

海域自然環境保全基礎調査

海棲動物調査（スナメリ生息調査）報告書

平成 14 (2002) 年 3 月

環境省自然環境局 生物多様性センター

はじめに

自然環境保全基礎調査は、昭和48年度より、我が国における自然環境の現況及び改変状況を把握するため環境省が自然環境保全法に基づき実施しているものであり、陸域、陸水域、海域を含む国土全体を対象としている。

沿岸域は、多様な生物が生息していることから、生物多様性保全上重要な部分であるが、埋立て等の人間活動による影響が大きいところでもある。よって、沿岸域における人間と自然との共生を実現するためには、沿岸域の自然環境の把握が不可欠である。

沿岸域に関する調査は、第1回自然環境保全基礎調査における海域自然度調査から始まり、第5回自然環境保全基礎調査における海辺調査まで、海岸の改変状況や干潟・藻場・サンゴ礁の分布状況の把握を主に行ってきた。

我が国では平成8年7月に国連海洋法条約が発効したが、同条約では海洋環境の保全に関して、従来からの海洋汚染の防止のみならず、海洋生態系・海洋生物の保全の推進を規定しており、我が国としても積極的に取り組むことが求められている。

このため、我が国の沿岸域における生物学的知見の一層の集積を図るために、平成9年度から従来の海域にかかわる自然環境保全基礎調査を拡充し、海域自然環境保全基礎調査を開始することとなった。この中で海棲動物調査として、ウミガメ類、鯨類及び鰐脚類等を対象に既往知見の取りまとめ及び調査手法案の検討を行ってきた。

本報告書は、我が国の沿岸域に生息する海棲動物のうち、回遊せず、沿岸環境の改変による影響を受けやすいと考えられるスナメリ（ネズミイルカ科）を対象として、財団法人海中公園センターが請負い、平成11、12年度に実施した調査の解析結果をまとめたものである。なお、調査実施専門家に個体数推計等の解析、原稿の執筆をお願いした。解析・とりまとめにあられた各位に対しここに厚くお礼申し上げます。

2002年3月

環境省自然環境局生物多様性センター

要 約

有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海，伊勢湾・三河湾，仙台湾～内房の5海域におけるスナメリの個体数の推定を主目的としたセスナ機からの目視観察調査を平成11，12年度に実施した。

個体数を，有明海・橘湾で3807頭（95%信頼区間：2767-5237頭），大村湾で289頭（199-419頭），瀬戸内海で7593頭（5794-9950頭），伊勢湾・三河湾で3743頭（2355-5949頭），仙台湾～内房で3233頭（1664-6281頭）と推定した。

個体密度を，有明海・橘湾で1.54頭/km²（95%信頼区間：1.12-2.12頭/km²），大村湾で0.902頭/km²（0.621-1.31頭/km²），瀬戸内海で0.540頭/km²（0.412-0.708頭/km²），伊勢湾・三河湾で1.81頭/km²（1.14-2.88頭/km²），仙台湾～内房で0.407頭/km²（0.209-0.790頭/km²）と推定した。

これら推定値は発見の最も多かった横距離50～90mでの発見確率を100%として求めた。横距離とは飛行ラインに垂直方向の距離で，この方向で観察を行った。

瀬戸内海個体群は，各海域の個体群の中で，最も個体数が多いと考えられるが，東部の個体密度は0.229頭/km²と低い。大村湾個体群は，個体密度は今回の調査からは少ないとはいえないものの，個体数は最も低い。この2つの個体群は保全の面で特に注意が必要と考えられた。

本調査は日本ではじめて行なわれたスナメリ広域個体数調査であった。主要分布域を広く覆う調査をかなり密に行うことができ，分布，個体数，個体密度について貴重な知見が得られた。一方，観察者の観察方法の相違など目視方法の統一の面での問題点も明らかにされた。

目 次

第1章 調査の概要	1
1-1 海域自然環境保全基礎調査について	1
1-1-1 調査の目的	1
1-1-2 調査期間	1
1-1-3 調査内容	1
1-1-4 海棲動物調査（スナメリ生息調査）について	3
1-1-5 自然環境保全基礎調査検討会海棲動物分科会検討委員名簿	3
1-2 スナメリ生息調査	4
1-2-1 調査の目的	4
1-2-2 調査体制	4
1-3 調査計画	4
1-3-1 セスナ機による目視観察	4
1-3-2 調査海域の選択	5
1-3-3 海域別の調査回数	5
1-3-4 目視方法の統一	5
1-4 実際の調査計画立案にあたり考慮すべき点	6
1-4-1 分布、個体数に関する既往知見	6
1-4-2 天候	11
1-4-3 1回の飛行時間	12
1-4-4 観察者の選定	12
1-4-5 調査時期	13
1-5 目視による個体数推定	13
1-5-1 ライントランセクト法による個体数推定の原理	13
1-5-2 調査線の配置と長さ	14
1-5-3 調査線の数	14
1-6 海域別の調査計画	18
1-6-1 有明海・橘湾	18
1-6-2 大村湾	18
1-6-3 瀬戸内海	19
1-6-4 伊勢湾・三河湾	20
1-6-5 仙台湾～内房沿岸	21

1-7	平成11年度調査の概要.....	22
1-7-1	船からの目視観察による瀬戸内海予備調査.....	22
1-8	平成12年度調査の概要.....	25
1-8-1	調査打ち合わせ.....	25
1-8-2	目視訓練.....	25
第1章引用文献.....		26
第2章 有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海調査.....		27
2-1	有明海・橘湾，大村湾調査.....	27
2-2	大村湾の再調査.....	30
2-3	瀬戸内海西部調査.....	32
2-4	瀬戸内海東部調査.....	37
2-5	瀬戸内海における分布.....	40
2-6	個体数推定.....	41
2-6-1	有効発見頭数，有効ライン長及び海域面積.....	41
2-6-2	有効探索幅の推定.....	41
2-6-3	個体数推定.....	44
2-6-4	有明海・橘湾.....	45
2-6-5	大村湾.....	47
2-6-6	瀬戸内海.....	48
第2章引用文献.....		52
第3章 伊勢湾・三河湾調査.....		53
3-1	はじめに.....	53
3-2	調査概要と経過.....	53
3-2-1	調査班.....	53
3-2-2	調査期間.....	53
3-2-3	使用航空会社，航空機等.....	53
3-2-4	調査ラインの設定.....	54
3-2-5	調査経過.....	54
3-3	発見分布と個体数推定.....	72
3-3-1	データと解析方法.....	72
3-3-2	分布.....	76

3-3-3 個体数推定.....	78
3-4 考察.....	88
第3章引用文献.....	90
第4章 仙台湾ー内房調査.....	91
4-1 参加者と調査期間.....	91
4-2 調査ラインの設定.....	91
4-3 調査の概要.....	97
4-4 個体数推定方法.....	102
4-5 結果及び考察.....	104
4-5-1 発見状況と分布.....	104
4-5-2 個体数推定.....	105
第4章引用文献.....	108
第5章 おわりに.....	109
5-1 個体密度と個体数の海域間比較.....	109
5-1-1 個体密度の海域間比較.....	109
5-1-2 個体数の海域間比較.....	112
5-1-3 日本におけるスナメリ個体数の予備的見積もり.....	112
5-1-4 個体数の推定精度.....	112
5-2 保全面で注目すべき個体群.....	113
5-3 スナメリ個体数推定調査の総括と今後の課題.....	113
5-3-1 目視方法の統一.....	113
5-3-2 海面反射が発見率に与える影響.....	114
附録1：日本沿岸海域におけるスナメリのセスナ機目視調査要領.....	115
1. 調査目的.....	115
2. 調査海域，日程及び回数.....	115
3. 調査体制.....	115
4. 調査方法の概要.....	115
5. 分布，個体数に関する既往知見（粕谷氏より提供）.....	116
6. 目視による個体数の推定原理.....	117

7. 実際の目視調査を行うにあたって.....	118
8. 主な調査機材.....	119
9. 事前準備.....	120
10. 調査.....	120
11. 解析.....	123
12. 野帳.....	124
13. 持参品リスト.....	124
14. その他.....	125
附録2：スナメリ現地調査経過記録.....	127
1. 有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海調査.....	127
2. 伊勢湾・三河湾調査.....	129
3. 仙台湾～内房調査.....	135

第1章 調査の概要

1-1 海域自然環境保全基礎調査について

1-1-1 調査の目的

沿岸域は陸と海との接点にあたり、海洋の中でも多様な生物の生息域として生物多様性保全上重要な部分である。一方で産業排水等による水質汚染や埋立等の沿岸の開発等、人間活動による影響が大きい。

これまで環境省が実施してきた自然環境保全基礎調査では、わが国の沿岸域について海岸線の改変状況や干潟・藻場・サンゴ礁の地理的分布状況等の把握を主眼に調査を実施してきたが、平成8年7月に発効した「国連海洋法条約」では、海洋の環境保全に関して海洋汚染防止のみならず海洋生態系・海洋生物の保全が各締約国の責務として位置づけられ、わが国としても、より積極的にその保全に取り組むことが求められた。

以上のことから、従来の海域に関する基礎調査を拡充し、わが国の沿岸域について自然環境や生物相の現状に関する基礎的資料を全国レベルで総合的に整備することにより、沿岸域の適切な保全に資することを目的として実施するものである（図1-1）。

1-1-2 調査期間

平成9年～13年度

1-1-3 調査内容

1) 海辺調査（第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査からの移行）

① 概要

全国の海岸線の改変状況、干潟・藻場・サンゴ礁の地理的分布状況等を把握する。

② 調査期間

平成6年～9年度

2) 重要沿岸域生物調査

① 概要

わが国の代表的な干潟・藻場・サンゴ礁・砂浜を対象に、各域の生物群集について種組成や生物量等、生物多様性を指標するために必要な基礎的な資料を収集するとともに、今後の全国調査に必要な調査手法を検討する。

② 調査期間

平成9～13年度

調査対象	第1回基礎調査 (昭和48年度)		第2回基礎調査 (昭和53・54年度)	第3回基礎調査 (昭和58～62年度)	第4回基礎調査 (昭和63～平成4年度)	第5回基礎調査 (平成5～10年度)	第6回基礎調査 (平成11～15年度)
	自然環境保全基礎調査	自然度調査	すぐれた自然調査				
陸域	植物	植生自然度	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査	植生調査
			特定植物群落調査	特定植物群落調査	巨樹・巨木林調査	特定植物群落調査	
動物	野生動物		動物分布調査	動物分布調査 全種調査	動物分布調査 全種調査		
			環境指標種調査	環境指標種調査	環境指標種調査	環境指標種調査	環境指標種調査
地形地質	地質・地質 歴史的 自然環境		表土変化状況調査	自然景観資源調査			
陸水域	河川 湖沼	陸水域自然度	河川調査	河川調査	河川調査	河川調査	
			湖沼調査	湖沼調査	湖沼調査		
海域	海域自然度		海岸調査	海岸調査	海岸調査		
			海中自然環境	海域生物調査	海域生物環境調査	海域生物環境調査	海辺調査
生態系	環境香与度調査		干潟・藻場・ サンゴ礁分布調査		海域生物環境調査		
			海域環境調査				
生態系					生態系総合 モニタリング調査	生態系総合 モニタリング調査	生態系総合 モニタリング調査
海域自然環境調査	海域					海辺調査	海棲動物調査
生物多様性調査	種					種の多様性調査 (第1期) (平成6～11年度)	種の多様性調査 (第2期) (平成12～)
	生態系					生態系多様性地域調査 (平成6～)	
	遺伝子						遺伝的多様性調査 (平成6～12年度)

*第6回基礎調査は平成12年度着手分まで記載

図1-1 自然環境保全基礎調査・海域自然環境保全基礎調査生物多様性調査骨子一覧

3) 海棲動物調査 (図1-2)

① 概要

わが国の沿岸域に生息する、ウミガメ類、鰐脚類、鯨類等の大型海棲動物を対象に、分布・繁殖状況や生息域の現状等を調査することにより、調査対象種の生息域である沿岸環境保全のための基礎資料を整備する。

② 調査期間

平成9年度～13年度

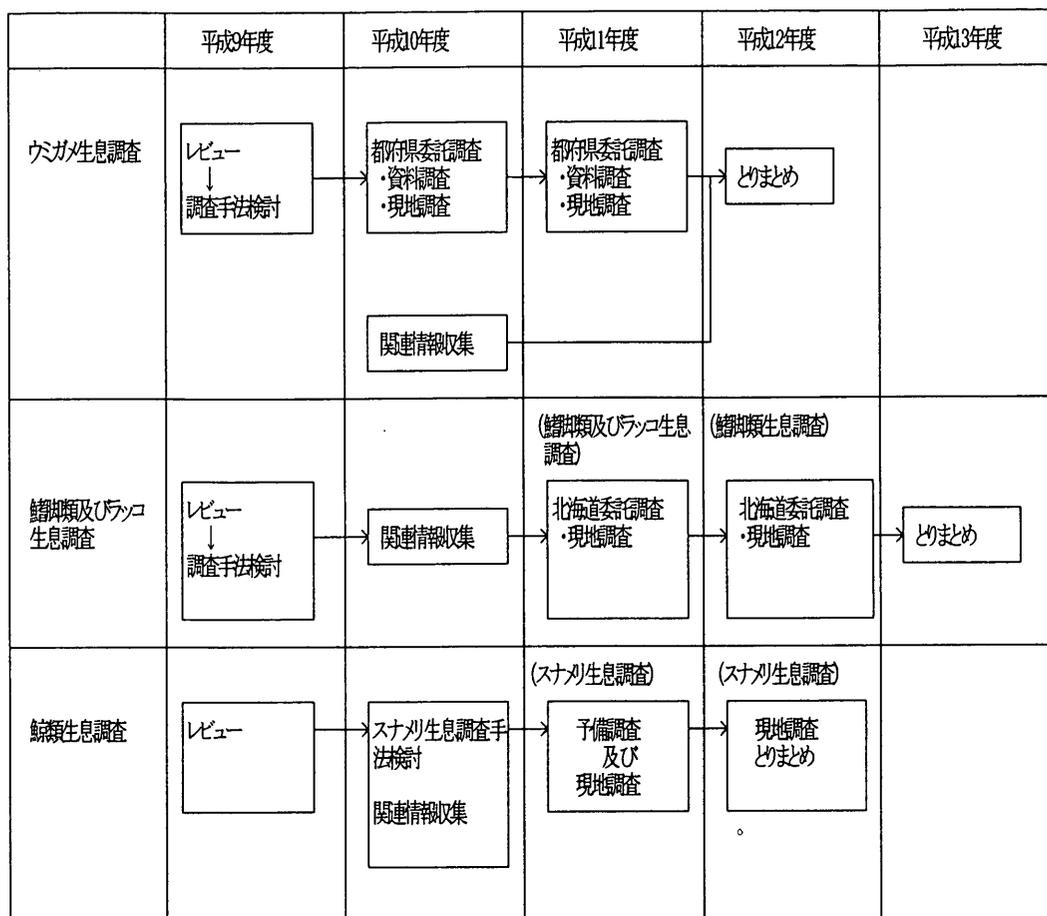


図 1 - 2 海棲動物調査全体計画図

1-1-4 海棲動物調査（スナメリ生息調査）について

我が国の沿岸域に生息する海棲動物のうち、回遊せず、沿岸環境の改変による影響を受けやすいと考えられるスナメリ（ネズミイルカ科）を対象として、その代表的な生息海域において、航空機を用いた専門家による目視観察を行うとともに、調査実施専門家に個体数推定等の解析を依頼し、各海域におけるスナメリ個体群の現状把握につとめた。（なお、本報告書はスナメリ個体群の現状を把握するために専門家に解析を依頼したものであるが、筆者の意見にわたる部分は環境省の統一見解と一致するとは限らない。）

1-1-5 自然環境保全基礎調査検討会海棲動物分科会検討委員名簿

内 田 詮 三 国営沖縄記念公園水族館館長
 太 田 英 利 琉球大学熱帯生物研究センター助教授
 大 泰 司 紀 之 北海道大学大学院獣医学研究科教授
 粕 谷 俊 雄 帝京科学大学理工学部教授
 菅 沼 弘 行 NPO 日本ウミガメ協議会副会長

1-2 スナメリ生息調査

白木原国雄・粕谷俊雄

1-2-1 調査の目的

スナメリは人間の生産活動の影響を受けやすい沿岸海域に分布する。しかし日本近海に広く出現する訳ではなく、確認されている分布域は大村湾、有明海・橘湾、瀬戸内海、伊勢湾・三河湾、仙台湾～内房沿岸などに限られている。本種は、既往研究(吉田, 1998)を踏まえると、上記の各海域ごとに遺伝的にほぼ独立した個体群を形成している可能性が高い。したがって、個体群ごとに保全に関する知見を集める必要がある。日本哺乳類学会は、1997年に大村湾個体群を絶滅危惧、他の日本近海個体群を希少とランク化している(日本哺乳類学会, 1997)。本種は回遊せず、日本近海に生息する鯨類という点で、沿岸環境の保全のため、最も注目しかつ個体群の動向の継続的なモニタリングが必要な種類といえる。しかしながら、日本近海でスナメリの個体数や分布調査が行われている海域はごく一部分に過ぎない。このことから本調査は、スナメリの出現が確認されている主要海域における個体数と分布を定量的に把握することを目的とする。

1-2-2 調査体制

白木原国雄 (代表者)	三重大学生物資源学部教授 (海洋個体群動態学) 有明海・橘湾, 大村湾, 瀬戸内海海域調査責任者
白木原美紀	三重大学生物資源学部研究生 (鯨類学) 有明海・橘湾, 大村湾, 瀬戸内海海域調査責任者
岸野洋久	東京大学農学生命科学研究科教授 (統計学) 調査設計・目視データ解析に関する助言者
天野雅男	東京大学海洋研究所助手 (鯨類学) 仙台湾～内房海域調査責任者
吉岡 基	三重大学生物資源学部助教授 (鯨類学) 伊勢湾・三河湾海域調査責任者

以上のほか、各海域の調査には目視観察者として複数の者が参加した。

[アドバイザー]

粕谷俊雄 三重大学生物資源学部教授 (鯨類学)

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・橋湾、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ず、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

近く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。

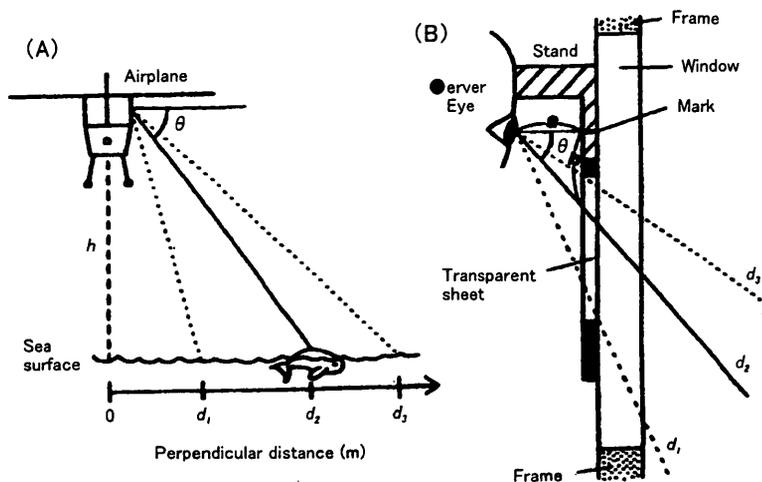


図 1-3 セスナ機からの目視観察の方法（長崎方式）

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。

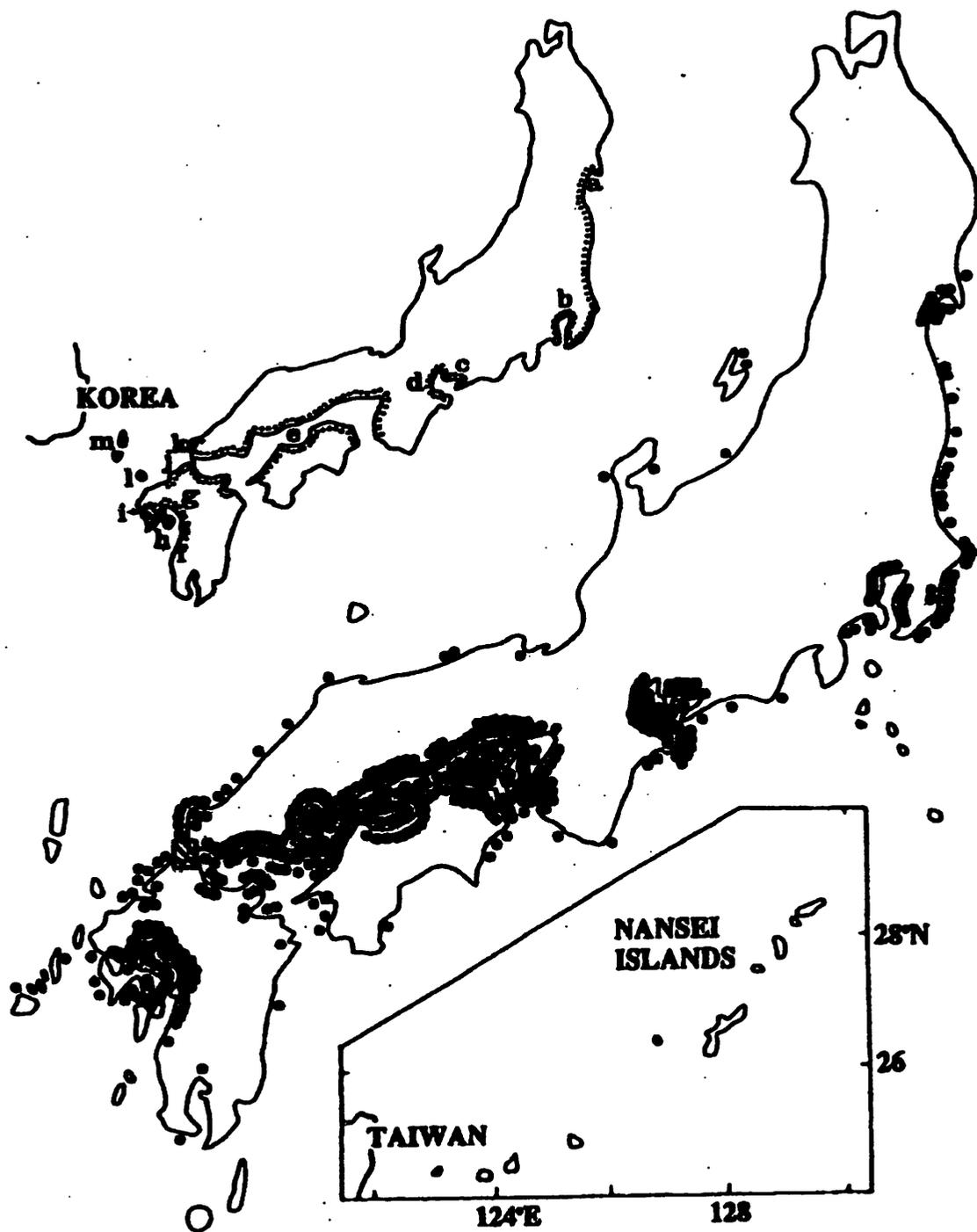


図1-4 北海道を除く全国の漁業協同組合へのスナメリ発見有無のアンケート調査に対して「スナメリをみたことがある」と返答した漁業協同組合の場所。アンケート調査に返答した漁協は海岸線を広く覆っていると考えてよい。上の図は、分布についての既往知見も踏まえて、想定した主要分布域（点線部の沿岸域）。Shirakihara *et al.*, (1992) より。

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見つかった. 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), $0.6 \text{ 頭}/\text{km}^2 (g(0)=100\%)$ であった.

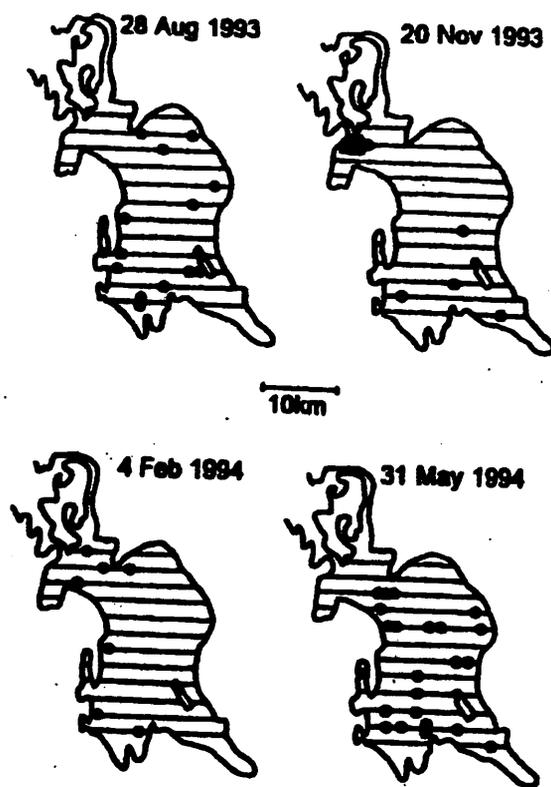


図1-5 大村湾での調査線と群れの発見位置. Yoshida *et al.* (1998) より.

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 $1.3 \text{ 頭}/\text{km}^2$ で(有明海, 橘湾でそれぞれ $1.2, 1.4 \text{ 頭}/\text{km}^2$, $g(0)=100\%$), 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 $3.0 \text{ 頭}/\text{km}^2$, 8月に最低の $0.325 \text{ 頭}/\text{km}^2$ 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.

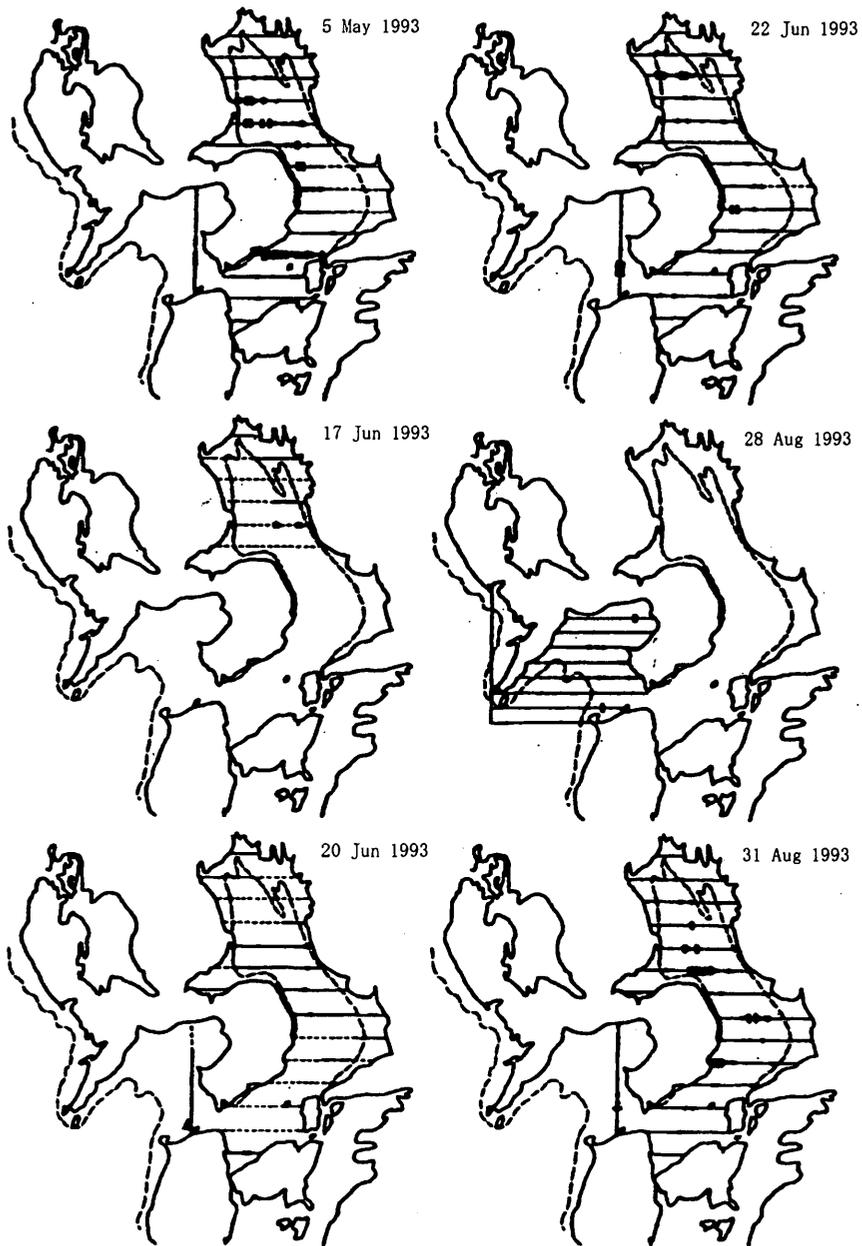


図1-6 有明海・橘湾での調査線（斜線は風浪階級3以上）と群れの発見位置.
Yoshida *et al.* (1997) より.

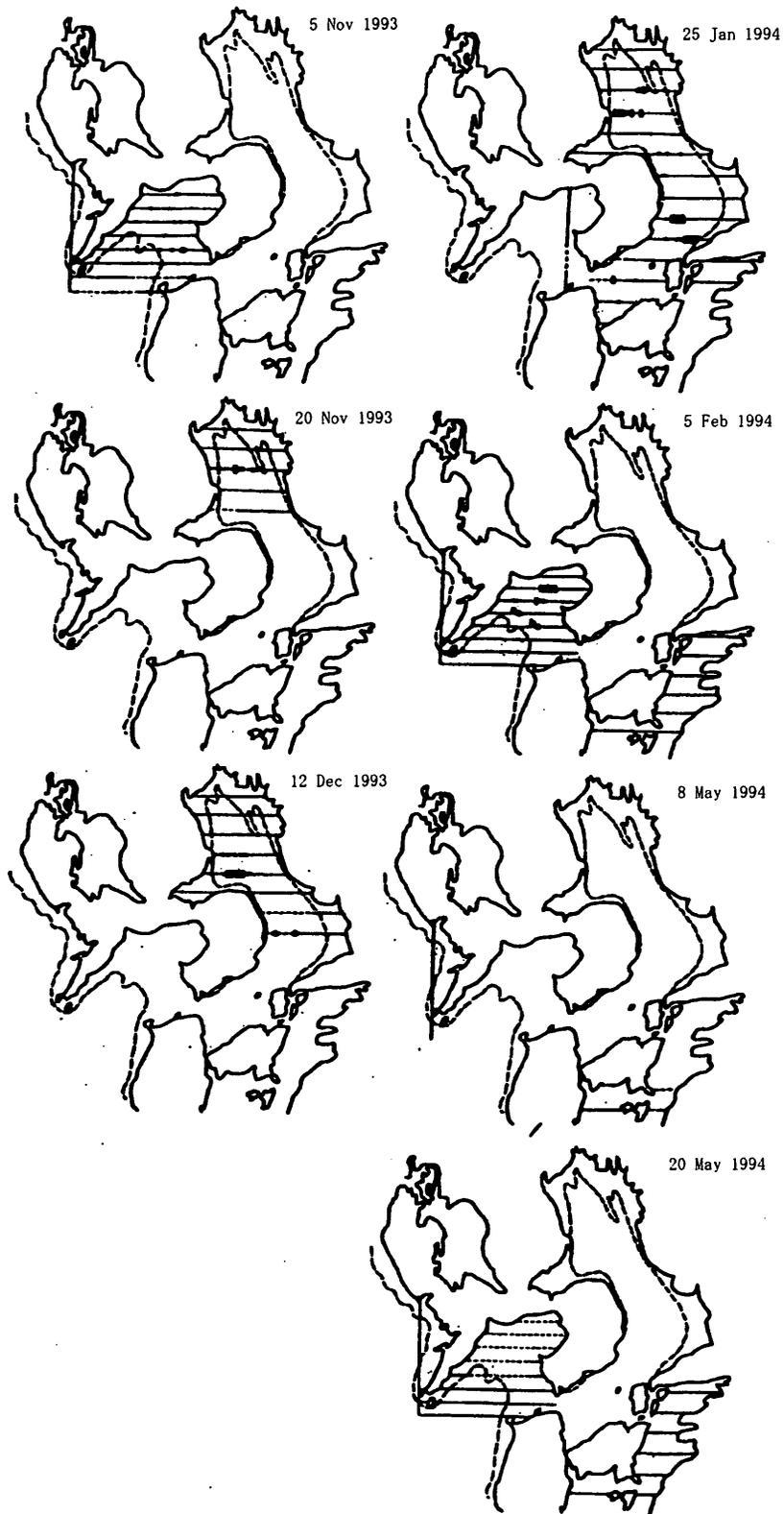


図1-6 (続き)

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 $0.34 \text{頭}/\text{km}^2$ ($g(0)=0.5$ 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 $1.50 \text{頭}/\text{km}^2$, 伊勢湾で $0.49 \text{頭}/\text{km}^2$ 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 $1.35, 0.44 \text{頭}/\text{km}^2$ 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。橘湾は有明海に比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が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の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。

1-5 目視による個体数推定

1-5-1 ライントランセクト法による個体数推定の原理

2人の観察者がセスナ機の右側と左側の座席に座り、窓から進行方向のそれぞれ右側と左側の海面を目視観察する状況を考える。セスナ機の総移動距離を L 、各観察者の観察する横距離（セスナ機の進行方向に直角な距離）を w とすると、観察海面面積は $2Lw$ である。なお、セスナ機が一定の高度を保ちつつ水平飛行を行えば、窓からの観察範囲を固定することにより w を一定値に保つことができる。この観察で見落としが全くなく ($g(0) = 100\%$)、2名が合計 n 頭のスナメリを発見できたとする、観察面積内の個体密度 D は $n/2Lw$ となる。観察面積を調査海域全体を代表できるように選んでいれば、 D はそのまま全域の生息密度の推定値となる。

$$D(\text{estimated}) = n/2Lw \quad (1-1)$$

これに調査海域面積 A を乗じて、全域の個体数推定値を得る。

$$N(\text{estimated}) = An/2Lw \quad (1-2)$$

このように観察者の観察横距離を固定して、観察者が調査線上を移動しながら観察する方法はストリップランセクト法と呼ばれる。一方、事前に横距離を固定せずに、観察者が調査線上を移動しながら観察し、発見があると、発見頭数の計数のみならず対象物までの横距離を測定する方法はラインランセクト法と呼ばれる（岸野，1991）。

ラインランセクト法を採用すると、進行方向近く of 個体に較べて遠くの個体を見落とす恐れがある。しかし、この方法では横距離の測定データをもとに、発見確率と横距離の関係を定量的に表し、この関係から有効探索幅の推定値 $w(\text{estimated})$ を得ることにより、ラインランセクト法でも上記の個体数推定の考え方を適用できる。

$$D(\text{estimated}) = n/2Lw(\text{estimated}) \quad (1-3)$$

$$N(\text{estimated}) = An/2Lw(\text{estimated}) \quad (1-4)$$

ただし、個体数の推定精度を求める時に、 $w(\text{estimated})$ の推定精度の考慮が必要となる。個体数推定値の精度を変動係数 cv （推定値の分散の平方根／推定値）を用いて表現すると

$$cv[N(\text{estimated})]^2 = cv[n]^2 + cv[w(\text{estimated})]^2 \quad (1-5)$$

$N(\text{estimated})$ の精度は総発見個体数 n のばらつきと有効探索幅の推定精度に影響される。同じ

長さ l の k 本の調査線からの発見頭数が n_1, n_2, \dots, n_k であった時 ($L = lk, n = \sum n_i$), 総発見個体数 n の分散推定値は経験的に次のように与えられる (Buckland *et al.*, 1993).

$$\text{Var}(n) = k \sum (n_i - n/k)^2 / (k-1) \quad (1-6)$$

(1-6)から明らかなように、 n_i のばらつきが大きいと $\text{var}(n)$ が大きくなり、個体数推定値の精度が落ちる。

今回、採用する長崎方式はライントランセクト法に基づくが、部分的にストリップトランセクト法の考え方も採用している。つまり、観察者の眼の疲労を防ぐために発見効率の悪い遠方は観察せず、1名の探索幅を横距離で50m以上450m以内に固定し、この範囲内でスナメリまでの横距離データをとるものである。

1-5-2 調査線の配置と長さ

個体数推定値の精度を高めるために、調査線の配置と長さを原則的に以下のようにする。

- 1) 調査線は海岸線に垂直に近くなるように東西方向あるいは南北方向にひく
- 2) 各調査線は海岸から水深60mまでとする
- 3) 複数の平行な調査候補線を設定し、実際の調査線をこの中から系統抽出する

1)は調査線ごとの発見個体数のばらつきを小さくすることとセスナ機の運航の都合を考えている。瀬戸内海ではスナメリは岸から1海里以内で多く発見されている。もし岸に平行に調査線をひくと、岸に近い線で多く発見され遠い線で発見が少なくなり、調査線ごとの発見個体数のばらつきが大きくなると予想される。一方、岸に垂直に調査線をひくと、どの線も岸寄りから遠くまでカバーするので、ばらつきが小さくなる。調査線を東西あるいは南北に固定すると、パイロットがGPSを用いた飛行を行いやすくなるし、予定した線上をきちんと飛んでいるを記録係が確認するのも、また何らかの理由で調査線上を離れた後に元の所に戻ってくるのにも便利である。

2)は分布についての既往知見から、3)はBuckland *et al.* (1993)が推奨する方法であり、例えば、上から m 本の調査候補線から1本を無作為に選び、後は m 本ごとに系統的に調査線を抽出する ($m=2, 3, 4, \dots$)。

1-5-3 調査線の数

調査海域全域をおおう複数の平行な調査線をひくことを想定し、調査海域ごとに調査線数と個体数推定精度の関係について検討する。

状況を簡単にするために、各調査海域を長方形に近似する。瀬戸内海は横長の長方形となり、上辺が中国、下辺は四国の沿岸線となる。調査線は南北方向の縦向きに設定する。仙台湾～内房沿岸は縦長の長方形で、左辺が沿岸線、右辺が水深60m線で、調査線は東西方向の横向きに設定する。どの海域であれ、調査線の長さ l (km)は海域内で同一で、長方形の右辺(瀬戸内海の場合)か上辺(仙台湾～内房沿岸の場合)かの長さに等しいとする。また、調査線の本数を k とする。調査線をスナメリの分布と無関係に無作為に(実際には系統的に)置くとすれば、調査線あたりの発見頭数は、どの調査線でも等しいことが期待される。この状況で、調査線あたりの発見頭数は調査線に依存せず、その平均を m 、分散を s^2 とする。 m は、海域密度

D (頭数/ km²), 有効探索幅 w (estimated) と l から,

$$m = 2D w(\text{estimated}) l \quad (1-7)$$

分散 s^2 は不明であるが, ここでは簡単のために平均と分散の比例関係を想定し

$$s^2 = rm \quad (1-8)$$

r は分布の集中度を示す指標となる平均・分散比である (1本の調査線の探索面積ごとの個体数がランダムな変動をする時に1, この個体数が集中分布をする時に >1).

さて総発見頭数 n の期待値は km , その分散は ks^2 となる. そこで(1-5)から,

$$\begin{aligned} cv[N(\text{estimated})]^2 &= ks^2/(km)^2 + cv[w(\text{estimated})]^2 \\ &= r/(k m) + cv[w(\text{estimated})]^2 \\ &= r/(2D k l w(\text{estimated})) + cv[w(\text{estimated})]^2 \quad (1-9) \end{aligned}$$

有効探索幅の推定値は, 過去の長崎沿岸域での調査 (今回と同じ長崎方式) から, $w(\text{estimated})=0.144\text{km}$, $cv[w(\text{estimated})]=0.06$ と得られている. これを代入して

$$cv[N(\text{estimated})] = [r/(0.288 D k l) + 0.0036]^{1/2} \quad (1-10)$$

(1-10)から, 個体数推定の精度が高くなる ($cv[N(\text{estimated})]$ を小さくする) ための条件は

- ・ r が小さい (調査線ごとの発見数のばらつきが小さい)
- ・ 生息密度 D が高い
- ・ 調査線の本数 k が多い
- ・ 調査線長 l が長い

このうち, r は直接的に制御できず, スナメリが偶然に調査海域内の特定の場所に集まっている時に調査をしてしまうと, r は大きくなってしまふ. 個体のこのような海域内空間配置は同じ日の中でも時間帯で変化することは十分に考えられる. ただし, 調査海域を分布密度の濃淡をもとに複数の海域に分けると, r をある程度は小さくすることができるかもしれない.

1993-94年に実施された長崎周辺でのセスナ機目視観察からの調査ごとの発見頭数と r の変動を表1-1~1-3に示す. 同じ海域でも r が大きい時, あるいは発見頭数の少ない時に密度の推定精度 (個体数の推定精度と等しい) が悪いことが分かる. 同じ海域でも調査ごとに密度の推定値が変動し, 1回の調査からの推定精度は26~67%と決して良くない. 今回は各海域1回の調査を原則としているので, 調査線の本数を増やすなど調査計画を十分に検討する必要がある.

表1-1 大村湾セスナ機目視調査での調査ラインごとの発見頭数(Yoshida *et al.* , 1998)

調査線番号	93.8.28	93.11.20	94.2.4	94.5.31
1	0	0	1	0
2	3	15	4	0
3	1	0	1	9
4	0	0	0	4
5	1	0	0	7
6	1	0	0	0
7	1	2	1	5
8	0	0	0	2
9	2	0	0	1
10	5	1	0	3
11	1	1	1	8
12	3	1	2	1
計	18	20	10	40
平均	1.58	1.25	2.08	3.33
標準偏差	1.51	4.25	1.19	3.26
<i>r</i>	1.44	14.45	0.68	3.18
<i>D</i> (estimated)	0.6	0.3	1.1	0.6
<i>D</i> 推定精度* (%)	29.8	67.1	49	26.4

*推定値の変動係数. 沿岸と沖合域の2つに事後的に分けて, 層別推定4回の調査データを使ったときの精度は20.1%

1-2 有明海セスナ機目視調査での調査線ごとの発見頭数 (Yoshida *et al.* , 1997)

調査線番号	93.5.05	93.7.22	93.8.31	94.1.25
1				
2	0	2	0	0
3	5	12	2	7
4	17	4	3	18
5	18	4	5	0
6	7	1	22	4
7	4	2	3	1
8	8	2	13	0
9	0	8	1	14
10	4	1	19	24
11	61	2	4	0
12	4	0	3	4
13	1	12	2	2
14				
計*	129	50	77	74
平均	10.75	4.17	6.42	6.17
標準偏差	16.88	4.20	7.37	8.12
<i>r</i>	26.51	4.23	8.46	10.70
<i>D</i> (estimated)	1.9	0.7	1.2	1.1
<i>D</i> 推定精度** (%)	31.3	50.9	30.6	34.4

* 全発見. このうち海面反射の激しかった発見データは推定に使用せず

**推定値の変動係数. 水深5m以浅と以深の2つに事後的に分けて層別推定4回の調査データを使った時の精度は18.6%

表 1-3 橘湾セスナ機目視調査での調査線ごとの発見頭数 (Yoshida *et al.*, 1997)

調査線番号	93.8.28	93.11.05	94.2.5
T1	5	4	0
T2	0	2	17
T3	6	3	7
T4	3	3	82
T5	10	12	133
T6	0	0	0
T7	3		0
計*	27	24	239
平均	3.9	4.0	34.1
標準偏差	3.5	4.1	52.6
r	3.2	4.3	81.0
D (estimated)	0.6	0.5	3.1
D 推定精度** (%)	46.2	52.8	49.1***

* 全発見。このうち海面反射の激しかった発見データは推定に使用せず

** 推定値の変動係数。水深50m以浅と以深の2つに事後的に分けて層別推定

*** 82頭からなる1群は極端に大きい群れサイズのために推定に使用せず
3回の調査データを使った時の精度は28.5%

個体数の目標推定精度を調査海域ごとに一定に保つためには、生息密度 D の低い海域、あるいは調査線長 l の短い海域では、調査線の本数 k を多めに設定する必要がある (D が $1/2$ の海域あるいは l が $1/2$ の海域で k を2倍、 D が $1/2$ かつ l が $1/2$ の海域で k を4倍)。大村湾を想定して、 k と個体数推定精度の関係を図1-7に示す。 k を多くするほど精度が上がるが、この例では k が40本以上にしても精度はさほど向上しない。

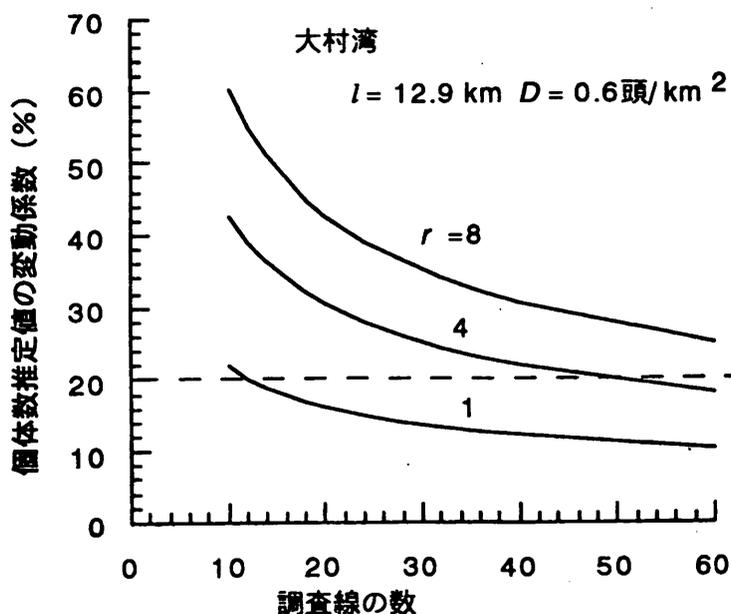


図 1-7 大村湾での1回のセスナ機目視調査案から予想される個体数推定精度

1-6 海域別の調査計画

1-6-1 有明海・橘湾

1993-94年のセスナ機目視調査での調査線の設定を以下のように変更する。

- 1) 橘湾西部の水深60m以深域を密度ゼロとみなして調査しない。
- 2) 推定精度を高めるために、有明海・橘湾ともに2海里(緯度2')間隔に東西方向の調査線を置き、有明海で19本、橘湾で5本とする(図2-1参照)。個体数推定精度として20%以内を目標とするが、調査時に r が大きく目標精度を下回ることがあるかもしれない(図1-8)。

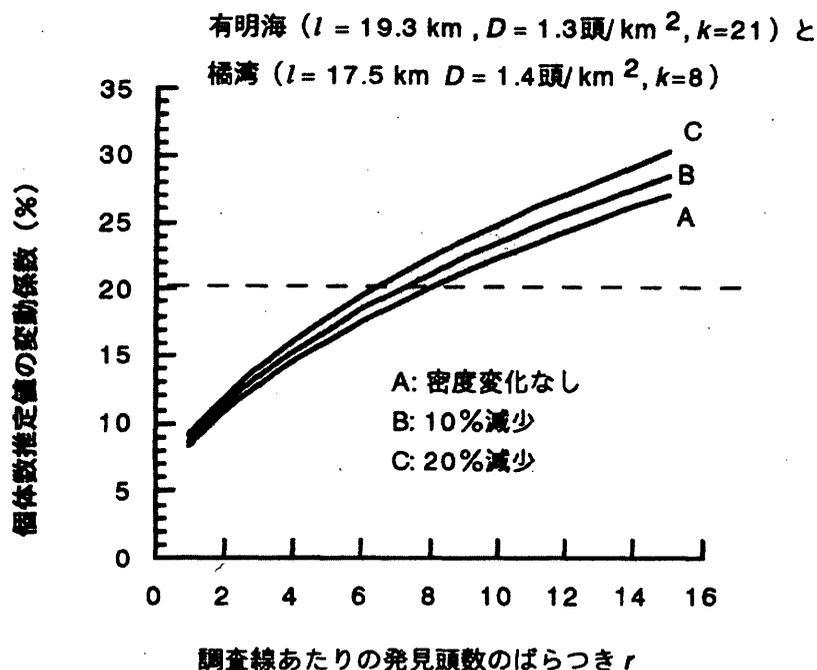


図1-8 有明海・橘湾での調査案から予想される個体数推定精度。密度 D は1993-94の推定値を使用。今回の調査時までの密度の減少を考慮。 $r=4$ 、 D 変化なしを想定した時、有明海のみ、橘湾のみ、海域全体の精度はそれぞれ17.3%、27.3%、14.3%。

なお、この図では、有明海、橘湾で別々に推定精度を求め、合算して両海域全体の精度を以下の式で求めた。

$$cv[N_{\text{estimated}}] = 1/\{N_1(\text{estimated}) + N_2(\text{estimated})\} \times \{[cv[N_1(\text{estimated})]N_1]^2 + [cv[N_2(\text{estimated})]N_2]^2\}^{1/2} \quad (1-11)$$

$$N_i(\text{estimated}) = A_i D_i \quad \text{有明海: } i=1, \text{ 橘湾: } i=2$$

1回の飛行時間の制約(1-4-3)を考慮して、飛行回数は3回、調査日数は3日、調査時期は平成11年3月とする。

1-6-2 大村湾

調査線の設定は1993-94年のセスナ機目視調査と同じとする。つまり東西方向に12本の調査線（1海里間隔つまり緯度1'間隔）とする（図2-2参照）。この調査（1本の調査線での探索面積0.5海里）では海域面積の半分を調査することになる。 $D=0.6$ 頭数/ km^2 , $r=1$ という楽観的状況（現在の生息密度は1993-94年より減少している可能性と r がもっと大きい可能性）の下、12本の調査線からの個体数推定精度は20.2%である（図1-7）。この程度の精度では、1-3-3で述べたように、個体数の減少の検出には十分とは考えられない。そこで同一日に2回調査を繰り返し、計26本の調査線を置く。のべ飛行時間は約4時間となる。調査時期は平成11年3月とする。

1-6-3 瀬戸内海

南北方向に調査線を設定する。瀬戸内海は有明海より調査面積は広く調査線を長くとれるが、密度は低いと考えられる。決して有利な条件を有していない。さらに、スナメリがほぼ全域的に分布する有明海と異なり、海域内での密度のばらつきが大きいと予想される。したがって r が極めて大きくなり（例えば $r>8$ ）、推定精度の向上が期待できない（図1-9）。そこで全域を密度の低いと予想される東部（今治の近くの来島海峡以東）と高いと予想される西部に分割する。

案1

東部は9海里間隔に13本、西部は6海里間隔に21本とする。なお、東部については、分布密度の低いと予想される大阪湾と水深60m以深域の割合の高い紀伊水道は調査を行わない。以上の状況での予備的な精度の見積もりを図1-9に示す。

瀬戸内海東部 ($l=50\text{ km}$, $D=0.004$ 頭/ km^2 , $k=13$)
と瀬戸内海西部 ($l=50\text{ km}$, $D=0.17$ 頭/ km^2 , $k=21$)

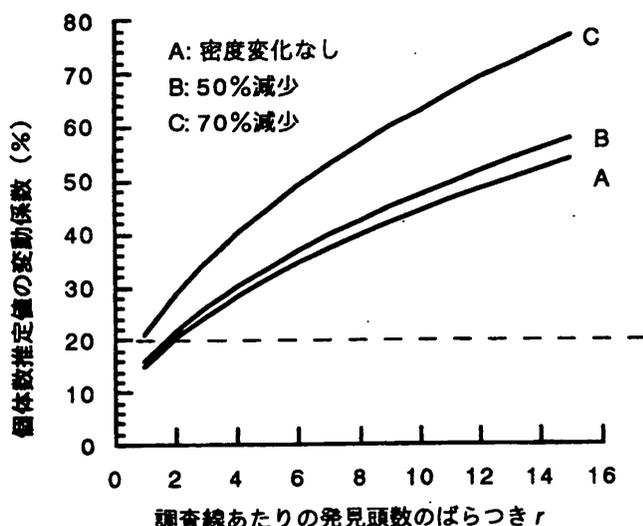


図1-9 瀬戸内海調査案1から予想される個体数推定精度。密度 D は1976-78年の推定値とその後の情報を元に仮定。 $r=4$, D 変化無しを想定した時、東部のみ、西部のみ、海域全体の精度はそれぞれ23.1, 28.5, 29.2%。

東部ではパラメータ(D と r)の値の想定した範囲で精度が100%をゆうに越え、極端に精度が悪く、信頼幅はマイナスの個体数も含んでしまう。この東部の調査は実質的に意味を持たない。(1-11)を用いて形式的に求めた瀬戸内海全域の精度も良くない。

案2

粕谷・山本(1999)によれば、東部では船による目視からほとんど発見はない。東部での調査はかつて発見があった所でのセスナ機目視による分布確認に留め、個体数推定をしない。つまり個体数をゼロとみなす。西部は4海里間隔に33本とする。これ以外の点は案1と同じとする。この案でも $r=4$ で、今回の調査時の密度が1976-78年の調査時の半分に減少したと仮定した場合、精度は24.2%と決して良くない(図1-10のB)。かりに調査線数を案1の倍の42本にしても21.6%で、さほど向上は見られない。

このように分布に関する情報は推定精度の向上に不可欠である。そこで、本番調査の前に、船を用いた事前分布調査を実施し、その結果を受けて調査計画を組み直すこととする。調査時期は平成12年度春とする。

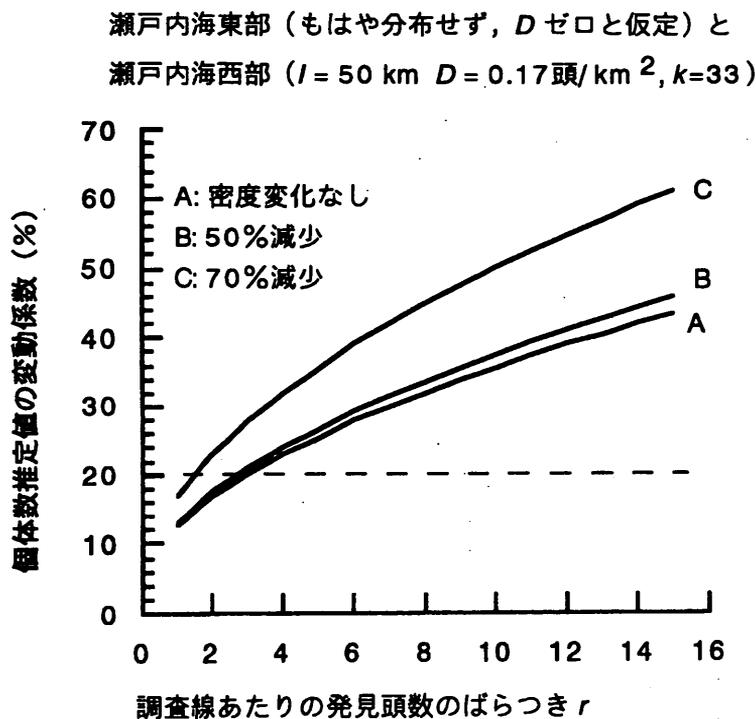


図1-10 瀬戸内海調査案2から予想される個体数推定精度。

1-6-4 伊勢湾・三河湾

伊勢湾では東西方向に14本(3海里間隔)、密度がより高いと期待され面積の小さい三河湾では南北方向に10本(2海里間隔)を原案とするが、新たな分布情報が得られれば、変更することがあり得る。原案から予想される精度を図1-11に示す。 r が低ければ精度を20%以内におさえることができるかもしれない。調査時期は平成12年度4-5月が望ましい。

伊勢湾 ($l = 30 \text{ km}$, $D = 0.44 \text{ 頭/km}^2$, $k=14$) と
 三河湾 ($l = 17 \text{ km}$, $D = 1.35 \text{ 頭/km}^2$, $k=10$)

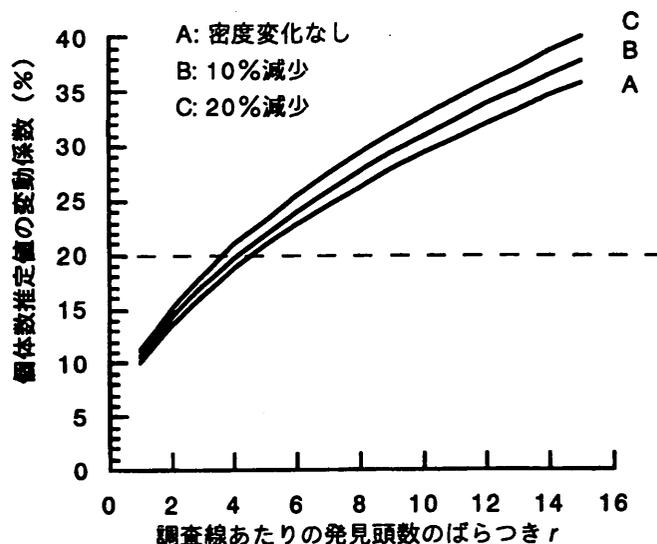


図1-11 伊勢湾・三河湾調査案から予想される個体数推定精度.

