

福島原発事故当時満18歳以下だった  
福島県民の甲状腺を詳細に検討した  
最初の英文論文について



公益財団法人  
震災復興支援

放射能対策研究所

Research Institute of Radiation for Disaster recovery support

PLOS ONE(2014)

doi:10.1371/journal.pone.0113804

和訳論文タイトル:

「福島原子力発電所事故後20~30ヶ月の期間に検査を行った  
小児・思春期福島県民における甲状腺の状態:横断的研究」

著者:

渡部 肇(1, 2)、古谷知之(3)、二瓶正彦(1, 4)、佐久間裕(1, 4)、  
矢内理恵(5)、高橋美由紀(5)、佐藤英夫(5)、佐川文彦(1, 4, 5)

1. 公益財団法人 震災復興支援放射能対策研究所
2. 医療法人光仁会 春日部厚生病院
3. 慶応義塾大学 総合政策学部
4. 医療法人誠励会 ひらた中央クリニック
5. 医療法人誠励会 ひらた中央病院

# 〈和訳論文要約①〉

## 【背景】

福島原発事故(2011年3月)のあとに最も憂慮すべき健康被害は若い世代における甲状腺がん増加の可能性であり、それはチェルノブイリ原発事故(1986年4月)からの重要な教訓である。チェルノブイリ原発事故においては事故後3~5年を経過してから小児甲状腺がんが増え始めたと報告されているが、我々はこの潜伏期間が実際にはもっと短かった可能性もあると考えている。その理由は、①当時のソビエト連邦においては事故後に甲状腺検査を開始する時期が遅かったこと、および②1980年代における超音波診断装置の性能は現在のレベルに比べて低かったからである。今回の我々の研究目的は、①福島原発事故後20~30か月という比較的早期において小児・思春期福島県民に何らかの甲状腺異常が発生していないかどうかを調べること、また②甲状腺超音波所見、甲状腺に関連した血液・尿検査、および原発事故後早期(2011年3月15日~3月31日)に各被検者が居住していた福島県内各地域における放射性ヨウ素( $^{131}\text{I}$ )土壌汚染濃度の3者間の関連を解析すること、である。

## 〈和訳論文要約②〉

### 【方法と結果】

本研究は横断的研究である。本研究の対象者は、原発事故当時満18歳以下(胎児を含む)だった福島県民である。我々が行った検査内容は、問診票による詳細な聴取、甲状腺超音波検査、甲状腺関連血液検査、および尿中ヨウ素濃度の測定である。我々は甲状腺超音波所見(1,137名)、甲状腺関連血液検査(731名)、尿中ヨウ素濃度(770名)、および放射性ヨウ素(<sup>131</sup>I) 土壌汚染濃度(1,137名)の4者間における関連性の有無について統計解析を行った。その結果、統計学的に有意な関連性を認めた項目はなく、また甲状腺がんと診断された被検者はいなかった。

### 【結論】

福島原発事故後20~30か月の時点で行った諸検査からは、小児・思春期福島県民の甲状腺に対する放射能の有意な悪影響は認められなかった。本論文は福島原発事故後の小児・思春期福島県民の甲状腺を詳細に検討して報告した最初の英文論文である。

(和訳: 渡部 肇)

# 〈DOIによる論文検索方法〉

DOI: Digital Object Identifier

URL: <http://dx.doi.org/>

他の主要な検索サイトでも可能

ボックスの中にdoiを入力することにより論文検索が可能

今回の震災復興支援放射能対策研究所からの論文

The Thyroid Status of Children and Adolescents in Fukushima Prefecture  
Examined during 20-30 Months after the Fukushima Nuclear Power Plant  
Disaster: A Cross-Sectional, Observational Study

PLOS ONE (2014)

**doi: 10.1371/journal.pone.0113804**

PLOS ONE: オープンアクセスジャーナル(無料)

# 2011年3月以降に発表された 福島原発事故関連の英文甲状腺論文①

- 1) Thyroid consequences of the Fukushima nuclear reactor accident.  
Nagataki, S. Eur Thyroid J 1:148-158, 2012  
→ 総説論文。福島県における満18歳以下県民の甲状腺検査結果への言及はない。
- 2) Study protocol for the Fukushima health management survey.  
Yasumura, S. et al. J Epidemiol 22:375-383, 2012  
→ 福島県による県民健康調査のプロトコールを紹介したもの
- 3) Thyroid ultrasound findings in children from three Japanese prefectures: Aomori, Yamanashi and Nagasaki.  
Hayashida, N. et al. PLOS ONE (2013) doi:10.1371/journal.pone.0083220  
→ 青森・山梨・長崎の3県で行われた満18歳以下被検者における甲状腺超音波検査結果のまとめ(環境省主導)

# 2011年3月以降に発表された 福島原発事故関連の英文甲状腺論文②

4) Changes in pediatric thyroid sonograms in or nearby the Kanto region before and after the accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant.

Iwaku, K. et al. Endocr J 61:875-881, 2014

→ 福島原発事故の前後で関東地区の満15歳以下被検者における甲状腺超音波検査所見を比較している。前後で違いはなかったと報告している。

5) A review of the Fukushima nuclear reactor accident: radiation effects on the thyroid and strategies for prevention.

