

## 堆肥化によるアオサの農業利用

武田甲・藤原俊六郎\*・竹本稔

Studies on Utilization of Green Seaweed (Aosa) as a Compost

Hajime TAKEDA, Shunrokuro FUJIWARA, Minoru TAKEMOTO

### 摘 要

- 1) 近年アオサの大量発生による観光資源の破壊が問題になっている。横浜市「海の公園」付近ではアオサの回収作業が行われているが、回収物の適切な処理方法は確立されていない。著者らは横浜市で街路樹せん定枝の堆肥化が実用化されていることに着目し、せん定くずとの混合処理によりアオサを堆肥化し、作物栽培に用いることを検討した。その結果以下の知見が得られた。
- 2) 容量80Lのモデル発酵機でアオサの堆肥化条件を検討したところ、容量比で等量以上のせん定くず堆肥を混合しないと良好な発酵が進まなかった。
- 3) アオサ堆肥化物を用いてコマツナのポット栽培試験を行ったところ、良好な堆肥化過程を示したアオサ堆肥を投与したポットほど良い生育を示した。アオサ堆肥化物を投与したポットは乾燥物を投与したポットより良い生育を示した。
- 4) アオサの実用的な堆肥化条件を検討した。アオサとせん定くずを重量比で等量混合し、1,200L容の通風装置付き縦型発酵槽で1ヵ月一次処理を行い、箱形の発酵槽で2ヵ月間2次発酵したところ、65℃程度まで発熱する良好な発酵を示した。できあがった堆肥には悪臭の発生がなく、窒素1.5%、炭素35%だった。
- 5) 発酵処理していないアオサ水洗物を畑地にすき込み、キャベツ、スイートコーン、及びダイコンを連続して栽培した。その結果、一作目ではアオサの分解に伴い生育抑制が生じたが、二作目は肥料効果を示し、三作目は施用しない対照区と同様の生育を示した。塩分のもちこみによる生育障害は示さなかった。
- 6) これらの知見により、アオサの堆肥化による農業利用が可能であることが示された。

キーワード：未利用資源、海藻、アオサ、街路樹せん定くず、堆肥

### Summary

- 1) Along the seaside of Kanagawa, especially in the city of Yokohama, outbreaks of Aosa (*Ulva* species.) are a serious problem that destroys both beautiful scene and the environment. Around the "Sea Side park" in Yokohama, Aosa has been collected since 1996, but the appropriate processing method of collected Aosa has yet to be established. However, in Yokohama City the making of compost from

\*農業技術課

prune branches of the tree along the street is well established, and the compost (branch compost) is widely used. Therefore, we examined way to make Aosa compost mixed with the branch chips, and how to use it for plant production. As a result, the following findings were obtained.

- 2) Composting condition were examined in an 80L capacity fermentation machine. It was shown that a grater than equal volume of branch chips were needed to be mixed with Aosa for excellent fermentation.
- 3) The growth of Chinese cabbage (*Brassica. campestris.*) was tested by pot cultivation using the above Aosa compost. Problems in growth caused by salts from the Aosa were not observed. Pots that had a relatively good degree of fermentation of the Aosa compost showed better growth of the Chinese cabbage. Aosa compost relatively better effect against the growth than dry-upped aosa
- 4) A large-scale examination of practical Aosa composting conditions was conducted. Aosa and equally weight of immature branch compost were mixed. The mixture was treated for one month at a first stage of fermentation in a 1200L vertical fermentation tank equipped with the ventilation device. Secondly fermentation was conducted for two months in a 1000L sized box type fermentation tank. As a result, excellent fermentation near 65°C was observed. No strong odor came from the compost. It contained 1.5% nitrogen and 35% carbon.
- 5) Fresh Aosa that had been washed in water was mixed with farmland soil, and cabbages, sweet corn and Japanese radish were continuously cultivated in this soil. During the first cultivation, the decomposition of Aosa caused growth inhibition. But in the second cultivation, the Aosa showed the fertilizer effect, and by the third cultivation, growth equal to the control area (without Aosa) was observed. Again, growth problems related to salts from the Aosa were not observed.
- 6) From these findings, it was shown that Aosa could be used as an agricultural compost.

Keywords: Unused Resources, Seaweed, Aosa, Street tree, Compost

## 緒 言

横浜市海の公園では、近年アオサ属の海藻 (*Ulva.sp.* 以下アオサ)の大量発生がみられている。海の公園は市内唯一の海水浴場として建設された人工海岸であるが、過剰に繁殖したアオサは放置すれば腐敗して景観をそこなうため観光資源の保守管理上重大な障害となっている。そこで横浜市では、アオサの大規模な回収・処理事業を計画している<sup>1)</sup>。本報告ではその処理方法の一つとして、農業利用法の開発を検討した。

工藤<sup>1)</sup>によれば、現在横浜市で多くみられるアオサ類は、従来より日本海域に広く分布していたアナアオサ (*Ulva.perutusa.*)ではなく、*U.lactuca.*などである。

*U.lactuca.*は、1960年代後半より日本近海の富栄養化に伴い異常繁殖が観察されるようになった種類であり、タンカーに附着して海外より侵入してきたとする説もある。大野<sup>2)</sup>はKawabataによる1900年の記載に従って、*U.lactuca.*の和名をオオバアオサとしているが、国内の

