

# 食品の放射線汚染から家族をどう守るか

九州大学大学院医学研究院

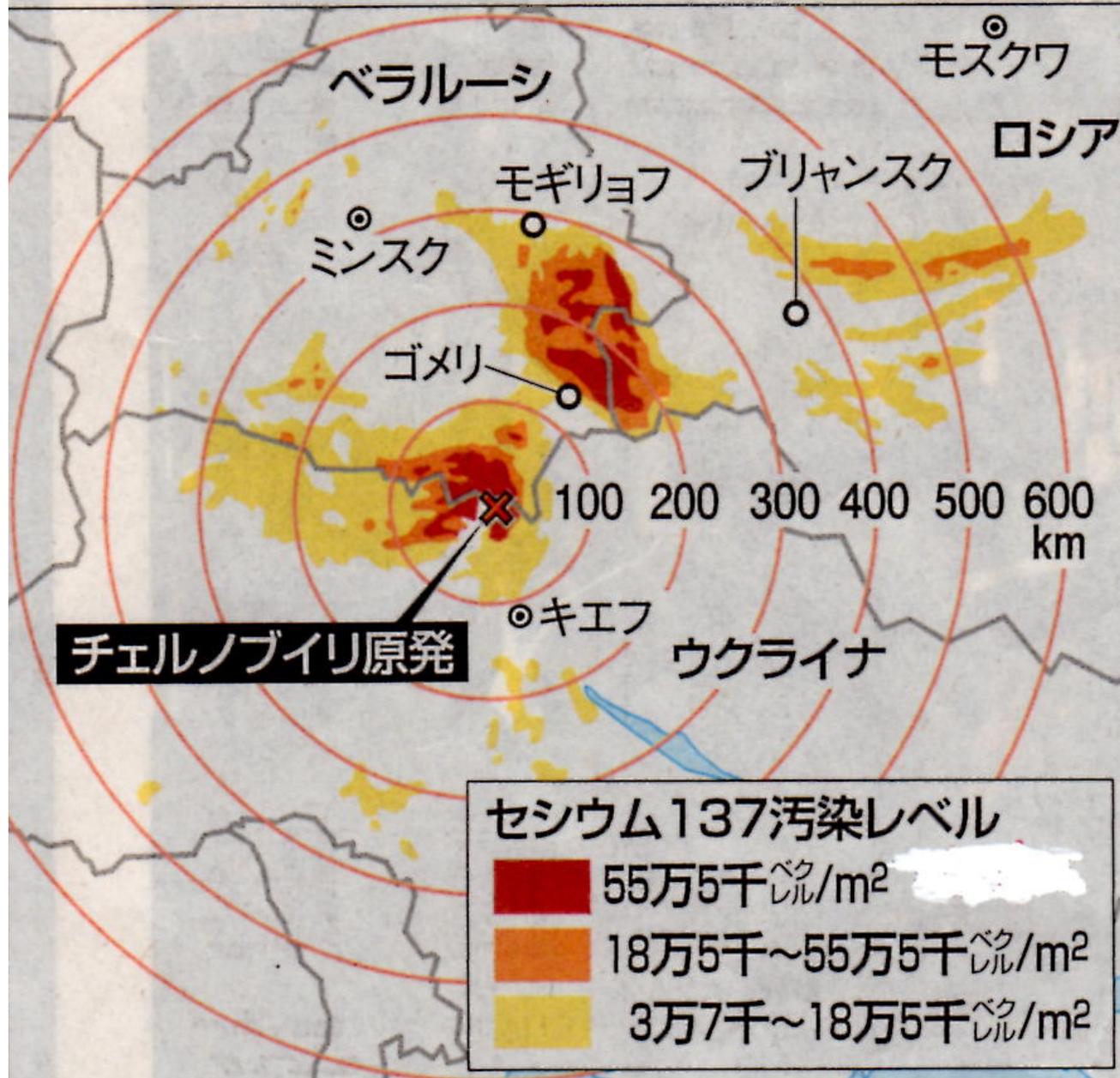
長山 淳哉

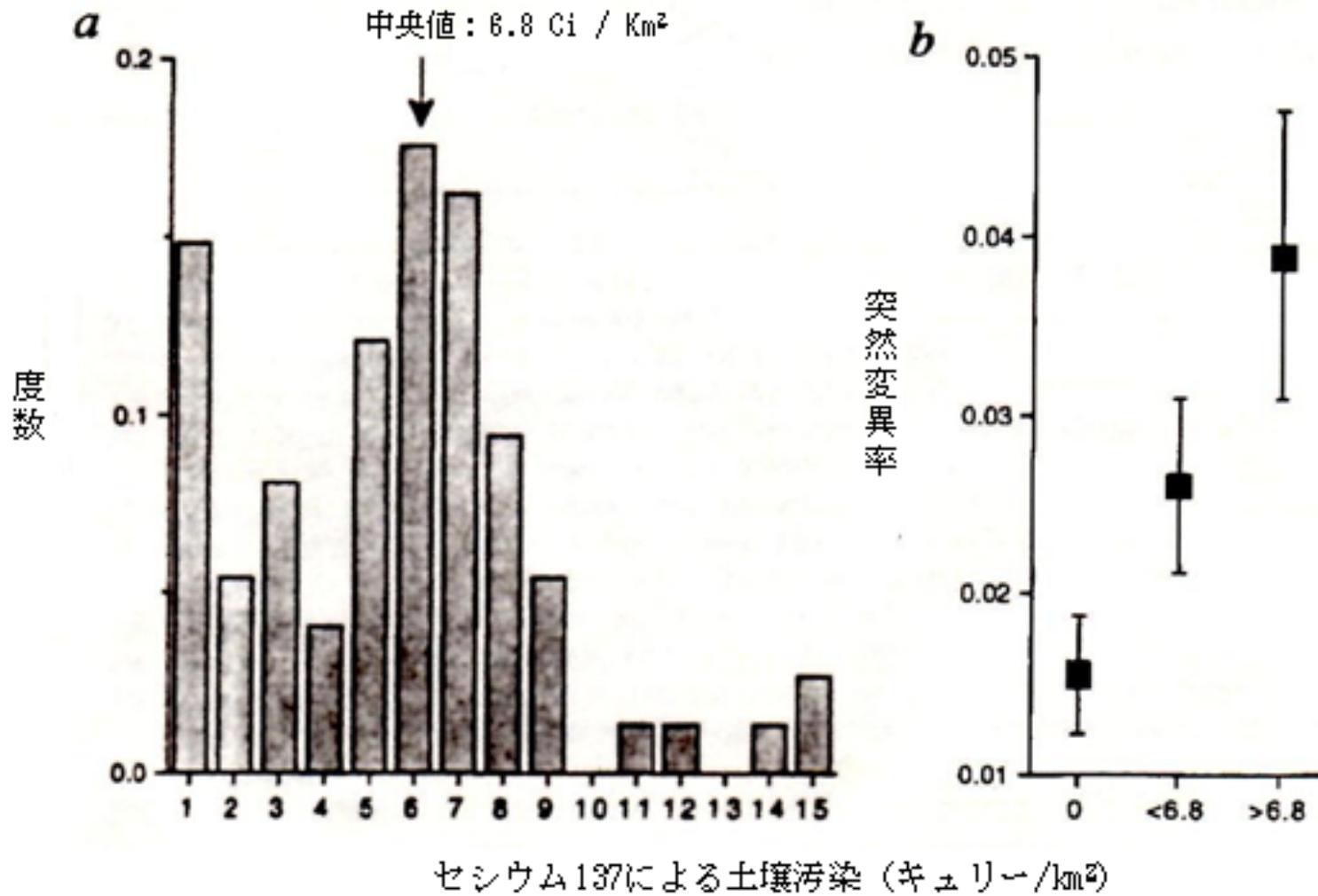
九州大学筑紫キャンパス  
総合研究棟 C-CUBE 一階大講堂  
2011年7月24日(日)

# チェルノブイリと福島の汚染比較

# チェルノブイリ原発事故による放射能汚染

「チェルノブイリ事故による放射能災害」今中哲二編から





被験者家族居住地の放射性降下物による土壌汚染分布と突然変異率  
 Dubrova YE *et al.*, Nature 380: 683-686 (1996)

● 6.8キュリー／km<sup>2</sup>=252キロベクレル／m<sup>2</sup>

福島県飯舘村の主要放射性物質による土壌汚染

核種	半減期	放射能汚染密度 (キロベクレル/平方メートル)				
