

放射性物質汚染対策顧問会議
「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ」での意見陳述

チェルノブイリ事故対応からの示唆

平成23年11月15日 東海大学校友会館「望星の間」

長崎大学特任教授 柴田義貞

本日の説明の骨子

- 背景
- リスクと安全、安心
- チェルノブイリ原発事故
 - 一般住民の被曝線量
 - 健康影響
 - 環境汚染
- ECRRについて
- 意見の骨子

背景

- ・ 福島第1原子力発電所の事故は、国際原子力事象評価尺度（INES）でレベル7とされた、我が国における未曾有の原発事故である。
- ・ INESのレベルはチェルノブイリ原発事故と同一であるが、放出された放射性物質の量は現在までのところチェルノブイリ原発事故の10%程度であり、事故の原因およびその放出の態様も異なる。
- ・ 旧ソ連時代に起ったチェルノブイリ原発事故と異なり、科学技術の先進国として一目置かれていた日本で発生した深刻な原発事故として、その収束はもとより、周辺地域住民および現在も事故の収束に向けて懸命に働いている作業員の将来の健康は、世界の注目するところとなっている。
- ・ 事故から8か月が過ぎたが、この間チェルノブイリ原発事故に学んだ行動がとられることは少なく、これまで世界の放射線医科学者等が合意形成してきた科学的事実を否定するような、根拠のない言説がインターネットや週刊誌を通して吹聴され、多数の市民、とくに小さな子どもの母親や妊婦を不安に陥れてきた。



リスクと安全

リスク: 有害事象の発生確率とそれによる被害の程度を表す複合的尺度。

安全: ある物のリスクが受容可能と判断されれば、それは安全である。

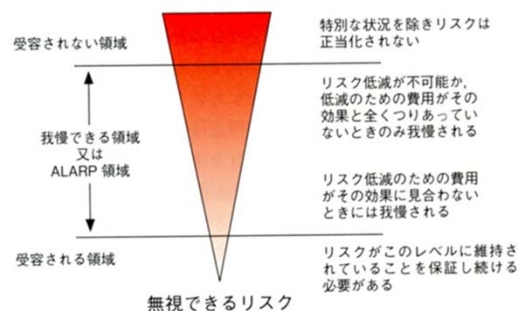
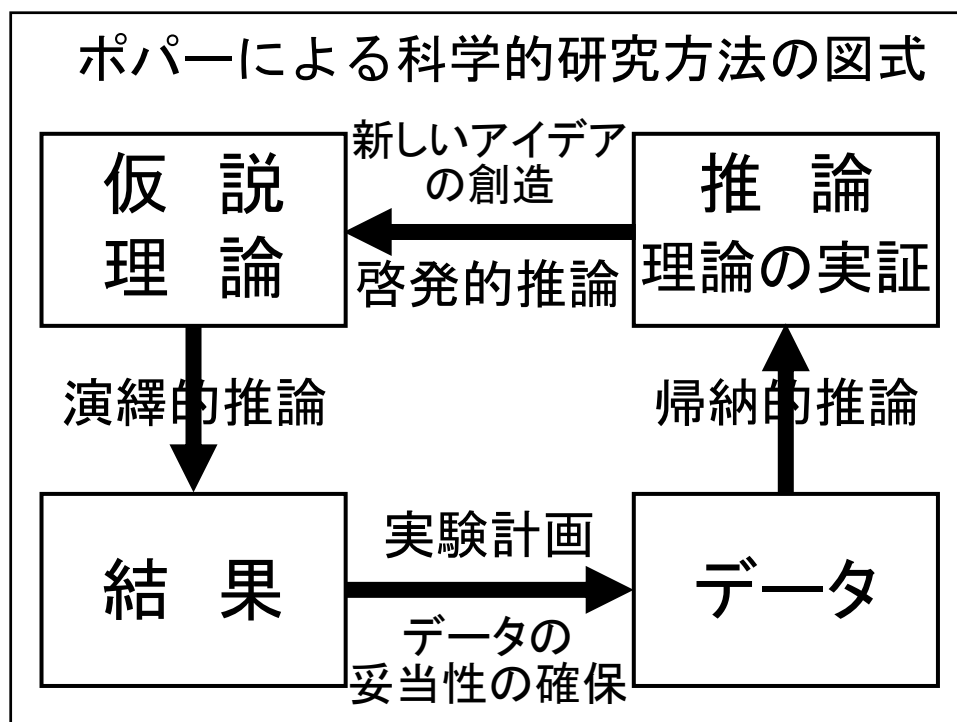


