

原子力事故

-JCO臨界事故を振り返る-

茨城県竜ヶ崎保健所

明石 真言

**日本原子力学会原子力安全部会
第7回夏期セミナー
COI開示**

発表者名：明石真言

**講演発表に関連し、開示すべきCOI 関係にある
企業などはありません。**

放射線被ばく事故とは

不慮の被ばくもしくは汚染により、障害が現われるか、その可能性がある

Nénot JC, Int J Radiat Biol. 57:1073-85, 1990

放射線被ばくの歴史

- 1895年 X線に関する論文発表 (レントゲン)
- 1896年 ウラン鉱石の発見報告 (ベクレル)
- 1896年 ポケットの放射性物質により腹部皮膚の発赤 (ベクレル)

放射線被ばくの特殊性(1)

- 過去の経験から -

1. 即死、直後の熱傷、創傷は起きない
1997年 ロシア サロフ臨界事故
2007年 福井県美浜原子力発電所事故
2. 外部被ばく患者は、通常の搬送及び診療可
1999年 JCO臨界事故(20,000 cpm以上を検出)
3. 体内汚染は症状が現れにくい
1968年 米国核医学事故
4. 汚染患者から大きな被ばくをうけることはない
1992年 米国病院での事故

放射線被ばくの特殊性(2)

- 過去の経験から -

生命に危険のある外傷・熱傷、疾病等の治療を放射線被ばくの治療より優先

- ✓ 放射線による症状は、前駆症状*を除いて被ばく後すぐに出ない
- ✓ 被ばく・汚染だけで緊急に治療が必要になる事はない
- ✓ 汚染があっても緊急搬送は可能

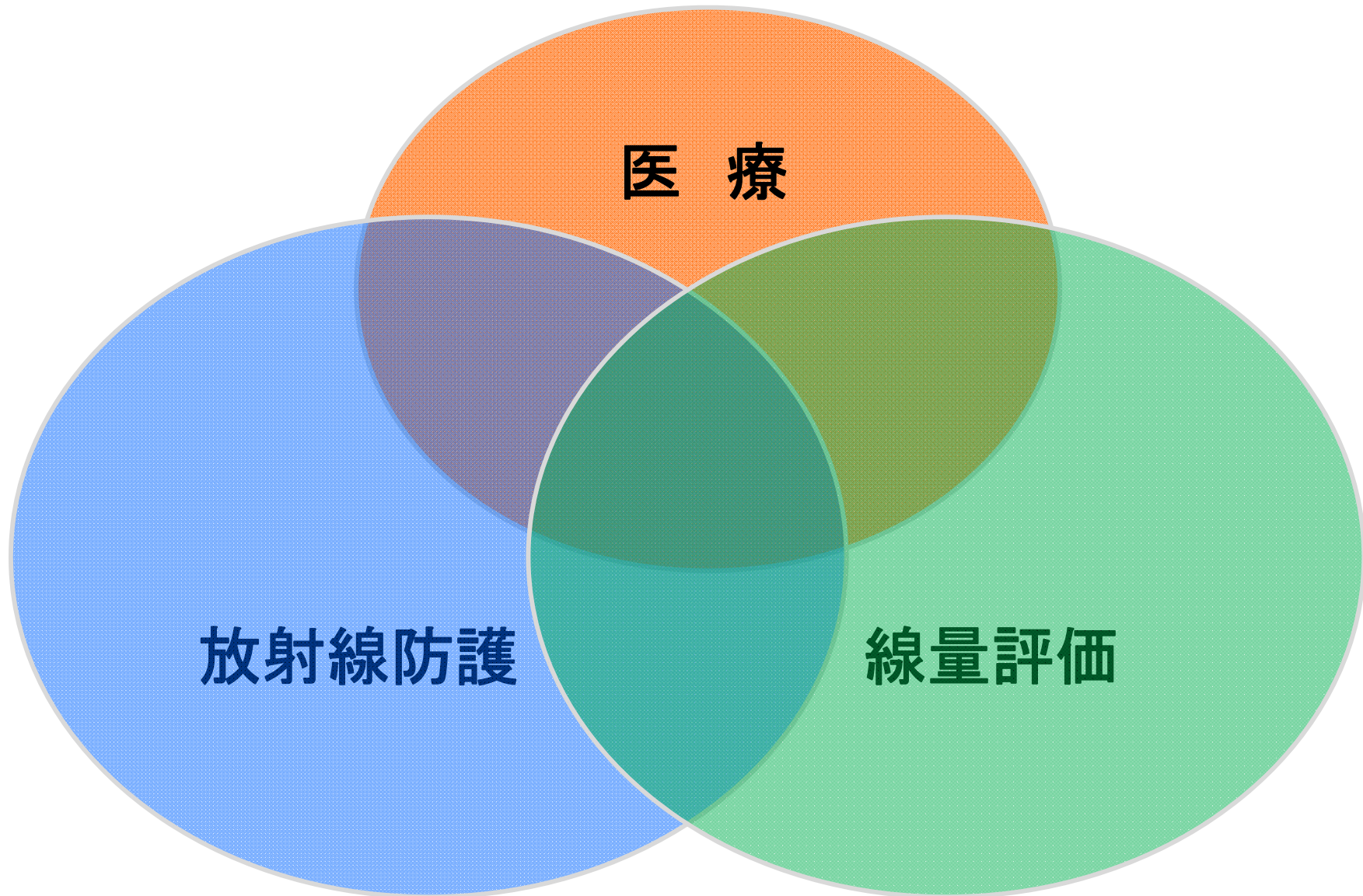
*前駆症状:急性放射線症の前駆期の症状

放射線被ばくの特異性(3)

- 過去の経験から -

1. 低頻度の事象
2. 事故に同じものはない
3. 多くの事象は被ばくの有無の検証
 - 線量評価の重要性
4. 事故により線量評価法は千差万別
 - 外部と内部被ばく
 - エネルギー
5. どこまでが医療
6. 線量評価も医療
 - 労災保険請求にも問題

放射線被ばく医療とは



放射線・原子力災害時の放射線防護

原子力災害時の避難、除染、治療の基本

放射線被ばくだけで、すぐに生命に関わる状態になることはない

確率的影響リスク増加
(がん等)

確定的影響リスク増加
(直ちに生命に影響)

急性放射線症

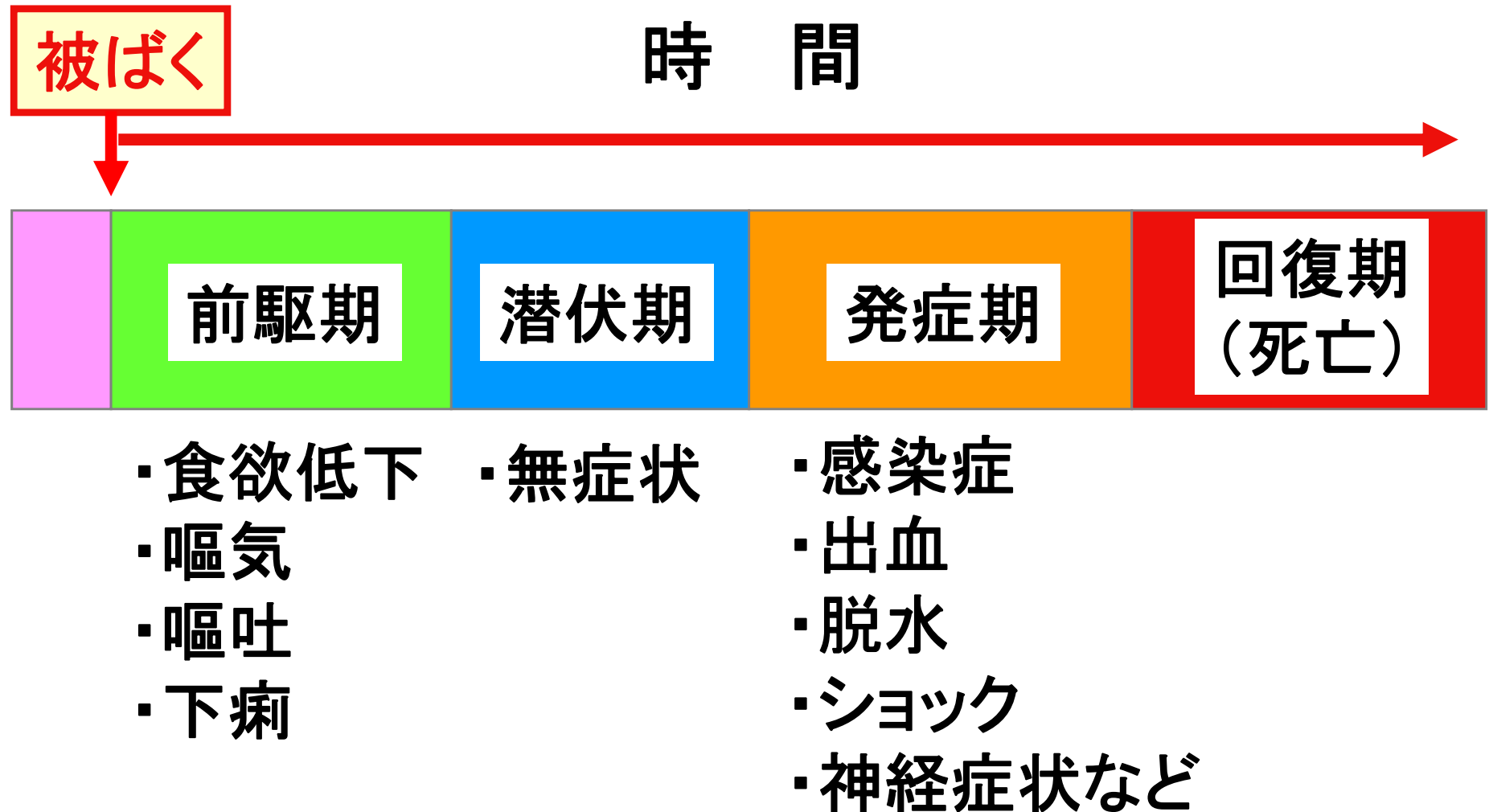
Acute Radiation Syndrome
(ARS)

急性放射線症

定義

- ◆ 体幹を含む全身被ばく
- ◆ 短時間で1 Sv (= 1000 mSv) 以上の被ばく
(高線量、高線量率)
- ◆ 数分/数時間から数週間に起こる臨床症状の総称
- ◆ 多くの組織や臓器の障害

