

日本で市販されている食品中のヨウ素含有量

菊池有利子*¹, 武林 亨*¹, 佐々木 敏*²

*¹慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教室

*²東京大学大学院医学系研究科公共健康医学専攻社会予防疫学

Iodine Concentration in Current Japanese Foods and Beverages

Yuriko KIKUCHI*¹, Toru TAKEBAYASHI*¹ and Satoshi SASAKI*²

*¹Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, Keio University

*²Department of Social and Preventive Epidemiology, School of Public Health, the University of Tokyo

Abstract Objective: In the present study, we determined iodine concentration in commonly consumed foods in Japan.

Methods: One hundred thirty-nine foods and beverages were purchased from local markets and convenience stores. These samples were examined for iodine concentration by using gas chromatography after ashing or extraction.

Results: The iodine concentrations in various food groups were as follows, The concentrations in cereals, sugar, sweeteners, vegetables, fruit, milk, and meat were too low to be detected (<0.05 mg/100 g). The iodine concentrations of algae and *dashi* (Japanese broth or stock) from algae were <0.05–225 mg/100 g; Japanese seasoning, <0.05–10.5 mg/100 g; and iodine-rich eggs, 1.09–2.00 mg/100 g.

Conclusions: Food and beverages with high iodine concentrations need to be taken into account in the nutritional survey for health hazards and benefits in the evaluation of daily nutritional intake.

Key words: iodine (ヨウ素), foods (食品), Japan (日本), database (データベース)

1. 緒 言

ヨウ素は生体の必須元素のひとつとされ、甲状腺から分泌される甲状腺ホルモン (T3: トリヨードチロニン, T4: トリキシン) の構成要素として重要である。生長発達, 知的発育に大きく寄与するこれらのホルモンが不足により, 甲状腺機能低下症, 甲状腺腫, クレチン病, 脳細胞へのダメージによる精神 (発達) 遅滞を引き起こす (1-4)。世界保健機構 (WHO) の報告によれば, 未だ世界で総人口の 38% にあたる 22 億人もの人々がヨウ素欠乏症のリスクにさらされている (5, 6)。

ヨウ素過剰摂取によっても甲状腺機能低下症, 甲状腺機能亢進症, 甲状腺炎, 甲状腺腫などを引き起こすことが報告されているが (7-12), その健康影響は, 民族に

よってその様相は大きく異なる (13)。

日本は, 海に囲まれた国であり, 海産物等からヨウ素を恒常的に多く摂取しているため, ヨウ素の欠乏による甲状腺疾患の報告はない。また, 北欧人より相当量のヨウ素を摂取しない限りヨウ素の過剰摂取による甲状腺中毒症状も起こらない (14)。

ヨウ素は, 放射線防護の観点からも重要であり, チェルノブイリ原発事故汚染地域で甲状腺腫の多発の原因として安定ヨウ素の摂取不足を挙げている (15-17)。原子炉施設等において, 原子力災害が発生した場合, 放射性物質として, 気体状のクリプトン, キセノン等の希ガスとともに, 揮発性の放射性ヨウ素 (ヨウ素 131) が周辺環境に放出される。人が放射性ヨウ素を吸入し, 身体に取り込むと, 放射性ヨウ素は甲状腺に選択的に蓄積するため, 放射線の内部被ばくによる甲状腺がん等を発生させる可能性がある。放射能をもたない安定ヨウ素剤 (KI) を予防的に服用すれば, 甲状腺に放射性ヨウ素が集積することを防ぐことができるため, 甲状腺への放射線被ばくを低減する効果があり, 甲状腺機能低下症, 甲状腺腫, 甲状腺がんなどの放射線障害を予防することができると考えられている (18)。

2008年4月4日受付, 2008年6月25日受理

Reprint requests to: Yuriko KIKUCHI

Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, Keio University 35 Shinanomachi, Shinjuku-ku, Tokyo 160-858, Japan

TEL: +81(3)3353-3758, Fax: +81(3)3359-3686

E-mail: kiku@sc.itc.keio.ac.jp

日本人のヨウ素摂取量は、諸外国に比べて多い傾向にあり(19, 20)、主な摂取源は海藻類、だし・調味料が中心であり、乳・乳製品、パンなどが摂取源である欧米諸国(21-25)とは、ヨウ素摂取形態が異なる。

ヨウ素欠乏・不足の問題よりも過剰摂取に重きを置いていた日本では、ヨウ素含有量の多い海藻類(昆布、ひじき、わかめなど)のデータが多く散見(26-29)されるが、そのほかの食品群も含め、網羅的にヨウ素を測定したデータベース作成(53食品)は、桂と中道ら(26)以降なされていない。

食品摂取形態の多様化、食事の西洋化により、食事内容も40年前とは大きく変化している(30)。また、食品中の栄養素含有量も変化していることが推測される。したがって、食事摂取基準を見直す現時点において一般的に多く食べられる食品中のヨウ素含有量を測定、データベース化することにより、日本人のヨウ素摂取量を食事調査によって推定することは重要である。

本研究では、日本人が比較的多く食べる食品中ヨウ素含有量を測定し、日本人のヨウ素摂取量を推定するための食品中ヨウ素含有量のデータベース作成を目的とした。

II. 方 法

食品の購入から測定までは、財団法人日本食品分析センターに依頼した。

1. 食品の購入

市販食品(139種類: Item番号で記載)を大阪府吹田市近郊のスーパーマーケット、コンビニエンスストア、ファーストフード店、通信販売(流動タイプの食品2点)にて購入した。うち4点(サンプル番号42: こんぶ, 45: ひじき, 60: さんま, 80: 卵)については、食品そのものと、料理などの処理を施したものとを両方を試験に供し、合計142サンプル中のヨウ素含有量を測定した。

2. 試験部位及び食品の調製

試験部位は可食部とし、試験前に試料を細かくし、均質化した。以下の食品については、調製した後、試験に供した。「さんま」は、可食部の試験の他、内臓のみについても試験した。「しじみ」は、水600ml、いりこだし4g及び味噌を用いて味噌汁を調製した。「モード卵」は、生とゆで卵(15分間茹での両方を試験した。「インスタント味噌汁(煮干だし)」は、味噌ペーストそのものの試験の他、商品パッケージに記載の方法で調製した味噌汁の状態のものについても試験した。「乾燥ひじき」は、乾燥ひじきそのものの試験の他、乾燥ひじき40gを1Lの水に浸した戻し汁も試験した。但し、結果は乾燥ひじき重量当たりで算出した。こんぶの測定は、商品のパッケージの記載どおりに調整(1L