Nagataki, S. & Takamura, N. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes 21:384-393, 2014

→ 総説論文。原発事故当時満18歳以下福島県民の甲状腺検査結果（福島県による）を引用しているが、それ以外のデータの記載はない。

6) Time to reconsider thyroid cancer screening in Fukushima

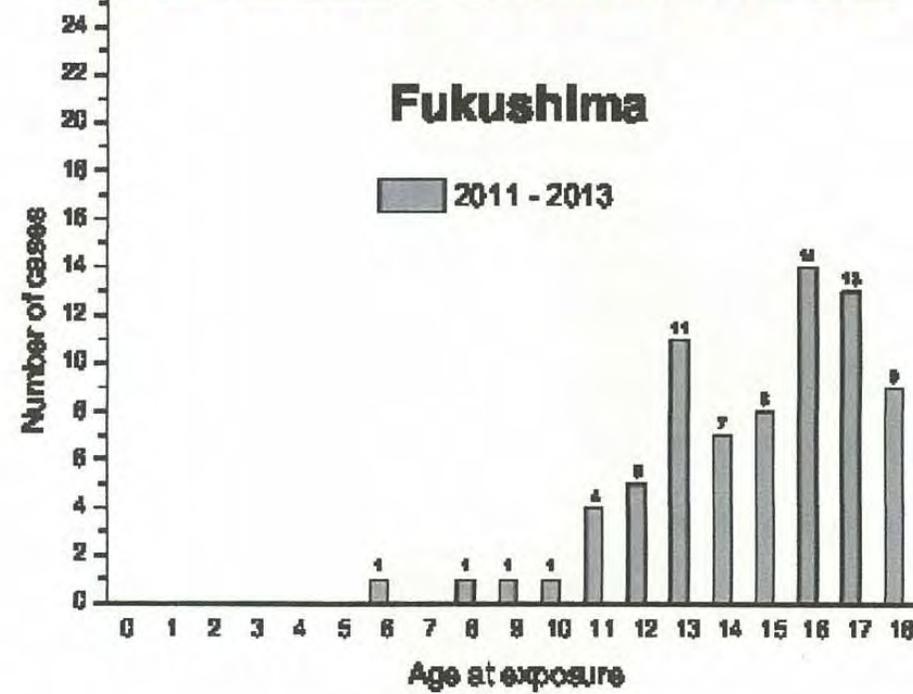
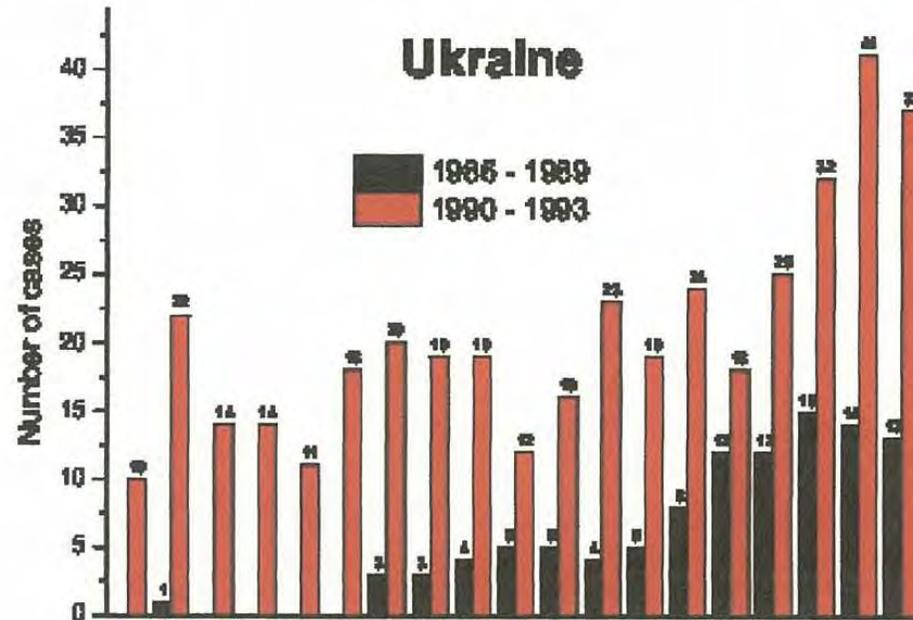
Shibuya, K. et al. Lancet 383:1883-1884, 2014

→ 現在福島県が行っている原発事故当時満18歳以下県民に対する甲状腺検査プロトコールへの警鐘

# 2011年3月以降に発表された 福島原発事故関連の英文甲状腺論文③

7) Age distribution of childhood thyroid cancer patients in Ukraine after Chernobyl and in Fukushima after the TEPCO-Fukushima Daiichi NPP accident.  
Tronko, M.D., Saenko, V.A., Shpak, V.M., Bogdanova, T.I.,  
Suzuki, S., and Yamashita, S. Thyroid 24:1547-1548, 2014

→ チェルノブイリ原発事故当時満18歳以下だったウクライナ人における甲状腺がんの年齢別発生件数を原発事故から3年後まで(1986~1989)と4~7年後(1990~1993)で比較している。さらに、その結果を福島県で2011~2013年に発見された事故当時満18歳以下甲状腺がんの年齢別発生件数と比較している。その結果、ウクライナにおける1986~1989年のデータと福島県のデータが類似していることに基づき、2011~2013年に福島県で発見された若年甲状腺がんの発生要因として放射能の影響は考えにくいと結論している。

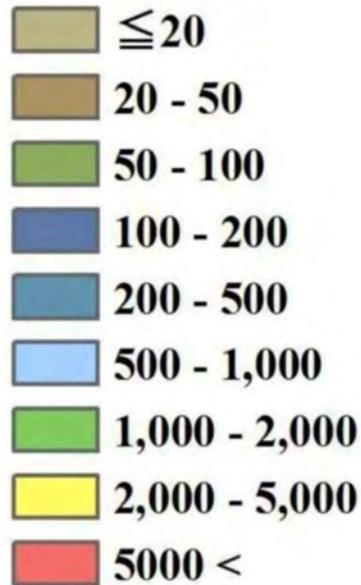


# Figure 1

2011年3月15日における福島県全域の放射性ヨウ素( $^{131}\text{I}$ ) 土壤濃度 (推測値)

