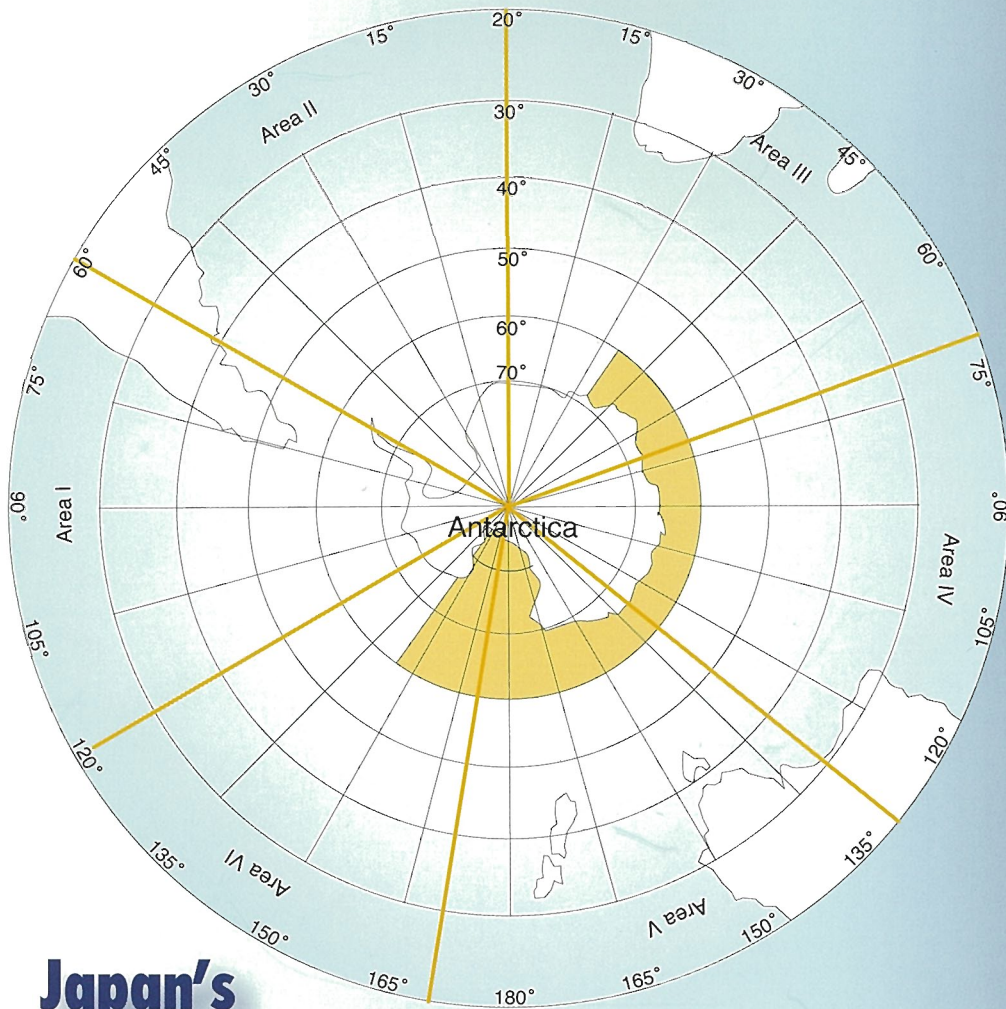


南極海鯨類捕獲調査



Japan's Whale Research Program under Special Permit in the Antarctic (JARPA)



財団法人日本鯨類研究所

水産庁 監修

要約

■ 背景	5
■ JARPA とは?	7
■ JARPA の成果 (要約)	9

本編

概略	17
調査手法	19
■ 調査航路	19
■ 調査船団	20
■ 調査船の役割	21
■ 目視調査	22
■ 鯨類の目視頭数	23
■ 生物学的調査	24
JARPA の結果	25
■ 生物学的特性値の推定	25
■ 自然死亡率及び加入率	26
■ 年齢組成	28
■ 棲み分け	30
■ 妊娠率	31
■ 南極海の生態系調査	32
■ 汚染モニタリング	34
■ クロミンクジラの食性	35
■ 系群構造	36
■ ミンクジラの種類	39
■ クロミンクジラの資源量	40
■ ザトウクジラ資源量の増加	42
■ 他の大型鯨類資源量の増加	43
■ バイオプシー標本採取及び写真識別	44
■ クロミンクジラの体外受精	45
■ 海洋観測調査	46
■ 人工衛星標識及び音響モニタリング	47
■ 博物館への協力	48

Q&A

■ 致命的調査の必要性	51
■ もっとも汚染されていない食品の一つ	54

索引	56
----------	----



要約

図 1. 南極海を泳ぐクロミンククジラの群れ。

南極海生態系の変遷とJARPAの目的

南極海は世界の海洋の中で最も生産力が高く、その中でナンキョクオキアミは資源量が莫大で、この海洋生態系の鍵種です。そして、この豊富な生物種を捕食するヒゲクジラ類はこの生態系の主要な構成要素です。

南極海が春を迎え、氷に大地が削り取られて南極大陸から運ばれた栄養塩に富んだ海に日光が差し込むと、植物プランクトンが爆発的に増殖し、それを餌とするナンキョクオキアミが大増殖します。その頃、暖かい海で繁殖を終えて痩せ細ったシロナガスクジラとクロミンククジラは、ナンキョクオキアミが多量に分布する南極海のバックアイスの近くに到着し、このオキアミを盛んに食べて、次の繁殖期に備えて、夏の間に栄養を蓄えます。従って、同じ海域で同じ餌を捕食するシロナガスクジラとクロミンククジラは直接的な競合種なのです。

1904年に近代捕鯨が南極海で基地式操業を開始すると、最初は捕獲しやすいザトウクジラが捕獲の対象になりましたが、1910年頃から最大で鯨油の生産量の最も多いシロナガスクジラが主対象になり、1920年代の中頃に効率のよい母船式捕鯨が開始されると、図2に示すように、捕獲量は急速に増加しました。それにつれてシロナガスクジラの資源は急速に減少してゆきました。それに対して、小型で脂皮の薄いクロミンククジラは1970年代まで捕鯨の対象として無視され続けました。競合種の資源が減少するにつれて、クロミンククジラの餌環境がよくなり、栄養がよくなるにつれて、繁殖率が増加し、自然死亡率が減少して、この鯨種の資源量が急速に増加したと考えられます。

このように南極海生態系の主要構成要素であるヒゲクジラ類は、捕鯨業の発展とともに大きく変化したと考えられています。人間が乱した生態系は人間によって修復しなければなりません。捕鯨業が始まる前よりも資源が異常に増加したクロミンククジラ資源とその環境の調査は、南極海の生態系を正しく理解して、それを元に戻し、生態系構成生物の合理的な利用と管理を進めるために必要な事業です。日本はその目的を持って、1987年からJARPA調査を継続して実施しております。まだこの調査は終了しておりませんが、すでにこれまでに多くの新しい知見が得られつつあります。

この冊子は、JARPA調査計画について人々のご理解とご支持を得るべく、調査の仕組みと成果の概要について、分かりやすく紹介するために作成されました。

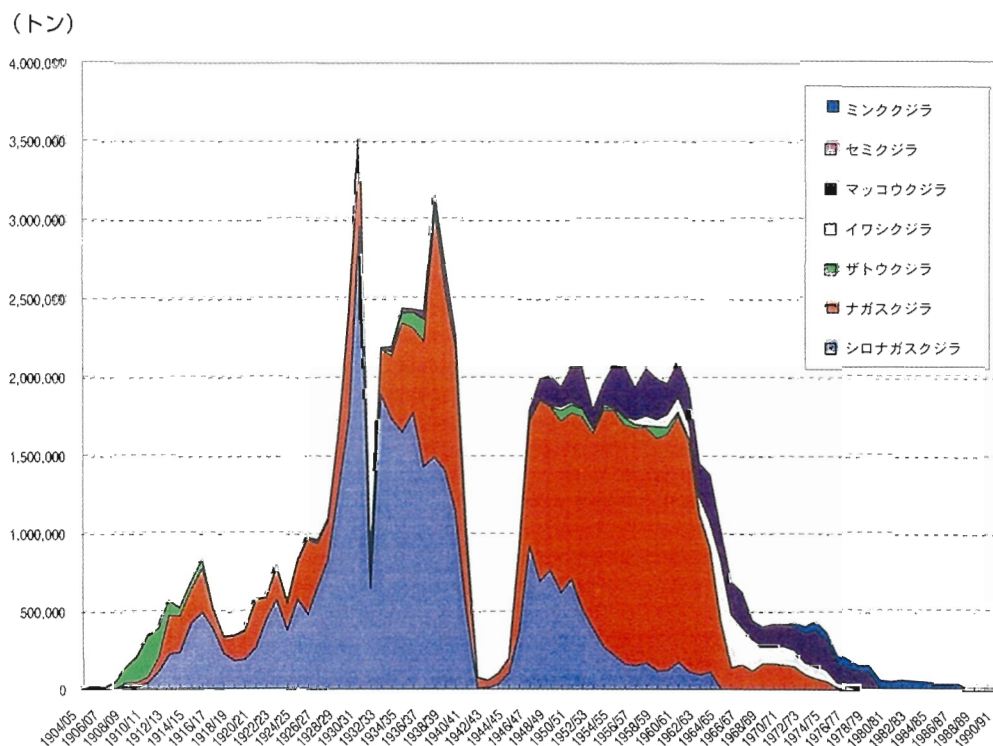


図2. 南極海における商業捕鯨による鯨種別捕獲量（トン数）と鯨種構成の変遷。

1997年に開催されたJARPAの 資料と結果を検討する国際作業部会の報告抜粋

1. JARPAはまだ調査期間の半ばにあるけれども、調査海域におけるある種の生物学的特性値（例えば性成熟年齢の直接測定）の理解に関して、すでに大きな貢献をしている。
2. 「南極海の生態系に果たすクロミンククジラの役割の解明」という調査目的の下で、JARPAは調査海域におけるクロミンククジラの資源状態についての理解を増加させるに必要な生理状態に関する資料を集めてきた。これらの資料は「オキアミの過剰」説に関連する種々の仮説を検証するのに役立つであろう。
3. 「鯨類に及ぼす環境変化の影響の解明」の調査目的の下では、クロミンククジラの生物学的特性値が環境変化に関連してどのように変化するかについての知見は、いまだにかなり不確かである。それ故に、物理的、生物的海洋学とクロミンククジラと餌の分布との関係とを統合する、中規模な海域における研究を発展させるべく努力する必要がある。
4. 「資源管理を改良するための系統群構造の解明」の調査目的に見合う、遺伝資料数を決定することは困難である。なぜならば、何が系統群を構成するかについての科学委員会の定義がはっきりしないからである。
5. JARPA計画の結果はRMPの下での資源管理に必要としないが、次の方法でクロミンククジラの資源管理を改善する可能性を有する。(1) RMPの適用模擬試験において考えられるシナリオの数を減らす。(2) 将来のRMPの適用模擬試験において新たなシナリオの特定作業を進める（例えば、系統群構造の季節要素）。
6. JARPA資料の解析結果はクロミンククジラの捕獲枠を、資源減少の危険を増大させずに、現在のRMPの適用模擬資源で計算されるよりも増加させるであろう。
7. 今後8年間のJARPA調査においては、環境変化の要素を拡大すべきである。

JARPAとは？

JARPA¹とは？

国際捕鯨委員会（IWC）は1982年に、鯨類資源に関する科学的知見が不確実だとして、1986年から商業捕鯨の一時停止措置（モラトリアム）を実施することを決定しましたが、その一方で、1990年までに「最良の科学的助言」に基づいて捕鯨再開を前提としたモラトリアムの見直しに合意しました。

JARPAは、南極海において1987/88年から2年の予備調査を経て2004/05年まで実施する16ヶ年に及ぶ鯨類調査であり、日本政府の許可と指示を受けて（財）日本鯨類研究所が実施しています。

- JARPAは、クロミンククジラ資源についての科学的知見の不足を解消します。
- IWCが決めたモラトリアム見直し規定を確実に実施するのに貢献します。

JARPAの4つの目的

JARPAは、捕鯨の再開に必要なデータを得るために、以下の4つの目的で実施しています。

1. 資源管理に有用な生物学的特性値²の推定。
2. 南極海生態系の中で鯨類の果たす役割の解明。
3. 環境変動が鯨類資源に与える影響の解明。³
4. 鯨類系統群の分布範囲及び分布境界の確定。⁴

- JARPAはクロミンククジラの年齢別・性別の資源組成を明らかにし、より安全で持続可能な資源利用を実現します。
- JARPAは鯨類を含む南極海生態系全体のバランスのとれた利用の実現に貢献します。
- JARPAは広範な環境要因を考慮し、より安全で持続可能な資源管理を可能にします。
- JARPAは安全で厳密かつ確実な改訂管理方式（RMP、25頁を参照）を適用できるようにします。

JARPAは完全に合法的

JARPAは国際捕鯨取締条約（ICRW）の目的である「鯨類資源の持続可能な利用」を促進するために、同条約第8条の規定に基づき、合法的に実施されています。調査の副産物の販売も、この規定による調査実施国の義務に従って行われています。

国際捕鯨取締条約第8条

1. この条約の規定にかかわらず、締約国政府は、同政府が適当と認める数の制限及び他の条件に従って自国民のいずれかが科学的研究のために鯨を捕獲し、殺し、及び処理することを認可する特別許可書をこれに与えることができる…。
2. 前記の特別許可書に基づいて捕獲した鯨は、実行可能な限り加工し、また、取得金は、許可を与えた政府の発給した指令書に従って処分しなければならない。

¹ Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Antarctic（南極海鯨類捕獲調査）の略称。

² 自然死亡率、加入率など。

³ 第7次調査航海から加えられた。

⁴ 第8次調査航海から加えられた。

JARPAとは？

IWCの科学委員会はJARPAを高く評価

1997年の中間レビュー会議⁵においてIWCの科学委員会は、いくつか改善すべき点を指摘しながらも、JARPAが鯨類資源の管理の改善に大きく貢献する可能性があると認めています。我が国が本調査に真剣に取り組み、着実に成果を上げていることが、IWCの科学者たちに評価されたものと考えられます。

レビュー会議の主な評価は以下のとおりです――

- 本調査による成果は南半球および他の海域におけるミンククジラの管理を改善する可能性を持っている。特にRMPの条件設定の妥当な範囲を絞り込み、資源への危険を増すことなく捕獲枠を増やすことに貢献する。
- 本調査はIV区およびV区におけるクロミンククジラ資源の増減傾向に関する長期変動についての多くの疑問に答える可能性を持っている。また、日本の調査はIV区およびV区の生物学的特性値の解明に大きく貢献しているが、新たに判明した系群構造との関係を用いてこれらの分析がなされる必要がある。
- 本調査は、南極海生態系における鯨類の役割の解明に役立つ。収集されるデータは「オキアミ余剰モデル」のような仮説の検証を行う方向で用いられるべきである。

この中間レビュー報告書には、この他にも、「すでにJARPAはある種の生物学的特性値を理解する上で多大な貢献をしている」、及び「計画半ばであるが、JARPAのおかげで資源構造の理解が実質的に改善された」など、JARPAの成果を肯定的に評価する表現が随所に見られます。



図3. 南極海のIV区(2002年)で採集したクロミンククジラを調査母船に向けて曳航している目視採集船第25利丸。



図4. 日新丸の甲板上での生物学的調査。調査員の一人(緑色のヘルメット)がクロミンククジラの脂皮の厚さを測定中。2002年、南極海のIV区にて。

⁵ JARPAの調査結果については毎年IWCの科学委員会に報告されていますが、1997年5月に日本においてIWCの主権の下に5日間にわたるレビュー会議が行われました。このレビュー会議では1987/88年から始まった2回の予備的調査を含む調査結果に基づいて、それぞれの目的の達成及び鯨類資源研究への貢献の達成度合いなどが建設的かつ深く掘り下げて検討されました。レビュー会議には米国、ニュージーランド、オーストラリア、ノルウェーなど10数カ国から44名のIWC科学委員会の科学者が参加しました。

JARPAの結果

ここでは、JARPAの結果を、

I) ミンククジラの分類学上の貢献、II) JARPAの主要目的に関する成果、及びIII) その他の結果(図5参照)にまとめました。

I) ミンククジラの分類学上の貢献

最近まで南北両半球のミンククジラは単一種、*Balaenoptera acutorostrata*として考えられていました。JARPAによって集められるサンプルに基づく遺伝学的分析はミンククジラの分類学的地位を明瞭にするために貢献しています。

実際に2つの種、クロミンククジラ(南氷洋ミンククジラ)の*Balaenoptera bonaerensis*とミンククジラ、*Balaenoptera acutorostrata*が確認されています。前者はより大きく、より豊富な種で、南半球にのみ分布しています。後者には北大西洋、北太平洋のミンククジラおよび南半球に住んでいる、小型のドワーフミンククジラが含まれます。

JARPAの下で行われた遺伝学的分析からは2つの主要な調査結果が得られました：a)ミンククジラ(南半球ドワーフ)およびクロミンククジラ(南氷洋ミンククジラ)が別々の種です、及びb)ミンククジラ(ドワーフミンククジラ)は北半球のミンククジラ、特に北大西洋のミンククジラと密接に関連しています。北太平洋および北大西洋のミンククジラおよび南半球のドワーフミンククジラはミンククジラ種*B. acutorostrata*に属します。

JARPAの生態学的調査によりドワーフミンククジラが主に魚を捕食していることが判明しました。また、JARPAの記録ではドワーフミンククジラは当初考えられていた以上の南の緯度まで回遊することが判り、目視調査の結果、夏場では南緯60度まで来遊することが判明しました。

ドワーフミンククジラは胸びれに明瞭な白いバンド等、海上でのクロミンククジラとの判別を可能にする、形態学的特徴の違いがあることも判明しました。その後1993/94よりドワーフミンククジラの捕獲を停止させることが決定されて以来、実際上一頭も捕獲されておらず、熟練した研究者が遊泳中のクロミンククジラとドワーフミンククジラを効率的に識別出来ることを示しています。

早わかりガイド

ミンククジラの分類学

- JARPAの下で行われた遺伝学的な分析はミンククジラの分類学を明らかにすることに貢献しています。
- 2つの種が確認されました：それらは南半球にのみ分布する、より大型で豊富なクロミンククジラ(南氷洋ミンククジラ、*B. bonaerensis*)とミンククジラ(*B. acutorostrata*)です。北大西洋、北太平洋のミンククジラおよび南半球に生息するドワーフミンククジラが後者に属します。
- JARPAの下で行われた遺伝学的分析によりミンククジラ(ドワーフミンククジラ)とクロミンククジラとが別々の種であることが確認されたほか、ドワーフミンククジラが北半球のミンククジラ、特に北大西洋のミンククジラと密接に関連していることが確認されました。
- 北太平洋、北大西洋のミンククジラおよび南半球に生息するドワーフミンククジラは普通のミンククジラ種、*B. acutorostrata*に属します。

JARPAの成果(要約)



図5. クロミンククジラ
(*Balaenoptera bonaerensis*)。
他のミンククジラは胸びれに白い帯があるのが特徴だが、これには見られない。また、他のナガスクジラ類に比べて、頭部がずいぶん尖っている。胴体は、背面が黒で、腹側が白い。写真の個体の円形の白い跡は、ダルマザメによる咬傷。

II) クロミンククジラ (*B. bonaerensis*) に関する JARPA の主要目的に関する成果

目的その1

資源管理に有用な生物学的特性値の推定

- 1.1 JARPAで得られたデータのうち、もっとも重要なものの一つが年齢であり、採集された各個体の年齢を高い精度で査定することが可能です。JARPAと過去の商業捕鯨標本との年齢査定率を比較したところ、JARPAのほうが高くなりました。体長7.9～8.8mの雄では、年齢査定率はJARPAの標本だと91.3%なのに対し、商業捕鯨標本では61.2%、体長8.2～9.4mの雌では、前者が90.6%で、後者が63.9%でした。
- 1.2 JARPAの調査で、系群の典型的な年齢組成データを得ることができたのは大きな成果の一つです。これが可能になったのは、調査海域でクロミンククジラを無作為に選んで採集しているからです。典型的な年齢組成データに基づいて、生物学的特性値を推定します。
- 1.3 JARPAでは、調査海域のクロミンククジラの(資源量推定のための)目視調査と生物学的調査を並行して実施しています。これによって、クロミンククジラの相対的資源量を考慮した生物学的特性値の推定が可能となります。
- 1.4 JARPAの目視調査結果を分析したところ、1989/90年から2000/01年までの期間、南極海のIV区及びV区のクロミンククジラの資源量推定値は、高い水準で安定的に推移していることが分かりました。
- 1.5 調査海域では、年齢・性別によって明確な棲み分けが認められました。12歳未満の個体は、IV区よりV区のほうが少ないのですが、IV区とV区は単一の系統群で、若い個体はV区外の海域に分布しているという解釈が考えられます。
- 1.6 系群の年齢組成から、IV区とV区を合わせて予備的に年間自然死亡率を算出したところ、雄が6.9%、雌が7.2%となりました。自然死亡率は、コーホート分析を用いた資源動態を調べるにあたっての基本的パラメーターです。資源の持続可能な利用を考えて漁獲量を最大限にするには、ある自然死亡率に対する適切な漁獲死亡率が決まってくるので、自然死亡率が重要となります。JARPAのデータを用いて、系群のある年齢層の個体数(たとえば12歳の個体の頭数)を調べ、その年齢層の経年変化をたどることが可能となりました。年間自然死亡率を使って、ある一定の期間(たとえば28年間)にその年齢層の個体の自然死亡数を算出しましたが、この期間の当初、12歳の個体は5,636頭であり、28年間に死亡する数は5,208頭となりました。

JARPAの成果(要約)

- 1.7 同じ期間におけるJARPAの捕獲による12歳年齢層の死亡数は182頭で、同期間における自然死亡数の3.5%に過ぎません。したがって、調査による捕獲が系統群に与える影響は、自然死亡率よりずっと小さいと結論づけることができます。
- 1.8 IV区とV区の数年間にわたるデータを用いてクロミンククジラの性成熟年齢を推定したところ、おおよそ雄が5歳、雌が8歳でしたが、雌の場合、商業捕鯨のデータに基づいた結果より比較的高くなっています。しかしながら、この特性値が、経年的に変化しているかどうかを確認する必要があります。また、JARPAの性成熟体長は、雄がおおよそ7.3m、雌が約8.1mと推定され、雄・雌でも、商業捕鯨のデータから得られた結果と同じでした。性成熟年齢及び体長は、これらの特性値の経年的な変化を見るために、毎年推定しています。
- 1.9 IV区とV区の見かけの妊娠率は、1971/72年から1999/2000年までのあいだ、高水準(80%以上)を保っています。
- 1.10 上記1.4、1.8及び1.9からも分かるように、資源量や生物学的特性値は、資源状態の経年変化の指標として用いることができ、南極海の海洋環境の変化を推論することもできるのです。

早わかりガイド

目的その1の結果

- 調査期間にわたる資源量や生物学的特性値の変化を推定することによって、クロミンククジラの資源管理が改善できる。
- 系群の資源状態の変化を調査期間においてモニタリングできる。
- 資源量推定値や妊娠率が調査期間にわたって高レベルで安定していることから、IV区とV区のクロミンククジラ資源は健全であることが示唆される。

目的その2

南極海生態系の中で鯨類の果たす役割の解明

- 2.1 詳細な海洋学的調査を実施して、クロミンククジラの主要餌生物種であるオキアミ (*Euphausia superba*) の分布や動態を調べたところ、オキアミの分布には氷縁の範囲や形状、また海底の地形が関わっていることが分かりました。
- 2.2 JARPAでは、クロミンククジラの目視調査及び計量魚探を用いたオキアミ資源調査を並行して実施することが可能となりました。その結果、氷縁に近い調査海域におけるクロミンククジラの分布はオキアミの存在や分布と密接に関わっていることが分かりました。
- 2.3 JARPAの調査で、クロミンククジラの胃内容物の定量的分析が初めて可能になりました。胃内容物と鯨1頭の重量を直接測定します。クロミンククジラ1頭の1日当たりのオキアミ消費量は、200~300kg(体重の3~5%)で、IV区の年間消費量は、174万トンから193万トンと推定されます(IV区のオキアミの推定資源量のおよそ30%)。
- 2.4 ロス海でのクロミンククジラのオキアミ消費量は、同海域のアデリーペンギンやカニクイアザラシより多く、クロミンククジラの1日のオキアミ消費量は35,000トン前後と推定されましたが、それに対してアデリーペンギンは2,100トン、カニクイアザラシは600トンと推定されます。

JARPAの成果(要約)

早わかりガイド

目的その2の結果

- JARPAの調査でクロミンククジラの餌生物消費量の定量分析が可能になりました。
- クロミンククジラは、IV区のおキアミ資源量のおよそ30%を捕食しています。
- ロス海では、クロミンククジラがおキアミの最大の捕食者です。
- 生態系ベースの管理制度を検討するときには、こうした情報を考慮に入れるべきです。

