

IWC の改訂管理方式（RMP）に沿って算出された北西太平洋ナガスクジラの捕獲可能量について（仮訳）

日本 RMP チーム

概要

背景

国際捕鯨取締条約(ICRW)からの脱退後、日本は、2019年7月に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再開した。

2017年に制定された「鯨類の持続的な利用の確保に関する法律」に基づき、日本政府は、捕鯨業の持続的な発展を支援することが求められている。このため、日本政府は、入手可能な最良の科学情報に基づき、新たに商業捕鯨の対象となるヒゲクジラ種として、北西太平洋ナガスクジラ (*Balaenoptera physalus*) が適切であることを特定した。ナガスクジラの捕獲海域は、日本の領海及び EEZ 内である。

北西太平洋ナガスクジラの捕獲可能量は、国際捕鯨委員会（IWC）の改訂管理方式（RMP）に沿って、ノルウェーの捕獲可能量算出法（CLA）コンピューター・コードに基づき、チューニングレベル 0.6 で算出された。

CLA の適用は、系群構造に関する入手可能な最良かつ最新の科学情報に基づいており、これは管理海区（小海区）の設定及び資源量の推定に不可欠である。

小海区と資源量

系群構造に関する最良の情報に基づき、2つの小海区が設定された。選定された小海区の最新（2020）の推定資源量は 19,734 頭であった。

捕獲可能量

CLA に基づき、ナガスクジラの捕獲可能量は 205 頭と算出された。実施シミュレーション試験（ISTs）を通じて、いくつかの不確実性に対する当該捕獲可能量の頑健性が試験された。この捕獲可能量は、代替的な捕獲統計量、代替的な追加分散値、代替的な生産力、代替的な自然死亡率、及び代替的な $g(0)$ 値に対して、頑健であった。

日本の RMP の実施は、引き続き入手可能な最良の科学に基づき継続されていく。したがって、捕獲可能量は、最新の科学情報を考慮しながら、随時改訂される。

目次

頁

要約

1. はじめに	3
2. 北西太平洋ナガスクジラへの RMP 実施に関する日本の考え方	3
3. 系群構造及び小海区の定義	4
3.1 遺伝子学的分析の要約	4
3.2 非遺伝子学的分析の要約	8
3.3 系群構造についての仮説	8
3.4 サブエリアの定義	9
3.5 小海区の定義	10
4. 資源量推定値	11
4.1 過去の調査からの資源量推定値	11
4.2 $g(0) = 1$ を仮定した最近の北太平洋の資源量推定値	11
4.3 $g(0) = 1$ を仮定した最近のオホーツク海の資源量推定値	13
4.4 $g(0)$ の推定値	14
5. 捕獲履歴	16
6. 生物学的パラメータ	16
7. 捕獲可能量	17
7.1 CLA に使用した捕獲データ	17
7.2 CLA に使用した資源量推定値	19
7.3 CLA の結果	21
8. 不確実性の試験 (ISTs)	22
8.1 コンディショニング	22
8.2 試験	26
8.3 管理方策バリエーション	27
8.4 将来の調査計画	28
8.5 コンディショニングの結果	29
8.6 試験の結果	31
9. 捕鯨業の操業と将来の生物学的調査	34
10. 参考文献	34

1. はじめに

国際捕鯨取締条約(ICRW)からの脱退後、日本は、2019年7月から日本の領海及び排他的経済水域 (EEZ) 内において商業捕鯨を再開した。

2017年に制定された「鯨類の持続的な利用の確保に関する法律」に基づき、日本政府は捕鯨業の持続的な発展を支援することが求められている。このため、日本政府は入手可能な最良の科学情報に基づき、新たに捕鯨業の対象となるヒゲクジラ種として、北西太平洋ナガスクジラ (*Balaenoptera physalus*) が適切であるとした。提案されているナガスクジラの操業海域は、日本の領海及び EEZ 内である。

本文書の目的は、国内の専門家グループ (日本の RMP チーム) が実施した、国際捕鯨委員会 (IWC) の改訂管理方式 (RMP) に沿った捕獲可能量の算定プロセス及びかかるプロセスにおいて使用されたデータや分析手順についての説明を記述することである。本文書で要約しているプロセス、データ及び分析手順は、外国人科学者で構成される独立グループ (レビューパネル) によってレビューされる。

まず、系群構造仮説を立てるために、遺伝学的及び非遺伝学的データが詳細に分析された。そして、最も妥当性の高い系群構造仮説に関する情報に基づき、サブエリアと管理海区 (小海区) を定義した。次に、サブエリア及び小海区における資源量推定値と捕獲に関するデータを詳細に説明している。最後に RMP に沿った捕獲可能量の算出について、実施シミュレーション試験 (*ISTs*) に基づく不確実性に関連する解析と併せて説明する。

2. 北西太平洋ナガスクジラへの RMP 適用に関する日本の考え方

日本の RMP は、これまでも、そしてこれからも入手可能な最良の科学に基づいて実施されていく。したがって、捕獲可能量は最新の科学的情報を考慮し、随時改訂される。そのため、日本は、新たな調査から得られたデータや標本に基づき、資源量推定値の更新と系群構造仮説の精密化を継続する。さらに、商業捕鯨の操業から得られる新たなデータや標本の分析に基づき、最大持続可能生産量 (MSYR) の値など、他の不確実性の側面も調査していく。これらの要素は、暫定的に6年後に予定されている資源評価レビューでしかるべく検討される。

北西太平洋イワシクジラ、ニタリクジラ、ミンククジラの捕獲可能量の算出方法と同様に (JRT, 2019; JRT, 2021)、北西太平洋ナガスクジラについてもチューニングレベル 0.6 に固定してノルウェーの捕獲可能量計算手順 (CLA) (Aldrin and Huseby, 2007; Aldrin et al., 2008) に基づいて捕獲可能量を算出した。北西太平洋ニタリクジラのための IWC プログラムの修正版 (Allison and de Moor, 2020) を使用した *ISTs* を通じて管理方策バリエーションの受容可能性を評価した。ニタリクジラの *IST* プログラムに使用された個体群動態モ

デルの構造、例えばサブエリア数や時間の間隔が北太平洋ナガスクジラのケースと類似していたため、このことは適切であると考えた。

北太平洋ナガスクジラの入力データ（例えば、捕獲履歴、資源量推定値、混合比率等）に合わせ、また、 $g(0)$ 推定値を頑健性試験に組み込めるよう、ニタリクジラのプログラムを修正した。

3.系群構造及び小海区の定義

3.1 遺伝学的研究の要約

北太平洋ナガスクジラの系群構造に関する遺伝学的分析は、当該海域における入手可能な全ての遺伝学的標本に基づいている(Taguchi and Goto, 2023; 今回の会合)。著者らは、北太平洋における本種の遺伝学的先行研究について簡単な再評価も行っている。以下のセクションでは、著者らの提供した情報及び行った分析について要約する。

過去の遺伝学的研究

Fujino (1960)は、東シナ海、カムチャッカ沖合並びに北方及び南方の東部アリューシャンにおける鯨類の血液型抗原を用いて、北太平洋ナガスクジラの系群構造を調査した。調査により、以下の可能性が示唆された。(1) 西部アリューシャンと東部アリューシャンには、異なる系群が存在する。(2) 東シナ海の鯨類は、調査された他の海域の系群からは殆ど孤立している局所的系群に帰属する。(3) アリューシャン周辺海域で西部系群と東部系群はある程度混合している。

Wada and Numachi (1991)は、東経 160 度以東で収集された北太平洋ナガスクジラの標本を用いて、ナガスクジラ属の種間及び種内レベルでの遺伝学的変異性及び遺伝的分化の度合いを推定するために、アロザイム分析を実施した。標本セット内で遺伝学的異質性の証拠は見つけられなかった。

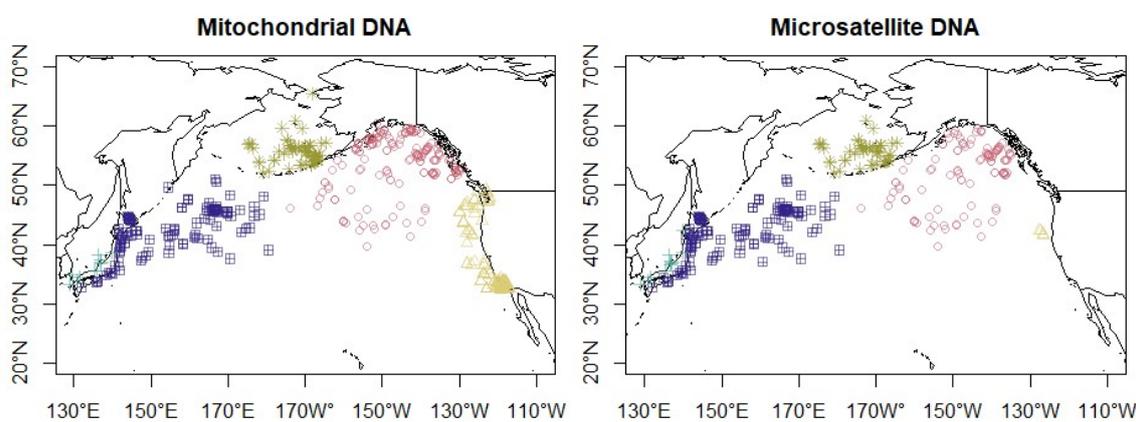
Bérubé 他 (2002)は、コルテス海に通年で定住するナガスクジラ及び北東太平洋ナガスクジラから採集した標本において、ミトコンドリア (mtDNA) 調節領域配列とマイクロサテライト (msDNA) 遺伝子型の遺伝的変異の地理的分布を分析した。その結果、コルテス海のナガスクジラは高度に孤立しており、系譜的に特異な個体群であることが示された。

遺伝学的標本とデータセット

次に述べる 7 つの情報から得た合計 343 個の遺伝学的標本を用いた。それらは、(1) 特別許可の下に実施された北西太平洋鯨類捕獲調査 (JARPN) 及び第二期北西太平洋鯨類捕獲調査 (JARPNII) から得られた生検標本、(2) 混獲、(3) IWC/日本共同北太平洋鯨類目視調査 (IWC-POWER) プログラムから得られた生検標本、(4) 日

本が目視専門調査から得られた生検標本、（５）網走沖で実施された標識装着及び生検実験による生検標本、（６）漂着・座礁、（７）過去の商業捕鯨による捕獲である。

データの検証の結果、これらの標本から生成されたデータセットから、16 の遺伝子座で合計 331 の msDNA 遺伝子型が得られた（図 1）。mtDNA に関しては、これらの標本から生成された合計 309 の調節領域配列と Archer 他 (2019) と Kim 他 (2018) によって生成されたデータを組み合わせた結果、総計 613 配列がデータ分析のために得られた（図 1）。



SOJ	WNP	BRS	ENP	C-ENP	Total
+	⊕	*	○	△	
13/11	85/87	70/48	276/161	169/4	613/311

図 1. データ分析に使用した北太平洋ナガスクジラの標本採集位置と標本数（mtDNA/msDNA）。記号の形と色は探究的分析から得られたグループ分けに基づいて定義された標本グループを示す。

分析のアプローチ

まず、mtDNA と msDNA の両方のマーカー及び任意の標本群を用いた探究的分析により、図 1 に示される次の 5 つの標本グループが特定された。すなわち、日本海（SOJ）、北西太平洋とオホーツク海（WNP）、ベーリング海（BRS）、北東太平洋沖合とアラスカ湾（ENP）、北東太平洋沿岸（C-ENP）である。

mtDNA の変異性は塩基多様度 (π) とハプロタイプ多様度 (h) によって推定された (Nei 1987)。標本グループ間のハプロタイプ頻度の違いを調べ、ペアワイズ F_{ST} 値 (Weir and Cockerham 1984) によって分化の程度が評価された。

msDNA の変異性（すなわち、対立遺伝子の数、近交係数、ヘテロ接合度の期待値と観察値）を推定し、ハーディー・ワインベルグ平衡からの逸脱も検定した。標本グループ間の遺伝的分化は mtDNA の場合と同じ方法で調べた。