の水中にこんぶ約10gを入れ、沸騰直前まで中火で煮出した後、こんぶとこんぶを取り出した抽出液について試験した。

3. 試験方法

測定は、日本の栄養表示基準における栄養成分等の分析法(31)、山野辺ら(32)、Makker HJのGC法(33)に準じ、サンプルによって方法を改変した。

サンプルのうち、水と親和性の小さいものは、①灰化-ガスクロマトグラフ法により、親和性の大きいものは、②抽出-ガスクロマトグラフ法により試験した。サンプルによっては、2つの前処理法(灰化および抽出)により試験をした。試験はヨウ素が検出された場合は2回測定を行い、その得られた値の平均値を結果に示した。

また、検出限界は0.05mg/100gとした。流動タイプの食品2サンプルの定量限界については、検体採取量を増やして試験を実施し、含有量の数値化を試みた。

①灰化-ガスクロマトグラフ法

サンプル1~5gに水酸化ナトリウム溶液を加え混和した後、熱板上で乾燥し、500°Cの電気炉中で灰化した。灰を水に溶解し、ろ紙(No.5A[東洋濾紙株式会社])を用いてろ過したものを試験溶液とした。

試験溶液の適量を共栓付試験管にとり、(1+1)硫酸0.7ml、メチルエチルケトン1ml及び200µg/ml亜硝酸ナトリウム溶液1mlを加えて混合し、室温で20分間放置後、ヘキサン10mlで抽出し、その1µlをECD-ガスクロマトグラフ装置に注入した。別に、ヨウ素標準溶液(ヨウ化カリウム水溶液)を共栓付試験管にとり、以下同様に操作し、得られた検量線から、試験溶液中のヨウ素濃度を算出した。

②抽出-ガスクロマトグラフ法

サンプル1~5gにフェロシアン化カリウム溶液*2ml、酢酸亜鉛溶液*2ml、水20~25ml及びヘキサン30~40mlを加えて振とうし、遠心後、ヘキサン層を除去した。水層をろ紙(No.5A[東洋濾紙株式会社])を用いてろ過したものを試験溶液とした。(*: たんぱく質及び脂肪を多く含む場合に加えた)

なお、「天然塩」についてはその水酸化ナトリウム溶液を、「ミネラルウォーター」についてはそのものを試験溶液とした。

試験溶液の適量を共栓付試験管にとり、以下①と同様に操作した。別に、ヨウ素標準溶液(ヨウ化カリウム水溶液)を共栓付試験管にとり、以下同様に操作し、得られた検量線から、試験溶液中のヨウ素濃度を算出した。

③ガスクロマトグラフ測定条件の一例を以下に挙げる。

- 機種: 6890N (Agilent Technologies Company)
- 検出器: ECD
- カラム: DB-WAX (J & W scientific) φ250µm × 30.0 mm, 膜厚0.25µm
- 温度: 試料注入口 200°C, 検出器 250°C, カラム 45°C (2min 保持) → 10°C/min 昇温 → 150°C (5min

保持)

- 注入方法：スプリットレス
- キャリヤーガス流量：ヘリウム 1.1 ml/min
- 追加ガス流量：窒素 30.0 ml/min
- 注入量：1 μ l

4. 繰り返し精度

こんぶ、佃煮 (のり)、だしの素 (こんぶ)、ヨード卵の計4試料につき、ガスクロマトグラフでのN=7回の繰り返し精度 (標準偏差) を測定した。

5. 添加回収試験

小麦粉と鶏卵 (普通卵) の計2試料については、サンプルにヨウ素標準溶液 (ヨウ化カリウム水溶液) を添加して、その回収率を調べた。

6. 標準試料の測定

標準試料 (環境標準試料 NIES CRM No.9 ホンダワラ：独立行政法人国立環境研究所) ヨウ素含有量 (520 μ g/g-dry) を用いて、抽出-ガスクロマトグラフ法および灰化-ガスクロマトグラフ法を試みた。

III. 結 果

1. 繰り返し精度

計4試料の、ガスクロマトグラフでのN=7回の繰り返し精度平均値 \pm 標準偏差 (変動係数%) は、下記の通りである。こんぶ (乾燥, 灰化) では、 192 ± 6.62 mg/100g (3.4%), のりの佃煮 (抽出) では、 0.06 ± 0.0047 mg/100g (7.8%), こんぶだしの素 (灰化) では、 11.3 ± 1.062 mg/100g (9.4%), ヨード卵 (抽出) では、 0.99 ± 0.079 mg/100g (8.0%) であった。

2. 添加回収試験

卵の添加回収試験結果は、前処理方法抽出では、添加量 2 μ g/g で 107%, 10 μ g/g で 80% であったが、灰化 (10 μ g/5g) では、平均回収率が6%であった。同様に小麦粉では、抽出84%, 80%, 灰化36%とアルカリ抽出方法が適していることが確認された。

3. 標準試料の測定結果

灰化-ガスクロマトグラフ法では、525, 539 μ g/gと良好な結果が得られたものの、抽出-ガスクロマトグラフ法では、26.6, 45 μ g/gと適切な値が得られないと判断された。

4. 食品中のヨウ素濃度の結果

食品中ヨウ素の分析結果を Table 1 に示した。食品群、食品番号は、五訂食品成分表の分類に基づいている。食品単位でないもの、栄養補助食品などの五訂食品成分表では示すことのできないものは、その他、料理単位とし

て測定結果を掲載した。検出限界以下のものは、“ND”、検出限界未満ただし、痕跡を認めるものは、“<0.05 (Tr.)”と表示した。

穀類, 砂糖類, 豆類, 種実類, 野菜類, 果実類, きのこと類, 肉類, 調理加工食品類は検出限界以下 (<0.05 mg/100g) であった。芋類: ND-0.30 (こんにゃく) mg/100g, 海藻類; ND-225 (こんぶ: おしゅぶりこんぶ) mg/100g, 魚介類: ND-0.61 (まぐろ類) mg/100g, 卵; ND-2.00 (ヨード卵) mg/100g, 乳類; ND-Tr. (牛乳) mg/100g, 菓子類; ND-0.19 (ポテトチップス和風味) mg/100g, 嗜好飲料類; ND- <0.05 (Tr.) (せん茶; 浸出液) mg/100g, 調味料類; ND-10.5 (顆粒風味調味料: こんぶだし) mg/100g, 栄養補助食品など; ND-4.87 (マルチミネラル錠剤) mg/100g, 調理済食品; ND-0.89 (ひじきの煮物) mg/100g であった。

