

北海道周辺沿岸海域において産卵するニシン (*Clupea pallasii*) の mtDNA 情報を用いた集団構造の検討

清水洋平^{*1}, 高橋 洋², 高柳志朗³, 堀井貴司⁴, 山口幹人¹, 田中伸幸⁵, 田園大樹⁵, 瀧谷明朗⁶, 川崎琢真⁷, 高島信一⁷, 藤岡 崇⁸, 三宅博哉⁶

¹北海道立総合研究機構中央水産試験場, ²国立研究開発法人水産研究・教育機構水産大学校,
³元北海道立総合研究機構釧路水産試験場, ⁴北海道立総合研究機構釧路水産試験場,
⁵北海道立総合研究機構稚内水産試験場, ⁶北海道立総合研究機構水産研究本部,
⁷北海道立総合研究機構栽培水産試験場, ⁸北海道立総合研究機構函館水産試験場

Population structure of the Pacific herring, *Clupea pallasii*, around Hokkaido Island inferred on the basis of mitochondrial DNA sequences

YOHEI SHIMIZU¹, HIROSHI TAKAHASHI², SHIRO TAKAYANAGI³, TAKASHI HORII⁴, MOTOHITO YAMAGUCHI¹, NOBUYUKI TANAKA⁵, DAIKI TAZONO⁵, AKIO TAKIYA⁶, TAKUMA KAWASAKI⁷, SHIN-ICHI TAKABATAKE⁷, TAKASHI FUJIOKA⁸ and HIROYA MIYAKE⁶

¹ Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046-8555*,
² National Fisheries University, *Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595*,
³ Formely: Kushiro Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido 085-0027*,
⁴ Kushiro Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido 085-0027*,
⁵ Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097-0001*,
⁶ Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046-8555*,
⁷ Mariculture Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Muroran, Hokkaido 051-0013*,
⁸ Hakodate Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan*

We investigated the genetic population structure of the Pacific herring (*Clupea pallasii*) around Hokkaido by sequencing a 410 base pair segment of the 5' end of the mitochondrial DNA control region in 3,810 specimens collected from 41 sampling sites between 1998 and 2015. A total of 463 haplotypes, described by 137 variable nucleotide sites, were identified. Seven populations were identified by differentiation of the sampling sites and spawning seasons and genetic data such as haplotype diversity and pairwise F_{ST} values. In the Sea of Japan, Hokkaido, two populations appeared to spawn in the same region in different seasons. On the shore of the Ishikari Subprefectural Bureau, a population showed relatively low haplotype diversity between 0.8614 and 0.9310 visits from January to February, and another population showed relatively high haplotype diversity between 0.9189 and 0.9667 visits from May to June. The former and latter populations were supposed to be the Ishikari and Hokkaido-Sakhalin populations, respectively. The Tomakomai population, individuals of which were collected from the sea of the Iburi General Subprefectural Bureau, was characterized as having Pacific Ocean-specific haplotypes. Furthermore, distribution of the Hiyama-Tsugaru Strait, Okhotsk Lagoon, East Hokkaido Lagoon, and Lake Yudonuma populations around Hokkaido was assumed.

キーワード : mtDNA, データベース, 集団構造, 北海道周辺海域, ニシン

ニシン (*Clupea pallasii*) は1890年代から1900年代初頭にかけて全道で80万トン前後の漁獲があった。特に1897年には97万トンもの漁獲をあげた北海道の重要資源であった。その後減少傾向が続き、1950年代後半以降は概ね1万トン以下の低レベルで推移している (横田ら, 2018)。資源の管理や増殖対策を進める上で、その基本単位となる集団 (系群) 構造を明らかにすることは重要である。これまで北海道周辺海域に分布するニシンの集団構造を明らかにするため、古くは鱗による年齢査定と成長や年級群構造、鰭条数や脊椎骨数などの計数形質、さらには相対成長の解析などによる研究が行われた (例えば、藤田・小久保, 1927)。また、その後には、成熟年齢や卵数などの生態的特徴、鱗相や標識放流結果などの情報を加えて集団構造に関する検討がなされてきた (例えば、菅野, 1982)。

北海道周辺海域のニシンについての生態的な知見や集団構造が整理される中で、小林 (1993) は、日本周辺水域に加え、黄海や北米西岸に生息するニシンを対象に、アロザイムを用いた集団遺伝学的解析を行い、ニシン集団の類縁関係を推定するとともに、生物学的特徴との関連について考察した。近年ではマイクロサテライトDNA変異からニシンの集団構造を推定した研究も行われている (根本ら, 2008)。藤田ら (2017) は北海道周辺および青森県尾駈沼、岩手県宮古湾、岩手県万石浦から得られた2歳以上の成熟個体を採集し、ミトコンドリアDNA (以下、mtDNA) の調節領域549bpを解析することで、集団構造を推定した。この研究では厚岸湖や尾駈沼、宮古湾において複数年の採集を行っており、個体群動態についても推察している。しかしながら、北海道では人工種苗放流事業がきっかけとなり、檜山、寿都および岩内の沿岸域に産卵来遊するニシン (瀧谷・石野, 2010; 瀧谷・山口, 2013) が調査によって確認されたり、日本海北部海域では1月から5月にかけて産卵群が見られるなど同一地点においても複数集団が来遊していることを示唆する情報もある。このように、北海道周辺の集団構造に関する先行研究では漁獲の少ない地域および時期のニシンの多くは解析対象とされておらず、また、複数年にわたる継続調査が行われた例も少ないため検証が十分とは言えず、北海道周辺域において産卵するニシンの集団構造は解明しきれていないと考えられる。

そこで、本研究では、北海道周辺海域でニシンの漁獲があった地域から産卵来遊群を中心に、主な漁獲地域では複数年にわたり、また同一地点であっても複数の集団が産卵のために来遊していることを想定して同年に複数回におよんでニシン標本を採集し、mtDNAの塩基配列を解析することにより、北海道周辺海域におけるニシン

の遺伝的集団構造の詳細を明らかにすることを目的とした。

試料及び方法

標本は、産卵群を基本としてFig.1およびFig.2に示した41水域から採集した。成熟状態は、生物測定結果もしくは開腹して生殖腺の状態を目視で確認することにより判断した。生殖腺が成熟していた場合に、その標本を採集地点における産卵群と定義した。生殖腺が未成熟の場合は索餌群とした。解析数は1標本 (1水域) あたり30個体を目安とした (Table 1)。DNA抽出に用いた試料は、生鮮もしくは冷凍あるいは99.8%エタノールで保存した肉片から採取した。

DNAの抽出は、フェノールクロロフォルム抽出法もしくはDNA抽出キット (Wizard Genomic DNA Purification Kit, Promega KK, Tokyo, Japan) を用いて行った。DNA解析を行う領域はmtDNAの調節領域の410塩基とした。プライマーには Forward primer : 5'-TAA CTC CCA AAG CTA GKA TTC TAA-3' と Reverse primer : 5'-CCT GAA RTA GGA ACC AAA TG-3'を用いた。PCR反応には Takara Ex Taq (Takara Bio Inc., Shiga, Japan) を使用した。反応液の組成は、ニシンDNA (およそ100 μ g/ μ Lに調整) 1.0 μ L に 10 \times Ex Taq buffer 1 μ L, 2.5mM dNTP mixture 0.8 μ L, 5 μ M Forward primer 0.4 μ L, 5 μ M Reverse primer 0.4 μ L, Takara Ex Taq (5unit/ μ L) 0.05 μ Lを加え、DW (蒸留水) で全量を10 μ Lとした。以上の反応液について、94 $^{\circ}$ Cで5分間の熱変性後、94 $^{\circ}$ C 30秒、44 $^{\circ}$ C 1分、72 $^{\circ}$ C 2分を30サイクル繰り返し、72 $^{\circ}$ Cで7分間の伸長反応を行った。増幅されたDNAはエタノール沈殿法により抽出し、20 μ LのTris-EDTA buffer (10mM Tris, 1mM EDTA, pH8.0) に再溶解した。得られたDNA断片はBigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Life Technologies Japan Ltd., Tokyo, Japan) を用いてApplied Biosystems 3130ジェネティックアナライザーにより塩基配列を決定した。塩基配列のアライメントはMEGA7 ("Molecular Evolutionary Genetics Analysis" Internet Web. Download from: (<http://www.megasoftware.net/>) (2015)) (2017,12,24)) により行った。見いだされた各ハプロタイプの塩基配列は、日本DNAデータバンク (DDBJ) に登録した (LC216418-LC216532, LC216534-LC216550, LC216552-LC216587, LC216589-LC216590, LC216592-LC216799, LC216807, LC206812-LC216891)。これらハプロタイプについて、410塩基のうち変異の見られた137塩基を用い、MEGA7によりKimura(1980)の塩基置換モデルを仮定した最尤系統樹を推定した。ブートストラ

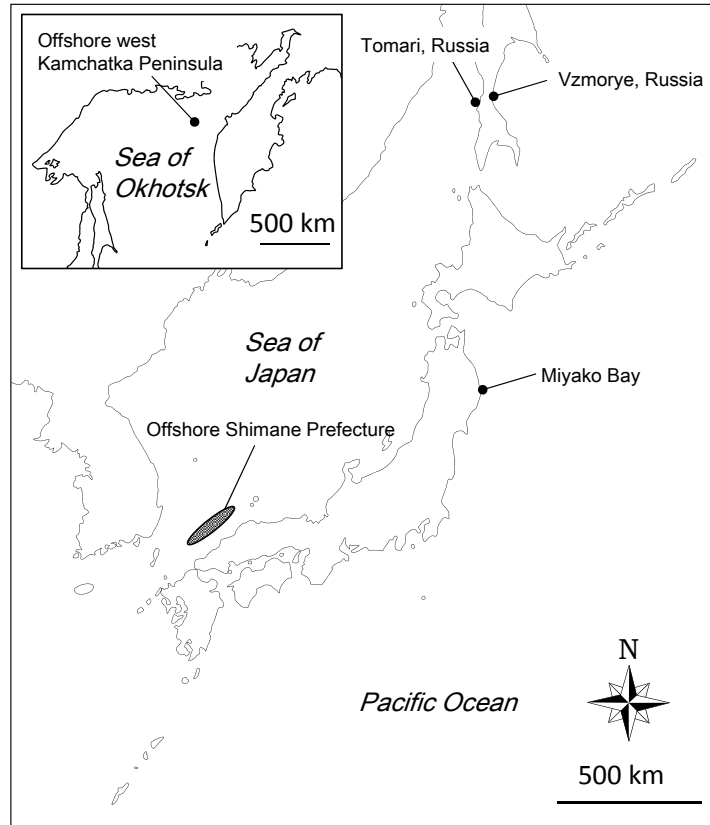


Fig. 1 Sampling locations for the Pacific herring off the coast of Sakhalin Island, Honshu Island and offshore toward west of the Kamchatka Peninsula

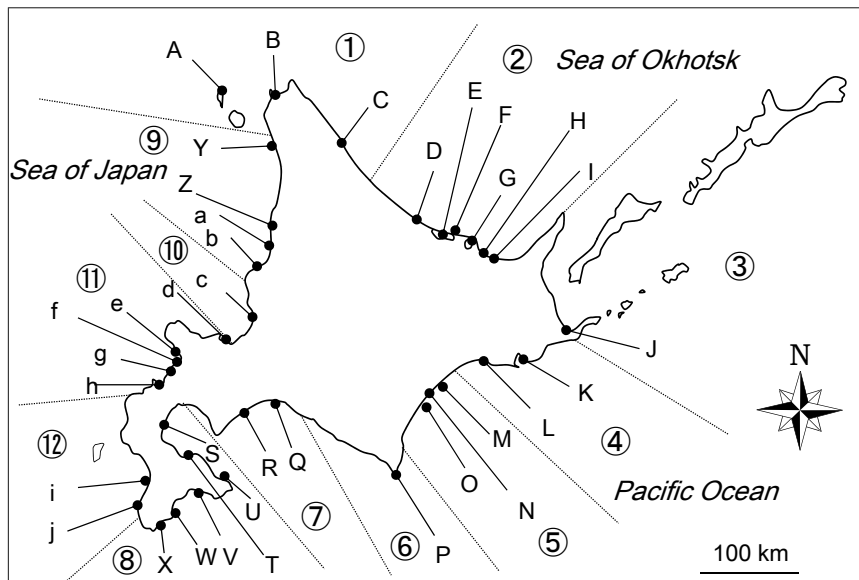


Fig. 2 Sampling locations around Hokkaido Island for the Pacific herring A: Funadomari, B: Wakkanai, C: Kitami-Esashi, D: Mombetsu, E: Lake Saroma, F: Tokoro, G: Lake Notoro, H: Lake Mokoto, I: Lake Tofutsu, J: Lake Furen, K: Akkeshi, L: Kushiro, M: Toyokoro, N: Lake Yudonuma, O: Taiki, P: Erimo Cape, Q: Tomakomai, R: Shiraoi, S: Yakumo, T: Sawara, U: Kinaoshi, V: Kamiiso, W: Shiriuchi, X: Fukushima, Y: Teshio, Z: Onishika, a: Usuya, b: Mashike, c: Atsuta, d: Otaru, e: Tomari (Japan), f: Kyowa, g: Iwanai, h: Suttso, i: Kaminokuni, j: Hiyama-Esashi. Dotted lines indicate the borders of the Subprefectural Bureau. ①Soya General Subprefectural Bureau, ②Okhotsk General Subprefectural Bureau, ③Nemuro Subprefectural Bureau, ④Kushiro General Subprefectural Bureau, ⑤Tokachi General Subprefectural Bureau, ⑥Hidaka Subprefectural Bureau, ⑦Iburi General Subprefectural Bureau, ⑧Oshima General Subprefectural Bureau, ⑨Rumoi Subprefectural Bureau, ⑩Ishikari Subprefectural Bureau, ⑪Shiribeshi General Subprefectural Bureau, ⑫Hiyama Subprefectural Bureau.

