

耐久性浮魚礁漁場の流況特性*1

鹿熊信一郎・太田格

1. 目的

パヤオ漁業の漁況は流れの影響を強く受ける。また、漁獲量を左右する設置位置選定に流れの情報は有用である。このため、2001年4月現在沖縄県周辺海域に14基設置されている耐久性浮魚礁(ニライ)で長期間流速を観測し、主要パヤオ漁場の流況特性を調べた。

ニライでの流況は、①潮汐(鹿熊¹⁾)、②風(鹿熊²⁾)、③中規模渦²⁾(鹿熊・森永³⁾)、④黒潮・黒潮逆流変動¹⁾ ²⁾(鹿熊⁴⁾)の影響を受けていることがわかってきている。潮流については、調和解析をおこない、ニライ1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9号の調和定数を求めた(鹿熊⁵⁾、鹿熊⁶⁾)。吹送流については、本報「耐久性浮魚礁漁場の吹送流」に整理した。ニライでの観測は1点の観測であるが、同時に実施した海洋レーダ観測と比較した結果(鹿熊ら⁷⁾、鹿熊ら⁸⁾)、そのパヤオ漁場の流況をほぼ代表していると考えられた。今回、ニライ10, 11, 12, 13, 14, 15号

における潮流調和定数を求め、25時間以内の短期変動を把握するとともに、全ニライの日平均流の流況特性を調べた。

2. 方法

測機はワイヤー、チェーン、鋼管により浮体の水深4m部に取り付けた。ニライは浮体水中部に方向舵があり、流れに対し一定の向きを保つ構造をしている。流速計は、浮体潮上側、水中部の柱から約2.5m離れるように取り付け、浮体による流れの乱れの影響を小さくするようにした。ニライ12, 13, 14, 15号では、風向風速も測定し、他の観測値とともに通信衛星を使って毎時研究室にデータを送信した(鹿熊⁹⁾)。1995年6月から観測を開始した。測定は大部分1時間に1回、一部20分間に1回実施した。観測日数はニライにより異なり125~1612日、延べ6801日だった。2001年3月末時点のニライの配置及び構造模式図を図1に示した。

| ニライ名 | 北緯(分) | 東経(分) | ニライ名 | 北緯(分) | 東経(分) |
|--------------|----------|-----------|--------------|----------|-----------|
| ニライ1号(知念南東) | 25°59.50 | 128°00.50 | ニライ9号(与那国南西) | 24°21.75 | 122°53.42 |
| ニライ2号(宮古南) | 24°27.60 | 125°06.60 | ニライ10号(国頭東) | 26°31.00 | 128°25.75 |
| ニライ3号(久米島北東) | 26°40.40 | 126°56.80 | ニライ11号(中城湾東) | 26°09.53 | 128°09.63 |
| ニライ5号(金武東) | 26°21.40 | 128°18.70 | ニライ12号(西表北) | 24°33.13 | 123°48.33 |
| ニライ6号(石垣南) | 24°09.60 | 124°20.60 | ニライ13号(粟国北) | 26°40.05 | 127°09.80 |
| ニライ7号(本部西) | 26°48.74 | 127°26.63 | ニライ14号(伊平屋西) | 27°10.00 | 127°34.30 |
| ニライ8号(糸満南) | 25°53.61 | 127°41.01 | ニライ15号(宮古北西) | 25°05.72 | 125°00.65 |