1-6-5 仙台湾～内房沿岸

分布についての情報は調査5海域中最も少ない. この海域は, 水深 50m線の張り出しの長さに若干の差異があるものの, 島が無く, 地形的にかなり均一と思われる. その点で, r は小さいかもしれない. 事前に海域の層化を行わず, 調査海域全域をカバーするように調査線を設定し, 分布についての定量的知見の収集に狙いを置くことも価値がある. 調査線は東西方向に 33本 (6海里間隔) とする. もし生息密度が低いと, 推定精度が 20%を上回ることを覚悟しておく必要がある (図1-12).

外房沿岸～仙台湾
 $l = 23 \text{ km}$, $k=33$

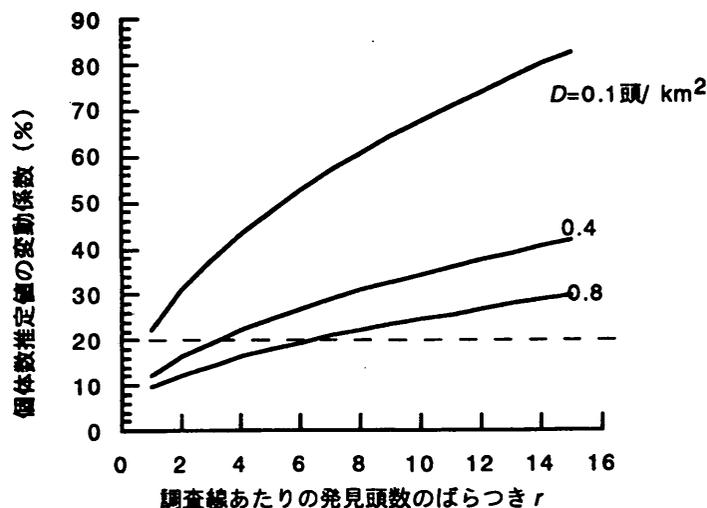


図1-12 仙台湾～内房沿岸調査案から予想される個体数推定精度.

1-7 平成11年度調査の概要

平成11年度には以下の調査を行った。

- 1) 平成12年3月1~14日 船からの目視観察による瀬戸内海予備調査
- 2) 平成12年3月15~20日 有明海・橘湾, 大村湾調査

調査2)の詳細は第2章に記す。

1-7-1 船からの目視観察による瀬戸内海予備調査

平成12年3月1-14日, 粕谷俊雄が実施した。

瀬戸内海は本調査の対象とする海域のなかで最も広大な海域である。当該海域内におけるスナメリの分布密度の地理的傾向がセスナ機目視観察の前に明らかになれば, 合理的な調査努力量の配分を検討することが可能である。

瀬戸内海のスナメリの分布に関する知見の一つには, Kasuya and Kureha (1979)があるが, これは20年も前の記録でありスナメリの現在の分布状況を反映している保証はない。この他に, 粕谷は1999年3月からフェリーボートを使用してスナメリの分布調査を開始している(表1-4参照)。この調査の主たる目的は前回の調査と比較して, 過去22年間における瀬戸内海産スナメリの生息密度変化を検出することであるが, 十分な量の調査が行われれば, そのデータは本調査にも使用可能である。

そこで, 瀬戸内海各地で目視調査を行い, 平成12年度調査計画立案の参考とすることとした。

[結果]

合計10群14頭のスナメリを確認した。この他, 粕谷のグループは1999年以来一連の調査を行ってきた。それによるスナメリの発見数は表1-4のとおりである。

表1-4 船舶による瀬戸内海産スナメリの目視調査結果(1999-2000年)

番号	調査手法と季節	発見数
1.	練習船勢水丸(1999年3月)	1群 2頭
2.	フェリーボート(1999年5月)	8群 13頭
3.	練習船勢水丸(1999年6月)	11群 21頭
4.	フェリーボート(1999年6-7月)	15群 71頭
5.	フェリーボート(2000年3月)	10群 14頭
6.	練習船勢水丸(2000年4月)	18群 26頭

これらの発見状況を, 1970年代に行われたKasuya and Kureha (1979)による分布とあわせて図示したのが, 図1-13と図1-14である。

スナメリの発見は距岸3裡以内あるいは水深40m以内に多いといわれてきたが, 現在もこの傾向には変化が認められない。かつては, 上の条件を満たすかぎり瀬戸内海のほとんど全域でスナメリの発見があったが, 最近の分布状況は著しく変化しており, 瀬戸内海中部と東部にはほとんどスナメリの発見がなかった。近年も依然としてスナメリの分布が多い海域は, 情島水道以西の山口県沿岸に限られていた。

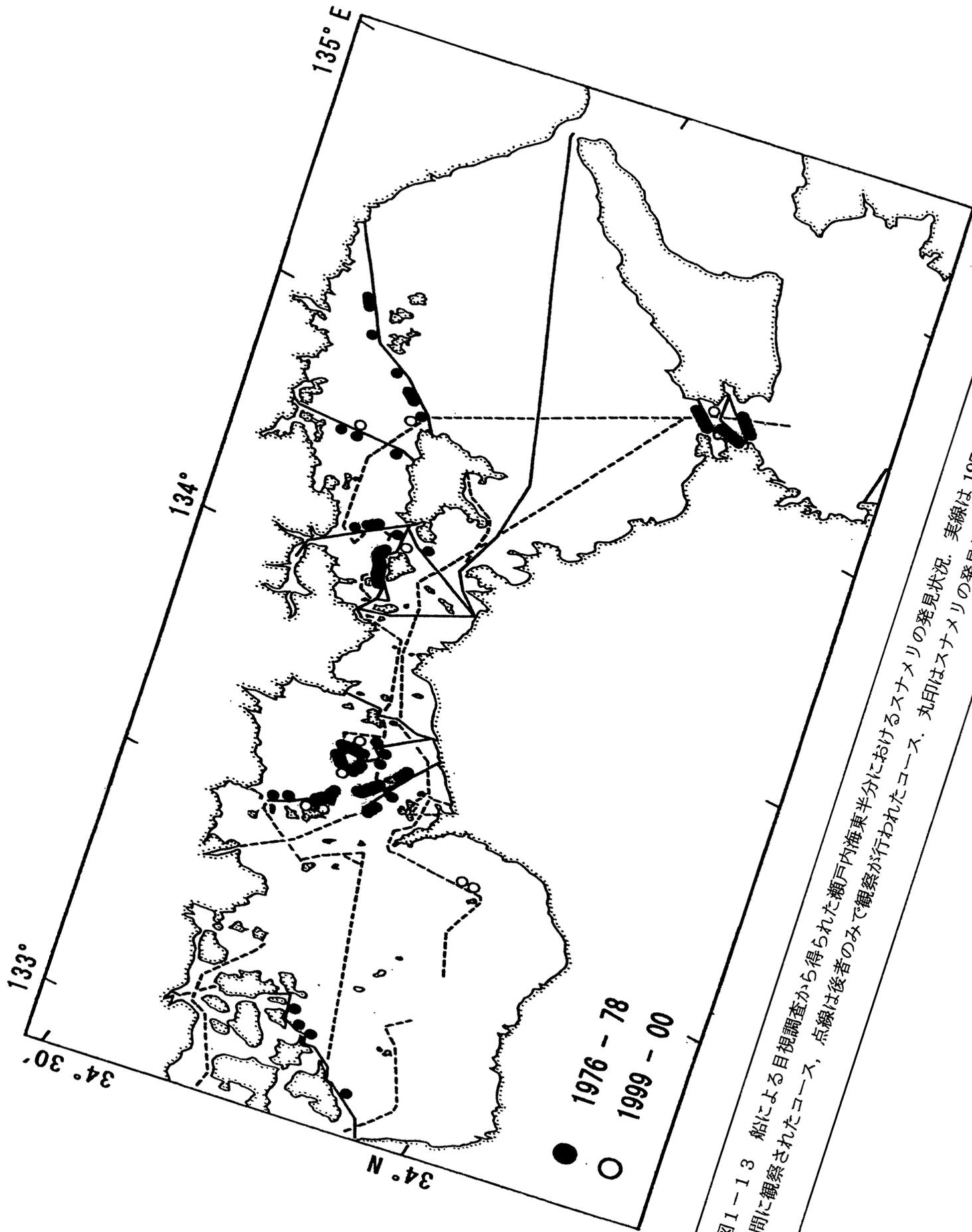


図1-13 船による目視調査から得られた瀬戸内海東半分におけるスナメリの発見状況。実線は1970年代と1999-2000年の両
 期間に観察されたコース、点線は後者のみで観察が行われたコース。丸印はスナメリの発見位置。

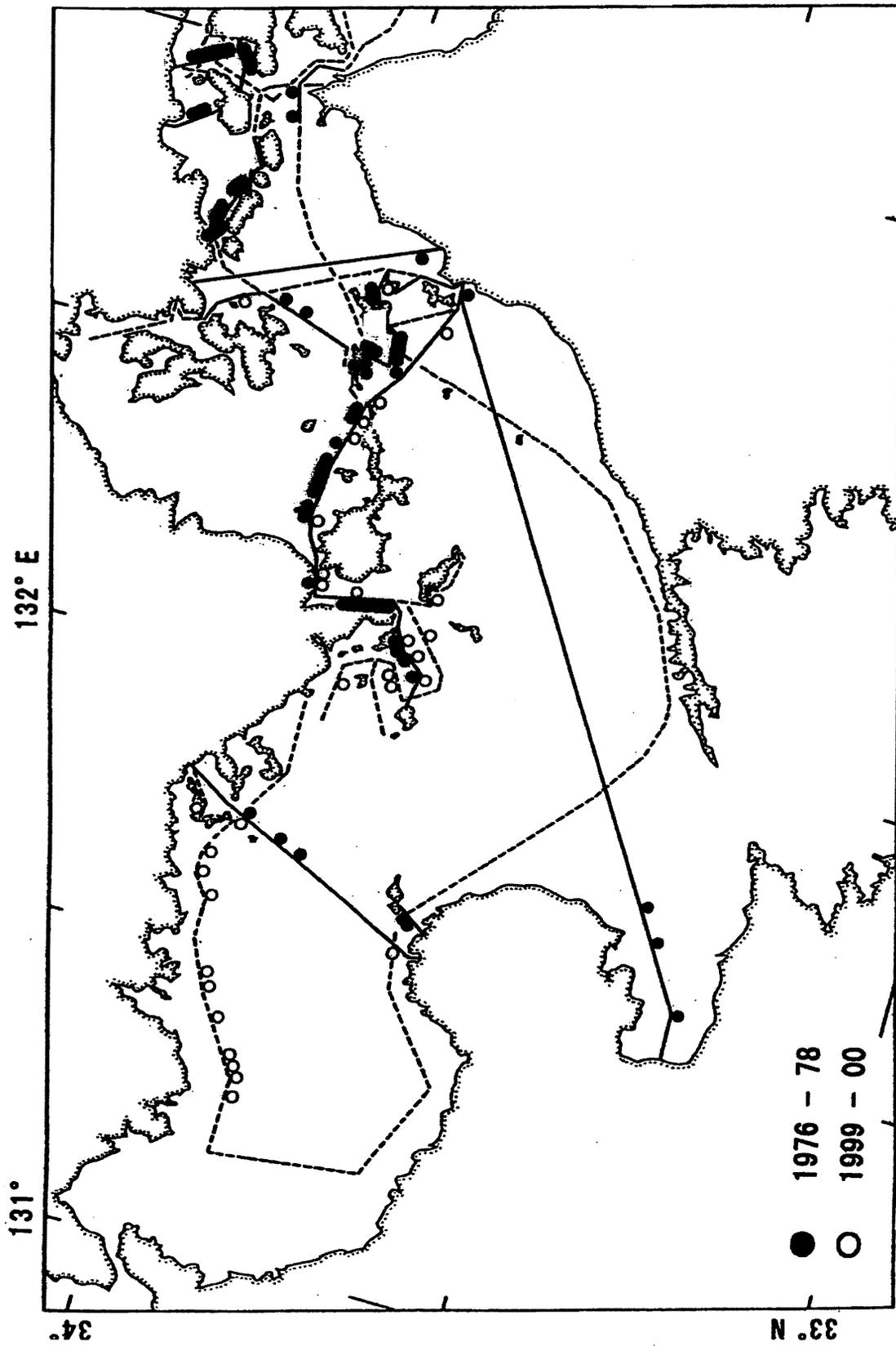


図1-14 船による目視観察から得られた瀬戸内海西半分におけるスナメリの発見状況. 説明は図1-13参照.

1-8 平成12年度調査の概要

平成12年度には以下の調査や打ち合わせを行った。

1. 4月7日 調査打ち合わせ
2. 4月8～9日 目視訓練
3. 4月29日 大村湾再調査（詳細は第2章参照）
4. 4月29日～5月4日 瀬戸内海西部調査（詳細は第2章参照）
5. 4月30日～5月7日 仙台湾～内房調査（詳細は第4章参照）
6. 5月15～22日 伊勢湾・三河湾調査（詳細は第3章参照）
7. 5月26～27日 仙台湾～内房再調査（詳細は第4章参照）
8. 7月16～17日 仙台湾～内房再々調査（詳細は第4章参照）

1-8-1 調査打ち合わせ

平成12年4月7日、三重大学生物資源学部において、各海域の調査参加者全員とアドバイザーが参加する会議を持ち、調査要領の説明（報告書末に添付）、目視訓練の説明、目視スタンドの作成、眼と透明シートの距離の計測、西九州の調査報告、各海域調査に必要な事前準備の説明を行った。参加者は以下の通りであった。

・参加者

仙台湾～内房海域調査担当者：天野雅男（東京大学）、中原史生(常磐大学)、
早野あずさ(京都大学)
伊勢湾・三河湾調査担当者：吉岡基（三重大学）、篠原正典(京都大学)、
喜多祥一（三重大学）
有明海・橘湾、大村湾、瀬戸内海調査担当者：白木原国雄、白木原美紀、
山本祥輝(三重大学)
アドバイザー：粕谷俊雄(三重大学)

1-8-2 目視訓練

平成12年4月8～9日、目視観察未経験者を対象とした目視訓練を行った。

4月8日、全員が名古屋空港に行ったが、風が強く飛行を中止した。空港内で機体の確認を行うとともに目視観察に必要な機器の使用練習を行った。4月9日、天候良く、目視訓練を三河湾で実施した。内房～仙台湾と伊勢湾・三河湾の調査員が本番形式でそれぞれ三河湾で1回の飛行を行い、観察者全員がスナメリを発見したので、目視訓練をこの日で終了とした。

参加者：天野雅男、中原史生、天野あずさ、吉岡基、篠原正典、喜多祥一、
白木原国雄、白木原美紀

第1章引用文献

- 秋山章男. 1996. 九十九里浜におけるスナメリの陸上観察. 日本水産学会春季大会講演要旨.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., and Laake, J. L. 1993. Distance sampling. Chapman and Hall, London, 446pp.
- Kasuya, T. and Kureha, K. 1979. The population of finless porpoise in the Inland Sea of Japan. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 31:1-44.
- 粕谷俊雄・山本祥輝 1999. 瀬戸内海のスナメリは減少したか・過去20年間の比較・日本哺乳類学会講演要旨.
- 岸野洋久 1991. ライトランセクトサンプリングによる鯨類のモニタリング. 桜本和美ほか編「鯨類資源の研究と管理」, 恒星社厚生閣, 117-131.
- 中尾真季・白木原国雄・白木原美紀・吉田英可 1999. 西九州沿岸海域におけるスナメリの分布と環境要因の関係. 日本水産学会秋季大会講演要旨.
- 日本哺乳類学会 1997. レッドデータ日本の哺乳類. 文一総合出版, 279pp.
- 宮下富夫・島田裕之・帝釈元・浅井康之 1994. 伊勢・三河湾におけるスナメリの密度とその季節変動. 日本水産学会秋季大会講演要旨. 58pp.
- Shirakihara, K., Yoshida, H., Shirakihara, M. and Takemura, A. 1992. A questionnaire survey on the distribution of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in Japanese waters. *Marine Mammal Science*, 8(2):160-164.
- Shirakihara, M., Shirakihara, K. and Takemura, A. 1994. Distribution and seasonal density of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in the coastal waters of western Kyushu, Japan. *Fisheries Science*, 60(1):41-46.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H. and Shirakihara, M. 1997. A population size estimate of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, from aerial sighting surveys in Ariake Sound and Tachibana Bay, Japan. *Res. Popul. Ecol.* 39(2):239-247.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H. Shirakihara, M. and Takemura, A. 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: estimation from aerial sighting surveys. *J. Wildlife Management*. 62(1):286-291.
- 吉田英可 1998. 日本沿岸域に生息するスナメリの地域個体群の識別研究. 月刊海洋, 39(9): 563-567.

第2章 有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海調査

白木原国雄・白木原美紀

有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海調査には以下の者が参加した。

白木原国雄（記録係），白木原美紀（観察者），山本祥輝（観察者，三重大学大学院生）

2-1～2-4で調査の報告をし，2-5で各海域の個体数推定の結果を述べる。

2-1 有明海・橘湾，大村湾調査

スナメリ目視観察は風を要求する天候依存型調査である。調査計画案（1-6-1～2）の通り，西九州（有明海・橘湾，大村湾）の実調査日数を3日と想定し，調査日数は好天待機を含む6日間，調査ラインは有明海・橘湾で水深60m以浅域内での緯度2'間隔の東西方向，大村湾で緯度1'間隔の東西方向とした。

有明海・橘湾では次のように調査ラインを決定した。まず緯度1'ごとの調査ライン候補線を考えた。有明海北端部の候補線は33°4'N線と33°5'N線であった。無作為にこれら2本の候補線から北端の調査ライン（33°5'N線，図2-1のラインA2）を選んだ。次に緯度2'ごとに以南の調査ラインを選んだ。

2回の調査を予定している大村湾でも系統抽出により調査ラインを選んだ。北端部の候補線を33°3.5'N線と33°3'N線とした。第1回目の調査では北端の調査ラインとして33°3.5'N線（図2-2のライン1）を無作為に選び，緯度1'ごとに以南の調査ラインを決定した。第2回目の調査では北端の調査ラインとして33°3'N線（図2-2のライン2）を無作為に選び，緯度1'ごとに以南の調査ラインを決定した。

平成12年3月15～20日に調査を行った。使用したセスナ機は4人乗り172型，航空会社は佐賀航空，飛行場は長崎空港であった。パイロットはセスナ機に付属のGPSを用いてラインに沿った飛行を行った。飛行経路の記録には調査員が持ち込んだGPS（Sony PS1000）を用い，2～3秒ごとのセスナ機の位置をパーソナルコンピュータに収録した。

これら調査海域の近くには雲仙など高い山がある。したがって，ある海域で白波が立っていても，山で風の遮られる海域では風いでいることがある。大村湾，有明海，橘湾の各調査海域は，大村湾内にある長崎空港から10分程度で到着できるので，海況の良い海域を臨機応変に選んで調査することが可能である。しかし，調査期間中，低気圧が次々に通過して天候が安定せず，大村湾個体群調査を延期せざるをえなかった。また，大村湾では平日に低空で自衛隊機の飛行訓練が行われており，その訓練を避けてしか調査を行えなかったことも延期の原因の1つとなった。

天候に焦点をあてて，巻末に付属資料として調査の経過を記す。

[結果]

調査の実施状況と発見状況をそれぞれ表2-1と表2-2に示す。これらをもとに作成した有明海・橘湾における分布図を図2-1に示す。有明海でほぼ全域的な分布を確認し，橘湾では湾口東部（調査ラインT26，T28の東側）と西部沿岸寄り（T22，T26の西側）で発見があった。調査コース飛行中の総発見群数と総発見頭数はそれぞれ116群，208頭であった。有明海では1993-94年の調査を上回る発見があった。



図 2-1 有明海・橘湾の調査ラインとスナメリの群れの発見位置.

表 2-1 有明海、橘湾における調査実施状況 (平成 12 年 3 月 15~18 日).

各ラインの開始点と終了点の間は東西方向の直線移動が基本。 A : 有明海, B : 橘湾

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
A2	開始	3	15	13	13	54	33.086 130.146
	終了	3	15	13	24	8	33.081 130.411
A4	開始	3	15	13	26	15	33.050 130.423
	終了	3	15	13	35	18	33.050 130.173
A6	開始	3	15	13	37	47	33.020 130.183
	終了	3	15	13	45	50	33.013 130.405
A8	開始	3	15	13	50	57	32.982 130.431
	終了	3	15	13	58	54	32.981 130.218
A10	開始	3	15	14	1	15	32.949 130.202
	終了	3	15	14	9	16	32.949 130.433
A12	開始	3	15	14	11	47	32.915 130.444
	終了	3	15	14	21	15	32.913 130.189
A14	開始	3	15	14	23	58	32.884 130.163
	終了	3	15	14	36	22	32.885 130.506
A16	開始	3	15	14	42	32	32.852 130.524
	終了	3	15	14	49	11	32.852 130.343
A18	開始	3	15	14	52	8	32.816 130.364
	終了	3	15	15	0	17	32.818 130.587
A20	開始	3	15	15	3	14	32.781 130.599
	終了	3	15	15	11	13	32.781 130.380
A22	開始	3	18	10	11	28	32.753 130.382
	終了	3	18	10	19	52	32.750 130.602
A24	開始	3	18	10	22	9	32.720 130.604
	終了	3	18	10	31	19	32.716 130.357
A26	開始	3	18	10	33	57	32.688 130.358
	終了	3	18	10	41	1	32.686 130.547
A28	開始	3	18	10	44	4	32.655 130.507
	終了	3	18	10	54	1	32.651 130.305
A30	開始	3	18	10	59	31	32.622 130.238
	終了	3	18	11	6	24	32.616 130.415
A32	開始	3	18	11	10	42	32.584 130.381
	終了	3	18	11	18	36	32.585 130.166
A34	開始	3	18	11	23	56	32.552 130.190
	終了	3	18	11	31	54	32.551 130.401
A36	開始	3	18	11	34	18	32.519 130.406
	終了	3	18	11	42	5	32.518 130.197
A38	開始	3	17	10	51	47	32.485 130.202
	終了	3	17	10	54	42	32.483 130.272
T20	開始	3	18	14	38	44	32.785 130.072
	終了	3	18	14	43	0	32.784 130.188
T22	開始	3	18	12	37	26	32.752 129.956
	終了	3	18	12	46	43	32.749 130.208
T24	開始	3	18	12	25	8	32.718 130.193
	終了	3	18	12	35	21	32.715 129.938
T26	開始	3	18	12	13	36	32.685 129.909
	終了	3	18	12	21	50	32.685 130.124
T28	開始	3	18	11	57	46	32.650 130.126
	終了	3	18	12	7	7	32.649 129.880

表2-2 有明海・橋湾におけるスナメリの群れの発見記録（平成12年3月15～18日
のうちの1/3）。

L：左側観察者（山本祥輝），R：右側観察者（白木原美紀），

*：有効発見としない（横距離50m以内）

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
A2	3	15	13	15	33	33.079	130.187	L	2*
A2	3	15	13	18	36	33.082	130.260	L	1
A4	3	15	13	30	22	33.048	130.311	R	1*
A6	3	15	13	38	26	33.015	130.199	R	1
A6	3	15	13	42	37	33.017	130.313	L	1*
A6	3	15	13	42	53	33.019	130.322	R	1
A6	3	15	13	44	13	33.018	130.359	L	1*
A6	3	15	13	44	54	33.016	130.379	L	1
A8	3	15	13	52	25	32.985	130.390	L	2
A8	3	15	13	53	40	32.979	130.358	R	1
A10	3	15	14	3	27	32.952	130.264	R	1
A10	3	15	14	5	14	32.953	130.315	L	2
A10	3	15	14	5	16	32.953	130.316	R	2
A10	3	15	14	5	46	32.953	130.332	L	1
A10	3	15	14	6	28	32.953	130.353	R	2
A10	3	15	14	7	2	32.950	130.370	L	2
A10	3	15	14	7	46	32.949	130.391	L	1
A10	3	15	14	8	40	32.950	130.416	R	1
A12	3	15	14	11	53	32.916	130.442	L	1
A12	3	15	14	11	55	32.915	130.442	L	1
A12	3	15	14	14	38	32.918	130.366	L	1
A12	3	15	14	14	40	32.919	130.365	L	1
A12	3	15	14	14	41	32.919	130.363	R	1*
A12	3	15	14	15	18	32.920	130.347	R	1*
A12	3	15	14	15	41	32.919	130.337	R	1
A12	3	15	14	16	8	32.917	130.324	L	1
A12	3	15	14	16	39	32.916	130.310	L	1*
A12	3	15	14	16	54	32.916	130.303	R	1

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
A14	3	15	14	24	50	32.884	130.187	R	2
A14	3	15	14	25	46	32.882	130.214	L	1
A14	3	15	14	30	56	32.883	130.356	L	1
A14	3	15	14	31	3	32.883	130.360	L	1
A14	3	15	14	32	34	32.883	130.402	L	1
A14	3	15	14	32	45	32.883	130.406	L	2
A14	3	15	14	32	46	32.883	130.407	R	2
A14	3	15	14	32	48	32.883	130.409	L	1
A14	3	15	14	32	51	32.883	130.410	R	1
A14	3	15	14	32	56	32.883	130.412	L	1*
A14	3	15	14	34	50	32.881	130.463	L	1*
A14	3	15	14	35	35	32.883	130.484	R	1
A14	3	15	14	35	39	32.883	130.486	R	1
A16	3	15	14	43	7	32.849	130.509	L	1
A16	3	15	14	44	7	32.847	130.481	R	1
A16	3	15	14	44	13	32.847	130.478	L	1
A16	3	15	14	44	18	32.848	130.476	R	1
A16	3	15	14	46	26	32.851	130.420	R	1
A16	3	15	14	46	45	32.850	130.412	L	1*
A16	3	15	14	47	4	32.850	130.403	L	1
A16	3	15	14	47	17	32.850	130.397	L	4
A18	3	15	14	53	5	32.817	130.388	R	2
A18	3	15	14	53	18	32.815	130.393	L	1
A18	3	15	14	54	48	32.817	130.435	R	1
A18	3	15	14	54	50	32.817	130.436	L	2*
A18	3	15	14	55	57	32.815	130.468	L	1
A18	3	15	14	56	2	32.816	130.470	L	1

(表2-2 続き)

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
A20	3	15	15	4	23	32.783	130.568	R	1
A20	3	15	15	6	23	32.783	130.510	L	1
A20	3	15	15	6	27	32.783	130.508	L	1
A20	3	15	15	6	33	32.783	130.506	L	1
A20	3	15	15	6	35	32.783	130.505	L	1
A20	3	15	15	7	12	32.785	130.488	R	1
A20	3	15	15	10	9	32.786	130.406	L	2
A20	3	15	15	10	51	32.783	130.389	R	1
A22	3	18	10	12	18	32.756	130.403	R	2
A22	3	18	10	13	53	32.751	130.444	L	1
A24	3	18	10	26	22	32.720	130.485	L	1
A24	3	18	10	27	18	32.721	130.459	R	1
A24	3	18	10	27	25	32.721	130.456	R	2
A24	3	18	10	27	33	32.720	130.453	L	3
A24	3	18	10	27	36	32.720	130.451	L	2
A24	3	18	10	27	39	32.720	130.450	L	1*
A24	3	18	10	27	42	32.720	130.449	L	1
A24	3	18	10	27	46	32.720	130.447	L	2
A24	3	18	10	30	23	32.715	130.382	R	1

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
A26	3	18	10	35	17	32.689	130.391	L	1
A26	3	18	10	35	22	32.688	130.394	L	3
A26	3	18	10	35	29	32.688	130.397	L	1
A26	3	18	10	35	50	32.687	130.407	R	1
A26	3	18	10	38	32	32.687	130.480	L	1
A26	3	18	10	39	35	32.688	130.507	L	4
A26	3	18	10	39	37	32.688	130.509	L	2
A26	3	18	10	40	7	32.687	130.522	L	1
A28	3	18	10	44	35	32.654	130.494	R	2
A28	3	18	10	44	44	32.653	130.489	L	1
A28	3	18	10	47	54	32.652	130.405	L	33
A28	3	18	10	48	2	32.652	130.402	R	1
A28	3	18	10	50	51	32.650	130.388	R	3
A28	3	18	10	50	57	32.651	130.385	R	1
A28	3	18	10	51	0	32.651	130.384	R	2
A28	3	18	10	51	1	32.651	130.383	L	1
A28	3	18	10	51	2	32.651	130.383	R	12
A28	3	18	10	51	7	32.652	130.381	L	1
A28	3	18	10	51	11	32.652	130.379	R	1*
A28	3	18	10	51	32	32.652	130.371	R	1*

表2-2 (続き) 有明海・橘湾におけるスナメリの群れの発見記録(平成12年3月15
 ~18日のうちの3/3)

L: 左側観察者(山本祥輝), R: 右側観察者(白木原美紀),

*: 有効発見としない(横距離50m以内)

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
A30	3	18	11	1	26	32.618	130.286	R	3
A30	3	18	11	2	18	32.615	130.308	R	1
A30	3	18	11	6	17	32.616	130.412	R	1
A32	3	18	11	13	36	32.585	130.301	R	2
A32	3	18	11	?	?	?	?	R	2
A32	3	18	11	?	?	?	?	R	1
A32	3	18	11	?	?	?	?	R	2
A34	3	18	11	28	28	32.550	130.309	L	2
A36	3	18	11	39	25	32.518	130.270	R	2*
A36	3	18	11	39	29	32.518	130.269	R	2
A36	3	18	11	40	28	32.518	130.241	R	1
A36	3	18	11	40	31	32.518	130.240	R	1
ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
T28	3	18	11	58	6	32.653	130.117	R	2
T28	3	18	11	58	10	32.653	130.116	R	1*
T28	3	18	11	58	52	32.651	130.098	R	2
T28	3	18	11	59	7	32.651	130.091	R	2
T26	3	18	12	15	31	32.682	129.958	R	2*
T26	3	18	12	15	36	32.682	129.960	R	3
T26	3	18	12	15	40	32.682	129.962	L	2
T26	3	18	12	20	29	32.685	130.087	L	2
T26	3	18	12	20	54	32.685	130.098	L	1*
T22	3	18	12	39	39	32.752	130.013	R	2

2-2 大村湾の再調査

平成12年3月に悪天候のために大村湾調査を実施できなかったため、4月29日に再調査した。使用したセスナ機は4人乗り172型(GPS付き)、航空会社は佐賀航空、飛行場は長崎空港であった。この日はビューフォート風力階級は一部の海域を除いて2以下、晴れ(雲量は1~2)で海面反射がきついところもあった。4時間5分の飛行で全域2回の飛行が完了した。ただし、GPSの受信状態が悪く、一部の海域での実際の飛行コースのデータが収録できなかった。

[結果]

調査の実施状況と発見状況をそれぞれ表2-3と表2-4に示す。これらをもとに作成した分布図を図2-2に示す。南西部を除いてほぼ全域にわたる発見があった。2回の飛行からの発見は47群67頭であった。1回飛行あたり10~40頭発見した1993-94年の調査(Yoshida *et al.*, 1998)に較べて、発見頭数の減少は特に認められなかった。

表2-3 大村湾における調査実施状況(平成12年4月29日)。

各ラインの開始点と終了点の間は東西方向の直線移動が基本。

第1回調査							第2回調査						
ライン	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)		ライン	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	
1	開始	10	32	10	33.055	129.888	2	開始	13	12	46	33.051	129.767
	終了	10	37	59	33.055	129.737		終了	13	17	9	33.050	129.897
3	開始	10	39	45	33.038	129.906	4	開始	13	21	11	33.034	129.914
	終了	10	45	39	33.038	129.759		終了	13	28	9	33.034	129.745
5	開始	10	48	9	33.022	129.934	6	開始	13	29	36	33.017	129.740
	終了	10	56	0	33.022	129.743		終了	13	36	34	33.018	129.938
7	開始	11	0	10	33.005	129.946	8	開始	13	38	11	33.001	129.946
	終了	11	5	44	33.005	129.738		終了	13	43	27	33.000	129.815
9	開始	11	7	18	32.988	129.949	10	開始	13	45	47	32.982	129.821
	終了	11	12	32	32.988	129.817		終了	13	50	17	32.982	129.944
11	開始	11	14	43	32.972	129.942	12	開始	13	52	9	32.967	129.929
	終了	11	18	48	32.972	129.825		終了	13	56	20	32.967	129.820
13	開始	11	22	36	32.955	129.932	14	開始	13	58	20	32.950	129.819
	終了	11	27	1	32.955	129.818		終了	14	2	14	32.949	129.927
15	開始	11	29	16	32.938	129.931	16	開始	14	7	31	32.936	129.929
	終了	11	35	0	32.852	129.787		終了	14	12	39	32.933	129.787
17	開始	12	25	53	32.924	129.932	18	開始	14	22	48	32.920	129.793
	終了	12	31	1	32.922	129.790		終了	14	27	49	32.914	129.935
19	開始	12	33	16	32.905	129.805	20	開始	14	29	39	32.895	129.947
	終了	12	38	37	32.904	129.949		終了	14	35	23	32.901	129.807
21	開始	12	41	6	32.888	129.955	22	開始	14	37	6	32.885	129.810
	終了	12	46	26	32.889	129.810		終了	14	42	30	32.884	129.963
23	開始	12	48	40	32.872	129.797	24	開始	14	44	9	32.867	129.976
	終了	12	54	48	32.872	129.965		終了	14	51	36	32.867	129.804
25	開始	12	58	4	32.858	129.987	26	開始	14	53	12	32.854	129.830
	終了	13	4	26	32.858	129.827		終了	14	59	18	32.849	129.996

ライン1-15の開始・終了点の緯度経度はGPS不調のために海図より推測

表2-4 大村湾におけるスナメリの群れの発見記録(平成12年4月29日)。

L: 左側観察者(山本祥輝), R: 右側観察者(白木原美紀)

*: 有効発見としない(横距離50m以内), **: 有効発見としない(横距離250m以上)

第1回調査							第2回調査								
ライン	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数	ライン	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
1	10	33	44	33.055	129.824	L	1	21	12	41	42	32.888	129.939	R	2*
3	10	43	40	33.038	129.857	L	2	23	12	52	12	32.872	129.893	L	2
3	10	44	1	33.038	129.865	R	1	25	12	58	5	32.858	129.987	R	1
5	10	50	49	33.022	129.867	R	1								
5	10	52	32	33.022	129.826	L	2								
7	11	0	21	33.005	129.745	L	6								
7	11	2	33	33.005	129.827	R	1*								
7	11	2	50	33.005	129.838	L	2								
7	11	2	55	33.005	129.841	L	1								
7	11	3	1	33.005	129.845	L	2								
7	11	4	46	33.005	129.911	L	1**								
9	11	8	32	32.988	129.918	L	1								
9	11	9	7	32.988	129.903	R	3**								
9	11	11	44	32.988	129.833	R	1*								
11	11	14	49	32.972	129.827	L	2								
11	11	17	4	32.972	129.895	R	2								
11	11	17	8	32.972	129.897	R	1								
13	11	23	52	32.955	129.898	L	1								
13	11	25	19	32.955	129.859	L	2								
15	11	32	12	32.938	129.861	L	1*								
15	11	32	31	32.938	129.869	L	2								
15	11	32	58	32.938	129.880	R	1								
15	11	33	10	32.938	129.885	L	1								
19	12	35	2	32.903	129.850	R	1								
19	12	35	37	32.905	129.865	R	1								
19	12	35	42	32.905	129.867	L	1*								
								2	13	16	50	33.051	129.888	R	1
								4	13	21	26	33.034	129.909	L	1
								4	13	21	31	33.034	129.906	L	2
								4	13	26	38	33.035	129.782	L	2
								6	13	33	3	33.016	129.837	L	1
								6	13	33	6	33.016	129.838	L	1
								6	13	33	26	33.016	129.847	L	1
								6	13	36	16	33.018	129.929	R	1
								8	13	39	50	33.000	129.906	L	1
								8	13	40	15	33.000	129.895	R	1
								8	13	40	31	33.000	129.889	R	1
								10	13	45	55	32.982	129.825	R	1
								10	13	48	18	32.983	129.888	L	1
								10	13	48	38	32.983	129.897	L	1
								16	14	11	2	32.934	129.836	L	2
								20	14	30	33	32.895	129.926	R	1**
								20	14	31	51	32.899	129.897	L	1
								24	14	44	52	32.866	129.961	R	1*

ライン1-15の発見緯度経度はGPS不調のために海図より推測

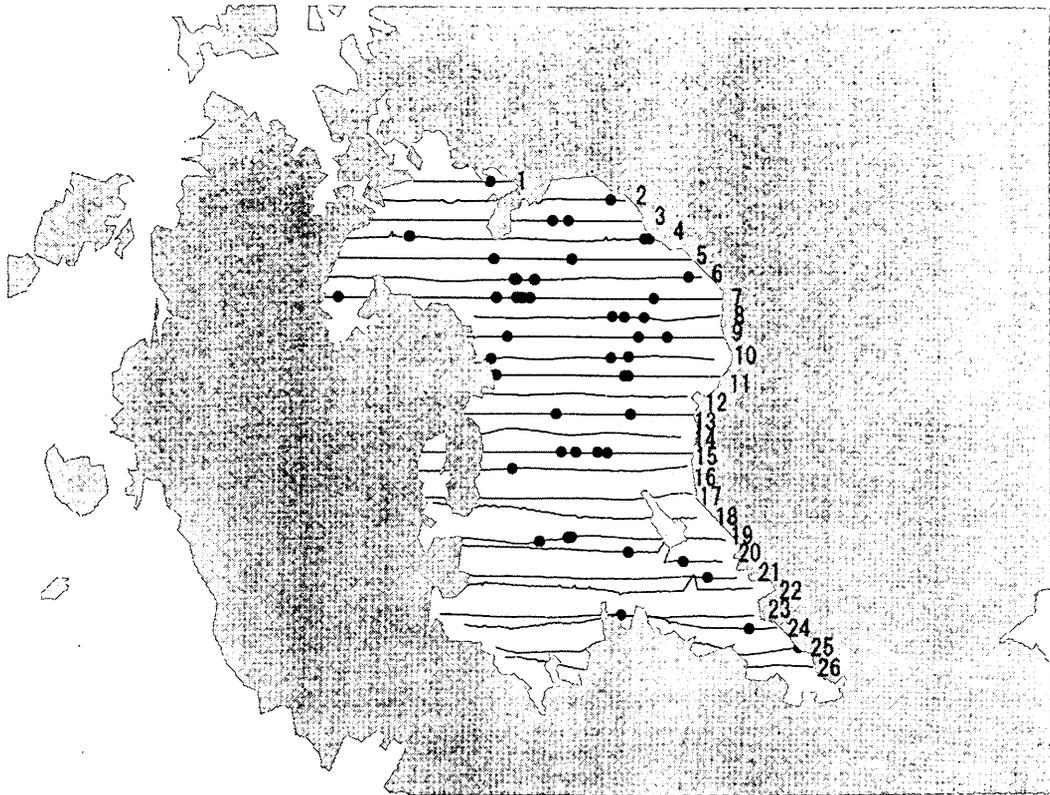


図 2-2 大村湾の調査ラインとスナメリの群れの発見位置

2-3 瀬戸内海西部調査

平成 12 年 4 月 30 日～5 月 4 日に調査を実施した。4 月 30 日～5 月 2 日，使用したセスナ機は 4 人乗り 172 型，航空会社は日本地域航空，飛行場は宇部空港であった。5 月 3 日～5 月 4 日，使用したセスナ機は 4 人乗り 172 型，航空会社は日本地域航空，飛行場は広島西空港であった。両セスナ機ともに GPS を装備していなかったため，パイロットは調査員が持ち込んだ GPS (Germin 38EX) を用いてラインに沿った飛行を行った。飛行経路の記録には調査員が持ち込んだ GPS (Sony PS1000) を用い，2～3 秒ごとのセスナ機の位置をパーソナルコンピュータに収録した。

スナメリの密度が高いと予想された瀬戸内海西部(松山以西からの周防灘までの水深 50m 以浅域)では，東西に経度 4' (約 3 海里) ごとに調査線を引くことにした。最西端の調査ライン候補線を 131° 1', 2', 3', 4' E の 4 本とし，無作為抽出により最西端の調査ラインを 131° 3' E (図 2-3 のライン S103) とした。経度 4' ごとに以東の調査ラインを決定した。

4 月 30 日を除いて好天に恵まれ，効率良く調査を終了することができた。巻末に付属資料として調査の経過を記す。

[結果]

調査の実施状況と発見状況をそれぞれ表 2-5 と表 2-6 に示す。これらをもとに作成した分布図を図 2-3 に示す。周防灘では有明海同様、全域的な分布を確認した。徳山から松山まででは、発見の無かった広島湾を除き、島と岸の近くという Kasuya and Kureha (1979)の報告に沿った発見が認められた。また、周防灘から東に向かって次第に分布密度が減少する傾向が認められた。別府湾では周防灘に較べて発見密度が低かった。発見は 140 群, 216 頭であった。

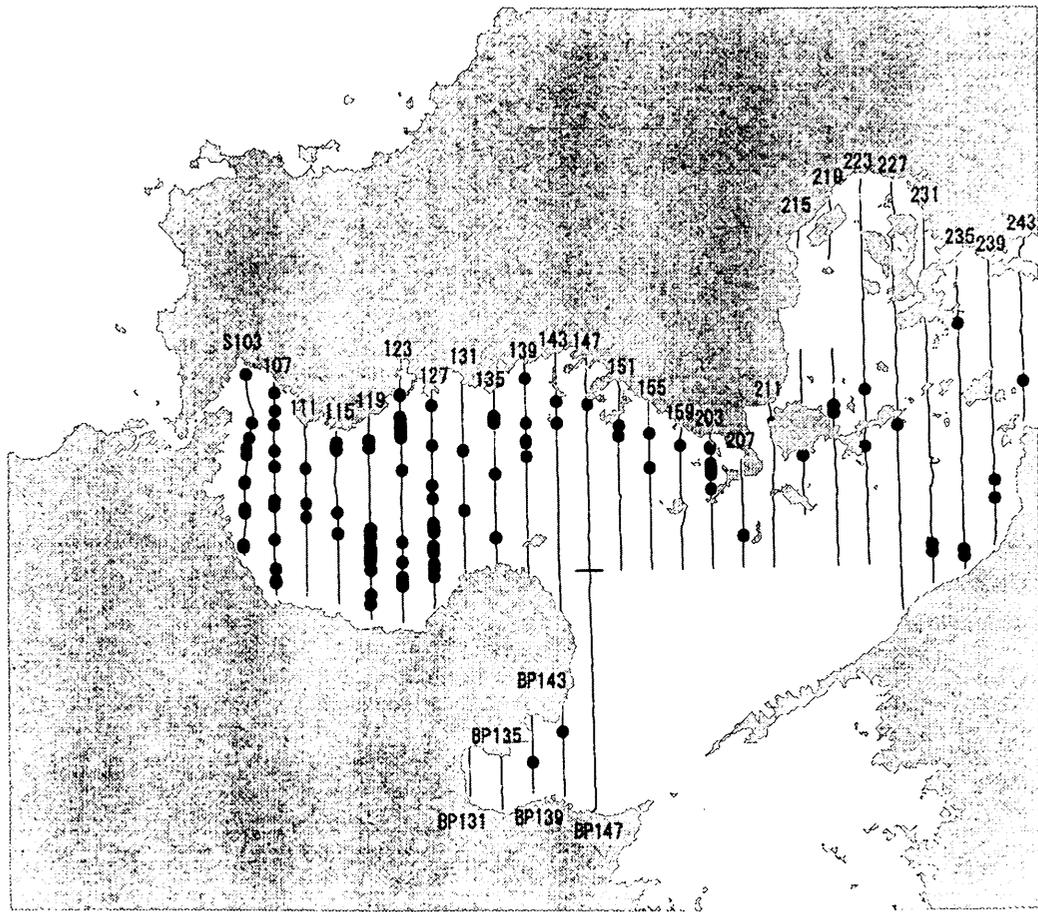


図 2-3 瀬戸内海西部の調査ラインとスナメリの群れの発見位置

S103 は瀬戸内海 $131^{\circ} 03' E$ ライン, S243 は同 $132^{\circ} 43' E$ ラインを表す。

表 2-5 瀬戸内海における調査実施状況 (平成 12 年 4 月 30 日～5 月 4 日のうち 1/3).
各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本.
長いラインは分割して調査. S: 瀬戸内海