目的その3

環境変動が鯨類資源に与える影響の解明

- 3.1 同じ鯨でも汚染物質の種類により蓄積する組織（筋肉、脂皮、内臓）が異なりますが、JARPAは、汚染物質分析のために各々の組織を採集することを可能にしました。クロミンククジラの汚染物質蓄積量は、年齢を考慮に入れて調べます。
- 3.2 JARPAで比較分析したところ、クロミンククジラ及び南極海の環境中の汚染物質蓄積量は、北半球より遙かに低く、ほとんど存在しないという結論に達しました。
- 3.3 クロミンククジラの成獣の脂皮におけるPCB蓄積量は、やや増加傾向がみられましたが、最近横ばいになりつつあります。また、水銀の年齢蓄積曲線にも経年的な増加が認められていますが、これは摂餌環境に何らかの変化があって、それを反映した結果であると考えられます。
- 3.4 JARPAによる時系列的な海洋観測データによって、環境の変化や捕食者・被捕食者関係の時間的変遷を調べることが可能となっています。クロミンククジラの分布は、氷縁際付近の餌の入手状態の年変動（これは海洋環境が毎年変動していることを示唆していますが）、つまり、摂餌場で形成されるおキアミの高密度海域に影響されているようです。

早わかりガイド

目的その3の結果

- クロミンククジラの組織及び環境（海水、大気）中の汚染物質蓄積量から見て、南極海の海洋生態系における汚染度は、北半球より遙かに低く、ほとんど存在しません。
- JARPAの調査によって、氷縁際付近のおキアミの分布や資源量は、年により多少の変動がみられることが分かりました。
- JARPAの調査期間中に得られる時系列的データによって、ミンククジラの資源に影響する可能性のある、環境変動のモニタリングをすることができます。

目的その4

鯨類系群の分布範囲及び分布境界の確定

- 4.1 JARPAの調査ではDNA（遺伝学的アプローチ）、体各部の計測（外部形態学的アプローチ）、寄生虫の種類と量及び汚染物質蓄積量（生態マーカー的アプローチ）などを含む、系群構造に関する様々なデータを収集してきました。それらは一つのアプローチの結果を補足・解釈するために、その他のアプローチによるデータを考慮することに役立たせます。
- 4.2 調査開始当初ミンククジラはIV区とV区に各々独立した系統群が来遊していると予想されていましたが、それはシロナガスクジラおよびナガスクジラの捕獲位置の集中のデータに基づき、1930年代に設定されたIWCの管理区域境界に基づいていました。

JARPAの成果(要約)

- 4.3 JARPAによって系群構造の解明が進むにつれて、IWCによるIV区とV区の分布境界の設定には生物学的根拠がないことが分かりました。JARPAレビュー会議によって出された勇力な仮説では、両区にわたってコア系群が存在し、IV区西側海域には年によって、別の系群が来遊します。JARPAによってこれを裏付ける証拠（ミトコンドリアDNA、外部形態学的データ、汚染物質蓄積量等）が入手できました。この仮説が確認されれば、この系群の分類をもとに、生物学的特性値が算出されます。
- 4.4 JARPAによって得られた系群構造に関する情報に基づくと、経度10度単位でRMPを適用するという管理方法は、生物学的見地からは不合理であると考えられ、将来的には、JARPAの結果を踏まえた、より現実的な系群シナリオに基づいてRMPを適用すべきであります。これら結果を見ると、系群の分布範囲は、IWCが設定した管理海区より広い範囲（少なくとも60度の広さ）になる可能性があります。

早わかりガイド

目的その4の結果

- JARPAの調査を通じて入手されたクロミンククジラの系群構造に関する新たな情報がIWCが設定した管理区域境界と食い違います。
- クロミンククジラのコア系群の地理的および時間的境界が解明されれば、この系群の分類をもとに、生物学的特性値が算出されます。
- JARPAによる系群構造のデータに基づくと、経度10度単位の狭い海域でのRMPの適用を裏付けることはできません。これら結果を見ると、系群の分布範囲は、IWCが設定した管理海区同等、あるいは、より広い範囲（少なくとも60度の広さ）になる可能性があります。

III) その他の結果

1. JARPAの目視調査結果はIV区及びV区においてシロナガスクジラの発見頭数の増加を示唆しています(表8を参照)。
2. IV区とV区においてザトウクジラの資源量が増加傾向を見せていることが判りました。たとえば、IV区では、1989/90年から1999/2000年の期間に年率13.4%で増加していると推定されます。
3. JARPAの実施期間中に写真による個体識別が実施されていますが、これによってオーストラリア南岸とIV区との間にセミクジラの移動があったことが確認されました。
4. JARPAで採取したザトウクジラのバイオプシー標本を遺伝学的手法で分析しましたが、これによって同種の摂餌域における系群構造についてより知見が進みました。IV区とV区に2つの系群が分布していることが確認されましたが、V区の系群がIV区の東側にも回遊しているようで、両者は地理的に重なって分布している部分があることも分かりました。
5. 目視調査のデータを分析したところ、V区のナガスクジラが増加傾向(2000/01年では6,362頭(CV=0.50)と推定)を示していることが分かりました。

早わかりガイド

その他の結果

- 目視調査をはじめとしたJARPAの非致死的調査によって、シロナガスクジラ、ザトウクジラ、セミクジラおよびナガスクジラなど、南極海の大規模な資源量、系群構造、分布並びに移動様式の研究が可能となりました。
- ナガスクジラ、ザトウクジラの資源の増加が明らかになりました。

JARPAの成果(要約)

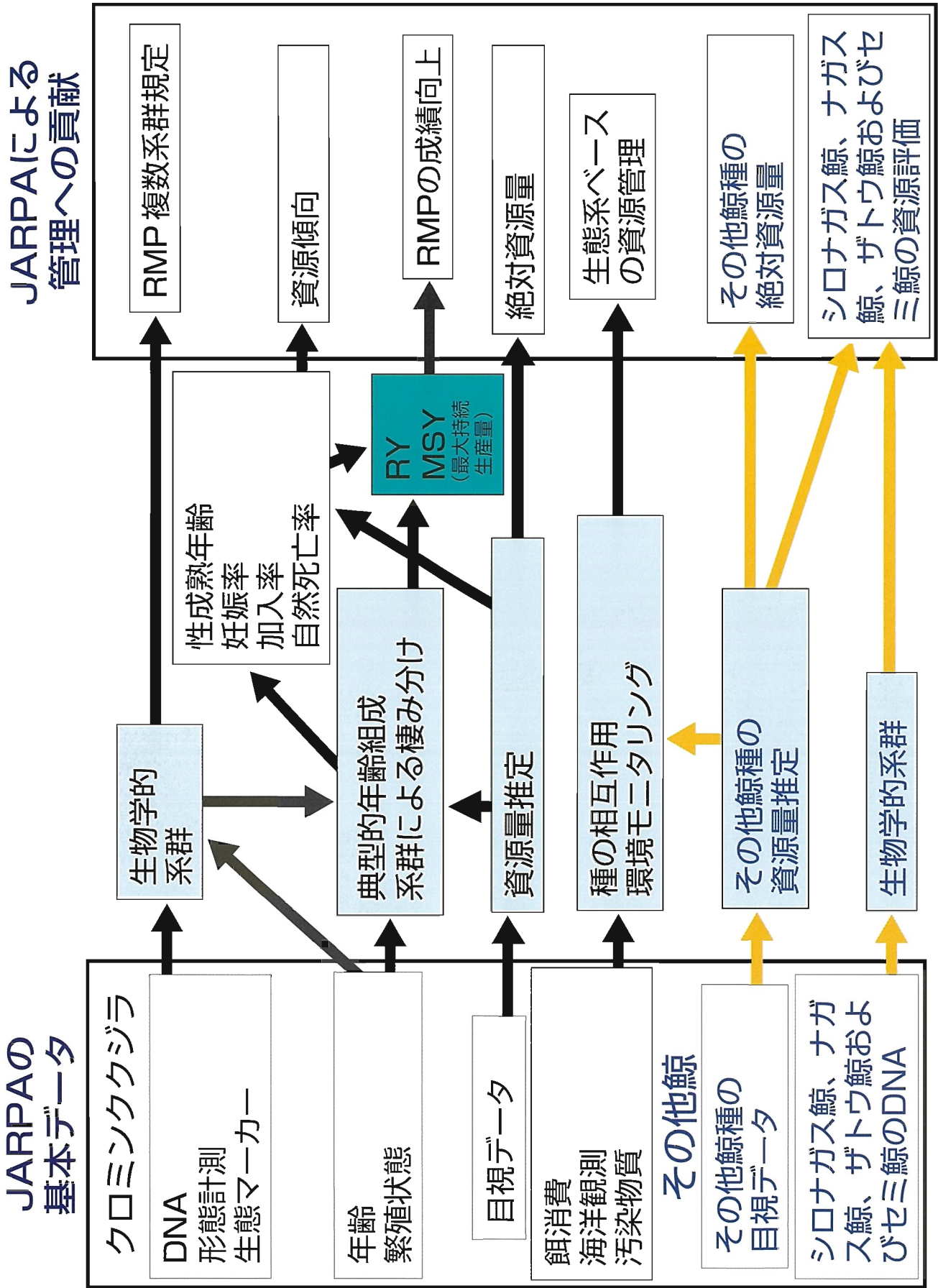


図6. JARPA で得たデータとその他鯨資源管理への貢献の概略図。

本編



图 7. 目視採集船、勇新丸。

現行のJARPA 概略（1987/88年～2004/05年）

調査海域と捕獲頭数

表 1. JARPA の調査海域、努力量及び標本数^a。

年度	調査回数	乗組員	調査海域	調査日数	調査距離 (海里)	計画標本数 ^a	クミンク クジラ 標本実数	ミンククジラ (ドワーフミンククジラ) 標本数
1987/88	予備	158	IV区の一部	69	8,482	300 (±10%)	273 ^b	(1)
1988/89	予備	180	V区の一部	80	9,614	300 (±10%)	241 ^b	(5)
1989/90	第1次	186	IV区	97	17,094	300 (±10%)	330 ^b	(3)
1990/91	第2次	188	V区	94	14,760	300 (±10%)	327 ^b	(4)
1991/92	第3次	158	IV区	112	18,205	300 (±10%)	288 ^b	
1992/93	第4次	162	V区	113	13,492	300 (±10%)	330 ^b	(3)
1993/94	第5次	162	IV区	107	17,933	300 (±10%)	330	
1994/95	第6次	163	V区	109	14,039	300 (±10%)	330	
1995/96	第7次	198	III区東及びIV区	118	21,456	400 (±10%)	440 ^c	
1996/97	第8次	200	V区及びVI区西	103	17,756	400 (±10%)	440	
1997/98	第9次	204	III区東及びIV区	98	16,462	400 (±10%)	438	
1998/99 ^d	第10次	202	V区及びVI区西	78	7,494	400 (±10%)	389	
1999/2000	第11次	194	III区東及びIV区	97	16,342	400 (±10%)	439	
2000/01	第12次	195	V区及びVI区西	100	20,484	400 (±10%)	440	
2001/02	第13次	193	III区東及びIV区	101	19,767	400 (±10%)	440	
2002/03	第14次	198	V区及びVI区西	96	181,26.2	400 (±10%)	440	
2003/04	第15次	200	III区東及びIV区	95	192,87.4	400 (±10%)	440	
2004/05	第16次	計画中	V区及びVI区西		計画中	400 (±10%)		

^a クロミンククジラの資源量は761,000頭（『国際捕鯨委員会報告書第41巻』1991年、117ページ）。現在の計画標本数は、資源量の0.05%に相当します。

^b 最初の6回の調査航海で捕獲した（合計16頭の）ドワーフミンククジラを含む（括弧内の数字）。この海域にドワーフミンククジラが存在することがこのとき初めて確認されました。

^c 商業捕鯨のデータによる系統群仮説にもとづいて、年間の標本数を300頭（±10%）と設定しましたが、JARPAの調査が進むにつれ、結果が仮説と一致しないことが明らかになり、系統構造の問題を解明するために調査海域を2方向（東と西）に拡大し、拡張した海域からさらに100頭（±10%）捕獲する必要が生じました。

^d 調査母船で火災があったため、標本実数、調査距離および調査日数が計画より少なくなりました。

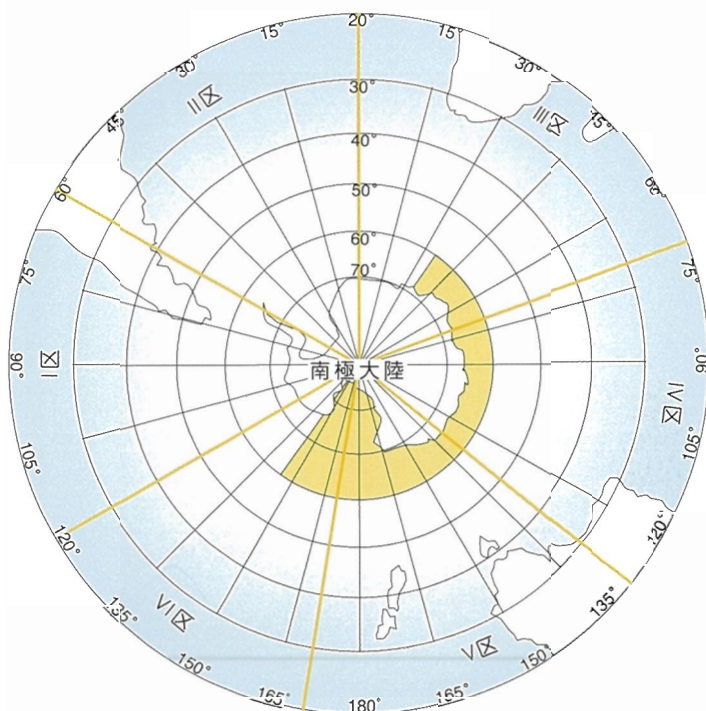


図 8. 南極海域図。ローマ数字は IWC の管理海区。
■ は JARPA の調査海域を示します。

調査時期

南半球の夏季。11月末ないし12月初頭から翌年3月中旬まで。また、日本から調査実施海域までの往復中に南半球の中低緯度で目視による鯨類調査も行っています。

調査船団

調査母船1隻、目視採集船3隻（第1予備調査のみ2隻）、目視専門船1隻（第7次調査から）。

調査実施主体

日本鯨類研究所が日本政府の特別許可を受けて、共同船舶（株）所有の船舶を用船して他の研究機関の協力を得て実施。

調査項目

1. 目視調査

目視専門船及び目視採集船が調査海域においてライントランセクト法に従って鯨種毎の群・頭数を記録します。（「調査手法」、23頁を参照）。

2. 生物調査

調査母船上で、各種標本（DNA分析用組織、耳垢栓等）採集などを含む、100以上の項目を調査（「調査手法」、表3を参照）。

3. その他

自然標識、衛星標識、バイオプシー標本採取、音響調査、海洋観測等、JARPAの主目的に直接関係のない調査も実施。

海外研究機関との共同研究

JARPAの調査で得たデータを用いた国内外の科学者や研究機関との共同研究が、本冊子で取り上げた研究分野のほとんどすべてについて進められています。



図9. 日本鯨類研究所。



図10. 下関港を出航する調査船。

調査手法

鯨類捕獲調査は目視調査と捕獲鯨の生物学的調査（各種計測および標本採集）を並行して実施します。

調査航路

JARPA では、鯨の目視調査が行われます。調査海域内のあらかじめ分割された小海域に、南部海域（ロス海を除く）では原則として経度4度毎に、北部海域では調査日数に応じて距離を算出したジグザグのコースラインを設定します。調査開始点は、毎回同じコースにならないように乱数表を用いてランダムに設定されます（図11参照）。

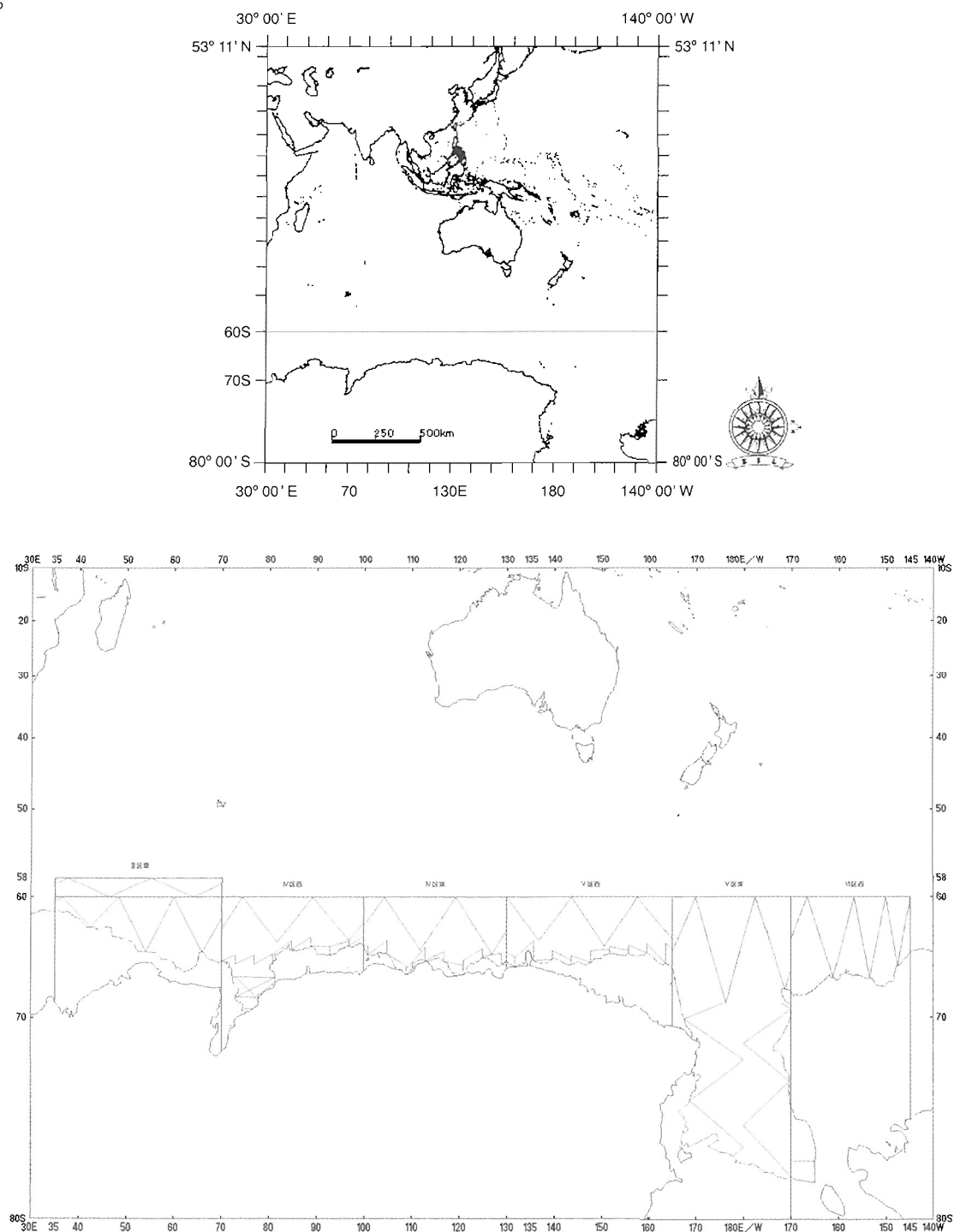


図11. 南極海Ⅲ区東、Ⅳ区、Ⅴ区、及びⅥ区西における調査航路模式図（メインコースのみ）。

調査船団

調査船団の構成

調査船団は、1隻の目視専門船、3隻の目視採集船と1隻の調査母船の合計5隻で構成されています（図12から図17は調査に用いられる船の写真です）。



図12. 南極海の凍氷を縫ってゆく目視専門船、第2共新丸。目視調査のほか、計量魚探を用いたオキアミ資源の調査と海洋観測も実施します（全長68.18m、372トン）。



図13. 氷山のすぐ脇を航行中の目視採集船、勇新丸（全長69.61m、720トン）。



図14. 目視採集船、第1京丸。1987/88年以来、JARPAのすべての調査航海に参加しています（全長69.15m、812トン）。



図15. 目視採集船、第2勇新丸。2002/03年以来調査船団に加わっています。目視採集船として機能するほか、海洋観測用機器も搭載されています（全長69.61m、747トン）。



図16. 調査母船、日新丸。ここから目視採集船に指令が出されます。船内では生物学的調査や副産物の処理を行います（全長129.58m、7,638トン）。



図17. 南極海の調査海域に向かう3隻の目視採集船。調査が始まると、各船は7海里の距離を保って航行します。

調査船の役割

調査船の役割

まず目視専門船が先行して調査を行います。この調査はできるだけ鯨に影響を与えないように配慮し、調査海域内の正確な資源頭数を推定することを目指します。また目視専門船は、目視調査とともに表2にあるように、計量魚探を用いたオキアミ資源調査、XCTD や CTD（深度毎の塩分濃度・温度を観測し、現場の海水の性質を調査する機器）、EPCS（表層生物環境モニタリングシステム：表層の水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル等の自動計測器）等を用いた海洋環境調査も行っています。

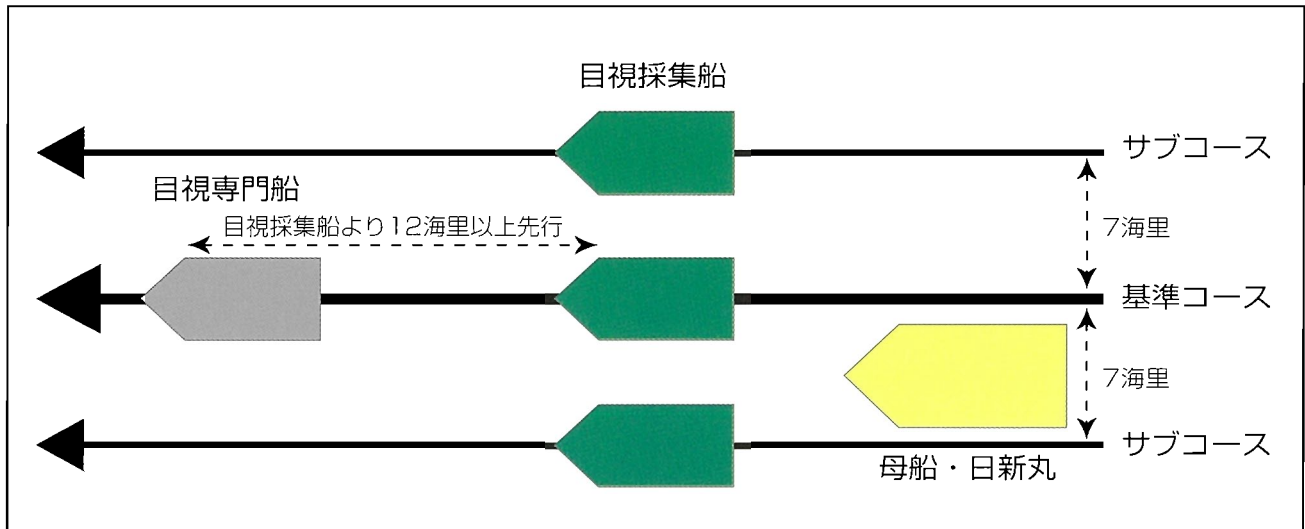


図 18. 各調査船の配置模式図。目視専門船が先行した後に3隻の目視採集船が標本採集活動を行い、最後に調査母船が追航します。

先頭の日視専門船に続いて、3隻の日視採集船が日視専門船のコースラインを基準に設定されたコースラインを調査します（図 18）。日視採集船は、発見したクロミンククジラの群れの中から採集する個体を選択して捕獲しますが、この作業は、調査海域全体に分布する鯨を代表する、なるべく偏りの少ない標本を採集するため、乱数表を使って採集個体を無作為に選ぶ厳密な規則に従って実施されています。調査母船はこれらの調査船の活動を妨げないように船団の最後尾を走り、調査全体の司令室として機能するほか、日視採集船が捕獲した標本鯨体を受け取り、各種の生物調査採集と副産物の生産を行います。



図 19. トップ・バルルで目視調査を行う調査員。ここには常時3人の調査員が詰め、特別な目盛りのついた双眼鏡でコースラインに沿って鯨を探します。トップ・バルルは海面から20mほどの高さであり、水平線までの距離は約9海里（17km）です。調査員の前にあるのは、角度推定板。目視調査は毎日7:00から19:00まで実施されます。

