

発表番号 31 (0321)

## クラゲ肥料化技術の実用化に関する基礎的研究

Keiichi Fukushi<sup>1</sup>, Kuriko Yokota<sup>1</sup>, Jun-ichi Tsujimoto<sup>2</sup><sup>1</sup>Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, <sup>2</sup>Kiso Chemical Enterprises Ltd.

【緒言】我々は、今まで、厄介者のミズクラゲやアカクラゲが野菜の肥料として有効利用できることを示してきた。今回、加圧浮上分離装置により得られた乾燥ミズクラゲ及び近年、漁業において問題となっているエチゼンクラゲの肥料としての有用性について検討した。すなわちこれらの成分を分析し、またこれらを用いてホウレンソウを栽培し、肥料としての効果を調べた。

【実験】乾燥クラゲ及びエチゼンクラゲのほかに、ミズクラゲ(曝気有り,無し)及び化成肥料(N:P:K=9:6:7)を用いた。曝気有りとは、室温で保存中、ミズクラゲ溶液に空気を送り続けたものである。各種無機成分をJIS K 0102に従って定量した。全窒素:熱分解法,全リン:モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光光度法, Na, K:炎光光度法, Mg, Ca, B, Al, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo:ICP発光分光分析法, Cd, Pb:フレイム原子吸光法, As:水素化物発生ICP発光分光分析法, Hg:還元気化原子吸光法, アンモニア態窒素:インドフェノール青吸光光度法, 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素, Cl:イオンクロマトグラフ法。上記肥料を元肥及び追肥としてプランター内でホウレンソウを栽培した。定期的に葉の長さを測定し、収穫後、可食部重量を測定し、味の評価も行った。

【結果と考察】乾燥クラゲ中の全窒素濃度は曝気無しミズクラゲの約2.3倍,全リン濃度は約1360倍, Mgは14倍, Caは96倍であり、肥料としての有用性が示唆されたが、Feは190000 mg/kg, Alは2200 mg/kgであり、ホウレンソウ生長への影響も懸念された。エチゼンクラゲ中の全リン濃度は曝気無しミズクラゲの約1/6, Caは約1/4であったが、全窒素濃度は750 mg/kg(約1.8倍)と高く、生長促進効果が期待された。乾燥クラゲで栽培したホウレンソウは、定植後約16日までは生長が著しかったが、23日頃よりあまり生長が見られなかった。一方、エチゼンクラゲの場合は、日数に比例して生長し続けた。収穫後のホウレンソウ可食部の重さは、曝気無しミズクラゲ, 曝気有りミズクラゲ, 乾燥クラゲ, エチゼンクラゲ, 化成肥料, 肥料無しの場合, それぞれ35, 20, 22, 68, 60, 23 g/株であった。エチゼンクラゲの効果が大きかったのは、全窒素濃度が高いためであると思われるが、乾燥クラゲの効果が見られなかった原因については、今後検討する予定である。また、エチゼンクラゲで栽培したホウレンソウには甘みがあり、おいしいという評価を得た。以上の結果より、エチゼンクラゲは野菜の肥料として有用であることがわかった。なお、塩害防止の観点から、クラゲ溶液を真空状態で加温することにより、クラゲ中に多量に含まれているNaClを減少させる方法については、現在検討中である。



22

助成番号 0321

## クラゲ肥料化技術の実用化に関する基礎的研究

助成研究者：福士 恵一（神戸大学 海事科学部）

共同研究者：横田 久里子（神戸大学 海事科学部）

辻本 淳一（キソー化学工業（株））

## 1．研究目的

近年，日本沿岸の火力・原子力発電所等では，大量に発生したクラゲ（主にミズクラゲであるが，アカクラゲも混入）が復水器冷却用海水取水口に押し寄せ，取水量制限，出力制限を余儀なくされるという問題が起こっている．一方，クラゲは漁業においても漁具の破損，魚群の入網・揚網阻止，魚体の損傷・鮮度低下等の被害を与えており<sup>1)</sup>，特に大型のエチゼンクラゲによる被害額は，青森県では今年1月末までで約23億円に上ると言われている．発電所等では，クラゲ襲来時にクラゲ回収装置を稼働させてクラゲを回収し，今までは発電所構内の溝に廃棄あるいは産業廃棄物として処理していた．しかし，最近では循環型社会形成の観点から，回収されたクラゲの適正な処理が求められている．その結果，回収されたクラゲの処理装置（加圧浮上システム）も実用化されるようになってきた．これに対して，漁船の網に入ったエチゼンクラゲについては，食用に加工するといった提案もなされているが，処理法については模索中というのが現状である．

