

福島原発事故による環境汚染



産業医科大学・産業生態科学研究所
放射線健康医学研究室

岡崎 龍史

Field Monitoring Seminar Fukushima 2019 東京電力廃炉資料館

令和元年8月19日(月)

放射線学入門

—福島第一原発事故を受けて—

一般向け緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所

放射線健康医学研究室

お問い合わせ先: j-hsyknk@mbox.med.uoeh-u.ac.jp

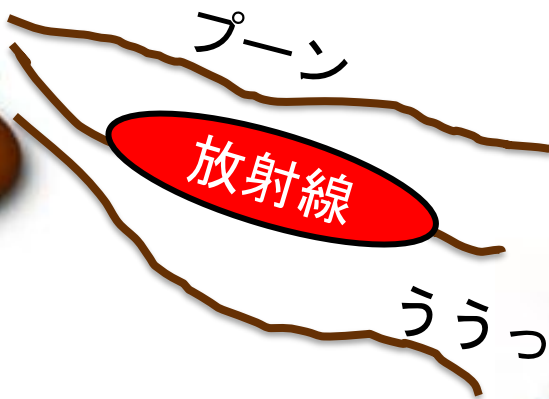
放射線をうんちに例えると

放射性物質



吸った臭いの量：グレイ(Gy)

どれくらい臭いを出すか
ベクレル(Bq)



臭いが人体に及ぼす影響
シーベルト(Sv)

- 外部被曝：臭いを嗅ぐ
- 内部被曝：うんちを摂取する
- 表面汚染：うんちが付着する
- 創傷汚染：傷口に付着する

- 嗅がないように、離れる、覆う、短時間で
- 口、皮膚、気道から入らないように
- 付いたうんちは洗えば良い
- 付いたうんちを体内に入れないように

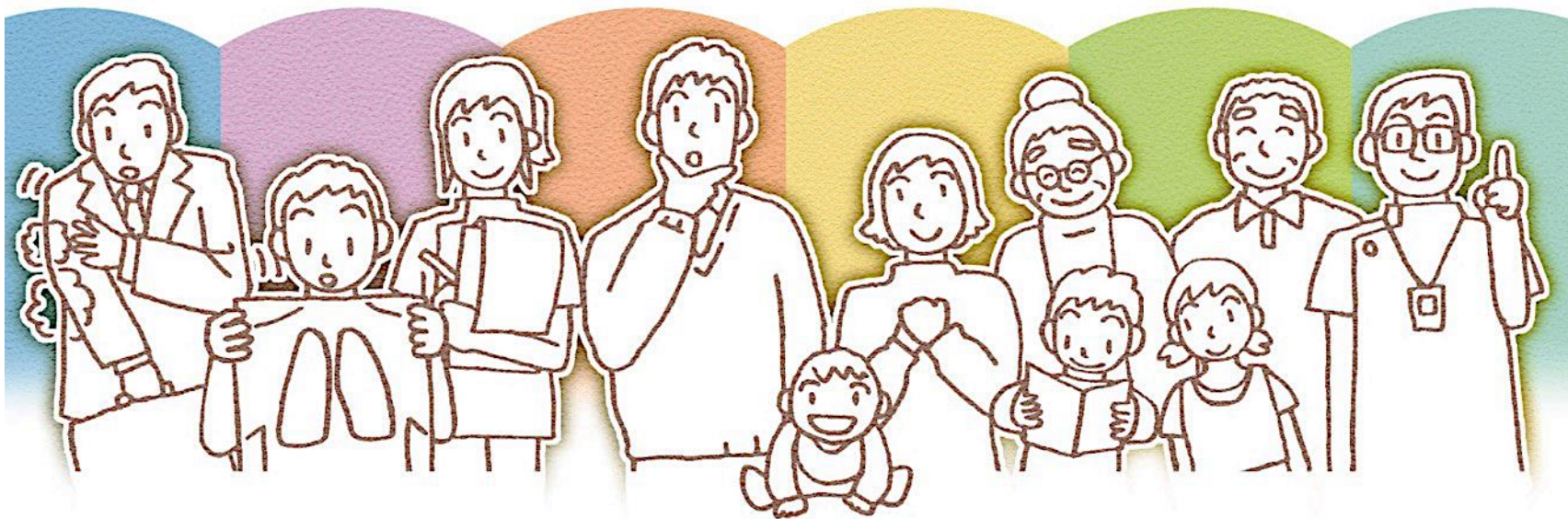
放射性1物質から身体を守るため

図説 放射線学入門

改訂版

基礎から学ぶ緊急被曝ガイド

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学研究室 教授 岡崎 龍史



医療科学社

¥2,160

北九州から東京便

離陸前

8686m

ALOKA POCKET SURVEY METER
ACCURACY ENHANCING MODE
OVER ALARM BATT. DOWN
0.021 $\mu\text{Sv/h}$

0.021 $\mu\text{Sv/h}$

audio
video
map
back
help

飛行高度

8686 m

対地速

1111 km/時

外気温

-34.0 °C

ALOKA POCKET SURVEY METER
OVER ALARM BATT. DOWN
0.093 $\mu\text{Sv/h}$

0.093 $\mu\text{Sv/h}$

10668m

Altitude

35000 feet

Ground

703 mph

Outside

-58.0 °F

ALOKA POCKET SURVEY METER
ACCURACY ENHANCING MODE
OVER ALARM BATT. DOWN
0.143 $\mu\text{Sv/h}$

0.143 $\mu\text{Sv/h}$

ACCURACY ENHANCING MODE

ALOKA POCKET SURVEY METER

OVER ALARM BATT. DOWN
0.181 $\mu\text{Sv/h}$

0.181 $\mu\text{Sv/h}$

POWER

OFF ON

福島第一原子力発電所事故(2011年3月11日)

事故の概要

地震発生(震度6)

運転中の1、2、3号機自動停止

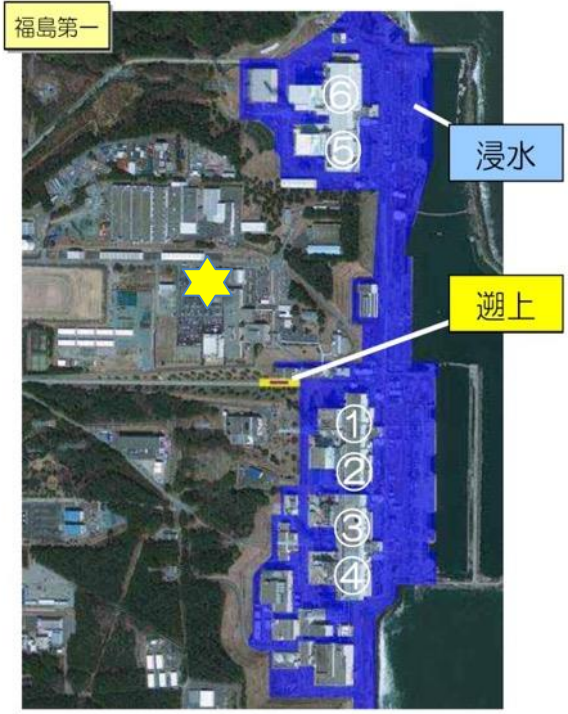
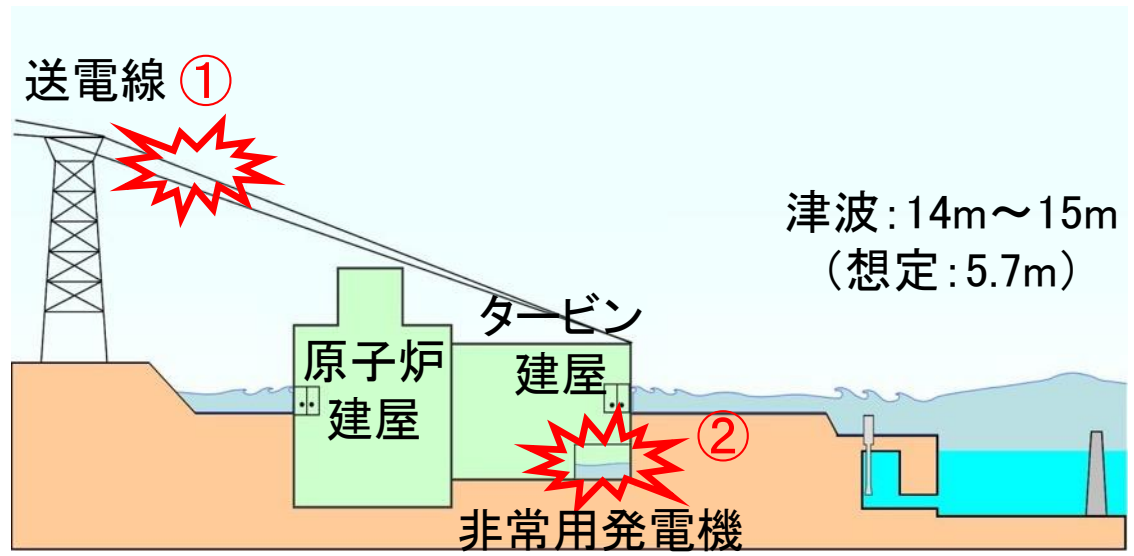
①外部電源喪失

→非常用ディーゼル発電機により電源供給

津波(15:27ごろ)

②洪水により非常用ディーゼル発電機停止(15:37~15:42)

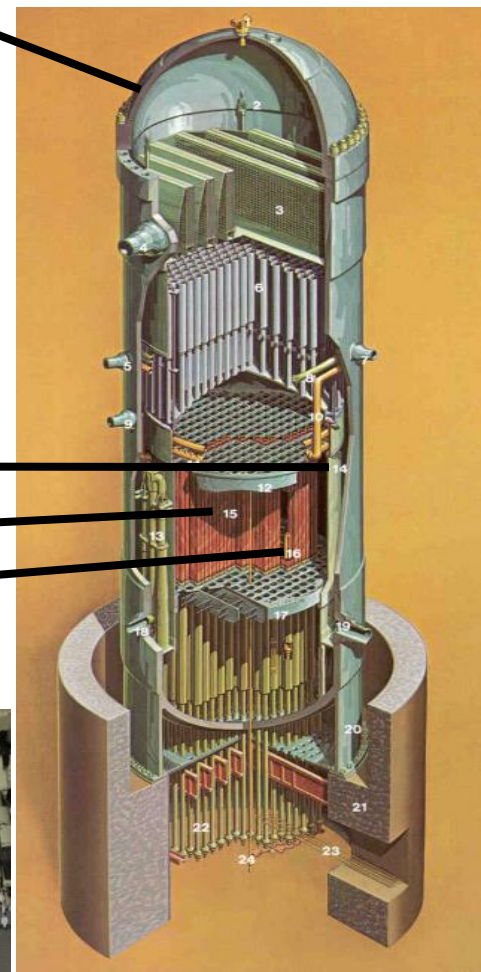
→全電源喪失・注水能力喪失



沸騰水型原子炉の構造

ール

原子炉圧力容器(リアクタープレッシャーベッセル:RPV)

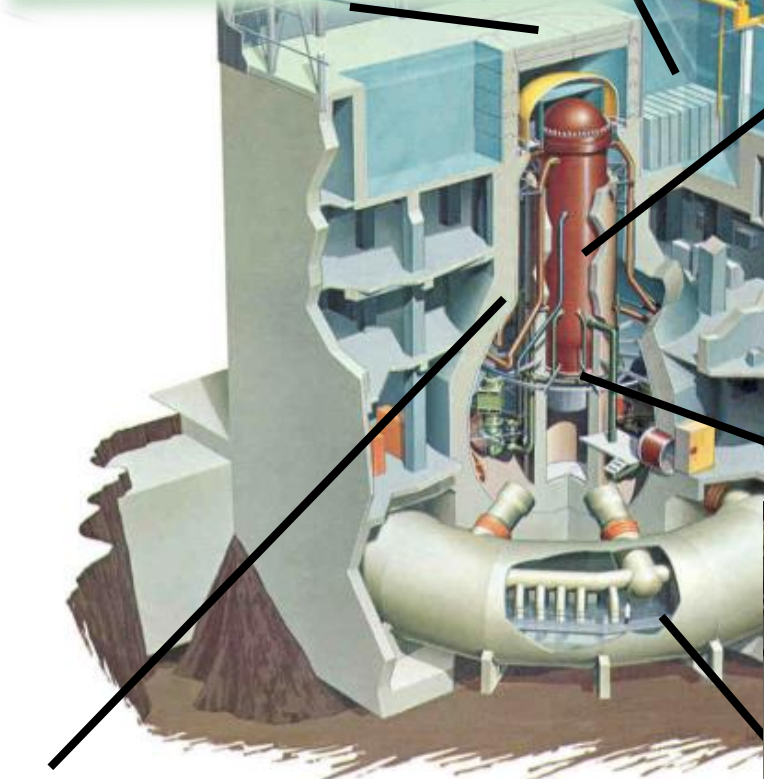


炉心(core)

