



令和6年度JAEA-NRA安全研究成果報告会

福島第一原発事故前後における 海産物摂取による内部被ばく線量評価

令和6年11月14日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究センター リスク評価・防災研究グループ

森 愛理

本研究の一部はIAEA CRP K41017 (Behaviour and Effects of Natural and Anthropogenic Radionuclides in the Marine Environment and their use as Tracers for Oceanography Studies)の成果である。

背景 - 日本における海産物被ばくの重要性

- 食物摂取による内部被ばく

- 世界：年間0.29 mSv
- 日本：年間0.99 mSv



海産物を多く摂取する食文化

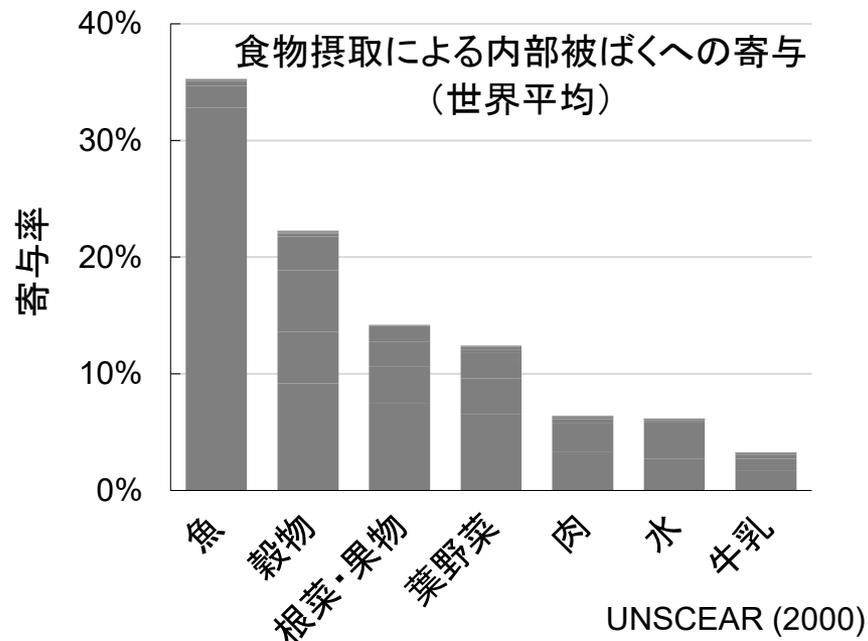
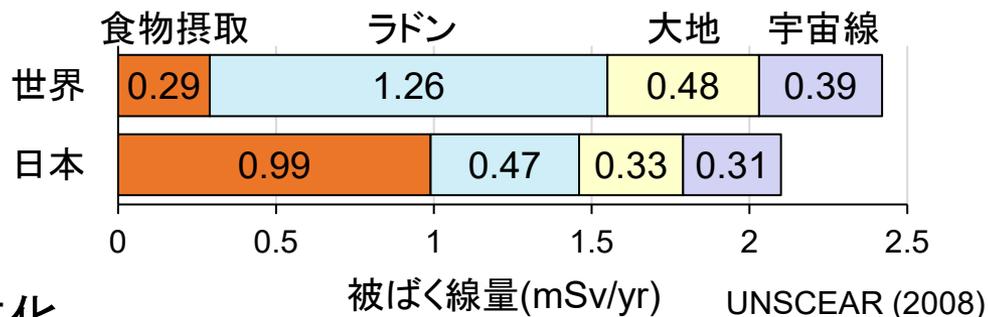
- 海産物摂取による内部被ばく

- 世界：30%-40%が海産物由来
- 日本：-80%?



日本人にとって

海産物摂取による内部被ばくは重要



背景 – 1F事故の影響

- 東京電力福島第一原発(1F)事故の影響
 - 海洋への放射性核種の流出 + 処理水放出 → 関心が高まっている
 - 天然核種 vs 事故由来核種
 - 事故前 vs 事故後
- } 同じ対象者での比較の例がない



海産物摂取による内部被ばく線量評価

- 1F事故前後
- 天然・事故由来核種
- 東北地方の一般成人
- 出荷制限を考慮

方法 – 被ばく線量の計算

$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

- p : 評価期間(4期間)
 - 事故前10年間、事故後1年間、事故1-3年後、事故3-10年後
- f : 食品グループ(5グループ)
 - 魚、甲殻類、貝類、頭足類、海藻類
- r : 放射性核種(23核種)
 - 1F事故由来核種 (^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$)
 - その他的人為起源核種 (^3H , ^{60}Co , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{241}Am)
 - 天然核種 (^{210}Pb , ^{212}Pb , ^{210}Po , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U)