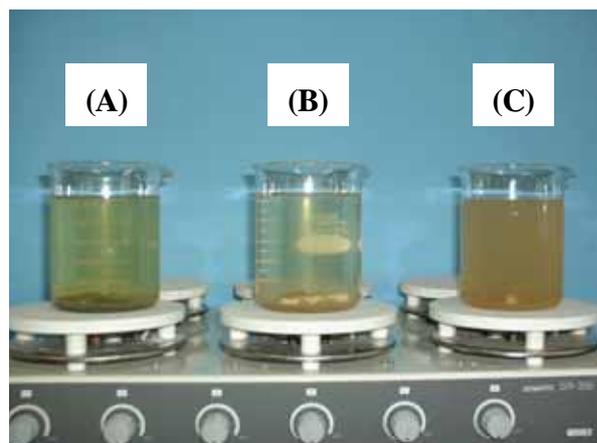
我々は，今までに発電所等で回収されたミズクラゲ，アカクラゲが野菜等の肥料として有効利用できることを示してきた<sup>2)</sup>．そこで，本研究では，加圧浮上装置にて分離・濃縮して得られた乾燥ミズクラゲスラッジ（以後，乾燥クラゲと呼ぶ）及びエチゼンクラゲの野菜等の肥料としての有用性について検討することを目的とする．すなわち，乾燥クラゲ及びエチゼンクラゲの化学成分分析を行い，またこれらを肥料として野菜を栽培し，その肥料としての効果を調べる．また，今までの分析により，ミズクラゲやアカクラゲには多量の塩化ナトリウムが含まれていることがわかっており，野菜に対して塩害を引き起こす可能性がある．そこで，クラゲ溶液を真空状態で加温することによりクラゲ溶液中の塩化ナトリウムを減少させる方法についても検討する．

## 2．研究方法

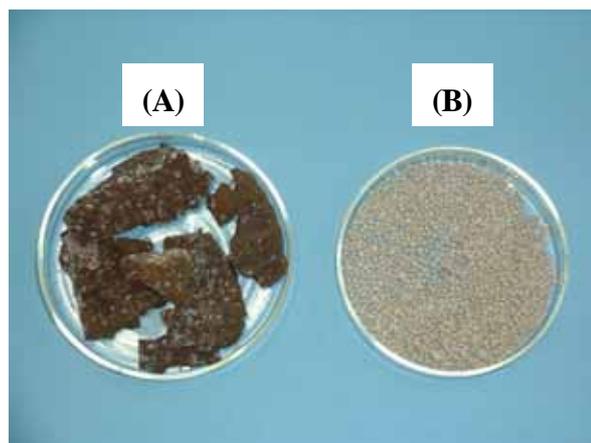
## 2.1 クラゲの処理形態

クラゲ試料として，以下の処理を施したものをを用いた．採取後，そのまま室温において容器中で保存したミズクラゲ（曝気無し），室温保存中，エアポンプで空気を送り続け

たミズクラゲ(曝気有り), 加圧浮上装置により得られた乾燥クラゲ, 採取後, そのまま室温において容器中で保存したエチゼンクラゲの4種類である. クラゲを入手してから土に混ぜ込むまでの保存日数は, , , については29日, については約3年であった. なお, Fig. 1は今回用いたミズクラゲ((A)は曝気無しミズクラゲ, (B)は曝気有りミズクラゲ)及びはエチゼンクラゲ懸濁液(C)を攪拌し, 攪拌停止4時間後の様子を示す. Fig. 2(A)は乾燥ミズクラゲである.



**Fig. 1** *Aurelia aurita* and *Stomolophus nomurai* 4 h after stopping stirring. (A) *Aurelia aurita* (without aeration); (B) *Aurelia aurita* (with aeration); (C) *Stomolophus nomurai*



**Fig. 2** *Aurelia aurita* (dried sludge) and chemical fertilizer. (A) *Aurelia aurita* (dried sludge); (B) chemical fertilizer

## 2.2 成分分析

各種状態のクラゲ及びクラゲ肥料と比較するために用いた化成肥料(N:P:K=9:6:7, 福栄肥料(株), 尼崎)中の各種無機成分をJIS工場排水試験方法<sup>3)</sup>及び土壤環境分析法<sup>4)</sup>により定量した. 装置としては, 以下のものを用いた. 三菱化学(東京)微量全窒素分析装置(減圧法)TN-100, 島津(京都)紫外-可視分光光度計UV-160A, 島津イオンクロマトグラフHIC-6A(電気伝導度検出器CDG-6A, 紫外-可視吸光検出器SPD-10A(検出波長は210 nm)), 三洋電機ラボ(大阪)オートクレーブMLS-2420, 日立(東京)偏光ゼーマン原子吸光光度計Z-6000, 島津シーケンシャル形高周波プラズマ発光分析装置ICPS-1000IV, 島津水素化物発生装置HVG-1, 平沼産業(水戸)水銀測定装置HG-300.

### 2.2.1 ミズクラゲ(曝気無し), ミズクラゲ(曝気有り), エチゼンクラゲ

全窒素, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素, 塩化物イオン: 試料を適当に希釈し, 全窒素は熱分解法(JIS K 0102 45.5), アンモニア態窒素はインドフェノール青吸光光度法(JIS K 0102 42.2), 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素, 塩化物イオンはイオンクロマトグラフ法(JIS K 0102 43.1.2, 43.2.5, 35.3)により定量した.

