九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

東シナ海表層での懸濁物の分布と長江の流量の関係

陳，元
九州大学大学院生物資源環境科学府

森，健
九州大学大学院農学研究院

平井，康丸
九州大学大学院農学研究院

https://doi.org/10.15017/8852

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 61 (2), pp.209-214, 2006-10-27. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

九大農学芸誌（Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.）
第61巻　第2号　209–214　（2006）

東シナ海表層での懸濁物の分布と長江の流量の関係

陳　　元[1]・森　　健*・平井康丸
九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生産環境情報学講座生産環境情報学研究室
（2006年6月30日受付，2006年7月24日受理）

Relation between Pistribution of Suspended Solids in the Surface Layer of East China Sea and Disharge at the mouth of the River

Yuan Chen[1], Ken Mori* and Yasumaru Hirai
Laboratory of Bioproduction and Environment Information Sciences, Division of Bioproduction and Environment Information Sciences, Department of Bioproduction Environmental Science, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒　　言

東アジアの代表的な大陸棚である渤海・東シナ海は，中国，日本，韓国に囲まれるように広がっており，約70％が200m 以浅の大陸棚である（古谷ら，1998）（図1参照）．

この広い大陸棚斜面沿いを黒潮が流れており，湧昇が起こっている．また，中国大陸側からは長江などの大河川によって栄養塩が供給され，生物生産および生物種多様性が高く，非常によい漁場となるため水産資源の観点から重要である（Kiyomoto *et al*, 2001）．

しかし，長江流域を中心とする中国大陸での開発拡大により，河川を通じて東シナ海へ流入する土砂，栄養塩類および有害化学物質などの環境負荷の量・質が大きく変化すると推定される（村上ら，2000）．松野ら（2003）によると，長江中流に建設中の三峡ダムは，第2期工事が完成し，2003年6月1日に貯水が始まった．完成した三峡ダムは全長660km，東京から神戸までの距離にもおよび，巨大な貯水池が出現する．三峡ダムは堤高さ175m，長さ2.3km という巨大なものであるが，長江自体膨大な水量をもつ河川なので，貯水が始まって半月程度で予定の水位にまで達する．貯水期間中は長江から東シナ海に注がれる水量が急減することが予想されるが，その後はまた，ほぼ通常の水量に戻ると考えられる．三峡ダムの目的は，第一に発電，ついでに船舶の航行と言われているので，ダムの建設だけでは水量自体が大幅に変化することはないと考えられる．洪水時の調整はもちろん行われるが，その貯水量は三峡ダムだけでは，長江の夏季の流量の5日分程度である．しかし，貯水された水が成層化し，低層では水質変化が起こりやすいことはよく知られており，どのような排水あるいは排砂システムを持っているのかは不明だが，変質した水が放出される可能性もある．一方，長江から流入した水は大陸棚表層で広がり，その長江起源水が日本沿岸にもやってくることは明らかで，その挙動を正しく把握しておく必要がある．

本研究では nLw555の分布から，東シナ海表層における懸濁物の分布について検討を行った．また，平均流量が全世界の河川流量の2.4％を占める長江の流量の変化と東シナ海表層での懸濁物の関係についても検討を行った．

材 料 と 方 法

懸濁物質には無機懸濁物，植物プランクトンなどが含まれている．波長555nm 正規化海面射出放射輝度（nLw-555）が高い海域では，光を散乱する懸濁物粒

[1]九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻生産環境情報学講座生産環境情報学研究室
[1]Laboratory of Bioproduction and Environment Information Sciences, Division of Bioproduction and Environment Information Sciences, Department of Bioproduction Bioenvironmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironment Sciences, Kyushu University
*Corresponding author（E-mail: moriken@bps.kyushu-u.ac.jp）

