HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北太平洋北部海域の基礎生産に対する海洋構造上の利点
Author(s)	福岡, 二郎; 秋葉, 芳雄; 竹田, 仁; イコチェア, ルイス; 松浦, 昇
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 36(3), 131-138
Issue Date	1985-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23882
Type	bulletin (article)
File Information	36(3)_P131-138.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
36(3), 131-138. 1985.

北太平洋北部海域の基礎生産に対する海洋構造上の利点*

福岡　二郎**・秋葉　芳雄***・竹田　　仁**
イコチェア　ルイス**・松浦　　昇**

Oceanographic Advantages for Primary Production in the Northern Part of the North Pacific*

Jiro FUKUOKA**, Yoshio AKIBA***, Hitoshi TAKEDA**
Luis ICOCHEA** and Noboru MATSUURA

Abstract

Differences in oceanographic structure were studied in order to compare primary production in the subpolar zones of the North and South Pacific. According to Sverdrup (1953) the depth of the surface homogenous layer is directly related to primary production at blooming. In entire northern part of the North Pacific, steep gradients of water temperature, salinity, density and oxygen are found in summer, but at the subpolar region in the South Pacific these gradients are not steep. In particular, the comparison of density gradients is very remarkable in both oceans. It seems that from these observations the North Pacific is more suitable for primary production than the South Pacific.

は じ め に

近時海洋生態系についての研究が進み，例えば内海では生物過程と物理過程をもり込んだ数値モデルがつくられている。(Walsh 1974, Kishi et al 1981)一方広い大洋に関しても沿岸部についてはある程度のモデル化が行われている。(Wroblewski 1977)しかし広大な大洋全域にわたり，生態系の数値モデルをつくることは大変難しい。例えば基礎生産のみに限定しても広い海洋にわたってのsynopticな資料を得ることの難しさを考えてみても，このようなモデル化の困難性は理解出来るであろう。ここではこうした面からの考究でなく，われわれの直面している北太平洋北部での著しい漁業生産を対象として考えてみる。

しかしこの高い漁業生産の基盤をなすものは，基礎生産と考えられるから，これについての要因を海洋構造の面から解析しようというのが，ここでの考え方である。

---

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第168号
(*Contribution No. 168 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University.*)
** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設
(*Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University.*)
*** 北海道大学水産学部海洋学気象学講座
(*Laboratory of Oceanography and Meteorology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University.*)

基礎生産に対する簡単な考察

この論文では基礎生産を考慮するのにSverdrup (1953) の考え方を用いる。このモデルの基礎は次の通りである。(1) 植物プランクトンの生産は光の量に依存する。光の強さは表面から深さを増すほどに指数関数的に減少する。(2) 海中では表層付近に均質層が存在する。この中では乱れにより有機物は均等に分布している。(3) 表層付近の栄養塩濃度は低く，これは生産に著しく関与していないと考える。(4) 有機物（植物プランクトン）の破壊（消費）はこの均質層の中のみでおこっているとみなす。このような假定で次の式を求めた。

海面に及ぼす光のエネルギー：I_0 海面による光の反射率：a

海面直下のほんの僅かの深さ（1 m 以内）で多くの光の量が吸収されるから，その係数を 0.2 とする。

そこで表層を通り海中に影響する光のエネルギーI_eは：

$$I_e = 0.2(1-a)I_0$$

深さ Z に到達する光のエネルギー：

$$I_z = 0.2(1-a)I_0 e^{-kz} = I_e e^{-kz}$$

ここで k は光の減衰係数。基礎生産は光の量のみに比例するとして，単位時間 dt での生産を dp とすれば，Z の深さで

$$dp = mI_z dt$$

ここで m は常数，同じ単位時間での破壊（消費）は dr として

$$dr = ndt$$

n は常数，もしこの深さで生産と消費が相等しいなら，

$$mI_z dt = ndt$$

となり

$$mI_z = n$$

この深さ Z を補償深度というが，そこでの光の強さを I_c とすれば

$$mI_c = n \tag{1}$$

ということになる。

次にある時間間隔内での全生産 P を考えてみる。

$$\begin{aligned} P &= m\int_0^T \int_{-D_1}^0 I_e e^{-kz} dz\ dt \\ &= \frac{m}{k}(1-e^{-kD_1}) \int_0^T I_e dt \end{aligned} \tag{2}$$

