

Fig.5.1

The general view of *Pulvia nutica* (Reeve) and terminology of shell . A. Outside of left valve. B. Inside of right valve.

C. Dorsal view of shell. Li:Lunule. Ln:Lunule. Es:Escutcheon. EGR:External Growth Ring. PL:Pallial line. AAM:Anterior Adductor Muscle. PPM:Posterior Adductor Muscle.

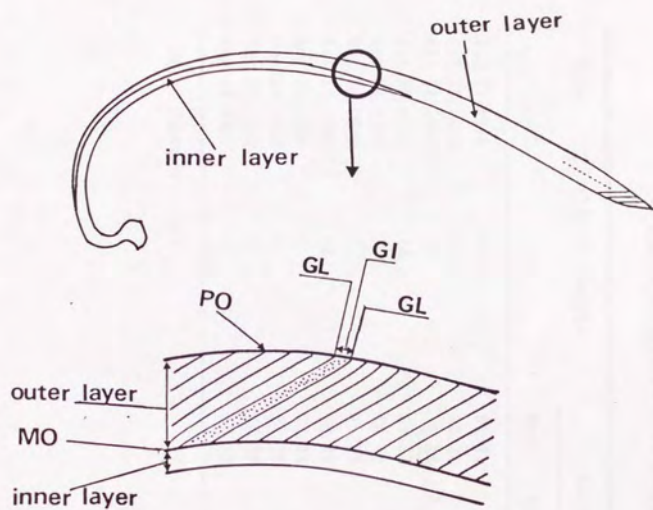


Fig.5.2 Cross-section along the maximum growth axis with structural details.
 MO: Myostracum. PO: Periostracum.
 GL: Growth Line. GI: Growth Increment.

Table 5.1 Materials for shell growth increment analysis
of Pulvia mutica(Reeve) in Tokyo Bay.

Date	Number of Samples	Shell Height (mm)		
		Mean	Minimum	Maximum
Jun. 16, 1988	30	62.91	35.35	78.00
Apr. 26, 1989	23	68.25	50.20	80.60
May. 24, 1989	12	71.83	63.70	79.40
Jun. 30, 1989	12	67.21	60.40	80.00
Sep. 26, 1989	5	28.44	17.80	34.70
Oct. 28, 1989	3	15.33	14.50	16.50
Oct. 31, 1990	14	30.72	19.30	35.80
Nov. 23, 1990	9	36.08	32.40	41.10
Dec. 24, 1990	3	29.20	26.20	32.50
Jan. 20, 1991	9	48.37	36.00	57.90
Mar. 13, 1991	9	60.32	47.90	76.60
Total Numbers	129			

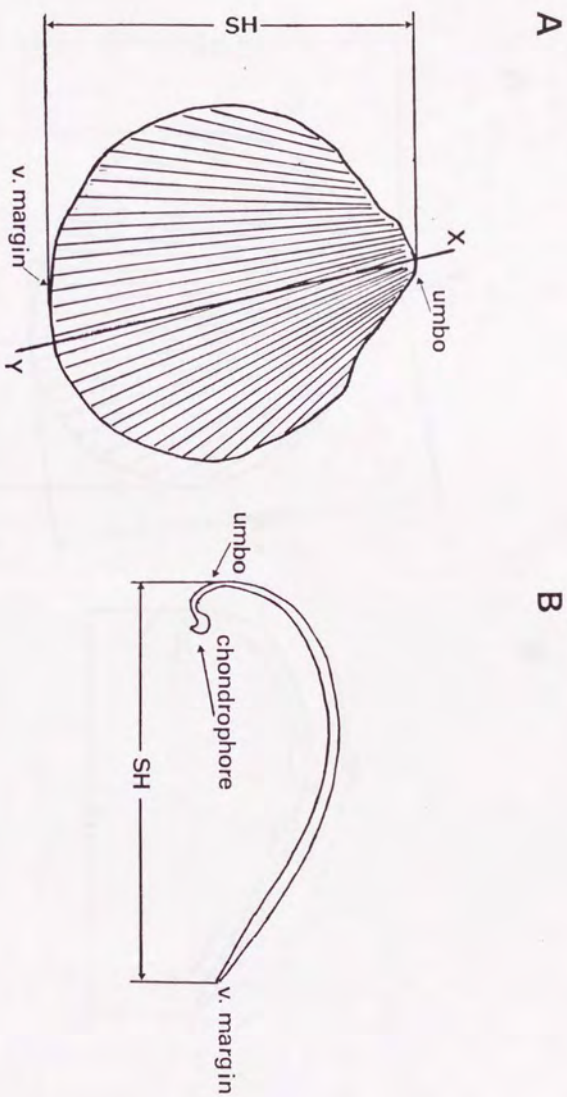


Fig.5.3 A. External view showing orientation of a cut along the maximum growth axis(X-Y). B. Polished radial cross-section of shell.

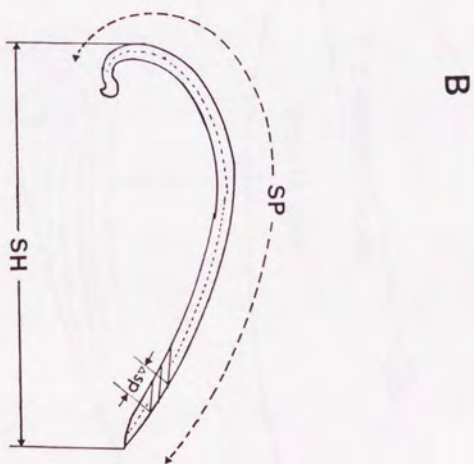
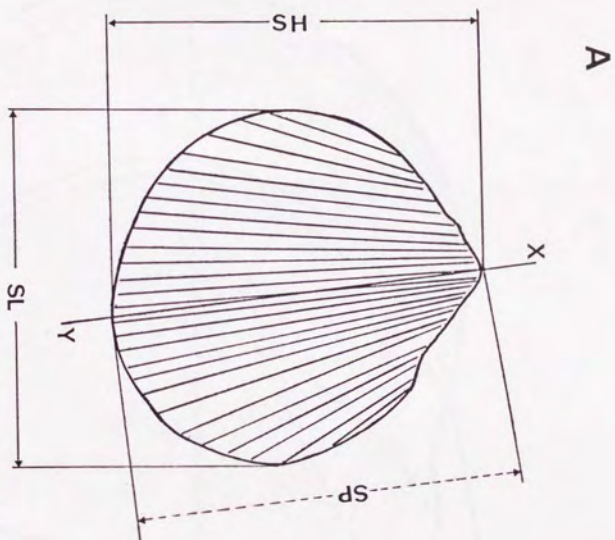


Fig.5.4

Diagram to show the method of measurement of growth increment.
Note only three lines are drawn for clarity in this diagram.
SP: Shell outer premeier.

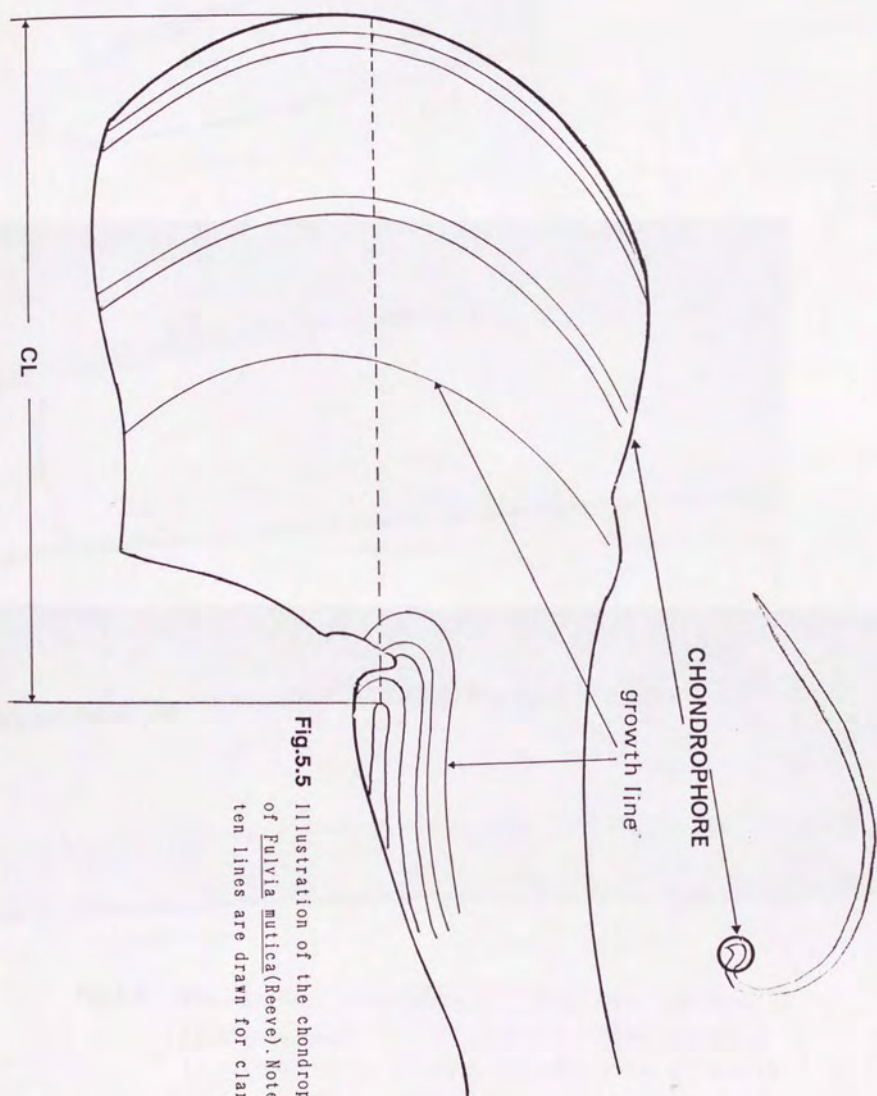


Fig.5.5 Illustration of the chondrophore of *Pulvia mutica* (Reeve). Note only ten lines are drawn for clarity.

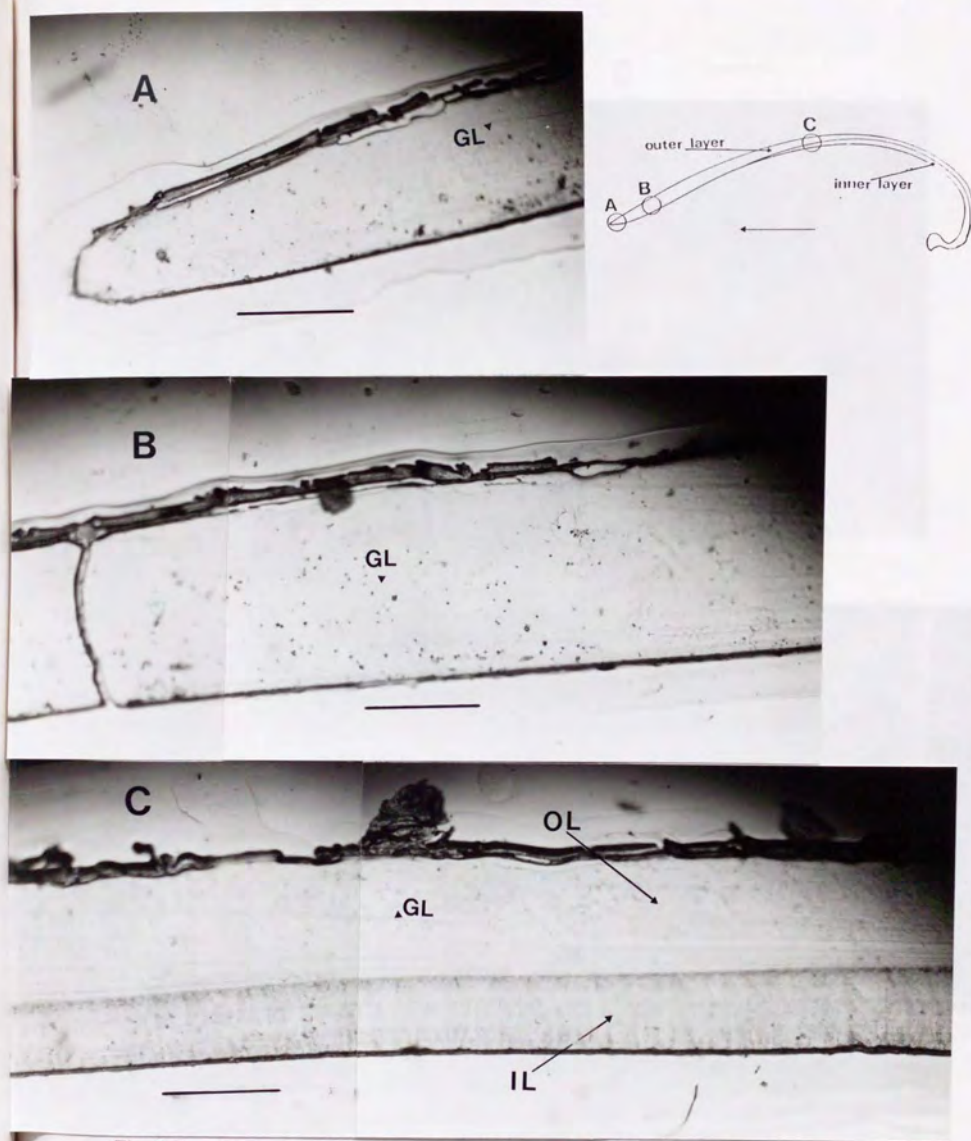


Fig.5.6 Photographs of acetate peels from shell sections of *Fulvia mutica* (Reeve) to show the growth lines (GL) in various parts of shell. The direction of growth is from right to left. ALL scale bars = 500 μ m. IL: Inner Layer. OL: Outer Layer.

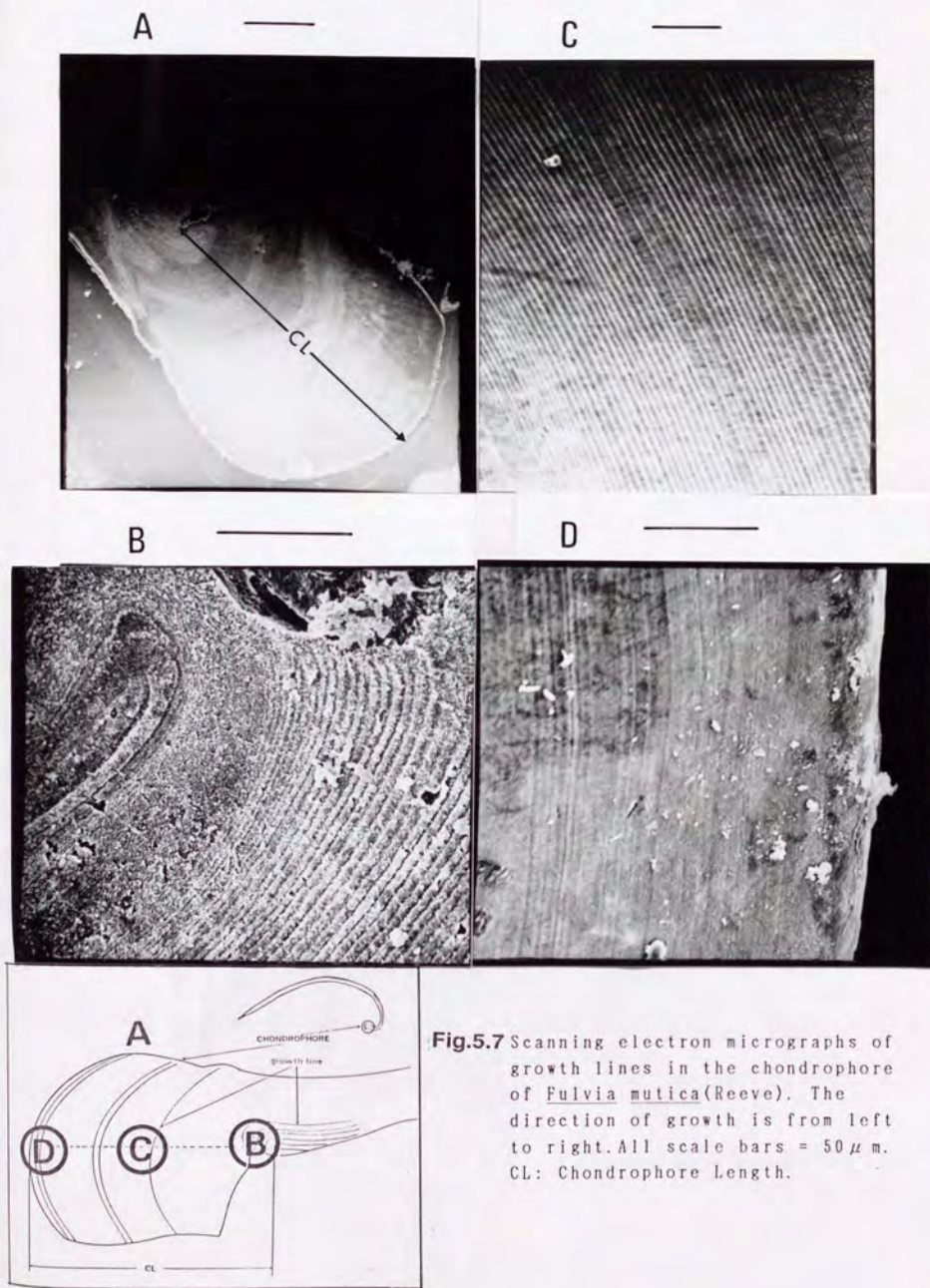


Fig.5.7 Scanning electron micrographs of growth lines in the chondrophore of *Fulvia mutica* (Reeve). The direction of growth is from left to right. All scale bars = $50\mu\text{m}$. CL: Chondrophore Length.

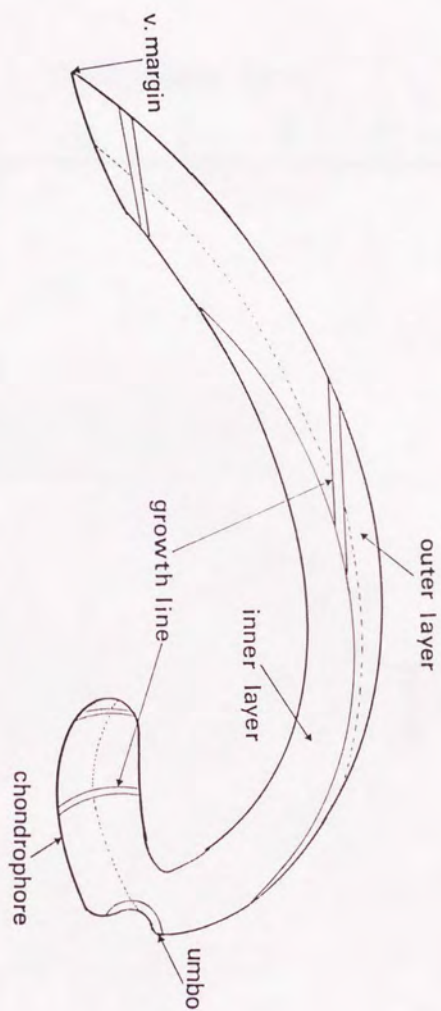


Fig.5.8 illustration of of shell with structural details to show the relationships between the growth lines of shell and chondrophore. Note that shell are not in proportion to chondrophore and for clarity only five lines are shown .

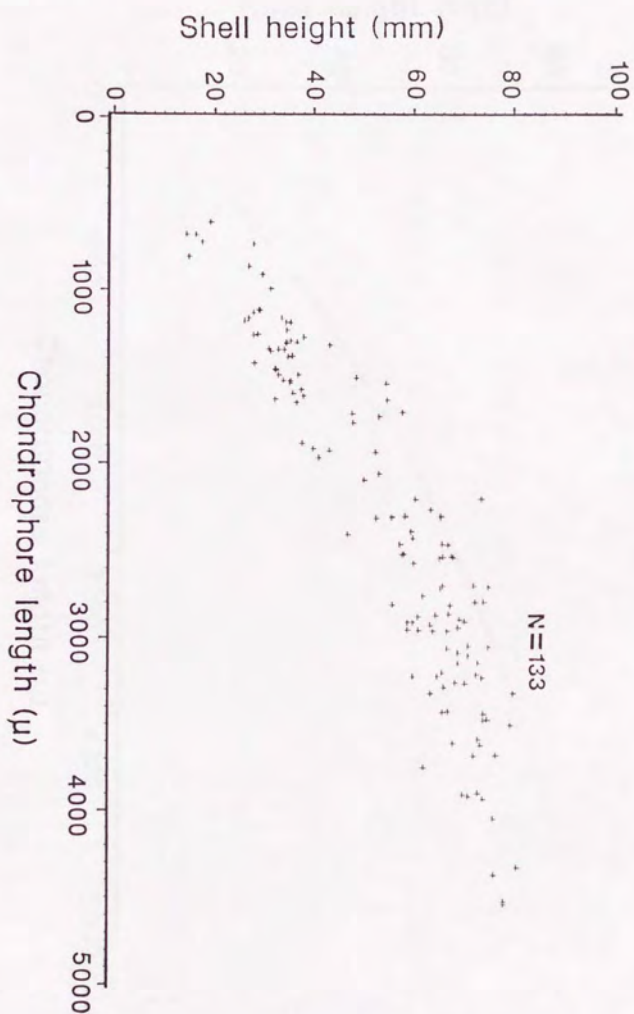


Fig.5.9 Relationship between chondrophore length and shell height
for Pulvia mutica(Reeve) in Tokyo Bay.

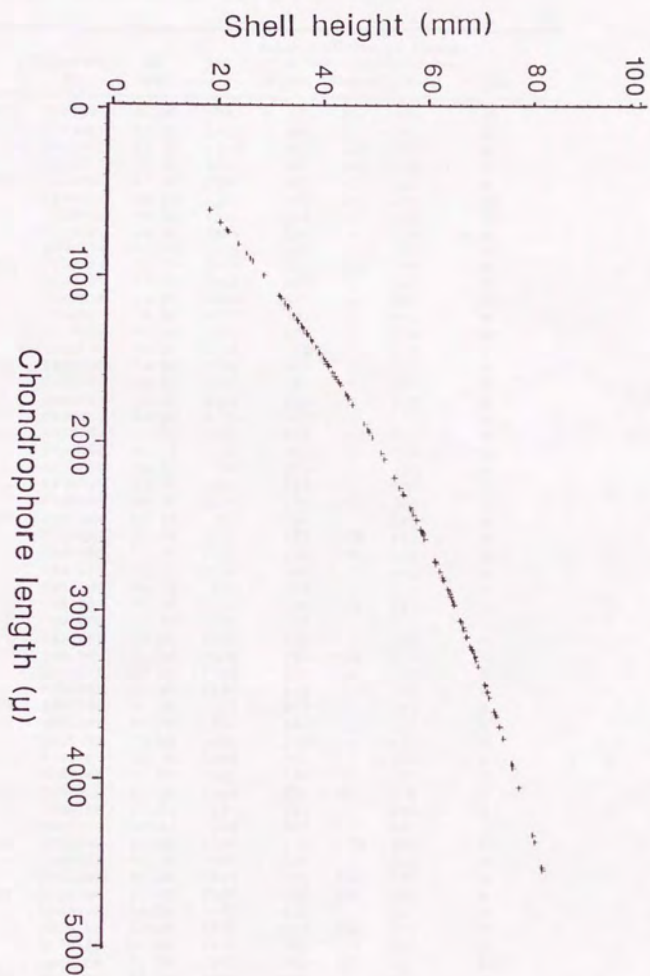


Fig.5.10 Relationship between chondrophore length and shell height
estimated from Fig.5.9 for Pulvia nutica(Reeve) in Tokyo Bay.

Table 5.2 Results of growth increment measurement of *Fulvia mutica* (Reeve).
SH: Shell Height, CL: Chondrophore Length, EGR: External Growth
Ring (N: No Ring, B1: One Ring, B2: Two Rings).