方法 - 放射能データ

$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

- MARISからデータ取得

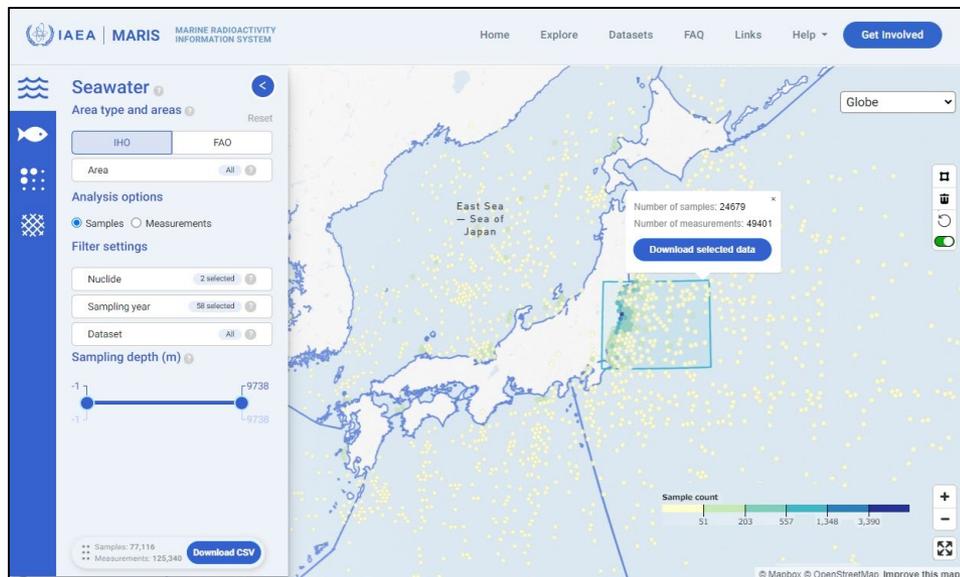
- 生物データ数: 230,000 ^{抽出} → 105,000データ使用

出荷制限を反映

MARIS (Marine Radioactivity Information System)

- 海洋環境放射能データベース
- IAEAが運用(2005-)
 - 共同研究で大規模な整備
- オープンアクセス
- データ検索・ダウンロード
- 公開された論文、報告書等から収集

<https://maris.iaea.org/home>



方法 - 摂取量データ

$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

- 国民健康・栄養調査からデータ取得
- 対象
 - 東北地方
 - 20歳以上
 - 2016年 (大規模調査)

方法 - 摂取量データ

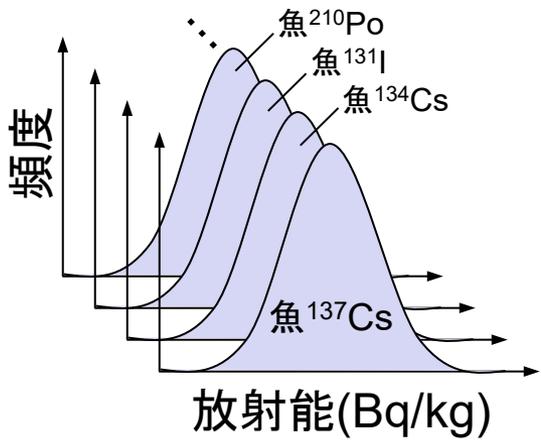
$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

- ICRP Pub. 119から取得
- 成人

方法 - 摂取量データ

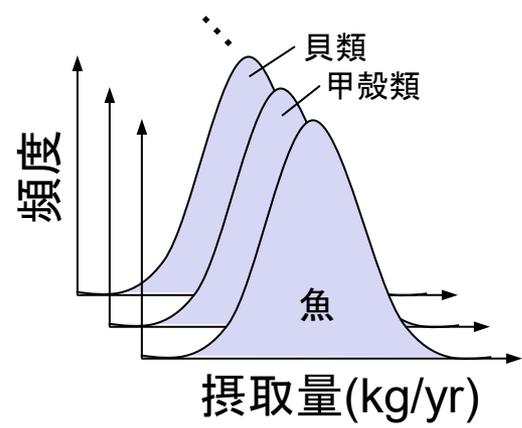
$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

- モンテカルロ法
- 放射能の分布、摂取量の分布から10,000データ



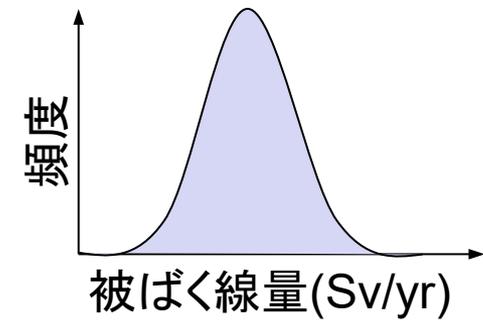
対数正規分布を仮定

10,000セット



正規分布を仮定

10,000セット



10,000人分

課題 – 事故由来核種の放射能データ

$$\text{被ばく線量}_p \text{ (Sv/yr)} = \sum_{f,r} \left(\text{放射能}_{f,p,r} \text{ (Bq/kg)} * \text{摂取量}_f \text{ (kg/yr)} * \text{線量換算係数}_r \text{ (Sv/Bq)} \right)$$

