

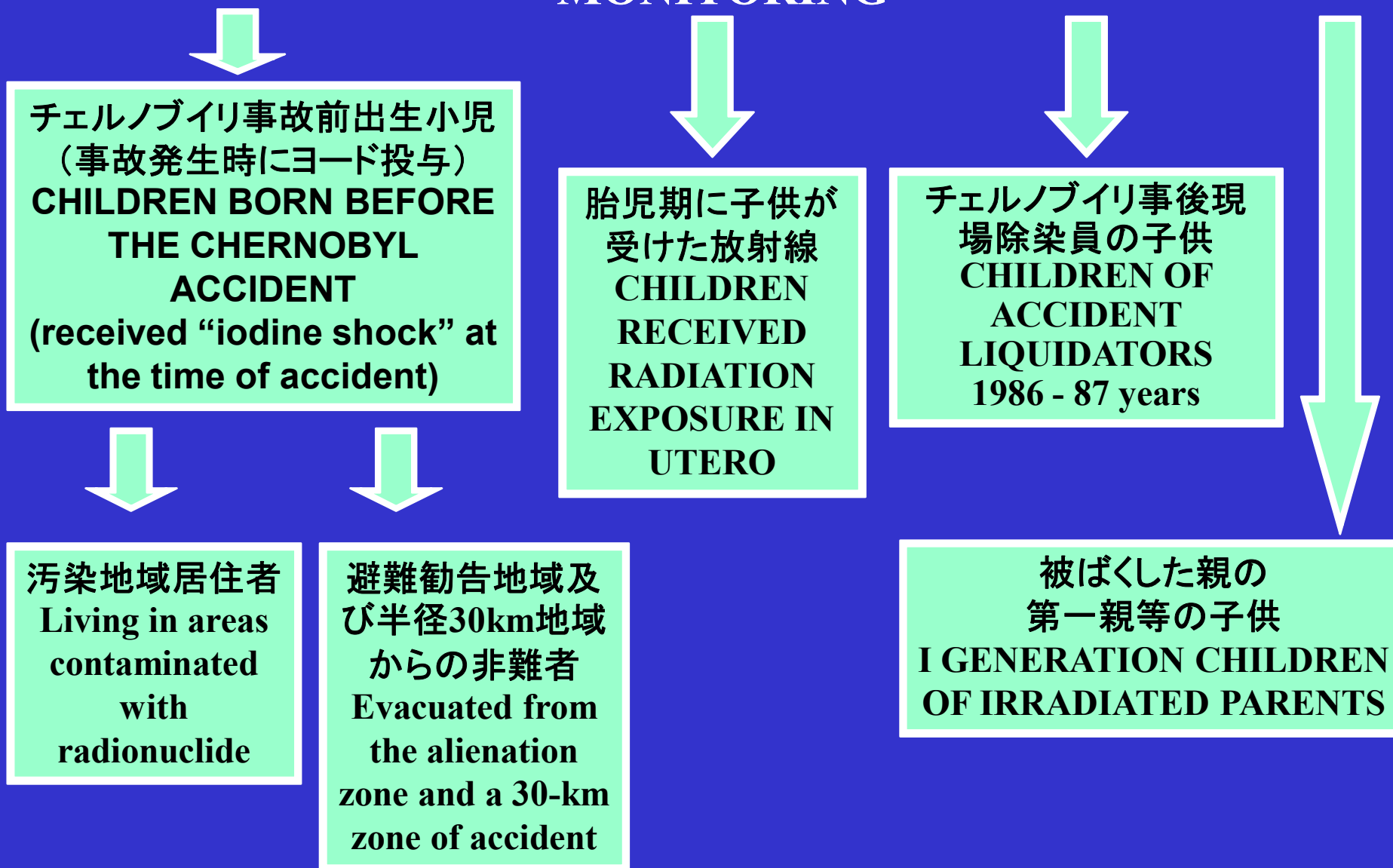
チェルノブイリ事故の小児に対する  
長期経過の解析

**Analysis of Chernobyl accident  
long-term consequences in  
children**

**Rumyantsev A.G.**

*Moscow, Russia*

長期調査に利用される参考コホート調査  
REFERENCE COHORTS ELIGIBLE FOR LONG-TERM  
MONITORING

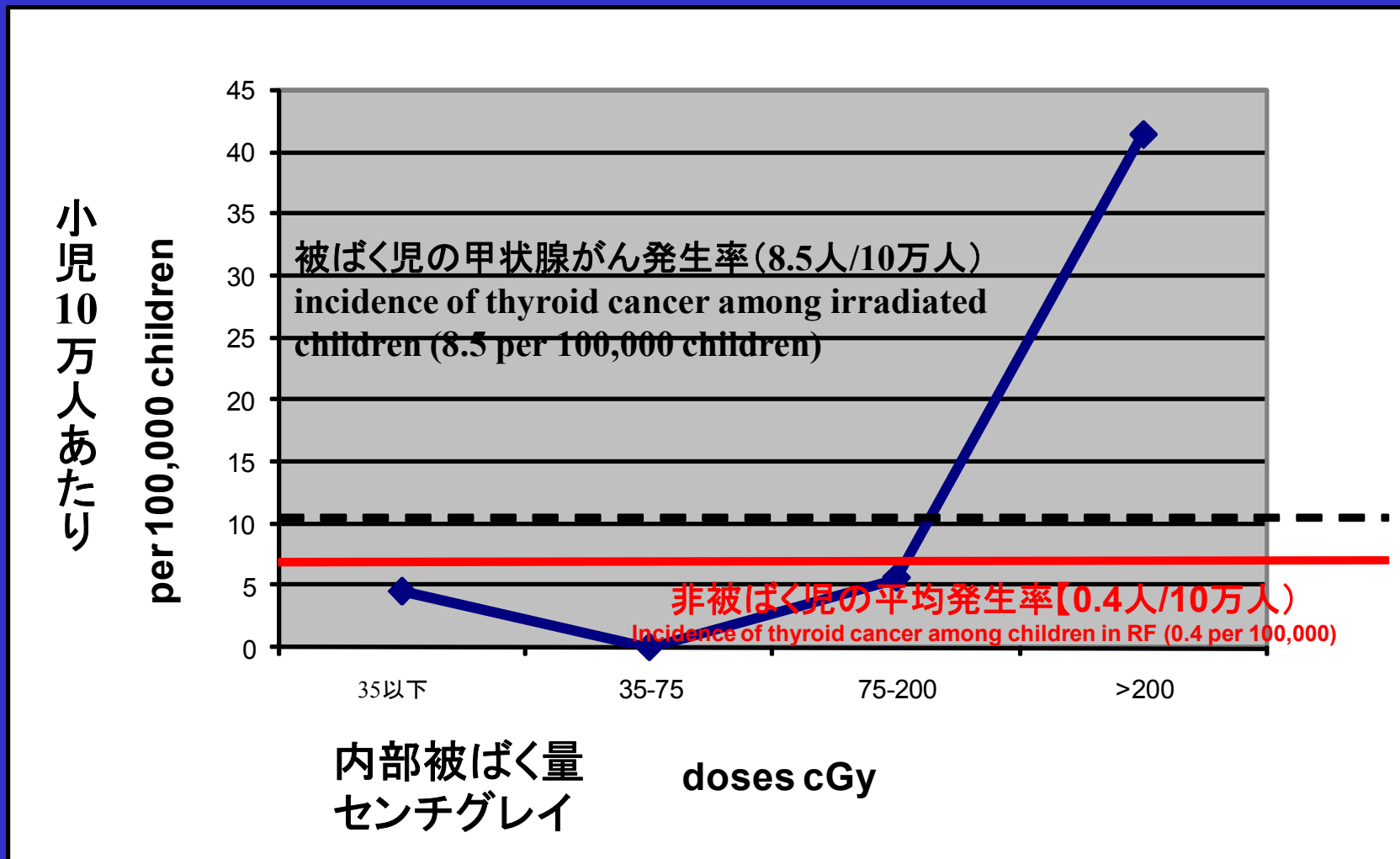


# 放射線被ばくを受けた子供体の1986年から2006年にかけての 甲状腺がん発生率

THYROID CANCER INCIDENCE AMONG CHILDREN EXPOSED TO RADIATION IN 1986-2006 YEARS

土壌中の セシウム137 汚染レベル Soil <sup>137</sup> Cs contamination level	1986-1999年	1991-1995年	1996-2000年	2001-2006年
	10万人当たり 発生率 Incidence (100.000 population)	10万人当たり 発生率 Incidence (100.000 population)	10万人当たり 発生率 Incidence (100.000 population)	10万人当たり 発生率 Incidence (100.000 population)
1平方メートル当たり 555キロベクレル以上の 放射性セシウム汚染地域 Areas with <sup>137</sup> Cs contamination density more than 555 kBq/m <sup>2</sup>	0,5	8,3*	11,4	5,1
1平方メートル当たり5 55キロベクレル以下の 放射性セシウム汚染地域 Areas with <sup>137</sup> Cs contamination density less than 555 kBq/m <sup>2</sup>	0,35	2,3	5,3	2,1
ブリャンスク地域 (ロシア) Brjansk Region (Russia)	0,4 (7 症例)	3,6* (67 症例)	6,7* (122 症例)	6,8 (50 症例)

