鳴門ワカメのマグネシウムおよび亜鉛含有量

Determination of Mg and Zn Contents of Naruto "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

徳島大学医学部公衆衛生学教室

伊藤里美・三好保

Satomi Ito and Tamotsu Miyoshi

Department of Public Health, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima

The contents of Mg and Zn in the sea-weed "wakame" were determined and compared at different growth stages, in different parts, for different root cultivation intervals, and in processed foods.

The results obtained were as follows:

1. Mg (2.09-2.60 g/100 g) and Zn (8.00-10.76 mg/100 g) contents were independent of growth stage with the exception of Zn (29.00-35.78 mg/100 g) in the natural young "wakame".
2. The mineral contents of leaves, stipes, fruiting bodies and rhizoids of "wakame" at different growth stages were determined. The contents of Mg (1.00-2.36 g/100 g) and Zn (3.93-12.01 mg/100 g) were richer in leaves and stipes than in fruiting bodies and rhizoids.
3. Densely cultured "wakame" showed higher contents of Zn (6.73 mg/100 g) than thinly cultured plants (5.99 mg/100 g), and Mg content was not affected by changes in environmental conditions.
4. The Mg/Ca ratios reached a maximum in the stipe (3.3) and at fruiting bodies (2.9) in the middle stage, and in the base of the stipe of the mature plant (3.5).
5. Contents of the minerals in processed foods were determined. "Suboshi" was rich in Mg (1.07 ± 0.42 g/100 g), and "Haiboshi" was rich in Zn (10.90 ± 1.20 mg/100 g). The mineral contents in "Enzo" were small.

Key words: Wakame, Mg, Zn, Mg/Ca

ワカメ, マグネシウム, 亜鉛, マグネシウム/カルシウム比

緒言

近年、食生活の欧米化、インスタント食品の増加、さらに食品の精製技術の進歩等の理由により Mg, Zn 等の微量必須金属元素の摂取状況¹⁻³⁾は、著しく変化している。これらの微量栄養素は、人の発育^{4,5)}、加齢⁶⁾、免疫⁷⁾、疾病^{8,9)}と深く関係することが最近の知見により明らかにされている。

そこで、これら微量栄養素の摂取量を知る為の日常摂取量調査¹⁰⁻¹²⁾が行われてきたが、野菜、海藻、魚介類等の食品は、産地、栽培条件などの環境によって変動しやすく多数の研究の集積を必要とした。

海藻類のワカメは、宮城、岩手などの北方産のナンブ

ワカメと、鳴門ワカメ^{13,14)}など南方産のワカメに分類される。その中でも、鳴門ワカメの金属元素含有量¹⁵⁻¹⁷⁾に関する研究は少なく、さらに生育別、部位別、栽培環境別に検討したものはほとんど無い。そこで、著者らは鳴門ワカメとその加工品の Mg と Zn 含有量を測定した。また、Mg は、同じ試料で他のミネラル含有量を速報¹⁸⁾した Ca 値との比を求め、ワカメが Mg 給源として役立つことを示した。これらの結果をも含めて報告する。

実験方法

1. 試料

今回の実験に用いた鳴門ワカメは、徳島県水産試験場鳴門分場の養殖、鳴門市大毛島の天然、鳴門市網干島の

Fig. 1 Average length of "wakame" at various growth stages, and in various parts of the mature plant.

芝原養殖のワカメである。加工品は鳴門海藻食品KK製造品を試料とした。

生ワカメは、幼葉約30～100株、成熟各3～11株(各約0.5～5.0 kg)を用い、Fig. 1に示した生育段階(stage 1: 幼葉期1, stage 2: 幼葉期2, stage 3: 成実葉形成期, stage 4: 成熟期, stage 5: 老成期)と部位(葉部, 茎部, 成実葉部, 仮根部)に分類した。また、成熟期は、葉部と茎部を、それぞれ先端, 中央, 基部に分けた。栽培環境別は、密殖(株間: 30 cm)と疎殖(株間: 50 cm)の2群に分けた。

その後の処理は、生ワカメについては、温風乾燥機で60°C24時間通風乾燥し、乾燥物はステンレス製ハサミで細かく切り、さらに、無機質の混入がないのを確認してからミューレン粉碎機で微粉末(60 mesh)にし均一化を計った。