FNPP1: 福島第一原子力発電所

$^{131}\text{I}$  ground deposition ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )



 FNPP1

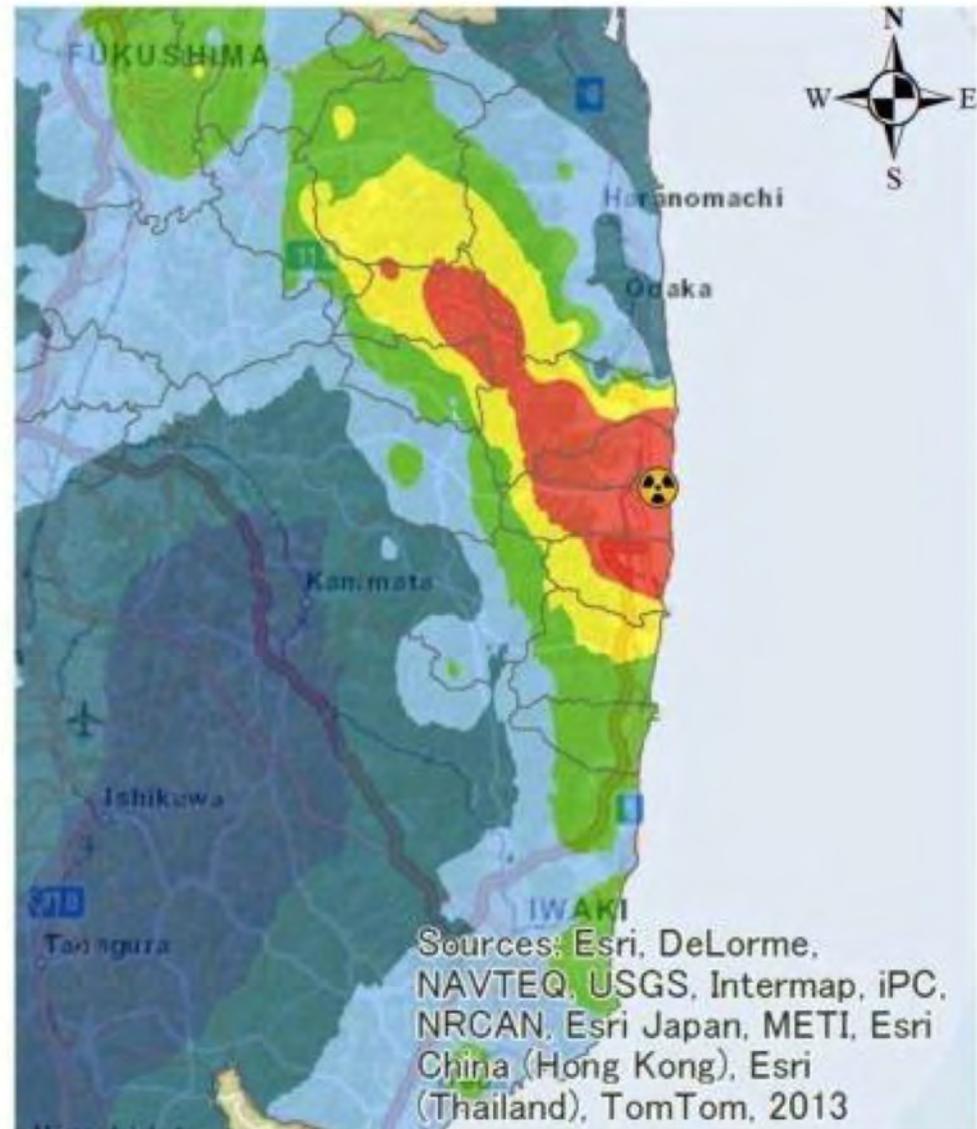
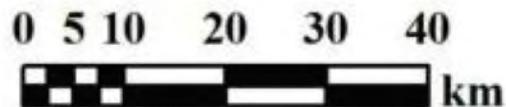
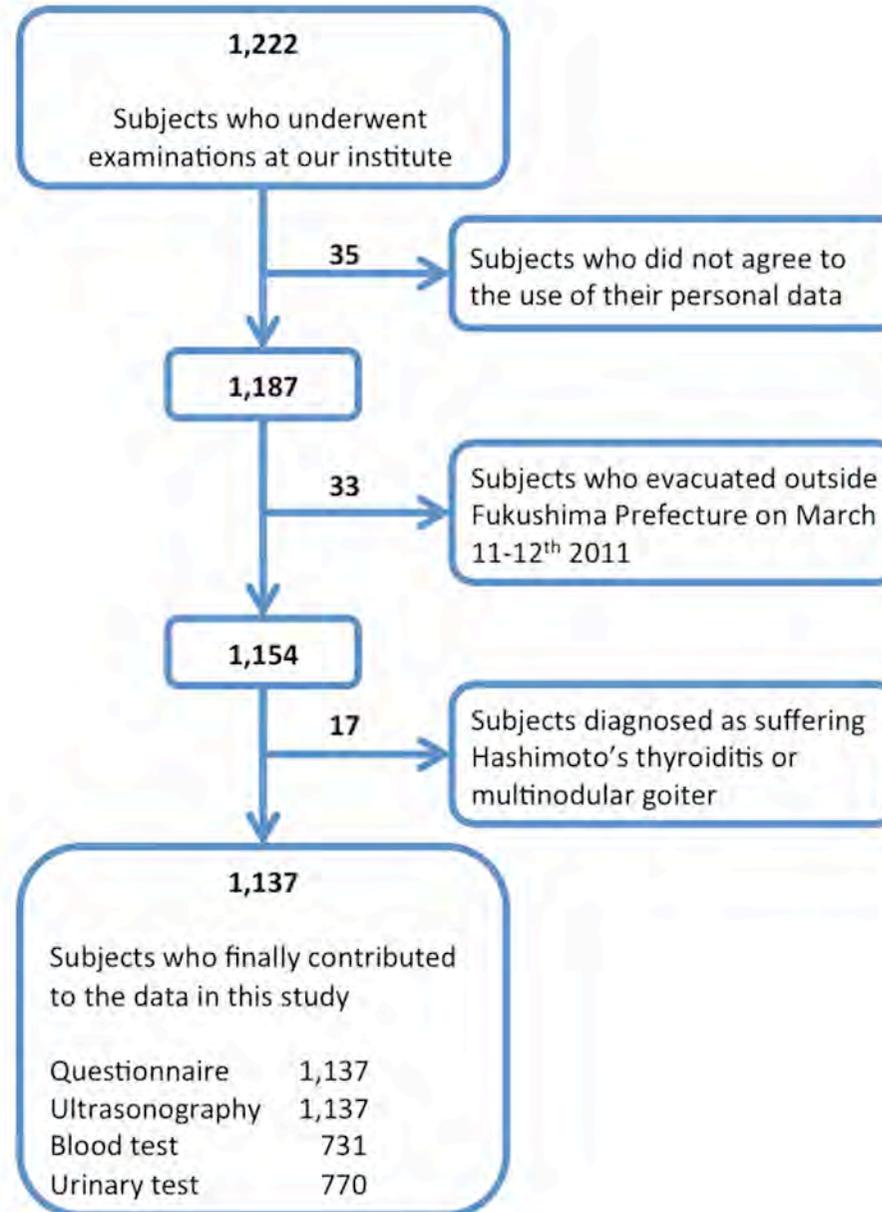