近年の報告には種名に混乱がみられるので、ここでは単にアオサとする。

アナアオサは苦みがあるため食用には使われなかったが、異常繁殖型のアオサはアオノリ (*Enteromorpha*) の代用として利用可能であり、現在国内で年間1,000t (乾燥重量)以上利用されている<sup>3)</sup>。他の利用法としては、魚介類<sup>3)</sup>、鶏<sup>4, 5)</sup>及び馬など哺乳動物<sup>6)</sup>の飼料としての利用が試みられ、実用化はされていないが薬効成分の利用も検討されている<sup>7, 8, 9, 10)</sup>。

しかし海岸に打ち上げられたアオサは直ちに腐敗し始めるため、食用や飼料には一部しか使えない。また量が莫大であるため、現状では大量のアオサを廃棄物として処分せざるを得ない。海の公園では1989年から海岸に打ち上げられたアオサの回収処理を行っているが、1996年には処理量は1,500tをこえ、窒素量でも6t程度に至っている<sup>1)</sup>。

そこで資源の有効利用の観点から、回収したアオサの一部を堆肥化により農業利用することが考えられた。

海藻類の有機質資源としての農業利用は従来より試み

られているが、近年日本近海で大発生しているアオサを堆肥として実用化した例は報告されていない。これは、海藻類が大量の水分を含み、取り扱いが難しいためであろうと思われた。

本試験ではアオサを有機質資源として緑農地へ還元することを目的として、堆肥化による農業利用法の開発を試みた。アオサ単独での堆肥化は困難であるから、通気性の改良と発酵熱による水分の蒸散効果を目的として、せん定枝破砕物(以下せん定くず)を副資材として用いた。横浜市では公園樹木及び街路樹のせん定枝の有効利用に先進的に取り組んできた結果、「グリーンコンポスト<sup>11,12)</sup>」原料としてせん定枝の収集方法と破砕方法を確立しているため、せん定くずは現地で調達可能な資材である。

なお、本試験に用いたアオサおよびせん定くずは横浜市より提供いただいた。関係担当者各位に謝意を表す。

## 材料及び方法

### 1. アオサ・せん定くず混合比率の検討

#### 1) 堆肥化原料

ア:横浜市海の公園の人工海岸に発生するアオサ。1995年11月に採取した物。

イ:横浜市せん定くず堆肥の中熟物(3ヵ月~4ヵ月堆積)

ウ:同せん定くず堆肥原料であるせん定くず

#### 2) 堆肥化方法

容量80Lの通風装置付試験発酵槽(東海プラントTP80)を用い、アオサせん定くず混合物を80L発酵槽に入れ、10L/minの空気を供給しながら7日間堆積し、一次発酵させた。発酵促進剤は使用しなかった。一次発酵後、いったん全量を取り出し混合し、同プラントに戻し、さらに28日間、同プラントで二次発酵を行った。

#### 3) 試験区及び調査項目

試験区は下記のとおりである。原料含水率などは第1表に示した。調査項目は、各試験区の堆肥化過程における温度、容量、重量、含水率、廃液発生量及び悪臭発生や外観の変化などの状態変化である。

ア:アオサ100%区:アオサ水洗物単独80L

イ:アオサ 80%区:アオサ水洗物64L, せん定くず堆肥16L

ウ:アオサ 70%区:アオサ水洗物56L, せん定くず堆肥24L

エ:アオサ 60%区:アオサ水洗物48L, せん定くず堆肥32L

オ:アオサ80%未熟区:アオサ水洗物64L, せん定くず(未堆肥化物)16L

カ:せん定くず堆肥区:せん定くず堆肥単独80L

### 2. ミニプラントによる堆肥化試験

#### 1) 供試材料

ア:横浜市海の公園のアオサ水洗物。1995年12月に採取した物を採取後直ちに供試した。採取したアオサには、33.8%の砂が含まれていたため、水道水で水洗し、穴あき容器に詰めて数時間水切りした。

イ:横浜市産せん定くず(堆積1ヵ月程度)、木質部主体の広葉樹せん定枝破砕物

#### 2) 堆肥化方法

発酵槽は、一次発酵に1,200L容の通気装置付き密閉式縦型発酵槽「ビオロータリー」(東海プラント製、以下ミニプラント)を、二次発酵には1,000L容の通気装置付き箱形発酵槽を用いた。

一次発酵は、事前に床材としてせん定くずを93.2kg敷いた上に水道水で水洗したアオサとせん定くず混合物約100kgを4回に分けて投入し、密閉型発酵槽で27日間発酵した。使用した原料はアオサ214.5kg, せん定くず275.2kg, 合計489.7kgであった。

その後、箱形発酵槽に移して通気しながら2ヵ月間二次発酵させた。

#### 3) 調査及び分析

堆きゅう肥調査法<sup>13)</sup>に準じて、以下の項目を測定した。  
ア:発酵槽内温度変化:日本電子三栄社製データロガー  
イ:含水率:105℃, 加熱乾燥法  
ウ:灰分率:650℃, 加熱灰化法  
エ:全窒素及び全炭素含量:SUMIKA分析センター製NCアナライザー  
オ:無機成分:Ca, Mg, K, Naは湿式分解後原子吸光度計で計測した。リン酸はバナドモリブデン酸法<sup>14)</sup>により測定した。