子が多く含まれていることが知られている．また，東シナ海（図１）でのクロロフィルａの分布の特徴のひとつとして，中国沿岸域から張り出す高クロロフィル水が挙げられる（Ning *et al*, 1998；Ishizaka, 2000）．しかし，沿岸の水深の浅い海域でのクロロフィルａ分布には，懸濁物質による影響があることが知られている．懸濁物質が非常に多く大気補正に問題が生じるためデータは処理の段階でマスクされるが，その周辺でも衛星で測定された海面からの輝度が高く，懸濁物濃度が高いことを示しており，クロロフィルａ濃度の推定には誤差が生じると考えられる（石坂，2002）．そして，Kiyomoto ら（2001）よると，OCTS（Ocean color and Temperature Scanner）で観測された衛星クロロフィルａ濃度は長江河口の浅瀬付近で高い値を示すが，これは季節風が強いこの時期に，浅瀬の海底から巻き上がった懸濁物によって，衛星クロロフィルａ濃度が過大評価されているためである．

１．人工衛星データ

(1) SeaWiFS

NASA の人工衛星 OrbView-2に搭載された海色センサー SeaWiFS の1997年９月から2004年の８月までの nLw555の９km の月平均画像とデジタルデータを利用した．画像は Microsoft Office Picture Manager で東シナ海の部分を切り出した．一方，デジタルデータは解析ソフト SeaDAS で幾何変換処理をして必要な範囲を切り出した．

長江の流量が多い年1998年と1999年，また流量が少なかった2003年の nLw555デジタルデータを北緯22°～41°，東経118°～131°の範囲で切り出した．長江の流量が多くなる６月から10月までの必要な緯度の東経122°～129°の値を抽出した．

また，nLw555画像データと同様に1998年から2004年までのクロロフィルａ濃度の月平均画像の東シナ海の部分を Microsoft Office Picture Manager で切り出した．1998年，1999年と2003年の９月のデジタルデータを SeaDAS で処理し，画像化した．

(2) SeaWinds

アメリカ海洋大気庁（NOAA）がホームページ上で提供している SeaWinds の海上風向風速データを利用した．SeaWinds は NASA の人工衛星 QickSCAT 搭載したマイクロ波センサーで，風速は２ms^{-1}，風向きは20度の精度で，50km^{-2}毎の空間解像度を持つ．そして，2000年の冬季２月１日と夏季８月２日の画像の東シナ海の範囲を Microsoft Office Picture Manager で切り出して使用した．

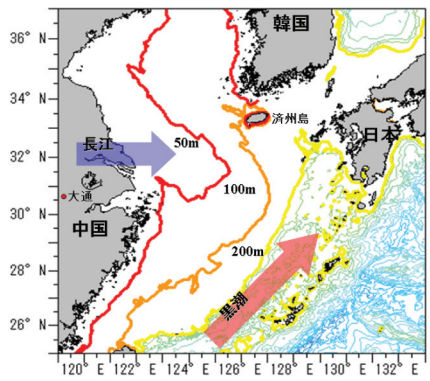

図１　東シナ海の地図，赤い線は50m 深度線，オレンジ線は100m 深度線，黄線は200m 深度線．

２．長江の流量データ

長江河口から450km 上流の大通で観測された1991年から1999年までの長江月平均流量（Zhu，2002）と，2003年５月から2004年８月までの長江の流量データを用いた（Zhu，私信）．

結　　果

１．東シナ海の nLw555の分布

1998年９月から2004年８月までの東シナ海での nLw555の分布によると，東シナ海表層での nLw555は外洋と比べると一年中高い値を示した．冬季には長江河口域から韓国の済州島あるいは東シナ海の100m等深度線付近まで1.275mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}以上の高い値を示した．夏季には，中国沿岸部でのみ1.275mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}以上と高くなっており，沖合いでは低く，済州島付近では0.5mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}程度であった．

２．東シナ海の風の分布

人工衛星 QickSCAT によって観測された2000年２月１日（図２(a)）と８月２日（図２(b)）の風速と風力によると，冬季，東シナ海の北部では20ms^{-1}以上の強い南東向きの季節風が見られ，中国長江の河口付近では向きを変え，南部では25ms^{-1}以上の南西向きの風が吹いていた（図２(a)）．一方，夏季には風が弱くなり，南部では太平洋から20ms^{-1}以下の北東向きの風が吹き込んで，河口付近で向きを変え，北部

