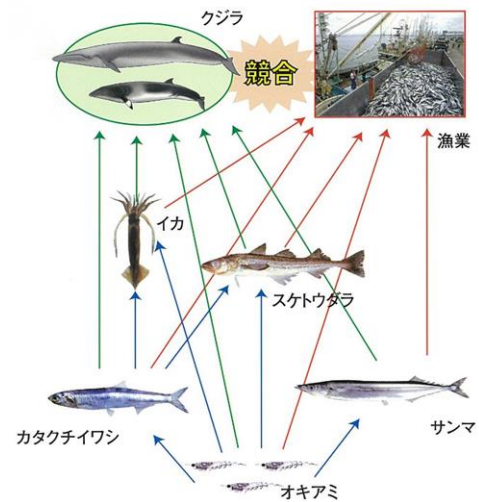


# JARPNIIの成果(2000-2016)



(一財) 日本鯨類研究所  
*Institute of Cetacean Research*



# 調査の目的

## \* JARPNIIとは？

JARPN IIは、クジラの目視調査及び捕獲調査と餌生物調査を含んだ長期間の包括的かつ大規模な調査であった。

### 鯨類目視調査

調査海域に分布している鯨類の種類と頭数を調べる。



### 鯨類捕獲調査

鯨を捕獲し、餌の消費量、汚染、系群構造に関する試料と情報の収集をする。



### 餌生物調査

捕獲調査が行われた海域で餌生物の分布や量を調べて、鯨類の餌の嗜好性に関する情報を収集する。



# 調査の目的

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

鯨類による餌生物の消費量

→ 複数種一括管理や漁業管理などに貢献

鯨類の餌生物の嗜好性

生態系モデリング

## \* 鯨類および海洋生態系における環境汚染物質のモニタリング

鯨類における汚染物質蓄積パターン

→ 汚染の将来予測と対策などに貢献

食物連鎖を通じた汚染物質の生物蓄積過程

環境汚染物質と鯨類の健康の関係

## \* 鯨類の系群構造の解明

→ RMPの管理海区の設定などに貢献

ミンククジラ (*Balaenoptera acutorostrata*)、ニタリクジラ (*B. edeni*)

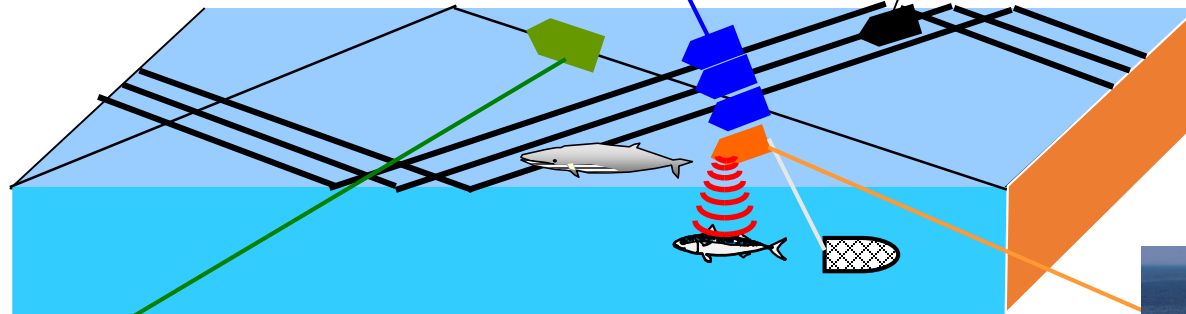
イワシクジラ (*B. borealis*)、マッコウクジラ (*Physeter macrocephalus*)

# 解析に必要とするデータ

JARPN IIで掲げた3つの主要目的を研究するため、多くの試資料が採集された。各主要目的での研究項目、解析ステップは多岐にわたり、複数の研究目的に跨る項目、解析ステップもあった。  
3つの主要目的に関して必要な研究項目、解析ステップについて、概念的図解を次スライドに示した。

## 鯨類捕獲調査

(鯨を捕獲し、餌の消費量、汚染、系群構造に関する試料と情報を収集する)



## 目視調査

(鯨類の種類と頭数を調べる)

