

IWC の改訂管理方式 (RMP) に沿って計算された北西太平洋イワシクジラ、ニタリクジラ及びミンククジラの捕獲可能量 (仮訳)

日本 RMP チーム

要約

背景

日本は国際捕鯨取締条約 (ICRW) からの脱退を表明し、2019 年 6 月 30 日にそれが効力を生じる。また、日本は 2019 年 7 月から日本の領海及び排他的経済水域 (EEZ) 内で商業捕鯨を開始することも発表した。

北西太平洋イワシクジラ、ニタリクジラ及びミンククジラの捕獲可能量は、ノルウェーが開発した捕獲可能量算出法 (CLA) 計算コンピューターコードとチューニングレベル 0.6 に基づき、IWC の改訂管理方式 (RMP) に沿って計算された。

CLA の適用は、管理海区を決定し、資源量推定するのに必要不可欠な系群構造に関する最良かつ最新の科学的情報に基づき実施された。また、国際捕鯨委員会科学委員会 (IWC SC) において議論されたこれらに関連する事項が十分に考慮された。

管理海区と資源量

イワシクジラについては、太平洋の海盆に単一系群が分布していることを強く示唆する科学的なエビデンスを考慮した結果、北太平洋において単一の管理海区が設定された。この管理海区は、最近の目視調査対象海域と合致している。JARPNII 及び IWC POWER 調査に基づく最新の資源量推定値は、34,718 頭である。

ニタリクジラに関しては、系群構造についての最良の情報を考慮した結果、2 つの管理海区が設定された。日本の目視専門調査、JARPNII 及び IWC-POWER 調査に基づく最新の資源量推定値は、34,473 頭である。

ミンククジラに関しては、系群構造についての最良の情報を考慮した結果、オホーツク海を含む日本の太平洋側で、単一の管理海区が設定された。日本の目視専門調査及び JARPNII 調査に基づく最新の資源量推定値は、20,513 頭である。

捕獲可能量

CLA に基づき、イワシクジラ、ニタリクジラ及びミンククジラの捕獲可能量が、それぞれ 174 頭、187 頭及び 180 頭と算出された。複雑な系群構造シナリオのケースにおいては、

CLA によって算出された捕獲可能量について、いくつかの不確実性に対する頑健性試験が（いわゆる RMP の実装シミュレーション試験のプロセスにより）実施された。ニタリクジラの捕獲可能量については、捕獲統計が異なった場合、追加分散値が異なった場合及び系群の境界が異なった場合に対して頑健であった。ミンククジラの捕獲可能量については、捕獲統計が異なった場合、異なる $g(0)$ 推定値及びサブエリア 12 における系群の混合比率が異なった場合に対して頑健であった。

上述した日本の RMP 管理方策は、引き続き、入手可能な最良の科学的情報に基づいて実施していくこととしており、これらの捕獲可能量は、最新の科学的情報を踏まえ適時改訂されていくこととなる。

目次

	頁
要約	
1. はじめに	4
2. RMP（改訂管理方式）	
2.1 IWC における RMP 開発の経緯	4
2.2 RMP の主な特徴	5
3. 北西太平洋のヒゲクジラへの RMP 適用に関する日本の考え方	6
4. 北西太平洋のイワシクジラ	
4.1 系群構造と管理海区の定義	6
4.2 資源量推定値	12
4.3 捕獲履歴	14
4.4 捕獲可能量	15
4.5 不確実性に関する試験（ISTs）	15
4.6 捕鯨操業と将来の調査	15
5. 北西太平洋のニタリクジラ	
5.1 系群構造と管理海区の定義	15
5.2 資源量推定値	21
5.3 捕獲履歴	25
5.4 捕獲可能量	27
5.5 不確実性に関する試験（ISTs）	27
5.6 捕鯨操業と将来の調査	33
6. 北西太平洋のミンククジラ	
6.1 系群構造と管理海区の定義	34
6.2 資源量推定値	42
6.3 捕獲履歴とその他の死亡	46
6.4 捕獲可能量	49
6.5 不確実性の影響に関する試験（IST）	49
6.6 捕鯨と将来の調査	56
7. 参考文献	57

1. はじめに

日本は、2018 年 12 月 26 日の声明において、国際捕鯨取締条約（ICRW）からの脱退を表明し、その効力は 2019 年 6 月 30 日に生じる。また、日本はこの声明の中で、2019 年 7 月から日本の領海及び排他的経済水域（EEZ）内において商業捕鯨を開始することも表明した。

当該声明は、鯨類資源の健全性に対するあらゆる悪影響を回避するため、国際捕鯨委員会（IWC）が採用した手法、すなわち改訂管理方式（RMP）（RMP についてはセクション 2 を参照）に沿って計算された捕獲可能量の範囲内で商業捕鯨が実施されることを強調している。

日本は、入手可能な科学的情報に基づき、北太平洋のイワシクジラ(*Balaenoptera borealis*)、ニタリクジラ(*B. brydei*¹)及びミンククジラ(*B. acutorostrata*)を商業捕鯨の対象種とした。これらの種の捕獲可能量を計算するにあたり、RMP に沿った手法を適用するため、日本国内の幾つかの研究機関から招集された専門家が作業に従事した。

本文書の目的は、外国人専門家によるレビューのため、前述の日本の専門家グループによる RMP に沿った捕獲可能量の計算結果のほか、これに使用したデータや分析手法について報告するものである。

2. 改訂管理方式（RMP）

2.1 IWC における RMP 開発の経緯

1982 年、国際捕鯨委員会（IWC）は商業捕鯨の捕獲枠をゼロと決定した（一般的に、モラトリウムと言われる）。その主たる根拠は、安全な捕獲枠を設定するための確固たる科学的根拠の欠如であり、このことは当時議論的となっていた。すなわち、ICRW 附表パラグラフ 10(e)は、次のとおり規定している。「このパラグラフ 10 の他の規定にかかわらず、全ての資源についての商業的な目的のための鯨の殺害に関する捕獲枠は、1986 年の沿岸捕鯨の解禁期及び 1985 年から 1986 年までの遠洋捕鯨の解禁期について並びにそれ以降の解禁期についてゼロとする。この（e）の規定は、最良の科学的助言に基づいて常に検討されるものとし、委員会は、遅くとも 1990 年までに、この（e）に定める決定の鯨資源に与える影響につき包括的評価を行うとともにこの（e）の規定の修正及び 0 以外の捕獲枠の設定につき検討する。」

パラグラフ 10(e)で言及する包括的評価の一部として、IWC 科学委員会（IWC SC）は、ヒゲクジラの商業捕鯨の安全な捕獲可能量を設定する手順を開発するプロセスに着手した

¹（注釈 1：ニタリクジラの種類は未解決である。一部の著者は、2 種に分かれるとして、小型のものを *B. edeni* (Eden's whale)、大型のものを *B. brydei* (Bryde's whale)としている。他の著者は、これらの種を特定の亜種（*B. edeni edeni* と *B. edeni brydei*）として位置付けている。この場合、小型のものは主に北部インド洋及び西部太平洋の沿岸及び大陸棚周辺に分布しているものを指し（沿岸型）、大型のものは世界の熱帯域及び温帯域に広く分布しているものを指す（沖合型）。本文書においては、大型の方、すなわち沖合型である *Bryde's whale* を指す。

(Donovan, 1989)。IWC SC が 1992 年に開発した手順は、改訂管理方式（RMP）と呼ばれた。合意された RMP の管理目的は、

- i) 捕鯨産業の秩序ある発展のための望ましい捕獲可能量の安定性
- ii) 捕獲による絶滅リスクが著しく高まらないように、資源がある特定の水準（例えば、環境収容力の何パーセントなど）を（ある特定の確率で）下回って枯渇しないようにするための許容可能なリスク
- iii) 当該資源から最大持続生産量が得られるようにすること（IWC, 1992）

IWC（すなわち、委員会）は、1994 年に RMP を採択した。

2.2 RMP の主な特徴

RMP の中核となる要素が、過去の捕獲履歴や、目視調査から導出された絶対資源量の推定値の時系列データをベースにした捕獲可能量算出法（CLA）であり、これは上述の目的に合致するような形でヒゲクジラの捕獲量を設定するフィードバックコントロールの算出法である。それは、IWC SC が 6 年の歳月をかけて、考え得る限りの科学的不確実性（例えば、環境変化による影響）に対してシミュレーションによる試験を通じて頑健なものとなるよう特段の配慮をもって作り上げたものである。また、RMP には安全性確保のための閾値が設定されている（すなわち、推定資源量が環境収容力の 54% を切ると捕獲頭数はゼロとなる）。

上述の目的 iii) に記載されている「持続生産量」は、長期的な平均（最大）年間捕獲頭数を示している。すなわち捕獲対象資源が定常状態に達しているときのことである (Aldrin *et al*, 2008)。CLA については、当初、成熟個体資源量の 1 % を最大持続生産量（MSY）とするポピュレーションモデルによるシミュレーションに基づいて、100 年後における特定の資源水準にチューニングした。チューニングの手順については、100 年後の資源水準の中央値を環境収容力の 60%、66% 又は 72% とし、その中から管理者が最終的に採択することができるというものである。

RMP（厳密に言うと CLA）とは、系群構造について完璧に既知となっている場合において、摂餌場に存在するあらゆるヒゲクジラ資源に適用できる安全な捕獲可能量を計算する一般的な手法である (Punt and Donovan, 2007)。CLA により計算された捕獲可能量の頑健性は、上述のとおり、周到な確認作業が行われる一方で、仮に当該資源がより複雑な挙動を示した場合には、かかる具体的な状況を考慮して CLA の頑健性は再評価されなければならない。IWC では、ある海域（一般的には海盆の一部）の鯨種に RMP を適用すべき旨勧告する前に、当該資源の複雑性/地域にとって最も重要とされる不確実性を把握するために、シミュレーション試験が開発され、試行される。「Implementation（実施、適用）」と言われるプロセスは、主に系群構造についての不確実性、とりわけ、捕鯨が行われる予定の海域における系群の混合の時空的変動に焦点を当てている (Punt and Donovan, 2007)。

3. 北西太平洋のヒゲクジラへの RMP 適用に関する日本の考え方

IWC SC は、2007 年と 2019 年に北西太平洋のニタリクジラ、2013 年にミンククジラの RMP 適用／適用レビューを実施した。IWC SC における広範な意見を反映したことから、適用／適用レビューで考慮されたシナリオ／仮説は多様である。いくつかのシナリオや仮説は実際のデータで裏付けされていたが、それらには具体的な科学的根拠を伴わない憶測に近いものもあった。

日本が実施した RMP に沿った手法は、（主に上述 3 鯨種の系群構造や資源量推定に関連する）最良かつ最新の科学的情報に基づいたものである。従って、日本が行った RMP の適用は、IWC SC での議論を十分に考慮する一方で、IWC SC で検討された仮説／シナリオのうち、実際の科学的データで合理的に裏付けられたもののみに基づいている。

日本が実施する RMP は入手可能な最良の科学に基づくこととしているため、最新の科学的情報に応じて、今後、捕獲可能量が変更される。

日本は、ノルウェーの CLA コード (Aldrin and Huseby, 2007; Aldrin *et al.*, 2008) に基づいて捕獲可能量を計算し、チューニングレベルについてはノルウェーが北東大西洋ミンククジラの捕獲枠計算に使用した 0.6 を適用した。インプットファイル及び R 言語での CLA プログラムは、独立専門家により問題がないことが確認されている。

4. 北西太平洋のイワシクジラ

4.1 系群構造と管理海区の定義

4.1.1 遺伝学的研究のレビュー

日本鯨類研究所 (ICR) が収集した包括的データセットに基づき、北西太平洋のイワシクジラに関する遺伝解析が実施された。遺伝子サンプルは 3 つのソースから得られたものである。すなわち、過去の商業捕鯨、IWC-POWER 調査及び JARPNII 調査（表 1 及び図 1）である。ミトコンドリア DNA (mtDNA) 制御領域配列とマイクロサテライト DNA の両方に基づく様々な遺伝解析が行われた。この結果、時空間的階層において遺伝的異質性は示されなかったことから、北太平洋の外洋域では単一の系群で占められていることが示唆された (Kanda *et al.*, 2009; 2013; 2015a; Pastene *et al.*, 2016a; 2016b)。

最新の研究は Tamura *et al.* (2019) (Appendix 7) に示されており、本文書でも更に詳細に記述している。表 1 はサンプリングの詳細、図 1 では遺伝子サンプルの地理的分布を提示している。これらの標本は、夏季において、概ね東経 143 度から西経 137 度と、北緯 35 度と北緯 50 度の間で収集されたものである。東経 143 度以西、西経 137 度以東及び北緯 50 度以北の海域においては、利用可能な標本は得られていない。

表 1. 分析に供した北西太平洋イワシクジラの遺伝子サンプルの海区、ソース及び遺伝子マーカー別に見たサンプル数及び収集期間。親子及び再捕された個体は除外

Sub-area	Commercial whaling (1972-1973)		JARPNII (2002-2016)		POWER (2010-2016)		Total	
	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA
Western			30	30			30	30
Central	175	177	1322	1323	3	3	1500	1503
Eastern	128	121			75	75	203	196
Total	303	298	1352	1353	78	78	1733	1729

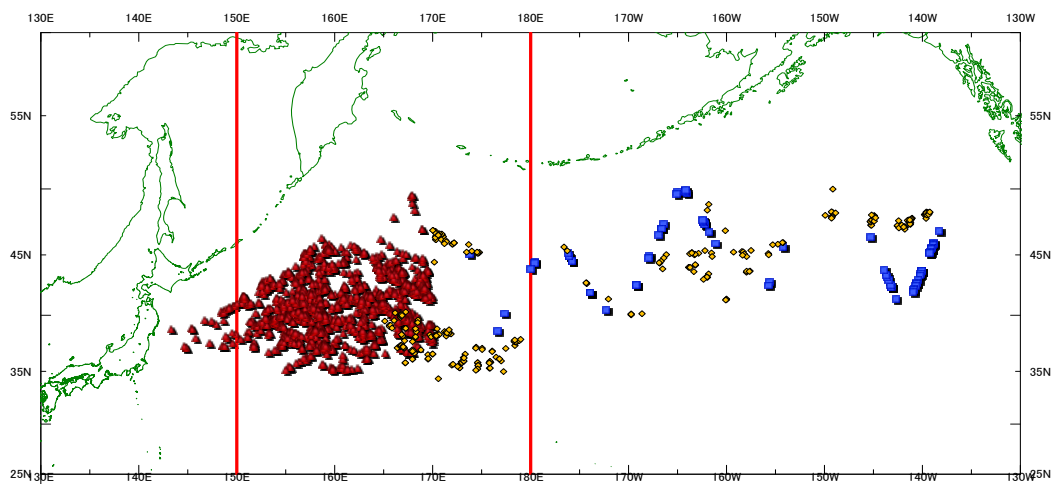


図 1. 北西太平洋イワシクジラの遺伝子サンプルの地理的分布。赤：JARPNII 調査（捕獲）、黄：過去の商業捕鯨、青：IWC POWER 調査（バイオブシー）

DNA 抽出、mtDNA 塩基配列解読、遺伝子型判定

99%エタノールで常温保存又は-20℃で冷凍保存された皮膚組織 0.05 g から、フェノール/クロロフォルム法(Sambrook *et al.*, 1989)又は Gentra Puregene キット (QIAGEN) を使って全ゲノム DNA を抽出した。抽出後の DNA は、TE 緩衝液(10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0)中に保存した。

MT4 (Árnason *et al.*, 1993) 及び Dlp 5R (5'-CCA TCG AGA TGT CTT ATT TAA GGG GAA C-3')のプライマーを使用し、目的とする約 500 塩基対の部分領域が、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) により増幅された。PCR法は最初に 95℃5分間の熱変性後、94℃30秒、50℃30秒、72℃30秒が 30 サイクルで、最後の 72℃10分間の伸長反応までが一連のステップとなる。メーカーが示す手順に従い、MicroSpin S-400HR カラム(Pharmacia Biotech)を使って PCR 増幅産物の精製に続き、BigDye terminator cycle sequence Kit (Applied Biosystems) 及び PCR プライマーを使用したサイクルシーケンス法が実施された。サイクルシーケンス法で得られた生成物は、AutoSeq G-50 spin Columns (Pharmacia Biotech)を使用して精製された。2004 年以前の期

間、2005 年から 2010 年までの期間、2011 年以降の期間に収集した組織標本の塩基配列解読は、それぞれ ABI PRISM 377、ABI PRISM 3100 及び ABI3500 Genetic Analyzers (Applied Biosystems)の機種によって解析された。

全ての個体が、合計17のマイクロサテライト遺伝子座EV1、EV14、EV21、EV94、EV104 (Valsecchi and Amos, 1996)、GT011 (Bérubé *et al.*, 1998)、GT23、GT211、GT271、GT310、GT575 (Bérubé *et al.*, 2000)、GATA28、GATA53、GATA98、GATA417、GGAA520 (Palsbøll *et al.*, 1997) 及び DlrFCB17 (Buchanan *et al.*, 1996)において遺伝子型判定された。プライマーの配列及び PCR サイクリングプロファイルは、元著に従った。マルチプレックス PCR 増幅は DNA 量 10-100ng、各プライマー5pmole、Ex Taq DNA polymerase (Takara Shuzo) 0.625 ユニット、dNTP2mM と 20mM MgCl₂ (Takara Shuzo)を含む 10 倍反応緩衝液からなる 15 μ l 反応液を用いて、94°C2 分間の熱変性後、94°C20 秒、54–61°C45 秒、72°C1 分が 30 サイクルと、サイクル後の 72°C10 分間の伸長反応で行われた。2013 年までに収集された組織標本は、サイズマーカー (GENESCAN400HD, Applied Biosystems) を含む 6 %のポリアクリルアミド変性ゲル (Long Ranger)を使って、BaseStation100 DNA fragment analyzer (Bio-Rad)で分析された。Base Station 向けに設計されたソフト Cartographer を使って対立遺伝子の可視化を行ったが、対立遺伝子サイズに関しては、サイズマーカー及び各ゲルで再試行された既知のサイズのイワシクジラ DNA との関連性を見て、手作業で決定された。2013 年以降に収集された PCR 増幅産物は、ABI 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems)でキャピラリー泳動され、サイズマーカー (600 LIZ size standard, Applied Biosystems) 及び GeneMapper v. 4.0 (Applied Biosystems)を使って対立遺伝子サイズを決定した。後者のプラットフォームによるマイクロサテライトスコアは、各遺伝子座に関する前者プラットフォームからのスコアに合わせて標準化されている。

データ分析

最初に、マイクロサテライト遺伝子型と mtDNA ハプロタイプに基づいて、データセット中の親子ペア及び再捕されたクジラについての調査が行われた。3 頭の再捕クジラと、母クジラと同じ時期・海域で捕獲された子クジラ 3 頭が発見された。データセットの独立性を確保するため、これら 6 標本については、以後全ての分析から除外している。それに加えて、mtDNA 塩基配列解読エラーのあった 9 標本、6 以上の遺伝子座でマイクロサテライト遺伝子型に判定エラーのあった 13 標本も、mtDNA 分析及びマイクロサテライト分析から除外した。

遺伝的多様性及び本鯨種の系群構造を調べるため、IWC SC (IWC, 2018a)での北西太平洋イワシクジラに関する管理単位に関する議論を考慮して、3 か所のサンプリング海域、すなわち、西部（東経 150 度まで）、中央部（東経 150 度から 180 度）及び東部（180 度以東）の海域（表 1 と図 1）をサンプル集団として定義した。統計分析では、全ての多重比較について有意レベルを調整するために、FDR 補正(Benjamini and Hochberg, 1995)が適用された。

40 年以上にわたる長期の標本収集を考慮して、遺伝的多様性、すなわち mtDNA のハプロタイプ多様性(h)と塩基多様性(π)やマイクロサテライトの対立遺伝子数 (A)、ハーディー・ワインベルグ平衡 (HWE)、期待されるヘテロ接合度 (HE) 及び近交係数 (F_{IS}) が、予備的に、年ごと、海域ごとに評価された。加えて、両マーカーのペアワイズ F_{ST} 推定値が、海域ごとに年単位で計算され、また、個体群集団の定義を利用して AMOVA 分析が実施された。ハプロタイプや対立遺伝子座頻度の差異にかかわる試験は、海域ごと年ごとに実施された。これらの分析は、10 頭以上の個体が存在する層のみで実施された。

ARLEQUIN プログラム v. 3.5.1.2 (Excoffier and Lischer, 2010)を使って、標準偏差を付した h と π を評価することで mtDNA の遺伝的多様性を調べた。

マイクロサテライト DNA については、ARLEQUIN プログラムを用いて、それぞれの遺伝子座及び遺伝子座全体の A 及び HE が推定された。それぞれの遺伝子座及び全ての遺伝子座の F_{IS} (Weir and Cockerham, 1984) に関しては、R パッケージ ‘Demerelate’ (Kraemer and Gerlach, 2017) を使って推定した。HWE からの乖離は、それぞれの遺伝子座については R package ‘HWxtest’ (Engels, 2009) を、各遺伝子座の観測された P 値をフィッシャー法で組み合わせた遺伝子座全体については R package ‘metap’ (Dewey, 2018) を使用して検定した。

海区間の遺伝的な差違及び系群構造に関する評価は、以下の手法により実施した。

- ARLEQUIN プログラムオリジナルデータセットの、10,000 回のランダムな並べ替えを行い、mtDNA については従来のペアワイズ F_{ST} 、マイクロサテライトについては F_{ST} 様の推定値を算出
- R を使用したモンテカルロシミュレーションベースの χ^2 二乗独立性検定 (Roff and Bentzen, 1989) に基づく、mtDNA ハプロタイプ頻度を検定。GENEPOP (Rousset, 2008) プログラムを使用した、海区間のマイクロサテライト対立遺伝子頻度に於ける遺伝学的異質性の検出のための確率を検定。
- 遺伝学的なヒエラルキー構造を調べるために、両マーカーに ARLEQUIN プログラムを使用して Analysis of Molecular Variance (AMOVA) を実行。集団の定義は西側海域からなる「沿岸域」と中央及び東側の海域を含む「外洋域」。
- STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000) を使用し、最も蓋然性のあるクラスター数を推論するための、マイクロサテライトデータを使用したベイズのクラスター分析。K=2-3 で 10 回の独立した試行により分析を実施。全ての試行が、相関関係のある対立遺伝子頻度を伴うアドミクスチャーモデルを使って 100,000 回のマルコフ連鎖モンテカルロシミュレーションと 10,000 回の burn-in length で実行された。データの平均事後確率は、ウェブベースの STRUCTURE HARVESTER (Earl and vonHoldt, 2012) プログラムを使用して推定。