では15ms^{-1}以下の西向きの風が吹いていた．

3．長江の流量

大通で観測された長江の1991年から1999年まで9年間の月平均流量によると（図3），冬から夏にかけて流量が増加して，各年8月に最大となり，秋から冬にかけて減少して各年1月に最小となり10,000m^{3}s^{-1}前後である．特に1998年は，3月から中流域のポーヤン湖支流域で洪水が発生し，“全流域型”大洪水が発生しており，8月には流量が77,000m^{3}s^{-1}まで達しており，観測期間中最大である．

衛星画像データと長江の流量データがどちらも入手できた1998年，1999年，2003年の3年度の長江流量を比較を図4に示している．2004年度，他の年度に比べて5月から12月までの流量は少なくなっている．とくに差が大きいのは8月と9月である．8月の最大の年度間差約38,000m^{3}s^{-1}，9月のそれは約22,000m^{3}s^{-1}となっている．

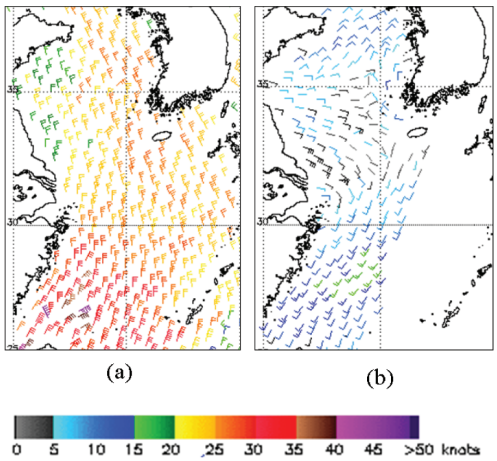

図2　東シナ海の風向風速．

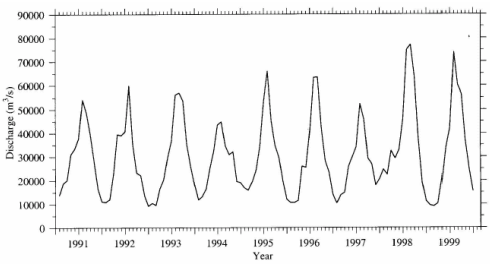

図3　長江の月平均流量（大通：1991～1999；Zhu *et al.* 2001）．

4．夏季の東シナ海の nLw555の分布

図5は1998年，1999年及び2003年の7月，8月及び9月の東シナ海における nlw555の衛星画像である．図5から，nLw555はどの年も7月から9月までの間に，nLw555の高い水塊が長江の河口域から東部に張り出している現象がみられる．流量の多かった1998年，1999年は流量の少なかった2003年より張り出している範囲が広いのがわかる．

また，各緯度における東経122°から129°までの nLw555の値は，海域全体で流量が多かった1998年と1999年で流量が少なかった2003年よりとくに，1998年は最大で0.5mWcm^{-2}μm^{-1}sr^{-1}程度大きい値を示した．また，8月では東経126°から127°30′までの間で，1998年には他の年より nLw555の値が大きい海域が広

