海中植物群落と底生動物との結びつき*

菊池 泰二

(九州大学理学部 天草臨海実験所)

Relationships between Marine Submerged Vegetation and Benthic Animals

Taiji KIKUCHI

生態学的に動物と植物との関係を論ずる場合、栄養関係としての生産者と消費者としてのとらえ方と同時に、植物群落は動物のすみ場所としても重要な意味をもっている。

1、ベントスのすみ場所としての海藻群落

大型藻類及び海草が生育できる範囲は補償点の関係で沿岸の20m以浅に限られる。これらの沈水植物群落には魚類もよく生息するが、底生無脊椎動物についても植物上に生活する葉上性動物群 *phytal fauna* とよばれる一群がある。この葉上性動物はさらに、ヒドロゾア、コケムシ、管棲多毛虫類のような固着性動物 *sessile fauna* と移動性付着動物 *moving epifauna* (*faune vagile*) に分けられる (Dahl, 1948)。海の沿岸部に広い群落、いわゆる藻場を形成するものに岩礁底に生育する *Sargassum* 類と内湾砂泥底に生育するアマモ (アジモ) *Posidonia maritima* とがある。

固着性動物についてはこの後西平による話題提供が予定されていることと、食物連鎖上あまり重要でないでここではふれないことにする。

国内における *Sargassum* 藻場の葉上性動物については布施 (1962) の研究がある。彼はかご杓法を使って *Sargassum* の現存量と葉上性動物の定量をおこないその季節変化を調べた。その結果葉上動物の量は12~1月に1地点平均現存量 2.51 kg/m^2 に達し最大となり、8~12月には 72.9 g/m^2 (いずれも粗湿重) と低下した。組成でもっとも重要なのは巻貝のハリハマトボと甲殻類端脚目のヨコエビおよびワレカラ類であった。この動物群現存量の季節変動は5~6月に最大を示し8~9月に最少になる *Sargassum* 自体の変動とははっきりことになっている。なお、*Sargassum* につく葉上付着動物については、向井 (1968) により *meiofauna* をも含めて分類群別の季節変動が調べられている。アマモ帯については菊池 (1967) が春から夏にかけて予報的に報じているが、付着動物現存量は *Sargassum* の場合よりずっと少ない。動物で重要なのは甲殻類のモエビ類とヨコエビ類、巻貝のチグサガイ類とシマハマトボであり、冬から春にかけてはウミナメクジ、アズキウミウシ等の後鰓類が多数出現する。これらの葉上性無脊椎動物は大型藻類や海草を直接食うものはほとんどなく、その表面に付着する底生硅藻、微小藻類、デトライタス、微小動物等を食物としている。今天草富岡湾のアマモ葉上の *epiflora* の例をあげると、12月の場合で *Actinocyclus stictodiscus*, *Limnolora abbreviata*, *Cocconeis scutellum*, *Nitochia* sp.

* 1967年11月、JIBP・PMのインターリーキンググループ小シンポジウム(東大海洋研)における講演に補筆した。

Asterionella(?) sp. Amphiroa alata var japonicaなどの底生硅藻がみられ、藻類では Griffithsia japonica カザシグサ, Palysiphonia japonica キブリイトグサ Enteromorpha sp. アオノリ, Hypnea charoides イバラノリ などがみられる。これら藻類、硅藻をふくめたアマモ葉上の黄褐色物質 (いわゆるデトライタスにあたるが鉱物質の沈殿粒子、ウズマキゴカイ棲管もまじる) もかなりの量にのぼる。1例を第1表に示した。アマモの付着硅藻相が付近のプランク

第1表 アマモ葉上の epiflora と detritus の現存量の1例。1965年12月、千葉県富岡湾、底面、1/16 m² かこ枠サンプル4箇より1 m² 当りに換算 (菊池、未発表)

	S地点 湾奥 泥底	H地点 湾口近く 砂底
アマモ生重量 g r/m ²	485	705.5
アマモ葉表面積 m ² /m ²	1.957	2.724
付着藻類+デトライタス沈澱量 cc/m ²	687.77	741.84