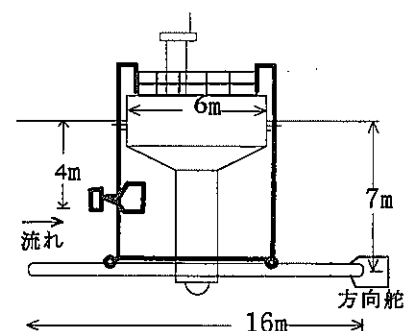
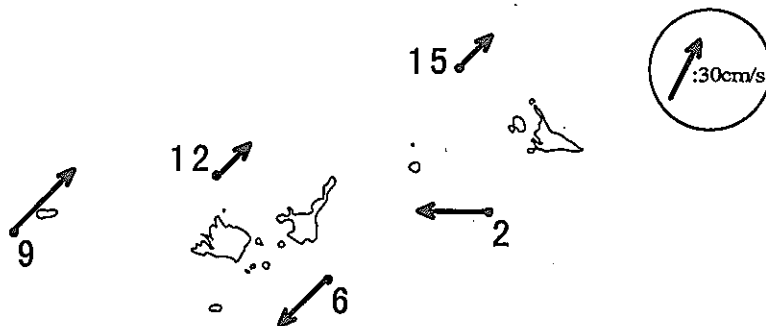
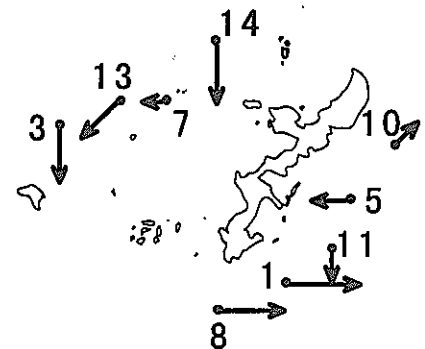


図1 ニライの配置図、構造模式図、各ニライの最多流向・その平均流速

*1 海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業の一環

当初、直径6mmのステンレスワイヤーロープを、滑車を使いループ状に張って測機を固定したが、滑車の部分でワイヤーが切断される事故が続いたため、ステンレスチェーンとリングの組み合わせに変更した。データの回収、電池の交換は測機を浮体上に引き上げておこなうが、漁具等がチェーンに絡まり、引き上げられないことも多かった。このため、2000年4月より、ニライ2, 6, 9号ではセンサー(DCS3500)をケーブルとチェーンで固定し、データメモリーと電池は浮体上に固定するシステムに変更した。ニライ12, 13, 14, 15号は鋼管でセンサーを固定した。

3. 結果

ローター式のRCM7は、漁具の干渉(縄が絡まる、ローターが破損する等)を受け、流速が測定できないことが頻繁にあった。この場合でも、流向、水温は測定できた。また、電池の不良により測定されるべき期間にデータがとれていない事故が4回あった。ドップラー式RCM9はおおむね良好に測定できたが、センサー部の小さなキズからの浸水による流速データの不良が1回(約5ヶ月)、DSU(データ記録装置)の不良による欠測が1回(約3ヶ月)あった。DCS3500もおおむね良好に測定ができたが、原因不明の記録異常が1回(約20日)あった。衛星通信システムは、記録装置のある浮体内部への浸水、原因不明の理由により、流速・水温が欠測・不正になる事故が

頻繁に起きた。この結果、適正と思われる流速値が得られたのは、ニライにより78~1325日、延べ5825日だった。

表1に各ニライの年別測定期間を示した。

各ニライの1時間間隔測定値につき、1年間に1-3月、4-6月、7-9月、10-12月に分け、水温、流向、流速、流速北方成分、流速東方成分をグラフ化した(3ヶ月でA4用紙1枚)。25時間移動平均値についても同様のグラフを作成した。

マイクロソフト社のExcel2000、ジャストシステム社の花子10を用い、マクロを作成して各ニライの1時間間隔流速スティック図を作成した(鹿熊¹⁰⁾。25時間移動平均値についても同様のスティック図を作成した(約4ヶ月でA4用紙1枚)。また、ベクトルは時系列で横に並べたが、東西方向の流速成分が卓越する場合は見にくくなるため、縦に並べたスティック図も作成した。

ニライ10, 11, 12, 13, 14, 15号の潮流調和定数は、前回⁶⁾と同じ方法で求めた。表2に主要4分潮を含む8分潮の潮流調和定数を示した。表3に、ニライ別に全測定期間の平均流速(1時間測定値のスカラー平均)と32日間推算潮流の平均流速、その比を示した。