加工品¹⁹⁾については、灰干し糸ワカメ(生ワカメー灰塗付ー天日乾燥ー貯蔵ー灰洗いー脱水ー中肋除去, 整形ー乾燥), 素干しワカメ(生ワカメー海水洗浄ー淡水洗浄ー中肋二つ割ー天日乾燥ー機械乾燥), 湯通し塩蔵ワカメ(生ワカメー湯通し<85°C, 30～60秒>ー冷却ー水切りー塩蔵<粉碎塩30%添加混合, 24時間>ー脱水ー茎取りー製品ー冷蔵保管), いずれも全く洗わず、乾いた布巾とナイロン刷毛でゴミと灰や塩を全て落し、付着している部分の差が出ない様に配慮した。その後、ステンレス製のハサミで5 mmに細かく切り、粉碎せずそのまま試

料とした。

2. 定量法

各試料は室温にもどし1～2 gをとって分析に供した。灰化試料は1N-HClで溶解し、Mg, Zn含有量を最低3回測定し、その平均値を含有量とした。以下に測定法を記す。

- 1) 水分の定量²⁰⁾: 常圧加熱乾燥法による海藻類の乾燥法に従って測定した。
- 2) 粗灰分の定量²⁰⁾: 磁製ルツボを用い電気炉で550°C48時間灰化し測定した。
- 3) Caの定量²⁰⁾: 過マンガン酸容量法により測定した。
- 4) Mgの定量: キシリジルブルーによる比色法^{21,22)}で測定した。
- 5) Znの定量: 5-Br-PAPS法²³⁾による比色法に準じた方法で測定した。

実験結果

1. 生育別含有量

1) Table 1に養殖ワカメのMg, Zn含有量を示した。Mg含有量(2.09～2.32 g/100 g), Zn(8.00～8.52 g/100 g)の、含有量に生育段階差は認められなかった。

Mg/Ca比は、幼葉期(2.0～2.1)に比べて成熟期(2.7)の方が高値となった。

2) 天然ワカメの結果をTable 2に示した。Mg値に(2.14～2.60 g/100 g)生育差は認められず、Znは幼葉期

Table 1 Mineral contents at various growth stages of cultivated "wakame"^{a)}.

Growth stage	Dry matter		Mg/Ca (mg/mg)
	Mg (g/100 g)	Zn (mg/100 g)	
1	2.24	9.36	2.0
2	2.24	8.47	2.1
3	2.09	8.00	2.1
4	2.32	8.52	2.7

a) Sample from Naruto Marine Laboratory. Sampling date: 2/17, 1982.

(29~36 mg/100 g) と成熟期 (9~11 mg/100 g) の間に 3 倍以上の差が認められた。

Mg/Ca 比は (2.4~2.7) の範囲であり、生育差は認められなかった。

2. 部位別含有量

養殖ワカメの生育別ならびに部位別 Mg, Zn 含有量を Table 3 に示した。Mg, Zn とともに、葉部と茎部に多く、成実葉部と仮根部に少ない傾向を示した。

成熟期は、さらに葉部と茎部を、上部、中部、基部に分けた結果、Mg 含有量は、葉および茎の基部 (2.26~2.27 g/100 g) の含有量が上部や中部 (1.68~2.27 g/100 g) に比べて多かった。

一方 Zn は、茎と葉の先端部 (9.69~12.01 mg/100 g)

Table 2 Mineral contents at various growth stages of natural "wakame"^{b)}.

Growth stage	Dry matter		Mg/Ca (mg/mg)
	Mg (g/100 g)	Zn (mg/100 g)	
1	2.55	29.00	2.4
2	2.60	35.78	2.7
3	2.46	8.92	2.6
4	2.14	10.76	2.5

b) Sample from Naruto Oge Island. Sampling date: 4/20, 1982.