		臼石	佐須	山津見神社	村役場	曲田
ヨウ素 131	8 日	2388	2281	1941	1560	3622
セシウム 134	2 年	894	705	507	588	2129
セシウム 137	30 年	1046	838	590	740	2217

今中哲二ら, 科学 81: 594-600 (2011)

食品などから摂取する放射性物質  
—致死ガン発症リスク—

## 被ばく量の計算

### 外部被ばく

外部被ばくの等価線量(ミリシーベルト)  
=空間線量率(ミリシーベルト/時)×滞在時間(時間)

### 内部被ばく

内部被ばくでは、その合計量を初年度に受けた実効線量としてとり扱う預託実効線量を計算

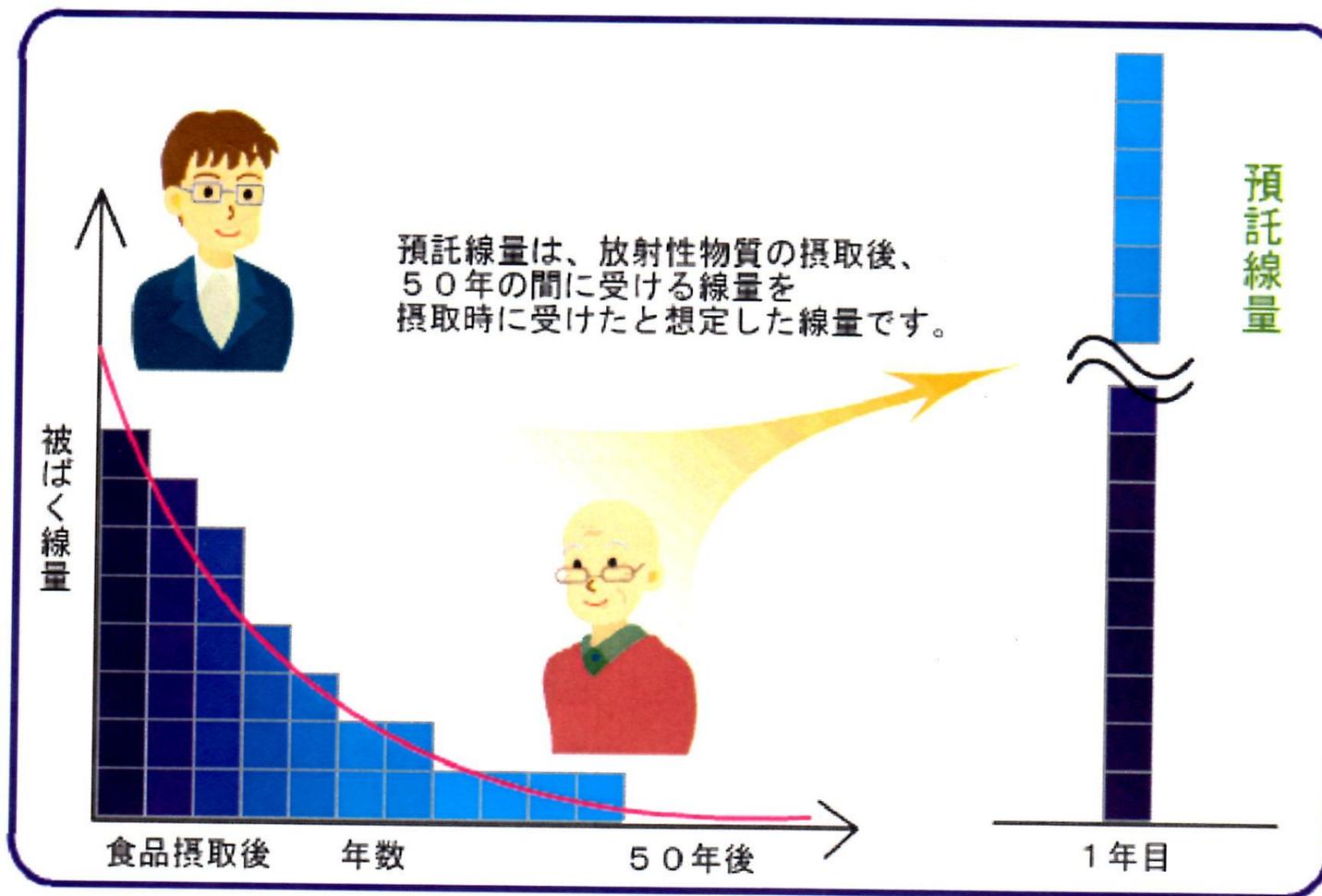
預託実効線量(ミリシーベルト)  
=放射性物質の摂取量(ベクレル)×実効線量係数(ミリシーベルト/ベクレル)×その他の補正係数\*

