北 水 試 研 報
Sci. Rep.
Hokkaido Fish. Res. Inst.

CODEN : HSSKAJ
ISSN : 2185-3290

北海道水産試験場研究報告

第 94 号

SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES No.94

北 海 道 立 総 合 研 究 機 構 水 産 研 究 本 部

北 海 道 余 市 町

2018年９月

Hokkaido Research Organization
Fisheries Research Department

Yoichi, Hokkaido, Japan

September, 2018

北海道立総合研究機構水産研究本部の水産試験場は次の機関をもって構成されており，北海道水産試験場研究報告は，これらの機関における研究業績を登載したものです。

In addition, the Fisheries Research Department of the Hokkaido Research Organization will now comprise the following seven local Fisheries Research Institutes. The study achievements of these institutes will be published in the “Scientific reports of Hokkaido Fisheries Research Institutes”.

地方独立行政法人
北海道立総合研究機構
水産研究本部

（Local Independent Administrative Agency
Hokkaido Research Organization
Fisheries Research Department）

中央水産試験場 （Central Fisheries Research Institute）	046−8555 余市郡余市町浜中町238 （Hamanaka−cho, Yoichi, Hokkaido 046−8555, Japan）
函館水産試験場 （Hakodate Fisheries Research Institute）	040−0051 函館市弁天町20−5 函館市国際水産・海洋総合研究センター内 （Benten−cho, Hakodate, Hokkaido 040−0051, Japan）
釧路水産試験場 （Kushiro Fisheries Research Institute）	085−0024 釧路市仲浜町4−25 （Nakahama−cho,Kushiro,Hokkaido 085−0027, Japan）
網走水産試験場 （Abashiri Fisheries Research Institute）	099−3119 網走市鱒浦1−1−1 （Masuura, Abashiri, Hokkaido 099−3119, Japan）
稚内水産試験場 （Wakkanai Fisheries Research Institute）	097−0001 稚内市末広4−5−15 （Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097−0001, Japan）
栽培水産試験場 （Mariculture Fisheries Research Institute）	051−0013 室蘭市舟見町1−156−3 （Funami−cho, Muroran, Hokkaido 051−0013, Japan）
さけます・内水面水産試験場 （Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute）	061−1433 恵庭市北柏木町3−373 （Kitakashiwagi−cho, Eniwa, Hokkaido 061−1433, Japan）

北海道水産試験場研究報告

第94号

目　　次

清水洋平，髙橋　洋，髙柳志朗，堀井貴司，山口幹人，田中伸幸，田園大樹，瀧谷明朗，川崎琢真，高畠信一，藤岡　崇，三宅博哉
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…… 1

下田和孝，渡辺智治，安藤大成
サケ親魚の回帰時期による稚魚の体色の銀白化の違い…… 41

堀本高矩，後藤陽子，甲斐嘉晃，鈴木祐太郎，美坂　正
北海道北部海域で採集されたイカナゴ属魚類の成長（短報）…… 47

安藤大成，佐藤俊平
自然産卵するサケにおける脊椎骨数の遡上時期による違い（短報）…… 53

（2018年9月）

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES

No.94

CONTENTS

YOHEI SHIMIZU, HIROSHI TAKAHASHI, SHIRO TAKAYANAGI, TAKASHI HORII, MOTOHITO YAMAGUCHI, NOBUYUKI TANAKA, DAIKI TAZONO, AKIO TAKIYA, TAKUMA KAWASAKI, SHIN-ICHI TAKABATAKE, TAKASHI FUJIOKA and HIROYA MIYAKE

Population structure of the Pacific herring, *Clupea pallasii*, around Hokkaido Island inferred on the basis of mitochondrial DNA sequences ····· 1

KAZUTAKA SHIMODA, TOMOHARU WATANABE and DAISEI ANDO

Variation in body silvering of chum salmon juveniles in seasonally spawning stocks ····· 41

TAKANORI HORIMOTO, YOKO GOTO, YOSHIAKI KAI, YUTARO SUZUKI and TADASHI MISAKA

Growth of three species of *Ammodytes* (Perciformes: Ammodytidae) caught off the northern part of Hokkaido, Japan (Short paper) ····· 47

DAISEI ANDO and SHUNPEI SATO

Variation in the vertebral number of naturally spawning chum salmon among migrating seasons (Short paper) ····· 53

(September, 2018)

北水試研報　94，1－40（2018）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.

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]，髙橋　洋[2]，髙柳志朗[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]，高畠信一[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 SHIMIZU[1], Hiroshi TAKAHASHI[2], Shiro TAKAYANAGI[3], Takashi HORII[4], Motohito YAMAGUCHI[1], Nobuyuki TANAKA[5], Daiki TAZONO[5], Akio TAKIYA[6], Takuma KAWASAKI[7], Shin-ichi TAKABATAKE[7], Takashi FUJIOKA[8] and Hiroya MIYAKE[6]

[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

報文番号A561（2018年 8 月 6 日受理）
*Tel: 0135-23-8701．Fax:0135-23-3141．E-mail: shimizu-yohei@hro.or.jp

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，成熟年齢や孕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駮沼，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駮沼，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100μg/μLに調整）1.0μLに10 × Ex *Taq* buffer 1μL，2.5mM dNTP mixture 0.8μL，5μM Forward primer 0.4μL，5μM Reverse primer 0.4μL，Takara Ex *Taq*（5unit/μL）0.05μLを加え，DW（蒸留水）で全量を10μLとした。以上の反応液について，94℃で5分間の熱変性後，94℃ 30秒，44℃ 1分，72℃ 2分を30サイクル繰り返し，72℃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，20μL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

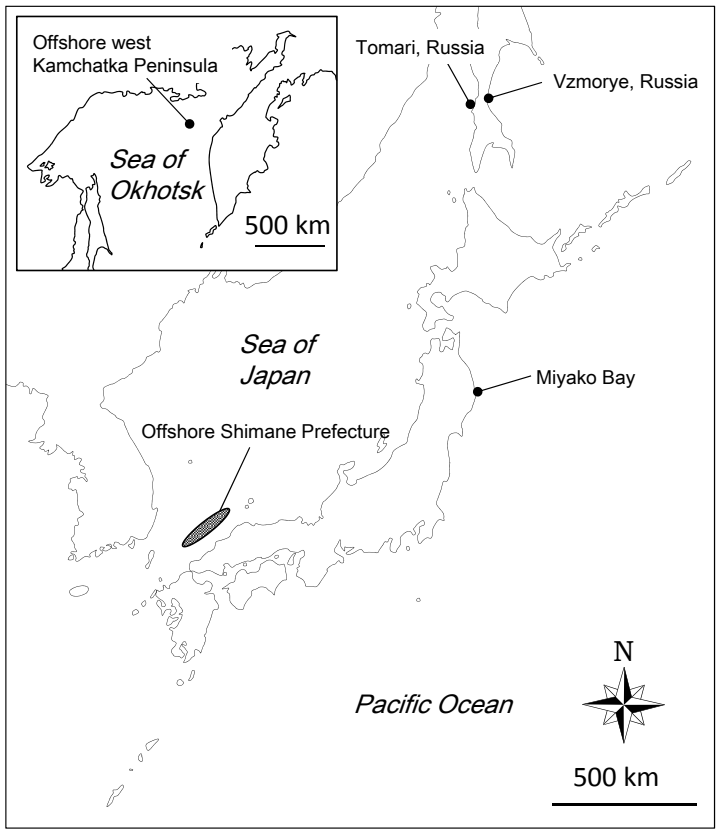


Fig. 1　Sampling locations for the Pacific herring off the coast of Sakhalin Island, Honshu Island and offshore toward west of the Kamchatka Peninsula

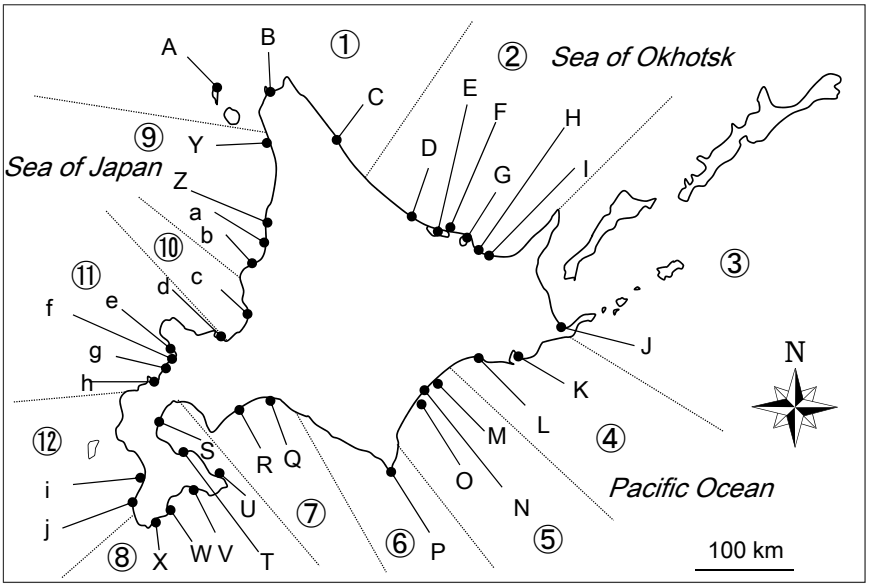


Fig. 2　Sampling locations around Hokkaido Island for the Pacific herring A: Funadomari, B: Wakkanai, C: Kitami-Esashi, D: Mombetsu, E: Lake Saroma, F: Tokoro, G: Lake Notoro, H: Lake Mokoto, I: Lake Tofutsu, J: Lake Furen, K: Akkeshi, L: Kushiro, M: Toyokoro, N: Lake Yudonuma, O: Taiki, P: Erimo Cape, 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: Suttsu, 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	Shiraoi	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（”PHYLIP（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れぞれ0.0122および0.9698だった（Table 2，Appendix 3）。

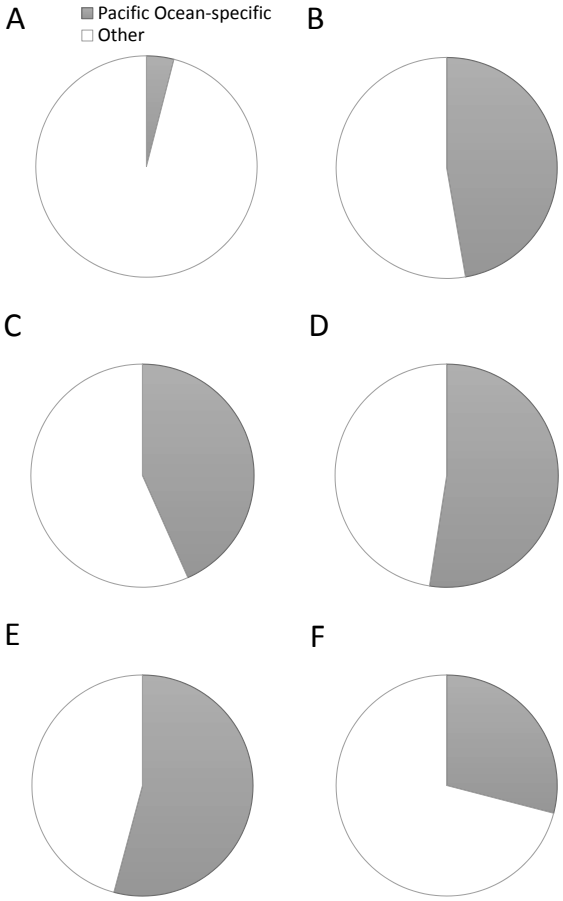


Fig.3　Haplotype frequencies of the Pacific Ocean-specific haplotype
A: Otik-12, B: Oeri-11, C: Toma-02, D: Toma-12, E: Sira-12, F: Sawa-14

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 diversty 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。

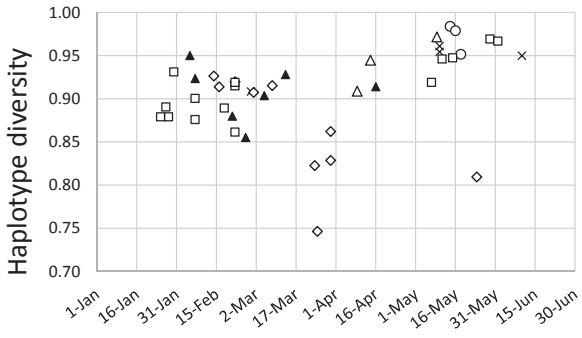


Fig.4　Changes in the haplotype diversity of the population samples caught at the Sea of Japan, Hokkaido, and the sea around Sakhalin Island during the spawning season
○: Sakhalin Island, △: Soya, ×: Rumoi, □: Ishikari, ▲: Shiribeshi, ◇: Hiyama General Subprefectural Bureau.

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, Atsu12L）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-

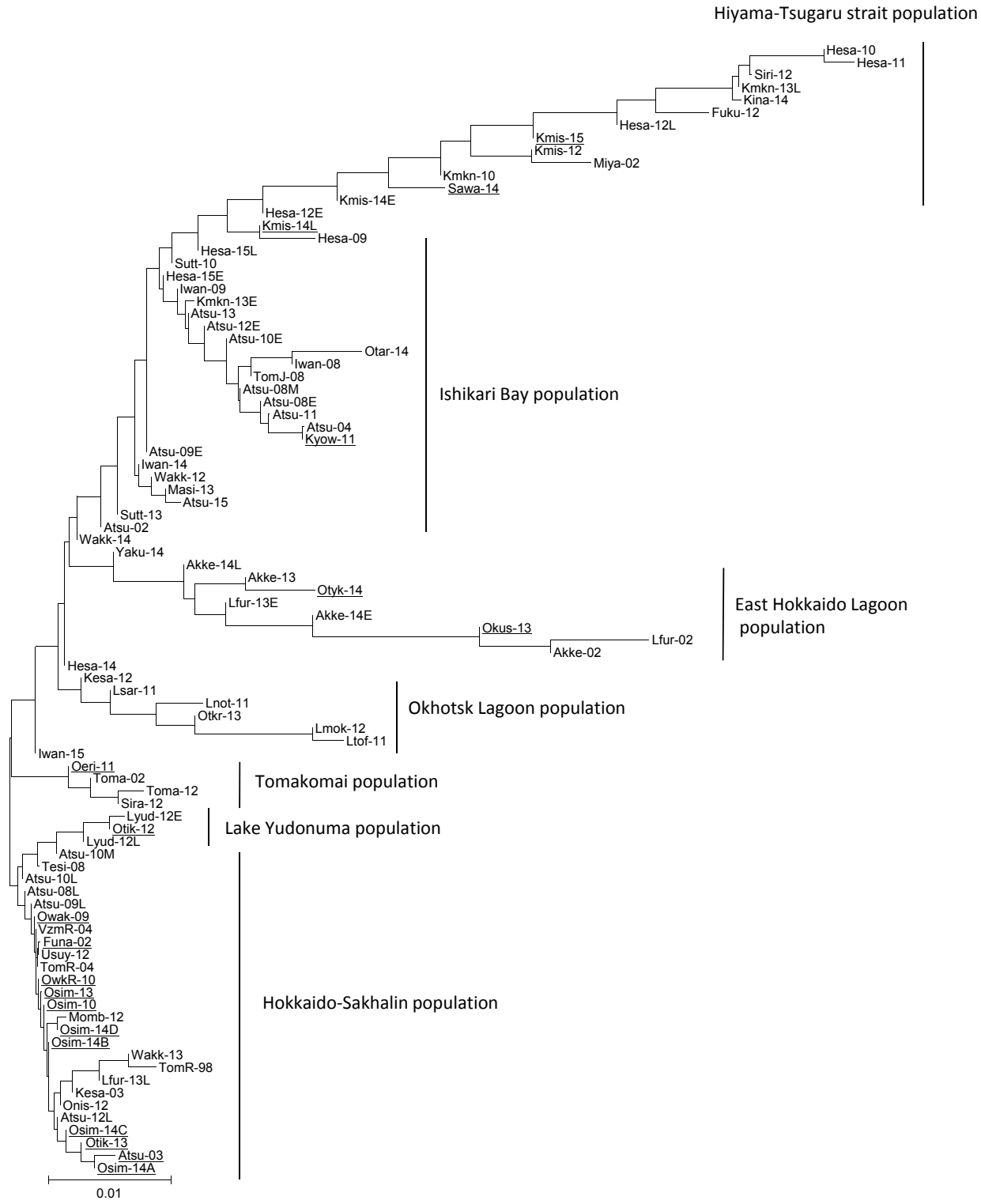


Fig. 5　Neighbor-joining tree based on the pairwise F_{ST} values among the Pacific herring population samples
Underlines indicate migration, parr or juvenile population samples.

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駮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，苦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，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。

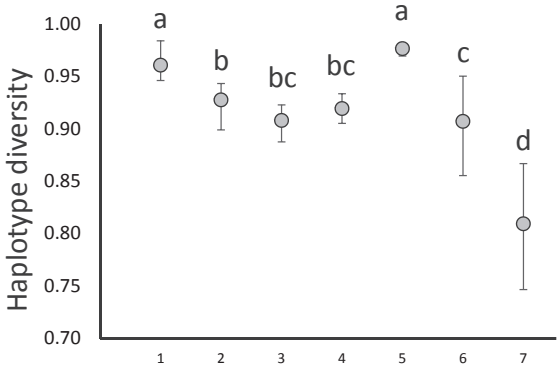


Fig.6　Average values of haplotype diversity in each population
1: Hokkaido-Sakhalin, 2: Okhotsk Lagoon, 3: East Hokkaido Lagoon, 4: Lake yudonuma, 5: Tomakomai, 6: Ishikari Bay, 7: Hiyama-Tsugaru Strait. Bar indicates the maximum and minimum values observed in this study. The same letters on the bar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

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来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，さらには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ロ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．鰊ノ研究．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. Resouce 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

Haplotype	Position of differences[a]	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_001	TATTAACGTTCTTTCAACTCAATAACTGATGCACGTAAGTTCTTAATTTTATGAATTTGGGTATACGTGGATTAGATGATTGCAGAGTATAATACATTATGATAAGACATCGCCAAAAGCCACCATCCCAGTAAAAC	451	11.850	LC216418
HKD_CP_002	A A C A G	67	1.760	LC216419
HKD_CP_003	C G G G G G	51	1.340	LC216420
HKD_CP_004	T G G G G	2	0.053	LC216421
HKD_CP_005	A G	1	0.026	LC216422
HKD_CP_006	A A G	1	0.026	LC216423
HKD_CP_007	A G G G T G G	5	0.131	LC216424
HKD_CP_008	C A A	111	2.916	LC216425
HKD_CP_009	A A C A	10	0.263	LC216426
HKD_CP_010	G G G G G	363	9.538	LC216427
HKD_CP_011	G A A G	1	0.026	LC216428
HKD_CP_012	A T G	3	0.079	LC216429
HKD_CP_013	C A A G G	1	0.026	LC216430
HKD_CP_014	A A G	2	0.053	LC216431
HKD_CP_015	A G	68	1.787	LC216432
HKD_CP_016	A A G	202	5.307	LC216433
HKD_CP_017	A A C A G G	1	0.026	LC216434
HKD_CP_018	G G G G	242	6.358	LC216435
HKD_CP_019	G A G A G	3	0.079	LC216436
HKD_CP_020	A CA G	69	1.813	LC216437
HKD_CP_021	C G A	1	0.026	LC216438
HKD_CP_022	G G G G	4	0.105	LC216439
HKD_CP_023	A G G G G	1	0.026	LC216440
HKD_CP_024	A T	2	0.053	LC216441
HKD_CP_025	A A A	13	0.342	LC216442
HKD_CP_026	A G A G	3	0.079	LC216443
HKD_CP_027	T A T AGA G	2	0.053	LC216444
HKD_CP_028	G G G	5	0.131	LC216445
HKD_CP_029	C G A T A C	1	0.026	LC216446
HKD_CP_030	A A G T	580	15.239	LC216447
HKD_CP_031	A C	19	0.499	LC216448
HKD_CP_032	C A C C A G	27	0.709	LC216449
HKD_CP_033	A A G G	6	0.158	LC216450
HKD_CP_034	A A C	3	0.079	LC216451
HKD_CP_035	A G G G G	6	0.158	LC216452
HKD_CP_036	G C A A G	2	0.053	LC216453
HKD_CP_037	A G	51	1.340	LC216454
HKD_CP_038	A A G G G	1	0.026	LC216455
HKD_CP_039	C A A	6	0.158	LC216456
HKD_CP_040	A A A G G	17	0.447	LC216457
HKD_CP_041	C A G	1	0.026	LC216458
HKD_CP_042	A A	8	0.210	LC216459
HKD_CP_043	A A G A T	261	6.858	LC216460
HKD_CP_044	C A A TG A G	1	0.026	LC216461
HKD_CP_045	A CA T G	3	0.079	LC216462
HKD_CP_046	C A G A G	12	0.315	LC216463
HKD_CP_047	C A G G A G	2	0.053	LC216464
HKD_CP_048	A A A G	12	0.315	LC216465
HKD_CP_049	A C A G	5	0.131	LC216466
HKD_CP_050	G	31	0.815	LC216467
HKD_CP_051	A A C A G G	2	0.053	LC216468
HKD_CP_052	G G G	44	1.156	LC216469
HKD_CP_053	C G G G	1	0.026	LC216470
HKD_CP_054	A G G A G	5	0.131	LC216471
HKD_CP_055	A A C A G C	5	0.131	LC216472
HKD_CP_056	A A A C A	6	0.158	LC216473
HKD_CP_057	C G G G G G	6	0.158	LC216474
HKD_CP_058	A C A	1	0.026	LC216475
HKD_CP_059	A A AG	2	0.053	LC216476
HKD_CP_060	A C A G T	1	0.026	LC216477
HKD_CP_061	A A C A G T	2	0.053	LC216478
HKD_CP_062	A G G G G G	6	0.158	LC216479
HKD_CP_063	C A A G	5	0.131	LC216480
HKD_CP_064	C A	1	0.026	LC216481
HKD_CP_065	A T CAT G	1	0.026	LC216482
HKD_CP_066	C A A C A G G	1	0.026	LC216483
HKD_CP_067	A	21	0.552	LC216484
HKD_CP_068	A G CAT T	1	0.026	LC216485
HKD_CP_069	A G G G G G	65	1.708	LC216486
HKD_CP_070	A A A G G	64	1.682	LC216487
HKD_CP_071	C G G G G	57	1.498	LC216488
HKD_CP_072	C G G G	4	0.105	LC216489
HKD_CP_073	A G G G G G	2	0.053	LC216490
HKD_CP_074	A CA T G	6	0.158	LC216491
HKD_CP_075	A C	1	0.026	LC216492
HKD_CP_076	C C A C A	1	0.026	LC216493
HKD_CP_077	G G A G G G	31	0.815	LC216494
HKD_CP_078	T G G C G G G	2	0.053	LC216495
HKD_CP_079	A A CAT G	3	0.079	LC216496

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

[a]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[a]	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_161	. . . . . G . . G . . . . . G . . . . .

