

日本保全学会 東北北海道支部総会2011年5月20日

チェルノブイリ、広島・長崎のデータ、国際機関の規制値に学び福島第一原子力発電所事故を理解する

北海道大学工学研究院
杉山 憲一郎

1. 国際機関が勧告する規制値から学ぶ

Recommendation on Ionizing Radiation Effects to Human Body from International Organizations

- 5 00 m Sv : Safe limits of workers in emergency recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP)
(国際機関ICRPの緊急時勧告値:白血球の一時的低下があり得る?)
- 250 m Sv : Present safe limits of workers in emergency at Japan
(日本の緊急作業時の規制値)
- 100 m Sv : Safe limits on indoor stay of general public living near nuclear plants in emergency recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP)
(国際機関ICRPの避難勧告値上限)
- 20 m Sv : The current safe limit for indoors of general public living in the nuclear power plant zone (日本の避難規制値)

国際単位 グレイ [Gy] とシーベルト [Sv] の関係

周辺住民の緊急時規制値: 20ミリシーベルト/年、
および作業員の緊急時規制値: 250ミリシーベルトの
リスク(癌リスク)の背景を数値的に理解するために

- ・グレイは、放射線 (Ionizing Radiation) の被曝により、
人体に吸収されたエネルギー量を扱う単位。
- ・シーベルトは、人体への影響を扱う単位。

β線(電子線), γ線、X線(電磁放射線): 福島のカセシウム、ヨウ素

$$Y [\text{mSv}] = 1 \times Y [\text{mGy}]$$

中性子線 : 広島・長崎の原爆、原子炉核反応

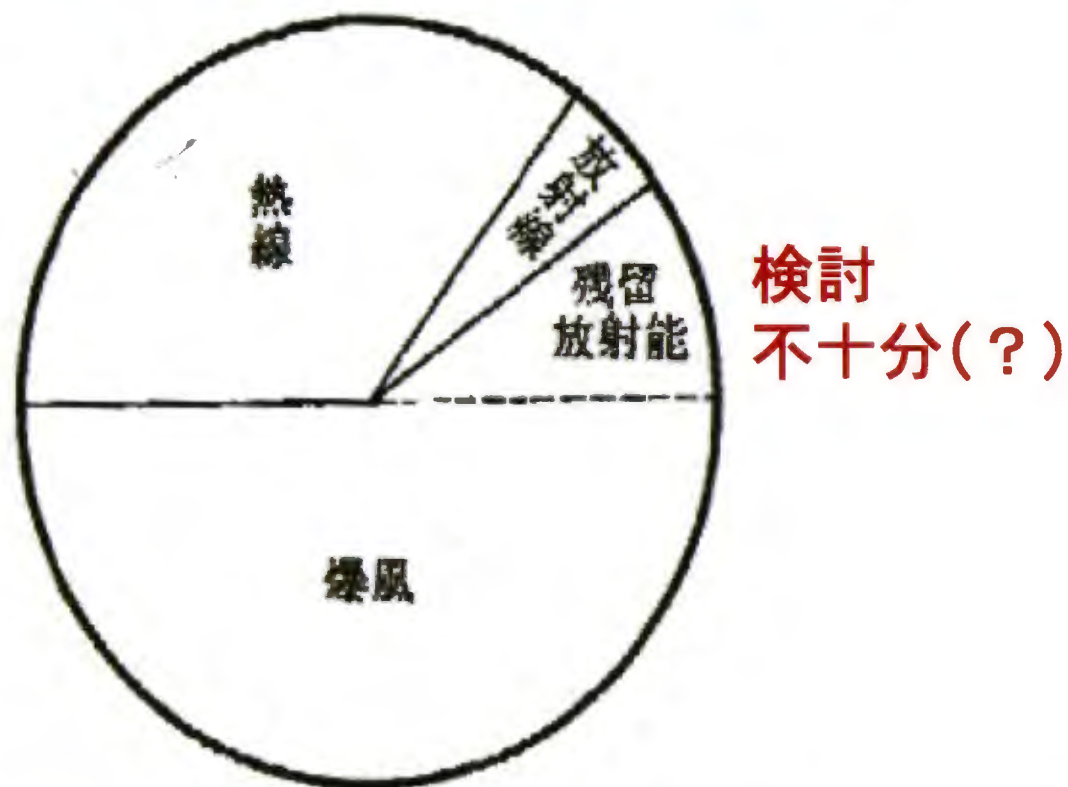
$$Z [\text{mSv}] = (5 \sim 20) \times Y [\text{mGy}]$$

α線 : ウラン、プルトニウム等

$$Z [\text{mSv}] = 20 \times Y [\text{mGy}]$$

2. 広島と長崎の被曝生存者から癌リスクを学ぶ

原爆の2大破壊要因：爆風と熱線



図IV・4 原子爆弾の三大破壊要因の強さ（エネルギー量）の相対比^{5, 10)}。
(近藤⁵⁾より転写)

瞬時に多量の放射線を被曝する最悪ケース： 人体の修復・免疫機能が急激に低下し、死亡に至る。

1. The bombs dropped on Hiroshima and Nagasaki took a horrendous death toll more than about 200,000 (爆風・熱線が主因で1945年末までに20万人以上(推定)が死亡、急性放射線障害による免疫機能低下型死亡は約1ヶ月後がピーク).
2. 86,572 within 10 km from the epicenter of the atomic bomb blasts have been monitoring. About half of them were within 2.5km from the epicenter. About 8,500, 10 percent of them suffered the radiation doses from 1 to 6 Sv. (1,000~6,000ミリシーベルトの約8,500人、5ミリシーベルト以下の36,459人を含む、被ばく者86,572人が放射線の人体影響に関する日米合同(広島・長崎放射線影響研究所)研究に協力).
3. Up to the end of 1997, it is estimated that only 450cancer deaths had occurred as the result of radiation exposure from the bombs (半世紀が経過した1997年までに450人が放射線による癌で死亡).
4. The projection for when all the survivors have died is that about 800, or 0.9 per cent of the survivors, will have died as a result of cancer from the radiation of the bombs (全員死亡時(現在65歳以上)では、800人、0.9%が放射線による癌死亡と予測できる).

広島・長崎の爆心から10km圏の9万人弱の被曝生存者の寿命

The data of the joint Japanese/US study show no significant difference among groups from 0 to 0.8 Gray at median age of life span. No genetic effects were caused by radiation in the children born to the survivors.