トンとことなることは Kita and Harada

(1960) も報じている。葉上性動物群については海外では Dahl (1948)

の先駆的業績のほか、フランスの Leduc (1962, 1964, 1968) による大きな研究があり、米国の Nagle (1968)

もこの問題を取り上げている。Kikuchi (1966) は日本国内の葉上動物相が南

北を通じてきわめて共通種が多く、あるいは近縁の同位種でおきかわっていることを指摘したが、この点は世界的規模でもみとめられるようである。

II ベントスの食物としての大型藻類

直接大型藻類を食うベントスは比較的少ない。Browsing animal として大きな影響力をもつのは軟体動物の原始腹足類とアメフラシ類、棘皮動物のウニ類である。甲殻類でも端脚目の Ampithoe, Hyale, 等脚目の Idotea, Cynodoce などは直接藻類を食ひ、雑食性のカニ類にも植物を食う場合も知られているが、大きな影響力はないようである。貝類やウニでは有用種が多い関係もあり、食性、摂食速度なども調べられている。

猪野はアワビ、サザエについて研究したが、アワビはアラメをもっとも好み、アワビ一貫匏の増量にはアラメが15.2倍の重量必要である (増肉係数15.2) と報じている。殻径3~4寸、平均体重131.25gのアワビが1年間に100g程度増重する場合1個体が1年間に消費するアラメ量は冷水期の活動低下を考慮に入れて0.8~1.6kgとなるといふ。貝類の grazing が海藻群落におよぼす影響を調べたものに Southward (1964) の笠貝の除去実験がある。1946~47年に英国 Port Erin 臨海実験所前の潮間帯に幅10mの実験区を設け、低潮線から高潮線までの間のすべての笠貝を除去し、それ以後も侵入を防いだ。現場は石灰岩の一枚岩で藻類はごくまばらなところであったが、除去後まもなく硅藻と小型緑藻が生えはじめ、翌年春には厚い Porphyra, Enteromorpha, Ulva の群落が生じた。遷移はさらに進んで三年目の春には Fucus spiralis, F. vesicularis, F. serratus の三種の大型褐藻が生じるに至ったが、周囲の非実験区には変化がなかった。同様の実験を再度くり返したが結果は同じだった。Fucus の被度が100%になった春侵入した若い笠貝をそのまま放置したところ非実験区よりもずっと高密度となり、食害により海藻は次第に減って除去後5~7年で除去以前と同じ景観に戻った。同様の現象をずっと小規模の観察によって得たものに Castenholz (1961) の研究がある。潮間帯のタマキビと笠貝による付着硅藻への grazing をみるため、岩に穴をうがって小さい人工タイドプールを作り殺菌後各種密度

の貝を入れて金網でおおった。対照区では、2週間で厚さ5mmの硅藻マットができたが、タマキビの全量（体の大小を反映させるため排水体積で表現）が $0.2 \text{ cc}/d \text{ m}^2$ （約3箇/ $d \text{ m}^2$ ）以上であると2週間以上たっても硅藻マットができなかった。これより動物量が少ないと硅藻マットの成長を抑制できない。既存の硅藻マットを除去するにはもっと高密度で長期間を要した。同じ実験を笠貝 *Aemaea digitalis* でやると硅藻を生じさせないための密度は $0.8 \text{ cc}/d \text{ m}^2$ であった。藻類のない場所における正常な笠貝の密度はこの臨界値とほぼ等しいか、それ以上になっており、硅藻の繁茂が貝によりコントロールされていることを暗示している。

