

## 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<sup>\*1</sup>, 後藤陽子<sup>1</sup>, 甲斐嘉晃<sup>2</sup>, 鈴木祐太郎<sup>1</sup>, 美坂 正<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構稚内水産試験場,

<sup>2</sup>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<sup>\*1</sup>, YOKO GOTO<sup>1</sup>, YOSHIAKI KAI<sup>2</sup>, YUTARO SUZUKI<sup>1</sup> and TADASHI MISAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wakkanai Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097-0001*,

<sup>2</sup> 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。

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

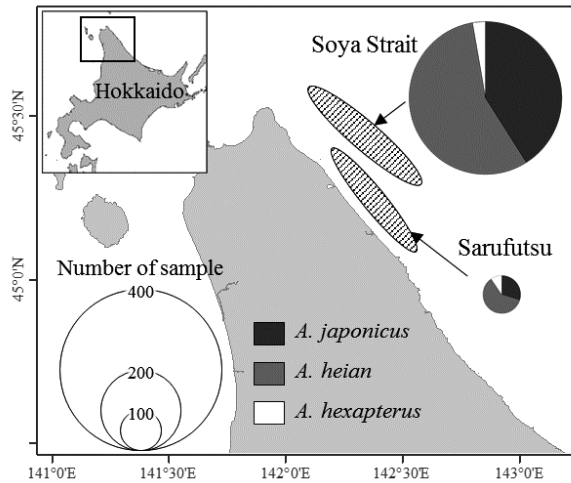


Fig.1 Sampling sites, sample size and species composition of *Ammodytes* spp.

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。

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, 100 $\mu$ m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	<i>A. japonicus</i>			<i>A. heian</i>			<i>A. hexapterus</i>			
			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。

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]^3$$

ここで、 $L_t$ と $W_t$ は年齢 $t$ 歳時の体長と体重、 $L_\infty$ と $W_\infty$ は

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

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

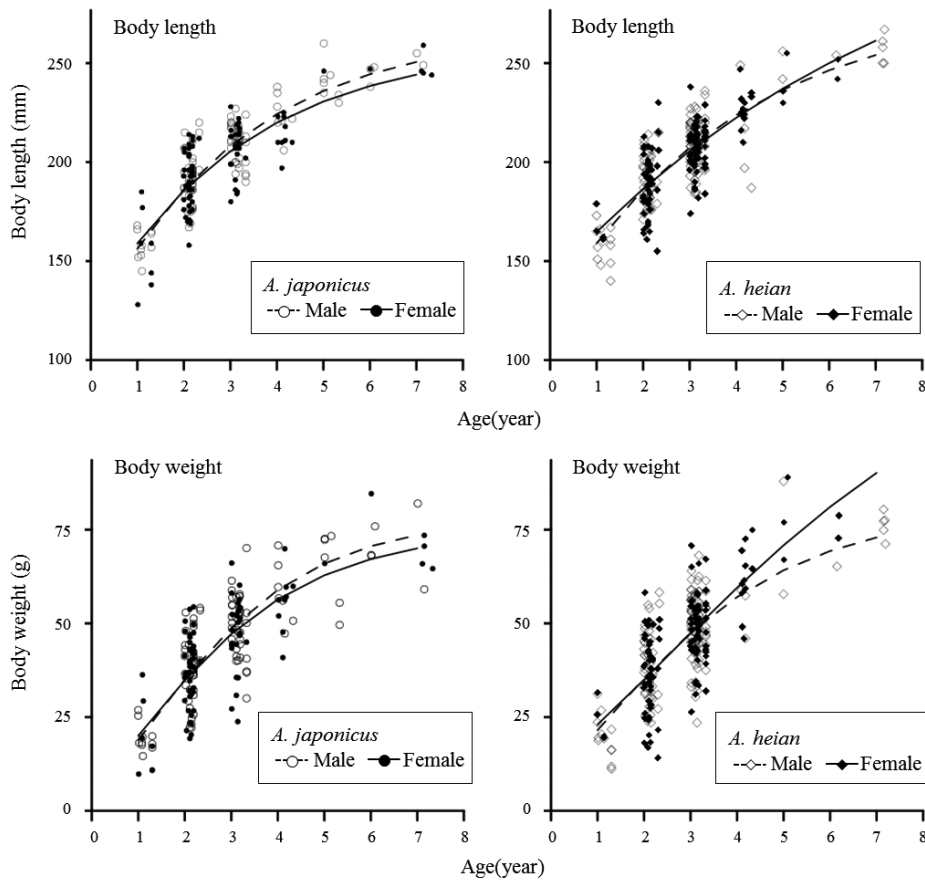


Fig. 2 Von Bertalanffy growth curves fitted to length-at-age (upper) and weight-at-age (lower) data for *A. japonicus* (left) and *A. heian* (right) by sex

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

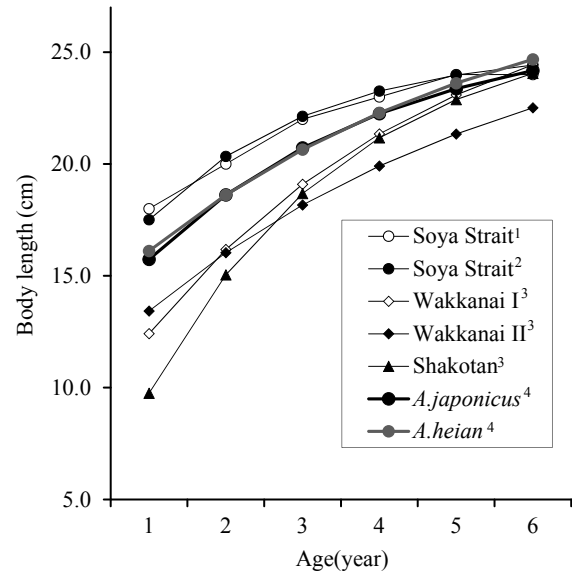


Fig. 3 Comparison of *Ammodytes* spp. growth curves around Hokkaido <sup>1</sup>Miyake (2003), <sup>2</sup>Itaya & Maeda (2012), <sup>3</sup>Hashimoto (1991), and <sup>4</sup>this study

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かもしれない。

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 *Ammodytes* 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.