遺伝的変異性の空間的パターンを調査するために、空間主成分分析(sPCA, Jombart et al. 2008)を実施した。遺伝的統計量（すなわち、sPCA のグローバルスコアと h ）を用いて、北太平洋の経度クラインに沿って遺伝的変異性の変化の可能性も調査した。

遺伝学的分析の結果と結論

異質性検定では、両マーカーで SOJ と C-ENP の遺伝的分化がみられ、少なくとも mtDNA では WNP、ENP、BRS の間でさらなる分化がみられた。また、 F_{ST} 値から、対比較間で分化程度が異なることが示唆された。

sPCA 分析では 2 つのクラスターをもつ遺伝構造が示された（図 2）。1 つのクラスターは主に東経 175 度以西の北太平洋とオホーツク海で発生しており、もう 1 つのクラスターは主に東経 175 度以东の北太平洋とベーリング海に分布している。この発見は、遺伝統計の高解像度分析によっても支持されており、すなわち北西太平洋と北東太平洋の間で結果が切り替わることが示された。

従って、全体として、今回の遺伝学的分析は調査海域に 3 つの系群が存在していることを示している。そのうち管理対象となり得る 2 系群は北太平洋に次のように分布している。（1）‘WNP’系群は主に東経 175 度以西の北太平洋とオホーツク海に分布。（2）‘ENP’系群は主に東経 175 度以东の北太平洋とベーリング海に分布。3 つ目の系群（SOJ）は日本海に分布しており、また上述の通り、コルテス海には、別の地域系群(SOC, Bérubé 他 2002 年論述参照。)の発見があるとされているが、これら 2 系群についてはただちに管理する必要はない。引用符付きの略語は系群名を示している。

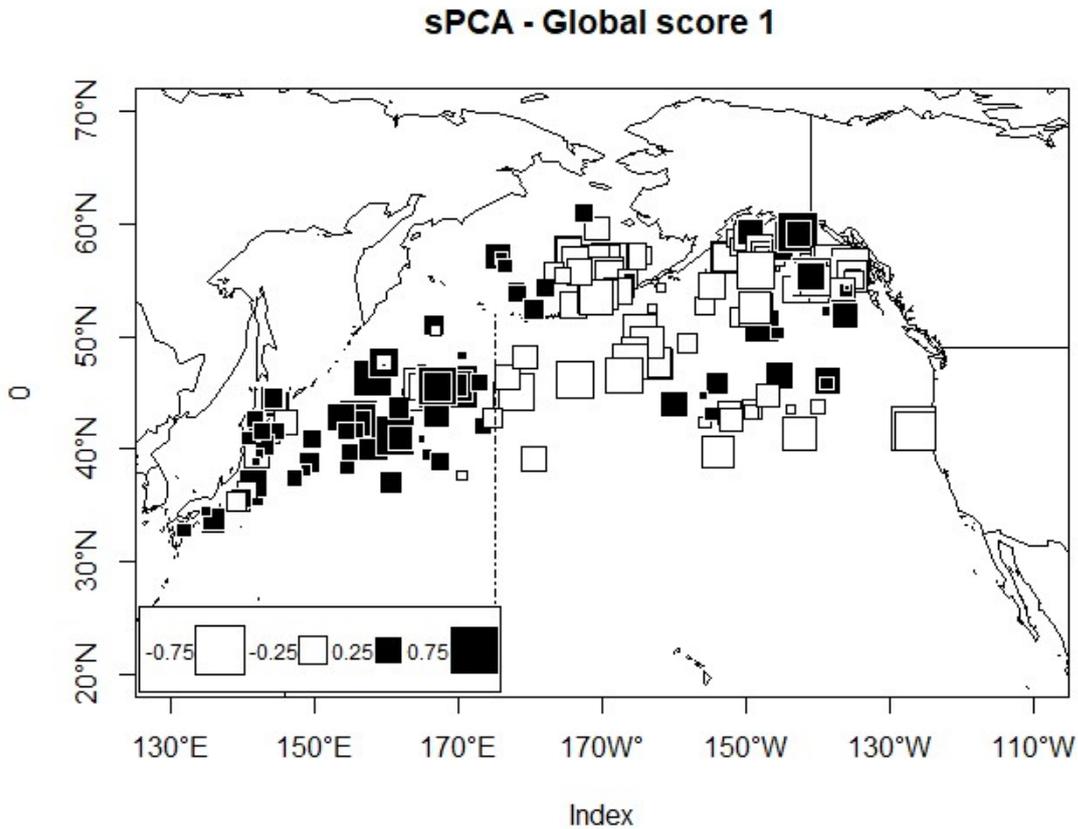
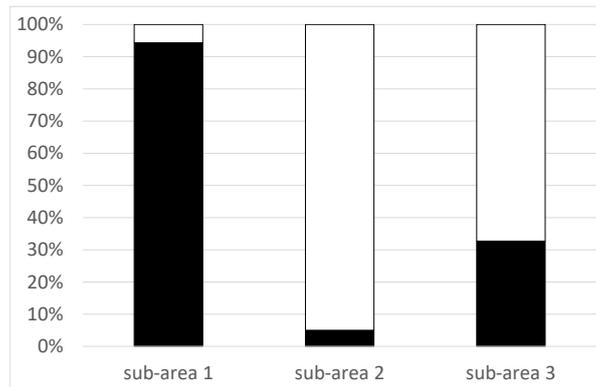


図 2：北太平洋ナガスクジラの sPCA で生成されたファーストグローバルスコアの地理的分布。黒と白の四角は二つの異なるクラスターを代示しており、四角の大きさで個体が当該クラスターに帰属する確率を示している。二つのクラスターは総じて、点線で示された東経 175 度付近で分離しているように見受けられる。

sPCA 分析では、‘WNP’系群と‘ENP’系群が異なる海域において異なる割合で混合していることも示唆されており、これは異なる程度の分化を示す F_{ST} 値とも合致している。従って、sPCA の割り当てに基づく‘WNP’系群と‘ENP’系群の比率がサブエリアごとに暫定的に算出された（図 3）（サブエリアの定義については 3.4 を参照されたい）。ファーストグローバルスコアが -0.2 未満の個体は‘ENP’系群に、 0.2 よりも大きい個体は‘WNP’系群にそれぞれ割り当てられている。この算出から‘WNP’系群の比率はサブエリア 1、2、3 でそれぞれ 94%、5%、33%となっている。（図 3）



系群	サブエリア 1	サブエリア 2	サブエリア 3
WNP (黒)	94%	5%	33%
ENP (白)	6%	95%	67%

図 3.サブエリアごとの sPCA ファーストグローバルスコアの割り当てに基づく‘WNP (黒)’系群と‘ENP (白)’系群ナガスクジラの混合比率

3.2 非遺伝学的研究の要約

Konishi 他 (2023) (今回の会合) は、北太平洋における過去及び現在の非遺伝学的な系群構造情報について簡潔な評価を行った。要約された非遺伝的情報には、捕獲位置分布、発見位置分布、生物学的データ、ディスカバリータイプの標識再捕データ及び衛星発信機の装着に関する情報が含まれる。

北太平洋においては、商業捕鯨の捕獲及び目視調査のデータに隔たりはないが、日本海/東シナ海と太平洋の間には商業捕鯨の捕獲データで明らかな隔たりが見られる。ディスカバリータイプの標識再捕データ記録と最近の衛星発信機の装着によるナガスクジラの移動では、北太平洋の東部と西部、ベーリング海、カリフォルニア沿岸での地域間の移動が観測されているが、その他の地域から日本海への移動は見られない。オホーツク海と北西太平洋の間でナガスクジラの頻繁な移動が観測されている。さらに、東シナ海とその他の海域では、いくつかの生物学的特性にも違いが見られる。

要約すると、全体として、検討された非遺伝学的情報のほとんどは、北太平洋とその隣接海域全体において、ナガスクジラの分布が連続的であることを示唆している。また、非遺伝学的情報からは、東シナ海/日本海と、北太平洋の他の海域との間ではナガスクジラに分離があることを示す証拠がいくつかある。

3.3 系群構造に関する仮説

Goto and Taguchi (2023) (今回の会合) は最新の遺伝学的分析及び非遺伝学的情報のレビューに基づき、最も妥当性のある系群構造仮説を特定した。当該仮説を本セク

ションで説明する。彼らは4系群構造仮説を提案している。4系群とは以下の通りである。

日本海/東シナ海系群（‘SOJ’）：主に日本海及び東シナ海に分布。本系群とその他の系群の分化を支持する遺伝学的及び非遺伝学的データが存在する。

北西太平洋系群（‘WNP’）：主に東経175度以西の北西太平洋沿岸及び沖合とオホーツク海に分布。本系群と主に北東太平洋で見られる系群の分化を支持する遺伝的データが存在する。

北東太平洋系群（‘ENP’）：主に東経175度以东の北東太平洋沿岸及び沖合とベーリング海に分布。本系群と主に北西太平洋で見られる系群の分化を支持する遺伝学的データが存在する。

コルテス海系群（‘SOC’）：コルテス海（カリフォルニア湾）に分布。他系群と分化したこの系群は、遺伝学的分析に基づき過去に提案されたものである(Bérubé 他, 2002)。

現行の管理対象となる系群は‘WNP’系群と‘ENP’系群である。これら2系群は図4において視覚的に示されているとおり、北太平洋の異なる海域において、異なる比率で地理的に混合している。混合比率の詳細はセクション3.1に記述している。

この系群構造仮説がサブエリアや小海区の定義の基礎となっている。

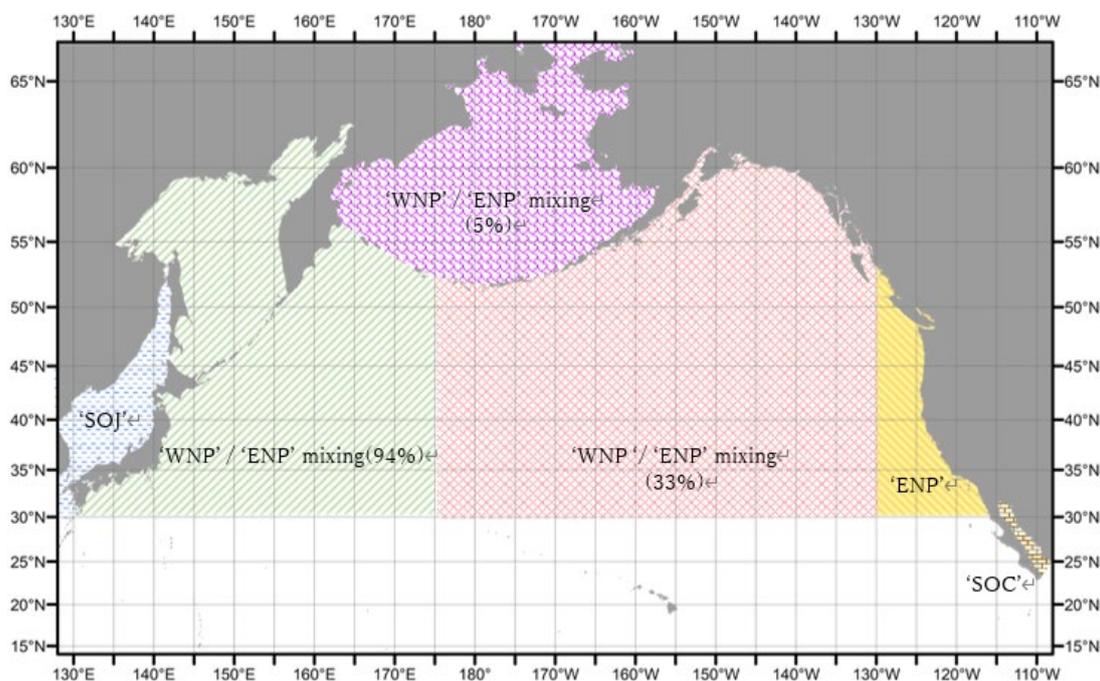


図4. 遺伝的及び非遺伝的データの組合せにより示唆される、北太平洋ナガスクジラの4系群構造仮説下の大まかな系群分布。網掛は各系群のコア分布を示す。括弧内の数字は‘WNP’系群の比率。