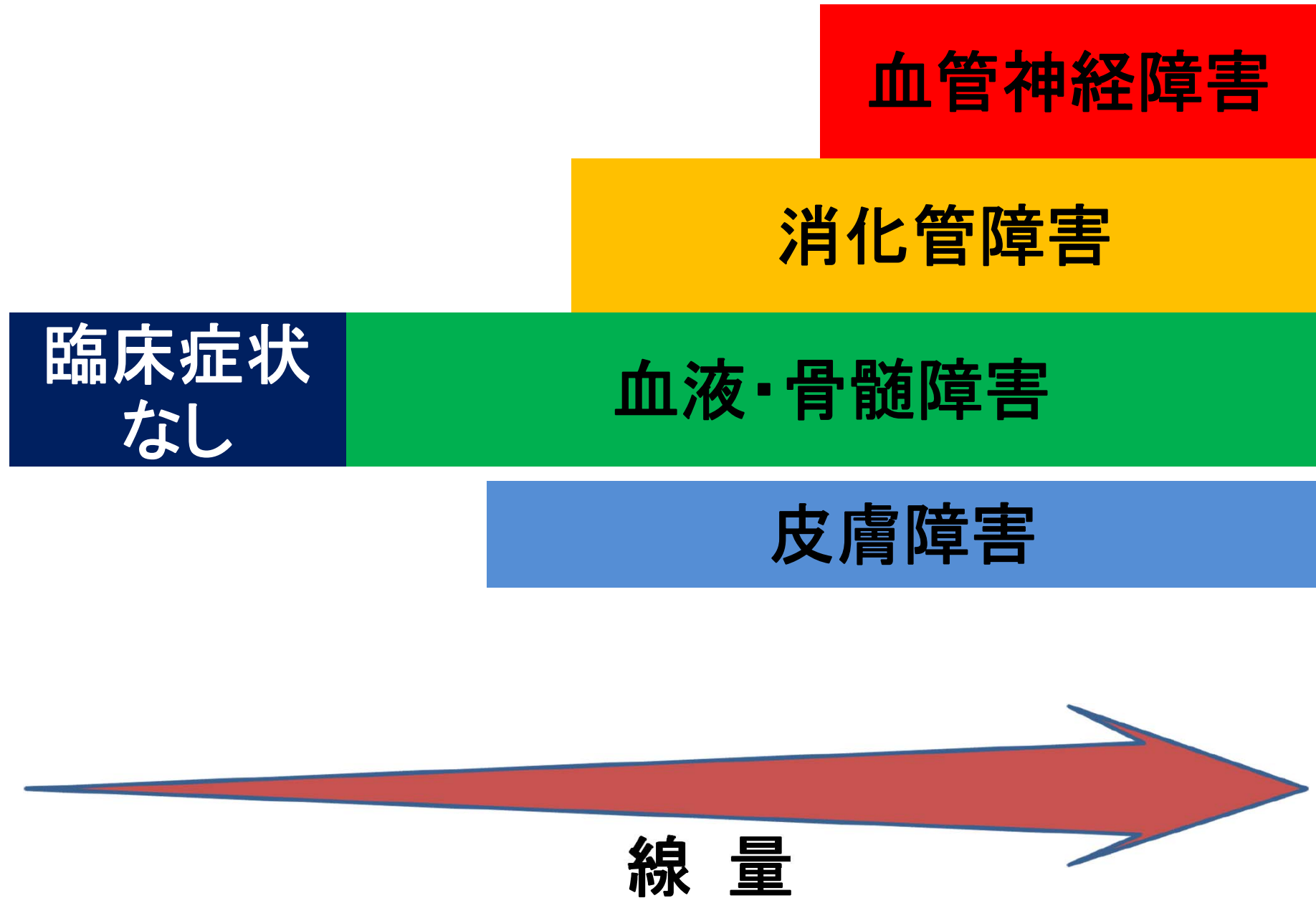
急性放射線症の病期



急性放射線症における前駆症状

症 状	およその被ばく線量				
	1 - 2 Sv	2 - 4 Sv	4 - 6 Sv	6 - 8 Sv	> 8 Sv
嘔吐 (時期) (%)	2時間以降 10-50	1-2時間以内 70-90	1時間以内 100	30分以内 100	10分以内 100
下痢 (時期) (%)	— —	— —	中程度 3-8時間 < 10	重度 1-3時間 > 10	重度 1時間以内 100
頭痛 (時期) (%)	非常に軽い — —	軽い — —	中程度 4-24時間 50	重度 3-4時間 80	重度 1-2時間 80-90
意識 (%)	影響なし —	影響なし —	影響なし —	影響あり —	意識喪失あり 100 (50Gy以上)
体温 (時期) (%)	正常 — —	微熱 1-3時間 10-80	発熱 1-2時間 80-100	高熱 < 1時間 100	高熱 < 1時間 100

急性放射線症：被ばく線量と症状



ウラン加工工場臨界事故

JCO事故の概要

(1)

- ◆ 1999年9月30日10時35分頃、茨城県東海村の核燃料加工工場で、我が国で初めての臨界事故が発生
- ◆ 現場で作業をしていた2名及び隣の廊下にいた1名が、発生した高線量・高線量率の中性子線と γ 線によって被ばくし、当時の放射線医学総合研究所(放医研、千葉市)に搬送

JCO事故の概要

(2)

- ◆ 治療方針の決定に必要な線量評価がされ、三名の最終的な被ばく線量はそれぞれ、生物学的 γ 線相当線量としておよそ**25 GyEq**、**9 GyEq**、**3 GyEq**
- ◆ 一名が東京大学医学部付属病院、一名が東京大学医科学研究所付属病院、また他の一名は放医研において治療

JCO事故の概要

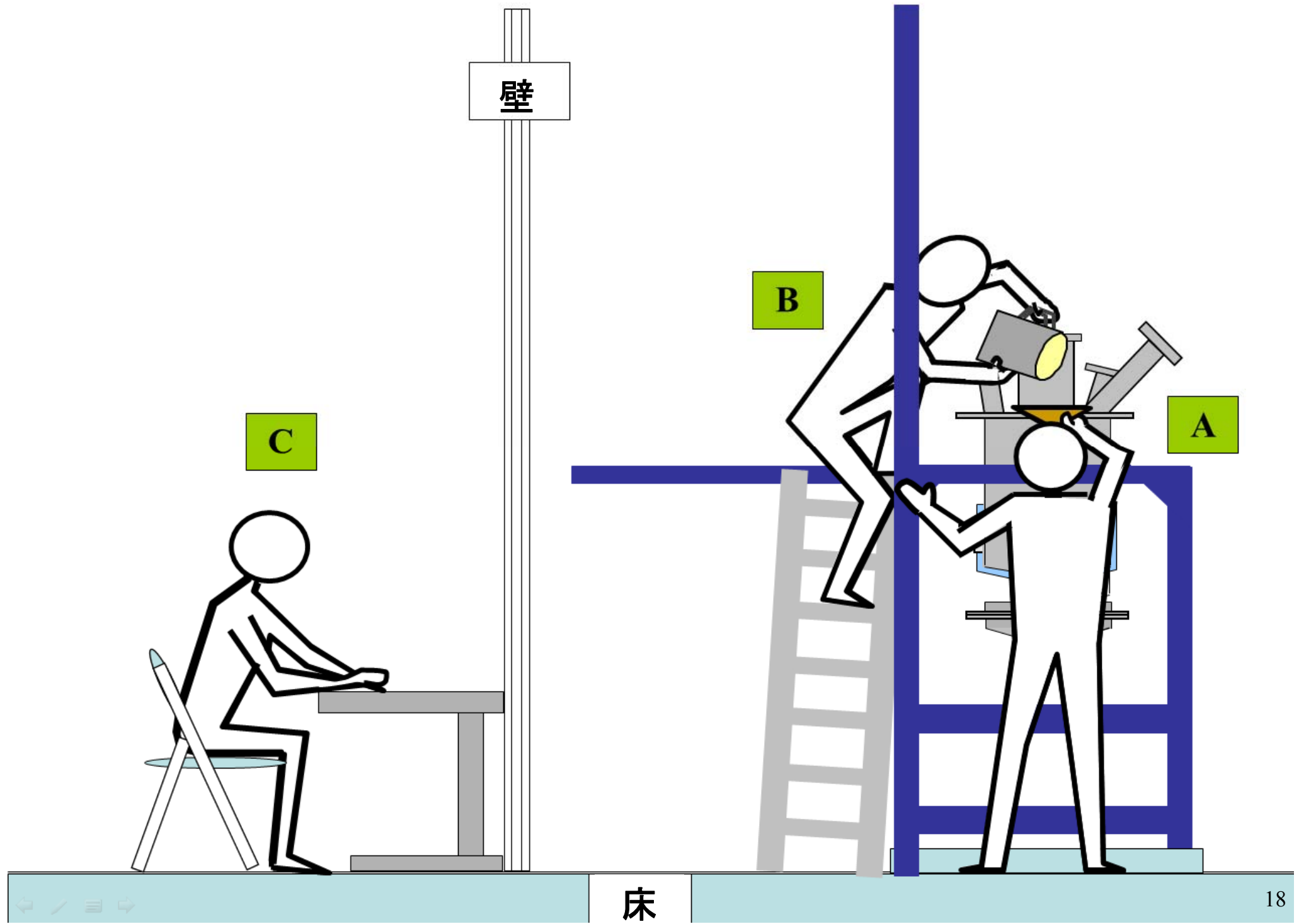
(3)

- ◆ 二名はそれぞれ事故後83日、211日に急性放射線障害による多発性臓器不全で亡くなり、他一名は存命中
- ◆ 数名の作業員と周辺住民もまた低線量被ばく、施設から350m圏内の住民に避難要請が出され、10km圏内の住民310,000名には18時間の屋内退避が要請

東海村の原子力施設



事故時の作業員



初期対応と前駆症状

時間	対応	事故後 (分)	症状			
			患者 A		B	C
			嘔吐	下痢	嘔吐	悪心
10:35	臨界発生	0				
10:43	救急車 要請	8				
10:46	救急車 到着	11				
11:27	患者は救急車へ	52				
11:49	救急車現場 発進	74				
12:07	国立水戸病院 到着	92				
13:43	国立水戸病院から 転送	188				
14:16	水戸ヘリポート 到着	221				
14:45	千葉市ヘリポート 到着	250				
14:58	救急車で 転送	263				
15:25	放医研 到着	290				

JCO

NIRS

意識消失

嘔吐

悪心

事故時の報道(1)



BBC ONLINE NETWORK HOME PAGE | SITE MAP | SCHEDULES | BBC INFORMATION | BBC EDUCATION | BBC WORLD SERVICE

BBC NEWS World

News in Audio News in Video Newsday Home News National 國際新聞 粵語廣播

Thursday, September 30, 1999 Published at 10:17 GMT 17:17 UK

World: Asia-Pacific
Nuclear accident shakes Japan



An irradiated worker is taken to hospital wrapped in a plastic sheet. Japan is facing an unprecedented nuclear emergency after a major uranium leak.

Radiation levels at the Tokaimura nuclear fuel-processing plant in north-east Japan are 15,000 times higher than normal.

The authorities have warned thousands of residents near the site of the accident to stay indoors and to wash off any rain that falls on them.

Relevant Stories

- 30 Sep 09010 Medical notes: Radiation sickness factfile
- 30 Sep 09010 Asia-Pacific: Nuclear accidents: Your questions answered
- 30 Sep 09010 Asia-Pacific: In pictures: Japan's worst nuclear accident
- 09 Oct 99010 Sci/Tech: Nuclear reaction may have caused accident
- 27 Sep 08010 Asia-Pacific: Nuclear fuel ship docks in Japan
- 13 Jul 99010 Asia-Pacific: Nuclear leak in Japan

Feedback Low Graphic Mail

An Irradiated Worker is taken to Hospital Wrapped in a Plastic Sheet

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/461446.stm>

Three workers saw a blue flash and were overcome with nausea. They were taken to hospital barely conscious and with low blood pressure. Several other colleagues are also suffering from radiation exposure

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/462003.stm>

事故時の報道(2)



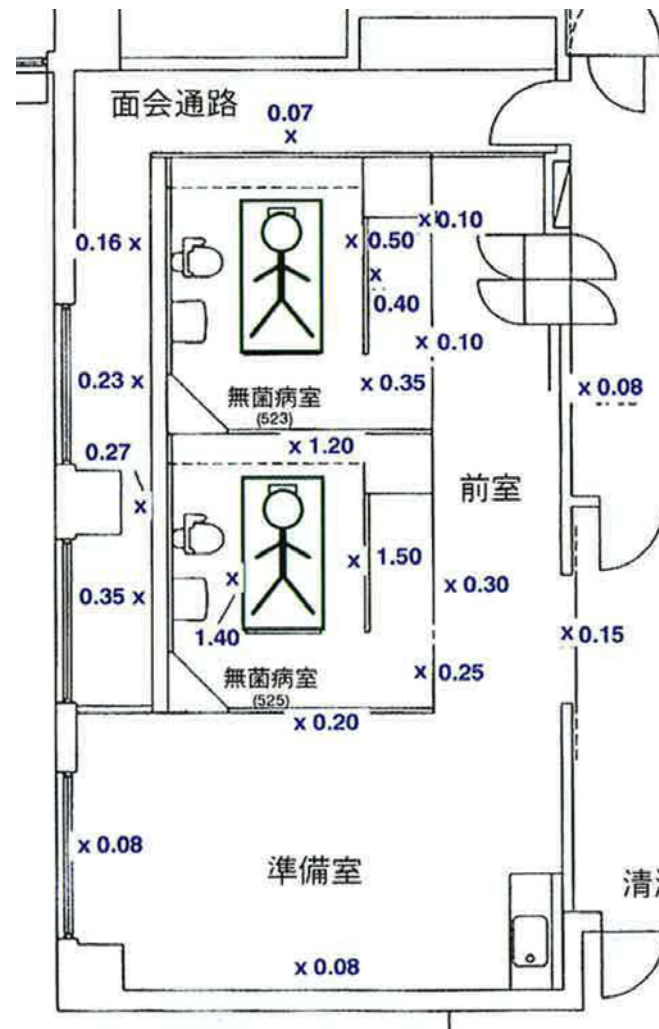
Workers were taken to a hospital at the National Institute of Radiological Sciences in Chiba.