(緊急時規制値の一つの根拠: 瞬時800ミリグレイ以下のグループでは殆んど差がない。被爆者二世への遺伝影響は無い。)

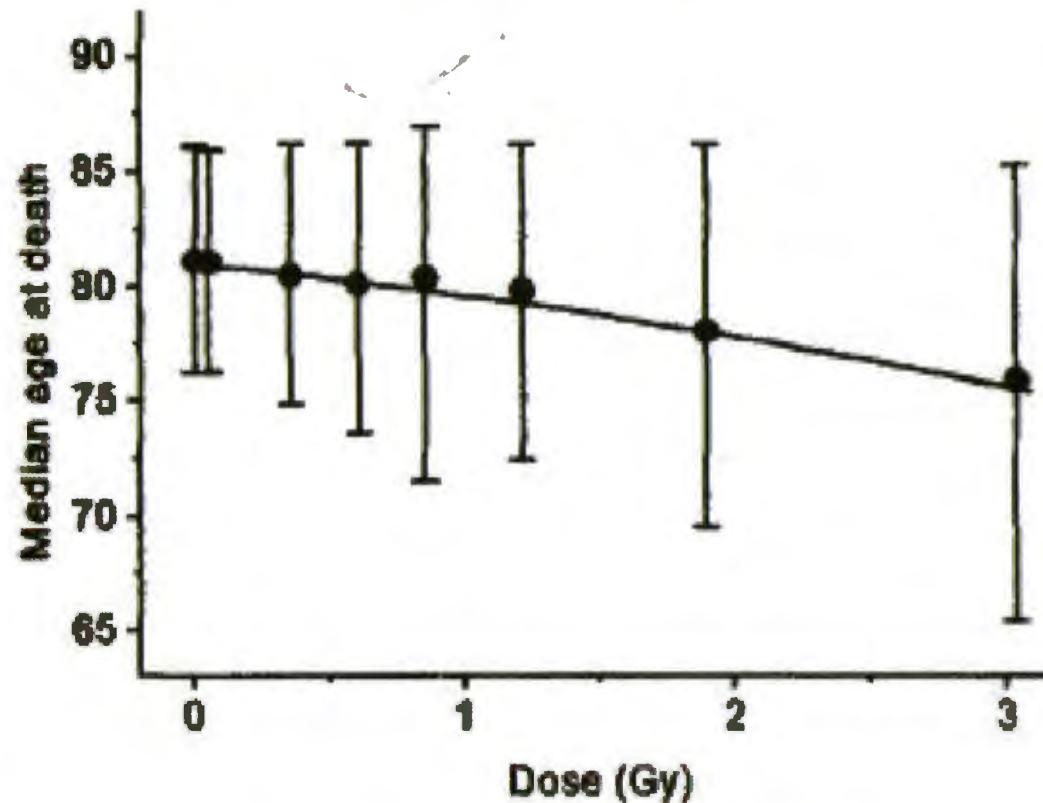


Fig. 1.14.1 Japanese atom bomb survivors, life expectancy with dose

3. レベル7のチェルノブイリ事故被曝者から学ぶ

The Radiation-dose Information on Workers for Emergency Response

表IV・5 緊急事態作業員の被ばく量と急性放射線障害の程度¹⁰⁾

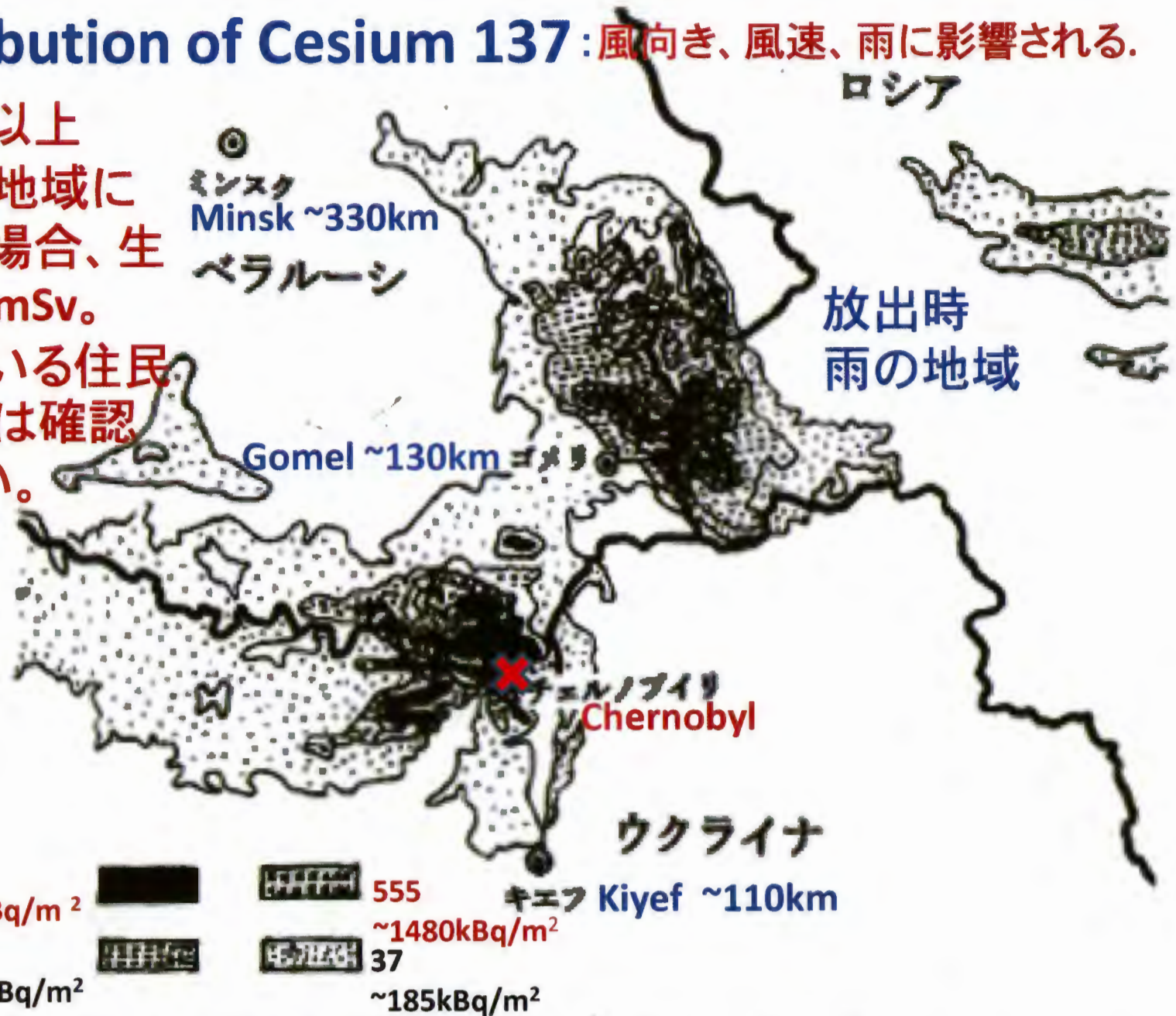
急性放射線 病の程度	放射線被ばく 線量 (Gy)	入院治療した 人数 ^{a)}	死者の数	生存者の数
軽 症	0.8 ~ 2.1	41	0	41
中 程 度	2.2 ~ 4.1	50	1	49
重 症	4.2 ~ 6.4	22	7	15
極端重症	6.5 ~ 16	21	20	1
合 計		134	28	106

a) : このほかの 103 人の緊急事態作業員は急性放射線障害は認められなかった。

炉心爆発・黒鉛減速材火災のあったチェルノブイリ事故では、福島事故の約10倍の放射性物質を放出。火災時に対応した積算値4,000ミリグレイ以下の作業員は、急性放射性障害から回復した。晩発性の癌リスクは？