ノヴォズィプコフ地区(ブリャンスク地域)での  
甲状腺 内部被ばく放射線量の平均値と甲状腺がん発生率  
THE AVERAGE VALUES OF ABSORBED RADIOIODINE DOSE BY THYROID GLAND (cGy) OF THE  
NOVOZYBKOV DISTRICT POPULATION (BRYANSK REGION)



# 小児甲状腺がんの臨床及び疫学的特徴

## CLINICAL AND EPIDEMIOLOGICAL FEATURES OF THYROID CANCER IN CHILDREN

- **被曝後の最小潜伏期間：5年以内**      *Minimum latent period after irradiation: up to 5 years;*
- **男児に比較的優位に認められる：胎児及び1～3歳で被ばくした子供の男児と女児の発生率は通常の女児が2.6倍であるのに対し1:1で男女差が無くなる(男児の発生がより増える)**

*A relative predominance of affected boys : in children irradiated in utero or at age from 1 to 3 years, the ratio of affected boys and girls 1:1 (normally 1:2,6);*

- **甲状腺がんが発生しやすい被ばく年齢：3歳以下(20.2%)と15から18歳(28.9%)にピークがある。**

*Predominant age for the thyroid cancer development: from 0 to 3 years (20.2% of cases) and from 15 to 18 years (28.9% of cases);*

- **小児期と成人後の疾患症状：がん化は被曝後6年から発生が増加し13年にピーク28年まで継続する。**

*Disease manifestation in childhood and adolescence: carcinogenic effect in children from 6 years with the incidence peak at 13 years and plateau up to 28 years*

- **高分化型のがん(治りやすいタイプのがん)が多い：  
濾胞がん16.3%、乳頭癌81.3%、髄溶癌1.2%、未分化癌1.2%**

*Predominance of highly differentiated cancers: follicular cancer – 16.3%, papillary– 81.3%, medullary– e 1.2%, undifferentiated – 1.2%;*

- **がんの悪性化：多中心性の発育、腫瘍被膜及び血管への浸潤、血管内腫瘍塞栓、高い局所および遠隔転移**

*Tumor aggressiveness: polycentric tumor growth, penetration of tumor capsule and blood vessels, tumor emboli in blood vessels, high rate of regional and distant metastases*

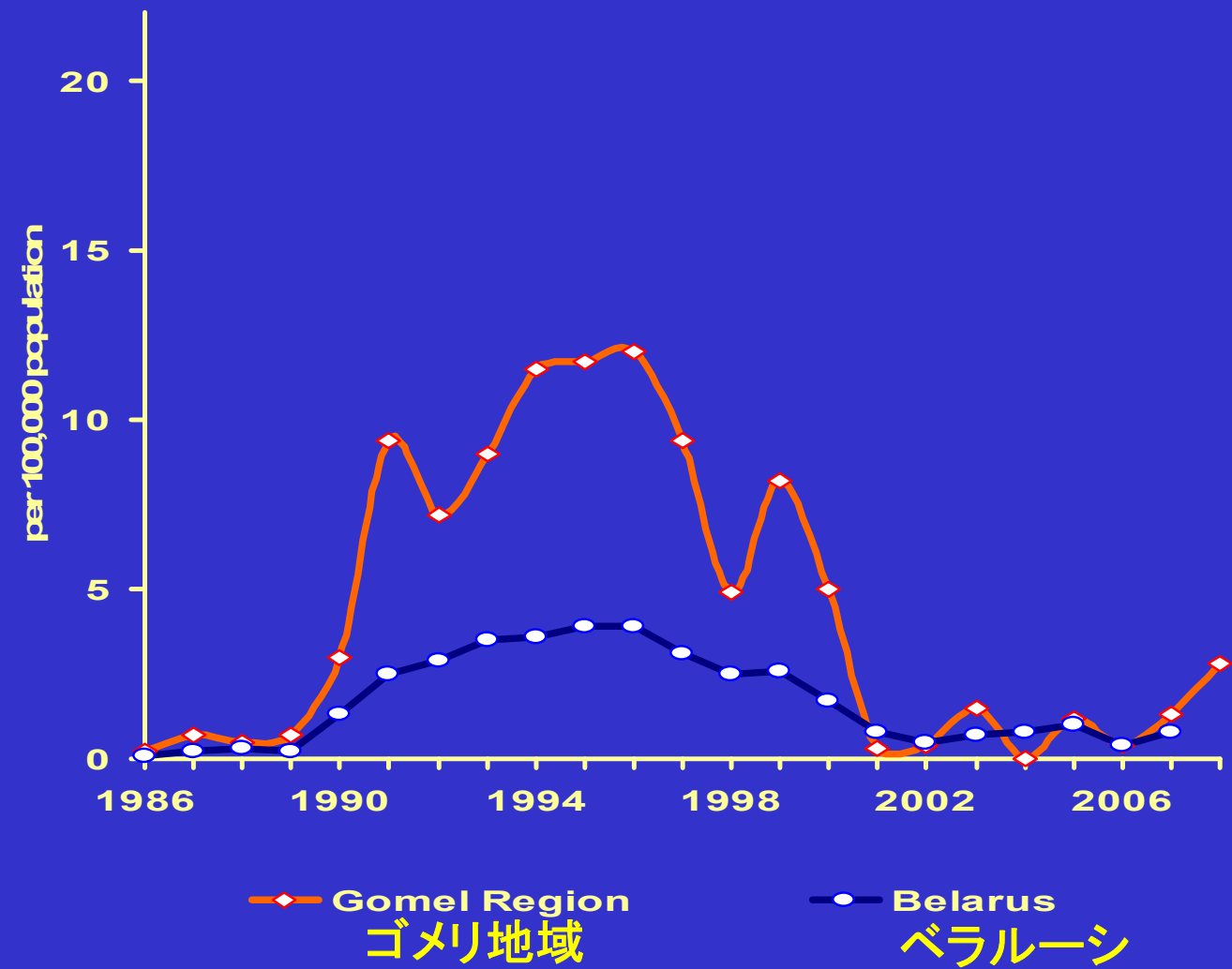
# チェルノブイリ事故後の放射線被ばくを受けた子供の 副作用を決定する因子

## FACTORS DETERMINING ADVERSE TRENDS IN HEALTH OF CHILDREN EXPOSED TO RADIATION OF THE CHERNOBYL ACCIDENT

- ストレスと代償や適応機構の消耗  
stress and depletion of compensatory and adaptive mechanisms
- 低線量放射線に対する感受性の上昇  
increased sensitivity of children to low doses of ionizing radiation
- ゲノムの不安定性      genomic instability
- 神経内分泌の不調、放射性ヨードや他の物質の影響による甲状腺の機能不全  
neuroendocrine imbalance, thyroid dysfunction under the influence of radioiodine and other radionuclides
- 小児の免疫活性の低下      decreased immunoreactivity of children
- 精神性のストレス      psychological stress
- 小児栄養障害、ビタミン欠乏、Disturbances in children's nutrition, vitamin deficiencies, microelement disbalance

