

〈原 著〉

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

布施 養善^{1,2)} 田中 卓雄²⁾ 荒田 尚子³⁾ 原田 正平¹⁾
小川 博康⁴⁾ 布施 養慈⁵⁾ 紫芝 良昌⁶⁾ 入江 實⁶⁾

要旨 目的：食物からのヨウ素摂取量を推定するための改訂食物摂取頻度調査票の妥当性と再現性を検証し、さらに健康成人のヨウ素摂取量、摂取源について検討する。方法：調査票の食品はヨウ素含有量の多い海藻類、魚介類、加工食品類の43種である。2010年7～10月に健康成人331名と妊婦70名を対象とし、ヨウ素摂取量と同時に尿中ヨウ素濃度、血清甲状腺刺激ホルモン、遊離サイロキシン、甲状腺自己抗体を測定した。結果：甲状腺機能異常のない平均48.3歳の男女222例において、本調査票によるヨウ素摂取量は尿中ヨウ素排泄量と正の相関を示した($r=0.318$)。12週の間隔で調査したヨウ素摂取量の再現性は36食品のうち21食品が良好な相関係数を示した(0.41-0.90)。1日ヨウ素摂取量の中央値は555.3 μg 、尿中ヨウ素濃度の中央値は204.5 $\mu\text{g/L}$ (173.0 $\mu\text{g/gCr}$)であった。ヨウ素摂取源は海藻類80.6%、魚介類5.9%、加工食品類13.5%であった。結論：本調査票は日常的食物からのヨウ素摂取量を推定するのに有用と思われる。ヨウ素摂取源としては海産物が主なものであるが、加工食品の比率も増加していると考えられる。

キーワード：ヨウ素摂取量、ヨウ素摂取源、食物摂取頻度調査、尿中ヨウ素

1. はじめに

ヨウ素は人体に必須の微量元素の1つで甲状腺ホルモンの主要な構成要素であり、ヨウ素の欠乏および過剰はともに甲状腺機能の異常を主徴とするさまざまな疾患の原因となる。世界的にヨウ素は欠乏状況であり¹⁾、先進国においても摂取強化が呼びかけられている国がある²⁾。ヨウ素はそのほとんどが食品から摂取され、わが国では古来より海藻類、魚類を日常的に摂取する習慣から一部の地域を除いてヨウ素欠乏症は存在しないと考えられているが、ヨウ素を多く含む海藻類は風味原料として多くの種類の加工食品、とくに調味料、即席食品などに含まれるのでヨウ素過剰摂取の可能性が推測される³⁾。ヨウ素

過剰により自己免疫性甲状腺疾患の頻度が増すことが外国での疫学的研究では報告されているが⁴⁾、日本でも同様であるかは明らかではない。

ヨウ素は厚生労働省が定期的におこなう国民健康・栄養調査の調査項目に入っていないため摂取量についての全国的なデータはない。同省による食事摂取基準(表1)の算定にあたっては、日本人のデータがないものについては欧米でおこなわれた研究の結果をあてはめている⁵⁾。

栄養素摂取量の推定方法は直接的には食事調査による方法、間接的には目的とする栄養素の生体指標を測定する方法がある。ヨウ素の生体指標としては尿中ヨウ素濃度がヨウ素摂取状態を最も正確に反映すると考えられている⁶⁾。われわれは日本人を対象としたヨウ素の1日摂取量を算出するためにヨウ素に特化した食物摂取頻度調査票(Food Frequency Questionnaire: FFQ)を開発し(以下、初版とする)、妊産婦を対象に妥当性を検討した⁷⁾。本研究の目的は、1)この調査票の精度を改善するために改訂し、健康成人を対象にその妥当性、再現性を検討し、疫学的および臨床的に応用する可能性を検証すること、2)日本人のヨウ素摂取量と主な摂取源、とくにヨウ素摂取

¹⁾ 国立成育医療研究センター研究所成育政策科学研究部

²⁾ サヴァイクリニック

³⁾ 国立成育医療研究センター母性医療診療部代謝内分泌内科

⁴⁾ 医療法人小川クリニック

⁵⁾ 仲町台レディースクリニック

⁶⁾ 公益財団法人成長科学協会

表1 ヨウ素についての食事摂取基準(μg/日)

年齢(歳)	推定平均必要量 (EAR)	推奨量 (AI)	目安量 (RDA)	耐容上限量 (UL)
0-5(月)			100	250
6-11(月)			130	250
1-2	35	50		250
3-5	45	60		350
6-7	55	75		500
8-9	65	90		500
10-11	75	110		500
12-14	95	130		1,300
15-17	100	140		2,100
18-29	95	130		2,200
30-49	95	130		2,200
50-69	95	130		2,200
70以上	95	130		2,200
妊婦(付加量)	+75	+110		
授乳婦(付加量)	+100	+140		

厚生労働省：日本人の食事摂取基準(2010年版)より

源としての加工食品の寄与の程度を明らかにすることである。

II. 対象と方法

1. 対象と方法

1)2010年7~10月までの期間に横浜市内の健診クリニックで健康診断を受けた健康成人、および同市内の産科クリニックにおいて妊婦健診をおこなった妊産婦のうち既往歴、現病歴に甲状腺疾患がない者を対象とした。

2)本研究の実施にあたっては対象施設の倫理委員会の承認を得て、対象例に研究の内容を説明し、書面により研究への参加の同意を得た。

3)研究に参加することに同意したのは健診クリニックの331名、産科クリニックの70名、計401名であった。このうちFFQの記載が不十分な者、血液、尿検体が採取できなかった者を除外した。

4)対象例にはFFQへの記載を求め、同時に健診のために採取した随時尿と静脈血の残りの検体を用いて、尿中ヨウ素とクレアチニン(Cr)、血清甲状腺刺激ホルモン(TSH)、遊離サイロキシン(FT_4)、3種類の甲状腺自己抗体(Thyroperoxidase antibody, Thyroglobulin antibody, TSH receptor antibody)を測定した。