ライン		月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S103	開始	4	30	13	15	30	34.033	131.051
	終了	4	30	13	29	23	33.706	131.046
S107	開始	4	30	13	33	40	33.635	131.115
	終了	4	30	13	50	0	34.010	131.115
S111 1/2	開始	5	1	7	58	45	33.930	131.180
	終了	5	1	8	4	40	33.800	131.181
S111 2/2	開始	5	1	11	50	0	33.631	131.181
	終了	5	1	11	57	20	33.800	131.181
S115 1/2	開始	5	1	8	7	23	33.800	131.248
	終了	5	1	8	12	51	33.924	131.248
S115 2/2	開始	5	1	12	1	16	33.800	131.248
	終了	5	1	12	9	13	33.617	131.248
S119 1/2	開始	5	1	8	16	41	33.948	131.315
	終了	5	1	8	23	45	33.800	131.315
S119 2/2	開始	5	1	12	13	11	33.591	131.314
	終了	5	1	12	22	31	33.800	131.315
S123 1/2	開始	5	1	8	27	14	33.801	131.380
	終了	5	1	8	36	8	34.005	131.381
S123 2/2	開始	5	1	14	19	22	33.799	131.380
	終了	5	1	14	28	24	33.585	131.381
S127 1/2	開始	5	1	8	39	56	33.990	131.448
	終了	5	1	8	48	42	33.800	131.448
S127 2/2	開始	5	1	14	31	55	33.611	131.447
	終了	5	1	14	40	23	33.801	131.448

ライン		月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S131 1/2	開始	5	1	8	52	14	33.800	131.514
	終了	5	1	9	0	56	34.001	131.515
S131 2/2	開始	5	1	14	44	6	33.799	131.515
	終了	5	1	14	49	38	33.672	131.515
S135 1/2	開始	5	1	9	4	5	33.987	131.581
	終了	5	1	9	12	29	33.801	131.581
S135 2/2	開始	5	1	14	52	41	33.693	131.581
	終了	5	1	14	57	35	33.801	131.580
S139 1/2	開始	5	1	9	15	35	33.800	131.647
	終了	5	1	9	25	53	34.035	131.646
S139 1/2	開始	5	1	15	1	16	33.800	131.648
	終了	5	1	15	6	43	33.673	131.647
S143 1/2	開始	5	1	9	29	19	34.058	131.714
	終了	5	1	9	40	42	33.800	131.715
S143 2/2	開始	5	1	15	49	1	33.667	131.714
	終了	5	1	15	54	49	33.800	131.715
S147 1/2	開始	5	2	8	29	1	33.801	131.783
	終了	5	2	8	40	25	34.047	131.781
S147 2/2	開始	5	1	9	44	52	33.799	131.782
	終了	5	1	9	50	43	33.667	131.781
S151 1/2	開始	5	2	8	43	56	34.003	131.850
	終了	5	2	8	52	28	33.799	131.850
S151 2/2	開始	5	2	10	3	39	33.79892	131.8541
	終了	5	2	10	9	15	33.6666	131.8503

表 2-5 (続き) 瀬戸内海における調査実施状況 (平成 12 年 4 月 30 日～5 月 4 日
のうち 3/3). 各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本.
長いラインは分割して調査. S: 瀬戸内海

ライン		月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S103	開始	4	30	13	15	30	34.033	131.051
	終了	4	30	13	29	23	33.706	131.046
S107	開始	4	30	13	33	40	33.635	131.115
	終了	4	30	13	50	0	34.010	131.115
S111 1/2	開始	5	1	7	58	45	33.930	131.180
	終了	5	1	8	4	40	33.800	131.181
S111 2/2	開始	5	1	11	50	0	33.631	131.181
	終了	5	1	11	57	20	33.800	131.181
S115 1/2	開始	5	1	8	7	23	33.800	131.248
	終了	5	1	8	12	51	33.924	131.248
S115 2/2	開始	5	1	12	1	16	33.800	131.248
	終了	5	1	12	9	13	33.617	131.248
S119 1/2	開始	5	1	8	16	41	33.948	131.315
	終了	5	1	8	23	45	33.800	131.315
S119 2/2	開始	5	1	12	13	11	33.591	131.314
	終了	5	1	12	22	31	33.800	131.315
S123 1/2	開始	5	1	8	27	14	33.801	131.380
	終了	5	1	8	36	8	34.005	131.381
S123 2/2	開始	5	1	14	19	22	33.799	131.380
	終了	5	1	14	28	24	33.585	131.381
S127 1/2	開始	5	1	8	39	56	33.990	131.448
	終了	5	1	8	48	42	33.800	131.448
S127 2/2	開始	5	1	14	31	55	33.611	131.447
	終了	5	1	14	40	23	33.801	131.448

ライン		月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S131 1/2	開始	5	1	8	52	14	33.800	131.514
	終了	5	1	9	0	56	34.001	131.515
S131 2/2	開始	5	1	14	44	6	33.799	131.515
	終了	5	1	14	49	38	33.672	131.515
S135 1/2	開始	5	1	9	4	5	33.987	131.581
	終了	5	1	9	12	29	33.801	131.581
S135 2/2	開始	5	1	14	52	41	33.693	131.581
	終了	5	1	14	57	35	33.801	131.580
S139 1/2	開始	5	1	9	15	35	33.800	131.647
	終了	5	1	9	25	53	34.035	131.646
S139 1/2	開始	5	1	15	1	16	33.800	131.648
	終了	5	1	15	6	43	33.673	131.647
S143 1/2	開始	5	1	9	29	19	34.058	131.714
	終了	5	1	9	40	42	33.800	131.715
S143 2/2	開始	5	1	15	49	1	33.667	131.714
	終了	5	1	15	54	49	33.800	131.715
S147 1/2	開始	5	2	8	29	1	33.801	131.783
	終了	5	2	8	40	25	34.047	131.781
S147 2/2	開始	5	1	9	44	52	33.799	131.782
	終了	5	1	9	50	43	33.667	131.781
S151 1/2	開始	5	2	8	43	56	34.003	131.850
	終了	5	2	8	52	28	33.799	131.850
S151 2/2	開始	5	2	10	3	39	33.79892	131.8541
	終了	5	2	10	9	15	33.6666	131.8503

表2-5 (続き) 瀬戸内海における調査実施状況 (平成12年4月30日~5月4日
のうち3/3). 各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本.
長いラインは分割して調査. S: 瀬戸内海

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)
S235 2/3	開始	5	4	9	55	19	33.80099 132.585
	終了	5	4	10	2	10	33.96209 132.5836
S235 3/3	開始	5	4	9	6	24	33.79927 132.5834
	終了	5	4	9	13	15	33.6505 132.5826
S239 1/3	開始	5	3	12	16	30	34.01573 132.6509
	終了	5	3	12	24	21	34.19725 132.6499
S239 2/3	開始	5	4	9	42	46	34.0024 132.6525
	終了	5	4	9	50	41	33.83294 132.6507
S239 3/3	開始	5	4	9	16	29	33.69148 132.6466
	終了	5	4	9	27	31	33.83071 132.6499
S243 1/2	開始	5	3	12	27	19	34.23304 132.7257
	終了	5	3	12	35	27	34.06624 132.713
S243 2/2	開始	5	4	9	31	48	33.90644 132.7151
	終了	5	4	9	38	31	34.06682 132.7163
BP131	開始	5	1	11	26	34	33.362 131.516
	終了	5	1	11	30	29	33.274 131.514
BP135	開始	5	1	11	19	6	33.250 131.582
	終了	5	1	11	23	20	33.344 131.581
BP139	開始	5	1	11	9	48	33.410 131.648
	終了	5	1	11	15	47	33.278 131.648

表2-6 瀬戸内海西部 (別府湾含む) におけるスナメリの群れの発見記録 (平成12
年4月30日~5月4日のうちの1/3).

L: 左側観察者 (山本祥輝), R: 右側観察者 (白木原美紀).
有効発見としない (*: 横距離50m以内, **: 横距離250m以上, -: 風力階級3以上)

ライン	月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)	発見者	頭数
S103	4	30	13	15	58	34.01857	131.0555	R	2
S103	4	30	13	19	39	33.9324	131.0671	L	2
S103	4	30	13	20	47	33.90653	131.0611	L	1
S103	4	30	13	21	37	33.88753	131.0558	R	1
S103	4	30	13	22	6	33.87634	131.0548	R	1
S103	4	30	13	24	8	33.82897	131.0509	R	2
S103	4	30	13	24	14	33.82619	131.0505	R	1
S103	4	30	13	26	5	33.7823	131.0509	R	1
S103	4	30	13	26	20	33.77733	131.0511	R	1
S103	4	30	13	26	25	33.77446	131.0511	R	1
S103	4	30	13	26	25	33.77446	131.0511	L	1
S103	4	30	13	28	44	33.71921	131.047	R	1
S103	4	30	13	28	55	33.71487	131.0467	L	1
S107	4	30	13	34	39	33.65389	131.1159	L	2
S107	4	30	13	34	43	33.71921	131.047	L	1
S107	4	30	13	34	49	33.71668	131.0469	R	1
S107	4	30	13	35	41	33.67779	131.1156	R	3
S107	4	30	13	37	56	33.72774	131.1144	L	2
S107	4	30	13	40	30	33.78752	131.1141	R	1
S107	4	30	13	40	56	33.7961	131.1147	R	1
S107	4	30	13	43	30	33.85547	131.1157	L	2
S107	4	30	13	44	43	33.88314	131.1156	R	1
S107	4	30	13	46	41	33.92929	131.1152	L	4
S107	4	30	13	47	44	33.95351	131.1178	L	1
S107	4	30	13	49	8	33.98429	131.1171	R	1*
S111 1/2	5	1	8	2	11	33.85236	131.1832	R	1
S115 1/2	5	1	8	11	11	33.883	131.2495	R	2*
S115 1/2	5	1	8	11	19	33.88644	131.2494	R	2
S115 1/2	5	1	8	11	21	33.887	131.249	R	2
S115 1/2	5	1	8	11	47	33.89681	131.2501	L	1
S119 1/2	5	1	8	18	47	33.900	131.317	L	1
S119 1/2	5	1	8	18	57	33.89742	131.317	R	2
S119 1/2	5	1	8	19	28	33.88592	131.3167	R	1
S123 1/2	5	1	8	29	21	33.846	131.385	R	1*
S123 1/2	5	1	8	31	47	33.90472	131.3843	R	2*
S123 1/2	5	1	8	31	58	33.91042	131.3839	L	1
S123 1/2	5	1	8	32	4	33.91142	131.3839	L	2
S123 1/2	5	1	8	32	8	33.91264	131.3839	L	3
S123 1/2	5	1	8	32	11	33.91458	131.3839	L	2
S123 1/2	5	1	8	32	19	33.91728	131.3836	L	3
S123 1/2	5	1	8	32	27	33.921	131.384	L	1
S123 1/2	5	1	8	32	29	33.92242	131.3835	R	1
S123 1/2	5	1	8	32	32	33.92303	131.3837	L	2
S123 1/2	5	1	8	32	49	33.92978	131.3839	L	2**
S123 1/2	5	1	8	33	12	33.93828	131.3834	L	1
S123 1/2	5	1	8	33	19	33.94117	131.383	L	1
S123 1/2	5	1	8	35	5	33.97826	131.3833	L	1
S123 1/2	5	1	8	35	10	33.98015	131.3833	R	2

表2-6 (続き) 瀬戸内海西部 (別府湾含む) におけるスナメリの群れの発見記録
 (平成12年4月30日~5月4日のうちの2/3). L: 左側観察者 (山本祥輝),
 R: 右側観察者 (白木原美紀). 有効発見としない (*: 横距離50m以内,
 **: 横距離250m以上, -: 風力階級3以上)

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)	発見者	頭数
S127 1/2	5	1	8	41	15	33.95956	131.451	R	1
S127 1/2	5	1	8	44	28	33.88883	131.4506	R	2
S127 1/2	5	1	8	47	41	33.81943	131.4498	R	1
S131 1/2	5	1	8	55	46	33.87808	131.5166	R	1
S131 1/2	5	1	8	55	48	33.87994	131.5166	L	1
S135 1/2	5	1	9	6	7	33.93936	131.5836	R	2
S135 1/2	5	1	9	6	9	33.9385	131.5836	L	1
S135 1/2	5	1	9	6	12	33.93758	131.5835	R	1
S135 1/2	5	1	9	6	13	33.93721	131.5835	L	1
S135 1/2	5	1	9	6	18	33.93537	131.5835	R	3
S135 1/2	5	1	9	6	37	33.92847	131.5834	R	2
S135 1/2	5	1	9	10	43	33.83735	131.5833	R	2
S139 1/2	5	1	9	18	41	33.869	131.650	L	1
S139 1/2	5	1	9	19	42	33.869	131.650	L	2
S139 1/2	5	1	9	19	56	33.8746	131.6503	L	4
S139 1/2	5	1	9	21	17	33.92802	131.6505	R	3
S139 1/2	5	1	9	24	46	34.00648	131.65	L	1
S143 1/2	5	1	9	33	20	33.965	131.717	R	2
S143 1/2	5	1	9	35	2	33.926	131.717	L	1
BP143	5	1	11	3	39	33.384	131.716	R	1
BP139	5	1	11	13	14	33.331	131.650	L	1
S111 2/2	5	1	11	56	3	33.76643	131.1835	R	1
S111 2/2	5	1	11	57	1	33.78907	131.1832	R	1

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)	発見者	頭数
S115 2/2	5	1	12	2	17	33.77282	131.25	L	2
S115 2/2	5	1	12	3	52	33.73704	131.2505	R	1
S119 2/2	5	1	12	14	21	33.61411	131.3151	L	1
S119 2/2	5	1	12	14	24	33.61591	131.3152	L	1
S119 2/2	5	1	12	15	8	33.63111	131.316	L	1
S119 2/2	5	1	12	17	5	33.67475	131.3163	L	2
S119 2/2	5	1	12	17	45	33.68978	131.3164	R	2
S119 2/2	5	1	12	18	3	33.6969	131.3165	R	2
S119 2/2	5	1	12	18	23	33.70326	131.3166	L	1
S119 2/2	5	1	12	18	43	33.71092	131.3165	R	1
S119 2/2	5	1	12	18	48	33.71351	131.3165	L	1
S119 2/2	5	1	12	19	30	33.72857	131.3161	L	2
S119 2/2	5	1	12	19	49	33.73532	131.3165	R	1
S119 2/2	5	1	12	20	9	33.74268	131.3172	R	1
S119 2/2	5	1	12	20	16	33.74454	131.3172	R	1**
S123 2/2	5	1	14	22	31	33.72176	131.384	L	1
S123 2/2	5	1	14	23	56	33.68606	131.3828	L	4**
S123 2/2	5	1	14	25	4	33.65711	131.383	R	1
S123 2/2	5	1	14	25	26	33.65136	131.383	L	2
S123 2/2	5	1	14	25	30	33.65092	131.383	L	2
S123 2/2	5	1	14	25	36	33.64917	131.3831	L	1
S123 2/2	5	1	14	25	41	33.64653	131.381	L	3
S123 2/2	5	1	14	25	44	33.6413	131.3832	L	1

表2-6 (続き) 瀬戸内海西部 (別府湾含む) におけるスナメリの群れの発見記録
 (平成12年4月30日~5月4日のうちの3/3). L: 左側観察者 (山本祥輝),
 R: 右側観察者 (白木原美紀). 有効発見としない (*: 横距離50m以内,
 **: 横距離250m以上, -: 風力階級3以上)

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)	発見者	頭数
S127 2/2	5	1	14	34	18	33.66128	131.4507	R	1
S127 2/2	5	1	14	34	51	33.67406	131.4506	R	2
S127 2/2	5	1	14	35	18	33.70642	131.4503	R	3*
S127 2/2	5	1	14	36	14	33.70459	131.4503	R	1
S127 2/2	5	1	14	36	15	33.70459	131.4503	L	1
S127 2/2	5	1	14	36	34	33.71229	131.4502	R	1
S127 2/2	5	1	14	36	36	33.713	131.450	L	1*
S127 2/2	5	1	14	36	38	33.714	131.450	R	1*
S127 2/2	5	1	14	37	42	33.73717	131.4509	R	1
S127 2/2	5	1	14	37	58	33.7434	131.4511	L	1
S127 2/2	5	1	14	37	59	33.74434	131.451	R	1
S127 2/2	5	1	14	38	0	33.74534	131.4509	L	2
S127 2/2	5	1	14	38	18	33.75125	131.4509	R	1
S127 2/2	5	1	14	38	22	33.75357	131.4509	L	1
S127 2/2	5	1	14	40	22	33.79651	131.4506	L	3
S131 2/2	5	1	14	45	3	33.77551	131.5171	R	1
S135 2/2	5	1	14	54	24	33.72745	131.5828	L	1
S147 1/2	5	2	8	36	13	33.95847	131.7836	L	2
S151 1/2	5	2	8	47	19	33.9216	131.8516	R	1
S151 1/2	5	2	8	48	4	33.90252	131.8503	L	1
S155 1/2	5	2	8	57	51	33.8447	131.9165	L	3
S155 1/2	5	2	9	0	40	33.90568	131.9166	R	4
S159	5	2	9	8	21	33.88295	131.9837	R	4

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)	発見者	頭数
S203	5	2	9	27	50	33.81842	132.0504	R	2
S203	5	2	9	28	21	33.83009	132.0502	L	2
S203	5	2	9	28	45	33.83848	132.0505	L	2
S203	5	2	9	28	57	33.84309	132.0503	L	1
S203	5	2	9	29	15	33.85092	132.0496	L	1
S203	5	2	9	30	25	33.87554	132.0496	L	2
S203	5	2	9	30	31	33.87809	132.0497	L	2
S207	5	2	9	42	55	33.72271	132.1177	R	1
S215 3/3	5	3	10	18	58	33.85945	132.2505	L	2
S223 3/3	5	3	10	46	52	33.874	132.381	R	1
S219 2/3	5	3	11	8	8	33.94843	132.3161	R	1
S219 2/3	5	3	11	8	11	33.947	132.316	R	1
S219 2/3	5	3	11	8	43	33.935	132.315	R	1
S223 2/3	5	3	11	16	40	33.97496	132.383	R	1**
S235 1/3	5	3	12	5	33	34.08533	132.5827	L	1
S231 3/3	5	4	8	57	18	33.686	132.517	R	3
S231 3/3	5	4	8	57	52	33.6987	132.5172	R	1*
S235 3/3	5	4	9	11	33	33.68906	132.5834	L	2
S235 3/3	5	4	9	12	5	33.67653	132.5837	R	2
S239 3/3	5	4	9	25	13	33.77551	132.6506	L	1**
S239 3/3	5	4	9	26	32	33.80671	132.6514	L	1
S243 2/2	5	4	9	34	52	33.9797	132.7162	L	1
S227 3/4	5	4	10	22	39	33.9102	132.4503	L	2

2-4 瀬戸内海東部調査

平成12年5月21日～22日及び25日に調査を実施した(5月20, 23～24日は荒天のため調査をしなかった)。5月21日, 使用したセスナ機は4人乗り172型, 航空会社は日本地域航空, 飛行場は広島西空港であった。5月22日から, 使用したセスナ機は4人乗り172型, 航空会社は中日本航空, 飛行場は岡南空港であった。日本地域航空のセスナ機はGPSを装備していなかったため, パイロットは調査員が持ち込んだGPS (Germin 38EX) を用いてラインに沿った飛行を行った。中日本航空のセスナ機はGPSが装備されていた。5月22日, パイロットは調査員が持ち込んだGPSを用いて飛行し, 5月25日にはセスナ機装備のGPSによる自動ナビゲーションで飛行した。飛行経路の記録には調査員が持ち込んだGPS (Sony PS1000) を用い, 2～3秒ごとのセスナ機の位置をパーソナルコンピュータに収録した。

瀬戸内海西部調査から分布について貴重な成果が得られことから, 瀬戸内海東部調査でも, 西部と同様に, 経度4'ごとに調査ラインを引き, 調査を実施することにした。東部の最西端の調査ライン候補線を132°45', 46', 47', 48' Eの4本とし, 無作為抽出により東部の最西端の調査ラインを132°47' E (図2-4のラインS247) とした。経度4'ごとに以東の調査ラインを決定した: なお, 個体密度が低いと予想された大阪湾は調査の対象とせず, 調査海域東端を淡路島とした。また, 鳴門海峡周辺は1976-78年ごろには出現が確認されていたこと(図1-13)から調査海域に含めたが, やはり密度が低いと予想される紀伊水道は鳴門海峡に隣接した北西部を除いて調査の対象としなかった(巻末に付属資料として調査の経過を記す)。

[結果]

調査の実施状況と発見状況をそれぞれ表2-7と表2-8に示す。これらをもとに作成した分布図を図2-4に示す。安芸灘東部～燧灘西部では発見はなく, 燧灘中部～東部では広く発見があったものの, 周防灘ほどの多くの発見はなかった。備讃諸島周辺でも発見はなく, 播磨灘では, 淡路島北を除いて, 発見は岸寄りあるいは島近くに限定されていた。また鳴門海峡南でも発見があった。東部からの発見は合計で33群, 55頭であった。

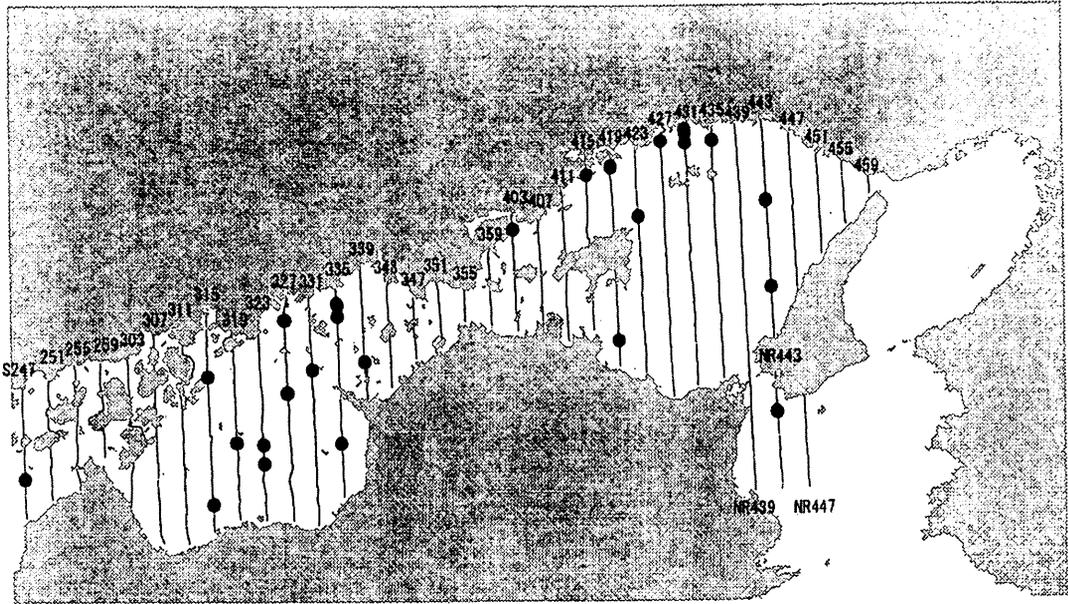


図 2-4 瀬戸内海東部の調査ラインとスナメリの群れの発見位置。
 S247は瀬戸内海 132° 47' E ライン, S459は同 134° 59' E ラインを表す。

表 2-7 瀬戸内海東部における調査実施状況 (平成 12 年 5 月 20 日～25 日のうち 1/3)。
 各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本。
 長いラインは分割して調査。 S: 瀬戸内海

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S247 1/2	開始	5	20	8	47	38	34.272 132.785
	終了	5	20	8	51	12	34.188 132.785
S247 2/2	開始	5	21	7	59	20	34.156 132.783
	終了	5	21	8	6	41	34.005 132.785
S251	開始	5	21	8	9	57	34.042 132.851
	終了	5	21	8	20	38	34.287 132.851
S255	開始	5	21	8	25	30	34.324 132.914
	終了	5	21	8	37	50	34.063 132.921
S259	開始	5	21	8	42	29	34.127 132.985
	終了	5	21	8	52	29	34.323 132.982
S303	開始	5	21	8	57	21	34.330 133.049
	終了	5	21	9	12	9	34.022 133.046
S307	開始	5	21	9	16	31	33.945 133.126
	終了	5	21	9	36	52	34.378 133.118
S311	開始	5	21	9	40	20	34.356 133.190
	終了	5	21	9	58	57	33.941 133.188
S315 1/2	開始	5	22	9	0	19	34.420 133.253
	終了	5	22	9	11	22	34.167 133.251
S315 2/2	開始	5	21	11	53	56	34.167 133.255
	終了	5	21	12	2	15	33.974 133.250
S319 1/2	開始	5	21	13	37	48	34.376 133.316
	終了	5	21	13	48	4	34.185 133.317
S319 2/2	開始	5	21	12	6	15	33.98919 133.3184
	終了	5	21	12	14	43	34.16685 133.3167

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)
S323 1/2	開始	5	22	9	16	59	34.169 133.381
	終了	5	22	9	26	36	34.375 133.382
S323 2/2	開始	5	21	12	18	52	34.1666 133.3833
	終了	5	21	12	26	58	33.98524 133.3839
S327 1/2	開始	5	22	9	31	33	34.446 133.456
	終了	5	22	9	40	24	34.249 133.451
S327 2/2	開始	5	21	12	30	32	33.98241 133.451
	終了	5	21	12	43	1	34.25053 133.4489
S331 1/2	開始	5	22	9	44	48	34.250 133.518
	終了	5	22	9	53	50	34.444 133.516
S331 2/2	開始	5	21	12	47	49	34.250 133.518
	終了	5	21	13	0	45	33.971 133.516
S335 1/2	開始	5	22	9	57	3	34.463 133.576
	終了	5	22	10	6	27	34.260 133.583
S335 2/2	開始	5	21	13	4	21	34.02811 133.5806
	終了	5	21	13	14	1	34.23805 133.5839
S339	開始	5	22	10	9	59	34.232 133.654
	終了	5	22	10	22	28	34.499 133.649
S343	開始	5	22	10	25	47	34.469 133.721
	終了	5	22	10	35	58	34.248 133.718
S347	開始	5	22	10	39	57	34.307 133.784
	終了	5	22	10	45	47	34.436 133.783
S351	開始	5	22	10	48	51	34.465 133.844
	終了	5	22	10	55	19	34.328 133.850

表 2-7 (続き) 瀬戸内海東部における調査実施状況(平成 12 年 5 月 20 日~25 日のうち 2/3).

各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本.

長いラインは分割して調査. S: 瀬戸内海

ライン		月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)
S355	開始	5	22	10	59	35	34.379	133.915
	終了	5	22	11	2	42	34.446	133.916
S359	開始	5	22	11	7	13	34.528	133.983
	終了	5	22	11	14	26	34.369	133.983
S403	開始	5	22	11	17	43	34.356	134.051
	終了	5	22	11	28	38	34.593	134.049
S407	開始	5	22	11	31	43	34.584	134.114
	終了	5	22	11	41	49	34.363	134.116
S411 1/2	開始	5	22	13	22	28	34.648	134.180
	終了	5	22	13	28	35	34.516	134.184
S411 2/2	開始	5	25	8	47	57	34.330	134.182
	終了	5	25	8	54	18	34.471	134.185
S415 1/2	開始	5	22	13	32	35	34.538	134.250
	終了	5	22	13	40	44	34.711	134.250
S415 2/2	開始	5	25	8	58	43	34.415	134.249
	終了	5	25	9	1	49	34.350	134.251
S419 1/2	開始	5	22	13	45	0	34.700	134.315
	終了	5	22	13	51	52	34.560	134.318
S419 2/2	開始	5	25	9	6	31	34.273	134.315
	終了	5	25	9	15	24	34.467	134.317
S423 2/2	開始	5	22	13	57	48	34.50077	134.3833
	終了	5	22	14	6	55	34.72009	134.3854
S423 2/2	開始	5	25	9	19	39	34.501	134.383
	終了	5	25	9	30	38	34.257	134.383
S427 1/2	開始	5	22	14	11	8	34.752	134.454
	終了	5	22	14	23	33	34.500	134.451
S427 2/2	開始	5	25	9	34	15	34.205	134.450
	終了	5	25	9	48	6	34.501	134.449
S431 1/2	開始	5	22	14	26	7	34.500	134.517
	終了	5	22	14	36	56	34.762	134.516
S431 2/2	開始	5	25	9	51	28	34.500	134.513
	終了	5	25	10	3	48	34.223	134.516
S435 1/2	開始	5	22	14	39	56	34.757	134.589
	終了	5	22	14	53	28	34.500	134.583
S435 2/2	開始	5	25	11	44	13	34.500	134.583
	終了	5	25	11	55	54	34.236	134.583
S439 1/2	開始	5	22	14	56	32	34.500	134.650
	終了	5	22	15	7	26	34.760	134.650
S439 2/2	開始	5	25	11	27	53	34.234	134.650
	終了	5	25	11	40	42	34.501	134.650
S443 1/2	開始	5	22	15	10	36	34.769	134.718
	終了	5	22	15	26	4	34.583	134.711
S443 2/2	開始	5	25	11	8	31	34.583	134.717
	終了	5	25	11	19	53	34.324	134.717
S447 1/2	開始	5	22	15	29	45	34.583	134.785
	終了	5	22	15	36	40	34.738	134.784
S447 2/2	開始	5	25	10	57	14	34.415	134.784
	終了	5	25	11	5	4	34.583	134.782

表 2-7 (続き) 瀬戸内海東部における調査実施状況(平成 12 年 5 月 20 日~25 日のうち 3/3).

各ラインの開始点と終了点の間は南北方向の直線移動を基本.

長いラインは分割して調査. S: 瀬戸内海, NR: 鳴門海峡~紀伊水道北西部.

ライン		月	日	時	分	秒	緯度(°)	経度(°)
S451	開始	5	22	15	40	29	34.692	134.850
	終了	5	22	15	49	56	34.480	134.850
S455	開始	5	22	15	54	9	34.539	134.919
	終了	5	22	16	0	9	34.670	134.917
S459	開始	5	22	16	3	24	34.637	134.983
	終了	5	22	16	5	10	34.599	134.984
NR447	開始	5	25	12	5	10	34.193	134.783
	終了	5	25	12	13	43	34.000	134.783
NR443	開始	5	25	12	17	34	34.000	134.717
	終了	5	25	12	29	45	34.248	134.716
NR439	開始	5	25	12	34	17	34.235	134.651
	終了	5	25	12	43	51	34.000	134.649

表 2-8 瀬戸内海東部（鳴門海峡～紀伊水道北西部含む）におけるスナメリの群れの発見記録（平成 12 年 5 月 20 日～25 日）。 L:左側観察者（山本祥輝）， R:右側観察者（白木原美紀）， * :有効発見としない（横距離 50 m 以内）

ライン	月	日	時	分	秒	緯度 (°)	経度 (°)	発見者	頭数
S247	2/2	5	21	8	2	34.086	132.784	R	1
S315	2/2	5	21	12	0	34.022	133.251	L	1
S319	2/2	5	21	12	13	34.147	133.317	L	1
S323	2/2	5	21	12	19	34.143	133.384	L	1
S323	2/2	5	21	12	21	34.103	133.385	L	2
S327	2/2	5	21	12	42	34.247	133.449	R	1
S335	2/2	5	21	13	9	34.139	133.582	L	2
S315	1/2	5	22	9	6	34.285	133.249	R	1
S327	1/2	5	22	9	33	34.398	133.449	R	4
S331	1/2	5	22	9	46	34.293	133.517	L	1
S335	1/2	5	22	9	58	34.427	133.586	R	2
S335	1/2	5	22	9	58	34.425	133.586	R	2
S335	1/2	5	22	9	59	34.402	133.585	R	2
S335	1/2	5	22	10	0	34.401	133.585	R	1
S339		5	22	10	13	34.306	133.650	L	2
S403		5	22	11	27	34.563	134.050	L	1
S415	1/2	5	22	13	38	34.669	134.250	R	2
S419	1/2	5	22	13	45	34.684	134.316	L	1
S419	1/2	5	22	13	45	34.684	134.316	L	1
S419	1/2	5	22	13	45	34.683	134.316	L	2
S423	1/2	5	22	14	1	34.579	134.383	R	1*
S427	1/2	5	22	14	12	34.733	134.451	L	1
S431	1/2	5	22	14	35	34.728	134.516	R	2
S431	1/2	5	22	14	36	34.748	134.516	L	2
S431	1/2	5	22	14	36	34.755	134.516	L	3
S431	1/2	5	22	14	36	34.756	134.516	R	2
S435	1/2	5	22	14	41	34.729	134.587	L	1
S443	1/2	5	22	15	25	34.598	134.715	L	3
S443	1/2	5	22	15	25	34.597	134.715	L	3
S419	2/2	5	25	9	9	34.327	134.316	L	1
S443	2/2	5	25	11	15	34.420	134.717	R	1
NR443		5	25	12	25	34.162	134.716	L	2
NR443		5	25	12	25	34.164	134.716	L	2

2-5 瀬戸内海における分布

瀬戸内海全域における分布を図 2-5 に示す。広い範囲で比較的均一にスナメリが発見されたのは周防灘西部～中央部の防府より西の海域と燧灘中部～東部であった。しかし発見頻度は圧倒的に周防灘の方が高かった。これ以外の海域では岸寄りあるいは島近くに発見が限定されていた。5 本以上の調査ラインにわたって発見がなかったのは安芸灘東部～燧灘西部と備讃諸島周辺であった。これらの海域で分布が切断されているとは今回の調査から断定できないが、瀬戸内海のスナメリの保全のために、瀬戸内海に遺伝的にほぼ独立した複数の個体群が存在するかどうかを検討する必要がある。別府湾では 2 群 2 頭の発見のみであった。

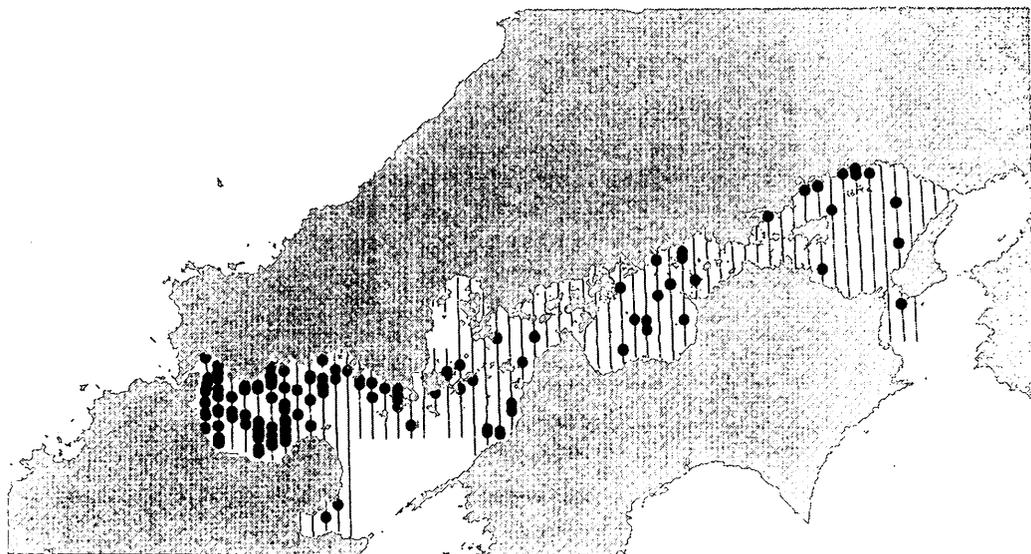


図 2-5 瀬戸内海におけるスナメリの群れの発見位置。

2-6 個体数推定

個体数推定には調査ラインごとの発見頭数とライン長，横距離データから推定される有効横幅，海域面積が必要である。

2-6-1 有効発見頭数，有効ライン長及び海域面積

以下の状況を満たす発見を有効発見とした。

- 1) ビューフォート風力階級2あるいはそれ以下での発見
- 2) 予定調査ラインを走行中の発見（群れサイズの確認，他の航空機の接近，ライン上にある島を迂回するなどのために，調査ラインを離れた時の2次発見を除く）
- 3) 観察範囲外である横距離50m以内の発見（横距離50mでの発見確率 $g(50m)$ を100%，50m以内の発見確率を0%として個体数を推定したため。このように機体の真下から横距離50mの範囲のデータを捨てて個体数推定を行うことは頑健な推定値を得るために実際に行われている）。

有効発見とみなした頭数を有効発見頭数とした。また有効ライン長は調査ラインの総長から風力階級3以上の部分を除いた長さとし，この長さをGPSデータから算出した。

後に示すように瀬戸内海個体数推定は瀬戸内海全域を周防灘，別府湾及び瀬戸内海東部と3つの小海域に事後的に分けて行った。島が多数存在するこれら海域の面積は，山本祥輝が海図をもとに作成した緯度経度別の海域面積データをもとに，求めた。事後層化を行わなかった大村湾，有明海・橘湾の面積は公表されている計算値を用いた。

2-6-2 有効探索幅の推定

有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海西部・東部の調査では複数のセスナ機を利用したが，機体はいずれもセスナ172型で，目視観察を行うのに用いた窓の形状に大きな違いはなかった（窓が膨らんでいなかったし，観察の妨げになる装着物ははずしてもらった）。さらに，同一の観察者（左側：山本祥輝，右側：白木原美紀）が同一の方法で目視を行った。そこで，これら全ての調査海域から得られた横距離データを用いることにした。

左右観察者の発見の相違に関する検討

観察者別の横距離頻度分布を図2-6に示す。左右の観察者とも横距離が増すにつれて有効発見群数（有効発見とみなした群数）が減少する単調減少型の頻度分布となった。左右の観察者の頻度分布の形が同じかどうかをコルモゴロフ・スニルノフ検定（分布の同一性を検定する統計的な手法）で調べたところ，有意水準5%で差は認められなかった。

さらに両者の発見頭数に統計学的に差があるかどうかについて検討した。左右の観察者の総有効発見頭数（計118本の調査ラインから）はそれぞれ288，237頭と51頭の違いがあったが，計118本の調査ラインから得られたこの違いの標準偏差は38.2頭であった。この結果，両者の有効発見頭数には有意水準5%で差は認められなかった。

有効発見頭数と頻度分布の形ともに差が認められなかったため，左右の観察者の発見能力に差はなく，同一の方法で観察したとみなした。

有効発見群数

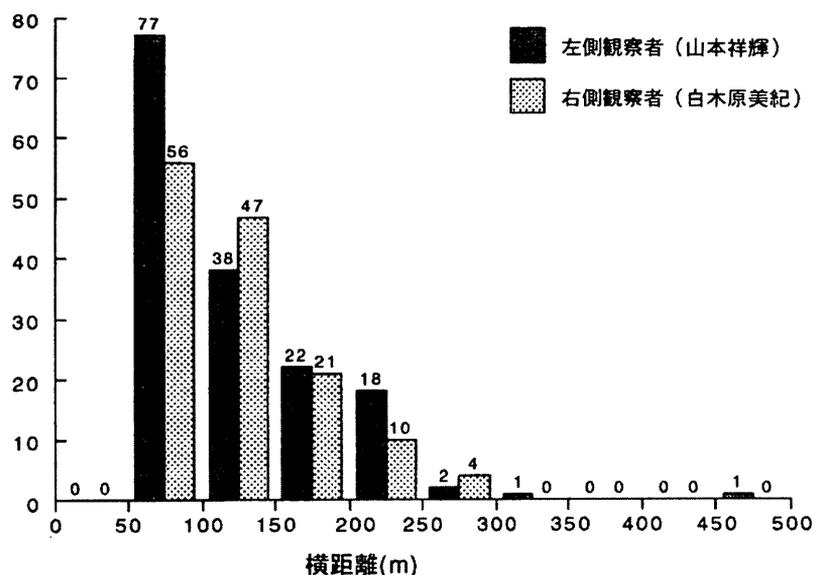


図2-6 有明海・橘湾，大村湾，瀬戸内海調査における横距離の頻度分布。
横距離 0~50m で左側，右側観察者はそれぞれ 13，19 頭発見したが，2-5-1
で述べているように，この範囲の発見を有効発見とはみなさなかった。

有効探索幅の推定

左右観察者の発見に差がないとみなし，両者の有効発見群の横距離データ（図2-7）を用いて有効探索幅を推定した。この推定にはソフトウェア DISTANCE (Buckland *et al.*, 1993) を用いた。

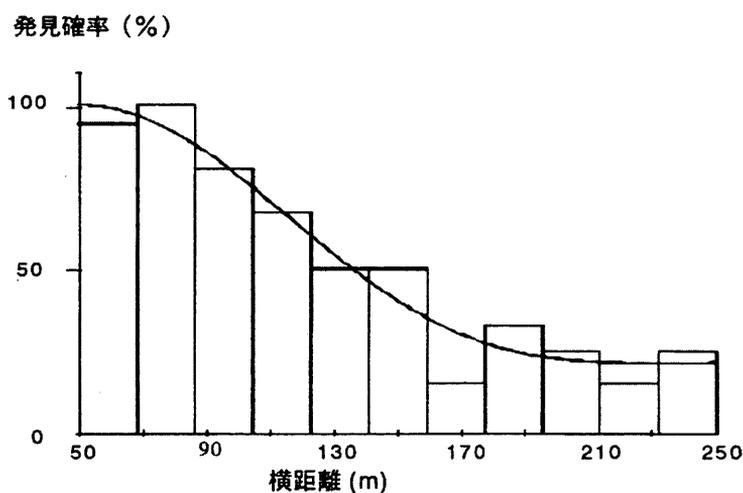


図2-7 横距離頻度分布への発見関数モデルのあてはめ。
この頻度分布は左右両側の観察者の横距離データを用いて作成。

DISTANCE version 3.5には非増加関数型の4つの発見関数モデル(Uniform, Half-normal, Negative exponential, Hazard-rate)とその補正用に3つの級数モデル(Cosine, Simple polynomial, Hermite polynomial)が提供されている。これらを組み合わせることにより、非増加関数型発見関数(発見確率が、ある横距離範囲まではほぼ一定で肩を持つ発見関数、発見確率が横距離の増大とともに減少傾向にあるが、補正用級数モデルの付加により表現される振れを持つ発見関数など)を包括的に扱うことが可能である。

この海域の横距離頻度分布は単調減少型の単純な形をしていたので、全ての組み合わせを適用する必要はないと考えられるが、念のために上記の全ての16個の組み合わせ(4つの発見関数モデル×補正なしを含む4つの補正用級数モデル)を適用し、赤池の情報量基準であるAIC(モデルの良さの指標)によるモデル選択により、統計学的に最適なモデル(データへの適合が良く、かつ推定するパラメータの少ないモデル)を選択した。

有効探索幅の推定には、発見した群れの横距離をそのまま用いる方法とデータをグループ化して頻度分布に整理したデータを用いる方法がある。後者は横距離の測定に誤差のある場合に適用され、ある横距離の範囲でデータをグループ化することで、測定誤差の影響を弱める方法である。これら両方の方法を適用した。

有効探索幅の推定にあたり、全ての横距離データを用いずに「はずれ値」(滅多に起こらない極端な測定値)を除外することが時に行われる。はずれ値の除外は有効探索幅を狭めるが、有効発見頭数も減少させる(はずれ値とみなす横距離範囲の発見を有効発見から除外する)ので、質の良いデータが得られていれば、個体密度の推定値(有効発見頭数/有効探索幅推定値に比例)にさほど影響を与えないはずである。2-5-1で述べたように横距離50m以下のデータは除外した。また経験的にデータの5%以上をはずれ値として除外する方がよいことが知られている(Buckland *et al.*, 1993)。本海域のデータでは横距離250m以上の8個の横距離測定値(2-5-1で定義した有効発見で、しかも横距離の測定された297群の2.7%)を除外した。なお、横距離250mで切ったのは、250mより短い横距離では200~250mの範囲でも28頭とかなりの発見(図2-6)があったことを考慮した。この処理で有効発見の条件に横距離250m未満の発見を加えた。

有効探索幅の推定結果を表2-9に示す。データをグループ化しない方法では発見関数モデルがUniform、補正用級数モデルがCosineの組み合わせが最適なモデルとして選ばれた。また、この組み合わせが最も高い推定精度を示した。発見関数モデルがUniformの場合、グループ化と非グループ化でほぼ同様の推定結果を得た。グループ化は、測定誤差の影響を弱めることができる一方、横距離に関する情報の全てを活用しない。横距離の測定誤差の大きさは不明であるが、もし有効探索幅の推定に大きな影響を与えるほどのものでなければ、横距離データをグループ化せずにそのまま用いるのが自然であろう。ここでは非グループ化からの推定結果を採用することにした。

表 2-9 有明海・橘湾, 大村湾, 瀬戸内海目視観察における有効探索幅の推定. 横距離 50 m 未満, あるいは 250 m 以上の計測値は推定に使用せず. それぞれのモデルに対して, 最も小さい AIC を示した補正モデルとの組み合わせの結果のみ表示.

データ グループ化	発見関数モデル		パラメータ 数	AIC	有効探索幅 w	
	主モデル	補正モデル			推定値(m)	変動係数(%)
しない	Half-normal	Simple polynomial	3	2977.2	102	7.03
しない	Hazard Rate	-	2	2976.5	101	10.1
しない	Negative Exponential	-	1	2976.5	86	7.70
しない	Uniform	Cosine	2	2975.2	101	6.19
する	Uniform	Cosine	2	1114.0	102	6.38

以上より, 表 2-1 から有効探索幅の推定値を

$$w(\text{estimated}) = 101 \text{ m}$$

その変動係数を

$$cv[w(\text{estimated})] = 6.19\%$$

とした. 得られた発見関数を図 2-7 に示す. 実測横距離データによく適合した (カイ 2 乗検定, $P > 0.05$)

2-6-3 個体数推定

個体数推定は以下のように行った.

