

冬季の北太平洋亜寒帯水域にさけ・ます類の餌は豊富にあるのか？

長澤和也*

Is There Abundant Zooplankton Prey for Salmonids in the Subarctic North Pacific in Winter?

Kazuya NAGASAWA*

Macrozooplankton was sampled using a North Pacific standard plankton net during two trans-Pacific cruises of the R/V *Kaiyo maru* at 27 and 23 stations in a wide area of the northern North Pacific Ocean in November-December 1992 and January 1996, respectively. In all of the western and central North Pacific and Gulf of Alaska, the macrozooplankton biomass in these winter months was much lower than that in summer months. Salmonids (*Oncorhynchus* spp.) were captured in waters with low sea surface temperatures (<8°C), where the macrozooplankton biomass remained quite low as well. The salmonids may have a survival strategy to stay in cold waters in order to reduce their energetic consumption, because macrozooplankton as prey is not abundantly available in winter. The cold-water environment appears to be advantageous to the survival of offshore salmonids overwintering under poor food conditions.

Key words: macrozooplankton biomass, subarctic North Pacific Ocean, salmonids, ocean distribution, survival strategy

はじめに

北太平洋亜寒帯水域におけるさけ・ます類や動物プランクトンの分布や豊度に関する情報は、春季から初秋季に得られたものが多い。これは、沖合調査がこれらの時期に集中することに原因する。これに反し、冬季の北太平洋沖合域は海洋・気象条件が厳しく広範な調査を容易に実施できない場所であるため、この時期のさけ・ます類や動物プランクトンに関する知識はきわめて乏しい。

こうした状況のなか、遠洋水産研究所の研究者は、冬季のさけ・ます類や動物プランクトンに関する知見を得るため、調査船開洋丸を用いて、1992年11月～12月（第1回調査）と1996年1月（第2回調査）に北太平洋横断の冬季調査を実施した（長澤ら, 1994; 上野ら, 1997）。ここでは、これら2回の調査によって得られた動物プランクトンの現存量に関して、その水域別差異や季節変動を解析し、越冬期のさけ・ます類の餌生物環境を明らかにするとともに、越冬期のさけ・ます類の生残戦略を考察する。

材料と方法

2回の調査とも、開洋丸は東京を出港した後、約1ヶ月間の調査を行いながら北太平洋を横断し、シアトルに入港した。動物プランクトンの採集は、西部北太平洋・中部北太平洋・アラスカ湾の各水域に設定された3本の南北定線（157°30'E～160°00'E, 179°30'W～168°00'W, 145°00'W）とそれら定線を結ぶ2本の斜め定線上に設けられた調査点で行われた（Fig. 1; 第1回調査で27点, 第2回調査で23点）。また、それらの調査点において表層トロール網を用いてさけ・ます類の漁獲調査を実施した（長澤ら, 1994; 上野ら, 1997）。調査点の緯度範囲は、西部北太平洋では37°51'N～45°38'N, 中部北太平洋では41°06'N～48°57'N, アラスカ湾では44°39'N～55°47'Nであった。

採集用具として北太平洋標準プランクトンネット（口径0.45m, 全長1.95m, 目合い0.335mm: 元田, 1957）を用い、毎秒1mの速度で水深150mから海面まで鉛直に曳いた。採集した動物プランクトンは、10%中性ホルマリン海水で固定した後、研究所に持ち帰り、主要な分類群に分け、その湿重量を測定した（Appendix tables 1-2: Nagasawa et al., 1997）。本論文では、動物プランクト

