

テラ・アクア衛星MODIS受信データによる原子力発電所温排水 およびエチゼンクラゲ漂流に関する熱バンド画像処理

加 藤 芳 信*・藤 田 裕 介**

Thermal Band Image Processing on the Warm Water Discharges of Nuclear Power Plants and the Drifting of Echizen-Jellyfishes by using Terra/Aqua-MODIS Data

Yoshinobu Kato and Yusuke Fujita

At the Awara campus (lat. 36.264°N, long. 136.235°E) of Fukui University of Technology, a Terra/Aqua-MODIS receiving system is operated from September, 2003. This paper deals with the thermal band image processing by using the received MODIS data. In chapter 2, we investigate the image representation of the warm water discharges of nuclear power plants located in Wakasa Bay of Fukui Prefecture. In chapter 3, we describe the image processing of the drifting of Echizen-Jellyfishes. The Echizen-Jellyfish, a kind of big jellyfish, whose scientific name is *Nemopilema nomurai* Kishinouye, appeared in large quantities in 2003 and did serious damage to the fishery in Japan Sea.

1. はじめに

福井工業大学あわらキャンパス（福井県あわら市北潟 213-21, 北緯 36.264 度, 東経 136.235 度）に設置されている Terra/Aqua 衛星 MODIS 受信システムでは, 10m ϕ パラボラアンテナ（半径約 2700km 以内の衛星を追尾可能）を使って, 2003 年 9 月より 1 日当たり 2～8 パスの衛星データを受信している[1]。本文は, 本システムを利用した成果の 1 つである。

本文の第 2 章では, あわらキャンパスで受信した Terra/Aqua 衛星 MODIS データの熱バンドデータを用いて, 福井県若狭地方にある原子力発電所の温排水拡散の画像処理について検討する[2,4]。第 3 章では, 2003 年に日本海に大量出現し, 漁業に多大な被害を与えた大型クラゲ（エチゼンクラゲ）の漂流について, 海水温に着目した画像処理により検討する[3,4]。使用したリモートセンシング画像処理ソフトウェアは ER Mapper 6.4 (オーストラリア Earth Resource Mapping 社) である。

2. 原子力発電所温排水拡散に関する熱バンド画像処理 [2,4]

2. 1 研究の動機

Terra 衛星および Aqua 衛星に搭載されている MODIS (モーディス: Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer: 中分解能撮像分光放射計) センサは, 観測幅 2330Km, 空間分解能 250m (Band 1,2), 500m (Band 3～7), 1000m (Band 8～36) で, 可視域約 0.4 μ m から赤外域約 14 μ m までを観測する。熱に関するバンドは, 文献[1]の表 1 に示したように, Band 20 (3.660～3.840 μ m) の中間赤外から Band 36 (14.085～14.385 μ m) の熱赤外までの計 16 バンドである。なお, Band 26 は近赤外のため除く。バンド数が多いということは, バンド 1 つ当たりのバンド幅（観測波長の幅）が狭いことになる。熱に関するバンドのバンド幅は, 最少で 0.06 μ m (Band 21,22,23 の場合), 最大でも 0.5 μ m (Band 31,32 の場合) である。このバンド幅は, Landsat 5 号, 7 号衛星の熱バンド (Band 6: 10.4～12.5 μ m) のバンド幅 2.1 μ m と比べて, 非常に狭い。

原子力発電所の温排水の温度は, 周辺の海水より約 7℃高いと言われている。原子力発電所の温排水の画像処理を考えた場合, 温排水の熱に関する赤外線のスเปクトル分布はある程度広いと考えられるので, MODIS のバンドでは, 温排水拡散の様子が見えにくいのではないかと予測される。

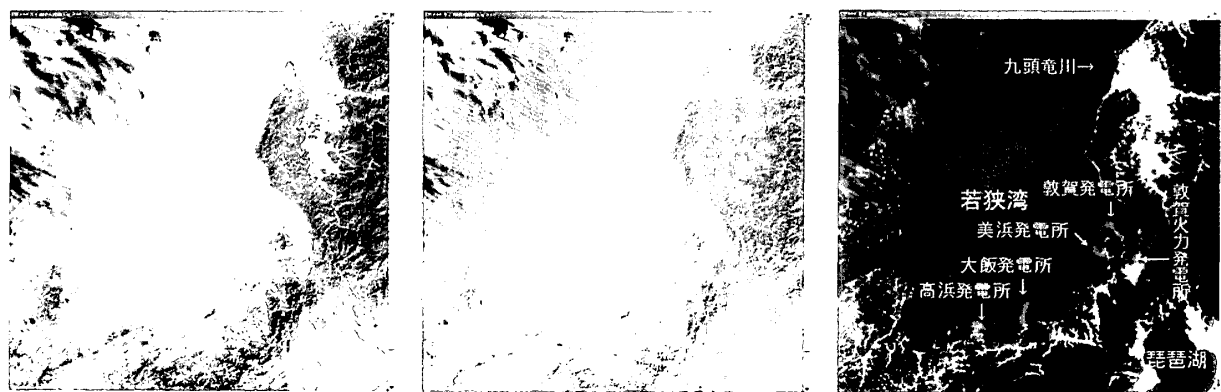
* 宇宙通信工学科

** 電気工学専攻大学院生

また、熱に関するバンドの解像度は、MODIS の場合 1000m であり、Landsat 5 号の 120m、Landsat 7 号の 60m に比べ、MODIS の方が格段に悪い。このことも MODIS の方が Landsat に比べ、原子力発電所の温排水拡散の様子が見えにくいことにつながる。