目視調査

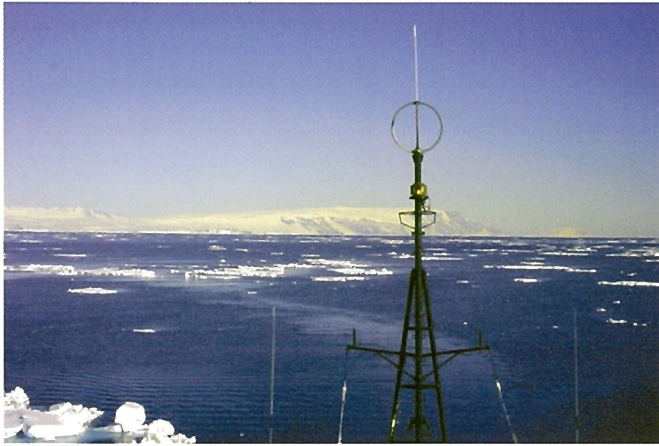


図 20. トップ・バレルから調査船の後部を眺めたところ。



図 21. XCTD データ・モニター。海洋観測データは、船上で処理されます。

表 2. JARPA の目視調査で実施される主な調査項目。

項 目	SV ^a 第 2 共新丸	SSV ^b 第 1 京丸	SSV ^b 勇新丸	SSV ^b 第 2 勇新丸	母 船 日新丸
目視記録	●	●	●	●	
努力量記録	●	●	●	●	
天候記録	●	●	●	●	
距離角度推定実験記録	●	●	●	●	
自然標識記録	●	●	●	●	
バイオブシー採取記録	●	●	●	●	
鯨類の鳴音録音記録	●				
海洋漂流物記録	●				
XCTD ^c 観測記録	●				
CTD ^d 観測記録	●				
EPCS ^e 観測記録	●			●	
衛星標識装着実験記録			●	●	
計量魚探データ収集記録	●				
氷縁記録					●

^a 目視専門船; ^b 目視採集船; ^{c, d} 水深毎の塩分、水温を測定する装置; ^e 表層生物環境モニタリングシステム。海表面水温、塩分、溶存酸素及びクロロフィルを自動的に測定する装置。

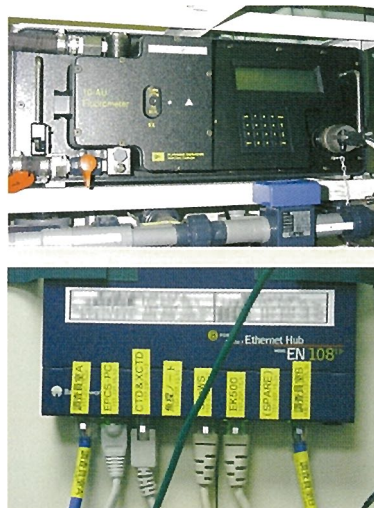


図 22. 目視専門船と目視採集船は最先端技術装置で海洋観測を行います。(左) CTD のメインフレーム (SBE-19)。(中央上) EPCS 蛍光光度計。(中央下) 船の LAN システム・ハブ。

鯨類の目視頭数

鯨類の目視頭数

南極海にはどのような種類の鯨がいるのでしょうか。表3に、JARPAの調査で発見された鯨種と群頭数を示しました。どの調査海区においても、クロミンククジラがもっとも数多く発見されています。ザトウクジラがこれに次ぎ、特にIV区で数多くの発見があります。近年ではナガスクジラの発見も多くなっています。ハクジラ類ではシャチの発見がもっとも多く、マッコウクジラも数多く発見されています。



図23. 浮上するクロミンククジラ。頭部が尖っているのが特徴です。



図24. マッコウクジラと斜め左にのびる特徴的な噴気。



図25. 南極海のシロナガスクジラ。噴気は高く上がり、9m以上に達することもあります。背びれは比較的小さく、胴体は青みがかった灰色で、頭部は大きくU字形。

表3. 1987/88年から2001/02年までにJARPAの調査航海で目視された各海区ごとの鯨種別頭数及び群数。

調査海域		Ⅲ区東		Ⅳ区全体		Ⅴ区全体		Ⅵ区西		合計	
調査距離 (海里)		27,115		113,762		85,099		13,110		239,086	
鯨種		群数	頭数	群数	頭数	群数	頭数	群数	頭数	群数	頭数
ヒゲクジラ	クロミンククジラ	1,243	3,003	8,479	24,951	7,903	22,245	840	1,959	18,465	52,158 ^a
	ドワーフミンククジラ	0	0	14	15	60	60	1	1	75	76
	ザトウクジラ	564	1,098	3,191	6,054	629	1,138	161	297	4,545	8,587
	ナガスクジラ	175	747	219	1,268	332	1,101	50	122	776	3,238
	シロナガスクジラ	55	107	55	96	60	99	9	13	179	315
	ミナミセミクジラ	2	2	122	145	6	7	0	0	130	154
	イワシクジラ	0	0	4	5	11	22	1	1	16	28
	種不明の大型ヒゲクジラ	243	484	352	644	368	719	110	185	1,073	2,032
ハクジラ	シャチ	56	601	669	8,784	384	5,549	20	228	1,129	15,162
	ヒレナガゴンドウ	0	0	62	3,111	22	1,115	1	100	85	4,326
	マッコウクジラ	367	379	1,884	1,964	816	865	80	83	3,147	3,291
	ミナミトックリクジラ	217	407	711	1,297	239	451	53	85	1,220	2,240
	ミナミツチクジラ	6	57	13	127	22	166	0	0	41	350
	ミナミオウギハクジラ	1	5	0	0	10	34	1	2	12	41
	ヒモハクジラ	2	7	0	0	1	1	0	0	3	8
	ダンダラカマイルカ	22	146	99	628	211	1,561	1	5	333	2,340
	シロハラセミイルカ	0	0	1	15	1	15	0	0	2	30
	メガネイルカ	0	0	0	0	2	3	0	0	2	3
	アカボウクジラ科鯨類	260	415	1,294	2,300	939	1,670	91	143	2,584	4,528
	ゴンドウクジラ	2	7	41	2,012	22	616	0	0	65	2,635
	オウギハクジラ類	11	19	9	21	17	60	2	5	39	105

^a 「ミンククジラらしい」を含む。

生物学的調査

調査母船における生物学的調査

目視採集船が捕獲したクロミンククジラは、調査母船上で詳細に調査します。調査母船には鯨の体重を直接計測できる大型の秤が設置されているほか、超低温冷凍庫を備えた実験室では、研究用途に応じて生物顕微鏡や血液分析装置等が設置されます。生物調査の内容は鯨体の観察、撮影、計測から各種の生物学的標本採集に至るまで100項目を越え、熟練した調査員たちにより行われます。表4に生物調査で収集されるデータや標本を示しました。このほかにも様々な研究機関との共同研究のため、研究テーマに応じた標本が採集されます。これら採集されたデータや各種標本は、帰港後に専門の科学者の手で解析されます。調査がすべて終了した鯨体は、国際捕鯨取締条約に基づき、船内で調査副産物として加工処理されます。



図 26. 鯨体の観察。



図 27. 頭骨の詳細調査。

表 4. JARPA の主要な生物調査項目一覧表。

調査項目	対象	調査項目	対象
外部形態の観察	全個体	遺伝学分析用組織の採集	全個体
外部形態の写真記録(3 部位)	全個体	(表皮・肝臓・腎臓・心臓・脂皮・筋肉)	
体長の計測	全個体	重金属分析用組織の採集	全個体
プロポーションの計測 (20 部位)	全個体	(肝臓・腎臓・筋肉)	
体重の測定	全個体	有機塩素分析用組織の採集	全個体
組織重量の測定	1 日 1 頭	(肝臓・脂皮)	
頭骨の計測 (最大長、最大幅)	全個体	脂肪酸分析用組織の採集	1 日 1 頭
脂皮厚の計測 (5 部位)	全個体	(肝臓・脂皮・筋肉)	
脂皮厚の計測 (14 部位)	1 日 1 頭	精巢・精巢上体の重量測定	全雄個体
ダイアトムフィルムの観察と採集	全個体	精巢組織の採集	全雄個体
胃内容物の重量測定	全個体	精巢上体組織の採集	全雄個体
胃内容物の充満度・消化段階の評価	全個体	精巢・精巢上体スメアの採集	全雄個体
食性研究用胃内容物の採集	摂餌個体	乳腺計測 (最大長・最大幅)	全雌個体
重金属分析用胃内容物の採集	一部個体	子宮角幅の計測	全雌個体
有機塩素分析用胃内容物の採集	一部個体	卵巣の観察と採集	全雌個体
脂肪酸分析用胃内容物の採集	一部個体	子宮内膜組織の採集	全雌個体
肋骨の計数	全個体	乳腺組織の観察と採集	全雌個体
化学分析用血清の採集	全個体	胎児の採集	微小胎児
年齢査定用耳垢栓の採集	全個体	胎児遺伝学分析用組織の採集	全胎児
年齢査定用鼓室骨の採集	全個体	(表皮・肝臓・腎臓・心臓・脂皮・筋肉)	
年齢査定用髭板の採集	全個体	胎児の写真記録	全胎児
形態及び化学分析用髭板の採集	全個体	胎児の体長及び体重測定	全胎児
脊椎骨骨端板の採集	全個体	胎児プロポーションの計測 (部位)	全胎児
外部寄生虫の観察と採集	全個体	化学分析用乳汁の採集	泌乳個体
内部寄生虫の観察と採集	全個体	標識鈳の調査	発見個体
頭骨標本作製と詳細計測	2 個体	骨格標本の採集	適宜

生物学的特性値の推定

生物学的特性値の推定

自然死亡率、性成熟年齢、年齢組成（いわば鯨の人口ピラミッド）、妊娠率⁶（採集した成熟雌に対する妊娠雌の割合）、成長曲線などの生物学的特性値は、鯨類資源の管理を改善する上できわめて有用な情報で、JARPAはその解明に大きく貢献しています。

生物学的特性値の推定のための基礎データ

生物学的特性値の推定には年齢や繁殖に関わる基礎データが必要となります。JARPAでは耳垢栓や精巢、卵巣等を採集・分析しています。耳垢栓は、ヒゲクジラの外耳道に蓄積され、耳垢栓の中心部には樹木の年輪のような縞模様が見られます。その縞（成長層）を計数することで各個体の年齢を推定することができます。生殖系組織の調査から個体の性成熟度や生殖状態が分かります。

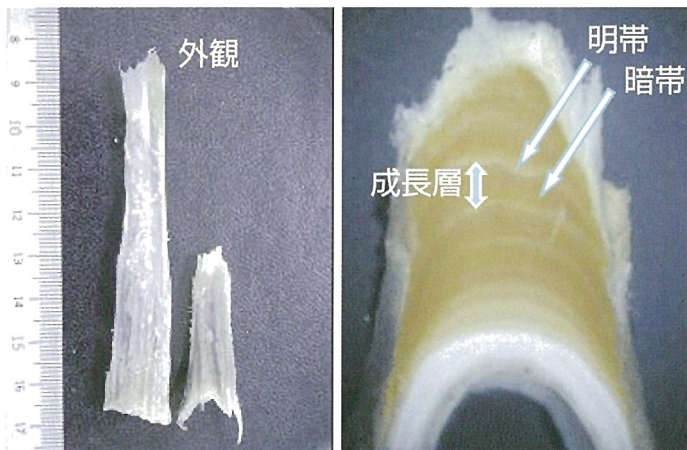


図29. クロミンクジラの耳垢栓の外観（左）。右は、成長層が分かる横断面。



図28. 頭部を解剖して耳垢栓を採取します。



図30. 耳垢栓を顕微鏡で観察して、クロミンクジラの年齢を推定します。

生物学的特性値の解明がRMP⁷に貢献

これからの鯨類資源管理方式であるRMPは二つの情報（現在の資源量推定値と過去の捕獲データ）だけで安全に作動するとされています。しかし、さらにRMPの安全度を高め、かつ資源の最適利用を目指すためには、生物学的特性値の解明が重要な意味を持ちます。なぜならRMPに直接入力する値は上述の二つで足りませんが、RMPはMSY（最大持続生産量）という資源管理概念に基いて設計されていて、生物学的特性値を明らかにすることで、このMSYをより高い精度で推定することができるからです。また、RMPは系統群単位で適用されますから、系統の分類とその分布範囲を知ることも必要です。それらを捕獲調査によって得ることにより、結果として、資源を枯渇させることなく捕獲枠を増やすことができ、より有効に資源を利用することができます。

⁶ 妊娠率 調査海域で調査されたクロミンクジラの性成熟雌に対する妊娠個体の割合。

⁷ 改定管理方式（Revised Management Procedure: RMP）。RMPとは、資源に与える様々なリスクを考慮し、1つの系統の分布に対応する「小海区」と呼ばれる海域ごとに控えめに捕獲枠を算出する管理方式です。RMPの中核をなす捕獲枠算出アルゴリズムは、現時点での資源量推定値と過去の捕獲記録という2種類の情報を入れるだけで捕獲限度を計算することができます。RMPを効果的に適用するためには資源の分布に適合した小海区の設定が必要になります。またJARPAの目的には、系統の分布や構造に関する不確実さを減らすことが含まれていますので、JARPAが目的に合った成果をあげていれば、クロミンクジラについてRMPの適用条件を改善し、ひいてはRMPの下での資源管理の改善、持続的利用の促進に役立ちます。

自然死亡率及び加入率

クロミンククジラの自然死亡率及び加入率

鯨類の資源動態モデルと生物学的特性値

簡単に言えば、ある頭数を捕獲した前後で、資源量にほとんど変化がなければ、その程度の捕獲は持続可能な量であるということになります。鯨類の資源動態に影響する主な要因としては、人為的な捕獲以外に、鯨類の自然なライフサイクルにおける死亡数（天敵による捕食や病気や餓死や座礁）と新しい世代の出現（加入）があり、鯨類資源の安全な管理にはこうした要因の調査がたいへん重要になります。この自然死亡係数⁸ (M) と加入率 (r) は、妊娠率とともに生物学的特性値で、これらの調査は JARPA の主目的の一つとなっています。

自然死亡率の推定

自然死亡率を推定する方法はいくつかありますが、より信頼性のある数値を得るために、各個体の年齢と資源量推定値を用います。この点が漁業調査と異なります。

田中と藤瀬（1997年）が、IV区及びV区について年齢別（5歳毎）の自然死亡率を推定しています。自然死亡率は、0.0166 から 0.154 の範囲であると推定しています。

1999/2000年までのデータを含むIV区及びV区の捕獲数並びに年齢データを使って、計算を簡単にするため年間加入量を一定⁹にして出した自然死亡率では、オスが0.064から0.081の範囲、メスが0.068から0.076¹⁰の範囲と推定されました。いずれも、以前の推定値の範囲内です。

自然死亡係数 M と年間死亡率 D

自然死亡係数 M とは単位時間（個体数が不変とみなせる程度の短時間）当りに死亡する個体の割合であり、自然死亡率とは一定期間中（例えば年間）の死亡数の個体数に対する割合（平均の死亡率）です。乗り物の速度の例で言えば、前者がスピードメーターの指し示す速度、後者は一定時間（例えば1時間）当り進んだ距離（平均の速度）です。資源動態モデルでは、現在の個体数のうち一定の割合（ $=M$ ）で自然死亡することを仮定しています。しかし、年の初めの個体数にそのまま M を掛けると、実際の年間の死亡数より大きい数字になります。なぜなら1年の間に個体数は死亡により刻々と減少するからです。そのため、年間死亡率 D は、 M の式 $D=1-e^{-M}$ で表されます。

両者の違いをより具体的に示すために計算例を挙げます。

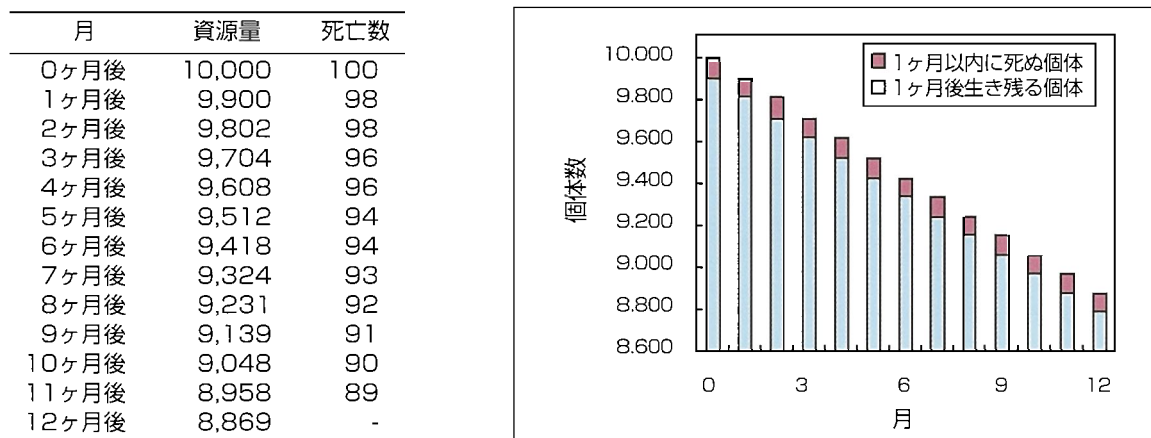


図31. 資源量 10,000 個体、 $M = 0.12$ の場合における月別個体数計算例。

自然死亡係数 M を推定する理由

資源動向を把握するためには、出生率や死亡率についての情報は重要であり、JARPA で収集したデータから自然死亡率を推定する予定です。さらに、年齢別自然死亡率がわかれば、よりきめ細かな資源管理が可能となります。また、自然死亡係数 M が大きければ、漁獲圧の変動に対してより頑健な資源であることがわかるので、資源を持続的にかつ最大限に利用できるような漁獲量を知るためにも、自然死亡率は重要な情報となります。

⁸ 厳密に言えば、自然死亡率とは異なりますが、 M を推定して、自然死亡率に換算します。

⁹ この計算には、V区の12歳未満の個体データが含まれていません。

¹⁰ 生の年齢データに基づいた推定値。 M を推定するには、各層のクロミンククジラの相対資源量を加重する必要があり、推定値はデータを加重することで改訂される可能性があります。

自然死亡率及び加入率

表5. MとDの関係。Mが0.1以下の場合MとDはほぼ等しいとみなします。

自然死亡係数 M	0	0.050	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	1.000
自然死亡率 D	0	0.049	0.095	0.181	0.259	0.330	0.393	0.632

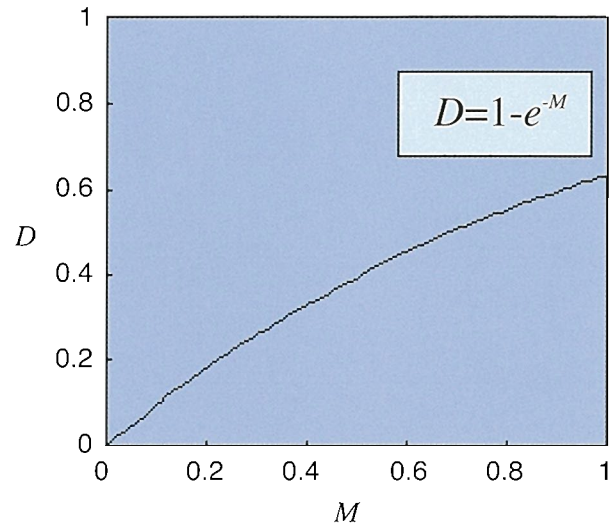
図32. 自然死亡係数 M と自然死亡率 D の関係

図33を見れば分かるように、調査年と標本数が増えるほど正確な推定値に近づきます。JARPA完了時の最終的な推定自然死亡率は、さらに精度が上がっているものと考えられます。

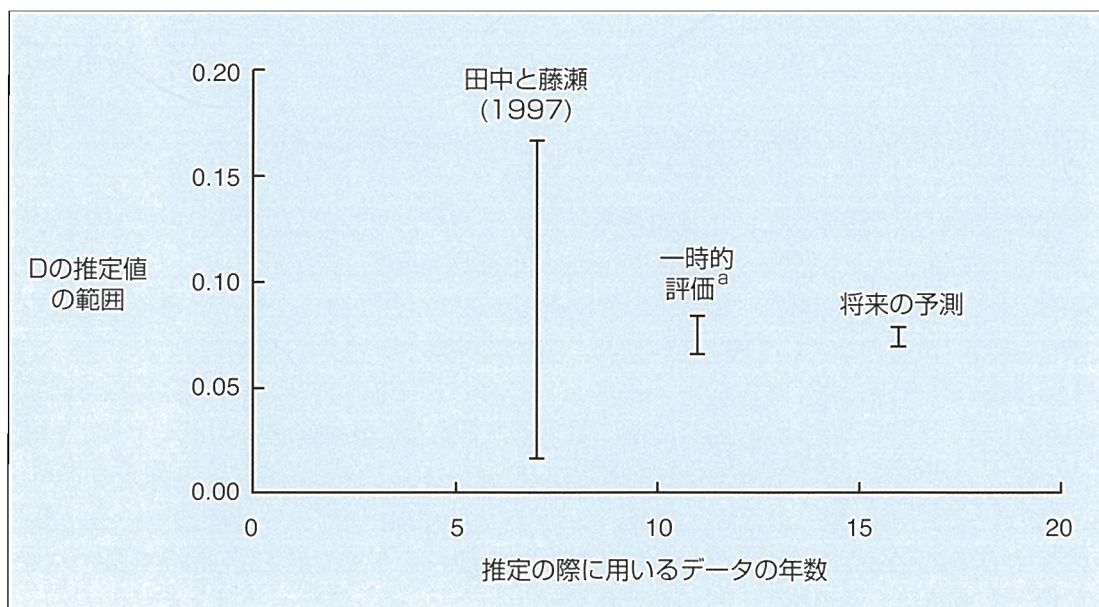


図33. JARPA 調査における年による M の推定値の精度の変化。推定にあたってより多くの年の標本を使えばより高い精度の数値が得られることが分かります。

^a: 年齢によらない M の推定値

年齢組成

年齢組成及び系群構造

商業捕鯨は経済効率を追求し、鯨が高密度に分布する海域で効率良く生産することを目標に操業していたため、得られるデータは大型鯨（成熟した高齢個体）に偏っていました。JARPAでは資源の分布の実態を把握するように偏りのないデータ収集のために、無作為に選んだ個体を採集（ランダムサンプリング）しています。その結果、南極海の鯨類資源について、それまでの捕獲データからは分からなかった多くの新たな知見をもたらしています。一つには、若い鯨（小さいため商業捕獲の対象になりにくかった）が、索餌期にかなりの割合で南極海に来遊していることが明らかになりました。これは特にIV区の商業捕鯨時代とJARPAの年齢組成を比較すると一目瞭然です。また、JARPAのデータからはIV区に比べると、V区では若齢個体が少なく、組成が異なっていることが分かりました。IV区とV区に別個の独立した系群が分布するという旧来の仮説に立つと、V区の年齢組成はきわめて不自然です。このことから旧来の仮説は疑問視され、同一系群のクロミンククジラが成熟状態により棲み分けていると考えられます。

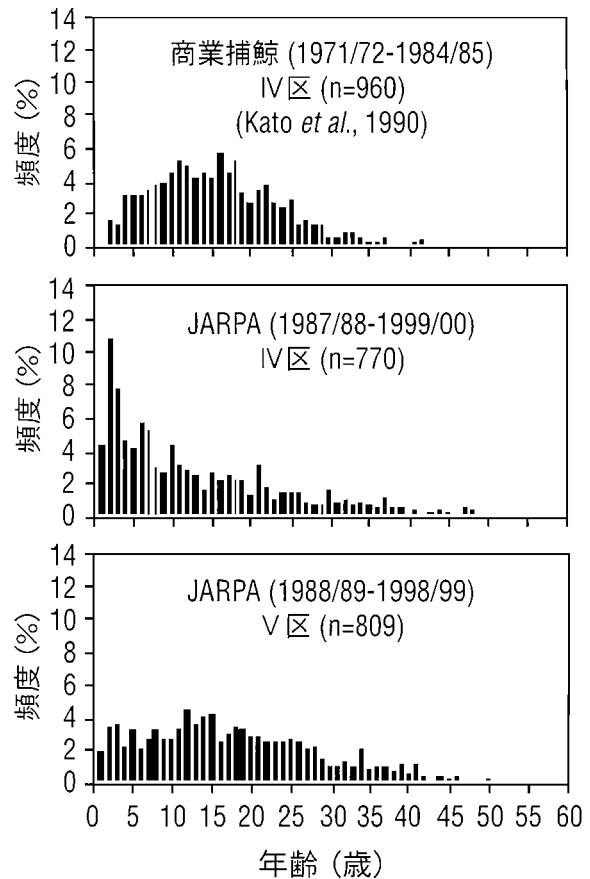


図 34. JARPA 及び商業捕鯨で捕獲されたクロミンククジラ（雌）の年齢組成（銭谷、未発表JARPAデータ）。

年齢査定率

捕獲した鯨に対する耳垢栓により年齢を推定できた個体の割合（年齢査定率）は体長が大きくなるに従って高くなります。

体長の大きな個体を選択して捕獲していた商業捕鯨時代とランダムサンプリング法により体長の小さな個体も多く採集されるようになったJARPAの年齢査定率を、体長別に比較してみました。

