

小児のヨウ素摂取と甲状腺機能、発育・発達との関連についての研究 —学校給食から摂取するヨウ素のヨウ素摂取量への寄与について—

塚田 信

女子栄養大学栄養科学研究所

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

伊藤 善也

日本赤十字北海道看護大学臨床医学領域

布施 養善

Iodine Global Network

I. 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栄養素であり、生体機能の維持に不可欠である。日本およびアジアの国の一部以外では、ヨウ素欠乏症が現在でも公衆衛生の重大な問題であり、小児においても発育・発達に影響を与える¹⁾。われわれはヨウ素と甲状腺機能、発育・発達について多方面から包括的に研究を行ってきた。日本においてはヨウ素欠乏よりもヨウ素過剰摂取による甲状腺機能異常が注目されてきたが、欠乏によるリスクが高い集団、特に若年女性、授乳婦、新生児、乳幼児などにおいて、ヨウ素不足の可能性が推測されている^{2),3)}。我々は小児（児童）の日常的なヨウ素摂取量を推定するために以下の3点から研究を進めている。

1. 学校給食に含まれるヨウ素量

児童の栄養摂取は家庭での食事とともに学校給食がヨウ素も含めた栄養素の摂取に大きく寄与している。ヨウ素は必須栄養素であるが、学校給食摂取基準⁴⁾には設定されていないため、児童が学校給食からどのくらいヨウ素を摂取しているかは不明であった。我々の全国40地域における2018年からの調査により、すべての地域で給食が児童のヨウ素の摂取基準推奨量（以下推奨量とする）の約1/3を満たしていること、給食中のヨウ素量（以下給食ヨウ素量とする）に地域差があることが明らかになった⁵⁾。

2. 尿中ヨウ素濃度、尿中ヨウ素排泄量によるヨウ素摂取量

食事から摂取したヨウ素の90%以上は尿中に排泄されるため、随時尿中ヨウ素濃度（urinary iodine concentration, UIC）中央値と1日尿中ヨウ素排泄量（urinary iodine excretion, UIE）は、ほぼ1日のヨウ素摂取量と考えられる。2013年から2019年の全国学童調査において全体としてヨウ素摂取量は国際基準では適量であるが、地域差があることが明らかになった⁶⁾。

3. 家庭でのヨウ素摂取量

家庭での食事は児童にとって重要であるが、実際に摂取している量を調査するのは困難である。

そこで児童の保護者男女のヨウ素摂取量を食事調査により測定し、それを日常的な家庭でのヨウ素摂取量とみなした。

II. 目的

学童全国調査においてヨウ素摂取量の UIC が多い 3 地域 (>300 $\mu\text{g}/\text{L}$)、少なめの 2 地域 (200 ~ 250 $\mu\text{g}/\text{L}$)、中間の 2 地域 (251 ~ 299 $\mu\text{g}/\text{L}$) を選び、児童のヨウ素摂取量と学校給食のヨウ素量、ヨウ素の摂取源との関連を明らかにする。

III. 方法

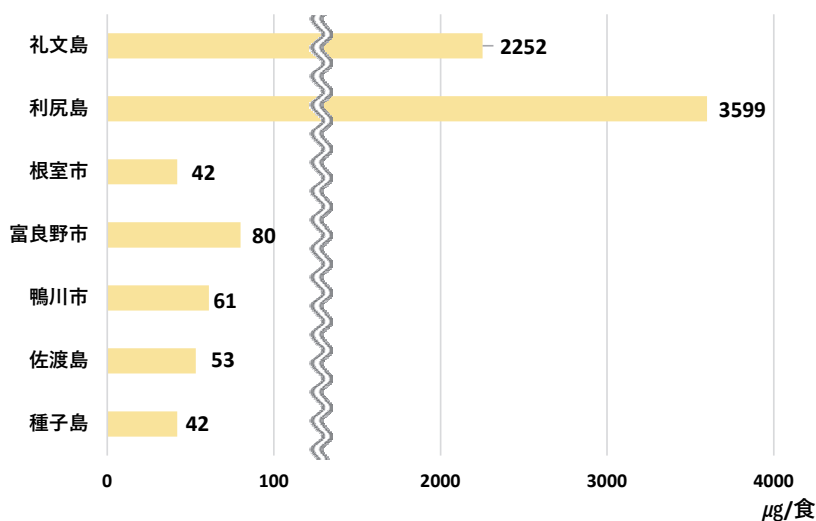
全国調査において 1 地域 (市町) 内のすべての小学校を調査した 7 地域 (礼文島、利尻島、富良野市、根室市、鴨川市、佐渡島、種子島) で、尿中ヨウ素測定値と給食献立表が揃っている学校を対象とした。児童の尿中ヨウ素測定を実施した月の学校給食献立表を用いて、すでに報告した方法で学校給食ヨウ素量を算出した⁵⁾。児童の UIC の測定方法、UIE の算出方法はすでに報告した⁶⁾。給食ヨウ素量が児童の UIE およびヨウ素摂取基準の推奨量に対し、どの程度寄与しているかを検討した。