3.4 サブエリアの定義

管理対象海域（オホーツク海、北太平洋及びベーリング海）を4つのサブエリア（図5）に分割し、ナガスクジラの実施シミュレーション試験の実施に用いた（詳細はセクション8参照）。サブエリア1はオホーツク海及び北西太平洋（WNP）の、北緯35度以北かつ日本の東海岸と東経175度線の間と定義されている。サブエリア2はベーリング海と定義されている。サブエリア3は北東太平洋（ENP）の、東経175度から180度経線のセクターの北緯35度以北、及び、180度経線から西経135度のセクターの北緯40度以北と定義されている。

小海区（セクション3.5参照）を定義するために、西経160度線でサブエリア3を西側と東側に分割している。西側をサブエリア3W、東側をサブエリア3Eとする。

Taguchi and Goto (2023) (今回の会合) による経度方向の遺伝学的変異の結果に基づき、サブエリア1と3の経線方向の境界を定めている。サブエリア1と3の南側境界とサブエリア3の東側境界は、2017年から2022年の夏（7月～9月）に実施された目視専門調査の海域に倣って定義されている。これらの境界の南側からは、わずかな遺伝学的標本しか入手されていないことに留意すべきである。

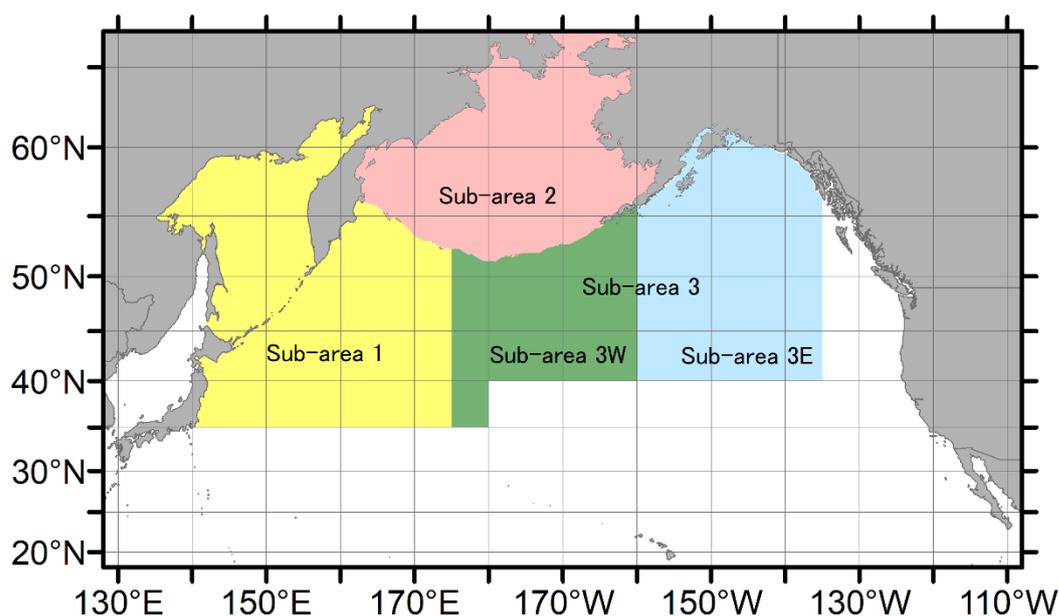


図5. 北太平洋ナガスクジラの実施シミュレーション試験 (IST) で使用された4つのサブエリア

3.5 小海区の定義

二つの小海区を次のように定義する。

i) サブエリア 1 は小海区

ii) サブエリア 1 とサブエリア 3W は小海区

捕鯨操業はサブエリア 1 のうち日本の領海及び EEZ 内で実施され、そこで捕獲されるナガスクジラのほとんどは‘WNP’系群であると予想されるが、図 4 に示した系群比率を考慮すると、‘ENP’系群のごく一部が捕獲される可能性もあることが留意された。

4. 資源量推定値

4.1 過去の研究からの資源量推定値

2003 年から 2014 年の 10 年間に、オホーツク海、北西太平洋、北東太平洋を含む様々な海域で、ライン・トランセクト法を用いて、日本の目視専門調査が実施された。 $g(0)=1$ と仮定した場合のこれらの目視調査による資源量の推定値を以下に示す。

オホーツク海では、資源量は 2003 年に 3,730 頭 ($CV = 0.310$) (Kato, 2009)、北西太平洋では 2008 年に 3,958 頭 ($CV = 0.425$) (Hakamada and Matsuoka, 2016)、オホーツク海東部海域 (EO) では 2005 年に 2,004 頭 ($CV = 0.385$) (Kato, 2009)、北東太平洋では 2010 年から 2012 年にかけて 30,982 頭 ($CV = 0.199$) (Takahashi 他、準備中) と推定された。

4.2 $g(0)=1$ と仮定した北太平洋における最近の資源量推定値

Takahashi 他. (2023a) (今回の会合) は、北太平洋全域を対象とした調査に基づき、北太平洋におけるナガスクジラの資源量を推定した。本セクションでは、その結果の概要を示す。

使用されたデータ

2020 年から 2021 年の夏季 (7 月から 9 月) に日本の目視専門調査が実施された (Katsumata 他、2021; 2022)。2017 年から 2022 年には IWC -POWER 目視調査が実施された (Matsuoka 他、2018; 2019; 2020; Murase 他., 2021; 2022; Morse 他., 2023)。これらの調査は全て 7-8 月に実施された。

これらの調査はいずれもこれらの年に、IWCSC の調査デザインガイドライン (IWC, 2012a) に従って、系統的に実施された。図 6 は当該調査のトラックラインと発見位置を示している。

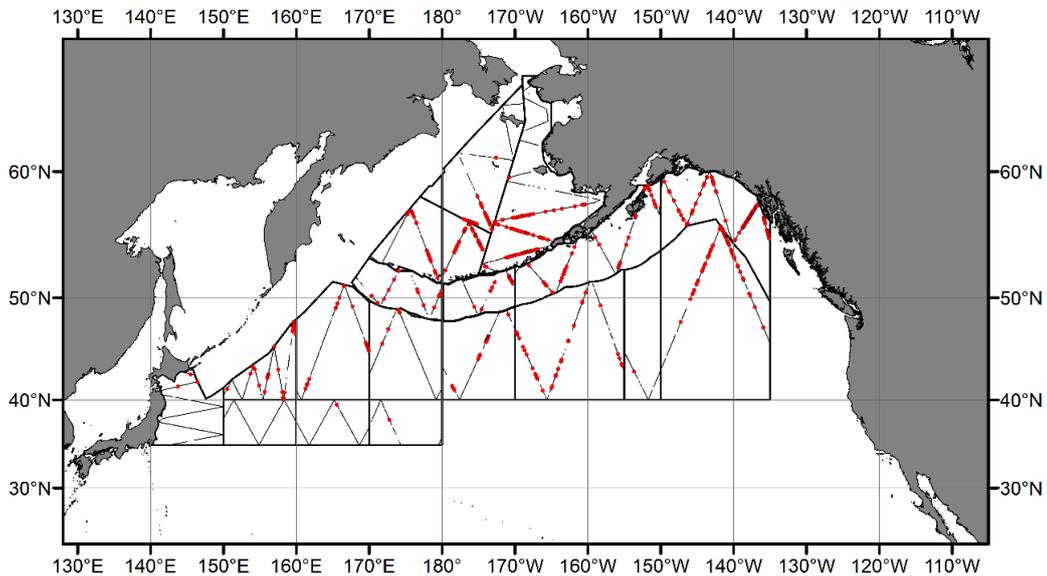


図 6. 2020 年から 2021 年に実施された日本の目視専門調査及び 2017 年から 2022 年に行われた IWC-POWER 調査のトラックライン及びナガスクジラの一次発見位置（赤い丸印）。これらの調査はすべて 7 月から 9 月に実施された。

分析手順

分析手順は、IWC-SC ガイドライン(IWC, 2012a)に従った。資源量を推定するに当たり、基本的には距離サンプリング法を適用している。資源量とその CV は Horvitz-Thompson 様推定量に基づいて推定された。算出にあたっては、従来通り本種の横距離 3.0 海里以上の発見を切り捨て、トラックライン上の発見確率を 1 ($g(0) = 1$) と仮定して実施した。発見関数の候補モデルとしてハザードレートモデルとハーフノーマルモデルが検討された。

群サイズ、ビューフォート風力階級、視界など、発見率に直接影響のある要因を考慮するために、それらは DISTANCE プログラム内の Multiple Covariate Distance Sampling の中で共変量として扱った。赤池情報量基準 (AIC) の値が最小のものを最良のモデルとして選定した。

結果

資源量推定値は、ベーリング海、北太平洋の西部と東部（180 度経線で分割）で計算された。表 1 で地理的海区別の資源量推定値を示している。

表 1.日本の目視専門調査（北西太平洋及び北太平洋中部）及び IWC-POWER 目視調査（北西太平洋、北太平洋中部、北東太平洋及びベーリング海）に基づく、 $g(0) = 1$ と仮定した地理的海区別の北太平洋ナガスクジラの資源量推定値

Geographical area 地理的海区	Year 年	Abundance 資源量	CV
Bering Sea ベーリング海	2018	9,885	0.201
Western North Pacific 北西太平洋	2020	4,405	0.241
Eastern North Pacific 北東太平洋	2020	37,297	0.181

4.3 $g(0) = 1$ と仮定したオホーツク海における最近の資源量推定値

Miyashita (2023)（今回の会合）は日露共同目視調査に基づき、オホーツク海のナガスクジラの資源量を推定した。その結果の要約は、本セクションに記されている。

使用したデータ

長らく制限されていたオホーツク海北東海域をカバーするため、2015年に日露共同プロジェクトによる最初の調査が開始された。以来、当該調査は、IWC/SC目視調査ガイドラインに従い、同じロシアの調査船を用いて毎年8月から9月に実施されている。

本船には海面から15mの高さにバレルが装備されており、2名の観察者がこのプラットフォームから定期的に目視を行っている。調査方式は、適切な気象条件のもとで、大型鯨類を対象とする接近方式であった。観察者は肉眼で一次観察を行い、種の同定や群サイズの推定を含む目視情報の確認のために双眼鏡を使用した。

図7に目視調査のために横断したトラックラインとナガスクジラの一次目視の位置を示す。

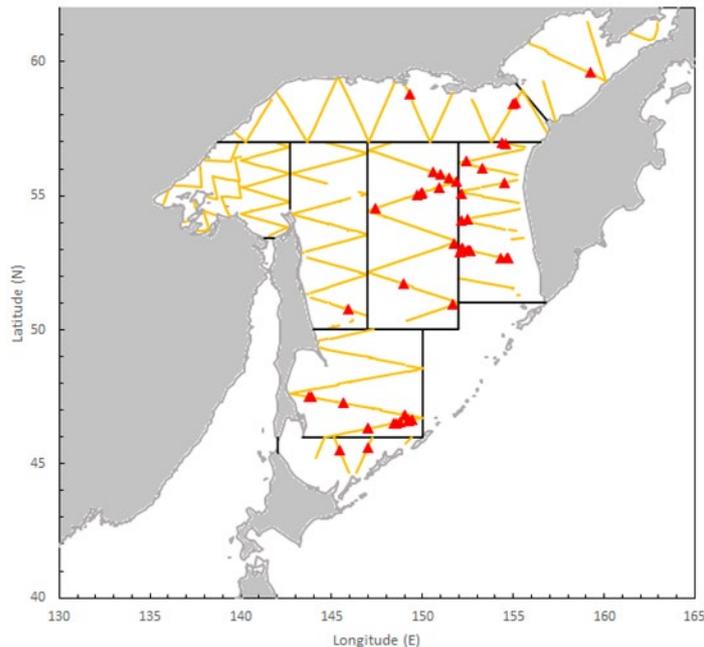


図 7. オホーツク海調査時に目視調査によって通過したトラックライン（黄色い線）とナガスクジラの一次目視の位置（赤い三角）。

分析手順

Distance 7.3 リリース 1 (Thomas 他、2010)の Multiple Covariate Distance Sampling (MCDS) エンジンを用いて分析を行い、資源量は Horvitz-Thompson 様推定量の発見確率に基づき推定された。横距離分布の当てはめの基本モデルはハーフノーマル及びハザードレートモデルで、気象条件（風力及び視界）や群サイズは共変量として考慮した。最適なモデルを選定するために AIC を用いた。