図9. リスクのレベルと ALARP.

ALARP: as low as reasonably practical

リスク認知を高めるもの

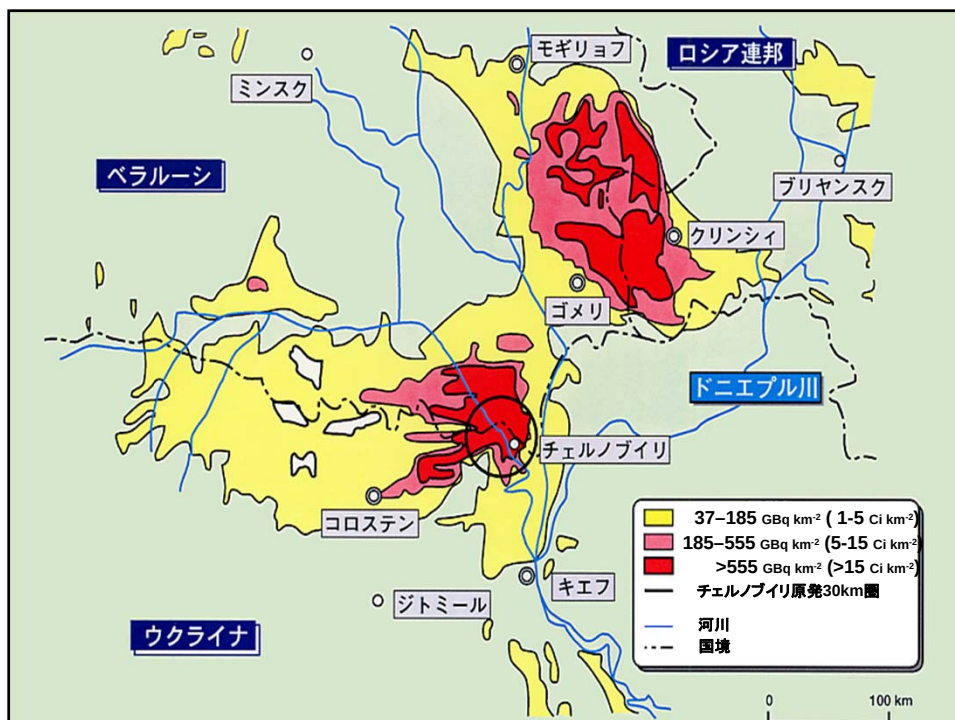
- ✓非自発的にさらされる
- ✓不公平に分配されている
- ✓個人的な予防行動では避けることができない
- ✓よく知らない、あるいは新奇なものである
- ✓人工的なものである
- ✓隠れた、取り返しのつかない被害がある
- ✓小さな子供や妊婦に影響を与える
- ✓通常とは異なる死に方(病気、けが)をする
- ✓被害者が身近にいる
- ✓科学的に解明されていない
- ✓信頼できる複数の情報源から矛盾した情報が伝えられる



● 因果関係のための観察的基準

- (1) 時間的順序※
- (2) 一致性
- (3) 関連の強固さ
- (4) 生物学的勾配(量反応関係)
- (5) 結果の特異性
- (6) 傍証と生物学的妥当性

- ※ Post hoc ergo propter hoc
(after this therefore on account of this)
- ※ 命題「Hが真ならばBは真でなければならない」は正しい
「Bは真である」したがって「Hは真でなければならない」