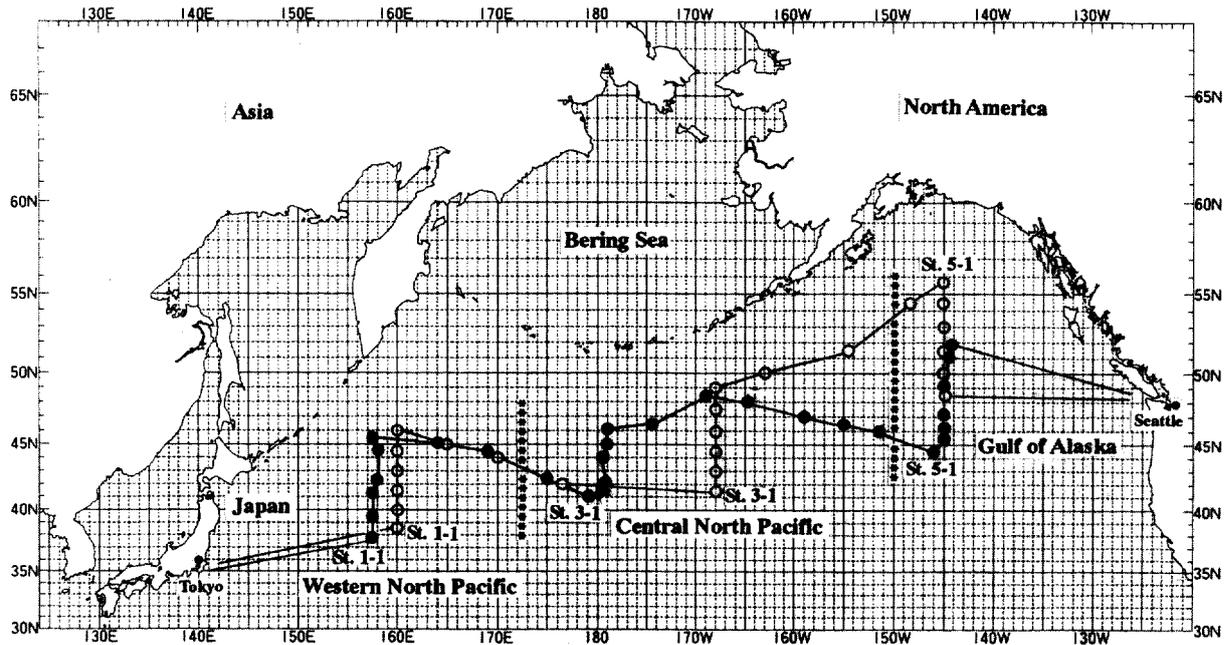


Fig. 1. Sampling stations of macrozooplankton during two trans-Pacific cruises of the R/V *Kaiyo maru* in November-December 1992 (●) and January 1996 (○). The macrozooplankton was collected using a North Pacific standard plankton net at 27 and 23 stations in 1992 and 1996, respectively. The survey area was divided into three region: western North Pacific (west of 172° 30'E), central North Pacific (172° 30'E-150° 00'W), and Gulf of Alaska (east of 150° 00'W).

ン量として現存量 (mg/m^3) を示したが、それは各分類群の湿重量値の合計である。濾水量は、プランクトンネットの口部に取りつけた濾水計の値から求めた。各調査点における水温と塩分の測定はCTDを用いて行った。

動物プランクトン量の季節変動を検討するために、夏季の動物プランクトン現存量に関する資料として、西部北太平洋 (165° 00'E, 40° 00'N/41° 00'N~51° 00'N: 長澤・石田, 1995, 1997a), 中部北太平洋 (179° 30'W, 38° 30'N~51° 30'N: 田所ら, 1995; 長澤・石田, 1997b), アラスカ湾のP点 (145° 00'W, 50° 00'N: Parsons and Lalli, 1988) での調査結果を用いた。また、本論文では西部北太平洋を172° 30'E以西の海域、中部北太平洋を172° 30'E~150° 00'Wの海域、アラスカ湾を150° 00'W以東の海域と定義した。

また、Dodimead et al. (1963)とFavorite et al. (1976) に従い、調査海域を水塊の分布特性に基づき南から亜熱帯水域 (Subtropical waters), 移行領域 (Transition Do-

main), 亜寒帯領域 (Subarctic Domain) に分類し、プランクトン現存量を比較した。調査海域には、水深200~400mから海面への34.0 psuの鉛直等塩分線によって示される亜寒帯境界 (Subarctic Boundary) が東西に走り、その南側に亜熱帯水域、北側に移行領域がみられた。さらに移行領域の北側には亜寒帯領域があり、両者の境界は水深100m以深で4°C以下の冷水によって識別された。

結果

冬季の動物プランクトン現存量の水域間差異と月別変化

11~12月と1月に採集された動物プランクトンの現存量は、それぞれ4.2~126.3 (平均41.9) mg/m^3 , 2.3~47.8 (平均21.5) mg/m^3 であった (Fig. 2, Appendix tables 1-2)。

西部北太平洋、中部北太平洋、アラスカ湾の3海域における冬季の動物プランクトン現存量の平均値を、亜寒

Table 1. Regional variations in mean macrozooplankton biomass (mg/m^3) in the Subarctic Domain, Transition Domain, and Subtropical waters in the western (west of 172° 30'E) and central (172° 30'E-150° 00'W) North Pacific and the Gulf of Alaska (east of 150° 00'W) in November-December 1992 and January 1996.

	Western North Pacific		Central North Pacific		Gulf of Alaska	
	November-December	January	December	January	December	January
Subarctic Domain	96.3 ± 53.3 (4)	32.2 ± 0.0 (1)	69.9 ± 0.0 (1)	8.5 ± 0.0(1)	NS	NS
Transition Domain	78.1 ± 68.2 (2)	30.1 ± 13.4 (6)	33.7 ± 15.7 (10)	17.8 ± 2.8(8)	33.8 ± 15.5 (6)	18.7 ± 7.0 (7)
Subtropical waters	37.5 ± 21.4 (2)	NS*	9.2 ± 7.0 (2)	NS	NS	NS

*Mean ± standard deviation (number of sampling locations in parentheses).

