

原 著

## 矢作川産カモジシオグサとメコン川産シオグサ類の栄養分析

Nutrient analysis of *Cladophora glomerata* from the Yahagi River and *Cladophora* spp. from the Mekong River

鯨坂 哲朗

Tetsuro AJISAKA

### 要 約

矢作川産カモジシオグサとメコン川産シオグサ類について、一般栄養分析およびアミノ酸分析（全アミノ酸および遊離アミノ酸）をおこない、他の緑藻類および紅藻アマノリ類の既存値と比較したところ、下記のことことが判明した。

1. 矢作川産カモジシオグサではタンパク質・脂質・灰分の含量に季節変動がみられ、夏から秋にかけて減少し、冬に増加する傾向があった。
2. シオグサ類は他の緑藻類にくらべて栄養価が高いが、タイ産シオグサ（ガイ）ではとくにタンパク質が多く、遊離アミノ酸含量も多かった。
3. メコン川産シオグサ類では灰分（無機質類）が多く、その原因はメコン川の水質に重要な因子があると推定された。
4. ラオス産加工シオグサは、韓国産味付け海苔の製法をまねたものではなく、ラオス独自の製法によるものであった。

キーワード：シオグサ，矢作川，メコン川，栄養分析，アミノ酸分析

### はじめに

愛知県豊田市を流域にもつ矢作川では「過去十数年、春から秋にかけてカワシオグサ（図1）と推定される附着藻類の繁茂が顕著となっており、近年はアユ漁への悪影響が懸念されるとともに、漁場の消失や景観悪化などが問題視され始めている」（内田，1997）とされていたが、最近ではシオグサの発生量が減少しているという（内田，私信）。この淡水産シオグサは「淡水藻類入門」（山岸，1999）などには和名「カワシオグサ」（= *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing var. *glomerata* Kützing）とも記されているが、今回は *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing に対して使われている（Sakai，1964；新山，1986，1994）和名である「カモジシオグサ」を使用する。種名と違い和名には先取権はなく使用は自由だが、河川に生育するシオグサ類は他にも多くの種類があるものの、「カワシオグサ」の呼称では「河川に生育するシオグサ属の総称」との誤解を招きやすく、使用

をさしひかえた。なお、カモジシオグサは欧州が原産地であるが、東南アジアや日本を含む世界各地に広く分布するとされている（van den Hoek，1963）。

また、メコン川畔のラオスおよびタイの人たちが川の石上に生育する淡水藻類を主に乾季（11-4月）に採集して食用として利用していることが知られている（Southeast Asia River Network，2002）。また上流にあたる中国・雲南地方でも食用としているとの報告がある（周，1991）。最近メコン川上流の中国側に堰やダムが造成される計画があるため、下流にあたるタイやラオス側ではメコン川の水量の減少によってこの藻類の生育量が減少する恐れがあり、川で生活する人々に影響を与える可能性が高い（Southeast Asia River Network，2002）。さらにこの藻をメコン川の特産種であるメコンオオナマズ（*Pangasianodon gigas* Chevey）の成魚が食用としている（赤木ら，1996）ことも知られており、すでに起こっている下流での過度の漁獲による個体数の減少とともに餌料である藻類の減少もこの希少魚種の生存に大きな影

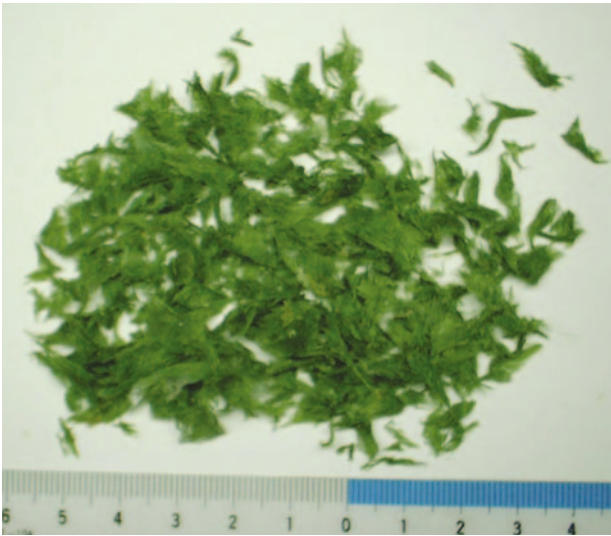


図1 矢作川産カモジシオグサ .

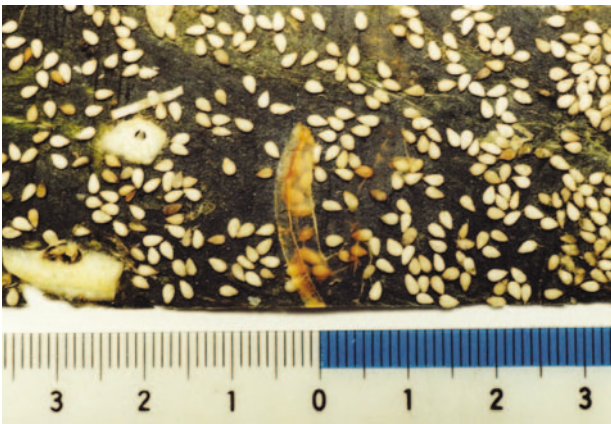


図2 ラオス産加工シオグサ .



図3 メコン川産シオグサ (カイ) .



図4 メコン川産シオグサ (ガイ) .



図5 メコン川産シオグサ (タオ) .

響をあたえかねない(Southeast Asia River Network ,2002)という .