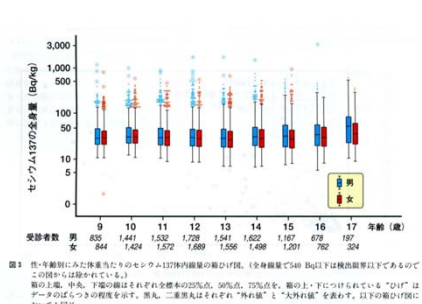


図3 性別・年齢別にみた体重当たりのセシウム137体内臓器の濃度の分布。(全身臓器で540 Bq以下は検出限界以下であるのでこの値からは除かれている。)

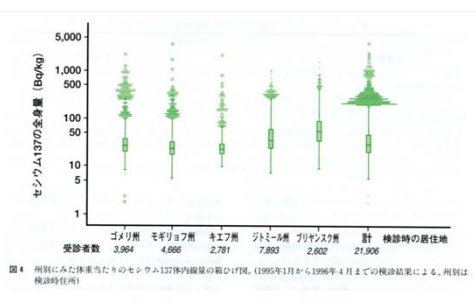
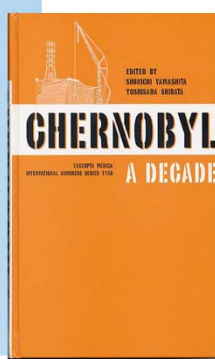


図4 州別にみた体重当たりのセシウム137体内臓器の濃度の分布。(1995年1月から1996年4月までの検査結果による。州別は検査時住所)

ULTRASONOGRAPHIC THYROID ABNORMALITIES BY REGION AND SEX IN CHILDREN AGED 0 - 10 AT THE TIME OF THE ACCIDENT (1991 - 1996)

Diagnosis	Region														
	Mogilev (23,531)			Gomel (19,273)			Bryansk (19,918)			Kiev (27,498)			Zhitomir (28,958)		
	B	G	%	B	G	%	B	G	%	B	G	%	B	G	%
Goiter	2,231	2,931	219	1,355	2,053	177	3,666	4,480	409	6,634	8,194	539	4,473	6,453	377
Abnormal echogenity	91	188	11.9	332	604	48.6	172	251	21.2	246	588	30.3	38	87	4.3
Cystic lesion	19	25	1.9	59	63	6.3	56	51	5.4	18	40	2.1	34	137	5.9
Nodular lesion	5	19	1.02	130	212	17.7	46	53	5.0	13	33	1.7	23	43	2.3
Cancer	1	1	0.08	12	25	1.92	3	5	0.40	2	4	0.22	4	5	0.31
Anomaly	16	19	1.5	67	73	7.3	7	8	0.8	4	7	0.4	17	19	1.2

Figures in parentheses are the number of children (boys and girls) examined.
B : boys, G : girls, % : permillage of children (boys and girls) with the respective abnormalities.



