

ハワイ島での オゴノリ・タンク養殖

Tank culture of red marine alga *Gracilaria* on Hawaii Island

H. Ohba

紅藻オゴノリ属 *Gracilaria* は、古くから食用、餌料、寒天原藻等として用いられてきており、天然藻体を収穫する他に、現在、ハワイ（タンク養殖）、台湾（池養殖）、中国（ロープ養殖）等で養殖が行われている（Chiang 1981, 徳田 他 1987）。ハワイでは食用（オゴキムチ、海藻サラダ等）として、台湾では餌料用（トコブシ等の海産動物増養殖用）や寒天原藻として、中国では寒天原藻として用いるために、それぞれオゴノリ類が養殖されている。以前より、小面積でオゴノリ類を大量養殖しているハワイの養殖施設を視察し、オゴノリ類のタンク養殖の方法を学ぶとともに、養殖種苗を何とか入手できないものかと考えていたところ、今回、熱帯海洋生態研究振興財団のお力添えで、1994年1月23日～27日の間、米国ハワイ州のハワイ島カイルア・コナにある Royal Hawaiian Sea Farms 社（以下「RHSF」と言う）のオゴノリ養殖場を訪問する機会を得たので、ここに報告する。

RHSF（図1）は、ハワイ州立自然エネルギー機構（Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority、NELHA）に属し、その HOST park 内で、1987年から商業的に海藻類の養殖を始めた（NELHA, 1992）。RHSF



図1. Royal Hawaiian Sea Farms 社の海藻等養殖施設入口

立自然エネルギー研究所（Natural Energy Laboratory of Hawaii, NELH）が、水深約600mから汲み上げた栄養塩類の豊富な深

層水を利用して、オゴノリやミル等の海藻類を陸上でタンク養殖している（図2）。海藻類の生産量は、容量23トンのタンク当たり約100ポンド（約45kg）/週で、収穫物はハワイ州はもとより、カリフォルニア州、ワシントン州、ネバダ州の海産物市場、食料

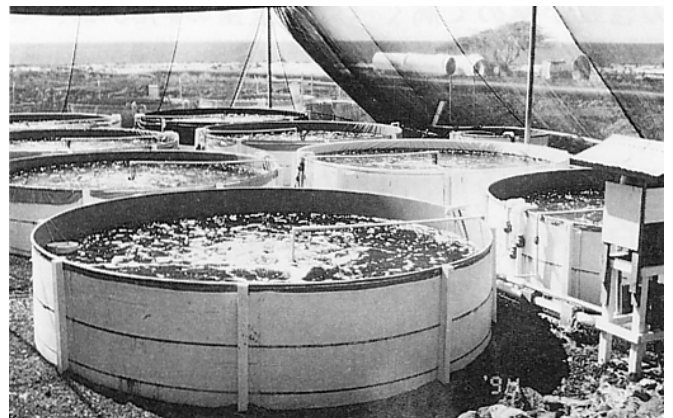


図2. 海藻の養殖タンク

品店、高級レストラン等に出荷され、海藻サラダやキムチ等の材料に使われている。市場での値段は、1ポンド4ドル位と聞いた。

RHSF で養殖しているオゴノリ類は、ハワイ産の *Gracilaria bursa-pastoris* (Gmelin) Silva（ハワイ産の本種は現在、Abbott (1985) により *G. parvispora* Abbott とされている）と米国フロリダ産の *G. tikvahiae* McLachlan の赤色型（図3）および緑色型の色彩変異型2系統の合計3種類であった。

養殖タンクは円形（16基）と角型（3基）のものがあ、前者は直径約5m、高さ約1.2mで、容量は23トン、タンク中央に直径10cm程の海水オーバーフロー用のパイプが立っている（図2, 4）。そのパイプの下部周辺から通気による海水攪拌用の気泡が立ち上がり、海水とともにオゴノリ類がタンク内をゆっくりと大きく上下に回転するように移動している。すなわち、オゴノリ類はタンク内で浮遊養殖