結果

結果の詳細は、Tamura *et al.* (2019) Appendix 7 に記載。主要な結果は、以下のとおり。

- 検定の結果、両マーカー、各海域において、年間での有意な異質性は検出されなかった。
- h 及び π の値は海域間で非常に類似していた。西海域から東海域では 0.908 から 0.927 の範囲、西海域から中央海域では 0.789 から 0.803 の範囲であった。各遺伝子座及び全ての遺伝子座の HE は、海域間で大きな差違はなかった。遺伝子座全体の推定値の範囲は、西海域の 0.632 から東海域の 0.639 であった。各海域のいずれの遺伝子座においても、そして遺伝子座全体においても、FDR 補正後の明白な HWE 逸脱は見られず、これは得られた F_{IS} 推定値が有意ではないとの結果と合致していた。
- マイクロサテライトのペアワイズ F_{ST} 推定値でも、海域間で遺伝的有意差は見られず、この結果は mtDNA の従来のペアワイズ F_{ST} 推定値と整合していた。異質性検定の結果でも、mtDNA ハプロタイプやマイクロサテライト対立遺伝子頻度において、海域間に有意差は見られなかった。
- AMOVA 分析によると、両マーカーともに遺伝的多様性は海域内で発現しており、それは調査海域間での遺伝子の高頻度な交流を示唆している。
- STRUCTURE プログラムによって推定された各 K 値のクラスタリングパターンからは、本鯨種の明確な遺伝的構造は判別できない。

両マーカーを使った 3 種の遺伝子解析、すなわちペアワイズ F_{ST} 推定、異質性検定及び AMOVA 分析では、海域間の遺伝学的有意差は検出されなかった。これは、マイクロサテライト DNA データを使った STRUCTURE 分析の結果とも整合的である。かかる所見は、調査対象となった外洋域にはイワシクジラの単一系群が存在していることを示唆している（図 1）。

4.1.2 非遺伝子的研究のレビュー

Kanda *et al.* (2015b) は、北太平洋イワシクジラの系群構造に関する非遺伝学的情報をレビューした。1959 年から 1975 年の間に日本沿岸域で再捕された Discovery-type 標識 8 つのうち 5 つは、アリューシャン列島南部といった遠方の外洋域から移動していた。これらの結果は、北太平洋と日本沿岸域の間をクジラが往来している直接のエビデンスである。冬季に、低緯度海域の繁殖域で、同時期に標識装着されたクジラ（訳注：複数）は、夏季に日本沿岸域を含む北太平洋高緯度海域における対象経度の範囲内の全ての海域で再捕されている。

Kanda *et al.* (2015b) は、東経 150 度から 160 度間の捕獲位置情報が欠落しているのは、クジラの分布がないのではなく、商業捕鯨に関する規制の結果によるものであることを示している。JARPNII から得られた目視データによって、このデータ欠落部分は補足されている。JARPNII と IWC-POWER 調査の発見位置から、北太平洋全体を通じてイワシクジラの連続した分布が見られる。また、この結果は空間解析でも確認された (Murase *et al.*, 2014)。

Kanda *et al.* (2015b) によってレビューされた非遺伝学的情報は、北太平洋における単一系群仮説と整合している。

Mizroch *et al.* (2015) は、Discovery-type 標識、季節性、目視データをレビューし、これらのデータが北太平洋における 5 系群仮説（外洋域、日本沿岸域、アリューシャン諸島／アラスカ湾、北東太平洋回遊、南北アメリカ（カリフォルニア沿岸域））と整合的であることを提唱した。提唱されている「外洋域」系群は、概ね遺伝子解析の対象となった海域と同じである（図 1 参照）。

4.1.3 系群構造に関する仮説

IWC SC は、今後評価を行うために、系群構造についての 2 つの仮説を維持することを決定している。

仮説 1：北太平洋全体に 1 系群のみ

仮説 2：5 系群仮説；日本沿岸、北太平洋外洋、アリューシャン／アラスカ湾、北東太平洋回遊、カリフォルニア沿岸

2016 年 IWC SC の詳細評価分科会（*In-depth Assessment Subcommittees*）は、提唱されている 5 系群仮説について、地域ごとに資源量の回復に差があるなど、主に状況証拠のみに基づいており、標識データからの裏付けも殆どなく、エビデンスが弱いと考えた。さらに、同分科会は、推定される 5 系群のうち 4 系群に遺伝子標本がないことは、重大な情報の欠損であることを指摘している。

JARPNII で収集されたサンプルの遺伝解析では、東経 150 度（外洋系群と想定上の西側沿岸系群との間の想定上の主たる境界）の以西と以東で有意差は示されず、これは外洋域のイワシクジラが日本周辺に分布するものと同じ系群に属することを示唆している (Tamura *et al.*, 2019 Appendix 7 参照)。

前述の系群構造に関する情報に基づき、北太平洋におけるイワシクジラが単一系群であるとの仮説（仮説 1）には強い裏付けがあるが、他方で仮説 2 の裏付けは非常に弱く妥当性は極めて低いと判断すべきと結論付けることができる。したがって、捕獲可能量の計算では、仮説 1 のみが考慮された。

4.1.4 管理海区の設定

管理海区は、上述の仮説 1 に基づき、北太平洋に一つの小海区を設定した。その小海区²の範囲は目視調査でカバーされた海域と一致している（図 2 の青色の部分）。

² 捕獲可能量は、「小海区」に CLA を適用して算出される。この小海区とは重なりあわない、かつ十分小さい、単一の生物学的集団から構成される海域、又は、仮にある 1 つの小海区において異なる生物学的集団由来のクジラが出現する場合には、その海域における集団の出現割合と実質的に異なる割合でそれらを捕獲してしまうことのない十分に小さい海域を指す。詳細は、RMP terminology and definitions in IWC (2012c) を参照されたい。

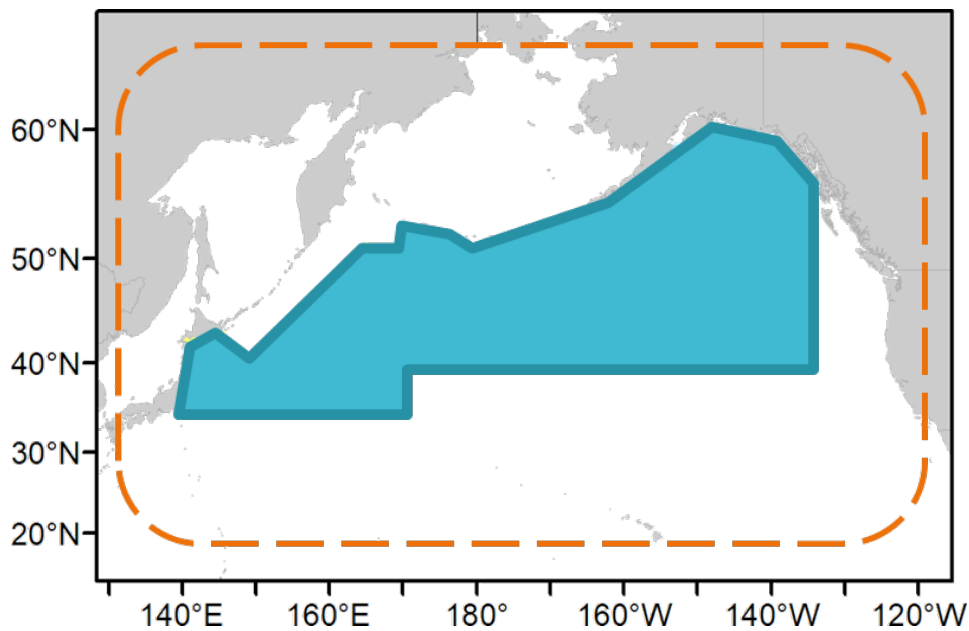


図 2. 北太平洋イワシジラの小海区（青色）

資源量の推定はこの小海区を対象に実施したが、捕獲履歴は北太平洋全体を対象として計算した。これは保守的アプローチを反映している。

4.2 資源量推定値

資源量推定値は、ライントランセクト法によるシステマチックな目視調査で収集された目視データから計算された。目視調査は、全期間にわたってシステマチックな方法で実施されており、全般的に、調査デザインも、分析法も IWC SC のガイドラインに従っている(IWC, 2012a)。イワシジラの資源量推定に使用した目視データは、JARPNII 調査及び IWC-POWER 調査のデータである。

4.2.1 データ

JARPNII 目視調査は、2008 年、2009 年、2011 年及び 2012 年に実施された(Tamura *et al.*, 2009; Bando *et al.*, 2010; Tamura *et al.*, 2012; Bando *et al.*, 2013)。2008 年を除けば、これらの調査は、5 月から 6 月に実施された。2008 年の調査は、7 月から 8 月に実施された。IWC-POWER に基づく目視調査は、2010 年から 2012 年の間、いずれも 7 月から 8 月に実施された(IWC, 2012b; 2013; 2014a)。

CLA 適用のために使用された資源量推定値は、7 月から 8 月に実施した調査に基づいている。すなわち、2008 年の JARPNII 及び 2010 年から 2012 年の IWC SC 調査である。図 3 は、トラップラインとイワシジラの一次発見の地理的分布を示している。

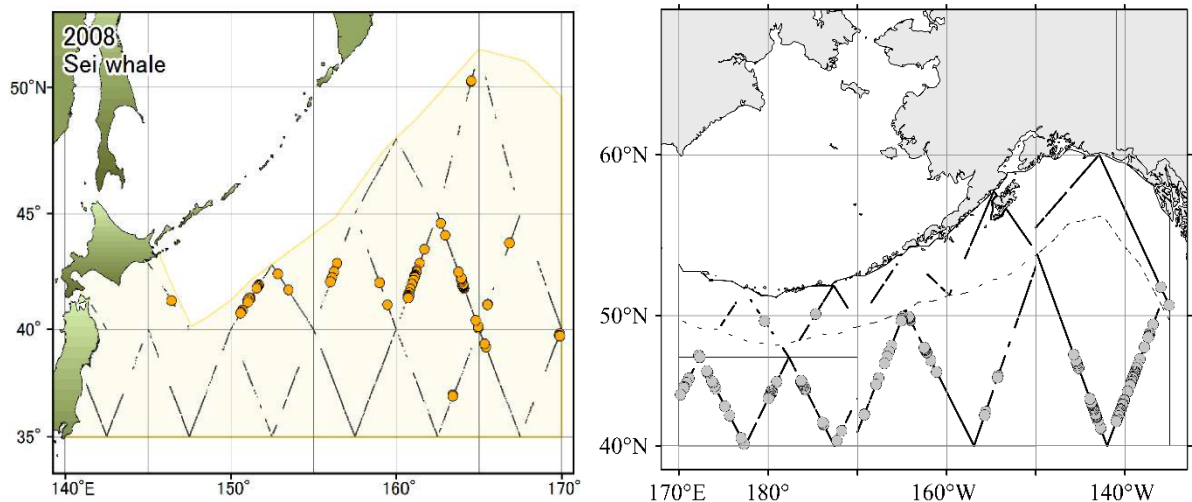


図3. 2008年のJARPN II調査（左）及び2010年から2012年のIWC-POWER調査（右）のトラックライン及びイワシクジラの一次発見位置。これらの調査は全て7月から8月に実施

4.2.2 分析手順

資源量推定値算出のための分析手順の詳細は、JARPNII 調査データについては Hakamada and Matsuoka (2016)に、IWC-POWER 調査データについては Hakamada *et al.* (2017)に記載されている。

基本的には、資源量推定には距離サンプリング法が適用されている。資源量及び CV は Horvitz-Thompson-like estimator を使用して計算された。本鯨種に関しては、従来どおり、横距離 3.0 海里での発見で打ち切りを行い計算し、本鯨種がトラックライン上で発見される確率は 1 と仮定されている ($g(0)=1$)。発見関数の候補モデルとして、Hazard Rate model と Half-normal model が検討された。推定された発見関数へのビューフォート風力階級、群れサイズ、年などの共変量の影響を考慮するため、DISTANCE プログラムの MCDS (Multiple Covariates Distance Sampling) エンジンを使用した。AIC 値が最小になるような、ベストモデルが選定された。しかしながら、複数のモデル間で、当てはめられた発見関数の AIC 値に大差がない場合には、加重平均 (Akaike weight を使用) が推定された (Buckland *et al.*, 1997; Burnham and Anderson, 2002)。

4.2.3 結果

JARPN II 調査及び IWC-POWER 調査に基づく資源量推定結果は、それぞれ Hakamada and Matsuoka (2016) 及び Hakamada *et al.* (2017) に詳述されている。これらの結果の要約は、下の表 2 のとおりである。

表 2. 2つのデータソース、IWC-POWER（中央と北東太平洋）と JARPN II（北西太平洋）に基づく北太平洋イワシクジラの資源量推定値

	Year	P	$CV(P)$
POWER	2011	29,632	0.242
JARPNII	2008	5,086	0.378
Total	2010	34,718	0.214

4.3 捕獲履歴

イワシクジラの捕獲頭数の時系列データは、北太平洋全体からのものを用いた。表 3 は、北太平洋イワシクジラの捕獲履歴を再現したものであり、IWC SC が北太平洋のイワシクジラの詳細評価の際に使用したものである。詳細は IWC(2019 b)Appendix7 を参照。

表 3. 北太平洋のイワシクジラの捕獲履歴（IWC, 2019）

Year	North Pacific	Year	North Pacific	Year	North Pacific
1906	16	1935	297	1964	3611
1907	43	1936	264	1965	3188
1908	101	1937	322	1966	3699
1909	58	1938	393	1967	5046
1910	105	1939	485	1968	4954
1911	217	1940	323	1969	4784
1912	155	1941	496	1970	3816
1913	239	1942	235	1971	2731
1914	202	1943	325	1972	2311
1915	557	1944	683	1973	1856
1916	320	1945	62	1974	1280
1917	545	1946	447	1975	508
1918	725	1947	431	2001	1
1919	983	1948	547	2002	40
1920	482	1949	760	2003	50
1921	385	1950	351	2004	100
1922	189	1951	465	2005	100
1923	471	1952	823	2006	101
1924	634	1953	748	2007	100
1925	447	1954	982	2008	100
1926	484	1955	708	2009	101
1927	436	1956	1027	2010	100
1928	255	1957	839	2011	96
1929	377	1958	1248	2012	100
1930	437	1959	1513	2013	100
1931	286	1960	832	2014	90
1932	264	1961	771	2015	91
1933	266	1962	1821	2016	90
1934	222	1963	2440	2017	134

4.4 捕獲可能量

設定した小海区に CLA を適用した（図 2）。その小海区は目視調査を行った海域と地理的に一致している。資源量推定値は、当該小海区に関して計算されたが、捕獲履歴は保守的に北太平洋全体を対象として計算している。表 4 は、チューニングレベル 0.6 で CLA を適用した場合の捕獲可能量を示している。本種は、過去、雄よりも雌が捕獲される比率が高かったため、性比による調整が必要とされ、それを行っている。

表 4. チューニングレベル 0.6 の CLA に基づいた北太平洋のイワシクジラの捕獲可能量と性比で調整した結果

チューニング レベル	捕獲可能量	性比で調整された捕獲可能量
0.6	202	174

4.5 不確実性に関する試験（ISTs）

北太平洋のイワシクジラは単一系群で構成されていると考えられ、これは IWC SC で当初 CLA が開発されたときの想定と合致している。したがって、本鯨種については IST を考慮する必要はない（当初の CLA 採用時のシミュレーションプロセスを通じて、アウトプットの頑健性は試行・検証されている）。

4.6 捕鯨操業と将来の調査

表 4 で示される性比で調整された後の捕獲可能量に基づいて、日本の太平洋側の EEZ 内で、通年で操業することを提案する。将来の目視調査は、ミンククジラを対象とした計画（セクション 6.5. 4 参照）に沿ってサブエリア 7、8 及び 9 で実施する。北太平洋中央部及び東部の海域における目視調査の計画も同様に検討している。資源のモニタリングのために、捕獲されたクジラから、生物学的データや標本の採集も行う。

5. 北西太平洋のニタリクジラ

5.1 系群構造と管理海区の定義

IWC SC は、北西太平洋のニタリクジラの RMP 実施/適用レビューを 2007 年と 2019 年に実施した。図 4 に実施の際のサブエリアを表示している。

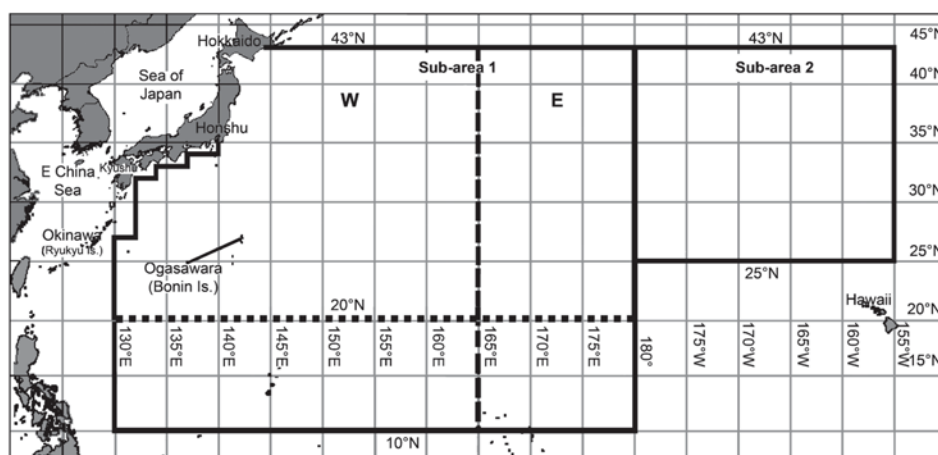


図 4. IWC SC による北太平洋のニタリクジラ RMP 適用の際に使用したサブエリアの定義 (IWC, 2008; 2018b)

5.1.1 遺伝学的研究のレビュー

日本鯨類研究所 (ICR) が所有する包括的なデータセットに基づき北太平洋のニタリクジラの系群構造に関する遺伝解析が行われた。遺伝子サンプルは、5つのソースから得られている。すなわち、過去の商業捕鯨からの標本、IWC-POWER 調査、JARPNII 調査、日本の目視専門調査及び混獲である (表 5、図 5)。ミトコンドリア DNA(mtDNA)とマイクロサテライト DNA に基づく最初の遺伝解析は、サブエリア 1 から収集された標本を対象とした。これらの解析結果から、サブエリア 1 において有意な遺伝的異質性は見られなかった(Pastene *et al.*, 1997; Kanda *et al.*, 2007)。2016 年以降に実施された遺伝解析は、サブエリア 1 及び 2 の両方から入手した多数の標本に基づいており、これらの解析は当該サブエリア内で有意な遺伝的異質性があることを示し、複数系群の存在に関連付けされている(Pastene *et al.*, 2016b; 2016c; Taguchi *et al.*, 2017)。

最新の研究は、Tamura *et al.* (2019) (Appendix 6)に示されており、本文書では以下において更に詳細に記述している。表 5 はサンプルの詳細、図 5 は遺伝サンプルの地理的分布を示している。

表 5. 分析に供した北太平洋のニタリクジラの遺伝子サンプルの海区、ソース及び遺伝子マーカー別に見たサンプル数及び収集期間。ただし、親子及び再捕された個体は除外

Sub-area	Commercial whaling (1979-1984)		JARPNII (2000-2016)		Bycatch (2010)		Dedicated sighting survey (2012-2014)		POWER (2013-2016)		Total	
	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA
1W	186	169	743	746	1		53	53			983	968
1E	26	28	59	59			2	2	51	51	138	140
2	1	1							73	73	74	74
Total	213	198	802	805	1	0	55	55	124	124	1195	1182

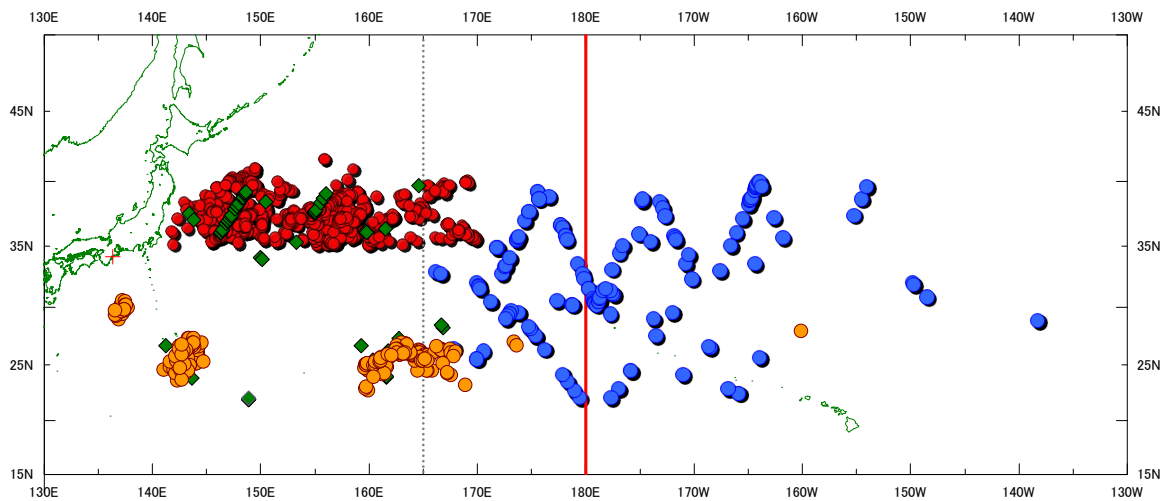


図 5. 北太平洋のニタリクジラ遺伝子サンプルの地理的分布。赤：JARPNII 調査（捕獲）、緑：目視専門船による調査（バイオペシー）、青：IWC POWER 調査、黄：過去の商業捕鯨、赤のバツ印：混獲

イワシクジラの場合と同様に、DNA 抽出、mtDNA 配列及びマイクロサテライト遺伝子型判定が実施された。ニタリクジラで使用された 17 のマイクロサテライト遺伝子座は、以下のとおり。EV1、EV14、EV21、EV94、EV104 (Valsecchi and Amos, 1996)、GT011 (Bérubé *et al.*, 1998)、GT23、GT310、GT575 (Bérubé *et al.*, 2000)、GATA28、GATA53、GATA98、GATA417、GGAA520、TAA31 (Palsbøll *et al.*, 1997) 及び DlrFCB14、DlrFCB17 (Buchanan *et al.*, 1996)。

データ分析

最初に、マイクロサテライト遺伝子型と mtDNA ハプロタイプに基づいて、データセット中の親子ペア及び再捕されたクジラを対象として調査が実施された。4 頭の再捕クジラと、母クジラと同じ時期・海域で捕獲された子クジラ 21 頭が発見された。データセットの独立性を確保するため、これら 25 の標本については、それ以降の全ての分析から除外した。

本鯨種の遺伝的多様性と系群構造について調査するため、2017 年の北太平洋ニタリクジラ実施/適用レビュー(IWC, 2018b)の結果に基づき、3つのサブエリア、すなわちサブエリア 1W(東経 165 度以西)、1E(東経 165 度から 180 度まで)及び 2(180 度以東)について、潜在的に独立集団として扱うこととした(表 5 及び図 4-5)。統計解析においては、全ての多重比較の有意レベルの調整のために、FDR 補正(Benjamini and Hochberg, 1995)を行った。