IV. 考 察

本研究では、日本人が比較的多く摂取する139食品中のヨウ素含有量を測定した。その結果、海藻類、特にこんぶ、こんぶを使用しただし、和風調味料、ヨード卵等に多く含まれていた。試料の前処理の際に酸性溶液を用い、比色定量法によりヨウ素を測定しており、我々の実験方法 (アルカリ処理, ガスクロマトグラフ法にて測定) と異なるため、値を直接比較することは無理だが、40年前に桂ら (26) が測定した食品中のヨウ素含量と我々の研究結果を比較してみた (Table 2)。海藻類、魚介類のヨウ素含有量が高く、野菜類や果実類等において低い傾向であったことは一致していた。桂らの結果では、魚類中でイワシ, サバ, かつお, ブリ, 鮭 (268.4, 247.8, 190.5, 152.8 μ g/100g) の順に多くヨウ素が含まれていたが、本研究結果では、サバや鮭は、検出限界以下であった。この差異について、魚の処理方法の差異、魚の収穫時期の差異、40年前の海水中のヨウ素濃度の変化によるものなのか、本研究では明確に記すことはできなかった。Table 2には示さなかったが、桂らのこんぶの溶出率の結果が、こんぶ中のヨウ素の多くが水へ移行するという我々の研究や先行研究 (14, 35-37) と比して低く (冷浸で35.8%, 温浸で21.8%), これは、溶出率の測定方法およびヨウ素含有量の分析方法の相違によるものと考えた。

我々のこんぶ中のヨウ素の水への溶出率が123%と100%以上であった結果に関しては、ヨウ素の水への溶出率が増加したのではなく、測定法の違い (乾燥した昆布は、灰化-ガスクロマトグラフ法により、こんぶ抽出液は、抽出-ガスクロマトグラフ法) と測定の際のばらつきによるものと考えられる。乾燥こんぶの灰化の過程において、ヨウ素が失われ、実測値 (195 mg/100g) が真値よりも低いことが推測され、溶出率が見かけ上増加した可能性が高いと考えた。ひじきの溶出率は40.1%と、こんぶに比して低く、(50.3 mg/100g \rightarrow 戻し汁 20.2 mg/100g) 関本ら (36) の結果 (約40%) と一致していた。さらに、調

Table 1 食品中のヨウ素含有量

食品群	サンプル番号	五訂食品番号	食品名	Food & Description (English)	ヨウ素 mg/100g	前処理方法及び測定回数		備考1	備考2
						灰化	抽出		
【1】 穀類									
	1	1015	薄力粉・1等	All purpose wheat flour	ND	2	2		
	2	1056	即席中華めん - 油揚げ味付け	Instant Chicken flavored Chinese noodles	ND	1	1		インスタントラーメン (チキン味)
	3	1056	即席中華めん - 油揚げ味付け	Instant Miso flavored Chinese noodles	ND	1	1		インスタントラーメン (みそ味)
	4	1062	和風・スナックめん - 油揚げ	Instant Japanese flavored Udon noodles	0.63	—	2		カップうどん, そのまま分析
	5	1080	こめ・玄米 (水稲)	Brown rice, Raw	ND	1	—		
	6	1083	こめ・精米 (水稲)	White rice, Raw	ND	1	—		
【2】 芋類									
	7	2004	板こんにやく (生いもこんにやく)	Konnyaku (Jelly bar made from Konnyaku potato, Raw)	ND	2	—		こんにやく (黒)
	8	2004	おでん・板こんにやく (生いもこんにやく)	Konnyaku in Oden which is mixed stew	<0.05 (Tr.)	—	1		1 食重量 72g
	9	2005	こんにやく・しらたき	Konnyaku Noodles, Raw	ND	1	—		こんにやく (白)
	10	2008	さつまいも - 焼き	Baked Sweet potato	ND	1	—		皮含めた。両端5mm程度除く。
【3】 砂糖及び甘味料									
	11	3003	車糖・上白糖	Refined white sugar	ND	1	—		
	12	3004	車糖・三温糖	Light brown sugar	ND	1	—		
【4】 豆類									
	13	4030	きな粉・脱皮大豆	Soybean and beans Kinako which is soy flour	ND	1	—		
	14	4033	絹ごし豆腐	Tofu, Soft-tofu	ND	—	2		
	15	4041	おでん・がんもどき	Ganmodoki which is deep fried tofu in Oden stew (from No.8 sample)	ND	—	1		1 食重量 88g, No.8 おでんの具の一部
	16	4047	挽きわり納豆	Natto (Fermented soybean)	ND	1	—		
	17	4053	豆乳・調製豆乳	Soy milk	ND	—	1		
【5】 種実類									
	18	5018	ごま - いり	Black roasted sesame seeds	ND	1	—		
【6】 野菜類									
	19	6061	キャベツ・結球葉 - 生	Cabbage, Head, Raw	ND	1	—		
	20	6086	こまつな・葉 - 生	Komatsuna (Japanese Mustard Spinach), Raw	ND	1	—		
	21	6134	だいこん・根, 皮むき - 生	Daikan, White radish without skin, Raw	ND	—	1		
	22	6153	たまねぎ・りん茎 - 生	Yellow Onion, Raw	ND	1	—		
	23	6183	トマト・ミニトマト・果実 - 生	Cherry tomatoes, Raw	ND	—	1		
	24	6186	トマト・缶詰・ミックスマッシュ (食塩無添加)	Tomato juice cocktail	ND	—	1		野菜ジュース
	25	6205	にがり・果実 - 生	Bitter gourd, Raw	ND	1	—		ゴーヤ
	26	6214	にんじん・根, 皮むき - 生	Peeled Carrots, Raw	ND	1	—		
	27	6267	ほうれんそう・葉 - 生 (冬採り)	Spinach, Raw	ND	1	—		
	28	6291	もやし・りょうりょうもやし - 生	Bean sprouts, Raw	ND	1	1		
	29	6293	モロヘイヤ・茎葉 - 生 (木質茎つき)	Tossa jute, Stems and leaves, Raw	ND	—	1		
【7】 果実類									
	30	7014	いちご・ジャム・低糖度	Strawberry jam, Lightly sweetened	ND	—	1		

