

短 報  
網走湖産ワカサギ降海移動期の発育段階と栄養状態

虎尾 充

北海道立水産孵化場

**Conditions of developmental phase and fish nutrition relevant to seaward migration of Wakasagi, *Hypomesus nipponensis*, in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan**

MITSURU TORAO

*Hokkaido Fish Hatchery, Kitakashiwagi 3-373, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan*

**Abstract** The Japanese smelt, Wakasagi (*Hypomesus nipponensis*), in Lake Abashiri has two different strategies for life history, lake resident and anadromous. The body size, developmental phase, and nutritional condition of the two groups of Wakasagi were compared to determine whether nutrition plays a role in the divergence of life history strategies in Lake Abashiri. Fish were collected in the lake and the outflowing river between July and August in 1999. The residents were collected in Lake Abashiri using a towing net. The migrants were collected in Abashiri River about 2 km below the outlet of the lake using a trap net. The fish were placed on ice immediately after capture, and stored in a freezer at -80 °C until assay. Fish were measured in the standard length and distinguished into different developmental phases on the basis of morphological criteria. There was no difference in body size between the two groups. While all of the migrants reached juvenile stage (phase G or H), residents included not only the juvenile but also the larval stage (phase F). The triglyceride/phospholipid ratio, an index of nutritional condition, decreased following the beginning of the outmigration, regardless of life-history type. These results suggest that the seaward migration of Wakasagi in Lake Abashiri may be associated with a decrease in nutritional condition during the juvenile stage.

**Key words** : ワカサギ, 遡河回遊型, 生活史多型, 栄養状態, 発育段階

網走湖におけるワカサギ *Hypomesus nipponensis* には、湖内残留型と遡河回遊型が同所的に存在することが知られている (宇藤・坂崎, 1983)。4～5月にかけて流入河川で孵化したワカサギ仔魚は、ただちに網走湖に降下し湖内で成長する。その後、6～9月にかけて一部の個体が流出河川である網走川を通じて降海する (宇藤・坂崎, 1983)。降海時期には、湖内には体長や発育段階が異なる同一年級の個体が分布しているが (鳥澤, 1999; 浅見, 2004)、個体の体サイズや発育段階の降海移動への関わりは、検証されていない。また、降海個体の出現要因について、降海時期直前の網走湖内にお

けるワカサギ仔魚の分布指数が高いほど降海個体数が多いことが明らかとなっており、ワカサギ降海個体の出現と湖の環境収容力との関連が指摘されている (鳥澤, 1999)。このことは、網走湖におけるワカサギの生活史分岐が生じる時期に、網走湖内の餌環境の低下あるいはワカサギの摂餌要求の増大などによってワカサギの栄養状態が低下し、降海個体出現の要因となっている可能性がある。しかし、これまでに網走湖のワカサギの栄養状態および栄養状態が回遊型の分岐に及ぼす影響については、明らかになっていない。栄養状態の指標として、多くの魚類仔魚でトリグリセラ

イド/リン脂質比（以下、TG/PL 比）の有効性が示されている（Hakanson, 1989; Zenitani, 1995）。TG/PL 比の時期的な変化および回遊型による差異を明らかにすることで、降海個体出現の背景にあるワカサギの栄養状態の変化を推定出来ると考えられる。本研究では、網走湖産ワカサギにおける降海個体の出現条件を検討するため、湖内残留個体と降海個体の体サイズと发育段階の比較、また、栄養状態の指標としてTG/PL 比の時期的な変化と回遊型による差を検討した。

網走湖は北海道東部に位置する汽水湖で、約7 km の流出河道を通じてオホーツク海とつながっている。試験に用いたワカサギは、網走湖内2地点と流出河川において採集した（Fig. 1）。網走湖内の上流域（St. 1）と湖の流出口に近い地点（St. 2）において、曳き網によって採集した個体を湖内残留個体とした。湖内残留個体の採集は、降海盛期以前の1999年7月12日、降