Figure 2 最終的な統計解析対象者決定までのふるい分けのステップ



# Figure 3

2011年3月15日～31日の期間における各被検者  
(最終的統計解析対象者1,137名)の福島県内居住地  
ドット: 各被検者の居住地  
FNPP1: 福島第一原子力発電所

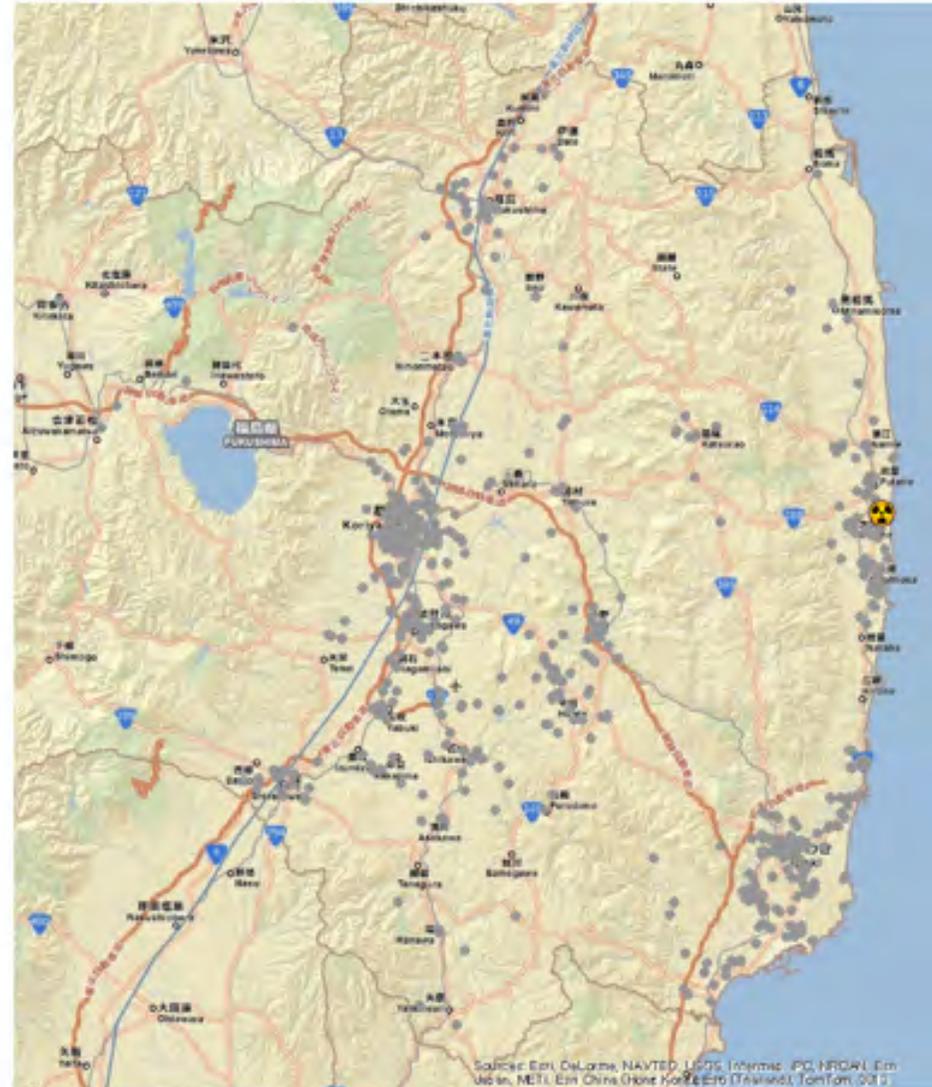
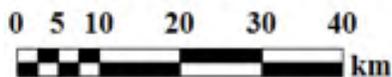


