

博 士 論 文

相模湾の動物プランクトンによる二次・三次生産および大型カイアシ類
Eucalanus californicus の季節的鉛直移動による炭素輸送からみた
生態系サービスと動物プランクトンの多様性との関係について

The relationship between species diversity of zooplankton and ecosystem
services: an examination of secondary and tertiary production of zooplankton and
carbon transport of the large copepod *Eucalanus californicus* in Sagami Bay

国立大学法人 横浜国立大学大学院

環境情報学府

佐々木 由佳

SASAKI, yuka

2016年3月

目 次

要約	3
第1章 序論	6
1.1 研究の背景	6
1.2 研究の目的	12
1.3 研究の内容と論文の構成.....	13
第2章 相模湾の食料供給サービスと気候調整サービスの評価.....	16
2.1 はじめに	16
2.2 材料と方法	21
2.3 結果	24
2.4 考察	26
第3章 相模湾の動物プランクトンの種多様性と二次・三次生産.....	28
3.1 はじめに	28
3.2 材料と方法	30
3.3 結果	42
3.4 考察	70
第4章 <i>Eucalanus californicus</i> の季節的鉛直移動による炭素輸送.....	76
4.1 はじめに	76
4.2 材料と方法	78
4.3 結果	81
4.4 考察	84

第5章 総合考察	88
5.1 種多様性と生産速度の関係.....	88
5.2 種多様性と転換効率の関係.....	92
5.3 種多様性と食料供給サービスの関係.....	94
5.4 種多様性と気候調整サービスの関係.....	95
5.5 本研究の成果	96
5.6 今後の課題	97
謝辞	99
引用文献	101
付録	117

要約

生態系サービスとは、人類が自然界から享受している「自然の恵み」のことであり、2005年の国連主導の「ミレニアム生態系評価」以降、世界的に注目されることとなった生態系の新しい評価手法である。主に陸上生態系について、生態系サービスの基礎となる種多様性が生産性や安定性といった生態系機能に与える影響が研究されてきたが、海洋生態系については知見が乏しく、共通の見解も確立されていない。本研究では、海洋の生態系サービスの中でも食料供給サービスと気候調整サービスに着目し、相模湾を対象に、動物プランクトンの種多様性と生産との関係およびカタクチイワシへの転換効率を算出し、大型の動物プランクトン *Eucalanus californicus* による炭素輸送量と気候調整サービスに関わる海洋の CO₂ 吸収量との比較を行うことで、海洋の生態系サービスと種多様性との関係を論じた。

第1章では、生態系サービスの成り立ちを整理し、海洋の種多様性と生態系サービスについて先行研究を総括し、動物プランクトンに関して補完すべき情報を抽出し本研究の目的を論じた。これまで日本近海においては動物プランクトンの生産あるいは種の多様性のどちらかの研究が多く、両者の関係を結び付けて解析した先行研究はない。そこで、二次・三次生産に分けて種多様性との関係を新たに解析することとした。近年、高緯度海域に生息する大型動物プランクトンの季節的な鉛直移動による炭素輸送量の重要性が報告されており、中緯度海域では、同様の生活史を持つ近縁種の *E. californicus* が分布しているが、これまでその炭素輸送量は算出されていない。そこで、*E. californicus* による炭素輸送量を算出し、気候調整サービスへの貢献がどの程度であることを明らかにすることとした。

第2章では、相模湾の代表的な動物プランクトン食の魚であるカタクチイワシの漁獲量を用いた食料供給サービスと、CO₂ 吸収量をもとに気候調整サービスを評価した。日本の海洋の食料供給サービス評価は、水産対象種の現存量を市場価格に換算した例が多いが、カタ

クチイワシのような回遊魚の成育場としての機能も評価するため、本研究では、相模湾から移出したカタクチイワシの成長・生残も含めて市場価値（生産額）を用いて評価した。その結果、相模湾で生まれたカタクチイワシの全国での漁獲量は3億400万円～5億3,600万円と推定され相模湾内での漁獲量を上回り、成育場としての価値も含めて評価できた。気候調整サービスについては、過去に算出した先行研究がないため、太平洋全体の1km²あたりの炭素吸収量を相模湾面積にあてはめ、CO₂の排出権の市場取引価格に換算して、年間の炭素輸送の価値を評価した。その結果、相模湾の二酸化炭素吸収量は年間2億3,200万円～3億4,800万円と算出された。

第3章では、相模湾の動物プランクトンの種多様性と生産速度の季節変動から両者の関係を明らかにするとともに、カタクチイワシへの二次生産からの転換効率を求めて、食料供給への影響を検討した。種の多様性と生産速度の関係は二次生産では有意な相関が認められなかったが、三次生産では種数の増加に対して生産速度と転換効率も増加する有意な相関が認められた。二次生産では種の多様性と関係なく生産速度の速い大型種や個体数の卓越する種の出現により生産速度が上がり、三次生産では種の増加により餌ニッチが増えて餌が有効利用され生産速度が上昇したと推察された。カタクチイワシへの二次生産の転換効率は1%未満と低かったが日本近海のカタクチイワシの資源変動は10倍強の変動幅があることから、爆発的な増加をまかなえるほどの二次生産があることが明らかとなった。

第4章では、大型のCopepoda（カイアシ類）の*E. californicus*による中・深層への炭素移送量を計算し、相模湾の炭素吸収量と比較して本種の気候調整サービスへの貢献度を明らかにした。本種の中・深層への炭素輸送量は相模湾のCO₂の吸収量の0.07～0.08%にすぎなかったが、本種が太平洋の両岸に広範囲に分布すること、個体数密度の年変動が激しいこと、調査水深よりも深層や沖合にも拡散することも考慮すると、炭素輸送量は算出値よりも大

大きく、しかも年変動があることが推察され、個々の種の個体数変動が気候調整サービスにも影響することが示された。

第5章では、相模湾と他海域との比較から、本研究全体の意義を論議した。相模湾で確認された二次・三次生産と種の多様性との関係が他海域にもあてはまることが示され、二次生産者は多種が共存する中でも生産速度の高い種に偏ることで生産性をあげる一方で、三次生産では種の増加とともに生産速度や転換効率が上昇しており、高次の魚類生産へも種の多様性が影響していることを示すものと考えられた。*E. californicus* の単位面積あたりの炭素輸送量は高緯度海域の大型種にはおよばなかったものの、その炭素隔離期間と太平洋両岸の広大な分布範囲を考慮すると、気候調整サービスへの貢献は大きいものと思われた。中緯度海域には本種以外にも鉛直移動で炭素を輸送する種が多種存在しており、多種の炭素輸送の積算が全体の輸送量を決定していること、また、本種のように個体数の年変動が激しい種は、気候調整サービスを変動させることが推察された。また、気候変動により各種の分布に変化が生じると気候調整サービスも変化することが予想されることから、こうした動物プランクトンの変動の重要性が示された。

本論文は、日本近海で海洋動物プランクトンの種多様性とその二次・三次生産それぞれについて関係の解析を試みた初の研究であり、その結果、二次・三次生産で種多様性と生産との関係性が異なっていることを初めて示した研究である。また、中緯度海域において *E. californicus* の動物プランクトンの季節的鉛直移動による炭素輸送量を初めて算出した研究でもある。これにより、これまで知見の乏しかった海洋生態系の種の多様性と生態系サービス・生態系機能の関係について、動物プランクトン群集を構成する個々の種の生活史や個体数の変動が種の多様性や種の組成が変化することで生態系サービスに影響していることを示すことができた。

第1章 序論

1.1 研究の背景

1.1.1 生物多様性の新しい評価手法 — 生態系サービス

環境保全は、絶滅危惧種など個々の種の保護などを目的として始まったが、近年では、単種の保護にとどまらず、生態系を重視した生物多様性の保全へと目的が広がっている。これまで、生物多様性については、陸域の研究を中心に、生態系モデルや多様度指数等などの手法を使って評価が試みられてきた。しかし、生物多様性の保全のためには、多様性の役割やその効果についての評価も必要となるが、生物多様性の研究はまだまだ発展途上にあるため、その評価手法も確固たるものが確立されていなかった。そのような状況の中で、1990年代に直接・間接的に経済価値に換算して評価する生態系サービスという新しい評価方法が提案され、生物多様性の恩恵を人類へのサービス価値という形で評価できることが示された (Costanza *et al.*, 1997)。その後、ミレニアム生態系評価が公表され、地球上の様々なタイプの生態系についてその価値が評価されたが (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)、新しい評価手法であるがゆえ、未評価部分があり、海洋に関してもその補完の必要性が問われている (小路, 2011)。

1.1.2 近年の生物多様性と生態系機能の研究の動向、特に海洋生態系について

生態系サービスの基礎となる種の多様性について、これまでは自然の群集の中で多様性がどのように決まってくるのか、類似種がどのように共存しているのかといった多様性の成立要因を解明することが主な研究目的であったが、現在は、多様性が生態系機能に与える

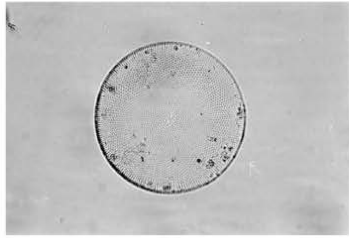
影響についての研究に注目が集まっている (Ptacnik *et al.*, 2010). 生態系機能とは、「各々の生態系によって特徴づけられる生元素 (C, N, P, Si など) を介した多様な生物的・物理化学的プロセスと、それらのプロセスに付随して生じる様々な作用」と定義される (Naeem *et al.*, 1999, 和訳は堀 (2011) に準じる). そして、生態系機能は人間への生態系サービスを生み出すものであり、生態系機能とそのサービスは、生物多様性によって制御されているものである. 主に陸上生態系に対する研究の中で、生物多様性が高いと生産量や安定性などの生態系機能が高まること (宮下ほか, 2012) や炭素循環が種や機能の多様性に影響されるといった報告がなされている. 生物多様性が減少すると、物質循環を基盤とする生態系を健全に維持する調整機能が低下し (生態系機能の低下), 人間生存の基盤である環境劣化 (生態系サービスの低下) をもたらす原因ともなるのである (鈴木, 2006, カッコ内は筆者が加筆).

海洋に目を向けてみると、海洋生態系は、おおまかに植物プランクトン、動物プランクトン、魚類、海産哺乳類などの生物で構成される. その中で動植物プランクトンは多様な種が共存し (図 1.1), 水中を浮遊しながら海洋の食物網の低次栄養段階を構築して、人間への食料供給に直結する高次栄養段階を支えている. 特に動物プランクトンの中でも、節足動物のエビ・カニの仲間である Copepoda (カイアシ類) は、全海域に広く分布し、個体数・生物量・種類数において最優占する重要な動物群である.

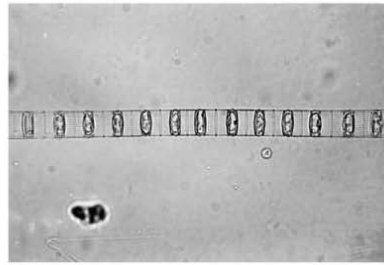
海洋においても、種の多様性の劣化が魚類生産にかかわる生態系サービスに影響することが指摘されている (Worm *et al.*, 2006). しかし、陸上と比較して、海洋の種の多様性と生態系機能に関する知見はまだ乏しく (仲岡ほか, 2007), 共通の見解が確立されていない (Duffy *et al.*, 2012). さらに、日本の海洋プランクトン研究では、種がないがしろにされ非優占種は軽んじられ、これまでの研究には種多様性といった観点が希薄であったとの指摘もある (津田, 1995).

一次生産者

植物プランクトン



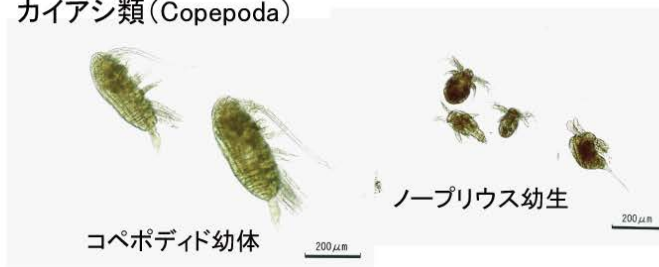
*



*

二次生産者

カイアシ類 (Copepoda)



コペポデイド幼体

200 μm

ノープリウス幼生

200 μm



Eucalanus californicus

ミジンコ類 (Cadocera)



*

オキアミ類 (Euphausiacea)

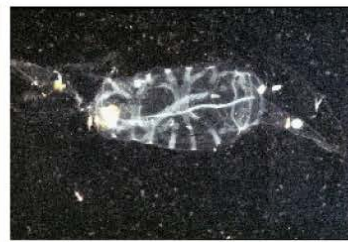


*

被囊類 (Tunicata)



ウミタル類 (Doliolidae) *



サルパ類 (Salpidae) *



オタマボヤ類 (*Oikopleura*) *

三次生産者



*

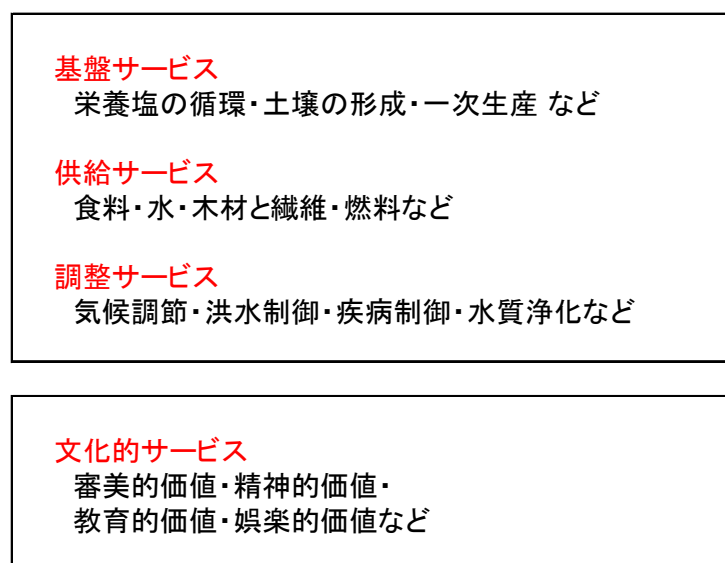
ヤムシ類 (Chaetognatha)

*の写真は伊東宏博士提供

図 1.1 代表的な海洋プランクトン

1.1.3 海洋の食料供給サービスと動物プランクトンのかかわり

海洋の生態系サービスは、基盤サービス・供給サービス・調整サービス・文化的サービスの4分野に大きく分かれるが(図 1.2)、プランクトンの関わる分野として、第1に、食料供給サービスがあげられる。魚類につながる海洋の食物連鎖の中で、光合成による植物プラン



Millennium Ecosystem Assessment (2005)より作成

図 1.2 生態系サービスの分類

クトンの一次生産をもとに、植物プランクトンを食べる植食動物プランクトンが二次生産を担い、その植食動物プランクトンを食べる肉食動物プランクトンが三次生産を担い、これを食べる大型捕食者の魚類への基礎生産を直接積み上げていく重要な役割を果たしている(Mackas *et al.*, 2012, 図 1.3)。しかし、動物プランクトンによる二次生産・三次生産が魚類生産にどの程度貢献しているのかを評価した研究は意外に少ない(e.g. 浅見, 1988; 小達, 1988)。稚仔魚の育成に欠かせない餌の動物プランクトンが、その後の魚類の資源の育成にどの程度貢献しているのか、生産からみたプランクトンと魚類の関係の解明が、将来的に地

球温暖化によって起こり得る低次生産の変化の影響を予測するうえでも重要である。日本では、瀬戸内海や親潮域においてプランクトンによる一次生産から三次生産までの各栄養段階の生産を算出した生態系ピラミッドの研究はあるが（e.g., Uye & Shimazu, 1997; 山口, 2011）、プランクトン生産と海洋の生態系サービス価値の関係についての評価にはいたっていない。

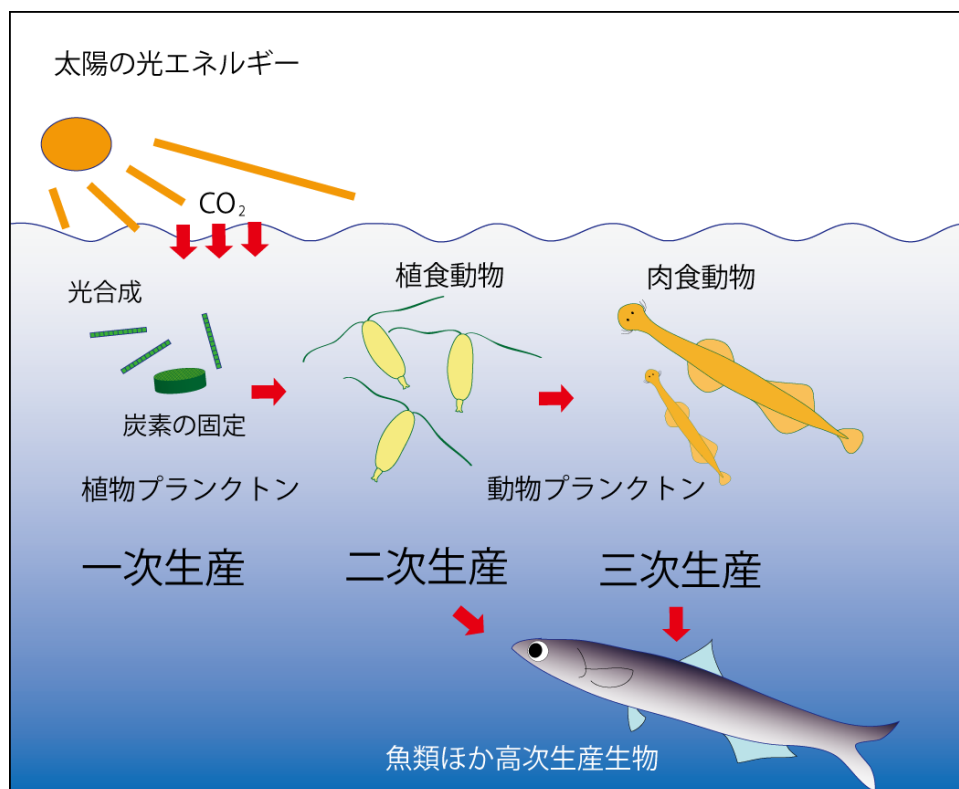


図 1.3 海洋の食物連鎖の模式図

一方、種の多様性と生産との関係の解明にあたっては、環境の生産・資源に対する利用者の種の多様性との関係と、種の多様性がもたらす生産との関係の二つのアプローチがあり、これまでは前者の研究が多く行われてきた（Hooper *et al.*, 2005）。一般的に、海洋生物の多様性は、緯度に沿って変化することが知られ、極域から赤道域の間では、高緯度から低緯度に進むにつれて種数が増す傾向がある（Angel, 1993; Hattori & Motoda, 1983）。種の

多様性が高い低緯度海域は、栄養塩が少ない貧栄養域でもあるため常に一次生産量が低く、一次生産から二次生産への転換効率も低いとされてきた。しかし、貧栄養域のほうが富栄養域よりも一次生産に対する二次生産の影響が大きいという報告も出てきており (Calbet, 2001 ; San Martin *et al.*, 2006), プランクトンの種多様性と生産について再検討が必要となってきた。

1.1.4 海洋の気候調整サービスと動物プランクトンのかかわり

動物プランクトンが関わる海洋の生態系サービスとして、第2に、温暖化を防止する気候調整サービスがある。海洋は、海表面から温室効果ガス CO_2 を吸収することで、大気中の CO_2 の量を調整している。この海洋の CO_2 の吸収は、植物プランクトンの光合成による CO_2 の取り込みに始まる。この植物プランクトンに同化された炭素が動物プランクトンに摂餌されることで上位栄養段階に取り込まれていく。やがて植物プランクトンが枯死し沈降、あるいは植食・雑食・肉食動物プランクトンの糞粒や死亡個体などが沈降し、マリンスノーとよばれるかたまりになって深層へと移動していくことにより、 CO_2 を起源とする炭素が海中に長期にわたりストックされていく。この生物を介した深層への炭素の取り込みと貯蔵は生物ポンプとよばれ (日高, 2006, 図 1.4), 炭酸塩の溶解にともなって大気から CO_2 を吸収するアルカリポンプとともに炭素の運搬を担っている。

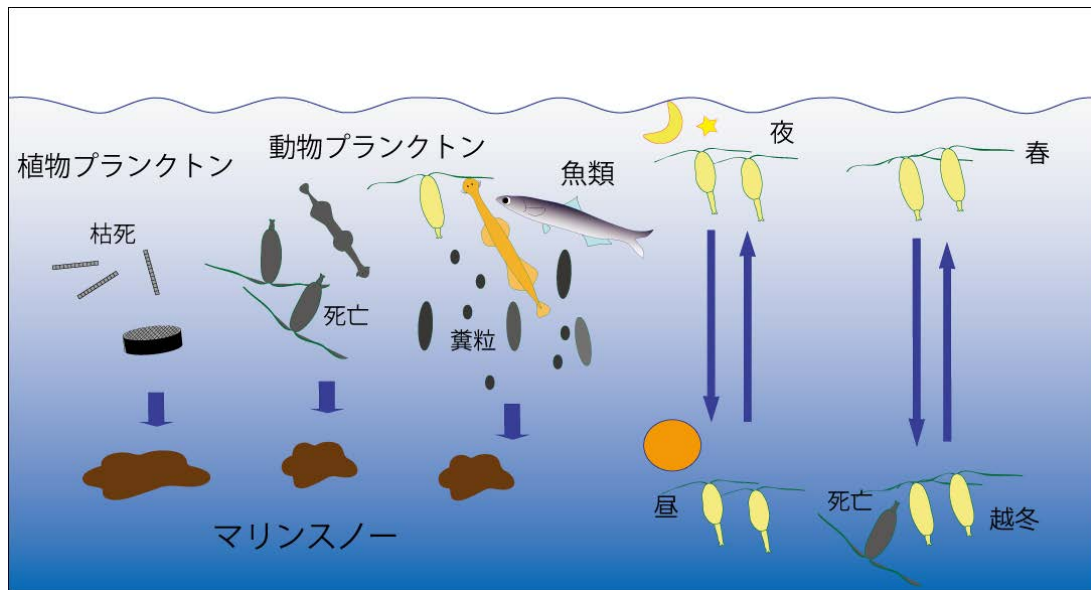


図 1.4 生物ポンプの模式図

この食物連鎖を核とした炭素の取り込みに加え、動物プランクトンの能動的な鉛直移動により炭素が深層へ運搬されるという仕組みもある。動物プランクトンの中には、表層から中深層へと季節的に移動して越冬する種があり、親潮域ではこのような生活史を持った大型 Copepoda (カイアシ類) による炭素の鉛直的な運搬が温室効果の軽減に貢献しているという報告がある (Kobari *et al.*, 2003 ; 斎藤, 2007)。こうした種々の動物プランクトンの生態にもとづいた炭素輸送による気候調整機能サービスの評価については、日本近海では、この親潮域の Copepoda (カイアシ類) の大型種に関して、北太平洋での年間の炭素輸送量と日本で排出された CO₂ 量の比較がなされた研究 (斎藤ほか, 2003-2007) があるのみである。

1.2 研究の目的

地球温暖化により生物多様性も将来的に変化する可能性がある中、前述のように日本近海における種の多様性と生態系機能あるいは、生態系サービスについての知見がいまだに

乏しい状況では、多様性の変化の影響を予測することも難しいため、この分野での研究は急務である。また、世界的に見ても、海洋の種多様性と生産の関係については統一見解が得られておらず、さらなる研究が必要である。

動物プランクトンは、二次・三次生産を担う重要な栄養段階にあり、動物プランクトンの種多様性とその生産の関係、そして動物プランクトンの生産と食料供給サービスとしての魚類生産との関係を明らかにすることで、種多様性と生態系サービスのかかわりを推察することができる。また、日本近海では、親潮域での研究にとどまっていた単種の動物プランクトンの鉛直移動による気候調整サービスについても、暖水域の同様の生活史をもつ大型種について研究することで、暖水種の気候調整サービスへの貢献を明らかにすることができる。

以上のことから、本研究では、動物プランクトンの種多様性が生態系サービスとどのようにかかわっているかについて、食料供給サービスと気候調整サービスの二つに分けて評価・検討することとした。具体的には、相模湾の動物プランクトンの種多様性と二次・三次生産との関係および単種の季節的移動による炭素輸送量を明らかにして、生態系サービスのうちの食料供給サービス・気候調整サービスと動物プランクトンの種多様性との関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

1.3 研究の内容と論文の構成

この論文は全5章から構成される(図1.5)。第1章では、生態系サービスの成り立ちを整理し、海洋の種多様性と生態系サービスについて先行研究を総括し、動物プランクトンに関して補完すべき情報を抽出し本研究の目的を論じた。動物プランクトンについて、二次・三次生産に分けて種多様性との関係を新たに解析することとした。さらに、中緯度海域に生息

する Copepoda (カイアシ類) *Eucalanus californicus* の生殖活動にともなう鉛直移動による炭素量を算出し、気候調整サービスへの貢献がどの程度であることを明らかにすることとした。

第 2 章では、相模湾の代表的な動物プランクトン食の魚であるカタクチイワシの漁獲量を用いた食料供給サービスと、CO₂ 吸収量をもとに気候調整サービスを評価した。食料供給サービスでは、相模湾から移出したカタクチイワシの成長・生残も含めて市場価値(生産額)を用いて評価した。気候調整サービスについては、相模湾では過去に算出した先行研究がないため、日本近海 1km² あたりの炭素吸収量を相模湾面積にあてはめ、CO₂ の排出権の市場取引価格に換算して、年間の炭素輸送の価値を評価した。

第 3 章では、相模湾の動物プランクトンの種多様性と生産速度の季節変動から両者の関係を明らかにするとともに、カタクチイワシへの二次生産からの転換効率を求めて、食料供給との関係を検討した。

第 4 章では、これまで炭素輸送の研究がなかった大型 Copepoda (カイアシ類) の *E. californicus* による中・深層への炭素移送量を計算し、相模湾の炭素吸収量と比較して本種の気候調整サービスへの貢献度を明らかにした。

第 5 章では、相模湾と他海域との比較から、本研究全体の意義を論議した。

本研究の対象海域である相模湾は、広く太平洋に面し、暖かく生物相の豊かな黒潮の影響を受け、漁獲物も安定的に年間 3 万トンの水揚げする豊かな外湾である (木幡, 2003)。特に日本近海を回遊するイワシ類などが産卵し稚仔魚の成育場となっており、沿岸に集まる仔魚はシラスとして重要な漁獲物となっている。また、相模湾には、親潮域で炭素輸送の一部を担う大型 Copepoda (カイアシ類) の *Eucalanus bingii* の近縁種である *Eucalanus californicus* も生息しており (下出ほか, 1998)、本研究の目的に適した海域となっていることから、相模湾を研究フィールドとして選択した。

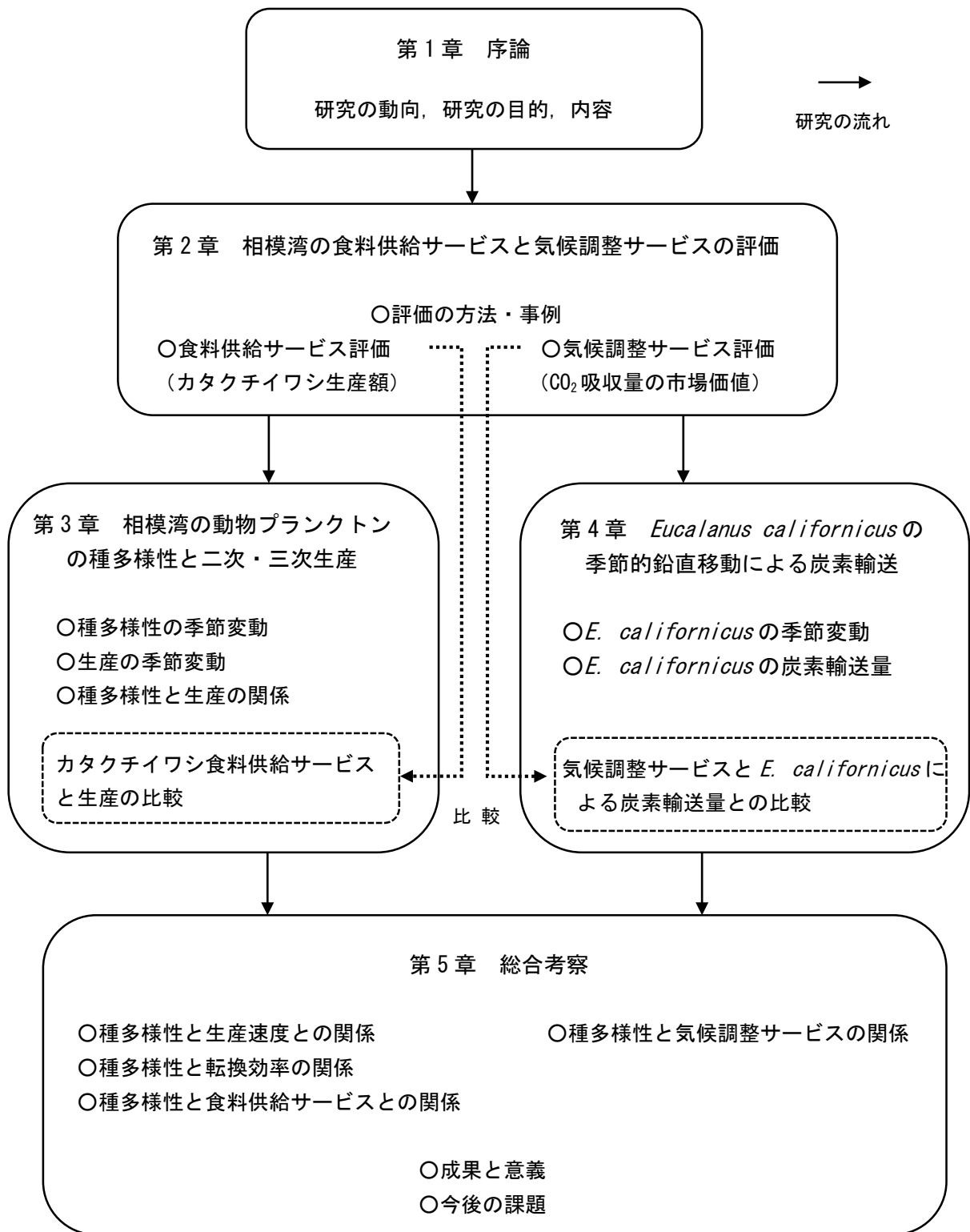


図 1.5 論文の構成

第2章 相模湾の食料供給サービスと気候調整サービスの評価

2.1 はじめに

2.1.1 生態系サービスの経済評価の方法

生態系サービスとは、我々人類が自然界から享受している「自然の恵み」のことであり(堀, 2011), 多様性がもたらす生態系機能のうちで人類の役にたつものものを指している(宮下ほか, 2012). 2005年に国連主導によって行われた地球規模の生態系アセスメント「ミレニアム生態系評価」が公表され, 地球上の生態系サービスがおおまかに「基盤サービス」, 「供給サービス」, 「調整サービス」, 「文化的サービス」の4つに整理・分類され, 人間活動によるサービス価値の改変と変動傾向まで示された(Millennium Ecosystem Assessment, 2005, 図1.2). このミレニアム生態系評価により, これまでは評価の方法が難しかった生態系の価値が, 人類がどのくらい恩恵をうけているのか, 生態系の人類へのサービスという形の価値で評価できるようになった. このように生態系サービスは世界的に注目とされることとなった生態系機能の新しい評価手法である.

生態系サービスの経済評価は, 利用価値に市場があるものは市場価格で算出し, 市場のないものは独自の社会科学的経済評価を用いて表される. 社会科学では, 生態系の価値を利用・非利用価値に分けて考え, さらに利用価値を直接利用価値, 間接利用価値, オプション価値に細分化し, 非利用価値を存在価値, 遺産価値, 本源的価値に分化させている(表2.1). それぞれの具体的な評価手法には, 市場価値(水産物や農産物の価格, 排出権取引価格=カーボンオフセット・クレジットなど)に換算する方法, トラベルコスト法(レクリエーション活動に費やす旅行費用から換算), 生産影響法(量・反応法=減産量から換算), 防止支出

法・除去費用法（二酸化炭素の排出防止費用，除去費用から換算），ヘドニック法（住環境と住宅価格，労働環境と賃金との関係から換算），コンジョイント法（アンケートによる選択結果をもとに換算），CVM法（アンケートによる支払意志額から換算）などがある。

表 2.1 環境価値の分類と評価手法

価値のタイプ	具体例 (海洋)	評価手法
① 利用価値		
直接利用価値	水産物	市場価格
	漁礁、藻場造成	市場価格
	観光、レクリエーション	市場価値・トラベルコスト法
間接利用価値 (生態系プロセス)	水域保全	生産影響法(量・反応法)
	温暖化ガス吸収源	防止支出法・除去費用法・市場価格 (二酸化炭素排出権取引など)
オプション価値	将来開発される可能性がある医薬品	-
② 非利用価値	存在価値・本源的価値・遺産価値	ヘドニック法、トラベルコスト法、 コンジョイント法、CVM法

2.1.2 日本の海洋の生態系サービス評価事例

日本においても海洋に関する生態系サービス評価の研究が進められており，生態系サービスを「多面的機能」と称して，沿岸域や漁業全般を食料供給サービスから文化的サービスまで網羅的に評価した報告書（水産庁，2003）があるほか，浅海域における水産生物資源の供給サービス（小路，2011）や干潟の水質浄化による調整サービス（青山ほか，1996）など，分野別に様々な研究が行われてきた。しかし，主として水産業をもとにした供給サービスについての評価が多く，しかも水産対象種の短期的な現存量などを単純に市場価格に換算し

た例が多いとの批判もある（堀，2011）。

一つの海域において網羅的な生態系サービス評価を行った事例としては，千葉県による東京湾，外房，九十九里浜の評価（小倉ほか，2010）などがあるが，相模湾ではこうした生態系サービス評価はまだ行われていない。

2.1.3 研究の目的

このように，相模湾ではこれまで生態系サービスの評価が行われておらず，相模湾の動物プランクトンと生態系サービスのかかわりを明らかにするには，まず，動物プランクトンが関係する生態系サービスの各項目について評価をしたうえで，動物プランクトンのデータと比較する必要がある。そこで，本章では，相模湾の食料供給サービスと気候調整サービスの評価を行うこととした。

2.1.4 相模湾の生態系サービス評価の方法

本章では，まず始めに，相模湾の食料供給サービスをカタクチイワシの市場価値（生産額）を用いて評価することとした。黒潮にのって相模湾に来遊するカタクチイワシは，相模湾の生態系の中で動物プランクトンを摂餌するプランクトン食魚種であり（図 2.1），相模湾の定置網で漁獲量の最も多い重要な水産有用種である。カタクチイワシは春季から秋季にかけて産卵のため相模湾に移入してくるが，これが定置網の主要漁獲物となる。そして，相模湾でふ化した稚仔魚は湾内にとどまって動物プランクトンを餌に成長し，沿岸に接近してシラスとして漁獲される（能勢ほか，1970）。相模湾のプランクトンを摂餌して育った未成年魚のほとんどは，太平洋にもどり，カタクチイワシ太平洋系群に加入して成長しながら日本各地で漁獲される（図 2.2）。

このように、相模湾はカタクチイワシ太平洋系群の成育場となっていることから、カタクチイワシの漁獲量から食料供給サービスを評価するならば、稚仔魚の成育場としての価値も加える必要がある。日本近海では、成育場としての評価に浅海域の魚類の個体密度が取り上げられるケースが多いが（小路，2011），現存量の把握だけでは成育場としての機能を正しく評価できないため，現存量に加えて成長・生残も評価することが重要である（Beck *et al.*, 2001）。したがって，本研究では，相模湾沿岸の定置網でのカタクチイワシの漁獲量だけでなく，相模湾のカタクチイワシの産卵数に生残率や漁獲率を考慮しながら最終的に太平洋系群へ加入した資源の漁獲量を加えることで，相模湾の食料供給サービスを評価することとした。

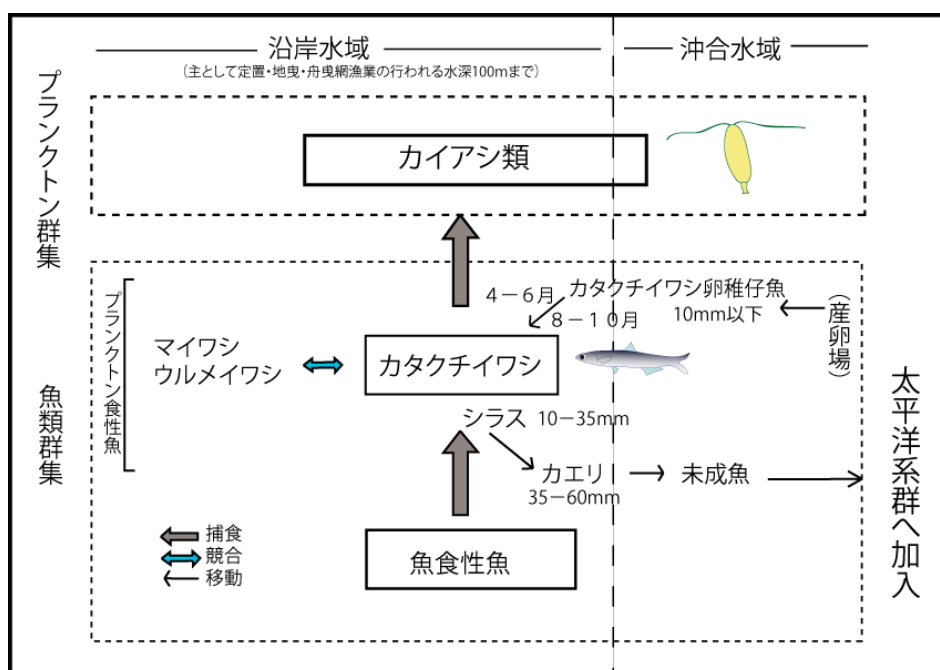


図 2.1 相模湾におけるカタクチイワシを中心とした生産過程



中央水産研究所（2011）より

図 2.2 カタクチイワシ太平洋系群の分布域

次に、相模湾の気候調整サービスについて、秋山（2004）が報告した日本近海の CO₂ 吸収量もとに算出することとした。海洋の CO₂ の吸収量は、通常、水温・塩分・クロロフィル濃度と海洋の CO₂ 分圧との関係式を用いて算出され、太平洋、大西洋などに分けて全球の CO₂ の吸収量が気象庁により公表されている（気象 HP, 2015）。そのほかにも、同様の方法で、親潮や黒潮域を含めた日本近海など、さらに細かい範囲の海域についても、CO₂ の吸収量が算出されている（秋山, 2004）。したがって、本研究では、これらの公表データから海洋の単位面積あたりの CO₂ の吸収量を求めて、相模湾の面積にあてはめて吸収量を算出することとした。

気候調整サービスに関わる温暖化ガスを用いた評価手法には、表 2.1 に示したような、防止支出法・除去費用法・市場価格（二酸化炭素排出権取引）があるが、この中で、二酸化炭素の排出権の市場取引価格に換算して、本種の年間の炭素輸送の価値を評価することとした。

2.2 材料と方法

2.2.1 相模湾の食料供給サービス評価

第3章の動物プランクトンの生産との比較のため、2007年と2008年の相模湾産のカタクチイワシ資源とその漁獲量を算出して食料供給サービスを評価した。

相模湾産のカタクチイワシ資源量は、2007年と2008年の相模湾でのカタクチイワシ産卵量から算出した(図2.3)。産卵量データは、神奈川県のお稚仔魚調査(仲手川, 2007, 2008)による2007年と2008年の各月のカタクチイワシ産卵粒数EN(粒/曳網)を用いて、以下の順に資源量を求めた。

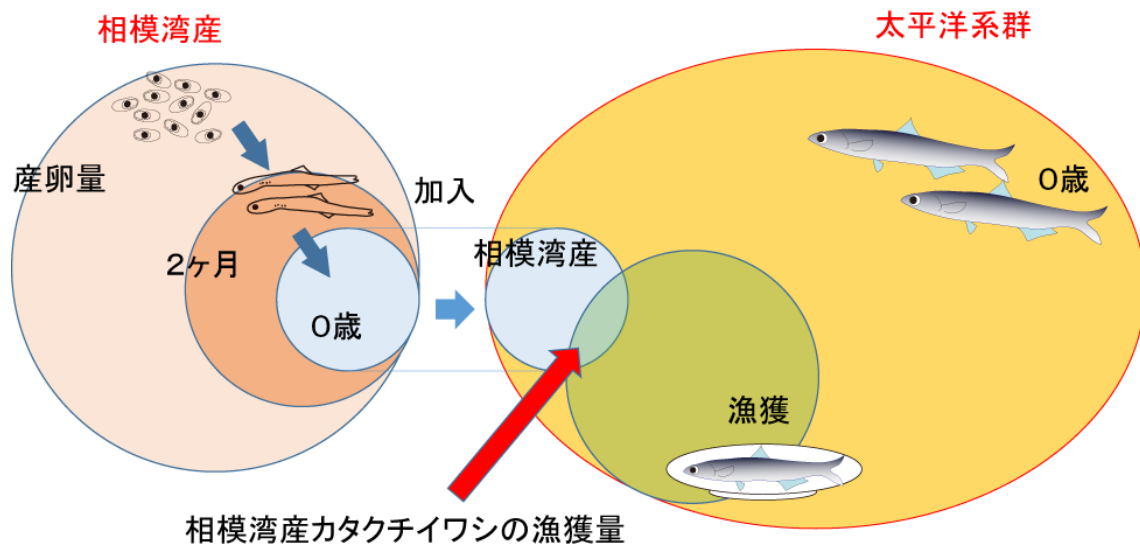


図 2.3 相模湾産カタクチイワシの漁獲量の推定方法

まず、 1m^2 あたりの産卵粒数EN(使用ネットはノルパックネット、口径45cm、開口部面積 0.159m^2)から相模湾の一日あたりの産卵粒数(EN_d)、相模湾の各月の一か月間の産

卵粒数 (EN_m) を下式のように求め、1月～12月を合計して2007年と2008年の各年の年間の相模湾の産卵粒数 (EN_y) を算出した。

$$EN_d = EN \div 0.159 \text{ m}^2 \times 10^6 \times 1,218 \text{ km}^2 \text{ (相模湾面積)}$$

$$EN_m = EN_d \times D_m \quad (D_m: m\text{月の一か月の日数})$$

$$EN_y = \sum_{m=1}^{12} EN_m$$

次に、相模湾でふ化したカタクチイワシがふ化2か月以降にカタクチイワシ太平洋系群に加入すると仮定し、ふ化2か月後の生残率の平均値0.004 (三谷・中田, 1988) から、太平洋系群への各年の初期加入尾数 (N_E) を以下のように求めた。

$$N_E = EN_y \times 0.004$$

中央水産研究所 (2011) ではカタクチイワシ0歳魚の自然死亡係数 (M) = 1 としていることから、これをもとに生残率を算出した。t歳魚の個体数 (N_t) は t-1歳魚の個体数 (N_{t-1}) との間に

$$N_t = N_{t-1} \cdot e^{-M}$$

の関係があるため、 e^{-M} が生残率として算出できる。M=1の場合、生残率 e^{-M} は0.37となる。0歳魚の生残率0.37とし、カタクチイワシ平均漁獲割合を29.9% (中央水産研究所, 2011) として、相模湾産0歳魚の各年の資源尾数 (N_{0S}) を以下のように求めた。

$$N_{0S} = N_E \times 0.37 \times (1-0.299)$$

さらに、太平洋系群の0歳魚の資源尾数 (N_{0P}) (中央水産研究所, 2011) に対する相模湾産の0歳魚の資源尾数 (N_{0S}) の割合とカタクチイワシ太平洋系群の各年の0歳魚の漁獲量 (N_{0PC} , 単位はt) (中央水産研究所, 2011) から、相模湾産カタクチイワシの全国での各年の0歳魚の漁獲量 (N_{0SC} , 単位はt) を以下のように算出した。

$$N_{0SC} = N_{0S} \div N_{0P} \times N_{0PC}$$

最後に、神奈川県の2007年と2008年の定置網の生産額と漁獲量から（農林水産省，2008年・2009年），各年のカタクチイワシ漁獲量1tあたり39,533円（2007年）と55,990円（2008年）を得た。これを漁獲量に乗じて相模湾産カタクチイワシの生産額を求めた。

2.2.2 相模湾の気候調整サービス評価

秋山（2004）が1998～2002年の日本近海 $233 \times 10^4 \text{ km}^2$ の海域において算出した年間の単位面積あたりの平均の炭素吸収量 13 tC km^{-2} を用いて，相模湾の年間の炭素吸収量（ CA_S ：単位 tC）を以下のように求めた（図 2.4）。

$$\text{CA}_S = 13 \text{ tC km}^{-2} \times 1,218 \text{ km}^2 \text{ (相模湾面積)}$$

さらに，この炭素吸収量を CO_2 吸収量（ CD_S ：単位 tCO_2 ）に変換した（ $\times 44/12$ ）。

$$\text{CD}_S = \text{CA}_S \times 44/12$$

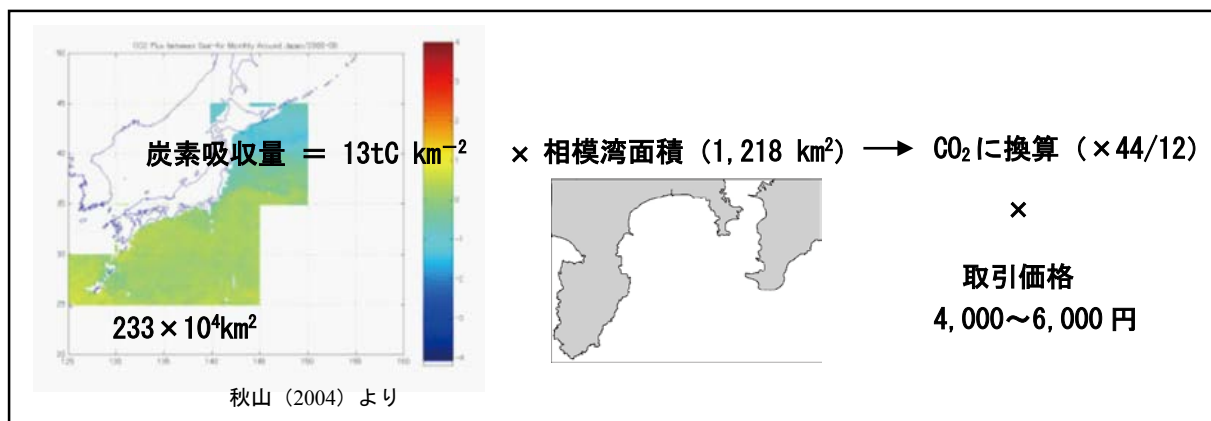


図 2.4 相模湾の気候調整サービスの計算方法

最後に， CO_2 吸収量（ CD_S ）に CO_2 取引価格を乗じて，相模湾の CO_2 吸収量を求めた。日本の場合， CO_2 排出権の取引価格は，取引仲介する団体や各認証団体，あるいは京都議定書

での二酸化炭素削減量に加算可能または不可などの条件によって大きな開きがあるが (World Bank Group, 2014), ここでは, 東京都が 2015 年に発表した取引価格の査定結果から, CO₂ 1 トンあたり 4000 円~6000 円 (三田, 2015) として換算した.

2.3 結果

2.3.1 相模湾の食料供給サービス評価

相模湾のカタクチイワシ産卵数は, 2007 年 473 兆個, 2008 年 297 兆個で, 太平洋系群への初期加入尾数が 2007 年 18,920 百万尾, 2008 年 11,880 百万尾と推定された. 相模湾産カタクチイワシの 0 歳魚の資源量は, 2007 年が 4,907 万尾, 2008 年が 3,081 万尾と推定された (表 2.2). 両年のカタクチイワシ太平洋系群の資源量 (中央水産研究所, 2011) に対する相模湾産のカタクチイワシ資源量の割合は, 2007 年が 5.6%, 2008 年が 2.6%であった.

この割合から推定された各地で水揚げされた相模湾うまれのカタクチイワシの漁獲量が 2007 年 13,552 t, 2008 年 5,434 t で, 漁獲高は 2007 年が 5 億 3600 万円, 2008 年が 3 億 400 万円と計算された. また, この額は, 相模湾 (神奈川県の水揚げデータのため, 東京湾のデータも若干含む) のカタクチイワシの 2007 年の生産額 1 億 5,600 万円, 2008 年の 1 億 8,600 万円よりも大きく, 相模湾のカタクチイワシの成育場としての価値は, 相模湾におけるカタクチイワシ生産額よりも上回ることが示された. 両者をあわせると相模湾のカタクチイワシの食料供給サービスの経済的価値は, 2007 年が 6 億 9,200 万円, 2008 年が 4 億 9,000 万円と算出された.