\* : その他の補正係数=市場希釈係数+調理等による減少補正。通常は厳しい値として「1」を設定。

## 預託線量 (よたくせんりょう)

体内に摂取された放射性物質は、その半減期に従い放射能が減衰するとともに、代謝機能により体内から徐々に排泄されます。この間に放出される放射線により組織や臓器が被ばくします。

預託線量とは、一般成人に対して摂取後の50年間(子供や乳幼児に対しては摂取時から70歳まで)に受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量のことをいいます。



## 実効線量係数(ミリシーベルト/ベクレル) × 10<sup>-5</sup>

放射性核種	半減期	2~7歳		成人	
		経口	呼吸	経口	呼吸
ヨウ素131	8日	10	3.7*	2.2	0.74*
セシウム137	30年	0.98	7.0*	1.3	3.9*
ラドン222	3.8日	—	0.65**	—	0.65
カリウム40	12.8億年	0.62**	0.30**	0.62	0.30

\* : 呼吸摂取に関しては、最も大きな数値を記載。

\*\* : 年齢階級別係数が不明なので、成人と同等と仮定。

## 経口摂取の場合

放射性物質の摂取量(ベクレル) = 飲食物の放射能濃度(ベクレル/kg) × 飲食物摂取量率(kg/日) × 摂取日数(日)

## 呼吸摂取の場合

放射性物質の摂取量(ベクレル) = 空気中の放射能濃度(ベクレル/m<sup>3</sup>) × 呼吸量率(m<sup>3</sup>/時) × 呼吸時間(時間)

総被ばく実効線量 = 外部被ばく実効線量 + 内部被ばく実効線量

## 計算例

福島原発事故により、3月11日以降、放射能の放出があった。東京都の空間線量率の平均値が3月15日に毎時約0.1マイクロシーベルトに達した。これが1年間続くと仮定。

### 空気中の放射能濃度

上記の理由で、3月15日に東京都で、ヨウ素131と132を合わせて60ベクレル/m<sup>3</sup>、またセシウム134と137を合わせて12ベクレル/m<sup>3</sup>の放射能が測定された。しかし、飛散放射能源の近くでないかぎり、このような高濃度は一両日中にゼロに近い値に戻る。この計算では、この濃度が1ヶ月間続くと仮定。

### 飲食の仮定

- 1日の飲食物重量(飲食物摂取量率)  
1人1日あたりの食品群別平均摂取量を摂取
- 放射能汚染度  
すべての食品は放射性物質の飲食物摂取制限に関する指標値で放射能に汚染

## 1人1日あたりの食品群別平均摂取量 (g)

食品群	年齢階級	
	1～6歳	20～29歳
飲料水*	1,500	1,000
牛乳・乳製品	200	100
野菜類	200	250
魚介類	50	60
穀類	300	500
肉類	60	100
卵類	30	50
その他**	500	900
合計	2840	2960

\* : 飲料水は食品ではないが、1日に必要な水分量からその他に含まれる嗜好飲料類の分量をさし引いて求めた。

\*\* : 記載されている食品群以外のすべてを含む。

平成21年度国民健康・栄養調査、厚生労働省健康局生活習慣病対策室、平成22年12月7日

## 放射性物質の飲食物摂取制限に関する指標

核種	原子力施設等の防災対策に関する 指針における摂取制限に関する指 標値 (ベクレル/キログラム)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表 核種：ヨウ素131)	飲料水	300
	牛乳・乳製品	300
	野菜類 (根菜、芋類を除く)	2,000
	魚介類	2,000
放射性セシウム	飲料水	200
	牛乳・乳製品	200
	野菜類	500
	穀類	500
	肉・卵・魚・その他*	500

