

秋季藻類シンポジウム (2002.12. 06)  
「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

大野 正夫<sup>1)</sup>・貫見 大輔<sup>2)</sup>: 海藻肥料による土壌改善と農産物の増産と品質向上

### 1. はじめに

海藻を作物の肥料に使うことは、昔から世界各地の沿岸で行われてきた。古くはローマ時代の文書にも海藻が作物の肥料に使われていると記録されている。江戸時代、伊豆半島ではテングサを田畑の肥料に使っていたが、1822年に代官から肥料としてのテングサの刈り取りが禁止されて、寒天の原料に使われるようになったという記録がある(山田, 2000)。古来、日本では窒素源として簡単に手に入る人糞尿、家畜糞尿、草木類の堆肥が多く使われていたが、農民が海藻肥料が多く使っていたという記録は少ない。これは大型海藻群落(藻場)が魚介類の産卵場として、漁民が重視していたためであろうと推察されている(植田他, 1963)。

ヨーロッパでは、19世紀半ばから海藻灰をカリウム肥料として農業に使われて、海藻工業幕開けをもたらしたが、1910年代に塩湖からカリウム塩を生産できるようになって、化学肥料が使われるようになり海藻灰肥料は衰退していった。

海藻にはカリウムやミネラル分に富み、海藻抽出液の肥料効果は、長くミネラルによるとされていた。近年になって、海藻成分の研究が進むにつれて、植物の成長や成熟に欠かせないオーキシニン、サントカイニン、ジベレリンなどの植物ホルモンが、海藻中に比較的多く含まれており、特にヒバマタ類、コンブ類の仲間の植物ホルモン含有量が注目され、これらの海藻が“海藻肥料”として世界各地で利用されるようになった。

### 2. 肥料に使われる海藻

海岸に打ち上げられた海藻を田畑に埋め込むという方法は、現在でも地中海沿岸からヨーロッパ諸国で多く行われている。最近の報告によるとアフリカ諸国でも行われている(Zemke-White & Ohno, 1999)。これらは、ヨーロッパからの入植者からの伝授と打ち上げ海藻が多いためと推測される。それに対して、アジア諸国では、打ち上げ海藻の田畑に埋め込む農法はそれほど盛んでない。ヨーロッパ地方では海藻を田畑に埋め込むのは、酸性土壌の改善が主目的であったので、肥沃な土壌には海藻の肥料効果は、あまり認識されて来なかったと思われる。

海藻を肥料生産のために採取されている種類と採取国を表1に示す。海藻肥料として、コマーシャル・レベルで採取されている種は21種に達するが、主要な海藻は、土壌改良の素材の塊状になる石灰藻 *Phymatolithon calcareum* (Pallas) Adey & McKibbin や *Lithothamnion corallioides* (Croun) Crouan (イシモ

表1 肥料に使われている世界の海藻資源

種名	利用国名
緑藻	
<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	Kenya
<i>Enteromorpha</i> spp.	Portugal
<i>Ulva</i> spp.	Portugal
紅藻	
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Chile
<i>Gracilaria</i> spp.	Portugal
<i>Gracilaria chilensis</i>	Chile, New Zealand
<i>Halymenia venusta</i>	Kenya
<i>Laurencia papillosa</i>	Kenya, Philippines
<i>Lithothamnion corallioides</i>	France, Ireland, UK
<i>Phymatolithon calcareum</i>	France, Ireland, UK
褐藻	
<i>Alaria fitulosa</i>	Alaska
<i>Ascophyllum nodosum</i>	France, Canada, Iceland, Norway, UK
<i>Ecklonia maxima</i>	South Africa
<i>Fucus gardneri</i>	Canada
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	Philippines
<i>Laminaria schinzii</i>	South Africa
<i>Macrocystis pyrifera</i>	Australia
<i>Nereocystis luetkaena</i>	Alaska, Canada
<i>Durvillea potatorum</i>	Australia
<i>Sargassum</i> spp.	Brazil, Vietnam
<i>Turbinaria</i> spp.	Vietnam

W. Lindsey Zemke-White & Ohno, M. 1999 より改変

属)(図1)と生育増長の素材の大型褐藻類 *Ascophyllum*, *Macrocystis*, *Laminaria*, *Ecklonia*, *Durvillea*, *Capophyllum*, *Himantalia* や *Sargassum* の仲間である(Zemke-White & Ohno, 1999)。