ここで T は生産に関与する時間であり，D_1 は光の及ぶ深さである。

全消費を R とすると

$$R = n\int_0^T \int_{-D_2}^0 dz\ dt = nTD_2 \tag{3}$$

ここで D_2 は均質層の深さを示す。もし $P>R$ ならば正味の生産があることを示す。(2)式において $\bar{I}e = \frac{1}{T}\int_0^T I_e dt$ とすると

$$P = \frac{m}{k}(1-e^{-kD_1})\bar{I}_e T \tag{4}$$

一般に透明度の深さと k との積は 2 といわれているが，ここでは透明度の深さのかわりに D_1 を用いる。(4) 式は次のようになる。

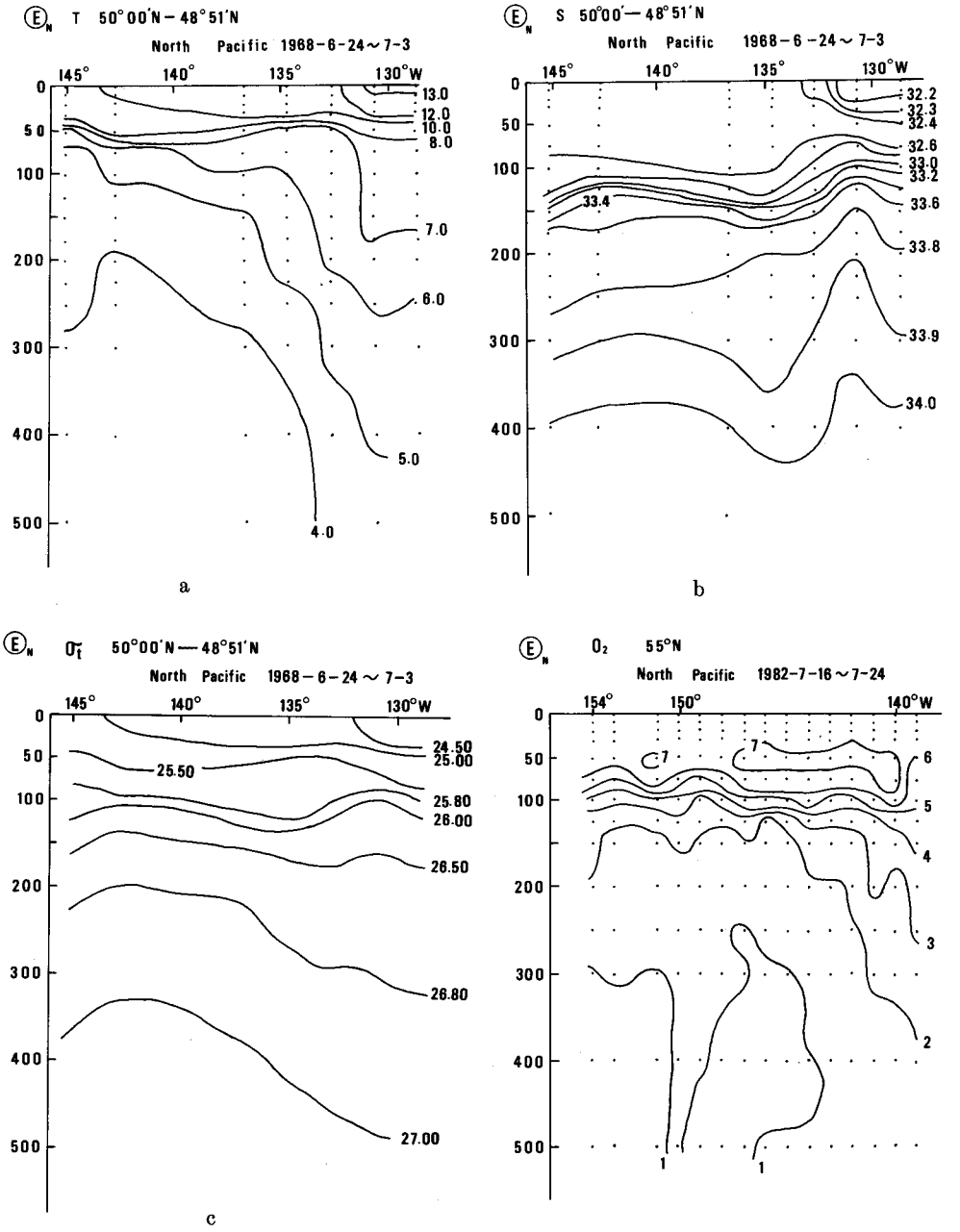

Fig. 1a-c. Temperature, salinity and density distributions west of Canada.