図2に、各ニライの日平均流のスティック図を示した。各ニライの全測定期間の日平均流成分、8方位流向、その平均流速を図3に示した。

表1 各ニライの流速・水温測定期間 N1:ニライ1号。点線は流速不正または欠測。矢印は観測継続中。

| | 1996 | | | | | | | | | | | | 1997 | | | | | | | | | | | | 1998 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|---|---|-------|---|---|---|---|---|----|----|----|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| N1 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N5 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N3 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N2 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N6 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N8 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N9 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| N7 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1999 | | | | | | | | | | | | 2000 | | | | | | | | | | | | 2001 | | | 1995 | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | N1 | | | | | | | | | | | |
| N1 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N8 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N9 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N7 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N3 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N12 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N11 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N13 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N14 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N6 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N10 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N2 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |
| N15 | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | | | | | | | | | | ----- | | | ----- | | | | | | | | | | | |

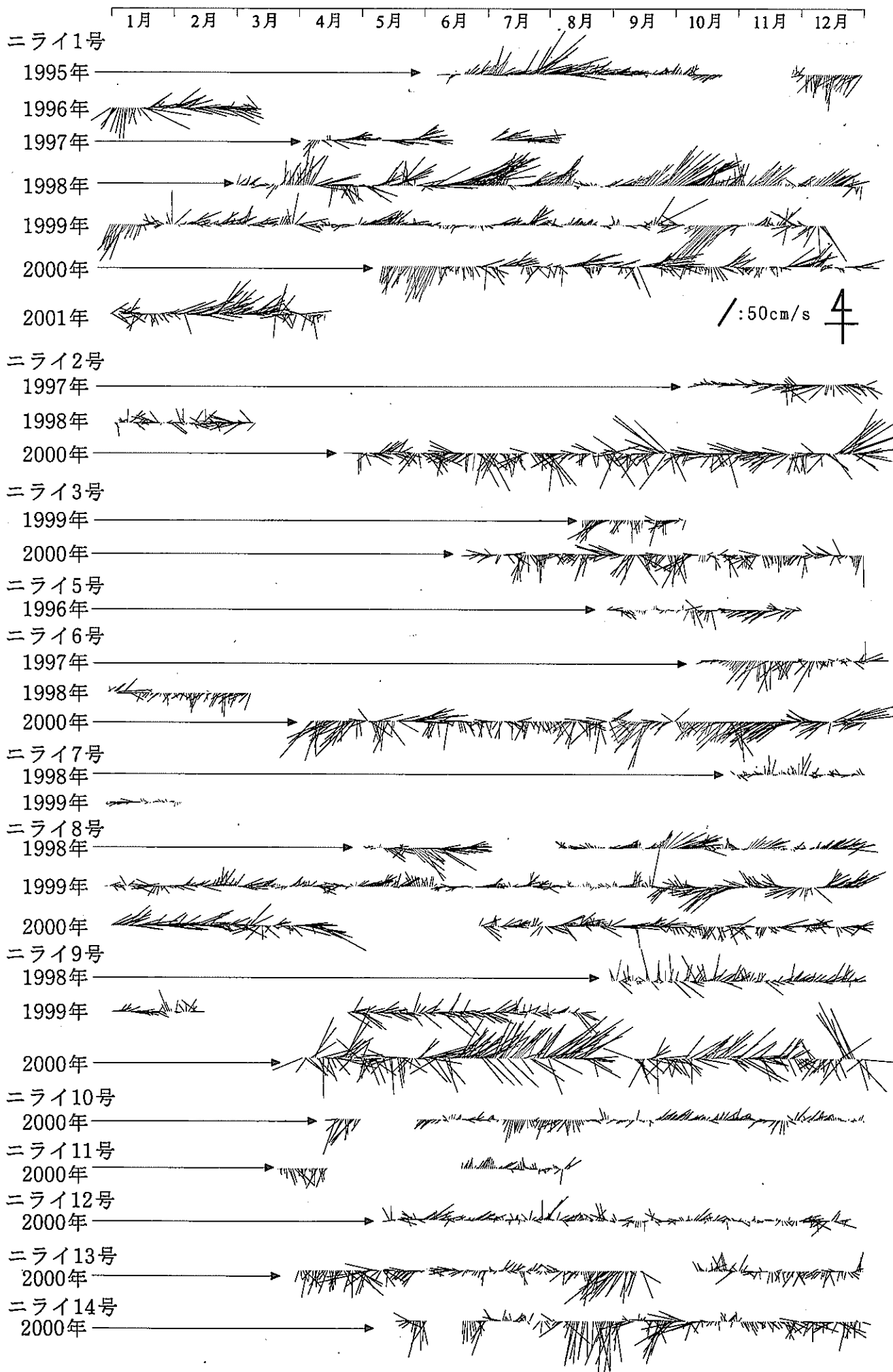


図2 各ニライの日平均流スティック図

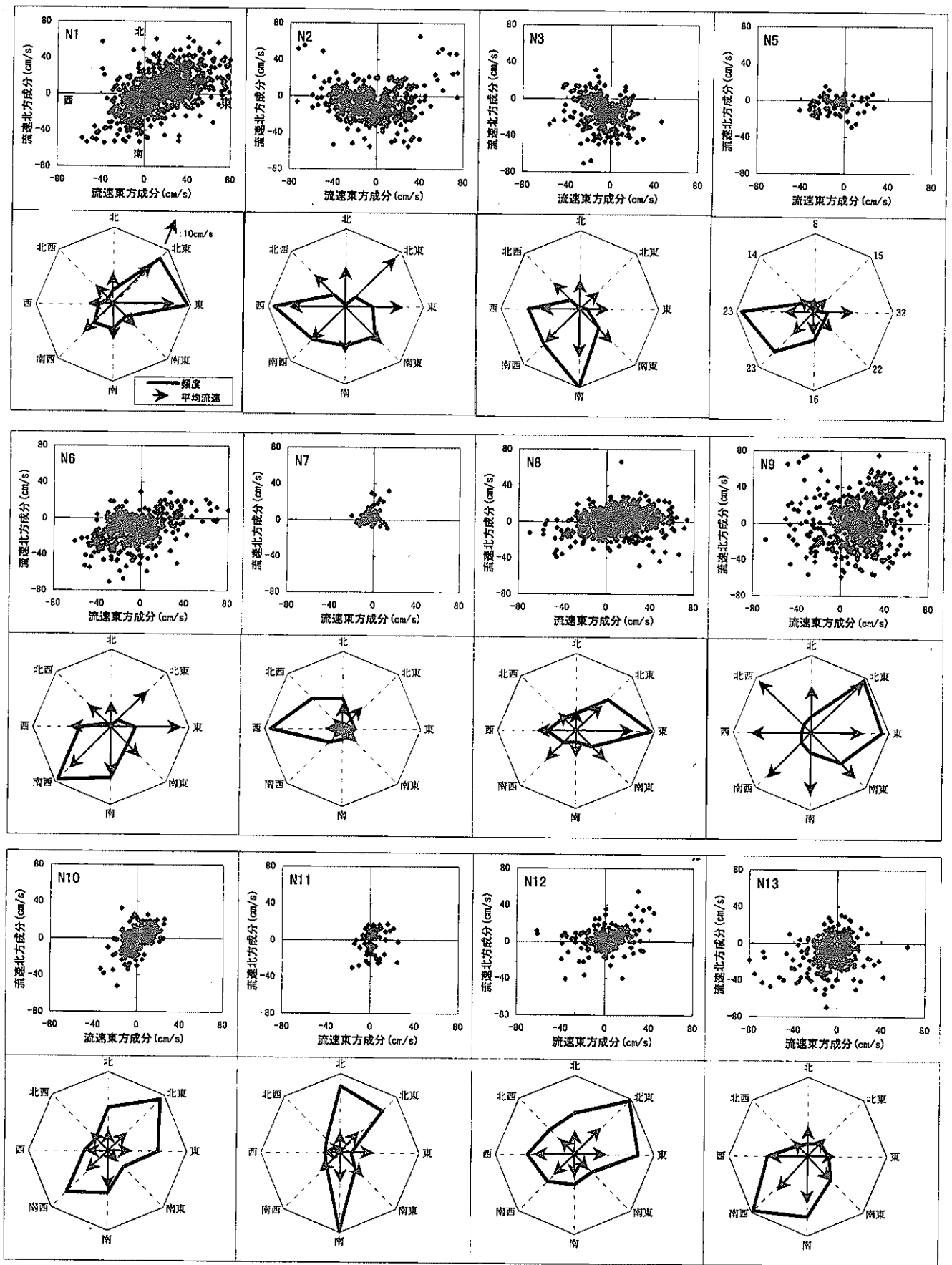


図3 各ニライの日平均流速成分・流向頻度・平均流速

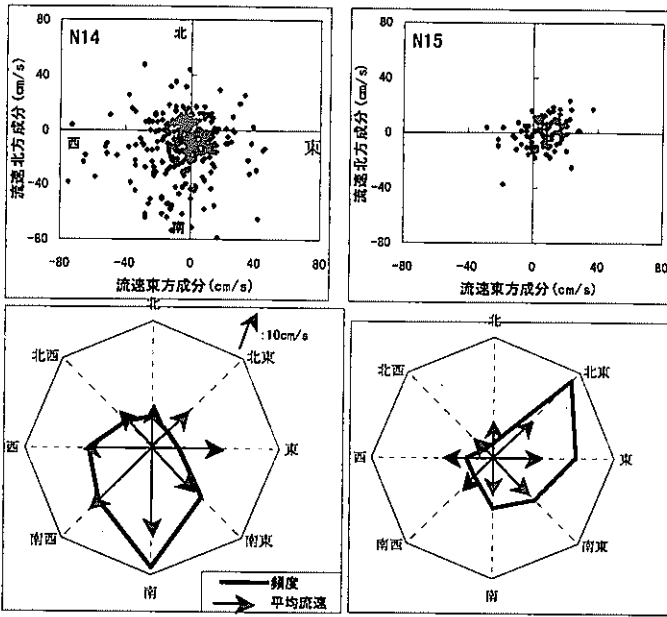


表4 各ニライの観測日数・平均流速・変動係数・
