

# 耐久性浮魚礁漁場の吹送流\*1

鹿熊信一郎

## 1. 目的

風と流れの関係がわかれば、パヤオ漁業、マグロ延縄漁業、ソデイカ漁業に有用な情報となるだけでなく、サンゴや重要魚介類の卵・幼生の輸送・供給状況の解明にも役立つ。海上を長時間風が吹くと、応力によって風向やや右に吹送流が生じる(通常流向は流れ去る方向、風向は吹いて来る方向であるが、ここでは風向も吹き去る方向とする)。エクマンの理論では、吹送流の流向は海面で風向の右45度、エクマン層\*2全体では右90度となり、流速は風速の3%程度となる(柳<sup>1)</sup>)。実際の海では、風は不安定なので、理論どりの吹送流とはならないが、海上保安庁は、漂流者・漂流物の漂流予測のために、経験値から吹送流は風向の右15度、流速は風速の約2%として計算しているらしい。1998年4月1日~1999年3月31日の知念沖耐久性浮魚礁(ニライ)1号の水深4m部日平均流と糸数気象観測所の日平均風を比較した結果、流速北東方成分は風速北方成分と有意な相関があり、吹送流の速さは風速の3.3%と計算された(鹿熊・森永<sup>2)</sup>)。

吹送流が、どの方向へどの程度の速さで流れるのかを知ることは、パヤオ漁場の流れの予測に役立つだけでなく、これを実測値から除くことで、中規模渦や黒潮変動に伴う流れをより正確に把握することにもつながる。ニライ12, 13, 14, 15号では、流速とともに風速も測定しているため、今回1時間間隔の両測定値を比較した。

## 2. 方法

ニライ12, 13, 14, 15号の位置を図1に示した。アーンデラー社のドップラー流速計DCS3500をニライの水深4m部に鋼管で固定し、風向風速計は浮体の海面上約7mの部分に固定して1時間に1回測定した。流速計、風速計のいずれかが不調であることが多く、適正と思われるデータセットが得られた次の期間のデータを使用した。

ニライ	開始年月日	終了年月日	データ数
12	2000年5月15日	2000年12月14日	5122
13	2000年4月1日	2000年7月27日	2755
14	2000年7月1日	2001年2月28日	5220
15	2001年3月17日	2001年6月24日	2144