図3. 養殖オゴノリ (*Gracilaria tikvahiae* 赤色型) を手に取る S.A. Katase 社長. 左は保坂三郎理事長

(free-floating culture) あるいは無機質養殖 (free-living culture) されている。タンク内の海水は、冷たい深層水 (水深 600m で水温 5~6、陸上まで汲み上げると 7~8 になる) と温かい表層水 (水深 15m、水温 25~28) を混合して水温 22~23 に保たれ、1 週間に 1 回程度換水されている。

深層水は無菌状態に近いが、表層水にはいろいろな微小藻類や海藻類の胞子が混入しているため、養殖オゴノリ藻体上には珪藻類やアオサ・アオノリ類等が付着し、繁茂することがある。これらの藻類が多量に付着すると養殖オゴノリの商品価値が下がるので、2 日に 1 回の割合で付着藻類の着生状態を観察し、付着藻類が繁茂し始めたら、養殖オゴノリに塩素処理を施して、付着藻類の生育を抑えるか枯死させている。また、光量が高いとオゴノリ類の成長はよくなるが、珪藻類やアオサ・アオノリ類の付着藻類の生長がオゴノリ類の成長を上回るようになるので、黒い寒冷紗を張って、ある程度光量を抑えている。

タンク内でのオゴノリ類の養殖密度はかなり高く、このため日中光合成により、海水中の CO_2 が大量に消費され、海水の pH がかなり高くなる。pH が高くなるとオゴノリ類の成長が抑制されるので、pH を下げるために、また光合成を促進させるために、海水中に CO_2 ガスを通気している。また、1 日中、雨が降り続くような場合は、塩分低下を防ぐために養殖タンクの上面をビニールシートで被うとのことであった。

RHSF では、以前に海苔 (アマノリ属 *Porphyra*) の

タンク養殖も行ったことがあるそうである。しかし、栄養塩類の豊富な深層水中には珪素 (Si) も多量に含まれているために、それを栄養源とする付着珪藻類が大発生し、養殖海苔の藻体上に付着繁茂してしまい、商品になるような海苔を作ることができなかったそうである。なお、現在、RHSF では海藻養殖の他に、カサガイ類 (図5)、トコブシ (図6)、ナマコ類、魚類 (サバヒーや海水に順化させたテラピア等) の養殖試験を行っている。トコブシの餌として、付着藻類が繁茂し商品価値のなくなった養殖オゴノリを与えていた。

以上が視察結果であるが、予想していたことと異なっていた点がいくつかあったので、それらについて少し記しておく。まず、養殖タンクが比較的大型であったことと、オゴノリ類の養殖密度がかなり高かった点である。オゴノリ類の養殖密度が高いことに加え、止水養殖であることから、日中、海水の pH がかなり上昇する。上昇した pH を下げるために CO_2 ガスを添加しているが、 CO_2 ガスは通気によって、どの位の量が海水に溶け込むのだろうか。相当量の CO_2 が大気中に逃げ、無駄になっているのではないだろうか。もし、流海水による養殖に切り換えることができれば、pH 上昇の問題は考えなくてもよいことになるが、価格の高い深層水を流海水で使うとなると、かなりコスト高になることが予想される。

また、無菌に近い深層水を用いてオゴノリ類を養殖しているのに、付着藻類の混入の問題はないと思



図3. *Gracilaria tikvahiae* の養殖タンク。タンク中央の網筒はオーバーフローの口で、タンク縁から中央に伸びる細い管は通気用のパイプ。

っていたが、実際には無濾過の表層水を混合しているので、付着藻類が繁茂しやすく、それを抑制するのに苦労しているようであった。日本国内の海苔養殖場では、海苔及び海苔網上に付着する珪藻類やアオサ・アオノリ類を除去するために、現在、クエン酸を主体とした酸処理剤（シロク商会(株)の「グリーンカット」等）を多用している。しかし、オゴノリ類は酸処理に弱いので、養殖オゴノリの付着藻類の除去には、RHSFのように塩素処理を施すのが良いかもしれない。

養殖オゴノリは、タンク内で増えた分を間引きして出荷しており、収穫後、新たに種苗を作るといった作業をしていない点も予想に反していた。養殖種苗の生産は、例え1年に1回の作業としても、大変、時間と労力を要するので、RHSFのようにオゴノリ類の旺盛な栄養繁殖力をうまく利用した養殖方法は効率がよく、コスト減にもつながる良い方法であると思う。