2001-02年にラオスで民族学的調査をされていた国立民族学博物館の秋道智彌教授(現総合地球環境学研究所)と三重大大学の野中健一氏(現総合地球環境学研究所)がメコン川畔のピエンチャン市場で購入された「カワノリ」と称する板ノリ状製品(図2)を著者が顕微鏡で詳しく調べたところ,原料は緑藻類の淡水産シオグサ属植物であることがわかった.さらにその後は原料となる糸状の藻体(乾燥個体)もメコン川畔のタイおよびラオスの市場から採集(購入)された.その藻体(ラオス産シオグサ・現地名カイ:図3)の遺伝子分析でもこの藻体はシオグサ属植物であり,*C. glomerata*などとも近縁であることが筑波大学の羽生田岳昭博士の研究により判明してい

る(羽生田, 私信)。ただ, 遺伝子分析した種類以外にも細胞の形態が著しく異なる種類(タイ産シオグサ・ガイ: 図4; ラオス産シオグサ・タオ: 図5)などメコン川にはまだ別のシオグサ属の種が生育しているようで, 今回はサンプル名に産地名をつけた形のシオグサ類と呼ぶことにした。

今回は内田氏の協力で採集された矢作川産カモジシオグサ4サンプルと, また秋道・野中両氏の協力により手に入ったメコン川産のシオグサ類4サンプルを分析の試料とした。また, ラオス産加工シオグサの栄養分析結果を比較するために, 同じように塩やごま油などを添加し加工された市販の韓国産味付け海苔や京都府蒲入町(丹後半島)産イワノリについても試料とした。これらの試料を日本水産株式会社食品分析センターにおいて栄養分析(一般栄養項目およびアミノ酸分析)することができた。この栄養分析結果で判明した矢作川産カモジシオグサおよびメコン川産シオグサ類の栄養学的特徴について記述し, 他の緑藻類などの藻類と比較し, その特徴からシオグサ類の有用性について考察した。

## 材料と方法

今回栄養分析に供したサンプルの採集(購入)場所, 採集(購入)日, および採集(購入)者については, 表1に示した。

採集された藻体は, 生の場合(矢作川産カモジシオグサ)は泥や付着生物などを取り除いて, シリカゲルにより乾燥した状態で保存し, 分析に供した。また, メコン川産で各地の市場で購入したシオグサ原藻および板ノリ状加工製品については, ビニール袋に入れて日本に持ち帰り後, 一部はシリカゲル処理によりさらに乾燥処理し, 冷蔵庫内で保存し, 分析に供した。なおタイ産シオグサ(ガイ)はタイ国内の市場で購入されたものだが, 原料はラオス産という(秋道, 私信)。

ラオス産加工シオグサの製品とは, 主原料がメコン川からのシオグサで, これを大きな板ノリ(39cm×39cm)状に抄いて加工されたものである。製法は, ラオス産シオグサ(カイ)をむしろの上に広げて日干しするが, その際に, 水に塩や化学調味料(味の素)を加えたものをふりかけ, ゴマやトマト, 長ネギ, ニンニクなどをスライスしたものをバラバラとのせていっしょに乾燥させる(図2参照)。一方, カイ, ガイ, タオなどと称するシオグサは, 単に藻体を日干ししたもので, 他の材料は入っていないが, メコン川畔の住民はこれを主原料として, 火で炙った後にすりつぶし, 化学調味料(味の素)・塩・ニンニクなどを加えて炒めたり, 藻体に水と調味料・香草・ネギ・唐辛子などを加えて蒸すなどして食用としている(佐野, 私信)という。

また, この加工シオグサの栄養分析結果と比較するために, 同じように塩やごま油などを添加し加工された韓国産味付け海苔(日本の市場で製品購入)や京都府蒲入町(丹後半島)産イワノリ(素干しで板ノリ状態の製品購入: 田村典江氏提供)についても分析した。

分析にあたっては日本水産株式会社食品分析センターの分析機械を使用し, 常法により測定した。

## 結果

一般栄養分析については今回の分析結果を「五訂日本食品標準成分表」(科学技術庁資源調査会編, 2000; これ以降は「食品成分表」と略す)にある他の緑藻類や紅藻アマノリ類の値と比較し, 表2に示した。

また, 全アミノ酸組成は残念ながら矢作川産カモジシオグサについては測定されず, メコン川産シオグサ類の分析結果しかないが, 「改定日本食品アミノ酸組成表」(科学技術庁資源調査会編, 1986)に記載されたアマノリ, マコンプ, ヒジキ, ワカメの値と比較し, 表3に示した。

さらに, 遊離アミノ酸組成については, 矢作川および

表1 栄養分析したサンプルに関する情報。

サンプル名	採集(購入)場所	採集(購入)日	採集(購入)者
矢作川産カモジシオグサ1	古岸	Sep.27, 2000	内田 朝子
矢作川産カモジシオグサ2	平成記念橋	Jul.04, 2001	内田 朝子
矢作川産カモジシオグサ3	平成記念橋	Jul.12, 2001	内田 朝子
矢作川産カモジシオグサ4	越戸公園	Nov.25, 2001	内田 朝子
ラオス産シオグサ(カイ)	ピエンチャン市場	Oct.14, 2001	野中 健一
タイ産シオグサ(ガイ)	チェンライ県市場	Jan.23, 2002	秋道 智彌
ラオス産シオグサ(タオ)	ピエンチャン市場	Sep.28, 2001	野中 健一
ラオス産加工シオグサ	ピエンチャン市場	Feb.13, 2001	秋道 智彌
韓国産味付け海苔	奈良市・市場	Jan.10, 2001	鯨坂 哲朗
蒲入産イワノリ	京都府蒲入町	Jan.08, 2001	田村 典江

