

統計的有意性に依存したリスク評価の弊害について

永井宏幸 Nagai Koko

NPO法人市民科学研究室

NPO Citizen's Science Initiative Japan

利益相反なし

課題の提示 A

- 原発労働者は、病気になったときそれが放射線の影響であることを証明できるか？
- 研究者は、原発労働者の健康を守るうえでどのような貢献ができているのか？

課題の提示 B

- リスクは、推定の不確実性を確率を使って評価され、研究分野に特有の**要約用語**を使って表現³される。
- 社会は、要約用語を通して評価の不確実さを推定して何かを決定するが、放射線の影響の疫学研究で使われている「**統計的有意**」は適切な**要約用語**であるか？

1. 学校の現場で

4

中学生の放射線副読本 教師用 (旧)

[学習のポイント指導上の留意点]

100ミリシーベルト以下の低い放射線量と病気との関係については、**明確な証拠**がないことを理解できるようにする。

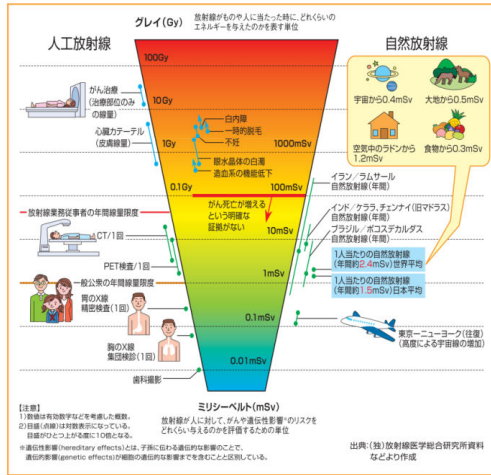
放射線による影響

放射線量と健康との関係

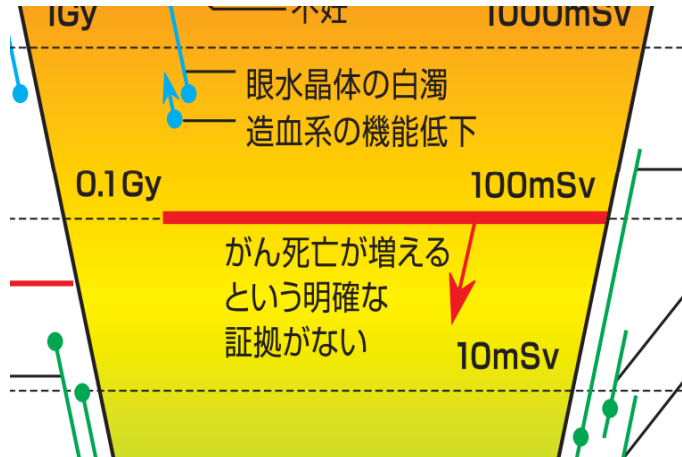
一度に多量の放射線を受けると人体に影響が出ますが、短い期間に100ミリシーベルト(mSv)以下の低い放射線量を受けることでがんなどの病気になるかどうかについては明確な証拠はみられていません。普通の生活を送っていても、がんは色々な原因で起こると考えられていて、低い放射線量を受けた場合に放射線が原因でがんになる人が増えるかどうかは明確ではありません。

国際的な機関である国際放射線防護委員会(ICRP)は、一度に100ミリシーベルトまで、あるいは1年間に100ミリシーベルトまでの放射線量を積算として受けた場合でも、線量とがんの死亡率

◆身の回りの放射線被ばく



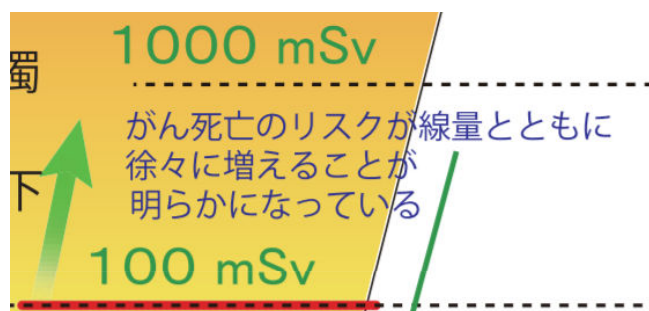
2011年10月発行副読本の記述.