Date	Specimen No.	SH (mm)	CL (μ m)	Number of Growth Lines			EGR
				First	Second	Mean	
Jun. 16, 1989	C880601	72.00	2701	435	431	433	N
	C880614	67.00	2467	403	-	403	N
	C880672	56.00	2912	429	324	376	N
	C880679	74.00	3491	447	292	420	N
Apr. 26, 1989	C890406	67.20	2989	403	419	411	N
	C890410	60.00	3230	420	426	423	B1
	C890429	80.60	4335	595	-	595	B1
	C890436	60.60	2211	292	-	292	N
May. 24, 1989	C890456	66.20	3292	463	-	463	P1
	C890502	74.70	3270	374	274	374	N
	C890503	73.40	2912	523	-	523	B1
	C890510	76.40	3902	629	-	629	B2
	C890511	70.90	2919	404	-	404	N
	C890512	79.40	3695	560	-	560	B1
	C890520	69.90	2545	373	-	373	N
	C890522	70.00	2704	379	-	379	N
	C890524	63.70	2915	401	-	401	N
	C890531	77.80	3935	522	-	522	N
Jun. 30, 1989	C890532	68.00	3329	457	-	457	B1
	C890604	71.40	3067	512	-	512	N
	C890612	62.10	2307	327	-	327	N
	C890632	69.50	2309	376	-	376	N
	C890633	80.00	4051	529	-	529	B1
	C890642	62.00	2519	436	423	430	N
Oct. 31, 1990	C901000	26.30	997	101	-	101	N
	C901001	35.40	1529	176	170	173	N
	C901002	34.60	1386	186	191	189	N
	C901005	33.60	1169	169	-	169	N
	C901006	29.70	912	119	-	119	N
	C901007	34.10	1351	195	175	180	N
	C901008	34.70	1236	171	-	171	N
	C901009	35.80	1396	169	-	169	N
	C901011	31.50	1360	199	176	183	N
	C901015	27.90	1136	145	-	145	N
	C901016	27.00	1166	149	-	149	N
	C901101	41.10	1971	249	-	249	N
Nov. 23, 1990	C901102	36.70	1654	194	214	199	N
	C901103	37.00	1496	215	-	215	N
	C901104	32.40	1460	162	-	162	N
	C901105	35.00	1394	195	-	195	N
	C901106	33.00	1496	221	217	219	N
	C901108	37.60	1591	249	-	249	N
	C901112	39.41	1890	239	-	239	N
	C901202	26.20	1124	179	173	176	N
Dec. 24, 1990	C901203	32.50	1467	214	-	214	N
	C901204	28.90	1261	165	169	167	N
	C910101	57.90	2523	305	308	306	N
	C910116	36.00	1601	210	-	210	N
Jan. 20, 1991	C910121	43.30	1929	227	200	214	N
	C910122	39.80	1617	197	190	194	N
	C910126	53.20	2064	222	222	222	N
	C910301	73.60	2209	276	-	276	N
Mar. 13, 1991	C910302	66.00	2536	375	-	375	N
	C910304	63.60	2271	315	-	315	N

Total Numbers 54

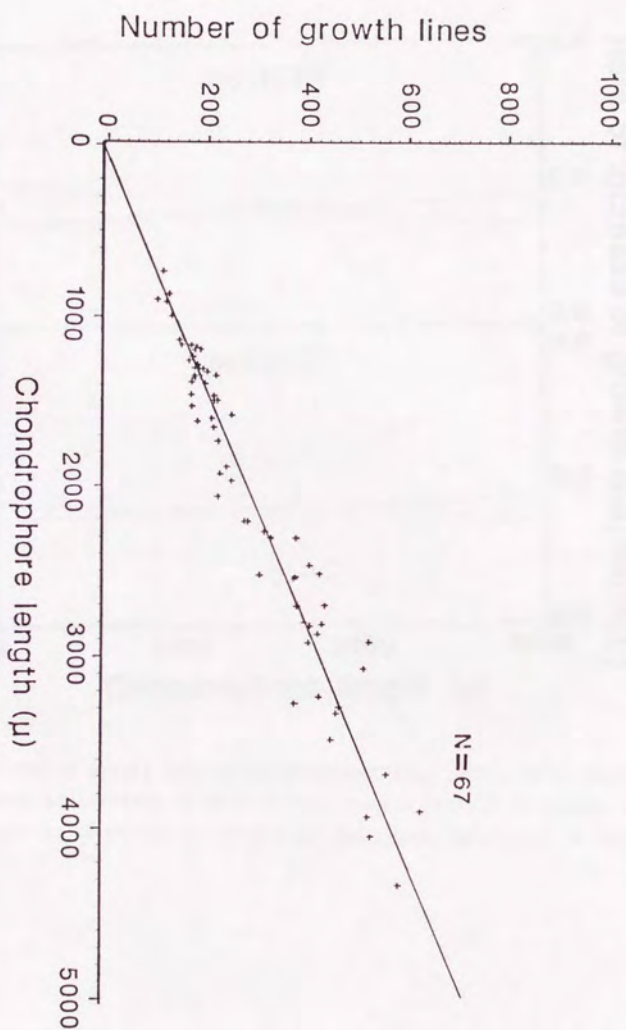


Fig.5.11 Relationship between chondrophore length and number of growth lines for Fulvia mutica(Reeve) in Tokyo Bay.

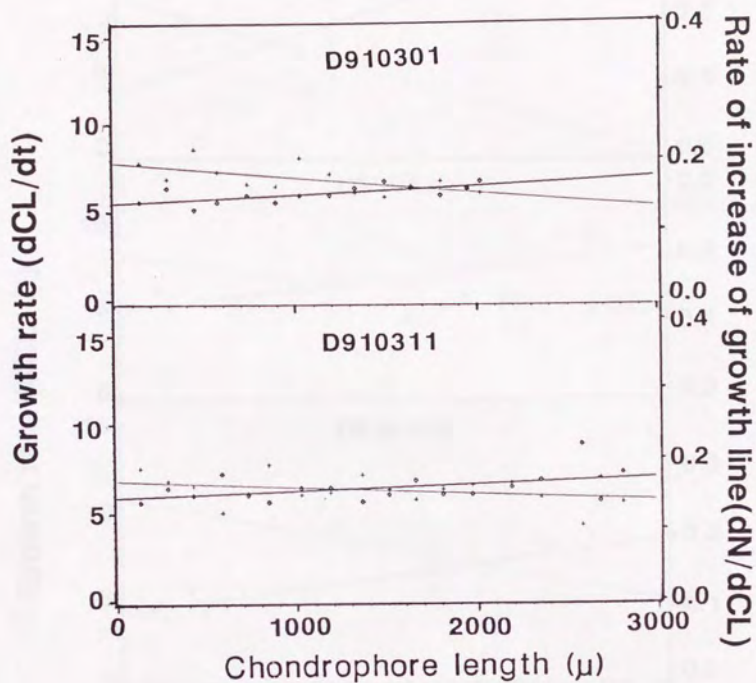


Fig.5.12 Plots of growth rate of condrophore('plus', dCL/t in μ/day) and rate of increase of growth line('square', dN/dCL in number/ μ) against chondrophore length for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay.

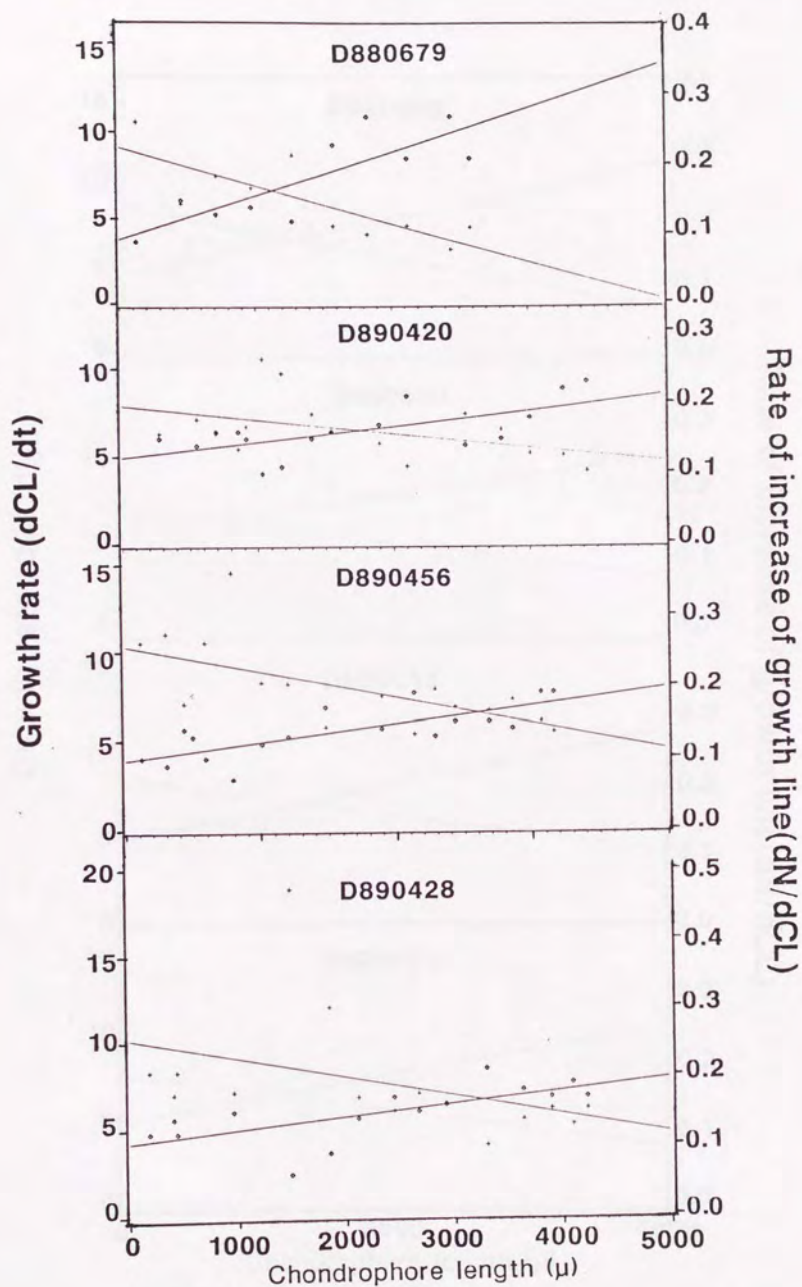


Fig.5.12 Continued

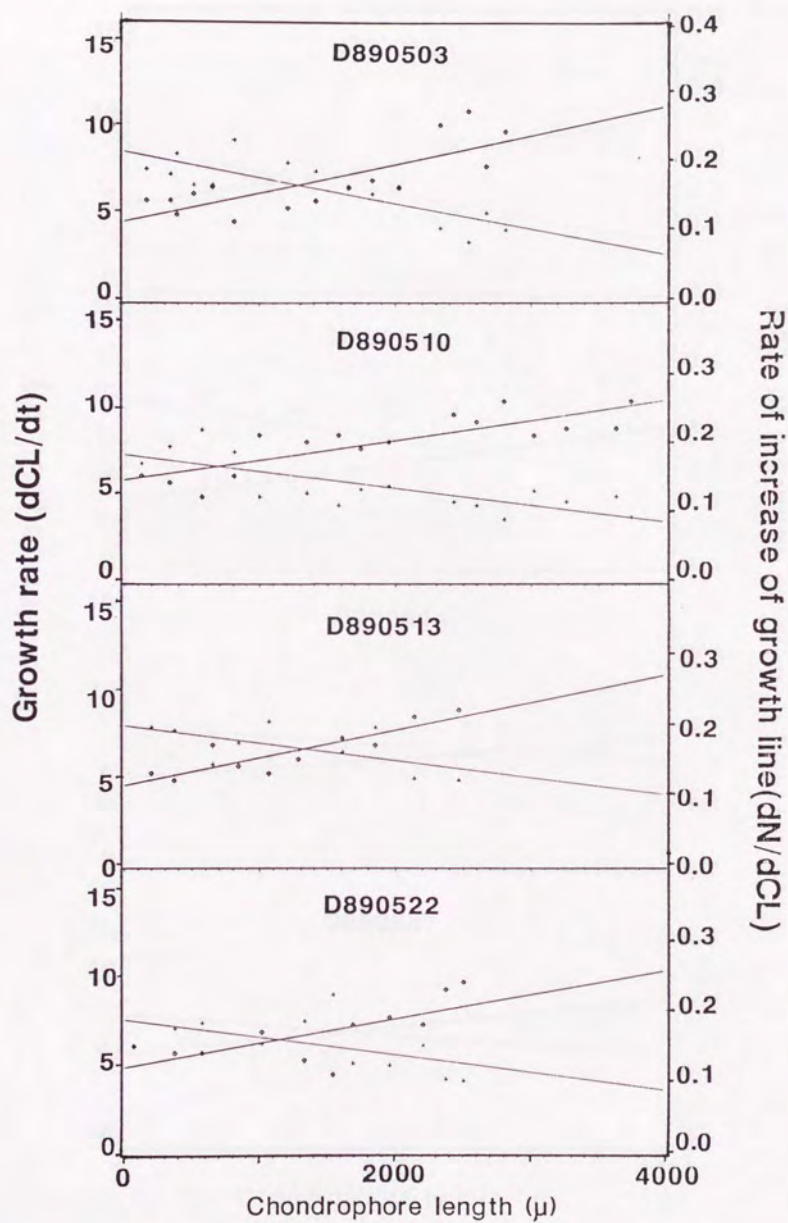


Fig.5.12 Continued

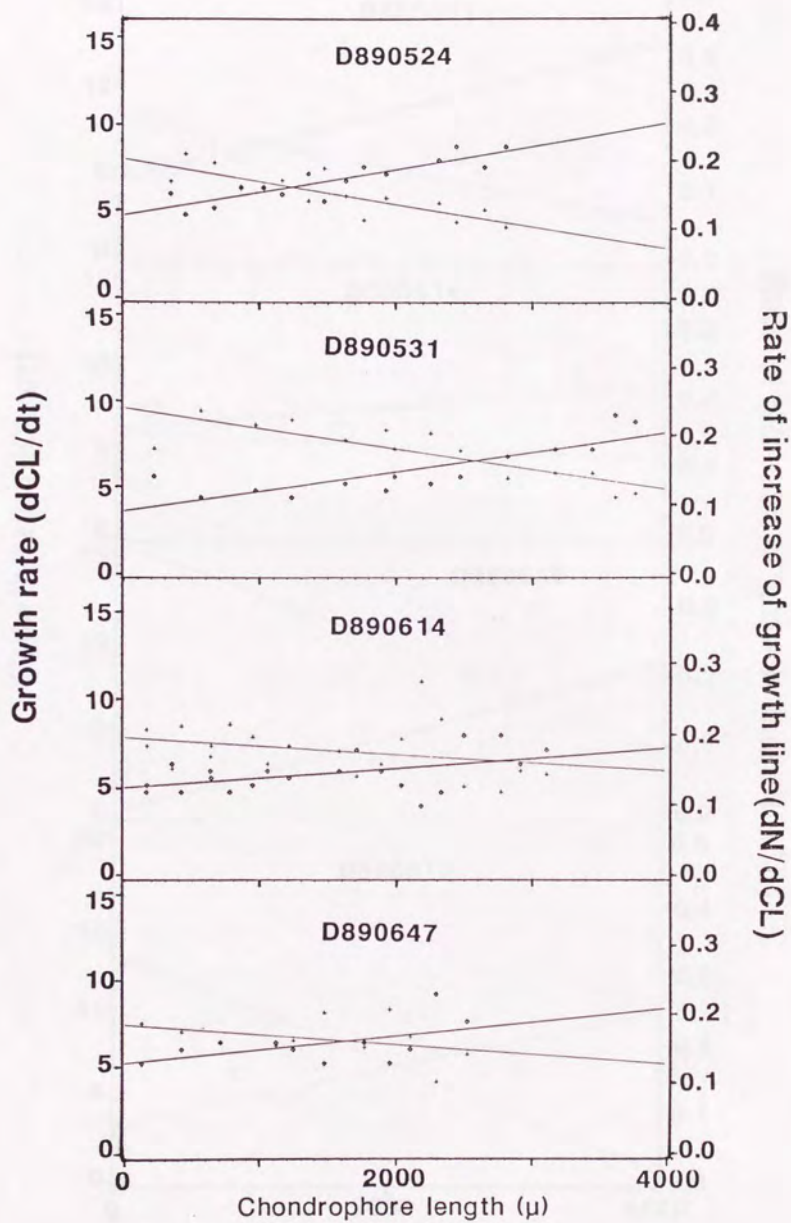


Fig.5.12 Continued

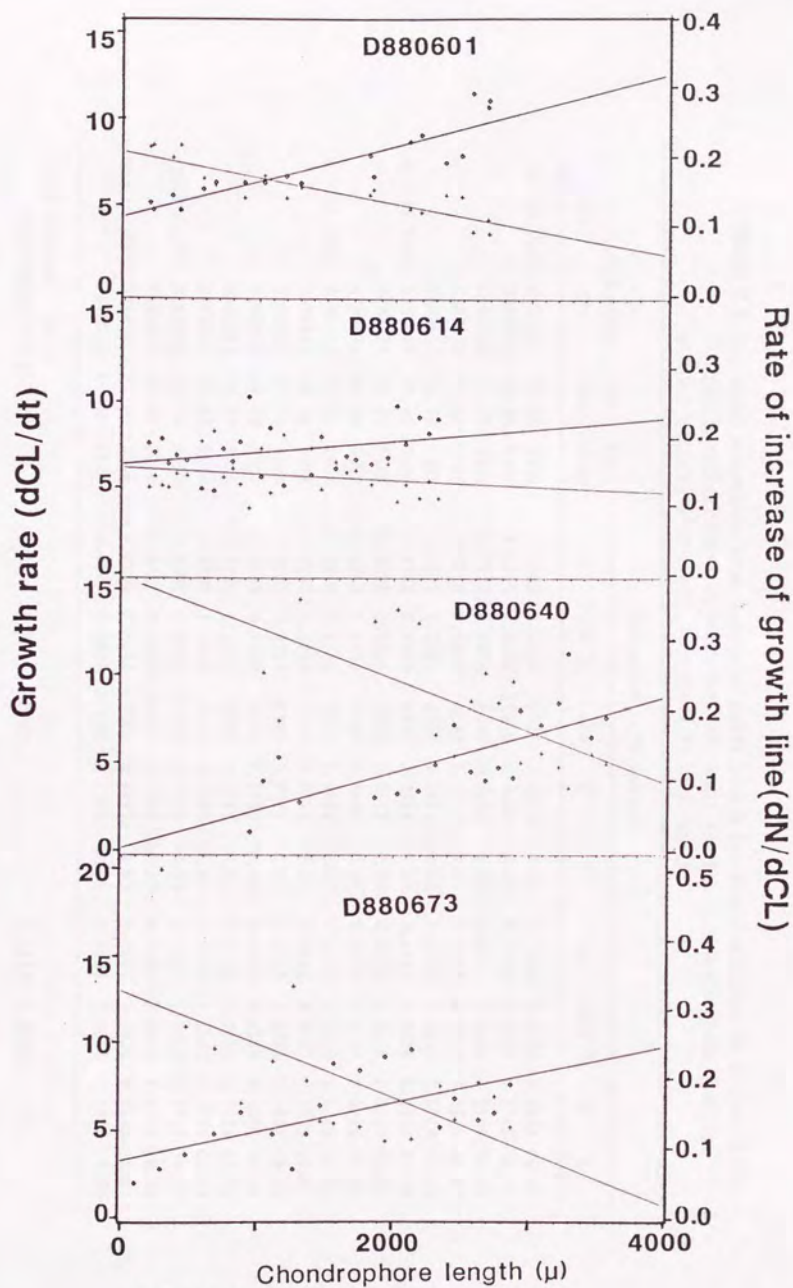


Fig.5.12 Continued

Table 5.3 Estimated parameters from models of shell growth increment (equations (5.4) and (5.5)) for *Fulvia mutica* (Reeve) in Tokyo Bay. SH: Shell Height. CL: chondrophore length. a, b, u, v: regression constant. R: regression coefficient.

Date	Specimen No.	SH (mm)	CL (μ m)	Estimated Parameters							
				a	b (10^{-3})	a/b	R ²	P	u	v ($\times 10^{-3}$)	R ² P
Jun. 16, 1988	D880601	72.00	2701	8.1107	1.4624	5546	0.7680	<0.01	0.1106	5.1624	0.8099 <0.01
	D880614	66.94	2467	6.1522	0.3492	17618	0.0420	>0.05	0.1590	1.7285	0.1145 >0.05
	D880640	73.00	3594	23.7722	5.7974	4100	0.4269	<0.01	0.0046	5.3440	0.5179 <0.01
	D880673	56.00	2812	13.0119	3.0669	4243	0.4023	<0.01	0.0819	4.0910	0.3911 <0.01
Apr. 26, 1989	D880679	74.00	3481	9.0871	2.2224	4089	0.6474	<0.01	0.0339	6.2433	0.6719 <0.01
	D890420	73.40	3526	7.8766	0.8009	9835	0.2260	>0.05	0.1231	2.2184	0.4118 <0.05
	D890428	80.60	4335	10.1391	1.0830	9362	0.1739	>0.05	0.1059	1.8228	0.4249 <0.01
	D890456	66.20	3292	10.3062	1.4739	6993	0.4090	<0.01	0.0878	2.4782	0.5433 <0.01
May. 24, 1989	D890503	73.40	2912	8.4148	1.4785	5691	0.6496	<0.01	0.1093	4.1648	0.6249 <0.01
	D890510	76.40	3902	7.2162	0.9669	7463	0.5774	<0.01	0.1438	2.9357	0.6831 <0.01
	D890513	79.40	3585	7.8621	0.9717	8091	0.3728	>0.05	0.1129	3.9364	0.7639 <0.05
	D890522	70.00	2704	7.4699	0.9902	7544	0.2350	>0.05	0.1206	3.4130	0.4854 <0.01
Jun. 30, 1989	D890624	63.70	2915	7.9968	1.2855	6221	0.6657	<0.01	0.1193	3.3753	0.7744 <0.01
	D890531	77.80	3935	9.5673	1.1760	8136	0.7061	<0.01	0.0901	2.8549	0.7024 <0.05
	D890614	66.10	3400	7.8592	0.4692	16750	0.0926	>0.05	0.1262	1.3825	0.2347 >0.05
	D890647	66.20	2763	7.4322	0.5826	12757	0.1530	>0.05	0.1301	1.9635	0.2705 <0.05
Mar. 13, 1991	D910301	73.60	2209	7.8266	0.8274	9459	0.4093	<0.05	0.1380	1.2739	0.4466 >0.05
	D910311	69.40	2965	6.8143	0.3857	17667	0.1504	>0.05	0.1464	0.9024	0.1513 >0.05
Total Numbers 18				10.5309	1.9757	5330			0.1119	3.3798	
Mean (where P < 0.05)											

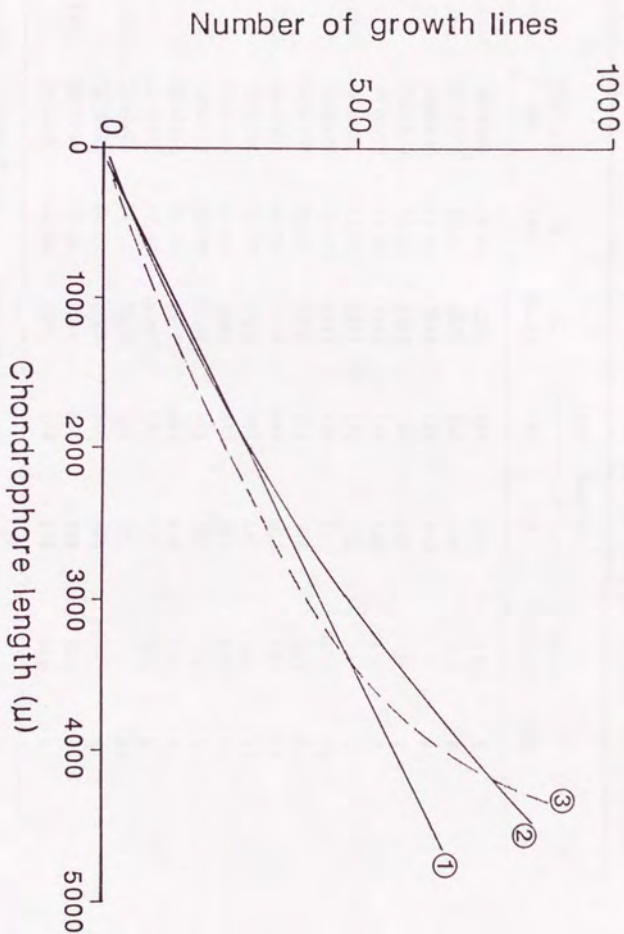


Fig.5.13 Comparison of relationships between chondrophore length and number of growth lines for *Fulvia mulica*(Reeve) in Tokyo Bay.
 ①: equation (5.8). ②: equation (5.12). ③: equation (5.11).

Table 5.4 Number of growth lines estimated from equations (5.6) and (5.8). SH: Shell Height.