そこで、本章では、MODIS で原子力発電所の温排水を見る場合、(1) どのバンドが最もよく見えるのか、また、(2) バンドを組み合わせると等価的にバンド幅が広がるので、どのバンドを組み合わせると良いのか、について検討する。

なお、対象とするエリアは、原子力発電所が密集している福井県若狭湾地方とする。図 1 に比較の標準とする Landsat 7 号の熱バンド画像 (Band 6) を示す。原子力発電所の分布は、右上から左下に向かって、敦賀発電所 1,2 号機 35.7+116.0 万 KW、美浜発電所 1,2,3 号機 34.0+50.0+82.6 万 KW、大飯発電所 1,2,3,4 号機 117.5+117.5+118.0+118.0 万 KW、高浜発電所 1,2,3,4 号機 82.6+82.6+87.0+87.0 万 KW、である。



(a) Band6 グレー表示 (b) Band6 シュードカラー表示 (c) RGB=621 合成カラー表示

図 1. 若狭湾の原子力発電所温排水拡散の様子: Landsat 7 号, 2001 年 10 月 15 日昼, Path-Row=110-35 ((a)では温度は白が高く、黒が低い。(b)では温度は赤が高く、青が低い。(c)では陸域を自然な色に近く表示し、海域を温度に対応させて表示している。なお、図の左上は雲である。)

2. 2 原子力発電所温排水の画像処理に関する季節と MODIS のバンドによる温排水の見え方

若狭湾に雲がないかまたは少量である Terra 衛星 MODIS と Aqua 衛星 MODIS の画像データを選び、MODIS のバンドによる原子力発電所温排水の見え方について、季節ごとに検討する。なお、本章の画像処理は、温排水の正確な温度を見るのではなく、温排水拡散の様子を見ることを目的とするので、シュードカラー (擬似カラー) 表示の Histogram equalize (ヒストグラム平滑化) 表示または Gaussian equalize (ガウシアン平滑化) 表示を適用する (注 1 参照)。海面温度が見えるバンドは、文献[1]の表 1 から分かるように、中間赤外域の Band 20 (3.660~3.840 μm), Band 21 (3.929~3.989 μm), Band 22 (3.929~3.989 μm), Band 23 (4.020~4.080 μm) と熱赤外域の Band 29 (8.400~8.700 μm), Band 30 (9.580~9.880 μm), Band 31 (10.780~11.280 μm), Band 32 (11.770~12.270 μm) である。但し、Band 21 と Band 30 は、Terra および Aqua のセンサの調子が悪いので除外する。また、衛星から地表 (海面を含む) の熱分布を見る場合、昼よりも夜の方が、太陽熱の影響がないため、よく見えるので、夜のデータを使用する。

(注 1) 海面温度の正確な温度表示を見たい場合には、例えば宇宙航空研究開発機構の Web ページ http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEOS/mod_nrt_new/index.html の Night SST を参照されたい。

図 2~5 に 2003 年秋~2004 年夏の温排水の画像処理結果の例を示す。図中の丸で囲った所が温排水である。秋の画像 (図 2) では、対馬暖流が強く、湾内の海水温も上がっており、温排水は少し見えにくい。Band 32 では 1 箇所の温排水が完全に見えない。冬の画像 (図 3) では、対馬暖流

が弱くなり、河川より冷水が流れ込むため、湾内の海水温も下がり、温排水の状況もよく分かる。春の画像（図 4）では、湾内の海水温がそれほど上がっていないため、はっきりと温排水の状況が見える。夏の画像（図 5）では、湾内の海水温が上がっており、温排水と海水を分離表示し難い。

