

1-3 調査計画

1-3-1 セスナ機による目視観察

個体数推定のためのデータはもっぱらセスナ機による上空からの目視観察により得た。スナメリはふつう1~3頭程度の小さな群れを作るので、高速で移動するセスナ機からでも、群れ構成頭数の計測は他の鯨種に較べて行いやすく、しかも沿岸海域に出現するという点で飛行場からの移動距離が短くて済み、セスナ機目視観察に適した種類といえる。

スナメリはいつも海面付近にいるとは限らないため、上空観察による見落としは不可避である。つまり発見率は100%とは限らない。調査線上の発見率 $g(0)$ の推定は個体数の正確な推定に必要であるが、 $g(0)$ は群れの大きさ、濁度、目視の方法（飛行の速度や高度、飛行機の種類、観察の方法）などの影響を受け、しかもこの推定には手間と費用がかかる。 $g(0)$ を100%とみなして安全を見積もった低めの推定値を与えることは保全の面で意味があるし、このような推定値をもとに現在と将来あるいは海域間の生息密度の比較も可能である。限られた予算の範囲でより広い海域を調査するため、 $g(0)$ の推定は今回の調査では行わないこととした。

1-3-2 調査海域の選択

調査海域は有明海・橘湾、大村湾、瀬戸内海、伊勢湾・三河湾、仙台湾~内房沿岸の5海域とする。これ以外の海域でもスナメリの出現記録が得られているが、生息密度に関する詳しい情報は無い。出現の確認より個体数の推定に焦点をあてることと予算の関係から、上記5海域に限って調査を行うこととした。

1-3-3 海域別の調査回数

予算規模から考えて、5海域ともに1回の調査を原則とする。なお、調査回数は飛行回数のことではない。例えば、海域面積が広く1回の飛行で全域をカバーできない瀬戸内海でかりに8日間かけて複数回の飛行を行っても、瀬戸内海の調査回数は1回とみなす。異なる時期に同一海域を同一方法で繰り返して調査をしないという意味である。

ただし、大村湾についてはこの原則を適用しない。大村湾個体群は、既に述べたように、危機的状況にある可能性がある。この海域は1993-94年に目視調査が行われ、187頭の推定値が示されている(Yoshida *et al.*, 1998)。個体数の推定精度は変動係数（推定値の分散の平方根/推定値）で20.1%で、推定値の幅（95%信頼区間）は127-277頭と決して狭くない。かりに1993年に真の個体数が200頭、2000年には30%減の140頭になったとしても、この程度の精度では個体数の減少を検出できない恐れがある。将来のモニタリングの可能性を考慮して、精度を上げるために、2回の調査を行うこととした。（湾内に空港があり、調査海域への移動時間のロスがなく、また狭い湾であるので、1回約2時間の飛行（離陸から着陸までの時間、

調査時間は 1. 2 時間) で大村湾全域の調査が可能である)

1-3-4 目視方法の統一

海域間の密度の比較のために目視方法を以下の点で統一する.

使用するセスナ機：パイロットを含め 4 人乗り

1 回の飛行に参加する調査員：観察者 2 名と記録係 1 名

飛行高度：法律で決められた最も低い高度の 500 フィート (150m)

飛行速度：80~90 ノット (時速 148~167km)

目視方法：ライントランセクト法に基づく視野固定方式 (長崎方式)

今回、調査線上の発見率 $g(0)$ の推定は行わないが、海域ごとに目視方法を変えると $g(0)$ が変化するかもしれない、海域間の密度の比較が困難になる。この点で、目視方法の統一は必要である。4 人乗りのセスナ機に固定するのはチャーター費が最も安いことと調査員の確保の点からである。飛行高度については、高度を上げると、観察面積が広がるかわりにスナメリを発見しにくくなる。高度を下げると、スナメリを発見しやすくなるかわりにセスナ機の爆音で水面付近にいた個体が水中に潜る危険性がある。長崎周辺での予備飛行実験から、高度 500 フィートがベストとの判断を得ている。飛行速度についても費用と発見の容易さのトレードオフがあるが、可能な限り速度を落とす方が良いとの判断を得ている。目視方法としては、鯨類の調査に広く用いられているライントランセクト法 (1-5-1 参照) を採用する。この方法では調査線と発見個体との距離 (横距離) の測定が必要である。その方法として長崎方式を採用する。これはセスナ機の窓に透明シートを貼り、窓と眼の距離を一定に保ちつつ (発泡スチロールでつくった台を観察者と窓の間に置く)、窓からスナメリが見えた所を透明シート上に打点する方式で、セスナ機が既知の高度を水平飛行している限り、横距離を算出できる (図 1-3)。この方式の利点として、スナメリの発見位置 (緯度・経度) が発見時のセスナ機の位置と横距離から求められることが挙げられ、分布に関する情報が得られる。