表2 シオグサ類の一般栄養分析結果(100g中)と紅藻アマノリ類や他の緑藻類との比較。  
(括弧内は炭水化物に対する割合: %表示)

試料名	水分(g)	タンパク質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	灰分(g)
矢作川産カモジシオグサ1	5.2	26.6( 52)	1.5( 3)	50.8	15.9(31)
矢作川産カモジシオグサ2	6.0	28.5( 65)	2.4( 5)	47.5	15.6(33)
矢作川産カモジシオグサ3	6.0	29.5( 63)	2.2( 5)	46.8	15.5(33)
矢作川産カモジシオグサ4	5.5	30.0( 71)	4.0( 9)	42.3	18.2(43)
ラオス産シオグサ(カイ)	6.2	19.3( 44)	5.1( 12)	44.3	25.1(57)
タイ産シオグサ(ガイ)	6.3	31.8( 94)	7.8( 23)	34.0	20.1(59)
ラオス産シオグサ(タオ)	9.4	13.7( 25)	7.6( 14)	54.4	14.9(27)
ラオス産加工シオグサ	6.9	23.4( 69)	6.1( 18)	34.0	29.6(87)
アマノリ(味付け海苔)*	3.4	40.0( 96)	3.5( 8)	41.8	11.3(27)
韓国産味付け海苔	2.1	25.2( 108)	42.2( 181)	23.3	7.2(31)
アマノリ(焼き海苔)*	2.3	41.4( 93)	3.7( 8)	44.3	8.3(19)
アマノリ(干しノリ)*	8.4	39.2( 101)	3.7( 10)	38.7	9.8(25)
浦入産イワノリ(素干し)	9.2	33.9( 73)	1.1( 2)	46.6	9.2(20)
イワノリ(素干し)*	8.4	34.8( 89)	0.7( 2)	39.1	17.0(43)
アオサ(素干し)*	16.9	22.1( 53)	0.6( 1)	41.7	18.7(45)
アオノリ(素干し)*	9.4	18.1( 31)	0.3( 1)	56.0	16.2(29)
カワノリ(素干し)*	13.7	38.1( 91)	1.6( 4)	41.7	4.9(12)

\* 五訂日本標準食品成分表による

メコン川産シオグサ類の分析結果を天野(2000)および、「改定日本食品アミノ酸組成表」(科学技術庁資源調査会編, 1986)の藻類の分析例と比較し, 表4に示した。

それぞれの項目についての結果を以下に述べる。

1. 水分含量について(表2参照)

今回測定した矢作川産カモジシオグサでは, 採集後すみやかにシリカゲルによって急速乾燥したので水分はかなり減少し, 4サンプルで5.2-6.0(平均5.7)%であった。メコン川産シオグサ類では, ラオス産シオグサ(カイ)とタイ産シオグサ(ガイ)はそれぞれ市場で売られている乾燥形態(日干し)のものを日本に持ち帰ったあとシリカゲルで保存していたものであり, 6.2-6.3%であった。ラオス産シオグサ(タオ)については現地の市場で売られていた状態(日干し)でも見た目にかなり水分が多い状態であった。これをさらに日本でシリカゲル処理して急速乾燥したが, それでも9.4%と他のシオグサ類に比べてやや高い値であった。ラオス産加工シオグサについては製品(板ノリ状態)をそのままビニール袋に入れて持ち帰ったもので, 6.9%であった。今回はシリカゲルをサンプルの急速乾燥に利用した場合が多いので, 「食品成分表」にある素干しの緑藻類の水分含量(9.4-16.9%)に比べてシオグサ類は乾燥度が高い結果となった。なお, 紅藻類のアマノリ(素干し)で8.4%, 焼きノリで2.3%であった。

今回のサンプルと「食品成分表」でサンプルに使用された水分含量の差がかなりあるため, 単純には一般栄養

分析値を比較できない。しかし, 一般に藻類では炭水化物が多く60%近く含まれている(山田, 2001)とされることから, 今回の測定値全体で比較的安定した値である炭水化物量を目安とすることにし, 脂質, タンパク質および灰分については炭水化物に対する比率を計算して比較してみた(表2の括弧内の数値参照)。

2. 脂質について(表2参照)

矢作川産カモジシオグサでは, 脂質が1.5-4.0(平均2.5)%と他の緑藻類(最高でカワノリの1.6%)に比べてやや高かった。季節変化をみると, 7月には2.2-2.4%であるのに, 9月にはやや低くなり1.5%に, そして11月には4.0%と高くなった。炭水化物を指標とした比率でもその傾向が明らかであった。ところが, メコン川産シオグサ類ではいずれもかなり高い値(5.1-7.8%)がみられた。ラオス産加工シオグサでも6.1%であった。この値は他の緑藻類(最高でカワノリの1.6%)に比べてもかなり高い値であり, 炭水化物を指標とした比率においても4倍から5倍ほど高かった。また, 紅藻アマノリ類(味付け海苔)に比べても2倍近く高かった。さらに, 韓国産味付け海苔は表面にゴマ油を塗ってあるためか, 脂質が極めて高く測定され, 42.2%もあった。

3. 炭水化物について(表2参照)

矢作川産カモジシオグサでは, 炭水化物が42.3-50.8(平均46.9)%であった。季節変化をみると, 9月(50.8%)は7月(約47%)よりやや高くなり, 11月にはかな

り低く(42.3%)なった。メコン川産シオグサ類では、ラオス産(タオ)が54.4%と高い数値を示したが、ラオス産(カイ)で44.3%と日本のシオグサとほぼ同程度であり、タイ産(ガイ)とラオス産加工シオグサで34%と低い値であった。他の緑藻類ではアオノリ(素干し)が56%と最高値であり、素干しのヒトエグサで46.3%、アオサとカワノリではともに41.7%であった。なお、紅藻アマノリ類(味付け海苔)では41.8%であった。