ニタリクジラについての 37 年以上の長期にわたるサンプル採集、季節性の回遊を考慮して、遺伝的多様性、すなわち、各海区のマイクロサテライトについては AR、HWE、HE 及び F_{IS} 、そして mtDNA に関しては h と π を、3つの期間(1980 年代まで、2000 年代、2010 年代)、2つのシーズン(4月から6月と7月から10月)により反映される時間的層に関して、予備的に推定した。さらに、各海区の層の中で、両マーカーのペアワイズ F_{ST} 推定値を計算し、当該3つの期間、2つのシーズンそれぞれについて、集団内や集団間の定義を使っ

て AMOVA 分析を実施した。各海区の層間の検定を行うことで、対立遺伝子頻度及びハプロタイプ頻度の差異の可能性を確認した。これらの分析は、10 頭以上の個体が存在する層に対してのみ実行した。

ARLEQUIN プログラム v. 3.5.1.2 (Excoffier and Lischer, 2010)を使って、 h と π を評価することで mtDNA の遺伝的多様性を調べた。

R パッケージ ‘diveRsity’ (Keenan *et al.*, 2013)を使用して、各遺伝子座及び遺伝子座全体におけるマイクロサテライト DNA の遺伝的多様性を allelic richness (AR)と近交係数(F_{IS} ; Weir and Cockerham, 1984)によって調査した。また、これらの 95%の信頼限界は、10,000 回のブートストラップ法による反復によって算出した。さらに、ARLEQUIN v. 3.5.1.2 (Excoffier and Lischer, 2010)を使用して、各遺伝子座及び遺伝子座全体の期待されるヘテロ接合度 (HE)を推定した。ハーディー・ワインベルグ平衡 (HWE) からの乖離は、GENEPOP 4.2 (Rousset, 2008)を使用して試験した。

海区間の遺伝子判定及び系群構造の評価は、以下のとおり評価した。

- ARLEQUIN プログラムオリジナルデータセットの 10,000 回のランダムな並べ替えにより、mtDNA については従来のペアワイズ F_{st} 、マイクロサテライトについては F_{st} 推定値を算出。
- R を使用したモンテカルロシミュレーションベースの χ^2 二乗独立性検定(Roff and Bentzen, 1989) に基づく、ミトコンドリアハプロタイプ頻度を検定。GENEPOP (Rousset, 2008)プログラムを使用した、海区間のマイクロサテライト対立遺伝子頻度における遺伝的異質性の検出のための確率を検定。
- 海区間の遺伝学的なヒエラルキー構造を調査するため、両マーカーに ARLEQUIN プログラムを使用して Analysis of Molecular Variance (AMOVA)を実施。この分析では、ペアワイズ F_{st} 推定値と異質性検定の統計有意性は調査海区を 2 つのサブエリアグループに分けるために使われる。すなわち、グループ 1 にはサブエリア 1 W と 1 E が含まれ、グループ 2 にはサブエリア 2 が含まれる。
- STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard *et al.*, 2000) を使用し、最も蓋然性のあるクラスター数を推論するための、マイクロサテライトデータを使った、ベイズのクラスターの分析。K=1-3 で 10 回の独立した試行により分析を実施。全ての試行が、相関関係のある対立遺伝子頻度を伴うアドミクスチャーモデルを使って 100,000 回のマルコフ連鎖モンテカルロシミュレーションと 10,000 回の burn-in length で実行。データの経験的確率の平均値は、ウェブベースの STRUCTURE HARVESTER (Earl and vonHoldt, 2012) プログラムを使って推定。
- R パッケージ ‘adegenet’の中で、サンプリング海域と K=3 でのマイクロサテライトデータ (すなわちサブエリア 1 W、1 E 及び 2) に基づき、事前に地理的グループ割り付けを行い、遺伝子学的に関連性のある個体のクラスターを特定し詳細を解明するための主成分判別分析(DAPC; Jombart *et al.*, 2010)を実行。

- 遺伝的統計量、すなわち、DAPC の一番目、二番目の主成分 (PC)、 F_{IS} 及び h (2.5 度の経度間隔で計算し、5 度間隔の移動平均としてプロット) を使用した経度クラインに沿った遺伝的多様性情報。

結果

結果の詳細は、Tamura *et al.* (2019) Appendix 6 に記載のとおり。主な結果は、以下に要約した。

- 試験では、全てのサブエリアにおいて、有意な時間的 (期間及びシーズン) 遺伝的多様性変異は検出されなかった。
- どの遺伝子座、どのサブエリアにおいても、有意な HWE 逸脱は見られなかった。各遺伝子座の AR 及び HE はサブエリア間で大きく異なっておらず、それぞれ 6.63 から 7.07 (遺伝子座全体の AR 平均値) と 0.677 から 0.689 (遺伝子座全体の HE 平均値) の範囲内であった。サブエリア 2 の遺伝子座全体の F_{IS} 推定値はサブエリア 1 E よりも低かったが、両方の信頼区間にゼロが含まれており、 F_{IS} 値がゼロと差がないことを示唆していた。 h と π の値は、サブエリア間で類似しており、それぞれ 0.82 から 0.89 と、0.009 から 0.013 であった。
- マイクロサテライトのペアワイズ F_{st} 推定値は、ニタリクジラの有意差がサブエリア 1 W とサブエリア 2 のみならず、1 E と 2 の間にも存在することを示唆しており、mtDNA の従来のペアワイズ F_{st} 推定値は、統計的にサブエリア 1 W とサブエリア 2 間の遺伝学的差異を裏付けていた。全てのサブエリア間の異質性検定では、マイクロサテライト対立遺伝子及びミトコンドリアハプロタイプ頻度において、サブエリア 1 W とサブエリア 2、そしてサブエリア 1 E とサブエリア 2 の間で有意差が示された。しかし、サブエリア 1 W と 1 E 間の有意差は示されなかった。
- AMOVA 解析の結果、両マーカーのサブエリア内での遺伝的多様性が高く、サブエリア間及びサブエリアグループ間の遺伝学的差異が低い、すなわち各サブエリア内の遺伝的多様性が高く、調査されたサブエリア全体における遺伝子流動の可能性が示唆されている。
- STRUCTURE プログラムにより推定された各 K 値のクラスタリングパターンを見ても、本鯨種についての明確な遺伝構造は示されなかった。
- DAPC 分析の結果、サブエリア 2 の、1 W 及び 1 E からの分離が、第 1 判別関数軸に則して明確に見られたが、地理的クラスター間の実質的な重複は残っていた。
- 4 つの統計のための 3 つの量、すなわち DAPC 分析からの PC1、 F_{IS} 値及び h 値の移動平均は、経度クラインに沿って徐々に変化し、正の PC 値、低い F_{IS} 値及び h 値がサブエリア 1 W よりサブエリア 2 で高く、境界が 1 E のどこかに存在することを示した。

いずれの分析結果からも、サブエリア 1 W と 1 E 間における遺伝的差異は示されず、これはサブエリア 1 の中での遺伝的差異がないとする従前の研究結果 (Wada and Numachi, 1991;

Wada, 1996; Pastene *et al.*, 1997; Kanda *et al.*, 2007)と整合している。しかしながら、サブエリア 1 とサブエリア 2 の間には有意差があることが判明し、サブエリア 1 W とサブエリア 2 の間の差がより大きかった。

上記の結果から、これらのサブエリアには小差のある複数系群が存在し、サブエリア 1 には単一系群が、サブエリア 2 には他の系群が発生し、サブエリア 1 E では混合の可能性があるかと仮定することができる。

5.1.2 非遺伝学的研究のレビュー

Kishiro (1996)は、1987 年漁期までに日本とソ連の捕鯨船が回収した標識からの情報を用いて北西太平洋のニタリクジラの移動を調べている。1972 年から 1985 年までの期間に日本の標識装着プログラムにより合計 537 頭のクジラの標識装着に成功した。鯨類標識装着プログラムは、南緯 1 度から北緯 45 度の間で、1 月から 11 月まで実施された。捕鯨は、北緯 22 度から北緯 43 度の間で、4 月から 10 月まで操業していた。1987 年末までに、(ソ連により装着された 1 頭を含む) 52 頭の標識装着クジラが再捕された。西部熱帯太平洋において 1 月から 3 月に標識装着されたクジラ 12 頭が、4 月から 7 月の間に日本の太平洋岸 (2 頭)、小笠原諸島沖 (3 頭)、外洋域 (7 頭) で再捕された。北緯 25 度周辺の高緯度海域で同じシーズン (1 月から 3 月まで) に標識装着された 3 頭は、その後、ほぼ同じ緯度海域で再捕されている。かかるデータは、ニタリクジラが漁場で越夏し、より広範な緯度範囲 (南緯 1 度から北緯 25 度まで) で越冬することを示唆している。また、この調査では北西太平洋の捕鯨場 (主にサブエリア 1) には複数のニタリクジラの系群が存在するというエビデンスは見つからなかった。

Murase *et al.* (2016) は、衛星モニタリングによる無線タグを使用した北西太平洋沖合 (サブエリア 1) における 2 頭のニタリクジラの移動について報告している。1 頭は、2006 年 7 月 13 日から 26 日まで、13 日 4 時間 57 分間記録されている。もう 1 頭は、2008 年 7 月 24 日から 8 月 13 日までの、20 日 5 時間 5 分間記録されていた。亜寒帯—亜熱帯移行海域 (北緯 40 度付近) が、夏季のニタリクジラ索餌場のひとつであることが記録されている。しかしながら、本調査により、ニタリクジラの中には夏季においても亜寒帯—亜熱帯移行海域から亜熱帯海域へ移動する個体が存在することが示された。本調査によって、夏季の北西太平洋沖合におけるニタリクジラの連続的移動に関する情報が初めて提供された。

これらの標識装着調査の結果は、遺伝学的調査結果と整合的である。

5.1.3 系群構造に関する仮説

上記でレビューされた系群構造に関する情報によれば、2019 年の IWC SC 実施/適用レビューでは、中央及び北西太平洋において、2 つの系群構造仮説 (それぞれ仮説 2、仮説 5 と呼ばれる) について、妥当性が高いとみなされた。

仮説 2：1 系群（西系群）がサブエリア 1 に分布し、もう 1 つの系群（東系群）がサブエリア 2 に分布しており、空間的混合は発生しない。

仮説 5：仮説 2 と同様であるが、上記の 2 つの系群がサブエリア 1 E で混合し、その海区では西系群の方が優占している。

日本は、これらの 2 つの IWC SC による仮説は頑健な科学的根拠に支持されているものと考えている。したがって、管理海区の設定においては両方の仮説を考慮している。

5.1.4 管理海区の設定

上述の 2 系群仮説に基づき、次のとおり管理海区を設定した。i) 1W+1E (図 4)が小海区。ii) サブエリア 1 が合併海区³。これらの小海区の設定により、資源量推定値と捕獲履歴を計算した。

北西太平洋では、沿岸型と沖合型のニタリクジラが存在することに留意すべきである。しかしながら、沿岸型の分布は黒潮海流より内側の沿岸水域に限定されており、この海域は上で設定された小海区には含まれていない。本鯨種の沿岸型は、商業捕鯨の対象ではない。かかる小海区は、より大型の沖合型のニタリクジラに対して設定されたものであり、この沖合型の系群は黒潮海流の外側に分布している（図 4 参照）。

5.2 資源量推定値

資源量推定は、ライントランセクト法を適用するために設計されたシステムチックな目視調査で収集した目視データに基づいて算出した。目視調査は、全期間にわたってシステムチックに実施し、全般的に、調査設計や分析手段については IWC SC (IWC, 2012a)のガイドラインに従っている。ニタリクジラの資源量推定に使用した目視データは、3つのソースから得られたものである。すなわち、日本の目視専門調査、JARPNII 調査及び IWC POWER 調査である。

5.2.1 使用データ

資源量推定は、日本が 2 つの期間で実施した目視調査（1988-1995 年 及び 1998-2002 年）(Shimada and Miyashita, 1997; 1999; Shimada, 2004; Shimada et al., 2008)、JARPN II の目視調査（2008 年、2012 年 及び 2014 年）(Tamura et al., 2009; Matsuoka et al., 2013; 2015b)、及び IWC-POWER 目視調査（2013-2016 年）(Matsuoka et al., 2014; 2015a; 2016) において収集された目視データに基づいている。

³ 捕獲可能性は、「小海区」又は、適切な場合には「合併海区（小海区の結合海域）」に CLA を適用して算出している。「合併海区」では、キャッチカスケディング（合併海区を対象として算出された捕獲可能性を、当該合併海区を構成する各小海区に対して、当該小海区において算出された相対的資源量の比率に応じて配分するプロセス）が適用されている。RMP の用語や定義の詳細は、IWC (2012c)を参照されたい。

CLA を適用するための資源量推定は、7月から9月に実施された調査に基づくものである。

図6及び7は、日本が2つの期間で実施した目視調査のトラックラインとニタリクジラー次発見の地理的分布を示している。図8は、JARPN II と IWC-POWER 調査の両方のトラックラインとニタリクジラー次発見の地理的分布を示している。

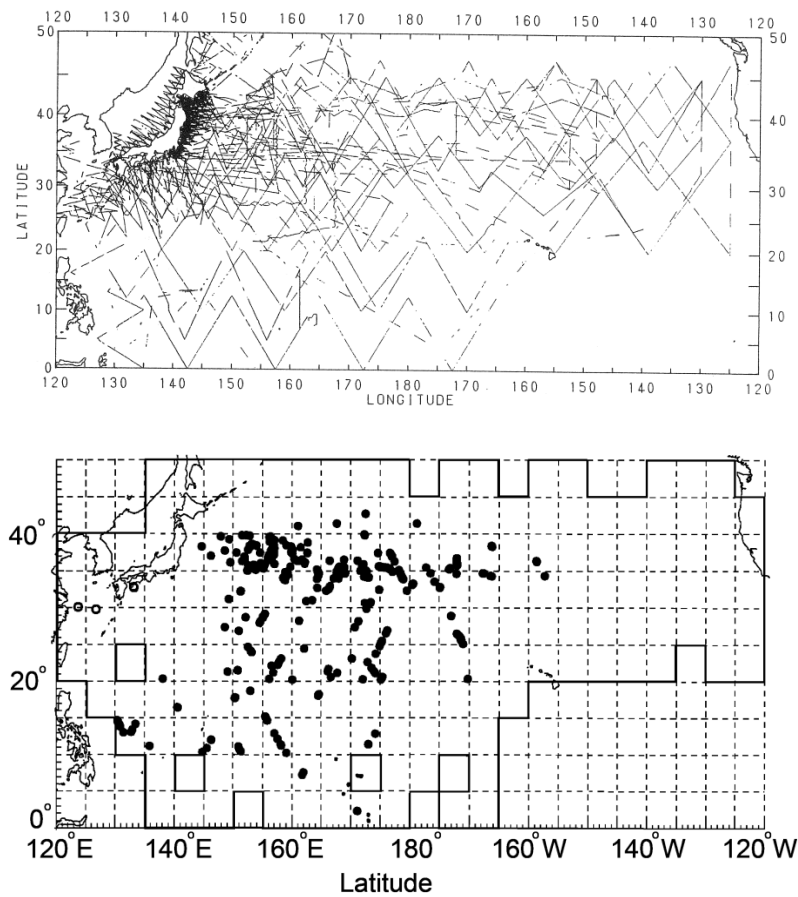


図6. 1988-95年の8月から9月に実施された調査のトラックライン（上）とニタリクジラー次発見の位置（下）(Shimada and Miyashita, 1996)

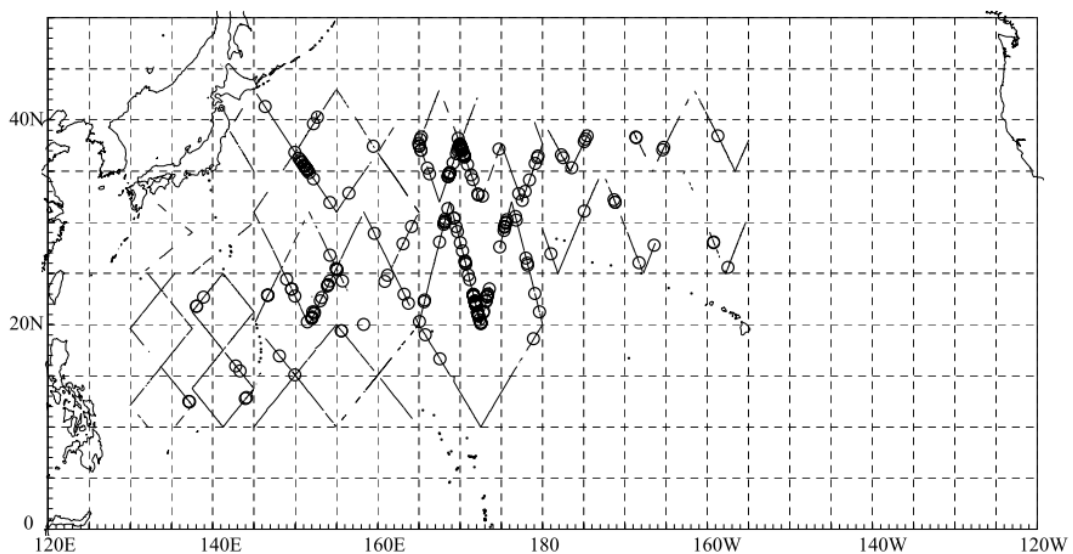


図7. 1998-2002年の8月から9月に実施された調査のトラックラインとニタリクジラ一次発見の位置(Shimada *et al.*, 2008).)

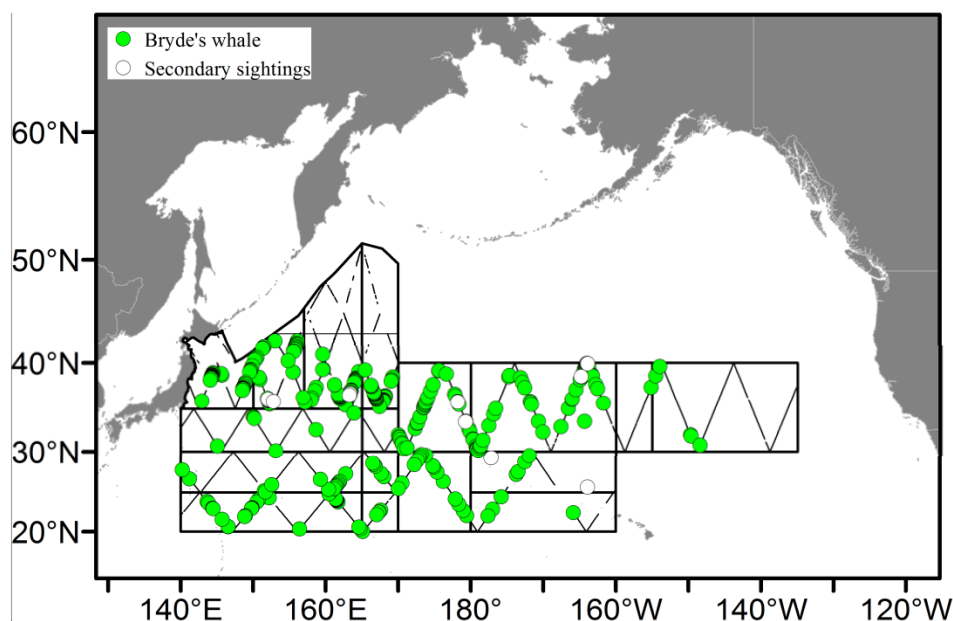


図8. 2008年、2012年、2013年、2014年及び2015年（JARNPIIとIWC-POWER調査データを統合）の7月から9月までのトラックライン及びニタリクジラの1次及び2次発見位置

以下のタイムスタンプ付きの資源量推定値シリーズが3つ存在している(IWC, 2018b)。

1. 2007年の実施/適用レビューで使用された1988-96年に資源量推定されたオリジナルシリーズ。これは1995年としてタイムスタンプされている。
2. CLAに使用するためにSC(IWC, 2009)で合意された1998-2002年(Kitakado *et al.*, 2008)に資源量推定されたシリーズ。これは2000年としてタイムスタンプされている。
3. 2008-2015年(Hakamada *et al.*, 2017)に収集されたデータを使用して資源量推定された新しいシリーズ。これは2011年でタイムスタンプされている。

5.2.2 $g(0)$ 推定値を含む分析手順

分析手順の詳細については、日本の目視調査に関しては Shimada and Miyashita (1997), Kitakado *et al.* (2007) 及び Kitakado *et al.* (2008)に、JARNPII-IWC-POWER 調査データについては Hakamada *et al.* (2017)において記載されている。 $g(0)$ 補正された資源量推定値については Hakamada *et al.* (2018)において詳細に記載されている。

原則として、資源量推定には距離サンプリング法が適用されている。Horvitz-Thompson like 推定量に基づいて、資源量推定値とその CV が推定された。本鯨種については、規則に従い、発見は3.0海里で打ち切りしており、当該種をトラックライン上で発見する確率 $g(0)$

は 1 であるとは仮定していない（後述参照）。発見関数の候補として、Hazard rate モデルと Half-normal モデルが検討された。ビューフォート風力階級、群れサイズ、年などの共変量が、推定された発見関数に与える影響を考慮するため、DISTANCE プログラムの中の MCDS (Multiple Covariates Distance Sampling) エンジンが使用された。AIC 値が明確に最低値を示す場合において、ベストモデルが選択された。しかしながら、当てはめた発見関数の AIC 値が、モデル間で大差がない場合は、Akaike weight で重みづけをし、加重平均を計算した (Buckland *et al.*, 1997; Burnham and Anderson, 2002)。

g(0)推定

この推定値を得るために、2015 年と 2016 年の IWC-POWER 調査中に収集された IO モードのデータが使用された (Hakamada *et al.*, 2018)。標識再捕 (MR) 及び距離サンプリング (DS) モデル (Hazard 率と Half-normal 発見関数が検討された) を組み合わせて使用した (MRDS)。MRDS 法については、Laake and Borchers (2004) 及び Burt *et al.* (2014) に記載されている。分析は、R-DISTANCE (Thomas *et al.*, 2010) 中のライブラリー MRDS を使って行った。Hakamada *et al.* (2018) は、両方 (MR, DS) のモデルで考慮する必要がある唯一の共変量は、ビューフォート風力階級であると仮定した。さらに、北太平洋ニタリクジラ実施/適用レビューに関する会期間ワークショップからの提案を受け、各サブエリアのビューフォート風力階級が良いとき good ($g(0) = 0.899$ (SE: 0.255)) と、悪いとき bad ($g(0) = 0.543$ (SE: 0.208)) の、 $g(0)$ 推定値の加重調和平均も計算した (Hakamada *et al.*, 2018 表 6 参照)。