Fig. 2. Oxygen distributions west of Canada.

$$P=\frac{mD_1}{2}(1-e^{-kD_1})\bar{I}_eT \tag{5}$$

(1), (3), (5) 式を用い

$$\begin{aligned}P-R&=\frac{mD_1}{2}(1-e^{-kD_1})\bar{I}_eT-mI_cD_2T\\&=m\left(\frac{D_1}{2}\bar{I}_e-D_2I_c\right)T-\frac{mD_1}{2}e^{-kD_1}\bar{I}_eT\end{aligned} \tag{6}$$

(6) 式の右辺の第2項は D_1 が大きくなれば，小さくなるから無視する。

$$P-R=mT\left(\frac{D_1}{2}\bar{I}_e-D_2I_c\right) \tag{7}$$

光の強さのみを考えての生産では (7) 式が正味の生産ということになる。一般に D_1 は数 10 m である。そこで均質層 D_2 が浅ければ浅い程 $P-R>0$ の傾向を示す。逆にいえば D_2 が深い程，生産にマイナスの影響を与える。

北太平洋北部の海洋構造

こうした考えのもとに，北太平洋北部海域の東側と西側の海洋構造を調べてみた。東側の資料としてはカナダの定点観測点 Papa からカナダまでのほぼ 50°N 沿いの観測，及び北海道大学おしょろ丸の観測した 55°N 線上の値を用いた。いずれも夏の値を示す。これらは図1及び図2にかかげてある。西側水域として北海道東方のほぼ 45°N 沿いの値を示した。これは函館海洋気象台高風丸の観測したもので図3にあらわしてある。図3からみて水温，塩分，密度の鉛直傾度は表層近くで著しいことが判る。特に密度の傾度においては甚しい。東側の海域でも鉛直傾度は西側程ではないが，これ又かなり著しい。このことは夏季においては北太平洋北部の表層の均質層の厚みが，かなり少いことを意味している。これは表層と中層の水の混り方が少いことをあらわしている。これを示すものとして，東側の酸素量の分布をみれば理解出来よう。(参考の為に図4に本研究で利用した資料の分布状況を示した)

南太平洋南部の海洋構造

南太平洋南部の海洋構造の特徴は図5に示しておいた。この図は東部海域の例であるが，ほぼ 53°～48°S 線にそっている。

図5と図1及び図3の分布とはかなり異っていることが判る。すなわち南半球では表層の均質層が比較的深いという事実である。図5からみて密度の分布は鉛直方向にのびる傾向で，北半球の等密度線が水平に向っていることからみても，南半球の均質層の深いことがうなずかれよう。ほぼ 43°S 沿いの水温，塩分，密度の値からみてその鉛直傾度は非常に小さいことが判っている。このことは後の表1に示される。

以上，太平洋の南北両洋の比較的高緯度での水温，塩分，密度等の表層近くの鉛直傾度（ここでは定められた2層間の差）をまとめてみると表1のようになる。

表面と 50 m の間で，水温，塩分，密度の値の差が大きいのはいずれも北半球である。密度差の最も大きいのは，北半球の西部で，ここでは南半球の東部よりも 16 倍も大きい。北半球の東部でも南半球の場合よりも 4～9 倍の著しい傾度がみられる。

表1には参考までに北大西洋北部海域の水温，塩分，密度の鉛直傾度も与えてあるが，この値は北太平洋北部のそれよりも小さい。既に述べたように均質層の厚みが生産にかかわりをもつものであるなら，南半球の状態は基礎生産に対して好ましい条件ではない。反対に北半球では，よい条件といえよう。又，北大西洋北部も北太平洋と比較してよい条件ではない。

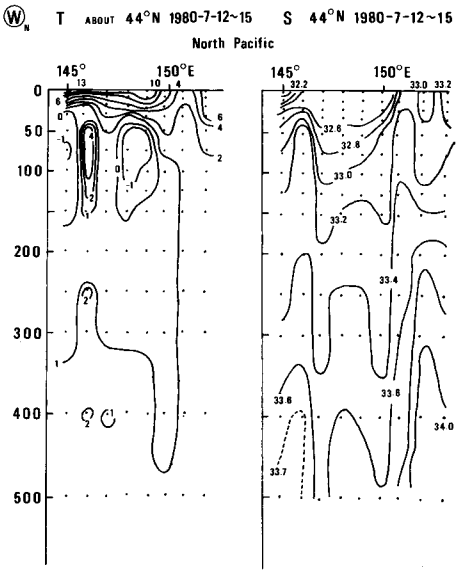

Fig. 3a. Temperature and salinity distributions east of Hokkaido.