### 3. アオサ堆肥化物によるコマツナ栽培試験

#### 1) 供試堆肥

供試したアオサ堆肥化物は、前述の「1. アオサ・せん定くず混合比率の検討」において、アオサとせん定くず堆肥を混合し、80L容の試験発酵槽中で35日間堆肥化した産品を用いた。

#### 2) 栽培方法

アオサ堆肥化物は、淡色黒ボク土3.0kg(腐植あり、土性CL, 礫を含む)と混合し、1/5,000aワグナーポットに充填して、コマツナ(みすぎコマツナ, サカタのタネ)を播種した。1996年11月27日に播種し、1997年1月7日に収穫した。栽培はガラス温室で行った。

#### 3) 試験区

全区に化学肥料磷加安42号を3.57g(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各0.5g相当)混合した。試験規模は3連で実施した。

ア:アオサ単独堆肥化物500g施用

イ:アオサ80%, せん定くず堆肥20%混合堆肥化物500g施用

ウ:アオサ70%, せん定くず堆肥30%混合堆肥化物500g施用

エ:アオサ60%, せん定くず堆肥40%混合堆肥化物500g施用

オ:アオサ80%, せん定くず20%混合堆肥500g施用

カ:せん定くず堆肥300g施用

キ:アオサ乾燥物100g施用

#### 4)生育調査

播種40日目の収量, 草丈, 葉数及び葉色を調査した。葉色はSPAD分析法に準じてミノルタ社の葉緑素計により計測した。

#### 5)土壌分析

栽培後土壌について, 土壌環境分析法<sup>4)</sup>に基づき, セミマイクロSchollenberger法により陽イオン交換容量を調査した。リン酸は風乾砕土2gに対して400mLの0.002N硫酸を加えて30分間しんとうした抽出液について, バナドモリブデン酸法により求めた。他の無機成分は原子吸光法により求めて交換性塩基量及び塩基飽和度並びに有効態リン酸含量を測定した。

### 4. 露地野菜に対するアオサ水洗物の施用試験

#### 1)供試試料

横浜市海の公園に打ち上げられたアオサを水洗し, 新鮮な物を施用した。

#### 2)栽培方法

アオサは第1作キャベツ栽培前の1996年12月2日に水洗した未発酵の生アオサ5t/10aを植え溝下15~30cmに施用した。続く2作はアオサは投入せず, 対照区と同じ処理による残効調査を行った。試験場所は腐植質黒ボク土造成相(腐植含む)の農業総合研究所内露地圃場(神奈川県平塚市)で, 試験規模は1区7m<sup>2</sup>(3.5×2m), 4連で実施した。全作で黒マルチ被覆栽培し, 1区当たりキャベツ18株, スイートコーン及びダイコンは22株を供した。

供試作物及び栽培の概略は, 以下のとおりである。

ア:第1作:キャベツ(金系201), 1996年9月25日播種, 12月6日定植, 1997年4月3日収穫

イ:第2作:スイートコーン(ハニーバンタムピータ30), 1997年4月23日播種, 7月14日収穫

ウ:第3作:ダイコン(耐病総太り), 1997年9月10日播種, 11月25日収穫

#### 3)試験区

ア:対照区:化学肥料(磷加安42号)N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各14kg/10a相当量施用(3作とも)

イ:アオサ・肥料全量区:生アオサ5t/10aに化学肥料N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各14kg/10a施用。第2, 第3作はアオサ無施用, 化学肥料N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各14kg/10a施用

ウ:アオサ・肥料半量区:生アオサ5t/10aに化学肥料N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各7kg/10a施用。第2, 第3作はアオサ無施用, 化学肥料N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O各14kg/10a施用

#### 4)生育調査及び土壌分析

生育調査は商品果重及び植物体地上部重量について行った。ダイコンについては根長についても調査した。栽培後土壌については, セミマイクロSchollenberger法, 原子吸光法及, 200倍の0.002N硫酸で30分間しんとうした抽出液に対するバナドモリブデン酸法により, 陽イオン交換能, 交換性塩基量, 塩基飽和度並びに有効態リン酸含量を求めた。

## 結果及び考察

### 1. アオサ・せん定くず混合比率の検討

通気性を確保してアオサの堆肥化を促進するために必要なせん定くずの混合割合を検討する目的で, 各種混合比のアオサ, せん定くず堆肥混合物を80Lの実験プラント中で発酵させた。比較のため堆肥化していないせん定くずを用いた区とアオサのみの区を設けた。

アオサの仮比重は0.5, せん定くず堆肥の仮比重は0.3であり, 容積当たりで混合したが, 第1表に示したように, 湿重量ではアオサの量が多く, 乾物量ではせん定くず堆肥の量が多かった。混合物の含水率は80%程度だった。