① データ密度の差

- 福島周辺のデータが9割以上 → 実際の漁獲エリアと異なる

② ヨウ素131データ

- 半減期約8日 → 迅速測定(検出下限値が高い) → 過大評価

③ 不検出(ND)データ

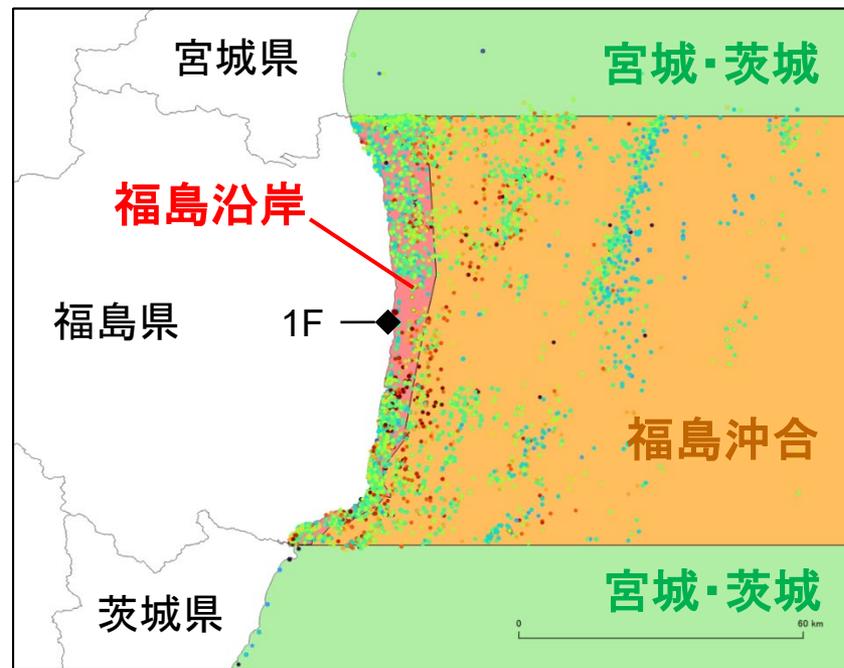
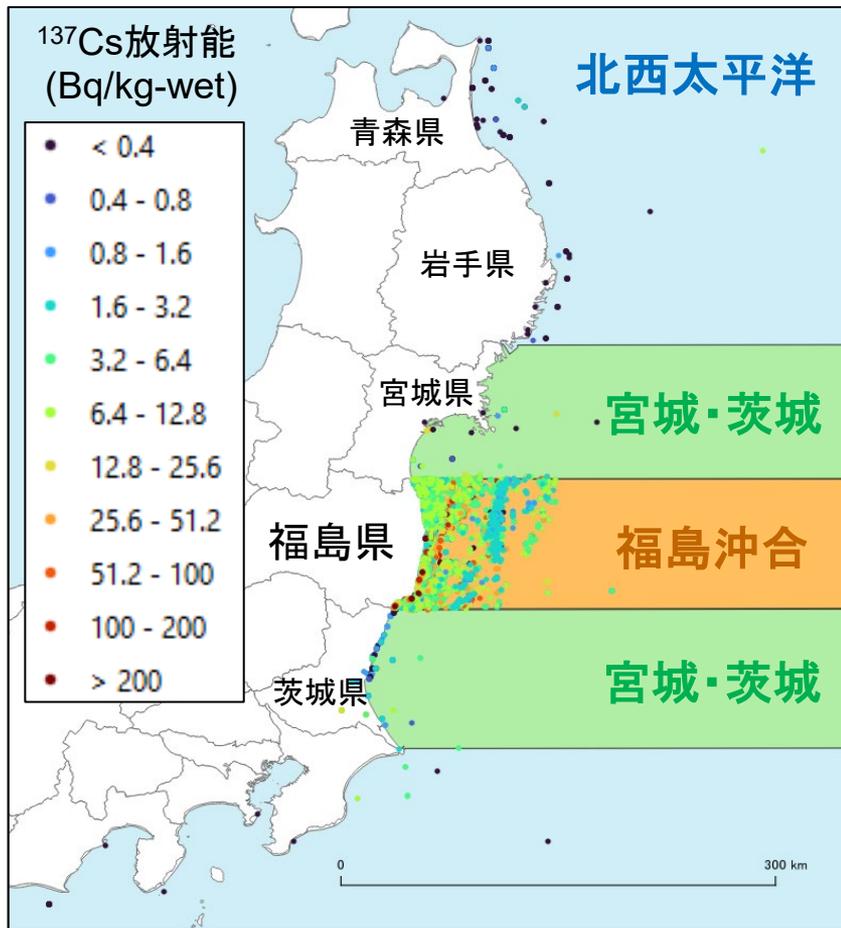
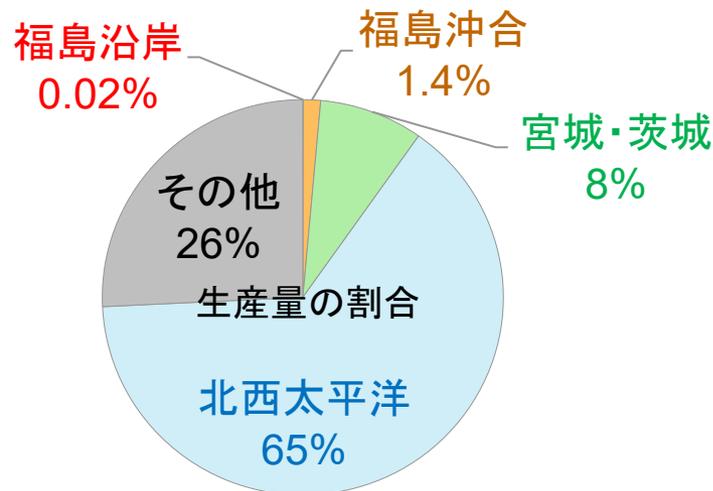
- スクリーニング目的 → 7割以上ND → NDデータの処理方法?
過大評価・過小評価

