

PRESS RELEASE

2020年3月10日

環境省記者クラブ、福島県政記者クラブ
同時発表

学校法人 国際医療福祉大学広報部
〒107-8402 東京都港区赤坂 4-1-26
TEL 03-5574-3828 FAX 03-5574-3827
E-mail: press@iuhw.ac.jp

福島県の小児甲状腺等価線量を高精度に推計する手法の開発

この成果は、国際科学誌 *Scientific Reports* (サイエンティフィック レポート) 誌に
2020年2月27日発表されました。

T. Ohba, T. Ishikawa, H. Nagai, S. Tokonami, A. Hasegawa, and G. Suzuki
Reconstruction of residents' thyroid equivalent doses from internal radionuclides after
the Fukushima Daiichi nuclear power station accident. *Scientific Reports* (2020)
<https://www.nature.com/articles/s41598-020-60453-0>

国際医療福祉大学クリニック院長の鈴木元博士(放射線疫学)は、福島県立医科大学の大葉隆助教(放射線防護)、石川徹夫教授(放射線防護)、長谷川有史教授(放射線災害・救急医療)、日本原子力研究開発機構(JAEA)の永井晴康ディビジョン長(気象学)、弘前大学の床次眞司教授(放射線物理)らと共同研究を行い、福島県の小児甲状腺等価線量を高精度で推計する手法を確立し、論文発表しました。

<成果のポイント>

- ・原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)2013年福島報告書で推計された小児の甲状腺被ばく線量(註)より現実的で、かつ甲状腺実測値に基づく線量評価と整合性の高い線量推計が可能となりました。
- ・放射性ヨウ素 ^{131}I による内部被ばくだけでなく、事故初期に存在していた短半減期放射性核種($^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, ^{133}I)による内部被ばくも評価しました。
- ・不確実性を少なくすることにより、避難地区7市町村毎の1歳児の甲状腺等価線量は、平均値が1.2~15 mSvとなり、UNSCEARによる当該市町村の平均甲状腺吸収線量推計値(15~83mGy)より大幅に低くなりました。
- ・鈴木博士らのグループが開発した手法は、より詳細な甲状腺被ばく線量を用いた検討に貢献すると期待されます。

(註) UNSCEAR は、甲状腺被ばく線量を吸収線量 (mGy 単位) で評価しておりますが、私たちは国際放射線防護委員会 (ICRP) の等価線量 (mSv 単位) を用いて評価しました。今般の放射線事故で環境汚染を起こした ^{131}I , $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, ^{133}I などの放射性物質による被ばくでは、吸収線量と等価線量は同じ値になります。

<研究の背景>

1986 年のチェルノブイリ原発事故後に放射性ヨウ素で汚染されたミルクを摂取した子供達に甲状腺がんが多発したことを踏まえ、2011 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故のあと、福島県においては、いわき市、川俣町、飯舘村で 1080 名の小児を対象に甲状腺に取り込まれた ^{131}I 活性の測定が実施されました。しかし、その他の避難地区住民やその周辺住民の甲状腺被ばく線量の全体像は不明でした。そこで、2013 年に原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) は、大気拡散シミュレーションに基づき小児甲状腺被ばく線量の推計値を公表してきましたが、上述した 1080 名の甲状腺の実測値に基づく評価値やその他の成人の実測値に基づく評価値との乖離が大きく、改善が望まれておりました。

<研究内容>

今回、鈴木博士らのグループは環境省の放射線健康管理・健康不安対策事業 (放射線の健康影響に係る研究調査事業) として、福島県「県民健康調査」の一環で実施した行動調査に関する問診票 (行動調査票) と精緻化された世界版緊急時環境線量情報予測システム (WSPEEDI) で推計された大気中の放射性ヨウ素濃度の時間空間的濃度分布を組み合わせ、かつ、日本人のヨウ素摂取量の多さや屋内退避による防護効果などを考慮した線量評価法を考案しました。

一般的な線量評価の手法： 大気中の放射性ヨウ素 ^{131}I やその他の短半減期核種 ($^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, ^{133}I) は、呼吸により体内に取り込まれ、甲状腺に蓄積します。また、水源に沈着した放射性ヨウ素は、水道水汚染を引き起こし、飲料水や調理水として身体に取り込まれ、同じく甲状腺に蓄積します。甲状腺に蓄積した ^{131}I の放射活性を直接測定すれば、その個人の食生活の特性や避難行動の多様性を反映した甲状腺被ばく線量が評価できます。他方、実測値を持たない避難住民に関しては、滞在地の平均的な大気中 ^{131}I 濃度や水道水の ^{131}I 濃度を推計し、また摂取量として平均的な呼吸換気量や飲水量、調理水量を調査して、 ^{131}I の吸入摂取量および経口摂取量を計算します。