ウニ類についての研究も多く、わが国では Fuji (1962) はエゾバフンウニの摂食量を研究している。それによると成体では7~10月に摂食量が低下するが若い個体では低下しないことから生殖サイクルと関係あるものとみられている。摂食量は海藻の種によってもちがい、直径5cmの成体ウニはマコンブを3g/個体/日、体重比にして6%食べるが、アオサだと1/6しか食べないという。富士は1年の8ヶ月を体重比6%、残りの4ヶ月はその1/2と仮定すると、1個体の成体ウニの摂食量は780g/年になるという数字をあげている。川村（北水試）はエゾバフンウニ、キタムラサキウニに関する一連の研究の中でその食性を調べ、コンブ、ワカメ類が主食物であることを報じている。英国の Forster (1959) は潜水観察で *Echinus esculentus* を海底でみかける場合各個体のまわりに $1/4 \sim 1/2 \text{ m}^2$ の食痕があることに気付き、野外観察と水槽内での grazing test から、少なく見積っても摂食速度が $2 \text{ cm}^2/h$ になることをたしかめた。温水期4ヶ月の摂食速度を $2 \text{ cm}^2/h$ 、冷水期8ヶ月は $1 \text{ cm}^2/h$ と仮定するとウニ1個体が1年に底表藻類を除去する面積は 1.2 m^2 となり、Plymouth 地先のこのウニの生息密度から計算すると、生息地の全面積の1/3は少くとも1回の食害を受けることになるという。もちろん藻類は食われてもすぐ再生するがこの他にその他の棘皮動物、貝類、魚類などの食害もある。同じく英国の Kitching and Ebling

(1961) は *Paracentrotus lividus* の海藻群落への影響力について野外実験をおこなった。Lough Ine の転石海岸で 290 m^2 を金網で囲み中にいたウニ1957個体を除去したところ、除去当日の7月7日には algal cover は1%以下であったのが7月23日 10%、8月10日25%、9月3日50%となり、1年後には完全に *Centrosomella* その他の海藻でおおわれてしまい藻類に付着する小動物もふえたが、非実験区には全く変化がなかった。また天然に海藻の生えたところへウニをかためておとすと、ウニの集団が輪状に散開したあと中央に裸地ができる。次に金網かごをほとんど海藻のみえない転石地に設置したところウニを入れないものではわずか2ヶ月で藻類被度が100%に達し、一方ウニを入れた実験区ではその密度によってさまざまな被度を示した

(第2表)。

第2表 金網かご ($64 \times 43 \times 32 \text{ cm}$) による囲い込み2ヶ月後の海藻被度とウニ *paracentrotus lividus* の密度の関係

(Kitching and Ebling 1961より作表)

かご内のウニ個体数	0	1	3	6
ウニ密度 (N/m^2)	0	3.63	10.91	21.8
海藻被度 %	100	33-50	30	0

結論としてウニの高密度区が藻類に乏しく、一見矛盾した外観を呈するのはウニの食害によって藻類の生育が抑制されているためで、ウニのいない藻類のよく繁茂する場所は何かの原因でウニの生活に不利なのか、ウニの侵入を妨げる要因が

あるからだと論じている。米国では giant kelp Macrocystis pyrifera の群落が strongylocentrotus franciscanus によって大規模に食害され、産業的に問題にされるほどであることが、North (1964) などによって報告されており、従来ウニの捕食者であったカワウソを人間が捕獲したためウニの害がいちじるしくなったということが論じられている。Paine and Vadas (1969b) は米国ワシントン州沿岸で strongylocentrotus 属の数種のウニの除去実験とかこい込み実験をおこない、この場合もウニの grazing によって海藻群落の組成、量が規制されており、ウニを除去するとそれまでみられなかった Laminaria 属の丈の高い褐藻が優占するようになることを示した。同じ著者達 (Paine and Vadas 1969a) はまた数多くの海藻のカロリー含量を研究し、食物の栄養価のちがいが動物の食物選好に意味をもつかどうかを検討した。分類群間の比較では緑藻、紅藻、褐藻の順となり、寿命との関係では多年生のものがもっとも栄養価が低いのにアワビやウニ類の主要食物は多年生褐藻であることから、これらの動物の食物選好には食物の栄養価よりも適当な大きさと生育形、容易にいつでも手に入るかどうかといった利用可能性が重要であるとのべている。