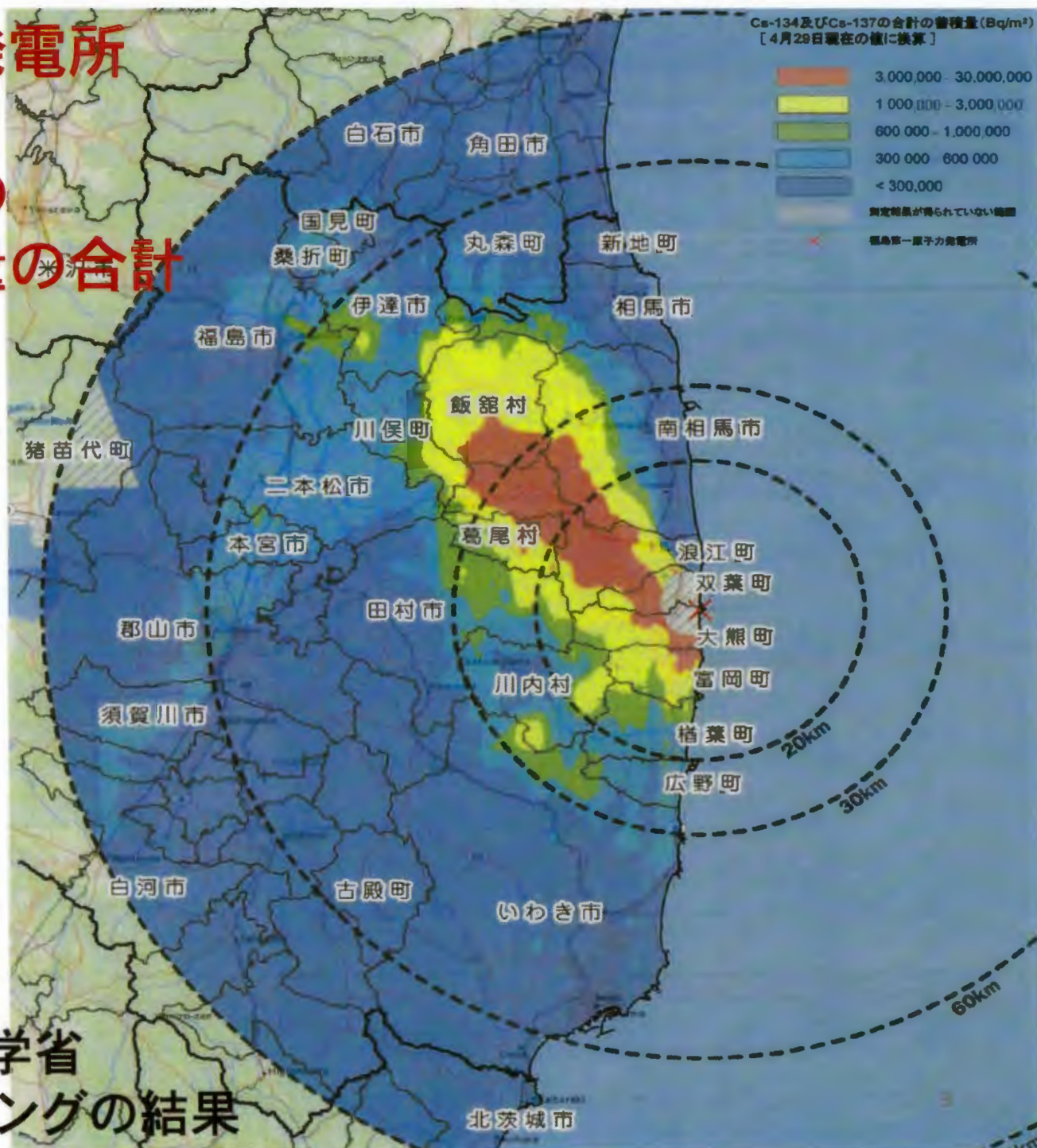
The Distribution of Cesium 137: 風向き、風速、雨に影響される。