第1表 原料の混合率

処理区名	容積量		現物重量(kg)		合計含水率	乾物重量(kg)			
	アオサ	堆肥*	アオサ	堆肥*		アオサ	堆肥*	合計	
アアオサ100	80L		40.2		40.2	86.3%	5.51	5.51	
イアオサ80	64L	16L	36.0	7.0	43.0	81.5%	4.93	3.04	7.97
ウアオサ70	56L	24L	32.0	11.0	43.0	78.7%	4.36	4.78	9.16
エアオサ60	48L	32L	27.0	14.0	41.0	76.1%	3.70	6.08	9.78
オアオサ未**	64L	16L**	36.0	4.0**	40.0	82.1%	4.93	2.24**	7.17
カせん定くず		80L		33.7	33.7	56.5%		14.65	14.65

\*「堆肥」はせん定くず堆肥を示した。

\*\*「アオサ未」区ではアオサ60%と未堆肥化のせん定くずを用いた。

第2表 発酵による廃液発生量と重量の変化

処理区名	一次(7日間)発酵物(kg)				二次(28日間)発酵物(kg)			
	廃液量	生重(比)	含水率	乾重(比)	廃液量	生重(比)	含水率	乾重(比)
ア オオサ100	6.00	31.7(79)	82.9%	5.42(98)	1.92	23.2(58)	82.9%	4.37(79)
イ オオサ80	3.83	36.2(84)	81.8%	6.60(83)	5.13	22.2(52)	72.8%	6.03(76)
ウ オオサ70	2.75	35.6(83)	80.2%	7.05(77)	1.02	27.2(63)	77.4%	6.13(67)
エ オオサ60	0.00	35.6(87)	79.8%	7.18(73)	1.12	26.7(65)	75.5%	6.54(67)
オ オオサ未	2.36	30.8(77)	80.8%	5.91(82)	2.09	25.5(64)	79.6%	5.20(72)
カ セン定クス	0.00				0.00	28.2(84)	58.6%	11.67(80)

第3表 発酵中の容積の変化

処理区名	一次 0日	2日	5日	7日	二次 3日	二次 11日	二次 28日
ア オオサ100	100%	75%	66%	63%	62%	59%	55%
イ オオサ80	100	78	67	63	59	55	50
ウ オオサ70	100	81	73	69	68	63	57
エ オオサ60	100	87	76	67	65	62	58
オ オオサ未	100	80	62	59	58	54	49
カ セン定クス	100	100	100	100	100	100	99

第4表 発酵中の臭気及び状態の変化

処理区名	一次 2日	一次 5日	一次 7日目	二次 3日	二次 11日	二次発酵28日目
ア オオサ100	悪臭	悪臭	虫発生	悪臭	悪臭	極めて不快臭・腐敗物・虫なし
イ オオサ80	弱悪臭	不快臭	不快臭	悪臭	微悪臭	悪臭・虫発生・やや腐敗
ウ オオサ70	弱悪臭	アオサ臭	弱悪臭	弱悪臭	微悪臭	微悪臭・虫発生・一部堆肥化
エ オオサ60	微悪臭	堆肥臭	微悪臭	微悪臭	微悪臭	微悪臭・虫発生・一部堆肥化
オ オオサ未	アオサ臭	アオサ臭	弱悪臭	弱悪臭	微悪臭	微悪臭・虫発生・やや腐敗
カ セン定クス	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	堆肥臭・性状変化なし

第2表及び第3表に示したように7日間の一次発酵により容積は30~40%, 重量は10~20%減少した。しかし、発熱は全くみられず、全ての試験区で悪臭の発生が著しく、良好な発酵はしなかった。第4表に示したように特にアオサ100%区では廃液が著しく、7日目にはショウジョウバエの幼虫が大量に発生した。これはアオサ単独での堆肥化が困難であることを示す。アオサは海岸より回収し、水洗した状態では含水率が83%以上と高く、葉質が柔らかく気密状態になりやすいため、良好な堆肥化のためには通気性の改善が重要であることがわかった。

一次発酵物を切り返し、さらに28日間二次発酵を行ったところ、容積及び重量は約10%減少にとどまったが、アオサ60%区ではやや堆肥化傾向が認められた。二次発酵期間においても発熱は認められなかった。

以上の結果より、アオサとせん定くず堆肥の組み合わせにより良好な堆肥化を行うためには、今回の実験よりもせん定くず堆肥の比率を高め、容積で等量以上せん定

くず堆肥を混合しなければならないことが明らかにされた。未堆肥化のせん定くずを用いた試験区は堆肥化物を同様の混合比率で用いた区とほぼ同様の発酵状態を示した。

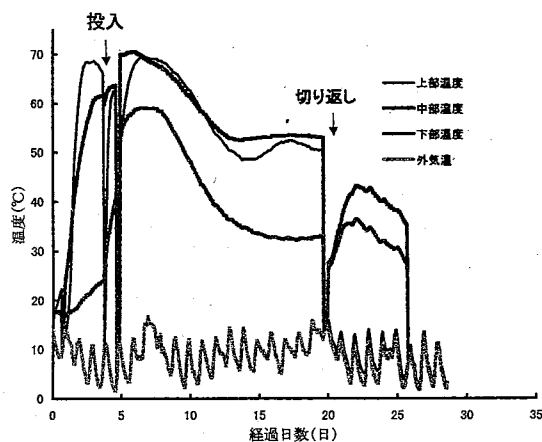
2. ミニプラントによる堆肥化試験

アオサの実用的な堆肥化条件を検討する目的で容積1,200Lの縦型発酵槽(ミニプラント)による発酵試験を行った。

第5表に示したようにアオサ、せん定くず共に仮比重が低くアオサは含水率が高かった。そこで第6表に示すように事前に床材としてせん定くずを敷いた上にアオサとせん定くずの混合物を4回に分けて投入し、密閉型発酵槽で27日間発酵させた。