JARPAでは6.0m以下の小さい個体については耳垢栓だけでなくクジラヒゲを用いることにより、査定率はよくなっています。また、体長の小さい個体だけでなく、商業捕鯨時代の主な捕獲対象となっていた体長の大きな個体（雄：体長7.9～8.8m、雌：体長8.2～9.4m）においてもその査定率は、商業捕鯨時の雄が61.2%、雌が63.9%に対して、JARPAでは雄が91.3%、雌が90.6%とJARPAの方が高くなっています。これは、商業捕鯨時代に確立された耳垢栓を採集する技術に加えて、JARPAでは重要な年齢を推定する耳垢栓の採集作業は、耳垢栓にダメージを与えないように、より丁寧に時間をかけ解剖を行い、採集しているからです。さらに、その後の年齢査定準備段階である耳垢栓の成長層が明瞭に現れるまでの標本作成作業（切片作成作業）においても、時間をかけて注意深く作業を行っているからです。

年齢組成

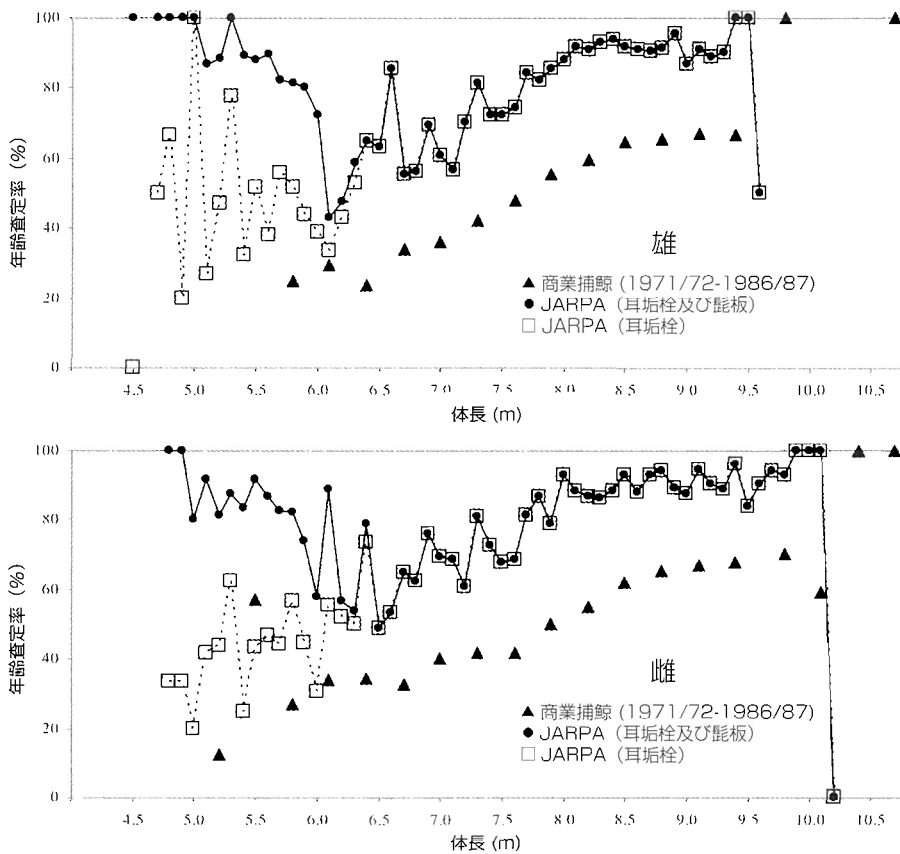


図 35. 体長別年齢査定率の比較 (商業捕鯨 : 1971/72 年 ~ 1986/87 年, JARPA : 1987/88 年 ~ 2001/02 年)。

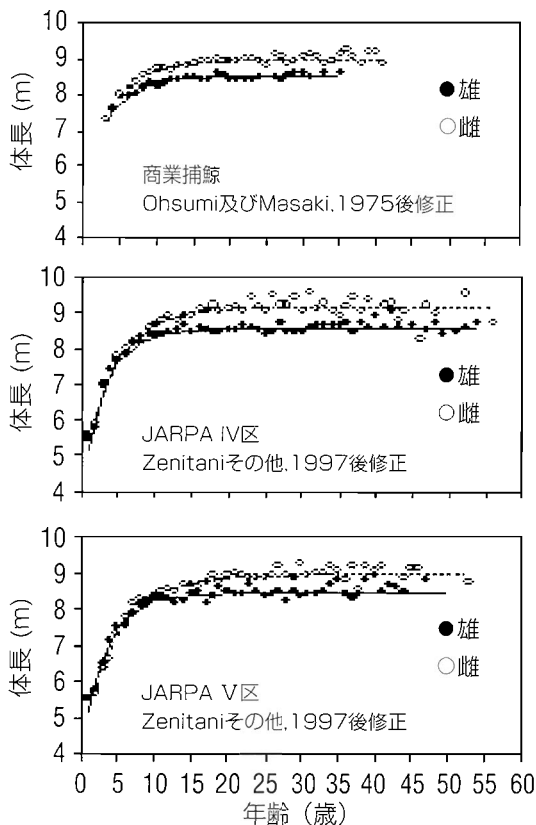


図 37. JARPA と商業捕鯨で得られたデータから推定されたクロミンククジラの成長曲線。



図 36. 南極海のクロミンククジラの群れ。

成長曲線

体長と年齢のデータを基にクロミンククジラの成長過程を示す成長曲線は、商業捕鯨時代の体長と年齢のデータからも推定されていますが、商業捕鯨時代には体長の小さな個体は捕獲されなかったため、5歳以下のデータが少なく、成長曲線自身不十分なものでした。JARPAでは、商業捕鯨時代にはほとんど得られなかった若い個体の体長や年齢データも蓄積されたことにより、商業捕鯨時代には欠けていた1~2歳のデータを含めた若齢(小型)個体のデータも補われた若齢から高齢までのクロミンククジラの年齢をほぼカバーしたより正確な成長曲線を得ることができました。

棲み分け

棲み分け

RMPによる捕鯨管理では、一つの資源に対して、性や年齢の別なく、一括して捕獲枠が算出されます。捕獲が雌に偏った場合に資源への悪影響を回避するため、捕獲後総捕獲枠に調整する仕組みをRMPは備えていますが、そのような捕獲圧の偏りが事前に回避できればその方が望ましいことは勿論です。JARPAの調査で、クロミンククジラが性や成熟度によって棲み分けていることが明らかになりました。

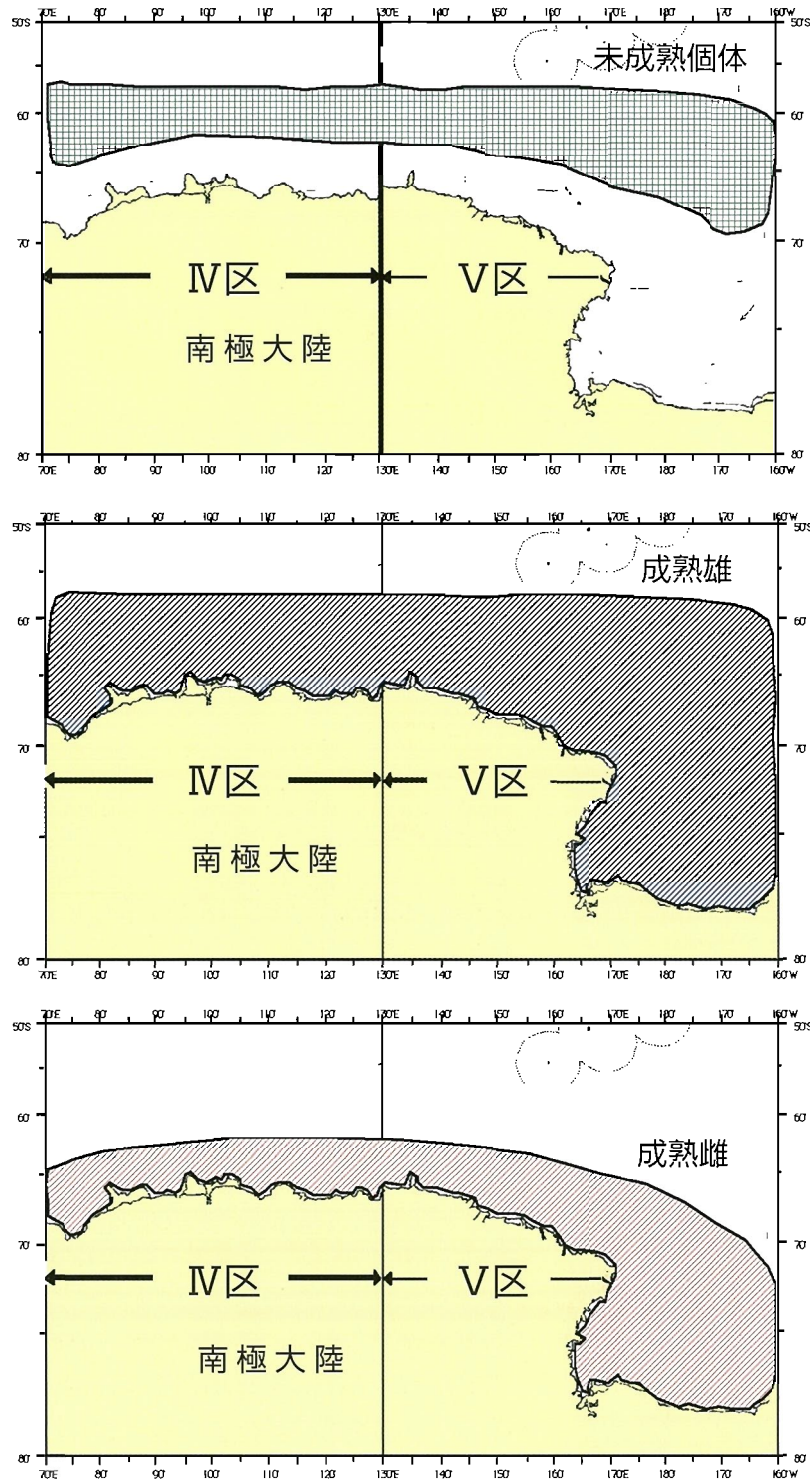


図 38. 性別・成熟度別に棲み分けて分布しているクロミンククジラ。

妊娠率

南極海に來遊する成熟メスはほとんどの個体が妊娠しており、この高い妊娠率（80%以上）を商業捕鯨時代からずっと保っています。クロミンククジラはほぼ毎年、通常1頭の子を産み、繁殖率が高いと考えられています。

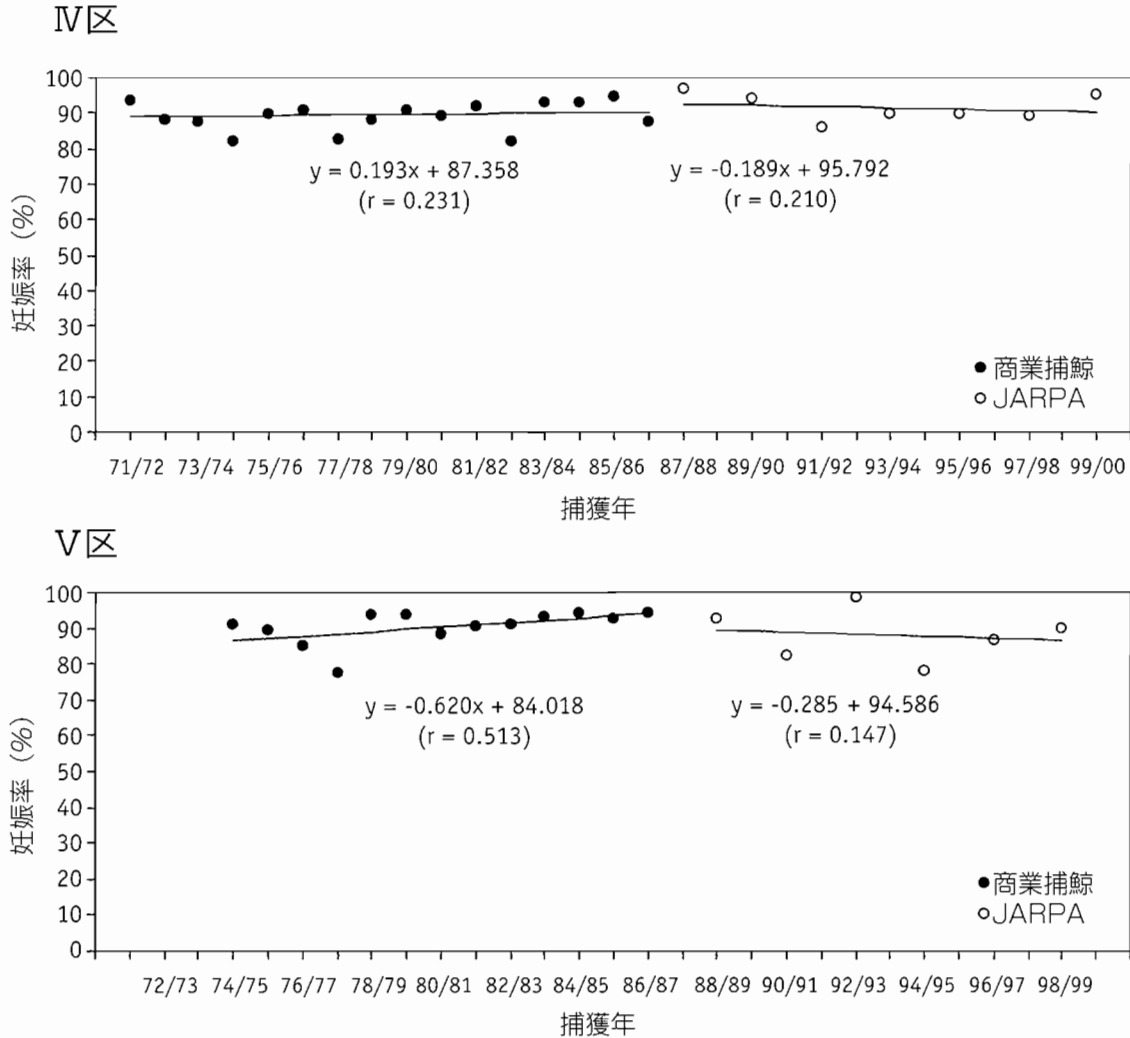


図 39. 海区別クロミンククジラの妊娠率の経年変化。

生物学的特性値と海洋環境

JARPAの1987/88年から2001/02年のデータを使って（IV区及びV区の双方を合わせて）、クロミンククジラの50%が成熟する体長（性成熟体長）を推定したところ、雄が約7.3m、雌が約8.1mとなりましたが、これは雄・雌とも、過去の商業捕鯨時代のデータを使ったものと同じような結果です。クロミンククジラの50%が成熟する年齢を推定したところ、雄がおよそ5歳、雌がおよそ8歳となりましたが、雌については、過去の商業捕鯨時代のデータを使ったものよりJARPAのほうが比較的高くなっています。

商業捕鯨のデータから、クロミンククジラの成長率が1940～50年の間に高まっていることや性成熟年齢の若年化が明らかになっています。これは、主に戦前シロナガスクジラなどの大型鯨類が大量に捕獲された結果、クロミンククジラにとっての摂餌環境が向上したためであると考えられています。JARPAでは、体長や性成熟年齢などの生物学的特性値を毎年推定していますが、これらは個体群の状態の経年変化をモニタリングするのに有用です。また、海洋環境の変化を知る指標にもなります。

南極海の生態系調査

南極海の生態系調査

南極海生態系においてはオキアミがヒゲクジラ類、鰭脚類、海鳥類そして魚類の主要な餌生物になっています。南極海に棲む全ての動物がオキアミを巡って競合していると言っても過言ではありません。

JARPAでは先端技術機器を搭載した調査船を使用して、鯨類の分布と資源量を調査すると同時に、オキアミの分布や資源量も調べ、更には海洋観測も実施しています。その結果、クロミンククジラの分布が氷縁際付近で、なおかつ大陸棚斜面域の海域で形成されるオキアミの高密度海域と重なり合っていることを明らかになりました（図40）。

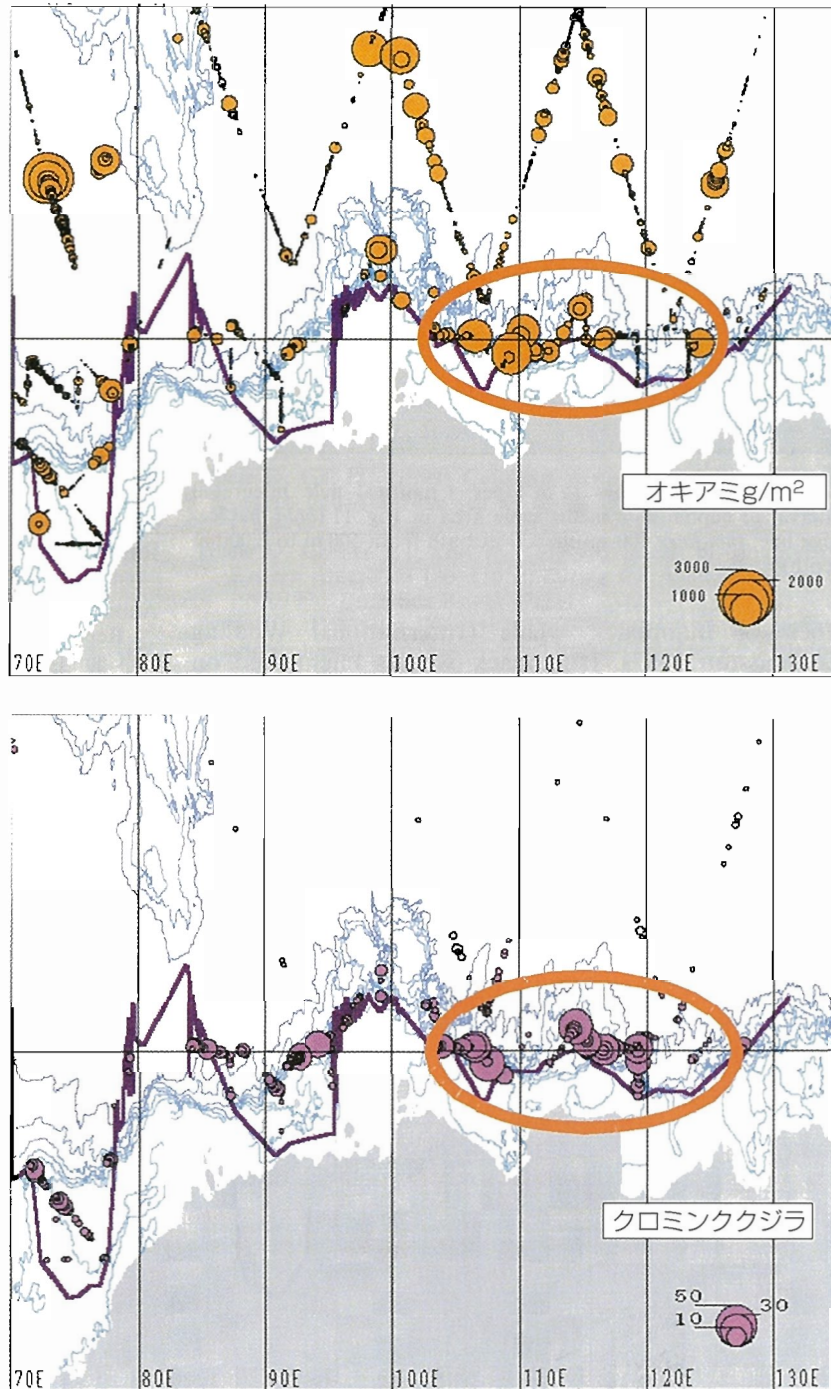


図40. 1999/2000年のJARPAにおけるオキアミ（上）とクロミンククジラ（下）の分布。細線は等深線、太線は氷縁の位置（Murase *et al.*, 2002を改編）。

南極海の生態系調査

シロナガスクジラ vs. クロミンククジラ



シロナガスクジラ



クロミンククジラ

資源量

シロナガスクジラの現在の資源量は過去の0.6%にまで落ちています。一方、クロミンククジラのはつは、過去の9.5倍にまで増加しています。

	(頭数)	(頭数)
過去	200,000 (Gambell, 1976)	80,000
現在	1,260 (IWC)	760,000 (IWC)

バイオマス (生物量)

鯨の平均体重は、TritesとPauly (1998) による計算式を用いて算出できます。体重：シロナガスクジラ 103 トン、クロミンククジラ 6.6 トン。

シロナガスクジラのバイオマスは過去の0.6%にまで落ちています。一方、クロミンククジラのはつは、過去の9.5倍にまで増加しています。

	(トン)	(トン)
過去	20,600,000	530,000
現在	130,000	5,000,000

年間餌消費量

鯨の一日の摂餌量は、以下の式で計算できます。

$$D = 206.25 \times M^{0.783} / 1110 \text{ (Sigurjonsson and Vikingsson, 1998)}$$

D : 一日の摂餌量(kg); M : 体重(kg); 1110: オキアミのカロリー量(kcal/1日)

年間摂餌量を、資源量、バイオマス及び1日当たりの摂餌量を用いて推定しました。氷縁付近では、シロナガスクジラ、クロミンククジラ、カニクイアザラシ及びアデリーペンギンが餌を巡って直接競合しています。シロナガスクジラやクロミンククジラは主として、*Euphausia superba* (ナンキョクオキアミ) を捕食しています。

	(トン)	(トン)
過去	114,000,000	5,300,000
現在	720,000	50,000,000

クロミンククジラが68万頭増加したということは、シロナガスクジラ8万頭分の餌を奪っていることになるわけです。

図 41. 南極海生態系の変化。

汚染モニタリング

南極海の海洋汚染のクロミンククジラによるモニタリング

鯨体内の汚染物質の蓄積量は、生息域の海洋汚染の指標となります。JARPAは、このような海洋汚染のモニタリングにも貢献しています。

JARPAは、決まった海域を決まった時期に決まった方法で繰り返し調査するよう設計されているので、環境変化の年変動や長期的傾向を把握するのにたいへん適しています。図42及び図43はこうして得られた汚染度の経年変化を示しています。

南極海は地球全体として見た場合に、もっとも有機塩素化合物による汚染が進んでいない海域の一つであると言えます。図42で示したようにクロミンククジラ成熟雄個体の脂皮中PCB濃度は低く横ばいになっています。DDTやHCBは1993/94年以降減少傾向にあります。また、肝臓中のHg（水銀）の年齢蓄積曲線にも経年的な変化が認められています（図43）。これはクロミンククジラの摂餌環境に何らかの変化があって、それを反映した結果であると考えられています。

これらPCBやHg濃度によって分かる環境変化は現在でも続いており、今後もこれらの変化に注目してモニタリングを継続し、その動向から将来に向けた適切な対処方法を考える必要があります。鯨類捕獲調査は、そのような環境モニタリング¹¹にも大きく貢献しており、今後も有用な情報を提供するものと期待されています。

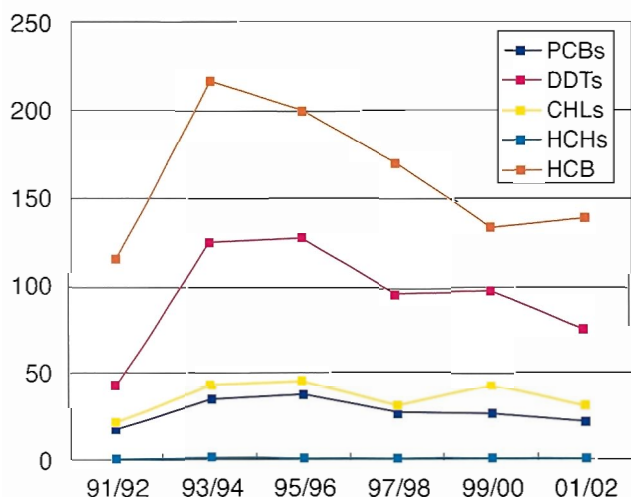
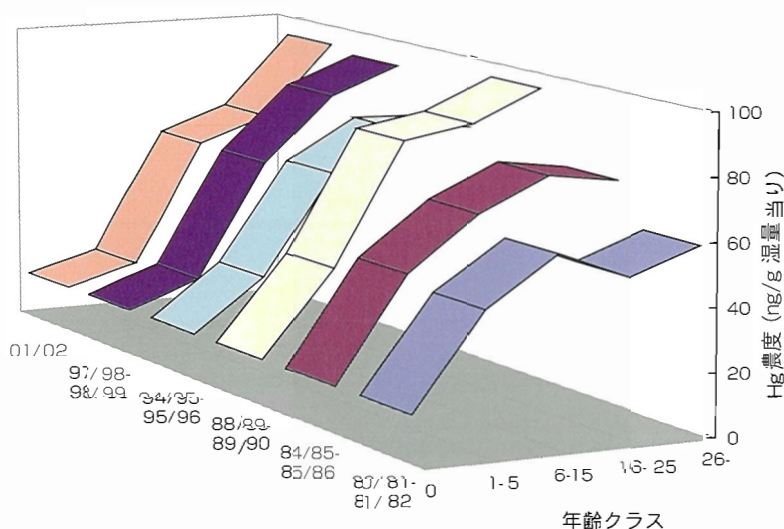