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

Haplotype	Position of differences[a]	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_242	. . . . . C . . . . . G . . T . . . . . T . . . . . G . . . . . A . G . . . . . G . . . . . A . T	1	0.026	LC216659
HKD_CP_243	. . . . . C . . . . . G . . T . . . . . T . A . . . . . A . . . . . T . G	11	0.289	LC216660
HKD_CP_244	. . . . . C . . C . . . . . G . . T . . . . . T . A . . . . . A . . . . . A . . . . . A	2	0.053	LC216661
HKD_CP_245	. . . . . C . . . . . C . . . . . G . . T . . . . . T . A . . . . . G . . . . . A . . . . . A	4	0.105	LC216662
HKD_CP_246	. . . . . C . . . . . G . . T . . . . . T . A . . . . . A . . . . . G	3	0.079	LC216663
HKD_CP_247	. . . . . A A . . . . . A . . . . . C . . A . . G	1	0.026	LC216664
HKD_CP_248	. C . . . . . C . . . . . G . . T . . . . . T . A . . . . . A . . . . . A . . G	2	0.053	LC216665
HKD_CP_249	. . . . . C . . . . . G . . C . . . . . G T . A . . . . . A . . . . . G . . . . . T . . . . . T	3	0.079	LC216666
HKD_CP_250	. . . . . G . . . . . T . . . G T . A . . . . . A . G . . . . . G	2	0.053	LC216667
HKD_CP_251	C . . . . . T . . . . . G . . . . . G . . C . . G	2	0.053	LC216668
HKD_CP_252	. . . . . C . . . . A . . . . . A . . . . . C . . A . . G	10	0.263	LC216669
HKD_CP_253	C . . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G	1	0.026	LC216670
HKD_CP_254	. . . . . T	1	0.026	LC216671
HKD_CP_255	. . . . . A	2	0.053	LC216672
HKD_CP_256	. . . . . G . . . . . A . . . . . A . . . . . A . . . . . G . . . . . G . G . . .	1	0.026	LC216673
HKD_CP_257	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G . . . . . G	1	0.026	LC216674
HKD_CP_258	. . . . . A . A . . . . . A . . G . . T	1	0.026	LC216675
HKD_CP_259	. . . . . G . . . . . A . . . . . G . . . . . C .	1	0.026	LC216676
HKD_CP_260	. . . . . A . . . . . A T . . . . . G . . G . . .	1	0.026	LC216677
HKD_CP_261	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G . . . . . G	2	0.053	LC216678
HKD_CP_262	. . . . . A . . . . . C . . A . G	2	0.053	LC216679
HKD_CP_263	. . . . . C . . . . . A . . . . C . . T . . . . . C A . G	1	0.026	LC216680
HKD_CP_264	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G	3	0.079	LC216681
HKD_CP_265	C . . . . . G . . . . G . G . . . . . G . . . . . G . G . . .	1	0.026	LC216682
HKD_CP_266	C . . . . . A . . . . . A . . . . . G . . . . . G	2	0.053	LC216683
HKD_CP_267	. . . . . G . . . . . A . . . . . G	1	0.026	LC216684
HKD_CP_268	. . . . . A . . . . . A . . . . . G . . . . . G	1	0.026	LC216685
HKD_CP_269	. . . . . T C . . . . . A . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216686
HKD_CP_270	. . . . . T . . . . . A . . . . . G	1	0.026	LC216687
HKD_CP_271	. . . . T . . . . . A . . . . . A . . . . . T . . . . . G	1	0.026	LC216688
HKD_CP_272	. . . . . C . . . . . G . . . . . A . . . . . G . . . . . T	6	0.158	LC216689
HKD_CP_273	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G	1	0.026	LC216690
HKD_CP_274	. . . . . A . . . . . A . . . . . A . . . . . T . . . . . G . G . . .	1	0.026	LC216691
HKD_CP_275	. . . . . A . . . . . G . . A . G	1	0.026	LC216692
HKD_CP_276	. . . . . T . . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216693
HKD_CP_277	. . . . . A . . . . . T . . . . . C . . A . G	1	0.026	LC216694
HKD_CP_278	. . . . . C . . . . . G . . . . . G T . A . . . . . A . . . . . G . . . . . T	3	0.079	LC216695
HKD_CP_279	C . . . . . C . . . . . A . . T . A . . . . . A . . G . . . T T G . . . . . T	2	0.053	LC216696
HKD_CP_280	. . . . . C . . . . . G . . T . . T . A G . . . . . A . . G	2	0.053	LC216697
HKD_CP_281	. . . . . C . . . . . G . . T . . T . A . . . . . A . . G	1	0.026	LC216698
HKD_CP_282	. . . . . C . . . . . C . G . . T . . T . A . . . . . A	1	0.026	LC216699
HKD_CP_283	. . . . . C . . . . . T . . . . . G . . T . . T . A . . . . . A	1	0.026	LC216700
HKD_CP_284	. . . . . C . . G . . . . . G T . A . . . . . A . . . . . G . . . . . G . . . . . T . . G . . .	1	0.026	LC216701
HKD_CP_285	. . . . . C . . . . . C . . . . . G . . C . G . . T . . T . A . . . . . A . . . . . A . . G . . . . . G . . .	1	0.026	LC216702
HKD_CP_286	. . . . . G . . . . . C G T . A . . . . . A . . . . . G . . . . . T . . G . . .	1	0.026	LC216703
HKD_CP_287	. . . . . G . . . . . G T . A . . . . . A . G . . . . . G . . . . . T	3	0.079	LC216704
HKD_CP_288	. . . . . G . . C . . . . . A . . G T . A . . . . . A . . . . . G . . . . . T . . . . . T	2	0.053	LC216705
HKD_CP_289	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . T . . G . . T . A . . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216706
HKD_CP_290	. . . . . G . . . . . G . . . . . G T . A . . . . . T G . A . . . . . G . . . . . T	2	0.053	LC216707
HKD_CP_291	. . . . . G . . . . . G T . A . . . . . A . G . . . . . G . . . . . T . . G . . .	3	0.079	LC216708
HKD_CP_292	. . . . . G . . . . . G . . . . . G T . A . . . . . T . A . . . . . G . . . . . T	1	0.026	LC216709
HKD_CP_293	. . . . . G . . . . . G . . T . . T . A . . . . . A . . . . . A . . G . . . . . G	2	0.053	LC216710
HKD_CP_294	. . . . . C . . T . . . . . A . . . . . T . . . . . A	2	0.053	LC216711
HKD_CP_295	. . . . . A . . . . . A . . . . . A . . . . . G . . . . . G . G . . .	2	0.053	LC216712
HKD_CP_296	. . . . . A . . . . . A . . . . . A . . . . . C . . A . G . . . . . G . . .	1	0.026	LC216713
HKD_CP_297	. . . . . C . . . . . G . . . . . G . . . . . G . . . . . G . G . . .	1	0.026	LC216714
HKD_CP_298	. . . . . A . . . . . A . . . . . C . . . . . G	3	0.079	LC216715
HKD_CP_299	. . . . . A . . G . . . . . G . . .	3	0.079	LC216716
HKD_CP_300	. . . . T . . . . . A . . . . . A . . . . . G . . .	1	0.026	LC216717
HKD_CP_301	. . . . . A . . . . . A . . . . . A . . G	4	0.105	LC216718
HKD_CP_302	. . . . . G . . A . . . . . A . . . . . C . . A . G	1	0.026	LC216719
HKD_CP_303	. . . . . A . . . . . C A . . . . . G . . . . . G . . .	1	0.026	LC216720
HKD_CP_304	. . . . . C	1	0.026	LC216721
HKD_CP_305	. . . . . C . . . . . A . . . . . A . . G . . . . . G . G . . .	1	0.026	LC216722
HKD_CP_306	. . . . . C . . . . . G . . . . . A . . G	1	0.026	LC216723
HKD_CP_307	. . . . . C . . . . . T . . A . C . . . . . C . . A . . . . . G . . .	3	0.079	LC216724
HKD_CP_308	. . . . . A . . . . . C	3	0.079	LC216725
HKD_CP_309	. . . . G . . . . . A . . . . . A . . G . . T	4	0.105	LC216726
HKD_CP_310	. . . . . C . . . . . A . . . . . A . . . . . G	2	0.053	LC216727
HKD_CP_311	. . . . . C . . . . . G . . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216728
HKD_CP_312	. . . . . T . . . . . A . . . . . C . . A . G	3	0.079	LC216729
HKD_CP_313	. . . . . G . . . . . A . . . . . C . . A . G	1	0.026	LC216730
HKD_CP_314	C . . . . . G . . . . . G . . . . . G . . . . . G	1	0.026	LC216731
HKD_CP_315	. . . . . C . . . . . A . . . . . G . . . . . A	1	0.026	LC216732
HKD_CP_316	. . . . . C . . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216733
HKD_CP_317	. . . . . A . . . . . A . . . . . A . . G . . . . . G . . .	1	0.026	LC216734
HKD_CP_318	. . . . . C . . . . . A . C . . . . . G . . . . . C . . A . . . . . G . . .	1	0.026	LC216735
HKD_CP_319	. . . . . C	1	0.026	LC216736
HKD_CP_320	. . . . . G . . . . . A . . . . . A	1	0.026	LC216737

[a]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)

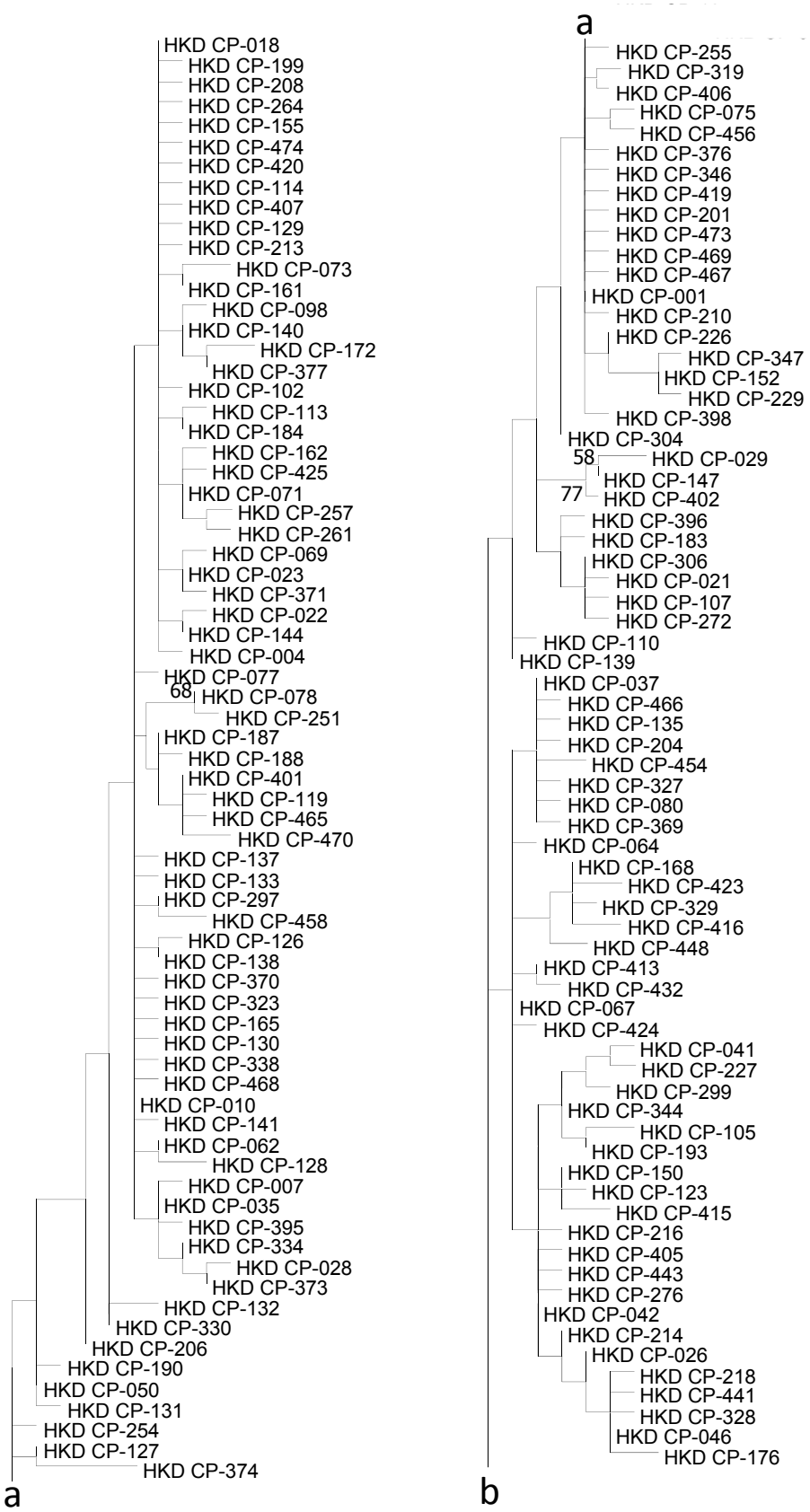
Haplotype	Position of differences[a]	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_321	A A G	1	0.026	LC216738
HKD_CP_322	T A A G	1	0.026	LC216739
HKD_CP_323	G G G G G	2	0.053	LC216740
HKD_CP_324 C	G G G T G G	2	0.053	LC216741
HKD_CP_325	A C A	1	0.026	LC216742
HKD_CP_326 C A A C A G	1	0.026	LC216743
HKD_CP_327	A G G	1	0.026	LC216744
HKD_CP_328 C A GA A G	1	0.026	LC216745
HKD_CP_329	A A G G	1	0.026	LC216746
HKD_CP_330	G G G G	1	0.026	LC216747
HKD_CP_331 C A A G T G	1	0.026	LC216748
HKD_CP_332 C T G G G G	1	0.026	LC216749
HKD_CP_333 G A A G	1	0.026	LC216750
HKD_CP_334 A G G G G	1	0.026	LC216751
HKD_CP_335 A G G G	2	0.053	LC216752
HKD_CP_336 A T C A A G	1	0.026	LC216753
HKD_CP_337 A A C C A G	2	0.053	LC216754
HKD_CP_338 C G G G G G	1	0.026	LC216755
HKD_CP_339 C A CA G	1	0.026	LC216756
HKD_CP_340 A A G G	1	0.026	LC216757
HKD_CP_341 A G G	1	0.026	LC216758
HKD_CP_342 G A A G G	1	0.026	LC216759
HKD_CP_343 C T A A	1	0.026	LC216760
HKD_CP_344 A A G	1	0.026	LC216761
HKD_CP_345 A A CAT G	1	0.026	LC216762
HKD_CP_346 C	1	0.026	LC216763
HKD_CP_347 A A A A	1	0.026	LC216764
HKD_CP_348 C G T T A A C T G	1	0.026	LC216765
HKD_CP_349 G CT A A G G T T	2	0.053	LC216766
HKD_CP_350 G C GT A A G T C T	1	0.026	LC216767
HKD_CP_351 C T C G T T A A A	1	0.026	LC216768
HKD_CP_352 AC G T C T AA G A A G	1	0.026	LC216769
HKD_CP_353 C G G GT A G G A G T	1	0.026	LC216770
HKD_CP_354 C G TT A G T	1	0.026	LC216771
HKD_CP_355 A T	1	0.026	LC216772
HKD_CP_356 G T T A A T A G A	1	0.026	LC216773
HKD_CP_357 T A A C G T	1	0.026	LC216774
HKD_CP_358 A A C C A G	1	0.026	LC216775
HKD_CP_359 C C G GT A G G A G T	1	0.026	LC216776
HKD_CP_360 G GT A A G T	1	0.026	LC216777
HKD_CP_361 C A A G T	1	0.026	LC216778
HKD_CP_362 C T GC G T T A A A G	1	0.026	LC216779
HKD_CP_363 A CA G C A G	2	0.053	LC216780
HKD_CP_364 A A A G T	2	0.053	LC216781
HKD_CP_365 C A G A	1	0.026	LC216782
HKD_CP_366 A G G A G G	1	0.026	LC216783
HKD_CP_367 CG A T CA A T	1	0.026	LC216784
HKD_CP_368 A T A G	1	0.026	LC216785
HKD_CP_369 C A G	1	0.026	LC216786
HKD_CP_370 C G G G G G	1	0.026	LC216787
HKD_CP_371 A C G G G G	1	0.026	LC216788
HKD_CP_372 C G G T G GA	1	0.026	LC216789
HKD_CP_373 G G G G	1	0.026	LC216790
HKD_CP_374 A G G TG	1	0.026	LC216791
HKD_CP_375 C A T A G G	1	0.026	LC216792
HKD_CP_376 C	1	0.026	LC216793
HKD_CP_377 C G G G G	1	0.026	LC216794
HKD_CP_378 C A C A G	5	0.131	LC216795
HKD_CP_379 G G A A C A G G	1	0.026	LC216796
HKD_CP_380 C A A C A G	2	0.053	LC216797
HKD_CP_381 A A A G G	2	0.053	LC216798
HKD_CP_382 A G G T	3	0.079	LC216799
HKD_CP_390 A A A	1	0.026	LC216807
HKD_CP_395 AA G G G G	1	0.026	LC216812
HKD_CP_396 C A A G T	1	0.026	LC216813
HKD_CP_397 C A GC A G	1	0.026	LC216814
HKD_CP_398 A G	2	0.053	LC216815
HKD_CP_399 A A A G T	1	0.026	LC216816
HKD_CP_400 A A A C A G	1	0.026	LC216817
HKD_CP_401 A G G G G	3	0.079	LC216818
HKD_CP_402 C C A C	1	0.026	LC216819
HKD_CP_403 G A	4	0.105	LC216820
HKD_CP_404 A A G C A	1	0.026	LC216821
HKD_CP_405 A A A A	2	0.053	LC216822
HKD_CP_406 A	2	0.053	LC216823
HKD_CP_407 G G G G G	3	0.079	LC216824
HKD_CP_408 T A A T	2	0.053	LC216825
HKD_CP_409 A A A G	1	0.026	LC216826
HKD_CP_410 A A A G G	1	0.026	LC216827

[a]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)

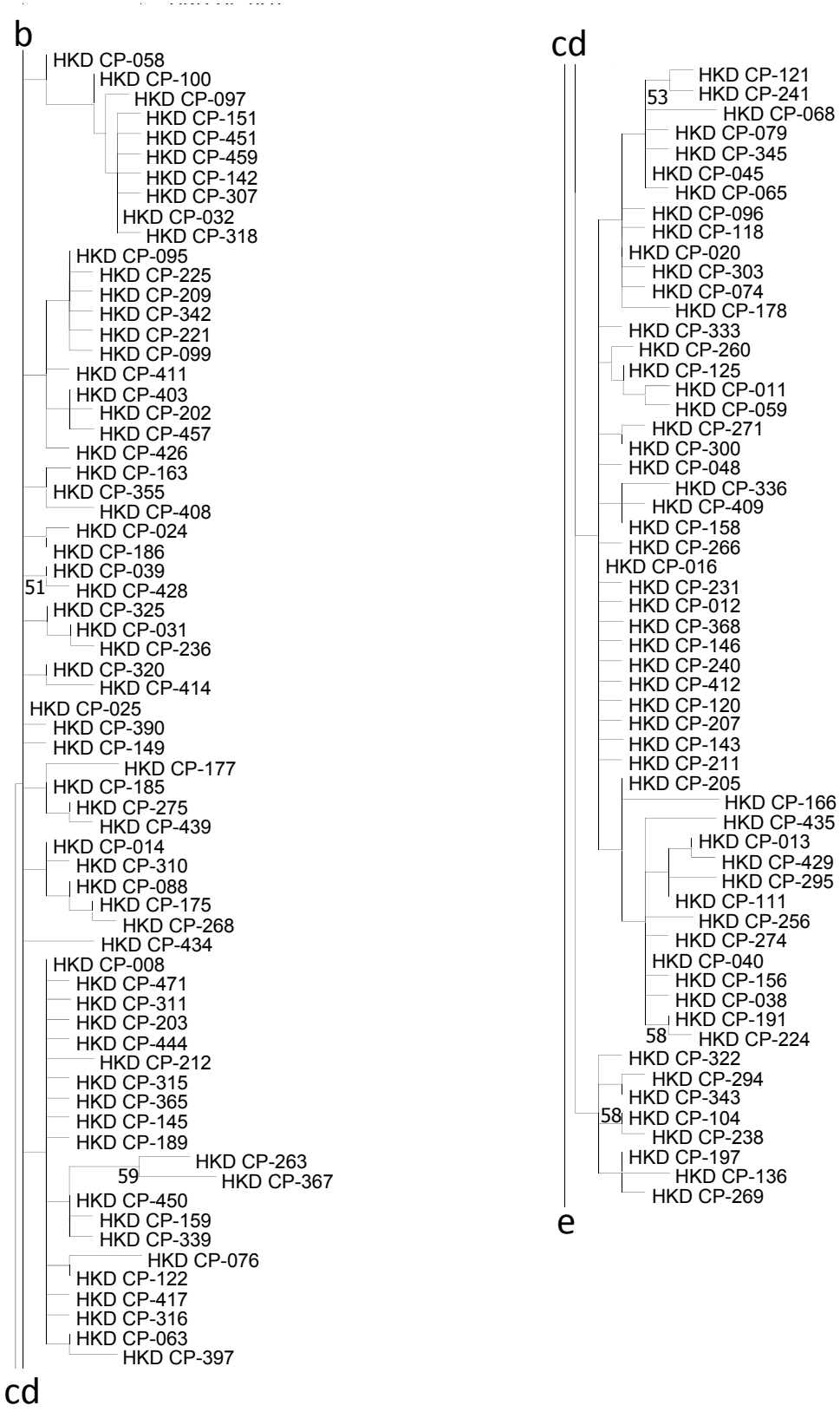
Haplotype	Position of differences[a]	n	frequency (%)	accession No.
HKD_CP_411	T G A A T	1	0.026	LC216828
HKD_CP_412	A A T G	1	0.026	LC216829
HKD_CP_413	A G	2	0.053	LC216830
HKD_CP_414	G C A T A	1	0.026	LC216831
HKD_CP_415	G A C G A	1	0.026	LC216832
HKD_CP_416	C A A G T	1	0.026	LC216833
HKD_CP_417	C A A A	1	0.026	LC216834
HKD_CP_418	T C A A G	1	0.026	LC216835
HKD_CP_419	G	1	0.026	LC216836
HKD_CP_420	G G G G G	1	0.026	LC216837
HKD_CP_421	A A C G G	1	0.026	LC216838
HKD_CP_422	A A C A G T	1	0.026	LC216839
HKD_CP_423	A A G T G	1	0.026	LC216840
HKD_CP_424	G A	1	0.026	LC216841
HKD_CP_425	C G G G G G	1	0.026	LC216842
HKD_CP_426	C G A A	1	0.026	LC216843
HKD_CP_427	A A G T C	1	0.026	LC216844
HKD_CP_428	C A	1	0.026	LC216845
HKD_CP_429	C A A A G G	1	0.026	LC216846
HKD_CP_430	T A A G A T	1	0.026	LC216847
HKD_CP_431	A G A T	1	0.026	LC216848
HKD_CP_432	A G G	1	0.026	LC216849
HKD_CP_433	G A A G	1	0.026	LC216850
HKD_CP_434	G A A A T	1	0.026	LC216851
HKD_CP_435	G A A C A A G G	2	0.053	LC216852
HKD_CP_436	C A A G	2	0.053	LC216853
HKD_CP_437	G A A C A G	1	0.026	LC216854
HKD_CP_438	A A G A G	1	0.026	LC216855
HKD_CP_439	A C G A G	3	0.079	LC216856
HKD_CP_440	C C A A G	1	0.026	LC216857
HKD_CP_441	C A G A	2	0.053	LC216858
HKD_CP_442	A A A G T	1	0.026	LC216859
HKD_CP_443	C A A	1	0.026	LC216860
HKD_CP_444	C C A A	1	0.026	LC216861
HKD_CP_445	A G C A G	2	0.053	LC216862
HKD_CP_446	T A A G G	1	0.026	LC216863
HKD_CP_447	A C C A G	1	0.026	LC216864
HKD_CP_448	C A A C	1	0.026	LC216865
HKD_CP_449	A A G G A G	1	0.026	LC216866
HKD_CP_450	C A C A	1	0.026	LC216867
HKD_CP_451	C A C A	1	0.026	LC216868
HKD_CP_452	C G G	1	0.026	LC216869
HKD_CP_453	G A A C A	1	0.026	LC216870
HKD_CP_454	A A G A G	1	0.026	LC216871
HKD_CP_455	C G A G G G	1	0.026	LC216872
HKD_CP_456	C T	1	0.026	LC216873
HKD_CP_457	G A A	1	0.026	LC216874
HKD_CP_458	C G G G G G	1	0.026	LC216875
HKD_CP_459	C A C C A G G	1	0.026	LC216876
HKD_CP_460	C C G G G T A G G A G T	1	0.026	LC216877
HKD_CP_461	A C C C G T C T A A A G T	1	0.026	LC216878
HKD_CP_462	C C G G T A A A G G T	1	0.026	LC216879
HKD_CP_463	A A T C A G	1	0.026	LC216880
HKD_CP_464	T A A G A T	1	0.026	LC216881
HKD_CP_465	C A G G G G	1	0.026	LC216882
HKD_CP_466	A G G	1	0.026	LC216883
HKD_CP_467	T	1	0.026	LC216884
HKD_CP_468	T G G G G G	1	0.026	LC216885
HKD_CP_469	T	1	0.026	LC216886
HKD_CP_470	A T A G G G G	1	0.026	LC216887
HKD_CP_471	C G A A	1	0.026	LC216888
HKD_CP_472	C T A A G T	1	0.026	LC216889
HKD_CP_473	G	1	0.026	LC216890
HKD_CP_474	G G G G G	1	0.026	LC216891