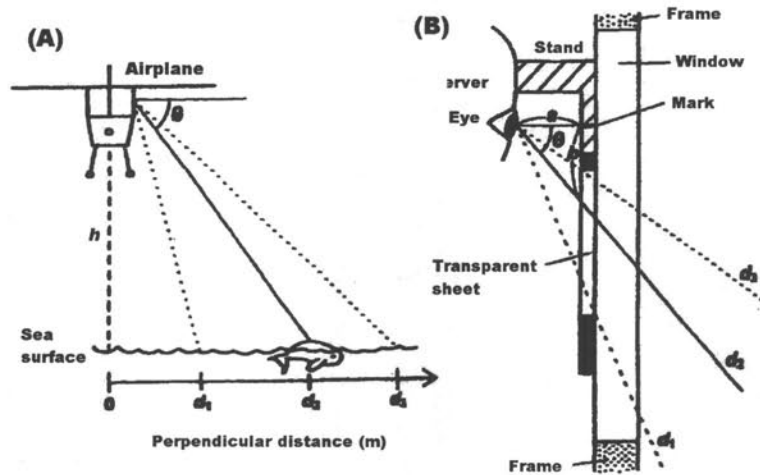


図 1-3 セスナ機からの目視観察の方法 (長崎方式)

1-4 実際の調査計画立案にあたり考慮すべき点

1-4-1 分布, 個体数に関する既往知見

アドバイザーの粕谷俊雄氏より提供された知見を含め, 日本全域あるいは各調査海域での知見を整理し, 調査の参考とした.

日本全域の分布

全国の漁業協同組合にスナメリ発見の有無を問うアンケートを実施したところ (Shirakihara *et al.*, 1992), 主たる分布域(スナメリを見たことがあると回答した漁協が多かった海域)は有明海, 八代海, 橘湾, 大村湾, 響灘(博多湾 山口県日本海側), 瀬戸内海, 伊勢湾, 三河湾, 東京湾から仙台湾で, この他, 相模湾, 島根県の一部の漁協からも見たことがあるとの回答が得られた (図 1-4). 主たる分布域に共通する地形的特徴は水深 50m 以浅域が沖合に広がる遠浅で岩場でないことであった.

