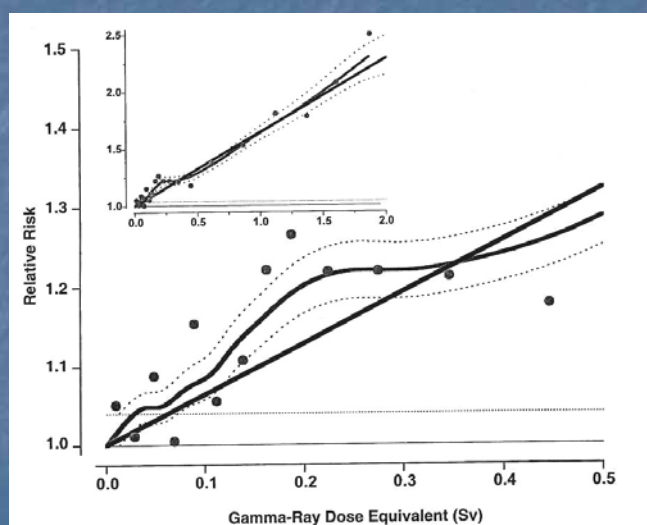
TABLE 2
Observed and Expected Solid Cancer Deaths 1950-1997 by Dose Group

Dose	People	1950-1997			1991-1997		
		Deaths	Expected background	Fitted excess	Deaths	Expected background	Fitted excess
<0.005	37,458	3,833	3,844	0	742	718	0
0.005-0.1	31,650	3,277	3,221	44	581	596	12
0.1-0.2	5,732	668	622	39	137	109	10
0.2-0.5	6,332	763	678	97	133	118	24
0.5-1	3,299	438	335	109	75	62	28
1-2	1,613	274	157	103	68	31	27
2+	488	82	38	48	20	8	13
Total	86,572	9,335	8,895	440	1,756	1,642	114

Preston⁵, Radiation Research 2003

< 広島・長崎データ >

被曝量とガン死の線量・効果関係



Pierce⁵, Radiation Research 2000

< 広島・長崎データ >

LSS固定集団の相対過剰リスク

TABLE 4
Excess Relative Risk Estimates for Selected
Dose Ranges

Dose	ERR/Sv (SE) ^a	P value ^b
0-0.05	0.93 (0.85)	0.15
0-0.1	0.64 (0.55)	0.30
0-0.125	0.74 (0.38)	0.025
0-0.15	0.56 (0.32)	0.045
0-0.2	0.76 (0.29)	0.003
0-0.5	0.44 (0.12)	<0.001
0-1	0.47 (0.10)	<0.001
0-2	0.54 (0.07)	<0.001
0-4	0.47 (0.05)	<0.001

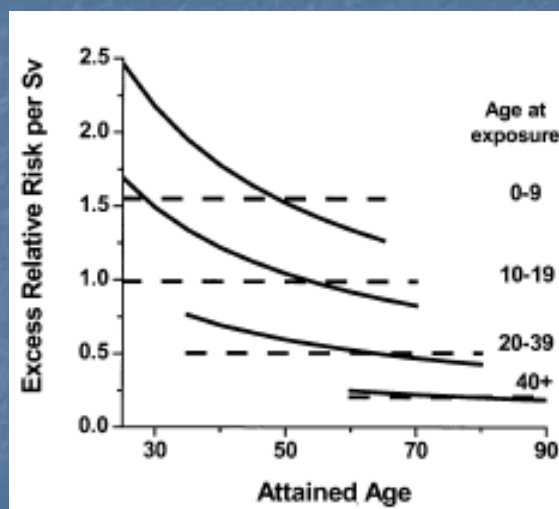
^a Sex-averaged estimates at age 70 after exposure at age 30.

^b One-sided P value for a test of the hypothesis that the slope is 0.

Preston D, Radiation Research 2003

< 広島・長崎データ >

相対過剰リスクの年齢依存性



Preston D, Radiation Research 2003

<広島・長崎データ>

非ガン死の線量・効果関係

心臓疾患

脳卒中

呼吸器系疾患

消化器系疾患

で有意.