Table 1 Collection of Pacific herring (*Clupea pallasii*) samples for the study

Sample No.	Sample code	Collection site	Collection date	Season	n
1	TomR-98	Tomari, Russia	14 May 1998	Spawning	30
2	TomR-04	Tomari, Russia	16 May 2004	Spawning	49
3	VzmR-04	Vzmorye, Russia	18 May 2004	Spawning	48
4	OwkR-10	Offshore west Kamchatka Peninsula, Russia	10 December 2010	Migration	50
5	Funa-02	Funadomari	24 January 2002	Migration	120
6	Wakk-12	Wakkanai	9 April 2012	Spawning	27
7	Wakk-13	Wakkanai	9 May 2013	Spawning	38
8	Wakk-14	Wakkanai	14 April 2014	Spawning	34
9	Owak-09	Offshore Wakkanai	20 March 2009	Migration	43
10	Kesa-03	Kitami-Esashi	21 April 2003	Spawning	30
11	Kesa-12	Kitami-Esashi	25 April 2012	Spawning	136
12	Momb-12	Mombetsu	16 April 2012	Spawning	147
13	Lsar-11	Lake Saroma	23 April 2011	Spawning	49
14	Otkr-13	Offshore Tokoro	20 June 2013	Spawning	46
15	Lnot-11	Lake Notoro	28 April 2011	Spawning	49
16	Lmok-12	Lake Mokoto	10 May 2012	Spawning	90
17	Ltof-11	Lake Tofutsu	12 May 2011	Spawning	50
18	Lfur-02	Lake Furen	9 April 2002	Spawning	30
19	Lfur-13E	Lake Furen	10 April 2013	Spawning	56
20	Lfur-13L	Lake Furen	18 May 2013	Spawning	46
21	Akke-02	Akkeshi	10 April 2002	Spawning	30
22	Akke-13	Akkeshi	17-22 April 2013	Spawning	80
23	Akke-14E	Akkeshi	16 April 2014	Spawning	33
24	Akke-14L	Akkeshi	15 May 2014	Spawning	43
25	Okus-13	Offshore Kushiro	23 April 2013	Migration	32
26	Otyk-14	Offshore Toyokoro	12 September 2014	Migration	43
27	Lyud-12E	Lake Yudonuma	10 April 2012	Spawning	58
28	Lyud-12L	Lake Yudonuma	20 April 2012	Spawning	59
29	Otik-12	Offshore Taiki	1 May 2012	Migration	50
30	Otik-13	Offshore Taiki	6 September 2013	Migration	28
31	Oeri-11	Offshore Erimo Cape	18 November 2011	Migration	55
32	Toma-02	Tomakomai	22 March 2002	Spawning	30
33	Toma-12	Tomakomai	13 March 2012	Spawning	61
34	Sira-12	Shiraoui	9 March 2012	Spawning	48
35	Yaku-14	Yakumo	15 May 2014	Spawning	30
36	Sawa-14	Sawara	18 January 2014	Migration	31
37	Kina-14	Kinaoshi	14-19 May 2014	Spawning	40
38	Kmis-12	Kamiiso	26 January 2012	Spawning	16
39	Kmis-14E	Kamiiso	24 January 2014	Spawning	30
40	Kmis-14L	Kamiiso	7 May 2017	Migration	30
41	Kmis-15	Kamiiso	20 June 2015	Parr	38
42	Siri-12	Shiriuchi	Unknown February 2012	Spawning	20
43	Fuku-12	Fukushima	1 February 2012	Spawning	12
44	Tesi-08	Teshio	10 June 2008	Spawning	38
45	Onis-12	Onishika	10 May 2012	Spawning	84
46	Usuy-12	Usuya	10 May 2012	Spawning	37
47	Masi-13	Mashike	28 February 2013	Spawning	41
48	Atsu-02	Atsuta	22 February 2002	Spawning	30
49	Atsu-03	Atsuta	21 May 2003	Parr	42
50	Atsu-04	Atsuta	22 February 2004	Spawning	49
51	Atsu-08E	Atsuta	7 February 2008	Spawning	50
52	Atsu-08M	Atsuta	18 February 2008	Spawning	48
53	Atsu-08L	Atsuta	29 May 2008	Spawning	40
54	Atsu-09E	Atsuta	27 January 2009	Spawning	32
55	Atsu-09L	Atsuta	15 May 2009	Spawning	40
56	Atsu-10E	Atsuta	28 January 2010	Spawning	36
57	Atsu-10M	Atsuta	7 May 2010	Spawning	38
58	Atsu-10L	Atsuta	11 May 2010	Spawning	36
59	Atsu-11	Atsuta	25 January 2011	Spawning	35
60	Atsu-12E	Atsuta	22 February 2012	Spawning	37
61	Atsu-12L	Atsuta	1 June 2012	Spawning	16
62	Atsu-13	Atsuta	7 February 2013	Spawning	38
63	Atsu-15	Atsuta	30 January 2015	Spawning	30
64	Otar-14	Otaru	26 February 2014	Spawning	30
65	TomJ-08	Tomari, Japan	26 March 2008	Spawning	40
66	Kyow-11	Kyowa	3 June 2011	Juvenile	36
67	Iwan-08	Iwanai	21 February 2008	Spawning	37
68	Iwan-09	Iwanai	13 March 2009	Spawning	41
69	Iwan-14	Iwanai	5 March 2014	Spawning	42
70	Iwan-15	Iwanai	5 February 2015	Spawning	39
71	Sutt-10	Suttsu	16 April 2010	Spawning	47
72	Sutt-13	Suttsu	7 February 2013	Spawning	34
73	Kmkn-10	Kaminokuni	4 and 29 March 2010	Spawning	15
74	Kmkn-13E	Kaminokuni	14 February 2013	Spawning	30
75	Kmkn-13L	Kaminokuni	24 May 2013	Spawning	28
76	Hesa-09	Hiyama-Esashi	30 March 2009	Spawning	29
77	Hesa-10	Hiyama-Esashi	25 March 2010	Spawning	24
78	Hesa-11	Hiyama-Esashi	30 March 2011	Spawning	50
79	Hesa-12E	Hiyama-Esashi	1-12 March 2012	Spawning	31
80	Hesa-12L	Hiyama-Esashi	24 March - 3 April 2012	Spawning	29
81	Hesa-14	Hiyama-Esashi	16 February 2014	Spawning	26
82	Hesa-15E	Hiyama-Esashi	22 February 2015	Spawning	34
83	Hesa-15L	Hiyama-Esashi	8 March 2015	Spawning	28
84	Miya-02	Miyako Bay	30 January 2002	Spawning	30
85	Osim-10	Offshore Shimane Prefecture	9 May - 6 June 2010	Migration	39
86	Osim-13	Offshore Shimane Prefecture	14 May - 12 June 2013	Migration	58
87	Osim-14A	Offshore Shimane Prefecture	12 May 2014	Migration	41
88	Osim-14B	Offshore Shimane Prefecture	12 May 2014	Migration	36
89	Osim-14C	Offshore Shimane Prefecture	26 May 2014	Migration	40
90	Osim-14D	Offshore Shimane Prefecture	26 May 2014	Migration	30

ップの反復回数は1,000回とした。各標本の塩基多様度、ハプロタイプ多様度、全90標本間のペアワイズ F_{ST} 値はArlequin ver3.5 (“Arlequin ver3.5.2.2” Internet Web. Download from: (<http://cmpg.unibe.ch/software/arlequin35/Arl35Downloads.html> (2015)) (2018.1.18))を用いて算出した。近隣結合樹については、ペアワイズ F_{ST} 値を基にPhylipパッケージ (“PHYLP (phylogeny inference package) Version 3.67” University of Washington, Seattle. Internet Web. Download from: (<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html> (2007)) (2012.4.15)) のneighborを用いて作図した。

結果

90標本3,806個体の塩基配列を解析した結果、459のハプロタイプが検出され、変異の見られたサイトは137サイトだった (Appendix 1)。最も多く見られたハプロタイプはHKD_CP_030で、全体の15.2%を占めた。次いでHKD_CP_001が11.9%、HKD_CP_010が9.5%だった。割合の高かった6ハプロタイプ (HKD_CP_001, 010, 016, 018, 030, 043) で全体の55.2%を占めた。これらのハプロタイプについて、最尤法により最尤系統樹を作図したが、高いブートストラップ値により支持されたクレードは見いだせなかった (Appendix 2)。ただし、北海道太平洋側で採集された標本のみから確認されたハプロタイプの枝が見られ、これを太平洋特異的ハプロタイプとした (Appendix 2)。これらハプロタイプがみられた標本は大樹町沖 (Otik-12)、襟裳岬沖 (Oeri-11)、苫小牧 (Toma-02, Toma-12)、白老 (Sira-12) および砂原 (Sawa-14) だけあり、その他の標本では見られなかった。これら集団内における太平洋特異的ハプロタイプの出現頻度を (Fig. 3) に示した。産卵群である苫小牧 (Toma-02, Toma-12) および白老 (Sira-12) の標本における太平洋特異的ハプロタイプの頻度は43.3%から54.2%だった。また、索餌群である大樹町沖 (Otik-12)、襟裳岬沖 (Oeri-11) および砂原 (Sawa-14) ではそれぞれ4.0%、47.3%および29.0%だった。

サハリン島沿岸およびカムチャツカ半島西岸海域で採集されたニシン (Table 1 標本番号1~4) サハリン島沿岸では、産卵群の標本は5月に得られた。産卵群3標本 (TomR-98, TomR-04, VzmR-04) 127個体からは66のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0117~0.0124、ハプロタイプ多様度は0.9495~0.9839だった (Table 2, Appendix 3)。カムチャツカ半島西岸で漁獲され輸入された標本 (OwkR-10) 50個体からは32のハプロタイプが検出され、塩基多様度およびハプロタイプ多様度はそ

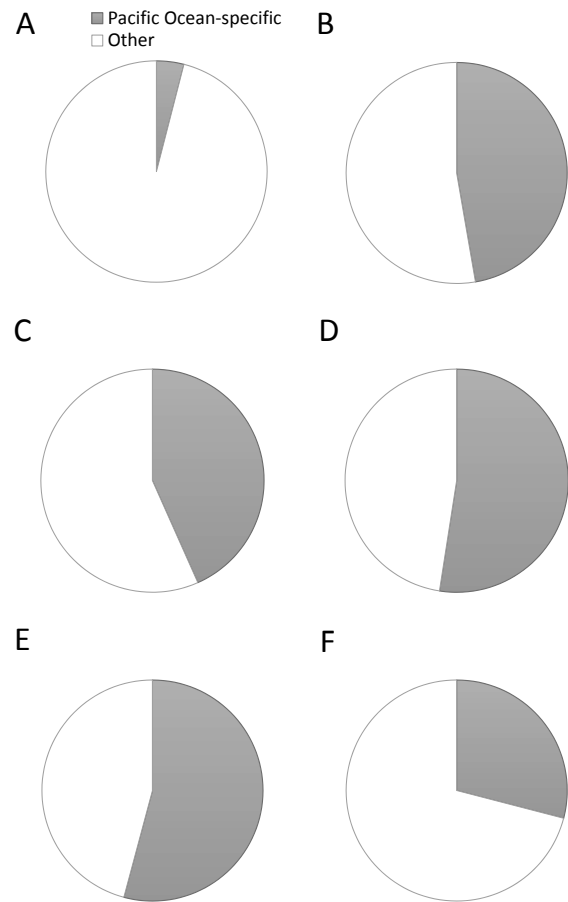


Fig. 3 Haplotype frequencies of the Pacific Ocean-specific haplotype
A: Otik-12, B: Oeri-11, C: Toma-02, D: Toma-12, E: Sira-12, F: Sawa-14

れぞれ0.0122および0.9698だった (Table 2, Appendix 3)。宗谷総合振興局管内 (以後、総合振興局管内もしくは振興局管内を管内と略す) で採集されたニシン (Table 1 標本番号5~11) この海域において、産卵群の標本は4月から5月に得られた。産卵群5標本 (Wakk-12, Wakk-13, Wakk-14, Kesa-03, Kesa-12) 265個体からは79のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0106~0.0125、ハプロタイプ多様度は0.9088~0.9716だった (Table 2, Appendix 4)。礼文島船泊に水揚げされた索餌群の標本 (Funa-02) と沖合底びき網により稚内沖で漁獲され稚内市に水揚げされた索餌群の標本 (Owak-09) 256個体からは83のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0111~0.0118、ハプロタイプ多様度は0.9578~0.9635だった (Table 2, Appendix 4)。

オホーツク管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号12~17) この海域では、4月から6月に標本が得られ、すべて産卵群だった。6標本 (Momb-12, Lsar-11, Otkr-13, Lnot-11, Lmok-12, Ltof-11) 431個体からは76のハプ

Table 2 Sequence diversity of the mitochondrial (mt)-DNA control region in 90 samples

Sample No.	Sample code	n	No. of Haplotype observed	Nucleotide diversity	Haplotype diversity
1	TomR-98	30	26	0.0124 +/- 0.0069	0.9839 +/- 0.0160
2	TomR-04	49	34	0.0117 +/- 0.0065	0.9779 +/- 0.0099
3	VzmR-04	48	29	0.0121 +/- 0.0066	0.9495 +/- 0.0195
4	OwkR-10	50	32	0.0122 +/- 0.0067	0.9698 +/- 0.0118
5	Funa-02	120	53	0.0111 +/- 0.0061	0.9578 +/- 0.0086
6	Wakk-12	27	11	0.0113 +/- 0.0064	0.9088 +/- 0.0260
7	Wakk-13	38	27	0.0125 +/- 0.0069	0.9716 +/- 0.0143
8	Wakk-14	34	17	0.0125 +/- 0.0069	0.9447 +/- 0.0193
9	Owak-09	43	27	0.0118 +/- 0.0065	0.9635 +/- 0.0148
10	Kesa-03	30	18	0.0106 +/- 0.0060	0.9471 +/- 0.0228
11	Kesa-12	136	46	0.0118 +/- 0.0064	0.9431 +/- 0.0083
12	Momb-12	147	50	0.0106 +/- 0.0058	0.9311 +/- 0.0103
13	Lsar-11	49	24	0.0118 +/- 0.0065	0.9430 +/- 0.0166
14	Otkr-13	46	19	0.0116 +/- 0.0064	0.9266 +/- 0.0175
15	Lnot-11	49	20	0.0125 +/- 0.0068	0.9362 +/- 0.0166
16	Lmok-12	90	25	0.0112 +/- 0.0062	0.9134 +/- 0.0140
17	Ltof-11	50	15	0.0118 +/- 0.0065	0.8988 +/- 0.0205
18	Lfur-02	30	13	0.0114 +/- 0.0064	0.8874 +/- 0.0377
19	Lfur-13E	56	21	0.0116 +/- 0.0064	0.9227 +/- 0.0170
20	Lfur-13L	46	23	0.0112 +/- 0.0062	0.9585 +/- 0.0120
21	Akke-02	30	14	0.0121 +/- 0.0067	0.9011 +/- 0.0360
22	Akke-13	80	23	0.0115 +/- 0.0063	0.9092 +/- 0.0189
23	Akke-14E	33	14	0.0120 +/- 0.0066	0.9129 +/- 0.0256
24	Akke-14L	43	16	0.0105 +/- 0.0059	0.9136 +/- 0.0244
25	Okus-13	32	13	0.0119 +/- 0.0066	0.9032 +/- 0.0312
26	Otyk-14	43	22	0.0106 +/- 0.0060	0.9059 +/- 0.0338
27	Lyud-12E	58	21	0.0094 +/- 0.0053	0.9050 +/- 0.0221
28	Lyud-12L	59	23	0.0111 +/- 0.0061	0.9334 +/- 0.0144
29	Otik-12	50	19	0.0117 +/- 0.0064	0.9167 +/- 0.0217
30	Otik-13	28	17	0.0118 +/- 0.0066	0.9471 +/- 0.0251
31	Oeri-11	55	33	0.0199 +/- 0.0104	0.9737 +/- 0.0087
32	Toma-02	30	22	0.0202 +/- 0.0107	0.9793 +/- 0.0134
33	Toma-12	61	39	0.0191 +/- 0.0100	0.9694 +/- 0.0114
34	Sira-12	48	34	0.0201 +/- 0.0105	0.9805 +/- 0.0095
35	Yaku-14	30	11	0.0108 +/- 0.0061	0.9241 +/- 0.0203
36	Sawa-14	31	19	0.0176 +/- 0.0094	0.9226 +/- 0.0363
37	Kina-14	40	8	0.0087 +/- 0.0050	0.7974 +/- 0.0484
38	Kmis-12	16	6	0.0078 +/- 0.0048	0.8083 +/- 0.0616
39	Kmis-14E	30	10	0.0088 +/- 0.0051	0.8667 +/- 0.0349
40	Kmis-14L	30	10	0.0098 +/- 0.0056	0.8851 +/- 0.0303
41	Kmis-15	38	14	0.0093 +/- 0.0053	0.8578 +/- 0.0353
42	Siri-12	20	5	0.0079 +/- 0.0048	0.7632 +/- 0.0595
43	Fuku-12	12	5	0.0111 +/- 0.0066	0.8030 +/- 0.0777
44	Tesi-08	38	24	0.0136 +/- 0.0074	0.9445 +/- 0.0238
45	Onis-12	84	39	0.0112 +/- 0.0062	0.9544 +/- 0.0098
46	Usuy-12	37	26	0.0115 +/- 0.0064	0.9610 +/- 0.0220
47	Masi-13	41	13	0.0097 +/- 0.0055	0.9085 +/- 0.0198
48	Atsu-02	30	13	0.0114 +/- 0.0064	0.9149 +/- 0.0298
49	Atsu-03	42	22	0.0115 +/- 0.0064	0.9303 +/- 0.0232
50	Atsu-04	49	15	0.0106 +/- 0.0059	0.8614 +/- 0.0312
51	Atsu-08E	50	12	0.0099 +/- 0.0056	0.8759 +/- 0.0215
52	Atsu-08M	48	13	0.0108 +/- 0.0060	0.8892 +/- 0.0193
53	Atsu-08L	40	27	0.0128 +/- 0.0070	0.9692 +/- 0.0159
54	Atsu-09E	32	16	0.0115 +/- 0.0064	0.9315 +/- 0.0237
55	Atsu-09L	40	24	0.0107 +/- 0.0060	0.9474 +/- 0.0227
56	Atsu-10E	36	11	0.0104 +/- 0.0059	0.8905 +/- 0.0245
57	Atsu-10M	38	19	0.0112 +/- 0.0062	0.9189 +/- 0.0274
58	Atsu-10L	36	20	0.0107 +/- 0.0060	0.9460 +/- 0.0228
59	Atsu-11	35	12	0.0107 +/- 0.0060	0.8790 +/- 0.0289
60	Atsu-12E	37	16	0.0119 +/- 0.0066	0.9189 +/- 0.0228
61	Atsu-12L	16	13	0.0103 +/- 0.0060	0.9667 +/- 0.0357
62	Atsu-13	38	12	0.0107 +/- 0.0060	0.9004 +/- 0.0204
63	Atsu-15	30	15	0.0112 +/- 0.0063	0.9310 +/- 0.0258
64	Otar-14	30	11	0.0090 +/- 0.0052	0.8552 +/- 0.0429
65	TomJ-08	40	12	0.0109 +/- 0.0061	0.8885 +/- 0.0228
66	Kyow-11	36	11	0.0109 +/- 0.0061	0.8476 +/- 0.0355
67	Iwan-08	37	12	0.0104 +/- 0.0058	0.8799 +/- 0.0252
68	Iwan-09	41	17	0.0117 +/- 0.0065	0.9280 +/- 0.0190
69	Iwan-14	42	14	0.0109 +/- 0.0061	0.9036 +/- 0.0225
70	Iwan-15	39	19	0.0120 +/- 0.0067	0.9501 +/- 0.0156
71	Sutt-10	47	19	0.0111 +/- 0.0062	0.9140 +/- 0.0220
72	Sutt-13	34	15	0.0108 +/- 0.0061	0.9234 +/- 0.0227
73	Kmkn-10	15	6	0.0093 +/- 0.0056	0.8381 +/- 0.0612
74	Kmkn-13E	30	15	0.0115 +/- 0.0064	0.9264 +/- 0.0264
75	Kmkn-13L	28	12	0.0088 +/- 0.0051	0.8095 +/- 0.0709
76	Hesa-09	29	12	0.0102 +/- 0.0058	0.8621 +/- 0.0451
77	Hesa-10	24	6	0.0075 +/- 0.0045	0.7464 +/- 0.0611
78	Hesa-11	50	8	0.0083 +/- 0.0048	0.7722 +/- 0.0447
79	Hesa-12E	31	12	0.0100 +/- 0.0057	0.9075 +/- 0.0282
80	Hesa-12L	29	9	0.0091 +/- 0.0053	0.8227 +/- 0.0462
81	Hesa-14	26	11	0.0110 +/- 0.0062	0.9138 +/- 0.0273
82	Hesa-15E	34	14	0.0107 +/- 0.0060	0.9091 +/- 0.0253
83	Hesa-15L	28	12	0.0108 +/- 0.0061	0.9153 +/- 0.0250
84	Miya-02	30	9	0.0075 +/- 0.0045	0.8092 +/- 0.0435
85	Osim-10	39	24	0.0104 +/- 0.0058	0.9582 +/- 0.0166
86	Osim-13	58	37	0.0119 +/- 0.0065	0.9698 +/- 0.0113
87	Osim-14A	41	27	0.0131 +/- 0.0072	0.9622 +/- 0.0168
88	Osim-14B	36	27	0.0112 +/- 0.0062	0.9778 +/- 0.0131
89	Osim-14C	40	25	0.0106 +/- 0.0059	0.9603 +/- 0.0167
90	Osim-14D	30	22	0.0120 +/- 0.0067	0.9724 +/- 0.0172