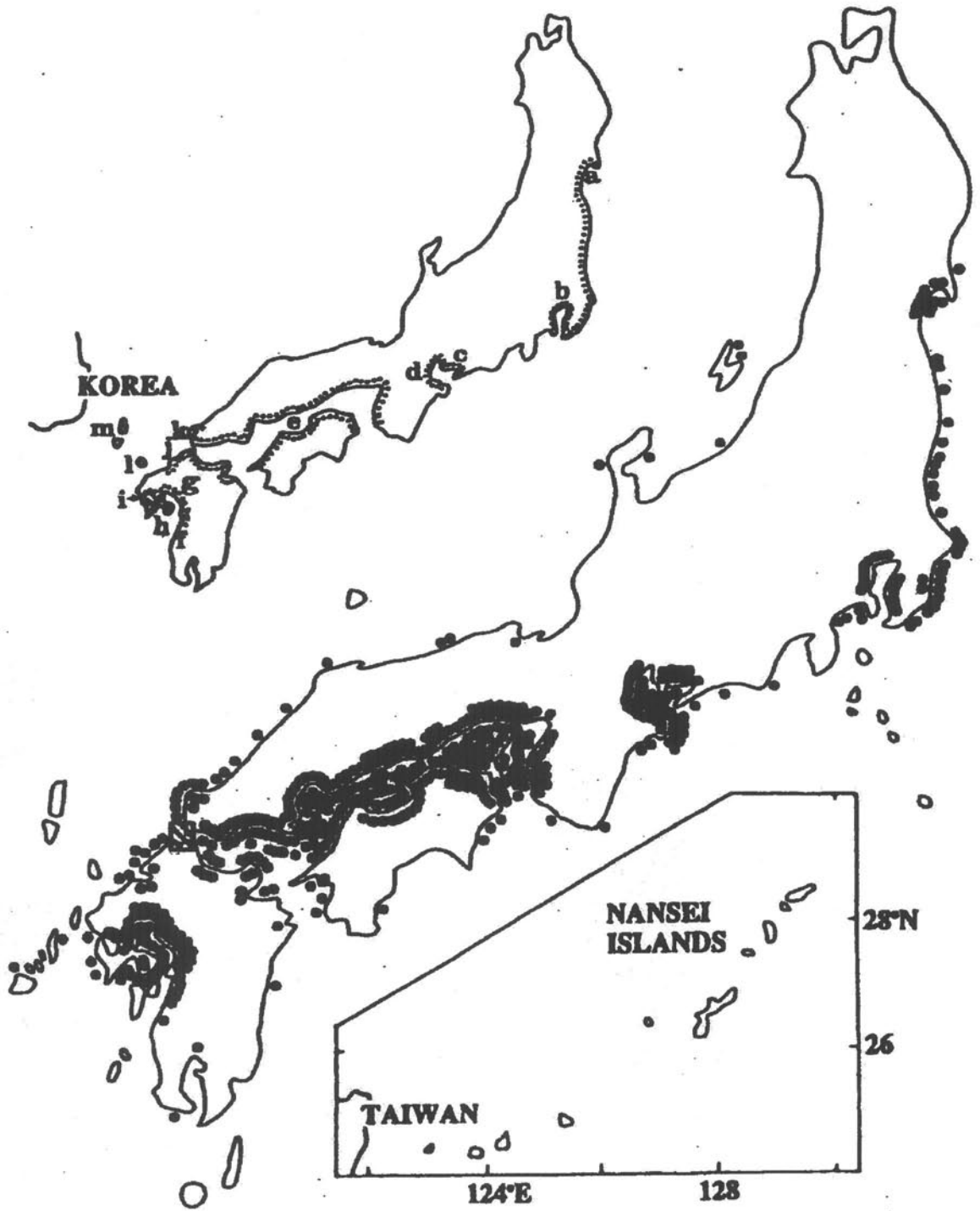


図1-4 北海道を除く全国の漁業協同組合へのスナメリ発見有無のアンケート調査に対して「スナメリを見たことがある」と返答した漁業協同組合の場所。アンケート調査に返答した漁協は海岸線を広く覆っていると考えてよい。上の図は、分布についての既往知見も踏まえて、想定した主要分布域（点線部の沿岸域）。Shirakihara *et al.* (1992) より。

大村湾

1989-91年に船による(Shirakihara *et al.*, 1994), 1993-94年に飛行機による目視調査が行われた(Yoshida *et al.*, 1998). 前者では, スナメリは春に沿岸から沖合にかけて発見されたが, 他の季節では岸寄りの発見が多かった. 後者では, 5月は全域的な分布を示し, 他の季節は沿岸寄りで発見があった. 飛行機目視による個体数推定値は187頭であった(調査ライン上の発見率 $g(0)$ を100%として $g(0)$ 補正せず). 飛行機目視で得られた生息密度は5月が最大で(他の季節の推定値との統計的差は認められず), 0.6 頭/ km^2 ($g(0)=100\%$)であった.