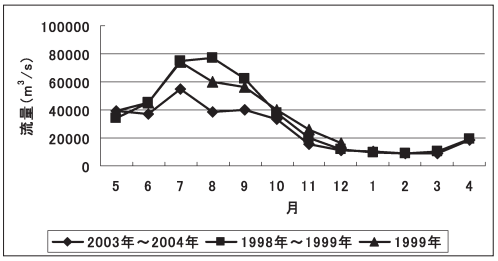

図4　1998年，1999年と2003年長江の月平均流量．

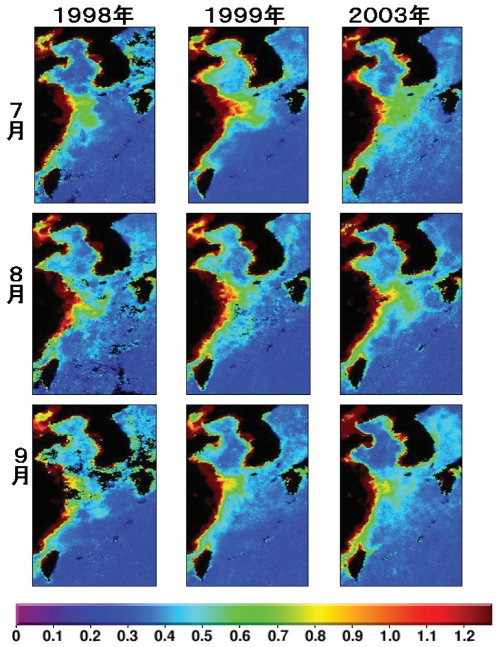

図5　東シナ海の nLw555の画像．

がっている（図 6 (a)．1998年の nLw555の値は北緯32°に添って東経126°30′程度まで大きくなっている（図 6 (b)）．

5．夏季の東シナ海の nLw555と衛星クロロフィル a

図 7 には東シナ海の nLw555クロロフィルの衛星画像を示している．図から，衛星クロロフィル a 濃度が0.65 μgl^{-1}以上の海域は nLw555が0.5mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}以上の海域とほぼ対応していることがわかる．年間を通しての東シナ海にうける衛星クロロフィル a の挙動は 4 月から春季ブルームを起こし，5 月から 9 月にかけて，長江の流量が増えているにつれて，冬より低くなっている．また衛星クロロフィル a 濃度が3.0 μgl^{-1}以上の高い水塊が長江の河口域から東側に伸び，済州島の付近まで1.0 μgl^{-1}以上大きい値を示す傾向にある．

衛星クロロフィル a 濃度が0.65 μgl^{-1}以上の海域は最大で対馬まで広がる傾向を示した．

考　　察

1．東シナ海表層での懸濁物の分布

東シナ海では春から夏にかけて懸濁粒子濃度は 3 mgl^{-1}以下と比較的低く，長江から流入した堆積物は河口付近ですぐに沈降していると言われる（Kiyomoto *et al*, 2001）．本研究では東シナ海では nLw555の値で表される懸濁物質の量は外洋と比較して一年中多くなっていることが観測された．冬から春にかけては北からの強い季節風が SeaWinds でも観測され，その影響で，とくに長江河口域に広がる浅瀬では nLw555の値が大きく，海底に沈んだ懸濁物が再懸濁して表層でも多くなっていたと考えられる．この高い輝度は無機懸濁物の土砂によると考えられる．夏は風が弱く，海水が成層しているため，冬と比較すると nLw555の値が小さく，懸濁物質が少なくなっていると考えられる．また，nLw555の値がやや大きい水塊は長江河口から東方向に済州島近くまで広がる．この nLw555の値やや大きい海域では衛星クロロフィル a 濃度も高い，これは植物プランクトンの増加によりものと推察される．

2．長江の流量と東シナ海表層の懸濁物の関係

中国江河防洪全集長江券（1997）によると，長江の年平均流量は長江河口から450km 上流の大通で29,500m^{3}s^{-1}，夏季に最大，冬季に最小となる傾向を示す．顕著な季節変動は図 4 で示した長江の月平均流量でも確認された．三峡ダムへの貯水が始まった2003年 6 月 1 日の翌年の2004年 8 月では流量は40,000m^{3}s^{-1}しか観測されていなかった（図 5）．

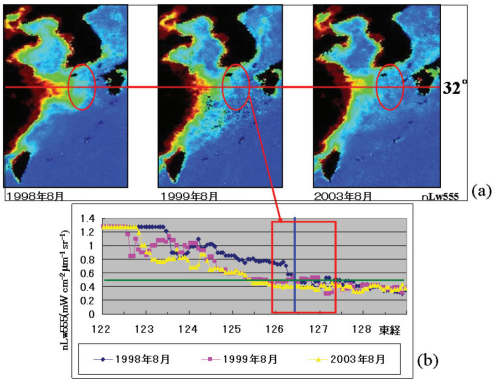

図 6　nlw555の場所変化.