使用した原料はアオサ214.5kg, せん定くず275.2kg, 合計489.7kgであった。平均含水率はアオサ79.6%, せん定くず50.4%, 混合物63.2%であり、乾物当たりではアオサ43.7kg, せん定くず136.3kgとアオサはせん定くずの1/3だった。

第1図に一次発酵時の温度変化を密閉型発酵槽の上部、中部、下部に分けて示した。冬季に試験を実施したため外気温が10℃以下と厳しい条件であったが、投入後すぐに65℃以上の発熱がみられた。新たな試料の投入により上部温度が2, 4, 5日目に低下している。20日頃いったん全量を取り出して性状が良好であることを確認して攪



第1図 アオサ・剪定屑混合物の堆肥化  
—一次発酵中の品温

第5表 原料の特性

資材名	含水率	仮比重	全炭素	全窒素	C/N比
ア オ サ	79.6	0.5	41.7	3.70	11.3
せん定くず	63.2	0.3	52.5	1.97	26.6

(成分は水分を除き乾物%)

第6表 一次発酵の資材投入量

処理 月 日	現物重量(kg)		含水率(%)		乾物重量(kg)	
	アオサ	セン定クズ 合計	アオサ	セン定クズ 合計	アオサ	セン定クズ 合計
11/28	93.2	93.2	50.2		46.4	46.4
	64.8	56.0 120.8	79.5	43.2 55.3	13.3	25.0 38.3
11/29	37.3	42.0 79.3	78.3	51.6 64.2	8.1	20.3 28.4
12/02	64.3	42.0 106.3	85.1	41.1 75.6	9.6	24.7 34.3
12/03	48.1	42.0 90.1	73.7	52.6 63.8	12.7	19.9 32.6
合計	214.5	275.2 489.7	79.6	50.4 63.2	43.7	136.3 180.0

第7表 発酵に伴う物質質量の変化

処理	現物重(比)	含水率	乾物重(比)
投入原料	489.7kg(100)	63.2%	180.2kg(100)
一次発酵	362.7kg( 74)	64.2%	129.8kg( 72)
二次発酵	337.6kg( 69)	63.4%	123.6kg( 69)

第8表 アオサ、せん定くず堆肥の成分

全窒素	全炭素	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO
35.0	1.50	0.55	1.41	0.76	0.17	0.46	0.25	0.015

(乾物当たり, %)

拌、再投入した。一次発酵により28%の有機物が分解した。

一時発酵産物を箱形発酵槽に移動して二次発酵を行った。二次発酵期間中には顕著な発熱は認められず、分解率も2ヵ月間で3%と極めて小さかった。

第8表に示したように製品の成分は全炭素35.0%に対して全窒素1.5%と牛糞堆肥なみの炭素率を示し、Ca, Mg, Naも塩類過多による作物への障害が予想されるほどは高くなく、良好な成分バランスだった。

以上の結果アオサはせん定くずを現物重量で等量以上混合し含水率を65%程度にすれば良好に発酵し、堆肥化が可能であることが明らかにされた。良好に発酵すればアオサは2週間程度で分解すると考えられた。

第9表 ポットあたりの各資材の施用量

処理区名	施用量	含水率	乾物量
ア: アオサ100	500g	83.3%	84g
イ: アオサ80	500g	72.8%	136g
ウ: アオサ70	500g	77.4%	113g
エ: アオサ60	500g	75.5%	123g
オ: アオサ未*	500g	79.6%	102g
カ: セン定クズ	300g	58.6%	124g
キ: アオサ乾燥物	100g	7.7%	92g

\*「アオサ未」区ではアオサ60%と未堆肥化のせん定くずを用いた。

第10表 コマツナ収量調査結果

処理区名	生収量(g/ポット)					乾物収量(g/ポット)				
	pot1	pot2	pot3	平均	偏差	pot1	pot2	pot3	平均	偏差
ア:アオサ100	91.6	119.4	82.5	97.9	19.2	7.41	9.79	6.62	7.9	1.7
イ:アオサ80	103.1	91.1	104.9	99.7	7.5	7.77	6.53	7.42	7.2	0.6
ウ:アオサ70	106.4	131.9	128.6	122.3	13.9	8.28	9.71	11.35	9.8	1.5
エ:アオサ60	110.0	132.0	116.6	120.0	11.3	8.05	9.51	9.53	9.0	0.9
オ:アオサ未	86.4	91.1	75.6	84.3	7.9	6.97	7.33	6.70	7.0	0.3
カ:セン定クズ	13.7	11.9	21.9	15.8	5.3	2.22	2.14	3.17	2.5	0.6
キ:アオサ乾燥物	22.9	27.3	35.8	28.7	6.6	2.05	2.49	3.39	2.6	0.7

(播種41日目)