IV. 結果

1. 給食のヨウ素量

(1) 児童のヨウ素摂取量の多い地域 (礼文島、利尻島、富良野市)、少な目の地域 (種子島、佐渡島)、中間の 2 地域 (鴨川市、根室市) の給食 1 食分ヨウ素量中央値は、それぞれ、2,252、3,599、80、42、53、61、42 μg で礼文島と利尻島の給食ヨウ素量が突出して高かった (図 1)。

図 1 地域別給食ヨウ素量 (中央値)

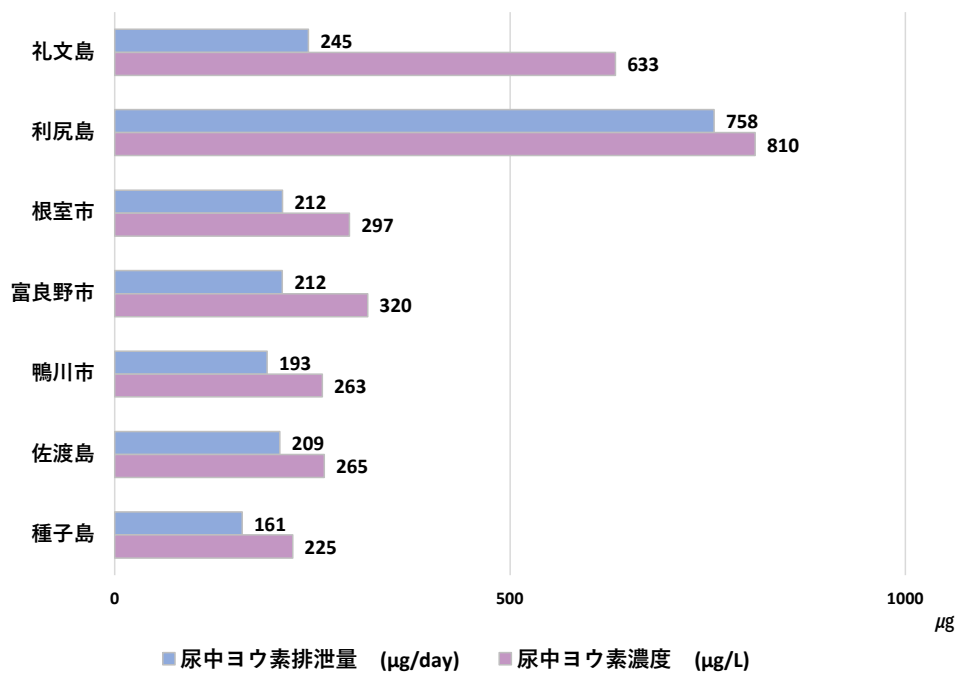


- (2) 1食分の給食ヨウ素量が食事摂取基準の耐容上限量（700 μg / 日）を超える日数は、利尻、礼文地域では1.6～2日に1回であった。他の地域では4日に1回、9日1回、16～20日に1回であった。
- (3) 一般にヨウ素摂取量の特徴は変動が大きいが、給食ヨウ素量の日間変動係数は平均28.7%であり低かった。

2. 児童の尿中ヨウ素量

UIC および UIE 値は給食ヨウ素量と同様、礼文、利尻地域は多く、UIC 中央値は633、810 μg /L、UIE 中央値は245、758 μg /day と大きかった。礼文、利尻地域以外では、UIC 中央値は225～320 μg /L、UIE 中央値は161～212 μg /day であった。図2に7地域それぞれの中央値を示した。

