

衛星データといか釣り漁業の CPUE による 筑前海の水域区分

安藤 朗彦
(研究部)

Divisional Water Area in Chikuzen Sea by RemoteSensing Data and Squid Fishing CPUE

Akihiko ANDO
(Research Department)

人工衛星を用いたりリモートセンシングによる海水温やクロロフィル濃度（以下Chl-a濃度）の分布を利用した操業は、大型漁業を中心に普及し、実用化の時代に入っている。それに伴い各衛星のデータ供給も安定的に行われている。そこで複数の衛星観測データを用いて春期と秋期のいか釣り漁業におけるケンサキイカの漁場の環境条件を解析し、漁場形成要因を把握することで、いか釣り漁業における漁況予測と漁業者の漁場選定という実利用に資する事を目的に検討を行った。

筑前海におけるいか釣り漁業は1980年代にいか立て縄漁業が普及して以来周年操業されるようになった。しかし、漁獲対象のケンサキイカは水温変化に対して敏感に反応することが知られており、黒潮域から運び込まれる暖水の影響により漁場水温が大きく変化する¹⁾ 春季の水温上昇期は漁場や漁獲量の変動が大きい。

従来、海域の水温変動やChl-a濃度の変化は定点又は定線観測で計測されてきたが、衛星リモートセンシング技術の進展普及により得られるるデータ（以後衛星データ）を利用することで海域の表面水温とChl-a濃度を沖合から沿岸までを連続的、広域的かつリアルタイムで把握することが可能となった。

そこで、当センターで直接受信している衛星から得られた表面水温と関係機関から提供されているChl-a濃度の衛星データを用いていか釣り漁業における漁場の環境条件を解析することで、衛星データを漁況予測と漁場探

索の指標として利用することを試みたのでその結果を報告する。

方 法

1. Chl-a濃度の分布

Chl-a濃度の分布は、衛星海色データを用いて解析した。'02年及び'03年のMODIS衛星海色データは宇宙開発事業団(NASDA)及び東海大学(TSIC/TRIC)から、'01年のSeaWiifs衛星海色データは宇宙開発事業団(NASDA)から提供を受けた。用いた衛星データはワークステーションを使って米国 Seaspace 社の Trasucan で画像処理とデータの解析を行った。衛星Noaaのデータと同様に解析に使用した衛星データは'01年の9月下旬から10月下旬、'02年の11月及び'03年の4月中旬から5月下旬で、雲の影響のない日を選んだところ、'01年は9月23日～10月20日の6日分、'02年は、11月6日～29日の5日分、'03年は、4月15日～5月28日の4日分となった(図1)。

2. 水温分布

水温の分布は、当センターで衛星NOAAから直接信号を受信し、ワークステーションを使って米国 Seaspace 社の Trasucan により解析した。解析には HRPT 信号のチャンネル1から5を使用した。温度分布の解析は、1.1km単位で行い海図上に衛星データを12℃～25℃の範囲、256色で分類表示した。解析に使用した衛星データは提供を受けた衛星海色データの期間に合わせて、'01

年の9月下旬から10月下旬、'02年の11月及び'03年の4月中旬から5月下旬で、雲の影響のない日を選んだところ、'01年は9月23日～10月19日の6日分、'02年は、11月6日～29日の5日分、'03年は、4月15日～5月28日の4日分となった。(図2)

さらに、春期については'03年4月7～10日の定期観測の結果、秋期については'02年11月19～20日調査船でクロロテックを用いて水深別の水温と塩分を実測した結果から鉛直方向の水塊構造について解析し検討した。

3. 漁船の操業状況

筑前海域を主漁場とする福吉、西浦、野北、芦屋、鐘崎の5漁業協同組合所属漁船13隻に操業日誌の記帳を依頼し、'01年の9月下旬から10月下旬、'02年の11月及び'03年の4月中旬から5月下旬のケンサキイカ漁獲量と操業位置(2分メッシュ漁区単位)を調査した。漁区毎の操業位置は、各メッシュの中央点の緯経度を漁場位置座標とし、操業日、漁船、漁場、魚種毎に漁獲量を整理した。

4. ケンサキイカの漁獲状況

TACシステム等により送信されるいか釣り漁業の主要漁協である鐘崎漁業協同組合の水揚げ仕切データを解析し、日別の漁獲量と1日1隻当たりの漁獲量を把握した。

結 果

1. 筑前海のChl-a濃度の分布

(1) '01年9月23日～10月20日のChl-a濃度の分布

'01年9月23日～10月19日のChl-a濃度の分布は、期間の初め、沖合域のChl-a濃度は2.1～2.6mg沿岸域は6.3～13.0mg/lであったが、期間の中頃沿岸沖合域とも増加するのが見られ、その後減少し期間の終わりには沿岸域で7.9～11.6mg前後、沖合域で1.6～2.8mg前後となった。

(2) '02年11月6日～29日のChl-a濃度の分布

'02年11月6日～29日のChl-a濃度の分布は、期間中沿岸域のChl-a濃度は0.9～3.3mgで沖合域のChl-a濃度は0.3mgで海域中央部に濃度の低い水域が見られた。

(3) '03年4月15日～5月28日のChl-a濃度の分布

'03年4月15日～4月28日のChl-a濃度の分布は、期間の初め沿岸域のChl-a濃度は2.2～2.4mg、沖合域は1.7～3.9mgであったが、徐々に低下し期間の終わり頃には沿岸域から沖合域までChl-a濃度は0.8mgとほぼ均一な値を示したが、海域中央部にはChl-a濃度2.1～3.5mgの水域がパッチ状に散在していた。