仮定

横距離 y での発見確率 $g(y)$ は次の条件を満たす.

$$\begin{aligned} g(y) &= 0\% & 0\text{m} \leq y < 50\text{m} \\ &= 100\% & y = 50\text{m} \\ &= 0\% & y \geq 250\text{m} \end{aligned}$$

ある海域の調査からの総有効発見頭数

$$n = \sum n_i \quad i=1, 2, 3, \dots, k$$

n_i は調査ライン i での有効発見頭数で, 有効発見頭数は次の 3 つの条件を満たす発見から得られた頭数である. 1) 横距離 50-250m 内, 2) ビューフォート風力階級 2 以下, 3) 調査ライン上 (2 次発見を含まない).

n の分散の推定値は

$$\text{var}(n) = L \sum l_i (n_i/l_i - n/L)^2 / (k-1) \quad i=1, 2, 3, \dots, k$$

により求めた. そこで n の変動係数は

$$cv(n) = \text{var}(n)^{1/2}/n$$

となる。

ある海域の調査からの総有効調査距離

$$L = \sum l_i \quad i=1, 2, 3, \dots, k$$

l_i は調査ライン i の有効調査距離で、このラインの全長からビューフォート風力階級 3 あるい

はそれより大きい部分の長さから島や陸地の部分の長さを差し引いた長さである。

個体密度推定値

$$D(\text{estimated}) = n / 2Lw(\text{estimated})$$

$w(\text{estimated})$: 有効探索幅推定値

個体数推定値

$$N(\text{estimated}) = An / 2Lw(\text{estimated})$$

A : 海域面積

推定精度

$$cv[D(\text{estimated})] = \{cv[n]^2 + cv[w(\text{estimated})]^2\}^{1/2}$$

$$cv[N(\text{estimated})] = cv[D(\text{estimated})]$$

個体密度の区間推定 (95%信頼区間)

信頼下限 $D(\text{estimated})/C$

信頼上限 $D(\text{estimated}) * C$

$$C = \exp\{1.96 * \sqrt{\ln\{1 + cv[D(\text{estimated})]^2\}}\}$$

個体数の区間推定 (95%信頼区間)

信頼下限 $N(\text{estimated})/C$

信頼上限 $N(\text{estimated}) * C$

$$C = \exp\{1.96 * \sqrt{\ln\{1 + cv[N(\text{estimated})]^2\}}\}$$

2-6-4 有明海・橘湾

調査ラインごとの有効発見頭数、有効発見頭数、有効調査距離を表 2-10、個体数推定結果を表 2-3 に示す。群れは通常 1-3 頭程度であるが、ライン A28 で 33 頭、12 頭の大きな群れを発見した。

このような大きな群れは個体数推定値に敏感に影響を与える恐れがある。そこで、それぞれの大群のデータを使用しなかった時の推定結果を合わせて示した (表 2-11)。大きな群れのデータを除外すると、個体数推定値は低くなるものの、推定精度は良くなった。どの推定値も信頼区間が重なっているため、最も精度の高かった推定値 (2つの大群を除外した推定) を採用した。個体数推定値は 3807 頭 (95%信頼区間 2767-5237 頭)、推定精度は変動係数で 16.4% であった。事前の目標精度とした 20%以下を満たす結果となった。1993-94 年の調査 (3093 頭、95%信頼区間 2278-4201 頭) とは推定値に有意な差は認められず、この意味で 7 年間に於ける個体数の減少は検出できなかった。

表 2-10 有明海・橋湾での目視調査記録（平成 12 年 3 月 15～18 日）。

ライン位置は図 2-1 参照。 L: 左側の観察者（山本祥輝）， R: 右側の観察者（白木原美紀）， 遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出。

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
有明海A2	1	0	1	1	0	1	25.8	0.039
A4	0	0	0	0	0	0	23.6	0
A6	1	2	3	1	2	3	21.2	0.142
A8	1	1	2	2	1	3	20.4	0.147
A10	4	4	8	6	6	12	21.9	0.548
A12	5	2	7	5	2	7	24.3	0.288
A14	6	5	11	7	7	14	32.4	0.433
A16	4	3	7	7	3	10	17.3	0.579
A18	3	2	5	3	3	6	21.2	0.283
A20	5	3	8	6	3	9	20.8	0.433
A22	1	1	2	1	2	3	21.1	0.142
A24	5	3	8	9	4	13	23.4	0.556
A26	7	1	8	13	1	14	17.9	0.784
A28	4	6	10	36	21	57	18.5	3.076
A30	0	0	0	3	5	8	16.9	0.474
A32	0	0	0	4	7	11	20.2	0.544
A34	1	0	1	2	0	2	15.4	0.130
A36	0	0	0	3	4	7	12.2	0.574
A38	0	0	0	0	0	0	6.6	0
橋湾 T20	0	0	0	0	0	0	11.0	0
T22	0	1	1	0	2	2	21.4	0.094
T24	0	0	0	0	0	0	24.1	0
T26	2	1	3	4	3	7	20.3	0.346
T28	0	3	3	0	6	6	23.2	0.258
計	50	38	88	113	82	195	480.9	0.406

表 2-11 有明海・橋湾における個体数推定（調査：平成 12 年 3 月 15～18 日）。

推定精度の最も良い (C) を採用。面積 2465 km²

	(A)	(B)	(C)
有効調査距離 (km)	480.9	480.9	480.9
有効発見頭数 (頭)	195	162	150
遭遇率 (頭/km)	0.406	0.337	0.312
個体数密度 (頭/km ²)	2.01	1.67	1.54
同95%信頼区間 (頭/km ²)	1.12-3.59	1.15-2.41	1.12-2.12
個体数推定値 (頭)	4949	4112	3807
同95%信頼区間 (頭)	2768-8847	2844-5942	2767-5237
推定精度* (%)	30.3	19.0	16.4

(A) 全データ使用

(B) 左側観察者発見の1群33頭を有効発見頭数から除外

(C) 左側観察者発見の1群33頭と右側観察者発見の1群12頭を有効発見頭数から除外

* 精度を変動係数で表示（数値が小さい程，精度が良い）

2-6-5 大村湾

調査ラインごとの有効発見頭数、有効調査距離を表 2-12 に、個体数推定結果を表 2-13 に示す。2回の調査からの推定値に差は認められなかったため、両調査のデータを用いて推定したところ、個体数推定値は 289 頭 (95%信頼区間 199-419 頭)、推定精度は変動係数で 19.2% であった。事前の目標精度とした 20%以下を満たす結果となった。1993-94 年の調査 (187 頭、95%信頼区間 127-277 頭) の推定値とは有意な差は認められず、この意味で 7 年間における個体数の減少は検出できなかった。

表 2-12 大村湾での目視調査記録 (平成 12 年 4 月 29 日)。

ライン位置は図 2-2 参照。 L: 左側の観察者 (山本祥輝), R: 右側の観察者 (白木原美紀), 遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出。

第 1 回調査

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
1	1	0	1	1	0	1	11.7	0.086
3	1	1	2	2	1	3	12.8	0.235
5	1	1	2	2	1	3	18.1	0.165
7	4	0	4	11	0	11	16.4	0.669
9	1	2	3	1	4	5	12.6	0.398
11	1	0	1	1	0	1	11.6	0.086
13	2	0	2	3	0	3	10.8	0.277
15	2	1	3	3	1	4	11.9	0.337
17	0	0	0	0	0	0	11.1	0
19	0	2	2	0	2	2	12.0	0.167
21	0	0	0	0	0	0	13.3	0
23	1	0	1	2	0	2	12.5	0.161
25	0	1	1	0	1	1	6.6	0.151
計	14	8	22	26	10	36	161.3	0.2231721

第 2 回調査

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
2	0	1	1	0	1	1	10.2	0.098
4	3	0	3	5	0	5	15.1	0.331
6	3	1	4	3	1	4	17.7	0.226
8	1	2	3	1	2	3	12.2	0.245
10	2	1	3	2	1	3	11.5	0.260
12	0	0	0	0	0	0	10.3	0
14	0	0	0	0	0	0	10.1	0
16	1	0	1	2	0	2	11.6	0.173
18	0	0	0	0	0	0	12.1	0
20	1	0	1	1	0	1	12.2	0.082
22	0	0	0	0	0	0	6.0	0
24	0	0	0	0	0	0	6.1	0
26	0	0	0	0	0	0	5.4	0
計	11	5	16	14	5	19	140.5	0.135

表 2-13 大村湾における個体数推定 (調査:平成 12 年 4 月 29 日).

推定精度の最も高い (C) を採用. 面積 320 km².

	(A)	(B)	(C)
有効調査距離 (km)	161.3	140.5	301.8
有効発見頭数 (頭)	36	19	55
遭遇率 (頭/km)	0.223	0.135	0.182
個体数密度 (頭/km ²)	1.10	0.670	0.902
同95%信頼区間 (頭/km ²)	0.681-1.79	0.403-1.11	0.621-1.31
個体数推定値 (頭)	354	214	289
同95%信頼区間 (頭)	218-573	129-356	199-419
推定精度* (%)	25.0	26.4	19.2

(A) 第 1 回調査のデータ使用

(B) 第 2 回調査のデータのみ使用

(C) 第 1, 第 2 回調査の両方のデータ使用

* 精度を変動係数で表示 (数値が小さい程, 精度が良い)

2-6-6 瀬戸内海

調査ラインごとの有効発見頭数, 有効調査距離を表 2-14 に示す. また, ラインごとの遭遇率の変化を図 2-8 に示す. 遭遇率 (個体密度の指標) は周防灘で高く, 東に向かうにつれて減少する傾向が見られた. 密度が瀬戸内海全域で均一でないときには, 全域を複数の海域に分けて個体数推定をおこなった方が精度の向上が期待できる. そこで, 全域を周防灘 (132° 5' E より西), 周防灘以東 (132° 5' E 以東) 及び密度の低い別府湾 (131° 45' E 以西) に分けた. なお, 発見のなかった別府沖合いの 1 本の調査ライン BP147 を伊予灘南部や豊予海峡と同様にスナメリのいない海域 (図 2-3) でのラインとし, このラインの有効調査距離データは個体数推定には用いなかった.

各海域の個体数推定値が相互に独立とみなして, 全域の個体数を以下のように推定した.

$$\text{個体数推定値: } N(\text{estimated}) = \sum N_i(\text{estimated})$$

$$\text{その分散: } \text{var}(N(\text{estimated})) = \sum \text{var}(N_i(\text{estimated}))$$

$$i=1 \text{ (周防灘), } 2 \text{ (周防灘以東), } 3 \text{ (別府湾)}$$

$$\text{推定精度: } \text{cv}[N(\text{estimated})] = \text{var}(N(\text{estimated}))^{1/2} / N(\text{estimated})$$

推定結果を表 2-15 に示す. 全域の個体数を 7593 頭 (95%信頼区間 5794-9950 頭), 推定制度は変動係数で 13.9%であった. 予想以上に精度が高かったのは周防灘でのラインごとの発見頭数の変動が大きくなかったことに依存していると考えられる. 一方, 全域の 26%の面積しかもない周防灘が全個体数推定の 69%を占めたこと, 周防灘以東の個体密度は周防灘の 16%しかないこ

とは大いに注目されるべきである。船からの目視観察（1-7-1）からは、22年前に東部でも多くの発見が記録されているのに対し、1999～2000年の観察では東部の発見が激減している（図1-11～12）。これは、今回のセスナ機目視調査結果から東部で密度が低かったこととよく符合する。東部での個体数の減少の原因の解明は緊急の課題である。また、密度の高い周防灘でスナメリの保全の具体的な方法を考慮することも重要である。

Kasuya and Kureha (1979)は、1976～78年時点での瀬戸内海の個体数を船からの目視調査結果から4900頭 ($g(0)=0.5$ で補正)と推定している。セスナ機目視調査から得られた今回の推定値よりも低い値となっているが、使用したプラットフォームが船とセスナ機と異なること、目視の方法とデータ解析の方法が異なること、調査ラインの配置が異なることにより、直接の比較は困難である。

表2-14 瀬戸内海での目視調査記録（平成12年4月30日～5月4日、5月21日～25日のうち1/3、周防灘）。ライン位置は図2-3及び図2-4参照。
L：左側の観察者（山本祥輝）， R：右側の観察者（白木原美紀），
遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出。

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
S103	4	9	13	5	11	16	36.8	0.435
S107	5	5	10	8	7	15	39.1	0.383
S111	0	3	3	0	3	3	33.3	0.090
S115	2	3	5	3	5	8	34.1	0.235
S119	5	7	12	7	10	17	31.7	0.535
S123	11	3	14	18	5	23	37.9	0.608
S127	5	9	14	8	11	19	35.9	0.529
S131	1	2	3	1	2	3	36.4	0.082
S135	3	5	8	3	10	13	32.7	0.397
S139	4	1	5	8	3	11	38.1	0.288
S143	1	1	2	1	2	3	37.8	0.079
S147	1	0	1	2	0	2	41.1	0.049
S151	1	1	2	1	1	2	34.8	0.057
S155	1	1	2	3	4	7	33.2	0.211
S159	0	1	1	0	4	4	25.8	0.155
S203	6	1	7	10	2	12	23.6	0.509
小計	50	52	102	78	80	158	552.4	0.286

表2-14 (続き) 瀬戸内海での目視調査記録 (平成12年4月30日～5月4日, 5月21日～25日のうち2/3, 周防灘以東). ライン位置は図2-3及び図2-4参照.

L: 左側の観察者 (山本祥輝), R: 右側の観察者 (白木原美紀),
 遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出.

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
S207	0	1	1	0	1	1	17.7	0.056
S211	0	0	0	0	0	0	26.8	0
S215	1	0	1	2	0	2	31.9	0.063
S219	0	3	3	0	3	3	47.5	0.063
S223	0	1	1	0	1	1	65.9	0.015
S227	1	0	1	2	0	2	63.5	0.031
S231	0	1	1	0	3	3	50.0	0.060
S235	2	1	3	3	2	5	57.2	0.087
S239	1	0	1	1	0	1	52.0	0.019
S243	1	0	1	1	0	1	33.7	0.030
S247	0	1	1	0	1	1	26.2	0.038
S251	0	0	0	0	0	0	19.3	0
S255	0	0	0	0	0	0	18.7	0
S259	0	0	0	0	0	0	13.7	0
S303	0	0	0	0	0	0	20.9	0
S307	0	0	0	0	0	0	35.5	0
S311	0	0	0	0	0	0	33.8	0
S315	1	1	2	1	1	2	47.7	0.042
S319	1	0	1	1	0	1	37.9	0.026
S323	2	0	2	3	0	3	43.4	0.069
S327	0	2	2	0	5	5	50.9	0.098
S331	1	0	1	1	0	1	49.2	0.020
S335	1	4	5	2	7	9	44.5	0.202
S339	1	0	1	2	0	2	26.8	0.075
S343	0	0	0	0	0	0	19.7	0
S347	0	0	0	0	0	0	9.7	0
S351	0	0	0	0	0	0	13.1	0
S355	0	0	0	0	0	0	7.5	0
S359	0	0	0	0	0	0	12.6	0
S403	1	0	1	1	0	1	23.0	0.043
S407	0	0	0	0	0	0	23.7	0
S411	0	0	0	0	0	0	28.5	0
S415	0	1	1	0	2	2	26.3	0.076
S419	4	0	4	5	0	5	36.0	0.139
S423	0	0	0	0	0	0	51.5	0
S427	1	0	1	1	0	1	61.2	0.016
S431	2	2	4	5	4	9	53.9	0.167
S435	1	0	1	1	0	1	53.6	0.019
S439(+NR439)	0	0	0	0	0	0	82.1	0
S443 (+NR443)	4	1	5	10	1	11	71.8	0.153
S447 (+NR447)	0	0	0	0	0	0	57.3	0
S451	0	0	0	0	0	0	23.5	0
S455	0	0	0	0	0	0	6.5	0
S459	0	0	0	0	0	0	3.5	0
小計	26	19	45	42	31	73	1579.6	0.046

表 2-14 (続き) 瀬戸内海での目視調査記録 (平成 12 年 4 月 30 日～5 月 4 日, 5 月 21 日～25 日のうち 3/3, 別府湾及び海区別小計).

ライン位置は図 2-3 及び図 2-4 参照.

L: 左側の観察者 (山本祥輝), R: 右側の観察者 (白木原美紀),

遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出.

ライン	有効発見群数			有効発見頭数			有効調査距離 (km)	遭遇率 (頭/km)
	L	R	計	L	R	計		
BP131	0	0	0	0	0	0	9.7	0
BP135	0	0	0	0	0	0	10.5	0
BP139	1	0	1	1	0	1	12.1	0.083
BP143	0	1	1	0	1	1	18.4	0.054
BP147	0	0	0	0	0	0	45.8	0
別府湾小計	1	1	2	1	1	2	96.5	0.021
周防灘小計	50	52	102	78	80	158	552.4	0.286
周防灘以東小計	26	19	45	42	31	73	1579.6	0.046
瀬戸内海計	77	72	149	121	112	233	2228.5	0.105

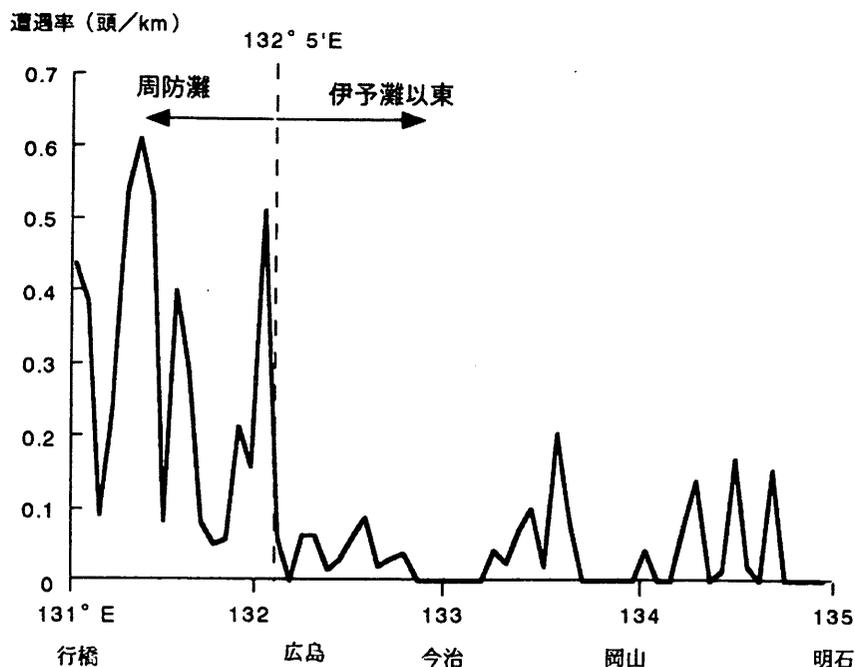


図 2-8 瀬戸内海 (別府湾を除く) の各調査ラインにおける遭遇率 (有効発見頭数/有効調査距離). 瀬戸内海の個体数推定では遭遇率の東西変化に基づき 132° 5' E で東西に分割した.

表 2-15 瀬戸内海における個体数推定

(調査：平成 12 年 4 月 30 日～5 月 25 日)。

	周防灘	伊予灘以東	別府湾	全域
面積 (km ²)	3693	10111	256	14059
有効調査距離 (km)	552.4	1579.6	50.7	2182.6
有効発見頭数 (頭)	158	73	2	233
遭遇率 (頭/km)	0.286	0.0462	0.0395	0.107
個体数密度 (頭/km ²)	1.42	0.229	0.195	0.540
同95%信頼区間 (頭/km ²)	0.993-2.02	0.158-0.331	0.0774-0.494	0.412-0.708
個体数推定値 (頭)	5229	2313	50	7593
同95%信頼区間 (頭)	3666-7460	1599-3347	20-126	5794-9950
推定精度* (%)	18.3	19.0	50.0	13.9

* 精度を変動係数で表示 (数値が小さい程、精度が良い)

第 2 章引用文献

- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., and Laake, J. K. 1993. Distance sampling. Chapman and Hall, London, 446pp.
- Kasuya, T. and Kureha, K. 1979. The population of finless porpoise in the Inland Sea of Japan. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.* 31:1-44.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H. and Shirakihara, M. 1997. A population size estimate of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, from aerial sighting surveys in Ariake Sound and Tachibana Bay, Japan. *Res. Popul. Ecol.* 39(2):239-247.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H., Shirakihara, M. and Takemura, A. 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: estimation from aerial sighting surveys. *J. Wildlife Management.* 62(1):286-291.

3-1 はじめに

伊勢湾・三河湾は、瀬戸内海、有明海・橘湾、大村湾、仙台湾～外房沖と並び、我が国におけるスナメリの主要分布域のひとつとして位置付けられている (Shirakihara *et al.*, 1992). 生活史 (Shirakihara *et al.*, 1993) や頭骨形態 (Yoshida *et al.*, 1995), そしてミトコンドリアDNA解析 (Yoshida *et al.*, 2001) による近年のいくつかの研究結果から、上記それぞれの海域に分布するスナメリ個体群は、他海域の個体群とは互いに独立したものであることが示唆されており (Yoshida *et al.*, 2001), 伊勢湾・三河湾海域の個体群も、ひとつの独立した管理単位として考えるのが妥当であると考えられる。

この伊勢湾・三河湾海域のスナメリについては、過去に、船舶による目視調査が行われている (古田ら, 1994). この調査は、水産庁遠洋水産研究所, 三重大学, 南知多ビーチランド, 鳥羽水族館の4組織の共同で行われたものであり, 1991～1994年の期間中, 27ヶ月間に8回にわたって, 1年のうちの9ヶ月をカバーする目視調査航海が行われ, ライントランセクト法による個体数推定が行われた (古田ら, 1994; 宮下ら, 1994). それによると, ①単位調査距離あたりのスナメリの発見頭数は, 両海域とも4～6月の春季にピークを示し, ②分布は, 伊勢湾では湾奥部にきわめて少なく, 中央部と湾口部に多く, 三河湾ではほぼ全域にみられ, ③4・6月期における個体数推定値として, 伊勢湾で948頭 (95%信頼区間 364・2, 482; 変動係数 0.49), 三河湾で1,004頭 (95%信頼区間 510・1, 970; 変動係数 0.33) の値が得られており, 伊勢湾・三河湾海域として, 合計1,950頭のスナメリが生息していると推定されている。

今回の調査は, 船舶の代わりに航空機を利用し, 同じライントランセクト法により, 同海域におけるスナメリの分布の把握と個体数推定を目的として, 先の調査から6年が経過した時点で行ったものである。

3-2 調査概要と経過

3-2-1 調査班

吉岡 基 (三重大学生物資源学部助教授; 調査責任者; 記録係)

篠原正典 (京都大学大学院理学研究科動物学教室研修員; 右側観察者)

喜多祥一 (三重大学大学院生物資源学研究科博士後期課程3年; 左側観察者)

3-2-2 調査期間

2000年5月15～22日 (実質調査飛行日: 5月15, 16, 22日の3日間)

3-2-3 使用航空会社, 航空機等

中日本航空株式会社

愛知県西春日井郡豊山町，名古屋空港内
(使用機種・機体)

セスナ SKYHAWK 2型

3-2-4 調査ラインの設定

調査コースを図3-1に示す。各調査ラインは、伊勢湾が南北に長い海域、三河湾が東西に長い海域であることを考慮し、前者は緯線に平行に、後者は経線に平行に設定した。調査面積と調査時間、空港位置とのかねあいから、調査線間隔は、前者については3マイル(緯度で3分)、後者については2マイル(実質経度2分)とし、系統抽出により、伊勢湾内に10本、三河湾内に12本のラインを設けた。

また、本種のスランディングの報告などから、スナメリが伊勢湾口から熊野灘および遠州灘方向に広がって分布している可能性が高いことから、志摩半島東岸沖と渥美半島南岸沖の熊野灘および遠州灘の一部を湾口域として別途調査海区(後述;図3-6参照)を設けた。調査ラインは、志摩半島東岸沖は東西方向に3マイル間隔で5本、渥美半島南岸沖は南北方向に同じく3マイル間隔で6本とした。なお、これらラインの沖合側の定点は、各ラインの距離をも考慮しつつ、海岸から水深が50m(スナメリが多く生息する海域のひとつの境界水深)を越え、100m程度以内となる地点までとした。

3-2-5 調査経過

上記のように、合計33本の調査ラインを設け、上記3海域(伊勢湾、三河湾、湾口域)を実調査日数3日、実飛行時間10時間52分で消化した。実際の飛行コースとスナメリの群れの発見位置をそれぞれ図3-2~5と図3-6~8に、調査の実施経過を表3-1に、スナメリの発見状況の詳細を表3-2(1次発見)と表3-3(2次発見)にそれぞれ示した。なお、スナメリの発見は、1次発見と2次発見にわけ、1次発見は、あらかじめ決められた調査コースを本調査プロジェクト実施にあたって事前に指定された高度(500フィート)および速度(80~90ノット)で左右の観察者が同時に観察しているときにあった発見とし、2次発見は、往復路を含む上記の条件にあてはまらないときの発見とした。なお、風力階級、グレア(海面反射)の違いによる1次発見、2次発見の区別はない。

巻末に付属資料として調査の経過を記す。

136° 40' E

137° 00' E

137° 20' E

Copyright 1999 INCREMENT P CORP.

35° 00' N

34° 40' N

34° 20' N

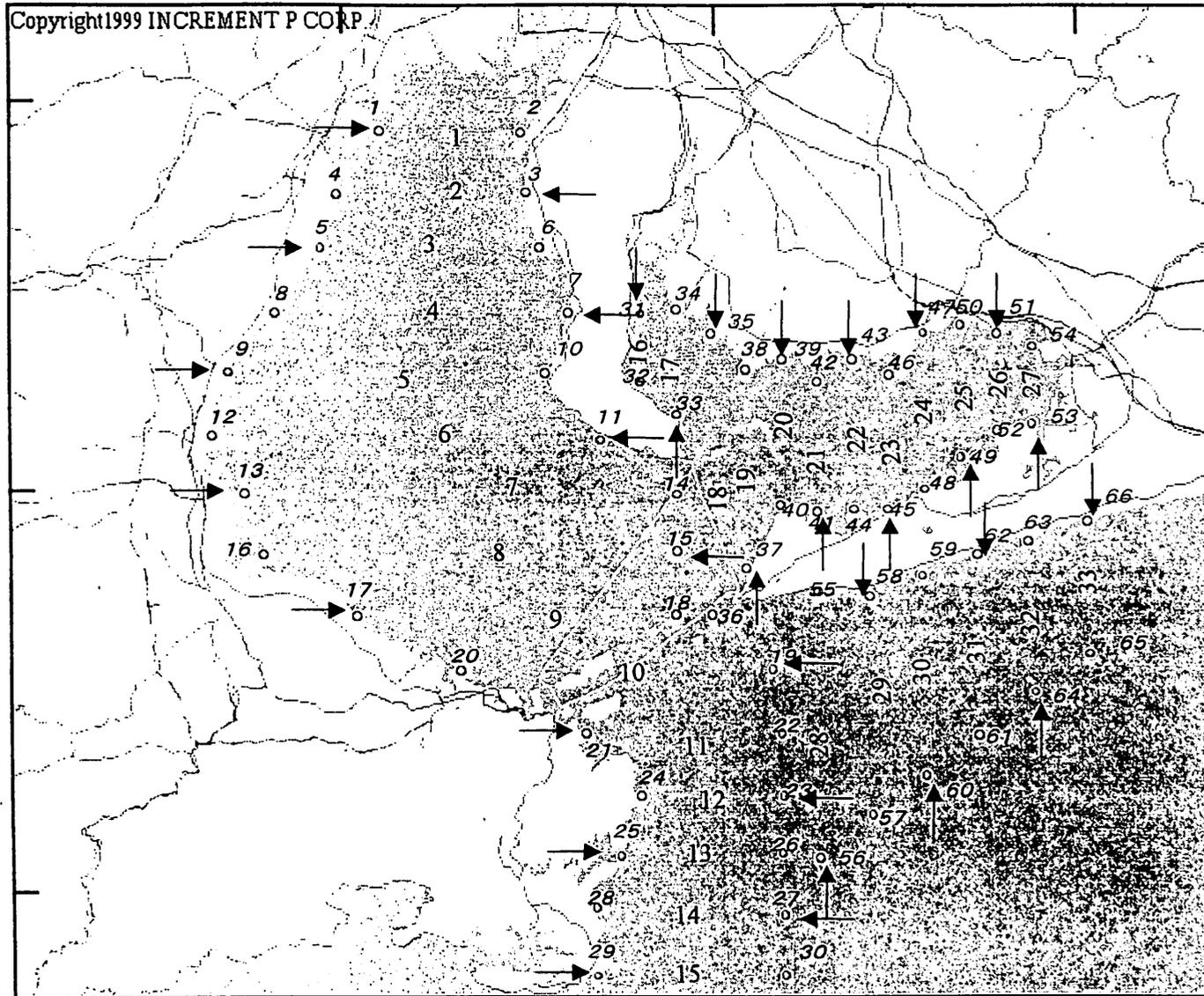


図3-1. 伊勢湾・三河湾調査コース。シンボルは開始あるいは終了点、番号はライン#(斜体の数字は定点#), 矢印は飛行機の進入方向をそれぞれ示す。

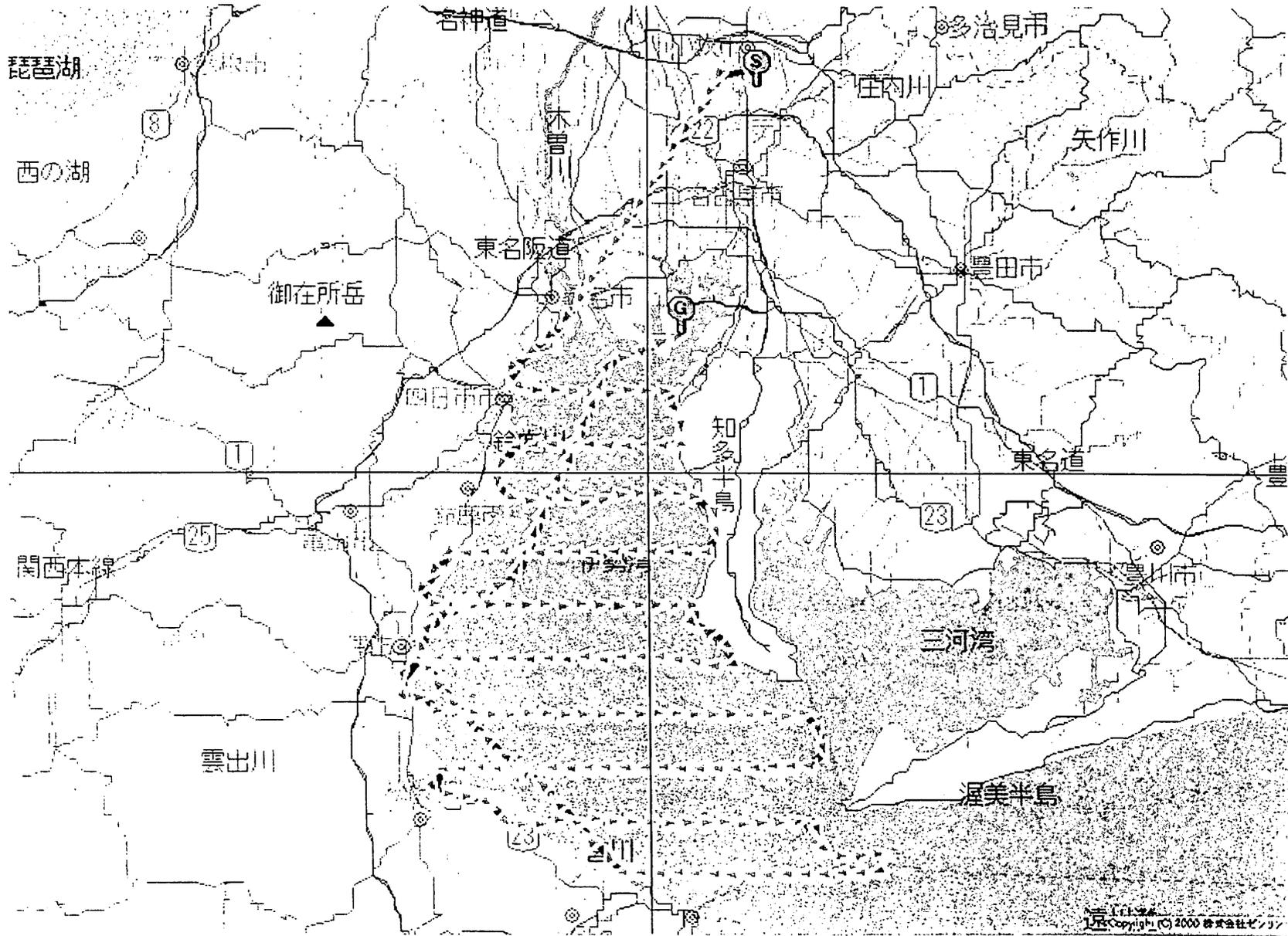


図3-2. 伊勢湾・三河湾調査実飛行コース（2000年5月15日）.

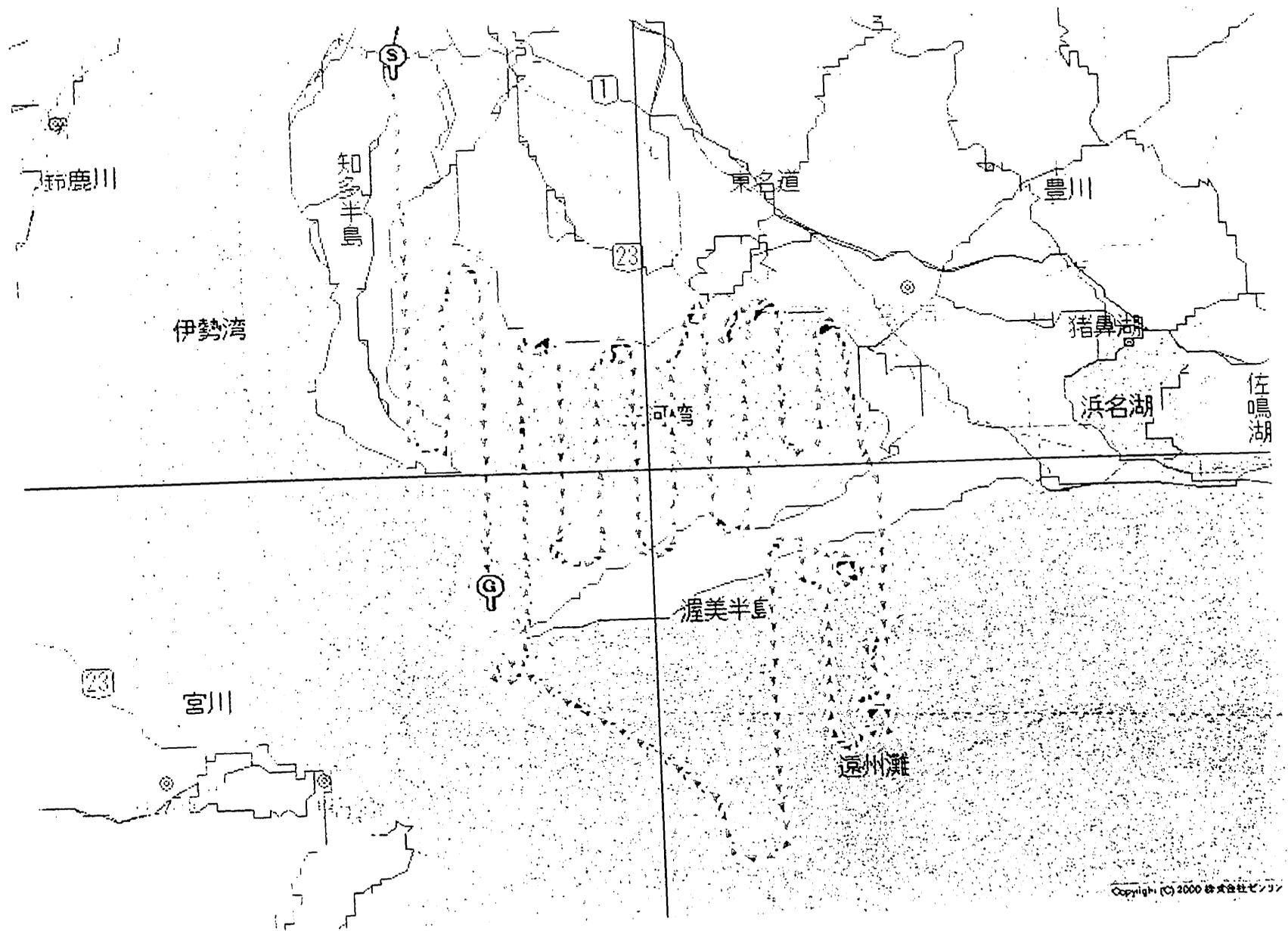


図 3-3. 伊勢湾・三河湾調査実飛行コース (2000年5月16日).

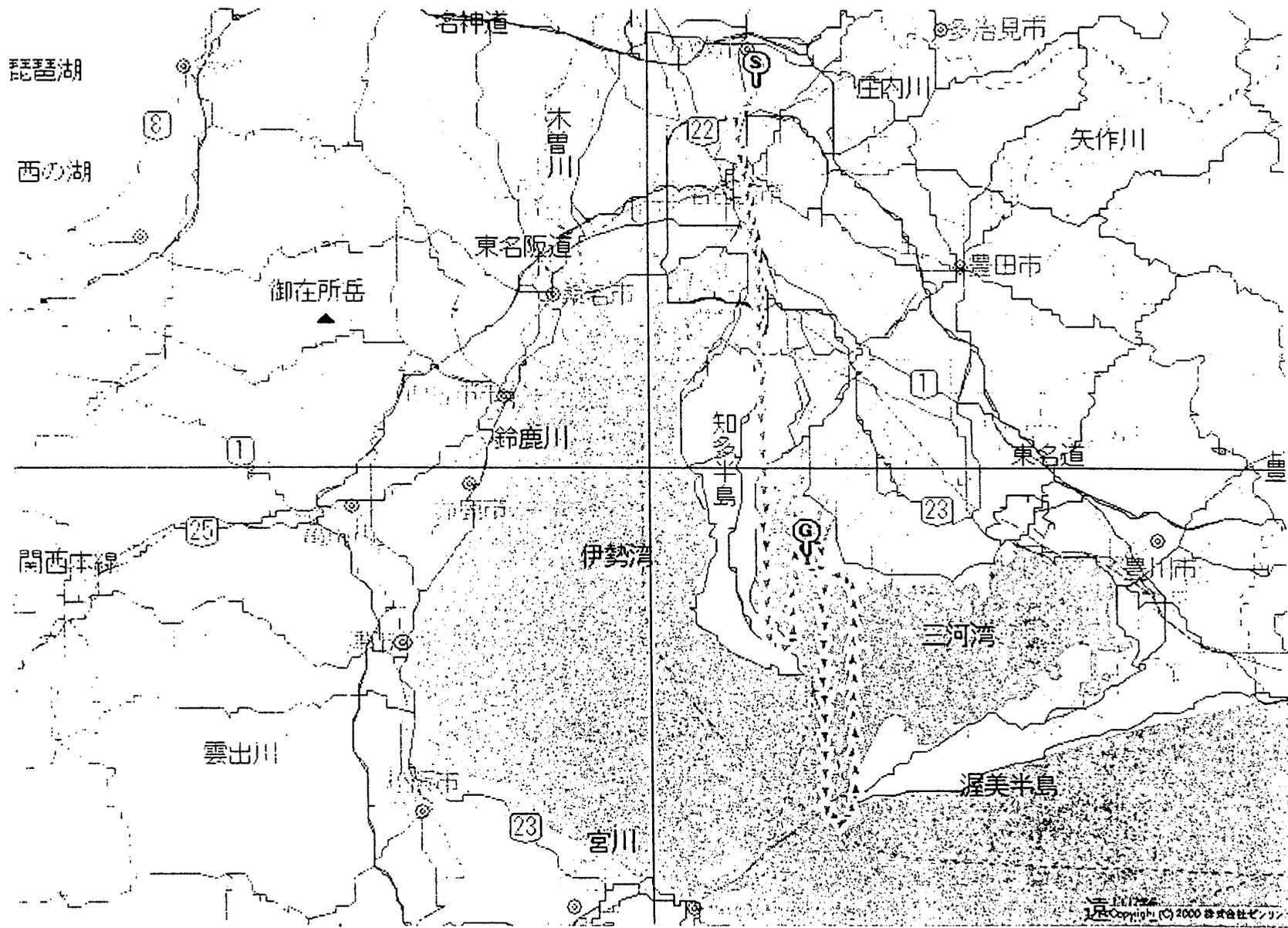


図3-5. 伊勢湾・三河湾調査実飛行コース (2000年5月22日午後).

136° 40' E

137° 00' E

137° 20' E

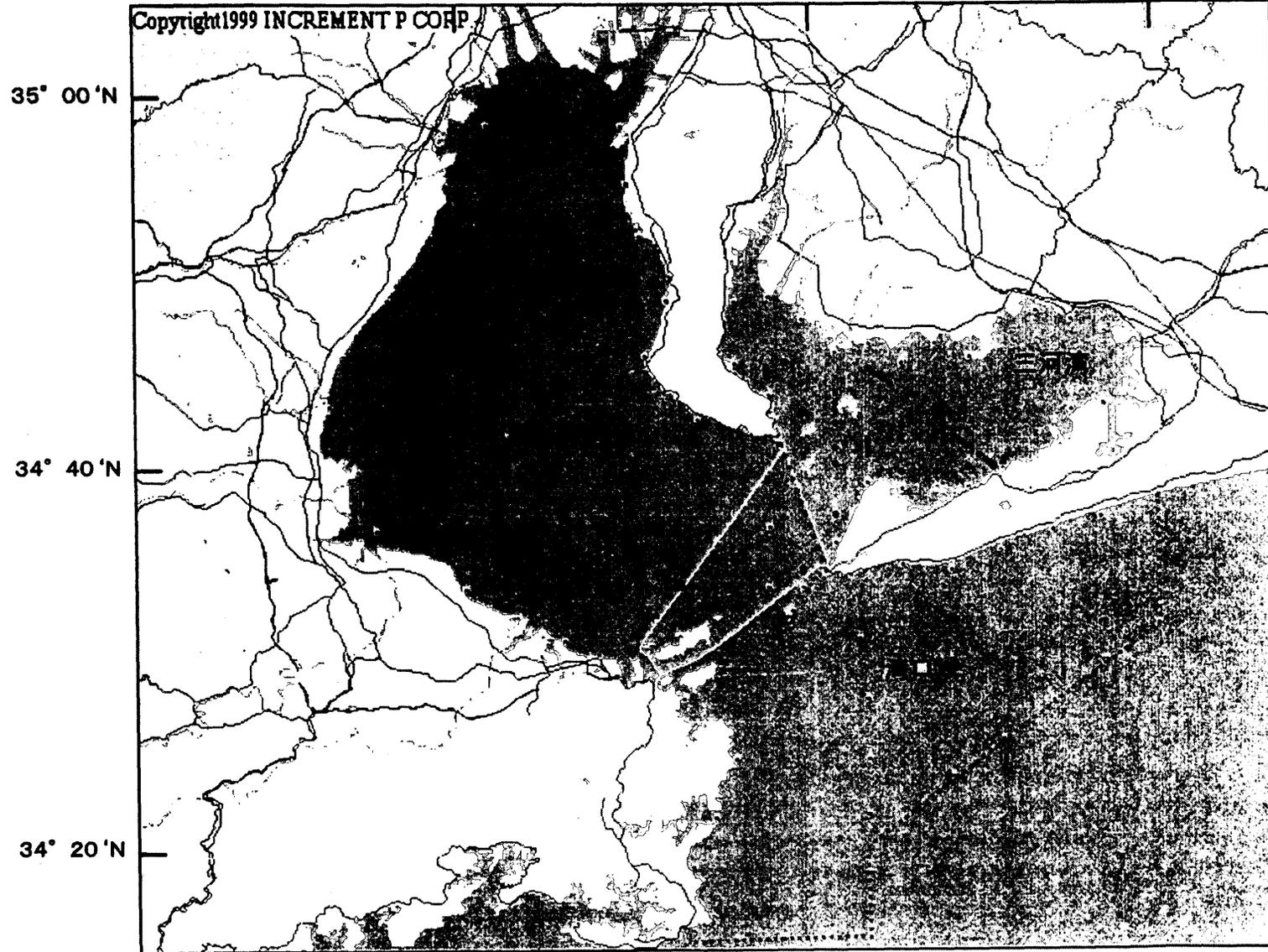


図3-6. 伊勢湾・三河湾調査におけるスナメリの全発見位置と海域区分.
赤丸は調査ラインの開始あるいは終了点を, 黒丸はスナメリの発見位置をそれぞれ示す.

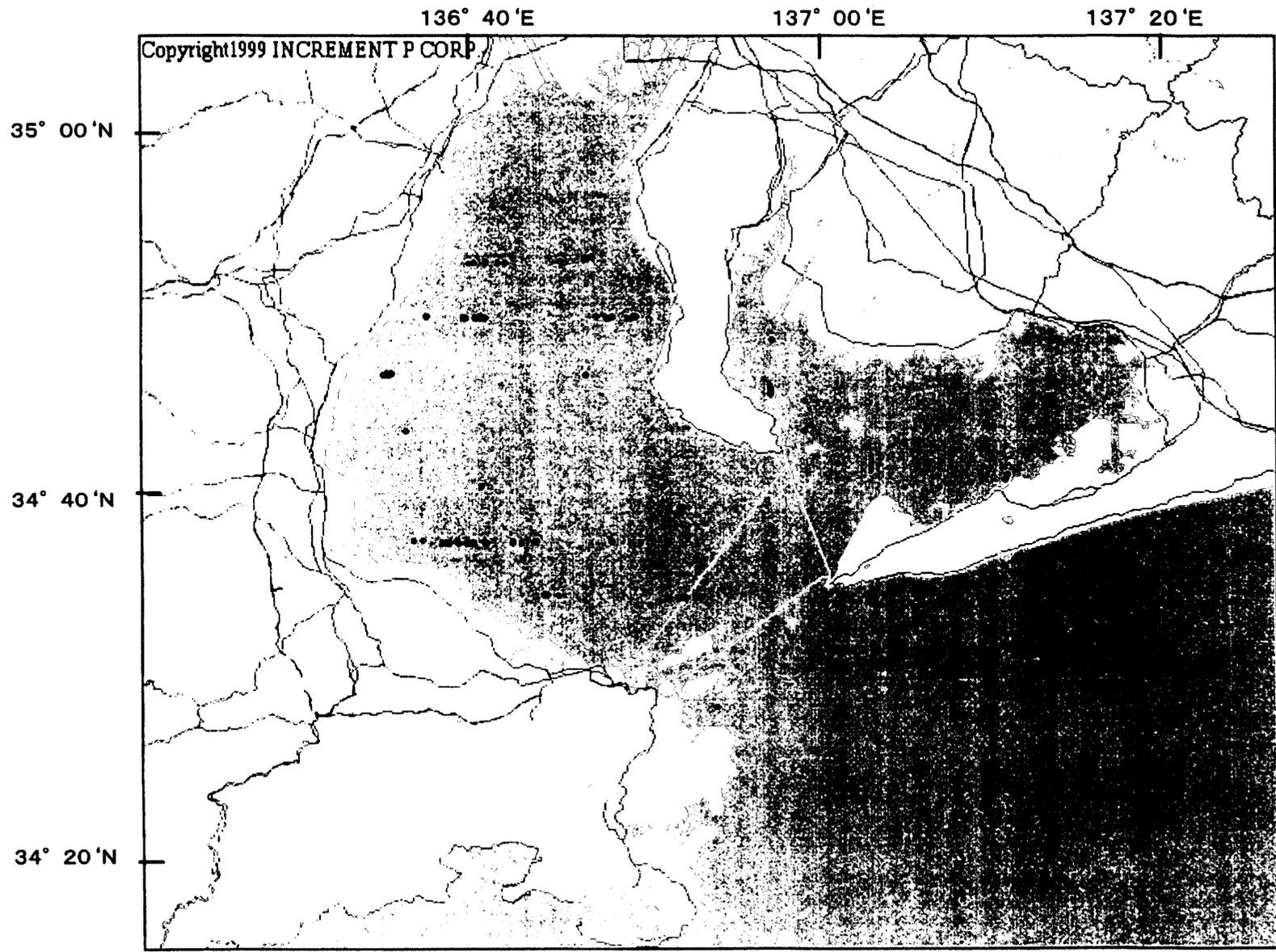


図3-7. 伊勢湾・三河湾調査におけるスナメリの1次発見位置. 黒丸が発見位置を示す.

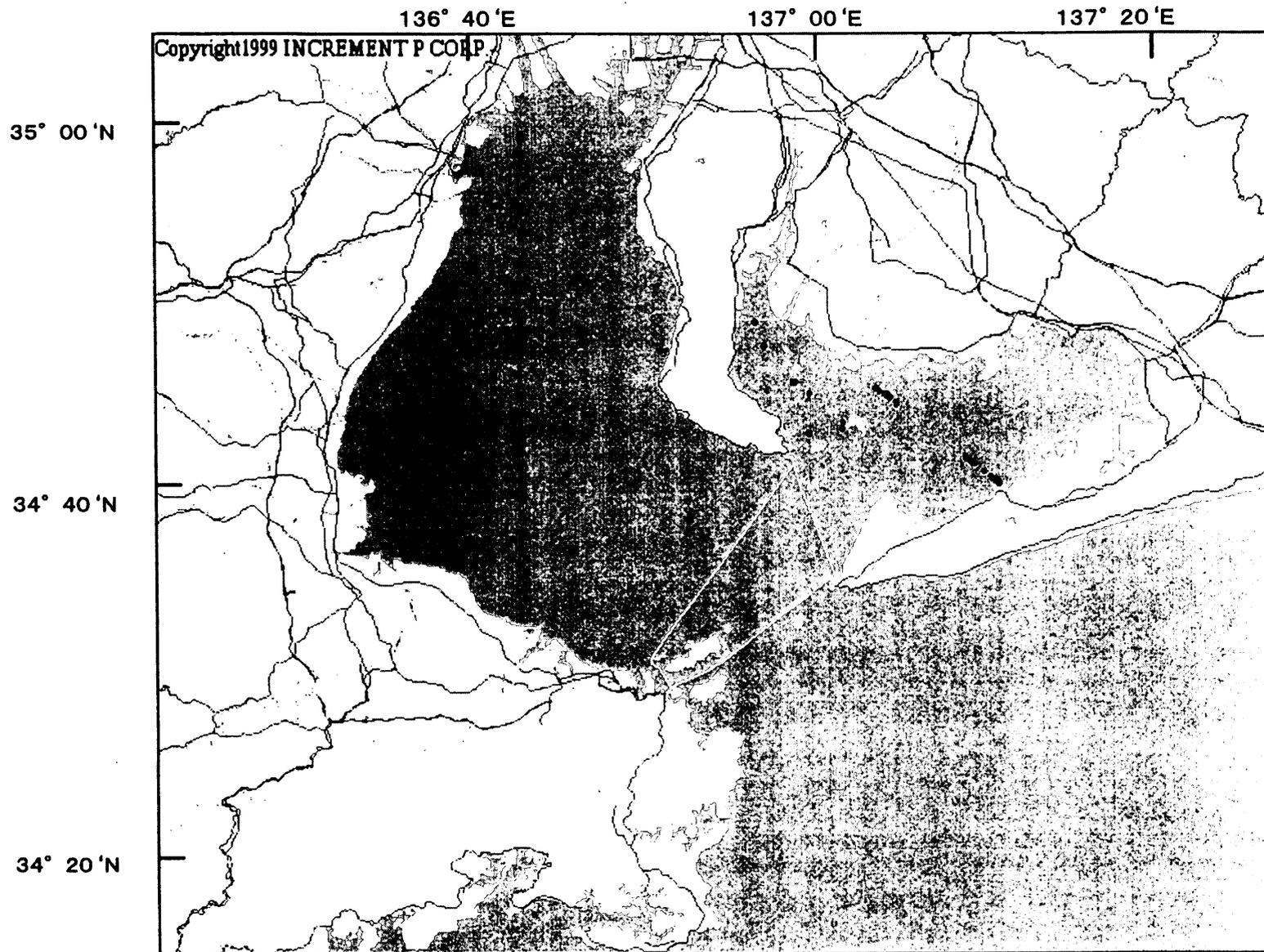


図3-8. 伊勢湾・三河湾調査におけるスナメリの2次発見位置. 黒丸が発見位置を示す.

表3-1 伊勢湾・三河湾における目視調査実施経過.