海盛期に近い8月2日、降海がほぼ終了した8月30日の計3回行った。一方、降海個体は、網走湖流出口の下流約2 km 地点にある網走川大曲地区において、降海期間中の7月19日、7月27日、8月3日の3回、ふくべ網によって採集した。それぞれ、30～60個体を無作為に抽出して標本とした。採取した標本は氷冷して実験室に持ち帰り、-80℃で分析まで保存した。分析時に標準体長を測定し、Torao（2000）を修正した发育段階区分（Table 1, Fig. 2）にしたがって发育段階を判別したのち、トリグリセライドとリン脂質の定量に用いた。トリグリセライドおよびリン脂質の測定は、消化管を除去した魚体を約5倍量のエタノール-エーテル（3:1 v/v）中で、ポリトロンホモジナイザーを用いて氷冷しながら十分にホモジナイズし、4℃、2,500 rpm（800 G）で20分間遠心分離したのち、上澄みを採取し市販の分析キット（トリグリセライドGテストワコ

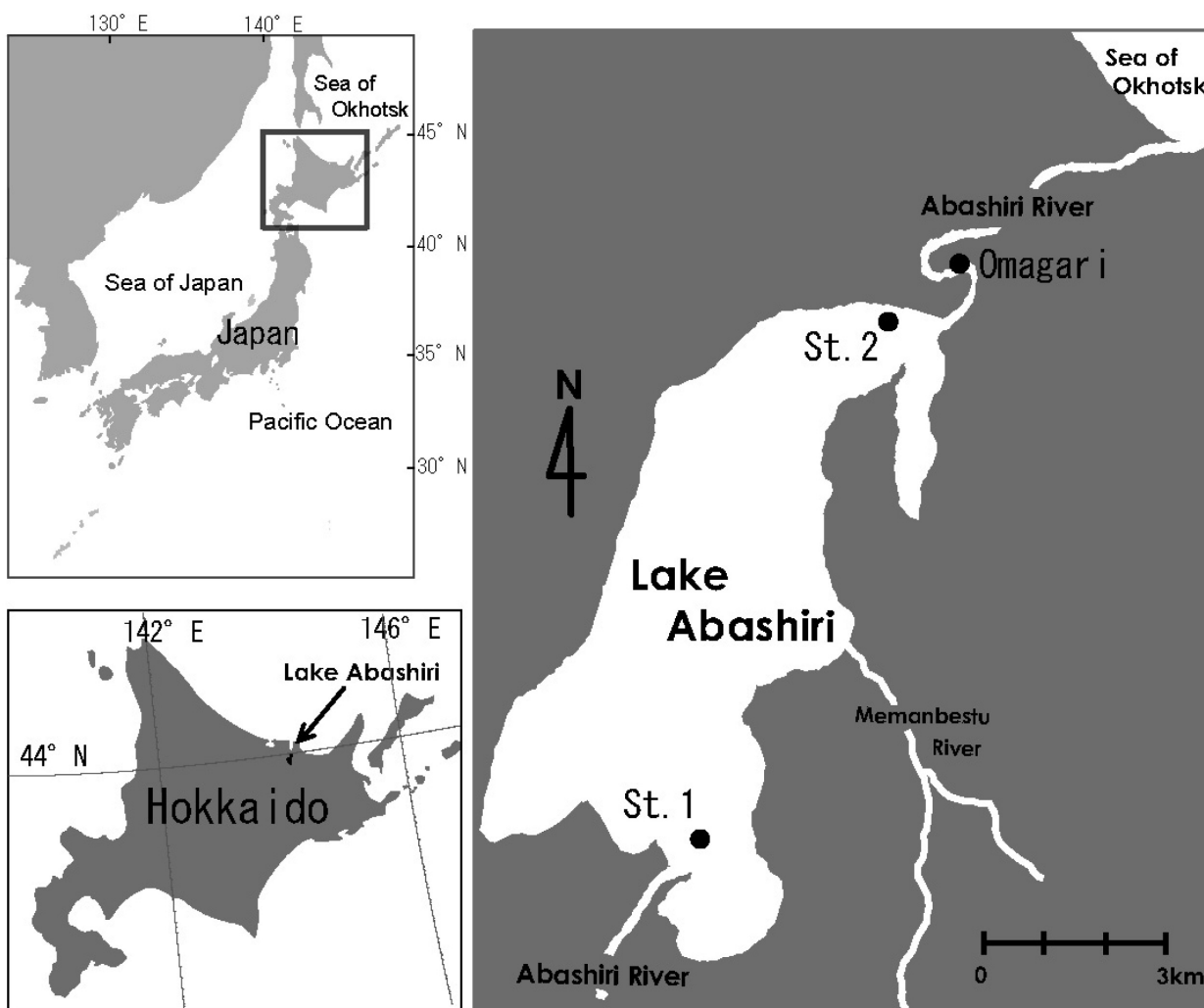


Fig. 1 Sampling locations in the Lake Abashiri system. Lake-resident *Hypomesus nipponensis* were collected in Lake Abashiri (St.1 and 2). Seaward migrants were collected at Omagari in Abashiri River.