Table1 (表1) 甲状腺への<sup>131</sup>I取り込みに対する予防的行動(安定ヨウ素剤の内服、2011年3月12日以降の海藻摂取量の増加)を行った群と行わなかった群での比較(甲状腺超音波所見、甲状腺関連血液検査、および尿中ヨウ素濃度について)

【結果】

結節(充実性腫瘍+嚢胞)検出率、充実性腫瘍検出率、嚢胞検出率、総結節数、充実性腫瘍数、嚢胞数、充実性腫瘍最大径、嚢胞最大径、血中ホルモン【甲状腺刺激ホルモン(TSH)、フリーT<sub>3</sub>、フリーT<sub>4</sub>、サイログロブリン(Tg)】、および尿中ヨウ素濃度のいずれについても、両群間で統計学的有意差を認めなかった。

Table 1: Comparison of thyroid ultrasonographic findings, serum hormonal data, and urinary iodine concentrations between the two groups with and without prophylactic actions against thyroid exposure to radioiodine after the nuclear accident.

	Number of subjects	Prevalence of nodule <sup>a</sup> (%)	Prevalence of solid nodule (%)	Prevalence of cyst (%)	Total number of nodules <sup>b,c</sup>	Number of solid nodules <sup>c</sup>	Number of cysts <sup>c</sup>	The largest diameter of solid nodule <sup>d</sup> (mm)	The largest diameter of cyst <sup>d</sup> (mm)	Serum TSH (mIU/L) <sup>e</sup>	Serum fT <sub>3</sub> (pmol/L) <sup>e</sup>	Serum fT <sub>4</sub> (pmol/L) <sup>e</sup>	Serum Tg (μg/L) <sup>e</sup>	UIC (μg/L) <sup>f</sup>
Group I	303	74.1	4.1	72.5	2.5 ± 1.6 <sup>g</sup>	0.06 ± 0.33	2.4 ± 1.6	5.1 ± 3.1	2.5 ± 1.0	2.0 ± 1.0 (208) <sup>i</sup>	6.3 ± 0.7 (208)	16.5 ± 1.9 (208)	22.4 ± 21.2 (208)	294 (414) <sup>b</sup> (232)
Group II	834	72.4	4.2	70.9	2.4 ± 1.7	0.05 ± 0.23	2.4 ± 1.7	5.2 ± 3.0	2.6 ± 1.1	2.0 ± 1.1 (523)	6.3 ± 0.8 (523)	16.4 ± 1.9 (523)	20.9 ± 12.3 (523)	262 (377) (538)

Group I comprises the subjects who took potassium iodide (KI) after the nuclear accident, those who increased seaweed consumption following the accident, and those who did both.

Group II comprises the subjects except Group I.

<sup>a</sup> Percentage of subjects who had solid nodules, cysts, or both.

<sup>b</sup> The sum of the numbers of solid nodules and cysts in each subject.

<sup>c</sup> The number was calculated including the subjects without solid nodule or cyst, who were considered to have a “zero” lesion.

<sup>d</sup> The data were derived from only the subjects who had solid nodules (47 subjects) or cysts (811 subjects).

<sup>e</sup> Serum hormonal data were derived from a total of 731 subjects.

<sup>f</sup> UIC data were derived from a total of 770 subjects.

<sup>g</sup> Mean ± S.D.

<sup>h</sup> Median (IQR).

<sup>i</sup> The numbers in parentheses indicate the number of subjects who contributed to the serum hormonal or UIC data in the respective groups.

Differences between the two groups were analyzed by Chi-square test (for the percentage data), pairwise *t*-test (for the mean ± S.D. data), or Kruskal-Wallis test [for the median (IQR) data].

There were no statistically significant differences in the thyroid ultrasonographic findings, serum hormonal data, and the UIC between the two groups.

TSH, thyroid-stimulating hormone; fT<sub>3</sub>, free triiodothyronine; fT<sub>4</sub>, free thyroxine; Tg, thyroglobulin; UIC, urinary iodine concentration.

Table 2(表2)

甲状腺内の総結節数、充実性腫瘤数、および嚢胞数と居住地(2011年3月15日~31日)<sup>131</sup>I土壤濃度との関連性

【結果】

- ①総結節3個群での<sup>131</sup>I土壤濃度は総結節0個群でのそれに比べて1.2倍高かった(危険率=0.007で統計学的有意差あり)。
- ②嚢胞3個群での<sup>131</sup>I土壤濃度は嚢胞0個群でのそれに比べて1.2倍高かった(危険率=0.004で統計学的有意差あり)。
- ③充実性腫瘤数と<sup>131</sup>I土壤濃度との間には統計学的に有意な関連を認めなかった。

【この結果についての論文内での考察】

上記③の結果に基づき、①は②を反映したものと考えられる。上記の結果は<sup>131</sup>I土壤濃度が高いほど嚢胞数が多いこと、つまり嚢胞形成と<sup>131</sup>I被ばく量との関連性を示唆するように思われる。しかしながら、上記の結果には用量反応性(\*)が認められなかったことから、今回のデータの範囲からは何らかの結論を述べられる段階ではなく、今後の更なる検討を要する。

\* 総結節4個以上の群や嚢胞4個以上の群で更に高い<sup>131</sup>I土壤濃度が認められていたとすれば、用量反応性があることになる。

Table 2: Relationship between the thyroid nodularity and the <sup>131</sup>I ground deposition in the locations of residence after the nuclear accident.