CL: Chondrophore Length. EGR: External Growth Ring(N: No Ring. B1: One Ring. B2: Two Rings)

Date	Specimen No.	SH (mm)	CL (μ m)	Line Numbers		Real Numbers	EGR
				LN1	LN2		
Jun. 16, 1988	D880601	72.00	2701	487	381	433	N
	D880614	66.94	2467	445	347	403	N
	D880640	73.00	3594	362	510	-	B2
	D880673	56.00	2812	392	397	376	N
Apr. 26, 1989	D880679	74.00	3481	705	494	420	N
	D890420	73.40	3626	592	515	-	N
	D890428	80.60	4335	630	617	>585	B1
	D890456	66.20	3292	456	466	463	B1
May. 24, 1989	D890503	73.40	2912	495	411	523	B1
	D890510	76.40	3902	785	555	629	B2
	D890513	79.40	3685	683	523	560	B2
	D890522	70.00	2704	451	381	379	N
Jun. 30, 1989	D890524	63.70	2915	491	412	401	N
	D890531	77.80	3935	576	559	522	N
	D890614	66.10	3400	509	482	-	B1
	D890647	66.20	2763	434	390	-	N
Mar. 13, 1991	D910301	73.60	2209	336	309	276	N
	D910311	69.40	2965	474	419	315	N

$$LN1 = u*CL + 1/2*v*CL^2 \quad \text{Equation (5.6)}$$

$$LN2 = 0.14475*CL - 10.2562 \quad \text{Equation (5.8)}$$

Table 5.5 Comparison of growth rates of Fulvia mutica(Reeve)
estimated from size-frequency analysis, growth
increment analysis and external growth ring
determination in Tokyo Bay. K and SL_{∞} show
estimated von Bertalanffy constant.

Method	Shell Length in mm			von Bertalanffy P.	
	One year	Two years	Three years	K (/year)	SL_{∞}
Size-Frequency	59.69	82.66	91.26	0.9816	96.42
Growth Increment	61.87	89.09	103.99	0.7461	113.63
Ext.Growth Ring	66.10	73.59	77.62	-	-

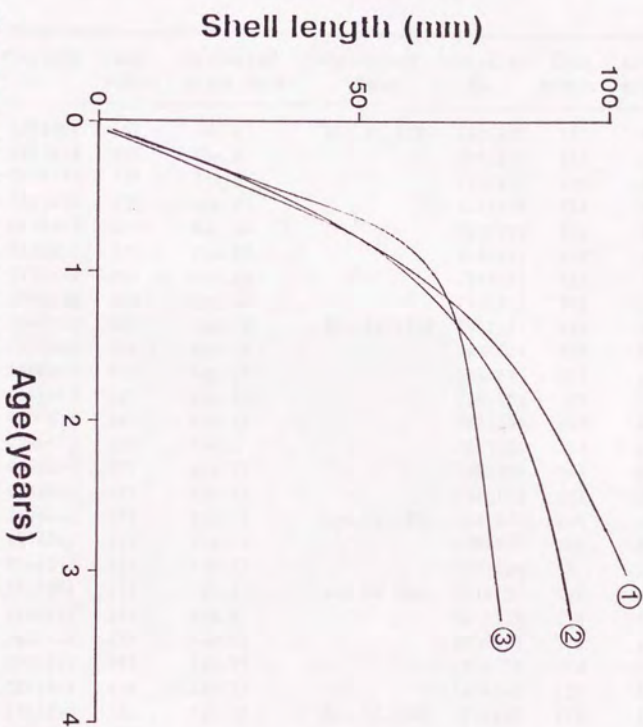


Fig.5.14 Comparison of the growth curves of Fulvia mutica(Reeve) estimated from growth increment analysis(①), length frequency distribution analysis(②) and external growth ring determination(③) in Tokyo Bay.

Table 5.6 Birth date of *Fulvia mutica*(Reeve) estimated from growth increment analysis in Tokyo Bay.

Collected Date	Specimen No.	Line Number	Estimated Birth Date	Collected Date	Specimen No.	Line Number	Estimated Birth Date
Jun. 16, 1988	C880601	433	Apr. 8	Oct. 31, 1990	C901005	168	May 13
	C880614	403	May 8		C901006	119	Jul. 1
	C880673	376	Jun. 5		C901007	180	Apr. 31
	C880679	420	Apr. 21		C901008	171	May 10
Apr. 26, 1989	C890406	411	Mar. 10		C901009	169	May 12
	C890410	423	Feb. 28		C901011	183	Apr. 28
	C890428	585	Sep. 16		C901015	145	Jun. 6
	C890436	282	Jul. 14		C901016	149	Jun. 2
	C890456	463	Jan. 18	Nov. 23, 1990	C901101	249	Mar. 14
May. 24, 1989	C890502	374	May 15		C901102	199	May 4
	C890503	523	Dec. 16		C901103	215	Apr. 18
	C890510	629	Aug. 30		C901104	168	Jun. 5
	C890511	404	Apr. 15		C901105	195	May 18
	C890513	560	Nov. 9		C901106	219	Apr. 14
	C890520	373	May 16		C901108	249	Mar. 14
	C890522	379	May 10		C901112	238	Mar. 25
	C890524	401	Apr. 18	Dec. 24, 1990	C901202	176	Jun. 28
	C890531	522	Dec. 17		C901203	214	May 20
	C890533	457	Feb. 22		C901204	167	Jul. 7
Jun. 30, 1989	C890604	512	Feb. 2	Jan. 20, 1991	C910101	306	Mar. 14
	C890612	327	Aug. 2		C910116	210	Jun. 20
	C890632	376	Jun. 19		C910121	214	Jun. 16
	C890633	528	Jan. 17		C910122	184	Jul. 16
	C890642	430	Apr. 25		C910126	222	Jun. 8
Oct. 31, 1990	C901000	101	Jul. 20	Mar. 13, 1991	C910301	276	Jun. 7
	C901001	173	May 8		C910302	375	Mar. 3
	C901002	189	Apr. 22		C910304	315	Apr. 28

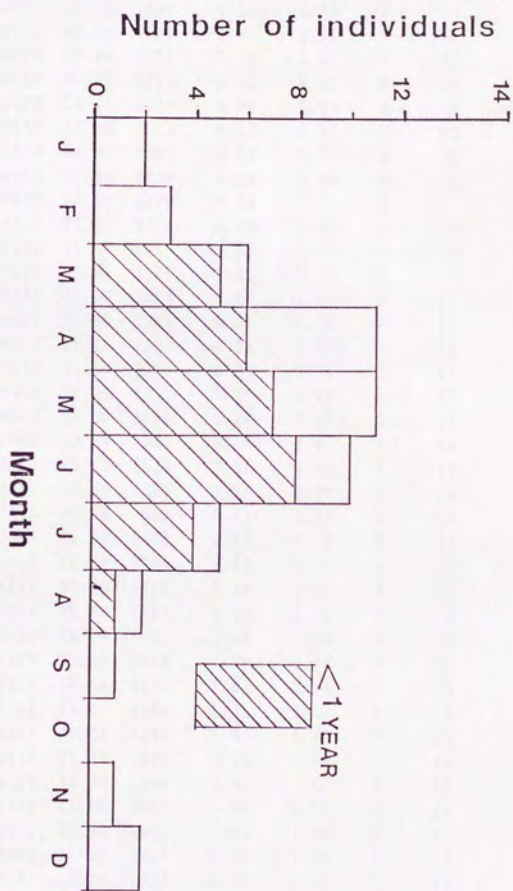


Fig.5.15 Birth date of Fulvia nutica(Reeve) estimated from growth increment analysis in Tokyo Bay(also see Table 5.6 for details).

Table 5.7 Growth increment width(=daily growth rate) of *Fulvia mutica* (Reeve) in Tokyo Bay. SH:Shell Height.CL:Chondrophore Length.

Date	Specimen No.	SH (mm)	CL (μ m)	Growth Increment Width(μ m)			
				Mean	SD	Minimum	Maximum
Apr. 26, 1989	C890406	67.20	2868	7.31	1.72	3	14
	C890410	60.00	3230	6.87	1.55	3	15
	C890428	80.60	4335	6.18	1.77	3	12
	C890436	60.60	2211	6.52	1.33	3	10
May. 24, 1989	C890502	74.70	3270	7.60	1.89	3	13
	C890503	73.40	2912	6.12	1.74	2	12
	C890510	76.40	3902	6.08	1.71	2	12
	C890511	70.90	2818	7.26	1.78	3	13
	C890520	68.90	2545	6.38	-	3	-
	C890522	70.00	2704	6.56	1.70	3	12
	C890524	63.70	2915	6.95	1.56	3	13
	C890531	77.80	3935	7.45	1.75	3	15
	C890533	68.00	3328	6.82	1.47	3	11
Jun. 30, 1989	C890604	71.40	3067	6.11	1.46	3	11
	C890612	62.10	2307	6.31	1.58	3	12
	C890632	69.50	2308	6.27	1.71	2	11
	C890633	80.00	4051	7.79	2.18	4	18
	C890642	62.00	2518	6.78	1.64	3	12
Oct. 31, 1990	C901000	26.30	897	8.18	2.21	-	19
	C901001	35.40	1529	7.10	1.89	3	14
	C901002	34.60	1386	7.15	2.48	2	14
	C901006	29.70	912	7.81	2.21	4	14
	C901009	35.80	1386	6.77	1.70	3	13
	C901011	31.50	1360	7.40	1.71	4	13
	C901015	27.90	1136	6.50	1.66	3	10
	C901016	27.00	1166	6.62	1.86	3	13
	C901102	36.70	1654	7.34	1.82	4	12
Nov. 23, 1990	C901103	37.00	1496	7.10	1.66	3	13
	C901105	35.00	1394	7.44	1.54	3	12
	C901106	33.00	1496	6.83	1.55	4	12
	C901108	37.60	1581	5.96	1.45	3	10
	C901112	39.41	1880	6.52	1.52	3	13
	C901202	26.20	1184	6.91	1.42	4	11
	C901203	32.50	1467	7.36	1.76	3	13
Dec. 24, 1990	C901204	28.90	1261	7.03	1.58	3	12
	C910101	57.90	2523	7.22	1.65	3	13
	C910121	43.30	1929	6.55	1.46	3	11
	C910122	38.80	1617	6.94	2.39	3	16
Jan. 20, 1991	C910126	53.20	2064	7.59	1.88	3	14
	C910301	73.60	2209	7.69	1.64	2	14
	C910302	66.00	2536	6.90	3.26	3	14
Mar. 13, 1991							

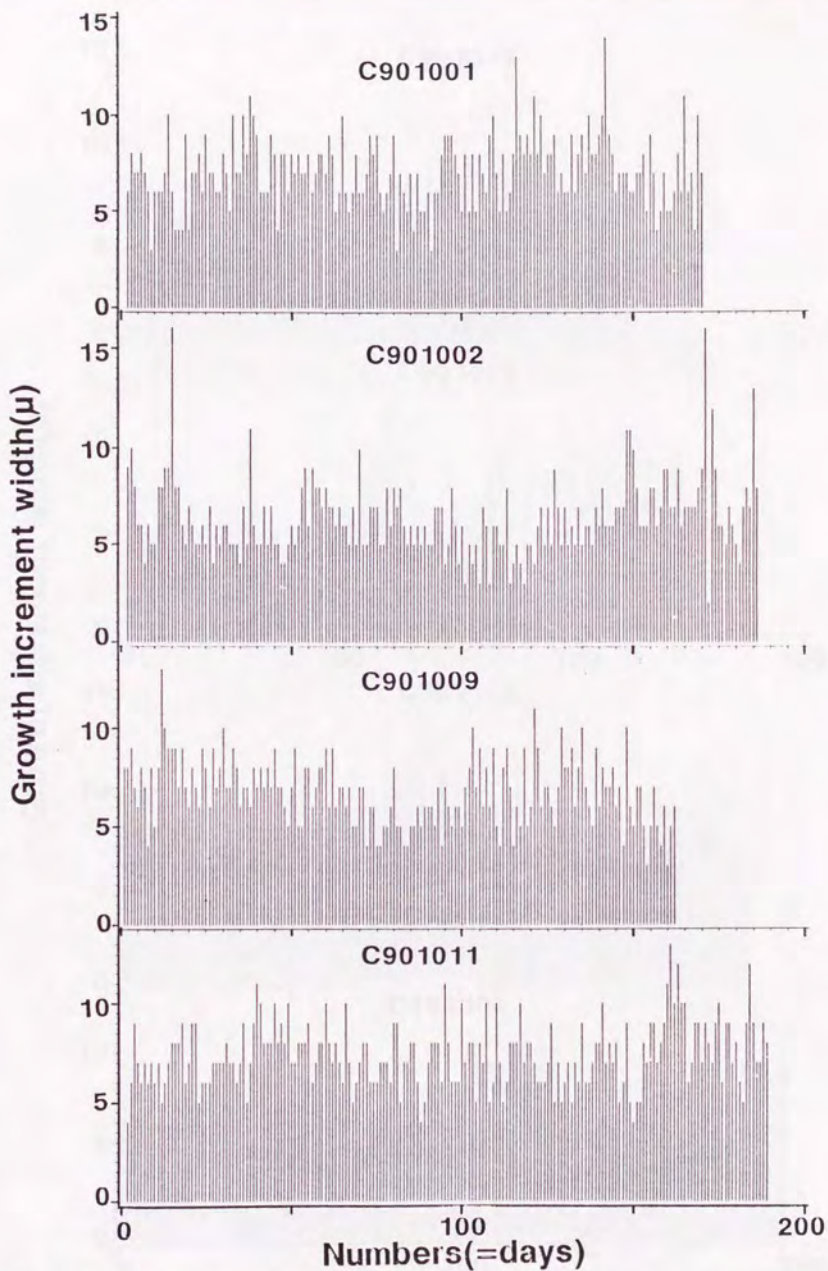


Fig.5.16 Change of growth increment width of small individuals for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay. Growth direction is from left to right.

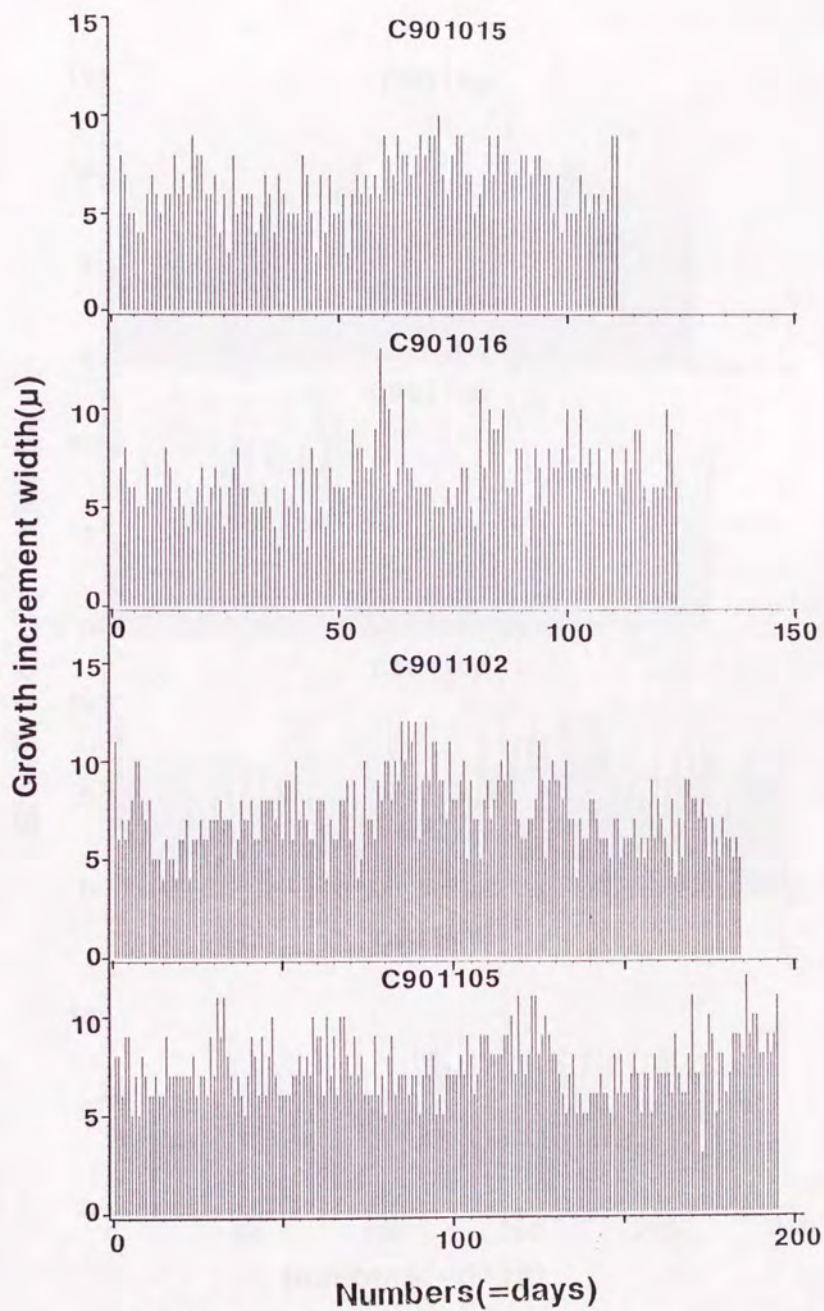


Fig.5.16 Continued

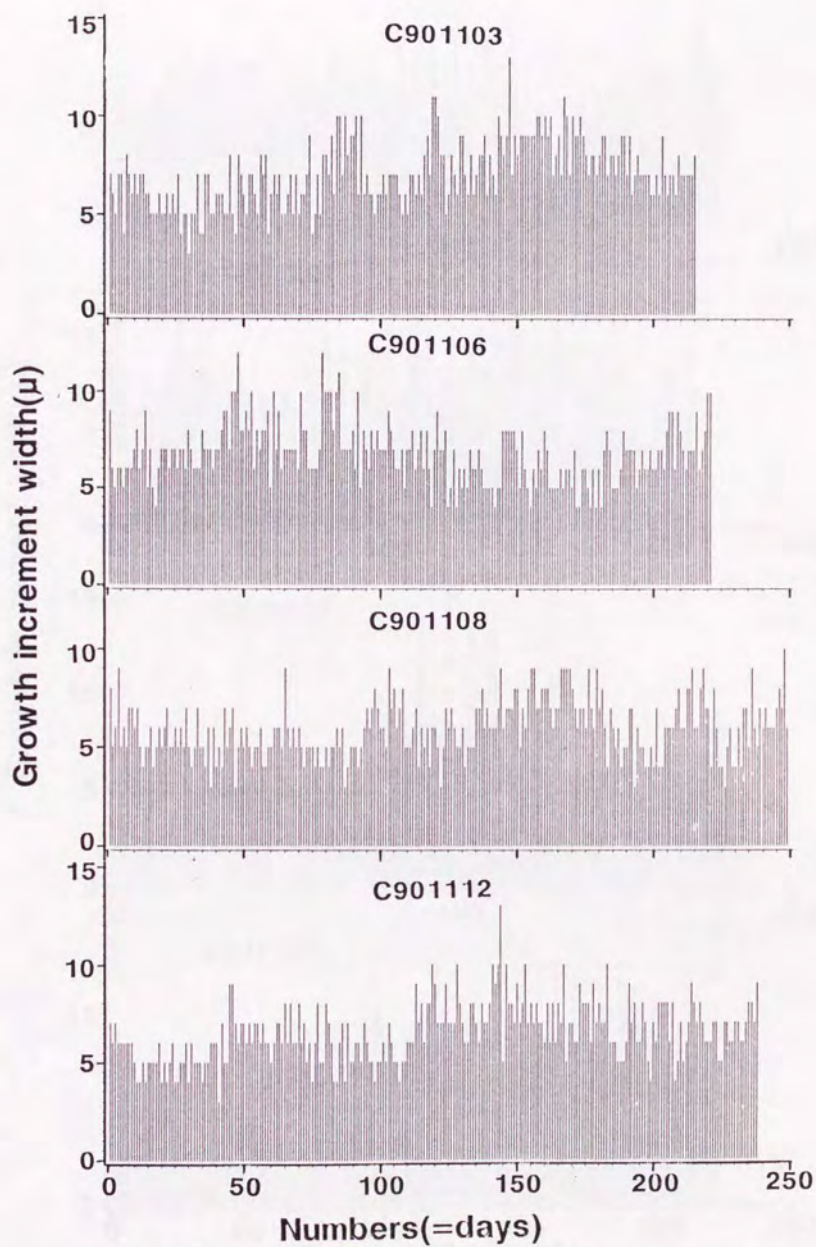


Fig.5.16 Continued

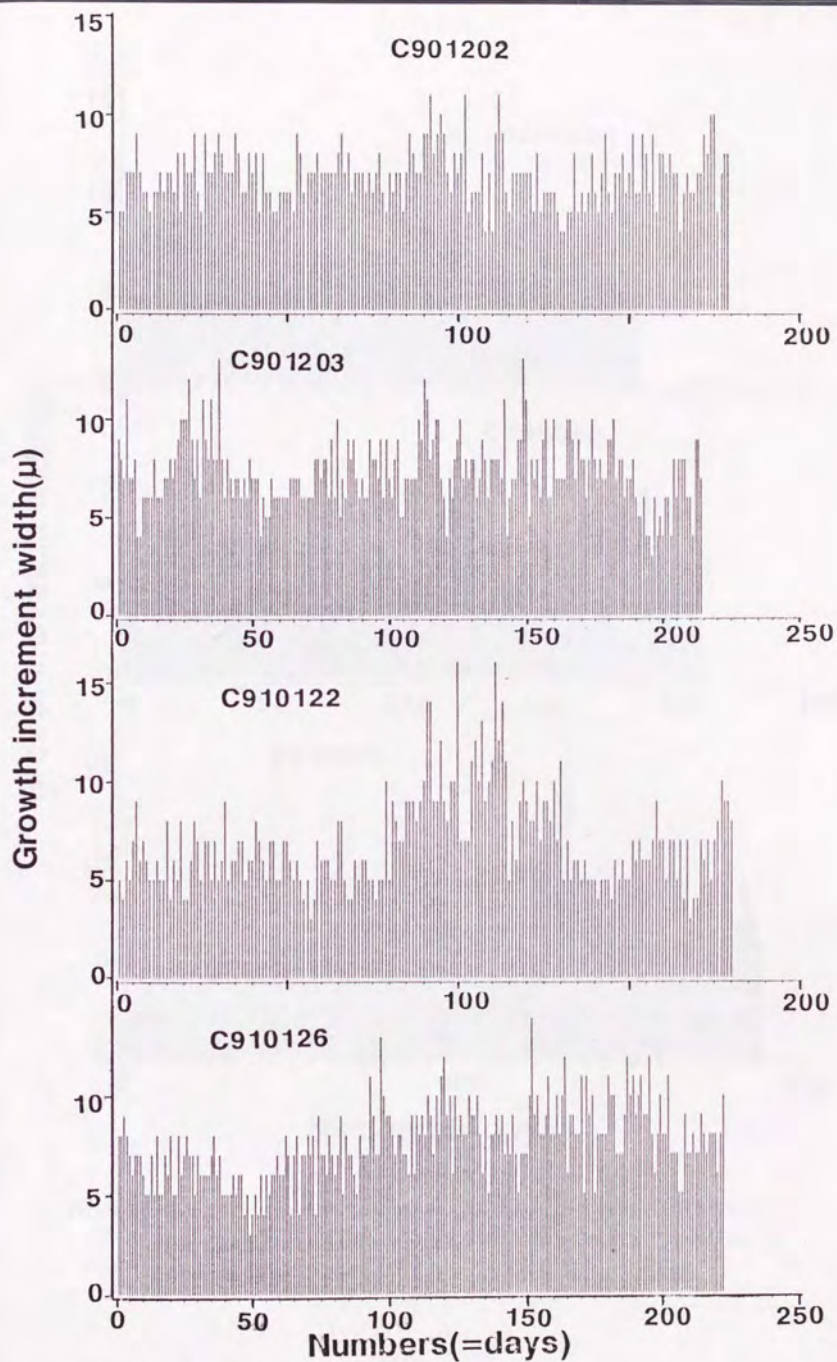


Fig.5.16 Continued

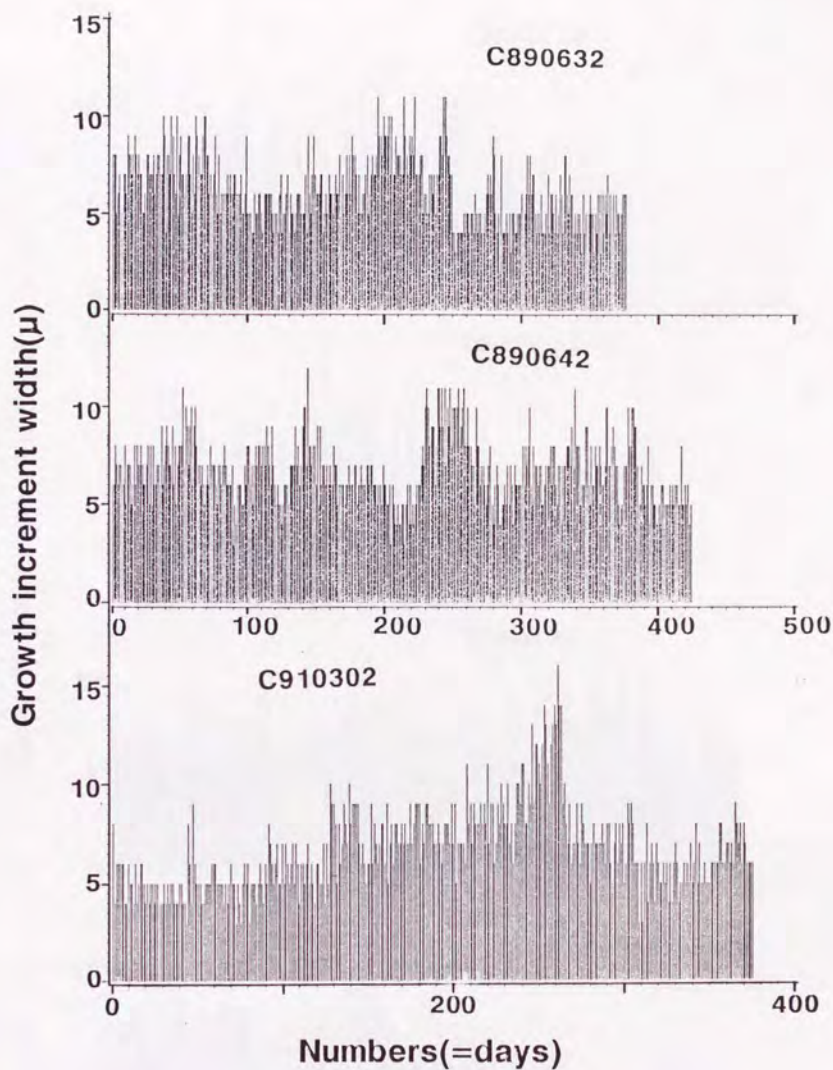


Fig.5.17 Change of growth increment width of one year individuals for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay. Growth direction is from left to right.

