

第4回市民科学者国際会議
国立オリンピック記念青少年総合センター
2014年11月23日

福島県18歳以下の甲状腺がん に関する分析と今後の課題

岡山大学大学院環境生命科学研究科

津田敏秀

始めに: 海外の講演者の方々に感謝

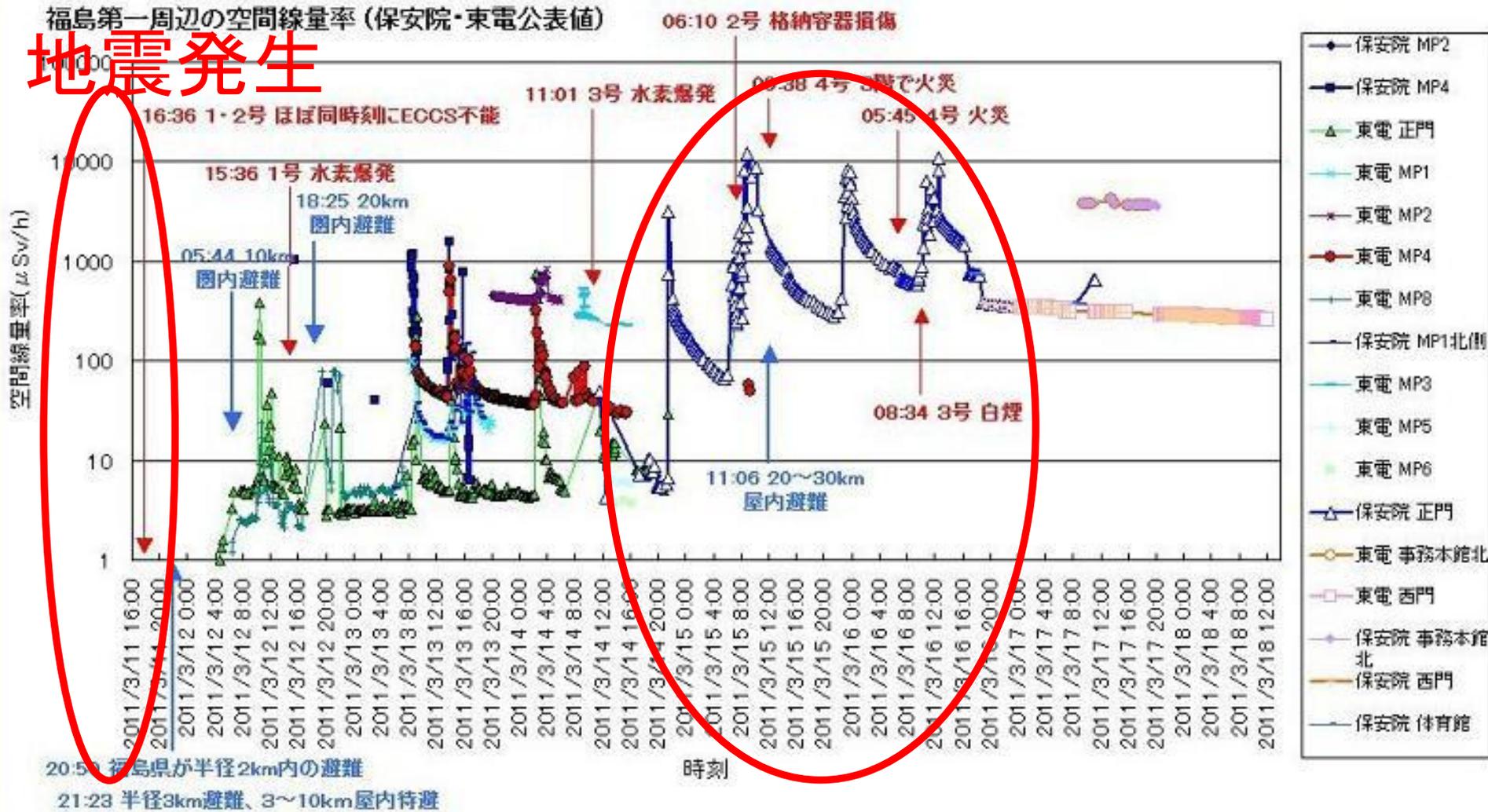
- 西日本にいと、2011年の地震のことも福島原発のことも、それほど周りの人は大きな関心はないようです
- 私が福島県の放射線の問題に関して分析し発言していることを知っている人も、身の回りを除き、学内でもほとんどいません
- それなのに海外、特にドイツの皆さんが日本の問題に関心を持って、ご支援いただくことに心から感謝します
 - とくにIPPNWドイツ支部の資料は非常に参考になります
 - 日本でも(西日本でも)、それなりに頑張って他の国へ国際的にも訴えていきたいと思ひます

福島第一原発における 2011年3月11日以降の空間線量率

①放射線量の変化と事故の経過(～3/18 12:00)

放出量最大(3月14日夜から16日にかけて)

地震発生



福島第一原発から漏れた放射能汚染ルートとタイミング
Route and timing of pollutions from the Fukushima Daiichi nuclear power plant

2011年3月15日前 群馬ルート

いわき市	3月15日 04:00	23.72 μ Sv/h
水戸市	08:30	1.49 μ Sv/h
さいたま市	09:30	1.20 μ Sv/h
東京(新宿)	09:30	0.50 μ Sv/h
茅ヶ崎市	12:00	0.18 μ Sv/h

2011年3月15日午後 飯館ルート

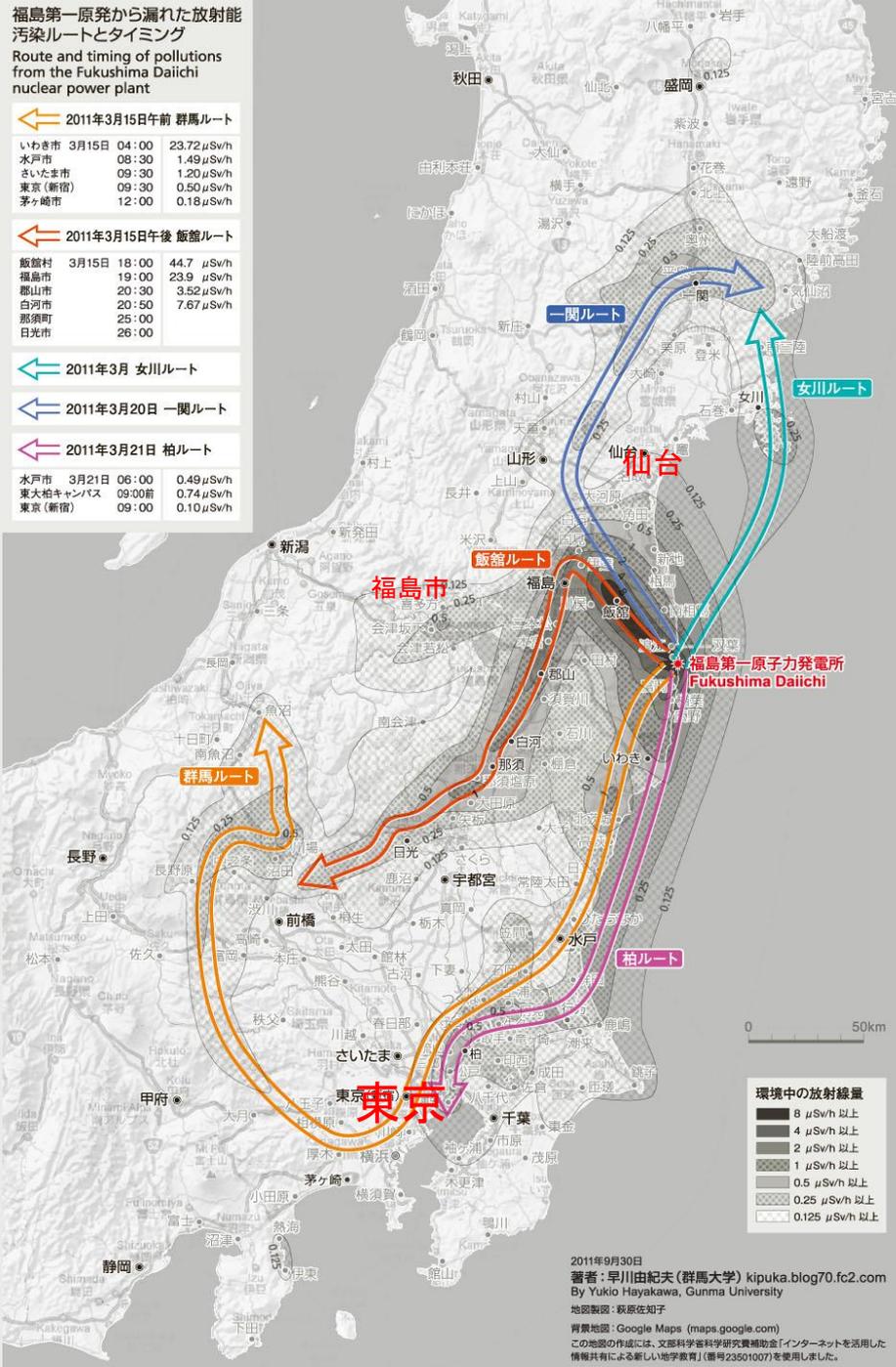
飯館村	3月15日 18:00	44.7 μ Sv/h
福島市	19:00	23.9 μ Sv/h
郡山市	20:30	3.52 μ Sv/h
白河市	20:50	7.67 μ Sv/h
那須町	25:00	
日光市	26:00	