[a]The position of differences is from 5' end of aligned fragments



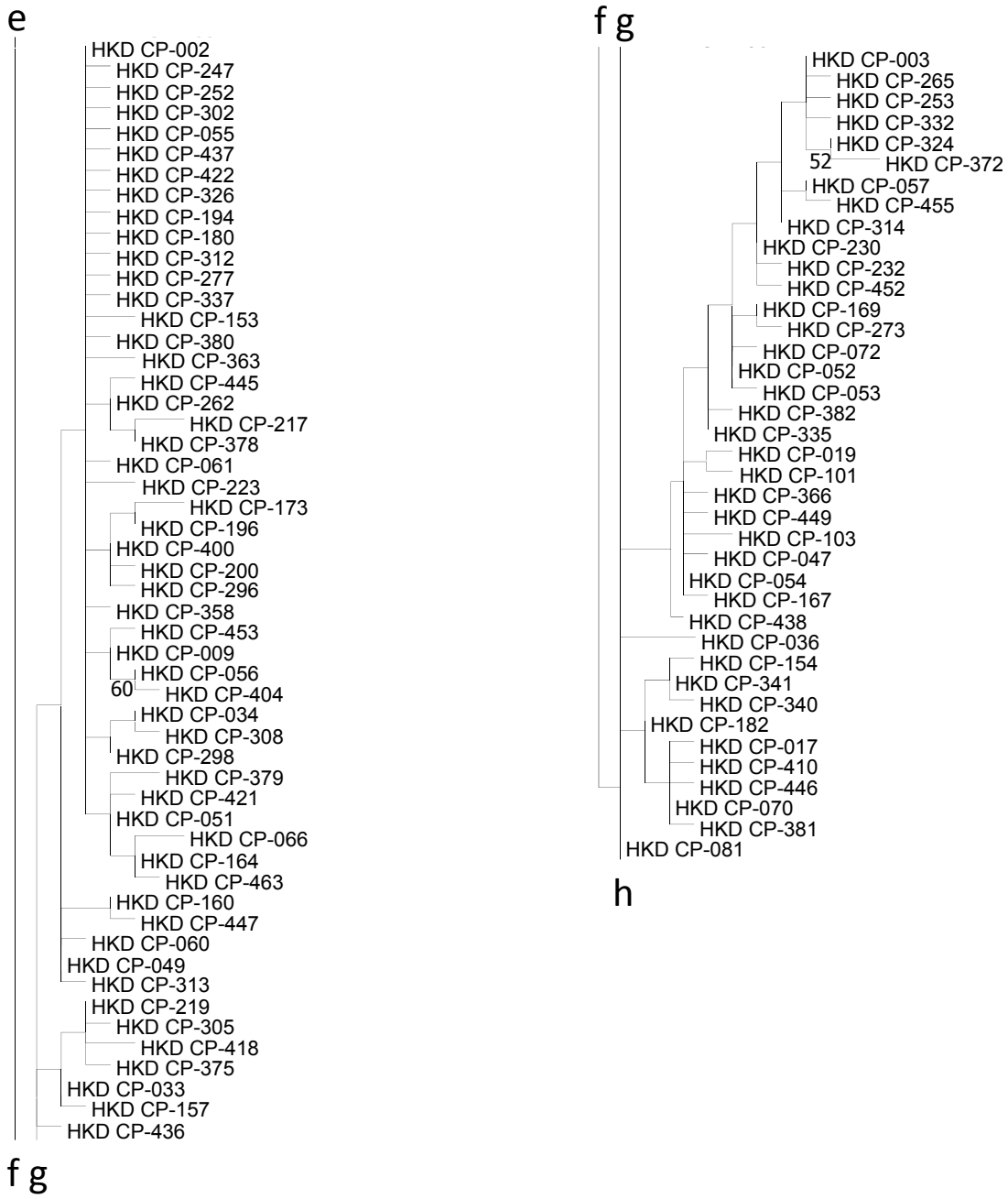
Appendix 2　Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method

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



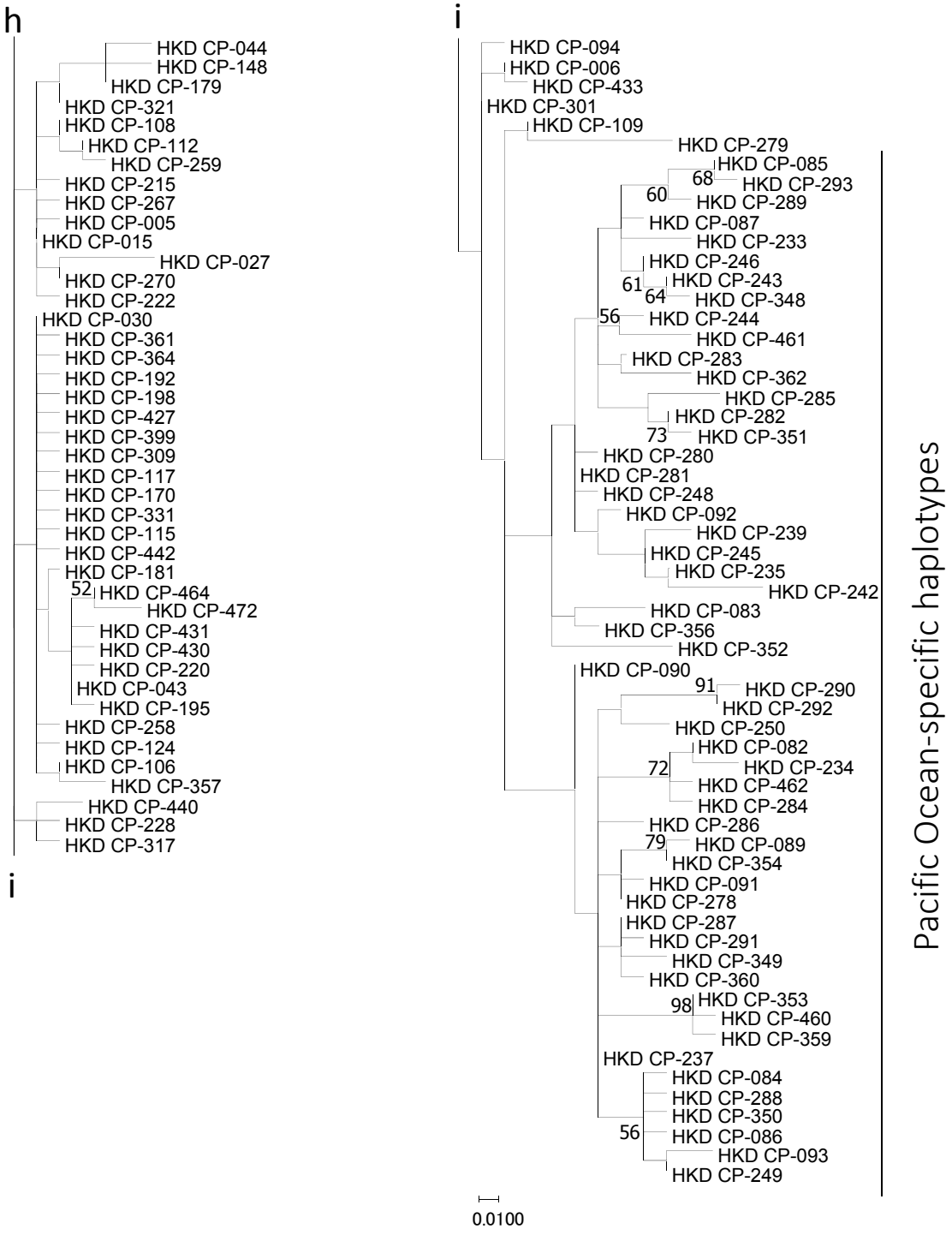
Appendix 2　Molecular phylogenetic analysis of 459 haplotypes of the Pacific herring based on 137 variable sites using the maximum likelihood method (continued)

The numbers above the internal branches give bootstrap probabilities higher than 50%. Lower endpoints continue with the next upper endpoints maked 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 maked 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 maked 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	TomR-98	TomR-04	VsmR-04	OwkR-10
Sample No.	30	49	48	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	Funa-02	Wakk-12	Wakk-13	Wakk-14	Owak-09	Kesa-03	Kesa-12
Sample No.	120	27	38	34	43	30	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		2
HKD_CP_201					1		
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	Momb-12	Lsar-11	Otkr-13	Lnot-11	Lmok-12	Ltof-11
Sample No.	147	49	46	49	90	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	Akke-02	Akke-13	Akke-14E	Akke-14L	Okus-13
Sample No.	30	80	33	43	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	Otyk-14	Lyud-12E	Lyud-12L	Otik-12	Otik-13
Sample No.	43	58	59	50	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	Oeri-11	Toma-02	Toma-12	Sira-12
Sample No.	55	30	61	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	Yaku-14	Sawa-14	Kina-14	Kmis-12	Kmis-14E	Kmis-14L	Kmis-15	Siri-12	Fuku-12
Sample No.	30	31	40	16	30	30	38	20	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						1			
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 Subprefecturral Bureau

Sample code	Tesi-08	Onis-12	Usuy-12	Masi-13
Sample No.	38	84	37	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 12　Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Ishikari Subprefectural Bureau (2002-2009)

Sample code	Atsu-02	Atsu-03	Atsu-04	Atsu-08E	Atsu-08M	Atsu-08L	Atsu-09E	Atsu-09L
Sample No.	30	42	49	50	48	40	32	40
Haplotype								
HKD_CP_001	2	4	5	5	5	1	2	2
HKD_CP_002		2	1			1		
HKD_CP_008	1	1	2		1	2	1	
HKD_CP_009		1				2		
HKD_CP_010	7	7	12	9	6	3	5	2
HKD_CP_015				2		1		2
HKD_CP_016	2	8				2		4
HKD_CP_018	3	1	2	9	9	2	2	3
HKD_CP_019		1						
HKD_CP_020	2		3	3	4			
HKD_CP_030	4	3	13	11	9	6	5	8
HKD_CP_031		1						
HKD_CP_032		1				2		1
HKD_CP_034								1
HKD_CP_037		2		1				1
HKD_CP_040			1					
HKD_CP_043	3		2	5	7		5	2
HKD_CP_046								1
HKD_CP_048								1
HKD_CP_050	1		1	2	2		1	
HKD_CP_051		1						
HKD_CP_054						1		
HKD_CP_055		1						
HKD_CP_070	1			1	1		2	
HKD_CP_071			3			1	2	1
HKD_CP_077	2		1				1	
HKD_CP_078	1							
HKD_CP_079	1							
HKD_CP_080								1
HKD_CP_095		1						
HKD_CP_096		1						
HKD_CP_097		1						
HKD_CP_098		1						
HKD_CP_099		1						
HKD_CP_100		1						
HKD_CP_101		1						
HKD_CP_102		1						
HKD_CP_104								1
HKD_CP_106						1		
HKD_CP_108								1
HKD_CP_113			1					
HKD_CP_114			1					
HKD_CP_115			1					
HKD_CP_124				1				
HKD_CP_139						1		
HKD_CP_140						2		
HKD_CP_146				1	1			
HKD_CP_147					1			
HKD_CP_148					1			
HKD_CP_149					1			
HKD_CP_150						1		
HKD_CP_151						1		
HKD_CP_152						1		
HKD_CP_153						1		
HKD_CP_154						1		
HKD_CP_155						1		1
HKD_CP_156						1		
HKD_CP_157						1		
HKD_CP_158						1		
HKD_CP_159						1		
HKD_CP_160						1	1	
HKD_CP_161						1		
HKD_CP_180								1
HKD_CP_181								1
HKD_CP_182							1	1
HKD_CP_183								1
HKD_CP_184								1
HKD_CP_185								1
HKD_CP_186								1
HKD_CP_187							1	
HKD_CP_188							1	
HKD_CP_189							1	
HKD_CP_190							1	

Appendix 13　Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Ishikari Subprefectural Bureau (2010-2015)

Sample code	Atsu-10E	Atsu-10M	Atsu-10L	Atsu-11	Atsu-12E	Atsu-12L	Atsu-13	Atsu-15
Sample No.	36	38	36	35	37	16	38	30
Haplotype								
HKD_CP_001	4	3	2	1	3	1	5	6
HKD_CP_002					1		2	
HKD_CP_008	1	2	1	1		2		
HKD_CP_010	5	7	4	6	4	1	6	1
HKD_CP_015		1	1				1	
HKD_CP_016		3	2			3		
HKD_CP_018	4	2	2	7	4		5	3
HKD_CP_020			1	1	1	1		1
HKD_CP_030	8	8	7	8	6	1	7	4
HKD_CP_032		1						
HKD_CP_037			2			1		
HKD_CP_039			1					
HKD_CP_040			1			1		
HKD_CP_043	6	1	1	4	7	1	5	2
HKD_CP_049		1						
HKD_CP_050	1	1		2				1
HKD_CP_052						1		
HKD_CP_063			1					
HKD_CP_067			2					
HKD_CP_070	3	1		1	1		1	2
HKD_CP_071	1	1	2	1	1			
HKD_CP_072					1			
HKD_CP_077	2			1	1		3	
HKD_CP_098					1			
HKD_CP_108						1		
HKD_CP_149					1			
HKD_CP_150			2					
HKD_CP_163							1	
HKD_CP_164					1			
HKD_CP_182					1			1
HKD_CP_183							1	
HKD_CP_187								3
HKD_CP_189	1							
HKD_CP_191				2	3		1	
HKD_CP_193		1						
HKD_CP_211		1						
HKD_CP_212		1						
HKD_CP_213		1						
HKD_CP_214		1						
HKD_CP_215		1						
HKD_CP_216			1					
HKD_CP_217			1					
HKD_CP_218			1					
HKD_CP_219			1					
HKD_CP_257						1		
HKD_CP_258						1		
HKD_CP_301								2
HKD_CP_364								1
HKD_CP_401								1
HKD_CP_464								1
HKD_CP_465								1

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

Sample code	Otar-14	TomJ-08	Kyow-11	Iwan-08	Iwan-09	Iwan-14	Iwan-15	Sutt-10	Sutt-13
Sample No.	30	40	36	37	41	42	39	47	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 15　Number of individuals of each haplotype in the sampling areas of Hiyama Subprefectural Bureau

Sample code Sample No.	Kmkn-10 15	Kmkn-13E 30	Kmkn-13L 28	Hesa-09 29	Hesa-10 24	Hesa-11 50	Hesa-12E 31	Hesa-12L 29	Hesa-14 26	Hesa-15E 34	Hesa-15L 28
Haplotype											
HKD_CP_001	5	4	12	6	10	21	7	10	2	7	5
HKD_CP_002		1	1								
HKD_CP_005				3							
HKD_CP_008		1							1		
HKD_CP_010	2	6	2		3	6	2	4	4	5	4
HKD_CP_015			1		2	5	2	1	1		
HKD_CP_016			1				1		2	1	1
HKD_CP_018		3	2			1	3	1	4	5	
HKD_CP_020										1	1
HKD_CP_030	3	1	2	9	7	6	5	4	5	4	4
HKD_CP_034				1							
HKD_CP_037										1	1
HKD_CP_040		1									
HKD_CP_043	3	4	3	2	1	8	3	6	3	3	4
HKD_CP_048				1							
HKD_CP_050		1									
HKD_CP_052	1				1		2	1	1		
HKD_CP_067			1								
HKD_CP_070		2	1			2	1				1
HKD_CP_071		2	1	2			3	1		1	
HKD_CP_077		1					1				3
HKD_CP_080				1							
HKD_CP_098											1
HKD_CP_104				1							
HKD_CP_115											2
HKD_CP_146		1									
HKD_CP_160				1							
HKD_CP_182		1									
HKD_CP_183										2	
HKD_CP_184				1							
HKD_CP_187										1	
HKD_CP_191							1		2		
HKD_CP_195				1							
HKD_CP_217						1					
HKD_CP_220	1										
HKD_CP_301								1			
HKD_CP_401		1									
HKD_CP_402			1								
HKD_CP_430									1		
HKD_CP_468										1	
HKD_CP_469										1	
HKD_CP_470										1	
HKD_CP_471											1