図2 地域別尿中ヨウ素排泄量と尿中ヨウ素濃度



3. 給食ヨウ素量と学童の集団における UIC および UIE との関係

7地域における1食分の給食ヨウ素量と学童のUICとの関連を、ピアソンの積率相関で分析すると相関係数は、有意水準1% $P < 0.01$ で $r = 0.99081$ 、直線回帰式は $Y = 0.15X + 267$ ($R^2 = 0.98$) で両者に有意な正の相関が得られた。また、同様にUIEとの相関係数は、有意水準1% $P < 0.01$ で $r = 0.95521$ 、直線回帰式は $Y = 0.16X + 212$ ($R^2 = 0.91$) であり、両者に有意な正の相関が得られた。

図3 7地域の給食ヨウ素量と尿中ヨウ素濃度 (UIC) との相関

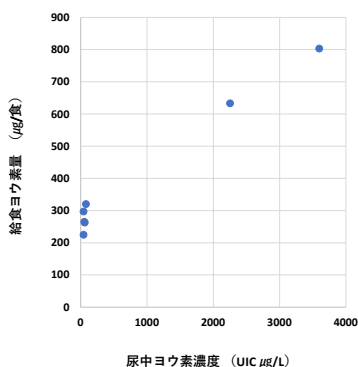
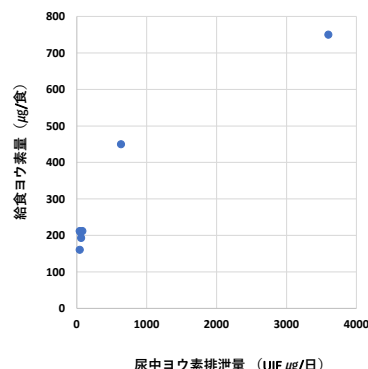


図4 7地域の給食ヨウ素量と尿中ヨウ素排泄量 (UIE) との相関

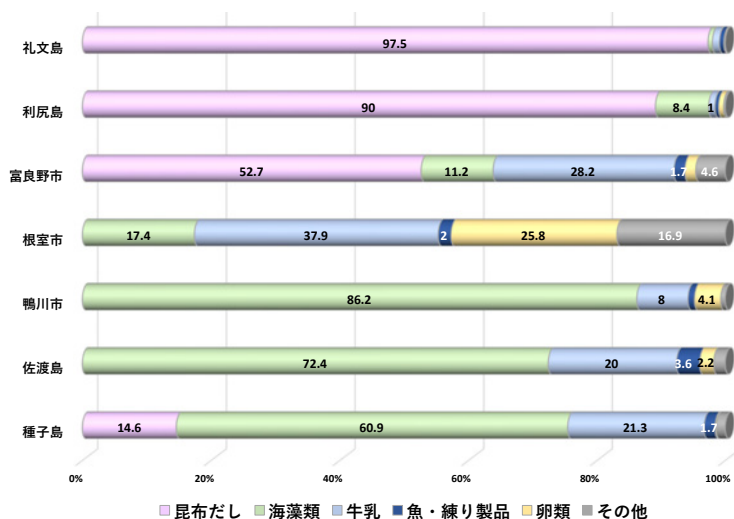


4. 給食のヨウ素供給源となる食品

給食ヨウ素の主な供給源となる食品は、北海道島嶼地域と他の地域とでは大きな違いがみられた。各地域のヨウ素供給源となる食品の割合を図5に示した。

- (1) 礼文・利尻地域の学校給食では、90～98%が昆布だしからであり、汁物（みそ汁、吸い物、麺の汁など）すべてに昆布だしを使用していた。
- (2) その他の地域では、ほとんど昆布だしを使用しておらず、海藻食品（昆布、ひじき、わかめ、のりなど）からのヨウ素摂取が、全ヨウ素摂取量の11～86%であった。また海藻食品の摂取が少ない地域は、牛乳、卵類から摂取する比率が大きかった。種子島の一部の地域では昆布だしも使用されていたが、その使用頻度はそれほど多くはなく、海藻食品の摂取もあるがヨウ素摂取量は多くはなかった。
- (3) 昆布だしや海藻類がメニューにない日の主なヨウ素供給源は、牛乳（33 µg / 本）であった。給食ヨウ素量の最小値はどの地域でも33～34 µgであり、給食で毎日飲む牛乳1本からのヨウ素摂取量に相当していた。

図5 給食のヨウ素供給源となる食品の割合 (%)