Table 1 つづき

食品群	サンプル番号	五訂食品番号	食品名	Food & Description (English)	ヨウ素 mg/100g		前処理方法及び測定回数		備考1	備考2
							灰化	抽出		
	31	7029	温州みかん・砂じょう・普通-生	Mandarin oranges, Raw	ND	ND	—	1		
	32	7049	かき・甘がき-生	Japanese persimmons, Raw	ND	ND	1	—		
	33	7062	グレープフルーツ・砂じょう-生	Grapefruit, Raw	ND	ND	—	1		
	34	7064	グレープフルーツ・果実飲料・濃縮還元ジュース	Grapefruit, Reconstituted fruit juice	ND	ND	—	1		
	35	7077	すいか-生	Watermelon, Raw	ND	ND	1	—		
	36	7107	バナナ-生	Bananas, Raw	ND	ND	—	1		
	37	7148	りんご-生	Apples, Raw	ND	ND	—	1		
【8】きのこ類				Mushrooms						
	38	8011	しいたけ・生しいたけ-生	Shiitake, Mushroom, Raw	ND	ND	1	—		
【9】海藻類				Seaweeds (Sea vegetable)						
	39	9002	あおのり-素干し	Green laver, Dried	26.1	26.1	2	—		
	40	9004	あまのり・焼きのり	Toasted Purple laver, <i>Nori</i> , <i>Sushi</i> wrap	1.19	1.19	2	—		
	41	9017	こんぶ・まこんぶ-素干し	<i>Ma-kombu</i> , Dried Kelp, Snack type	225	225	2	—	おしゃぶり昆布	
	42	9017	こんぶ・まこんぶ-素干し (だし用)	<i>Ma-kombu</i> , Dried Kelp, for making <i>Dashi</i>	195	195	2	—	真昆布, そのもの	
	42	9017	こんぶ・まこんぶ-素干し, 抽出液	<i>Ma-kombu</i> extracted water solution (from No.42 sample)	2.54, (241)	2.54, (241)	—	2	* 1Lの水中にコンブ (約10g) を入れ、沸騰直前まで中火で煮出した後、コンブを取り出した液について試験した。但し, () 内は, コンブ重量当たりの値。	
	42	9017	こんぶ・まこんぶ-素干し, 抽出後の昆布	<i>Ma-kombu</i> removed from extracted solution, Dried (from No.42 sample)	3.03	3.03	2	—		
	43	9028	てんぐさ・寒天	<i>Tengusa</i> , Agar jelly, Powder	0.23	0.23	2	—	粉末	
	44	9031	ひじき・ほしひじき	<i>Hijiki</i> , Boiled and dried (domestic product)	46.2	46.2	2	—	調理前 (乾燥), 国産 (九州)	
	45	9031	ひじき・ほしひじき	<i>Hijiki</i> , Boiled and dried (Chinese product)	53.8	53.8	2	—	調理前 (乾燥), 中国産	
	45	9031	ひじき・ほしひじき, 戻し汁	<i>Hijiki</i> , Extracted water solution (from No.45 sample)	20.2	20.2	—	2	ひじき (乾燥) 40g を 1L の水に浸し, その戻し汁を測定した。値は, ひじき (乾) 重量あたり。	
	46	9031	ひじき・ほしひじき, 調理後	Cooked <i>Hijiki</i>	0.89	0.89	2	—	調理後 (お惣菜)	
	47	9033	ひとえぐさ・つくだけ煮	<i>Hitoegusa</i> , <i>Tsukudani</i> , Simmered laver with soy sauce and sugar	0.07	0.07	—	2		
	48	9037	もずく・おきなわもずく・塩蔵-塩抜き	<i>Okinawa Mozuku</i> preserved in brine solution, Drained, Brand A	0.18	0.18	2	—	三杯酢除く	
	49	9037	もずく・おきなわもずく・塩蔵-塩抜き	<i>Okinawa Mozuku</i> preserved in brine solution, Drained, Brand B	ND	ND	1	1	たれ, 液体を除く	
	50	9040	乾燥わかめ-素干し	Dried <i>Wakame</i>	4.11	4.11	2	—		
	51	9045	湯通し塩蔵わかめ-塩抜き	<i>Wakame</i> , Preserved in salt, Blanched and drain	0.96	0.96	2	—	ポイル塩蔵わかめ	
【10】魚介類				Fish and Shellfish						
	52	10006	あじ・まあじ・開き干し-生	Salt cure dried Bluefish, Raw	ND	ND	1	1	頭・皮・骨・ヒレを除く	
	53	10015	あなご-焼き	Common Japanese conger eel, Grilled	ND	ND	1	—	頭・尾を除く	
	54	10045	いわし・かたくちいわし・煮干し	Dried preserved Sardines, <i>Niboshi</i>	0.23	0.23	—	2	乾ちりめん	