ロタイプが検出され、塩基多様度は0.0106~0.0125、ハプロタイプ多様度は0.8988~0.9430だった (Table 2, Appendix 5)。

根室管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号18~20) 標本は風蓮湖において4月から5月に得られ、すべて産卵群だった。3標本 (Lfur-02, Lfur-13E, Lfur-13L) 132個体からは34のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0112~0.0116、ハプロタイプ多様度は0.8874~0.9585だった (Table 2, Appendix 6)。

釧路管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号21~25) この海域からは厚岸海域の産卵群を4標本 (Akke-02, Akke-13, Akke-14E, Akke-14L) と釧路市沖で漁獲された索餌群1標本 (Okus-13) が得られた。なお、厚岸湖と厚岸湾で漁獲された標本については、産卵期も同時期でありかつ漁獲物も区別されていないため、合わせて厚岸海域として扱った。厚岸海域における産卵群は4月から5月に得られた。4標本 (Akke-02, Akke-13, Akke-14E, Akke-14L) 186個体からは36のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0105~0.0121、ハプロタイプ多様度は0.9011~0.9136だった (Table 2, Appendix 7)。釧路市沖で漁獲された索餌群 (Okus-13) 32個体からは13のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0119、ハプロタイプ多様度は0.9032だった (Table 2, Appendix 7)。

十勝管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号26~30) この海域では湧洞沼の産卵群を2標本 (Lyud-12E, Lyud-12L) と豊頃町沖 (Otyk-14) および大樹町沖 (Otik-12およびOtik-13) で漁獲された索餌群3標本を得た。産卵群は湧洞沼において4月に得られた。湧洞沼で採集された産卵群 (Lyud-12E, Lyud-12L) 2標本117個体からは30のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0094~0.0111、ハプロタイプ多様度は0.9050~0.9334だった (Table 2, Appendix 8)。索餌群の3標本 (Otyk-14, Otik-12, Otik-13) 121個体からは38のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0106~0.0118、ハプロタイプ多様度は0.9059~0.9471だった (Table 2, Appendix 8)。

日高管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号31) この海域では襟裳岬沖 (襟裳町歌別沖) で漁獲された索餌群1標本 (Oeri-11) を得た。索餌群1標本 (Oeri-11) 55個体からは33のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0199、ハプロタイプ多様度は0.9737だった (Table 2, Appendix 9)。

胆振管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号32~34) この海域では産卵群3標本 (Sira-12, Toma-02, Toma-12) を得た。3標本139個体からは72のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0191~0.0202、ハプロタイプ多様度は0.9694~0.9805だった (Table 2, Appendix 9)。

渡島管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号35~43) この海域では産卵群を6標本 (Yaku-14, Kina-14, Kmis-12, Kmis-14E, Siri-12, Fuku-12) と索餌群2標本 (Sawa-14, Kmis-14L), 若齢魚1標本 (Kmis-15) を得た。産卵群の標本は、噴火湾内では5月に、津軽海峡内では1月から2月に得られた。産卵群6標本 (Yaku-14, Kina-14, Kmis-12, Kmis-14E, Siri-12, Fuku-12) 148個体からは16のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0078~0.0111、ハプロタイプ多様度は0.7632~0.9241だった (Table 2, Appendix 10)。索餌群2標本 (Sawa-14, Kmis-14L) 61個体からは27のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0098~0.0176、ハプロタイプ多様度は0.8851~0.9226だった (Table 2, Appendix 10)。若齢魚 (Kmis-15) 38個体からは14のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0093、ハプロタイプ多様度は0.8278だった (Table 2, Appendix 10)。

留萌管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号44~47) この海域では産卵群4標本 (Tesi-08, Onis-12, Usuy-12, Masi-13) を得た。これらの標本は2月および5月から6月に得られた。産卵群4標本200個体からは73のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0097~0.0136、ハプロタイプ多様度は0.9085~0.9610だった (Table 2, Appendix 11)。

石狩管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号48~63) この海域では産卵群15標本 (Atsu-02, Atsu-04, Atsu-08E, Atsu-08M, Atsu-08L, Atsu-09E, Atsu-09L, Atsu-10E, Atsu-10M, Atsu-10L, Atsu-11, Atsu-12E, Atsu-12L, Atsu-13, Atsu-15) と1歳の未成年魚標本 (Atsu-03) を得た。産卵群の標本は1月から2月および5月から6月に得られた。産卵群15標本 (Atsu-02, Atsu-04, Atsu-08E, Atsu-08M, Atsu-08L, Atsu-09E, Atsu-09L, Atsu-10E, Atsu-10M, Atsu-10L, Atsu-11, Atsu-12E, Atsu-12L, Atsu-13, Atsu-15) 555個体からは88のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0099~0.0128、ハプロタイプ多様度は0.8614~0.9692だった (Table 2, Appendix 12, 13)。若齢魚 (Atsu-03) 42個体からは22のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0115、ハプロタイプ多様度は0.9303だった (Table 2, Appendix 12)。

後志管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号64~72) この海域では産卵群8標本 (Otar-14, TomJ-08, Iwan-08, Iwan-09, Iwan-14, Iwan-15, Sutt-10, Sutt-13) と仔魚の1標本 (Kyow-11) を得た。産卵群の標本は2月から4月に得られた。産卵群の8標本 (Otar-14, TomJ-08, Iwan-08, Iwan-09, Iwan-14, Iwan-15, Sutt-10, Sutt-13) 310個体からは40のハプロタイプが検出され、塩基多様度は0.0090~0.0120、ハプロタイプ多様度は0.8552~

0.9501だった (Table 2, Appendix 14)。仔魚 (Kyow-11) 36個体からは11のハプロタイプが検出され, 塩基多様度は0.0109, ハプロタイプ多様度は0.8476だった (Table 2, Appendix 14)。

檜山管内で採集されたニシン (Table 1 標本番号73~83) この海域では産卵群11標本 (Kmkn-10, Kmkn-13E, Kmkn-13L, Hesa-09, Hesa-10, Hesa-11, Hesa-12E, Hesa-12L, Hesa-14, Hesa-15E, Hesa-15L) を得た。これらの標本は, 2月から3月および5月に得られた。産卵群11標本 (Kmkn-10, Kmkn-13E, Kmkn-13L, Hesa-09, Hesa-10, Hesa-11, Hesa-12E, Hesa-12L, Hesa-14, Hesa-15E, Hesa-15L) 324個体からは43のハプロタイプが検出され, 塩基多様度は0.0075~0.0115, ハプロタイプ多様度は0.7464~0.9264だった (Table 2, Appendix 15)。

本州海域で採集されたニシン (Table 1 標本番号84~90) 本州海域では太平洋側の宮古湾における産卵群1標本 (Miya-02) と島根県沖索餌群6標本 (Osim-10, Osim-13, Osim-14A, Osim-14B, Osim-14C, Osim-14D) を得た。宮古湾の産卵群は1月に得られた。宮古湾の産卵群1標本 (Miya-02) 30個体からは9のハプロタイプが検出され, 塩基多様度は0.0075, ハプロタイプ多様度は0.8092だった。島根県沖の索餌群6標本244個体からは93のハプロタイプが検出され, 塩基多様度は0.0104~0.0131, ハプロタイプ多様度は0.9582~0.9778だった (Table 2, Appendix 16)。

サハリン島および北海道日本海側における産卵群の漁獲された時期とハプロタイプ多様度の関係をFig. 4に示した。1月から3月中旬にかけて留萌管内から檜山管内にかけて漁獲された産卵群のハプロタイプ多様度は0.9前後だった。檜山管内では, 3月下旬以降に漁獲された産

卵群のハプロタイプ多様度が0.8前後となった。留萌および石狩管内では, 4月以降に漁獲された産卵群のハプロタイプ多様度は4月以前の漁獲物に比べて0.95前後と高く, サハリン島沿岸で漁獲された産卵群と同程度であった。宗谷管内では, 4月上旬に産卵群が漁獲されはじめた。ハプロタイプ多様度は時期を追って上昇し, 5月産卵群 (Wakk-13) では0.9716となった。

ペアワイズ F_{ST} 値 (Appendix 17) を基にして作成した樹状図をFig. 5に示した。全標本間におけるペアワイズ F_{ST} 値の範囲は-0.04378~0.12398だった。そのうち, 産卵群間のペアワイズ F_{ST} 値は-0.04378~0.11602だった。サハリン島沿岸で漁獲された産卵群3標本 (TomR-98, TomR-04, VzmR-04) 間のペアワイズ F_{ST} 値は-0.00070~0.01512だった。これらサハリン島沿岸の産卵群と隣接して枝を形成したのはオホーツク海沿岸で漁獲された2標本 (Kesa-03, Momb-12), 風蓮湖で漁獲された1標本 (Lfur-12L), 湧洞沼の2標本 (Lyud-12E, Lyud-12L), 宗谷管内から石狩管内で漁獲された9標本 (Wkka-13, Tesi-08, Onis-12, Usuy-12, Atsu-08L, Atsu-09L, Atsu-10M, Atsu-10L, Atsu-12L) だった。これらの内, オホーツク海沿岸の2標本と湧洞沼の2標本が4月産卵群, それ以外は5月から6月の産卵群だった。サハリン島沿岸の産卵群を含めたこれら産卵群のペアワイズ F_{ST} 値は-0.01079~0.02584だった。胆振管内の産卵群 (Sira-12, Toma-02, Toma-12) は互いに隣接し枝を形成した。3標本のペアワイズ F_{ST} 値は-0.00147~0.00173だった。オホーツク海で漁獲された産卵群2標本 (Kesa-12, Otkr-13) とオホーツク湖沼で漁獲された産卵群4標本 (Lsar-11, Lnot-11, Lmok-12, Ltof-11) が一つの枝を形成した。これら6標本間のペアワイズ F_{ST} 値は-0.00499~0.01626だった。根室管内風蓮湖で漁獲された産卵群2標本 (Lfur-02, Lfur-13E) と釧路管内厚岸海域で漁獲された産卵群4標本 (Akke-02, Akke-13, Akke-14E, Akke-14L) は一つの枝を形成し, これら6標本間のペアワイズ F_{ST} 値は-0.01350~0.02720だった。石狩管内で1月から2月に漁獲された産卵群10標本 (Atsu-02, Atsu-04, Atsu-08E, Atsu-08M, Atsu-09E, Atsu-10E, Atsu-11, Atsu-12E, Atsu-13, Atsu-15) は同地域の5月産卵群から離れて位置した。これらの近隣には宗谷管内で4月に漁獲された2標本 (Wakk-12, Wakk-14), 留萌管内で2月に漁獲された産卵群1標本 (Masi-13), 後志管内で2月から4月に漁獲された産卵群7標本 (Otar-14, TomJ-08, Iwan-08, Iwan-09, Iwan-14, Sutt-10, Sutt-13), 檜山管内で2月に漁獲された産卵群2標本 (Kmkn-13E, Hesa-15E) がみられた。これら22標本間のペアワイズ F_{ST} 値は-0.02102~0.03351だった。渡島管内で漁獲された産卵群5標本 (Kina-14, Kmis-12, Kmis-

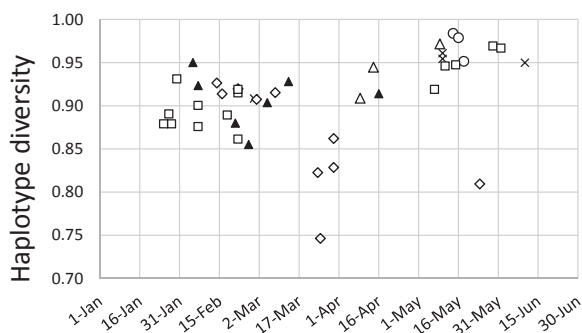


Fig. 4 Changes in the haplotype diversity of the population samples caught at the Sea of Japan, Hokkaido, and the sea around Sakhalin Island during the spawning season
○: Sakhalin Island, △: Soya, ×: Rumoi, □: Ishikari, ▲: Shiribeshi, ◇: Hiyama General Subprefectural Bureau.

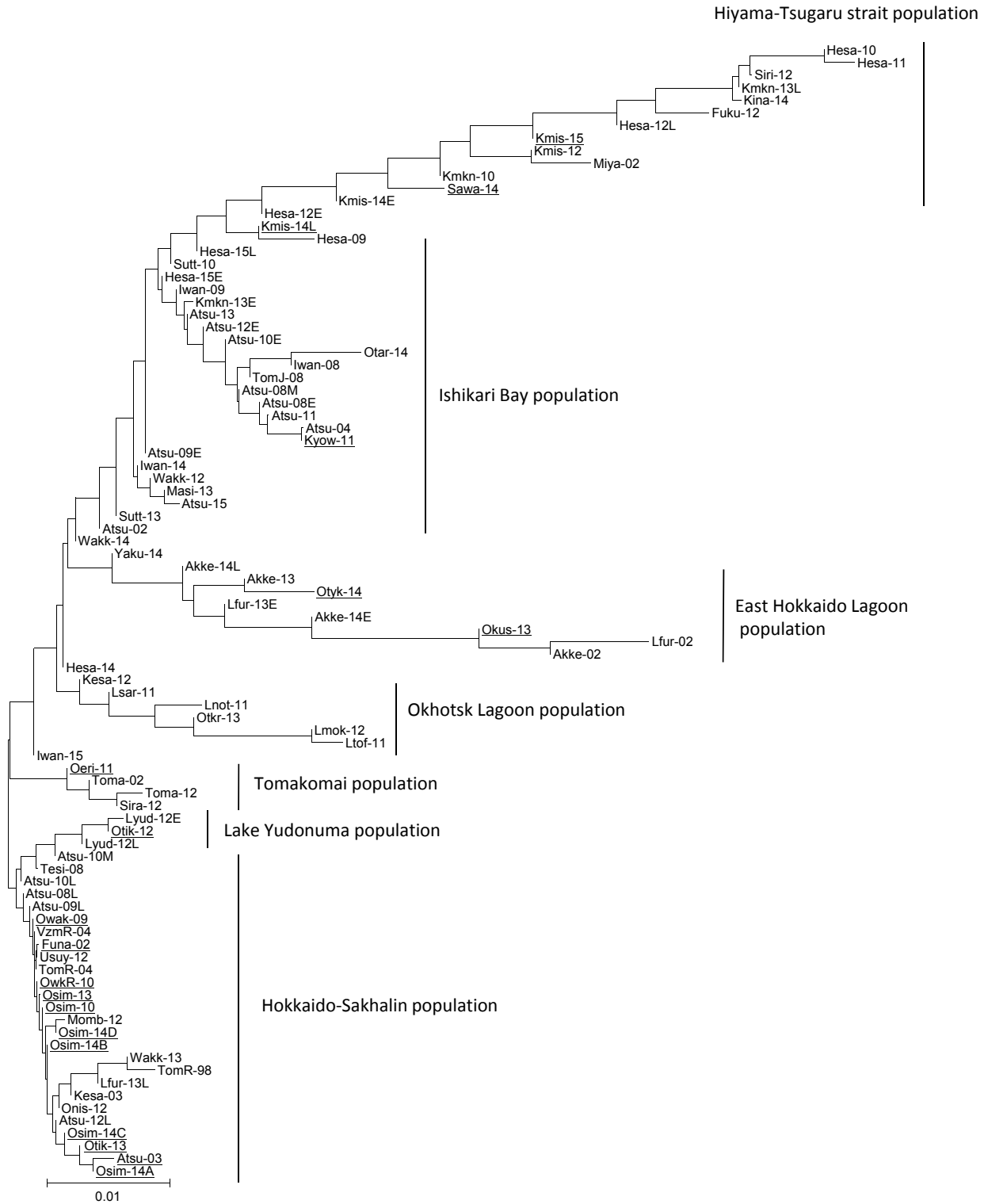


Fig. 5 Neighbor-joining tree based on the pairwise F_{ST} values among the Pacific herring population samples. Underlines indicate migration, parr or juvenile population samples.