課題 – 放射能データの取扱い①

① データ密度の差

→ 漁業権水域で分割

→ 各水域の生産量の割合で重み付け



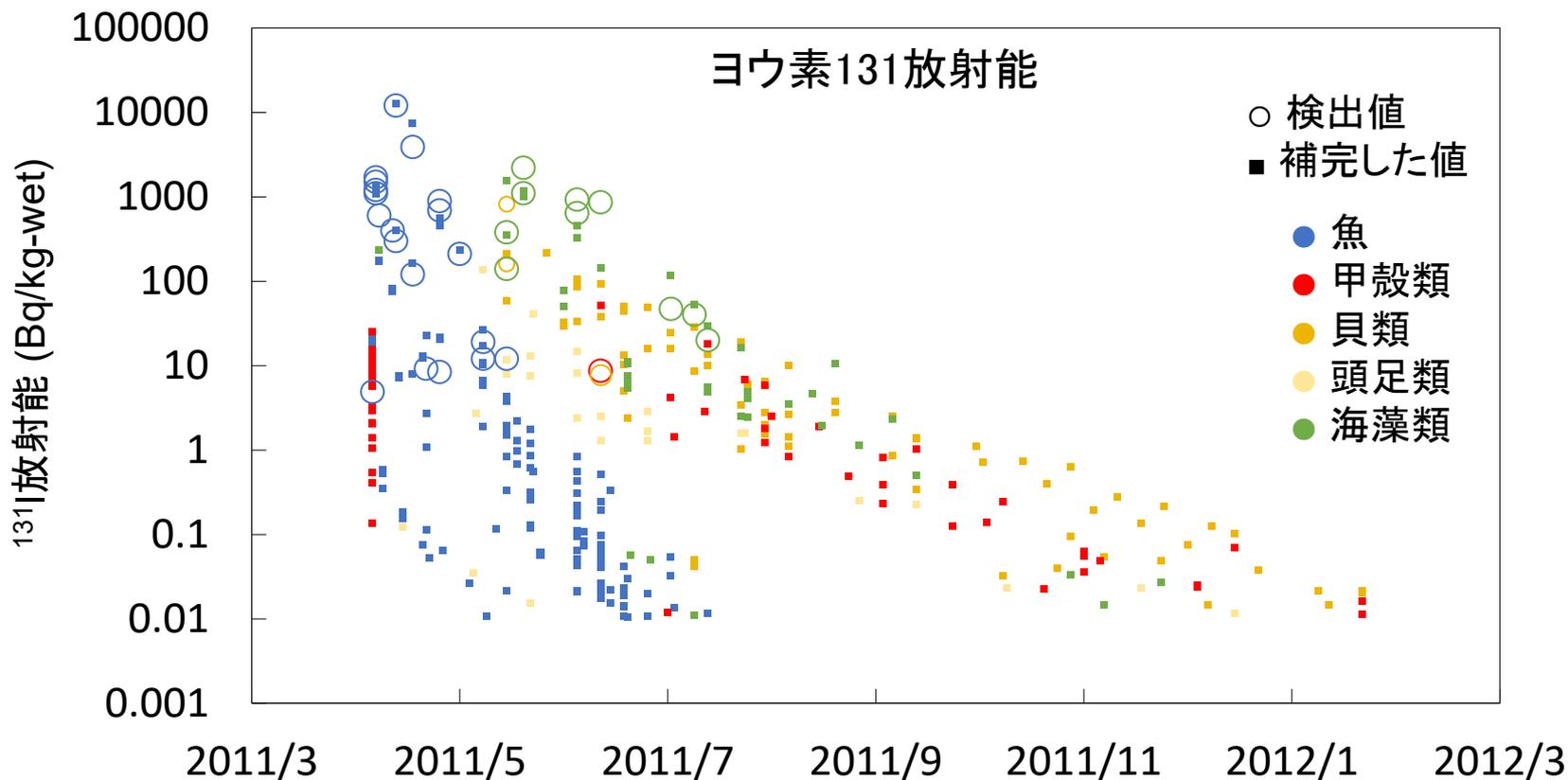
課題 – 放射能データの取扱い②

②ヨウ素131データ

検出限界 10 Bq/kg程度

→ ^{131}I と ^{137}Cs が両方検出されたデータの $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 経時変化を取得

→ ^{137}Cs 放射能とサンプリング時期から ^{131}I 放射能を推定

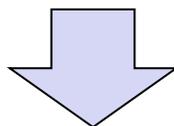


課題 – 放射能データの取扱い③

③不検出(ND)データ

e.g. 1F事故由来核種のNDデータ数: 57288 / 80586 (71%)