	Number of lesions	Number of subjects	<sup>131</sup> I ground deposition in the locations of residence (Bq/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>
Total number of nodules <sup>b</sup>	0	308	517 (482) <sup>c</sup>
	1	122	525 (539)
	2	98	578 (552)
	3	174	630 (513) <sup>d</sup>
	4 or more	435	536 (499)
Number of solid nodules	0	1,090	532 (498)
	1	41	601 (541)
	2	5	286 (12,245)
	3 or more	1	578 (0)
Number of cysts	0	326	517 (486)
	1	121	526 (569)
	2	85	568 (535)
	3	174	635 (506) <sup>e</sup>
	4 or more	431	535 (500)

<sup>a</sup> Values of individual subjects were determined based on the data shown in Figure 1.

<sup>b</sup> The sum of the numbers of solid nodules and cysts in each subject.

<sup>c</sup> Median (IQR).

Non-parametric multiple comparison test with Kruskal-Wallis test was employed to analyze whether the <sup>131</sup>I ground deposition differed as a function of the total number of nodules and the number of solid nodules or cysts.

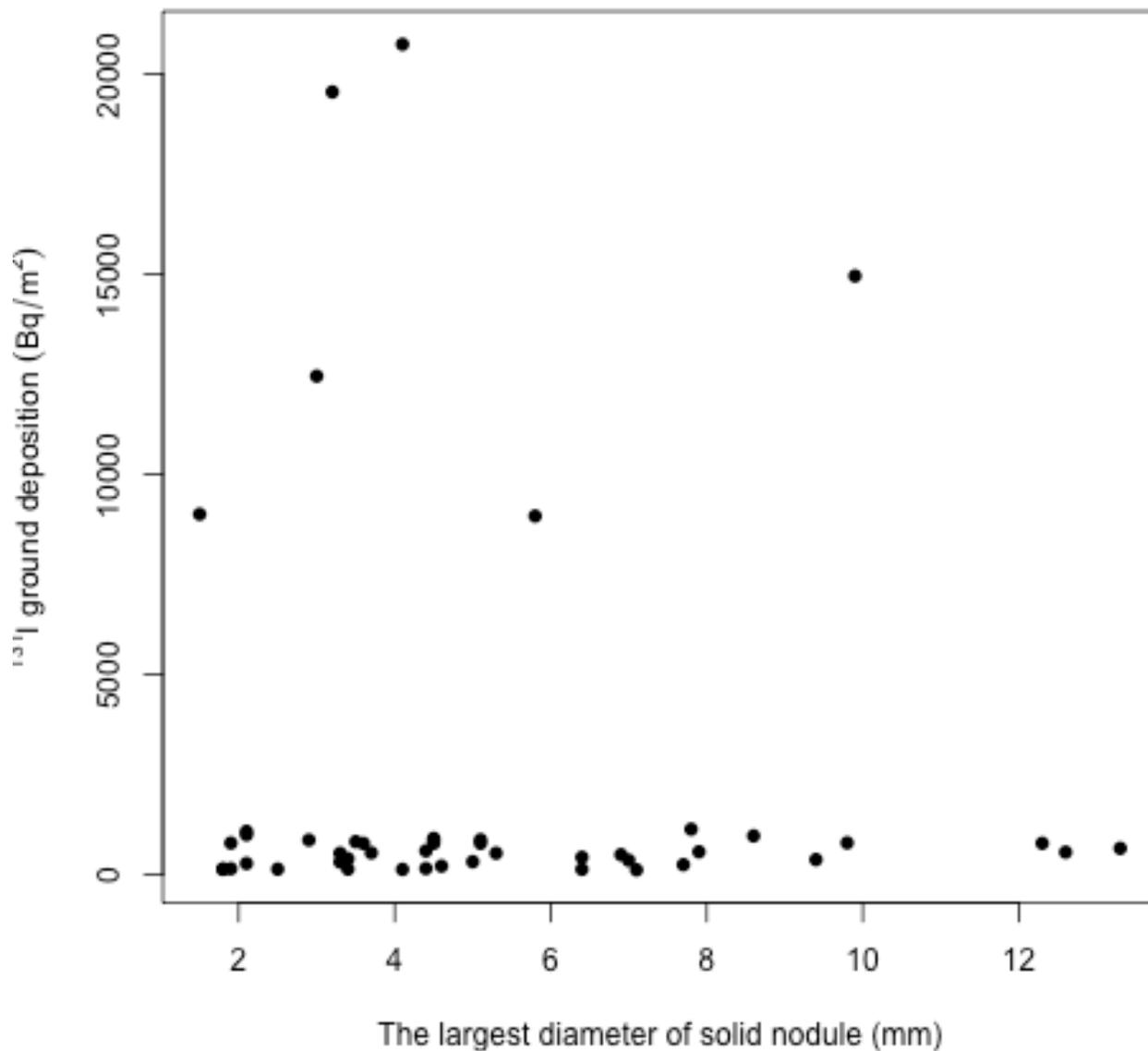
<sup>d</sup> Significantly different from the “zero-nodule” group ( $P = 0.007$ ).

<sup>e</sup> Significantly different from the “zero-cyst” group ( $P = 0.004$ ).