### 3. 土壌改良材 Maerl (ミール)

ヨーロッパ諸国では、酸性土壌の改善に石灰藻が、18世紀頃より使われるようになり、アイスランド、デンマーク、イングランド、スコットランド、ウエールズ、アイルランド、フランス、ポルトガル、モロッコ、アルジェリアなどの地域で広く用いられている(Blunden, et al. 1975)。

現在は、コマーシャル規模で採取されているのは、主に *P. calcareum* や *L. corallioides* (イシモ属)であり、フランス、イギリスとアイスランドでは機械を用いて採取されており、1994年の年間採取量は3か国で、約8万トンにも達している(Zemke-White & Ohno, 1999)。ミールには、カルシウム30%、マグネシウム3%が含まれており、ミネラルの含有量が多いので、土壌改良材とともに家畜の配合飼料の素材とし

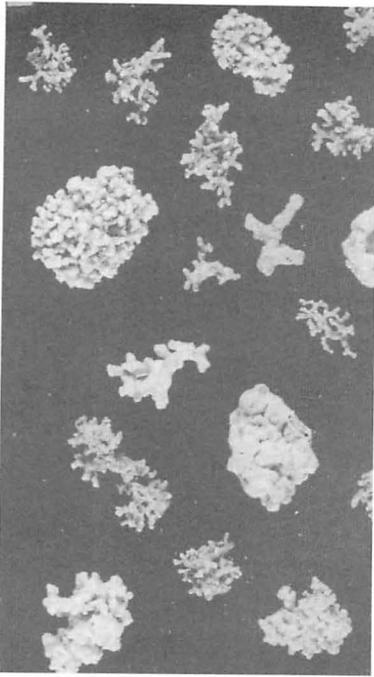


図1 ヨーロッパで土壌改善に使われているミール，塊状の石灰藻 *Phymatolithon calcareum* と *Lithothamnion corallioides* (Blunder, 1991による)

でも利用されている。

#### 4. 海藻粉末肥料

近代的農法が普及する1990年代初頭より無機塩のリン酸肥料，カリ肥料を田畑に用いると，作物の生育が良くなり，同時に収量も増大することが研究者によって見つけだされた。それ以後，無機質肥料の工場生産が始まった(白石, 1996)。しかし，これらの化学肥料は作物の増産に大いに貢献したが，農地からの栄養分の吸収が効率よく行われるために，かえって土壌は荒廃してゆき，土壌改良のために有機農法が行われるようになり，再び，有機肥料として海藻肥料が注目されるようになった。

褐藻の *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol はヒバマタ類の仲間であり，イギリスから北欧に多く繁茂している(図2, Jensen, A. 1998)。ノルウェーでは海藻粉末肥料の原料として多く採取されて，アルギン肥料，ケルプ肥料と呼ばれている。ケルプ肥料の製法は，アイスランド，ノルウェー，イギリス，フランスでは，*A. nodosum* を主原料に，*Fucus* 属，*Laminaria* 属を加えて作られている。これら海藻肥料の成分は，海藻特有のアルギン酸のほかにマンニット，ラミナリン，各種のミネラル，ビタミン，アミノ酸などの60種以上の微量要素を始め，オーキシン，サイトカイニン，ジベレリンなどの植物生長ホルモンを豊富に含んでおり，植物生理活性物質も多く含んでいる。アルギン・ケルプ肥料はトマト，ポテト，ハウレンソウ，イチゴ，メロン，リンゴ，ミカン等の野菜や果実に使われている。

