

## 学童全国調査による日本人のヨウ素摂取状況に関する研究 第2報

主任研究者 布施養善 (帝京大学医学部小児科遺伝代謝研究室)  
 共同研究者 伊藤善也 (日本赤十字北海道看護大学臨床医学領域)  
 山口真由 (鎌倉女子大学家政学部管理栄養学科)  
 浦川由美子 (元鎌倉女子大学家政学部管理栄養学科)  
 塚田 信 (女子栄養大学研究所)  
 児玉浩子 (帝京平成大学健康メディカル学部健康栄養学科)  
 中村 正、東出正人  
 (江東微生物研究所微研中央研究所つくば)

本研究は2013年から継続しているものであり、以下に過去1年間の研究成果を述べる。

### 研究の背景

ヨウ素は甲状腺ホルモンの合成に必須の微量元素、微量栄養素で、その欠乏あるいは過剰のいずれもが甲状腺機能障害を主とする多彩な症状を示す。日本およびアジアの一部の国以外においては、ヨウ素欠乏症が現在においても公衆衛生の重大な問題である。さらに、最近ヨウ素添加塩の使用によってヨウ素欠乏症がなくなったとされる国において、再びヨウ素摂取量の減少が認められ、妊産婦、乳幼児などにおいてヨウ素欠乏のリスクが高まっていると指摘されている。日本においては従来からヨウ素過剰摂取による甲状腺機能低下症が問題となっているが、最近の我々の行った調査では若年者、授乳婦人において食事からのヨウ素摂取量が他の年齢層より少ないことが認められた。しかし、日本人が日常的にどの位のヨウ素を摂取しているかについての全国的な疫学的データは存在しない。

### 研究目的と方法

全国47都道府県において、地域のヨウ素栄養状態の国際的評価基準方法である児童の尿中ヨウ素濃度を測定し、同時に保護者への栄養調査によるヨウ素摂取量調査を行い、日本人のヨウ素栄養状態についてのナショナルデータを作成する。

1. 調査地域：各県1地域、主に県庁所在地、政令指定都市とする。
2. 調査対象：甲状腺疾患の既往歴、現病歴のない健康な小学校1～6学年までの男女児童約600～900名とその保護者男女で調査への参加に同意したもの。
3. 調査項目：
  - 1) 児童の随時尿中ヨウ素濃度とクレアチニン濃度の測定
  - 2) 保護者への食物摂取頻度調査法 (FFQ) によるヨウ素摂取量
  - 3) 採尿日前の学校給食の献立中のヨウ素含有量
4. 尿中ヨウ素濃度の測定は、サーモフィッシャーサイエンティフィック社のiCAP Q ICP-MS 質量分析計を用いた。

## 研究結果

### 1. 調査の進捗状況

- (1) 2013年9月から2016年2月の間に12都道府県、小学校28校において調査を行った。対象児童総数は16,233名で、その65.7%である10,663名と保護者男女13,569名より協力を得た。この調査結果は本報告書第1報において記載した。
- (2) 本年度は2016年9月から2017年3月の間に10都道府県、小学校25校において調査を行った。対象児童総数は14,383名で、その64.7%である9,312名と保護者男女11,485名より協力を得た(表1)。尚、2013年の調査で尿中ヨウ素濃度の中央値が高値(1,350 $\mu$ g/L)を示した広島県広島市については、その小学校と市内の他の小学校2校を加えた合計3校と尾道市の1校において再調査を行った。

表1 調査地域と対象校・児童・保護者数

県	市	調査 小学校数	対象児童数 合計	調査への参加者数		児童の参加率(%)	調査 年	調査月
				児童数	保護者数			
富山県	富山市	2	1,762	1,376	1,904	78.1	2016	9,10
大分県	別府市	3	1,425	814	856	57.1		10
兵庫県	西宮市	2	1,399	726	814	51.9		10
岩手県	一関市	3	1,465	1,101	1,465	75.2		11
広島県	広島市	3	2,561	1,798	2,134	70.2		12
秋田県	秋田市	3	962	790	990	82.1		1
島根県	出雲市	3	1,666	1,002	1,246	60.1	2017	2
神奈川県	横浜市	1	303	121	162	39.9		2
熊本県	宇土市	3	1,050	841	947	80.1		2
大阪府	大阪市	1	1,159	476	644	41.1		2
広島県	尾道市	1	631	267	323	42.3		3
合計		25	14,383	9,312	11,485	64.7		