最多流向・その頻度と平均流速

| ニライ | 観測日数 (日) | 観測期間 | 平均流速 (cm/s) | 変動係数 N | E | 最多流向 | 頻度 (%) | 平均流速 (cm/s) |
|-----|----------|-------|-------------|--------|-----|------|--------|-------------|
| 1 | 1325 | 周年 | 25.4 | 0.7 | 0.9 | E | 30 | 31.9 |
| 2 | 477 | 周年 | 27.4 | 0.6 | 0.9 | W | 28 | 29.4 |
| 3 | 320 | 7-3月 | 22.5 | 0.7 | 0.6 | S | 34 | 24.2 |
| 5 | 97 | 8-11月 | 14.3 | 0.5 | 1 | W | 35 | 15.6 |
| 6 | 497 | 周年 | 26.5 | 0.6 | 0.9 | SW | 34 | 30.1 |
| 7 | 101 | 11-2月 | 8.8 | 0.9 | 0.7 | W | 35 | 8.7 |
| 8 | 880 | 周年 | 21.3 | 0.5 | 1 | E | 32 | 29.0 |
| 9 | 645 | 周年 | 31.8 | 0.8 | 0.7 | NE | 29 | 38.2 |
| 10 | 309 | 5-3月 | 12.6 | 0.9 | 0.8 | NE | 22 | 13.1 |
| 11 | 78 | 6-8月 | 12.8 | 1 | 0.6 | S | 27 | 15.2 |
| 12 | 264 | 5-12月 | 14.9 | 0.8 | 1 | NE | 22 | 18.5 |
| 13 | 390 | 周年 | 19.3 | 0.8 | 0.8 | SW | 28 | 22.7 |
| 14 | 344 | 周年 | 22.2 | 0.9 | 0.8 | S | 27 | 26.9 |
| 15 | 98 | 3-6月 | 15.3 | 0.7 | 0.8 | NE | 29 | 17.9 |

図3 各ニライの日平均流速成分・流向頻度・平均流速 (つづき)