\* :記載されている食品群以外のすべての食品群  
厚生労働省医薬品局食品安全部、平成23年3月17日

## 20～29歳の場合

### ヨウ素の飲食物中濃度

$$\begin{aligned} & 300 \text{ (ベクレル/kg)} \times 1.1 \text{ (kg)} + 2,000 \text{ (ベクレル/kg)} \times 0.31 \text{ (kg)} \\ & = 330 + 620 = 950 \text{ (ベクレル)} \\ & 950 \text{ (ベクレル)} / 1.41 \text{ (kg)} = 674 \text{ (ベクレル/kg)} \end{aligned}$$

### セシウムの飲食物中濃度

$$\begin{aligned} & 200 \text{ (ベクレル/kg)} \times 1.1 \text{ (kg)} + 500 \text{ (ベクレル/kg)} \times 1.9 \text{ (kg)} \\ & = 220 + 950 = 1,170 \text{ (ベクレル)} \\ & 1,170 \text{ (ベクレル)} / 3.0 \text{ (kg)} = 390 \text{ (ベクレル/kg)} \end{aligned}$$

## 外部被ばく

外部被ばくの等価線量

$$= 0.1 (\text{マイクロシーベルト/時}) \times 365 (\text{日}) \times 24 (\text{時間})$$

$$= 0.88 (\text{ミリシーベルト})$$

## 内部被ばく

### ○ 経口摂取

ヨウ素の預託実効線量

$$= 2.2 \times 10^{-5} (\text{ミリシーベルト/ベクレル}) \times 1.41 (\text{kg/日}) \times 365 (\text{日}) \\ \times 674 (\text{ベクレル/kg})$$

$$= 7.63 (\text{ミリシーベルト})$$

セシウムの預託実効線量

$$= 1.3 \times 10^{-5} (\text{シーベルト/ベクレル}) \times 3.0 (\text{kg/日}) \times 365 (\text{日}) \\ \times 390 (\text{ベクレル/kg})$$

$$= 5.55 (\text{ミリシーベルト})$$

○ 呼吸摂取

ヨウ素の預託実効線量

$$\begin{aligned} &= 0.74 \times 10^{-5} (\text{ミリシーベルト/ベクレル}) \times 0.9 (\text{m}^3/\text{時}) \times 30 (\text{日}) \\ &\quad \times 24 (\text{時間}) \times 60 (\text{ベクレル}/\text{m}^3) \\ &= 0.29 (\text{ミリシーベルト}) \end{aligned}$$

セシウムの預託実効線量

$$\begin{aligned} &= 3.9 \times 10^{-5} (\text{ミリシーベルト/ベクレル}) \times 0.9 (\text{m}^3/\text{時}) \times 30 (\text{日}) \\ &\quad \times 24 (\text{時間}) \times 12 (\text{ベクレル}/\text{m}^3) \\ &= 0.30 (\text{ミリシーベルト}) \end{aligned}$$

○ 内部被ばく線量

$$\begin{aligned} &7.63 + 5.55 + 0.29 + 0.30 \\ &= 13.77 (\text{ミリシーベルト}) \end{aligned}$$

○ 総被ばく線量

$$\begin{aligned} &0.88 + 13.77 \\ &= 14.65 (\text{ミリシーベルト}) \end{aligned}$$

低線量率放射線被ばくによる確率的影響：健康損害上の名目リスク係数  
(%・Sv<sup>-1</sup>)

被ばく集団	がん		遺伝性疾患		合計	
	2007勧告	Publ.60	2007勧告	Publ.60	2007勧告	Publ.60
全年齢	5.5	6	0.2	1.3	5.7	7.3
成人	4.1	4.8	0.1	0.8	4.2	5.6

[出典](1)ICRP:2007年勧告

(2)日本アイソトープ協会(編):ICRP Publ.60、国際放射線防護委員会の1990年勧告(1991年11月)

## 国際放射線防護委員会 (ICRP) におけるガン発症へのリスク

ガン罹患率 = (致死ガン + 非致死ガン) 罹患率

ガンリスク率 = 致死あるいはそれに相当するガンに罹患する  
リスク率

ガン罹患率 (%) =  $17 (\% / \text{シーベルト}) \times \text{被ばくした実効線量 (ミリシーベルト)} / \text{DDREF}^* \times 1,000 (\text{ミリシーベルト})$

ガンリスク率 (%) =  $4.1$  あるいは  $5.5 (\% / \text{シーベルト}) \times \text{被ばくした実効線量 (ミリシーベルト)} / \text{DDREF}^* \times 1,000 (\text{ミリシーベルト})$

\* : 線量・線量率効果係数 (Dose and Dose-Rate Effectiveness Factor, DDREF)。低線量で低線量率の場合、細胞の回復効果 (DNAの修復能) などで被ばくのダメージがどの程度まで低減されるかを示す係数。ICRPでは DDREF=2としている。

## ○ 致死ガンリスク率

$$\begin{aligned} & 4.1 (\% / \text{シーベルト}) \times 14.65 (\text{ミリシーベルト}) / 2 (\text{DDREF}) \times 1000 \\ & (\text{ミリシーベルト}) \\ & = 0.03 (\%) \end{aligned}$$

つまり、14.65ミリシーベルトの被ばくにより、致死あるいはそれに相当するガンへの罹患リスクが0.03%高まる。言いかえると、10万人あたり30人が致死ガンを発症する。

ところが、若い頃にはDNA修復能などの細胞回復効果はあるが、年齢とともに、それは低下する。したがって、ICRPが採用しているDDREF=2には少なからず問題がある。そこで、DDREF=1と1/2で再計算すると、それぞれ10万人あたり60人、120人多くなる。

問題はこのような致死ガン発症の上昇を人々が許容できるか否かである。

## 2～7歳の場合

- 70歳までの総被ばく線量

42(ミリシーベルト)