シュラウド

燃料棒

制御棒



格納容器(ドライウェル:D/W)

圧力

蒸気発生器(S/C)

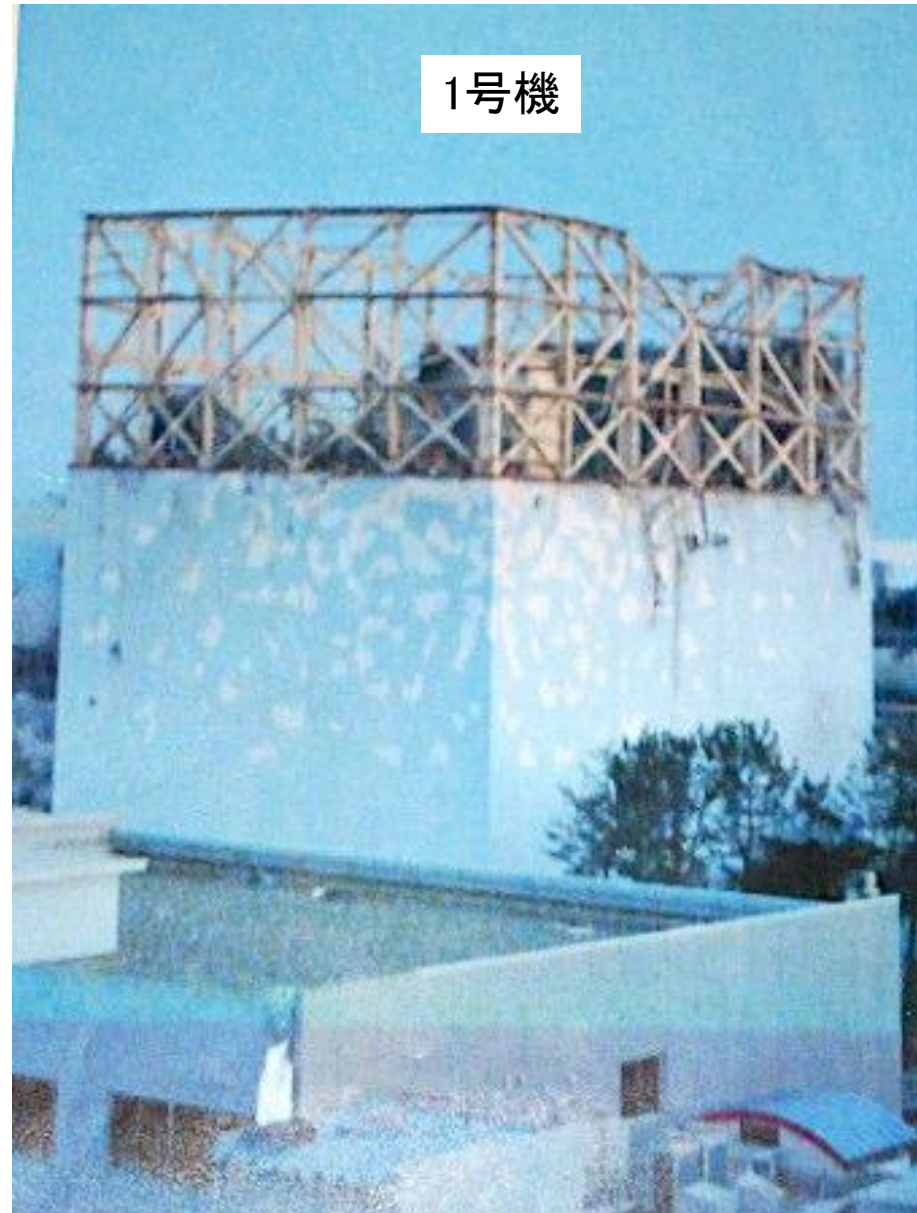


2011年 福島第一原発**水素爆発**による原子炉建屋の損壊

3月12日1号機、3月14日3号機

3月15日4号機も水素爆発

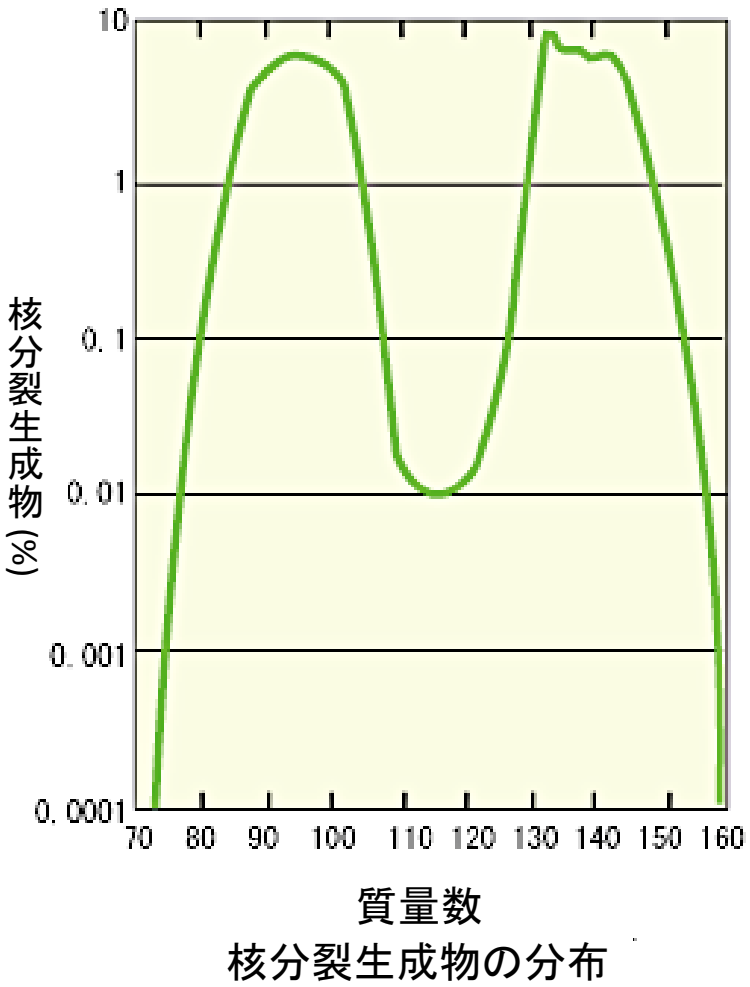
2号機内火災



平成23年6月3日保安院報告

3月11日から15日の間、テルル-132 (^{132}Te 、半減期3.2日)が検出されていた

ウラン-235 (^{235}U)が熱中性子を吸収して分裂した場合に生ずる核分裂生成物の分布
質量数90~100および135~145の附近の放射性物質が生成される。



主要な核分裂生成物

核種		半減期	核分裂集率 (%)
^{85}Kr	クリプトン-85	10.8年	0.3
^{89}Sr	ストロンチウム-89	51日	4.8
^{90}Sr	ストロンチウム-90	28年	5.8
^{131}I	ヨウ素-131	8.04日	3.1
^{133}Xe	キセノン-133	5.27日	6.6
^{135}Xe	キセノン-135	9.1日	6.3
^{134}Cs	セシウム-134	2.06年	6.8
^{137}Cs	セシウム-137	30年	6.2
^{147}Pm	プロメチウム-147	2.64年	2

原発爆発で想定される当初の放射性物質の放出量

放射性物質	放出量 (g)	Bq
総量	7.1×10^3	1.5×10^{19}
I-131	1.5×10^1	8×10^{16}
Pu-239	0.0375	1.36×10^9
Cs-137	3.1×10^3	1.0×10^{16}
Sr-90	0.0224	1.4×10^{12}

原発事故で生じる 主な放射性物質

半減期

出す放射線

^3H

12年

弱いβ線

^{90}Sr

28年

強いβ線

{ ^{131}I
 ^{134}Cs
 ^{137}Cs

8日

β線, γ線

2年

β線, γ線

30年

β線, γ線

^{239}Pu

2万4千年

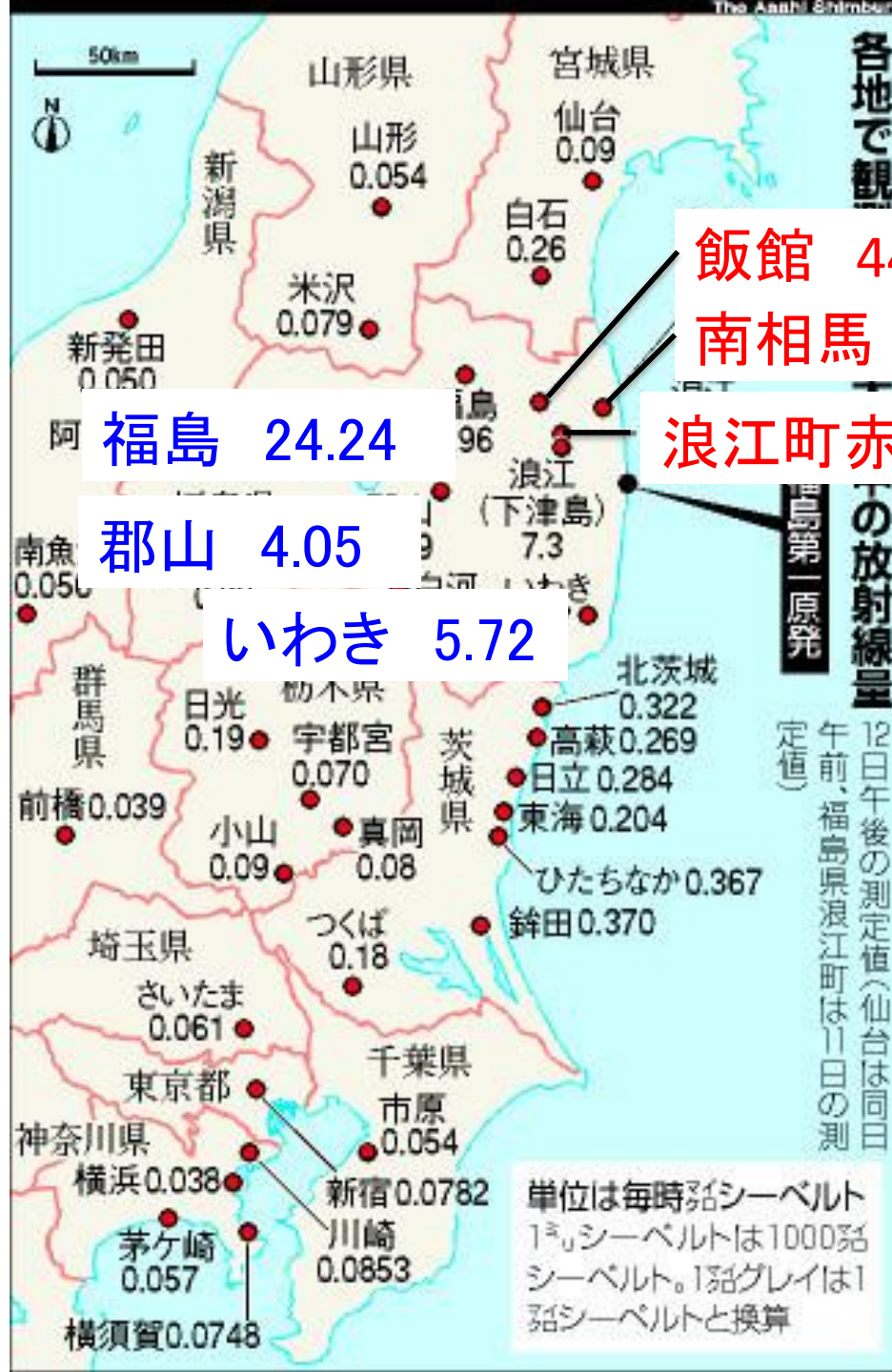
α線 γ線
中性子線

(^{40}K)