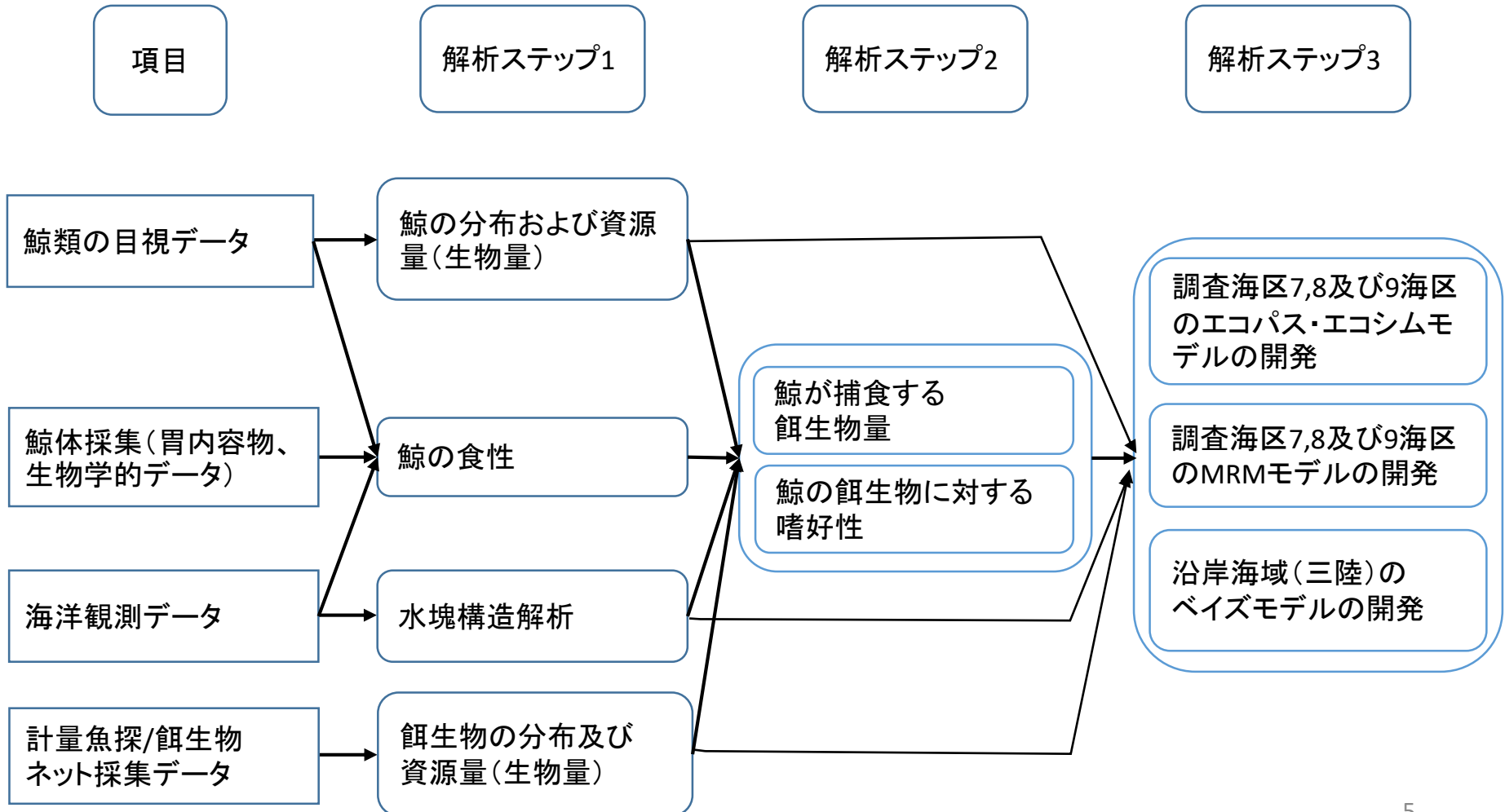
## 餌生物調査

(鯨類捕獲調査が行われた海域で餌生物の分布や量を調べ、鯨類の餌の嗜好性に関する情報を収集する)