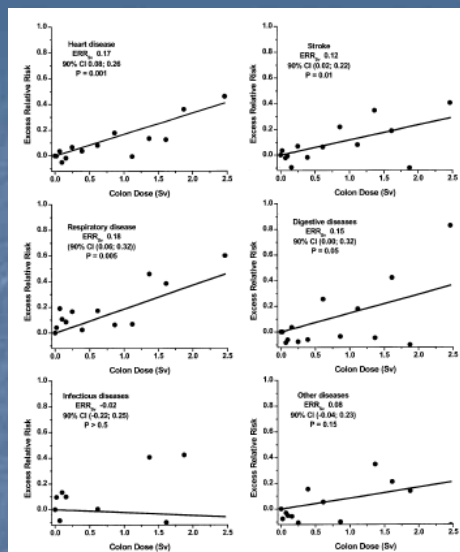


FIG. 13. Cause-specific dose-response functions for noncancer deaths. The plots display the best-fitting linear ERR models together with non-parametric ERR estimates for 20 dose categories.

<広島・長崎データ>

全非ガン死に対する線量・効果関係

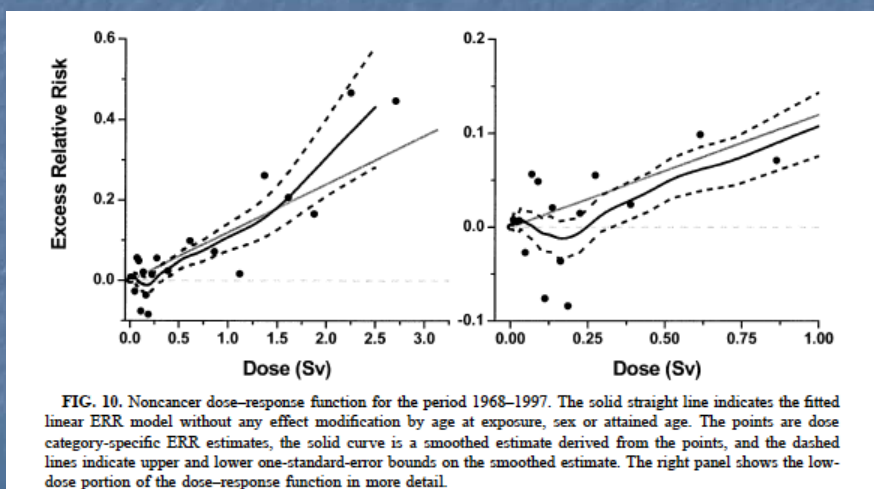
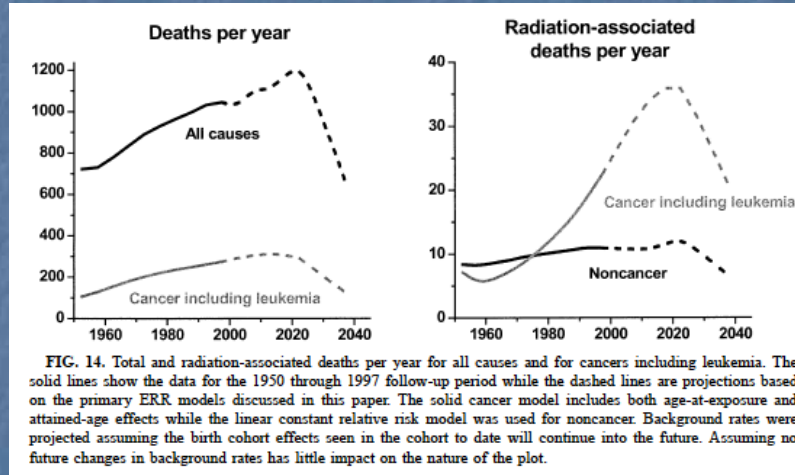


FIG. 10. Noncancer dose-response function for the period 1968-1997. The solid straight line indicates the fitted linear ERR model without any effect modification by age at exposure, sex or attained age. The points are dose category-specific ERR estimates, the solid curve is a smoothed estimate derived from the points, and the dashed lines indicate upper and lower one-standard-error bounds on the smoothed estimate. The right panel shows the low-dose portion of the dose-response function in more detail.