病室内の放射線線量率

測定日：平成11年10月01日(金)09:40

測定器：シンチレーション・サーベイ (アロカTCS-161)

単位： $\mu\text{Sv/hr}$

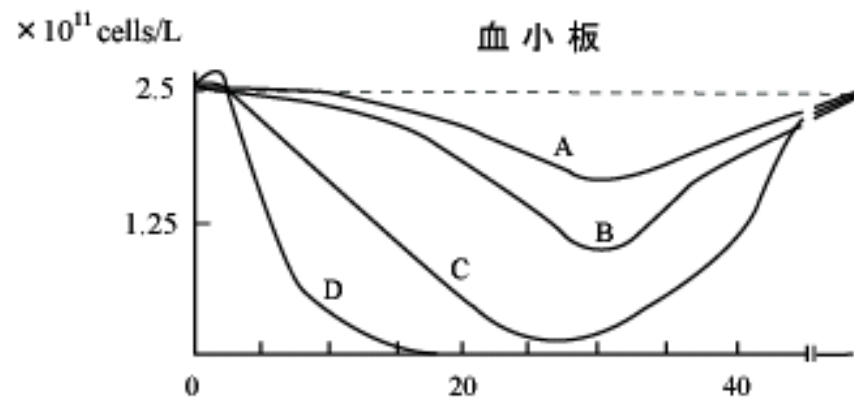
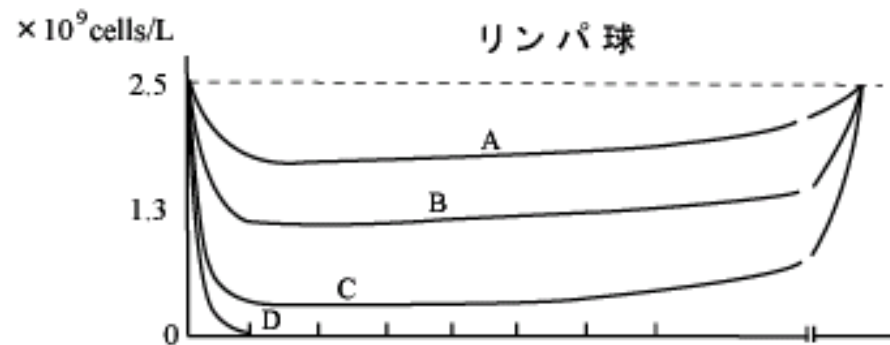
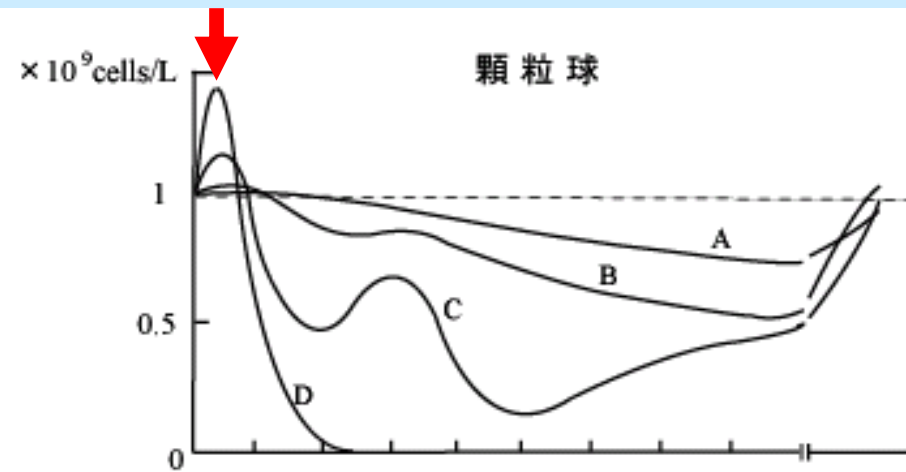


患者体内のNaが中性子により放射化されNa-24が生成

国立水戸病院での血液検査

	患者A	患者B	患者C
白血球 ($\times 1/\text{mm}^3$)	22,800	12,700	11,500
リンパ球 ($\times 1/\text{mm}^3$)	684 (3 %)	127 (1 %)	1,495 (13 %)
顆粒球 ($\times 1/\text{mm}^3$)	22,116	12,446	9,775
赤血球 ($\times 10^4/\text{mm}^3$)	533	424	558
ヘモグロビン (g/dl)	18	14.3	18.3
血小板 ($\times 10^4/\text{mm}^3$)	16.1	15.9	16.5

被ばく後の血球数の変動パターン



A: < 1 Sv
B: 1 - 2 Sv
C: 2 - 5 Sv
D: > 5 Sv

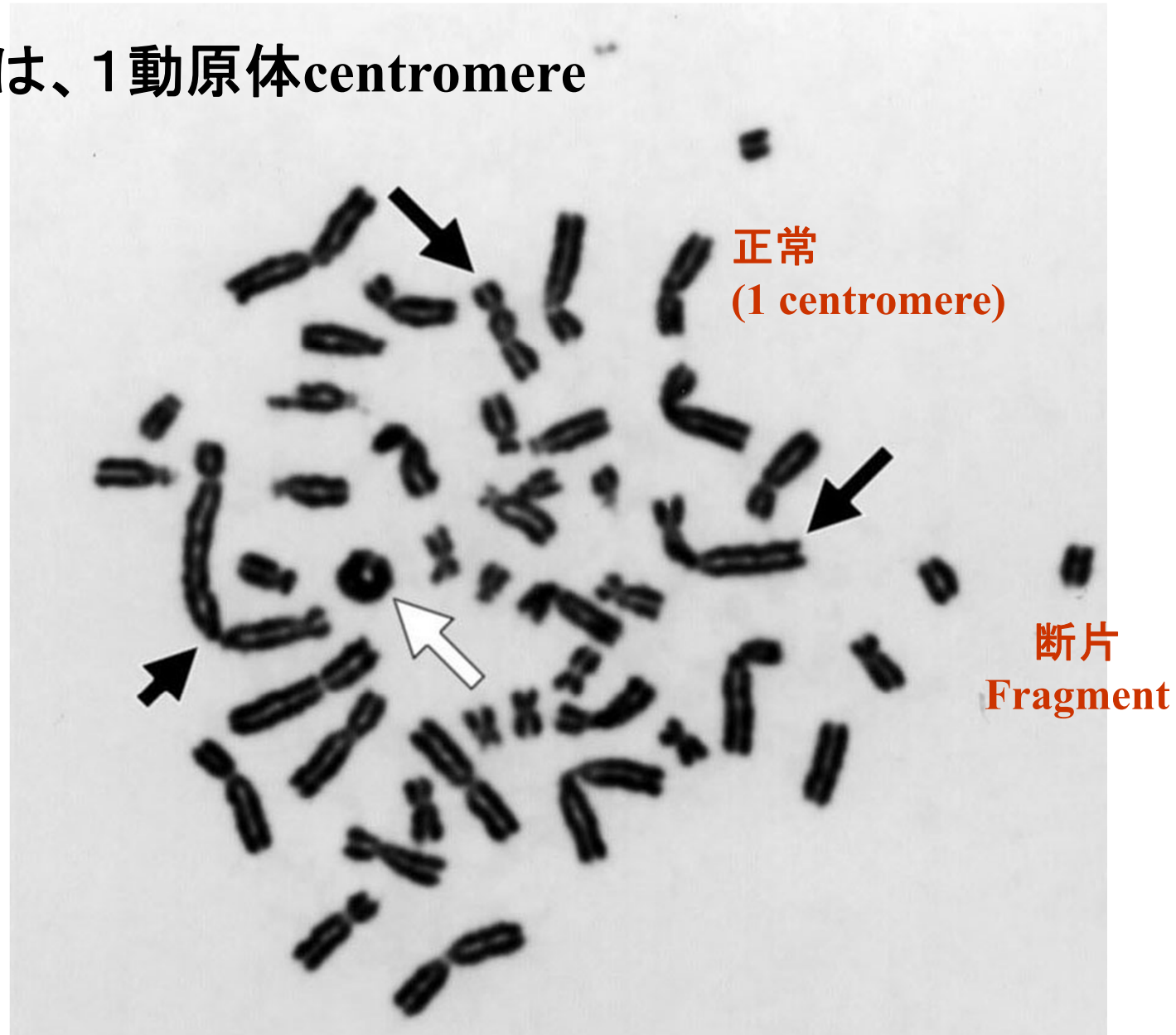
被ばく後日数(日)

放射線による染色体異常

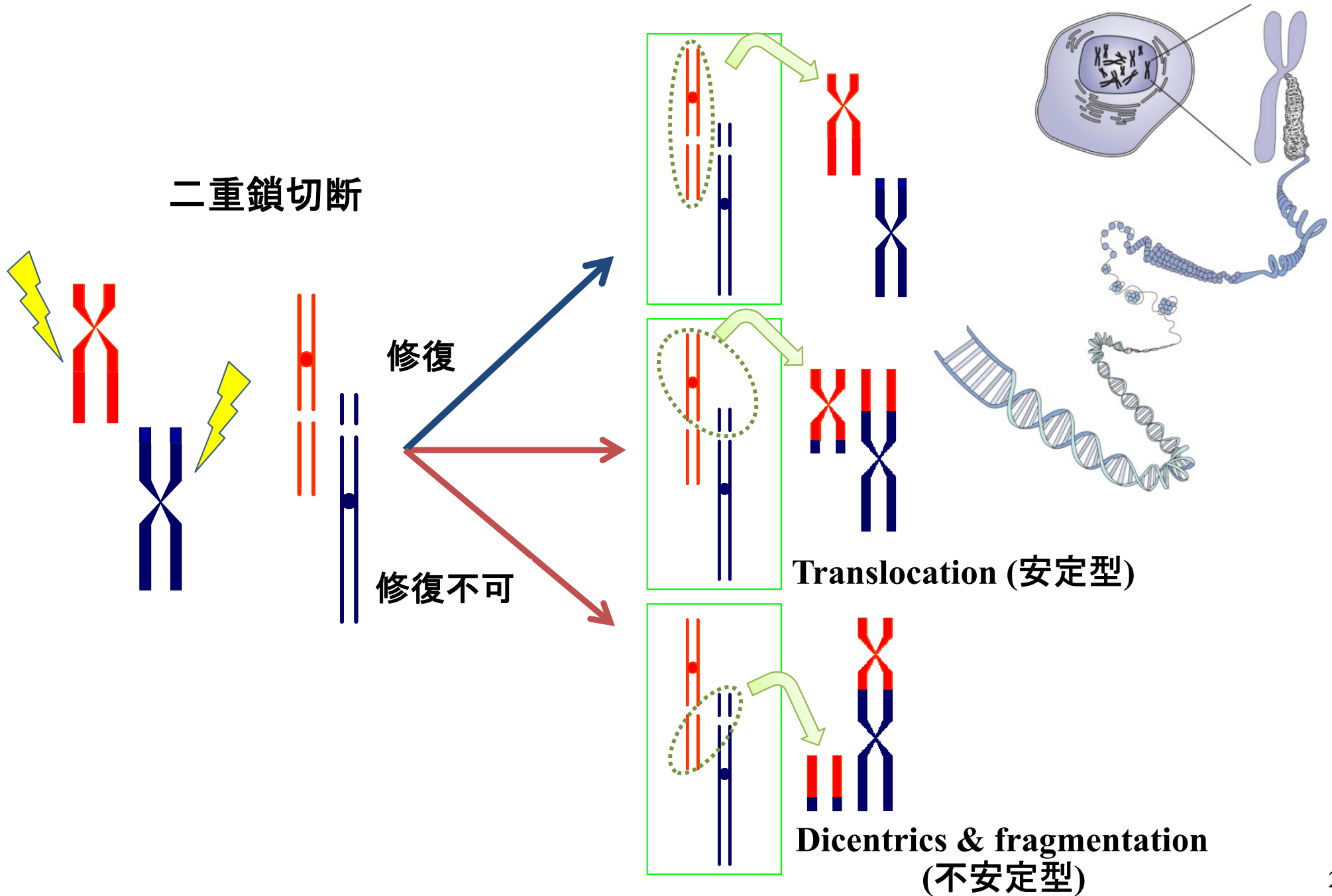
- ◆ 人の正常細胞は46本の染色体
- ◆ 染色体には、1動原体centromere