- 致死ガンリスク率

DDREF=2のとき      10万人あたり 115人      (345人)

DDREF=1のとき      10万人あたり 230人      (690人)

DDREF=1/2のとき    10万人あたり 460人    (1,380人)

これらのリスクには子どもの放射線への感受性が考慮されていない。子どもは大人よりも3倍ほど感受性が高い。だから、上記のリスク率をすべて3倍にする必要がある。すると( )内の人数になる。

## ラドンによる致死ガンの発症

- わが国の平均外部被ばく 0.59 ミリシーベルト／年
- わが国の屋内ラドン平均濃度 21 ベクレル／m<sup>3</sup>

呼吸によるラドンの内部被ばく

$$21 \text{ ベクレル／m}^3 \times 0.3 \text{ m}^3 \text{／時} \times 24 \text{ (時間)} \times 365 \text{ (日)} \\ = 55188 \text{ ベクレル／年}$$

預託実効線量

$$6.5 \times 10^{-6} \text{ ミリシーベルト／ベクレル} \times 55188 \text{ ベクレル／年} \\ = 0.36 \text{ ミリシーベルト／年}$$

外部被ばく＋内部被ばく

$$0.59 + 0.36 = 0.95 \text{ ミリシーベルト／年}$$

70年間の預託被ばく線量

$$0.95 \times 70 = 66.5 \text{ ミリシーベルト}$$

致死ガンリスク率

$$5.5 (\%) \times 66.5 \text{／} 2 \text{ (DDREF)} \times 1000 = 0.183 \text{ \%}$$

人口10万人あたり183人 (×3=549人)

## 宇宙線による致死ガンの発症

- わが国の平均宇宙線量

0.26 ミリシーベルト／年



70歳で人口10万人あたり 50人(×3=150人)

## カリウム40による致死ガンの発症

- 日本人の平均カリウム摂取量 : 2.4 g / 日・人

- カリウムの0.01%がカリウム40

- カリウム40 1 g は 260,000 ベクレル



70歳で人口10万人あたり 27人(×3=81人)

放射線から身を守るには

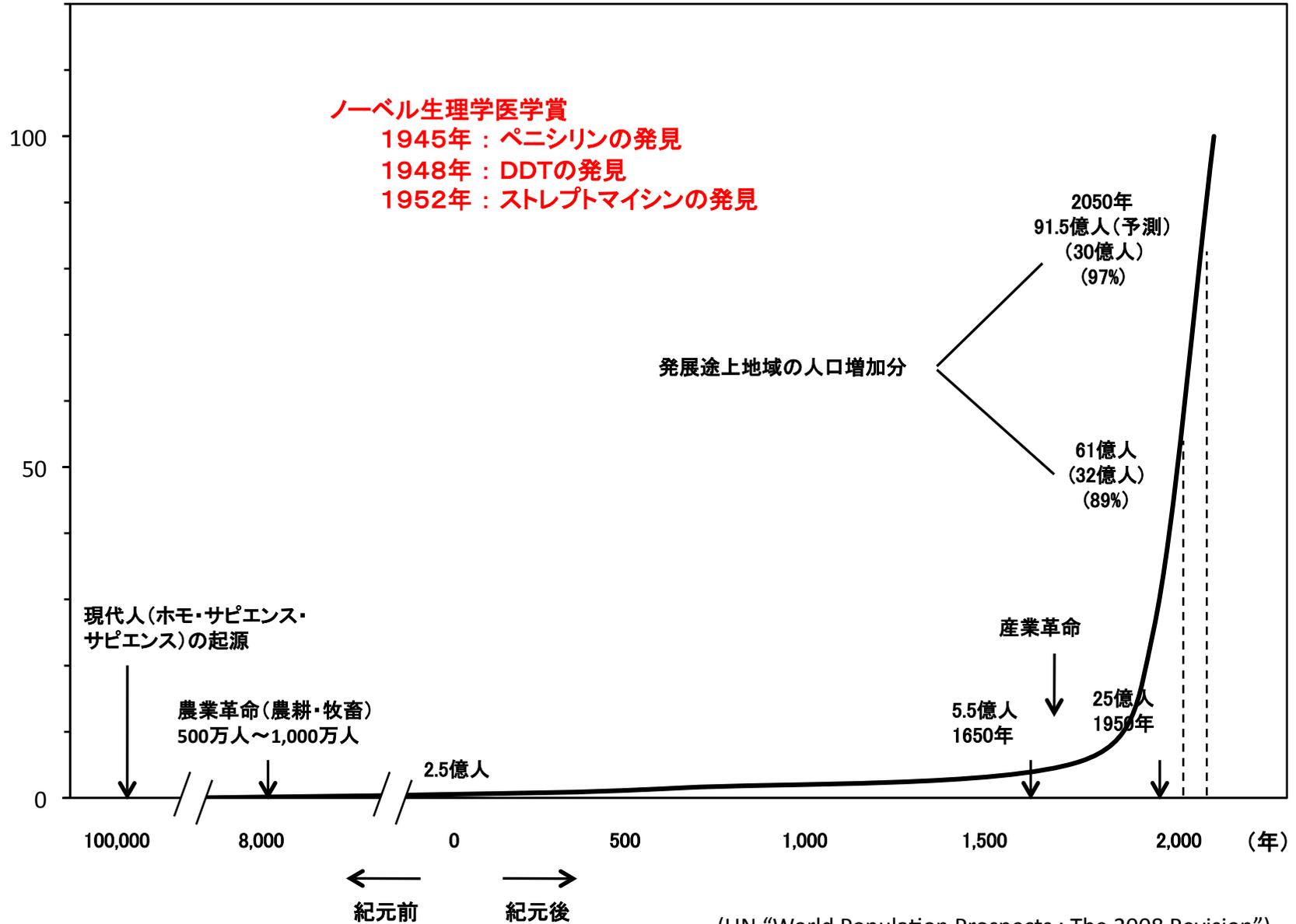
ここからの数枚のスライドについては、今秋出版予定の本との関連で著作権の問題が生じる事態が想定されますので、省略させていただきます。本が出版された後にはここに復活させます。