(12.5億年)

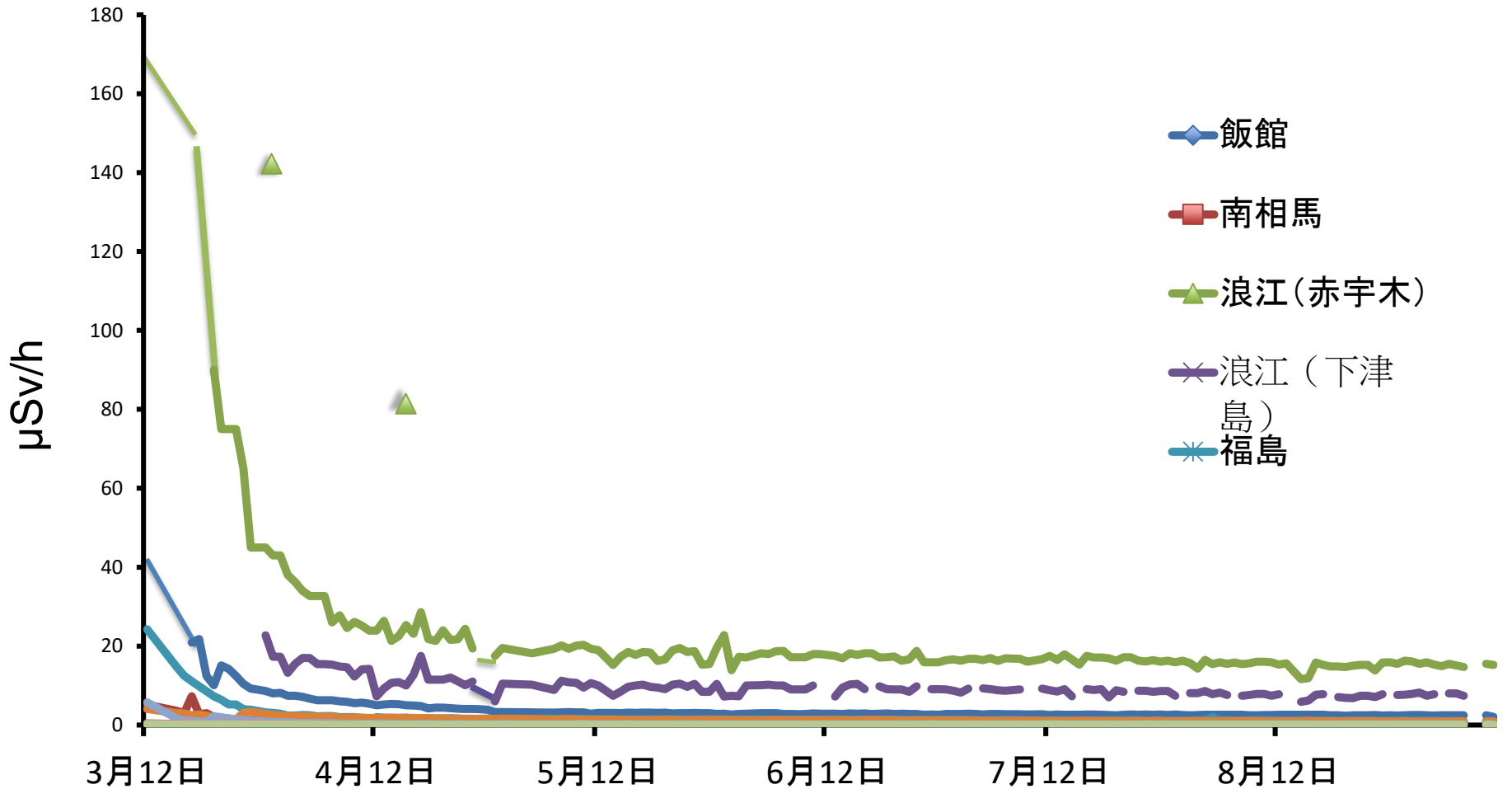
β線, γ線

2011/3/12



朝日新聞図転用

3月12日からの福島県内における空間線量の推移



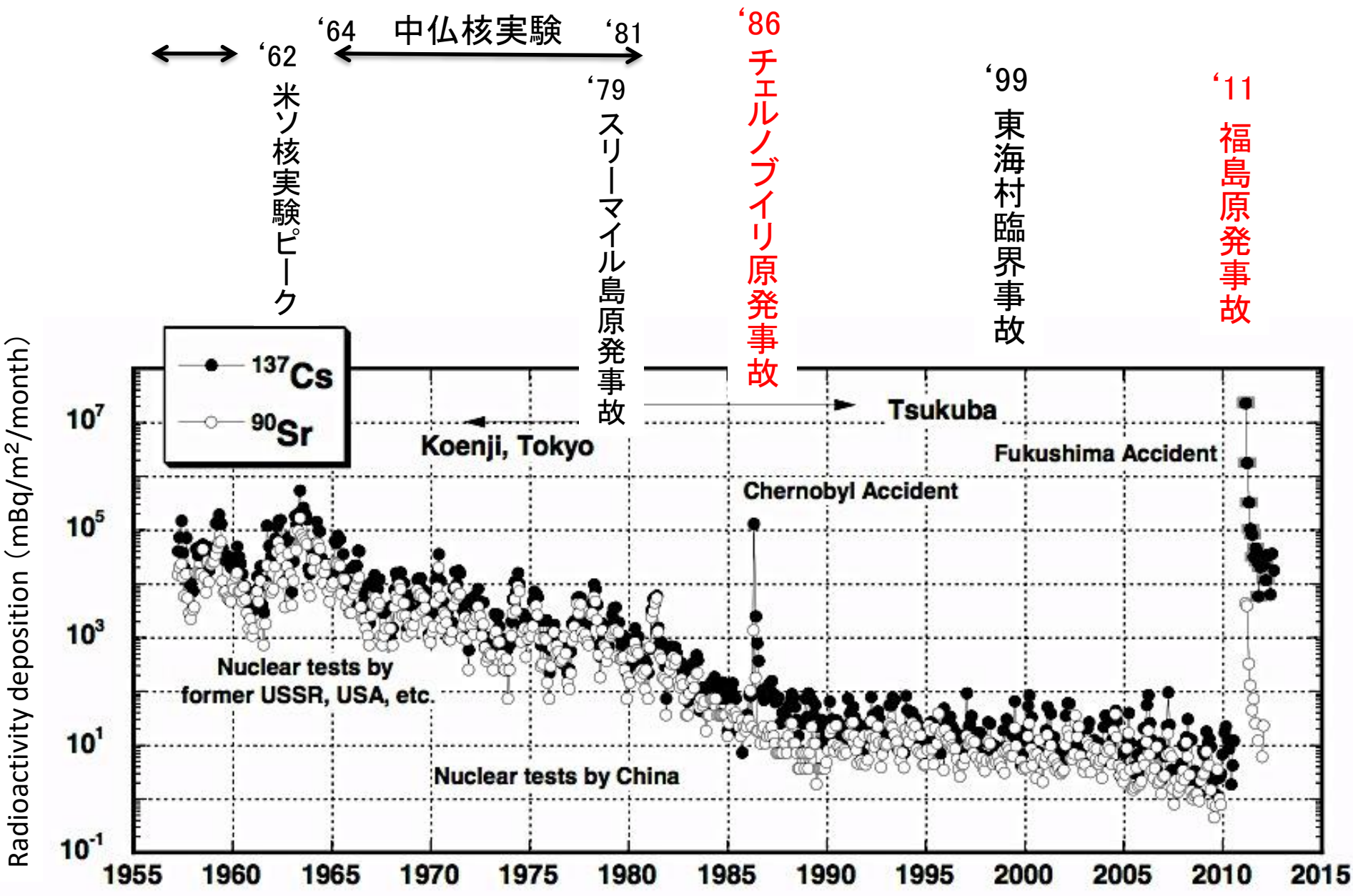
2011年3月12日から1年間の積算放射線量(mSv/年)

最初の3週間は¹³¹Iと¹³⁷Csがあるので室内室外関係なく、当時示された空間線量のまま被曝したとし、それ以降は¹³⁷Csのみで、室外はその当時示された空間線量で室内ではその半分量被曝したとして計算

地名	7月3日時点で	9月15日時点で	2012年3月12日 時点で
飯館	8.00	7.87	7.59
南相馬	1.29	1.28	1.26
浪江(赤宇木)	42.1	41.6	41.1
浪江(下津島)	11.9	11.7	11.3
福島	4.11	4.07	3.98
郡山	1.72	1.66	1.57
いわき	0.79	0.78	0.77
会津若松	0.23	0.23	0.22
南会津	0.07	0.07	0.07

7月8日文科省発表：福島県内の小中学校等55施設で過ごした場合の年間被曝線量は推定0.1～0.6mSv(平均0.3mSv)(4月27日から7月3日までの教師の線量計より)

環境における人工放射能50年： ^{90}Sr と ^{137}Cs の月間降下量



放射性ストロンチウム 約462兆ベクレル 海に流出

朝日新聞社試算(今直也記者著)

東北大学農学部水産資源生態学某教授コメント

「骨までまるごと食べるコウナゴやシラス等への蓄積に特に注意する必要がある」

ストロンチウム-90(半減期28.74年)だけだと

約462兆ベクレルは約90.6g

放射性ストロンチウムはSr-89(半減期50.53日)もあります

従って、長く残るSr-90の総量は90gより少ない

実際にSr-90はSr-89の10分の1倍しか生成されていないので、
残っている放射性ストロンチウムはSr-90で約9g程度と考えられる

ベクレルで表現するととても大きな値。グラムだと小さくなります。約9gが大海原に拡散されて食物連鎖で人への影響がどの程度出ると想像されますか？

Dose limits of workers after Fukushima Daiichi NPP accident.