5)尿中ヨウ素濃度は ammonium persulfate digestion on microplate 法⁹⁾を用い、μg/Lおよびクレアチニン1gあたりに換算してμg/gCrとあらわした。尿中クレアチニン濃度は酵素法によって測定した。血清TSHと FT_4 は電気化学発光免疫測定法、甲状腺自己抗体はラジオイムノアッセイ法によって測定した。

6)ヨウ素摂取量算定のための改訂FFQの基本的な構成(表2)は初版とほぼ同じであるが、加工食品からのヨウ

素摂取量を明確にすることを目的として以下のように改変した。

(1)食品リストに原材料的食品類(海藻類7種と魚介類5種)のほかに加工食品類として、「だし」を使用した6種類の料理と市販の即席食品3種類を追加した。「だし」については自家製と市販製品の2つに分けて摂取頻度を問うた。

(2)調査対象期間はFFQ記入時点から過去1カ月間とし、調査票にある食品をこの間に日常的に摂取した頻度について問うた。

2. ヨウ素摂取量の算出方法の変更点

1)食品のヨウ素含有量について海藻類と魚介類は初版と同じ五訂増補食品成分表の数値を用いた⁹⁾。ほかの食品については初版ではわれわれが測定した加工食品のヨウ素含有量³⁾の平均値を用いたが、含有量の幅が非常に広いので中央値を用いた(表3)。

2)回答者が記載した商品のヨウ素含有量が判明している場合はその数値を用い、不明の場合あるいは商品名の記載がない場合は食品群ごとに中央値を標準の値として用いた。

3)市販の「たれ」についてはヨウ素含有量を測定した商品数が7点と少なく、含有量に約700倍の幅があるので、標準の値は設定せず、該当する商品名が記載された場合のみ算定した。

4)自家製の「だし」は、昆布、鰹節のいずれかあるいは両者を使用している例がほとんどであるので、ヨウ素含有量は昆布のだし汁とかつおのだし汁のヨウ素含有量の平均値とした。

5)「かけうどん・かけそば」、「即席カップ麺」のつゆを飲む量について「ほとんど飲まない」と回答した場合は

表2 改訂版食事調査票

ヨードを多く含んだ食品を食べる頻度(過去1ヶ月間)に○をつけて下さい
(判れば商品名を記入して下さい)

食物の種類(1食分量)		ほとんど 食べない	食べる頻度										
			1ヶ月間に			1週間に			1日に				
			1回	2回	3回	1回	2-3回	4-5回	1回	2回	3回		
海藻類	昆布	佃煮(小皿1皿, 15g)											
		昆布巻き(1-2切れ, 30g)											
		とろろ昆布(1杯, 3g)											
		昆布でだしをとった汁もの(1杯)											
	わかめ	酢の物・サラダ(1杯, 20g)											
		味噌汁・吸い物(1杯, 10g)											
	海苔	味付け海苔(1パック, 2g)											
		焼き海苔(0.5枚, 1.5g)											
	寒天	佃煮(小皿1皿, 15g)											
		みつめ(1食分, 50g)											
	その他	ところてん(1食分, 100g)											
		ひじき 煮物(小皿1皿, 5g)											
		もずく(1食分, 40g)											
魚介類	めかぶ(1食分, 40g)												
	いわし(鯛): 1尾(50g)												
	さば(鯖): 中1切れ(80g)												
	かつお(鰹): 刺身5切れ(100g)												
	ぶり(鰯): 大1切れ(100g)												
	塩鮭: 大1切れ(80g)												
みそ汁: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
お吸い物、すまし汁: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
かけうどん、かけそば: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
かけうどん、かけそばの'つゆ'を飲む量は?		全部・半分・1/3											
つけ麺: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
おでん: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
鍋もの、寄せ鍋など: だしは? (①自家製/②市販のもの)													
即席鍋のつゆ/商品名:													
即席お吸い物/商品名:													
即席スープ/商品名:													
即席みそ汁/商品名:													
即席カップ麺(1杯)ーうどん、そば、中華、何でも 商品名:													
即席カップ麺の'つゆ'を飲む量は?		全部・半分・1/3											
こんぶ入りポン酢/商品名:													
こんぶ醤油/商品名:													
こんぶ塩/商品名:													
お茶漬、ふりかけ/商品名:													
たれ(すきやき、しゃぶしゃぶなど) 商品名:													
ヨード卵(1個, 50g)													
昆布茶(1杯)/商品名:													
自家製のだしの主な材料は													
使用するだしの素(粉末のもの)の商品名は													
使用するだし汁、おでん・うどんだし等の商品名は													
使用するめんつゆの商品名は													

お名前: 記入年月日:平成 年 月 日 ご協力ありがとうございました。

表3 調査票の食品のヨウ素含有量(初版に追加, 修正した食品)

品目	食品名	1食分の重量 (ml or g*)	ヨウ素含有量 ($\mu\text{g/ml or g}^*$)	1食分のヨウ素含有量 (μg)
みそ汁	自家製だし	150	0.63 ^a	94.5
	市販だし	150	b	53.2
お吸い物, すまし汁	自家製だし	150	0.63 ^b	94.5
	市販だし	150	b	103.9
かけうどん, かけそば	自家製だし	250	0.63 ^a	157.5
	市販だし	250	b	258.3
つけ麺	自家製だし	100	0.63 ^a	63.0
	市販だし	100	b	143.5
おでん	自家製だし	200	0.63 ^a	126.0
	市販だし	200	b	109.3
鍋もの, 寄せ鍋など	自家製だし	250	0.63 ^a	157.5
	市販だし	250	b	268.8
即席鍋のつゆ				216.1
即席お吸い物				51.4
即席スープ				51.4
即席みそ汁/商品名				43.7
即席カップ麺-うどん, そば, 中華, 何でも(1杯)			b	7.8
昆布入りポン酢		5	4.5 ^a	22.5
昆布醤油		5	20 ^a	100.0
昆布塩		6 ^a	45.1 ^a	270.6
お茶漬け, ふりかけ			b	23.2
たれ(すきやき, しゃぶしゃぶなど)		30	c	c
昆布茶(1杯)			b	576.3

a: 自家製のだしのヨウ素含有量は昆布とかつおのヨウ素含有量の平均値とする

b: ヨウ素含有量はわれわれが測定した食品の中央値とする

c: 商品によりヨウ素含有量が著しく異なるため, 標準の値を定めない

10%。摂取はするが, つゆを飲む量の記載がない場合は1/3量とした。

6)経口的に摂取された食品に含まれるヨウ素が吸収, 利用される率(生体内利用率: Bioavailability)は90%以上とされているので¹⁰⁾, FFQによる合計摂取量に0.92を乗じてヨウ素の1日摂取量とした。