4. 灰分(無機質の総量)について(表2参照)

矢作川産カモジシオグサでは、灰分が15.5-18.2(平均16.3)%であった。季節変化をみると、7月と9月はほとんど差がないが、11月にやや高い値(18.2%)を示した。炭水化物を指標とした比率でも同じ傾向がみられた。一方、メコン川産では、ラオス産シオグサ(タオ)が14.9%と低いものの、ラオス産シオグサ(カイ)で25.1%、タイ産シオグサ(ガイ)で20.1%とやや高く、ラオス産加工シオグサでは29.6%と最高値を示した。炭水化物を指標とした比率でもラオス産加工シオグサはかなり高く、矢作川産カモジシオグサに比べても3倍近く高かった。次にメコン川のカイとガイが高く、タオは矢作川産とほぼ同じ値であった。なお、その他緑藻類では、海産の素干しヒトエグサで20.1%、アオサで18.7%とやや高い値であった。汽水産が多いアオノリでは16.2%とやや低くなり、淡水産であるカワノリでは4.9%と極めて低い値であった。ラオス産加工シオグサでは加工工程で塩分や化学調味料を添加しているために高いと思われる

が、添加されていない原料(乾燥試料)でも25.1%と海産緑藻類より値が高かった。炭水化物を指標にした比率でみると、タオを除いてメコン川産シオグサ類では比較的高い値がみられ、矢作川産カモジシオグサでは海産緑藻類(ヒトエグサ・アオサ)と汽水産緑藻類(アオノリ)との間に位置し、淡水産のカワノリに比べてもかなり高い灰分比率を示した。

5. タンパク質について(表2参照)

矢作川産カモジシオグサは、採集時期が異なり、さらに採集地点も若干異なるが、タンパク質が26.6-30.0(平均28.7)%と藻類では最高の紅藻アマノリ類(38.8%)や緑藻類のカワノリ(素干し)の31.8%に次いで高い数値を示した。季節変化をみると、わずかな差しかないが、9月にやや低く(26.6%)、11月にやや高い値(30.0%)になった。炭水化物を指標とした比率でも、同じ傾向がみられた。また、メコン川産シオグサ類では、タイ産シオグサ(ガイ)で31.8%という日本のカワノリと同じく高い数値が測定されたが、ラオス産シオグサ(カイ)では19.3%、ラオス産シオグサ(タオ)では13.7%と低かった。またラオス産加工シオグサでは、その中間の23.4%であった。炭水化物を指標とした比率でも同じ傾向がみられた。なお、海産緑藻類のアオサで22.1%、ヒトエグサで16.6%、汽水産アオノリでは18.1%で、アオサが高くメコン産シオグサ類とほぼ同じ値であった。炭水化物を指標にした比率でも、カワノリがタイ産シオグサ(ガイ)と同様に高い値であり、矢作川産カモジシオ

表3 シオグサ類のタンパク質含量(g/100g)と全アミノ酸含量(mg/100g)と他海藻類との比較。

試料名	タンパク質	Ile	Leu	Lys	Met	Cys	含硫アミノ酸	Phe	Tyr	芳香族アミノ酸	Thr
ラオス産シオグサ(カイ)	19.3	764	1293	864	156	124	280	821	540	1361	775
タイ産シオグサ(ガイ)	31.8	1195	2168	1572	234	0	234	1319	730	2049	1106
ラオス産シオグサ(タオ)	13.7	630	1216	753	42	0	42	730	378	1108	565
ラオス産加工シオグサ	23.4	731	1372	1011	83	0	83	855	514	1369	716
アマノリ(干しのり)*	38.8	1500	2700	1900	840	640	1500	1400	1200	2600	1800
マコブ(素干し)*	8.2	280	520	360	140	180	320	320	160	480	350
ヒジキ(素干し)*	10.6	480	800	380	260	180	440	480	240	720	470
湯通しワカメ(塩蔵)*	4.1	200	350	240	95	49	140	210	99	310	180

試料名	Typ	Val	His	Arg	Ala	Asp	Glu	Gly	Pro	Ser	アミノ酸スコア
ラオス産シオグサ(カイ)		1079	197	676	1105	1764	2245	1027	784	709	82
タイ産シオグサ(ガイ)		1605	349	1239	1630	3060	3578	1532	1159	1078	100
ラオス産シオグサ(タオ)		754	229	530	965	1152	1406	726	626	649	72
ラオス産加工シオグサ		1003	273	753	1093	1850	4438	968	858	702	93
アマノリ(干しのり)*	480	2400	540	2100	4200	3400	4200	2200	1500	1500	91
マコブ(素干し)*	94	390	140	270	580	1000	1700	400	420	310	82
ヒジキ(素干し)*	120	580	160	430	630	1000	1200	530	430	420	62
湯通しワカメ(塩蔵)*	59	260	80	210	280	390	440	240	170	160	100

\* 5訂日本標準食品成分表による

グサは海産のアオサ以上のタンパク質含量をもつことがわかった。

6. 全アミノ酸組成について (表3参照)

