

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）， R：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、外房から内房間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して行った。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%信頼区間： $(M_{\text{estimated}})/C$, $(M_{\text{estimated}})C$

で与えた。ここで、

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

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

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。

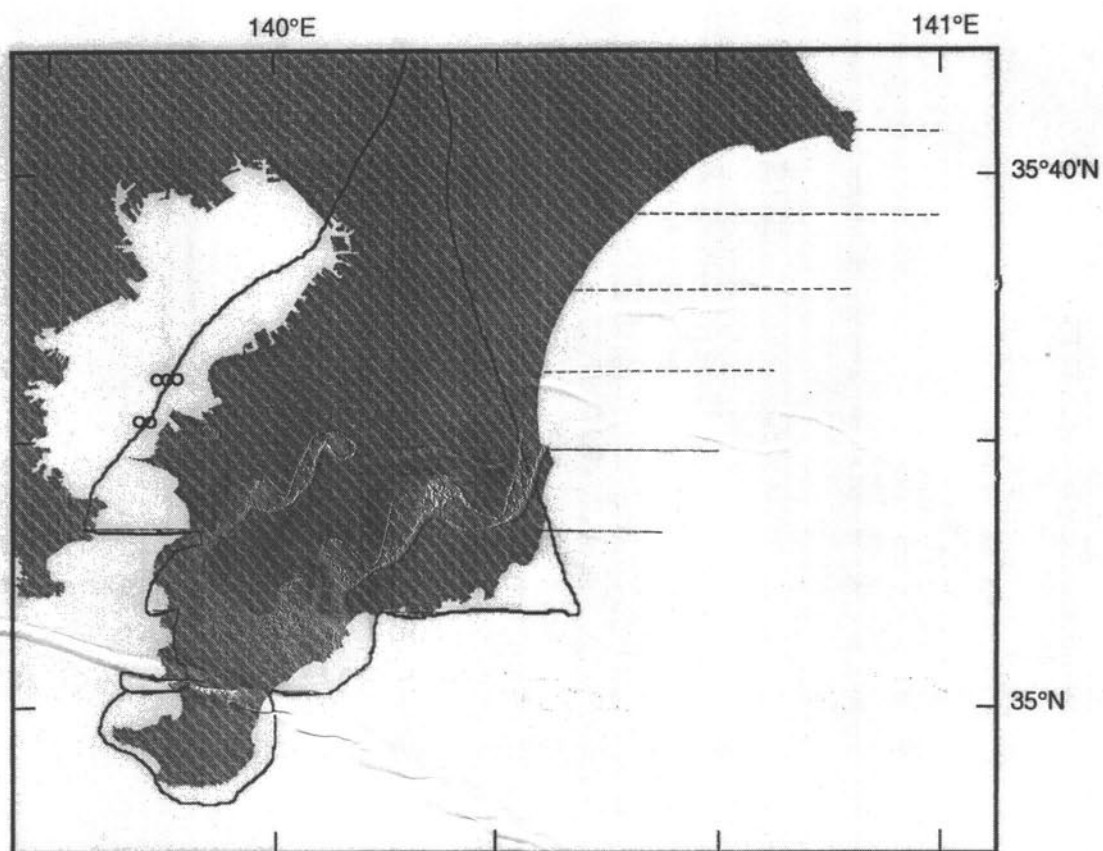


図4-8 平成12年7月17日のスナメリ目視調査の飛行コースとスナメリ発見位置。黒実線が有効調査線，●は有効発見一頭，○は二次発見を示す。

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 km^2 , 有効調査距離 707.0km.