2011年3月 女川ルート

2011年3月20日 一関ルート

2011年3月21日 柏ルート

水戸市	3月21日 06:00	0.49 μ Sv/h
東大柏キャンパス	09:00前	0.74 μ Sv/h
東京(新宿)	09:00	0.10 μ Sv/h



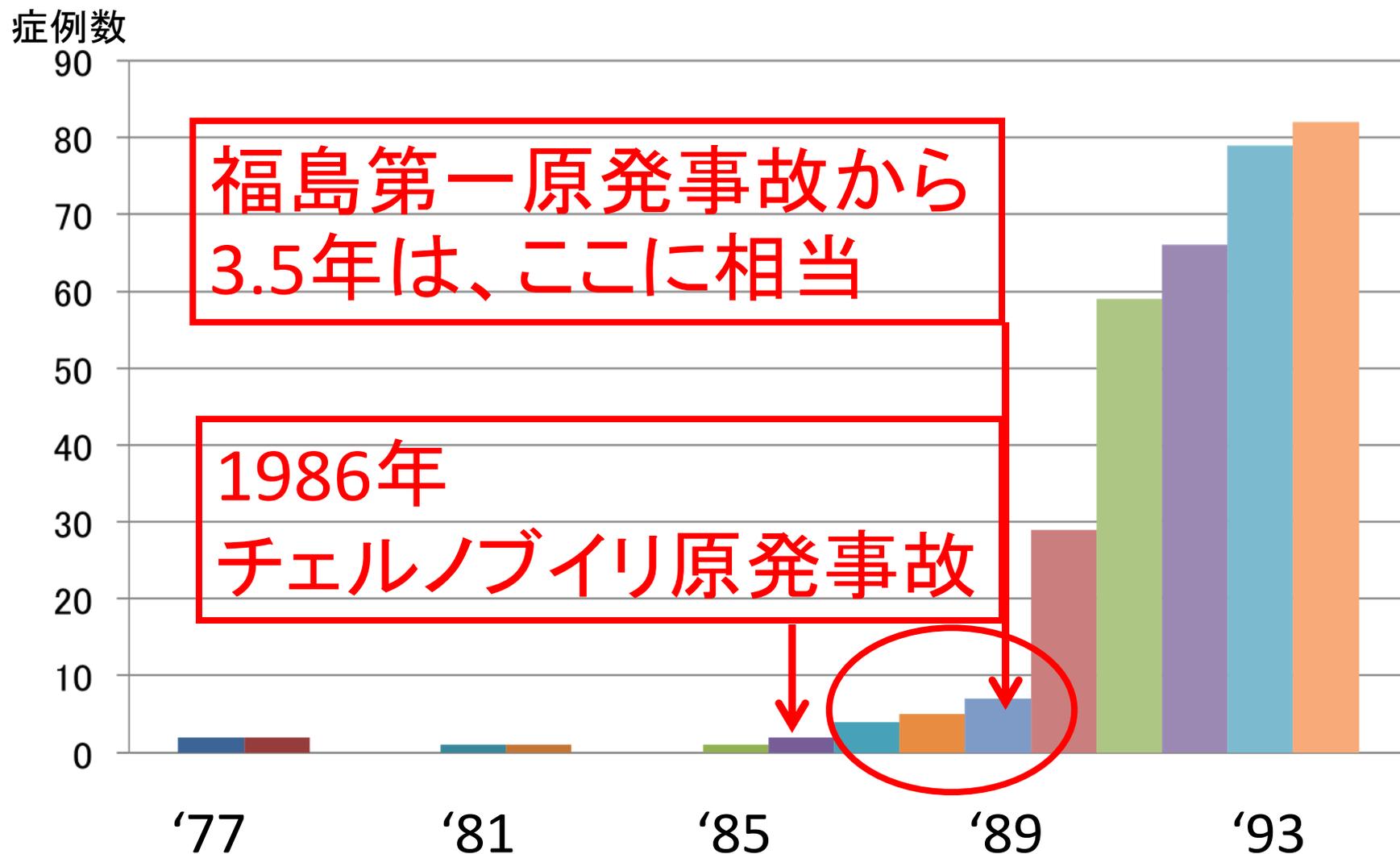
2011年3月11日以降のプルーム

サマリー

著者: 早川由紀夫教授(群馬大学)

2011年9月30日
著者: 早川由紀夫(群馬大学) kipuka.blog70.fc2.com
By Yukio Hayakawa, Gunma University
地図製図: 萩原佐知子
背景地図: Google Maps (maps.google.com)
この地図の作成には、文部科学省科学研究費補助金「インターネットを活用した情報共有による新しい地学教育」(番号23501007)を使用しました。

甲状腺がんの流行曲線・チェルノブイリ(ベラルーシ:14歳以下)



なぜ甲状腺がんデータを分析するのか？（目的）

1. 市民が関心を持っている
 - － 現在の分析に基づいた情報を提供する
2. 今後の甲状腺がん多発の拡がり と 多発の程度を予測し把握
 - － 症例把握の範囲の目安を付ける
3. 空間線量率とヨウ素131の影響を分離して推定
 - － 現時点で議論する最も大きな理由
 - － 避難や帰還の判断材料を提供するため
4. 生物学的モニタリング
 - － がん症例の発生率から、被ばく量を逆に推定する