メコン川産シオグサ類の全アミノ酸組成で一番目立つのは、タンパク質量の多いタイ産シオグサ(ガイ)の全体のアミノ酸含量がアマノリについて高いことである。また、グルタミン酸については紅藻類アマノリ(4,200mg/100g)を越す値がラオス産加工シオグサ(4,438mg/100g)でみられた。これは加工製品を製造する過程で化学調味料を添加しているためと思われるが、原藻であるタイ産シオグサ(ガイ)でも3,500mg/100gとかなり高かった。なお、ラオス産シオグサ(カイ)で2,200mg/100g、ラオス産シオグサ(タオ)で1,400mg/100gであった。さらに、すでに全アミノ酸組成のデータのある褐藻類(コンブ、ヒジキ、ワカメ)と比べて、含硫アミノ酸類を除いてほとんどのアミノ酸でメコン川産シオグサ類のほうがその含量が多かった。必須アミノ酸でも、今回検出されていないトリプトファン以外で、タ

イ産シオグサ(ガイ)はほぼ全体にわたって高い値で含まれていた。ラオス産シオグサ(カイ)は先のグルタミン酸を除いてその加工品とほぼ同程度の含量であった。ラオス産シオグサ(タオ)はカイに比べてやや低い値で推移した。

7. 遊離アミノ酸について (表4参照)

矢作川産カモジシオグサではアスパラギンが非常に多く、次にグルタミン酸が120-245mgと多かった。季節変化をみると、アラニン、アルギニン、ヒスチジン、プロリン、リジン、タウリンなどが7月に多く、逆に9月や11月にはアスパラギン酸やグルタミン酸が多い傾向があった。

メコン川産シオグサ類でもアスパラギンが多く、次にグルタミン酸が20-278mgと多かった。タンパク質の多いタイ産シオグサ(ガイ)では総じて遊離アミノ酸含量が満遍なく多い傾向がみられた。化学調味料が添加されているラオス産加工シオグサではグルタミン酸が2,344mgと極めて高かった。

矢作川産もメコン川産もシオグサ類はタオを除き、遊

表4 シオグサ類の遊離アミノ酸含量 (mg/100g) と他海藻類との比較。

試料名	Asp	AspNH2	Ala	Ala	Arg	Ile	Gly	Glu	Cys	Cysthi	Ser
矢作川産カモジシオグサ1	79	562	67	4	12	11	9	135			20
矢作川産カモジシオグサ2	34	391	79	4	30	9	8	120			22
矢作川産カモジシオグサ3	51	556	77	6	27	11	13	178			28
矢作川産カモジシオグサ4	57	674	57	0	17	14	13	245			66
ラオス産シオグサ(カイ)	114	65	85	0	18	23	16	131			31
タイ産シオグサ(ガイ)	97	554	66	12	20	70	14	278			83
ラオス産シオグサ(タオ)	2	0	13	0	0	0	0	20			0
ラオス産加工シオグサ	94	252	111	0	35	25	10	2344			19
アマノリ類(スサビノリ)*	322		1530	14	15	20	24	1330			37
マコブ*	1450		150		2	8	9	4100			27
ワカメ*	5		617		37	11	455	90	5	2	131
ヒトエグサ*	45	225	99	2	8	7	11	121		59	31
アナアオサ**	4		18		3	4	9	32	36	73	12
ウスバアノリ**	14		24		2	6	5	55		152	34

試料名	Tyr	Typ	Thr	Val	His	Phe	Pro	Met	Lys	Leu	Tau	total
矢作川産カモジシオグサ1	14		13	17	15	18	97	2	34	19	20	1178
矢作川産カモジシオグサ2	11		10	13	57	11	95	0	43	16	19	1008
矢作川産カモジシオグサ3	12		14	15	51	13	119	0	48	20	26	1299
矢作川産カモジシオグサ4	17		22	19	19	18	91	5	42	25	14	1440
ラオス産シオグサ(カイ)	11		16	33	3	11	20	0	18	18	8	635
タイ産シオグサ(ガイ)	35		43	81	24	48	53	9	82	100	12	1727
ラオス産シオグサ(タオ)	0		0	0		0	0	0	0	78	3	124
ラオス産加工シオグサ	18		23	41	11	28	109	0	28	41	0	3239
アマノリ類(スサビノリ)*	13	+	46	41	10	7	4	2	12	31	1210	4668
マコブ*	4	+	17	3	1	5	175	3	5	5	1	5973
ワカメ*	10	6	90	11	2	9	156	2	35	20	12	1748
ヒトエグサ*	6		14	14	4	7	108	3		11		782
アナアオサ**	2	2	6	4	0	4	40	0	1	7	2	399
ウスバアノリ**	2	1	4	4	0	4	51	0	1	7	2	305

\* 天野, 2000による; \*\* 科学技術庁, 1986による

離アミノ酸含量は他の海産緑藻類（ヒトエグサ，アナアオサ，ウスバアオノリ）に比べて多く含まれていた．また，褐藻類のコンブやワカメはアスパラギン酸やアラニン，グルタミン酸，セリン，チロシン，プロリンなどがシオグサ類よりも総じて多い傾向がみられた．

遊離アミノ酸は呈味成分としても重要であるが，シオグサ類には甘みを出すアミノ酸であるプロリン，セリン，やや苦みを伴った甘みを出すアミノ酸のアラニン，アルギニンなども適度に含まれていた．また苦みを出すアミノ酸であるアルギニン，ロイシンやイソロイシンがシオグサ類にやや多く含まれ，さらに旨み，「こく」，酸味を出すアミノ酸であるアスパラギン酸もやや多く含まれていた．