14E, Siri-12, Fuku-12) および檜山管内で漁獲された産卵群8標本 (Kmkn-10, Kmkn-12L, Hesa-09, Hesa-10, Hesa-11, Hesa12E, Hesa-12L, Hesa15L), 宮古湾で漁獲された産卵群1標本 (Miya-02) は1つの枝を形成した。こ

れらの標本では、渡島管内津軽海峡の漁獲時期が1月から2月、渡島管内木直が5月、檜山管内が3月以降、宮古湾が1月と大きく異なっていた。これら14標本におけるペアワイズ F_{ST} 値は-0.04378~0.06898だった。

考 察

本研究では、2002年から2015年にかけて北海道沿岸でニシンの漁獲があった地域から、また、主要な地域では年別および時期別に採集し、北海道外で得られた標本を含めてミトコンドリアDNA調節領域の塩基配列410bpの解析を行った。その結果、北海道沿岸には複数の集団が産卵のために来遊すること、北海道日本海側や道東湖沼においては同所的に2集団が時期を異にして来遊することが示唆された。

北海道日本海側では、1月25日から6月10日にかけて産卵群が漁獲された。三上ら (1968) は石狩湾において1月下旬から4月上旬に漁獲されるニシンの集団を石狩湾ニシンと仮設した。また、石田 (1952) は北海道サハリン系集団の漁獲が檜山から積丹岬では3月下旬から5月中旬、積丹以北 (積丹岬から宗谷) では3月下旬から6月上旬であったことを示している。これらの2つの集団を合わせた漁期は、本研究で得られた産卵群の採集期間と一致している。本研究ではサハリン島周辺で5月14日から18日に産卵群を採集し、これらのハプロタイプ多様度は0.9515~0.9839だった。5月7日以降に石狩管内以北の日本海海域で漁獲された産卵群 (Wakk-13, Tesi-08, Onis-12, Usuy-12, Atsu-08L, Atsu-09L, Atsu-10M, Atsu-10L, Atsu-12L) のハプロタイプ多様度は0.9189~0.9716となり、サハリン島周辺での標本とほぼ同程度であり (Fig. 4)、また、ペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図ではサハリン島周辺の標本と同じ枝を形成した。Ivshina (2002) は1990年代の北海道サハリン系集団の産卵場は1950年代に比べ減少し、サハリン島のウグレゴルスク付近およびトマリ付近にまで縮小したことを示した。本研究で用いたTomR-98はトマリで漁獲された産卵群であり、Ivshinaの情報から北海道サハリン系集団と考えられた。一方で、小林 (1993) は、6月上旬に北海道沿岸で漁獲されたニシンについては、脊椎骨数からテルペニア集団とした。厚田で2012年6月に漁獲された標本 (Atsu-12L) は、小林 (1993) が定義したテルペニア集団と産卵期は一致したものの、ペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図において、日本海で5月以降に来遊する産卵群と同じ枝を形成した。したがって、サハリン島沿岸で漁獲された産卵群と北海道日本海沿岸域で5月以降に来遊する産卵群を合わせて北海道サハリン系集団と考えるのが妥当であろう。本研究ではテルペニア集団の存在を見いだせなかったが、今後、6月に漁獲される産卵群の脊椎骨数を確認することで詳細が明らかになると考えられる。

檜山管内で漁獲された標本のハプロタイプ多様度は、3月上旬までの産卵群 (前期産卵群, Kmkn-13E, Hesa-

12E, Hesa-14, Hesa-15E, Hesa-15L) が0.9075~0.9264であったのに対し、3月下旬以降の産卵群 (後期産卵群, Kmkn-13L, Hesa-09, Hesa-10, Hesa-11, Hesa-12L) では0.7464~0.8621と有意に低かった ($p < 0.01$, スチューデントのt検定)。これら檜山管内における前期産卵群と後期産卵群間で遺伝的な交流があり同一集団であれば、ハプロタイプ多様度は均一になると考えられるが、複数年による解析でもそのような傾向は見られなかった。前期産卵群は、ペアワイズ F_{ST} を基にした樹状図で石狩管内1月~2月産卵群と同じ枝を、後期産卵群はそれとは別の枝を形成しており、それぞれ別の地域集団と考えられた。後志管内以北で4月中旬以前に漁獲された標本については、ハプロタイプ多様度が0.8552~0.9501であり、これら標本の産卵期は石狩湾ニシン (三上ら, 1968) と同時期で、ペアワイズ F_{ST} を基にした樹状図ではその多くの標本が遺伝的に類似していることを示している。この集団が、檜山管内で3月上旬までに漁獲された標本と産卵期が同時期であること、ハプロタイプ多様度が同程度でかつ遺伝的に類似していることから、これら集団は同一集団でかつ石狩湾系集団であると示唆された。後志管内の共和町では仔魚の標本 (Kyow-11) が得られた。この標本もハプロタイプ多様度およびペアワイズ F_{ST} に基づく樹状図から石狩湾系集団と考えられた。これらのことから、石狩湾系集団は、檜山管内の海域から宗谷管内の海域までの広い海域で産卵していることを示唆している。つまり、檜山管内では3月中旬まで、後志管内以北宗谷管内では4月中旬までに石狩湾系集団が産卵のため来遊し、檜山管内では3月下旬以降にハプロタイプ多様度が低い地域性の集団が、石狩管内以北では5月以降に北海道サハリン系集団が産卵していると考えられた。

津軽海峡では1月から2月に産卵群が得られた。これらの集団は、ペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図では檜山管内で3月下旬以降に産卵する集団と同じ枝を形成していた。両者間で産卵時期が大きく異なるものの、樹状図上では混在し、遺伝的に分離できなかったことから両者を合わせて1つの集団とし、檜山津軽海峡集団とした。また、津軽海峡の標本と産卵期をほぼ同じくする宮古湾の標本 (Miya-02) も同じ枝を形成していた。宮古湾は元々ニシン地域集団が存在しておらず、この湾における産卵群は宮城県万石浦からの移植放流により造成された集団である (大河内ら, 2010)。標識放流調査の結果から、宮古湾の集団は索餌期に北海道沿岸に来遊し、産卵期には本州へ南下すると考えられている (大河内, 2008)。この調査では、津軽海峡において再捕がなく、宮古湾の集団と津軽海峡集団との関連性は不明となっている。藤田ら (2017) は宮古湾や青森県尾駈沼の標本と北海道の

標本を比較し、両地点間での遺伝的多様性の差を示しているが、中間に位置する津軽海峡で産卵するニシンとの関連性は示していない。今後、三陸や青森県等で漁獲された標本を加えて解析することで、北海道南部海域から三陸地域にかけての集団構造が明らかにされると考える。

本研究では、産卵群では胆振管内でのみ確認されたハプロタイプがみられた。藤田ら(2017)は2003年の3月から6月の産卵期に噴火湾で得られた標本から、噴火湾固有のハプロタイプを確認している。本研究では噴火湾の産卵群として八雲(Yaku-14)と木直(Kina-14)沿岸で5月に漁獲された産卵群の標本を解析したが、このような特徴的なハプロタイプは確認できなかった。一方、太平洋海域で特異的なハプロタイプ(以下、太平洋特異的なハプロタイプとする)が確認でき、その産卵群が漁獲された地区は、胆振管内の白老(Sira-12)と苫小牧(Toma-02, Toma-12)のみであり、そのハプロタイプの割合は44.3%~54.2%と約半数を占めていた。同様に襟裳岬沖で漁獲された索餌群の標本(Oeri-11)においても太平洋特異的なハプロタイプの含有率が47.3%と高かった。これら4標本はペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図でも一つの枝を形成しており、同一集団であると考えられた。その他、大樹町沖(Otik-12)や砂原(Sawa-14)で漁獲された索餌群の標本でも太平洋特異的なハプロタイプが確認されたものの、それぞれ4.0%および29.0%と産卵群よりも割合が低く、索餌期には他の集団と混在していると考えられた。高柳(2001)は苫小牧で産卵する集団について生態的・形態形質の情報を基に固有群であるとしており、本研究の結果からも苫小牧および白老沿岸の産卵群は太平洋特異的なハプロタイプを持つ固有群と考えられ、これを苫小牧集団とした。

噴火湾内で得られた産卵群(Yaku-14およびKina-14)については、どちらも5月産卵群であったが、ペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図では、八雲の標本は稚内の産卵群(Wakk-14)と厚岸海域の標本(Akke-14L)の中間に位置し、木直の集団は檜山津軽海峡で得られた標本と隣接して位置した。これら噴火湾の産卵群は藤田ら(2017)が示した噴火湾の集団や本研究で示した苫小牧集団とは異なる独自の集団かもしれないが、明らかにするためにはさらなる調査や解析が必要である。

産卵群標本の得られた湖沼は、サロマ湖、能取湖、藻琴湖、濤沸湖、風蓮湖、厚岸海域および湧洞沼であった。オホーツク管内の湖沼から得られた標本(Lsar-11, Lnot-11, Lmok-12, Ltof-11)はペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図で一つの枝を形成しており、一つの集団であると考えられ、これらをオホーツク湖沼性集団とした。能取湖とサロマ湖のニシンについては、形態形質(菅野、

1989)およびマイクロサテライトDNA(根本ら, 2008), mtDNA(藤田ら, 2017)により、同一集団と考えられてきたが、本研究ではこれら2つの湖にくわえて、藻琴湖と濤沸湖のニシンも同じ集団が産卵していることを明らかにした。さらに、これらの4湖で漁獲された産卵群と同じ枝には、枝幸(Kesa-12)や常呂沖(Otkr-13)での外海で採集された標本も含まれ、これらの集団が外洋で産卵するか、湖沼へ移動して産卵するかについては不明だが、同一集団と考えられた。

根室および釧路管内で得られた標本(Lfur-02, Lfur-13E, Akke-02, Akke-13, Akke-14E, Akke-14L)についてもペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図で一つの枝を形成しており、1つの集団であると考えられ、これらを道東湖沼性集団とした。また、釧路市沖(Okus-13)や豊頃町沖(Otyk-14)で採集された索餌群は厚岸海域の産卵群と同じ枝を形成しており、風蓮湖や厚岸海域の道東湖沼性集団は索餌時期には釧路市沖や豊頃町沖を回遊していると考えられた。

5月に風蓮湖で採集された産卵群1標本(Lfur-13L)は、樹状図においてサハリン島沿岸で漁獲された標本と同じ枝を構成していた。かつて北海道サハリン系集団は、資源量が大きい時期にはこの海域においても産卵来遊したことが知られており(石田, 1952)、現在でも広域に分布する集団が産卵来遊している可能性がある。同様に、大樹町沖で漁獲された索餌群(Otik-13)も樹状図上では北海道サハリン系集団と同じ枝に位置しており、広域性集団が道東太平洋海域にまで回遊している可能性も考えられる。これら標本がサハリン島沿岸域のニシンと同じ広域性の集団であり、この海域に来遊しているかについては、今後、標本の形態的な解析が待たれると同時に、Lfur-13L同様に5月に産卵のため来遊するニシンに対する継続した調査が必要である。

湧洞沼で得られた標本(Lyud-12E, Lyud-12L)はペアワイズ F_{ST} 値を基にした樹状図で一つの枝上で隣接していたが、サハリン島沿岸で漁獲された標本と同一の枝上に位置した。小林(1993)はアイソザイムによる集団構造解析を行った結果、同様に北海道サハリン系集団と湧洞沼集団が遺伝的に近い集団であることを示した。この理由について小林(1993)は湖沼性と海洋性の集団の分岐後の経過時間がまだ短いことをあげている。地理的には北海道サハリン系集団と大きく離れており、また、ハプロタイプ多様度についても0.9050(Lyud-12E)および0.9334(Lyud-12L)とサハリン島トマリ沿岸で漁獲された集団(0.9779~0.9839)と比べて低いため、ハプロタイプ多様度の高い集団との遺伝的な交流がない別集団と考えられる。しかしながら、風蓮湖で5月に漁獲され

た標本 (Lfur-13L) 同様に, 広域性ニシンの回遊によることも否定できない。大樹町沖 (Otik-12) で採集された標本も湧洞沼標本と同じ枝を形成していたことから, 湧洞沼で産卵する集団は大樹町沖で索餌回遊をしていると考えられた。本研究では, 小林 (1993) にならって湧洞沼で産卵する集団を湧洞沼集団とした。

島根県沖で採集された標本 (Osim-10, Osim-13, Osim-14A-D) はすべて索餌回遊群であり, ペアワイズ F_{ST} を基にした樹状図では北海道サハリン系集団と同じ枝を形成した。根本ら (2008) はマイクロサテライト DNA の解析結果から島根県沖で漁獲されたニシンの遺伝的変異性が高く, 北海道サハリン系集団が南下したものと推察した。一方, 石田 (1952) は朝鮮半島東岸や沿海州に固有のニシン集団が存在することを示している。本研究では, 沿海州や朝鮮半島東岸の標本が得られておらず, 島根県沖の索餌群の標本とこれらの集団との関係性についてはわからなかった。サハリン島沿岸から沿海州, 朝鮮半島東岸, 島根県沖で漁獲されるニシンの集団間の関係性について検討するためには, 特に沿海州から朝鮮半島東岸にかけての標本の解析が必要である。

本研究で推定した7集団の産卵群について集団への帰属が不明な標本を除いてハプロタイプ多様度の平均値および最大値と最小値をFig.6に示した。その結果, 苫小牧集団のハプロタイプ多様度が最も高く0.9694~0.9805の範囲にあった。次いで値が高かったのは北海道サハリン系集団であり0.9460~0.9839の範囲にあった。両者間でハプロタイプ多様度に有意な差は見られなかった ($p = 0.302$ フィッシャーの最小有意差法)。北海道サハリン系集団は非常に広範囲で産卵した大集団であり (石田,

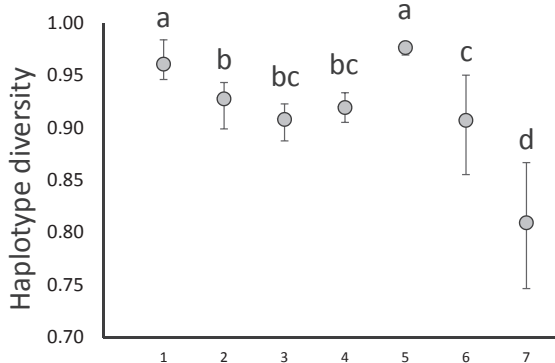


Fig.6 Average values of haplotype diversity in each population

1: Hokkaido-Sakhalin, 2: Okhotsk Lagoon, 3: East Hokkaido Lagoon, 4: Lake yudonuma, 5: Tomakomai, 6: Ishikari Bay, 7: Hiyama-Tsugaru Strait. Bar indicates the maximum and minimum values observed in this study. The same letters on the bar indicates no significant difference ($p > 0.05$).