Preston D, Radiation Research 2003

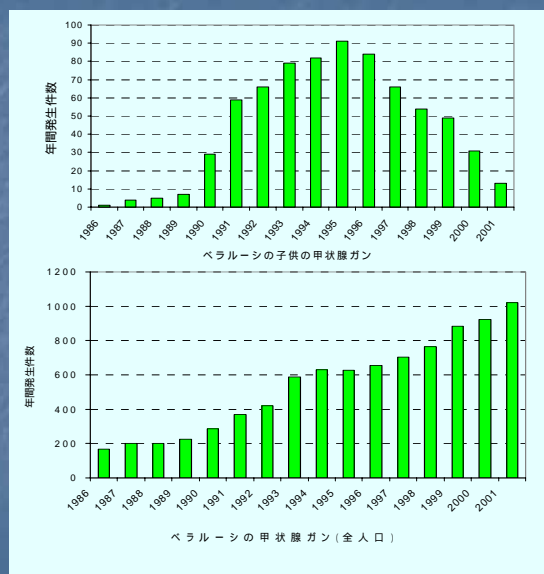
< 広島・長崎データ >

LSS集団の毎年死亡者数



Preston D, Radiation Research 2003

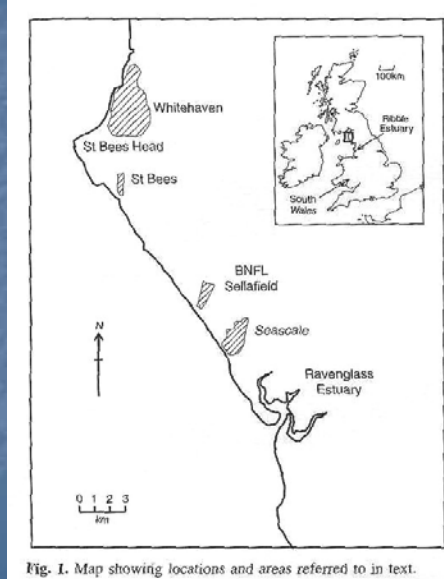
< チェルノブイリ周辺の甲状腺ガン >



ベラルーシの
甲状腺ガン
Malko 2002

<セラフィールドの子供白血病>

再処理工場とSeascaleの位置



Hunt,
Health Physics
1997

<セラフィールドの子供白血病>

Seascaleの子供白血病発生率（0～14歳）

TABLE IV—Age standardised annual incidence of specific cancers per million children aged 0-14 years in specified areas of Cumbria

Year	Seascale ward		Allerdale and Copeland minus Seascale ward		Rest of Cumbria	
	No	Age standardised rate	No	Age standardised rate	No	Age standardised rate
<i>Lymphoid leukaemia and non-Hodgkin lymphomas</i>						
1963-83	5	459.1	19	24.2	50	35.8
1984-90	1	511.2	7	32.5	26	66.4
1963-90	6	470.7	26	26.0	76	42.5

Draperら、BMJ 1993

<セラフィールドの子供白血病>

Seascaleの子供白血病症例 (0 ~ 24歳)