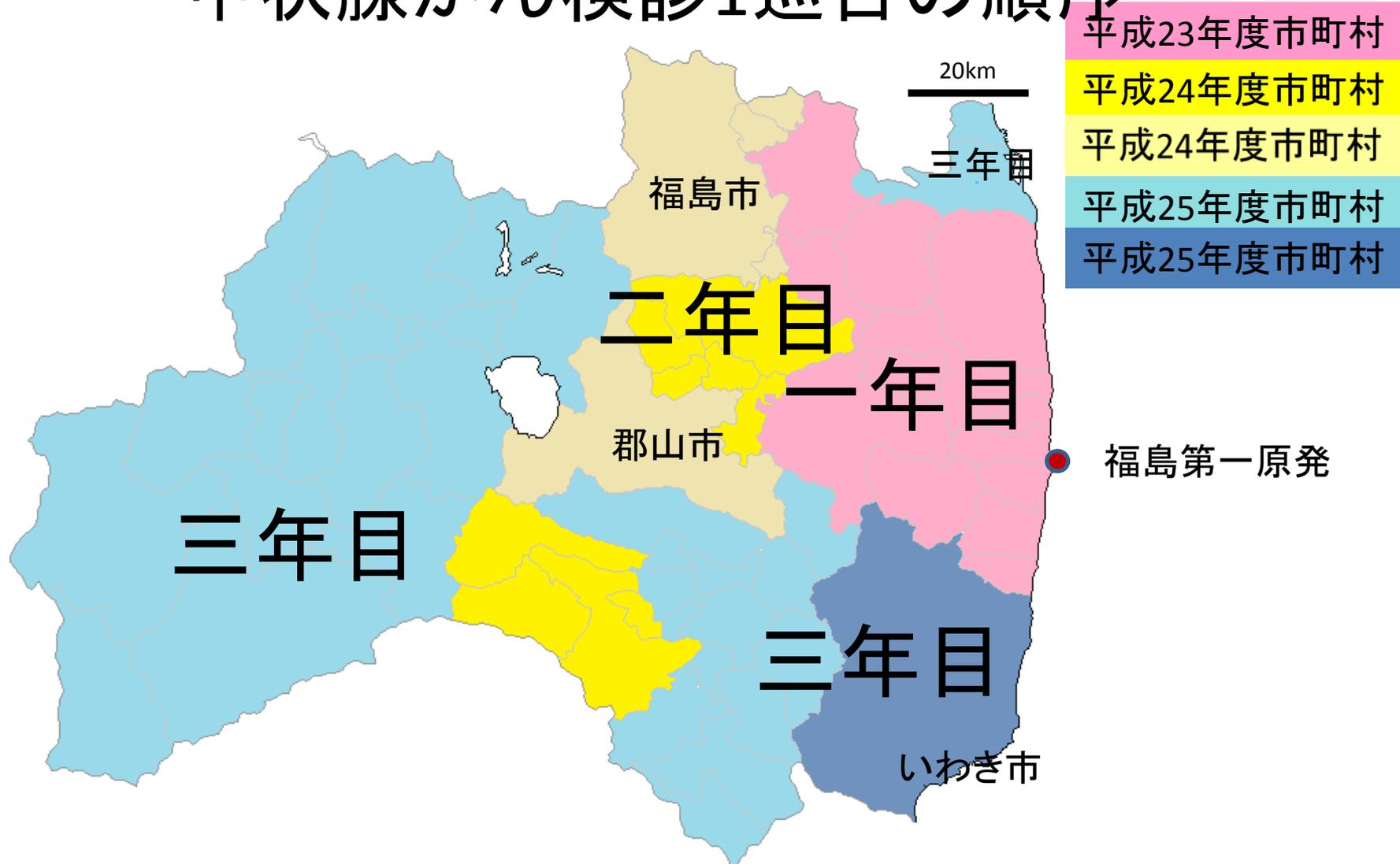
18歳以下の甲状腺がん検診

- 第一次検診: 2011年時点で18歳以下の全住民
 - 甲状腺エコーで検診
 - 直径5.1mmを越える結節もしくは直径20.1mmを越える嚢胞が検出された場合は、第二次検診へ
- 第二次検診: 第一次検診で陽性判定を受けた者
 - 甲状腺エコーで経過観察し、その後穿刺細胞診
- 穿刺細胞でがん細胞が検出された場合
 - 経過観察し、その後手術
 - 摘出された甲状腺でがんが確認されれば「確定がん症例」

甲状腺がんスクリーニングのスケジュール

- 日本の年度は4月1日から翌年3月31日まで
 - 初年度(2012年3月31日まで)
 - 福島第一原発から最も近い市町村
 - 2年目(2013年3月31日まで)
 - 福島市や郡山市など、福島第一原発から中程度の距離の市町村
 - 3年目(2013年4月1日から2014年3月31日まで)
 - 残りの市町村で、いわき市(南東部)、相馬市(北東部)、会津若松市(西部)など
- 4年目以降は、近い市町村と中通りが1年目、残りの市町村が2年目となり、2年周期で繰り返される予定
 - 2014年は、近い市町村と中通りが実施されている

甲状腺がん検診1巡目の順序



福島県の人口密度はベラルーシ共和国ゴメリ州の約三倍

外部比較：比較対照とデータ入力方法

- 国立がん研究センターがん対策情報センター発表の年齢・性別の甲状腺がん発生率の推計値（1975-2008年）
 - 日本における1975年から2008年までの15歳から19歳の年間発生率の平均値（100万人に5人）
 - 高めの値を取っている。実際は、0歳から19歳の年間発生率は、2003年から2007年頃の平均で、100万人に2-3人ぐらいであり、この結果、発生率比を過小評価することにつながっている。
 - 外部比較する値にどの程度のものを与えるかは、データ量が増えてくると内部比較もできるので大きな問題とならないが、福島県内の汚染状況からすると、内部比較もまた大きく過小評価されているようなので、外部比較を示す意味が大きくなる