3. 調査票の妥当性と再現性の検討

調査票の評価には妥当性と再現性の評価の両方を必要とする。妥当性とはFFQによって測定された食品や栄養素の摂取量が, どれだけ実際の摂取量と一致するかという度合いである。妥当性を評価するには, 食事記録調査, 24時間思い出し調査, 陰膳法, 生体指標など, FFQより手間のかかる方法で測定された栄養素摂取量をゴールドスタンダードとして比較する。ヨウ素の生体指標である随時尿中のヨウ素濃度を尿中クレアチニン濃度で補正して表した濃度($\mu\text{g/gCr}$)は, ほぼ1日尿中ヨウ素排泄量とみなすことができるので^{11,12)}, これとFFQによる1日ヨウ素摂取量との相関を検討した。再現性とは, 同じ対象者に同じ調査表による調査を繰り返しおこなった場合に, 食品や栄養素の摂取量がどの程度一致するかという度合いであり, 対象例のうち, 12週間前後の期間を

おいて2回, 調査に協力のできるものにFFQへの記入を求め, 1回目と2回目の1日ヨウ素摂取量の相関を検討した。

4. ヨウ素を多く含む食品を摂取する者の割合と摂取頻度

FFQにある食品ごとに摂取する者の割合と摂取頻度を計算し, さらに男女別に分けて比較した。また年齢別に5群(29歳以下, 30-39歳, 40-49歳, 50-59歳, 60歳以上)に分けて摂取する者の割合を算出し, 比較した。

5. 食品群別ヨウ素摂取源の比率

FFQから算出された1日ヨウ素摂取量のうち, 摂取源として原材料的食品群, 加工食品群の占める割合を個々に計算して平均値を求め, 男女別, 年齢群別に比較した。このFFQに記載された食品を同じ頻度で摂取すると仮定した場合の全ヨウ素摂取量に対する食品群ごとのヨウ素含有量の割合は海藻類が84.7%, 魚介類が3.4%, その他が11.9%である。

6. 統計学的検討方法

妥当性検討のための標本者数は妥当性についての相関係数が一般的に0.5-0.7であるので, 相関係数が統計学的に有意とするのに必要な標本数は, 調査回数が1回のみ

の測定では300例程度であり、この症例数を目標とした^(3,14)。

ヨウ素摂取量および尿中ヨウ素濃度は個人間および個人内変動が大きく、正規分布を示さないので、中央値を算出した。再現性の検討および1日ヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量との相関(妥当性の検討)はSpearmanの順位相関係数を用いた。ヨウ素を多く含む食品を摂取する者の割合について男女間の比較は χ^2 検定を用いた。統計学的有意差は危険率5%未満($p < 0.05$)とした。

III. 結 果

1. 対象症例のプロファイル

研究に参加した401名のうち血清TSHあるいは FT_4 が基準値の範囲を逸脱する者、甲状腺自己抗体が陽性の者を除外した結果、健康成人のヨウ素摂取量の検討およびFFQの妥当性検討のために健診クリニックの健康成人222例が対象となった。年齢は16~73歳、平均値 \pm SDは48.3 \pm 12.5歳である。男性は129名、16~73歳、平均値 \pm SDは48.0 \pm 13.2歳、女性は93名、26~73歳、平均値 \pm SDは48.8 \pm 11.5歳である。

FFQの再現性検討のための対象例は2回の調査への同意が得られた者で、健康成人222名中9名(男性3名、女性6名)と妊婦70例中20名である。健康成人9名は24~65歳、平均値 \pm SDは34.6 \pm 17.0歳、男性は平均49.7歳、女性は平均32.9歳である。妊婦20名は24~41歳、平均値 \pm SDは31.4 \pm 8.5歳である。1回目の調査は2010年7月であり、2回目の調査までの期間は10.1~15.4週、平均値 \pm SDは12.3 \pm 2.3週である。妊婦ではこの期間は10.1~15.4週に相当し、平均値 \pm SDは12.4 \pm 3.5週である。初回調査時の妊婦の妊娠週数は23~29週、平均値 \pm SDは28.3 \pm 4.3週、2回目は分娩後2日目である。

2. 改訂FFQの妥当性と再現性

健康成人222例においてFFQによって推定した1日ヨウ素摂取量(X)とクレアチニン補正した尿中ヨウ素濃度(Y)とは正の相関を示した(図1)。Spearmanの順位相関係数は $r=0.318$ (95%信頼区間は0.1907-0.4348、 $p < 0.0001$)であり、回帰は次の式で表される。 $Y=10^{(0.4247X+1.552)}$

再現性の検討の対象とした健康成人9名、妊婦20名について、各食品からのヨウ素摂取量の1回目と2回目の調査結果の相関を表4に示す。表には相関係数が算出可能な摂取者数のある36種の食品のうち相関係数の危険率が0.5%未満の品目を示す。相関係数は-0.202-0.90で、健康成人では6品目、妊婦では8品目、両者を併せると36食品のうち21品目(58.3%)が有意な相関係数を示した(0.413-0.90、平均0.575)。昆布の佃煮が0.413で最も低く、めかぶ(0.9)、自家製だしによるみそ汁(0.89)などが