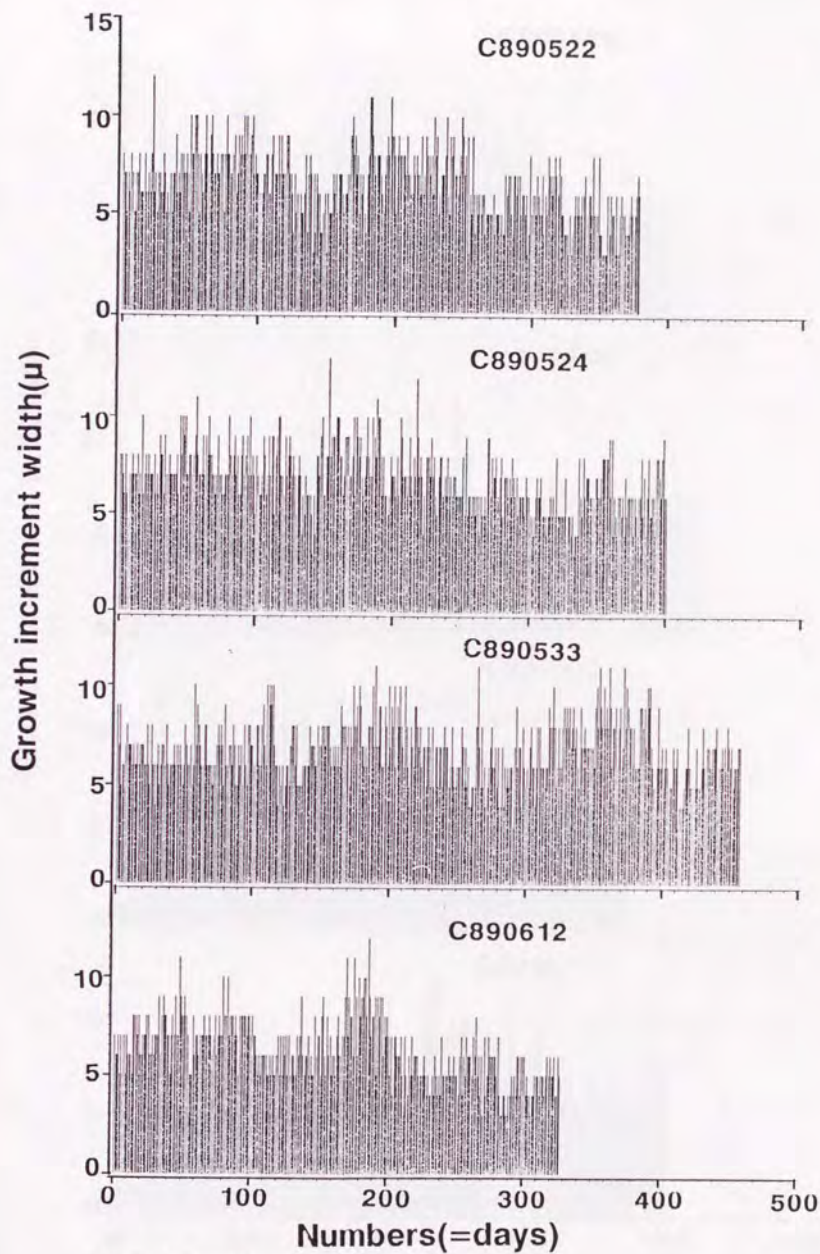


Fig.5.17 Continued

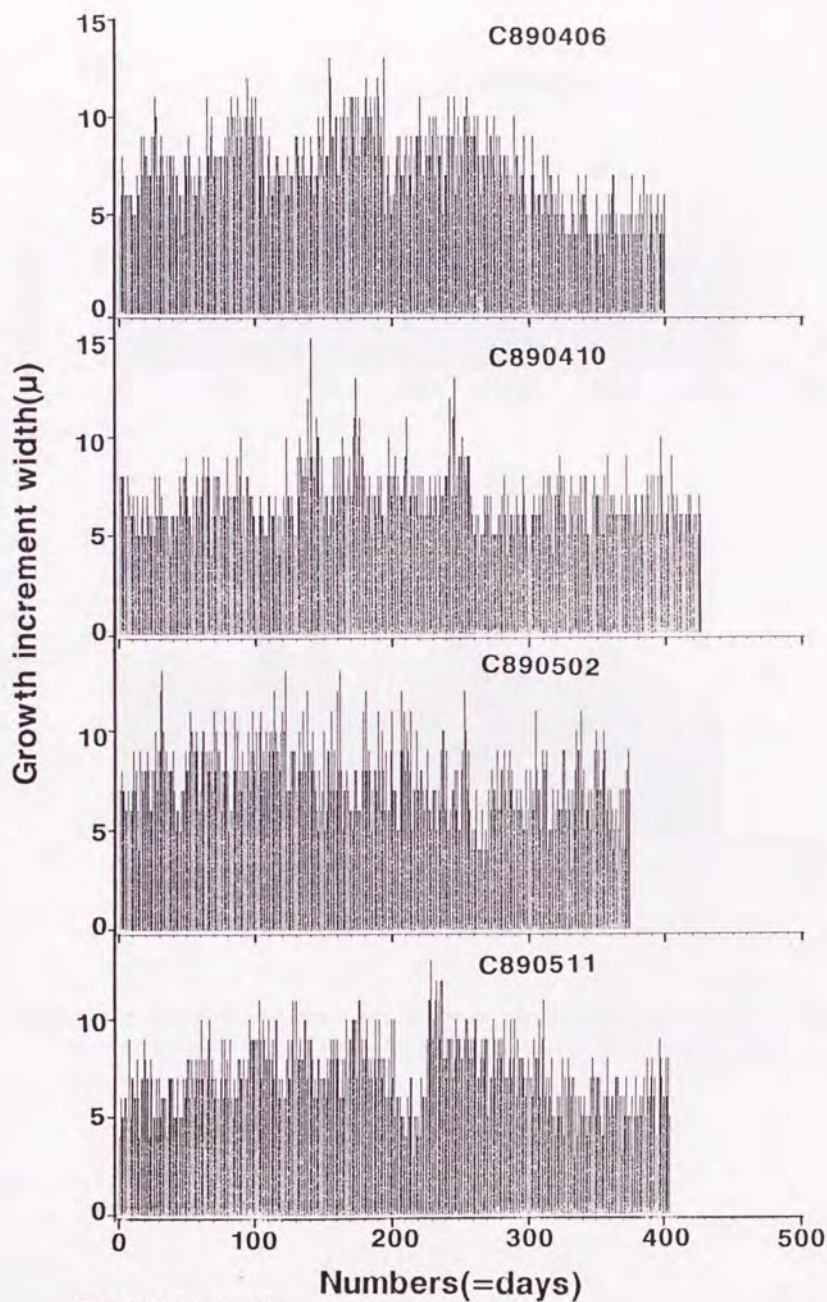


Fig.5.17 Continued

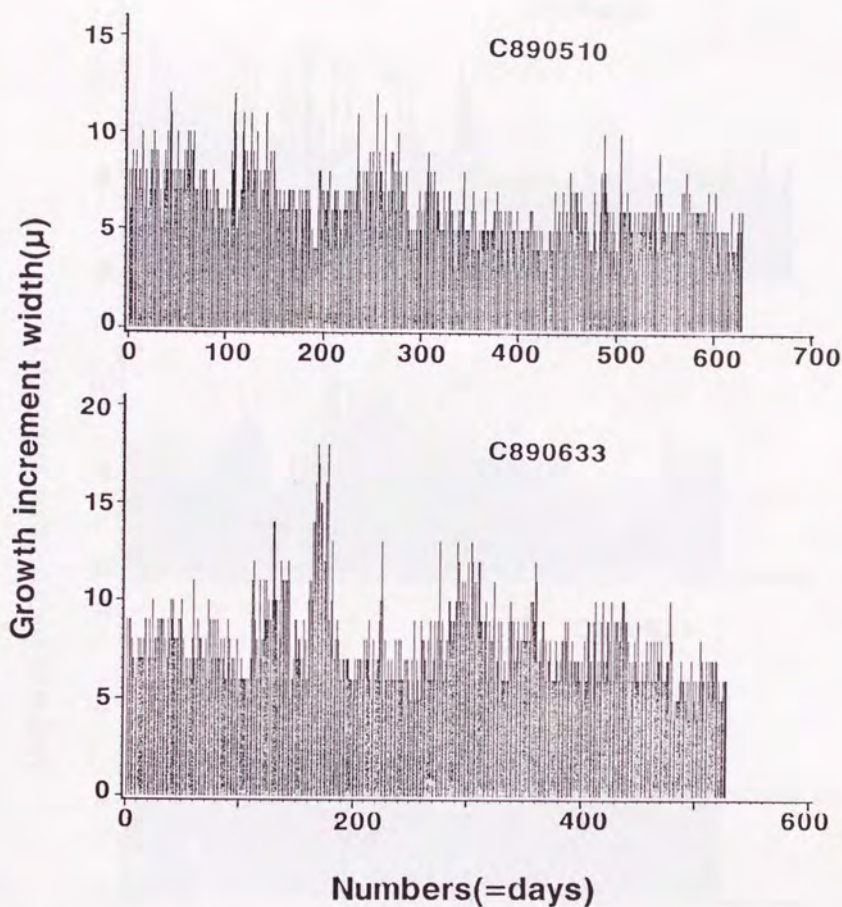


Fig.5.18 Change of growth increment width of large individuals(over one year) for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay. Growth direction is from left to right.

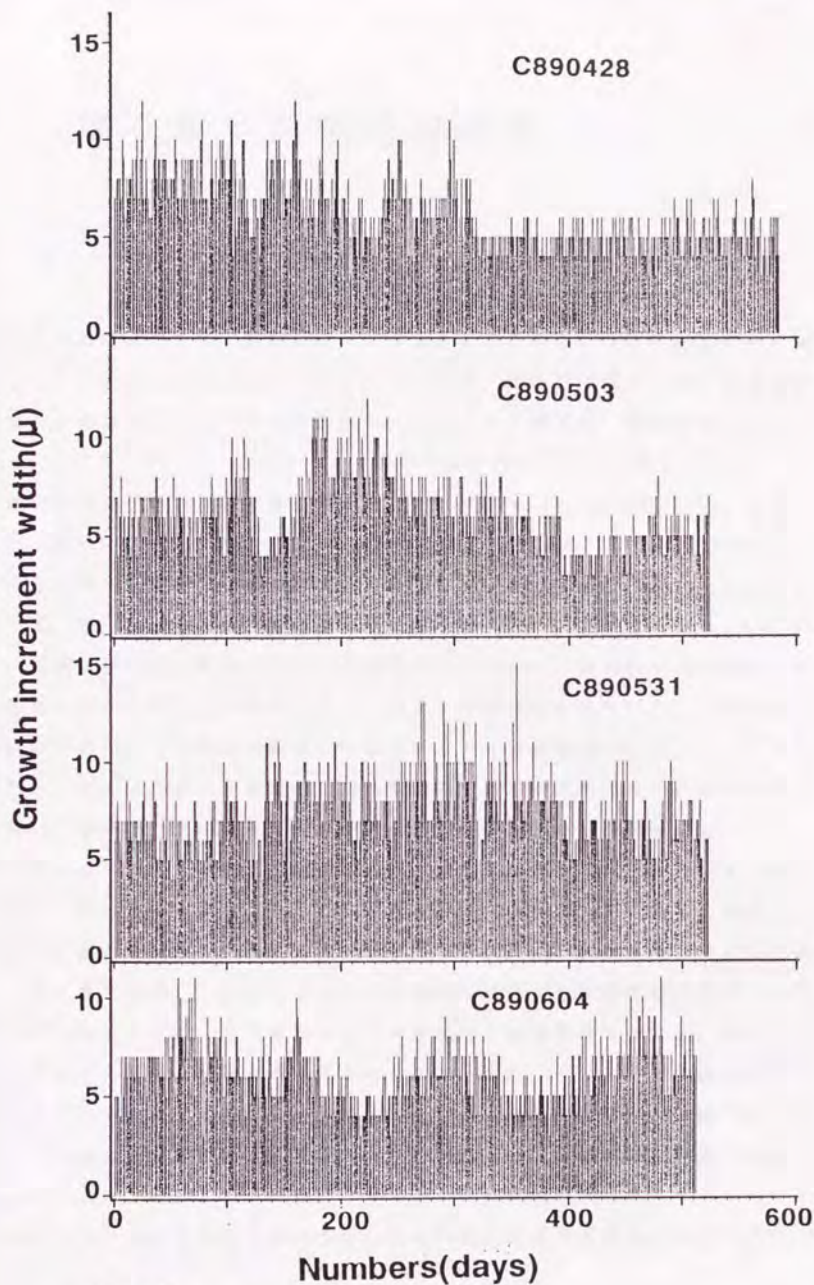


Fig.5.18 Continued

第6章 銘柄組成解析

6-1 目 的

漁業の対象種において、魚種によっては大きさごとにいくつかの銘柄に分けて出荷されることはしばしばある。そのような場合、銘柄別に分けられた漁獲量統計は資源の解析を行う上で有効な資料の一つとなる。例えば、長崎ではマダイ *Pagrus major* は芝、小、中、大という4つの銘柄に分かれている（岡田，1974）。

また東京湾では小型底曳網の重要種であるマコガレイ *Limanda yokohamae* は大、中、小、㊦という4つの銘柄に分けて出荷されている（清水，1987b；朴，1988）。

同じく東京湾の小型底引き網の重要種であるシャコ *Oratosquilla oratoria* は特大、大、中、㊦、小という五つの銘柄に分けられている（清水，1987a；大富，1991）。銘柄は個体の大きさによって分類されているので、漁獲物の銘柄組成にはその資源における個体の年齢や大きさに関する情報が含まれている。漁獲物の銘柄組成の解析によって漁獲対象種の年齢組成やその資源構造を解明することが期待される。例えば、真子・松宮（1977）は長崎のマダイの銘柄組成と年齢別体長組成を用い、繰返し法によって資源の年齢組成を推定する方法を検討している。

柴漁協のトリガイも銘柄別に出荷される。同漁協ではトリガイは水揚げ、加工した後に、軟体部の大きさごとにそれぞれ4個体、5個体、6個体、9個体、12個体及び16個体をサイズの決まっている小型のプラスチックケースに詰めて出荷する（第2章を参照）。このような6つの銘柄は加工された軟体部の大きさによって分けられるために、銘柄組成からは年齢に関する情報はもとより、大きさに関する情報さえ直接に把握することができない。また、トリガイの年齢別体長組成がわからないので、無論、真子・松宮（1977）のように銘柄組成から繰返し法によって年齢組成を推定することはできない。第2章では銘柄別漁獲量の変動を検討した。本章では、まずトリガイの銘柄別の殻長組成を明らかにすることによって資源における殻長組成を検討する。次に年齢組成及び資源構造を明らかにし、

資源変動のメカニズムを検討する。

6 - 2 材 料 と 方 法

加工されたトリガイ製品の各銘柄を殻長に変換するために、1988年の4月20日、5月25日および6月16日の3回に、柴漁協所属の漁船に同乗して採集した計349個体のトリガイを、殻長、殻幅、殻高、体重、軟体部重量などを測定した後、同漁協と同じ方法で加工し、その製品サイズを測定した（加工方法については第2章を参照）。これによって殻長と製品製品サイズ（ML:Fig.6.2の右上の概略図を参照）との関係式を求めた。

また、1988年4月28日に同漁協より市販のトリガイ製品（4月27日漁獲分）を購入し、4個入り、5個入り、6個入り、9個入り、12個入り、16個入りの銘柄をそれぞれ25枚（100個体）、22枚（110個体）、18枚（108個体）、13枚（117個体）、13枚（156個体）、4枚（52個体）を測定し、その各銘柄の分布を出した。そして、製品サイズと殻長との関係式を用いて各銘柄の殻長分布を求めた。銘柄別の殻頂分布は正規分布に従うと仮定し、平均殻長及び標準偏差を用いて銘柄別の殻長組成（比率）を作成し、漁獲物の銘柄組成を殻長組成に変換した。

6 - 3 結 果 と 考 察

6 - 3 - 1 銘柄別の殻長分布

殻長（SL:mm）と製品サイズ（ML:mm）の関係を Fig.6.1に示した。最小二乗法によりその関係式は次のようになった。

$$SL = 7.40 + 0.55 * ML \quad (R^2=0.79) \quad (6.1)$$

一方、Fig. 6. 2にトリガイ製品の各銘柄の分布を示した。4個入り、5個入り、6個入り、9個入り、12個入りと16個入りという6つの銘柄の製品サイズはおよそ60mmから120mmまでの範囲にある。各銘柄の製品サイズの平均値（標準偏差）

はそれぞれ114.53(5.35), 106.21(4.82), 97.11(4.07), 88.72(4.05), 77.33(4.93), 64.65(3.80)mmとなった。(6.1)式を用いて各銘柄の製品サイズ分布を殻長分布に換算した結果は Fig. 6.3である。各銘柄の殻長の平均値(標準偏差)はそれぞれ70.02(2.93), 65.47(2.64), 60.50(2.23), 55.91(2.21), 49.68(2.70)及び42.75(2.08)mmとなった。各銘柄の殻長はおよそ40mmから80mmまでの範囲にあって、6つの銘柄の最大殻長と最小殻長の差は40mm程度である。つまり、漁獲物は細かく6つの銘柄に分けられているが、各銘柄の殻長分布は銘柄ごとにそれほど大きく違わない。

6-3-2 漁獲物の殻長組成

銘柄の殻長分布は正規分布に従うとし、各銘柄の平均殻長及び標準偏差を用いて1mmの間隔で銘柄別の殻長組成(比率)を作成した(Table 6.1)。そしてこの結果を用いて柴漁協の魚種別漁船別漁獲量日計表より集計したトリガイの銘柄別漁獲量(第2章参照)を殻長組成に変換した。

Fig. 6.4 に1978年から1990年までの漁獲量の殻長組成を示してある。このように1978年と1980年に40~45mmに小さいモードがあるが、全ての年では50~60mmにモードを持つ。漁獲物の大部分は殻長50~60mmのものである。殻長40mm以下及び70mm以上の個体の割合は非常に小さい。つまり、トリガイの漁獲物の殻長組成は非常に単純で、且つ年変動が小さい。

6-3-3 考察

以上で明らかになったようにトリガイの漁獲物の殻長組成は非常に単純であるだけでなく、その年変動も小さい。ここでこれまでに得られたトリガイの成長、成熟などの生物学的知見及び漁獲物の組成の情報からトリガイの資源の構造及び動態について考察する。

体長別年齢組成がわかれば、いわゆるage-length key法によって Fig. 6.4 に示した漁獲物の殻長組成から年齢組成を推定することが可能であるが、トリガイでは体長別年齢組成(age-length key)を作成できなかったために、直接に漁獲物の

年齢組成を推定できない。また、体長組成の度数分布が一つのモードしか示さないで正規分布の当てはめも必要ないだろう。

一方、第3章から第5章までの解析でトリガイの成長、年齢、寿命などの生物学的特性が明らかになった。要約するとトリガイは春に生まれて満1年でおおよそ60mmになり、成熟し、産卵する。1歳に達した後は成長が著しく低下し、2歳まで生き残るものは少ない。von Bertalanffyの成長曲線による理論計算では満2歳で80mm以上に達する。これらの情報から漁獲物はほとんど1歳群であると考えられる。また、トリガイの漁期は4月～8月であるため、1歳未満の割合も小さいと考えられる。

带状輪紋査定及び成長線解析の結果では2本の带状輪紋及び500本以上の成長線を持つ2歳と思われる個体が出現しているが、その割合は非常に小さい(Table 4.2)。また成長線解析した殻高40mm未満の小型個体は全て1歳未満であった。従って、トリガイの漁獲物の体長組成から0歳群及び2歳以上群の割合は非常に小さい。すなわち、トリガイの資源構造は1歳群が支配的であると思われる。

資源構造が1歳群によって支配されているから、資源の変動はすなわち1歳群の変動であると考えられる。漁獲量の年変動が示しているように、トリガイ資源の年変動は非常に激しい。これはその資源構造の単純さが大きな原因の一つであることを意味する。

Table 6.1 Theoretical shelllength compositions for six market size categories(S1-S6) of *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay.

Length range (mm)	Market Size Category					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
35-36						0
36-37						0.0023
37-38						0.0024
38-39						0.0246
39-40						0.0575
40-41					0	0.1337
41-42					0.0015	0.1579
42-43					0.0044	0.1984
43-44					0.0109	0.1779
44-45					0.0235	0.1302
45-46					0.0460	0.0947
46-47					0.0742	0.0402
47-48					0.1065	0.0132
48-49					0.1437	0.0046
49-50				0	0.1465	0.0011
50-51				0.0123	0.1401	0
51-52				0.0252	0.1172	
52-53			0	0.0567	0.0956	
53-54			0.0013	0.0998	0.0545	
54-55			0.0051	0.1460	0.0304	
55-56			0.0149	0.1751	0.0148	
56-57		0	0.0365	0.1719	0.0063	
57-58		0.0017	0.0732	0.1385	0.0023	
58-59		0.0046	0.1200	0.0930	0.0007	
59-60	0	0.0119	0.1615	0.0486	0	
60-61	0.0007	0.0258	0.1742	0.0215		
61-62	0.0021	0.0488	0.1615	0.0077		
62-63	0.0051	0.0902	0.1200	0.0023		
63-64	0.0151	0.1141	0.0732	0.0005		
64-65	0.0230	0.1409	0.0365	0		
65-66	0.0411	0.1507	0.0149			
66-67	0.0654	0.1397	0.0051			
67-68	0.0959	0.1125	0.0013			
68-69	0.1181	0.0767	0			
69-70	0.1328	0.0482				
70-71	0.1333	0.0253				
71-72	0.1193	0.0115				
72-73	0.0952	0.0046				
73-74	0.0693	0.0016				
74-75	0.0423	0				
75-76	0.0239					
76-77	0.0120					
77-78	0.0054					
78-79	0.0022					
79-80	0.0008					
80-81	0					

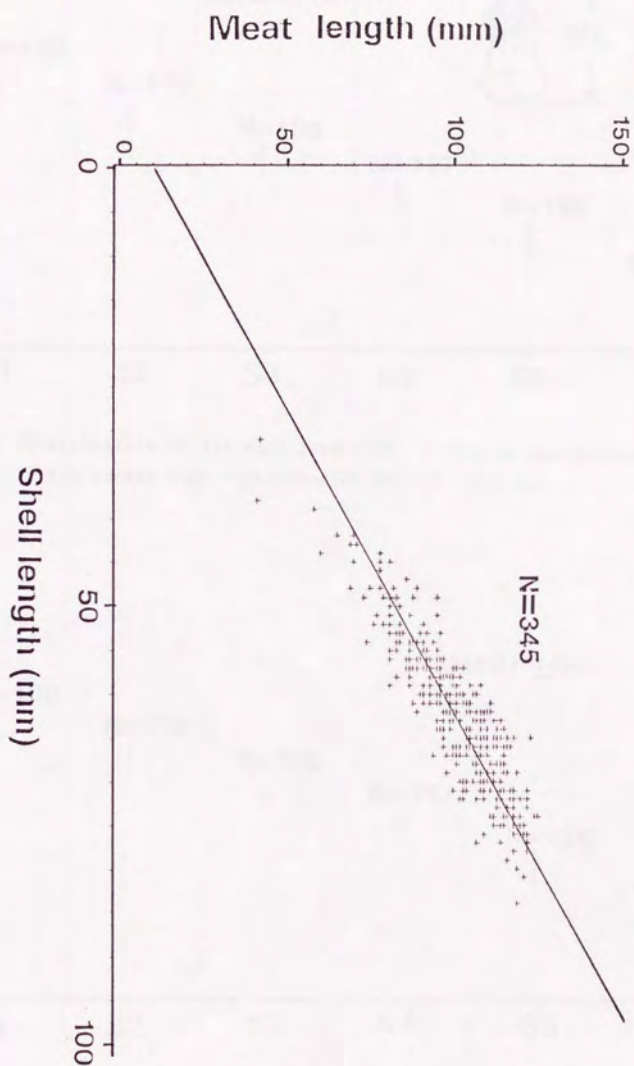


Fig.6.1 Relationship between the shell length and the meat length
Pulvia mutica(Reeve) in Tokyo Bay.