5. 給食ヨウ素量のヨウ素摂取基準推奨量に対する寄与度

給食の栄養量は1日の1/3量を摂取するように献立が作成されているが⁴⁾、ヨウ素については基準値が設定されていない。ヨウ素の8～9歳での推奨量（97.5%にあたるほとんどの児童が足りている量）が90 μg /日であるので、給食ヨウ素量の推奨量に対する割合を算出した結果、寄与率は礼文地域では推奨量の543～4,461%、利尻地域では2,068～5,929%と100%を大きく超えていたが、その他の地域では44～89%であった。

V. 考察

本研究はヨウ素摂取量の異なる7地域（礼文島、利尻島、根室市、富良野市、鴨川市、佐渡島、種子島）を対象に、一地域のすべての小学校を含む児童のヨウ素摂取量調査と給食献立ヨウ素量調査を同時に行ったものである。

今回の研究で最も注目すべき結果は、学校給食から摂取するヨウ素量と児童のヨウ素摂取量（随時尿中ヨウ素濃度および一日尿中ヨウ素排泄量）とに高い相関関係があることで、これは従来報告されていない。すなわち日本人児童のヨウ素栄養状態には学校給食が大きな影響を与え、重要な役割を担っていることを示している。日本の学校給食制度は小児の栄養、健康の維持に大きな役割を果たしている。学校給食に関する研究では、給食のない休日（土、日や長期休暇）の栄養摂取が、給食のある平日と比べて多くの栄養素において低いことを示している⁷⁾。日本の小児のヨウ素摂取は平日の給食と家庭での食事に大部分を依存しているが、必要量を維持するためには学校給食からのヨウ素摂取が必要である。

給食のヨウ素供給源となる食品は藻類（海藻食品と昆布だし）が給食の全ヨウ素量の約3/4を占めている。UIC中央値が432 $\mu\text{g}/\text{L}$ と世界で2番目に高い韓国でのヨウ素摂取源は66%が昆布、11%が乳製品、9%が魚であり、日本と類似している^{8), 9)}。海藻類を使用しない給食日のヨウ素量は平均45 μg であり⁵⁾、牛乳1本（200ml）にはヨウ素が33 μg 含まれ、8～9歳のヨウ素推奨量の1/3量を補うことが可能で、カルシウムのみならず、ヨウ素を補う食品として重要であることが示された。

学童全国調査においては学校給食の影響を避けるため、児童の尿検体は休日の翌日に採取した。しかしながら、一部の地域においては1回の給食に食事摂取基準¹⁰⁾の耐容上限量（700 μg /日）を超えるヨウ素が含まれている日がいずれの地域においても認められた。しかし間欠的な1週間に2～3日（約3日に1度）程度の摂取過剰であれば、リスクは低いものと考えられている。今回の調査結果においてもほとんどの場合はリスクの低い範囲内での摂取であった。

8～9歳の児童のヨウ素の推奨量は90 μg /日、推定平均必要量は65 μg /日と定められているが、給食から摂取するヨウ素量は推奨量を超えていた。実際に調査した児童のヨウ素摂取量は利尻、礼文地域以外の地域においてもUIE中央値が161～212 μg /日であり、現行の食事摂取基準の量と、実際のヨウ素摂取量との間には大きな乖離がある。ヨウ素摂取基準において成人と小児の推定平均必要量と推奨量は欧米のデータに基づいて策定されている¹⁰⁾。日本人小児のヨウ素摂取量は外国と比較して多めであるが、甲状腺疾患の頻度が多いかどうかは疫学調査のデータがないので不明である。

日本人のヨウ素摂取源は生活様式と食生活の急激な変化により、全国的に一律化しているものと推測される。現在の日本人のヨウ素栄養状態の特性と実態を考慮して策定されることが望ましい。さらにヨウ素を比較的多く摂取する習慣のある地方のすべての年齢層の住民における甲状腺疾患の頻度、種類についての調査を行い、摂取基準の策定に用いることが必要である。