表2 ニライにおける潮流調和定数 N:北方成分, E:東方成分, V:振幅(Knot), K:遅角(°)

| 分潮名 | | ニライ10号 | | ニライ11号 | | ニライ12号 | | ニライ13号 | | ニライ14号 | | ニライ15号 | |
|-------|---|--------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | V | K | V | K | V | K | V | K | V | K | V | K |
| O1 | N | 0.019 | 217 | 0.028 | 84 | 0.014 | 332 | 0.075 | 142 | 0.072 | 307 | 0.062 | 277 |
| | E | 0.034 | 293 | 0.004 | 262 | 0.035 | 162 | 0.063 | 218 | 0.047 | 64 | 0.025 | 270 |
| K1 | N | 0.052 | 234 | 0.095 | 343 | 0.022 | 248 | 0.039 | 346 | 0.143 | 300 | 0.111 | 95 |
| | E | 0.068 | 326 | 0.071 | 31 | 0.037 | 304 | 0.021 | 64 | 0.080 | 22 | 0.154 | 276 |
| P1 | N | 0.017 | 234 | 0.031 | 343 | 0.007 | 248 | 0.013 | 347 | 0.047 | 300 | 0.037 | 95 |
| | E | 0.023 | 326 | 0.023 | 31 | 0.012 | 304 | 0.021 | 64 | 0.027 | 22 | 0.051 | 276 |
| M2 | N | 0.067 | 353 | 0.039 | 122 | 0.083 | 300 | 0.062 | 270 | 0.058 | 299 | 0.051 | 227 |
| | E | 0.021 | 111 | 0.034 | 351 | 0.091 | 20 | 0.080 | 39 | 0.051 | 115 | 0.015 | 67 |
| S2 | N | 0.046 | 64 | 0.043 | 210 | 0.043 | 333 | 0.026 | 344 | 0.120 | 24 | 0.008 | 65 |
| | E | 0.026 | 185 | 0.011 | 256 | 0.028 | 57 | 0.038 | 90 | 0.067 | 145 | 0.026 | 80 |
| K2 | N | 0.012 | 64 | 0.012 | 210 | 0.012 | 333 | 0.007 | 342 | 0.033 | 24 | 0.002 | 65 |
| | E | 0.007 | 185 | 0.003 | 256 | 0.008 | 57 | 0.010 | 90 | 0.018 | 145 | 0.007 | 80 |
| M4 | N | 0.019 | 160 | 0.021 | 118 | 0.011 | 101 | 0.014 | 331 | 0.029 | 258 | 0.013 | 166 |
| | E | 0.010 | 247 | 0.010 | 112 | 0.015 | 140 | 0.011 | 75 | 0.016 | 78 | 0.012 | 15 |
| MS4 | N | 0.028 | 295 | 0.012 | 188 | 0.010 | 319 | 0.010 | 4 | 0.018 | 342 | 0.013 | 171 |
| | E | 0.016 | 27 | 0.010 | 242 | 0.006 | 303 | 0.012 | 237 | 0.042 | 186 | 0.013 | 144 |
| 流速計 | | RCM7 | | RCM7 | | DCS3500 | | DCS3500 | | DCS3500 | | DCS3500 | |
| 平均回数 | | 1 | | 1 | | 1 | | 3 | | 1 | | 1 | |
| 1日/半日 | | 1.01 | | 1.53 | | 0.46 | | 0.97 | | 1.16 | | 3.19 | |

表3 調和解析期間の平均流速と推算潮流の平均流速

単位:cm/s

| | ニライ10号 | ニライ11号 | ニライ12号 | ニライ13号 | ニライ14号 | ニライ15号 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 平均流速 | 15 | 16 | 16.9 | 24.9 | 26.8 | 22.5 |
| 潮流流速 | 5 | 6 | 5 | 5 | 9 | 5 |
| 比率 | 34% | 35% | 30% | 20% | 32% | 24% |

表4に、各ニライの観測日数、主な観測期間、平均流速、流速成分変動係数、最多流向、その頻度と平均流速を示した。流れの変化しやすさを見るため、

流速成分の標準偏差と平均流速との比をとり変動係数とした。数値が大きいくほど変化しやすい。(図1に、各ニライの最多流向とその平均流速を示した。)*1

*1 日平均流について各種グラフを作成した：各ニライの日平均流の流速、北方成分、東方成分(1年間でA4用紙1枚)；各ニライ、各年の流速成分XYグラフ(夏季・冬季の季節風の影響がわかるように色分けした。1年間・全ニライでA4用紙2枚)；各ニライ各年の日平均流成分、8方位流向、その平均流速(1年間・全ニライでA4用紙2枚)。