この海藻粉末を散布することにより 発根・発芽・養分吸収・生育を促進し，樹勢が旺盛となり，病虫害やその他の障

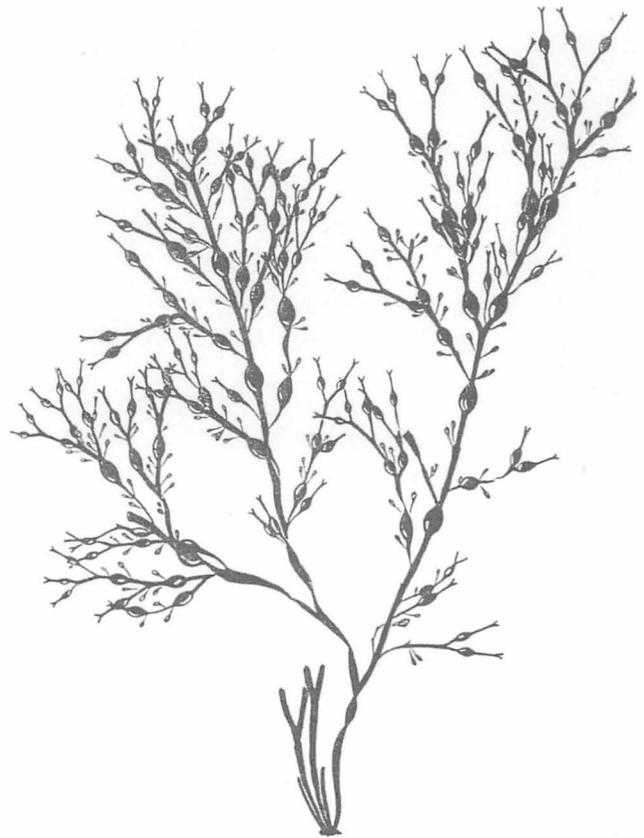


図2 ノルウェーに多く産する *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol (Jensen, A. 1998による)

害に対する抵抗力が増大し，品質向上(増糖・着色増進・果実肥大)と増収が期待されている。また，化学肥料常用による土壌中の微量元素不足を改善し連作障害を軽減する。また収穫作物の貯蔵期間を伸ばす効果も認められている。

オーストラリアではケルプ肥料の原料として，*Durvillaea potatorum* (Labill.) Aresch，南アフリカでは *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss が使われている。ナミビアでは *Ecklonia maxima* と *Laminaria pallida* Grevillein J. Agardh を乾燥させて，1 cm 程度のチップにした粉末肥料“*Afrikelp*”として販売されている。この粉末ケルプは，多くの有用な有機物，ミネラルを含んでいると同時に，保水効果が著しく，土壌改良材として大量に利用されている。砂地質の土地に，“*Afrikelp*”を混ぜ込み，有用な草の種を播くと発芽率が高く，草の根が良く伸び，広大な牧草地やゴルフ場を造成できたという報告がある (Critchley et al. 2001)。

ケルプ粉末は，家畜の配合飼料にも使われており，代謝組織や臓器の健全化，栄養バランスの改善，体力の増強による発育促進，抗病力・飼料効率の向上，産卵率・ふ化率・受胎率・育成率の向上等により生産性を増す。さらに泌乳促進，乳脂率の向上，乳質・肉質の改善等が期待されている。水産養殖の飼料にも使われており，魚全体の色及び身の色が良くなり肉質が向上する。品質向上，免疫増強，抗ウイルスなどの効果も認められている。



図3 海藻液肥の製造：Ecklonia maxima の茎の部分洗い搾る作業

### 5. 海藻液肥

果実類、野菜類に液肥を葉上部から与えるという葉面散布は、1940年代から始まったとされているが、一般に葉面から植物体に吸収される物質は無機質と考えられていた。海藻成分の液肥を用いた実験は1960年代からみられるが、Blunden等がポテト、トマト、オレンジ等について海藻施肥の実験をして肥料効果を確かめた(白石, 1996)。1983年には、トマトへの海藻液肥の葉面散布実験から、海藻濃縮液が葉面から植物体に吸収されていることがわかり、その効果により根、茎葉が極めて大きくなり収量が増したことを確認された(Blunden, 1991)。海藻液肥の効果が多く報告され始めたのは、1990年代からであり、新しい海藻資源の利用分野として注目されている。

カンキツ類への海藻液肥の効果について、幼木の生育促進、養分欠乏症の回復、新枝の発育促進、果実肥大と収量の増大などについて、白石(1996)より詳しい報告があるので紹介しよう。白石等は、市販の海藻液肥(ケルパック66)を用いて、500倍溶液をかなり衰弱したミカンの樹体に葉面散布すると、葉の裏面からの吸収が著しいことがわかった。散布後発生した新しい梢(こずえ)は、対象区の約1.6倍に長くなった。さらに、発生した葉は多くなった。葉面積においても液肥の効果が大きく現れて、葉がかなり大きくなり葉の厚さが増し、葉表面の光沢が良好になった。液肥の効果は、葉内の柵状組織や海綿状組織内に現れて、それらの細胞内に多量の同化デンプン粒が顕微鏡で認められた。その大きさは、液肥を散布しない葉より大型化していた。葉内に同化デンプン粒がたくさん集積することは、その葉では光合成が盛んに行われていると結論づけられている。これらの炭水化物を使って、樹勢回復、生育の促進、品質の向上そして収量の増加に役立つものと考えられた。