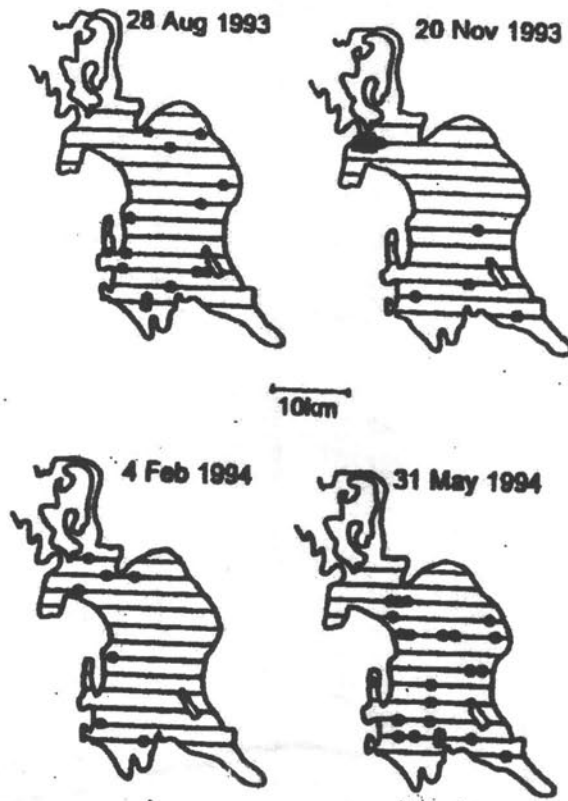


図1-5 大村湾での調査線と群れの発見位置. Yoshida *et al.* (1998) より.

有明海・橘湾

1988-92年にフェリーによる(Shirakihara *et al.*, 1994), 1993-94年に飛行機による目視調査が行われた(Yoshida *et al.*, 1997). 飛行機目視から有明海ではほぼ全域的に, 橘湾では東部中央域での発見が多かった. 八代海北部では発見がなかった. 飛行機目視による個体数推定値は3093頭($g(0)=100\%$)であった. 飛行機から推定された生息密度は 1.3 頭/ km^2 で(有明海,

橘湾でそれぞれ1.2, 1.4頭/km², g(0)=100%), 5月に最大となった。ただし, 他の季節の推定値との統計的差は認められなかった。フェリーによる目視では, 有明海中部では4月に最も密度が高く3.0頭/km², 8月に最低の0.325頭/km²となった。有明海と橘湾の境界部では夏から秋にかけて発見数が増加し, 発見のピークの季節的なずれから, 有明海と橘湾間の季節移動が示唆された。