大気拡散シミュレーション： 福島県内あるいは近隣県の 1 km メッシュ (四方) ないし 3 km メッシュ毎の地上 1 m の大気中 ^{131}I 濃度の経時的变化、および水源を含むメッシュへの ^{131}I 沈着量の経時的变化は、大気拡散シミュレーションの一種である WSPEEDI で計算しました。WSPEEDI の精緻化に関しましては、昨年 JAEA から論文発表されております (文献 1)。簡単に紹介すると、最先端の計算プログラムを WSPEEDI に導入すると同時に、

地表面に沈着した ^{131}I 濃度分布の他に、大気中の浮遊粒子状物質（SPM）モニタリングステーションのフィルターに残されていた放射性セシウムの経時的濃度変化等を用いてシミュレーションの最適化が行われています。

詳細な避難行動に基づく線量評価： 避難行動の多様性を反映させるため、福島県「県民健康調査」の一環として収集した行動調査票を市町村毎に 100 ないし 300 無作為抽出し、行動調査票に書かれている避難途上の滞在日時と場所に応じて吸入被ばく線量を推計しました。線量の計算は、国際放射線防護委員会（ICRP）が定めた単位放射性ヨウ素当たりの甲状腺等価線量換算係数および年齢別の一日換気量を用いて計算するのですが、日本人に合わせた補正が必要です。

日本人の食生活・屋内退避の効果を考慮した線量評価： 日本人は普段からヨウ素摂取量が多いため、欧米人に比べて放射性ヨウ素は甲状腺に蓄積しにくいことが知られています。個々の避難住民の日常的なヨウ素摂取量を知ることはできないので、日本人ボランティアで実測されたヨウ素代謝動態の文献（文献 2）で報告されたヨウ素の甲状腺取り込み率の平均と標準偏差を使い、単位放射性ヨウ素摂取量当たりの甲状腺等価線量換算係数の補正（及びその不確実性の幅）を行うこととしました。また、避難途上に日本家屋に屋内退避しているのですが、屋内退避による吸入被ばくの防護効果を考慮しないと、過大評価に陥ります。家屋の気密性が高いほど防護効果が高くなりますが、気密性は建造時の建築基準法の違いや経年劣化で変わり、風速でも変化します。そこで、JAEA の研究者が東北地方の家屋で換気率を実測した報告例を参考に（文献 3）、原発事故時の福島県の建築年代別家屋の分布を考慮した防護効果の係数（及びその不確実性の幅）を用いて吸入被ばく線量を評価しました（表 3）。

水道水からの内部被ばく： 原発事故後、水源が放射性ヨウ素で汚染され、水道水を摂取することで経口被ばくも起こりました。しかし、飯舘村以外の避難地区の子供たちは、中通りや会津や県外への避難が早かったため、経口被ばくによる 1 歳児の甲状腺等価線量の平均値は 0.2 ~ 3.2 mSv と低くなりました（文献 4）。避難が段階的に行われた飯舘村に関しては、表 4 で行動調査票に基づき吸入被ばくと水道水からの経口被ばくを個人ごとに合算した甲状腺等価線量を推計し、実測値に基づく甲状腺等価線量とを比較しております。この結果、避難地区 7 市町村の子供達の甲状腺被ばく線量を小児甲状腺の放射性ヨウ素実測値に基づく甲状腺被ばく線量評価値の分布と整合性高く推計できていることが示されました（表 4）。

表 3. ^{131}I , $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, ^{133}I 吸入被ばくによる 1 歳児の甲状腺等価線量

	Futaba Town	Tomioka Town	Naraha Town	Okuma Town	Namie Town	Odaka ward (Minamisoma City)	Haramachi/Kashima wards (Minamisoma City)	Iitate Village
Mean	5.3	1.2	2.3	2.9	5.7	15	6.3	4.5
(95%UI) ^b	(1.3, 11)	(0.3, 2.5)	(0.6, 4.7)	(0.7, 6.0)	(1.4, 12)	(3.7, 31)	(1.6, 13)	(1.1, 9.3)
Median	1.5	0.6	1.0	2.4	0.9	16	4.8	5.6
(95%UI) ^b	(0.4, 3.1)	(0.1, 1.2)	(0.3, 2.1)	(0.6, 5.1)	(0.2, 2.0)	(4.0, 33)	(1.2, 10)	(1.4, 12)
95 th percentile	30	7.5	9.7	9.1	30	25	19	9.1
(95%UI) ^b	(7.5, 63)	(1.9, 16)	(2.4, 20)	(2.3, 19)	(7.4, 62)	(6.3, 53)	(4.9, 41)	(2.3, 19)

Table 3. Estimated TEDs (mSv) of 1-year-old children via inhalation of ^{131}I , $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, and ^{133}I . ^aMethod of TEDs via inhalation of ^{131}I , $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, and ^{133}I is described in Materials and Methods. ^bUI: uncertainty interval.