最近の研究から、海藻液肥を葉面散布することにより、トマト、ハウレンソウ、ハーブ類などの軟弱野菜の早期出荷、トマト、イチゴ、キュウリ、ナス、メロン、ミカン、リンゴなどの長期出荷、バラや花木類の花色や花持ちの増進、その他

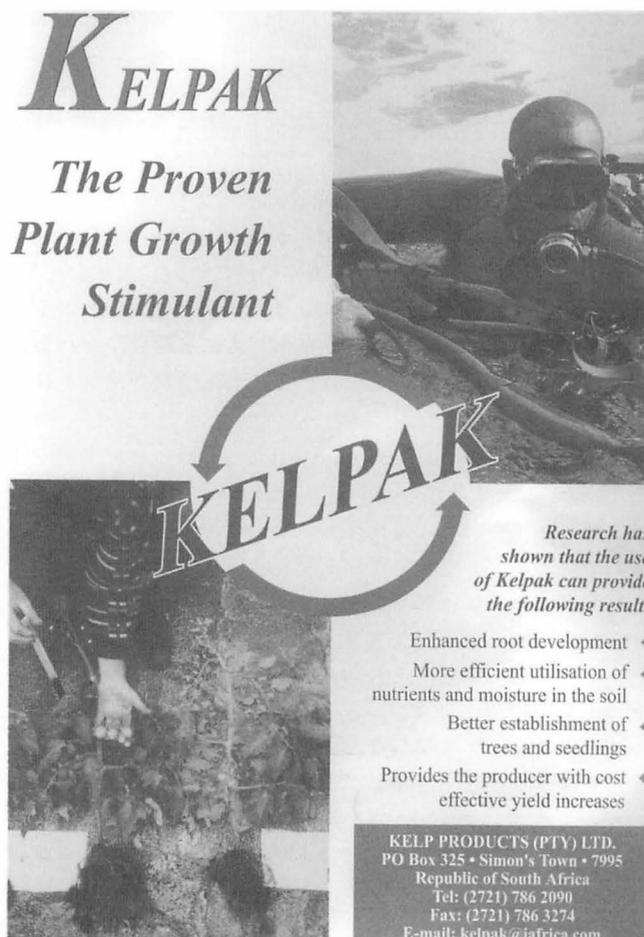
いろいろの作物の品質や果実の品質の向上に効果があることがわかった。

海藻液肥には、ミネラル類、アミノ酸、ビタミン類が豊富であることと、オーキシン、サイトカイニン、ジベレリンの植物ホルモンが多いことが特徴である。これらの相乗効果によって、生育促進と品質向上に効果があるとされている。

海藻液肥の製法は種々あるが、イギリスやノルウエイでの海藻液肥は、藻体を凍結した後に6-10 $\mu$ mの微粉末に粉碎してクリーム状にした製品と乾燥粉末製品である。これらの製品は、500倍から1000倍に希釈し融かして葉面散布される(Blunden, 1991)。海藻液肥として知られている"KELPAK"の製法は、南アフリカのケープタウン周辺の岩礁帯に繁茂する2~5mの茎を持つEcklonia maximaを、潜水作業で採取して葉を落とし、茎をよく洗い、痛んだり付着動物が付いた部分を削除して、ローラーで押しつぶす方法で絞る。絞った液は、添加物を全く入れずに瓶詰めする(図3)。このようにして生産された液は、室温で保存しても長期間腐るようなことはないと言う。この液肥の栄養効果は、販売パンフレットには、特にオーキシンとサイトカイニンの植物ホルモンの効果があると説明されている。オーキシンは、搾り液1L当たり11mg、サイトカイニンは1L当たり0.03mg含まれている。植物の根の発達への効果が特徴的であり、対照のサンプルより根の量

# KELPAK

The Proven  
Plant Growth  
Stimulant



Research has shown that the use of Kelpak can provide the following results

- Enhanced root development
- More efficient utilisation of nutrients and moisture in the soil
- Better establishment of trees and seedlings
- Provides the producer with cost effective yield increases