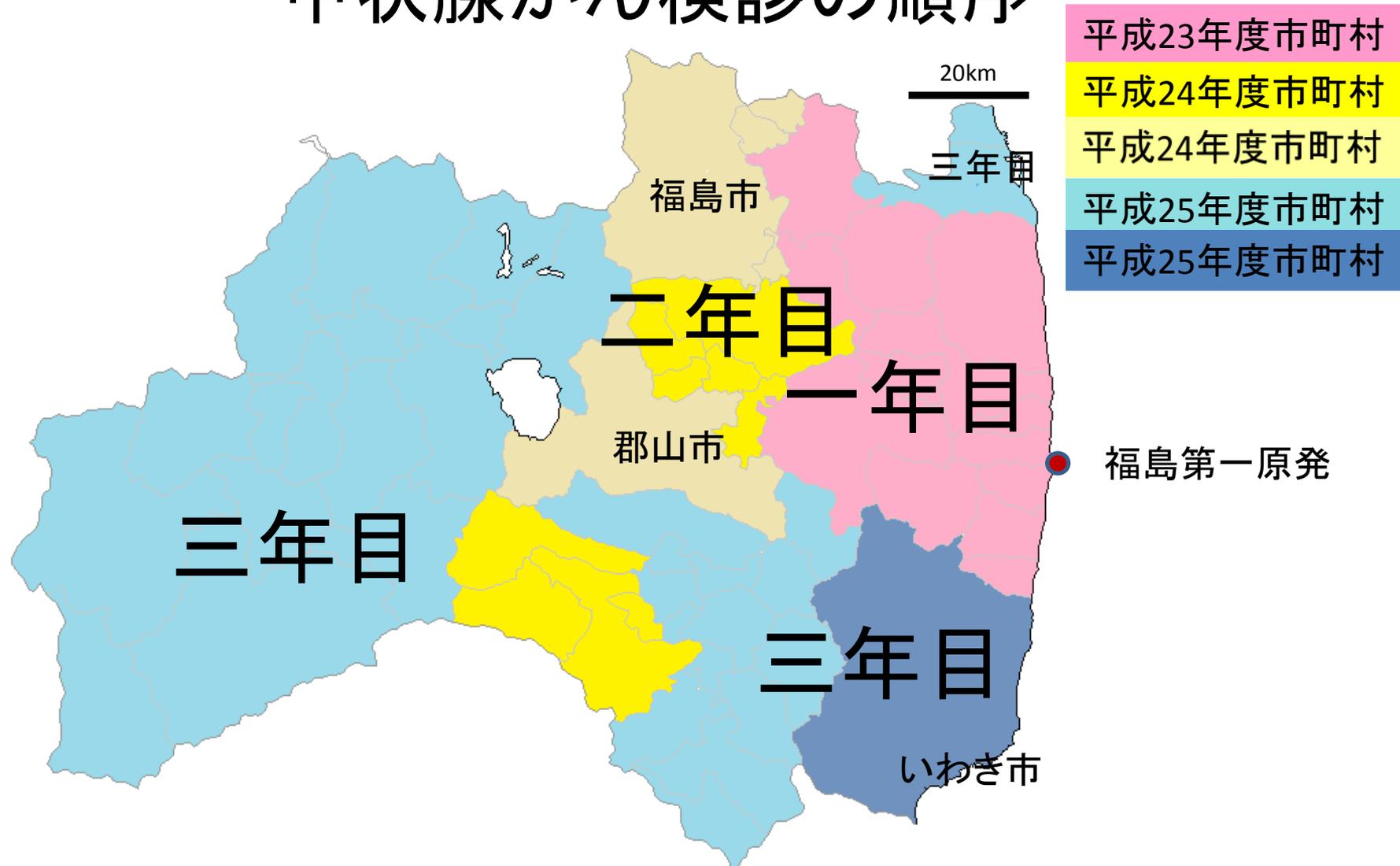
外部比較：調整と推定

- 有病割合 \doteq 発生率 \times 平均有病期間
 - 本件では、「有病期間」とは、検診および細胞診により甲状腺がんが検出可能になった日から、検診がなくても通常の臨床環境で甲状腺がんが診断できるようになる日までの期間
- 感度分析のために有病期間（年）を複数仮定
- 95%信頼区間の推定にはポアソン分布を用いた

内部比較と地域割り

- 1年目(平成23年度)対象地域はそのまま、2年目(平成24年度:いわゆる中通り)対象地域は、まとまった人口の地域毎に、中通り北部地区(福島市など)、中通り中部地区(二本松市や本宮市など)、郡山市、中通り南部地区(白河市など)の4地区に分割した
- 3年目(平成25年度)対象地域は、いわき市といわき市を除いた福島県南東地区、および福島県西部地区(会津地方)と福島県北東地区(相馬地方:相馬市と新地町)に分割した
- 福島県は検診結果を約3ヶ月毎に発表している
 - 本分析は2014年8月24日発表分データ

甲状腺がん検診の順序



福島県の人口密度はベラルーシ共和国ゴメリ州の約三倍

結果 1

地域	18歳以下の人口	第一次検査受診者	第一次検診陽性	第二次検診受診者	良性例を除く、がん症例数(手術例)
平成23年度	47,780	41,813 (87.5%)	221 (0.53%)	195 (88.2%)	14 (12)
平成24年度	161,144	139,209 (86.4%)	986 (0.71%)	891 (90.4%)	54 (41)
平成25年度	157,621	115,004 (73.0%)	1,030 (0.90%)	865 (84.0%)	35 (4)

チェルノブイリでの甲状腺がん (2000山下)

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/bunka5/siryu5/siryu42.htm>

表2 ベラルーシ共和国ゴメリ州における小児甲状腺がん登録(年次別、時故当時年齢別推移)(Bel CMT国家がん登録による)

年	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	年次毎総数
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	4
1988	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
1989	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	5
1990	2	2	-	1	4	1	2	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	15
1991	2	3	10	6	1	3	3	4	1	3	3	2	-	1	2	3	-	-	47
1992	-	5	3	2	3	4	3	4	4	3	1	-	-	-	-	1	-	2	35
1993	1	4	2	11	3	7	2	2	4	2	3	1	-	1	2	-	-	-	45
1994	2	9	5	1	4	7	9	3	2	5	-	2	-	-	2	2	2	1	56
1995	4	8	10	8	4	6	7	2	3	1	1	-	-	1	-	1	2	3	63
1996	3	6	9	10	9	5	3	1	3	1	-	1	-	1	1	1	2	1	57
1997	1	9	10	13	6	7	3	-	1	3	-	3	-	3	2	-	2	3	66
1998	1	8	6	4	5	3	4	2	2	-	4	2	1	3	1	4	2	-	52
総数	16	55	55	56	39	44	36	19	23	18	12	12	2	12	12	13	13	11	448

結果2(平成24年度:中通り)

地域	18歳以下の人口	第一次検診受診者	第一次検診陽性	第二次検診受診者	がん症例数(手術例)
北(福島市・桑折町他)	57,221	50,662 (88.5%)	312 (0.62%)	290 (92.9%)	12 (?)
中部(二本松・本宮他)	21,052	18,168 (86.3%)	113 (0.62%)	108 (95.6%)	11 (?)
郡山市	64,383	53,962 (83.8%)	458 (0.85%)	398 (86.9%)	23 (?)
南(白河市・西郷村他)	18,488	16,457 (89.0%)	103 (0.63%)	95 (92.2%)	8 (?)
24年度合計	161,144	139,209 (86.4%)	986 (0.71%)	891 (90.4%)	54 (41)

結果3 (平成25年度:会津と浜通り南北)

地域	18歳以下の人口	第一次検診受診者	第一次検診陽性	第二次検診受診者	がん症例数(手術例)
北(相馬市、新地町)	8,227	6,151 (74.8%)	53 (0.86%)	48 (90.6%)	0 (0)
いわき市	61,834	47,759 (77.2%)	429 (0.90%)	364 (84.8%)	19 (?)
東南(いわき市以外)	37,831	28,535 (75.4%)	227 (0.80%)	202 (89.0%)	7 (?)
西(会津地方)	49,729	32,559 (65.5%)	321 (0.99%)	251 (78.2%)	9 (?)
25年度合計	157,621	115,004 (73.0%)	1,030 (0.90%)	865 (84.0%)	35(4)

表 2外部比較(平均有病期間3年)

	5/100万と比較		有病割合と逆数	
	IRR*	(95% C.I.) *	× 10,000	1人あたり
平成23年度地域(近い地域)	22.32	(12.92-37.23)	3.3	2,986.6
北(福島市・桑折町ほか)	15.79	(8.80-27.43)	2.4	4,221.8
中(二本松市・本宮市ほか)	40.36	(21.12-72.71)	6.1	1,651.6
郡山市	28.42	(18.43-42.44)	4.3	2,346.2
南(白河市・西郷町ほか)	32.41	(15.25-64.09)	4.9	2,057.1
いわき市	26.52	(16.47 -41.63)	4.0	2,513.6
いわき市を除く南東地区(H25年度)	16.35	(7.67-33.50)	2.5	4,076.4
会津地方(西地区:H25年度)	18.43	(9.13-35.42)	2.8	3,617.7
相馬地方(北東地区:H25年度)	0	(0.00-30.50)	0	-

*発生率比(95%信頼区間)

表 3 内部比較

(会津地方を基準にした有病オッズ比)

	がん症 例数	一次検診 受診者数	POR*	(95% C.I.) *
平成23年度地域(近い地域)	14	41,813	1.21	(0.52-2.92)
北(福島市・桑折町ほか)	12	50,662	0.86	(0.36-2.11)
中(二本松市・本宮市ほか)	11	18,168	2.19	(0.89-5.48)
郡山市	23	53,962	1.54	(0.73-3.51)
南(白河市・西郷町ほか)	8	16,457	1.76	(0.68-4.56)
いわき市	19	47,759	1.44	(0.66-3.34)
いわき市を除く南東地区(H25年度)	7	28,535	0.89	(0.33-2.38)
会津地方(西地区:H25年度)	9	32,559	1	
相馬地方(北東地区:H25年度)	0	6,151	0	0

* 有病オッズ比(95%信頼区間)
 95% C.I. の下の方の値が1倍より大きいと、いわゆる「統計的有意差がある」ことに

甲状腺がん検診の順序



放射性物質は県境では阻止できていないので、県外の症例把握を
隣県の人口密度は福島県(ゴメリ州の3倍)よりさらに多い

表 4補正外部比較 (4年目を迎えるにあたって)