ライン	イベント	調査日	時刻	緯度（北緯）	経度（東経）	備考
1	開始	2000/5/15	09:43:09	34度58分03秒	136度41分21秒	
	終了	2000/5/15	09:48:04	34度58分01秒	136度49分17秒	
2	開始	2000/5/15	09:51:19	34度54分57秒	136度49分33秒	
	終了	2000/5/15	09:57:51	34度54分54秒	136度38分53秒	
3	開始	2000/5/15	10:00:30	34度52分12秒	136度38分00秒	
	終了	2000/5/15	10:08:03	34度52分13秒	136度50分21秒	
4	開始	2000/5/15	10:11:40	34度49分01秒	136度51分55秒	
	終了	2000/5/15	10:22:07	34度49分00秒	136度35分26秒	
5	開始	2000/5/15	10:27:58	34度46分05秒	136度32分48秒	
	終了	2000/5/15	10:38:34	34度46分02秒	136度50分36秒	
6	開始	2000/5/15	10:44:26	34度42分46秒	136度53分43秒	
	終了	2000/5/15	10:58:16	34度43分00秒	136度31分53秒	
7	開始	2000/5/15	11:02:15	34度40分05秒	136度33分39秒	
	終了	2000/5/15	11:17:05	34度40分01秒	136度58分00秒	
8	開始	2000/5/15	11:21:15	34度37分10秒	136度58分01秒	
	終了	2000/5/15	11:35:42	34度36分59秒	136度34分40秒	
9	開始	2000/5/15	11:42:11	34度33分55秒	136度39分55秒	
	終了	2000/5/15	11:53:53	34度34分01秒	136度57分59秒	
10	開始	2000/5/15	12:00:15	34度31分12秒	137度03分24秒	
	中断	2000/5/15	12:05:32	34度31分04秒	136度54分25秒	島上空通過
	再開	2000/5/15	12:07:56	34度31分08秒	136度50分35秒	
	終了	2000/5/15	12:10:51	34度31分08秒	136度45分45秒	
11	開始	2000/5/22	09:33:26	34度27分59秒	136度52分48秒	
	終了	2000/5/22	09:40:07	34度28分03秒	137度03分58秒	
12	開始	2000/5/22	09:44:32	34度25分00秒	137度04分05秒	
	終了	2000/5/22	09:49:41	34度24分59秒	136度55分58秒	

(表3-1 続き)

13	開始	2000/5/22	09:54:56	34度21分59秒	136度54分50秒	
	終了	2000/5/22	10:00:35	34度22分04秒	137度03分55秒	
14	開始	2000/5/22	10:05:23	34度19分02秒	137度04分00秒	
	終了	2000/5/22	10:11:50	34度19分21秒	136度53分20秒	
15	開始	2000/5/22	10:16:12	34度15分59秒	136度53分17秒	
	終了	2000/5/22	10:22:54	34度15分59秒	137度03分58秒	
16	開始	2000/5/16	09:12:27	34度48分58秒	136度56分00秒	
	終了	2000/5/16	09:14:47	34度45分40秒	136度56分00秒	
17	開始	2000/5/16	09:18:34	34度44分01秒	136度58分00秒	
	終了	2000/5/16	09:22:40	34度49分07秒	136度58分01秒	
18	開始	2000/5/16	09:26:54	34度48分00秒	137度00分01秒	
	中断	2000/5/16	09:30:53	34度42分23秒	136度59分59秒	島上空通過
	再開	2000/5/16	09:31:19	34度41分45秒	136度59分59秒	
	中断	2000/5/16	09:31:49	34度41分00秒	137度00分00秒	島上空通過
	再開	2000/5/16	09:32:37	34度39分48秒	137度00分01秒	途中 R 風力 3
	終了	2000/5/16	09:36:35	34度33分59秒	137度00分00秒	
19	開始	2000/5/16	09:41:05	34度36分20秒	137度01分58秒	
	中断	2000/5/16	09:46:36	34度43分00秒	137度01分59秒	島上空通過
	再開	2000/5/16	09:47:15	34度43分52秒	137度02分02秒	
	終了	2000/5/16	09:49:20	34度46分16秒	137度01分59秒	
20	開始	2000/5/16	09:55:04	34度46分41秒	137度04分02秒	
	終了	2000/5/16	10:00:01	34度39分31秒	137度03分57秒	
21	開始	2000/5/16	10:03:32	34度39分10秒	137度06分00秒	
	終了	2000/5/16	10:08:46	34度45分38秒	137度05分59秒	島→終了
22	開始	2000/5/16	10:13:33	34度46分41秒	137度07分59秒	
	終了	2000/5/16	10:18:48	34度39分17秒	137度08分02秒	
23	開始	2000/5/16	10:21:25	34度39分15秒	137度09分55秒	
	終了	2000/5/16	10:26:45	34度45分58秒	137度10分00秒	
24	開始	2000/5/16	10:31:05	34度48分03秒	137度11分59秒	
	終了	2000/5/16	10:36:56	34度40分16秒	137度12分00秒	

(表3-1 続き)

25	開始	2000/5/16	10:41:04	34度41分52秒	137度14分01秒	島上空通過
	中断	2000/5/16	10:44:58	34度46分57秒	137度13分58秒	
	再開	2000/5/16	10:45:13	34度47分17秒	137度13分59秒	
	終了	2000/5/16	10:46:04	34度48分25秒	137度14分01秒	

26	開始	2000/5/16	10:51:24	34度47分57秒	137度16分01秒	
	終了	2000/5/16	10:55:03	34度43分12秒	137度16分00秒	

27	開始	2000/5/16	10:57:21	34度43分34秒	137度17分59秒	
	終了	2000/5/16	11:00:12	34度47分21秒	137度18分00秒	

28	開始	2000/5/22	10:28:18	34度22分00秒	137度05分58秒	
	終了	2000/5/22	10:38:29	34度35分08秒	137度05分59秒	

29	開始	2000/5/22	10:40:51	34度34分56秒	137度08分55秒	
	終了	2000/5/22	10:49:02	34度24分01秒	137度09分00秒	

30	開始	2000/5/22	10:53:20	34度25分58秒	137度11分59秒	
	終了	2000/5/22	11:00:33	34度35分54秒	137度11分58秒	

31	開始	2000/5/16	11:39:57	34度37分00秒	137度14分59秒	
	終了	2000/5/16	11:46:37	34度28分00秒	137度15分00秒	

32	開始	2000/5/16	11:24:51	34度30分03秒	137度18分04秒	
	終了	2000/5/16	11:30:38	34度37分46秒	137度17分57秒	

33	開始	2000/5/16	11:07:46	34度38分38秒	137度21分00秒	
	終了	2000/5/16	11:12:31	34度32分01秒	137度21分03秒	

16'	開始	2000/5/22	14:07:56	34度48分39秒	136度56分00秒	
	終了	2000/5/22	14:10:35	34度45分41秒	136度56分01秒	

17'	開始	2000/5/22	14:13:26	34度44分10秒	136度57分51秒	
	終了	2000/5/22	14:16:27	34度49分05秒	136度58分01秒	

18'	開始	2000/5/22	14:20:27	34度47分54秒	136度59分59秒	島上空通過
	中断	2000/5/22	14:25:18	34度42分26秒	136度59分59秒	
	再開	2000/5/22	14:25:55	34度41分47秒	136度59分59秒	
	中断	2000/5/22	14:26:36	34度41分00秒	136度59分59秒	
	再開	2000/5/22	14:27:43	34度39分47秒	136度59分59秒	
	終了	2000/5/22	14:33:07	34度34分02秒	137度00分01秒	

(表3-1 続き)

19'	開始	2000/5/22	14:36:27	34度36分27秒	137度02分02秒	
	中断	2000/5/22	14:40:26	34度42分49秒	137度01分59秒	島上空通過
	再開	2000/5/22	14:41:01	34度43分44秒	137度02分00秒	
	終了	2000/5/22	14:42:33	34度46分07秒	137度02分00秒	

※ライン16-19は、2回飛行を行ったが(ライン16'-19'がそれを示す)、個体数推定にはこれらのデータは使用せず。

表3-2 伊勢湾・三河湾における目視調査でのスナメリの1時発見記録.

L:左側観察者(喜多祥一), R:右側観察者(篠原正典).

ライン #	調査日	時刻	L/R	高度 (ft)	頭数	親子 (組)	緯度 (北緯)	経度 (東経)
2	2000/05/15	09:55:59	L	510	1	0	34度55分02秒	136度42分01秒
3	2000/05/15	10:01:46	L	500	1	0	34度51分55秒	136度40分03秒
3	2000/05/15	10:01:55	L	500	1	0	34度51分57秒	136度40分18秒
3	2000/05/15	10:02:15	L	500	1	0	34度52分01秒	136度40分50秒
3	2000/05/15	10:02:19	L	500	2	1	34度52分01秒	136度40分57秒
3	2000/05/15	10:02:47	L	510	1	0	34度52分01秒	136度41分42秒
3	2000/05/15	10:03:03	L	510	1	0	34度51分57秒	136度42分07秒
3	2000/05/15	10:05:07	L	520	1	0	34度52分07秒	136度45分25秒
3	2000/05/15	10:06:00	R	550	1	0	34度52分16秒	136度46分50秒
3	2000/05/15	10:06:07	L	550	2	1	34度52分17秒	136度47分02秒
3	2000/05/15	10:06:19	L	540	5	2	34度52分19秒	136度47分22秒
4	2000/05/15	10:12:56	L	500	1	0	34度49分01秒	136度49分57秒
4	2000/05/15	10:13:04	R	500	1	0	34度49分01秒	136度49分45秒
4	2000/05/15	10:13:08	L	500	2	1	34度49分00秒	136度49分38秒
4	2000/05/15	10:13:17	R	500	4	1	34度49分00秒	136度49分24秒
4	2000/05/15	10:13:53	R	500	2	0	34度49分01秒	136度48分29秒
4	2000/05/15	10:14:04	R	500	3	0	34度49分02秒	136度48分12秒
4	2000/05/15	10:14:12	R	500	2	0	34度49分04秒	136度47分57秒
4	2000/05/15	10:14:27	R	500	2	0	34度49分04秒	136度47分36秒
4	2000/05/15	10:18:46	L	500	1	0	34度48分58秒	136度40分47秒
4	2000/05/15	10:18:50	L	500	1	0	34度48分58秒	136度40分41秒
4	2000/05/15	10:18:55	R	500	1	0	34度48分58秒	136度40分34秒
4	2000/05/15	10:19:04	L	500	1	0	34度48分58秒	136度40分19秒
4	2000/05/15	10:19:22	R	500	2	0	34度48分59秒	136度39分50秒
4	2000/05/15	10:19:28	R	500	1	0	34度48分59秒	136度39分41秒
4	2000/05/15	10:20:55	R	500	2	0	34度49分01秒	136度37分23秒
5	2000/05/15	10:29:15	L	500	1	0	34度45分59秒	136度34分55秒
5	2000/05/15	10:29:21	R	500	1	0	34度45分59秒	136度35分05秒
5	2000/05/15	10:29:25	R	500	2	0	34度45分59秒	136度35分11秒
5	2000/05/15	10:29:25	L	500	1	0	34度45分59秒	136度35分11秒
5	2000/05/15	10:29:27	R	500	3	0	34度45分59秒	136度35分14秒
5	2000/05/15	10:29:30	L	500	2	1	34度45分59秒	136度35分19秒
5	2000/05/15	10:29:33	L	500	1	0	34度45分59秒	136度35分24秒

(表3-2 続き)

5	2000/05/15	10:36:22	L	500	2	0	34度46分00秒	136度46分50秒
6	2000/05/15	10:55:36	R	500	1	0	34度42分59秒	136度36分12秒
7	2000/05/15	11:06:34	L	500	1	0	34度40分02秒	136度40分40秒
7	2000/05/15	11:13:08	L	510	2	1	34度40分01秒	136度51分30秒
8	2000/05/15	11:26:12	L	500	7	0	34度37分00秒	136度50分09秒
8	2000/05/15	11:27:17	L	500	2	0	34度37分01秒	136度48分24秒
8	2000/05/15	11:30:03	R	500	2	0	34度37分01秒	136度43分53秒
8	2000/05/15	11:30:05	R	500	1	0	34度37分00秒	136度43分49秒
8	2000/05/15	11:30:36	R	500	8	1	34度36分58秒	136度43分01秒
8	2000/05/15	11:30:53	L	500	2	1	34度36分58秒	136度42分33秒
8	2000/05/15	11:30:56	L	500	5	2	34度36分58秒	136度42分28秒
8	2000/05/15	11:31:54	L	500	3	0	34度36分59秒	136度40分55秒
8	2000/05/15	11:31:58	L	500	8	3	34度36分59秒	136度40分49秒
8	2000/05/15	11:32:23	L	500	1	0	34度37分00秒	136度40分09秒
8	2000/05/15	11:32:28	L	500	3	1	34度37分00秒	136度40分01秒
8	2000/05/15	11:32:33	L	500	2	1	34度36分59秒	136度39分53秒
8	2000/05/15	11:32:39	L	500	1	0	34度36分59秒	136度39分43秒
8	2000/05/15	11:32:52	R	500	6	1	34度37分00秒	136度39分22秒
8	2000/05/15	11:32:56	R	500	2	0	34度37分00秒	136度39分16秒
8	2000/05/15	11:33:13	R	500	3	1	34度37分00秒	136度38分48秒
8	2000/05/15	11:33:18	R	500	2	1	34度37分00秒	136度38分40秒
8	2000/05/15	11:33:22	L	500	3	1	34度37分00秒	136度38分33秒
8	2000/05/15	11:33:31	L	500	1	0	34度37分00秒	136度38分18秒
8	2000/05/15	11:34:13	L	500	2	1	34度37分03秒	136度37分09秒
8	2000/05/15	11:34:32	R	500	1	0	34度37分03秒	136度36分38秒
9	2000/05/15	11:45:04	L	500	3	1	34度34分07秒	136度44分21秒
9	2000/05/15	11:45:10	L	500	2	1	34度34分07秒	136度44分30秒
9	2000/05/15	11:45:39	R	500	1	0	34度34分04秒	136度45分15秒
9	2000/05/15	11:50:15	R	500	3	0	34度33分59秒	136度52分19秒
9	2000/05/15	11:50:18	L	500	1	0	34度33分59秒	136度52分24秒
9	2000/05/15	11:50:23	R	500	1	0	34度33分59秒	136度52分32秒
9	2000/05/15	11:50:32	L	500	4	1	34度33分59秒	136度52分47秒
9	2000/05/15	11:50:57	L	500	2	0	34度33分57秒	136度53分26秒
9	2000/05/15	11:51:08	L	500	1	0	34度33分56秒	136度53分44秒
10	2000/05/15	12:04:28	L	520	1	0	34度31分00秒	136度56分12秒
11	2000/05/22	09:34:30	R	500	4	0	34度27分59秒	136度54分34秒

(表3-2 続き)

11	2000/05/22	09:34:33	R	500	6	0	34度27分59秒	136度54分39秒
11	2000/05/22	09:34:34	L	500	1	0	34度27分59秒	136度54分40秒

17	2000/05/16	09:19:23	L	500	1	0	34度45分00秒	136度57分59秒
17	2000/05/16	09:19:26	L	500	3	1	34度45分04秒	136度57分59秒
17	2000/05/16	09:19:32	L	500	2	1	34度45分11秒	136度57分59秒
17	2000/05/16	09:19:35	L	500	2	0	34度45分15秒	136度57分59秒
17	2000/05/16	09:21:13	L	500	1	0	34度47分18秒	136度57分59秒

18	2000/05/16	09:29:20	R	500	1	0	34度44分36秒	137度00分00秒
18	2000/05/16	09:30:23	R	500	2	0	34度43分05秒	137度00分00秒

19	2000/05/16	09:45:13	R	500	2	1	34度41分18秒	137度02分00秒
19	2000/05/16	09:46:12	L	500	1	0	34度42分31秒	137度02分00秒
19	2000/05/16	09:47:22	L	500	2	0	34度44分03秒	137度02分03秒

20	2000/05/16	09:58:31	R	500	2	0	34度41分45秒	137度04分00秒
20	2000/05/16	09:58:35	R	500	1	0	34度41分39秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:40	R	500	2	0	34度41分32秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:44	R	500	1	0	34度41分26秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:47	R	500	1	0	34度41分21秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:50	R	500	4	0	34度41分17秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:52	R	500	3	0	34度41分14秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:58:55	R	500	2	0	34度41分10秒	137度04分01秒
20	2000/05/16	09:59:00	R	500	1	0	34度41分03秒	137度04分00秒
20	2000/05/16	09:59:04	R	500	3	0	34度40分57秒	137度04分00秒

21	2000/05/16	10:04:14	L	500	2	0	34度40分01秒	137度06分00秒
21	2000/05/16	10:06:06	L	500	2	1	34度42分19秒	137度06分00秒
21	2000/05/16	10:06:15	R	500	1	0	34度42分29秒	137度05分59秒

22	2000/05/16	10:16:01	R	500	1	0	34度43分17秒	137度08分00秒
22	2000/05/16	10:16:04	R	500	1	0	34度43分12秒	137度08分00秒
22	2000/05/16	10:16:08	R	500	3	0	34度43分06秒	137度08分00秒
22	2000/05/16	10:16:51	R	500	1	0	34度42分06秒	137度08分00秒
22	2000/05/16	10:18:15	R	500	1	0	34度40分04秒	137度08分01秒

23	2000/05/16	10:22:14	L	500	3	1	34度40分16秒	137度09分58秒

24	2000/05/16	10:36:38	R	500	3	1	34度40分41秒	137度12分00秒
24	2000/05/16	10:36:44	R	500	2	0	34度40分30秒	137度12分00秒

(表3-2 続き)

25	2000/05/16	10:41:09	L	500	1	0	34度41分58秒	137度14分01秒
17'	2000/05/22	14:14:13	R	500	2	0	34度45分26秒	136度57分56秒
17'	2000/05/22	14:15:38	R	500	2	1	34度47分47秒	136度58分00秒
18'	2000/05/22	14:32:13	L	500	4	1	34度35分00秒	137度00分00秒
18'	2000/05/22	14:32:22	L	500	1	0	34度34分50秒	137度00分01秒
19'	2000/05/22	14:37:17	R	500	3	0	34度37分47秒	137度02分00秒
19'	2000/05/22	14:38:58	R	500	2	1	34度40分29秒	137度01分59秒
合計 1次発見数				109群	227頭 (うち親子づれ34組)			

表3-3 伊勢湾・三河湾における目視調査でのスナメリ2次発見記録.

L: 左側観察者 (喜多祥一), R: 右側観察者 (篠原正典),

O: 記録係 (吉岡基)

ライン #	調査日	時刻	L/R	高度 (ft)	頭数	親子 (組)	緯度 (北緯)	経度 (東経)
-	2000/05/15	12:15:45	L	800	4	1	34度36分46秒	136度39分25秒
-	2000/05/15	12:16:00	L	800	1	0	34度37分02秒	136度39分02秒
-	2000/05/15	12:16:11	L	800	2	0	34度37分11秒	136度38分45秒
-	2000/05/15	12:16:32	L	800	2	1	34度37分30秒	136度38分12秒
-	2000/05/15	12:16:36	R	800	1	0	34度37分34秒	136度38分06秒
-	2000/05/15	12:17:29	-	780	3	1	34度38分33秒	136度36分51秒
-	2000/05/15	12:25:44	-	500	4	1	34度46分04秒	136度35分09秒
-	2000/05/15	12:25:57	-	500	2	0	34度46分14秒	136度35分31秒
-	2000/05/15	12:26:33	-	500	3	1	34度46分40秒	136度36分28秒
-	2000/05/15	12:28:06	-	500	1	0	34度47分51秒	136度38分49秒
-	2000/05/15	12:28:47	-	500	1	0	34度48分50秒	136度39分25秒
-	2000/05/15	12:29:10	L	500	1	0	34度49分22秒	136度39分45秒
-	2000/05/15	12:29:19	-	500	2	1	34度49分34秒	136度39分52秒
-	2000/05/15	12:30:30	-	500	2	1	34度51分18秒	136度40分42秒
-	2000/05/15	12:31:11	L	500	2	0	34度52分18秒	136度41分10秒

19	2000/05/16	09:46:43	L	500	1	0	34度43分09秒	137度01分59秒
19	2000/05/16	09:47:04	L	500	1	0	34度43分33秒	137度02分01秒
-	2000/05/16	12:06:00	-	-	2	0	34度42分56秒	136度59分54秒
-	2000/05/16	12:07:21	-	-	20	2	34度45分05秒	136度59分58秒

-	2000/05/22	09:27:35	O	800	6	2	34度34分36秒	136度52分23秒
-	2000/05/22	11:04:07	O	-	2	0	34度40分20秒	137度11分27秒
-	2000/05/22	11:04:14	L	-	1	0	34度40分26秒	137度11分19秒
-	2000/05/22	11:04:22	R	-	4	1	34度40分33秒	137度11分09秒
-	2000/05/22	11:04:30	R	-	2	1	34度40分39秒	137度11分00秒
-	2000/05/22	11:04:49	O	-	2	1	34度40分55秒	137度10分36秒
-	2000/05/22	11:05:16	R	-	2	1	34度41分19秒	137度10分02秒
-	2000/05/22	11:05:22	-	-	1	0	34度41分24秒	137度09分54秒
-	2000/05/22	11:05:24	R	-	3	1	34度41分25秒	137度09分52秒
-	2000/05/22	11:05:29	L	-	1	0	34度41分30秒	137度09分46秒
-	2000/05/22	11:05:32	L	-	2	1	34度41分33秒	137度09分41秒
-	2000/05/22	11:05:35	R	-	5	2	34度41分35秒	137度09分38秒
-	2000/05/22	11:05:39	R	-	4	2	34度41分39秒	137度09分33秒
-	2000/05/22	11:05:44	R	-	3	0	34度41分43秒	137度09分26秒
-	2000/05/22	11:09:00	R	-	2	1	34度44分34秒	137度05分18秒

(表 3-3 続き)

-	2000/05/22	11:09:03	R	-	4	2	34度44分37秒	137度05分15秒
-	2000/05/22	11:09:20	R	-	3	1	34度44分51秒	137度04分53秒
-	2000/05/22	11:09:30	R	-	4	1	34度45分00秒	137度04分40秒
-	2000/05/22	11:09:34	R	-	1	0	34度45分03秒	137度04分35秒
-	2000/05/22	11:09:47	R	-	5	1	34度45分14秒	137度04分18秒
-	2000/05/22	11:09:56	R	-	2	1	34度45分22秒	137度04分07秒
-	2000/05/22	11:09:58	L	-	2	1	34度45分24秒	137度04分04秒
-	2000/05/22	11:13:22	R	-	2	0	34度45分43秒	136度59分01秒
-	2000/05/22	11:13:23	L	-	1	0	34度45分43秒	136度58分59秒
-	2000/05/22	11:13:25	R	-	1	0	34度45分42秒	136度58分56秒
-	2000/05/22	11:15:27	R	-	1	0	34度47分42秒	136度57分12秒
-	2000/05/22	11:16:24	-	-	1	0	34度48分58秒	136度56分40秒

合計 2 次発見数

46 群 122 頭 (うち親子づれ 29 組)

- : コース外での発見 (ライン#の項), あるいは記録がないことを示す (L/Rの別, 高度の項)

3-3 発見分布と個体数推定

3-3-1 データと解析方法

解析には、左右の観察者からみて、ともに目視観察条件が風力2以下であった調査線のデータのみを用いた。今回の調査で、この条件に外れた部分は、5月16日に実施した三河湾調査のライン18で、09時33分18秒~09時34分24秒の1分6秒間、実質飛行距離にして3.02km分(北緯34度38分48秒, 東経137度00分00秒から北緯34度37分10秒, 東経137度00分00秒の間)のみであった。またこの間の飛行中にスナメリの発見はなかった(付表3-1)。ガス等により視界が妨げられた部分は、本調査期間全体をとおして一度もなかった。また、グレア(海面反射)はごく一部の海域のごく短時間で1/2に達することがあったが、グレアがあった場合でも1/4~1/3程度どまりであり、グレアが観察に大きな影響をあたえてはいないと考えられたため、個体数推定にあたっては、グレアの違いによる、有効調査距離の削減、補正などの考慮は行わなかった。

有効調査距離は、各ラインの目視調査開始点と終了点(あるいは中断点)とを結ぶ直線距離として算出した。なお、実際に調査した飛行距離を2秒ごとのGPSデータから、パソコンソフト「GTREX VER. 2.0」(ソニー株式会社)を用いて2秒ごとの累積距離としても計算したが、この距離と上記直線距離の値には、各ラインあたり0.5km未満(大半は0.2~0.3km)の違いしかなかった。GPSデータには、調査中の機器トラブルによる欠落データが一部にあったため、最終的に、全ラインの有効調査距離は、上述のように始点と終点を直線で結んだ距離として求めた値を使用した。

湾口域(ライン11~15に相当)の調査のうち、志摩半島東岸沖のライン12~15, および渥美半島南岸沖のライン28~33ではスナメリの発見がまったくなかった。このため、個体数の推定からはこれらのラインのデータを除いた。

また、5月22日の午後、三河湾の一部海域の再調査を試みたが、前述のように開始後しばらくして海況が悪くなり、観察を中止したため、この再調査で得られたデータは、スナメリの分布把握の資料として使用するにとどめ、個体数推定の計算には使用しなかった。

個体数推定のための各海区（後述）の面積は、地図ソフト「プロアトラス 2001－東海版」（株式会社アルプス出版社）の面積計算機能を用い、20万分の1の地図上で港湾部分を除いた範囲を囲んだ面積として求めた。面積は3回の測定値の平均値として求めた。

個体数の推定にあたっては、図3-6に示したように、調査海域を伊勢湾、三河湾、湾口域の3海区にわけた。

海区の境界は以下のとおりとした（あわせてそれぞれの海区面積を示す）：

- ①伊勢湾：愛知県師崎・羽豆岬（北緯34度41分32秒，東経136度58分30秒）と伊良湖岬灯台（北緯34度34分34秒，東経137度01分09秒）を結んだ線の西側，および伊良湖岬灯台と三重県石鏡灯台（北緯34度26分24秒，東経136度55分33秒）を結んだ線の北側の海域。

海域面積 1556.1 平方キロメートル

- ②三河湾：愛知県師崎・羽豆岬と伊良湖岬灯台を結んだ線の東側の海域。

海域面積 512.5 平方キロメートル

- ③湾口域：上記以外の調査海域（当該海域の調査ラインあるいは定点を結んで囲まれた海域）。ただし、発見0のため、面積の算出は行わず。

有効探索幅の推定には、表3-4に示した風力2以下での発見計103群のデータを用いた。調査線上での群れサイズ別発見頻度の分布は左右の観察者の間で有意な差がなかった（発見群数：左－喜多54群；右－篠原49群；Kolmogorov-Smirnov検定， $P > 0.05$ ）（図3-9）。

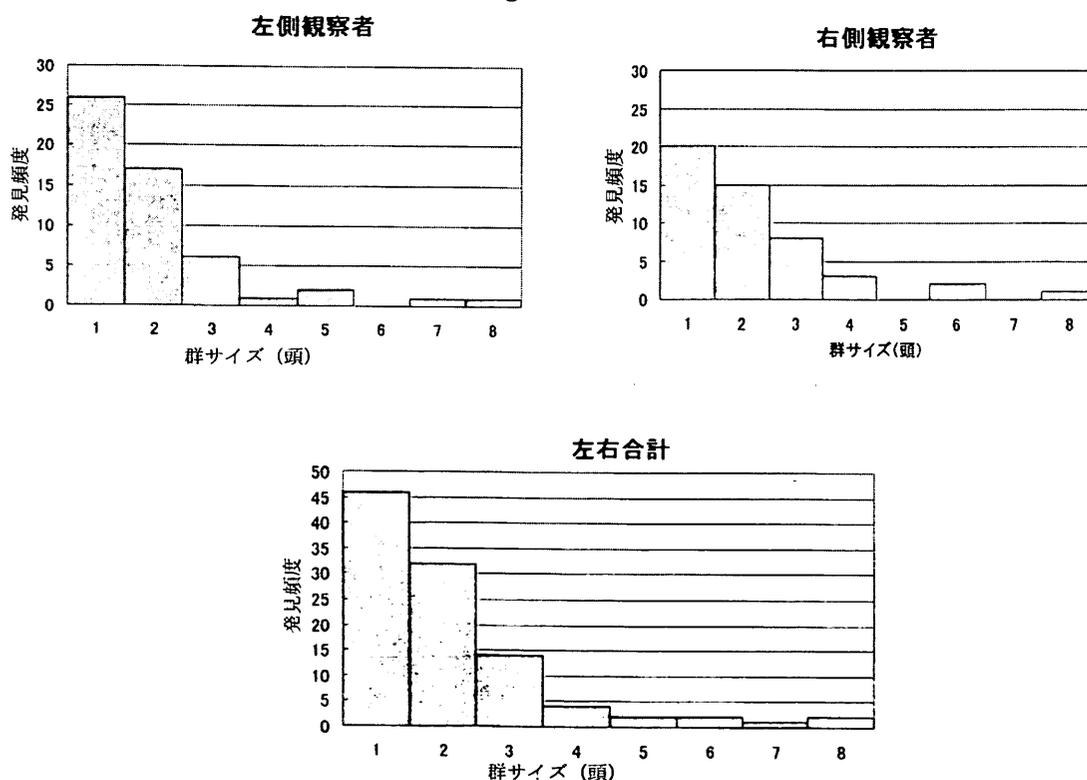


図3-9 左右の観察者の違いによるスナメリの発見群れサイズの分布。

しかし、横距離の頻度分布は、10、20、30、40、50mの10m区切りの5通りの階級幅を用いても、左右の観察者間で高度に有意な差が認められた (Kolmogorov-Smirnov 検定, $P < 0.01$) (図3-10).

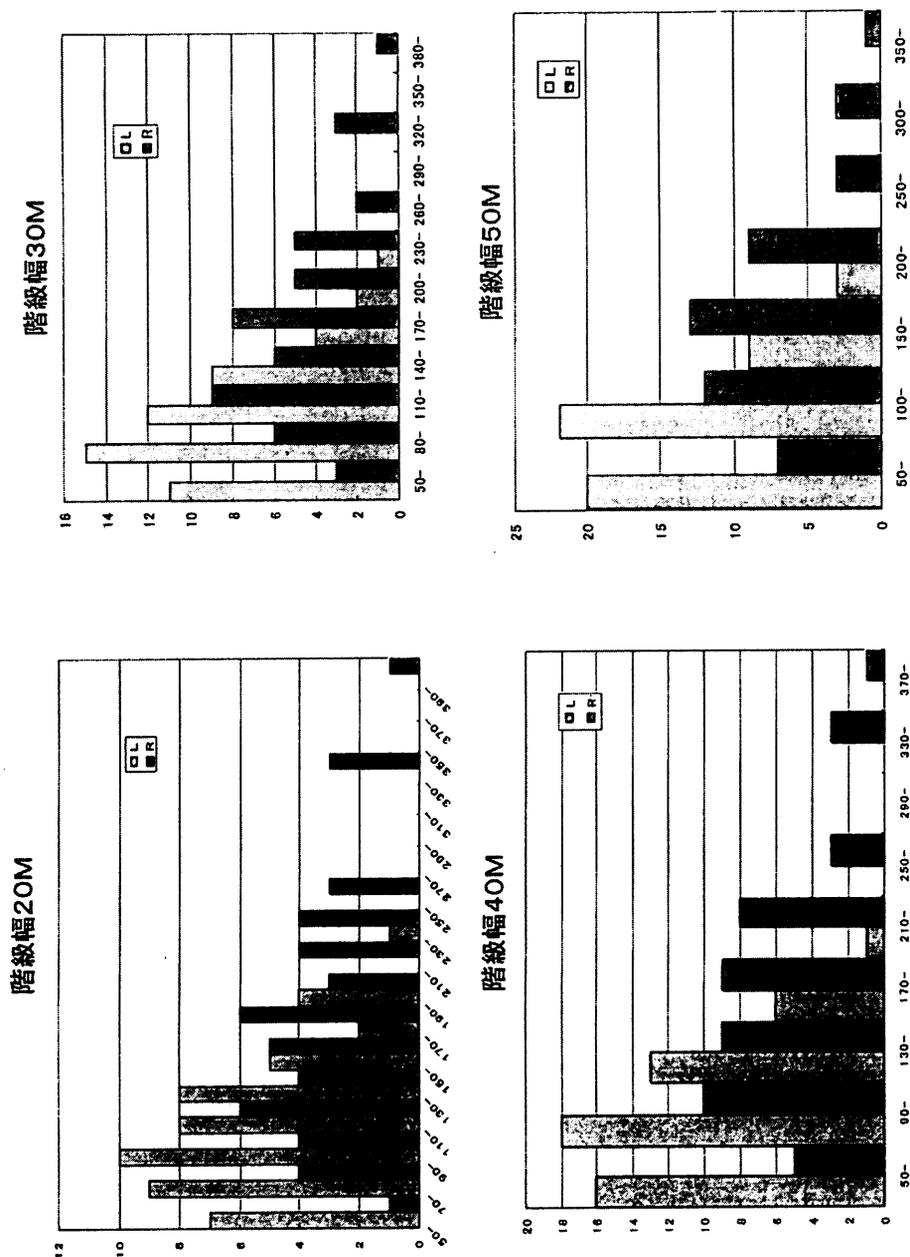


図3-10 左右の観察者の違いによる横距離分布.

また、横距離の頻度分布は、いずれの観察者においても、最短距離階級から単調減少を示さず、最短距離階級より少し大きいところにモードをもつ分布を示した (図3-10)。これらのことから、両観察者のデータを合一することはせず、それぞれの観察者ごとに有効探索幅の推定を行った。

推定には、コンピュータプログラム「DISTANCE Ver. 3. 5」(Windows NT 用) (Buckland *et al.*, 1993) を用いた。モデルの主関数に uniform, half normal, hazard rate, negative exponential の4種, 補正関数として cosine, simple polynomial, hermite polynomial の3種をそれぞれ組み合わせて検討し, 最小A I Cを得たモデルを発見横距離分布に当てはめ, 有効探索幅を算出した。

個体密度 (D) および個体数 (N) の推定値は以下の基本式に, 左右の観察者の探索幅が異なることを考慮して, 一部修正を加えて行った。

$$D(\text{estimated})=n/2Lw(\text{estimated})$$

$$N(\text{estimated})=AD(\text{estimated})$$

n : 調査域における総有効発見頭数

L : 調査域における総有効調査線距離

$w(\text{estimated})$: 有効探索幅推定値, A : 調査面積。

すなわち, 左右の観察者それぞれの有効探索幅を推定し, 通常は1名が左右を観察するときの有効横幅 $2w(\text{estimated})$ の代わりに, 左側の $w_1(\text{estimated})$ と右側の $w_2(\text{estimated})$ の合計 $w_1(\text{estimated})+w_2(\text{estimated})$ を用いた。

これにより, 個体密度の推定値 $D(\text{estimated})$ は,

$$D(\text{estimated})=n/\{L (w_1(\text{estimated})+w_2(\text{estimated}))\}$$

として求めた。

有効探索幅の分散 $\text{var}(w)$ については, 左右で独立に観察しており, 両推定値の相関はないと考え,

$$\text{var}(w_1(\text{estimated})+w_2(\text{estimated}))=\text{var}(w_1(\text{estimated}))+\text{var}(w_2(\text{estimated}))$$

とした。

また, 個体数推定の式は,

$$N(\text{estimated})=A \cdot D(\text{estimated})$$

$$n_i=n_{1i}+n_{2i} \quad i: \text{ライン番号 } (i=1, 2, \dots, k)$$

$$n=\sum n_i$$

$$\text{var}(n)=L \cdot \{ \sum l_i (n_i / l_i - n / L)^2 / (k-1) \}$$

$$\text{var}(N(\text{estimated}))=N(\text{estimated})^2[\text{var}(n)/n^2 + \text{var}(w_1(\text{estimated})+w_2(\text{estimated})) / \{w_1(\text{estimated})+\text{var}(w_2(\text{estimated}))\}^2]$$

n_i : ライン i での有効発見頭数, l_i : ライン i の有効調査距離, k : 調査ライン数によって求めた。

個体数推定値の95%信頼区間は, 推定値の分布が対数正規分布にしたがう (Burnham *et al.*, 1987) と仮定して,

$$95\% \text{信頼区間} : (N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C)$$

で与えた。ここで,

$$C=\exp[1.96 \cdot \{ \ln(1+cv[N(\text{estimated})]^2) \}^{1/2}] \text{ である。}$$

3-3-2 分布

本調査におけるスナメリの発見数を表3-4にまとめた。また、調査ラインごとのスナメリの1次発見数と有効調査距離を表3-5に示した。

スナメリの発見は、調査期間全体の合計で、155群349頭（うち親子づれ63組）であった。1次発見と2次発見の内訳は、それぞれ109群227頭（うち親子づれ34組）および46群122頭（うち親子づれ29組）であった。

これらの発見位置を海域で見ると、伊勢湾湾奥部、三河湾湾奥部、遠州灘、志摩半島東岸沖では、いずれもスナメリの発見はなかった。伊勢湾中央部は、6年前に行われた目視調査では発見が多いとされた海域であったが（古田ら、1994）、今回の調査では発見がかなり少なかった。発見が多い傾向があった海域は、三重県鈴鹿市沖（ライン3）と安芸郡河芸沖（ライン4）、愛知県常滑沖（ライン4）、三重県津市沖（ライン5）と明和町沖（ライン8）であった（図3-6）。三河湾では湾西部の東経137度線付近と、篠島、日間賀島、佐久島周辺（ライン20）で発見が多かった（図3-6）。また、三河湾では、調査海域との復路において多くの2次発見があり（図3-7）、湾西部の渥美郡田原町から幡豆郡一色町へ向けて湾上空を北西方向に飛行中には、次々とスナメリの発見があった（図3-4）。

外洋に面した湾口付近では、鳥羽沖の答志島、菅島周辺で4群12頭の発見があったほかは、スナメリの発見はなかった。

表3-4 伊勢湾・三河湾におけるスナメリの発見数。

調査日	1次発見			2次発見			合計（1次+2次）		
	群数	頭数	親子組数	群数	頭数	親子組数	群数	頭数	親子組数
05/15	68	144	25	15	31	7	83	175	32
05/16	32	58	6	4	24	2	36	82	8
05/22am	3	11	0	27	67	20	30	78	20
05/22pm	6	14	3	0	0	0	6	14	3
合計	109	227	34	46	122	29	155	349	63

* 1次発見は、あらかじめ決められた調査ラインを指定高度（500ft）、指定速度（80～90ノット）で左右の観察者が同時に観察しているときにあった発見を示し、2次発見は、往復路を含む上記の条件にあてはまらないときの発見を示す。風力階級、グレアの違いによる1次発見、2次発見の区別はない。

表3-5 伊勢湾・三河湾調査での各調査ラインの有効調査距離とスナメリの有効発見頭数. ライン番号はコース図(図3-1)参照.

L: 左側観察者(喜多祥一), R: 右側観察者(篠原正典).

ライン	調査日	有効調査 距離* (km)	有効発見群数			有効発見頭数			遭遇率 (頭/km)
			L	R	計	L	R	計	
1	2000/05/15	12.04	0	0	0	0	0	0	0
2	2000/05/15	16.21	1	0	1	1	0	1	0.062
3	2000/05/15	18.76	9	1	10	15	1	16	0.853
4	2000/05/15	25.06	5	10	15	6	20	26	1.038
5	2000/05/15	27.08	5	3	8	7	6	13	0.480
6	2000/05/15	33.24	0	1	1	0	1	1	0.030
7	2000/05/15	37.10	2	0	2	3	0	3	0.081
8	2000/05/15	35.60	13	8	21	40	25	65	1.826
9	2000/05/15	27.56	6	3	9	13	5	18	0.653
10	2000/05/15	21.07	1	0	1	1	0	1	0.047

11	2000/05/22	17.06	1	2	3	1	10	11	0.644
12	2000/05/22	12.41	0	0	0	0	0	0	0
13	2000/05/22	13.89	0	0	0	0	0	0	0
14	2000/05/22	16.33	0	0	0	0	0	0	0
15	2000/05/22	16.35	0	0	0	0	0	0	0

16	2000/05/16	6.11	0	0	0	0	0	0	0
17	2000/05/16	9.44	5	0	5	9	0	9	0.953
18	2000/05/16	19.56	0	2	2	0	3	3	0.153
19	2000/05/16	16.79	2	1	3	3	2	5	0.298
20	2000/05/16	13.28	0	10	10	0	20	20	1.506
21	2000/05/16	11.98	2	1	3	4	1	5	0.417
22	2000/05/16	13.70	0	5	5	0	7	7	0.511
23	2000/05/16	12.45	1	0	1	3	0	3	0.241
24	2000/05/16	14.41	0	2	2	0	5	5	0.347
25	2000/05/16	11.50	1	0	1	1	0	1	0.087
26	2000/05/16	8.80	0	0	0	0	0	0	0
27	2000/05/16	7.00	0	0	0	0	0	0	0

28	2000/05/22	24.32	0	0	0	0	0	0	0
29	2000/05/22	20.22	0	0	0	0	0	0	0
30	2000/05/22	18.39	0	0	0	0	0	0	0
31	2000/05/16	16.67	0	0	0	0	0	0	0

(表 3-5 続き)

32	2000/05/16	14.30	0	0	0	0	0	0	0
33	2000/05/16	12.26	0	0	0	0	0	0	0
合計		580.94	54	49	103	107	106	213	0.367

*風力階級2以下の実飛行距離。ライン18で片側風力3になった距離が3.02kmあった以外は、すべてラインは風力2以下で調査を実施した。風力以外のグレア、その他の目視観察条件による努力量の補正はせず。

親子づれの発見

親子づれの発見は、全体で63組あり、全発見頭数に対する親子づれが占める割合は、36.1% ($63 \times 2 / 349$) であり(1次発見だけでは、30.0% ($34 \times 2 / 227$))、かなりの親子づれの発見があった。親子づれが占める割合を海区別に見ると、伊勢湾34.7% ($25 \times 2 / 144$)、三河湾25.0% ($9 \times 2 / 72$)、湾口部0% ($0 \times 2 / 11$)であった(1次発見のみで計算)。親子づれは伊勢湾ではライン8で、三河湾では中央部付近で多くの発見があった。

3-3-3 個体数推定

個体数推定に用いた、海区ごとのラインごとの有効調査距離とスナメリの発見数を表3-6に、有効探索幅の推定値を表3-7に、個体数推定の結果のまとめを表3-8に示した。

表3-6 3海区(伊勢湾, 三河湾, 湾口部)の各調査ラインの有効調査距離とスナメリの有効発見数. ライン番号はコース図(図3-1)参照.

L: 左側観察者(喜多祥一), R: 右側観察者(篠原正典).

ライン	調査日	有効調査 距離* (km)	有効発見群数			有効発見頭数			遭遇率 (頭/km)
			L	R	計	L	R	計	
(伊勢湾)									
1	2000/05/15	12.04	0	0	0	0	0	0	0
2	2000/05/15	16.21	1	0	1	1	0	1	0.062
3	2000/05/15	18.76	9	1	10	15	1	16	0.853
4	2000/05/15	25.06	5	10	15	6	20	26	1.038
5	2000/05/15	27.08	5	3	8	7	6	13	0.480
6	2000/05/15	33.24	0	1	1	0	1	1	0.030
7	2000/05/15	37.10	2	0	2	3	0	3	0.081
8	2000/05/15	35.60	13	8	21	40	25	65	1.826
9	2000/05/15	27.56	6	3	9	13	5	18	0.653
10一部	2000/05/15	13.76	1	0	1	1	0	1	0.073
11一部	2000/05/22	5.80	1	2	3	1	10	11	1.897
18一部	2000/05/16	5.90	0	0	0	0	0	0	0
海区計		258.11	43	28	71	87	68	155	0.601
(三河湾)									
16	2000/05/16	6.11	0	0	0	0	0	0	0
17	2000/05/16	9.44	5	0	5	9	0	9	0.953
18一部	2000/05/16	13.64	0	2	2	0	3	3	0.220
19	2000/05/16	16.79	2	1	3	3	2	5	0.298
20	2000/05/16	13.28	0	10	10	0	20	20	1.506
21	2000/05/16	11.98	2	1	3	4	1	5	0.417
22	2000/05/16	13.70	0	5	5	0	7	7	0.511
23	2000/05/16	12.45	1	0	1	3	0	3	0.241
24	2000/05/16	14.41	0	2	2	0	5	5	0.347
25	2000/05/16	11.50	1	0	1	1	0	1	0.087
26	2000/05/16	8.80	0	0	0	0	0	0	0
27	2000/05/16	7.00	0	0	0	0	0	0	0
海区計		139.10	11	21	32	20	38	58	0.417
(湾口域)									
10一部	2000/05/15	7.33	0	0	0	0	0	0	0

(表3-6 続き)

11一部	2000/05/15	11.25	0	0	0	0	0	0	0
12	2000/05/22	12.41	0	0	0	0	0	0	0
13	2000/05/22	13.89	0	0	0	0	0	0	0
14	2000/05/22	16.33	0	0	0	0	0	0	0
15	2000/05/22	16.35	0	0	0	0	0	0	0
28	2000/05/22	24.32	0	0	0	0	0	0	0
29	2000/05/22	20.22	0	0	0	0	0	0	0
30	2000/05/22	18.39	0	0	0	0	0	0	0
31	2000/05/16	16.67	0	0	0	0	0	0	0
32	2000/05/16	14.30	0	0	0	0	0	0	0
33	2000/05/16	12.26	0	0	0	0	0	0	0

海区計		183.72	0	0	0	0	0	0	0
合計		580.93	54	49	103	107	106	213	0.367

* 風力階級 2 以下の実飛行距離のみ。

表3-7 伊勢湾・三河湾におけるプログラム「DISTANCE」を用いた有効探索幅の推定。

観察者と 発見確率を 1 とした横距離	L		R	
	50m	80m	50m	90m
採択モデル	Uniform	Uniform	Hazard rate	Uniform
補正関数	cosine	cosine	なし	cosine
点推定値 (m)	108.03	88.152	224.46	167.95
標準誤差	9.3208	6.9204	25.971	12.179
分散	86.918	47.885	674.442	148.264
c v (%)	8.63	7.85	11.57	7.25
95%信頼区間	90.892-128.40	75.255-103.26	177.96-283.11	145.12-194.38

表3-8 伊勢湾・三河湾における5月期のスナメリの個体密度と個体数推定値.

海域	推定条件 $g(0)=1$ の横距離	密度 (頭/km ²)	総個体数	95%信頼区間 (頭)	cv (%)	遭遇率 (頭/km)
伊勢湾	50m	1.806	2,810	1,491-5,297	33.2	0.601
	80m (L)	1.952	3,038	1,766-5,225	28.2	0.500
	90m (R)					
三河湾	50m	1.254	643	351-1,179	31.7	0.417
	80m (L)	1.375	705	344-1,445	37.9	0.352
	90m (R)					
湾口域		0	0	-	-	0

有効探索幅

既述のとおり、両観察者の横距離分布は単調減少を示さず、頻度は、左側観察者では約110mまで、右側観察者では約130mまで増加した後、減少に転じた(図3-10;表3-9)。このことは調査線に近い個体の発見率が低かったことを示すとともに、右側の観察者は左側観察者に比べて遠くを見る傾向が強いことを示している。Yoshida *et al.* (1998)は横距離50mの発見確率を1として横距離を計算しており、本調査でも、これと同様な解析方法を用いることを想定していたが、今回のデータに同様に単調減少モデルを当てはめると、推定密度は過小に評価される可能性がある。このため、解析では横距離50m以外に、左右の観察者ごとの横距離頻度分布を見て、単調減少の傾向が明瞭となる部分、かつ破棄するデータが少なくなるような最低横距離を設け、それぞれの最低横距離での発見確率が1となるよう、これらの横距離より近い発見を除いてモデルの当てはめを行った。実際に用いた最低横距離(すなわち、発見確率を1と仮定する距離)は、図3-10から、左側観察者は80m、右側観察者は90mとした。

プログラム「DISTANCE」による解析により、各観察者、横距離の違いによる有効探索幅の推定値は表3-7に示すようになった。左側観察者については、50m、80mの場合とも uniform (cosine 補正) モデルが選択され、右側観察者については、50m、90mの場合でそれぞれ Hazard rate (補正なし) モデル、uniform (cosine 補正) モデルが選択された(図3-11)。

表 3-9 有効探索幅の推定に用いた左右の観察者のスナメリ発見と横距離。

L: 左側観察者 (喜多祥一; 発見群数 54) R: 右側観察者
(篠原正典; 発見群数 49).