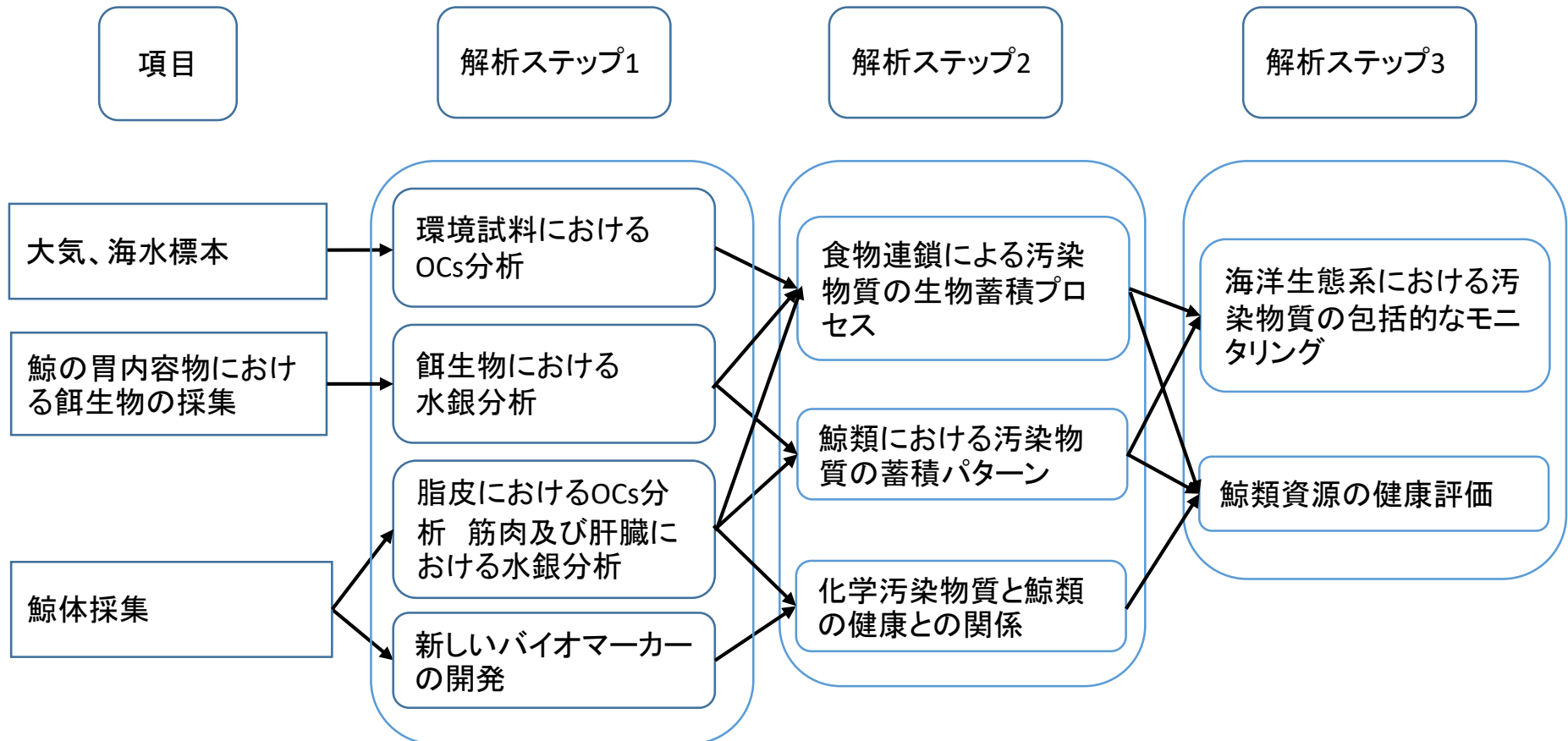
# 解析に必要とするデータ

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究



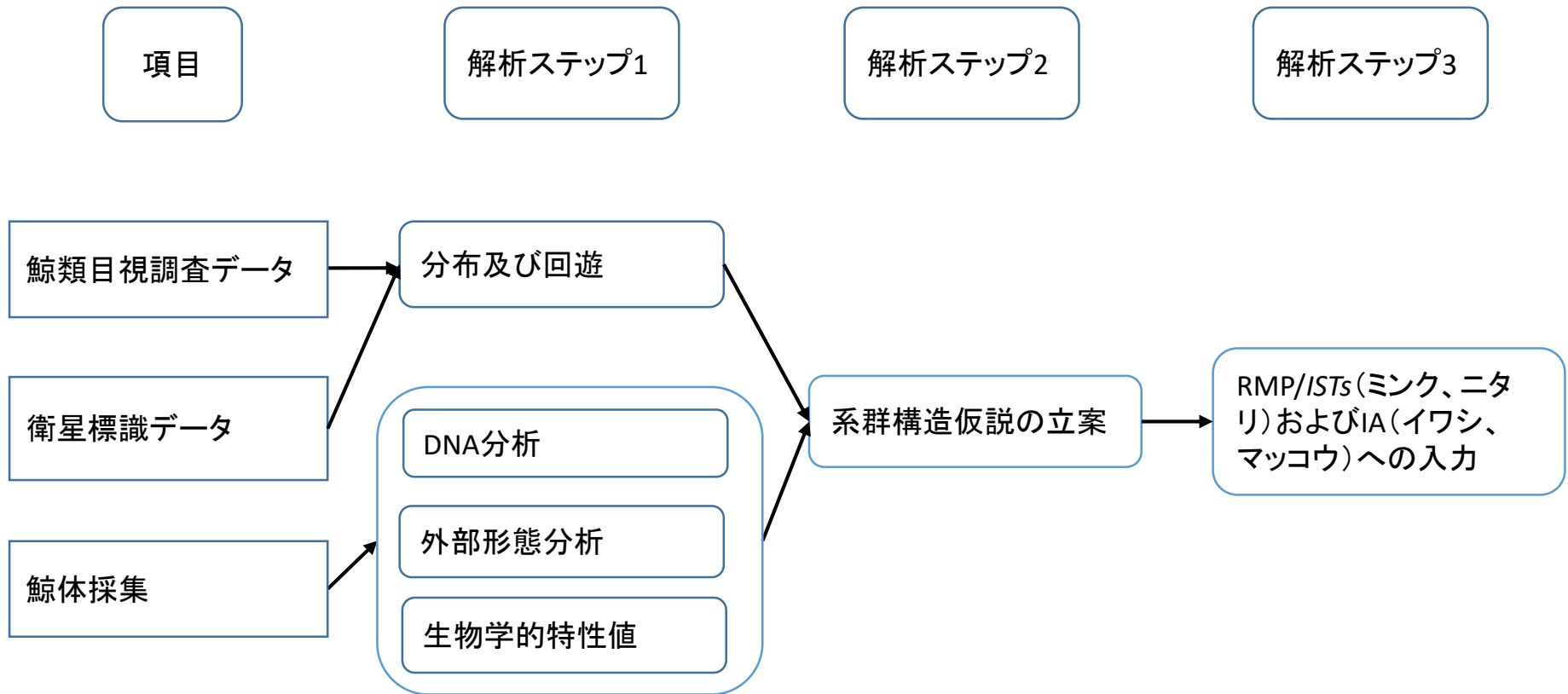
# 解析に必要とするデータ

## \* 鯨類および海洋生態系における環境汚染物質のモニタリング



# 解析に必要とするデータ

## \* 鯨類の系群構造の解明

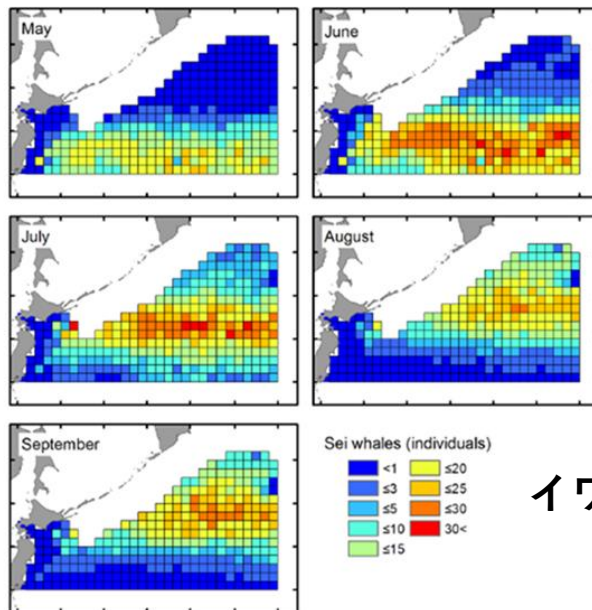


# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 鯨類の資源量推定

鯨の分布量は、目視調査のデータから推定する。北西太平洋では、多くのヒゲクジラ類は摂餌のために北上していくので、下図のように月を追うごとに分布が北に移動していく。これらの分布量は、調査海域における摂餌量を推定するために重要なデータとなる。