表 1 に原子力発電所温排水の見え方の評価を示す。なお、若狭湾の 4 箇所の原子力発電所に雲が

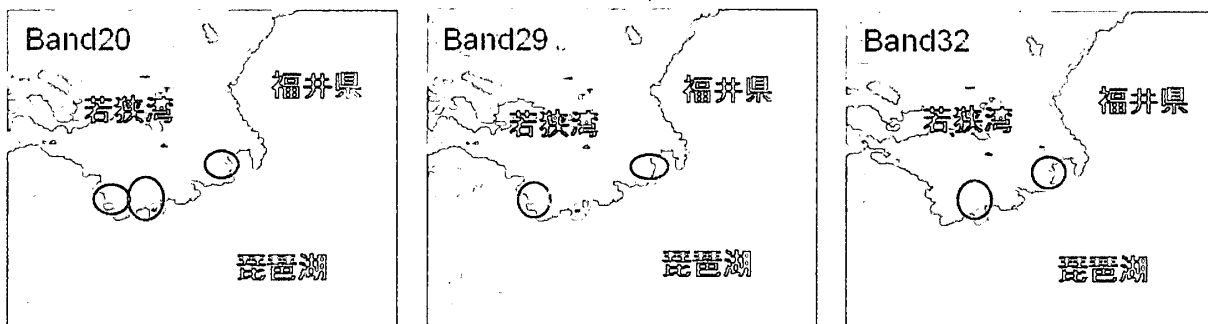


図 2. 2003 年 10 月 26 日夜, Aqua 衛星 Orbit7870, シュードカラー表示の Histogram equalize 表示

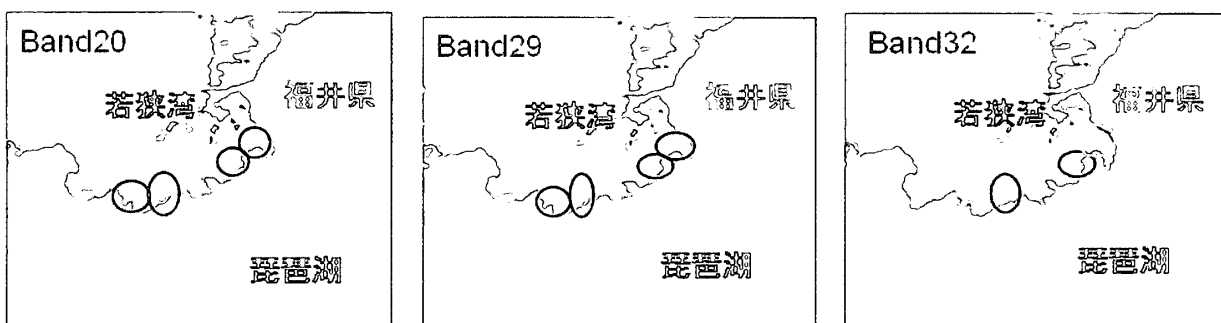


図 3. 2004 年 2 月 10 日夜, Aqua 衛星 Orbit9428, シュードカラー表示の Histogram equalize 表示

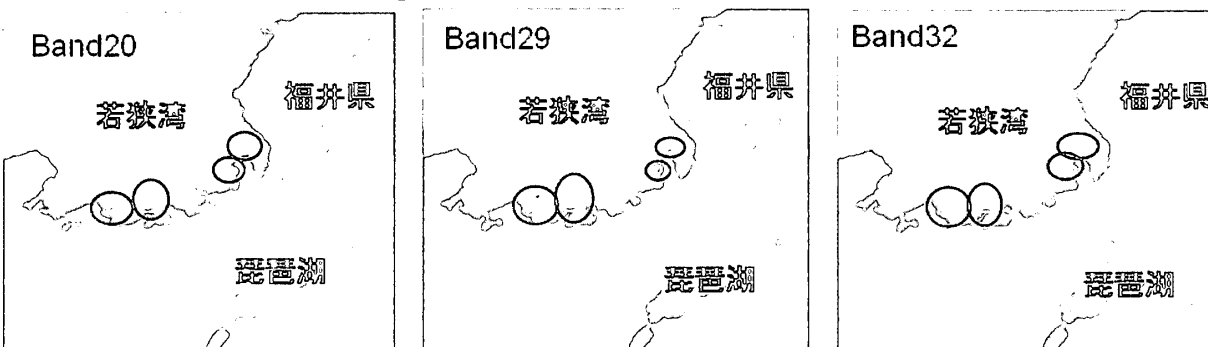


図 4. 2004 年 4 月 5 日夜, Terra 衛星 Orbit22866, シュードカラー表示の Histogram equalize 表示

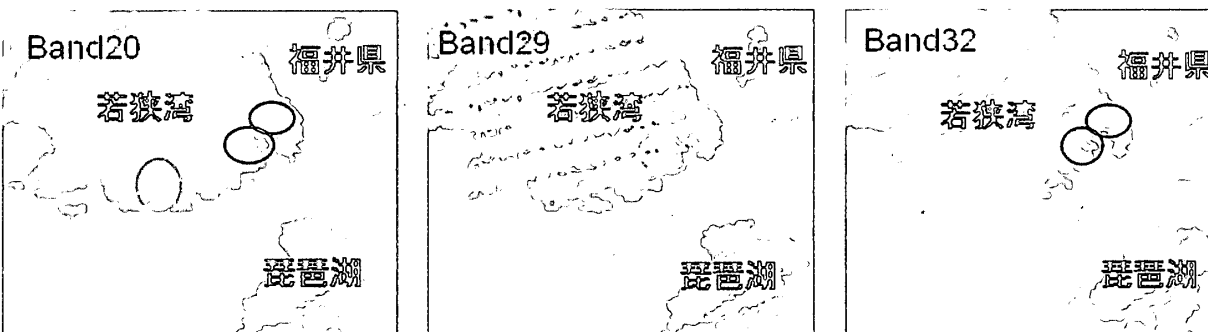


図 5. 2004 年 7 月 23 日夜, Terra 衛星 Orbit24453, シュードカラー表示の Histogram equalize 表示

かかっていない画像は少なく、また、同じ季節であっても観測日によって、原子力発電所の温排水が見え易いものと見えにくいものが存在するので、表1では代表的な画像データで評価してある。