表 2.2 相模湾のカタクチイワシ産卵数をもとにした相模湾産カタクチイワシの資源尾数と漁獲量および生産額の推定

	記号	単位	2007	2008
相模湾の産卵数	EN _y	兆個 年 ⁻¹	473	297
相模湾産魚のふ化2か月後の生残尾数	N _E	百万尾 年 ⁻¹	18,920	11,880
相模湾産0歳魚の資源量	N _{0S}	百万尾 年 ⁻¹	4,907	3,081
カタクチイワシ太平洋系群の0歳魚の資源量**	N _{0P}	百万尾 年 ⁻¹	87,320	116,988
太平洋系群に占める相模湾産の0歳魚の割合 (N _{0S} /N _{0P})		%	5.6	2.6
カタクチイワシ太平洋系群の漁獲量**	N _{0PC}	千トン 年 ⁻¹	242	209
太平洋系群の漁獲量中の相模湾産魚 (N _{0S} /N _{0P} × N _{0PC})	N _{0SC}	トン 年 ⁻¹	13,552	5,434
相模湾産のカタクチイワシの生産額		百万円 年 ⁻¹	536	304
相模湾(神奈川県)のカタクチイワシ生産額***		百万円 年 ⁻¹	156	186
相模湾のカタクチイワシによる食料供給サービス		百万円 年 ⁻¹	692	490

* 三谷・中田(1988)より

** 中央水産研究所(2012)より

*** 平成20年・21年漁業・養殖業生産統計獲統計の神奈川県データより

2.3.2 相模湾の気候調整サービス評価

相模湾の1998年～2002年の年間の炭素吸収量の平均値は15,834 tCy⁻¹、CO₂に換算すると58,058 tCO₂y⁻¹と推算された。気候調整サービスの経済価値は、2億3,200万～3億4,800万円と評価された(表 2.3)。

表 2.3 相模湾の年間の炭素吸収量と気候調整サービス評価

項 目	記号	単 位	1998～2002
日本近海1km ² あたりの 年間炭素吸収量*		tC km ⁻² y ⁻¹	13
相模湾の年間炭素吸収量	CA _s	tC y ⁻¹	15,834
相模湾の年間CO ₂ 吸収量	CD _s	tCO ₂ y ⁻¹	58,058
二酸化炭素取引価格**		円 t ⁻¹	4000～6000
相模湾の気候調節サービス価格		百万円	232～348

*秋山(2004)より

**三田(2015)年より

2.4 考察

2.4.1 相模湾の食料供給サービス評価

カタクチイワシを用いた食料供給サービスは、相模湾産の太平洋系群の生産額を加えると、相模湾内での生産額の2.6～4.4倍の評価額となった。ただし、本研究では、産卵からふ化までの時間を1日で計算したが、実際には環境水温によって1日～2日半の開きがあること（中田・今井，1981）を考慮すると、相模湾産の太平洋系群の漁獲量は算出した値よりも小さくなると考えられる。それでも、相模湾のような外洋に面して魚の移出入があり、産卵場としても利用される海域では、成育場としての価値を加えると、その海域で漁獲された生産額だけの評価額よりも生態系サービスの評価が上がることを示された。カタクチイワシ太平洋系群の産卵量は、生活領域内では相模湾が最も多く、相模湾は稚仔魚の成育場として重要な場となっているとされており（三谷，1981）、本研究の結果は、これを裏付けるものとなった。

成育場についての評価は、沿岸性の魚類の成育場としての浅海域のアマモ場・ガラモ場の評価などはあるが（堀之内，2011；上村，2011），沿岸域にとどまらず太平洋に回遊していく種類については，太平洋での資源量や生残率が明らかでないと成育場としての評価が難しい．本研究のカタクチイワシ太平洋系群はすでに中央水産研究所（2011）による資源量の推算データがあったため，生育場の評価も可能となったが，今後，他の海域で食料供給サービスを算出する場合にも，基礎データとなる回遊性の水産有用種の資源量の解明は不可欠となるであろう．

2.4.2 相模湾の気候調整サービス評価

相模湾の年間のCO₂吸収量は，58,058 tCO₂ y⁻¹と算出されたが，これを陸上植物の中で，年間の吸収量が880 tCO₂ km⁻²であるスギ人工林（気象庁，2015）の面積に換算すると，相模湾1,218 km²でわずかにスギ人工林にして約66 km²程度の吸収量にすぎなかった．それでも，2億～3億円の経済価値があることが示された．単位面積あたりの吸収量は，陸上植物に比べると海洋は格段に小さいが，広大な海の深層中には，過去に吸収したCO₂が蓄積しており，その量は現在大気中にあるCO₂の約2倍にもなる（野崎，1994）．海洋表面での吸収量が陸上植物に劣っていても，長期間の蓄積を考えれば，海洋表面での年間の吸収量は，同じ量の陸上植物の年間の吸収量以上の価値があるものと考えられる．

第3章 相模湾の動物プランクトンの種多様性と二次・三次生産

3.1 はじめに

3.1.1 これまでの相模湾の動物プランクトン群集と生産に関する研究

太平洋に開口する相模湾の動物プランクトンは、近海を蛇行する黒潮の影響を受け、多様な群集を形成することが知られている（日本海洋学会沿岸海洋研究部会，1985）。これまで、網目幅 0.33 mm のネットで採集されるものを対象に中・大型の動物プランクトン群集の研究が行われてきた（Tanaka, 1953； Sekiguchi, 1975； 木立・伊東，1979； 中田，1982； 下出ほか，1998； Kuriyama & Nishida, 2006； Shimode *et al.*, 2006）。主として個体数密度による季節変動，群集解析などの研究である。こうした長年の研究を通して，相模湾の中・大型の動物プランクトン群集の個体数は，4～5月の急激な増加と9月前後の緩やかな増加という季節変化をすることが明らかになっている。

一方，網目幅 0.33mm より小さなネットを用いた，小型の動物プランクトン群集の季節変動についての研究は数が少ない（木立・木幡 1971； Ara & Hiromi, 2007）。

相模湾のプランクトンの生産については，江の島沖の沿岸部において，一次生産から三次生産までの各栄養段階に分けて Copepoda（カイアシ類）を中心に算出した研究があるが（Ara & Hiromi, 2009），相模湾の沖合では植物プランクトンを主体とした一次生産の研究にとどまり（Hashimoto *et al.*, 2005； Ishizaka *et al.*, 2007），動物プランクトンによる二次生産以上の知見は湿重量の測定などに限られている（日本海洋学会沿岸海洋研究部会，1985）。

3.1.2 動物プランクトンの種多様性と生産の関係の研究

第1章で述べたように、多様性が生態系機能に与える影響が注目されるようになってきているが、相模湾だけでなく日本近海の動物プランクトン群集の研究は、群集解析にとどまり、生態系機能の一つである動物プランクトンの生産についてはまだ研究が少ないため、プランクトン群集の種多様性と生産を関連付けた研究は行われてこなかった。相模湾以外の日本近海における動物プランクトンの生産に関する研究については、対象とする動物群が Copepoda (カイアシ類) など一部に限られている場合が多く (中田ほか, 2001)、全動物群を対象とした二次生産以上の研究は親潮域 (山口, 2011)、瀬戸内海 (Uye & Shimazu, 1997) に限られている。しかし、世界の海洋においては、2000年代から、大西洋とインド洋の南の海域などから、動物プランクトン群集の多様性と生産に関する炭素循環の研究も進められてきている。その中で、多様性指数と呼吸量が関係している

(Beaugrand *et al.*, 2010) などの報告がある一方、地球温暖化により暖水域が広がって種多様性が増すということは動物プランクトンが小型化し魚のタラの減少につながる

(Mayzaud & Pakhomov, 2014) といった、多様性により生産が下がるという報告もあり、多様性と動物プランクトンの関係について、まだ見解が分かれている状況である。

相模湾は開放系であるため黒潮によって太平洋の魚類も移入しやすく、第2章で示したように、カタクチイワシやマイワシなどの回遊魚が産卵場としても利用している。相模湾の動物プランクトンは、その稚仔魚の餌として重要な機能をはたしているにも関わらず、沖合域の生産に関する知見がないため、動物プランクトン生産がカタクチイワシ太平洋系群ほどのぐらい消費されているのか、また、相模湾の種多様性と生産についても知見がない。

3.1.3 研究の目的

本章では、相模湾の動物プランクトンの個体数・生物量とともに種数・多様度指数を算出して動物プランクトンの種多様性を把握し、これまで相模湾沖合でデータのなかった動物プランクトンの二次・三次生産速度を分けて算出し、生産と種多様性の関係を明らかにすることを目的とした。さらに、相模湾の水産有用種で動物プランクトン食であるカタクチイワシの生産速度とその転換効率を算出して第2章の食料供給サービスと比較することで、動物プランクトンの種多様性と生態系サービスの関係を検討することとした。

3.2 材料と方法

3.2.1 種多様性の季節変動

本研究で解析した動物プランクトン試料は、神奈川県水産技術センターの調査船うしお丸が、神奈川県の卵稚仔魚調査において St.3 (35° 15' N, 139° 22'), St.9 (35° 08' N, 139° 23'), St.19 (34° 58' N, 139° 23') で2007年4月～2009年3月まで毎月1回、ノルパックネット（網目幅 0.33 mm）で水深 150mから鉛直曳きで得たホルマリン試料を用いた（図 3.1）。ただし、St.3 と St.9 については、2007年10月、St.19 については、2007年12月の調査は行われなかった。各調査日には、CTD を用いて、水深 150mまでの水温および塩分を測定した。

卵稚仔ソーティング後の試料を分割器で 1/5.3～1/85 に分割し、顕微鏡下で種査定（Copepoda（カイアシ類）は成長ステージ別）し、Copepoda（カイアシ類）（コペポディド幼体も含む）の総測定数が 200 個体をこえるまで体長を測定・計数した（図 3.2）。測定部位は、各動物群の既存の体長－体重関係式（表 3.1）の測定部位に従った。さらに、Copepoda

(カイアシ類) 成体合計数が 250~350 程度になるまで 1/2.7~1/51.2 に分割して同定・計数を行い、その際、同時に枝角類, Tunicata (被囊類) (尾虫類, サルパ類, ウミタル類), ヤムシ類についても種同定・計数した。

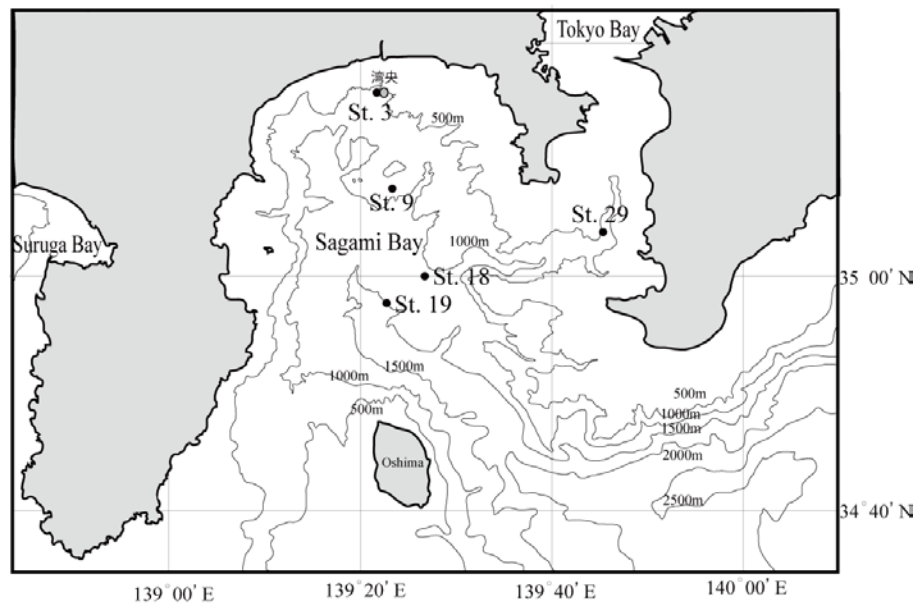


図 3.1 調査地点

生物量は、既存の体長-体重 (炭素量) の関係式を用いて炭素量で算出した (表 3.1)。既存の体長-体重関係式がない種については、近縁種の式を代用した。既存の式が湿重量、乾燥重量への換算式のみの場合、既存の炭素重量への変換係数があればそれを用い、変換係数もなく湿重量の換算式のみの場合には湿重量を 0.1 倍、乾燥重量の換算式のみならば乾燥重量を 0.5 倍することで炭素量に換算した。

種の多様性については、種の豊富さ (species richness) の指標としては同定された種の種数、種の均等度 (species evenness) の指標として多様度指数 Shannon-Wiener 指数 H' と Pielou の均衡度指数 J' を計算した。

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

(S : 種数; n_i : i 番目の種の個体数; N : 全個体数)

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

(S : 種数; H' : Shannon-Wiener 指数; H'_{max} : Shannon-Wiener 指数の最大値)

本研究では、「種多様性」は種の豊富さと種の均等度の両方を含むものとする。

種同定した全動物の中で、出現個体数が各月の同定された種の全個体数の2%以上を占めた63種を抽出し(以下、主要種という)、個体数密度を $\log_{10}(X+1)$ で対数変換し、各試料間について、Bray-Curtis 非類似度指数 δ から群平均法によるクラスター解析を行った。

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^S |n_{Ai} - n_{Bi}|}{N_A + N_B}$$

(n_{Ai} : サンプル A の i 番目の種の個体数;

N_A : サンプル A の全個体数 (n_{Bi}, N_B も同様); S : 全種数)

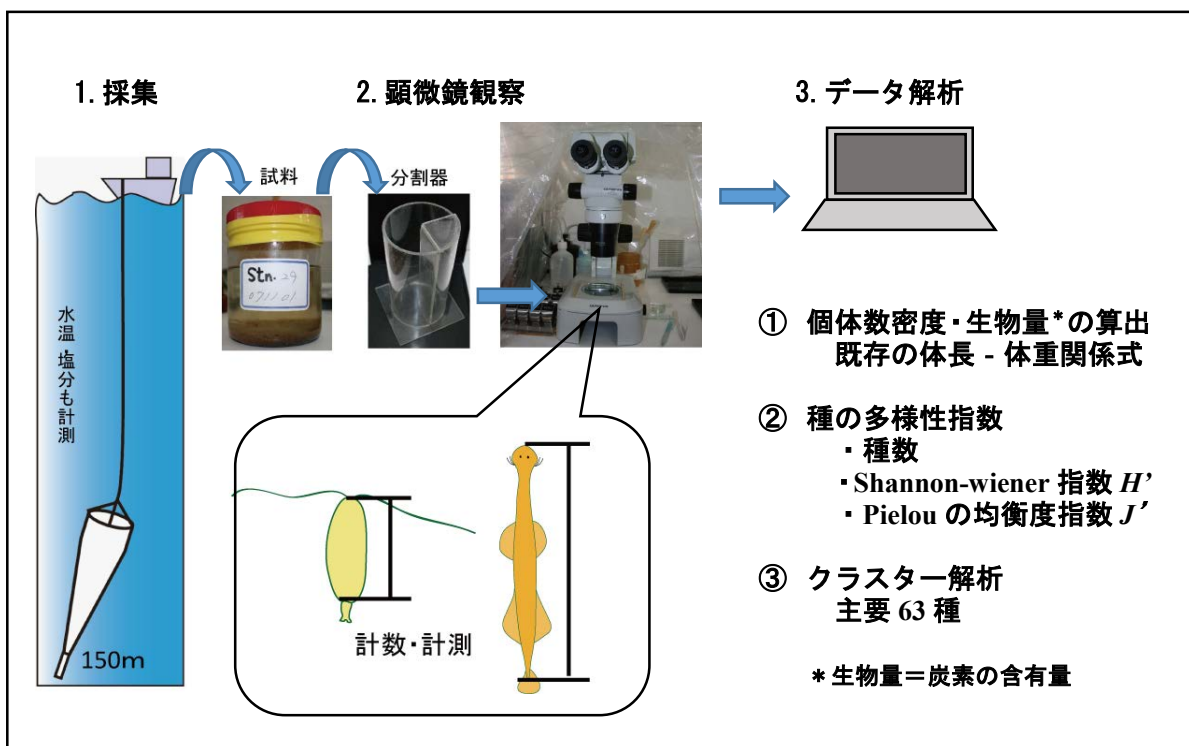


図 3.2 動物プランクトンの種多様性の季節変動の調査方法

表3.1(1) 研究で使用した既知の体長と炭素量の換算式

Taxonomic group	Equation	Species or group	Source	Conversion factor	Species or group	Source
Copepoda						
<i>Acartia</i>	$\log_{10} CW(\mu g) = 3.08 \times \log_{10} PL(\mu m) - 8.51$	<i>Acartia clausi</i>	Uye (1982)	-		
<i>Haloptilus longicornis</i>	$\ln DW(\mu g) = 4.27 \times \ln PL(\mu m) - 29.00$	<i>Haloptilus longicornis</i>	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Undinulla vulgaris</i>	$\ln DW(\mu g) = 3.99 \times \ln PL(\mu m) - 25.02$	<i>Undinulla vulgaris</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (2002)	0.5		
other Calanidae	$\log_{10} CW(\mu g) = 2.64 \times \log_{10} PL(\mu m) - 7.00$	<i>Calanus sinicus</i>	Uye (1982)	-		
<i>Calocalanus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 2.772 \times \log_{10} PL(\mu m) - 6.488$	<i>Calocalanus pavoninus</i>	Shmeleva (1965)	0.1 > 0.5		
<i>Candacia</i>	$\ln DW(\mu g) = 3.38 \times \ln PL(\mu m) - 20.48$	<i>Candacia</i> & <i>Paracandacia</i> spp.	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Centropages</i>	$\log_{10} CW(\mu g) = 2.97 \times \log_{10} PL(\mu m) - 8.19$	<i>Centropages abdominalis</i>	Uye (1982)	-		
<i>Clausocalanus</i>	$\ln AFDDW(\mu g) = 3.25 \times \ln PL(\mu m) - 19.65$	<i>Clausocalanus furcatus</i> & <i>Paracalanus aculeatus</i>	Chisholm & Roff (1990)	0.45		
<i>Crenocalanus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 2.654 \times \log_{10} PL(\mu m) - 6.108$	<i>Crenocalanus vanus</i>	Shmeleva (1965)	0.1 > 0.5		
<i>Rhincalanus</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 3.869 \times \log_{10} PL(\mu m) + 0.160$	<i>Rhincalanus nasutus</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (2002)	0.5		
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 2.789 \times \log_{10} BL(\mu m) - 6.903$	<i>Eucalanus attenuatus</i>	Gruzov & Aleksayeva (1970)	0.1 > 0.5		
<i>Paraeucalanus severi</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 2.789 \times \log_{10} BL(\mu m) - 6.903$	<i>Eucalanus californicus</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (2002)	0.5		
<i>Eucalanus californicus</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 3.09 \times \log_{10} PL(\mu m) - 0.0026$					
<i>Eucalanus hyalinus</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 3.09 \times \log_{10} PL(\mu m) - 0.0026$					
<i>Eucalanus bungii</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 3.09 \times \log_{10} PL(\mu m) - 0.0026$					
<i>Subeucalanus crassus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 3.187 \times \log_{10} BL(\mu m) - 8.097$					
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 3.187 \times \log_{10} BL(\mu m) - 8.097$					
other Eucalankidae	$\ln W(\mu g) = 3.00 \times \ln PL(\mu m) - 17.82$	<i>Eucalanus crassus</i>	Gruzov & Aleksayeva (1970)	0.1 > 0.5		
<i>Euchaeta rimana</i>	$\log_{10} CW(\mu g) = 2.45 \times \log_{10} PL(\mu m) - 6.25$	<i>Eucalanus subtenius</i>	Gruzov & Aleksayeva (1970)	0.1 > 0.5		
other Euchaetidae	$\log_{10} DW(\mu g) = 3.530 \times \log_{10} PL(\mu m) - 1.011$	<i>Euchaeta plana</i> & <i>Euchaeta concinna</i>	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Heterorhabdus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 3.327 \times \log_{10} PL(\mu m) - 8.007$	<i>Heterorhabdus tanneri</i>	Uye (1982)	-		
<i>Lucicutia</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 2.599 \times \log_{10} PL(\mu m) - 6.146$	<i>Lucicutia flavicornis</i>	Yamaguchi & Ikeda (2000)	0.5		
<i>Mecynocera</i>	$CW(\mu g) = 3.837 BL(mm)^{2.46}$	<i>Mecynocera clausi</i>	Shmeleva (1965)	0.1 > 0.5		
<i>Mecynocera</i>		<i>Mecynocera clausi</i>	Batchelder (1986)	-		
<i>Pleuromamma</i>	$\log_{10} AFDDW(\mu g) = 2.812 \times \log_{10} PL(\mu m) - 12.29$	<i>Pleuromamma scutulata</i>	Yamaguchi & Ikeda (2000)	0.45		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	$\log_{10} WW(\mu g) = 4.536 \times \log_{10} PL(\mu m) - 11.213$	<i>Paracalanus aculeatus</i>	Shmeleva (1965)	0.1 > 0.5		
other <i>Paracalanus</i>	$\log_{10} C(\mu g) = 3.128 \times \log_{10} PL(\mu m) - 8.451$	<i>Paracalanus</i> sp.	Uye (1991)	-		
<i>Acrocalanus</i>	$\ln C(\mu g) = 2.26 \times \ln CL(\mu m) - 13.85$	<i>Acrocalanus gibber</i> (CL=PL<0.65)	Satapoomin (1999)	-		
<i>Labidocella</i>	$DW(\mu g) = 3.770 \times 10^{-8} \times PL(\mu m)^{2.837}$	<i>Labidocella flaviatilis</i>	Ara (2001)	0.5		
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	$\ln C(\mu g) = 2.81 \times \ln PL(\mu m) - 8.63$	<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	Uye <i>et al.</i> (1983)	-		
<i>Scolecithrix danae</i>	$\ln DW(\mu g) = 3.57 \times \ln PL(\mu m) - 21.36$	<i>Scolecithrix danae</i>	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Temora</i>	$DW(\mu g) = 1.471 \times 10^{-8} \times PL(\mu m)^{3.064}$	<i>Temora turbinata</i>	Ara (2001)	0.5		
other Calanoida	$\ln DW(\mu g) = 2.73 \times \ln PL(\mu m) - 15.93$	calanoid combined	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Oithona atlantica</i>	$\ln DW(\mu g) = 1.68 \times \ln PL(\mu m) - 10.20$	<i>Oithona plumifera</i>	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Oithona plumifera</i>	$\ln DW(\mu g) = 1.68 \times \ln PL(\mu m) - 10.20$					
<i>Oithona longispina</i>	$\ln DW(\mu g) = 1.68 \times \ln PL(\mu m) - 10.20$					
<i>Oithona setigera</i>	$\ln DW(\mu g) = 1.68 \times \ln PL(\mu m) - 10.20$					
<i>Oithona nana</i>	$\log_{10} AFDDW(\mu g) = 3.16 \times \log_{10} PL(\mu m) - 8.18$					
other Oithonidae	$\log_{10} CW(\mu g) = 1.45 \times \log_{10} PL(\mu m) - 4.25$	<i>Oithona nana</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (1998b)	0.45		
<i>Microsetella norvegica</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 2.88 \times \log_{10} BL(\mu m) - 7.59$	<i>Oithona similis</i>	Uye (1982)	-		
<i>Euterpina & Clytemnestra</i>	$DW(\mu g) = 8.148 \times 10^{-8} \times PL(\mu m)^{2.736}$	<i>Microsetella</i>	The oceanographic society of Japan (1986)	0.5		
<i>Farranula</i>	$\ln DW(\mu g) = 2.72 \times \ln PL(\mu m) - 16.19$	<i>Euterpina acutifrons</i>	Ara (2001)	0.5		
other Corycaeidae	$\log_{10} DW(\mu g) = 2.43 \times \log_{10} BL(\mu m) - 6.45$	<i>Farranula garacilis</i>	Webber & Roff (1995)	0.5		
<i>Orcaea</i>	$\log_{10} DW(\mu g) = 2.25 \times \log_{10} BL(\mu m) - 5.59$	<i>Corycaeus</i>	The oceanographic society of Japan (1986)	0.5		
<i>Sapphirinidae</i>	$DW(\mu g) = 6.333 \times BL(\mu m)^{1.142}$	<i>Orcaea</i>	The oceanographic society of Japan (1986)	0.5		
<i>Copepod nauplius</i>	$CW(\mu g) = 1.51 \times 10^5 \times BL(mm)^{2.94}$	<i>Sapphirina angusta</i>	Lopez (2007)	0.5		
		<i>Copepod nauplius</i>	Uye <i>et al.</i> (1996)	-		

表3.1(2) 研究で使用した既知の体長と炭素量の換算式 (つづき)

Taxonomic group	equation	Species or group	Source	Conversion factor	Species or group	Source
Tunicata						
<i>Okiopeura cornutusgastra</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 3.37 \times \log_{10}TL(\mu m) - 9.38$	<i>Okiopeura cornutusgastra</i>	Allredge (1976)	0.45	<i>Okiopeura dioica</i>	Uye & Ichino (1995)
<i>Okiopeura dioica</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 2.51 \times \log_{10}TL(\mu m) - 6.54$	<i>Okiopeura dioica</i>	Gorsky & Pakizzoli (1989)	0.45		
<i>Okiopeura rufescens</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 3.65 \times \log_{10}TL(\mu m) - 10.55$	<i>Okiopeura rufescens</i>	Allredge (1976)	0.45		
<i>Okiopeura fusiformis</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 4.21 \times \log_{10}TL(\mu m) - 11.35$	<i>Okiopeura fusiformis</i>	Allredge (1976)	0.45		
other <i>Okiopeura</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 2.471 \times \log_{10}TL(\mu m) - 6.10$	<i>Okiopeura longicauda</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (1998a)	0.45		
<i>Fritillaria haplostoma</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 2.44 \times \log_{10}TL(\mu m) - 7.37$	<i>Fritillaria haplostoma</i>	Hopcroft <i>et al.</i> (1998a)	0.45		
other <i>Fritillaria</i>	$\log_{10}AFDW(\mu g) = 3.211 \times \log_{10}TL(\mu m) - 9.11$	<i>Fritillaria pellucida</i>	Feraux (1976)	0.45		
<i>Doliolka</i>	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.54 \times \log_{10}TL(\mu m) - 6.94$	<i>Doliolka gegenbauri</i> f. <i>tritoniis</i>	The oceanographic society of Japan (1986)	0.45	Thalaceans ctenophores	Cushing <i>et al.</i> (1958)
<i>Salpika</i>	$CW(\mu g) = 1.62 \times BL(mm)^{1.93}$	<i>Thalia democratica</i>	Heron <i>et al.</i> (1988)	-		
Cnidaria						
<i>Obelia & Liriope</i>	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.75 \times \log_{10}BD(\mu m) - 7.67$	<i>Obelia</i> sp.	The oceanographic society of Japan (1986)	0.03	gelatinous zooplankton	Cushing <i>et al.</i> (1958)
Siphonophora	$CW(\mu g) = 20.47 \times BL(mm)^{0.834}$	Siphonophores	Lavanigos & Ohman (2007)	-		
other Cnidaria	$WW(mg) = 0.33 \times H(mm)^{1.95}$	<i>Aglantha digitale</i>	Runge (1987)	0.035 × 0.03	gelatinous zooplankton	Cushing <i>et al.</i> (1958)
Cladocera						
<i>Penilia avirostris</i>	$\log_{10}CW(\mu g) = 4.51 \times \log_{10}BL(\mu m) - 12.74$	<i>Penilia avirostris</i>	Uye (1982)	-		
<i>Podon leuckarti</i>	$\log_{10}CW(\mu g) = 4.15 \times \log_{10}BL(\mu m) - 11.15$	<i>Podon leuckarti</i>	Uye (1982)	-		
other Cladocera	$\log_{10}CW(\mu g) = 3.46 \times \log_{10}BL(\mu m) - 9.34$	<i>Podon polyphemoides</i>	Uye (1982)	-		
Ostracoda						
<i>Metaconchoecia skogsbergi</i>	$DW(\mu g) = 1.31 \times SL(mm)^{2.42}$	<i>Metaconchoecia skogsbergi</i>	Kaeriyama & Ikeda (2002)	0.398	<i>Metaconchoecia skogsbergi</i>	Kaeriyama & Ikeda (2004)
Hyperidea						
<i>Themisto japonica</i>	$DW(mg) = 0.0049 \times BL(mm)^{2.957}$	<i>Themisto japonica</i>	Ikeda (1990)	0.3615	<i>Themisto japonica</i>	Ikeda (1990)
Euphausiacea						
Nauplius	$CW(mg) = 1.51 \times 10^{-5} \times BL(mm)^{2.94}$	Copepod nauplius	Uye <i>et al.</i> (1996)	-		
Calyptops	$\log_{10}DW(\mu g) = 1.402 \times \log_{10}BL(mm) - 1.194$	Calyptops	Lindley <i>et al.</i> (1999)	0.375	<i>Euphausia pacifica</i>	Iguchi & Ikeda (1998)
Furcilia, juvenile & adult	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.800 \times \log_{10}BL(mm) - 0.456$	All Euphausiacea excluding calyptops	Lindley <i>et al.</i> (1999)	0.375		
Lucifer						
<i>Lucifer</i> (includes larvae)	$\log_{10}CW(\mu g) = 2.65 \times \log_{10}BL(\mu m) + 0.336$	<i>Aetes japonicus</i>	Uye (1982)	-		
Gastropoda						
Thecosomata (excluding Desmophtelus)	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.46 \times \log_{10}SL(\mu m) - 5.10$	veliger of Gastropoda	The oceanographic society of Japan (1986)	0.177	veliger of Mollusca	The oceanographic society of Japan (1986)
other Gastropoda	$DW(mg) = 1.615^{60.0881(mm)}$	<i>Clione limacina</i>	Boer <i>et al.</i> (2005)	0.2	Mollusks	Larson (1986)
Larva & Egg						
Gastropoda larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.46 \times \log_{10}SL(\mu m) - 5.10$	veliger of Gastropoda	The oceanographic society of Japan (1986)	0.177	veliger of Mollusca	The oceanographic society of Japan (1986)
Bivalvia larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 1.47 \times \log_{10}SL(\mu m) - 2.7$	veliger of Bivalvia	The oceanographic society of Japan (1986)	0.177	veliger of Mollusca	The oceanographic society of Japan (1986)
Cirripedia larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.65 \times \log_{10}BL(\mu m) - 6.54$	Nauplius of Cirripedia	The oceanographic society of Japan (1986)	0.434	Nauplius of Cirripedia	The oceanographic society of Japan (1986)
Polychaeta larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 2.10 \times \log_{10}BL(\mu m) - 5.68$	Polychaeta larvae	The oceanographic society of Japan (1986)	0.512	Polychaeta larvae	The oceanographic society of Japan (1986)
Cyphnoides larvae	$CW(\mu g) = 1.62 \times BL(mm)^{1.93}$	<i>Thalia democratica</i>	Heron <i>et al.</i> (1988)	-		
Brachyura larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 3.39 \times \log_{10}CAL(\mu m) - 8.19$	zoaea of Brachyura	The oceanographic society of Japan (1986)	0.333	zoaea of Brachyura	The oceanographic society of Japan (1986)
Caridea larvae	$\log_{10}DW(\mu g) = 3.28 \times \log_{10}CAL(\mu m) - 8.04$	larvae of Natantia	The oceanographic society of Japan (1986)	0.416	larvae of Natantia	The oceanographic society of Japan (1986)
larvae of Natantia	$\log_{10}DW(\mu g) = 3.28 \times \log_{10}CAL(\mu m) - 8.04$	larvae of Natantia	The oceanographic society of Japan (1986)	0.416	larvae of Natantia	The oceanographic society of Japan (1986)
Echinodermata larvae	$lnDW(\mu g) = 1.46 \times lnBL(mm) + 1.03$	zooplankton excluding copepods	Heiderberg <i>et al.</i> (2010)	0.5		
Chaetognatha						
<i>Sagitta crass. f. naikatensis</i>	$\log_{10}CW(mg) = 3.16 \times \log_{10}BL(mm) - 1.29$	<i>Sagitta crass. f. naikatensis</i>	Uye (1982)	-		

CW=carbon weight DW=dry weight WW=wet weight

PL=prozone length BL=body length CL=C-ophathorax length TL=trunk length BD=body diameter H=shell height SL=shell length CAL=carapace length

DW and AFDW of Copepoda were converted to carbon assuming that carbon corresponds to 50% DW and 45% AFDW (Jimenez-Perez & Lavanigos, 2004).

3.2.2 生産の季節変動

二次生産・三次生産速度については、3.2.1の動物プランクトンの生物量を用いて、各種の日間生産速度 P を以下のように求めた (図 3.3).

$$P = g \times B \quad (g : \text{日間成長速度}; B : \text{生物量}).$$

g は既存の体重-水温関係式から算出した (表 3.2). このとき、水温は CTD で測定した 150m までの平均値を使用した. 得られた日間生産速度は、150m の水柱 1 m^2 あたりに換算した. 既存の文献から各動物群・種を植食、肉食、雑食に分類し (表 3.3), 植食動物の生産速度に雑食動物の生産速度の 2 分の 1 を足したものを二次生産速度、肉食動物の生産速度に雑食動物の生産速度の 2 分の 1 を足したものを三次生産速度とした.

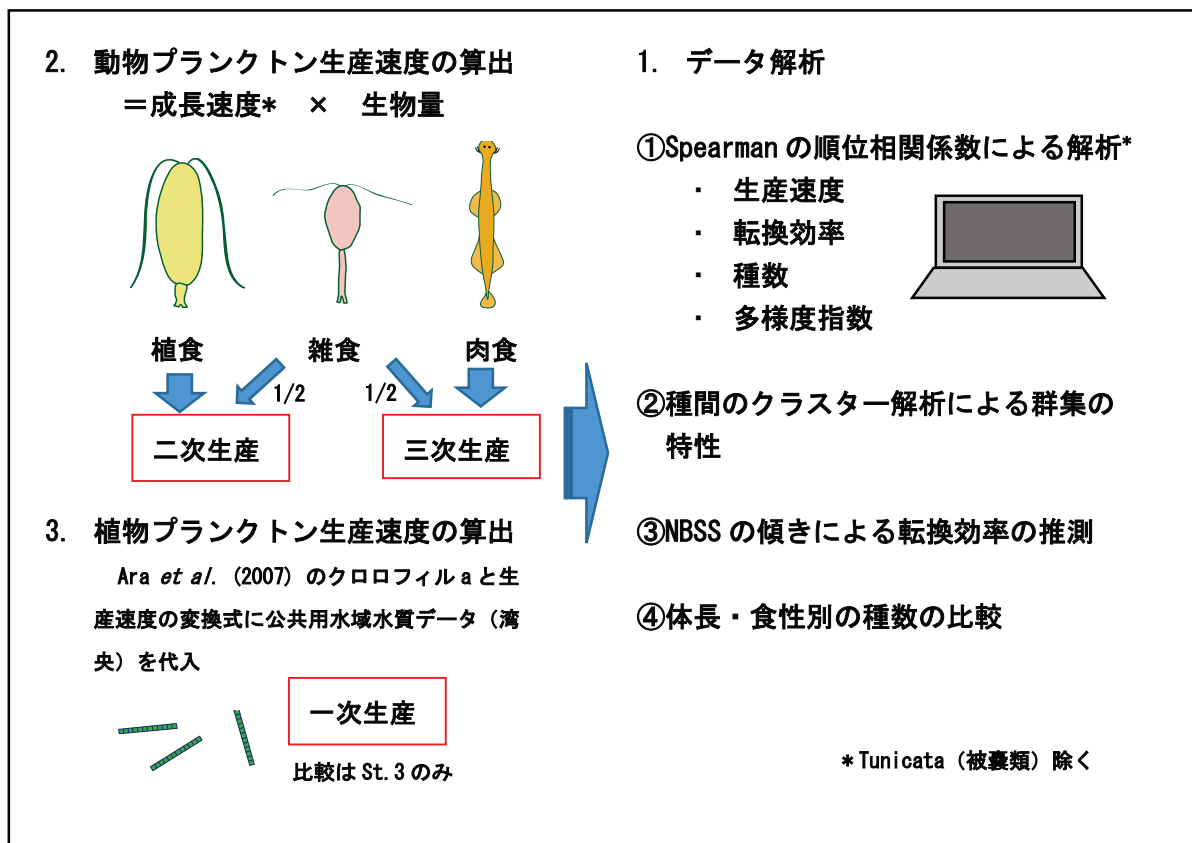


図 3.3 二次・三次生産の季節変動と種の多様性の関係の調査方法

表 3.2 出現した動物プランクトンの食性

Herbivore	Omnivore	Carnivore	Unidentified
Calanidae	Acartiidae	Candaciidae	Cirripedia larva N
Calocalanidae	Aetideidae	Euchaetidae	Cirripedia larva C
Clanusocalanidae	Augaplitus	Heterorhabdidae	Polychaeta larva
Eucalanidae	Centropagidae	Pontellidae	Tornaria larvae
Paracalanidae	Scolecitrichidae	Sapphirinidae	Pilidium larva
Pseudodiaptomidae	Metrididae	Oncaeidae	Cyphonautes larva
Harpacticoida	Luciidae	Corycaeidae	Lingua larva
Thalialida	Mecynocera	Hydroida	Actinotrocha larvae
<i>Oikopleura</i>	Temoridae	Siphonophora	Sea urchin
Cladocera	Oithonidae	Chaetognatha	Brachiolaria larvae
Ostracoda	Euphausiacea	Gastropoda	Trochophora larvae
Amphipoda	<i>Lucifer</i>	Gastropoda larva	Ophiopluteus
Echinoderm larvae	Zoea & Mysis larva (Natantia)	Bivalvia larvae	
Echinopluteus larvae		Brachyura larva	
Echinodermata larvae		Caridea larva	

表 3.3 本研究で用いた成長速度および生産速度の式

Taxonomic group	Growth rate	Source
Copepoda	Copepoda $\log_{10}g=0.0345T-0.128\log_{10}CW-1.529$	Hirst <i>et al.</i> (2003)
Appendicularia	$\log_{10}g=-0.495+0.0285T$	Hirst <i>et al.</i> (2003)
Doliolida & Salpida	Thaliaceans $\log_{10}g=0.0645T+0.138\log_{10}CW-0.2070$	Hirst <i>et al.</i> (2003)
Cnidaria	Cnidaria $\log_{10}g = -0.423-0.219\log_{10}CW$	Hirst <i>et al.</i> (2003)
Other Crustaceans	other crustaceans $\log_{10}g=0.0263T-0.327\log_{10}CW-0.919$	Hirst <i>et al.</i> (2003)
Gastropoda	$P=0.007704 \times Rm^3$ ($\text{mgCm}^{-3}\text{day}^{-1}$)	Ikeda & Motoda (1978)
Larva & Egg	$P=0.007704 \times Rm^3$ ($\text{mgCm}^{-3}\text{day}^{-1}$)	Ikeda & Motoda (1978)
Chaetognatha	Chaetognatha $\log_{10}g = -1.851+0.0367T$	Hirst <i>et al.</i> (2003)

CW=carbon weight; g= growth rate; T= water temperature; R= respiration, P= production rate

一次生産速度については、まず神奈川県公共用水域水質調査から、St.3に近い「湾央」(35°14'48" N, 139°22'25" E1, 図 3.1) の2007年4月～2009年3月までの表層0.5 mのクロロフィル a量の各月のデータを抽出した。これを Ara *et al.* (2011) が示した相模湾江の島沖の四季別の一日の有光層内で積算した一次生産速度 (Depth Integrated primary production : $\text{gCm}^{-2}\text{day}^{-1}$) とクロロフィル a ($\mu\text{g l}^{-1}$) との関係式

$$\begin{aligned} (3\sim 5 \text{ 月}) \quad & \text{DIPP} = 0.6996 \text{ Chl-}a^{0.615} \\ (6\sim 9 \text{ 月}) \quad & \text{DIPP} = 0.264 \text{ Chl-}a + 0.486 \\ (10\sim 11 \text{ 月}) \quad & \text{DIPP} = 0.235 \text{ Chl-}a + 0.327 \\ (12\sim 2 \text{ 月}) \quad & \text{DIPP} = 0.360 \text{ Chl-}a + 0.151 \end{aligned}$$

にあてはめて、各月の一次生産速度を算出した。

3.2.3 種多様性と生産の関係

3.2.2 で求めた三地点の二次・三次生産の生産速度について、全種数、多様度指数 H' , J との関係进行明らかにするため、Spearman の順位相関係数を計算して統計的に検討した。このとき、他動物群と比べ突出して多かった Tunicata (被囊類) (ウミタル類・サルパ類・オタマボヤ類) は除外して計算した (図 3.3)。

さらに「湾央」地点の一次生産速度と、St.3 の動物プランクトン群集の二次生産・三次生産速度から、各栄養段階の転換効率 E を以下のように算出した。

$$E_N = \frac{P_N}{P_{N-1}}$$

(E_N : N 次の転換効率 ; P_N : N 次生産速度 ; P_{N-1} : $N-1$ 次生産速度)

各栄養段階の転換効率と種数、多様度指数 H' , J について、各項目間で Spearman の順位相関係数 r_s を計算して関係を統計的に検討した。計算ソフトは、小椋 (2001) の MS-Excel の表計算シートを使用した。

さらに、動物プランクトン群集の特性を比較するため、3 地点の動物プランクトンについて、測点・採集月別のクラスター解析と同様に、出現個体数が各月の同定された種の全個体数の 2% 以上を占めた 63 種について、個体数密度をパーセンテージ化し、各種間について、Bray-Curtis 非類似度指数 δ から群平均法によるクラスター解析を行った。

また, Thompson *et al.* (2013) を参考に, St.3 の各月の NBSS (Normalized Biovolume Size Spectra) を求め, その回帰直線の傾きを比較した. 各個体の炭素重量を 2 の乗数のサイズクラスに分け, 各クラスの合計重量をそのクラスの個体数で除して各クラスの平均炭素重量を算出し, これを 2 を底とする対数に変換し, NBSS の X 軸 ($X: \log_2 \text{zooplankton size} : \mu\text{gC ind.}^{-1}$) とした. 次に各サイズクラスの合計炭素重量を m^3 あたりに換算し ($\mu\text{gC m}^{-3}$) をその隣接するサイズクラス間の炭素重量差 ($\Delta W: \mu\text{g}$) で除し, 2 を底とする対数に変換して NBSS の Y 軸 ($\text{zooplankton biovolume } \mu\text{gCm}^{-3}/\Delta\text{weight } \mu\text{gCind.}^{-1}$) を求めた. ネットの目合幅が 0.33mm であることを考慮し, 1 個体の炭素生物量が $4\mu\text{gC}$ 以上のサイズクラスについて, これらの X および Y 軸の値から, MS-Excel の近似線形回帰を行って NBSS の一次式 $Y=aX+b$ を求めた. ここで a は NBSS の傾き, b は切片を示す. a の傾きが緩やかであるほど, 栄養段階間の転換効率がよいとされる.

季節ごとの食性別の種数の変化を比較するため, 体長 $250\mu\text{m}$ 間隔で $4000\mu\text{m}$ まで, それ以上は体長 1mm 間隔でクラス分けし, 各クラスの種数を食性と 1 月~3 月, 4 月~7 月, 8 月~12 月の 3 期で比較した.

3.2.4. 二次生産とカタクチイワシ生産との関係

St.3 の動物プランクトン二次生産と, カタクチイワシ未成魚・成魚, カタクチイワシ稚仔魚に分けて年間の生産速度を算出した (図 3.4).

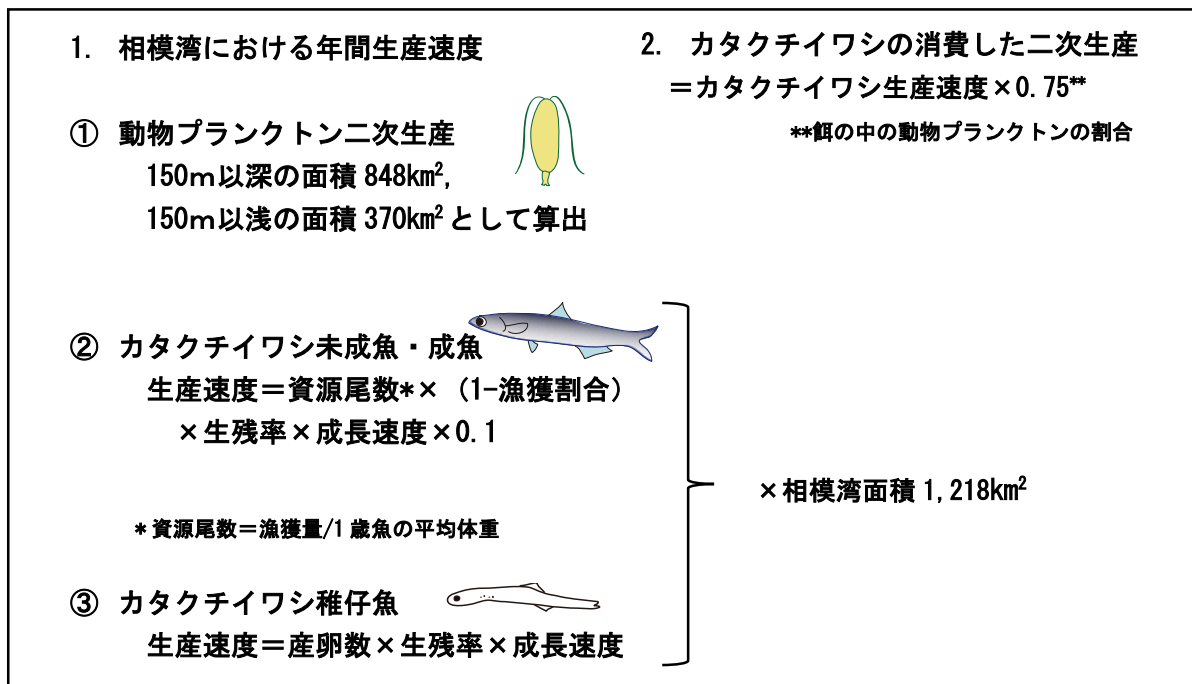


図 3.4 二次生産とカタクチイワシ生産の算出方法

① 動物プランクトンの年間生産速度

調査3地点について、3.2.2で求めた各月の動物プランクトンの1m²あたりの日間の二次生産速度に各月の日数を乗じて月間値を求め、各月の3地点の平均値を合計して1m²あたりの年間の二次生産速度を算出した。地図から相模湾の、150m以深を848km²、150m以浅の面積を370km²とおおまかに見積もり、150m以深の面積に年間の1m²あたりの生産速度、150m以浅の面積に1m²あたりの生産速度の2分の1を乗じて、これらを合計して年間の相模湾の二次生産速度とした。

② カタクチイワシ未成魚・成魚の生産速度

カタクチイワシ未成魚・成魚の生産速度は、神奈川県水産研究センターがHPで公表している「定置漁海況月報」(2004～)から、相模湾の2007年4月～2009年3月までのカタク

チイワシの漁獲量のデータを抽出し、各月の漁獲尾数・1歳魚の資源尾数・1か月後の生残尾数・成長速度を順に求めて算出した。

まず、漁獲量を尾数に換算するにあたり、カタクチイワシ漁獲は大半が1歳魚であることから、相模湾のm月の漁獲量C(gに換算)と、2007年のカタクチイワシ太平洋系群の1歳魚の平均体重14.4g(中央水産研究所, 2011年)から、各月の漁獲尾数 N_C を算出した。

$$N_C = C / 14.4g$$

相模湾のm月の1歳魚の資源尾数 N_m は、カタクチイワシ太平洋系群の2006年~2010年の1歳魚の平均漁獲割合29.9%(中央水産研究所, 2011年)から以下のように算出した。

$$N_m = N_C / 0.299$$

ここで相模湾に移入してきた資源は相模湾に1か月はとどまると仮定した。カタクチイワシ1歳魚の自然死亡係数は1で(中央水産研究所, 2011年)1年後の生残率は2.2.1で示したように0.37となるため、回帰式から1か月間の生残率を求めると0.95が得られたため、1か月後の生残尾数 $N_{m(1)}$ を以下のように求めた。

$$N_{m(1)} = (N_m - N_C) \times 0.95$$

さらに、三谷(1988)の成長速度式から求められた相模湾の4月うまれのカタクチイワシの8月と12月の体長を、中央水産研究所(2011)の体長と体重の関係式($W=0.01L^{3.00}$, $W:g, L:cm$)にあてはめて8月と12月時の体重の増加量を算出し、これを日数で除して、一尾あたりの成長速度 $0.065g\ day^{-1}$ を得た。炭素量を重量の10分の1として、m月のカタクチイワシの生産速度 JP_m (単位: $tC\ month^{-1}$)は以下のように求めた。

$$JP_m = N_{m(1)} \times 0.065g \times 10^{-6} \times D_m \times 0.1$$

(D_m : m月の日数 ; 0.1 : 炭素量への換算係数)

最後に12か月分を加算してカタクチイワシ未成魚・成魚の年間生産速度を求めた。

③ カタクチイワシ稚仔魚の生産速度

次に、カタクチイワシ稚仔魚の生産速度を求めるにあたり、相模湾でふ化したカタクチイワシは2か月間は相模湾にとどまると仮定して、仲手川（2008）の2007年～2009年の神奈川県水産研究センターの卵稚仔調査のデータの産卵数をもとに、卵数、1・2か月後生残尾数を求め、成長速度を乗じて算出した。

まず、相模湾のm月の総産卵数 EN_m は、ネットの開口部面積 0.159 m^2 として以下の式で求めた。

$$EN_m = EN / 0.159 \text{ m}^2 \times 10^6 \times 1,218 \text{ km}^2 \text{ (相模湾面積)} \times D_m$$

(EN : m月の曳網あたりの卵粒数 ; D_m : m月の一か月の日数)

三谷・中田（1988）より、ふ化から2か月後の生残率が0.004%であることを用いて、1か月後の生残率を $N_t = N_{t-1} \cdot e^{-M}$ で回帰して0.0552%と算出し、相模湾のm月の1か月後と2か月後の生残尾数 (LN_{m+1} , LN_{m+2}) を以下のように算出した。

$$LN_{m(1)} = EN_m \times 0.00052$$

$$LN_{m(2)} = EN_m \times 0.00004$$

さらに三谷（1990）によるふ化後の経過日数（10日、20日、30日、40日）と体長データ（12mm、20mm、26mm、32mm）を三谷（1980）によるカタクチイワシのシラスの体長と体重の関係式 ($W = 0.0008 L^{4.1150}$) にあてはめて経過日数ごとの体重増加量を算出し、これを日数で除して、ふ化後1か月の成長速度 $0.00196 \text{ g day}^{-1}$ と1か月後から2か月後の成長速度 $0.00551 \text{ g day}^{-1}$ を得た。炭素量を重量の10分の1として、m月の1か月間の生産速度 $LP_{m(1)}$ （単位： tC month^{-1} ）およびm月の1か月後から2か月後の間の生産速度 $LP_{m(2)}$ （単位： tC month^{-1} ）を以下のように求めた。

$$LP_{m(1)} = LN_{m(1)} \times 0.00196 \text{ g day}^{-1} \times 10^{-6} \times D_m \times 0.1$$

$$LP_{m(2)} = LN_{m(2)} \times 0.00551 \text{ g day}^{-1} \times 10^{-6} \times D_{m+1} \times 0.1$$

(D_m : m 月の一か月の日数 ; D_{m+1} : (m+1) 月の一か月の日数)

$LP_{m(1)}$ (単位 : tC month^{-1}) と, (m-1) 月の 1 か月後から 2 か月後の間の生産速度 $LP_{m-1(2)}$ (単位 : tC month^{-1}) 合計したものを m 月のカタクチイワシ稚仔魚の生産速度とした.

$$LP_m = LP_{m(1)} + LP_{m-1(2)}$$

各月の生産速度を合計して年間のカタクチイワシ稚仔魚生産速度とした.

④ 二次生産とカタクチイワシによる消費量の比較

カタクチイワシの餌の 75% が動物プランクトンと仮定して (上, 1996), 得られたカタクチイワシ未成魚・成魚, 稚仔魚の生産速度に 0.75 を乗じて, カタクチイワシに消費された二次生産を求めた.

3.3 結果

3.3.1 種多様性の季節変動

① 水温・塩分

調査 3 地点では, 2 年間の 150m 以浅の水温鉛直分布は $10.6 \sim 27.9^\circ\text{C}$ の範囲で推移した. 3 地点ともほぼ同様の季節変動を示し, 150m 以浅では 8 月~12 月は海面水温が 20°C をこえ成層し, 特に 7 月~9 月に顕著な水温躍層がみられた. 一方, 1 月~4 月には鉛直混合により表面水温は 14°C に低下し, 5~7 月は鉛直混合期から成層期へむけての移行期という季節変動を示した (図 3.5).