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

Sample code	Miya-02	Osim-10	Osim-13	Osim-14A	Osim-14B	Osim-14C	Osim-14D
Sample No.	30	39	58	41	36	40	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				2			
HKD_CP_124		1					
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			1
HKD_CP_442				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	OwkR-10	Funa-02	Wakk-12	Wakk-13	Wakk-14	Owak-09	Kesa-03	Kesa-12	Momb-12	Lsar-11	Otkr-13	Lnot-11	Lmok-12	Ltof-11	Lfur-02	Lfur-13E	Lfur-13L	Akke-02	Akke-13	Akke-14E	Akke-14L	Okus-13	Otyk-14	Lyud-12E	Lyud-12L	Otik-12	Otik-13
TomR-98																														
TomR-04	0.00217																													
VzmR-04	0.01512	-0.00070																												
OwkR-10	0.00670	-0.00502	-0.00750																											
Funa-02	0.00403	-0.00147	-0.00043	-0.00269																										
Wakk-12	0.01831	0.01726	0.01495	0.01856	0.01527																									
Wakk-13	-0.00502	0.00002	0.00802	0.00418	0.00376	0.00412																								
Wakk-14	0.01253	0.00937	-0.00175	0.00271	0.00260	-0.01177	-0.00079																							
Owak-09	0.01111	-0.00602	-0.00361	-0.00496	0.00086	0.01414	0.00197	0.00073																						
Kesa-03	-0.00113	-0.00295	0.00469	0.00351	-0.00480	0.00434	0.00114	0.00531	0.00127																					
Kesa-12	0.00844	0.00340	0.00110	0.00434	0.00348	-0.00294	0.00281	-0.00338	0.00468	-0.00076																				
Momb-12	0.01741	0.00395	0.00138	-0.00044	0.00237	0.02159	0.01298	0.01373	0.00551	-0.00210	0.00946																			
Lsar-11	0.00571	0.00815	0.01436	0.01421	0.00917	-0.00768	-0.00413	0.00095	0.01015	-0.00160	-0.00219	0.01807																		
Otkr-13	0.01224	0.00812	0.00995	0.01360	0.00830	-0.00612	0.00911	-0.00017	0.01363	0.00102	-0.00499	0.01717	-0.00432																	
Lnot-11	0.01278	0.01208	0.02224	0.01647	0.01836	0.00422	0.01559	0.00837	0.01950	0.01696	0.00455	0.02553	0.00746	-0.00353																
Lmok-12	0.02401	0.01034	0.01625	0.01939	0.01408	0.03141	0.02612	0.02455	0.02190	0.01048	0.00943	0.01934	0.01577	0.00253	0.01626															
Ltof-11	0.01956	0.01926	0.02557	0.02109	0.01902	0.03042	0.02270	0.02463	0.02839	0.01367	0.00947	0.03217	0.00747	-0.00100	0.01410	-0.00015														
Lfur-02	0.04743	0.04684	0.05589	0.05138	0.04882	0.05899	0.04661	0.05215	0.05107	0.05004	0.05152	0.05839	0.04045	0.05705	0.05808	0.06679	0.06825													
Lfur-13E	0.02234	0.01310	0.01019	0.01328	0.01060	0.01430	0.01567	0.01139	0.01235	0.00802	0.01012	0.01394	0.01131	0.01413	0.02731	0.02350	0.03033	0.01295												
Lfur-13L	0.00073	0.00306	0.00551	-0.00159	0.00246	0.01679	0.00191	0.01169	0.00744	0.00232	0.00696	0.00529	0.00606	0.01318	0.01737	0.02593	0.02527	0.02120	0.00133											
Akke-02	0.04041	0.03471	0.04086	0.03940	0.03545	0.04430	0.03620	0.03035	0.03962	0.03175	0.03718	0.04469	0.03273	0.03485	0.05185	0.04508	0.05204	0.00145	0.00367	0.02521										
Akke-13	0.03512	0.01964	0.01143	0.01816	0.01426	0.02218	0.02909	0.00970	0.01666	0.01710	0.01464	0.02410	0.01826	0.01391	0.03260	0.02058	0.02869	0.02720	-0.00301	0.01399	0.01511									
Akke-14E	0.01905	0.02023	0.02357	0.02574	0.01727	0.00663	0.01931	0.01031	0.02231	0.00686	0.01349	0.03044	0.00938	0.00764	0.03091	0.02970	0.02896	0.01311	-0.00665	0.01202	-0.01350	0.00289								
Akke-14L	0.03152	0.01630	0.00476	0.01319	0.01072	0.01216	0.01912	0.00271	0.01119	0.01160	0.00752	0.02068	0.00757	0.00819	0.03087	0.02018	0.02392	0.02035	-0.00228	0.00880	-0.01296	-0.01004	0.00007							
Okus-13	0.04362	0.03912	0.03558	0.03827	0.03564	0.03000	0.04103	0.01821	0.03542	0.04300	0.03352	0.04660	0.03911	0.03854	0.03441	0.05879	0.06638	0.00521	0.00769	0.02644	-0.00012	0.01400	0.00425	0.01181						
Otyk-14	0.04546	0.01837	0.00837	0.01627	0.01588	0.04757	0.04393	0.02555	0.01584	0.01984	0.02651	0.01793	0.03991	0.03135	0.05047	0.02828	0.04718	0.03598	0.00643	0.02075	0.02217	0.00194	0.01650	0.00289	0.02607					
Lyud-12E	0.02452	0.01065	0.00953	0.01446	0.00616	0.01990	0.02410	0.01820	0.01254	-0.00174	0.01148	0.00772	0.01506	0.01326	0.03641	0.01204	0.02514	0.05917	0.00728	0.01606	0.04120	0.00988	0.01551	0.01144	0.05406	0.00696				
Lyud-12L	0.01921	0.00702	0.00299	0.00532	0.00743	0.01686	0.01437	0.01332	0.00626	0.00596	0.00985	0.00390	0.01694	0.02094	0.02613	0.02496	0.03715	0.05577	0.01278	0.00964	0.05277	0.02556	0.03242	0.02246	0.04903	0.01752	-0.00016			
Otik-12	0.02834	0.01155	0.00471	0.01167	0.00888	0.01252	0.02322	0.00753	0.00834	0.00601	0.00892	0.01366	0.01420	0.01038	0.02748	0.02102	0.03100	0.06059	0.01065	0.01806	0.04503	0.00958	0.01918	0.00824	0.04574	0.00692	-0.00590	-0.00146		
Otik-13	0.01090	0.00311	0.00038	-0.00229	0.00625	-0.00080	0.00211	-0.00056	0.00236	0.00802	0.00201	0.00610	0.00493	0.01357	0.01162	0.03327	0.03640	0.04183	0.00505	-0.00349	0.03937	0.02185	0.01918	0.01770	0.03063	0.02788	0.01501	-0.00132	0.00814	
Oeri-11	0.00621	0.00348	0.00831	0.00544	0.00832	0.00999	0.00497	0.00493	0.00487	0.00745	0.00796	0.01646	0.00808	0.01307	0.01424	0.02902	0.03303	0.04684	0.01533	0.00759	0.04006	0.02381	0.02166	0.02047	0.03608	0.02869	0.01755	0.00636	0.00780	-0.00027
Toma-02	0.00959	0.00379	0.00828	0.00563	0.00805	0.01403	0.00718	0.00122	0.00716	0.00326	0.00797	0.01335	0.00946	0.00862	0.01443	0.02369	0.03348	0.05085	0.02044	0.01412	0.02623	0.02135	0.01731	0.01581	0.02953	0.02468	0.02511	0.01752	0.01440	0.01206
Toma-12	0.01977	0.00948	0.01217	0.01028	0.01396	0.02686	0.02195	0.01077	0.01208	0.01951	0.01838	0.02589	0.02311	0.01934	0.02255	0.03068	0.04401	0.05623	0.02564	0.02138	0.03902	0.02225	0.02830	0.02126	0.03516	0.02252	0.02727	0.02447	0.01649	0.01848
Sira-12	0.01372	0.00300	0.00434	0.00284	0.00952	0.02440	0.01093	0.00678	0.00387	0.01401	0.01284	0.01731	0.01736	0.02162	0.02338	0.02873	0.03880	0.05111	0.02046	0.01353	0.03762	0.02337	0.02953	0.01957	0.03549	0.02258	0.02343	0.01322	0.01361	0.00711
Yaku-14	0.01760	0.00949	0.00790	0.00907	0.00636	-0.01556	0.01389	-0.00864	0.01232	0.00465	-0.00033	0.01530	0.00250	-0.00710	0.00906	0.01736	0.02857	0.03984	-0.00022	0.00741	0.01158	0.00336	-0.01147	0.00060	0.01448	0.01814	0.00621	0.01435	0.00391	-0.00114
Sawa-14	0.01062	0.02945	0.05028	0.03842	0.02799	0.02483	0.02542	0.03232	0.04083	0.01874	0.02845	0.04890	0.01449	0.01679	0.02691	0.04420	0.04003	0.06483	0.03684	0.02290	0.04927	0.04471	0.02002	0.04471	0.06833	0.06561	0.03432	0.04363	0.03167	0.02944
Kina-14	0.05660	0.06705	0.08466	0.08308	0.05810	0.03640	0.06207	0.06201	0.07678	0.03278	0.05235	0.07279	0.03244	0.03071	0.06617	0.06109	0.05232	0.09687	0.05905	0.05908	0.07201	0.06063	0.02994	0.05769	0.10959	0.08704	0.04318	0.07755	0.05328	0.07589
Kmis-12	0.05859	0.04787	0.04963	0.05448	0.03454	0.03218	0.06502	0.04087	0.04995	0.02196	0.03495	0.04768	0.03016	0.01456	0.04696	0.03611	0.04567	0.08318	0.03265	0.04580	0.06718	0.01933	0.02456	0.02277	0.07854	0.03193	0.01197	0.05010	0.01397	0.05618
Kmis-14E	0.04060	0.03654	0.03899	0.03562	0.02863	0.00805	0.04247	0.01700	0.03044	0.02717	0.02889	0.03585	0.01908	0.00652	0.01197	0.04003	0.05175	0.07140	0.02704	0.03041	0.06410	0.02618	0.02547	0.02895	0.04965	0.05003	0.02579	0.03413	0.01746	0.01972
Kmis-14L	0.04428	0.02794	0.01593	0.02494	0.02258	-0.01042	0.03130	-0.00680	0.02213	0.02312	0.00895	0.03451	0.01009	0.00051	0.01668	0.03406	0.04078	0.05945	0.02111	0.02905	0.04196	0.00929	0.01436	-0.00115	0.03005	0.02993	0.02516	0.03102	0.00756	0.01482
Kmis-15	0.04123	0.04242	0.05438	0.05154	0.03496	0.02173	0.05118	0.03792	0.05012	0.02441	0.03382	0.05250	0.02598	0.01338	0.03801	0.04213	0.04672	0.08347	0.03733	0.04100	0.06247	0.03319	0.01943	0.03823	0.07408	0.05189	0.02395	0.05341	0.02638	0.04823
Siri-12	0.07043	0.07677	0.09023	0.08925	0.06526	0.02977	0.07424	0.06279	0.08417	0.04371	0.05434	0.08301	0.03778	0.02483	0.05925	0.06655	0.06207	0.11478	0.06353	0.07221	0.08635	0.05858	0.03401	0.05958	0.10659	0.09266	0.05057	0.08815	0.05281	0.08339
Fuku-12	0.05263	0.07354	0.09325	0.08289	0.07086	0.00651	0.05584	0.04347	0.07996	0.06213	0.05253	0.09147	0.03235	0.03393	0.03276	0.08961	0.07941	0.10100	0.06399	0.06077	0.09319	0.07473	0.04385	0.07888	0.08770	0.12041	0.07372	0.07740	0.06093	0.04339
Tesi-08	0.01875	0.00502	-0.00661	0.00178	0.00527	0.01449	0.01115	-0.00038	-0.00120	0.00989	0.00598	0.01119	0.01441	0.01728	0.02836	0.02257	0.03117	0.05465	0.00872	0.01231	0.04765	0.00925	0.02454	0.00653	0.03880	0.01264	0.00695	0.00190	0.00168	0.00067
Onis-12	0.00474	-0.00284	-0.00007	-0.00287	-0.00153	0.01191	0.00150	0.00651	0.00074	-0.00213	0.00255	0.00056	0.00784	0.00962	0.01559	0.01755	0.02278	0.04973	0.00863	-0.00259	0.04148	0.01900	0.02094	0.01608	0.04280	0.02204	0.00673	0.00104	0.00853	-0.00419
Usuy-12	0.01253	-0.00610	-0.00737	-0.00576	-0.00481	0.00456	0.01124	0.00190	-0.00782	0.00091	0.00422	0.00451	0.01719	0.01041	0.01962	0.01201	0.02570	0.05497	0.01314	0.01245	0.03742	0.01166	0.02129	0.00794	0.03174	0.00677	0.00867	0.00849	0.00599	0.00958
Masi-13	0.01747	0.01594	0.01058	0.01551	0.00487	0.00009	0.01449	-0.00125	0.01361	-0.00266	0.00151	0.01603	0.00319	0.00084	0.02717	0.01651	0.02143	0.06459	0.01479	0.01908	0.03718	0.01550	0.00872	0.00666	0.03994	0.03067	0.00861	0.02103	0.01321	0.02043
Atsu-02	0.02345	0.01555	0.00466	0.01104	0.01301	-0.02021	0.00870	-0.01442	0.00581	0.01071	-0.00157	0.01597	0.00300	0.00800	0.01101	0.03589	0.03750	0.06130	0.01356	0.01740	0.05412	0.02245	0.02187	0.01387	0.02491	0.03744	0.02153	0.00784	0.01096	-0.00776
Atsu-03	0.01426	0.00721	0.00687	0.00385	0.01028	0.01696	0.00551	0.01565	0.00749	0.00783	0.01247	0.00324	0.01496	0.02726	0.02552	0.03578	0.03744	0.05863	0.01487	0.00131	0.06088	0.03451	0.03878	0.03194	0.05635	0.03658	0.01578	-0.00006	0.01707	-0.01175
Atsu-04	0.05113	0.03620	0.01366	0.03097	0.02391	0.01067	0.03595	-0.00126	0.02087	0.02852	0.01535	0.03387	0.02730	0.02474	0.04469	0.04026	0.04591	0.08300	0.02230	0.04129	0.06456	0.01825	0.03251	0.01331	0.04964	0.03395	0.02091	0.02300	0.01258	0.02181
Atsu-08E	0.04199	0.02915	0.01290	0.02570	0.02230	-0.01125	0.02326	-0.00392	0.01989	0.01631	0.00574	0.03138	0.00838	0.00635	0.02980	0.03671	0.03549	0.07540	0.02390	0.03379	0.05309	0.02030	0.01841	0.00537	0.03924	0.04143	0.02692	0.03150	0.01675	0.01843
Atsu-08M	0.03494	0.02843	0.01939	0.02665	0.02155	-0.01477	0.02169	-0.00479	0.02168	0.01159	0.00605	0.03056	0.00613	0.00122	0.01842	0.03552	0.03527	0.07241	0.02544	0.03333	0.04742	0.02281	0.01586	0.01042	0.03207	0.04466	0.03003	0.03470	0.01984	0.02363
Atsu-08L	0.00947	-0.00116	-0.01036	-0.00781	-0.00207	0.01586	0.00338	-0.00430	-0.00308	0.00266	0.00263	0.00342	0.01063	0.01023	0.02091	0.01608	0.02788	0.05130	0.01189	0.00648	0.03211	0.01451	0.02014	0.00848	0.03323	0.01318	0.01210	0.00457	0.00755	0.00253
Atsu-09E	0.02617	0.01485	0.00843	0.01270	0.01465	-0.01539	0.01433	-0.01558	0.01069	0.01776	0.00178	0.02520	0.00427	0.00039	0.00792	0.02973	0.03769	0.05813	0.01470	0.02095	0.03753	0.01328	0.01338	0.00836	0.02252	0.03078	0.02196	0.01762	0.00712	0.00172
Atsu-09L	0.01900	-0.00210	-0.00832	-0.00594	-0.00155	0.01116	0.01192	-0.00054	-0.00268	-0.00330	0.00153	0.00052	0.00929	0.00403	0.01969	0.01348	0.02698	0.05374	0.00883	0.00654	0.03184	0.00813	0.01605	0.00159	0.03525	0.00514	0.00444	0.00707	-0.00055	-0.00088
Atsu-10E	0.04013	0.02440	0.01476	0.02441	0.02063	-0.01674	0.02544	-0.00908	0.01961	0.01774	0.00537	0.03012	0.00703	-0.00246	0.01794	0.02945	0.03682	0.06972	0.01870	0.03133	0.04310	0.01218	0.01094	0.00537	0.03174	0.03036	0.01898	0.02725	0.00811	0.01715
Atsu-10M	0.02584	0.00714	-0.00775	0.00300	0.00285	-0.00181	0.01164	-0.00743	-0.00001	0.00512	-0.00077	0.00444	0.00879	0.00678	0.02358	0.01911	0.02999	0.05952	0.00530	0.01203	0.04372	0.01017	0.01833	0.00388	0.03824	0.01336	0.00157	-0.00269	-0.00279	-0.00566
Atsu-10L	0.01696	-0.00301	-0.00845	-0.00431	-0.00167	0.00590	0.00782	-0.00710	-0.00750	0.00068	-0.00185	0.00380	0.00589	0.00679	0.01888	0.01212	0.02420	0.05229	0.00452	0.00818	0.03138	0.00425	0.01494	-0.00018	0.03154	0.01022	0.00257	0.00361	-0.00137	-0.00224
Atsu-11	0.05093	0.03078	0.01191	0.02603	0.02716	-0.00672	0.02702	-0.00658	0.02054	0.02495	0.00897	0.03196	0.01391	0.01035	0.02858	0.03983	0.04433	0.08007	0.02890	0.04025	0.05130	0.02434	0.02749	0.00874	0.03483	0.03982	0.03603	0.03335	0.02138	0.02352
Atsu-12E	0.02876	0.02108	0.01522	0.01770	0.01863	-0.01220	0.01844	-0.00966	0.01667	0.01659	0.00545	0.02998	0.00471	-0.00035	0.00603	0.03436	0.03494	0.06289	0.02154	0.02388	0.04061	0.01590	0.01469	0.00832	0.02462	0.03615	0.02886	0.02973	0.01281	0.01283
Atsu-12L	-0.00056	0.00586	0.00388	0.00385	0.00385	-0.00455	0.00628	0.00102	0.00163	0.00465	-0.00179	0.00775	0.01557	0.00213	0.01153	0.00792	0.02973	0.03769	0.00647	-0.00946	0.04357	0.00190	0.00206	0.00432	0.03237	0.02413	0.00682	0.00691	0.01263	-0.01079
Atsu-13	0.02932	0.02162	0.01032	0.01861	0.01662	-0.01655	0.01273	-0.01095	0.01488	0.01231	0.00003	0.02671	-0.00087	-0.00370	0.01657	0.03117	0.02664	0.06415	0.01617	0.01991	0.04564	0.01297	0.01053	0.00194	0.03297	0.03418	0.02083	0.02456	0.00951	0.01047
Atsu-15	0.00951	0.01293	0.02154	0.02116	0.01090	-0.00293	0.01034	0.00760	0.01672	-0.00377	0.00699	0.02514	-0.00113	-0.00212	0.02174	0.02195	0.01936	0.05620	0.01641	0.01657	0.03343	0.01933	0.00141	0.01355	0.04512	0.03460	0.01181	0.02767	0.01448	0.02377
Otar-14	0.06063	0.04232	0.02505	0.03142	0.02903	0.01200	0.05434	0.00418	0.03285	0.03792	0.02317	0.04203	0.03775	0.01511	0.02671	0.04249	0.05705	0.09033	0.03369	0.04792	0.06579	0.01261	0.03387	0.01438	0.03531	0.03039	0.03190	0.04461	0.01647	0.03959
TomJ-08	0.03468	0.02780	0.01849	0.02574	0.01956	-0.01830	0.02586	-0.01090	0.01981	0.01699	0.00616	0.03215	0.00930	0.00242	0.01407	0.03495	0.03855	0.06943	0.01937	0.03217	0.05071	0.01446	0.01346	0.01032	0.02831	0.03792	0.02086	0.02606	0.00913	0.01299
Kyow-11	0.06063	0.03842	0.01491	0.03357	0.03231	-0.00754	0.03451	0.00016	0.02410	0.03420	0.01297	0.03637	0.02152	0.01832	0.03709	0.04651	0.05157	0.08535	0.02476	0.04379	0.07179	0.02392	0.03455	0.01339	0.04879	0.04329	0.02927	0.02476	0.01515	0.01521
Iwan-08	0.04101	0.02770	0.01398	0.02404	0.02203	-0.01517	0.02207	-0.00755	0.01957	0.01295	0.00407	0.02740	0.00488	-0.00163	0.01861	0.03476	0.03378	0.07301	0.02193	0.02976	0.04600	0.01754	0.01583	0.00360	0.03519	0.03747	0.02662	0.03123	0.01238	0.01767
Iwan-09	0.01965	0.01604	0.01672	0.01699	0.01817	-0.01479	0.00824	-0.00016	0.01570	0.00679	0.00093	0.02320	-0.00243	0.00063	0.00705	0.03503	0.03242	0.05904	0.02271	0.01817	0.03911	0.02266	0.01466	0.01552	0.03028	0.04346	0.03018	0.02534	0.01826	0.00721
Iwan-14	0.02668	0.01505	0.00741	0.01530	0.00938	-0.01443	0.01825	-0.00731	0.01173	0.00540	0.00128	0.01834	0.00454	-0.00226	0.01849	0.01958	0.02651	0.06270	0.01063	0.02074	0.03968	0.00827	0.00492	0.00367	0.03559	0.02276	0.00366	0.01414	0.00188	0.00924
Iwan-15	0.00772	0.00361	0.00058	0.00161	0.00205	-0.01024	0.00147	-0.01230	0.00092	0.00012	-0.00269	0.00861	-0.00045	-0.00135	0.00701	0.02101	0.02214	0.04915	0.00689	0.00293	0.03534	0.01046	0.00914	0.00660	0.02635	0.02195	0.00823	0.00564	0.00332	-0.00374
Sutt-10	0.01456	0.01689	0.02188	0.02271	0.01512	-0.01724	0.00798	0.00343	0.01863	0.00245	0.00323	0.02381	-0.00771	-0.00435	0.01044	0.02700	0.02296	0.05547	0.01180	0.01217	0.04346	0.02047	0.00650	0.01558	0.04495	0.04469	0.01266	0.01895	0.01054	0.00550
Sutt-13	0.00961	0.01293	0.00815	0.01309	0.00561	-0.01572	0.00065	-0.01291	0.00829	-0.00094	-0.00494	0.01717	-0.00897	-0.00742	0.01139	0.02134	0.01554	0.05370	0.00652	0.00821	0.03668	0.00960	0.00374	0.00239	0.03338	0.03254	0.00906	0.01405	0.00445	0.00531
Kmkn-10	0.03862	0.04294	0.04673	0.05073	0.03149	-0.00052	0.03910	0.02173	0.04178	0.02027	0.02146	0.05050	0.00826	0.00445	0.02784	0.04009	0.03572	0.06531	0.02273	0.03358	0.06420	0.01937	0.01332	0.01870	0.06511	0.05224	0.01683	0.03916	0.01251	0.03139
Kmkn-13E	0.01529	0.02209	0.02388	0.02281	0.02334	-0.02102	0.00181	-0.00881	0.02063	0.01965	0.00523	0.03386	-0.00234	0.00577	0.00929	0.04392	0.03631	0.05858	0.02128	0.01521	0.04592	0.03336	0.01681	0.02568	0.03600	0.06225	0.03639	0.02426	0.02522	0.00018
Kmkn-13L	0.04011	0.06050	0.08108	0.07438	0.05357	0.02919	0.04534	0.05879	0.06812	0.03025	0.04615	0.06928	0.02565	0.03060	0.05860	0.06506	0.04799	0.09763	0.05404	0.04679	0.08214	0.06668	0.03147	0.06484	0.11134	0.09880	0.04464	0.06839	0.05415	0.05801
Hesa-09	0.04733	0.03172	0.02172	0.03556	0.02036	0.02222	0.04336	0.01328	0.02546	0.01618	0.01973	0.03558	0.02382	0.01347	0.04690	0.02588	0.03531	0.07866	0.01935	0.03975	0.05070	0.00770	0.01685	0.00845	0.06375	0.01893	0.00415	0.02985	0.00137	0.03488
Hesa-10	0.07509	0.07508	0.07354	0.08438	0.05563	0.05511	0.07771	0.06876	0.07448	0.04442	0.05377	0.07561	0.04800	0.04356	0.09039	0.06080	0.05721	0.11134	0.05301	0.06724	0.09973	0.04887	0.04185	0.04735	0.12398	0.07287	0.02992	0.06903	0.04158	0.07651
Hesa-11	0.06520	0.08236	0.09488	0.09269	0.06825	0.03897	0.07207	0.07197	0.08903	0.05582	0.05836	0.08968	0.04412	0.04311	0.07282	0.08038	0.07000	0.11602	0.06675	0.06779	0.10625	0.07380	0.04542	0.07462	0.12191	0.11128	0.05792	0.08365	0.06293	0.06962
Hesa-12E	0.01625	0.01593	0.01910	0.02101	0.01099	-0.00415	0.01507	0.00286	0.01929	-0.00162	0.00477	0.02340	-0.00485	-0.00449	0.01981	0.02180	0.01908	0.04722	0.01433	0.00975	0.02770	0.01454	-0.00123	0.00424	0.04657	0.03078	0.00886	0.02375	0.00709	0.01126
Hesa-12L	0.04613	0.05704	0.06436	0.06470	0.04637	0.00764	0.04645	0.03455	0.05856	0.03394	0.03305	0.06513	0.01789	0.01693	0.03797	0.05778	0.04905	0.08270	0.03950	0.04489	0.07529	0.04319	0.02499	0.04101	0.08133	0.08004	0.03830	0.05597	0.03320	0.03954
Hesa-14	0.02590	0.00913	-0.00438	0.00399	0.00673	-0.01872	0.00874	-0.01058	0.00392	0.00158	-0.00660	0.00677	-0.00437	-0.00519	0.00692	0.02070	0.02569	0.05212	0.00803	0.00959	0.03961	0.01003	0.01302	-0.00448	0.02721	0.02199	0.01207	0.00688	0.00175	-0.00506
Hesa-15E	0.01405	0.01716	0.01814	0.02218	0.01437	-0.01884	0.00244	-0.00235	0.01500	-0.00275	-0.00048	0.02278	-0.01115	-0.00461	0.01574	0.02736	0.01754	0.05636	0.01297	0.01497	0.03928	0.02104	0.00475	0.01008	0.04466	0.04622	0.01452	0.01992	0.01082	0.00516
Hesa-15L	0.01873	0.01767	0.01985	0.02046	0.01393	-0.00810	0.01743	-0.00168	0.01609	0.00978	0.00583	0.02698	0.00145	0.00394	0.01210	0.02946	0.03084	0.05718	0.01222	0.01691	0.04993	0.01387	0.01213	0.01519	0.03588	0.03328	0.01074	0.01774	0.00506	0.00399
Miya-02	0.08203	0.06398	0.05941	0.06386	0.05340	0.03392	0.08171	0.03563	0.06264	0.05687

