

低線量放射線被ばくへの健康影響 をめぐる意思決定とディベート

平成26年8月7日

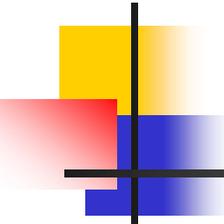
厚生労働省

電離放射線労働者健康対策室長補佐

(元日本ディベート協会理事)

安井省侍郎

(注) 本日の講演での見解や結論は、講演者個人のものであり、厚生労働省の見解とは必ずしも一致しません。



本日の説明内容

1. 序論

2. 低線量被ばくのリスクを巡る議論

1. WGの概要
2. 主流派の論拠
3. 非主流派の論拠

3. 主流派と非主流派の論争の分析

1. 主流派からの反論
2. 論点ごとの分析

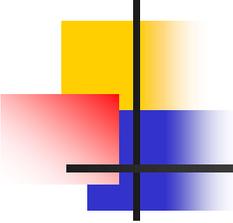
4. 考察

1. 分野横断の議論での合意形成

5. 交絡の回避と統計学的有意差

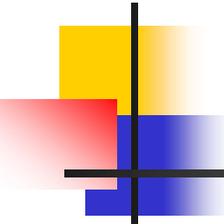
1. リスクとは
 2. 潜伏期間との関連
1. 公共ディベートと理性的意思決定

6. まとめ



1. 序論

- 東京電力福島第一原発の事故による周辺住民の**低線量被爆の健康影響**についての論争
- 避難の基準として、**ICRPの勧告の20mSv/yを採用。**
これを下回る**低線量の被ばくによる健康影響**の論争
 - **主流派**：がんや他の疾病のリスクの上昇が疫学調査で検出されることは起こりそうもない (unlikely)
 - **非主流派**：深刻な健康リスクが存在する
- 内閣官房主催「**低線量被ばくのリスク管理に関するWG**」
 - 2011年11月から12月まで8回開催
 - **主流、非主流の主な専門家を招聘してヒアリング**
 - 双方の主張をふまえた報告書を発表 (2011年12月22日)
- **WGでの議論を以下の観点で分析**
 - **異分野間コミュニケーションでの合意形成**
 - **パブリック・ディベートの理性的な意思決定への貢献**



2. 低線量被ばくのリスクを巡る議論

■ 3.1. WGの概要

- **目的**：低線量の健康影響について、**内外の専門家の意見をヒアリング**した上で、日本政府としての方向性をとりまとめる
- **コンセプト**：会議は全て公開で行われ、インターネットで動画も配信。速記録もweb上に公開
- **ヒアリング対象者:14人**
 - 2名は海外の専門家
 - 海外の専門家は、ICRPの基本的考え方や、チェルノブイリの経験を説明しただけで、低線量被ばくの見解は示さなかった。
 - 2名は心理学の専門家
 - 1名は除染のpractitionerと1名は自治体の首長（市長）
 - **放射線の健康影響の専門家は8人、うち2名が非主流派**

2. 低線量被ばくのリスクを巡る議論(2)

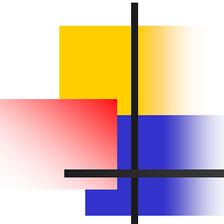
■ 主流派の論拠

■ 主流派6人の主張には**明確な共通点**

- 全員が**疫学論文**又は**国際機関の報告書**を引用
- 特に、UNSCEARによるChernobylのレビューを4人が引用
- ICRPの関連勧告を引用が8人、UNSCEARのレビューが6人、WHOの報告が1人、IAEAのレポートが1人
- 論文誌も**放射線関連誌、疫学研究論文誌に偏り**

学問分野	研究対象	引用回数
疫学	原爆被爆者	12
疫学	チェルノブイリ	7
疫学	その他	4
疫学	レビュー	2
その他	チェルノブイリ	2
その他	基準	3
勧告	ICRP	8
レビュー	UNSCEAR	6
報告書	WHO	1
レビュー	IAEA	1