↑
二動原体
Dicentrics

↑
環状染色体
Rings



染色体異常のメカニズム



血清アミラーゼ

- 唾液腺由来 -

患者	Day 0 (16:00)	Day 0 (19:40)	Day 1 (7:00)
<i>(正常値)</i>	<i>76 - 231 (IU/mm³)</i>		
A	176	781	2,143
B	421	1,593	2,454
C	104	187	1,094

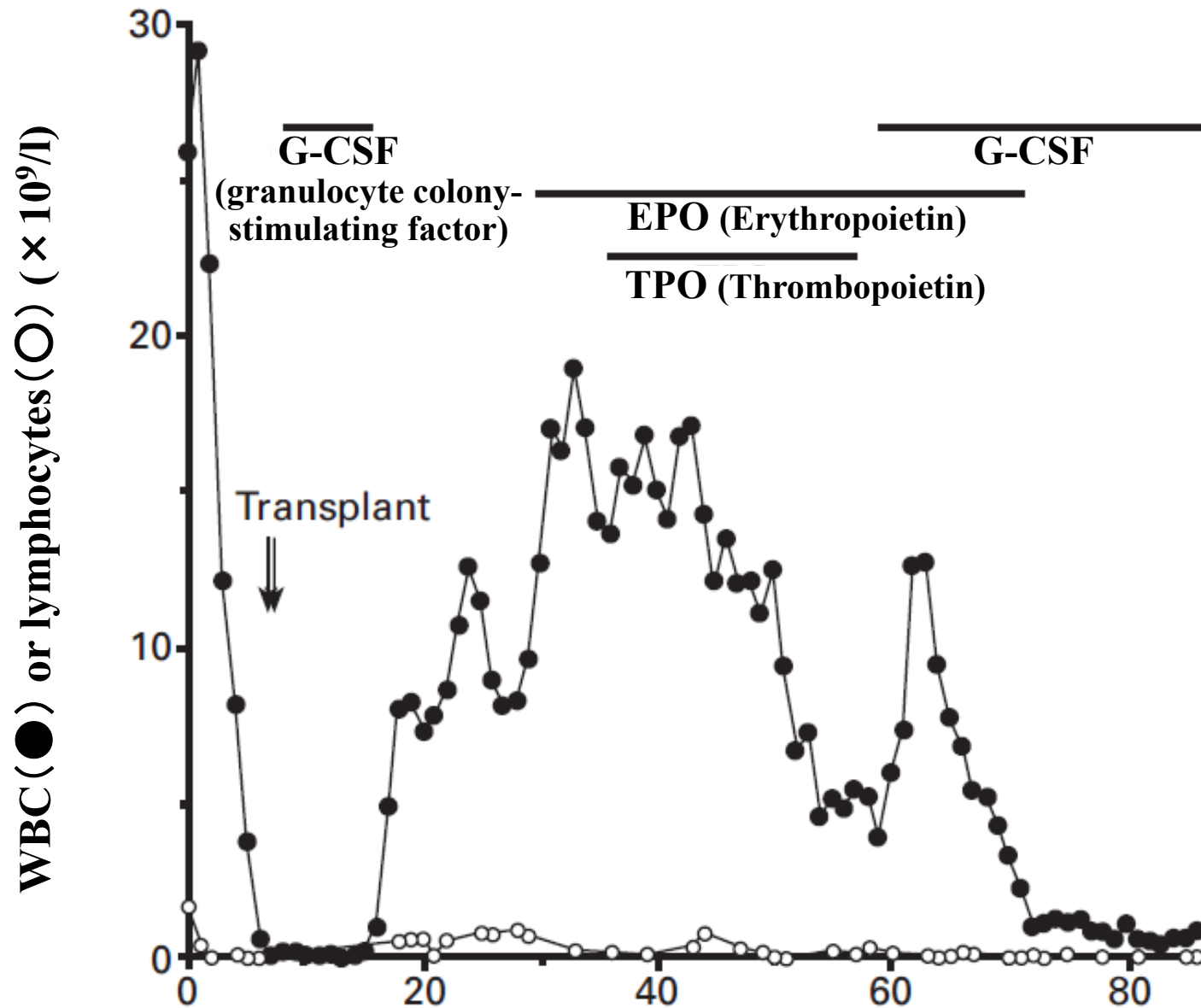
線量評価

	患者		
	A	B	C
血液中 ²⁴ Na 活性 (Gy)	中性子: 5.4 γ線: 9.9	2.9 4.1	0.81 1.5
染色体異常 (GyEq)*	21.7-27.3	7.7-8.9	2.8-3.2
全身体外計測 (²⁴ Na 活性)(Gy)	N.D.**	N.D.**	N: 0.62 γ: 1.1
前駆症状 (GyEq)	> 8	> 6	2-3