Mar/14 2011	Nov/1 2011	Dec/16 2011	Apr/30 2012		
250 mSv	New worker	100 mSv	Workers engaged in maintaining functions of reactors cooling systems and radioactive materials release suppression systems	100 mSv	50 mSv/year and 100 mSv/5years under normal situation
		250 mSv for specialists			
	Workers who worked before Nov/1	250 mSv [$\geq 100\text{mSv}$ 162 workers (TEPCO135) of 19,000]		250 mSv (about 50 TEPCO workes)	
			specialists		

The dose limit was set for emergency workers according to their work and starting time, following ICRP recommendations

外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算値 (H28年3月31日時点)

区分 (mSv)	H23.3~H28.3		
	東電社員	協力企業	計
250超え	6	0	6
200超え~250以下	1	2	3
150超え~200以下	26	2	28
100超え~150以下	117	20	137
75超え~100以下	321	312	633
50超え~75以下	327	1,797	2,142
20超え~50以下	633	6,513	7,146
10超え~20以下	620	5,793	6,413
5超え~10以下	507	5,442	5,949
1超え~5以下	907	9,616	10,523
1以下	1,247	12,747	13,994
計	4,712	42,244	46,956
最大 (mSv)	678.80	238.42	678.80
平均 (mSv)	24.43	11.75	12.83

$\geq 100\text{mSv}$
 174名



外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算値(H28年4月1日からR1年5月まで)

区分(mSv)	H28.4～R1.5		
	東電社員	協力企業	計
100超え～	0	0	0
75超え～100以下	0	6	6
50超え～75以下	0	99	99
20超え～50以下	38	1,499	1,487
10超え～20以下	132	2,069	2,201
5超え～10以下	173	2,202	2,375
1超え～5以下	543	4,464	5,007
1以下	1,249	8,651	9,900
計	2,135	18,940	21,075
最大(mSv)	36.51	79.90	79.90
平均(mSv)	2.64	5.76	5.44

労働者の健康リスクは季節や工程の進行で変化することが予想された

健康障害要因

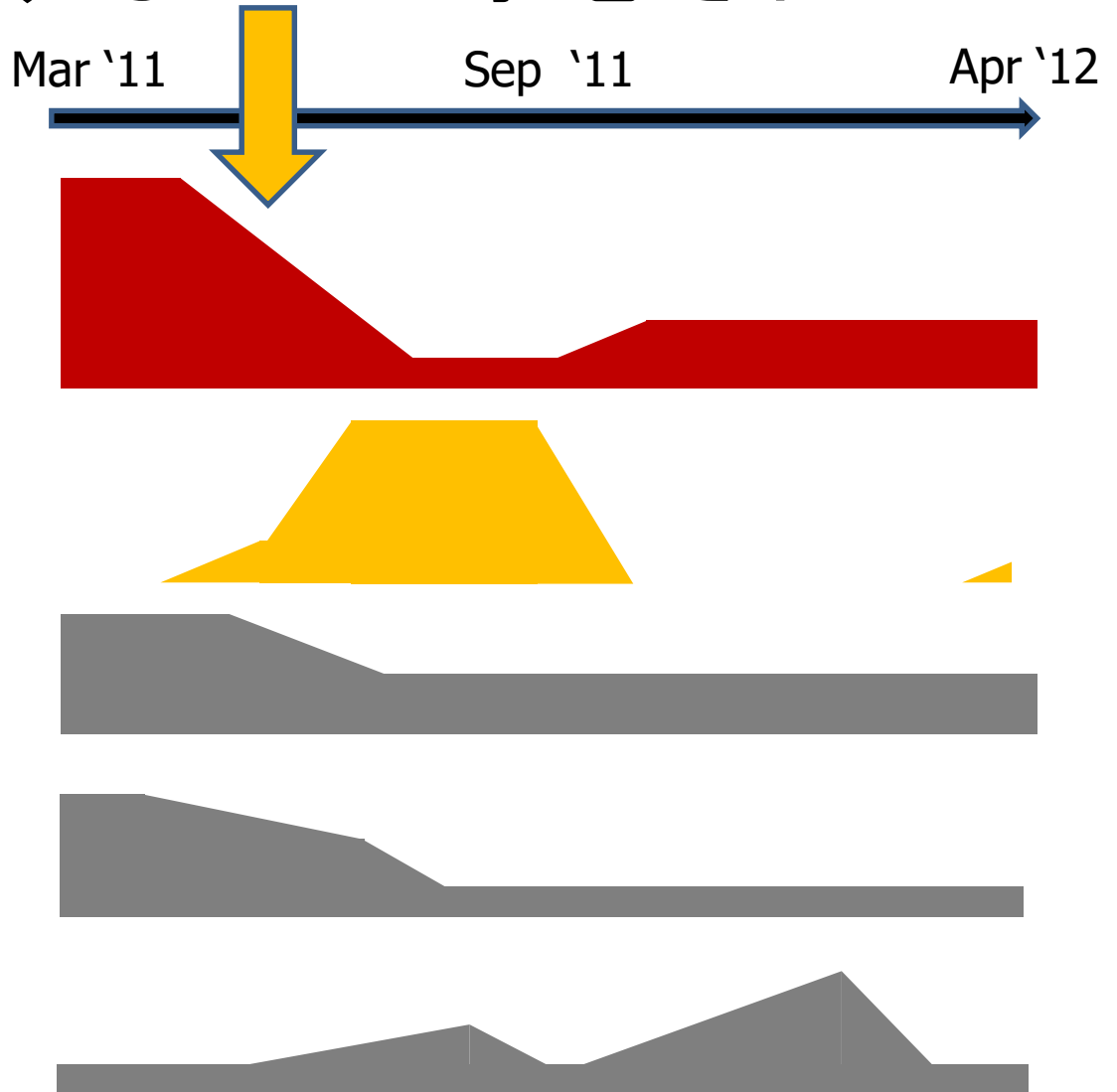
▶ 放射線

▶ 暑熱

▶ ストレス

▶ 過重労働

▶ 生物的要因



厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金

放射線教育プログラムによる放射線業務従事者の知識向上
と不安低下度の定量的解析研究

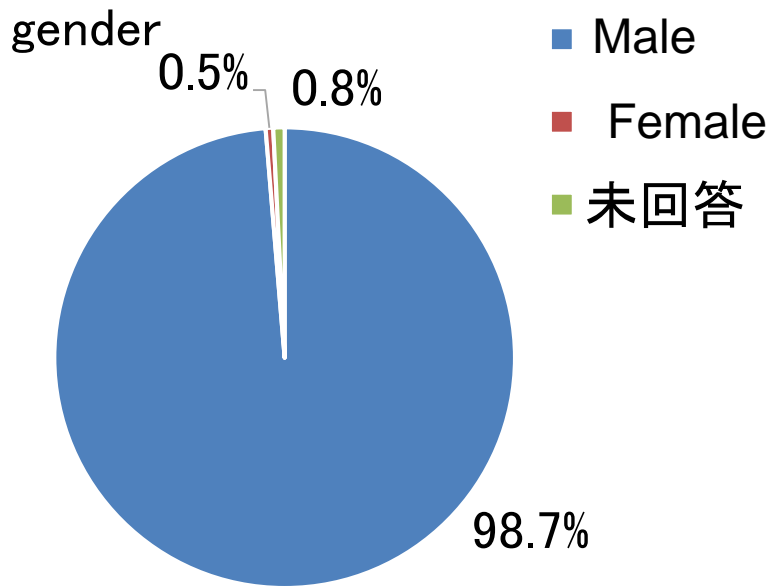
放射線被ばくの不安等に関するアンケート

東電を通じ、元請け企業下請け企業に1,602部配布

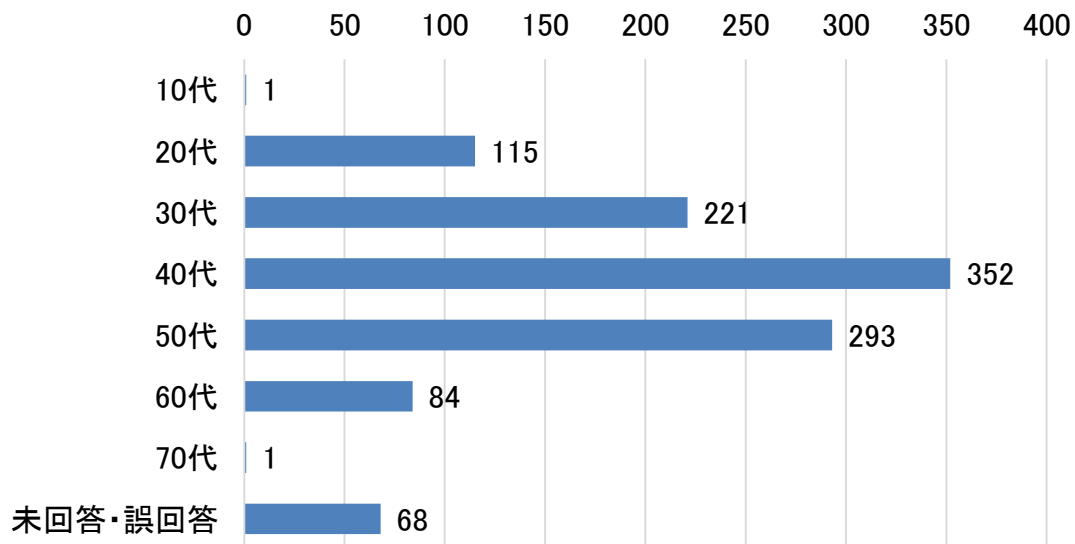
- ・社員への配布 : 104部
- ・協力企業への配布 : 1,498部

(元請企業316＋一次企業以下1,182)

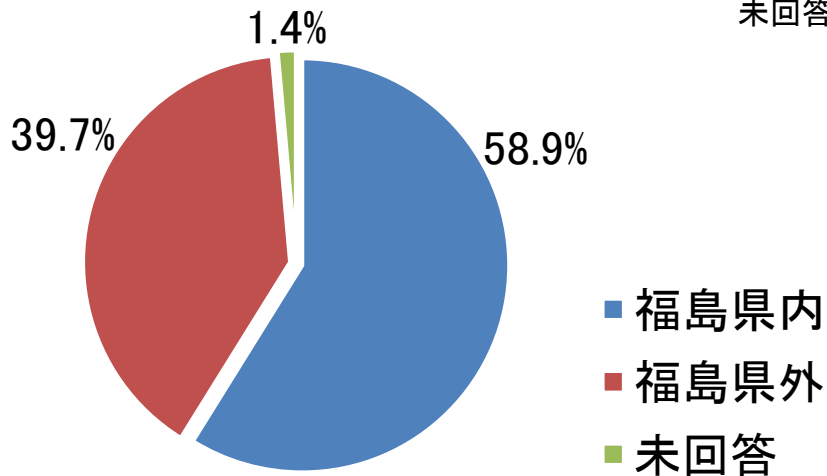
回収1,135部 70.8%



年代別回答者数

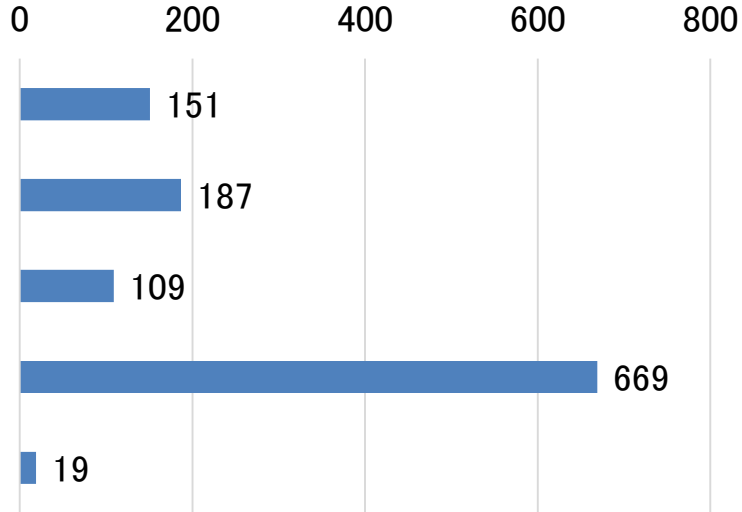


Residential area before FDNNP accident

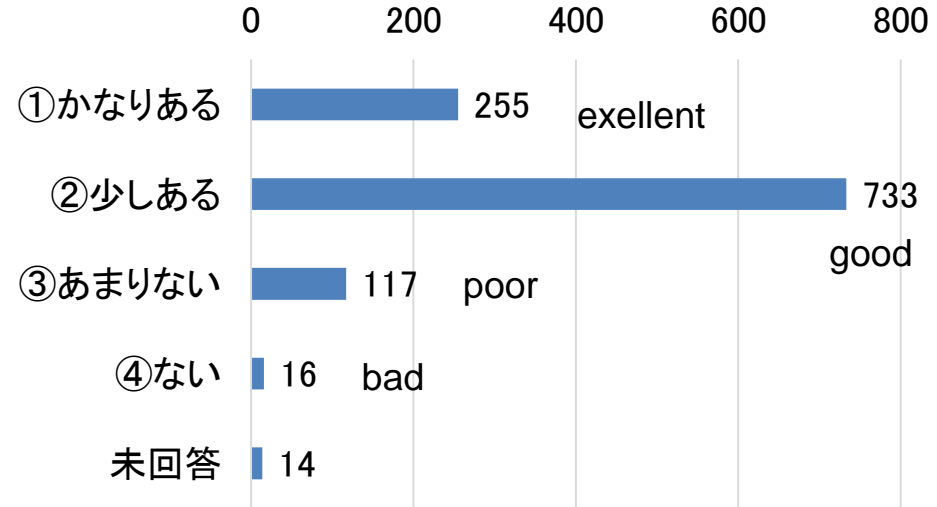


Age ave. 44.7 ± 10.8 (SD)