論文誌又は報告書	引用回数
Radiation Research	11
J. National Cancer Institute	7
Health Physics	2
Other journals	7
ICRP Publications	8
UNSCEAR Reports	6
IAEA Reports	1
WHO Reports	1



2.3.非主流派の論拠(1)

- 非主流派の専門家は、carcinogenicの専門家であり、サイエンス誌に掲載経験のある研究者であり、臨床医
 - 挙げた論文8本は、すべて**carcinogenesis関連か臨床関係**の論文であり、**疫学関係の論文は一つもなかった**
- 小児の甲状腺癌の増加に関する**臨床データ**と、甲状腺癌の**遺伝子のダメージ**に関する知見を提示
 - チェルノブイリでの小児の甲状腺癌の疫学的データの確定に20年かかったことを示した上で、**ゲノム科学**での最新の知見による、癌患者の**ゲノム異常の検知**について説明
 - **ゲノム異常が癌の増殖、悪性化、予後の悪化に関わる**という知見を紹介
 - 同様の論理展開で、ウクライナの膀胱癌と増殖性膀胱炎の臨床データを示し、**放射線によるゲノム異常の示す細胞へのダメージとそれによって膀胱癌が発生するメカニズム**についてモデル的に説明

2.3.非主流派の論拠(2)

- チェルノブイリ周辺の**膀胱癌の増加のカギとなる証拠**として、Romanenko, et.al. 2003の論文を提示。
 - Institute of Urology in Kiev, Ukraineの**159人**の前立腺肥大症の男性患者で、膀胱の疾病のない、前立腺切除を受けた**ホルマリン保存された組織**を調査したもの
 - Group Iは、**高汚染地域**からの患者で、Group IIは**低汚染地域**から、Group IIIは**非汚染地域**からの患者を示す。
 - CIS:原発性のがん、UC:尿路上皮がん

Table 1 (adopted from Romanenko et al. 2003)

Groups	Number of cases	Dysplasia(%)	Carcinomas		
			Total (%)	CIS	Papillary UC
I	73	71 (97)	53 (73)	47	6
II	58	48 (83)	37 (64)	34	3
III	33	9 (27)	0 (0)	0	0

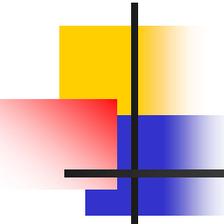
CIS: Carcinoma *in situ*

UC: Urothelial carcinoma

* : Significantly different vs. group III and $P < 0.0001$ (χ^2 or Fisher's exact probability test)

3.主流派と非主流派の論争の分析

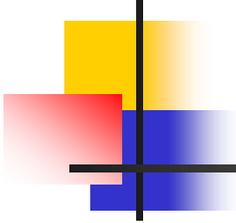
- **3.1 非主流派の立論に対する主流派の反論は、方法論に対する反論を省略し、むしろ、データの分析結果に集中。反論は大きく3点**
 - **第1点：天然放射線と比較してもセシウムの放射能濃度が低すぎる**
 - 計測された尿中のセシウムの放射能濃度（Group Iで6.47Bq/l）は、同じ尿中に通常含まれているカリウムの放射能濃度（50Bq/l）の8分の1程度しかなく、放射性カリウムと放射性セシウムは、似通ったβ線とγ線を出すので、同程度の影響があるはずなのに、セシウムだけが膀胱ガンを起こすことが考えにくい。
 - **第2点：癌発生率が高すぎる。**
 - 引用された臨床データによれば、前立腺切除を受けた者のおよそ半分にガンが見つかっている。一方、50才以上の男性の40%が前立腺肥大になり、その25%が前立腺の切除を受けている。もし臨床データが正しければ、ウクライナの膀胱癌の頻度は非常に高くなければならないが、過去の疫学調査によれば、ウクライナでの膀胱癌の比率は100万人で40人程度となっており、この結果と矛盾する。
 - **第3点:膀胱癌の増加が疫学的に確認されていない**
 - チェルノブイリの事故から25年が経過し、甲状腺癌がすでに疫学的に明確にされているにもかかわらず、膀胱癌の増加は疫学的調査では検知されていない。通常の癌の潜伏期間を考えるとあり得ないことであり、また、甲状腺癌との比較においても説明がつかない。