ウクライナ、ロシア、ベラルーシにおける 小児甲状腺がん発生数の年次推移

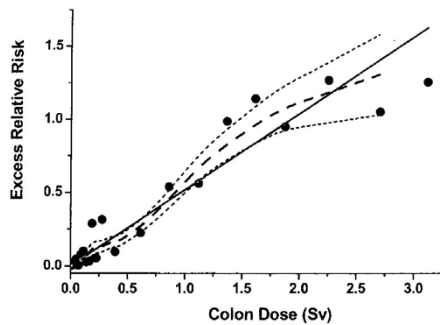
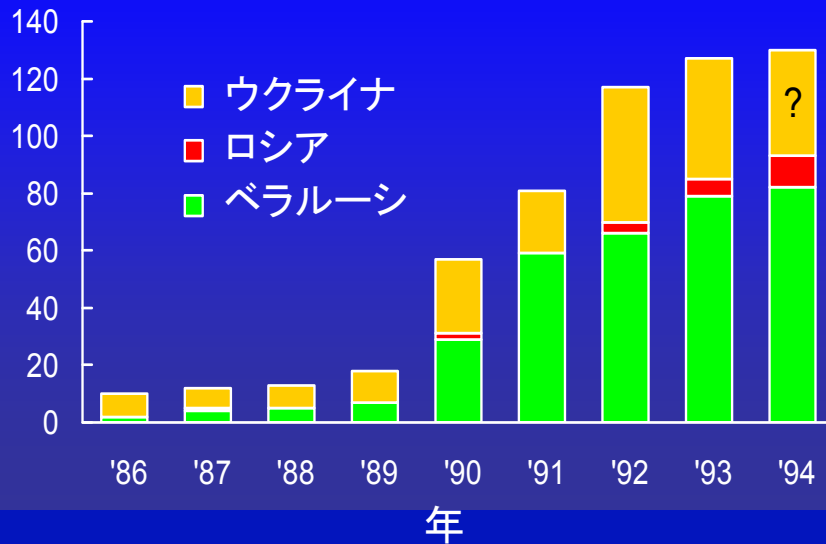


FIG. 2. Solid cancer dose-response function averaged over sex for attained age 70 after exposure at age 30. The solid straight line is the linear slope estimate, the points are dose category-specific ERR estimates, the dashed curve is a smoothed estimate derived from the points. The dotted curves indicate upper and lower one-standard-error bounds on the smoothed estimate.

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.

Sv =シーベルト SE =標準誤差

$$\rho(d) = \beta d + \gamma d^2 \quad \text{線形-2次}$$

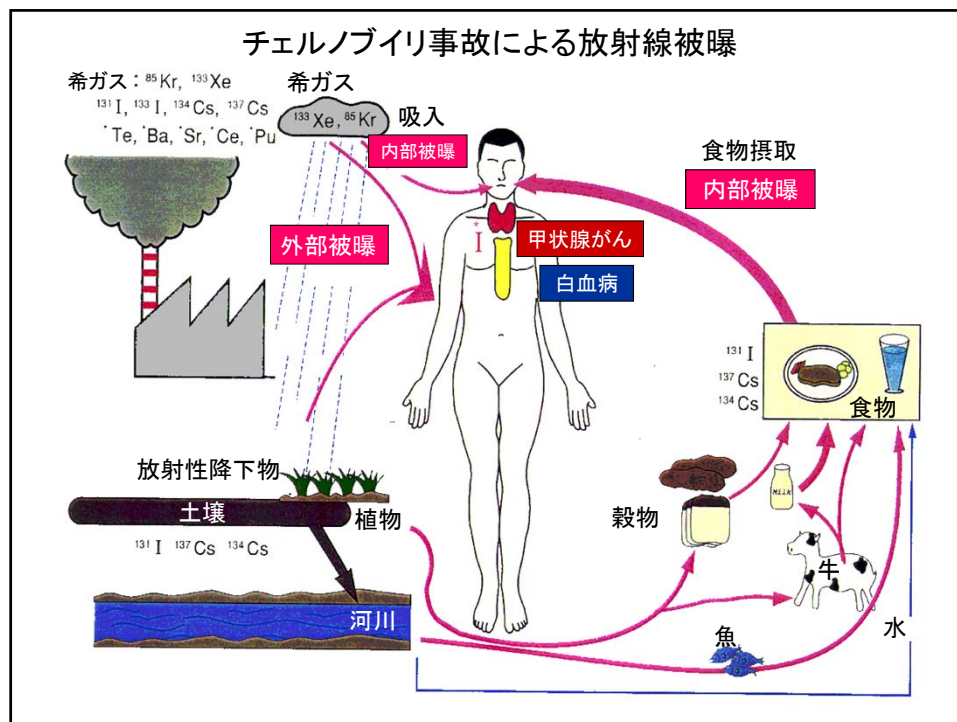
$$\rho(d) = \gamma d^2 \quad \text{2次}$$

$$\rho(d) = \begin{cases} \beta(d - d_i) & d > d_i \\ 0 & d \leq d_i \end{cases} \quad \text{線形・閾値あり}$$

$$\rho(d) = \delta_j d_{j-1} \leq d < d_j \quad \text{“ノンパラ”}$$

Excess Relative Risk (ERR)=過剰相対リスク

$$\text{ERR} = \frac{(\text{被曝群における発生率}) - (\text{非被曝群における発生率})}{\text{非被曝群における発生率}}$$