Table 1 つづき

食品群	サンプル番号	五訂食品番号	食品名	Food & Description (English)	ヨウ素 mg/100g	前処理方法及び測定回数		備考1	備考2
						灰化	抽出		
	55	10070	うなぎ-かば焼	<i>Kabayaki</i> , Japanese grilled eel	0.07	2	—	たれ, さんしょうを含めた	
	56	10092	かつお・削り節	<i>Katsunobushi</i> , Skipjacks, Processed products,	<0.05 (Tr.)	—	2		
	57	10169	さめ・ふかひれ	Dried shark fin (Dog fish)	0.08	—	2	中華スープ (フカヒレ) 未調理	
	58	10134	しろさけ-生 (切り身)	Silverbrite salmon, Raw	ND	—	1		
	59	10154	さば・まさば-生	Mackerel, Raw	ND	—	2		
	60	10173	さんま-生	Pacific Saury (Mackerel pike), Raw, Filet	<0.05 (Tr.)	—	2	皮を含めた。骨・内臓除く。	
	60	10173	さんま-生 (内臓)	Pacific Saury (Mackerel pike), Raw, Offals	<0.05 (Tr.)	—	1		
	61	10180	ししゃも-生干し-生	<i>Shishamo</i> (salt water smelt), Semi-dried, Raw	ND	—	1		
	62	10193	まだい-養殖-生	Cultured Red sea bream, Raw	ND	1	1		
	63	10202	すけとうだら・たらこ-生	Salted roe of Pollack, Raw	ND	1	—		
	64	10205	まだら-生 (切り身)	Pacific cod, Raw	0.51	—	2	皮除く	
	65	10252	まぐろ・きはだ-生 (切り身)	Yellow tuna, Raw	ND	1	—		
	66	10263	まぐろ・缶詰-油漬, フレーク・ライト	Canned tuna, Flaked light meat in oil	0.61	—	2	ツナ缶	
	67	10292	かき・養殖-生	Cultured Oysters, Raw	0.08	—	2	水除く	
	68	10297	しじみ-生	Freshwater clams, Raw	ND	—	1	いりこだしと味噌を使用して味噌汁を調製。水 600ml とだし 4g。	回収率 105%
	69	10329	えび・ブラックタイガー・養殖-生	Cultured Giant tiger shrimp, Raw	<0.05 (Tr.)	—	2		
	70	10358	いか・塩辛	Fermented squid products	<0.05 (Tr.)	—	2		
	71	10362	たこ・まだこ-ゆで	Common octopus, Boiled	ND	—	1		
	72	10379	蒸しかまぼこ	Fish loaf	0.54	—	2	鯛入り	
	73	11060	輸入牛・かた・脂身つき-生	Meat Cattle, Imported raw beef, Chuck, Lean and fat	ND	1	1		
	74	11089	うし・ひき肉-生	Mixture of ground raw beef and pork	ND	1	1	牛豚あいびき肉	
	11163		ぶた・ひき肉-生		ND				
	75	11119	ぶた・大型種・かたロース・脂身つき-生	Cattle, Porks, Lean and fat, Raw	ND	1	—		
	76	11224	にわとり・若鶏・もも, 皮なし-生	Raw Broiler Chicken without skin	ND	1	—		
	77	11232	にわとり・肝臓-生	Raw Broiler Chicken, Liver	ND	1	1		
	78	12004	鶏卵・全卵-生	Chicken Egg Raw Whole Egg	ND	2	2	普通	
	79	12004	鶏卵・全卵-生	Iodine-rich egg, Whole, Raw, Brand A	1.09	—	2	ヨード卵	
	80	12004	鶏卵・全卵-生	Iodine-rich egg, Whole, Raw, Brand B	2	—	2	ヨード卵	
	80	12005	鶏卵・全卵-ゆで	Iodine-rich egg, Whole, Boiled	1.21	—	2	ヨード卵を 15 分間茹でた。	
	81	13003	普通牛乳 a (3.6%)	Milk and Dairy products Whole Liquid milk (3.6% fat), Brand A	<0.05 (Tr.)	—	2		
	82	13003	普通牛乳 b (3.6%)	Whole liquid milk (3.6% fat), Brand B	<0.05 (Tr.)	—	1		
	83	13003	普通牛乳 c (3.6%)	Whole liquid milk (3.6% fat), Brand C	<0.05 (Tr.)	—	1		
	84	13004	加工乳・濃厚 (4.2%)	High fat liquid Milk (4.2% fat)	<0.05 (Tr.)	—	1		
	85	13040	プロセスチーズ	Process Cheese	ND	1	—		

Table 1 つづき

食品群	サンプル番号	五訂食品番号	食品名	Food & Description (English)	ヨウ素 mg/100g	前処理方法及び測定回数		備考1	備考2
						灰化	抽出		
【15】菓子類									
	86	15033	まんじゅう・蒸しまんじゅう	<i>Manjū</i> , Steamed bun's with sweet bean jam	ND	1	—		
	87	15040	ようかん・蒸しようかん	<i>Yokan</i> , Steamed sweet bean jelly bar	<0.05 (Tr.)	1	1	羊かん (寒天入り)	
	88	15069	あんぱん	Japanese buns, Bean jam bun	ND	1	—		
	89	15087	ゼリー・ピーチ	Peach flavored gelatine from <i>Komiyaku</i> potato	ND	—	2	こんにゃくゼリー	
	90	15087	ゼリー・オレンジ	Orange flavored gelatine from kelp agar	ND	1	1	ゼリー (寒天)	
	91	15089	ゼリー・ミルク	Milk almond pudding / jelly	<0.05 (Tr.)	—	2	杏仁豆腐	
	92	15103	ポテトチップス	Japanese flavored Potato chips	0.19	—	2	ポテトチップス (和風味)	
	93	15116	ミルクチョコレート	Chocolates	ND	1	—		
【16】嗜好飲料類									
	94	16006	ビール・淡色	Beer, Alcohol 5.0%, Pale	ND	—	1		
	95	16037	せん茶・浸出液 a	Green teas, Sencha, Infusion, Brand A	<0.05 (Tr.)	—	1		
	96	16037	せん茶・浸出液 b	Green teas, Sencha, Infusion, Brand B	ND	—	1		
	97	16037	せん茶・浸出液 c	Green teas, Sencha, Infusion, Brand C	ND	—	1		
	98	16052	炭酸飲料	Fruit flavored artificial coloring carbonated beverage	ND	—	1	特定保健用食品, ファイブミニ	回収率 99%
【17】調味料および香辛料類									
	99	17002	ウスターソース・中濃ソース	Worcester sauce, Semi-thick type	ND	—	1		
	100	17007	こいくちしょうゆ	Soy sauce	ND	—	1		
	101	17012	食塩	Table salt, Non iodized	ND	—	1	天然塩 (伯方の塩)	
	102	17020	昆布だし	<i>Mentsuyu</i> (Liquid <i>Dashi</i> 3X concentrate non diluted)	2.76	—	2	3倍濃縮タイプ (液体)	
	103	17020	昆布だし	<i>Mentsuyu</i> (Liquid <i>Dashi</i> 8X concentrate non diluted)	1.97	—	2	8倍濃縮タイプ (液体)	
	104	17023	煮干しだし	Instant fish soup stock	ND	—	1	いりこだし (顆粒)	
	105	17028	顆粒風味調味料	Instant <i>Dashi</i> seasoning mix from fish	1.91	—	2	関西風うどんつゆの素, 顆粒	
	106	17028	顆粒風味調味料	Instant <i>Dashi</i> seasoning mix from kelp	10.5	2	2	だしの素 (こんぶ), 顆粒	
	107	17039	ドレッシングタイプ	Japanese style salad dressing	5.75	—	2	和風・こんぶエキスを入り	
	108	17043	マヨネーズ・卵黄型	Mayonnaise, Egg yolk type	ND	1	1		
	109	17045	米みそ・淡色辛みそ	<i>Rice-koji Miso</i> , Light yellow type	ND	—	1		
	110	17045	米みそ・淡色辛みそ	<i>Rice-koji Miso</i> , Light yellow type with <i>Dashi</i> from fish	<0.05 (Tr.)	—	1	だし入り	
	111	17050	即席みそ・ペーストタイプ	Instant <i>Miso</i> soup, Paste type, <i>Fish</i> soup stock as <i>Dashi</i> , Raw	ND	—	1	インスタント味噌汁 (いりこだし), 非調理	
	112	17050	即席みそ・ペーストタイプ	Instant <i>Miso</i> soup, Paste type, Fish (dried small sardine) soup stock as <i>Dashi</i> , Raw	1.37	—	2	インスタント味噌汁 (煮干し), 調理前	
	113	17050	即席みそ・ペーストタイプ	Instant <i>Miso</i> soup, Paste type, Fish (dried small sardine) soup stock, Cooked (same of sample No.112)	0.18	—	2	インスタント味噌汁 (煮干し), 調理後 (No.112の試料)	
	114	17050	即席みそ・ペーストタイプ	Instant <i>Miso</i> soup, Paste type, Fish and kelp soup stock as <i>Dashi</i> , Raw	0.58	—	2	インスタント味噌汁, 非調理	