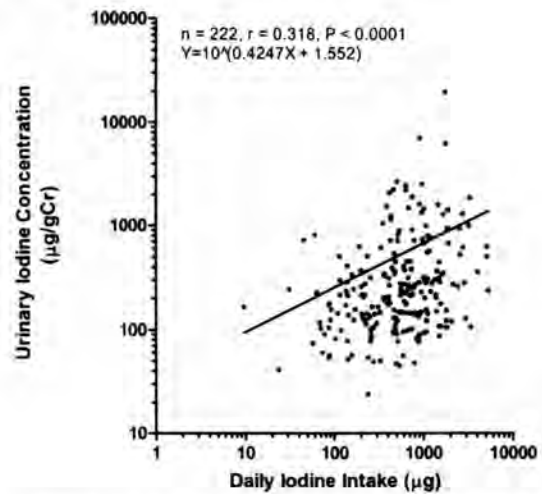


図1 調査票による1日ヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量との相関

健康成人222名において本調査票によって推定した1日ヨウ素摂取量は尿中ヨウ素排泄量(クレアチニン補正したヨウ素濃度)と正の相関を示した。Spearmanの順位相関係数は $r=0.318$ (95%信頼区間0.1907-0.4348)、 $P < 0.0001$ であり、回帰式は $Y=10^{(0.4247X+1.552)}$ である。

高かった。1日ヨウ素摂取量の2回の調査結果は正の相関を示し、相関係数は0.443であった。

3. 健康成人の1日ヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量

FFQによって推定した健康成人222例についての1日ヨウ素摂取量は9.6 μ g~5.3mgと変動が大きく、中央値は555.3 μ gであった。男性の中央値は605.5 μ g、女性は539.7 μ gで男性が女性よりやや高いが、統計学的有意差は認められなかった(表5)。

健康成人222例の尿中ヨウ素濃度は変動が大きく、24-19,800 μ g/gCr(30-16,800 μ g/L)におよび、中央値は173.0 μ g/gCr(204.5 μ g/L)であり、男女差はなかった(表5)。

4. ヨウ素摂取量と排泄量の比率

尿中クレアチニン排泄量を1日1gと仮定した尿中ヨウ素濃度を1日の尿中ヨウ素排泄量としてFFQによるヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量の比率を各例において算出し、中央値を求めた。健康成人222例の中央値は0.35で男性の中央値は0.33、女性は0.43であるが、両群に統計学的有意差はなかった(表5)。

5. ヨウ素を多く含む食品を摂取する者の割合と摂取頻度

健診クリニックを受診した331名のうちFFQへの記入が得られた316名を対象とした。年齢は16-73歳、平均値 \pm SDは47.7 \pm 12.1歳である。男性は177名で年齢は16-73歳、平均値 \pm SDは47.9 \pm 12.7歳、女性は139名で22-70歳、平均値 \pm SDは47.5 \pm 11.4歳である。

表 4 調査票の再現性(2回の調査結果の相関)

食品群	健康成人(n=9)		健康妊産婦(n=20)		健康成人と健康妊産婦(n=29)	
	食品名	相関係数	P値	相関係数	95%信頼限界	P値
海藻類	昆布					
	佃煮					
	とろろ昆布	0.71	0.0369*		0.036-0.69	0.0289*
	昆布でだしをとった汁もの	0.76	0.0368*		0.19-0.78	0.0041*
	わかめ				0.21-0.77	0.0025*
	海苔	0.74	0.0458*	0.64	0.26-0.85	<0.0001*
		0.89	0.0123*		0.25-0.79	0.0013*
					0.29-0.80	0.0005*
					0.079-0.73	0.0173*
					0.14-0.73	0.0065*
魚介類	その他					
	ひじき煮物	0.56	0.15-0.81	0.0096*	0.25-0.81	0.0016*
	もずく	0.63	0.25-0.84	0.0029*	0.78-0.96	<0.0001*
	めかぶ	0.86	0.66-0.94	<0.0001	0.14-0.76	0.0079*
	いわし(鰯)				0.25-0.79	0.0013*
	さば(鯖)	0.77	0.0279*	0.48	0.029-0.77	0.0335*
	ぶり(鰯)				0.16-0.76	0.0054*
	塩鮭				0.14-0.73	0.007*
	みそ汁(自家製だし)				0.74-0.95	<0.0001*
	みそ汁(市販だし)				0.22-0.79	0.0025*
みそ汁(自家製だし)	お吸い物、すまし汁(自家製だし)				0.004-0.73	0.0428*
	お吸い物、すまし汁(市販だし)				0.089-0.74	0.0157
	鍋もの、寄せ鍋など(自家製だし)				0.12-0.77	0.0115*
	即席スープ	0.76	0.0368*			
	即席カップ麺	0.46	0.0014-0.75	0.0439*	0.34-0.85	0.0005*
				0.69	0.34-0.87	0.0008*

*: P<0.05

表5 食事からのヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量

		中央値 (25, 75 パーセンタイル)
全体 (n=222)	ヨウ素摂取量(μg/day)	555.3(257.1, 1040)
	尿中ヨウ素濃度(μg/gCr)	173.0(96.5, 348.5)
	ヨウ素排泄量/摂取量	0.35(0.16, 0.92)
男性 (n=129)	ヨウ素摂取量(μg/day)	605.5(262.7, 1072)
	尿中ヨウ素濃度(μg/gCr)	172.0(94.0, 351.0)
	ヨウ素排泄量/摂取量	0.33(0.15, 0.92)
女性 (n=93)	ヨウ素摂取量(μg/day)	539.7(236.9, 1028)
	尿中ヨウ素濃度(μg/gCr)	175.0(98.0, 364.5)
	ヨウ素排泄量/摂取量	0.43(0.18, 0.94)

食品ごとに摂取する者の割合と摂取頻度を表6に示す。70-80%の者が摂取する食品は、わかめの料理、焼き海苔、ひじき、塩鮭である。これらのほかに50%以上の者が摂取する食品は、さば、かつお、ぶり、市販のだしを使ったみそ汁、かけうどん・そばである。また摂取する者の割合が高く、かつ摂取頻度も高い食品は、わかめの味噌汁・吸い物、市販のだしを使ったみそ汁である。男女別に比較すると、摂取する者の割合に統計学的有意差のある食品はなかった。表には示していないが、男女別、年齢別に摂取する者の割合を比較すると海藻類は男女ともに年齢とともに摂取する者の割合が増加する傾向が認められた。海藻類以外の食品および摂取する者の割合が高い食品は年齢による割合の変化は少ない。