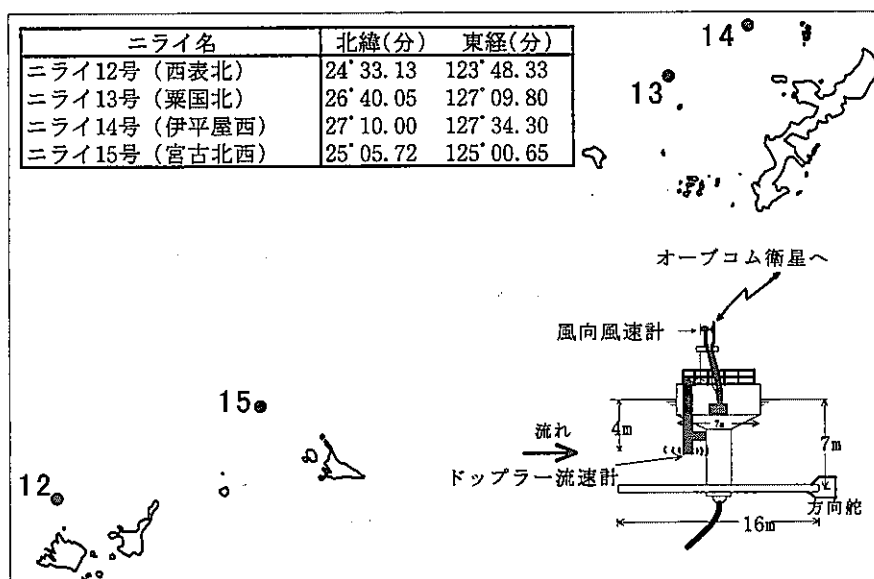


図1 ニライ12, 13, 14, 15号の位置図, 構造模式図

\*1 海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業の一環。

\*2 緯度や鉛直渦動粘性係数で変化するが、海面から水深10-50mの層。

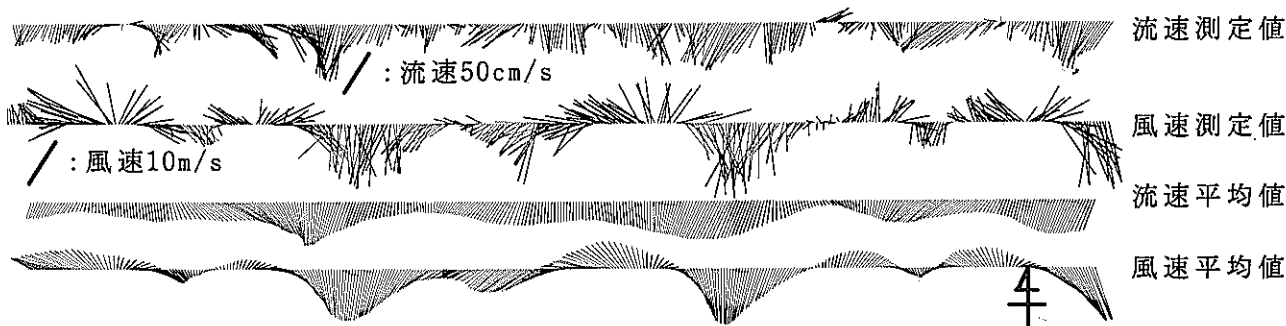


図2 ニライ13号 2000年4月1日～4月15日 流速・風速スティック図

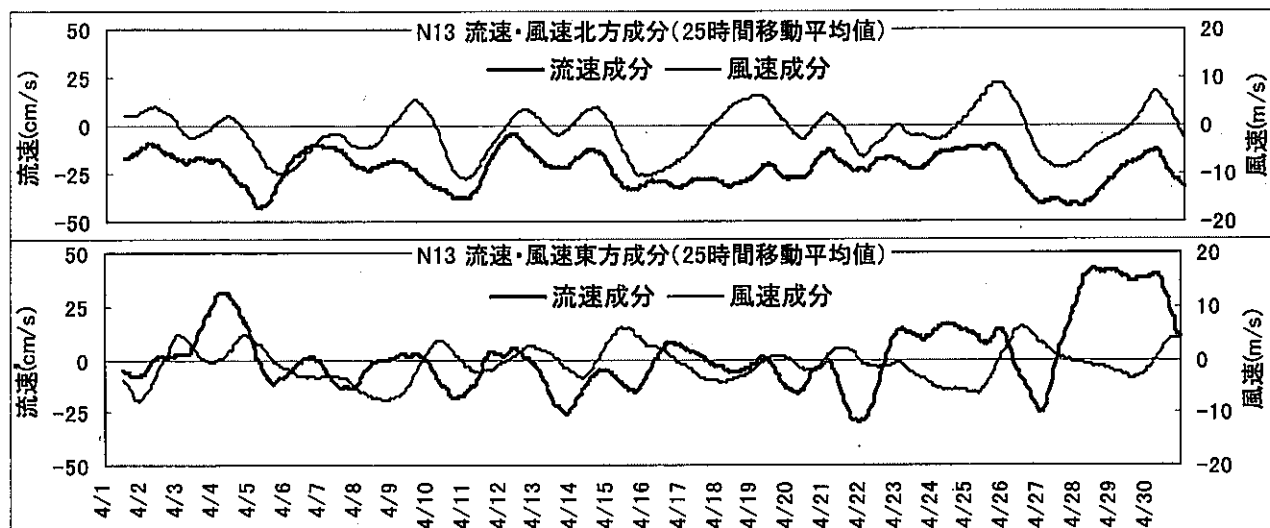


図3 ニライ13号 2000年4月1日～4月30日 流速・風速北方成分, 東方成分

風速の1時間間隔測定値(以後, 測定値)北方成分・東方成分と流速の測定値北方成分・東方成分とを回帰分析し, 相関係数( $r$ ),  $p$ 値,  $X$ 係数(吹送流の速さが風速の何%なのかを示す)を求めた. 各々の25時間移動平均値(以後, 平均値)についても同様に回帰分析した.

次に, 流速0度(真北)成分から始めて, 90度まで1度ずつずらした流速成分を計算し, これと風速北方成分を回帰分析した. さらに, 風の応力が吹送流に変わるまでの時間差の影響をみるため, 流速成分に1時間ずつ8時間まで時間差を与えて同じ回帰分析をおこなった. 東方成分, 平均値についても同様の処理をおこない, 各々につき, 最も $r$ が高くなる組み合わせを求めた. 計算処理には, マイクロソフト社の表計算ソフトExcelのマクロを使った.