- (3) 昨年度の調査結果と合わせると、2013年9月から2017年3月の間に合計21都道府県、26市町村、小学校53校において調査を行った。対象児童総数は30,616名で、その65.2%である19,967名と保護者男女25,154名より協力を得た。

### 2. 広島県の再調査について

- (1) 2013年9月に広島市のA小学校において行った調査の結果、546名の児童の尿中ヨウ素濃度中央値は1,350 $\mu$ g/Lと非常に高い値を示した。そこで、2016年11月から12月に同市内の同じA小学校とB小学校およびC小学校の3校と、2017年3月に広島県尾道市のD小学校において調査を行った。広島市内のA、B、C小学校の相互の位置はほぼ正三角形に位置し、距離は互いに9.5、9.6、12.5kmである。尾道市は広島市より約65km東に位置し、岡山市と広島市のほぼ中間にある。
- (2) A校における調査は2013年には火曜日朝に採尿したため、前日の月曜日昼の学校給食の影響の可能性が考えられたので、今回はA～D校すべて月曜日朝の採尿とした。A校で2013年と2016年の調査の両方に参加したのは201名であった。

(3) 今回 2016 年調査では、尿中ヨウ素濃度中央値は A 校が 308  $\mu\text{g/L}$ 、B～C 校がそれぞれ 264.5、277.5  $\mu\text{g/L}$  であり、3 校を合わせると 287  $\mu\text{g/L}$  となった。尾道市の D 校の尿中ヨウ素濃度中央値は 298  $\mu\text{g/L}$  で、広島市と大きな差はなかった (表 2)。

表 2 広島県小学校の尿中ヨウ素濃度値 ( $\mu\text{g/L}$ )

School	Mean Age (SD)	n	Median	5% Percentile	25% Percentile	75% Percentile	95% Percentile
A 校 (2013)	9.7 (1.7)	546	1350	390.4	907.8	1871	3225
A 校 (2016)	9.5 (1.6)	643	308	101	183	567	2909
B 校	9.4 (1.7)	532	264.5	87.7	159.3	510.3	1712
C 校	9.7 (1.7)	622	277.5	94.2	178	522.3	2746
A (2016)+B+C	9.5 (1.7)	1797	287	92	173	530	2469
D 校 (2017)	10.1 (2.0)	267	298	110.4	194	563	2440
A (2016)+B+C+D	9.6 (1.8)	2064	288.5	94	175.3	532	2466

(4) 2013 年調査において尿中ヨウ素濃度値が高い原因について

1) 尿中ヨウ素濃度の分布

通常、尿中ヨウ素濃度は正規分布せず左上がりであるが、2013 年調査では正規分布に近い (図 1)。しかし 2016 年調査では、他の学校と同じパターンで分布した (図 2)。2013 年調査と 2016 年調査の尿中ヨウ素濃度の分布パターンは明らかに異なり、2013 年には何らかの要因が加わったものと推測される。

図 1 広島市児童の尿中ヨウ素濃度分布 (2013 年調査)