の含有量が同基部 (3.60~7.02 mg/100 g) に比べて多かった。

Mg/Ca 比は、成実葉形成期の茎部 (3.3) と成実葉部 (2.9)、成熟期の茎の基部 (3.5) に高く、老成期の各部位 (1.5~1.6) や成熟期の根部 (1.2) に低かった。

3. 栽培条件別含有量

Table 4 は栽培条件別含有量を示した。Mg 含有量 (2.12~2.17 g/100 g) に栽培条件差は無く、Zn 含有量は疎殖 (5.99 mg/100 g) に比べ密殖 (6.73 mg/100 g) の方に多かった。

Mg/Ca 比は、密殖 (2.3) の方が疎殖 (1.8) に比べて高かった。

4. 加工品のミネラル含有量

Table 3 Mineral contents in the various parts and at various growth stages of cultivated "wakame"^{c)}.

Growth stage	Parts	Dry matter		Mg/Ca (mg/mg)
		Mg (g/100 g)	Zn (mg/100 g)	
3	Leaf	2.36	9.65	2.1
3	Stipe	2.15	7.53	3.3
3	Fruit-bearing	1.72	4.27	2.9
3	Rhizoid	1.67	4.06	1.3
4	Apex	2.10	12.01	1.6
4	Leaf Center	2.27	8.92	2.2
4	Base	2.26	7.02	2.3
4	Apex	1.68	9.69	1.5
4	Stipe Center	1.99	3.12	2.4
4	Base	2.27	3.60	3.5
4	Fruit-bearing	1.51	3.93	1.9
4	Rhizoid	1.00	5.37	1.2
5	Leaf	2.00	10.58	1.5
5	Stipe	1.87	5.13	1.6
5	Fruit-bearing	1.30	4.23	1.6

c) Sample from Naruto Amiboshi Island Shibahara culture. Sampling date: 2/17, 4/20, 5/17, 1982.

Table 5 に加工品の粗灰分, Zn, Mg, Ca 含有量を示した。粗灰分は, 素干し (13.7 ± 2.9 g/100 g) と比較して塩蔵に多く (66.3 ± 0.5 g/100g), ついで灰干し (20.5 ± 1.7 g/100 g) に多かった。また, ミネラル含有量を比較すると, 灰干しには Ca (3.04 g/100 g) と Zn (10.90 mg/100 g) が多く, 素干しには Mg (1.70 g/100 g) が多く, 塩蔵にはどのミネラルも少なかった。

Mg/Ca 比は, 加工品 (0.6~2.3) の方が生ワカメ (1.9~5.8) より低かった。

Table 4 Variation in Mineral contents at different intervals in the root of cultivated "wakame"^{d)}.

Intervals of roots (cm)	Dry matter		Mg/Ca (mg/mg)
	Mg (g/100 g)	Zn (mg/100 g)	
30	2.17	6.73	2.3
50	2.12	5.99	1.8

d) Sample from Naruto Marine Laboratory. Sampling date: 3/5, 1982.

Table 5 Comparison of Mineral contents in processed "wakame" foods^{e,f,g)}.

Sample	N	Moisture (%)	Dry matter				Mg/Ca (mg/mg)
			Ash (g/100 g)	Ca (g/100 g)	Mg (g/100 g)	Zn (mg/100 g)	
Haiboshi ^{e)}	5	9.5 ± 1.8	20.5 ± 1.7	$3.04 \pm 0.69^{**}$	$1.11 \pm 0.20^*$	10.90 ± 1.20	0.4
Suboshi ^{f)}	6	8.3 ± 1.7	13.7 ± 2.9	1.22 ± 0.39	1.70 ± 0.42	4.20 ± 0.36	1.4
Enzo ^{g)} (30% NaCl)	5	67.0 ± 2.6	66.3 ± 0.5	$0.49 \pm 0.15^{**}$	$0.40 \pm 0.17^{**}$	1.32 ± 0.17	0.8

e,f,g) Samples were made at Naruto Seaweed Foods K.K., in 1986. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ compared with that of "Suboshi".