追加分散推定

過程誤差又は追加分散の問題は、資源量推定値のために推定されたサンプリング分散が推定値の全てのバラツキを考慮していないために生じている。特に、調査対象海区におけるクジラ個体群の分布の年間変動である。仮に追加分散を無視した場合、資源量推定値の不確実性が過小評価される傾向がある。過程誤差の程度がどれくらいかの推定は、追加 CV で示されており、その推定手法については Hakamada *et al.* (2017) において、詳細に記載されている。

5.2.3 結果

資源量推定の結果は、いくつかの研究で詳細に記載されている (Kitakado *et al.*, 2007; Kitakado *et al.*, 2008; Hakamada *et al.*, 2017)。これらの推定では、過去に得られた追加分散の情報を考慮している。Hakamada *et al.*, (2017) における $g(0)$ 補正後の資源量推定に関する概要を表 6 に示す。

表 6. JARPNII 及び IWC-POWER 調査によって得られた目視データに基づく IWC SC サブエリアごとの北太平洋のニタリクジラ資源量推定値

Year	Sub-area	g(0)-corrected	
		P	$CV(P)$
1995	1W	12,149	0.550
	1E	15,695	0.558
2000	1W	6,894	0.598
	1E	19,200	0.676
2011	1W	25,158	0.524
	1E	9,315	0.483

5.3 捕獲履歴

CLA 計算に使用された捕獲時系列データは、IWC SC 北西太平洋ニタリクジラ実施/適用レビュー (IWC, 2020)において使用された「最善」の時系列データに相当する（表 7）。

表 7. サブエリアごとの北太平洋のニタリクジラ捕獲履歴(IWC, 2020)

Year	Sub-area 1 W	Sub-area 1 E	Sub-area 1	Year	Sub-area 1 W	Sub-area 1 E	Sub-area 1
1906	13	0	13	1961	167	0	167
1907	35	0	35	1962	504	0	504
1908	81	0	81	1963	210	0	210
1909	47	0	47	1964	68	0	68
1910	55	0	55	1965	8	2	10
1911	156	0	156	1966	55	3	58
1912	81	0	81	1967	45	0	45
1913	124	0	124	1968	171	3	174
1914	56	0	56	1969	89	16	105
1915	169	0	169	1970	73	11	84
1916	105	0	105	1971	217	284	501
1917	181	0	181	1972	84	63	147
1918	148	0	148	1973	592	51	643
1919	161	0	161	1974	709	306	1015
1920	92	0	92	1975	701	296	997
1921	89	0	89	1976	851	577	1428
1922	81	0	81	1977	787	150	937
1923	75	0	75	1978	490	293	783
1924	111	0	111	1979	1240	39	1279
1925	118	0	118	1980	755	0	755
1926	134	0	134	1981	485	0	485
1927	118	0	118	1982	482	0	482
1928	80	0	80	1983	545	0	545
1929	63	0	63	1984	528	0	528
1930	62	0	62	1985	357	0	357
1931	135	0	135	1986	317	0	317
1932	104	0	104	1987	317	0	317
1933	88	0	88	1988	0	0	0
1934	99	0	99	1989	0	0	0
1935	96	0	96	1990	0	0	0
1936	88	0	88	1991	0	0	0
1937	126	0	126	1992	0	0	0
1938	159	0	159	1993	0	0	0
1939	193	0	193	1994	0	0	0
1940	105	0	105	1995	0	0	0
1941	145	0	145	1996	0	0	0
1942	21	0	21	1997	0	0	0
1943	30	0	30	1998	1	0	1
1944	74	0	74	1999	0	0	0
1945	12	0	12	2000	43	0	43
1946	126	0	126	2001	50	0	50
1947	111	0	111	2002	50	0	50
1948	133	0	133	2003	50	0	50
1949	198	0	198	2004	44	7	51
1950	273	0	273	2005	50	0	50
1951	307	0	307	2006	38	13	51
1952	491	0	491	2007	48	2	50
1953	61	0	61	2008	50	0	50
1954	75	0	75	2009	35	15	50
1955	94	0	94	2010	36	14	50
1956	24	0	24	2011	46	4	50
1957	39	0	39	2012	31	3	34
1958	254	0	254	2013	28	0	28
1959	263	0	263	2014	25	0	25
1960	404	0	404	2015	25	0	25
				2016	26	0	26

5.4 捕獲可能量

表 8 は、上で設定した管理区域（i)サブエリア 1W +1E は小海区、ii)サブエリア 1 は合併海区で、それぞれ 1W と 1E はいずれも小海区でキャッチカスケーディングが適用される）に CLA を適用した結果を示している。。

上述のように、この捕獲可能量は、捕鯨操業が行われる黒潮海流の外に分布するより大型の外洋性のニタリクジラに適用される。捕獲されたニタリクジラの実際の性比がほぼ 50:50 であったため、性比調整は必要ない。

表 8. 2つの管理オプションの下での、チューニングレベル 0.6 の CLA に基づく北太平洋のニタリクジラの捕獲可能量

チューニング レベル	オプション i	オプション ii	
	SA1	SA1W	SA1E
0.6	187	100	87

5.5 不確実性の影響試験(ISTs)

5.5.1 試行シナリオ

CLA のパフォーマンスに関して、系群構造、系群境界及び MSYR 値等のいくつかの基本的情報をもたらす影響を検査するため、表 9 に記載されている全部で 14 のシミュレーション試験を実施した。これらの試験は、基本的には 2019 IWC SC 実施/適用レビューで実施された試験と同じで、ナンバリングの規則も同様であるが、チューニングレベルだけが、0.72 ではなく 0.60 に設定してある。

試験シナリオは BRnn-r（nn は試験番号で、r は想定される MSYR 値）フォーマットで表示している。BR01（系群仮説 2）及び BR02（系群仮説 5）はベースライン試験（基準試験）として扱われた（これらの仮説については図 9 を参照）。不確実性の影響を試験するために、BR03（捕獲履歴に関する代替の数値）、BR04（資源量推定値の代替の追加分散値）及び BR05-07（系群間の代替の境界）のシナリオを実施した。全ての試験を MSYR 1%(1+) と 4% (mature)（BRnn-1 又は BRnn-4）で試験し、管理方策の可否を判定する際に、結果は中程度の重み付け（又は妥当性あり）とした。

表 9. 関連する IWC SC 実施/適用レビュー (IWC, 2020)の試験リストから選定し、北西太平洋ニタリクジラの国内 IST のために考慮した試験候補リスト

Trial number	Stock hypotheses	MSYR ¹	Additional variance	Catch series	Western Boundary of stock 2	Eastern Boundary of stock 1	Description	Trial weight
BR01-1	2	1%	Baseline	Baseline	180°	180°	Baseline stock scenario 2	M
BR01-4	2	4%	Baseline	Baseline	180°	180°	Baseline stock scenario 2	M
BR02-1	5	1%	Baseline	Baseline	165°E	180°	Baseline stock scenario 5	M
BR02-4	5	4%	Baseline	Baseline	165°E	180°	Baseline stock scenario 5	M
BR03-1	5	1%	Baseline	High	165°E	180°	Stock scenario 5 with high catches	M
BR03-4	5	4%	Baseline	High	165°E	180°	Stock scenario 5 with high catches	M
BR04-1	5	1%	Upper CI	Baseline	165°E	180°	Stock scenario 5 with higher additional variance	M
BR04-4	5	4%	Upper CI	Baseline	165°E	180°	Stock scenario 5 with higher additional variance	M
BR05-1	2	1%	Baseline	Baseline	175°E	175°E	Stock scenario 2 with alternative boundary ²	M
BR05-4	2	4%	Baseline	Baseline	175°E	175°E	Stock scenario 2 with alternative boundary ²	M
BR06-1	5	1%	Baseline	Baseline	160°E	175°E	Stock scenario 5 with alternative boundary ²	M
BR06-4	5	4%	Baseline	Baseline	160°E	175°E	Stock scenario 5 with alternative boundary ²	M
BR07-1	5	1%	Baseline	Baseline	170°E	175°W	Stock scenario 5 with alternative boundary ²	M
BR07-4	5	4%	Baseline	Baseline	170°E	175°W	Stock scenario 5 with alternative boundary ²	M

¹: MSYR 1% is related to 1+ component and 4% is related to mature component.

²: Based on alternative mixing proportion data.

5.5.2 データと仮定

これらのシミュレーション試験で適用した仮定は、IWC SC 実施/適用レビュー(IWC, 2020)で使った仮定とほとんど同じである。

サブエリア 1 と 2 があり、サブエリア 1 は、東経 165 度でサブエリア 1 W と 1 E に分割されている (図 9)。

ニタリクジラに関しては、2 つの系群構造の一般的な仮説が提唱されている (セクション 5. 1. 3 を参照)。

- (1) 系群構造仮説 2：サブエリア 1 と 2 にニタリクジラが 2 系群存在する。1 系群はサブエリア 1 に、他の 1 系群はサブエリア 2 に出現する。試験ではこれらの系群間の境界位置に関する頑健性を調査する。
- (2) 系群構造仮説 5：サブエリア 1 と 2 にニタリクジラの 2 系群存在する。1 系群はサブエリア 1 W に、もう 1 系群はサブエリア 2 に出現する。サブエリア 1 E は混合が発生する海域。試験によって、混合海域に関する様々な仮定を調査する。

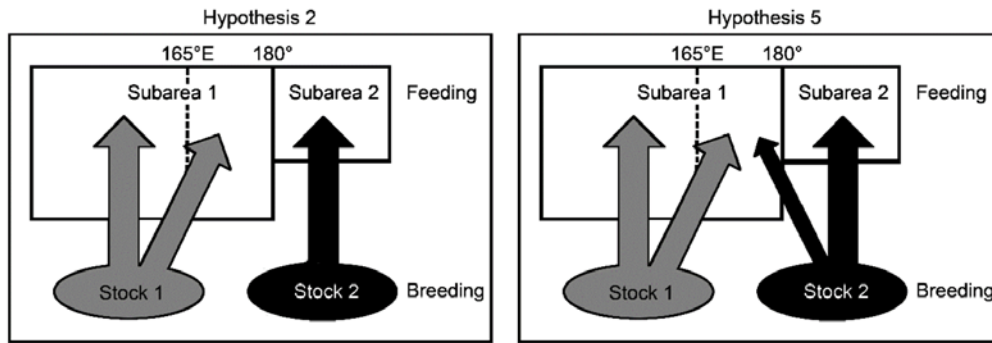


図 9. IWC 実施/適用レビュー (IWC, 2020)において考慮された 2つの系群構造仮説

系群 2 の西の境界と系群 1 の東の境界の感度が考慮された（試験 BR05、BR06 及び BR07）。これら 3つの試験における系群 1 と 2 の経度方向の分布を図 10 で示す。

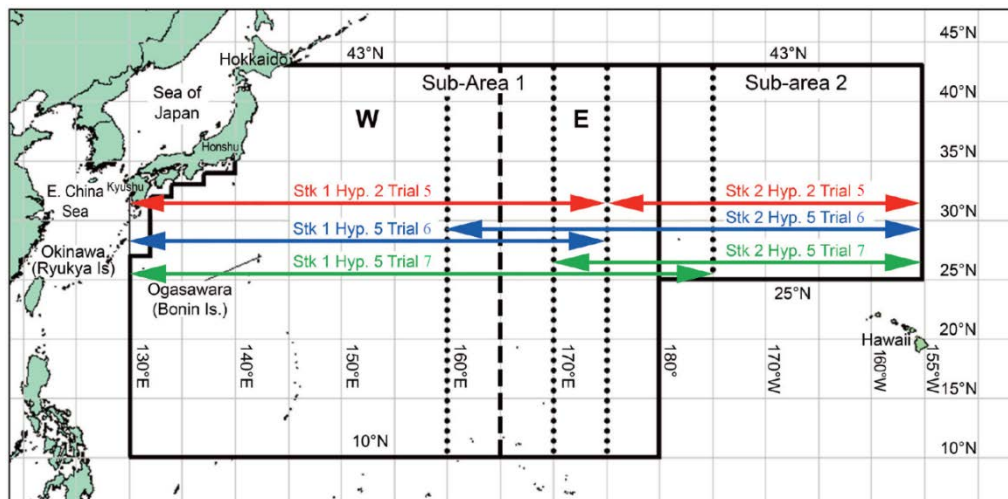


図 10. IWC 実施/適用レビュー (IWC, 2020)において検討された系群の代替的な境界線

BR03 において代替の捕獲履歴として使われた情報は表 10 のとおりである。この試験は 1906 年から 1985 年の商業捕鯨による捕獲頭数が、表 7 で記録されている頭数より多いことを想定している。1986 年以降の過去の捕獲の時系列データは、ベストシリーズ（ベースラインシナリオ）に含まれるデータと同じである。

BR04 試験では、追加的な CV 値 0.737 が仮定されている（ベースライン試験では 0.335 を仮定）。

表 10. BR03 試験における北太平洋のニタリクジラのサブエリアごとに想定された捕獲履歴
(IWC, 2020)

Year	Sub-area 1 W	Sub-area 1 E	Sub-area 1	Year	Sub-area 1 W	Sub-area 1 E	Sub-area 1
1906	20	0	20	1946	264	0	264
1907	52	0	52	1947	179	0	179
1908	124	0	124	1948	259	0	259
1909	72	0	72	1949	321	0	321
1910	76	0	76	1950	321	0	321
1911	237	0	237	1951	335	0	335
1912	136	0	136	1952	580	0	580
1913	209	0	209	1953	129	0	129
1914	119	0	119	1954	157	0	157
1915	362	0	362	1955	94	0	94
1916	220	0	220	1956	24	0	24
1917	266	0	266	1957	39	0	39
1918	250	0	250	1958	254	0	254
1919	245	0	245	1959	263	0	263
1920	179	0	179	1960	404	0	404
1921	165	0	165	1961	167	0	167
1922	150	0	150	1962	504	0	504
1923	160	0	160	1963	210	0	210
1924	234	0	234	1964	68	0	68
1925	208	0	208	1965	8	2	10
1926	257	0	257	1966	55	2	57
1927	219	0	219	1967	45	0	45
1928	148	0	148	1968	171	4	175
1929	110	0	110	1969	89	16	105
1930	134	0	134	1970	73	11	84
1931	212	0	212	1971	216	285	501
1932	147	0	147	1972	84	63	147
1933	176	0	176	1973	592	51	643
1934	138	0	138	1974	709	306	1015
1935	128	0	128	1975	701	296	997
1936	186	0	186	1976	851	577	1428
1937	245	0	245	1977	787	150	937
1938	270	0	270	1978	622	293	915
1939	388	0	388	1979	1306	39	1345
1940	224	0	224	1980	755	0	755
1941	323	0	323	1981	622	0	622
1942	51	0	51	1982	709	0	709
1943	95	0	95	1983	623	0	623
1944	250	0	250	1984	804	0	804
1945	26	0	26	1985	606	0	606

5.5.3 コンディショニング

IWC 事務局の好意によって提供されたコンディショニングの結果を試験に使用した。当てはめるデータは、サブエリアごとの資源量推定値と（混合が起きていると仮定される場合には）混合比率のデータであった。コンディショニングの過程の詳細は、IWC (2020)に記載されている。

5.5.4 将来の調査

試験の中では、北緯 20 度以北の調査海区をカバーする 2 つの計画が想定されている（表 11）。いずれも 6 年ごとに同じパターンを繰り返すという想定である。表 11 のオプション 2 では、サブエリア 1 W の追加 CV は、ベースライン試験では 0.67 に、BR04 試験では 1.516 まで上昇するという仮定である。

表 11. 実行した試験の中で想定されている将来の目視調査パターン。全ての調査が7月から8月に実施される（IWC2020 に従う）

Season	130°-165°E	Option 1 165°E-180°		180°-160°W	130°-140°E	140°-152.5°E	Option 2 152.5°-165°E		165°E-180°	180°-160°W
Sub-Area	1W	1E		2	1W	1W	1W		1E	2
2017										
2018										
2019										
2020	Yes				Yes					
2021						Yes				
2022		Yes					Yes			
2023									Yes	
2024				Yes						Yes
2025					Yes					
2026	Yes					Yes				
2027							Yes			
2028		Yes							Yes	
2029										Yes
2030				Yes	Yes					
2031						Yes				
2032	Yes						Yes			
and so on in this pattern										

5.5.5 管理方策

捕鯨は日本のサブエリア 1 W のうち EEZ 内で通年行うことを想定している。管理方策は V1 と V2 の 2 種類で、それぞれが検討された CLA 実施オプションの i と ii に相当する（セクション 5. 4）。

V1: サブエリア 1 は小海区。捕獲はサブエリア 1 W で行われる。

V2: サブエリア 1 は合併海区。1 W と 1 E は小海区でありキャッチカスケーディングルールが適用される。サブエリア 1 E での捕獲はしない。

商業捕鯨なし（V00）という管理方策も比較のため検討した。上記 2 種の管理方策の組合せと 2 つの将来の調査計画は、4 つの管理方策と見なされた。これらの管理方策の資源保護に関するパフォーマンスを比較した。

5.5.6 資源保護に関するパフォーマンス

IWC SC のガイドラインに従って、各試験と管理方策の資源保護に関するパフォーマンスを検討し、管理方策と試験の各組合せを「合格」「ボーダーライン」「不合格」に分類した。2 系群それぞれに 2 種の資源保護に関するパフォーマンス統計量を採用している。すなわち、最終的な枯渇比と最小枯渇率（各試験での 100 年間の将来予測の各年における資源量の、混獲しか捕獲がない場合の資源量との比の最小値）である (IWC, 2012c)。

可否の閾値を設定するため、同等の単一系群の試験を $MSYR(1+)$ の値が 1% の場合について実施した。詳細は、IWC (2012c) のとおりである。北大西洋ナガスクジラのケース (NAMMCO, 2017) と同様、チューニングレベル 0.6 に基づいて捕獲可能量を計算したため、チューニングレベルは、0.6 及び 0.48 を適用した。チューニングレベル 0.6 及び 0.48 を与えるチューニングパラメーターは、Aldrin et al. (2008) に従った（表 12）。

表 12. チューニングパラメーターの組合せの枯渇中央値(Aldrin et al., 2008)。 α は確率、 γ は CLA の捕獲管理法則の傾きのパラメーター

α	γ	Year 100	Year 300	Year 500
0.4015	3	0.72	0.76	0.76
0.4629	3	0.66	0.74	0.74
0.5222	3	0.60	0.73	0.73
0.5	4.7157	0.54	0.71	0.72
0.5	9.3443	0.48	0.67	0.70

管理方策の可否判定をするため、IWC (2012c) で設定された手順に従って以下の質問による精査が行われた。

Q1: 全ての試験でパフォーマンスは「合格」であったか？もしそうであれば、当該管理方策は合格である。そうでなければ続いて Q2 に回答すること。

Q2: 重み付けが「高い」試験の中で、一つでもパフォーマンスが「不合格」のものがあったか？もしそうであれば、当該管理方策は不合格である。そうでなければ、続いて Q3 に回答すること。

Q3: 重み付けが中程度の試験のパフォーマンスが「ボーダーライン」上にあることのみが問題か？もしそうであれば Q4 に回答すること。そうでなければ合格ではない。

Q4: 詳細な評価を通じて結果を「合格」とみなせるか？もしそうであれば当該管理方策は合格である。そうでなければ合格ではない。

表 13 は、この資源保護に関するパフォーマンスの結果を表している。2_20 調査計画を伴う V1 の管理方策を除けば、全ての方策で合格ができなかった試験はなかったので、管理方策として「合格」であった（Q1 の回答が YES であった）。2_20 調査計画を伴う V1 の管理方策については、「不合格」という結果のパフォーマンスはなかった（Q2 の回答が NO、Q3 は YES）。2_20 調査計画を伴う V1 の管理方策の試験の中には、中程度の重み付けの試験において、パフォーマンスが「ボーダーライン」上のものがいくつかあった。しかしながら、この結果の詳細な評価（これら全ての試験のパフォーマンスプロットは合格に近接した結果であった）により、この管理方策も「合格」と判定することが可能となった（Q4 の回答が YES）。

結論は、管理方策（V1,V2）と将来の調査計画(1_20 and 2_20)の全ての組合せが合格である。

表 13. MSYR(1+)の値が 1%の場合における試験と管理方策にかかる合否判定結果の要約

管理方策	将来の調査	ボーダーラインだった試験	不合格だった試験	勧告
V1	1_20	なし	なし	合格
V1	2_20	BR01-1, BR02-1, BR03-1, BR05-1, BR06-1, BR07-1	なし	合格
V2	1_20	なし	なし	合格
V2	2_20	なし	なし	合格

5.6 捕鯨操業と将来の調査

全ての管理方策と試験の組合せが「合格」であるため、日本は、資源保護に関する問題を生じることなく、より多くの捕獲可能性を算出するオプション i（又は V1）の採択を検討すべきと考えられた。その場合、全てのクジラがサブエリア 1 W のうち日本の EEZ 内から捕獲され、そして時間的制約（禁漁期）はない。資源量推定値と CLA の更新のための、将来の目視調査は、セクション 5. 5. 4 に記載されるオプションに合わせて実施される。捕獲対象系群のモニタリングを行い、将来の試験で検討されるシナリオを改善するため、捕獲したクジラから生物学的データや標本の採集が行われることとなろう。

6. 北西太平洋のミンククジラ

6.1 系群構造と管理海区の設定

北西太平洋ミンククジラの系群構造の研究は、管理の観点から 1993 年以降進められている。RMP 実施/適用レビューの際には、様々な系群構造仮説が提案されたが、IWC SC は、2013 年最新の実施/適用レビューで討議した 3 つの仮説の相対的妥当性について合意できなかった。3 つの仮説とは、仮説 A：黄海、日本海、日本の太平洋側及びオホーツク海に 2 系群（J 系群、O 系群）、仮説 B：仮説 A と同じであるが、黄海に別の系群（Y 系群）が存在、仮説 C：5 系群仮説（Y、Jw、Je、Ow 及び Oe 系群）。2016 年の JARPNII 最終レビューワークショップで発表されたほとんどの系群構造研究は、仮説 C の妥当性、特に推定される沿岸 O 系群（Ow）の存在に焦点を当てていた。

当時、最も包括的な系群構造に関する研究結果が、JARPNII 最終レビューワークショップで発表された(IWC, 2017b)。IWC SC が行ったそれまでの勧告に従った遺伝学的及び非遺伝学的解析結果が発表されている。これらの研究の要約を以下に記載する。

それ以降、最近（2018 年）では、IWC SC において新たな実施/適用レビューが開始され、そこでは新しく実施された遺伝解析について討議が行われた。これらの解析と新しい仮説についても、以下にまとめる。