### 3. 結果

ニライ13号の2000年4月1日～4月15日における流速・風速のスティック図を図2に示した. 4月1日～4月30日における流速・風速北方成分, 東方成分

を図3に示した. 北方成分は流れと風がよく対応したが, 東方成分の対応は悪かった. ニライ13号の風速北方成分と流速北方成分の関係を図4に示した.  $r=0.36$ ,  $p$ 値は $n$ が大きいので $9E-85$ となった.  $X$ 係数は1.1%だった.

各々の平均値の関係を図5に示した.  $r=0.43$ ,  $p$ 値=

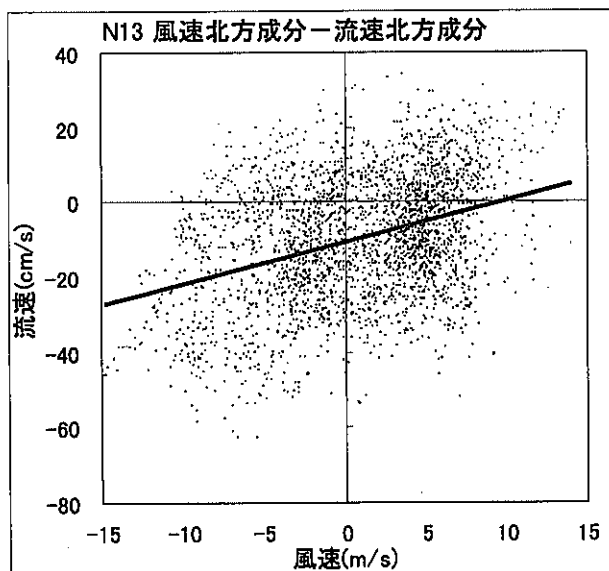


図4 ニライ13号風速北方成分－流速北方成分

2E-123, X係数=1.3%だった。各回帰分析の結果, 最もrが高かった組み合わせを表1に示した。rの変化の例として, ニライ13号の風速北方成分に対して, 流速成分を0度から90度, 時間差を0時間から8時間まで変化させた場合(91×9=819セット)を図6に示した。

ニライ13号の風速北方成分に対しては, 2時間後の流速33度(北北東)成分との相関が最も高かった( $r=0.40$ ,  $p=3E-106$ , X係数=1.3%)。この平均値では, 時間差0, 流速32度成分との相関が最も高くなり, 今回の分析の最高値 $r=0.50$ だった( $p=2E-174$ , X係数=1.5%)。両者の関係を図7に示した。風速東方成分と流速東方成分の相関は, 北方成分間と比べて低かった。7時間後の流速147度(南東)成分との相関が最も高かった( $r=0.23$ ,  $p=1E-35$ , X係数=0.9%)。平均値では, 時間差0, 流速131度成分,  $r=0.29$ ,  $p=6E-54$ , X係数=1.1%が最も相関が高かった。

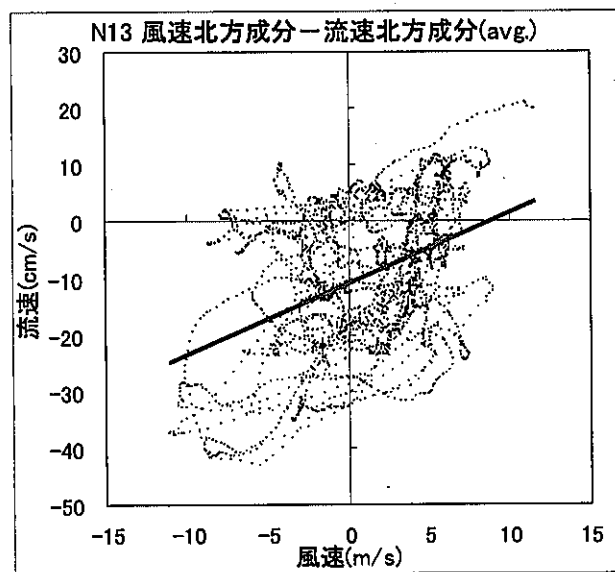


図5 ニライ13号風速北方成分—流速北方成分(平均値)