結果

最も当てはまりが良かったのは共変量なしのハーフノーマルモデルであった。総資源量推定値は 2,715 頭(CV 0.269, 95% CI 1,616 – 4,560)となった。

4.4 g(0)の推定

使用したデータ

この推定値を得るために、標識再捕様のデータ、すなわち独立観察者 (IO) データが、日本の目視専門調査及び IWC-POWER 目視調査の際に実施された IO モード調査で収集された。

分析手順

標識再捕距離サンプリング（MRDS）法を用い、見逃しによる知覚バイアスを含む $g(0)=1$ を仮定した資源量推定値を補正するための、トラックライン上の発見確率、すなわち $g(0)$ を推定した。MRDS 法の詳細については Laake and Borchers (2004) ならびに Burt et al. (2014) に記述されている。分析は R-DISTANCE(Thomas et al., 2010) の“mrds”パッケージを用いて行われた。本手法の現在のデータへの適用の詳細については Takahashi 他(2023b)（今回の会合）に記載されている。

他の観察者が発見している場合における、ある一人の観察者による発見確率は、次の共変量を持つロジスティック回帰によってモデル化された MR モデルによって導出された。当該共変量は、プラットフォーム（TOP または IO バレル）、群サイズ、ビューポート風力階級、見やすさ、視界である。候補モデルは北太平洋における最近の資源量推定において地理的層別化をした場合とそうでない場合の 4 つの IO データセットに当てはめた。最適なモデルは、AIC を用いて選択した。なお、少なくとも 1 人の観察者によるトラックライン上での発見確率は、条件付発見確率を用いて推定することができる。

結果

AIC により、プラットフォーム、群サイズ、および視界を共変量とする MR モデルと群サイズを共変量とする DS モデルからなるモデルが最適モデルとして選択された。最も当てはまりの良かった MR モデルから、別のプラットフォーム上の観察者によっても発見されている場合、一つのプラットフォームにおけるトラックライン上での発見確率は、トップバレルでは 0.864 (CV=0.031) で、IO プラットフォームでは 0.773 (CV=0.047) であった。少なくとも 1 人の観察者によるトラックライン上の発見確率は 0.967 (CV=0.012) であった。セクション 7 と 8 で言及する手法を用いて、これらの $g(0)$ 推定値で補正された地理的海区別の資源量推定値は、表 2 に示されていた。図 3 の混合率を用いると、‘WNP’系群及び‘ENP’系群に対応する表 2 の資源量推定値の合計は、それぞれ 19,299 頭 (CV=0.145)、35,430 頭 (CV=0.143) となる。

注：小海区別の管理目的のための資源量推定値の算出と、 $g(0)$ の使用については、セクション 7 と 8 で説明あり。

表 2. $g(0)$ 推定値で調整した地理的海区別の北太平洋ナガスクジラの資源量推定値

地理的海区	年	資源量	CV
オホーツク海	2019	3,142	0.271
ベーリング海	2018	9,885	0.201
北西太平洋	2020	4,405	0.241
北東太平洋	2020	37,297	0.181

5. 捕獲履歴

Yoshida and Maeda (2023) (今回の会合) は北太平洋におけるナガスクジラの捕獲履歴をまとめた。北太平洋におけるナガスクジラの捕獲シリーズは、北西太平洋ニタリクジラの捕獲シリーズ (IWC, 2008)の作成に用いたものと同じ手順に従い、最新のIWCの個別及びサマリー・キャッチデータベース・バージョン 7.1(Allison, 2020)から作成した。

北太平洋の鯨類に関する捕獲データについては、十分な信頼性をもって鯨種及び/又は操業海区に対して捕獲を割り当てるには、不十分な年もあった。鯨種が不特定の捕獲については、捕獲における鯨種の構成に関する入手可能な最良の情報を用いて、鯨種別に割り当てた。操業海区の情報がない鯨類については、種が判明している鯨類の海区別の比率を用いて海域別に割り当てている。捕獲された鯨類の正確な性比が不明の場合、50 : 50 の性比 (既知の鯨類の性比から導出) を用いて捕獲鯨類の性別を割り当てた。捕獲シリーズには、2004年から2021年の間に記録された北太平洋における鯨類の人為的死亡も含まれている。最後に、捕獲位置情報を用いて、それぞれのサブエリアに捕獲を割り当てた。また、ベスト及びハイ捕獲シリーズが構築されており、ハイ捕獲シリーズは、捕獲された種不明の鯨類が全てナガスクジラであると仮定して生成された (Yoshida and Maeda, 2023) (今回の会合)。

注：管理目的で用いる捕獲シリーズについては、セクション7、8に記述あり。

6. 生物学的パラメータ

Maeda and Hakamada(2023) (今回の会合) は生物学的パラメータに関する情報を簡潔にレビューした。著者らは、北太平洋ナガスクジラの生物学的パラメータは50年ほど前に推定された数値であり、管理上、古すぎると結論付けた。1975年の商業捕鯨の終了以降、資源量が増加しているのであれば、当時推定された生物学的パラメータ値も変化している可能性がある。

その一方で、北大西洋ナガスクジラの生物学的パラメータ値は、より近年に得られている。従って、2016年に実施された北大西洋ナガスクジラの *ISTs*(IWC, 2017)に用いられた関連する生物学的パラメータが、北太平洋ナガスクジラにも用いられている。

選択性の仮定については、1991年の北大西洋ナガスクジラの包括的評価で用いられた加入年齢の値を用いたが、これは2016年の北大西洋ナガスクジラの *ISTs* で用いられた手法では、捕獲時年齢データが欠如しており、北太平洋ナガスクジラを選択性パラメータ推定には適用できないためである。2016年の *ISTs* で用いられた0.08の自然死亡

率は、非現実的な高さである。他の大型ヒゲクジラの自然死亡率の推定値を考慮し、ベースケース・シナリオには 0.05 を、感度試験には 0.07 を使用する。

7. 捕獲可能量

セクション 3.5 で定義されている小海区 i) 及び ii) に CLA が適用された。CLA には相応する小海区の捕獲履歴データ及び資源量データが必要である。

7.1 CLA に用いた捕獲データ

Yoshida and Maeda (2023) (今回の会合) に基づき、1906 年から 2021 年の二つの小海区の捕獲履歴データを表 3、4 に示している。2022 年及び 2023 年の捕獲数は 2021 年と同じであるとみなした。

表 3. 北太平洋ナガスクジラの過去の捕獲履歴は、IWC DB Ver 7.1 に基づく 1906 年から 1975 年の商業捕鯨による捕獲と、各国による小海区 i) に関するプログレスレポートに基づく 2004 年から 2021 年の人為的死亡頭数 (Yoshida and Maeda, 2023) (今回の会合) から構成されている。

年	小海区		合計	年	小海区		合計
	M	F			M	F	
1906	12	12	24	1950	164	130	294
1907	31	30	61	1951	236	176	412
1908	72	72	144	1952	422	360	782
1909	41	42	83	1953	512	445	957
1910	105	104	209	1954	620	527	1147
1911	230	230	460	1955	264	271	535
1912	173	174	347	1956	355	319	674
1913	229	227	456	1957	258	262	520
1914	325	325	650	1958	277	272	549
1915	196	197	393	1959	214	198	412
1916	225	225	450	1960	239	243	482
1917	170	169	339	1961	236	185	421
1918	204	204	408	1962	198	175	373
1919	119	120	239	1963	529	587	1116
1920	115	115	230	1964	825	813	1638
1921	129	129	258	1965	312	302	614
1922	48	48	96	1966	288	307	595
1923	124	124	248	1967	384	473	857
1924	90	92	182	1968	398	403	801
1925	107	107	214	1969	315	305	620
1926	112	111	223	1970	170	168	338

1927	80	79	159	1971	157	147	304
1928	85	85	170	1972	287	240	527
1929	105	111	216	1973	77	73	150
1930	68	69	137	1974	48	50	98
1931	75	74	149	1975	27	22	49
1932	52	50	102	2004	0	0	0
1933	82	83	165	2005	0	0	0
1934	113	114	227	2006	0	0	0
1935	126	117	243	2007	1	0	1
1936	105	102	207	2008	0	1	1
1937	75	80	155	2010	0	0	0
1938	85	80	165	2011	0	0	0
1939	109	111	220	2012	0	0	0
1940	211	192	403	2013	3	3	6
1941	290	296	586	2014	1	0	1
1942	193	168	361	2015	0	0	0
1943	126	137	263	2016	0	1	1
1944	129	144	273	2017	0	0	0
1945	81	82	163	2018	0	0	0
1946	141	158	299	2019	0	0	0
1947	163	159	322	2020	0	1	1
1948	171	155	326	2021	2	1	3
1949	160	138	298	Total	13470	13072	26542

表 4. 北太平洋ナガスクジラの過去の捕獲履歴は、IWC DB Ver 7.1 に基づく 1906 年から 1975 年までの商業捕鯨による捕獲と、各国による小海区 ii) に関するプログレスレポートに基づく 2004 年から 2021 年までの人為的死亡頭数 (Yoshida and Maeda, 2023) (今回の会合) から構成されている。

年	小海区		合計	年	小海区		合計
	M	F			M	F	
1906	12	12	24	1950	171	134	305
1907	31	30	61	1951	241	180	421
1908	72	72	144	1952	435	373	808
1909	41	42	83	1953	520	453	973
1910	105	104	209	1954	737	650	1387
1911	230	230	460	1955	304	319	623
1912	223	223	446	1956	437	411	848
1913	229	227	456	1957	533	516	1049
1914	386	385	771	1958	550	478	1028
1915	253	254	507	1959	252	246	498
1916	256	256	512	1960	285	289	574
1917	205	204	409	1961	400	316	716
1918	250	250	500	1962	390	326	716
1919	183	185	368	1963	633	693	1326
1920	157	157	314	1964	1098	1070	2168

1921	129	129	258	1965	472	446	918
1922	102	102	204	1966	417	447	864
1923	170	170	340	1967	496	620	1116
1924	136	146	282	1968	437	452	889
1925	167	168	335	1969	452	443	895
1926	163	190	353	1970	195	194	389
1927	95	105	200	1971	197	178	375
1928	102	109	211	1972	327	273	600
1929	125	139	264	1973	84	81	165
1930	78	78	156	1974	50	55	105
1931	75	74	149	1975	29	27	56
1932	52	51	103	2004	0	0	0
1933	88	88	176	2005	0	0	0
1934	157	152	309	2006	1	0	1
1935	148	144	292	2007	1	0	1
1936	146	144	290	2008	0	1	1
1937	119	115	234	2010	0	0	0
1938	111	103	214	2011	0	0	0
1939	142	155	297	2012	0	0	0
1940	220	200	420	2013	3	3	6
1941	303	309	612	2014	1	0	1
1942	204	179	383	2015	0	0	0
1943	133	144	277	2016	0	1	1
1944	136	152	288	2017	0	0	0
1945	88	89	177	2018	0	0	0
1946	141	158	299	2019	0	0	0
1947	163	159	322	2020	0	1	1
1948	171	155	326	2021	2	1	3
1949	160	138	298	Total	16807	16353	33160

7.2 CLA に用いた資源量推定値

セクション4で記述したとおり、目視調査に基づく資源量推定値が算出された。CLA で使用する資源量推定値を算出するために必要な調査海域別の資源量推定値は表5の通りである。当該海域を示す地図は図8のとおり。

表5. CLA の適用に必要な資源量推定値の導出に用いた調査海域別の資源量推定値。海域とは図8に示した調査海域を指す。EOはオホーツク海東部海域。POWERは、当該調査がIWC-POWERプログラムの一部であったか否かを示す。期間は第1期(2003~2014年)または第2期(2017~2022年)。SAは、その海域が含まれるサブエリア。年は調査実施年の平均。AC(%)は調査対象海域の面積の割合。IOはIOモード調査が実施されたかどうかを示す。g(0)は適用するg(0)の点推定値。参考文献は1:

Kato (2009), 2: Miyashita (2023), 3: Hakamada and Matsuoka (2016), 4: Takahashi 他 (2023a), 5: Takahashi (準備中).