全リン，ナトリウム，カリウム，マグネシウム，カルシウム，ホウ素，アルミニウム，マンガン，鉄，銅，亜鉛，モリブデン，ヒ素，カドミウム，鉛，水銀：試料 51.00-51.23 g を硝酸 - 過塩素酸で加熱分解後，100 ml に定容し，ナトリウム，カリウム，マグネシウム，カルシウムについては適当に希釈後，全リンはモリブデン青（アスコルビン酸還元）吸光度法（JIS K 0102 46. 1. 1），ナトリウム，カリウムはフレイム光度法（JIS K 0102 48. 1, 49. 1），マグネシウム，カルシウム，ホウ素，アルミニウム，マンガン，鉄，銅，亜鉛，モリブデンは ICP 発光分光分析法（JIS K 0102 51. 3, 50. 3, 47. 3, 58. 4, 56. 4, 57. 4, 52. 4, 53. 3, 68. 2），ヒ素は水素化物発生 ICP 発光分光分析法（JIS K 0102 61. 3），カドミウム，鉛はフレイム原子吸光法（JIS K 0102 55. 1, 54. 1）により定量した。

水銀：試料 2.040-2.049 g を過マンガン酸カリウムで前処理後，還元気化原子吸光法（JIS K 0102 66. 1. 1）により定量した。

### 2. 2. 2 乾燥クラゲ

全窒素，アンモニア態窒素，亜硝酸態窒素，硝酸態窒素，塩化物イオン：試料 0.760-0.884 g を水に溶解し，100 ml に定容後，適当に希釈し，2. 2. 1 と同様に定量した。

全リン，ナトリウム，カリウム，マグネシウム，カルシウム，ホウ素，アルミニウム，マンガン，鉄，銅，亜鉛，モリブデン，ヒ素，カドミウム，鉛，水銀：試料 3.082 g を硝酸 - 過塩素酸で加熱分解後，100 ml に定容し，モリブデン，ヒ素，カドミウム，鉛以外は適当に希釈し，2. 2. 1 と同様に定量した。

水銀：試料 1.290 g を水 100 ml に溶解し，2 ml を分取し，過マンガン酸カリウムで前処理後，2. 2. 1 と同様に定量した。

### 2. 2. 3 化成肥料

全窒素：試料 0.110 g をケルダールフラスコに採取し，ケルダール法及び中和的定法（土壤環境分析法<sup>4)</sup>）により定量し，得られた値に硝酸態窒素の値を加えたものを全窒素濃度とした。

亜硝酸態窒素，硝酸態窒素，塩化物イオン：試料 0.299 g を水に溶解し，50 ml に定容後，適当に希釈し，2. 2. 1 と同様に定量した。

ナトリウム，マグネシウム，カルシウム，ホウ素，マンガン，鉄，銅，亜鉛，モリブデン：試料 2.009 g を硝酸 - 過塩素酸で加熱分解後，100 ml に定容し，モリブデン以外は適当に希釈し，2. 2. 1 と同様に定量した。

### 2. 3 土壌の調製

種まき用土壌は，赤玉土と腐葉土を 7 : 3 の割合で混合したものに，苦土石灰を土 10 l 当たり 30 g 混ぜ合わせて調製した<sup>5)</sup>。また，苗を定植するための栽培用土壌は，種まき用

土壌と同様に調製した土壌に、元肥として以下の量を混合して調製した；ミズクラゲ（曝気無し）：3.5 l，ミズクラゲ（曝気有り）：3.5 l，乾燥クラゲ：150 g，エチゼンクラゲ：3.5 l，化成肥料：15.8 g。ここで、乾燥クラゲ及び化成肥料については、ミズクラゲ（曝気無し）の場合と全窒素量が等しくなるように施肥量を決定した。また、定植用土壌として、種まき用土壌と同じもの（肥料として特に何も加えていないもの）も調製した。プランター数は、それぞれの土壌について一個とした。なお、クラゲ等を土に混ぜ込んでから定植するまでの日数は27日であった。

## 2.4 野菜の栽培

野菜として、寒さに強いホウレンソウ（サカタ，晩夏から秋，早春まきに適した日持ちの良い人気品種 134）を選んだ。一晩，水につけておいた種を2.3で用意した種まき用土壌プランター当たり30粒ずつまいた（プランターは2個）。十分水やり後，鳥よけ用ネットをかぶせておいた。3週間後，本葉が4,5枚になった頃，2.3で用意した定植用土壌に苗を移植した。苗数は，各プランター当たり5株ずつとした。ついで，一日おきに各株についてもっとも長い葉の長さを測定し，プランターごとに平均値を求めた。なお，追肥として，ミズクラゲ（曝気無し）：1 l，ミズクラゲ（曝気有り）：1 l，乾燥クラゲ：43 g，エチゼンクラゲ：1 l，化成肥料：4.5 gを月2回の割合で計4回与えた。ここで，乾燥クラゲ及び化成肥料については，ミズクラゲ（曝気無し）の場合と加えられる全窒素量が等しくなるように追肥量を決定した。定植77日後にホウレンソウを収穫し，根を洗って土をほぼ洗い落として水を切った後，根がついたままの重さと根を除去した後の可食部重さを測定した。