図42. クロミンククジラ成熟雄個体の脂皮における有機塩素化合物濃度の経年変化。(青野 *et al.*, 1997, 新見2002, 及び田辺, 未発表より)。PCE濃度は1984/85年から1988/89年にかけて有意な増加傾向を示していたが、1996/97年から僅かながら減少する傾向が見られました。

図43. クロミンククジラの肝臓中Hgの年齢蓄積曲線の経年変化(Aoki *et al.*, 2002)。肝臓中のHgは加齢により濃度上昇することが一般に知られているが、1980/81年から1981/82年のサンプルではそのような傾向は見られず、近年(1988/89年)になって年齢蓄積性を示しており、調査年によって蓄積曲線の形が変化していました。さらに、若齢(1~5歳)グループのHg蓄積レベルは、年々減少する傾向を示しました。このような蓄積曲線の経年変化は、クロミンククジラの摂餌環境の変化を反映した結果であろうと考えられています。



¹¹ 厚生労働省では、魚介類の水銀暫定的規制値は、総水銀量で0.4ppmとし、これを超えるものについては、さらにメチル水銀の分析を行い、0.3ppmを超えたものについて高水銀蓄積魚介類として対処することとしています。また、魚介類のPCBについては、その暫定的規制値を、内海内湾魚介類で3ppm、沖合魚介類で0.5ppmと定めており、鯨類の場合は、沖合魚介類(0.5ppm)が適用されています。本冊子のQ&Aにある「南極海鯨類捕獲調査(JARPA)で捕獲されたクロミンククジラの脂皮及び筋肉中のPCB並びに総水銀濃度」の表を参照。

クロミンククジラの食性

クロミンククジラによるオキアミ消費量の推定

JARPA 調査の主な目的の一つに、南極海の海洋生態系の中で鯨類が果たしている役割の解明があります。クロミンククジラの体重を直接計測し（図44）、胃内容物重量を測定して（図46）、一日の摂餌量を推定すると、体重の3～5%、平均200～300kg前後であることが明らかとなりました。



図44. クロミンククジラの体重測定。



図45. 南極海のオキアミ。クロミンククジラの胃内容物。



図47. アデリーペンギン。



図48. カニクイアザラシ。

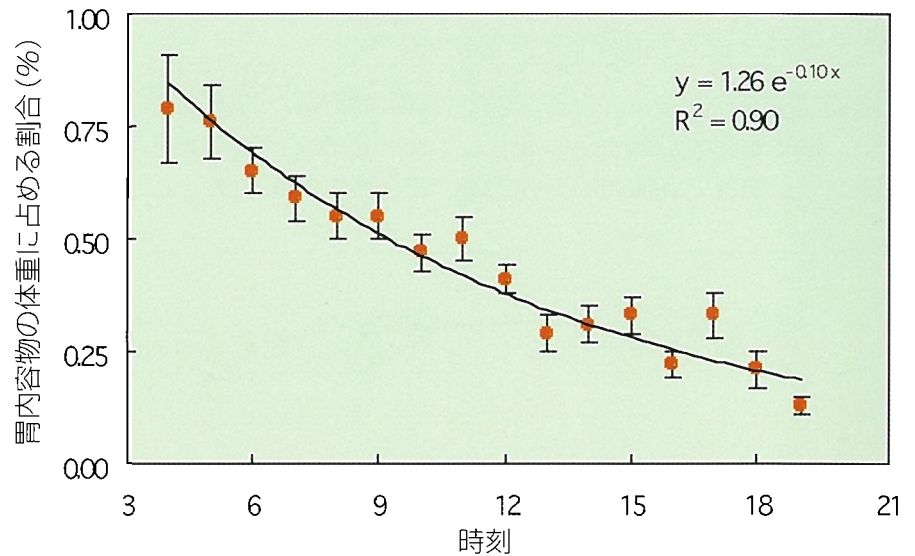


図46. クロミンククジラの摂餌率の時刻毎の変化。

ロス海でのクロミンククジラの一日のオキアミ消費量は、35,000トン前後と推定されましたが、同海域のアデリーペンギン（同2,100トン）やカニクイアザラシ（同600トン）と比較すると、同海域ではクロミンククジラがオキアミの最大の捕食者であることが示唆されました（図49）。また、IV区でも、CCAMLR（南極海洋生物資源保存委員会）によってオキアミ資源量が667万トンと推定されたのに対し、同海域でクロミンククジラによって消費されるオキアミが年間174～193万トンと全体の30%近くを消費していると推定されました。このように、クロミンククジラなどの鯨類は、南極生態系の高次生物の一つとして大きな役割を果たしており、鯨類による捕食活動が、オキアミ資源に与える影響も大きいことが考えられます。

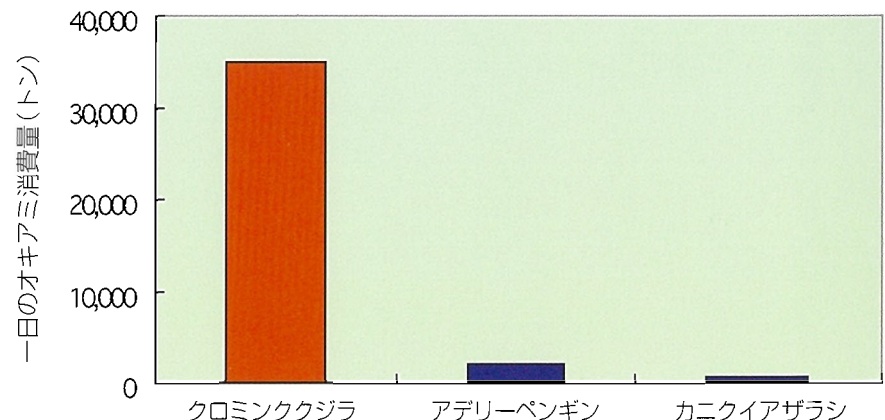


図49. ロス海における日間オキアミ消費量。

系群構造

クロミンククジラの系群構造の解明

生物資源は系群毎に管理されなければなりません。クロミンククジラ資源を持続的に利用するためには、系群構造（存在する系群の数、その地理的および時間的境界線の特定）をよく知ることが重要です。生物学的特性値が系群毎に異なると考えられます。そのため、それら生物学的特性値を、理論上、系群毎に推定する必要があります。クロミンククジラ資源の系群構造解明は今後適用される改訂管理方式（RMP）をさらに安全かつ効果的に適用するために有効であるからです。

系群構造は、ミトコンドリア DNA（図 50 参照）や核 DNA（マイクロサテライト）を使った遺伝学的分析のほか、鯨体各部の計測や比較をはじめとする外部形態の分析など、異なるアプローチを用いて JARPA によって調べています。汚染物質の蓄積量や寄生虫の種類と量といった生態マーカーも使います。

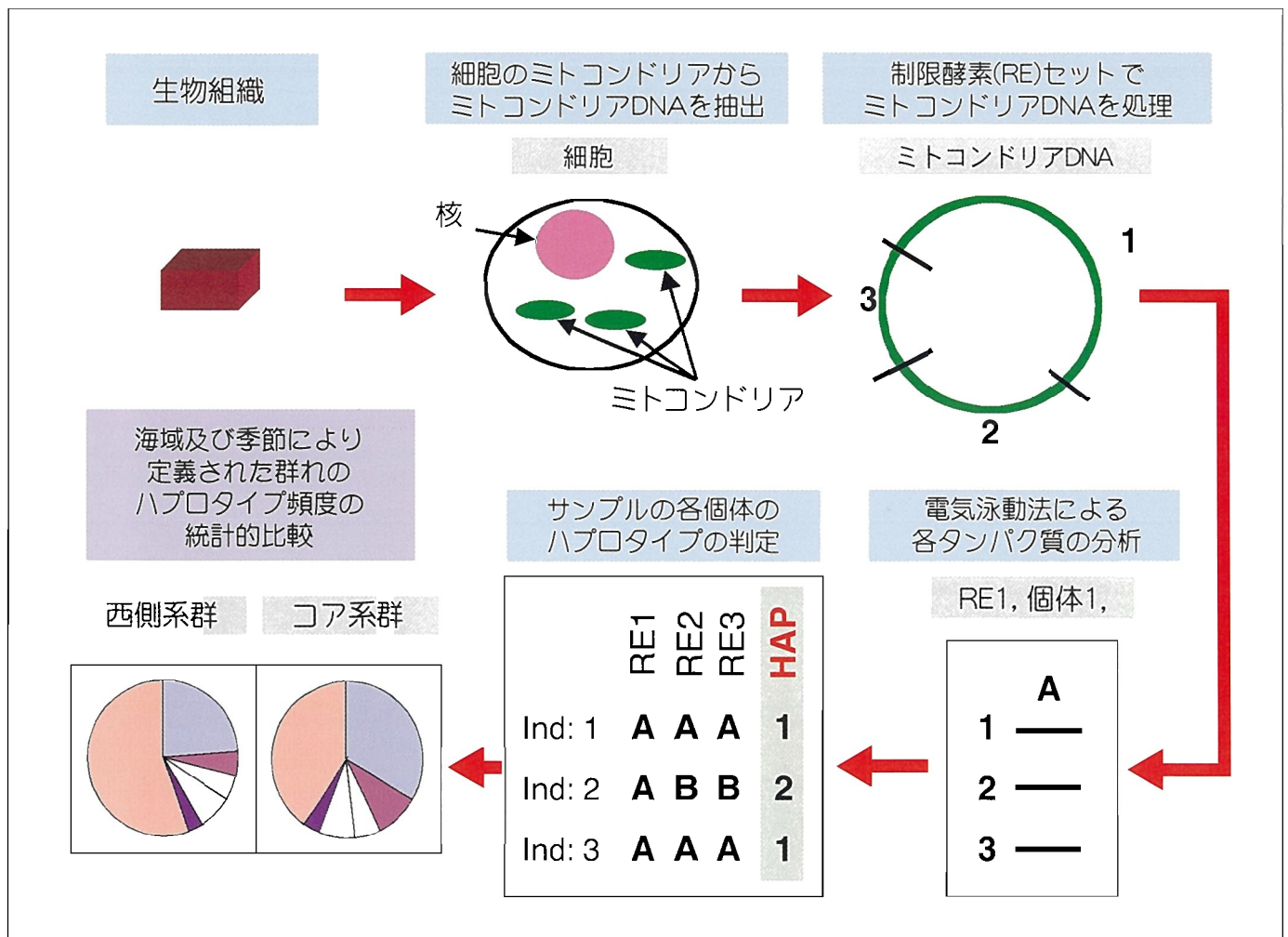


図 50. ミトコンドリア DNA の分析図解。

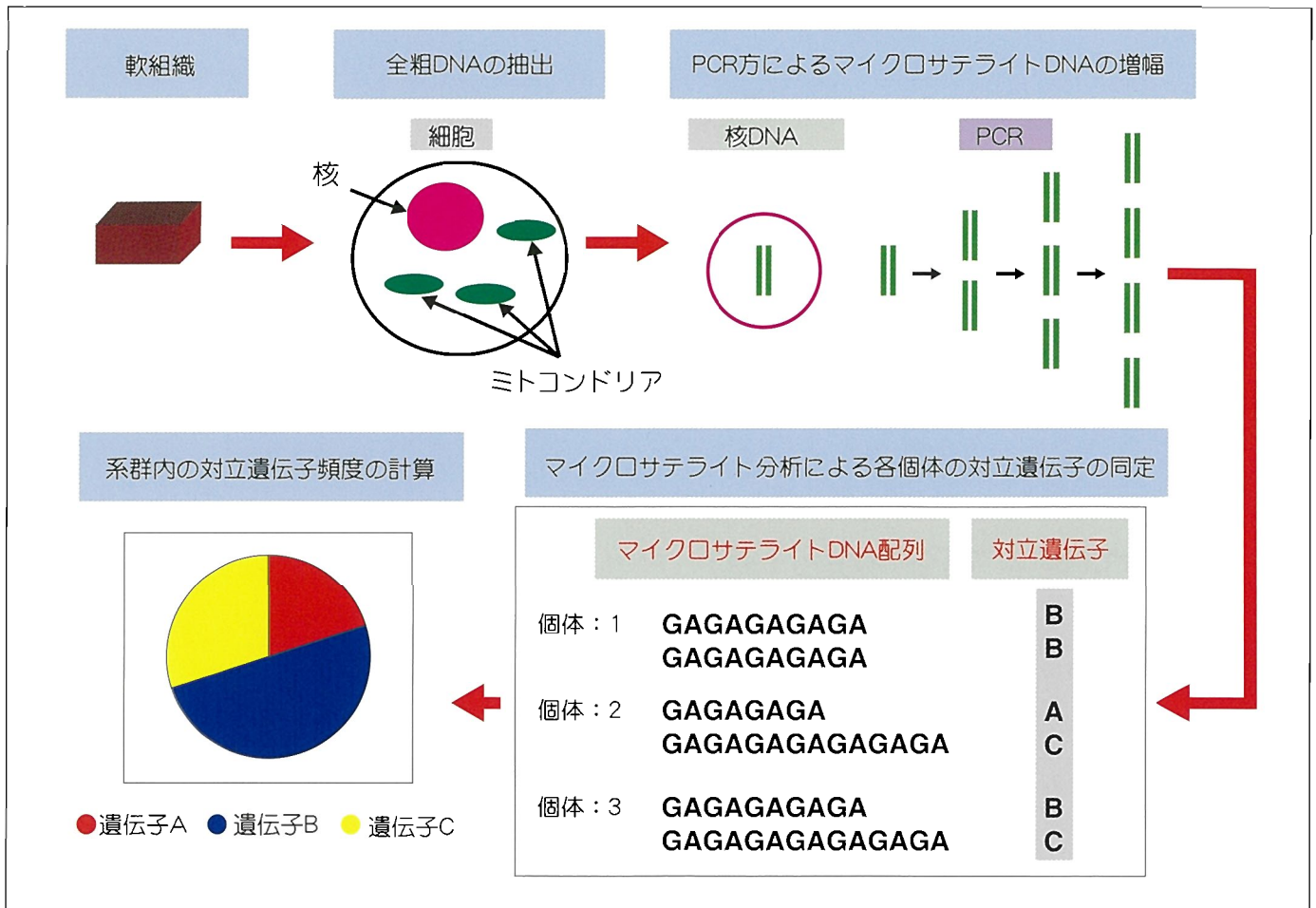


図51. マイクロサテライトDNAの対立遺伝子分析図解。

系群を識別するには

哺乳類など、ほとんどの生物では親から子に伝わる遺伝情報を持つ遺伝子を保有しています。遺伝子はDNAと呼ばれる物質からなります。ひとつの細胞の中には核の中にあり、母親と父親から遺伝（両系遺伝）する核DNAと、ミトコンドリアの中にあり、母親だけから遺伝（母系遺伝）するミトコンドリアDNA（mtDNA）が存在します。DNAはアデニン（A）、グアニン（G）、チミン（T）、シトシン（C）の4種類の塩基が直鎖状に並んで構成されています。遺伝子単位の並びは同じ種に属していればほぼ同じであります。各遺伝子を詳しく調べていくと個体ごとにDNAの塩基配列の違い（変異）が見られることがあります。mtDNAでは、様々な塩基配列パターンをハプロタイプと呼び、図50に示すように個体ごとにハプロタイプの番号（同じ配列は同じ番号）を割り当てることができます。核DNAのマイクロサテライトDNAはGAGA...GAのように2～4塩基の繰り返し配列として存在しており（図51）、繰り返し数の違いで対立遺伝子として区別します。これらをグループごとに取り纏めた情報を基に、統計的手法を用いてハプロタイプや対立遺伝子の頻度組成が比べようとするグループ間で同じかどうかを調べます。両グループにハプロタイプまたは対立遺伝子頻度に差があるとみなされた場合、それぞれが遺伝的に異なるグループ（系群）から採集されたものと判断され、異なる系群の存在が示唆されます。

系群構造

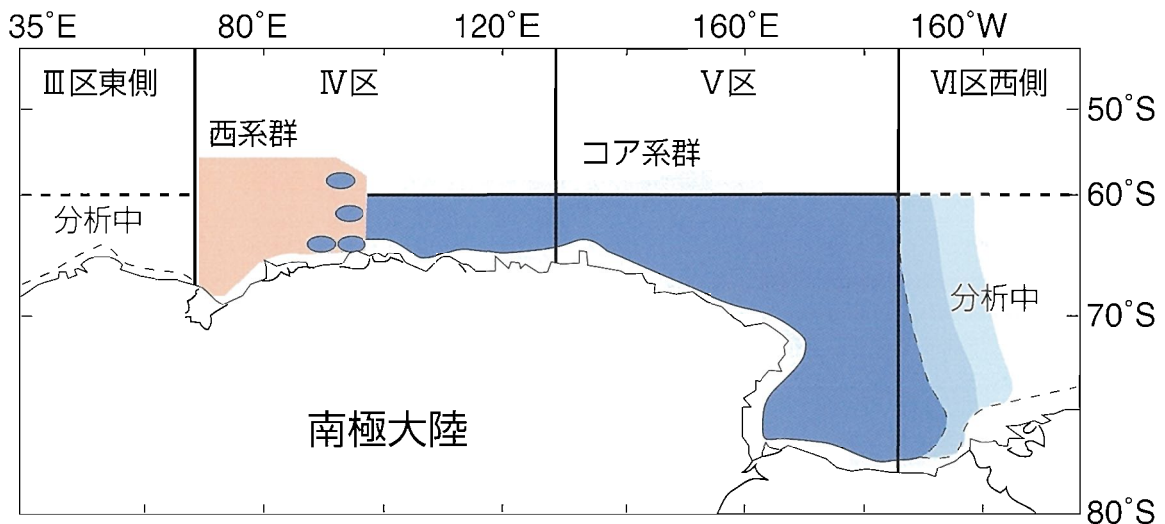
系群構造仮説

JARPAは、南極海のインド洋東海域（Ⅳ区）と南太平洋西海域（Ⅴ区）を対象に行われています。JARPA開始当初はⅣ区とⅤ区に各々独立した系群（繁殖集団）が来遊していると予想されていましたが、調査が進むにつれてⅣ区からⅤ区にかけてひとつの大きな系群（コア系群）が存在し、Ⅳ区西側海域には年によって、あるいは季節によって、別の系群（西側系群）が来遊することが明らかになりました。そこで現在は、調査海域の範囲をⅢ区の東側とⅥ区の西側にも拡大して、Ⅳ区とⅤ区にまたがるこの系群の分布範囲の把握に取り組んでおります。

コア系群の地理的および時間的な境界線が解明された後、コア系群を基準にして生物学的特性値を推定することになります。

これまでJARPAで得られた系群構造に関する情報は、10度の広がりを持った小海区というRMPの概念を裏付けることが不可能です。南極海における、ある系群の分布範囲はIWCの現行管理区域（少なくとも60度に及ぶ海域）に同等となるか、より広い海域に及ぶ可能性もあり得ます。

調査時期前半（12月から1月）



調査時期後半（2月から3月）

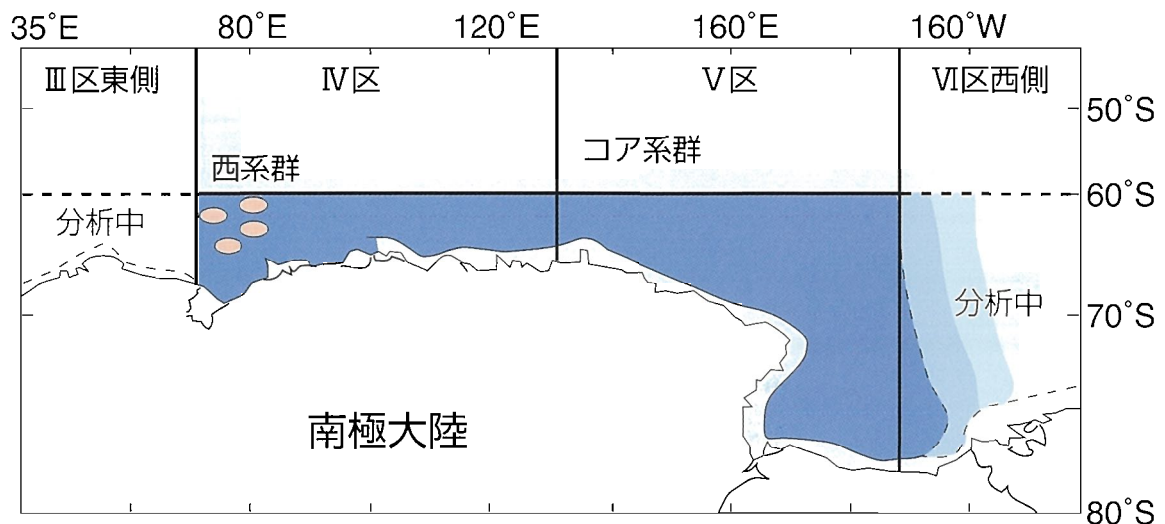


図 52. ミトコンドリア DNA 分析にもとづく仮説の系群構造。

ミンククジラの分類

ミンククジラの分類

最近まで地球の両半球に棲むミンククジラは *Balaenoptera acutorostrata* という単一の種類だと考えられていました。JARPAで捕獲された標本を利用した遺伝学的分析が、世界のミンククジラのカテゴリを明らかにするために貢献しています。たとえば、形態学的な分析に基づきミンククジラは2種に分類されるという以前からの知見は、遺伝学的に確認されました。これらはクロミンククジラ (*Balaenoptera bonaerensis*) およびミンククジラ (*Balaenoptera acutorostrata*) です。

クロミンククジラは南半球にのみ生息し、より大型で、一番豊富なミンククジラです。もう一種のミンククジラには北大西洋、北太平洋に分布するミンククジラ他、南半球に生息するドワーフミンククジラが含まれます。JARPAのもとで行われた遺伝学的分析の結果、クロミンククジラとドワーフミンククジラは異なる種であること、また、ドワーフミンククジラは北半球に生息する他のミンククジラ、特に北大西洋のミンククジラと同じ種(遺伝学的に近い)に属することが判明しました(図53)。

JARPAの調査によってドワーフミンククジラは主に魚類を捕食することも判りました。JARPAの調査記録ではドワーフミンククジラはこれまで考えられていたよりも南の海域に来遊することが判明し、夏季、南緯60度辺りでは一番多く目視されています。

海上でもクロミンククジラとドワーフミンククジラの区別を可能にする、はっきりとしたいくつかの形態学的な違いがあります。その一つは胸びれの白い紋章の有無です。JARPAの1993/94の調査よりドワーフミンククジラの標本採集が中断されて以来、事実上捕獲されていないことは、経験豊かな調査員がクロミンククジラと有効に区別できることを示しています。

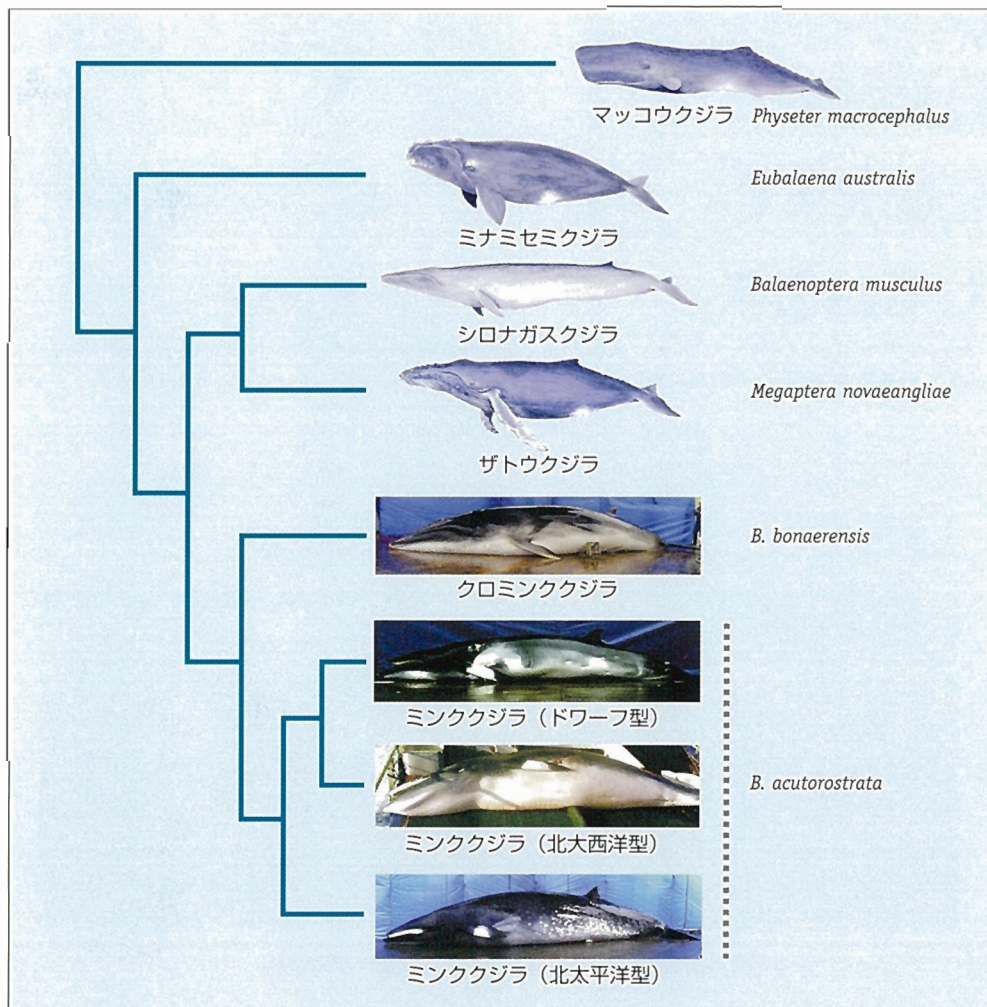


図53. ミトコンドリアDNAによるミンククジラの系統分類学的分析。比較のため、JARPAの非致命的調査対象となっているギトウクジラ、シロナガスクジラやセミクジラなどの大型鯨類も含めました。