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

Sample code	Oeri-11	Toma-02	Toma-12	Sira-12	Yaku-14	Sawa-14	Kina-14	Kmis-12	Kmis-14E	Kmis-14L	Kmis-15	Siri-12	Fuku-12	Tesi-08	Onis-12	Usuy-12	Masi-13	Atsu-02	Atsu-03	Atsu-04	Atsu-08E	Atsu-08M	Atsu-08L	Atsu-09E	Atsu-09L	Atsu-10E	Atsu-10M	Atsu-10L	Atsu-11	Atsu-12E
TomR-98																														
TomR-04																														
VzmR-04																														
OwkR-10																														
Funa-02																														
Wakk-12																														
Wakk-13																														
Wakk-14																														
Owak-09																														
Kesa-03																														
Kesa-12																														
Momb-12																														
Lsar-11																														
Otokr-13																														
Lnot-11																														
Lmok-12																														
Ltof-11																														
Lfur-02																														
Lfur-13E																														
Lfur-13L																														
Akke-02																														
Akke-13																														
Akke-14E																														
Akke-14L																														
Okus-13																														
Otyk-14																														
Lyud-12E																														
Lyud-12L																														
Otik-12																														
Otik-13																														
Oeri-11																														
Toma-02	-0.00136																													
Toma-12	0.00104	0.00173																												
Sira-12	-0.00177	-0.00147	0.00015																											
Yaku-14	0.00856	0.00052	0.01227	0.01579																										
Sawa-14	0.01794	0.02498	0.02615	0.03690	0.01183																									
Kina-14	0.06489	0.06573	0.07704	0.08760	0.02824	0.01323																								
Kmis-12	0.04691	0.05097	0.04569	0.06277	0.01251	0.01979	-0.00335																							
Kmis-14E	0.02604	0.03070	0.03187	0.04461	-0.00098	0.01301	0.02829	-0.01099																						
Kmis-14L	0.02039	0.01182	0.01926	0.02575	-0.01513	0.03270	0.04386	0.00731	-0.00674																					
Kmis-15	0.03924	0.04096	0.04151	0.05740	0.00550	0.00440	-0.00070	-0.02405	-0.00602	0.01852																				
Siri-12	0.06990	0.07128	0.07643	0.09542	0.02638	0.01573	-0.02042	-0.02598	0.00307	0.03072	-0.01753																			
Fuku-12	0.04727	0.05779	0.06770	0.07949	0.01533	-0.00038	0.01533	0.03310	-0.01370	0.02630	0.00417	-0.00418																		
Tesi-08	0.00552	0.01313	0.01439	0.00576	0.01092	0.04691	0.08344	0.04611	0.03560	0.01681	0.05088	0.08883	0.07901																	
Onis-12	0.00477	0.01152	0.01804	0.00987	0.00593	0.02622	0.05899	0.04018	0.02616	0.02536	0.03800	0.06882	0.05952	0.00299																
Usuy-12	0.00871	0.00574	0.00795	0.00339	0.01005	0.04388	0.08150	0.04349	0.03894	0.02018	0.04806	0.08627	0.09363	0.00116	0.00225															
Masi-13	0.02168	0.01483	0.02877	0.02507	-0.00179	0.03439	0.04505	0.03116	0.02925	0.00968	0.03094	0.04982	0.06720	0.01470	0.01403	0.00777														
Atsu-02	0.00888	0.01455	0.02572	0.01692	-0.00192	0.04849	0.07727	0.05097	0.01749	0.00000	0.04804	0.07535	0.04424	0.00187	0.00940	0.01203	0.00231													
Atsu-03	0.01011	0.02779	0.03366	0.01769	0.02311	0.04790	0.08470	0.06683	0.04166	0.04335	0.06290	0.09888	0.07186	0.00526	-0.00214	0.01645	0.03223	0.00716												
Atsu-04	0.03078	0.03355	0.04016	0.03349	0.01158	0.06771	0.08368	0.04530	0.03712	0.00667	0.05849	0.08566	0.07843	0.00426	0.02509	0.01894	0.00688	-0.00317	0.03445											
Atsu-08E	0.02801	0.02393	0.03657	0.03278	0.00256	0.05564	0.06464	0.04196	0.02819	-0.00659	0.04565	0.05669	0.06488	0.01658	0.02704	0.01944	-0.00491	-0.00811	0.03896	0.00318										
Atsu-08M	0.02554	0.01737	0.03100	0.03197	0.00056	0.04505	0.05377	0.03446	0.01826	-0.00748	0.03542	0.04109	0.04929	0.02512	0.02877	0.02124	-0.00391	-0.00523	0.04339	0.01499	-0.01442									
Atsu-08L	0.00498	0.00079	0.00708	0.00012	0.00589	0.03987	0.07926	0.05163	0.03723	0.01840	0.05141	0.08724	0.08443	-0.00378	0.00113	-0.00801	0.00892	0.00958	0.01951	-0.01994	0.02161									
Atsu-09E	0.00645	-0.00013	0.00861	0.01021	-0.01677	0.02893	0.05762	0.03102	0.00097	-0.01746	0.02377	0.05077	0.02175	0.00555	0.01348	0.01199	0.00583	-0.01405	0.02487	0.00287	-0.00167	-0.00354	0.00604							
Atsu-09L	0.00680	0.00355	0.00730	0.00379	-0.00095	0.03528	0.06378	0.02751	0.02416	0.00467	0.03510	0.06568	0.07731	0.00008	0.00118	-0.00871	0.00726	0.00833	0.01172	0.02040	0.01036	0.01240	-0.00612	0.00368						
Atsu-10E	0.01980	0.01139	0.02126	0.02628	-0.01641	0.03661	0.04334	0.01170	-0.00098	-0.02109	0.01504	0.02973	0.02878	0.01475	0.02281	0.01901	0.00246	-0.00917	0.03860	0.00455	-0.00867	-0.01026	0.01674	-0.02079	0.00718					
Atsu-10M	0.00882	0.01215	0.01865	0.01105	-0.00529	0.04691	0.06980	0.03692	0.02203	0.00251	0.04272	0.07502	0.06836	-0.00855	0.00079	-0.00116	-0.00040	-0.01094	0.00424	-0.00742	0.00069	0.00972	-0.00353	-0.00535	-0.00457	-0.00134				
Atsu-10L	0.00530	0.00232	0.00919	0.00196	-0.00293	0.03714	0.06719	0.03578	0.02664	0.00304	0.04147	0.07329	0.07175	-0.00633	-0.00092	-0.01039	-0.00042	-0.00102	0.00945	0.00215	0.00473	0.00986	-0.00733	-0.00228	-0.00985	0.00414	-0.01078			
Atsu-11	0.02948	0.01784	0.03226	0.02858	0.00471	0.06848	0.08504	0.05671	0.03626	-0.00774	0.06032	0.07766	0.08107	0.01879	0.03215	0.02016	0.00183	-0.00936	0.04442	0.00583	-0.01556	-0.01318	0.01668	-0.00773	0.01029	-0.01251	0.00111	0.00536		
Atsu-12E	0.01361	0.00634	0.01444	0.01966	-0.00776	0.02575	0.05172	0.02336	0.00182	-0.01551	0.02273	0.03655	0.02523	0.01724	0.02104	0.01773	0.01134	-0.00375	0.03499	0.01743	-0.00118	-0.00845	0.01527	-0.01520	0.00637	-0.01437	0.00920	0.00637	-0.00882	
Atsu-12L	0.00126	0.00821	0.01370	0.00539	-0.00773	0.03086	0.07774	0.04937	0.01753	0.03133	0.04689	0.08895	0.06394	0.00899	-0.00826	0.00260	0.01889	0.00618	-0.01105	0.04027	-0.00480	0.03275	0.00078	0.01504	-0.00046	0.03116	0.00582	-0.00118	0.04169	0.02365
Atsu-13	0.01639	0.01467	0.02544	0.02554	-0.00767	0.03102	0.04431	0.01757	0.00749	-0.01271	0.02203	0.03363	0.03219	0.01110	0.01593	0.01910	0.00410	-0.01145	0.02857	0.00545	-0.00982	-0.00808	0.01454	-0.01154	0.00677	-0.01827	0.00033	0.00479	-0.00968	-0.01427
Atsu-15	0.01496	0.01075	0.02206	0.02482	-0.00219	0.00928	0.01498	0.01312	0.01705	0.01180	0.00264	0.01684	0.03208	0.02272	0.01554	0.01759	-0.00019	0.01694	0.03407	0.03351	0.01346	0.00672	0.01774	0.00446	0.01124	0.00457	0.01641	0.01298	0.02255	0.00708
Otar-14	0.03673	0.02880	0.02611	0.03946	0.00288	0.05733	0.07564	0.01086	0.00022	-0.01307	0.02557	0.04664	0.05625	0.02532	0.03832	0.02375	0.02244	0.01539	0.06029	0.01503	0.01099	0.00532	0.02967	-0.00310	0.01622	-0.00828	0.01695	0.01618	0.00924	-0.00595
TomJ-08	0.01852	0.01661	0.02454	0.02827	-0.01155	0.03391	0.04752	0.01606	-0.00399	-0.01733	0.01909	0.03292	0.01839	0.01346	0.02231	0.01905	0.00301	-0.01305	0.03484	-0.00160	-0.00761	-0.00979	0.02033	-0.01625	0.01296	-0.01896	0.00031	0.00474	-0.00425	-0.01243
Kyow-11	0.03105	0.03530	0.04352	0.03779	0.00676	0.07464	0.08769	0.05065	0.02565	-0.00488	0.05852	0.07888	0.06688	0.00894	0.02915	0.02776	0.01352	-0.01453	0.03272	-0.00966	-0.00933	0.00209	0.02425	-0.00549	0.01919	-0.00831	-0.00866	0.00829	-0.00998	0.00629
Iwan-08	0.02362	0.01677	0.02852	0.02998	-0.00309	0.04395	0.04979	0.02216	0.01184	-0.01716	0.03129	0.03580	0.04591	0.02017	0.02484	0.02170	0.00179	-0.00709	0.03780	0.00983	-0.01569	-0.01812	0.01898	-0.00865	0.00564	-0.01730	0.00427	0.00571	-0.01776	-0.01423
Iwan-09	0.01213	0.00702	0.02008	0.02020	-0.00186	0.02639	0.04776	0.03601	0.01501	-0.00116	0.03045	0.04250	0.03126	0.02363	0.01746	0.02137	0.01175	-0.00666	0.02614	0.03072	0.00226	-0.00564	0.01598	-0.00562	0.00782	-0.00611	0.01249	0.01001	-0.00208	-0.01224
Iwan-14	0.01457	0.01110	0.02070	0.02188	-0.01893	0.02806	0.03573	0.01260	0.00223	-0.01071	0.01356	0.03269	0.03345	0.00559	0.01060	0.00985	-0.00402	-0.00581	0.02442	-0.00057	-0.00397	-0.00171	0.00938	-0.01235	0.00268	-0.01599	-0.00926	-0.00229	-0.00252	-0.00788
Iwan-15	0.00122	0.00217	0.01105	0.00760	-0.00968	0.02146	0.04825	0.02860	0.01003	0.00107	0.02215	0.05077	0.03322	-0.00064	-0.00083	0.00448	0.00408	-0.00941	0.00517	0.00841	0.00677	0.00564	0.00063	-0.01217	-0.00071	-0.00400	-0.00576	-0.00382	0.00677	-0.00559
Sutt-10	0.01088	0.01620	0.02686	0.02775	-0.00840	0.00679	0.01634	0.01147	-0.00378	0.00191	0.00476	0.01170	-0.00034	0.01808	0.01016	0.02577	0.00622	0.00049	0.01767	0.02283	0.00800	0.00395	0.02106	-0.00190	0.01377	-0.00308	0.00743	0.01110	0.01667	-0.00231
Sutt-13	0.00761	0.00896	0.01964	0.01827	-0.00880	0.01438	0.02861	0.01414	0.00541	-0.00475	0.01420	0.02720	0.02007	0.00438	0.00472	0.01307	-0.01011	-0.01028	0.01668	-0.00015	-0.00528	-0.00600	0.00762	-0.01103	0.00763	-0.01004	-0.00430	-0.00007	0.00059	-0.00589
Kmkn-10	0.02968	0.04110	0.04319	0.05395	-0.00040	-0.00012	-0.01072	-0.03979	-0.02604	-0.00532	-0.02219	-0.03022	-0.02602	0.03282	0.02932	0.04527	0.02141	0.02431	0.04781	0.02485	0.02337	0.01913	0.04615	0.01028	0.03324	0.00153	0.02350	0.02970	0.04379	0.00901
Kmkn-13E	0.00926	0.00972	0.02815	0.02298	-0.00696	0.01962	0.04867	0.05511	0.01237	0.00346	0.03461	0.05187	-0.00138	0.01972	0.01461	0.03260	0.01365	-0.01175	0.01946	0.01926	0.00868	0.00542	0.02008	-0.01455	0.02390	-0.00310	0.00865	0.01346	0.00971	-0.00308
Kmkn-13L	0.05580	0.06859	0.08028	0.08483	0.03151	0.00277	-0.01562	0.01519	0.02751	0.05589	0.00532	-0.01036	-0.00356	0.07553	0.04699	0.08043	0.04609	0.06639	0.06498	0.08048	0.06536	0.05837	0.07655	0.05861	0.06752	0.05157	0.06534	0.06551	0.09215	0.05459
Hesa-09	0.03020	0.03016	0.02952	0.03512	0.00380	0.03338	0.03223	-0.01266	0.01570	0.00130	0.01189	0.02898	0.05692	0.01202	0.02493	0.01750	0.01131	0.02763	0.04681	0.00284	0.01851	0.02383	0.02300	0.01033	0.00845	0.00442	0.00546	0.00719	0.02788	0.01768
Hesa-10	0.07372	0.08953	0.08904	0.09516	0.04107	0.04188	0.01262	-0.01110	0.03926	0.05007	0.01553	0.01294	0.06470	0.06220	0.05726	0.07319	0.04062	0.07549	0.08340	0.04922	0.05823	0.06745	0.07770	0.06824	0.06404	0.05138	0.05054	0.05983	0.09003	0.06948
Hesa-11	0.07145	0.08834	0.09314	0.10262	0.03662	0.01679	0.00536	0.01481	0.02163	0.05506	0.00776	-0.00501	-0.00428	0.08538	0.06407	0.09580	0.05780	0.07409	0.08653	0.08081	0.06947	0.06763	0.09360	0.06351	0.08119	0.05399	0.07262	0.07921	0.10075	0.06178
Hesa-12E	0.01485	0.01089	0.02363	0.02591	-0.01516	-0.00270	-0.00246	-0.00765	0.00119	-0.00915	-0.00152	0.00617	0.01452	0.02149	0.01110	0.02030	0.00077	0.01345	0.03029	0.02192	0.00945	0.00774	0.01693	0.00094	0.00495	-0.00324	0.00846	0.00539	0.01713	-0.00048
Hesa-12L	0.04194	0.05314	0.05965	0.06860	0.01053	0.00306	-0.00269	-0.00927	-0.00945	0.01211	-0.00549	-0.01793	-0.02910	0.05365	0.04180	0.06532	0.03466	0.03703	0.05984	0.04528	0.03644	0.03133	0.06222	0.02382	0.04999	0.01804	0.04158	0.04643	0.05790	0.02209
Hesa-14	0.00907	0.00742	0.01857	0.01418	-0.01105	0.03756	0.05799	0.02740	0.00673	-0.01671	0.03567	0.05262	0.05301	0.00301	0.00564	0.00544	-0.00133	-0.01600	0.01268	0.00425	-0.01483	-0.01249	0.00142	-0.01145	-0.00841	-0.01360	-0.01276	-0.00760	-0.02081	-0.01682
Hesa-15E	0.01217	0.01543	0.03113	0.02610	-0.00313	0.01504	0.02112	0.02239	0.01228	0.00102	0.01955	0.02250	0.01782	0.01600	0.01133	0.02295	-0.00070	-0.00350	0.01835	0.01513	-0.00331	-0.00429	0.01806	-0.00023	0.00975	-0.00120	0.00513	0.00580	0.00756	0.00015
Hesa-15L	0.00918	0.01749	0.02078	0.02305	-0.00598	0.01278	0.03422	0.00061	-0.00727	-0.00018	0.00319	0.02531	0.00467	0.00939	0.01117	0.01898	0.01240	-0.00750	0.01775	0.01043	0.01311	0.01115	0.01969	-0.00779	0.01287	-0.00780	0.00525	0.00712	0.02110	-0.00334
Miya-02	0.05441	0.04641	0.04117	0.06317	0.01141	0.04237	0.04756	-0.01361	-0.00686	-0.00450	0.00485	0.01261	0.02920	0.05686	0.06056	0.05438	0.04569	0.05151	0.08977	0.04817	0.04093	0.03015	0.05928	0.01455	0.03644	0.00532	0.04570	0.04191	0.04256	0.01178
Osim-10	0.00666	0.00934	0.01545	0.00673	0.00871	0.04119	0.08048	0.05161	0.03333	0.03074	0.05166	0.08988	0.08423	0.00149	-0.00697	-0.00555	0.01299	0.00905	-0.00170	0.02643	0.03012	0.02996	-0.00560	0.01566	-0.00159	0.02633	-0.00212	-0.00282	0.03008	0.02423
Osim-13	0.00582	0.00730	0.01313	0.00452	0.01522	0.04039	0.07837	0.05702	0.04286	0.03084	0.05422	0.08813	0.08529	0.00761	0.00192	-0.00133	0.02058	0.01343	0.00446	0.03876	0.02976	0.02876	-0.00367	0.01835	-0.00457	0.02825	0.00531	0.00033	0.02837	0.02343
Osim-14A	0.00463	0.01411	0.02005	0.00640	0.01664	0.04607	0.09634	0.07409	0.04361	0.03421	0.06643	0.10726	0.07945	0.00177	-0.00097	0.00429	0.02641	0.00455	-0.00396	0.02961	0.03167	0.03635	0.00141	0.01552	0.00451	0.03216	0.00173	0.00332	0.03261	0.02730
Osim-14B	0.00209	0.00581	0.01162	0.00179	0.01038	0.03667	0.08640	0.06296	0.03716	0.03142	0.05620	0.09666	0.08009	0.00166	-0.00445	-0.00560	0.01635	0.00749	-0.00165	0.03230	0.03015	0.03055	-0.00634	0.01449	-0.00151	0.02917	0.00209	-0.00050	0.03079	0.02383
Osim-14C	0.00537	0.01220	0.01699	0.00945	0.01321	0.03022	0.06381	0.04268	0.03273	0.03586	0.04170	0.07563	0.07218	0.00778	-0.00358	0.00232	0.01834	0.01539	-0.00129	0.03806	0.03704	0.03377	0.00285	0.02193	0.00186	0.03143	0.00680	0.00323	0.04037	0.02817
Osim-14D	0.00889	0.00760	0.01349	0.00624	0.01790	0.03911	0.08160	0.05873	0.04656	0.03813	0.05501	0.09228	0.09468	0.01398	0.00195	-0.00279	0.02423	0.02490	0.00792	0.05159	0.03983	0.03592	-0.00169	0.02580	-0.00330	0.03589	0.01482	0.00492	0.03801	0.02832

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

Sample code	Atsu-12L	Atsu-13	Atsu-15	Otar-14	TomJ-08	Kyow-11	Iwan-08	Iwan-09	Iwan-14	Iwan-15	Sutt-10	Sutt-13	Kmkn-10	Kmkn-13E	Kmkn-13L	Hesa-09	Hesa-10	Hesa-11	Hesa-12E	Hesa-12L	Hesa-14	Hesa-15E	Hesa-15L	Miya-02	Osim-10	Osim-13	Osim-14A	Osim-14B	Osim-14C	Osim-14D
TomR-98																														
TomR-04																														
VzmR-04																														
OwkR-10																														
Funa-02																														
Wakk-12																														
Wakk-13																														
Wakk-14																														
Owak-09																														
Kesa-03																														
Kesa-12																														
Momb-12																														
Lsar-11																														
Otokr-13																														
Lnot-11																														
Lmok-12																														
Ltof-11																														
Lfur-02																														
Lfur-13E																														
Lfur-13L																														
Akke-02																														
Akke-13																														
Akke-14E																														
Akke-14L																														
Okus-13																														
Otyk-14																														
Lyud-12E																														
Lyud-12L																														
Otik-12																														
Otik-13																														
Oeri-11																														
Toma-02																														
Toma-12																														
Sira-12																														
Yaku-14																														
Sawa-14																														
Kina-14																														
Kmis-12																														
Kmis-14E																														
Kmis-14L																														
Kmis-15																														
Siri-12																														
Fuku-12																														
Tesi-08																														
Onis-12																														
Usuy-12																														
Masi-13																														
Atsu-02																														
Atsu-03																														
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	0.03144																													
Atsu-15	0.02331	0.00496																												
Otar-14	0.04149	0.00310	0.02806																											
TomJ-08	0.02562	-0.01383	0.00867	-0.00996																										
Kyow-11	0.04451	-0.00564	0.03314	0.01025	-0.00810																									
Iwan-08	0.03485	-0.01753	0.00902	-0.00108	-0.01205	-0.00571																								
Iwan-09	0.01602	-0.01094	0.00581	0.02120	-0.00172	0.01672	-0.01210																							
Iwan-14	0.01813	-0.01026	-0.00057	0.00061	-0.01370	-0.00461	-0.00422	0.00377																						
Iwan-15	0.00029	-0.00826	-0.00596	0.01254	-0.00422	0.00774	0.00198	-0.00169	-0.00870																					
Sutt-10	0.01234	-0.00516	-0.00432	0.02351	-0.00318	0.01339	0.00069	-0.00268	-0.00615	-0.00427																				
Sutt-13	0.01605	-0.01563	-0.00502	0.01068	-0.01062	0.00022	-0.00995	-0.00345	-0.00958	-0.01068	-0.01309																			
Kmkn-10	0.04134	0.00157	0.00303	0.01261	-0.00499	0.02303	0.01188	0.02235	-0.00096	0.01210	-0.01418	-0.00880																		
Kmkn-13E	0.01730	-0.00601	0.00729	0.03173	-0.00346	0.00960	0.00365	-0.00575	0.00019	-0.00720	-0.00886	-0.01222	0.01296																	
Kmkn-13L	0.06980	0.04063	0.01722	0.08711	0.04828	0.08383	0.05534	0.04701	0.03870	0.04180	0.00770	0.01984	-0.01418	0.03407																
Hesa-09	0.04671	0.00985	0.01385	0.00929	0.00542	0.01610	0.01409	0.03459	-0.00238	0.01318	0.01308	0.00072	-0.01077	0.03587	0.04137															
Hesa-10	0.09605	0.04477	0.03559	0.07055	0.04763	0.06409	0.06136	0.07888	0.03172	0.05493	0.03065	0.02916	-0.02099	0.07332	0.00774	0.00348														
Hesa-11	0.09263	0.04654	0.03494	0.08177	0.04735	0.08109	0.06518	0.06443	0.04215	0.05569	0.01834	0.03210	-0.02024	0.04786	-0.01460	0.04271	0.00053													
Hesa-12E	0.02056	-0.00554	-0.00697	0.02418	0.00141	0.02474	0.00001	-0.00052	-0.00771	-0.00097	-0.00913	-0.01036	-0.01585	0.00259	0.00353	-0.00186	0.01295	0.01655												
Hesa-12L	0.05777	0.01467	0.01304	0.03836	0.01107	0.04172	0.02483	0.02913	0.01593	0.02584	-0.00448	0.00341	-0.04378	0.01563	-0.01326	0.01470	0.00142	-0.01575	-0.00621											
Hesa-14	0.00544	-0.01724	0.00889	0.00463	-0.00975	-0.01239	-0.01968	-0.01218	-0.01458	-0.00876	-0.00431	-0.00879	0.01410	0.00037	0.05838	0.01410	0.05938	0.06717	-0.00548	0.02897										
Hesa-15E	0.02006	-0.01031	-0.00689	0.02920	-0.00351	0.00827	-0.00736	-0.00593	-0.00329	-0.00794	-0.01367	-0.01549	-0.00493	-0.00763	0.01276	0.01319	0.03339	0.02898	-0.01094	0.00236	-0.00841									
Hesa-15L	0.01122	-0.00933	0.00450	0.00992	-0.01101	0.01200	0.00561	0.00076	-0.00513	-0.00760	-0.00980	-0.01067	-0.01560	-0.00332	0.02572	0.00606	0.03318	0.02807	-0.00395	0.00059	0.00325	-0.00279								
Miya-02	0.06947	0.02500	0.03559	-0.00939	0.00966	0.04393	0.01908	0.03909	0.01924	0.03630	0.02784	0.02758	-0.00387	0.04984	0.06868	0.00823	0.05825	0.06003	0.01924	0.01955	0.03216	0.04190	0.01874							
Osim-10	-0.01774	0.02253	0.02268	0.03583	0.02616	0.03212	0.02837	0.02142	0.01315	0.00054	0.02080	0.01145	0.04769	0.02417	0.07206	0.03188	0.07915	0.09163	0.02245	0.06366	0.00480	0.02199	0.01988	0.06893						
Osim-13	-0.00623	0.02413	0.02046	0.04632	0.03195	0.03711	0.02639	0.01486	0.02037	0.00662	0.02246	0.01820	0.05383	0.02619	0.07378	0.03905	0.08741	0.09529	0.02207	0.06708	0.00613	0.02030	0.02489	0.07169	-0.00441					
Osim-14A	-0.00735	0.02413	0.03192	0.05107	0.03029	0.02901	0.03355	0.02171	0.02108	0.00400	0.02299	0.01690	0.05575	0.01629	0.08009	0.04439	0.09242	0.09617	0.02969	0.06765	0.00760	0.02281	0.02167	0.08435	-0.00480	-0.00137				
Osim-14B	-0.01467	0.02462	0.02279	0.04491	0.02792	0.03519	0.03123	0.01792	0.01726	0.00272	0.02146	0.01477	0.05278	0.02049	0.07555	0.03990	0.08788	0.09305	0.02299	0.06561	0.00602	0.02131	0.02006	0.07464	-0.01117	-0.00801	-0.01035			
Osim-14C	-0.01573	0.02803	0.01650	0.04785	0.03082	0.04259	0.03274	0.02001	0.01784	0.00464	0.01589	0.01386	0.03957	0.02643	0.05627	0.03310	0.07145	0.07933	0.01753	0.05431	0.01124	0.01750	0.01713	0.06730	-0.00902	-0.00399	0.00101	-0.01186		
Osim-14D	-0.00740	0.03081	0.02220	0.05033	0.04140	0.05292	0.03338	0.01975	0.02695	0.01009	0.02840	0.02353	0.06196	0.03448	0.07675	0.04420	0.09709	0.10408	0.02441	0.07572	0.01238	0.02798	0.03182	0.07635	-0.00653	-0.00815	-0.00146	-0.00970	-0.00393	

北水試研報　94，41－46（2018）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.

サケ親魚の回帰時期による稚魚の体色の銀白化の違い

下田和孝*[1]，渡辺智治[2]，安藤大成[3]

[1]北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場道南支場，
[2]北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場，
[3]北海道立総合研究機構水産研究本部

Variation in body silvering of chum salmon juveniles in seasonally spawning stocks

Kazutaka SHIMODA*[1], Tomoharu WATANABE[2] and Daisei ANDO[3]

[1] Donan Research Branch, Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Yakumo, Hokkaido, 043–0402,*
[2] Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Eniwa, Hokkaido, 061–1433,*
[3] Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046–8555*, *Japan*

In this study, body silvering in chum salmon juveniles (*Oncorhynchus keta*) was analyzed using a chromameter. For this, we observed *O. keta* juveniles in early- and late-run stocks (fertilized from late Sep to early Oct and from mid Nov to early Dec, respectively) in six rivers (Abashiri R., Shibetsu R., Tokachi R., Chitose R., Shizunai R. and Torisaki R.) in Hokkaido, Japan. L-value was used as body silvering index for comparison on a weekly basis between two seasonal stocks following spawn emergence. Higher L-values were noted for the late-run stocks than for the early-run stocks. Thus, our results suggest that the developmental level of physiological traits of late-run stocks was faster than that of early-run stocks in chum salmon.