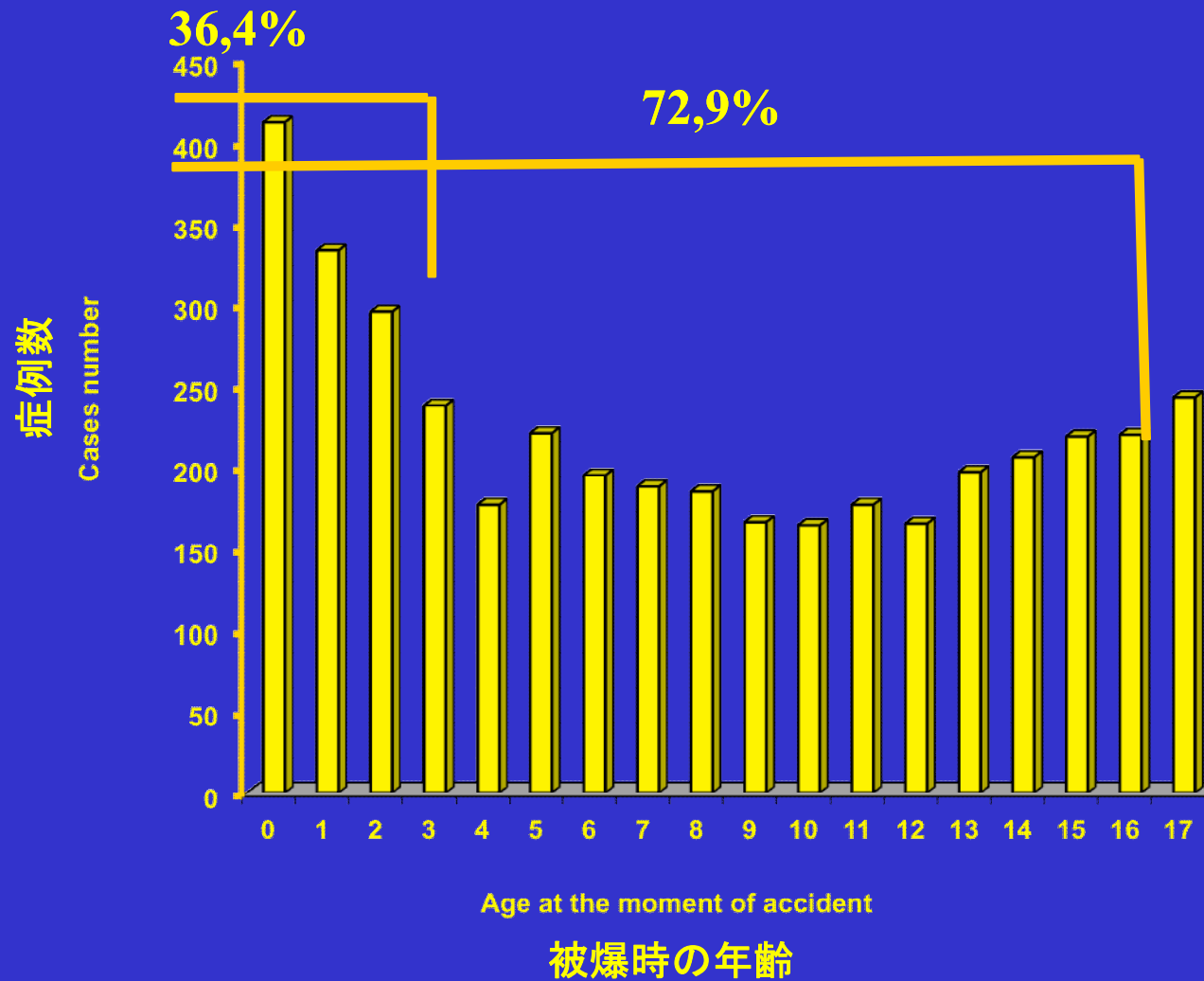
# ゴメリ地域とベラルーシでの小児甲状腺がんの発生率

## INCIDENCE OF THYROID CANCER AMONG CHILDREN OF THE GOMEL REGION AND BELARUS



# 0才から18才の被爆した子供における甲状腺癌の発生率

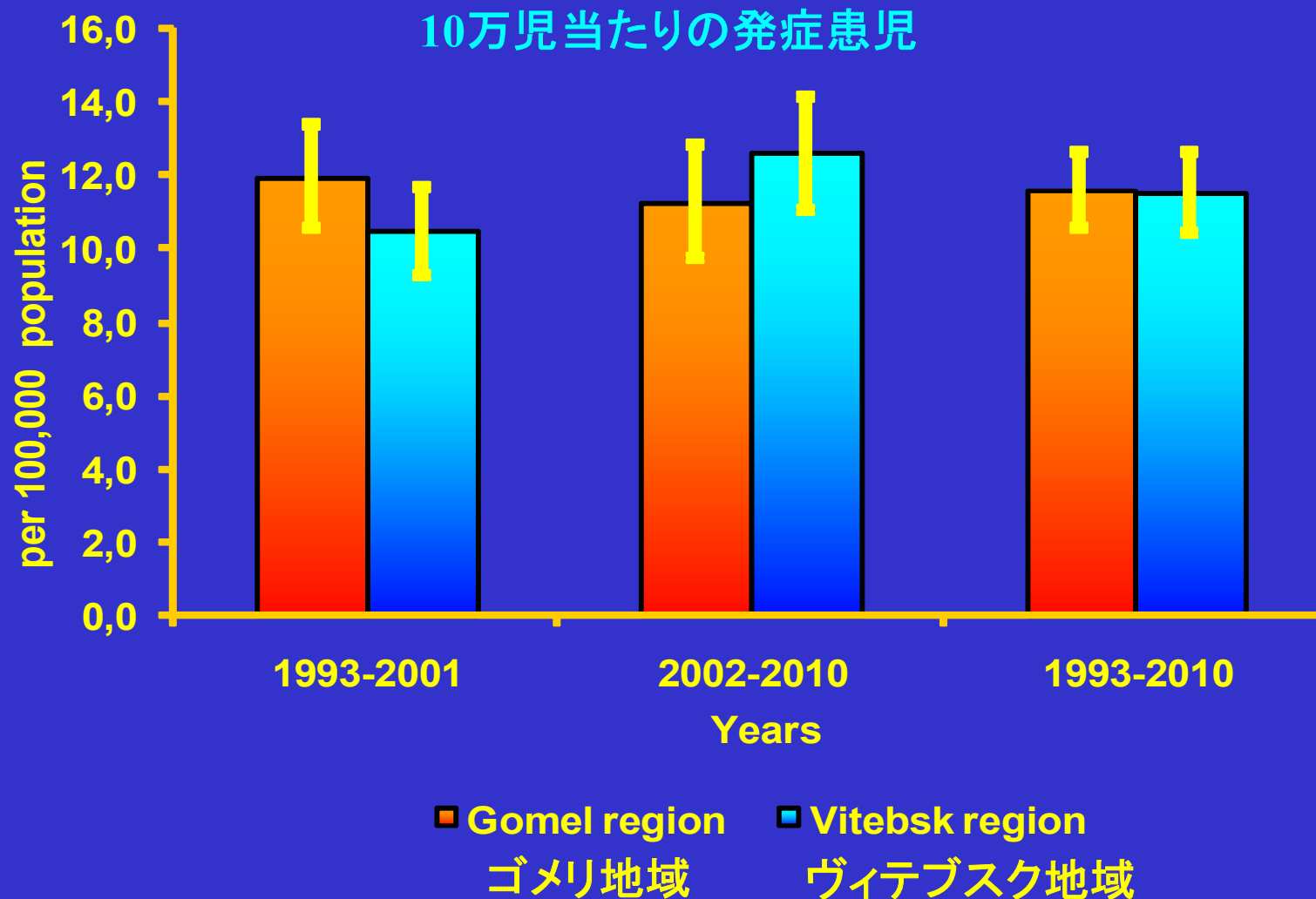
THE INCIDENCE OF THYROID CANCER AMONG IRRADIATED CHILDREN 0-18 YEARS OF AGE





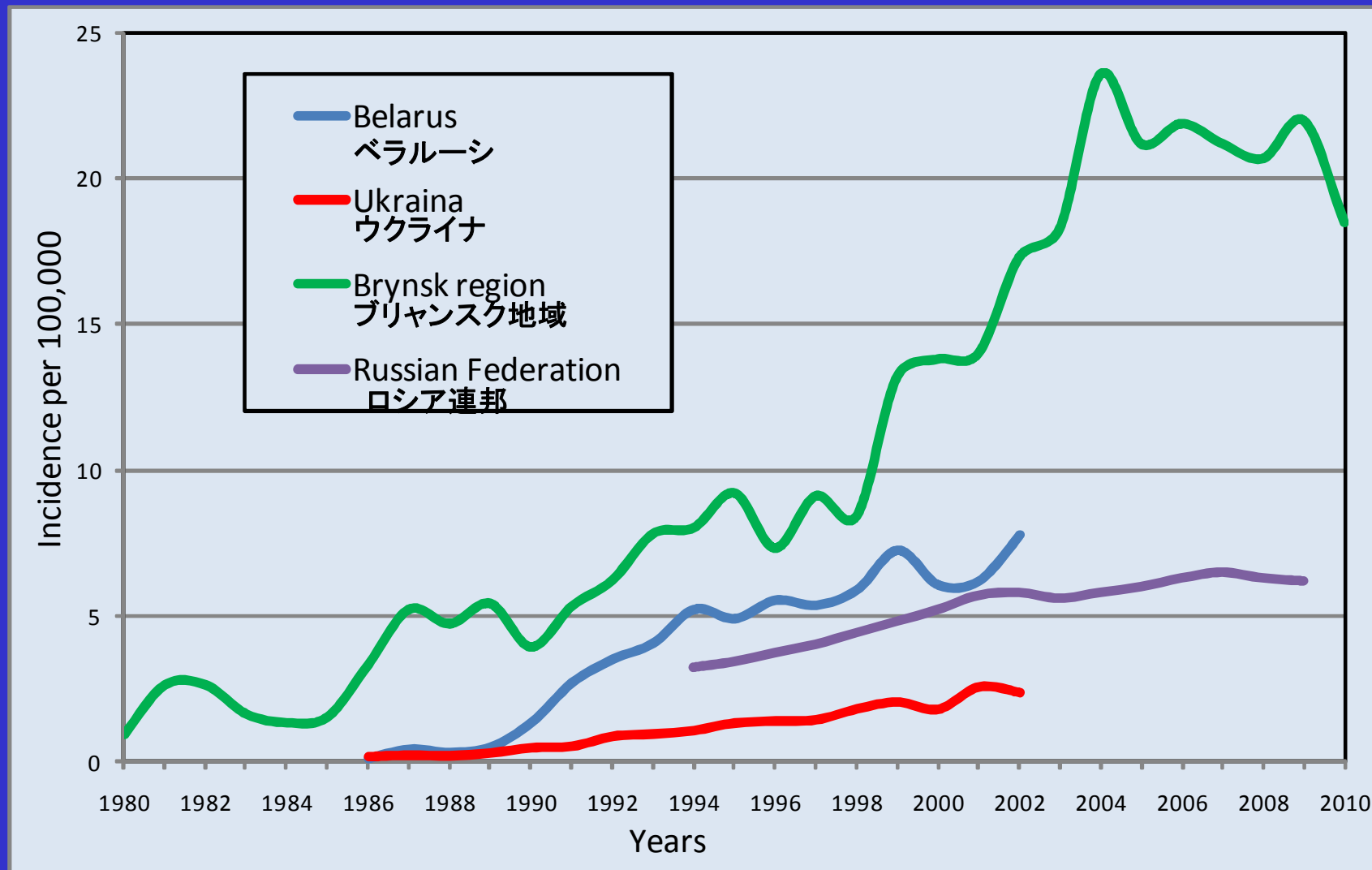
# 悪性疾患の発生率(甲状腺がんを除く)

THE INCIDENCE OF MALIGNANT DISEASES  