### 3. アオサ堆肥化物によるコマツナ栽培試験

アオサ堆肥化物の肥料特性を検討し、農業利用の可能性を明らかにする目的で、80L実験プラントで35日間堆肥化した資材を用いてコマツナを栽培した。第9表に示したように資材の施用量はポットあたり500gとしたが、含水率が80%程度あるため、各資材乾物では100g程度となった。

第10表及び第11表に示したように、コマツナの生育及び収量を調査した結果せん定くず堆肥施用区(処理区:カ)では草丈、葉数、葉色ともに劣った。これはせん定くずの分解に伴う窒素飢餓によるものであると考えられた。せん定くず堆肥に次いで、アオサ乾燥物(処理区:キ)の生育及び収量が劣っていた。アオサ堆肥化物より収量が劣ることからアオサが土壤中で分解する過程で作物生育を阻害する可能性が示唆された。アオサ100%(処理区:ア)についても同様の傾向がみられたがアオサ乾燥物より良い収量を示し、堆肥化することにより阻害効果は軽減されることが示された。

生育及び収量が良いのはアオサ70%(処理区:ウ)及び60%(処理区:エ)であり、第4表に示したように堆肥化試験で比較的良好な結果が得られた区であった。

栽培後の土壌を分析した結果、第12表に示したように乾物で土壌の3~5%に相当する多量の有機物を施用したため、塩基含量及びECが極めて高くなったことがわかった。塩基の増加にかかわらずpHが低いのは、ECが高いためと考えられた。またアオサの施用により、土壌中のNa含量が高くなった。

以上の結果アオサは乾燥物や不十分な堆肥化物では作物生育を抑制する可能性があるが、アオサを良好な条件で堆肥化すれば作物栽培に利用できる資材となる可能性が示唆された。

第11表 コマツナ生育調査結果

処理区名	草丈(mm)					葉数(枚)					葉色(SPAD値)				
	pot1	pot2	pot3	平均	偏差	pot1	pot2	pot3	平均	偏差	pot1	pot2	pot3	平均	偏差
ア:アオサ100	232	242	223	232	10	6.9	7.3	6.5	6.9	0.4	38.5	40.1	38.5	39.0	0.9
イ:アオサ 80	243	240	246	243	03	7.3	7.1	7.3	7.2	0.1	38.9	37.2	35.8	37.3	1.6
ウ:アオサ 70	235	265	253	251	15	6.9	7.6	7.9	7.5	0.5	36.3	38.1	40.4	38.3	2.1
エ:アオサ 60	247	261	226	245	18	7.1	7.4	7.1	7.2	0.2	36.4	34.2	37.9	36.2	1.9
オ:アオサ 未	224	227	213	221	7	7.0	7.4	6.8	7.1	0.3	37.9	37.1	38.6	37.9	0.8
カ:セン定クズ	86	84	101	90	12	4.0	3.6	5.0	4.2	1.0	32.4	31.7	35.1	33.1	2.4
キ:アオサ乾燥物	149	165	158	157	8	6.2	6.5	5.9	6.2	0.3	36.7	38.4	38.2	37.8	0.9

(播種41日目)

第12表 コマツナ跡地土壌分析結果

処理区名	PH	EC	Truog	交換性塩基(mg)				CEC	塩基飽和度(%)			
				H <sub>2</sub> O	dS/m	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO		MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	meq
ア:アオサ100	5.66	2.43	21.7	906	404	207	126	33.2	97.3	60.4	13.2	171.0
イ:アオサ 80	5.51	1.93	20.6	845	356	203	121	33.6	89.7	52.6	12.8	155.1
ウ:アオサ 70	5.68	1.54	15.4	853	338	178	102	33.2	91.6	50.5	11.4	153.5
エ:アオサ 60	5.77	1.59	15.4	926	343	177	95	33.3	99.2	51.1	11.3	161.6
オ:アオサ 未	5.41	2.24	15.5	876	401	241	148	33.6	93.0	59.2	15.2	167.4
カ:セン定クズ	6.02	0.39	29.8	918	208	211	39	33.6	97.4	30.7	13.3	141.5
キ:アオサ乾燥物	5.72	2.96	20.7	902	274	297	197	33.9	94.9	40.1	18.6	153.6

(成分は乾土含量)

第13表 アオサの成分

処理	水分	PH	有機物	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na	
現物	最大	83.8	5.74	60.9	3.67	0.57	3.65	1.11	4.48	5.76
	最小	83.3	5.60	51.5	2.54	0.33	2.57	1.04	4.44	5.44
	平均	83.6	5.67	56.2	3.11	0.45	3.11	1.08	4.46	5.60
洗浄物	最大	91.1	6.08	83.0	4.40	0.60	1.47	2.26	5.11	1.07
	最小	91.0	5.95	68.5	2.99	0.35	1.08	1.20	3.79	0.28
	平均	91.0	6.02	75.8	3.70	0.48	1.28	1.73	4.45	0.67

(肥飼料検査所, 乾物%)