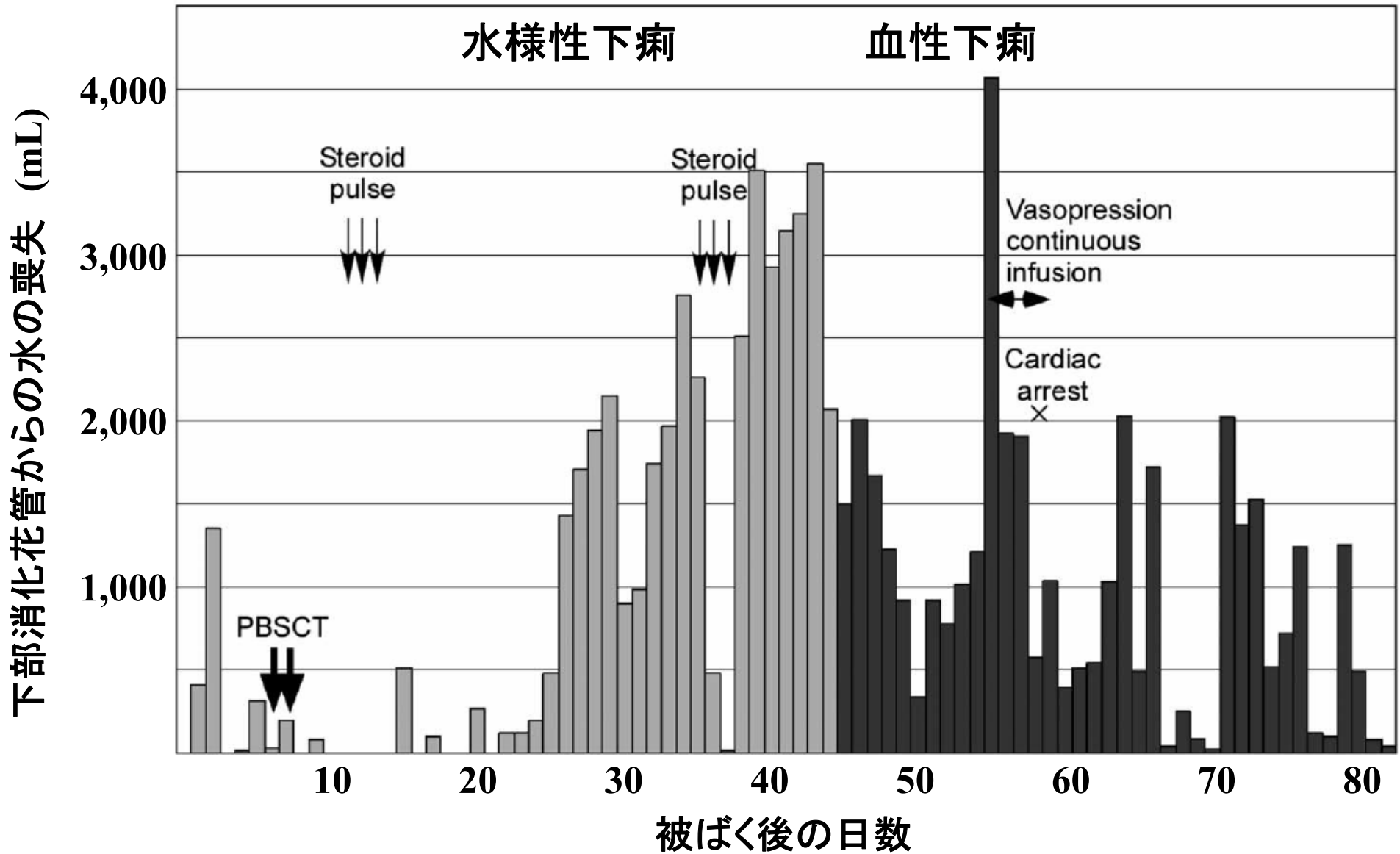
*GyEq: Gy equivalent to γ - ray

**N.D.: Not determined

臨床経過 A氏

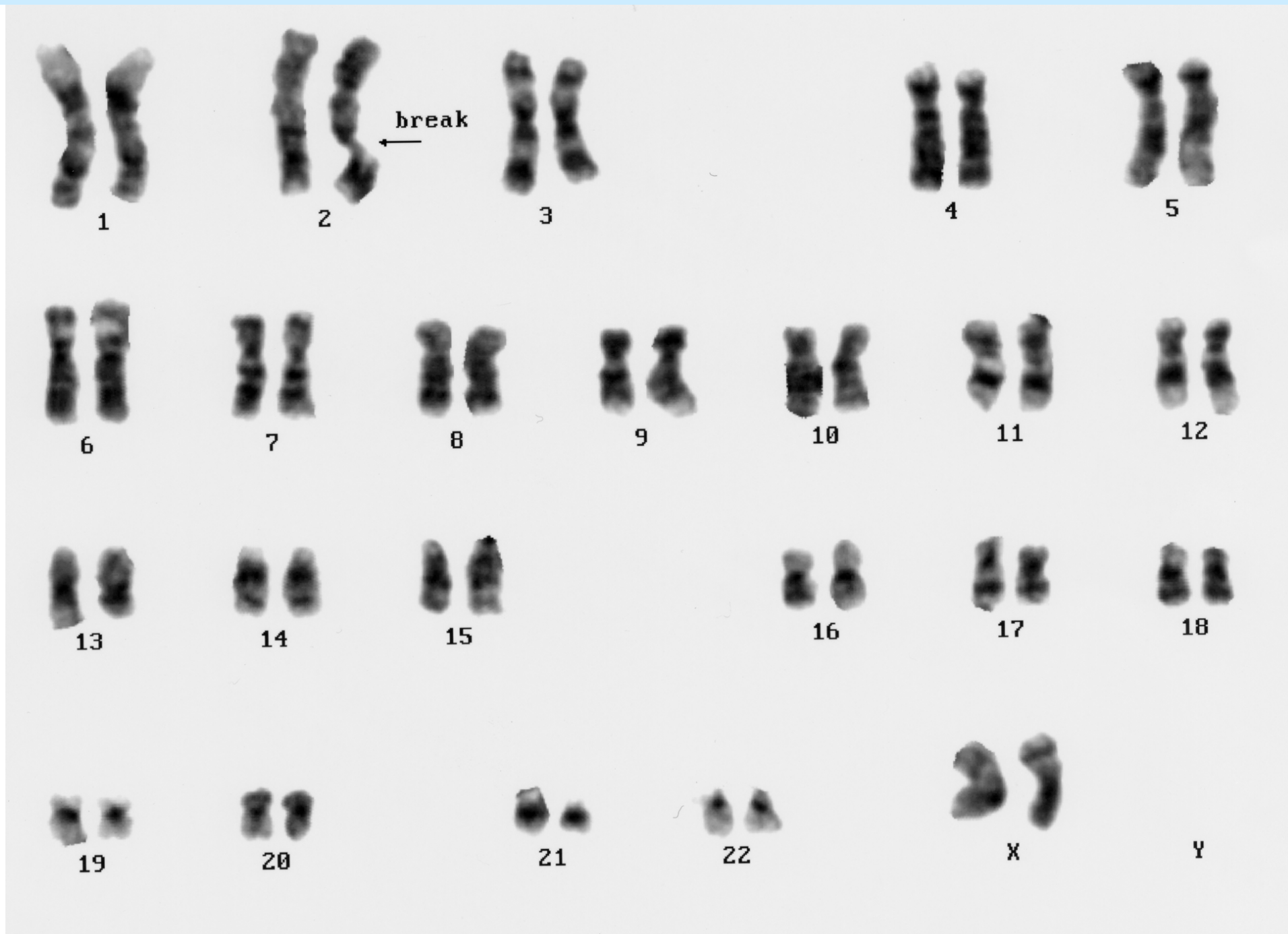


臨床経過 A氏



PBSCT :末梢血幹細胞移植

ドナー由来の細胞に観察された染色体異常



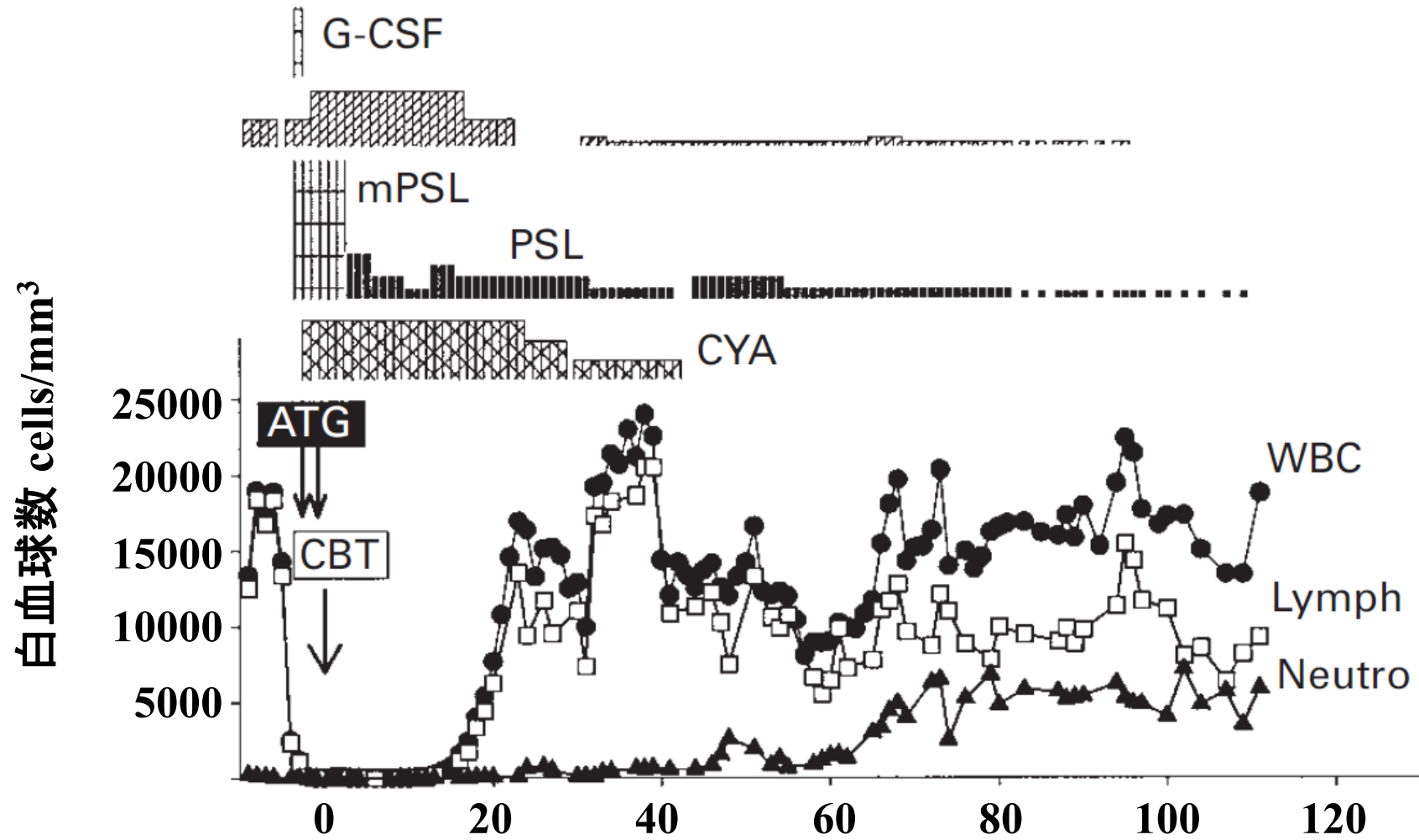
線量評価

	患者		
	A	B	C
血液中 ²⁴ Na 活性 (Gy)	中性子: 5.4 γ線: 9.9	2.9 4.1	0.81 1.5
染色体異常 (GyEq)*	21.7-27.3	7.7-8.9	2.8-3.2
全身体外計測 (²⁴ Na 活性)(Gy)	N.D.**	N.D.**	N: 0.62 γ: 1.1
前駆症状 (GyEq)	> 8	> 6	2-3