555kBq/m²以上の強制移住地域に住み続けた場合、生涯積算値35mSv。住み続けている住民に健康被害は確認されていない。



図IV・13 チェルノブイリ事故で放出された¹³⁷Csの地上分布²⁰⁾

福島第一原子力発電所 から80km圏内の セシウム134,137の 地表面への蓄積量の合計



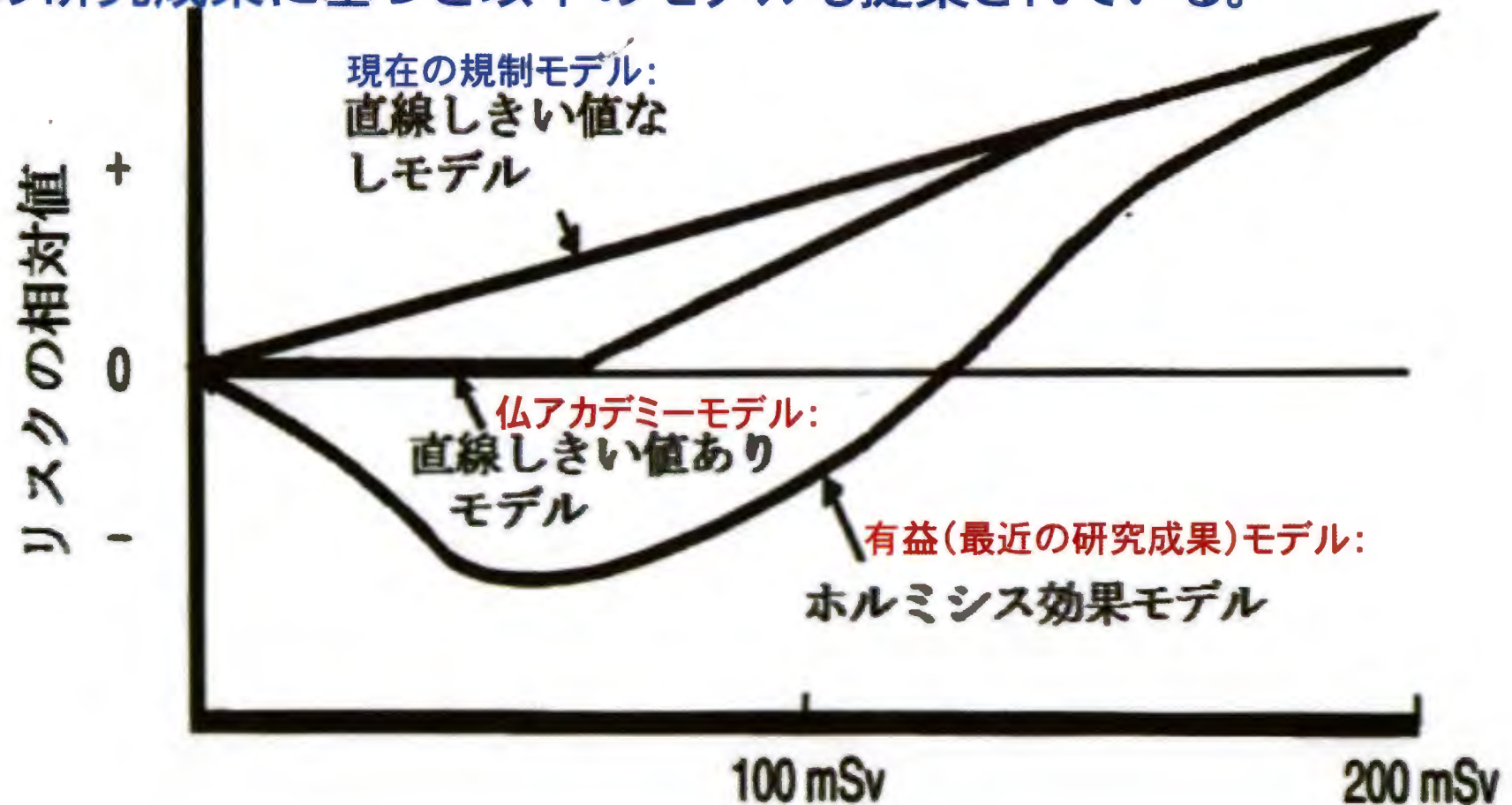
米国DOE及び文部科学省
による航空機モニタリングの結果

チェルノブイリ事故の放射線影響

1. 134 workers received acute doses from 0.8 to 16 Grays and suffered radiation sickness, resulting in emergency hospitalization (800から16,000ミリグレイの134名は緊急入院、防護服・マスクなしのため内部被ばくあり).
2. The 27 workers from 4.2 to 16 Grays and 1 worker from 2.2 to 4.1 Grays died in the next few months, and the 106 workers including 90 less than 4.1 Grays were recovered (β線による内外火障と急性放射線障害で28名が死亡、106名は回復).
3. There had been about 1,800 cases of thyroid cancer in children according to UNSCEAR 2000 report. Thyroid cancer can be treated by surgical removal with good success (国連SCEAR 2,000年レポート: 子供の甲状腺癌1800人: 除去手術で回復可。放射性ヨウ素を含む牛乳などの摂取).
4. There is no scientific evidence of increases in overall cancer incidence or mortality or non-malignant disorders to radiation exposure 14 years after the accident (国連SCEAR 2,000年レポート: 広島・長崎で約10年後から始まった全癌の増加傾向は無し。ただし、長期的な観察が必要).
5. The risk of leukemia, one of the main concerns owing to its short latency time, does not appear, which does not appear even among the 106 recovery workers (国連SCEAR 2,000年レポート: 広島・長崎で5~10年でピークを迎えた白血病は無し).

4. 放射線規制モデルとその考え方

現在の放射線規制は、広島・長崎の強い放射線による癌リスクを0ミリシーベルトまで外挿した“直線閾値なしモデル”を採用している。現在の緊急時規制の根拠:150ミリシーベルト以下の被ばくでは癌の増加は確認できていない(広島・長崎放射線影響研究所)。最近の弱い放射線の研究成果に基づき以下のモデルも提案されている。



緊急時規制値:最近の研究成果に基づく考え方

人体の修復機構: DNA 1本切断は99.99%修復、2本切断も90%修復

DNA damage occurs naturally from a variety of processes other than radiation. The repair mechanism repairs 99.99 percent of single-stranded breaks and 90 percent of double-strand breaks. Severe DNA damage and error-prone repair disappear through apoptosis.

The accumulation of mutated cells with aging gradually impairs DNA repair processes and leads to the increased probability of cancer with age.