3.主流派と非主流派の論争の分析(2)

■ 3.2 論点ごとの議論

- 第1点：天然放射線と比較してもセシウムの放射能濃度が低すぎる
 - 非主流は、**カリウムとセシウムの膀胱組織内における挙動が異なること**を理由とした。
 - 主流派は、**カリウムの出す β 、 γ のエネルギーから考えれば、数十センチの組織を突き抜けてしまうので、膀胱組織への遺伝子への影響は、挙動に関わらず均一となるはずと指摘した。**
 - 非主流派は、放射線による影響は、**放射線を受ける組織の生物学的な特性**がわからなければ議論できないとした。
- 第2点：癌発生率が高すぎる
 - 非主流派は、ゲノム疫学の観点からは、ある地域で特定の疾患の感受性が高いような**遺伝的素因**や、他の要因により、**特異的に起こる場合**があることは否定できないとした。
 - 主流派は、**他のファクターによる影響があるのであれば、放射線が原因であるかどうかを結論づけることはできない、**というconfounding factorに基づくリスクの概念を説明した。
 - 非主流派は、遺伝子生物学的なリスクが**“あるかもしれない”**という主張を繰り返した。

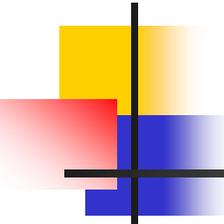


3.主流派と非主流派の論争の分析(3)

- 3.2 論点ごとの議論

- 第3点：膀胱癌の増加が疫学的に確認されていない

- 非主流派は、自分は疫学の専門家ではないが、分子生物学者であり、低レベル被ばくで、**分子レベルのPathologyのindicatorが悪くなることは間違いないし、がんのpathologyははつきり解明されていない**のだから、**将来、いつか、膀胱がんが増えて、それが疫学的にも立証される日**がくるかもしれないと主張。



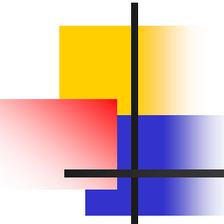
4 考察

■ 4.1. 分野横断的な議論での合意形成

- 主流派は、**公衆衛生学・疫学**を論拠とし、非主流派は、**分子生物学**等を論拠とし、**疫学**を根拠としていない
- 主流派と非主流派の議論は、**分野横断的議論**という側面がある

■ 4.1.1. 交絡の回避と統計的有意差

- 例えば、ガンであれば、**年齢によって発症率が高くなり**、かなり大きな地域差があることが知られており、これは主に**食生活**に依存するとされている
- ある化学物質の発がん性を調べるためにサンプル調査の結果、仮にばく露と発ガン率との間に関連があったとしても、それは**実は年齢によるものかもしれないし、食生活によるものかもしれない**
- そのような**交絡因子を統計的な方法で排除（コントロール）**し、ばく露が**統計学的に有意**であれば、ばく露と発ガンには因果関係が推定される