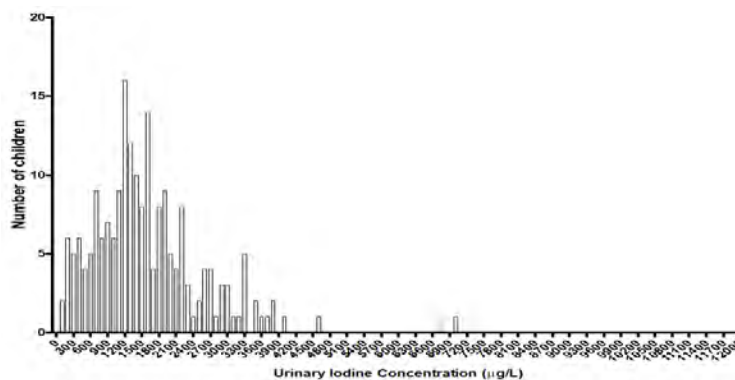
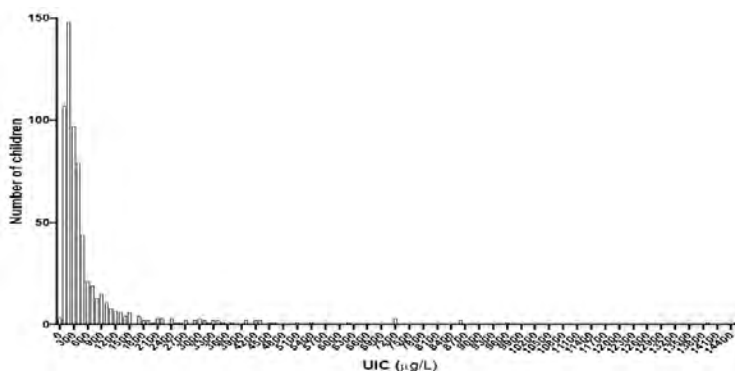


図 2 広島市児童の尿中ヨウ素濃度分布 (2016 年調査)



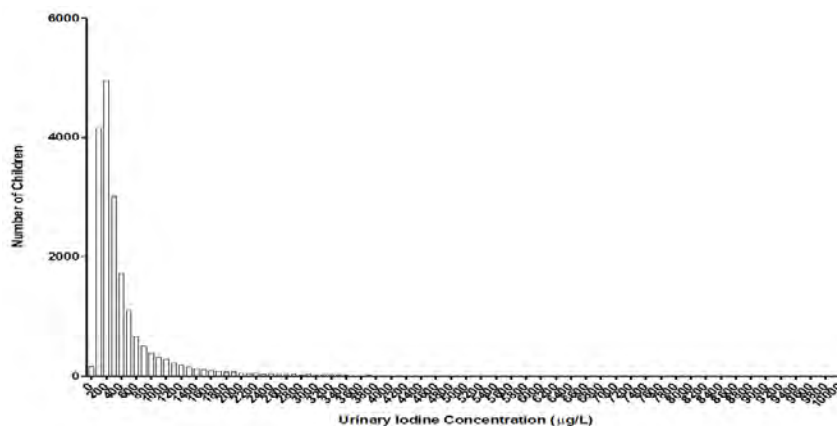
2) 学校給食に含まれるヨウ素の量

2013年調査では、採尿前日昼の学校給食の献立には一人あたり「だし昆布 0.5g (親子丼) と角切昆布 1 g」が含まれていた。「だし昆布 0.5g」から出るこんぶだしと「角切昆布 1 g」に含まれるヨウ素の量を計算すると 2,066  $\mu\text{g}$  である。食物から摂取したヨウ素の9割は尿に出ると考えられるので、1,350  $\mu\text{g/L}$  という尿中濃度は十分にあり得る。従って2013年調査での尿中ヨウ素濃度が高い原因は、学校給食の影響と推測される。

3. 尿中ヨウ素濃度値の分布

(1) 2013年の広島市調査の対象(1校のみ)となった546名を除外した19,421名の児童について集計した。年齢は5.9から14.9歳で平均(標準偏差)9.6(1.7)歳、男児10,006名、女児9,415名である。合計19,411本の尿中ヨウ素濃度値は13から66,598  $\mu\text{g/L}$  に分布し、中央値は261.0  $\mu\text{g/L}$ 、クレアチニン補正值は248  $\mu\text{g/gCre}$  である(表3、図3)。

図3 尿中ヨウ素濃度の分布 (19,421名の児童)



(2) 2013年の広島市調査を含む昨年度の集計では、尿中ヨウ素濃度中央値は262.0  $\mu\text{g/L}$ 、クレアチニン補正值は253.0  $\mu\text{g/gCre}$  であり、中央値は今年度の値とほとんど同じである。

(3) 2013年の広島市調査の結果を含めると、合計19,967名の尿中ヨウ素濃度中央値は261.0  $\mu\text{g/L}$  から268.0  $\mu\text{g/L}$  へ、クレアチニン補正值も248  $\mu\text{g/gCre}$  から255.0  $\mu\text{g/gCre}$  とやや上昇した。