(without thyroid cancer)



# ベラルーシ、ウクライナ(1986-2002)、ブリャンスク地域、ロシア連邦 における甲状腺癌の発生率

INCIDENCE OF THYROID CANCER IN BELARUS, UKRAINE (1986-2002) BRYANSK REGION AND RF

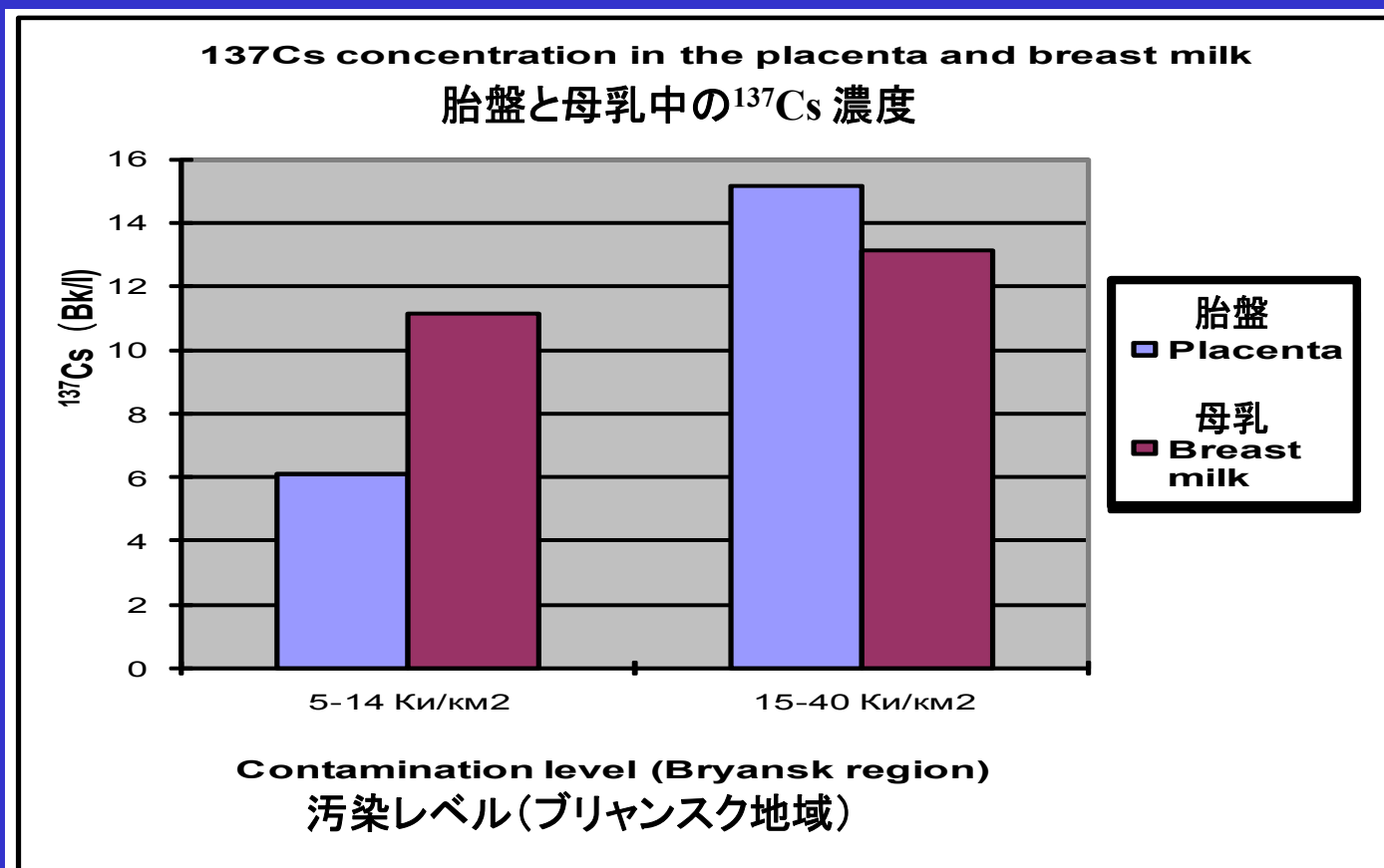


# 胎盤及び母乳中の $^{137}\text{Cs}$

## $^{137}\text{Cs}$ IN THE PLACENTA AND BREAST MILK

In the Bryansk region contaminated areas  $^{137}\text{Cs}$  detected in the placenta and breast milk. (Milovanov, 1997)