## 2.5 ホウレンソウの味評価

収穫したホウレンソウのうち，ミズクラゲ（曝気無し），エチゼンクラゲ，化成肥料で栽培したものについて，塩を加えずにゆでた。これらを14人に味わって味について評価してもらった。他の土壌で栽培したホウレンソウは大きさ及び外観より，調理に値しないと判断した。

## 2.6 クラゲ中の塩化ナトリウム低減

### 2.6.1 クラゲ中の主要成分分析

ナトリウム，カリウム，マグネシウム，カルシウムイオン分析には，キャピラリー電気泳動法<sup>6)</sup>を用いた。キャピラリー電気泳動装置は，パーキンエルマー社（Foster City, CA, USA）製モデル 270A-HT を使用した。検出器として紫外-可視吸光検出器を用いた。キャピラリー（GLサイエンス，東京）として，内径 75  $\mu\text{m}$ ，全長 72 cm，検出器までの長さ（有効長）50 cm のものを使用した。検出波長は 214 nm，恒温槽の温度は 30℃ に設定した。

泳動時間，ピーク面積，ピーク高さは，日立（東京）製モデル D-2500 クロマトインテグレータを用いて測定した．pH 測定には，堀場製作所（京都）製 F-22 型 pH メーターを使用した．新しいキャピラリーは，使用前に 1 M 水酸化ナトリウムで 40 min，純水で 10 min 洗浄し，その後，泳動液を 3 min 流した．泳動液として， $\alpha$ -メチルベンジルアミン，クエン酸及び 18-crown-6 混合溶液の pH を 2-エチル-n-酪酸で 4.8 に調整したものをを用いた<sup>7, 8)</sup>．クラゲ中主要成分濃度は，海水中主要成分濃度に近いので，クラゲを分析する前に，人工海水<sup>9)</sup>を試料として用いて分析条件（ $\alpha$ -メチルベンジルアミン，クエン酸，18-crown-6 濃度，メタノールの効果，試料導入量，電圧等）について検討した．海水及びクラゲ溶液の最適分析条件については現在，検討中である．

試薬はすべて特級品をそのまま用いた． $\alpha$ -メチルベンジルアミン，2-エチル-n-酪酸は東京化成工業（東京），クエン酸一水和物はナカライテスク（京都），18-crown-6 はアルドリッチ（Milwaukee, WIS, USA）のものをを使用した．イオン交換蒸留水は，ヤマト科学（東京）製 WG220 型蒸留水製造装置および日本ミリポア工業製 Milli-QII システムより得られたものをを使用した．泳動液や試料溶液等は，使用前に 0.45  $\mu$ m のメンブランフィルターで濾過した．

## 2.6.2 真空加熱システム

ライボルト社（横浜）製 SH1.2L 型ダイアフラムポンプ，ヤマト科学製 VR100 型真空調節器，ヤマト科学製 RE52 型ロータリーエバポレーター，東京理化器械製 CCA-1000 型冷却水循環装置を用いて，真空加熱システムを組み立てた．塩害防止の観点から，これを用いてクラゲ溶液を濃縮し，塩化ナトリウムを減少させる場合の最適な温度及び真空圧力については，現在，検討中である．

## 3. 研究結果と考察

### 3.1 各種無機成分定量結果

クラゲ中各種無機成分定量結果を Table 1 に示す．乾燥クラゲはミズクラゲ（曝気無し）と比較して，約 2.3 倍の窒素，1360 倍のリン，14 倍のマグネシウム，96 倍のカルシウムを含んでおり，また，塩害<sup>10)</sup>の原因となるため，一般に植物にとって好ましくないナトリウム濃度は 1/4 であり，野菜等植物の肥料として有用であることが示唆された．しかし，一方で，乾燥クラゲはミズクラゲ（曝気無し）と比較して，多量の鉄（190000 mg/kg）とアルミニウム（2200 mg/kg）を含み，ハウレンソウ生長への影響も懸念された．肥料中の鉄が多いとリン酸の吸収が悪くなり，また土壌中のアルミニウムは植物の根に悪影響をもたらすといわれている．これら多量の鉄とアルミニウムは，加圧浮上装置において使用された凝集剤由来と考えられるが，原因と対策については，今後検討する必要がある．一方，

エチゼンクラゲ中の全リン濃度はミズクラゲ(曝気無し)の約 1/6, カルシウムは約 1/4 であったが, 全窒素濃度は 750 mg/kg (約 1.8 倍) と高く, ホウレンソウに対する生長促進効果が期待された。なお, ミズクラゲ(曝気有り)中の全窒素濃度は, ミズクラゲ(曝気無し)中の 1/2.6 であった。