図 11 は、IWC SC によって行われた北西太平洋ミンククジラ実施/適用レビューの際に使われたサブエリアを示している。

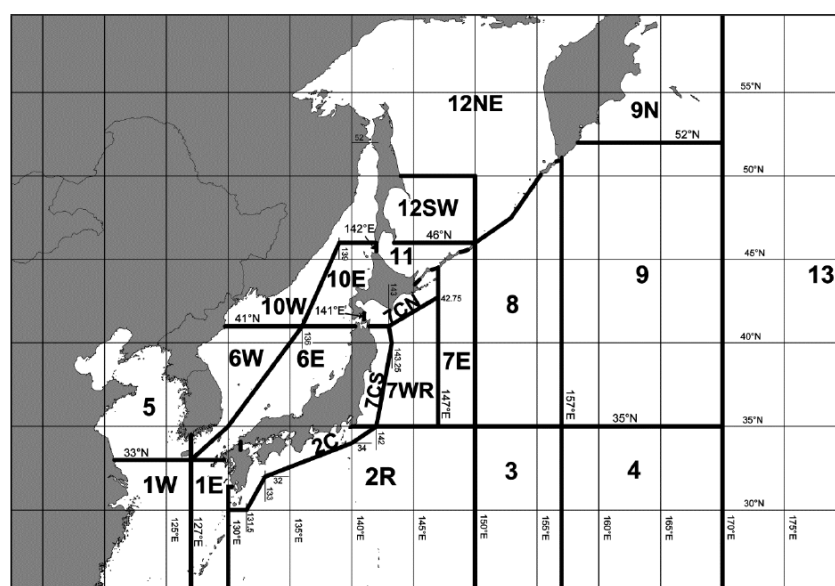


図 11. IWC SC が実行した北西太平洋ミンククジラ実施レビューの際に使われた 22 のサブエリア(IWC, 2014b)

6.1.1 遺伝学的研究のレビュー

遺伝サンプルは、主に JARP/N/JARP/NII 調査（沿岸と沖合）及び混獲クジラ（表 14、図 12）から採集された。これらの遺伝サンプルは、多くの系群構造に関連する遺伝解析に活用された。その概要を以下に記載する。

表 14. 海区、ソース、遺伝子マーカー別の、北西太平洋ミンククジラの遺伝子サンプル数及び採集期間

Sub-area	JARP/N/JARP/NII Offshore (1994-2013)		JARP/N/JARP/NII Coastal (2002-2016)		Bycatch (2001-2016)		Total	
	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA	mtDNA	msDNA
1E					76	76	76	76
2C					372	372	372	372
6E					1002	1002	1002	1002
7CN	321	321	728	728	167	167	1216	1216
7CS	135	135	549	549	279	279	963	963
7WR	89	89					89	89
7E	49	49					49	49
8	251	252					251	252
9	541	541					541	541
10E					18	18	18	18
11	80	80			49	49	129	129
Total	1466	1467	1277	1277	1963	1963	4706	4707

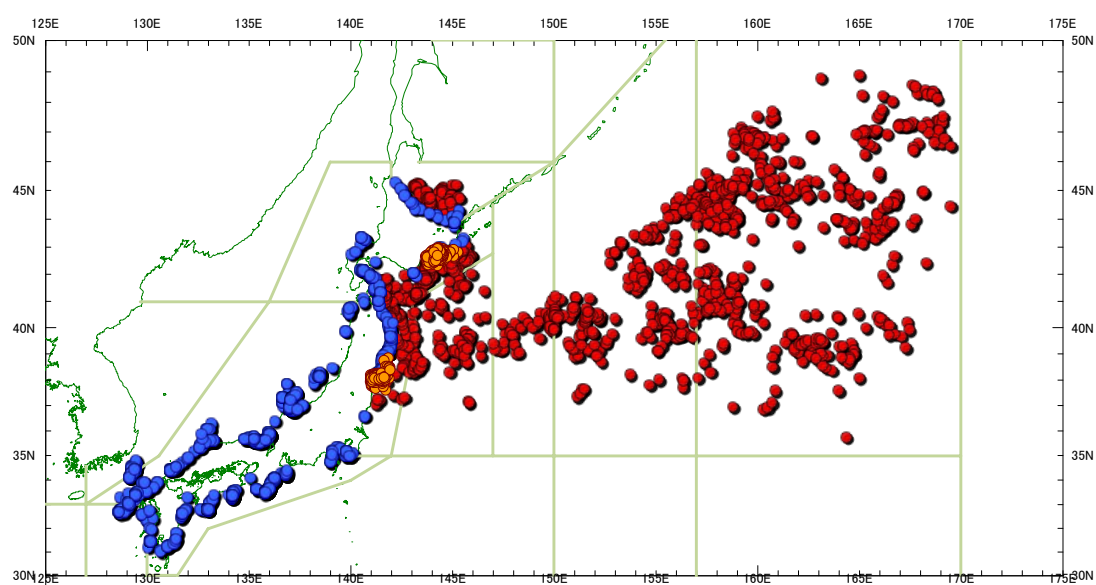


図 12. 北西太平洋ミンククジラ遺伝子サンプルの地理的分布。赤：JARP/N/JARP/NII 沖合調査（捕獲）、オレンジ：JARP/NII 沿岸調査（捕獲）、青（混獲）

JARPNII 最終レビューで発表された研究結果

Pastene *et al.* (2016d) は、4,275 頭の北西太平洋ミンククジラを 16 のマイクロサテライト DNA 遺伝子座を使用して解析し、STRUCTURE プログラムを使用して各個体を J 系群、O 系群に割り付けた。本文書中に示した系群定義作業部会 (SDWG) の討議に向けた情報は、STRUCTURE 分析で割り付けられなかった個体に関係している。簡単なシミュレーションにより、使用するマイクロサテライト遺伝子座数が増えると、割り付けされない個体数が減るということと、それらのクジラが地理的に広く分布していたことが判明した。著者らは、割り付けられなかった個体は、追加的な系群の存在には関連していないと結論付けた。これらの結果を踏まえ、著者らは、O 系群の中の追加の系群構造を調査する際には 90% 以上の確率で O 系群に割り付けられたクジラのみを使うべきだと考えている。

Pastene *et al.* (2016e) は、ミトコンドリア DNA 制御領域の配列 (487bp) とマイクロサテライト DNA (16 遺伝子座) を使って北西太平洋ミンククジラの「O」系群集団の遺伝子構造を調査した。異質性検定に使用した標本は、1994 年から 2014 年の間に JARPN 及び JARPNII により、日本の太平洋側のサブエリアで実施した調査で採集したものである (マイクロサテライトサンプル数 2,071、mtDNA サンプル数 2,070)。Pastene *et al.* (2016d) で紹介された STRUCTURE プログラムを使った分析により、「O」系群に割り付けられた個体を用いた。両方の遺伝子マーカーや、標本の異なるグルーピングからも日本の太平洋側ミンククジラ「O」系群内に亜系群が存在するというエビデンスは示されなかった。シミュレーションから異質性検定の検出力は高いことが示されている。さらに、Pastene *et al.* (2016d) で使われた全ての標本に基づく主成分判別分析 (DAPC) によると、J 系群と O 系群の間には明確な差異があるが、O 系群標本の中に亜系群が存在するというエビデンスは皆無であった。その結果、当該調査の結果は、ミンククジラ O 系群が Ow と Oe 亜系群に細分化されているという仮説の妥当性が低いことを示唆した。

JARPNII 最終レビュー後に実施された分析

Tiedemann *et al.* (2017) は、4,554 頭の北太平洋ミンククジラの親子 (P-O) 関係を推定するため、最尤法を使って、16 のマイクロサテライト遺伝子座の完全な遺伝子型判定と、mtDNA および生物学的情報のデータセットを活用した。また、真の帰無仮説を間違えて棄却した割合の期待値である False Discovery Rate (FDR) と検定力 (P) の関係をシミュレーションで評価した。FDR 推定値 0.1 で、145 の推定 P-O ペアのうち、141 ペアに対して、追加で 10 のマイクロサテライト遺伝子座の遺伝子型判定が行われ、75 ペアの親子関係が確認された (うち、26 は母と胎児のペアであった)。一方で、66 ペアは擬陽性とランクされ、総 FDR 観測値 (FDRO) は 0.468 となった。J 系群と O 系群を個別に分析すると、FDRO が有意に下がった。検出力に対する観測値と推定値は同程度であったが、FDR 観測値は常に FDR 推定値 (FDRE) よりも高い値であった。これは FDRE がシミュレーションを通じて推定されており、単一の任意交配集団の存在を暗に想定しているが、そのような仮定は明らかに現行

のデータセットと合致しない。この解釈は、それぞれの系群を個別に分析した際に FDRO が下降したことで裏付けられている。26 マイクロサテライトのデータセットの方が明らかに（統計検出力という意味では）結果が良かった。FDRE=0.001 では検定力はほぼ 100% で（PE=0.989 及び PO=1.000）で FDR 観測値は FDRO=0.128 であった。妥当性を検証した P-O ペアの中で、O 系群は統計上有意に大きな比率を占めていたが、J 系群と O 系群間のペアは存在しなかった。J 系群にも O 系群にも割り付けられなかった標本（すなわち、「割り付け不可」）は、O 系群に強い親和性を示していた。J 系群は、日本の両側の沿岸に出現する一方で、O 系群はほぼ日本の東側の沿岸及び沖合に出現するように見受けられる。この分析からは、このデータセットでカバーされる海区で更なる別の系群構造のエビデンスは示されなかった。この分析から、解析に用いる遺伝子座の数を中程度に増やすだけで（ここではマイクロサテライト遺伝子座数が 16 から 26）、最尤法の下に近縁関係に関する推論が大きく改善されることが実証された。さらに、当該解析は、JARPNII 最終レビュー及び 2016 年 IWC 科学委員会からの、北太平洋ミンククジラの近縁関係分析に関わる勧告にも対応している。

Taguchi *et al.* (2019a) は、北西太平洋ミンククジラの系群構造を調べるために、マイクロサテライトデータ（16 遺伝子座）を使って、主成分判別分析（DAPC）と空間主成分分析（sPCA）の結果を提示した。その分析は、特に、前回の北西太平洋ミンククジラ RMP 実施/適用レビューの仮説 C が提案している系群構造の妥当性を評価するために実施された。仮説 C（O_W、O_E、J_W及び J_E）の下で推定される系群をシミュレーションした異なるクラスター数に K を強制的に適用し、DAPC を実施した。そして、クラスターの空間分布を、仮説 C の下で混合マトリックスで特定される推定された系群の地理的分布と比較した。

この推論に基づき、O 系群と J 系群のみを想定した $K=2$ 、O_W、O_E 及び J 系群又は O 系群、J_W 及び J_E 系群を想定した $K=3$ 、O_W、O_E、J_W 及び J_E 系群を想定した $K=4$ を強制的に適用し DAPC 分析を実行した。 $K=2$ での DAPC は明らかに既知の J 系群と O 系群の分布に相当する分布を持つ 2 つのクラスターを示した。 $K=3$ の分析は、O 系群を 2 つのサブクラスターに細分化し、 $K=4$ の場合は、O 系群と J 系群をそれぞれ 2 つのサブクラスターに細分化している。 $K=3$ と $K=4$ のクラスターの空間分布パターンは、仮説 C 下の推定される系群の仮説される分布パターンとは一貫性がなかった。さらに、mtDNA の従来の F_{ST} 分析は O 系群のサブクラスター間と J 系群のサブクラスター間に有意差を示さなかった。これは追加クラスターが、人工的な影響であることを示唆している。

これに加えて、独立した個体群動態を反映して、異なる系群は異なる発生頻度を示すはずであるという考えに基づき、各サブクラスターの時間的分布パターンを調べた。この分析は J 系群と O 系群の既知の分布パターンと関連付けされる時間的差異のみを示唆している。DAPC からの結果を全て考慮すると、O_W 系群又は J_E 系群は存在せず、かつ重複する地理的範囲に複数の系群が存在するというものなさそうである。sPCA 分析の結果も DAPC 分析

の結果と合致していた。要約すると、DAPC と sPCA 分析から前回の北西太平洋ミンククジラ RMP 実施/適用レビューの仮説 C を支持するエビデンスは得られなかった。

Goto *et al.* (2019)は、北西太平洋ミンククジラの中で同定された親子（P-O）ペアに関する遺伝解析を更新した。この分析は、胎児標本（標本数 53）を含む 4,554 頭のクジラを分析した先行研究(Tiedemann *et al.*, 2017)で説明されている最尤法に基づくものである。この更新は、16 のマイクロサテライト遺伝子座における完全な遺伝子型判定、mtDNA 制御領域配列及び生物学的情報がそろった 2016 年の JARPNII と混獲（標本数 206）から採集した新しい標本の分析を基に実施された。分析の結果、J 系群から新たに 4 対の P-O ペアが同定された。これまでに同定された P-O ペア総数は、O 系群が 40 ペア、J 系群が 13 ペアである。O 系群の場合、沿岸と沖合のサブエリアを跨ぐ P-O ペアが何ペアか発見されたが、J 系群の何ペアかは日本の日本海側と太平洋側を跨ぐ関係性を示しており、前回の北西太平洋ミンククジラ RMP 実施/適用レビューの仮説 C との整合性は示されなかった。

de Jong and Hoelzel (2019)は、STRUCTURE プログラムよりも検定力の高い、詳細な空間集団構造解析法を適用した。データは（STRUCTURE による割り付けに基づいていない）トータルデータセットを解析し、結合性の季節変動の可能性を評価するために、時間的細分化も行った。当該解析では、26 遺伝子座で遺伝子型判定された標本のサブセットを、同一標本で 16 遺伝子座を使った標本と比較し、サンプル数のより多い 16 遺伝子座データセットの方が、遺伝子座数を増やしてもサンプル数が少ないデータセットより検出力が高いことが判明したことから、更なる分析を 16 遺伝子座に基づいて実施した。著者らは、Geneland, TESS 及び BAPS を実施し、前者が最も多くの情報を提供すると評価した。Geneland からの、データセット中に 4 つの推定される集団を示唆する推論を検定するため追加的解析を行った。この研究の結果が、新しい系群構造を提案する仮説（仮説 E、6. 1. 3. 項参照）の基礎となっている。

de Jong and Hoelzel (2019)への反論は、Goto *et al.* (2019) 及び Taguchi *et al.* (2019b)に記されている。彼らは、全ての遺伝学的、非遺伝学的エビデンスを調査し、de Jong and Hoelzel (2019)において提唱されている新たな遺伝学的沿岸クラスターは、日本の沿岸域における J 系群と O 系群の混合の方が、追加的系群構造説をより良く説明ができると結論付けた。

6.1.2 非遺伝学的研究のレビュー

Bando and Hakamada (2016)は、1994 年から 2014 年の JARPN/JARPNII 調査で収集された外部測定データを使って北西太平洋ミンククジラの形態計測分析を行った。まず、成熟雄の外部測定値について、マイクロサテライト DNA 分析で割り付けられた O 系群と J 系群間で比較した。次に、O 系群に割り付けられた個体のみをサブエリア間で比較した。分析は、共分散分析法 (ANCOVA) と、判別分析法 (DA) を適用した。O 系群と J 系群の個体の間には有意な差が検出された。J 系群の方が O 系群の個体よりも頭部長がより長かった。O 系群の個体では、サブエリア間で有意差は検出されなかった。現行の形態計測分析からは、沿岸と沖合

のサブエリアからのミンククジラの形態計測上の差異はなく、RMP 実施/適用レビューで使用された仮説が言及する O 系群に Ow と Oe という亜系群構造があるというエビデンスは示されなかった。

Kitakado and Maeda (2016)は、既存の RMP の実装シミュレーション試験 (IST) をシンプルな方法で精緻化するために、JARPNI/JARPNI 2 プログラムによる北西太平洋ミンククジラの年齢組成データを使用した。彼らの目的は、日本の太平洋側の O 系群の単一系群仮説及び 2 系群 (Ow と Oe) 仮説の相対的妥当性を調査することであった。単一系群シナリオは、当該年齢データと整合的であると考えられたが、提唱されている個別の独立した Oe 系群において特に若いクジラが存在しないことから、2 系群シナリオと年齢データを照合するのは、困難であった。

Taguchi *et al.* (2019b) は、非遺伝学的情報を、de Jong and Hoelzel (2019)が紹介した追加的遺伝学的クラスターの観点からレビューした。彼らの結論は、非遺伝学的エビデンスは、当該クラスターは沿岸域に別の系群構造があることの反映よりも、J 系群と O 系群の混合集団を意味するという見解を強く裏付ける、というものであった。

上で要約した文書における分析のほとんどが、2009 年の JARPNI 2 中間レビューからの勧告に対応するものであり、ほとんどが単一の O 系群が日本の沿岸からおよそ東経 170 度に分布し、単一の J 系群が日本沿岸域で複雑な混合パターンを示していることを指し示している。

6.1.3 系群構造仮説

2019 年の実施/適用レビューの際、IWC SC は、従前の系群構造仮説 C は科学的エビデンスに裏付けされていないので、以後の検討の対象から外すことに合意した。当時、IWC SC は、3 系群構造仮説についても合意している。前回の実施/適用レビューから踏襲される仮説 A と B、そして新たな仮説 E が単独の研究(de Jong and Hoelzel, 2019)のみに基づき加わった。

仮説 A：サブエリア 1W、1E、2C、5、6W、6E、7CS、7CN、10W、10E、11 及び 12SW に単一の J 系群が、サブエリア 2C、2R、3、4、7CS、7CN、7WR、7E、8、9、9N、10E、11、12SW、12NE 及び 13 に単一の O 系群が分布している (2013 年と同様に仮説 A と呼称される)。

仮説 B：仮説 A と同様ではあるが、サブエリア 1W、5 及び 6W に分布し、サブエリア 6W の南部で J 系群と重複して分布する 3 番目の系群 (Y) が存在する (2013 年と同様に仮説 B と呼称される)。

仮説 E：Y、J、P、O と呼ばれる 4 系群が存在し、そのうち 2 系群 (Y と J) は日本の西側、3 系群 (J、P、O) が日本の東側とオホーツク海に存在する。P 系群 (初期の頃、"Purple (紫)" と呼称されていた) は、沿岸系群である。

上記仮説 A と B に対して、IWC SC は高い妥当性を割り付けた。まず、追加の遺伝子解析と個体群動態分析を必要としていた仮説 E に対しては、妥当性が割り付けられなかった (IWC, 2020)。Y 系群 (仮説 B と E) の存在は、日本の太平洋側においての管理的意味合いはないことに留意すべきである。さらに、日本の沿岸域に推定上の P 系群が存在 (仮説 E) するか否かについては合意がないことにも留意しなければならない。Taguchi *et al.* (2019b) は、(仮説 E のベースとなる) Geneland により示された追加的な妥当性のあるクラスターは、沿岸域に別の系群を推論する必要なく、O 系群と J 系群の混合で説明がつく可能性があることを示唆した。

上記でレビューされた情報に基づき、日本海、日本の太平洋側及びオホーツク海の系群構造について入手可能な科学的データを基に、最も妥当性のあるのは J 系群と O 系群の 2 系群が時空的に混合するという仮説であるという結論が導かれた。この仮説は、2019 年の IWC SC において、高い妥当性が付与されたことが強調されるべきである。

J 系群と O 系群の混合は、日本の太平洋沿岸域とオホーツク海、その中でも主に北海道北部沿岸域で発生している。日本の太平洋沖合では J 系群と O 系群の混合はない。

6.1.4 管理海区の仕様

小海区の仕様決定の第一歩として、4 つのサブエリア群を検討した (図 13)。

- A: 7CS と 7CN の組合せ (J 系群と O 系群の混合が発生)
- B: 7WR、7E、8 及び 9 の組合せ (O 系群のみ存在)
- C: オホーツク海南部にサブエリア 11 (J 系群と O 系群の混合が発生)
- D: オホーツク海中央部及び北部にサブエリア 12 (J 系群と O 系群の混合が発生)

A+B+C+D を小海区と定義することが決定され、この小海区の資源量推定値と捕獲履歴が計算された。この小海区における資源量は、O 系群のみの資源量であると仮定された。しかしながら、サブエリア群の中における O 系群の比率を変えた、他のより保守的なオプションも検討された。当該小海区における過去の捕獲の全てを O 系群に帰属させたことは、O 系群の観点からは保守的な決定となる。

O 系群のミンククジラが夏季にサブエリア 7、8 及び 9 (A 及び B) を通ってオホーツク海へ回遊することには、その体長組成に基づく科学的エビデンスが存在する (Hatanaka and Miyashita, 1997)。

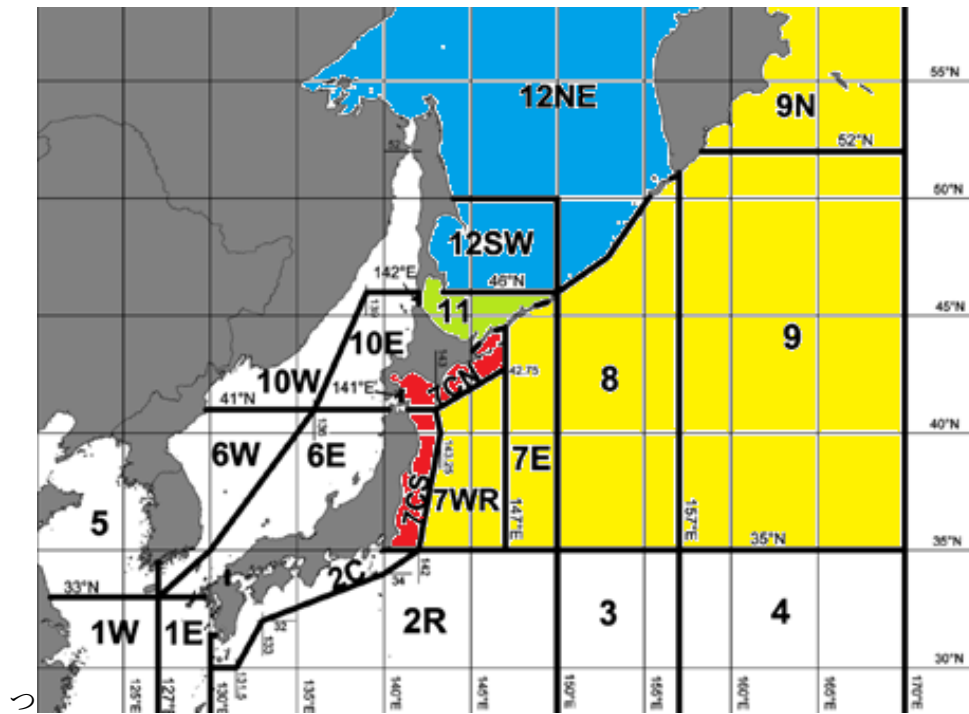


図 13. 4つのサブエリア群を次に示す。A (赤): 7CS+7CN、 B (黄): 7WR+7E+8+9、 C (緑): 11、 D (青): 12SW+12NE