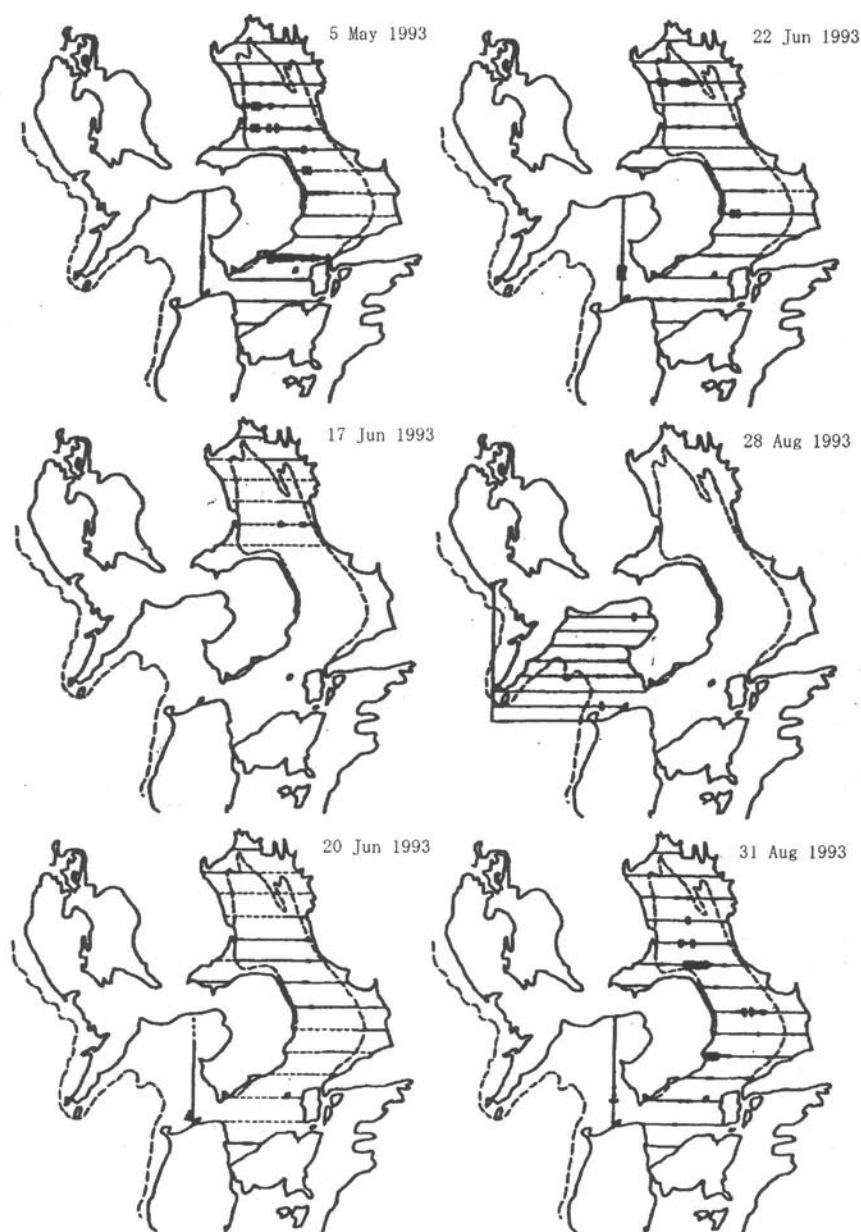


図1-6 有明海・橘湾での調査線(斜線は風浪階級3以上)と群れの発見位置.
Yoshida *et al.* (1997) より.