2. 筑前海の水温分布

(1) '01年9月23日～10月19日の水温分布

'00年9月23日～10月19日の水温分布は期間の初め、沖合沿岸とも23～24度の水域が複雑に分布していたが、10月になると沿岸域の水温は22度に下降し海岸線付近は20度まで下降した。

(2) '02年11月6日～29日の水温分布

'02年11月6日～29日の水温分布は期間の初め沖合域は21度、沿岸域は19度前後であったが、期間の中頃には沖合域沿岸域とも19度に下降し、期間の終わりには沿岸域は16度、内湾ではさらに13度まで水温は低下した。

(3) '03年4月15日～5月28日の水温分布

'03年4月15日～5月28日の水温分布は期間の初め沖合域の水温は14度、沿岸域は13度ではほぼ均一に分布していた。春期から夏期にかけて水温が上昇していたが、壱岐水道を通して暖水が流入してくるのがみられ、期間の中頃には海域中央部は17度の水温帯が広がった。

期間の終わりには対馬水道からも暖水が流入し海域は20前後の水域が複雑に分布していた。

(4) 春期と秋期における水温塩分の鉛直分布

'02年11月19・20日筑前海の水深20～90mの5点で計測した水深別の水温と塩分の測定結果を図3に、'03年4月7日～10日定期観測で測定した筑前海の水深別の水温と塩分の測定結果を図4に示した。春期は、過去の報告¹⁾と同様に表層から底層にかけて水温、塩分の大きな変化は見られなかった。春期と同様に秋期の測定結果も水温・塩分とも鉛直方向の変化は少なかったため、春期秋期とも海表面から水域を測定する衛星観測で海域の水塊構造の把握に適している時期と考えた。

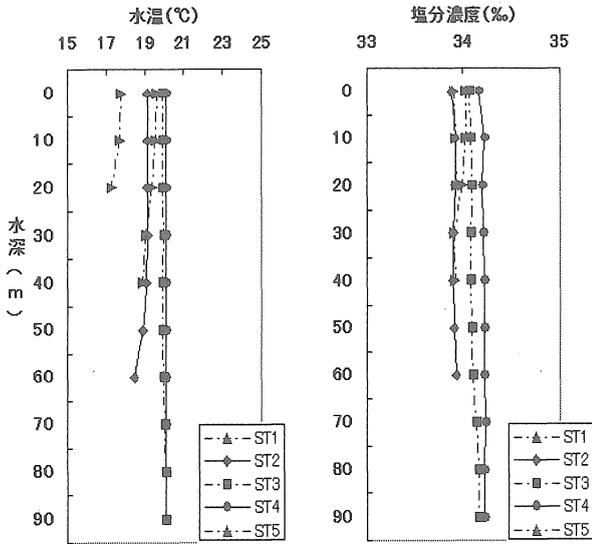


図3 '02年11月の筑前海の水温・塩分の鉛直分布

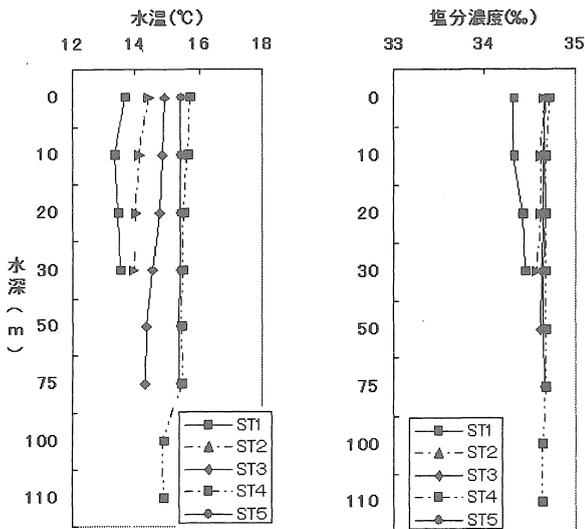


図4 '03年4月の筑前海の水温・塩分の鉛直分布

3. 漁船の操業状況

'01年9月23日～10月20日の衛星観測日の漁獲状況は、1漁場1隻当たりの漁獲量の平均が21.8kg、延べ漁場数は16カ所であった。漁場は山口県の西沖の海域に集中していた(図5)。



図5 '01年秋期の漁船操業位置と漁獲量

'02年11月6日～29日の衛星観測日の漁獲状況は、1漁場1隻当たりの漁獲量の平均11.3kg、延べ漁場数は14カ所であった。漁場は福岡県大島村の沖の島周辺に集中していた(図6)。



図6 '02年秋期の漁船操業位置と漁獲量

'03年4月15日～5月28日の衛星観測日の漁獲状況は、1漁場1隻当たりの漁獲量の平均が30.5kg、延べ漁場数は14カ所であった。沓岐北東沖のから山口県西沖の広い海域に漁場が形成されていた(図7)。