**NS: No sampling.

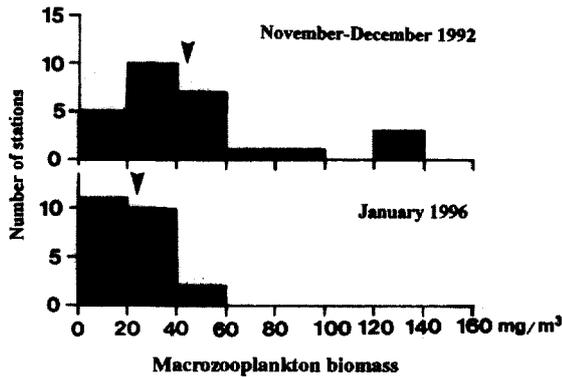


Fig. 2. Frequency distribution of macrozooplankton biomass in the North Pacific Ocean in November-December 1992 (top) and January 1996 (bottom). Arrows indicate means of macrozooplankton biomass.

帯領域, 移行領域, 亜熱帯水域に分けてTable 1に示す。現存量を東西で比較すると, 西部北太平洋でもっとも高く, 中部太平洋とアラスカ湾では低かった。後二者のうちでは, 11~12月には中部北太平洋でやや高かったが, 1月にはほとんど差がなかった。また, 現存量を南北で比較すると, 11~12月には西部・中部北太平洋とも最北の亜寒帯領域における現存量がもっとも高く, 移行領域, 亜熱帯水域と南に向かうにつれて減少した。1月の西部北太平洋では, 亜寒帯領域と移行領域の間に現存量の差はほとんどなく, 中部北太平洋では移行領域における現存量が亜寒帯領域よりも高かった。各海域とも, 亜熱帯水域を除いて11~12月から1月にかけて, 現存量は顕著に減少した。

夏季の亜寒帯領域と移行領域における動物プランクトン現存量は, 西部北太平洋と中部北太平洋では通常200 mg/m³以上 (長澤・石田, 1995, 1997a, 1997b; 田所ら, 1995), アラスカ湾では約120 mg/m³ (Parsons and Lalli, 1988) であり, 冬季の動物プランクトン現存量は夏季に比べて著しく低いことが明らかである。

冬季のさけ・ます類生息域の動物プランクトン現存量

さけ・ます類が漁獲された場所は, 西部北太平洋では移行領域の北側水域と亜寒帯領域に属していた (Fig. 3)。また, 中部北太平洋とアラスカ湾でも, さけ・ます類は移行領域の北側水域で漁獲された。

さけ・ます類が漁獲された場所における動物プランクトン現存量を水域間で比較すると, 西部北太平洋がもっとも高く (11~12月: 83.0 mg/m³, 1月: 35.3 mg/m³), 中部北太平洋 (11~12月: 44.2 mg/m³, 1月: 21.4 mg/m³), アラスカ湾 (11~12月: 19.4 mg/m³, 1月: 18.7 mg/m³) の順に西から東に向かって減少した (Fig. 4)。西部北太平洋と中部北太平洋では11~12月から1月のあいだに

動物プランクトン現存量はほぼ半減したが, アラスカ湾ではほとんど変化しなかった。

冬季にさけ・ます類が漁獲された海域における動物プランクトン現存量を, 同海域の夏季の現存量 (Parsons and Lalli, 1988; 長澤・石田, 1995, 1997a, 1997b; 田所ら, 1995) と比較すると, 西部北太平洋 (7月: 267 mg/m³) では1/3~1/8, 中部北太平洋 (6月: 244 mg/m³) では1/5~1/11, アラスカ湾 (6月: 120 mg/m³) では1/6に減少した (Fig. 4)。

以上の結果から, 冬季の北太平洋亜寒帯水域の動物プランクトン現存量は夏季に比べて著しく低く, 西部北太平洋と中部北太平洋では11~12月から1月にさらに減少することが明らかになった。また, 西側の西部北太平洋から東側のアラスカ湾に向かって現存量が減少することも判明した。さけ・ます類は冬季には移行領域の北側水域に主に生息し, そこでの動物プランクトン現存量も冬季にきわめて低いことが明らかになった。

冬季の動物プランクトン現存量が夏季に比べて著しく低かったのは, 動物プランクトンの主要構成群である *Neocalanus* 属のカイアシ類の成体が休止・産卵のために表層から深層 (400~700 m) に移動する (Fulton, 1973; Miller et al., 1984; Mackas et al., 1998) ことに原因すると考えられる。実際, 今回の冬季調査の際に採集されたカイアシ類はコペポデッド幼生のみで, 成体は深層に移動していると推察された。また, 西部・中部北太平洋に比べてアラスカ湾での動物プランクトン現存量が低いことは, すでに田所 (1997) や Sugimoto and Tadokoro (1997) によっても指摘されており, 東西の植物プランクトン現存量の差異を反映したものと考えられている。

越冬期のさけ・ます類の生残戦略

上記の結果は, 冬季の亜寒帯領域と移行領域は動物プランクトン現存量がきわめて低いため, この海域に分布するさけ・ます類のうちでもプランクトン食性の種 (たとえばカラフトマスなど) には, これら海域が決して好ましい餌生物環境にないことを示している。特に調査海域の東西を比較した場合, アラスカ湾での現存量が低く, この海域における餌生物環境は著しく悪いと判断される。また, 冬季調査の範囲では11~12月よりも1月の現存量がきわめて低かったため, 餌生物の少ない真冬期をいかに越すが, さけ・ます類の生残に大きく影響すると考えられる。換言すれば, 越冬期の生活がさけ・ます類の個体数決定に関与している可能性がある。