日付	時刻	L/R	横距離 (m)	頭数	親子 (組)	緯度 (度分秒)	経度 (度分秒)
05/15	10:12:56	L	55.1	1	0	34-49.01	136-49.57
05/15	11:45:04	L	56.4	3	1	34-34.07	136-44.21
05/15	10:13:08	L	57.6	2	1	34-49.00	136-49.38
05/15	11:50:18	L	60.5	1	0	34-33.59	136-52.24
05/15	11:33:31	L	64.7	1	0	34-37.00	136-38.18
05/15	11:50:32	L	68.6	4	1	34-33.59	136-52.47
05/15	11:31:54	L	68.9	3	0	34-36.59	136-40.55
05/15	11:31:58	L	74.3	8	3	34-36.59	136-40.49
05/16	9:47:22	L	75.3	2	0	34-44.03	137-02.03
05/15	11:13:08	L	76.1	2	1	34-40.01	136-51.30
05/16	10:06:06	L	79.2	2	1	34-42.19	137-06.00
05/16	9:19:35	L	81.4	2	0	34-45.15	136-57.59
05/15	11:26:12	L	82.8	7	0	34-37.00	136-50.09
05/22	9:34:34	L	86.5	1	0	34-27.59	136-54.40
05/15	11:32:28	L	88.2	3	1	34-37.00	136-40.01
05/15	11:51:08	L	88.9	1	0	34-33.56	136-53.44
05/15	11:32:23	L	91.3	1	0	34-37.00	136-40.09
05/15	10:29:25	L	96.8	1	0	34-45.59	136-35.11
05/16	10:22:14	L	96.8	3	1	34-40.16	137-09.58
05/16	9:46:12	L	97.3	1	0	34-42.31	137-02.00
05/15	11:30:56	L	100.5	5	2	34-36.58	136-42.28
05/15	10:02:19	L	101.0	2	1	34-52.01	136-40.57
05/15	12:04:28	L	101.7	1	0	34-31.00	136-56.12
05/15	11:06:34	L	105.6	1	0	34-40.02	136-40.40
05/15	10:18:46	L	107.6	1	0	34-48.58	136-40.47
05/15	11:27:17	L	109.0	2	0	34-37.01	136-48.24
05/15	11:30:53	L	116.5	2	1	34-36.58	136-42.33
05/15	10:06:19	L	117.2	5	2	34-52.19	136-47.22
05/16	10:41:09	L	117.5	1	0	34-41.58	137-14.01
05/16	10:04:14	L	121.4	2	0	34-40.01	137-06.00
05/15	11:34:13	L	122.1	2	1	34-37.03	136-37.09
05/15	10:29:33	L	126.6	1	0	34-45.59	136-35.24
05/15	11:32:39	L	126.6	1	0	34-36.59	136-39.43
05/15	10:29:15	L	128.2	1	0	34-45.59	136-34.55
05/15	10:01:46	L	131.0	1	0	34-51.55	136-40.03

(表 3-9 続き)

05/16	9:19:23	L	137.9	1	0	34-45.00	136-57.59
05/15	11:50:57	L	139.1	2	0	34-33.57	136-53.26
05/15	11:33:22	L	139.9	3	1	34-37.00	136-38.33
05/15	10:18:50	L	141.8	1	0	34-48.58	136-40.41
05/15	11:32:33	L	146.4	2	1	34-36.59	136-39.53
05/16	9:19:26	L	147.3	3	1	34-45.04	136-57.59
05/15	10:05:07	L	149.5	1	0	34-52.07	136-45.25
05/16	9:21:13	L	155.1	1	0	34-47.18	136-57.59
05/15	10:02:47	L	159.5	1	0	34-52.01	136-41.42
05/15	10:19:04	L	161.7	1	0	34-48.58	136-40.19
05/15	11:45:10	L	162.0	2	1	34-34.07	136-44.30
05/16	9:19:32	L	168.9	2	1	34-45.11	136-57.59
05/15	10:29:30	L	181.6	2	1	34-45.59	136-35.19
05/15	10:36:22	L	182.6	2	0	34-46.00	136-46.50
05/15	10:03:03	L	190.7	1	0	34-51.57	136-42.07
05/15	10:01:55	L	194.6	1	0	34-51.57	136-40.18
05/15	9:55:59	L	205.3	1	0	34-55.02	136-42.01
05/15	10:06:07	L	206.9	2	1	34-52.17	136-47.02
05/15	10:02:15	L	240.1	1	0	34-52.01	136-40.50

L の合計

54群 107頭

05/16	10:16:01	R	68.5	1	0	34-43.17	137-08.00
05/16	9:29:20	R	71.9	1	0	34-44.36	137-00.00
05/16	10:36:44	R	73.4	2	0	34-40.30	137-12.00
05/15	10:06:00	R	88.9	1	0	34-52.16	136-46.50
05/16	10:06:15	R	89.4	1	0	34-42.29	137-05.59
05/15	11:32:56	R	97.4	2	0	34-37.00	136-39.16
05/16	10:36:38	R	97.5	3	1	34-40.41	137-12.00
05/16	9:58:44	R	105.2	1	0	34-41.26	137-04.01
05/16	9:58:55	R	105.8	2	0	34-41.10	137-04.01
05/15	10:13:04	R	111.7	1	0	34-49.01	136-49.45
05/16	10:16:51	R	112.3	1	0	34-42.06	137-08.00
05/15	10:14:12	R	116.9	2	0	34-49.04	136-47.57
05/15	11:30:36	R	118.6	8	1	34-36.58	136-43.01
05/15	10:14:27	R	121.7	2	0	34-49.04	136-47.36
05/22	9:34:30	R	125.7	4	0	34-27.59	136-54.34
05/16	9:59:00	R	132.5	1	0	34-41.03	137-04.00
05/15	10:19:28	R	136.6	1	0	34-48.59	136-39.41
05/15	11:30:05	R	139.0	1	0	34-37.00	136-43.49
05/15	11:50:23	R	141.9	1	0	34-33.59	136-52.32
05/15	10:55:36	R	154.8	1	0	34-42.59	136-36.12

(表3-9 続き)

05/15	10:13:17	R	158.5	4	1	34-49.00	136-49.24
05/15	10:18:55	R	161.3	1	0	34-48.58	136-40.34
05/22	9:34:33	R	164.6	6	0	34-27.59	136-54.39
05/16	9:58:40	R	169.2	2	0	34-41.32	137-04.01
05/16	10:18:15	R	175.1	1	0	34-40.04	137-08.01
05/15	11:32:52	R	175.4	6	1	34-37.00	136-39.22
05/15	11:33:18	R	177.4	2	1	34-37.00	136-38.40
05/16	9:30:23	R	177.4	2	0	34-43.05	137-00.00
05/16	9:58:52	R	178.2	3	0	34-41.14	137-04.01
05/15	11:45:39	R	185.2	1	0	34-34.04	136-45.15
05/15	10:29:25	R	190.4	2	0	34-45.59	136-35.11
05/15	11:50:15	R	191.4	3	0	34-33.59	136-52.19
05/15	10:29:27	R	207.2	3	0	34-45.59	136-35.14
05/15	11:30:03	R	221.5	2	0	34-37.01	136-43.53
05/16	9:58:35	R	221.5	1	0	34-41.39	137-04.01
05/16	10:16:08	R	224.6	3	0	34-43.06	137-08.00
05/15	10:14:04	R	226.5	3	0	34-49.02	136-48.12
05/16	10:16:04	R	234.4	1	0	34-43.12	137-08.00
05/15	10:20:55	R	235.1	2	0	34-49.01	136-37.23
05/16	9:58:47	R	246.7	1	0	34-41.21	137-04.01
05/15	11:33:13	R	247.5	3	1	34-37.00	136-38.48
05/16	9:58:31	R	252.1	2	0	34-41.45	137-04.00
05/16	9:45:13	R	260.3	2	1	34-41.18	137-02.00
05/16	9:59:04	R	260.3	3	0	34-40.57	137-04.00
05/15	10:13:53	R	331.3	2	0	34-49.01	136-48.29
05/15	10:29:21	R	339.7	1	0	34-45.59	136-35.05
05/15	10:19:22	R	345.6	2	0	34-48.59	136-39.50
05/15	11:34:32	R	395.0	1	0	34-37.03	136-36.38
05/16	9:58:50	R	-	4	0	34-41.17	137-04.01

R の合計

49群 106頭

— : 観察時に発見が連続して、横距離推定用の透明シートへの打点ができず、値が算出できなかったことを示す。

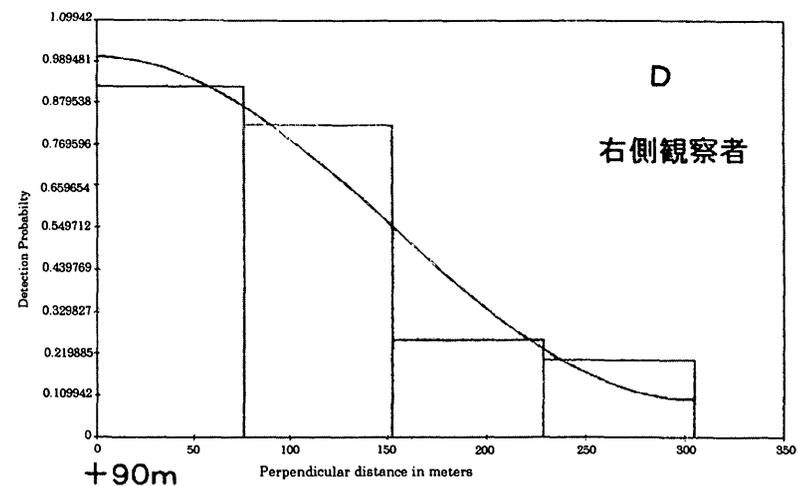
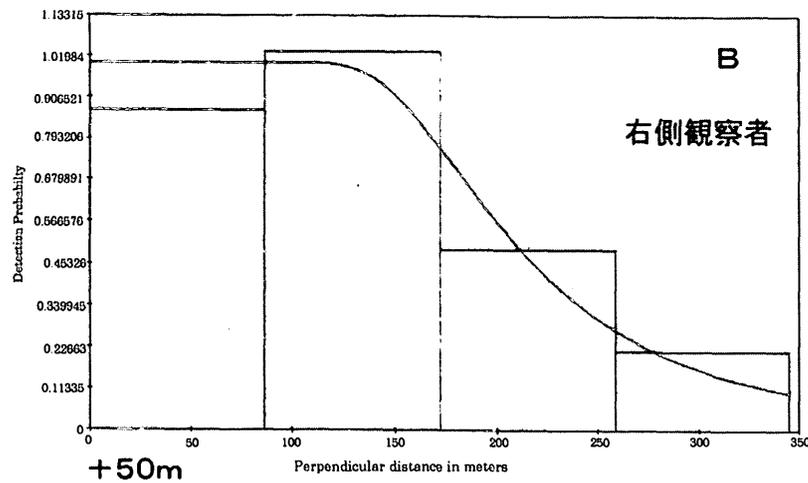
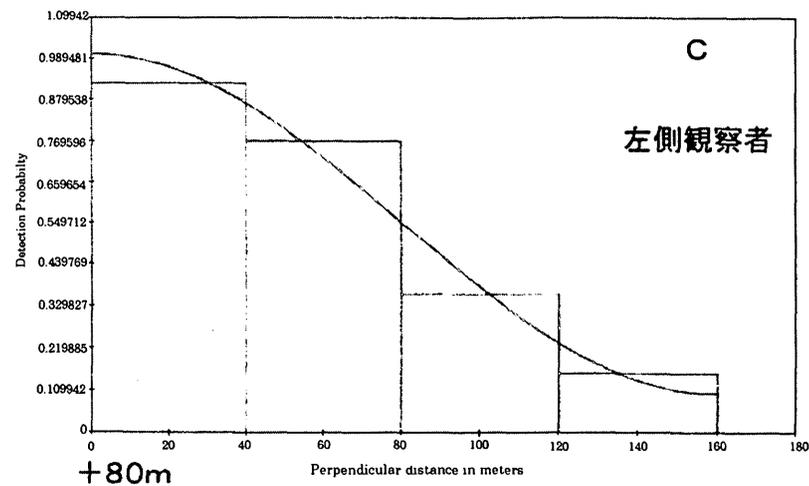
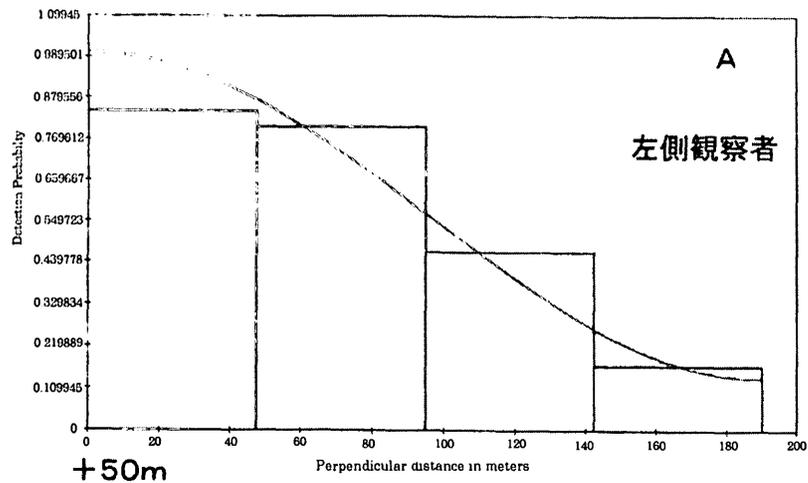


図3-11 左右の観察者の横距離に対する発見確率の頻度分布. 50m未満のデータを除いた場合 (A:左側観察者, B:右側観察者) と80m未満のデータを除いた場合 (C:左側観察者), 90m未満のデータを除いた場合 (D:右側観察者)

有効探索幅は、左側観察者については、50mの場合、108.03m ($cv[w_1(\text{estimated})]=0.0863$), 80mの場合、88.152m ($cv[w_1(\text{estimated})]=0.0785$) と計算され、同様に右側観察者については、50mの場合、224.46m ($cv[w_2(\text{estimated})]=0.1157$), 90mの場合、167.95m ($cv[w_2(\text{estimated})]=0.0725$) と計算された。

個体密度

有効調査線長（伊勢湾－258.11km，三河湾－139.10km）と有効総発見頭数（左側観察者：50m（計107頭）－伊勢湾87頭，三河湾20頭，80m（計78頭）－伊勢湾62頭，三河湾16頭；右側観察者：50m（計106頭）－伊勢湾68頭，三河湾38頭，90m（計100頭）－伊勢湾67頭，三河湾33頭）から、個体密度（D）は、有効探索幅の推定値により、

伊勢湾で；

ともに50mの場合： $D=(87+68)/(258.11 \times (0.10803+0.22446))=1.806$ 頭/km² または
80m, 90mの場合： $D=(62+67)/(258.11 \times (0.088152+0.16795))=1.952$ 頭/km²,

三河湾で；

ともに50mの場合： $D=(20+38)/(139.10 \times (0.10803+0.22446))=1.254$ 頭/km² または
80m, 90mの場合： $D=(16+33)/(139.10 \times (0.088152+0.16795))=1.375$ 頭/km²

とそれぞれ算出された。

個体数

調査海域の面積を伊勢湾，三河湾2海区（湾口域を除く）それぞれについて、1556.1km²，512.5km²とすると、推定個体数は、個体密度の推定値により、

(1) 伊勢湾では；

ともに50mの場合： $1.806 \times 1556.1=2810$ 頭，または
80m, 90mの場合： $1.952 \times 1556.1=3038$ 頭 となった。

総有効発見頭数の分散の推定値 $var(n)$ は、

ともに50mの場合： $258.11 \times 9.58969=2475.195$, $cv=0.321$
80m, 90mの場合： $258.11 \times 7.13251=1840.972$, $cv=0.277$ となり、

$cv[N(\text{estimated})]=\{cv[n]^2 + cv[w(\text{estimated})]^2\}^{1/2}$ から、個体数推定値の変動係数は、

ともに50mの場合： $[0.321^2 + \{(86.918+674.442)^{1/2}/(108.03+224.46)\}^2]^{1/2}$
 $=0.332$

80m, 90mの場合： $[0.277^2 + \{(47.885+148.264)^{1/2}/(88.152+167.95)\}^2]^{1/2}$
 $=0.282$

となった。

個体数推定値の95%信頼区間は、推定値の分布が対数正規分布にしたがう (Burnham *et al.*, 1987) と仮定して、

$$95\% \text{信頼区間} : (N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C)$$

で与えた。ここで、

$$C = \exp[1.96 \times \{\ln(1 + cv[N(\text{estimated})]^2)\}^{1/2}] \text{ より、信頼区間は、}$$

ともに50mの場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C) = (2810/1.885, 2810 \times 1.885)$
 $= (1491, 5297), \quad \text{または}$

80m, 90mの場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C) = (3038/1.720, 3038 \times 1.720)$
 $= (1766, 5225)$

と算出された。

(2) 三河湾では、同様にして；

個体数推定値は、

ともに50mの場合： $1.254 \times 512.5 = 643$ 頭、または
 80m, 90mの場合： $1.375 \times 512.5 = 705$ 頭 となり、

総有効発見頭数の分散の推定値 $v(n)$ は、

ともに50mの場合： $139.10 \times 2.26127 = 314.543, cv = 0.306$
 80m, 90mの場合： $139.10 \times 2.43038 = 338.066, cv = 0.375,$

$cv[N(\text{estimated})] = \{cv[n]^2 + cv[w(\text{estimated})]^2\}^{1/2}$ から、個体数推定値の変動係数は、

ともに50mの場合： $[0.306^2 + \{(86.918 + 674.442)^{1/2} / (108.03 + 224.46)\}^2]^{1/2}$
 $= 0.317$

80m, 90mの場合： $[0.375^2 + \{(47.885 + 148.264)^{1/2} / (88.152 + 167.95)\}^2]^{1/2}$
 $= 0.379$

となった。

したがって、個体数推定値の95%信頼区間は、

ともに50mの場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C) = (643/1.834, 643 \times 1.834)$
 $= (351, 1179), \quad \text{または}$

80m, 90mの場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated}) \cdot C) = (705/2.050, 705 \times 2.050)$
 $= (344, 1445)$

と算出された。

なお、既述のように、湾口域では、スナメリの発見が0であったため、個体数推定値は0となる。

3-4 考察

ストランディング等の近年の記録から（吉岡ら，未発表），熊野灘，遠州灘につらなる伊勢湾湾口域にスナメリの発見があることが期待されたが，少なくとも今回の調査では発見がなかった．しかし，このことからスナメリが湾口から外に出ていかないと考えるのは早計であり，調査を行った5月期には，湾内に留まる傾向が強いのかもしれない．一例ではあるが，DNA解析から伊勢湾・三河湾の個体群に頻出するハプロタイプ（遺伝子型）をもった個体が，和歌山県那智勝浦町沖の定置網に混獲されたこともある（Yoshida *et al.*, 2001）．本個体群における季節的な移動パターンの解明は今後の検討課題であり，生息域が限られた本種のような行動追跡には，データロガーやテレメトリーによる調査もかなり有効であると考えられる．

また，前回調査と今回の調査との間で，分布に関する知見において食い違いが見られた点は，今回の調査で，伊勢湾の中央部と三河湾の東部（奥部）にスナメリの発見がなかった（あるいは少なかった）ことである．いずれの湾においても，今回の目視観察は良好な観察条件下で行われており，これらの海域で群れの見落としがあったとは考えにくい．この6年間で，スナメリの分布に変化がでてきた可能性もあり，今後，海洋環境や餌生物の分布状況などとの関連からさらにこの事実を検証していく必要がある．

次に親子づれの出現についてであるが，Furuta *et al.* (1989) は，伊勢湾における本種の出生体長を75～85cmと推定し，出産期は春から初夏（3～6月），そのピークは4月にあると報告している．当該海域における新生仔のストランディング件数は，1998-2000年の3年間のデータを見ても，春～初夏に多いことから（吉岡ら，未発表），今回の調査において親子づれの発見が全発見の約3割を占めたことは，これらの知見を裏付けるものとなった．

個体密度（1km²あたりの頭数）については，宮下ら（1994）は，1991-1994年に行った目視調査において，4-6月期の値として，伊勢湾で0.49，三河湾で1.50と推定している．今回の5月期の調査では，それぞれ，1.806あるいは1.952，1.254あるいは1.375となり，三河湾の値はほぼ同程度であるものの，伊勢湾の推定値は6年前の3倍強となり，かつ密度の高低が伊勢湾と三河湾で逆転する結果となった．伊勢湾・三河湾海域は，沿岸での人間活動が盛んな地域であり，スナメリの生息にとって，この6年間で環境が改善しているとは考えにくく，少なくとも個体数が増加していることは期待できない．したがって，両海域とも，密度が6年前の調査時に比べてほぼ同程度か，あるいは高い値を示したのは，船舶と航空機という観察方法の違い，すなわち，航空機による発見効率の高さに依存している部分が多いと考えられる．三河湾より，伊勢湾において密度がかなり高くなった理由については，現時点で定かではないが，伊勢湾と三河湾の個体群の少なくとも一部は，2つの湾の間を互いに往来している可能性が高く，今回の調査時期に，三河湾から伊勢湾に移動している個体が多いとすれば，伊勢湾でのより高密度の説明の一部となるのかもしれない．しかし，これについてはさらに検討が必要であろう．

個体数推定については，発見数が多くなかったこと，およびラインによる発見数のばらつきがかなり大きかったことから，推定精度はあまりよくなかった．変動係数は，4つの推定値で28.2～37.9%となり，30%を上回る結果が多かった．伊勢湾では，横距離で，左側80m，右側90m以近のデータを除いた推定値の方が，50m以近のデータを除いた場合よりも推定精度が

5%程度増加したが、三河湾では必ずしもそうはならず、むしろ後者の場合では精度が37.9%に低下した。しかしながら、50m以近のデータを除いた場合では、有効探索幅の推定のところで述べたように、個体数を過小推定する可能性が高いため、三河湾での精度はやや悪いものの、いずれの海域についても、左側80m、右側90m以近のデータを除いて得られた個体数推定値、すなわち伊勢湾3,038頭、三河湾705頭を暫定的な推定個体数として採用する。三河湾では、発見数が少なく、またラインによる発見のばらつきが大きかったことも、変動係数が大きい原因と考えられる。今後、別の推定方法も検討し、推定精度を高める方策を模索する必要がある。

今回得られた個体数推定値を、先に船舶によって行われた目視調査で得られた結果と比較すると、伊勢湾では前回の約3倍、三河湾ではほぼ同じ値という結果になり、両海域を合計した値は、今回調査が3,700頭、前回調査が1,950頭であり、全体では2倍増という結果となった。船舶と航空機という調査方法に違いがあり、かつまた6年という時間が経過しているため、どちらの要因が強く働いているかの断定は困難であるが、個体密度のところでも述べたように、この6年間という短期間での生息環境の改善およびそれによる個体数の増加はほとんど期待できないため、推定値の増加は、航空機による発見率の増加によってもたらされたものとするのが妥当であろう。ただし、三河湾の個体数推定は、横這いか、やや小さい値となっているため、発見効率の高い航空機によっても、この結果が得られたことは、三河湾ではスナメリの生息環境が悪化して個体数が減少している可能性も否定できない。三河湾奥部（東部）で発見がまったくなかったこともそれを示唆するものと思われる。

また、1998～2000年の3年間におけるこの海域でのスナメリのストランディング件数は、それ以前の時期と比べると著しく増加し、財団法人日本鯨類研究所がとりまとめている「ストランディングレコード」に報告されているだけでも、年間40件を越えている。この原因が何であるかの特定にはさらなる調査・検討が必要であるが、沿岸の人間活動の影響を受けた生息・海洋環境の変化とともに、混獲などの漁業活動が強く影響している可能性がある。今回の調査結果をもとに双方の実態調査が急務である。

第3章引用文献

- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., and Laake, J. L., 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., White, G. C., Brownie, C., and Pollock, K. H. 1987. Design and analysis methods for fish survival experiments based on release-recapture. American Fisheries Society, Monograph 5.
- Furuta, M., Kataoka, T., Sekido, M., Yamamoto, K., Tsukada, O., and Yamashita, T., 1989. Growth of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* (G. Cuvier, 1829) from the Ise Bay, Central Japan. *Annual Report of Toba Aquarium* 1: 89-102.
- 古田正美, 長谷川修平, 宮下富夫, 河村章人, 帝釈元, 浅井康行, 島田裕之, 加藤秀弘, 粕谷俊雄, 1994. 伊勢湾・三河湾におけるスナメリ目視調査と分布概要. 平成6年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 57.
- 宮下富夫, 島田裕之, 帝釈元, 浅井康行, 1994. 伊勢湾・三河湾におけるスナメリの密度とその季節変動. 平成6年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 58.
- Shirakihara, K., Yoshida, H., Shirakihara, M., and Takemura, A., 1992. A questionnaire survey on the distribution of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in Japanese waters. *Marine Mammal Science* 8: 160-164.
- Shirakihara, M., Takemura, A., and Shirakihara, K., 1993. Age, growth, and reproduction of the finless porpoise, *Neophocoena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyusyu, Japan. *Marine Mammal Science* 9(4): 392-406.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Shirakihara, M., and Takemura, A., 1995. Geographic variation in the skull morphology of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in Japanese waters. *Fisheries Science* 61: 555-558.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H., Shirakihara, M. and Takemura, A., 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: Estimation from aerial sighting surveys. *Journal of Wildlife Management* 62: 286-291.
- Yoshida, H., Yoshioka, M., Chow, S. and Shirakihara, M., 2001 (*in press*). Population structure of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in coastal waters of Japan, described by mitochondrial DNA sequences. *Journal of Mammalogy* 82.

4-1 参加者と調査期間

参加者

天野雅男（観察者，東京大学海洋研究所），中原史生（観察者，常磐大学），
早野あづさ（記録係，京都大学大学院理学研究科）

調査期間

平成12年4月30日～5月7日

平成12年5月26～27日

平成12年7月16～17日

4-2 調査ラインの設定

漁協へのアンケート調査による分布調査の結果から，スナメリの分布は東京湾から仙台湾までほぼ連続的に分布することが知られている（Shirakihara *et al.*, 1992）．また，頭骨形態（Yoshida *et al.*, 1995），DNA（Yoshida *et al.*, in press）の結果からも，これが一つの個体群をなしていることが示唆されている．以上のことから，この海域を一つにまとめて調査を行った．調査時間の関係から，東京湾の調査は湾口部に限った．

スナメリは沿岸性であり，沿岸で密度が高く沖に行くに従い減少する（Kasuya and Kureha, 1979）．調査線は密度勾配に平行に設置することが推奨されているので（Buckland *et al.*, 1993），この海域ではすべての調査線を東西方向に設定した．調査面積と調査時間，空港の位置のかねあいから，調査線間隔を6マイルとした．また，スナメリの分布は50m以浅の海域が中心であるとの知見（Shirakihara *et al.*, 1992）から，調査線は海岸から水深60mの地点までとした．松島湾から野島崎の間に1分毎のラインを設定し，系統抽出により6マイル間隔で34本の調査線を選定した（図4-1-4-7）．さらに，内房側に外房海域の最南3本の調査線と同緯度で3本の調査線を設定した．

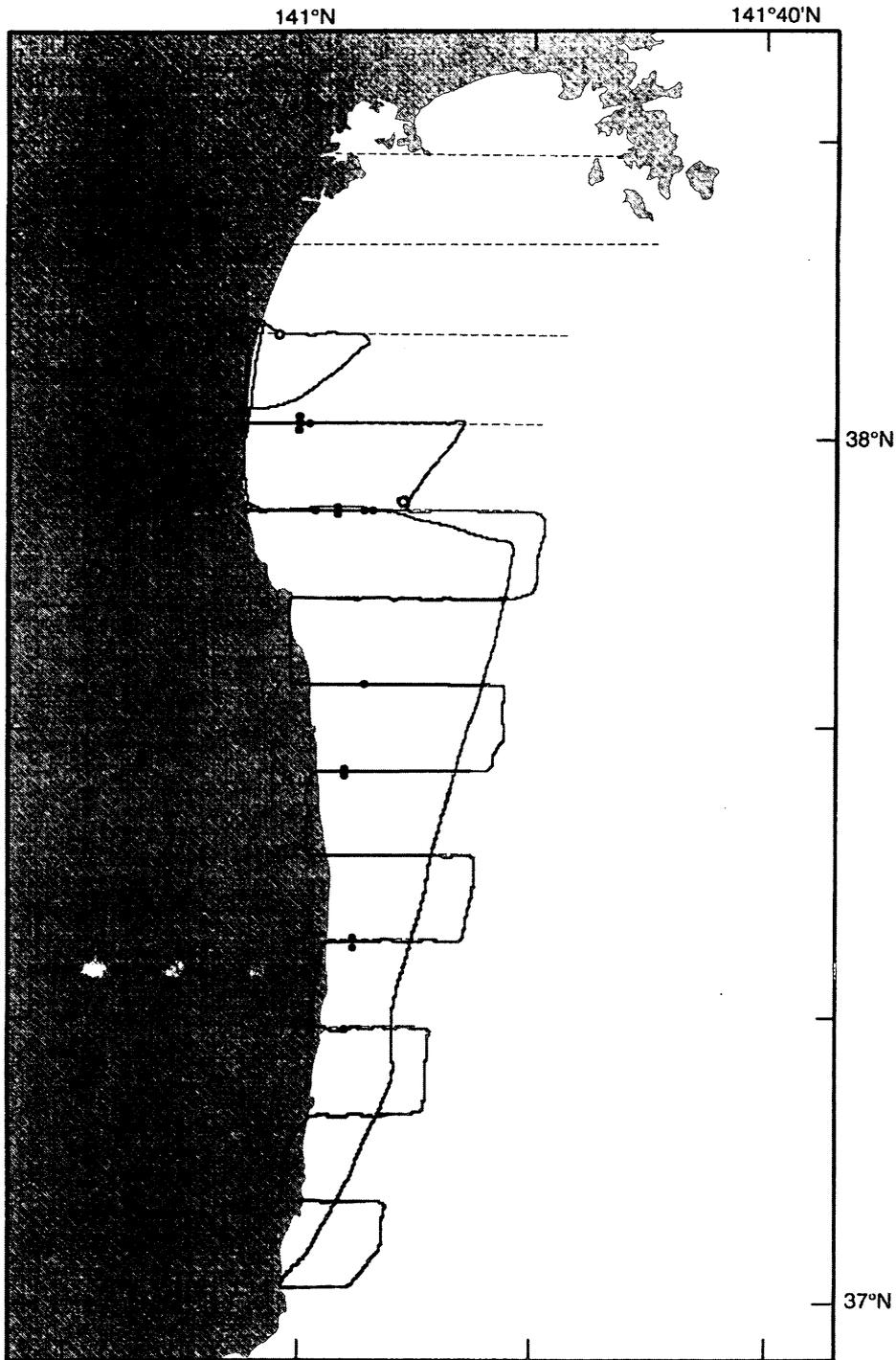


図4-1 平成12年5月1日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

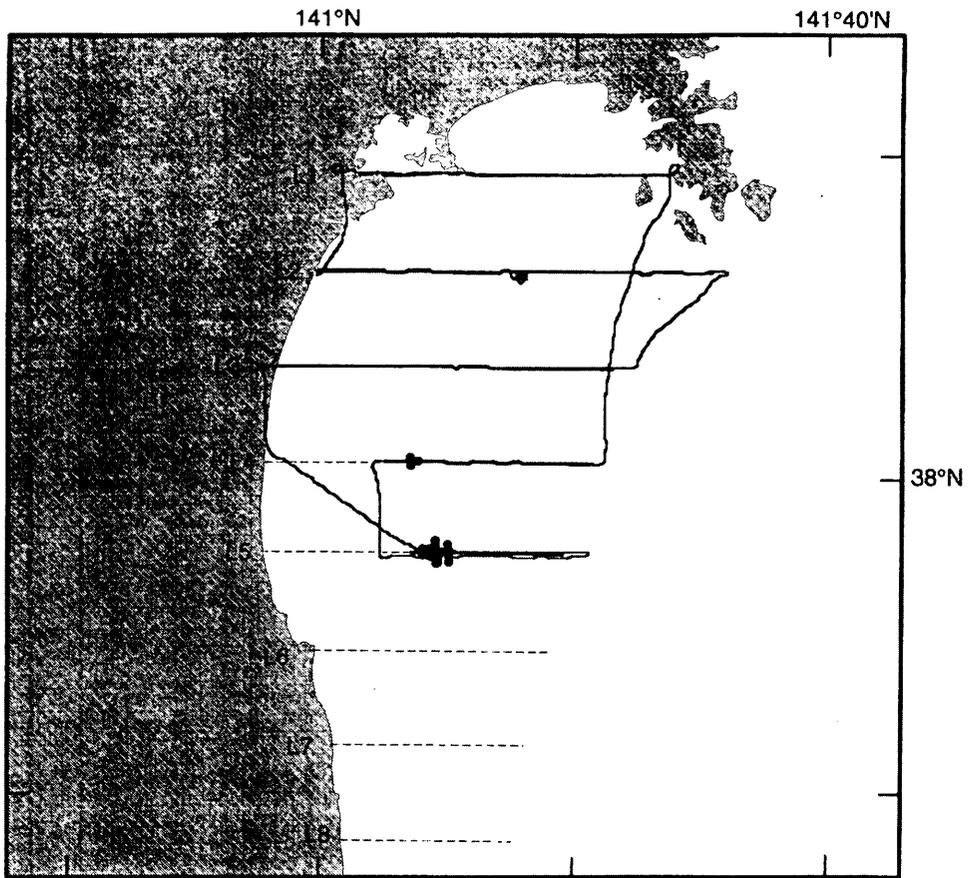


図4-2 平成12年5月4日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

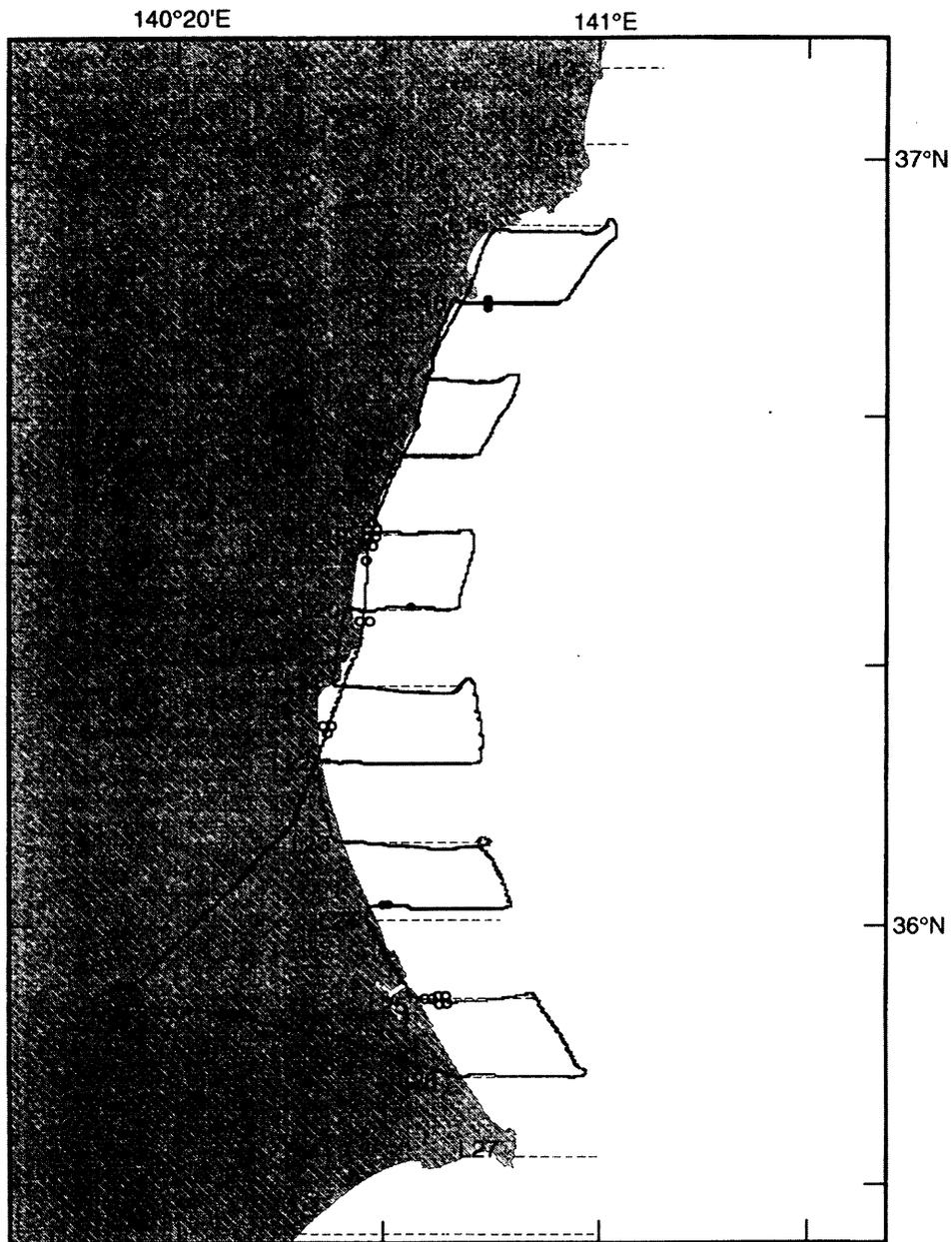


図4-3 平成12年5月6日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

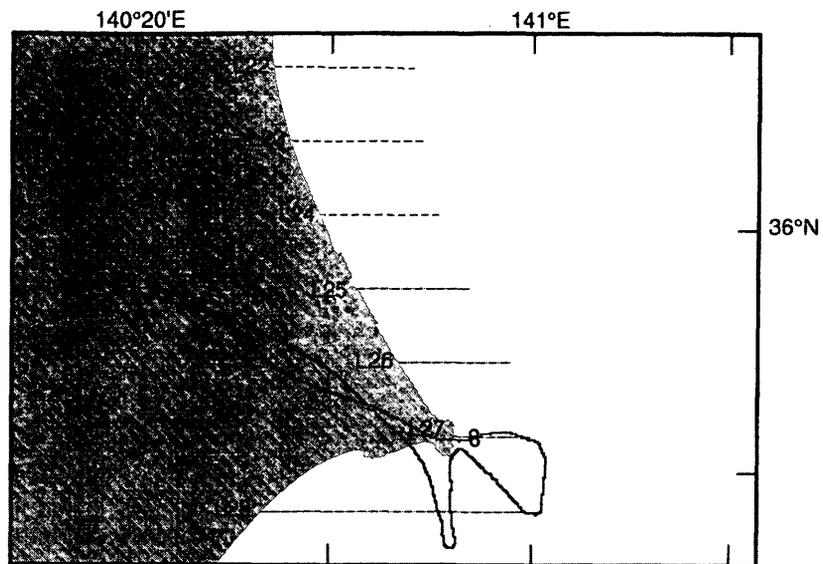


図4-4 平成12年5月7日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

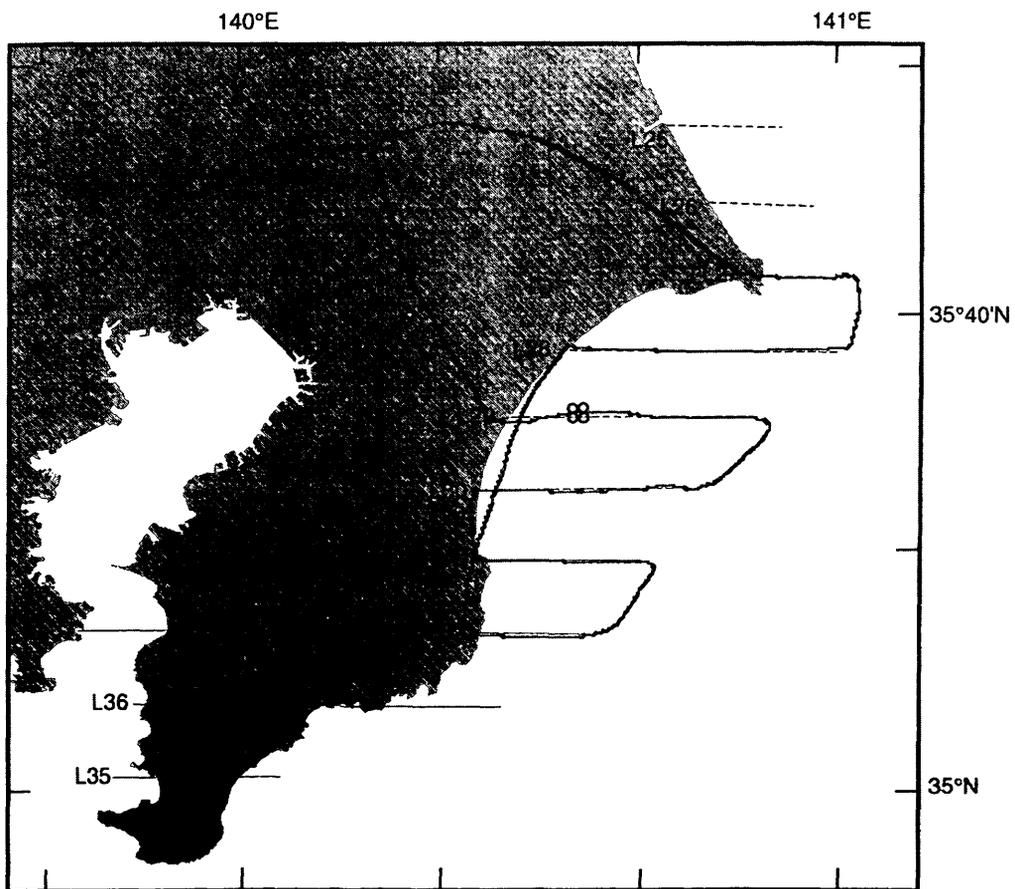


図4-5 平成12年5月8日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

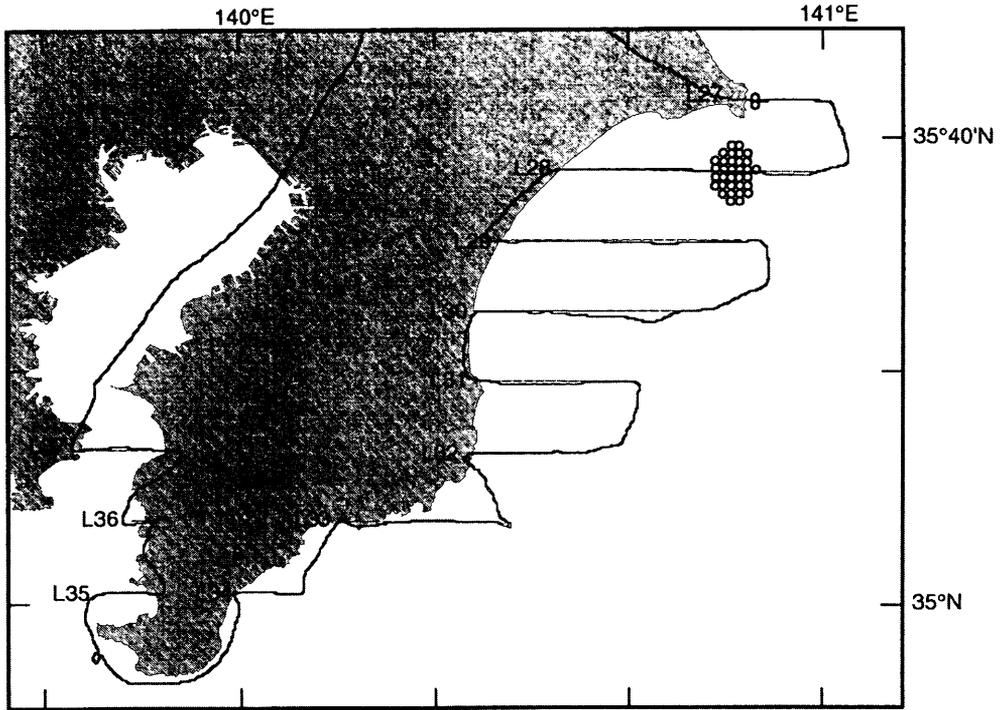


図4-6 平成12年5月26日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置. 黒実線が有効調査線, ●は有効発見一頭, ○は二次発見を示す.

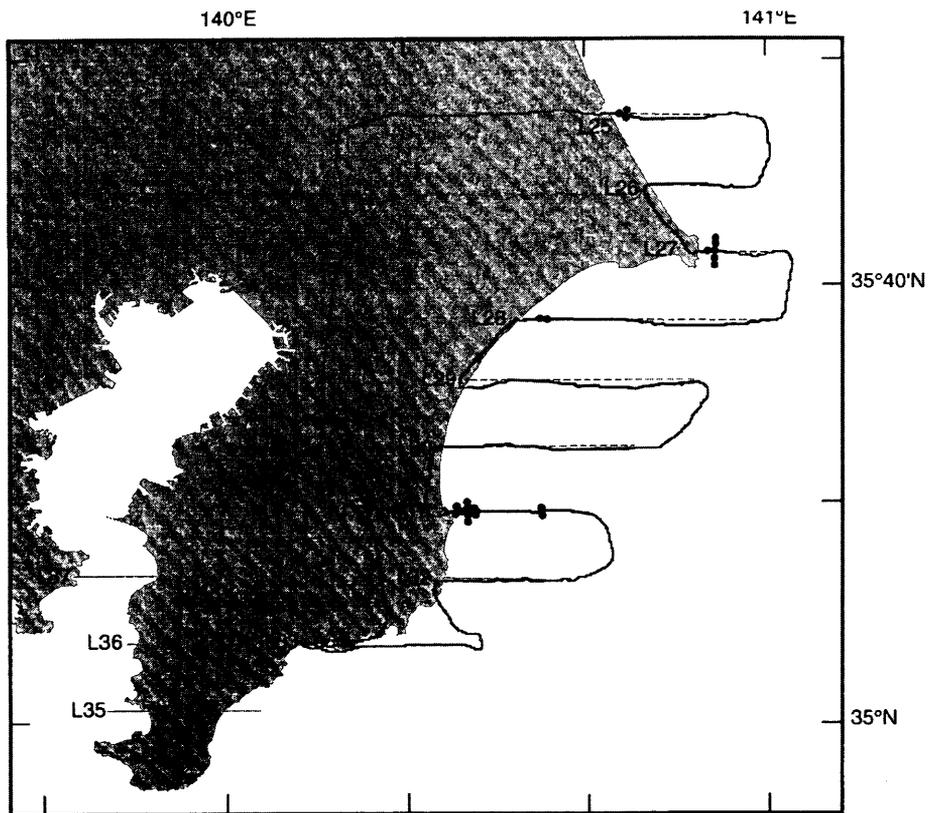


図4-7 平成12年7月16日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置. 黒実線が有効調査線, ●は有効発見一頭, ○は二次発見を示す.