6. 食品群別のヨウ素摂取源の比率

FFQによって推定した1日ヨウ素摂取量の中央値は全体では553.5 μg、男性は533.7 μg、女性は564.6 μgで男女差はない。ヨウ素摂取源の比率を原材料的食品と加工食品の2群に大別すると、ヨウ素摂取源は原材料的食品が86.5%、加工食品が13.5%である(表7)。原材料的食品のうち海藻類は80.6%、魚介類は5.9%である。各食品群の比率には男女差、年齢群差は認められなかった。

IV. 考 察

1. 本調査票の評価と臨床的応用

本研究では食事からのヨウ素摂取量を直接推定するためにわれわれが2005年に開発したヨウ素に特化したFFQ⁷⁾を改訂し、妥当性と再現性を検討した。妥当性という概念は、理論的には調査票によって測定された摂取量と実際の摂取量(ゴールドスタンダード)との一致の度合いを意味するが、調査票より精度が高いとはいえ、それ自体も完全に正確ではないゴールドスタンダードとの相対的な一致の程度を比較しているにすぎない。今回

の研究でヨウ素摂取量のゴールドスタンダードとして用いた尿中ヨウ素濃度は個体内でも日内変動があり、とくに直近の食事からのヨウ素含有量に大きく影響される。これに対しFFQは過去の一定期間内の食事内容を被験者の記憶に基づいて推定したものである。本FFQを用いた1日ヨウ素摂取量と尿中ヨウ素排泄量は健康成人男女において正の相関を示し、十分な妥当性があると考えられた。

再現性については習慣的な食生活が変化していないことが理論的な前提となっているが、食生活の季節変動、再現性調査の間隔と調査した季節、調査回数などの因子が影響を与える。今回の調査時期は夏から冬にかけてであり、食生活の季節変動の影響が推測される。再現性検討のための妊婦症例については調査時期が妊娠6~10カ月までの安定した時期にあたり、妊娠による食生活の変化への影響はさほどないものと考えられる。問題点は時間をおいて2回の調査に協力できる者を得るのが困難であったため、対象例が健康成人9名、妊婦20名のみであった。検討する食品数に比して症例数が少ないため相関係数を算出できない食品が存在した。しかし全体として半数以上の食品が良好な相関係数を示した。

FFQの妥当性や再現性は調査票そのものの属性ではなく、その調査票を特定の調査集団に適用した場合の精度を表しているに過ぎない。さらに調査票の妥当性は「調査票の全体」ではなく「個別の栄養素や食品」について判断すべきものであり、「全体としてこの調査票には妥当性がある、あるいは妥当性はない」という評価はあまり意味がないと考えられている¹⁴⁾。FFQにはこのような限界はあるが、今回の改訂FFQはヨウ素摂取量をほぼ正確に反映していると考えられる。

FFQを個人の栄養指導や健康教育に応用するには精度が相当高いものでなければならない。一般には対象集団を摂取量に基づいてグループ分けし、調査を繰り返すおこなう前向きコホート研究などの疫学調査に利用する。本FFQは地域あるいは集団のヨウ素摂取量調査に有用であり、また個人のヨウ素摂取状況のスクリーニングに役立つと考えられる。

2. 尿中ヨウ素排泄量による日本人成人のヨウ素摂取量

日本人のヨウ素摂取量については尿中ヨウ素濃度測定による尿中ヨウ素排泄量についての報告のみで、1980年代までの文献的考察によれば、成人では1日平均1-4 mgと推定されている¹⁵⁾。1990年代の報告では、北海道沿岸部と札幌市の5,171名の成人を対象にヨウ素と甲状腺機能異常の頻度との関係を調査し、両地域の尿中ヨウ素濃度の平均値はそれぞれ3,405 μg/Lおよび3,151 μg/Lで差がなく、ヨウ素摂取が甲状腺機能異常の頻度や甲状腺自己抗体の保有率に与える影響は明かではなかった¹⁶⁾。ま