4. 年齢別の尿中ヨウ素濃度、クレアチニン補正ヨウ素濃度、クレアチニン濃度

6歳から12歳までの児童19,411名の年齢別に尿中ヨウ素濃度値(表3)、クレアチニン補正ヨウ素濃度値(表4)、尿中クレアチニン濃度値(表5)を以下に示す。尿中ヨウ素濃度値、クレアチニン補正ヨウ素濃度値、尿中クレアチニン濃度値はいずれも正規分布せず、また中央値には性別、年齢別に差は認められない。

表3 年齢別の尿中ヨウ素濃度 ( $\mu\text{g/L}$ )

Age (years)	n	Median	5% Percentile	25% Percentile	75% Percentile	95% Percentile
6	763	267	85	155	516	1747
7	3460	263	87	161	480	1960
8	3481	261	84	159	497	2103
9	3237	262	83	158	506	2124
10	3147	260	83	157	499	2027
11	3018	254	81	156	473	1964
12	2305	261	79	162	515	2176
Total	19411	261	83.6	159	495	2035

表4 年齢別の尿中クレアチニン補正ヨウ素濃度 ( $\mu\text{g/gCre}$ )

Age (years)	n	Median	5% Percentile	25% Percentile	75% Percentile	95% Percentile
6	763	304	112.2	181	595	2140
7	3460	279	98	176	533	2109
8	3481	262	91	163	505	2099
9	3237	259	93	155	497	2121
10	3147	242	84	148	462	2117
11	3018	214	81	134	406	1811
12	2305	201	72	124	393	1659
Total	19411	248	86	151	478	2022

表5 年齢別の尿中クレアチニン濃度 ( $\text{mg/dL}$ )

Age (years)	n	Median	5% Percentile	25% Percentile	75% Percentile	95% Percentile
6	763	90	38.4	65	119	167.9
7	3460	94	42	70	123	174
8	3481	101	44	74	132	185
9	3237	105	46	77	136.3	186
10	3147	109	46	79	142	196
11	3018	118	50	84	155	219
12	2305	134	53	94	177	251
Total	19411	106	45.7	77	141	202

## 5. ヨウ素栄養状態の評価

WHO の、ヨウ素欠乏症の診断のためのヨウ素栄養状態の評価基準によると、6～12歳の小児（学童）の尿中ヨウ素濃度中央値が100～199  $\mu\text{g/L}$  を適量（adequate）、200～299  $\mu\text{g/L}$  を適量以上（more than adequate）のヨウ素摂取量としている。最近は100～299  $\mu\text{g/L}$  までを適量とすることもある。本調査では、中央値は261.0  $\mu\text{g/L}$  であるのでヨウ素摂取量は適量である。またヨウ素欠乏症の指標とされる尿中ヨウ素濃度が100  $\mu\text{g/L}$  未満である割合は10%以下であり、集団としてヨウ素欠乏は存在しない。