- NDデータを除外する → 過大評価
- NDデータを検出下限値とみなす → 過大評価
- NDデータを0とみなす → 過小評価



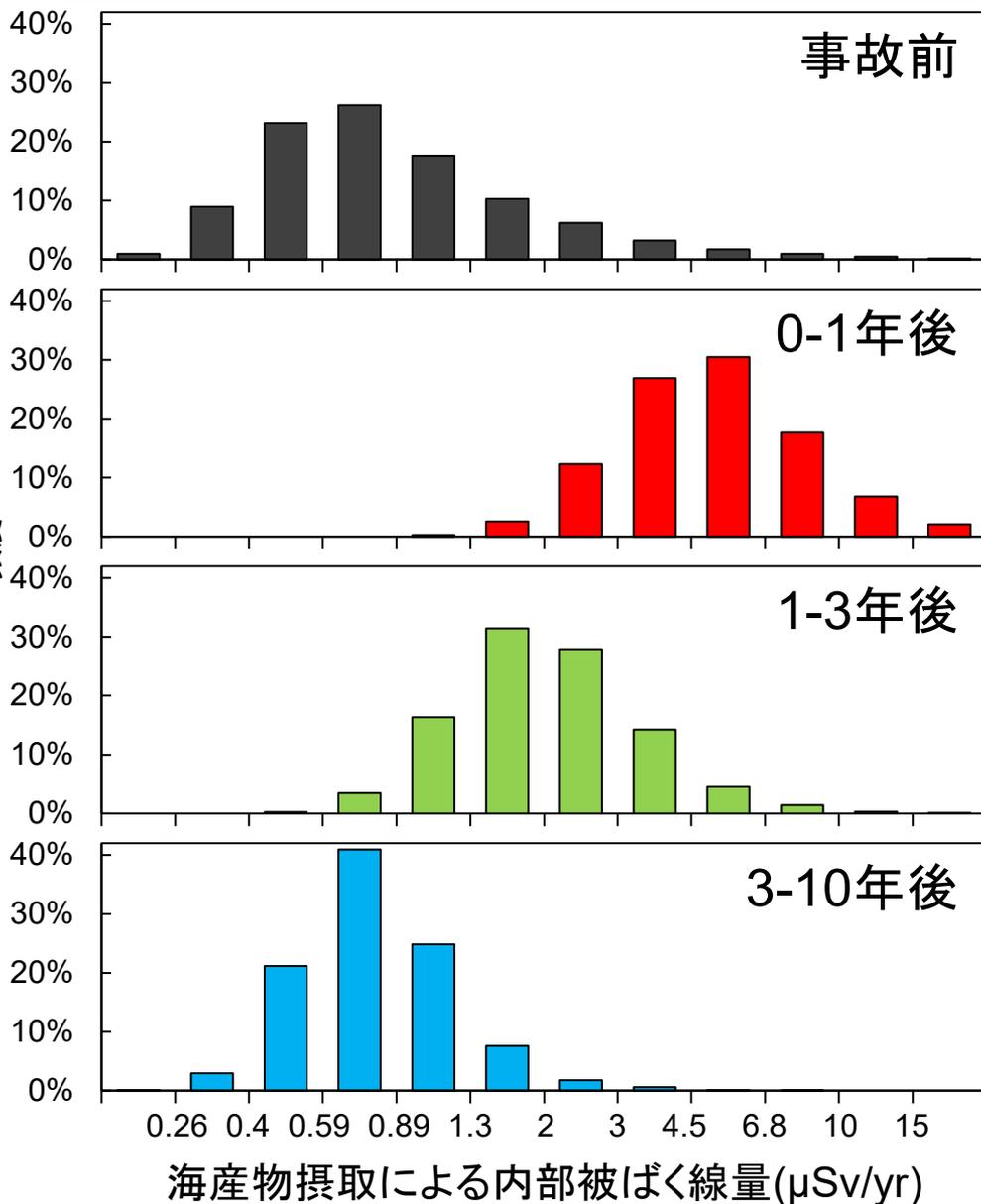
各期間・食品グループ・核種における
NDの割合に応じて処理 (WHO (2007))