**Table 1** Realignment of the developmental division of *Hypomesus nipponensis* by Torao (2000)

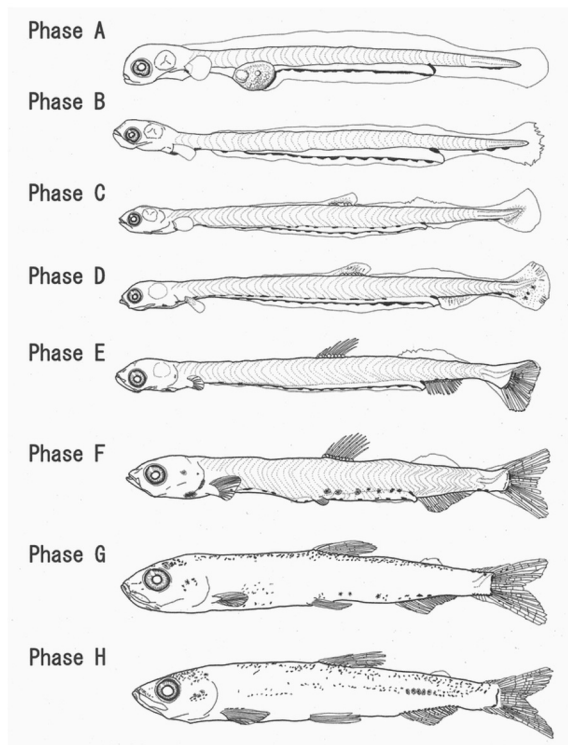
Period	Stage	Phase	Devide criterion
larval	yolk-sac	A	From the hatching to the completion of yolk absorption
		B	From the completion of yolk absorption to just before the appearance of the dorsal fin rudiment
		C	From the forming of dorsal fin rudiment to just before the beginning of notochord flexion
	flexion	D	From the notochord flexion begins to the beginning of caudal fin indentation
		E	From the beginning of caudal fin indentation to just before the attainment of complete fin ray counts
	postflexion	F	From attainment of fin ray full complement to transformation to early juvenile
juvenile	juvenile	G	Transformation into the juvenile form progresses. Characterized by the melanophores appear on the cephalic region, the posterior part of trunk, and the upper part of the caudal peduncle
		H	The transformation from larva to juvenile is complete. Characterized by the melanophores on the lateral line become conspicuous and are distributed on the anterior trunk in front of the dorsal fin base

一、リン脂質 C テストワコー、和光純薬工業社、大阪) を用いて定量した。

Fig. 3 に網走湖内と網走川で採集された個体の体長組成と発育段階組成を示した。降海盛期以前の7月12日の網走湖内で採集されたワカサギの標準体長は、St. 1 では  $30.85 \pm 3.43$  mm (平均±標準偏差)、St. 2 では  $30.22 \pm 3.28$  mm であった。降海盛期に近い8月2日の湖内残留個体の標準体長は、St. 1 では7月12日時点より大きくなり  $34.37 \pm 10.00$  mm であったが、St. 2 では標準体長の平均は小さくなり  $28.47 \pm 4.73$  mm であった。降海がほぼ終了した8月30日には、St. 1、St. 2 ともに標準体長の平均値は40 mm を超えていた。一方、降海個体の平均標準体長は、7月19日に  $28.54 \pm 3.71$  mm、7月29日に  $26.52 \pm 2.39$  mm、8月3日に  $35.45 \pm 4.36$  mm であった。このように、網走湖内のワカサギの体長組成は採集地点と時期によって大きく異なり、また、降海個体の体長組成とも一致しなかった。発育段階についてみると、7月12日の網走湖内 St. 1 のワカサギの発育段階組成は、仔魚期の Phase F が13.3%、稚魚期の Phase G が86.7% であった。湖口に近い St. 2 では、仔魚期の F が6.7% と少なく、稚魚期 G が90.0% と多く、さらに発達した H も3.3% 含まれていた。8月2日には、St. 1 での発育段階組成は G が67.2% を占めた。St. 2 では、G が73.3% を占めたが、仔魚期の F も20.0% 含まれていた。8月30日には、St. 1、St. 2 ともに全て稚魚期以降の Phase G、H の発育段階から構成されていた。一方、降海個体の発育段階組成は、降海開始期直後の7月19日には全てが稚魚期の個体で、G が98.3%、H が1.7% であった。また、7月27日には、発育段階は全て Phase G の個体であった。さらに、8月3日には発育が進行した個体が多くなり、