海域	POWER	期間	SA	年	資源量	CV	AC(%)	IO	g(0)	参考文献
オホーツク海	N	1回目	1	2003	3,730	0.310	81.6	N	0.864	1
	N	2回目		2019	2,715	0.269	90.9	N	0.864	2
JARPNII 海外EEZ 除く)	N	1回目	1	2008	3,958	0.425	100.0	N	0.864	3
	N	2回目		2020	2,696	0.324	100.0	Y	1.000	4
EO	N	1回目	1	2005	2,004	0.385	100.0	N	0.864	1
WNP_E (170E- 175E)	Y	1回目	1	2011	176	0.872	100.0	N	0.864	5
	Y	2回目		2021	884	0.465	100.0	Y	1.000	4
WNP JARPNII, EO及び WNP_E の合計)	-	1回目	1	2008	6,138	0.302 5	100.0	N	0.864	-
	-	2回目		2020	3,580	0.270	78.7	Y	1.000	-
ENP_W (175E- 160W)	Y	1回目	3 W	2011	7,143	0.346	100.0	N	0.864	5
	Y	2回目		2021	13,012	0.227	100.0	Y	1.000	4
ENP (175E- 135W)	Y	1回目	3	2011	31,480	0.218	100.0	N	0.864	5
	Y	2回目		2018	38,122	0.178	100.0	Y	1.000	4
ベーリング海	Y	2回目	2	2018	9,885	0.201	71.4	Y	1.000	4

管理海区における資源量推定値の導出は次のように行った。サブエリア 1 (すなわち、管理海区 i) の資源量推定値は、オホーツク海、JARPNII、EO、WNP_E の資源量推定値の合計である。管理海区 ii) の資源量推定値は、サブエリア 1 と ENP 西部 (東経 175 度-西経 160 度) の資源量推定値の合計である。IO モードが実施されなかった調査に基づく資源量推定値については、海域ごとの資源量推定値を合計する前に、TOP バレルの $g_{TOP}(0)=0.864$ ($CV=0.031$) で除した (Takahashi 他、2023b)。なお、RMP では未調査海区の資源量をゼロとして扱うため、未調査海区への外挿は行わなかった。このようにして、各管理海区での CLA に使用する資源量推定値を算出した (表 6)。

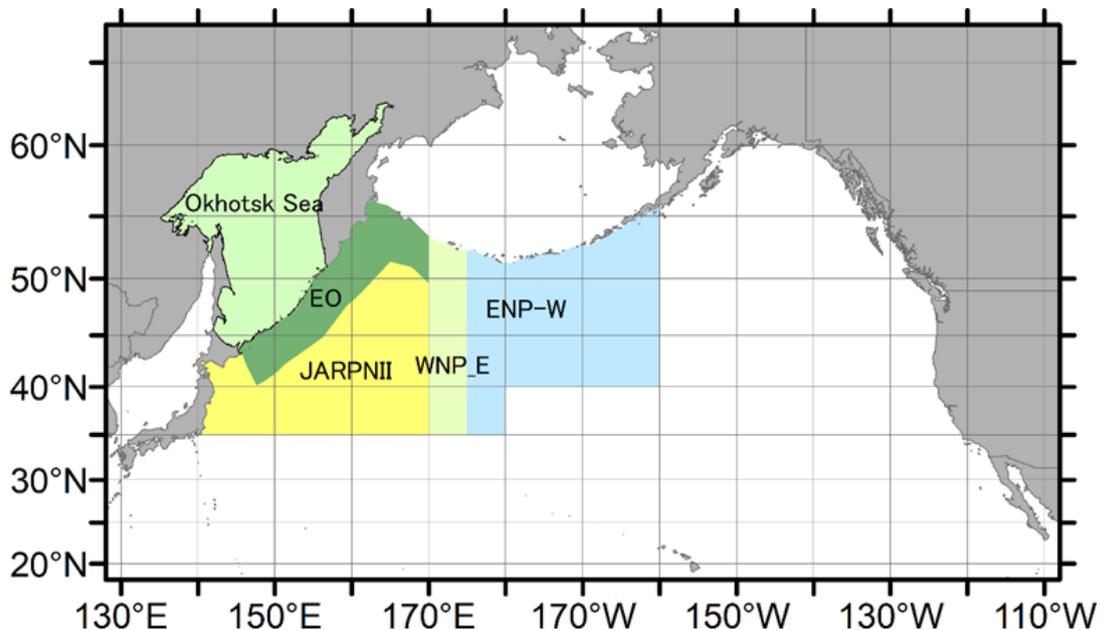


図 8. 表 5 中の海域を示す地図。サブエリア 1 は 4 海域（オホーツク海、EO、JARPNII、WNP -E）から構成されている。ENP -W はサブエリア 3 の一部である。小海区 i) はサブエリア 1、小海区 ii) はサブエリア 1 と 3W (ENP-W) からなる。

表 6. 資源量と $g(0)$ の推定値に基づく、小海区へ CLA を適用するための資源量推定値とその精度。

小海区 i)			小海区 ii)		
年	推定値	CV	年	推定値	CV
2007	11,421	0.224	2007	19,689	0.197
2020	6,722	0.191	2020	19,734	0.164

7.3 CLA の結果

表 7 は 2 つの管理オプション下の捕獲可能量を示す。表 3、4 に示すように、実際のメスの性比は 50% 未満であったために、性比による調整は不要であった。

表 7. 2 つの小海区における、チューニングレベルを 0.6 とした CLA に基づく北西太平洋ナガスクジラの捕獲可能量。

チューニングレベル	小海区 i) サブエリア 1	小海区 小海区 ii) サブエリア 1 及び 3W
0.6	60	205

8. 不確実性に関する試験 (ISTs)

いくつかの基本的な情報に関連する不確実性による影響結果を試験するために、二つの系群、すなわち‘WNP’系群及び‘ENP’系群をモデル化した北太平洋ナガスクジラの *ISTs* が実施され、北西太平洋で 100 年間捕鯨業が行なわれるというシミュレーションが実施された。図 5 で示される 3 つのサブエリアが *ISTs* で検討された。

8.1 コンディショニング

以下の説明は Allison and de Moor (2020) で繰り返し述べられている。上記のモデルの「フリー」パラメータは、各系群の初期（捕鯨業以前）資源量と混合マトリクスを決定する値である。これらの「フリー」パラメータの値を選択するプロセスは、コンディショニングとして知られている。コンディショニングのプロセスでは、まず以下の (a) と (b) のステップで詳述する 100 セットの「ターゲット」データの生成と、それぞれに個体群モデルを当てはめる（ブートストラップ法での）作業を伴う。 t 年開始時のサブエリア k の個体数は、初期個体群資源量の初期値から算出され、次に 2023 年までオペレーティングモデルで将来予測をし、生成されたデータと比較するために、系群別の資源量と混合比率の値を得る。

(a) 調査海區別の過去の資源量の‘ターゲット’値は、次式を用いて生成される：

$$P_t^E = O_t^E \exp[\mu_t^E - (\sigma_t^E)^2/2]。 \mu_t^E \sim N[0, (\sigma_t^E)^2]$$

P_t^E は t 年の調査海区 E の資源量

O_t^E は t 年の調査海区 E における実際の調査に基づく推定値

σ_t^E は O_t^E の CV (表 9)

(b) 混合海区の試験における混合率の‘ターゲット’は 0 と 1 で切り捨てる正規分布（平均値及び標準偏差は表 10 参照）から生成。

コンディショニングのための過去の資源量推定値

$g(0)=1$ と仮定した場合の実際の過去の資源量推定値と、それに関連する CV を、海区のカバー率や IO モード調査実施の有無などの調査情報と共に表 8 に示す。これらの推定値は 7 月から 9 月に実施された目視調査に基づいたものである。これらの推定値から、サブエリア 2（ベーリング海）を除き、2 つの異なる期間についてサブエリアごとの資源量推定値が入手可能である。これらの資源量推定値は、コンディショニングで使用する資源量推定値を導出するために用いられた。

表 8. コンディショニングに使用する資源量推定値を算出するために、 $g(0)=1$ と仮定した調査海域別の資源量推定値。海域とは図 9 に示した調査海域を指す。EO はオホーツク海東部海域。POWER は、当該調査が IWC-POWER プログラムの一部であったか

否かを示す。期間は第1期（2003～2014年）または第2期（2017～2022年）の別。SAは、その海域が含まれるサブエリア。年は調査実施年の平均。AC(%)は調査対象海域の面積の割合。IOは調査船に2つのプラットフォームがあり、IOモードの調査が実施されたことを示唆する。g(0)は適用するg(0)の点推定値。参考文献は1: Kato (2009), 2: Miyashita (2023), 3: Hakamada and Matsuoka (2016), 4: Takahashi 他 (2023a), 5: Takahashi (準備中).

海域	POWER	期間	SA	年	資源量	CV	AC(%)	IO	参考文献
オホーツク海	N	1回目	1	2003	3,730	0.310	81.6	N	1
	N	2回目		2018	2,715	0.269	90.9	N	2
JARPNII (海外EEZ除く)	N	1回目	1	2008	3,958	0.425	100.0	N	3
	N	2回目		2020	2,696	0.324	100.0	Y	4
EO	N	1回目	1	2005	2,004	0.385	100.0	N	1
WNP_E (170E-175E)	Y	1回目	1	2011	176	0.872	100.0	N	5
	Y	2回目		2021	884	0.465	100.0	Y	4
WNP (JARPNII, EO 及び WNP_E の合計)	-	1回目	1	2008	6,138	0.302 5	100.0	N	-
	-	2回目		2020	3,580	0.270	78.7	Y	-
ENP 西部 (175E-160W)	Y	1回目	3	2010	7,143	0.346	100.0	N	5
	Y	2回目		2021	13,012	0.227	100.0	Y	4
ENP (175E-135W)	Y	1回目	3	2011	31,480	0.218	100.0	N	5
	Y	2回目		2018	38,122	0.178	100.0	Y	4
ベーリング海	Y	2回目	2	2018	9,885	0.201	71.4	Y	4

Takahashi 他 (2023b) (今回の会合) は、北太平洋の調査について、トップバレル、IO、両プラットフォームのg(0)推定値を算出している。北太平洋とベーリング海で実施された最近の調査のように、2つのプラットフォーム（TOPとIO）を持つ調査船を

用いた調査（表 8 の Y）では、 $g(0)=1$ が用いられた。一方、北太平洋とオホーツク海で過去に実施された調査や、オホーツク海で最近実施された調査（表 8 の N）のように、1つのプラットフォームのみを使って実施された調査については、 $g(0)=0.864$ ($CV=0.031$)が用いられた。

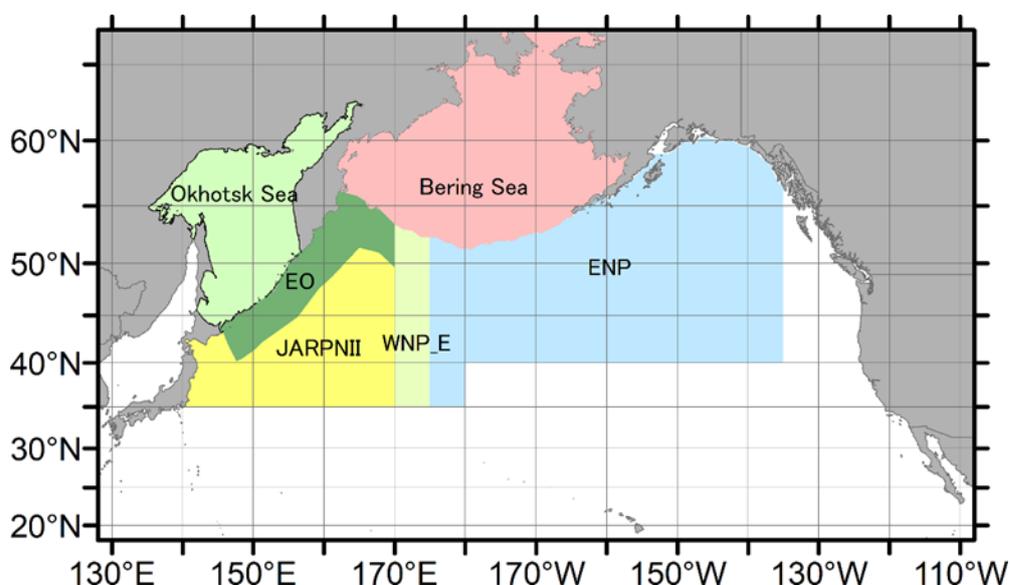


図 9. 表 8 の海域の地図。サブエリア 1 はオホーツク海、EO、JARPNII、WNP_E の 4 つの海域からなり、サブエリア 2 と 3 はそれぞれベーリング海と ENP である。