本節の結論として、MODISで原子力発電所の温排水を見る場合、Terra衛星MODIS、Aqua衛星MODISに共通して、Band20が一番よく見え、次いでBand22、Band32が見えると言える。なお、温排水は、海流の変化、海水温や気温の季節的变化に影響されて見え易くなったり、見えにくくなったりする。冬、春は、対馬暖流が弱まるせいもあり、多数のバンドで温排水が見えやすい。

表1. 季節とMODISのバンドによる原子力発電所温排水の見え方の評価

(H=Histogram equalize 表示, G=Gaussian equalize 表示, ◎よく見える, ○見える, △普通, ×見えにくい)

(a) Terra衛星MODISの場合

季節	代表的な画像データの 受信年月日と衛星軌道番号	Band20		Band22		Band23		Band29		Band31		Band32	
		H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G
秋	2003年10月 8日 Terra20245	×	○	△	×	△	△	○	○	◎	◎	○	○
冬	2004年12月 3日 Terra26390	◎	○	△	△	△	△	△	×	△	×	△	△
春	2004年 4月 5日 Terra22866	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
夏	2004年 7月23日 Terra24453	×	◎	×	○	×	△	×	×	×	△	△	△

(b) Aqua衛星MODISの場合

季節	代表的な画像データの 受信年月日と衛星軌道番号	Band20		Band22		Band23		Band29		Band31		Band32	
		H	G	H	G	H	G	H	G	H	G	H	G
秋	2003年10月26日 Aqua 7870	◎	◎	○	◎	○	○	△	△	×	△	×	×
冬	2004年 2月10日 Aqua 9428	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△
春	2004年 4月 9日 Aqua10288	◎	◎	△	○	×	○	×	○	◎	◎	◎	△
夏	2004年 8月12日 Aqua12107	×	○	○	○	×	△	△	△	△	△	△	△

2. 3 原子力発電所温排水の画像処理に関する季節とMODISのバンド組合せ（バンド加算）による温排水の見え方

MODISでバンドを組み合わせると等価的にバンド幅が広くなり、原子力発電所温排水の見え方の向上が期待できるので、どのバンドを組み合わせると良いのかについて検討する。なお、本節のバンド組合せ法は、被加算バンドに加算バンドをそのまま加算する方法である。

図6に温排水の画像処理結果の例を示す。表2に原子力発電所温排水の見え方の評価を示す。

結論として、表2からも分かるように、原子力発電所温排水を見る場合のMODISのバンド組合せ（バンド加算）としては、Band20+Band32、Band31+Band32が、ノイズも少なく見えや

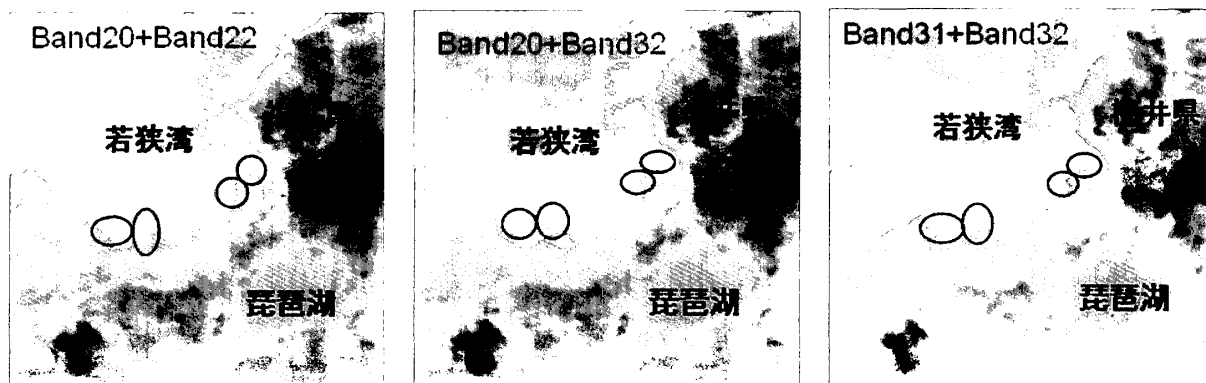


図6. バンド加算画像, 2004年2月10日夜, Aqua9428, シュードカラー表示のHistogram equalize 表示

表 2. 季節と MODIS のバンド組合せ (バンド加算) による原子力発電所温排水の見え方の評価 (シュードカラー表示の Histogram equalize 表示, ◎よく見える, ○見える, △普通, ×見えにくい)