表6 ヨウ素を多く含む食品を摂取する者の割合と摂取頻度

食品群	食品名	全体 (n=316)		男性 (n=177)		女性 (n=139)	
		摂取者の割合 (%)	摂取頻度 (中央値)	摂取者の割合 (%)	摂取頻度 (中央値)	摂取者の割合 (%)	摂取頻度 (中央値)
海藻類	昆布	39.9	月3回	42.9	月2~3回	36.0	月3回
	昆布巻き	12.7	月1回	15.3	月2回	9.4	月1回
	昆布でだしをとった汁もの	30.7	月2回	29.4	月2回	32.4	月2回
	酢の物・サラダ	46.8	週1回	46.3	週1回	47.5	週1回
	味噌汁・吸い物	70.6	月3回	65.5	月3回	77.0	月3回
	味付け海苔	88.0	週2~3回	90.4	週2~3回	84.9	週2~3回
	焼き海苔	47.8	月3回	51.4	月3回	43.2	週1回
	佃煮	73.7	週1回	69.5	週1回	79.1	週1回
	みつまめ	25.9	月2回	29.4	月1回	21.6	月2~3回
	とろろてん	12.0	月1回	8.5	月1回	16.5	月1回
魚介類	ひじき煮物	20.9	月1回	18.1	月1回	24.5	月1回
	もずく	74.1	月2回	71.8	月2回	77.0	月2回
	めかぶ	49.1	月2回	42.9	月2回	56.8	月2回
	いわし(鰯)	41.5	月1回	34.5	月1回	50.4	月2回
	さば(鯖)	44.3	月2回	43.5	月2回	45.3	月1回
	かつお(鰹)	65.2	月2回	64.4	月2回	66.2	月2回
	ぶり(鰯)	54.4	月2回	55.4	月1~2回	53.2	月2回
	塩鮭	60.4	月1回	57.1	月1回	64.7	月1~2回
	みそ汁(自家製だし)	83.2	月3回	83.1	月3回	84.2	月3回
	みそ汁(市販だし)	8.2	週2~3回	6.8	週1~3回	10.1	週2~3回
だしを使用する料理	お吸い物、すまし汁(自家製だし)	55.1	週2~5回	54.8	週4~5回	55.4	週2~3回
	お吸い物、すまし汁(市販だし)	5.7	月2~3回	5.1	月2回	6.5	月3回
	かけうどん、かけそば(自家製だし)	32.9	月3回	35.0	月3回	30.2	週1回
	かけうどん、かけそば(市販だし)	2.8	月2回	2.8	月2回	2.9	月2~3回
	つけ麺(自家製だし)	54.7	月3回	56.5	週1回	52.5	月3回
	つけ麺(市販だし)	2.8	月3回	2.8	月3回	2.9	月3回
	おでん(自家製だし)	36.4	月2回	36.7	月2回	36.0	月2~3回
	おでん(市販だし)	4.4	月1回	5.1	月2回	3.6	月1回
	鍋もの、寄せ鍋など(自家製だし)	23.1	月1回	26.6	月1回	18.7	月1回
	鍋もの、寄せ鍋など(市販だし)	8.2	月2回	9.6	月2回	6.5	月1回
即席食品	即席鍋のつゆ	23.7	月1回	24.9	月1回	22.3	月2回
	即席お吸い物	7.0	月2回	7.3	月1回	6.5	月2回
	即席スープ	5.1	月3回	6.2	月3回	3.6	月3回
	即席みそ汁	9.5	月2~3回	8.5	月3回	10.8	月2回
	即席カップ麺	10.4	週1回	13.6	週1回	6.5	週1回
	昆布入りボン酢	34.2	月3回	39.0	月3回	28.1	月3回
	昆布醤油	15.2	月3回	10.7	月3回	20.9	週1回
	昆布塩	6.0	週1回	7.3	月2回	4.3	週1回
	お茶漬け、ふりかけ	5.1	月2回	3.4	月2回	7.2	月2回
	たれ(すきやき、しゃぶしゃぶなど)	17.4	月3回	14.7	月2回	20.9	週1回
調味料, その他	ヨード卵	15.5	月2回	14.7	月2回	16.5	月1回
	昆布茶	13.9	週1~3回	15.3	週1回	12.2	週2~3回
		4.4	週1~3回	3.4	週2回~1日1回	5.8	月3回
							週1回

表7 食品群別のヨウ素摂取源の比率(%)

		食品群	平均値±SD	95%信頼限界
全体(n=316)	原材料的食品	海藻類	80.6±20.2	78.3-82.8
		魚介類	5.9±9.1	4.9-6.9
	加工食品	「だし」を用いた料理	8.7±12.2	7.3-10.0
		即席食品	0.47±1.7	0.28-0.67
男性(n=177)	原材料的食品	海藻類	79.5±22.1	76.2-82.8
		魚介類	5.9±9.1	4.5-7.2
	加工食品	「だし」を用いた料理	9.3±12.6	7.4-11.1
		即席食品	0.62±2.1	0.30-0.94
女性(n=139)	原材料的食品	海藻類	81.9±17.5	79.0-84.9
		魚介類	5.9±9.2	4.4-7.5
	加工食品	「だし」を用いた料理	7.9±11.6	6.0-9.9
		即席食品	0.29±1.0	0.1-0.5
		調味料・その他	3.9±10.6	2.1-5.6

た沖縄、山形、神戸、長野において成人の尿中ヨウ素濃度は平均値が810~1,620 µg/Lであり地域差を認めた¹⁷⁾。近年の報告では18-22歳の大学生3,350名(男女比1.1)においてわれわれと同じ方法で尿中ヨウ素濃度を測定した中央値は241.0 µg/Lであり、男女間に差がなかった¹⁸⁾。今回の研究では平均47.8歳の健康成人の尿中ヨウ素濃度は中央値が204.5 µg/Lでやや低い。1990年代以前の尿中ヨウ素値についての報告は近年の報告と比較して、尿中ヨウ素濃度は著しく高値であり、調査の地域、実施時期(季節変動の影響)、対象の選択方法、尿検体採取時のヨウ素汚染、ヨウ素測定法の差異(1990年代の報告は選択電極法を用いることが多い)などの要因が関与しているものと考えられる。Nagasakiは地域ごとのヨウ素摂取量の差についてヨウ素含有量の最も多い昆布が7~8世紀から北海道から日本列島の南へ伝わっていく歴史的経過(Konbu Road)が関与していることを示唆し、また昆布の消費量から海藻類からのヨウ素摂取量を1日1.2 mgと推定している¹⁹⁾。

日本人のヨウ素摂取量は全国的な調査がおこなわれていないので明かではないが、われわれが測定した尿中ヨウ素濃度の中央値は成人:204.5 µg/L(本研究)、非妊婦人:209.9 µg/L、妊婦:238.6 µg/L、褥婦:163.9 µg/L³⁾、学童:281.6 µg/L²⁰⁾である。食物から摂取したヨウ素の90%が尿中に排泄されると仮定して単純に計算すると、特異なヨウ素代謝を示す妊産婦以外の18歳以上の成人では1日ヨウ素摂取量は約230-270 µgと推測される。

3. FFQによる日本人成人のヨウ素摂取量

FFQによって推定した1日ヨウ素摂取量の中央値は555.3 µgで男女差、年齢差はなかった。実際に測定した尿中ヨウ素濃度から算出した1日ヨウ素排泄量173.0 µg

と比較すると高値であり、われわれの前回の初版による調査結果と同様な傾向を示した。ヨウ素のFFQの報告は少ないが、デンマークでの研究ではFFQはヨウ素高摂取群と低摂取群を分けるのに有用であるが、摂取量は過剰に評価される傾向がある²¹⁾。この理由として、両者は被験者の同じ時期のヨウ素摂取状態をあらわしていないこと、FFQによるヨウ素摂取量算出の際のパラメーター(例えば食品のヨウ素含有量、実際摂取量、生体内利用率)の設定などが考えられ、今後検討する必要がある。