修復できない細胞は消滅、
年齢と共にこの機能が低下し
癌が発生する。

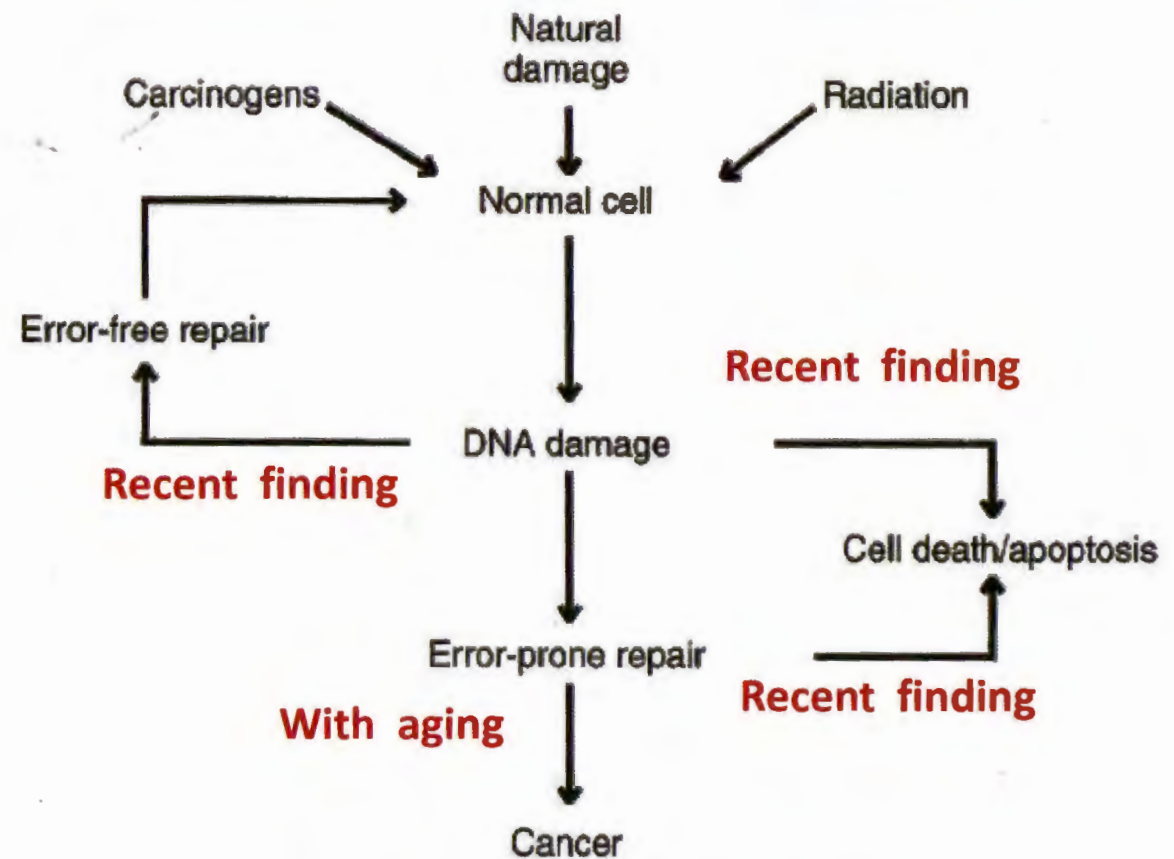


Fig. 1.14.4 DNA and cancer model

原子力地域熱供給主配管ネットワーク:一般住宅、公共施設、
商業施設、工場、研究所そして温室として農場が利用

約9km X 11kmの約1.8万人が利用:
主配管長 35km

地層処分候補地訪問



出典: NOKホームページ

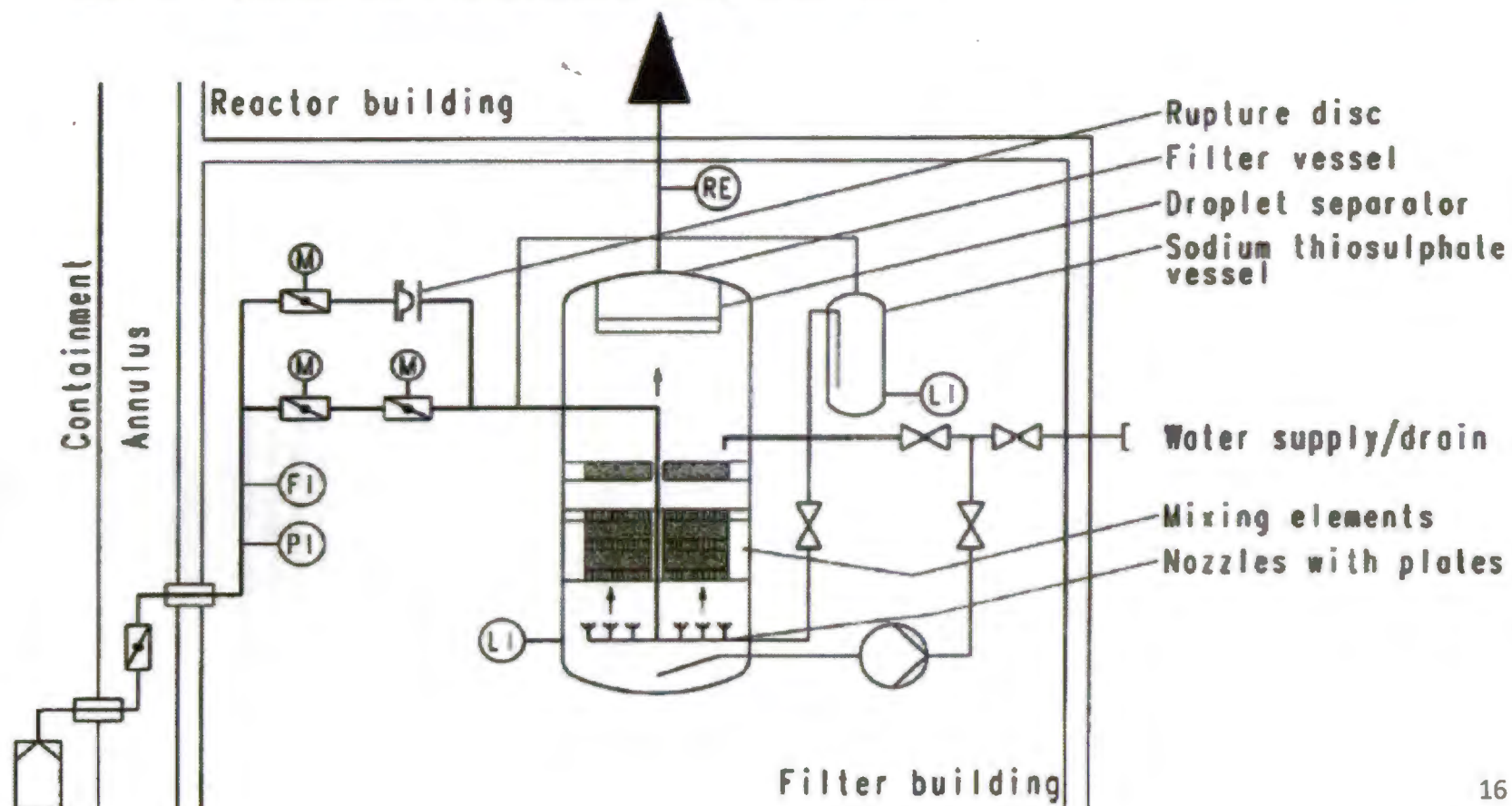
ベツナウ原子力発電所を利用した地域熱供給： ユーザーの8割が一般住宅



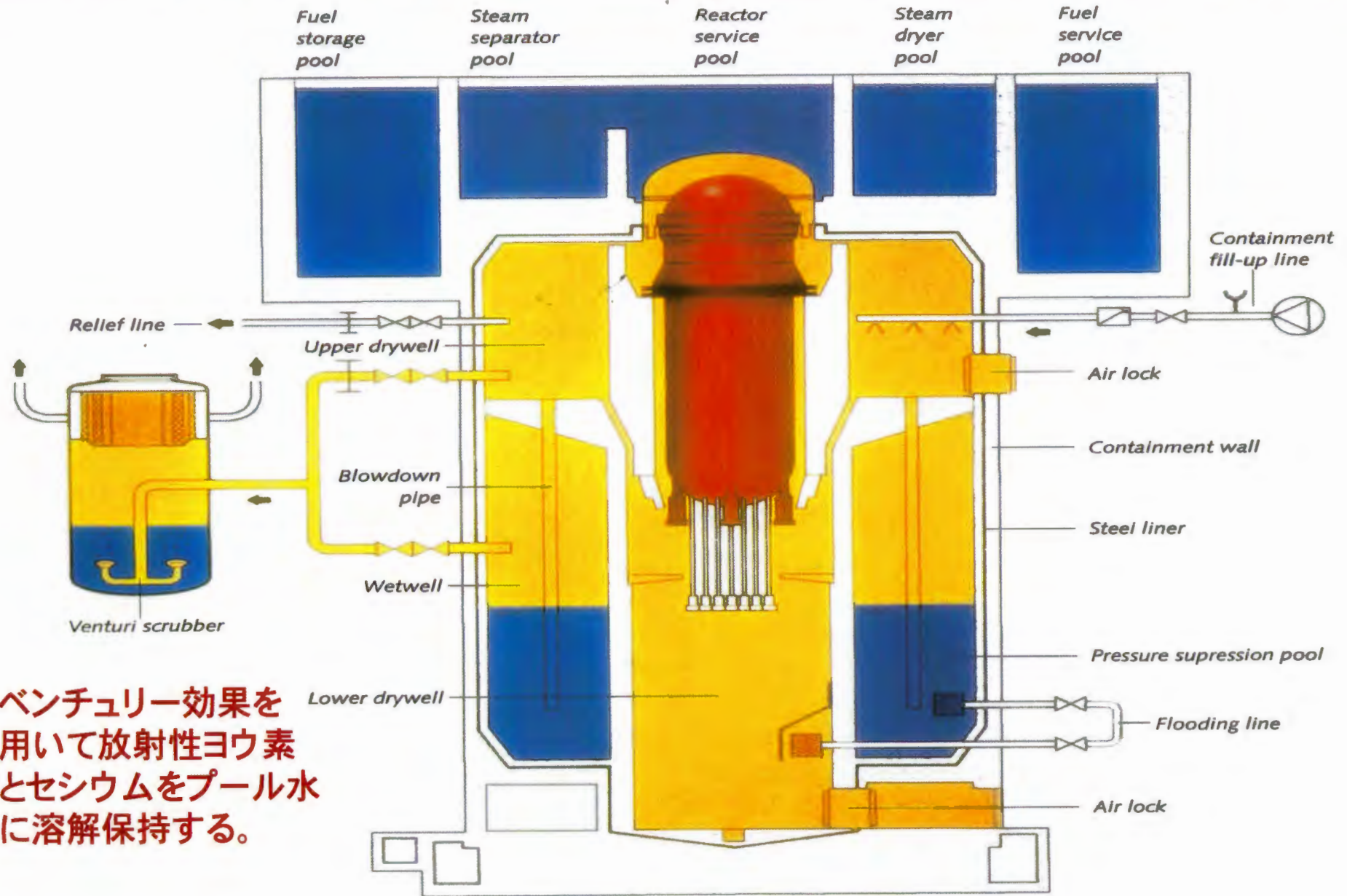
15
出所：ベツナウ原子力発電所パンフレット、Refuna株式会社HP他

事故対策としてのFiltered Containment Venting System : 格納容器圧力が、設計圧力を超える前に、電力なしで高効率な放射性物質除去機能があるこの装置を作動させ、避難不要なレベルで放射性物質を大気中に放出し、格納容器の健全性を維持すると共に、周辺住民の健康被害・環境被害を防止する。当然、住民が納得の上での選択。