塩分は 2 年間で $30.9 \sim 34.71\text{psu}$ の範囲で推移し, 150m 以浅は常に 34psu 以下であり, 沿

岸に近い地点・表層・夏季という条件で塩分は低くなり、2006年夏季は海面塩分が33psu以下、2007年夏季は32.5psu以下を示した（図3.6）。

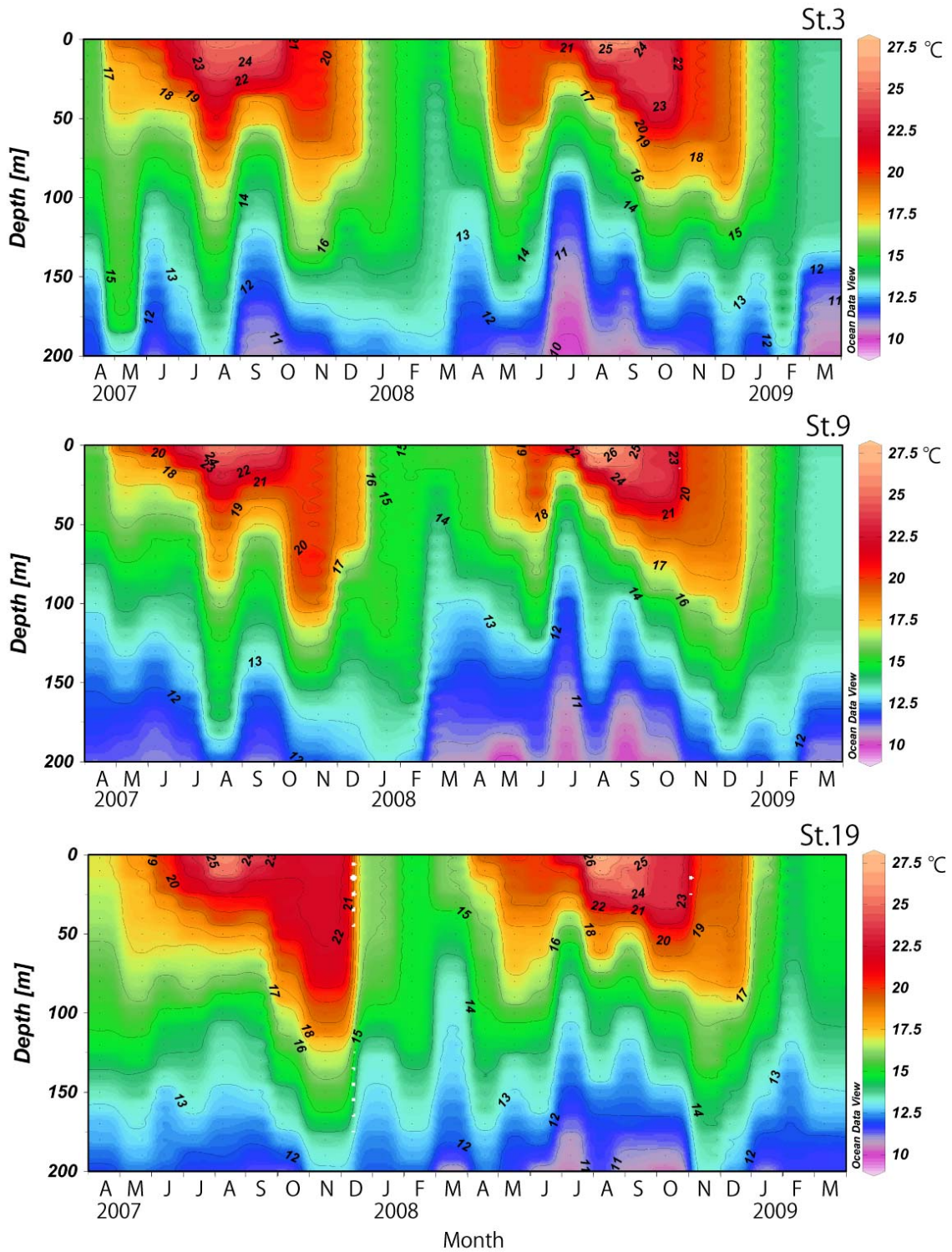


図 3.5 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの水温の季節変動

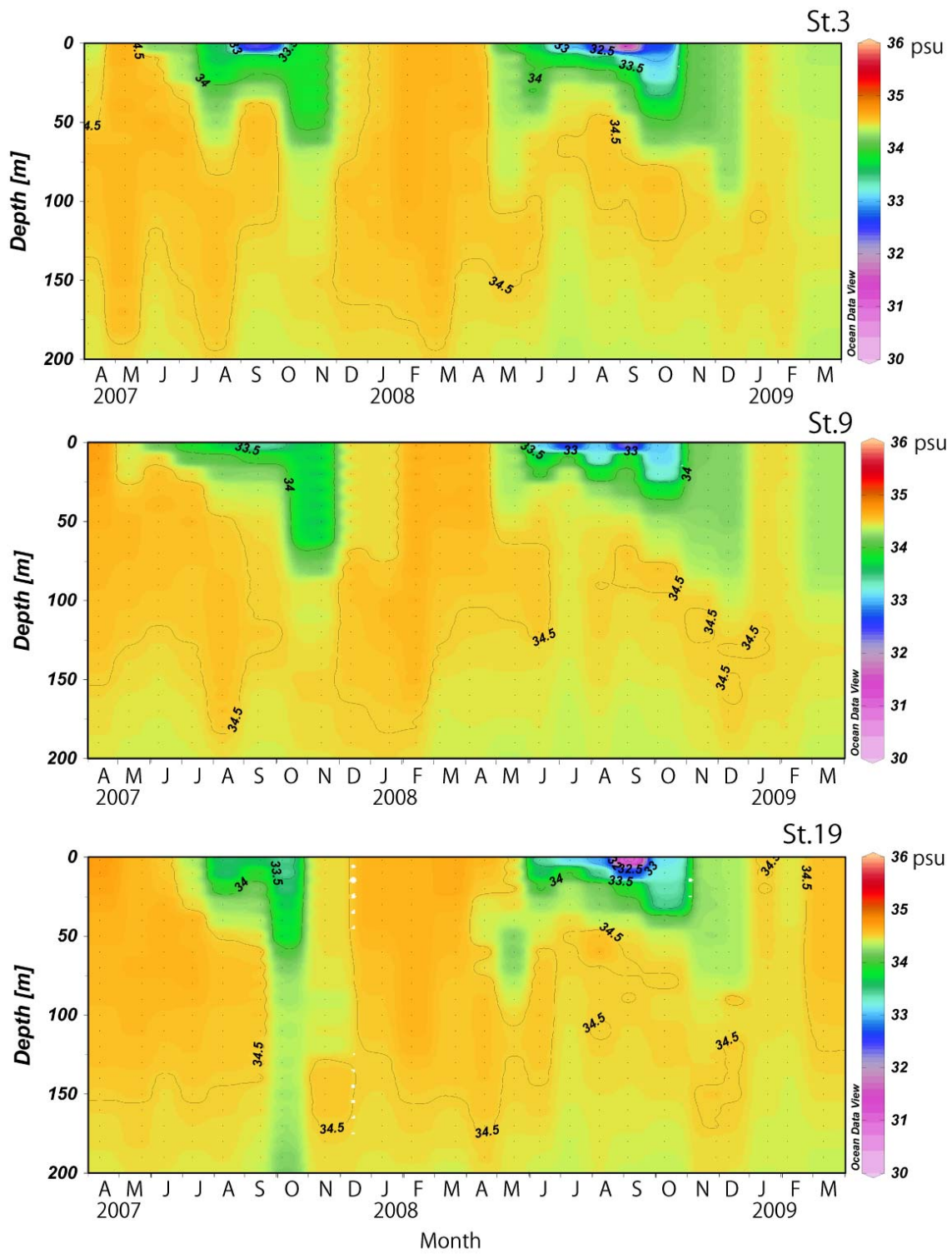


図 3.6 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの塩分の季節変動

② 動物プランクトンの個体数密度

動物プランクトンの全動物群の個体数密度は3地点とも $100\sim 1,100 \text{ inds. m}^{-3}$ で推移し、測点によってピークにずれはあったが、春季から秋季にかけて2~3回の増加のピークが認められ、冬季12月~2月に個体数密度が減少するという共通の傾向がみられた(図3.7)。3地点のうち、最も陸寄りのSt.3の個体数密度の変動が最も大きかった。出現動物群は、3地点とも、Copepoda(カイアシ類)が卓越しており、そのほかの動物では、*Oikopleura*(尾虫類)・Doliolida & Salpida(サルパ類・ウミタル類)・Siphonophora(管クラゲ類)・Cladocera(枝角類)が4月~10月ごろに多く出現した。

③ 動物プランクトンの生物量

生物量は3地点ともに $0.5\sim 12 \text{ mgC m}^{-3}$ の範囲で推移し、個体数密度と同様の季節変動を示した。3地点とも、常にCopepoda(カイアシ類)が優占したが、次いでChaetognatha(毛顎類)が春季から夏季に増加し、そのほかは*Lucifer*(ユメエビ類)・Gastropoda(巻貝類)・Larva(幼生)などの生物量が単発的に多くなることがあった(図3.8)。

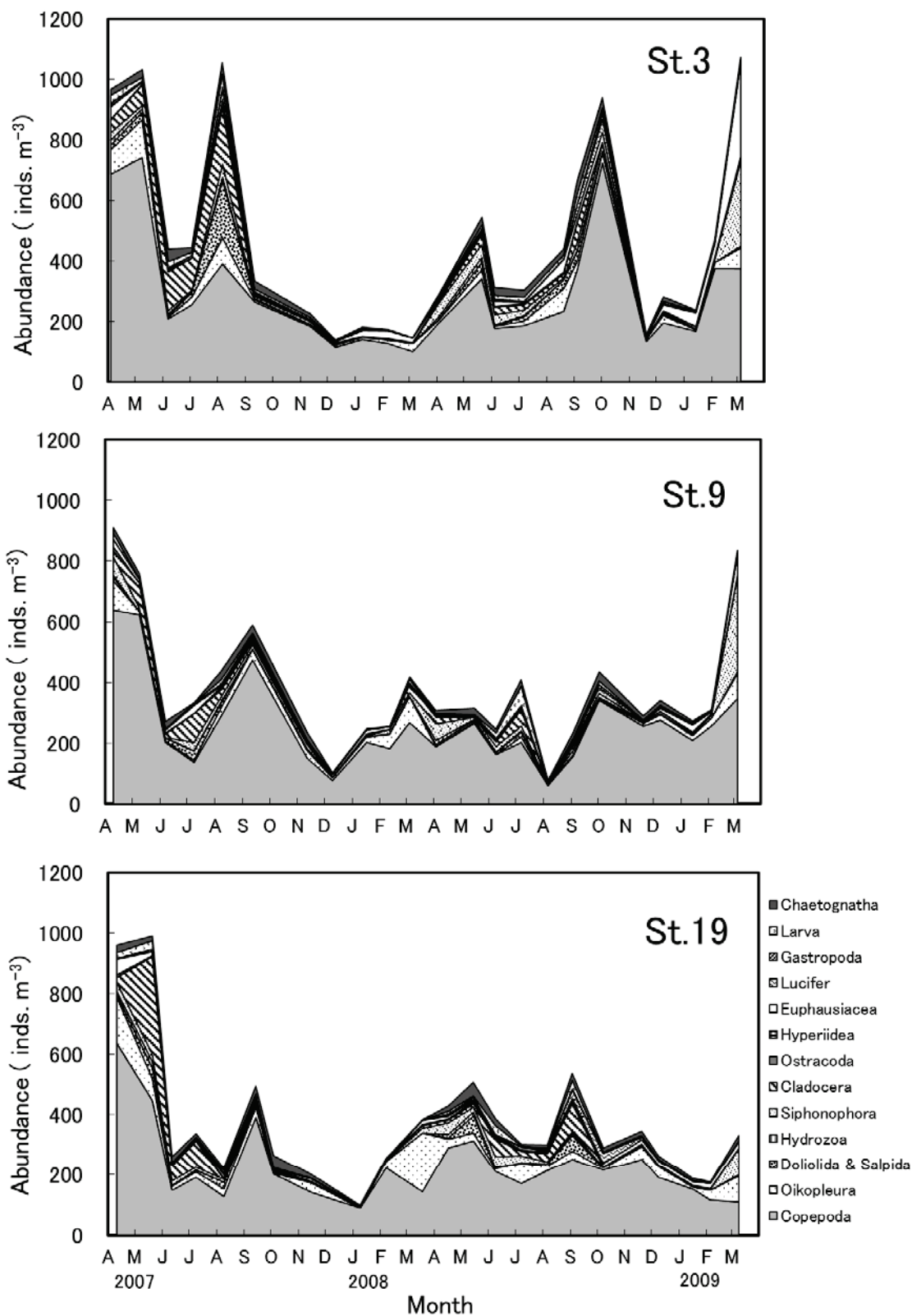


図 3.7 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの個体数密度の季節変動

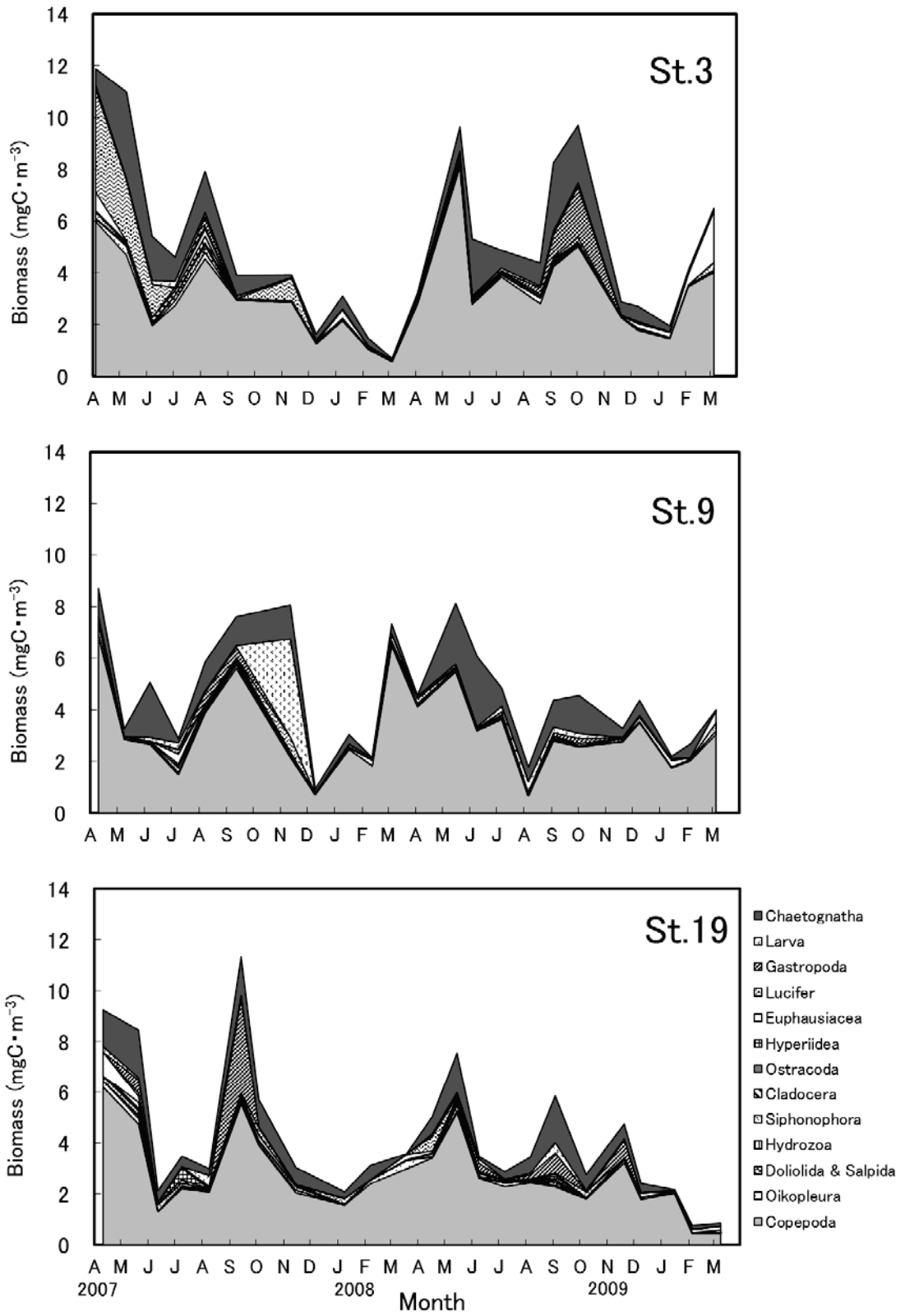


図 3.8 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの生物量の季節変動

④ 動物プランクトンの種類数

出現した動物プランクトンのうち、2年間の調査期間で同定した種は3地点あわせて244種、このうち最も多かったCopepoda（カイアシ類）は180種で、次いでChaetognatha（毛顎類）の19種、Oikopleura（尾虫類）の16種、Siphonophora（管クラゲ類）の12種であった（図3.9）。同定種数はSt.3で25～78種、St.9で26～76種、St.19で35～74種で推移したが、3地点とも4～7月に増加傾向、8月～12月にさらに増えて年間のピークに達し、1月～3月にかけて減少するという傾向がみられた。

⑤ 動物プランクトンの多様度指数

多様度指数の H' はSt.3では3.2～5.5で常に3以上、St.9では2.7～5.3、St.19では2.6～5.4で、3地点とも高い値を示したが、種数の減少した2～3月には3地点とも H' が低下する傾向がみられた（図3.10）。 J' は、 H' に比べると季節変動は穏やかで、特にSt.3は0.65～0.87で常に0.6以上と比較的安定しており、St.9では0.58～0.86で2007年5月で0.58に低下した以外は0.6以上であった。しかし、St.19では0.49～0.86で推移し2～3月に低下する傾向がみられた。（図3.11）。

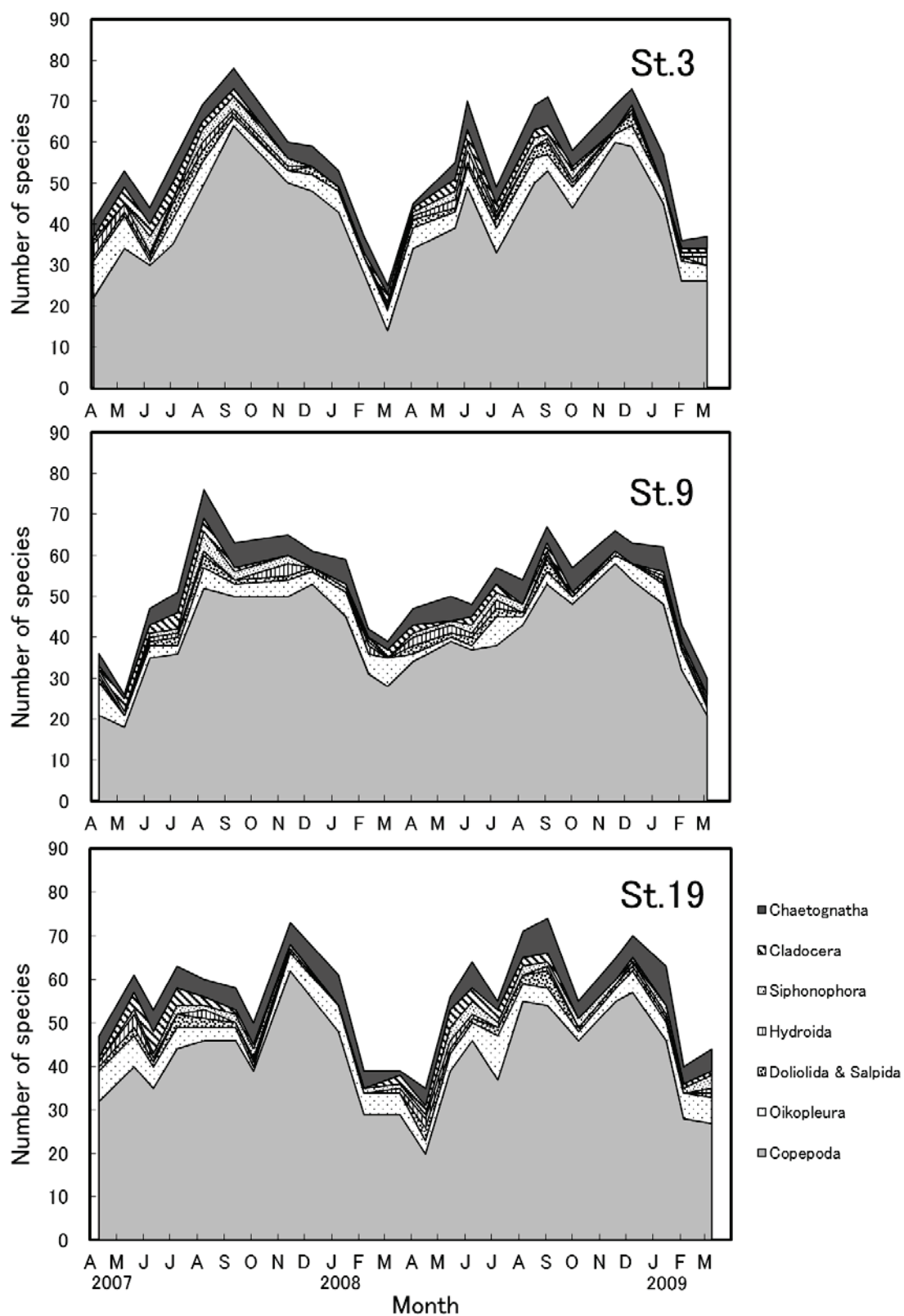


図 3.9 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの主要動物プランクトン群別の出現種類数の季節変動

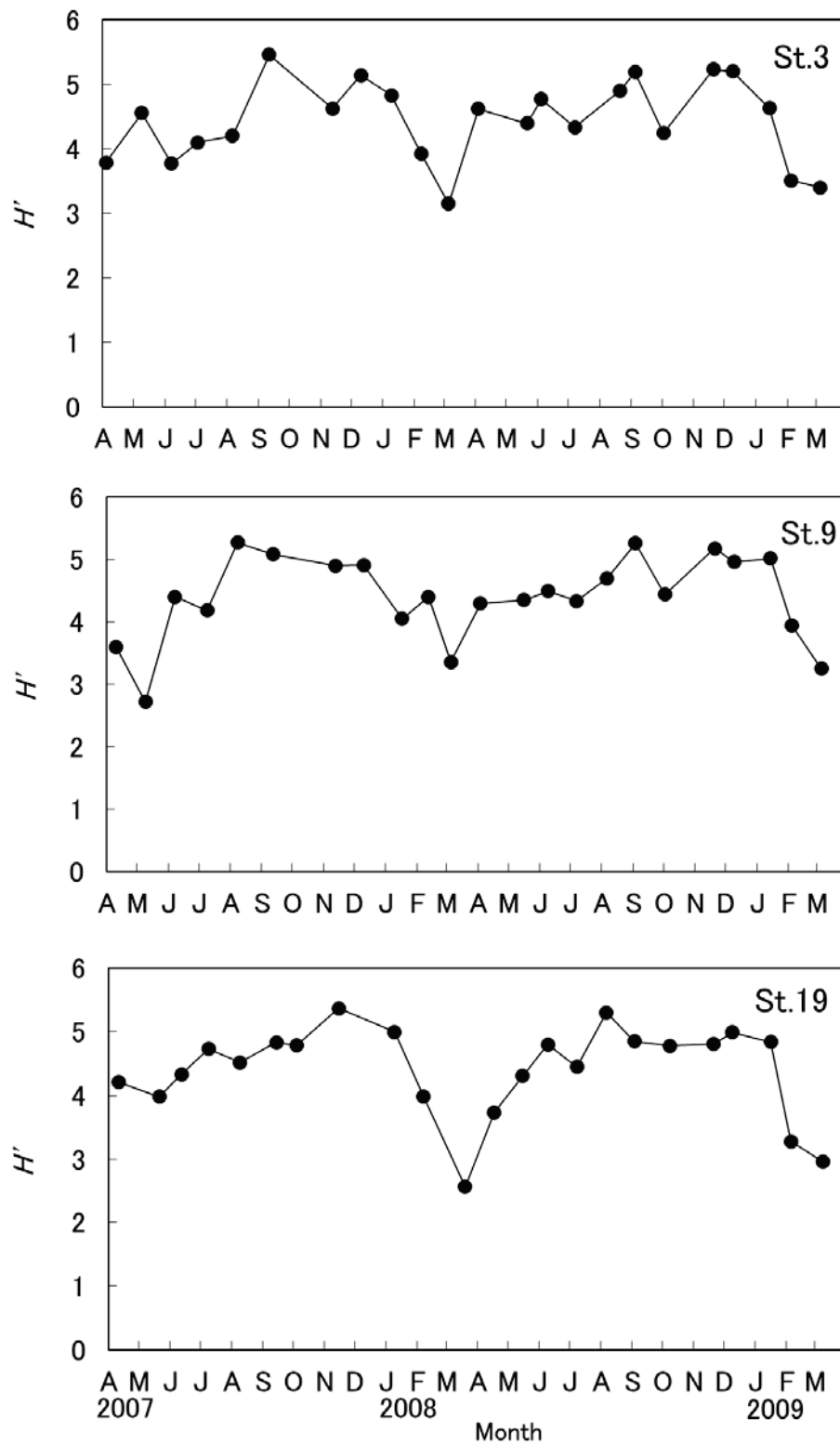


図 3.10 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの動物プランクトンの Shannon-Wiener 指数 H' の季節変動

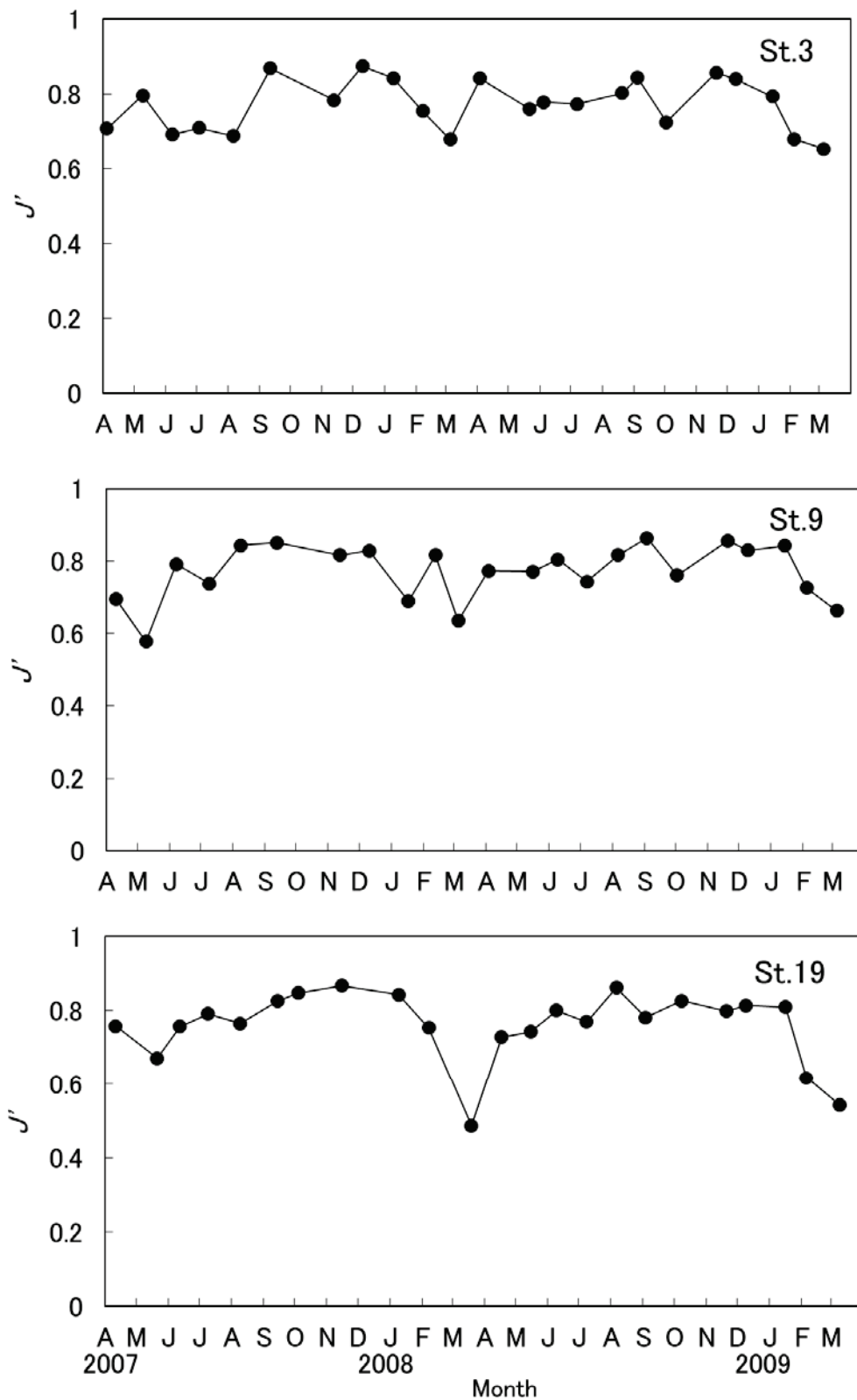


図 3.11 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの動物プランクトンの Pielou の均衡度指数 J' の季節変動

⑥ 調査月・地点別クラスター解析

調査月・地点別のクラスター解析では、地点に関係なく、調査月の4～7月、8月～12月、1月～3月でグループ化された。グループからはずれたのは、2009年3月の3地点と2月のSt.19、2007年5月～7月、2008年8月のSt.9と2008年3月のSt.3で、ちょうど3グループ化された境目の月が多かった(図3.12)。動物プランクトン群集は春の鉛直混合期の終わりから群集が変化していた。各グループの特徴は、以下のとおりである。

4～7月：水柱の水温の上昇期で個体数・生物量が多い時期。種数・多様度指数は増加傾向にあった。

8～12月：個体数・生物量が多い時期。水温成層期で表層は暖水かつ低塩分の海水でおおわれ黒潮からの暖水も流入し、種数は多く多様度指数は高い時期。

1～3月：鉛直混合期で低水温となり、個体数・生物量・種数が少なく多様度指数が最も低い時期。

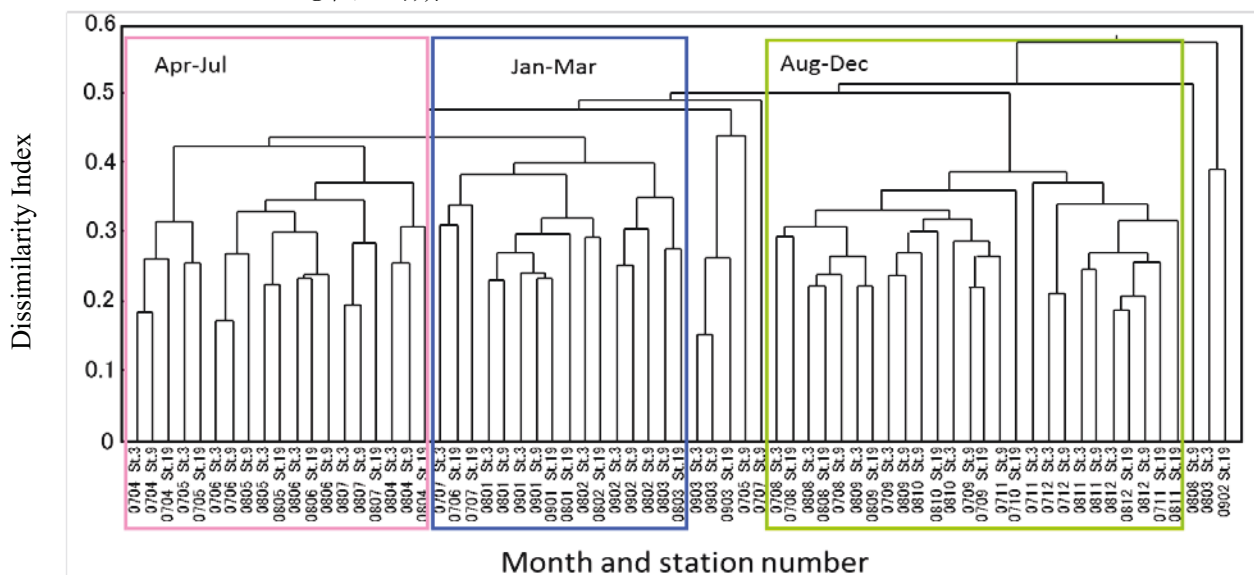


図 3.12 相模湾における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの主要種の調査地点・月別クラスター解析

3.3.2 生産の季節変動

① 全動物プランクトンの生産速度

調査 3 地点とも動物プランクトンの生産速度は激しく変動し、特に St.3 の変動幅は大きく、最大値は 2007 年 8 月の $683.7 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最小値は 2008 年 3 月の $10.0 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ で最大値は最小値の約 68 倍であった (図 3.13)。St.9 では最大値は 2008 年 5 月の $151.2 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最小値は 2007 年 12 月 $13.7 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、St.19 では最大値は 2008 年 5 月 $379.2 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最小値は 2009 年 2 月 $12.6 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ で、最大値は最小値の約 10~30 倍であった。この生産速度の大きな変動は、Doliolida (ウミタル類)・Salpida (サルパ類)・Oikopleura (尾虫類) の Tunicata (被囊類) によるもので、3 地点ともほぼ同じ調査月に単発的に大きな値を示した。3 地点とも変動は激しいものの、生産速度は春季に最大値を示したのち秋季から冬季にかけて低下していく季節変化がみられた。

Tunicata (被囊類) を除くと、最大値は St.3 が 2007 年 8 月の $158.9 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、St.9 では 2007 年 4 月 $100.6 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、St.19 では 2007 年 4 月 $132.4 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ となり、春季から秋季にかけて高く冬季に下がるという傾向は、個体数密度や生物量と同じであった。Tunicata (被囊類) 以外で最も生産速度が高かったのは、Copepoda (カイアシ類) であった。

3 地点の各月の生産速度の平均値を積算した年間の動物プランクトンの生産速度は、2007 年 4 月~2008 年 3 月が $38.6 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、2008 年 4 月~2009 年 3 月が $32.3 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であり、2 年ともほぼ同程度であった。

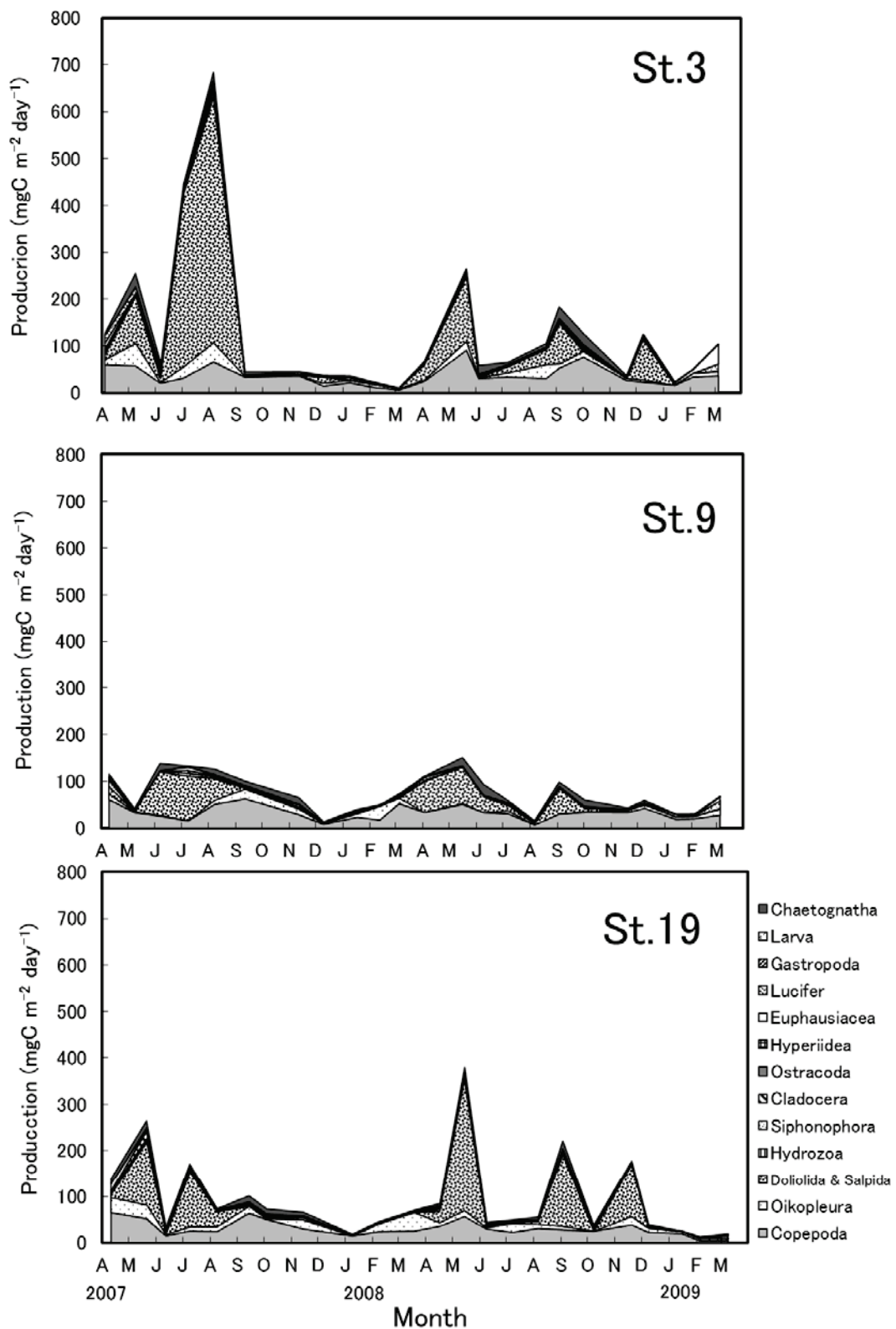


図 3.13 相模湾 3 調査地点における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの動物プランクトンの生産速度の季節変動

② 一次生産速度

「湾央」地点の一次生産速度は、2年とも春から秋に高く冬季に下がるという傾向を示した(図 3.14A)。春の植物プランクトンのブルーム期には2007年4月と7月に $1,755 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、 $3,126 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、2008年3月に $1,633 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ と突出して高い値を示した。春季から秋季にかけては常に $500 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 以上で2007年9月と2008年10月に秋の小ピークがみられたが、翌月から低下しはじめ、冬季は $200 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 台まで低下するというサイクルが観察された。年間の一次生産速度は、2007年4月～2008年3月が $375.7 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、2008年4月～2009年3月が $184.8 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であり、2007年度は2008年度の約2倍の値であった。

③ 二次生産速度

St.3における二次生産速度を、Tunicata(被囊類)とその他の動物に分けてみると、Tunicata(被囊類)による二次生産は年に複数回の単発的な増加を示し、2007年は5月と8月、2008年は5月と9月と12月にピークがみられた。最小値は2009年1月の $0.9 \text{ mgC m}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最大値は2007年8月の $566 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であった(図 3.14B)。その他の動物による二次生産速度の年間のピークも4月～8月ごろにみられ、秋季から冬季にかけて下がる傾向は一次生産と同じであり、最大値は2008年5月の $82 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最小値は2008年3月 $5.72 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であった。ただし、2009年2月～3月は、冬季でも生産速度が上昇した。年間の二次生産速度は、Tunicata(被囊類)が2007年度で $36.6 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、2008年年度で $15.3 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であり、その他の動物が2007年年度で $9.9 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、2008年年度が $12.6 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であった。Copepoda(カイアシ類)だけみると、2007年度2008年度ともに $8.6 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であった。

④ 三次生産速度

St.3 における三次生産速度の最大値は 2008 年 10 月の $67.1 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 、最小値は 2008 年 3 月の $1.7 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であり、季節変動は 2007 年度は一次・二次生産速度と同じで 5 月～8 月にかけて高く秋季から冬季にかけて下がる傾向がみられたが、2008 年 4 月以降は春季よりも秋季に生産速度が上昇し、12 月から低下するという変化を示した (図 3.14C)。

St.3 の年間の三次生産速度は、2007 年 4 月～2008 年 3 月が $8.4 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、2008 年 4 月～2009 年 3 月が $9.0 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であり、両年ともほぼ同程度の値であった。Copepoda (カイアシ類) だけみると、2007 年度 2008 年度ともに $3.1 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ であった。

⑤ 栄養段階間の生産速度の比較

各栄養段階間での変動傾向を比較すると、春の一次生産速度ピークに対して二次生産速度の変動が 1～2 ヶ月後にみられた (図 3.14)。一方、二次生産と三次生産の変動傾向をみると、2007 年度までは季節変化が同調していたが、2008 年度以降は秋季までは三次生産速度のピークがひと月遅れで発生するとともに秋季に増加するという一次・二次と異なる季節変化を示した。

Tunicata (被囊類) は一次生産が急増した 1～2 ヶ月後に生産速度がピークを示すだけでなく、Tunicata (被囊類) の生産速度が高い月は一次生産速度が下がる傾向を示した (図 3.15)。

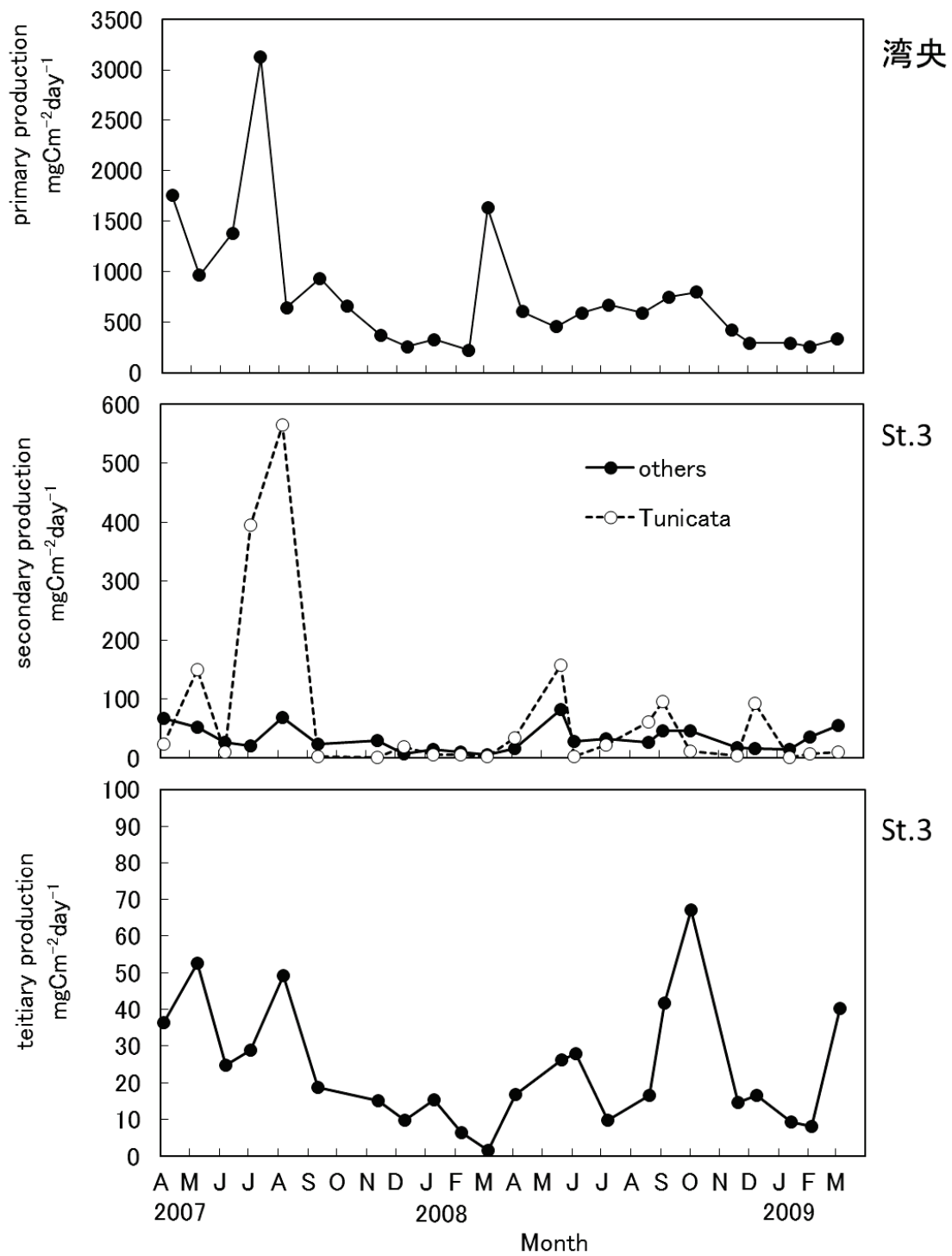


図 3.14 相模湾における 2007 年 4 月～2008 年 3 月までの各栄養段階の生産速度。
 A : 湾央地点の一次生産速度； B : St.3 の二次生産速度，白丸は Tunicata(被囊類)，黒丸はそれ以外； C : St.3 における三次生産速度。

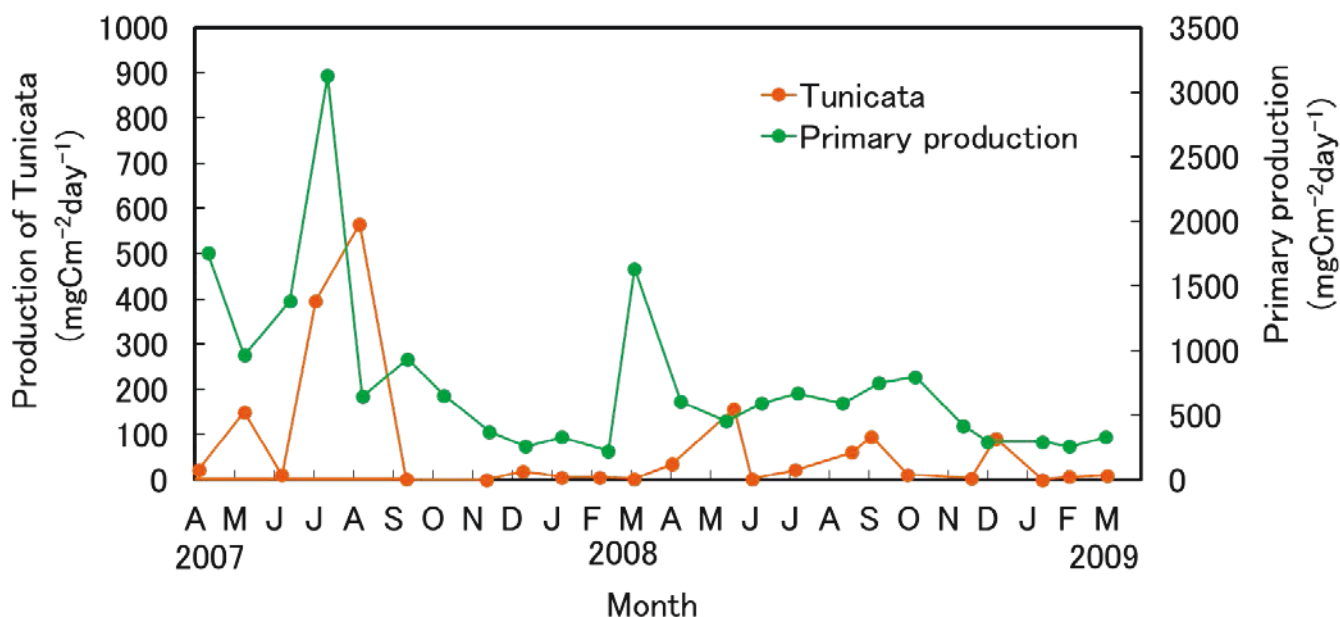


図 3.15 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの相模湾の湾央地点の一次生産速度と St.3 の Tunicata (被囊類) の生産速度の季節変動の比較.

⑥ 転換効率

湾央の一次生産, St.3 における Tunicata (被囊類) を除いた二次生産, 三次生産の転換効率を比較した. 一次生産から二次生産への転換効率が 0.4～18%, 二次生産から三次生産への転換効率が 22.7～143.6%で変動し, いずれも変化が激しく, 明瞭な季節的な変動傾向は認められなかった. 特に二次生産から三次生産への転換効率は, 毎月のように上下に変動し, 通常海域であれば 20%程度となるものが, 100%を超える値もあった (図 3.16).

一次生産から三次生産への転換効率 0.1～12.1%の範囲で変動し, 春季に 5%前後であった効率が 6月～7月に 1%程度まで減少し, 夏季から秋季に再び高くなる傾向がみられたが, 2009 年 3 月だけが 12%と突出して多く, これは, 通常は日中には中深層に生息する Euphausiacea (オキアミ類) が多数採集されたためであり, この月のみ外れ値として, 次の多様性との相関の検討からは削除した.

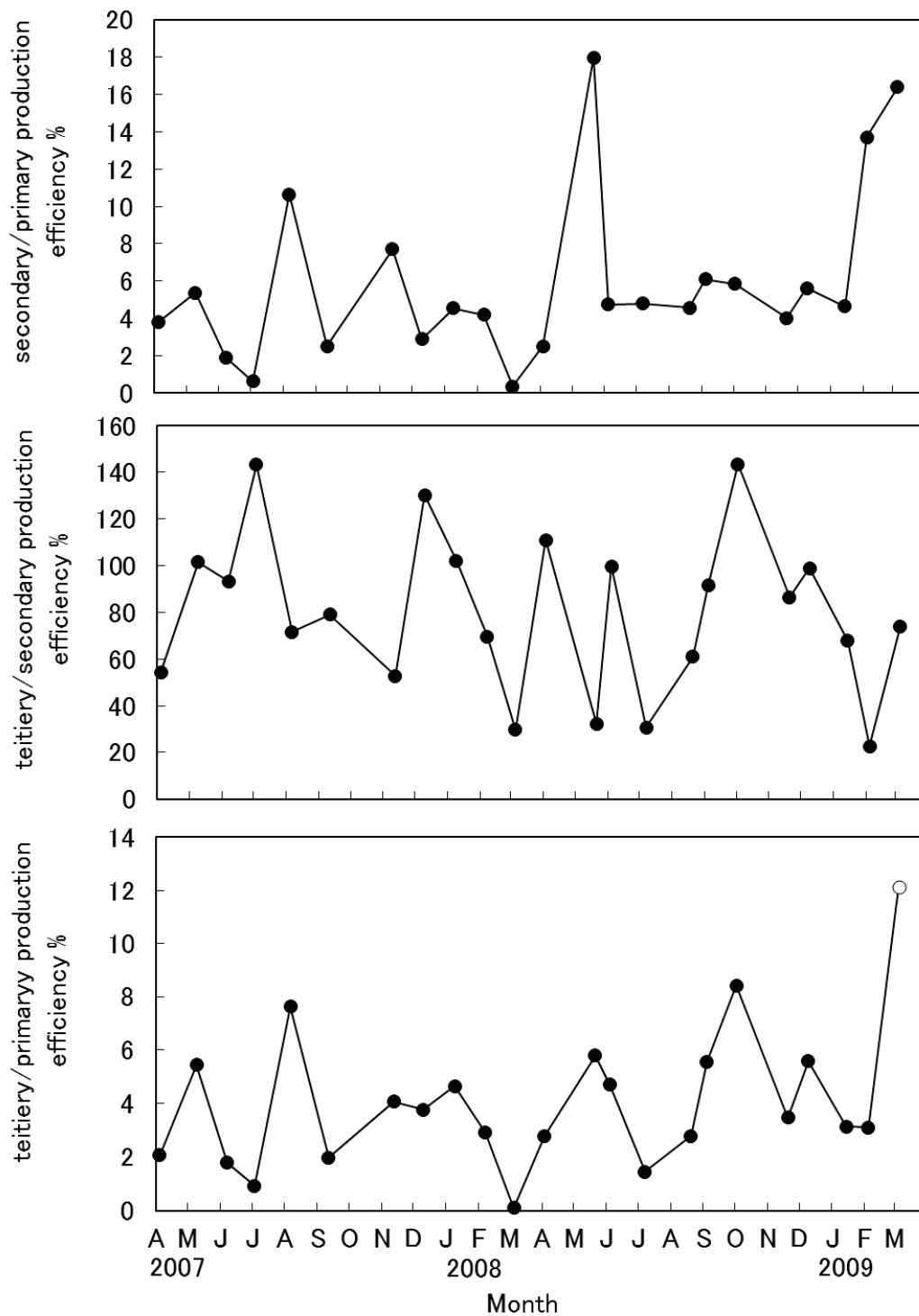


図 3.16 相模湾の St.3 における 2007 年 4 月～2009 年 3 月までの各栄養段階間の転換効率 (Tunicata (被囊類) 除く) の季節変動. A : 二次生産／一次生産 ; B : 三次生産／二次生産 ; C ; 三次生産／一次生産. ○は外れ値として Spearman の統計検討から除外.