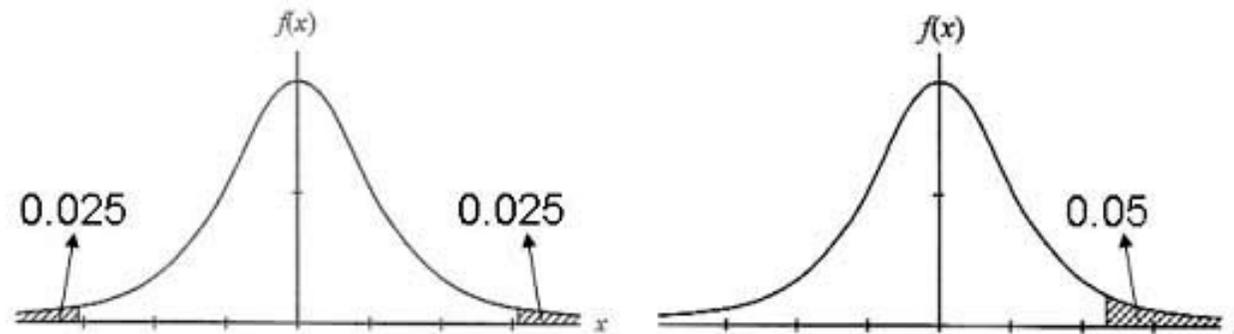
4.1. 分野横断的議論の合意形成

- **交絡の回避（コントロール）の方法**
 - **ケース・コントロール研究（case-control studies）**
 - ばく露（ケース）群と対照（コントロール）群に等しく交絡因子があるものとする。発ガンの原因の研究をするとき年齢が交絡変数と考えられるなら、**67歳の梗塞患者（ケース）と67歳の健常者（コントロール）を対照**すれば、年齢の影響を排除できる
 - **コホート研究（cohort studies）**
 - 年齢が交絡因子と考えられるとき、**年齢層をそろえた集団（コホート）を対象**として観測する。その上で発ガンの原因として化学物質のばく露の量別に発ガン率を比較する
 - **層化（stratification）**
 - 年齢が交絡因子と考えられるとき、サンプリングされたデータを年齢層によって層化（グループ分け）する。すなわち、**ばく露量と発ガンの関係を各年齢層毎に分析**する。同じ年齢層で、ばく露量によって発ガン率が異なるかどうかを比較することにより、年齢による影響を排除する。層化されたデータを扱う**統計手法（年齢調整）としてマンテル=ヘンツェル法**などがある

4.1 分野横断的議論の合意形成(2)

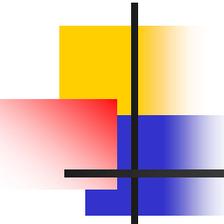
■ 統計的有意差 (statistically significant)

- 統計的仮説検定を行う場合に、帰無仮説を棄却するかどうかを判定する基準。5% あるいは 1% がよく使用される。つまり、**二つの母集団が異なるという仮定をした場合に、実は同じ集団だった、という間違いの確率 (第一種エラー) が5%以下であることを意味する。**



■ 交絡の回避、統計的有意差の弱点

- 疫学は、1970年代のたばこの有害性を巡る論争で周知のように、産業界に対して、有害物の規制を行うための手段として機能してきた。すなわち、「**他に原因があるのではないか**」という反論に、有効な反論を構成できるようにするためのものである。
- しかし、低線量による健康影響を巡る論争のように「**統計的に有意でなくとも有害性がある**」というベクトルが逆の議論に対しては有効性に欠ける



4.1 分野横断的議論の合意形成(3)

■ 4.1.2. リスクの概念

■ リスクは確率

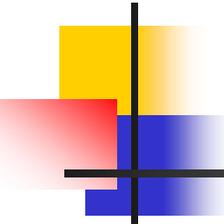
- 統計的に有意な化学物質へのばく露は、**発ガン率を増加させる**、つまり、若干発がんの**リスクを増やす**ことが推定される。しかし、この化学物質にばく露しても、がんになる者もいれば、ならない者もいる。リスクは発生の確率であり、**有害と非有害が明確に0と1のように分かれているわけではない。**

■ 公衆衛生でのリスク概念は、**疾病や死亡の発生率**

- ガンの発病や死亡の**発生数（率）**をカウントしており、いってみれば「**結果**」の**カウント**をしている。このため、有害性があるかどうかは発病するかどうかで判断され、**発病しない例については、「害がない」と見なされることになる。**

■ 分子生物学では、**細胞レベルのダメージをリスクととらえる**

- 分子生物学でのアプローチは、放射線に限らず、発ガン性を有する有害因子に対して、**組織や細胞がどのように「ダメージを受け」、ガン化していくのか**をバイオマーカーを用いて観察する。
- 理論的には、ダメージを受けた細胞は、**細胞の修復機能があるため全てガン化するわけではないが、いずれ癌化する可能性があり、その意味で、「癌化するリスクがあがる」という概念でリスクをとらえることになる。**

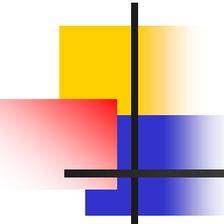


4.1 分野横断的議論の合意形成(4)