表 15 では、上記のとおり、より保守的な選択肢を考慮するための、様々なサブエリア群における O 系群の比率を記載している。サブエリア群 A、B、C については、入手可能な J 系群と O 系群の遺伝子データに基づいた比率となっている。Yoshida *et al.* (2010; 2011) は、サブエリア群 D について入手可能な唯一の最近の遺伝子情報を報告している。彼らは、サブエリア 12NE (7 個体) 及びサブエリア 12SW (1 個体) からの 8 つのバイオブシー標本を分析した。サブエリア 12NE からのものは全て O 系群と同定され、12SW からの 1 個体は J 系群であると同定された。サンプル数は少ないが、この分析は、12NE のミンククジラのほとんどが O 系群であることを示唆している。表 10 のより保守的な選択肢である S3 と S4 では、12NE における O 系群のより低い比率を考慮している。

表 15. O 系群が帰属する様々なサブエリア群におけるクジラの比率に関する 4 つの選択肢 (S1-S4)

サブエリア群	S0	S1	S2	S3	S4
A (7CS, 7CN)	100	80	80	80	80
B (7WR, 7E, 8, 9)	100	100	100	100	100
C (11)	100	80	80	70	60
D (12SW)	100	80	90	70	60
D (12NE)	100	100	100	90	75

6.2 資源量推定値

資源量推定値は、システマティックな目視調査で収集された目視データに基づき、ライントランセクト法を使って分析された。複数年を通して、調査はシステマティックに実施され、全般的に IWC SC の調査設計と分析手順に関するガイドライン(IWC, 2012a)に従った。ミンククジラの資源量推定に使用された目視データは、2つのソースから得られている。すなわち、日本の目視専門調査と JARPNII 調査である。

6.2.1 データ

日本の太平洋側の資源量推定は、2002-2004 年の JARPNII 調査(Fujise *et al.*, 2003; Tamura *et al.*, 2004; Tamura *et al.*, 2005)で収集された目視データと、1990 年、1991 年、1992 年に実施された日本の目視調査(Miyashita and Shimada, 1994)に基づいている。

オホーツク海の資源量推定は、1990 年、1992 年、2000 年、2003 年にサブエリア 11 及び 12 で実施された目視調査に基づいている(Buckland *et al.*, 1992; Miyashita *et al.*, 2000; Miyashita and Okamura, 2011)。ミンククジラの資源量評価のために実行した一連の目視調査から IO モードデータが収集された(Miyashita, 2007; 2008; Miyashita *et al.*, 2009)。これらのデータは、 $g(0)$ の推定にも使われた。

CLA を適用するための資源量推定は、主に夏季に行われた調査に基づいている。

図 14、図 15、図 16 は、それぞれ 2002-2004 年の JARPNII 調査、1991、1992 年に行われた日本の目視調査、1990 年から 2003 年の間に実施されたオホーツク海での 4 回の調査におけるトラックラインと 1 次発見のミンククジラの地理的分布を示している。

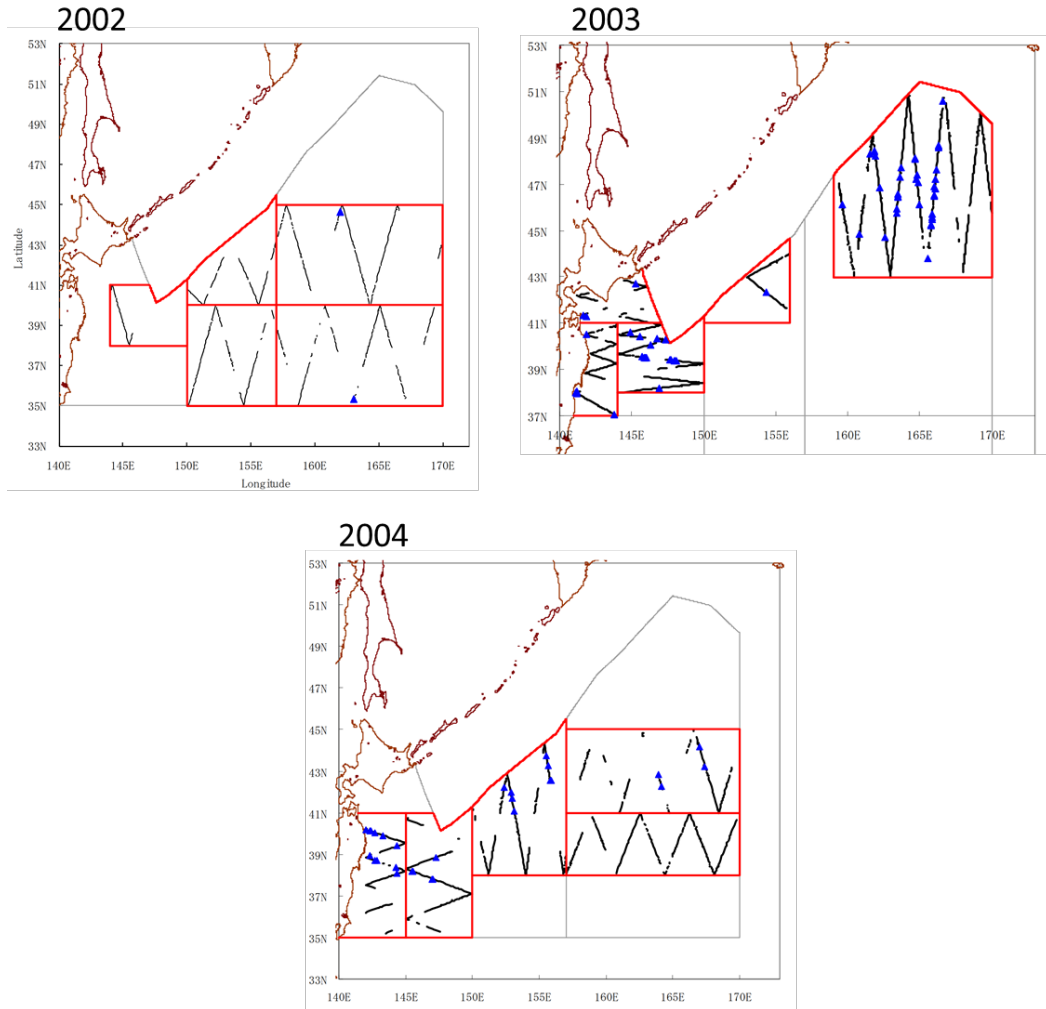


図 14. 2002 年 (6-8 月)、2003 年 (5-9 月)、2004 年 (5-7 月) の JARPNII 調査のトラックライン及びミンクジラ 1 次発見位置(Hakamada and Kitakado, 2010)

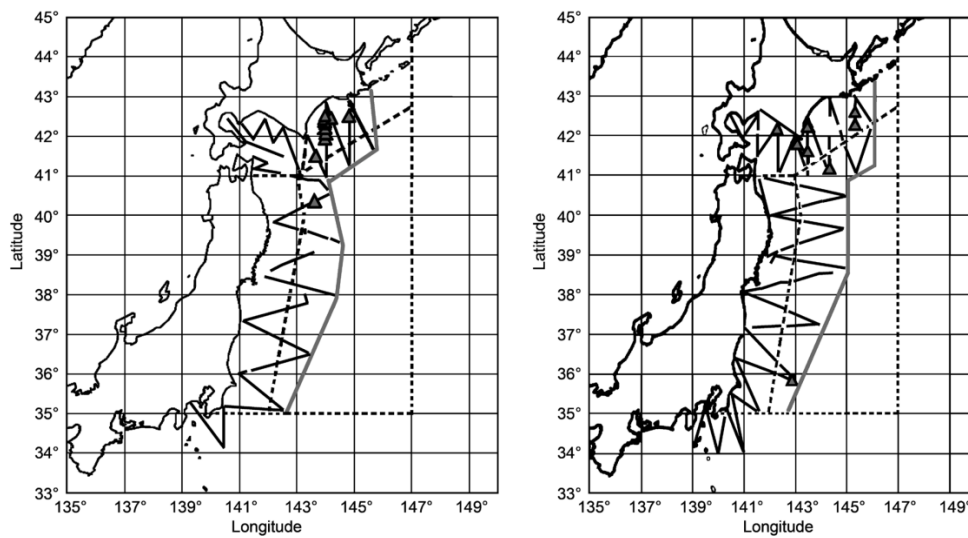


図 15. 1991 年 (左)、1992 年 (右) の日本の目視調査時のトラックライン及びミンクジラの 1 次発見位置(Butterworth and Miyashita, 2014)。調査は 8-9 月に実施されたもの

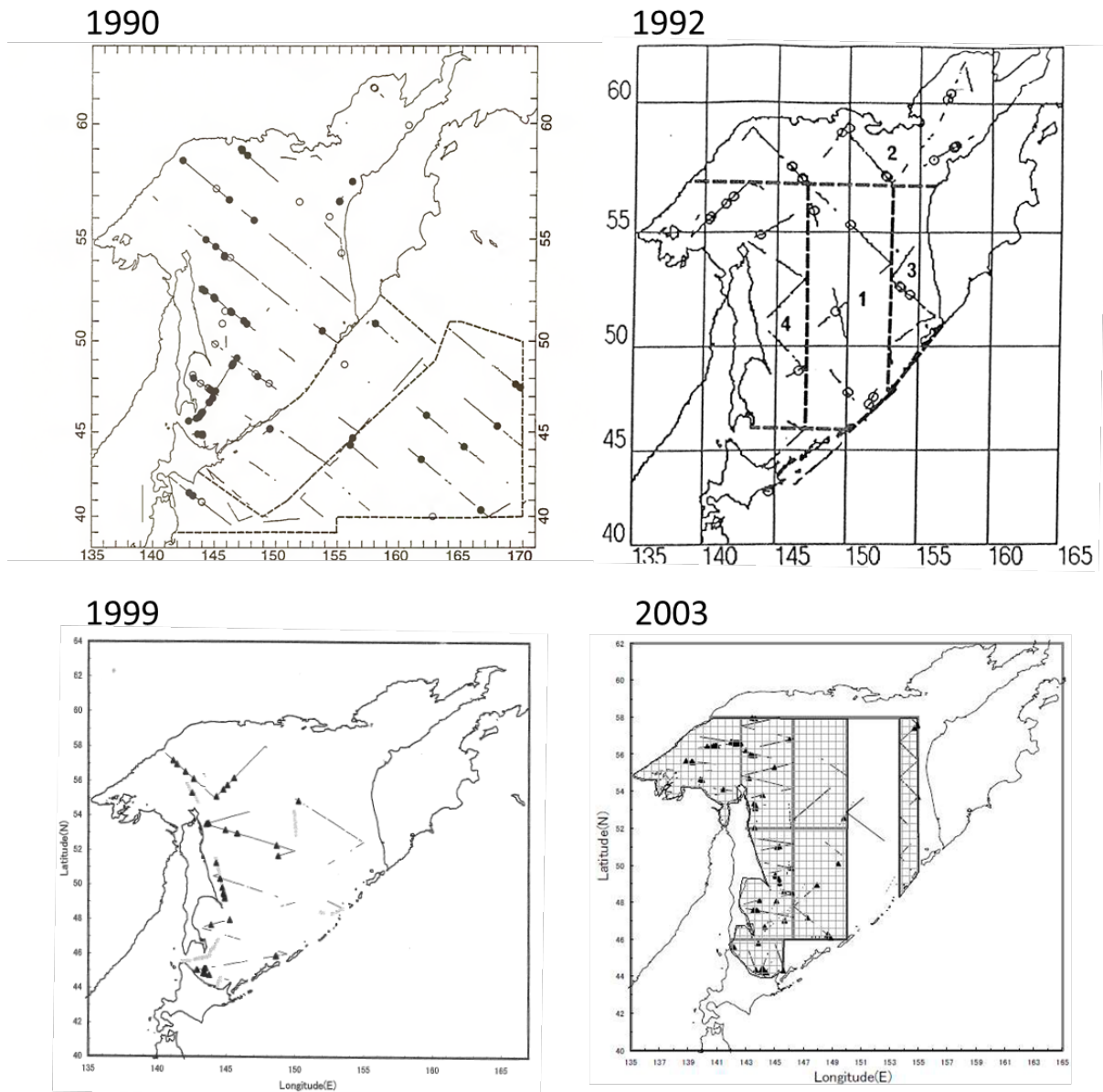


図 16. 1990 年(左上; Buckland *et al.*, 1992; ●は 1 次発見)、1992 年 (右上; Miyashita and Shimada, 1994; ○は 1 次発見)、1999 年 (左下; Miyashita *et al.*, 2000)、2003 年 (右下; Miyashita and Okamura, 2011)のトラックライン及び一次発見位置

6.2.2 $g(0)$ を含む分析手順

資源量推定値を計算するために適用した分析手順の詳細は、日本の目視調査に関しては Buckland *et al.*(2010)、Miyashita and Shimada (1994)、Miyashita *et al.* (2000)、Miyashita and Okamura (2011) 及び Butterworth and Miyashita (2014)に、JARPNII 調査に関しては Hakamada and Kitakado (2010)に記述されている。

基本的に、距離サンプリング法を適用して資源量推定値を算出した。資源量と CV は Horvitz-Thompson like 推定量に基づいて推定した。発見は、本鯨種については標準的規則に

に基づき、横距離 1.5 海里で打ち切りされ、トラックライン上で検出する確率 $g(0)$ は 0.798 に設定された（以下を参照）。ハザードレートモデルと、ハーフノーマルモデルが発見関数の候補モデルとして検討された。ビューフォート風力階級、群れサイズ、年等の共変量の推定された発見関数への効果（影響）を考慮するために、STRUCTURE プログラムの MCDS (Multiple Covariates Distance Sampling) エンジンが使用された。AIC 値が最小になったケースをベストモデルと選定した。さらに、発見関数間で AIC 値が大きくは異なる場合は、Akaike weight を使って加重平均が計算された (Buckland *et al.*, 1997; Burnham and Anderson, 2002)。

$g(0)$ 推定値

トップバレルとアッパーブリッジ両方の観察場所で観察したときの $g(0)$ 推定値は、0.798 である。これは OK モデル (Okamura and Kitakado, 2009) を適用し、2003 年、2005 年、2006 年及び 2007 年のサブエリア 10、11、12 (Okamura *et al.*, 2010) からの IO 通過モードでの目視調査データを使って計算された。有効探索幅 (esw) の推定にはハザードレートモデルが使用された。分析では、ロシア及び日本海域のほとんど全てのミンククジラの群れが一頭群れであるので、推定モデルで群れサイズ効果を考慮する必要はないと仮定している。

6.2.3 結果

北太平洋ミンククジラの資源量推定結果は、IWC (2014b) 及び上記の文書から入手可能である。

表 16 は、異なるサブエリアからの資源量推定値の要約を示している。同一サブエリアに複数の資源量推定値がある場合は、分散の逆数を重みとして資源量推定値の平均をとっている。小海区 (A+B+C+D) の資源量推定値は、 $g(0)=0.798$ と $SE=0.134$ (Okamura *et al.*, 2010) を考慮しつつサブエリアごとの資源量推定値の総和から算出した。上記表 17 は、この小海区に出現する O 系群の比率を変えた場合の資源量推定値を示している（上記参照）。

表 16. JARPNII 目視調査及びその他の日本の調査に基づく、 $g(0)=1$ の場合の IWCSC サブエリアごとの北太平洋のミンククジラの資源量推定値。これらのデータは 2013 年の実装シミュレーション試験で使用されたもの(IWC 2014b)

Sub-area	Year	Estimate	CV	Areal Cover	Used	Month	Sub-area	Year	Estimate	CV	Areal Cover	Used	Month
7CS	1991	0	-	100	Y*		9	1990	8,264	0.396	35.1	Y	Aug-Sep
7CS	2004	504	0.291	36.7	Y*	May	9	2003	2,546	0.276	33.2	Y	Jul-Sep
7CN	1991	853	0.230		Y*	Aug-Sep	11	1990	2,120	0.449	100	Y	Aug-Sep
7CN	2003	184	0.805	75.4	NA*	May	11	1999	1,456	0.565	100	Y	Aug-Sep
7WR	1991	311	0.230		Y*	Aug-Sep	11	2003	882	0.820	33.9	Y*	Aug-Sep
7WR	2003	267	0.700	26.7	Y*	May-Jun	12SW	1990	5,244	0.806	100	Y*	Aug-Sep
7WR	2004	863	0.648	88.8	Y	May-Jun	12SW	2003	3,401	0.409	100	Y*	Aug-Sep
7E	1990	791	1.848		N	Aug-Sep	12NE	1990	10,397	0.364	100	Y*	Aug-Sep
7E	2004	440	0.779	57.1	Y	May-Jun	12NE	1992	11,544	0.380	89.4	Y*	Aug-Sep
8	1990	1,057	0.706	62.2	Y	Aug-Sep	12NE	1999	5,088	0.377	63.8	Y*	Aug-Sep
8	2002	0	-	65	Y	Jun-Jul	12NE	2003	13,067	0.287	46	Y*	Aug-Sep
8	2004	1,093	0.576	40.5	Y	Jun							

*: indicates that further analysis needs to be considered for an estimate to become acceptable for use in a real application of the RMP.

表 17. O系群の比率を変えた場合の、小海区（A+B+C+D）に存在するミンククジラO系群の資源量推定値

Year	A+B+C+D									
	S0		S1		S2		S3		S4	
	Estimate	CV	Estimate	CV	Estimate	CV	Estimate	CV	Estimate	CV
1991	37,001	0.273	34,941	0.267	35,598	0.271	32,654	0.267	29,685	0.269
2003	20,513	0.227	19,205	0.226	19,631	0.227	17,792	0.225	15,956	0.223

6.3 捕獲履歴とその他の死亡

CLA に使用された捕獲履歴時系列データ（表 18）は、IWC SC が北西太平洋のミンククジラの実施/適用レビューの際に使用した「最善」の時系列データに相当する。これらのデータの詳細は、IWC (2014b)の Appendix2 に記載されている。表 18 の時系列データは、2017 年に IWC (2014b)の情報を更新したものである。

表 18. 小海区(A+B+C+D)における北太平洋のミンククジラの捕獲履歴

Year	A+B+C+D	Year	A+B+C+D	Year	A+B+C+D
1930	13	1959	281	1988	0
1931	14	1960	257	1989	0
1932	22	1961	333	1990	0
1933	23	1962	239	1991	0
1934	32	1963	220	1992	0
1935	33	1964	289	1993	0
1936	24	1965	312	1994	21
1937	58	1966	360	1995	100
1938	68	1967	270	1996	77
1939	69	1968	225	1997	100
1940	79	1969	202	1998	100
1941	58	1970	310	1999	100
1942	68	1971	268	2000	40
1943	102	1972	340	2001	100
1944	79	1973	518	2002	150
1945	69	1974	363	2003	150
1946	97	1975	328	2004	159
1947	125	1976	339	2005	220
1948	169	1977	246	2006	195
1949	132	1978	400	2007	207
1950	201	1979	392	2008	169
1951	231	1980	364	2009	162
1952	291	1981	358	2010	119
1953	234	1982	309	2011	126
1954	274	1983	279	2012	182
1955	374	1984	367	2013	95
1956	455	1985	319	2014	81
1957	357	1986	311	2015	70
1958	516	1987	304	2016	37
				2017	128

混獲の時系列データ（表 19）も IWC SC 実施/適用レビュー(IWC, 2014b)の際に使用され、これも 2017 年に更新されている。

表 19. A+B+C+D サブエリア群における北西太平洋のミンククジラ偶発的捕獲（混獲）

Year	A+B+C+D	Year	A+B+C+D
1946	11.67	1982	37.17
1947	12.83	1983	37.67
1948	13.50	1984	37.83
1949	14.50	1985	38.33
1950	15.83	1986	37.50
1951	16.83	1987	37.50
1952	17.33	1988	36.67
1953	18.17	1989	37.83
1954	19.67	1990	37.01
1955	20.33	1991	36.84
1956	21.34	1992	37.01
1957	21.83	1993	37.00
1958	23.00	1994	35.66
1959	23.66	1995	33.50
1960	24.33	1996	34.66
1961	25.00	1997	34.83
1962	26.00	1998	35.00
1963	27.17	1999	35.00
1964	27.83	2000	35.00
1965	28.83	2001	35.00
1966	29.33	2002	35.00
1967	30.16	2003	36.00
1968	31.33	2004	35.00
1969	31.66	2005	34.00
1970	32.33	2006	35.00
1971	31.84	2007	32.00
1972	32.67	2008	32.83
1973	32.33	2009	32.83
1974	32.00	2010	32.83
1975	31.83	2011	32.67
1976	33.00	2012	32.67
1977	35.49	2013	23.00
1978	36.66	2014	38.00
1979	37.83	2015	38.00
1980	37.17	2016	38.00
1981	37.83	2017	38.00

6.4 捕獲可能量

サブエリア群 A、B、C、D の組合せたものは、小海区として扱われる。O 系群の捕獲可能量は、この小海区に対して計算されている。この小海区における O 系群の混合比率を変えたいくつかのケースでの捕獲可能量も計算している（上記 S 1-S 4）（表 20）。イワシクジラとは異なり、ミンククジラの捕獲の大半が雄個体なので、性比を 50 : 50 から調整する必要はない。

表 20. O 系群の混合比率が異なる場合の小海区（A+B+C+D）に適用されるノルウェーが開発した C L A コードに基づくミンククジラ O 系群の捕獲可能量

チューニン レベル	オプション S0 (全て O 系群)	オプション S1	オプション S2	オプション S3	オプション S4
0.6	180	168	171	152	129

6.5 不確実性の影響に関する試験 (ISTs)

6.5.1 試験シナリオ

北西太平洋のミンククジラについては、仮説 A（セクション 6. 1. 3 参照）が最も妥当性が高いと考えられ、この仮説のみが検討された。この仮説の下にオホーツク海における O 系群と J 系群の混合が主要な不確実性として扱われてきた。Kitakado and Goto (2018)に基づき MSYR 4% (mature) 及び 2% (1+)が、この試験の基準値として扱われた。MSYR 1% (1+)の妥当性は低いと考えられたが、相応する試験は感度試験として実施された。さらに、過去の捕獲記録や資源量推定に使用した $g(0)$ 値の不確実性も試験の中で考慮している。これら全ての可能性を考慮して、MP 管理方策ごとに、30 のシミュレーション試験（表 21）が実施された。

試験シナリオは、Ann-r（nn が試験番号で r は MSYR 値）とするフォーマットを使用して表記されている。試験 A01 はベースライン試験で、それらの仕様は 2014 年の IWC SC 実施/適用レビュー時に本鯨種に使用した仕様とほぼ同じである（しかしながら、CLA チューニングレベルは、これらの試行下の試験では、0.72 の代わりに 0.6 が使用された）。試験 A02（捕獲履歴と混獲に代替の頭数を使用）、A03（資源量推定に $g(0)=1$ を使用）、A04-10（オホーツク海の J 系群と O 系群の比率に代替比率を使用）を、主要な不確実性に対する頑健性を試験するために実施した。全ての試験が MSYR 4% (mature) 及び 2% (1+) (Ann-4 or Ann-2) の両方で実施され、管理方策の合否判定の際には、中等度の重みとして扱われた。

表 21. 北西太平洋のミンククジラに関して実施された試験のリスト

Trial numbers	MSYR	Description	Trial weight
A01-1,	1%(1+)	Baseline two stock scenario, $g(0)=0.8$, Chinese bycatch	L*
A01-2	2%(1+)		M
A01-4	4%(mature)		M
A02-1,	1%(1+)	High direct catches and alternative Korean and Japanese bycatches	L*
A02-2	2%(1+)		M
A02-4	4%(mature)		M
A03-1,	1%(1+)	Assume $g(0)=1$	L*
A03-2	2%(1+)		M
A03-4	4%(mature)		M
A04-1	1%(1+)	10% J stock in sub-area 12SW in August (20% in base case)	L*
A04-2	2%(1+)		M
A04-4	4%(mature)		M
A05-1	1%(1+)	30% J stock in sub-area 12SW in August (20% in base case)	L*
A05-2	2%(1+)		M
A05-4	4%(mature)		M
A06-1	1%(1+)	40% J stock in sub-area 12SW in August (20% in base case)	L*
A06-2	2%(1+)		M
A06-4	4%(mature)		M
A07-1	1%(1+)	10% J stock in sub-area 12 in August	L*
A07-2	2%(1+)		M
A07-4	4%(mature)		M
A08-1	1%(1+)	20% J stock in sub-area 12 in August	L*
A08-2	2%(1+)		M
A08-4	4%(mature)		M
A09-1	1%(1+)	30% J stock in sub-area 12 in August	L*
A09-4	4%(mature)		M
A09-2	2%(1+)		M
A10-1	1%(1+)	40% J stock in sub-area 12 in August	L*
A10-4	4%(mature)		M
A10-2	2%(1+)		M

*: The plausibility of MSYR 1% (1+) is considered to be low, but trails were conducted as a sensitivity test.