3.3.3 種多様性と生産の関係

① 統計的解析

Spearman の順位相関係数の算出結果から、種数・多様度指数と、生産速度・転換効率との関係をみると、三次生産種の種数と三次生産速度、同じく三次生産種の種数と一次生産から三次生産への転換効率との間で有意な正の相関が認められた。また、全出現種数と一次生産から三次生産への転換効率との間にも有意な正の相関が認められた（図 3.17, 表 3.4）。

一方、二次生産については、種数・多様度指数に対する生産速度・転換効率は相関係数 r_s が負の値を示していたが、有意な相関は認められなかった。

表 3.4 相模湾 3 地点の 2007 年 4 月～2009 年 3 月の生産速度・転換効率と多様度指数・種数の関係

生産速度と多様性の関係（スピアマンの順位相関係数 r_s ）	$r_s(n)$
二次・三次生産速度と全動物種数	0.0573 (69)
二次生産速度と二次種数	0.0579 (69)
三次生産速度と三次種数	0.2422 (69) *
二次・三次生産速度とH'	-0.0685 (69)
二次生産速度とH'	-0.1837 (69)
三次生産速度とH'	0.0997 (69)
二次・三次生産速度とJ'	-0.1274 (69)
二次生産速度とJ'	-0.2049 (69)
三次生産速度とJ'	0.0480 (69)
転換効率と多様性の関係（スピアマンの順位相関係数 r_s ）	$r_s(n)$
二次/一次転換効率と全種数	0.1524 (23)
三次/二次転換効率と全種数	0.3174 (23)
三次/一次転換効率と全種数	0.4729 (23) *
二次/一次転換効率と二次種数	0.1455 (23)
三次/二次転換効率と三次種数	0.2339 (23)
三次/一次転換効率と三次種数	0.4401 (23) *
二次/一次転換効率とH'	0.0706 (23)
三次/二次転換効率とH'	0.3529 (23)
三次/一次転換効率とH'	0.3461 (23)
二次/一次転換効率とJ'	-0.0491 (23)
三次/二次転換効率とJ'	0.3834 (23)
三次/一次転換効率とJ'	0.2208 (23)

注 * は有意水準0.05で有意

二次生産速度はTunicata(被囊類)を除いて計算

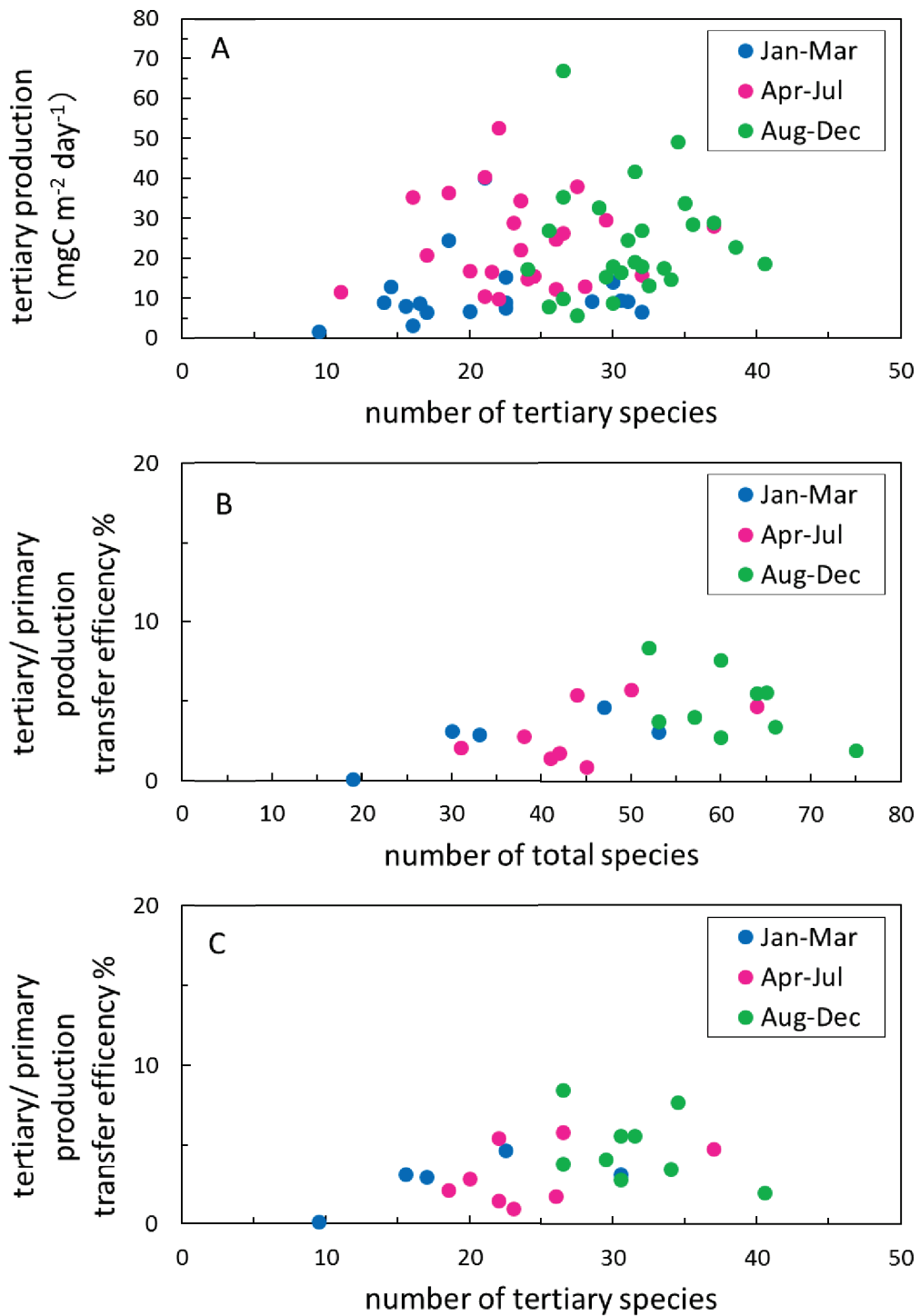


図 3.17 相模湾における三次生産速度と三次/一次転換効率と種数の関係. A: 三次生産速度と三次種数; B: 三次/一次転換効率と全出現種数 (Tunicata (被囊類) 除く); C: 三次/一次転換効率と三次種数.

② 種間のクラスター解析

主要 63 種間のクラスター解析の結果，出現時期に応じて，おおまかに 7 グループに分かれた (図 3.18)．各グループの特徴は以下のとおりである．

A：おもに夏季 (8 月～10 月) に出現した種．Chaetognatha (毛顎類) と Copepoda (カイアシ類) のみであり，特に体長 2mm をこえて生産速度の大きい植食の Copepoda (カイアシ類) が多かった．

B：出現個体数が 2inds. m^{-3} をこえることが多く，年間を通して出現した種．体長 2mm 以下の小型の Copepoda (カイアシ類) で雑食種と肉食種が多かった．そのほか，大型の Copepoda (カイアシ類) の *Calanus sinicus*，Chaetognatha (毛顎類) の *Sagitta nagaе*，*Oikopleura longicauda* (尾虫類) など生産速度の高い種もみられた．

C：出現個体数は多くないが，ほぼ年間を通して出現した種．Chaetognatha (毛顎類) と Copepoda (カイアシ類) のみであり，生産速度が $1\mu\text{gC inds.}^{-1}\text{day}^{-1}$ を超える種が多かった．

D：おもに春季から秋季 (5～9 月) に出現した種．植食動物が多く，突発的に多くなる種がいた．生産速度が高く $9\mu\text{gC inds.}^{-1}\text{day}^{-1}$ をこえる Doliolida (ウミタル類) が含まれた．

E：おもに春季 (4 月～6 月) に出現した種．夏季は出現しなかった．体長も 2mm 以下で生産速度も低い種が多かった．

F：おもに冬季から春季 (2 月～5 月) に出現した種．Copepoda (カイアシ類) や肉食の種類は少なく，生産速度の高い *Oikopleura* (尾虫類) が多かった．大型で体長 5mm をこえる Copepoda (カイアシ類) *Eucalanus californicus* の生産速度は突

出して大きかった。Copepoda (カイアシ類) *Paracalanus parvus s.l.*は一年を通して出現したが、4月～5月の個体数密度は 50inds. m⁻³ をこえ卓越優占種となった。

G: 単発的に出現した種. 調査地以外に分布の中心をもつ種 (Copepoda (カイアシ類)

Pleuromamma piseki は中層, Chaetognatha (毛顎類) *Sagitta crassa* は岸寄り) がみられた。

調査日・地点別のクラスター解析では4～7月, 8月～12月, 1月～3月に分けられたが, 動物プランクトンのクラスター解析では, これら3つの季節区分で出現種が全く異なるのではなく, 季節区分をこえて各種が消長を繰り返していた。三次生産者の肉食種は8月～10月に多く出現するAグループや年間を通して多いBグループで種数が多くなった。二次生産者の植食種では, 体長2mm以上の大型種で1個体あたりの生産速度の高い種が同じくAとBグループで多く, 冬季に多く出現するFグループには植食種の中でも3月～5月に個体数密度の高くなる種が集中した。

③ NBSSの傾きによる解析

St.3の各月のNBSSの傾きは, 2007年度は-0.6037～-1.4434, 2008年度は-0.5734～-1.1508で推移した(図3.19)。このうち, 種数が少なく多様度指数の低かった1～3月と, 種数が多く多様度指数の高かった4月～12月を比較すると, 1～3月は傾きの平均値が-1.0810, 4月～12月は-0.857で, 1～3月のほうが傾きが急であり, 4月～12月に比べて二次生産から三次生産への転換効率が低い傾向がみられた。

④ 体長クラス別の種数

体長クラスごとの種数をみると、植食動物では1年を通して体長2mmまでの種が多く、体長1mm～1.25mmのクラスで最大の8種が出現した。8月～12月になると2mm以上の大型種が増えていた。雑食動物は体長1mm～2.5mmの大きさに集中しており、一年を通して各季節に出てくる種類数はほとんどかわらなかった。肉食動物では、体長1.25～1.5mmの大きさが最も多かったが、一年を通して1mm～10mm以上まで幅広い大きさの種が出現しており、8月～12月の種数の増加時にはどの大きさの種も偏りなく増加していた(図3.20)。

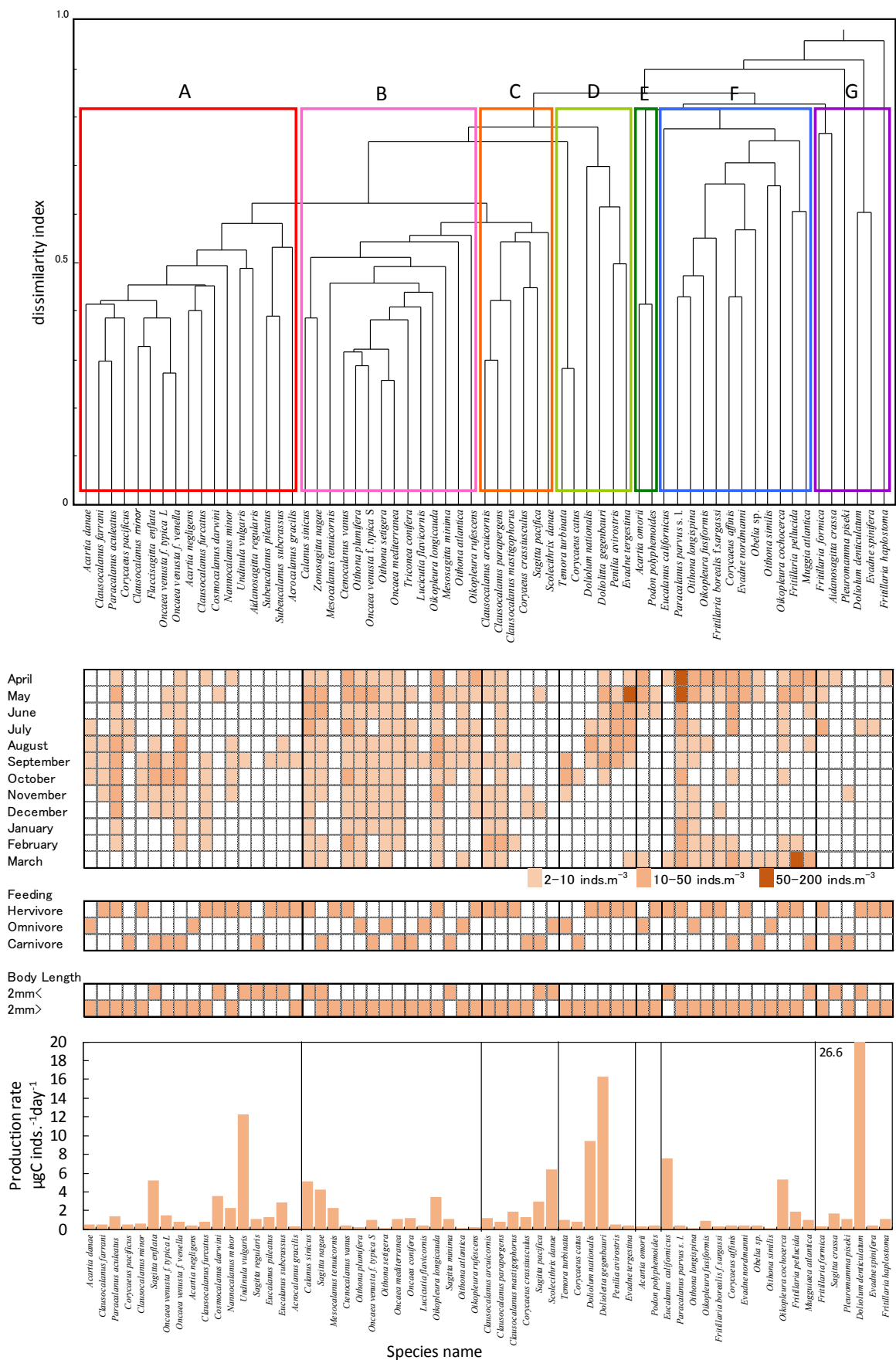


図 3.18 相模湾 3 地点において 2007 年 4 月～2009 年 3 月の主要種のクラスター解析と群集特性. a: クラスター解析; b: 3 地点平均で 2 inds. m⁻³ 以上出現した月; c: 食性; d: 体長; e: 水温 20°C での 1 個体あたりの生産速度.

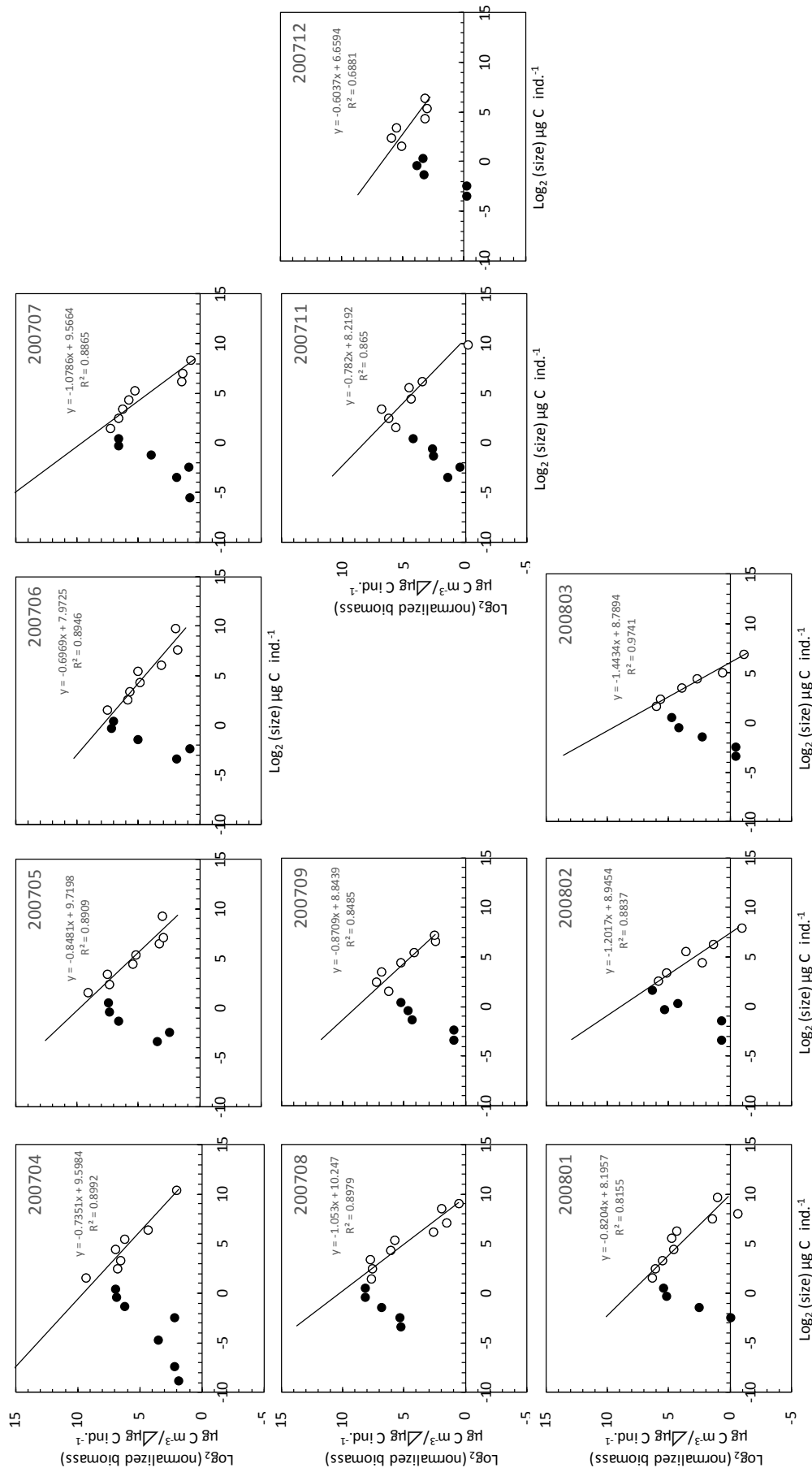


図 3.19(1) 相模湾 St.3 における各月の 1 個体あたりの生物量に対する NBSS.白丸で示した 1 個体の炭素量が $4 \mu\text{g C}$ 以上について回帰直線を示した (2007 年 4 月 ~ 2008 年 3 月).

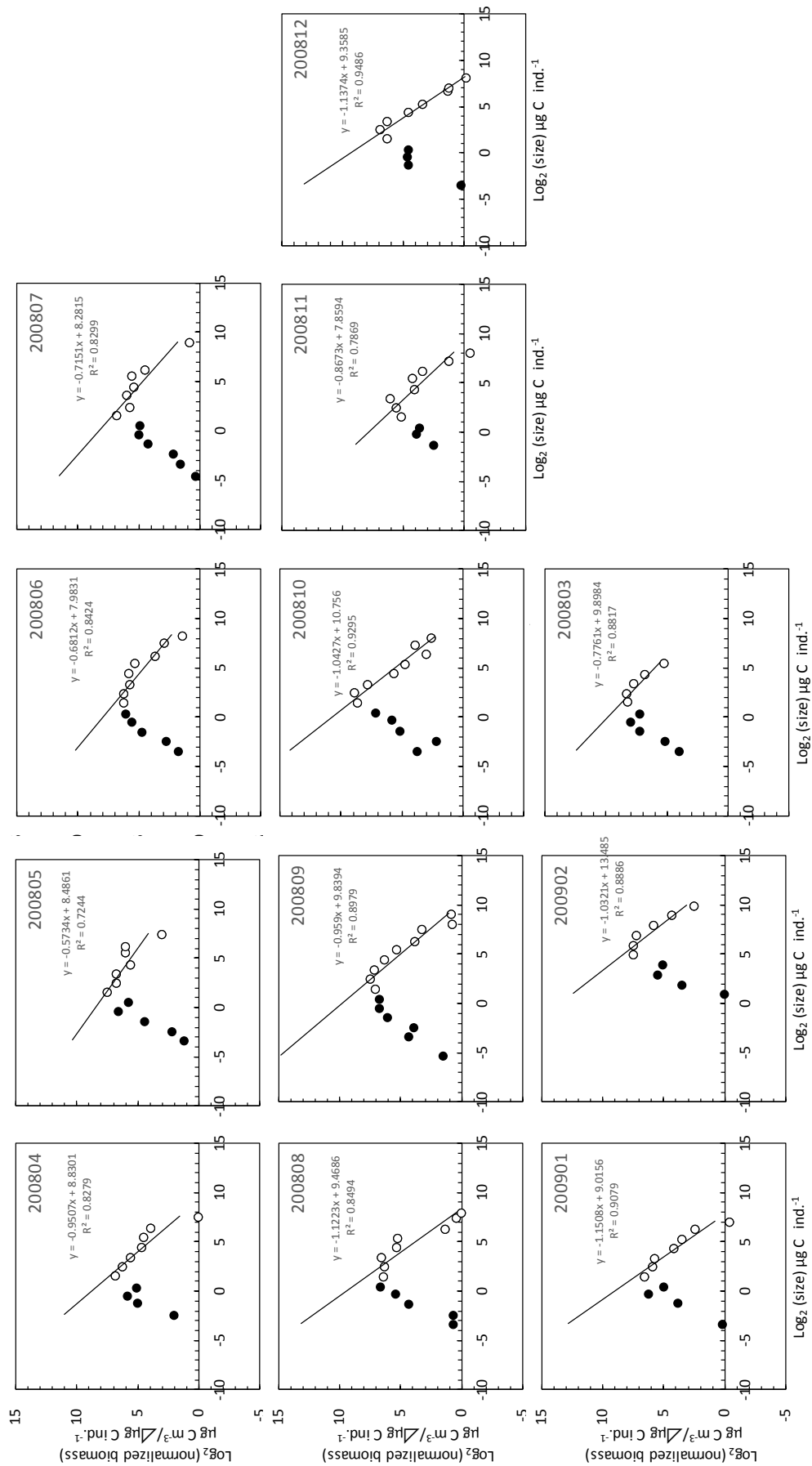


図 3.19(2) 相模湾 St.3 における各月の 1 個体あたりの生物量に対する NBSS 白丸で示した 1 個体の炭素量が $4 \mu\text{g C}$ 以上について回帰直線を示した (2008 年 4 月 ~ 2009 年 3 月).

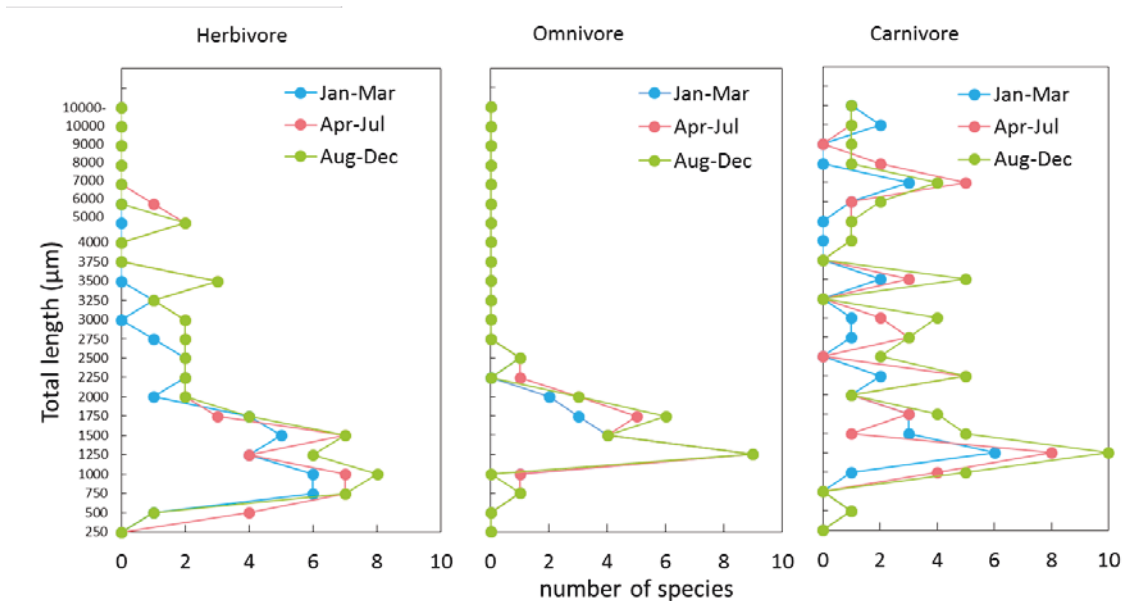


図 3.20 相模湾の St.3 における動物プランクトンの食性・季節別にみた各体長区分の種数.

3.3.4 二次生産とカタクチイワシ生産との関係

ここでは、年間の生産速度を 2007 年 4 月～2008 年 3 月，2008 年 4 月～2009 年 3 月，2008 年 1 月～12 月に分けて算出した。以下，それぞれ，2007 年度，2008 年度，2008 年と表記する。

Tunicata（被囊類）を含む年間の相模湾全域の二次生産速度は，2007 年度が $32,230 \text{ tCyr}^{-1}$ ，2008 年度が $25,618 \text{ tCyr}^{-1}$ ，2008 年が $26,326 \text{ tCyr}^{-1}$ であった（表 3.5）。

相模湾に移入したカタクチイワシの生産速度は，2007 年度・2008 年度・2008 年の順に未成魚・成魚が 116.3 tCyr^{-1} ， 131.7 tCyr^{-1} ， 104.7 tCyr^{-1} ，稚仔魚が 68.1 tCyr^{-1} ， 42.9 tCyr^{-1} ， 42.9 tCyr^{-1} ，カタクチイワシに消費された二次生産は，同じく順に，未成魚・成魚が 87.2 tCyr^{-1} ， 98.8 tCyr^{-1} ， 78.5 tCyr^{-1} ，稚仔魚が 51.1 tCyr^{-1} ， 32.2 tCyr^{-1} ， 32.2 tCyr^{-1} と推算された。

これより，相模湾のカタクチイワシによる動物プランクトンの転換効率は，2007 年度・2008 年度・2008 年の順に，未成魚・成魚が 0.27%，0.39%，0.30%，稚仔魚が 0.16%，0.13%，0.12%，未成魚・成魚・稚仔魚をあわせると 0.43%，0.52%，0.42%で 1%には満たなかった。

表 3.5 相模湾の動物プランクトンによる二次生産速度とカタクチイワシ生産速度の比較

		単位	2007年4月～ 2008年3月	2008年4月～ 2009年3月	2008年1月～ 2008年12月
	m ² あたり	gCm ⁻² yr ⁻¹	31.2	24.8	24.0
動物プランクトンによる 二次生産速度	150m以浅	tC yr ⁻¹	5,772	4,588	5,974
	150m以深	tC yr ⁻¹	26,458	21,030	20,352
	相模湾	A tC yr ⁻¹	32,230	25,618	26,326
カタクチイワシ漁獲量から推定した 未成魚・成魚生産速度		B tC yr ⁻¹	116.3	131.7	104.7
カタクチイワシ産卵数から推定した 稚仔魚の生産速度		C tC yr ⁻¹	68.1	42.9	42.9
カタクチイワシ未成魚・成魚に消費 された二次生産	B × 0.75	D tC yr ⁻¹	87.2	98.8	78.5
カタクチイワシ稚仔魚に 消費された二次生産	C × 0.75	E tC yr ⁻¹	51.1	32.2	32.2
二次生産に占めるカタクチイワシ 未成魚・成魚に消費された 動物プランクトンの割合	D/A × 100	%	0.27	0.39	0.30
二次生産に占めるカタクチイワシ 稚仔魚に消費された 動物プランクトンの割合	E/A × 100	%	0.16	0.13	0.12
カタクチイワシに消費された動物プ ランクトンの割合(転換効率)	合計	%	0.43	0.52	0.42

仮定:カタクチイワシの炭素量は湿重量の10%とする。

:相模湾に回遊してきたカタクチイワシは1か月、ふ化したカタクチイワシ稚仔魚は2か月相模湾にとどまるとする。

3.4 考察

3.4.1 相模湾の動物プランクトンの種多様性の季節変動

本研究では $330\mu\text{m}$ の目合のネットで採集された中・大型の動物プランクトンによる二次・三次生産を算出しており、このネットで採集できなかった小型動物プランクトンの二次・三次生産を含まないため、二次・三次生産速度は実際よりも低く見積もられていることを前提として議論する。

相模湾沖合の動物プランクトン群集は1～3月、4月～7月、8月～12月に区分され、これは相模湾の水温・塩分の鉛直分布の季節変動とほぼ一致していたことから、海域の物理環境の変化により動物プランクトン群集が変動することが示された。Ara *et al.* (2009) では、相模湾の江の島沖の0～10m層のプランクトンによる生産構造を四季（冬：12～2月、春：3～5月、夏：6～9月、秋：10～11月）に区分しており、本研究の相模湾沖合0～150mプランクトン群集による区分と違いがみられた。これは、対象水深が異なること、河川水の流入など環境条件が異なること、沿岸特有のプランクトン群集があることに起因すると考えられ、同じ湾内であるが沿岸と沖合では生産構造の季節変化も異なっていることが推察された。

また、種類数、多様度指数については、夏季に多く、冬季に減少する傾向がしめされた。これまでも黒潮の影響を受け多様な種組成が指摘されてきた相模湾であるが（日本海洋学会沿岸海洋研究部会, 1985）、本研究では種類数の最も多かった Copepoda（カイアシ類）は180種も出現しており、種数が多いと大きい値を示す傾向がある多様度指数 H' も高く、出現個体数の偏りが小さいと値が1に近づく均等度 J' は冬季を除き常に1に近い値を示しており、相模湾の多様な種とその季節変動が確認できた。

3.4.2 動物プランクトンの種多様性と生産の関係

動物プランクトンの種多様性と生産の関係については、三次生産では種数の増加が生産速度と一次生産からの転換効率を上昇させることが示された。二次生産では、生産速度の季節変動の大きかった Tunicata（被囊類）を除いても、種の多様性と生産速度・転換効率に有意な相関が認められず、二次生産と三次生産では、種多様性との関係性が異なっていることが推察された。

三次生産者の種数の増加が生産性の向上につながった理由として、生態学理論の「ニッチ効果」があった可能性がある。ニッチ効果は種間でのニッチ（利用する資源）の違いが群集全体で効率的な資源利用を可能にし、結果として生産性などの機能が高まる現象である（宮下ほか，2012）。海洋では、浮遊生物の生活圏に固着の生物や固定物ではなく、陸上に比べて均質な環境の中に小さな生き物が多数共存しており、似たような餌環境の中で餌をとりあっている。同サイズの捕食者は同サイズの餌を摂餌する傾向があり（Poulet, 1977）、餌をめぐる競争には体の大きさが重要とされる（Emmerson, 2012）。植食の動物プランクトンでは、植食者の体の大きさが多様になれば餌ニッチの分割が促進されるという指摘もあり（Ye *et al.*, 2013）、相模湾の三次生産種においても、さまざまな体長の種が増加することで、餌ニッチを効率よく利用して、生産速度と転換効率が上がったと推察される。

また、小型の動物プランクトンのデータを除いて求めた NBSS についても、種の多様性の低い 1 月～3 月期よりも、多様性の高い 4 月～12 月期で、二次生産から三次生産への転換効率が高かったことは、4 月～12 月の種の多様性の高い時期に三次生産への転換効率が赤っていたことを支持するものである。

二次生産について、種の多様性と相関が認められなかった原因としては 3 つ考えられる。第 1 の原因として、前述のように本研究では微小・小型動物プランクトンが採集ネットから

欠落しており、日本近海での一次生産から二次生産への転換効率がおおむね 20%前後であるのに対し (Ara *et al.*, 2009, Uye & Shimazu, 1997), 本研究ではほとんど 10%未満であり、二次生産から三次生産への転換効率では 100%を超えた月もあったことから、ここで算出した二次生産速度が実際より過小評価であるために、転換効率も正確に把握できていなかったことがあげられる。

第 2 に、二次生産速度と多様度指数との相関係数 r_s が負の値をとる傾向があったことから、二次生産では種が多様であることよりも、出現種に偏りがみられる場合に生産速度があがることが考えられる。 *Paracalanus parvus* s.l.のような卓越種が出現すると多様度指数は低くなるが生産速度は上昇する。また、個体あたりの生産速度の値が高い大型種の *Calanus sinicus* が増加した時には 2008 年 5 月のように前後の月に比べて二次生産速度が急上昇する。こうした現象の積み重ねにより、種の多様性と生産速度との相関が認められなかったものと考えられる (図 3.21)。

第 3 の原因として、一次生産速度の激しい変動の影響が考えられる。生産速度の高い海域では春季に植物プランクトンが大量発生した場合、中型の Copepoda (カイアシ類) は生活史のサイクルが遅いため再生産が追いつけず、転換効率が低くなるとされる (San Martin, *et al.*, 2006)。相模湾においても、一次生産の突発的なピークに対して二次生産は 1~2 か月遅れていたことから、このずれにより種の多様性と転換効率に相関が認められなかった可能性がある。また、本研究における一次生産速度の激しい季節変動は、Tunicata (被囊類) による一次生産の消費による影響も受けているものと思われる。Tunicata (被囊類) は餌料の種類やサイズの幅が広く成長が速く (浜崎ほか, 2013)、時に周辺の植物プランクトンを消費しつくすほど大発生するため (西川, 2001)、一次生産速度は Tunicata (被囊類) 以外の動物プランクトンの消費とは関係なく激しく変動し、転換効率と種の多様性に相関が認め

られなかったものと考えられる。

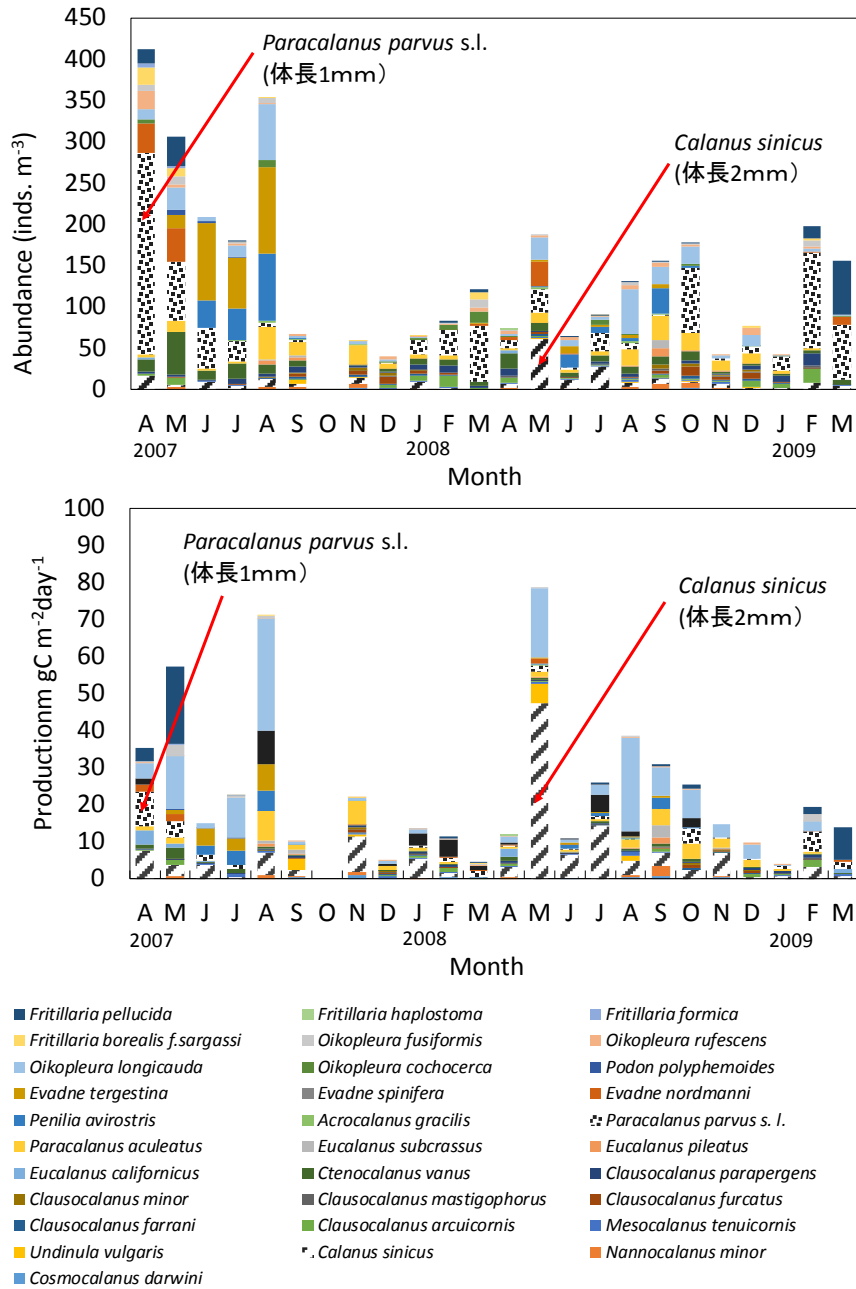


図 3.21 相模湾の St.3 における植食動物の個体数密度（上）と生産速度の内訳

3.4.3 相模湾の年間の低次生産

相模湾の過去の研究と生産速度を比較すると、相模湾の江の島沖では、年間の一次生産速度が $281.5 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、Copepoda (カイアシ類) の二次生産が $1.9 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 、Copepoda (カイアシ類) の三次生産が $0.42 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ であった (Ara *et al.*, 2009)。本研究では、一次生産速度が 2007 年度と 2008 年度それぞれ $375.7 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 、 $184.8 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ 、Copepoda (カイアシ類) の二次生産速度は両年とも $8.6 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 、Copepoda (カイアシ類) の三次生産速度は両年とも $3.1 \text{ gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$ であり、Copepoda (カイアシ類) の本研究での二次・三次生産速度は江の島沖よりも多く、特に三次生産速度の差が大きかった。これは、調査水深が江の島沖の 15 倍であることが影響したためと考えられる。沖縄本島周辺黒潮における目合幅 0.064mm のネット採集での Copepoda (カイアシ類) の生産速度は $7.7\sim 57.5 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であったが (中田ほか, 2001)、本研究での Copepoda (カイアシ類) の二次・三次生産速度をあわせて、 $11.3\sim 66 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ であり、小型動物プランクトンを欠いていても黒潮より多かった。Ikeda & Motoda (1978) では、黒潮域での二次生産速度は 6 月～10 月で $11\sim 60 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ の範囲にあり、本研究での $5.8\sim 53.9 \text{ mgCm}^{-2}\text{day}^{-1}$ と比較してもほぼ同程度の値を示した。このように、本研究の相模湾沖合の動物プランクトン生産は、江の島沖、黒潮域と同程度あるいはそれよりも高いことが明らかとなった。

3.4.4 二次生産とカタクチイワシ生産との関係

動物プランクトンの二次生産では、種多様性と生産に相関が認められなかった。また、相模湾のカタクチイワシによる動物プランクトン二次生産の転換効率は $0.42\sim 0.52\%$ であったが、本研究での二次生産は小型の動物プランクトンを含んでいないため過小評価されており、実際にはカタクチイワシの転換効率はさらに低くなると考えられる。一方、相模湾に

はほかにもウルメイワシ・マイワシといったプランクトン食魚種も存在するが、これらの魚種の定置網での漁獲量はカタクチイワシの3分の1~4分の1であることから、これらの魚類の餌のとなった二次生産を加えたとしても合計1%に満たないものと考えられる。したがって、現在の相模湾の二次生産速度であれば、カタクチイワシの餌として十分供給がなされていると考えられる。また、三次生産者もカタクチイワシの餌となり得る場合もあり、その場合は、種数の増加とともに生産速度が上がれば、カタクチイワシの餌の種類も量も増えることになり、餌環境としては最適化するものと考えられる。

さらに、イワシ類の資源量は変動が著しく、日本でのカタクチイワシの資源量のピークは最低時の10倍強であり、マイワシにいたっては450倍の変化をする(谷津・渡邊, 2011)。その生産に使われるプランクトンの転換効率が1%未満と非常に低いことは、この膨大な餌を最大限利用できればカタクチイワシ資源の爆発的な増加時にも十分に餌を供給することが可能であることを示していると考えられ、資源変動の激しいイワシ類の食料供給サービスに対して相模湾には多大な潜在的利用価値があるものと思われる。

第4章 *Eucalanus californicus* の季節的鉛直移動による炭素輸送

4.1 はじめに

4.1.1 *Eucalanus californicus* の生態

Eucalanus californicus Johnson は日本近海に出現する *Eucalanus bungii* Giesbrecht や *Eucalanus hyalinus* (Claus)と同様に *Eucalanus* 属の *elongatus* グループ (Fleminger, 1973)に属する半透明で大型の Copepoda (カイアシ類) である。本種と形態がきわめて類似し亜寒帯から寒帯に生息する *E. bungii* が日本近海では主として親潮域に分布しているのに対し、本種は北太平洋移行帯に生息し日本近海では親潮と黒潮の移行域に分布しているため、両者の分布は境界付近で重なっている (Lang, 1965 ; Sekiguchi, 1975)。

E. bungii は生物量が豊富でサケなど水産有用種の重要な餌となっていることから比較的研究がなされ、1 世代 1~2 年で表層の基礎生産のピーク時に産卵期を同調させて鉛直移動するいわゆる OVM (Ontogenetic vertical migration) を行う生活史が明らかになっている (Tsuda *et al.*, 2004)。しかし、*E. californicus* については、太平洋東岸カリフォルニア沿岸では春季の主要種の一つでありながら (Rebstock, 2001)、湧昇により餌の豊富な沿岸域へ浮上して産卵し (Smith & Lane, 1991)、コペポディド 5 期または成体雌で越冬すること (Ohman *et al.*, 1998) などがわかっていたが、日本近海においては、長らく、黒潮南方 100 m 以浅で春季に出現 (古橋, 1961)、移行域の 900m 層付近で出現する (Furuhashi, 1966) などの出現記録に限られていた。相模湾での研究から、本種が植物プランクトンの春季ブルーム時に沿岸表層 100m で産卵・成長し、その後深層で休眠・越冬することが予測されていたが (Shimode *et al.*, 2006)、日本近海北西太平洋での 15° N~49° N にわたる広

範囲の調査により、*E. californicus* も1年1回春季に表層で再生産を行い、C5期で水深500～2000mで越冬することが明らかになった (Shimode *et al.*, 2012a, 図 4.1).

4.1.2 研究の目的

動物プランクトンの鉛直移動を含む生物ポンプについての研究例は多いが (Ducklow *et al.*, 2001 ; Kobari *et al.*, 2003), これを気候調整サービスと結び付けてその経済的価値を算出した例としては、日本近海では、冷水の親潮域において、この *E. bungii* のほか複数の大型 Copepoda (カイアシ類) の炭素輸送量を算出した齊藤 (2007) の研究のみである。一方、暖かい黒潮周辺海域にも、こうした季節的な鉛直移動を行う大型種 *E. californicus* が生息しているにもかかわらず、これまでその炭素輸送量の算出は行われてこなかった。暖海域では、単種のプランクトンの生態行動が気候調整サービスほどの程度貢献しているのか、親潮域ほど解明がすすんでいない。しかし、将来的に地球温暖化が進行するとすれば、暖水域についても個々の動物プランクトンの生活史に基づいた炭素輸送を明らかにしておくことが、今後の気候変動の予測へつながる基礎データとなると考えられる。

したがって、本章では、*E. californicus* について、相模湾近海での個体数と成長段階組成の季節変動をもとに、本種の生殖活動にともなう季節的な鉛直移動による越冬期の炭素の移送量を算出することで、プランクトンが気候調整サービスほどの程度貢献しているのかを明らかにすることを目的とした。

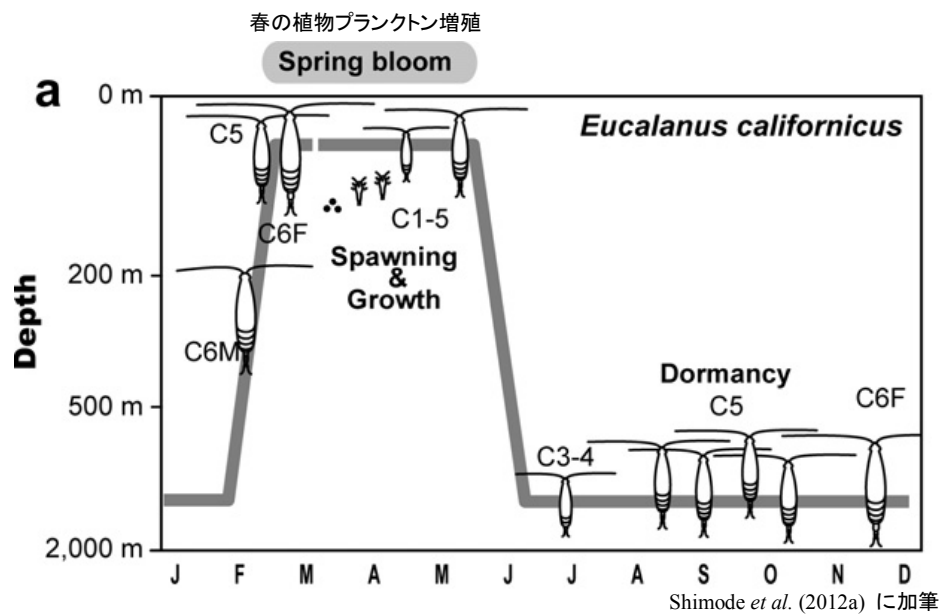


図 4.1 *Eucalanus californicus* の生活史

4.2 材料と方法

4.2.1 *Eucalanus californicus* の季節変動

試料は神奈川県水産試験場（現神奈川県水産技術センター）の“うしお”が東京湾湾口の富浦沖定点 St.29 (35° 4' 18N, 139° 45' 51E, 水深 650~680m) において 1993 年 1 月~1995 年 1 月までの 2 年間、原則として月 1 回採集したものである（図 3.1）。本章の調査方法を図 4.2 に示した。

試料の採集方法はノルパックネット（口径 0.45m, 側長 1.8m, 目合い 0.33 mm）による深度 600m または 650m から海面までの鉛直曳きを行い、採集後ただちに中性ホルマリン海水を 5% の濃度になるように加えて固定した。各採集時には CTD を用いて、海面付近から 600 m または 650m までの水温および塩分の測定を行った。

研究室に持ち帰った試料は、*Eucalanus californicus* のコペポディド全 6 期（以下各発育段階を C1 期~C6 期と表記する）について各発育段階別に計数し、特に C4 期、C5 期および C6 期（成体）については雌雄を区別して計数した。出現個体数の多かった 1994 年 4~6 月

については2分の1から16分の1に分割して計数したが、それ以外は試料中の全個体を計数し、1曳網あたりの個体数として表示した。

4.2.2 *Eucalanus californicus* の季節的鉛直移動による炭素輸送量

E. californicus の1個体あたりの炭素量の算出のため、神奈川県水産試験場（現神奈川県水産技術センター）の“うしお”が定点 St.18（図 3.1）において2009年2月～年5月まで毎月1回、ノルパックネット（口径0.45m，側長1.8m，目合い0.33 mm）による深度600mまたは650mから海面までの鉛直曳きを行い，採集後ただちに中性ホルマリン海水を5%の濃度になるように加えて固定したものを用い，研究室において，生物顕微鏡下で本種の成長段階 C5 期の84個体の前体部長（PL）を測定して C5 期の前体部長の平均値を求めた。

次に，以下の Hopcroft *et al.* (2002) による本種の体長と体重の回帰式

$$\log_{10}DW = 3.09 \times \log_{10}PL - 0.0026$$

(DW : 湿重量 μ g ; PL : 前体部長 μ m)

に C5 期の前体部長の平均値をあてはめて湿重量を算出し，炭素重量は乾燥重量の50%と仮定して，次式

$$CW = DW \times 0.5$$

(CW : 炭素重量 μ g)

を用いて，C5 期幼体の1個体あたりの炭素量を算出した。

さらに，1993年7月と1994年7月の調査日の全個体が C5 期で表層から中・深層へ移動して休眠に入ったと仮定し，これを休眠初期個体数とし，それぞれ，1993年12月と1995年1月の個体数と比較して，死亡個体数（減少数）と，生残個体数 N_S （残った数）を求めた。ここから，水柱150mの1m²あたりの死亡個体数 N_M と生残個体数 N_S を求め，以下の

ように相模湾の *E. californicus* の生殖活動にともなう季節的移動 (OVM) による炭素輸送量 C_Z を算出した.

$$C_Z = C_W \times N_M \times 1,218 \text{ km}^2 \text{ (相模湾面積)}$$

(C_Z : 炭素輸送量 t C)

生残個体も同様に求めたが, 生残個体は翌年の春に産卵のため浮上して表層に炭素を戻すため, 越冬期間中の生残個体の炭素量は一時ストックとして, 越冬期間中の死亡個体の炭素量と区別した. *E. bungii* との比較のため, 越冬中の7月~12月・1月までの個体数の変化を, MS-Excel による近似線形回帰を行って $N_t = N_0 e^{-Mt}$ (N_t は t 日の個体数, N_0 は0日の個体数, M は自然死亡係数, t は t 日) の自然死亡係数 M を求めた.

1993年度と1994年度の *E. californicus* による炭素輸送量を CO_2 へ換算し ($\times 44/12$), CO_2 の1トンあたり4000円~6000円 (三田, 2015) として経済評価をした.