# Figure 4

甲状腺内に充実性腫瘍を検出した被検者(47名)における充実性腫瘍最大径と居住地(2011年3月15日~31日)<sup>131</sup>I土壌濃度との相関【結果】

両者間に統計学的に有意な相関は認められなかった。



# Figure 5

甲状腺内に嚢胞を検出した被検者(811名)における嚢胞最大径と居住地(2011年3月15日~31日)<sup>131</sup>I土壌濃度との相関【結果】

両者間に統計学的に有意な相関は認められなかった。

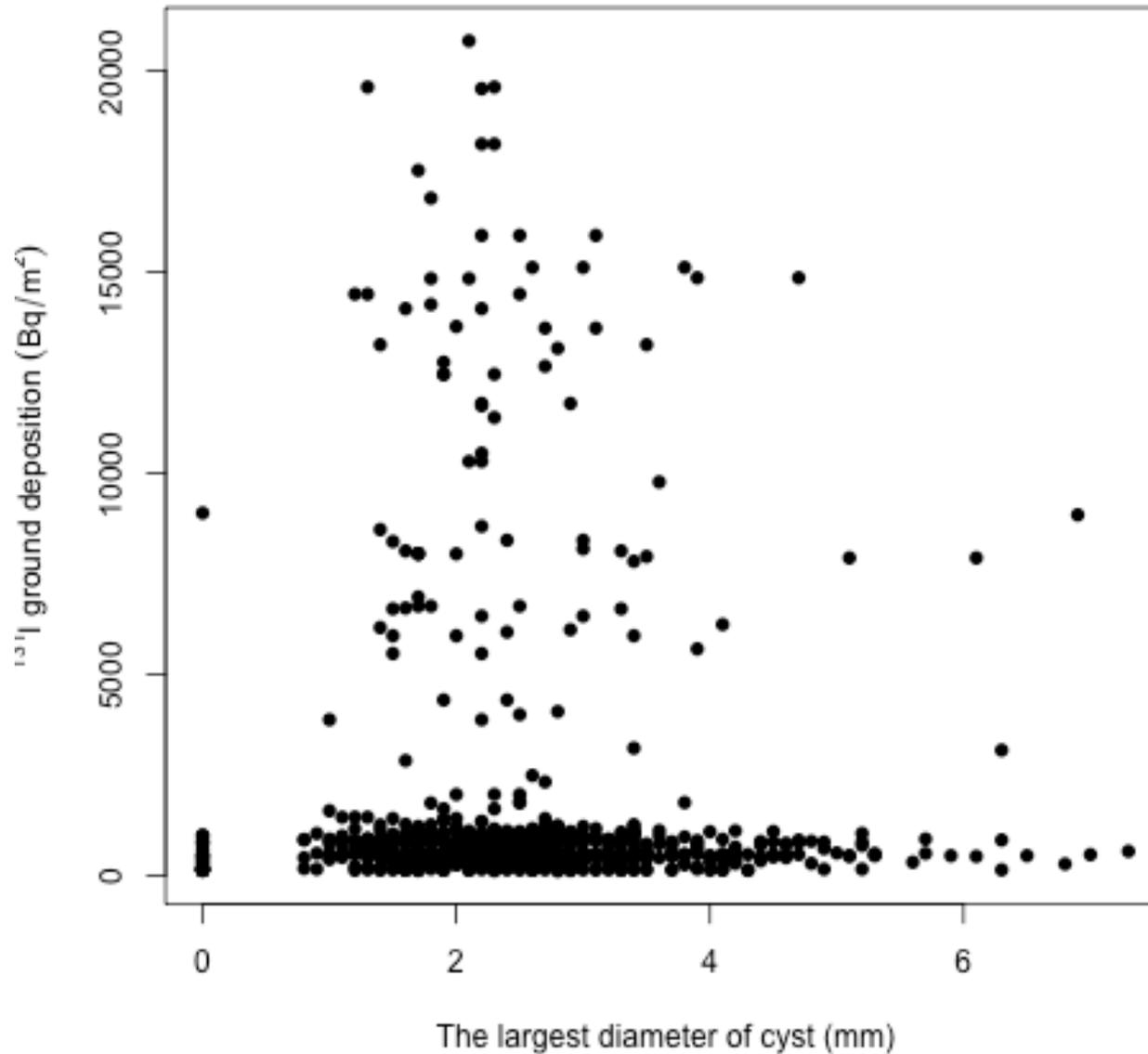


Table 3 (表3)

尿中ヨウ素濃度により被検者を5群に分け、甲状腺超音波所見と甲状腺関連血液検査結果を比較した成績

尿中ヨウ素濃度の測定は770名で実施した。

尿中ヨウ素濃度によるグループ分けはWHOによる判定基準に即して行った。

(49 µg/L以下: 著明~中等度のヨウ素欠乏、50~99 µg/L: 軽度のヨウ素欠乏、

100~199 µg/L: 適切なヨウ素摂取状態、200~299 µg/L: 標準以上のヨウ素摂取状態、300 µg/L以上: ヨウ素過剰摂取状態)

【結果】

5群間において、甲状腺超音波所見(総結節数、充実性腫瘍数、嚢胞数、充実性腫瘍最大径、嚢胞最大径)および甲状腺関連血液検査結果【甲状腺刺激ホルモン(TSH)、フリーT<sub>3</sub>、フリーT<sub>4</sub>、サイログロブリン(Tg)】には統計学的有意差を認めなかった。

【この解析を行った理由】

体内(甲状腺内)のヨウ素量が少ないほど<sup>131)</sup>が甲状腺に取り込まれやすい。

チェルノブイリ原発事故後の若年者甲状腺がんはヨウ素摂取量の少ない小児で有意に多く発生したことが報告されている(論文内引用文献⑥)。

Table 3: Thyroid ultrasonographic findings and thyroid-related hormonal data in the five groups with different ranges of urinary iodine concentrations.