**Table 1** Analytical results for jellyfish (mg/kg)

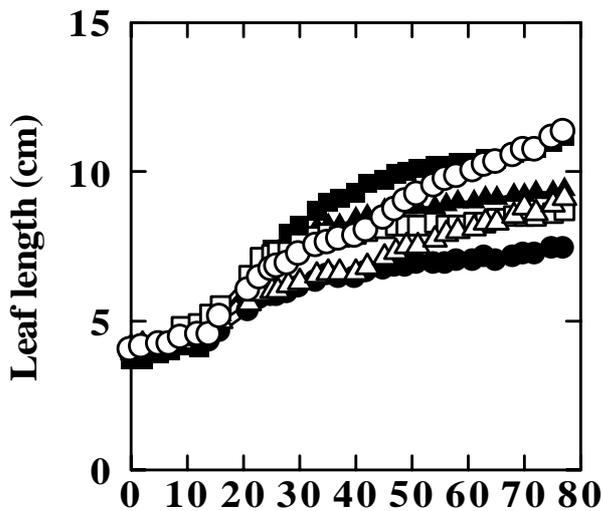
Jellyfish Compo.	<i>Aurelia aurita</i> (without aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (with aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (dried sludge)	<i>Stomolophus</i> <i>nomurai</i>	Chemical fertilizer
Total N	420	160	980	750	99900 <sup>a</sup>
Total P	14	24	19000	2.3	30000 <sup>a</sup>
Na	9400	11000	2400	10000	2600
K	430	510	180	540	67000 <sup>a</sup>
Mg	1200	1400	17000	1200	1000
Ca	280	410	27000	75	79000
B	4.1	5.4	530	4.2	150
Cl	16300	19500	660	19100	56500
Al	1.4	2.1	2200	0.3	—
Mn	0.1	0.2	880	0.1	28
Fe	0.5	0.5	190000	0.4	1500
Cu	<0.1	<0.1	180	<0.1	2
Zn	0.4	0.4	690	1.7	20
As	<0.1	<0.1	<5	<0.1	—
Mo	<0.2	<0.2	13	<0.2	<5
Cd	<0.1	<0.1	1.4	<0.1	—
Hg	<0.001	<0.001	<0.05	<0.001	—
Pb	<1	<1	29	<1	—

<sup>a</sup>Cited from the previous paper<sup>2)</sup>.

### 3.2 野菜の生長結果

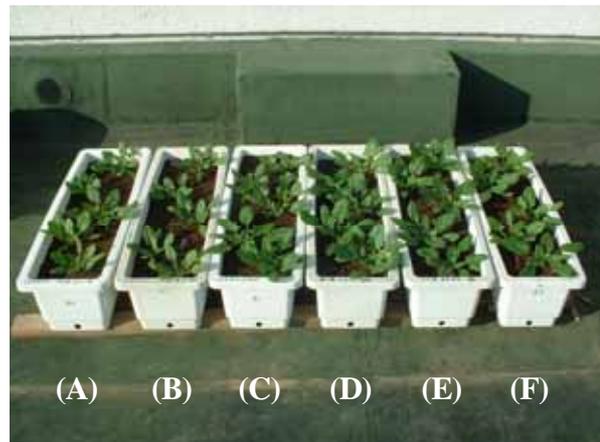
Fig. 3 にホウレンソウの生長の様子を示す。乾燥クラゲの場合は, 定植 23 日後までは, ミズクラゲ(曝気無し)の場合よりも生長が著しく, 化成肥料の場合と同程度であった。Fig. 4 に定植 22 日後のホウレンソウの様子を示す。しかし, その後はあまり生長が見られず, 42 日後には, 葉が少し黄色くなってきた。この原因についてはよく検討する必要があるが, 3.1 で述べたように, 乾燥クラゲ中に含まれる多量の鉄, アルミニウムの影響が考えられる。これに対して, エチゼンクラゲ及びミズクラゲ(曝気無し)の場合は, 初め,

生長速度は乾燥クラゲの場合より遅かったが、日数に比例して収穫直前まで生長し続けた。



**Fig. 3** Growth of spinach cultivated using jellyfish as a fertilizer.

(A) *Aurelia aurita* (without aeration); (B) *Aurelia aurita* (with aeration); (C) *Aurelia aurita* (dried sludge); (D) *Stomolophus nomurai*; (E) chemical fertilizer; (F) without a fertilizer



**Fig. 4** Spinach 22 days after transplanting. (A) *Aurelia aurita* (without aeration); (B) *Aurelia aurita* (with aeration); (C) *Stomolophus nomurai*; (D) *Aurelia aurita* (dried sludge); (E) chemical fertilizer; (F) without a fertilizer