6.5.2 データと仮定

サブエリアごとの直接捕獲と間接捕獲頭数は、IWC SC (IWC, 2014b)による実施/適用レビューの際に使用された数値から更新されている。年間捕獲頭数は、表 18 に記載されている（セクション 6. 3 参照）。

2008-2018 年の日本の目視調査に基づくミンククジラの資源量推定値(Hakamada and Matsuoka, 2016; Hakamada *et al.*, 2019; Miyashita 2019)がこの試験で使用された。

ミンククジラの J 系群と O 系群の個体群動態をモデル化するために、年齢及び性別構造のある Pella-Thomlinson モデルが使われた。モデルの詳細は、IWC(2016 b)に記載されている。

6.5.3 コンディショニング

コンディショニングに使われたデータは、J 系群に帰属する様々なサブエリアのクジラの混合比率、サブエリアごとの資源量推定値、推定される混獲頭数等である。試験 A01-4、A02-4、A03-4試験については、IWC SC によるコンディショニングの結果が使用された(IWC, 2014b)。当てはまりを改善するために、前回の IWC SC 実施/適用レビュー(IWC, 2014b)で実行された試験に類似した A01、A02、A03、A04 及び A05 試験に対しては、3 セットの異なる初期値が使用された。トータルで 5 つの初期値セットが、これまでの IWC SC で検討されていない新規のシナリオである A06、A07、A08、A09 及び A10 試験に使用された。

コンディショニングプロット（資源量推定値及び混獲の時系列データを含む）が作成され、予期せぬ挙動の有無を検査した。これらのプロットの結果から、当てはまりは全て十分であると考えられた。

6.5.4 将来の調査計画

ミンククジラの実施/適用レビュー(IWC, 2019a)のときと同様の将来の調査計画が適用される。表 22a と 22b は、2020-2028 年に日本海並びに北太平洋及びオホーツク海で想定されている目視調査計画を示す。4 年ごとに同じパターンを繰り返す計画である。

表 22a サブエリア 5、6、10 において 2020-2028 年に想定されている将来の日本の目視調査（日本海）(IWC, 2019)

	5	6W	6E	10W	10E
2020	-	-	-	-	-
2021	-	-	-	-	-
2022	-	-	-	-	-
2023	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep
2024	-	-	-	-	-
2025	-	-	-	-	-
2026	-	-	-	-	-
2027	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep

表 22 b サブエリア 7、8、9、11、12 において 2020-2028 年に想定されている将来の日本の目視調査（北太平洋とオホーツク海）(IWC, 2019)

	7CS	7CN	7WR	7E	8	9	11	12SW	12NE
2020	-	-	-	-	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep
2021	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep	-	-	-
2022	Aug-Sep	Aug-Sep	-	-	-	-	-	-	-
2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2024	-	-	-	-	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep
2025	-	-	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep	Aug-Sep	-	-	-
2026	Aug-Sep	Aug-Sep	-	-	-	-	-	-	-
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6.5.5 管理方策

捕鯨は、日本の EEZ 内のうち、サブエリア 7CS、7CN、7WR 及び 11 で行われる予定である。サブエリア 7、8、9、11 及び 12 を小海区と扱い、捕獲可能量を計算し、捕獲はサブエリア 7CS、7CN、7WR 及び 11 で行われる。管理方策を決定するにあたっては、4 つの要因が検討された（便宜上、試験で調査された管理方策は、4 桁の数字で表記）。

実際の CLA で使用するための資源量推定値

CLA へのインプットとして資源量推定値を計算するには 5 つのオプションがある。一つ目はサブエリア 7、8、9、11 及び 12 の推定値の総和を計算する（以後、この選択肢はオール O 系群又は S0 と呼称する）。サブエリア群（サブエリアの集合体）に J 系群の何頭かが含まれる可能性があるので、各サブエリアの O 系群のおおよその資源量推定値を得るために、O 系群を構成する各サブエリア（表 15 のオプション S1-S4）の集合体における仮定の混合比率に資源量推定値を掛けることとした。

捕鯨：禁漁区

禁漁区について 2 つのオプションが検討された。すなわち、i) サブエリア 7CS 及び 7CN の沿岸から 10 海里以内の海域は捕鯨禁止というものと、ii) 禁漁区なしというもの。過去の研究から J 系群のクジラが沿岸から 10 海里内に存在する比率は沖合（沿岸から 10 海里よりも離れている）に存在する比率よりも高いことが示されている(IWC, 2014b)。

捕鯨：禁漁期

禁漁期については 2 つの選択肢が検討された。すなわち、i) 捕鯨はサブエリア 7CS、7CN 及び 7WR において 4 月から 10 月、そしてサブエリア 11 では 8 月から 10 月の期間のみ操業するものと、ii) 操業時期に制限を設けないもの。

捕獲可能量の配分

沿岸の 4 つのサブエリアへの、最終的な捕獲可能量の配分についても検討している。1 つの選択肢は、キャッチカスケーディングである。もう 1 つの選択肢は、表 23 に提示されるようにサブエリアごとに特定の捕獲比率で割り付ける手法である。

表 23. サブエリア 7CS、7CN、7WR 及び 11 に配分する捕獲量の比率（％）

	Opt1	Opt2	Opt3	Opt4	Opt5
7CS	40	100	0	0	0
7CN	20	0	100	0	0
7WR	20	0	0	100	0
11	20	0	0	0	100

管理方策を示す ID

4つの要因を組み合わせると、トータルで 120 の管理方策（5 セットの資源量推定値×2つの空間的（禁漁区）選択肢×2つの時間的（禁漁期）選択肢×6通りの捕獲配分）が、表 24 に列挙される 30 のトライアルについて試験されることとなる。これらの管理方策は、かかる表に示されるとおり、便宜的に 4 桁の数字（Vxxxx）で示すこととする。

表 24. ミンククジラを対象としたトライアルに関する管理方策の ID

要素		
CLA に適用する資源量	1000 の位 (Vx***)	0: 全て O 系群、1: S1、2: S2、3: S3、4: S4
禁漁区	100 の位 (V*x**)	0: 7CS 及び 7CN の沿岸から 10 海里以内の海域は捕鯨禁止 1: 禁漁区なし
禁漁期	10 の位 (V**x*)	0: 捕鯨時期を規制、1: 時期の規制なし
捕獲可能量の配分	1 の位 (V***x)	0: キャッチカスケーディング、1: Opt1、2: Opt2、3: Opt3、4: Opt4、5: Opt5

例えば、V0001 は全てが O 系群の資源量、禁漁区設定あり、禁漁期設定ありで捕獲量配分はオプション 1 の管理方策という意味である。V1011 は、資源量選択肢 S1、禁漁区あり、禁漁期なし、捕獲可能量配分はオプション 1 の管理方策となる。

6.5.6 資源保存に関するパフォーマンス

各試験と管理方策は、IWC SC における同等の単一系群試験プロセスを、MSYR(1+)が 2% の場合と MSYR(mat)が 4% の場合の設定で行った以外は、セクション 5.5.6 に記述されているのと同じ手法を使って試験した。各管理方策の可否を判定するために、MSYR(1+)が 2% の場合及び MSYR(mat)が 4% の場合の試験に関して、各管理方式はセクション 5.5.6 に記載される Q1-Q4 の質問に照らして評価した。MSYR(1+)が 1% の場合の試験の結果は、感度分析の目的だけのために評価された。

留意すべきは、O 系群についての結果は、(A) ほとんどの試験と管理方策について「合格」であり、(B) 残りの管理方策については「ボーダーライン」上であったことである。これは MSYR(1+)が 1% の場合の試験にも当てはまる。換言すると、いかなる管理方策の下でも、O 系群の資源保存に関するパフォーマンスには問題がないことを示唆している。「不合格」が出たのは、J 系群の資源保存管理に関するパフォーマンスが不合格であった結果の影響である。

120 の管理方策を伴う 30 の全ての試験が実行されたが、表 25 には S0（すなわち 100%O 系群のオプション）の管理方策の試験結果のみを記載している。仮に試験結果が S0 のオプションに「合格」していれば、CLA 適用のために計算した資源量推定値を計算するために使われた他のオプション（S1、S2、S3 及び S4 オプション）も将来の捕獲量が S0 オプションの量よりも少なくなるので、同様に「合格」となる。

表 25. 管理方式 S0（全て O 系群のオプション）の試験で、ボーダーライン上又は不合格となった結果の要約

管 理 方 策	ボーダーラインだった試験	不合格だった試験	勧告
V0000	A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A01-2, A04-2, A05-2, A06-2, A01-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4	A01-1, A02-1, A03-1, A02-2, A03-2, A02-4, A03-4	不合格
V0001	A03-1, A02-4, A03-4	A02-1	合格*
V0002	None	None	合格
V0003	None	None	合格
V0004	None	None	合格
V0005	A09-1, A10-1, A05-2, A06-2, A08-2, A09-2, A08-4, A09-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A07-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4	不合格
V0010	A07-1, A08-1, A09-1, A10-1, A01-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A07-4, A09-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4	不合格
V0011	A03-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4	A02-1	合格*
V0012	None	None	合格
V0013	None	None	合格
V0014	None	None	合格
V0015	A09-2, A10-2, A08-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A09-1, A10-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4, A09-4	不合格
V0100	A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A09-1, A01-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A05-4, A06-4, A07-4, A09-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4	不合格

V0101	A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A01-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A02-4, A03-4	不合格
V0102	A08-1, A09-1, A01-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A05-4, A06-4, A09-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A07-4	不合格
V0103	A03-1, A02-4, A03-4	None	合格
V0104	None	None	合格
V0105	A09-1, A10-1, A05-2, A06-2, A08-2, A09-2, A08-4, A09-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A07-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4	不合格
V0110	A08-1, A09-1, A10-1, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A09-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4	不合格
V0111	A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A01-2, A04-2, A07-2, A05-4, A06-4, A07-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4	不合格
V0112	A08-1, A09-1, A01-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A05-4, A06-4, A09-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A02-2, A03-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A07-4	不合格
V0113	A03-1, A02-4, A03-4	None	合格
V0114	None	None	合格
V0115	A09-2, A10-2, A08-4, A10-4	A01-1, A02-1, A03-1, A04-1, A05-1, A06-1, A07-1, A08-1, A09-1, A10-1, A01-2, A02-2, A03-2, A04-2, A05-2, A06-2, A07-2, A08-2, A01-4, A02-4, A03-4, A04-4, A05-4, A06-4, A07-4, A09-4	不合格

斜体で示した試験（MSYR(1+)が1%）は、感度試験だけを意図したもので、管理方式の可否は決定していない。

* 1つの試験（A02-1）のみ「不合格」だったが、この試験の妥当性は低い。この管理方策は、残り29の試験において、26が「合格」で、3が「ボーダーライン」であった。かかる理由から、この管理方策は「合格」と見なした。

禁漁区設定オプションに関しては、選択肢 i) を伴う管理方策の方が、選択肢 ii) よりも合格の結果が多く（表 25）、禁漁区が北西太平洋のミンククジラにとって効果的な管理措置であることを示唆している。従って、選択肢 i) を伴う管理方策（すなわち、サブエリア 7CS 及び 7CN では、岸から 10 海里内の水域では捕獲禁止）が採用されるべきである。

禁漁期については、合格できる管理方策数は、i) と ii) の選択肢で同等であり、禁漁期の設定が有用な管理措置でないことを示唆している。

サブエリア 7CS、7CN、7WR 及び 11 の間の捕獲量配分に関しては、キャッチカスケーディングとオプション 5（管理方式 ID で“1”の代わりに“0”又は“5”が入っているもの。表 24 参照）は不合格であった。セクション 6. 2. 3 の表 16 のように、キャッチカスケーディングを適用すると、配分オプション 1-4 のどれよりも、捕獲量をより高い比率でサブエリア 11 に割り当てることになる。サブエリア 11 における J 系群のクジラの比率がサブエリア 7CS、7CN 及び 7WR よりも高いことを考慮すると、この 2 つのオプションでは、他のどの選択肢よりも J 系群のクジラの捕獲頭数が多くなってしまうので、この 2 つのオプションは不合格である。サブエリア 7CS と 7CN（V0001、V0002、V0003、V0004、V0011、V0012、V0013 及び V0014）で、沿岸から 10 海里以内で捕獲をしない限り、捕獲量配分のオプション 1、2、3 及び 4 は合格である。換言すると、a) 捕獲可能量の 20%まではサブエリア 11 に配分してよいこととなり、かつ、b) サブエリア 7CS、7CN、7WR に対する配分パターンは、いずれも合格ということである。

管理方策 V0001 と V0011（捕獲量配分オプション 1 で禁漁区あり）については、MSYR(1+)が 1%の場合が想定されている感度試験 A02-1 の資源保存に関するパフォーマンスは不合格である。これは、MSYR(1+)が 1%であることが妥当性のない仮定であったとしても、将来の調査においては MSYR の研究の重要性がかなり増すであろうことを示唆している。

結論として、J 系群と O 系群両方に対して、V0001 から V0004、V0011 から V0014、V0103 から V0104、V0113 から V0114 の管理方策が「合格」となった。

これらの結果から、全て O 系群というオプション（S0）が CLA に適用できること、その結果得られる捕獲可能量は、空間的制約（禁漁区）（サブエリア 7CS 及び 7CN では、岸から 10 海里内の水域では捕獲禁止）を設定する限り、オプション 1、2、3 又は 4 に沿って配分できることを示唆している。また、時間的制約（禁漁期）は不要である。

CLA 計算のためのその他のオプション（S1、S2、S3 及び S4）は、ほぼ全ての O 系群に関するオプションで結果は同じであった。すなわち、捕獲可能量は、オプション 1、2、3、4 のいかなる選択肢下の配分でも構わないが、資源保護に関するパフォーマンスを維持するには、空間的制約が必要ということである。これらの CLA 計算のオプションは、全て O 系群というオプションの安全性が確認されたため、更なる検討を行わなかった。

6.6 捕鯨と将来の調査

日本は、試験結果を踏まえ、CLA のための資源量推定に全て O 系群オプション（S0）を採用することとする。また、J 系群の捕獲を抑制するため、日本の太平洋沿岸 10 マイル以内を禁漁区とする。捕獲可能量の 20%をサブエリア 11 に、残る 80%は、日本の太平洋側に配分する（サブエリア 7CS、7CN、7WR に対してブロッククォータを設定）。

CLA で使用されるべく、更なる資源量推定値を提供するために、セクション 6.5.4 に記載されるオプションに従って、これからも目視調査が実施される。捕獲対象鯨類のモニタリン

グ及び将来の試験で検討するシナリオの改善のために、捕獲したクジラから生物学的データや標本を収集する予定である。

7. 参考文献

- Aldrin, M. and Huseby, R.B. 2007. Simulation trials 2007 for a re-tuned Catch Limit Algorithm. Paper SC/59/RMP4 presented to the IWC Scientific Committee, May 2007, Anchorage, USA. 143pp.
- Aldrin, M., Huseby, R.B. and Schweder, T. 2008. A note on tuning the *Catch Limit Algorithm* for commercial baleen whaling. *J. Cetacean Res. Manage.* 10 (3): 191-194.
- Árnason, Ú., Gullberg, A. and Widegten, B. 1993. Cetacean mitochondrial DNA control region: Sequences of all extant baleen whales and two sperm whale species. *Mol. Biol. Evol.* 10:960-970.
- Bando, T., Kiwada, H., Mogoe, T., Isoda, T., Mori, M., Tsunekawa, M., Yoshimura, I., Nakai, K., Sato, H., Tanaka, H., Inagaki, M., Tamahashi, K., Yoshida, K., Morine, G., Watanabe, H., Fujiwara, G., Eguchi, K. and Tamura, T. 2010. Cruise Report of the second phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Western North Pacific (JARPN II) in 2009 (part I) - Offshore component - Paper SC/62/O4 presented to the IWC Scientific Committee, June 2010 (unpublished). 34pp.
- Bando, T., Mogoe, T., Isoda, T., Wada, A., Mori, M., Tsunekawa, M., Tamahashi, K., Moriyama, R., Miyakawa, N., Kadowaki, I., Watanabe, H. and Ogawa, T. 2013. Cruise Report of the second phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Western North Pacific (JARPN II) in 2012 (part I) - Offshore component - Paper SC/65a/O03 presented to the IWC Scientific Committee, June 2013 (unpublished). 33pp.
- Bando, T. and Hakamada, T. 2016. Morphometric analysis on stock structure of the O stock common minke whale in the western North Pacific. Paper SC/F16/JR41 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 10pp.
- Benjamini, Y. and Hochberg, Y. 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J. R. Statist. Soc. B* 57:289-300.
- Bérubé, M., Aguilar, A., Dendanto, D., Larsen, F., Notarbartolo-di-Sciara, G., Sears, R., Sigurjónsson, J., Urban-Ramirez, J. and Palsbøll, P.J. 1998. Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean Sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758); analysis of mitochondrial and nuclear loci. *Mol. Ecol.* 7:585-599.
- Bérubé, M., Jørgensen, H., Mcewing, R. and Palsbøll, P.J. 2000. Polymorphic di-nucleotide microsatellite loci isolated from the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Mol. Ecol.* 9:2181-2183.
- Buchanan, F.C., Friesen, M.K., Littlejohn, R.P. and Clayton, J.A. 1996. Microsatellites from beluga whale *Delphinapterus leucas*. *Mol. Ecol.* 5:571-575.
- Buckland, S.T., Cattanash, K.L. and Miyahista, T. 1992. Minke whale abundance in the northwest Pacific and the Okhotsk Sea, estimated from 1989 and 1990 sighting surveys. *Rep. int. Whal. Commn* 42: 387-392.
- Buckland, S.T., Burnham, K.P. and Augustin, N.H. 1997. Model selection: an integral part of inference. *Biometrics* 53: 603-618.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference -A practical information Theoretic approach-. Second Edition. Springer. New York. i-xxvi+488pp.
- Burt, M.L., Borchers, D.L., Jenkins, K.J. and Marques, T.A. 2014. Using mark-recapture distance sampling methods on line transect surveys. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1180-1191.
- Butterworth, D.S. and Miyashita, T. 2014. Derivation of revised estimate for subarea 7 in 1991 and zero abundance estimates. Annex F of Western North Pacific Common Minke Whale *Implementation Review: Report of the Second Intersessional Workshop*. *J. Cetacean Res. Manage.* 15 (suppl.) 502-503.

- de Jong, M. and Hoelzel, A.R. 2019. Collaborative analysis of WNP minke whale stock structure using the Japanese microsatellite DNA database and spatially explicit population structure analyses. Paper SC/F19/WNPM/02 presented to the first intersessional workshop on the *Implementation Review* for western North Pacific minke whales, Tokyo, February 2019 (unpublished). 25pp.
- Dewey, M. 2018. metap: meta-analysis of significance values. R package version 1.0.
- Donovan, G.P. 1989. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 11). The Comprehensive Assessment of Whale Stocks: the early years. International Whaling Commission, Cambridge, UK. [vi]+210pp.
- Earl D.A. and vonHoldt, B.M. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conserv. Genet. Resour.* 4:359-361.
- Engels, W.R. 2009. Exact tests for Hardy-Weinberg proportions. *Genetics* 183:1431-1441.
- Excoffier, L. and Lischer, H.E.L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol. Ecol. Resour.* 10:564-567.
- Fujise, Y., Tamura, T., Bando, T., Yasunaga, G., Konishi, K., Murase, H., Yoshida, T., Itoh, S. Ogawa, R., Oka, T., Sasaki, T., Fukutome, K., Isoda, T., Birukawa, N., Horii, N., Zharikov, K.A., Park, K.J., Tohyama, D. and Kawahara, S. 2003. Cruise report of the Japanese whale research program under special permit in the western North Pacific – Phase II (JARPNII) in 2002 (Part I). Paper SC/55/O7 presented to the IWC Scientific Committee, May 2003 (unpublished). 41pp.
- Goto, M., Taguchi, M. and Pastene, L.A. 2019. A note with an update of the parent-offspring genetic analyses in the western North Pacific common minke whales. Paper SC/F19/WNPM03 presented to the first intersessional workshop on the *Implementation Review* for western North Pacific minke whales, Tokyo, February 2019 (unpublished). 5pp.
- Hakamada, T. and Kitakado, T. 2010. Abundance estimation for the western North Pacific common minke whales using sighting information from JARPN and JARPNII. Paper SC/D10/NPM12rev presented to the First Intersessional Workshop for Western North Pacific Common Minke Whales, 14-17 December 2010, Pusan, Republic of Korea (unpublished). 25pp.
- Hakamada, T. and Matsuoka. 2016. The number of western North Pacific common minke, Bryde's and sei whales distributed in JARPN II Offshore survey area. Paper Paper SC/F16/JR12 submitted to JARPN II review meeting, February 2016. (unpublished). 13pp.
- Hakamada, T., Matsuoka, K., Murase, H. and Kitakado T. 2017. Estimation of the abundance of the sei whale *Balaenoptera borealis* in the central and eastern North Pacific in summer using sighting data from 2010 to 2012. *Fish. Sci.* 83(6): 887-895. doi: 10.1007/s12562-017-1121-1
- Hakamada, T., Takahashi, M., Matsuoka, K. and Miyashita, T. 2017. Abundance estimate for western North Pacific Bryde's whale by sub-areas based on IWC-POWER and JARPNII sighting surveys. Paper SC/67A/RMP04 presented to IWC/SC meeting May 2017 (unpublished) 18pp.
- Hakamada, T., Matsuoka, K. and Miyashita, T. 2018. Update g(0) estimation for western North Pacific Bryde's whales and its application to previous abundance estimates. Paper SC/67B/ASI/15 Rev2 presented to IWC/SC meeting May 2018. (unpublished) 11pp.
- Hakamada, T., Katsumata, T., Takahashi, M. and Matsuoka, K. 2019. Common minke whale abundance estimates based on dedicated sighting surveys during 2013-2018. Paper SC/68A/ASI14rev1 presented to IWC Scientific Committee. (unpublished) 9pp.
- Hatanaka, H. and Miyashita, T. 1997. On the feeding migration of the Okhotsk Sea-West Pacific stock of minke whales, estimates based on length composition data. *Re. int. Whal. Commn* 47: 557-564.
- International Whaling Commission. 1992. Chairman's Report of the Forty-Third Meeting. *Rep. int. Whal. Commn* 42:11-50.
- International Whaling Commission. 2009. Report of the Scientific Committee. Annex D. Report of the Sub-Committee on the Revised Management Procedure (RMP). *J. Cetacean Res. Manage.* 11(suppl.):91-144.