1952), ハプロタイプ多様度の高さはかつての集団の大きさによるものと考えられた。一方, 苫小牧集団のハプロタイプ多様度の高い値は特徴的な太平洋特異的ハプロタイプが混在していることが要因と考えられた。オホーツク湖沼性集団, 道東湖沼性集団, 湧洞沼集団および石狩湾系集団のハプロタイプ多様度はほぼ同程度だったが, これら集団間では, オホーツク湖沼性集団と石狩湾系集団間でのみ有意な差が見られた ($p = 0.044$) もの, 他の集団間では差は見られなかった ($p > 0.05$)。これらの集団は, 湖沼性地域型や海洋性地域型 (小林, 1993) とされ, 回遊範囲や産卵域が比較的狭い地域集団と考えられており, その集団サイズの差が, 広域性の北海道サハリン系集団に比べてハプロタイプ多様度が低くなった原因であろう。宮古湾の標本を含む檜山津軽海峡集団は, ハプロタイプ多様度の平均が0.8092であり, 他の全ての集団との間で有意にハプロタイプ多様度が低かった ($p < 0.001$)。このことは, 元々非常に小さい地域集団であったか資源の減少による多様性の消失によると考えられる。少なくともハプロタイプ多様度に有意な差が見られた集団間では遺伝的な交流が無いもしくは乏しいことにより集団が隔離され, それぞれのハプロタイプ多様度が維持されているのだろう。

本研究では, ミトコンドリアDNA塩基配列の情報から北海道周辺に來遊する集団の構造を推定した。今後は, 産卵期や成長などの生態的特徴, 脊椎骨数や鱗相などの形態形質の情報, さらにマイクロサテライトDNA等の核ゲノム情報などを加えて解析することでより詳細に集団構造が明らかになることが期待される。集団構造が不明であった標本などは, 継続調査も必要である。また, 産卵期以外の分布・回遊経路や範囲が明らかになっているニシン集団は少ない。未成魚や索餌回遊群についても, 生態・形態形質の情報と遺伝情報を組み合わせることで, 集団の生活史に応じた回遊経路が明らかになると考えられる。このような研究が進められることにより, 北海道周辺に分布するニシンの集団構造がより詳細に解明され, 集団ごとの種苗放流による資源造成方策や資源管理方策を検討する際の重要な基礎資料となる。

謝 辞

サハリンの標本はサフニコとの研究交流を通じて入手した。特に協力いただいたイフシナ エリザ博士 (Dr. Elsa Ivshina) とガラニン ドミトリー博士 (Dr. Dmitry Galanin) に深く感謝申し上げる。また, 厚岸海域の一部, 宮古湾, および島根県沖の標本は, それぞれ北海道区水産研究所, 東北区水産研究所, および日本海区水産研究

所によって、苫小牧および白老の標本は胆振地区水産技術普及指導所によって採集された。標本確保にご尽力いただいた関係各位に深謝する。

引用文献

- 藤田智也, 北田修一, 原田靖子, 石田ゆきの, 佐野祥子, 大場沙織, 菅谷琢磨, 浜崎活幸, 岸野洋久. ミトコンドリアDNAの塩基配列から推測した日本産ニシンの集団構造と個体群動態史. 日本水産学会誌 2017; 83(2) : 163-173.
- 藤田経信, 小久保清治. 鯨ノ研究. 水産研究彙報 1927; 1(1) : 1-140.
- 堀田卓朗, 松石 隆, 坂野博之, 菅野泰次. 北海道東部沿岸域に産卵するニシン*Clupea pallasii*の系群判別. 日本水産学会誌 1999; 65(4) : 555-660.
- Ivshina, E. R. Resource condition of herring populations caught by fisheries in Sakhalin Island waters (Review). 北水試研報 2002; 62 : 9-15.
- 石田昭夫. ニシン漁業とその生物学的考察. 漁業科学叢書 1952; 4 : 1-57.
- 入江隆彦. 北海道・樺太周辺水域のニシンの系統群について. 北水研報告 1980; 45 : 1-14.
- 菅野泰次. オホーツク海北海道近海におけるニシン*Clupea pallasii*の系群構造. 日本水産学会誌 1982; 48(6) : 755-762.
- 菅野泰次. 極東水域に分布するニシン*Clupea pallasii*の形態形質の個体群変異. 日本水産学会誌 1989; 55(3) : 431-439
- Kimura M. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 1980; 16 : 111-120.
- Kitada S, Yoshida R, Fujita T, Hamasaki K, Nakamichi, R and Kishino H. Population structure and persistence of Pacific herring following the Great Tohoku earthquake. *Conservation Genetics* 2017; 18(2) : 423-437.
- 北浜 仁. 桧山沿岸で漁獲されたニシン. 北水試月報 1980; 37 : 29-32.
- 小林時正. 太平洋ニシンの集団遺伝学的特徴と種内分化に関する研究. 遠洋水研報 1993; 30 : 1-77.
- 三上正一, 田村真樹, 高 昭弘. 石狩湾のニシンについて 昭和41~43年の調査結果. 北水試月報 1968; 25(7) : 340-351.
- 根本雄大, 菅谷琢磨, 大河内裕之, 北門利英, 浜崎活幸, 北田修一. マイクロサテライトDNA変異から推定した日本沿岸における太平洋ニシンの集団構造. 水産育種 2008; 37 : 51-59.
- 大河内裕之, 山根幸伸, 有瀧真人. 宮古湾で産卵を終えたニシンの回遊生態と翌年の産卵回帰. 日本水産学会誌 2008; 74(3) : 389-394.
- 大河内裕之, 山根幸伸, 長倉義智. ニシン：種苗放流の考え方～生態的知見を基礎とした資源増殖の試み～. 日本水産学会誌 2010; 76(2) : 252-253.
- 大河内裕之, 中川雅弘. 北海道噴火湾周辺海域で漁獲されるニシンの系群構造. 日本水産学会誌 2012; 78(1) : 8-14.
- Sugaya T, Sato M, Yokoyama E, Nemoto Y, Fujita T, Okouchi H, Hamasaki K and Kitada S. Population genetic structure and variability of Pacific herring *Clupea pallasii* in the stocking along the Pacific coast of northern Japan. *Fisheries Science* 2008; 74 : 579-588.
- 瀧谷明朗, 石野健吾. II-1. 日本海ニシン栽培漁業総合対策事業費1.1.1新規資源造成調査. 平成20年度中央水産試験場事業報告書 2010; 161-165
- 瀧谷明朗, 山口幹人. 8.北海道周辺に分布するニシンの遺伝情報を利用した集団構造解析技術開発 I.平成24年度中央水産試験場事業報告書 2013; 141
- 横田高士, 千村昌之, 山下紀生. 平成29(2017)年度ニシン北海道の資源評価. 平成29年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第2分冊. 東京, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 2018; 788-798.

Appendix 1 Variable sites of the 459 mt-CR haplotypes and frequency of each haplotype (continued)

Haplotype	Position of differences*	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_080	4	0.105	LC216497
HKD_CP_081	11	0.289	LC216498
HKD_CP_082	5	0.053	LC216499
HKD_CP_083	2	0.131	LC216500
HKD_CP_084	2	0.158	LC216501
HKD_CP_085	2	0.158	LC216502
HKD_CP_086	2	0.053	LC216503
HKD_CP_087	1	0.026	LC216504
HKD_CP_088	4	0.105	LC216505
HKD_CP_089	5	0.026	LC216506
HKD_CP_090	2	0.053	LC216507
HKD_CP_091	2	0.053	LC216508
HKD_CP_092	1	0.026	LC216509
HKD_CP_093	1	0.026	LC216510
HKD_CP_094	6	0.158	LC216511
HKD_CP_095	3	0.026	LC216512
HKD_CP_096	6	0.026	LC216513
HKD_CP_097	1	0.026	LC216514
HKD_CP_098	7	0.184	LC216515
HKD_CP_099	1	0.026	LC216516
HKD_CP_100	1	0.026	LC216517
HKD_CP_101	4	0.105	LC216518
HKD_CP_102	4	0.026	LC216519
HKD_CP_103	1	0.026	LC216520
HKD_CP_104	9	0.236	LC216521
HKD_CP_105	1	0.026	LC216522
HKD_CP_106	1	0.026	LC216523
HKD_CP_107	1	0.026	LC216524
HKD_CP_108	6	0.158	LC216525
HKD_CP_109	1	0.026	LC216526
HKD_CP_110	1	0.026	LC216527
HKD_CP_111	5	0.131	LC216528
HKD_CP_112	1	0.026	LC216529
HKD_CP_113	1	0.026	LC216530
HKD_CP_114	1	0.026	LC216531
HKD_CP_115	3	0.079	LC216532
HKD_CP_116	1	0.026	LC216533
HKD_CP_117	1	0.026	LC216534
HKD_CP_118	1	0.026	LC216535
HKD_CP_119	1	0.026	LC216536
HKD_CP_120	1	0.026	LC216537
HKD_CP_121	1	0.026	LC216538
HKD_CP_122	1	0.026	LC216539
HKD_CP_123	7	0.026	LC216540
HKD_CP_124	1	0.026	LC216541
HKD_CP_125	1	0.026	LC216542
HKD_CP_126	1	0.026	LC216543
HKD_CP_127	2	0.053	LC216544
HKD_CP_128	1	0.026	LC216545
HKD_CP_129	2	0.053	LC216546
HKD_CP_130	2	0.053	LC216547
HKD_CP_131	1	0.026	LC216548
HKD_CP_132	1	0.026	LC216549
HKD_CP_133	1	0.026	LC216550
HKD_CP_134	1	0.026	LC216551
HKD_CP_135	2	0.053	LC216552
HKD_CP_136	2	0.053	LC216553
HKD_CP_137	2	0.026	LC216554
HKD_CP_138	2	0.026	LC216555
HKD_CP_139	2	0.053	LC216556
HKD_CP_140	8	0.210	LC216557
HKD_CP_141	1	0.026	LC216558
HKD_CP_142	1	0.026	LC216559
HKD_CP_143	1	0.026	LC216560
HKD_CP_144	1	0.026	LC216561
HKD_CP_145	2	0.053	LC216562
HKD_CP_146	3	0.079	LC216563
HKD_CP_147	1	0.026	LC216564
HKD_CP_148	1	0.026	LC216565
HKD_CP_149	2	0.053	LC216566
HKD_CP_150	8	0.210	LC216567
HKD_CP_151	1	0.026	LC216568
HKD_CP_152	1	0.026	LC216569
HKD_CP_153	1	0.026	LC216570
HKD_CP_154	1	0.026	LC216571
HKD_CP_155	2	0.053	LC216572
HKD_CP_156	1	0.026	LC216573
HKD_CP_157	1	0.026	LC216574
HKD_CP_158	1	0.026	LC216575
HKD_CP_159	1	0.026	LC216576
HKD_CP_160	9	0.236	LC216577

*The position of differences is from 5' end of aligned fragments

Appendix 1 Variable sites of the 459 mt-CR haplotypes and frequency of each haplotype (continued)

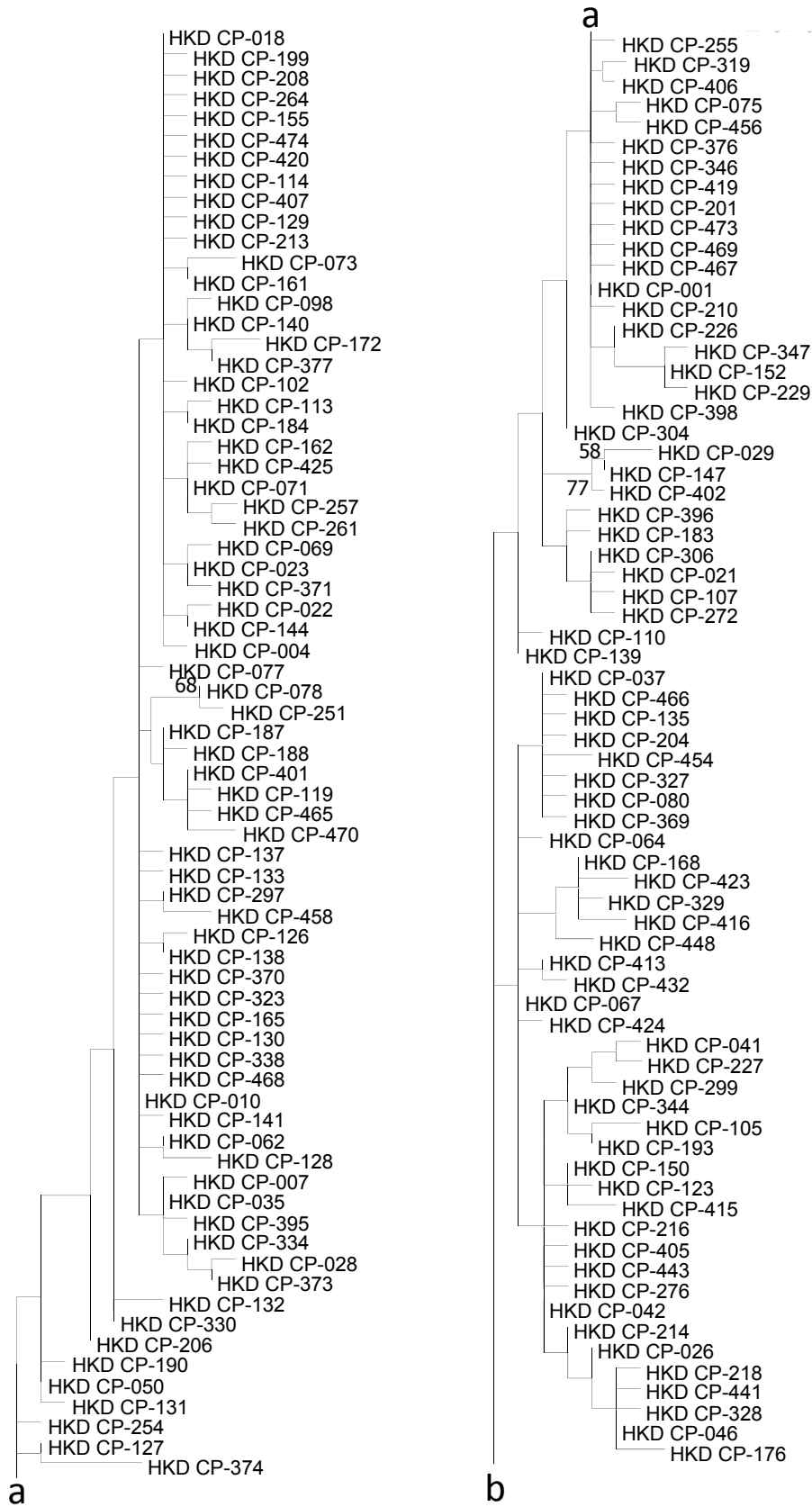
Haplotype	Position of differences*	n	frequency (%)	accession No.
HKD.CP.321	.....T.....	1	0.026	LC216738
HKD.CP.322	.....G.....	1	0.026	LC216739
HKD.CP.323	.....G.....	2	0.053	LC216740
HKD.CP.324	.....G.....	2	0.053	LC216741
HKD.CP.325	.....G.....	1	0.026	LC216742
HKD.CP.326	.....G.....	1	0.026	LC216743
HKD.CP.327	.....G.....	1	0.026	LC216744
HKD.CP.328	.....G.....	1	0.026	LC216745
HKD.CP.329	.....G.....	1	0.026	LC216746
HKD.CP.330	.....G.....	1	0.026	LC216747
HKD.CP.331	.....G.....	1	0.026	LC216748
HKD.CP.332	.....G.....	1	0.026	LC216749
HKD.CP.333	.....G.....	1	0.026	LC216750
HKD.CP.334	.....G.....	1	0.026	LC216751
HKD.CP.335	.....G.....	1	0.026	LC216752
HKD.CP.336	.....G.....	2	0.053	LC216753
HKD.CP.337	.....G.....	2	0.053	LC216754
HKD.CP.338	.....G.....	1	0.026	LC216755
HKD.CP.339	.....G.....	1	0.026	LC216756
HKD.CP.340	.....G.....	1	0.026	LC216757
HKD.CP.341	.....G.....	1	0.026	LC216758
HKD.CP.342	.....G.....	1	0.026	LC216759
HKD.CP.343	.....G.....	1	0.026	LC216760
HKD.CP.344	.....G.....	1	0.026	LC216761
HKD.CP.345	.....G.....	1	0.026	LC216762
HKD.CP.346	.....G.....	1	0.026	LC216763
HKD.CP.347	.....G.....	1	0.026	LC216764
HKD.CP.348	.....G.....	1	0.026	LC216765
HKD.CP.349	.....G.....	2	0.053	LC216766
HKD.CP.350	.....G.....	1	0.026	LC216767
HKD.CP.351	.....G.....	1	0.026	LC216768
HKD.CP.352	.....G.....	1	0.026	LC216769
HKD.CP.353	.....G.....	1	0.026	LC216770
HKD.CP.354	.....G.....	1	0.026	LC216771
HKD.CP.355	.....G.....	1	0.026	LC216772
HKD.CP.356	.....G.....	1	0.026	LC216773
HKD.CP.357	.....G.....	1	0.026	LC216774
HKD.CP.358	.....G.....	1	0.026	LC216775
HKD.CP.359	.....G.....	1	0.026	LC216776
HKD.CP.360	.....G.....	1	0.026	LC216777
HKD.CP.361	.....G.....	1	0.026	LC216778
HKD.CP.362	.....G.....	1	0.026	LC216779
HKD.CP.363	.....G.....	2	0.053	LC216780
HKD.CP.364	.....G.....	1	0.026	LC216781
HKD.CP.365	.....G.....	1	0.026	LC216782
HKD.CP.366	.....G.....	1	0.026	LC216783
HKD.CP.367	.....G.....	1	0.026	LC216784
HKD.CP.368	.....G.....	1	0.026	LC216785
HKD.CP.369	.....G.....	1	0.026	LC216786
HKD.CP.370	.....G.....	1	0.026	LC216787
HKD.CP.371	.....G.....	1	0.026	LC216788
HKD.CP.372	.....G.....	1	0.026	LC216789
HKD.CP.373	.....G.....	1	0.026	LC216790
HKD.CP.374	.....G.....	1	0.026	LC216791
HKD.CP.375	.....G.....	1	0.026	LC216792
HKD.CP.376	.....G.....	1	0.026	LC216793
HKD.CP.377	.....G.....	1	0.026	LC216794
HKD.CP.378	.....G.....	5	0.131	LC216795
HKD.CP.379	.....G.....	1	0.026	LC216796
HKD.CP.380	.....G.....	2	0.053	LC216797
HKD.CP.381	.....G.....	2	0.053	LC216798
HKD.CP.382	.....G.....	3	0.079	LC216799
HKD.CP.390	.....G.....	1	0.026	LC216807
HKD.CP.395	.....G.....	1	0.026	LC216812
HKD.CP.396	.....G.....	1	0.026	LC216813
HKD.CP.397	.....G.....	2	0.053	LC216814
HKD.CP.398	.....G.....	2	0.053	LC216815
HKD.CP.399	.....G.....	1	0.026	LC216816
HKD.CP.400	.....G.....	1	0.026	LC216817
HKD.CP.401	.....G.....	3	0.079	LC216818
HKD.CP.402	.....G.....	4	0.105	LC216819
HKD.CP.403	.....G.....	4	0.105	LC216820
HKD.CP.404	.....G.....	1	0.026	LC216821
HKD.CP.405	.....G.....	2	0.053	LC216822
HKD.CP.406	.....G.....	2	0.053	LC216823
HKD.CP.407	.....G.....	3	0.079	LC216824
HKD.CP.408	.....G.....	1	0.026	LC216825
HKD.CP.409	.....G.....	1	0.026	LC216826
HKD.CP.410	.....G.....	1	0.026	LC216827