冬季にさけ・ます類が漁獲された調査点の表面水温をみると, 1992年と1996年の調査とも, 表面水温が8°C

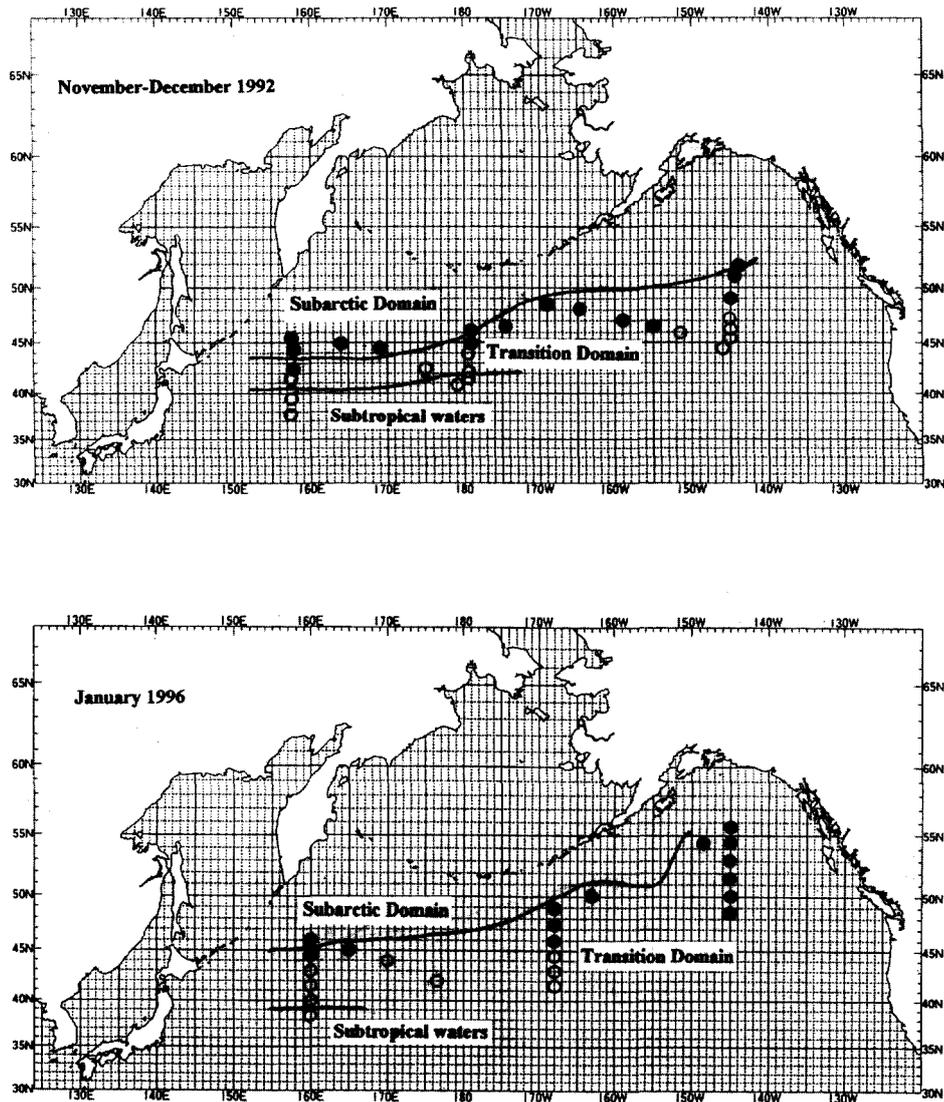


Fig. 3. Locations where salmonids were collected (●) and not collected (○) in the Subarctic Domain, Transition Domain, and Subtropical waters in November-December 1992 (top) and January 1996 (bottom).

未満の海域であった (長澤ら, 1994; 上野ら, 1997; Ueno et al., 1998). この水温は, 夏季の漁獲水温である 15°C 未満 (高木, 1983) に比べて著しく低温であった. また, 夏季のさけ・ます類の漁獲水温は, それぞれの種で重複するものの, 種ごとに異なっていた (高木, 1983). しかし冬季には, さけ・ます類は種ごとに決まった漁獲水温はなく, どの種も 8°C 未満の海域で漁獲された. これらの事実は, 冬季のさけ・ます類の生息域の選択には, 各種に共通する原理が働いていることを示唆する.

冬季にさけ・ます類が低水温域に分布する理由のひとつとして, 重要な餌生物である動物プランクトンが少ないために, 低水温域に生息することにより, エネルギー消費量を抑え, 越冬中の飢餓などによる死亡を防ぐ生残戦略と考えられる. 摂取できる餌生物が少ないため, 体力低下をできるだけ抑えることが生残には重要である.