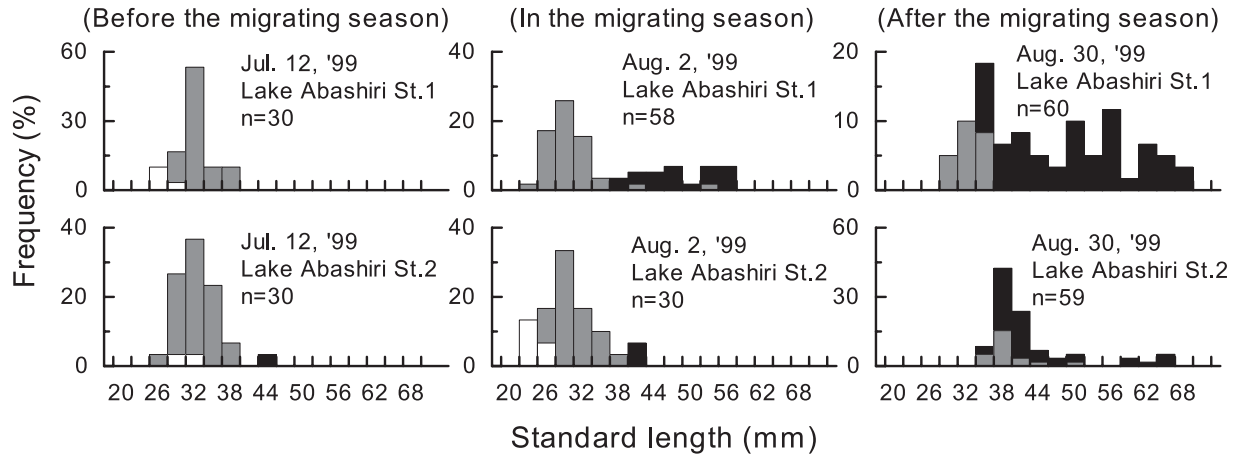
降海個体の発育段階は、G と H が50.0% ずつとなった。採集日の近い、8月2日の湖内残留個体と8月3日の降海個体の発育段階を比較すると、残留個体では湖口に近い St. 2 においても稚魚期の個体 (G と H) に加えて、仔魚期の F 個体も出現したのに対し、降海個体では稚魚期の発育段階である G と H に限られていた。

網走湖内および網走川で採集した個体の TG/PL 比の時期変化と、北海道立網走水産試験場によるワカサギ降海調査の採集結果 (未発表資料) を Fig. 4 に示した。湖内残留個体の TG/PL 比は、7月12日に  $1.62 \pm$