NDの割合が {

- 60%未満: 検出下限値とみなす
- 60%-80%: 検出下限値の1/2とみなす
- 80%以上: 検出下限値の1/4とみなす

→ 極端な過大評価、過小評価を抑制

結果と考察 – 事故由来核種からの内部被ばく



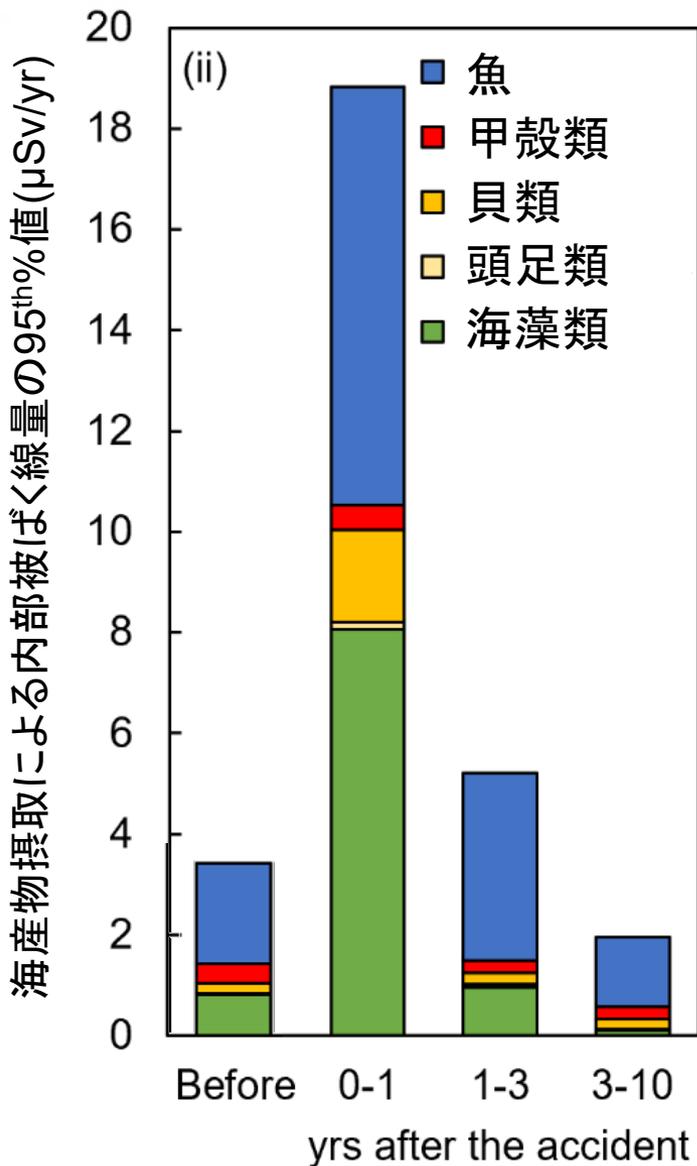
事故由来核種

^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$

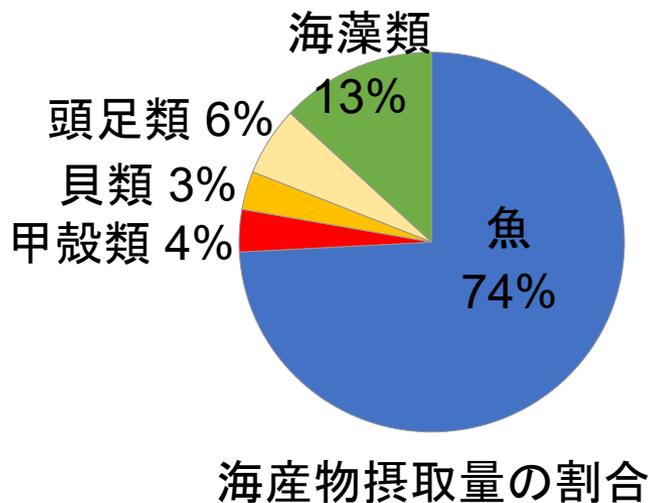
(μSv/yr)	50 th %	95 th %
事故前	0.39	3.4
0-1年後	3.2	19
1-3年後	1.6	5.2
3-10年後	0.64	2.0

- 事故直後に上昇
(95th%で19 μSv/yr)
- 事故3-10年後には事故前のレベルに減少(95th%で2.0 μSv/yr)

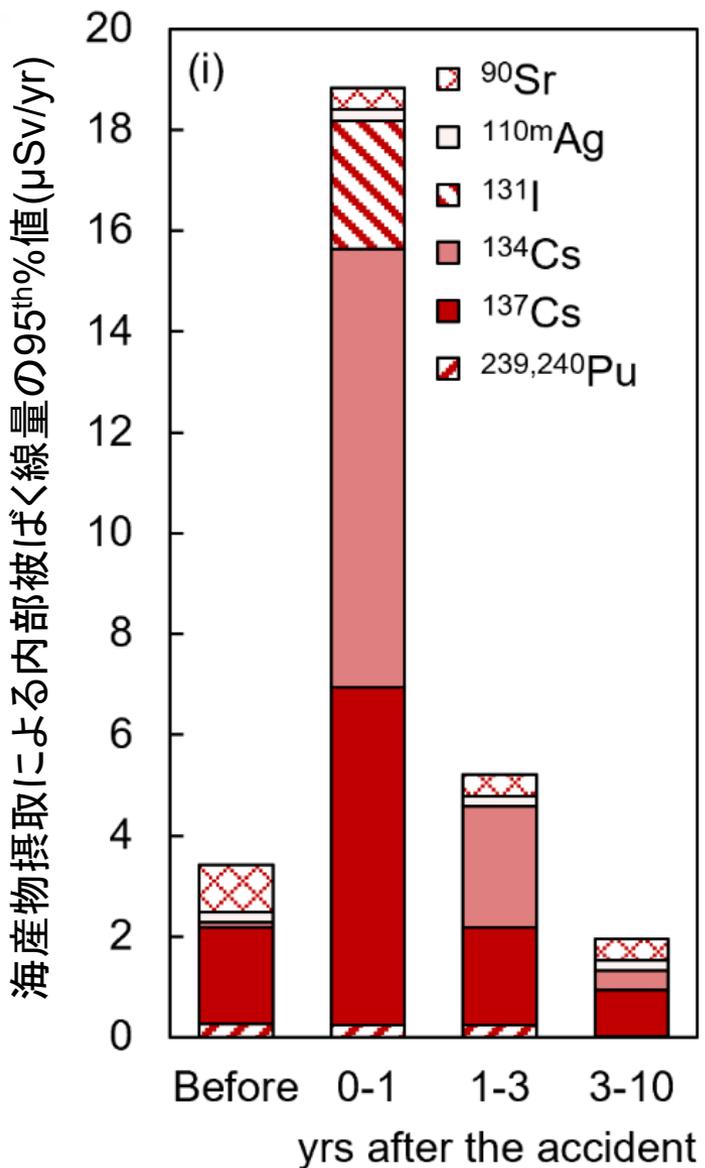
結果と考察 – 事故由来核種からの内部被ばく



- 海産物の寄与
 - 全期間: 魚の寄与大
 - ... 魚の摂取量に起因
 - 事故後1年間: 海藻類の寄与大
 - ... 海藻類の¹³¹I放射能に起因
(海藻類はヨウ素が豊富)