III 大型藻類の分解過程による餌料価値

古くデンマークの Petersen (1918) はデンマークの内湾においてはアマモが生産の主要部分を占めていることを強調し、アマモに由来するデトライタスが全生物生産を支えていると主張した。その後 Steeman Nielsen (1937~1940) はデンマークの浅海でも植物プランクトンが生産者として卓越しており、Petersen の時代には現存量と生産のちがいが明らかでなかったためだと述べている。Wernstedt (1943) は泥底のベントスの代表として deposit feeder である Macoma baltica と filter feeder である Cardium edule をとりあげ、培養した硅藻 Nitzschia と緑藻 Chlorella、天然の底表泥のうち底生硅藻を多く含むものと少ないものを餌としてそれぞれ飼育し成長を調べた。その結果、硅藻は貴重な食物要素で、無差別底食者として知られる動物も培養硅藻だけで育つが、硅藻の乏しいデトライタスだけではほとんど成長しなかったという。しかし硅藻を含めデトライタスの設定にも問題があり、デトライタスの意義の否定というよりは底生硅藻の意義を強調したものであろう。底生硅藻の一次生産について研究した Groenieveld (1960, 1962) は 10 m 以浅では底生硅藻の生産が植物プランクトンのそれより大きいと述べている。

Petersen の研究に直接連なるものとしては、わが国の Imai et al. (1950) の研究がある。水中頭花植物アマモは 3. 4 月に伸び始め、5. 6 月に開花結実して現存量も最大となるが、夏季には新芽を残して大部分枯死流失してしまう。Imai 等はアマモが密生し外海からも陸水からも余り影響を受けない万石浦という小さな内湾において、アマモの消長が海水中の諸成分の季節変化を起し生態系全体に影響する状態を記述した。海水中の溶存酸素量は藻の伸長と共にさかんな同化作用によって増大し繁茂期に極大となるが、アマモの枯死分解期に極小となり秋冬にはほぼ平衡状態になる。pH は酸素と平行した変化を示すが、栄養塩類は逆に枯死分解期に枯葉から溶出して最高になる。アマモの分解期と期を一にして無色鞭毛虫 Monas sp. の大增殖がおこるが、アマモの分解過程でバクテリアが増殖し、それが鞭毛虫の食物となってその増殖を促がしたものと推定されている。鞭毛虫はこの時期に発生盛期をむかえるマガキの幼生その他の底生動物の成・幼体の好餌料として湾内の生物生産に重要であり、このような連鎖を通じてアマモの物質生産が湾全体の生物生産

を支えていることが明らかにされた。

一方水圏生態系の *energy flow* に関してデトライタスの重要性に関する認識はますます深まって来た。Odum 等 (E・P・Odum 1962, 1963, Odum and de la Cruz 1963, Teal 1962) はエネルギー流通の経路を *grazing food chain* と *detritus food chain* の二つにわけ、大型植物のエネルギーは多くの場合直接食害されて動物に伝えられることは少なく、その大部分はデトライタスを経由して動物に利用されることを強調している。より一般的には、MacFadyen (1964) も生物界のエネルギー収支を論じた中でデトライタス経路の重要性を論じている。

そのデトライタスの起原であるが、海洋のデトライタスに関しては従来考えられたような動植物遺体の分解過程における有機粒子のほかには溶解有機物が物理的作用によって粒状化してくるものが非常に重要であることがあきらかになって来た。(多数の研究があるが最近西島 (1966, 1969) のすぐれた綜説がある)。また大型生物起原のデトライタス自体が死物であるというより生きたバクテリアの集合体となっており、時間経過と共に質的に変化して行くことがあきらかになって来た。海産の大型藻類、海藻についての研究はほとんどないが、汽水域、塩性沼沢地の大型植物については近年貴重な資料が得られつつある。