(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

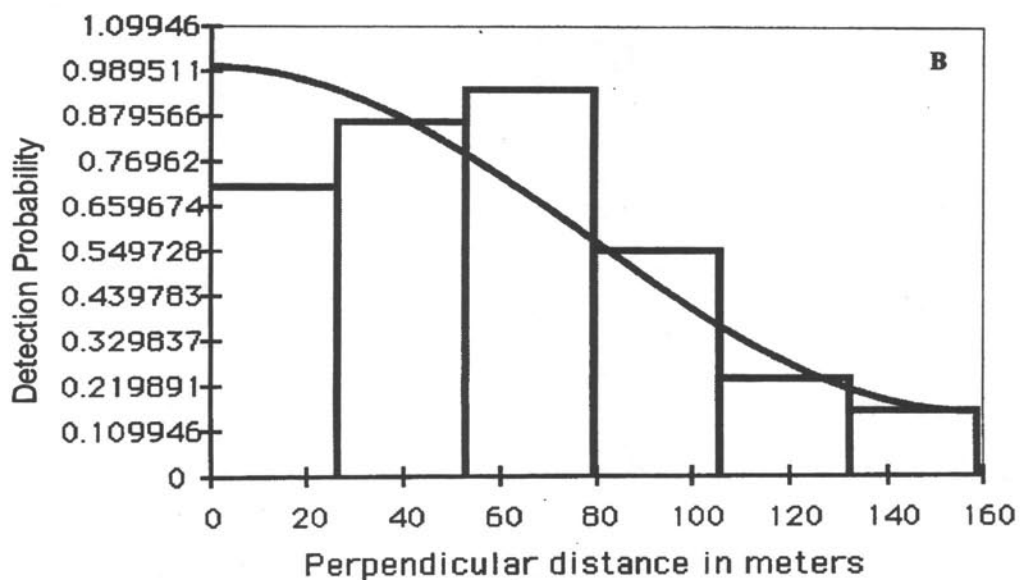
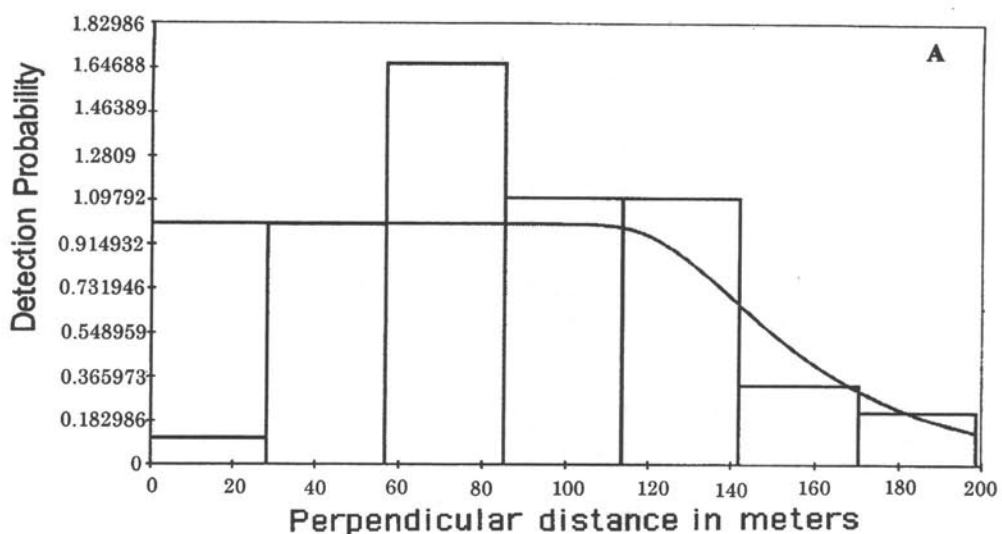


図4-9 横距離に対する発見確率の頻度分布. 50m以近データを除いた場合 (A) と90m以近データを除いた場合 (B). x軸の原点が50mまたは90mにあたる.

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,

$$50\text{mの場合: } D=59/(2*684.61*0.15736)=0.274 \text{ 頭/km}^2$$

または

$$90\text{m の場合} : D=51/(2*684.61*0.09818)=0.407 \text{ 頭/km}^2$$

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

$$50\text{m の場合} : 2176 \text{ 頭}$$

または

$$90\text{m の場合} : 3233 \text{ 頭}$$

推定頭数の標準誤差は、

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

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

または

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

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

また、推定頭数の 95%信頼区間は、

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

または

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

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.