全国発生率: 5/100万と比較	有病期間補正前		有病期間補正後	
	IRR*	(95% C.I.) *	IRR*	(95% C.I.) *
平成23年度地域(近い地域)	22.32	(12.92-37.23)	66.96	(38.75-111.70)
北(福島市・桑折町ほか)	15.79	(8.80-27.43)	23.69	(13.20-41.15)
中(二本松市・本宮市ほか)	40.36	(21.12-72.71)	60.55	(31.68-109.06)
郡山市	28.42	(18.43-42.44)	42.62	(27.65-63.67)
南(白河市・西郷町ほか)	32.41	(15.25-64.09)	48.61	(22.87-96.13)
いわき市	26.52	(16.47 -41.63)	26.52	(16.47 -41.63)
いわき市を除く南東地区(H25年度)	16.35	(7.67-33.50)	16.35	(7.67-33.50)
会津地方(西地区:H25年度)	18.43	(9.13-35.42)	18.43	(9.13-35.42)
相馬地方(北東地区:H25年度)	0	(0.00-30.50)	0	(0.00-30.50)

*発生率比(95%信頼区間)

年齢は連続している

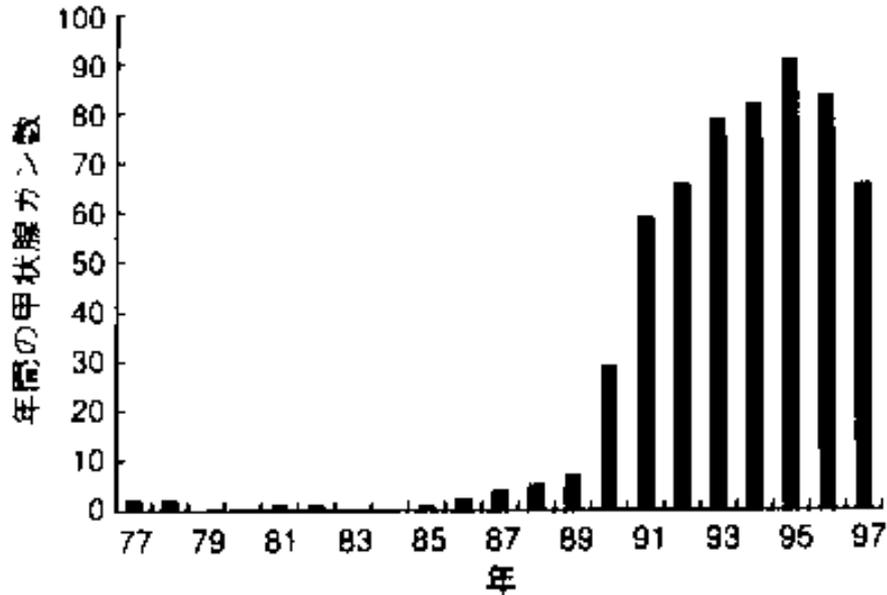


図1 ベラルーシの小児甲状腺ガン数の変化

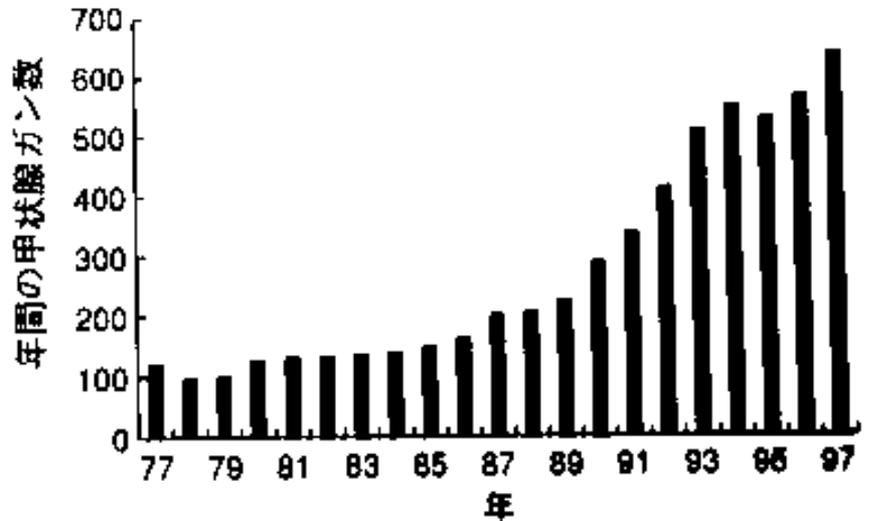


図2 ベラルーシの青年・大人の甲状腺ガン数の変化

今中哲二編『チェルノブイリ事故による放射能災害』より

甲状腺がんのアウトブレイクについては、18歳以下より19歳以上をモニタリングすべき。チェルノブイリの経験から多数の症例が予測される。

有病割合データもかなりある

有病割合データ

発生率データ

	有病割合 (症例数)	2011当時年齢 (現在年齢)
最も近隣	0.00033(14)	0 (3)-18 (21)
福島市	0.00024(12)	0 (3)-18 (21)
郡山市	0.00043(23)	0 (3)-18 (21)
中通り中	0.00061(11)	0 (3)-18 (21)
中通り南	0.00049(8)	0 (3)-18 (21)
いわき市	0.00040(19)	0 (3)-18 (21)
会津地方	0.00028(9)	
岡山大学 (2012-2014)	0.00043(3) (触診)	18-21? (対象年齢)
千葉大学 (2000)	0.00030(3) (触診)	18-24? (対象年齢)

	発生率	年齢(歳)
日本 (1988-2008)	0.6 × 10 ⁻⁵ (男性) 2.5 × 10 ⁻⁵ (女性)	20-24歳 平均
日本 (高精度地 域) (1988-2007)	0.6 × 10 ⁻⁵ (男性) 3.5 × 10 ⁻⁵ (女性)	20-24歳 平均
岡山大学 (1988-2012)	1.3 × 10 ⁻⁵ (男性2例) 10 × 10 ⁻⁵ (女性10例)	18-24歳?
東京・高校 生	11.6 × 10 ⁻⁵ (女性1例)	16-18歳

チェルノブイリの非曝露集団等における 集団検診データ

研究名	事故時年齢	調査時期	調査時年齢	調査地域	調査人数	発見数
Belarus Screening Program*1	胎児でもない	2002	14歳以下	Gomel	25,446人 (方法不明)	0人
Shibata *2	胎児でもない	1998-2000	8-13歳	Gomel	9,472人 (超音波)	0人
Ito*3	0-10歳	1993-1994	7-18歳	Mogilev	12,285人 (超音波)	0人
Ito*3	0-10歳	1993-1994	7-18歳	Bryansk	12,147人 (超音波)	0人
Ito*3	0-10歳	1993-1994	7-18歳	Zhitomir	11,095人 (超音波)	1人
合計					70,445人	1人

*1:Demidchik YE: Childhood thyroid cancer in Belarus, Russia and Ukraine after Chernobyl and at present.

Arq Bras Endocrinol Metab 2007; 51: 748-762.

林敬次医師作成、津田改変

*2:Shibata Y et al: 15 years after Chernobyl: new evidence of thyroid cancer. Lancet 2001; 358: 1956-1966.

*3: Ito M et al: Childhood thyroid disease around Chernobyl evaluated by ultrasound examination and fine needle aspiration cytology.

Thyroid 1995; 5: 365-368.

