

北部タイランド湾における収束発散場と生物生産の関係

2006年3月 環境学専攻自然環境コース 46717 瀧本 良太

指導教官 道田 豊 助教授

キーワード; 収束発散、GPS、漂流ブイ、一次生産、北部タイランド湾

1. はじめに

北部タイランド湾は後背に発展途上の大都市バンコクを控え、河川を通して大量の人為起源物質が湾に流入し、それによってもたらされる湾内の富栄養化や赤潮の発生等の環境問題が深刻化している。このような状況に効果的な対策を講じるには沿岸域の環境変化を正確に予測することが必要であり、そのためには沿岸海域での一次生産場や物質循環の現状の把握が緊急課題となっている。赤潮や有機汚濁機構を把握するためには、これらの現象に関与する生化学的諸過程の理解と共に、この過程が行われる舞台の物理環境（海洋構造、流動、物質分散の諸特性など）を把握しておくことが必要である。これまでに、北部タイランド湾の循環場は数値シミュレーションモデルで、表層一次生産場は衛星画像によって大まかな分布が示されているが(Buranapratheprat et al., 2002; Singhruck, 2001)、これらの空間解像度は十分とは言えず、より局所的な流動場や生物場の情報が必要である。

そこで本研究では、北部タイランド湾の現場観測に基づいた、1) 季節変化に伴う海洋構造、2) ラグランジュ的な視点からの収束発散場、3) 表層の水平収束発散場と一次生産場の関係を理解することを目的とした。

2. 観測・データ

Kasetsart大学の観測船 *Kasetsart I*, Chulalongkorn大学の観測船 *Chulavichai*そして、地元の漁船による Conductivity-Temperature-Depth profiler (CTD)/採水観測および GPS搭載漂流ブイの放流実験が、2004年5月(1回目)、10月(2回目)、2005年2月(3回目)、5月(4回目)、7月(5回目)の昼間に実施された。1, 2, 5回目の観測では、湾全域でCTD/採水観測をそれぞれ16, 17, 17測点、ブイの放流実験をそれぞれ3, 4, 5測点で行った。3回目の観測では、湾北東海域の4点、4回目の観測では湾中央から北東海域を中心に、それぞれ4点のCTD/採水観測およびブイ放流実験を行った(表1)。また、各採水サンプルからは栄養塩(溶存態無機窒素, リン酸塩, ケイ酸塩)とクロロフィル *a*(Chl. *a*)の濃度が測定された。

3. 結果・考察

3.1 表層水温・塩分・Chl. *a* 分布

北部タイランド湾の物理環境は、南西の季節風が卓越する雨季の2004年5月は、湾北部で暖かく南部で冷たい。また、湾南部から中央部にかけて外洋から流入した高塩分水が分布しており、湾北部では低塩分の沿岸水が蓄積された。そして、湾北部の沿岸域付近はいくらか成層状態にあった。一方、雨季から乾季の移行期である2004年10月は、暖水塊が湾北西部と南東部で局所的に存在し、極端な低塩分水が湾北西部半分が存在し高塩分水が残り半分を覆っていた。また、低塩分水と対応した海域で成層状態がみられた。2005年

7月の雨季では、湾北西部で暖かく、残りの南東部は冷たい。また、極端な低塩分水が湾北東部に局所的に分布しており、残りの海域では高塩分水が確認された。

Chl. aの分布に関しては、雨季で湾北東部、湾北部、湾西部で他の海域と比べて高濃度であり、乾季の始まりには湾北西部、西部で他の海域と比べ高濃度であった。湾全体のスケールでは、Chl. aの高濃度の海域では概ね塩分と栄養塩と対応がよいため、河川水がChl. aの分布に大きく影響していることが考えられる。しかし、小さな空間スケールでは、Chl. aが高濃度であった海域では塩分や栄養塩との対応は見られず、海域ごとに異なった要因により局所的なChl. a分布をもたらすことが示唆される。今後、植物プランクトンの消長スケールと合せて動的に変化する栄養塩の供給経路を明確にするとともに、植物プランクトンの組成を明確にする必要があることが示唆された。

3.2 収束発散場

GPS搭載ブイを用いた全20回の漂流実験から、ラグランジュ的視点からの流況(流向・流速・収束発散場)が示された。収束発散場では13回の発散場と7回の収束場が観測された。13回の発散項は漂流速度と正の相関を示し、7回の収束場は全て湾東部において観測され、漂流流速と収束項は負の相関を示した。また、Banpakong河口域である湾北東部においては異なる環境下で実施された4回の実験の全てで発散場であり、BanpakongやChaoprayaなどの河川水によるプルーム拡散である可能性が示唆される。