考 察

徳島県農林水産統計²⁴⁾によると, ワカメの国内生産量は1986年に13万トン, 徳島県産は, 宮城, 岩手について全国三位を占める。鳴門ワカメ (*F. narutensis*) の種類は, 学術的には関東地方の房総以南に産する茎や成実葉が短く, 葉の切れ込みが少ないワカメ (*F. typica*) と同じとされ, 岩手県等の北方産のナンプワカメ (*F. distans*) と呼ばれる茎や成実葉 (胞子葉) が長く葉の切れ込みの著しい形のものとは区別されている。実際に鳴門ワカメを観察すると, 体長80 cm 以上で葉の切れ込みが多いなどナンプワカメの特色もそなえ, 両者の中間型の様に思われた。

ワカメの Mg 含有量は, 寺岡ら¹⁰⁾, 武ら¹⁵⁾, 布施ら¹⁶⁾, 沢田ら¹⁷⁾, 関本ら²⁵⁾, 田中ら²⁶⁾ の報告があり, 定量法はほとんど原子吸光法 (寺岡らのみエミッション, スペクトログラム法) で, Mg 値は ($0.69 \sim 1.25$ g/100 g), そのうち鳴門ワカメを試料としたのは, 武ら, 布施ら, 関本らである。水分10%前後の素干し (乾燥品) の Mg 値は ($0.7 \sim 0.8$ g/100 g) で, ワカメの産地別の差は認められなかった。本報の Mg 値は, 無水換算値で素干しが (1.70 g/100 g) 前後と少し多目であった。また, 田中らの市販品のワカメ葉状体 (0.99 g/100 g) と胞子葉 (0.62 g/100 g) の部位別 Mg 値は, 本報の部位別と同じ傾向を示し, 葉

状体の方に Mg が多かった。

Mg/Ca 比は, 成実葉形成期の若いワカメの茎部 (3.3) や成実葉部 (2.9) の比が高く, 今後おいに利用したい部位であると考えられた。

鳴門ワカメ加工品の Mg 含有量は, 関本ら²⁵⁾, 沢田ら¹⁶⁾ の値があり, 灰干し ($1.04 \sim 1.07$ g/100 g), 塩蔵 (0.16 g/100 g) であり, 本報の灰干し糸ワカメ (1.11 g/100 g), 湯通し塩蔵ワカメ (0.40 g/100 g) も近似の値となった。なお, 本報で試料としたワカメ加工品は, 全く水洗せず に表面の付着物を布巾とナイロン刷毛で除去した物で, こうした試料調整の前処理がミネラル含有量に非常に影響する事が考えられ, したがって, ワカメのように表面付着ミネラルが多いと思われる試料は, 試料調整の前処理の方法をはっきり表示する必要があると思われた。

Zn 含有量については, 鈴木ら¹²⁾, 武ら¹⁵⁾, 布施ら¹⁶⁾, 沢田ら¹⁷⁾, 田中ら²⁶⁾ 久保ら²⁷⁾, 渋谷ら²⁸⁾ の測定値があり, 定量法は久保らのジチゾン比色法以外は原子吸光法で, 測定値は水分10%前後の素干し (乾燥品) で ($0.84 \sim 8.4$ mg/100 g) の範囲であった。うち鳴門ワカメは, 布施ら, 武らの素干しの ($4.0 \sim 6.0$ mg/100 g) で, ワカメの産地間の差はあまり無かった。また, 本報の素干しの無水換算値 (4.2 ± 0.36 mg/100 g) と似た値であった。さらに, 沢田²⁵⁾ らは, 鳴門糸わかめ (9.13 mg $\pm$ 5.98 /100 g), 灰干しわかめ (12.7 ± 6.54 mg/100 g) の Zn 含

有量を報じ、本報でも灰干し糸ワカメ (10.9 ± 1.20 mg/100 g) と類似の結果が得られ、Zn 含有量もワカメの産地より加工法の違いが大きく影響した様に思えた。

亜鉛含有量は、天然ワカメの幼葉期に成熟期の3倍以上も多かった、多分、土壌からと考えられたが、理由は解らなかった。

Mg も Zn も部位別含有量は、葉部と茎部に多く (Mg 含有量は基部に多く、先端部に Zn が多い)、成実葉部と仮根部には少ない傾向があった。石井ら²⁹⁾は、藻体 (ネジモク・アラメ) における微量元素の分布は、x線マイクロアナリシスを用いて、Zn は幼葉期と老成期に多く、成熟期で少ないこと、部位では先端部に少し多いと報告している。本報では、生育段階の差は認められなかったが、部位では類似の傾向を確認した。