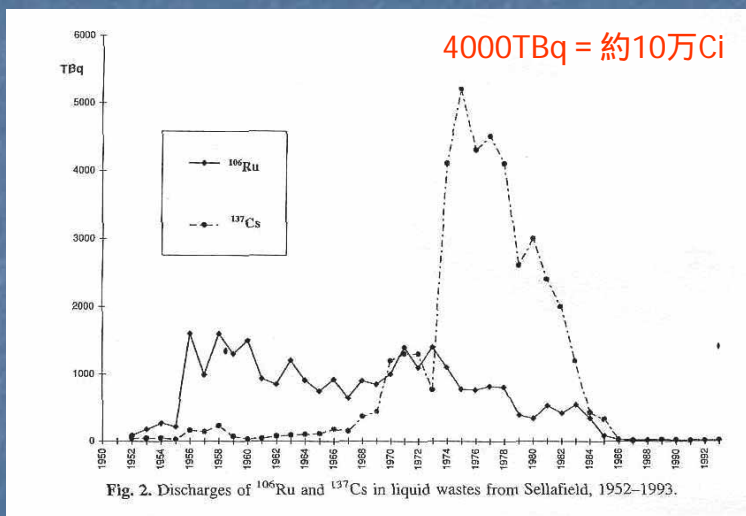
TABLE III—Details of cases of cancer occurring among people aged 0-24 years who were resident in Seascale at diagnosis, 1953 onwards

Case No	Year of birth	Year of diagnosis	Age (years)	Sex	Diagnosis	Included in present analysis	Reference No in Black report
1	1948	1954	6	M	Neuroblastoma	No	22
2	1947	1955	7	F	Acute lymphoblastic leukaemia	No	1
3	1957	1960	2	M	Acute myeloid leukaemia	No	3
4	1957	1968	11	M	Acute lymphoblastic leukaemia	Yes	2
5	1964	1968	4	M	Acute lymphoblastic leukaemia	Yes	5
6	1968	1971	2	F	Acute lymphoblastic leukaemia	Yes	6
7	1960	1975	15	F	Rhabdomyosarcoma*	Yes	26
8	1974	1979	5	F	Acute lymphoblastic leukaemia	Yes	7
9	1974	1983	9	M	Non-Hodgkin lymphoma	Yes	16
10	1982	1984	1	F	Non-Hodgkin lymphoma	Yes	17
11	1966	1985	18	M	Pinealoma	Yes	—
12	1965	1988	23	F	Non-Hodgkin lymphoma	Yes	—
13	1970	1988	17	F	Hodgkin's disease	Yes	—
14	1975	1991	16	M	Acute lymphoblastic leukaemia	No	—
15	1958	1978	20	M	Chronic myeloid leukaemia	No	4**

Draperら、BMJ 1993

<セラフィールドの子供白血病>

再処理工場からの放射性廃液放出量： ^{106}Ru と ^{137}Cs



Hunt, Health Physics 1997

<セラフィールドの子供白血病>

再処理工場からの放射性廃液放出量：Puと ^{241}Am

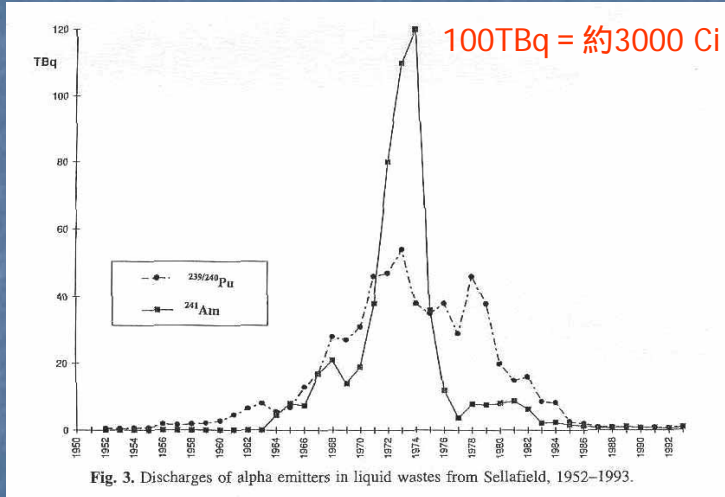


Fig. 3. Discharges of alpha emitters in liquid wastes from Sellafield, 1952–1993.