見積もられた発散項の値は、全実験で 10^{-5} sec^{-1} のオーダーであり、河口域における淡水と海水の希釈混合や、プランクトンの集積拡散に対して大きく関与しうる大きさであった。

3.3 表層水平収束発散場と表層Chl. a濃度の関係

異なる環境下で実施された全観測結果で示された表層の収束発散とChl. a濃度の相関関係は、一見相関がないように見受けられるが、Sichang島近くの測点を除いて考慮すると、そこには発散場で高濃度Chl. aという相関傾向にあった。このような相関傾向は、表層の水平収束発散などによって植物プランクトンが局所的に集積している可能性を示唆している。

表1 観測日程とブイ放流実験及びChl.aの測定値

Cruise	Exp.	Date	Drifting time (min)	Place	Depth (m)	Scale $\times 10^5 (m^2)$	Scale change (%)	Drifter speed (cm/sec)	Drifter direction (To)	Divergence $\times 10^{-5} (1/sec)$	Chl.a ($\mu g/l$)	$\overline{Chl.a}$ ($\mu g/l$)	$Chl.a/\overline{Chl.a}$
1	1	May. 12, 04(13:30-16:45)	195	Stn.1	12.4	2.9	25	11.0	SSW	1.8 ± 0.2	6.0		1.3
	2	May. 13, 04(16:20-17:30)	75	Stn.6	15.4	1.4	10	8.0	SE	2.3 ± 0.6	6.4	4.5	1.4
	3	May. 14, 04(14:50-15:50)	65	Stn.13	37.7	1.8	-16	12.7	SE	-4.6 ± 0.7	1.1		0.2
2	4	Oct. 7, 04(12:30-14:25)	115	Stn.1	14.5	1.4	8	5.1	SW	1.1 ± 0.5	0.83		1.3
	5	Oct. 7, 04(16:30-17:30)	60	Stn.17	30	0.8	-21	4.7	SSE	-6.4 ± 1.1	0.58	0.6	0.9
	6	Oct. 8, 04(16:15-17:45)	90	Stn.6	17.5	1.9	15	23.1	SSE	2.7 ± 0.5	0.97		1.6
	7	Oct. 9, 04(17:00-17:55)	55	Stn.10	27	1.5	-17	9.6	ENE	-5.6 ± 0.9	0.08		0.1
3	8	Feb. 5, 05(12:10-14:00)	110	Stn.1	14.9	2.2	15	12.3	S	2.4 ± 0.4	44		1.5
	9	Feb. 5, 05(15:45-17:00)	75	Mid. Stn.1-16	22	2	-14	15.0	SSE	-3.9 ± 0.7	27	29.6	0.9
	10	Feb. 6, 05(11:15-13:00)	105	Stn.16	23.1	3.1	4	7.9	S	-1.8 ± 0.6	9.3		0.3
	11	Feb. 6, 05(15:10-16:30)	80	Mid. Stn.1-17	13.1	2.6	14	19.7	S	2.9 ± 0.5	38		1.3
4	12	May. 17, 05(11:45-13:15)	90	Stn.14	21.4	2.9	4	14.8	SSE	0.9 ± 0.5	6.57		1.0
	13	May. 17, 05(14:55-16:00)	65	Mid. Stn.3-14	16.7	2.4	-2	5.8	NW	-0.4 ± 0.7	3.43	6.8	0.5
	14	May. 18, 05(09:20-10:45)	85	Stn.2	17.9	2.5	6	12.7	SE	1.3 ± 0.6	4.17		0.6
	15	May. 18, 05(12:35-15:35)	180	Mid. Stn.1-17	13.6	3.5	10	6.5	NW	0.9 ± 0.2	13.14		1.9
5	16	July. 26, 05(11:55-13:30)	95	Mid. Stn.1-17	10.2	1.1	-15	27.5	S	-3.2 ± 0.5	4.49		2.1
	17	July. 26, 05(15:00-16:00)	60	Stn.1	11.6	1.2	6	8.5	NE	1.6 ± 0.7	2.57		1.2
	18	July. 27, 05(17:00-17:55)	55	Stn.7	16.5	2.5	11	36.2	N	3.8 ± 0.6	1.39	2.1	0.7
	19	July. 29, 05(07:15-08:30)	75	Stn.10	19.5	2.1	22	35.3	N	5.0 ± 0.4	1.32		0.6
	20	July. 29, 05(10:30-11:55)	85	Stn.14	20.2	2.4	2	4.70	WSW	0.4 ± 0.4	0.75		0.4