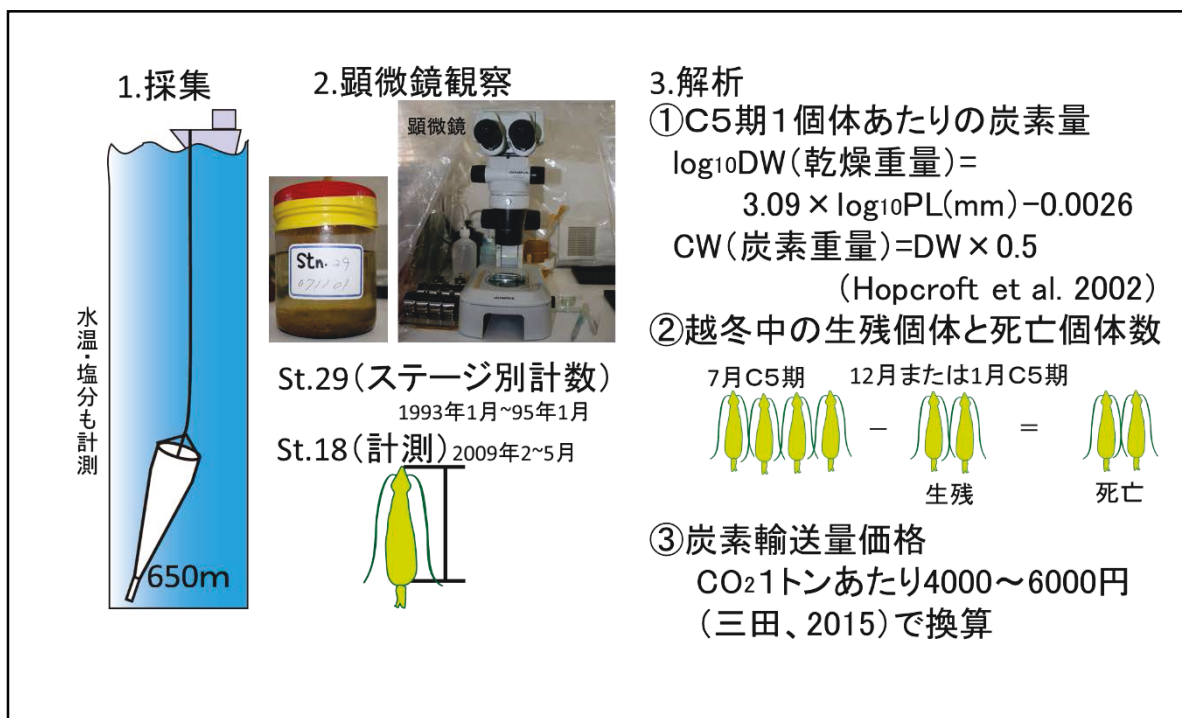
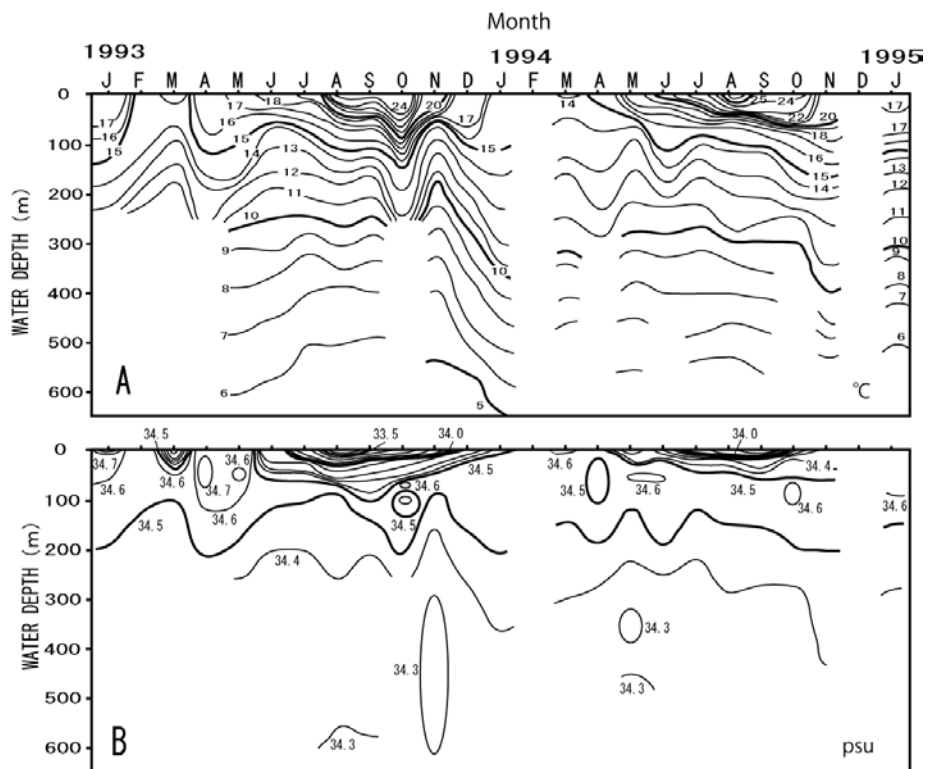


図 4.2 *Eucalanus californicus* の季節変動と炭素輸送量の調査方法

4.3 結果

4.3.1 水温・塩分の季節変動

1993年8月～11月と1994年6月～11月に表層水温が24～26℃に上昇し、100m以浅で水温躍層が形成され、冬季2～3月には海面付近でも17℃以下に低下、鉛直混合する季節変動がみられた(図4.3A)。一方、200～600m層は通年4～13℃で、顕著な季節変動はみられなかった。表層の塩分は、水温躍層形成期に低下し、特に海面付近は1993年7月～11月と1994年7月～9月には33psu台に低下したが、混合期には34.5～34.6psuと上昇した(図4.3B)。200m以深では通年34.5psu以下であり季節変動はみられなかった。



佐々木ほか (2006) に加筆

図 4.3 1993 年 1 月～1995 年 1 月の St.29 における水温 (A) と塩分 (B) の季節変化

4.3.2 *Eucalanus californicus* の季節変動

本種のコペポデイドは1993年1月、2月と1994年1月を除き、ほぼ周年にわたり採集された。個体数密度が高かったのは1993年4～6月、1994年3～6月で、そのピークは1993年6月の1曳網あたり168個体と1994年4月の3,330個体であり、7月には急激に低下、12月までさらに漸減傾向を示し、1～2月にはほとんど採集されなかった(図4.4A)。发育段階の組成をみると、個体数の増加した3月から6月にはコペポデイドの全发育段階が出現し、C1期からC4期の若い发育段階が1993年は6月まで、1994年は5月まで50%前後を占めていたが、個体数の減少とともにその割合は減少し、7月以後はC5期が大部分を占めた(図4.4B)。

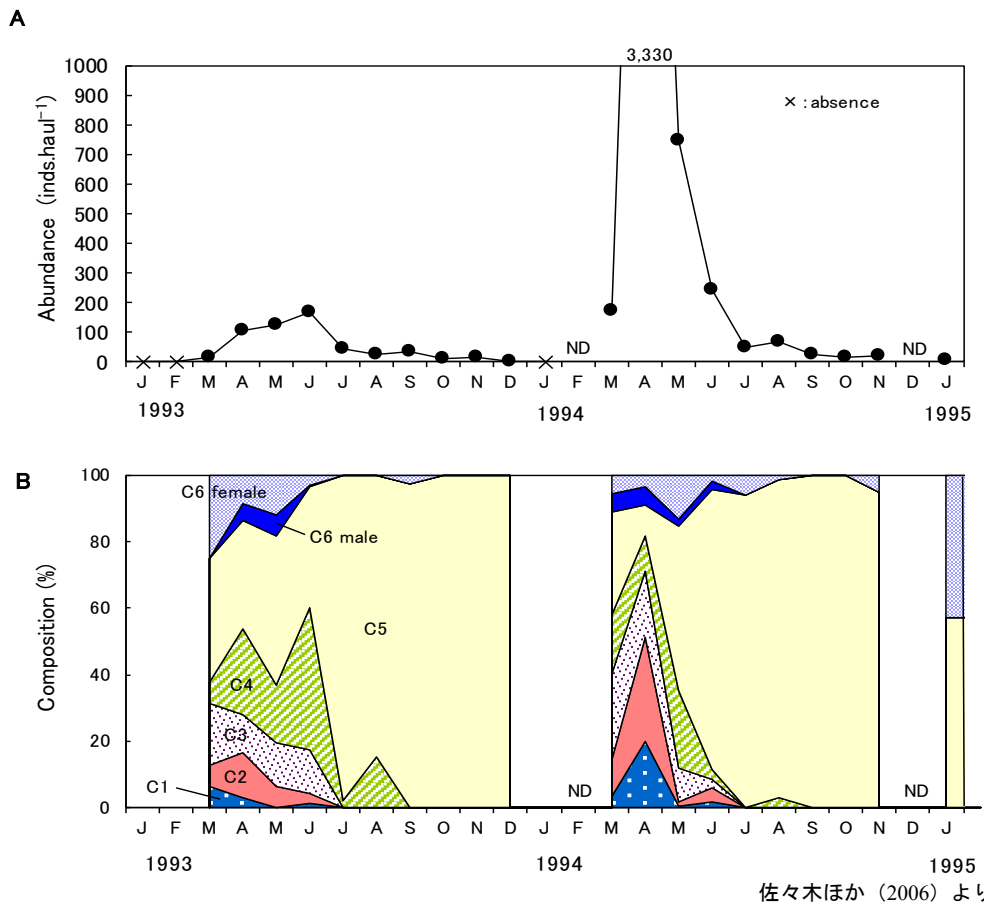


図 4.4 St.29 における *Eucalanus californicus* のコペポデイド期の出現個体数の変化 (A) と幼体の組成 (B)

4.3.3 *Eucalanus californicus* の季節的鉛直移動による炭素輸送量

7月の休眠初期個体数は1993年度が250 inds. m⁻²、1994年度が296 inds. m⁻²であった(表4.1)。このうち、生残個体は1993年度が23 inds. m⁻²、1994年度が44 inds. m⁻²、同様に死亡個体は227 inds. m⁻²、252 inds. m⁻²であった。これをもとに算出した相模湾の *E. californicus* による炭素の一次ストックは1993年が0.93tC、1994年が1.75 tC、中・深層への炭素輸送量は同様に9.05 tC、10.02 tC、中・深層へ移送された炭素を二酸化炭素に換算すると、それぞれ40.4 t CO₂、44.8 t CO₂であり、炭素取引価格に換算した気候調整サービス価値は、1993年度が16万～24万円、1994年度が約18万～27万円であった。

さらに、第2章で得た相模湾の二酸化炭素吸収量に対する本種の輸送量を計算すると、0.07～0.08%であった。

このときの自然死亡係数は、1993年度が0.013、1994年度が0.009であった。

表4.1 *Eucalanus californicus* による炭素の一次ストックと炭素移送量の推計

	単位	1993-1994	1994-1995
7月のC5期 個体数密度(休眠初期個体数)	inds m ⁻²	250	296
7月～12月・1月の 越冬期のCV期の自然死亡速度 M	day ⁻¹	0.013	0.009
越冬期の死亡個体数密度(炭素量)	inds m ⁻² (mgC m ⁻²)	227(9.1)	252(10.0)
生残個体数密度(炭素量)	inds m ⁻² (mgC m ⁻²)	23(0.93)	44(1.75)
相模湾の面積	km ²	1218	
相模湾の一時ストック (表層に戻るCV期)	tC	0.9	1.8
相模湾の越冬期の死亡による 炭素の移送量	tC	11.0	12.2
移送された二酸化炭素	tCO ₂	40.4	44.8
二酸化炭素取引価格*	円 t ⁻¹	4000～6000	
相模湾の <i>Eucalanus californicus</i> による 気候調節サービス価値	円	161,600～242,400	179,200～268,800

* 三田(2015)年より

4.4 考察

4.4.1 相模湾近海における *Eucalanus californicus* の生態

本種については, Shimode *et al.* (2012) により, 北太平洋における生態が明らかとなっているが, St.29 においても, 混合期から躍層形成期である 3~6 月に C1~C4 期の若い発育段階と C6 期雄を含む多くの個体が出現し, 7 月に激減したのちは主に C5 期の少数個体と C6 期雌が出現した. 相模湾では 3 月から 6 月に本種が出現 (Shimode *et al.*, 2006), 黒潮南方でも春季 (古橋, 1961) に出現, 相模湾では 6 月には主として C5 期が 500~1,400m 層に出現したこと (Shimode *et al.*, 2012a) とあわせ, 本調査地点を含む相模湾近海においても本種は春から初夏に基礎生産が盛んな表層で再生産を行い, 夏までに C5 期となり C5 期または C6 期雌で 500m 以深まで移動して越冬し, 翌年春に表層に浮上して再生産を行うといった生活年周期を持つものと推察される.

4.4.2 *E. californicus* による中・深層への炭素輸送量

本研究では, これまで日本近海の暖海域では報告のなかった大型 Copepoda (カイアシ類) の生殖活動にともなう季節的な鉛直移動 (OVM) による炭素輸送量について, *E. californicus* を対象に初めてその炭素輸送量を算出した.

相模湾の *E. californicus* による中・深層への炭素輸送は, $9.1\sim 10.0\text{ mgCm}^{-2}$ であったが, 親潮域の *E. bungii* の 0.81 gCm^{-2} に比べると 81~89 分の 1 ほど小さい値であった. しかし, *E. bungii* の越冬水深は 500m より浅いため (図 4.5), 移送された炭素は春の鉛直混合によって容易に表層へ戻ることが考えられる. 一方, *E. californicus* は, より深層の 500~1400m に鉛直移動しており (Shimode *et al.*, 2012a), 中・深層で死亡した個体による炭素隔離期間は,

E. bungii よりも長いと推察される。

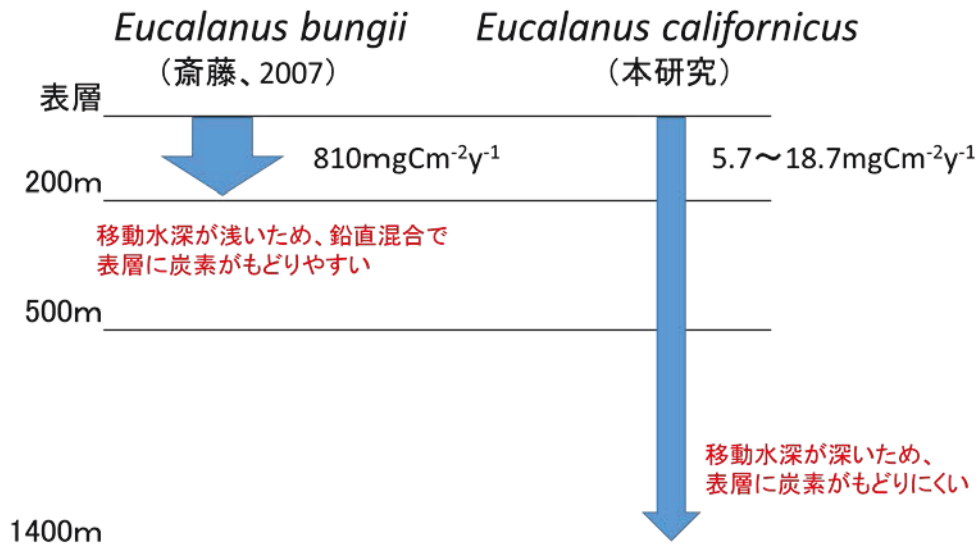


図 4.5 *Eucalanus* 属 2 種の年間の炭素鉛直輸送量 (m² あたり) の比較

1993 年と 1994 年の産卵期の出現個体数を比較すると、ピーク時で 1994 年が 1993 年の約 20 倍にもなっていたが、この原因は不明である。パッチの影響も否定できないが、両年では躍層形成期が異なるので、日射量の大小・基礎生産の大小が影響していた可能性もある。カリフォルニア沖では 1999 年までの 48 年間で、Copepoda (カイアシ類) 成体の中で本種が最優占したときの個体数の割合は 25.5%であった (Rebstock, 2001)。相模湾では、最大出現時にコペポディドも含めた総個体数の 49.3%を占めることもある (Shimode *et al.*, 2006)。このように、本種の個体数の年変動が大きいということは、個体数の年変動により海洋の生物ポンプによる炭素輸送量に差が生じる可能性があることを示している。本研究では、ピーク時の個体数の差が約 20 倍であったにもかかわらず、年間の炭素輸送量は 1993 年度と 1994 年度でほぼ同程度となった。これは佐々木ほか (2006) が指摘するように、各年の 3~6 月に出現した C5 期幼体は越冬した個体だけではなくその 2 世代目が含まれている可能性がある

る。カリフォルニア沖では、沖合にむかうジェット（流れ）や沿岸にむかう渦などにより、*E. californicus* が、水平的にも運ばれていくことが分かっている（Smith & Lane, 1991）。2 世代目が 7 月以前に深層へと移動・拡散したとすると、本研究の休眠個体の初期値は過小評価であったと考えられる。本種の越冬期間中の自然死亡係数は、 $0.009\sim 0.013 \text{ day}^{-1}$ であり、*E. bungii* の $0.001\sim 0.0096\text{day}^{-1}$ （Tsuda *et al.*, 2004）と比べると若干高かったが、7 月以前に C5 期まで成長した個体の数が入っていないとすれば死亡係数は変わることが考えられる。同様に、7 月以前に移動・拡散した個体の死亡による炭素輸送が欠落していたと考え、本研究の炭素輸送量の年変動は、ここで算出された値よりも差が大きいと考えられる。より正確な炭素輸送量の把握のためには、今後、本研究での採集層である 600m~650m よりもさらに深い層での調査を行う、あるいは、再生産期に出現した C5 期の体長を測定して世代を確認し、鉛直移動した個体数を正確に把握することが必要であろう。

4.4.3 *E. californicus* による中・深層への炭素輸送量と気候調整サービスとの比較

相模湾の *E. californicus* 一種による炭素輸送の価値は 16 万円~27 万円であり、第 2 章で得た相模湾の CO₂ 吸収量に対する本種の CO₂ 輸送量はわずかに 0.07~0.08% であることが明らかとなった。ただし、4.4.2 で述べたように、本研究が過小評価であったことを考慮すると、実際にはもう少し高い割合になると考えられる。

親潮域の大型 Copepoda（カイアシ類）*Neocalanus* 属 3 種および *E. bungii* により輸送される炭素は年間 0.12G t C で百年程度海中に封じ込められるとされる。この輸送量は大気から海洋へのネットの輸送量である 2.0G t C y⁻¹ の 6% に値し、生物活動による表層から中深層への輸送量である 1.1G t C y⁻¹ の 1.1% にあたり（斎藤, 2007）、*Neocalanus* 属の輸送によって北太平洋全体で吸収される CO₂ は 2004 年度の日本の CO₂ 排出量の 46% であるとされる

(斎藤ほか, 2003 - 2007). このように, 個々の種の分布が広く, 輸送水深が深ければ, 単種でも輸送量は大きな値になる.

E. californicus の分布も太平洋の東西に広く分布しており, 相模湾での炭素輸送量が過小評価であったことも加味すると日本周辺での経済評価をすれば, *E. californicus* の炭素輸送による気候調整サービスの評価は高いものと推察される.

暖海域には, *E. californicus* と同じ Eucalanidae 科に属し生殖活動に伴う季節的な鉛直移動 (OVM) を行う *Rhincalanus nasutus*, *Rhincalanus rostrifrons* などが生息しているが (Shimode *et al.*, 2012b), これらの種については, ようやくその生態が明らかになってきたところであり, 体の大きさや休眠水深を考慮すると, 本種と同様に炭素輸送の役割を十分に果たしていると考えられ, 今後これらの種についても評価が必要であろう.

群集の種が多様であれば, 多様な生活史をもつ種が存在し, それらの種の中に本種のような中・深層へ移動し広範囲に分布する種がいれば, その種は地球規模での炭素輸送の大きな役割を果たしている可能性がある. また, 本種のように出現個体数の年変動が大きい場合, 炭素輸送量も各年で大きく変化するものと考えられる. したがって, 気候調整サービスに対する種の多様性の貢献は大きいものと考えられた.

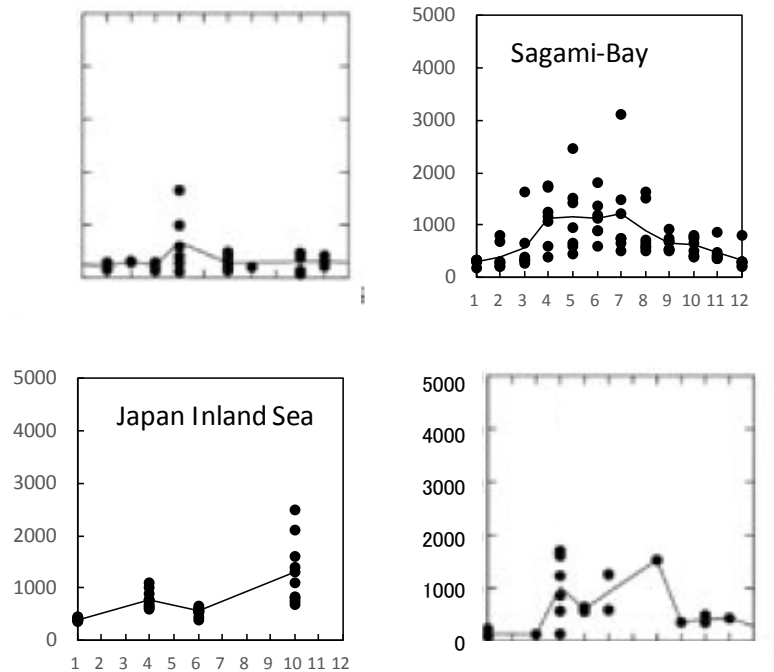
第5章 総合考察

本研究では、海洋の生態系サービスの中でも食料供給サービスと気候調整サービスに着目し、相模湾を対象に、動物プランクトンの種多様性と生産との関係およびカタクチイワシへの転換効率を算出し、大型の動物プランクトン *Eucalanus californicus* による炭素輸送量と気候調整サービスに関わる海洋の CO₂ 吸収量との比較を行った。総合考察では、海洋の生態系サービスと種多様性との関係と、本研究の成果、そして今後の課題について論じる。

5.1 種多様性と生産速度の関係

海洋生態系については、海洋生物の多様性の劣化が海洋の生態系サービスの中の食料供給へ影響することが指摘されている (Worm, *et al.*, 2006)。本研究では、動物プランクトンの種数と三次生産速度との間に正の相関が認められたが、二次生産については種の多様性との関係が認められず、栄養段階で種の多様性と生産との関係に違いがあることがあきらかになった。

ここで、相模湾の年間の Copepoda (カイアシ類) の出現種類数と生産速度・転換効率を、黒潮域、瀬戸内海、親潮域とで比較をした。各海域の一次生産の特色としては、黒潮域は常に貧栄養で一次生産は比較した4海域で最も低い(図 5.1)。瀬戸内海は温暖で沿岸は大阪や広島のような大都市圏を含むため、栄養塩も豊富で一年を通じて比較的高い一次生産を保っている(多田, 1996)。親潮域は一年に一回、春季に植物プランクトンの大増殖がみられる。



黒潮と親潮は津田ほか（2004）より引用，相模湾は公共用水域データをもとに作成，瀬戸内海は上（1996）をもとに作成

図 5.1 黒潮、相模湾、瀬戸内海、親潮域の一次生産速度の季節変動。

水深が最大で 250m までの Copepoda（カイアシ類）の種類数を比較すると，本研究と黒潮域は 150 種を越えたが，瀬戸内海と親潮域は Copepoda（カイアシ類）の出現種類数が 50 種に満たず本研究よりも少なかったが，生産速度・転換効率いずれも本研究・黒潮域よりも高かった（図 5.2）。ただし，本研究の種類数は 2 年間 3 地点 63 回の調査、ほかは 1 回～4 回の調査結果を合計したものを使用，本研究の生産速度は小型動物プランクトンを含まず，中・大型動物プランクトンのみである。

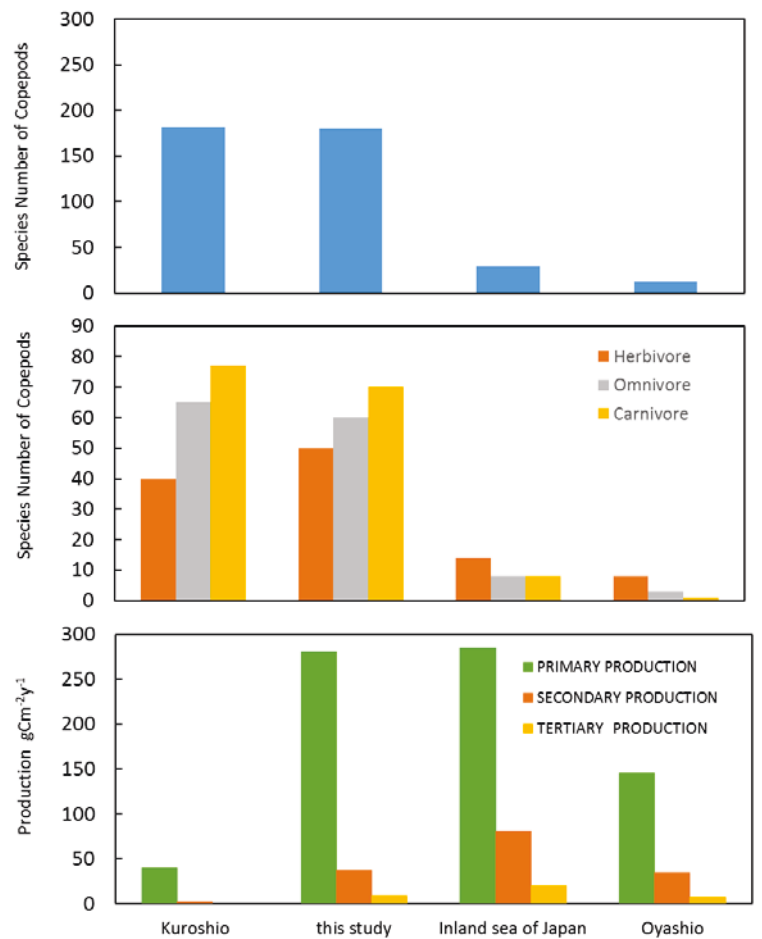
他海域の動物プランクトン群集の特徴をみると，黒潮域は 150 種を越える多様な種が出現するが個体数密度は低く，1 種あたり数個体 m^{-3} 程度である（Hsiao *et al.*, 2011）。瀬戸内海は Copepoda（カイアシ類）6 種ほどが数万個体 m^{-3} も出現し数で 97% を占め（Madhupratap

& Onbe, 1986), やや大型の体長 2mm 程度の *Calanus* 属と小型の *Paracalanus* 属が生物量で 28% (4 月) ~55% (10 月) 優占するという偏った種組成となっている。親潮域は、春季の植物プランクトン増殖時に大型で体長 5mm ほどの *Neocalanus* 属 3 種, *Eucalanus bungii* などの Copepoda (カイアシ類) が大量に出現・優占し, そのほかの時期はプランクトンの個体数密度は激減する (山口, 2011)。

このように異なる海域間で年間値を比較すると, 動物プランクトンの種数と生産速度の関係に法則性が認められず, これは, すべての生態系の生産量は栄養塩 (資源) の量で決まる (Begon *et al.*, 1986 ; Duffy *et al.*, 2006) ことに準じているともいえる。しかし, 相模湾よりはるかに少ない種が生息する親潮域と瀬戸内海での動物プランクトンの高い生産速度は, 一次生産の高さに起因するだけでなく, 大型種と卓越優占種の出現という, 相模湾の高い二次生産時にみられたような, 偏りのある群集組成による影響も考えられる。二次生産速度は種の多様性 (種の豊かさ) よりも構成種の種類に依存しており, 瀬戸内海や親潮そして本研究の相模湾の春季のように一次生産が豊富なところでは, 大型の生産速度の高い種や卓越種に偏ることで二次生産速度が増すということがいえる。

また, 食性別の種数を比較すると, 黒潮や相模湾の肉食種は植食種の種数よりも多いが, 瀬戸内海や親潮では肉食種のほうが少なくなっている (図 5.2)。ペルー沖ではエル・ニーニョ発生時に動物プランクトン群集が亜熱帯性から熱帯性へ変化した結果, 雑食種と肉食種の増加が観察されている (Carrasco & Santander, 1987)。生態学では, 富栄養域の食物連鎖は単純化して短くなり, 貧栄養域では複雑化して長くなることが分かっている (Lalli & Parsons, 1993)。瀬戸内海は相模湾に比べると水深が浅く, 空間的ニッチ分割が起こりにくいこと, 種組成が単純なために体サイズの違いによる餌ニッチが分割されにくいという理由から, 肉食種の種数が少ないものと考えられる。親潮域と相模湾ではもともと多様性と緯度の関

係から親潮域で種数が少なくなっているが (Angel, 1993; Hattori & Motoda, 1983), 親潮域の二次生産種は大型種に偏っているうえ, 季節的な鉛直移動のために表層にいる期間も短いため, 肉食種が餌として利用できずに, 肉食種が多様化できないような進化をとげてきたものと考えられる. したがって, 種の多様な海域での肉食の種数が増加するのは, プランクトン群集がこのような競争や捕食回避などの進化の影響を受けた結果ということになる.



種類数は, 瀬戸内海は Madhupratap & Onbe (1986), 黒潮は Hsiao *et al.* (2011), 親潮は Furuhashi (1966)より作成, 生産速度は, 黒潮域 (中田ほか, 2001), 瀬戸内海 (Uye & Shimazu, 1997), 親潮域 (山口, 2011) より作成.

図 5.2 黒潮, 相模湾, 瀬戸内海, 親潮域の中・大型の Copepoda (カイアシ類) の水深 250 m 以下の種数と, 年間生産速度. 瀬戸内海と親潮の生産速度は小型種も含む.

5.2 種多様性と転換効率の関係

本研究においては、三次生産では種数と一次生産からの転換効率との間に正の相関が認められ、NBSS からも春季から秋季の種多様性の高い時期に二次生産から三次生産への転換効率が上がることが示された。

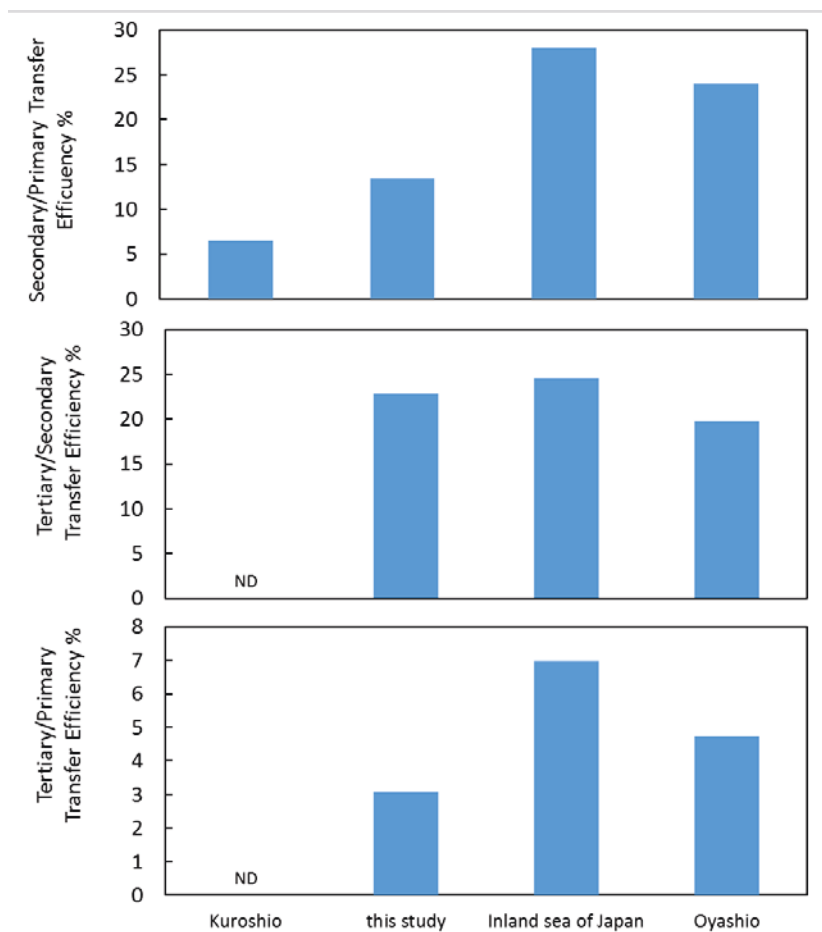
これを他海域と比較すると、相模湾の年間の転換効率は、いずれの栄養段階間でも瀬戸内海、親潮域よりも低くなっている（図 5.3）。Ara *et al.* (2009) も相模湾沿岸では肉食種への転換効率が他の海域よりも低いことを指摘した。しかし、相模湾の転換効率は季節変動が激しく、三次生産者の種の多様性の特に高い夏季には、瀬戸内海の年間の転換効率 7% をこえる月もあった。また、相模湾では一次・二次生産速度の高い春季には三次生産速度は低く、この時期の転換効率の低さが年間の転換効率の値を下げ、他海域との差の原因となっていることも考えられる。

肉食性の動物プランクトンを三次生産者として分けて種の多様性と生産を研究した例がほとんどないため、一次生産から二次生産への転換効率についての研究と比較をしてみる。

多様性と生産の転換効率について、従来、貧栄養域（種多様性は高い）では一次生産から二次生産への転換効率が低いとされてきたが、近年、貧栄養域のほうが富栄養域よりも一次生産に対する二次生産の影響が大きいことが報告されている（Calbet, 2001）。San Martin *et al.* (2006) による大西洋の赤道をはさんだ南北に 40° の海域の調査では、貧栄養域で一次生産から二次生産への転換効率が上昇することが明らかにされた。この研究での貧栄養域は多様性の高い海域と推察されることから、種多様性の高い海域で一次生産から二次生産への転換効率が上昇するということになる。議論の中で、富栄養域では植物プランクトンの急激な増殖に動物プランクトンの生産が追いつかないため、転換効率が上がらないことも

指摘している。また、植食性の二次生産者の動物プランクトンの体サイズが多様になれば餌ニッチの分割が促進されるという指摘もあり (Ye *et al.*, 2013), 大きさの多様性=種の多様性と考えれば、種多様性がニッチ分割を促進するということになり、本研究の三次生産の結果も説明できる。また、資源の注入が一定であれば多様性は利用可能な資源がどう効果的に使われるかということに影響してくるという指摘もある (Duffy *et al.*, 2006)。このように種多様性により転換効率が上昇する例も示されつつある。

一方で、Irigoien *et al.* (2004) は、地球規模で多様性と生物量の関係をみると、植物プランクトンも動物プランクトンも中間の多様性で生物量が最大となる凸型の曲線を示すことを明らかにした。ここでの動物プランクトンは二次生産・三次生産に分けられていなかった。また、陸上・水圏などの既知の研究をまとめて種の多様性と生産には関係があるとした Cardinale *et al.* (2006) では、その関係性に生産者、植食者、肉食者などの栄養段階による違いはないと結論づけた。栄養段階によって種多様性と生産との関係には違いがあるとした本研究とは異なった結論である。本研究はこのような説に一石を投じたことになるが、問題解決のためにも、本研究のような栄養段階に分けた生産研究がさらに必要と思われる。



黒潮は中田ほか（2001）より，瀬戸内海は Uye & Shimazu（1997）より，親潮域は山口（2011）より作成

図 5.3 黒潮、相模湾、親潮域、瀬戸内海域の栄養段階の転換効率の比較。瀬戸内海と親潮は小型動物プランクトンも含む。

5.3 種多様性と食料供給サービスの関係

相模湾における動物プランクトンからカタクチイワシへの転換効率は1%未満と非常に低かった。種類数の少ない瀬戸内海では，動物プランクトンから魚類への転換効率は2.5%

で(上, 1996) 相模湾よりも高く, 単位面積あたりの漁獲量も約 21 t km^{-2} で(小路, 2011), 相模湾の 11 t km^{-2} (木幡, 2003) を上回っている. しかし, 相模湾の二次生産では, 多種が存在する中でも卓越種や大型種などに偏ることで生産速度をあげる一方, 三次生産速度, 三次生産への転換効率が種の増加とともに上昇していたことは, カタクチイワシだけでなく魚類全般への餌生物提供に, 種の多様性がプラスに影響していることは明らかと考えられる.

また, 相模湾において, 海洋環境の季節変化に応じて群集がグループ化されたが, 構成種がすべて入れ替わるのではなく, 各種の個体数の増減が組成の変化をもたらすことも観察された. これは, 種の多様性が上がると個々の種の個体数の安定性は減るが, 群集全体の生物量の安定性は増加するという定説 (Stachowicz *et al.*, 2002) にもつながると考えられる. 様々な種が常に混在して, 各種の好適な環境条件のときに増殖できることも多様性の意義であろう.

5.4 種多様性と気候調整サービスの関係

本研究では, 暖水域に生息する大型の動物プランクトン *E. californicus* の炭素輸送量を算出したが, 算出した値は相模湾の気候調整サービスの1%未満であり, その評価額は数十万円という少ない額であった. しかし, 本種の分布が太平洋の東西にわたり広く分布していること (Shimode *et al.*, 2012a), 輸送到達水深が近縁種の *Eucalanus bungii* よりも深く炭素隔離期間が長いことを考慮すると, 地球規模での *E. californicus* の炭素運搬量は多いと考えられた.

地球温暖化の影響は, 海水温の上昇をもたらし, 暖水性種の分布を拡大させ, 冷水性種の

分布を縮小させることが予想される。本種のような季節的鉛直移動をする大型の動物プランクトン種は寒流域や極域に量的に多く生息し、その炭素輸送量の気候調整サービスへの貢献は大きい（斎藤ほか，2003-2007）。地球規模での炭素循環は、種や機能の多様性によって値が変化する（Mayzaud & Pakhomov, 2014）という報告があるように、冷水種の分布の縮小と暖水種の分布の拡大は、地球規模の炭素循環に変化をもたらすことも考えられる。暖水域では、季節的鉛直移動をする種として大型の Copepoda（カイアシ類）Eucalanidae 科のほかにも Calanidae 科の数種が生息しているが、これまで、暖水域での Eucalanidae 科の炭素輸送量は見積もられたことがなく、地球温暖化の影響を研究していくうえで、暖水域の他の大型種についても炭素輸送量を算出することは非常に重要になると考えられる。また、本種については、個体数の年変動が激しいことから、炭素輸送量の変動に影響すると考えられるため、今後、分布範囲に基づいて、より正確な輸送量の見積もりを行うことが必要であると考えられる。

動物プランクトンの生態に基づいた炭素輸送では、季節的鉛直移動以外にも、昼夜で毎日表層から中深層を移動するような動物種による炭素輸送も重要であり、生物ポンプはこれらの多様な生活史を持つ種が存在することによって支えられている。地球温暖化にともなう吸収量の変化の要因をとらえるには、衛星データのクロロフィル量の測定からの CO₂ 吸収量といった単純な指標だけでなく、生物ポンプを構成する個々の種について、炭素輸送量のデータを蓄積し、その分布域や群集組成の変化を把握していくことが重要であると考えられる。

5.5 本研究の成果

本論文は、日本近海で海洋動物プランクトンの種多様性とその二次・三次生産それぞれに

ついて関係の解析を試みた初の研究であり、その結果、二次・三次生産で種多様性と生産との関係性が異なっていることを初めて示した研究である。また、中緯度海域において *E. californicus* の動物プランクトンの季節的鉛直移動による炭素輸送量を初めて算出した研究でもある。これにより、動物プランクトン群集を構成する個々の種の生活史や個体数の変動が生態系サービスに影響していることを示すことができた。

5.6 今後の課題

5.6.1 Tunicata（被囊類）の研究の必要性

相模湾の二次生産速度の変化は Tunicata（被囊類）に大きく左右されたが、Tunicata（被囊類）には積極的な捕食者がおらず、その生産は魚類生産につながらない食物網の行き止まりとされている（Verity & Smetacek, 1996）。しかし、本研究でもその生産速度は群をぬいており、表層から深層への物質輸送を担うマリンスノーとしての働きも大きいため（Yoon *et al.* 2001）、今後は生態系機能の中での役割を明らかにしていくことが必要であろう。

5.6.2 動物プランクトンの生産の研究手法の展望

ここで、今後の動物プランクトンの生産研究とその手法の展望について論じる。これまで、海のプランクトンの生産量の研究といえば、衛星データなどにより簡便に計測できるようになった植物プランクトンの一次生産に限られることが多く、魚類生産に直接かかわる動物プランクトンによる二次生産・三次生産の研究は敬遠されがちであったように思われる。これは、二次生産・三次生産の算出には飼育実験などの手間がかかることも関係しているであろう。しかし、魚類生産への影響評価も含め、動物プランクトンの生産量は重要な環境要

素である (Mackas, 2012). 本研究では, 過去の文献から動物プランクトン各種の体長と体重と炭素重量の関係式を集め, 体長を測定して関係式にあてはめることでおおまかな生産速度を算出したが, 他研究との比較も可能な結果を得られた. この方法では, 種別に生産速度が出せるため, 各種の食性が判明していれば, 二次・三次生産速度の算出ができ, 生態ピラミッドの評価が可能となる. すでに同様の方法で生態系の生産速度を算出する研究も進められている (Lavaniegos & Ohman, 2007, Nakajima *et al.* 2013). 本研究の過程で, Copepoda (カイアシ類) については, 既知の数式を使って, 各種各成長段階の 1 個体あたりの生産速度の平均値が得られている. これを使えば, プランクトンの計数時に種と成長段階さえ記録すればおおまかに生産速度を出すことができる. 体長と炭素重量の換算式に関する知見も徐々に蓄積されてきており, この方法で栄養段階ごとの生産速度を算出する研究も, 今後一層増えるものと思われる.

プランクトン群集の分析方法として従来の顕微鏡観察以外に, 近年は, OPC (optical plankton counter) という装置で大きさ別に自動的に計数する方法, DNA 分析から種と生物量をとらえる方法, 安定同位体を用いて食物連鎖を解析する方法なども開発され, 分析方法の選択肢が広がっている. 総じて人力で行う顕微鏡観察による分析よりも分析時間が短い. 今後はこうした分析方法の特性を考慮しながら, 研究目的に応じて分析方法を選択していく, あるいは, 部分的に研究手法を変えるなどといったことで研究の効率をあげるといったことも可能になると考えられ, 今後の生態系機能の研究の促進につながることを期待する.

謝辞

本研究の遂行ととりまとめにあたり、終始、多大な忍耐力をもって懇切なご指導とご校閲を頂いた横浜国立大学環境情報学府教授 本藤祐樹博士、同時に、横浜国立大学名誉教授 鈴木邦雄博士、同教授 周佐善和博士、同教授 菊池知彦博士、同准教授 下出信次博士に心より感謝の意を表します。

本研究の遂行にあたり、激励と貴重なご意見を頂いた株式会社水土舎 伊東 宏博士には、筆者在水土舎入社時から、仕事と研究の両面で長年にわたり叱咤激励していただき、深く敬意と感謝の意を表します。

本研究の動物プランクトン試料の分析にあたり、本研究で用いた動物プランクトン試料を採集された神奈川県水産研究センターの研究員のみなさま、調査船うしおの乗組員のみなさま、試料を貸し出してくださった神奈川県横須賀三浦地域県政総合センターの山田佳昭氏に深く感謝いたします。

本研究の過程では、黒田一紀博士に水温・塩分のデータの一部を提供していただきました。茨城県職員の金光究氏には *Eucalanus californicus* の分析を手伝っていただきました。環境イノベーションマネジメント専攻の鈴木研究室の学生のみなさま、海洋技術開発機構 吉木朝子博士に貴重なご意見をいただきました。栗山美樹子博士には、Copepoda (カイアシ類) の多様性に関する論文を貸していただきました。東京大学 大気海洋研究所教授 津田敦博士には、*Eucalanus* の死亡率について解説していただきました。環境情報学府での就学にあたり、株式会社水土舎の社員のみなさまには、仕事の面でご協力をいただきました。以上の諸氏に心からお礼申し上げます。

また、最後に筆者の研究を常に応援し全面的に支え続けてくれた夫の佐々木太、筆者の博

士号取得を心待ちにしてくれていた長女の佐々木万莉, いつも笑顔で筆者を励まし続けてくれた亡母, 唯杉朋子, 家族・親戚に心から感謝の意を表したいと思います.

引用文献

- 秋山正寿 2004. “日本太平洋岸のCO₂収支推定のための交換係数とフラックスの評価”. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 3 森林におけるCO₂収支の総合評価 (森林総合研究所), pp152-155. エムディー. 茨城.
- Allredge, A. L. 1976. Field behavior and adaptive strategies of appendicularians (Chordata: Tunicata). *Marine Biology* 38: 29-39.
- Angel, M. V. 1993. Biodiversity of the pelagic ocean. *Conservation Biology* 7 (4): 760-772.
- 青山裕昇・今尾和正・鈴木輝明 1996. 干潟域の水質浄化機能 — 一色干潟を例にして —. *月刊海洋* 28 : 178-188.
- Ara, K. 2001. Length-weight relationships and chemical content of the planktonic copepods in the Cananea Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Plankton Biology and Ecology* 48 (2): 121-127.
- Ara, K. and J. Hiromi 2007. Temporal variability in primary and copepod production in Sagami Bay, Japan. *Journal of Plankton Research* 29 (1): 185-196.
- Ara, K. and J. Hiromi 2009. Seasonal Variability in Plankton Food Web Structure and Trophodynamics in the Neritic Area of Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography* 65: 757-779.
- Ara, K., K. Yamaki, K. Wada, S. Fukuyama, T. Okutsu, S. Nagasaka, A. Shiimoto and J. Hiromi 2011. Temporal variability in physicochemical properties, phytoplankton standing crop and primary production for 7 years (2002–2008) in the neritic area of Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography* 67: 87-111.
- 浅見忠彦 1988. 東シナ海における魚卵・稚仔の現存量及び生産量の評価. *水産海洋研究*

会報52 (2) : 142-146.

Batchelder, H.P. 1986. Phytoplankton balance in the oceanic subarctic Pacific: grazing impact of

Metridia pacifica. Marine Ecology Progress Series 34: 213-225.

Beaugrand, G., M. Edwards and L. Legendre 2010. Marine biodiversity, ecosystem functioning, and

carbon cycles. Proceedings of the national academy of Sciences of the United States of

America 107 (22): 10120-10124.

Beck, M. W., K. L. Heck, K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B.

Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan and M. P.

Weinstein 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine

nurseries for fish and invertebrates. BioScience 51: 633-641.

Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townend 1986. Ecology: individuals, populations and

communities. 生態学 (堀道雄監訳) , pp1304. 京都大学学術出版会, 京都.

Böer, M., C. Gannefors, G. Kattner, M. Graeve, H. Hop and S. Falk-Petersen 2005. The Arctic

pteropod *Clione limacina*: seasonal lipid dynamics and life-strategy. Marine Biology 147:

707–717.

Calbet, A. 2001. Mesozooplankton grazing effect of primary production: A global comparative

analysis in marine ecosystems. Limnology and Oceanography 46: 1824-1830.

Cardinale, B. J., D. S. Srivastava, J. E. Duffy, J. P. Wright, A. L. Downing, M. Sankaran and C.

Jouseauf. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. Nature

443: 989–992.

Carrasco, S. and H. Santander 1987. The El Niño event and its influence on the zooplankton off

Peru. Journal of Geophysical Research: Oceans 92 (C13): 14405–14410.

Chisholm, L. A. and J. C. Roff 1990. Size-weight relationships and biomass of tropical off Kingston, Jamaica. *Marine Biology* 106: 71-77.

中央水産研究所 2011. 平成23年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. 平成23年度 我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC 種）：725-752.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. Oneill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Cushing, D. H., G. H. Humphrey, K. Banse and T. Laevastu 1958. Report of the committee on terms and equivalents. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 144: 15-16.

Ducklow, H. W., D. K. Steinberg and K. O. Buesseler 2001. Upper ocean carbon export and the biological pump. *Oceanography* 14 (4): 50-58.

Duffy, J. E. and J. J. Stachowicz 2006. Why biodiversity is important to oceanography: potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Marine Ecology Progress Series* 311: 179-189.

Duffy, J. E., J. J. Stachowicz and J. F. Bruno 2012. Multitrophic biodiversity and the responses of marine ecosystems to global change, pp164-185. *Marine biodiversity and ecosystem functioning* (ed. Solan, M., R., J. Aspden and D. M. Paterson). Oxford University Press, Oxford.

Emmerson, M.C. 2012. The importance of body size, abundance, and food-web structure for ecosystem functioning, pp85-97. *Marine biodiversity and ecosystem functioning frameworks, methodologies and integration*. *Marine biodiversity and ecosystem functioning* (ed. Solan, M.,

R., J. Aspden and D. M. Paterson). Oxford University Press, Oxford.

Fenaux, R. 1976. Cycle vital, croissance et production chez *Fritillaria pellucida* (Appendicularia), dans la baie de Villefranche-sur-Mer, France. *Marine Biology* 34: 229-238.

古橋賢造 1961. 本州南方黒潮域における或る種の動物性プランクトンの分布に関する研究
特に冷水域の性格及び由来について 第1部 橈脚類及び毛顎類の分布 (その
3) . 海と空 37 : 4-15.

Furuhashi, K. 1966. Studies on the vertical distribution of copepods in the Oyashio region east of Japan and in the Kuroshio region south of Japan. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory* 14 (4): 295-322.

Gorsky, G., S. Dallot, J. Sardou, R. Fenaux, C. Carre and I. Palazzoli 1988. C and N composition of some Mediterranean zooplankton and micronekton species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 124: 133-144.

Gruzov, L. N. and L. G. Alekseyeva 1970. Weight characteristics of copepods from the equatorial Atlantic. *Oceanology, Moscow* 10: 871-879.

定置漁海況月報 2004～. <http://www.agri-kanagawa.jp/sagami/geppo/geppo-top.htm>

浜崎恒二・石坂丞二・齊藤宏明・杉崎宏哉・鈴木光次・高橋一生・千葉早苗 2013. 海洋学の10年展望 (Ⅲ) —日本海洋学会将来構想委員会生物サブグループの議論から— . 海の研究 (Oceanography in Japan) 22 (6) : 253–272.

Hashimoto, S., N. Horimoto, Y. Yamaguchi, T. Ishimaru, and T. Saino 2005. Relationship between net and gross primary production in the Sagami Bay, Japan. *Limnology and Oceanography*. 50 (6) : 1830–1835.