学校教育 放射線副読本

- 「明らかな証拠はない」と教えていた.
- 「明らかな」の説明がないので「証拠がない」との区別ができない.
- 「証拠がない」と理解する.

2018年の改訂でも



- たいして変わらない.
- 生徒にとって「明らかになっていない」と同じ.

リスクをyes/noの2分法で教育している.

2 行政の現場で

国の備書面：(清水論文では)中程度の線量(主に0.5—2Gy)で脳卒中と心疾患の死亡率が放射線により増加している可能性を示す』と記載されているが(略),「0.5Gy未満の結果は統計的に有意ではない」として,研究の進展を期待しつつも**関連性が否定されている.**

3. 司法の現場で

統計的に有意でない → 明確な根拠がない

判決文：疫学調査によって「統計的に有意でない」との結論が得られたのであれば、少なくとも、当該線量による放射線被曝が心疾患の発症・増悪に寄与するという仮説を裏付けることのできる**明確な根拠に乏しい**ものと判断せざるを得ない。

9

司法の現場で

有意差がない → 関連を主張する根拠がない

判決文：（原告側の意見書において）引用されている科学論文のうち、複数の論文においては、低線量の放射線被ばくによっては急性心筋梗塞の発症率・死亡率に**有意差がなかった**との結論が得られていることが認められるのであって、このことからすれば、低線量の放射線被ばくによって心筋梗塞の発症・増悪が促進されるか否かは**不明である**といわざるを得ない。

LSSの二つの論文から

- Shimizu et al. 2010

心疾患の死亡率で500mGy以下の被曝の影響は有意でなかった.

- Ozasa et al. 2012

固形がんの死亡率で200mGy以下の被曝の影響は+有意でなかった.

「0.5Gy以下で統計的有意でない」 → ？

Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003

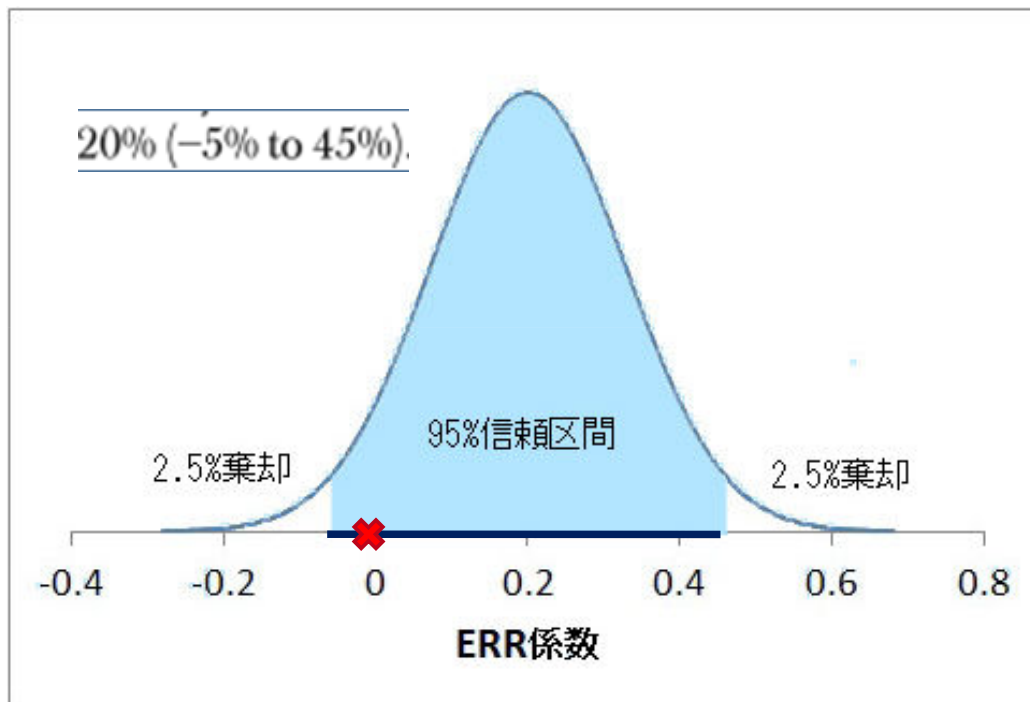
Yukiko Shimizu, visiting research associate,¹ Kazunori Kodama, chief scientist,² Nobuo Nishi, assistant department chief,¹ Fumiyoshi Kasagi, assistant department chief,¹ Akihiko Suyama, department chief,³ Midori Soda, assistant department chief,³ Eric J Grant, associate senior scientist,¹ Hiromi Sugiyama, research scientist,¹ Ritsu Sakata, research scientist,¹ Hiroko Moriwaki, research assistant,¹ Mikiko Hayashi, research assistant,¹ Manami Konda, research assistant,¹ Roy E Shore, vice chairman and chief of research²