コンディショニングの過程では、オホーツク海、WNP、ベーリング海の資源量推定値を、個体群動態モデルの当てはめのために、表 8 の海域カバー率で除する（つまり、未調査海域に外挿する）。表 9 はコンディショニングの過程で使用するサブエリア別の資源量推定値を示す。

表 9. コンディショニングに使用するためのサブエリア別の過去の資源量推定値とそのサンプリング CV。IO モードを用いない調査に基づく資源量推定値は、トップバレルの $g(0)$ 推定値 0.864、 $CV=0.031$ を用いて調整した (Takahashi 他、2023b)。海域のカバー率も考慮されている。

サブエリア 1			サブエリア 2			サブエリア 3		
年	推定値	変動係数	年	推定値	変動係数	年	推定値	変動係数
2007	12,397	0.220	-	-	-	2011	35,859	0.201
2020	8,008	0.193	2018	13,842	0.201	2018	38,122	0.178

コンディショニングのための混合率

ISTでは、混合は決定論的であると仮定している。表 10 では各サブエリアの‘WNP’系群混合率を示している。年は、混合率の算出に使用するために標本を採集した年の平均である。

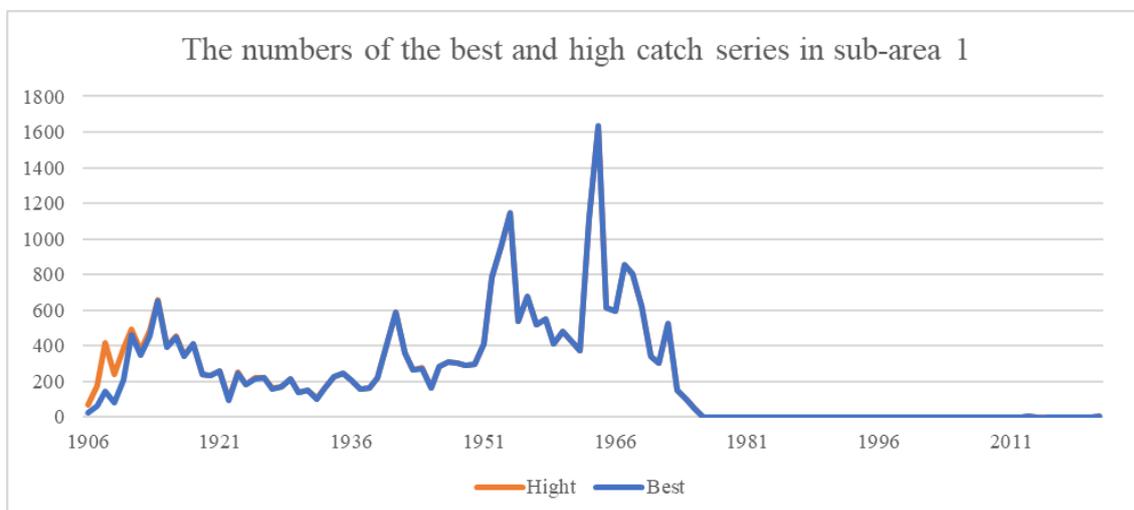
表 10. Taguchi and Goto (2023)に基づくサブエリアにおける‘WNP’系群の混合比率。標準誤差 (SE) は、混合率を二項分布と仮定して算出されている。

サブエリア 1			サブエリア 2			サブエリア 3		
年	比率	標準誤差	年	比率	標準誤差	年	比率	標準誤差
2007	0.943	0.009	2017	0.050	0.011	2007	0.327	0.031

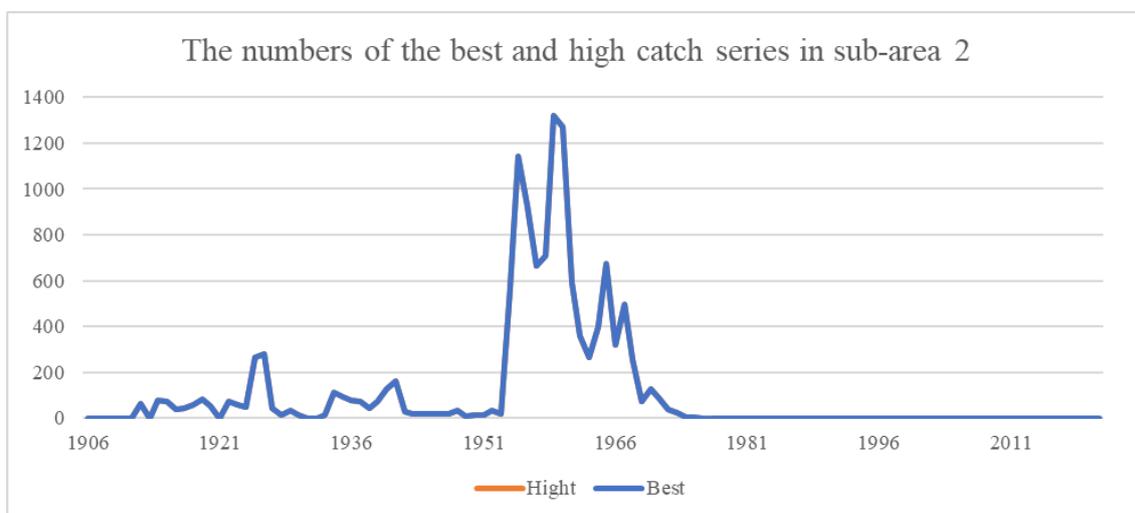
コンディショニングのためのサブエリア別捕獲履歴

Yoshida and Maeda (2023)は IWC catch data base ver 7.1 (Annex 1)に基づき、性別及びサブエリア別のベストとハイの捕獲シリーズを生成した。図 10 にサブエリア別のナグスクジラのベスト及びハイの捕獲シリーズの捕獲履歴プロットを示す。セクション 7 と同様に、2022 年及び 2023 年の捕獲頭数は 2021 年と同じと仮定している。

サブエリア 1 のベスト及びハイ捕獲シリーズの頭数



サブエリア 2 のベスト及びハイ捕獲シリーズの頭数



サブエリア 3 のベスト及びハイ捕獲シリーズの頭数

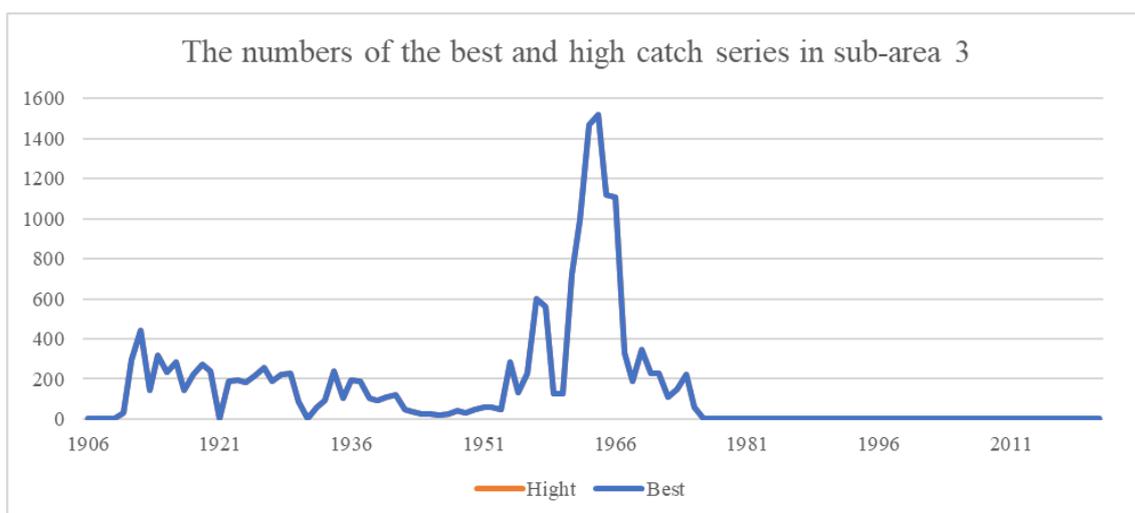


図 10. IWCDDB ver 7.1 に基づき作成された、1906 年から 2021 年の北太平洋ナガスクジラのサブエリア別年間捕獲のベスト及びハイシリーズのプロット。上段、中段、下段はそれぞれサブエリア 1、2、3 のものである（更なる詳細はセクション 5 を参照）。

8.2 試験

ISTs では、様々な試験シナリオとそれに相応するオペレーティングモデルを検討することで、不確実性を考慮している。

試験シナリオ

表 11 は試験で考慮された要因の一覧であり、表 12 は北太平洋ナガスクジラについて検討した *ISTs* の試験一覧である。北太平洋ナガスクジラ調査の追加分散推定値がないため、北西太平洋ニタリクジラについて推定された追加 CV 及びその上限値を用いた(Best: 0.335。 High: 0.737) (Allison and de Moor, 2020)。全ての要因において最良の値/データシリーズのみがインプットとして用いられたため（表 11 参照）、表 12 では F01-1 と F01-4 試験に高い妥当性が割り当てられた。以下、この 2 つの試験を「ベースケース試験」と呼ぶ。

表 11. 試験で考慮された要素。太字の値はベースラインの値である。

要素	考慮された値
MSYR	1% (1+), 4%(mature)
捕獲量	Best, High
自然死亡率係数	0.05 yr⁻¹ (Best), 0.07 yr⁻¹ (High)
推定 gTOP(0)	0.864 (Best), 1.0 (High)
追加 CV	0.335 (Best), 0.737 (High)

表 12. 北太平洋ナガスクジラの *IST* の試験及び妥当性リスト。最初の二つの試験はベースケース試験である。

試験	妥当性	MSYR*	自然死亡率	捕獲頭数	g(0)	追加分散
F01-1	H	1	Best	Best	Best	Best
F01-4	H	4	Best	Best	Best	Best
F02-1	M	1	Best	High	Best	Best
F02-4	M	4	Best	High	Best	Best
F03-1	M	1	High	Best	Best	Best
F03-4	M	4	High	Best	Best	Best
F04-1	M	1	Best	Best	High	Best
F04-4	M	4	Best	Best	High	Best
F05-1	M	1	Best	Best	Best	High
F05-4	M	4	Best	Best	Best	High

*:MSYR=1%は 1 歳以上の個体群に関連しており、MSYR=4% は成熟個体群に関連している。

8.3 管理方策バリエーション

将来の捕獲の全てはサブエリア 1 のみからの捕獲としてシミュレーションしている。3 つのバリエーション 0、1、2（以下これらのバリエーションを V0、V1、V2 と呼ぶ）が考慮されている。

V0: 将来捕獲なし（比較目的のため）。

V1: サブエリア 1 は小海区である。

V2: サブエリア 1 及びサブエリア 3 の西側の一画(東経 175 度-西経 160 度)を合わせた小海区である。

CLA 適用 (セクション 7) のために用いた資源量推定値と捕獲履歴は *ISTs* にも用いられている。

8.4 将来の調査計画

将来の調査はオホーツク海、北西太平洋、ベーリング海及び北東太平洋で実施される。サブエリア 1、2 及び 3 については 6 年ごとに 1 回調査される。これら 3 つのサブエリアの中には、他の沿岸国の EEZ も含まれており、当該 EEZ 内での調査実施については、当該沿岸国からの許可を得ることが条件となる。表 13 は 2023 年から 2028 年までの暫定的な調査計画を示す。試験ではこのパターンを 6 年ごとに繰り返している。表 13 の空白のセルは、少なくともナガスクジラの調査が計画されていないことを意味する。例えば、2023 年の北西太平洋のセルは、北緯 30 度以南でニタリクジラの調査が計画されているため空白である。ダブルプラットフォーム調査 (すなわち、IO プラットフォームの使用) は、表 13 に掲載されている、日露共同調査以外の全ての目視調査で計画されている。

将来のサブエリアにおける資源量推定値は、CLA で使用するため、以下の仮定に基づいて算出される。オホーツク海では、試験の中では 6 年ごとに 4 年目 (これらの調査が実施される年の平均) に 1 つの資源量推定値が得られると仮定する。同様に、WNP では 6 年ごとに 4 年目に 1 回、サブエリア 3 では 6 年ごとに 4 年目に 1 回の資源量推定値が得られると仮定する。オホーツク海の資源量と北西太平洋の資源量の比率は、過去の調査の平均的な比率である 3 : 5 と仮定する (セクション 7 の表 8 を参照)。

表 13. *ISTs* で想定される北太平洋ナガスクジラの暫定的な将来調査計画。同じパターンが 6 年ごとに繰り返されると仮定している。

年	サブエリア 1		サブエリア 2	サブエリア 3
	オホーツク海	北西太平洋	ベーリング海	北東太平洋
2023	Yes ^{*1}			Yes
2024	Yes ^{*1}	Yes ^{*2}		
2025	Yes ^{*1}	Yes ^{*2}	Yes	
2026	Yes ^{*1}		Yes	
2027	Yes ^{*1}	Yes ^{*2}		Yes
2028	Yes ^{*1}	Yes ^{*2}		Yes

*1: オホーツク海の調査海区は 9 ブロックに分けられており、毎年 1 又は 2 ブロックをカバーする。

*2: WNP の調査海区は 4 ブロックに分けられており、毎年 1 ブロックをカバーする。

注: 将来の調査の実施は、予算の確保と沿岸国からの許可次第である。

8.5 コンディショニングの結果.