児童の尿中ヨウ素摂取量 (UIC, UIE) と同様に給食ヨウ素量についても地域差が認められことはすでに報告したが、今回の調査でも地域差が認められた。その要因は昆布および昆布だしや海藻食品の種類、使用頻度や摂取重量に地域差があることによる。ヨウ素摂取の多い地域は、昆布だしをよく使用し、海藻食品の摂取も多く、食習慣や食文化が給食献立にも影響を及ぼしていると推測される。特に、礼文、利尻地域の給食のヨウ素量は多く、昆布だしを汁物に必ず使用する習慣がある。利尻地域では利尻昆布 (乾燥) を粉にしたものを常備しており、汁物にだしとして簡便に利用していた。給食の献立はその地域の伝統的な食習慣に強く結びついており、ヨウ素の含有量が多いという理由で、安易に海藻類を排除することは好ましくない。さらに、日本人が日本食を除いた食事を摂取すれば、ヨウ素摂取量はヨウ素欠乏症の cut-off 値に近づくことが報告されている¹¹⁾。またヒトはかなりの量 (1~2mg/日) のヨウ素摂取に耐えられることが知られているが、甲状腺機能異常が発生するヨウ素量、摂取期間については不明である¹²⁾。さらに古来、ヨウ素摂取量の多い国である日本はヨウ素添加塩を用いてヨウ素欠乏症を克服し、ヨウ素充足国となった地域とでのヨウ素摂取過剰による甲状腺疾患の発症機序が同じかどうか不明である。

ヨウ素摂取を適正に保つためには、重要なヨウ素摂取源である昆布を学校給食、家庭での食事で適切に利用することが必要であり、またヨウ素についての情報普及の機会などを設け、小児栄養に携わる多くの人々へのヨウ素摂取に関する知識の浸透が必要である。児童のヨウ素摂取量は学校給食のヨウ素量と強い相関があるが、給食以外からのヨウ素摂取源についてヨウ素摂取量への関与の状況、影響は明らかでない。今後は家庭でのヨウ素摂取量 (保護者のヨウ素摂取量) を調査し、児童のヨウ素摂取量との関連についても研究を進める予定である。

謝辞

給食献立表の提供を快く承諾下さった各地域の教育委員会、学校、給食担当の先生に深く感謝いたします。

文献

1. Zimmermann MB, Boelaert K: Iodine deficiency and thyroid disorders. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 3:286-295 (2015)
2. 塚田信, 浦川由美子, 横山次郎, 田中ひさよ, 五十嵐雅美.: 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 (2013)
3. 塚田信, 浦川由美子, 山口真由, 横山次郎, 布施養善.: 日本人若年女性のヨウ素摂取量とその変動について-食事調査法と生体指標法による評価-. *日臨栄会誌* 41:44-60 (2018)
4. 文部科学省 学校給食摂取基準の策定について: 学校給食における児童生徒の食事摂取基準策定に関する調査研究協力者会議報告. <https://www.mext.go.jp> アクセス 2021 年 3 月

5. 塚田信, 山口真由, 浦川由美子, 伊藤善也, 布施養善: 小児のヨウ素摂取と甲状腺機能、発育・発達との関連についての研究—ヨウ素摂取状況への学校給食の関与についての全国調査—. 成長科学協会 2020 年度研究年報 44:75-84 (2020)
6. Fuse Y, Ito Y, Shishiba Y, Irie M: Current iodine status in Japan :a cross-sectional nationwide survey of schoolchildren, 2014–2019. *J Clin Endocrinol Metab*, 107:e2065-e2079 (2022)
7. 厚生労働省: 日本の小中学生の食事状況調査 厚生労働科学研究班 (平成 27 年度報告)
<https://www.mhlw.go.jp> アクセス 2019 年 3 月
8. Kang MJ, Hwang IT, Chung HR: Excessive iodine intake and subclinical hypothyroidism in children and adolescents aged 6-19 years: results of the sixth Korean national health and nutrition examination. *Thyroid*, 28:773-779 (2018)
9. Joung JY, Cho YY, Park SM, Kim TH, Kim NK et al.: Effect of iodine restriction on thyroid function in subclinical hypothyroid patients in an iodine-replete area: a long period observation in a large-scale cohort. *Thyroid*, 24:1361-1368 (2014)
10. 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書:「日本人の食事摂取基準 2020 年版」第一出版 東京. (2021)
11. Katagiri R, Asakura K, Uechi K, Masayasu S, Sasaki S: Adequacy of iodine intake in three different Japanese adult dietary patterns: a nationwide study. *Nutr J*, 14:129-141 (2015b)
12. 布施養善: ヨウ素の生理作用と甲状腺疾患—日本人のヨウ素摂取量. *食と医療*. (7):68-85 (2018)