Heart disease

ERR/Gy:

18% (3% to 33%), and 20% (-5% to 45%).

Although our results below 0.5 Gy are not statistically significant, the additional cases occurring with further follow-up time should provide more precise estimates of the risk at low doses.



素朴な疑問

- β (ERR/Gy) の点推定は0.20である．なぜ点推定地を重視しないのか？
- $\beta < -0.05$ の確率と $\beta > 0.45$ の確率は等しい．なぜ $\beta > 0.45$ である可能性に注意を向けないのか？
- 88%のCIは(0.0 to 0.40)である．すなわち有意水準0.06で有意である．0.06と0.05で決定的に違いがあるのか？

LSSのがん死亡率

RADIATION RESEARCH 177, 229–243 (2012)
0033-7587/12 \$15.00
©2012 by Radiation Research Society.
All rights of reproduction in any form reserved.
DOI: 10.1667/RR2629.1

Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases

Kotaro Ozasa,^{a,1} Yukiko Shimizu,^a Akihiko Suyama,^a Fumiyoshi Kasagi,^{a,b} Midori Soda,^a Eric J. Grant,^a Ritsu Sakata,^a Hiromi Sugiyama^a and Kazunori Kodama^c

^a Department of Epidemiology and ^cChief Scientist, Radiation Effects Research Foundation, 5-2 Hijiyama-koen, Minami-ku, Hiroshima, 732-0815, Japan; and ^b Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association 1-9-16, Kaji-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0044, Japan

The estimated lowest dose range with a significant ERR for all solid cancer was 0 to 0.20 Gy, and a formal dose-threshold analysis indicated no threshold; i.e., zero dose was the best estimate of the threshold.

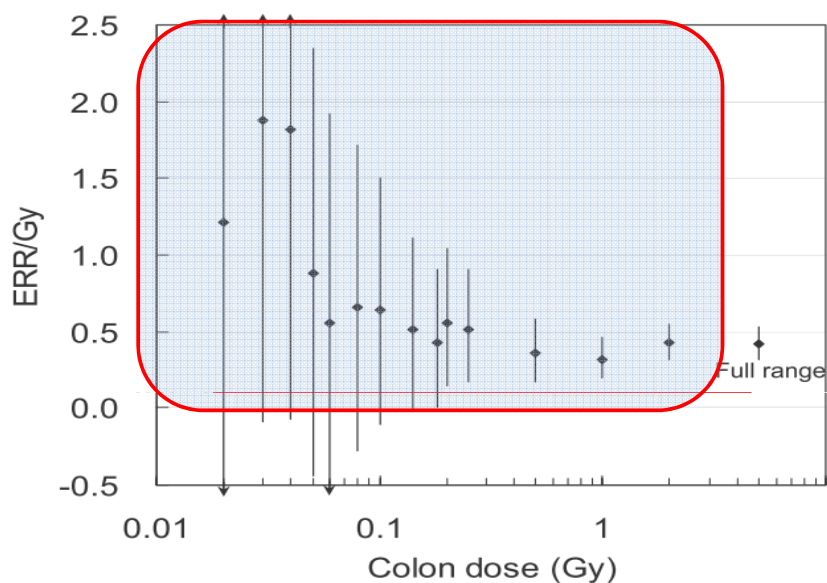


FIG. 5. Excess relative risk per Gy (ERR/Gy) for all solid cancer for selected dose ranges. The figure shows the ERR/Gy and 95% CI for a dose range from zero to a given dose based on the linear model for the full data that allowed for different ERRs below and above the given dose and taking radiation effect modifiers as common to the two dose ranges. The increased ERR/Gy in the low-dose levels less than 0.1 Gy corresponds to the estimates of ERR higher than the expected linear line in Fig. 4.

ベイズ統計による事後確率 $P(\beta>0)$

心疾患による死亡率	線量域	β	$P(\beta>0)$
	0-0.5	0.2	94%
	0-1	0.18	99%
	0-2	0.14	100%

#事前確率を $P(\beta>0)=50\%$ としている.

ベイズ統計による事後確率 $P(\beta>0)$

心疾患	線量域	β	$P(\beta>0)$
	0-0.5	0.2	94%
	0-1	0.18	99%
	0-2	0.14	100%

$P(\beta>0)=50\%$ を事前確率としている.

ベイズ統計による事後確率 $P(\beta > 0)$

LSS14報

固形がん死亡率



線量域	β	$P(\beta > 0)$
0-0.02	1.21	73%
0-0.03	1.88	97%
0-0.04	1.82	97%
0-0.05	0.88	90%
0-0.06	0.56	81%
0-0.08	0.66	92%
0-0.10	0.64	95%
0-0.14	0.51	97%
0-0.18	0.43	98%
0-0.20	0.56	100%
0-0.25	0.51	100%
0-0.50	0.36	100%
0-1.00	0.32	100%
0-2.00	0.43	100%
全域	0.54	100%

$P(\beta > 0) = 50\%$ を事前確率としている。

v. AR5における「可能性」の表現

- 「可能性」とは、不確実性を定量的に表現する用語であり、観測、モデル結果の統計的解析や専門家の判断に基づいて確率的に表現される

(参考 IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1)

IPCCの要約用語

	原語	和訳	発生確率	
可能性が高い	Virtually certain	ほぼ確実	99~100%の確率	
	Extremely likely	可能性が極めて高い	95~100%の確率	
↑	Very likely	可能性が非常に高い	90~100%の確率	
	Likely	可能性が高い	66~100%の確率	
	More likely than not	どちらかといえば	50~100%の確率	
	About as likely as not	どちらも同程度	33~66%の確率	
	Unlikely	可能性が低い	0~33%の確率	
	Very unlikely	可能性が非常に低い	0~10%の確率	
	Extremely unlikely	可能性が極めて低い	0~5%の確率	
	Exceptionally unlikely	ほぼあり得ない	0~1%の確率	
	可能性が低い			

有意水準0.05の片側検定で有意なのは上二つ。

作成

仮説検定は帰無仮説へ執着が強い

- LSS14報によれば200mSv以下は**有意でない**.
- IPCCの要約用語では「 $\beta > 0$ である**可能性が高い**」。(発生確率66%以上)
- IPCC5によれば, 1951~2010年の間に、地球規模で寒い日や寒い夜の日数が減少し、暑い日や暑い夜の日数が増加した**可能性が非常に高い**。(発生確率95%以上)
- 仮説検定では $p=0.10$ に対応するので**有意でない**.

付録

	P値と有意性の使用に関する声明・論文等
1999	The Insignificance of Null Hypothesis Significance Testing, J.Gill
1999	The Significance of Statistical Significance Testing, Douglas H.Jhonson
2010	医学雑誌編集者国際委員会(International Committee of Medical Journal Editors) 統一投稿規定 (2010年改訂版)
2011	Statistical Significance and Biological Relevance, EFSA Scientific Committee
2011	欧州食品安全機関(EFSA)の意見書, 厚生労働省資料
2014	P values, the 'gold standard' of statistical validity, are not as reliable as many scientists assume. ,R.Nuzzo
2015	Psychology journal bans P values, Basic Appli.Soc .Psych
2016	Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals Updated December 2016
2016	The ASA's Statement on p-Values: Context, Process,and Purpose, R.Wasserstein & N.Lazar
2016	統計的有意性と P 値に関する米統計学会 (ASA) 声明の紹介 ,日本計量生物学会
2019	ASA学会誌, 特集号「21世紀の統計的推論：P <0.05を超える世界」