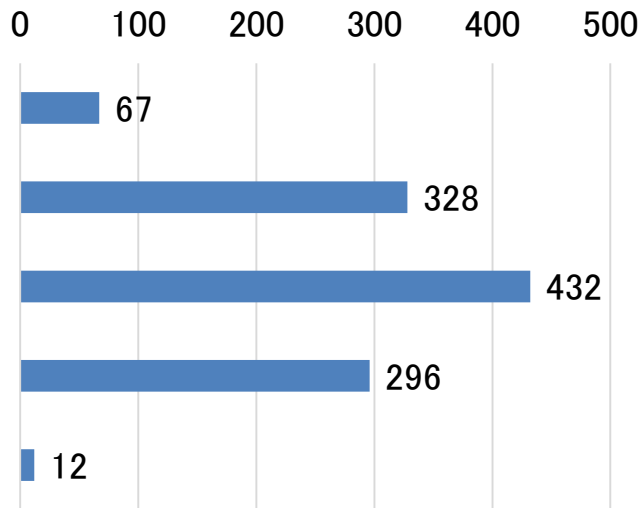
Q18. 放射線教育受講回数
education frequency



Q19. 放射線に関する知識
Knowledge about radiation

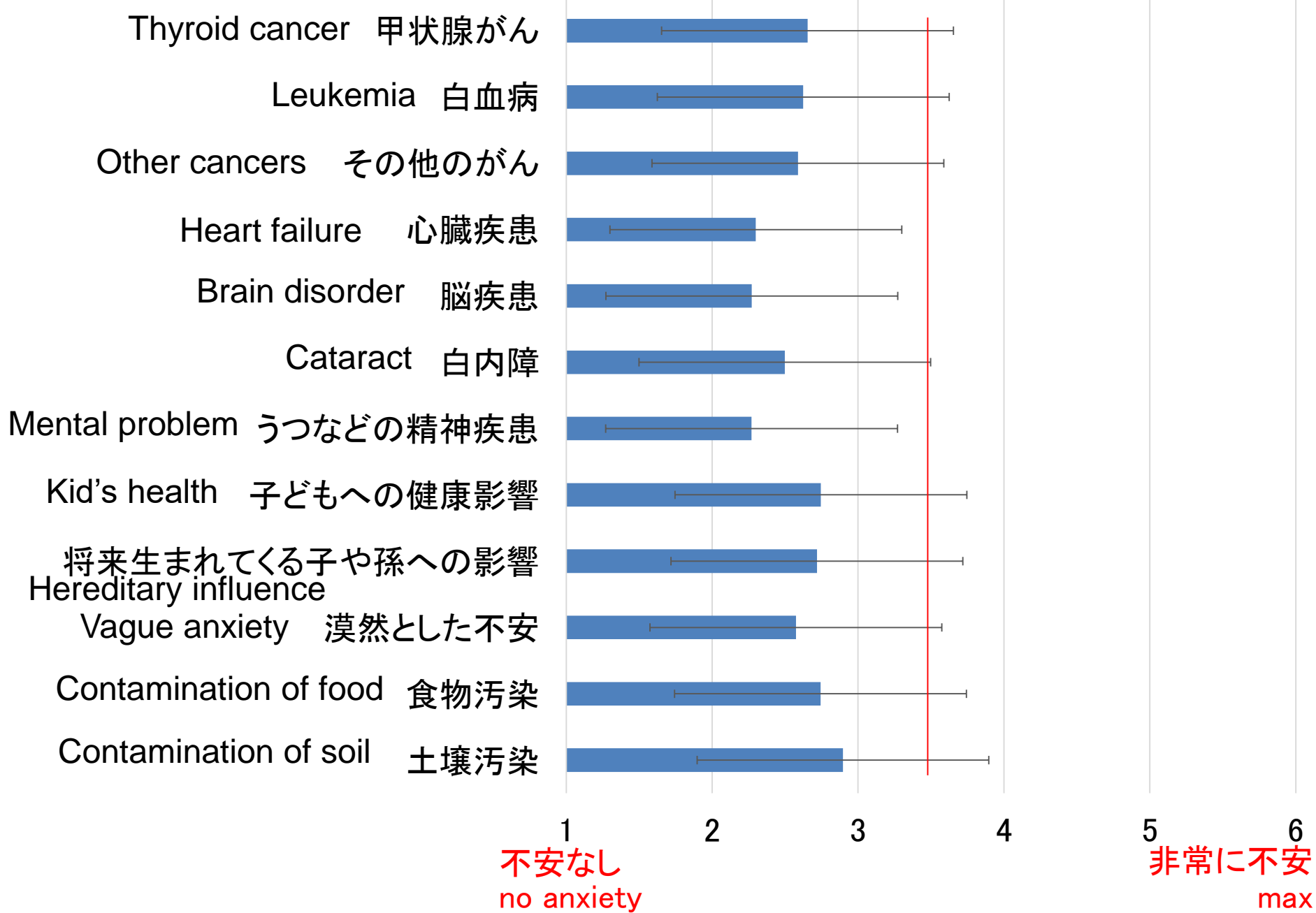


Q20. 職場で働く不安
Anxiety about work in FDNNP



Q21. 福島原発作業員の放射線による影響の不安項目(6段階評価)

Anxiety category of radiation effect in FDNPP workers



放射線教育プログラムによる 福島原子力発電所作業員の 知識向上と不安低下度の定量的解析

○岡崎 龍史¹、林 卓哉²、松田 尚樹³、長谷川 有史⁴、佐藤 健一⁵、加藤 尊秋⁶、
神田 玲子⁷、島田 義也⁸、立石 清一郎⁹、簗原 里奈²、森 晃爾¹⁰

¹産業医科大学産業生態科学研究所放射線健康医学、

²産業医科大学産業医実務研修センター、³長崎大学原爆後障害医療研究所、

⁴福島県立医科大学医学部放射線災害医療学、⁵広島大学原爆放射線医科学研究所、

⁶北九州市立大学国際環境工学部、⁷量子科学技術研究開発機構、⁸環境科学技術研究所、

⁹産業医科大学保健センター、¹⁰産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学

H28-H30, 厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金

第54回放射線影響懇話会 7月27日 熊本 熊本大学生命資源研究・支援センター

背景

チェルノブイリ原発事故においては、放射線による身体的影響があったが、精神的・心理的影響が大きかった。

放射線業務従事者は、法令による放射線教育を受けるが、放射線被ばくによる健康影響に対する不安がある。

原子炉施設において核燃料物質等を取り扱う業務に係る特別の教育

● ab教育

科目	時間
核燃料物質若しくは使用済燃料又はこれらによって汚染された物に関する知識	30分
原子炉施設における作業の方法に関する知識	1時間30分
原子炉施設に係る設備の構造及び取扱いの方法に関する知識	1時間30分
電離放射線の生体に与える影響	30分
関係法令	1時間

● c教育

科目	時間
原子炉施設における作業の方法及び同施設に係る設備の取扱	2時間

● 福島第一原発構内用特別講義(座学) 1時間

● 除染電離則 30分

新人チェルノブイリ原発作業員のための教育(スラブチツチ教育センター)

ЦПП ОУ ГСП ЧАЭС						Здание УАК УТЦ в г. Славутин																		
Время	Класс 105	Класс 110	Класс 111	Класс 202	Класс 206	Время	Класс 125	Конфер. зал 139	Класс 201	Класс 216	Класс 217	Класс 225	Класс 229	Акт. зал 230	Класс 231	Класс 232								
月曜日						ПОНЕДЕЛЬНИК 26.02.2018 г.																		
09.00-09.45	ПК ПБПРМ** (3 ч.) Лебанидзе М.Г.					08.30-09.15		ПК ОП Инструктаж. НД по безопасности Спектор Б.Н.				ПУБЭСРД (оч.пр.зн.) Болтунов Ф.Ф.				Гр.07 Ввод.инст-ж (1 ч.) ОУИЛЗ (3 ч.) Колясников М.Ю.								
09.45-10.30						09.25-10.10																		
10.30-11.15						10.20-11.05																		
11.15-12.00						11.15-12.00																		
12.00 - 13.00 - обед						12.00 - 13.30 - обед																		
13.00-13.45						13.30-14.15		ПК ОП Вспомогательные системы ХОЯТ-2 Быков А.Г.				ПУБЭСРД КОС			РБ (3 ч.) Конев В.И. ФЗ (1 ч.) Музыченко В.И.									
13.50-14.35					14.25-15.10																			
14.40-15.25					15.20-16.05																			
15.30-16.15					16.15-17.00																			
火曜日						ВТОРНИК 27.02.2018 г.																		
09.00-09.45						08.30-09.15	Обучение кадр. рез-ва по теме: «Проведение переговоров» Кушикова Н.Г.	ПК ОП Демонтаж оборудования ЧАЭС Курочкин А.Е.	ПБПРМ (ЦОРО) Быков А.Г.	К/Э Подъемники Гроздев А.Я. Чуб В.И.	К/Э Баллоны Болтунов Ф.Ф.	6 час. РБ Колясников М.Ю. ПБ Болтунов Ф.Ф.	Гр.07 ОБПР(2 ч.) Пасечников Ю.А. СИЗ(2 ч.) Конев В.И.	К/Э Эл./инвент инструмент Музыченко В.И.										
09.45-10.30					09.25-10.10																			
10.30-11.15					10.20-11.05																			
11.15-12.00					11.15-12.00																			
12.00 - 13.00 - обед						12.00 - 13.30 - обед																		
13.00-13.45						13.30-14.15	Обучение кадр. рез-ва по теме: «Проведение переговоров» Кушикова Н.Г.	ПК ОП Тек. сос. работ по вводу в эксп. НБК. Вторников В.Е.	ПБПРМ (ЦОРО) Быков А.Г.			ОТ Пасечников Ю.А.	СИЗ(1 ч.) Конев В.И. ОТОП (3 ч.) Музыченко В.И.											
13.50-14.35					14.25-15.10																			
14.40-15.25					15.20-16.05																			
15.30-16.15					16.15-17.00																			
水曜日						СРЕДА 28.02.2018 г.																		
09.00-09.45	К/Э ПТМ Бурый В.В.					08.30-09.15	Обучение кадр. рез-ва по теме: «Проведение переговоров» Кушикова Н.Г.	Авар. план ХОЯТ-1 Фатахов А.Р. Перевозка РМ (ОЯТ, РАО) Лебанидзе М.Г.				ПУБЭГК (оч.пр.зн.) Гроздев А.Я. Чуб В.И.			Гр.02 ПБ(3 ч.) Колясников М.Ю.	40 час. Вых. контр. НОВАРКА(6) Пасечников Ю.А.								
09.45-10.30						09.25-10.10																		
10.30-11.15						10.20-11.05																		
11.15-12.00						11.15-12.00																		
12.00 - 13.00 - обед						12.00 - 13.30 - обед																		
13.00-13.45						13.30-14.15	Обучение кадр. рез-ва по теме: «Проведение переговоров» Кушикова Н.Г.	ПК ОП ОТ Колясников М.Ю. Музыченко В.И. (Болтунов Ф.Ф.)	40時間の講義						ОРАО(14.) Конев В.И. ОПБС (2ч.) Пасечников Ю.А. ИК (1 ч.) Конев В.И. Пасечников Ю.А.									
13.50-14.35					14.25-15.10																			
14.40-15.25					15.20-16.05																			
15.30-16.15					16.15-17.00																			
木曜日						ЧЕТВЕРГ 01.03.2018 г.																		
09.00-09.45		Гр.07 Инструктаж Хар-на вып.раб. НБК (3 часа) Комеристый А.А.				08.30-09.15	ПК ОП Психология без-ти Кушикова Н.Г.								6 час. ОТ Пасечников Ю.А. ПБ Колясников М.Ю.	ПК РБ* (2 ч.) Чебыкин А.В.								
09.45-10.30						09.25-10.10																		
10.30-11.15						10.20-11.05																		
11.15-12.00						11.15-12.00																		
12.00 - 13.00 - обед						12.00 - 13.30 - обед																		
13.00-13.45		Х-на НБК (1 час) Комеристый А.А.			Доп СИЗ (3 часа) Привалов Ю.И.	13.30-14.15	ПК ОП Снятие с эксп. блоков ЧАЭС Чебыкин А.В.								РБ Конев В.И.									
13.50-14.35								14.25-15.10																
14.40-15.25								15.20-16.05																
15.30-16.15								16.15-17.00																
金曜日						ПЯТНИЦА 02.03.2018 г.																		
09.00-09.45		Гр.07 ДПАС (4 часа) Комеристый А.А.				08.30-09.15	Занятия в классе 229					Лифты (лица отв.) Гроздев А.Я. Чуб В.И.	ПК ОП ОТ и ПБ КОС Шаршун С.П. Быков А.Г.	ПК ОТ* (2 ч.) Пасечников Ю.А.										
09.45-10.30						09.20-10.05																		
10.30-11.15						10.10-10.55																		
11.15-12.00						11.00-11.45																		
12.00 - 13.00 - обед						11.45 - 12.45 - обед																		
13.00-13.45					ТСПБ (2 часа) Кочнев А.Н. ПМОДП (2 часа) Привалов Ю.И.	12.45-13.30	Орг-ция вен-ции НБК Спектор Б.Н. Осн. изм. в ЭТД и ОРД ГСП ЧАЭС за 2017 г. Быков А.Г.					Лифты (лица отв.) КОС												
13.50-14.35						13.35-14.20																		
14.40-15.25						14.25-15.10																		
15.30-16.15						15.15-16.00																		
Время	Класс 105	Класс 110	Класс 111	Класс 202	Класс 206	Время	Класс 125	Конфер. зал 139	Класс 201	Класс 216	Класс 217	Класс 225	Класс 229	Акт. зал 230	Класс 231	Класс 232								