放射能汚染されたブリャンスク地域での胎盤と母乳で検出された $^{137}\text{Cs}$   
(ミロバノフ, 1997)

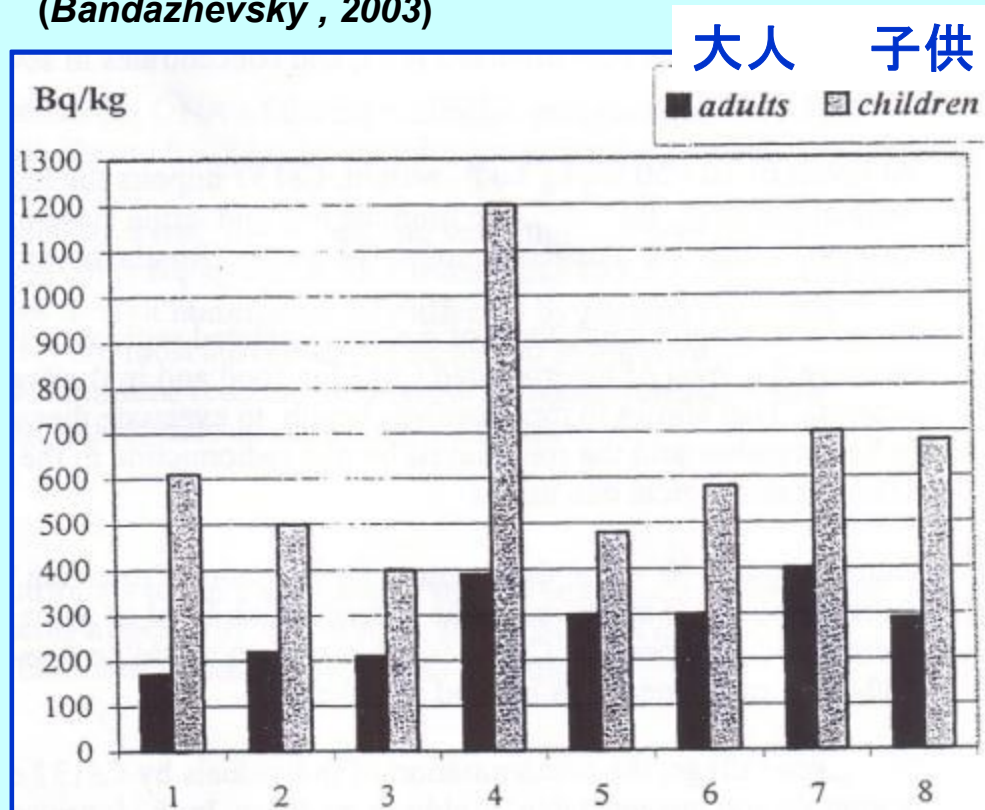


# 諸臓器の<sup>137</sup>Cs

<sup>137</sup>Cs IN THE VISCERA

## ゴメリ地域で死亡した子供と成人の諸臓器における<sup>137</sup>Cs濃度

<sup>137</sup>Cs concentration in the viscera of children and adults who died in the Gomel region  
(Bandazhevsky, 2003)



1. 心筋 Myocardium
2. 脳 Brain
3. 肝臓 Liver
4. 甲状腺 Thyroid gland
5. 腎臓 Kidneys
6. 脾臓 Spleen
7. 骨格筋 Skeletal muscle
8. 小腸 Small intestine

## 内部放射線被ばくの臨床及び臨床検査における兆候 CLINICAL AND LABORATORY SIGNS OF INCORPORATED RADIONUCLIDES

### ➤ 幼児と就学前児童におけるリンパ節腫脹(偽リンパ節異常と形成不全)

Lymphadenopathy in toddlers and preschoolers (imitation of the lymphatic anomalies and hypoplastic constitution);

### ➤ 血液細胞フリーラジカル(活性酸素)の異常; 活性酸素の自然産生の増加; 抗酸化メカニズムの喪失

Disorders of blood cell free radical status; increased spontaneous production of active oxygen; depletion of antioxidant defense mechanisms;

### ➤ 機能的赤血球病変; 鉄欠乏性貧血; 白血球や血小板生成の一過性の質 および量的変化を伴った再性不良性貧血

Functional erythroid disorders; iron deficiency erythropoiesis; hyporegeneratory erythropoiesis in combination with transient quantitative and qualitative changes in the leuko- and thrombocytopoiesis

# 内部放射線被ばくの臨床及び臨床検査における兆候(続き)

CLINICAL AND LABORATORY SIGNS OF INCORPORATED RADIONUCLIDES (cont.)

- 末梢血リンパ球の染色体不安定性の増加を伴うクロマチンの「病的活性化」の兆候

Signs of chromatin "pathological activation", combined with increased frequency of spontaneous chromosomal aberrations in peripheral blood lymphocytes;

- 非特異的エステラーゼ陽性血中リンパ球の15%以下の減少; PAS陽性大型顆粒を持つリンパ球数の4%以上の増加; PAS陽性顆粒と分散した非特異性エステラーゼ陽性の抗体産生細胞数の12%以上の増加