4. 日本人成人のヨウ素摂取源

近年、食生活の変化により即席食品、レトルトパウチ食品などの消費量が増加し、また風味材料として昆布エキスなどが加えられた加工食品やヨウ素が多量に含まれる食品が大量に販売されていることから、加工食品からのヨウ素摂取量が増加しているものと予測される³⁾。今回の調査では食品群別のヨウ素摂取量は海藻類が80.6%、魚介類が5.9%、加工食品類が13.5%であった。従来、日本ではヨウ素の総摂取量の約80%を海藻類から、残りを魚介類、穀類、卵類、野菜類から摂取しているとされているので²²⁾、ヨウ素源としての海産物の割合(86.5%)には大きな変化はないようである。穀類、卵類、野菜類のヨウ素含有量は比較的少ないので、加工食品のヨウ素摂取源としての比率13.5%は高いものと思われる。この比率が今後どのように変化していくかを観察していく必要がある。

5. 世界と日本のヨウ素栄養状態

世界各国のヨウ素栄養状態についてはWHOの集計があるが、データのまったくない国(日本も含まれる)、不十分な国も多い²³⁾。米国では1971年より全国的なモニタリングがおこなわれている。2005~2006年および2007~

2008年の米国の一般人口の尿中ヨウ素の中央値は164 µg/Lでヨウ素摂取量は変化なく adequate であるが、妊産婦は125 µg/Lと必要量を満たしていない可能性が指摘されている²⁾。

国あるいは地域でのヨウ素栄養状態の評価には学齢期の小児を対象に、一定の疫学的調査のプロトコールを使用することをWHO/ICCIDD(国際保健機構/ヨウ素欠乏症国際対策機構)が推奨し、とくに尿中ヨウ素濃度の中央値が最も有効な評価指標であり、国際間の比較に用いられる²⁴⁾。これに従って筆者らが2002年におこなった6-12歳の学童における調査では東京(654名)²⁰⁾と旭川(310名)²⁵⁾で、随時尿中のヨウ素の中央値はそれぞれ281.6 µg/Lと288 µg/Lであり、“more than adequate”と評価される。このことは日本人がヨウ素過剰摂取による甲状腺機能障害の危険があることを意味するのではなく、本研究に示すように成人、妊産婦のヨウ素摂取状況は世界と比較してもさほど過剰とは考えられない。しかし北海道の中標津(280名)では尿中ヨウ素の中央値は728 µg/Lと旭川の学童より非常に高く、甲状腺容積も大きかった²⁶⁾。すなわち、最近でも日本国内にヨウ素摂取量の過剰な地域が存在することが示唆され、全国的調査が必要である。今回改訂したFFQは尿中ヨウ素測定とともにヨウ素摂取量を推定するための疫学的調査方法として有用であると考えられる。

また近年、消費量の増えている加工食品は海産物とともにヨウ素摂取源として重要なものである。われわれのFFQでは商品名の記載を求めたが、ヨウ素含有量を測定していない商品も数多く記入された。今後の調査において、どのように取り扱うかが課題である。膨大な種類の市販品目のヨウ素含有量をすべて測定することは不可能であり、加工食品の成分表示にヨウ素含有量が少なくともヨウ素含有の有無が記載されることが望ましい。2010年11月に発表された「日本食品標準成分表2010」²⁷⁾には無機質の項目に新たにヨウ素が追加され、今後のヨウ素についての栄養調査に有用であると思われる。

本研究は日立化成工業株式会社との共同研究であり、公益財団法人成長科学協会よりの研究助成金によっておこなった。尿中ヨウ素測定をおこなった日立化成工業株式会社特殊分析検査センターの大野治子、守川俊英両氏のご協力に深謝いたします。本研究の一部は第54回日本甲状腺学会学術集会(平成23年11月、大阪)において発表した。

文 献

- Zimmermann MB, Jooste PL, Pandav CS: Iodine-deficiency disorders. *Lancet*, 372: 1251-1262(2008)
- Caldwell KL, Makhmudov A, Ely E, Jones RL, Wang RY: Iodine status of the U.S. population, National health and nutrition examination survey, 2005-2006 and 2007-2008. *Thyroid*, 21: 419-427(2011)
- 布施養善, 大橋俊則, 紫芝良昌, 入江 實: 日本人のヨウ素摂取量推定のための加工食品類のヨウ素含有量についての研究. 日臨栄会誌, 32: 26-51(2010)
- Teng W, Shan Z, Teng X, Guan H, Li Y, Teng D, Jin Y, Yu X, Fan C, Chenling F, Chong W, Yang F, Dai H, Yu Y, Li J, Chen Y, Zhao D, Shi X, Hu F, Mao J, Gu X, Yang R, Tong Y, Wang W, Gao T, Li C: Effect of iodine intake on thyroid disease in China. *N Engl J Med*, 354: 2783-2793(2006)
- 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(2010年版). 第一出版, 東京(2009)
- WHO/UNICEF/ICCIDD: Indicators for assessing iodine deficiency disorders and their control through salt iodization. WHO/NUT/94.6, Geneva(1994)
- 布施養善, 山口 暁, 山口 稔, 岡安香織, 植松裕子, 大橋俊則, 紫芝良昌, 入江 實: 食物からのヨウ素摂取量を推定するための食物摂取頻度調査表作成の試み. 日臨栄会誌, 32: 147-158(2011)
- 大橋俊則: 生体試料中のヨウ素測定. ホと臨床, 55: 577-586(2007)
- 食品成分研究調査会編: 五訂増補日本食品成分表. 医歯薬出版, 東京(2006)
- National Academy of Sciences, Institute of Medicine, Food and Nutrition Board: 8. Iodine. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. The National Academies Press, Washington DC, 258-289(2001)
- Jolin T, Escobar F: Evaluation of iodine/creatinine ratios of casual samples as indices of daily urinary iodine output during field studies. *J Clin Endocrinol Metab*, 25: 540-542(1965)
- Konno N, Yuri K, Miura K, Kumagai M, Murakami: Clinical evaluation of the iodine/creatinine ratio of casual urine samples as an index of daily iodine excretion in a population study. *Endocr J*, 40: 163-169(1993)
- Willett W: Nutritional Epidemiology 2nd Edition, Oxford University Press, New York(1998)
- 坪野吉孝, 久道 茂: 栄養疫学, 南江堂, 東京(2006)
- 山本通子, 長瀧重信, 尾形悦郎: 日本人のヨウ素摂取量. 医のあゆみ, 108: 53-56(1979)
- 今野則道, 飯塚徳男, 川崎君王, 田口英雄, 三浦錦一, 田口静子, 村上茂樹, 萩原康司, 野田靖子, 鶴川純男: 北海道在住成人における甲状腺疾患の疫学的調査-ヨウ素摂取量と甲状腺機能との関係. 北海道医誌, 69: 614-626(1994)
- Nagata K, Takasu N, Akamine H, Ohshiro C, Komiya I, Murakami K, Suzawa A, Nomura T: Urinary iodine and thyroid antibodies in Okinawa, Yamagata, Hyogo, and Nagano, Japan: The differences in iodine intake do not affect thyroid antibody positivity. *Endocr J*, 45: 797-803(1998)
- 馬場久光, 藤平和弘, 井口元三, 高橋健太郎, 浦浜憲永, 大橋俊則: 大学生における尿中ヨウ素排泄量: 定期健康診断時の尿を用いた大規模スクリーニング調査. 日内分泌会誌, 83: 347(2007)
- Nagataki S: The average of dietary iodine intake due to the ingestion of seaweeds is 1.2 mg/day in Japan. *Thyroid*, 18: 667-668(2008)