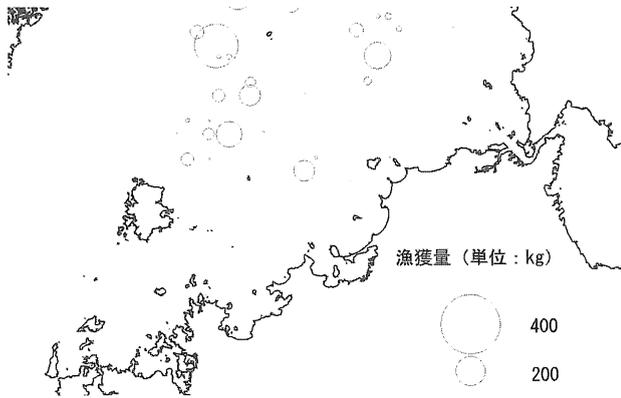


図7 '03年春期の漁船操業位置と漁獲量

4. 主要漁協におけるケンサキイカの漁獲状況

主要漁協である鐘崎漁協のいか釣り漁業におけるケンサキイカの過去5カ年（'98年～'02年）の平均年間漁獲量（平年値）は、105.8tであった。年間の漁獲量は、'01年が97.7tで平年値を下回り不漁年であり、'02年は121.2tと好漁で平年を上回った。'03年8月までの漁獲量は、66.9tで月別の漁獲は、7月を除き平年並みか上回った（図8）。

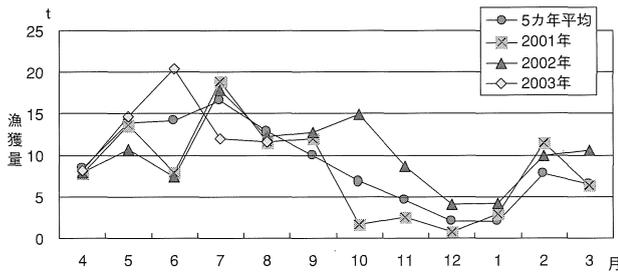


図8 いか釣り漁業におけるケンサキイカの月別漁獲量

5. いか釣り漁船操業位置の水温とChl-a濃度

水温とChl-a濃度の衛星データと操業日誌データを用いて、ケンサキイカが漁獲された海域の水温とChl-a濃度を解析した。

(1) '01年秋期の操業位置の水温とChl-a濃度

'01年9月23日～10月20日の期間中衛星データが得られ、かついか釣り漁業でケンサキイカが漁獲された漁場の位置と水温とChl-a濃度及びCPUE（1隻1日1漁場当たりの漁獲量）は、表1のとおりであった。

表1 '01年秋期の漁場、水温、Chl-a量及びCPUE

操業日	緯度	経度	水温(°C)	Chl-a(mg/L)	CPUE(kg)
2001/9/23	34.11	130.25	24.54	2.42	4.5
2001/9/23	34.13	130.21	24.42	2.20	30
2001/9/23	34.13	130.27	24.43	2.58	27
2001/9/23	34.15	130.19	24.34	2.18	21
2001/9/23	34.17	130.15	24.09	2.70	42
2001/9/27	34.05	130.25	23.89	2.42	21
2001/9/27	34.09	130.17	24.38	2.18	33
2001/9/27	34.09	130.27	23.98	2.50	14.5
2001/9/27	34.13	130.39	23.85	2.45	30
2001/9/27	34.15	130.21	24.50	2.14	6
2001/10/14	34.09	130.29	24.19	2.75	12
2001/10/15	34.09	130.29	24.19	2.75	18
2001/10/15	34.11	130.27	24.42	2.12	30
2001/10/19	34.09	130.29	23.21	2.19	24
2001/10/20	34.09	130.19	23.25	2.16	9
2001/10/20	34.09	130.21	23.39	2.06	12

さらに、各データをCPUEが平均以上と未満のものに分類し縦軸を水温、横軸をChl-a濃度として図9のグラフを得た。

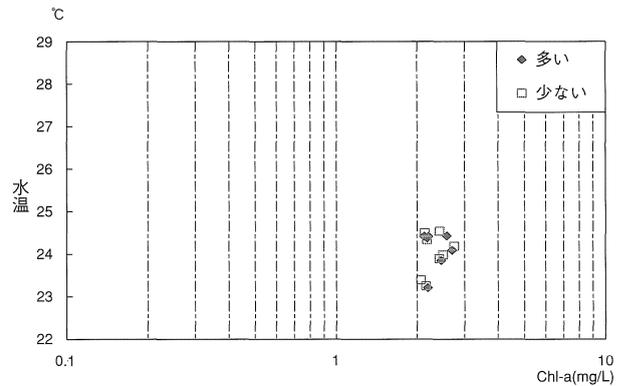


図9 '01年秋期の漁場のCPUE別水温とChl-a量

海域の水温は20～29度、Chl-a濃度は1.6～48.4mg/Lに対し、漁場は水温23～24.5度、Chl-a濃度2.1～2.7mg/Lの限られた水域に形成されていた。しかし、平均CPUE以上と以下の漁場別の違いは見られなかった。

(2) '02年秋期の操業位置の水温とChl-a濃度

'02年11月6日～29日の期間中衛星データが得られ、かついか釣り漁業でケンサキイカが漁獲された漁場の位置と水温とChl-a濃度及びCPUE（1隻1日1漁場当たりの漁獲量）は、表2のとおりであった。