事故前後に生まれた子供における 甲状腺疾患有病率の比較

仮説

激増した小児甲状腺がんの原因が検診効果など事故直後の放射線被曝以外の要因によるものであると仮定すれば、事故前後に生まれたチェルノブイリ周辺の子供を同一プロトコルで検診した場合、両群で観察される甲状腺がんを含む甲状腺異常の頻度には大差がないはずである。

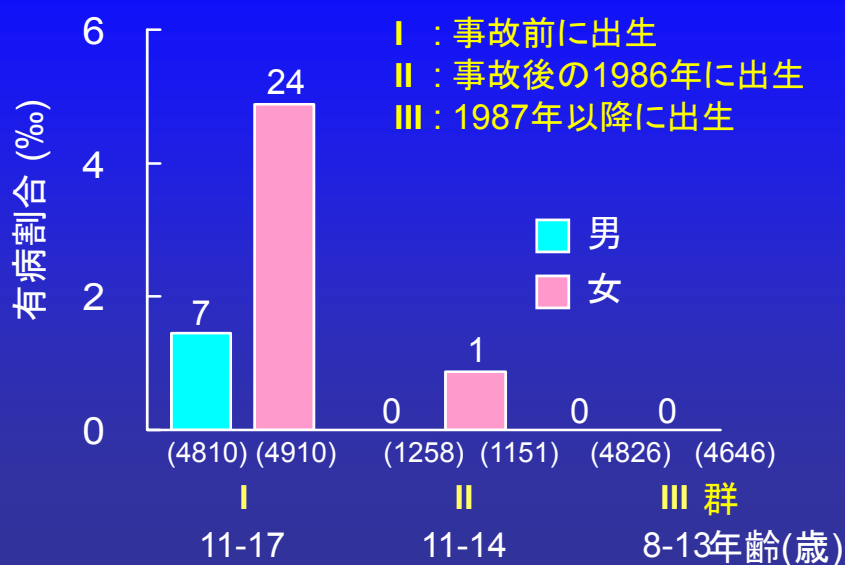
対象者

ベラルーシ共和国ゴメリ州のレチツ、
ロエフ、ゴメリおよびホイニキの4地区
ならびにゴメリ市在住の1983－1989
年生まれの子供21,601人

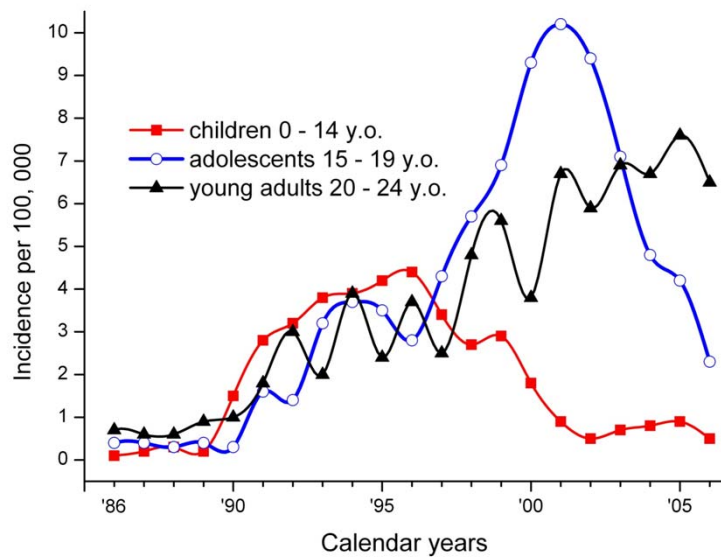
調査期間

1998年2月－2000年12月

ベラルーシ共和国ゴメリ地区における
甲状腺がんの有病割合(1998－2000年)