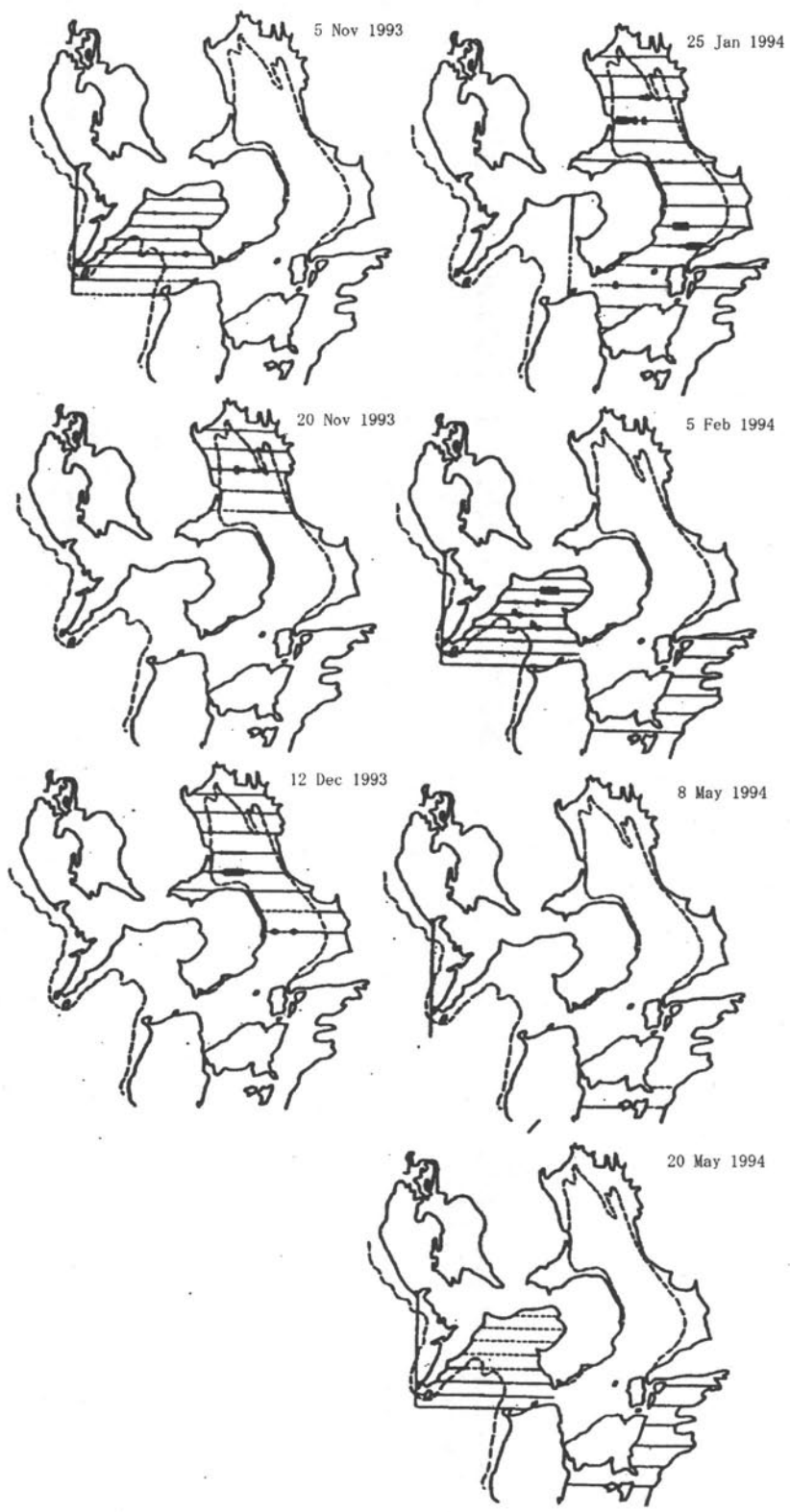


図1-6 (続き)

響灘

1985-87年に船での目視調査が行われた(白木原, 未発表)。下関市吉見～北九州市藍島間での目視調査では, スナメリはもっぱら藍島周辺で発見された。北九州市小倉～藍島の渡船による目視では, 関門海峡内での発見は少なく, 発見は馬島～藍島に集中しており, 季節的には夏とくに7月に発見個体数が多かった(1985年, 馬島～藍島間の10分の航行中に平均5頭発見)。現在, 藍島でスナメリ対象のウォッチングが行われている。

瀬戸内海

1976-78年(Kasuya and Kureha, 1979), 1999年(粕谷・山本, 1999)にフェリーからの目視調査が行われた。1976-78年には, 岸から1海里(1850m), 3海里以内の発見個体数は全発見個体のそれぞれ82.4%, 99.4%で, ほとんどの発見が水深40m以内にあり, 東部のみならず西部からも広く発見があった。一方, 1999年には東部での発見はほとんどなかった。1976-78年には, 航走100km当たり遭遇率は5.2群であった。これは発見頭数10.3(1,194頭/11,549km)を平均群サイズ1.97頭で除して得たもので, 全季節を合算した値である。一方, 1999年には, 航走100km当たり1.0群(35群/3354km), あるいは3.2頭(107頭/3354km)と, 遭遇率は20年前の数分の1に減少していた。1976-78年, 個体数は4,900頭($g(0)=0.5$ で補正)と推定された。これは最大密度を示す4月の値で, 精度の問題を無視すれば, 最低密度の9-11月にはその半分程度となる。生息密度は, 1976-77年の4月の値は0.34頭/km²($g(0)=0.5$ で補正)で, 現在はこの数分の1であろう(粕谷, 私信)。

伊勢湾・三河湾

1991-94年(宮下ほか, 1994)に船による目視調査が行われた。群遭遇率は, 航走100km当たり8.7群(全季節, 三河湾・伊勢湾合算)であり, 個体数は, 4-6月の値で, 1,952頭(伊勢湾948頭, 三河湾1,004頭の計)と推定された。これは水族館におけるスナメリの潜水・浮上パターンと船速からシミュレーションによる $g(0)=0.899$ で補正した値である。 $g(0)$ の補正をしなければ, 1,755頭となる。生息密度は, 三河湾で1.50頭/km², 伊勢湾で0.49頭/km²となった。いずれも密度の高くなる4-6月の値である。 $g(0)$ 補正をしなければ, この密度はそれぞれ1.35, 0.44頭/km²となる。

仙台湾～内房沿岸

周年生息する事が知られているが, 分布範囲, 生息密度等は未調査である。スナメリ対象とは限らないが, 銚子でイルカウォッチングが行われている。

1-4-2 天候

スナメリはふつう特徴のない背中の一部を海面に出すのみで、水面上を跳躍することは滅多にないし、大きな群れも作らない。このため、セスナ機からのスナメリの発見は波の影響を強く受ける。とくにビューフォート風力階級が3以上になると、白波のために、スナメリがいないのか見えないのかの判別が困難となり、個体数推定のデータをとれない。雨の日の調査も避けるべきである。沿岸とくに地形のいりくんだ海域の気象は天気予報と食い違うことが大いにある。