現在、台湾やフィリピン等で、魚類と海藻類との混生養殖 (polyculture) が実施され始めている。例えば、台湾ではサバヒー (ミルクフィッシュ、*Chanos chanos*) とオゴノリ類を混生養殖しているが、養殖オゴノリに付着するアオノリやジュズモ等の海藻類を魚が食べてくれるとともに、微生物分解を経た魚の排泄物を養殖オゴノリが栄養源として利用していることが報告されている (Chiang 1981, 徳田 他 1987)。こうした混生養殖がうまく行けば、かなり効率の良い水産物の養殖が望める。RHSF でも、混生養殖の試験を始めているようであり、それらが成功すれば、さらに将来性のある養殖事業として発展して行くことが予想される。

なお、帰りがけに RHSF から分けて戴いたオゴノリ類 3 系統を用いて、現在、阿嘉島臨海研究所および徳之島の南西糖業(株) 開発室においてタンク培養試験を行っている。試験結果については次回に報告したい。

最後に、今回、ハワイでのオゴノリ養殖施設を視察する機会を与えられた東京水産大学の森 信教授並びに熱帯海洋生態研究振興財団の保坂三郎理事

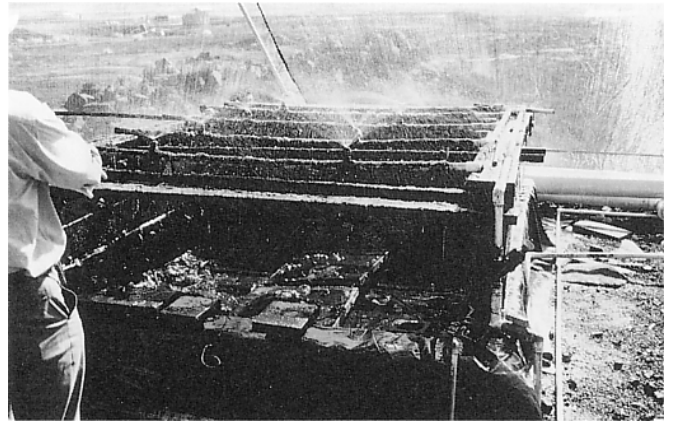


図 5. カサガイ類の海水スプレー式養殖試験。

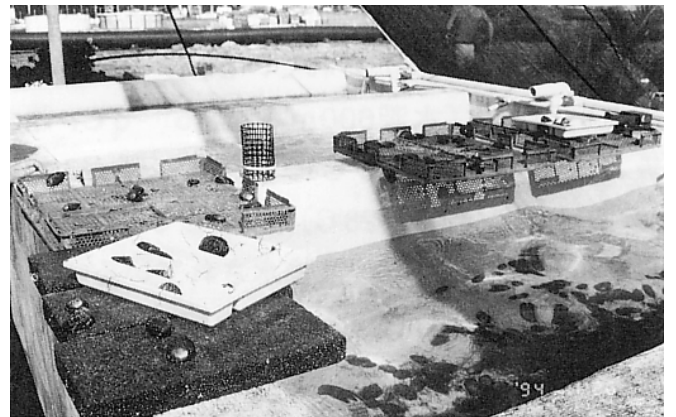


図 6. トコブシの養殖試験

長に深謝する。また、現地にて快く施設の視察をさせて戴き、さらにオゴノリ種苗を提供して下さった RHSF の Steven A. Katase 社長並びに共同出資者の高岡屋(株)の高岡正則社長、高岡則夫氏にお礼申し上げます。

引用文献

- Abbott, I. A. 1985. New species of *Gracilaria* Grev. (Gracilariaceae, Rhodophyta) from California and Hawaii. pp. 115-121. In, I. A. Abbott & J. N. Norris (eds.), Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to some Pacific and Caribbean species. California Sea Grant College Program.
- Chiang, Y. M. 1981. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophycophyta, Gigartinales) in Taiwan. Proc. Xth Intern. Seaweed Symp., pp. 569-574.
- NELHA 1992. Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority. Annual Report 1992. 29pp.
- 徳田 廣・大野正夫・小河久郎 1987. 海藻資源養殖学. v+354pp. 緑書房、東京.