4-3 調査の概要

調査の実施状況を表 4-1 に、発見状況を表 4-2 (有効発見) と表 4-3 (二次発見) に示す。塩屋崎以北の仙台湾～福島県沖を仙台空港 (国際航空運輸) ベースで、以南の常磐～外房沖を竜ヶ崎飛行場 (新中央航空) ベースとして調査を行なった。上記 2 海域を実調査日数各 2 日、荒天待機を含め 4 日とした。しかしながら、特に外房海域の天候不順による順延のため、調査は 3 回に渡って行われ、実調査日数は 8 日間となった。また、一部海霧により未調査となった部分が生じた。

巻末に付属資料として調査の経過を記す。

表4-1 仙台湾-内房海域における調査実施状況。各ラインの開始点と終了点の間は東西方向の直線移動が基本。

ライン	イベント	調査日	時刻	緯度	経度
1	開始	2000.5.4	11:38:55	38° 18.866'	141° 03.043'
	中断	2000.5.4	11:39:31	38° 18.876'	141° 04.152'
	再開	2000.5.4	11:39:58	38° 18.868'	141° 04.963'
	中断	2000.5.4	11:42:42	38° 18.855'	141° 09.734'
	再開	2000.5.4	11:42:50	38° 18.856'	141° 09.965'
	中断	2000.5.4	11:43:25	38° 18.856'	141° 10.987'
	再開	2000.5.4	11:43:32	38° 18.850'	141° 11.194'
	終了	2000.5.4	11:52:51	38° 18.904'	141° 27.437'
2	開始	2000.5.4	11:05:04	38° 12.808'	141° 31.168'
	中断	2000.5.4	11:15:27	38° 12.802'	141° 15.197'
	再開	2000.5.4	11:20:59	38° 12.834'	141° 14.654'
	終了	2000.5.4	11:30:21	38° 12.849'	140° 59.836'
3	再開	2000.5.4	10:39:05	38° 06.820'	140° 56.639'
	終了	2000.5.4	10:56:07	38° 06.820'	141° 23.236'
4	開始	2000.5.1	13:48:50	38° 00.861'	141° 05.284'
	中断	2000.5.1	13:54:38	38° 00.820'	140° 55.517'
	再開	2000.5.4	12:07:15	38° 00.804'	141° 21.209'
	終了	2000.5.4	12:16:58	38° 00.838'	141° 05.147'
5	開始	2000.5.1	13:26:15	37° 54.851'	140° 55.741'
	中断	2000.5.1	13:34:35	37° 54.830'	141° 08.232'
	再開	2000.5.4	12:23:43	37° 54.837'	141° 07.191'
	終了	2000.5.4	12:30:58	37° 54.808'	141° 19.217'
6	開始	2000.5.1	10:49:47	37° 48.836'	141° 18.081'
	終了	2000.5.1	11:00:57	37° 48.770'	140° 59.623'
7	開始	2000.5.1	11:06:39	37° 42.829'	141° 01.088'
	終了	2000.5.1	11:16:09	37° 42.827'	141° 16.231'
8	開始	2000.5.1	11:22:27	37° 36.868'	141° 15.097'
	終了	2000.5.1	11:30:21	37° 36.779'	141° 01.788'
9	開始	2000.5.1	11:36:17	37° 30.768'	141° 02.439'
	中断	2000.5.1	11:42:08	37° 30.739'	141° 11.388'
	再開	2000.5.1	11:43:54	37° 30.771'	141° 14.125'
	終了	2000.5.1	11:43:58	37° 30.771'	141° 14.235'
10	開始	2000.5.1	11:51:28	37° 24.832'	141° 10.125'
	終了	2000.5.1	11:56:04	37° 24.814'	141° 02.579'
11	開始	2000.5.1	12:04:40	37° 18.670'	141° 03.535'
	中断	2000.5.1	12:06:06	37° 18.776'	141° 05.714'
12	再開	2000.5.1	12:16:13	37° 12.824'	141° 08.192'
	終了	2000.5.1	12:20:45	37° 12.779'	141° 01.068'
13	開始	2000.5.1	12:27:40	37° 06.812'	141° 00.448'
	終了	2000.5.1	12:31:28	37° 06.875'	141° 06.225'
14	開始	2000.5.1	12:39:27	37° 00.805'	141° 03.150'
	終了	2000.5.1	12:42:16	37° 00.773'	140° 58.834'
15	開始	2000.5.6	12:42:53	36° 54.819'	141° 01.063'
	終了	2000.5.6	12:48:58	36° 54.323'	140° 51.105'
16	開始	2000.5.6	12:30:42	36° 48.954'	140° 46.830'
	終了	2000.5.6	12:36:36	36° 48.820'	140° 56.427'
17	開始	2000.5.6	12:21:00	36° 42.846'	140° 51.103'
	終了	2000.5.6	12:25:03	36° 42.820'	140° 44.172'
18	開始	2000.5.6	12:10:21	36° 37.039'	140° 41.789'
	終了	2000.5.6	12:14:23	36° 36.869'	140° 48.331'

(表 4-1 続き)

ライン	イベント	調査日	時刻	緯度	経度
19	開始	2000.5.6	11:59:10	36° 30.949'	140° 47.225'
	終了	2000.5.6	12:04:21	36° 30.840'	140° 38.470'
20	開始	2000.5.6	11:47:30	36° 24.890'	140° 37.048'
	終了	2000.5.6	11:53:20	36° 24.806'	140° 46.310'
21	開始	2000.5.6	11:35:06	36° 18.702'	140° 47.148'
	終了	2000.5.6	11:41:42	36° 18.791'	140° 36.111'
22	開始	2000.5.6	11:20:26	36° 13.080'	140° 34.360'
	終了	2000.5.6	11:29:07	36° 12.798'	140° 48.320'
23	開始	2000.5.6	11:06:14	36° 06.436'	140° 49.313'
	終了	2000.5.6	11:14:10	36° 06.795'	140° 36.177'
24	開始	2000.5.6	10:51:09	36° 01.719'	140° 38.689'
	終了	2000.5.6	11:00:04	36° 01.704'	140° 51.358'
25	開始	2000.7.16	10:15:39	35° 55.013'	140° 42.714'
	終了	2000.7.16	10:23:04	35° 54.883'	140° 54.323'
26	開始	2000.7.16	10:31:14	35° 48.572'	140° 57.613'
	終了	2000.7.16	10:37:55	35° 48.841'	140° 47.120'
27	開始	2000.7.16	10:45:05	35° 42.893'	140° 52.542'
	中断	2000.7.16	10:46:53	35° 42.763'	140° 55.391'
	再開	2000.7.16	10:49:54	35° 42.840'	141° 00.261'
	終了	2000.7.16	10:49:58	35° 42.856'	141° 00.366'
28	開始	2000.7.16	10:56:02	35° 36.767'	141° 00.303'
	終了	2000.7.16	11:12:28	35° 36.773'	140° 33.502'
29	開始	2000.7.16	11:19:53	35° 30.394'	140° 26.805'
	終了	2000.7.16	11:35:32	35° 30.877'	140° 52.288'
30	開始	2000.7.16	11:43:55	35° 24.828'	140° 45.171'
	終了	2000.7.16	11:56:37	35° 24.950'	140° 24.386'
31	開始	2000.7.16	12:03:15	35° 18.910'	140° 24.866'
	終了	2000.7.16	12:12:36	35° 18.839'	140° 40.364'
32	開始	2000.7.16	12:22:09	35° 12.771'	140° 35.186'
	終了	2000.7.16	12:29:12	35° 12.751'	140° 24.257'
33	開始	2000.7.17	10:14:29	35° 06.738'	140° 26.040'
	中断	2000.7.17	10:21:31	35° 06.642'	140° 14.695'
	再開	2000.7.17	10:23:10	35° 06.362'	140° 12.254'
	中断	2000.7.17	10:24:38	35° 06.749'	140° 09.962'
	終了	2000.7.17	10:24:46	35° 06.784'	140° 09.766'
34	開始	2000.7.17	10:31:24	35° 00.772'	140° 04.142'
	終了	2000.7.17	10:33:55	35° 00.865'	139° 59.948'
35	開始	2000.7.17	11:02:42	35° 00.810'	139° 47.172'
	終了	2000.7.17	11:05:16	35° 00.945'	139° 51.402'
36	開始	2000.7.17	11:10:47	35° 06.899'	139° 50.339'
	終了	2000.7.17	11:11:38	35° 06.604'	139° 49.158'
37	開始	2000.7.17	11:18:38	35° 12.892'	139° 52.525'
	終了	2000.7.17	11:24:36	35° 12.854'	139° 43.304'

表4-2 仙台湾-内房海域におけるスナメリの群れの発見記録。有効調査線上でのみ。
L: 左側観察者 (天野雅男), R: 右側観察者 (中原史生)。

ライン	調査日	時刻	緯度	経度	発見者	頭数	子連れ数
4	2000.5.1	13:51:18	38° 00.771'	141° 01.122'	R	1	
4	2000.5.1	13:51:50	38° 00.761'	141° 00.214'	R	3	
4	2000.5.4	12:15:31	38° 00.819'	141° 07.478'	R	1	
4	2000.5.4	12:15:38	38° 00.829'	141° 07.256'	R	2	1
5	2000.5.1	13:30:12	37° 54.821'	141° 01.609'	R	1	
5	2000.5.1	13:31:25	37° 54.800'	141° 03.445'	L	2	
5	2000.5.1	13:33:01	37° 54.830'	141° 05.837'	L	1	
5	2000.5.1	13:33:28	37° 54.852'	141° 06.524'	L	1	
5	2000.5.4	12:24:27	37° 54.799'	141° 08.422'	L	2	
5	2000.5.4	12:24:28	37° 54.802'	141° 08.449'	R	1	
5	2000.5.4	12:24:36	37° 54.820'	141° 08.666'	R	1	
5	2000.5.4	12:24:37	37° 54.822'	141° 08.694'	L	3	
5	2000.5.4	12:24:42	37° 54.827'	141° 08.834'	L	2	
5	2000.5.4	12:24:53	37° 54.829'	141° 09.144'	L	1	
5	2000.5.4	12:24:56	37° 54.827'	141° 09.226'	L	3	
5	2000.5.4	12:25:10	37° 54.820'	141° 09.639'	R	1	
7	2000.5.1	11:09:43	37° 42.886'	141° 05.823'	L	1	
8	2000.5.1	11:28:59	37° 36.788'	141° 04.090'	R	2	
10	2000.5.1	11:54:46	37° 24.847'	141° 04.704'	R	2	
11	2000.5.1	12:05:01	37° 18.768'	141° 04.072'	L	1	
16	2000.5.6	12:32:39	36° 48.757'	140° 49.893'	R	2	
20	2000.5.6	11:51:02	36° 24.960'	140° 42.608'	R	1	
24	2000.5.6	10:52:19	36° 01.769'	140° 40.177'	L	1	
24	2000.5.6	10:52:20	36° 01.769'	140° 40.199'	L	1	
25	2000.7.16	10:16:26	35° 54.910'	140° 44.042'	R	1	
25	2000.7.16	10:16:32	35° 54.886'	140° 44.202'	R	1	
25	2000.7.16	10:16:37	35° 54.866'	140° 44.334'	R	1	
27	2000.7.16	10:45:57	35° 42.937'	140° 53.861'	R	1	
27	2000.7.16	10:45:58	35° 42.935'	140° 53.891'	R	4	
27	2000.7.16	10:46:04	35° 42.920'	140° 54.052'	L	1	
28	2000.7.16	11:10:09	35° 36.766'	140° 37.251'	L	1	
28	2000.7.16	11:11:14	35° 36.873'	140° 35.491'	R	1	
31	2000.7.16	12:03:36	35° 18.968'	140° 25.434'	L	2	1
31	2000.7.16	12:04:00	35° 19.076'	140° 26.106'	L	1	
31	2000.7.16	12:04:01	35° 19.080'	140° 26.138'	L	5	
31	2000.7.16	12:04:12	35° 19.111'	140° 26.443'	L	1	
31	2000.7.16	12:09:18	35° 19.030'	140° 34.852'	L	2	1

表4-3 仙台湾-内房海域におけるスナメリの群れの二次発見（有効調査線以外での発見）。
 L：左側観察者（天野雅男）， L：右側観察者（中原史生）， recorder：記録者（早野あづさ）

ライン	調査日	時刻	緯度	経度	発見者	頭数	子連れ数
-	2000.5.1	13:19:36	37° 55.052'	141° 05.199'	recorder	2	
-	2000.5.1	13:21:16	37° 55.031'	141° 02.282'	R	2	
3	2000.5.1	14:14:36	38° 06.815'	140° 58.332'	R	1	
-	2000.5.4	12:47:15	37° 55.215'	141° 07.572'	recorder	2	1
-	2000.5.4	13:05:05	36° 31.474'	140° 39.055'	recorder	4	
-	2000.5.4	13:05:42	36° 30.505'	140° 38.711'	L	2	1
-	2000.5.4	13:06:52	36° 28.720'	140° 38.395'	L	1	
-	2000.5.4	13:10:23	36° 23.761'	140° 38.043'	R	2	1
25	2000.5.6	10:43:41	35° 54.578'	140° 45.002'	R	1	
25	2000.5.6	10:43:45	35° 54.590'	140° 44.895'	R	1	
25	2000.5.6	10:43:52	35° 54.611'	140° 44.709'	R	2	1
25	2000.5.6	10:44:17	35° 54.690'	140° 44.045'	R	2	1
27	2000.5.7	10:13:58	35° 43.112'	140° 54.454'	L	2	
29	2000.5.8	10:15:56	35° 31.346'	140° 34.699'	R	2	
29	2000.5.8	10:16:00	35° 31.347'	140° 34.805'	R	2	
27	2000.5.26	10:16:55	35° 42.727'	140° 53.099'	L	2	
28	2000.5.26	10:34:12	35° 36.586'	140° 51.650'	L	1	
28	2000.5.26	10:34:12	35° 36.586'	140° 51.650'	R	1	
28	2000.5.26	10:34:14	35° 36.589'	140° 51.592'	R	4	
28	2000.5.26	10:34:15	35° 36.591'	140° 51.564'	L	2	
28	2000.5.26	10:34:16	35° 36.593'	140° 51.537'	R	3	1
28	2000.5.26	10:34:18	35° 36.594'	140° 51.484'	R	5	
28	2000.5.26	10:34:20	35° 36.599'	140° 51.425'	L	2	
28	2000.5.26	10:34:21	35° 36.601'	140° 51.399'	R	1	
28	2000.5.26	10:34:21	35° 36.601'	140° 51.399'	R	2	
28	2000.5.26	10:34:22	35° 36.603'	140° 51.370'	R	3	
28	2000.5.26	10:34:25	35° 36.608'	140° 51.290'	R	2	
28	2000.5.26	10:34:26	35° 36.609'	140° 51.262'	R	2	
28	2000.5.26	10:34:27	35° 36.611'	140° 51.235'	R	2	
28	2000.5.26	10:34:31	35° 36.618'	140° 51.120'	R	2	
28	2000.5.26	10:34:32	35° 36.619'	140° 51.094'	L	1	
-	2000.7.17	11:31:27	35° 21.119'	139° 48.531'	L	2	
-	2000.7.17	11:33:57	35° 24.265'	139° 50.430'	L	3	1

4-4 個体数推定方法

調査線の全体にわたり風力2以下であった調査線のデータのみを用いた(表4-4).

表4-4 仙台湾-内房海域での目視記録(平成12年5月1日~7月17日).

ライン位置は図1-7参照. L:左側観察者(天野雅男), R:右側観察者(中原史生).
カッコ内は90m以遠での発見数. ライン35-37でのデータは個体数推定に用いていない. 遭遇率は有効発見頭数の計を有効調査距離で除して算出.

ライン	調査日	有効調査距離 (km)	有効発見群数			有効発見頭数			遭遇率
			L	R	計	L	R	計	
1	2000.5.4	33.7	0	0	0	0	0	0	0
2	2000.5.4	45.0	0	0	0	0	0	0	0
3	2000.5.4	38.9	0	0	0	0	0	0	0
4	2000.5.1, 5.4	37.9	0	4(3)	4(3)	0	7(6)	7(6)	0.185
5	2000.5.1, 5.4	36.1	8	4(2)	12(10)	15	4(2)	19(17)	0.526
6	2000.5.1	27.1	0	0	0	0	0	0	0
7	2000.5.1	22.3	1	0	1	1	0	1	0.045
8	2000.5.1	19.6	0	1	1	0	2	2	0.102
9	2000.5.1	13.4	0	0	0	0	0	0	0
10	2000.5.1	11.2	0	1	1	0	2	2	0.179
11	2000.5.1	3.3	1	0	1	1	0	1	0.303
12	2000.5.1	10.6	0	0	0	0	0	0	0
13	2000.5.1	8.6	0	0	0	0	0	0	0
14	2000.5.1	6.4	0	0	0	0	0	0	0
15	2000.5.26	15.4	0	0	0	0	0	0	0
16	2000.5.26	14.3	0	1	1	0	2	2	0.140
17	2000.5.26	10.4	0	0	0	0	0	0	0
18	2000.5.26	9.8	0	0	0	0	0	0	0
19	2000.5.26	13.1	0	0	0	0	0	0	0
20	2000.5.26	14.0	0	1	1	0	1	1	0.071
21	2000.5.26	17.0	0	0	0	0	0	0	0
22	2000.5.26	21.0	0	0	0	0	0	0	0
23	2000.5.26	19.8	0	0	0	0	0	0	0
24	2000.5.26	19.1	2(1)	0	2(1)	2(1)	0	2(1)	0.105
25	2000.7.16	17.6	0	3	3	0	3	3	0.170
26	2000.7.16	15.9	0	0	0	0	0	0	0
27	2000.7.16	4.5	1	2(1)	3(2)	1	5(1)	6(2)	1.333
28	2000.7.16	40.6	1	1	2	1	1	2	0.049
29	2000.7.16	38.9	0	0	0	0	0	0	0
30	2000.7.16	31.6	0	0	0	0	0	0	0
31	2000.7.16	23.6	5	0	5	11	0	11	0.466
32	2000.7.16	16.6	0	0	0	0	0	0	0
33	2000.7.16	21.0	0	0	0	0	0	0	0
34	2000.7.17	6.4	0	0	0	0	0	0	0
35	2000.7.17	6.4	0	0	0	0	0	0	0
36	2000.7.17	1.9	0	0	0	0	0	0	0
37	2000.7.17	14.0	0	0	0	0	0	0	0
計		707.0	19(18)	18(14)	37(32)	32(31)	27(20)	59(51)	0.083

また、ガスにより視界が妨げられた部分は有効調査距離から省いた。グレアの考慮は行なわなかった。実際に調査した飛行距離を1秒ごとのGPSデータから計算し調査線距離とした。

内房域の調査線 (Line35-37) では有効発見が無く、外房から内部屋の観察でも分布が連続している証拠を得ることができなかつたため、個体数の推定から Line35-37 のデータを除いた。調査面積についても外房の最南調査線 Line34 の3マイル南までとして計算した。

発見群数が少ないため、有効探索幅の推定には、風力2以下かつ視界の妨げがなかった場合の発見すべてを用いた。具体的には、5月26日のLine27, 28は7月16日に再調査を行ったので、有効調査から省いたが、このライン上での発見も有効探索幅の推定には用いることにした。調査線上での総発見数及び横距離に対する発見確率の分布は左右の観察者の間で差がなかった (発見数, 天野 40 頭, $sd=16.2$, 中原 54 頭, $sd=21.2$; Kolmogorov-Smirnov 検定, $P>0.05$) ので、横距離の推定には左右の発見を合一行った。有効探索幅の推定には DISTANCE version 3.5 を用い、モデルの主関数として、uniform, hazard rate, negative exponential, 補正関数として cosine, simple polynomial, hermite polynomial を検討した。最小 AIC を得たモデルを発見横距離分布へ当てはめ、有効探索幅を算出した。

個体密度(D)及び個体数(N)の推定値は以下の式で与えた。

$$D(\text{estimated}) = n/2Lw(\text{estimated})$$

$$N(\text{estimated}) = AD(\text{estimated})$$

n : 調査域における総有効発見頭数, L : 調査域における総有効調査線距離, $w(\text{estimated})$: 有効探索幅推定値, A : 調査面積。

個体数の推定値の精度を変動係数 cv を用いて表現すると,

$$cv\{N(\text{estimated})\} = [cv(n)^2 + cv\{w(\text{estimated})\}^2]^{1/2}$$

また発見頭数の変動係数 $cv(n)$ は,

$$cv(n) = \text{var}(n)^{1/2}/n = [L \sum l_i (n_i/l_i - n/L)^2 / (k-1)]^{1/2} / n$$

n_i : ライン i での有効発見頭数, l_i : ライン i の有効調査距離, k : 調査ライン数, $n = \sum (n_i)$, $L = \sum (l_i)$

個体群数推定値の95%信頼区間を、推定値の分布が対数正規分布に従う (Burnham *et al.* 1987) と仮定して,

$$95\% \text{信頼区間} : (N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated})C)$$

で与えた。ここで,

$$C = \exp[t_{df}(0.025) \ln\{1 + cv(N(\text{estimated}))^2\}]^{1/2}$$

$$df = \{cv(D(\text{estimated}))\}^4 / \{cv(n)^4 / (k-1) + cv(w(\text{estimated}))^4 / n\}$$

4-5 結果及び考察

4-5-1 発見状況と分布

調査ラインごとの発見頭数と有効調査距離を表 4-4 に示した。仙台湾の北部ではスナメリの発見はなかった。仙台湾南部 (Line4-6) ではかなりの発見が見られ、特に Line5 では多数の発見があった (図 4-1, 4-2)。仙台湾より南では発見は少ないものの、スナメリの発見は散発的に福島県富岡沖まで続いていた (図 4-1)。それ以南の塩屋崎を経て小名浜までの 4 本の調査線では発見がなかった。この海域は、分布限界とされる 60m 等深線がかなり沿岸に寄っており、生息域がこの海域の南北に分断されている可能性がある。常磐沖では、調査ライン上の発見は少なかったが、日立沖でかなりの二次発見があり (図 4-3)、鹿島沖から犬吠埼を経て、九十九里沿岸北部まで連続してかなりの生息が見られる (図 4-4~4-7)。特に犬吠埼沖の Line27 は計 4 回飛行したことになるが内 3 回で発見があった。また 5 月 26 日には Line28 の犬吠埼の南で 28 頭が連続して発見された (図 4-6)。九十九里南部の Line30 では発見がとぎれるが、大東崎周辺 (Line31) でかなりの発見が見られた (図 4-7)。それ以南の外房海域での発見はなかった (図 4-6, 4-8)。東京湾湾口部にも調査線上での発見はなかった。7 月 17 日の調査の帰路東京湾中央部の富津から木更津沖で 5 頭の二次発見があり、東京湾の中央部に分布していることが明らかとなった (図 4-8)。この海域での分布と個体数の調査を今後行う必要がある。東京湾から外房にかけてスナメリの発見はなく、洲崎から野島崎にかけては、スナメリの生息適地ではない岩礁域がほとんどで等深線も海岸よりであるため、生息域は不連続ではないかと思われる。発見の全体的な分布パターンは、Shirakihara *et al.* (1992) による、漁協へのアンケート調査の結果とほぼ一致していた。

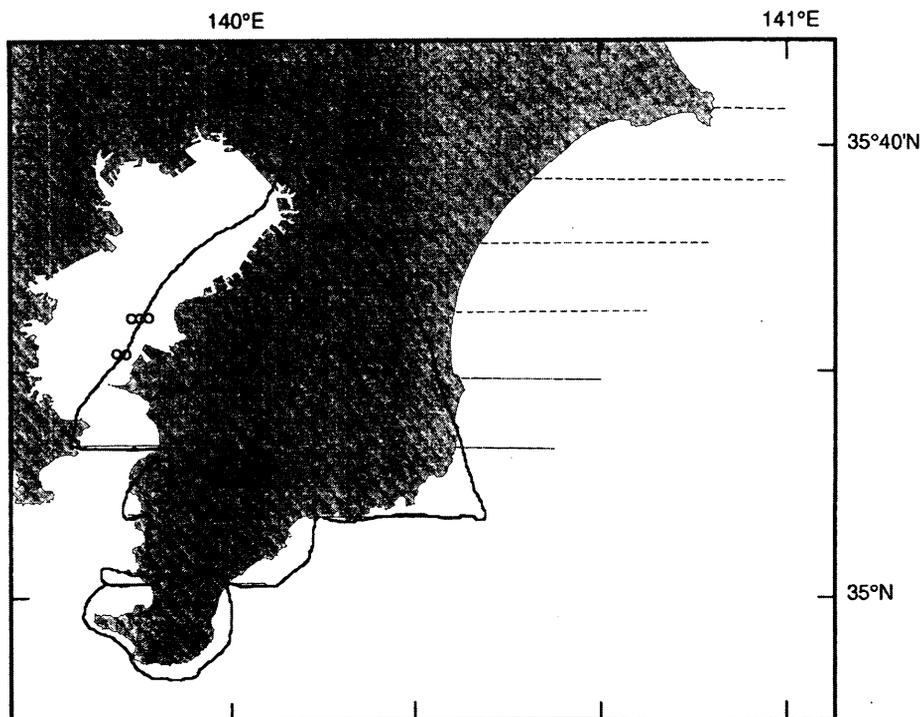


図 4-8 平成 12 年 7 月 17 日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線、●は有効発見一頭、○は二次発見を示す。

4-5-2 個体数推定

個体数推定の結果のまとめを表 4-5 に示した。横距離分布は、単調減少にならず、約 110m まで増加した後、減少に転じた (図 4-9A)。このことは調査線に近い個体の発見率が低かったことを示している。Yoshida *et al.* (1998) は横距離 50m の発見確率を 1 として横距離を計算しているが、今回のデータに同様に単調減少モデルを当てはめると推定密度が過小評価となる可能性がある。このため今回は 50m の他に、90m での発見確率が 1 となるように、これらの横距離よりも近い発見を除いてモデルを当てはめることを行った (図 4-9B)。

表 4-5 仙台湾-内房海域におけるスナメリ個体数推定。推定精度の良い (B) を採用。面積 7950 km²，有効調査距離 707.0 km。

(A) 調査線から 50m での発見確率を 1 とした場合。

有効発見数 (頭)	59
遭遇率 (頭/km)	0.083
個体数密度 (頭/km ²)	0.274
95%信頼区間 (頭/km ²)	0.133-0.562
個体数推定値 (頭)	2176
95%信頼区間 (頭)	1059-4471
推定精度 (%)	0.368

(B) 調査線から 90m での発見確率を 1 とした場合。

有効発見数 (頭)	51
遭遇率 (頭/km)	0.072
個体数密度 (頭/km ²)	0.407
95%信頼区間 (頭/km ²)	0.209-0.790
個体数推定値 (頭)	3233
95%信頼区間 (頭)	1664-6281
推定精度 (%)	0.338

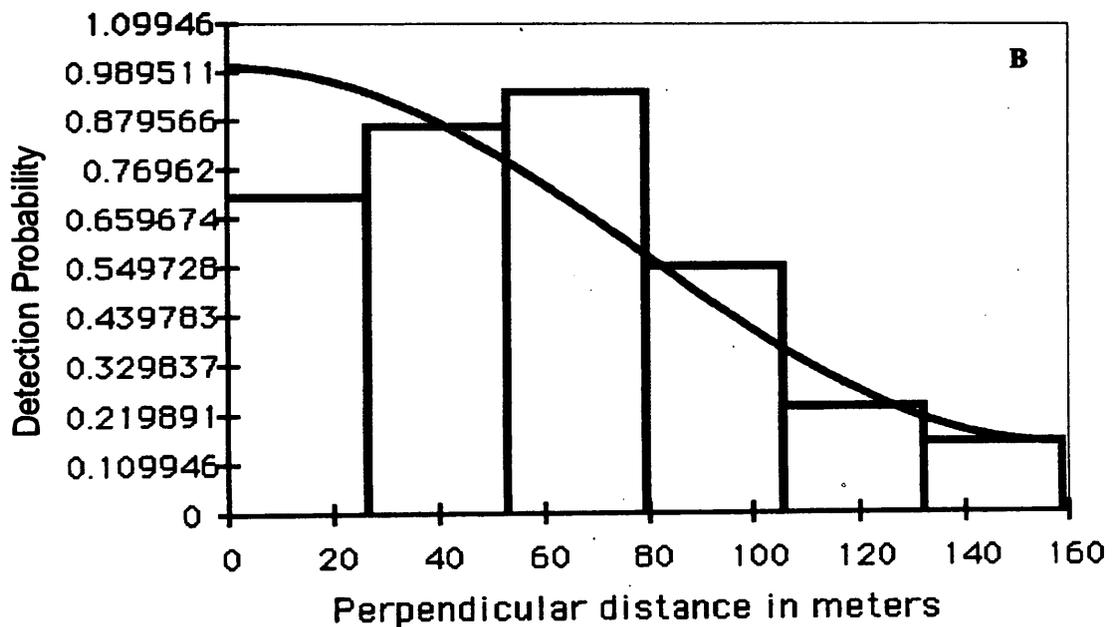
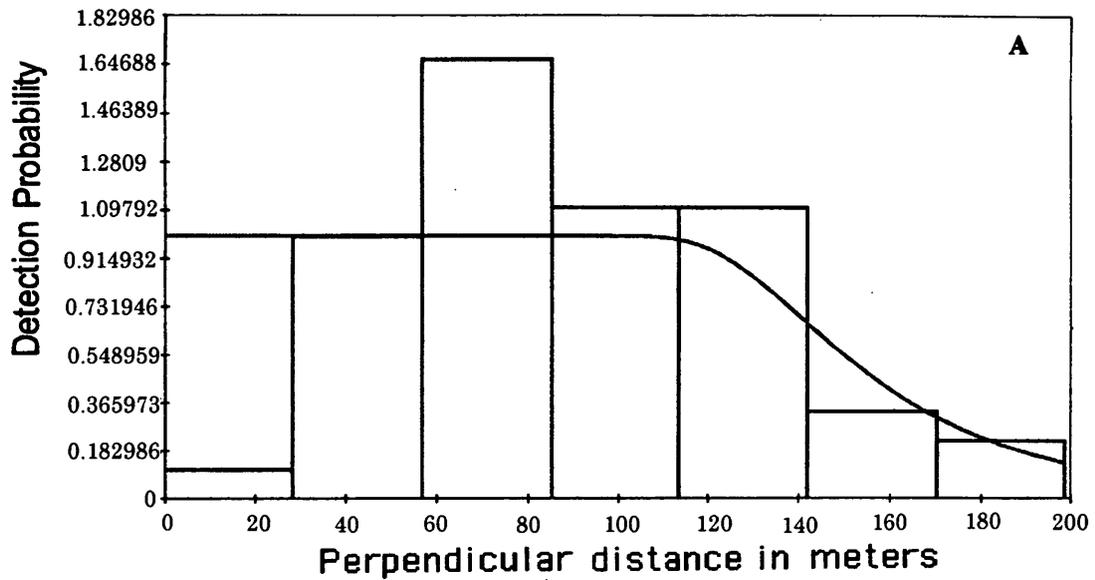


図4-9 横距離に対する発見確率の頻度分布. 50m以近データを除いた場合 (A) と90m以近データを除いた場合 (B). x軸の原点が50mまたは90mにあたる.

DISTANCEにより, 50m, 90mの場合でそれぞれ補正なしの Hazard-rate モデル, uniform+cosine adjustment モデルが選択された(図4-9). 有効探索幅は50mの場合157.36m ($cv\{w(\text{estimated})\}=0.0874$), 90mの場合91.58m ($cv\{w(\text{estimated})\}=0.098$)と計算された.

有効調査線長(684.6km)と有効総発見数(50m, 59頭; 90m, 51頭)から, 分布密度は有効横幅推定値により,

50m の場合： $D=59/(2*684.61*0.15736)=0.274$ 頭/km²

または

90m の場合： $D=51/(2*684.61*0.09818)=0.407$ 頭/km²

と計算された。

調査海域の全面積を 7950km² とすると推定個体数は

50m の場合： 2176 頭

または

90m の場合： 3233 頭

推定頭数の標準誤差は、

50m の場合： $\text{var}(n)=684.61*0.6499=444.92$

$\text{cv}\{N(\text{estimated})\}=\{(444.92^{1/2}/59)^2+0.0874^2\}^{1/2}=0.368$

または

90m の場合： $\text{var}(n)=684.61*0.3972=271.95$

$\text{cv}\{N(\text{estimated})\}=\{(271.95^{1/2}/51)^2+0.0916^2\}^{1/2}=0.338$

また、推定頭数の 95%信頼区間は、

50m の場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated})C)=(1059, 4471)$

または

90m の場合： $(N(\text{estimated})/C, N(\text{estimated})C)=(1664, 6281)$

と計算された。

発見数が多くなかったことと、ラインによりばらついたため、推定精度はあまりよくなく 30%を上回る結果となった。90m 以近のデータを除いた場合の方が、50m 以近を除いた場合よりも推定精度が若干増加したので、この値を暫定的な推定個体数として採用する。推定密度は、有明海・大村湾、瀬戸内海西部で、同様のセスナ機による目視調査で報告されている値（有明海、1.3 頭/km², Yoshida *et al.* 1997；1.22 頭/km², 白木原, 2000；大村湾；0.6 頭/km², Yoshida *et al.*, 1998；0.70 頭/km², 白木原, 2000；瀬戸内海西部, 0.62 頭/km², 白木原, 2000；周防灘, 1.40 頭/km², 白木原, 2000,）などと比較してかなり低い。これは塩屋崎周辺など、生息域でない海域が調査海域に含まれたためである可能性もあるが、全体的に見て発見数もかなり少なく、おそらく生息密度自体が他海域よりも低いことが考えられる。

Shirakihara *et al.* (1992)の漁協に対するアンケート調査の結果においても、特に鹿島灘以北では回答漁協数に対するスナメリ目撃漁協数の比が、有明海、瀬戸内海、伊勢湾海域に比較してかなり低いことも、生息密度が高くないことを裏付けている。内海や内湾ではスナメリの好む沿岸環境が調査海域を囲むようにあるのに対し、外洋に面した仙台湾～外房海域では、それが片側にしかないことがその一因であろうが、内湾域よりは波浪の影響を受けること、環境の季節変動などが厳しいことや、暖海性の種であるスナメリにとって、北限の個体群であることも関係しているものと考えられる。

第4章引用文献

- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., and Laake, J. L. 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., White, G. C., Brownie, C., and Pollock, K. H. 1987. Design and analysis methods for fish survival experiments based on release-recapture. American Fisheries Society, Monograph 5.
- Kasuya, T. and Kureha, K. 1979. The population of finless porpoise in the Inland Sea of Japan. Scientific Reports of the Whales Research Institute, Tokyo 31: 31-44.
- Shirakihara, K., Yoshida, H., Shirakihara, M., and Takemura, A. 1992. A questionnaire survey on the distribution of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in Japanese waters. Marine Mammal Science 8: 160-164.
- 白木原国雄. 2000. 日本沿岸海域におけるスナメリのセスナ機目視調査平成11年度調査報告.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Shirakihara, M., Takemura, A. 1995. Geographic variation in the skull morphology of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in Japanese waters. Fisheries Science 61: 555-558.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H., Shirakihara, M. 1997. A population size estimate of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, from aerial sighting surveys in Ariake Sound and Tachibana Bay, Japan. Research on Population Ecology 39: 239-247.
- Yoshida, H., Shirakihara, K., Kishino, H., Shirakihara, M., Takemura, A. 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: Estimation from aerial sighting surveys. Journal of Wildlife Management 62: 286-291.
- Yoshida, H., Yoshioka, M., Chow, S. and Shirakihara, M., in press. Population structure of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in coastal waters of Japan, described by mitochondrial DNA sequences. Journal of Mammalogy 82.

この章では各海域の調査結果を踏まえ、個体密度と個体数の海域間比較、保全の面で特に注目すべき個体群、調査全体の総括と今後の課題について論じる。

5-1 個体密度と個体数の海域間比較

5-1-1 個体密度の海域間比較

有明海・橘湾、大村湾、瀬戸内海、伊勢湾・三河湾、仙台湾～内房の5海域で各海域責任者が採用した推定結果を表5-1に示す。今回の調査では、発見確率に関する前提が全海域で同一でない。例えば、仙台湾～内房では横距離90mでの発見確率 $g(90m)$ を100%、瀬戸内海では横距離50mでの発見確率 $g(50m)$ を100%としている。

各海域の観察者の観察方法がそもそも異なっているのであれば、この前提の相違が個体数推定に与える影響の評価はできない。もし、仙台湾観察者の $g(90m)$ と瀬戸内海観察者の $g(50m)$ が等しければ、データ処理の方法は両海域で基本的に同じであり、個体密度の推定は両海域で直接に比較可能となる。ただし、仙台湾の $g(90m)$ と瀬戸内海の $g(50m)$ が等しいかどうかは不明である。

そこで2つの方法で個体密度の海域差について検討した。1つは各海域責任者が採用した個体密度推定値を比べる方法である(図5-1)。もう一つは遭遇率(総発見頭数/有効調査距離)を比べる方法である(図5-2)。単位調査距離あたりの発見頭数である遭遇率は、個体密度の1つの指標と考えられる。個体密度推定値と遭遇率との関係は、

$$\text{「個体密度推定値} = \text{遭遇率} / \text{左右の有効探索幅推定値の計} \text{」}$$

である。遭遇率が同じでも左右の観察範囲が広ければ、個体密度推定値は小さくなる。左右の有効探索幅推定値の計は、仙台湾～内房の183mから伊勢湾・三河湾の256mまでの範囲にあり(表5-1)、最大は最小の1.4倍ある。

遭遇率の算出にあたり、発見頭数を各海域で定義の異なる有効発見頭数ではなく、横距離50m以上の観察から得られた総発見頭数とした。また、有明海・橘湾では33頭、12頭の群れを密度推定に用いなかったが(第2章)、これらの群れの頭数を遭遇率の算出には用いた。遭遇率の分散の推定値、95%信頼区間は、この率が近似的に正規分布に従うとして、以下のよう

に求めた。

分散の推定値:

$$\text{var}(n/L) = \sum l_i (n_i/l_i - n/L)^2 / (k-1) / L \quad i = 1, 2, 3, \dots, k$$

n : 総発見頭数, L : 総有効調査距離, n/L : 遭遇率, n_i : 調査ライン*i*での発見頭数, l_i : 調査ライン*i*での有効調査距離

95%信頼区間

$$n/L + t \{ \text{var}(n/L) \}^{1/2}$$

t は自由度 $k-1$ の t 分布の両側5%の限界値

表5-1 各海域の推定結果の要約. 推定精度は変動係数で表示(数値が小さいほど, 精度が良い).

	有明海・橘湾	大村湾	瀬戸内海			
			周防灘	伊予灘以東	別府湾	全域
発見確率の前提	A	A	A	A	A	A
左右の有効探索幅の計(m)	202	202	202	202	202	202
同変動係数(%)	6.19	6.19	6.19	6.19	6.19	6.19
面積(km ²)	2465	320	3693	10111	256	14059
有効調査距離(km)	480.9	301.8	552.4	1579.6	50.7	2182.6
調査密度*	0.195	0.943	0.150	0.156	0.198	0.155
有効発見頭数(頭)	150	55	158	73	2	233
同変動係数(%)	15.2	18.2	17.2	18.0	49.6	17.6
個体密度(頭/km ²)	1.54	0.902	1.42	0.229	0.195	0.540
同95%信頼区間(頭/km ²)	1.12-2.12	0.621-1.31	0.993-2.02	0.158-0.331	0.0774-0.494	0.412-0.708
同変動係数(%)	16.4	19.2	18.3	19.0	50.0	13.9
個体数推定値(頭)	3807	289	5229	2313	50	7593
同95%信頼区間(頭)	2767-5237	199-419	3666-7460	1599-3347	20-126	5794-9950
同変動係数(%)	16.4	19.2	18.3	19.0	50.0	13.9
遭遇率(頭/km)**	0.406	0.199	0.299	0.0462	0.0395	0.111
横距離50以上での発見頭数	195	60	165	75	2	242
同95%信頼区間(頭/km)	0.157-0.654	0.120-0.278	0.181-0.416	0.0644-0.0305	-0.0229-0.102	0.0705-0.151
同変動係数(%)	29.7	19.3	18.5	17.3	49.6	18.2

海域	伊勢湾・三河湾			仙台湾～内房	調査全海域
	伊勢湾	三河湾	全域		
発見確率の前提	B	B	B	C	-
左右の有効探索幅の計(m)	256	256	256	183	-
同変動係数(%)	5.46	5.46	5.46	9.8	-
面積(km ²)	1556	513	2069	7950	26862.6
有効調査距離(km)	258.1	139.1	397.2	684.6	4047
調査密度*	0.166	0.271	0.192	0.0861	0.151
有効発見頭数(頭)	129	49	178	51	667
同変動係数(%)	27.7	37.5	30.8	32.3	-
個体密度(頭/km ²)	1.95	1.38	1.81	0.407	0.977
同95%信頼区間(頭/km ²)	1.13-3.36	0.671-2.82	1.14-2.88	0.209-0.790	0.850-1.12
同変動係数(%)	28.2	37.9	24.0	33.8	7.13
個体数推定値(頭)	3038	705	3743	3233	26257
同95%信頼区間(頭)	1766-5225	344-1445	2355-5949	1664-6281	22839-30188
同変動係数(%)	28.2	37.9	24.0	33.8	7.13
遭遇率(頭/km)**	0.601	0.417	0.536	0.086	0.175
横距離50以上での発見頭数	155	58	213	59	710
同95%信頼区間(頭/km)	0.176-1.02	0.136-0.698	0.162-0.910	0.0236-0.149	-
同変動係数(%)	32.1	30.6	30.8	35.8	-

A: $g(50m) = 100\%$

B: 左側観察者 $g(80m) = 100\%$, 右側観察者 $g(90m) = 100\%$

C: $g(90m) = 1$

*: 有効調査距離/面積, 単位は1/km

** : 横距離50m以上での発見頭数/有効調査距離

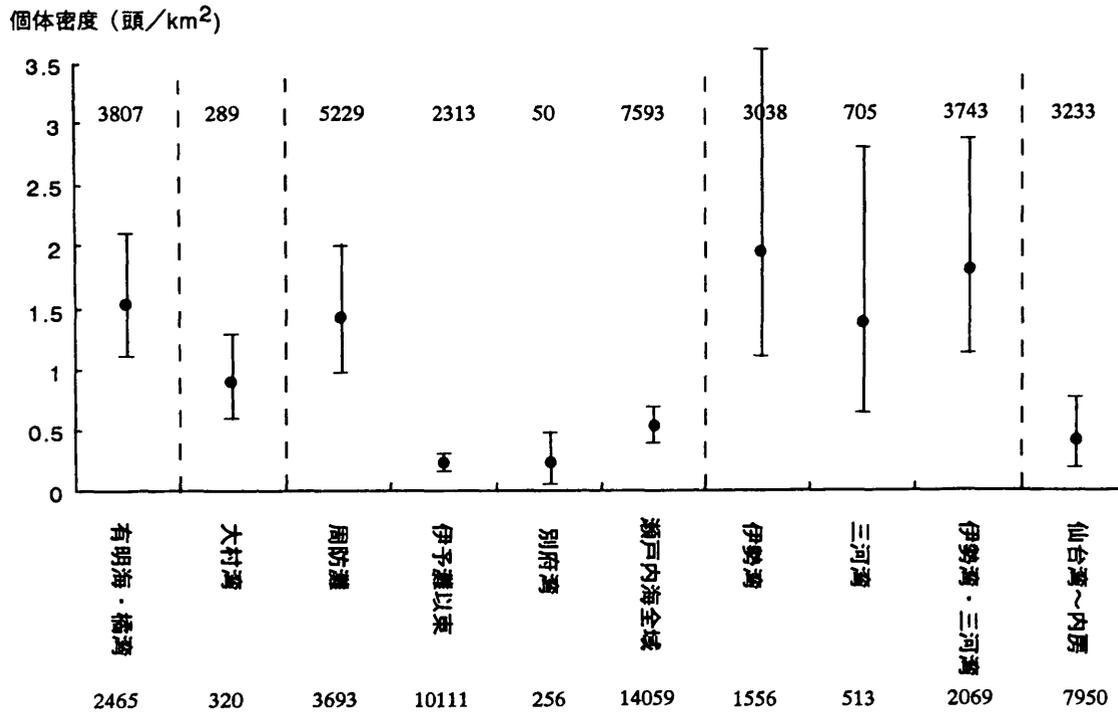


図 5-1 海域別の個体密度の推定値と 95%信頼区間。上段，下段の数値はそれぞれ個体数推定値 (頭)，海域面積 (km²)。

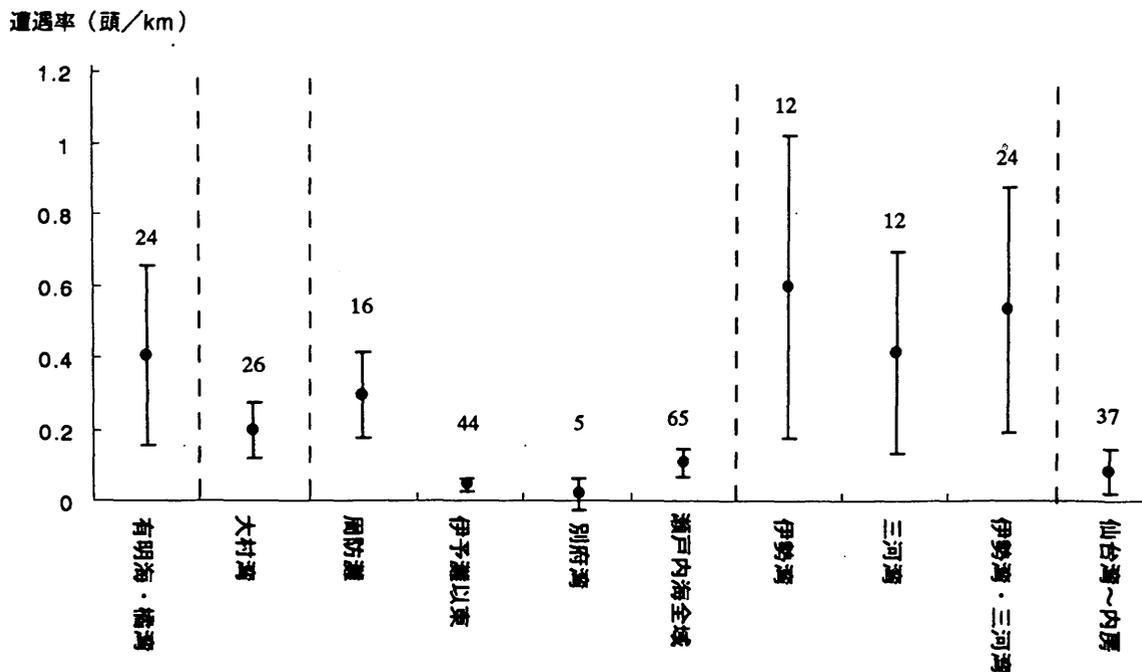


図 5-2 海域別遭遇率 (横距離 50m 以上での総発見頭数 / 有効調査距離)。幅は遭遇率の 95%信頼区間を，数値は調査ライン数を表す。

個体密度推定値は周防灘を除く瀬戸内海と仙台湾～内房で低い（図 5-1, 表 5-1）. 遭遇率もこれら海域で低い（図 5-2, 表 5-1）. かりに仙台湾～内房の有効探索幅を 1.4 倍して伊勢湾・三河湾と同じとすると, この海域の遭遇率 0.0862 頭/km は観察範囲が広がるために 1.4 倍の 0.121 頭/km になることが期待されるが, それでも伊勢湾や三河湾の遭遇率の信頼区間の下限には届かない（表 5-1）. 周防灘をのぞく瀬戸内海, 仙台湾～内房は今回の調査海域の中でも最も密度の低い海域と考えられる. 有明海・橘湾, 大村湾, 伊勢湾, 三河湾では, 個体密度の信頼区間, 遭遇率の信頼区間ともに相互に重なっており, 今回の調査からはこれら 4 海域の密度差は検出できなかった.

5-1-2 個体数の海域間比較

全海域の中で個体数推定値が最も高かったのは瀬戸内海の 7593 頭であった. 瀬戸内海は周防灘を除いて最も個体密度が低い海域であるのに, この海域の個体数が多いのは海域面積の広さのためである（図 5-1, 表 5-1）. 一方, 個体推定値の最も低かったのは大村湾の 289 頭である. この海域の密度は, 今回の調査からは少ないとはいえないものの, 面積は最も狭い. 他の海域は個体数推定値は 3 千頭台であった.

5-1-3 日本におけるスナメリ個体数の予備的見積もり

各海域の推定値を合計すると 18665 頭となる. 八代海, 博多湾, 響灘, 日本海南中部沿岸域, 紀伊水道, 大阪湾, 及び東京湾にもスナメリが分布している可能性が高いが, これらの海域は全く調査していないか一部分しか調査していない. その点で上記の推定値は過小であるが, 個体数の多いと予想される海域は今回の調査でカバーしていると思われる.

もっとも日本全域におけるスナメリの個体数は保全上さほど意味がない. 保全の集団単位は, 遺伝的交流がほぼなく, 個体数変動の独立性の高い個体群（系群）であり, 個体群ごとの個体数がより重要な意味を持つ.

5-1-4 個体数の推定精度

海域ごとに個体数の推定精度が異なる（表 5-1）. 個体数の推定精度は,
個体数推定値の = (有効発見頭数の変動係数² + 有効探索幅の変動係数²)^{1/2}
変動係数

より, 有効発見頭数のばらつきと有効探索幅の推定精度に依存する. 表 5-1 から明らかなように, 有効発見頭数の変動係数と個体数推定値の変動係数とに大差はない（個体数推定を層別推定した瀬戸内海全域と伊勢湾・三河湾全域を除いて, 両者の差は 1.4 ポイント以内）. これは個体数の推定精度が発見頭数の変動でほとんど決定されることを意味する.

発見頭数のばらつきは事前に制御できるのではなく, 調査時にたまたま多くのスナメリが特定の場所に集中していれば, 発見頭数の変動が大きくなってしまう.

一般に調査密度を上げると個体数の推定精度が向上すると考えられるが, 調査海域の中で最も調査密度が高かったのは大村湾 (0.943km^{-1}) でもっとも低かったのが仙台湾～内房 (0.0861km^{-1}) であった（表 5-1）. 他の海域では, $0.1\sim 0.2\text{km}^{-1}$ の範囲にあり, 大きな差はなかった. この点でも仙台湾～内房の推定精度が低いのはやむをえないと考えられる.

5-2 保全面で注目すべき個体群

前節の検討を踏まえると、保全の面で注目すべき個体群として瀬戸内海個体群と大村湾個体群が挙げられる。瀬戸内海個体群で憂慮すべきは伊予湾以東の海域での密度が低かったことである。1-7-1で粕谷が述べているように、1970年代は瀬戸内海のほとんど全域でスナメリの発見があったのに対して、1999~2000年では瀬戸内海中部と東部ではほとんど発見がなかった。フェリーや調査船からの目視から得られたこの結果は、今回のセスナ機目視観察の結果と符合する。本来、好適な生息環境を提供していたはずの瀬戸内海東中部でなぜ個体密度が減少したのかを明らかにし、生息環境の復元について検討することは急務である。

大村湾個体群の問題は、個体数推定値が289頭と小さな個体群であることと、狭い分布面積である。個体数が今後減少すると、小さな個体群に固有な絶滅リスクが増大する恐れがあるし、人為による局所的な生息場の破壊が個体群に大きな影響を及ぼす恐れもある。

5-3 スナメリ個体数推定調査の総括と今後の課題

本調査は日本で始めて行ったスナメリ広域個体数調査であった。主要分布域を広く覆う調査をかなり密に行うことができ、分布、個体数、個体密度について貴重な知見が得られた。これらは将来の調査での海域の層化や調査密度の設定などにも有用と考えられる。個体数減少が危惧され、保全の面で注目すべき種であるスナメリの画期的な生息調査と位置付けられる。その一方、種々の問題点も明らかにされた。将来の調査に向けて、問題点に焦点をあてて本調査の総括する。

5-3-1 目視方法の統一

個体密度の海域間比較を可能にするため、本調査では目視方法の統一を意図した。この統一のためには、セスナ機の型、飛行高度、飛行速度、目視方法を同一にする必要があった。この節では問題のあった飛行高度と目視方法についてのみ触れる。

飛行高度

飛行高度は500フィート(152m)に統一したが、瀬戸内海調査では問題があった。瀬戸内海には島が散在し、多くの島には視界が悪いと見落とししてしまう恐れのある送電線が張り巡らされていた。このため、セスナ機が島に近づくと、送電線との衝突を避けるために飛行高度を500フィートより高くせざるを得なかった。さらに、パイロットと記録者は島付近では、調査よりも送電線の確認に集中せざるを得ない状況にしばしば追い込まれた。また、自衛隊の飛行訓練の高度と本調査の飛行高度が重なったことから、訓練飛行が行われる海域では、上空待機あるいは調査日の変更を余儀なくされた。このことは大村湾調査でもあった。

これは主に安全に関する問題である。地元の地理・地形・気象変化・自衛隊訓練飛行に詳しいパイロットに調査をお願いし、このパイロットが高度500フィートの飛行を認めれば問題は生じない。しかし、このようなパイロットがいなければ、調査時の飛行高度を上げることを考慮する必要があるかもしれない。もっとも高度をかりに600フィートに上げても、送電線問題は解消しない。さらに、気候の安定している時に調査を行うことは、送電線の確認の困難などところでの調査の中断を防ぐ意味でも、重要となる。

目視方法

各海域の観察者の観察範囲は一致していなかった。九州・瀬戸内海の観察者2名はほぼ横距離350m以内であったが、伊勢湾・三河湾の左側観察者は250m以内、右観察者は400m以内、仙台湾～内房の観察者2名は250mであった。この観察範囲の海域差が有効探索幅の推定値の相違に影響を及ぼした。

各観察者の観察範囲の不一致の原因は、目視方法を統一するための飛行訓練を充分に行わなかったことにある。各観察者が十分な発見をし、横距離頻度分布の比較を行えるまで時間をかけて飛行訓練を行い、頻度分布の相違の原因と対策を話し合っていれば、この問題は防げたと思われる。飛行訓練をなるべく短時間で終え、本番の調査になるべく多くの予算を残そうとしたことが、結局はデータ解析を複雑化させ、貴重なデータの一部を個体数推定に用いない状況を招いてしまった。

将来の調査に向けて、個人差を起こしにくい目視方法に改める必要がある。1つは観察横距離範囲を事前に予定していた50～450mから狭めることにより、観察者の観察癖の影響を軽減すること、もう1つはストリップトランセクト法の採用である。後者では一定の横距離範囲で同一の発見確率となるような目視方法を用いる。観察者の発見能力の個人差や見落としを確認するためには、今回の4人乗りのセスナ機ではなく、左右とも複数の観察者が乗船できる大型セスナ機を使用するのも一法であろう。

5-3-2 海面反射が発見率に与える影響

晴天時の調査では太陽光の海面反射がスナメリの見落としを増す原因となることは疑いようがない。しかし、今回は海面反射が発見率に与える影響については考慮しなかった。その理由として、同一海域を一回しか調査していないので、ある調査ラインで発見頭数が少ないのは海面反射なのかそのライン付近でスナメリの密度が低いのかの区別がつかなかったこと、さらに同一ラインでも海面反射の強さや観察範囲での海面反射の生じている場所の割合が刻一刻と変わることがあり、海面反射のライン単位の定量化が困難であったことが挙げられる（個体数推定はライン単位のデータを用いて推定）。

海面反射の影響のあった調査ラインの発見データを使わないのは1つの方法であるが、各海域一回の調査を基本とした今回の調査では、使用しないデータが多く出てくることになる。

海面反射はふつう発見率を下げると考えられるので、海面反射の影響が強かった海域の個体数推定値は過小と考えられる。しかし、保全という面からは少なくともこの個体数はいるはずだという推定は意味がある。

海面反射の問題に取り組むにはモデル海域を想定し、この海域で異なる海況・天候の条件下で調査を繰り返し行い、海面反射と横距離との相関（手前は少々海面反射があっても発見できるが、遠方ではできない等）、海面反射と風力階級の相関（波が大きいと海面反射が弱くとも見落としやすい等）なども考慮した解析を行い、海面反射が発見率に与える影響を見積もることが望ましい。

1. 調査目的

スナメリの出現が確認されている主要な海域において，セスナ機を用いて目視調査を行い，個体数と分布を定量的かつ海域間の比較が可能な形で把握することを目的とする。

2. 調査海域，日程及び回数

大村湾，有明海・橘湾，瀬戸内海(隣接する響灘の一部を含む)，伊勢湾・三河湾，外房沿岸～仙台湾を調査対象海域とし，2000年3～6月にかけて，予備飛行訓練1回，各海域の本調査をそれぞれ1回(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)づつ行う。ただし日本哺乳類学会で絶滅危惧とランク化されている大村湾個体群については，推定精度をあげるために2回調査を行う。

また，伊勢湾で船とセスナ機の発見率の相違を調べるために，船・セスナ機同時並行目視調査(伊勢湾口の鳥羽～伊良湖のフェリーから目視を1日3往復，同日にフェリー航路上をセスナ機で5往復，単位距離あたりの平均発見頭数の比較)を1回行う。

3. 調査体制

代表者 白木原国雄(三重大生物資源)

調査ライン設計のアドバイス 岸野洋久(東大農学生命科学)

目視調査(各海域とも観察者2名，記録者1名，*責任者)

瀬戸内海以西海域 *白木原国雄，白木原美紀，山本祥輝(三重大生物資源)

伊勢湾・三河湾 *吉岡基，喜多祥一(三重大生物資源)，篠原正典(京大理)

外房沿岸以北 *天野雅男(東大海洋研)，中原史生(常磐大)，早野あずさ(京大理)

船・セスナ機同時並行目視調査 *白木原国雄，白木原美紀

瀬戸内海以西班と伊勢湾・三河湾班に協力依頼予定

アドバイザー 粕谷俊雄(三重大生物資源)

4. 調査方法の概要

今回の調査は，日本全国の主要分布域での個体数を比較することが主な目的なので，目視方法を長崎沿岸海域で行われた方法(Yoshida *et al.*, 1997, 1998)に統一する。すなわち，

使用する飛行機：操縦士を含めた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(152m)

飛行速度：80～90ノット(時速148～167km)。可能であれば80ノット

目視方法：ライントランセクト法に基づく視野固定方式

今回，予算の制約のため，調査ライン上の発見率 $g(0)$ 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。この点でも目

視方法の統一は必要である。4人乗りの飛行機に固定するのは費用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飛行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を採用する。この方法では調査ライン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、飛行機の窓に透明シートを貼り、発泡スチロールでつくった観察スタンドを観察者と窓の間に置き、窓と眼の距離を一定に保ちつつ、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を採用する。この方式では飛行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。

5. 分布、個体数に関する既往知見(粕谷氏より提供)

5-1. 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。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。

5-2. 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), $0.6 \text{ 頭}/\text{km}^2 (g(0)=100\%)$ であった。

5-3. 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 $1.3 \text{ 頭}/\text{km}^2$ で(有明海, 橘湾でそれぞれ $1.2, 1.4 \text{ 頭}/\text{km}^2, g(0)=100\%$), 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 $3.0 \text{ 頭}/\text{km}^2$, 8 月に最低の $0.325 \text{ 頭}/\text{km}^2$ 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。

5-4. 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.