Hunt, Health Physics 1997

<セラフィールドの子供白血病>

海藻中の ^{106}Ru 濃度

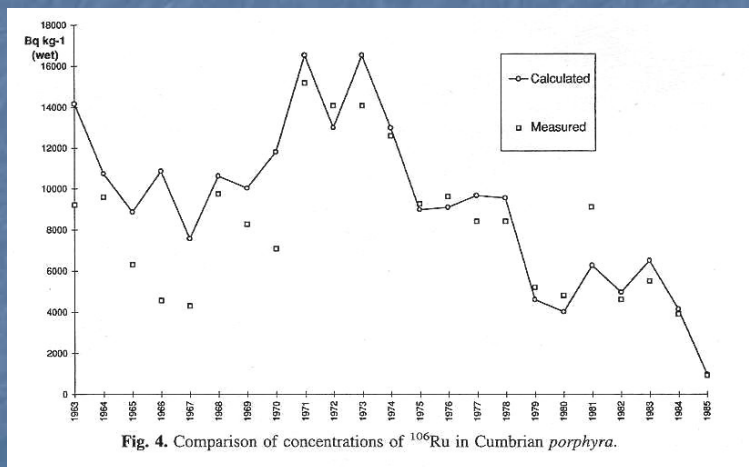
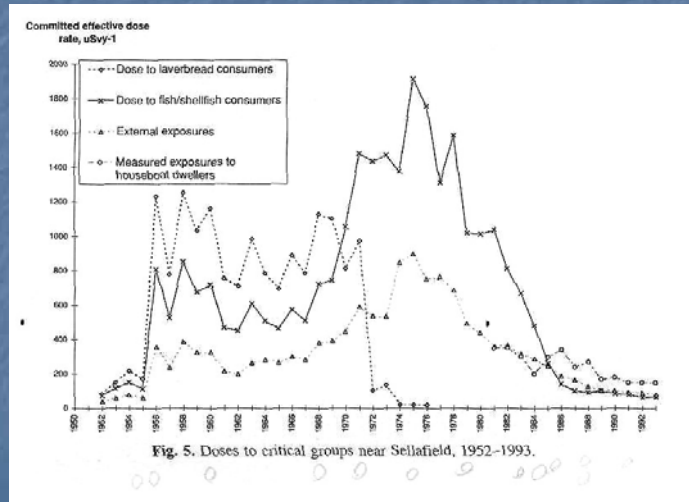


Fig. 4. Comparison of concentrations of ^{106}Ru in Cumbrian *porphyra*.

Hunt, Health Physics 1997

<セラフィールドの子供白血病>

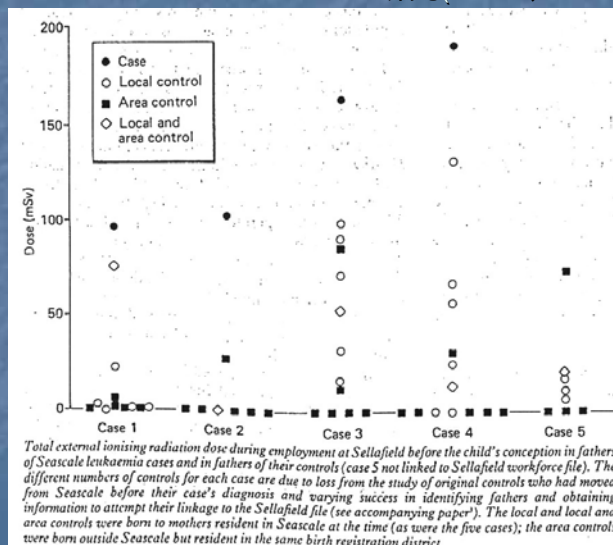
周辺住民の被曝線量評価 (経口)



Hunt, Health Physics 1997

<セラフィールドの子供白血病>

父親の被曝線量
GardnerらのCase-Control研究(BMJ、1990)