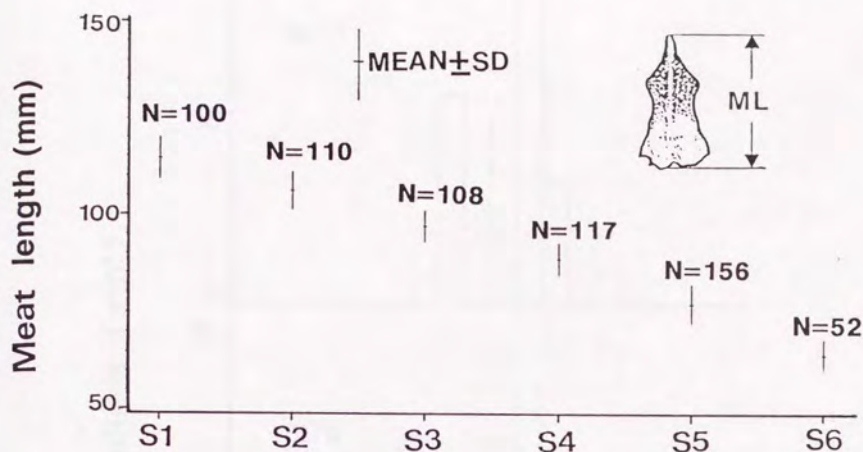


Fig.6.2 Distributions of the meat length(ML) of *Fulvia mutica*(Reeve) by six market size categories(S1-S6) in Tokyo Bay.

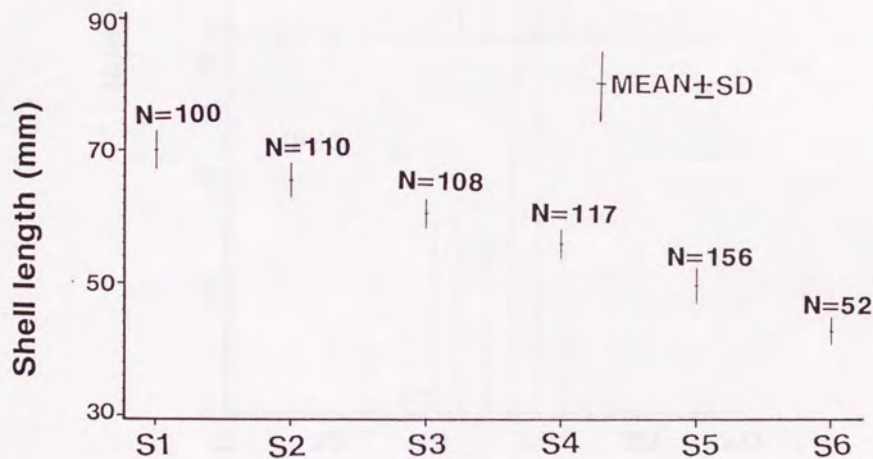


Fig.6.3 Distributions of the shell length of *Fulvia mutica*(Reeve) by six market size categories(S1-S6) in Tokyo Bay.

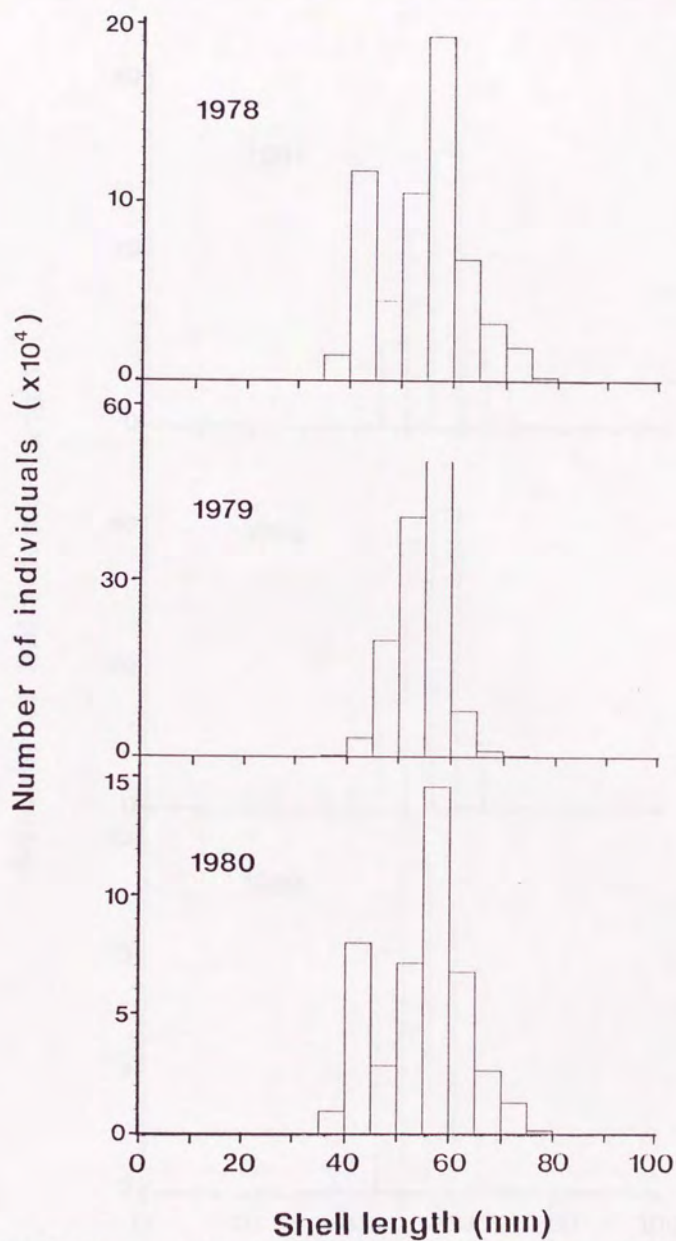


Fig.6.4 Frequency distributions of the shell length in catches of *Fulvia mutica*(Reeve) from the Shiba Branch of Yokohama City Fishermen's Cooperative Association in Tokyo Bay.

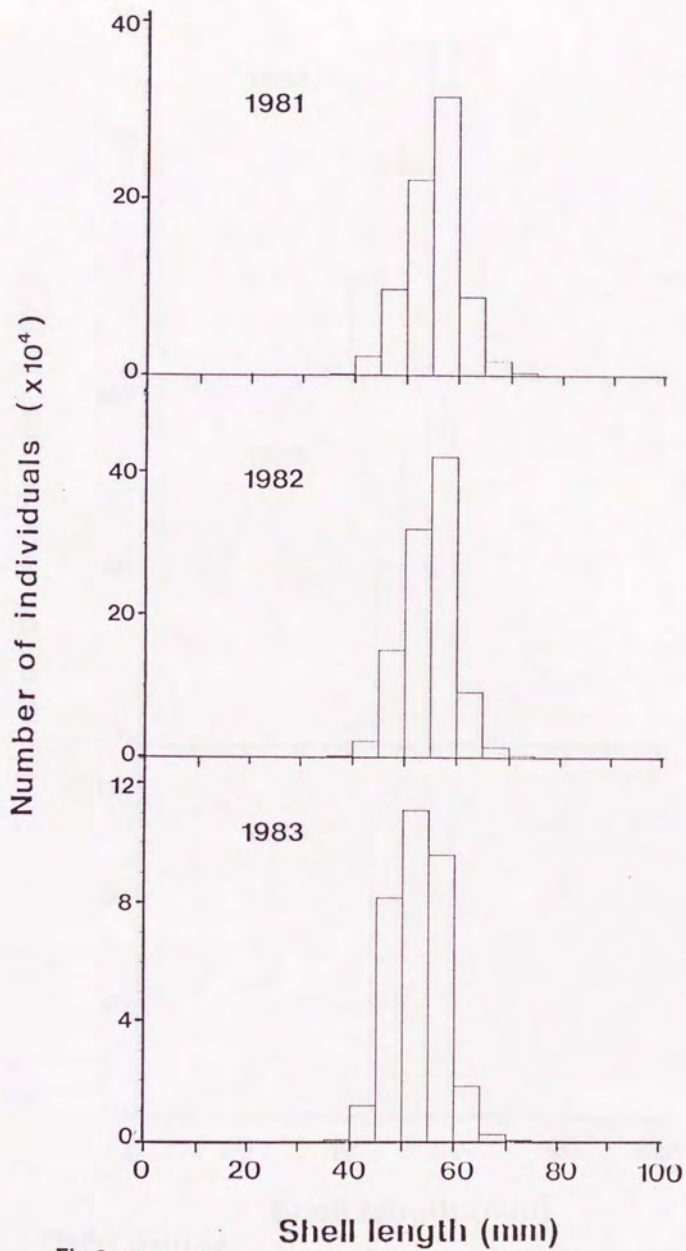


Fig.6.4 Continued

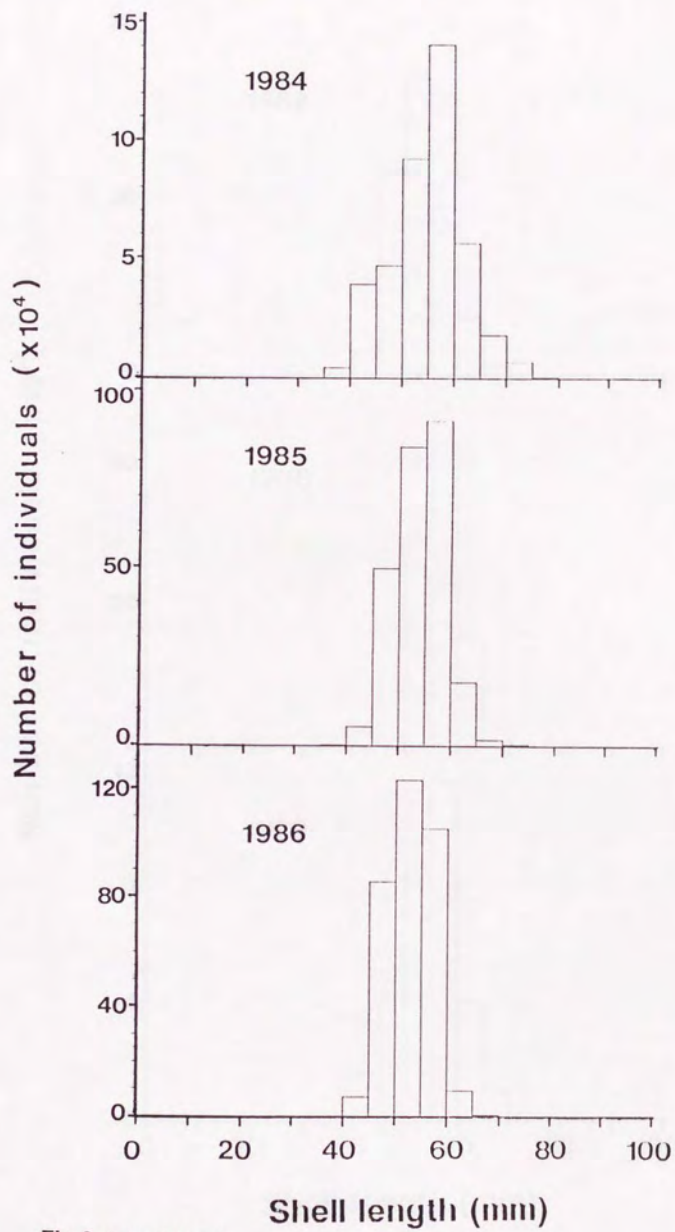


Fig.6.4 Continued

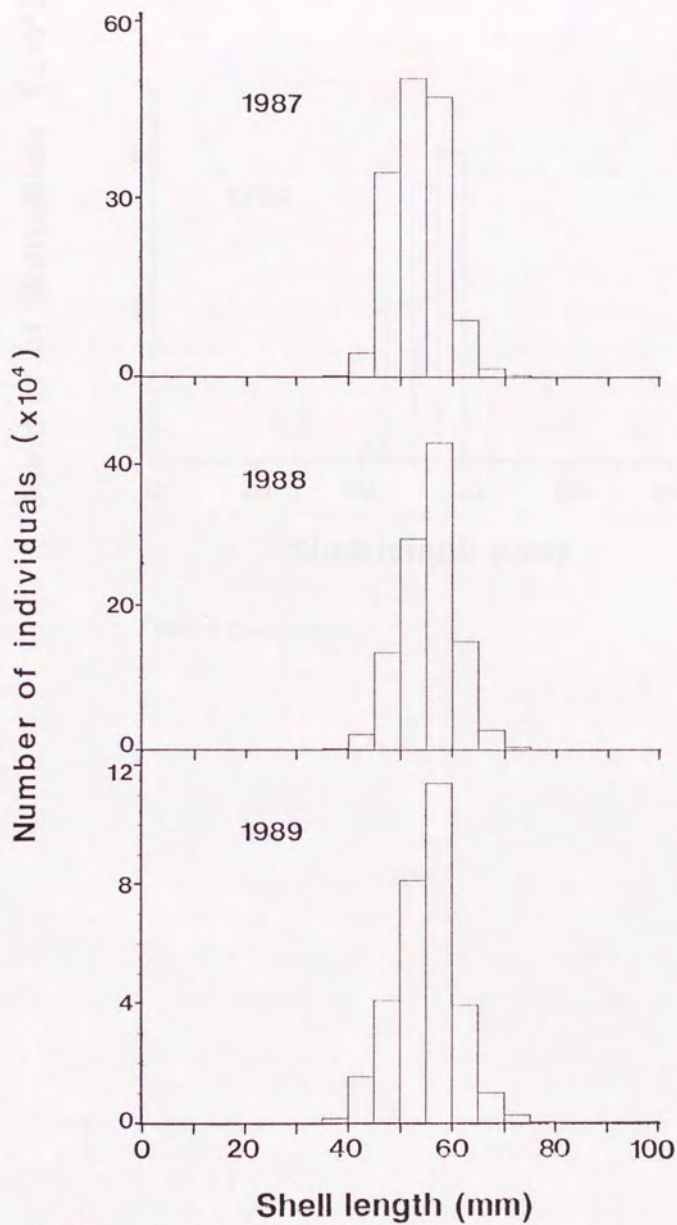


Fig.6.4 Continued

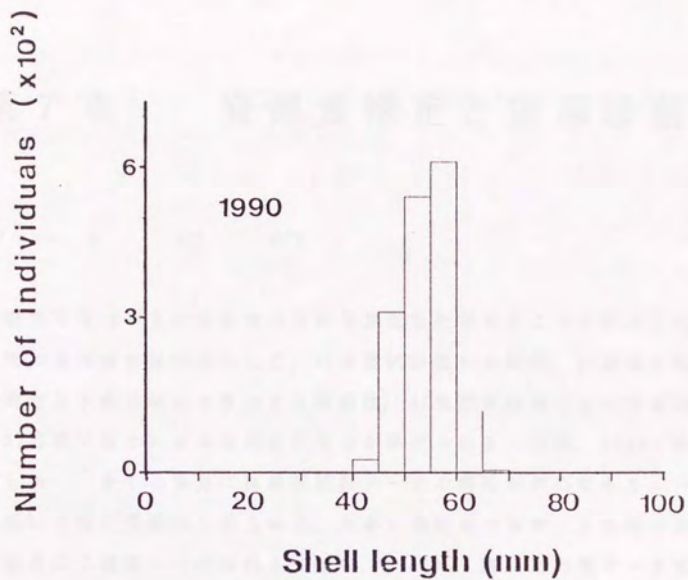


Fig.6.4 Continued

第 7 章 資源量推定と資源診断

7 - 1 目 的

資源の動態を議論するには各時点での資源量を把握することが基本となる。沿岸水産生物の資源量の推定法として、1)漁獲統計資料の解析、2)標識放流法、3)卵稚仔魚調査及び産卵親魚を推定する卵数法、4)魚群探知機などの音響機器を使う方法、5)目視や潜水による直接計数などが挙げられる(松宮, 1983; 能勢 他, 1988)。しかし、多くの場合には漁獲統計データの解析が中心である。一方、漁獲統計を用いて資源量推定を行う場合、大きく漁獲努力量データを用いる場合と用いない場合の二種類に分けられる(田中, 1985)。漁獲努力量データを用いない推定法としては年齢別漁獲個体数によるコホート解析が主流となっているが、漁獲量及び漁獲努力量を基にする解析法ではDeLury法がよく用いられている。

漁期が短く、漁獲努力が極めて大きく、資源の出入りがなく、資源が漁獲のみで減少して行く(自然死亡を無視できる)と仮定できる場合には、DeLury法によって初期資源量と漁獲能率の推定ができる。この方法はアワビやサザエなどの高価で移動性の小さい資源に特に有効とされている(松宮, 1983)。また篠田(1982)の報告は宮津湾のトリガイについてDeLury法を適用した例である。しかし、東京湾のトリガイについては資源量を推定した例がない。東京湾のトリガイ漁業及び資源の特性からDeLury法の仮定をよく満たしていると考え、DeLury法を用いてトリガイの資源量及び漁獲能率を推定する。しかし、DeLury法は自然死亡を無視しているので、ここでさらに自然死亡を取り込んだ「変形DeLury法」を展開し、トリガイへの適用を試みた。

一方、資源診断に頻繁に用いられる手法は、漁業生物学的知見を必要とせず、漁獲量及び漁獲努力量しか必要としないいわゆる「Schaefer型」のプロダクションモデルによる方法と、成長や年齢別の死亡率を取り込んだ「Beverton-Holt型」のY/R法とに大別される(鈴木, 1983)。漁獲量の変動で明らかのように、ト

リガいの資源は非常に不安定で、平衡状態ではないので、プロダクションモデルの仮定を満たさず、適用できない。ここでは Beverton and Holt(1957)に従い、等漁獲量線図を描いてトリガいの資源診断を行うこととする。

7 - 2 方 法

【DeLury法】

短期間に集中して漁獲される個体群に対しては、DeLury(1947, 1951;)の方法(以下、DeLury法)を用いることによって、その資源量の減少する様子が良く把握できる。DeLuryの第一モデルは次のように与えられている：

$$C_t/X_t = qN_0 - q \sum_{i=0}^{t-1} C_i \quad (7.1)$$

ただし、ここでは C_t , X_t はそれぞれ期間 t (t は旬毎に分けられている) における漁獲量と漁獲努力量である。 N_0 は $t=0$ (つまり漁期はじめ) の時の資源量 (初期資源量), $\sum C_i$ は $i=0$ から $i=t-1$ までの累積漁獲量, q は漁獲能率を表す。従って、CPUE (C_t/X_t) と累積漁獲量 ($\sum C_i$) との直線回帰より、初期資源量 N_0 及び漁獲能率 q が推定される。なお、 q の値は資源量に対する 1 日 1 隻当たりの漁獲量の割合 (per boat·day) で表される。

【変形DeLury法】

DeLury法では漁獲だけを資源減少の原因としているが、これは実際には有り得ない。自然死亡を考慮したDeLury法の修正式が提案されているが、重回帰式のために、実際にうまく推定することが難しいとされている (田中, 1985)。本研究でも田中(1985)によって与えられた自然死亡を取り入れたDeLuryの修正式を応用してみたところ、漁獲能率、自然死亡及び資源量を推定することができなかった。

そこで、次のように仮定し、自然死亡を取り入れたモデルを作り、本研究に適

用した。

まず、漁期（4月～8月）を旬(i)毎に分けると、

$$C_i/X_i = qN_i \quad (7.2)$$

(7.2)式が成立する。ただし、 C_i 、 X_i および N_i はそれぞれ各旬(i)における漁獲量、漁獲努力量および資源量である。 q は漁獲能率を表す。ここで、 i における全減少係数を z （ z が各*i*で一定と仮定する）、漁期初め($i=0$)の資源量を N_0 とすると、

$$N_i = N_0 \exp(-iz) \quad (7.3)$$

が成立する。(7.3)式の両辺の対数を取り、(7.2)式を代入すると、

$$\ln(C_i/X_i) = \ln(qN_0) - iz \quad (7.4)$$

となる。

(7.4)式において、 $\ln(C_i/X_i)$ と*i*との直線回帰より $\ln(qN_0)$ と z が求められる。また、漁期における全減少係数を Z （ $Z=iz$ ）、自然死亡係数を M とすると、

$$Z = M + qX \quad (7.5)$$

の関係を利用して、 Z と X の直線回帰より M と q が推定される(Widrig, 1954)。なお、 X は1年間の全漁獲努力量である。

【資源診断法】

加入年齢 t_r 、漁獲開始年齢 t_c 、寿命 t_λ とすると、加入量当たり漁獲量(Y/R)は次のように与えられる(Beverton and Holt, 1957)。

$$Y/R = W \infty F \exp\{-M(t_c - t_r)\} \sum_{n=0}^3 [\Omega_n \exp\{-nK(t_c - t_0)\}]$$

$$\{1 - \exp(-F - M - nK)(t_\lambda - t_c)\} / (F + M + nK) \quad (7.6)$$

ただし、 $W \infty$ 、 K 、及び t_0 は成長パラメータである。また、 $\Omega_0 = 1$ 、 $\Omega_1 = -3$ 、 $\Omega_2 = 3$ 、 $\Omega_3 = -1$ であり、 F と M は漁獲係数と自然死亡係数を表す。(7.6)式に従い、縦軸に漁獲開始年齢(t_c)、横軸に漁獲係数(F)をとって等漁獲量曲線図を描くことができる。

等漁獲量曲線の作成に必要なパラメータは以下のように推定した。

まず、 $W \infty$ はvon Bertalanffy成長式の $SL \infty$ （第3章：96.42mm）から殻長-体重の関係式(Table 3.2)より求めた。成長パラメータ K 及び t_0 もvon Bertalanffy

の成長式に従った。加入年齢 t_r は漁獲物の最小殻長範囲(40~45mm)より成長式を用いて逆算して求めた。また漁獲開始年齢 t_o は産卵期が6月とし、翌年の4月から漁獲の対象になるので生後10ヶ月(0.83歳)とした。また現状の漁獲係数 F についてはDeLury法の推定結果を用いた(Table 7.1)。

一方、自然死亡係数 M は正確な値が得られにくいパラメータの一つとされている。変形DeLury法の結果では M が0.81となった(Fig. 7.4)。しかし、この推定値には問題があり、採用し難い(本章7-3-3の議論を参照)。また、田中(1960)では $M = 2.5 / X_d$ (X_d : 寿命)という方法を提示しているが、トリガイの寿命が3歳(第4章)とすると、 M は0.83となった。しかし、 M の推定値は高過ぎると思われる。また、殻表輪紋の査定結果では、帯状輪紋をもつ個体の中、1本を有する個体数が125であるのに、2本を有するのは31個体であった(Table 4.2)。この結果がトリガイの年齢組成を表すと考えると、生残率 S (1歳から2歳まで)は0.248となり、全減少係数 Z ($Z = -\ln S$)は1.394となる。 Z から漁獲係数 F (DeLury法による結果を用いた, Table 7.1)を引くと、 M は約0.33となった。以上のように、 M の推定は非常に難しいだけでなく、推定方法によっては結果のばらつきも大きい。そこで、 M がそれぞれ低い(0.30)、中間的(0.50)、高い(0.80)と思われる3つのレベルについて検討することにする。

なお、等漁獲量曲線を描くには加藤(1988b)の作成したプログラムを用いた。

7 - 3 結果と考察

7 - 3 - 1 DeLury法

Fig. 7.1には1978年から1989年までの旬毎のCPUE(C_t/X_t)と累積漁獲量($\sum C_i$)との直線回帰関係を示した。なお、1990年は漁期が短かったためにDeLury法の当てはめができなかった。Fig. 7.1を見ると、1978年、1982年及び1983年以外の年には、いずれもCPUEの顕著な減少傾向が見られ、直線回帰は全て有意であった($P < 0.01$, Table 7.1を参照)。すなわち大部分の年にはDeLury法がよく当てはまっていると言える。