Annual Incidence of thyroid cancer in Belarus by age at diagnosis



Source: Demidchik YuE, Saenko VA, Yamashita S, *Arq Bras Endocrinol Metab* 2007



Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes



Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts

and
**Recommendations to the
Governments of Belarus,
the Russian Federation and Ukraine**



The Chernobyl Forum: 2003-2005
Second revised version

チェルノブイリ事故におけるCs-137による地表汚染度*

1480 kBq/m ² (40 Ci/km ²) 以上	立ち入り禁止 地域	約12万人 約800人(大半は老人) が戻っているが、黙認
平均被ばく線量(1986年の強制移住者): 33 mSv		

555 kBq/m ² (15 Ci/km ²) 以上	放射線嚴重 管理地域	一時的居住地域 農業は禁止 約27万人が居住
平均被ばく線量(1986－2005): 50 mSv 以上		

37 kBq/m ² (1 Ci/km ²) 以上	汚染地域	500万人以上が居住
平均被ばく線量(1986－2005): 10－20 mSv		

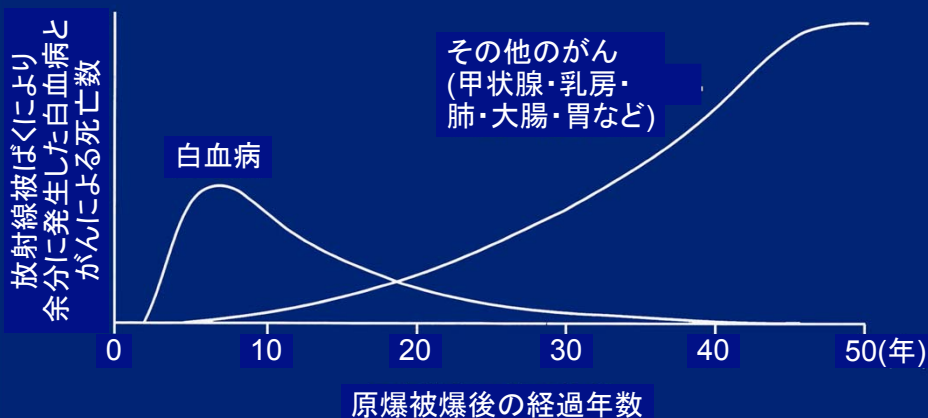
*Chernobyl's Legacy 2nd ed, IAEA, 2006

チェルノブイリ周辺住民の体内被曝線量

- 放射線嚴重管理地域の住民
 - ✓事故後20年間における累積線量は50 mSv 以上
 - ✓住民の中には数百 mSv 被曝
- 汚染地域の住民
 - ✓事故後20年間における累積線量は10－30 mSv 以上
- 内部被曝の寄与割合は、ロシアとベラルーシで38%、
ウクライナでは55%
- 上述の累積線量の80%、20%はそれぞれ事故後最初の10年間、
および後半の10年間における被曝が寄与
- 事故後20年以降における年間被曝線量の減少は遅く、年間3－5%
と期待される

Chernobyl's Legacy 2nd ed, IAEA 2006

放射線被ばくによって白血病とがんが
どれだけ余分に発生したか
(原爆被爆後の経過年数による) (模型図)



チェルノブイリ原発事故の健康影響

- 急性放射線障害 (ARS)—入院した237名中134人
 - ✓28人が事故後3ヶ月以内に死亡
 - ✓別の15人が事故後20年以内に死亡
 - ✓多くの場合、死因は放射線被曝とは無関係
- 小児甲状腺癌
 - ✓2002年までに、ロシア、ベラルーシおよびウクライナにおいて4000人以上の子どもが甲状腺癌を発症
 - ✓原因は高濃度の放射性ヨウ素に汚染された牛乳の摂取—事故当時7歳以下の子ども3400人以上が2 Sv 以上の被曝を受け、そのうちゴメリでは300人以上が10 Sv 以上の被曝を受けた
- 白血病を含め、他の疾患の増加は確認されていない
- 最大の健康影響は症状のない精神障害—緊急の対策が必要

Chernobyl's Legacy 2nd ed, IAEA 2006

1011

RESEARCH REPORT

Increase of regional total cancer incidence in north Sweden due to the Chernobyl accident?