大村湾、橘湾、有明海での過去のセスナ機目視観察での天候の影響の実例を示す。いずれも大村湾内にある長崎空港からセスナ機が離発着した。実際に飛行するかどうかは当日朝、主として大村湾の天候で最終判断した。大村湾は4回の調査を行い、どの調査線も風浪階級2以下で、100%の成功率であった(図1-5)。有明海では、8回の飛行調査のうち、全調査線が風浪階級2以下であったのが1回、14本の調査線のうち9本以上で2以下であったのが3回(以上が調査成功)、無理をして全域調査をしたが大部分の調査線でしけのために個体数推定に用いなかった調査が1回、途中で調査を中止したのが3回と、成功率は50%であった(図1-6、初めての調査経験のために、調査開始・中止について十分な判断ができなかったことも原因の1つ)。これは風の向きによって陸が風を遮る所では凩いでおり、そうでない所はしけていることにより生じた。風が局所的に舞うことがあり、予測は簡単ではなかった。橘湾は有明海に較べて地形が単純であり、4回の調査のうち3回成功した。

この他、濁度や海面反射もスナメリの発見に影響する。例えば、迷走台風などにより予期せぬ大雨の降った後は、スナメリとの識別に注意の必要な流木が多く浮き、また海が濁ることがある。濁度は水中にいるスナメリの発見に影響を与える。海面反射については、南北方向の調査線を飛ぶ時には夕方の西日の強い時間帯を、東西方向を飛ぶ時には南側の反射の強くなる特に午後の時間帯を避けるように調査計画を組むことができれば、あえて曇天の日を選ぶ必要はない(本当は曇天の日を選びたいが、そこまで要求すると実質的に調査をする日がなくなってしまう恐れがある)。

このように調査の実施は予測困難な天候に大いに依存するので、好天待ち(調査の延期をした時には航空会社の都合による待機)の日数を加えた調査日程を組む必要がある。そこで滞在日数を調査日数の2倍としておく。また途中で天候悪化により調査を中断せざるを得ない状況も出てくるかもしれない。特に、空港と調査海域が離れている所は天候予測が難しく要注意である。

1-4-3 1回の飛行時間

長時間の調査を行うと、観察者は疲労により発見能力を落とすことが経験的に分かっている。1回の飛行での目視観察時間は3時間以下、ある1本の調査線での連続観察時間を15分以下（調査線間の移動時に眼を休めることを前提として）を原則とする。4人乗りセスナ機はトイレがないので、1回の飛行時間（離陸してから着陸するまでの時間）は4時間以内とする。

1-4-4 観察者の選定

海域間の密度の比較のためには、同一の発見能力を持つ観察者が調査に参加する必要がある。ここでいう発見能力とは、スナメリそのものの発見能力と長時間の飛行でも同じ見方を維持する能力の両方である。前者は船からの目視ほど個人差が現れにくい（船上から横向きに背中部分のみ見ると異なり、上空からは鯨体全体が見える）。後者が定量データをとるためにはより重要である。このため、研究意識の高い者が観察者になるべきである。

セスナ機からのスナメリの定量的目視観察の経験者は国内に2名しかいない。このうち今回の調査に参加できるのは1名のみである。さらに後述するように、調査時期は春に集中させている。したがって異なる海域を同時に調査することがあり得る。この点で観察者の養成が不可欠である。複数の観察者養成は、将来にスナメリのモニタリングを再度行うことを考えると、大いに意義がある。今回の本番調査の前に、三河湾での短時間の予備訓練飛行を行い、観察者として予定している者に目視の練習をしてもらう。

1-4-5 調査時期

大村湾、有明海、瀬戸内海、伊勢湾・三河湾では春に生息密度が高くなると予想される。これらの海域では春に調査を行うのが望ましい。

調査海域の広さも考慮すべき要因である。調査面積が広く、複数日の調査が必要な時、調査日の間隔を開けてしまうと、調査海域間での個体の移動により、同一個体の複数回発見の可能性が生じてしまい、望ましくない。連続する日に調査を行うためには、天候の安定が必要となる。季節風が吹き、しけやすい晩秋から冬の調査は避けるべきである。