## 考 察

藻類の水分については，採集後の処理方法や保存方法により異なるが，一般に乾燥品では20%以下と考えられている（山田，2001）．今回のシオグサ試料における水分含量の特徴は，帰国後に保存用にシリカゲルを使用したこともあって乾燥度が比較的高い傾向にあり，同じ処理をしたサンプル間の栄養分析結果の比較はできるが，処理法が異なる「食品成分表」のサンプルとの比較は単純にはできないことは明らかである．このため炭水化物を指標とした比較もおこなった．ところで，ラオス産シオグサ（タオ）は日干ししてもなかなか乾燥せず，シリカゲルで急速乾燥させても他のシオグサ類に比較して水分含量が多いことが特徴的であった．なお，とくにシリカゲル処理しなかったラオス産加工シオグサは，干しノリと焼き海苔・味付け海苔の中間程度の乾燥度であることがわかった．

海藻の脂質の特徴として，不飽和脂肪酸であるオレイン酸やリノール酸が，また高度不飽和脂肪酸であるアラキドン酸やエイコサペンタエン酸などが多く含まれていることがあげられる．これらは一般的な海藻であるコンブ，ヒジキ，ワカメなどに含まれており，とくに紅藻アマノリ類にはエイコサペンタエン酸が極めて多く含まれていることが知られている（山田，2001）という．今回のラオス産加工シオグサの値は，炭水化物を指標とした比率でみても，緑藻類内でもかなり高い値であり，紅藻アマノリ類に比べても2倍近く高かった．メコン川産シオグサ類で非常に高い値が測定され，矢作川産カモジシオグサでもカワノリ以上の値を示したことから，アマノリと同様に各種の不飽和脂肪酸類が多く含まれている可能性があると思われる．

韓国産味付け海苔で脂質が42.2%と極めて高かったが，これはゴマ油を表面に塗ってあるためであると思われる．ちなみに「食品成分表」によるとゴマ油は100%，ゴマ（乾燥，煎，むき）で51.9-54.9%である．ラオス産加工シオグサではゴマ油ではなく乾燥したゴマをまぶしてあったために，韓国産ほどには高くはなかったと思われる．表面にゴマをふりかけ，ニンニクやトマトなども混入してあったため，初めは韓国産味付け海苔の製法をまねた製品かと考えていたが，今回の分析によりラオス特有の製法であると推定された．

炭水化物は多糖類の多い藻類では一般に多く含まれ，タンパク質の多い（38.7-44.3%）紅藻アマノリ類の場合を除いて普通は約60%も含まれていると考えて良い（山田，2001）といわれている．今回測定したシオグサ類の糖類は一般の藻類の傾向と同じようで，他の緑藻類とも同程度の値を示していることがわかった．なお，緑藻類が生産する多糖類としては，水中で柔軟性や弾性を保つための細胞壁骨格多糖類としてセルロースが，また細胞間粘質多糖類として含硫酸キシロアラビノガラクトンが，さらに貯蔵多糖類としてはアミロースやアミロペクチンという種類のデンプンが存在することが知られている（山田，2001）．矢作川やメコン川においても，淡水産シオグサ類はこれらの多糖類をもつことで水中での強い流れや波浪などに耐えているものと思われる．

灰分（無機質の総量）については，海産の藻類では当然海のミネラル分を藻体全体から吸収できるので，「海藻はミネラルの宝庫」といわれる所以である．しかし，淡水産藻類では一般に海藻類に比べて低いことが予想される．ところが，ラオス産シオグサ（カイ）では海産緑藻類（ヒトエグサ・アオサ）や汽水産緑藻類（アオノリ）より高い値であった．このため，メコン川産シオグサ類は河川水中に無機質がかなり多く含まれるような場所に生育している可能性が高いのではないかと考えられた．なお，ラオス産加工シオグサではその加工工程で塩分や化学調味料を添加しているために，高い値が測定されたようである．

藻類のタンパク質含量は一般に乾燥重量のおおよそ10-20%程度であるが，アマノリ類は例外的に含量が高く，干しノリの数値は38.8%もあり，場合によっては44%に達することもある（天野，2000）とされている．矢作川産カモジシオグサのタンパク質は，他の海産および汽水産緑藻類に比べるとやや高い値を示した．タイ産シオグサ（ガイ）では，31.8%とカワノリに近く高い値を示し，炭水化物を指標とする比率ではカワノリ以上であった．また，「高品質の乾海苔製品はタンパク質含量

が高いため、栄養的にも優れている」(天野, 2000)といわれている。淡水産シオグサ類についても、タンパク質含量や脂質含量が高いため、アマノリと同様に栄養的に優れているようである。とくにメコン川ではメコンオオナマズがシオグサ類を主食とすることが知られており、成魚がシオグサ類を餌にして2m以上もの巨体になる原因としてシオグサ類の栄養価が高いことが予想されていたが、今回の測定値はそれを裏付ける結果となった。

タンパク質含量は紅藻アマノリ類では、「産地、季節、海水中の栄養塩等によって大きく変動するが、一般に養殖初期の12月に多く、終期の3月に向かって減少する(天野, 2000)」とされている。矢作川産カモジシオグサやメコン川産シオグサ類についても、生育場所や季節などによりかなり変動があるものと予想される。今回の矢作川産カモジシオグサでの季節変動はそれほど大きくなかったが、夏期(7月)から初秋(9月)にかけてやや減少し、晩秋(11月)には再び増加する傾向がみられた。

紅藻アマノリ類の可食部のアミノ酸組成は、グルタミン酸、アスパラギン酸、アラニンに富み、ヒスチジン、トリプトファン、含硫アミノ酸が比較的少ないものの、成人の必須アミノ酸(essential amino acid)であるイソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファン、バリン、ヒスチジンの9種類のうち、リジン以外は十分に含んでいる(天野, 2000)という。残念ながら矢作川産カモジシオグサの全アミノ酸組成のデータはないが、メコン川産シオグサ類について調べた結果(表3)からは、アラニンについてはさほどでもないが、アスパラギン酸やグルタミン酸については紅藻類アマノリに近いかそれを越す値がタイ産シオグサ(ガイ)でみられた。これはタンパク質量もアマノリには劣るもののがかなり多く含まれている