クロミンククジラの資源量

クロミンククジラの資源量

クロミンククジラの資源量が高水準で安定していることが、JARPAの調査で明らかになっています。

JARPAでは資源量と考えられるその変動を調べるため、目視調査を行っています。1989/90年から2000/01年の調査航海で得られたデータでは、調査海域（Ⅳ区とⅤ区）の資源量は安定していることが分かりました。

IWC科学委員会は1990年に、南極海全体（南緯60度以南）のクロミンククジラ資源量が761,000頭だと合意しています。初期資源量が8万頭だったことを考えると、少なくともJARPA水域のクロミンククジラの資源量は現在高水準で安定していると言えます。

**クロミンククジラの
資源量は
現在高水準で
安定しています。**

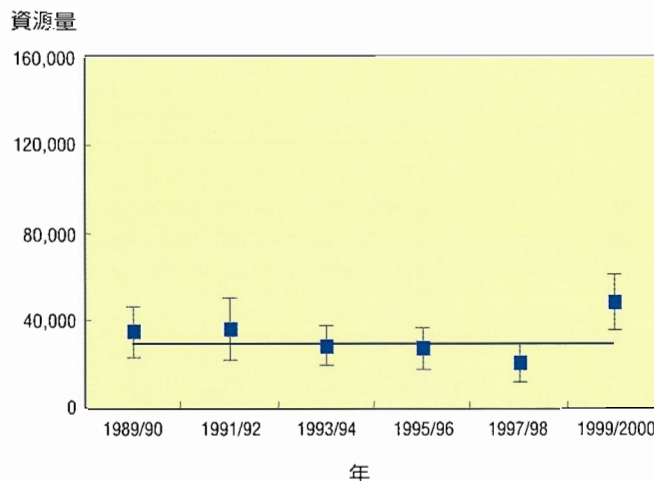


図54. 回帰曲線はⅣ区の1989/90年から1999/2000年のクロミンククジラの資源量傾向を示しています。縦線は、資源量推定値の95%の信頼区間¹²を示しています。

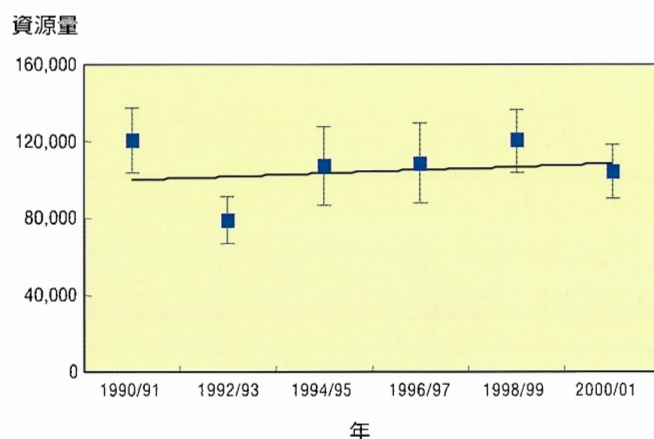


図55. 回帰曲線はⅤ区の1990/91年から2000/01年のクロミンククジラの資源量傾向を示しています。縦線は、資源量推定値の95%の信頼区間¹²を示しています。回帰曲線は、Ⅳ区(図54)とⅤ区回帰曲線はほとんど平らで、クロミンククジラの資源量が安定していることを示しています。



図56. 南極海におけるクロミンククジラの群れ。

¹² 推定値の95%信頼区間：資源量など何らかの値を推定する際、必然的にある程度の誤差を伴うために、推定値は必ずしも真の値にはなりません。推定値の95%信頼区間とは、95%の確率で真の値が含まれることが統計学的に示された範囲であり、真の値がほぼこの範囲内にあると考えてよいです。

クロミンククジラの資源量

IWC 科学委員会によるクロミンククジラの資源量推定値

IWC 科学委員会は、1990年に国際鯨類調査10ヶ年計画 (IDCR) の第1次及び第2次環南極調査航海 (CP) の目視調査結果のレビューを行い、クロミンククジラの資源量推定値は761,000頭であることに合意しました。第1回の南大洋鯨類・生態系調査 (SOWER) (IDCRから数えると第3次にあたる) 環南極調査航海が完了目前となり、科学委員会は2006年に新しい資源量推定値を出すべく、活動しています。

表6. 南緯60度以南のクロミンククジラの資源量推定値。

	資源量推定値	典拠
第2次CP (1982/83年～1988/89年)	761,000	IWC (1991)
第3次CP (調査未完了)	644,818 ^a	Butterworth <i>et al.</i> (2001)

^a 通過方式のみによる推定

上述のように、JARPAによってこの12年間、クロミンククジラの資源量が高水準で安定していることがわかりましたが、2006年のレビューでも1990年同様の資源量推定値となるものと考えられます。

ダグラス・バターワース博士 (ケープタウン大学) など他の科学者たちが、調査が未完了ながら64万頭という資源量推定値を出しています。JARPAの調査データは、少なくともIV区とV区に関してはクロミンククジラの資源量が、同じような高水準で安定していることを示しています。

JARPA と IDCR/SOWER

JARPAでは、IV区とV区を1年置きに調査します。本格調査が始まった1989/90年から2000/01年までの12年間で6回ずつ調査したことになります。IWC 科学委員会は、日本政府が提供する調査船を使って、IDCRとIDCRから発展したSOWERを実施しています。これらの調査航海でも南極海全体 (南緯60度以南) の目視調査を行っており、科学委員会は、それらで得たデータにもとづいてクロミンククジラの資源量を推定しています。しかしながら、これまでのところIDCR/SOWERでは、同じ調査海域を多くても3回しかカバー



していないうえ、調査と調査のあいだも数年間の間隔が空いており、また、より広い範囲で実施されています。この点を考えると、JARPAのほうがクロミンククジラの資源量の変化をモニターするのに適した設計となっています。

図57. IDCR/SOWER 調査航海におけるバイオプシー標本の採取。シロナガスクジラ3頭の群れから採取しようとして、1頭に命中したダートの回収準備をしているところ (2001年、南極海IV区、調査船昭南丸船上にて)。

ザトウクジラ資源量の増加

南極海におけるザトウクジラの増加

JARPAの目視調査から、南極海Ⅳ区におけるザトウクジラの資源量は、1989/90年から1999/2000年までの間に毎年13.4%の割合で増加したことが分かりました。また、12,664頭(Matsuoka *et al.*, 2000)という資源量推定値が得られています(目視専門船による)。南極海Ⅳ区のほぼ真北にあたる、西オーストラリアや東オーストラリアでもザトウクジラが目立って増加していることが確認されています(表7)。これらの調査結果はいずれも、南極海においてザトウクジラ資源が急速に回復していることを裏付けています。



図58. 南極海で調査船のすぐ近くを泳いでいるザトウクジラの群れ(2002年、Ⅳ区)。

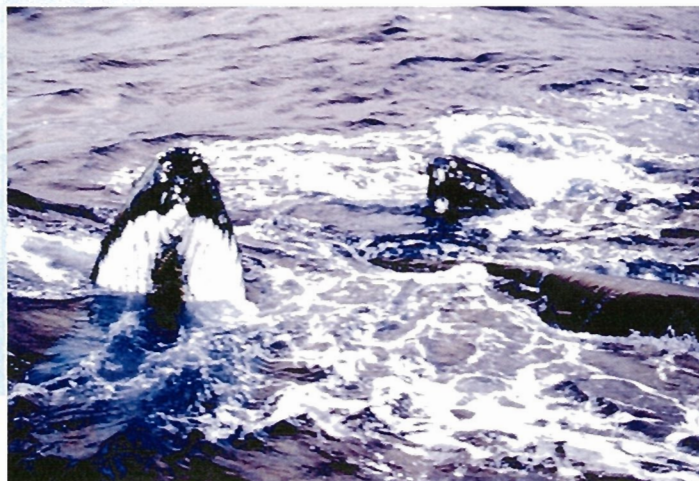


図59. 1999年、南極海のⅣ区におけるザトウクジラの群れ。3頭の群れだが、左の個体は、頭をもたげてスパイホップ行動を見せています。

資源量

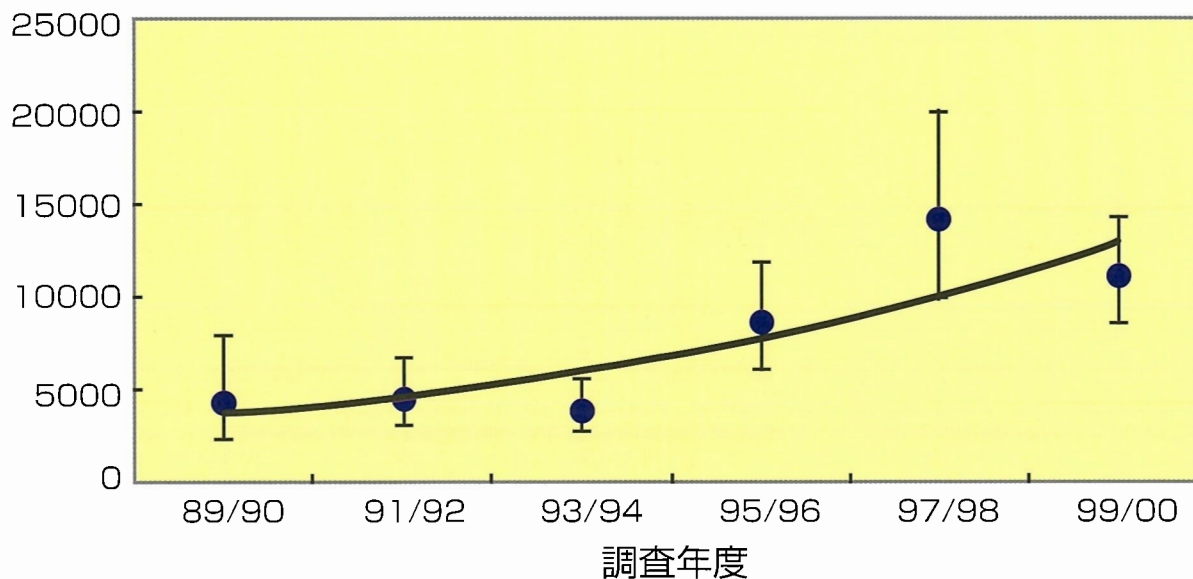


図60. Ⅳ区における1989/90年から1999/2000年までのザトウクジラの資源量推定値。資源量が増加傾向にあることが分かります。縦線は各年度の資源量推定値の95%¹²信頼区間を表しています。

他の大型鯨類資源量の増加

JARPAで観測されたザトウクジラ資源の増加は例外的なものではありません(Matsuoka *et al.*, 2000)。多くの鯨類資源が顕著な回復ぶりを見せていることが報告されています。下の表に見るように、南半球ではミナミセミクジラ資源も高い増加率で回復しています。北半球でも、北大西洋西部で1979～1993年のあいだにザトウクジラが年3.1% (Stevick *et al.*, 2001)、北太平洋東部のコククジラが1967/68～1987/88年のあいだに年3.2% (Buckland, 1990)、それぞれ増加しているなど、多くの鯨類資源が回復・増加していることが分かっています。

表7. 南半球の鯨類の年間平均増加率。

鯨類資源		年間増加率	期間
ミナミセミクジラ	(オーストラリア) ^a	8.3%	1983-1997
ミナミセミクジラ	(南アフリカ) ^a	7.2%	1969-1996
ミナミセミクジラ	(アルゼンチン) ^a	7.1%	1971-1996
ザトウクジラ	(東オーストラリア) ^b	12.3%	1981-1996
ザトウクジラ	(西オーストラリア) ^c	10.9%	1977-1991

^a . Best, P.B., *et al.*, 2001 ^b . Brown, M.R., *et al.*, 1997 (SC/49/SH35). ^c . Bannister, J.L., 1994.



図61. ミナミセミクジラ。



図62. シロナガスクジラ。

表8. JARPAの調査で、IV区とV区において発見されたシロナガスクジラ。目視数は両区とも増加傾向を見せています。

IV区

調査年	調査距離	群数	頭数
1989/90	17,094	5	9
1991/92	18,205	3	3
1993/94	17,933	5	9
1995/96	21,456	1	1
1997/98	21,598	5	6
1999/00	16,342	14	30
2001/02	19,767	11	18

V区

調査年	調査距離	群数	頭数
1990/91	14,760	4	6
1992/93	13,492	7	9
1994/95	14,039	13	20
1996/97	17,756	1	1
1998/99	8,064	7	16
2000/01	20,484	15	25

バイオブシー標本採取及び写真識別

バイオブシー標本と写真撮影を利用した研究

JARPA調査では致死的研究のほかに、主に遺伝学的研究のための表皮バイオブシー採集（1993/94年の調査以降）や個体識別のために鯨の写真撮影をする（1989/90年以降）といった非致死的研究も実施しています。このような調査はザトウクジラ、シロナガスクジラ、ミナミセミクジラの3種を対象としており、これらの鯨種の分布域や移動様式の解明、系群識別、資源量推定など、大型鯨類の生活史と生態を解明するために大いに貢献しています。

バイオブシー標本の採集

表皮のバイオブシー標本は、日本鯨類研究所が開発した空気銃等を用いて採集しています。JARPAでは2001/2002年の調査までに、ザトウクジラ、セミクジラ、シロナガスクジラ、ナガスクジラからそれぞれ290、29、17及び16頭の標本が採集されています。

これらの標本を使ってPCR法と呼ばれる技術を利用することによって、シロナガスクジラとセミクジラについては鯨類の分類、ザトウクジラについては、分布、系群構造及び移動様式

の解明にも役立てられています。個体の雌雄判定も分子生物学的技術で実施していますが、このような研究は、国内外の他研究室との共同研究で行われています。



図 63. バイオブシー用空気銃。



図 64. 銃を構えているところ。



図 65. 銃を発射したところ。



図 66. バイオブシー標本の回収。



図 67. 分析のため貯蔵する前に標本を洗浄しているところ。

写真による個体識別（フォトID）

体側面や尾鰭の模様や傷跡といった自然標識の写真はザトウクジラの個体識別に、頭部コブ状隆起の形状はセミクジラの個体識別に、そしてシロナガスクジラの場合は、斑紋の模様が個体識別に役立ちます。JARPAでは2000/2001年の調査までにザトウクジラ、シロナガスクジラ、ミナミセミクジラからそれぞれ447、130、189枚の記録を収集し、『日鯨研フォトIDカタログ』としてデータの整理を行っています。個体識別は、主として個体の移動様式を観察するのに用いられます。



図68. セミクジラ。頭部のコブ状隆起が個体識別に利用できます。

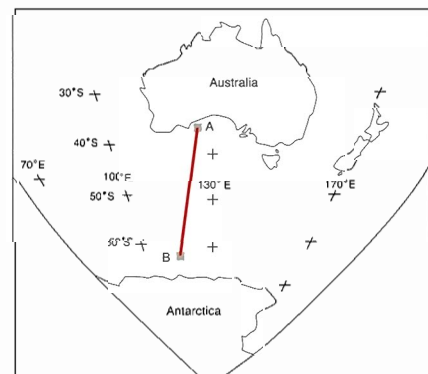


図 69. JARPAにより1996年にIV区で撮影したセミクジラの1個体が、オーストラリア南部で観察されている個体と同一であることが分かりました (Bannister et al., 1999)。

クロミンクジラの体外受精

体外受精

ヒゲクジラ類の繁殖生理について日本鯨類研究所は帯広畜産大学との共同研究を進めています。その主たる研究成果の一つに、クロミンクジラ精子を凍結保存して未成熟卵子を体外成熟させ、世界初の体外受精によるクロミンクジラ受精卵の作出に成功しました。このようにJARPAのサンプルを有効利用し、人工繁殖による種の保全も視野に入れた多くの基礎的な知見が得られています。



図70. 精子観察。



図71. クロミンクジラの精巢と精巢上体。



図72. クロミンクジラの未成熟精子の体外成熟培養ガラス瓶を入れた培養器。



図73. クロミンクジラの未成熟精子の体外成熟培養のデータを収集。

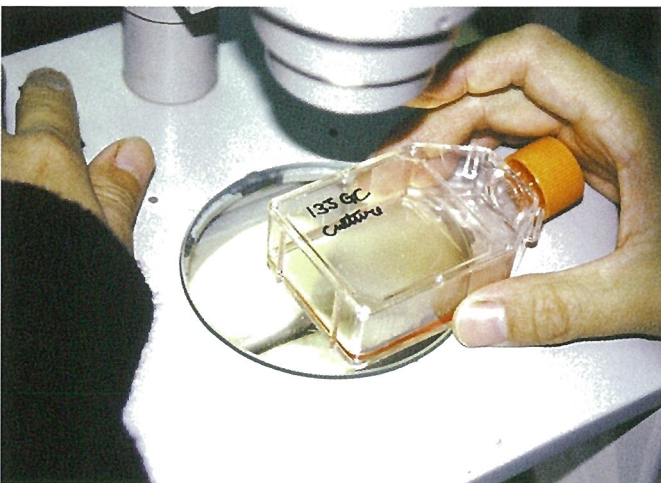


図74. クロミンクジラの受精卵の発生の様子を顕微鏡で観察。



写真提供：帯広畜産大学 福井豊教授

図75. 体外受精によって得られたクロミンクジラの分割卵。

海洋観測調査

海洋観測調査

鯨類の餌生物の分布は海洋環境と密接な関係にあることが知られており、海洋構造を明らかにすることは、調査海域内の鯨類分布や生態系解明にとって不可欠です。JARPAでは、目視専門船に装備された各種観測装置で得られた海洋データと目視調査で得られた鯨のデータ及びオキアミなどの生物学的なデータを同時に収集できる利点があり、同時期の海洋構造と鯨類の分布をより詳細に把握できます。

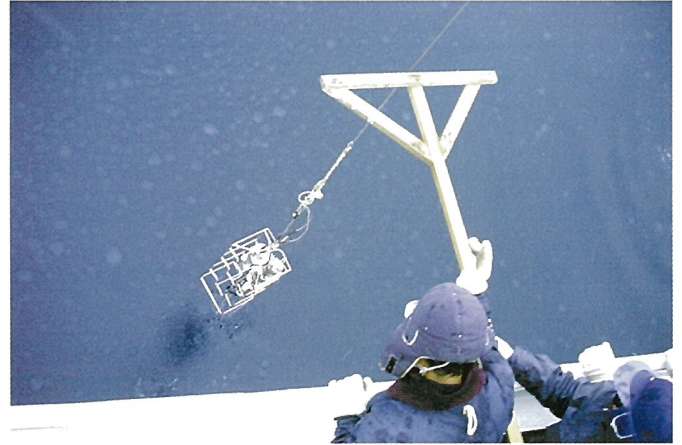


図76. CTDによる観測。観測機器を水中に投入して、水温、塩分濃度の鉛直分布データを得ます。



図77. 目視専門船内にある研究室の風景。各種観測機器より得られたデータはここに集積されます。

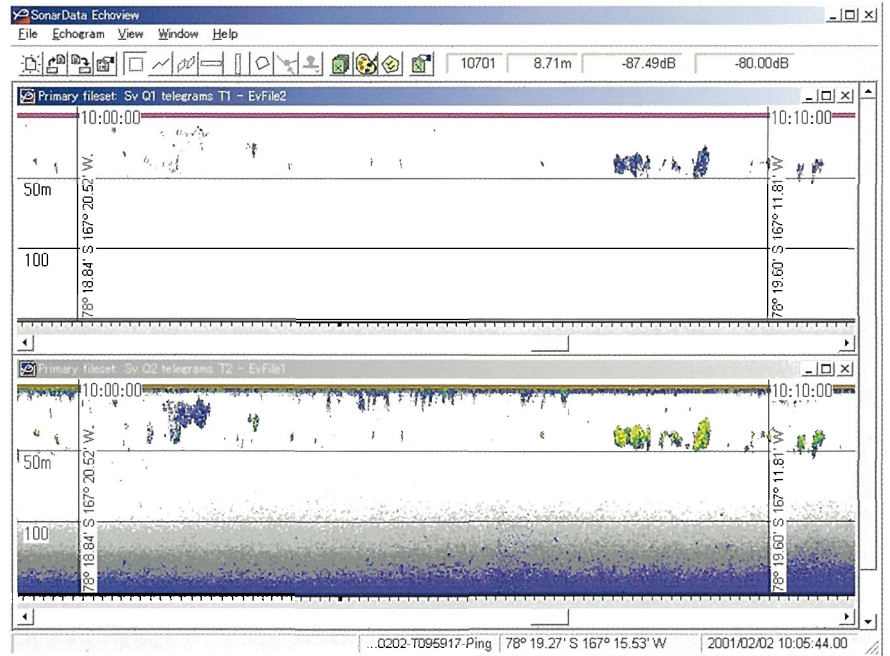


図78. オキアミの群れを計量魚探でとらえた記録。計量魚探は、餌の生物量を調べるため音波を使って群れの密度を計算します。

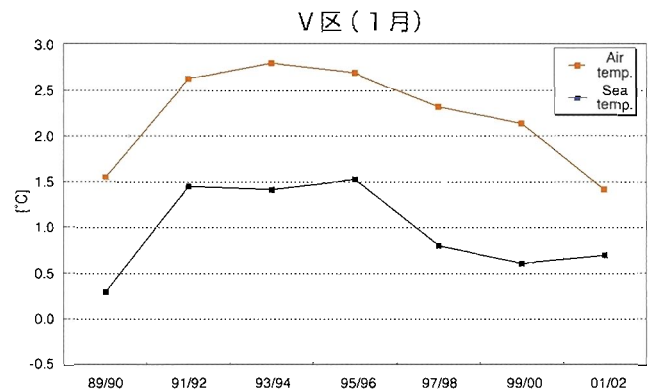
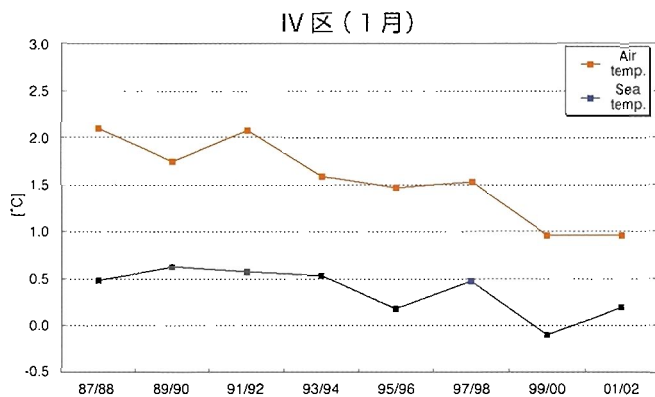


図79. 南極海のIV区(左)及びV区(右)における気温と海水温の経年変化。JARPAの調査では、南極海の水温が上昇している証拠は得られていません(赤:気温、青:海水温)。

人工衛星標識及び音響モニタリング

人工衛星標識

人工衛星標識（図80）を鯨類に装着することによって、彼らの回遊時期や経路や繁殖場を解明することができます。これは鯨類の生態を把握する上で重要な情報をもたらすため、JARPAにおいても装置・方法の開発や装着実験が精力的に進められています。

鯨類の鳴音録音

水中で音波は空気中の約4.5倍の速さで進み、しかも陸上よりずっと遠くまで届きます。鯨類はコミュニケーションや、物体を感知するために、よく鳴音を発しています。そこで、この鳴音を録音して鯨類の探索方法や生態の研究をするために、水中音を記録する装置（ソノブイ、写真参照）を使った研究が進められています。