**KELP PRODUCTS (PTY) LTD.**  
PO Box 325 • Simon's Town • 7995  
Republic of South Africa  
Tel: (2721) 786 2090  
Fax: (2721) 786 3274  
E-mail: kelpak@iafrica.com

図4 海藻液肥"Kelpak"のパンフレット、ポテトの根の増加が説明されている

表2 アルギンゴールド（北欧産、原藻：アスコフィルム）の成分

成分 (単位 %)					
チッソ	0.8 ~ 1.3	リン酸	0.1 ~ 0.2	カリウム	2 ~ 3
タンパク質	5 ~ 10	炭水化物	45 ~ 60	灰分	17 ~ 20
繊維	8	脂肪	2 ~ 4	水分	10 ~ 12
炭水化物 (単位 %)					
アルギン酸	22 ~ 30	ラミナリン	2 ~ 5	その他糖分	45 ~ 60
フィコダニ	10	マンニット	5 ~ 8		
ミネラル (mg/kg)					
ヨウ素	700 ~ 1,200	コバルト	1 ~ 10	マグネシウム	5,000
鉄	150 ~ 1,000	硼素	40 ~ 100	カルシウム	200,000
マンガン	50 ~ 200	バリウム	1.5 ~ 3	硫黄	30,000
亜鉛	50 ~ 200	ゲルマニウム	0.4 ~ 1.5	カリウム	20,000
モリブデン	0.3 ~ 1	ニッケル	2 ~ 5	カリウム	200,000
銅	1 ~ 10	ナトリウム	15,000	塩素	15,000
ビタミン (mg/kg)					
プロビタミン A	30 ~ 60	ビタミン B <sub>12</sub>	0.004 ~ 0.06	ビタミン E	150 ~ 300
ビタミン B <sub>1</sub>	1 ~ 5	ビタミン C	500 ~ 2,000	ビタミン K	10
ビタミン B <sub>2</sub>	5 ~ 10	ビタミン D	3 ~ 5	ナイアシン	10 ~ 30
アミノ酸 (g/kg)					
アルギン	11.8	リジン	4.1	メチオニン	0.4
植物ホルモン	サントカイニン・オーキシニン・ジベリン				

(輸入販売元、アンデス貿易株式会社)

は平均60%以上増大する。ジャガイモとピーナツでは、生産量の増大は50~70%である。(図4, 大野, 2001。)

## 6. 海藻肥料の事例

海藻粉末肥料や海藻抽出液を取り扱っている会社は、かなりの数にのぼるが、日本海藻協会の会員である弊社(アンデス貿易株式会社)の製品をもとに、海藻肥料の農産を紹介したい。

### ホンダワラ類粉末

フィリピン・中国産のホンダワラ類を主体に褐藻類を精製した高級海藻粉末である。アルギン酸、フコイダニ、ラミナリン、各種ミネラル、ビタミン、アミノ酸などふくまれている。

### アスコフィルム粉末

葉長が1 m以上になる褐藻のヒバマタ類の *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol は、北欧の海岸に広く繁茂しているが、ノルウェイ海岸に繁茂しておりものを材料にしている。藻体粉末とアスコフィルム藻体から抽出した濃縮エキスを粉末した肥料があり、その成分は、表2に示す。

### 海藻粉末の使用量

海藻粉末は、そ菜、花木、果樹、芝生には、表3の要領で使用されている(表3)。

これらの海藻粉末は、100%完全に水に溶けて、有効微生物の増殖により、団粒構造化、発根促進、養分吸収促進、樹勢旺盛となり、病害やその他の抵抗力が増大し、品質向上(糖分向上、特に食味をプラス、着色増進、果実肥大)・増収が期

待される。また、微量元素のバランスを安定にさせて、化学肥料常用などによる微量元素バランスの乱れを改善する。連作による土壌養分欠乏に対する補給をする。収穫された作物の貯蔵期間が伸びるなどの効果がある。農業公害のない健全な作物、品質の良い農作物を作るために、海藻肥料の果たす役割は大きい。

### 海藻エキス(*Ascophyllum nodosum*) 肥料の効果

米国、カリフォルニア州での海藻エキスを用いた農作物の効果の報告があるので、紹介しよう。

#### フレーム種なしテーブルブドウ

使用方法：葉面散布5回散布、1回の散布量0.51bs/A (560 g/ha)

効果：ブドウの房の重量が7%増大、個々のブドウのサイズが6%増大、個々のブドウの重量が15%増加、最も収益のある“ミディア”色、収穫高が31%増大、劣等品は、66%減少、栽培者の利益が26%増加。