エチゼンクラゲの場合にもっとも生長が著しかったのは、Table 2 に示すように、全窒素施肥量がもっとも多かったためであり、また、ミズクラゲ（曝気有り）の場合、ミズクラゲ（曝気無し）の場合と比較して生長が悪かったのは、全窒素施肥量がもっとも少なかったためであると考えられる。なお、全窒素施肥量については、ミズクラゲ（曝気無し）と化成肥料の場合と同じであるにもかかわらず、前者は後者ほど生長促進効果が見られなかった。一般に、植物に利用される窒素分は、アンモニウムイオンや硝酸イオンである。そこで、今回肥料として用いたクラゲ中の窒素の形態別分析を行った。Table 3 にその結果を示す。ミズクラゲ（曝気無し）と化成肥料の場合の生長差は、両者に含まれるアンモニウムイオン量の差によるのではないかと考えられる。しかし、全窒素分析と形態別分析を行った時期が異なっているため、今後さらに検討する必要がある。ここで、ミズクラゲ（曝気有り）には、アンモニウムイオンと同程度に亜硝酸イオンが含まれていたことは興味深い。なお、肥料なしの場合、定植後 30 日までは化成肥料につく勢いで生長した。この原因として、定植用土壌を調製したとき混合した腐葉土の違いが考えられる。土壌調製時、腐葉土として同じメーカーのものをを用いたが、2000 年 6 月に購入したものと 2003 年 10 月に購入したものが混在していた。メーカーに問い合わせたところ、腐葉土に含まれる窒素分は、堆積発酵時間の短い 10 月出荷分がもっとも多く、逆に堆積発酵時間の長い 6 月出荷分がもっとも少ないということであった。今後、栽培用土壌を調製する場合、均一に混合した腐葉土を用いる必要がある。

**Table 2** Total content (mg) of nitrogen used for the cultivation of spinach

Jellyfish Time	<i>Aurelia aurita</i> (without aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (with aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (dried sludge)	<i>Stomolophus</i> <i>nomurai</i>	Chemical fertilizer
Base fertilizer	1470	560	1470	2695	1470
Additional fertilizer (1 <sup>st</sup> time)	420	160	420	770	420
Additional fertilizer (2 <sup>nd</sup> time)	420	160	420	770	420
Additional fertilizer (3 <sup>rd</sup> time)	420	160	420	770	420
Additional fertilizer (4 <sup>th</sup> time)	420	160	420	770	420
Total content	3150	1200	3150	5775	3150

**Table 3** Speciation of nitrogen in jellyfish

Jellyfish N (mg/kg)	<i>Aurelia aurita</i> (without aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (with aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (dried sludge)	<i>Stomolophus</i> <i>nomurai</i>	Chemical fertilizer
Total N	420	160	980	750	99900 <sup>a</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	330	67	840	790	93000 <sup>a</sup>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	<1	3	<5	<1	<1
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	ND	68	ND	ND	ND

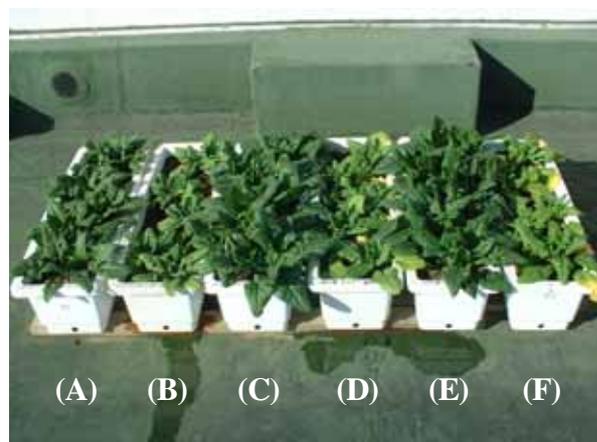
<sup>a</sup>Cited from the previous paper<sup>2)</sup>.

Fig. 5は収穫直前のホウレンソウであり Fig. 6は収穫直後のホウレンソウである。また、Table 4に収穫後のホウレンソウの重さを示す。重さの順は、エチゼンクラゲ>化成肥料>ミズクラゲ(曝気無し)>ミズクラゲ(曝気有り) 乾燥クラゲ 肥料無しであった。ミズクラゲ(曝気無し)の方が乾燥クラゲより、肥料としての効果が高い結果となった。乾燥クラゲにあまり効果がみられなかった原因として、やはり、多量の鉄、アルミニウムの影響が考えられるが、今後検討する必要がある。エチゼンクラゲの効果が大きかったのは、全窒素施肥量がもっとも多かったためであると考えられるが、今後、全窒素量を統一して栽培実験を行う予定である。