The relationship between divergence/convergence fields and primary production in the Upper Gulf of Thailand

Mar. 2006, Institute of Environmental Studies
Course of Natural Environmental Studies, 46717 Ryota TAKIMOTO

Supervisor; Assistant Professor, Yutaka MICHIDA

Keywords; divergence/convergence, GPS, drifter, primary production, Upper Gulf of Thailand

1. Introduction

The upper gulf of Thailand (UGOT) is one of the key areas for the coastal zone management in Thailand. It is the northern part of the Gulf of Thailand, it has been made eutrophicated due to anthropogenic inputs mainly from metropolitan area of Bangkok with rapid economic development. As the relationship between the primary production and water circulation is one of the important topics, studies on basic mapping of the primary production (Singhruck,2001) and simple modeling of the circulation of UGOT (Buranapratheprat et al., 2002) were carried out. With regard to the primary production, it shows inhomogeneous distribution in space and seasonal changes based on the maps of ocean color derived from satellite images. The spatial distribution of the primary production is strongly influenced by the circulation field as well as other oceanographic conditions such as temperature, salinity and nutrient distribution. The objectives of the present study are to understand the seasonal oceanographic condition, to estimate divergence/convergence fields, to understand the relationship between divergence/convergence fields and primary production.

2. Data & Method

Conductivity-Temperature-Depth profiler (CTD)/water sampling and buoy experiment with GPS were carried out 5 times in May, October 2004, February, May and July 2005 by observational cruises on board *R/V Kasetsart I* of the Kasetsart University, *Chulavichai* of the Chulalongkorn University, and a fishing boat. These observations were implemented only during the daytime. In the first, second and last cruises, the CTD and water sampling were made in 16, 17, and 17 stations, respectively, in the entire UGOT, and buoy experiments in 3, 4, and 5 stations, respectively. For the third and fourth cruises, CTD, water sampling and buoy experiments were made at 4 stations each at northeastern area of the UGOT, and middle to northeastern area, respectively (Table.).

3. Results & discussion

3.1 Surface Temperature/ Salinity/ Chl.a

In May 2004, during the southwest monsoon season, water temperature was warm in the UGOT, and cold in the lower part. High salinity water which came from the open sea were seen from the lower to the center part of the UGOT, and low salinity coastal water accumulated in the northern part. On the other hand, in October 2004 at the beginning of the dry season, warmer water were observed at the northwest and southeast corners, while extremely low salinity were observed in the northwestern half of the UGOT, and high salinity covered the rest of the UGOT. In July 2005

during the wet season, it was warm in the northwestern part of the UGOT, and the rest was cold. Water of extremely low salinity existed in the northeastern UGOT, and water of high salinity was seen in the rest.

The distribution of the Chl.a showed high concentration in northeast, upper, and west in UGOT during the wet season compared to the other areas. During the beginning of the dry season, high concentration was seen in northwest and west in UGOT. In large scale, the area with high Chl.a concentrations basically have water with low salinity and high nutrient, it is suggested that the fresh water influences the distribution of the Chl.a roughly. In small scale, however, the area with high Chl.a concentrations does not have low salinity and high nutrient necessarily, which suggests that the local distributions of Chl.a are caused by inherent factors in each area. Therefore, it is important to clarify the dynamically changing nutrient supply route together with the existence scale of the phytoplankton, and to determine the composition of the phytoplankton.

3.2 Surface divergence and convergence field

From the total of 20 buoy experiments, currents (direction, speed, divergence/convergence) were shown by lagrangian point of view. The 13 divergence and the 7 convergence were shown. The 13 divergence term showed positive correlation with the drifting speed, the 7 convergence fields were seen in the east of the UGOT, and the convergence term showed negative correlation with the drifting speed. At the northeast of UGOT, where it is a Banpakong estuary, the divergent field which was observed four times is a continuous phenomenon over the monsoon periods, we could speculate that river plumes from Banpakong or Chaopraya River maintain the divergence of long time scale. Since the orders of the estimated divergence term were 10^{-5} sec^{-1} in all experiments, it could be speculated that it influences the mixture of the fresh and sea water, the accumulation and diffusion of plankton.