イワシクジラの月別分布

SC/F16/JR16



# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

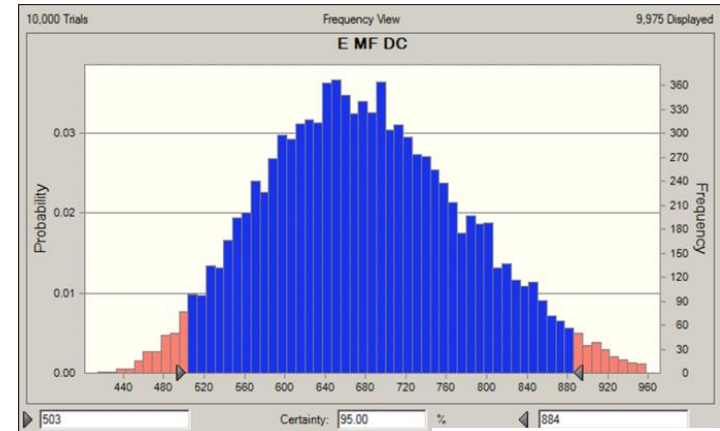
### モンテカルロシミュレーションによる不確実性を取り込んだ摂餌量推定

鯨類の摂餌量の推定に伴う様々な不確実性については、調査から得られたデータ等を精査してモンテカルロシミュレーション(乱数を発生させて確率実験を行う手法)を行うこと等により、大きく改善した。

これらのデータを基にして、各鯨種の成熟段階毎の1日当たりの摂餌量や各鯨類の摂餌期間中(5月から9月)の摂餌量を推定した。

### 不確実性を検討したパラメータ

1. 摂餌量推定式
2. 餌生物の含有エネルギー量
3. 鯨の体重
4. 同化効率
5. 摂餌期間と非摂餌期間の割合



SC/F16/JR15

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

沖合域での各鯨種の成熟段階毎の1日の摂餌量(kg) C.V.=0.2-0.3

鯨種	未成熟雄	成熟雄	未成熟雌	成熟雌
ミンククジラ	86-94	129-141	83-94	158-166
ニタリクジラ	419-434	577-637	417-428	642-707
イワシクジラ	397-421	514-539	436-468	610-647

SC/F16/JR15

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

モンテカルロシミュレーションによる調査海域(7、8及び9海区)の  
摂餌期間(5月から9月)における摂餌量(t)

JARPNIIによって、捕獲対象のミンククジラ、ニタリクジラおよびイワシクジラだけで、その捕食量は約100万トンと推定され、日本周辺に分布する約40種類の鯨類による捕食量は、莫大なものになると推察された。

5月から9月における3鯨種（ミンク、イワシ及びニタリクジラ）の  
総摂餌量（トン）と魚種別消費量（トン）

(2002年-2007年) **1.1 百万トン**

カタクチイワシ 67万トン、サバ類 4万トン、サンマ 5万トン

(2008年-2013年) **1.2 百万トン**

カタクチイワシ 72万トン、サバ類 7万トン、サンマ 6万トン

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 調査海域(7、8及び9海区)の漁業対象種に対するヒゲクジラ類の捕食の影響

日本全体の漁獲量は、1984年に約1,300万トンであったものが、2016年には約460万トンと約三分の一まで落ちている。商業捕鯨モラトリアムによって1986年以降、IWCで管理している鯨類の捕獲はゼロとなり、北西太平洋では1994年以降の鯨類捕獲調査のみで少数を捕獲してきた。JARPNIIIによって、**捕獲対象のミンククジラ、ニタリクジラおよびイワシクジラだけで、その捕食量は約100万トン**と推定され、日本周辺に分布する約40種類の鯨類による捕食量は、莫大なものになると推察される。これらの鯨類による捕食量推定については、PICES(北太平洋海洋科学機関)等を通じて、取り纏めを行っているところである。

日本全体の漁獲量	1984年	1,284万トン
	2016年	461万トン(約三分の一)

ミンククジラ、ニタリクジラ及びイワシクジラによる捕食量 **約100万トン**

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 調査海域(7、8及び9海区)の漁業対象種に対するヒゲクジラ類の捕食の影響

一例ではサンマの資源量が、2003年に約400万トンであったものが、2017年に約86万トンと大きく減少していた。一方、JARPNIIによって、捕獲対象のミンククジラおよびイワシクジラだけで、そのサンマの捕食量は5～6万トンと推定され、**わずか2種類による捕食量が日本全体のサンマ漁獲量に匹敵する**ことが明らかとなった。

日本近海のサンマ資源量	2003年	約400万トン
	2017年	約86万トン(約五分之一)
日本全体のサンマ漁獲量	2016年	約11万トン
	2017年	約8万トン