**Fig. 2** Illustration of the developmental phases of *Hypomesus nipponensis*.

Lake-resident



Seaward migrant

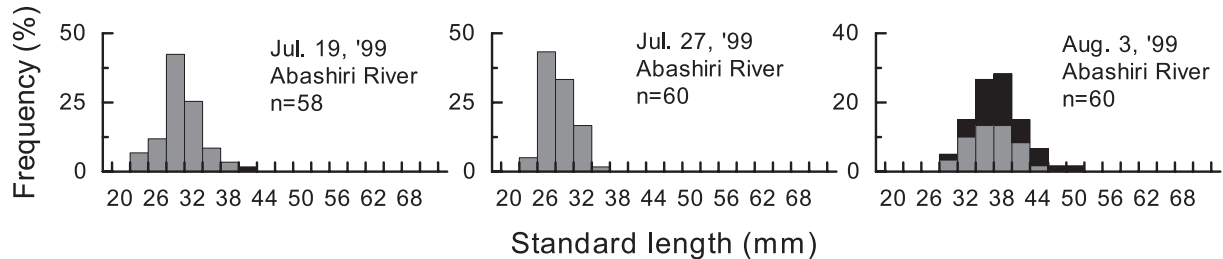
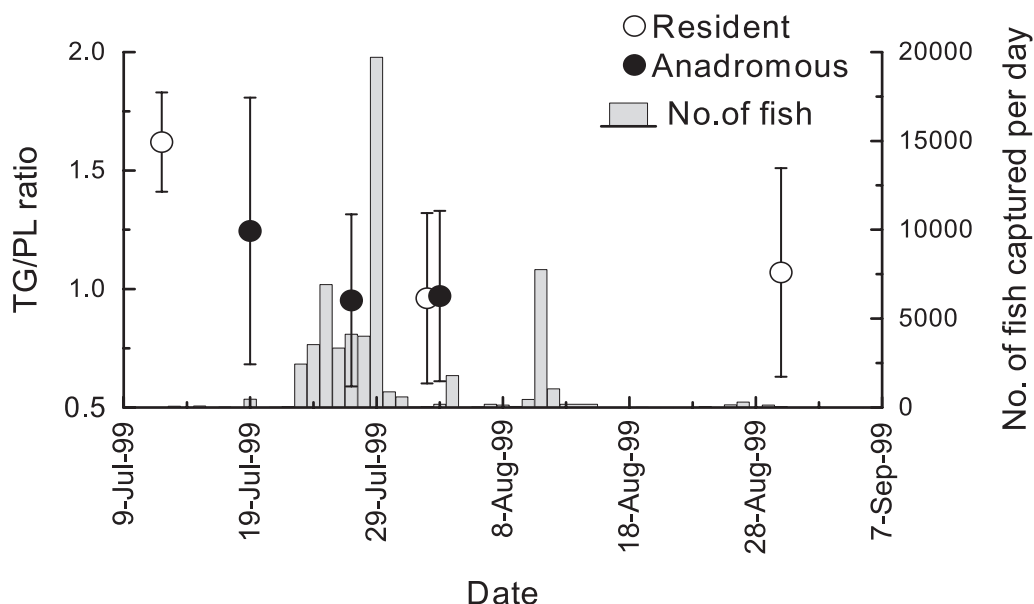


Fig. 3 Seasonal changes in the standard length distribution with developmental phases of *Hypomesus nipponensis* collected from Lake Abashiri and Abashiri River. Open bar: phase F, shade bar: phase G, solid bar: phase H.

0.21 (平均±標準偏差,  $n = 30$ ) だったが, 8月2日には  $0.96 \pm 0.36$  ( $n = 88$ ) へと低下した。降海がほぼ終了した8月30日には  $1.07 \pm 0.44$  ( $n = 119$ ) と, 7月12日のTG/PL比より低下していた。一方の網走川で採集された降海個体においても, 降海個体が出現し始めた7月19日のTG/PL比は  $1.25 \pm 0.56$  ( $n = 58$ ) だったが, 降海盛期にかけて低下し7月27日には  $0.95 \pm 0.36$  ( $n = 60$ ), 8月3日には  $0.97 \pm 0.36$  ( $n = 60$ ) であった。湖内残留個体と降海個体のTG/PL比を比較したところ, 降海盛期に近い8月2日に採集された湖内残留個体と8月3日の降海個体のTG/PL比の平均値には, 有意差は認められなかった(Mann-WhitneyのU検定,  $z = 1.462$ ,  $p > 0.05$ )。また, 湖内での栄養状態の時期的な低下を検討するため, 湖内残留個体の7月12日と8月2日のTG/PL比の平均値を比較したところ, 有意差が認められた(Mann-WhitneyのU検定,  $z = 2.873$ ,  $p < 0.01$ )。7月19日と7月27日の降海個体の平均TG/PL比にも, 有意差が認められた(Mann-WhitneyのU検定,  $z = 6.081$ ,  $p < 0.001$ )。このことから, 降海盛期において湖内残留個体と降海個体のTG/PL比には有意差は認められず, また湖内残留個体