甲状腺がんデータ分析の結論と提言

その1

1. 100mSv以下で被ばくによるがんが発生することが日本国内で知られていないことが、甲状腺がん発生状況のデータを見ることを阻害している
2. チェルノブイリでは、甲状腺がんの顕著な増加がみられた事故の4～5年後以前に、ベラルーシ側、ウクライナ側の両方で、すでに1～2年後には症例数が増加し始めた
3. 非曝露集団のチェルノブイリでの検診データでは、甲状腺がん症例がほとんど見つかっていない
4. CDCは、甲状腺がんの最小潜伏期間を、大人で2.5年、子どもで1年としている
 - ー 現在日本では、「がんとはそもそもゆっくり大きくなる」というような平均潜伏期間で論じられていて、問題となっている最小潜伏期間が一向に論じられない

甲状腺がんデータ分析の結論と提言

その2

1. チェルノブイリの知見、福島での現在までの知見を踏まえると、甲状腺がんに関してだけでも、4年目以降の多発の可能性に備え、医療資源の点検と装備を充実
2. 甲状腺がん症例把握の拡大
 - 事故当時19歳以上だった対象者へ
 - 福島県外の住民へ
 - 検診だけでは受診が低下するので、被ばく手帳やがん登録の確立

甲状腺がんデータ分析の結論と提言

その3

1. 甲状腺がんの多発状況が予想以上であることは、線量が予想以上の可能性があり、甲状腺以外のがん、がん以外の疾患への調査と対策の立案が緊急
 - － 被ばく手帳やがん登録など症例把握方法の確立
2. ヨウ素の影響以外に空間線量率の影響が考えられるので、…
 - － 妊婦、乳児、幼児、小児、青年、妊娠可能性のある女性の順で、避難計画と実施の検討
 - － チェルノブイリの甲状腺がん発症データの詳細な分析
 - － 20mSv以下の地域での帰還計画は実施延期すべき

甲状腺がんの流行曲線・チェルノブイリ(ベラルーシ:14歳以下)