Figure 3.5.1: Flow Diagramm of the Containment Filtered Venting Sytem



ヨーロッパ製BWR発電所の格納容器とシビアアクシデント対策設備

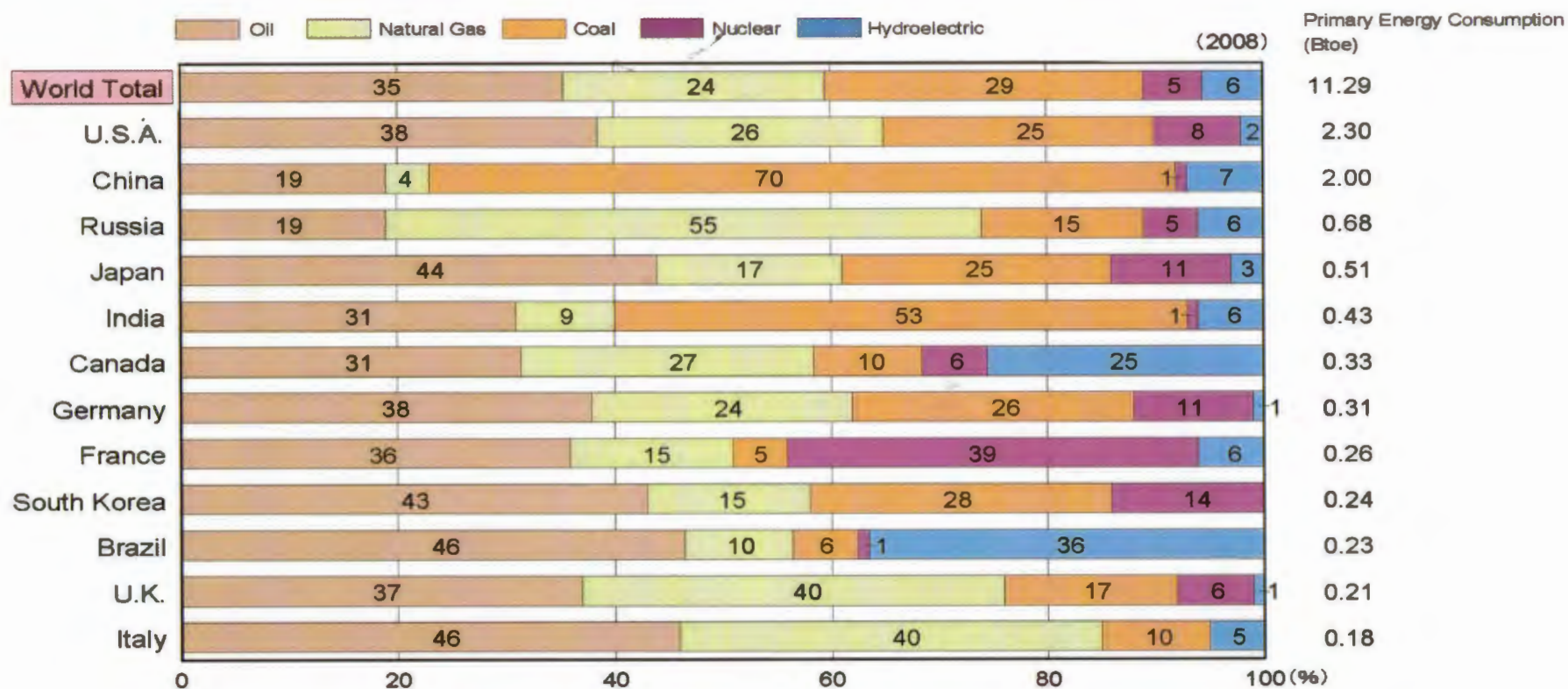


ベンチュリー効果を用いて放射性ヨウ素とセシウムをプール水に溶解保持する。

6. 21世紀の資源・環境制約の中でのエネルギー戦略

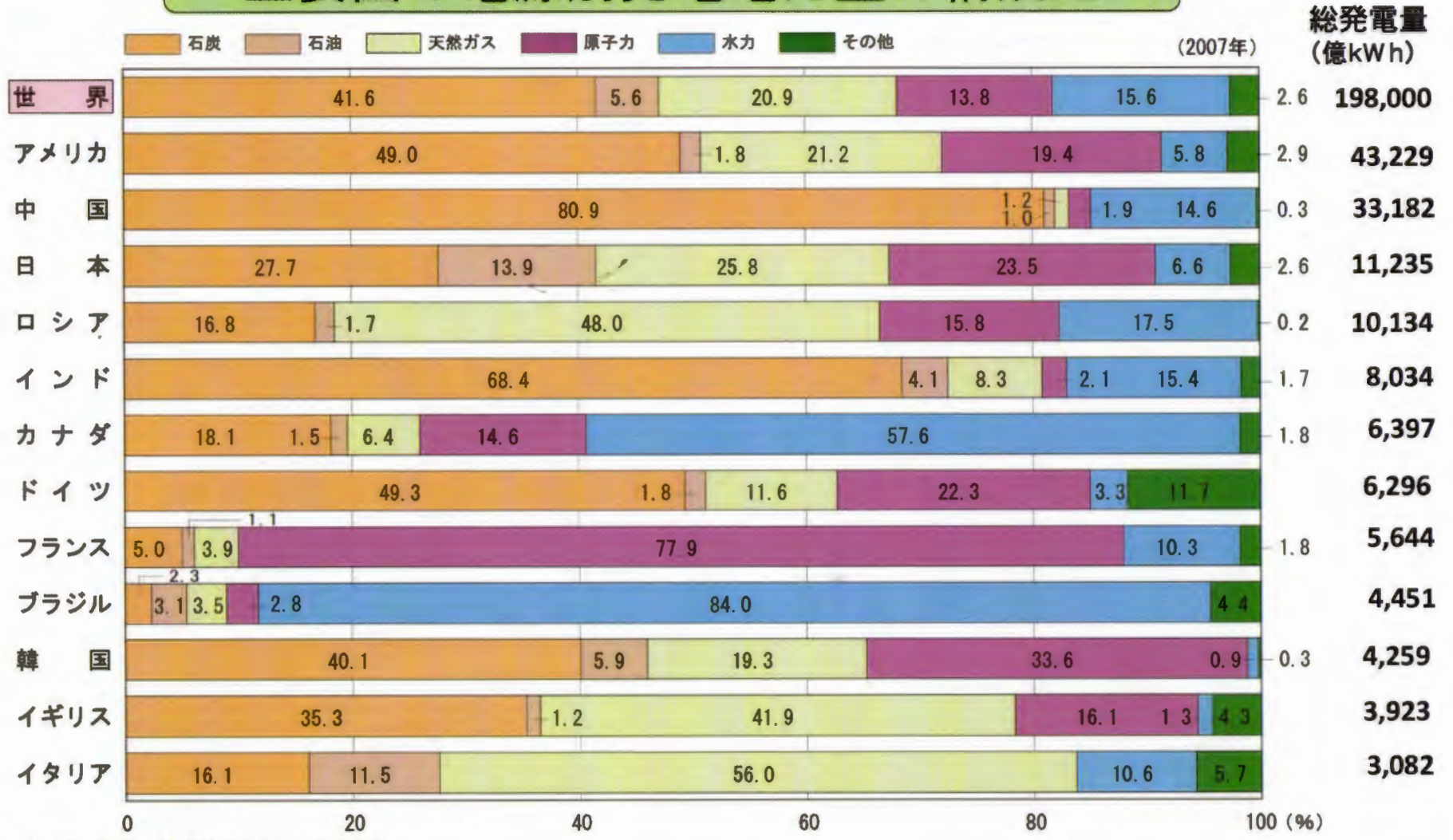
OECD加盟国(30カ国12億人)の1次エネルギー生産量は世界の31%、その10.4%が Renewable & Waste Energyである。Combustible Renewables & Wasteが半分以上、Hydroが約1/3、Solar & Wind Energyの合計は0.6%である。