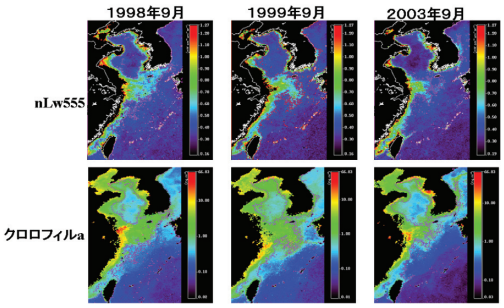

図 7　nLw555およびクロロフィル a の衛星画像.

夏季に流量が多くなり始め 6 月頃から，長江の河口域では nLw555の値が大きい水塊が観測され，この水塊は 7 月，8 月，9 月には東側へ張り出す．とくに，流量の多かった1998年と1999年では張り出した範囲はほかの流量が少なかった年，例えば2003年より大きい．また，1998年の 9 月では水塊の張り出しは済州島の北東まで広がっていた．1999年 9 月では水塊が東南に向かって張り出しているのが見られた．

また，東シナ海では長江起源の低塩分水の輸送・拡散過程の違いは，気象条件が大きく関与しており，特に東シナ海を通過する台風の動向が大きく影響しているといわれている（志賀ら，2000）．したがって，夏季の東シナ海表層での懸濁物質の張り出し範囲を定量化するには，長江の流量だけでなく，風向風速との関係を明確にすることが注要である．

3．人工衛星データ問題点

今回は現場観測データなしで，海色センサー SeaWiFS

で観測されたnLw555と衛星クロロフィルaの月平均データとデジタルデータだけを利用した．人工衛星データは現場観測データと異なり広範囲において同時/反復観測性および空間的な均質性を有する．しかし，人工衛星の種類によって，その観測の空間分解能や観測時刻が異なり，船舶観測などに比べるとデータ収集能力は圧倒的に速いが，極軌道衛星で全球を観測するためには数日間必要である．このように衛星データは時・空間的に偏った分布を持つ観測値となる．データ解析や，数値実験への応用などを考えた場合は，人工衛星データの精度の問題やデータの代表性に関する制限などについて理解する必要があると言われている（根田，2004）．

沿岸部では懸濁物質や有色溶存有機物質の存在によって，衛星クロロフィルa濃度は過大評価されることがある（石坂，2001）．今回，東シナ海では冬季，低層の懸濁物が冬の季節風による再懸濁し，衛星クロロフィルa濃度を高めていると思われる．夏季では張り出したnLw555が高い水塊では高いクロロフィルaも衛星で観測された．同様のことはKiyomoto *et al*（2001）は過去の現場観測によって得られたクロロフィルa濃度と懸濁物濃度のデータ，人工衛星Nimbus-7搭載のセンサーCZCSと人工衛星ADEOS搭載のOCTSセンサーの衛星クロロフィルaから，クロロフィルaの時空間的変動を検証した．本研究ではこの高いクロロフィルaは植物プランクトンが増殖してクロロフィルa濃度が高くなる可能性があると考えられた．しかし，張り出した高い衛星クロロフィルaが本当にクロロフィルaであるかどうかはわからないため，現場観測によってデータを検討することが必要となる．

ま　と　め

東シナ海では中国大陸からの河川水が流入しており，特に長江は流量が多く，東シナ海の生物生産による影響を与えていると考えられる．本研究では，長江から流入する河川水が東シナ海の無機懸濁物や植物プランクトンを含む懸濁物分布に及ぼす影響を把握することを目的とした．懸濁物の指標であるnLw-555は，冬季では水深の浅い沿岸域で，1.275mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}以上の大きな値をとることがわかった．これは冬季の強い季節風によって底泥が再懸濁したためと推察される．一方，年間で最も長江の流量が多い夏季は，東シナ海表層でのnLw555が0.5mWcm^{-2} μm^{-1} sr^{-1}以上の値を示す海域が北東に張り出すことがわかった．とくに，流量の多かった1998年や1999年においては，黒潮フロント付近まで達していた．これは衛星クロロフィルa濃度が0.65 μgl^{-1}以上の海域と対応し，長江の影響で植物プランクトンが増加した可能性が示唆された．