*GyEq: Gy equivalent to γ - ray

**N.D.: Not determined

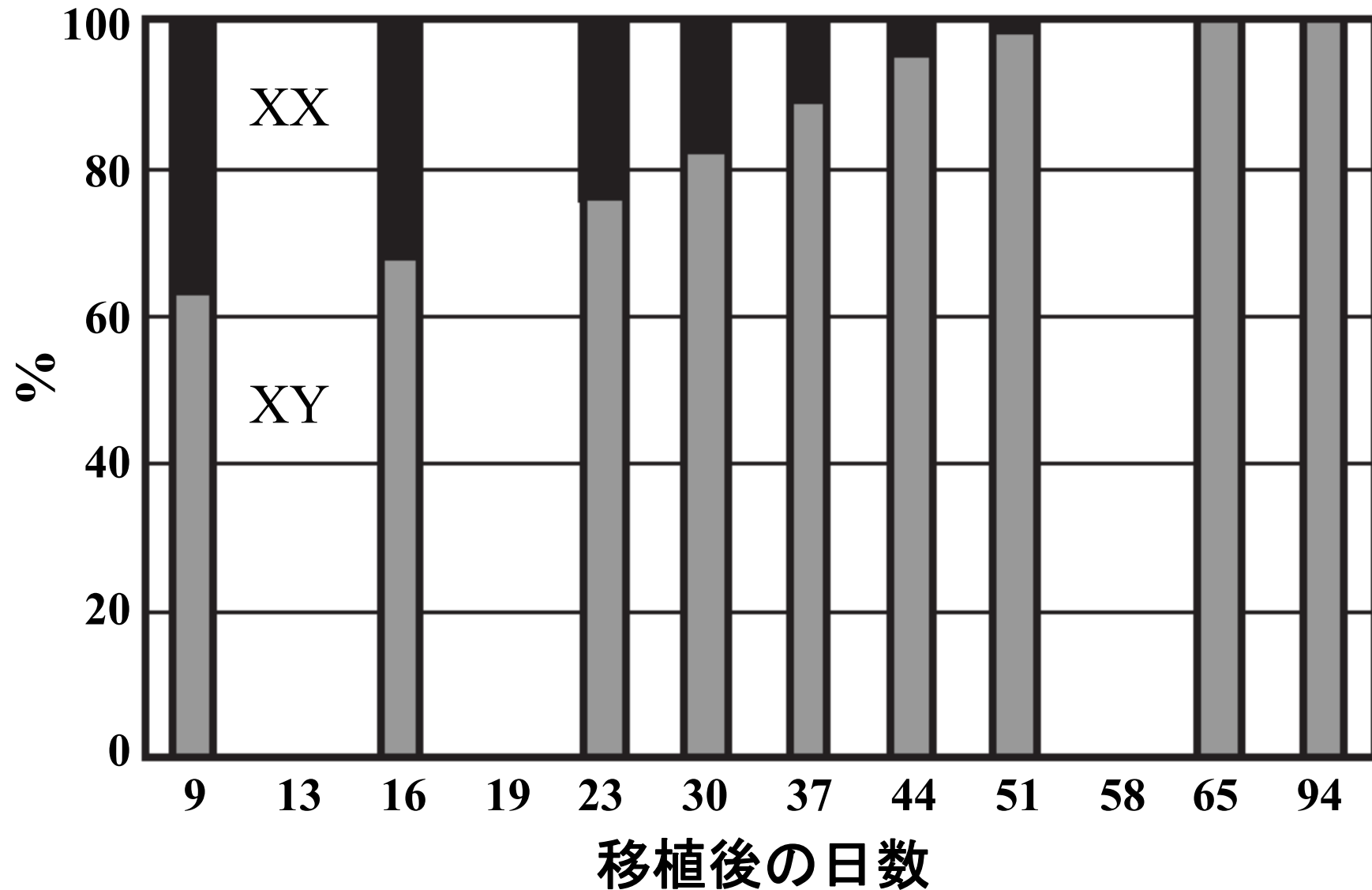
臨床経過 B氏



臍帯血幹細胞移植後の日数

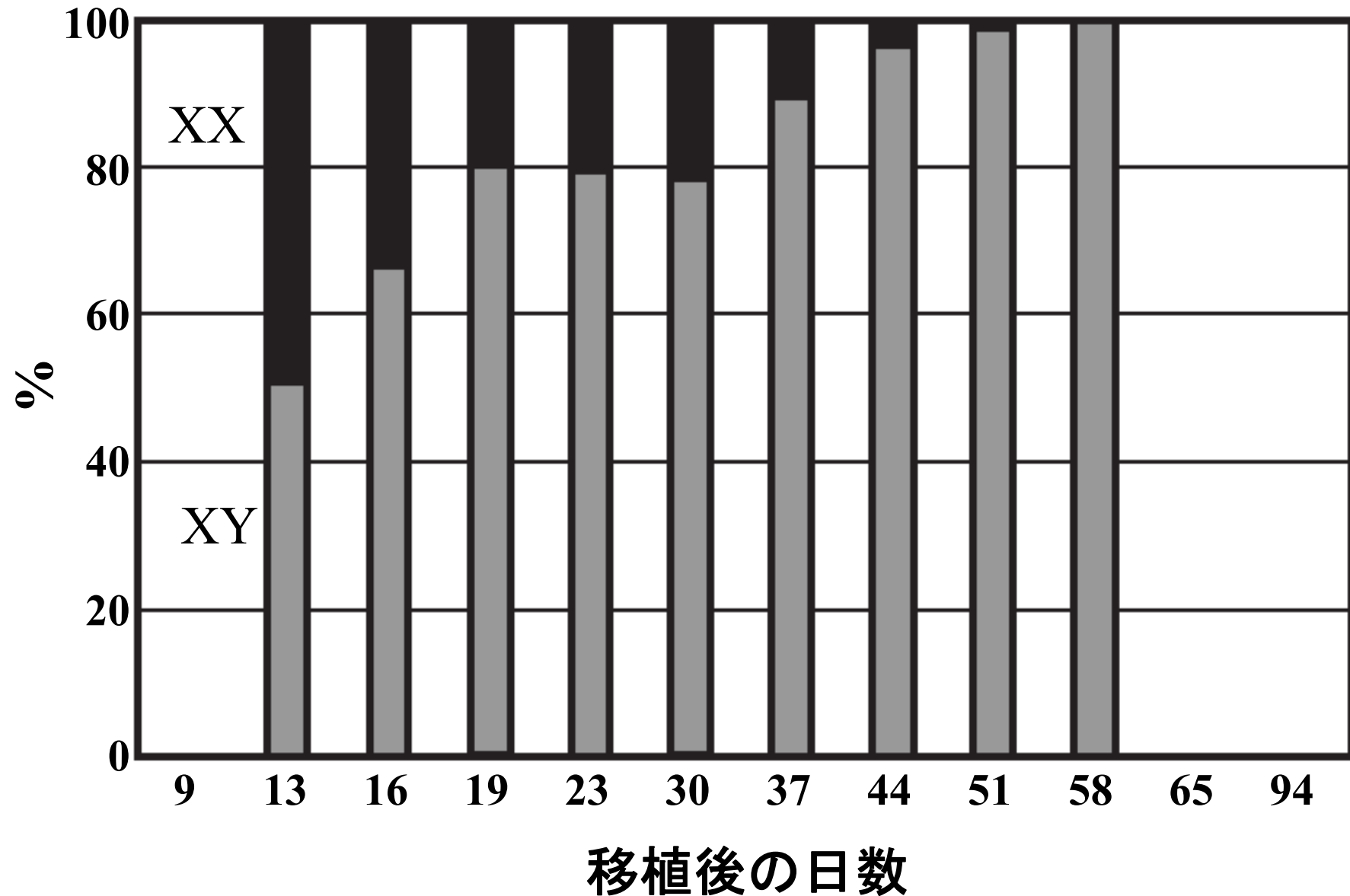
幹細胞移植後の時間的経過

－ 腸骨骨髓単核細胞 －

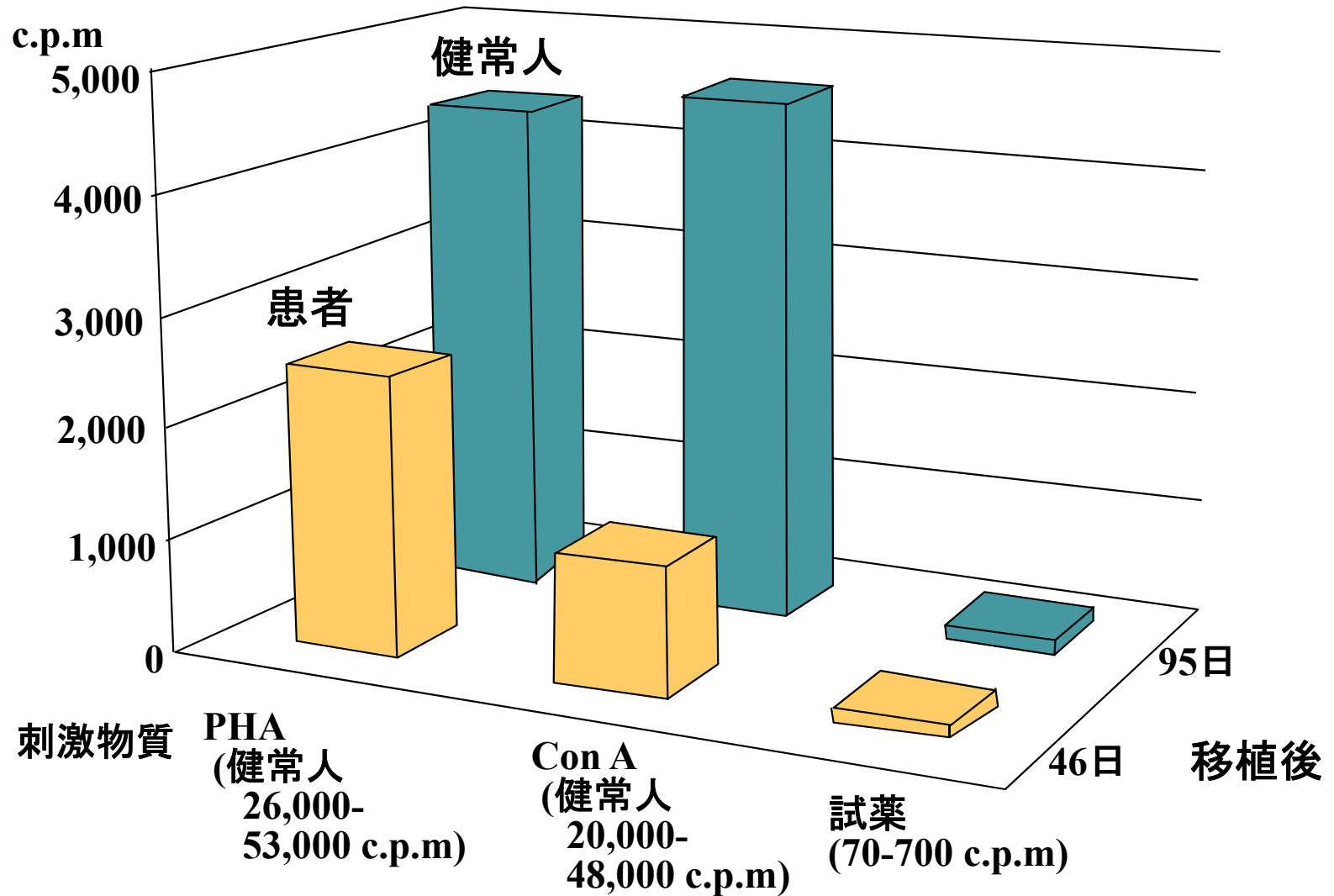


幹細胞移植後の時間的経過

- 末梢血単核細胞 -

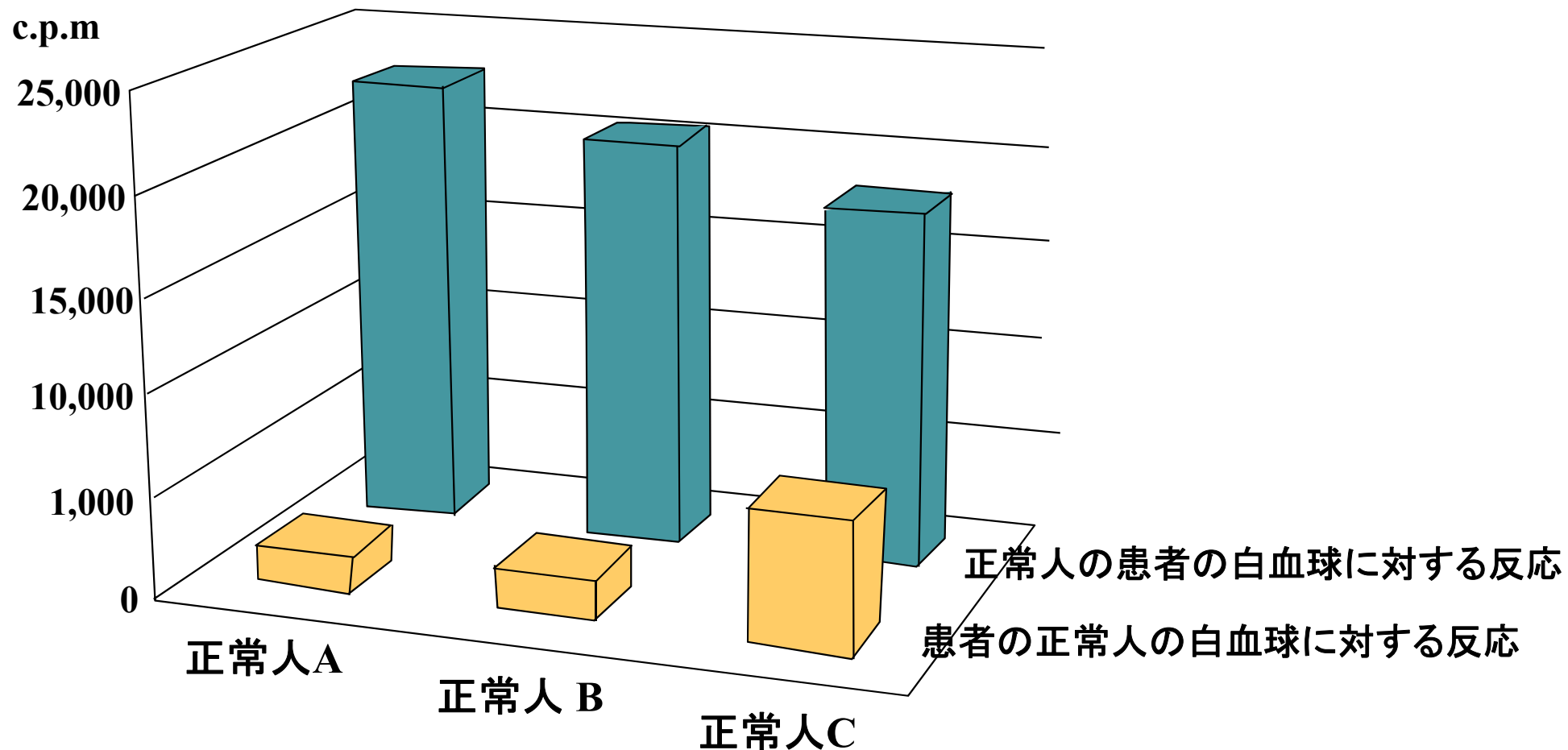


リンパ球刺激試験



*試薬 (生理食塩水)

他人の白血球による刺激試験



正常人の患者の白血球に対する反応
患者の正常人の白血球に対する反応

線量評価

	患者		
	A	B	C
血液中 ²⁴ Na 活性 (Gy)	中性子: 5.4 γ線: 9.9	2.9 4.1	0.81 1.5
染色体異常 (GyEq)*	21.7-27.3	7.7-8.9	2.8-3.2
全身体外計測 (²⁴ Na 活性)(Gy)	N.D.**	N.D.**	N: 0.62 γ: 1.1
前駆症状 (GyEq)	> 8	> 6	2-3