- 20) Fuse Y, Saito N, Tsuchiya T, Shishiba Y, Irie M: 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 (2007)
- 21) Rasmussen LB, Oversen L, Bulow I, Jorgensen T, Knudsen N, Laurberg P, Perrild H: Evaluation of a semi-quantitative food frequency questionnaire to estimate iodine intake. *Eur J Clin Nutr*, 55: 287-292 (2001)
- 22) 糸川嘉則: ヨウ素、鈴木継美、和田攻編、ミネラル・微量元素の栄養学、第一出版、東京、413-422 (1994)
- 23) Summary tables and maps on iodine status worldwide. World Health Organization (WHO)
http://www.who.int/vmnis/database/iodine/iodine_data_status_summary/en/index.html (2011)
- 24) Delange F, De Benoist B, Burgi H, the ICCIDD working group: Determining median urinary iodine concentration that indicates adequate iodine intake at population level. *Bull World Health Organ*, 80: 633-636 (2002)
- 25) Zimmermann MB, Hess SY, Molinari L, De Benoist B, Delange F, Braverman LE, Fujieda K, Ito Y, Jooste PL, Moosa K, Pearce EN, Pretell EA, Shishiba Y: New reference values for thyroid volume by ultrasound in iodine-sufficient schoolchildren: a World Health Organization/Nutrition for Health and Development Iodine Deficiency Study Group Report. *Am J Clin Nutr*, 79: 231-237 (2004)
- 26) Zimmermann MB, Ito Y, Hess SY, Fujieda K, Molinari L: High thyroid volume in children with excess dietary iodine intakes. *Am J Clin Nutr*, 81: 840-844 (2005)
- 27) 文部科学省科学技術学術審議会資源調査分科会: 日本食品標準成分表(2010)。全国官報販売協同組合(2010)

Resources and intake of iodine in Japanese adult assessed by a newly revised food frequency questionnaire

Yozen FUSE^{1,2)}, Takuo TANAKA²⁾, Naoko ARATA³⁾, Shohei HARADA¹⁾, Hiroyasu OGAWA⁴⁾, Yoji FUSE⁵⁾, Yoshimasa SHISHIBA⁶⁾ and Minoru IRIE⁶⁾

¹⁾Department of Health Policy, National Research Institute for Child Health and Development

²⁾Savai Clinic

³⁾Division of Internal Medicine (Endocrinology and Metabolic Diseases), Department of Women's Health, National Center for Child Health and Development

⁴⁾Ogawa Clinic

⁵⁾Nakamachidai Ladies Clinic

⁶⁾Foundation for Growth Science

Nationwide information on current status of iodine intake is not available in Japan. We have developed an iodine-specific food frequency questionnaire (FFQ) and validity and reproducibility of the revised version was assessed. The iodine resource and intake from daily foods were determined in 401 healthy Japanese adults. The FFQ included a total of 43 different iodine-rich food items in 2 categories (marine foods and processed foods). Iodine content was calculated on the basis of data from the standard tables of food composition in Japan and of the data for processed foods previously reported by us. The FFQ was validated in 222 adults with the mean age of 48.3 years between 2010 and 2011 by comparing estimates of iodine intake from the FFQ with the iodine concentration measured in spot urine samples. In reproducibility study, 29 adults with the mean age of 34.6 years completed the FFQs twice at a 12-weeks interval. The questionnaire data correlated well with urinary iodine excretion (Pearson correlation coefficient, $r = 0.318$). The intraclass correlation coefficients for each food ranged from 0.41 to 0.90. Median iodine intake and urinary iodine concentration were 555.3 $\mu\text{g}/\text{day}$ and 204.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ (173.0 $\mu\text{g}/\text{gCr}$), respectively. Major iodine resource was from marine foods, i.e., seaweed (80.6%) and fish (5.9%), while the processed food was 13.5% of total iodine resource. In conclusion, this revised FFQ has an acceptable reproducibility and useful for assessing dietary iodine intake in Japanese. Processed foods containing high iodine are substantial resource of dietary iodine.

Key Words: iodine intake, iodine resources, food frequency questionnaire, urinary iodine