■ 4.1.2. リスクの概念(2)

■ 分子生物学的リスクと疫学的リスクは一致しない

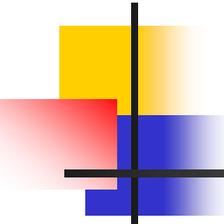
- 最終的には、細胞レベルのダメージは、がんの発病に結びつくことが想定されているが、現時点では発ガンプロセスはわからないことが多く、**マーカーの悪化と実際の癌の発病の関係にはギャップ**がある。
- 従って、公衆衛生的な**がんの発生率**に基づくリスクの考え方と、生物学的な**細胞レベルのダメージ**に基づくリスクの考え方は、最終的には一致するはずであるが、**現時点での科学水準では、一致は見られない**。



4.1 分野横断的議論の合意形成(5)

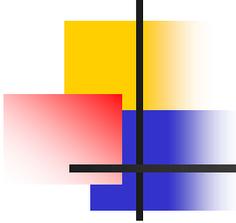
■ 4.1.3. 新たな議論の方法の提案

- 今回の論争では、分子生物学議論が正しいとするならば、「**通常のがんの潜伏期間を過ぎているのに増加していない**」ことを説明できない、という単なる**経験的否定の議論**になってしまっていた。これは、**伝統的な疫学の議論のやり方ではなく、議論の方法論は確立していない**
- 一方、分子生物学的アプローチは、近年進歩は著しいものの、**放射線によるガンの発生プロセスについてわからないことが多すぎる**ため、最大限でも「**低線量でも将来眼になる可能性はある**」程度であって、「**通常のがんの潜伏期間を過ぎているのに増加していない**」という指摘に対して**有効な反論ができない**
- **結果**（ガンの発生確率）と、**プロセス**（分子生物学的なpathology)は本来的には一致した結果を出すはずだが、いかんせん、ガンの発生プロセスに未知な部分が多すぎて、**両者を納得させる共通の価値判断のdiscipline が存在しない**
- このため、いくら議論しても、結局のところ、**価値判断のdiscipline としてどちらを選ぶのか、という選択の問題**となっしまい、合意を得ることができない。



4.1 分野横断的議論の合意形成(6)

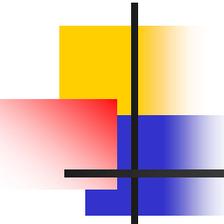
- 4.1.3. 新たな議論の方法の提案(2)
 - 今回の議論でも焦点となった、「通常のがんの潜伏期間を過ぎているのに疫学的に有意な増加が見られない」という、**ガンの潜伏期間**を利用した「**経験的に否定される**」というdiscipline は見込みがある
 - **ガンの潜伏期間について、分子生物学的、かつ統計的に精緻に研究**すれば、「統計的に有意でなくても有害かもしれない」という反論にも有効な、新たな疫学のdiscipline として確立するかもしれない



4.2 公共ディベートの合理的意思決定への貢献

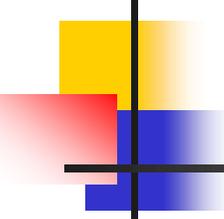
- The **function of debate** is to enable men [sic] to make collective choices and decisions **critically** when inferential questions become subjects for dispute....
- When **collective choices** and decisions require **personal judgment** as well as facts and figures, **debate helps** insure that these decisions will be made **critically**....
- **A critical decision** is more "**human,**" i.e., **rational,** than an uncritical one. The ability to arrive at decisions critically is the trait that chiefly distinguishes man [sic] from animal.