目的

放射線教育プログラムを開発し、福島原発作業者に対して教育を行い、放射線の知識向上と不安軽減効果を定量的に検討する。

方法

時間	内容
9:00-9:30	独自に作成した「確認テスト」及び「質問紙調査票」 (座学)
9:35-10:35	放射線の人体影響
10:40-11:40	モニタリングとリスクアセスメント 原子力災害医療と福島原発事故後の放射線影響 (実習)
11:45-12:15	放射線リスクコミュニケーション①
12:15-13:15	放射線リスクコミュニケーション②
14:20-15:20	防護服着脱、測定実習
15:30-17:10	災害机上訓練
17:10-17:30	独自に作成した「確認テスト」及び「質問紙調査票」 構内で傷病者発生時の対応を議論

○X問題、3択問題や
計算問題を入れる工夫

アクティブラーニング
ロールプレイ

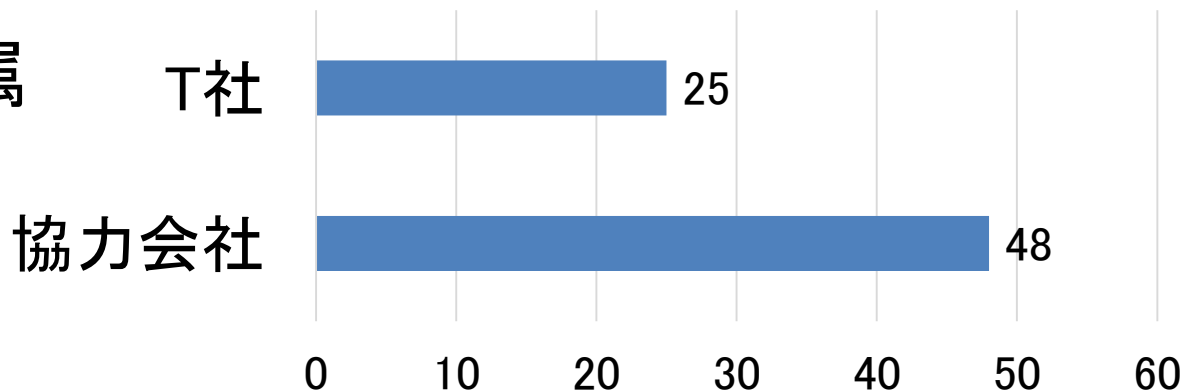
蛍光塗料を用いて
脱衣、汚染の確認

汚染と被ばくの違い
を理解し計測

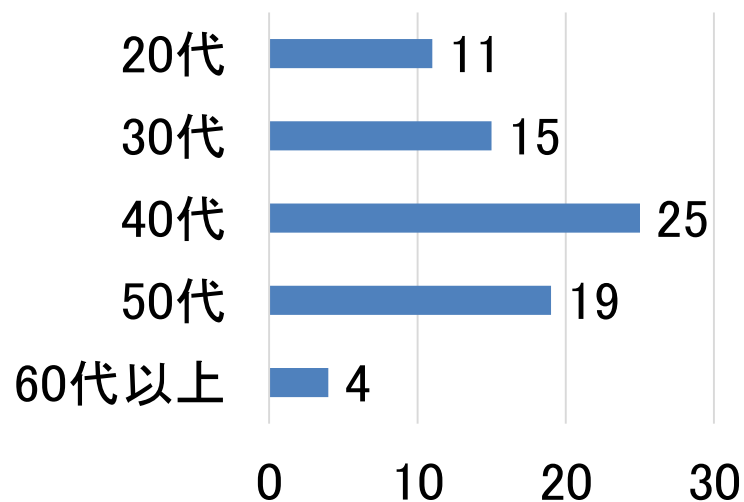
講習会出席者

- 計74人(男性67名、女性7名)