3.3 The Relationship divergence /convergence field and primary production

There seems to be no correlation between surface divergence/convergence fields and Chl.a concentrations shown by the observation under different environment, but if you consider without the points near Sichang island, a positive correlation between divergent field and high Chl.a concentration was seen. This correlation suggests the possibility that phytoplankton accumulates locally by divergence and convergence.

Table. Summary of the buoy experiments and Chl.a concentrations in the Upper Gulf of Thailand.

Cruise	Exp.	Date	Drifting time (min)	Place	Depth (m)	Scale $\times 10^5 (m^2)$	Scale change (%)	Drifter speed (cm/sec)	Drifter direction (To)	Divergence $\times 10^{-5} (1/sec)$	Chl.a ($\mu g / l$)	$\overline{Chl.a}$ ($\mu g / l$)	$Chl.a / \overline{Chl.a}$
1	1	May. 12, 04(13:30-16:45)	195	Stn.1	12.4	2.9	25	11.0	SSW	1.8 ± 0.2	6.0		1.3
	2	May. 13, 04(16:20-17:30)	75	Stn.6	15.4	1.4	10	8.0	SE	2.3 ± 0.6	6.4	4.5	1.4
	3	May. 14, 04(14:50-15:50)	65	Stn.13	37.7	1.8	-16	12.7	SE	-4.6 ± 0.7	1.1		0.2
2	4	Oct. 7, 04(12:30-14:25)	115	Stn.1	14.5	1.4	8	5.1	SW	1.1 ± 0.5	0.83		1.3
	5	Oct. 7, 04(16:30-17:30)	60	Stn.17	30	0.8	-21	4.7	SSE	-6.4 ± 1.1	0.58	0.6	0.9
	6	Oct. 8, 04(16:15-17:45)	90	Stn.6	17.5	1.9	15	23.1	SSE	2.7 ± 0.5	0.97		1.6
	7	Oct. 9, 04(17:00-17:55)	55	Stn.10	27	1.5	-17	9.6	ENE	-5.6 ± 0.9	0.08		0.1
3	8	Feb. 5, 05(12:10-14:00)	110	Stn.1	14.9	2.2	15	12.3	S	2.4 ± 0.4	44		1.5
	9	Feb. 5, 05(15:45-17:00)	75	Mid. Stn.1-16	22	2	-14	15.0	SSE	-3.9 ± 0.7	27	29.6	0.9
	10	Feb. 6, 05(11:15-13:00)	105	Stn.16	23.1	3.1	4	7.9	S	-1.8 ± 0.6	9.3		0.3
	11	Feb. 6, 05(15:10-16:30)	80	Mid. Stn.1-17	13.1	2.6	14	19.7	S	2.9 ± 0.5	38		1.3
4	12	May. 17, 05(11:45-13:15)	90	Stn.14	21.4	2.9	4	14.8	SSE	0.9 ± 0.5	6.57		1.0
	13	May. 17, 05(14:55-16:00)	65	Mid. Stn.3-14	16.7	2.4	-2	5.8	NW	-0.4 ± 0.7	3.43	6.8	0.5
	14	May. 18, 05(09:20-10:45)	85	Stn.2	17.9	2.5	6	12.7	SE	1.3 ± 0.6	4.17		0.6
	15	May. 18, 05(12:35-15:35)	180	Mid. Stn.1-17	13.6	3.5	10	6.5	NW	0.9 ± 0.2	13.14		1.9
5	16	July. 26, 05(11:55-13:30)	95	Mid. Stn.1-17	10.2	1.1	-15	27.5	S	-3.2 ± 0.5	4.49		2.1
	17	July. 26, 05(15:00-16:00)	60	Stn.1	11.6	1.2	6	8.5	NE	1.6 ± 0.7	2.57		1.2
	18	July. 27, 05(17:00-17:55)	55	Stn.7	16.5	2.5	11	36.2	N	3.8 ± 0.6	1.39	2.1	0.7
	19	July. 29, 05(07:15-08:30)	75	Stn.10	19.5	2.1	22	35.3	N	5.0 ± 0.4	1.32		0.6
	20	July. 29, 05(10:30-11:55)	85	Stn.14	20.2	2.4	2	4.70	WSW	0.4 ± 0.4	0.75		0.4