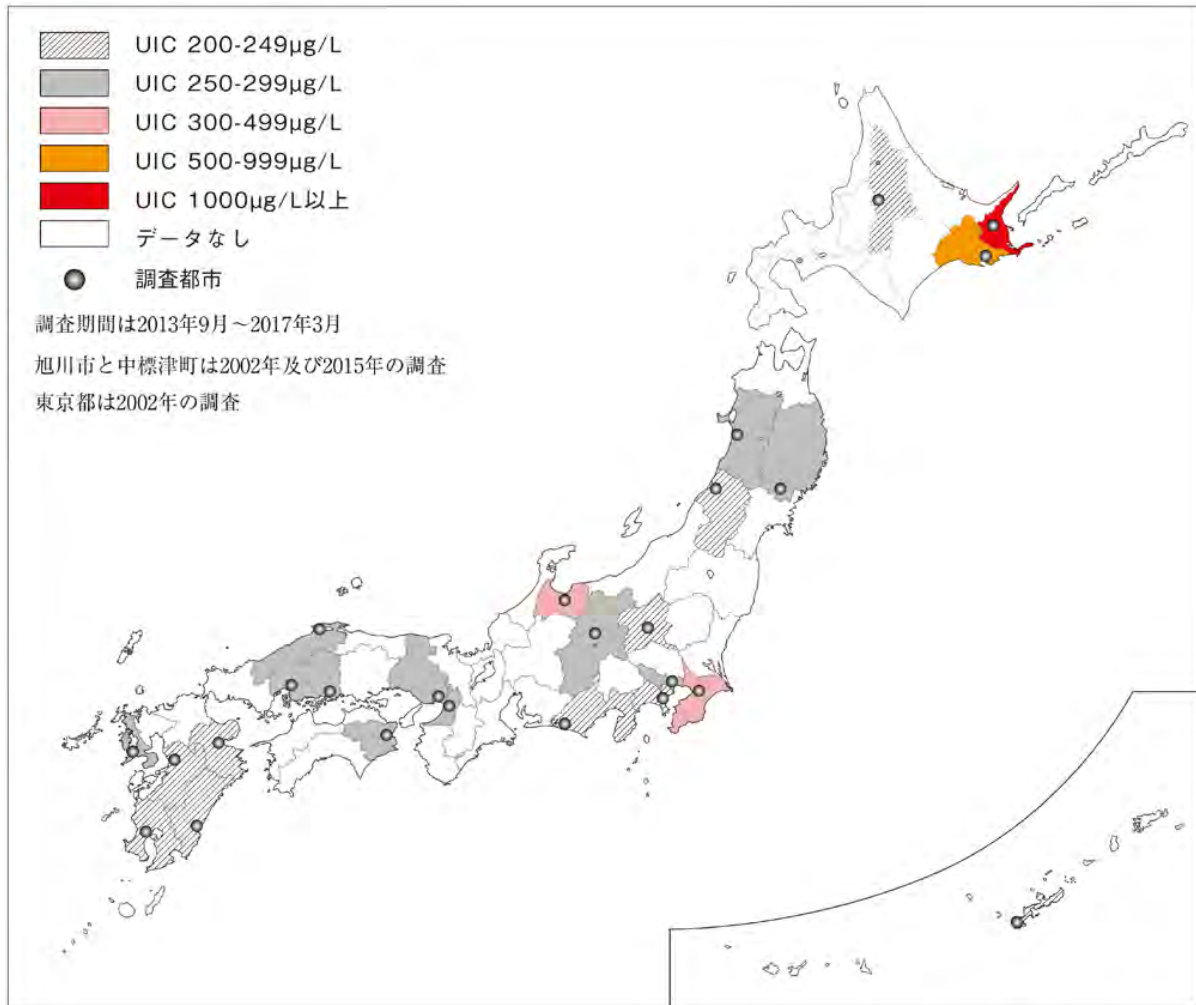
## 6. 地域別の尿中ヨウ素濃度値

24地域の尿中ヨウ素濃度の中央値は214から1,071  $\mu\text{g/L}$  に分布し、地域差が認められた（表6、図4）。中央値が200～249  $\mu\text{g/L}$  未満が10地域、250～299  $\mu\text{g/L}$  が10地域、300～499  $\mu\text{g/L}$  が2地域、500～999  $\mu\text{g/L}$  と1,000  $\mu\text{g/L}$  未満が各1地域であった（表6、図4）。WHO基準で摂取過剰とされる300  $\mu\text{g/L}$  を越えるのが4地域であり、特に北海道中標津町は1,000  $\mu\text{g/L}$  を越えていた。

表6 地域別の尿中ヨウ素濃度の中央値

県	市	全体の中央値 ( $\mu\text{g/L}$ )	UIC 値
熊本県	宇土市	214.0	249 $\mu\text{g/L}$
神奈川県	横浜市	216.0	
群馬県	前橋市	217.0	
静岡県	浜松市	221.5	
沖縄県	浦添市	222.0	
宮崎県	宮崎市	225.5	
鹿児島県	鹿児島市	228.0	
大分県	別府市	230.0	
北海道	旭川市	231.0	
山形県	鶴岡市	243.0	
長崎県	長崎市	250.0	250-299 $\mu\text{g/L}$
大阪府	大阪市	259.0	
長野県	松本市	262.0	
徳島県	徳島市	274.0	
岩手県	一関市	277.0	
秋田県	秋田市	282.0	
広島県	広島市	287.0	
兵庫県	西宮市	292.5	
島根県	出雲市	293.0	
広島県	尾道市	298.0	
富山県	富山市	332.0	300-499 $\mu\text{g/L}$
千葉県	市原市	489.5	
北海道	厚岸町	544.5	500-999 $\mu\text{g/L}$
北海道	中標津町	1071.0	1000 $\mu\text{g/L}$ 以上