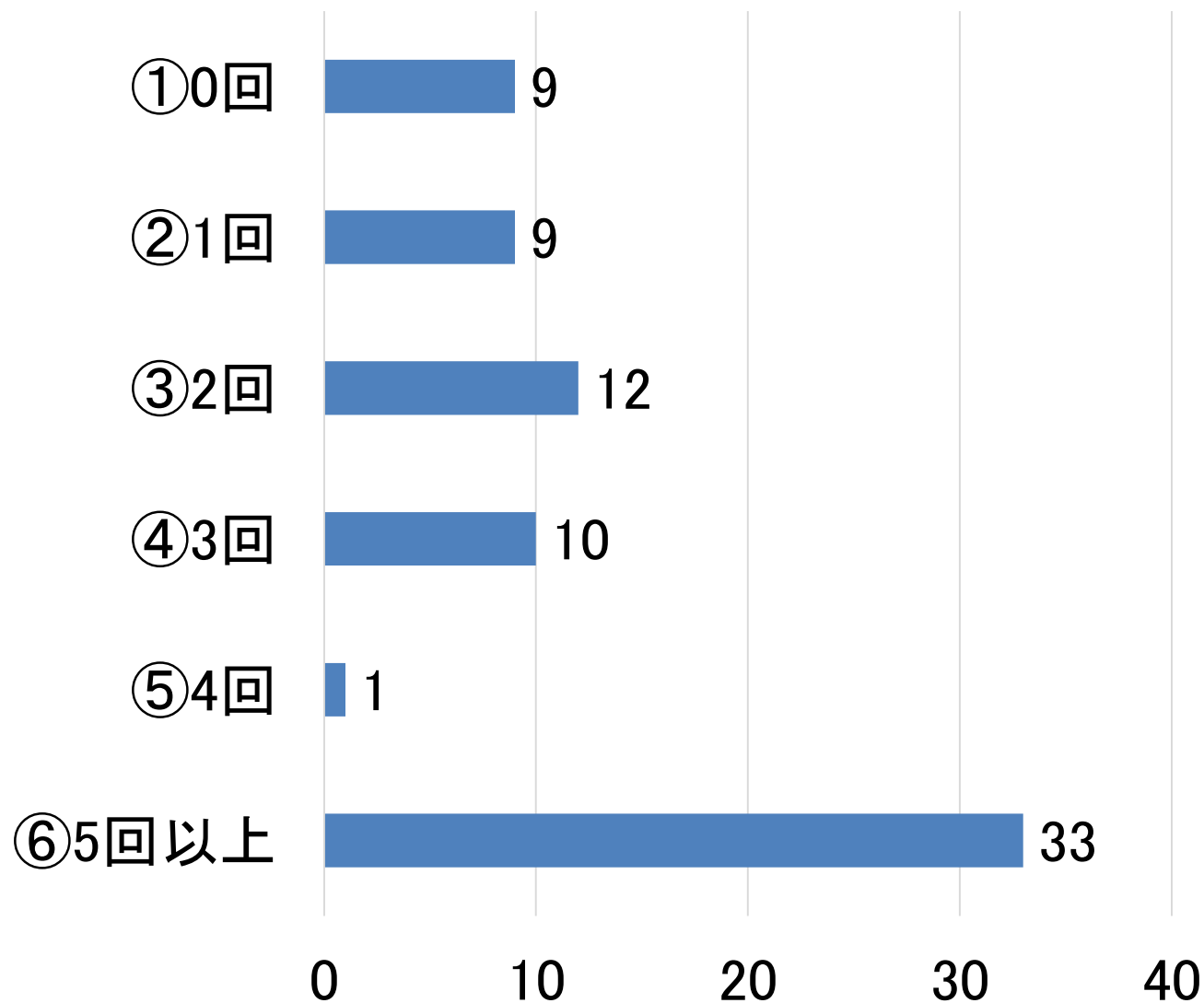
- 所属



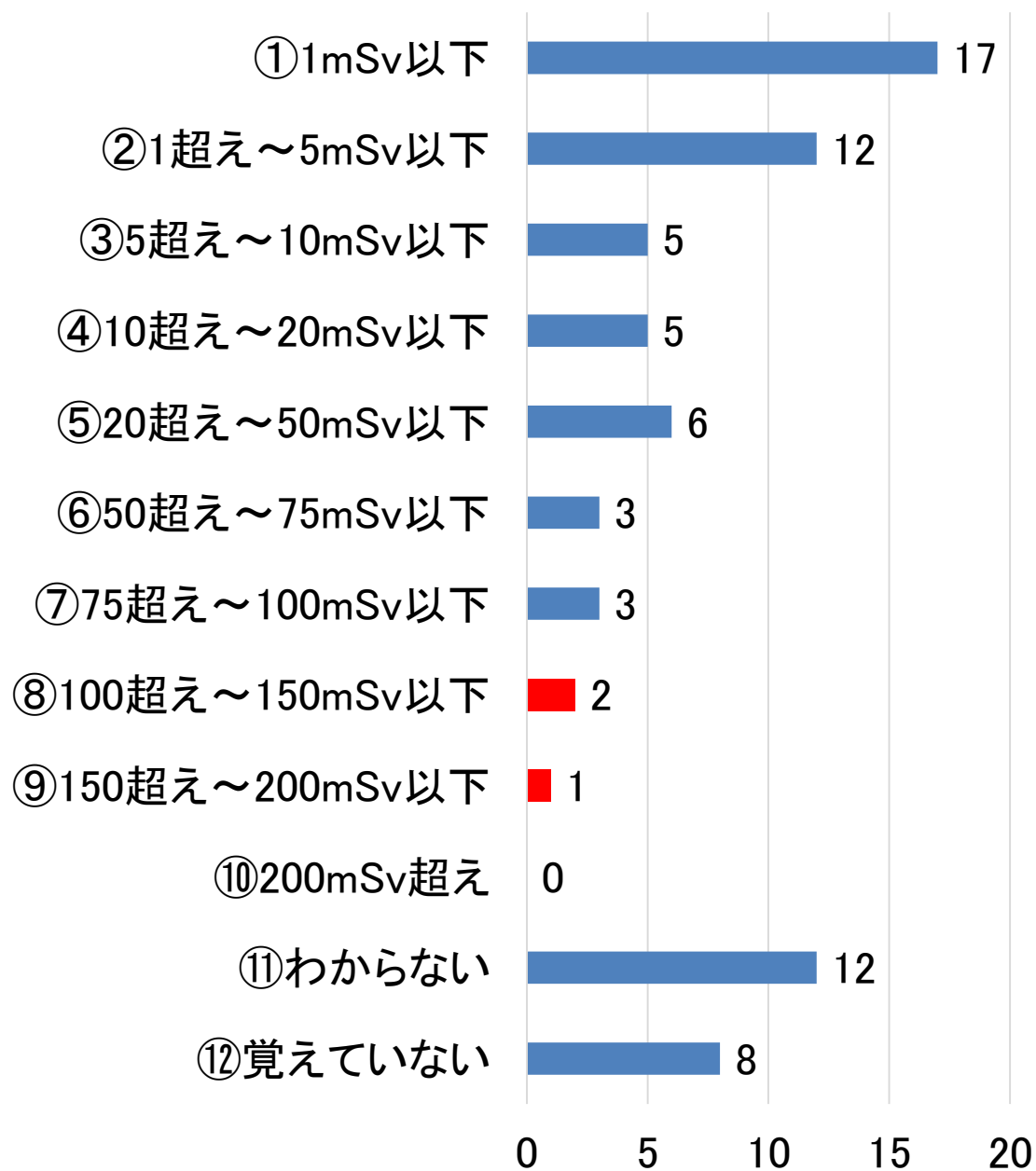
年齢 平均42.8 ± 11 歳



・放射線教育の受講回数

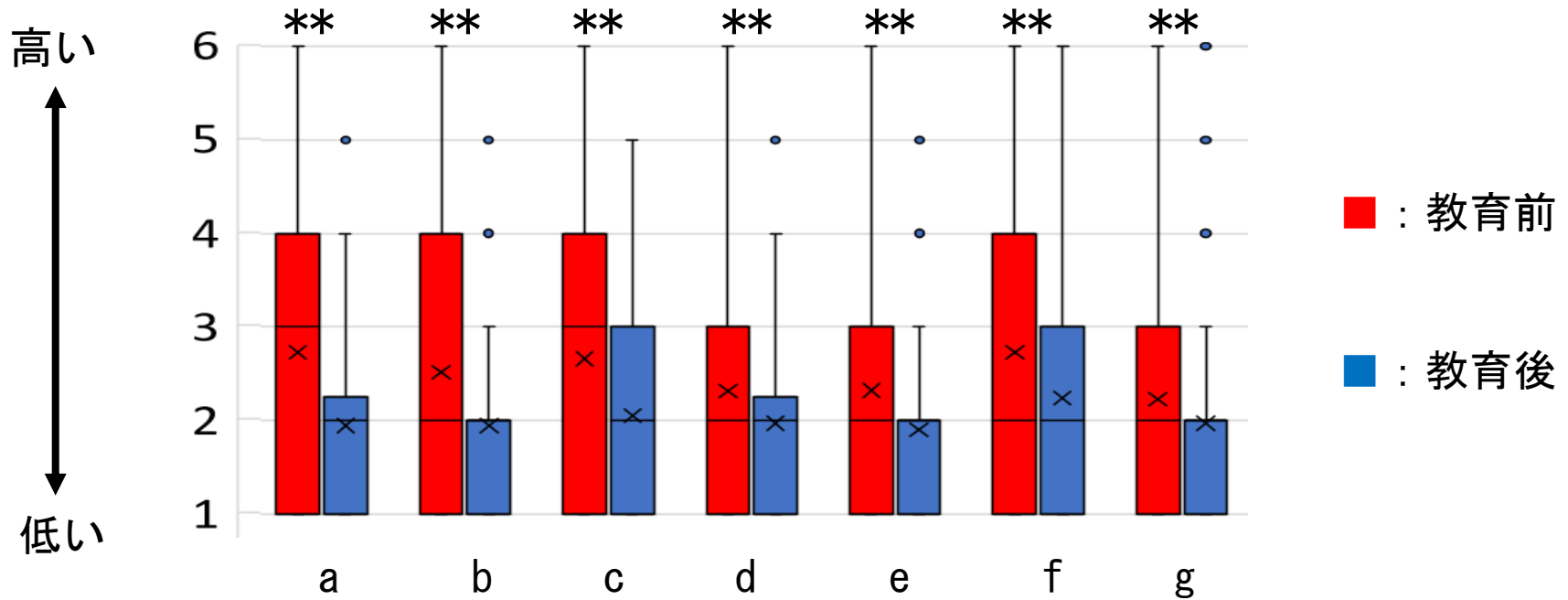


• 2011年以降累計被ばく線量 平均23 ± 38mSv



教育前後の不安の変化 1

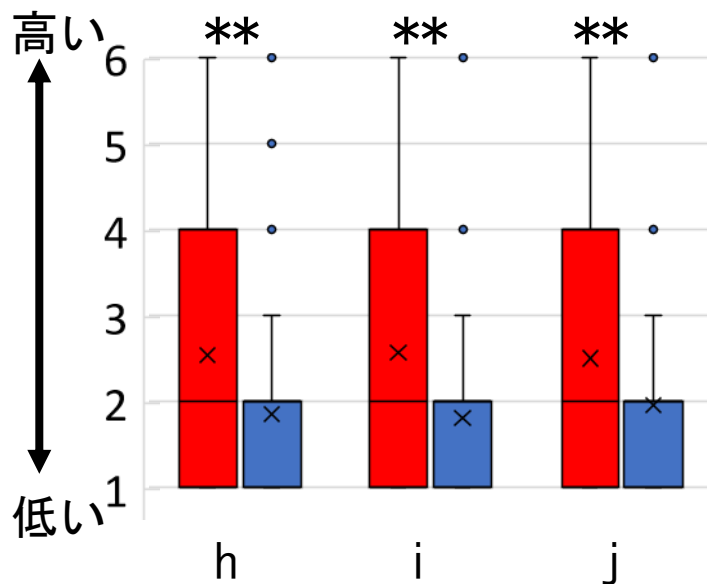
身体疾患



a: 甲状腺がん、b: 白血病、c: がん(胃・肺など)、
d: 心臓疾患(高血圧・心筋梗塞など)、e: 脳疾患(脳梗塞)
f: 白内障、g: うつなど精神疾患

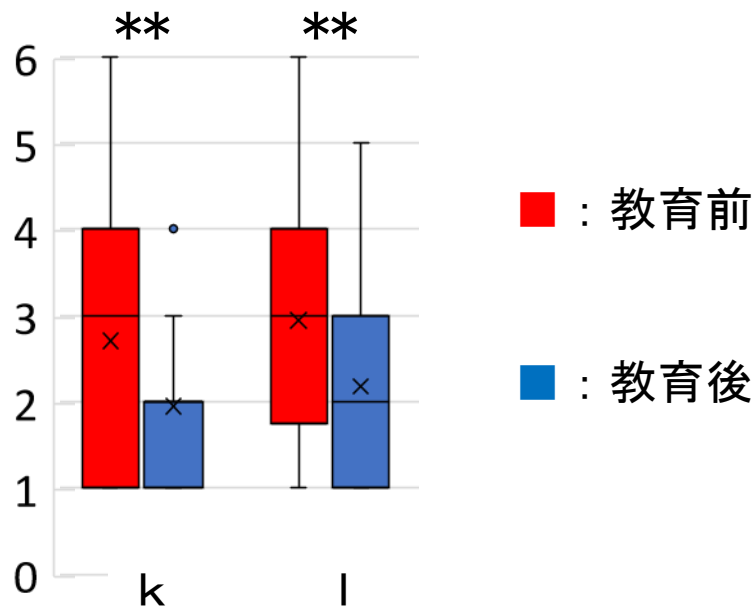
教育前後の不安の変化 2

将来



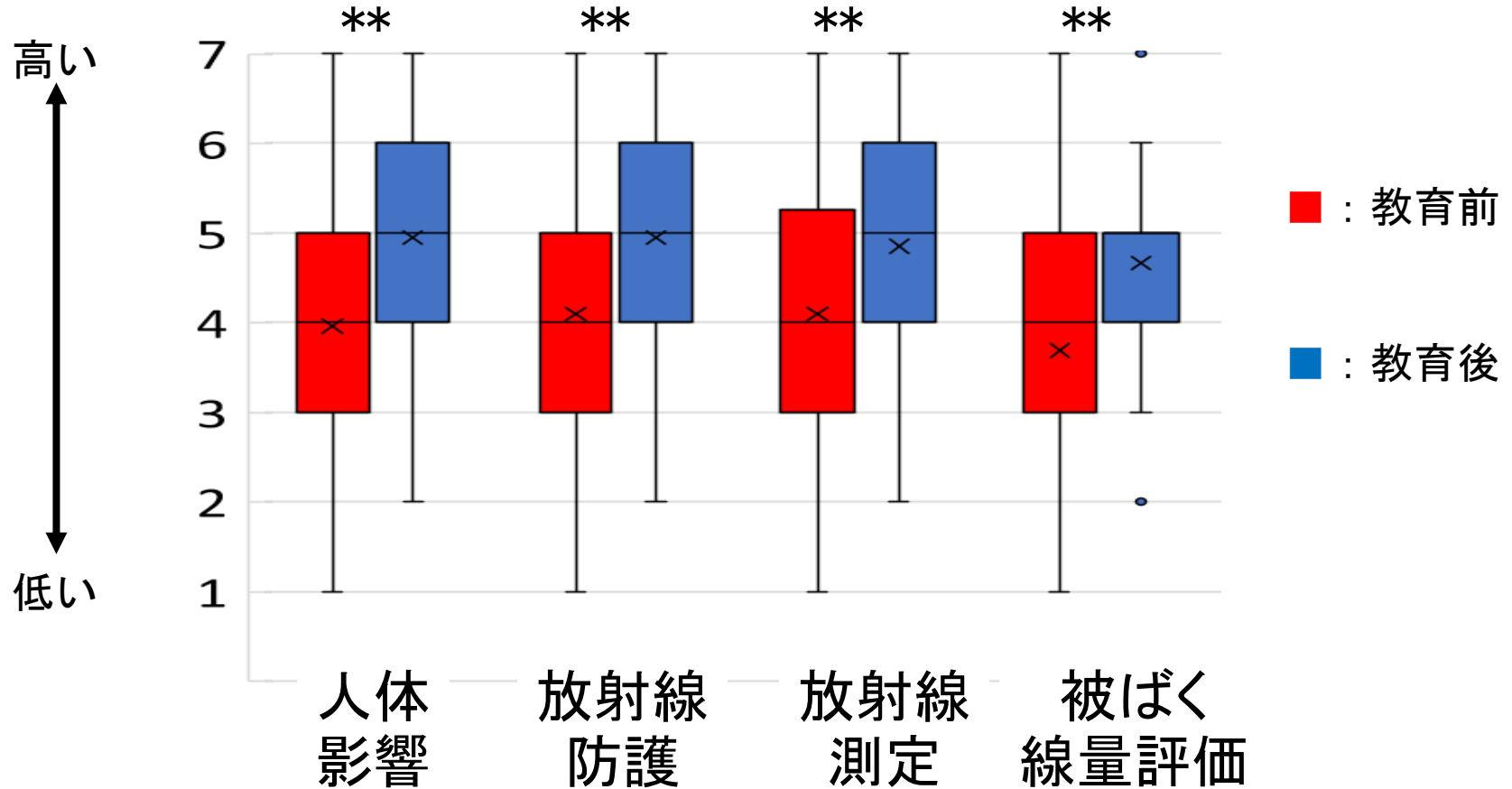
h: 子どもへの健康影響
i: 将来生まれてくる子や孫への影響
j: 漠然とした不安