UIC (µg/L)	~ 49	50 ~ 99	100 ~ 199	200 ~ 299	300 ~
Number of subjects	49	119	248	128	226
Total number of nodules <sup>a,b</sup>	2.5 ± 1.7	2.6 ± 1.5	2.7 ± 1.5	2.6 ± 1.5	2.5 ± 1.6
Number of solid nodules <sup>b</sup>	0.04 ± 0.24	0.08 ± 0.42	0.05 ± 0.20	0.04 ± 0.15	0.04 ± 0.23
Number of cysts <sup>b</sup>	2.5 ± 1.7	2.6 ± 1.5	2.7 ± 1.5	2.6 ± 1.5	2.4 ± 1.6
The largest diameter of solid nodule (mm) <sup>c</sup>	1.5 <sup>d</sup>	5.8 ± 2.7	5.7 ± 3.6	3.7 ± 0.7	4.9 ± 2.0
The largest diameter of cyst (mm) <sup>c</sup>	2.6 ± 0.9	2.6 ± 1.1	2.6 ± 1.1	2.4 ± 0.8	2.4 ± 1.0
Serum TSH (mIU/L) <sup>e</sup>	2.3 ± 1.3 (30) <sup>f</sup>	2.0 ± 1.0 (85)	1.9 ± 1.2 (177)	1.9 ± 0.9 (89)	1.9 ± 1.0 (147)
Serum fT <sub>3</sub> (pmol/L) <sup>e</sup>	6.3 ± 1.6 (30)	6.3 ± 0.8 (85)	6.3 ± 0.9 (177)	6.2 ± 0.6 (89)	6.3 ± 0.6 (147)
Serum fT <sub>4</sub> (pmol/L) <sup>e</sup>	15.5 ± 1.3 (30)	15.5 ± 1.5 (85)	16.8 ± 2.6 (177)	16.8 ± 2.1 (89)	16.6 ± 1.7 (147)
Serum Tg (µg/L) <sup>e</sup>	22.7 ± 10.3 (30)	24.0 ± 28.2 (85)	23.8 ± 24.0 (177)	20.8 ± 11.1 (89)	22.8 ± 14.1 (147)

Data are expressed as the mean ± S.D.

<sup>a</sup> The sum of the numbers of solid nodules and cysts in each subject.

<sup>b</sup> The number was calculated including the subjects without solid nodule or cyst, who were considered to have a “zero” lesion.

<sup>c</sup> The data were derived from only the subjects who had solid nodules or cysts.

<sup>d</sup> In this UIC group, only one subject had a solid nodule.

<sup>e</sup> Serum hormonal data were derived from a total of 528 subjects.

<sup>f</sup> The numbers in parentheses indicate the number of subjects who contributed to the serum hormonal data in the respective groups.

Intergroup differences were analyzed by ANOVA, and there were no statistically significant differences in the ultrasonographic indicators and hormonal data among the five groups.

UIC, urinary iodine concentration; TSH, thyroid-stimulating hormone; fT<sub>3</sub>, free triiodothyronine; fT<sub>4</sub>, free thyroxine; Tg, thyroglobulin.

## 〈今回発表した論文におけるその他の要点①〉

今回の被検者(1,137名、福島原発事故当時満18歳以下)のうち、事故後安定ヨウ素剤を服用した人は4.0%、海藻類の摂取を増やした人は23.1%であった。

福島県は事故後に福島第一原発から半径50 km以内の県民(当時満40歳以下)に対して安定ヨウ素剤を用意したが、実際に安定ヨウ素剤を服用した県民の割合については把握されていない。福島県による県民健康調査の問診票には、安定ヨウ素剤内服の有無に関する設問はない。

## 〈今回発表した論文におけるその他の要点②〉

今回、原発事故当時胎児だった46名の被検者について甲状腺超音波所見と母親の居住地(2011年3月15日～31日)<sup>131</sup>I土壌濃度との関連について解析したが、統計学的に有意な関連は認められなかった。

福島県は事故当時胎児だった県民に対する甲状腺検査を2014年度から始めているが、その結果についてはまだ公表されていない。

胎内で<sup>131</sup>Iに被ばくした者が出生後甲状腺がんを発症するリスクについては、これまで発表された論文間では意見の一致を見ていない。  
(論文内引用文献③⑩～③⑫)。

## 〈今回発表した論文におけるその他の要点③〉

今回の研究には2点の重要な方法論的限界がある。

- (1) 各被検者における甲状腺の<sup>131</sup>I被ばく線量を推計することができなかった  
ので、事故後早期(2011年3月15日～31日)の居住地<sup>131</sup>I土壌濃度を代用  
している。
- (2) 今回測定した尿中ヨウ素濃度は検査実施時(事故後20~30ヶ月)に  
おけるデータであり、事故後早期のヨウ素摂取状態を必ずしも反映して  
いない。

しかしながら、(2)について我々は2011年3月12日(最初の水素爆発発生)から今回の検査を受けるまで各被検者が食生活をほぼ変えていないことを問診票で確認しているので、今回得られた尿中ヨウ素濃度の結果は各被検者における事故後早期のヨウ素摂取状態を反映している可能性は高いと考えている。

## 〈今回発表した論文におけるその他の要点④〉

今回の研究からは、原発事故後20~30ヶ月の時期において福島県民（事故当時満18歳以下）の甲状腺に対する放射能の有意な悪影響は認められなかった、しかしながら、この結果は今回の甲状腺検査の実施時期が比較的早かったこと（原発事故後20~30ヶ月）を反映している可能性もあるので、今後の更なる検討が必要である。