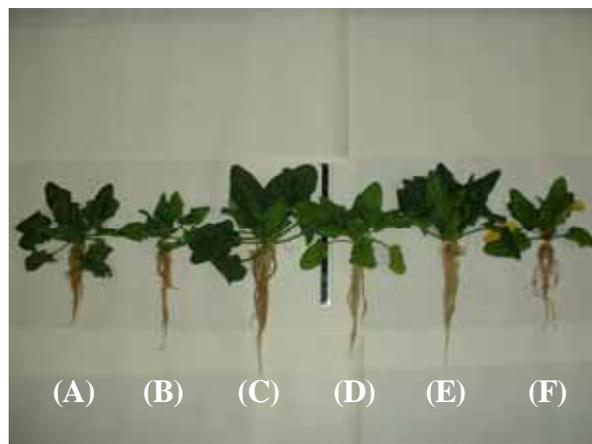
### 3.3 味の評価

試食してもらった14人全員、エチゼンクラゲとミズクラゲ(曝気無し)で栽培された

ホウレンソウの方が化成肥料で栽培されたものよりも味が濃く，甘みが強く，おいしいと答えた．この点は，野菜栽培におけるクラゲ肥料の特筆すべき長所であると考える．



**Fig. 5** Spinach just before harvesting. (A) *Aurelia aurita* (without aeration); (B) *Aurelia aurita* (with aeration); (C) *Stomolophus nomurai*; (D) *Aurelia aurita* (dried sludge); (E) chemical fertilizer; (F) without a fertilizer



**Fig. 6** Spinach just after harvesting. (A) *Aurelia aurita* (without aeration); (B) *Aurelia aurita* (with aeration); (C) *Stomolophus nomurai*; (D) *Aurelia aurita* (dried sludge); (E) chemical fertilizer; (F) without a fertilizer

**Table 4** Weight of spinach after harvesting (g)

Jellyfish Stump No.	<i>Aurelia aurita</i> (without aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (with aeration)	<i>Aurelia aurita</i> (dried sludge)	<i>Stomolophus</i> <i>nomurai</i>	Chemical fertilizer	Without fertilizer
1	41 (48)	23 (27)	24 (29)	46 (54)	58 (71)	29 (34)
2	27 (32)	24 (28)	22 (26)	83 (99)	59 (70)	32 (37)
3	40 (46)	18 (22)	29 (35)	75 (88)	70 (82)	18 (22)
4	38 (44)	19 (22)	18 (22)	63 (76)	49 (55)	18 (22)
5	27 (33)	18 (21)	15 (19)	73 (87)	63 (77)	18 (22)
Average	35 (41)	20 (24)	22 (26)	68 (81)	60 (71)	23 (27)

Values in the parenthesis: weight of spinach including root.

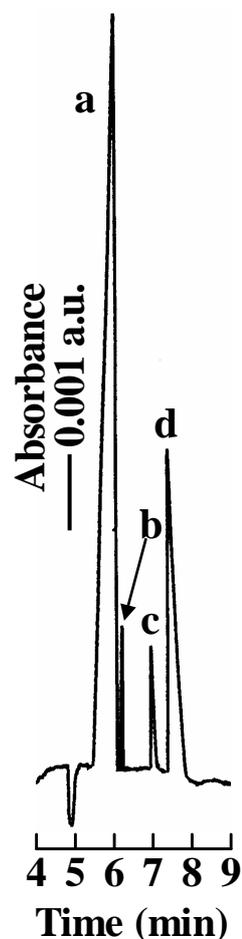
### 3.4 クラゲ中の塩化ナトリウム低減

現在，海水中主要成分の最適分析条件については詳細に検討中であるが，以下の条件で，人工海水中のナトリウム，カリウム，マグネシウム，カルシウムが分離できることがわかった．泳動液：20 mM  $\alpha$ -メチルベンジルアミン，0.6 mM クエン酸及び 14 mM 18-crown-6 混合溶液の pH を 2-エチル-n-酪酸で 4.8 に調整したもの；試料：50 倍に希釈した人工海水を 1 s 導入；泳動電圧：20 kV．この時のエレクトロフェログラムを Fig. 7 に示す．なお，クラゲ溶液を真空状態で加温することにより，クラゲ中の塩化ナトリウムを減少させる

方法については、現在検討中である。

#### 4. 結論

乾燥クラゲは、多量の窒素、リン、マグネシウム、カルシウムを含んでおり、また、一般に植物にとって好ましくないナトリウム濃度が比較的 low、野菜等の肥料として有用であることが示唆された。しかし一方で、鉄、アルミニウム濃度が非常に高く、野菜の生長に障害が生ずる可能性があることもわかった。一方、エチゼンクラゲは、ミズクラゲ（曝気無し）の約 1.8 倍の全窒素を含み、また、栽培結果からも野菜の肥料としての効果が大きいことが判明した。さらに、エチゼンクラゲを肥料として栽培したホウレンソウには甘みがあることがわかった。今後は、エチゼンクラゲについても全窒素施肥量を統一して野菜を栽培し、また、乾燥クラゲについては、ホウレンソウの生長を抑制した原因について検討したい。さらに、クラゲ溶液中の塩化ナトリウムを低減するための最適条件を確立する予定である。本研究にご援助頂きましたソルト・サイエンス研究財団に感謝申し上げます。