以下の結果は、試験間で図に大きな差がないため、ベースケース試験 F01-1 及び F01-4 のみのプロットを表示する（図 11 と 12）。

(1) サブエリア別の 1 歳以上個体群のプロット

1 歳以上の個体群の決定論的結果（赤線）、中央値及び 90%の信頼区間。資源量推定値（ x ）はサブエリア別に 90%信頼区間とともに示している。青い点線は資源量推定値の追加分散値を示している。これらはコンディショニングには使用しないが、各サブエリアの将来の資源量推定値を算出する際に考慮される。

(2) サブエリア別の‘WNP’系群の混合率のプロット

サブエリア別の系群 1（‘WNP’系群）の比率に関する決定論的結果（赤線）、中央値及び 90%信頼区間。商業捕鯨標本及び調査標本から推定された比率（ x ）は、サンプリング標準誤差に基づく 90%信頼区間と併せて表示。

(3) 系群別の個体群内の成熟雌のプロット

同じスケールで示した系群別の成熟メスの決定論的結果（赤線）、中央値及び 90%信頼区間。

(4) 最初の 10 回分の個々の個体群動態を表示したサブエリア別の 1 歳以上の個体群のプロット

(1)と同様であるが、中央値と 90%信頼区間ではなく、最初の 10 回分の個々の動態を用いる。

サブエリア別の個体群動態や系群 1（すなわち‘WNP’系群）の比率のプロットは、モデルの推定値が過去の資源量や比率のデータとかなり一致していることを示唆している。

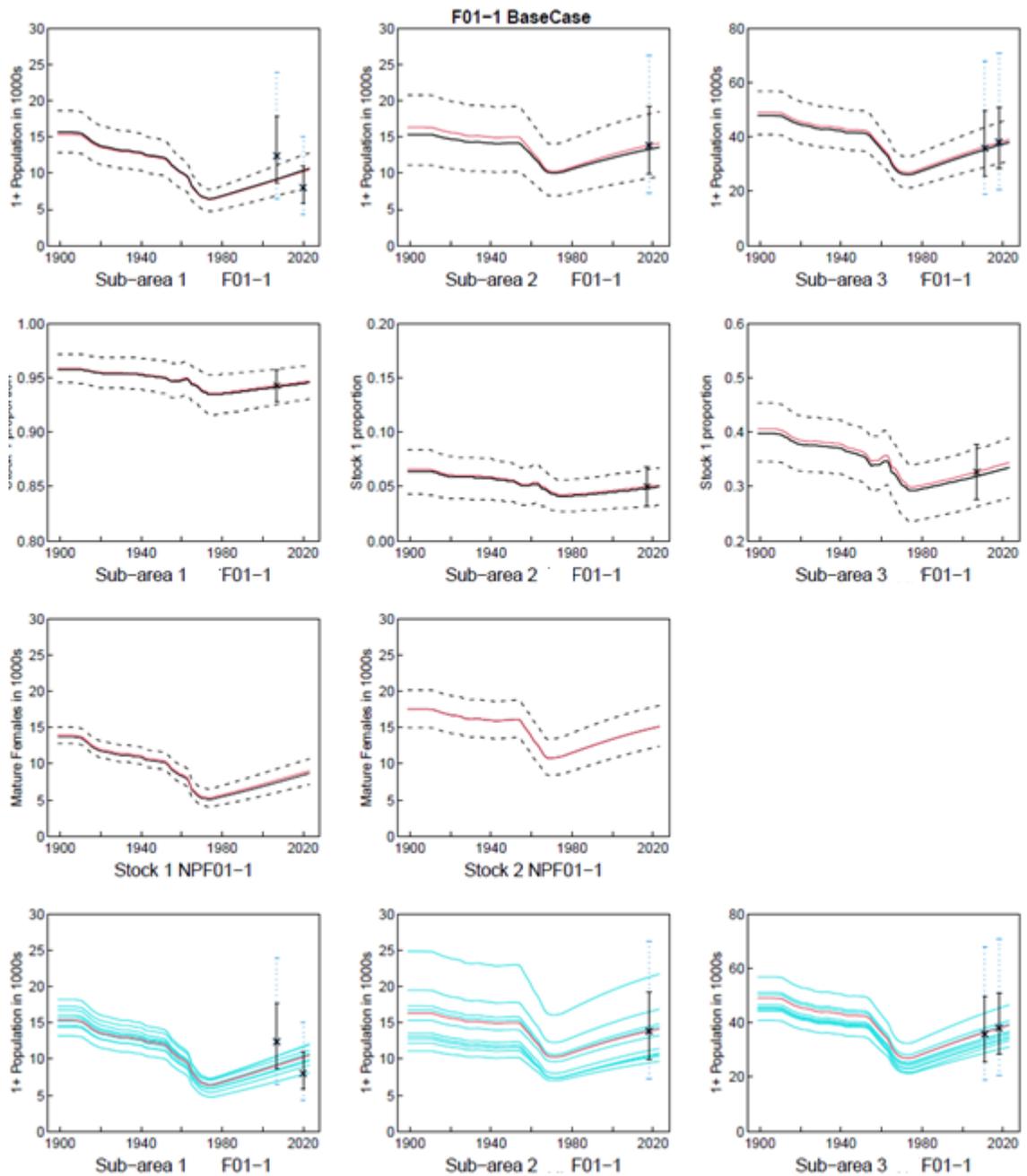


図 11.コンディショニングの結果を示すプロット。(1)サブエリア別の1歳以上個体群のプロット、(2)サブエリア別の「WNP」系群の混合率のプロット、(3)系群ごとの成熟雌個体群のプロット、(4)試験 F01-1 の最初の 10 回分の動態を用いたサブエリア別の1歳以上個体群のプロット。

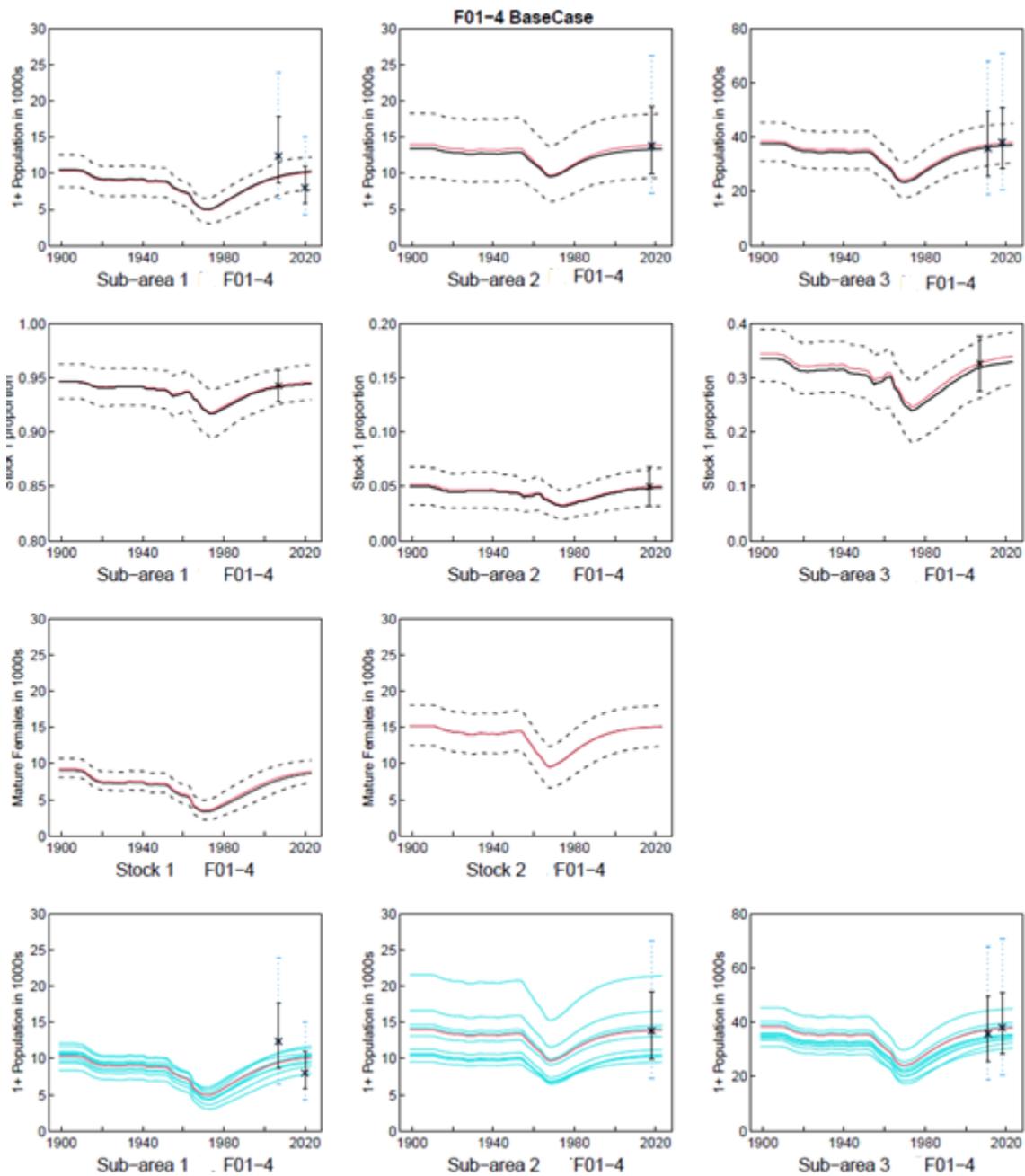


図 12. 試験 F01-4に関する図 11と同じプロット

8.6 試験の結果

本 IWC -RMPのようなアプローチについては、許容可能なパフォーマンスに関わる2つの指標がある。すなわち、MPの下での100年間の予測期間終了時の最終的な枯渇率 (P-fin) と最小枯渇率 (P-min、それぞれの試験における、これらの100年間の予測

期間の、個体数の偶発的な捕獲しかない場合（ナガスクジラの場合、そのような捕獲は非常に少ない）の個体数に対する比率の最小値として定義される）である。より困難な $MSYR=1\%$ の試験で、‘許容可能なパフォーマンス’を達成すれば、より高い $MSYR$ 値の試験でもこれらの要件を満たすことになるので、 $MSYR=1\%$ の試験においてのみ‘許容可能なパフォーマンス’の達成が要求される。2つの系群について、P-fin 及び P-min の下限の 5%点、 $MSYR=1\%$ での試験と 3つの管理方策バリエーションの全ての組み合わせで算出された（図 13）。