Hattori, H., and S. Motoda 1983. Regional difference in zooplankton communities in the western

- North Pacific Ocean (CSK data). Bulletin of the Plankton Society of Japan. Hiroshima 30 (1): 53-63.
- Heiderberg, K., L. K. O'neil, J. C. Bythell and K. P. Sebens 2010. Vertical distribution and diel patterns of zooplankton abundance and biomass at Conch Reef, Florida Keys (USA). Journal of Plankton Research 32 (1): 75-91.
- Heron, A. C., P. S. McWilliam and G. D. Pont 1988. Length-weight relation in the salp *Thalia democratica* and potential of salps as a source of food. Marine Ecology Progress Series 42: 125-132.
- 日高 清隆 2006. “動物の鉛直移動にともなう物質の鉛直フラックスと中・深層の生態系”. 海洋生命系のダイナミクス3 海洋生物の連鎖 (小暮一啓編), pp284-296. 東海大学出版会, 神奈川. .
- Hirst, A. G., J. C. Roff and R. S. Lampitt 2003. A synthesis of growth rates in marine epipelagic invertebrate zooplankton. Advances in Marine Biology 44: 1-142.
- Hsiao, S. H., T. H. Fang, C. T. Shih and J. S. Hwang 2011. Effects of the Kuroshio Current on copepod assemblages in Taiwan. Zoological Studies 50 (4): 475-490.
- Hooper, D. U., F. S. Chapin, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inshaust, S. Lavorel, J. H. Lawton, D. M. Lodge, M. Loreau, S. Naem, B. Schmid, H. Setala, A. J. Symstad, J. Vandermeer and D. A. Wardle 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs 75 (1): 3-35.
- Hopcroft, R. R., C. Clarke and F. P. Chavez 2002. Copepod communities in Monterey Bay during the 1997-1999 El Niño and La Niña. Progress in Oceanography 54 : 251-264.
- Hopcroft, R. R., J. C. Roff and H. A. Bouman 1998a. Zooplankton growth rates: the larvaceans

- Appendicularia, *Fritillaria* and *Oikopleura* in tropical waters. *Journal of Plankton Research* 20 (3): 539-555.
- Hopcroft, R. R., J. C. Roff and D. Lombard 1998b. Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species. *Marine Biology* 130 (4): 593-604.
- 堀正和 2011. “浅海域の生態系サービス：生物生産と生物多様性の役割”. 浅海域の生態系サービス（日本水産学会監修），pp11-25. 恒星社厚生閣，東京.
- 堀之内正博 2011. “アマモ場—シェルター機能の再検討”. 浅海域の生態系サービス（日本水産学会監修），pp153-66. 恒星社厚生閣，東京.
- Hutchinton, G. E. 1961. The paradox of the plankton. *The American Naturalist* 95: 137-145.
- Iguchi N and T. Ikeda 1998. Elemental composition (C, H, N) of the euphausiid *Euphausia pacifica* in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Plankton Biology and Ecology* 45: 79–84.
- Ikeda, T. 1990. A growth model for a hyperiid amphipod *Themisto japonica* (Bovallius) in the Japan Sea, based on its intermoult period and moult increment. *Journal of Oceanography Society of Japan* 47:7-16.
- Ikeda, T. and S. Motoda 1978. Estimated zooplankton production and their ammonia excretion in the Kuroshio and adjacent sea. *Fishery Bulletin* 76 (2): 357-367.
- Irigoien X., J. Huisman and R. P. Harris 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature* 429: 863-867.
- Ishizaka, J., E. Siswanto, T. Itoh, H. Murakami, Y. Yamaguchi, N. Horimoto, T. Ishimaru, S. Hashimoto and T. Saino 2007. Verification of vertically generalized production model and estimation of primary production in Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography* 63: 517-524.

- Jiménez-Pérez, L. C. & B. E. Lavanigos 2004. Changes in dominance of copepods off Baja California during the 1997-1999 El Niño and La Niña. *Marine Ecology Progress Series* 277: 147-165.
- Kaeriyama H. and T. Ikeda 2002. Metabolism and chemical composition of mesopelagic ostracods in the western North Pacific Ocean. *ICES Journal of Marine Science* 61: 535-541.
- 上村泰洋 2011. “ガラモ場における稚魚生産”. 浅海域の生態系サービス (日本水産学会監修), pp67-77. 恒星社厚生閣, 東京.
- 気象庁 2015. 海洋による二酸化炭素吸収量 (海域別). 気象庁ホームページ
http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/mar_env/results/co2_flux/region/co2_flux_ocean_yr.txt.
- 木立孝・伊東宏 1979. 春季における黒潮およびその内側域のマクロプランクトン群集構造とその分布について. 東海区水産研究所研究報告 97 : 1-119.
- 木立孝・木幡孜 1971. 相模湾, 小八幡定置網漁場における連日採集のプランクトンについて. pp67. 株式会社小八幡漁場, 神奈川県.
- Kobari, T., A. Shinada and A. Tsuda 2003. Functional roles of interzonal migrating mesozooplankton in the western subarctic Pacific. *Progress in Oceanography* 57: 279-298.
- 木幡孜 2003. 相模湾・海の不思議—食と自然と漁業の話—. 夢工房, 神奈川. pp331.
- 小路淳 2011. “魚類生産からみた生態系サービス”. 浅海域の生態系サービス (日本水産学会監修), pp26-37. 恒星社厚生閣. 東京.
- Kuriyama, M. and S. Nishida 2006. Species diversity and niche-partitioning in the pelagic copepods of the family Scolecitrichidae (Calanoida). *Crustaceana* 79(3): 293-317.
- Lalli, C. M. and T. R. Parsons 1993. *Biological oceanography: an introduction*. 生物海洋学入門

- (關文威 監修, 長沼毅 翻訳) . Pp220. 講談社サイエンティフィック, 東京.
- Lang, B. T. 1965. Taxonomic review and geographical survey of the copepod genera *Eucalanus* and *Rhincalanus* in the Pacific Ocean. PhD. thesis, Scripps Institution of Oceanography. Univ. California. San Diego, CA, USA.
- Larson, R. J. 1986. Water content, organic content, and carbon and nitrogen composition of medusa from Northeast Pacific. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 99: 107-120.
- Lavaniegos B.E. and M. D. Ohman 2007. Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Progress in Oceanography* 75: 42–69.
- Lindley, J.A., D. B. Robins and R. Williams 1999. Dry weight carbon and nitrogen content of some euphausiids from the north Atlantic Ocean and the Celtic Sea. *Journal of Plankton Research* 21 (11): 2053-2066.
- Lopez, R. M., H. G. Dam, N. A. Aquino, W. Monteiro-Ribas and L. Rull 2007. Massive egg production by a salp symbiont, the poecilostomatoid copepod *Sapphirina angusta* Dana, 1849. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 348: 145-153.
- Mackas, D. L., P. Pepin and H. Verheye 2012. Preface: Interannual variability of marine zooplankton and their environments: Within-and between-region comparisons. *Progress in Oceanography* 97-100:1-14.
- Madhupratap M. and Onbe, T. 1986. Structure and species diversity of the zooplankton community of the Inland Sea of Japan. *Estuarine, Coastal Shelf Science* 23: 725–737.
- Mayzaud, P. and E. A. Pakhomov 2014. The role of zooplankton communities in carbon recycling in the Ocean: the case of the Southern Ocean. *Journal of Plankton Research* 36 (6): 1543–1556.
- 三田真己 2015. 総量削減義務と排出量取引制度取引価格の査定結果について. 東京都排出

量取引セミナー発表資料. pp19.

三谷勇 1980. イワシ類の稚仔魚における体長と体重との関係について. 神奈川県水産試験場研究報告 2 : 61-67.

三谷勇 1981. 神奈川県沿岸に来遊するイワシ類の生態に関する研究－I 神奈川県鎌倉沖におけるマイワシとカタクチイワシの来遊特性. 神奈川県水産試験場研究報告 3 : 39-50.

三谷勇 1990. イワシ類漁況予報の根拠と検証－VI－春季カタクチイワシ産卵群の予測－. 神奈川県水産試験場研究報告 11 : 1-9.

三谷勇・中田尚宏 1988. イワシ類漁況予報の根拠と検証－IV－夏カタクチシラスの予測－. 神奈川県水産試験場研究報告 9 : 35-46.

三谷勇 1988. 相模湾のシラス漁場におけるカタクチシラス魚群の日齢特性. 日本水産学会誌54 (2) : 209-214.

宮下直・井鷲裕司・千葉聡 2012. 生物多様性と生態学. 朝倉書店. 東京, pp176.

Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human well-being, Synthesis. Washington, DC. pp137.

Naeem, S., F. S. III Chapin, R. Costanza, P. R. Ehrlich, F. B. Golley, D. U. Hooper, J. H. Lawton, R. V. O'Neill, H. A. Mooney, O. E. Sala, A. J. Symstad and D. Tilman 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: Maintaining natural life support process. *Issues in Ecology* 4: 1–13.

Nakajima, R., T. Yoshida, B. H. R. Othman and T. Toda 2013. Biomass and estimated production rates of metazoan zooplankton community in a tropical coral reef of Malaysia. *Marine Ecology* 2013 : 1-21.

仲岡雅裕・渡辺健太郎・恵良拓哉・石井光廣 2007. 内海性浅海域の生物多様性・生態系機

- 能関係の評価の試み：東京湾のアマモ場を実例に．日本ベントス学会誌 62：82-87.
- 中田薫・松川康夫・下田徹・市川忠史 2001. 1996年春季の沖縄本島周辺亜熱帯海域におけるカイアシ類現存量，生産力およびサイズ組成．中央水産研究所研究報告 16：75-92.
- 中田尚宏 1982. 相模湾の動物プランクトンの時間的変動. 神奈川県水産試験場研究報告 4：63-71.
- 中田尚宏・今井千文 1981. 神奈川県域ヶ島沖における魚卵・仔魚の垂直分布について. 神奈川県水産試験場研究報告 3：19-28.
- 仲手川恒 2007. 2006年～2007年冬春季の神奈川県沿岸・沖合海域における主要魚種卵稚仔の出現状況. 平成19年度中央水研ブロック卵・稚仔，プランクトン調査研究担当者協議会研究報告：60-62.
- 仲手川恒 2008. 2007年～2008年冬春季の神奈川県沿岸・沖合海域における主要魚種卵稚仔の出現状況. 平成20年度中央水研ブロック卵・稚仔，プランクトン調査研究担当者協議会研究報告：58-60.
- 日本海洋学会沿岸海洋研究部会 1985. 日本沿岸海洋誌. 東海大学出版会，神奈川.
pp1134.
- 日本海洋学会 1986. 沿岸環境調査マニュアル 底質・生物編. 恒星社厚生閣，東京.
pp266.
- 西川淳 2001.サルパ類研究のどこが面白い？月間海洋号外27 動物プランクトン：207-215.
- 農林水産省 2008. 平成19年漁業・養殖業生産統計. 農林水産省統計情報ホームページ
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>.

農林水産省 2009. 平成20年漁業・養殖業生産統計. 農林水産省統計情報ホームページ

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>.

能勢幸雄, 河尻正博, 安田富士郎 1970. 相模湾沿岸域における魚類群集の生産過程について. 黒潮海域円盤部の生物生産並びに物質循環に関する研究—平成44年度研究業績報告JIBP/PMセクション: 66-68.

野崎義行 1994. 地球温暖化と海. 東京大学出版会, 東京. pp196.

小倉久子・宮嶋義行・北澤哲弥 2010. 千葉県の里海における生態系サービスの変遷. 千葉県生物多様性センター研究報告2: 141-156.

小椋将弘 2001. Excelで簡単統計—データ入力—発解答 CD-ROM付. pp190.

小達和子 1988. 黒潮続流域の生物生産力. 水産海洋研究会報 52 (2): 150-154.

Ohman, M. D., A. V. Drits, M. E. Clarke and S. Plourde 1998. Differential dormancy of co-occurring copepods. Deep-Sea Research II 45: 1709-1740.

Poulet, S. A. 1977. Grazing of marine copepod developmental stages on naturally occurring particles. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 2381-2387.

Ptacnik, R., S. D. Moorthi and H. Hillebrand 2010. Hutchinson reversed, or why there need to be so many species. pp1-43. G. Advances in Ecological Research 43 (Woodward ed.). Academic press, Burlington.

Rebstock, G. A. 2001. Long-term stability of species composition in calanoid copepods off southern California. Marine Biology and Ecology Progress Series 215: 213-224.

林野庁 2015. 森林はどのぐらいの量の二酸化炭素を吸収しているの? 林野庁ホームページ http://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html.

Runge, J. A., P. Pepin and W. Silvert 1987. Feeding behavior of the Atlantic mackerel *Scomber*

scombrus on the hydromedusa *Aglantha digitale*. Marine Biology 94: 329-333 M

齊藤宏明 2007. 海洋物理構造変化が低次生物生産に影響を及ぼす気候の解明. 地球環境研究総合推進費 平成15年度研究成果-中間成果報告書.環境省地球環境局研究調査室 : 51-63.

齊藤宏明・高橋一生・桑田晃・津田敦・小埜恒夫・小針統 2003-2007. 動物プランクトン *Neocalanus*による炭素の中深層貯蔵機能. 水産総合研究センター水産研究成果情報ホームページ. http://fra-seika.fra.affrc.go.jp/~dbmngt/cgi-bin/search/search_detail.cgi?RESULT_ID=2261&YEAR=2007

San Martin, E., X. Irigoien, R. P. Hariis, A. Lopez-Urrutia, M. V. Zubkov and J. L. Heywood 2006. Variation in the transfer of energy in marine plankton along a productivity gradient in the Atlantic Ocean. Limnology and Oceanography 51 (5): 2084-2091.

佐々木由佳・金光究・伊東宏・山田佳昭・黒田一紀 2006. 東京湾口域における *Eucalanus californicus* Johnson (カイアシ亜綱:カラヌス目) の個体群構造の季節的変遷ならびに成体雄の形態 (短報). 日本プランクトン学会誌 53 (2) : 98-103.

Satapoomin, S. 1999. Carbon content of some common tropical Andaman Sea copepods. Journal of Plankton Research 21(11): 2117-2123.

Sekiguchi, H. 1975. Distributional expansion of the pelagic copepod in relation to its large-scale ontogenetic vertical migration. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Mie University 2: 19-28.

下出信次・戸田龍樹・菊池智彦 1998. 相模湾真鶴半島周辺海域に出現するカイアシ類 (Crustacea, Maxillopoda). 横浜国立大学教育人間科学部附属理科教育実習施設研究報告 11 : 1-11.

Shimode, S., T. Toda and T. Kikuchi 2006. Spatio-temporal changes in diversity and community

- structure of planktonic copepods in Sagami Bay, Japan. *Marine Biology* 148(3): 581-597.
- Shimode, S., K. Takahashi, Y. Shimizu, T. Nonomura and A. Tsuda 2012a. Distribution and life history of the planktonic copepod, *Eucalanus californicus*, in the northwestern Pacific: Mechanisms for population maintenance within a high primary production area. *Progress in Oceanography* 96:1-13.
- Shimode, S., K. Takahashi, Y. Shimizu, T. Nonomura and A. Tsuda 2012b. Distribution and life history of two planktonic copepods, *Rhincalanus nasutus* and *Rhincalanus rostrifrons*, in the northwestern Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 65: 133–145.
- Shmeleva, A.A. 1965. Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic Sea. *Bulletin de l'institut Oceanographique* 65 (1351) : 1-24.
- Smith, S. L. and P. V. Z. Lane 1991. The jet off Point Arena, California: its role in aspects of secondary production in the copepod *Eucalanus californicus* Johnson. *Journal of Geophysical Research* 96: 14849-14858.
- Stachowicz, J. J, H. Fried, R. W. Osman and R. B. Whitlatch 2002. Biodiversity, invasion resistance and marine ecosystem function: reconciling pattern and process. *Ecology* 83: 2575–2590.
- 水産庁（全国漁業協同組合連合会・株式会社水土舎委託）2003. 多面的機能評価等調査事業報告書.
- 鈴木邦雄 2006. マネジメントの生態学—生態文化・環境回復・環境経営・資源循環—共立出版. 東京, pp304.
- 多田邦尚 1996. “植物プランクトン”. 瀬戸内海の生物資源と環境（岡市友利・小森星児・中西弘編）pp57-66. 恒星社厚生閣, 東京.

- Tanaka, O. 1953. The pelagic copepods of the Izu region. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory 1: 126-129.
- Thompson, G. A., E. O. Dinofrio and V. A. Alder 2013. Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern Atlantic Ocean during summer. Journal of Plankton Research. 35 (3): 610-629.
- 津田敦 1995. “The paradox of the plankton” とプランクトン群集の種多様性 (総説) . 日本プランクトン学会報 42 (2) : 105-121.
- Tsuda, A., H. Saito and H. Kasai 2004. Life histories of *Eucalanus bungii* and *Neocalanus cristatus* (Copepoda: Calanoida) in the western subarctic Pacific Ocean. Fisheries and Oceanography 13 (1): 10-20.
- Uye, S. 1982. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. Journal of the Oceanographical Society of Japan 38: 155-164.
- Uye, S. 1991. Temperature-dependent development and growth of the planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the laboratory. Bulletin of Plankton Society Japan (Spec Vol): 627-636.
- Uye, S., Y. Iwai and S. Kasahara 1983: Growth and production of the inshore marine copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the central part of the Inland Sea of Japan. Marine Biology 73: 91-98.
- Uye, S., and S. Ichino 1995. Seasonal variations in abundance, size composition, biomass and production rate of *Oikopleura dioica* (Fol) (Tunicata: Appendicularia) in a temperate eutrophic inlet. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 189: 1-11.
- 上真一 1996. “動物プランクトン” . “基礎生産から魚類生産への変換” . 瀬戸内海の生物資源と環境 (岡市友利・小森星児・中西弘編) pp57-66. 恒星社厚生閣, 東京.

- Uye, S., N. Nagano and H. Tamaki 1996. Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of microzooplankton in the Inland Sea of Japan. *Journal of Oceanography* 52: 689–703.
- Uye, S and T. Shimazu 1997. Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of Meso- and Macrozooplankton in the inland sea of Japan. *Journal of Oceanography* 53: 529-538.
- Verity, P. G. and V. Smetacek 1996. Organism lifecycles, predation, and structure of marine pelagic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series* 130: 277–293.
- 山口篤 2011. 親潮域における動物プランクトン研究の最近の進歩. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, 53(2): 13-18.
- Yamaguchi, A and T. Ikeda 2000. Vertical distribution, life cycle and body allometry of two oceanic calanoid copepods (*Pleuromamma scutellata* and *Heterorhabdus tanneri*) in the Oyashio region, western North Pacific Ocean. *Journal of Plankton Research* 22 (1): 29–46.
- Ye, L. Y., C Chang, C. Garcí'a-Comas, G. Gong and C. Hsieh 2013. Increasing zooplankton size diversity enhances the strength of top-down control on phytoplankton through diet niche partitioning. *Journal of Animal Ecology*: 1-10.
- Yoon, W. D., S. K. Kim and K. N. Han 2001. Morphology and sinking velocities of fecal pellets of copepod, molluscan, euphausiid and salp taxa in the northeastern tropical Atlantic. *Marine Biology* 139: 923-928.
- Webber, M. K. and J. C. Roff 1995. Annual biomass and production of the oceanic copepod community off Discovery Bay, Jamaica. *Marine Biology* 123: 481-495.
- World Bank Group 2014. State and Trends of Carbon Pricing. The World Bank, Washington, DC. :

pp135.

Worm, B., E. B. Barbier, N. Beaumont, J. E. Duffy, C. Folke, B. S. Halpern, J. B. C. Jackson, H. K.

Lotze, F. Micheli, S. R. Palumbi, E. Sala, K. A. Selkoe, J. J. Stachowicz and R. Watson 2006.

Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.

付録

付表1(1) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
	DATE	4/4	5/9	6/7	7/3	8/6	9/11	11/12	12/10	1/9	2/7	3/5	4/3	5/21	6/4	7/7	8/20	9/4	10/2
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3
<i>Acartia danae</i>	F			2.12		4.74	6.81	0.82	1.06	2.84							3.81	1.56	7.73
<i>Acartia danae</i>	M																		
<i>Acartia longiremis</i>	M																		
<i>Acartia negligens</i>	F				1.11			1.68	1.06	0.58				1.43	1.32		0.94	3.09	2.58
<i>Acartia negligens</i>	M									0.50									
<i>Acartia omorii</i>	F	30.21	19.11	9.54	1.11							0.43	0.63	2.86					
<i>Acartia omorii</i>	M	2.75	9.55	2.12															
<i>Acartia steueri</i>	F																		
<i>Acartia</i>	CV	2.75	3.18		2.19	2.37			0.53										6.22
<i>Acartia</i>	CIV																		
<i>Acartia</i>	CIII	2.75																	
<i>Aetideus acutus</i>	F		3.18						0.53		0.50								
Aetideidae	CV																0.66		
Aetideidae	CIV						1.15		0.53								0.66		
Aetideidae	CIII																		
Aetideidae	CII																0.85		
Aetideidae	CI	2.75						1.15											
<i>Haloptilus longicornis</i>	F							1.15		0.53	1.15								
<i>Haloptilus spiniceps</i>	F																0.66		
<i>Haloptilus</i>	CV										0.50						0.66		
<i>Haloptilus</i>	CIV																		
<i>Haloptilus</i>	CI																		
<i>Cosmocalanus darwini</i>	F						1.15	0.82	0.53		0.95							0.94	1.56
<i>Cosmocalanus darwini</i>	M							2.51								0.66			
<i>Nannocalanus minor</i>	F					2.37	1.68			0.58			2.50				1.93	6.22	
<i>Nannocalanus minor</i>	M		3.18			2.37	1.15	1.68									0.94	3.09	
<i>Calanus sinicus</i>	F	10.99		5.30		7.11	3.41	10.85		3.42	1.94		3.13	61.42	6.58	25.16	5.73	3.09	
<i>Calanus sinicus</i>	M	2.75	6.37	1.06	1.11	1.18		2.51		6.26	0.50		1.25	2.86	3.29	1.75	0.94	3.09	2.58
<i>Calanus sinicus</i>	CV	35.70	3.18	10.60	6.56	23.69	1.15	1.68		1.15			6.88	15.71	17.12	13.86	11.47	7.75	
<i>Calanus sinicus</i>	CIV	30.21	15.92	5.30	3.30	15.40	1.15					2.59	1.25	10.00	13.83	18.21		6.22	15.46
<i>Calanus sinicus</i>	CIII	16.48	35.03	2.12	3.30	8.29		0.82			1.44	3.89	1.25	8.57	9.88	9.55	6.67	6.22	15.46
<i>Calanus sinicus</i>	CII	13.73	15.92	2.12	7.67	3.55				1.15		4.32	2.50	7.14	11.19	2.60	0.94	6.22	15.46
<i>Calanus sinicus</i>	CI		9.55			1.18			1.06			3.02		1.43			1.93		2.58
<i>Canthocalanus pauper</i>	F					2.37	1.15			0.53	0.58							1.56	2.58
<i>Canthocalanus pauper</i>	M						1.15	1.68	0.53										2.58
<i>Undimula vulgaris</i>	F						1.15						2.86				0.94		
<i>Undimula vulgaris</i>	M						1.15	0.82											
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	F			1.06	2.19			0.82	1.06	0.58	0.50		1.25	1.43	0.66		1.93		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	M					1.18				0.58							1.93	1.56	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CV					1.18	3.41						2.86	0.66	0.85	1.93			2.58
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIV		1.06	2.19	2.37	3.41			0.53							0.85	0.94	1.56	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIII				1.11	1.18			1.55						1.32				2.58
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CII																		
<i>Neocalanus gracilis</i>	F																		
<i>Neocalanus gracilis</i>	CIV																		
<i>Neocalanus</i>	CV		3.18	1.06						0.58									
<i>Neocalanus</i>	CIV								0.53										
<i>Neocalanus</i>	CIII					1.18													
<i>Neocalanus</i>	CII										1.44		0.63		0.66				
<i>Neocalanus</i>	CI											0.43					1.93		
Calanidae	CV		3.18			3.55		4.19	1.06	0.58					0.66		2.87	4.66	5.15
Calanidae	CIV					1.18							1.43	1.32	0.85		1.56		2.58
Calanidae	CIII				1.11														
Calanidae	CII				1.11						0.95								
Calanidae	CI			1.06															
<i>Calocalanus pavo</i>	F					4.74													
<i>Calocalanus pavo</i>	M																		
<i>Calocalanus plumulosus</i>	F						1.15												
<i>Calocalanus styliremis</i>	F																		
<i>Calocalanus spp.</i>	F																		
<i>Calocalanus spp.</i>	M																		
<i>Calocalanus</i>	CV													1.43					
<i>Candacia bipinnata</i>	F							0.82											
<i>Candacia bipinnata</i>	M								0.53				0.63						2.58
<i>Candacia catula</i>	F																		
<i>Candacia discaudata</i>	F																		
<i>Candacia discaudata</i>	M						1.15												
<i>Candacia ethiopica</i>	F																		
<i>Candacia pachydaetyla</i>	F																		
<i>Candacia pachydaetyla</i>	M																		
<i>Candacia simplex</i>	M																		
<i>Candacia truncata</i>	F																		
<i>Candacia truncata</i>	M																	1.56	
Candaciidae	CV		3.18			3.55						0.86		2.86					2.58
Candaciidae	CIV	5.49	3.18		1.11	1.18						0.43							
Candaciidae	CIII	2.75					2.26			1.15	0.50	2.16	0.63	1.43	1.98		0.94		
Candaciidae	CII	2.75	6.37									1.73							
Candaciidae	CI															0.66			
<i>Centropages furcatus</i>	F																		
<i>Centropages furcatus</i>	M					1.18	1.15	0.82											
<i>Centropages gracilis</i>	F																		
<i>Centropages</i>	CV						1.15												
<i>Centropages</i>	CIV																		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	F	2.75	9.55						3.13	3.99	12.97	0.86	6.25	1.43	0.66			6.22	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	M		3.18							2.84			0.63						2.58
<i>Clausocalanus farrani</i>	F					2.37		3.33	2.07	3.42	0.50				1.32	0.85	0.94		5.15
<i>Clausocalanus farrani</i>	M																		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	F					2.26	10.85	6.26	3.42	1.94				1.43	0.66			3.09	12.89
<i>Clausocalanus furcatus</i>	M		3.18																
<i>Clausocalanus lividus</i>	F									0.95									
<i>Clausocalanus lividus</i>	M									0.58									
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	F							0.82	1.55	0.58			1.25			0.85		1.56	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	M																		
<i>Clausocalanus minor</i>	F					1.18	1.15	4.19	3.13	0.58									5.15
<i>Clausocalanus minor</i>	M								0.53										
<i>Clausocalanus parapergens</i>	F	2.75	3.18	2.12	1.11	3.55	3.41	5.01	1.06	6.26	7.70	0.43	7.50	1.43	0.66	1.75	2.87		2.58

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(2) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2007		2007		2007		2007		2007		2008		2008		2008		2008		2008	
		DATE	4/4	5/9	6/7	7/3	8/6	9/11	11/12	12/10	1/9	2/7	3/5	4/3	5/21	6/4	7/7	8/20	9/4	10/2	
		St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	M				4.37			2.26		0.53	1.69	1.44	0.86	1.25			0.85	0.94			
<i>Clausocalanus paululus</i>	F																				
<i>Clausocalanus pergens</i>	F	2.75									1.15										
<i>Clausocalanus</i>	M								0.82	0.53											
<i>Clausocalanus</i>	CV	5.49	25.47	2.12	4.37	3.55	10.17	5.84	10.94	7.37	14.41	1.73	5.00	1.43	1.98	3.45	6.67	3.09	7.73		
<i>Clausocalanus</i>	CIV				1.11																
<i>Ctenocalanus vanus</i>	F	16.48	47.76	8.48	14.23	5.92	6.81	2.51	2.60	5.10	4.82	1.73	17.51	5.71	2.63	8.66	6.67	15.53	15.46		
<i>Ctenocalanus vanus</i>	M	2.75	6.37		1.11	2.37	1.15	0.82	0.53		0.95		1.88		1.32	0.85	0.94			2.58	
<i>Ctenocalanus</i>	CV	13.73	22.29	4.24	12.05	1.18	2.26		1.55	1.69	3.83	1.30	9.38	4.29		7.80	6.67	1.56	2.58		
<i>Ctenocalanus</i>	CIV			1.06																	
Spinocalanidae	CIII																				
<i>Rhincalanus cornutus</i>	F																				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	F																				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	M		3.18																	1.56	
<i>Rhincalanus</i>	CV												0.63	1.43	0.66		0.94	1.56			
<i>Rhincalanus</i>	CIV		3.18									0.43					0.94				
<i>Rhincalanus</i>	CIII			1.06		1.18	1.15					0.43									
<i>Rhincalanus</i>	CII				2.19	1.18						0.86					0.94				
<i>Rhincalanus</i>	CI				1.11							0.43			0.66						
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	F																				
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	F						1.15														
<i>Eucalanus californicus</i>	F	2.75											1.88								
<i>Eucalanus californicus</i>	M												1.25								
<i>Eucalanus californicus</i>	CV		3.18										1.88								
<i>Eucalanus californicus</i>	CIV	5.49											0.63								
<i>Eucalanus californicus</i>	CIII	2.75										1.73									
<i>Eucalanus californicus</i>	CII	8.24		1.06								1.30									
<i>Eucalanus californicus</i>	CI	2.75										3.02									
<i>Eucalanus hyalinus</i>	F																				
<i>Eucalanus hyalinus</i>	M														0.66						
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CV															0.85	0.94				
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIV			2.12												0.85					
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIII			1.06																	
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CII		3.18	1.06																	
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CI																				
<i>Subeucalanus crassus</i>	F					1.18		0.82					0.63						1.56		
<i>Subeucalanus crassus</i>	M																	0.94			
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	F																			1.56	
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	M				1.11																
<i>Subeucalanus pileatus</i>	F					4.74	2.26	0.82						1.43			0.94	10.88			
<i>Subeucalanus pileatus</i>	M																			1.56	
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	F					2.37	3.41								0.66					7.75	
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	M																			1.56	
<i>Subeucalanus subtenius</i>	F			1.06			2.26								0.66		2.87	1.56	2.58		
<i>Subeucalanus subtenius</i>	M														0.66		0.94				
Eucalanidae	CV		3.18	2.12		5.92	18.13	0.82	0.53	1.15			0.63		1.98	0.85	7.66	6.22	2.58		
Eucalanidae	CIV			1.06		7.11	13.58	0.82	1.55							0.85	2.87	6.22	10.31		
Eucalanidae	CIII		15.92	2.12	1.11	14.21	7.92	1.68	0.53					1.43	1.32	1.75	5.73	7.75	15.46		
Eucalanidae	CII		3.18		1.11	11.84	3.41	0.82	0.53	0.58				1.43	1.32		3.81	10.88	12.89		
Eucalanidae	CI			1.06	1.11	7.11							0.63	1.43	1.32	2.60	0.94	3.09	12.89		
<i>Euchaeta concinna</i>	F							0.82					0.63								
<i>Euchaeta concinna</i>	M																				
<i>Euchaeta indica</i>	F																				
<i>Euchaeta longicornis</i>	F																				
<i>Euchaeta longicornis</i>	M																				
<i>Euchaeta media</i>	F																				
<i>Euchaeta plana</i>	F										0.58										
<i>Euchaeta plana</i>	M																				
<i>Euchaeta rimana</i>	F												0.63								
<i>Euchaeta rimana</i>	M																				
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	F																				
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	M										0.58										
Euchaetidae	CV			1.06	1.11	1.18				3.13	1.69	0.95		3.13			0.85	0.94	4.66		
Euchaetidae	CIV		3.18		13.16		1.15	3.33	2.07	5.10	0.95		5.63			1.75	0.94		2.58		
Euchaetidae	CIII	10.99			18.64	3.55	1.15	1.68	1.55	2.84	1.44		1.88	4.29	3.95	1.75	0.94		7.73		
Euchaetidae	CII		6.37	2.12	3.30	4.74	4.51	2.51	5.21	1.15	1.94		3.75	2.86	1.32	3.45	1.93				
Euchaetidae	CI		6.37	1.06		2.37	2.26	0.82	3.66	2.26					0.66		1.93				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	F																				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	M														1.43			0.94			
<i>Heterorhabdus</i>	CV			1.06			2.26				0.58					0.66					
<i>Heterorhabdus</i>	CIV	2.75												0.63							
<i>Heterorhabdus</i>	CIII																				
<i>Lucicutia curta</i>	M															0.66					
<i>Lucicutia flavicornis</i>	F		3.18	1.06		2.37						0.50				0.66					
<i>Lucicutia flavicornis</i>	M				2.19	2.37				1.06	1.15			0.63	1.43	1.32			4.66	2.58	
<i>Lucicutia gaussae</i>	M		3.18																		
<i>Lucicutia gemina</i>	F															0.66					
<i>Lucicutia ovalis</i>	F		3.18																		
<i>Lucicutia</i>	CV									0.58								0.94			
<i>Mecynocera clausi</i>	F		3.18	1.06			1.15														
<i>Mecynocera</i>	CV																				
<i>Metridia pacifica</i>	CIII			1.06																	
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	F																				
<i>Pleuromamma gracilis</i>	F								0.82					0.63	1.43						
<i>Pleuromamma gracilis</i>	M						1.15		0.53	0.58				1.43		0.85					
<i>Pleuromamma indica</i>	M																				
<i>Pleuromamma piseki</i>	F									0.53											
<i>Pleuromamma piseki</i>	M													0.63							
<i>Pleuromamma spp.</i>	M																				
<i>Pleuromamma</i>	CV	5.49			1.11			0.82	0.53	1.15	0.50						0.94			2.58	
<i>Pleuromamma</i>	CIV				2.19		5.66	1.68	1.06	3.99	0.95			1.43						2.58	
<i>Pleuromamma</i>	CIII						1.15	0.82	1.55	2.84		0.86				0.66	0.85	1.93	1.56		
<i>Pleuromamma</i>	CII			2.12					0.53		0.95					0.66		2.87			
<i>Pleuromamma</i>	CI									0.58						0.66	0.85				
<i>Paracalanus aculeatus</i>	F	8.24	9.55	1.06	1.11	39.08	10.17	40.92	2.07	5.68	3.38		3.13	7.14	2.63	2.60	13.39	29.50	18.04		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	M					3.55		1.68	4.68		1.94			1.43	0.66	1.75	3.81		5.15		

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(3) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	
	DATE	4/4	5/9	6/7	7/3	8/6	9/11	11/12	12/10	1/9	2/7	3/5	4/3	5/21	6/4	7/7	8/20	9/4	10/2	
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	
<i>Paracalanus denudatus</i>	F																			
<i>Paracalanus gracilis</i>	F																			
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	F	189.49	82.79	40.29	17.53					1.55	10.21	27.37	30.65	8.75	30.00	3.29	19.96	2.87	3.09	64.43
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	M	35.70	12.74	1.06	2.19						0.58		6.04		1.43		2.60	0.94		5.15
<i>Paracalanus</i>	CV	41.19	15.92		5.49	15.40	10.17			4.15	1.15	2.39	3.89	4.38	11.43	6.58	8.66	6.67	29.50	36.08
<i>Paracalanus</i>	CIV		6.37										0.43				0.85			2.58
<i>Acrocalanus gibber</i>	F																		1.93	
<i>Acrocalanus gracilis</i>	F				1.11	2.37		0.82	0.53					2.86				1.93		
<i>Acrocalanus gracilis</i>	M																			
<i>Acrocalanus longicornis</i>	F					3.55		0.82										1.93	4.66	
<i>Acrocalanus</i>	CV	2.75				8.29	1.15	2.51	0.53						2.86	0.66		1.93	7.75	7.73
<i>Acrocalanus</i>	CIV							1.15	0.53											
<i>Calanopia minor</i>	M					1.18														
<i>Labidocella japonica</i>	F				1.11									1.43		0.85				
<i>Labidocella japonica</i>	M				1.11															
<i>Labidocera rotunda</i>	M																			
Pontellidae	CV				10.97															
Pontellidae	CIV				17.53															
Pontellidae	CIII				7.67															1.56
Pontellidae	CII			1.06																1.56
<i>Scaphocalanus curtus</i>	F																1.75			
<i>Scaphocalanus sp.</i>	F				1.11															
<i>Scolecithricella beata</i>	F																			
<i>Scolecithricella dentata</i>	F				1.11									1.25			0.85			2.58
<i>Scolecithricella dentata</i>	M																			
<i>Scolecithricella longispinosa</i>	F					1.18														
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	F												0.63	2.86						
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	M												1.43						1.56	
<i>Scolecithricella ovata</i>	F																			
<i>Scolecithricella sp.</i>	F							0.82												
<i>Scolecithricella sp.</i>	M							0.82		0.58										
<i>Scolecithrix bradyi</i>	F						1.15		1.06											
<i>Scolecithrix bradyi</i>	M																			
<i>Scolecithrix danae</i>	F						1.15	0.82			1.15			1.43						
<i>Scolecithrix danae</i>	M									0.58	0.50									
<i>Scolecithropsis ctenopus</i>	F							0.82		0.58										
<i>Scolecithropsis ctenopus</i>	M																			
<i>Pseudoamallothrix ovata</i>	F																			
Scolecithrichidae	CV					1.18	3.41	2.51	0.53	3.42	0.95		0.63	2.86	0.66	0.85	0.94	3.09	5.15	
Scolecithrichidae	CIV					2.37	4.51	0.82	1.55				0.63				0.94	1.56		
Scolecithrichidae	CIII					1.18			0.53	2.84										
Scolecithrichidae	CII							0.82												
<i>Temora discaudata</i>	F						1.15									0.66				
<i>Temora discaudata</i>	M													1.43						2.58
<i>Temora turbinata</i>	F		3.18				2.26													51.54
<i>Temora turbinata</i>	M						4.51												3.09	72.16
<i>Temora</i>	CV			1.06		8.29	3.41							5.71					6.22	15.46
<i>Temora</i>	CIV					4.74								4.29	1.98	1.75	0.94	7.75	30.93	
<i>Temora</i>	CIII														0.66				1.56	
<i>Temora</i>	CII																			
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	F		3.18			1.18				0.58								0.94		
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	M																			
Calanoida	CV						6.81													
Calanoida	CIV																			
<i>Oithona atlantica</i>	F			7.42	3.30	1.18			1.06	2.26		1.30	1.88		2.63	3.45	2.87	3.09		
<i>Oithona longispina</i>	F	13.73	19.11	3.18	1.11		3.41	0.82	1.06	2.84	4.82	3.02	5.00	1.43		4.35	10.53	9.31		
<i>Oithona plumifera</i>	F	2.75	41.40	5.30	8.79	14.21	9.07	2.51	4.15	3.99	7.70	0.86	8.13	4.29	4.61		4.79	7.75	12.89	
<i>Oithona setigera</i>	F	10.99	6.37	8.48	2.19	3.55	5.66	0.82	2.07	1.69	1.44	0.43	3.13		3.29	2.60	8.60	9.31	2.58	
<i>Oithona fallax</i>	F											0.43								
<i>Oithona nana</i>	F																	0.94		
<i>Oithona pseudofrigida</i>	F																			
<i>Oithona robusta</i>	F																			
<i>Oithona similis-groupe</i>	F	5.49		2.12								2.16	1.25							
<i>Oithona tenuis</i>	F		6.37	1.06			1.15			0.50			0.63						1.56	
<i>Oithona vivida</i>	F																			
<i>Oithona spp.</i>	M	2.75																		
<i>Oithona</i>	CV	35.70	41.40	8.48	3.30	4.74	5.66		4.68	2.26	0.50	3.02	5.63		3.29	2.60	6.67	6.22	2.58	
<i>Oithona</i>	CIV	2.75		2.12						0.53										
<i>Oithona</i>	CIII	2.75				1.18						0.86								
<i>Oithona</i>	CII												0.63							
<i>Oithona</i>	CI																			
<i>Microsetella norvegica</i>	F					1.18														
<i>Microsetella norvegica</i>	M																			
<i>Euterpina acutifrons</i>	F																			
<i>Corycaeus affinis</i>	F	13.73	47.76	4.24	10.97	3.55		0.82		1.69	1.44	1.30	17.51	22.85	5.93	3.45				2.58
<i>Corycaeus affinis</i>	M	41.19	47.76	11.66	8.79					0.58	1.94	0.43	12.50	28.57	9.22	3.45				
<i>Corycaeus agilis</i>	F																			2.58
<i>Corycaeus andrewsi</i>	F																	0.94		5.15
<i>Corycaeus andrewsi</i>	M																			
<i>Corycaeus asiaticus</i>	F						1.15													
<i>Corycaeus asiaticus</i>	M																			
<i>Corycaeus catus</i>	F					1.18		1.68												5.15
<i>Corycaeus catus</i>	M						1.15													10.31
<i>Corycaeus clausi</i>	F																			
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	F			1.06				0.82					0.63							
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	M					1.18	1.15	1.68	0.53						0.66		1.93			
<i>Corycaeus dahl</i>	F																			
<i>Corycaeus dahl</i>	M																			
<i>Corycaeus erythraeus</i>	M																			
<i>Corycaeus flaccus</i>	F		3.18											1.43						2.58
<i>Corycaeus flaccus</i>	M					1.18														
<i>Corycaeus furcifer</i>	F																			
<i>Corycaeus furcifer</i>	M								0.53										1.56	
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	F		3.18			1.18	1.15													
<i>Corycaeus lautus</i>	M																			
<i>Corycaeus limbatus</i>	F																			

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopsis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(4) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
	DATE	4/4	5/9	6/7	7/3	8/6	9/11	11/12	12/10	1/9	2/7	3/5	4/3	5/21	6/4	7/7	8/20	9/4	10/2
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3
<i>Corycaeus limbatus</i>	M											0.50							
<i>Corycaeus longistylis</i>	M																		
<i>Corycaeus pacificus</i>	F				1.11	1.18		2.51		1.15			1.43					3.09	
<i>Corycaeus pacificus</i>	M					2.37		0.82	0.53					0.66				1.56	2.58
<i>Corycaeus pumilus</i>	F							0.82											
<i>Corycaeus speciosus</i>	F					1.18			0.53				0.63		0.66				
<i>Corycaeus speciosus</i>	M			1.06		1.18					0.50			0.66			0.94	1.56	2.58
<i>Corycaeus typicus</i>	F																		
<i>Corycaeus typicus</i>	M																		
<i>Farranula concinna</i>	F												1.43						
<i>Farranula gibbula</i>	F					1.18	1.15												
Corycaidae	CV	8.24	12.74	2.12	3.30	5.92	3.41		0.53	0.58			1.25		0.66		1.93	1.56	5.15
Corycaidae	CIV																		
<i>Lubbockia squillimana</i>	F																		
<i>Lubbockia squillimana</i>	M																		
<i>Oncaea clevei</i>	F								0.53										
<i>Oncaea media</i>	F		3.18	1.06		1.18													
<i>Oncaea media</i>	M																		
<i>Oncaea mediterranea</i>	F	2.75	6.37	4.24	2.19	4.74	5.66		1.55	1.69	0.95	0.43	1.25		1.98	1.75	6.67	9.31	5.15
<i>Oncaea mediterranea</i>	M	2.75			1.11	3.55			0.53		0.50	0.43	0.63		0.66		3.81	1.56	
<i>Oncaea reducta</i>	F						2.26												
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	F				1.11	1.18	3.41	4.19	2.60		0.50		0.63	4.29		0.85	0.94	3.09	10.31
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	M					1.18	2.26	3.33	1.06				0.63	1.43	0.66	0.85	0.94	4.66	38.66
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	F	5.49	12.74	3.18	2.19	8.29	5.66	11.71		1.69	1.94		5.63	10.00	5.93		2.87	4.66	2.58
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	M		3.18	4.24	1.11	1.18		0.82		0.58		0.43	1.25	7.14	1.98	0.85	1.93	1.56	
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	F	2.75	3.18	1.06	3.30	10.66	12.47	6.70	2.60	2.84	0.95		5.63	10.00	3.95	1.75	5.73	12.40	64.43
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	M	2.75							0.53									1.56	5.15
<i>Triconia conifera</i>	F		3.18	2.12	3.30	5.92	3.41	1.68		1.69			1.88				4.79	1.56	
<i>Triconia conifera</i>	M																		
<i>Triconia furcula</i>	F																		
Oncaeidae	CV		6.37																5.15
Oncaeidae	CIV											0.43							
<i>Sapphirina darwinii</i>	F																		
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	F			1.06			1.15						1.43	1.32				3.09	
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	M			1.06		1.18	1.15												
<i>Sapphirina opalina</i>	F					1.18											0.94		
<i>Sapphirina opalina</i>	M					1.18													
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	F				1.11														
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	M																		
<i>Sapphirina</i>	CV			1.06		1.18													
<i>Sapphirina</i>	CIV																		
<i>Sapphirina</i>	CIII												0.63						
<i>Copilia mirabilis</i>	F					1.18													
<i>Copilia mirabilis</i>	M					1.18													
<i>Copilia</i>	CV						1.15												
<i>Ratania?</i>	F																		
Poecilostomatoidea larvae	C																		
Copepoda nauplius	N	2.75	12.74		5.49	13.03	1.15		0.53	0.58		8.63		2.86	5.27		4.79	4.66	
<i>Oikopleura cochocerca</i>		5.49				8.29			0.53	2.84	4.82	6.48	1.25				6.06	1.93	5.15
<i>Oikopleura cornutogastra</i>									0.53									3.81	
<i>Oikopleura dioica</i>														1.43					
<i>Oikopleura longicauda</i>		10.99	35.03	4.24	16.46	67.51	3.41	2.51	1.55	2.26			2.50	25.71	2.63	6.95	60.20	20.19	20.62
<i>Oikopleura rufescens</i>		13.73	3.18			1.18	2.26	0.82	4.15	0.58	0.95	2.59	3.13		2.63	0.85	1.93	6.22	2.58
<i>Oikopleura fusiformis</i>		10.99	15.92		1.11	5.92				0.58	0.95	4.75		1.43				2.87	2.58
<i>Oikopleura gracilis</i>																			
<i>Oikopleura spp.</i>		5.49	3.18		4.37		1.15		1.06	1.15	1.44	4.32		1.43		0.85	2.87		
<i>Fritillaria borealis f. typica</i>		19.22	6.37																
<i>Fritillaria borealis f. sargassi</i>					1.11	1.18		0.82				4.75							
<i>Fritillaria formica</i>		5.49	6.37		3.30														
<i>Fritillaria haplostoma</i>													0.63						
<i>Fritillaria tenella</i>			3.18			2.37													
<i>Fritillaria pellucida</i>		8.24	50.95								3.38	1.73			1.32	0.85		1.56	2.58
<i>Fritillaria sp.</i>												0.43					0.94		
<i>Doliolum denticulatum</i>						1.18							0.63						
<i>Doliolum nationalis</i>					2.19	145.67	1.15		1.55			0.43				0.85	14.33	15.53	
<i>Doliolotta gegenbauri</i>		5.49	19.11	4.24	1.11	31.98							24.28	0.66	10.40	12.41	17.06		
<i>Doliolida</i>		10.99	3.18		1.11					0.58				0.66	0.85				
<i>Doliolida nurse</i>					2.19	9.47									1.75	2.87			
<i>Thalia democratica</i>					1.11														
<i>Thalia orientalis</i>									2.07				1.88					1.56	
<i>Thalia ronboides</i>																			
<i>Thalia spp.</i>					6.56														
<i>Salpa fusiformis</i>			3.18																
<i>Salpa spp.</i>																			
<i>Obelia sp.</i>		8.24			2.19	2.37							5.63	14.28	1.32				
<i>Solmundella bitentaculata</i>		8.24			1.11										0.66				
<i>Liriope tetraphylla</i>				2.12		9.47		1.68						1.43	0.66				2.58
Hydroida			9.55	4.24			3.41				0.50		3.75	1.43	0.66	4.35		4.66	2.58
<i>Aglantha hemistoma</i>																			
<i>Aglantha sp.</i>								0.82											
<i>Chelophyes contorta</i>																		0.94	
<i>Diphyes chamissonis</i>								1.68											
<i>Diphyes disper</i>							1.15												
<i>Diphyes spp.</i>																			
<i>Mugguiaea atlantica</i>		5.49		3.18		10.66	1.15	0.82				0.43	7.50	10.00	9.88	0.85	0.94		2.58
<i>Eudoxioides mitra</i>				1.06		1.18													
<i>Eudoxioides sp.</i>																			
<i>Lensia subtilis</i>																			
<i>Lensia subtiloides</i>																			
<i>Abylopsis eschscholtzi</i>														1.43					2.58
<i>Abylopsis tetragona</i>																			
<i>Abylopsis sp.</i>																			
Siphonophorae																			1.56
<i>Siphonophora bract</i>		2.75	3.18			3.41	1.68						2.50	15.71	7.90	5.20	1.93	9.31	2.58
<i>Siphonophora gonophora</i>		16.48	6.37	6.36	3.30	18.95	1.15	4.19		0.58	0.95	0.43	35.64	15.71	15.80	12.15	2.87	13.97	15.46

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(5) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	
		DATE	4/4	5/9	6/7	7/3	8/6	9/11	11/12	12/10	1/9	2/7	3/5	4/3	5/21	6/4	7/7	8/20	9/4	10/2
		St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	
bract & gonophora			3.18				13.03													
Janthinidae																				
Heteropoda																				
Limacina spp.																				
Cavolinidae							1.18													
Thecosomata		8.24																		
Desmosteris papilio							1.18												1.56	
Pseudothecosomata							1.18													
Pteropoda									0.53				7.50	2.86	2.63	0.85	0.94		20.62	
Penilia avirostris				33.93	40.55	80.53	1.15						1.43	15.14	12.15	7.66	55.87		2.58	
Evadne nordmanni		41.19	41.40								0.50	1.30	4.38	28.57	1.98					
Evadne spinifera																				
Evadne tergestina			15.92	93.31	65.76	105.40						0.86		2.86	7.90	4.35	6.67	7.75		
Podon polyphemoides			6.37	2.12	1.11															
Podon shmackeri			3.18				1.15													
Ostracoda		2.75	3.18	2.12	1.11	4.74	3.41	1.68	2.07	1.69	1.94	0.86	1.88	4.29	1.32	4.35	2.87	4.66	2.58	
Hyperoides longipes														1.43						
Lestrigonus schizogeneios				2.12			3.41													
Lestrigonus spp.								0.82						1.43	0.66		1.93			
Themisto sp.																				
Phromina																				
Phrosina semilunata																				
Phrominidae																				
Primno abyssalis																				
Primno sp.																				
Hyperidae																				
Eupronoe minuta									0.53											
Eupronoe spp.																	0.85			
Euphausiacea	E						1.15		0.53		22.56	0.43	2.50				32.47	3.09	25.77	
Euphausiacea	N	5.49		1.06						1.15	1.44	2.16	0.63	2.86	13.83				2.58	
Euphausiacea	MN		3.18	2.12	1.11	2.37				0.53	3.42	1.44	10.36	1.88	0.66	1.75	4.79	7.75		
Euphausiacea	Ca	30.21		1.06	4.37	20.13	1.15	4.19	3.66			1.73	0.63	1.43	3.29	3.45	2.87	10.88	5.15	
Euphausiacea	F	2.75	3.18		2.19	1.18				14.78			1.88	1.43			1.93	1.56		
Euphausiacea	J																			
Euphausiacea	A							0.82												
Euphausia pacifica		2.75																		
Pseudoeuphausia latifrons																				
Lucifer larva	C			1.06		23.69	2.26							2.86	2.63		0.94	20.19	18.04	
Lucifer larva	F			1.06		9.47									1.32			7.75	15.46	
Lucifer larva	A, J	2.75	3.18	2.12		2.37	2.26	0.82	0.53						0.66			4.66	10.31	
Aidanosagitta crassa		13.73			2.19															
Aidanosagitta neglecta							3.41													
Aidanosagitta regularis		2.75		1.06		2.37				1.06							1.93	3.09	2.58	
Flaccisagitta enflata			3.18	1.06		11.84	10.17	5.01	0.53		0.50				1.32		1.93	26.37	20.62	
Flaccisagitta hexaptera																				
Ferosagitta ferox															0.66					
Mesosagitta minima				3.18	1.11	4.74	2.26	0.82		3.42	1.94			1.32	1.75	7.66	3.09			
Pseudosagitta lyra											0.50									
Sagitta bipunctata																			3.09	
Serratosagitta pacifica					1.11			0.82	0.53	0.58	0.50								1.56	
Serratosagitta pseudoserratodentata			3.18														0.85	0.94		
Zonosagitta nagae		2.75	15.92	16.97	7.67	4.74	3.41	2.51	0.53	2.26		0.43	5.00	22.85	17.78	18.21	2.87	3.09	7.73	
Zonosagitta pulchra															1.98					
Sagittidae			3.18	19.09	3.30	14.21	7.92	3.33	0.53	0.58				2.86	2.63	2.60	3.81	3.09		
Pterosagitta draco									0.53										1.56	
Krohniitta pacifica																			2.58	
Krohniitta sp.																				
Pilidium larva																				
Gastropoda larva					3.30			1.68										0.94		
Bivalvia larvae						1.18	1.15	0.82										0.94	2.58	
Polychaeta larva		5.49	3.18	4.24	1.11	9.47	4.51	1.68	0.53	1.69	0.50	0.43	1.25	2.86		2.60	1.93	6.22	2.58	
Cirripedia larva	N	2.75	6.37	5.30	2.19	21.32	1.15							5.71	6.58	10.40	3.81	20.19	5.15	
Cirripedia larva	Cy			8.48		4.74	1.15							4.29		0.85			2.58	
Brachyura larva					1.11	2.37										0.66		2.87	1.56	2.58
Caridea larva		5.49		2.12												0.66		0.94		
Zoea & Mysis larva (Natantia)										2.26									1.56	
Actinotrocha larvae												0.43								
Brachiolaria larvae																				
Ophiopluteus larvae																				
Echinopluteus larvae																2.63			1.56	
Echinoidea larvae															1.98					
Echinodermata larvae		13.73	3.18	1.06		3.55							0.63					0.94	1.56	
Cyphonautes larva					2.19															
Linguina larva								1.68												
Trochophora larvae																		0.94		
Tornaria larvae																				