Martin Tondel, Peter Hjalmarsson, Lennart Hardell, Göran Carlsson, Olav Axelsson

J Epidemiol Community Health 2004;58:1011-1016. doi: 10.1136/jech.2003.017988

Study objective: Is there any epidemiologically visible influence on the cancer incidence after the Chernobyl fallout in Sweden?

Design: A cohort study was focused on the fallout of caesium-137 in relation to cancer incidence 1988-1996.

Setting: In northern Sweden, affected by the Chernobyl accident in 1986, 450 parishes were categorised by caesium-137 deposition: <3 (reference), 3-29, 30-39, 40-59, 60-79, and 80-120 kilobecquerel/m².

Participants: All people 0-60 years living in these parishes in 1986 to 1987 were identified and enrolled in a cohort of 1 143 182 persons. In the follow up 22 409 incident cancer cases were retrieved in 1988-1996. A further analysis focused on the secular trend.

Main results: Taking age and population density as confounding factors, and lung cancer incidence in 1988-1996 and total cancer incidence in 1986-1987 by municipality as proxy confounders for smoking and time trends, respectively, the adjusted relative risks for the deposition categories were 1.00 (reference <3 kilobecquerel/m²), 1.05, 1.03, 1.08, 1.10, and 1.21. The excess relative risk was 0.11 per 100 kilobecquerel/m² (95% CI 0.03 to 0.20). Considering the secular trend, directly age standardised cancer incidence rate differences per 100 000 person years between 1988 to 1996 and the reference period 1986-1987, were 30.3 (indicating a time trend in the reference category), 36.8, 42.0, 45.8, 50.1, and 56.4. No clear excess occurred for leukaemia or thyroid cancer.

Conclusions: Unless attributable to chance or remaining uncontrolled confounding, a slight exposure related increase in total cancer incidence has occurred in northern Sweden after the Chernobyl accident.

See end of article for authors' affiliations

Correspondence to: Dr M Tondel, Division of Occupational and Environmental Medicine, Department of Molecular and Clinical Medicine, Faculty of Health Sciences, Linköping University, 581 85 Linköping, Sweden; Martin.Tondel@lio.se

Accepted for publication 24 February 2004

Science of the Total Environment 409 (2011) 471-477

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Risk of malignancies in relation to terrestrial gamma radiation in a Swedish population cohort

Martin Tondel ^{a,*}, Peter Lindgren ^a, Lennart Hellström ^b, Owe Löfman ^c, Mats Fredrikson ^d

^a Section of Occupational and Environmental Medicine, Department of Public Health and Community Medicine, Institute of Medicine, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden

^b Department of Environmental Medicine and Public Health, County Council of Kalmar, Öskarshamn, Sweden

^c Department of Mathematical Sciences and Technology, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway

^d Division of Occupational and Environmental Medicine, Department of Clinical and Experimental Medicine, Faculty of Health Sciences, Linköping University, Linköping, Sweden

ARTICLE INFO

Article history:
Received 8 January 2010
Received in revised form 21 October 2010
Accepted 28 October 2010

Keywords:
Environment
Epidemiology
GIS
Ionizing radiation
Potassium
Thorium
Uranium