表1 回帰分析結果  $\theta$ : 流速成分のずれ角

ニライ	使用値	風速成分	時間差	$\theta$	r	p値	X係数
N13	測定値	北方	2	33	0.40	3E-106	1.3
N13	測定値	東方	7	57	0.23	1E-35	0.9
N13	平均値	北方	0	32	0.50	2E-174	1.5
N13	平均値	東方	0	41	0.29	6E-54	1.1
N12	測定値	北方	3	46	0.29	6E-98	0.7
N12	測定値	東方	0	0	0.12	6E-17	0.4
N12	平均値	北方	0	32	0.48	3E-299	1.1
N12	平均値	東方	0	0	0.17	8E-36	0.6
N14	測定値	北方	2	0	0.21	5E-53	0.6
N14	測定値	東方	5	14	0.20	5E-50	0.8
N14	平均値	北方	8	40	0.24	2E-69	1.0
N14	平均値	東方	8	5	0.29	5E-105	1.0
N15	測定値	北方	3	6	0.27	7E-37	0.7
N15	測定値	東方	2	0	0.17	8E-16	0.7
N15	平均値	北方	0	0	0.34	8E-60	0.7
N15	平均値	東方	2	0	0.22	2E-24	0.8

ニライ12号の風速北方成分に対しては, 3時間後の流速46度成分が $r=0.29$ ,  $p=6E-98$ , X係数=0.7%だった。平均値では, 時間差0, 32度成分,  $r=0.48$ ,  $P=3E-299$ , X係数=1.1%のケースだった。風速東方成分と流速東-南方成分との相関は北方成分と比べて低かった。

ニライ14号, 15号のrは, 風速北方・東方成分ともにニライ13号, 12号よりも全般に小さかった。ニライ14号の平均値を除くと, 風速東方成分との相関は北方成分との相関よりも低かった。

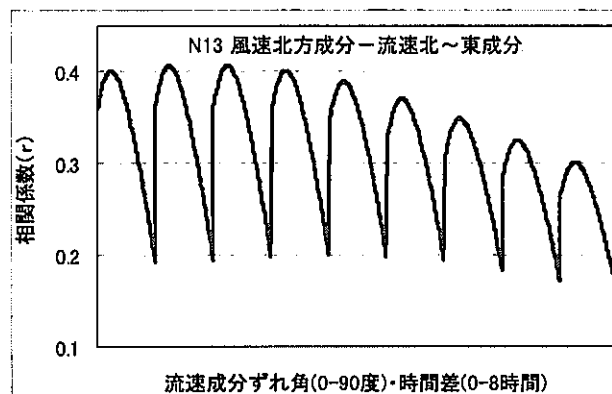


図6 風速成分—流速成分相関係数の変化

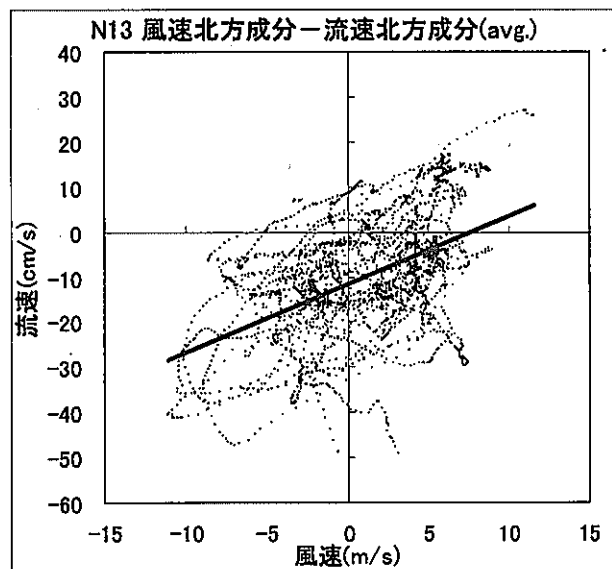


図7 ニライ13号風速北方成分—流速32度成分(平均値)

#### 4. 考察

風速成分と流速成分との相関係数rが大きいほどX係数も大きくなる傾向があった。図8にrとX係数の関係を示した。この関係は1%の水準で有意で, 仮にrを1とすると, X係数は2.5%となる。これは, 吹送流の速さの理論値(風速の3%)と大きな差はない。流速成分のずれ角や時間差とrの間には関係はな

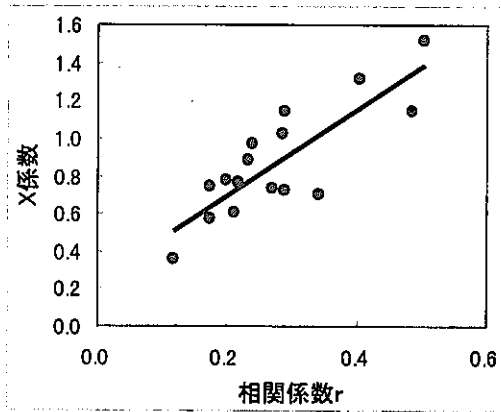


図8 相関係数とX係数の関係

かった。

ニライ13号について、風速が4m以上の場合だけで同じ回帰分析をおこなった結果、風速北方成分と、1時間遅れの流速27度成分とのrは0.52になった。風速東方成分、他のニライでもrは大きくなった。