5-5. 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/100km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).

5-6. 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946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.

5-7. 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.

6. 目視による個体数の推定原理

2人の観察者がセスナ機の右側と左側の座席に座り, 窓から進行方向のそれぞれ右側と左側の海面を目視観察する状況を考える. セスナ機の総移動距離を L , 各観察者の観察する横距離(セスナ機の進行方向に直角な距離) w とすると, 観察海面面積は $2Lw$ である. なお, セスナ機が一定の高度を保ちつつ水平飛行を行えば, 窓からの観察範囲を固定することにより w を一定値に保つことができる. この観察で見落としが全くなく($g(0)=100\%$), 2名が合計 n 頭のスナメリを発見できたとすると, 観察面積内の生息密度 D は $n/2Lw$ となる. 観察面積を調

査海域全体を代表できるように選んでいれば、 D はそのまま全域の生息密度の推定値となる。

$$D(\text{estimated}) = n/2Lw \quad (1)$$

これに調査海域面積 A を乗じて、全域の個体数推定値を得る。

$$N(\text{estimated}) = An/2Lw \quad (2)$$

このように観察者の観察横距離を固定して、観察者が調査線上を移動しながら観察する方法はストリップトランセクト法と呼ばれる。一方、事前に横距離を固定せずに、観察者が調査線上を移動しながら観察し、発見があると、発見頭数の計数のみならず対象物までの横距離を測定する方法はライントランセクト法と呼ばれる（岸野，1991）。

ライントランセクト法を採用すると、進行方向近くの個体に較べて遠くの個体を見落とす恐れがある。しかし、このことは気にしない。この方法では横距離の測定データをもとに、発見確率と横距離の関係を定量的に表し、この関係から有効探索幅の推定値 $w(\text{estimated})$ を得る。ライントランセクト法でも上記の個体数推定の考え方を適用できる。

$$D(\text{estimated}) = n/2Lw(\text{estimated}) \quad (3)$$

$$N(\text{estimated}) = An/2Lw(\text{estimated}) \quad (4)$$

ただし、個体数の推定精度を求める時に、 $w(\text{estimated})$ の推定精度の考慮が必要となる。個体数推定値の分散の推定値は

$$v[N(\text{estimated})] = N(\text{estimated})^2 \{v[n]/n^2 + v[w(\text{estimated})]/w(\text{estimated})^2\} \quad (5)$$

ここで v は分散の推定値を表す。変動係数 cv （推定値の分散の平方根／推定値）を用いて表現しなおすと

$$cv[N(\text{estimated})]^2 = cv[n]^2 + cv[w(\text{estimated})]^2 \quad (6)$$

(6)から、個体数推定値の精度は総発見個体数 n のばらつきと有効探索幅の推定精度に影響されることが分かる。同じ長さ l の k 本の調査線からの発見頭数が n_1, n_2, \dots, n_k であった時 ($L=lk, n = \sum n_j$)、総発見個体数 n の分散推定値は経験的に次のように与えられる (Buckland, et al., 1993)。

$$v(n) = k \sum (n_j - n/k)^2 / (k-1) \quad (7)$$

(7)から明らかのように、 n_j のばらつきが大きいと $v(n)$ が大きくなり、個体数推定値の精度が落ちる。

今回、採用する長崎方式はライントランセクト法に基づくが、部分的にストリップトランセクト法の考え方も採用している。つまり、観察者の眼の疲労を防ぐために発見効率の悪い遠方は観察せず、1名の探索幅を横距離で450m以内に固定し、この範囲内でスナメリまでの横距離データをとる。

7. 実際の目視調査を行うにあたって

7-1. 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本の調査ラインでの連続観察時間をおおよそ10分以下(調査ライン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人乗り飛行機はトイレがないので、1回の飛行時間(離陸から着陸までの時間)は4時間以内とする。

7-2. 大村湾, 有明海・橘湾

1993-94年の飛行機目視調査とほぼ同じとする(Yoshida *et al.* 1997, 1998)。大村湾では同一日に2回の調査を行い、計24本の調査ラインを置く。のべ飛行時間は4時間となる。有明海・橘湾では、橘湾西部の水深60m以深域を密度ゼロとみなして調査せず、また、推定精度を高めるために、有明海・橘湾ともに2海里間隔に東西方向の調査ラインを、有明海で21本、橘湾で8本設置する。飛行回数は3回、調査日数は3日とする。

7-3. 瀬戸内海

調査面積が広大な本海域については、他海域の調査がすべて終了した時点での予算残額を踏まえて、最終決定する。現段階では、東部では船による目視からほとんど発見はない(粕谷・山本 1999)ことを考慮して、東部は9海里間隔に13本、西部は6海里間隔に21本とする。なお、東部については、分布密度の低いと予想される大阪湾と水深60m以深域の割合の高い紀伊水道は調査を行わない。1回の飛行時間の制約を考慮して、調査は8回の飛行、8日を要する。

7-4. 伊勢湾・三河湾

伊勢湾では東西方向に14本(3海里間隔)、密度がより高いと期待され面積の小さい三河湾では南北方向に10本(2海里間隔)とする。3回の飛行、3日間の調査とする。

7-5. 仙台湾～内房沿岸

分布についての情報は調査対象海域中最も少ない。調査海域全域をカバーするように調査ラインを東西方向に33本(6海里間隔)、各調査ラインの東端を水深60m点とする。4回の飛行、4日間の調査。

8. 主な調査機材

8-1. GPS

実際の飛行コースを記録するために、GPSを常時作動させて、位置データをコンピュータに垂れ流し方式で保存する。できればディファレンシャルGPSの使用が望ましい。飛行機の電源(通常はDC12Vあるいは24V)を使用する時には、電源の形に応じたプラグを取り付けたDC-AC変換器を準備する。飛行中のGPSの動作確認は、調査ライン間の移動時などに観察者が行う。

8-2. 音声録音装置

スナメリが次々に発見される状況では、発見野帳の記入が追いつかないことがある。音声録音可能なビデオカメラかテープレコーダを、観察者の近くに置き、調査中常時作動させる。飛行中の装置の動作確認、テープ交換は、調査ライン間の移動時などに観察者が行う。

8-3. 観察者視野固定用の観察スタンドと横距離測定用シート

飛行機の窓と眼との距離を一定に保たないと、観察範囲を一定に保持することができない。このため、観察者が額をつけて頭を固定する発砲スチロール製のスタンドをガムテープと両面テープで窓に取り付ける。また、横距離測定用の透明シートを両面テープで窓にはる。透明シートは1本の調査ラインについて1枚を用意し、打点には油性のマジックを用いる。

8-4. 野帳と飛行コースの地図

飛行・天候・発見記録などを記入する野帳は、1本の調査ラインに1枚用意する(13参照)。空港と調査地の往復にも各1枚ずつ使用し、その間にスナメリや他の動物の発見があった場合には、必要事項を記入する。1回の飛行調査に用意する野帳の枚数は調査ライン数に2を足した数以上。また、海図のコピーに飛行コースをひいて機内に持参し、記録係が常に現在位置を把握できるように努める。

8-5. その他

調査中にカメラやビデオを用いてスナメリを撮影する余裕はほとんどないが、スナメリの大群や他鯨種に遭遇し、旋回して群れサイズや種の同定を行う際などに撮影機会があるかもしれないので、機内への持ち込みは調査実施者の判断に任せる。

9. 事前準備

9-1. 航空会社との事前打ち合わせ

海域責任者は4月の打ち合わせ会議終了後、すみやかにコースを海図にプロットして、離陸から着陸までのチャーター時間、飛行回数を試算し、航空会社に連絡をとり、調査予定期間を確定させる。

9-2 海中公園センターへの連絡

海中公園センターが搭乗者に保険をかける関係で調査予定日が決まると同センター木村氏に調査予定日を連絡。

木村 匡 氏

〒105-0002 東京都港区愛宕1-3-1 三興森ビル7F

(財) 海中公園センター

Tel:(03)3459-4605, Fax:(03)3459-4635

E-mail: marpark@blue.ocn.ne.jp

10. 調査

10-1 調査初日の前日

(1) 移動

天候に問題なしと判断されたときには調査員全員が調査地へ移動する。

(2) 打ち合わせと機体確認

- 1) 機体の確認、特に後部座席の窓からの観察に障害となるものがないこと、電源が使用可能なこと(ACコンバータのプラグと電源の形の一致)を確認。

- 2) 調査ラインに入る前から機体を調査ライン上に乗せ、高度 500 フィート、速度 80-90 ノットで飛行することを確認。
 - 3) 飛行コースに問題点はないか(急峻な崖から海へ移動する調査ラインで開始点前から高度 500 フィートを保てるか) 確認。
 - 4) 通常はスナメリを発見しても群れに接近しない通過方式をとるが、群れサイズを計数できないような大きな群れを観察者が発見したときには、高度を上げて発見観察者側で旋回してもらいことがあることをパイロットに伝える。
 - 5) 調査飛行中、他の飛行機の接近など飛行に危険が伴う状況が発生した時には、パイロットは高度・速度・コースを変更してよい。その際、変更の理由と変更開始の合図を隣に座っている記録係に伝える。
- (3) 事前準備
- 1) 記録係は事前に記録可能な事項(調査員名、調査開始・終了点の緯度経度など)を野帳に記す。
 - 2) 横距離測定用の透明シートに両面テープを貼る。
 - 3) 機材のチェック。
 - 4) バッテリーの充電(毎日)。

10-2 調査当日の離陸前

- (1) パイロットとの打ち合わせ
天候について打ち合わせ、調査を行うかどうかの最終判断をする。
- (2) 離陸前準備
コンピュータ、音声収録装置、記録係の時計の時刻あわせを必ず行う。
必要な機材が全て揃っていることを確認する。

10-3 離陸後

観察者は搭乗直後、飛行機のエンジンが回り始めたら、DC-AC 変換器、コンピュータの電源を ON にして、位置データの取り込みを開始する。記録係は離陸時刻を野帳に記録する。

- (1) 記録係と観察者の役割
記録係は野帳の記入というルーチンワークのみならず、離陸後の調査全体の指揮をとり、パイロットとの交渉にあたる。特に重要な仕事は天候悪化による調査中止の判断である。観察者は調査中は目視観察に集中し、それ以外の時間は目を休めることに専念するが、コンピュータと音声録音装置の動作確認を随時行う。
- (2) 調査開始点到着前
記録係は最初の調査開始点到着 5 分前になったら、観察者に音声録音装置のスイッチを ON にするよう指示する。
- (3) 調査ラインの開始点から終了点まで
 - 1) 記録係は調査ライン開始点を、陸から海へ移動する時には渚線、海上の時には GPS で確認する。
 - 2) 記録係は調査開始点到着 10~20 秒前に観察者に「スタンバイ」と声をかけて、目視姿勢をとるよう促す。エンジン音が大きいので、後部座席に向かって振り返り、大きな声で

指示を出す。

- 3) 観察者は「スタンバイ」の声と同時に、観察スタンドに額を付けて、群れの発見位置を透明シートに打点するために油性ペンを持って海面を見始める。
- 4) 記録係はセスナ機が調査ライン開始点に到達した時、観察者に「開始」と声をかけ、観察者は目視を開始する。記録係は開始時刻を記録する。海岸線と調査ラインとが斜交するなど、左右で海が見え始める時間が異なる場合には、左右とも海を観察可能な状態になった時を観察開始とする。島などがある場合は、記録係はその旨を観察者に伝え、調査を中断し、中断時刻とその旨を記入をする。観察者は目視姿勢をとったまま待機する。観察者は記録係から「再開」の声がかかると同時に目視調査を再開する。記録係は再開時刻を記入する。
- 5) 調査ライン開始点通過直後、記録者は雲量を記録する。また、観察者は、ビューフオート風力階級と視界内の海面反射(グレア)の有無とその広さ(割合を分数で)を記録者に報告し、記録者はそれを記録する。たとえば「風力2, グレア 1/3」など。
観察者は窓の方を向いているため、その声は記録係には聞こえにくい。
報告は大きな声で行う。ビューフオート風力階級は以下を参照する。
 - 0 鏡のような海面
 - 1 うろこのような細波, 波頭に泡なし, 波高 10cm 以下
 - 2 小さい小波, 波長小さい, 波頭滑らかで砕けず, 波高 20cm 以下
 - 3 大きな小波, 波頭砕ける, 泡ガラス様, 所々白波, 波高 60cm 以下
- 6) 観察者は、風力階級やグレアに変化があった時は、その旨を記録係に伝える。例えば「グレア 3/4」など。また風力階級が3を越える時には記録係にその旨を伝え、調査の続行について検討するよう促す。
- 7) 記録係は調査ライン終了点を、海から陸へ移動する時には渚線で、海上の時にはGPS
- 8) 1本の調査ラインが終了し、透明シートに点が打たれた時には、観察者はシートを交換する(記入済みのシートには交換時の時刻を記入する)。発見がなければ交換は不要である。音声録音用テープの交換時であればテープ交換を行う。その後、観察者は「スタンバイ」の声がかかるまで眼を休める。

(4) スナメリを発見した場合

観察者はスナメリ発見時には、発見頭数、親子連れの有無を記録者に報告し(たとえば「発見、4頭、親子1」)、透明シートに群れの発見位置を打点し、その点の横に通し番号を必ず記入する。これにより、どの点が何番目に発見された群れの位置であるかが事後的に確認できる。記録者は、発見時刻、高度、発見者、発見頭数、親子数を記録する。観察者の声が聞こえなかった場合や、スナメリが連続して発見され、記録が間に合わない時などは、その旨、野帳に記録する。なお、記録係がスナメリを発見しても観察者には伝えないようにする。

シート上の打点は横距離計測から有効探索幅推定のために行うので、幾つかの群れを打点できないことがあってもやむを得ない。

(5) スナメリの大群に遭遇した場合

観察者は10頭以上の大群を発見し、群れ構成頭数の確認ができない時には、記録係に連絡する。通常は、観察者が群れを発見してもコースを変えない通過方式をとるが、このような場

合、記録係は発見時の緯度・経度を記録した後、高度を上げて群れの周りを旋回するように操縦士に告げる(高度 500 フィートで旋回するとスナメリが潜ってしまう恐れがある)。観察者は群れ構成頭数を計数して記録者に告げる。群れサイズが大きい時は計数器を用いると便利である。計数終了後、記録係は発見時の場所に調査再開可能な状態(予定の速度・高度での水平飛行状態)で戻してもらうように操縦士に告げる。その場所に戻ったら、観察者に調査再開を指示する。

10-4. その他の鯨類や動物を発見した時

観察者はその動物の発見を記録係に報告する。たとえば「カメ」など、種の同定のための旋回は、鯨類以外では行わない。鯨類についても、その後の調査時間に影響を与えるような長時間にわたっての旋回・写真撮影などは控える。

10-5. 回避飛行と回避後の調査の再開

機の安全を図るために高度・速度・コースを変更した時、記録係は変更時刻、緯度、経度を野帳に記録し、観察者に調査中断を伝える。その後、記録係は中断地点に戻って残りの調査ラインを調査するか、それを放棄して次の調査ラインから調査を始めるかを操縦士と相談して決定する。

10-6. 悪天候による調査の中止

ビューフォート風力階級 3 以上への海況の悪化、降雨・霧の発生による視界低下の際には、記録係は観察者、操縦士と相談して調査中止を決定する。天候の早期回復が期待されない場合はその日の調査を中断して空港に戻る。

10-7. 空港と調査地、調査ライン間での発見

スナメリが発見された場合、個体数の推定には用いないが、分布に関する参考資料となるので、頭数、親子の有無を記録する。他の動物が発見された場合は 10-5 を参照。

10-8. 着陸

記録者は着陸時刻を野帳に記録する。観察者は位置データを必ずコンピュータのハードディスクかフロッピーディスクに保存する。

11. 解析

11-1. 横距離データの整備

ライントランセクト法による個体数推定のために、群れ発見ごとに飛行高度と透明シートの打点位置から横距離(コースと発見位置との海面上での距離)を以下の式で算出する。

$$d = ah/b$$

a はセスナ機の窓と観察者の眼の間の水平距離 (cm)、 b は観察者の眼の位置をセスナ機の窓に水平に投影した位置と打点位置間の垂直距離 (cm)、 h は観察者 (セスナ機) の高度 (m)、 d は発見した群れとセスナ機の横距離 (m) とする。

11-2. 発見記録の整理

群れ発見ごとに発見位置、群れサイズ、親子連れの数、1次発見（調査コース上の発見）か2次発見（調査コース以外での発見）かを整理しておく。

調査コースごとに有効飛行距離（風力階級2以下で海面反射の影響小）、発見群れ数、発見頭数を整理する。

11-3 飛行コースと発見位置のプロット

発見位置は発見時のセスナ機の位置とし、分布図を作成する。

11-4. 個体数推定

各海域の調査責任者はライン調査ライン法の基礎理論を理解しておく必要がある。和文の解説としては、岸野洋久(1991)ライントランセクト・サンプリングによる鯨類のモニタリング(桜本和美ほか編「鯨類資源の研究と管理」恒星社厚生閣)と宮下富夫(1990)鯨類の資源量推定(宮崎信之ほか編「海の哺乳類」サイエンティスト社)がある。この理論と応用を詳しく述べた教科書としては、Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P. and Laake, J. L. 1993. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman and Hall, London, reprinted 1999 by RUWPA, University of St. Andrews, Scotland. 446p (<http://www.colostate.edu/depts/coopunit/distancebook/download.html> からダウンロード可能)がある。また解析用フリーウェア Distance(Windows コンピュータ用)が <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/> からダウンロードできる。理論の適用の要点は横距離度数分布に適切な発見関数を当てはめて有効横幅を推定することにある。なお、西九州のスナメリ調査から今回と同一な目視方法での横距離推定値が得られている。

12. 野帳

時間を追って発見、風力階級、海面反射などの変化を記録する野帳にした方がよい(野帳見本を参照)。スナメリの発見や密度に関係する事項(調査ラインでの調査開始・終了時刻、発見時刻、風力階級の変化、海面反射の変化)の時間は基本的に秒単位で記録。調査終了後、記憶の新しいうちにテープ起こしをして、正確な時刻を再記入しておく。

13. 持参品リスト

GPS 1式, GPS接続用コンピュータ1式, GPS-パソコンケーブル, 音声録音装置2式, 音声録音装置用テープをのべ飛行時間分, バッテリー, 野帳(調査ライン数+2以上の枚数), 野帳用画板2, 鉛筆, 鉛筆立て3(縦長の紙箱をガムテープでドアに貼っておく), 透明シート(トランセクト数×2+予備), OHP用の細ペン 4本, 両面テープ2つ, 目視スタンド2つ, 調査コース図2部, 調査要項, カウンタ2個, 偏光レンズ2つ, DC-AC変換器, 延長コード, フロッピー, ガムテープ, セロハンテープ, ビニールテープ, メジャー, ものさし, カッターナイフ, はさみ, メモ用紙, 電卓, デジタル時計(記録者用), 海図, ディバイダ, 三角定規, 撮影機材(各自)

14. その他

a. 観察者の発見能力の差

観察者の発見能力に差があると、生息密度解析を複雑にする。

差をもたらす要因として3つある。

1) 観察範囲の違い

指定された横距離範囲を均一に見るのが原則であるが、横距離 50m 付近は、セスナ機真下近くで、観察しにくい。このために手前を見ないような観察を行うと、観察範囲が狭くなり、発見頭数が減少する。このことは望ましくないが、透明シート上の打点位置から観察者のクセが分かるし、観察者ごとの有効横幅の違いとして事後処理できる可能性がある。

2) スナメリとその他のものと識別の速さ

スナメリとはにわかには断じにくいものを見つけた時（例えば濁った水中にいるためにスナメリの体全体が見にくい）、高速で移動するセスナ機から確認のための十分な時間がとれないことがある。識別の速さはスナメリ目視の経験と関係するかもしれない。識別の速さの定量化は困難であり、「疑わしきはスナメリとしてカウントしない」ことの原則を貫くしかない。

十分な発見があれば、観察者ごとの有効横幅と発見頭数データから、この要因による発見率の差について検討できるかもしれない。

3) 疲労

調査時間が長くなると、疲労がたまり、発見能力が落ちてくるかもしれない。発見能力の経時変化は補正できない。調査の前日に十分な休息をとり、飛行コース間の移動中に眼を十分に休め、調査中は集中力を持って海を見てもらう必要がある。

4) 補正

観察者ごとに有効横幅を求め、左右の観察範囲でのスナメリ密度が等しいという前提の下で、両観察者の $g(0)$ の比が求められるかもしれない。

b. 海面反射の記録

海面反射は発見率に大きな影響を与える。観察海面のうち海面反射により見落としが起る海面の割合が変化すると、その旨を直ちに記録者に伝える。

c. 音声録音装置の重要性

西九州調査で使用したビデオのバッテリーの1つが調子悪く、1つの調査ラインの録音ができなかった。もし、スナメリが次々に発見される状況では記録係の筆記記録が追いつかないことがあり、音声録音装置は2つ準備しておいた方がよい。

また、テープ交換を忘れるなどのトラブルを防ぐことのために、なるべく長い時間、できれば1回の飛行中ずっと録音できるものがよい。

附録 1 表 1 セスナ機目視調査計画の概要

調査海域	調査予定 時期	調査線 の方向	調査線間隔 (海里)	距離(海里)				飛行時間 (時)	費用*1 (万円)	飛行 回数*2	空港
				調査線	線間移動	空港往復	計				
大村湾	2000年4月	東西	1	189	66	27	282	3.5	36.5	1	長崎
有明海・橋湾	2000年4月	東西	2	295	105	148	548	6.9	71.0	2	長崎
瀬戸内海	2000年6月	南北	6*3	875	538	459	1872	23.4	242.4	8	岡山*4
伊勢湾・三河湾	2000年5月	東西*5	3*6	399	118	210	727	9.1	94.1	3	名古屋
外房?仙台湾	2000年4月	東西	6	333	232	347	912	11.4	118.1	4	竜ヶ崎*7
計				2091	1059	1191	4341	54.3	562.2	18	

*1：飛行時間×1.4×7.4万円/時として算出 1.4は悪天候による再調査の費用40%の考慮

*2：調査日数に等しい（1日に1回の飛行）

*3：東部は9マイル

*4：この他、広島、宇部空港

*5：三河湾は南北

*6：三河湾は2マイル

*7：この他、仙台空港

附録 2 : スナメリ現地調査経過記録

1. 有明海・橘湾, 大村湾, 瀬戸内海調査

1-1. 有明海・橘湾, 大村湾調査

<調査機データ>

調査期間：平成12年3月15～20日

使用機種：4人乗りセスナ172型（機体番号 JA3918）

航空会社：佐賀航空（Tel:0952-46-2002）

空 港：長崎空港

パイロット：藤村直志

<調査経過>

3月15日

初参加の山本祥輝氏の目視訓練を有明海中部で実施した後、有明海北部の調査を予定通り終了した。調査時、ときおり小雨が降っていたが、窓に水滴はなく目視に問題はなかった。調査海域では風力階級1、雲量10で海面反射がなく、目視のためのほぼベストな気象条件であった。

3月16日

低気圧が通過し、荒天のために調査できなかった。

3月17日

早朝パイロットは別のフライトの際、調査中断のシグナルとなる白波を有明海北部で確認していた。風力はやや強いとの气象台情報も得ていたが、大村湾の長崎空港付近では白波を確認できなかった。そこで橘湾から南下して有明海に入り、南から北に向けて飛行することとした。橘湾南部に白波を確認し、有明海の再南端の調査線1本のみ調査を行った後に、空港に戻った。

3月18日

有明海南部と橘湾の調査を試みた。2回の飛行で海況が悪かった橘湾で3本の調査線以外は調査を終了した。

3月19日（休日）

空港付近では白波が見えなかったので、大村湾調査を試みた。離陸後、大村湾北部に向かう途中で白波が見え始めたので、大村湾調査を断念し、積み残しの橘湾南部の調査を試みたが、海況が悪く断念した。

3月20日（休日）

空港の近くでも白波が立っており、日中は天気回復の見込みなしとの气象台予報官の予報も得て、大村湾調査を断念した。

1-2. 大村湾再調査

<調査機データ>

調査期間：平成12年4月29日

使用機種：4人乗りセスナ172型（機体番号 JA3918）

航空会社：佐賀航空（Tel:0952-46-2002）

空 港：長崎空港

パイロット：藤村直志

<調査経過>

4月29日

大村湾の再調査をした。使用したセスナ機は4人乗り172型（GPS付き）、航空会社は佐賀航空、飛行場は長崎空港であった。この日はビューフォート風力階級は一部の海域を除いて2以下、晴れ（雲量は1～2）で海面反射がきつところもあった。4時間5分の飛行で全域2回の飛行が完了した。ただし、GPSの受信状態が悪く、一部の海域での実際の飛行コースのデータが収録できなかった。

1-3. 瀬戸内海調査（その1）

<調査機データ>

瀬戸内海西部調査

調査期間：平成12年4月30日～5月2日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA3987）

航空会社：日本地域航空（Tel:0836-35-3601）

空 港：宇部空港

パイロット：増田誠

調査期間：平成12年5月3日～4日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA4065）

航空会社：日本地域航空（Tel:0836-35-3601）

空 港：広島西空港

パイロット：落合信貴

<調査経過>

4月30日

天候は雨であったが、凪いでいるという情報を得て、調査を行った。洋上では確かに当初、風力階級は1であったが、最西端2本のラインの調査を終了後、白波が見え始めたので、調査を中止した。

5月1日

薄曇りで雲量3～10、一部の海域を除いて、海面反射は弱くて凪という好条件であった。

5月2日

薄曇りで雲量3～5、一部の海域を除いて、海面反射は弱くて凪という好条件であった。

5月3日

晴れ～薄曇り、雲量2～4、一部の海域を除いて凪であったが、海面反射のきつい海域もあった。

5月4日

薄曇り、雲量2、凪であったが、海面反射のきつい海域もあった。

1-4. 瀬戸内海調査（その2）

<調査機データ>

瀬戸内海東部調査

調査期間：5月21日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA4065）

航空会社：日本地域航空（Tel:0836-35-3601）

空 港：広島西空港

パイロット：落合信貴

調査期間：5月22日、25日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA4050）

航空会社：中日本航空（Tel:086-265-1492）

空 港：岡南空港

パイロット：森下龍二

<調査経過>

5月20日

広島西飛行場では朝から風が強く、午後はさらに強まるとの予想のために、調査を断念した。

5月21日

薄曇り、雲量3～5、一部の海域で反射がきつかったが、午前中は風であった。午後、風力階級が3を越え始めたので、調査を中止し、広島西飛行場に戻った。未調査のラインは岡南飛行場からのフライトで再調査することとし、調査員は岡山に移動した。

5月22日

曇りで午前11時まで雲量3～4、一部の海域で反射がきつかったが、風であった。その後、雲量10となり、反射の影響は弱まり、風も続いたが、15時すぎ淡路島付近で急にしけはじめ、風力階級が3となる場所もあったが、調査そのものは続行した（風力階級が3を越えた所は有効飛行から除外した）。

5月23日

岡南飛行場に朝11時に到着した（この時刻以前は他の予約が入っており、セスナ機を利用できなかった）。到着時、飛行場周辺では強風が吹き、調査域が高気圧の周辺部に入っており、午後回復の見込みなしということで、調査を断念した。

5月24日

飛行場周辺では前日よりさらに強風が吹き、調査を断念した。

5月25日

薄曇りで雲量3～4、一部の海域で反射がきつく風力階級も3となったが、おおむね風であった。

2. 伊勢湾・三河湾調査

<調査機データ>

調査期間：平成12年（2000年）5月15日～22日

（調査日：5月15、16、22日）

使用機種：セスナSKYHAWK2型（機体番号：JA4141,4201）

航空会社：中日本航空（Tel:0568-28-6321）

空 港：名古屋空港

パイロット：内海雅一

<調査経過>

5月15日(月) 伊勢湾内

総飛行時間：3時間23分.

総発見頭数：1次発見－68群144頭（親子25組合む）.

2次発見－15群31頭（親子7組合む）

・伊勢湾を調査し、約3時間半のフライト1回で、10本の東西のラインを消化。風なく、曇天で、目視観察条件は絶好。午後、再飛行しようとしたが、降雨のため中止。

・発見の多かったラインは3、4、5、8、9の鈴鹿市沖から津市沖、明和町沖で、ここはストランディングが多い場所でもあった。

・発見は湾の最奥部（名古屋港付近）と中央部に少なく、中央部より少し北（上記鈴鹿市沖）と湾口部北に多い傾向があった。

・セスナ機搭載のGPSが離陸前、新品に交換したにもかかわらず、途中、受信不良が多発し、記録が一時とれなかったことが問題となった。しかし、持参した予備のハンディGPSでナビゲーション及びログの記録が可能となった。

(経過)

0830 空港内・中日本航空事務所に調査班集合。パイロット及び事務所側と打ち合わせ。天候に問題ないとの事で、伊勢湾北端の定点から調査開始と決定。しかし、GPS不良のため、新品に交換。飛行機からは、ロングレンジのものを使用。2000年4月に実施した飛行訓練のときと同型。機体について、目視調査に支障ないことを確認。

0926 離陸。陸上を飛行し、ライン1（定点1）へ向かう。

0943 ライン1（定点1）着、観察開始。べたなぎ、曇天。風力0、グレアなし。

0948 ライン1（定点2）着、観察終了。発見なし。

0951 ライン2（定点3）着、観察開始。風力0、グレアなし。

0957 ライン2（定点4）着、観察終了。発見1群1頭。

1000 ライン3（定点5）着、観察開始。途中、GPS信号とぎれる。風力0、グレア1/10。

1008 ライン3（定点6）着、観察終了。発見10群16頭（親子4組合む）。

1011 ライン4（定点7）着、観察開始。風力0、グレア1/4。

1022 ライン4（定点7）着、観察終了。発見15群26頭（親子2組合む）。

1027 ライン5（定点9）着、観察開始。観察開始前、録画テープが途中で止まっていることが判明。すぐにテープ交換。風力0、グレア1/4。

1038 ライン5（定点19）着、観察終了。発見8群13頭（親子1組）。

1044 ライン6（定点11）着、観察開始。風力0、グレア1/3。

1045 GPS受信不良発生。

1048 GPS復旧。

1058 ライン6（定点12）着、観察終了。発見1群1頭。

1102 ライン7（定点13）着、観察開始。風力0～1、グレアなし。

1117 ライン7（定点14）着、観察終了。発見2群3頭（親子1組）。

1121 ライン8（定点15）着、観察開始。GPS受信不良もすぐ復旧。風力0、グレア1/4。

1135 ライン8（定点16）着、観察終了。発見21群65頭（親子14組）。

- 1142 ライン9 (定点17) 着, 観察開始. 直前 GPS 受信不良発生. すぐ復旧. 風力0, グレアなし.
- 1153 ライン9 (定点18) 着, 観察終了. 発見9群18頭 (親子3組).
- 1200 ライン10 (定点19) 着, 観察開始. 途中, 答志島上空通過時, 中断. 風力1, グレアなし.
- 1210 ライン10 (定点20) 着, 観察終了. 発見1群1頭. 調査, いったん終了. 定点12経由で名古屋空港へ戻る.
- 1215-1231 帰路の洋上で2次発見15群31頭 (親子7組).
- 1238 名古屋空港に入る. 観察終了.
- 1249 着陸. 天候良いため, 午後の再飛行を決定する.
- 1420 事務所に再集合. しかし, 急に雨が降りだし, 天候悪化しそうなため, 調査中止を決定.
- 1430 翌日も天気良さそうなため, 翌日の飛行を決めて調査班解散.

5月16日(火) 三河湾及び渥美半島南の遠州灘の一部.

総飛行時間: 3時間42分.

総発見群頭数: 1次発見-32群58頭 (親子6組含む). 2次発見-4群24頭 (親子2組含む).

- ・前日よりやや風があり, 陽もさし, 一部でグレアがあるときもあったが, 目視観察条件としては良好. 約3時間40分のフライト1回で, 12本の三河湾南北のラインを消化.
- ・発見の全体的傾向として, 三河湾最奥部では発見なく, 中央部から西に発見多かった.
- ・前日にあったGPSのトラブルはなし.
- ・三河湾の調査終了後, まだ時間があり, 風が弱そうであったため, そのまま渥美半島南方の遠州灘に向かい, 東側(浜松側)から3本目のラインを消化. しかし, その後, 急に白波が出て風力3になったため, そこで調査を中断し, 名古屋空港に戻った.
- ・午後は, 沖での風が強くなってきたため, 再フライトをせず, そのまま調査班解散.
- ・発見の多かったラインは, 三河湾の西部から中央部の17, 20, 22で, 三河湾奥部の2ラインでの発見はなし. 渥美半島南部の外海でも, 発見はなし.
- ・復路(往路は陸上だけの飛行のため観察なし)ならびにその他での2次発見として, 4群24頭(うち親子2組)の発見あり. このうちの1群は帰路での発見で, 北緯45度, 東経137度線上で, 少なくとも20頭の集団として観察. 場所的には, 2000年4月に実施した訓練飛行で第1班がスナメリの大群を見つけた場所に近い場所であった.

(経過)

- 0820 名古屋空港内・中日本航空事務所に集合し, 打ち合わせ. 天候に問題ないとのことで, 三河湾北西端の定点から調査開始とする.
- 0854 離陸. 陸上を飛び, ライン16 (定点31) へ向かう.
- 0912 ライン16 (定点31) 着, 観察開始. ほぼ風なし. べた凧. 曇天. 風力0, グレア1/3.
- 0914 ライン16 (定点32) 着, 観察終了. 発見なし.
- 0918 ライン17 (定点33) 着, 観察開始. 風力1, グレア1/3.

- 0922 ライン 17 (定点 34) 着, 観察終了. 発見 5 群 9 頭 (親子 2 組).
- 0926 ライン 18 (定点 35) 着, 観察開始. 途中, 島で 2 回中断. 風力 1~3 (一時, 片側で風力 3 になる), グレア 1/2.
- 0936 ライン 18 (定点 36) 着, 観察終了. 発見 2 群 3 頭 (親子なし).
- 0941 ライン 19 (定点 37) 着, 観察開始. 風力 1~2, グレア 1/3.
- 0949 ライン 19 (定点 38) 着, 観察終了. 発見 3 群 5 頭 (親子 1 組), ほか 2 次発見 (観察者の片側が陸のため, 調査モードに入っていないときの発見) 2 群 2 頭.
- 0955 ライン 20 (定点 39) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/3.
- 1000 ライン 20 (定点 49) 着, 観察終了. 発見 10 群 20 頭 (親子なし).
- 1003 ライン 2 1 (定点 4 1) 着, 観察開始. 風力 2, グレア 1/3.
- 1008 ライン 2 1 (定点 4 2) 手前着, 終点の直前に島があったため, そこで観察終了. 発見 3 群 5 頭 (親子 1 組).
- 1013 ライン 2 2 (定点 4 3) 着, 観察開始. 風力 1~2, グレア 1/3.
- 1018 ライン 2 2 (定点 4 4) 着, 観察終了. 発見 5 群 7 頭 (親子なし).
- 1021 ライン 23 (定点 45) 着, 観察開始. 風力 2, グレア 1/4.
- 1026 ライン 23 (定点 46) 着, 観察終了. 発見 1 群 3 頭 (親子 1 組).
- 1031 ライン 24 (定点 4 7) 着, 観察開始. 風力 0~1, グレア 1/4.
- 1036 ライン 24 (定点 4 8) 着, 観察終了. 発見 2 群 5 頭 (親子 1 組).
- 1041 ライン 25 (定点 49) 着, 観察開始. 風力 1~2, グレア 1/4.
- 1045 ライン 25 (定点 50) 着, 観察終了. 発見 1 群 1 頭.
- 1051 ライン 26 (定点 51) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/3.
- 1055 ライン 26 (定点 52) 着, 観察終了. 発見なし.
- 1057 ライン 27 (定点 53) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/4.
- 1100 ライン 27 (定点 54) 着, 観察終了. 発見なし. 風がまだ弱かったので, 渥美半島南の遠州灘に向ける.
外海の調査を予定コースとは逆の順番で調査開始.
- 1107 ライン 33 (定点 66) 着, 観察開始. 風ほとんどなく, 目視条件良好. 風力 0~1, グレア 1/4.
- 1112 ライン 33 (定点 65) 着, 観察終了. サーファー以外, 何も発見なし. この後, GPS の定点データの入力ミスで, 少時旋回飛行.
- 1124 ライン 32 (定点 64) 着, 観察開始. 風力 0~2, グレア 1/4.
- 1130 ライン 32 (定点 63) 着, 観察終了. 発見なし.
- 1139 ライン 31 (定点 62) 着, 観察開始. 風力 0~2, グレア 1/4.
- 1146 ライン 31 (定点 61) 着, 観察終了. 発見なし. 終了後, 風力, 片側で 3 になる.
- 1151 ライン 30 (定点 60) 着, 観察開始しようとするが, 風力が左右両側の観察者とも 3 になったため, 調査中断. 残り時間も少なくなったため, 調査を中止して空港に戻る.
途中, 東経 137 度線にそって北上.
- 1207 2 次発見 20 頭以上 (親子 2 組含む). 旋回して, 写真, ビデオ撮影実施.
- 1236 着陸.
- 1300 沖合は風が強くなりそうのため, 午後の再飛行を中止. 調査班解散.

5月17日(水) 天候不良のため、調査中止。
 0830 調査班、名古屋空港集合。朝から小雨。
 0830 パイロットと打ち合わせ。大王崎では視界良好も、今後雨雲が東に広がり、風も強くなるとの予報。
 0900 気象通報を確認し、雨雲が調査予定海域にも広がっていることから、調査中止を決定。
 0915 調査班解散。
 1700 翌日は好天も風強いとの予報のため、調査中止とする。

5月18日(木) 天候不良のため調査なし。
 5月19日(金) 吉岡、所要のため調査なし。
 5月20日(土) 天候不良のため調査なし(南海上を台風2号が通過)。
 5月21日(日) 航空会社、飛行機の先約があり、調査なし。
 5月22日(月) 伊勢湾湾口、渥美半島南の遠州灘西方；三河湾内(再調査)

総飛行時間：3時間47分(午前-2時間34分；午後-1時間13分)。

総発見群頭数：(午前-湾口部)1次発見-3群11頭(親子なし)。2次発見-27群66頭(親子20組)(大半三河湾)。(午後-三河湾再調査)1次発見-6群14頭(親子3組含む)。2次発見なし。

- ・朝から曇天で風弱く、目視観察条件は良好。湾口部の調査なので、風が心配であったが、ほとんど心配無用であった。
- ・湾口部で残っていた8本の予定コースをすべて終了後、いったん空港に戻る。
- ・一番北側のライン11(鳥羽沖)で発見があったのみで、それより南の大王崎沖までと、渥美半島の南の遠州灘ではすでに終わっていた3本のラインも含め、スナメリの発見はなし。他の鯨類の発見もなし。
- ・復路、三河湾を斜めに横切る形でコースをとり、三河湾上空を15分ほど飛行し、空港に戻る途中で多くの2次発見あり。
- ・その後、帰路の三河湾でかなりの2次発見があったこと、16日の三河湾の調査で、一部の海域で片側風力3になるラインがあり、発見数に過小評価の可能性があること、当日の天候がまだよさそうであったこと、の3点から、午後、再フライトを依頼し、三河湾の再調査を実施。しかし、三河湾の西から4本のラインを消化した段階で、やはり風が強くなりだし、前回より気象条件が悪くなったため、結局調査を中断して空港に戻った。
- ・午後のフライトは結果的に失敗の形になったが、指定の条件下での調査はこの日までですべて消化。

(経過)

<午前フライト>

0830 調査班、名古屋空港内・中日本航空事務所に集合し、パイロットと打ち合わせ。天候に問題ないとのことで、調査開始決定。すぐに準備に入る。
 0902 離陸。伊勢湾湾口部の最北ライン、ライン11に向かう。途中、ライン11手前で1群6頭(親子2組)の2次発見あり。
 0932 ライン11(定点21)着、観察開始。曇天。風力1~2, グレア1/4。
 0940 ライン11(定点22)着、観察終了。発見3群11頭(親子なし)。
 0944 ライン12(定点23)着、観察開始。風力2(ごくわずかに一部白波), グレア1/4。

- 0949 ライン 12 (定点 24) 着, 観察終了. 発見なし.
- 0954 ライン 13 (定点 25) 着, 観察開始. 風力 1~2, グレア 1/4. 途中, 漁船が数十隻密集している海域あり.
- 1000 ライン 13 (定点 26) 着, 観察終了. 発見なし.
- 1005 ライン 14 (定点 27) 着, 観察開始. 風力 1~2, グレア 1/4. 途中で GPS 信号とぎれる (このコース終了まで). 赤潮あり.
- 1011 ライン 14 (定点 28) 着, 観察終了. 発見なし. GPS, アンテナを交換して復旧.
- 1016 ライン 16 (定点 29) 着, 観察開始 (大王崎付近). 風力 1, グレア 1/4. 南北に長く赤潮.
- 1022 ライン 15 (定点 30) 着, 観察終了. 発見なし. この時点で, 紀伊半島側の湾口部の調査終了. この後, 渥美半島南岸の遠州灘で残っていた 3 本のラインの消化に向かう. 定点の番号を逆順に飛行.
- 1028 ライン 28 (定点 56) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/3. べたなぎ.
- 1038 ライン 28 (定点 55) 着, 発見なし.
- 1040 ライン 29 (定点 58) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/3.
- 1049 ライン 29 (定点 57) 着, 観察終了. 間際に風力 2. 発見なし.
- 1053 ライン 30 (定点 60) 着, 観察開始. 風力 1, グレア 1/4.
- 1100 ライン 30 (定点 59) 着, 観察終了. 発見なし.
この後, そのまま北上して渥美半島を横断し, 三河湾に出た時点で, 定点 31 に向けて飛行. 三河湾を北西方向に飛びながら, スナメリの観察を続ける.
- 1104-1109 2 次発見 21 群 54 頭 (親子 1 8 組) の発見があり, 赤潮の中にもスナメリはいる. また, 防波堤のすぐそばまでスナメリがいた.
- 1136 着陸
<午後のフライト>三河湾の再調査を決定し, 調査班引き続き大気.
- 1320 調査班, 事務所に再集合. 少し風が出てきたがとりあえず飛行してみることにする. これまで使用していたセスナ機が所定の飛行時間に達し, 点検が必要になったため, 機体は別の同型機に変更. 観察準備.
- 1348 離陸. ライン 1 6 を調査するため, 定点 3 1 へ向ける.
- 1407 ライン 1 6 (定点 3 1) 着, 観察開始. 風力 2, グレア 1/2. 午前中ほど条件良くない. グレアもややきつい.
- 1410 ライン 1 6 (定点 3 2) 着, 観察終了. 発見なし. 途中, 赤潮あり.
- 1413 ライン 1 7 (定点 3 3) 着, 観察開始. 風力 2, グレア 1/2.
- 1416 ライン 1 7 (定点 3 4) 着, 観察終了. 発見 2 群 4 頭 (親子 1 組).
- 1420 ライン 1 8 (定点 3 5) 着, 観察開始. 風力 2, グレア 1/2.
- 1433 ライン 1 8 (定点 3 6) 着, 観察終了. 発見 2 群 5 頭 (親子 1 組). 途中赤潮あり. 島で 2 回中断.
- 1436 ライン 1 9 (定点 3 7) 着, 観察開始. 風力 2, グレアも 1/2.
- 1442 ライン 1 9 (定点 3 8) 着, 観察終了. 発見 2 群 5 頭 (親子 1 組). 赤潮あり. 島で 1 回中断. 目視条件, 思ったほどよくなく, 前回調査よりも成果の改善は望めないと判断し, ここで調査を打ち切り, 空港へ戻ることにする. そのまま陸上を通過して帰路

- につく。
- 1501 着陸。
- 1510 事務所でそれまでの飛行記録を受け取り，調査班解散。調査終了。

3. 仙台湾～内房調査

3-1 仙台湾～内房調査（その1）

<調査機データ>

調査期間：平成12年4月30日～5月7日
使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA3697）
航空会社：国際航空運輸（Tel:0223-24-2221）
空 港：仙台空港
パイロット：宮崎満

<調査経過>

海霧のため福島県沖で一部未調査部分が残った。また外房の調査は風のためすべて積み残し，再調査とした。

4月30日

仙台空港内，国際航空運輸にて調査の打ち合わせと機体のチェックを行った。

5月1日

Line5にて調査訓練後，そのまま調査に入った。仙台湾南部のLine6より，塩屋崎北のLine14までの調査を行った。風はほぼ無風。日差しも強くなかったが，沖合には500ftあたりより下に濃い海霧があり，全部を調査できないラインが多かった。

5月2，3日

日本海の低気圧のため雨。かなり雲が低いため，飛行に差し支えるとのことから調査を延期する。

5月4日

天候が回復。薄曇り。仙台湾北部（Line1-5）の調査を実施。風力は1から2で条件はよいが，南側にグレアがありやや見にくかった。

5月5日

竜ヶ崎飛行場にて調査の打ち合わせと機体のチェックを行った。

5月6日

鹿島沖（Line26）から北のLine15までの調査を行った。天候は曇りで，朝のうちわずかに白波ができる場所があったが，Line24以北ではおさまった。一部薄い霧があった部分があるが，目視には大きな影響はなかった。

5月7日

空港での条件がよかったので離陸，犬吠埼以南の調査を試みたが，風が強く，Line27を飛行した後，帰投した。

5月8日

離陸し比較的風が凪いでいると想定された九十九里沖へ向かうがやはり風が強く，4本調査した段階で中断。その後，北へ戻りLine28，27の調査を試みるがやはり波が高いため，調査を断念し空港へ戻った。

3-2 仙台湾～内房調査（その2）

<調査機データ>

調査期間：平成12年5月26日～27日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA3905）

航空会社：新中央航空（Tel:0297-62-1271）

空 港：竜ヶ崎飛行場

パイロット：豊田敏幸

<調査経過>

前回風波のため、十分な調査ができなかった外房沿岸の再調査を目的とする飛行を予定した。5月26-28日を当て、外房海域に加え東京湾口にも調査ラインを3本（Line 32, 33, 34と同緯度）設置し、外房から東京湾側へは房総半島の先端を観察しながら移動することにした。

5月26日

天候は晴れ、午後から天気が下り坂との予報があったがとりあえず離陸した。犬吠埼（Line 27）から東京湾口（Line 37）まで一通りの調査を行ったが、ほとんどの部分で白波が立っており、まともな調査ができなかった。

5月27日

低気圧接近のため、天候悪化の見込みで調査を中止した。解散とした。

3-3 仙台湾～内房調査（その3）

<調査機データ>

調査期間：平成12年7月16日～17日

使用機種：4人乗りセスナ機172型（機体番号JA3905）

航空会社：新中央航空（Tel:0297-62-1271）

空 港：竜ヶ崎飛行場

パイロット：豊田敏幸

<調査経過>

ほぼ天候に恵まれ、2日かけて予定通りの調査を終了することができた。初回の調査で白波のあったLine25, 26の再調査も行なった。

7月16日

鹿島灘（Line 25）から南の調査を行った。鹿島灘沖合ではところどころ靄による目視の中断があった。外房のLine33のあたりで白波が立ち始めたため、空港へ戻った。

7月17日

外房南部（Line 33）から東京湾口までの調査をおこなった。外房と内房間のスナメリの分布状況を調査するため、Line34から35の間は海岸線に沿って飛行し観察を行った。

自然環境保全基礎調査

海域自然環境保全基礎調査

海棲動物調査（スナメリ生息調査）報告書

平成14（2002）年3月

環境省自然環境局 生物多様性センター

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1

電話：0555-72-6033 FAX：0555-72-6035

請負者 財団法人 海中公園センター

〒105-0002 東京都港区愛宕1丁目3番1号 三興森ビル7階