(a) Terra 衛星 MODIS の場合

被加算バンド	20	20	20	20	20	22	22	22	22	23	23	23	29	29	31
加算バンド	22	23	29	31	32	23	29	31	32	29	31	32	31	32	32
秋(2003年10月 8日 Terra20245)	×	×	○	○	◎	×	△	△	×	△	△	×	○	○	◎
冬(2004年12月 3日 Terra26390)	○	○	○	◎	◎	×	○	○	○	△	△	△	△	△	△
春(2004年 4月 5日 Terra22866)	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△
夏(2004年 7月23日 Terra24453)	△	○	△	○	◎	○	△	○	◎	○	○	○	△	△	△

(b) Aqua 衛星 MODIS の場合

被加算バンド	20	20	20	20	20	22	22	22	22	23	23	23	29	29	31
加算バンド	22	23	29	31	32	23	29	31	32	29	31	32	31	32	32
秋(2003年10月26日 Aqua 7870)	○	△	△	×	△	△	△	×	○	△	△	△	△	△	△
冬(2004年 2月10日 Aqua 9428)	○	△	△	○	◎	△	△	◎	○	△	△	△	△	△	◎
春(2004年 4月 9日 Aqua10288)	△	△	×	○	△	×	×	×	△	×	○	×	○	○	◎
夏(2004年 8月12日 Aqua12107)	○	×	△	△	△	○	×	×	×	△	×	△	×	×	×

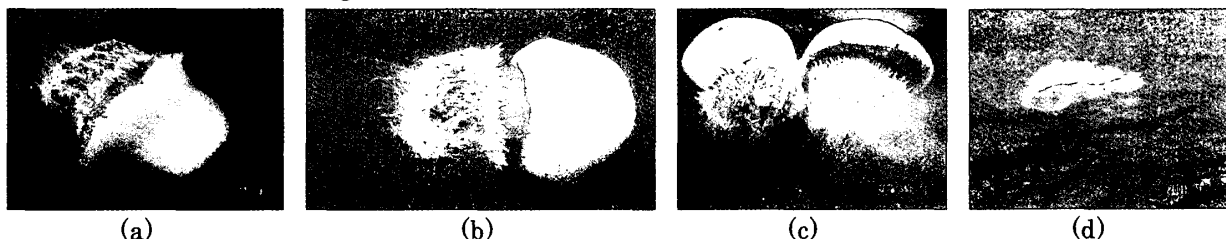
すいので、良いと言える。なお、Band 31+Band 32 は、観測波長帯が等価的に Landsat の Band 6 とほぼ等しくなる。また、表 1 で示したように Band 31 または Band 32 単独では温排水があまり見えないのであるが、Band 31 と Band 32 を加算することにより温排水がよく見えるようになるのである。但し、表 1 (単バンド) と表 2 (バンド組合せ) の季節ごとの最良の画像で比較した場合、両者の温排水の見え方は同程度である。即ち、バンド組合せの方が単バンドよりも温排水の見え方が良くなると期待して評価実験を行ったのであるが、結果はそうではなく、同程度であるという結論である。この結果の原因は、MODIS の熱バンドの解像度が 1000m と低いためと考える。

3. エチゼンクラゲ漂流に関する熱バンド画像処理 [3,4]

本章では、MODIS 受信データを用いて、2003 年に日本海に大量出現し、漁業に多大な被害を与えたエチゼンクラゲの漂流について、海水温に着目した画像処理により検討する。

3. 1 エチゼンクラゲについて

エチゼンクラゲ (Nemopilema nomurai Kishinouye) は、腔腸動物門 (刺胞動物門)、鉢クラゲ綱、根口クラゲ目、ビゼンクラゲ科、エチゼンクラゲ属に属する [8]。日本近海に発生するクラゲの中では最大で、重さ 100 Kg、傘の直径が 1 m を越すものもある。その大きさゆえに、成体になった



(a)

(b)

(c)

(d)

写真 1. エチゼンクラゲ (福井県丹生郡越前町小樟 (ここのぎ) 漁港にて撮影) :

(a)~(c) 2003年11月3日, 天気曇, 海水温約21℃, クラゲの遊泳の様子 ((a)(b)のクラゲの傘の直径は約70 cmである。(c)の左側クラゲの上の物はビニール片である。); (d) 2004年1月13日, 天気曇~みぞれ, 海水温約14℃, 寒さで死んだエチゼンクラゲ (傘径は約60cmである。なお、生きたクラゲは見当たらなかった。原型を留めていたのはこの1匹だけで、それ以外は崩れていたり、10~30cm位に千切れていた。)

ものは他種のクラゲと間違えることは殆どない。椀状の傘の下に多数の口腕を持ち、体色は灰色・褐色・薄桃色などの変異がある。刺胞毒は弱いが、漁業者が入網したエチゼンクラゲに直接素手で触ると刺胞毒による皮膚炎になるそうである。泳ぐ推進力はあまりなく、海流などに乗り、漂流することが一般的である。活動は海水温 20℃以上で活発であるが、30℃以上は苦手のようなのである。海水温が低くなると活動出来なくなり、冬場になると消えていく（海水温が 15～10℃以下で死ぬ）。中華料理などに用いられる食用クラゲは、ヒゼンクラゲ、ビゼンクラゲと本種である[8,11]。