症例数

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

福島ではここに備えなくて良いか？

福島ではここが起きている

ここが起こった

チェルノブイリでは
ここが起こって

1986年
チェルノブイリ原発事故

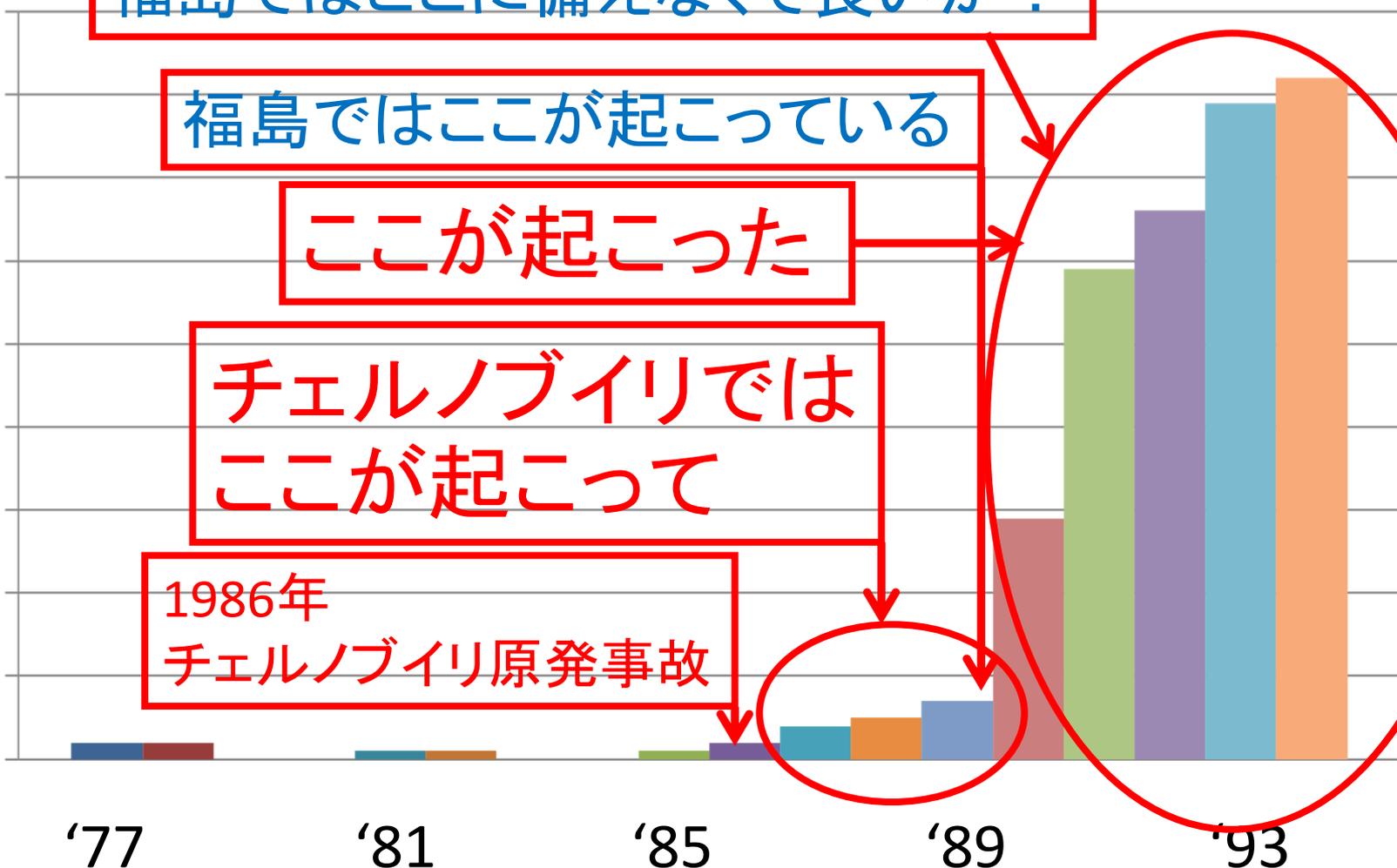
'77

'81

'85

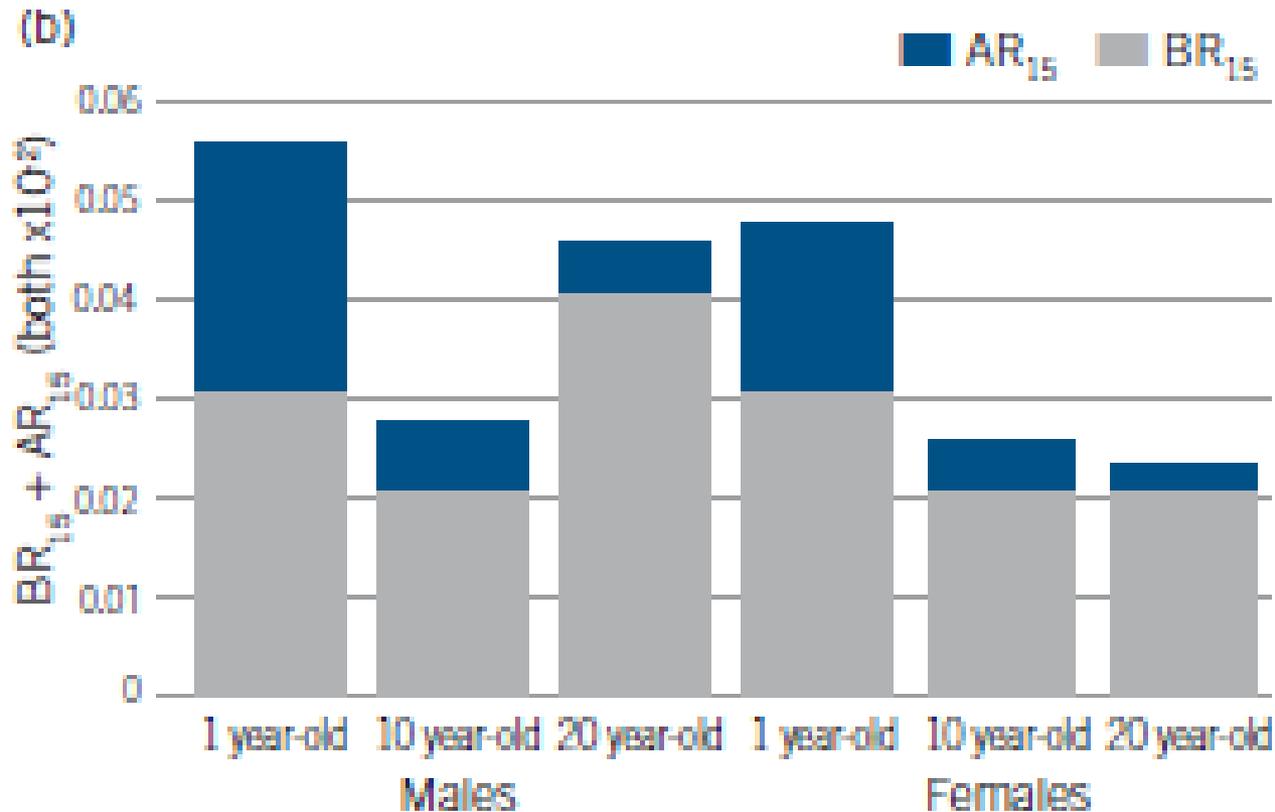
'89

'93



WHO報告書(2013)

白血病の15年リスクの増加



まとめ：説得

- 聞く耳を持ってもらえないので
 - 「100mSv以下の被ばくでは被ばくによるがんがない」、もしくは、「わからない」という言い方は間違いである
 - WHO(2013)は、福島県内で被ばくによって、甲状腺がん、白血病、乳がん、その他の固形がんが多発してくると予測している
- この2点を強調して絞る
 - これに甲状腺がんの多発も含まれます

WHO(2012)甲状腺被ばく経路を3つに大別

Location	Committed equivalent dose		
	Adult		
	Dose band, key pathways to nearest 10% ^{2,3}		
Fukushima prefecture, more affected locations (examples only, for location of measurements used see Figure 3)			
Futaba county, Namie town (committed dose from the first four months only ¹)	10–100	Inhalation External (groundshine) Ingestion	50% 40% 10%
Soma county, Itate village (committed dose from the first four months only ¹)	10–100	Inhalation External (groundshine) Ingestion	40% 40% 20%
Futaba county, Katsurao village (committed dose from the first four months only ¹),	10–100	Ingestion Inhalation External (groundshine)	40% 40% 30%
Minami Soma city	10–100	External (groundshine) Ingestion Inhalation	40% 40% 20%
Futaba county, Naraha town	10–100	Ingestion External (groundshine) Inhalation	40% 40% 20%
Iwaki city	1–10	Ingestion External (groundshine)	80% 20%
Rest of Fukushima prefecture (less affected)	1–10	Ingestion External (groundshine) Inhalation	80% 10% 10%
Neighbouring Japanese prefectures⁴	1–10	External (groundshine) Ingestion Inhalation	40% 30% 30%
Rest of Japan⁵	1–10	Ingestion External (groundshine)	90% 10%
Neighbouring countries⁶	<0.01	Ingestion External (groundshine)	90% 10%
Rest of the world	<0.01	Ingestion Inhalation External (groundshine)	70% 20% 10%

吸入被ばく
外部被ばく
経口被ばく

2011年における
甲状腺等価線量

大人

WHO(2012)甲状腺被ばく経路を3つに大別

to thyroid in first year following accident, mSv					
Child (10 years) Dose band, key pathways to nearest 10% ^{2,3}			Infant (1 year) Dose band, key pathways to nearest 10% ^{2,3}		
10-100	Inhalation	60%	100-200	Inhalation	50%
	External (groundshine)	30%		External (groundshine)	30%
	Ingestion	10%		Ingestion	20%
10-100	Inhalation	50%	10-100	Inhalation	40%
	External (groundshine)	30%		Ingestion	40%
	Ingestion	20%		External (groundshine)	20%
10-100	Ingestion	50%	10-100	Ingestion	60%
	Inhalation	30%		Inhalation	30%
	External (groundshine)	20%		External (groundshine)	10%
10-100	Ingestion	50%	10-100	Ingestion	60%
	External (groundshine)	30%		External (groundshine)	20%
	Inhalation	20%		Inhalation	20%
10-100	Ingestion	50%	10-100	Ingestion	70%
	External (groundshine)	30%		External (groundshine)	20%
	Inhalation	20%		Inhalation	10%
10-100	Ingestion	80%	10-100	Ingestion	90%
	External (groundshine)	10%		External (groundshine)	10%
	Inhalation	10%			
10-100	Ingestion	90%	10-100	Ingestion	90%
	External (groundshine)	10%		External (groundshine)	10%
1-10	Ingestion	40%	1-10	Ingestion	60%
	External (groundshine)	30%		External (groundshine)	20%
	Inhalation	30%		Inhalation	20%
1-10	Ingestion	100%	1-10	Ingestion	100%
<0.01	Ingestion	90%	<0.01	Ingestion	100%
	External (groundshine)	10%			
<0.01	Ingestion	70%	<0.01	Ingestion	80%
	Inhalation	20%		Inhalation	10%
	External (groundshine)	10%		External (groundshine)	10%