*The position of differences is from 5' end of aligned fragments

Appendix 1 Variable sites of the 459 mt-CR haplotypes and frequency of each haplotype (continued)

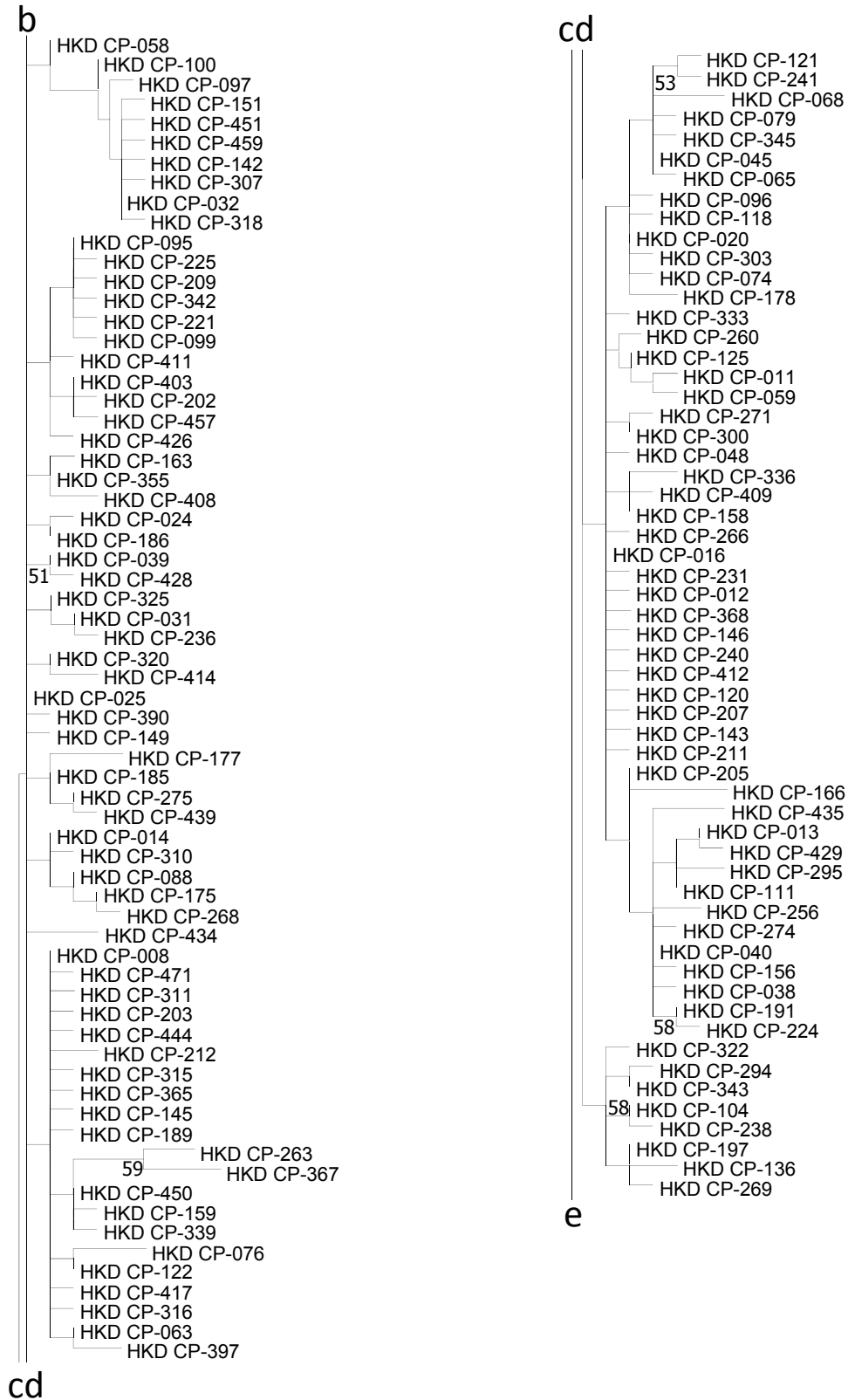
Haplotype	Position of differences*	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_411	.....T.....G.....	1	0.026	LC216828
HKD_CP_412	.....T.....G.....	1	0.026	LC216829
HKD_CP_413	.....G.....	2	0.053	LC216830
HKD_CP_414	.....C.....	1	0.026	LC216831
HKD_CP_415	.....G.....	1	0.026	LC216832
HKD_CP_416	.....A.....	1	0.026	LC216833
HKD_CP_417	.....C.....	1	0.026	LC216834
HKD_CP_418	.....T.....C.....	1	0.026	LC216835
HKD_CP_419	.....G.....	1	0.026	LC216836
HKD_CP_420	.....A.....	1	0.026	LC216837
HKD_CP_421	.....A.....	1	0.026	LC216838
HKD_CP_422	.....A.....	1	0.026	LC216839
HKD_CP_423	.....A.....	1	0.026	LC216840
HKD_CP_424	.....G.....	1	0.026	LC216841
HKD_CP_425	.....C.....	1	0.026	LC216842
HKD_CP_426	.....G.....	1	0.026	LC216843
HKD_CP_427	.....C.....	1	0.026	LC216844
HKD_CP_428	.....C.....	1	0.026	LC216845
HKD_CP_429	.....C.....	1	0.026	LC216846
HKD_CP_430	.....T.....	1	0.026	LC216847
HKD_CP_431	.....G.....	1	0.026	LC216848
HKD_CP_432	.....G.....	1	0.026	LC216849
HKD_CP_433	.....G.....	1	0.026	LC216850
HKD_CP_434	.....G.....	1	0.026	LC216851
HKD_CP_435	.....C.....	2	0.053	LC216852
HKD_CP_436	.....G.....	2	0.053	LC216853
HKD_CP_437	.....G.....	1	0.026	LC216854
HKD_CP_438	.....G.....	1	0.026	LC216855
HKD_CP_439	.....C.....	3	0.079	LC216856
HKD_CP_440	.....C.....	1	0.026	LC216857
HKD_CP_441	.....C.....	2	0.053	LC216858
HKD_CP_442	.....C.....	1	0.026	LC216859
HKD_CP_443	.....C.....	1	0.026	LC216860
HKD_CP_444	.....C.....	2	0.053	LC216862
HKD_CP_445	.....T.....	1	0.026	LC216863
HKD_CP_446	.....C.....	1	0.026	LC216864
HKD_CP_447	.....C.....	1	0.026	LC216865
HKD_CP_448	.....C.....	1	0.026	LC216866
HKD_CP_449	.....C.....	1	0.026	LC216867
HKD_CP_450	.....C.....	1	0.026	LC216868
HKD_CP_451	.....C.....	1	0.026	LC216869
HKD_CP_452	.....G.....	1	0.026	LC216870
HKD_CP_453	.....C.....	1	0.026	LC216871
HKD_CP_454	.....C.....	1	0.026	LC216872
HKD_CP_455	.....C.....	1	0.026	LC216873
HKD_CP_456	.....C.....	1	0.026	LC216874
HKD_CP_457	.....C.....	1	0.026	LC216875
HKD_CP_458	.....C.....	1	0.026	LC216876
HKD_CP_459	.....C.....	1	0.026	LC216877
HKD_CP_460	.....C.....	1	0.026	LC216878
HKD_CP_461	.....C.....	1	0.026	LC216879
HKD_CP_462	.....C.....	1	0.026	LC216880
HKD_CP_463	.....C.....	1	0.026	LC216881
HKD_CP_464	.....C.....	1	0.026	LC216882
HKD_CP_465	.....C.....	1	0.026	LC216883
HKD_CP_466	.....C.....	1	0.026	LC216884
HKD_CP_467	.....T.....	1	0.026	LC216885
HKD_CP_468	.....T.....	1	0.026	LC216886
HKD_CP_469	.....T.....	1	0.026	LC216887
HKD_CP_470	.....C.....	1	0.026	LC216888
HKD_CP_471	.....C.....	1	0.026	LC216889
HKD_CP_472	.....C.....	1	0.026	LC216890
HKD_CP_473	.....G.....	1	0.026	LC216891
HKD_CP_474	.....G.....	1	0.026	LC216892

*The position of differences is from 5' end of aligned fragments



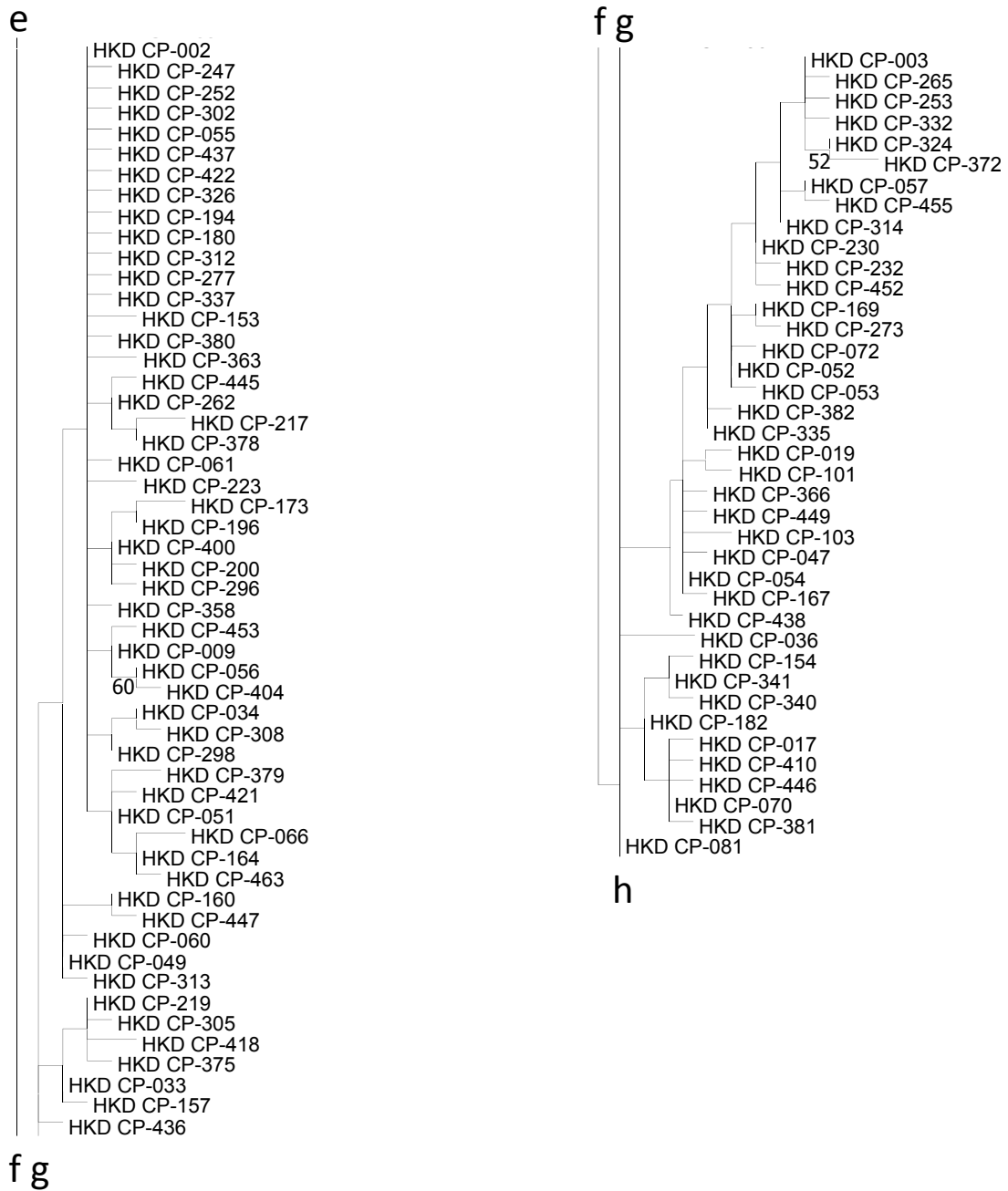
Appendix 2 Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method

The numbers above the internal branches give bootstrap probabilities higher than 50%. Lower endpoints continue with the next upper endpoints marked with the same alphabetical letter.