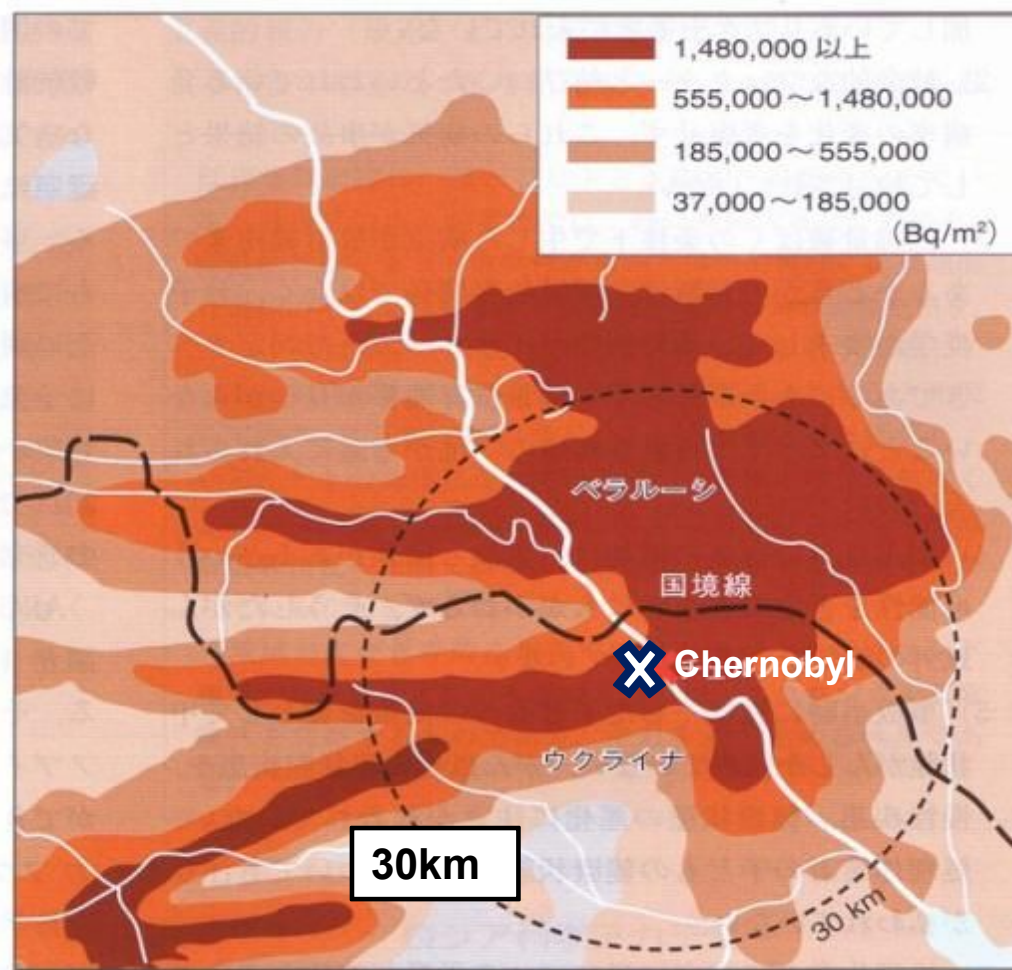
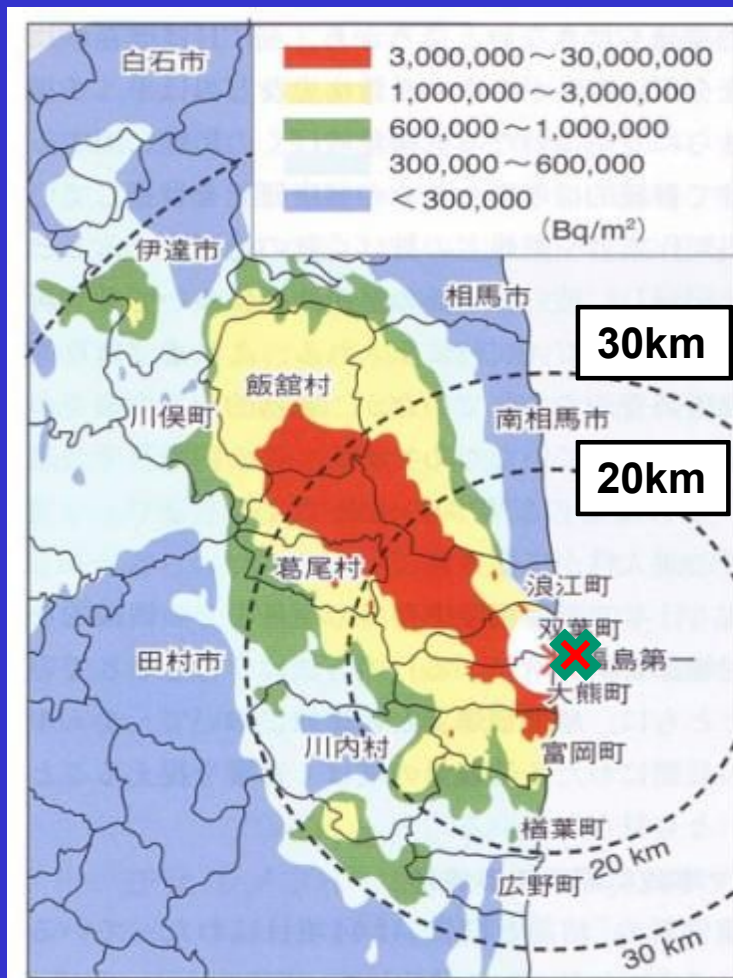
Reduction in blood lymphocytes containing nonspecific esterase less than 15%; increase in the number of lymphocytes containing PAS large granules for more than 4%; increase in the number of antibody-producing cell for more than 12%; containing granular PAS and dispersed nonspecific esterase;

- CD-10、CD34およびインターロイキン-2受容体陽性の血中リンパ球の検出  
Detection of blood lymphocytes with CD-10 , CD-34 and receptors for interleukin-2.

# 福島とチェルノブイリの放射性物質汚染 FUKUSHIMA AND CHERNOBYL: CONTAMINATION LEVEL

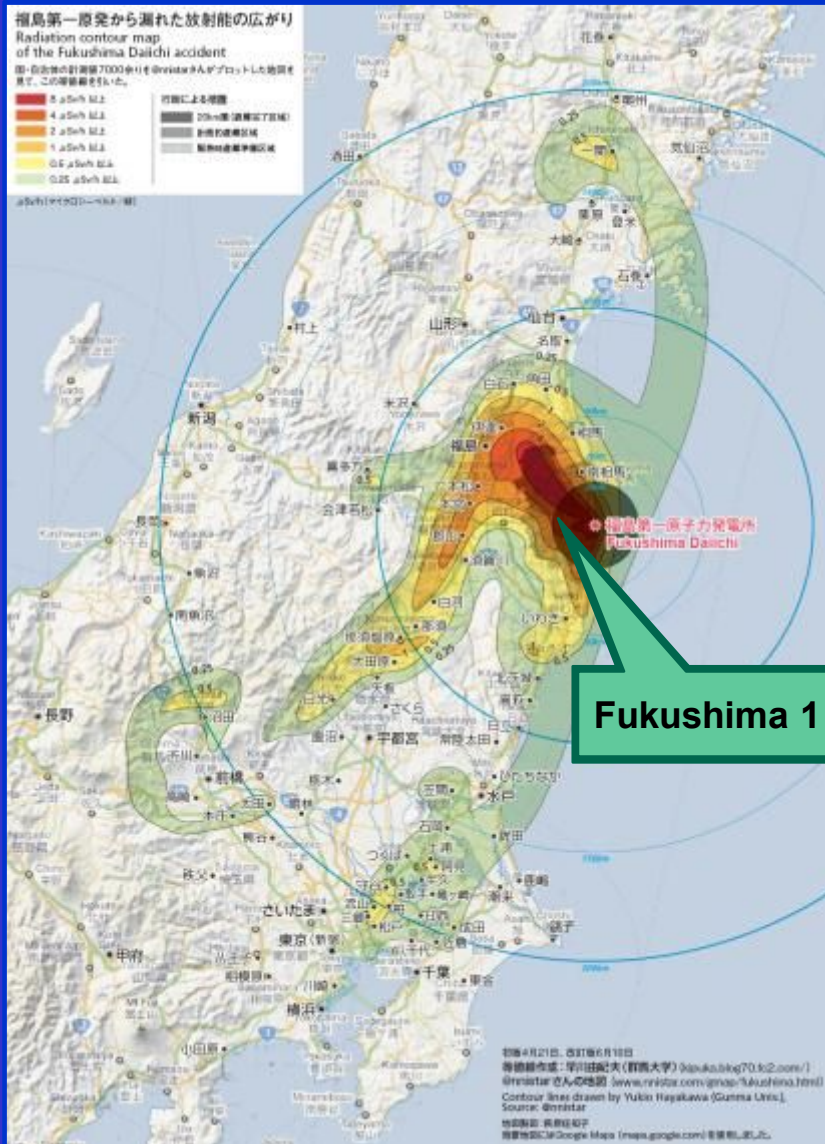
福島 Fukushima ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ )

チェルノブイリ Chernobyl ( $^{137}\text{Cs}$ )



# 放射線を含む塵の飛散状況

The spread of radioactive dust



Fukushima 1

# 甲状腺内部被ばく試算

Expected internal dose to the thyroid gland (12-24, March)





# ICRP 推奨緊急時許容放射線量(3月21日)

## ICRP'S RECOMMENDATION (21. MARCH) PERMISSIVE DOSE IN EMERGENCY

- 国家当局は緊急時残余放射線量20-100mSvを最高水準値として設定している(ICRP 2007, 表8)。
- For the protection of the public during emergencies national authorities set reference levels for the highest planned residual dose in the band of 20 to 100 mSv (ICRP 2007, Table 8).

- 放射線発生源が制御可能になるときでも、汚染地区は残るかもしれない。国家当局は汚染地域をあきらめるのではなく、そこで生活を続けられるようにあらゆる必要な防御線量の測定を継続する。

この場合、推奨される放射線レベルは年間1- 20 mSvで、長期目標としては年間1mSvへの減少が望まれる (ICRP 2009b, 48-50節)。

- When the radiation source is under control contaminated areas may remain. Authorities will often implement all necessary protective measures to allow people to continue to live there rather than abandoning these areas. In this case to recommend choosing reference levels in the band of 1 to 20 mSv/year, with the long-term goal of reducing reference levels to 1 mSv /year (ICRP 2009b, paragraphs 48-50).