本研究では，研究海域の東シナ海での現場観測が難しいため，衛星データのみで検討したため，現場データと比較ができなかったことも問題点である．今後，現場データを出来だけ多く収集することが必要である．また，衛星データでは詳細な分析ができない領域は，水理実験又はシミュレーションモデルの確立により検討する必要がある．

文　献

Ishizaka, J. 2000 Phytoplankton distribution in the East China Sea detected by ocean color remote sensing. Marine Enviromental Study on the East China Sea and Yellow Sea, 1-8.

石坂丞二　2001　沿岸域での海色リモートセンシングの現状と将来．沿岸海洋研究，**39**，21-26.

石坂丞二　2002　東シナ海縁辺部におけるクロロフィルの増加要因．月間海洋，号外，**31**，198-202.

Kiyomoto Y., K. Iseki and K. Okamura 2001 Ocean color satellite imagery and shipboard measurements of chlorophyll a and suspended particulate matter distribution in the East China Sea. Journal of Oceanography, **57**, 37-54

根田昌典　2004　極軌道人工衛星による海面乱流フラックス推定の問題点について，第79回海洋環境セミナー．

松野　健・清水　学・磯辺篤彦・石坂丞二・Pan I.・Kim H.・Zhu J.　2003　長江起源水の広がりに関する漂流ブイ観測(1)．日本海洋学会，128.

村上正吾・広木幹也・河地正伸・越川　海・牧　秀明・木幡邦男・内山裕夫・高松武次郎・越川昌美　平成11－13年度　D-1東シナ海における長江経由の汚染・汚濁物質の動態と生態系影響に関する研 http://www.airies.or.jp/wise/j/J01D0110.htm

Ning, X., Z. Liu, Y. Cai, M. Fang, and F. Chai 1998 Pysicobiological oceanographic remote sensing of the East China Sea : Satellite and in situ observation. Journal of Geophysical Research, **103**, 21623-21635.

志賀　達・山本　治・若木静夫　2000　近年のPN線における海況と気象との関係．平成11年度西海ブロック水産業関係試験研究推進会議，49-58.

古谷　研・濱　健夫・神田穣太・小達恒夫　1998　東シナ海における基礎生産．沿岸海洋研究，**36**，1，19-28.

中国江河防洪全集長江券　1997

Zhu J., Ding P., Hu S. and Yang L. 2001 Obserbation of the Changjiang dilated water,

plume Changjiang mouth august in 2000. Proceedings of the Eleventh PAMS/JECSS workshop April 11-13, 2001, Cheju, Korea.

Summary

Coastalzone in the East China Sea is less than 200m depth. The Black Current flows along the land shelf. It diverges at the sea area in the west of Kyushu, and a part of the current diverged becomes a Tsushima warm current and flows in the Sea of Japan. A current in the East China Sea receives the influence of meteorological conditions, the Black Current, and fresh water from rivers, and the current presents a complex flow with fresh water inflow. There are two large rivers that bring the dissolved matter and the suspended solids such as the nourishment salts in the East China Sea, and one of the two rivers, Changjiang River, gives major effect on the above factors of water qualities. The flow of Changjiang River greatly changes from 10000m^3/s in winter to 70000m^3/s in summer. It is thought that this change in the flow influences the living thing production in the East China Sea.

Also, the seasonal variation of the flowing quantity of Changjiang river decreases due to the control of the flow by the Sanxia dam, and the water quality is expected to change from the stay of the river water in the dam for a certain period.

For the purpose of understanding the effect of suspended solids on the living thing production, the flow regime of river outflow water and the distribution characteristics of suspended solids will be clarified around the mouth of Changjiang River. Also, the behavior characteristics of the suspended solids will be investigated experimentally and numerically.