ニライ13号の流速測定結果を調和解析し(鹿熊<sup>3)</sup>、本報「耐久性浮魚礁の流況特性」)、2000年4月1日-7月27日の推算潮流を求めた(正確を期すため、通常の8分潮でなく29分潮の調和定数を使った)。図9に4月1日-5月2日の推算潮流と25時間平均流を除いた実測流の北方成分を示した。次に、実測流から推算潮流を除き、風速成分と回帰分析した。この結果、風速北方成分と1時間後の流速22度成分とのrは0.41となり、推算潮流を除かなかつた場合とほとんど同じだった。風速東方成分についても同様だった

( $r=0.24$ , 0.01大)。\*

ニライ13号の吹送流を、風の2時間遅れ、風向の右 32度へ風速の2.5%と仮定し、実測流から吹送流

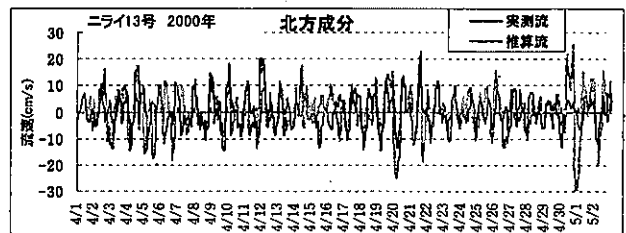


図9 ニライ13号実測流-推算潮流

を除いた(推算潮流も除いた)。図8に実測流と処理後の流れの東方成分(25時間移動平均値)を示した。処理後の流れの北方・東方成分をスペクトル解析した結果、東方成分に12日、20日、24日の周期が認められた。この周期は黒潮変動と関係していると思われる。

#### 文献

- 1) 柳哲雄：8.吹送流,「沿岸海洋学」, 恒星社厚生閣, 76-82.
- 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(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.

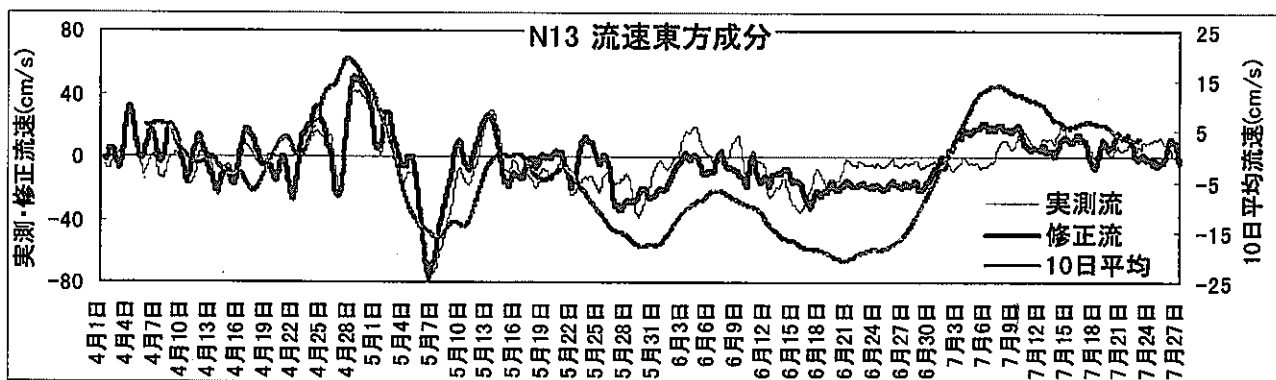


図10 ニライ13号実測流-推算潮流・吹送流を除いた流れ, その10日平均(東方成分)

\*1 調和解析では、25時間移動平均流を残差流として、ハイパスフィルターをかけている。しかし、25時間以内周期の吹送流変動を、ある分潮の成分として加算してしまった可能性がある。これが、潮流を除いても風速と流速の相関がそれ程高くなかなかつた理由の1つと考えられる。このため、仮定した吹送流を除いた実測流を再度調和解析し推算潮流を求めた。これを実測流から除いて風速成分と回帰分析したところ、rはほとんど変わらなかつた(風速北方成分：0.41, 風速東方成分：0.24)。

測定期間の実測流の平均流速は24cm/sだった。これに対し、推算潮流の平均流速は8cm/s(実測流の33%)、想定した吹送流の平均流速は16cm/s(実測流の66%)だった。