ミンククジラ及びイワシクジラによるサンマの捕食量 **5～6万トン**

# JARPNIIの解析成果

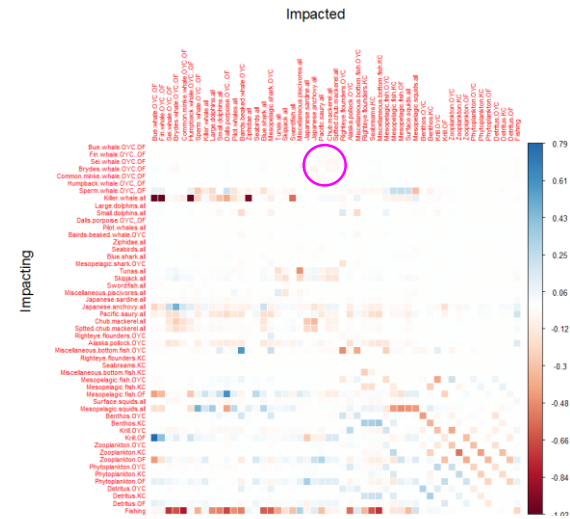
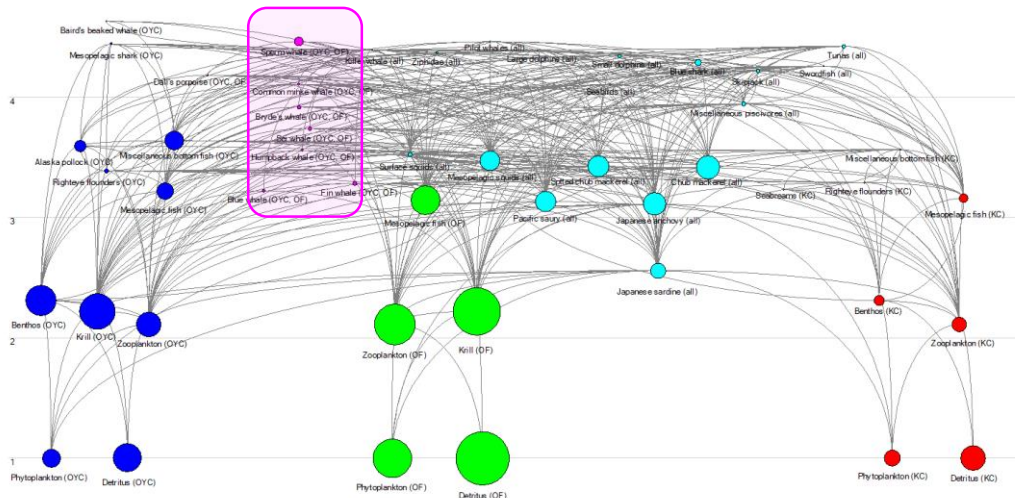
## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 調査海区7,8及び9海区のエコパス・エコシムモデルの開発

エコパス・エコシムモデルを用いて、2013年時点の調査海域における生態系を取りまとめた(下左図)。次に、2013年時点での海洋生態系におけるヒゲクジラによる捕食の影響を調べたところ、表層小型浮魚類(カタクチイワシ、サンマ、サバ類)に対して、弱いながらも鯨類による捕食の影響が認められた(下右図)。

2013年

Baleen whales



SC/F16/JR28

# JARPNIIの解析成果

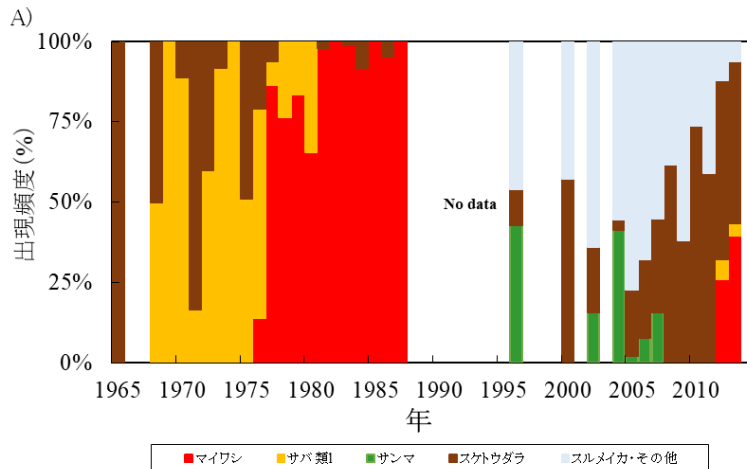
## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 沿岸漁業とクジラの関係

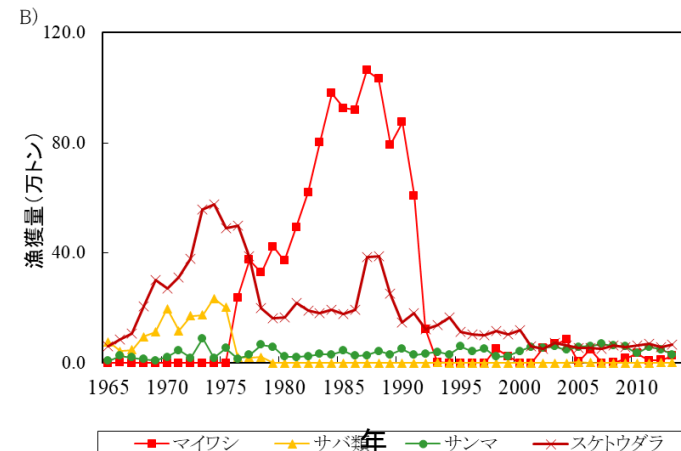
ヒゲクジラは餌生物の経年的な変動に応じて、利用する種を柔軟に変更することが明らかになった。下図は釧路沖でのミンククジラの食性(左下図)と漁獲量(右下図)の経年変化であるが、ほぼ一致していた。近年では、再びサバ類やマイワシがミンククジラの餌生物として利用されている。

沿岸漁業も、基本的には多く存在する魚種を利用することから、沿岸域での漁業とクジラの間には、競合(=同じ種類の魚を取り合うこと)が生じていると考えられる。釧路などでは灯火で集めたサンマをミンククジラが横取りしてしまうことも知られており、鯨類の分布と漁業との関係の調査は重要である。

SC/F16/JR16



釧路沿岸域でのミンククジラの主要餌生物の割合



釧路沿岸域での主要魚類の漁獲量

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### モンテカルロシミュレーションによる三陸(春季)における摂餌量(t)

JARPNIIにおける三陸沖調査では、主要餌生物としてイカナゴが主要餌生物として卓越していた。ミンククジラの分布量が明らかとなっている2005年、2006年および2012年では、三陸沖の3月中旬から6月中旬までの90日間のミンククジラの捕食量はそれぞれ4,500トン、2,200トンおよび1,100トンであったが、そのうちイカナゴの消費量はそれぞれ2,300トン、1,000トンおよび470トンと推定された(下表)。

三陸沿岸域でのミンククジラの成熟段階別の摂餌量 (kg)

成熟段階	日間摂餌量 (kg)
未成熟雄	84-95
未成熟雌	88-100
成熟雄	154-175
成熟雌	178-203

三陸沿岸域でのミンククジラによる餌生物別捕食量(トン)