図4 県別の尿中ヨウ素濃度中央値



## 7. 日本人の食事摂取基準 2015年版に基づくヨウ素摂取量の評価

栄養素の過剰摂取による健康障害の回避を目的として「耐容上限量」(tolerable upper intake level: UL)が年齢別に定められており、ヨウ素については6 - 11歳が1日500 $\mu$ g/L、12 - 14歳が1,200 $\mu$ g/Lである。今回の調査では耐容上限量を超える割合は全体として6 - 11歳が27%、12歳が12.1%であった。

### 考案

全国の約1/2の都道府県において調査が終了した。前年度までの調査で尿中ヨウ素濃度中央値が著しく高値であった広島市については再調査により、全国の平均値よりやや高いがこれに近い値であることが確認され、その原因として学校給食に含まれていたヨウ素の影響が推測された。一般に甲状腺疾患の既往歴、現病歴のない健康人においては、耐容上限量とされるヨウ素量の数倍を負荷しても一時的なものであれば健康障害はおきない。しかし長期的に摂取した場合は甲状腺の腫大、甲状腺機能異常が発症する可能性がある。本調査においては、対象校の調査時の学校給食献立の分

析と保護者のヨウ素摂取量調査を行っている。今後それらの結果を参考に、尿中ヨウ素濃度の評価を行う予定である。

食物に含まれるヨウ素はほぼ全量が吸収され、その9割以上が尿中に排泄されると考えられているので、ヨウ素摂取量の評価において尿中ヨウ素排泄量は生物学的指標として Golden Standard とされている。排泄量を正確に評価するには24時間蓄尿を行うが、随時尿においてもクレアチニン補正をした値が、1日ヨウ素摂取量にほぼ等しいことが成人においては報告されている。本研究において、小学生の随時尿中ヨウ素濃度の中央値は262.0  $\mu\text{g/L}$  に対し、クレアチニン補正した中央値は248.0  $\mu\text{g/gCre}$  と近い値であった。小児においても同じ考え方が妥当かどうかの結論は出ていないが、集団において両者はヨウ素摂取量の評価に同じものとして用いることが出来ると考えられる。そこで随時尿中ヨウ素濃度値を1日ヨウ素摂取量とほぼ等しいか、やや少ないものと見做すと、6～12歳の児童は平均的には1日300  $\mu\text{g}$  程度のヨウ素を摂取していると推測され、従来の報告よりかなり少ないものと考えられる。

また、6～11歳の児童の1/4以上がヨウ素の耐容上限量である500  $\mu\text{g/L}$  を超えている。本調査の対象は健康な児童であるので、この値の妥当性を検証する必要がある。

## 謝辞

全国調査に協力して頂いた児童、保護者、小学校教職員、各地域の医師会、教育委員会に深謝いたします。本調査の企画、準備、実施において、岡山大学教授・宮本香代子、石田医院院長・石田秀子（広島市）、鹿児島大学名誉教授・松田恵明、松本市教育委員・花村医院院長・花村潔、長崎大学副学長・山下俊一、浜松医療センター院長・小林隆夫、帝京大学ちば総合医療センター教授・南谷幹史、鶴岡市立荘内病院小児科前部長・伊藤末志、野口病院・野口仁志、野口靖志（大分県別府市）、西宮市医師会長・大江与喜子、法貴皮膚科院長・法貴憲（西宮市）、群馬大学教授・山田正信、群馬大学名誉教授・森昌朋、徳島大学教授・武田英二、宮崎大学学長・池ノ上克、豊見城中央病院理事長・比嘉國郎（沖縄県）、さとう小児科医院院長・佐藤重雄（岩手県一関市）、秋田市小児科医会会長・高橋郁夫、島根県小児科医会会長・及川馨、島根医科大学教授・鬼形和道、カネリョウ海藻株式会社代表取締役社長・高木良樹（熊本県宇土市）、大阪府医師会学校保健担当理事・武本優次、尾道市医師会副会長・佐々木伸孝、木曾病院総長・木曾宗昭（尾道市）、各先生のご尽力を頂きましたことに篤くお礼申し上げます。日本甲状腺学会臨床重要課題「日本人のヨウ素栄養状態の全国実態調査と甲状腺疾患との関係」委員会の各位の協力と助言にも感謝いたします。