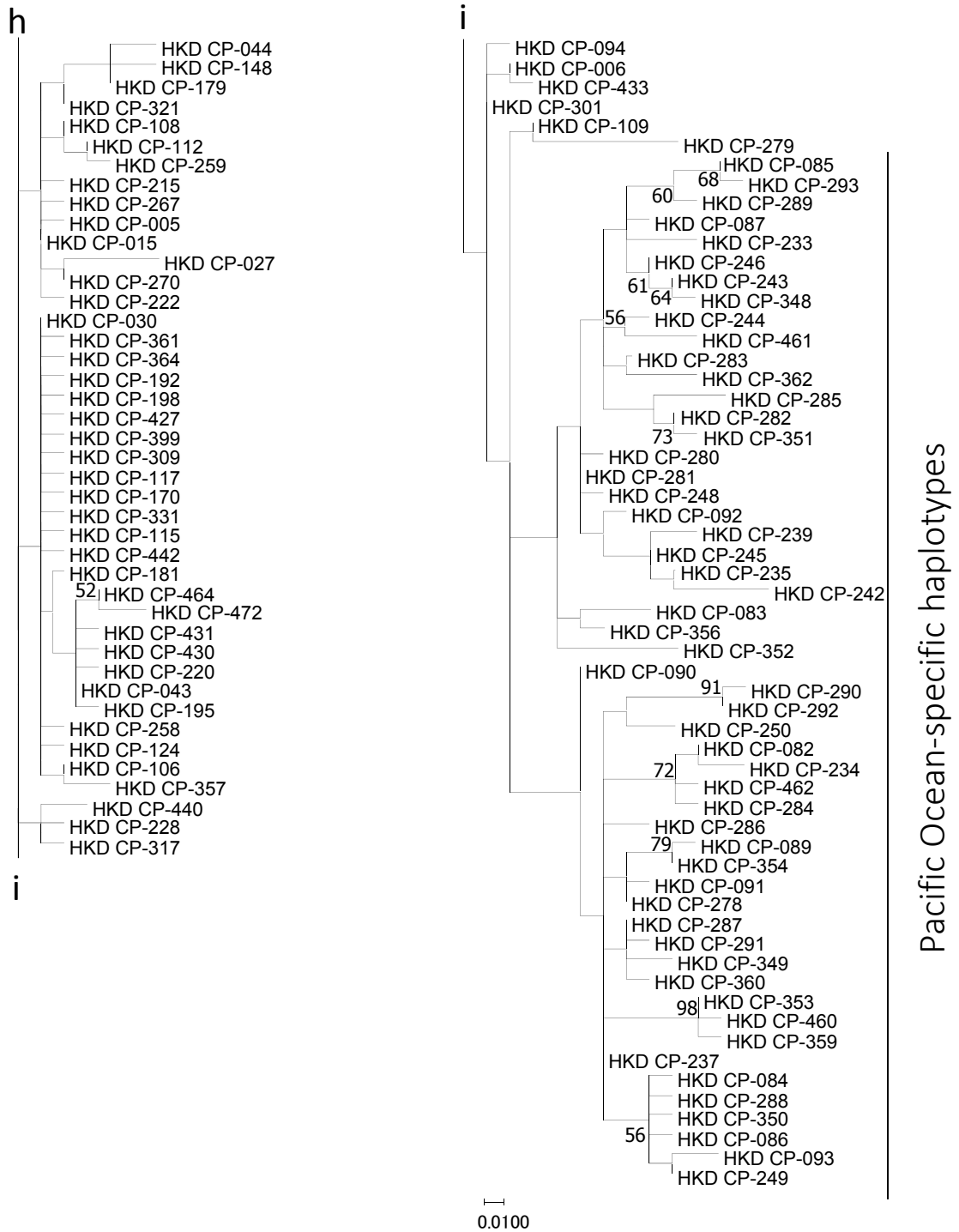
Appendix 2 Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method (continued)

The numbers above the internal branches give bootstrap probabilities higher than 50%. Lower endpoints continue with the next upper endpoints marked with the same alphabetical letter.



Appendix 2 Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method (continued)

The numbers above the internal branches give bootstrap probabilities higher than 50%. Lower endpoints continue with the next upper endpoints marked with the same alphabetical letter.



Appendix 2 Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method (continued)

The numbers above the internal branches give bootstrap probabilities higher than 50%. Lower endpoints continue with the next upper endpoints marked with the same alphabetical letter.

Appendix 3 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Sakhalin Island and offshore west of Kamchatka Peninsula

Sample code Sample No.	TomR-98 30	TomR-04 49	VsmR-04 48	OwkR-10 50
Haplotype				
HKD_CP_001	4	3	1	1
HKD_CP_002	1		2	3
HKD_CP_003	1	2	1	
HKD_CP_004	1			
HKD_CP_005	1			
HKD_CP_006	1			
HKD_CP_007	1		1	
HKD_CP_008	1	1	1	2
HKD_CP_009	1		1	1
HKD_CP_010	1	2	5	3
HKD_CP_011	1			
HKD_CP_012	1			
HKD_CP_013	1			
HKD_CP_014	1		1	
HKD_CP_015	1	1	2	3
HKD_CP_016	1	4	4	5
HKD_CP_017	1			
HKD_CP_018	1	2	3	2
HKD_CP_019	1			
HKD_CP_020	2			1
HKD_CP_021	1			
HKD_CP_022	1			
HKD_CP_023	1			
HKD_CP_024	1		1	
HKD_CP_025	1	1	1	
HKD_CP_026	1			
HKD_CP_027				1
HKD_CP_030		5	9	6
HKD_CP_031		2		
HKD_CP_032			1	1
HKD_CP_037		1		1
HKD_CP_039		1		
HKD_CP_040			1	
HKD_CP_042		1		
HKD_CP_043				1
HKD_CP_046		1		
HKD_CP_063			1	
HKD_CP_067		3		2
HKD_CP_070		1		
HKD_CP_108		1		
HKD_CP_117		1		
HKD_CP_118		1		
HKD_CP_119		1		
HKD_CP_120		1		
HKD_CP_121		1		
HKD_CP_122		1		
HKD_CP_123		1		
HKD_CP_124		1	1	1
HKD_CP_125		1		
HKD_CP_126		1		
HKD_CP_127		1		
HKD_CP_128		1		
HKD_CP_129		1		
HKD_CP_130		1		
HKD_CP_131		1		
HKD_CP_132		1		
HKD_CP_133		1		
HKD_CP_135			1	
HKD_CP_136			1	
HKD_CP_137			1	
HKD_CP_138			1	
HKD_CP_139			1	
HKD_CP_140			1	1
HKD_CP_141			1	
HKD_CP_142			1	
HKD_CP_143			1	
HKD_CP_144			1	
HKD_CP_145			1	
HKD_CP_181				1
HKD_CP_182				1
HKD_CP_337				1
HKD_CP_365				1
HKD_CP_366				1
HKD_CP_367				1
HKD_CP_368				1
HKD_CP_369				1
HKD_CP_370				1
HKD_CP_371				1
HKD_CP_372				1
HKD_CP_373				1
HKD_CP_374				1
HKD_CP_375				1
HKD_CP_376				1

Appendix 4 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Souya General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Funa-02 120	Wakk-12 27	Wakk-13 38	Wakk-14 34	Owak-09 43	Kesa-03 30	Kesa-12 136
Haplotype							
HKD_CP_001	11	4	4	2	2	5	14
HKD_CP_002	4		2	2	1		3
HKD_CP_003							8
HKD_CP_007				1			1
HKD_CP_008	6	1	1	1		1	6
HKD_CP_010	6	5	4	5	4	1	15
HKD_CP_015	5						4
HKD_CP_016	8	1	1		3	3	6
HKD_CP_018	4	4	4	3	2	3	13
HKD_CP_020	6	1		2	1	2	3
HKD_CP_022	1		1				
HKD_CP_025	1		1				
HKD_CP_026	1		1				
HKD_CP_027	1						
HKD_CP_028	1		1	1			
HKD_CP_029	1						
HKD_CP_030	17	3	1	5	6	4	18
HKD_CP_031	4		1			1	1
HKD_CP_032	4		2	2	1		
HKD_CP_033	2						
HKD_CP_034	1						
HKD_CP_035	1						
HKD_CP_036	1	1					
HKD_CP_037	1		1				2
HKD_CP_038	1						
HKD_CP_039	1						
HKD_CP_040	1						1
HKD_CP_041	1						
HKD_CP_042	2		1				1
HKD_CP_043	1	4		3			7
HKD_CP_044	1						
HKD_CP_045	2						
HKD_CP_046	1		1		1		
HKD_CP_047	1						
HKD_CP_048	1						
HKD_CP_049	1						
HKD_CP_050	1						1
HKD_CP_051	1						
HKD_CP_052	1						
HKD_CP_053	1						
HKD_CP_054	1			1			
HKD_CP_055	1		1				
HKD_CP_056	1						
HKD_CP_057	1						
HKD_CP_058	1						
HKD_CP_059	1						
HKD_CP_060	1						
HKD_CP_061	1						
HKD_CP_062	1						1
HKD_CP_063	1						
HKD_CP_064	1						
HKD_CP_065	1						
HKD_CP_066	1						
HKD_CP_067	1		1		4		
HKD_CP_068	1						
HKD_CP_070		2		1			
HKD_CP_071				2			
HKD_CP_074				1			
HKD_CP_077				1			2
HKD_CP_078					1		
HKD_CP_081							1
HKD_CP_103						1	
HKD_CP_104				1		1	
HKD_CP_105						1	
HKD_CP_106						1	
HKD_CP_107						1	
HKD_CP_108					1	1	
HKD_CP_109						1	
HKD_CP_110						1	
HKD_CP_111						1	
HKD_CP_112						1	
HKD_CP_145			1				
HKD_CP_150							1
HKD_CP_160							1
HKD_CP_182							1
HKD_CP_196					1		
HKD_CP_197					2		
HKD_CP_198					1		
HKD_CP_199					1		
HKD_CP_200					1		
HKD_CP_201					1		2
HKD_CP_202					1		
HKD_CP_203					1		
HKD_CP_204					1		
HKD_CP_205					1		
HKD_CP_206					1		
HKD_CP_207					1		
HKD_CP_208					1		
HKD_CP_209					1		
HKD_CP_210					1		
HKD_CP_217							1
HKD_CP_251							1
HKD_CP_252							1
HKD_CP_259							1
HKD_CP_260							1
HKD_CP_261							1
HKD_CP_262							1
HKD_CP_263							1
HKD_CP_264							1
HKD_CP_265							1
HKD_CP_266							2
HKD_CP_267							1
HKD_CP_268							1
HKD_CP_269							1
HKD_CP_270							1
HKD_CP_271							1
HKD_CP_272							1
HKD_CP_273							1
HKD_CP_274							1
HKD_CP_275							1
HKD_CP_276							1
HKD_CP_277							1
HKD_CP_364		1					
HKD_CP_418			1				
HKD_CP_419			1				
HKD_CP_420			1				
HKD_CP_421			1				
HKD_CP_422			1				
HKD_CP_423			1				
HKD_CP_424			1				
HKD_CP_425			1				

Appendix 5 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Okhotsk General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Momb-12 147	Lsar-11 49	Otkr-13 46	Lnot-11 49	Lmok-12 90	Ltof-11 50
Haplotype						
HKD_CP_001	11	8	7	4	11	9
HKD_CP_002	6		1	1		3
HKD_CP_003		1	5	7	13	10
HKD_CP_004	1					
HKD_CP_008	12	1	2	3	9	1
HKD_CP_010	9	5	3	4	2	3
HKD_CP_015	2		1		1	
HKD_CP_016	24	1	1	3	4	1
HKD_CP_018	10	6	5	3	5	5
HKD_CP_020	4			2		1
HKD_CP_025	1				1	
HKD_CP_028				1		
HKD_CP_030	22	4	7	3	17	7
HKD_CP_031	1			1		
HKD_CP_032	3	1	1			1
HKD_CP_035	1	1	1	1	1	
HKD_CP_037	2	3			6	3
HKD_CP_039	1					
HKD_CP_040	1					
HKD_CP_042					3	
HKD_CP_043		3	5	8	1	
HKD_CP_046	3					
HKD_CP_050	1	1	1			
HKD_CP_052	1	2		1	1	1
HKD_CP_055	1					
HKD_CP_057		1				
HKD_CP_059						1
HKD_CP_062				1		
HKD_CP_067	1			1	1	
HKD_CP_069	1					
HKD_CP_070			1		1	
HKD_CP_077		1				
HKD_CP_081	1					
HKD_CP_098				1		
HKD_CP_102	1					
HKD_CP_104	1				2	
HKD_CP_111	2					
HKD_CP_140					1	
HKD_CP_160	1	1				
HKD_CP_193	1					
HKD_CP_181					1	
HKD_CP_183			1			
HKD_CP_191		1		1		1
HKD_CP_200		2		2	1	
HKD_CP_219	1					
HKD_CP_231		1	1			
HKD_CP_252		1		1	4	3
HKD_CP_253		1				
HKD_CP_254		1				
HKD_CP_255		1				
HKD_CP_256		1				
HKD_CP_264	1		1			
HKD_CP_295			1			
HKD_CP_302					1	
HKD_CP_303					1	
HKD_CP_304					1	
HKD_CP_305					1	
HKD_CP_312	1		1			
HKD_CP_313	1					
HKD_CP_314	1					
HKD_CP_315	1					
HKD_CP_316	1					
HKD_CP_317	1					
HKD_CP_318	1					
HKD_CP_319	1					
HKD_CP_320	1					
HKD_CP_321	1					
HKD_CP_322	1					
HKD_CP_323	1					
HKD_CP_324	1					
HKD_CP_325	1					
HKD_CP_326	1					
HKD_CP_327	1					
HKD_CP_328	1					
HKD_CP_329	1					
HKD_CP_330	1					

Appendix 6 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Nemuro Subprefectural Bureau

Sample code	Lfur-02	Lfur-13E	Lfur-13L
Sample No.	30	56	46
Haplotype			
HKD_CP_001	3	7	5
HKD_CP_002		1	4
HKD_CP_008		2	1
HKD_CP_010	2	6	3
HKD_CP_015			3
HKD_CP_016	1	4	5
HKD_CP_018	1	2	2
HKD_CP_019			1
HKD_CP_028		1	
HKD_CP_030	2	9	3
HKD_CP_037	1	2	1
HKD_CP_040		2	2
HKD_CP_043	1	2	1
HKD_CP_045	1		
HKD_CP_049			1
HKD_CP_050		1	1
HKD_CP_052	6	1	3
HKD_CP_055		1	
HKD_CP_069	8	9	3
HKD_CP_074	2		
HKD_CP_075	1		
HKD_CP_076	1		
HKD_CP_098			1
HKD_CP_147		1	
HKD_CP_181		1	
HKD_CP_217		1	
HKD_CP_301		1	
HKD_CP_378		1	1
HKD_CP_381		1	
HKD_CP_395			1
HKD_CP_396			1
HKD_CP_397			1
HKD_CP_398			1
HKD_CP_399			1

Appendix 7 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Kushiro General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Akke-02 30	Akke-13 80	Akke-14E 33	Akke-14L 43	Okus-13 32
Haplotype					
HKD_CP_001	3	8	6	4	
HKD_CP_002		4		2	1
HKD_CP_003		1			
HKD_CP_008	1	1			1
HKD_CP_009			1		
HKD_CP_010		6	2	4	3
HKD_CP_015			1	1	
HKD_CP_016		1			
HKD_CP_018	3	2	3	4	2
HKD_CP_020		1	1		3
HKD_CP_030	4	19	5	10	4
HKD_CP_032	1				
HKD_CP_033				1	1
HKD_CP_037	1	5		2	
HKD_CP_040		2			
HKD_CP_043	1	5	2	2	4
HKD_CP_052	1	4		4	2
HKD_CP_069	8	9	6	4	8
HKD_CP_070	1	1	2		1
HKD_CP_071	3		1		
HKD_CP_072	1				
HKD_CP_073	1		1		
HKD_CP_074	1		1		
HKD_CP_077					1
HKD_CP_104		1			
HKD_CP_130		1			
HKD_CP_164				1	
HKD_CP_181				1	
HKD_CP_299					1
HKD_CP_377		1			
HKD_CP_378		2		1	
HKD_CP_379		1			
HKD_CP_380		2			
HKD_CP_381		1			
HKD_CP_382		2			
HKD_CP_426			1		
HKD_CP_427				1	
HKD_CP_428				1	

Appendix 8 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Tokachi
General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Otyk-14 43	Lyud-12E 58	Lyud-12L 59	Otik-12 50	Otik-13 28
Haplotype					
HKD_CP_001	2	10	5	6	2
HKD_CP_002	1				
HKD_CP_008		3	4		
HKD_CP_010	1	4	8	5	5
HKD_CP_015					2
HKD_CP_016	4	6	8	4	4
HKD_CP_018		1	1	1	1
HKD_CP_020		1			
HKD_CP_025		1			
HKD_CP_030	12	13	8	11	2
HKD_CP_032					1
HKD_CP_037		3		1	1
HKD_CP_043				3	2
HKD_CP_052	2		1		
HKD_CP_056	1		1	1	
HKD_CP_063			1		
HKD_CP_069	5	1			1
HKD_CP_070	1	2			
HKD_CP_071				1	1
HKD_CP_074	1				
HKD_CP_077	1				
HKD_CP_081	2	1		1	1
HKD_CP_088	1		2		
HKD_CP_094	1		1	2	
HKD_CP_140			1	1	
HKD_CP_167		1	1		
HKD_CP_175			1		
HKD_CP_193	1	1	2	2	
HKD_CP_238			1	1	
HKD_CP_240	1	4	5	5	
HKD_CP_246				1	
HKD_CP_272	1	1	1		1
HKD_CP_291				1	
HKD_CP_294					1
HKD_CP_299				1	
HKD_CP_306		1			
HKD_CP_307		1	2		
HKD_CP_308		1	1		1
HKD_CP_309	1	1	2		
HKD_CP_310		1	1		
HKD_CP_311			1		
HKD_CP_363				2	
HKD_CP_382					1
HKD_CP_398	1				
HKD_CP_400					1
HKD_CP_432	1				
HKD_CP_433	1				
HKD_CP_434	1				