Primary Energy Consumption in Major Countries



(注) Figures may not add up to the totals due to rounding.
Btoe: billion tons of oil equivalent

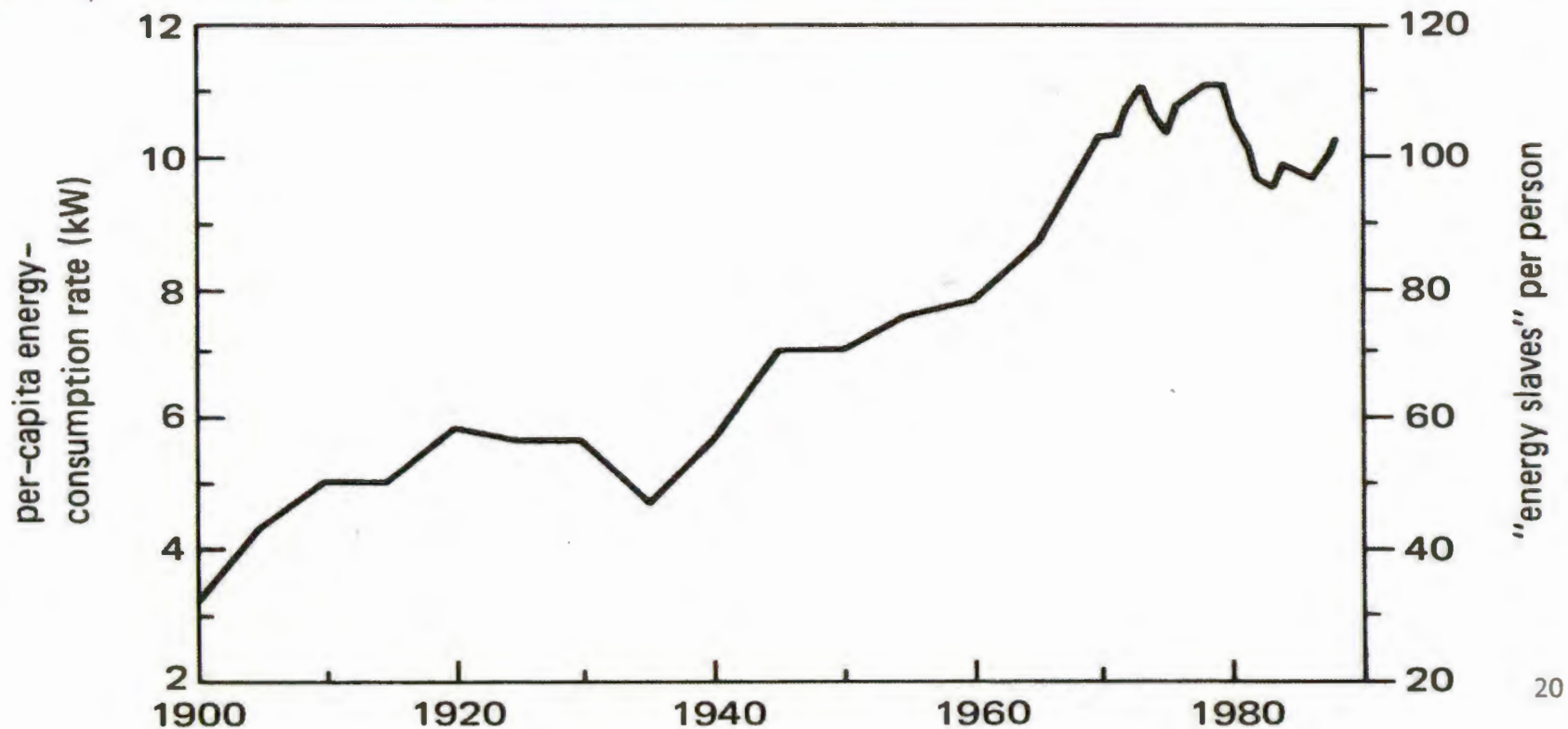
主要国の電源別発電電力量の構成比



(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009
ENERGY BALANCES OF NON-OECD COUNTRIES 2009

現状認識 :人間は平均で1秒毎に100Wのエネルギーを消費している。米国は、下図のように70年代の石油危機後の1980年代前半でも、一人当たりに換算すると10kWのエネルギーを消費していた。召使に換算すると100人である。米国は各国民が100人の召使を使う国(?)と見ることができる。日本は一人当たり約50人の召使を使っていた。エネルギー多消費国米国の選択、人口10億以上の新興国中国、インド等の選択が世界のエネルギー事情に大きな影響を与える。地球規模で続可能な社会を作り上げることはできるだろうか？



18世紀末の産業革命の開始から20世紀末までの時代を 人類史的にどう見るべきか

世界史で学ぶ南北戦争は、古代から続いた奴隷制度：大規模強制労働の終焉宣言であり、**現在までの約150年**は**高効率大規模機械労働の拡張史**であった。人類は、その結果、21世紀初頭に**資源制約・気候変動の課題**に直面した。21世紀の人類は、**平和を維持しつつこの課題を克服し、持続可能な社会を作り上げなければならない。**

ブラジル、ロシア、インド、中国、及び南アフリカの五カ国(国名の頭文字から通称BRICSと呼ばれている)は、福島第一事故から3日目の3月14日、中国海南省の三亜で開催した第三回首脳会合後に三亜宣言を採択し、五か国が原子力の利用を今後も継続的に推進していくことを確認した。経済成長を維持しつつ地球温暖化に対処するためには、原子力の開発利用が最も有効との見解で一致し、安全性の強化など新たな決意で原子力推進に臨む考えである。