第14表 生育収量調査結果

作物名	項目	対照区(比)	アオサ・肥料 全量区(比)	アオサ・肥料 半量区(比)
キャベツ	結球重	3,415(100)	3,360(98)	3,198(94)
	外葉重	3,610(100)	3,296(91)	3,337(93)
	全重	7,025(100)	6,656(95)	6,536(93)
スイートコーン	果重	724(100)	823(114)	804(111)
	茎葉重	506(100)	566(112)	636(126)
	全重	1,230(100)	1,388(113)	1,440(117)
ダイコン	根長cm	44.5(100)	50.8(114)	50.4(113)
	根重	8,243(100)	7,813(95)	7,423(90)
	葉重	1,897(100)	1,831(97)	1,673(88)
	全重	10,140(100)	9,644(95)	9,096(90)

(kg/10a)

#### 4. 露地野菜に対するアオサ施用試験

露地野菜に対してアオサやアオサ堆肥化物を施用した場合、初期の分解や塩類の大量もちこみに伴い、発芽又は生育の障害が発生する可能性がある。

そこで、アオサを畑地に持ち込むことによる作物栽培への影響を調査する目的で、アオサ水洗物を施用した試験区に、3作連続して作物を栽培し、作物生育調査及び栽培跡地の土壌調査を行った。アオサは水洗して砂及び外部に付着する海水成分を洗い流した物を新鮮な状態で植え溝施用し、化学肥料も溝施用した。

第13表に示したようにアオサの成分は乾物換算で窒素3.7%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.48%、K<sub>2</sub>O 1.28%であり、これは生ア

オサ5t当たり窒素15kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.9kg、K<sub>2</sub>O 5.2kgに相当する。Na含量は回収物では5.6%だが水洗することにより0.67%に減少させることができた。残りのNaは細胞内に取り込まれているため、これ以上水洗しても除去できないと考えられた。

アオサを生で5t/10a植え溝施用してキャベツ、スイートコーン、ダイコンを連続して栽培した。第14表に示したように1作目のキャベツでは対照区より減収し、化学

第15表 キャベツ跡地土壌調査結果

試験区名	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS/m)	Truog P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	置換性塩基(mg/100g)				CEC (meq)	塩基飽和度(%)			
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	合計
ア.対照区	5.38	0.23	2.7	587	50	179	3.9	42.0	48.1	5.9	9.1	63.1
イ.アオサ・肥料全量区	5.48	0.28	3.0	646	122	165	10.2	41.1	56.1	14.7	8.6	79.4
ウ.アオサ・肥料半量区	5.69	0.20	2.4	641	88	169	7.8	36.9	62.0	11.9	9.7	83.5

(H8年6月30日採土,乾土含量)

肥料全量区で2%, 化学肥料半量区で6%の減収となった。しかし, 2作目のスイートコーンではそれぞれ14%, 11%増収した。3作目のダイコンでは, 5%, 10%減少した。このことは, 1作目ではアオサによる窒素の有機化があり, 2作目では蓄積した窒素が有効化し, 3作目では効果がなくなったことを示すと考えられた。

栽培前後の土壌中の全窒素含量および可給態窒素含量は化学肥料の影響が大きいと見られ, 明瞭な差異を示さなかった。生育の違いが生じるメカニズムの詳細については栽培期間中の土壌中の可給態窒素含量の経時変動やアオサの無機化特性などを調査する必要がある。しかし栽培中の植物には塩類過多などによる障害は観察されず, また前述のコマツナポット試験でも堆肥化しないアオサで同様の減収が見られたことから, ここでも土壌中の肥料成分が影響した可能性が推測された。

1作目のキャベツ跡地土壌分析の結果, 第15表に示したようにアオサ施用により塩基成分が増加する傾向が認められ, 特にNaは2倍以上になったが, 作物に障害を及ぼす量ではなかった。アオサ施用に対する作物の特性に関は今回の実験からは明らかにされないが, いずれの供試作物も葉色や形態などの異常は観察されなかった。

以上の結果, アオサの生施用は作物生育に有害ではないが, 施用初期には軽度の生育抑制がみられた。また土壌施用後, アオサは数ヶ月で分解し, 1年後にはほぼ肥料効果がなくなると考えられた。

## 総合考察

海藻類の農業利用の試みは地域によっては江戸時代より確認することができるが, 近年では使用事例の報告は少ない。国内で土壌改良材として市販されている資材としては, トヨケルプ粉末(イングランド産海藻粉末, 豊田有機), ヨードロイド(海藻と珪藻の混合物, 富士化学工業)などが数例あるのみであり堆肥化物はない<sup>15)</sup>。他に海藻の利用例としては, 海藻抽出液を液体肥料として使用した例として, アルギット(ノルウェー海岸に自生

するアスコフィラム・ノドサム)の粉末)によるトマト, ミカン及び米の栽培例があるが, これらは有機質資材としての利用ではなく, 生理活性物質としての利用例である<sup>16,17)</sup>。

アオサは放置すると悪臭を発生して急速に腐敗する。そのため, 自治体などにより大量のアオサを処理する場合は, 取り扱いやすい形にする必要がある。比較的安価な方法として堆肥化が考えられるが, アオサを堆肥として実用化した例は報告されていない。これは海藻類が大量の水分を含み, 特にアオサは薄く軟質であるために好気的な状況を維持するのが難しいためであろう。海浜にうち寄せたアオサには砂や海水が付着していることも農業上の取り扱いを難しくしている。