調査年	摂餌量(トン)			
	オキアミ	イカナゴ	カタクチイワシ	合計
2005	1,553	2,338	606	4,498
2006	758	1,033	363	2,154
2012	356	472	269	1,097
平均	889	1,281	413	2,583



# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 沿岸海域(三陸)のベイズモデルの開発

仙台湾における重要な漁業対象種であるイカナゴは、ミンククジラによって捕食される主要餌生物でもある。イカナゴについて、Stage-basedモデルの適用による資源動態の解析を試み、更にミンククジラの捕食の影響についても評価することを目的としている。このモデルでは、コウナゴ、メロウドそれぞれの資源動態をベイズ法を用いて推定した(下表)。

	中央値 (90% CI)	割合
イカナゴの過去10年間の平均資源量(トン)	20,147 (15,112 – 32,829)	
イカナゴの過去10年間の平均漁獲量(トン) *2011年及び2012年除	4,018	19.9%
ミンククジラの平均捕食量(トン)	1,282	6.3%

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 仙台湾内のイカナゴ資源に対するミンククジラの捕食の影響について

JARPNIIの調査結果から、ミンククジラによるイカナゴの捕食量が、資源量の約6%に相当することが明らかとなり、漁獲量の約3分の1にも達していることから、イカナゴ資源に対するミンククジラの捕食量は無視できず、より詳細な解析が必要であることが明らかとなった。

また、2011年の東日本大震災以降、イカナゴの漁獲努力量や漁獲量が減少しているにも関わらず、資源状態があまり回復していないことを考慮すると、他の要因、例えばミンククジラやヒラメなどのイカナゴの捕食生物が寄与しているのではないかと考えられており、現在東京海洋大学や東北水産研究所とともに、取り組みが進められている。



仙台湾で採集したミンククジラの第一胃(イカナゴ)

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

- 2000年以降、4回の目視調査を実施した結果、春先の三陸沖には、ミンククジラが100～400頭前後分布することが推定された。
- しかしながら、調査のDI(クジラの発見密度指数)は減少傾向を示しており、特に東日本大震災以降で顕著であった。
- 春先のミンククジラは、仙台湾を北上途中の餌場の一つとして利用していると考えられるが、東日本大震災以降は好適な餌場ではなくなったことを示唆しているのかもしれない。

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### モンテカルロシミュレーションによる釧路(9月及び10月)における摂餌量(t)

JARPNIIにおける釧路沖調査では、ミンククジラの分布量が明らかとなっている調査年では、ミンククジラの捕食量は780～3,400トンと変動していたが、主要餌生物もスルメイカ、カタクチイワシ、スケトウダラと大きく変化した。しかしながら、いずれも重要な漁業対象種であることが判明した(下表)。

#### 釧路

Year	Numbers of whales	Consumption (tons)	CV	95% CI LL	95% CI UL
2002	551	3,469	0.17	2,747	5,436
2004	338	2,182	0.23	1,436	3,446
2005	290	2,601	0.23	1,569	3,757
2006	221	1,596	0.19	1,128	2,370
2007	130	782	0.25	568	1,515
2012	433	3,264	0.22	2,408	5,838
Average	407	2,316	0.21	1,643	3,727

Year	Prey consumption (tons)						
	Krill	Anchovy	Sardine	Saury	Mackerels	Pollock	Squid
2002	488	665	0	460	0	791	1,066
2003	-	-	-	-	-	-	-
2004	49	1,204	0	843	0	85	0
2005	627	220	0	18	0	1,546	190
2006	11	971	0	198	0	264	153
2007	41	338	0	170	0	233	0
2012	409	2	724	0	154	1,421	554
Average	271	567	121	282	26	723	327

780～3,400トン

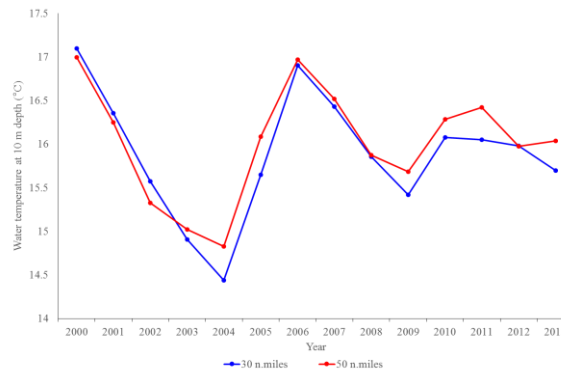
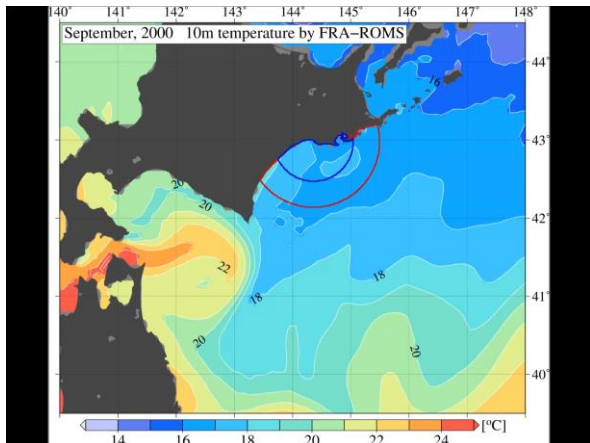
SC/F16/JR16

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 釧路沿岸域の魚資源に対するミンククジラの捕食の影響について

JARPNIIの調査結果から、釧路周辺では水温の経年変化が激しく、ミンククジラの主要餌生物も大きく変化していた。ミンククジラは環境の変化に柔軟に対応し、餌生物を利用しているが、いずれも重要な漁業対象種となっており、ミンククジラの捕食による漁業との競合も生じていると考えられる。