## 人口調査 – 「専門家」の立場：理論上安全とされる100mSv

Population examination – position of so-called "experts": the dose to 100 mSv considered safe

- 福島県における健康診断 – 2百万人  
The total Health Survey in the Fukushima Prefecture – 2 million people
- 30年以上甲状腺の検査を必要とする0才から18才の360,000人を含む  
Including thyroid gland examination in 360 thousand people from 0 to 18 years old over the next 30 years

# 細胞および細胞内小器官のフリーラジカルによる損傷

CELLULAR AND SUBCELLULAR COMPONENTS DAMAGER BY FREE RADICAL

<b>生体分子</b> Class of Biomolecules	<b>損傷の種類</b> Type of Damage
<p>脂質Lipids</p> <p>蛋白質Proteins</p> <p>核酸Nucleic Acids</p> <p>炭水化物Carbohydrates</p>	<p>不飽和脂肪酸の過酸化 Peroxidation of Polyunsaturated Fatty.</p> <p>細胞内小器官の酸化Acid in Organelles</p> <p>細胞膜Plasma Membranes</p> <p>芳香核のスルフヒドリル基をもつ蛋白質の酸化 Oxidation of Sulfhydryl-containing Proteins, of Aromatic Nucleus</p> <p>ヒドロキシル化&lt;&lt;切断&gt;&gt; Base Hydroxylation, «nicking»</p> <p>架橋, crosslinkage</p> <p>DNA二重鎖切断Scission of DNA Strands</p> <p>多糖体の脱重合Polysaccharide Depolymerization</p>

# 細胞構造に対する活性型酸素の影響

## ACTION OF ACTIVE FORMS OF OXIGEN ON CELLULAR STRUCTURES

- 不飽和脂肪酸過酸化反応の開始（細胞膜破壊と含む）

Initiation of peroxidation of polyunsaturated fatty acid

- イオンポンプに関連する酵素と蛋白質の不活性化

Inactivation of enzymes and protein of ion-"pumps"