キーワード：L値，サケ稚魚，回帰時期，色彩色差計

降海型のサケ科魚類は，河川生活から海洋生活への移行に際して，鰓や腎臓などの機能変化や各種ホルモンの働きによって浸透圧調節機能を淡水型から海水型へと切り替えて海水適応能を獲得する（伴ら，2009）。外観的には幼魚期に体側にみられる楕円型の暗褐色のパーマークが消失し，体表にグアニンやヒポキサンチンが沈着して体色が銀白色に変化しスモルトへと変態する（Nakano *et al.*, 1988；上田，2016）。通常この体色変化はスモルト化の進行度合いを示す相（phase）として段階的に表現されるが（例えば，久保，1974），体色を定量的に表現する方法として色彩色差計を用いた測定手法が考案され，アマゴ*Oncorhynchus masou ishikawae*，サクラマス*O. masou masou*およびサケ*O. keta*の幼稚魚の体色を表す際に用いられている（桑田ら，2000；Ando *et al.*, 2005；Ando *et al.*, 2009）。色彩色差計では赤色や緑色の色度を表すa値や，黄色や青色の色度を表すb値，白色度を表すL値を測定できるが，サケ稚魚の体色の銀白化を定量的に表現するにはL値が適しているとされている（Ando *et al.*, 2009）。この報告によるとサケ稚魚のL値は成長に伴って上昇し，浮上から4週間後，尾叉長で50mmに達した時点で最大値に達する（Ando *et al.*, 2009）.

北海道の河川にサケが回帰する期間は長く，同一河川でも8月下旬に回帰する個体がいる一方で11月以降に回帰する個体も見られる（例えば，小山ら，2017）。北海道の2河川を対象にした研究では，9月に回帰した群と12月に回帰した群について定期的に稚魚のL値を測定したところ，回帰時期や河川によってL値の変化の様相が異なることが示唆されている（http://www.hro.or.jp//list/fisheries/marine/o7u1kr0000006sk0.html, 2018年5月16日）。このうち回帰時期に関しては，Ando *et al.*（2009）も1

報文番号A562（2018年 8 月 6 日受理）
*Tel: 0123–32–2135．Fax: 0123–34–7233．E–mail: shimoda–kazutaka@hro.or.jp

河川について同様の可能性を示唆している。

本研究では，北海道内の6河川を対象に9月下旬から10月上旬に採卵された受精卵と11月中旬から12月上旬に採卵された受精卵を用いて飼育実験を行い，色彩色差計で定期的に稚魚の体色を測定し，親魚の回帰時期による稚魚の体色の銀白化の進行程度の違いを明らかにすることを目的とした。

材料および方法

実験に用いたサケ稚魚　北海道の網走川，標津川，十勝川，千歳川（石狩川支流），静内川および鳥崎川で資源増殖用に9月下旬または10月上旬に採卵された群（以下，前期群）と11月中旬から12月上旬に採卵された群（以下，後期群）から，それぞれ約2000粒の受精卵の供与を受け実験に用いた（Fig.1）。実験に使用した卵の平均サイズは，最も小さい千歳川の前期群で0.215g，最も大きい十勝川の後期群で0.319gであった（Table 1）。平均卵サイズは，網走川と十勝川では後期群の方が有意に大きかったが，その他の河川では群間で違いは認められなかった（Table 1）。

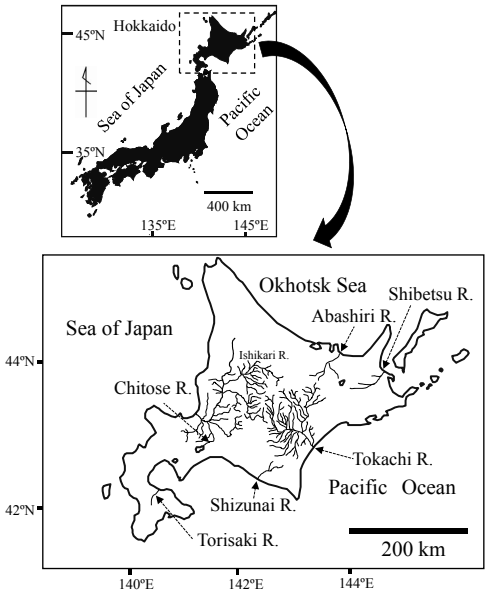


Fig.1　Map of the study area.

これらの受精卵を北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場に輸送し，縦600mm横300mm深さ350mmのアクリル製水槽中で一定の水温条件下（平均水温10.2～10.4℃，標準偏差0.2～0.4℃）で飼育した。浮上後は，100個体を無作為に抽出して前述のアクリル製水槽中で一定の水温条件（平均水温10.2～10.5℃，標準偏差0.1～0.3℃）および光周期条件（飼育室の蛍光灯を毎日8:00～17:30に自動点灯）で飼育した。最も早期に浮上した千歳川の前期群の稚魚では魚体重の5%に相当する量の乾燥餌料（日清丸紅飼料社，ニューアルテックK-2，K-3，K-4）を毎日給餌した。この給餌量を全ての群に適用することで，群間での給餌量に違いが生じないようにした。

体色の測定　浮上当日（0日目とする）とその7日後，14日後，21日後，28日後，35日後，42日後および49日後に100個体の供試魚のうち50個体を無作為に抽出して尾叉長を測定し，同時に色彩色差計（コニカミノルタ社，CR-400）を用いて体色を測定した。色彩色差計の測定部は直径11mmの円形となっているが，サケ稚魚の体高はこれよりも低いため，通常の状態で測定を行うと背景の色彩や明るさの違いが測定結果に影響を及ぼす。そこで，安藤（2007）の方法に従い色彩色差計の測定部の中央に相当する位置に穴を開けたアクリル製の黒色板で測定部を覆い，測定範囲を縮小して測定を行った。黒色板に設けた穴の直径は測定するサケ稚魚の体高の80%に相当する大きさとし，サケ稚魚の成長に合わせて穴の直径の大きな黒色板を順次使用した。穴の直径は，浮上当日は3mm，浮上の7日後は4mmとし，14日目以降も測定回

Table 1　Fertilization date and size of chum salmon eggs used in this study from six rivers in Hokkaido, Japan

River	Stock	Fertilization date	Egg weight (g)			t-test	
			Mean	SD	N	t	p
Abashiri R.	Early	3 Oct. 2014	0.252	0.026	60	−5.979	<0.001
	Late	3 Dec. 2014	0.284	0.032	60		
Shibetsu R.	Early	30 Sep. 2014	0.268	0.037	60	0.038	0.969
	Late	14 Nov. 2014	0.267	0.034	60		
Tokachi R.	Early	22 Sep. 2014	0.284	0.033	60	−5.363	<0.001
	Late	21 Nov. 2014	0.319	0.039	60		
Chitose R.	Early	24 Sep. 2014	0.215	0.033	60	−1.870	0.064
	Late	26 Nov. 2014	0.226	0.034	60		
Shizunai R.	Early	5 Oct. 2015	0.255	0.029	60	1.166	0.246
	Late	24 Nov. 2015	0.249	0.033	60		
Torisaki R.	Early	6 Oct. 2015	0.245	0.032	60	−1.943	0.054
	Late	27 Nov. 2015	0.257	0.034	60		

毎に1mmずつ拡大して浮上日の49日後にあたる8回目の測定の際には直径10mmとした。

色彩色差計に付属する校正用の白色板を用いて予備的な測定を行ったところ，穴の直径の大きな黒色板ほどL値が高くなることがわかった（Table 2）。このため，サケ稚魚のL値も黒色板の穴の大きさによる影響を受けることが予想され，成長に伴ってL値が上昇したとしても，銀白化の進行によるものか穴の大きさによる影響か判別できない。そこでサケ稚魚のL値の実測値から校正用白色板を測定した際のL値（Table 2）を差し引いた値を体色の指標として用いることとし，この値を「補正L値」と定義した。色彩色差計は光源から発せられたフラッシュ光の反射をセンサー部で検知する構造となっていることから，補正L値は，校正用白色板よりも光の反射が弱い場合には負の値となり，逆に校正用白色板よりも光を強く反射する場合には正の値を示すこととなる。

Table 2　Relationship between the L-value used for chromameter calibration (a whiteboard) and the hole size of the blackboard for reduce diameter of measurement head of chromameter

Diameter of hole	L − value		
	Mean	SD	N
3 mm	30.46	0.019	5
4 mm	41.22	0.035	5
5 mm	51.75	0.077	5
6 mm	62.78	0.097	5
7 mm	68.45	0.061	5
8 mm	72.78	0.127	5
9 mm	77.80	0.140	5
10 mm	80.40	0.114	5

データ解析　サケ稚魚のL値は体サイズによって変化する場合があることから（Ando *et al.*, 2009），前期群と後期群との間で補正L値を比較する際には，尾叉長を共変量とした共分散分析を適用した。ただし，補正L値と尾叉長との回帰関係が有意ではない場合や，前期群と後期群との間で回帰関係に交互作用が認められる場合については共分散分析を適用できないため，t検定を用いて前期群と後期群との間で補正L値の平均値について差の有無を判定した。

結　果

体サイズの変化　各測定日における平均尾叉長の推移をFig.2に示した。浮上時の平均尾叉長は36.0～39.6mmの範囲であったが，浮上の49日後には68.8～75.4mmの範囲となった。河川毎に各測定日の平均尾叉長を前期群と後期群の間でt検定により比較したところ，網走川では浮上から35日後まで常に後期群が大きかったが，浮上から42日後以降は有意差が認められなくなった。標津川では浮上から14日後，21日後および28日後については群間で有意差は認められなかったが，その他の測定日では後期

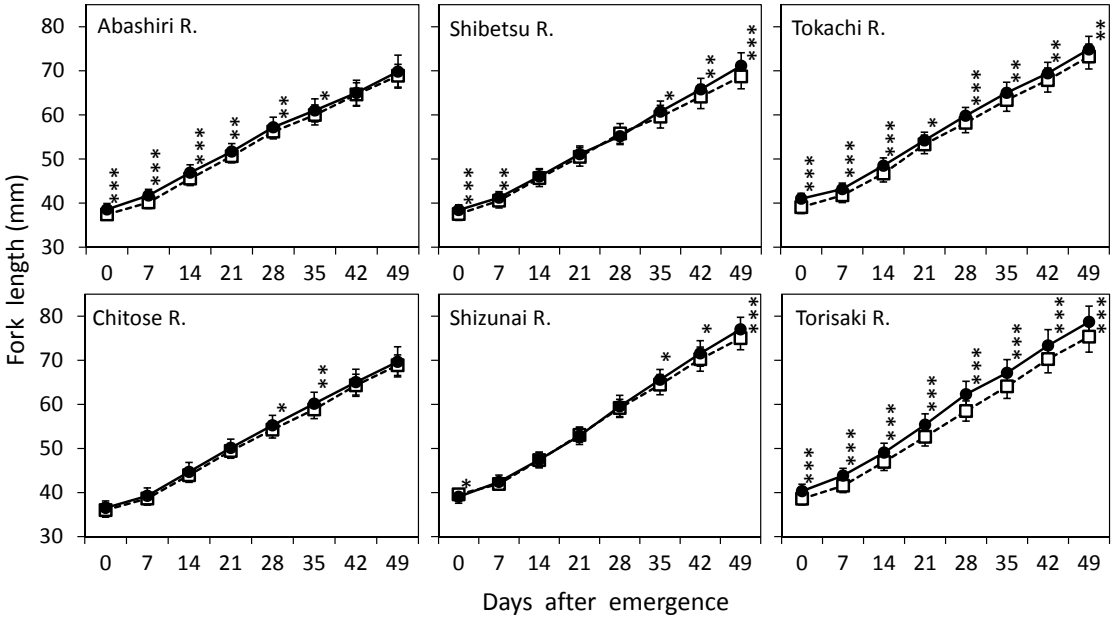


Fig.2　Mean fork lengths (± SD) of chum salmon juveniles. Open squares and closed circles indicate early- and late-run stocks, respectively. Asterisks indicate significant differences between early- and late-run stocks by t-test (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

群が大きかった。十勝川では飼育期間を通じて常に後期群で大きかった。千歳川では浮上の28日後と35日後については後期群で大きかったが，その他の測定日では群間に有意差は認められなかった。静内川では，浮上日には前期群で大きかったが，浮上の7日後から28日後にかけて群間で有意差が認められなくなり，浮上の35日以降は後期群で大きくなった。鳥崎川では飼育期間を通じて常に後期群の方が大きかった。

L値の変化　L値の実測値は23.36～86.04の範囲にあり，補正L値は−3.60～3.87の範囲にあった。Fig.3に各測定日における前期群と後期群の平均補正L値の推移と群間での補正L値の検定結果を示した。また，Fig.3では全河川の前期，後期両群による平均値（以下，全群平均値）を破線で示した。群間での補正L値の検定は原則として尾叉長を共変量とした共分散分析を適用したが，網走川の浮上当日と浮上49日後，標津川の浮上当日，十勝川の浮上当日と浮上の21日後および28日後，静内川の浮上当日，鳥崎川の浮上当日，浮上の7日後，21日後，28日後，35日後および49日後については共分散分析を適用できないと判定されたことからt検定を適用した。

網走川では浮上日に後期群の方が高い補正L値を示したが，浮上の7日後には群間で差は認められなくなった。浮上の14日後には再び後期群で高い補正L値を示し，その状態が浮上から35日後まで継続した後，浮上の42日後以降は群間で差は認められなくなった。前期群は常に全群平均値以下の値で推移したのに対し，後期群は浮上35日後までは全群平均値以上の値で推移した。

標津川では浮上日には後期群で高い補正L値を示したが，その後，後期群の補正L値は低下する傾向を示し，浮上の14日後には群間での差は認められなくなった。浮上の21日後に後期群の補正L値は上昇に転じた。これに対し，前期群の補正L値は浮上の35日後に上昇し，浮上の42日後と49日後には後期群の値に近づいた。前期群は常に全群平均値以下で推移したのに対し，後期群は浮上7日後と14日後を除き全群平均値以上の値で推移した。

十勝川では浮上日には後期群の方が高い補正L値を示したが，浮上の7日後には後期群で補正L値が低下する一方，前期群では上昇したことにより，前期群の方が有意に高くなった。浮上の14日後と21日後には群間で差が認められなくなったが，浮上の28日後になると再び後期群で高い補正L値を示すようになり，その状態が浮上42日後まで継続した後，浮上49日後に群間での差が認められなくなった。前期群は浮上7日後，21日後および49日後を除き全群平均値以下で推移したのに対し，後期群は浮上14日後を除き全群平均値以上の値で推移した。

千歳川では浮上日から浮上の21日後にかけて常に後期群の方が高い補正L値を示した。浮上の28日後に群間での差は有意ではなくなったが，浮上35日後と42日後に再び後期群で高い補正L値を示し，浮上49日後に群間での差は認められなくなった。前期群は浮上42日後まで常に

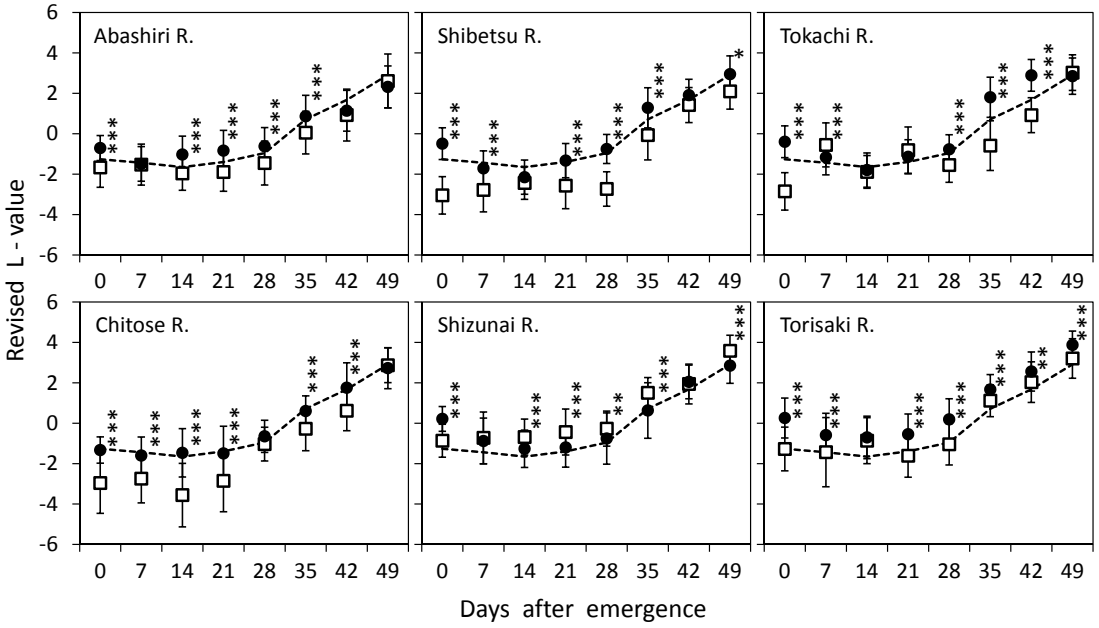


Fig.3　Revised L-values (means ± SD) of chum salmon juveniles. Open squares and closed circles indicate early- and late-run stocks, respectively. Dotted lines indicate the mean L-value of populations from six rivers including two seasonal stocks. Asterisks show significant differences between early- and late-run stocks by ANCOVA (covariate: fork length) or t-test (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

全群平均値以下で推移したのに対し，後期群は全群平均値と同程度の値で推移した。

静内川では浮上日には後期群の方が高い補正L値を示したが，浮上の7日後には群間の差は認められなくなった。浮上から14日後以降は，浮上の42日後を除き前期群の方が高い補正L値を示した。補正L値は前期群，後期群ともに常に全群平均値以上の値で推移した。

鳥崎川では浮上の14日後については群間で有意差は認められなかったが，この日を除くと後期群の補正L値が高かった。補正L値は前期群の浮上21日後と28日後を除き，両群ともに全群平均値以上の値で推移した。

考　察

北海道の6河川を対象に前期群と後期群のサケ稚魚の体色を浮上から1週間おきに色彩色差計で計測したところ，静内川を除く5河川では白色度を示す補正L値が前期群と比べて後期群で高い値を示すことが多かった。後期群の尾叉長は前期群よりも大きい場合があったため，体サイズの違いが補正L値に影響した可能性が考えられるが，本研究では補正L値と尾叉長との回帰関係が有意な場合には，尾叉長を共変量とした共分散分析で前期群と後期群の補正L値の差の検定を行い，有意でない場合にはt検定を適用している。したがって，体サイズの違いを考慮した上で両者の補正L値には違いがあったと判断され，これら5河川では体色の銀白化が前期群と比べて後期群で早く進行し海洋生活へ向けた生理的変化も早いものと考えられる。

北海道におけるサケの孵化放流事業では，放流時期の違いが海洋での生残に影響することが知られ（例えば，関・清水，1996），沿岸水温が5℃から13℃となる時期は，高い生残が期待できることから放流適期とされている（社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会，2007）。北海道全体でみると3月から6月の4ヶ月間が放流適期に相当するが，地域毎にみると概ね1ヶ月～2ヶ月間程度の期間であり（社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会，2007），親魚が河川回帰する期間が3ヶ月以上（9月上旬～11月以降）に及ぶのと比べて短い。一方，サケの回帰率には放流種苗のサイズも影響を及ぼすとされ，概ね体重1g程度までは放流サイズが大きくなるほど回帰率は直線的に高くなるが（永田・山本，2004），それ以上のサイズになると両者の関係が不明瞭になるとされている（社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会，2007）。したがって，前期群の種苗では浮上から放流適期までの期間が長くなりやすく，長期飼育による種苗サイズの過度な大型化に注意する必要がある一方で，後期群では浮上時期の遅延により飼育期間を十分に確保できずに小さなサイズで放流に至るか，あるいは放流サイズを重視すると適期内放流が難しくなることが懸念される。

本研究の結果は稚魚期の体色変化からみると，後期群の稚魚は海洋生活に向けた生理的発達が早く，前期群よりも小さなサイズで海洋生活へ移行できることを示唆している。したがって，後期群では卵発生や稚魚の成長の遅れにより放流適期の終盤が差し迫っている場合には，放流サイズを大きくするために放流時期を遅延させるよりはむしろ，小型サイズでの適期内の放流を選択することが次善の策であると考えられる。また，前期群では飼育期間の長期化により種苗サイズが過度に大型化したとしても，海洋生活への適応という観点からは何らかの利点を有しているのかもしれない。

ただし，本研究の補正L値には河川による違いが見られ，また静内川では他の河川とは異なり前期群の方が体色の銀白化が早く進む傾向が見られたことから，本研究の結果をサケの増殖事業一般に適用することは慎重に判断すべきであろう。今後，前期群と後期群の間での生理的発達の違いや，実際の放流サイズや放流時期と回帰率との関係性について研究を進め，本研究の結果との関連性を明らかにする必要がある。

謝　辞

本研究の実施にあたり，一般社団法人十勝釧路管内さけ・ます増殖事業協会，一般社団法人日本海さけ・ます増殖事業協会，一般社団法人根室管内さけ・ます増殖事業協会，一般社団法人日高管内さけ・ます増殖事業協会，一般社団法人北見管内さけ・ます増殖事業協会および一般社団法人渡島管内さけ・ます増殖事業協会の職員の皆様に多大なご協力を頂きました。卵や仔稚魚の飼育管理にあたっては，さけます・内水面水産試験場の櫻井陽介氏にご尽力頂きました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

Ando D, Kitamura T, Mizuno S. Quantitative analysis of body silvering during smoltification in masu salmon using chromameter. *North Am. J. Aquacult.* 2005；67：160–166.

Ando D, Shinriki Y, Shimoda K, Nakajima M. Quantification of body silvering in chum salmon *Oncorhynchus keta* juveniles using a chromameter. *Fish Genet. Breed. Sci.* 2009；39：17–24.

安藤大成．測定部を改良した色彩色差計による魚類の体色評価方法の検討．北海道立水産孵化場研究報告 2007；61：53–56.

伴　真俊，安東宏徳，浦野明央．サケ類の回遊と浸透圧調節．「サケ学入門（阿部周一編）」北海道大学出版会，札幌．2009；83–98.

小山達也，下田和孝，青山智哉，飯嶋亜内，卜部浩一，藤原　真，宮腰靖之．北海道日本海側河川に遡上したサケの最近の年級別回帰尾数．北海道水産試験場研究報告 2017；92：47–58.

久保達郎．サクラマス幼魚の相分化と変態の様相．北海道さけ・ますふ化場研究報告1974；28：9–26.

桑田知宣，松田宏典，都竹仁一．色彩色差計によるアマゴのスモルト化の定量測定について．岐阜県水産試験場研究報告2000；45：23–31.

永田光博，山本俊昭．サケ属魚類における「人工孵化」の展望．「サケ・マスの生態と進化（前川光司編）」文一総合出版，東京．2004；213–241.

Nakano H, Shirahata S, Yabe K, Ogawa Y. Changes in guanine and hypoxanthine contents of skin during early development of chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1988；54：1253.

関　二郎，清水幾太郎．広尾川におけるサケ幼稚魚の放流時期の違いによる回帰率について．水産海洋研究 1996；60：339–347.

社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会．「さけ・ますふ化放流事業実施マニュアル」社団法人北海道さけ・ます増殖事業協会，札幌．2007.

上田　宏．「サケの記憶－生まれた川に帰る不思議」東海大学出版会，神奈川．2016.

北水試研報　94，47－51（2018）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.

北海道北部海域で採集されたイカナゴ属魚類の成長（短報）

堀本高矩*[1]，後藤陽子[1]，甲斐嘉晃[2]，鈴木祐太郎[1]，美坂　正[1]

[1]北海道立総合研究機構稚内水産試験場，
[2]京都大学フィールド科学研究教育センター舞鶴水産実験所

Growth of three species of *Ammodytes* (Perciformes: Ammodytidae) caught off the northern part of Hokkaido, Japan (Short paper)

Takanori HORIMOTO*[1], Yoko GOTO[1], Yoshiaki KAI[2], Yutaro SUZUKI[1] and Tadashi MISAKA[1]

[1] Wakkanai Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097–0001,*
[2] Maizuru Fisheries Research Station, Field Science Education and Research Center, Kyoto University, *Maizuru, Kyoto 625–0086, Japan*

The growth pattern of three species of sand lances (*Ammodytes japonicus*, *Ammodytes. heian*, and *Ammodytes. hexapterus*) in the northern part of Hokkaido were examined.