ことを示し、興味深い。また、ラオス産加工シオグサではグルタミン酸がアマノリを越す値であった。これは加工板ノリ状製品に化学調味料などが添加してあるために高い値になったと思われる。なお、今回分析したメコン川産シオグサ類の第一制限アミノ酸はアマノリ類や他の藻類と同じくリジンであった。

紅藻アマノリ類の遊離アミノ酸では、タウリン、グルタミン酸、アラニンがかなり多く、アスパラギン酸がそれに次ぐ(天野, 2000)という。全体的にシオグサ類は遊離アミノ酸含量がアマノリに比べると低いが、他の海産緑藻類(ヒトエグサ、アナアオサ、ウスバアオノリ)の値と比べてみると、シオグサ類はヒトエグサ以上に遊離アミノ酸が豊富であるといえる。ただ、ラオス産シオグサ(タオ)は日本に持ち帰った時点でかなり水分を含んでいて腐りかけていた可能性があり、検出された遊離アミノ酸の種類も全量も少なかった。呈味成分としてにがみのアミノ酸であるロイシンやイソロイシンなどがシオグサ類にやや多く含まれていることは、この藻をメコン川畔では食用としていることから興味深い。藻体そのものにかすかな甘みや苦みがあることがメコン川畔の住民の嗜好にあっているのかもしれない。なお、アマノリ類の遊離アミノ酸含量は各種化学成分と同様に産地、季節、栄養塩などの各種の要因により異なることが知られている(天野, 2000)。矢作川産カモジシオグサでも遊離アミノ酸量に季節変化がみられており、メコン川産シオグサ類でも1月に購入されたタイ産シオグサ(ガイ)が総じて遊離アミノ酸含量が高かったことから、生育時期による変動があることが予想される。

最後に、一般栄養分析結果について炭水化物に対する割合ではなく、シリカゲルを乾燥に使用した場合の水分を食品成分表の素干し緑藻類の乾燥割合と一致させるた

表5 シオグサ類の一般栄養分析結果(100g中)と他の緑藻類との比較。(シリカゲル乾燥のシオグサでのみ水分を2.5倍して再計算したものの)

試料名	水分(g)	タンパク質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	灰分(g)
矢作川産カモジシオグサ1	13.0	10.6	0.6	20.3	6.4
矢作川産カモジシオグサ2	15.0	11.4	1.0	19.0	6.2
矢作川産カモジシオグサ3	15.0	11.8	0.9	18.7	6.2
矢作川産カモジシオグサ4	13.8	12.0	1.6	16.9	7.3
ラオス産シオグサ(カイ)	15.5	7.7	2.0	17.7	10.0
タイ産シオグサ(ガイ)	15.8	12.7	3.1	13.6	8.0
ラオス産シオグサ(タオ)	23.5	5.5	3.0	21.8	6.0
ヒトエグサ(素干し)*	16.0	16.6	1.0	46.3	20.1
アオサ(素干し)*	16.9	22.1	0.6	41.7	18.7
アノリ(素干し)*	9.4	18.1	0.3	56.0	16.2
カワノリ(素干し)*	13.7	38.1	1.6	41.7	4.9

\* 五訂日本標準食品成分表による



めに、水分を2.5倍し、他の一般栄養価の値を2.5で割った値で他の緑藻類と比較してみた(表5)。ところが、この操作により炭水化物では矢作川産もメコン川産も総じて低く(13.6-21.8%)なり、他の緑藻類分析値の半分以下となってしまった。脂質では矢作川産カモジシオグサでは他の緑藻類とほぼ同じ値であるが、メコン川産シオグサ類では1.6-3.1%と比較的高い値で、最高で他の緑藻類の2倍近く高かった。灰分では矢作川産カモジシオグサでは6.2-7.3%、メコン川産シオグサ類では6-10%とともに純淡水産カワノリと汽水産アオノリの間の値におちついた。タンパク質でも矢作川産カモジシオグサで10.6-12.0%、メコン川産シオグサ類で5.5-12.7%となり、アオノリより低く、緑藻類全体でも最低レベルとなってしまった。

## おわりに

矢作川産カモジシオグサの一般栄養成分分析結果の季節変化をみると、夏期(7月)から初秋(9月)にかけてタンパク質も脂質もその含量が減少し、それに対して炭水化物や灰分がやや増加する傾向がみられた。また、晩秋(11月)には炭水化物がかなり減少し、それに対してタンパク質、脂質、灰分が増加する傾向がみられた。この傾向は炭水化物を指標にした比率でみるとさらに強調された。とくに脂質が晩秋に4.0%と高いことは興味深い。遊離アミノ酸の含量についても季節変化がうかがえた。

メコン川産シオグサ類は主に乾季(11-4月)が生育期であり、タイ産シオグサ(カイ)の購入は1月であり、他のサンプルはいずれも8月や9月の購入と生育時期外であった。この1月のカイのタンパク質も脂質もメコン川産シオグサ類(加工シオグサをも含む)の中では最高であったことは、日本の矢作川産カモジシオグサの季節変化とも一致し、シオグサ類が初冬から冬季に栄養的に優れた状態になることを示唆し、興味深い。ただし、8-9月購入のものは長期の乾燥保存により成分が劣化した可能性もある。また、メコン川産シオグサ類では全般に脂質が他の藻類に比べて高い傾向がみられた。さらにタイ産シオグサ(カイ)でタンパク質が多く測定され、遊離アミノ酸含量も多かった。また、灰分(無機質類)が矢作川産よりも多く、さらに驚くことに海産緑藻類よりも多く測定されており、生育場所であるメコン川の水質に重要な因子があることが予想される。ただし、水分含量により調整した再計算値では、純淡水産カワノリと汽水産アオノリの間の値であった。