4. 考察 (各ニライ漁場での流況特性)

ニライ1号：知念南東。最も長く流れを測定した地区である。1995年～1999年の時間平均流の速さは34cm/s(日平均流速より大きくなる)、推算潮流流速は5cm/s(平均流速の15%)、半日周潮より日周潮のほうが大きい⁶⁾。北東-南西方向の流れが多いが、これはこの方向に等深線が並ぶ海底地形に関係していると思う。季節風により冬は南向き、夏は北向きの流れとなることが多い。これは他のニライ漁場にも同じことが言える(本報「耐久性浮魚礁漁場の吹送流」参照)。8方位日平均流最多流向は東、頻度は30%で、その平均流速は31.9cm/sだった。他のニライ漁場も含め、最多流向の流速は、全方位の平均流速よりも大きかった。変動係数は流速北方成分が0.7、東方成分は0.9だった。北東への流れの頻度も高く平均流速も大きかった。ニライ1号で東や北東の流れの時は、西側のニライ8号でも東の流れとなっていることが多かった。那覇-先島間を往復するフェリー「飛龍21」のADCP観測結果では、この時、その西側の海域も強い東流となっていることが多く、黒潮から派生した流れと推測された¹⁾(水温もニライ8号→ニライ1号の順で西から急に上昇することが多かった⁹⁾)。中規模暖水渦の北側に位置することで、東-北東の流れが強化され、1Kt以上の強い流れとなる可能性もある。想定される吹送流を除いた流速北東方成分には37日の周期があった²⁾。

ニライ2号：宮古島南。時間平均流流速は25cm/s、推算潮流流速は10cm/s(41%)だった。半日周潮のほうが大きい。ニライ2号は宮古島の南西約50km、水深1200mの地点に位置するが、14のニライ漁場のなかで最も潮流の比率の高い漁場である⁶⁾。東-西の流れが多かった。沿岸漁場整備開発事業による中層パヤオ設置事業では、1地区につき3基のパヤオを卓越する流向に直角に並べる計画である。この漁場では南北方向に並べることになる。最多流向は西だった。宮古島南方には宮古沖冷水渦が存在することが知られており、NOAAの海面水温画像やTOPEX/POSEIDON海面高度画像でも確認できる。常時同じ場所に存在するわけではないが、他の中規模渦と比べると、長期間当海域に存在する傾向

がある。この漁場で西の流れが多いのは、この渦の影響だと思う。

ニライ3号：久米島北東。時間平均流流速は25cm/s、潮流流速は9cm/s(36%)だった。黒潮反流域に位置するため、南よりの流れが多かった。最多流向は南、頻度は34%で、その平均流速は24.2cm/sだった。

ニライ5号：金武東。97日間しか流速を測定していないが、8-11月に測定したため、偏った季節風の影響は少ないものと思う。時間平均流流速は16cm/s、潮流流速は4cm/s(26%)だった。東-西方向の流れが多く、流速は全般に小さかった。最多流向は西だった。

ニライ6号：石垣島南。時間平均流流速は19cm/s、潮流流速は4cm/s(34%)だった(最新のデータを加えると時間平均流流速は27cm/s)。北東-南西方向の流れが多く、最多流向は南西だった。南西の流れが多いのは、宮古沖冷水渦の影響だと思う。

ニライ7号：本部西。101日間しか流速を測定していない。11-2月の測定のため、季節風の影響を受けたものと思う。時間平均流速は12cm/s、潮流流速は4cm/s(19%)だった。最多流向は西で、全般に流速は小さかった。

ニライ8号：糸満南。時間平均流流速は20cm/s、潮流流速は6cm/s(29%)だった。東-西方向の流れが多く、変動係数も流速北方成分の0.5に対し、東方成分は1.0だった。最多流向は東だった。ニライ8号での流況は、東方に位置するニライ1号の流況と似ているが、時々両者が異なり、間に潮目が形成されることが海洋レーダの観測で確認された。この際、水温フロントが形成されることもあった⁸⁾。当海域が西の流れになる時は、冷水渦が接近していることが多い(本報「沖縄島南方の中規模渦と湧昇現象」参照)。想定される吹送流を除いた流速東方成分には36日の周期があった⁹⁾。