表2 '02年秋期の漁場、水温、Chl-a量及びCPUE

操業日	緯度	経度	水温(°C)	Chl-a(mg/L)	CPUE(kg)
2002/11/6	34.03	129.59	21.21	0.41	24
2002/11/6	34.11	130.15	21.00	0.46	15
2002/11/6	34.13	130.25	20.65	0.39	15
2002/11/17	34.01	129.57	20.90	0.40	20
2002/11/17	34.13	130.19	20.76	0.34	3
2002/11/22	34.03	129.59	21.56	0.38	12
2002/11/22	34.13	130.19	20.70	0.12	3
2002/11/22	34.17	130.11	21.36	0.09	3
2002/11/24	34.09	130.15	20.21	0.13	9
2002/11/24	34.11	130.17	20.11	0.22	9
2002/11/29	34.17	130.11	18.50	0.26	3

さらに、各データをCPUEが平均以上と未滿のものに分類し縦軸を水温、横軸をChl-a濃度として図10のグラフを得た。

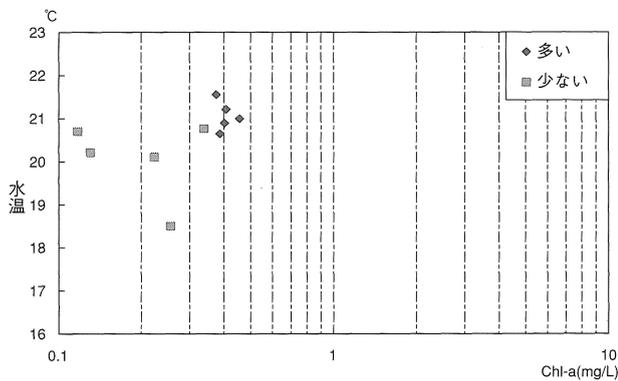


図10 '02年秋期の漁場のCPUE別水温とChl-a量

海域の水温は13～23度、Chl-a濃度は0.3～48.8mg/Lに対し、漁場は1点を除き20～21度の水域に形成されていた。さらにChl-a濃度については、0.375mg/Lを境に平均CPUE以上と未滿に明確に分かれていた。

(3) '03年春季の操業位置の水温とChl-a濃度

'03年4月15日～5月28日の期間中衛星データが得られ、かついか釣り漁業でケンサキイカが漁獲された漁場の位置と水温とChl-a濃度及びCPUE（1隻1日1漁場当たりの漁獲量）は、表3のとおりであった。

表3 '03年春季の漁場、水温、Chl-a量及びCPUE

操業日	緯度	経度	水温(°C)	Chl-a(mg/L)	CPUE(kg)
2003/4/15	33.45	130.13	13.66	0.98	6
2003/4/15	33.49	130.13	14.15	1.00	6
2003/4/15	33.55	129.51	14.48	1.19	12
2003/5/2	33.53	130.13	16.67	0.91	18
2003/5/2	33.55	130.05	16.72	0.69	2.5
2003/5/2	33.59	129.59	16.71	0.79	2.5
2003/5/2	34.03	129.57	16.74	0.88	45
2003/5/2	34.15	130.23	16.88	0.80	47
2003/5/11	33.53	130.13	16.60	0.35	18
2003/5/11	33.55	129.55	16.71	0.45	20
2003/5/11	34.03	129.57	16.60	1.39	30
2003/5/28	34.05	130.03	17.85	1.05	80
2003/5/28	34.07	130.25	18.20	0.82	60
2003/5/28	34.11	130.27	18.60	0.55	80

さらに、各データをCPUEが平均以上と未滿のものに分類し縦軸を水温、横軸をChl-a濃度として図11のグラフを得た。

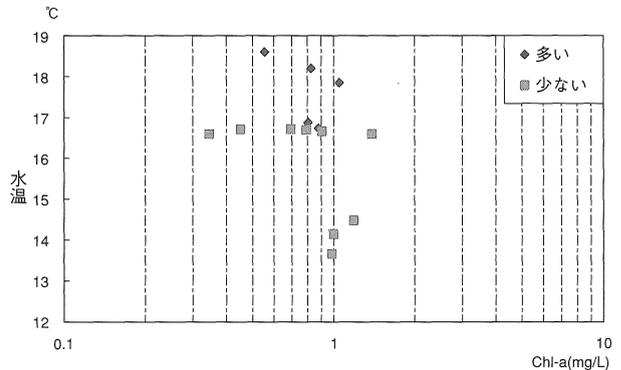


図11 '03年春季の漁場のCPUE別水温とChl-a量

海域の水温は13～21.4度、Chl-a濃度は0.6～43.5mg/Lに対し、4月15日の3点のデータ以外は、全て16.5～19度の水域だった。平均CPUE未滿のデータは16.5～17度に集中し、平均CPUE以上の漁場は全て17～19度以上の水域であった。Chl-a濃度については、0.35～1.4mg/Lの水域に漁場が形成されていた。さらに平均CPUE以上の漁場は0.5～1.0mg/Lの水域だった。

考 察

1. ケンサキイカ漁場の環境要因

今回解析した3期間の結果(図9～11)をみると、それ

ぞれ漁獲されている水温は異なっているが、16.5～25度の範囲で、これはケンサキイカの適正生育水温が20～25度であるとされた過去の報告や13～24度の水温帯に漁場が形成されるとした過去の報告²⁾内容とも一致している。図9に示した'01年では23～24.5度の温度帯に、図10に示した'02年では20～22度の温度帯に漁場は形成されている。さらに図11に示した'03年では16.5～18.6度の水域に漁場は形成されていた。このことから解析した各期間はそれぞれ水温の上昇期、下降期あるいは高水温期に近い時期であることから絶対的な温度は必ずしも一致しないが、海域全体の水温分布と比較すると、その時期の水温条件に応じた好適水温水域があると思われた。