以上の分析結果から、メコン川に生育するシオグサ類

はタンパク質含量・脂質・灰分(無機質)およびアミノ酸組成などでは総合的に他の緑藻類に比べても栄養学的に優れており、人間の食用としてもメコンオオナマズの餌料としても重要であることが栄養学的に明らかにされた。現在メコン川のシオグサ類は生育量が環境変化(河川の人為的改変)により減少しかねない状況と聞かすが、シオグサ類の生態・生理についての研究を進め、このような状況を改善するような代替策を早期に実施することにより、シオグサ類の生産が持続的に維持されてゆく方向に進むことを望む。また、矢作川に生育するカモジシオグサについてもその栄養価値は緑藻類ではカワノリについて優れていることがわかり、一般栄養項目においても明瞭な季節変化がみられることがわかった。さらに、ラオスの人たちが口にして加工板ノリ状シオグサは、製法が韓国の味付け海苔とはまったく異なることや栄養成分もかなり違うことから、ラオス独自の加工食品であることが明らかになった。将来さらなる研究が必要ではあるが、シオグサ類を単に川を荒らす害藻として除去するという方向で対処するのではなく、食用や家禽などへの飼料としての利用やその他の用途についても模索すべきであると思われる。

2004年1月21-27日に著者らがラオスのメコン川調査をおこなった結果、ラオスでタオという植物はシオグサ属ではない緑藻類の可能性がでてきた。タオの利用方法も論文中に引用した佐野さんのカイの報告とも全く異なる方法であることが確認できた。カイからの海苔様製品(カイペーン)の製法などとともに、タオの実体についても今後研究が進みしだい報告したい。

## 謝 辞

日本水産株式会社中央研究所の山下伸也氏にお世話になり、同社の食品分析センターで栄養分析処理をしていただきました。また分析試料の採集(購入)や生育地や利用の情報提供に当たっては、矢作川研究所の内田朝子氏、総合地球環境学研究所の秋道智彌教授、および野中健一助教授、および JICA 青年協力隊の佐野幸輔氏にお世話になりました。さらに、遺伝子分析では筑波大学(生物科学)の羽生田岳昭博士に、栄養分析の結果と考察については京都大学農学研究科の木下政人博士に貴重な情報や助言をいただきました。京都府蒲井町(丹後半島)産イワノリの試料は京都大学農学研究科大学院生の田村典江氏にご提供いただきました。これらの方々から謝意を表します。

## Summary

Nutrient analysis and amino-acid composition have been established on the plants of *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützing from the Yahagi River and *Cladophora* spp. from the Mekong River. The analyzed data were compared with those of Chlorophyta species and *Porphyra* (Rhodophyta) in "Standard Tables of Food Comparison in Japan (5th edition)". Results were follows: 1. Values of protein, lipid, and total inorganic compounds showed a seasonal variation in *C. glomerata* from the Yahagi River, decreasing from summer to autumn and increasing in winter. 2. *Cladophora* plants showed having comparatively higher nutrient values than the other Chlorophyta; especially Gai (*Cladophora* sp. from the Mekong River) contained much protein and free amino-acids. 3. Generally, *Cladophora* spp. from the Mekong River contained comparatively more total inorganic compounds. It might be a cause of mesotrophic conditions of the Mekong River. 4. Drying product (sheet) processing method from *Cladophora* in Laos is original and different from that of *Porphyra* in South Korea.

## 引用文献

- 赤木 攻・秋道智彌・秋篠宮文仁・高井康弘 (1996) 北部タイ, チェンコーンにおけるプラー・ブック (*Pangasianodon gigas*) の民族魚類学的考察. 国立民俗学博物館研究報告, 21 (2) 293-344.
- 天野秀臣 (2000) ノリの有用成分. 海苔の生物学, 能登谷正浩 (編) 129-164. 成山堂書店, 東京.
- 科学技術庁資源調査会編 (1986) 改定・日本食品アミノ酸組成表.
- 科学技術庁資源調査会編 (2000) 五訂日本食品標準成分表.
- 新山優子 (1986) 北海道産カモジシオグサ *Cladophora glomerata* (L.) Kützing の形態と季節変化. 藻類, 34:216-224.
- 新山優子 (1994) カモジシオグサ. 藻類の生活史集成, 第1巻 緑色藻類, 堀輝三 (編) 216-217. 内田老鶴園.
- Sakai, Y. (1964) The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Scientific Papers of the Institute of Algological Research, Faculty of Science, Hokkaido University, 5 (1) 1-104.
- 周達 生 (1991) 東アジアの食文化探検, 三省堂選書. 三省堂, 東京.
- Southeast Asia River Network (2002) Mekong Rapids Under Fire. Project for River and Communities, Love Chiang Khong

Group :1-36. Pub. Oxfam, America.

内田朝子 (1997) 矢作川における付着藻類と底生動物の基礎調査報告. 矢作川研究, 1:59-80.

van den Hoek, C. (1963) Revision of the European species of *Cladophora*. E.J. Brill. Leiden, Netherlands.

山岸高旺 (1999) 淡水藻類入門. 内田老鶴園, 東京.

山田信夫 (2001) 海藻利用の科学 (新版). 成山堂書店, 東京.

京都大学大学院地球環境学堂: 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, 606-8502, Japan