(Ehninger and Brockriede, 1968)



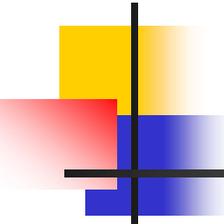
4.2 公共ディベートの合理的意思決定への貢献

- 公共ディベートの不足と政府への不信の増大
 - このWGを除いて、今回の低レベル線量の健康影響について、**主流派と反主流派が直接、対面で議論を行ったケースはほとんどなかった**
 - それぞれが、**別々の主張を別々の場で行う(uncritical)**だけなので、一般国民から見ると、政府が主張する内容を、それなりに説得力を持って別の人間が反論することを見せつけられるわけで、**政府に対する不信感が増長**していく
- どちらが正しいのか非専門家は判断できない
 - 国民が知りたいのはどちらが正しいのかどうかであるが、**専門知識がないため、主張の内容を検証(criticize)することができず**、どちらが正しいのかわからなくなり、不安感が増す
 - ジャーナリストが専門家に対して批判的な質問をすることで論点を明確にしようとした場面もあったが、ジャーナリストの専門知識が不足しており、**単に両方の専門家の意見を垂れ流すケース(uncritical)**がほとんど



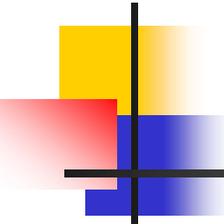
4.2 公共ディベートの合理的意思決定への貢献

- 専門家同士の直接の議論を見れば、非専門家でも判断が可能
 - しかし、専門家同士が公開の議論で直接、反論をし合うのを見れば、**素人であっても徐々に論点がわかってくる(critical thinking)**。素人であっても、相手の批判に対してきちんと反論できているか、**すれ違ったりごまかしたりしているかどうかは直感的、論理的に理解できる**
 - 公開ディベートに耐えられない専門家は、**いずれマスメディアからも相手にされなくなっていく**。このプロセスを経ることで、**信頼の置ける専門家が国民に認知されるようになってくるし、論点も徐々に集約(critical judgment)されてくる**。これに伴い、**国民の不安感は解消(rational decision)していく**
 - これが公開での直接の議論である**公開ディベートの効用**



4.2 公共ディベートの合理的意思決定への貢献

- 議論の専門家によるサポートも効果的
 - もちろん、最後まで一致しない論点は残るが、論点が絞られれば、国民も自分でどのように行動すべきかを判断(critical decision)できる
 - さらに、国民の理解を促進するため、どこが合意されていて、どこが合意されていないのかを**第三者(ディベートの専門家)**がわかりやすく整理して示すことも効果的
- 今後も公開でのディベートを
 - 日本には、**公開でのディベートの文化が根付いていない**。その意味で、このWGの試みは高く評価されて良いし、**同様の試みが継続的に実施されるべき**



参考文献

- **Ehninger, D. and Brockriede W. 1963.** Decision by Debate. New York: Dodd, Mead.
- **International Commission on Radiological Protection. 2007.** The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37
- **Office of the Deputy Chief Cabinet Secretary of Japan. 2011(a)** . Report of Working Group on Risk Management of Low-dose Radiation Exposure. Cabinet Secretary of Japan http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/info/twg/Working_Group_Report.pdf
- **Office of the Deputy Chief Cabinet Secretary of Japan. 2011 (b)** . Presentation Slides. Cabinet Secretary of Japan. <http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/info/twg/dai4/siryoku1.pdf>
- **Office of the Deputy Chief Cabinet Secretary of Japan. 2011 (c)** . Transcript of Hearing Session. Cabinet Secretary of Japan. <http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/info/twg/dai4/siryoku1.pdf>
- **Romanenko, A. Morimura, K. Wanibuchi, H. Wei, M. Zamarin, W. Vinnichenko, W. Kinoshita, A. Vozianov, A. Fukushima, S. Abe Crooks, V.C. Buckwalter, J.G. Chiu, V. 2003.** Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation. Cancer Sci. 94 no. 4:328-333.
- **Rothman, K.J. and Greenland, S.1998.** Chapter 4, Measures of Effect and Measures of Association. In Modern epidemiology. 2nd ed., ed. K. J. Rothman. and S. Greenland., 47-64. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- **Slovic, P. 1987.** Perception of Risk. Science ;236: 280-285.
- **Slovic, P. 1993.** Perceived Risk, Trust, and Democracy. Risk Analysis 13: 675-682.
- **Yasui, S. 2013.** An analysis of the argument over the health effects of low-dose radiation exposure caused by the accident at the Fukushima Daiichi APP in Japan. Journal of Risk Research 16(8): 937-944.