・降海個体ともに, 7月から8月上旬にかけてTG/PL比が有意に低下していた。

1999年に採集された網走湖におけるワカサギ0年魚の体サイズは, 採集地点や採集時期によってばらつきが大きく, 特定の体長を超えた個体が降海するといった一定の傾向は見いだせなかった。これまでにも, 降海開始時期あるいは降海盛期のワカサギの体サイズには, 年変動が大きいことが指摘されており(鳥澤, 1999), 網走湖産ワカサギにおける降海個体の出現は, 体サイズに依存するものではないと考えられる。一方で, 湖内にPhase F(仔魚期)の個体が存在するにもかかわらず, 降海個体の発育段階はPhase G(稚魚期)以上の発育段階の個体に限られていた。このことから, 網走湖におけるワカサギの降海において, 個体の発育段階が稚魚期に達していることが条件の1つになっていると考えられる。網走湖産ワカサギの栄養状態の指標として分析した魚体のTG/PL比は, 7月上旬から下旬にかけて, 湖内残留個体・降海個体ともに低下する傾向が認められた。1999年の網走湖産ワカサギの降海は, 7月上旬から開始され7月下旬には降海ピークを迎えており, 降海魚の出現ピークとTG/PL比の低下とは時



**Fig. 4** Changes in the triglyceride (TG)/phospholipid (PL) ratio of lake-resident and seaward migrating *Hypomesus nipponensis* in the Lake Abashiri system. Symbols represent the mean values. Vertical bars indicate standard deviations. The seaward migrant catches were based on data provided by the Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station.

期的に一致した。このことは、降海個体の出現に網走湖内におけるワカサギの栄養状態の低下が関与している可能性を示唆するものである。網走湖におけるワカサギの遡河回遊型分岐に関しては、湖内のワカサギの環境収容力を超えた分が降海するという仮説が提唱されており（鳥澤，1999），本研究は、この仮説をワカサギの栄養状態の面から支持する結果と考えられる。

本研究では、網走湖産ワカサギの降海個体の出現に関して、個体の発育段階が稚魚期に達していることが降海に必要な条件であり、さらに網走湖内のワカサギ個体群の栄養状態低下が背景にある可能性を示唆する結果が得られた。湖内のワカサギの収容力を制限する要因として、ワカサギの餌となる動物プランクトンの相対的量が関係し、ワカサギ個体群を維持する餌環境があるか否かによって降海個体の出現量が決定される可能性がある。今後、動物プランクトン量とワカサギ個体の栄養状態、降海群の出現状況を継続的に調査し、網走湖のワカサギに対する環境収容力の年変動とワカサギ降海群出現の関係性を明らかにすることが必要である。

本研究を行うにあたり、終始御指導いただいた東京農業大学名誉教授桑原連博士、元東京農業大学教授故鈴木淳志博士に心から感謝申し上げます。本稿の作成にあたり、北海道栽培漁業振興公社今田和史氏に有益な議論と貴重なご意見をいただいた。西網走漁業協同組

合川尻敏文氏と漁業者の方々には、サンプル採集に多大なご協力をいただいた。深く感謝する。

## 文 献

- 浅見大樹(2004). 網走湖産ワカサギの初期生活に関する生態学的研究. 北海道立水産試験場研究報告, **67**, 1-79.
- Hakanson, J. L. (1989). Analysis of lipid components for determining the condition of anchovy larvae, *Engraulis mordax*. *Marine Biology*, **52**, 313-319.
- Torao, M. (2000). Early developmental phase of wakasagi, *Hypomesus nipponensis*, in Lake Abashiri. *Fisheries Science*, **66**, 605-607.
- 鳥澤雅(1999). 網走湖産ワカサギの生活史多型分岐と資源変動機構. 北海道立水産試験場研究報告, **56**, 1-117.
- 宇藤均・坂崎繁樹(1983). 網走湖産ワカサギの生活史. 第1報. 網走湖におけるワカサギ漁業の歩みと生活史研究の現状. 北水試月報, **40**, 147-156.
- Zenitani, H. (1995). Analysis of lipid components for determining the nutritional condition of sardine larvae *Sardinops melanostictus*. *Fisheries Science*, **61**, 725-726.