結果と考察 – 事故由来核種からの内部被ばく



核種の寄与

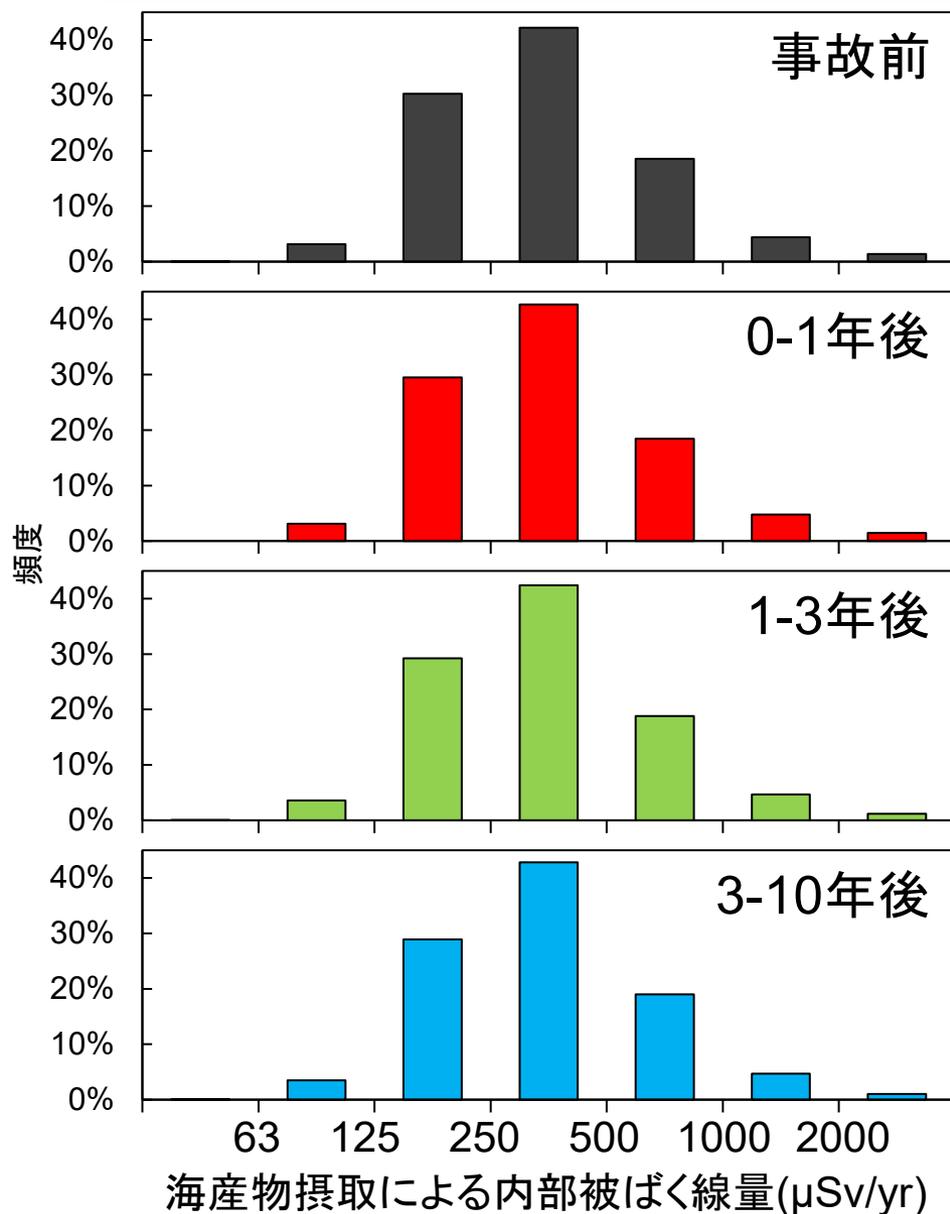
- 事故後1年間 : ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs
半減期8日, 2年, 30年
- 事故1-3年後 : ^{134}Cs , ^{137}Cs
- 事故3-10年後 : ^{137}Cs