ニライ9号：与那国島南西。時間平均流流速は21cm/s、潮流流速は5cm/s(24%)だった(最新のデータを加えると時間平均流流速は34cm/s)。最多流向は北東だった。14漁場で唯一黒潮流軸が位置することがあり、その際は北東の強い流れとなる。黒潮流軸の東西移動には約1ヶ月の周期があった(鹿熊・

森永¹¹⁾。黒潮流軸が西に寄ると南東の流れになる傾向があった。流速北方成分・東方成分をスペクトル解析した結果、各々16日、18日の周期があった。流速は全般に速く、全ニライ漁場で最大だった。

ニライ10号：国頭東。時間平均流流速等は表3に示した。全般に流速は小さく、北東-南西方向の流れが多かった。最多流向は北東だった。

ニライ11号：中城湾東。78日間しか流速を測定していない。6-8月の測定なので南よりの季節風の影響を受けたものと思うが、南よりの流れが多かった。全般に流速は小さく、流向も不安定だった。最多流向は南だった。

ニライ12号：西表島北。264日間流速を測定したが、冬季に流速計が不調となったため、5-12月の測定である。季節風の影響を受けたものと思う。全般に流速は小さく、流向も不安定だった。最多流向は北東だった。黒潮の影響を受けていた可能性もある。

ニライ13号：粟国島北。最多流向は南西だった。黒潮反流域に位置するため南~南西の流れが多いが、西南西に位置するニライ3号や北東に位置するニライ14号で南流が多いのに比べ、南西流が多かった。想定される潮流、吹送流を除いた流速東方成分に12日、20日、24日の周期があった(本報「耐久性浮魚礁漁場の吹送流」)。

ニライ14号：伊平屋島西。最多流向は南だった。黒潮反流域に位置するため、南-南西の流れが多い。

ニライ15号：宮古島北西。2001年3月末に設置されたため、測定日数は98日と短い。3-6月の測定なので季節風の影響はそれ程大きくないと思う。最多流向は北東だった。黒潮の影響を受けていた可能性もある。

5. 今後の課題

ニライ5, 7, 11号等観測日数の短い漁場では、流向流速観測を継続し、より精度の高い情報を得る必要がある。

ニライ10, 11, 12, 14, 15号の潮流調和定数は、1回の32昼夜データから求めたものである。データが蓄積された後、数回分を平均処理する必要がある。

文 献

- 1) 鹿熊信一郎(1997)：耐久性浮魚礁周辺の流況と漁況。平成7年度沖水試事報。99-102.
- 2) 鹿熊信一郎・森永健司(2000)：沖縄島南東パヤオ漁場の残差流。平成10年度沖水試事報。61-63.
- 3) 鹿熊信一郎・森永健司(2001)：沖縄近海における中規模渦の動向。平成11年度沖水試事報。52-56.
- 4) 鹿熊信一郎(1998)：パヤオ漁場調査。平成8年度沖水試事報。23-25.
- 5) 鹿熊信一郎(1999)：海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業・パヤオ漁場調査。平成9年度沖水試事報。55-62.
- 6) 鹿熊信一郎(2000)：海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業・パヤオ漁場調査。平成10年度沖水試事報。58-60.
- 7) 鹿熊信一郎・前田訓次・増田悦久・灘井章嗣(1997)：海洋短波レーダーによる流況観測とパヤオ漁況について2。平成7年度沖水試事報。86-87.
- 8) 鹿熊信一郎・藤井智史・佐藤健治・藤家亘(2000)：短波海洋レーダによる流況観測とパヤオ漁況について3。平成10年度沖水試事報。64-66.
- 9) 鹿熊信一郎(2001)：海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業・ニライテレメトリーシステムの構築。平成11年度沖水試事報。45-48.
- 10) 鹿熊信一郎(2000)：表計算・描画ソフトによる流速ベクトルの図化。平成10年度沖水試事報。67-68.
- 11) 鹿熊信一郎・森永健司(1997)：那覇-石垣間における流況とパヤオ漁業について2。平成7年度沖水試事報。92-95.