また尿中ヨウ素測定を担当した（株）江東微生物研究所 微研中央研究所つくば検査部の高橋紀博、土方美智子両氏に感謝いたします。

## 参考文献

1. Zimmermann MB et al. 2015 Iodine deficiency and thyroid disorders. *Lancet Diabetes Endocrinol* 3:286-95.



2. Fuse Y 2017 Iodine and thyroid function: A historical review of goiter and the current iodine status in Japan. *Ped Endocrinol Rev* 14 (Supp 1) 260-270.
3. 布施養善, 他. 2016 ヨウ素摂取と甲状腺機能、成長発達との関連に関する研究 – 学童全国調査による日本人のヨウ素摂取状況に関する研究 第1報. *成長科学協会平成 27 年度研究年報*, 39:39-45.
4. Fuse Y et al. 2015 Japan's iodine status – too high or just right ? *IDD Newsletter*43(3) August.
5. 布施養善. 2013 ヨウ素をめぐる医学的諸問題 – 日本人のヨウ素栄養の特異性. *Biomed Res Trace Elements* 24:1-37(3) August : 9-11.
6. 塚田信, 他. 2013 日本人学生のヨウ素摂取量調査 – 「日本食品標準成分表 2010」に基づいて – *日臨栄会誌*, 35:30-38.
7. 布施養善, 他. 2012 ヨウ素に特化した食物摂取頻度調査票による日本人のヨウ素摂取源と摂取量についての研究. *日臨栄会誌*, 34:18-28.
8. 布施養善, 他. 2015 ヨウ素摂取と甲状腺機能、成長発達との関連に関する研究. 1. 学童全国調査による日本人のヨウ素摂取状況に関する研究 第1報. 2. 新生児のヨウ素摂取と甲状腺機能異常との関連に関する研究 (中間報告). *成長科学協会平成 26 年度研究年報*, 38:35-39.
9. Fuse Y et al. 2013 Gestational changes of thyroid function and urinary iodine in thyroid antibody-negative Japanese women. *Endocr J* 60:1095-1106.
10. Fuse Y et al. 2011 Iodine status of pregnant and postpartum Japanese women: Effect of iodine intake on maternal and neonatal thyroid function in an iodine-sufficient area. *J ClinEndocrinolMetab* 96:3846-3854.
11. Zimmermann MB et al. 2005 High thyroid volume in children with excess dietary iodine intakes. *Am J Clin Nutr* 81:840-844.
12. Fuse Y et al. 2007 Smaller thyroid gland volume with high urinary iodine excretion in Japanese schoolchildren: Normative reference values in an iodine-sufficient area and comparison with the WHO/ICCIDD reference. *Thyroid* 17:145-155.
13. 伊藤善也, 他. 2003 学童の甲状腺容積と尿中ヨード排泄量に関する研究 (旭川・中標津における調査)、ヨード摂取と甲状腺機能に関する研究. *成長科学協会平成 14 年度研究年報*, 26:56-60.
14. 布施養善, 他. 2003 学童の甲状腺容積と尿中ヨード排泄量に関する研究 (東京都目黒区における調査). *成長科学協会平成 14 年度研究年報*, 26:62-69.
15. 日本人の食事摂取基準 2015 年版. 2014 厚生労働省ホームページ.  
[http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryoku/kenkou/eiyoku/syokuji\\_kijyun.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/kenkou/eiyoku/syokuji_kijyun.html)