生態は完全には解明されていないが、東シナ海または黄海、渤海で生まれると考えられている。増殖法は大きく分けて2通りあり、成体になり有性生殖による増殖方法と、成体にならずに無性生殖による増殖方法がある。1年ほどで成体になり、対馬暖流に乗って日本海を北上したり、東シナ海または黄海、渤海にとどまっている。近年のエチゼンクラゲ大量発生の原因は、(1)東シナ海および黄海周辺の著しい工業化による海水環境の悪化（汚い水にも耐える）、(2)東シナ海および黄海周辺のコンクリート護岸や海洋構造物の増加（ポリプは岩やコンクリートなど硬い基盤の上に付着するので、付着面積が増える）、(3)富栄養化（餌のプランクトンが増える）、(4)地球温暖化による海水温の上昇（繁殖期間が長くなる）、(5)海流の影響、(6)漁獲による魚の減少、と推測されている[11,12]。

3. 2 エチゼンクラゲの生活史（ライフサイクル）

エチゼンクラゲの一生については不明なことが多いのであるが、比較的解明されているミズクラゲ[5-8]、ビゼンクラゲ[10]等をもとに、最近 NHK で報道された広島大学・上 真一教授のエチゼンクラゲの培養実験結果[12]や現在までに分かっていること[8,9,11,13]も考慮して、エチゼンクラゲのライフサイクルを推測すると、図7のようになる。

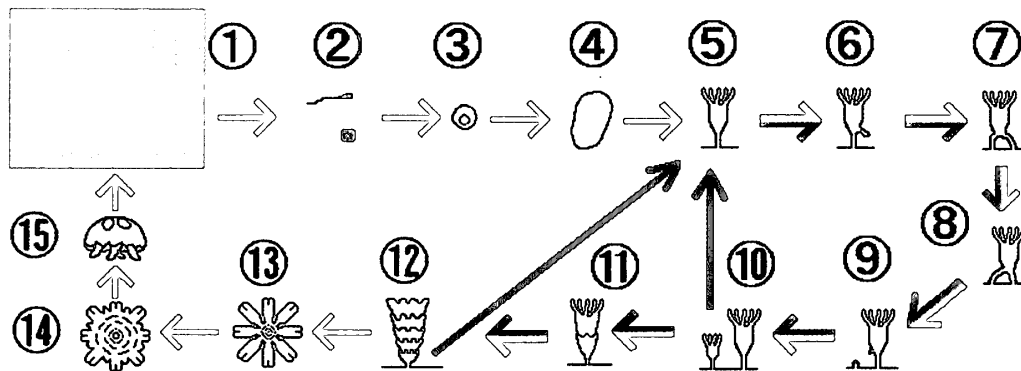


図7. エチゼンクラゲのライフサイクル（推測）

- ①親クラゲ（成体）、②精子と卵、③受精卵（0.2mm程度）：受精はメスの体内で行われる。
- ④プラヌラ(Planula)：受精卵はプラヌラ幼生（長径 0.3mm程度）となってメスの口腕や下傘に付着しているが、その後、離れて泳ぎだし、海の中を漂う。色も殆ど透明なので肉眼では見えない。
- ⑤～⑩ポリプ(Polyp)：プラヌラが岩などに触れると、特殊な物質を出して着床し、触手を伸ばしポリプになる。他のクラゲのポリプの増え方とは違い、エチゼンクラゲのポリプの増え方は特殊である[12]。まるで二足歩行をしているように足を延ばして、自分の体の一部を残し、移動していく（⑥～⑨）。残された体の一部（これを足囊という[10]）より、またポリプができ、増殖していく。体長は 8mm程度である。エチゼンクラゲはポリプ段階で越冬する。ポリプは 9℃でも死なない[12]。
- ⑪、⑫ストロビラ(Strobila)：水温の変化でポリプの体にくびれ（横分裂）ができる。ストロビラ（横分体）段階に入るとともに、徐々にエフィラ（傘径 2mm程度）を放出する。最後に残った基部の組織は再びポリプになり、無性生殖を続ける。
- ⑬エフィラ(Ephyra)：成体の優雅な泳ぎと違って、オモチャの様な動きをしている。
- ⑭メテフィラ(Metephyra)：大きさが 7mm程度になると、8枚の花弁状だったエフィラも少しお椀型になる。動きも多少ゆったりした感じになり、色も乳白色になる。

⑮稚クラゲ(Child Medusa)：大きさは小さいが（傘径 2cm 程度）、一人前の姿になる。餌を大量に食べて急速に成長し、成体（Adult Medusa, 傘径 40～200cm, 重さ 30～200kg）になる。