事故初期は半減期が短く被ばくへの影響が大きい ^{131}I , ^{134}Cs に注意

事故初期の海藻類の摂取制限が有効

結果と考察－全核種からの内部被ばく



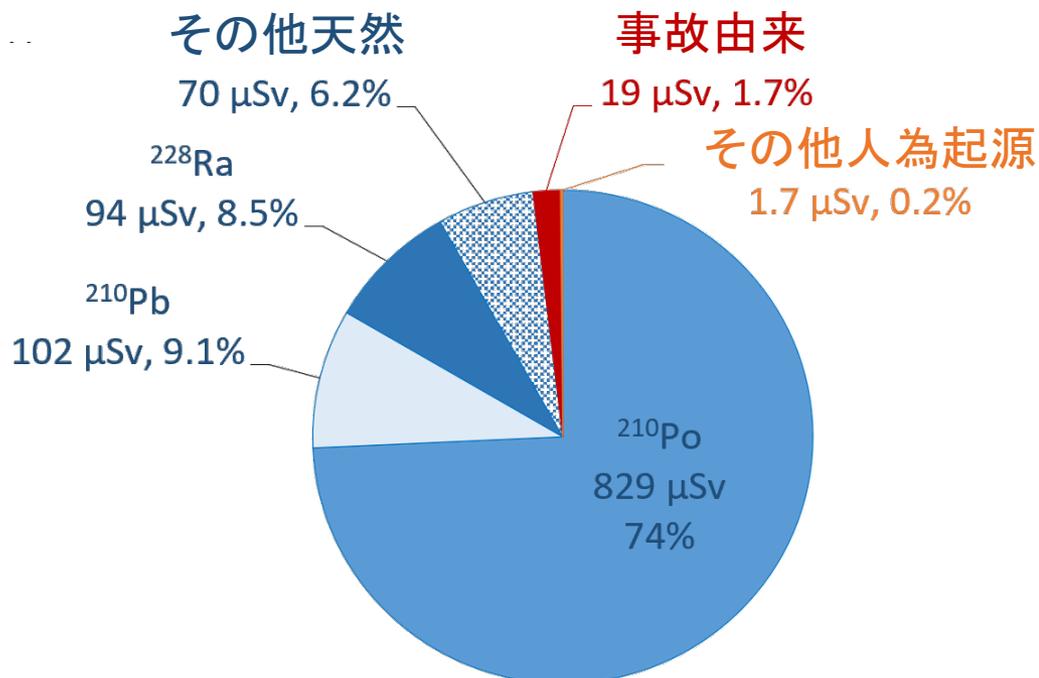
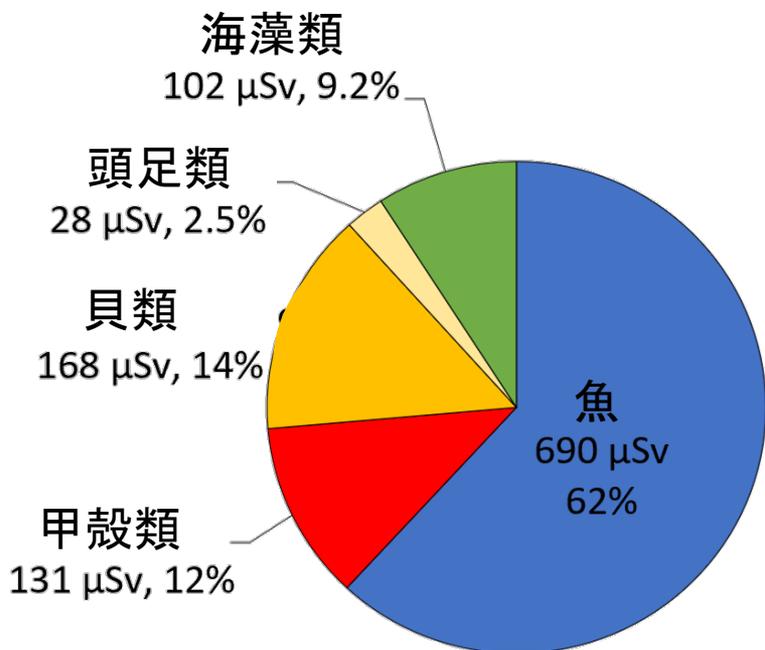
全核種

^{90}Sr , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$,
 ^3H , ^{60}Co , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{241}Am ,
 ^{210}Pb , ^{212}Pb , ^{210}Po , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra ,
 ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U

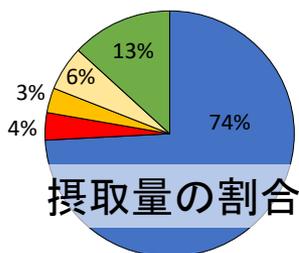
(μSv/yr)	50 th %	95 th %
事故前	328	1100
0-1年後	331	1115
1-3年後	330	1102
3-10年後	329	1098

- 評価期間による違いなし (事故の影響はほとんど見えない)
- 50th%で330 μSv/yr程度
- 95th%で1100 μSv/yr程度

結果と考察- 全核種からの内部被ばく



- 事故後1年間、95th%値
- 魚:62% ← 摂取量に起因



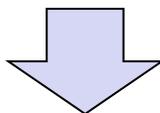
- 事故後1年間、95th%値
- 天然核種:98% (うち²¹⁰Po:74%)
- 事故由来核種:1.7%



- 事故直後であっても事故の影響は比較的小さい

まとめと今後の予定

- 海産物摂取による内部被ばく線量を評価。
 - 事故前 vs 事故後
 - 天然核種 vs 事故由来核種



- 事故後1年間、95th%値
 - 全核種: 1115 μ Sv
 - 天然: 98% (1095 μ Sv)
 - 事故由来: 1.7% (19 μ Sv)
- } 事故の影響は比較的小さい。

- 今後の予定
 - より高く被ばくする集団の評価(幼児、漁業者等)
 - 出荷制限の効果の評価

参考文献

- UNSCEAR (2008) Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2008 Report Volume I. Annex B - Exposures of the public and workers from various sources of radiation.
- FAO (2022) FAOSTAT, Food Balances (2010-).
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>
- UNSCEAR (2000) UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume I: Sources. United Nations, New York.
- IAEA (2024) IAEA Marine Radioactivity Information System. In: Division of IAEA Marine Environment Laboratories [online]. Monaco. [25 October 2024]
<https://maris.iaea.org>
- 厚生労働省(2024) 出荷制限等の品目・区域の設定
<https://www.mhlw.go.jp/stf/kinkyu/2r9852000001dd6u.html>
- 厚生労働省(2017) 平成28年国民健康・栄養調査報告
- ICRP (2012) Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.).
- Morita et al. (2010) Detection and activity of iodine-131 in brown algae collected in the Japanese coastal areas. Science of the Total Environment, 408, 3443-3447;
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.001>
- WHO (2007) GEMS/Food Total Diet Studies Report of the 4th International Workshop on Total Diet Studies. Beijing, China.