本研究の結果から, 強制通気装置を備えた発酵槽を用いてもアオサ単独での堆肥化は困難であることが示され, 劣悪な堆肥化過程を示した処理産物を施用して作物を栽培すると, 生育に障害が出る可能性もあることがわかった。堆肥化したアオサを施用したポットの作物は, 堆肥化しないアオサ乾燥物を施用したポットより良い生育を示した。これらのことから, アオサを堆肥として利用する際には適切な処理により良好な発酵を行った物を使用することが重要であると考えられた。

アオサ類は含有窒素量などの成分が年間を通じてあまり変動しない<sup>1)</sup>ので, 安定した堆肥原料であると考えられる。多量に付着している塩化ナトリウムは, 簡単な水洗により作物栽培に障害を示さない程度まで軽減できることが, 水洗物の成分分析値と露地栽培試験によって示された。

本研究により, 適切な割合のせん定くずと混合することによってアオサの良好な堆肥化が行えることがわかり, その堆肥化条件が明らかにされた。堆肥化物の成分分析によりアオサ・せん定くず堆肥はせん定くず堆肥より肥効がある土壌改良資材として作物生産に利用できる可能性が示唆された。これらの結果からアオサとせん定くずから実用的な堆肥を製造することが可能であることが示唆され, アオサの有効利用の一手法が明らかになった。



現在、日本近海で多くみられる緑藻のアオサ、褐藻のアラメ (*Eisenia bicyclis.*)、及び紅藻のマクサ (*Gelidium amansii.*)など大型の海藻類は、いずれも乾物当たり2.9~3.3%程度の窒素分を含み、蛋白質の他、アスパラギン酸、グルタミン酸およびアラニンに富むことが知られている<sup>18,19,20</sup>。これらを堆肥原料として使用した場合には高い肥効が期待される。本報告で試みられた方法は、アラメやマクサなど他の海草類にも応用可能であると考えられた。

## 引用文献

- 1) 工藤孝浩(1998): 横浜海の公園における現存量の季節変化. 日本水産学会大会(日本農学大会水産部会)シンポジウム<アオサ類の繁殖生態と環境修復への利用>講演要旨集, 238
- 2) 大野正夫(1998): 日本各地沿岸に異常繁殖するアオサ類. 日本水産学会大会(日本農学大会水産部会)シンポジウム<アオサ類の繁殖生態と環境修復への利用>講演要旨集, 236
- 3) 内田基晴(1998): 魚介類飼料としての有効性. 日本水産学会大会シンポジウム<アオサ類の繁殖生態と環境修復への利用>講演要旨集, 245
- 4) 武政正明・土黒定信(1984): 海藻のペレット結合材としての効果. 日本家禽学会誌, 21, 231~234
- 5) 中嶋隆・奥山佳子・廣岡俊行(1988): 海藻粉末及びゼオライトの投与が産卵鶏に与える影響. 滋賀県立短期大学学術雑誌, 34, 6~17
- 6) 堀貫治・宮崎啓介・伊藤啓二(1981): 海藻中の赤血球凝集素の検索. 日本水産学会誌, 47, 793~798
- 7) 飯田遙・中村弘二・徳永俊夫(1985): 海藻中のジメチルサルファイド及びジメチルβ-プロピオチンについて. 日本水産学会誌, 51, 1145~1150
- 8) 森文平(1981): 海藻に含まれるdietary fiberについて. 日本農芸化学会誌, 55, 787~791
- 9) 左向敏紀(1982): 海藻末過剰給与による馬の甲状腺腫の一例. 日本獣医畜産大学研究報告, 31, 97~101
- 10) 野田宏行・天野秀臣・荒島幸一(1989): 海藻の抗腫瘍活性. 日本水産学会誌, 55, 1259~1264
- 11) 藤原俊六郎・鎌田春海(1986): 街路樹せん定くずの堆肥化について. 神奈川農総研報128号, 67~80
- 12) 多田實・百瀬英雄(1997): 素材別・堆肥化の方法と利用~せん定枝葉有機質資源化推進会議編, 有機性廃棄物資源化大辞典, 農産漁村文化協会, pp274~284
- 13) 農林水産省農蚕園芸局農産課編(1979): 堆きゅう肥など有機物分析法, 土壤保全対策資料第56号
- 14) 土壤環境分析法編集委員会編 (1997): 土壤環境分析法, 博友社
- 15) 農林水産省農蚕園芸局農産課監修(1996): 土壤改良と資材, 改訂版, 土壤保全調査事業全国協議会
- 16) 新鞍宏(1992): アルギット(海藻粉末), 農業技術体系土壤施肥編, 7 (実例): 191~197
- 17) 白石雅也(1996): ミカンの葉面散布技術~海藻濃縮液肥を例に, 農業技術体系土壤施肥編, 6 (技術): 538の20~24
- 18) Y.OCHIAI.T.KATURAGI and K.HASHIMOTO (1987) Proteins in three seaweed. "aosa" *Ulva lactica*. "Arame" *Eisenia bicyclis*. and "Makusa" *Gelidium amansii*. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53,1051-1055
- 19) I.UMEZAKI(1984) : Ecological studies of *Sargassum Horneri* in Obama Bay.Japan Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*.50,1193-1200
- 20) H.AMANO and H.NODA.(1992) : Proteins of protoplasts from several seaweeds. *Nippon Suisan Gakkaishi*.58,291-299