- DNAの架橋と切断

Formation of cross-linkage and scission of DNA

- 細胞受容体の構造の損傷

Damage of structure of cellular receptors

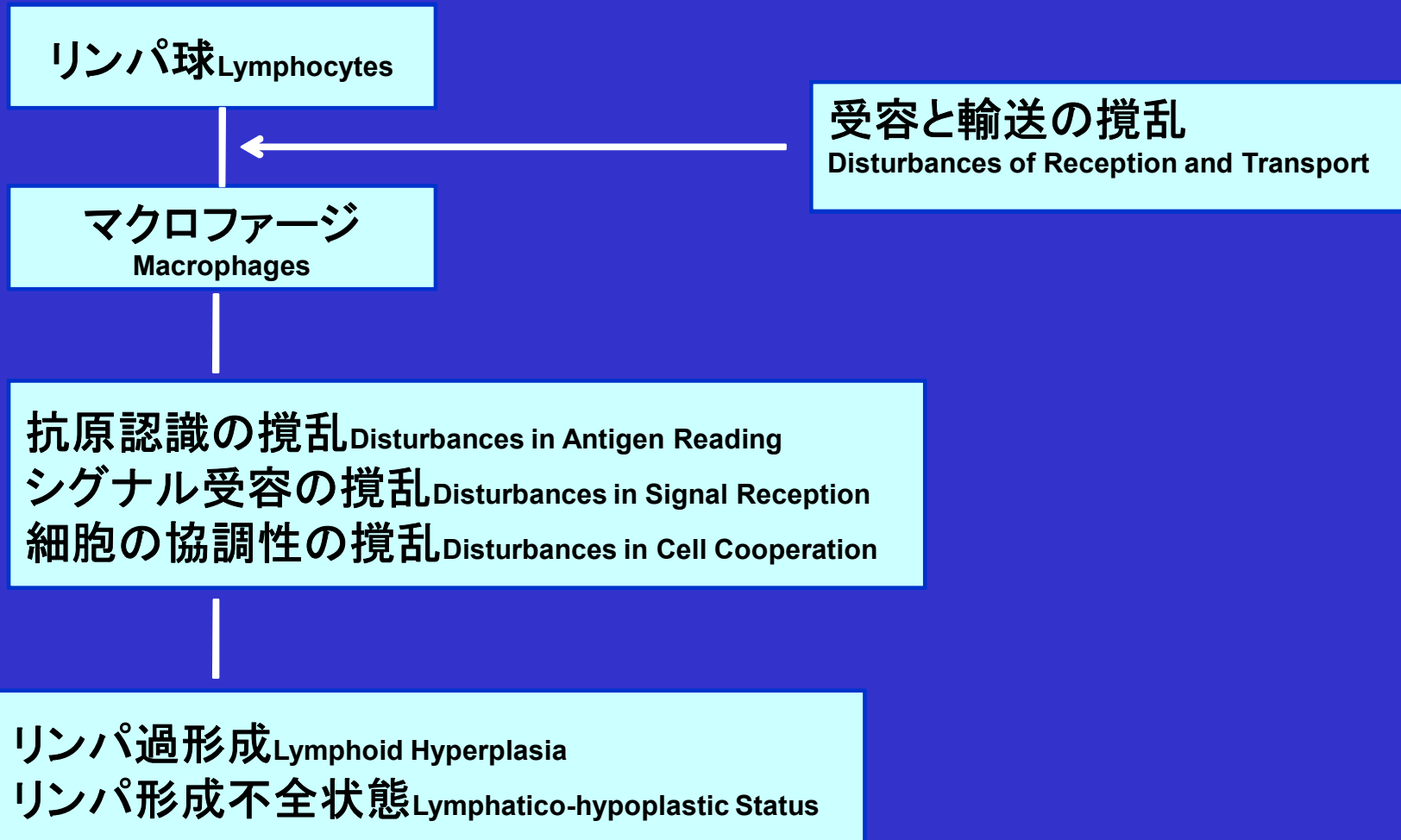


**細胞崩壊, 細胞の受容・輸送・増殖能の損傷**

**CYTOLYSIS, DAMAGE OF RECEPTION, TRANSPORT AND  
OF PROLIFERATION OF CELLS**

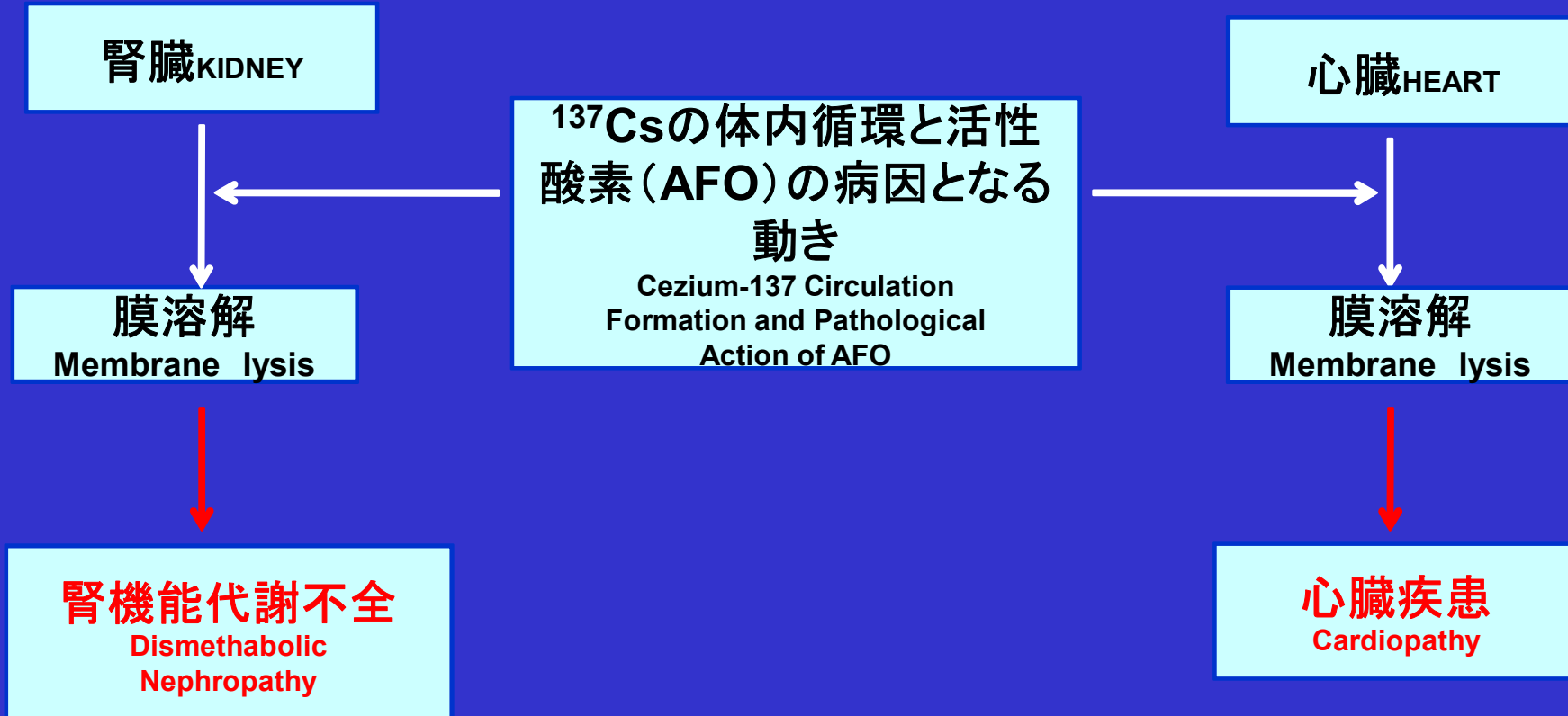
# 活性酸素に誘発された免疫疾患の発症機序

PATHOGENESIS OF IMMUNOLOGIC DISORDERS INDUCED BY AFO



# 活性酸素に誘発された心臓疾患と腎臓疾患の発症機序

PATHOGENESIS OF CARDIOPATHIES AND NEPHROPATHIES INDUCED BY AFO



# 活性酸素に起因する心因性疾患の発症機序

PATHOGENESIS OF PSYCHOSOMATIC DISORDERS INDUCED BY AFO

視床下部 HYPOTHALAMUS

神経系の受容・輸送の攪乱  
Disturbance in neurons reception and transport

無力症(自律神経失調) Asthenic syndrome  
精巧な調節を必要とする心臓、血管、消化管、胆管その他の成長-循環の攪乱

Vegetative-circulating  
Disturbance of delicate regulation of heart, blood vessels, gastro-intestinal tract, biliary ducts, etc

心因性疾患 PSYCHOSOMATIC DISORDERS

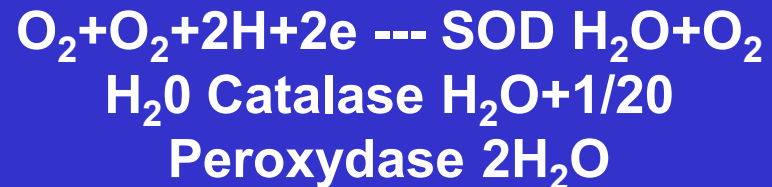
# 細胞の抗酸化方法

## MECHANISMS OF ANTIOXIDANT PROTECTION OF CELLS

### 損傷を受けた構造の再合成

#### RESYNTHESIS OF DAMAGED STRUCTURES

##### 1. 酵素不活性化



##### 2. 非酵素的

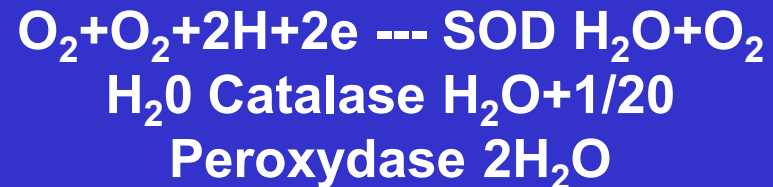
スカベンジャー: ルチン, アスコルビン酸, スルフヒドリル基含有蛋白質,  
グルタチオン, トコフェロール

Scavengers: rutin, ascorbic acid sulfhydryl - containing proteins, glutathione, Tocopherols

### 活性酸素の不活性化

#### Inactivation of Formed AFO

##### 1. Enzymatic inactivation



##### 2. Nonenzymatic



# チェルノブイリ事故によって影響を受けた子供の リハビリテーション指針

## REHABILITATION PRINCIPLES OF CHILDREN AFFECTED BY THE CHERNOBYL ACCIDENT

### ➤ 環境的に清浄区域に位置する機関への移動

Referral to institutions located in ecologically clean areas;

### ➤ 汚染されていない食物、バランスのとれたビタミン、微量元素の提供

Provision of non-contaminated food, balanced in vitamins and microelements;

### ➤ 最低1ヶ月半の複合的な抗酸化療法（最適コンビネーション-ビタミンE、リポ酸＋ルチン）

Complex antioxidant therapy at least 1.5 months duration (the best combination – vitamin E, lipoic acid + rutin);

### ➤ 口腔を含む慢性病感染の治療

Treatment of chronic focal infection including oral cavity;

### ➤ 慢性疾患（ICDの診断による）をもつ子供の複合的なリハビリテーション

Complex conventional rehabilitation for children with chronic disease (diagnosed according to ICD)

# 臨床的、臨床検査および診断機器による複合診断

COMPLEX OF CLINICAL, LABORATORY AND INSTRUMENTAL EXAMINATIONS

- **健康診断** Physical examination
- **甲状腺超音波検査** Thyroid ultrasound
- **全血血算測定** Complete blood count
- **尿検査** Clinical urine analysis
- **腫瘍専門医による検診** Examination by oncologist
- **内分泌専門医による検診** Examination by endocrinologist
- **線量測定** Dosimetry

# 長期間の被ばくによる影響調査 LONG-TERM SCREENING EFFICACY

- 甲状腺がんの発症率の上昇しなくなった。(は終結した。)

Increase in thyroid cancer incidence halted

- がんによる死亡率は、放射線量の高い汚染地域の子供でも通常のレベルと同じであった。

Cancer mortality in children from heavily contaminated areas are at the average population level

## 結論 CONCLUSIONS

1. チェルノブイリ原発事故により被爆した子供の cohorts 調査から、**電離放射線の影響が確認された。**

In each cohort of children exposed to radiation from the Chernobyl accident, certain effects were reported, confirming the role of ionizing radiation exposure.

2. 子供の体細胞の病態による全疾患罹患率は、放射線汚染地域に居住する両親を持つ子供のうち放射線被ばくの影響後

の子供で高い。 The overall morbidity in children exposed to radiation, remains high due to somatic pathology in children born to parents living in radiation contaminated territories .

## 結論 CONCLUSIONS

3. 現時点までで、統計学的に唯一確認された効果は甲状腺がんの発生のみである。

So far the only proven stochastic effects of radiation exposure is thyroid gland cancer.

4. 胎児期に被ばくした子供や汚染した被ばく地域から避難した子供、除染作業員の子供は放射線由来の疾患のハイリスク(危険性が高い)と判断されるべきである。

Children exposed in utero and living in contaminated areas, who were evacuated from the obligatory relocation zones and children born to Chernobyl accident liquidators should be referred as high risk for the development of radio-induced pathology.

## 結論 CONCLUSIONS

5. 放射線リスク群（胎児被ばく、被ばくした両親の子供）に希少な遺伝病や胎児毒性効果が引き起こされている。放射線と病気との関係が解明されるべきである。

Rare genetic syndromes and embryotoxic effects in radiation risk groups (children irradiated in utero, children born to irradiated parents) are revealed. Pathogenetic role of radiation is to be clarified.

6. 同定された細胞遺伝的また免疫的異常は、放射線リスク群の子供に遺伝子の不安定性や免疫不全を引き起こす可能性が示唆されているが、統計学的な有意性を示すにはさらなる証拠が必要である。

Identified cytogenetic and immunological deviations suggest genomic instability and immune deficiency in children from radiation high risk group; elucidation of their significance requires additional evidence.