次にChl-a濃度についてみると、図9に示した'01年秋季は漁場が2.06～2.75mg/Lの範囲に集中している。図10及び11に示した'02年秋季と'03年春季では、'02年秋季が、0.12～0.46mg/L、'03年春季が0.35～1.39mg/Lと範囲が広く数値も異なるが、'02年秋季では平均CPUE以上の漁場は全て0.375～0.46mg/L、'03年春季では平均CPUE以上の漁場は0.55～1.05mg/Lの水域であった。このことから、各期間の植物プランクトンの活動度合いが異なる時期であること、使用した衛星のセンサーが'01はSea-Wifs、'02と'03年はModisと異なっていることから絶対的なChl-a濃度の一致をみなかったと考えられる。しかし、各漁場のChl-a濃度を相対的な値として捉えれば問題はなく、測定時期の海域全体のChl-a濃度条件に応じた好適濃度を検討することは可能であると考えられた。

今回水域のChl-a濃度とケンサキイカの漁獲との関係について参考となる報告を得ることが出来なかったが、食物連鎖の関係から推測して植物プランクトンの多い事がイカの餌料となる魚類の増集状況に反映した結果ケンサキイカの漁場形成に関連したことが考えられる。あるいはケンサキイカは主に擬似針による釣獲で漁獲されるため、水色がケンサキイカの補色活動に深く関連して等考えられるが、理由を明確にすることは出来なかった。

2. 衛星データを用いて漁獲量により評価した海域の水域区分

緯度経度と水温、Chl-a濃度の衛星データを用いて、

漁獲量から評価を行い水域を区分する解析を'02年秋季を例に試みた。図10のグラフから平均CPUE以上の漁場の条件は、水温20度以上Chl-a濃度0.367～0.46mg/Lで、この水域を評価点4 (R4)とした。平均CPUE未満であるがイカが漁獲された漁場は水温が20度以上でChl-a濃度は0.375未満で、この水域を評価点3 (R3)とした。その他の水域ではイカが漁獲されていない。作図上イカが漁獲されなかった水域を水温20度以上と未満に分け、水温20度以上の水域を評価点2 (R2)、20度以下の水域を評価点1 (R1)とした。この評価基準で25秒単位の衛星データの測定結果を基にその測点の値とし、海図上に描画した(図12)。

'02年11月6日は、海域の中央に評価点4の水域が広がりその周辺部を取り巻くように評価点3の水域が散在していた。11月17日、海域中央部の評価点4の水域は縮小し代わりに評価点3の水域が広くみられた。さらに海域の中央部には評価点2の水域がみられた。11月29日になると評価点4の水域はほとんど無くなり、評価点3の水域もわずかに沖合に点在する程度となった。対象海域の評価点4及び3の地点数(地点数は作図字のピクセル値と同じ)と同時期のいか釣り代表漁協である鐘崎漁協における日別いか釣り漁船1隻1日当たりの漁獲量の推移を比較すると(図13)、両者とも日にちが経つにつれ、減少していた。

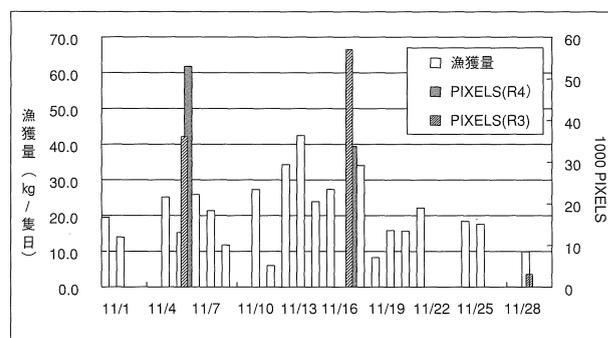


図13 主要漁協の漁獲量(隻日)と評価点のピクセル数

このことから海図上に衛星データを用いて漁獲量から水域を評価区分した結果は、好漁場となる環境条件を位置的に示しているだけでなく、漁況の変動と関連しており、短期の漁況予測に有効な資料となることが示唆さ

れた。

3. 評価した海域の水域区分による漁場予測の検証

図12と同様に図11のグラフと表3を基に'03年春季(4月15日～5月28日)のケンサキイカCPUEによる評価を表4に示すとおり5段階で整理した。

表4 '03年春季のCPUEによる漁場の評価点区分

評価点	CPUE(kg)	Chl-a濃度(mg/L)	水温(°C)
4	48kg以上	0.5以上 1.05未満	17.8以上
3	32kg以上 48kg未満 16kg以上 32kg未満	0.8以上 0.9未満 0.3以上 0.6未満	16.5以上 17.8未満 16.5以上 17.8未満
2		0.9以上 2未満	
1	16kg未満	0.6以上 0.8未満 0.9以上 2未満	16.5以上 17.8未満
0	なし	上記以外	上記以外

'03年6月1日の水温データと'03年6月1日のChl-a濃度データを用い、この評価点の基準に従って水域を区分し海図上に描画した。次に'03年6月1～2日の操業日誌を整理しケンサキイカが漁獲された漁場の位置とCPUEを重ね合わせた(図14)。図に示すとおり2日間にケンサキイカが漁獲された位置はいずれも評価点4の水域だった。このことから直前の衛星データ及び操業データを用いて水域を区分した結果は、漁場探索の資料として有効な資料となると考えられた。