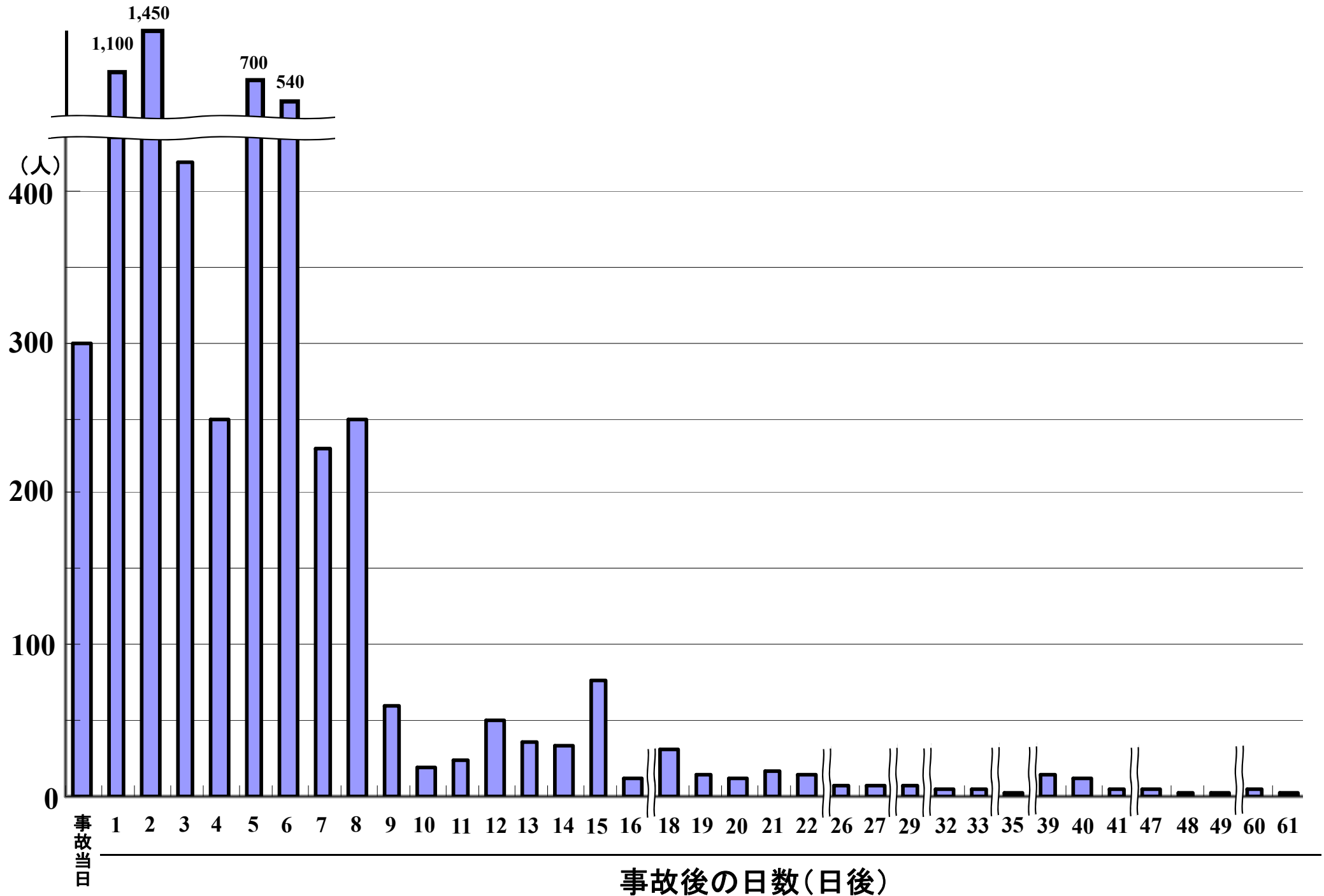
*GyEq: Gy equivalent to γ - ray

**N.D.: Not determined

JCO 従業員、周辺住民、防災業務関係者等の線量

線量 (mSv)	JCO従業員等	防災業務 関係者	<i>周辺住民等</i>	合計
$0 \leq, < 5$ ($1 \leq$)	123 (82)	253 (51)	<u>207</u> <u>(103)</u>	<u>583</u> <u>(236)</u>
$5 \leq, < 10$	15	7	<i>18</i>	40
$10 \leq, < 15$	6	0	<i>6</i>	12
$15 \leq, < 20$	10	0	<i>2</i>	12
$20 \leq, < 25$	8	0	<i>1</i>	9
$25 \leq, < 30$	1	0	<i>0</i>	1
$30 \leq, < 35$	2	0	<i>0</i>	2
$35 \leq, < 40$	0	0	<i>0</i>	0
$40 \leq, < 45$	1	0	<i>0</i>	1
$45 \leq, < 50$	3	0	<i>0</i>	3
合計 ($1 \leq$)	169 (128)	260 (58)	<u>234</u> <u>(130)</u>	<u>663</u> <u>(316)</u>

事故直後からの健康相談 県庁及び関係4保健所に「健康相談窓口」



周辺住民への健康に関する説明会

日時 平成11年10月18日
場所 東海村文化センター
説明者 放医研職員2名

“放医研の専門家が事故後早い時期に健康説明に来てくれると思っていた。もし来てくれていたら、こんなに住民は不安にならなかつたし、経済的なダメージも少なかつた。”

(東海村 村上村長、事前打ち合わせで)

→ 早期の住民対応の必要性

11月13日：那珂町、11月14日：東海村でも開催

JCO事故関連周辺住民等の健康診断

「原子力安全委員会健康管理検討委員会報告」

平成12年 3月27日

4-2 JCO東海事業所における臨界事故に関する周辺住民等の健康管理

4-2-1. 健康管理の範囲

科学技術庁事故調査対策本部が、関係機関の協力を得て実施した周辺環境の線量評価及び周辺住民等の個人の線量評価の結果が原子力安全委員会に報告されている。これによると今回の場合、放射線影響については、次のように考えられる。

- ① 確定的影響については、影響が発生する線量レベルではない。
- ② 確立定影響については、放射線が原因となる影響の発生の可能性は極めて低く、影響を検出することはできない。

従って、周辺住民等に対して、放射線の身体的な影響の有無を確認するための特別な健康診断は考えられないが、周辺の住民等の健康に対する不安に適切な対応を取ることが必要である。

JCO事故関連周辺住民等の健康診断

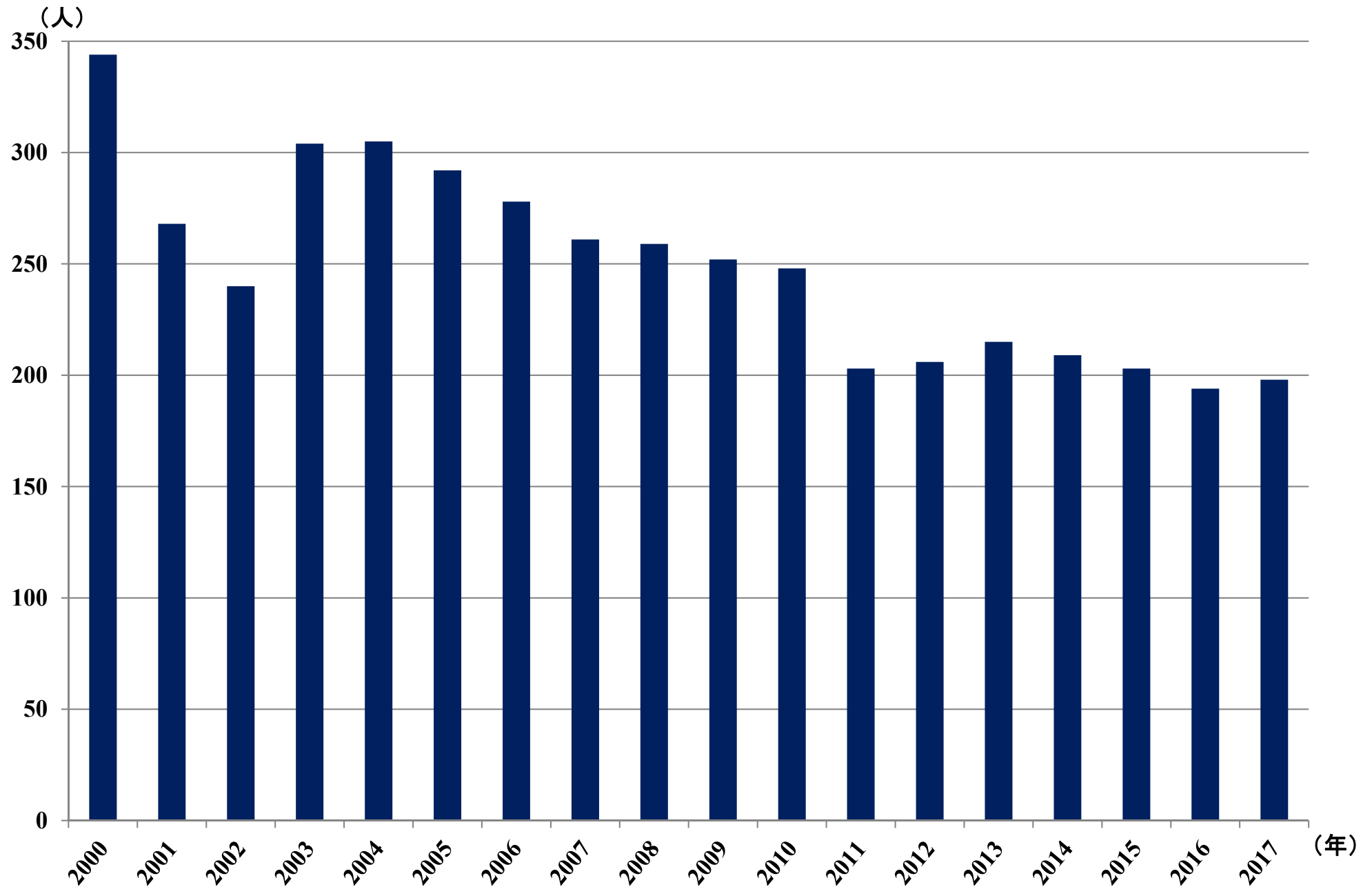
- ◆ 平成12年 3月27日の「原子力安全委員会健康管理検討委員会報告」に基づき、国(当時の科学技術庁)の依頼
- ◆ 平成12年度から県が実施（茨城県保健予防課）

JCO健康診断の対象者

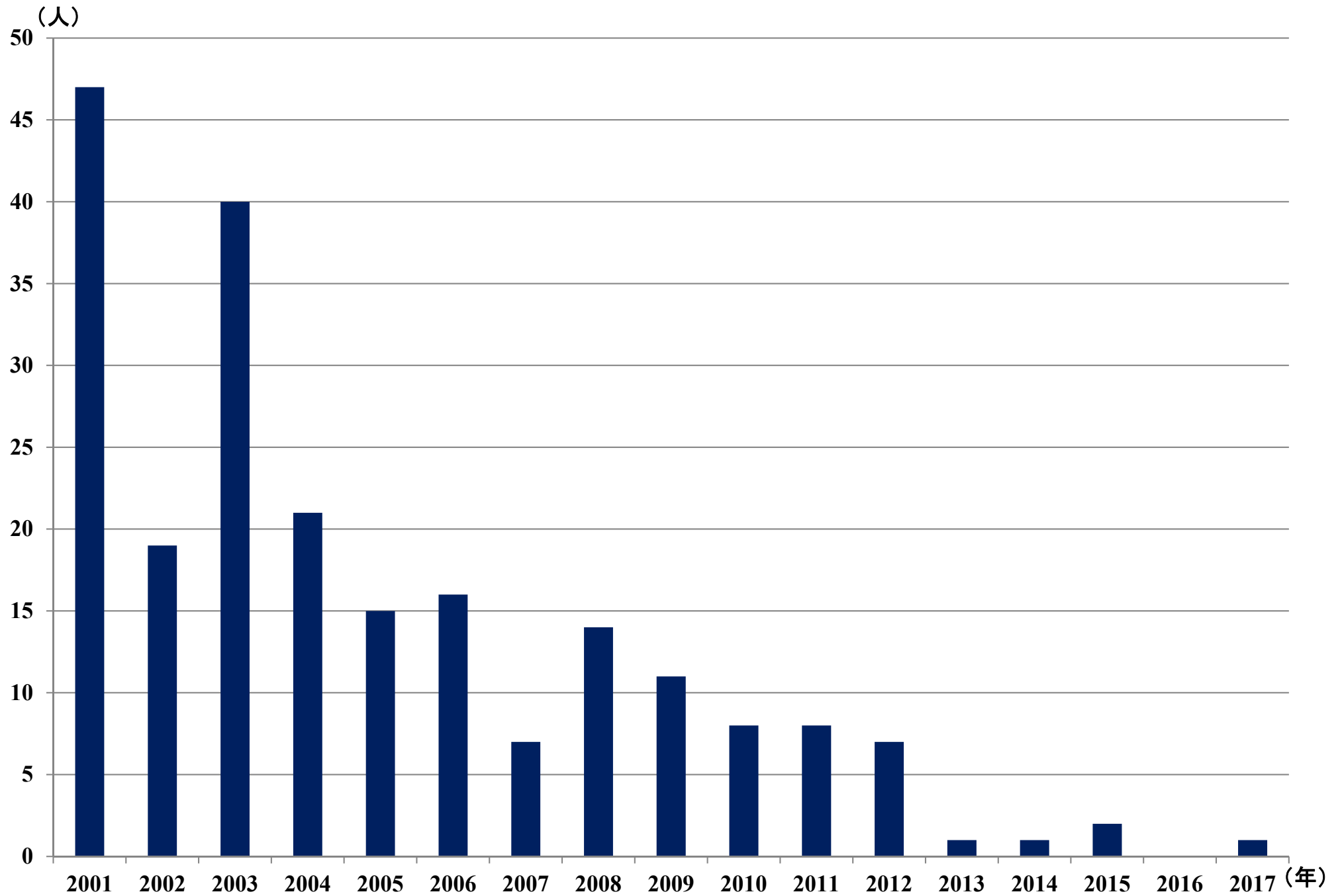
- (1) 評価された線量が1ミリシーベルトを超える者で健康診断を希望する者
- (2) 事故時の避難要請区域内の住民及び勤務者で健康診断を希望する者
- (3) 上記以外の者のうち周辺住民や事故施設周辺の一時滞在者などで、健康相談において医師から十分な説明を受けた上でも、なお、健康不安がある者など、医師により健康診断が必要と認められた者