さけ・ます類の基礎代謝量は低水温ほど低く, 水温上

昇に伴って指数関数的に増加する (Brett, 1964; Brett et al., 1969; Welch et al., 1998). したがって, もし仮に冬季にさけ・ます類が水温の比較的高い移行領域の南側に分布域を広げたとしても, この海域でも動物プランクトン量は低く, さけ・ます類は逆に水温上昇による消費エネルギーの増加によって体力の減少を招くだけで, 生残にはむしろ不適である.

以上により, 餌生物が少ない冬季の沖合水域で, さけ・ます類が冬を越すには, エネルギー消費量を減らすことができる低水温域に分布することがきわめて合理的な生残戦略と考えられる.

今後の課題

本論文では, 冬季の動物プランクトン現存量の低さに関連して, 越冬期のさけ・ます類の生残戦略を考察した.

しかし、さけ・ます類には魚類やいか類を主に捕食する種（たとえばギンザケやマスノスケなど）もあるので、

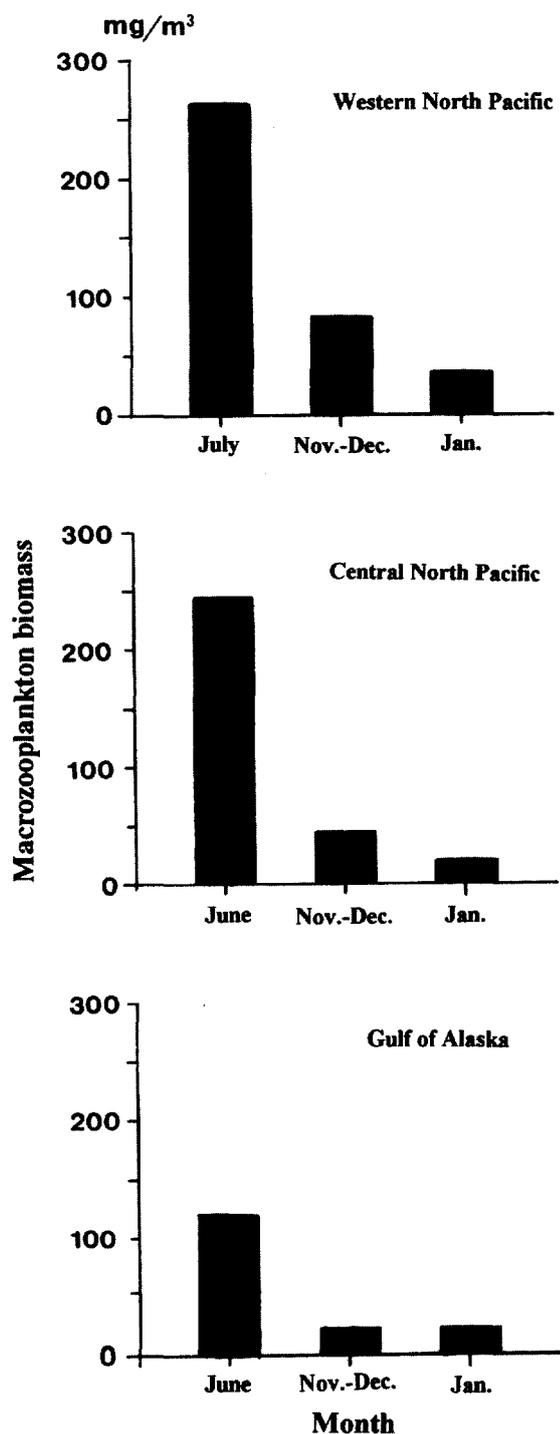


Fig. 4. Seasonal changes in macrozooplankton biomass at locations where salmonids were caught in the western (top) and central (middle) North Pacific and the Gulf of Alaska (bottom). Data on the summer macrozooplankton biomass are from Nagasawa and Ishida (1995, 1997a) for the western North Pacific (165°00'E, 42°00'N-46°00'N), Tadokoro et al. (1995) and Nagasawa and Ishida (1997b) for the central North Pacific (179°30'W, 44°30'N-49°30'N), and Parson and Lalli (1988) for the Gulf of Alaska (Station P: 145°00'W, 50°00'N).

今後はそれら餌生物の現存量にも留意して、餌生物環境からみた越冬期のさけ・ます類の生残戦略を解明する必要がある。ただし、これらの種も他のプランクトン食性の種と同様に、冬季には低水温域に分布するので、本論文で提案した「エネルギー消費量を減らすために、さけ・ます類は冬季に低水温域に生息する」という仮説に大きな修正は必要ないかも知れない。

謝 辞

冬季の厳しい気象・海洋条件のなかで調査に力を尽くされた開洋丸の後明宏美、中山覚介両船長はじめ、乗組員に深く感謝する。また、実際に動物プランクトンの採集に当たられた遠洋水産研究所の石田行正博士（現北海道区水産研究所）、上野康弘博士（現東北区水産研究所八戸支所）、塩本明弘博士、北海道さけ・ますふ化場の浦和茂彦博士（現さけ・ます資源管理センター）、カナダ漁業海洋省太平洋生物学研究所のDavid W. Welch博士とJohn F. T. Morris氏、米国ワシントン大学漁業研究所のKatherine W. Myers博士、ロシアカムチャツカ漁業海洋研究所のMaxim V. Koval氏に厚くお礼を申し上げる。遠洋水産研究所における動物プランクトンの処理は岸山八重子氏と山根紋子氏によって行われた。所内の査読者からは貴重な意見を頂いた。記して感謝する。