栽培条件別では、Mg 含有量に差は無く、Zn は疎殖より密殖に多かったので、密殖による条件の悪さを光合成でカバーする為の対応に Zn が必要と思われた。

現在の日本のワカメ市場²⁹⁾は約60%が生・塩蔵用に、40%が乾燥製品用に配分され、生・塩蔵向けのほとんどは湯通し塩蔵ワカメに加工³⁰⁾されている。加工が高度化すれば食味や保存は良いがミネラルは減少し、この事が微量金属元素の摂取減少につながるの、製品への栄養表示の対策が必要と思われた。

結 論

鳴門ワカメの生育別、部位別、栽培環境別、加工別の Mg ($0.40 \sim 2.60$ g/100 g) と Zn ($1.32 \sim 35.78$ mg/100 g) 含有量を測定し、Mg は既報の Ca との比を求め、次の結果を得た。

1. ワカメの Mg 含有量は、養殖・天然ともに幼葉期から成熟期まで生育差が無く、葉部 ($2.00 \sim 2.36$ g/100 g)、次に茎部に多く ($1.68 \sim 2.27$ g/100 g)、共に基部に特に多く、成実葉部、仮根部には少なかった。また、疎殖、密殖に関係なく、含有量に差は認められなかった。加工別では、素干しに多く (1.70 ± 0.42 g/100 g)、次に灰干し (1.11 ± 0.20 g/100 g)、塩蔵には少なかった。

Mg/Ca 比 ($0.4 \sim 3.5$) は、若いワカメの茎部 (3.3) と成実葉部 (2.9)、成熟ワカメの茎の下部 (3.5) の比が高かった。

2. ワカメの Zn 含有量は、養殖では生育差は認められなかった ($8.00 \sim 9.36$ mg/100 g) が、天然には成熟期 ($8.92 \sim 10.76$ mg/100 g) に比べ幼葉期 ($29.00 \sim 35.78$ mg/100 g) に理由はわからなかったが3倍以上も多かった。葉部 ($7.02 \sim 12.01$ mg/100 g)、次に茎部 ($3.12 \sim 9.69$

mg/100 g) に多く (共に先端部に特に多い)、成実葉部、仮根部は少ない傾向があった。また、密殖 (6.73 mg/100 g) の方が疎殖 (5.99 mg/100 g) より含有量が多かった。

加工別では、灰干しに多く (10.90 ± 1.20 mg/100 g)、素干しや塩蔵には少なかった。

謝 辞

終わりに試料ワカメの分類についてご指導賜った徳島県食品加工試験場・水畜産科長渡辺忠美博士、試料を提供して頂いた徳島県水産試験場鳴門分場松岡技師、芝原養殖・芝原氏、鳴門海藻食品・花面氏に感謝します。

文 献

- 1) 糸川嘉則：日本人の Ca, Mg 摂取状況, 最新医学, **38**(4), 641-645 (1983).
- 2) 五島孜郎：日本人の摂取 Mg 量とその出納, 栄養誌, **44**(2), 61-67 (1986).
- 3) 木村美恵子, 森川 雅, 高島真知子, 糸川嘉則：日本人のミネラル摂取量について, 日本公衛誌, **29**, 612 (1982).
- 4) Shils, M.E.: Experimental Human Magnesium Depletion, Am. J. Clin. Nutr., **15**, 133-142 (1964).
- 5) Abbasi, A.A., Prasad, A.S., Rabbani, P. and Dumouchelle, E.: Experimental Zinc Deficiency in Man. Effect in Testicular Function. J. Lab. Clin. Med., **96**, 544-550 (1980).
- 6) 小原哲二郎, 木村修一翻訳監修：最新栄養学—専門領域の最新情報—, p. 349-361, p. 393-414, 建帛社 (1987).
- 7) 和田 攻：金属とヒト (エコトキシコロジーと臨床), p. 82-98, p. 145-149, 朝倉書店, 東京 (1986).
- 8) Burton, M.A. and Bella, T.A.: Mg and monovalent cation interactions in etiology of coronary heart disease, 最新医学, **38**, 697-702 (1983).
- 9) 糸川嘉則, 吉田政彦編：Mg と循環器疾患, メディカルトリビューン, 東京 (1986).
- 10) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林 純：食品中に含まれる24種の元素摂取量について, 栄養誌, **34**, 221-239 (1981).
- 11) Horiguchi, S., Teramoto, K., Kurono, T. and Ninomiya, K.: The Arsenic, Copper, Lead, Man-