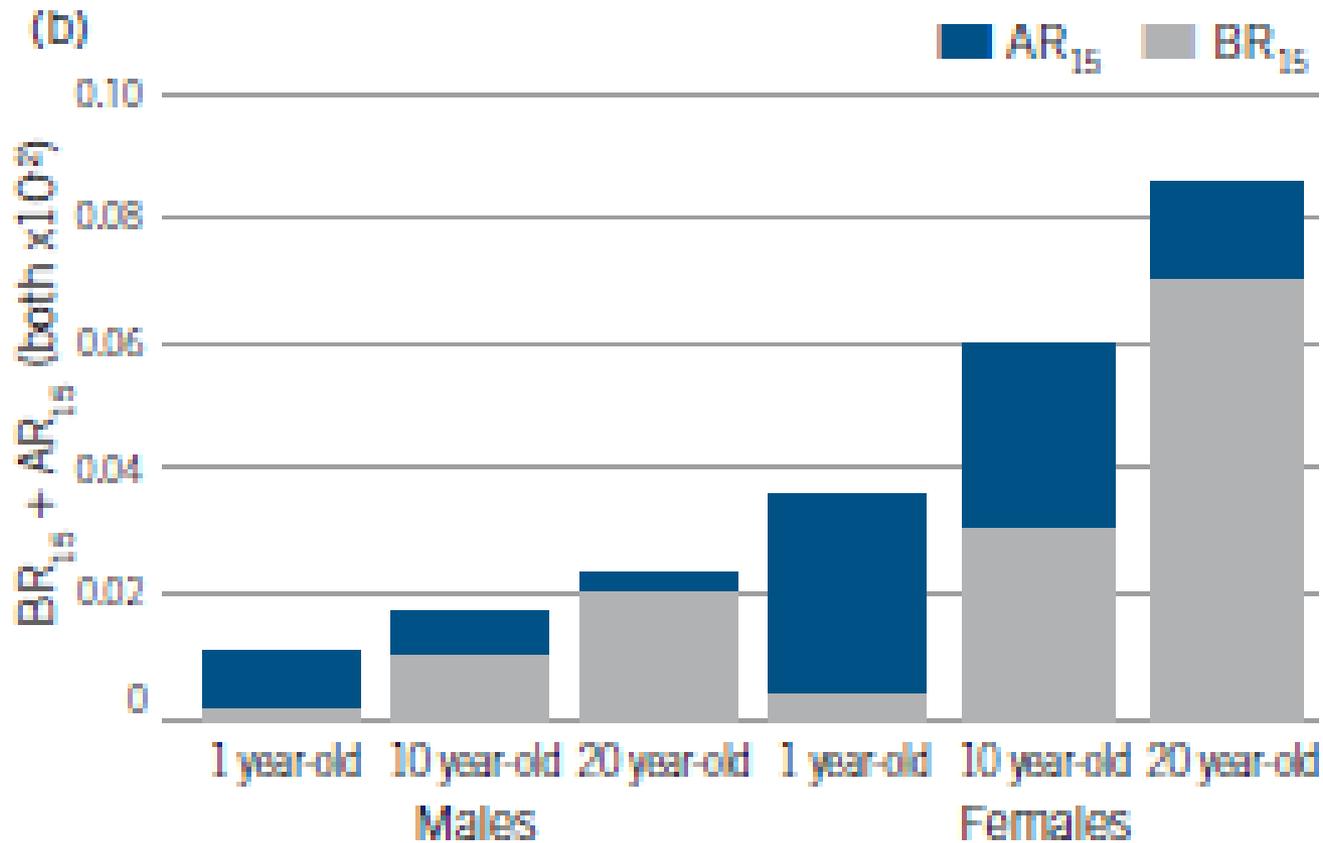
吸入被ばく
外部被ばく
経口被ばく

2011年における
甲状腺等価線量

10歳と1歳

WHO報告書(2013)

甲状腺がんの15年リスクの増加



小児では目立ってくる (WHO 2013)

Figure 16. Cumulative attributable risk (AR_{15}) and lifetime attributable risk (LAR) for leukaemia as a function of attained age for a female, one year age-at-exposure, in Location ①.

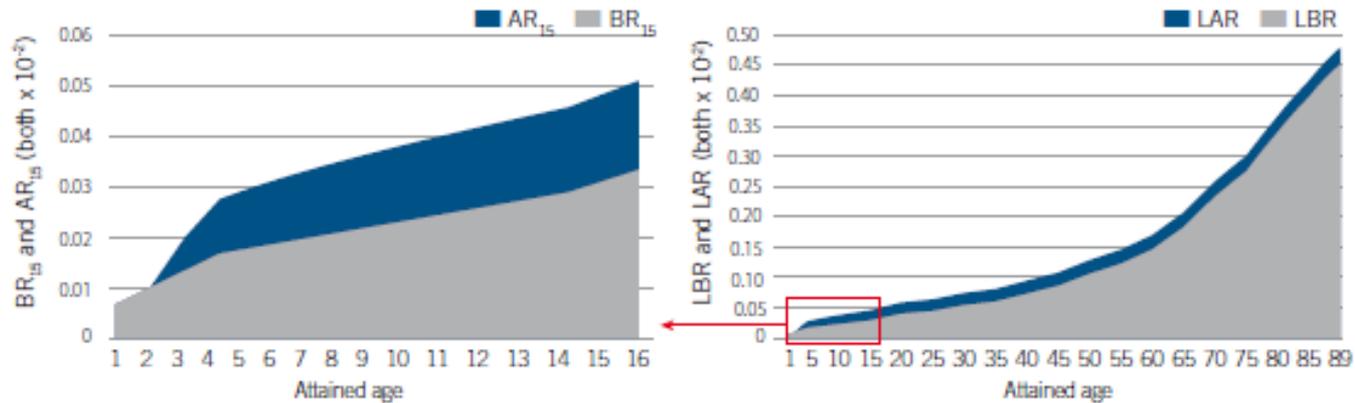
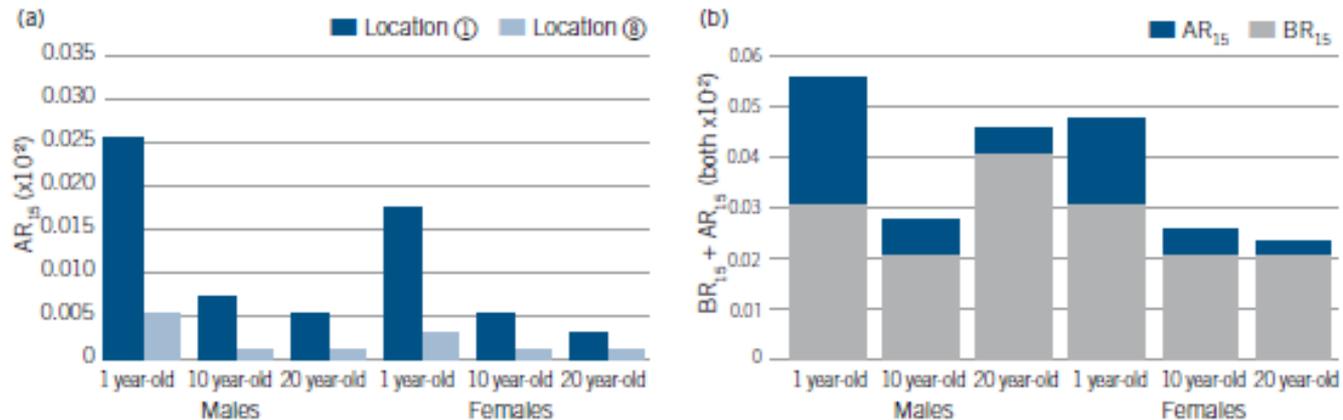


Figure 17. Leukaemia: cumulative attributable cancer risk over 15 years after exposure (AR_{15}) (a) for both genders and 3 age groups (infants, children and adults) in locations ① and ⑧; and (b) with cumulative baseline risk (BR_{15}) in location ①



因果関係は直接観察できない

見えないし 聞こえないし 味もしないし

においもしないし 触れることができない

では、「第六感で」というわけにはいかない



原因は観察可能

病気は観察可能

しかし、因果関係は直接観察できない

あくまでも観察データに基づいて推論する
のが、科学の基本

因果関係を見えるようにするために

人のデータでのルール

曝露の情報と疾病の情報に基づいて

曝露**患者の数**

曝露した**住民の数** × 曝露状態相当で**過ごした時間**

非曝露**患者の数**

曝露しなかった**住民の数** × 非曝露状態相当で**過ごした時間**

1倍付近であると多発していない

＝ 発生率比 (IRR) 1倍より大きくなればなるほど多発

曝露した人の発生率

曝露しなかった人の発生率

現実

個々の現象

エクセル表のデータ

	E	D	F
A	1	0	0
B	0	1	1
C	1	0	1

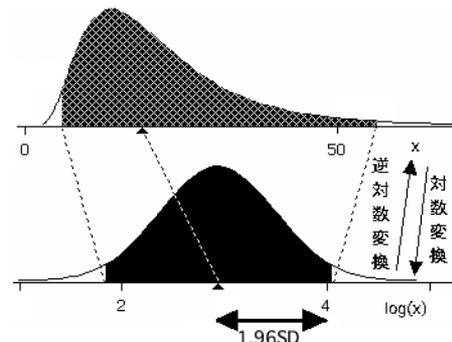
科学の営み

—現実と概念—

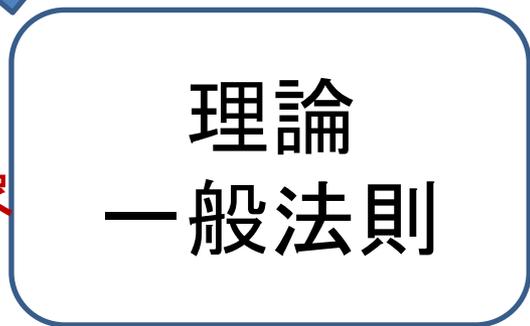
概念

一般法則

テキストと確率分布



統計学は
科学の文法
左右をつなぐ
人間が観察対象
の医学では
疫学の役目



右側の
定量的一般法則は
確率分布を持つ

大事なものは、
左側(観察)の現実世界と、右側(一般法則)の概念の世界の区別

確率分布を想像するための 点推定値と区間推定値