以上の点、ご了解下さい。

おまけ

# 世界人口の変化

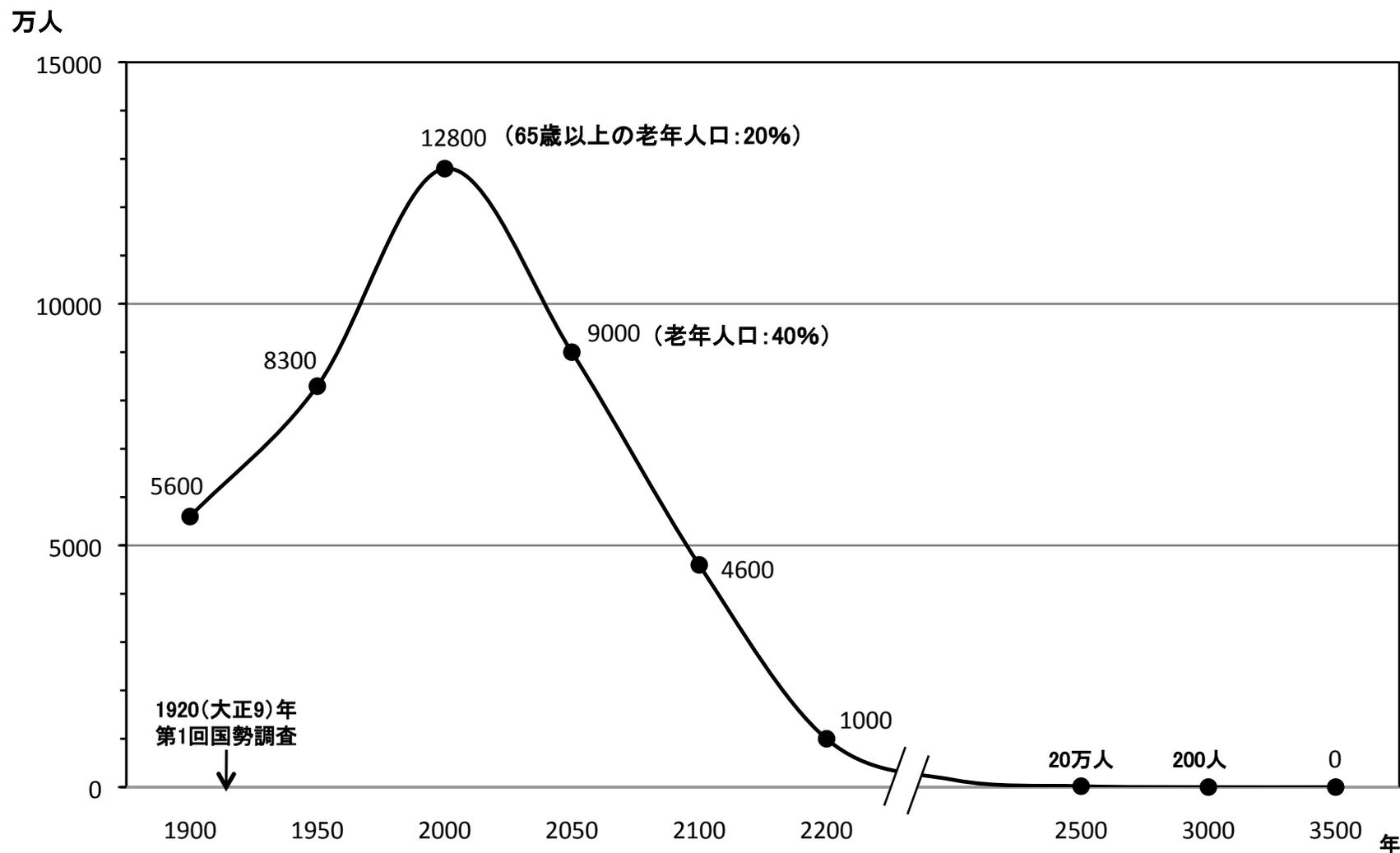
億人



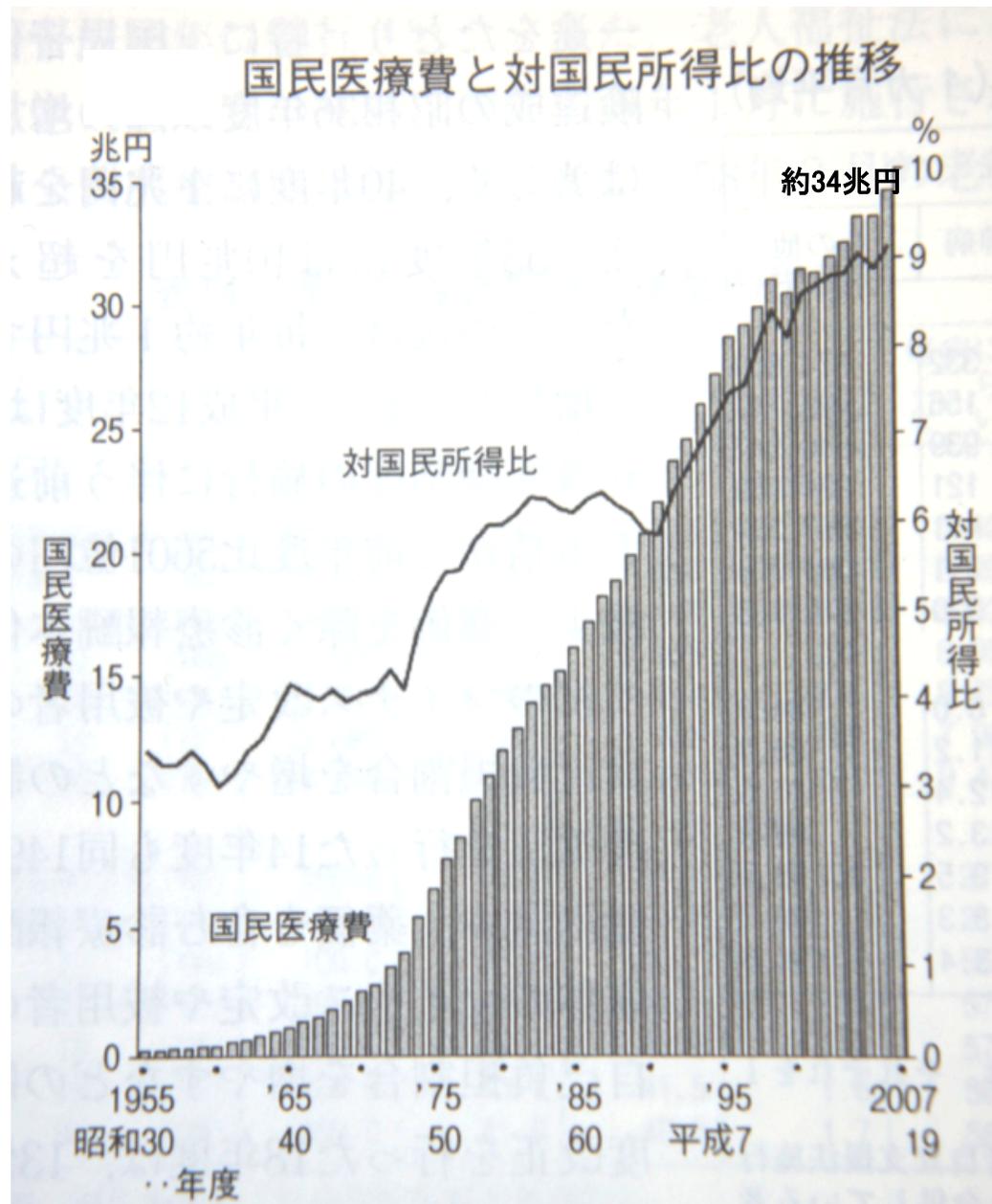
ノーベル生理学医学賞  
1945年：ペニシリンの発見  
1948年：DDTの発見  
1952年：ストレプトマイシンの発見