For *A. japonicus* and *A. heian*, standard length (in mm), body weight (in g), and age of the fish (in years) were fitted to the von Bertalanffy growth equations: $L_t = 263.74\times[1-e^{-0.316(t+1.778)}]$ and $W_t = 77.14\times[1-e^{-0.466(t+1.134)}]^3$ for *A. japonicus* and $L_t = 291.91\times[1-e^{-0.213(t+2.771)}]$ and $W_t = 89.84\times[1-e^{-0.342(t+1.849)}]^3$ for *A. heian*. No significant sexual and inter-species differences in body length and body weight were observed. Although we could not construct a growth model for *A. hexapterus*, the standard length of the two-year-old fish was significantly smaller than that of the other two species.

キーワード：イカナゴ属魚類*Ammodytes*，成長式

イカナゴ属魚類（*Ammodytes* spp.）は，日本において重要な水産対象種であり，資源管理方策を検討する上で不可欠な資源生態に関する知見が各地で蓄積されている（浜田，1985；船越・中村，1995；星野，2010）。一方で，これらの知見の多くは，各地で主に漁獲されている稚魚に関するものであり，本属魚類の成魚を含めた成長に関する報告は限られている（北片，1957；橋本，1991）。

北海道周辺海域ではイカナゴ属魚類のうち成魚が漁獲量の大半を占め，宗谷海峡海域における沖合底曳網漁業で6～9月に，利尻・礼文島周辺海域のすくい網等の沿岸漁業で4～7月に漁獲される（星野，2010；美坂，2016）。宗谷海峡海域には，イカナゴ（*A. japonicus*）およびキタイカナゴ（*A. hexapterus*）とそれらのハイブリッドが分布することが知られていた（田中，2004）。近年になってOrr *et al.*（2015）により当該海域には前述の2種にオオイカナゴ（*A. heian*）を加えた3種が同所的に分布することが明らかとなった。橋本（1991）はキタイカナゴと複数海域から採集したイカナゴについて，本属魚類の成長は種間ならびに生息海域間で異なることを指摘している。しかし，近年新種記載されたオオイカナゴの生態は明らかになっておらず，先行研究における既知2種の知見も複数種を混同していた可能性がある。当該海域における本属魚類の資源管理を進めるうえで，各種について成長に関する情報を明らかにすることが重要である。そこで本研究では，北海道北部海域に生息するイカナゴ属魚類の種ごとの成長に関する基礎知見を得ることを目的として，耳石による年齢査定の結果に基づいて成長式を作成し，雌雄間ならびに種間で比較した。

報文番号A563（2018年 8 月 6 日受理）
*Tel: 0162–32–7166．Fax: 0162–32–7171．E–mail: horimoto–takanori@hro.or.jp

試料及び方法

試料　2015年6月から2017年9月にかけて，北海道宗谷海峡周辺海域に属する宗谷海峡東部海域，および猿払村沖合海域において沖合底曳網漁業ならびにホタテ桁網漁業で漁獲されたイカナゴ属魚類544個体を分析に供した（Fig.1，Table 1）。これらは甲斐・美坂（2016）ならびに後藤ら（2018）であらかじめ遺伝子情報に基づいて種査定が行われた標本である。沖合底曳網漁業で得られた標本は生鮮状態で，ホタテ桁網漁業で得られた標本は採集後ただちに冷凍保存したものを，研究室で自然解凍させた後に体長を1mm単位，体重を0.1g単位で測定し，雌雄の判別，耳石の摘出を行った。いずれの標本も1回につき50尾を上限とした。

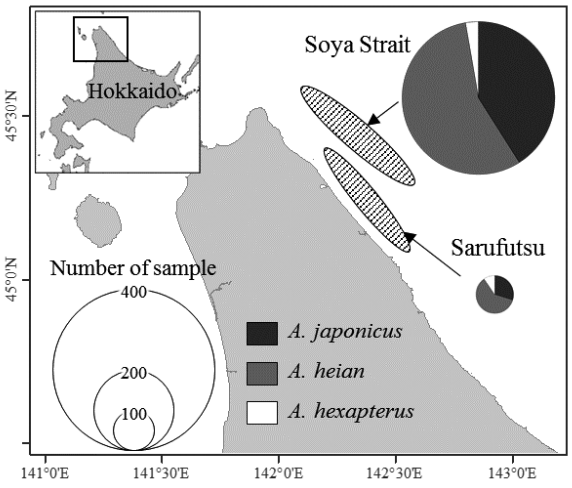


Fig.1　Sampling sites, sample size and species composition of *Ammodytes* spp.

方法　本研究で行った統計解析にはR. version 3.4.1（R Core Team, 2017）を使用し，有意水準は5%とした。

1.年齢査定　耳石を摘出後，70%エタノール水溶液または蒸留水を浸したマイクロプレート等に一時的に保存した後，実体顕微鏡下の表面写真をデジタルカメラで撮影した。年齢の査定は撮影した画像をコンピュータ上で確認して行った。田中（2004）に従い，第1透明帯の幅を観察して，100μmより幅が広いものと狭いものに区分した。第1透明帯の幅が狭い耳石については，読輪が困難

Table 1　Samples of *Ammodytes* spp. examined in this study

Sampling site	Sampling date	Total number of samples	*A. japonicus*			*A. heian*			*A.hexapterus*		
			Number of samples	Ave. body length: mm (S.D.)	Ave. body weight: g (S.D.)	Number of samples	Ave. body length: mm (S.D.)	Ave. body weight: g (S.D.)	Number of samples	Ave. body length: mm (S.D.)	Ave. body weight: g (S.D.)
Sarufutsu	14-Jun-16	1	1	188	36.8						
	15-Jun-16	1	1	172	21.4						
	29-Jun-16	27	11	169 (20.55)	26.2 (7.63)	16	178 (16.67)	30.4 (13.01)			
	6-Jul-16	10	3	177 (6.98)	28.0 (7.58)	5	177 (12.04)	31.7 (9.18)	2	161 (18.00)	19.4 (8.10)
	21-Jul-16	29	8	177 (15.34)	26.7 (7.63)	19	172 (33.22)	27.9 (12.40)	2	168 (5.50)	20.1 (0.60)
	19-Sep-16	28	6	155 (10.08)	15.6 (3.48)	10	168 (18.14)	20.9 (8.36)	12	159 (18.76)	16.9 (6.72)
Soya Strait	1-Jun-15	32	9	173 (11.06)	30.0 (7.05)	20	184 (23.78)	36.7 (14.30)	3	165 (8.60)	23.3 (3.31)
	3-Jul-15	17	5	193 (29.58)	43.3 (18.34)	11	203 (32.42)	49.9 (17.68)	1	177	37.2
	3-Jun-16	49	28	222 (19.94)	60.1 (16.20)	17	211 (10.34)	53.0 (8.38)	4	191 (7.40)	35.8 (5.61)
	12-Jul-16	50	27	193 (14.72)	38.1 (9.12)	23	194 (13.62)	39.9 (11.07)			
	8-Aug-16	50	39	197 (11.33)	42.0 (7.13)	11	208 (25.46)	48.9 (13.68)			
	8-Jun-17	50	11	216 (4.60)	53.0 (3.08)	37	207 (13.39)	48.1 (9.52)	2	197 (0.50)	33.3 (1.25)
	11-Jul-17	50	11	208 (17.18)	46.0 (10.11)	35	206 (13.16)	45.8 (9.10)	4	209 (7.50)	39.4 (3.97)
	24-Jul-17	50	16	217 (22.35)	53.7 (13.29)	34	212 (20.99)	49.5 (13.10)			
	4-Aug-17	50	15	211 (10.11)	52.8 (7.23)	35	210 (14.57)	52.7 (10.97)			
	28-Sep-17	50	17	212 (15.00)	48.9 (10.31)	32	213 (13.01)	50.3 (10.24)	1	146	11.9
Total		544	208			305			31		

なため，年齢査定を行わなかった。北片（1957）は1955年4～12月と1956年4～7月に北海道日本海中部で漁獲されたイカナゴ類の耳石について，輪紋の形成状況と体長組成を比較した結果から，透明帯の出現時期が秋季～冬季に形成されると推定し，年齢形質としての有用性を報告している。また，北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル（三宅，1996）では，6～9月に漁獲された標本の縁辺部に不透明帯がみられる頻度が9月中旬にかけて高くなることから，6月1日を年齢の基準日としている。本研究では透明帯外縁の数を年齢とし，各年6月1日から標本採集日までの経過日数を365で除したものを加算して成長式の推定に用いた。

2.成長式　年齢が査定できた標本について，種・性ごとに年齢と体長・体重の関係をvon Bertalanffyの成長式で示した。

$$L_t = L_\infty [1-e^{-K(t-t0)}]$$

$$W_t = W_\infty [1-e^{-K(t-t0)}]^3$$

ここで，L_tとW_tは年齢t歳時の体長と体重，L_∞とW_∞は

Table 2　Von Bertalanffy growth models fitted to length-at-age and weight-at-age data for *A. japonicas* and *A. heian*

Species	Number of samples		Body length (mm)	Body weight (g)
A. japonicus	Total	203	$L_t = 263.74\ [1\text{-}e^{-0.316\ (t+1.874)}]$	$W_t = 77.14\ [1\text{-}e^{-0.466\ (t+1.134)}]^3$
	Male	104	$L_t = 267.22\ [1\text{-}e^{-0.316\ (t+1.778)}]$	$W_t = 78.81\ [1\text{-}e^{-0.471\ (t+1.060)}]^3$
	Female	99	$L_t = 260.19\ [1\text{-}e^{-0.308\ (t+2.067)}]$	$W_t = 75.17\ [1\text{-}e^{-0.454\ (t+1.271)}]^3$
A. heian	Total	286	$L_t = 291.91\ [1\text{-}e^{-0.213\ (t+2.771)}]$	$W_t = 89.84\ [1\text{-}e^{-0.342\ (t+1.849)}]^3$
	Male	152	$L_t = 280.85\ [1\text{-}e^{-0.252\ (t+2.304)}]$	$W_t = 80.84\ [1\text{-}e^{-0.393\ (t+1.620)}]^3$
	Female	134	$L_t = 342.61\ [1\text{-}e^{-0.131\ (t+4.017)}]$	$W_t = 139.19\ [1\text{-}e^{-0.201\ (t+2.951)}]^3$

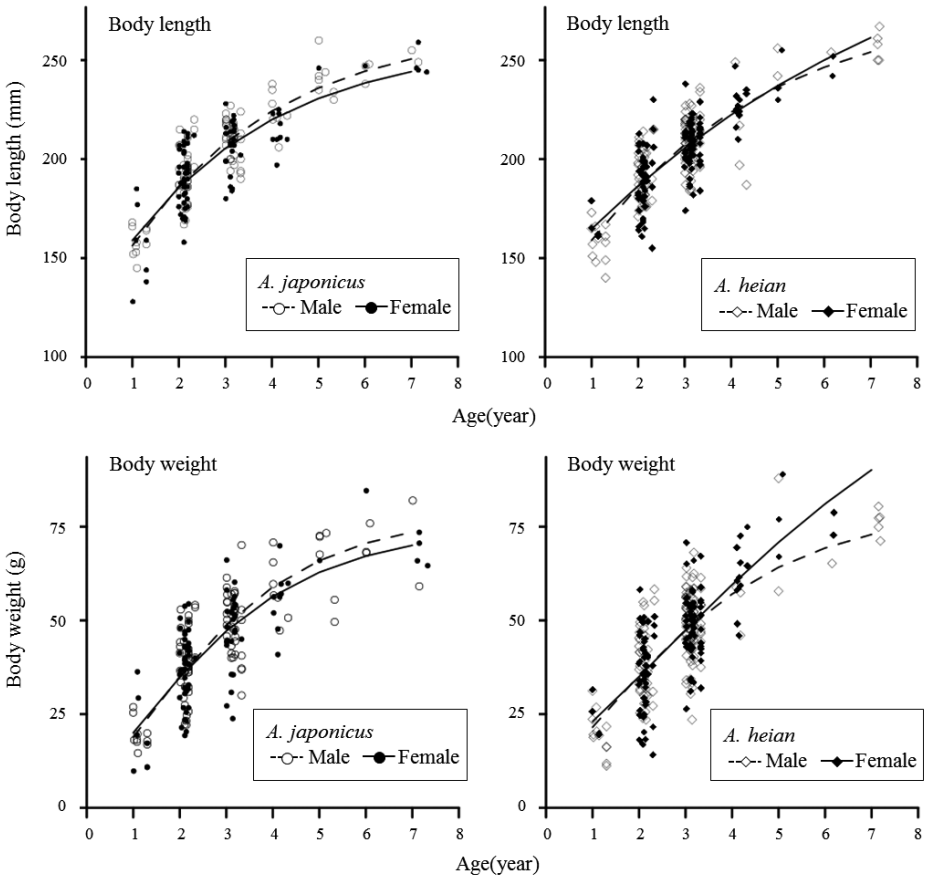


Fig. 2　Von Bertalanffy growth curves fitted to length-at-age (upper) and weight-at-age (lower) data for *A. japonicas* (left) and *A. heian* (right) by sex

体長と体重の漸近値，tは耳石輪紋と標本採集日から推定した年齢，t_0は体重ならびに体長がゼロとなる理論値，Kは定数である。いずれの場合も，ワルフォードの定差図によって推定した値を初期値として，非線形最小二乗法により各パラメータを推定した。作成した成長式における種間差と雌雄差を検討するためにF検定を行った。

結　果

イカナゴとオオイカナゴについて，雌雄を区別しない場合と区別した場合の体長・体重の成長式をTable 2, Fig.2, 3に示した。両種とも体長と体重の成長式において雌雄間で統計的に有意な差は認められなかった（F検定，イカナゴ：体長　$F_{200,197}$=0.91，p=0.44；体重　$F_{200,197}$=0.52，p=0.67；オオイカナゴ：体長　$F_{283,280}$=0.57，p=0.63；体重　$F_{283,280}$=1.74，p=0.16）。そのため，雌雄の区別なく種ごとに成長曲線を作成して比較したところ，オオイカナゴのほうが高齢になると大きい傾向がみられたが，統計的に有意な差はみられなかった（F検定，体長　$F_{486,483}$=0.78，p=0.50；体重　$F_{486,483}$=0.67，p=0.57）。本研究では，キタイカナゴは年齢を査定できた標本が少なく，成長式を求めることができなかった。各種とも標本がまとまって得られた2歳時の体長を比較すると，キタイカナゴが他の2種よりも小さかった[平均体長　キタイカナゴ（N=12）：173mm（S.D.=14.12），イカナゴ（N=86）：191mm（S.D.=13.87）；オオイカナゴ（N=95）：190mm（S.D.=13.29），TukeyのHSD法，いずれもp<0.05]。

考　察

本研究では，宗谷海峡周辺海域に生息するイカナゴ属魚類について，遺伝子情報に基づいて判別した種ごとの成長様式を調べた。イカナゴとオオイカナゴについては，両種とも成長式に雌雄差は認められず，種間でも成長式に大きな差は認められなかった。イカナゴ属魚類の成長は生息環境の影響を大きく受け，同じイカナゴであっても北方で採集された標本ほど成長が遅く，長寿命で大きく育つとされる（橋本，1991）。当該海域においてイカナゴとオオイカナゴはよく似た成長様式を持つことから，両種は似通った環境で生息していると推察される。北海道周辺の主要な生息地におけるイカナゴ属魚類の成長様式に関する報告としては，外部形態や耳石タイプに基づいて種判別を行い，各種の成長様式を調べた橋本（1991）や三宅（2003），板谷・前田（2012）がある（Fig.3）。本研究で得られたイカナゴとオオイカナゴの成長様式は，先行研究において宗谷海峡周辺海域で採集されたイカナゴ属魚類の成長様式と似た傾向を示した。一方で，先行研究で報告された本属魚類の成長様式には標本の採集月，採集海域が近いにもかかわらず，ばらつきがみられた。この要因は不明であるが，先行研究では，遺伝子形質に基づく種判別は行われておらず，橋本（1991）では体長モードを年齢形質として利用していることが影響していると考えられる。橋本（1991）は，キタイカナゴの成長についてイカナゴに比べて遅いことを指摘している。本研究でも2歳時の平均体長はキタイカナゴが他の2種よりも小さかったことから，より北方の冷水域を中心に分布するキタイカナゴのほうが成長は遅いのかもしれない。

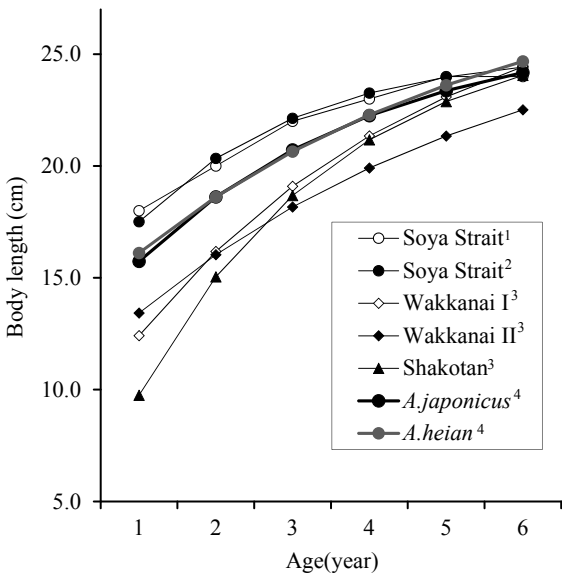


Fig.3　Comparison of *Ammodytes* spp. growth curves around Hokkaido [1]Miyake (2003), [2]Itaya & Maeda (2012), [3]Hashimoto (1991), and [4]this study

北海道におけるイカナゴ属魚類を対象とする漁業では，3種を区別せず漁獲している。沖合底曳網漁業では，漁獲される本属魚類の体長組成が漁期中に変動することが報告されている（堀本･美坂, 2018）。また, 後藤ら（2018）は，標本の採集時期や採集地域のわずかな違いでも種組成は異なることを指摘している。このことから，宗谷海峡周辺にはサイズ組成，もしくは種組成の異なる小規模な魚群が複数存在していると推察される。今後，各種の成熟年齢や産卵期の特定，成育環境や成長履歴などの推定を通して，本海域における本属魚類の資源構造を明らかにすることで，種ごとの漁獲圧の算定など，適正な資源利用に資する情報が得られると期待される。

謝　辞

標本の収集に際して，稚内機船漁業協同組合，猿払村漁業協同組合および宗谷地区水産技術普及指導所利尻支所より多大なるご協力を賜った。稚内水産試験場星野昇調査研究部長はじめ職員諸氏には有益な助言を賜った。また，同水産試験場契約職員諸氏には標本の測定に際して多大なる協力を賜った。記して謝意を表す。

引用文献

船越茂雄・中村元彦．イカナゴの再生産関係と資源管理．水産海洋研究1995；59：73–76.

後藤陽子，甲斐嘉晃，堀本高矩，坂口健司，美坂　正．マルチプレックスPCR法による北海道北部に生息するイカナゴ属魚類の種判別簡易化の検討．北水試研報　2018；93：81–88.

浜田尚雄．我が国におけるイカナゴの生態と漁業資源．水産研究叢書，　日本水産資源保護協会　1985；36，82 pp.

橋本博明．日本産イカナゴの資源生態学的研究．広島大学生物生産学部紀要　1991；30：135–192.

堀本高矩，美坂　正．イカナゴ類．平成28年度道総研稚内水産試験場事業報告書　2018；17–21.

星野　昇．後志北部海域沿岸におけるイカナゴ稚魚漁業の特徴について．北水試研報　2010；78：51–58.

板谷和彦，前田圭司．イカナゴ類．平成22年度道総研稚内水産試験場事業報告書　2012；18–24.

甲斐嘉晃，美坂　正．日本産イカナゴ属魚類の簡便な遺伝的識別方法の開発．タクサ　2016；41：1–7.

北片正章．北海道周辺におけるイカナゴ（*Ammodytes personatus*　GIRARD）の漁業生物学的研究－Ⅱ　年齢及び成長について．北水研報告　1957；16：39–48.

三宅博哉．底魚類 3．イカナゴ．「北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル（丸山秀佳編）」　北海道立中央水産試験場，北海道．1996；15–18.

三宅博哉．51．イカナゴ *Ammodytes personatus* Girard.「漁業生物図鑑 新 北のさかなたち（水島敏博・鳥澤雅監修）」　北海道新聞社，札幌．2003；220–223.

Orr JW, Wildes S, Kai Y, Raring N, Nakabo T, Katugin O, Guyon J. Systematics of north Pacific sand lances of the genus *Ammmodytes* based on molecular and morphological evidence, with the description of a new species from Japan. *Fishery Bulletin* 2015；113：129–156.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.（https://www.R-project.org/）2017.

田中伸幸．耳石を用いたイカナゴ属2種の種判別（短報）．北水試研報　2004；67：109–111.

北水試研報　94，53－57（2018）
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Res. Inst.

自然産卵するサケにおける脊椎骨数の遡上時期による違い（短報）

安藤大成[*1]，佐藤俊平[2]

[1]北海道立総合研究機構 水産研究本部，
[2]国立研究開発法人 水産研究・教育機構 北海道区水産研究所

Variation in the vertebral number of naturally spawning chum salmon among migrating seasons (Short paper)

Daisei ANDO[*1] and Shunpei SATO[2]

[1] Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046−8555,*
[2] Hokkaido National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, *Sapporo, Hokkaido 062−0922, Japan*

Naturally spawning chum salmon *Oncorhynchus keta* adults were collected from three rivers in Hokkaido during three different migrating seasons to represent early, middle, and late migrating populations. Vertebral numbers were then measured; the highest mean vertebral number was observed in the early migrating population. Remarkably, the difference in the mean vertebral number was larger between the (naturally spawning) early and late migrating populations than the differences reported in previous studies of hatchery-reared chum salmon populations. These results suggest that the vertebral number is useful to estimate the spawning environments of chum salmon.