DeLury法による漁獲能率や初期（漁期初め）資源量の推定結果及び漁獲率などをTable 7.1 にまとめた。初期資源量(N_0)はおおよそ39万個体から788万個体までの値を示し、多い年の資源量は少ない年の20倍もあり、漁獲量よりも年変動が激しい（ちなみに、1978年から1989年までには漁獲量が29～333万個体で、最高漁獲量が最低漁獲量の約11倍である）。初期資源量に占める漁獲量の割合(C/N_0)、つまり漁獲率はおよそ0.16～0.89だが、大部分が0.6以上であった。すなわち、漁期終了時には、初期資源量の約11～84%、大部分が40%以下の状態まで漁獲される。漁獲率が漁獲量の低い年ほど大きく、つまり獲り残し率($1-C/N_0$)が漁獲量の低い年ほど小さくなる傾向を示している。

漁獲能率(q)はおおよそ $0.3 \sim 2.9 (x10^{-3})$ となっているが、大部分が $1 \sim 2 (x10^{-3})$ の範囲を示し、1978年と1982年及び1983年を除き、漁獲能率が漁獲量の高い年に低く、漁獲量の低い年には高くなっている。同様な傾向は宮津湾のトリガイ漁業（篠田、1982）、伊勢湾のイカナゴ漁業（名越・神田、1979）、または五島列島小値賀島におけるクロアワビ漁業（松宮、1983）にも認められる。このことは資源管理の面からは一見問題があるかのように考えられるが、1つには年による操業時間の違いが考えられる。よく獲れる年には、制限出荷量に達し易く、操業時間が短い。しかし、獲れない年には、操業時間がどうしても長くなる。出船数を漁獲努力量としているので、 q の推定値が以上のようななったと考えられる。

一方、1978年、1982年と1983年の3年間には、CPUEの顕著な減少が見られず、直線回帰が有意と認められず（ $P>0.05$, Table 7.1）、DeLury法の適用ができないことを示している。例えば、1982年には漁期の終わりまでにCPUEの減少が小さく、直線回帰による推定初期資源量は654万個体となり、1986年の788万個体に次ぐ高い値となっている。これは明らかに過大推定であると思われる。1983年についても同じことが言える。このことは漁獲率の値（Table 7.1）からも明らかである。1982年と1983年には漁獲量がいずれも相対的に低かったにも関わらず、漁獲率がそれぞれ最も低い値（0.16）と二番目に低い値（0.30）となっている。これは実態を表しているとは考え難い。1982年は特別の不漁年ではないが、漁期が3ヶ月と短く、CPUEの経月変化が小さかったことから、漁場が変化したというようなことが考えられる。また、1983年は不漁年で、出船数が最も低い年であった。CPUEが低く、漁期の終わり近くまで減少傾向が見られず、漁場の変化を示唆している。す

なわち、当然でもあるが、よく獲れている年には同じ漁場で操業し続けるが、獲れない時には漁場を転々と変えていくわけである。

1982年のような極端に大きい推定値を除き、推定初期資源量の変動は漁獲量及びCPUEの年変動と大変よく似た変動を示している (Fig. 7.2)。全体的にDeLury法の当てはまりは非常によく、特に豊漁年ほどDeLury法の適用がよい。漁獲率が豊漁年でも40%以上あり、不漁年には90%近くにも達し、漁獲圧力が大きいことが示唆されている。

7-3-2 変形DeLury法

1978年から1989年までの変形DeLury法における $\ln(C_i/X_i)$ と漁期 i (旬)との回帰をFig. 7.3に示した。これを見ると、DeLury法におけるCPUEと累積漁獲量との相関と同じく、1978年と1982年及び1983年を除き、いずれも高い相関を示し、直線回帰は有意であった ($P < 0.01$, Table 7.2を参照)。これによって旬毎の全死亡係数(z)が推定され、全漁期中における全減少係数 ($Z = iz$) が求められる。

Fig. 7.4には全減少係数(Z)と全漁獲努力量(X : 操業隻数)の関係を示した。これによって自然死亡係数(M)と漁獲能率(q)はそれぞれ0.81と 1.2848×10^{-3} となった。これらの結果を用いて算出された初期資源量(N_0)、漁獲率(C/N_0)、獲り残し率($1-C/N_0$)および漁獲係数 ($F = Z - M$) などの結果を Table 7.2に示してある。1978年から1989年までの初期資源量(N_0)はおおよそ78万個体から416万個体までの値となった。資源量の変動が漁獲量またはCPUEの変動とほぼ一致しているが、年変動の最大倍率が5倍あまりで、DeLury法に比べると、その変動範囲が相当小さくなっている (Fig. 7.5)。また、DeLury法に比べ、変形DeLury法では資源量は豊漁年には小さく、不漁年には大きく推定される傾向を示している。

漁獲率が0.26~0.80の範囲となったが、全体的には漁獲量の多い年ほど漁獲率が大きくなっている。つまり、獲り残し率は20%~74%で、豊漁年ほど小さくなっている。例えば、漁獲量が最も高い1986年には、漁獲率が0.80で最も高い。この結果はDeLury法による結果と正反対になっている。豊漁年ほど漁獲率が大きい、或いは獲り残し率が小さいという結果は、明らかに漁業の実態に合わない。これは漁獲量の少ない年に資源量が過大推定され、漁獲量の多い年には資源量が過小

推定されていることを意味する。このことは推定された漁獲能率(q)を用いて求められた自然死亡係数($M = Z - qX$)の値からも示されている。例えば、1986年の場合には M が負の値になり、逆に1978年～1980年、または1989年のように漁獲量の低い年には M の値は1以上、場合によっては2を超える(Table 7.2)。つまり、実際の漁獲能率は豊漁年に推定値よりも小さく、不漁年には推定値よりも大きいはずである。これによって資源量は豊漁年には小さく、不漁年には大きく推定されていると考えられる。

このように変形DeLury法では初期資源量の推定値は漁獲能率 q の推定値に左右される。しかし、 q の値はDeLury法のように直接に推定できない。Widrig(1954)による q 及び M の値は年によって一定であると仮定している。DeLury法の結果からも明らかなように、年によってかなり変化する。実際には全減少係数 Z と漁獲努力量 X の相関では5%の危険率で有意ではなかった(Fig. 7.4, $P > 0.05$)。しかし、 M を取り入れた変形DeLury法自身に問題があるとしても、DeLury法のチェック機能を果たすことができると考えられる。

7-3-3 資源診断

漁獲開始年齢を0.5～2.5、漁獲係数を0.5～3.0の範囲にそれぞれ設定し、等漁獲量曲線図を描いた(Fig. 7.6)。図中の黒点が現在点を表す。Fig. 7.6を見ると、 M の値に関わらず、現在点付近での加入あたり漁獲量(Y/R)の等量線は水平に近い。このことは努力量の増減(=漁獲係数 F の増減)はあまり漁獲量の変化をもたらさず、漁獲開始年齢(t_c)の引き上げが有効であることを示している。3段階の M の値における加入量あたり漁獲量の最大値はそれぞれ64.3、48.4及び34.4であるので、漁獲量を現状よりそれぞれ1.46倍、1.34倍または1.22倍増加させることが可能である。

一方、 M の値によって、等漁獲量曲線の形は大きく違わないが、当然ながら M が大きくなるにつれ、加入量あたり漁獲量は小さくなる。加入量あたり漁獲量の最大値をもたらす最適漁獲開始年齢はそれぞれ M が0.30の時に1.90歳、 M が0.50の時には1.65歳、 M が0.80の時には1.30歳である。現状の漁獲開始年齢は0.8～1.0歳であるので、 M が低い時に約1歳、 M が高い時でも約0.5歳を引き延ばしたほ

うが望ましい。また、現状の漁獲努力がまだ不十分であるとも思われるが、資源量の推定結果でも明らかのように、大部分の年では漁獲率が60%を越え、漁獲圧力が相当大きいことが示唆された。従って、Mが特別に大きい場合を除き、努力量の増加を図るより、網目の拡大による漁獲開始年齢の引き上げが漁獲量の増加に有効であろう。

7-3-4 考察

推定資源量について

自然死亡を無視し、漁獲だけを資源減少の原因とするのがDeLury法であって、CPUEの顕著な減少傾向から資源への漁獲の影響が把握できる。DeLury法のトリガイへの適用はよく、特に豊漁年ほど当てはめがよかった。これはトリガイ漁業及び資源の特性がDeLury法の仮定をよく満たしているからである。一方、自然死亡を取り入れた「変形DeLury法」は、満足できる結果を得ることができなかった。

DeLury法による推定資源量は39~788万個体の範囲となり、年変動が最大20倍以上にも達し、資源量が漁獲量以上に大きく変動する。資源量の変動が漁獲量及びCPUEの変動傾向とほぼ一致している。初期資源量に占める漁獲量の割合、つまり漁獲率は0.16~0.89だが、大部分が0.60以上の値を示し、漁獲圧力が大きい。漁獲率が漁獲量の低い年ほど大きい傾向を示している。すなわち、漁期終了の時には、初期資源量(N_0)の約11~84%、大部分が40%以下の状態まで漁獲され、この獲り残し率($1-C/N_0$)は漁獲量の低い年ほど小さくなっている。同様の傾向は宮津湾においても認められている(篠田,1982)。

また、DeLury法の当てはまりが悪い年は何れも漁獲量が相対的に低い年であった。あまり獲れない年には、当然ながら、同じ漁場で操業し続けることができない。漁場の変化或いは操業中止漁船の増加など起こり、DeLury法の適用ができなくなる。しかし、漁場の変化について把握できていないのが現状である。

以上の結果はいわゆるDeLury法の第1モデルによるものである。DeLury法には第1モデル以外に、累積漁獲量の代わりに累積努力量を用いる第2モデルがある。さらにCPUEの取扱い方を改良した第1モデルと第2モデルの修正式が提案されて

おり、DeLury法と称するモデルは4つある(田中, 1985)。この4つのモデルをそれぞれトリガイへ適用して見たが、第1モデルの結果が最も妥当であると判断した(Table 7.3)。

DeLury法も変形DeLury法もいずれも漁獲量と努力量データによる解析手法であり、努力量データの精度に左右される。従って、努力量データを用いない解析法、つまりコホート解析を行う必要があると思われるが、トリガイの年齢構造が非常に単純で、ほとんどが1歳群であることから、コホート解析の適用が難しい。

しかし、資源量の推定にはモデルの選択や利用可能なデータの問題があり、単一の方法による結果は時に大きな誤差を含んでいる。ここでMを取り入れた方法を適用した理由の一つはDeLury法だけの結果はなかなか判断しにくいからである。変形DeLury法自身による推定値はかなり誤差を含んでいるが、DeLury法の結果の妥当性を判断するための参考となった。

資源の状態について

等漁獲量曲線による資源診断ではMのレベルに関わらず、現状からみて漁獲努力を増大させるよりも漁獲開始年齢を半年以上を引き上げるほうが有効であることが示唆された。現在、トリガイの漁期が4～8月でちょうど産卵期と重なる。産卵保護の立場からも漁期を半年間引き延ばしたほうがよいと思われる。また、東京湾の漁獲物の殻長組成は他海域よりかなり小さく、漁獲物がほとんど1歳群である。他海域の漁獲物の年齢組成は2歳群が中心である(京都府, 1989, 1990, 1991a; 石川県, 1991)。従って、網目の拡大や漁期の引き延ばしのような管理方策が望ましいと考えられる。

しかし、軟体部の重量指数の季節変化(Fig. 3.12)から明らかなように、産卵期間中には軟体部が発達し、産卵終了時には軟体部(身)がぼろぼろになり、商品価値が小さくなる。さらに、第3章～第5章で明らかになったように、夏の高温や低酸素などの環境悪化が主な原因で、満1歳に達するとトリガイの成長が著しく低下し、死亡率も大きくなる。従って、漁獲開始年齢を引き延ばすことが可能かどうかは環境条件の改善も重要であると考えられる。

また、ここではBeverton and Holt(1957)に従って作成した等漁獲量曲線を基

にトリガイの資源診断を行ったが、余剰生産量モデルを用いて資源評価も試みたが、トリガイの資源が非常に不安定で、平衡レベルに達しておらず、余剰生産量モデルへの適用はできなかった。



Figure 15. Cumulative catch in number of fish of Tori-gai (トリガイ) from 1957 to 1977.

Figure 15 indicates that the cumulative catch of Tori-gai (トリガイ) has increased steadily over the period 1957-1977.

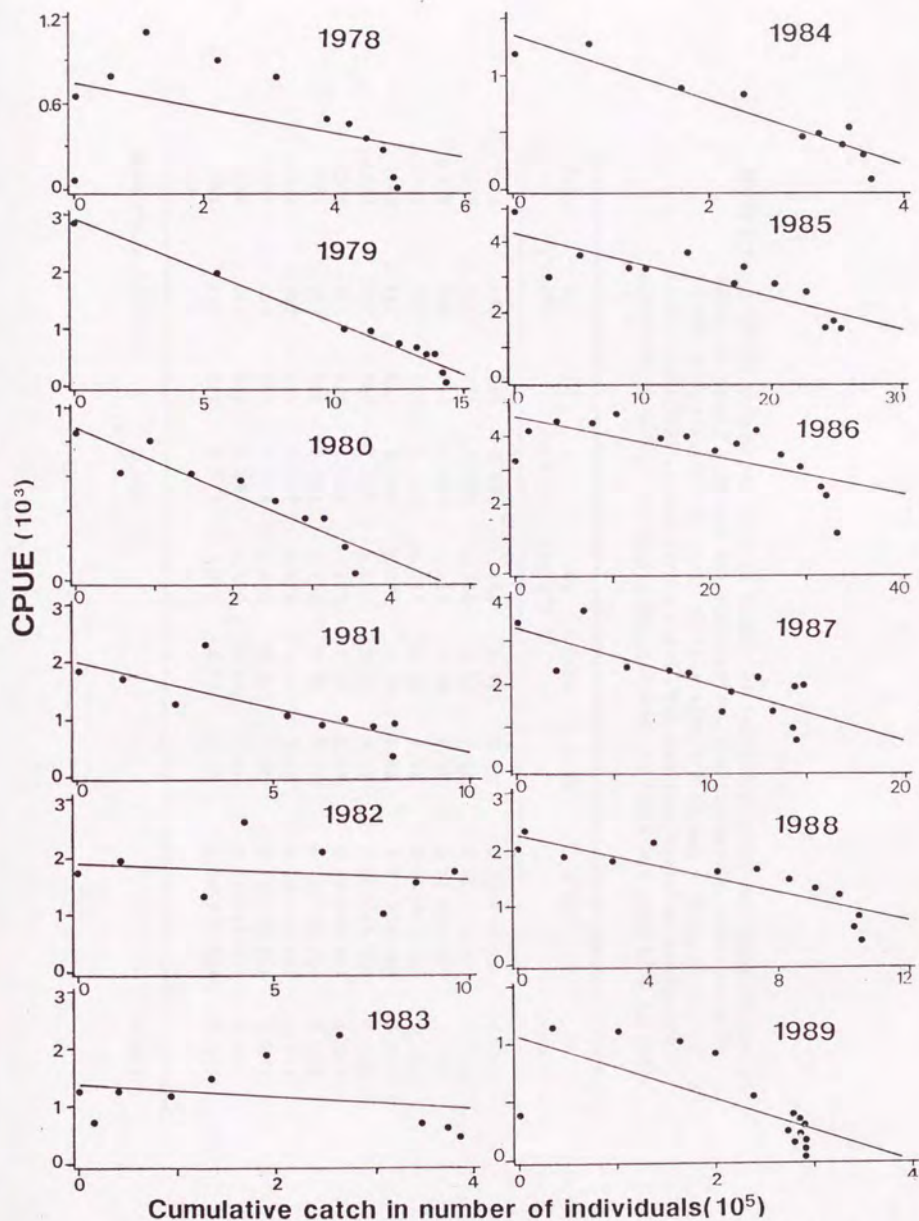


Fig.7.1 Relationship between the cumulative catch and CPUE(number of individual per boat·day) for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay.

Table 7.1 Estimated population size in number of individuals(N_0) and catchability(q) based on Delury's method, and correlation coefficient(R), total catch in number of individuals(C), total fishing effort(X :ships), fishing mortality coefficient($F=qX$), exploitation rate(C/N_0), and the remaining population abundance ($1-C/N_0$) for Fulvia multic(Reeve) in Tokyo Bay from 1978 to 1990.

Year	C ($\times 10^3$)	X ($\times 10^{-3}$)	q ($\times 10^{-3}$)	N_0 ($\times 10^3$)	C/ N_0	1-C/ N_0	R^2 (P)	F ($F=qX$)
1978	494	835	0.861	853	0.58	0.42	0.23(P>0.05)	0.719
1979	1,426	991	1.815	1,603	0.89	0.11	0.98(P<0.01)	1.799
1980	356	736	1.315	459	0.78	0.22	0.86(P<0.01)	1.409
1981	822	602	1.597	1,246	0.66	0.34	0.66(P<0.01)	0.961
1982	1,057	601	0.290	6,536	0.16	0.84	0.05(P>0.05)	0.174
1983	390	307	1.067	1,283	0.30	0.70	0.08(P>0.05)	0.328
1984	366	446	2.850	473	0.77	0.23	0.89(P<0.01)	1.271
1985	2,517	800	0.924	4,603	0.55	0.45	0.71(P<0.01)	0.739
1986	3,331	894	0.577	7,879	0.42	0.58	0.47(P<0.01)	0.516
1987	1,489	679	1.319	2,481	0.60	0.40	0.63(P<0.01)	0.886
1988	1,055	655	1.267	1,779	0.59	0.41	0.72(P<0.01)	0.830
1989	292	419	2.713	388	0.75	0.25	0.50(P<0.01)	1.137
1990	2	7	-	-	-	-	-	-
Mean(Where P<0.01)			1.664					1.062

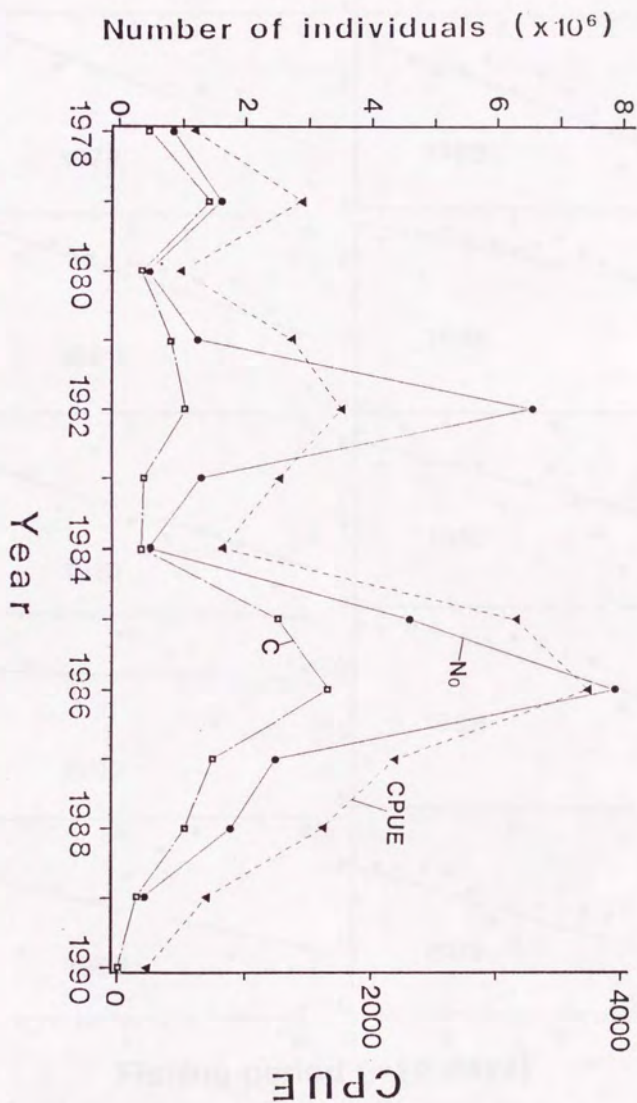


Fig.7.2 Population size(N_0) estimated from Delury's method, total catch(C) and CPUE of *Pulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay.

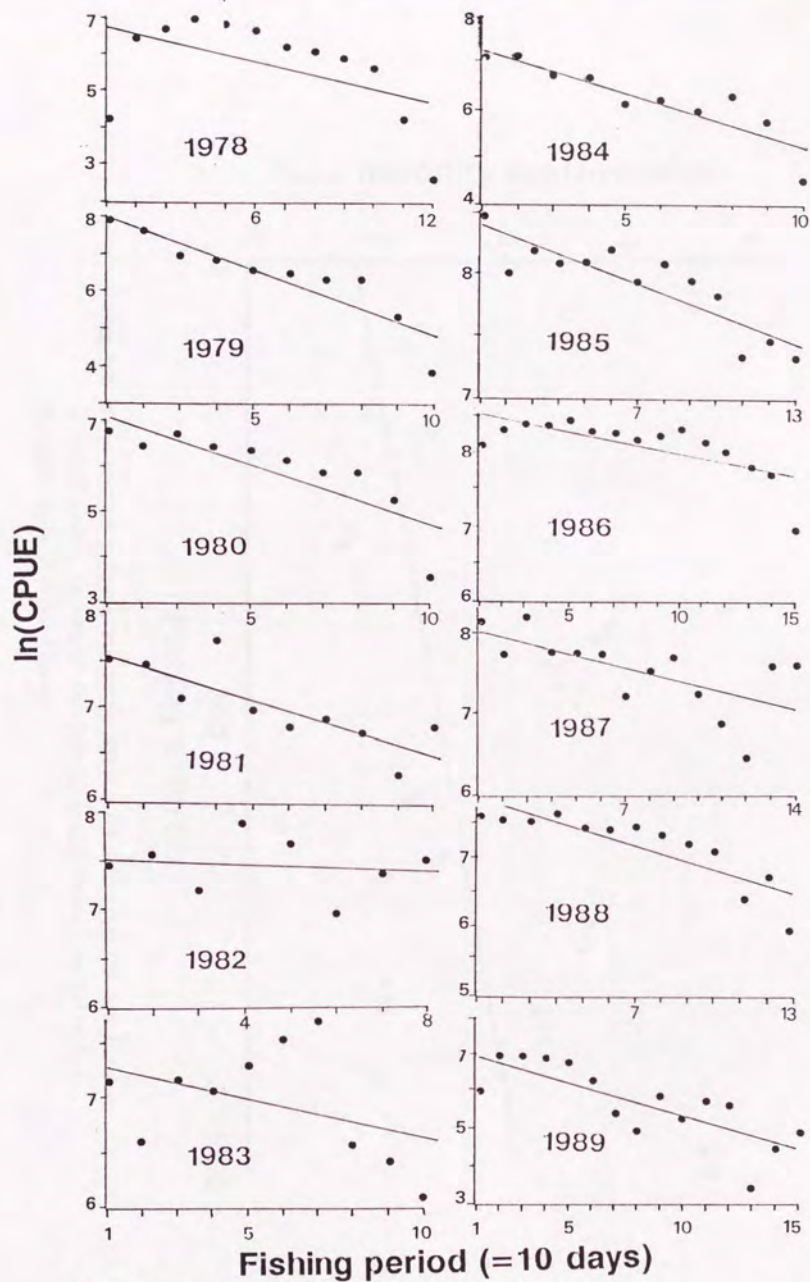


Fig.7.3 Relationship between the $\ln(\text{CPUE})$ and the fishing period for *Fulvia mutica* (Reeve) in Tokyo Bay.

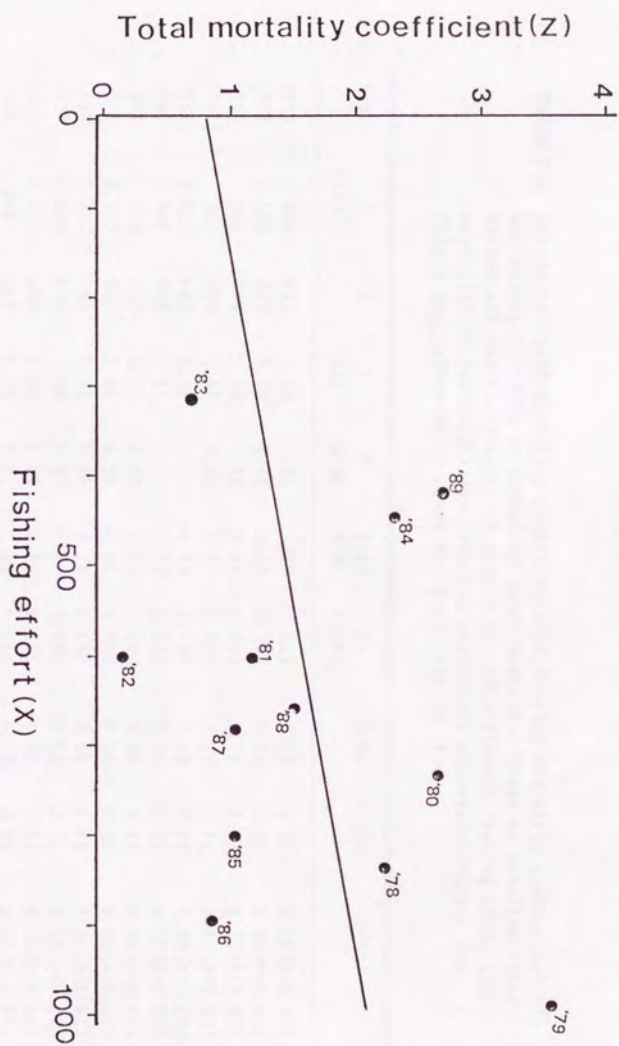


Fig.7.4 Relationship between the total mortality coefficient(Z) and fishing effort(X:number of ships) for *Fulvia mutica*(Reeve) in Tokyo Bay. Numerals show fishing seasons.