ECRR勧告への個人的感想

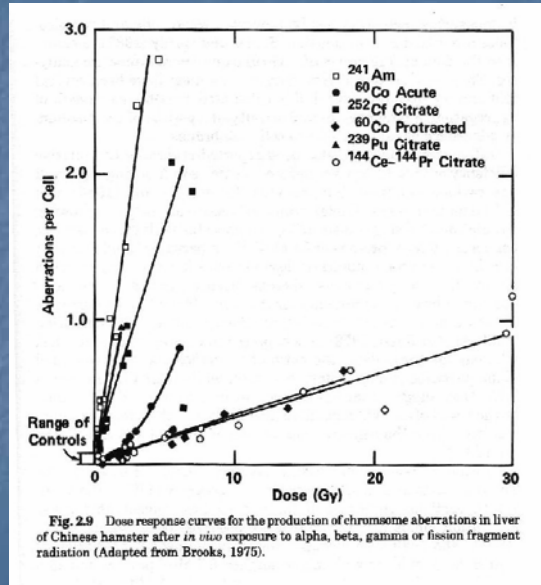
- セラフィールド小児白血病などのデータを内部被曝によって説明しようという問題提起は、仮説としては面白い。
- しかしながら、仮説を実証するデータはほとんど示されていないし、リスク評価手法全体に一貫性が認められない。

内部被曝が危険というECRRの3つの立脚点

1. ホットパーティクルが危険
(20 ~ 1000倍)
2. Sr-90が危険
(300倍)
3. 線量・効果関係に2つの山
(極低線量で影響が大きい)