汚染



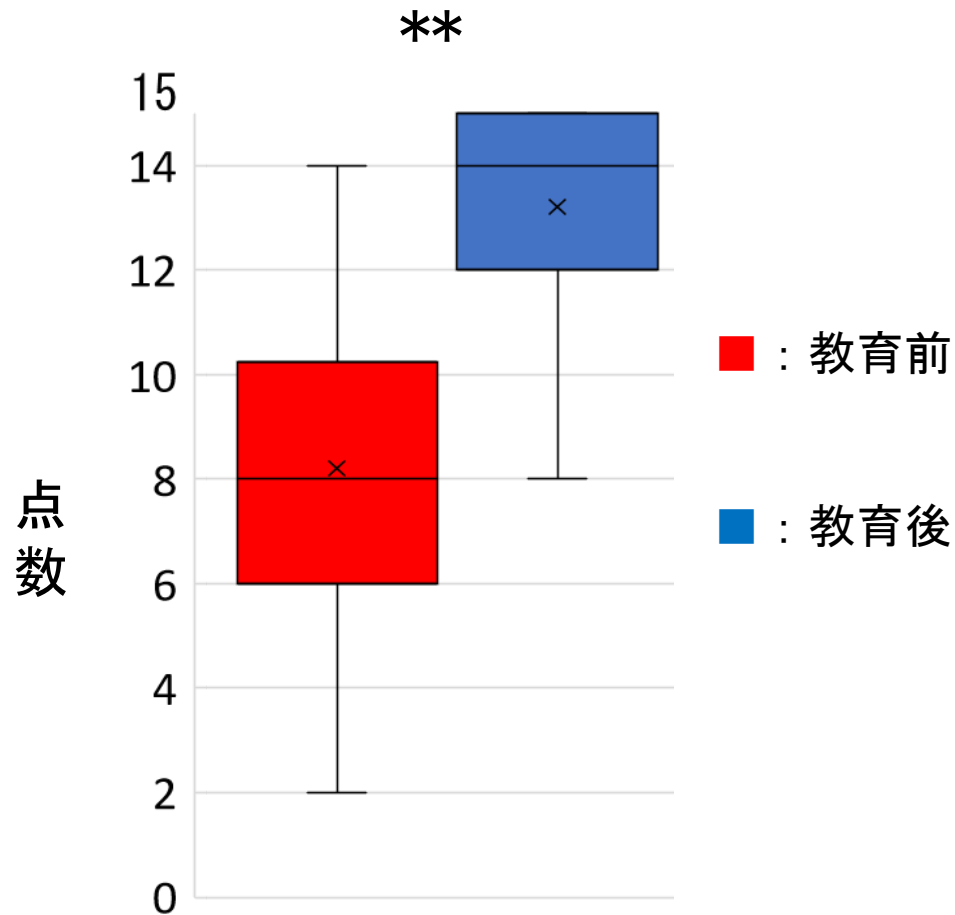
k: 食物汚染
l: 土壌汚染

教育前後の各種知識 (主観的評価) の変化

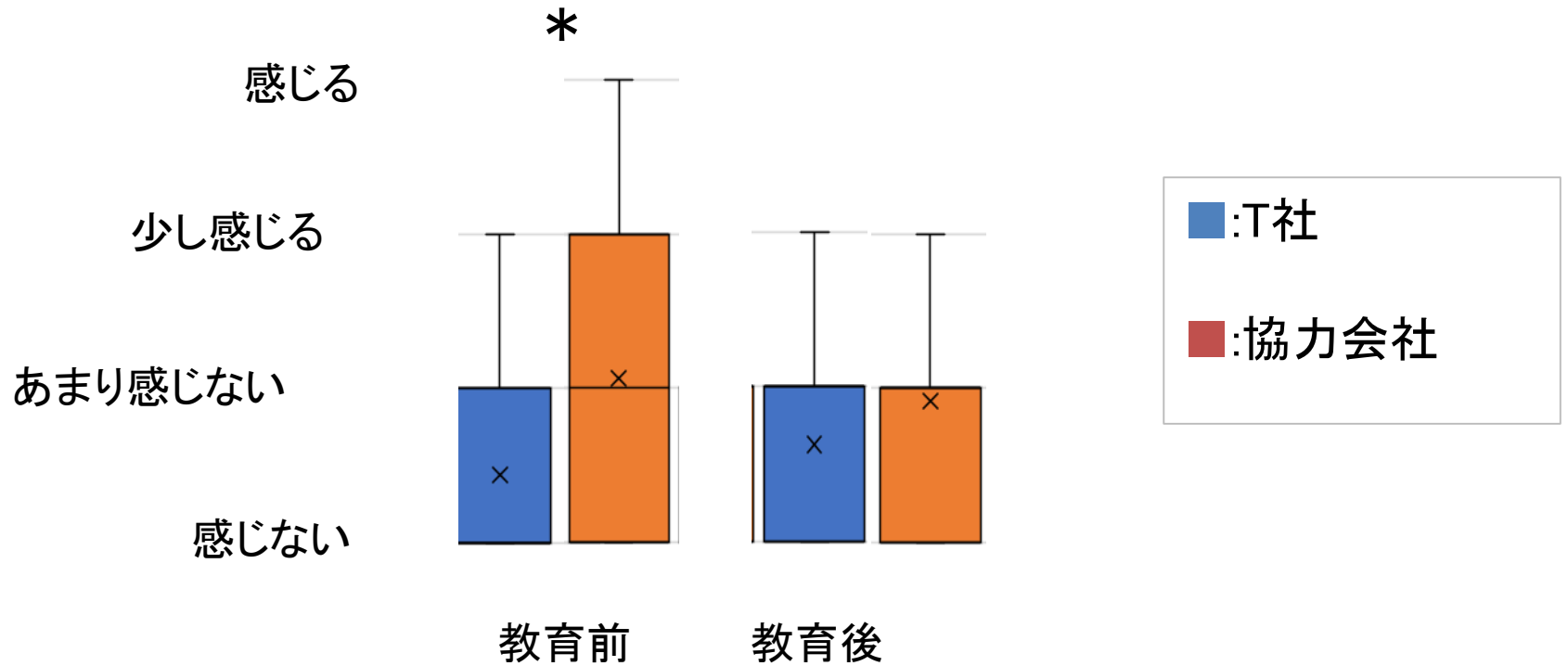


確認テスト

(知識：客観的評価)



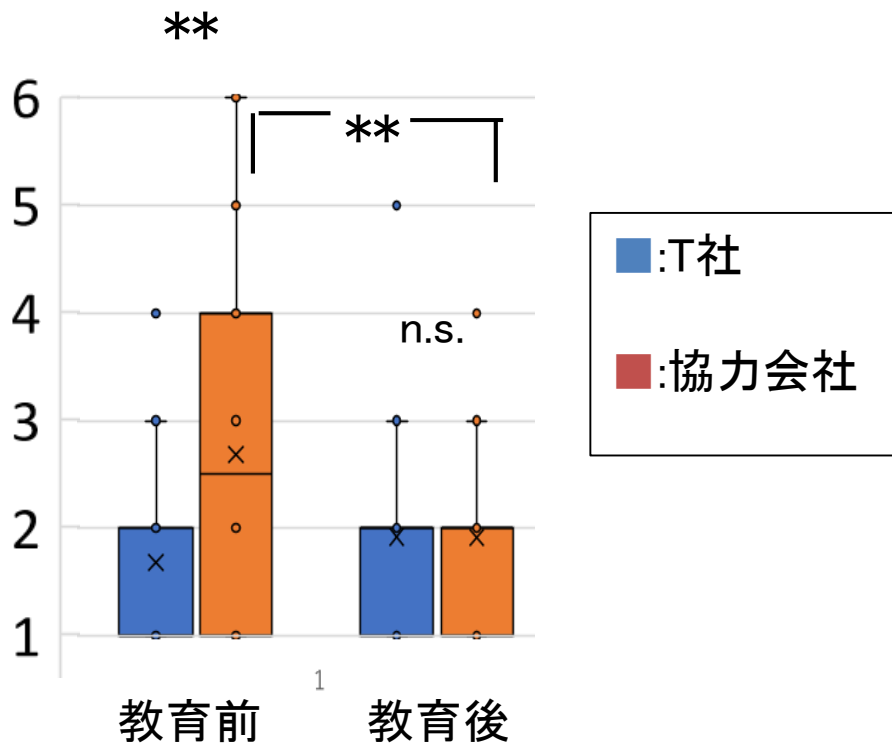
所属による職場不安の比較



対応のないT検定. *: $p < 0.05$

所属による不安項目の比較

がん(胃・肺など)



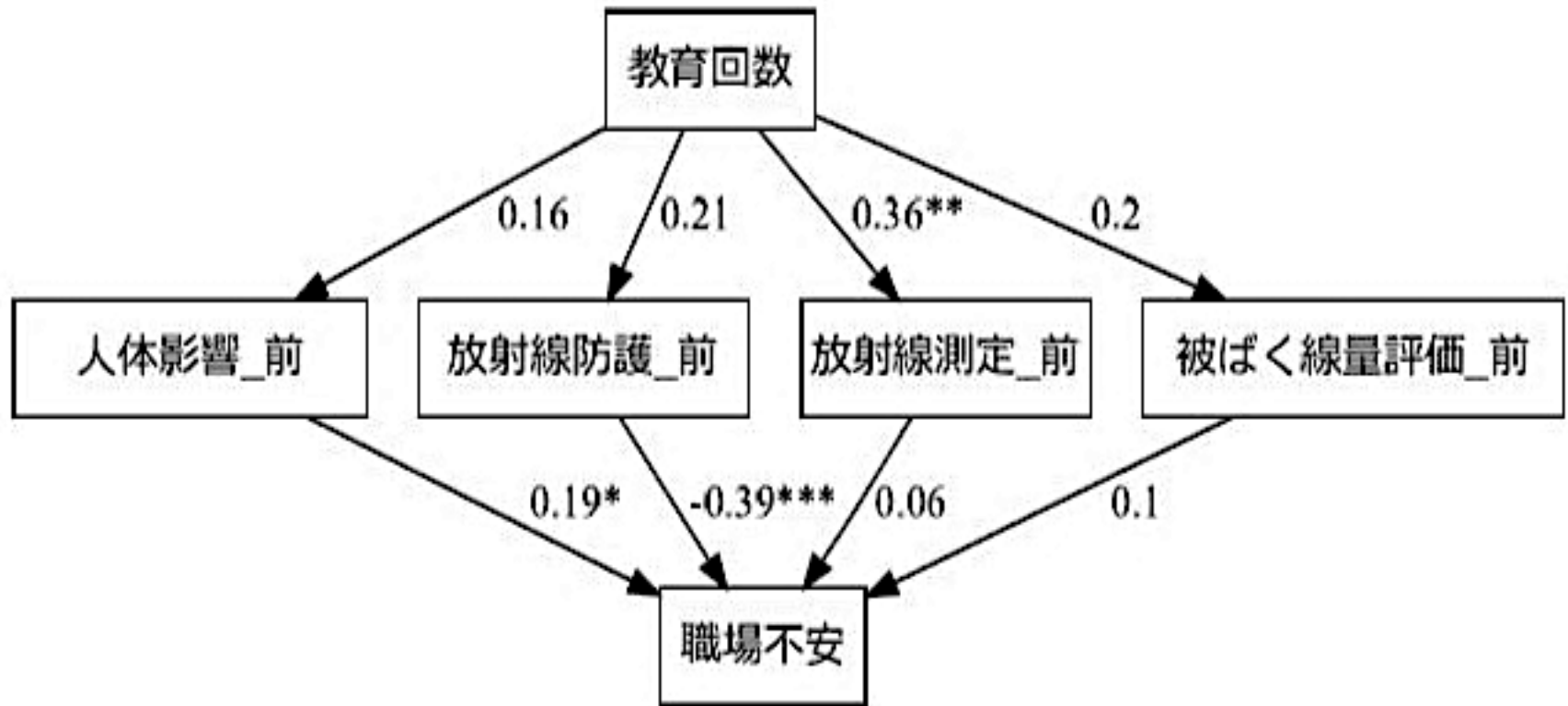
以下の項目についても同様の結果が得られた

- 脳疾患(脳梗塞)
- 白内障
- 将来生まれてくる子や孫に対する不安
- 漠然とした不安
- 食物汚染
- 環境汚染

対応のないT検定. **: $p < 0.01$

教育回数・放射線知識・職場不安の関連

パス解析



まとめ

- 教育プログラムにより、主観的及び客観的評価とも放射線知識は向上し、放射線不安は軽減した。
- 協力会社社員の方がT社社員よりも、有意に不安が高い項目があったが、教育後は不安軽減して、有意差がなくなった。
- 人体影響の知識が、職場での不安を軽減する効果があった。

結語

今回の教育プログラムにより、
放射線知識は向上し、
放射線不安は軽減した。