なお、本論文の内容は平成8年度遠洋漁業関係試験研究推進会議さけ・ます資源部会（平成9年1月14日、青森市）で報告した。

文 献

- Brett, J. R. 1964: The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **21**: 1183-1226.
- Brett, J. R., S. E. Shelbourn, and C. T. Shoop. 1969: Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **26**: 2363-2394.
- Dodimead, A. J., F. Favorite, and T. Hirano. 1963: Salmon of the North Pacific Ocean. Part II. Review of oceanography of the subarctic Pacific regions. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*, **13**: 195 p.
- Favorite, F., A. J. Dodimead, and K. Nasu. 1976: Oceanography of the subarctic Pacific region, 1960-1971. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*, **31**: 187 p.

- Fulton, J. 1973: Some aspects of the life history of *Calanus plumchrus* in the Strait of Georgia. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **30**: 811-815.
- Mackas, D. L., R. Goldblatt, and A. G. Lewis. 1998: Interdecadal variation in developmental timing of *Neocalanus plumchrus* populations at Ocean Station P in the subarctic North Pacific. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **55**: 1878-1893.
- Miller, C. B., B. W. Frost, H. P. Batchelder, M. J. Clemons, and R. E. Conway. 1984: Life histories of large, grazing copepods in a subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus*, and *Eucalanus bungii* in the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography*, **13**: 201-243.
- 元田 茂. 1957: 北太平洋標準プランクトンネットについて. 日本プランクトン研究連絡会報, No. 4: 13-15.
- 長澤和也・石田行正. 1995: 北太平洋亜寒帯水域の東経165度線における動物プランクトン現存量-I. 1994年7月の結果. さけ・ます調査報告, No. 39: 137-144. 遠洋水産研究所.
- 長澤和也・石田行正. 1997a: 北太平洋亜寒帯水域の東経165度線における動物プランクトン現存量-II. 1995年と1996年7月の結果. さけ・ます調査報告, No. 42: 84-90. 遠洋水産研究所.
- 長澤和也・石田行正. 1997b: 中部北太平洋とベーリング海の西経179度30分線における初夏の動物プランクトン現存量に関する資料-I. 1995年と1996年の結果. さけ・ます調査報告, No. 42: 77-83. 遠洋水産研究所.
- 長澤和也・上野康弘・K. W. Myers・D. W. Welch. 1994: 開洋丸による越冬さけ・ます類に関する日米加共同調査. さけ・ます調査報告, No. 37: 102-133. 遠洋水産研究所.
- Nagasawa, K., Y. Ueno, Y. Ishida, and M. V. Koval. 1997: Data on winter zooplankton biomass in the North Pacific Ocean: trans-Pacific surveys aboard the R/V *Kaiyo maru* in November-December 1992 and January 1996. *Salmon Report Series*, No. 43: 31-40. National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu.
- Parsons, T. R. and C. M. Lalli. 1988: Comparative oceanic ecology of the plankton communities of the subarctic Atlantic and Pacific Oceans. *Oceanogr. Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, **26**: 317-359.
- Sugimoto, T. and K. Tadokoro. 1997: Interannual-interdecadal variations in zooplankton biomass, chlorophyll concentration and physical environment in the subarctic Pacific and Bering Sea. *Fisheries Oceanography*, **6**: 74-93.
- 田所和明. 1997: 北太平洋亜寒帯水域におけるプランクトンおよびサケ属魚類の生産と環境要因の関係. 東京大学博士論文, 133 p.
- 田所和明・N. D. Davis・石田行正・長澤和也・杉本隆成. 1995: 1991~94年に中部北太平洋とベーリング海でノルパックネットによって採集された動物プランクトン現存量の記録. さけ・ます調査報告, No. 39: 145-151. 遠洋水産研究所.
- 高木健治. 1983: さけ・ますとアカイカの分布域の差異. 25 p. 遠洋水産研究所.
- 上野康弘・石田行正・塩本明弘・浦和茂彦・K. W. Myers・J. Morris・M. V. Koval. 1997: 1996年1月の開洋丸による越冬さけ・ます調査のまとめ. さけ・ます調査報告, No. 42: 38-59. 遠洋水産研究所.
- Ueno, Y., Y. Ishida, K. Nagasawa, and T. Watanabe. 1998: Winter distribution and migration of Pacific salmon. *Salmon Report Series*, No. 45: 59-82. National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu.
- Welch, D. W., Y. Ishida, and K. Nagasawa. 1998: Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*): long-term consequences of global warming. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **55**: 937-948.

Appendix table 1. Macrozooplankton biomass in the northern North Pacific Ocean From November 28 to December 18, 1992. The samples were collected by a vertical tow of a North Pacific standard net from 150 m to the surface.