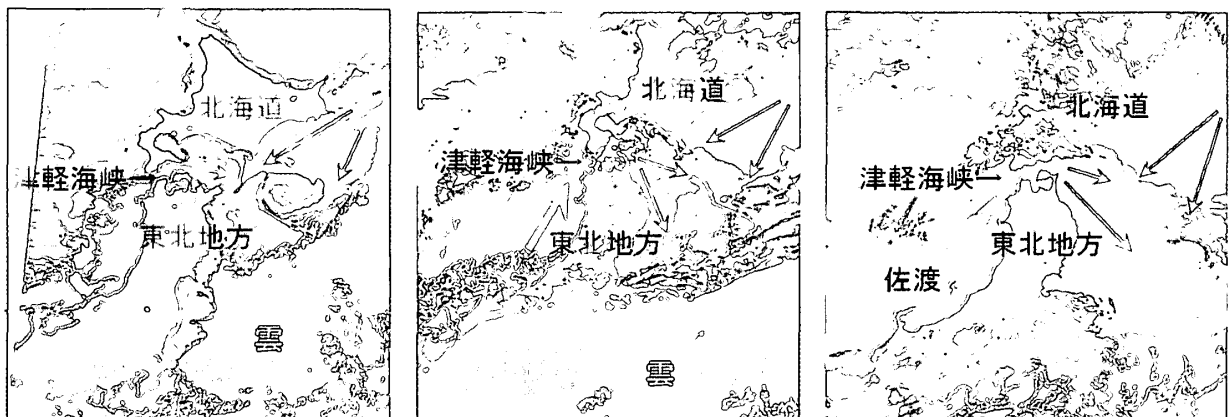
3. 3 2003 年度のエチゼンクラゲ大量出現の経過

日本海側のエチゼンクラゲ大量出現の記録は、1920 年、1958 年、1995 年、2002 年、2003 年の 5 回ある。2003 年度のエチゼンクラゲ大量出現の経過は次のようである[9,11,13]。8 月上旬に対馬諸島の定置網に入網開始し、8 月中下旬から 9 月に山口県から秋田県まで出現し、10 月に青森県から北海道日本海北部にまで出現した。また、10 月上旬に津軽海峡に出現し、対馬暖流とともに津軽海峡を通過したエチゼンクラゲは、10 月に一部は北海道噴火湾沿岸の定置網に入網し、一部は岩手県、宮城県まで南下し、更に 11 月に福島県、茨城県、12 月に千葉県まで入網が確認されていた。1 月になるとクラゲは減少する傾向ではあったが、福井県やその他の県でも定置網や底曳網に入網が続いていた。なお、福井県でのエチゼンクラゲ出現のピークは 9 月から 11 月であった[13]。

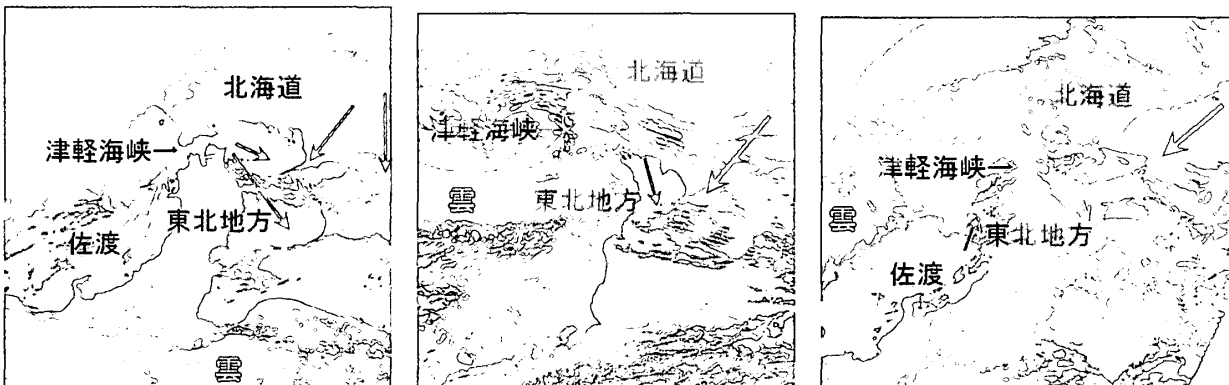
3. 4 MODIS データによる海面水温の画像処理結果とエチゼンクラゲ漂流の関係

MODIS の Band 20 (3.660～3.840 μm) の中間赤外域を使い、北陸から東北、北海道、関東にかけての海域の温度を表示させる。これにより、2003 年度に日本海に大量出現したエチゼンクラゲが対馬暖流に乗り、海流の一部と共に津軽海峡を通り、太平洋側三陸沿岸へと漂流し、日本海側から太平洋側までの漁業に多大な被害を与えた（定置網や底曳網などに大量に入り込み、漁獲高が低下した）際の海面水温変化と海流の動きを調べることができる。

エチゼンクラゲの日本海側での出現は通常 8 月～翌年 1 月までである。例年であれば、海水温が低くなっていくと共にエチゼンクラゲは消えていくが、今期は海水温が下がらず、あまり消えな



(a) 2003年9月22日夜 Aqua7374 (b) 2003年10月7日夜 Terra20230 (c) 2003年10月27日夜 Terra20521



(d) 2003年11月19日夜 Terra20856 (e) 2004年1月23日夜 Terra21803 (f) 2004年2月10日夜 Aqua9428

図 8. Band 20 による海面水温の画像処理

(シュードカラー表示の Histogram equalize 表示) (\rightarrow or \rightarrow : 対馬暖流 \rightarrow : 寒流)