(UN "World Population Prospects : The 2008 Revision")

# わが国の人口変化



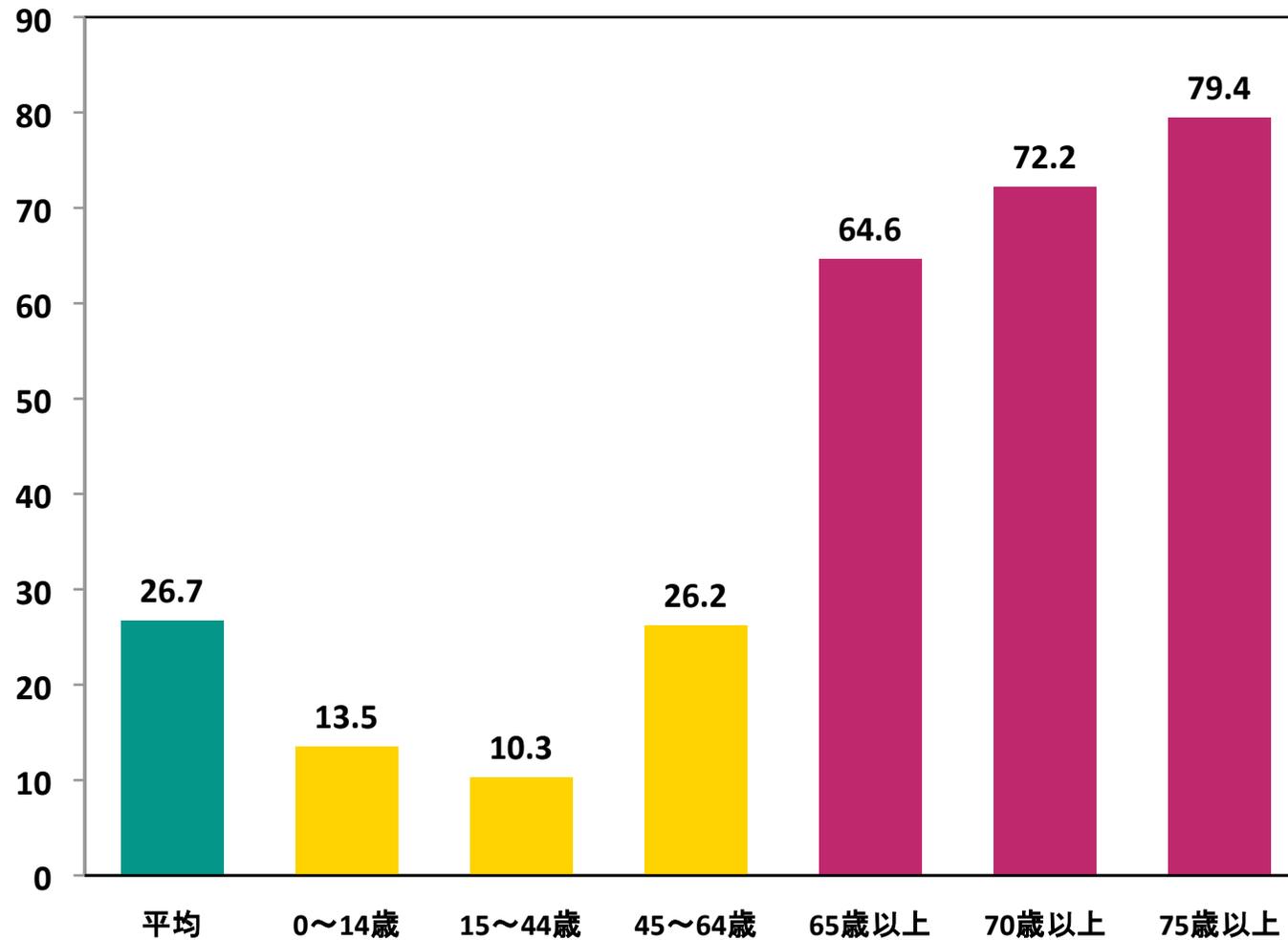
総務省統計局「各年国勢調査報告」 ← → 国立社会保障人口問題研究所による予測 (1998年出生率、死亡率一定として)