Darnell (1958, 1961) はミシシッピ河口に近い汽水湖の研究において、魚類、大型甲殻類のすべてが、通常高次栄養段階に区分されるものも含めてみな食物のかなりの部分をいわゆるデトライタスに依存していることをたしかめ、生物群集は何段階かの栄養段階に割り切れるものではなく漸次的に移行する食物スペクトラムによって示されるような状態であると述べた。Darnell

(1964, 1967) は水圏生態系におけるデトライタスの栄養的意義について力説しているが、その起原として、植物プランクトン、沈水植物群落、底泥上の硅藻、藍藻、付着藻類などの自生的なものと、沿岸の沼沢地や湿地林の植物群落、河川流下物、陸上よりの流入物のような他生的なものをあげ、各要素の相対的重要性は個々の水域によってことなると述べている。米国ジョージア大学の E・P・Odum 等は、ジョージア沿岸の塩性沼沢地に広大な群落を作る挺水植物 *Spartina alterniflora* の分解過程と栄養物質組成の変化、セストン中のデトライタスとプランクトンの量比、デトライタス中 *Spartina* 起原と思われるものの量比を研究した (Burkholder, 1956, Burkholder and Borneside, 1957, E・P・Odum and de la Cruz 1967)。沼沢地の間を流れるクリークの一定量の水を Na 6 (網目 0.239mm) と Na 25 (0.064mm) のプランクトンネットで濾し、さらに濾過液をミリポアフィルターで濾して、それぞれに残る粒状有機物をそれぞれ粗デトライタス、細デトライタス、ナノデトライタスと名付けた。ネット残留物について顕微鏡下で計数したところデトライタス：植物プランクトン：動物プランクトンの数比は満潮時の平均値で 89.9 : 8.5 : 1.6, 干潮時の平均値では 97.7 : 1.7 : 0.6 であった。さらに顕微鏡下の形態判定によると夏季におけるネットデトライタスの 90~97.7% は *Spartina* 起原で大型藻類起原のものは、2.0~7.6% であった。こうしてデトライタス現存量の定量と干満に伴うその移動速度、流量の測定を通じて、1つのクリークに集水される、10~25 ha からのデトライタスの1干満サイクルにおける流出量を計算している。分解速度についてはナイロンネットのリッターバッグを設置し野外での分解速度を調べたほか、室内で底泥や川水を加えてフラスコ内で 30°C に保ち分解速度を調べ

ている (第1図)。野外での分解速度は場合によりかなりことなるようで、リッターバッグ内の残

第1図 4種の沿生沼沢地植物とシオマネキの1種(カニ)の野外での分解速度。分解度は各種の死体の当初重量に対する残存物重量百分率(乾重)で表示してある。

(Odum and de la Cruz 1967)

第2図 塩生沼沢植物spartinaの分解の時間経過にもともなう栄養物組成の変化。時がたつと粒子がこまかくなるにつれて炭水化物がへりたん白質が増加する。同一ストックよりの資料である。

(Odum and de la Cruz 1967)

留物の実験開始時に対する重量百分率は *Spartina* の場合300日後で Burkholder and Bornside (1957) の場合15%前後であるが Odum and de la Cruz (1967) の場合は40%である。分解過程における栄養物質組成の変化を示した図を第2図に引用する。枯死した植物体が破片化した段階までは N-free extract が50%を越えているが、さらにこまかいデトライタス粒子になるにしたがってたん白質の含有率が急増していることがあきらかである。また三段階の粗さのデトライタス懸濁液について暗黒条件下でいくつかの温度条件下での酸素消費量を調べたところ、粒子が小さいほどBODが大きく、殊にナノデトライタスでは20°C以上の条件ではBODが急増した。このことから微細なデトライタスが栄養的に