キーワード：サケ，自然産卵，遡上時期，脊椎骨数

サケ*Oncorhynchus keta*は北海道における重要な沿岸漁業対象種であり，全道各地で100年以上も前から本種を対象とした増殖事業（人工ふ化放流）が行われてきた。サケにおいて，計数形質の一つである脊椎骨数は，同一環境下では遺伝的要因が強く，地域集団により特有の値を示すことから（安藤ら，2015；Ando *et al*., 2017），遺伝的集団構造の解析に有用な形質であると考えられてきた（Ando *et al*., 2010；安藤ら，2017）。遺伝子解析の結果から北海道には5つのサケ地域集団が存在することが知られているが（Beacham *et al*., 2008；佐藤・浦和，2015），実際に，これら5地域の集団間では平均脊椎骨数が最大で0.7～0.8異なることが報告されている（安藤ら，2017）。一方で，サケの脊椎骨数は胚発生時の水温によっても変化することが知られており（Ando *et al*., 2011），環境要因に左右される形質であるとも推測される。

北海道におけるサケの遡上期間は，9月から翌年の2月までに渡ることが知られているが（佐野，1947），同一河川内であっても，遡上する時期によりサケの脊椎骨数は異なっており，早い時期の遡上群の方が遅い時期の遡上群よりも脊椎骨数が多いことが報告されている（安藤ら，2014）。また，この遡上時期による脊椎骨数の差異は，人工ふ化放流が行われている河川のサケよりも，自然産卵しているサケの方が大きいことが北海道の一河川で報告されている（安藤ら，2014）。人工ふ化放流魚と9月頃に産卵する自然産卵魚の卵期の生育環境を例にとると，前者は事業期を通しほぼ一定水温で管理されるが，後者は秋から冬に向かい変化する河川水温下で生育する（卜部ら，2013）。これらのことは，自然産卵魚由来のサケの脊椎骨数は，人工ふ化由来のサケよりも環境変化による影響を受けていることを示している。したがって，河川における水温等の環境調査とともに，異なる時期に遡上するサケの自然産卵群の脊椎骨数の差異を調査することは，遡上群の産卵生態（利用する環境）の違いを推測する上で有用な情報になると考えられる（安藤ら，2014）。

本研究では，サケ自然産卵魚の脊椎骨数に関する知見

報文番号A564（2018年 8 月 6 日受理）
*Tel: 0135-23-8705．Fax: 0135-23-8720．E-mail: andou-daisei@hro.or.jp

を更に蓄積するために，北海道の石狩川水系3支流を対象に，遡上するサケの脊椎骨数及び河川水温を調査した。

試料および方法

調査河川として石狩川支流の厚別川，長都川，および島松川の3河川を選定した（Fig. 1）。厚別川は豊平川の，長都川，島松川は千歳川の支流であるため，調査河川は石狩川の2次支流にあたる。なお，島松川では1948～1951年に親魚の捕獲や採卵が行われていた記録があり（北海道さけ・ますふ化放流百年記念事業協賛会，1988），事業規模での放流は行われていないものの自然産卵しているサケが確認されている（宮腰ら，2011）。また，厚別川や長都川でも事業規模での放流は行われていないものの，自然産卵しているサケが確認されている（宮腰ら，2011；https://salmon-museum.jp/data/sake_kanpou18.pdf, 2018年7月26日）。これら河川内の1.5～1.8 kmを調査区間に設定し，2011年9月から同年12月まで旬1回の頻度で調査区間を踏査し，排卵・排精後と思われる形態の損傷が少ないサケ死骸を回収した。なお，各河川の調査開始日および終了日はサケ死骸の分布状況を見ながら決定した。実験室（さけます・内水面水産試験場，北海道恵庭市）に持ち帰ったサケは，雌雄を記録し，眼の後端から尾鰭の付け根までの長さ（postorbital-hypural length，以下POH）を0.5 cm単位で測定した後，鱗を数枚採取し，後日，年齢査定に用いた。年齢は小林（1961）に従い，冬季帯の数に1を足した値を年齢とした。魚体の不要部分は包丁により切り取り，更に煮沸して肉を取り除き，椎骨の数を計数した。脊椎骨数の計数は久保・小林（1953）に従い，頭部直後の椎骨から第1尾鰭椎までとした。サケの増殖事業では遡上時期を3期に区分し，10月10日までに捕獲したサケを前期遡上群，10月11日～11月5日までに捕獲したサケを中期遡上群，11月6日以降に捕獲したサケを後期遡上群としている（北海道さけ・ます増殖事業協会，2007）。本研究で採集したサケは排卵・排精後の死骸であるが，この増殖事業の区分に従い，期別にPOH，年齢，脊椎骨数の平均値を算出したうえで，各形質についてTukey-Kramer法により期別の差の有無を多重比較検定した（有意水準5 %）。調査期間中は各河川に水温の自記記録計（HOBO pendant temp/light data logger, UA-002-64, ONSET社）を設置し，1時間に1回の頻度で水温を記録した（ただし，測定は12月中旬まで）。なお，解析には1日（24時間の観測値）の平均水温を使用した。

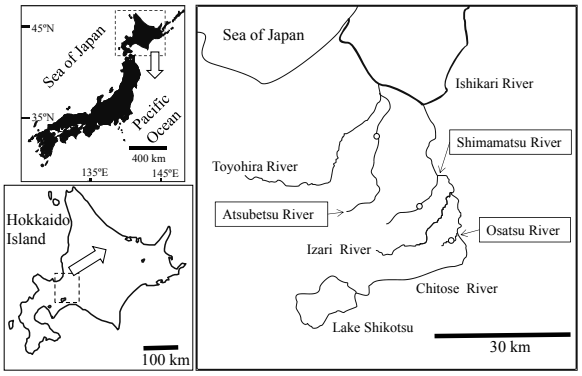


Fig. 1　Map of relevant rivers and places in this study. Places indicated using squares are the surveyed rivers, and the circles indicate the surveyed points.

結果および考察

期間中に厚別川では10回の調査を行い，計9尾（前期4尾，中期3尾，後期2尾）のサケ死骸を回収し，長都川では11回の調査で計21尾（前期3，中期5尾，後期13尾）のサケ死骸を回収した。また，島松川では12回の調査を行い，計19尾（前期2尾，中期4尾，後期13尾）のサケ死骸を回収した。各河川から採集した個体の採集月日，性別，POH，年齢，脊椎骨数を遡上時期別にまとめTable 1に示す。3河川合計で49尾（前期9尾，中期12尾，後期28尾）のサケを採集したが，後期遡上群の回収尾数が最も多かった。3河川合計の採集尾数に占める雌の比率は前期遡上群で77.8 %，中期遡上群で66.7 %，後期遡上群で75.0 %であり，いずれも雌の比率が高かった。年齢は再生鱗のため査定が不可能な1尾を除き，3～6歳であった。平均年齢は前期遡上群で4.2歳，中期遡上群で4.3歳，後期遡上群で3.9歳であり，後期遡上群で3年魚が多い傾向を示したものの，平均年齢に有意差は認められなかった（P=0.12～0.98）。POHは43.0～60.5 cmの範囲にあり，平均値は前期，中期，後期遡上群でそれぞれ52.8 cm，52.5 cm，52.6 cmとほぼ同サイズを示し，有意差は認められなかった（P=0.99～1.00）。脊椎骨数は65～68の範囲にあり，調査期間全体の河川毎の平均脊椎骨数 ± 標準偏差（以下，同様）は厚別川で66.7 ± 1.12，長都川で66.0 ± 0.95，島松川で65.9 ± 0.71となり，厚別川の平均値が高かった。3河川を合わせた遡上時期別の脊椎骨数は，前期遡上群で67.2 ± 0.67，中期遡上群で66.2 ± 0.72，後期遡上群で65.7 ± 0.76であり，前期から後期になるにつれて脊椎骨数は少なくなる傾向が見られ，前期と後期遡上群の平均脊椎骨数には1.5の差が見られた。脊椎骨数は前期と中期遡上群で有意差が認められ（P=0.006），前期と後期遡上群の間にも有意差が認められたが

Table 1　Sampling date, sex, and morphometric data of chum salmon adults collected from three rivers in the Ishikari River basin, in 2011.

Season	River	Date	Sex	POH[*1,*2] (cm)	Age[*2]	Vertebral number[*2]
Early	Osatsu R.	Sep. 28	Male	51.0	4	67
	Atsubetsu R.	Sep. 29	Female	54.0	5	67
	Osatsu R.	Oct. 4	Female	53.0	4	66
	Osatsu R.	Oct. 4	Female	52.5	4	68
	Shimamatsu R.	Oct. 4	Female	60.0	5	67
	Shimamatsu R.	Oct. 4	Female	53.0	4	67
	Atsubetsu R.	Oct. 6	Male	54.0	4	68
	Atsubetsu R.	Oct. 6	Female	49.0	4	67
	Atsubetsu R.	Oct. 6	Female	48.5	4	68
	Mean			52.8[a]	4.2[a]	67.2[a]
Middle	Osatsu R.	Oct. 12	Male	55.0	5	67
	Osatsu R.	Oct. 12	Female	49.5	4	66
	Osatsu R.	Oct. 12	Male	60.5	4	66
	Atsubetsu R.	Oct. 14	Female	50.5	4	66
	Osatsu R.	Oct. 25	Female	46.5	3	66
	Osatsu R.	Oct .25	Male	57.0	4	67
	Shimamatsu R.	Oct. 27	Female	54.5	4	65
	Shimamatsu R.	Oct. 27	Female	55.0	6	66
	Shimamatsu R.	Oct. 27	Female	49.5	4	66
	Shimamatsu R.	Oct. 27	Female	51.0	Unknown	67
	Atsubetsu R.	Oct. 28	Female	52.0	5	65
	Atsubetsu R.	Nov. 4	Male	49.5	4	67
	Mean			52.5[a]	4.3[a]	66.2[b]
Late	Shimamatsu R.	Nov. 7	Female	59.0	4	65
	Shimamatsu R.	Nov. 7	Male	53.0	4	65
	Osatsu R.	Nov. 7	Male	53.0	4	66
	Osatsu R.	Nov. 7	Female	51.0	4	65
	Osatsu R.	Nov. 7	Female	54.0	4	65
	Osatsu R.	Nov. 7	Female	54.0	4	65
	Osatsu R.	Nov. 7	Female	44.0	3	66
	Osatsu R.	Nov. 7	Male	43.0	3	65
	Osatsu R.	Nov. 7	Male	44.5	4	66
	Osatsu R.	Nov. 7	Male	56.0	4	65
	Osatsu R.	Nov. 15	Female	44.5	3	68
	Osatsu R.	Nov. 15	Female	55.0	4	66
	Osatsu R.	Nov. 15	Female	55.0	4	66
	Osatsu R.	Nov. 15	Male	45.5	3	65
	Shimamatsu R.	Nov. 15	Female	53.0	4	66
	Shimamatsu R.	Nov. 15	Female	58.0	4	66
	Shimamatsu R.	Nov. 15	Female	55.0	4	65
	Shimamatsu R.	Nov. 15	Female	47.0	3	66
	Atsubetsu R.	Nov. 18	Female	51.0	3	67
	Atsubetsu R.	Nov. 18	Female	51.5	4	65
	Shimamatsu R.	Dec. 14	Female	57.0	4	66
	Shimamatsu R.	Dec. 14	Male	53.5	4	65
	Shimamatsu R.	Dec. 14	Female	57.0	4	66
	Shimamatsu R.	Dec. 14	Female	57.5	5	66
	Osatsu R.	Dec. 14	Female	52.0	4	65
	Shimamatsu R.	Dec. 21	Female	58.0	5	66
	Shimamatsu R.	Dec. 21	Female	56.0	4	67
	Shimamatsu R.	Dec. 21	Female	53.5	4	66
	Mean			52.6[a]	3.9[a]	65.7[b]

[*1] Postorbital-hypural length (POH) is the distance measured from the rear of the eye to the base of the tail (hypural bone).

[*2] Identical letters on the mean value of each trait indicate that differences are not statistically significant according to Tukey-Kramer multiple comparison test ($P = 0.05$).

（P<0.001），中期と後期遡上群の間には有意差は認められなかった（P=0.19）。

調査対象とした3河川の調査期間中の水温および採集尾数をFig.2に示す。期間中の水温は，厚別川と島松川では9月下旬の調査時で13.9℃および12.8℃であったが徐々に低下し，12月上旬には4℃以下にまで低下した。一方，長都川の水温は9月下旬の調査時で他の2河川より低い10.3℃であったが，12月上旬の調査時には6.1℃と他の2河川よりも高かった。採集尾数について，厚別川が11月下旬以降，採集がないのに対して，島松川および長都川では12月まで採集があった。各河川の遡上盛期は個体数が少ないため明らかではないが，厚別川は概ね前期から中期，島松川および長都川では中期から後期と推測された。

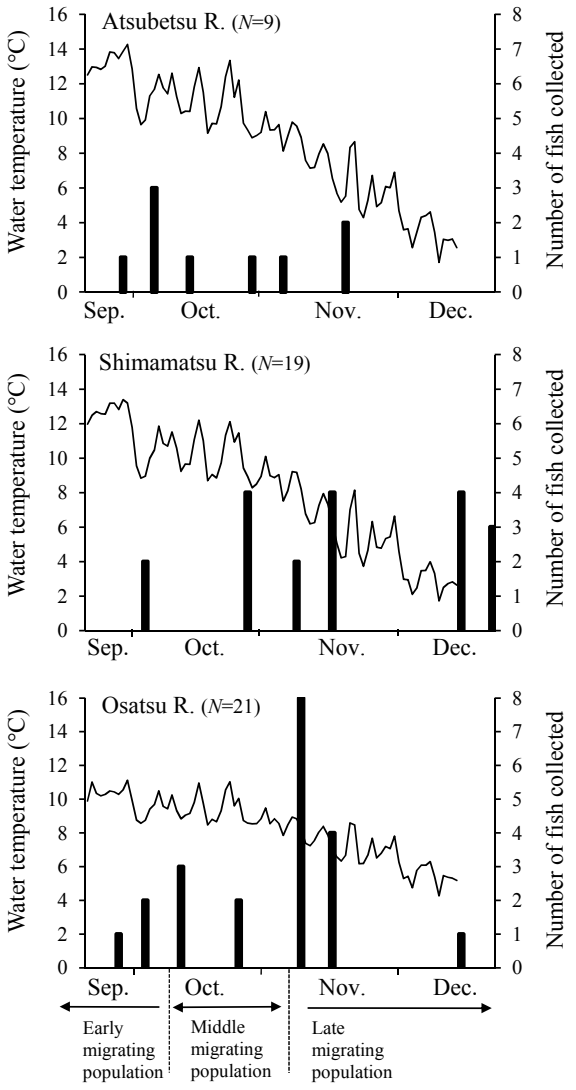


Fig.2　Water temperature and number of fish collected from three rivers in the Ishikari River basin. Lines and bars indicate water temperature and number of fish collected, respectively.

これまでも，千歳川支流の漁川（Fig.1）で自然産卵するサケにおいて脊椎骨数が期別の遡上群で異なることが確認されており，遡上時期の早い群の脊椎骨数が多かったことが報告されている（安藤ら，2014）。本研究でも同様の結果が得られており，自然産卵するサケの脊椎骨数は遡上時期が早い群が遅い群よりも多いことが確認された。また，本研究における前期遡上群と後期遡上群のサケ親魚の平均脊椎骨数の違いは1.5であり，人工ふ化放流が行われている千歳川の親魚で報告された9月遡上群と12月遡上群の差異0.4（安藤ら，2014）よりも大きい。本研究では調べたサケの由来（自然産卵魚あるいはふ化放流魚）は明らかではないが，遡上時期別の脊椎骨数の差異が過去に調査された人工ふ化放流が行われている河川の差異よりも大きかったことから，それぞれの河川の自然産卵由来の個体が，親世代と同時期に回帰している可能性が高いと推測される。また，脊椎骨数の違いは遺伝的要因の他，胚発生時の水温条件でも左右されると考えられており（Beacham and Murray, 1986），12～16℃で胚発生したサケ稚魚では8～9℃で発生させたサケ稚魚と比較し，脊椎骨数が多くなることが報告されている（Ando *et al.*, 2011）。本研究では9月下旬から12月下旬までサケが採集され，この期間の水温は概ね1～14℃の範囲にあり（Fig.2），遺伝的要因の他に胚発生時の水温が，その脊椎骨数に影響を与えた可能性がある。これらの結果は，サケの脊椎骨数は自然産卵しているサケの産卵環境を推測するのに有用な形質であることを示している。

Miyakoshi *et al.*（2012）は自然産卵するサケの遡上動向を沿岸漁業の操業時期との関係で説明しており，調査後半（11月）になるにつれて遡上尾数が増加する河川については沿岸漁業の操業終期との関連を指摘し，一方，河口からの距離が長い河川における早い時期（9月中旬）での遡上盛期については，漁業が始まる前の遡上と関係している可能性を示唆している。卜部ら（2013）は石狩川水系漁川でサケの産卵場所を調べ，前期遡上群は冬季に水温が低下する河川浸透流が卓越する場所を選択するのに対し，後期遡上群では逆に地下水が卓越し冬季にも高い水温が維持される場所を選択する傾向があることを示している。これらのことから，自然産卵するサケは，個体数において漁業の影響を受けながらも，その遡上時期と河川水温の関係において，生育に適した環境に定着するものと考えられる。今回の調査河川の河口からの距離は厚別川で約30 km，島松川で約50 km，長都川で約65 kmであった。厚別川は河口からの距離が3河川の中では短く，前期遡上群の採集割合が比較的高く，平均脊椎骨数については他の2河川よりも多かった。本研究で

は採集個体数が少なく，各河川の遡上動向を把握することは困難だが，自然産卵するサケの脊椎骨数は前期遡上群で多く，後期遡上群で少ないのは石狩川水系で自然産卵するサケで共通に見られる現象であり，その差異には遺伝的要因の他，発生環境の違いが関与していると考えられる。したがって，北海道の他の河川で自然産卵するサケの発生環境を推定する際にも脊椎骨数の解析は有用な手法となることが考えられる。

謝辞

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 北海道区水産研究所の長谷川功博士，佐藤智希博士，高橋悟氏，岡本康孝氏（現水産庁）にはサンプリングにご協力頂いた。研究を進めるにあたり北海道立総合研究機構 網走水産試験場の佐々木義隆博士，さけます・内水面水産試験場の神力義仁氏，安富亮平氏に有益な助言を頂くと共に，サンプリングにご協力頂いた。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

Ando D, Shimoda K, Shinriki Y, Urabe H, Aoyama T, Nakajima M. Inflexibility of vertebral number in chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Fish. Sci.* 2010；76：761–767.

Ando D, Shinriki Y, Miyakoshi Y, Urabe H, Yasutomi R, Aoyama T, Sasaki Y, Nakajima M. Seasonal variations in and effect of incubation water temperature on vertebral number in naturally spawning chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Fish. Sci.* 2011；77：799–807.

安藤大成，神力義仁，下田和孝，安富亮平，佐々木義隆，宮腰靖之，中嶋正道．サケの産卵時期が脊椎骨数の変異に及ぼす影響．日水誌 2014；80：191–200.

安藤大成，神力義仁，佐々木義隆，安富亮平，三坂尚行，水野伸也，宮腰靖之，中嶋正道．サケ稚魚の脊椎骨数における地域差．日水誌 2015；81：843–845.

Ando D, Murooka M, Shimoda K, Hayano H, Sasaki Y, Miyakoshi Y, Nakajima M. Estimation of heritability of vertebral number in chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Fish. Sci.* 2017；83：413–423.

安藤大成，渡辺智治，下田和孝．北海道のサケ稚魚にみられた脊椎骨数の地理的変異．水産増殖 2017；65：89–91.

Beacham TD, Murray CB. The effect of spawning time and incubation temperature on meristic variation in chum salmon（*Oncorhynchus keta*）. *Can. J. Zool.* 1986；64：45–48.

Beacham TD, Sato S, Urawa S, Le KD, Wetklo M. Population structure and stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from Japan determined by microsatellite DNA variation. *Fish. Sci.* 2008；74：983–994.

北海道さけ・ますふ化放流百年記念事業協賛会. 河川別サケ・マス捕獲，採卵，放流数.「北海道鮭鱒ふ化放流事業百年史統計編」，札幌．1988；45–350.

北海道さけ・ます増殖事業協会．親魚の捕獲と運搬，蓄養.「さけ・ますふ化放流事業実施マニュアル」，札幌，2007；1–16.

小林哲夫．サケ*Oncorhynchus keta*（Walbaum）の年齢，成長並びに系統に関する研究．北海道さけ・ますふ化場研報 1961；16：1–102.

久保達郎，小林哲夫．石狩川のサケの二三の魚群と脊椎骨数及びウロコの数について．日水誌 1953；19：297–302.

宮腰靖之，卜部浩一，安藤大成，實吉隼人，青山智哉，坂本博幸，春日井潔，永田光博．北海道におけるサケ自然産卵個体群の分布（資料）．北水試研報 2011；80：51–64.

Miyakoshi Y, Urabe H, Saneyoshi H, Aoyama T, Sakamoto H, Ando D, Kasugai K, Mishima Y, Takada M, Nagata M. The occurrence and run timing of naturally spawning chum salmon in northern Japan. *Env. Biol. Fish.* 2012；94：197–206.

佐野誠三．遡河鮭中通称ギンケ鮭に関する調査（2）．北海道さけ・ますふ化場研報 1947；2：41–45.

佐藤俊平，浦和茂彦．日本系サケの遺伝的個体群構造．水産総合研究センター研究報告 2015；39：21–47.

卜部浩一，三島啓雄，宮腰靖之．十勝川水系におけるサケ・サクラマスの産卵環境評価（資料）．北水試研報 2013；84：47–56.

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，髙橋　洋，髙柳志朗，堀井貴司，山口幹人，田中伸幸，田園大樹，瀧谷明朗，川崎琢真，高畠信一，藤岡　崇，三宅博哉

北海道周辺海域に分布するニシンの遺伝的集団構造を詳細に把握するため，北海道の36地点に加え，道外の5地点でニシンの標本を採集し，ミトコンドリアDNA調節領域410塩基の塩基配列を解析した。これらの結果から，北海道周辺で産卵する7集団の存在が示された。特に，特徴的なハプロタイプが検出された苫小牧集団や檜山から津軽海峡に分布する檜山津軽海峡集団の存在を明らかにした。その他，広域性の北海道サハリン系集団，地域性の石狩湾系集団，湖沼性のオホーツク湖沼性集団や道東湖沼性集団，湧洞沼集団が北海道周辺で産卵していることが示された。

A561　北水試研報　94，1－40（2018）

サケ親魚の回帰時期による稚魚の体色の銀白化の違い

下田和孝，渡辺智治，安藤大成

北海道の6河川（網走川，標津川，十勝川，千歳川，静内川および鳥崎川）を対象に各河川の前期群（9月下旬から10月上旬に採卵）と後期群（11月中旬から12月上旬に採卵）のサケ稚魚の体色変化を色彩色差計で定量的に測定した。明度の指標であるL値を浮上時点から1週間間隔で測定し前期群と後期群との間で比較したところ，後期群の方が高いL値を示すことが多かった。この結果から，海洋生活に向けた体色の銀白化とそれに伴う生理的変化は前期群よりも後期群で早く進行すると推察された。

A562　北水試研報　94，41－46（2018）

北海道北部海域で採集されたイカナゴ属魚類の成長（短報）

堀本高矩，後藤陽子，甲斐嘉晃，鈴木祐太郎，美坂　正

2015～2017年に北海道北部海域で採集したイカナゴ属魚類3種（イカナゴ*Ammodytes japonicus*，オオイカナゴ*A. heian*，キタイカナゴ*A. hexapterus*）の年齢・成長の関係を調べた。イカナゴとオオイカナゴでは，体長・体重とも性差・種間差は認められず，*t*歳時の体長をL_t（mm），体重をW_t（g）とすると，成長式はそれぞれ$L_t = 263.74 \times [1-e^{-0.316(t+1.778)}]$，$W_t = 77.14 \times [1-e^{-0.466(t+1.134)}]^3$，$L_t = 291.91 \times [1-e^{-0.213(t+2.771)}]$，$W_t = 89.84 \times [1-e^{-0.342(t+1.849)}]^3$と表された。キタイカナゴは標本数が少なく成長式を作成できなかったが，2歳時の体長は他の2種に比べて有意に小さかった。

A563　北水試研報　94，47－51（2018）

自然産卵するサケにおける脊椎骨数の遡上時期による違い（短報）

安藤大成，佐藤俊平

北海道でサケが自然産卵している3河川において，サケの産卵後の死骸を異なる時期（前期，中期，後期）に採集し，脊椎骨数を比較した。平均脊椎骨数は前期遡上群で最も高かった。また，自然産卵しているサケにおける前期遡上群と後期遡上群の脊椎骨数の差異は，既報のふ化場由来のサケにおける前期遡上群と後期遡上群の差異よりも大きかった。これらの結果より，サケの脊椎骨数は自然産卵しているサケの産卵環境を推測するのに有用な形質であると考えられた。

A564　北水試研報　94，53－57（2018）

水産研究本部図書出版委員会

委員長　木村　稔
委　員　三橋　正基　中多　章文　赤池　章一
　　星野　昇　三原　行雄　宮腰　靖之
事務局　志田　修　富樫　佳弘　上田　吉幸

水産研究本部出版物編集委員会

委員長　志田　修
委　員　山口　幹人　板谷　和彦　馬場　勝寿　清水　洋平
　　辻　浩司　武田　忠明　宮腰　靖之　藤原　真
　　浅見　大樹　畑山　誠
事務局　富樫　佳弘　上田　吉幸　（作業補助：石川さやみ）

北海道水産試験場研究報告　第94号

2018年9月28日発行　ISSN:2185-3290

編集兼　北海道立総合研究機構水産研究本部
発行者　〒046-8555　北海道余市郡余市町浜中町238
電話　総合案内　0135(23)7451（総務部総務課）
　　図書案内　0135(23)8705（企画調整部企画課）
FAX　0135(23)3141
Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan
印刷所　株式会社　総北海
〒065-0021 札幌市東区北21条東1丁目4番6号
電話　011(731)9500