この資料を用いることで予め漁場となる水域の範囲を絞り込む事が可能で、従来のように広範囲の海域を一律にイカ魚群を求めて探索する労力を軽減することが出来る。実際の操業においては、好条件と区分した水域全てが漁場として成立するのではなく、操業データの報告単位が2分メッシュであること、瀬や礁という海底地形要因が漁場と関連することから水域内の瀬あるいは礁が漁場となると考えられる。

今回、約2.5年の衛星データの中から解析を行ったので、季節毎の漁場形成要因の違いについての解明には至らなかったが今後衛星データの公開が進むにつれてさらに数年間にわたる解析が可能になれば、季節的なパターンの解明につなげることが可能であると思われる。また代表漁協の月別年間漁獲量が示すように'01年はいわゆる不漁年に当たり全体的に漁獲量は低迷している。'02年及び'03年は比較的好漁の年であった。図9～11におい

て平均CPUE以上と未満に分けて表示した結果において不漁年である'01年秋期(図9)だけが多い少ないの区別無く集中したことは興味深い。不漁年は環境条件等が整わず漁獲される水域の条件が厳しく、逆に好漁年は条件が緩和する可能性が推測されるが、今後さらなる解析を積み重ねることで明らかにしていきたい。

広い水域を同時に継続的に測定できる人工衛星によるリモートセンシング技術は今後さらに発展し、多くの貴重なデータを得ることが可能になると思われる。今回用いた水温、Chl-a濃度以外に将来は塩分や海流等のデータが測定できるようになるだろう。しかし複数のデータを用いて解析を行う場合、データが豊富なだけにデータ間の関連を整理することは高い技術が要求されると思われる。また結果をわかりやすく一般の漁業者へ伝達する手法も必要となる。今回行った解析は、この対策としての可能性を探る目的で試みた。

要 約

- 1) 衛星から得られた表面水温とChl-a濃度のデータを用いて、いか釣り漁業における漁場の環境条件を解析し漁況予測と漁場探索の指標として利用することかを試みた。
- 2) 解析に用いた衛星データは'01年の9月下旬から10月下旬、'02年の11月及び'03年の4月中旬から5月下旬で、雲の影響のない日を選んだ
- 3) ケンサキイカ漁獲量と操業位置は、5漁業協同組合所属漁船13隻に依頼した操業日誌から、日別の漁獲量と1日1隻当たりの当たりの漁獲量は主要漁協の水揚げ仕切データを解析した。
- 4) 期間毎にケンサキイカの漁獲されている漁場の水温は異なっているが、海域全体の水温分布と比較すると、その時期の水温条件に応じた好適水温水域があると思われた。
- 5) Chl-a濃度についてみると、海域全体のChl-a濃度条件に応じた好適濃度を検討することは可能であると考えられた。

- 6) 緯度経度と水温, Chl-a濃度の衛星データを用いて, 漁獲量から評価を行い水域を区分した結果は, 好漁場となる環境条件を位置的に示しているだけではなく, 漁況の変動と関連して短期の漁況予測に有効な資料となることが示唆された。
- 7) 複数の衛星データと漁獲データ等を用いて解析を行う場合, 分かりやすく結果を伝達する事が求められており, 今回の解析はこの対策としての可能性を探る目的で試みた。

文 献

- 1) 安藤朗彦: 衛星リモートセンシング技術を用いた筑前海春季水温分布の変動といか釣り漁業の関係. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 46-50 (2002)
- 2) 濱田弘之・内田秀和: 標識放流から見たケンサキイカ産卵群の来遊経路. 1998年福岡県水産海洋技術センター研究報告, 9-13 (1998)