ABSTRACT

Results of epidemiological studies on terrestrial gamma radiation (TGR) and related malignancies have not been consistent. This study is a thorough examination of this relationship. Records on all individuals living in two Swedish counties in 1973, along with their annual dwelling coordinates during the 28-year follow-up period, were retrieved from the National Archives and Statistics Sweden. We used Geographical Information System (GIS) to match the individuals' dwelling coordinates annually to the TGR given in 200 × 200 m grids produced by the Geological Survey of Sweden. Cases of malignancies and deaths were retrieved from the Swedish Cancer Register. During the follow-up period 61,503 incident cases were included in the analyses and in total 11 million person-years were recorded. Cox regression was used both in a linear continuous model and analyses of six exposure categories. Adjustments were made for sex, age, and population density. The hazard ratio (HR) per 100 nanoGray/hour (nGy/h) was significantly increased for total malignancies and for several sites; however, contrary to expectations, an obvious and anticipated linear exposure-response relationship could not be identified. With the lowest exposure category (0-60 nGy/h) as reference, a statistically significantly increased HR for total malignancies was seen in all exposure categories, except in the highest category 96-366 nGy/h. For breast cancer, thyroid cancer and leukaemia an obvious exposure-response could not be seen.

© 2010 Elsevier B.V. All rights reserved.

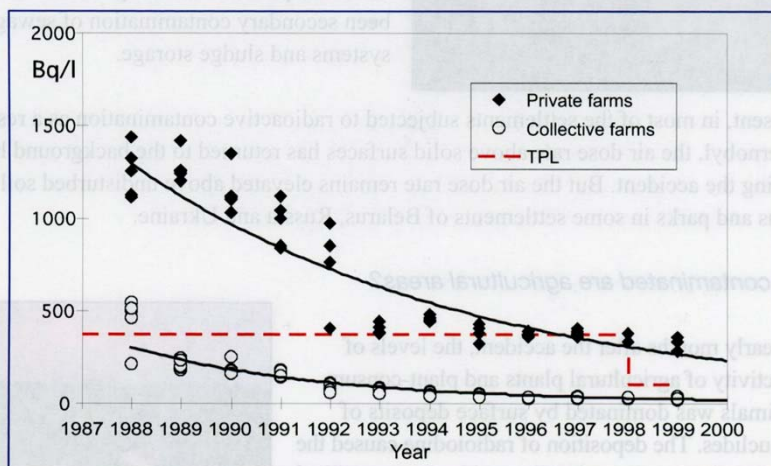


FIG. 5. Reduction with time of ^{137}Cs activity concentration in milk produced in private and collective farms of the Rovno region of Ukraine with a comparison to the temporary permissible level (TPL).

Chernobyl's Legacy. IAEA, 2006

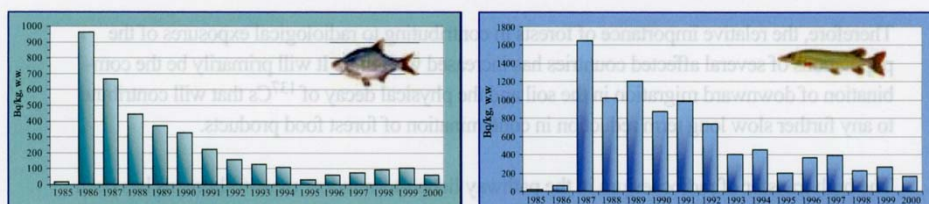


FIG. 6. Averaged ^{137}Cs activity concentrations in non-predatory (Bream, left histogram) and predatory (Pike, right histogram) fish from Kyiv reservoir (UHMI 2004).

Chernobyl's Legacy. IAEA, 2006

意見の骨子

- リスクは客観的に評価できるが、安全は主観的判断、安心はさらに心理的要因が影響する
- 科学的研究方法および因果推論の基礎を理解している研究者の論文と、理解していない研究者の論文を見極めることが重要である
- チェルノブイリ原発の教訓を学ばなければならない
- 可及的速やかに、汚染地域を合理的に分類し、それぞれの地域に住んでいた（住んでいる）住民に対する今後の施策を、ALARPの考え方に基づいて決定し実行に移さなければならない
- 大衆迎合政策は絶対に避けなければならない