※現在でも不安をお持ちの方には、医師と面談の上、新たな受診の機会は設けている。

健康診断の参加者



健康相談



住民の理解

今後健康診断の実施方法等を検討するかどうか

- ◆ 茨城県JCO事故対応健康管理委員会の考え方
放射線の影響を見いだせない以上続けることへの疑問
- ◆ 平成18年3-4月にかけて行ったアンケート
44%： 臨界事故の放射線の身体への影響を検査

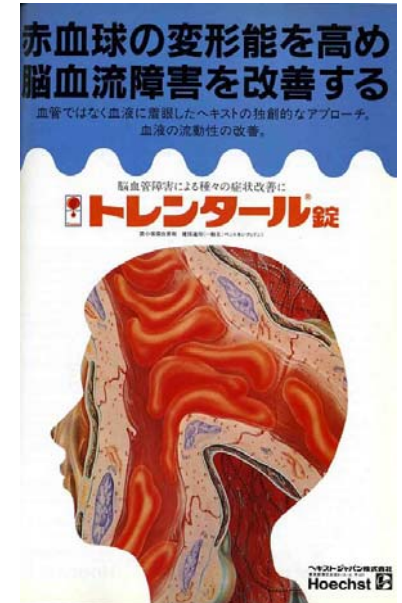
外国からの支援・協力

Pentoxifylline (商標名 Trental) の緊急輸入(1)

トレンタール(ヘキスト・ジャパン)

脳循環代謝改善薬

厚生労働省 平成11年 9月14日



1. 再評価結果について
再評価に関し、中央薬事審議会の答申を受け、別添のとおり、1成分13品目につき、承認取り消しが必要との結論に達した。
2. 1に伴う措置について
これらの医薬品について、次の措置を講ずることとしている。
 - (1) 当該医薬品の製造業者に対し、本日付けで1. の再評価結果を通知するとともに、次の指示を行うこと。
 - (1) 薬事法に基づく製造承認の整理、製造許可の品目廃止
 - (2) 製造・販売の中止、医療機関・薬局からの回収(9月30日目途)
 - (2) 本日付けで、医療保険での使用を差し控えるよう保険医療機関・保険薬局に各都道府県を通じて通知するとともに、10月5日付け(予定)で薬価基準から削除すること。

Pentoxifylline (商標名 Trental) の緊急輸入 (2)

平成11年10月8日

ヘキストジャパン (株) から、Hoechst, Thailand及び韓国 ソウル市のHANDOK PHARMACEUTICALS CO., LTDに注射薬があることを確認(韓国には電話通じず)

平成11年10月9日

タイ国より6時20分成田空港着日本航空718便により、機長手荷物として輸入

その後

Hoechst Marion Roussel Deutschland GmbH, Main, Germanyより個人輸入

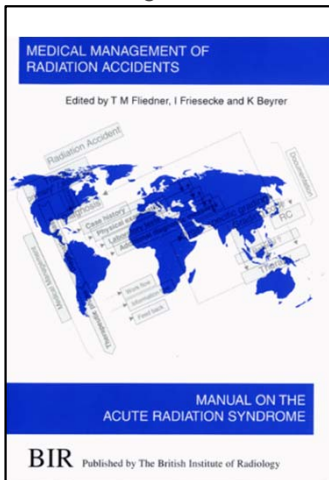
放射線被ばく時の骨髄障害 欧米における考え方への影響

事故被ばくの特殊性



Theodor M. Fliedner

Der Hämatologe Prof. Dr. med. Dr. med. h.c. mult.



1. 計画された被ばくではない

2. 線量が不明

- 線量評価に時間 -

3. 不均等被ばく

- 幹細胞が残存 -

4. 線量評価は信頼できない

- 各臓器の障害の程度を反映せず -



(*Ann Hematol* 85:671-9, 2006)

(*the British Institute of Radiology, London, 2001*)

事故被ばくの問題点

- ◆ 放射線治療の被ばくとは異なる(計画被ばく)
- ◆ 事故被ばくは不均等被ばく;造血能が残存している可能性がある
- ◆ 骨髄抑制の治療が成功しても、予後は主に骨髄以外の臓器(肺、消化管、皮膚など)への障害の程度に依存

ヨーロッパ合意形成の会議

— CONSENSUS CONFERENCE —

Conference on European Preparedness
for Haematological and other Medical Management
of Mass Radiation Accidents



Vaulx de Cernay (near Paris) - France
October 24-27 2005

Organized by

European Cooperative Group for Blood and Marrow Transplantation
Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (France)
University of Ulm (Germany)



Sponsors:

AMGEN France • Pfizer

EBMT Consensus Conference on European Preparedness for Haematological and Other Medical Management of Mass Radiation Accidents



Vaux de Cernay, France, October 24-27 2005

合意形成の会議報告

CONFERENCE REPORT

N.-C. Gorin · T. M. Fliedner · P. Gourmelon ·
A. Ganser · V. Meineke · B. Sirohi
R. Powles · J. Apperley

Consensus conference on European preparedness for haematological and other medical management of mass radiation accidents

Received: 12 May 2006 / Accepted: 20 May 2006
© Springer-Verlag 2006

血液幹細胞移植（1）

- ◆ **HSCT should not be done on any radiation accident victim with the potential of endogenous haematopoietic recovery.**

血液幹細胞移植は、自己回復の可能性がある被ばく患者に対して、行うべきではない

- ◆ **Most accidents deliver heterogeneous irradiation, and autologous haematopoietic recovery is always a possibility.**

殆どの事故における被ばくは不均等であり、自己の造血能の回復は常にあり得る

CONFERENCE REPORT

N.-C. Gorin · T. M. Fliedner · P. Gourmelon ·
A. Ganser · V. Meineke · B. Sirohi
R. Powles · J. Apperley

**Consensus conference on European preparedness
for haematological and other medical management
of mass radiation accidents**

Received: 12 May 2006 / Accepted: 20 May 2006
© Springer-Verlag 2006

血液幹細胞移植（2）

- ◆ Therefore, the decision to perform stem cell transplantation is not an emergency and requires careful consideration of the possible risks involved.

幹細胞移植を行うという決定は緊急事態ではなく、含まれ、かつ可能性があるリスクを、慎重に考慮する必要がある

- ◆ although a sample for HLA typing should be taken immediately and the search for a potential donor initiated early, the transplant itself should not be carried out before a minimum observational period of 14 to 21 days has elapsed.

最低14～21日の観察期間を置かずに、移植そのものを行うべきではない

- ◆ The final decision regarding transplant should take into account the source of irradiation and the individual circumstances, additional injuries and previous diseases.

移植に関する最終的な決定は、線源と個々の状況、更に外傷や既往歴を考慮するべきである

別の考え方(1)

Biology of Blood and Marrow Transplantation 12:672-682 (2006)
© 2006 American Society for Blood and Marrow Transplantation
1083-8791/06/1206-0010\$32.00/0
doi:10.1016/j.bbmt.2006.02.006



Acute Radiation Injury: Contingency Planning for Triage, Supportive Care, and Transplantation

Daniel Weisdorf,¹ Nelson Chao,² Jamie K. Waselenko,³ Nicholas Dainiak,⁴ James O. Armitage,⁵ Ian McNiece,⁶ Dennis Confer⁷

¹University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota; ²Duke University Medical Center, Durham, North Carolina; ³Sarah Cannon Research Institute, Nashville, Tennessee; ⁴Department of Medicine, Bridgeport Hospital and Yale University School of Medicine, New Haven, Connecticut; ⁵Division of Hematology/Oncology, University of Nebraska, Omaha, Nebraska; ⁶Division of Biomedical Sciences John Hopkins Singapore, Singapore; ⁷National Marrow Donor Program, Minneapolis, Minnesota

Correspondence and reprint requests: Daniel Weisdorf, MD, Department of Medicine, University of Minnesota, 420 Delaware Street, SE, MMC, 480, Minneapolis, MN 55455 (e-mail: weisd001@umn.edu).

Received January 4, 2006; accepted February 7, 2006

別の考え方(2)

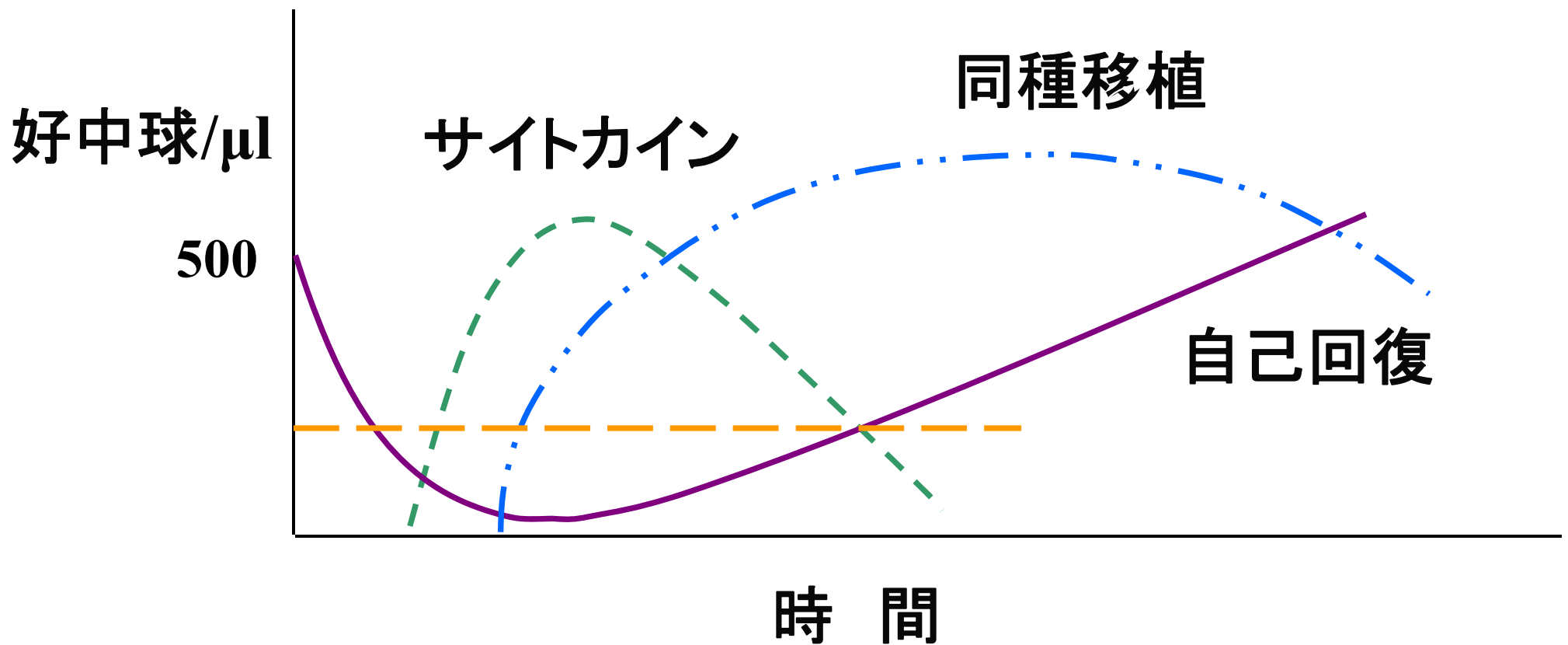
◆ 比較的低い線量 (2 - 4 Gy) :

骨髄抑制の自己回復が期待でき、早期にサイトカイン療法の開始により促進されうる

◆ 高線量 (6 -10 Gy):

移植、もし可能であれば、凍結保存した自己骨髄幹細胞移植が、必要かもしれない

自己回復への“架け橋”



まとめ

◆ 放射線・原子力事故:

医療従事者にも理解できる情報が必要

◆ JCO臨界事故:

高線量全身被ばくの治療の考え方に影響

国際協力の重要性

多くの学ぶべきことの存在



いきいき茨城ゆめ国体2019

第74回国民体育大会 翔べ 羽ばたけ そして未来へ

まいりゅう
MAIRYU