Table 1 つづき

食品群	サンプル番号	五訂食品番号	食品名	Food & Description (English)	ヨウ素 mg/100g	前処理方法及び測定回数		備考1	備考2
						灰化	抽出		
【18】調理加工食品類									
	115	18001	カレー・ビーフ、レトルトパウチ	Prepackaged cooked beef curry	ND	1	—	そのまま	
	116	18002	ぎょうざ-冷凍	Gyoza (Pork pot-sticker), Frozen	ND	1	—	冷凍のまま	
	117	18002	ぎょうざ (調理済)	Gyoza (Pork pot-sticker), Cooked	ND	1	—	調理済, たれ, ラー油を除く	
【栄養補助食品, 飲料など】									
	118	—	スポーツ飲料	Noncarbonated sports drink	ND	—	1	アミノバイタル	
	119	—	ミネラルウォーター	Mineral water, Noncarbonated	ND	—	1	evian	
	120	—	栄養ドリンク	Energy drink (Lipovitan D® type)	ND	—	1	リポビタンD	
	121	—	栄養補助食品	Energy bar (Calorie Mate® type)	ND	1	1	カロリーメイト (チョコ味)	
	122	—	栄養補助食品 (錠剤)	Supplement (Tablet, Turmeric)	ND	1	—	うこん	
	123	—	栄養補助食品 (錠剤)	Supplement (Tablet, Multi vitamin)	4.87	—	2	マルチミネラル, 表示: 50µg/6粒 (1粒: 272mg)	回収率 101%
	124	—	栄養調整食 (流動タイプ)	Nutritional formula drink, Brand A	0.02*	—	2	日清キョーリン製薬 (ライフロン QL125 ml), 表示: 8.5µg/62.5 ml	
	125	—	栄養補助食 (食品流動食)	Nutritional formula drink, Brand B	0.03*	—	2	キュービー (ジャフネ K4-S300ml), 表示: 15µg/100ml	回収率 89%
【料理単位】									
	126	—	おにぎり (鮭)	<i>Onigiri</i> (Rice ball with Salmon)	ND	1	—	めし, 鮭, のり	
	127	—	おにぎり (昆布佃煮)	<i>Onigiri</i> (Rice ball with <i>Kombu</i> type kelp)	0.13	2	—	めし, こんぶ, のり	
	128	—	おにぎり (わかめごはん)	<i>Onigiri</i> (Rice ball with <i>Wakame</i> type kelp)	0.1	—	2	わかめごはん 1食重量 116g	
	129	—	調理パン (ツナマヨパン)	Sandwich (White table bread, Tuna, Mayonnaise)	ND	1	—	食パン, ツナ缶, マヨネーズ	
	130	—	サラダ (じゃこ入り)	Salad (Small sardines added)	ND	—	1	1食重量 115g, カップサラダ	
	131	—	あざりと山菜の和風パスタ	Japanese flavored Spaghetti (Short-Naked Clams and vegetable)	ND	—	1	1食重量 302g	
	132	—	ハンバーガー	Hamburger (Beef)	ND	—	1	1食重量 100g	
	133	—	ハンバーガー (エビフィレオ)	Hamburger (Shrimp)	ND	—	1	1食重量 156g	
	134	—	弁当 (ポリュームのり弁当)	Lunch box (Rice, <i>Nori</i> , Fried fish, potato croquette, and Boiled egg)	ND	—	1	1食重量 465g	
	135	—	弁当 (天然紅鮭弁当)	Lunch box (Rice, <i>Nori</i> , Fried fish, potato croquette, and Boiled egg)	0.06	—	2	1食重量 400g	鮭の骨除く
	136	—	弁当 (帆立ご飯幕の内弁当)	Lunch box (Rice, Scallop, Egg, Simmered vegetable)	0.17	—	2	1食重量 358g	鮭の骨除く
	137	—	お好み焼き (冷凍)	<i>Okonomi-yaki</i> (Griddle cake containing vegetables and meat or seafood), Frozen	0.19	2	—	1食重量 200g, 風味調味料 (かつお・こんぶ) を使用	
	138	—	寿司 (太巻寿司)	Sushi (Vegetable, Egg, No fish)	ND	—	1	1食重量 254g	
	139	—	ふりかけ	<i>Furikake</i> (Flaked seasoning for sprinkling over rice)	ND	1	—	のり, たまご, ごま等	