すぐれているのは生きた微生物が多量に存在することによるためと判断された。英国の Newell (1965) は干潟上の deposit feeder である小巻貝 *Hydrobia ulvae* の食物について検討し、この貝の糞からは有機窒素は除去されているが、セルローズのような炭水化物は多量に含まれている。ところがこの糞が海水中にあると付着したバクテリアの作用で水中の窒素化合物を用いてバクテリアたん白が合成され、ふたたび餌料価値をもつようになる。このサイクルをくりかえすことによって炭水化物も次第に消費されていくとのべている。こうなるとデトライタスの食物価値を論ずるにしても分解段階で動物の利用可能物質質量がことなり加熱滅菌した場合としない場合では食物価値は大きくことなってくることになる。

話を戻すと海産の大型藻類、海藻の分解過程や大型植物起源デトライタスの海洋食物連鎖における相対的重要性の程度についてはほとんどわかっていないといっても過言でない。海の場合枯死植物の破砕に対する波の力や流失、堆積などにはた

らく水の運動が汽水湖やクリークの場合よりはるかに複雑かつ大規模であり、何より環境の開放性
が大きいため、植物の生育場所と分解消費の生ずる場所との位置のずれを知ること自体が難問とな
る。

文

献

- Burkholder, P. R. 1956. Studies on the nutritive value of *Spartina* grass growing in the marsh areas of coastal Georgia. Bull. Torrey Botan. Club, 83 (4), 327-334.
- Burkholder, P. R. and G. H. Bornside, 1957. Decomposition of marsh grass by aerobic marine bacteria. Bull. Torrey Botan. Club, 84 (5), 366-383.
- Castenholz, R.W. 1961. The effect of grazing on marine littoral diatom populations. Ecology, 42: 783-794.
- Dahl, E. 1948. On the smaller Arthropoda of marine algae, especially in the polyhaline waters off the Swedish west coast. Undersökningar öfver Oresund, XXXV, 1-193.
- Darnell, R. M. Food habits of fishes and larger invertebrates of Lake Pontchartrain, an estuarine community. Publ. Inst. Marine Sci. Univ. Texas, 5: 353-416.
- Darnell, R. M. 1961. Trophic spectrum of an estuarine community, based on studies of Lake Pontchartrain, Louisiana. Ecology, 42 (3), 553-568.
- Darnell, R. M. 1964. Organic detritus in relation to secondary production in aquanac community. Verh. Intern. Ver. Limnol., 15: 462-470.
- Darnell, R. M. 1967a. The organic detritus problem. in "Estuaries" (edited by G. H. Lauff), 374-375.
- Darnell, R. M. 1967b. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. Ibid., 376-382.
- Fuji, A. 1962. Studies on the biology of the sea urchin, V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. Jap. J. Ecol., 12 (5), 181-186.
- Forster, G. R. 1959. The ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative distribution and rate of feeding. J. mar. biol. Assoc. U. K., 38: 361-367.

布施慎一郎、1962、ガラモ場における動物群集、生理生態、11(1)、23-45。

Groenteved, J. 1960. On the productivity of microbenthos and

- phytoplankton in some Danish fjords. Meddel. Danmarks Fiskeri- og Havund. N. S. 3 (3), 55-92.
- Groenteved, J. 1962. Preliminary report on the productivity of microbenthos and phytoplankton in the Danish Wadden Sea. Ibid., N. S. 3 (12), 347-378.
- Imai, T., M. Hatanaka, R. Sato and S. Sakai, 1950. Ecology of Mangoku-Ura Inlet with special reference to the seed-oyster production. Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ., 1: 137-151.