Station No.	Date	Time	Location		Wet weight (mg/m ³)											Total	
			Lat. (N)	Long. (E/W)	EU	CO	AM	PT	AP	CH	OS	JE	SA	FI	SQ		OT
1-1	Nov.28	20:42	37°51.8'	157°28.2'E	3.0	15.9	0.5	0	0.1	1.0	0.1	1.0	0	0.3	0	0.5	22.4
1-2	Nov.29	07:24	39°34.6'	157°32.1'E	1.9	47.8	0	0	0.4	1.9	0.1	0.1	0	0	0	0.4	52.6
1-3	Nov.29	22:16	41°17.0'	157°42.2'E	16.2	90.3	2.5	0.5	0.4	11.6	1.4	1.2	0	0	0	2.2	126.3
1-4	Nov.30	08:14	42°12.9'	157°42.4'E	0.1	28.2	0	0	0.1	0.9	0.2	0.2	0	0	0	0.2	29.9
1-5	Dec.01	08:52	44°47.7'	158°03.2'E	1.9	14.0	1.4	0	0	24.4	0	0.2	0	0	0	5.5	47.4
1-6	Dec.02	07:19	45°38.4'	157°30.0'E	12.1	38.4	8.2	0	0	31.4	0	0.5	0	0	0	2.0	92.6
2-1	Dec.03	05:49	45°12.1'	163°51.0'E	7.8	75.8	5.2	0.6	0	19.6	0	0.3	0	0	0	13.0	122.3
2-2	Dec.04	12:44	44°26.7'	168°54.4'E	0.8	42.8	0.7	1.6	0.3	61.8	1.2	0.7	0	0	0	12.9	122.8
2-3	Dec.05	14:14	42°30.8'	174°50.4'E	0	11.6	0	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0.4	12.5
3-1	Dec.06	15:42	41°06.7'	179°11.4'E	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	4.2
3-2	Dec.06	06:56	41°20.5'	179°35.0'W	0	7.8	0.1	0	0	0	0	5.2	0.4	0	0	0.7	14.1
3-3	Dec.06	18:34	42°01.4'	179°16.3'W	1.0	27.9	0	0.2	0	0	0.4	0.2	0	0	0	0	29.7
3-4	Dec.07	07:10	43°51.8'	179°29.9'W	0.4	16.6	1.6	0.1	0.1	1.0	0.3	0.1	0	0	0	0.7	20.9
3-5	Dec.07	21:48	44°54.6'	179°17.3'W	4.5	29.9	0.8	0.5	0.3	5.6	0.1	0.3	0	0	0	0.1	42.1
3-6	Dec.08	08:46	46°17.6'	179°12.3'W	0.2	52.3	0.2	0.5	1.0	12.4	0.2	0.2	0	0	0	2.9	69.9
4-1	Dec.09	11:39	46°23.1'	174°29.8'W	0.1	31.4	8.2	0.1	0.1	8.2	0.1	0.1	0	0	0	3.8	52.1
4-2	Dec.10	11:25	48°23.3'	168°51.7'W	0.1	48.8	3.2	0.1	0.2	4.1	0.2	0.2	0	0	0	0.4	57.3
4-3	Dec.11	09:16	47°58.8'	164°49.1'W	0.1	31.9	0.4	0.1	0.3	5.7	0.1	0	0	0	0	1.6	40.2
4-4	Dec.13	07:39	46°56.6'	159°06.8'W	0.1	6.2	0.4	0	0	0.1	0.1	0.2	1.2	0	0	1.6	9.9
4-5	Dec.13	22:22	46°20.5'	155°04.3'W	1.1	29.8	0.5	0.9	0.1	3.1	0.2	0.5	0	0	0.2	1.4	37.8
4-6	Dec.14	17:33	45°52.0'	151°31.8'W	2.4	13.3	3.1	8.8	0.1	0.9	1.0	1.5	0	0.1	0	3.7	34.9
5-1	Dec.15	18:40	44°39.5'	146°01.5'W	4.8	16.1	3.0	5.9	0.1	2.4	3.2	5.7	0	0	0	5.6	46.8
5-2	Dec.16	07:24	45°32.0'	145°03.1'W	0.3	2.3	0.6	27.9	0.1	0.3	1.0	0.5	0	0	0	6.2	39.2
5-3	Dec.16	20:13	46°18.7'	144°56.3'W	3.2	16.4	2.4	16.8	0.1	7.2	1.0	1.5	0	0	0	1.3	49.9
5-4	Dec.17	06:58	47°18.1'	144°58.8'W	2.5	16.0	0.2	2.6	0.1	0.9	0.7	2.0	0	0	0	3.4	28.4
5-5	Dec.17	21:02	49°12.4'	145°02.2'W	0.2	24.7	2.6	0.5	0	0.4	0.4	0.7	0.7	0	0	1.2	31.4
5-6	Dec.18	09:11	51°13.4'	144°49.3'W	0.1	5.7	0.5	0	0	0.3	0.3	0.4	0	0	0	0	7.3
5-7	Dec.19	--:--	51°54.0'	144°13.6'W	Not collected												

EU: euphausiids, CO: copepods, AM: amphipods, PT: pteropods, AP: appendicularians, CH: chaetognaths, OS: ostracods, JE: jellyfishes (medusae, ctenophores), SA: salps, FI: fishes, SQ: squids, OT: others.