図82. 海に下ろすためにソノブイを準備しているところ（目視船第2共新丸にて）。

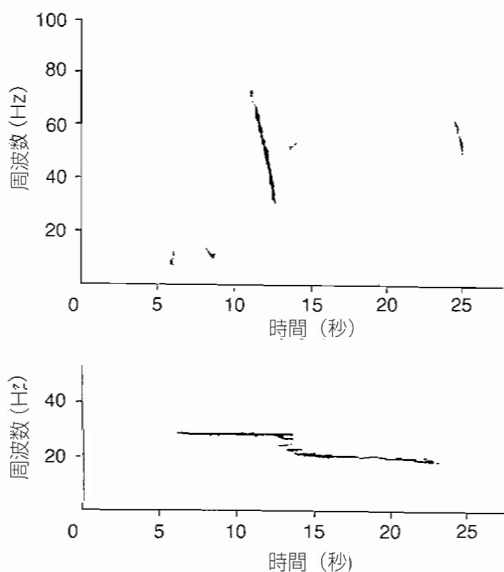


図84. JARPAの調査航海中に記録された鯨の鳴音。上はナガスクジラの典型的鳴音の音響分析図。下は同様にシロナガスクジラのもの。どちらも1999年1月にV区で録音。

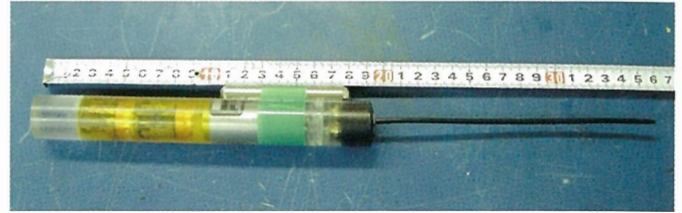


図80. 装着実験に使われる人工衛星標識。

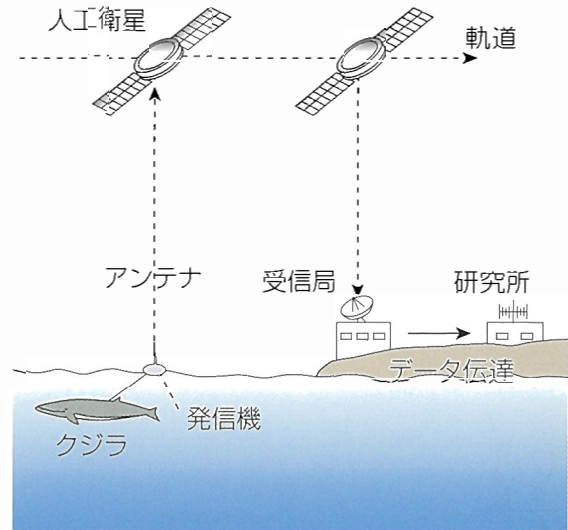


図81. 人工衛星を使った鯨追跡システム概念図。

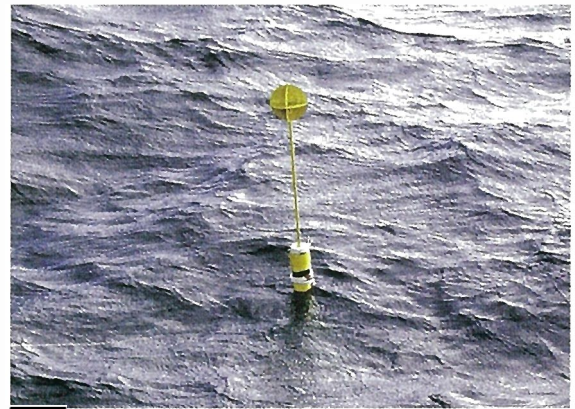


図83. 海面に浮かぶソノブイ。



図85. ソノブイによって得られたデータの解析風景。

博物館への協力

博物館等への協力

JARPAで採集されたクロミンククジラの骨格標本は、計測の後日本全国の博物館や水族館等に展示されており（図87）、誰でも自由に目に見ることができます。このようにJARPAでは、研究標本を採集して研究するだけでなく、外部機関からの要請があれば展示用標本の採集にも協力しています。



図86. 骨学研究用のために用意されたクロミンククジラの頭骨。



図87. 日本全国の博物館をはじめとする施設に対する骨格標本採集協力。

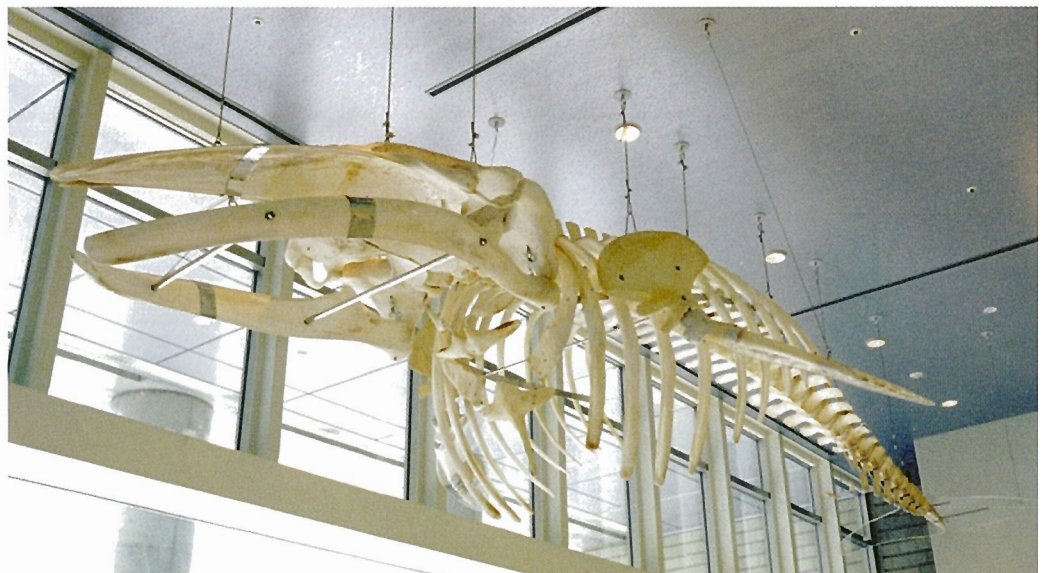


図88. 徳島県立博物館で展示されているクロミンククジラの骨格標本。

写真提供：徳島県立博物館

Q & A

致死的調査の必要性

Q 鯨を殺さなくても、鯨類資源管理に必要なデータを手に入れることが出来るのでは？

A 致死的調査が不可欠です。

下表の通り、鯨類調査のためには鯨を捕殺する（致死的）方法と鯨を捕殺しない（非致死的）方法があります。下表で見るとおり、それぞれに長所と短所があるため、実際の調査では調査目的に応じてこれらを組み合わせて用いることが有効です。JARPAの目的に照らすと、例えば、適切な資源管理を実現するためには、鯨の「人口調査」が必要です。それは年齢別・成熟度別などでの資源組成が分かると資源管理はとても安全になるからです（ちなみにこの種の情報の不足を理由として、商業捕鯨モラトリアムが導入されたのです）。こうした情報を得るために耳垢栓（年齢を調べる）や生殖腺（性成熟度や妊娠率を調べる）を採集する必要がありますが、これらの器官は鯨体の内部深くにあるため、鯨を殺さずに得ることはできません。また、海洋環境が鯨類に与える影響を調べるためには、内臓等に蓄積されている汚染物質を調べる必要がありますし、鯨類の捕食している生物資源を定性的（捕食対象種）、定量的（捕食量）に調べるためには、鯨類を捕獲し、胃内容物を調べる必要があります。こうした調査を効果的に実施するために鯨を捕獲して調べる致死的な方法が不可欠です。バイオプシーなど非致死的調査で得られる情報もありますが、これが非効率で現実的でないことはIWC科学委員会でも認識されています。

表9. 資源調査に際しての致死的調査と非致死的調査の比較。

項目	致死的調査	非致死的調査
対象生物	殺さねばならない	殺さずに済む
資源量	希少資源には不適當	希少資源に適當
対象鯨種	遊泳速度にかかわらず可能	遊泳速度が遅いのが適當
標本	大量に得られる	少数しか得られない
試料	全体部から得られる	体表部分の一部からしか得られない
調査の現場	悪条件の場でも可能	好条件の場でしかできない
調査時間	十分に時間をかけられる	短時間の調査しかできない
調査期間	短期間で結果が得られる	長期間にわたる調査が必要
連続性	個体の1断面しか分からない	個体を連続して観察できる
体長、各部長	有利（直接形態測定）	不利（写真撮影、間接計測）
体重、各部重	有利（解剖測定）	不利（生体捕獲不可）
生化学組成	有利（組織標本採取）	不可能
調査経費	費用回収可能	費用回収できない
採集資源の利用	利用できる	利用できない
標本採集	有利（調査費回収可能なため資金調達がやり易くよりよい採集機会につながる）	不利（多額の調査費が標本の数・質を制限）
法的根拠	致死的調査実行の権利はIWC条約8条	非致死的調査は致死的調査の必要性和正当性を排除するものではない

致死的調査の必要性

表 10. 調査目的に対する致死的及び非致死的の方法の優劣。

項目	致死的調査	非致死的調査
体長、各部長	有利（直接形態測定）	不利（写真撮影、間接計測）
体重、各部重	有利（解剖測定）	不利（生体捕獲不可）
生化学組成	有利（組織標本採取）	不可能
年齢	有利（年齢形質の採集）	不利（外部形態の観察）
成長	有利（体長測定、年齢査定）	不利（個体識別による長期観察）
成熟	有利（生殖腺の調査）	不利（外部生殖器の観察）
受精	有利（生殖腺、生殖器の調査）	不利（交尾行動の観察）
交尾期	有利（胎児の大きさから判定）	不利（繁殖域への来遊の観察）
妊娠	有利（胎児の有無）	不利（血液採取による性ホルモンの分析）
哺乳	有利（母親の乳腺、子の胃内容物）	不利（親子の行動観察）
繁殖周期	有利（妊娠率等）	不利（個体識別による長期観察）
食性	有利（胃内容物の調査）	不利（捕食行動の観察、糞の採取）
追跡	有利（体内標識）	不利（個体識別、電波標識）
系群	有利（臓器、年齢形質の採取）	不利（バイオプシーの採取、衛星標識、個体識別）

Q 調査で捕った鯨の肉が日本市場で売られています。本当の目的は鯨肉などを売ること、調査は名目なのでは？

A ちがいます。調査副産物を可能な限り有効利用することは条約（ICRW）上の義務です。

科学調査で使った残りの部分を（食用その他に）可能な限り利用し、販売することは、ICRWが条約本文（第8条第2項）で調査実施国に命じていることです。綿密・厳格な計画に基づいて実施される捕獲調査には多くの経費がかかり、副産物販売からの取得金は翌年の調査経費の一部に充てられています。一方で鯨体を可能な限り利用することは資源を大切にするという意味できわめて常識的なことであり、同時にそれを可能にする鯨利用の伝統が日本にあるということも再認識されるべきでしょう。なおJARPAが科学調査事業として科学的知見を結集し、高い水準を保持していることは、この冊子で紹介しているとおりです。

Q 捕獲が必要だとしても、必要以上の数の鯨を捕っているのでは？

A 採集標本は意味のある結果を得るための最低限の頭数です。

捕獲する鯨の頭数は、統計学的に意味のある調査結果を得るための最低限の水準に設定されています。ところで1年間の捕獲頭数は、1987/88年の調査開始当初は300頭（±10%）と計画されていました。1995/96年から現在までは400頭（±10%）で調査が行われています。当初は商業捕鯨時代からの系群仮説（「クロミンククジラの系統群構造の解明」参照）が前提とされましたが、調査進展に伴い調査結果がその仮説と合致しないことが明らかになりました。そこでこの系群構造の問題を解明するために、調査海域を東西にそれぞれ拡大し、拡大された海域からそれぞれ毎年100頭（±10%）を捕獲する必要性が生じたのです。ちなみのこの現在の捕獲頭数は、南極海に生息するクロミンククジラの0.05%に過ぎず、この値は純加入率よりも小さいので、資源に悪影響を与えることはありません。

致死的調査の必要性

Q 逆に、本調査の目的を達成するためには、現在の捕獲標本数では少なすぎないか？

A 現在の捕獲標本数は、捕獲調査が資源に影響を与えずに、統計学的に意味のある科学データを得られることを可能にする数です。

しかしながら、標本数の規模を大幅に増大して調査の精度を向上し、成果が得られるスピードを速めることが可能です。

Q 予備調査も入れて18年間も鯨を捕り続ける必要はないのでは？

A 一部のクロミンククジラ資源に短期間に捕獲圧力が集中することを回避しつつ、必要な調査を合理的に計画した結果です。

複数年にわたる調査全体を通じて、調査目的達成のために必要な捕獲頭数が割り出されています。また捕獲が資源に悪影響を及ぼすことを避けるために捕獲を合理的に分散させる必要があります。統計学的に必要な一年あたりの捕獲頭数を勘案した結果、16ヶ年のJARPA本調査計画が策定されたのです。また、この計画はクジラと環境のモニタリング（系群の構成に関する観察、データ収集等）にも必要であり、役立っています。

Q 商業捕鯨モラトリアムと南大洋鯨類サンクチュアリー（保護区）があるので、JARPAは違法では？

A JARPAは完全に合法的に実施されています。科学的に見ても正当です。IWCによる、これらの捕鯨禁止措置も捕獲調査には適用されません。

JARPAをはじめ日本の鯨類捕獲調査は完全に合法的に行われています。国際捕鯨取締条約（ICRW）第8条は、「この条約の規定にかかわらず」IWCメンバー国は自国が適当と考える条件で科学調査を目的として鯨を捕獲できるとしています。つまり、どのIWC加盟国も条約の附表で規定されている商業捕鯨モラトリアムや南大洋鯨類サンクチュアリー（保護区）に拘束されずに、捕獲調査を行うことができると条約で認められているのです。

モラトリアムはもう必要がないだけでなく、南大洋のサンクチュアリーは資源量と無関係に設定されているため、条約に反します。

Q 南極海におけるJARPAのような調査は今後も続ける必要はあるのでしょうか？

A はい、その通りです。

将来において南極海の豊富で素晴らしい資源を人類のために役立たせるためにも、鯨類資源を含む海洋生態系をよりよく理解し、継続的なモニタリングおよび合理的保存管理の実現が不可欠です。現在実施しているJARPA調査はその一翼を担っており、これを将来さらに発展させるべきです。

さらにJARPAは動態理論の発展、環境との関連など、生態系の構造だけではなく、いかなる場合でも必要です。商業捕鯨だけだと十分なデータが得にくいため、科学調査によって海洋環境の変動やクロミンククジラの回遊モニターを行いながら、どのような方法で鯨類資源を利用できるかなどについて、引き続き科学情報を得ながら観察する必要があります。

もっとも汚染されていない食品の一つ

Q 海洋汚染は進んでいて鯨にも汚染物質が高い割合で蓄積されていると聞きますが、JARPA で捕獲されるクロミンククジラの筋肉は汚染されているのでは？

A クロミンククジラの筋肉・脂皮は汚染のもっとも少ない食品の一つです。

南極海は、地球上で最も人為的な化学汚染が少ない海域です。JARPAによって継続的なモニタリングが行われていますが、現在までのところ、クロミンククジラの脂皮や筋肉中に蓄積されたPCBやDDTといった人工有機塩素化合物や水銀はごく微量で、北半球の個体と比べると10分の1以下の値を示しています。また、この値は厚生労働省の定めた暫定的規制値を大きく下回っており、クロミンククジラの鯨肉は最も汚染されていない食品の一つです。JARPAで得られた汚染物質に関する調査結果の詳細は、日本鯨類研究所のホームページ (<http://www.icrwhale.org/index.htm>) で公開しています。

表 11. 南極海鯨類捕獲調査 (JARPA) で捕獲されたクロミンククジラの脂皮及び筋肉中の PCB 並びに総水銀濃度。

鯨種		脂皮中 PCB ($\mu\text{g/g}$)	筋肉中の総水銀 ($\mu\text{g/g}$)
クロミンク クジラ (’89-’03)	平均 (最低・最高) 試料数	0.031 (0.00031-0.11) 26	0.027 (0.003-0.07) 232

水銀：クロミンククジラの筋肉中濃度は、平均で暫定的規制値の10分の1以下の値を示しています。調査の結果によると、水銀は鯨の内臓（特に肝臓）や筋肉（赤身）に比較的多く蓄積されることが分かっていますが、クロミンククジラではこうした部位の濃度は低くなっています。

PCB：脂溶性の高いPCBは、これまでの研究報告から、鯨類体内の中でも脂皮など脂肪組織に蓄積されやすいことが分かっていますが、クロミンククジラの筋肉中では暫定的規制値を大きく下回っています。脂皮中のPCB濃度も、規制値を小数点以下1桁下回っています。これらのデータは、クロミンククジラの副産物は最も汚染されていないことを示しています。

脚注：厚生労働省では、魚介類の水銀暫定的規制値は、総水銀量で0.4ppmとし、これを超えるものについては、さらにメチル水銀の分析を行い、0.3ppmを超えたものについて高水銀蓄積魚介類として対処することとしています。また、魚介類のPCBについては、その暫定的規制値を、内海内湾魚介類で3ppm、沖合魚介類で0.5ppmと定めており、鯨類の場合は、沖合魚介類(0.5ppm)が適用されています。

もっとも汚染されていない食品の一つ

Q これまでに調査副産物はどのくらいの量が生産されたのでしょうか？

A 1987/88年から2002/03年までの生産量は25,367トンです。

JARPAでは、下記の条約第8条第2項の規定に従って調査した後の鯨体から副産物を生産し、政府の指令書に沿って販売し、その代金を次の年のJARPAの調査費の一部として使っております。それらは全て食用となっております。

国際捕鯨取締条約 第8条

1. この条約の規定にかかわらず、締約政府は、同政府が適当と認める数の制限および他の条件に従って自国民のいずれかが科学的研究のために鯨を捕獲し、殺し、および処理することを認可する特別許可書をこれに与えることができる。また、この条の規定による鯨の捕獲、殺害および処理は、この条約の適用から除外する。各締約政府は、その与えたすべての前記の認可を直ちに委員会に報告しなければならない。各締約政府は、その与えた前記の特別許可書をいつでも取り消すことができる。
2. 前記の特別許可書に基づいて捕獲した鯨は、実行可能な限り加工し、また、取得金は、許可を与えた政府の発給した指令書に従って処分しなければならない。

表 12. 1987/88年から2002/03年までの副産物の生産量を下表に示しました。

副産物	量 (トン)
肉	17,010
脂 皮	6,503
その他	1,854
合 計	25,367

Ⅲ区東 19, 21, 40
 Ⅳ区 11, 13, 19, 25, 31, 37, 44-46
 Ⅳ区西側海域 13, 40
 Ⅴ区 11, 19, 25, 31, 45
 Ⅵ区西 19, 21, 40
 8条 7, 51, 52, 54, 56

A

A 39

B

Balaenoptera acutorostrata 9, 41
Balaenoptera bonaerensis 9, 10, 41
Balaenoptera musculus 41

C

C 39
 CCAMLR 37
 CHL 36
 CP 43
 CTD 23, 24, 48

D

D 28, 29, 35
 DDT 36, 55
 DNA 13, 15, 20, 38, 39, 40
 DNAの塩基配列 39
 DNA分析図解 38
 DNA分析用組織 20
 Dの推定値 29

E

EPCS 23, 24
Eubalaena australis 41
Euphausia superba 11, 35

G

G 39

H

HCB 36
 HCH 36
 Hg 36
 Hg濃度 36

I

ICRW 7, 52, 54
 IDCR 43

IWC 7, 8, 13, 19, 40, 42, 43, 51, 54
 IWC条約8条 7, 51, 56
 IWCの管理区域境界 13
 IWCメンバー国 54

J

JARPA 5-15, 19-22, 24-34, 36-38, 40-42, 56
 JARPA計画 6
 JARPAの目的 5, 7, 27, 51

L

LANシステム 24

M

M 27-29, 35
Megaptera novaeangliae 41
 MSY 15, 27
 mtDNA 39
 MとDの関係 29
 Mの推定値 29
 Mの推定値の精度 29

P

PCB 36
 PCB濃度 36, 55
 PCBの蓄積量 12
 PCR法 46
Physeter macrocephalus 41

R

RE 38
 RMP 6-8, 13, 15, 27, 32, 38, 40
 RMPの成績向上 15
 RMPの適用模擬試験 6
 RMP複数系群規定 15
 RY 15

S

SOWER 43
 SSV 24
 SV 24

T

T 39

X

XCTD 23, 24
 XCTDデータ・モニター 24



アカボウクジラ科 25
 赤身 55
 アデニン 39
 アデリーペンギン 11, 35, 37
 アプローチ 11, 38
 アルゴリズム 27
 暗帯 27
 アンテナ 49



一時停止措置 7
 一日当たりのオキアミ消費量 11
 一日の摂餌量 35, 37
 遺伝学的アプローチ 13
 遺伝学的手法 13
 遺伝学的分析 9, 38, 41
 遺伝学分析用組織 26
 遺伝子 39
 遺伝情報 39
 遺伝資料数 6
 緯度 9, 20
 移動様式 14, 46
 胃内容物 11, 26, 37, 51, 52
 胃内容物重量 37
 イワシクジラ 25
 インド洋東海域 40



海鳥類 34



影響 6, 7, 11, 12, 23, 28, 32, 37, 51, 53
 衛星標識 20, 24, 49, 52
 衛星標識装着実験記録 24
 栄養塩 5
 餌 5, 6, 11-13, 15, 26, 30, 33-37, 48
 餌環境 5, 12, 33, 36
 餌消費 15, 35
 餌生物 11, 12, 34, 48
 塩基配列 39
 円形 10
 鉛直分布データ 48
 塩分濃度 23, 48



オウギハクジラ 25
 横断面 27
 往復中 20

大型鯨類 14, 36, 41, 45, 46
 大型ヒゲクジラ 25
 オーストラリア沿岸 46
 沖合魚介類 36, 55
 オキアミ 5, 6, 8, 11, 12, 22, 34, 35, 37, 48
 オキアミ資源 11, 12, 22, 23, 37
 オキアミ資源調査 11, 23
 オキアミ消費量 11, 37
 オキアミの過剰説 6, 8
 オキアミのカロリー量 35
 オキアミの分布 11, 12, 34
 オキアミ余剰モデル 8
 オス 28
 雄 10, 11, 26, 30-33, 36, 46
 汚染 12, 13, 15, 36, 38, 51, 55
 汚染度 12, 36
 汚染物質 12, 13, 15, 36, 38, 51, 55
 汚染物質蓄積量 12, 13
 汚染物質分析 12
 尾鰭 46
 音響調査 20, 49
 音響モニタリング 49
 音響分析 49
 温度 23
 音波 48, 49



海域 5, 6, 8, 10-13, 19-23, 25, 27,
 30, 34, 36, 38, 40-43, 48, 53
 回帰曲線 42
 海区 13, 19, 25, 27, 33, 40
 海上 9, 41
 海水 12, 23, 48
 海水温 48
 解析結果 6
 改善 6, 8, 11, 27
 解釈 10, 13
 改訂 7, 28, 38
 海底 11
 改訂管理方式 7, 27, 38
 ガイド 9, 11-14
 概念図 49
 外部機関 50
 外部寄生虫 26
 回復 44, 45
 外部形態 13, 26, 38, 52
 外部形態学的アプローチ 13
 外部形態学的データ 13
 外部形態の観察 26, 52
 外部形態の写真記録 13

外部形態の分析 38
 解剖 27, 30, 51, 52
 解剖測定 51, 52
 解明 6-8, 11-13, 19, 27, 37,
 38, 40, 46, 48, 49, 53
 回遊 9, 13, 49, 54
 回遊時期 49
 回遊モニター 54
 海洋汚染 36, 55
 海洋学 6, 11
 海洋学的調査 11
 海洋環境 11, 12, 22-24, 33, 48
 海洋観測 12, 15, 20, 22, 24, 34, 48
 海洋観測調査 48
 海洋観測データ 12, 24
 海洋観測用機器 22
 海洋構造 48
 海洋生態系 5, 12, 37, 54
 海洋データ 48
 海洋漂流物記録 24
 海里 19, 22, 23
 科学委員会 6, 8, 43
 化学汚染 55
 科学小委員会 8, 42, 43, 51
 科学情報 54
 科学調査 52, 54
 科学調査事業 52
 科学的研究 7, 56
 科学的知見 7, 52
 化学分析用 26
 化学分析用乳汁 26
 核DNA 38, 39
 角度推定板 23
 加工 7, 26, 56
 加工処理 26
 火災 19
 過剰説 6
 仮説 6, 8, 13, 19, 30, 40, 53
 カニクイアザラシ 11, 35, 37
 加入 7, 15, 28, 53
 加入率 7, 15, 23, 28
 加齢 36
 環境 5-7, 11, 12, 15, 23, 24,
 33, 36, 48, 51, 53, 54
 環境変化 6, 36
 環境変動 7, 12
 環境モニタリング 15, 23, 24, 36
 環境要因 7
 観察 26, 27, 46, 47, 51, 53, 54
 間接計測 51, 52
 肝臓 26, 36, 55