った。海水温が下がってきた1月上旬はクラゲの活動も弱くなり減少傾向にあったが、2月上旬になっても福井県沖や太平洋沿岸で網にかかっていた。

図8に海面水温の時間的変化の様子を示す。2003年9月の画像(a)では、日本海側からの対馬暖流の一部は親潮(寒流)により、太平洋側へあまり張り出していない。しかし、10月の画像(b), (c)では、寒流が弱くなり、対馬暖流が津軽海峡を通り太平洋側に強勢に張り出している。これはエチゼンクラゲが津軽海峡を通過したことに対応する。11月の画像(d)では、暖流の張り出しは次第に弱くなっているが、津軽海峡を通った暖流は親潮に押され、千葉県銚子沖まで到達している。これはエチゼンクラゲが12月に千葉県まで到達したことに対応する。2004年1月の画像(e), 2月の画像(f)では、冬型の気圧配置により雲で少し見づらいが、寒くなったことと寒流が強くなってきたことにより、海水温が下がってきていることが分かる。以上のことはエチゼンクラゲが日本海沿岸や、津軽海峡を越えて東北地方等の太平洋沿岸で漁業に影響を与えたこと([9,11,13]および新聞、テレビ等の報道)と時間的に一致する。なお、図8で右下の赤い部分は黒潮(暖流)である。

4. むすび

第2章では、MODISによる原子力発電所温排水の画像処理における最適なバンド(Band20)、及び、バンドの組合せ(Band 20+Band 32, Band 31+Band 32)を明らかにした。第3章では、MODIS受信データを使ったエチゼンクラゲ漂流に関する解析例を示した。図8で判読できたことは、エチゼンクラゲが日本海沿岸や、津軽海峡を越えて東北地方等の太平洋沿岸で漁業に影響を与えたことと時間的に一致している。今後、海色(餌となるプランクトンに関係)と海水温を組み合わせたリモートセンシング画像処理によるエチゼンクラゲの発生や移動について研究を深めていきたい。

文献

- [1] 加藤芳信, 青山隆司: “地球環境観測衛星 Terra/Aqua-MODIS 受信システム”, 福井工業大学研究紀要, 第34号, 第1部, pp.331-338 (2004-03)
- [2] 加藤芳信, 藤田裕介: “テラ・アクア衛星 MODIS 受信データの熱バンド画像に関する検討(原子力発電所温排水の場合)”, 平成16年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-26 (2004-09)
- [3] 藤田裕介, 加藤芳信: “テラ・アクア衛星 MODIS 受信データ画像処理によるエチゼンクラゲ漂流に関する検討”, *ibid.*, F-25 (2004-09)
- [4] 加藤芳信, 青山隆司, 藤田裕介: “テラ・アクア衛星 MODIS 受信データによる原子力発電所温排水およびエチゼンクラゲ漂流に関する熱バンド画像処理”, 海洋理工学会平成16年度秋季大会講演論文集, pp.71-74 (2004-10)
- [5] 安田 徹: 水産研究叢書 37 ミズクラゲの研究, 日本水産資源保護協会発行 (1988-02)
- [6] 坂田 明: クラゲの正体, 晶文社発行 (1994-11)
- [7] 東 日出男: “Moonjelly-ミズクラゲの飼育日記”, <http://www.piano-gc.co.jp/moon-jelly/>
- [8] 安田 徹(編): 海の UFO クラゲ発生・生態・対策, 恒星社厚生閣発行 (2003-03)
- [9] 飯泉 仁: “日本における大型クラゲの大量出現とその影響”, 大型クラゲに関する国際ワークショップ ((独)水産総合研究センター, 水産庁主催), [http://cse.fra.affrc.go.jp/hiizumi/kurage-hp/pdf_files/iizumi\(J\).pdf](http://cse.fra.affrc.go.jp/hiizumi/kurage-hp/pdf_files/iizumi(J).pdf) (2004-02)
- [10] 徐漢祥 (中国浙江省海洋水産研究所): “東シナ海におけるクラゲの浮遊移動・生殖・摂食”, *ibid.*, http://cse.fra.affrc.go.jp/hiizumi/kurage-hp/pdf_files/Xu-v2.pdf (2004-02)
- [11] 農林水産技術会議事務局・(独)水産総合研究センター: “平成15年度行政対応特別研究緊急調査・エチゼンクラゲの大量発生に関する緊急実態調査報告書”, http://cse.fra.affrc.go.jp/hiizumi/kurage-hp/kinkyu_chosa.pdf (2004-03)
- [12] NHK クローズアップ現代: “巨大クラゲ 大発生の謎”, 2004年10月21日(木)放映
- [13] 福井県水産試験場ホームページ (<http://www.fklab.fukui.fukui.jp/ss/>): エチゼンクラゲ情報 (2002年9月~2003年10月), 大型クラゲ情報 (2003年11月~2004年11月)

(平成16年12月10日受理)