- ganese and Zinc Contents of Daily Foods and Beverages in Japan and Estimate of Their Daily Intake, *Osaka City Med. J.*, **24**, 131-141 (1978).
- 12) 鈴木継美: 日本人の亜鉛摂取量について, *栄養誌*, **44**(5), 231-241 (1986).
- 13) 千原光雄: 標準原色図鑑全集15, p. 43保育社, 東京 (1970).
- 14) 秋山和夫: ワカメの生態, *海洋科学*, **17**, 12 (1985).
- 15) 武 敦子, 矢野公子, 鈴木泰夫, 野田克彦: 日本人の常食する食品中のマグネシウム, マンガン, 亜鉛および銅含有量, *栄養と食糧*, **30**, 381-393 (1977).
- 16) 布施英子, 松浦宏之: 海藻に関する研究第1報, 素干しワカメの無機質について, *女子栄養大学紀要*, **11**, 121-126 (1980).
- 17) 沢田節男, 蟻井緑郎, 田原 功, 吉田節也, 小黑美樹: 日常食品としての糸わかめ及び灰干しわかめ中の無機元素含有量について (第2報), *四国公衛誌*, **31**(1), 16-21 (1986).
- 18) 伊藤里美, 三好 保, 藤井正信, 今木雅英: ワカメの生育段階別, 部位別, 生育環境別による無機成分 (Ca, P, I, Fe) 含有量, *栄養誌*, **40**(4), 307-312 (1987).
- 19) 日本水産学会編・渡辺忠美: ワカメの加工, *海藻の生化学と利用*, (水産学シリーズ45) 154-164, (1983).
- 20) 日本食品工業学会, 食品分析編集委員会編: 食品分析法, p. 83, p. 241, p. 269, 光琳, 東京 (1983).
- 21) 緒方英世, 広井 功: キシリジルブルーII法による微量マグネシウムの比色定量, *分析化学*, **8**, 21-25 (1959).
- 22) Rice, E.W., and Lapara, C.Z.: Rapid UMSP determination of Magnesium. *Clin. Chim. Acta.*, **10**(4), 360-364. (1964).
- 23) Makino, T., Saito, M., Horiguchi, D. and Kino, K.: A highly sensitive colorimetric determination of serum Zinc using water-soluble pyridylazo dye. *Clin. Chim. Acta.*, **120**, 127-135 (1982).
- 24) 徳島県農林水産統計情報事務所: 徳島県農林統計水産年報一水産編, 「海面養殖業結果表」より, (1987).
- 25) 関本邦敏, 遠藤昭夫, 片峯伸一郎: 素干し, 灰干し, および塩蔵ワカメの水戻し処理による6種のミネラル類溶出の比較, *栄養誌*, **39**(1), 67-70 (1986).
- 26) 田中ミチコ, 森 宏枝, 石澤敬子: 海藻の食品化学的研究 (第II報) 東京家政学院紀要, **23**, 45-47 (1983).
- 27) 久保彰治, 佐藤ケイ: 亜鉛の定量について日本食品のマンガン・銅・亜鉛含量, *栄養誌*, **11**, 163-166 (1958).
- 28) 渋谷サチ子, 高内健吉, 田原 功, 山本吉男: なるとわかめ中の重金属含有量について, *徳島県衛研年報*, **20**, 33-38 (1981).
- 29) 石井紀明, 鈴木 譲, 松葉満江, 小柳 卓: 海産生物中の微量元素の定量-3・藻体における微量元素の分布, *Bull. Tap. Soc. Sci. Fish.*, **46**(2), 185-189 (1980).
- 30) 全国漁業協同組合連合会: 国産ワカメ生産概況, 昭和56年全漁連ワカメ主任者会議資料 (1981).
- (受付 1989年11月13日 受理 1990年1月30日)