(厚生労働省 「国民医療費」)

# 年齢階級別1人当たり国民医療費

万円

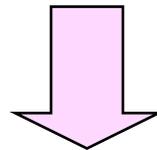


(厚生労働省 「国民医療費」)

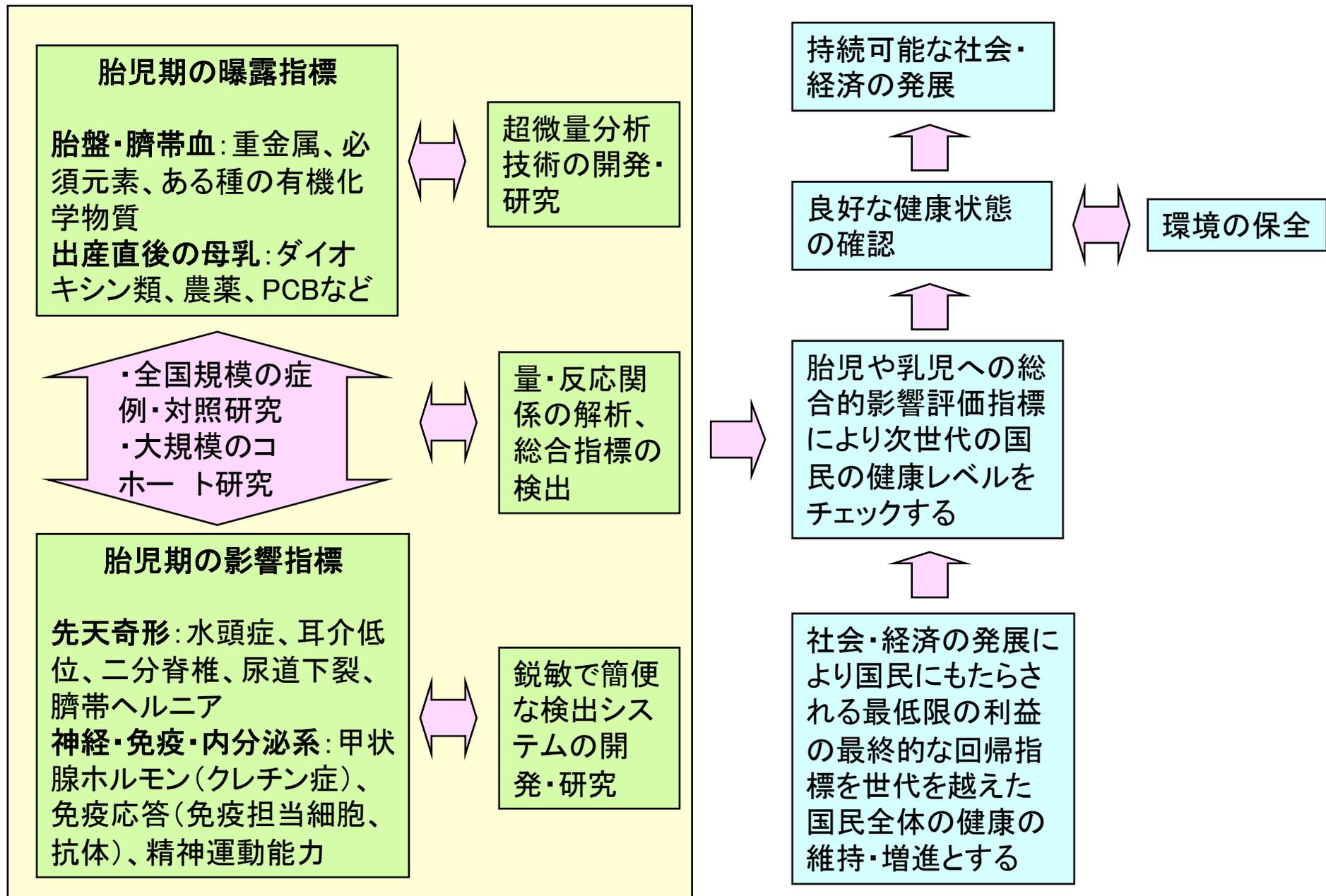
## 持続可能な発展 (Sustainable Development) の定義

将来の世代のニーズを満たす能力を損うことがないような形で、今日の世代のニーズを充足させるような発展

(環境と開発に関する世界委員会 (WCED)、1987年)



目標: 「人類の幸福」、「環境の保全」など  
抽象的で、現実味がない



次世代の生命の健全性評価のための総合的健康指標の開発と社会・経済の持続的発展

(長山, 2000年)