**Fig. 7** Electropherogram of artificial seawater. Electrophoretic conditions: capillary,  $L_{\text{tot}}=72$  cm,  $L_{\text{det}}=50$  cm,  $75 \mu\text{m}$  I.D.  $\times$   $375 \mu\text{m}$  O.D.; BGE, a mixture of 20 mM  $\alpha$ -methylbenzylamine, 0.6 mM citric acid, 14 mM 18-crown-6 adjusted to pH 4.8 with 2-ethyl-n-butyric acid; voltage, 20 kV; wavelength for detection, 214nm. Sample, 50-times diluted artificial seawater; vacuum injection period, 1 s (21 nl). A= $\text{Na}^+$ ; b= $\text{K}^+$ ; c= $\text{Ca}^{2+}$ ; d= $\text{Mg}^{2+}$

#### 5. 文献

- 1) T. Yasuda, “Kurage-rui to Sangyo-katsudo”, in T. Yasuda, (ed.), “Umi no UFO Kurage”, Koseisha-Koseikaku, pp. 139-177 (2003) (Japanese)
- 2) K. Fukushi, N. Ishio, J. -I. Tsujimoto, K. Yokota, T. Hamatake, H. Sogabe, K. -I. Toriya, and T. Ninomiya, “Preliminary Study on the Potential Usefulness of Jellyfish as Fertilizer”, *Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn.*, **58**, pp. 209-217 (2004)
- 3) Japanese Standards Association, “Testing Methods for Industrial Waste Water”, JIS K 0102, Tokyo (1998) (Japanese)
- 4) Editorial Committee of Analytical Methods for Soil Environment (Ed.), “Analytical Methods for Soil Environment”, 2nd Ed., Hakuyu-sha, pp. 233-239 (2000) (Japanese)
- 5) S. Suzuki, “Yasai no Tsukurikata”, Seibido Shuppan, pp. 266-267 (1993) (Japanese)
- 6) K. Yokota and K. Fukushi, “Simultaneous Determination of Iodide and Iodate in Seawater by

- Capillary Zone Electrophoresis”, *Bull. Soc. Sea Water Sci. Jpn.*, **58**, pp. 75-79 (2004) (Japanese)
- 7) A. Tangen, W. Lund, and R. B. Frederiksen, “Determination of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  in Mixtures of Seawater and Formation Water by Capillary Electrophoresis”, *J. Chromatogr. A*, **767**, pp. 311-317 (1997)
- 8) H. Okamoto, Y. Okamoto, T. Hirokawa, and A. R. Timerbaev, “Trace Ion Analysis of Sea Water by Capillary Electrophoresis: Determination of Strontium and Lithium Pre-Concentrated by Transient Isotachophoresis”, *Analyst*, **128**, pp. 1439-1442 (2003)
- 9) Japanese Standards Association, “Lubricants—Determination of Rust-Preventing Characteristics”, JIS K 2510: pp. 8-9, Tokyo (1998) (Japanese)
- 10) M. Masui, “Physiological Mechanism of Salt Injury” *Shisetsu Engei*, **16**, pp. 32-33 (1974) (Japanese)

## Preliminary study on the preparation of fertilizer utilizing jellyfish

Keiichi Fukushi<sup>1</sup>, Kuriko Yokota<sup>1</sup>, Jun-ichi Tsujimoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Maritime Sciences, Kobe University, <sup>2</sup>Kiso Chemical Enterprises Ltd.

### Summary

We have examined the potential usefulness of jellyfish (dried sludge of *Aurelia aurita* and *Stomolophus nomurai*) as a fertilizer for vegetable fields. Inorganic components in the above jellyfish including *Aurelia aurita* (with and without aeration) were determined by absorptiometry, flame photometry, ICP emission spectroscopy, atomic absorption spectrometry, or ion chromatography. Concentrations of total nitrogen (980 mg/kg), total phosphorus (19000 mg/kg), magnesium (17000 mg/kg), and calcium (27000 mg/kg) in the dried sludge of *Aurelia aurita* were 2.3, 1360, 14, and 96 times higher than those in *Aurelia aurita* (without aeration, 420, 14, 1200, and 280 mg/kg), respectively. The dried sludge of *Aurelia aurita* seemed to have potential as a fertilizer but it contained high concentrations of iron (190000 mg/kg) and aluminum (2200 mg/kg) which might be undesirable for the growth of plant. On the other hand, concentration of total nitrogen (750 mg/kg) in *Stomolophus nomurai* was 1.8 times higher than that in *Aurelia aurita* (without aeration) although concentrations of total phosphorus (2.3 mg/kg) and calcium (75 mg/kg) were 1/6 and 1/4 of those in *Aurelia aurita* (without aeration). *Stomolophus nomurai* could be also expected to have potential as a fertilizer. Spinach was cultivated using the dried sludge of *Aurelia aurita* and *Stomolophus nomurai* etc. as a fertilizer. The dried sludge of *Aurelia aurita* seemed to accelerate the growth of spinach at earlier stage but rather decelerate the growth at later stage. *Stomolophus nomurai* was most effective for the growth of spinach. High concentrations of sodium chloride in jellyfish could be reduced by heating jellyfish suspension in a vacuum. Investigations are in progress to examine concentration conditions such as vacuum pressure and temperature.