付表1(6) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	
		DATE	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/10	5/9	6/7	7/9	8/8	9/12	11/12	12/10	1/17	2/12	3/5	4/3
		St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9
<i>Acartia danae</i>	F	0.63	2.09	1.38				2.82			0.71	3.68	3.54	0.70	0.35	1.77	0.82		
<i>Acartia danae</i>	M																		
<i>Acartia longiremis</i>	M																		
<i>Acartia negligens</i>	F	1.25									1.23		0.70	1.38	0.89				
<i>Acartia negligens</i>	M																		
<i>Acartia omorii</i>	F				1.48	15.88	38.73	180.37	4.04						1.77	0.82		2.01	1.33
<i>Acartia omorii</i>	M				1.48	6.36	8.30	42.27										0.67	
<i>Acartia steueri</i>	F																		
<i>Acartia</i>	CV	0.63			1.48	1.60	5.53	19.73				1.76		0.35					
<i>Acartia</i>	CIV						2.77												
<i>Acartia</i>	CIII																		
<i>Aetideus acutus</i>	F								1.01	0.71	1.23								
Aetideidae	CV			2.75														0.67	
Aetideidae	CIV														0.89				
Aetideidae	CIII																		
Aetideidae	CII		0.70																
Aetideidae	CI	0.63																	
<i>Haloptilus longicornis</i>	F								1.01				0.70						
<i>Haloptilus spiniceps</i>	F																		
<i>Haloptilus</i>	CV																		
<i>Haloptilus</i>	CIV			0.69															
<i>Haloptilus</i>	CI																		
<i>Cosmocalanus darwini</i>	F	1.25									2.45	1.76	1.40					0.67	1.33
<i>Cosmocalanus darwini</i>	M											1.76		0.35					
<i>Nannocalanus minor</i>	F										1.23	1.76	2.10	0.35					
<i>Nannocalanus minor</i>	M	0.63									2.45	3.54	2.80	1.38	0.89				
<i>Calanus sinicus</i>	F	8.15	0.70	0.69	5.93		22.13		4.04	1.41	8.58	14.13	7.70	2.66	6.64	15.63	15.38	21.20	
<i>Calanus sinicus</i>	M	0.63		0.69		1.60	2.77		5.05		2.45	3.54	2.10	1.77	0.82	11.72	0.67	9.28	
<i>Calanus sinicus</i>	CV	2.51	0.70	4.82	7.42	19.05	27.66	5.64	8.09	5.66	4.90	5.29	3.50	0.35	0.89		32.55	11.37	21.20
<i>Calanus sinicus</i>	CIV		1.40	3.44	20.77	57.14	16.60	19.73	9.10	14.14	7.35	12.35	0.70		4.43	0.82	7.81	2.68	13.25
<i>Calanus sinicus</i>	CIII		1.40	9.64	40.06	53.97	22.13	25.36	2.02	14.85	3.68	8.83			4.43	0.82	9.11	2.01	7.95
<i>Calanus sinicus</i>	CII		2.09	2.75	28.19	31.73	8.30	42.27	1.01	8.48		1.76			5.32	0.82	5.21	1.34	1.33
<i>Calanus sinicus</i>	CI		1.40	4.82	10.39	3.16	5.53	16.91							1.77				
<i>Canthocalanus pauper</i>	F												1.76	0.70					
<i>Canthocalanus pauper</i>	M												1.76	0.70					
<i>Undinula vulgaris</i>	F												1.76						
<i>Undinula vulgaris</i>	M																		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	F			0.69		1.60			1.01		1.23			0.35	0.89			0.67	1.33
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	M										1.23			0.35	0.89				
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CV	0.63	0.70						2.02		2.45	1.76							1.33
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIV	0.63	0.70	0.69					1.01		1.23	1.76	1.40	0.69	1.77				
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIII		2.09			1.60						1.76					1.30		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CII		0.70																
<i>Neocalanus gracilis</i>	F											1.76			0.89				
<i>Neocalanus gracilis</i>	CIV																		
<i>Neocalanus</i>	CV		0.70	0.69									0.70						
<i>Neocalanus</i>	CIV				1.48					0.71	1.23			0.35					
<i>Neocalanus</i>	CIII	0.63		0.69	1.48														
<i>Neocalanus</i>	CII													0.35					
<i>Neocalanus</i>	CI			0.69	1.48													1.34	
Calanidae	CV	1.25	4.19	0.69										1.38	0.89			0.67	
Calanidae	CIV	0.63	2.09	0.69								3.54							
Calanidae	CIII		0.70																
Calanidae	CII		0.70																
Calanidae	CI													0.35					
<i>Calocalanus pavo</i>	F		0.70								1.23		1.40						
<i>Calocalanus pavo</i>	M																		
<i>Calocalanus plumulosus</i>	F																		
<i>Calocalanus styliremis</i>	F		0.70																
<i>Calocalanus spp.</i>	F																		
<i>Calocalanus spp.</i>	M																		
<i>Calocalanus</i>	CV																		
<i>Candacia bipinnata</i>	F						2.77						0.70		0.89	0.82			
<i>Candacia bipinnata</i>	M								1.01						0.89				
<i>Candacia catula</i>	F	0.63																	
<i>Candacia discaudata</i>	F										1.23								
<i>Candacia discaudata</i>	M																		
<i>Candacia ethiopica</i>	F																		
<i>Candacia pachydactyla</i>	F		0.70																
<i>Candacia pachydactyla</i>	M	0.63																	
<i>Candacia simplex</i>	M																		
<i>Candacia truncata</i>	F																		
<i>Candacia truncata</i>	M																		
Candaciidae	CV			0.69			5.53	2.82						0.35	0.89				
Candaciidae	CIV			1.38			2.77				1.23							0.67	
Candaciidae	CIII				2.97	3.16				0.71									
Candaciidae	CII						2.77		1.01							0.82		1.34	
Candaciidae	CI																		
<i>Centropages furcatus</i>	F																		
<i>Centropages furcatus</i>	M										1.23								
<i>Centropages gracilis</i>	F																		
<i>Centropages</i>	CV																		
<i>Centropages</i>	CIV																		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	F	0.63	6.28	3.44	17.80		2.77	2.82		0.71		5.29	1.40	2.07	11.53	22.36	3.91	2.68	2.65
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	M	0.63	1.40	0.69	2.97				1.01			1.76		0.35	0.89	0.82			
<i>Clausocalanus farrani</i>	F	3.13	2.09	0.69						0.71	8.58	1.76	3.50	1.73	3.55				1.33
<i>Clausocalanus farrani</i>	M													0.35					
<i>Clausocalanus furcatus</i>	F	3.13	9.77		1.48						2.45	10.59	12.61	10.02	4.43	11.60			2.65
<i>Clausocalanus furcatus</i>	M																		
<i>Clausocalanus lividus</i>	F	0.63			1.48											1.67			
<i>Clausocalanus lividus</i>	M																		
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	F	1.25		0.69	2.97						1.23	5.29	1.40	0.69	1.77	5.78		0.67	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	M		0.70																
<i>Clausocalanus minor</i>	F	1.25	1.40								1.23	1.76	2.80	1.04					
<i>Clausocalanus minor</i>	M		0.70																
<i>Clausocalanus parapergens</i>	F		7.67	4.82	8.90				3.03		2.45	3.54	4.90	1.04	12.41	17.39	9.11	4.01	

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(7) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008
	DATE	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/10	5/9	6/7	7/9	8/8	9/12	11/12	12/10	1/17	2/12	3/5	4/3	5/16
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9
<i>Clausocalanus parapergens</i>	M			4.13	2.97						1.41		1.76				3.30		0.67
<i>Clausocalanus paululus</i>	F																		
<i>Clausocalanus pergens</i>	F		1.40	0.69					1.01					0.70					
<i>Clausocalanus</i>	M																		
<i>Clausocalanus</i>	CV	2.51	11.16	11.02	17.80	1.60	13.83	2.82	5.05	3.54	13.48	8.83	2.10	5.87	5.32	26.51		7.36	2.65
<i>Clausocalanus</i>	CIV			0.69															0.67
<i>Ctenocalanus vanus</i>	F	3.13	2.09	2.07	5.93	4.76	8.30	5.64	9.10	7.07	6.13		7.00	0.69	3.55	9.94	9.11	16.05	11.93
<i>Ctenocalanus vanus</i>	M		0.70	0.69	1.48	1.60		5.64	2.02	2.12	1.23	3.54			1.77				3.98
<i>Ctenocalanus</i>	CV		2.79	4.13	4.45	1.60	2.77	11.27	7.08	5.66	9.80	7.05	0.70	1.04	3.55	3.30	2.60	4.01	5.30
<i>Ctenocalanus</i>	CIV								1.01										
<i>Spinocalanidae</i>	CIII																		0.67
<i>Rhincalanus cornutus</i>	F																		
<i>Rhincalanus nasutus</i>	F																		
<i>Rhincalanus nasutus</i>	M		0.70								2.45								0.67
<i>Rhincalanus</i>	CV		1.40							1.41							1.30	2.01	
<i>Rhincalanus</i>	CIV					1.60											1.30	1.34	
<i>Rhincalanus</i>	CIII									0.71									
<i>Rhincalanus</i>	CII					1.60				0.71							1.30		
<i>Rhincalanus</i>	CI					1.60													
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	F										1.23								
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	F																		
<i>Eucalanus californicus</i>	F						5.53										5.21	8.69	
<i>Eucalanus californicus</i>	M																		
<i>Eucalanus californicus</i>	CV																14.32	1.34	
<i>Eucalanus californicus</i>	CIV					1.60			1.01								9.11	3.34	
<i>Eucalanus californicus</i>	CIII					4.76											11.72	1.34	3.98
<i>Eucalanus californicus</i>	CII					11.12											5.21		
<i>Eucalanus californicus</i>	CI					3.16											3.91		
<i>Eucalanus hyalinus</i>	F						2.77		1.01										
<i>Eucalanus hyalinus</i>	M																		
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CV																		1.33
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIV								4.04										
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIII								1.01	0.71									
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CII			0.69						0.71									1.33
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CI									0.71									
<i>Subeucalanus crassus</i>	F										1.23	1.76							
<i>Subeucalanus crassus</i>	M										1.23								
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	F																		
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	M																		
<i>Subeucalanus pileatus</i>	F	0.63									1.23	7.05	0.70	0.35					
<i>Subeucalanus pileatus</i>	M																		
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	F	0.63										5.29	0.70						
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	M											3.54							
<i>Subeucalanus subtenius</i>	F		0.70	1.38					1.01			1.76		0.35					1.33
<i>Subeucalanus subtenius</i>	M			0.69					1.01		4.90		0.35						1.33
<i>Eucalanidae</i>	CV			0.69					2.02		4.90	30.01	1.40	0.69				1.34	1.33
<i>Eucalanidae</i>	CIV	3.13	0.70						7.08	0.71	2.45	21.18	1.40	0.35					
<i>Eucalanidae</i>	CIII	1.88							4.04		4.90	12.35	4.20	0.35				0.67	5.30
<i>Eucalanidae</i>	CII	0.63		0.69					1.01		3.68	3.54		1.04					2.65
<i>Eucalanidae</i>	CI	0.63		0.69						1.41	2.45	5.29			0.89				
<i>Euchaeta concinna</i>	F														0.89				
<i>Euchaeta concinna</i>	M														0.89				
<i>Euchaeta indica</i>	F																		
<i>Euchaeta longicornis</i>	F								1.01										
<i>Euchaeta longicornis</i>	M										1.23								
<i>Euchaeta media</i>	F																		
<i>Euchaeta plana</i>	F														0.89			0.67	
<i>Euchaeta plana</i>	M																		
<i>Euchaeta rimana</i>	F	0.63																	
<i>Euchaeta rimana</i>	M	0.63																	
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	F														0.89	0.82			1.33
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	M																		
<i>Euchaetidae</i>	CV			1.38					1.01	0.71	3.68	3.54		1.04	1.77	0.82	2.60	2.01	1.33
<i>Euchaetidae</i>	CIV	1.25	0.70				2.77		2.02				4.90	1.04	1.77	0.82	1.30	1.34	1.33
<i>Euchaetidae</i>	CIII	1.25		1.38			8.30		3.03	1.41		1.76	2.10	0.35	1.77	2.48		2.01	2.65
<i>Euchaetidae</i>	CII	1.88	1.40				2.77			2.12	2.45	1.76	2.10	2.76	0.89	2.48	1.30	1.34	3.98
<i>Euchaetidae</i>	CI		0.70				2.77	2.82			1.23		1.40	1.04		0.82	1.30	0.67	1.33
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	F														0.89				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	M			0.69															
<i>Heterorhabdus</i>	CV			0.69						1.41									0.67
<i>Heterorhabdus</i>	CIV			1.38			1.60			1.41				0.35					
<i>Heterorhabdus</i>	CIII																	1.30	
<i>Lucicutia curta</i>	M								1.01										
<i>Lucicutia flavicornis</i>	F		0.70						1.01	0.71					0.89			0.67	
<i>Lucicutia flavicornis</i>	M			1.38					1.01	0.71	3.68					0.82	1.30		
<i>Lucicutia gaussae</i>	M																		
<i>Lucicutia gemina</i>	F																		
<i>Lucicutia ovalis</i>	F																		
<i>Lucicutia</i>	CV			0.69	1.48	1.60													0.67
<i>Mecynocera clausi</i>	F	0.63	0.70			1.60			2.02										
<i>Mecynocera</i>	CV																		
<i>Metridia pacifica</i>	CIII																		
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	F														0.89				
<i>Pleuromamma gracilis</i>	F		0.70		1.48	1.60													
<i>Pleuromamma gracilis</i>	M	1.88																	
<i>Pleuromamma indica</i>	M																		
<i>Pleuromamma piseki</i>	F	0.63																	
<i>Pleuromamma piseki</i>	M		0.70												0.35				
<i>Pleuromamma spp.</i>	M									0.71									
<i>Pleuromamma</i>	CV	1.25										1.76		0.69			1.30	0.67	
<i>Pleuromamma</i>	CIV			2.07			2.77	8.45	2.02	0.71	1.23			0.35		0.82	1.30	1.34	
<i>Pleuromamma</i>	CIII	0.63		2.75	1.48						1.23			1.04	0.89				
<i>Pleuromamma</i>	CII				1.48		2.77			2.12				0.69					
<i>Pleuromamma</i>	CI																		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	F	13.79	9.77	3.44	4.45				5.05	1.41	29.41	22.94	18.91	4.15	2.66	1.67		0.67	3.98
<i>Paracalanus aculeatus</i>	M	1.88	0.70	0.69							7.35	1.76	1.40			0.82			1.33

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(8) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008
	DATE	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/10	5/9	6/7	7/9	8/8	9/12	11/12	12/10	1/17	2/12	3/5	4/3	5/16
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9
<i>Paracalanus denudatus</i>	F	1.88	2.79	0.69															
<i>Paracalanus gracilis</i>	F	0.63	1.40												0.69				
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	F	3.13	4.19	13.08	94.96	42.85	193.63	118.37	33.36	2.12	7.35	1.76		1.38	63.85	19.87	37.76	2.68	34.45
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	M		0.70	2.75	16.32	7.92	41.49	2.82	4.04					0.35	1.77	0.82	5.21		
<i>Paracalanus</i>	CV	8.15	13.95	3.44	2.97		33.19	19.73	5.05				22.06	24.72	1.40	2.42	3.55	5.78	6.51
<i>Paracalanus</i>	CIV	0.63	0.70																
<i>Acrocalanus gibber</i>	F		1.40																
<i>Acrocalanus gracilis</i>	F											1.23	14.13	0.70					
<i>Acrocalanus gracilis</i>	M																		
<i>Acrocalanus longicornis</i>	F																		2.65
<i>Acrocalanus</i>	CV	0.63	1.40	0.69								2.45	10.59	1.40	0.35		0.82		
<i>Acrocalanus</i>	CIV		1.40																
<i>Calanopia minor</i>	M													0.70					
<i>Labidocella japonica</i>	F											1.41							
<i>Labidocella japonica</i>	M											0.71							
<i>Labidocera rotunda</i>	M																		
Pontellidae	CV								2.82										
Pontellidae	CIV																		
Pontellidae	CIII																		
Pontellidae	CII													0.70					
<i>Scaphocalanus curtus</i>	F		0.70																0.67
<i>Scaphocalanus sp.</i>	F																		
<i>Scolecithricella beata</i>	F																		
<i>Scolecithricella dentata</i>	F														0.35				
<i>Scolecithricella dentata</i>	M																		
<i>Scolecithricella longispinosa</i>	F																		
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	F																	1.30	
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	M																		
<i>Scolecithricella ovata</i>	F																		0.67
<i>Scolecithricella sp.</i>	F																		
<i>Scolecithricella sp.</i>	M											0.71							
<i>Scolecithrix brady</i>	F					1.60						0.71			0.35				
<i>Scolecithrix brady</i>	M																		
<i>Scolecithrix danae</i>	F	1.25	1.40									0.71				0.89			
<i>Scolecithrix danae</i>	M																		
<i>Scolecitrichopsis ctenopus</i>	F																		
<i>Scolecitrichopsis ctenopus</i>	M													0.70					
<i>Pseudoamallothrix ovata</i>	F														0.35				
Scolecitrichidae	CV	0.63	2.09		2.97							2.45			0.69		0.82	2.60	
Scolecitrichidae	CIV	0.63	0.70	1.38		1.60						1.23		0.70	0.35				
Scolecitrichidae	CIII		0.70									1.23		0.70	0.35				1.33
Scolecitrichidae	CII																		
<i>Temora discaudata</i>	F																		
<i>Temora discaudata</i>	M	0.63									0.71	1.23							
<i>Temora turbinata</i>	F												26.47	2.10					
<i>Temora turbinata</i>	M	0.63											14.13						
<i>Temora</i>	CV										0.71	1.23	26.47	1.40					
<i>Temora</i>	CIV	0.63									0.71	3.68	10.59						
<i>Temora</i>	CIII																		
<i>Temora</i>	CII																		0.67
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	F	0.63	0.70					2.82			0.71								1.33
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	M														0.35				
Calanoida	CV											0.71							1.33
Calanoida	CIV																		
<i>Oithona atlantica</i>	F	0.63	0.70	2.07		3.16	13.83	5.64	1.01	2.83				0.35				5.21	3.34
<i>Oithona longispina</i>	F	0.63	2.09	6.89	10.39	12.68	8.30		2.02		2.45	1.76			2.66	2.48	9.11	4.68	
<i>Oithona plumifera</i>	F	8.15	7.67	6.20	11.87	3.16		5.64		2.83	4.90	1.76	3.50	2.42	10.64	13.23	1.30	6.69	5.30
<i>Oithona setigera</i>	F	2.51	3.49	5.51	1.48	4.76	5.53		7.08	7.78	3.68	8.83	2.10	2.42	2.66	0.82		1.34	1.33
<i>Oithona fallax</i>	F						2.77												
<i>Oithona nana</i>	F																		
<i>Oithona pseudofrigida</i>	F																		
<i>Oithona robusta</i>	F																		
<i>Oithona similis-groupe</i>	F																	1.67	
<i>Oithona tenuis</i>	F			0.69															
<i>Oithona vivida</i>	F																		
<i>Oithona spp.</i>	M																		
<i>Oithona</i>	CV	0.63	9.77	4.13	2.97	4.76	13.83	8.45	4.04	0.71	4.90	1.76	1.40	1.04	0.89	1.67	2.60	2.68	2.65
<i>Oithona</i>	CIV						2.77											2.60	
<i>Oithona</i>	CIII																		
<i>Oithona</i>	CII						2.77					1.23							
<i>Oithona</i>	CI																		
<i>Microsetella norvegica</i>	F								1.01										
<i>Microsetella norvegica</i>	M																		
<i>Euterpina acutifrons</i>	F								1.01										
<i>Corycaeus affinis</i>	F		0.70	2.75	4.45	15.88	22.13	2.82	7.08	5.66	1.23		0.70			1.67	3.91	16.05	6.63
<i>Corycaeus affinis</i>	M			0.69	5.93	26.97	16.60	36.64	5.05	4.95						1.30	21.40	14.58	
<i>Corycaeus agilis</i>	F												1.76						
<i>Corycaeus andrewsi</i>	F		1.40										1.76						
<i>Corycaeus andrewsi</i>	M																		
<i>Corycaeus asiaticus</i>	F																		
<i>Corycaeus asiaticus</i>	M																		
<i>Corycaeus catus</i>	F																		
<i>Corycaeus catus</i>	M											1.23		0.70					
<i>Corycaeus clausi</i>	F																		
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	F	1.88	2.09											0.35	1.77				
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	M	2.51	0.70	0.69						1.01			3.54	0.35		0.82		1.34	1.33
<i>Corycaeus dahl</i>	F		0.70																
<i>Corycaeus dahl</i>	M																0.82		
<i>Corycaeus erythraeus</i>	M																		
<i>Corycaeus flaccus</i>	F					1.60						1.76	0.70						
<i>Corycaeus flaccus</i>	M																	1.30	
<i>Corycaeus furcifer</i>	F																		
<i>Corycaeus furcifer</i>	M														0.35				
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	F																		
<i>Corycaeus lautus</i>	M	0.63												0.35					
<i>Corycaeus limbatus</i>	F																		

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanalius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(9) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	YEAR	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008		
		DATE	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/10	5/9	6/7	7/9	8/8	9/12	11/12	12/10	1/17	2/12	3/5	4/3	5/16	
		St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9		
<i>Corycaeus limbatus</i>	M										1.41										
<i>Corycaeus longistylis</i>	M												1.76								
<i>Corycaeus pacificus</i>	F	1.25	2.79								0.71		3.54								
<i>Corycaeus pacificus</i>	M			0.69							1.41	1.23		1.40	0.35				1.33		
<i>Corycaeus pumilus</i>	F																				
<i>Corycaeus speciosus</i>	F		1.40									1.23		0.70							
<i>Corycaeus speciosus</i>	M	1.25		0.69										0.70							
<i>Corycaeus typicus</i>	F			0.69																	
<i>Corycaeus typicus</i>	M																				
<i>Farranula concinna</i>	F																				
<i>Farranula gibbula</i>	F	0.63											1.76		0.35						
<i>Corycaidae</i>	CV			0.69	1.48				8.45	2.02		2.45	1.76	1.40	0.69	1.77	0.82	1.30			
<i>Corycaidae</i>	CIV							2.77													
<i>Lubbockia squillimana</i>	F							2.77													
<i>Lubbockia squillimana</i>	M											1.23									
<i>Oncaea clevei</i>	F	0.63												1.40							
<i>Oncaea media</i>	F		0.70					5.53													
<i>Oncaea media</i>	M																				
<i>Oncaea mediterranea</i>	F	3.13	2.09	2.75	2.97	1.60	5.53			1.01	2.83	4.90	3.54	0.70	1.73	1.77		1.30	2.68	1.33	
<i>Oncaea mediterranea</i>	M		1.40	1.38		3.16	2.77			2.02	1.41		3.54	1.40	0.35					1.33	
<i>Oncaea reducta</i>	F																				
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	F	4.39	3.49											7.05	7.00	1.04	1.77			1.33	
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	M	4.39	2.09	2.07							0.71			5.29	4.20	0.69				1.33	
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	F	4.39	7.67	5.51	4.45	1.60				4.04			3.68	3.54	3.50	2.07	2.66		2.60	5.35	5.30
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	M				1.48			5.53	5.64		0.71	2.45	3.54					1.30	3.34	2.65	
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	F	3.76	11.86	3.44	2.97				2.82	1.01	0.71	18.38	26.47	4.20	2.07	3.55				18.55	
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	M		0.70	0.69																1.33	
<i>Triconia conifera</i>	F	0.63	0.70	3.44	1.48					2.02		3.68			1.38	0.89	1.67	1.30	2.01	1.33	
<i>Triconia conifera</i>	M															0.82				1.33	
<i>Triconia furcula</i>	F							2.77													
<i>Oncaeidae</i>	CV		2.79	0.69				8.30	2.82	1.01											
<i>Oncaeidae</i>	CIV																			1.33	
<i>Sapphirina darwinii</i>	F														0.89						
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	F									1.01			1.76								
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	M																			1.33	
<i>Sapphirina opalina</i>	F																				
<i>Sapphirina opalina</i>	M																				
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	F																				
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	M									1.01											
<i>Sapphirina</i>	CV									1.01											
<i>Sapphirina</i>	CIV											1.23									
<i>Sapphirina</i>	CIII																				
<i>Copilia mirabilis</i>	F																				
<i>Copilia mirabilis</i>	M											1.23	1.76								
<i>Copilia</i>	CV																				
<i>Ratania?</i>	F		0.70																		
Poecilostomatoidea larvae	C																				
Copepoda nauplius	N		0.70	0.69	2.97	3.16	13.83			2.02	3.54	3.68	5.29	0.70				6.51		2.65	
<i>Oikopleura cochocerca</i>								2.77				2.45	1.76			0.89	9.12				
<i>Oikopleura cornuogastra</i>								2.77													
<i>Oikopleura dioica</i>									2.82												
<i>Oikopleura longicauda</i>		5.64	9.77	1.38	2.97		24.90	5.64	2.02			7.35	26.47	20.31	3.11	4.43	5.78	2.60	0.67	2.65	
<i>Oikopleura rufescens</i>			8.37	0.69	1.48		24.90				4.24	9.80	1.76	0.70	4.15	3.55	3.30	5.21	1.34		
<i>Oikopleura fusiformis</i>					2.97		19.36					3.68				2.66	18.20	1.30			
<i>Oikopleura gracilis</i>						1.60															
<i>Oikopleura</i> spp.		0.63	3.49	0.69			8.30				0.71	3.68	3.54	2.80	1.73	4.43	2.48	6.51		1.33	
<i>Fritillaria borealis f. typica</i>			3.49		1.48														1.30		
<i>Fritillaria borealis f. sargassi</i>							8.30			1.01								1.30			
<i>Fritillaria formica</i>							2.77				1.41										
<i>Fritillaria haplostoma</i>									2.82												
<i>Fritillaria tenella</i>					11.87	66.66	2.77					1.23				1.77	7.45	66.41			
<i>Fritillaria</i> sp.																					
<i>Doliolum denticulatum</i>			0.70								12.02	1.23				0.89					
<i>Doliolum nationalis</i>		0.63										11.03	1.76	1.40	0.69						
<i>Doliolotta gegenbauri</i>							8.30			8.09	16.26									2.68	
<i>Doliolida</i>		0.63	0.70																		
<i>Doliolida nurse</i>							2.77			1.01	2.12	3.68								6.63	
<i>Thalia democratica</i>																					
<i>Thalia orientalis</i>			2.79																	3.34	
<i>Thalia ronboides</i>																					
<i>Thalia</i> spp.																				0.67	
<i>Salpa fusiformis</i>																					
<i>Salpa</i> spp.																					
<i>Obelia</i> sp.							3.16								0.70		1.67		10.70	2.65	
<i>Solmundella bitentaculata</i>							1.60			2.02	0.71										
<i>Liriope tetraphylla</i>			0.70									3.68		3.50						1.34	
Hydroida			0.70	2.07		1.60	5.53		1.01			1.23		0.70				2.60			
<i>Aglantha hemistoma</i>																	0.82				
<i>Aglantha</i> sp.															0.35						
<i>Chelophyes contorta</i>																					
<i>Diphyes chamissonis</i>													3.54								
<i>Diphyes disper</i>												2.45									
<i>Diphyes</i> spp.																					
<i>Muggiuaea atlantica</i>					2.97	46.01	8.30	2.82	1.01	2.83	3.68		0.70		0.89	4.97		20.73	5.30		
<i>Eudoxioides mitra</i>											1.23		1.40								
<i>Eudoxioides</i> sp.																					
<i>Lensia subtilis</i>																					
<i>Lensia subtiloides</i>											1.23	1.76									
<i>Abylopsis eschscholtzi</i>																					
<i>Abylopsis tetragona</i>			0.70									1.23									
<i>Abylopsis</i> sp.																					
Siphonophorae																					
Siphonophora bract			2.79		1.48	84.10	44.26				7.78			0.70		1.67	5.21	12.71			
Siphonophora gonophora			1.40	0.69	5.93	150.76	8.30	8.45			16.97	4.90	5.29	9.11	0.35	1.77	6.64	5.21	21.40	1.33	

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(10) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2008	2008	2008	2008	
	DATE	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/10	5/9	6/7	7/9	8/8	9/12	11/12	12/10	1/17	2/12	3/5	4/3	5/16	
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.3	St.3	St.3	St.3	St.3	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	
bract & gonophora											1.41		3.54	2.80						
Janthinidae													1.76							
Heteropoda																				
<i>Limacina</i> spp.																				
Cavolinidae																				
Thecosomata																				
<i>Desmosteris papilio</i>												1.23	1.76							
Pseudothecosomata																				
Pteropoda		1.25	2.79	1.38							2.12				1.04				2.01	2.65
<i>Penilia avirostris</i>										2.02	25.45	19.61	8.83							
<i>Evadne nordmanni</i>						1.48	14.28	19.36	67.64								0.82	23.44	22.07	
<i>Evadne spinifera</i>											0.71									
<i>Evadne tergestina</i>									2.82	9.10	67.17	1.23						3.91	0.67	
<i>Podon polyphemoides</i>									11.27											
<i>Podon shmackeri</i>											0.71	2.45								
Ostracoda		2.51	2.79	8.26	2.97		13.83			3.03	0.71	4.90	5.29	1.40	1.38	6.21	0.82	5.21	2.68	1.33
<i>Hyperoides longipes</i>																				
<i>Lestrigonus schizogeneios</i>													5.29							
<i>Lestrigonus</i> spp.			0.70																	
<i>Themisto</i> sp.																				
Phromina																				
<i>Phrosina semilunata</i>																				
Phrominidae																				
<i>Primno abyssalis</i>				0.69																
<i>Primno</i> sp.			0.70											0.70						
Hyperiididae												3.68								1.33
<i>Eupronoe minuta</i>																0.89				
<i>Eupronoe</i> spp.																				
Euphausiacea	E	1.25		25.48	1.48	23.81								7.26		2.48				
Euphausiacea	N			2.07	1.48		8.30	5.64	8.09					0.35	0.89	1.67				
Euphausiacea	MN	0.63	5.58	2.75	16.32	22.21		5.64	1.01		4.95		1.40		2.66		1.30			
Euphausiacea	Ca	1.88	11.16	12.39	26.71	245.99	13.83				14.85	2.45	1.76	2.80	0.35	8.87	4.15	7.81	2.01	1.33
Euphausiacea	F	0.63	3.49	2.07	1.48	23.81	2.77			6.36	1.23	1.76	0.70	0.69	0.89		3.91			
Euphausiacea	J																			
Euphausiacea	A																			
<i>Euphausia pacifica</i>																				
<i>Pseudoeuphausia latifrons</i>		0.63																		
<i>Lucifer</i> larva	C		1.40		1.48							1.23								
<i>Lucifer</i> larva	F			2.07									3.54		0.35					
<i>Lucifer</i> larva	A, J									0.71	3.68			0.70						
<i>Aidanosagitta crassa</i>							2.77													
<i>Aidanosagitta neglecta</i>																				
<i>Aidanosagitta regularis</i>		0.63													0.35					
<i>Flaccisagitta enflata</i>		4.39	6.28	1.38							4.90	10.59	11.21	1.38					0.67	
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>											2.45									
<i>Ferosagitta ferox</i>			0.70																	
<i>Mesosagitta minima</i>			1.40		1.48					2.02	0.71	4.90		5.60	1.38	0.89			0.67	
<i>Pseudosagitta lyra</i>																				
<i>Sagitta bipunctata</i>																				
<i>Serratosagitta pacifica</i>		0.63	4.88	1.38			2.77				4.90	1.76	2.10		0.89					
<i>Serratosagitta pseudoserratodentata</i>										1.01	1.23	1.76							0.67	
<i>Zonosagitta nagae</i>				0.69	4.45	6.36	8.30	5.64	10.11	0.71	6.13	7.05	4.20	0.35	0.89		1.30	6.02	13.25	2.65
<i>Zonosagitta pulchra</i>																				
Sagittidae		1.25	2.09			4.76	5.53	11.27	12.13		3.68	5.29	0.70			0.82	3.91	2.01	5.30	
<i>Pterosagitta draco</i>		0.63																		
<i>Krohniitta pacifica</i>														0.70						
<i>Krohniitta</i> sp.																				
Pilidium larva																				
Gastropoda larva												2.45		2.80						
Bivalvia larvae					1.48						0.71		3.54							
Polychaeta larva		2.79	1.38	1.48	1.60	2.77	2.82				0.71	1.23	1.76						3.34	
Cirripedia larva	N								1.01			4.90			0.89					
Cirripedia larva	Cy									1.01	0.71	2.45	1.76							1.33
Brachyura larva			1.40							1.01	0.71									1.33
Caridea larva										1.01										
Zoea & Mysis larva (Natantia)				1.38						1.41										
Actinotrocha larvae																				
Brachiolaria larvae																				
Ophiopluteus larvae			0.70																	
Echinopluteus larvae																				
Echinoidea larvae			0.70																	
Echinodermata larvae							11.06				1.23		0.70				1.30			
Cyphonautes larva													2.80							
Lingula larva											2.45	1.76								
Trochophora larvae			0.70																	
Tornaria larvae																				1.34

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanaulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(11) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
		4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4	11/15	1/14	2/4	3/5	4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4
<i>Acartia danae</i>	F			1.48	5.76	6.38	2.80	1.22	2.11				1.15	1.50	0.55	9.13	5.56		
<i>Acartia danae</i>	M																2.28		
<i>Acartia longiremis</i>	M																		
<i>Acartia negligens</i>	F						1.88		0.70						0.77	0.55	2.28		2.90
<i>Acartia negligens</i>	M			0.23			1.88	1.22											
<i>Acartia omorii</i>	F										21.07		5.29	1.15					
<i>Acartia omorii</i>	M												1.78						
<i>Acartia steueri</i>	F									1.23									
<i>Acartia</i>	CV								0.70		1.40		1.78	0.58	0.77	1.11	1.14	0.79	0.72
<i>Acartia</i>	CIV				0.58									0.58			1.14		
<i>Acartia</i>	CIII																		
<i>Aetideus acutus</i>	F		0.89		0.58	1.28		1.22											
<i>Aetideidae</i>	CV							1.22		1.23						0.77		1.14	
<i>Aetideidae</i>	CIV		0.89	0.23		1.28													
<i>Aetideidae</i>	CIII																		
<i>Aetideidae</i>	CII																		
<i>Aetideidae</i>	CI																		
<i>Haloptilus longicornis</i>	F																		
<i>Haloptilus spiniceps</i>	F																		
<i>Haloptilus</i>	CV	0.70																	
<i>Haloptilus</i>	CIV																		
<i>Haloptilus</i>	CI																		
<i>Cosmocalanus darwini</i>	F				1.73		3.72	3.67										2.28	1.45
<i>Cosmocalanus darwini</i>	M																1.14		
<i>Nannocalanus minor</i>	F				1.15	2.55											1.66	7.94	1.45
<i>Nannocalanus minor</i>	M			0.23											0.77		1.14		0.72
<i>Calanus sinicus</i>	F	10.53	15.32	1.25	3.45		3.72	8.57	4.21	2.46		2.73	3.51	4.03	3.04	10.50	18.26	14.30	0.72
<i>Calanus sinicus</i>	M	1.40	2.70	0.97	2.30			1.22	1.40	1.23	1.40			0.58		1.11	2.28	0.79	
<i>Calanus sinicus</i>	CV	19.66	19.79	1.25	5.76		0.92	2.45	4.21	2.46	14.05	13.63	8.80	2.30	6.81	7.74	7.99	27.80	
<i>Calanus sinicus</i>	CIV	10.53	11.69	0.23	2.30	1.28			2.11	13.55	32.31	29.99	7.06	0.58	4.54	4.42	3.42	7.94	
<i>Calanus sinicus</i>	CIII	2.11	8.10		0.58	5.11			2.81	20.95	56.18	32.72	8.80	1.73	2.27	2.21	2.28	0.79	
<i>Calanus sinicus</i>	CII		4.52			5.11			5.62	23.41	37.92	38.17	15.86	1.15	1.50			1.59	
<i>Calanus sinicus</i>	CI		3.59						1.40	2.46	4.21	8.18	3.51		0.77				
<i>Canthocalanus pauper</i>	F				0.58		2.80	1.22							0.77		1.14	0.79	2.17
<i>Canthocalanus pauper</i>	M				1.15		0.92		0.70						0.77	1.11	2.28		
<i>Undinula vulgaris</i>	F				2.88	2.55											2.28	1.59	1.45
<i>Undinula vulgaris</i>	M			0.23	2.30												1.14		0.72
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	F	0.70	4.52	1.25	2.88	1.28	0.92		0.70					2.88	0.77			0.79	1.45
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	M			0.51		2.55	0.92		0.70					1.15			1.14		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CV				1.73			1.22						2.30	2.27		1.14	0.79	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIV	0.70	1.81	0.51	0.58		0.92	1.22	0.70					2.30	3.77		1.14	0.79	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIII		0.89	0.23	1.15	8.94	0.92		1.40					0.58	2.27				
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CII																		
<i>Neocalanus gracilis</i>	F																		
<i>Neocalanus gracilis</i>	CIV														0.77				
<i>Neocalanus</i>	CV				0.58									0.58					
<i>Neocalanus</i>	CIV																		1.45
<i>Neocalanus</i>	CIII																		
<i>Neocalanus</i>	CII			0.23					1.22										
<i>Neocalanus</i>	CI																		
<i>Calanidae</i>	CV	1.40			0.58	3.83	4.68	1.22					3.51		0.77	1.11	10.27	1.59	3.62
<i>Calanidae</i>	CIV				0.58	8.94	0.92	4.90							2.27	1.11	1.14		5.07
<i>Calanidae</i>	CIII			0.23					1.22										0.72
<i>Calanidae</i>	CII																		
<i>Calanidae</i>	CI						0.92												
<i>Calocalanus pavo</i>	F	0.70		0.23	0.58				0.70								1.66	0.79	
<i>Calocalanus pavo</i>	M																		
<i>Calocalanus plumulosus</i>	F			0.23	0.58	2.55									0.77		2.28		0.72
<i>Calocalanus styliremis</i>	F																		
<i>Calocalanus spp.</i>	F												1.78						
<i>Calocalanus spp.</i>	M													0.58					
<i>Calocalanus</i>	CV															0.55			
<i>Candacia bipinnata</i>	F											2.73						0.79	
<i>Candacia bipinnata</i>	M		0.89												0.77	0.55			
<i>Candacia catula</i>	F																		0.72
<i>Candacia discaudata</i>	F																		
<i>Candacia discaudata</i>	M																		
<i>Candacia ethiopica</i>	F																		0.72
<i>Candacia pachydactyla</i>	F																		
<i>Candacia pachydactyla</i>	M																		
<i>Candacia simplex</i>	M																		
<i>Candacia truncata</i>	F							1.22											0.72
<i>Candacia truncata</i>	M																		
<i>Candaciidae</i>	CV	0.70									1.40			1.50	0.55	1.14			0.72
<i>Candaciidae</i>	CIV	0.70								1.23				2.27					
<i>Candaciidae</i>	CIII				0.58					1.23		2.73	1.78						
<i>Candaciidae</i>	CII													0.58		0.55	2.28		
<i>Candaciidae</i>	CI																		
<i>Centropages furcatus</i>	F																	2.28	
<i>Centropages furcatus</i>	M																		
<i>Centropages gracilis</i>	F						0.92											1.14	
<i>Centropages</i>	CV																		
<i>Centropages</i>	CIV														0.77		1.14		
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	F	1.40	0.89	0.51	1.15		4.68	14.70	6.32	6.16	1.40	10.91	5.29	1.73	1.50		2.28	3.18	2.90
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	M						2.80	3.67		2.46		2.73	1.78		0.77				0.72
<i>Clausocalanus farrani</i>	F	1.40	0.89	0.51	1.15	3.83	1.88	4.90	1.40	1.23		5.45			0.77	1.11	2.28		1.45
<i>Clausocalanus farrani</i>	M																		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	F	0.70		0.51		3.83	10.29	6.12	2.11							2.21	6.85	4.77	6.52
<i>Clausocalanus furcatus</i>	M																		
<i>Clausocalanus lividus</i>	F								0.70										
<i>Clausocalanus lividus</i>	M																		
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	F			0.23			1.88	2.45				2.73		0.77				1.59	1.45
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	M																		
<i>Clausocalanus minor</i>	F	1.40			2.88	3.83	3.72	1.22	0.70				1.78			0.55	3.42	3.18	0.72
<i>Clausocalanus minor</i>	M																		
<i>Clausocalanus parapergens</i>	F	3.51	7.22	0.23	0.58	2.55	1.88	3.67	7.73	4.93	4.21	5.45	5.29	2.88	5.31	0.55	2.28	2.38	0.72

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(12) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
		DATE	6/9	7/7	8/6	9/3	10/2	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4
		St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19
<i>Clausocalanus parapergens</i>	M		1.81	0.23			1.28			2.81	1.23		3.51	1.73	0.77	0.55			
<i>Clausocalanus paululus</i>	F																		
<i>Clausocalanus pergens</i>	F									1.40					2.88				
<i>Clausocalanus</i>	M																		
<i>Clausocalanus</i>	CV	2.11	6.29	0.51	1.15	5.11	12.13	3.67	16.15	1.23	2.81	24.54	12.35	6.91	4.54		9.13	3.18	4.35
<i>Clausocalanus</i>	CIV												1.78						
<i>Ctenocalanus vanus</i>	F	5.62	12.62	6.44	4.03	21.71	2.80	2.45	9.13	11.09	2.81	21.81	15.86	8.06	17.38	1.11	7.99	3.97	0.72
<i>Ctenocalanus vanus</i>	M	0.70	0.89	0.51	1.15	2.55	0.92	2.45	0.70	3.70			5.29	0.58	2.27				
<i>Ctenocalanus</i>	CV	1.40	7.22	4.45	1.15	2.55	2.80	4.90	3.51	17.25	4.21	19.09	14.09	6.33	3.77	3.32	2.28	3.18	0.72
<i>Ctenocalanus</i>	CIV			0.23									1.78						
Spinocalanidae	CIII																		
<i>Rhincalanus cornutus</i>	F																		1.45
<i>Rhincalanus nasutus</i>	F												3.51		0.77				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	M												1.78						
<i>Rhincalanus</i>	CV												3.51				1.14		
<i>Rhincalanus</i>	CIV														0.77				0.72
<i>Rhincalanus</i>	CIII									1.40					1.50	0.55			
<i>Rhincalanus</i>	CII												3.51		0.77				
<i>Rhincalanus</i>	CI												2.73		0.77				
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	F												1.78						
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	F																		
<i>Eucalanus californicus</i>	F												5.45						
<i>Eucalanus californicus</i>	M																		
<i>Eucalanus californicus</i>	CV												2.73	1.78					
<i>Eucalanus californicus</i>	CIV	0.70											1.78						
<i>Eucalanus californicus</i>	CIII											2.81							
<i>Eucalanus californicus</i>	CII											2.81							
<i>Eucalanus californicus</i>	CI											5.62	2.73						
<i>Eucalanus hyalinus</i>	F																		0.72
<i>Eucalanus hyalinus</i>	M																		
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CV			0.23	1.15														0.72
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIV			0.23									1.78			0.55	1.14		
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIII												5.29						
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CII																		
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CI											1.40							
<i>Subeucalanus crassus</i>	F																		
<i>Subeucalanus crassus</i>	M	0.70															0.55		
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	F																		
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	M																0.55		
<i>Subeucalanus pileatus</i>	F				3.45	1.28	2.80											5.71	0.72
<i>Subeucalanus pileatus</i>	M				0.58		0.92										0.55	1.14	
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	F				0.58	1.28	0.92											2.28	0.79
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	M																		0.72
<i>Subeucalanus subtenuis</i>	F				0.58		0.92	1.22	0.70				3.51	0.58				3.42	0.79
<i>Subeucalanus subtenuis</i>	M		0.89				0.92		0.70				1.78					2.28	
Eucalanidae	CV	0.70		0.23	3.45	3.83	4.68		0.70					1.15	0.77	3.87	14.84	5.56	2.17
Eucalanidae	CIV	2.11	2.70	1.25	2.30	5.11	5.60		0.70						0.77	1.11	7.99		0.72
Eucalanidae	CIII		0.89	0.74	2.88	2.55	8.41		0.70					5.29	3.45		6.63	4.56	5.56
Eucalanidae	CII				1.15	1.28	4.68	1.22	1.40			1.40	2.73	5.29		2.27	1.66	1.14	
Eucalanidae	CI	0.70	0.89		0.58	2.55		1.22	0.70			1.40	3.51		1.50	1.11			
<i>Euchaeta concinna</i>	F							0.92	1.22										
<i>Euchaeta concinna</i>	M																		
<i>Euchaeta indica</i>	F				0.58														
<i>Euchaeta longicornis</i>	F	2.11																	0.72
<i>Euchaeta longicornis</i>	M																		
<i>Euchaeta media</i>	F																0.55		0.72
<i>Euchaeta plana</i>	F									0.70									
<i>Euchaeta plana</i>	M																		
<i>Euchaeta rimana</i>	F						0.92												
<i>Euchaeta rimana</i>	M							1.22											
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	F																		0.79
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	M																		
Euchaetidae	CV	2.11					6.52	1.22						3.51	0.58				1.59
Euchaetidae	CIV		4.52	0.23		1.28	0.92	3.67					5.45	1.78	1.15				0.79
Euchaetidae	CIII		5.40	2.74	1.73	3.83		3.67	1.40	1.23	1.40	10.91	8.80	1.73	3.04		2.28	0.79	
Euchaetidae	CII	2.81	2.70	1.72	2.30	5.11	1.88	1.22	1.40	1.23	1.40		1.78	4.03	2.27		1.14	1.59	2.90
Euchaetidae	CI			0.23	1.15	5.11	3.72						2.73		1.15				
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	F								1.22										
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	M						1.88										0.77		
<i>Heterorhabdus</i>	CV						0.92	1.22											
<i>Heterorhabdus</i>	CIV	0.70		0.23		1.28													
<i>Heterorhabdus</i>	CIII												2.73			0.77			
<i>Lucicutia curta</i>	M																		
<i>Lucicutia flavicornis</i>	F	1.40		0.51	0.58	1.28	0.92			2.11	2.46	1.40				1.50			0.72
<i>Lucicutia flavicornis</i>	M			0.51						1.40	1.23	1.40		1.78	1.15	0.77			0.79
<i>Lucicutia gaussae</i>	M																		
<i>Lucicutia gemina</i>	F		0.89						1.22										
<i>Lucicutia ovalis</i>	F																		
<i>Lucicutia</i>	CV	0.70										1.40			1.73				
<i>Mecynocera clausi</i>	F			0.23				1.22						1.78	0.58				
<i>Mecynocera</i>	CV						0.92												
<i>Metridia pacifica</i>	CIII																		
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	F															0.77			
<i>Pleuromamma gracilis</i>	F																		
<i>Pleuromamma gracilis</i>	M	0.70					0.92		0.70										0.79
<i>Pleuromamma indica</i>	M						0.92												
<i>Pleuromamma piseki</i>	F																		
<i>Pleuromamma piseki</i>	M								1.40										
<i>Pleuromamma spp.</i>	M																		
<i>Pleuromamma</i>	CV	0.70	1.81							1.23	1.40				3.04	0.55			0.79
<i>Pleuromamma</i>	CIV	0.70	1.81	0.23	1.73	3.83	1.88	3.67	0.70	2.46					1.50	1.11			
<i>Pleuromamma</i>	CIII			0.51		1.28	1.88	1.22	0.70	3.70				1.73	0.77	0.55		1.59	0.72
<i>Pleuromamma</i>	CII		2.70	0.97		1.28	0.92		0.70					0.58	0.77				0.79
<i>Pleuromamma</i>	CI											1.40			0.77				
<i>Paracalanus aculeatus</i>	F	4.92	2.70	3.20	5.76	3.83	19.61	33.07	4.21	3.70		8.18	8.80	0.58	5.31	17.14	44.51	5.56	10.15
<i>Paracalanus aculeatus</i>	M	0.70			0.58	3.83	3.72	1.22	0.70					0.58	0.77	3.32	3.42	0.79	1.45