※: サンプル採取量を増やして, 検出限界以下の数値化を試みた。

ND: <0.05

Table 2 桂らの研究と本研究の比較

食品群	Item 番号 *	食品番号	食品名	本研究	桂ら
				mg/100g	mg/100g
【1】 穀類					
	1	1015	薄力粉・1等	ND	0.007
	6	1083	こめ・精米 (水稻)	ND	0.039
【4】 豆類					
	14	4033	絹ごし豆腐	ND	0.002
【5】 種実類					
	18	5018	ごま-いり	ND	0.042
【6】 野菜類					
	19	6061	キャベツ・結球葉-生	ND	0.0078
	21	6134	だいこん・根、皮むき-生	ND	0.0005
	22	6153	たまねぎ・りん茎-生	ND	0.0084
	26	6214	にんじん・根、皮むき-生	ND	0.0005
	27	6267	ほうれんそう・葉-生 (冬採り)	ND	0.0016
【7】 果実類					
	36	7107	バナナ-生	ND	0.0057
	37	7148	りんご-生	ND	0.0078
【8】 きのご類					
	38	8011	しいたけ・生しいたけ-生	ND	0.0218
【9】 海藻類					
	39	9002	あおのり-素干し	26.1	5.704
	42	9017	こんぶ・まこんぶ-素干し (だし用)	195	130.72
	43	9028	てんぐさ・寒天	0.23	1.3999
	47	9033	ひとえぐさ・つくだ煮	0.07	0.181
	50	9040	乾燥わかめ-素干し	4.11	10.034
	51	9045	湯通し塩蔵わかめ-塩抜き	0.96	7.788
【10】 魚介類					
	52	10006	あじ・まあじ・開き干し-生	ND	0.0312
	58	10134	しろさけ-生 (切り身)	ND	0.152
	59	10154	さば・まさば-生	ND	0.2478
	62	10193	まだい-養殖-生	ND	0.0363
【11】 肉類					
	73	11060	輸入牛・かた・脂身つき-生	ND	0.0164
	75	11119	ふた・大型種・かたロース・脂身つき-生	ND	0.0178
	76	11224	にわとり・若鶏・もも、皮なし-生	ND	0.0499
【12】 卵類					
	78	12004	鶏卵・全卵-生	ND	0.048 (卵黄)
【13】 乳類					
	81	13003	普通牛乳 a	<0.05 (Tr.)	0.006
【17】 調味料および香辛料類					
	99	17002	ウスターソース・中濃ソース	ND	0.0062
	100	17007	こいくちしょうゆ	ND	0.007

*: Table 1 の Item 番号に同じ

ND: <0.05

理したひじきのヨウ素は0.89mg/100gと水で戻したあとのものよりもさらに低かったことから、海藻中ヨウ素の汁への移行だけでなく、調理操作による損失も考慮する必要がある。海藻サンプルの浸水時間や温度・煮沸時間に関しては本研究で十分に行われなかったため、今後、詳細に検討していく必要がある。

本研究において、同じ海藻類中でもヨウ素含有量の Range が広く、のりの佃煮は0.07mg/100g、真こんぶは225mg/100gと1000倍以上の違いが見られた。調味料類

では、煮干だし (顆粒) が、検出限界以下 (<0.05) であったのに対し、こんぶのだしを使用しているものは10.5mg/100gと100倍以上であった。おにぎりでは、具が鮭では検出限界以下であったが、こんぶの佃煮では0.13mg/100g、わかめごはんでは0.10mg/100gと20倍以上の差があった。調味料に昆布だしを使用しているうどんカップ麺では0.63mg/100g、お好み焼きは0.17mg/100g、和風味のポテトチップスは0.16mg/100gと高い値を示していた。

市販されている13種類のだし(の素や味ポン類、こんぶ茶のヨード含有量を測定した三ヶ田ら結果(水溶液となったサンプルを遠沈後、上清をICP-MS法により測定)(29)でも、こんぶ入りのだし(943.6±999.0µg/dl)、こんぶ茶(1974.6±2321.9µg/dl)が特に高値を示しており、こんぶそのもの、こんぶの粉末やだしがふくまれている食品はほかのだしに比べてヨウ素濃度が大きいもので100倍以上であった。

Teasら(34)は、米国の健康食品店で販売されている12種類の海藻を産地別にヨウ素含有量を調べた。同じ産地でも、こんぶの種類により、2,984±910µg/g (Fingered tangle), 746±26µg/g (Oarweed)とRangeが広く、同じわかめでも産地によって大きく異なっていた。

以上のことから、本研究のデータベースを用いて一日のヨウ素摂取量の推定をすることは可能であるが、海藻類、和風調味料、だし汁やスープ(うどんの汁、味噌汁、おでんの汁など)の種類や形態、調理方法によるヨウ素の損失を考慮した食事調査を実施する必要があると考える。

また、近年外食や惣菜などの中食産業を多く利用する消費者が急速に増加しており、個々の料理にどんな食材がどのくらい使用されているか把握しづらいこと、料理中のヨウ素の存在形態や損失がはっきりとわからないため、今後は、海藻類や魚類、和風調味料を使用した調理済み食品中のヨウ素含有量を測定することも必要であろう。

本研究の限界について以下にまとめる。

食品の選択に関して、一定の期間・スーパーマーケットにて139食品(各食品1点ずつ)を購入したため、産地、季節やブランドによる差異の検討ができなかった。また、40年前に桂ら(26)が測定した53食品中のヨウ素含有量桂らと我々の研究で比較可能であった食品が29食品のみであり、食品中のヨウ素含有量や1日あたりのヨウ素摂取推定量の40間にわたる経時的変化を考察することができなかった。

ヨウ素の測定は、揮発性をもつ科学性性質と、食品中の存在形態が明確でないことから、ガスクロマトグラフで測定する前に行う前処理方法(抽出、灰化)の選択には困難を要した。標準試料や海藻類は、灰化処理が適していたが、卵や小麦粉、魚、調味料等は抽出が適していたという結果からもわかるように、食品によって前処理の適正前処理方法が異なってくる。しかし、本研究では全サンプルについて両方法の前処理操作を実施してないため、どちらの前処理が適当であるかどうか、今後さらなる検討が必要である。

精度管理に関しては、計4試料のみ7回の繰り返し精度を測定した結果、変動係数は10%以内とおおむね良好であった。しかし、今回は、短期間にできるだけ多数のサンプル中のヨウ素を測定することを重要視したこと、測定実施機関の試験方法の原則がN=1で検出されたものはN=2目の試験を実施するとなっており、全サンプルに

ついて変動係数を求められるよう測定ができなかった。

現在さらに検出限界値を1µg/100gまで測定できる高感度の誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)法も近年中に実験方法を確立できる目途がたってきており、今後はさらに多くの食品を容易に測定することができることが期待される。

謝 辞

本研究は、平成17～19年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業)、「日本人の食事摂取基準」策定のための文献学的研究(H19-循環器等(生習)一般-002)、(主任研究者:佐々木敏)により行われた。