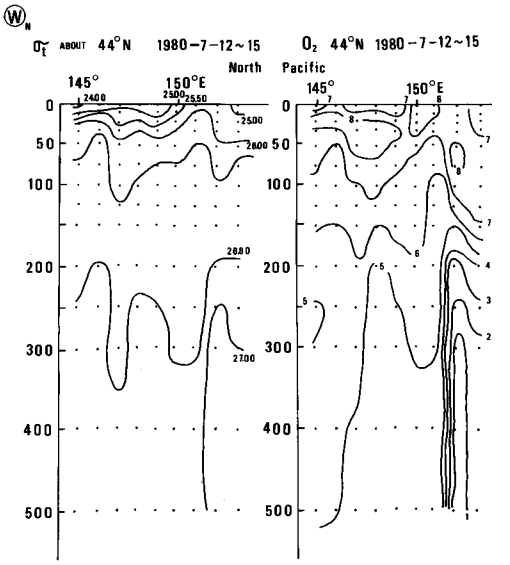

Fig. 3b. Density and oxygen distributions east of Hokkaido.

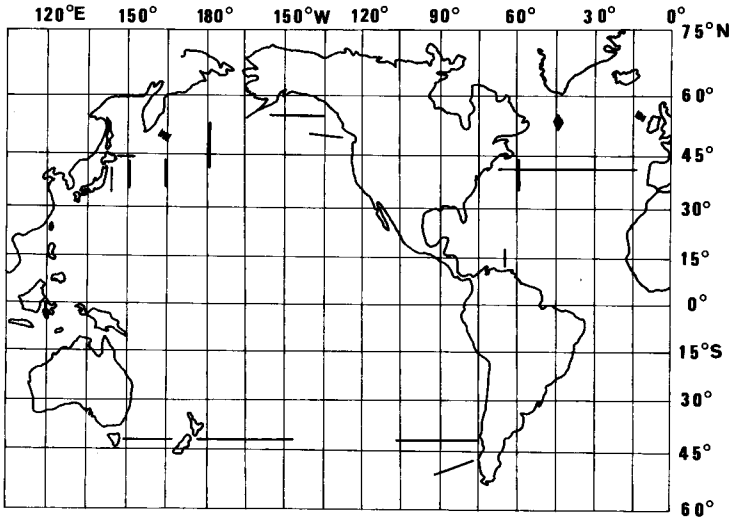

Fig. 4. Observation lines used in this study.