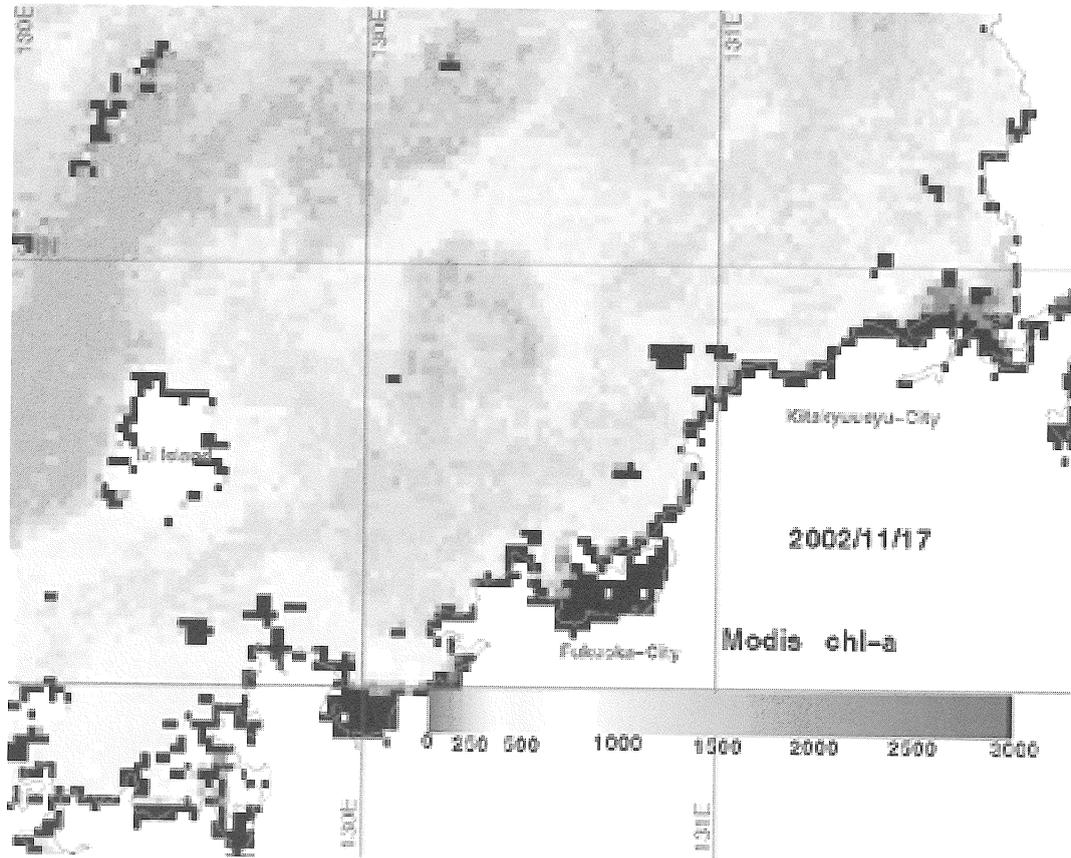


図1 '02年11月17日Modisによる海色から解析したChl-a濃度の分布

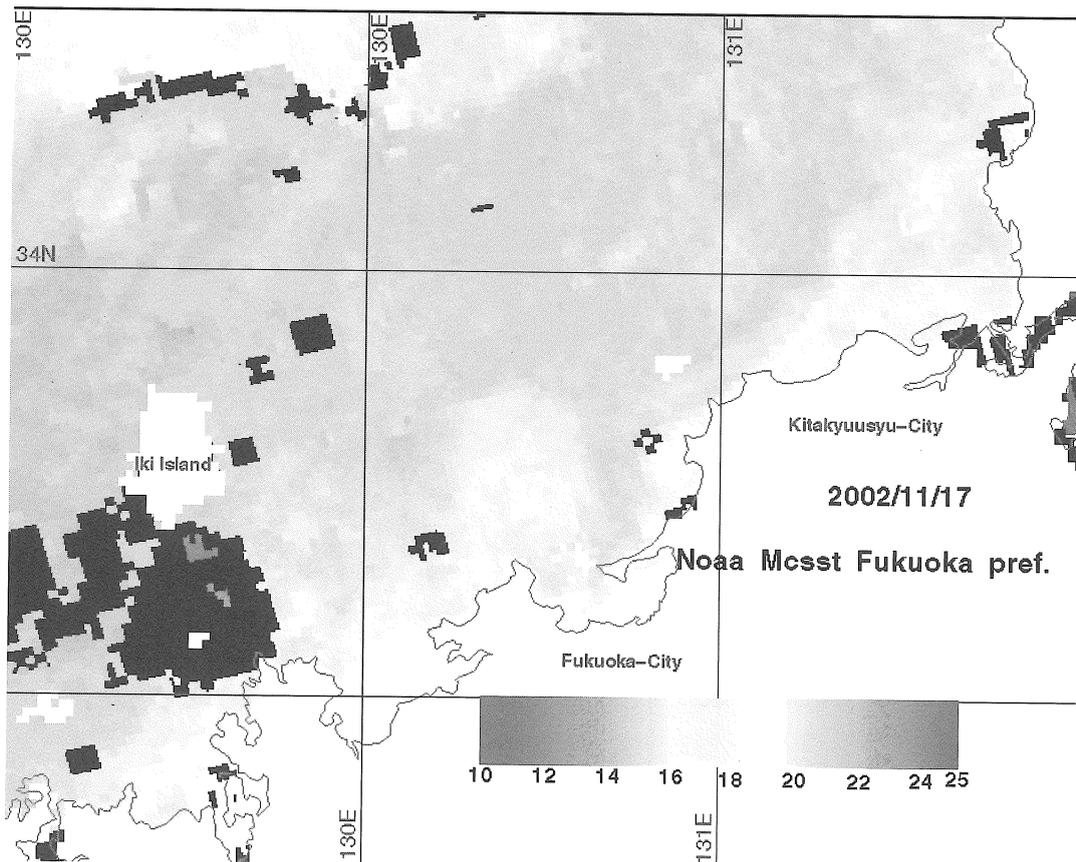


図2 '02年11月17日NoaaMcsstによる海表面水温分布図

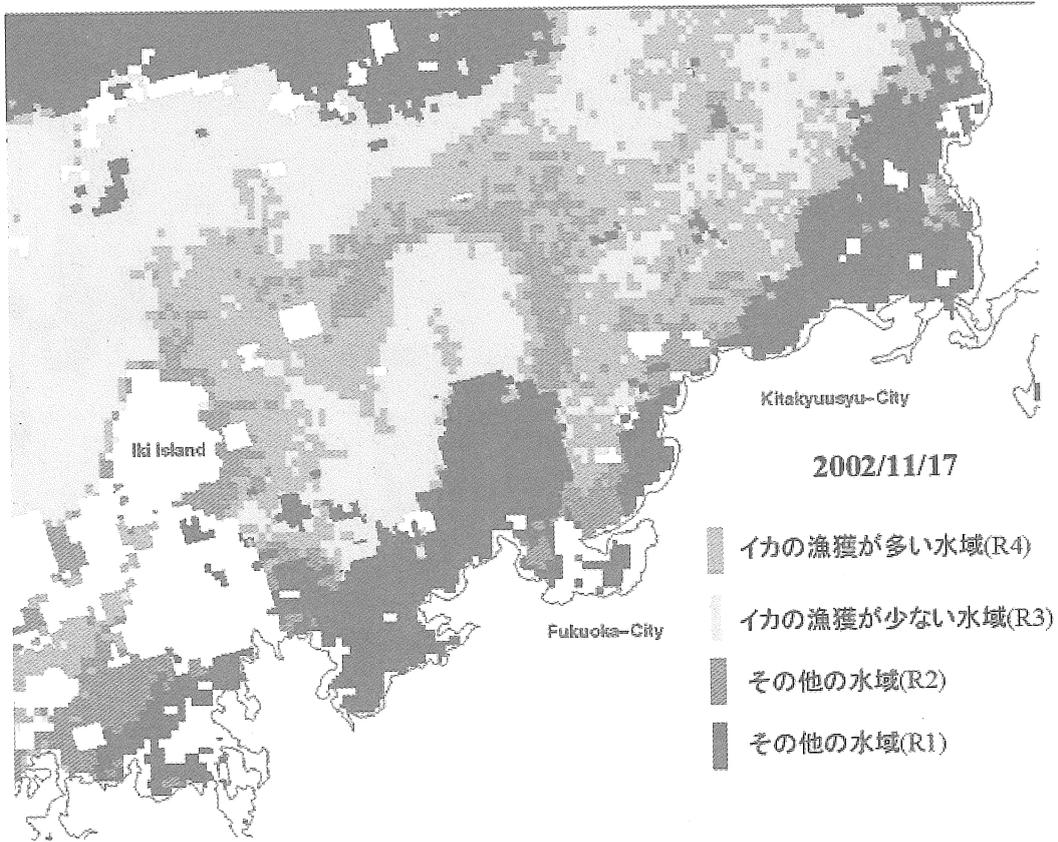