文 献

- (1) Hetzel BS. Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet* 1983;2:1126-1129.
- (2) Delange F, Burgi H. Iodine deficiency disorders in Europe. *WHO Bulletin*. 1989;67:317-325.
- (3) Maberly GF. Iodine deficiency disorders: Contemporary scientific issues. *J Nutr*. 1994;124:1473S-1478S.
- (4) Vermiglio F, Lo Presti VP, Scaffidi AG, Finocchiaro MD, Gullo D, Squatrito S, Trimarchi F. Maternal hypothyroxinaemia during the first half of gestation in an iodine deficient area with endemic cretinism and related disorders. *Clin Endocrinol*. 1995;42:409-415.
- (5) ICCIDD/UNICEF/WHO. Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. A Guide for Programme Managers. 2nd Edition. Geneva: World Health Organization, 2001.
- (6) Vitti P, Rago T, Aghini-Lombardi, Pinchera A. Iodine deficiency disorders in Europe. *Public Health Nutrition*. 2001;4:529-535.
- (7) Fradkin JE, Wolff J. Iodine-induced thyrotoxicosis. *Medicine*. 1983;62:1-20.
- (8) Phillips DIW, Nelson M, Barker DJP, Morris JA, Wood TJ. Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England. *Clin Endocrinol*. 1988;28:61-66.
- (9) Pennington JA. A review of iodine toxicity reports. *J Am Diet Assoc*. 1990;90:1571-1581.
- (10) Konno N, Yuri K, Taguchi H, Miura K, Taguchi S, Hagiwara K, Murkami S. Screening for thyroid diseases in an iodine sufficient area with sensitive thyrotrophin assays, and serum thyroid autoantibody and urinary iodine determinations. *Clin Endocrinol*. 1993;38:273-281.
- (11) Martin FI, Tress BW, Colman PG, Deam DR. Iodine-induced hyperthyroidism due to nonionic contrast radiography in the elderly. *Am J Med*. 1993;95:78-82.
- (12) Takeda S, Michigishi T, Takazakura E. Iodine-induced hypothyroidism in patients on regular dialysis treatment. *Nephron*. 1993;65:51-55.
- (13) World Health Organization. Trace Elements in Human Nutrition and Health. Geneva: WHO, 1996:49-71.

- (14) Ishizuki Y, Yamauchi K, Miura Y. Transient thyrotoxicosis induced by Japanese kombu. *Nippon Naibunpi Gakkai Zasshi*. 1989;65:91-98.
- (15) Shimaishi K, Muramatsu Y, Los IP, Korzum VN, Tsigankov NY, Zamostyan PV. Estimation of dietary iodine and bromine intakes of Ukrainians. *J Radioanal Nucl Chem Art*. 1999;242:687-692.
- (16) Yamashita S, Shibata Y. *A Decade: Chernobyl*. Amsterdam: Elsevier Science, 1997.
- (17) Shiraishi K, Ko S, Sahoo SK, Muramatsu Y, Los IP, Korzun VN, Tsigankov NY, Zamostyan PV. Dietary iodine intake in residents of northwestern regions of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident. *Health Phys*. 2006;90:11-15.
- (18) 原子力災害時における安定ヨウ素剤予防服用考え方について. 第27回原子力安全委員会 資料第1-3号. 平成14年4月.
- (19) Kim JY, Moon SJ, Kim KR, Sohn CY, Oh JJ. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Medical Journal*. 1998;39:355-362.
- (20) Akhter P, ur-Rehman K, Orfi SD, Ahmad N. Assessment of iodine levels in the Pakistani diet. *Nutrition*. 2004;20:783-787.
- (21) Varo P, Saari E, Paaso A, Koivistoinen P. Iodine in Finnish Foods. *Int J Vitam Nutr Res*. 1982;52:80-89.
- (22) Pennington JA, Young BE. Total diet study: nutrients elements 1982-89. *J Am Diet Assoc*. 1991;72:435-446.
- (23) Van Dokkum W, De Vos RH, Cloughley FA, Hulshof KF, Dukel F, Wijsman JA. Food additives and food components in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr*. 1982;48:223-231.
- (24) Dahl L, Johansson L, Julshamn K, Meltzer HM. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutr*. 2004;7:569-576.
- (25) Thomson BM, Vannort RW, Haslemore RM. Dietary exposure and trends of exposure to nutrient elements iodine, iron, selenium and sodium from the 203-4 New Zealand total diet survey. *Br J Nutr*. 2007;10:1-12.
- (26) 桂 英輔, 中道律子. 日本食品中のヨード量. *栄養と食糧* 1960;12:342-344.
- (27) 桂 英輔, 中道律子. 日本食品中の摂取量. *栄養と食糧* 1960;12:345-347.
- (28) 松浦宏之, 神田万喜子, 野口典子. コンプ加工品のヨード含有量について. *栄養と食糧* 1965;18:120-122.
- (29) 三ヶ田智弘, 柳田かえで, 田中敬子, 平川留美, 上田厚, 岡田稔久, 西山宗六, 遠藤文夫. 食品中のヨード含有量の分析—ヨードによる甲状腺機能障害の第一報—. *ホルモンと臨床* 2003;51:80-85.
- (30) わが国の食料自給率とその向上に向けて—平成16年度食料自給率レポート—平成18年3月農林水産省.
- (31) 栄養表示基準における栄養成分等の分析方法等について (衛新第13号), 1999.
- (32) 山野辺秀夫ら. ガスクロマトグラフィーによる食品中のヨウ素の定量法について. *東京衛研年報* 1980;137-141.
- (33) Bakker HJ. Gas-liquid chromatographic determination of total inorganic iodine in milk. *J Assoc Off Anal Chem*. 1977;60:1307-1309.
- (34) Teas J, Pino S, Critchley A, Braverman LE. Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*. 2004;14:836-841.
- (35) 関本邦敏, 遠藤昭夫, 片峰伸一郎. 素干し, 灰干し, および塩蔵わかめの水戻し処理による6種のミネラル類溶出の比較. *日本栄養・食糧学会誌* 1986;39:67-70.
- (36) 関本邦敏, 星野信行, 戸塚耕二, 渡部 昭, 山下光雄. 水戻し処理による海藻中のミネラル類の溶出. *日本栄養・食糧学会誌* 1983;36:21-24.
- (37) Muramatsu Y, Sumiya M, Ohmomo Y. Stable iodine contents in human milk related to dietary algae consumption. *Hoken Butsuri*. 1983;18:113-117.