Table 7.2 Estimated total mortality coefficient (Z), fishing mortality coefficient (F), and population size in number of individuals (N₀) based on modified Delury method, and the total catch in number of individuals (C), fishing effort (X), exploitation rate (C/N₀), the remaining population abundance (1-C/N₀) for Fulvia nitida (Reeve) in Tokyo Bay from 1978 to 1990.

Year	C (x10 ³)	X	Z (12)	F (Z-M)	Z-qX (=M)	N ₀ (x10 ³)	C/N ₀	1-C/N ₀	R ² (P)
1978	494	835	2.25	1.44	1.17	782	0.63	0.37	0.25(P>0.05)
1979	1,426	991	3.55	2.74	2.28	3,250	0.44	0.56	0.84(P<0.01)
1980	356	736	2.63	1.82	1.68	1,234	0.29	0.71	0.70(P<0.01)
1981	822	602	1.18	0.37	0.41	1,676	0.49	0.51	0.66(P<0.01)
1982	1,057	601	0.17	-	-0.60	1,446	0.73	0.27	0.03(P>0.05)
1983	390	307	0.71	-	0.32	1,202	0.32	0.68	0.17(P>0.05)
1984	366	446	2.31	1.50	1.74	1,422	0.26	0.74	0.80(P<0.01)
1985	2,517	800	1.04	0.23	0.01	3,727	0.68	0.32	0.76(P<0.01)
1986	3,331	894	0.90	0.09	-0.25	4,157	0.80	0.20	0.51(P<0.01)
1987	1,489	679	1.04	0.23	0.17	2,509	0.59	0.41	0.45(P<0.01)
1988	1,055	655	1.50	0.69	0.66	2,242	0.47	0.53	0.75(P<0.01)
1989	292	419	2.72	1.91	2.18	1,007	0.29	0.71	0.61(P<0.01)
1990	2	7	-	-	-	-	-	-	-

(Where M=0.81, q=1.1, 2848*10⁻³ from Fig. 7.4)

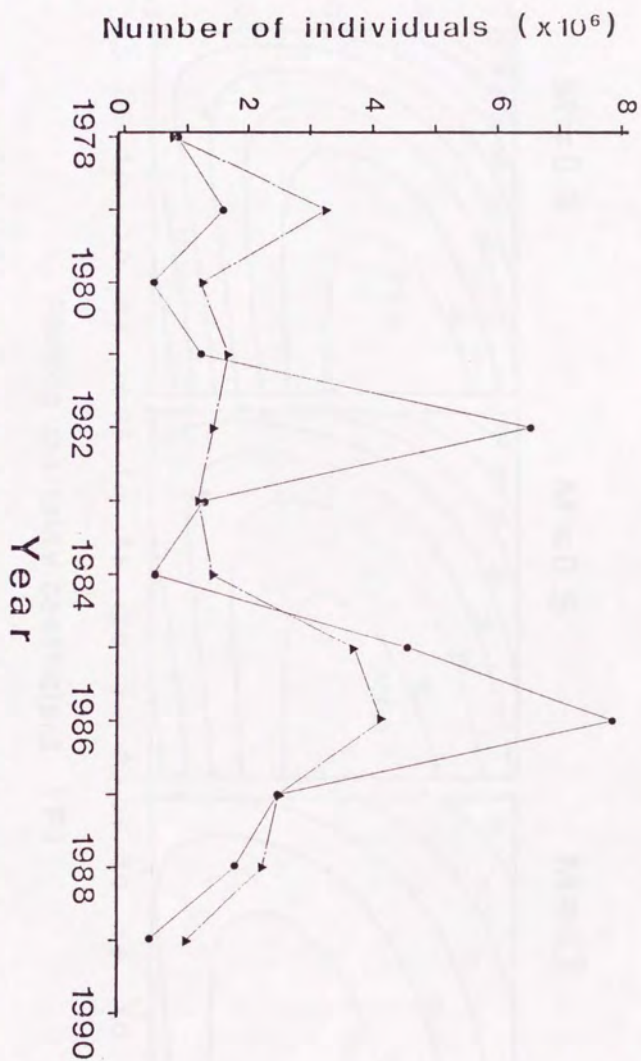


Fig.7.5 Comparisons of population size in number on individuals estimated from Delury's method(●) and modified Delury's method(▲) for *Pulvia sulcata*(Reeve) in Tokyo Bay.

Age at the first capture (t_c)

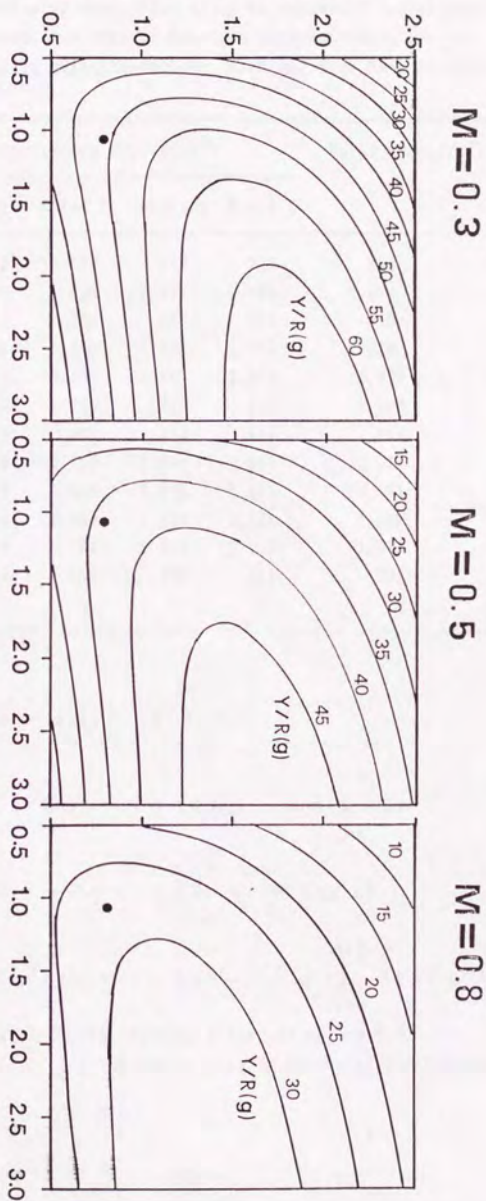


Fig.7.6 Isopleth diagram of yield per recruit(Y/R in g) for *Fulvia mulica*(Reeve) in Tokyo Bay. M indicates natural mortality coefficient.

Table 7.3 Comparison of population sizes in number of individuals estimated from various DeLury's methods (Models 1 - 4) for Fulvia mutica (Reeve) in Tokyo Bay from 1978 to 1990.

Year	Population size ($\times 10^3$)				Total catch (10^3)
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	
1978	853	953	319	346	494
1979	1,603	1,568	1,292	1,690	1,426
1980	459	465	337	382	356
1981	1,246	1,272	1,006	1,063	822
1982	6,536	8,291	6,780	6,673	1,057
1983	1,283	1,710	712	763	390
1984	473	467	374	417	364
1985	4,603	4,612	3,982	4,087	2,517
1986	7,879	8,038	5,678	5,843	3,331
1987	2,481	2,455	2,239	2,281	1,487
1988	1,779	1,763	1,393	1,448	1,055
1989	388	392	279	321	292
1990	-	-	-	-	2

where:

$$\text{Model 1: } C_t/X_t = q N_0 - q \sum_{i=0}^{t-1} C_i$$

$$\text{Model 2: } \ln(C_t/X_t) = \ln(q N_0) - q \sum_{i=0}^{t-1} C_i$$

$$\text{Model 3: } C_t/X_t = q N_0 - q \left(\sum_{i=0}^{t-1} C_i + C_t/2 \right)$$

$$\text{Model 4: } \ln(C_t/X_t) = \ln(q N_0) - q \left(\sum_{i=0}^{t-1} X_i + C_t/2 \right)$$

C_t : catch in period t . X_t : fishing effort in period t .

q : catchability. N_0 : population size in number of individuals.

第 8 章 総合考察

8 - 1 成長，成熟，生残 と環境要因

東京湾のトリガイの産卵期は4～7月と相当長いと考えられるが，産卵盛期は5～6月である。春秋2回産卵する海域も報告されている（例えば，井上1955a; Chang and Lee, 1982）が，東京湾では秋産卵の可能性が小さい。二枚貝の成熟と産卵には，水温，餌料プランクトン量，日照時間などが密接に関連していると言われているが（森，1989），トリガイでは水温の影響が最も大きいと考えられる。トリガイの生息する東京湾柴地先の底層（10m）の平均水温は10～25℃にあるが，2～3月には最も低く，4月から急に上昇し，6月には20℃近くに達する。7月には20℃を越え，8～9月に25℃程なり，最高に達する。9月以後には急に下降する（Fig. 5.6）。トリガイの生殖腺は3月から著しく発達し，5～6月にピークに達し，以後発達状態は急速に低下する。年によっては10月に生殖腺の一時的発達が見られる。生殖腺発達のピーク時の水温は15～20℃の範囲にある。同じ結果は韓国の麗水近海（Chang and Lee, 1982），宮津湾（松岡 他，1968）についても認められている。一般的に二枚貝の配偶子形成は秋の水温下降期或いは春・夏の水温上昇期に活発であると言われている（森，1989）。春秋2回産卵する海域では成熟のきっかけは春期では20℃までの水温上昇，秋季では20℃までの水温下降にあるとされている（西広，1980a; 京都府，1990）。トリガイの生殖細胞の組織学的研究（Chang and Lee, 1982）はこの結論を支持する。春における15～20℃までの水温上昇がトリガイの成熟と産卵をコントロールする最も大きい要因であると考えられる。一方，20℃以上の高水温期では，酸素消費量の減少が見られ（野上 他，1981），消化酵素の供給源である杆晶体の重量指数が低下し（井上，1955c; 小林・渡部，1959; 内野・辻，1991），生理的機能が低下する。また夏の高水温期における成長低下は帯状輪紋を形成する要因にもなっている。

水温 $15.2 \sim 21.7^{\circ}\text{C}$ の条件では、トリガイは受精後 3 日目に $98 \mu\text{m}$ の D 型幼生となり、約 15 日間の浮遊仔貝期を経て沈着する（西広，1981）。沈着稚貝の成長が速く、稚貝の放流実験では 5 月に生まれたものは 9 月の半ば頃に平均殻長が 34.4 mm になる（西広，1981）。一方、東京湾では年による差が見られるが、春に生まれたものは 8 月に 20 mm 未満であるが、10 月には 30 mm を越え、11 月に大きいものは 40 mm を越え、翌年の 1 月には約 50 mm になり、4 月には 60 mm 前後に達し、漁獲の対象になる。

トリガイの日間の成長率には季節変動が見られる。個体差があるが、概ね春、秋及び初冬に高く、真夏及び冬には低い傾向を示す。満 1 歳以上では成長率が著しく低下する。成長率を決定する要因として、当歳貝では水温の影響が最も大きく、満 1 歳以上では成熟、産卵などの生理的要因の影響が大きいと考えられる。春における水温上昇及び秋における水温下降が成長を促進するが、真夏における高水温が成長を抑制する要因となっていると思われる。高水温に比べると、冬の低水温が成長に及ぼす影響があまり大きくない。トリガイの殻表に形成される帯状輪紋の形成要因も冬の低水温ではなく、産卵及び夏の高水温や塩分・D0 の低下が複合的に作用してもたらされる生理的機能の低下の影響であると考えられる。満 1 歳に達すると、成熟し、産卵するとともに、強い漁獲圧力を受ける。産卵ストレスによって生理的機能が著しく低下する。さらに一年中の最悪の環境の影響を受けることとなる。水温が 25°C にも達し、D0 及び塩分がそれぞれおよそ 4 ml/L と 30.0 ‰ 。までに低下する。トリガイは水温の上昇と共に酸素消費量が増加するが、水温が 24°C を越えると、酸素消費量が減少する（野上 他，1981）。また、トリガイは水温 20°C 前後で酸素消費量に影響が表れ始める溶存酸素量は 2 ml/l で、アコヤガイやハマグリやヤマトシジミなどに比べて低酸素に対する抵抗力が小さいと考えられている（野上 他，1981）。これまでに瀬戸内海水域では夏期の高水温期に大量斃死が見られ、大きな被害を受けている（林 他，1976；真鍋，1978）。斃死の原因については高水温期における溶存酸素量の低下が有力と考えられている（野上 他，1981）。東京湾では夏の高水温期に貧酸素水塊が発生し、水生生物へ影響することが指摘されている（風呂田，1988，1991；桑原・清水，1989）。溶存酸素量の改善が確実に生物相の回復につながると考えられる（清水，1988）。夏の高水温期における溶存酸素の低下はトリガイの斃死に至らなくても、1 歳群

の成長や生残に大きな影響を及ぼすことが言えるだろう。带状輪紋の形成も産卵ストレスと環境の悪化が複合的に作用してもたらされる生理的機能の低下の影響によるものである。このために2歳までに生き残るものはほとんどないと考えられる。

8 - 2 資源の構造と動態

1965年から1990年までの間において、柴漁協では多い年には40万枚以上の漁獲が見られたが、少ない年には5万枚以下であった。特に1990年以後ほとんど獲れない状態が続いている。豊漁年と不漁年の間に10倍以上の差があり、漁獲量の年変動が激しい。漁獲量の年変動が激しいのは東京湾だけでなく、全てのトリガイ漁業について認められている。柴地先におけるトリガイの漁期は概ね4月から8月までのおよそ4ヶ月間であるが、5月と6月の2ヶ月間の漁獲量が総漁獲量の大部分を占めている。漁獲物は細かく6つの銘柄に分けられているが、大きさは銘柄ごとにそれほど大きく変わらない。漁獲物の殻長組成が40~80mmの範囲にあり、大部分が50~60mmである。漁獲物のほとんどが1歳群であり、0歳群及び2歳以上年級群の割合は非常に小さい。つまり、トリガイの資源構造は1歳群が支配的であり、非常に単純である。特に近年では漁期が進むにつれて、小さい銘柄の割合が高くなっていく傾向が見られる。これは強い漁獲圧力によって大きいものが先に獲られ、そして小さくなっていくからであると考えられる。銘柄別の違いが小さいので、年級群の違いを意味するものではない。

DeLury法のトリガイの資源量推定への適用はよく、推定資源量の値は妥当であると考えられる。1978年から1989年までの初期資源量(N_0)はおよそ39~788万個体までの値を示し、漁獲量(C)およびCPUEと大変よく似た傾向を示している。多い年には少ない年の20倍以上もあり、漁獲量以上に資源量の年変動は大きい。初期資源量に占める漁獲量の割合(C/N_0)は0.16~0.89だが、大部分が0.60以上となり、漁獲率が大きい。すなわち、漁期終了の時には、初期資源量の約11~84%、大部分が40%以下の状態にまで漁獲される。漁獲率が豊漁年でも40%を越え、不漁年には80%以上にも達し、不漁年ほど大きくなっている。つまり、獲り残し率

($1-C/N_0$)は豊漁年では50%以上あるが、不漁年には10%近くしかなく、不漁年ほど獲り残し率が小さくなる傾向を示している。このように、大きい漁獲圧力のために、漁獲対象となる1歳群の大部分が獲り尽くされる。また、獲り残される割合は小さいだけでなく、一年の中で最悪といえる厳しい環境により成長や生残が大きな影響を受け、このために、2歳までに生き残るものはほとんどなく、資源構造の単純さにつながる。

このように、資源構造の単純さを決定するのは強い漁獲圧力と夏の高水温期の環境条件の悪化であると考えられる。従って、不漁年ほど資源構造の単純化が著しい。実際には1988年には2歳の標本も獲れたが、1990年以後には全然獲れていない。

トリガイ資源あるいは漁獲量が大きく変動する原因の1つは貝類によくみられる大量発生の有無によると考えられる。周防灘でトリガイが大量発生し、その死殻を除去することが問題さえとなっているほどである(渡辺 他, 1976; 林 他, 1976)。1965年から1990年までの漁獲量から見ると、1974年と1985年が卓越年級群であると考えられ(Fig. 2.5)。しかし、大量発生或いは年級群強度を決定する要因についてはわかっていない。

8 - 3 問題点と今後の課題

漁業者の話では昔漁獲物が現在よりもっと大きかったという。しかし、銘柄別の殻長組成解析では少なくとも1978年以来漁獲物の明らかな小型化は認められなかった。ただし、銘柄組成の解析は1988年の銘柄殻長分布データに基づいており、それによる誤差があると考えられる。また、銘柄に分けられているとは言え、年によって価格によってまた加工漁家によってある程度の任意性があるのも事実である。

すでに明らかになったように、トリガイの資源構造は非常に単純で、1歳群によって支配されている。従って、0歳群の発生や生残の状況はトリガイの資源の大きさを決定する。換言すれば、資源の安定を確保するには、如何に発生量及び生残を確保するかである。従って、産卵量、発生量から初期減耗、生産率を明ら

かにすること及び環境変化との関係の解明が今後の課題と考える。

また、柴漁協のトリガイ漁業は漁期が短いだけでなく、漁獲量の変動が非常に不安定である。従って、漁期中における漁場の変化や分布を明らかにすること及び、トリガイの漁期以外の季節におけるトリガイ桁網漁船の漁業戦略を解明する必要がある。

さらに、トリガイの成長や産卵期を始めとして、漁獲物の殻長組成や年齢組成などが生息海域によって違うことが示唆された。これらの違いと生息海域環境の違いとの関係の解明も今後の課題であると思われる。

要 約

トリガイ *Fulvia mutica* (Reeve) は日本をはじめ、中国及び韓国の沿岸域に広く分布する比較的大型の二枚貝である。日本では北海道を除く各地の内湾性の砂泥域に多く生息し、特に東京湾、三河湾、宮津湾、舞鶴湾、栗田湾、七尾湾、瀬戸内海沿岸海域、周防灘海域では漁獲量が大きく、アサリ、バカガイとともに桁網漁業の重要種となっている。一方、年々の漁獲量変動が激しく、量的変動が大きい種として知られている。資源の安定増大を目指し、1988年度から地域特産種増殖技術開発事業に採択され、種苗生産から放流にいたる一連の技術開発研究は年毎に強化されている現状にある。

しかし、トリガイの生態的諸特性をはじめ、資源の構造や動態についての知見は乏しい。東京湾のトリガイについてはこれまでに成長や産卵に関する断片的な報告を除きほとんど研究がなかった。本研究は、東京湾のトリガイの生態的諸特性を明らかにすると共に漁獲量及び資源変動の解明を目的とする。そこで、湾内で採集した標本をもとに成長と年齢、成熟、産卵、軟体部重量指数などといった生物学的特性を調べ、それに影響を及ぼす諸要因について考察する。さらに、漁獲データを用いて、資源解析を行い、資源の経時的変動を検討する。

I . 材料の採集及び統計資料

1988年4月から1991年4月にかけて貝桁網により採集した1,325個体の標本を用い、年齢と成長、成熟、産卵などの生物学的特性を調べた。

漁獲量及び漁獲努力量（出船数）については主に神奈川県横浜市漁業協同組合柴支所（以下、柴漁協と略記）の水揚げ記録から集計した。

II. 成長と年齢

【殻長頻度分布解析】 殻長組成の季節的变化を見ると、年によって若干の違いはあるが、4～7月には60～70mmに一つのモードを持つが、8月頃に殻長20mm未満の稚貝のモードが現れ、モードが二つになる。9月になると、大型群のモードが消え、小型群のモードが順次大きい方に移動し、翌年の4月に60mm前後に達し、漁獲の対象になる。小型群は稚貝の出現時期から春に発生したものと考えられる。満1歳になったものの春から夏までの漁期中におけるモードの移動はあまり大きくない。そして2年を超えて生き残るものはほとんどないと思われる。

殻長の頻度分布をHasselblad(1966)の方法で複合正規分布に分解し、月ごとの年齢組成を推定し、von Bertalanffyの成長曲線を当てはめたところ、成長式は次のように推定された。

$$SL_t = 96.42 [1 - \exp \{-0.0818 (t-0.2007)\}]$$

ただし、ここではtは月を、SL_tはt月における殻長(mm)を表す。

【殻表輪紋査定】 トリガイの殻表に現れる3種類の輪紋の出現頻度の季節的变化を検討したところ、帯状輪紋が年齢形質であることが確認された。帯状輪紋は1年に1本形成され、その形成要因は産卵及び夏の高温と塩分・D_Oの低下が複合的に作用してもたらされる生理的機能の低下の効果であると推察された。第1帯状輪紋を用いて年齢査定した結果は殻長頻度分布解析による結果とよく一致する。しかし、寿命が短いこと及び満1歳に達しても帯状輪紋が形成されない個体が相当あるので、この方法による年齢査定には限界がある。なお、成熟や産卵などの生理学的要因と共に、夏の高温期の塩分、D_Oの著しい低下などの環境変化がトリガイの成長と生残に大きな影響を及ぼすことも明らかになった。

【成長線解析】 近年貝殻の切断面に見られる成長線がいろいろな分野で着目されるようになった。トリガイでは成長線が貝殻だけでなく、歯型の一形態であるchondrophoreにも見られ、年齢や成長率の査定の有効な手法と考えられる。それで、chondrophoreの切片について成長線の数を調べたところ、成長線の数(LN)とchondrophore length(CL: μm)の間には次のような関係が認められた。

$$LN = 0.14475 \cdot CL - 10.2562$$

成長線は1日1本形成されるので、成長曲線は次のように推定された。

$$SHt = 110.33 [1 - \exp \{ -2.0442 \cdot 10^{-3} (t + 10.2583) \}]$$

ただし、ここでは t は日を、 SHt は t 日における殻高(mm)を表す。

また、日間の成長率の季節変動には個体差が見られるが、概ね春、秋及び初冬に高く、真夏及び冬には低い傾向を示す。そして、満1歳以上では成長率が著しく低下する。成長率の決定要因として当歳貝では水温の影響が最も大きく、満1歳以上では成熟、産卵などの生理的要因の影響が大きいと考えられる。

以上の複数の手法による成長率の推定結果は特に1歳までがよく一致する。トリガイは成長が速く寿命が短いので、年級群の成長を調べるには殻長頻度分布解析が有効である。一方、成長線解析は稚貝をはじめ個体ごとに正確な成長情報を与えるだけでなく、成長率と環境要因との関係の詳細な検討を可能にする。

III. 成熟と産卵

稚貝の出現時期、生殖腺の発達状態、及び軟体部重量指数の季節的变化を総合的に検討することによって、成熟と産卵を明らかにする。

完全に成熟に達した個体の生殖腺は精子と卵子を多量に有し、外観的に乳白色を呈し、未熟個体との区別が容易である。成熟個体の割合は4～6月に50～90%にも達し最も高く、その後減少し、10月以降に0になる。総じていえば、年による差があるものの、生殖腺は3月から著しく発達し、5～6月にピークに達し、以後発達状態が急速に低下する。また殻長20mm未満の稚貝が8月から出現し、相当長く見られることから、トリガイの産卵期は4～7月と相当長いと考えられるが、産卵盛期は5～6月であろう。春秋2回産卵する海域も報告されているが、東京湾では秋産卵の可能性は小さいと考えられる。この結論はchondrophoreの成長線解析による発生時期の推定結果からも支持される。

成熟個体の殻長組成を見ると、大部分が殻長60mm以上で、50mm以下の個体はほとんど成熟に達していない。成熟個体の殻長範囲は発生してからちょうど1年経った時点の大きさに相当する。すなわち、トリガイは満1歳で成熟に達すると思われる。