FRA-ROMSによる釧路周辺の水温変化

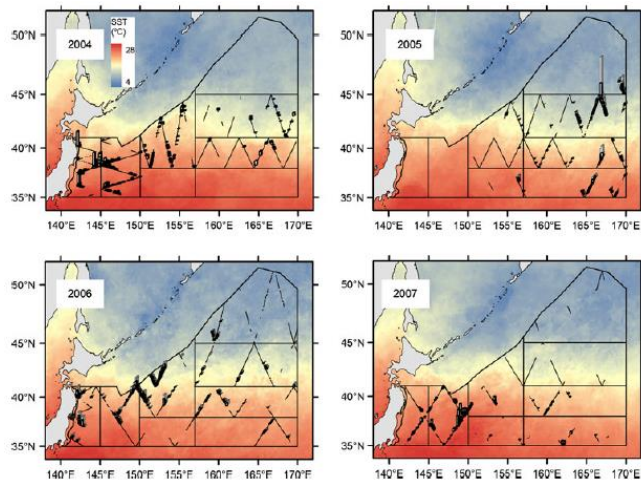
SC/F16/JR06

# JARPNIIの解析成果

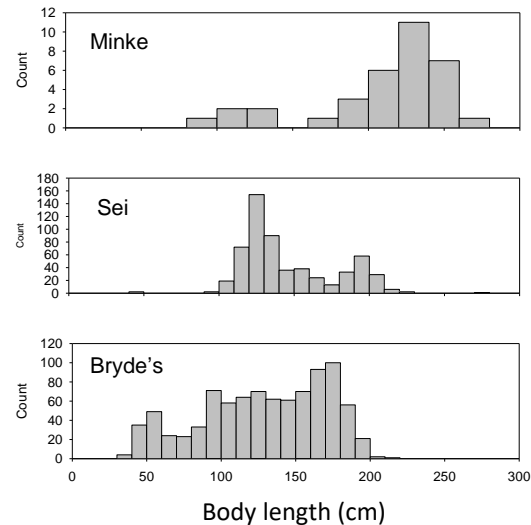
## \* 鯨類の摂餌生態および生態系モデリングの研究

### 海洋生態系の管理への貢献について

JARPNIIでは、鯨類の管理のみならず、海洋生態系の管理も目標に掲げていた。具体的には、2000年代の主要餌生物であったカタクチイワシの計量魚探を用いた資源量推定、鯨類の胃内容物として得た標本の解析による主要魚種の体長組成などがあげられる。これらのデータは、国立研究開発法人水産研究・教育機構による主要魚種(マイワシ、カタクチイワシ、マサバ等)の資源評価の一助として活用されている。



計量魚探によるカタクチイワシの分布



胃内容物から認められたサバ類の体長組成

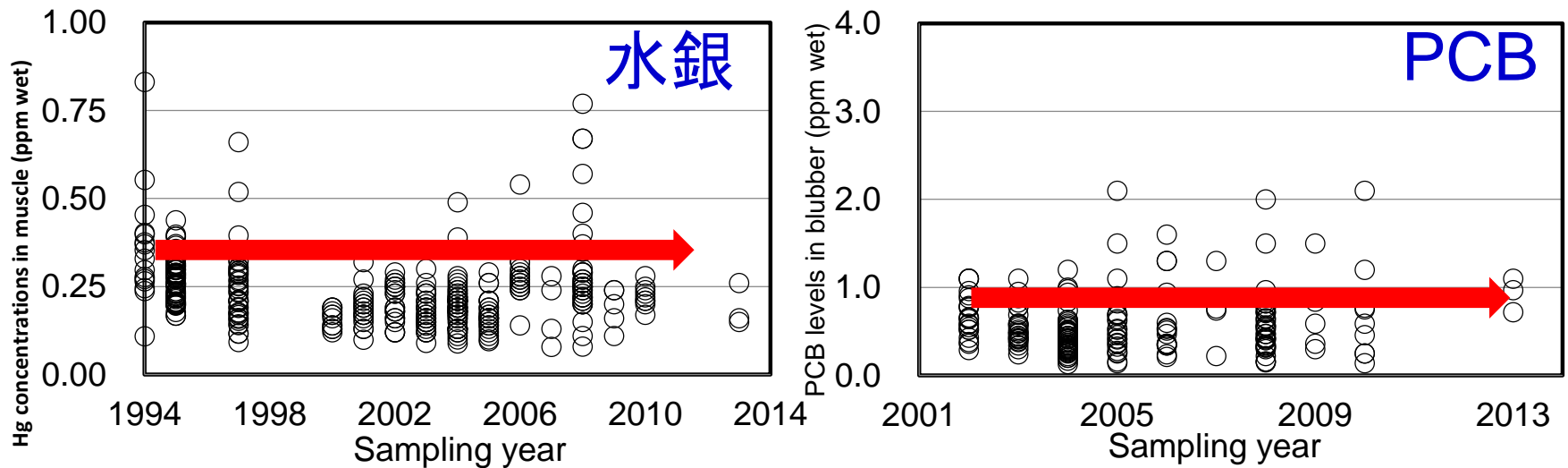
SC/F16/JR18、JR19

# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類および海洋生態系における環境汚染物質のモニタリング

北西太平洋のヒゲクジラ類の水銀及びPCB濃度には、一部海域のミンククジラの水銀濃度を除いて、経年変化は認められなかった(下図)。

例:ミンククジラ (9海区)