図12 '02年11月17日衛星データを用いて漁獲量により評価した海域の水域区分

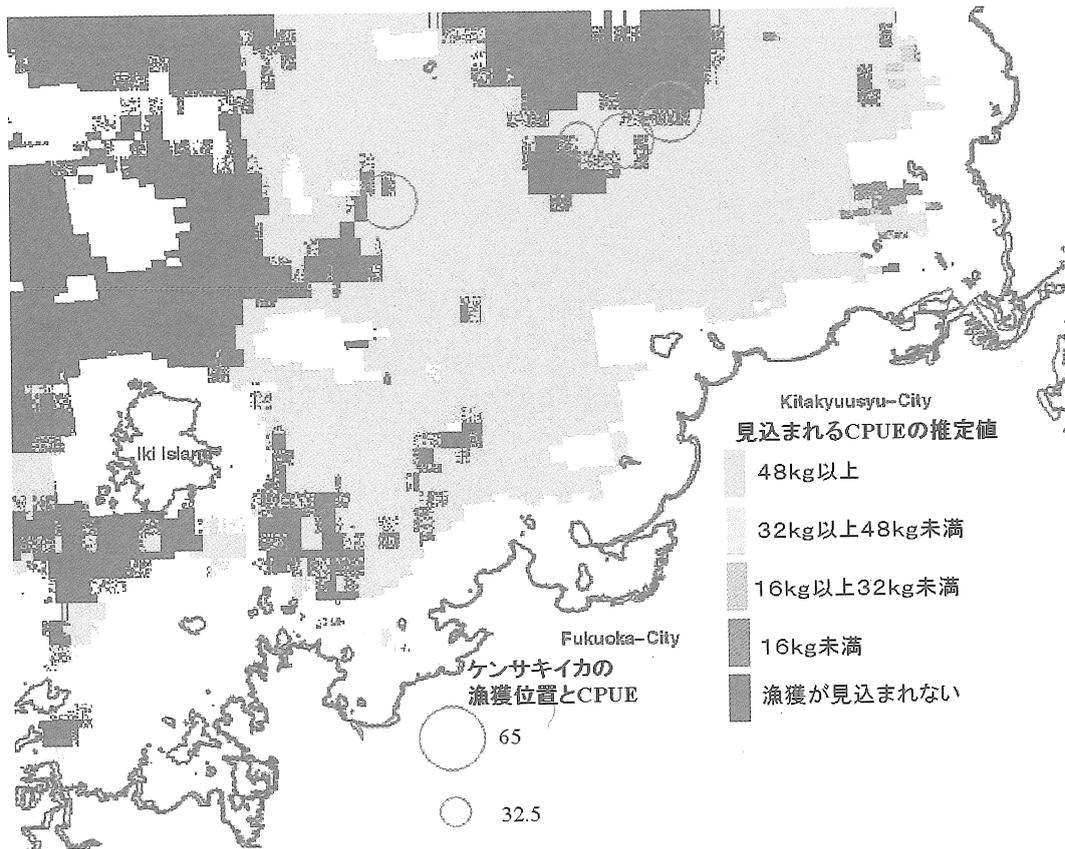


図14 '03年4月～5月の操業結果と衛星データを用いて予測した'03年6月1日～2日の漁場条件と実際の漁獲 (図中の丸はケンサキイカの漁獲位置とCPUEを表す)