一方、軟体部重量指数は3月をピークに減少し、6月以後には変動が少ない。

成熟直前になると軟体部重量指数が増加することから、軟体部重量指数は成熟状態を表すよい指標であると考えられる。

IV. 資源の構造と動態

【漁業と漁獲量変動】 柴地先のトリガイ漁期は毎年ほぼ4～8月で、ほとんどが桁網により漁獲される。柴漁協ではトリガイは加工した後、6つの銘柄に分けて、大きさごとに4, 5, 6, 9, 12, 16個体を1枚のプラスチックケースに詰めて出荷する。従って、出荷枚数から個体数を知ることができる。1965年から1990年までの間において、多い年には40万枚（およそ400万個体）以上の漁獲が見られたが、少ない年には5万枚（およそ50万個体）にも達しない。特に1990年には0に近く、漁獲量の年変動が非常に大きい。漁獲量の経月変化及び漁獲物の銘柄組成を見ると、漁獲量が5月に最も高く以後減少し、5月と6月の2ヶ月が漁獲量の大部分を占める。またCPUEは通常5月に最も高く、その後急速に減少することから、漁獲圧力によって資源が急激に減少することを示している。そして、総漁獲物の大部分が9個入りと12個入りの2つの銘柄によって占められ、漁期が進むにつれて、12個入りの銘柄の割合が高くなる。

【漁獲物組成と資源構造】 銘柄別組成の調査から6つの銘柄の殻長範囲はおよそ40～80mmであることが明らかとなった。各銘柄の殻長分布が正規分布に従うと仮定し、銘柄別の殻長組成（比率）を求め、漁獲物の銘柄組成を殻長組成に変換した。

1978年から1990年までの漁獲物の殻長組成を見ると、全ての年で50～60mmにモードがあり、漁獲物の大部分が殻長50～60mmのもので、殻長40mm以下及び70mm以上の個体の割合は非常に小さい。

これまでに得られた成長と年齢に関する知見から判断すると、漁獲物のほとんどが1歳であり、1歳未満及び2歳以上の割合は小さいと思われる。従って、トリガイの資源構造は1歳群が支配的であり、非常に単純であることが明らかになった。漁獲量の年変動が示しているように、トリガイ資源の変動が非常に大きいことは資源構造の単純さが大きな原因であると推察される。

【資源量と資源診断】 DeLury法で資源量推定を行ったところ、1978年から1990年までの初期（漁期初め）資源量(N_0)はおよそ39万個から788万個までの値を示し、漁獲量(C)と大変よく似た変動を示し、資源量の年変動も非常に大きいことが示唆された。初期資源量に占める漁獲量の割合(C/N_0)、つまり漁獲率はおよそ0.16~0.89だが、大部分が0.6以上であった。すなわち、漁期終了時には、初期資源量の約11~84%、大部分が40%以下の状態にまで漁獲される。この獲り残し率($1-C/N_0$)は漁獲量の低い年ほど小さくなっている。Beverton and Holt(1957)に従って作成した等漁獲量曲線を見ると、現状では明らかに漁獲努力よりも漁獲開始年齢を引き上げたほうが加入当たりの漁獲量の増加の割合が大きい。

以上、トリガイについては漁獲量、資源量共大きく変動することが明らかになった。資源の変動は資源構造の単純さが大きな原因であるが、成長及び生残に環境要因が大きく関与していることから、環境の変化がトリガイの資源変動に少なからず影響を及ぼすことが示唆された。近年、トリガイ資源は崩壊の状態に達しており、今後は環境の変化を見守りながら、これらの知見を基にした資源管理の方策の構築が望まれる。

謝 辞

本研究を進めるに際し、研究の機会を与えて頂き、終始暖かい御指導と適切な御助言をして頂き、また本論文の原稿の詳細な御校閲をして頂いた東京大学農学部水産学科清水 誠教授に厚く御礼を申し上げる。また、始終励ましをして頂き、本論文の御校閲と数々の御助言を賜った同助教授谷内 透博士に深く感謝の意を表す。同助手松下克己博士に実験材料の購入等の便宜を賜った。また、同助手佐野光彦博士に数々の有益な御助言して頂くとともに、顕微鏡写真撮影や実験装置の御高配等の労を賜った。併せて感謝の意を表する。

また、本論文の御校閲をして頂いた東京大学農学部付属水産実験所所長千葉健治教授、東京大学海洋研究所石井丈夫教授、塚本勝己助教授に感謝する。

また、貝殻の成長線解析に際し、有益な御助言して頂いた東京大学理学部棚部一成助教授、京都大学理学部地質学教室大野照文博士に感謝する。

現地調査において終始好意的に御協力いただいた、横浜市漁業協同組合柴支所の齊田信夫をはじめとする組合員の方々に厚く御礼申し上げる。また、愛知水産試験場尾張分場主任研究員船越茂雄博士、同主任研究員柳橋茂昭氏に数々の御助言及び標本の御提供をして頂いた。京都府海洋センター藤原正夢氏に文献と標本の御提供をして頂いた。併せて感謝の意を表す。

また、本研究中、大富潤博士、堀口敏広氏、栗田 豊氏、上原伸二氏、池島耕氏をはじめとして、始終励まををし頂き、現地調査を御協力をして頂いた東京大学農学部水産学科水産資源学研究室の学生の皆様に厚く御礼を申し上げる。最後に、私事でありながら、シャ アンニー氏に感謝する。

文 献

- Abbott, R. Tucker and Peter S. Dance(1982). Compendium of Seashells.
E.P. Dutton, Inc., New York. (日本語訳: 波部忠重・奥谷喬司 訳:
世界海産貝類大図鑑, 平凡社, 1985, 444pp)
- Anwar, N.A., C.A. Richardson and R. Seed(1990). Age determination,
growth rate and population structure of the horse mussel
Modiolus modiolus. J.mar.bio.Ass.U.K., 70:441-457.
- 有馬 功(1972). 昭和46年度における福岡県周防灘のトリガイの異常発生状況と
その成長について, 福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 1:186-193.
- Barker, R.M.(1964). Microtextural variation in pelecypod shell.
Malacologia, 2(1):69-86.
- Berry, W.B.N. and R.M. Barker(1968). Fossil bivalve shells indicate
longer month and year in Cretaceous than present.
Nature, 217:938-939.
- Berry, W.B.N. and R.M. Barker(1975). Growth increments in fossil and
modern bivalves. In Growth Rhythms and the History of the
Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn,
John Wiley & Sons, London, pp.9-25.
- Belding, D.L.(1910). The growth and habits of the sea clam(Mactra
solidissima). Rep. Commnr Fish. Game 1909, Commonwealth
Massachusetts, Public Document No. 25:26-41.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt(1957). On the dynamics of exploited
fish populations. Fish. Invest. Ser. II, Vol.19, 533pp.
- Brousseau, D.J.(1979). Analysis of growth rate of Mya arenaria using
the von Bertalanffy equation. Mar. Biol., 51:221-227.
- Chang, Y.J. and T.Y. Lee(1982). Gametogenesis and Reproductive Cycle

- of the Cockle, Fulvia mutica(Reeve), Bull. Korean Fish. Soc., 15(3):241-252.
- 千葉卓夫・鶴田新生・井上 泰(1955). 瀬戸内海産二枚貝の食餌に就いて,
第I報, トリガイ Fulvia mutica(Reeve), 農水講研報, 4(3):51-59.
- Clark, G.R., II. (1968). Mollusk shell: daily growth lines. Science, 161: 800-803.
- Clark, G.R., II. (1974). Growth lines in invertebrate skeletons. Annual Rev. Earth Planet. Sci., 2:77-99.
- Clark, G.R., II. (1975). Periodic growth and biological rhythms in experimentally grown bivalves. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.103-117.
- Clarkson, E.N.K. (1979). Invertebrate palaeontology and evolution. George Allen and Unwin, London, pp147-148.
- Coutts, P.J.F. (1970). Bivalve growth patterning as a method of seasonal dating in archaeology. Nature, 226:874.
- Coutts, P.J.F. (1975). The seasonal perspective of marine-orientated prehistoric hunter-gatherers. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.243-252.
- Craig, G.Y. and A. Hallam (1963). Size-frequency and growth-ring analyses of Mytilus edulis and Cardium edule and their palaeoecological significance. Palaeontology, 6(4):731-750.
- Crisp, D.J. (1984). Energy flow measurements. In Methods for the Study of Marine Benthos, edited by N.A. Holme and A.D. McIntyre, International Biological Programme, IBP Handbook 16, 2nd edition, Blackwell, Oxford, pp.284-372.
- Crisp, D.J. and C.A. Richardsn (1975). Tidally-produced bands in the shell of Elminius modestus. Mar. Biol., 33:144-160.
- Deith, M.R. (1985). The composition of tidally deposited growth lines

- in the shell of the edible cockle, Cerastoderma edule.
J.mar.bio.Ass.U.K., 65:573-581.
- DeLury, D.B. (1947). On the estimation of biological populations.
Biometrics, 3:145-167.
- DeLury, D.B. (1951). On the planning of experiments for the estimation
of fish population. J.Fish.Res.Bd.Canada, 8:281-307.
- Ekaratne, S.U.K. and D.J. Crisp (1982). Tidal micro-growth bands in
intertidal gastropod shells, with an evaluation of band-dating
techniques. Proc.R.Soc.Lond.B, 214, 305-323.
- Ekaratne, S.U.K. and D.J. Crisp (1984). Seasonal growth studies of
intertidal gastropods from micro-growth band measurements,
including a comparison with alternative methods. J.mar.bio.
Ass.U.K., 64:183-210.
- Evans, J.W. (1972a). Tidal growth increments in the cockle Clinocardium
nutalli. Science, 176:416-417.
- Evans, J.W. (1972b). Functional micromorphology and circadian growth
of the rock-boring clam Penitella penita. Can. J. Zool.,
50:1251-1258.
- Evans, J.W. (1975). Growth and micromorphology of two bivalves exhibiting
non-daily growth lines. In Growth Rhythms and the History of the
Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John
Wiley & Sons, London, pp.119-134.
- Farrow, G. (1971). Periodicity structures in the bivalve shell:
experiments to establish growth controls in Cerastoderma edule
from the Thames estuary. Palaeontology, 14(4):571-588.
- Farrow, G. (1972). Periodicity structures in the bivalve shell: analysis
of stunting in Cerastoderma edule from Burry inlet (South Wales).
Palaeontology, 15(1):61-72.
- Forster, G.R. (1967). The growth of Haliotis tuberculata: results of
tagging experiments in Guernsey. J.mar.bio.Ass.U.K., 47:287-300.

- Fritts, H.G. (1976). Tree rings and climate. Academic Press, London, 567pp.
- 藤原正夢・西広富夫(1988). トリガイの種苗生産技術について. 月刊養殖 6月号.
- 藤原正夢・岩尾敦志・西広富夫(1990a). トリガイ種苗生産における適正投餌量の検討. 京都海洋センター研究報告, 13:11-16.
- 藤原正夢・岩尾敦志・西広富夫(1990b). トリガイ種苗生産における採卵用親貝について. 京都海洋センター研究報告, 13:65-67.
- 藤原正夢・藤田真吾(1985). 海上砂床によるトリガイ稚貝の中間育成と母貝養成. 京都海洋センター研究報告, 9:59-66.
- 藤本敏昭(1989). トリガイの種苗生産技術研究-I: 量産化試験. 福岡県豊前水産試験場研究報告, 2:135-141.
- 藤本敏昭・瀧口克己(1990). トリガイの種苗生産技術研究-II: 量産化のための基礎試験. 福岡県豊前水産試験場研究報告, 3:123-130.
- 風呂田利夫(1988). 東京湾における貧酸素水の底生・付着動物群集に与える影響について. 沿岸海洋研究ノート, 25(2):104-113.
- 風呂田利夫(1991). 東京湾内湾底生動物の生き残りと繁栄. 沿岸海洋研究ノート, 28(2):160-169.
- Gordon, J. and M.R. Carrier(1978). Growth lines in a bivalve mollusk: subdaily patterns and dissolution of the shell. Science, 202: 519-521.
- Henocque, Y. (1980). L'age du benitier *Tridacna maxima* (Mollusques-Bivalves) par examen des stries de croissance de sa coquille. Soc. Zool. Fr. Bull., 105:309-312.
- Hall, C.A., Jr., (1975). Latitudinal variation in shell growth patterns of bivalve molluscs: implications and problems. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.163-175.
- Hasselblad, v. (1966). Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. Technometrics, 8:431-444.
- 速水 格(1974). 軟体動物: 二枚貝綱. 松本達郎 編, 新版 古生物学Ⅱ, 朝倉書店, pp.1-61.

- 林 功・北原 武・天野泰秀・多湖信良・岸本源次・神蘭真人(1976). トリガイの異常へい死による生産阻害とその回復対策のための調査. 昭和51年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 67-101.
- 堀田正勝(1977). トリガイ *Pulvia mutica*(Reeve)の幼生と稚貝の飼育について(予報). 広島水試研究報告, 9:46-53.
- House, M.R. and G.E. Farrow(1968). Daily growth banding in the shell of the cockle, *Cardium edule*. Nature, 219:1384-1386.
- 井上正昭・大場忠道(1980). アワビの成長としての輪紋について. 神奈川水産試験場研究報告, 1:107-113.
- 井上 泰(1953). トリガイの生態学的研究. 山口県内海水産試験場調査研究業績, 5(1):21-29.
- 井上 泰(1955a). トリガイの生態学的研究-I:成長について. 日水誌, 21(1):24-26
- 井上 泰(1955b). トリガイの生態学的研究-II:産卵期について. 日水誌, 21(1):27-29
- 井上 泰(1955c). トリガイの生態学的研究-III:杆晶体重量の季節的变化. 日水誌, 21(1):30-31
- 石川県(1991). 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業(二枚貝類グループ)報告書, 33pp.
- Jones, D.S.(1981). Annual growth increments in shells of *Spisula solidissima* record marine temperature variability. Science, 211:165-167.
- Jones, D.S., I. Tompson and W. Ambrose(1978). Age and growth rate determination for the Atlantic surf clam *Spisula solidissima* (Bivalvia: Mactracea), based on internal growth lines in shell cross-sections. Mar. Biol., 47:63-70.
- 穂山展志・前川兼佑(1963). タイラギ *Afrina pectinata japonica*(Reeve) その他二枚貝の人工採苗に関する予察的研究. 山口県内海水試調研究業績, 13(1):81-91
- 加藤史彦(1988a). ガウス・ニュートン法による von Bertalanffy の成長曲線の

- 当てはめ、東海水産研究所（編）：パソコンによる資源解析プログラム集，16-25.
- 加藤史彦(1988b). 加入当たり漁獲量の計算と等量線図のプロット. 東海水産研究所（編）：パソコンによる資源解析プログラム集，116-123.
- Kato, Y. and I. Hamai(1975). Growth and shell formation of the surf clam, Spisula sachalinensis(Schrenck). Bull.Fac.Fish.Hokkaido Univ., 25(4):291-305.
- 神奈川水産試験場(1983). 昭和57年度海況予報事業結果報告書，100pp.
- 神奈川水産試験場(1984). 昭和58年度海況予報事業結果報告書，91pp.
- 神奈川水産試験場(1985). 昭和59年度海況予報事業結果報告書，91pp.
- 神奈川水産試験場(1986). 昭和60年度海況予報事業結果報告書，92pp.
- 神奈川水産試験場(1987). 昭和61年度海況予報事業結果報告書，92pp.
- 神奈川水産試験場(1988). 昭和62年度海況予報事業結果報告書，128pp.
- 神奈川水産試験場(1989). 昭和63年度海況予報事業結果報告書，128pp.
- 神奈川水産試験場(1990). 平成元年度海況予報事業結果報告書，122pp.
- Kennedy, W.J. , J.D.Taylor and A. Hall(1969). Enviromental and biological controls on bivalve shell mineralogy. Bio.Rev., 44:499-530.
- Kennish, M.J.(1980). Shell microgrowth analysis:Mercenaria mercenaria as a type example for research in population dynamics. In Skeletal Growth of Aquatic Organisms, edited by D.C.Rhoads and R.A.Lutz, Plenum Press, New York, pp.255-294.
- kennish, M.J. and R.K. Olsson(1974). Effects of thermal discharges on the microstuctural growth of Mercenaria mercenaria. Envir.Geol., 1:41-64.
- Kennish, M.J., R.A. Lutz and D.C. Rhoads (1980).Preparation of acetate peels and fractured sections for observation of growth patterns within the bivalve shell. In, Skeletal Growth of Aquatic Organisms, edited by D.C.Rhoads and R.A.Lutz, Plenum Press, New York, 597-602.

- 小林 敏雄(1988). 二枚貝の貝殻構造と系統進化. 大森昌衛・須賀昭一・後藤仁敏
編: 海洋生物の石灰化と系統進化, 東海大学出版会, pp. 97-144.
- 小林新次郎・渡部哲光(1959). 真珠の研究, 技報堂, 東京, pp. 144.
- Koike, H. (1973). Daily growth lines of the clam Meretrix lusoria: a
basic study for the estimation of prehistoric seasonal gathering.
J. Anthropol. Soc. Nippon, 81(2):122-138.
- Koike, H. (1975). The use of daily growth lines of the clam, Meretrix
lusoria in estimating seasons of Jomon Period shell gathering.
In Quaternary Studies, edited by R.P. Suggate and M.M. Cresswell,
The Royal Society of New Zealand, Wellington, pp. 189-193.
- Koike, H. (1980a). Seasonal dating by growth line counting of clam,
Meretrix lusoria. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Bull., 18:, 104pp.
- Koike, H. (1980b). Microstructure of the growth line in the shell of
Meretrix lusoria. In The Mechanisms of Biomineralization in
Animals and Plants, Edited by M. Omori and N. Yatabe, Tokai Univ.
Press, Tokyo, pp. 93-98.
- Koike, H. (1982). Growth speed analyses of Meretrix shells, collected in
the Hokuriku area along the Japan Sea. The Quaternary Research,
21(3):273-282.
- Koike, H. (1986a). Prehistoric hunting pressure and paleobiomass: an
environmental reconstruction and archaeozoological analysis of
a Jomon shellmound area. Univ. Mus., Univ. Tokyo, Bull., 27:27-53.
- Koike, H. (1986b). Microstructure of growth increments in the shell of
Mercenaria mercenaria (Linne). Trans. Proc. Paleont. Soc. Japan, N. S.,
No. 141:289-295.
- 小池 裕子(1986). 貝殻成長解析. 日本海洋学会 編: 沿岸環境調査マニュアル
[底質, 生物篇], 恒星社厚生閣, pp. 241-247.
- 小島 博(1975). 徳島県におけるクロアワビの成長に関する2, 3の知見-I:
年齢形質と成長. 水産増殖, 23(2):61-66.
- 桑原 連・清水 誠(1989). 東京湾内湾のマクロベントス分布と水・底質環境.

- 沿岸海洋研究ノート, 26(2):158-171.
- 京都府(1987). 京都府立海洋センター創立88周年記念誌, 130-134.
- 京都府(1989). 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業(二枚貝類グループ)報告書, 52pp.
- 京都府(1990). 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業(二枚貝類グループ)報告書, 58pp.
- 京都府(1991a). 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業(二枚貝類グループ)報告書, 46pp.
- 京都府(1991b). トリガイ養殖試験, 平成2年度特定海域養殖業推進調査報告書, p35-129.
- Lutz, R.A. (1976). Annual growth patterns in the inner shell layer of Mutilus edulis L. J.mar.bio.ass.U.K., 56:723-731.
- Lutz, R.A. and D.C. Rhoads(1977). Anaerobiosis and a theory of growth line formation. Science, 198:1222-1227.
- Lutz, R.A. and D.C. Rhoads(1980). Growth patterns within the molluscan shell: an overview. In Skeletal Growth of Aquatic Organisms, edited by D.C.Rhoads and R.A.Lutz, Plenum Press, New York, 203-254.
- MacDonald, B.A. and M.L.H. Thomas(1980). Age determination of the soft-shell clam Mya arenaria using shell internal growth lines. Mar. Biol., 58:105-109.
- 真鍋寛定(1978). 燧灘東部海域における溶存酸素量変化. 昭和51年度香川県水産試験場事業報告, 21-30.
- 前川兼佑(1961). 瀬戸内海, 特に山口県沿岸における漁業の調整管理と資源培養に関する研究. 山口県内海水試調査研究業績, 11(1):210-217.
- 真子 渉・松宮義晴(1977). 銘柄組成による年齢組成推定法. 西海区水産研究所研究報告, 50:1-8.
- 松宮義晴(1983). 沿岸水産生物の資源評価. 石井丈夫 編:水産資源の解析と評価(水産学シリーズ46), 恒星社厚生閣, pp.115-129.
- Merrill, A.S., J.A. Posgay and F.E. Nichy(1966). Annual marks on shell and liament of sea scallop(Plagopecten magellanicus).

- Fish. Bull., 65(2):299-311.
- Millar, R.H.(1968). Growth lines in the larvae and adults of bivalve molluscs. Nature, 217:683.
- 松岡祐輔・田中俊次・生田哲郎(1968). トリガイに関する種苗生産技術研究, 京都府水産試験場業績, 31:13-27.
- 森 勝義(1989). 二枚貝の成熟, 発生, 成長とその制御. 隆島史夫・羽生 功編: 水族繁殖学(水産養殖学講座4), 緑書房, 東京, pp.327-417.
- 名越 誠・神田 猛(1979). 伊勢湾におけるイカナゴ個体群の研究-II: 資源量及び漁獲死亡率の推定. 三重大学水産学部研究報告, 6:65-72.
- 波部忠重(1975) 監修. 学研中高生図鑑(貝II), 学習研究社, 294pp.
- Neville, A.C.(1967). Daily growth layers in animals and plants. Biol. Rev., 42, 421-441.
- Newcombe, C.L.(1935). Validity of concentric rings of Mya arenaria, L. for determining age. Nature, 137:191-192.
- 西広富夫(1977). トリガイ種苗生産技術開発試験. 京都海洋センター事業概要, 31-32.
- 西広富夫(1980a). トリガイの人工種苗に関する研究-I: 産卵誘発と初期発生. 京都海洋センター研究報告, 4:13-17.
- 西広富夫(1980b). トリガイの人工種苗に関する研究-II: 浮遊幼生の投入餌量と飼育密度について. 京都海洋センター研究報告, 4:18-21.
- 西広富夫(1981). トリガイの人工種苗と放流稚貝の成長について. 栽培技研, 10(1):1-12.
- 西広富夫・西岡 純・藤原正夢(1983). 海底設置網カゴによるトリガイ稚貝の間育成. 京都海洋センター研究報告, 7:49-53.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠(1988). 水産資源学, 東京大学出版会, 217pp.
- 野上和彦・梅沢 敏・阪口清次・福原 修(1981). トリガイ Fulvia mutica (Reeve) の酸素消費量と高水温期におけるへい死との関係について, 南西海区水産研究所研究報告, 13:19-28.
- Ohno, T.(1983). A note on the variability of growth increment formation in the shell of the common cockle Cerastoderma edule. In Tidal

- Friction and the Earth's Rotation II, ed. by Brosche/Sundermann,
Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 222-228.
- 大野照文(1984). 大阪湾沿岸ボーリングコア中の二枚貝に見いだされた潮汐パターンについて. *NOM.*, 1:41-49.
- Ohno, T. (1985). Experimentelle Analysen zur Rhythmik des
Schalenwachstums einiger Bibalven und ihre palaeobiologische
Bedeutung. *Palaeontographica. Abt. A.* 189:p63-123.
- Ohno, T. (1989). Palaeotidal characteristics determined by micro-growth
patterns in bivalves. *Palaeontology*, 32(2):237-263, pls. 31-32.
- 大野照文(1989). 二枚貝の微細成長縞形成時間間隔の多様性. *日本ベントス研究会誌*, 37:35-48.
- 岡部三雄(1979). トリガイ幼生の識別と栗田湾における出現に関する2・3の知見(短報), *京都海洋センター研究報告*, 3, 144-147.
- Olsen, D. (1968). Banding patterns of *Haliotis rufescens* as indicators
of botanical and animal succession. *Biol. Bull.*, 134:139-147.
- 尾串好隆・立石 健・檜山節久・原 健一(1971). トリガイの資源生態調査, 山口県内海水試報告, 2, 34-47.
- 尾串好隆・立石 健・原 健一(1973). 大島郡北部海域のトリガイ資源生態調査, 山口県内海水試報告, 3, 101-111.
- 大富 潤(1991). 東京湾におけるシャコの資源管理に関する基礎的研究. 東京大学大学院農学系研究科博士学位論文, 195pp.
- 朴 鐘洙(1988). 東京湾のマコガレイ資源に関する研究. 東京大学大学院農学系研究科博士学位論文, 126pp.
- Palmer, J.D. (1980). Observations on shell deformities, ultrastructures,
and increment formation in the bay scallop *Argopecten irradians*.
Mar. Biol., 58:15-23.
- Pannella, G. (1972). Paleontological evidence on the Earth's rotational
history since early Precambrian. *Astrophys. Space Sci.*, 16:
212-237.
- Pannella, G. (1975). Palaeontological clocks and the history of the

- earth's rotation. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D.Rosenberg and S.K.Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.253-284.
- