伊方原発運転差止広島裁判

2017年2月6日

第４回口頭弁論 定例学習会

「原発問題は畢竟低線量被曝問題」

報告２
被害予測が不可能な低線量被曝
～放射線被曝に安全量はない～

話題提供・報告者　哲野イサク（原告）

1

１．放射能災害からなぜ避難しなくてはならないか①

☆ 報告①からわかったこと

- 放射能災害からの避難はそれ自体、破滅的な地域社会の崩壊をもたらすこと。
- 時には、それは社会的弱者にとっては“死ね”というに等しいこと。
- 避難計画に実効性があるかないか以前に、なぜそこまでの犠牲を払って避難しなくてはならないのか－根本問題を考えて見たい。

2

１．放射能災害からなぜ避難しなくてはならないか②

☆“避難”は低線量被曝の危険から逃れるため

- わかりきったことのように思えるが、原発事故などの放射能災害からの避難は、**決して高線量被曝の危険からの避難ではない。**
- 福島原発事故の放射能からの避難をみても、チェルノブイリ原発事故の放射能からの避難（移住）をみても、ほとんどすべての避難（移住）は**低線量被曝からの避難**。

＜参考資料１＞「ウクライナ政府報告にみる全土の被曝線量」参照

3

２．低線量被曝は影響があるのか？

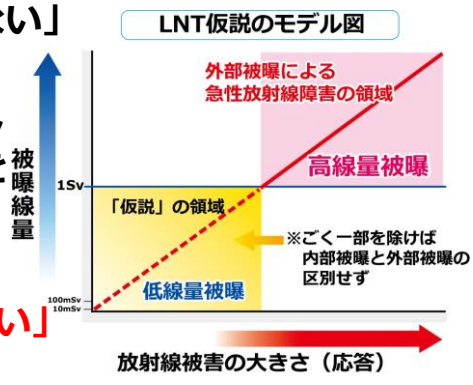
そもそも低線量被曝は人体に影響があるのか、ないのか？

☆国際放射線防護委員会（ICRP）の言説

- 「100mSv以下の放射線被曝で健康に害があるという科学的証拠はない」
- しかし、安全側に立って「線形しきい値なし仮説」（LNT仮説）を提唱する。

「放射線被曝に安全量はない」

“ There is no safe dose of radiation”



4

3．事実上の“しきい値”100mSv

ICRPは科学的建前の上では、「放射線被曝に安全量はない」としつつも、事実上は被曝実効線量100mSvを“安全のしきい値”として扱っている

☆国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告・2009年勧告では、「緊急時被曝状況」を設定し、避難基準の上限を100mSvとした。

- これはICRPが事実上、100mSvを放射線被曝「安全のしきい値」とみなしている動かぬ証拠

↓

「100mSv以下の被曝は健康に害がない」
とする言説を生み出すことに成功

5

4．ICRP言説の“科学的根拠”

1945年8月広島・長崎の原爆投下実施直後から、アメリカ軍部は軍事医科学研究機関、原爆傷害調査委員会（ABCC）を設立、広島・長崎の原爆被爆者の原爆影響研究を開始した。その代表的研究が原爆被爆者寿命調査（LSS）

☆LSSは一時的な高線量外部被曝影響に関する研究

- LSSは厳密な疫学調査ではないが、一時的なガンマ線及び中性子線高線量外部被曝では100mSv以下の被曝で「健康影響があるという証拠はなかった」とされる。
- 21世紀の今日信じがたいことだが、LSSがICRPの事実上、唯一の“医科学的根拠”

6

5．原発事故による被曝と原爆による被曝の共通点と相違点

ここで、原発事故による一般大衆の被曝被害と原爆によるそれの共通点と相違点を整理しておこう。

☆原爆では大量の高線量外部被曝と放射性降下物や残留放射能による低線量被曝、特に低線量内部被曝の両方が発生した。

- 福島原発事故など放射能災害で発生するのは低線量被曝のみ。

低線量被曝被害発生の危険は両者に共通している

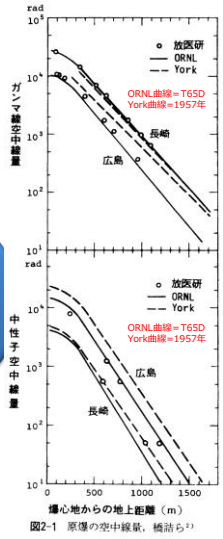


図2-1 原爆の空中線量，橋詰ら[2]

2）Journal of Radiation 16 Supplement：A review of thirty years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors, Edited by S. Okada, K.Takeshita et al., 1975

【参照資料】「原爆と広島大学「生死の火」学術編（復刻版）

7

6．LSSから導くICRPモデルの誤り

ICRPはLSS研究から高線量外部被曝影響モデルを作り上げ、それを機械的に低線量被曝影響、特に低線量内部被曝影響にも当てはめた。そして高線量・低線量、外部被曝・内部被曝、一時的被曝・長期慢性被曝の区別なしに事実上「100mSv以下の被曝では影響なし」と結論づけ、一般化している。

☆これが正しい学説であるためには、高線量被曝損傷と低線量被曝損傷が全く同じメカニズムで発生していることを示さなければならない。

☆同様に、外部被曝損傷と内部被曝損傷、一時的被曝損傷と長期慢性被曝損傷が全く同じメカニズムで発生していることを示さなければならない。

ICRPはこれらを示すことができず仮説のままに止まっている。

8

７．事実は違うーINWORKSの研究①

国際的な核推進勢力の国際研究コンソーシアム「INWORKS」は、核産業労働者の長期的外部被曝影響を調査・研究し、2015年10月20日BMJ誌に発表した。これによると１０年間のタイムラグで固形がん死で死亡した核産業労働者の被曝線量中央値は約4.1mSvだった。（参考資料「INWORKS研究の概要」参照のこと）

☆INWORKSの研究からわかることは、1944年から2005年までの核産業労働者308,297人の平均蓄積被曝線量は20.9mGyであり、もっとも固形がん死を発生させている中央値は約4.1mGy（mSv）だった。

9

７．事実は違うーINWORKSの研究②

☆一時的高線量外部被曝の研究であるLSSに対してINWORKS研究は長期慢性外部低線量被曝に関する研究

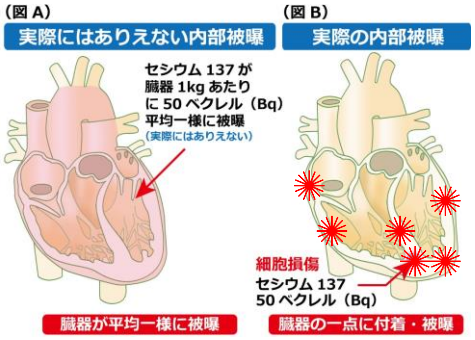
- 外部被曝だけみても、一時的高線量被曝影響と長期慢性低線量被曝影響とは大きく異なっている。
- LSSから、電離放射線による被曝影響を機械的に低線量分野、内部被曝分野、長期慢性被曝分野に当てはめるのは根本的に誤っている。

＊対象約１２万人の被曝線量が、被曝線量推計体系に依存しているLSSに対して、INWOKS研究では対象約３０万人の被曝線量がフィルムバッジや線量計などで推計によらず、確定している点もINWOKS研究に対する信頼性が高い。また研究対象群も約３倍と信頼性がより高い。

10

８．外部被曝とは全く違う内部被曝①

同じ外部被曝でも、一時高線量影響と長期慢性低線量影響ではICRPモデルは全く成立しない。ましてや内部被曝分野でICRPモデルが成立するはずがない。なぜなら外部被曝と内部被曝では全く異なるメカニズムで発生しているからだ。



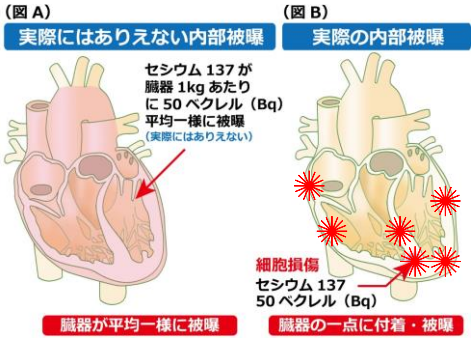
☆核産業労働者のように職業的に長期慢性外部被曝に曝されるケースは別にして、一般的に**内部被曝**は被曝泉源を体の中に取り込んでしまうため**長期慢性被曝**とならざるをえない。

11

８．外部被曝とは全く違う内部被曝②

☆また外部被曝は、全身や臓器全体・器官全体に平均一様に放射線に曝されるタイプの被曝であるのに対して、内部被曝は放射線源（核分裂物質）を体の中に取り込んでいるため、全身を構成する細胞個々に対する電離放射線攻撃とならざるをえない。

ICRPモデルでは内部被曝も外部被曝も線量が同じなら影響も同じとするため、右図Aのように臓器が平均一様に被曝するなどという実際にはあり得ないモデルを想定しなくてはならない。実際には右図Bが現実の内部被曝モデル。



12

８．外部被曝とは全く違う内部被曝③

☆内部被曝影響は、体内の放射性物質による個々の細胞に対する電離放射線攻撃のため、外部被曝とは異なった被曝損傷モデルが存在する。内部被曝では、ICRPモデルが想定するように「電離エネルギー」の物理量一本槍の影響ではなく、様々複雑な損傷要因が絡まり合っている。

実際の内部被曝では、電離エネルギーの量だけではなく、直接的電離の結果として生ずる細胞を構成する分子の破壊や変質、フリーラジカルによる間接的破壊、光電子のアンテナ効果、元素転換を通じての破壊や変質、細胞間通信処理の異常などが被曝損傷要因になることが知られている。

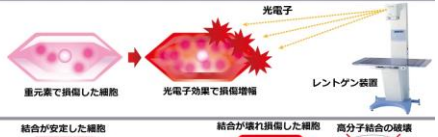
13

＜参考資料＞電離放射線による５種類の影響

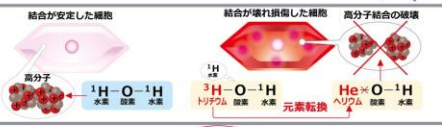
1．DNAなどの重要分子の直接的電離

2．フリーラジカルなどによるDNA重要分子の間接的破壊

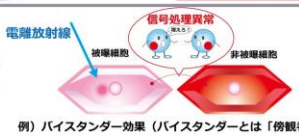
3．光電子効果による細胞損傷増幅



4．細胞の化学結合を担当する重要元素の元素転換



5．細胞間信号処理過程のエラーによる遺伝子変質（バイスタンダー効果など）



例）バイスタンダー効果（バイスタンダーとは「傍観者」という意味）

14

９．　電離放射線による５種類の影響　①

1. DNA などの重要な分子（critical molecules）の直接的電離。これは転位（rearrangement）や破壊（destruction）、あるいは変質（alteration）をもたらす。
2. フリーラジカルや、移動性溶媒（mobile-solvent）によるイオン形成を通じた、DNA などの重要な分子の間接的な破壊や変質。
3. 光電子の生成を通じた電離作用の促進をもたらす高い原子番号を持つ汚染物質による、自然（あるいは医療用の）ガンマ線やX 線等の光子放射線の吸収増強（光電子のアンテナ効果）

15

９．　電離放射線による５種類の影響　②

4. 化学結合や水素結合を担っていた放射性同位元素の核壊変による元素転換を通じての、重要な分子の直接的な破壊あるいは変質。
5. ゲノム不安定性（genomic instability）やバイスタンダー効果（bystander effect）、誘導修復効率（induced repair efficiency）のような、細胞間の信号処理過程の変化をもたらす遺伝子機能変化を通じての、細胞遺伝子の間接的な変質。（細胞間通信処理の異常）

（欧州放射線リスク委員会（ECRR）2010年勧告第９章2節より引用）

16

10．被曝線量で被害が予測できるのか？

☆ICRPモデルでは、高線量外部被曝の結果をもとに被曝線量で、ある程度被害予測ができることになっている。しかしこれは正しくない。特に長期慢性低線量内部被曝ではこれまでみたように被曝電離エネルギーの量以外の要因が複雑に絡まり合っている上に、放射線感受性や放射線抵抗力が個々人や集団、男女、年齢などによって大きく違っているからだ。

参考資料に「男女性別による放射線感受性の違い」を示した表を例示する。主として「チェルノブイリ研究」がもとになっている。これをみると男女の放射線感受性の違いといっても、年齢や疾病などによって複雑にまだら模様になっていることがわかる。また強烈な光子に曝された場合、新生児男女比が変わることは広島原爆でも確認されている。
（参考資料は第９章表９．３）

17

１１．ATM遺伝子の保有者

国指定難病に血管拡張性運動失調症がある。これはATM遺伝子という原因遺伝子のために発症する。ATM遺伝子が同定されたのは1995年だが、ATM遺伝子保有者は異常に放射線感受性が高いことがわかってきたのは２０００年代に入ってからだ。なおATM遺伝子の保有者がすべて血管拡張性運動失調症を発症するわけではない。

☆血管拡張性運動失調症を発症する人は人口１０万人から１５万人に１人という難病だが、原因因子のATM遺伝子を持っている人の割合は人口の0.5%から１%、200人から100人に１人という高い割合になる。これらの人は異常に放射線感受性が高い放射線弱者。

大阪大学医学部本行忠志教授によれば、ATM遺伝子だけではなく、ナイミーヘン症候群の原因遺伝子であるNBS1 遺伝子の異常、あるいは乳がんを発症しやすいBRCA1/2 遺伝子の異常（アンジェリーナ・ジョリーの例）でも放射線感受性が異常に高くなることが報告されているという。（「生産と技術」第66巻第4号P68～）

18

１２．本報告表題の意味

本定例学習会報告２の表題は「被害予測が不可能な低線量被曝」である。しかしこれは、ICRP学説信奉者のいう「低線量被曝の影響はわからない」という意味ではない。近年の分子生物学分野研究（細胞に関する研究）の急速な発展や「大気圏核実験時代放射性降下物の健康影響に関する研究」あるいは「チェルノブイリ研究」などのおかげで、低線量被曝被害は相当程度解明できるようになった。しかしそれでも「被害予測が不可能な低線量被曝」といわざるをえない状況が厳然として存在する。

☆その一番の要因は低線量放射線影響（被害）が、これまでみてきたように、状況によってあるいは個人によって大きく異なっていることがあげられる。

☆単に被曝線量だけから被害予測ができないのが低線量内部被曝の特徴。「被曝線量1本槍」での被害予測のICRP学説は牧歌的にすらみえる。

19

１３．放射線被曝に安全量はない

☆「放射線被曝に安全量はない」（There is no safe dose of radiation）の原理を定式化したのは1979年の全米科学アカデミーの“BEIR Ⅲ”（「低レベル電離放射線被曝の集団への影響」“The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation”）だった。

☆それから40年以上の歳月が経ち、今では原理として「放射線被曝に安全量はない」を正面切って否定する専門家はいなくなった。

☆福島第一原発事故後の日本では、「低線量被害予測が難しい」以上、できる限り追加被曝を避け「放射線被曝に安全量はない」を忠実に実行すべきである。

20

１４．原発問題は畢竟低線量被曝問題①

☆これまで見てきたように事故を起こす原発から逃れる理由は、被曝特に低線量被曝とりわけ低線量内部被曝の危険から逃れるため。

☆またこれも見てきたように、低線量被曝影響は個人差が非常に大きく、被曝線量だけから危険あるいは危険でないの判定がつきにくい。

☆この意味で、政府から指示があろうがなかろうが福島事故から逃れた人たち（自主避難者）の行動は理に適っている。

21

１４．原発問題は畢竟低線量被曝問題②

☆なぜ伊方原発再稼働をはじめ、原発再稼働を敵視するのか？それは被害予測のつかない低線量被曝の危険から私たちを守るためでもある。**原発問題は私たちにとって畢竟低線量被曝問題**なのである。

22

＜参考資料１＞「ウクライナ政府報告にみる全土の被曝線量」

図１　ウクライナ・セシウム137汚染土壌マップ2011年予測

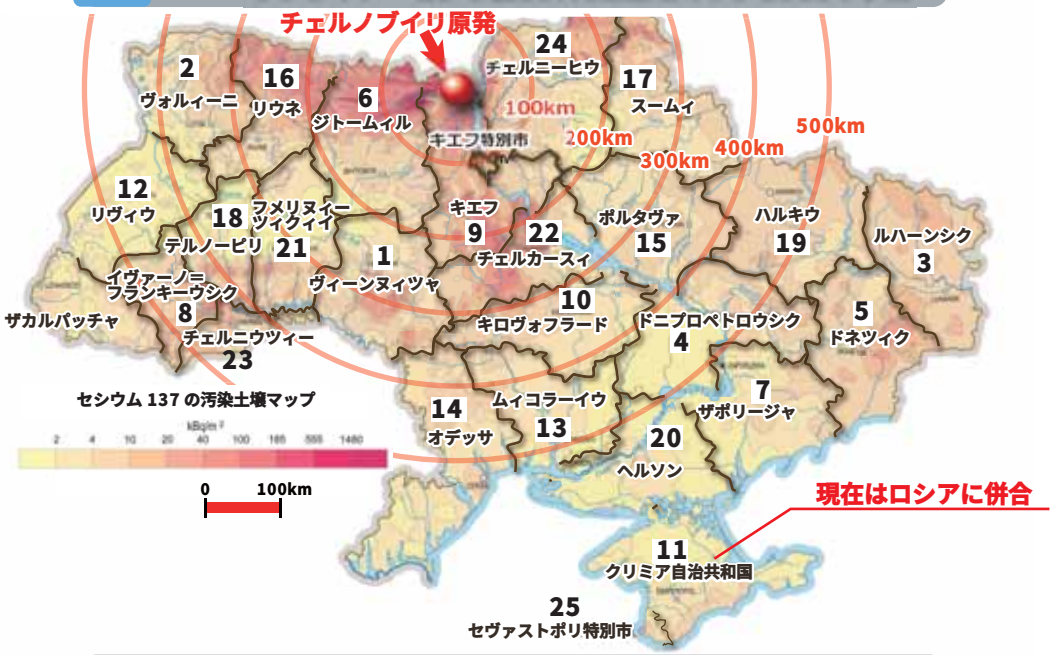


表１　チェルノブイリ事故から 25 年間のウクライナ地域別累積被曝線量
セシウム 137(Cs137）フォールアウト密度によるウクライナ各地住民の被曝実効線量（mSv）内部被曝と外部被曝量及び合計線量

地域名		Cs137	外部被曝		内部被曝		合計
		1000Bq /m²	1986 年	1987-2011 年	1986 年	1987-2011 年	1986-2011 年
1	ヴィーンヌィツャ州	37-185	1.7	3.4	3.40	0.31	8.8
2	ヴォルィーニ州	37-185	1.4	2.9	3.0	13	20.3
3	ルハーンシク州	37-185	1.0	2.1	1.7	0.33	5.2
4	ドニプロペトロウシク州	37-185	1.29	2.6	2.8	0.40	7.1
5	ドネツィク州	37-185	1.1	2.2	1.4	0.27	5.0
6	ジトームィル州	＜37	0.2	0.4	0.37	0.58	1.5
		37-185	2.5	5.1	1.4	5.9	14.9
		185-555	6.8	14	1.9	3.4	25.8
		555-1450	20	39	8.2	12	79
		＞1440	52	103	22	32	208
7	ザポリージャ州	＜37	0.07	0.15	0.15	0.16	0.52
8	イヴァーノ=フランキーウシク州	37-185	1.7	3.4	3.5	0.5	9.0
9	キエフ州	＜37	0.45	0.89	0.5	0.42	2.3
		37-185	1.9	3.8	1.5	1.0	8.2
		185-555	8.2	16.0	6.5	2.7	34.0
		555-1450	26	52	8.2	1.5	88
		＞1440	92	184	41	57	375
10	キロヴォフラード州	37-185	1.6	3.2	3.5	0.29	8.7
11	クリミア自治共和国	＜37	0.12	0.23	0.20	0.17	0.72
12	リヴィウ州	＜37	0.09	0.17	0.17	0.16	0.58
13	ムィコラーイウ州	＜37	0.12	0.24	0.22	0.15	0.73
14	オデッサ州	＜37	0.19	0.38	0.34	0.15	1.1
15	ポルタヴァ州	＜37	0.17	0.33	0.31	0.22	1.0
16	リウネ州	＜37	0.28	0.56	0.45	1.1	2.4
		37-185	2.2	4.3	1.9	14	22
		185-555	7.2	14	5.9	14	42
17	スームィ州	＜37	0.21	0.42	0.41	0.32	1.4
18	テルノーピリ	＜37	0.15	0.30	0.35	0.37	1.2
19	ハルキウ州	＜37	0.18	0.36	0.32	0.17	1.0
20	ヘルソン州	＜37	0.07	0.14	0.14	0.13	0.49
21	フメリヌィーツィクィイ州	＜37	0.16	0.33	0.35	0.26	1.1
		37-185	1.6	3.3	3.6	0.29	8.7
22	チェルカースィ州	＜37	0.30	0.59	0.59	0.27	1.7
		37-185	1.9	3.7	3.3	0.54	9.5
23	チェルニウツィー州	＜37	0.36	0.72	0.74	0.35	2.2
		37-185	1.7	3.4	3.2	0.34	8.6
24	チェルニーヒウ州	＜37	0.23	0.45	0.41	0.50	1.6
		37-185	1.8	3.6	2.3	2.2	9.8
		185-555	7.4	15	8.1	4.0	34
		555-1450	18	35	35.0	12.0	100
25	セヴァストポリ市	＜37	0.2	0.40	0.34	0.14	1.1

【資料出典ウクライナ政府：『チェルノブイリ事故後２５年：未来へ向けての安全』（Twenty-five Years after Chornobyl Accident: Safety for the Future）（2011 年 4 月）英語テキスト p108 ～ p109 から作表

※数字表示はすべてICRPの単位体系に基づく実効線量でmSv単位で、内部被曝も外部被曝も同じリスクという考え方に基づいている。しかしECRR勧告の指摘するように内部と外部では100倍から1000倍のリスク誤差があると考えるならば、内部被曝の数値を少なくとも100倍して読み取ることができる。またその方が現在の同国実態を正しく理解できる。

＜参考資料＞「INWORKS 研究の概要」

「INWORKS」は国際コンソーシアム

「1990 年代、フランス、イギリス、アメリカの 3 カ国で放射線関連労働者の間の発がんリスクに関する国際的な研究が、共通のコアプロトコルを使用して実施された。この研究はその後 15 カ国を含むまでに拡大した。フランス、イギリス、アメリカの労働者の研究対象群は、初期の核産業労働者の利用可能な情報の大半を提供しており、これら研究対象群一人一人の情報は最新の情報に更新されてきた。

フランス、イギリス、アメリカの核産業労働者の研究対象群の更新情報はプールされて、『国際核労働者研究』の一部分として、がん死亡の疫学的分析が実施された」

（国際核労働者研究は International Nuclear Workers Study＝INWORKS。つまり「INWORKS」はこの国際研究コンソーシアムの頭文字をとったもの）

研究対象群は30万8297人

この研究は概要（Abstract）の中の「研究課題」の中で「電離放射線の低線量長期間被曝は固形がんのリスク増大と果たして関連するのか？」と問題提起をし、研究目的を明らかにしています。

方法論としては、フランス・イギリス・アメリカの核産業労働者であって、電離放射線の外部被曝に関する詳細なモニタリング・データを有する 30 万 8297 人と死亡登録と関連づけられている、として外部被曝記録の明確な核産業労働者とその死亡記録を照らし合わせながら作業を進めていく、確実な方法をとっています。

被曝線量を原爆投下時の所在場所で推定せざるを得なかった広島･長崎の原爆被爆生存者寿命調査＝LSS や、大量放出時の行動軌跡に関するアンケート調査で、基本的には外部被曝線量を推定している福島県民健康調査との大きな違いがここにあります。要するにデータが確実ということです。

仏、英、米の主要機関が研究支援

研究資金、この問題への関心の喚起及びデータの共有や提供などの支援は、以下の諸機関から得られた。

- **アメリカ疾病予防管理センター**（the US Centers for Disease Control and Prevention。アメリカ保健福祉省所管の総合感染症研究所）
- **日本厚生労働省**（Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan）
- **放射線防護・原子力安全研究所**（Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire。フランスの原子力安全と放射線防護を目的とした商工業的公施設法人で、国防、環境、研究および産業およびフランスの厚生労働大臣の共同監督の下で運営されている）
- **アレヴァ社**（AREVA。フランスの世界最大の核コングロマリットでフランス政府の 99% 出資法人）
- **フランス電力**（ Électricité de France。フランス最大の電力会社。フランス政府が最大の株主で 58 基の原発原子炉を運転している）
- **アメリカ国立労働安全衛生研究所**（National Institute for Occupational Safety and Health。労働省管轄で職場の安全衛生に関する規制を策定・執行）
- **アメリカ･エネルギー省**（US Department of Energy。エネルギー保障と核安全保障を担当。役割は核兵器の製造と管理、原子力技術の開発、エネルギー源の安定確保、及びこれらに関連した先端技術の開発など幅広い）
- **イギリス公衆保健庁**（Public Health England。イギリス保健省傘下。2013 年に既存の組織を再編して発足）

得られたデータは国際がん研究機関（International gency for Research on Cancer。世界保健機構の外部組織）において管理保管されている

表1　INWORKS の核産業労働者研究における研究対象者（コホート）の特徴
（フランス、イギリス、アメリカにおける核産業労働者　1944 年 -2005 年）

	フランス	イギリス	アメリカ	合計
追跡調査の暦年	1968 年 -2004 年	1946 年 -2001 年	1944 年 -2005 年	1944 年 -2005 年
核産業労働者数（単位は人）	59,003	147,866	101,428	308,297
観察人年（単位は百万人年）	1.5	3.4	3.3	8.2
死亡原因（単位は人）				
全原因死	6,310	25,307	35,015	66,632
全がん死	2,552	7,558	9,638	19,748
白血病死を除く全がん死	2,473	7,350	9,241	19,064
固形がん死	2,356	6,994	8,607	17,957
肺がん死を除く固形がん死	1,761	4,750	5,644	12,155
被曝した労働者数（単位は人）（注１）	42,206	130,373	84,587	257,166
集団被曝線量（人 Gy）	742.0	2,936.1	1,692.2	5,370.3
平均個人蓄積線量（単位は mGy）（注２）	17.6	22.5	20.0	20.9

注１：蓄積線量が 0 以上の被曝線量の労働者
注２：被曝労働者の結腸（colon）の平均蓄積被曝線量推定値
観察人年：追跡研究において疾病異常の発生頻度を測定するとき，個々の対象の観察期間が異なる場合がある。このとき観察期間を考慮にいれた分母を決める目的で考案された単位が人年法である。1 人 1 年間観察された場合、1 人年という。上記のケースでフランスの労働者 59003 人を 1 年間観察すると、59003 人年となる。

【参照資料】ブリティッシュメディカルジャーナル（BMJ）「Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation:retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)」Table1
http://www.bmj.com/content/351/bmj.h5359

仏、英、米の主要核産業機関や組織がデータ提供

「研究中、（対象とする）労働者は最低１年以上核産業に雇用されていなければならず、個人線量計の使用によって外部放射線の被曝線量がモニターされていなくてはならない。

フランスからは、３つの主要な雇用者からデータが入手された。

- **原子力・新エネルギー庁**（Commissariat à l' énergie atomique。フランス政府機関で、軍需・民需を問わずに原子力の開発応用を推進）
- **アレヴァ・ニュークリア・サイクル**（AREVA Nuclear Cycle＝AREVA NC。旧コジェマ。ラ・アーグ再処理工場とマルクール原子力地区に核燃料加工と再処理工場を保有）
- **フランス電力**（現在 58 基の原発原子炉を運転中、フランス最大の電力会社）。

イギリスからは、データは、

- **全英放射線労働者登録協会**（The UK National Registry for Radiation Workers）
- **イギリス原子力兵器機関**（the Atomic Weapon Establishment）
- **イギリス核燃料会社**（British Nuclear Fuel plc.　2010 年に完全に整理された）
- **イギリス原子力公社**（UK Atomic Energy Authority）
- **ブリティッシュ・エナジー**（British Energy Generation。かつてはイギリス最大の電力会社で 2010 年にフランス電力に買収された）
- **マグノックス社**（Magnox Electric。全英 10 箇所のマグノックス炉原子力発電所の運営と廃炉に責任を持っている。うち９炉が廃炉中）
- **イギリス国防省**

など主要な核施設で働く労働者のデータを含んでいる。

アメリカからは、エネルギー省傘下の

- **ハンフォード施設**（Hanford Site。世界最初の兵器級プルニウム製造施設）
- **サバンナ・リバー施設**（Savannah River Site）
- **国立オークリッジ研究所**（Oak Ridge National Laboratory　世界最初の兵器級ウラン濃縮工場、テネシー州クリントン工場のために設立された研究所）
- **アイダホ国立研究所**（Idaho National Laboratory）
- **ポーツマス海軍造船敞**（Portsmouth Naval Shipyard。原子力潜水艦を建造している）

などからデータが得られた。

結果

結果は表１にみられるごとく、全コホート 30 万 8297 人中、2005 年の追跡調査終了時点で、6 万 6632 人が死亡しており（全体の 22%）、うち 1 万 9748 人があらゆる種類の「がん」で死亡したことが確認されました。（うち、白血病死が 684 人：肺がん死が 5802 人）

追跡調査の規模は 8.2 百万人年であり、一人あたりの追跡調査年数の中央値（median）は、26 年でした。

また核産業労働者の勤務年数の中央値は 12 年であり、追跡調査完了時点での到達年齢（attained age）の中央値は 58 歳でした。ほとんどのコホートは男性であり（26 万 8262 人、全体の 87%）、被曝のマーカーに選択した結腸の総集団被曝線量の 97% までが男性によるものでした。

入手データの検討の結果、コホートのうち 25 万 7166 人は、確実に信頼のおける被曝記録をもっており、この記録から結腸の積算被曝線量の推定値が得られました。その推定値は相当に幅がありました。平均値は 20.9mGy で、中央値は 4.1mGy に過ぎません。圧倒的多数の積算被曝線量が 10mGy 以下だったのです。因みに 90 位パーセンタイルは 53.4 mGy であり、最大積算被曝線量と推定された人は 1331.7Gy でした。結腸の総集団被曝線量は 5370.3 人 Gy です。

表２「がんの種類による過剰相対死亡率」をみてみると、 すべてのがん死１万 9748 人の相対過剰死亡率は 0.51、全がん死から白血病死を除いてみると 0.48、固形がん死のみだと 0.47、固形がん死から肺がん死を除いてみると 0.46 と、いずれも大きな値がでています。

表２　がんの種類による過剰相対死亡率の推定値

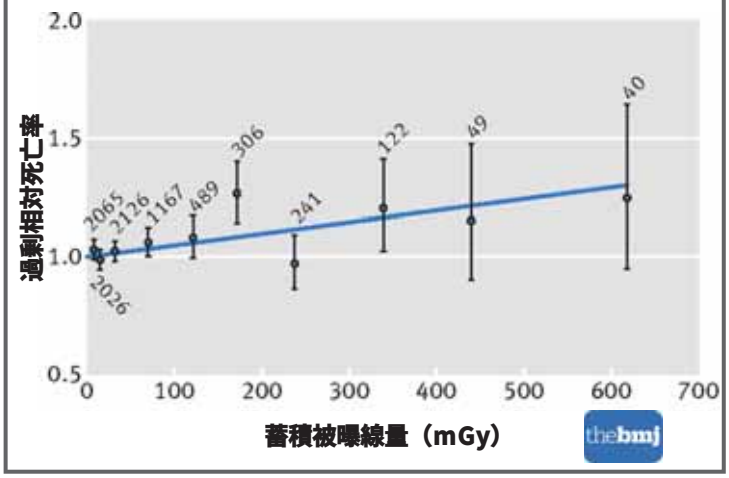
死亡原因	死亡数（人）	１Gy あたりの過剰相対死亡率（90% 信頼区間）
全がん死	19,748	0.51（0.23 から 0.82）
白血病死を除く全がん死	19,064	0.48（0.20 から 0.79）
固形がん死	17,957	0.47（0.18 から 0.79）
肺がん死を除く固形がん死	12,155	0.46（0.11 から 0.85）

※推定値は 10 年間ラグの推定

【参照資料】ブリティッシュメディカルジャーナル（BMJ）「Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation:retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)」Table2
http://www.bmj.com/content/351/bmj.h5359

表３　結腸の積算被曝線量による全がん死（白血病死を除く）相対過剰死亡率

（垂直線は 90%信頼区間：青線は被曝線量による全がん死の過剰相対死亡率の変化直線モデル：垂直線上部に表示された数字は、それぞれの被曝線量のカテゴリーにおけるがん死亡数。ただし白血病死を除く）



【参照資料】同上 fig.1　http://www.bmj.com/content/351/bmj.h5359

表９．３ 性別による放射線感受性の差の例

特　徴	差　異	参考文献
胚芽及び胎児 放射線に敏感	男性	Sherb et al. 2001
トータルがん死亡率	チェルノブイリ汚染地域では女性の方が高い	Antipkin, 2001
白血病死亡率	女性が２倍高い	Wing et al., 1991
全てのがん罹患率	チェルノブイリ汚染地域で５歳以上の少女に（同年齢の少年に比べて）多い チェルノブイリ汚染地域で 0-4 歳の少年に（同年齢の少女に比べて）多い	Suslin 2001
骨及び軟骨のがん	チェルノブイリ汚染地域で５歳以上の少女に（同年齢の少年に比べて）多い 少女（全平均）に比べて少年に６倍多い	Suslin 2001
リンパ肉腫	チェルノブイリ汚染地域で 10 万人当たり男性 21、女性 7（３倍男性が多い）	Health consequences,1995
単球性白血病	チェルノブイリ汚染地域で 10 万人当たり男性 3.47±0.74、女性 1.77±0.42（２倍男性が多い）	Health consequences,1995
皮膚がん	旧ソ連邦の 19 の地方において、10 万人当たり男性 21.6（3.2 ～ 36.0）、女性 16.7（1.1 ～ 29.0）	Suslin 2001
セシウム 90（Cs-90）の生物学的半減期	平均 男性 110 日、女性 80 日	Mel’ nov 2001
新生児男女比	強度の X 線を受けた場合 2 世代目に女子の新生児が多い	Golovachev 1983