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(13) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
	DATE	6/9	7/7	8/6	9/3	10/2	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4	11/15
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19
<i>Paracalanus denudatus</i>	F			0.23				0.92	2.45	1.40									
<i>Paracalanus gracilis</i>	F							0.92	1.22					0.58					
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	F	0.70	13.51	4.45	4.03	1.28	1.88	8.57	9.83	49.28	61.80	122.70	47.58	14.39	20.42	1.66		1.59	0.72
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	M		3.59		0.58		2.80	1.22	1.40	9.86	2.81	13.63		0.58	2.27		1.14		0.72
<i>Paracalanus</i>	CV	1.40	0.89	0.74	3.45	14.05	11.21	13.47	4.92	3.70			8.18	7.06	1.73	7.58	7.19	4.56	3.97
<i>Paracalanus</i>	CIV							1.22											
<i>Acrocalanus gibber</i>	F				0.58														
<i>Acrocalanus gracilis</i>	F														0.77		1.14	0.79	0.72
<i>Acrocalanus gracilis</i>	M																		
<i>Acrocalanus longicornis</i>	F	0.70					0.92									1.11	1.14		0.72
<i>Acrocalanus</i>	CV			0.23	2.30	2.55	1.88								0.77	1.66	3.42	0.79	0.72
<i>Acrocalanus</i>	CIV																		
<i>Calanopia minor</i>	M																		
<i>Labidocella japonica</i>	F													0.58					
<i>Labidocella japonica</i>	M		0.89											0.58					
<i>Labidocera rotunda</i>	M															0.55			
Pontellidae	CV																		
Pontellidae	CIV																		
Pontellidae	CIII												1.15						
Pontellidae	CII																		
<i>Scaphocalanus curtus</i>	F		0.89	0.51		1.28	0.92	1.22	0.70										
<i>Scaphocalanus sp.</i>	F											2.73							
<i>Scolecithricella beata</i>	F							1.22											0.72
<i>Scolecithricella dentata</i>	F		0.89										3.51	0.58					
<i>Scolecithricella dentata</i>	M					1.28													
<i>Scolecithricella longispinosa</i>	F												1.78					0.79	
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	F					1.28	0.92												
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	M																		
<i>Scolecithricella ovata</i>	F																		
<i>Scolecithricella sp.</i>	F																		
<i>Scolecithricella sp.</i>	M																1.14		
<i>Scolecithrix bradyi</i>	F																		
<i>Scolecithrix bradyi</i>	M																		
<i>Scolecithrix danae</i>	F	0.70		0.51	1.73			1.22							1.50				2.17
<i>Scolecithrix danae</i>	M														0.77		1.14		
<i>Scolecitrichopsis ctenopus</i>	F				0.58											0.55			
<i>Scolecitrichopsis ctenopus</i>	M																		0.72
<i>Pseudoamallothrix ovata</i>	F																		
Scolecitrichidae	CV		1.81	0.74	1.73	1.28	4.68	3.67	2.81	1.23			1.78	0.58	0.77	0.55	3.42		1.45
Scolecitrichidae	CIV		0.89	0.23	0.58		1.88		1.40	1.23					0.77	2.21			
Scolecitrichidae	CIII	2.81		0.23	0.58	1.28	2.80		2.11							0.55	1.14		2.17
Scolecitrichidae	CII							1.22											
<i>Temora discaudata</i>	F		0.89		0.58								1.78		1.50		2.28	1.59	
<i>Temora discaudata</i>	M		0.89		0.58														
<i>Temora turbinata</i>	F				0.58														
<i>Temora turbinata</i>	M					3.83			0.70								1.14		
<i>Temora</i>	CV	2.11	1.81		0.58	11.49									0.77		3.42		
<i>Temora</i>	CIV		1.81		0.58	8.94												1.59	
<i>Temora</i>	CIII		0.89		0.58										0.77		1.14		
<i>Temora</i>	CII																		
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	F			0.23															
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	M																		
Calanoida	CV																		
Calanoida	CIV																		0.72
<i>Oithona atlantica</i>	F		4.52	2.46	1.73	2.55		1.22	0.70	2.46	4.21	2.73	1.78						
<i>Oithona longispina</i>	F	1.40	4.52	2.46	3.45		0.92	3.67	12.64	9.86	8.43	40.90	24.66	1.15	5.31		1.14	3.97	2.17
<i>Oithona plumifera</i>	F	3.51		0.74	7.48	12.77	10.29	13.47	13.34	12.32	7.02	19.09	29.95	5.18	5.31	1.66	10.27	11.12	2.17
<i>Oithona setigera</i>	F	7.73	2.70	0.97	4.03		1.88	6.12	5.62	9.86	5.62	10.91	5.29	10.94	3.77	1.11	5.71	5.56	2.90
<i>Oithona fallax</i>	F																		
<i>Oithona nana</i>	F											5.45	1.78						
<i>Oithona pseudofrigida</i>	F																		
<i>Oithona robusta</i>	F				0.58													1.14	
<i>Oithona similis-groupe</i>	F												1.78					1.14	
<i>Oithona tenuis</i>	F																		
<i>Oithona vivida</i>	F					1.28													
<i>Oithona spp.</i>	M																		
<i>Oithona</i>	CV	2.11	2.70	1.48	5.18	3.83	6.52	1.22	5.62	1.23	2.81	19.09	14.09	9.79		0.55	4.56	3.18	2.90
<i>Oithona</i>	CIV		1.81		0.58			1.22		1.23	2.81	2.73	5.29	1.73					
<i>Oithona</i>	CIII										1.40		1.78						
<i>Oithona</i>	CII																		
<i>Oithona</i>	CI															0.77			
<i>Microsetella norvegica</i>	F																		
<i>Microsetella norvegica</i>	M																		
<i>Euterpina acutifrons</i>	F																		
<i>Corycaeus affinis</i>	F	7.02	3.59			1.28			2.11	8.62	15.45	10.91	10.57	2.30	0.77			3.97	1.45
<i>Corycaeus affinis</i>	M	4.21	4.52					1.22	2.11	1.23	9.83	19.09	7.06	4.61					0.72
<i>Corycaeus agilis</i>	F																		0.72
<i>Corycaeus andrewsi</i>	F					1.28													
<i>Corycaeus andrewsi</i>	M																	1.14	
<i>Corycaeus asiaticus</i>	F																		
<i>Corycaeus asiaticus</i>	M							1.22											
<i>Corycaeus catus</i>	F					3.83	0.92												1.45
<i>Corycaeus catus</i>	M																		
<i>Corycaeus clausi</i>	F																		
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	F						1.88		1.40										0.72
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	M				1.15	1.28		4.90	0.70						0.55				2.90
<i>Corycaeus dahl</i>	F						1.88												
<i>Corycaeus dahl</i>	M							1.22											
<i>Corycaeus erythraeus</i>	M					1.28													
<i>Corycaeus flaccus</i>	F			0.23							1.40								
<i>Corycaeus flaccus</i>	M				1.15				2.11	1.23									
<i>Corycaeus furcifer</i>	F																		1.59
<i>Corycaeus furcifer</i>	M								1.40				2.73						
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	F	0.70											1.78	0.58					
<i>Corycaeus lautus</i>	M																		
<i>Corycaeus limbatus</i>	F								0.70										0.72

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopsis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(14) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	
		DATE	6/9	7/7	8/6	9/3	10/2	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4	11/15
<i>Corycaeus limbatu</i>	M																		0.79	
<i>Corycaeus longistylis</i>	M																			
<i>Corycaeus pacificus</i>	F	0.70						0.92		1.40				1.78			0.55		1.45	
<i>Corycaeus pacificus</i>	M					1.15							0.58	2.27	1.66	1.14			0.72	
<i>Corycaeus pumilus</i>	F																		0.79	
<i>Corycaeus speciosus</i>	F						1.28									1.11				
<i>Corycaeus speciosus</i>	M			0.23	1.15			0.92	2.45	0.70	1.23					1.14	2.38		0.72	
<i>Corycaeus typicus</i>	F																			
<i>Corycaeus typicus</i>	M																			
<i>Farranula concinna</i>	F																			
<i>Farranula gibbula</i>	F							1.88										3.42		
<i>Corycaidae</i>	CV				0.58	2.55	0.92			0.70		1.40	2.73	1.78	1.15	3.04	1.11	3.42	0.79	
<i>Corycaidae</i>	CIV													0.58				1.14		
<i>Lubbockia squillimana</i>	F																		0.79	
<i>Lubbockia squillimana</i>	M			0.23																
<i>Oncaea clevei</i>	F						1.28			1.22		1.23								
<i>Oncaea media</i>	F								1.22	0.70				3.51	0.58					
<i>Oncaea media</i>	M													1.78						
<i>Oncaea mediterranea</i>	F	2.11	0.89	3.48	4.61			4.68	3.67	4.21	1.23		8.18	5.29	3.45	2.27	1.66	10.27	0.79	2.17
<i>Oncaea mediterranea</i>	M	0.70	0.89		0.58			0.92		0.70			2.73	1.78		0.77		2.28	1.59	0.72
<i>Oncaea reducta</i>	F				0.58														1.14	
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	F	2.81			0.58	12.77	4.68	6.12									0.55	9.13	4.77	6.52
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	M	0.70	1.81		1.15	19.15	7.49	1.22	1.40									6.85	2.38	2.17
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	F	7.02		0.74	2.88	1.28	5.60	19.60	7.73			2.81	5.45	14.09	1.15	1.50	1.66	13.69	3.97	5.80
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	M	3.51	0.89		0.58	3.83		3.67	1.40			1.40	2.73	5.29	1.73	0.77	0.55	2.28		
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	F	17.56	0.89	1.48	8.06	56.18	13.09	17.15	6.32	1.23		5.45	10.57	0.58	3.77	7.19	43.37	10.32		5.80
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	M				6.38	0.92	1.22							1.78	0.58	0.77				0.79
<i>Triconia conifera</i>	F		0.89		3.45	3.83				1.40	1.23		2.73		2.88	1.50	1.66	2.28	0.79	1.45
<i>Triconia conifera</i>	M								1.22											
<i>Triconia furcula</i>	F																			
<i>Oncaeidae</i>	CV				0.58	1.28							8.18	3.51				9.13		1.45
<i>Oncaeidae</i>	CIV																			
<i>Sapphirina darwinii</i>	F																	1.14		0.72
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	F																			
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	M																	0.55		
<i>Sapphirina opalina</i>	F	0.70																1.14		
<i>Sapphirina opalina</i>	M																			
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	F																			
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	M																			
<i>Sapphirina</i>	CV																	0.55		
<i>Sapphirina</i>	CIV																			
<i>Sapphirina</i>	CIII																			
<i>Copilia mirabilis</i>	F				0.58													0.55	1.14	
<i>Copilia mirabilis</i>	M																			
<i>Copilia</i>	CV						0.92													
<i>Ratania?</i>	F																			
<i>Poecilostomatoidea larvae</i>	C																			
<i>Copepoda nauplius</i>	N	1.40	0.89			2.55	1.88			2.11		5.62	46.35	21.15	1.15	5.31	0.55	4.56		
<i>Oikopleura cochocerca</i>			3.59							0.70				7.06					1.14	
<i>Oikopleura cornutogastra</i>			0.89										2.73				0.55			
<i>Oikopleura dioica</i>			0.89											3.51						
<i>Oikopleura longicauda</i>			0.89			1.28	8.41	8.57	11.24				27.27	35.23	8.06	8.30	7.74	18.26	2.38	16.67
<i>Oikopleura rufescens</i>			4.52	0.23	0.58	2.55		3.67	0.70				8.18		2.30	3.04	16.58	14.84		9.42
<i>Oikopleura fusiformis</i>			1.81					1.22	0.70		8.62		68.17	10.57		1.50				
<i>Oikopleura gracilis</i>																				
<i>Oikopleura spp.</i>			3.59	0.23	0.58			0.92	6.12	2.81	1.23	2.81		12.35	1.15	1.50	0.55		0.79	3.62
<i>Fritillaria borealis f. typica</i>											4.93	1.40	13.63							
<i>Fritillaria borealis f. sargassi</i>															1.15	0.77				1.45
<i>Fritillaria formica</i>																				
<i>Fritillaria haplostoma</i>																				
<i>Fritillaria tenella</i>															0.58					
<i>Fritillaria pellucida</i>			2.70							11.09	77.25	32.72	3.51			2.27				
<i>Fritillaria sp.</i>													1.78				0.55			
<i>Doliolum denticulatum</i>													1.78		4.54					0.72
<i>Doliolum nationalis</i>				1.81		1.15				0.70							19.90	1.14	0.79	
<i>Doliolotta gegenbauri</i>		1.40	12.62			0.58							5.45	26.44	1.15		0.55			
<i>Doliolida</i>		2.11												1.78	0.58					0.79
<i>Doliolida nurse</i>		2.11	0.89	0.23	1.73								2.73	5.29			0.55			0.79
<i>Thalia democratica</i>																0.77				
<i>Thalia orientalis</i>					0.58															
<i>Thalia ronboides</i>																				
<i>Thalia spp.</i>							1.28													
<i>Salpa fusiformis</i>																				
<i>Salpa spp.</i>																				
<i>Obelia sp.</i>					1.15									10.57			0.55			
<i>Solmundella bitentaculata</i>				1.81								5.62	10.91	3.51						
<i>Liriope tetraphylla</i>		0.70																		0.79
<i>Hydroida</i>		1.40	2.70			1.28						1.40		7.06		0.77				
<i>Aglantha hemistoma</i>																				
<i>Aglantha sp.</i>																				
<i>Chelophyes contorta</i>																				
<i>Diphyes chamissonis</i>																		2.28		0.79
<i>Diphyes disper</i>																				
<i>Diphyes spp.</i>																		0.55		
<i>Mugguiaea atlantica</i>			7.73	5.40	0.23	2.30				0.70		54.78		1.78	3.45	2.27	3.32			0.79
<i>Eudoxioides mitra</i>																				
<i>Eudoxioides sp.</i>																		0.55		
<i>Lensia subtilis</i>																				
<i>Lensia subtiloides</i>			1.40																1.14	
<i>Abylopsis eschscholtzi</i>																				
<i>Abylopsis tetragona</i>																				0.72
<i>Abylopsis sp.</i>							0.92													0.79
<i>Siphonophorae</i>																				
<i>Siphonophora bract</i>		2.81	4.52	0.51	6.91	1.28				1.40		92.70	10.91	7.06	1.73	2.27	3.32	2.28		
<i>Siphonophora gonophora</i>		7.02	5.40	0.74	3.45	1.28			1.22	2.81	8.62	164.34	19.09	15.86	10.36	5.31	1.66	6.85	1.59	0.72

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopsis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(15) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	
	DATE	6/9	7/7	8/6	9/3	10/2	11/20	12/9	1/14	2/4	3/5	4/11	5/21	6/12	7/9	8/9	9/14	10/4	11/15	
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.9	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	
bract & gonophora																				0.72
Janthinidae																				
Heteropoda																				0.79
<i>Limacina</i> spp.				0.51	1.73															
Cavolinidae																				
Thecosomata																				
<i>Desmosterius papilio</i>				0.23																2.28
Pseudothecosomata																				
Pteropoda		2.11	0.89			10.22	0.92	2.45	2.81				7.06							3.42
<i>Penilia avirostris</i>		5.62	53.14			13.24	1.28						8.80	10.94	31.76	0.55				6.85
<i>Evadne nordmanni</i>										1.23	4.21	16.36	12.35	0.58						
<i>Evadne spinifera</i>														1.15	6.04					
<i>Evadne tergestina</i>		8.43			0.58								285.50	36.84	47.65	0.55				
<i>Podon polyphemoides</i>																				
<i>Podon shmackeri</i>													14.09	0.58	1.50					
Ostracoda		2.81	3.59	1.25	0.58		0.92	8.57	6.32	3.70	1.40	8.18	3.51	2.88	1.50	3.32	3.42	2.38	1.45	
<i>Hyperoides longipes</i>																				
<i>Lestriginus schizogeneios</i>							0.92													
<i>Lestriginus</i> spp.					3.45		1.88							0.58					1.14	
<i>Themisto</i> sp.															0.77					
Phromina													0.58							
<i>Phrosina semilunata</i>																				
Phrominidae																				
<i>Primno abyssalis</i>																				
<i>Primno</i> sp.							0.92													
Hyperiididae				0.23			0.92							0.58				1.14		0.72
<i>Eupronoe minuta</i>															1.50					0.79
<i>Eupronoe</i> spp.																				
Euphausiacea	E		0.89	2.23	0.58				0.70		11.24						7.74			
Euphausiacea	N							1.22	1.40	2.46				0.58						1.45
Euphausiacea	MN	1.40	0.89	0.23		8.94		1.22	2.81	2.46	15.45	8.18			1.50					1.45
Euphausiacea	Ca	2.11	6.29	0.51	1.73	3.83		4.90	14.75	1.23	30.90	40.90	5.29	1.73	2.27	1.66			0.79	3.62
Euphausiacea	F		0.89		2.30			2.45	3.51		11.24		7.06			1.66			1.59	0.72
Euphausiacea	J																	1.14		
Euphausiacea	A											2.73								
<i>Euphausia pacifica</i>																				0.79
<i>Pseudoeuphausia latifrons</i>																				
<i>Lucifer</i> larva	C	3.51			5.76	10.22		1.22					1.78		1.50	1.11				
<i>Lucifer</i> larva	F	0.70		0.23	1.15	7.66									0.77					
<i>Lucifer</i> larva	A, J			0.23	2.88	1.28	1.88						2.73			4.42	1.14	0.79		
<i>Aidanosagitta crassa</i>													2.73							
<i>Aidanosagitta neglecta</i>																				
<i>Aidanosagitta regularis</i>				1.25	2.30	2.55	1.88		0.70						2.27		1.14	0.79	0.72	
<i>Flaccisagitta enflata</i>				1.25	7.48	11.49	5.60	6.12	0.70						3.04		11.41	4.77	6.52	
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>																	3.32			
<i>Ferosagitta ferox</i>								1.22												0.72
<i>Mesosagitta minima</i>		0.70		0.74	4.03	2.55	2.80	1.22	0.70	1.23			1.78	3.45		1.11	2.28	22.24	1.45	
<i>Pseudosagitta hyra</i>																				
<i>Sagitta bipunctata</i>			1.81																	
<i>Serratosagitta pacifica</i>				0.23		1.28	1.88	2.45	0.70	1.23			1.78	1.73					0.79	2.17
<i>Serratosagitta pseudoserratodentata</i>			0.89										2.73						1.14	
<i>Zonosagitta nagae</i>		11.94	15.32	3.20	5.18	7.66				3.70	2.81	10.91	3.51	3.45	3.77	3.87	6.85	11.91		
<i>Zonosagitta pulchra</i>																				
Sagittidae			2.70	0.51	0.58	5.11	0.92	4.90	4.21			4.21	8.18	5.29	12.09	2.27	1.11	3.42		
<i>Pterosagitta draco</i>							0.92							3.51	0.58					
<i>Krohniitta pacifica</i>																				
<i>Krohniitta</i> sp.																				0.72
Pilidium larva		0.70																		
Gastropoda larva												2.73		1.15						
Bivalvia larvae			0.89						0.70										1.14	0.72
Polychaeta larva		0.70	0.89	0.23	1.73	1.28		3.67	2.11		4.21	10.91	3.51	0.58		3.32	4.56	0.79	2.90	
Cirripedia larva	N	9.83	52.21		0.58	8.94				0.70		5.45	17.64		2.27					
Cirripedia larva	Cy	0.70	8.99	0.51									5.29	1.15		1.66	2.28			
Brachyura larva				0.51	0.58	1.28											2.21			
Caridea larva		0.70		0.23	1.73															
Zoea & Mysis larva (Natantia)				0.51													0.55			
Actinotrocha larvae																	0.55			0.79
Brachiolaria larvae																				
Ophiopluteus larvae					1.15															
Echinopluteus larvae		2.11																		
Echinoidea larvae																				
Echinodermata larvae		2.11	0.89		0.58		0.92			1.23	2.81		1.78		2.27	0.55			0.79	
Cyphonautes larva			0.89				0.92	2.45												
Lingula larva																				
Trochophora larvae																				
Tornaria larvae		0.70																		

付表1(16) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	
		DATE	1/9	2/7	3/19	4/17	5/15	6/9	7/8	8/6	9/3	10/8	11/20	12/9	1/16	2/5	3/9
		St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	
<i>Acartia danae</i>	F	0.35			1.08						3.99	3.65	1.18	2.09	0.67	0.97	0.51
<i>Acartia danae</i>	M																
<i>Acartia longiremis</i>	M																0.51
<i>Acartia negligens</i>	F	0.69				2.52			1.83			1.84		2.09			
<i>Acartia negligens</i>	M																
<i>Acartia omorii</i>	F					2.52	0.79	0.62									0.51
<i>Acartia omorii</i>	M			0.65			0.79										2.97
<i>Acartia steueri</i>	F																
<i>Acartia</i>	CV		0.71								1.33	1.84					1.48
<i>Acartia</i>	CIV																
<i>Acartia</i>	CIII																
<i>Aetideus acutus</i>	F	0.35						0.79						0.70			
Aetideidae	CV								0.62		1.33						
Aetideidae	CIV		0.71														
Aetideidae	CIII			0.65													
Aetideidae	CII		0.71	0.65													
Aetideidae	CI																
<i>Haloptilus longicornis</i>	F											0.90		0.70	1.33		
<i>Haloptilus spiniceps</i>	F																
<i>Haloptilus</i>	CV																
<i>Haloptilus</i>	CIV							0.62									
<i>Haloptilus</i>	CI								0.89								
<i>Cosmocalanus darwini</i>	F					1.26											
<i>Cosmocalanus darwini</i>	M	0.35				1.26				0.89							
<i>Nannocalanus minor</i>	F	0.35		0.65						2.72	1.33						
<i>Nannocalanus minor</i>	M		1.42									0.90					
<i>Calanus sinicus</i>	F	1.04	1.42	9.16	4.32	11.35	4.84	3.08	2.72				6.98		4.67		
<i>Calanus sinicus</i>	M	2.77		0.65	1.08	3.78	5.64	2.46	0.89	1.33	1.84	2.31		3.33			
<i>Calanus sinicus</i>	CV	0.35	0.71	15.05	15.13	34.06	3.22	11.70	0.89	1.33	0.90	2.31	3.49	4.67			1.02
<i>Calanus sinicus</i>	CIV	0.35		6.54	30.25	12.61	6.47	6.78	2.72	1.33	0.90	6.98	1.40	0.67	1.48		
<i>Calanus sinicus</i>	CIII			3.93	20.53	3.78	7.27	2.46		2.66		2.31	2.79	0.67	0.97	1.99	
<i>Calanus sinicus</i>	CII			1.96	5.40	2.52	3.22	0.62	0.89		0.90	5.80	3.49	0.67	0.51	1.48	
<i>Calanus sinicus</i>	CI						0.79	3.08	1.83				1.18	2.09		0.97	2.50
<i>Canthocalanus pauper</i>	F		0.71			1.26					1.33	1.84	2.31	0.70			
<i>Canthocalanus pauper</i>	M					1.26				0.89		0.90					
<i>Undinula vulgaris</i>	F									0.89		0.90	1.18	0.70			
<i>Undinula vulgaris</i>	M									0.89	1.33						
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	F	1.39						1.23	0.89	2.66				0.70			
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	M			0.65								1.18					
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CV	0.35					1.63		2.72		0.90		0.70				1.02
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIV	0.69							1.83			1.18	2.09	0.67	0.51		
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CIII								1.83		1.84	1.18	1.40				0.51
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	CII								0.89								
<i>Neocalanus gracilis</i>	F		1.42												0.67		
<i>Neocalanus gracilis</i>	CIV																
<i>Neocalanus</i>	CV											1.18					
<i>Neocalanus</i>	CIV																
<i>Neocalanus</i>	CIII		0.71												0.67		
<i>Neocalanus</i>	CII			0.65										1.33	0.51	0.51	
<i>Neocalanus</i>	CI										0.90			1.33	0.51	0.51	
Calanidae	CV		0.71			2.52			3.61	2.66	8.24		2.09				
Calanidae	CIV					1.26			0.89	1.33	5.49	1.18	3.49				
Calanidae	CIII										6.39		0.70				
Calanidae	CII						0.79				2.75						
Calanidae	CI		0.71								0.90		2.09		0.51		
<i>Calocalanus pavo</i>	F						0.79		2.72						0.67		
<i>Calocalanus pavo</i>	M								0.89								
<i>Calocalanus plumulosus</i>	F					1.26			1.83				1.40				
<i>Calocalanus styliremis</i>	F																
<i>Calocalanus spp.</i>	F							0.62									
<i>Calocalanus spp.</i>	M																
<i>Calocalanus</i>	CV								1.83		0.90						
<i>Candacia bipinnata</i>	F					1.26	0.79										
<i>Candacia bipinnata</i>	M			0.65		1.26			1.83								
<i>Candacia catula</i>	F																
<i>Candacia discadata</i>	F											1.18					
<i>Candacia discadata</i>	M																
<i>Candacia ethiopica</i>	F																
<i>Candacia pachydactyla</i>	F																
<i>Candacia pachydactyla</i>	M																
<i>Candacia simplex</i>	M	0.35															
<i>Candacia truncata</i>	F																
<i>Candacia truncata</i>	M																
Candaciidae	CV		0.71			2.52											
Candaciidae	CIV		0.71	1.31	1.08	2.52		0.62	0.89				0.70	1.33			
Candaciidae	CIII						1.63	0.62					0.70				0.51
Candaciidae	CII		0.71	0.65				1.23		1.33			0.70				0.51
Candaciidae	CI																
<i>Centropages furcatus</i>	F											0.90					
<i>Centropages furcatus</i>	M					1.26											
<i>Centropages gracilis</i>	F																
<i>Centropages</i>	CV																
<i>Centropages</i>	CIV									1.33							
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	F	4.51	7.08	7.85	5.40	2.52	1.63	1.85	3.61	1.33	1.84	5.80	4.19	13.33	0.51	0.51	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	M	1.04	4.25	0.65				1.85					2.09	2.00			
<i>Clausocalanus farrani</i>	F	1.04	1.42		2.16		3.22	1.23	0.89		4.59		0.70	1.33			
<i>Clausocalanus farrani</i>	M												0.70				
<i>Clausocalanus furcatus</i>	F	2.77	2.83	0.65		1.26	2.42		1.83	3.99	9.14	12.78	6.98	2.67	0.51		
<i>Clausocalanus furcatus</i>	M																
<i>Clausocalanus lividus</i>	F	0.35				1.26		0.62									
<i>Clausocalanus lividus</i>	M																
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	F	0.35	4.25						1.83		0.90	1.18	1.40	2.00			
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>	M		0.71														
<i>Clausocalanus minor</i>	F		0.71								7.33	2.31	2.09				
<i>Clausocalanus minor</i>	M										0.90						
<i>Clausocalanus parapergens</i>	F	5.89	23.35	7.20	4.32	3.78	6.47	6.16	2.72	1.33	0.90		0.70	4.67	0.51	3.01	

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(17) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	2007		2008		2008		2008		2008		2008		2009		2009	
		1/9	2/7	3/19	4/17	5/15	6/9	7/8	8/6	9/3	10/8	11/20	12/9	1/16	2/5	3/9	
<i>Clausocalanus parapergens</i>	M	0.35	5.66	1.31				3.08	1.83								1.02
<i>Clausocalanus paululus</i>	F		0.71														
<i>Clausocalanus pergens</i>	F		0.71													0.51	0.51
<i>Clausocalanus</i>	M												0.70				
<i>Clausocalanus</i>	CV	4.16	35.38	5.89	2.16	6.31	7.27	9.86	2.72		4.59	10.42	11.16	14.67	7.93	3.99	
<i>Clausocalanus</i>	CIV											0.70					
<i>Ctenocalanus vanus</i>	F	5.89	26.18	7.20	14.05	13.88	8.89	4.93	5.44	3.99	2.75	3.49	0.70	2.67	5.93	8.52	
<i>Ctenocalanus vanus</i>	M	1.39	5.66	1.31		1.26	0.79	0.62	3.61	2.66		3.49	1.40	0.67	1.48	1.02	
<i>Ctenocalanus</i>	CV	1.39	11.32	3.27		3.78	1.63	4.93	3.61		0.90	3.49	2.09	1.33	7.93	3.52	
<i>Ctenocalanus</i>	CIV	0.35													0.51		
Spinocalanidae	CIII																
<i>Rhincalanus cornutus</i>	F	0.35											0.70				
<i>Rhincalanus nasutus</i>	F											1.18					
<i>Rhincalanus nasutus</i>	M			1.31						1.33							
<i>Rhincalanus</i>	CV		0.71				0.79										
<i>Rhincalanus</i>	CIV												0.70	0.67		0.51	
<i>Rhincalanus</i>	CIII																0.51
<i>Rhincalanus</i>	CII				1.08												1.02
<i>Rhincalanus</i>	CI																
<i>Paraeucalanus attenuatus</i>	F																
<i>Paraeucalanus sewelli</i>	F																
<i>Eucalanus californicus</i>	F																
<i>Eucalanus californicus</i>	M																
<i>Eucalanus californicus</i>	CV			0.65	3.24	1.26											
<i>Eucalanus californicus</i>	CIV			0.65	7.56												0.51
<i>Eucalanus californicus</i>	CIII			0.65	4.32												0.51
<i>Eucalanus californicus</i>	CII				4.32												1.99
<i>Eucalanus californicus</i>	CI				2.16												5.00
<i>Eucalanus hyalinus</i>	F																
<i>Eucalanus hyalinus</i>	M																
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CV											1.18					
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIV																
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CIII																
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CII																
<i>Eucalanus hyalinus</i>	CI																
<i>Subeucalanus crassus</i>	F									1.33		2.31		0.67			
<i>Subeucalanus crassus</i>	M					1.26											
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	F																
<i>Subeucalanus mucronatus</i>	M					1.26											
<i>Subeucalanus pileatus</i>	F								0.89	3.99	1.84		0.70				
<i>Subeucalanus pileatus</i>	M																
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	F					1.26							1.18				
<i>Subeucalanus subcrassus</i>	M																
<i>Subeucalanus subtenuis</i>	F	0.69							0.89		0.90				0.67		
<i>Subeucalanus subtenuis</i>	M					1.26			0.89								
Eucalanidae	CV					5.05	0.79	1.23	0.89								
Eucalanidae	CIV				1.08	1.26	2.42	1.23	3.61	1.33	0.90	1.18					
Eucalanidae	CIII		0.71	0.65	2.16				3.61		2.75		1.40				
Eucalanidae	CII				2.16	1.26	1.63		2.72	2.66	7.33	1.18	1.40	0.67		0.51	
Eucalanidae	CI				1.08			1.23		5.32	0.90		1.40			1.48	
<i>Euchaeta concinna</i>	F																
<i>Euchaeta concinna</i>	M											1.18					
<i>Euchaeta indica</i>	F																
<i>Euchaeta longicornis</i>	F																
<i>Euchaeta longicornis</i>	M																
<i>Euchaeta media</i>	F																
<i>Euchaeta plana</i>	F												0.70				
<i>Euchaeta plana</i>	M														0.67		
<i>Euchaeta rimana</i>	F							0.89									
<i>Euchaeta rimana</i>	M						0.79										
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	F	0.35		0.65				0.62									
<i>Paraeuchaeta russelli</i>	M			0.65											0.67		
Euchaetidae	CV	1.73	2.83	1.31		2.52	0.79	2.46	1.83	2.66		2.31	1.40	0.67			
Euchaetidae	CIV	2.43	4.25	1.31	2.16	2.52	1.63	2.46	0.89		3.65		0.70	1.33			
Euchaetidae	CIII	1.04	6.37	1.31	2.16	1.26	3.22	1.23	1.83	1.33	2.75	2.31	0.70	3.33			
Euchaetidae	CII	2.43	3.54	0.65	2.16		1.63	3.08	3.61	3.99	3.65	8.11	2.79	2.00	0.51		
Euchaetidae	CI	1.04		0.65				0.62	0.89		0.90	4.62		0.67			
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	F																
<i>Heterorhabdus papilliger</i>	M	0.69					0.79		1.83								
<i>Heterorhabdus</i>	CV		0.71							1.33						0.51	0.51
<i>Heterorhabdus</i>	CIV			0.65						0.89						0.51	
<i>Heterorhabdus</i>	CIII																0.51
<i>Lucicutia curta</i>	M																
<i>Lucicutia flavicornis</i>	F	1.04	1.42			1.26	4.05	0.62		1.33		2.31	0.70	0.67		1.48	
<i>Lucicutia flavicornis</i>	M		1.42	0.65		1.26	1.63	1.23	0.89		0.90			1.33	0.97	1.48	
<i>Lucicutia gaussae</i>	M																
<i>Lucicutia gemina</i>	F																
<i>Lucicutia ovalis</i>	F																
<i>Lucicutia</i>	CV	0.69					0.79					1.18					
<i>Mecynocera clausi</i>	F							0.62		1.33		1.18					
<i>Mecynocera</i>	CV																
<i>Metridia pacifica</i>	CIII																
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	F		0.71														
<i>Pleuromamma gracilis</i>	F		0.71														
<i>Pleuromamma gracilis</i>	M																
<i>Pleuromamma indica</i>	M																
<i>Pleuromamma piseki</i>	F																
<i>Pleuromamma piseki</i>	M								0.89				0.70				
<i>Pleuromamma spp.</i>	M																
<i>Pleuromamma</i>	CV	1.04						0.89	5.32		2.31	2.79	0.67		1.02		
<i>Pleuromamma</i>	CIV	0.35		0.65		1.26		0.62	1.83	1.33			1.33	2.46			
<i>Pleuromamma</i>	CIII	1.73							3.61	3.99		1.18			0.97	0.51	
<i>Pleuromamma</i>	CII	0.35	0.71	0.65				1.23	0.89	6.65					0.51		
<i>Pleuromamma</i>	CI								2.66						0.97	0.51	
<i>Paracalanus aculeatus</i>	F	3.12	2.83	0.65	3.24	22.71	12.11	11.70	19.03	6.65	16.47	6.98	7.67	7.33			
<i>Paracalanus aculeatus</i>	M					1.26		1.23	4.55			2.31	1.40	1.33			

付表1(18) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009
	DATE	1/9	2/7	3/19	4/17	5/15	6/9	7/8	8/6	9/3	10/8	11/20	12/9	1/16	2/5	3/9	
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	
<i>Paracalanus denudatus</i>	F											0.90	2.31		0.67		
<i>Paracalanus gracilis</i>	F												1.40				
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	F	4.16	27.60	22.25	18.37	21.44	9.69	15.40	3.61	5.32	3.65	33.61	7.67	3.33	42.05	4.49	
<i>Paracalanus parvus s. l.</i>	M	0.35	2.12					3.08		3.99	0.90	1.18	1.40		4.96	0.51	
<i>Paracalanus</i>	CV	0.69	2.12		3.24	5.05	4.05	8.62	6.33	9.30	11.88	8.11	9.07	2.67	4.45	0.51	
<i>Paracalanus</i>	CIV								0.89			1.18	1.40		0.51		
<i>Acrocalanus gibber</i>	F										1.33		1.18				
<i>Acrocalanus gracilis</i>	F								0.89		1.33			0.70			
<i>Acrocalanus gracilis</i>	M										1.33						
<i>Acrocalanus longicornis</i>	F					1.26			2.72	2.66	0.90	3.49	0.70	0.67			
<i>Acrocalanus</i>	CV					1.26	0.79		4.55	3.99	3.65	2.31					
<i>Acrocalanus</i>	CIV									2.66							
<i>Calanopia minor</i>	M																
<i>Labidocella japonica</i>	F							0.62									
<i>Labidocella japonica</i>	M																
<i>Labidocera rotunda</i>	M																
Pontellidae	CV					1.26					1.33						
Pontellidae	CIV																
Pontellidae	CIII								0.89								
Pontellidae	CII											1.84					
<i>Scaphocalanus curtus</i>	F	0.69					0.79	0.62			1.33						0.51
<i>Scaphocalanus sp.</i>	F																
<i>Scolecithricella beata</i>	F																
<i>Scolecithricella dentata</i>	F			0.65					0.89								
<i>Scolecithricella dentata</i>	M																
<i>Scolecithricella longispinosa</i>	F	0.35	0.71														
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	F																
<i>Scolecithricella nicobarica</i>	M																
<i>Scolecithricella ovata</i>	F																
<i>Scolecithricella sp.</i>	F																
<i>Scolecithricella sp.</i>	M		0.71														
<i>Scolecithrix brady</i>	F																
<i>Scolecithrix brady</i>	M							0.62									
<i>Scolecithrix danae</i>	F	1.39	2.12								1.33		1.18				
<i>Scolecithrix danae</i>	M	2.43	1.42				0.79						1.18				
<i>Scolecithropsis ctenopus</i>	F									0.89			1.18				
<i>Scolecithropsis ctenopus</i>	M	0.35															
<i>Pseudoamallothrix ovata</i>	F																
Scolecitrichidae	CV	2.08	0.71				1.63					0.90	2.31				
Scolecitrichidae	CIV	1.73					0.79	1.23	0.89			4.62		0.67			
Scolecitrichidae	CIII	0.35					0.79		1.83					0.70		0.51	
Scolecitrichidae	CII																
<i>Temora discaudata</i>	F							0.62			1.33						
<i>Temora discaudata</i>	M						0.79	0.62									
<i>Temora turbinata</i>	F						0.79		0.89	3.99	6.39	3.49					
<i>Temora turbinata</i>	M									11.96	8.24						
<i>Temora</i>	CV				1.08	1.26	2.42	1.85	0.89	2.66	9.14				0.51		
<i>Temora</i>	CIV						2.42	1.23		7.98	0.90	2.31					
<i>Temora</i>	CIII					2.52				5.32							
<i>Temora</i>	CII																
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	F												3.49	0.70			
<i>Temoropia mayumbaensis</i>	M																
Calanoida	CV																
Calanoida	CIV																
<i>Oithona atlantica</i>	F		0.71	3.27	1.08		2.42	1.85					1.40	0.67			
<i>Oithona longispina</i>	F	0.35	2.83	1.31	4.32		1.63	3.70	3.61	6.65		1.18	2.09	4.00	0.51	11.02	
<i>Oithona plumifera</i>	F	2.77	4.25	7.85	9.72	3.78	3.22		7.26	6.65	2.75	1.18	6.98	9.33	0.51	3.52	
<i>Oithona setigera</i>	F	2.77				3.78	4.84	4.93	2.72	10.63		3.49	6.28	3.33	1.99	2.50	
<i>Oithona fallax</i>	F																
<i>Oithona nana</i>	F																
<i>Oithona pseudofrigida</i>	F	0.35															
<i>Oithona robusta</i>	F																
<i>Oithona similis-groupe</i>	F																0.51
<i>Oithona tenuis</i>	F						0.79		0.89					0.67			
<i>Oithona vivida</i>	F																
<i>Oithona spp.</i>	M																
<i>Oithona</i>	CV	1.04	0.71	1.96	7.56	2.52	4.84	3.08		6.65	2.75	2.31	7.67	2.67	4.45	11.49	
<i>Oithona</i>	CIV									1.33							1.99
<i>Oithona</i>	CIII																1.02
<i>Oithona</i>	CII																1.02
<i>Oithona</i>	CI																
<i>Microsetella norvegica</i>	F						0.79			1.33							
<i>Microsetella norvegica</i>	M										0.90						
<i>Euterpina acutifrons</i>	F																
<i>Corycaeus affinis</i>	F	0.69		3.27	39.98	23.97	5.64	4.31				1.18	1.40		2.97	3.01	
<i>Corycaeus affinis</i>	M			5.89	44.30	21.44	6.47	2.46							0.51	3.52	
<i>Corycaeus agilis</i>	F												0.70				
<i>Corycaeus andrewsi</i>	F										1.84						
<i>Corycaeus andrewsi</i>	M																
<i>Corycaeus asiaticus</i>	F																
<i>Corycaeus asiaticus</i>	M																
<i>Corycaeus catus</i>	F											1.18					0.51
<i>Corycaeus catus</i>	M									1.33	2.75						
<i>Corycaeus clausi</i>	F							0.62									
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	F	0.35						0.62	0.89				2.79	0.67			
<i>Corycaeus crassiusculus</i>	M	0.69					0.79						1.40	1.33			
<i>Corycaeus dahl</i>	F												1.18				
<i>Corycaeus dahl</i>	M																
<i>Corycaeus erythraeus</i>	M																
<i>Corycaeus flaccus</i>	F																
<i>Corycaeus flaccus</i>	M	0.35							0.89								
<i>Corycaeus furcifer</i>	F									1.33							0.51
<i>Corycaeus furcifer</i>	M									1.33							1.02
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	F					1.26								1.33			
<i>Corycaeus lautus</i>	M																
<i>Corycaeus limbatus</i>	F													0.67			

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(19) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009
	DATE	1/9	2/7	3/19	4/17	5/15	6/9	7/8	8/6	9/3	10/8	11/20	12/9	1/16	2/5	3/9			
SPECIES NAME	sex stage / St. No.	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19
<i>Corycaeus limbatus</i>	M																		
<i>Corycaeus longistylis</i>	M																		
<i>Corycaeus pacificus</i>	F	0.69				1.26			0.89	1.33				0.70	0.67				
<i>Corycaeus pacificus</i>	M								0.89			1.18	2.09						
<i>Corycaeus pumilus</i>	F																		
<i>Corycaeus speciosus</i>	F						0.79				1.33					0.67			
<i>Corycaeus speciosus</i>	M									2.66	0.90					0.67			
<i>Corycaeus typicus</i>	F																		
<i>Corycaeus typicus</i>	M													0.70					
<i>Farranula concinna</i>	F																		
<i>Farranula gibbula</i>	F											2.31							
Corycaidae	CV					3.78	0.79		0.89	1.33		4.62	1.40	0.67	0.97	0.51			
Corycaidae	CIV								1.83										
<i>Lubbockia squillimana</i>	F																		
<i>Lubbockia squillimana</i>	M																		
<i>Oncaea clevei</i>	F													0.70					
<i>Oncaea media</i>	F														0.67				
<i>Oncaea media</i>	M																		
<i>Oncaea mediterranea</i>	F	2.43	2.12		2.16		4.84	1.23	6.33	6.65	3.65	5.80		1.33	0.97	1.99			
<i>Oncaea mediterranea</i>	M			0.65	1.08	1.26	0.79		0.89	1.33	1.84		2.09		0.97	1.02			
<i>Oncaea reducta</i>	F								0.89				0.70						
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	F		0.71			2.52	1.63	0.62	0.89	3.99	2.75	2.31	2.09	2.00					
<i>Oncaea venusta f. typica large</i>	M		0.71			2.52	4.84		3.61	6.65	5.49	1.18	2.09	3.33					
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	F	1.39	1.42		7.56	17.66	11.31	1.85	4.55	3.99	1.84	5.80	6.98	4.67					0.51
<i>Oncaea venusta f. typica small</i>	M		0.71	3.27	1.08	1.26	0.79			1.33				1.33					0.51
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	F	1.73	1.42		1.08	13.88	15.32	6.16	9.98	9.30	12.82	9.29	6.28	8.00	0.97				
<i>Oncaea venusta f. venella</i>	M								0.89	1.33	0.90		0.70	1.33					0.51
<i>Triconia conifera</i>	F		0.71		1.08		4.05	0.62	2.72	1.33		5.80						0.51	
<i>Triconia conifera</i>	M	0.69		0.65															
<i>Triconia furcula</i>	F																		
Oncaidae	CV							0.62			0.90		0.70			0.51	0.51		
Oncaidae	CIV																		
<i>Sapphirina darwinii</i>	F					1.26													
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	F					1.26				1.33									
<i>Sapphirina nigromaculata</i>	M					1.26													
<i>Sapphirina opalina</i>	F																		
<i>Sapphirina opalina</i>	M						0.79												
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	F																		
<i>Sapphirina sinuicauda</i>	M																		
<i>Sapphirina</i>	CV																		
<i>Sapphirina</i>	CIV													0.70					
<i>Sapphirina</i>	CIII																		
<i>Copilia mirabilis</i>	F									1.33				0.70					
<i>Copilia mirabilis</i>	M																		
<i>Copilia</i>	CV																		
<i>Ratania?</i>	F																		
Poecilostomatoidea larvae	C									1.33									
Copepoda nauplius	N						2.42		6.33	3.99	0.90	1.18	9.77	0.67	0.51	6.02			
<i>Oikopleura cochocerca</i>			9.20	2.62			3.22	3.70							0.67				
<i>Oikopleura cornutogastra</i>								1.85											
<i>Oikopleura dioica</i>								0.62								0.51			
<i>Oikopleura longicauda</i>			4.95	6.54	9.72	25.23	1.63	15.40	9.05	22.60	1.84	37.10	25.81	3.33	1.48				
<i>Oikopleura rufescens</i>			0.71	0.65			1.63	5.54	2.72		3.65		5.58	0.67	1.48	0.51			
<i>Oikopleura fusiformis</i>			2.12	1.31		1.26		1.23	1.83					0.70	0.67	0.51	0.51		
<i>Oikopleura gracilis</i>																			
<i>Oikopleura</i> spp.		0.35	2.12	3.27	4.32		2.42	4.31		5.32	1.84	5.80	2.09	1.33	2.97	3.01			
<i>Fritillaria borealis f. typica</i>							0.79									14.84	1.99		
<i>Fritillaria borealis f. sargassi</i>																			
<i>Fritillaria formica</i>								32.65											
<i>Fritillaria haplostoma</i>					12.97														
<i>Fritillaria tenella</i>			0.71		1.08			1.23											
<i>Fritillaria pellucida</i>			2.12	179.93												9.41	79.52		
<i>Fritillaria</i> sp.									1.83				2.09						
<i>Doliolum denticulatum</i>					1.08					6.33	26.59								
<i>Doliolum nationalis</i>																			
<i>Doliolotta gegenbauri</i>				4.32	55.50	0.79	2.46	0.89	18.61				0.70						
<i>Doliolida</i>			0.71				0.79						1.40						1.48
<i>Doliolida nurse</i>					1.26		1.23			1.33									
<i>Thalia democratica</i>										1.33									
<i>Thalia orientalis</i>				1.08								1.18							
<i>Thalia ronboides</i>										1.33									
<i>Thalia</i> spp.										1.33									
<i>Salpa fusiformis</i>																			
<i>Salpa</i> spp.										1.33									
<i>Obelia</i> sp.					2.16	2.52				1.33									
<i>Solmundella bitentaculata</i>					4.32														1.02
<i>Liriope tetraphylla</i>						1.26													
Hydroida		0.35		4.32	8.83	3.22				3.99		1.18							0.51
<i>Aglantha hemistoma</i>														0.70					
<i>Aglantha</i> sp.																			1.02
<i>Chelophyes contorta</i>																			
<i>Diphyes chamissonis</i>																			
<i>Diphyes disper</i>							0.79												
<i>Diphyes</i> spp.																			
<i>Muggiuaea atlantica</i>			0.71	6.54	21.61	13.88	8.89	1.23	0.89	1.33									18.99
<i>Eudoxioides mitra</i>																			
<i>Eudoxioides</i> sp.																			
<i>Lensia subtilis</i>																			0.51
<i>Lensia subtiloides</i>																			
<i>Abylopsis eschscholtzi</i>																			
<i>Abylopsis tetragona</i>									0.89						0.67				
<i>Abylopsis</i> sp.										1.33									
Siphonophorae																			
Siphonophora bract			0.71		3.24	1.26	12.11	4.93	1.83	2.66	1.80		0.70	0.67	1.99	23.99			
Siphonophora gonophora			0.71	7.85	11.88	1.26	12.90	15.40	3.61	2.66	1.84			0.67	1.99	43.53			

F: Female; M: Male; CI - CV: copepodid CI - CV; E: Egg; N: Nauplius; MN: Metanulius; Ca: Calyptopis; F: Furcilia; J: Juvenile; A: Adult; Cy: Cyprid

付表1(20) 相模湾3地点の2007年4月～2009年3月までの動物プランクトン出現個体数

単位: inds. m⁻³

SPECIES NAME	sex stage / St. No.	YEAR	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009
		DATE	1/9	2/7	3/19	4/17	5/15	6/9	7/8	8/6	9/3	10/8	11/20	12/9	1/16	2/5	3/9
		St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19	St.19
bract & gonophora				1.96													
Janthinidae																	
Heteropoda																	
<i>Limacina</i> spp.																	
Cavolinidae																	
Thecosomata																	
<i>Desmosterius papilio</i>												2.66	1.18				
Pseudothecosomata																	
Pteropoda					6.48	6.31	3.22			2.72	2.66		2.31	2.79	0.67	0.51	
<i>Penilia avirostris</i>						3.78	30.69	9.24	26.29	63.80							
<i>Evadne nordmanni</i>				6.54	5.40	5.05										0.97	1.99
<i>Evadne spinifera</i>																	
<i>Evadne tergestina</i>				3.27	5.40	1.26	25.84	5.54			27.91						
<i>Podon polyphemoides</i>								2.42									
<i>Podon shmackeri</i>						1.26		1.85	0.89								
Ostracoda		1.04	2.12	3.27	3.24	5.05	7.27	4.31	2.72	3.99		5.80	0.70	2.00	1.48	0.51	
<i>Hyperoides longipes</i>																	
<i>Lestrignonus schizogeneios</i>						1.26											
<i>Lestrignonus</i> spp.							3.22	0.62		3.99			0.70	0.67			
<i>Themisto</i> sp.																	
Phromina																	
<i>Phrosina semilunata</i>									0.89								
Phrominidae									0.89								
<i>Primno abyssalis</i>																	
<i>Primno</i> sp.		0.35				1.26								1.33			
Hyperidae																	
<i>Eupronoe minuta</i>																	
<i>Eupronoe</i> spp.																	
Euphausiacea	E				1.08			0.62	0.89							1.48	
Euphausiacea	N									2.66						0.51	
Euphausiacea	MN	1.73			2.16			4.93	0.89		3.65	2.31	3.49	2.67	5.93	5.00	
Euphausiacea	Ca	0.69		9.16	5.40	3.78	2.42	2.46	2.72	5.32	7.33	9.29	6.28	5.33	6.91	14.50	
Euphausiacea	F			3.27		1.26	0.79			1.33		1.18	3.49	4.00	2.46	1.99	
Euphausiacea	J			0.65								1.18					
Euphausiacea	A																
<i>Euphausia pacifica</i>																	
<i>Pseudoeuphausia latifrons</i>																	
<i>Lucifer</i> larva	C							1.23	0.89	11.96	21.96	9.29	0.70				
<i>Lucifer</i> larva	F				1.08				0.89	7.98	5.49						
<i>Lucifer</i> larva	A, J	0.35			1.08	1.26		0.62		7.98	5.49						
<i>Aidanosagitta crassa</i>																	0.51
<i>Aidanosagitta neglecta</i>		0.35															
<i>Aidanosagitta regularis</i>						1.26			0.89	1.33					0.67		
<i>Flaccisagitta enflata</i>		0.35					0.79		3.61	10.63	10.08	5.80	1.40	0.67			
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>						1.26								0.67			
<i>Ferosagitta ferox</i>										1.33							
<i>Mesosagitta minima</i>		0.35	0.71		1.08		0.79	1.85	1.83	2.66	0.90		2.79	1.33	1.48	1.48	
<i>Pseudosagitta lyra</i>																0.51	
<i>Sagitta bipunctata</i>																	
<i>Serratosagitta pacifica</i>		0.69	1.42				1.63					2.31	2.79	1.33			
<i>Serratosagitta pseudoserratodentata</i>			0.71						0.89								
<i>Zonosagitta nagae</i>		0.35	0.71		4.32	22.71	16.16	0.62	2.72	3.99	0.90	4.62	0.70	0.67	0.51	5.51	
<i>Zonosagitta pulchra</i>																	
Sagittidae		0.69	0.71	1.96	10.80	20.18	3.22	3.08	0.89	3.99	1.84	1.18	3.49	2.00	0.97	12.00	
<i>Pterosagitta draco</i>		0.69			1.08												
<i>Krohniitta pacifica</i>																	
<i>Krohniitta</i> sp.																	
Pilidium larva																	
Gastropoda larva				0.65													
Bivalvia larvae																0.67	
Polychaeta larva		1.04				1.26	6.47	1.23	1.83	2.66		2.31	1.40	2.00		1.02	
Cirripedia larva	N				7.56	2.52	8.89		1.83	15.95	0.90			0.67			
Cirripedia larva	Cy					1.26	2.42				2.75						
Brachyura larva							2.42		0.89	3.99	1.84						
Caridea larva										3.99							
Zoea & Mysis larva (Natantia)		0.35						1.23	0.89				0.70		0.51		
Actinotrocha larvae																	
Brachiolaria larvae							0.79										
Ophiopluteus larvae																	
Echinopluteus larvae							4.84										
Echinoidea larvae							0.79										
Echinodermata larvae					1.08		1.63										1.02
Cyphonautes larva																	
Lingua larva																	
Trochophora larvae																	
Tornaria larvae																	