SC/F16/JR30, JR31

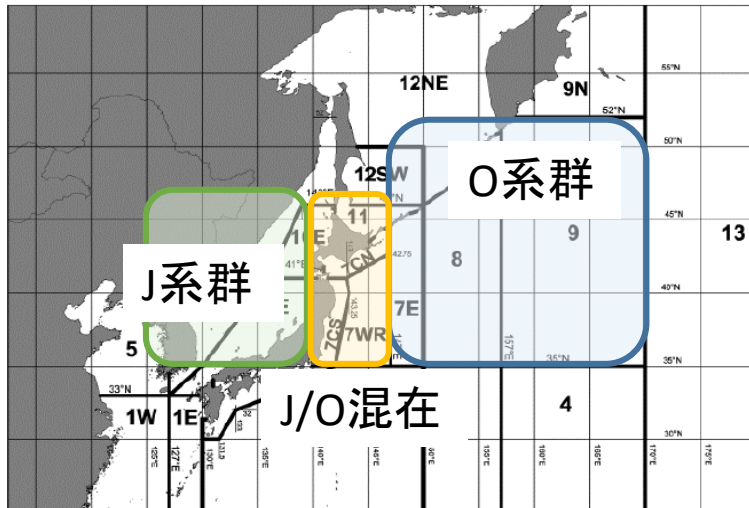
# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の系群構造の解明

### ミンククジラ

調査目的は、日本周辺のJ系群の分布の時空間的モニタリング、もう一つはO系群の中にOwやOe系群といったものが存在するかを、遺伝学的・非遺伝学的情報及び手法を用いて明らかにすることであった。

JARPNIIの結果、日本海側のミンククジラは全てJ系群に属し、太平洋側の7WR海区より沖側の個体は全てO系群に属することが明らかとなった。また、7CN、7CS及び11海区では、J系群とO系群が混在していた。2海区は一年を通してJ系群が卓越していたが、7CN、7CSでのJ系群の割合は、秋から冬に増加し、春から夏にかけて減少する傾向が認められた(下図)。



2013年のミンククジラRMP Implementation  
で用いられた管理海区とJARPNIIの結果  
により示された系群構造

**SC/F16/JR35, JR36他**



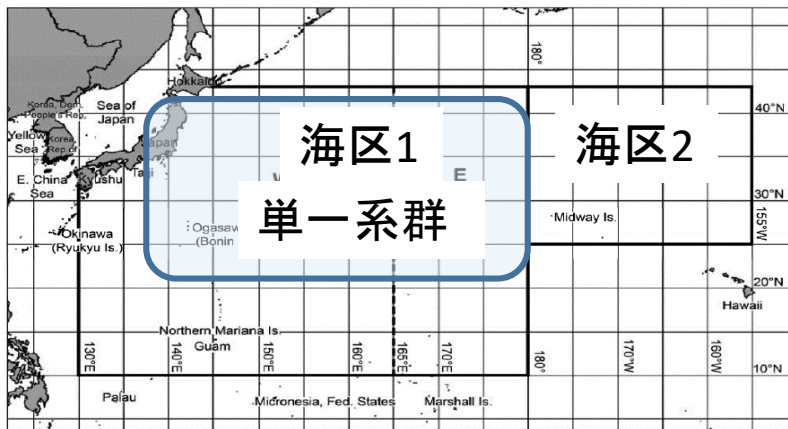
# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の系群構造の解明

### ニタリクジラ

調査目的は、2007年のRMP ISTsで4つの系群仮説が合意されているが、仮説4で提案されている海区1 (180° 以西)で系群が分かれる妥当性、仮説2、3及び4で海区1及び海区2(180° 以東)で系群が分かれる妥当性を、取得可能な全ての遺伝学的標本と、複数の遺伝マーカーを用いて明らかにすることであった。

JARPNIIの結果、遺伝学解析の検定力の評価や標識再捕、衛星標識のデータ等から、海区1内は一つの系群であるが、海区2は海区1と異なる系群が分布する可能性が示唆された(下図)。



ニタリクジラRMP Implementation  
で用いられた管理海区とJARPNIIの結果  
により示された系群構造

SC/F16/JR44, JR45

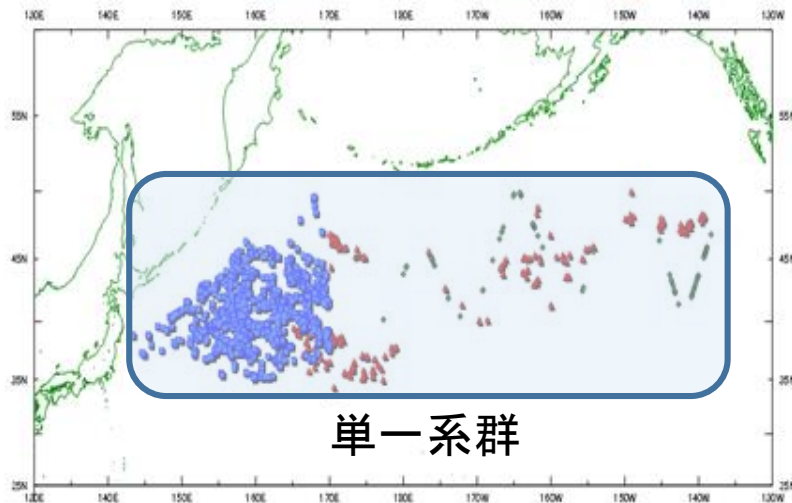
# JARPNIIの解析成果

## \* 鯨類の系群構造の解明

### イワシクジラ

調査目的は、北太平洋の外洋域を単一系列とすることの妥当性を、遺伝学的および非遺伝学的情報と手法を用いて明らかにすることであった。

商業捕鯨、JARPNII及びPOWER調査で得られた標本のマイクロサテライトDNAデータおよびミトコンドリアDNA塩基配列データを用いた系群構造解析結果から、従前よりIWC/SCで合意されていた北太平洋の外洋域に分布するイワシクジラが単一系列であることが再確認された(下図)。



商業捕鯨、POWER調査およびJARPNIIで得たイワシクジラの標本分布と分析結果により示されたイワシクジラの系群構造

SC/F16/JR46, JR47他