内部被曝と外部被曝の比較

- ハムスター肝臓細胞の染色体異常 -



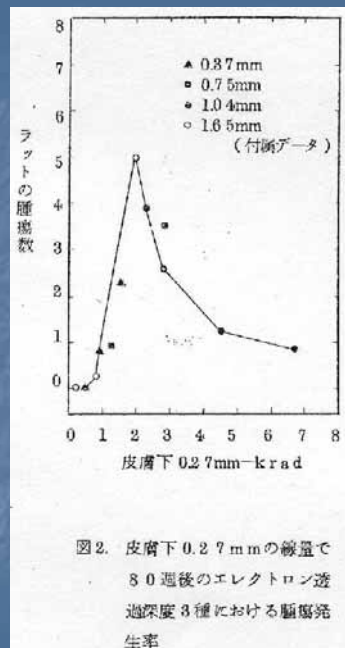
NCRP 104

1990

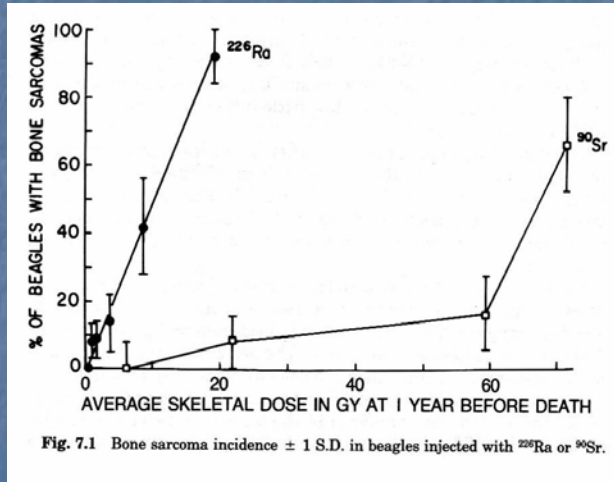
1. ホットパーティクルが危険

「タンプリンとコ克蘭が11万5000倍」と言った。

タンプリンとコ克蘭の主張の根拠となったラットの皮膚ガン実験。

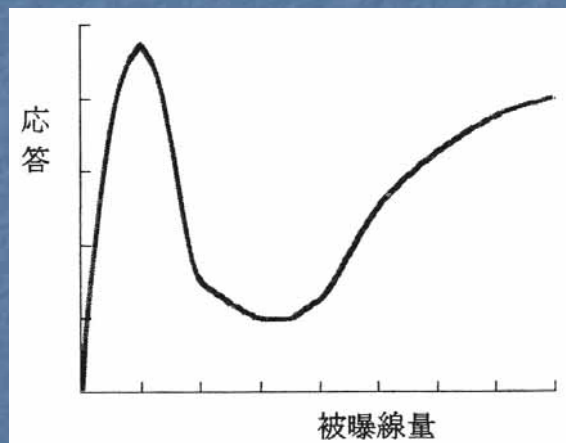


2. ビーグル犬の発ガン実験 Sr-90とRa-226の比較



NCRP 104, 1990

3. BurlakovaとBusbyの2相的線量応答



ECRR勧告 2003

ムラサキツユクサの線量反応関係

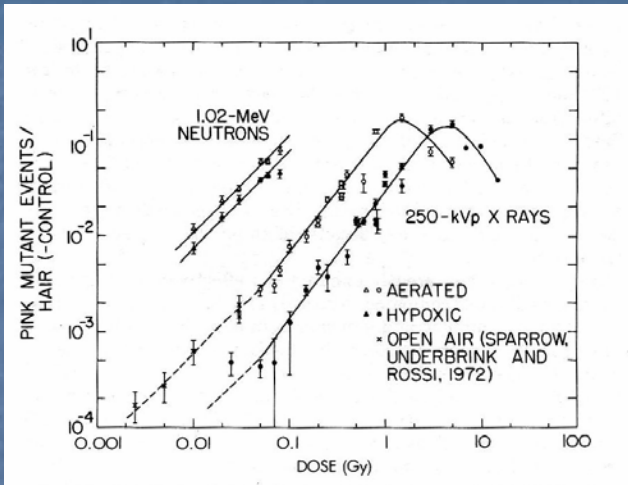


Fig. 2.1 Plot of induced pink mutant events in *Tradescantia* for 1.02 MeV neutrons and 250 kVp x rays irradiated under air and nitrogen atmospheres. (Adapted from Underbrink and Sparrow, 1974).

NCRP 104, 1990

オオムギ発芽毛根の染色体異常に関する線量効果関係

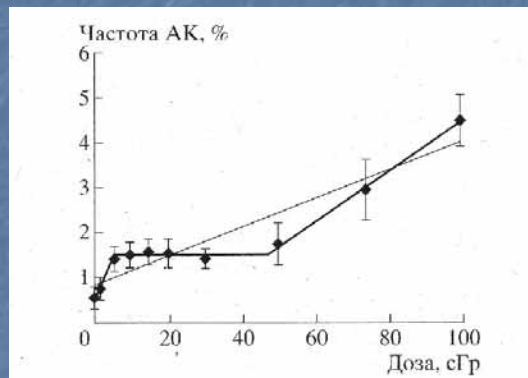


Рис. 2. Сравнение качества аппроксимации экспериментальных данных о выходе цитогенетических нарушений в проростках ярового ячменя в диапазоне малых доз с помощью линейной и кусочно-линейной моделей.

Geraskin 5, Ekologiya 2000

内部被曝に関する主な疫学データ

	集団規模	核種	主な影響
➤ トロトラスト患者	6000人	Th232	肝ガン、白血病
➤ Ra224投与患者	800人	Ra224	骨ガン
➤ ラジウムダイアルペインター	2800人	Ra226	骨ガン
➤ ウラン鉱山労働者	3万人	ラドン娘	肺ガン
➤ マンハッタン計画労働者	26名	Pu239	肺ガン、骨ガン
➤ ロッキーフラッツ火災事故	25名	Pu239	?
➤ マヤック労働者	2万人	Pu239 + E	肺ガン、肝ガン、白血病
➤ テチャ川流域住民	3万人	Sr90 + E	白血病、固形ガン
➤ マヤック廃棄物爆発事故	3万人	Sr90	?

まとめ

- ECRRのリスク評価は、「ミソもクソも一緒」になっていて付き合いきれない。
- ECRRに安易に乗っかると、なんでもかんでも「よく分からない内部被曝が原因」となってしまう。
- 湾岸戦争でのDU弾使用とその後のバスラ住民の「健康悪化との相関関係」に関するデータはたくさんあるが、「放射線被曝との因果関係」を示唆するデータはほとんどない。

最後に

いろいろな立場の「土俵とルール」