- 猪野 峻、1943. アワビの摂餌と成長。日水誌、11:171-174
- Ino, T. 1949. Effect of food on growth and coloration in the top shell (*Turbo cornutus*). J. Mar. Res. 8: 1-5.
- 猪野 峻、1953. あわび (邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究)。東海書房、東京、1-108.
- 川村一宏、1964. 礼文島船舶のエゾマツウエの生態について。北水試研究報告、2:39-59.
- Kikuchi, T. 1966. An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1 (1), 1-106.
- 菊池泰二、1967. アマモ帯の底生動物と葉上性動物について。日本生態学会第14回大会 (松山) 講演要旨、P. 117
- Kita, T. and E. Harada. 1962. Studies on the epiphytic communities. I. The abundance and distribution of microalgae and small animals on the *Zostera* blades. Publ. Seto Mar. Lab., 10: 245-257.
- Kitching, J. A. and F. J. Ebling, 1961. The ecology of Lough Ine. XI. The control of algae by *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). J. Anim. Ecol., 30: 373-383.
- Ledoyer, M. 1962. Étude de la faune vagile des herbiers superficiels de Zosteracees et de quelques biotopes d'algues littorales. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, Bull. 25, Fasc. 39, 117-235.
- Ledoyer, M. 1964. La faune vagile de herbiers de *Zostera marina* et de quelques biotopes d'algues infralittorales dans la zone intertidale en Manche et comparaison avec de milieux méditerranéen identiques. Ibid., Bull. 34, Fasc. 50, 227-240.
- Ledoyer, M. 1968. Écologie de la faune vagile des biotopes méditerranéens accessibles en scaphandre autonome. (iv). Synthèse de l'étude écologique. Bull. 44, Fasc. 60, 125-296.

- Leighton, D. I. 1966. Studies of food preference in algivorous invertebrates of Southern California kelp beds. *Pacific Science*, vol. XX, 104-113.
- MacFadyen, A. 1964. Energy flow in ecosystems and its exploitation by grazing. in "Grazing in terrestrial and marine environments" (edited by D. J. Crisp), Oxford, 3-20.

向井 宏, 1968. ガラモ葉上の動物群集とその季節変動. 日本生態学会第15回大会
(上田)講演集, 123-124.

- Nagle, J. S. 1968. Distribution of the epibiota of macroepibenthic plants. *Contr. Marine Sci. Univ. Texas*, 13:105-144.
- Newell, R. C. 1965. The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch Hydrobia ulvae and the bivalve Macoma balthica. *Proc. zool. Lond.* 141: 25-45.

西島 敏, 1966. 海中懸濁物: デトリタスから共棲小宇宙まで (綜説). 日本プランクトン研究連絡会報, 113, 1-33.

西島 敏, 1969. 海中懸濁物: 仮説の再評価. 日本プランクトン学会報, 16 (1), 1-43.

- North, W. J. 1965. Urchin predation. Kelp Habitat Improvement Project, Annual Report 1964/1965. W.M Keck Laboratory Calif., 57-61.
- Odum, E. P. 1962. Relationship between structure and function in the ecosystem. *Jap. J. Ecol.*, 12: 108-118.
- Odum, E. P. 1963. Primary and secondary energy flow in relation to ecosystem structure. *Proc. XVI Intern. Congr. Zool.* 4: 336-338.
- Odum, E. P. and A. A. de la Cruz, 1963. Detritus as a major component of ecosystems. *AIBS Bull.*, 13:39-40.
- Odum, E. P. and A. A. de la Cruz, 1967. Particulate Organic detritus in a Georgia salt marsh - estuarine ecosystem. In "Estuaries" (edited by G. H. Lauff), 383-388.
- Paine, R. T. and R. L. Vadas, 1969a. Calorific Values of benthic marine algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Marine Biology*, 4 (2), 79-86.
- Paine, R. T. and R. L. Vadas, 1969b. The effects of grazing by sea urchins, Strongylocentrotus spp., on benthic algal populations. *Limnol. and Oceanogr.*, 14 (5), 710-719.

- Petersen, C. G. S. 1918. Valuation of the sea. The sea bottom and its production of fish food. Rep. Danish Biol. Stat., 25: 1-62.
- Smidt, E. L. B., 1951. Animal production in the Danish Wadden Sea. Meddel. Comm. Denmark's Fiskeri- og Havunders., Ser. Fiskeri, 11: 1-151.
- Southward, A. J. 1964. Limpet grazing and the control of vegetation on rocky shores. In "Grazing in Terrestrial and Marine Environment" (edited by D. J. Crisp), Oxford, 265-273.
- Teal, J. M. 1962. Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. Ecology, 43: 614-624.