訳註： mean: 平均値、median: 中央値、95th percentile: 95%値、^{a)} ^{131}I , $^{132}\text{Te}/^{132}\text{I}$, ^{133}I の吸入による甲状腺等価線量 (TEDs) の計算法は、「材料と方法」に記した。 ^{b)}UI: 不確実性の範囲

表 4. シミュレーションによる ^{131}I -TED 評価値と甲状腺実測値による ^{131}I -TED の比較

Methodology	Simulation			Direct thyroid measurement							
	^{131}I -TEDs (mSv) in this study			^{131}I -TEDs estimates (mSv) ¹¹				^{131}I -TEDs estimates (mSv) ¹⁰			
Reference	25 th percentile (95%U.I.)	Median (95%U.I.)	75 th percentile (95%U.I.)	(N)	25 th percentile	median	75 th percentile	(N)	25 th -percentile	median	75 th -percentile
Minamisoma city, 1-year-old, inhalation dose	2.7 (0.7, 5.7)	3.5 (0.9, 7.4)	7.4 (1.7, 15)	(31)	0	3.9*	11*	N.E. [#]			
Odaka ward, 1-year-old, inhalation dose	6.6 (1.6, 14)	10 (2.5, 21)	12 (3.0, 25)								
Odaka ward, adult, inhalation dose	3.3 (0.8, 7)	5 (1.3, 11)	6 (1.5, 13)	N.E.				(32)	1.6 [§]	4 [§]	6 [§]
Iitate village, 5-years-old, inhalation and ingestion dose	1.5 (0.4, 2.9)	7 (1.9, 15)	14 (4.7, 26)	(99)	0	7.3	14.7	N.E.			
Iitate village, 10-years-old, inhalation and ingestion dose	1.2 (0.4, 2.5)	6.1 (1.6, 12)	12 (3.7, 22)	(114)	0	3.7	7.5				

- 訳註： *Kim らの原著 (文献 5) では 2011 年 3 月 15 日の曝露とされていたが、3 月 12 日に修正し、数値は Kim 等の報告にある様に 1.4 倍している。31 名の子供の年齢構成は知られていない。*Tokonami 等の原著 (文献 6) では 2011 年 3 月 15 日の曝露とされているが、3 月 12 日に修正し、線量を計算し直した。浪江町に 3 月下旬まで滞在し続け、ブルームに複数回曝露したことが明白な一家族(5 名)は、今回の解析から除いた。#N.E.: 推計されていない。

<科学的、社会的意義>

今回の推計結果は、不確実性の幅、および文献 4 で別途評価した汚染水道水からの追加甲状腺被ばく線量を考慮しても、多くの子供達の甲状腺等価線量が 30mSv 以下であることを示しました。

今後、鈴木博士らのグループが開発した手法が、より詳細な甲状腺被ばく線量を用いた検討に貢献すると期待されます。

文献

1. Terada, H. et al. Refinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident. *J. Environ. Radioact.* <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106104> (2019).
2. Kudo, T. et al. Determination of the kinetic parameters for ¹²³I uptake by thyroid, and thyroid weights and volumes, In present-day healthy Japanese volunteers. *Health phys.* **118(4)**:417-426 (2020),
<https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001144>
3. Hirouchi, J., Takahara, S., Komagamine, H. & Munakata, M. Investigation of reduction factor of internal exposure for sheltering in Japan. *ASRAM2018*, Proceedings 1–8 (2018).
4. Miyatake, H. et al. Estimation of internal dose from tap water after Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident using newly obtained data. *J. Radiat. Res.* (2019), <https://doi.org/10.1093/jrr/rrz089>
5. Kim, E. et al. Reassessment of internal thyroid doses to 1,080 children examined in a screening survey after the 2011 Fukushima nuclear disaster. *Health Phys.* **118 (1)**: 36-52, (2020)
6. Tokonami, S. et al. Thyroid doses for evacuees from the Fukushima nuclear accident. *Sci. Rep.* **2**, 507, <https://doi.org/10.1097/srep00507> (2012)

【研究全般に関するお問い合わせ先】

鈴木 元 (すずき げん)

国際医療福祉大学クリニック 院長

〒324-8501 栃木県大田原市北金丸 2600-6

E-mail: gensuzki@iuhw.ac.jp