IWC(2012b)は、管理方策バリエーションの“acceptability(許容可能性)”を次のように正式に定義付けている。P-fin 又は P-min の下限 5%点は、図 13 の点線、すなわちチューニングレベルが 0.60（この MP に適用されるのと同じく）の MP の“同等の”単一系群での試験に相応する結果を反映している点線を上回らねばならない。

図 13 で示されるように、2つのパフォーマンス指標両方が、S1 系群(‘WNP’系群)と S2 系群(‘ENP’系群)の $MSYR(1+)=1\%$ の全ての試験で点線を上回っている。このことから、捕獲を伴う、精査された両方の管理方策バリエーション(V1 と V2)は許容可能である。

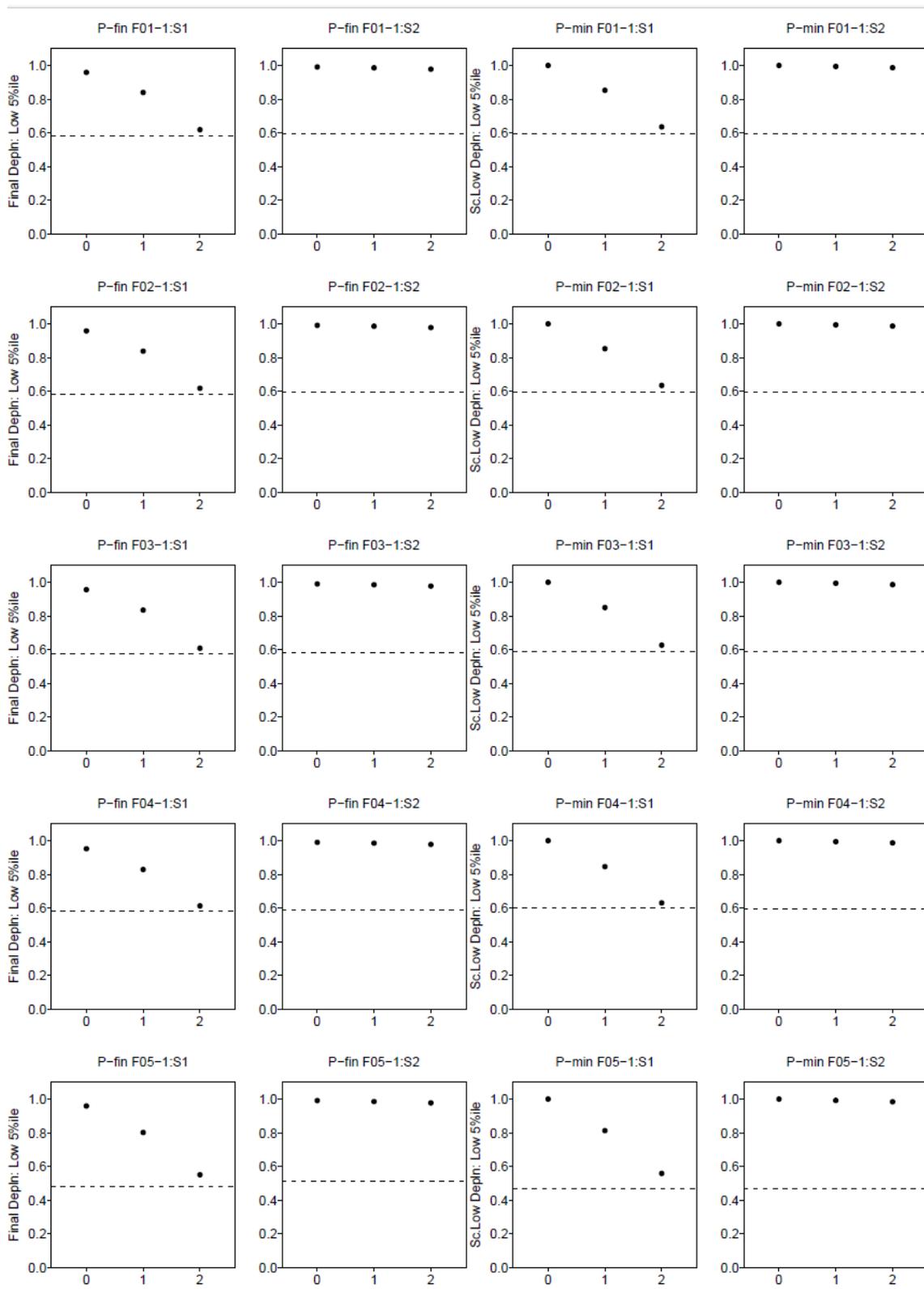


図 13. $MSYR(1+)=1\%$ の3つのRMPバリエントであるV0、V1、及びV2のパフォーマンスに関するサマリープロット。バリエントV0、V1、V2はそれぞれ横軸上で0、1、2と示されており、プロット図の黒丸は結果を示している。点線より上の黒丸が「許

容可能なパフォーマンスである。‘WNP’系群の最小枯渇率は S1、‘ENP’系群は S2 と記載されている。

9. 捕鯨と将来の生物学的調査

セクション 8.6 で言及しているように両方の管理方策バリエーションは許容可能である。日本政府は、より捕獲パフォーマンスの良い管理方策バリエーション V2 を採用することになっている。

CLA で使用するために、更なる資源量推定値を提供する将来の目視調査は、セクション 8.4 に記載される選択肢に従って実施する。捕獲された鯨類の生物学的データや標本の採集は、捕獲対象系群のモニタリングや、将来の試験で検討するシナリオの仕様を改良するために実施される。

10. 参考文献

- Allison, C. 2020. IWC individual and summary catch database Version 7.1 (23 December 2020).
- Allison, C. and de Moor, C.L. 2020. The specification for the *Implementation Simulation Trials* for western North Pacific Bryde’s whale. *J. Cetacean Res. Manage.* 21 (suppl.): 91-106.
- Archer, F.I., Brownell, Jr. R.L., Hancock-Hanser, B.L., Morin, P.A., Robertson, K.M., Sherman, K.K., Calambokidis, J., Urban R., J., Rosel, P.E. Mizroch, S.A., Panigada, S. and Taylor, B.L. 2019. Revision of fin whale *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) subspecies using genetics. *Journal of Mammalogy*, 100(5):1653–1670.
- Bérubé, M., Urban-Ramirez, J., Dizon, A.E., Brownell, R.L. and Palsbøll, P.J. 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, Mexico. *Conserv. Genet.* 3:183-190.
- 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.
- Fujino, K. 1960. Immunogenetic and marking approaches to identifying subpopulations of the North Pacific whales. *Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo* 15:85-142.
- Goto, M. and Taguchi, M. 2023. Genetic and non-genetic evidences supporting a four-stock structure hypothesis of fin whales in the North Pacific and surrounding areas. Paper RW/S23/05 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 3pp.
- Hakamada, T. and Matsuoka, K. 2016. The number of blue, fin, humpback, and North Pacific right whales in the western North Pacific in the JARPN II Offshore survey area. Paper SC/F16/JR13 presented to JARPN II review meeting, February 2016. (unpublished). 14pp. [Paper available at the IWC Office].
- International Whaling Commission. 2008. Report of the second intersessional workshop on the western North Pacific Bryde’s whale implementation. *J. Cetacean Res. Manage.* 10 (suppl.):449-510.
- International Whaling Commission. 2012a. Requirements and Guidelines for Conducting Surveys and Analysing Data within the Revised Management Scheme. *J. Cetacean Res. Manage.* 13 (Suppl.):507-18.
- International Whaling Commission. 2012b. Requirements and Guidelines for *Implementations* under the Revised Management Procedure (RMP). *J. Cetacean Res. Manage.* 13 (suppl.): 495-506.
- International Whaling Commission. 2017. *Implementation simulation trial specifications* for North Atlantic fin whales. *J. Cetacean Res. Manage.* 18 (suppl.): 138-160.
- Jombart, T., Devillard, S., Dufour, A.B. and Pontier, D. 2008. Revealing cryptic spatial patterns in genetic variability by a new multivariate method. *Heredity* 101:92-103.
- Katsumata, T., Yoshida, T., Isoda, T., Yamaguchi, F., Yamazaki, M., Takahashi, M., Murata, H. and

- Matsuoka, K. 2021. Results of the dedicated cetacean sighting surveys in the western North Pacific in 2020 summer season. Paper SC/68C/ASI/14 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2021 (unpublished). 17pp.
- Katsumata, T., Takahashi, M., Teruya, S., Watanabe, R., Irie, A. and Matsuoka, K. 2022. Results of the Japanese dedicated cetacean sighting survey in the North Pacific in 2021 summer season. Paper SC/68D/ASI/06 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2022 (unpublished). 18pp.
- Kato, K. 2009. Population study of the western North Pacific fin whales. Master's thesis of Tokyo University of Marine Science and Technology, 197pp. (in Japanese).
- Kim, J.H., Kim, H.W., Kim, E.M. and Sohn, H. 2018. Occurrence of the Omura's whale (*Balaenoptera omurai*) in Korean waters. Paper SC/67B/NH2 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, May 2018 (unpublished). 9pp.
- Konishi, K., Yoshida, H., Maeda, H., Matsuoka, K., Hakamada, T., Bando, T. and Tamura, T. 2023. A brief review of historical and current non-genetic information relevant to stock structure of North Pacific fin whales. Paper RW/S23/04 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 18pp.
- Laake, J.L. and Borchers, D.L. 2004. Methods for incomplete detection at distance zero. pp. 108–189. In: S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers and L. Thomas (eds). *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford.
- Maeda, H. and Hakamada, T. 2023. A review of the availability of relevant biological parameters of North Pacific fin whales. Paper RW/S23/10 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 3pp.
- Matsuoka, K., Taylor, J., Yoshimura, I., Crance, J. and Kasai, H. 2018. Cruise report of the 2017 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/67B/ASI/12 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2018 (unpublished). 46pp.
- Matsuoka, K., Crance, J., James, A., Yoshimura, I., and Kasai, H. 2019. Cruise report of the 2018 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/68A/ASI/04 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2019 (unpublished). 68pp.
- Matsuoka, K., Crance, J., Gilpatrick, J.W., Yoshimura, I., and Ohkoshi, C. 2020. Cruise report of the 2019 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/68B/ASI/20 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, May 2020 (unpublished). 57pp.
- Miyashita, T. 2023. Abundance estimate of fin whales in the Sea of Okhotsk using sighting data collected by Russia-Japan cooperative sighting surveys during 2015-2022. Paper RW/S23/07 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 10pp.
- Morse, L., Crance, J., Yoshimura, I., Katsumata, T. and Kasai, H. 2023. Cruise report of the 2022 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/69A/ASI/09 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2023 (unpublished). 47pp.
- Murase, H., Katsumata, T., Yoshimura, I., Fujii, S., Abe, N. and Matsuoka, K. 2021. Cruise report of the 2020 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/68C/ASI/05 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2021 (unpublished). 37pp.
- Murase, H., Gilpatrick, J.W., Yoshimura, I., Eguchi, H. 2022. Cruise report of the 2021 IWC-Pacific Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC-POWER). Paper SC/68D/ASI/03 presented to the International Whaling Commission Scientific Committee, April 2022 (unpublished). 34pp.
- Taguchi, M. and Goto, M. 2023. Genetic analyses on stock structure of fin whales in the North Pacific and adjacent waters based on mitochondrial and microsatellite DNA. Paper RW/S23/03 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 14pp.
- Takahashi, M., Hakamada, T. and Matsuoka, K. 2023a. Abundance estimates of fin whales in the North Pacific based on dedicated sighting surveys conducted in the period 2017-2022 assuming $g(0) = 1$. Paper RW/S23/06 presented to review workshop, September 2023. (unpublished). 9pp.
- Takahashi, M., Matsuoka, K. and Hakamada, T. 2023b. Progress in the estimate $g(0)$ for North Pacific fin whales and suggestions for abundance adjustments. Paper RW/S23/08 presented to review workshop, September 2023. (unpublished). 6pp.
- 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.

- 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):125-54.
- Weir, B.S., and Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38:1358-1370.
- Yoshida, H. and Maeda, H. 2023. Catch series for North Pacific fin whales based on the IWC data base. Paper RW/S23/09 presented to review workshop. September, 2023. (unpublished). 20pp.