観測機器 48
 観測記録 24
 観測装置 48
 環南極調査航海 43
 管理 5-8, 10-13, 15, 19, 27,
 28, 32, 38, 40, 51, 54
 管理区域境界 13
 管理方式 7, 27, 38
 管理方法 13

き

気温 48
 期間 6, 10-13, 28, 45, 51, 53
 鰭脚類 34
 帰港 26
 基準 23, 40
 基準コース 23
 希少資源 51
 寄生虫 13, 26, 38
 季節要素 6
 規則 23
 基礎データ 27
 北大西洋 9, 41, 45
 北大西洋型 41
 北大西洋西部 45
 北太平洋 9, 41, 45
 北太平洋型 41
 北半球 9, 12, 41, 45, 55
 基地式操業 5
 規定 7, 15, 54, 56
 軌道 49
 基本的パラメーター 10
 旧来の仮説 30
 境界線 38, 40
 境界線の特定 38
 競合 5, 34, 35
 競合種 5
 共同研究 20, 26, 46, 47
 共同船舶 20
 協力 20, 50
 魚介類 36, 55
 許可 7, 20, 56
 漁獲圧 28
 漁獲死亡率 10
 漁獲量 10, 28
 漁業調査 28
 距離角度推定実験記録 24
 魚類 34, 41
 近代捕鯨 5
 筋肉 12, 26, 55

筋肉中濃度 55



グアニン 39

空気銃 46

鯨追跡システム 49

クジラヒゲ 30

クロミンククジラ 5-13, 19, 23, 25-28, 30-35,
37, 38, 41-43, 47, 50, 53, 55

クロミンククジラの胃内容物 11, 37

クロロフィル 23, 24

群数 25, 45

群頭数 25



計画標本数 19

系群 8, 10, 11, 13-15, 19, 27,
30, 38, 39, 40, 46, 52, 53

系群構造仮説 40

系群構造 8, 13, 14, 19, 30, 38, 40, 46, 53

系群構造のデータ 13

系群毎 38

系群識別 39, 46

系群の分布範囲 13, 40

系群の分類 13, 27

蛍光光度計 24

経済効率 30

計算 6, 27, 28, 35, 48

鯨種 5, 15, 20, 25, 46, 51, 55

鯨種構成 5

鯨種構成の変遷 5

鯨種別頭数 25

計数 26, 27

計測 13, 15, 21, 23, 26, 37, 38, 50, 51, 52

形態 9, 13, 15, 26, 38, 41, 51

形態学的特徴 9

形態学的分析 41

形態計測 15

鯨体 23, 26, 36, 38, 51, 52, 56

系統群 6, 7, 10, 11, 13, 19, 27, 53

系統群仮説 19

系統群構造 6, 23

系統群単位 27

系統分類学的分析 41

鯨肉 52, 55

経年変化 10, 11, 33, 36, 48

経費 51, 52

鯨油 5

計量魚探 11, 22, 23, 24, 48

計量魚探データ収集記録 24

鯨類 6-8, 11-15, 20, 21, 24, 25, 27, 28, 30,
33, 34, 36, 37, 41, 43, 45-49, 51, 54, 55

鯨類系群 13

鯨類系統群 7

鯨類資源 7, 8, 12, 15, 27, 28, 30, 45, 51, 54

鯨類資源管理 15, 27, 51

鯨類調査 7, 20, 43, 51

鯨類の果たす役割 7, 11

鯨類捕獲調査 7, 21, 36, 54, 55

血液採取 52

血液分析 26

結果 6, 8-13, 19, 27, 30, 32-34,
36, 41, 43, 44, 47-51, 53, 55

血清 26

研究 6-9, 14, 20, 26, 46-49, 50, 55, 56

研究標本 50

研究報告 55

現行管理区域 40

現実的な系群シナリオ 13

減少 5, 6, 28, 36

顕微鏡 26, 27, 47

厳密 7, 23, 28



コア系群 13, 38, 40

航行中 22

高次生物 37

咬傷 10

高水銀蓄積魚介類 36, 55

高水準 11, 42, 43

構成 5, 6, 22, 39, 53

厚生労働省 36, 55

肯定的評価 8

交尾期 52

交尾行動 52

合法的 7, 54

高密度 12, 30, 34

高密度海域 12, 34

合理的な利用と管理 5

高齢 30, 31

高齢個体 30

コーホート分析 10

小型 5, 9, 31

コククジラ 45

国際鯨類調査10ヶ年計画 43

国際作業部会 6

国際捕鯨委員会 7, 19

国際捕鯨委員会報告書 19

国際捕鯨取締条約 7, 26, 54, 56

国際捕鯨取締条約8条 7, 51, 52, 54, 56

誤差 42
 個体 10, 13, 23, 26-28, 30,
 31, 33, 46, 51, 52, 55
 個体識別 13, 46, 52
 個体数 10, 28
 個体の割合 27, 28, 30
 骨学研究 50
 骨格標本 26, 50
 コブ状隆起 46
 コミュニケーション 49
 ゴンドウクジラ 25


さ


採取 13, 20, 24, 27, 43, 46, 51, 52
 採集 8, 10, 12, 19-24, 26, 27,
 30, 39, 41, 46, 50-53
 採集個体 23
 採集作業 30
 採集資源の利用 51
 最大限 10, 28
 最大持続生産量 15, 27
 最大長 26
 最大幅 26
 最良の科学助言 7
 索餌期 30
 魚 9, 34, 41, 55
 撮影 26, 46, 51, 52
 殺害 56
 査定 10, 26, 30, 31, 52
 ザトウクジラ 5, 13, 14, 25, 41, 44-46
 ザトウクジラ資源 44, 45
 ザトウクジラの増加 44
 サブコース 23
 サンクチュアリー 54
 暫定的規制値 36, 55
 サンプル 9, 36, 38, 47

し

時間的境界 13, 38
 時間的境界線 38
 時間的変遷 12
 識別 9, 13, 39, 46, 52
 子宮角幅 26
 子宮内膜組織 26
 資金調達 51
 ジグザグのコースライン 21
 時系列的 12
 資源管理 6, 7, 10, 11, 15, 27, 28, 51
 資源傾向 15
 資源減少 6

資源構造 8
 資源状態 6, 11
 資源組成 7, 51
 資源頭数 23
 資源動態 10, 28
 資源動態モデル 28
 資源の最適利用 27
 資源の増減傾向 8
 資源評価 15
 資源への危険 8
 資源量 5, 7, 10-15, 19, 27, 28, 34,
 35, 37, 42-44, 46, 51, 54
 資源量傾向 42
 資源量推定 10, 11, 15, 27, 28, 42-44, 46
 資源量推定値 10, 11, 27, 28, 42-44
 耳垢栓 20, 26, 27, 30, 31, 51
 自然死亡係数 28, 29
 自然死亡率 5, 7, 10, 15, 27-29
 自然標識 20, 24, 46
 自然標識記録 24
 持続的可能な資源利用 7, 27, 28, 38
 持続的可能な利用 27, 28, 38
 実験室 26
 実施期間 13
 自動計測器 23
 シトシン 39
 シナリオ 6, 13
 脂皮 5, 8, 12, 26, 36, 55, 56
 脂皮厚の計測 26
 指標 11, 33, 36
 脂肪酸分析用胃内容物 26
 脂肪酸分析用組織 26
 死亡数 10, 11, 28
 若年化 33
 若齢 30, 31, 36
 写真記録 26
 写真撮影 46, 51, 52
 写真識別 46
 シャチ 25
 重金属分析用胃内容物 26
 重金属分析用組織 26
 取得金 7, 52, 56
 充満度 26
 重量 11, 26, 37
 重量測定 26
 種 6, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 23,
 25, 26, 39, 41, 47, 51
 受信局 49
 受精 47, 52
 受精卵 47
 取得金 7, 52, 56

種の相互作用 15
 主要餌生物種 11
 主要構成要素 5
 主要目的 9, 10
 種類 12, 13, 25, 27, 38, 39, 41
 純加入率 53
 小海区 27, 40
 消化段階の評価 26
 商業捕獲 30
 商業捕鯨時代 30, 31, 33, 53
 商業捕鯨 7, 10, 11, 19, 30, 31, 33, 51, 54
 商業捕鯨のデータ 11, 19, 33
 商業捕鯨標本 10
 商業捕鯨モロトリアム 51, 54
 条件設定 8
 詳細計測 26
 詳細調査 26
 脂溶性 55
 昭南丸 43
 条約 7, 26, 51, 52, 54, 56
 初期資源量 42
 食性 26, 37, 52
 食性研究用胃内容物 26
 食品 55
 植物プランクトン 5
 食用 52, 56
 処分 7, 56
 試料 51, 55
 指令 7, 22, 56
 指令書 7, 56
 白い跡 10
 白い帯 10
 シロナガスクジラ 5, 7, 13, 14, 25, 33, 35,
 41, 43, 45, 46, 49
 シロハラセミイルカ 25
 人為的な捕獲 28
 人工衛星 49
 人工衛星標識 49
 人口調査 51
 人工繁殖 47
 人口ピラミッド 27
 人工有機塩素化合物 55
 心臓 26
 腎臓 26
 深度毎 23
 信頼区間 42, 44

 水温 23, 24, 48
 水銀 12, 36, 55

水銀暫定的規制値 36, 55
 水準 10, 11, 42, 43, 52
 水族館 50
 水中音 49
 推定 7, 10, 11, 13, 15, 23, 24, 27-31,
 33, 35, 37, 38, 40, 42-44, 46
 推定自然死亡率 29
 推定値 10, 11, 27-29, 42-44
 水平線 23
 推論 11
 スパイホップ行動 44
 スピードメーター 28
 棲み分け 10, 15, 30, 32
 スメア 26

 成果 5, 8, 9, 10, 27, 47, 53
 生化学組成 51, 52
 生活史 46
 制限 7, 38, 51, 56
 制限酵素 38
 生産 5, 15, 23, 27, 30, 56
 生産量 5, 15, 27, 56
 生産力 5
 精子 47
 性質 23
 成獣 12
 成熟 6, 11, 15, 27, 30, 32, 33, 36, 47, 51, 52
 成熟雄個体 36
 成熟状態 30
 成熟度 27, 32, 51
 生殖器 52
 生殖系組織 27
 生殖腺 51, 52
 性成熟体長 11, 33
 性成熟度 27, 51
 性成熟年齢 6, 11, 15, 27, 33
 精巣 26, 27, 47
 精巣上体 26, 47
 精巣組織 26
 生息域 36
 生態系 5, 7, 8, 11, 12, 15,
 34, 35, 37, 43, 48, 54
 生態系解明 48
 生態系構成生物 5
 生態系全体のバランス 7
 生態系調査 34, 43
 生態系ベース管理 12
 生態系ベースの資源管理 15
 生体捕獲 51, 52

生態マーカー 13, 15, 38
 生態マーカー的アプローチ 13
 成長 27, 30, 31, 33, 52
 成長過程 31
 成長曲線 27, 31
 成長層 27, 30
 成長率 33
 精度 10, 27, 29, 53
 生物学的系群 15
 生物学的見地 13
 生物学的根拠 13
 生態学的調査 9
 生物学的調査 8, 10, 21, 22, 26
 生物学的特性値 6-8, 10, 11, 13, 27, 28, 33, 38, 40
 生物学的標本採集 26
 生物顕微鏡 26
 生物資源 37, 38, 51
 生物組織 38
 生物調査 20, 23, 26
 生物調査項目 26
 生物量 5, 35, 48
 性別 7, 10, 32
 性ホルモン 52
 生理状態 6
 脊椎骨端板 26
 設計 27, 36, 43
 摂餌環境 12, 33, 36
 摂餌個体 26
 摂餌場 12
 摂餌率 37
 摂餌量 35, 37
 絶対資源量 15
 切片作成 30
 セミクジラ 13, 14, 25, 41, 45, 46
 先端技術機器 34
 船内 22, 26, 48
 船内研究室 48

そ

増加傾向 12, 13, 36, 44, 45
 双眼鏡 23
 臓器 52
 操業捕鯨の一時停止措置 7
 総水銀濃度 55
 総水銀量 36, 55
 相対資源量 28
 相対的資源量 10
 装着 24, 49
 装着実験 24, 49

総捕獲枠 32
 測定 6, 8, 11, 24, 26, 37, 51, 52
 組織 12, 20, 26, 27, 38, 51, 55
 組織重量の測定 26
 組織標本採取 51, 52
 その他鯨種の資源量推定 15
 ソノブイ 49

た

ダート 43
 第2共新丸 22, 24, 49
 第2勇新丸 22, 24
 第25利丸 8
 ダイアトムフィルムの観察と採集 26
 体外受精 47
 体外成熟 47
 体各部の計測 13, 38
 大気 12
 胎児 26, 52
 胎児遺伝学分析用組織 26
 体重 11, 26, 35, 37, 51, 52
 体重測定 26, 37
 対象鯨種 51
 対象生物 51
 第8条 7, 52, 54, 56
 体長測定 52
 体長の計測 26
 体内標識 52
 体表部 51
 大陸棚斜面域 34
 対立遺伝子 39
 対立遺伝子頻度 39
 高い水準 10, 52
 ダルマザメ 10
 単位 5, 13, 27, 28, 39
 単位時間 28
 単一種 9
 単一の系統群 10
 探索方法 49
 ダンダラカマイルカ 25
 タンパク質の分析 38

ち

蓄積 12, 13, 27, 31, 38, 51, 55, 36
 地形 11
 致死的調査 14, 46, 51-53
 チミン 39
 中間レビュー 8
 中間レビュー報告書 8
 中規模な海域 6

中低緯度 20
 長期的傾向 36
 長期変動 8
 調査員 8, 23, 26, 41
 調査海域 6, 110, 11, 19-23, 25,
 27, 40, 42, 43, 48, 53
 調査海域内 21, 23, 48
 調査開始 13, 21, 53
 調査距離 19, 25, 45
 調査経費 51, 52
 調査結果 8-10, 13, 43, 44, 53, 55
 調査現場 51
 調査航海 7, 19, 22, 25, 42, 43, 49
 調査項目 20, 24, 26
 調査航路 21
 調査航路模式図 21
 調査時間 51
 調査時期 20, 40
 調査次数 19
 調査実施国 7, 52
 調査実施主体 20
 調査手法 20-26
 調査進展 53
 調査船団 20, 22
 調査船団の構成 22
 調査船 20, 22-24, 34, 43
 調査対象 41
 調査日数 19, 21
 調査年 29, 36, 45
 調査費 51, 56
 調査副産物 26, 52, 56
 調査母船 8, 19-23, 26
 調査目的 6, 51-53
 超低温冷凍庫 26
 直接形態測定 51, 52
 直接測定 6, 11
 地理的境界線 13, 40

つ

追跡 49, 52
 通過方式 43

て

定義 6, 38
 停止 7, 9
 締約国政府 7
 締約政府 56
 定量的分析 11
 定量分析 12

データ 7, 8, 10-13, 15, 19, 20, 24, 26-29,
 30, 31, 33, 42, 43, 46, 48, 51, 53-55
 適切な資源管理 51
 適用 6, 7, 13, 27, 36, 38, 54, 55, 56
 適用模擬試験 6
 電気泳動法 38
 典型的年齢組成 15
 天候記録 24
 展示用標本 50
 天敵 28
 電波標識 52

と

統計的手法 39
 統計的比較 38
 凍結保存 47
 頭骨 26, 50
 頭骨の計測 26
 頭骨標本作製 26
 等深線 34
 頭数 10, 13, 19, 20, 23, 25, 28, 35, 45, 53
 動態 10, 11, 28, 54
 胴体 10, 29
 動態理論 54
 頭部 10, 25, 27, 46
 特性値 6-8, 10, 11, 13, 27, 28, 33, 38, 40
 特別許可 7, 20, 56
 特別許可書 7, 56
 独立した系群 30, 40
 トップ・バレル 23, 24
 努力 6, 19, 24
 努力量 19, 24
 努力量記録 24
 ドワーフ型 41
 ドワーフミンククジラ 9, 19, 25, 41

な

内海内湾魚介類 36, 55
 内部寄生虫 26
 ナガスクジラ 5, 7, 10, 13, 14, 25, 33,
 35, 41, 43, 45, 46, 49
 ナガスクジラ類 10
 夏場 9
 南緯 9, 41-43
 ナンキョクオキアミ 5
 南極海 5-8, 10-12, 14, 19, 21, 22, 25,
 30, 33-35, 37, 40, 42-44, 53-55
 南極海域図 19
 南極海鯨類捕獲調査 7, 36, 55
 南極海生態系 5, 7, 8, 11, 34, 35

南極海生態系調査 34
 南極海生態系の変化 35
 南極海ミンククジラ 36
 南極海洋生物資源保存委員会 37
 南極大陸 5, 19, 40
 南大洋鯨類サンクチュアリー 54
 南氷洋ミンククジラ 9
 南部海域 21

に

肉 12, 26, 52, 55, 56
 西側系群 38, 40
 日鯨研フォトIDカタログ 46
 日間オキアミ消費量 37
 日新丸 8, 22, 24
 日本鯨類研究所 7, 20, 46, 47, 55
 日本政府 7, 20, 43
 乳腺計測 26
 認可 7, 51, 56
 妊娠 11, 15, 27, 28, 33, 51, 52
 妊娠個体 27
 妊娠雌の割合 27
 妊娠率 11, 15, 27, 28, 33, 51, 52

ね

年間餌消費量 35
 年間自然死亡率 10
 年間死亡率 28
 年間消費量 11
 年間の標本数 19
 年間平均増加率 45
 年度 19, 44
 年変動 12, 36
 年輪 27
 年齢 6, 7, 10-12, 15, 26-28, 30-33, 51, 52
 年齢形質 52
 年齢査定 10, 26, 30, 31, 52
 年齢査定用耳垢栓 26
 年齢査定率 10, 30, 31
 年齢層 10, 11
 年齢組成 10, 15, 27, 30
 年齢蓄積曲線 12, 36
 年齢蓄積性 36
 年齢データ 28, 31
 年齢別 7, 28, 51
 年齢別自然死亡率 28

の

乗組員 19

は

バイオブシー採取記録 24
 バイオブシー標本 43, 46
 バイオマス 5, 35
 配置模式図 23
 背面 10
 培養ガラス瓶 47
 培養器 47
 ハクジラ類 25
 博物館 50
 蓮葉氷 22
 発給 7, 56
 パックアイス 5
 発見 13, 23, 25, 26, 45
 発見頭数 13
 発生 47
 発展 5, 6, 43, 54
 ハプロタイプ 38, 39
 ハプロタイプの判定 38
 ハプロタイプ頻度 38
 パラメーター 10
 範囲 7, 8, 11, 13, 27-29, 40-43
 繁殖 5, 15, 27, 33, 40, 47, 49, 52
 繁殖域 52
 繁殖期 5
 繁殖周期 52
 繁殖集団 40
 繁殖状態 15
 繁殖生理 47
 繁殖場 49
 繁殖率 5, 33
 販売 7, 52, 56
 判別 9
 腹側 10

ひ

比較 10-12, 25, 30, 31, 33, 37, 38, 41, 51, 55
 比較分析 12
 東側 13, 40
 髭板 26, 31
 ヒゲクジラ類 5, 34, 47
 非効率 51
 微小胎児 26
 非致命的調査 14, 46, 51, 52
 ヒモハクジラ 25
 氷縁 11, 12, 24, 34, 35
 氷縁記録 24
 氷縁際付近 12, 34
 費用回収 51
 評価 8, 15, 26, 29

病気 28
 冰山 22
 標識鈔の調査 26
 表層生物環境モニタリングシステム 23, 24
 表皮 26, 46
 表皮バイオブシー採集 46
 標本 10, 13, 19-21, 23, 26, 29,
 30, 41, 43, 46, 50, 51, 53
 標本鯨体 23
 標本採集 21, 23, 26, 41, 50, 51
 標本採集活動 23
 標本作成作業 30
 標本実数 19
 標本数 19, 29, 53
 ヒレナガゴンドウ 25
 頻度組成 39



部位 26, 55
 フォトID 46
 副産物 7, 22, 23, 26, 36, 52, 55, 56
 副産物の生産量 56
 副産物販売 52
 浮上 25
 プロポーションの計測 6
 糞 52
 分割卵 47
 噴気 25
 分子生物学的技術 46
 分布 5-7, 9-13, 23, 27, 30, 32, 34, 40, 41, 46, 48
 分布域 46
 分布境界 7, 13
 分布範囲 7, 13, 27, 40
 分類 9, 13, 27, 41, 46
 分類学的地位 9



変異 39
 変化 5, 6, 10-12, 28, 29, 33, 35-37, 43
 変動 7, 8, 12, 28, 36, 42, 54



報告 6, 8, 19, 45, 55, 56
 方法 6, 13, 28, 36, 49, 51, 52, 54
 捕獲 5, 6, 8, 9, 11, 13, 19, 21, 23,
 26-28, 30-33, 36, 41, 51-56
 捕獲圧 32, 53
 捕獲圧力 53
 捕獲記録 27

捕獲限度 27
 捕獲数 28
 捕獲対象 30
 捕獲頭数 19, 53
 捕獲バイオマス 5
 捕獲標本 53
 捕獲量 5
 捕獲枠 6, 8, 27, 32
 捕獲枠算出アルゴリズム 27
 北部海域 21
 母系遺伝 39
 捕鯨管理 32
 捕鯨業 5
 捕鯨禁止措置 54
 保護区 54
 捕食 5, 9, 12, 28, 35, 37, 51, 52
 捕食活動 37
 捕食行動 52
 捕食者 12, 37
 捕食者・被捕食者関係 12
 捕食対象種 51
 保全 47
 母船 5, 8, 19, 20-24, 26
 母船式捕鯨 5
 補足 13
 哺乳 52
 哺乳類 39
 本格調査 43
 本調査 8, 53



マイクロサテライト 38, 39
 マイクロサテライト分析 39
 マイル 25
 マッコウクジラ 25



未成熟個体 32
 未成熟卵 47
 密接 9, 11, 48
 ミトコンドリア DNA 13, 38-41
 ミナミオウギハクジラ 25
 ミナミセミクジラ 25, 45, 46
 南太平洋西海域 40
 ミナミツチクジラ 25
 ミナミトックリクジラ 25
 南半球 8, 9, 19, 20, 41, 45
 南半球ドワーフ 9, 19
 未満 10, 28
 ミンククジラ 5-12, 15, 19, 23, 25-28, 30-35,

37, 38, 41-43, 47, 50, 53-55
 ミンククジラの相対資源量 28
 ミンククジラの種類学 9, 41

む

無作為 10, 23, 30
 胸びれ 9, 10, 41
 群れ 23, 31, 38, 42, 44, 48

め

鳴音録音記録 24
 明帯 27
 メーンフレーム 24
 メガネイルカ 25
 メス 28, 33
 雌 10, 11, 26, 27, 30-33, 46
 メチル水銀 36, 55
 メチル水銀濃度 36
 目盛り 23
 目視 8-11, 13, 15, 20-26, 41-45, 48, 49

も

目視記録 24
 目視採集船 8, 20, 22-24, 26
 目視数 45
 目視専門船 20, 22-24, 44, 48
 目視調査結果 10, 13, 43
 目視調査のデータ 13
 目視調査 9-11, 13, 20-24, 42-44, 48
 目視データ 15
 モニタリング 15, 23, 24, 33, 53-55
 モラトリアム 7, 51, 54
 モラトリアム見直し 7
 紋章 41

や

役割 6-8, 11, 23, 37

ゆ

遊泳速度 51
 有機塩素化合物 36, 55
 有機塩素分析用胃内容物 26
 有機塩素分析用組織 26
 勇新丸 22, 24
 有用 7, 10, 27, 33, 36
 優劣 52

よ

用船 20

要素 5, 6
 容存酸素 23, 24
 予備 7, 8, 10, 19, 20, 33, 53
 予備調査 7, 20, 53
 予備的調査 8, 33

ら

ライフサイクル 28
 来遊 9, 13, 30, 33, 40, 41, 52
 ライントランセクト法 20
 乱数表 21, 23
 卵巣 26, 27
 ランダム 21, 30
 ランダムサンプリング 30
 ランダムサンプリング法 30

り

リスク 27
 両系遺伝 39
 両半球 9, 41
 利用 5, 7, 10, 27, 28, 38, 41, 46, 47, 51, 52, 54

れ

レビュー 8, 13, 43
 連続性 51

ろ

ロス海 11, 12, 21, 37
 肋骨 26

わ

若い個体 10, 31
 割合 27, 28, 30, 37, 44, 55



(財)日本鯨類研究所

〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5 豊海振興ビル5階
電話: 03-3536-6521 ファックス: 03-3536-6522
www.icrwhale.org