#### ネーブルオレンジ

使用方法：葉に5回散布、11b/A (1.1 kg/ha)

効果：収穫重量が7%増加、収穫数が、45%増加、色の均一性が、12%向上、最も収益のある「特大」級の収穫高が2倍以上。

#### ローマリング

使用量：葉に5回散布、0.51 bs/A, 560g/ha

効果：総収入が10.6%増加、大きな果実の数が、2倍に増えて標準以下のサイズの果実数が半分以下、赤ダニや他の害虫による損傷の減少。

表3 海藻粉末の使用量

作物		施用量	方法
そ菜 ・ 花木	育苗	床土・鉢土 10 k g/m <sup>3</sup> 平床 50~100 g/m <sup>2</sup>	播種または移植の 7~10 日前までに施す。
	本 圃	露地	75 k g/10 a
施設		100 k g/10 a	元肥と混合使用。 定植の 10 日以上前に施用。 追肥としても効果あり。
果 樹	新植園	300~500 g/本	植穴または定植後、 周囲に施す。 元肥、追肥時に混合し、 全面施用。
	成木園	75~125 k g/10 a	
芝 生	ゴルフ場	50~100 g/m <sup>2</sup>	目砂に混合施用。 または全面に散布。 目砂投下後に散布。
	グリーン	25 k g/1 グリーン (1 グリーン 500 m <sup>2</sup> の場 合)	

## レッドデリシャスリンゴ

使用量：葉面散布、0.51bs / A, (560g / ha)

効果：褐色斑のある果実が8.3%減少、腐敗病が3.2%減少、最高級の果実の収穫量が2.8%増加、BRI(果糖)含量量が3.8%増大。

## スイカ（ノバ種、カル・スウィート種）

使用量：灌水：1回（600 g/ha），葉面散布3回（500 g/ha）

効果：総収穫量は、ノバ種は64%、カル・スウィート種は37%増大、果実重量は、ノバ種は16%、カル・スウィート種10%、BRI(果糖)は、ノバ種は1%、カル・スウィート種は10%増加。

海藻肥料に関する利用は、ヨーロッパ、米国で多く行われており、日本では輸入海藻肥料の利用が広まりつつある。海藻肥料の利用の長い歴史があるヨーロッパ諸国からの報告が多く、日本の海藻利用分野からの報告は比較的少ない。ハウス園芸など農業技術の高い日本から、この分野の研究成果を多く出で、海藻肥料が使われることを期待したい。

## 引用文献

Blunden, G., Binns, W. and Perks, F. 1975. Commercial collection and utilization of maerl. *Ecol. Bot.* 29: 104-145.

Blunden, G. 1991. Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. p. 65-81. Ed. Guiry, M. D. & G. Blunder, *Seaweed Resources in Europe*, John Wiley&Sons Ltd., England.

Critchley, A. T., Ruscoe W., Rotmann, H. and Rotmann K. W. G. 2001. Afrikelp: Use of a brown seaweed products for the establishment and restoration of soccer field in Namibia. Abstract of 17<sup>th</sup> Int. seaweed Symp.: 55.

Jensen, A. 1998. The seaweed resources of Norway. p. 200-209. Eds. Critchley A. T. and M. Ohno, *Seaweed resources of the world*. JICA, Yokoshuka. 大野正夫2001. ケルプからの液肥と粉末肥料生産. *海藻資源*, 5: 19~20.

白石雅也 1996. カンキツ類の生産と海藻資源. p.140-153. 大野正夫(編) 21世紀の海藻資源. 緑書房, 東京.

徳田廣 1987. 肥料用. p. 46-47. 徳田廣他(編). *海藻資源養殖学*. 緑書房, 東京.

殖田三郎・岩本康三・三浦昭雄 1963. 肥料及び飼料. *水産植物学*. p. 351-355. 恒星社厚生閣, 東京.

山田信夫 2000. 海藻の肥料・飼料への利用. p. 223-226. *海藻利用の科学*. 成山堂書店, 東京.

Zemke-White, L. W. and Ohno, M. 1999. World seaweed utilization: An of-century summary. *J. Appl. Phycology*, 11: 369-376.

(<sup>1</sup> 高知大学海洋生物教育研究センター,

<sup>2</sup> アンデス貿易株式会社)