Appendix table 2. Macrozooplankton biomass in the northern North Pacific Ocean from January 9 to 25, 1996. The samples were collected by a vertical tow of a North Pacific standard net from 150 m to the surface.

Station No.	Date	Time	Location		Wet weight (mg/m ³)											Total	
			Lat.(N)	Long.(E/W)	EU	CO	AM	PT	AP	CH	OS	JE	SA	FI	SQ		OT
1-1	Jan.08	--:--	38°33.5'	159°55.4'E	Not collected												
1-2	Jan.09	08:15	39°59.6'	160°01.7'E	1.2	5.1	1.0	0.4	0.1	4.4	0.4	0.5	0	0	0	0.5	13.6
1-3	Jan.10	04:30	41°31.9'	159°58.2'E	1.0	10.3	0.3	0.6	0.1	2.5	0.4	0.6	0	0	0	2.5	18.3
1-4	Jan.10	15:28	42°58.2'	159°56.6'E	7.3	20.5	1.6	0.5	0.4	5.4	1.0	2.0	0	0	1.6	2.0	42.3
1-5	Jan.11	04:40	44°31.3'	159°59.8'E	3.8	20.6	2.4	0.3	1.1	14.0	1.4	2.4	0	0	0	1.8	47.8
1-6	Jan.11	16:09	45°58.2'	160°00.2'E	3.2	10.6	1.7	0.1	0.3	8.9	0.3	5.2	0	0	0	1.9	32.2
2-1	Jan.12	08:38	44°58.9'	165°03.3'E	0.1	15.5	0.6	0.2	0.2	6.6	0.5	0.8	0	0	0	1.3	25.8
2-2	Jan.13	04:33	43°59.7'	170°00.4'E	0.6	29.7	0.3	0.1	0.1	0.5	0.2	0.3	0	0	0	0.7	32.5
2-3	Jan.14	05:45	41°59.7'	176°27.9'E	0.5	10.5	0	0.3	0	0.7	0	0.2	1.1	0	0	0.1	13.4
3-1	Jan.17	07:34	41°29.9'	167°59.7'W	0.2	0.3	0.1	0.9	0	0.3	0	0	0	0	0.1	0.4	2.3
3-2	Jan.17	18:12	42°54.5'	168°00.8'W	0.6	11.3	0.3	1.8	0.1	3.4	0.3	0.3	0	0	0	0.9	19.0
3-3	Jan.18	05:06	44°30.1'	168°04.2'W	1.6	14.5	0.4	1.1	0.1	1.4	0.3	0.6	0	0	0	2.5	22.5
3-4	Jan.18	16:33	45°57.8'	168°06.0'W	3.7	8.1	0.5	1.5	0	0.9	0.4	0.4	0	0	0	0.6	16.1
3-5	Jan.19	07:56	47°29.8'	168°09.1'W	0.2	17.0	0	0.4	0	2.1	0.7	1.7	0	0	0	1.1	23.2
3-6	Jan.19	15:57	48°57.9'	168°06.6'W	0.6	13.0	0	0.4	0.2	5.1	0.8	5.5	0	0	0	3.3	28.9
4-1	Jan.20	09:20	49°59.7'	162°56.6'W	0	10.5	0	0.3	0	3.3	0.3	0.5	0	0	0	2.4	17.3
4-2	Jan.21	09:30	51°39.0'	154°37.0'W	0	5.0	0	0.2	0	2.2	0.2	0.7	0	0	0	0.2	8.5
4-3	Jan.22	14:40	54°21.0'	148°11.5'W	0	3.7	0	0.1	0	0.5	0.4	2.3	0	0	0	2.3	9.3
5-1	Jan.23	07:48	55°47.2'	145°03.9'W	0	3.9	0	0.2	0.1	1.4	0.3	7.3	0	0	0	0.8	14.0
5-2	Jan.23	17:58	54°36.4'	145°11.0'W	0.9	8.6	0.2	0.2	0.1	2.5	0.5	8.2	0	0	0	2.5	23.7
5-3	Jan.24	05:54	53°00.3'	145°00.0'W	4.5	11.6	1.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.2	5.2	0	0	0.5	24.3
5-4	Jan.24	18:22	51°32.8'	145°09.4'W	4.7	10.5	0.6	0.1	0.2	0.9	0.4	2.7	0	0	0	2.5	22.6
5-5	Jan.25	08:41	50°04.4'	144°58.8'W	0	4.4	0.4	0.5	0.2	0.5	0.5	3.7	0	0	0	0.9	11.1
5-6	Jan.25	18:37	48°29.0'	144°47.6'W	1.2	7.1	1.2	6.8	0	5.5	0.8	3.3	0	0	0	0.3	26.2

EU: euphausiids, CO: copepods, AM: amphipods, PT: pteropods, AP: appendicularians, CH: chaetognaths, OS: ostracods, JE: jellyfishes (medusae, ctenophores), SA: salps, FI: fishes, SQ: squids, OT: others.