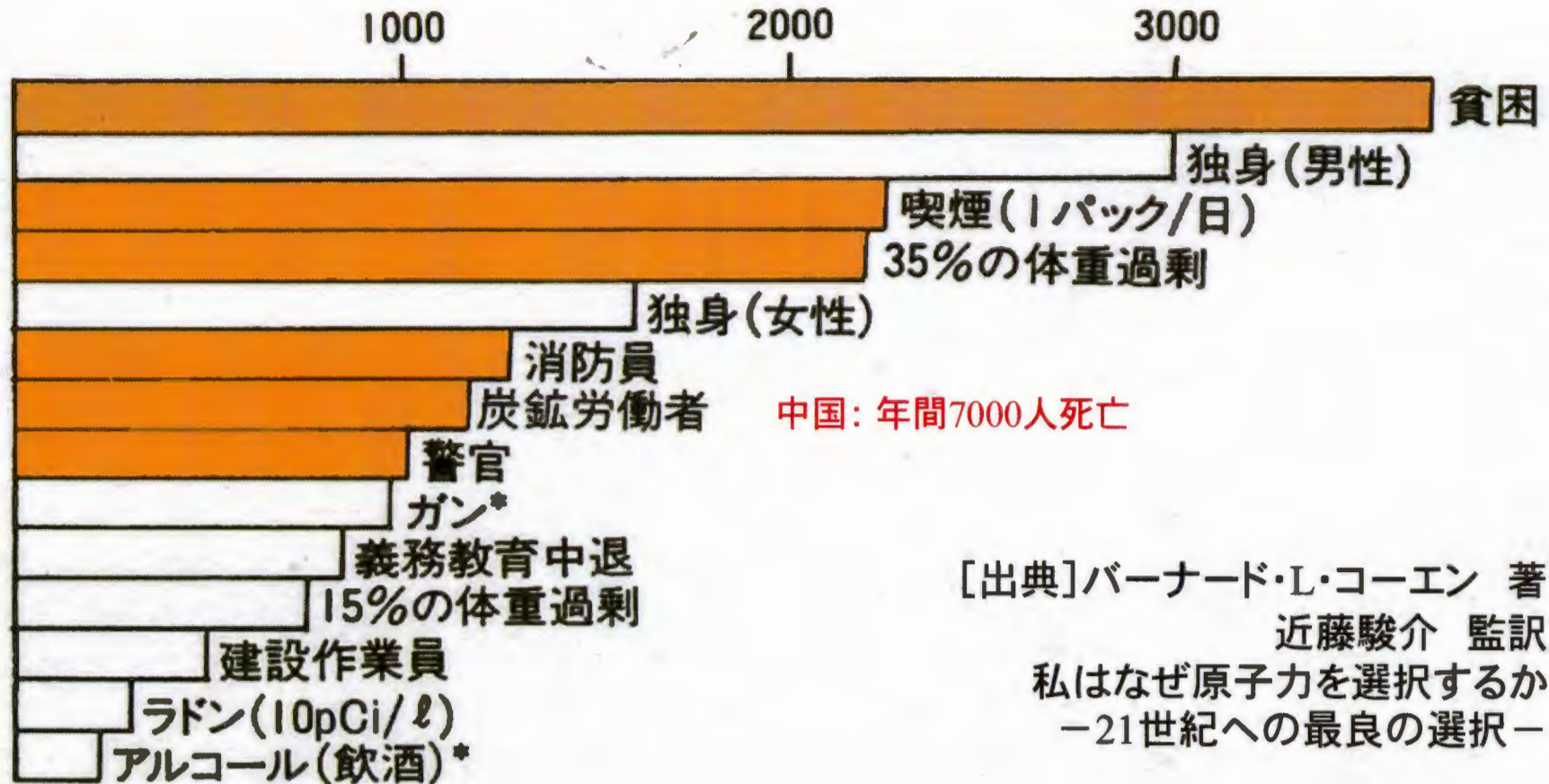
まとめ

- ・ 広島・長崎に遠因をもつ日本特有の原子力事故防止策から脱却し、事故防止・事故緩和策をグローバルスタンダード(地域性も考慮)で考え、実現できる絶好のチャンスである。
- ・ 石油価格が再度上昇し始めていることも含め、21世紀の資源環境制約の中で、日本としてエネルギー資源確保をどう進めていくべきか、基本戦略を再確認すべきである。
- ・ 日本と世界の未来を切り開く基礎教育として、小学校から大学までのエネルギー環境教育を再検討すべきである。

参考：個人の本当のリスクは何か 米国の日常生活のリスクと原子力リスク

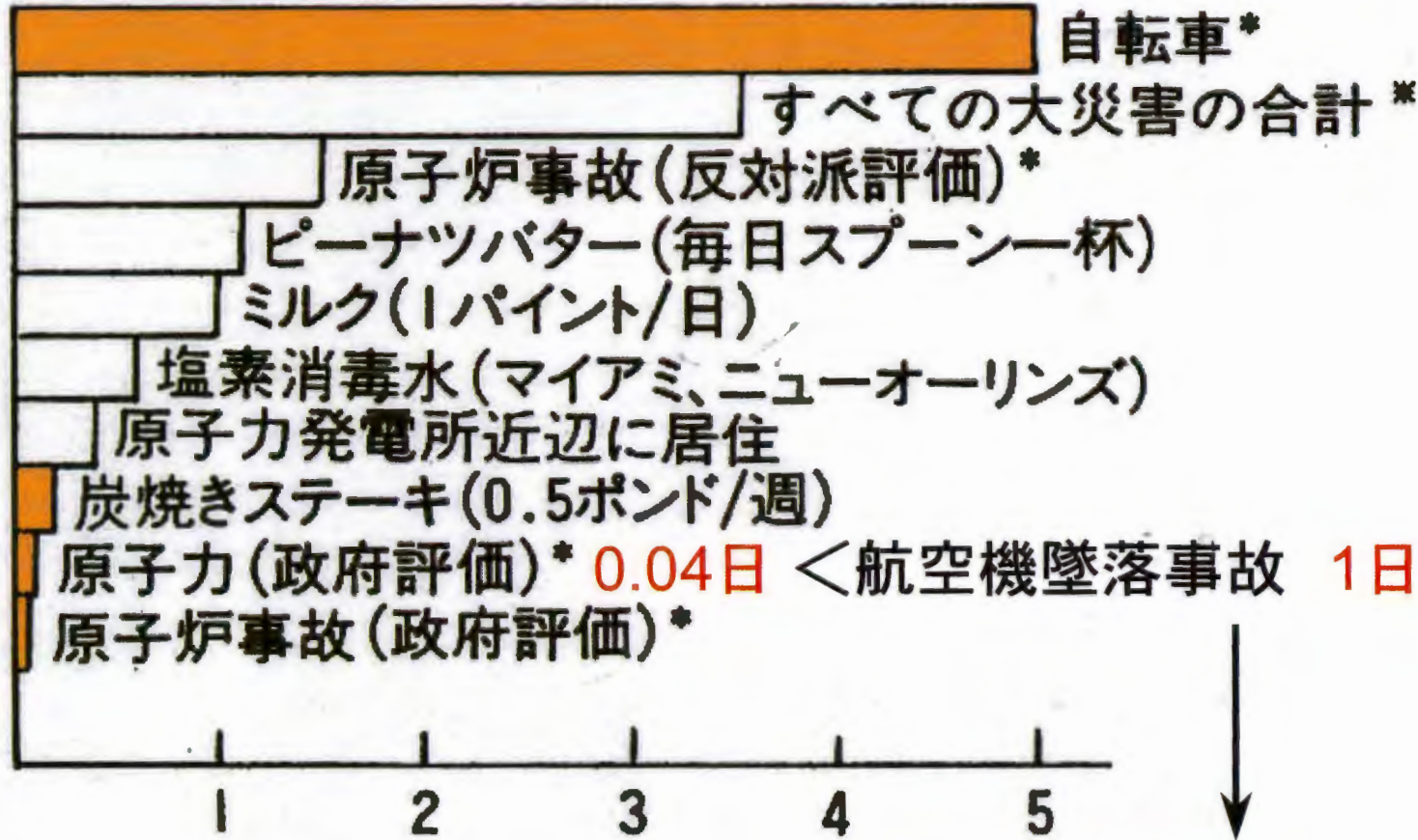
大きなリスク

寿命短縮日数



[出典]バーナード・L・コーエン 著
近藤駿介 監訳
私はなぜ原子力を選択するか
-21世紀への最良の選択-

小さなリスク



寿命短縮日数

世界	436基	
日本	53基	(総電力の35%)
仏国	59基	(総電力の75%)
米国	103基	(総電力の20%)