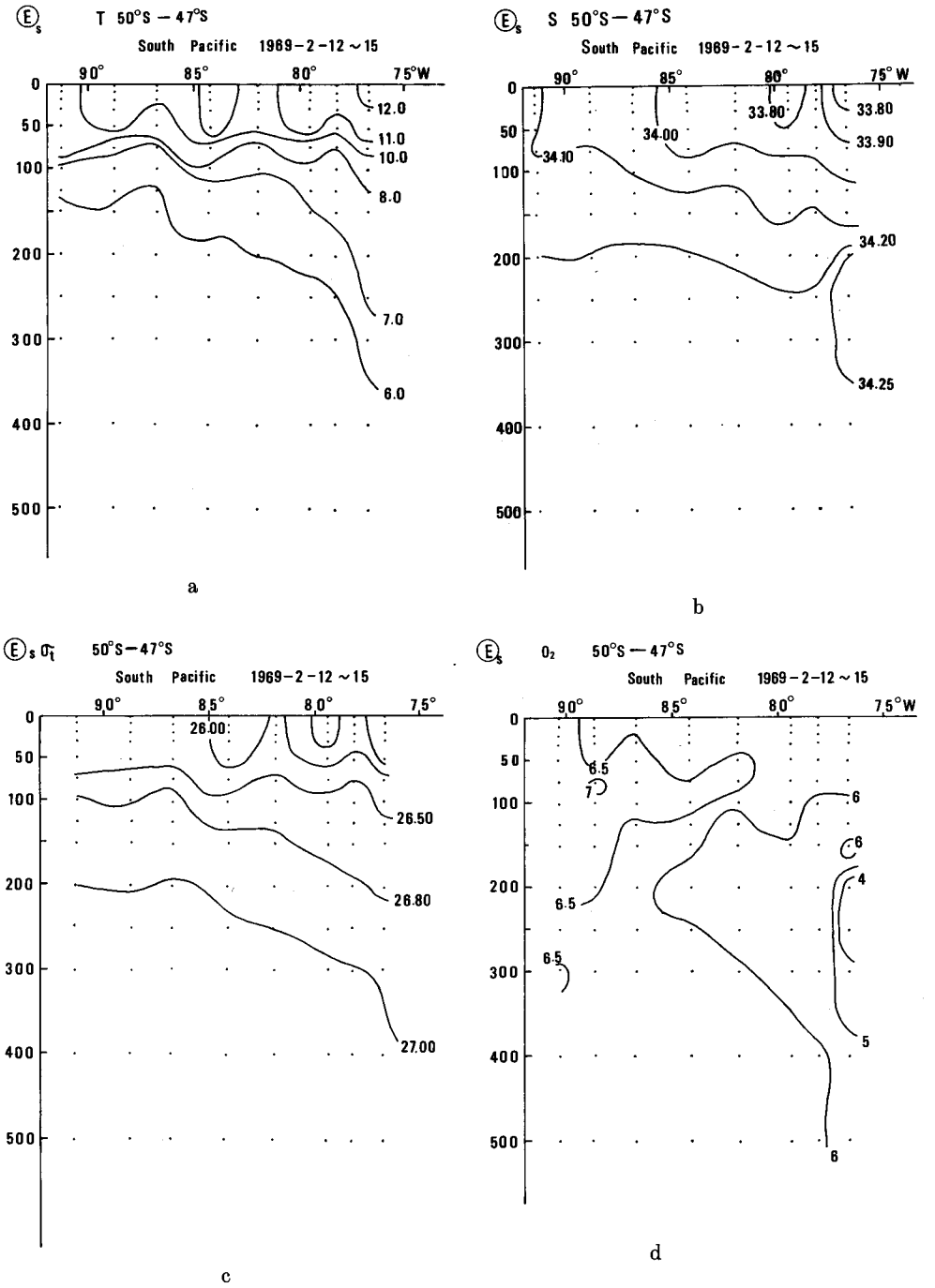

Fig. 5a-d. Temperature, salinity, density and oxygen distributions west of Chile.

Table 1 Differences of temperature, salinity and density from surface to 50 m depth and from surface to 75 m depth

		Ⓦ 44°N (145°E～153°E)				Ⓔ 55°N (154°W～139°W)			
		Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference	Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference
Pacific Ocean	Northern Hemisphere	0-50	8.53	−0.45	−1.42	0-50	4.79	−0.15	−0.78
		0-75	8.95	−0.57	−1.55	0-75	5.63	−0.37	−1.05
		(July 1980)				(July 1982)			
						50°N～48°51′N (145°W～128°W)			
						Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference
						0-50	4.12	−0.12	−0.76
						0-75	5.25	−0.22	−0.99
						(June-July 1968)			
	Southern Hemisphere	Ⓦ 43° 15′S (148°E～168°E)				Ⓔ 50°S～47°S (90°W～75°W)			
		Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference	Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference
		0-50	0.80	−0.07	−0.22	0-50	0.48	0.01	−0.09
		0-75	2.11	−0.07	−0.53	0-75	2.55	0.06	−0.47
		(March 1967)				(February 1969)			
Atlantic Ocean	Northern Hemisphere	Ⓦ 50°N～54°N (48°W～40°W)							
		Depth Difference (m)	Temperature Difference	Salinity Difference	σ_t Difference				
		0-50	0.95	−0.10	−0.22				
		0-75	1.74	−0.10	−0.32				
		(June-July 1966)							

結　　語

太平洋を南北両半球にわけ，特に亜寒帯海域の海洋構造を念頭において，基礎生産に適した条件かどうかを考えてみた。ここでは基礎生産にかかわる光の強さのみを考えて論じてきた。勿論他の要因，例えば栄養塩の分布からも考えなければならないことはいうまでもない。しかし光のエネルギーにかかわる問題だけからみても北太平洋北部の海域が生産によい条件をもつことが判ってきた。

このような海洋構造を北太平洋北部の海域がもつことの原因についても今後研究を進めて行きたい。

文　　献

Kishi, M.J., Nakata, K. and Ishikawa, K. (1981). Sensitivity analysis of a coastal marine ecosystem. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **37**, 120-134.

Sverdrup, H.U. (1953). On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *J. du Con.*, **19**, 287-295.

Walsh, J.J. and Dugdale, R.D. (1974). A simulation model of the nitrogen flow in the Peruvian upwelling system. *Inv. Pesq.*, **35**, 309-330.

Wroblewski, J.S. (1977). A model of phytoplankton plume formation during variable Oregon upwelling. *J. Marine Res.*, **35**, 357-394.