Appendix 9 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Hidaka and Iburi General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Oeri-11 55	Toma-02 30	Toma-12 61	Sira-12 48
Haplotype				
HKD_CP_001	4	1	1	3
HKD_CP_008		1		
HKD_CP_010	5	1	1	
HKD_CP_015				
HKD_CP_016	3		1	2
HKD_CP_018	1	2		1
HKD_CP_025			1	
HKD_CP_030	4	3	8	5
HKD_CP_037				1
HKD_CP_043	3	2	5	1
HKD_CP_052				
HKD_CP_056		2		
HKD_CP_069				
HKD_CP_070		1	1	
HKD_CP_071	1	2	2	2
HKD_CP_082		2		
HKD_CP_083	2	1		
HKD_CP_084	1	1		
HKD_CP_085	2	2	1	1
HKD_CP_086	1	1		
HKD_CP_087		1		
HKD_CP_088		1		
HKD_CP_089		1		
HKD_CP_090	1	1		3
HKD_CP_091		1	1	
HKD_CP_092		1		
HKD_CP_093		1		
HKD_CP_094	1	1		
HKD_CP_137			1	
HKD_CP_160			2	1
HKD_CP_164			1	
HKD_CP_167	1			
HKD_CP_175	1			
HKD_CP_191				
HKD_CP_193			2	
HKD_CP_230			1	
HKD_CP_233	2			
HKD_CP_234	1			
HKD_CP_235	1		1	
HKD_CP_236	1			
HKD_CP_237	1		3	2
HKD_CP_238	1			
HKD_CP_239	1			
HKD_CP_240	2			1
HKD_CP_241	1			
HKD_CP_242	1			
HKD_CP_243	4		5	1
HKD_CP_244	1		1	
HKD_CP_245	2		1	1
HKD_CP_246	1			1
HKD_CP_247	1			
HKD_CP_248	1		1	
HKD_CP_249	1			2
HKD_CP_250	1		1	
HKD_CP_278			2	
HKD_CP_279			1	1
HKD_CP_280			1	
HKD_CP_281			1	
HKD_CP_282			1	
HKD_CP_283			1	
HKD_CP_284			1	
HKD_CP_285			1	
HKD_CP_286			1	
HKD_CP_287			1	2
HKD_CP_288			2	
HKD_CP_289			1	
HKD_CP_290			1	
HKD_CP_291			1	1
HKD_CP_292			1	
HKD_CP_293			1	
HKD_CP_294			1	
HKD_CP_324				
HKD_CP_348				1
HKD_CP_349				2
HKD_CP_350				1
HKD_CP_351				1
HKD_CP_352				1
HKD_CP_353				1
HKD_CP_354				1
HKD_CP_355				1
HKD_CP_356				1
HKD_CP_357				1
HKD_CP_358				1
HKD_CP_359				1
HKD_CP_360				1
HKD_CP_361				1
HKD_CP_362				1

Appendix 10 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Oshima General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Yaku-14 30	Sawa-14 31	Kina-14 40	Kmis-12 16	Kmis-14E 30	Kmis-14L 30	Kmis-15 38	Siri-12 20	Fuku-12 12
Haplotype									
HKD_CP_001	4	8	16	5	6	3	11	8	4
HKD_CP_004						4			
HKD_CP_008	2				2				
HKD_CP_010	3	2			3				2
HKD_CP_015	2		1		1	1	1		
HKD_CP_016	1		4	1	2		1		
HKD_CP_018	2					3		2	
HKD_CP_025		1	6						
HKD_CP_030	5			5	5	7	7	4	
HKD_CP_037		4	5						
HKD_CP_043	4		2	3	8	6	7	5	4
HKD_CP_050							1		
HKD_CP_052				1	1	2			
HKD_CP_054					1				
HKD_CP_062							1		
HKD_CP_069	2		3						
HKD_CP_070	3	2	3		1	1	3	1	1
HKD_CP_071	2					2			1
HKD_CP_077				1			1		
HKD_CP_175		1							
HKD_CP_187							1		
HKD_CP_188							1		
HKD_CP_191		1							
HKD_CP_237		1							
HKD_CP_240		1							
HKD_CP_243		1							
HKD_CP_278		1							
HKD_CP_280		1							
HKD_CP_290		1							
HKD_CP_293		1							
HKD_CP_324		1							
HKD_CP_431									
HKD_CP_460						1			
HKD_CP_461		1							
HKD_CP_462		1							
HKD_CP_463		1							
HKD_CP_472							1		
HKD_CP_473							1		
HKD_CP_474							1		

Appendix 11 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Rumoi Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Tesi-08 38	Onis-12 84	Usuy-12 37	Masi-13 41
Haplotype				
HKD_CP_001	2	9	1	6
HKD_CP_002	1	4		
HKD_CP_003		1	1	
HKD_CP_008		4	1	3
HKD_CP_009	1		1	
HKD_CP_010	6	8	2	4
HKD_CP_012	1			
HKD_CP_015		3	1	2
HKD_CP_016	2	9	2	
HKD_CP_018		2	1	5
HKD_CP_020			2	4
HKD_CP_025	1			
HKD_CP_030	7	9	7	8
HKD_CP_031		3	1	
HKD_CP_032			1	
HKD_CP_033		1		
HKD_CP_037	1	1		1
HKD_CP_040		1		
HKD_CP_043		1		1
HKD_CP_046		3	1	
HKD_CP_048			2	
HKD_CP_050				4
HKD_CP_063		1		
HKD_CP_067		1	2	
HKD_CP_070				1
HKD_CP_071		1		1
HKD_CP_104	1			
HKD_CP_124		1	1	
HKD_CP_140	1			
HKD_CP_150			1	
HKD_CP_165	1			
HKD_CP_166	1			
HKD_CP_167	1			
HKD_CP_168	1			
HKD_CP_169	1			
HKD_CP_170	2			
HKD_CP_172	1			
HKD_CP_173	1			
HKD_CP_175	1			
HKD_CP_176	1			
HKD_CP_177	1			
HKD_CP_178	1			
HKD_CP_179	1			
HKD_CP_181			1	
HKD_CP_194		1		
HKD_CP_213			1	
HKD_CP_219		2		
HKD_CP_262			1	
HKD_CP_272		1		
HKD_CP_295			1	
HKD_CP_296			1	
HKD_CP_297			1	
HKD_CP_298			1	
HKD_CP_299			1	
HKD_CP_300			1	
HKD_CP_312				1
HKD_CP_331		1		
HKD_CP_332		1		
HKD_CP_333		1		
HKD_CP_334		1		
HKD_CP_335		1		
HKD_CP_336		1		
HKD_CP_337		1		
HKD_CP_338		1		
HKD_CP_339		1		
HKD_CP_340		1		
HKD_CP_341		1		
HKD_CP_342		1		
HKD_CP_343		1		
HKD_CP_344		1		
HKD_CP_345		1		
HKD_CP_346		1		
HKD_CP_347		1		

Appendix 14 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Shiribeshi General Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Otar-14 30	TomJ-08 40	Kyow-11 36	Iwan-08 37	Iwan-09 41	Iwan-14 42	Iwan-15 39	Sutt-10 47	Sutt-13 34
Haplotype									
HKD_CP_001	2	5	3	4	4	6	4	10	6
HKD_CP_002	2			1			2		2
HKD_CP_008	1	1	1			2	1	1	1
HKD_CP_010	3	7	10	5	4	6	5	6	5
HKD_CP_015						1			
HKD_CP_016			1	1	2	1	2	2	
HKD_CP_018	1	3	4	7	7	3	2	4	3
HKD_CP_020	2	3		1	1	1	1		1
HKD_CP_025									1
HKD_CP_030	9	8	9	8	4	9	5	5	5
HKD_CP_037								1	
HKD_CP_040								1	
HKD_CP_043	7	7	4	6	6	4	3	6	3
HKD_CP_050			1	1				1	2
HKD_CP_062	1				1				
HKD_CP_070	1	2	1		1	4	2	2	
HKD_CP_071		1		1	1	1	1		1
HKD_CP_077		1		1	3		1		1
HKD_CP_079			1						
HKD_CP_080								1	
HKD_CP_098							1	1	
HKD_CP_160									1
HKD_CP_162		1							
HKD_CP_163		1			1				
HKD_CP_164				1	2			1	
HKD_CP_182	1					1			
HKD_CP_183							2		
HKD_CP_187							3		
HKD_CP_191					1	2	1	1	
HKD_CP_192					1				
HKD_CP_193					1				
HKD_CP_194					1				
HKD_CP_229								1	1
HKD_CP_230								1	
HKD_CP_231								1	
HKD_CP_232								1	
HKD_CP_251			1						
HKD_CP_401							1		
HKD_CP_417									1
HKD_CP_429						1			
HKD_CP_466							1		
HKD_CP_467							1		

Appendix 16 Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Miyako Bay and offshore of Shimane Prefecture

Sample code Sample No.	Miya-02 30	Osim-10 39	Osim-13 58	Osim-14A 41	Osim-14B 36	Osim-14C 40	Osim-14D 30
Haplotype							
HKD_CP_001	5	2	2	1	1	4	1
HKD_CP_002		2		1			1
HKD_CP_007				1			
HKD_CP_008		4	1	1	2	2	1
HKD_CP_009					1		
HKD_CP_010	1	3	3	6	3	2	
HKD_CP_012		1					
HKD_CP_015		1	1	2	2		1
HKD_CP_016		5	7	5	4	6	4
HKD_CP_018		1	4	1	1	1	2
HKD_CP_020		1			1	1	
HKD_CP_022		1					
HKD_CP_025					1	1	
HKD_CP_030	9	5	6	3	3	4	3
HKD_CP_031		1			1	1	
HKD_CP_032			2				
HKD_CP_033				1			
HKD_CP_039						2	
HKD_CP_040				1			
HKD_CP_043	9						
HKD_CP_047					1		
HKD_CP_048		1	1	2	1		2
HKD_CP_049		1	1				
HKD_CP_050	1						
HKD_CP_054					1		
HKD_CP_057			1	1	1		1
HKD_CP_061						1	
HKD_CP_067							1
HKD_CP_070	1						
HKD_CP_071	2						
HKD_CP_079			1				
HKD_CP_080	1						
HKD_CP_081	1				1	2	
HKD_CP_095			1				1
HKD_CP_102					1		1
HKD_CP_106			1				2
HKD_CP_108			1				
HKD_CP_111							
HKD_CP_124		1		2			
HKD_CP_127					1		
HKD_CP_150		1	2				
HKD_CP_181			1				
HKD_CP_185			1				
HKD_CP_193			1				
HKD_CP_219			1				
HKD_CP_221		1					
HKD_CP_222		1					
HKD_CP_223		1					
HKD_CP_224		1					
HKD_CP_225		1					
HKD_CP_226		1					
HKD_CP_227		1				1	
HKD_CP_228		1				1	
HKD_CP_255			1				
HKD_CP_261				1			
HKD_CP_298					1	1	
HKD_CP_323			1				
HKD_CP_335					1		
HKD_CP_390			1				
HKD_CP_403			2		1	1	
HKD_CP_404			1				
HKD_CP_405			1			1	
HKD_CP_406			2				
HKD_CP_407			1		1	1	
HKD_CP_408			1	1			
HKD_CP_409			1				
HKD_CP_410			1				
HKD_CP_411			1				
HKD_CP_412			1				
HKD_CP_413			1		1		
HKD_CP_414			1				
HKD_CP_415			1				
HKD_CP_416			1				
HKD_CP_435				1	1		
HKD_CP_436					1	1	
HKD_CP_437					1		
HKD_CP_438					1		
HKD_CP_439					1	1	1
HKD_CP_440				1			
HKD_CP_441				1			
HKD_CP_442				1			1
HKD_CP_443				1			
HKD_CP_444				1			
HKD_CP_445				1		1	
HKD_CP_446				1			
HKD_CP_447				1			
HKD_CP_448				1			
HKD_CP_449							1
HKD_CP_450							1
HKD_CP_451							1
HKD_CP_452							1
HKD_CP_453							1
HKD_CP_454							1
HKD_CP_455							1
HKD_CP_456						1	
HKD_CP_457						1	
HKD_CP_458						1	
HKD_CP_459						1	

Appendix 17 Pairwise F_{ST} values for 90 samples of Pacific herring (*Clupea pallasii*)

Sample code	TomR-98	TomR-04	VzmR-04	Owtk-09	Kesa-03	Kesa-12	Memb-12	Luar-11	Ochr-13	Loot-11	Lmok-12	Inf-11	Luar-02	Luar-13B	Luar-13L	Alke-02	Alke-13	Alke-14E	Alke-14L	Oktu-13	Oyky-14	Lytv-12E	Lytv-12L	Otk-12	Otk-13					
TomR-98	0.00217																													
TomR-04	0.01512	-0.00070																												
VzmR-04	-0.00147	-0.00750	0.01527																											
Owtk-09	0.00403	-0.01726	0.01856	0.00073																										
Kesa-03	0.00002	0.00002	0.00048	0.00048	0.00048																									
Memb-12	-0.00111	-0.00295	0.00469	0.00351	0.00469	0.00351																								
Luar-11	0.00944	0.00340	0.00110	0.00434	0.00281	-0.00338	0.00917																							
Ochr-13	0.00571	0.00815	0.01431	0.00917	-0.00768	-0.00413	0.00995	0.00917																						
Loot-11	0.01278	0.01208	0.02224	0.01647	0.01836	0.01559	0.00837	0.01950	0.00837																					
Lmok-12	0.00101	0.00124	0.00342	0.00124	0.00342	0.00124	0.00342	0.00124	0.00342	0.00124																				
Inf-11	0.00743	0.00684	0.01589	0.01589	0.00684	0.01589	0.00684	0.01589	0.00684	0.01589	0.00684																			
Luar-02	0.02234	0.01310	0.01328	0.01060	0.01430	0.01567	0.01169	0.01169	0.01169	0.01169	0.01169	0.01169																		
Luar-13B	0.00073	0.00336	0.00051	-0.00159	0.00246	0.01679	0.00191	0.00191	0.00191	0.00191	0.00191	0.00191	0.00191																	
Luar-13L	0.03152	0.01630	0.00476	0.01319	0.01072	0.01216	0.01912	0.01072	0.01072	0.01072	0.01072	0.01072	0.01072	0.01072																
Alke-14E	0.04546	0.01837	0.00837	0.01627	0.01588	0.04757	0.00939	0.00970	0.00970	0.00970	0.00970	0.00970	0.00970	0.00970	0.00970															
Alke-14L	0.01921	0.02029	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522	0.00522														
Otk-12	0.01090	0.00311	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038													
Otk-13	0.00621	0.00348	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083	0.00083												
TomR-02	0.00959	0.00379	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028	0.00028											
TomR-04	0.01372	0.00390	0.00434	0.00284	0.00935	0.02440	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935	0.00935										
TomR-09	0.01760	0.02945	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528									
TomR-14	0.01062	0.02945	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528	0.00528								
TomR-14E	0.01589	0.00528	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485	0.00485							
TomR-14L	0.04060	0.03654	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529	0.03529						
TomR-14E	0.04428	0.02794	0.01593	0.02494	0.02263	0.01942	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130	0.02130					
TomR-14L	0.04123	0.02542	0.01638	0.02349	0.02117	0.01817	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004	0.02004				
TomR-14E	0.04523	0.03754	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283	0.03283				
TomR-14L	0.01875	0.02502	-0.00661	0.00718	0.00527	0.01449	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115	0.01115				
TomR-14E	0.00974	-0.02116	-0.01036	-0.00781	-0.02027	0.01151	0.01150	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651			
TomR-14L	0.01429	0.02015	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875			
TomR-14E	0.01990	0.02715	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875			
TomR-14L	0.03494	0.02843	0.01939	0.02665	0.02155	-0.01477	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169			
TomR-14E	0.00947	-0.01116	-0.01036	-0.00781	-0.02027	0.01151	0.01150	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651		
TomR-14L	0.01429	0.02015	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875		
TomR-14E	0.01990	0.02715	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875		
TomR-14L	0.03494	0.02843	0.01939	0.02665	0.02155	-0.01477	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169	0.02169		
TomR-14E	0.00947	-0.01116	-0.01036	-0.00781	-0.02027	0.01151	0.01150	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	0.00651	
TomR-14L	0.01429	0.02015	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	
TomR-14E	0.01990	0.02715	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.01290	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	0.00875	
TomR-14L	0.03494	0.02843	0.01939	0.02665	0.02155	-0																								