- International Whaling Commission. 2008. Report of the Scientific Committee. Annex D. Report of the Sub-Committee on the Revised Management Procedure (RMP). *J. Cetacean Res. Manage.* 10 (suppl.):90-120.
- International Whaling Commission. 2012a. Requirements and Guidelines for Conducting Surveys and Analysing Data within the Revised Management Scheme. *J. Cetacean Res. Manage.* 13 (Suppl): 509-517
- International Whaling Commission. 2012b. Report of the Workshop on Planning for an IWC co-ordinated North Pacific Research Cruise Programme, 28 September-1 October 2010, Tokyo, Japan. *J. Cetacean Res. Manage.* 13(Suppl):369-392.
- International Whaling Commission. 2012c. Requirements and Guidelines for Implementations under the Revised Management Procedure (RMP). *J. Cetacean Res. Manage.* 13 (suppl): 495-506.
- International Whaling Commission. 2013. Report of the Technical Advisory group (TAG) meeting on the short- and medium-term objectives and plans for the IWC-POWER Cruises. *J. Cetacean Res. Manage.* 14 (suppl.):341-356.
- International Whaling Commission. 2014a. Report of the Planning Meeting for the 2013 IWC-POWER Cruise, 25–26 October 2012, Tokyo, Japan. *J. Cetacean Res. Manage.* 15 (suppl.):423-436.
- International Whaling Commission. 2014b. Report of the Scientific Committee, Annex D1. Report of the Working Group on the *Implementation Review* for Western North Pacific Common Minke Whales. Appendix 2. North Pacific minke whale Implementation Simulation Trial Specifications. Adjunct 2. Mixing matrices. *J. Cetacean Res. Manage.* 15 (suppl.):112-188.
- International Whaling Commission. 2014c. Report of the Second Intersessional workshop on the Implementation Review for Western North Pacific Common Minke Whales, 19-23 March 2013, USA. *J. Cetacean Res. Manage.* 15 (suppl): 489-506.
- International Whaling Commission. 2017a. Report of the Scientific Committee. Annex G. Report of the Sub-Committee on In-Depth Assessments. *J. Cetacean Res. Manage.* 18 (suppl.):203-229.
- International Whaling Commission. 2017b. Report of the Expert panel of the Final Review on the Western North Pacific Japanese Special Permit Programme (JARPNII). *J. Cetacean Res. Manage.* 18 (suppl.): 527-592.
- International Whaling Commission. 2018a. Report of the Scientific Committee. Annex F. Report of the Sub-Committee on In-Depth Assessments. *J. Cetacean Res. Manage.* 19 (suppl.):174-182.
- International Whaling Commission. 2018b. Report of the workshop on the *Implementation Review* of western North Pacific Bryde's whales. *J. Cetacean Res. Manage.* 19 (suppl.):561-593.
- International Whaling Commission. 2019a. Report of the Scientific Committee, Annex D. Report of the Sub-Committee on the Revised Management Procedure. *J. Cetacean Res. Manage.* 20 (suppl.):xxx-xxx.
- International Whaling Commission. 2019b. Report of the Scientific Committee, Annex F. Report of the Sub-Committee on In-Depth Assessment. *J. Cetacean Res. Manage.* 20 (suppl.):xxx-xxx.
- International Whaling Commission. 2020. Report of the Scientific Committee, Annex D. Report of the Sub-Committee on Implementation Reviews and Simulations Trials (IST). *J. Cetacean Res. Manage.* 21 (suppl.):xxx-xxx.
- Jombart, T., Devillard, S. and Balloux, F. 2010. Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC Genetics* 11:94
- Kanda, N., Goto, M., Kato, H., McPhee, M.V. and Pastene, L.A. 2007. Population genetic structure of Bryde's whales (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels. *Conserv. Genet.* 8:853-864.
- Kanda, N., Goto, M., Yoshida, H., and Pastene, L.A. 2009. Stock structure of sei whales in the North Pacific as revealed by microsatellites and mitochondrial DNA analyses. Paper SC/J09/JR32 presented to the JARPN II Review Workshop, Tokyo, January 2009 (unpublished). 14pp.
- Kanda, N., Matsuoka, N., Yoshida, H. and Pastene, L.A. 2013. Microsatellite DNA analysis of sei whales obtained from the 2010-2012 IWC-POWER. Paper SC/65a/IA05 presented to IWC Scientific Committee, Jeju island, June 2013 (unpublished). 6pp.

- Kanda, N., Matsuoka, K., Goto, M. and Pastene, L.A. 2015a. Genetic study on JARPNII and IWC-POWER samples of sei whales collected widely from the North Pacific at the same time of the year. Paper SC/66a/IA8 presented to the IWC Scientific Committee, May 2015 (unpublished). 8pp.
- Kanda, N., Bando, T., Matsuoka, K., Murase, H., Kishiro, T., Pastene, L.A. and Ohsumi, S. 2015b. A review of the genetic and non-genetic information provides support for a hypothesis of a single stock of sei whales in the North Pacific. Paper SC/66a/IA9 presented to the IWC Scientific Committee, San Diego, May 2015 (unpublished). 17pp.
- Keenan, K., McGinnity, P., Cross, T.F., Crozier, W.W. and Prodöhl, P.A. 2013. diveRsity: An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. *Methods Ecol. Evol.* 4:782-788.
- Kishiro, T. 1996. Movements of Marked Bryde's Whales in the Western North Pacific. *Rep. int. Whal. Commn.* 46:421-428.
- Kitakado, T., Butterworth, D.S. and Okamura, H. 2007. An integrated approach for the estimation of abundance through a random-effects model. Annex H of Western North Pacific Bryde's Whale Implementation: Report of the First Intersessional Workshop. *J. Cetacean Res. Manage.* 9 (suppl.) 424-5.
- Kitakado, T., Shimada, H., Okamura, H. and Miyashita, T. 2008. CLA abundance estimates for western North Pacific Bryde's whales and their associated CVs with taking the additional variance into account. Paper SC/60/PFI3 presented to IWC Scientific Committee, June 2008 (unpublished). 27pp.
- Kitakado, T. and Maeda, H. 2016. Fitting to catch-at-age data for North Pacific common minke whales in the Pacific side of Japan. Paper SC/F16/JR43 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 15pp.
- Kitakado, T. and Goto, M. 2018. A plausible range of MSYR(1+) and relative plausibility of stock structure hypotheses for the WNP common minke whales investigated by bycatch data: Updated responses to requests by the Scientific Committee for more detailed explanation for Section 4 of SC/67a/SCSP/13. Paper SC/67B/RMP02 presented to IWC Scientific Committee. (unpublished) 8pp.
- Kraemer, P. and Gerlach, G. 2017. *Demerelate*: calculating interindividual relatedness for kinship analysis based on codominant diploid genetic markers using R. *Mol. Ecol. Resour.* 17:1371-1377.
- Laake, J.L. and Borchers, D.L. 2004. Methods for incomplete detection at distance zero. In *Advanced Distance Sampling* (eds S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers and L. Thomas), pp.108-189. Oxford University Press, Oxford.
- Matsuoka, K., Tsunekawa, M., Nishiwaki, S. and Miyashita, T. 2012. Cruise report of the Japanese cetacean sighting survey in the western North Pacific, sub areas 8 and 9, May 2011. Paper SC/64/O6 presented to the IWC Scientific Committee, June 2012 (unpublished). 9pp.
- Matsuoka, K., Yoshimura, I. and Miyashita, T. 2013. Cruise report of the Japanese cetacean sighting survey in the western North Pacific in 2012. Paper SC/65a/O4 submitted to IWC Scientific Committee, June 2013 (unpublished). 8pp.
- Matsuoka, K., Kim, H.W., Martinez-Aguilar, S. Kumagai, S. and Sasaki, Y. 2014. Cruise report of the 2013 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/65b/IA5 submitted to IWC Scientific Committee, May 2014 (unpublished). 24pp.
- Matsuoka, K., Mizroch, S., Taylor, J., Yoshimura, I. and Yamauchi, Y. 2015a. Cruise report of the 2014 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/66a/IA5 submitted to IWC Scientific Committee, May 2015 (unpublished). 24pp.
- Matsuoka, K., Yamaguchi, F., Honma, H., Ohkoshi, C., Maki, K. and Miyashita, T. 2015b. Cruise report of the Japanese dedicated cetacean sighting survey in the western North Pacific in 2014. Paper SC/66a/IA6 submitted to IWC Scientific Committee, May 2015 (unpublished). 12pp.
- Matsuoka, K., Gilpatrick, J.W., Taylor, J., Yoshimura, I., Katsumata, T. and Ohkoshi, C. 2016. Cruise report of the 2015 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/66b/IA9 submitted to IWC Scientific Committee, May 2016 (unpublished). 31pp.

- Miyashita, T. 2007. Cruise report of the IO sighting survey in the northern Sea of Japan in 2006. Document SC/59/NPM3. 8pp.
- Miyashita, T. 2008. Cruise report of the IO sighting survey in the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk off the northern Hokkaido in 2007. Document SC/60/NPM4. 7pp.
- Miyashita, T. 2019. Abundance estimate of common minke whales in sub-areas 11, 10E and 7CN in 2014. Paper SC/68A/ASI15 presented to IWC Scientific Committee. (unpublished) 3pp.
- Miyashita, T. and Shimada, H. 1994. Minke whale abundance in the Okhotsk Sea, the Sea of Japan and off the Pacific coast of Northern Japan estimated from sighting data. Paper SC/46/NP6 presented to the IWC Scientific Committee, May 1994 (unpublished). 9pp.
- Miyashita, T. and Okamura, H. 2011. Abundance of common minke whales using the Japanese dedicated sighting survey data for RMP *Implementation* and CLA -Sea of Japan and Sea of Okhotsk. Paper SC/63/RMP11 submitted to IWC Scientific Committee, June 2011. 34pp.
- Miyashita, T., Okamura, T., Vladimirov, V.A. and Dorochenko, N.V. 2000. Cruise report of the Japan-Russia joint sighting survey in the Sea of Okhotsk in 1999. Document SC/52/RMP4 presented to the IWC Scientific Committee. 10pp.
- Miyashita, T., Okamura, H. and Kitakado, T. 2009. Abundance of J-stock common minke whales in the Sea of Japan using the Japanese sighting data with $g(0)=1$. Paper SC/61/NPM7 submitted to IWC Scientific Committee, June 2009. 10pp.
- Mizroch, S.A., Conn, P.B. and Rice, D.W. 2015. The mysterious sei whale: Its distribution, movements and population decline in the North Pacific revealed by whaling data and recoveries of Discovery-type marks. Paper SC/66a/IA14 presented to the IWC Scientific Committee, San Diego, May 2015 (unpublished). 112pp.
- Murase, H., Hakamada, T., Matsuoka, K., Nishiwaki, S., Inagake, D., Okazaki, M., Toji, N. and Kitakado, T. 2014. Distribution of sei whales (*Balaenoptera borealis*) in the subarctic-sub-tropical transition area of the western North Pacific in relation to oceanic fronts. *Deep-Sea Research II* 107: 22-28.
- Murase, H., Tamura, T., Otani, S. and Nishiwaki, S. 2016. Satellite tracking of Bryde's whales *Balaenoptera edeni* in the offshore western North Pacific in summer 2006 and 2008. *Fish. Sci.* 82:35-45.
- NAMMCO. 2017. Report of the NAMMCO Scientific Committee working group on assessment. 16pp.
- Nei, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York.
- Okamura, H. and Kitakado, T. 2009. Abundance estimates and diagnostics of Antarctic minke whales from the historical IDCR/SOWER survey data using the OK method. Document SC/61/IA6 submitted to IWC Scientific Committee, June 2009. 58pp.
- Okamura, H., Miyashita, T. and Kitakado, T. 2010. $g(0)$ estimates for western North Pacific common minke whales. Document SC/62/NPM9 presented to the IWC Scientific Committee, June 2010 (unpublished). 7pp.
- Palsbøll, P.J., Bérubé, M., Larsen, A.H. and Jørgensen, H. 1997. Primers for the amplification of tri- and tetramer microsatellite loci in baleen whales. *Mol. Ecol.* 6:893-895.
- Pastene, L.A., Goto, M., Itoh, S., Wada, S. and Kato, H. 1997. Intra- and inter- oceanic patterns of mitochondrial DNA variation in the Bryde's whales, *Balaenoptera edeni*. *Rep. int. Whal. Commn.* 47:569-574.
- Pastene, L.A., Goto, M., Taguchi, M. and Kitakado, T. 2016a. Genetic analyses based on mtDNA control region sequencing and microsatellite DNA confirmed the occurrence of a single stock of sei whales in oceanic regions of the North Pacific. Paper SC/F16/JR46 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 10pp.
- Pastene, L.A., Goto, M. and Taguchi, M. 2016b. Additional genetic analyses on stock structure in North Pacific Bryde's and sei whales. Paper SC/66b/SD01 presented to the IWC Scientific Committee, Bled, June 2016 (unpublished). 11pp.

- Pastene, L.A., Goto, M., Taguchi, M. and Kitakado, T. 2016c. Updated genetic analyses based on mtDNA and microsatellite DNA suggest possible stock differentiation of Bryde's whales between management sub-areas 1 and 2 in the North Pacific. Paper SC/F16/JR44 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 17pp.
- Pastene, L.A., Goto, M., Taguchi, M. and Kitakado, T. 2016d. Temporal and spatial distribution of the 'J' and 'O' stocks of common minke whale in waters around Japan based on microsatellite DNA. Paper SC/F16/JR38 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 14pp.
- Pastene, L.A., Goto, M., Taguchi, M. and Kitakado, T. 2016e. Updated genetic analyses based on mitochondrial and microsatellite DNA indicated no sub-structure of the 'O' stock common minke whale in the western North Pacific. Paper SC/F16/JR40 presented to the JARPNII special permit expert panel review workshop, Tokyo, February 2016 (unpublished). 19pp.
- Pritchard, J.K., Stephens, M. and Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155:945-959.
- Punt, A.E. and Donovan, G.P. 2007 Developing management procedures that are robust to uncertainty: lessons from the International Whaling Commission. *Journal of Marine Science* 64: 603-612.
- Roff, D.A. and Bentzen, P. 1989. The statistical analysis of mtDNA polymorphisms: χ^2 and the problem of small samples. *Mol. Biol. Evol.* 6:539-545.
- Rousset, F. 2008. Genepop'007: a complete re-implementation of the genepop software for Windows and Linux. *Mol. Ecol. Resour.* 8:103-106.
- Sambrook, J., Fritsch, E.F. and Maniatis, T. 1989. *Molecular cloning: A laboratory manual*. 2nd Ed., Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory.
- Shimada, H. 2004. Abundance estimate of the western North Pacific stock of Bryde's whales using sighting data from 1998 to 2002. Paper SC/56/PFI6 presented to the IWC Scientific Committee, 2004 (unpublished). 8pp.
- Shimada, H., Okamura, H., Kitakado, T. and Miyashita, T. 2008. Abundance estimate of western North Pacific Bryde's whales for the estimation of additional variance and CLA application. Paper SC/60/PFI2 presented to IWC Scientific Committee, June 2008 (unpublished). 34pp.
- Shimada, H. and Miyashita, T. 1996. Estimation of current population size of the western North Pacific Bryde's whale using sighting data from 1988 to 1995. Document IWC/SC/48/NP17 submitted to the 48th IWC Scientific Committee. 8pp.
- Shimada, H. and Miyashita, T. 1997. Population abundance of the western North Pacific Bryde's whale estimated from the sighting data collected from 1988 to 1996. Document IWC/SC/49/NP4 submitted to the 49th IWC Scientific Committee. 9 pp.
- Shimada, H. and T. Miyashita, 1999. Research plan for Bryde's whale sighting cruise in the North Pacific in 1999. Paper SC/51/RMP5 presented to the IWC Scientific Committee 1999 (unpublished). 3pp
- Shimada, H., Okamura, H., Kitakado, T. and Miyashita, T. 2008. Abundance estimate of western North Pacific Bryde's whales for the estimation of additional variance and CLA application. Paper SC/60/PFI2 presented to the IWC Scientific Committee, 2008 (unpublished).
- Taguchi, M., Goto, M., Takahashi, M. and Pastene, L.A. 2017. DAPC analysis for Bryde's whales in the North Pacific using microsatellite DNA data. Paper SC/MAR17/RMP01 presented to the workshop on the *Implementation Review* of western North Pacific Bryde's whales, Tokyo, March 2017 (unpublished). 7pp.
- Taguchi, M., Goto, M. and Pastene L.A. 2019a. Results of Discriminant Analysis of Principal Component (DAPC) and Spatial Analysis of Principal Component (sPCA) and implications for the stock structure of western North Pacific common minke whale. Paper SC/F19/WNPM04 presented to the first intersessional workshop on the *Implementation Review* for western North Pacific minke whales, Tokyo, February 2019 (unpublished). 16pp.

- Taguchi, M., Goto, M. and Pastene, L.A. 2019b. Genetic and non-genetic evidences suggest a low plausibility for western North Pacific common minke whale stock structure Hypothesis E. Paper SC/68A/SDDNA02 presented to the IWC Scientific Committee, Nairobi, May 2019 (unpublished). 22pp.
- Tamura, T., Fujise, Y., Bando, T., Yasunaga, G., Konishi, K., Kiwada, H., Isoda, T., Itoh, S. Machida, S., Tsunekawa, M., Konagai, T., Takamatsu, T., Ohshima, T., Honjo, K., Matsuoka, T., Zharikov, K.A., Yong, Rock AN, Tohyama, D. and Kawahara, S. 2004. Cruise Report of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the western North Pacific -Phase II (JARPN II) in 2003 (part I) - Offshore component –. Paper SC/56/O13 presented to the IWC Scientific Committee, June 2004 (unpublished). 46pp.
- Tamura, T., Fujise, Y., Mogoe, T., Kanda, N., Yasunaga, G., Konishi, K., Kiwada, H., Ogihara, M., Hasegawa, A., Kitajima, M., Sugiyama, T., Sasaki, T., Mori, M., Teraoka, T., Tsunekawa, M., Fukutome, K., Zharikov, K.A., NA, Jong-Hun., Tohyama, D., Inagake, D. and Kawahara, S. 2005. Cruise Report of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the western North Pacific -Phase II (JARPN II) in 2004 (part I) - Offshore component –. Paper SC/57/O3 presented to the IWC Scientific Committee, June 2005 (unpublished). 33pp.
- Tamura, T., Otani, S., Isoda, T., Wada, A., Yonezaki, S., Mori, M., Tsunekawa, M., Fukudome, K., Nakai, K., Satoh, H., Nomura, I., Nakatsuka, S., Umatani, M., Koyanagi, T., Takamatsu, T., Kawabe, S., Kandabashi, S., Watanabe, H., Kumagai, S., Sato, H. and Ogawa, T. 2009. Cruise report of the second phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the western North Pacific (JARPN II) in 2008 (part I) - offshore component. Paper SC/61/O submitted to IWC Scientific Committee, June 2009 (unpublished). 49pp.
- Tamura, T., Mogoe, T., Nakai, K., Mori, M., Tsunekawa, M., Yoshimura I., Ishikawa, Y., Kawabe, S., Yamaguchi, F., Yamazaki, M., Ueta, E., Watanabe, H. and Eguchi, K. 2012. Cruise Report of the Second Phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Western North Pacific (JARPN II) in 2011 (part I) – Offshore component –. Paper SC/64/O3 presented to the IWC Scientific Committee, May 2013 (unpublished). 28pp.
- Tamura, T., Yoshida, H., Yasunaga, G., Goto, M. and Pastene, L.A. 2019. Final conclusions of the JARPNII research based on refined analyses and additional samples. Paper SC/68A/SP05 presented to the IWC Scientific Committee, Nairobi, May 2019 (unpublished). 135pp.
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A. and Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology*, 47: 5-14.
- Tiedemann, R., Tiedemann, M.R., Goto, M., Taguchi, M. and Pastene, L.A. 2017. Finding parent-offspring pairs among western North Pacific common minke whales. Paper SC/67a/SDDNA01 presented to the IWC Scientific Committee, Bled, May 2017 (unpublished). 17pp.
- Valsecchi, E. and Amos, W. 1996. Microsatellite markers for the study of cetacean populations. *Mol. Ecol.* 5:151-156.
- Wada, S. 1996. The stability of Got-1f frequencies of the western North Pacific stock of Bryde's whales. *Rep. int. Whal. Commn.* 46:459-460.
- Wada, S. and Numachi, K. 1991. Allozyme analyses of genetic differentiation among the populations and species of the Balaenoptera. *Rep. int. Whal. Commn.* (special issue 13):125-154.
- Weir, B.S. and Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38:1358-1370.
- Yoshida, H., Nozawa, A., Kanda, N., Kishiro, T. and Miyashita, T. 2010. Results of onboard genetic analysis of common minke whale biopsy samples collected in the Okhotsk Sea, summer 2010. Paper SC/D10/NPM9 presented to the first intersessional workshop for western North Pacific minke whales, Busan, December 2010 (unpublished). 12pp.
- Yoshida, H., Kishiro, T., Kanda, N. and Miyashita, T. 2011. Cruise report of the sighting and biopsy sampling survey in the Okhotsk Sea, summer 2010, including individual stock identification of common minke whales. Paper SC/63/RMP9 presented IWC Scientific Committee meeting. (unpublished) 10pp.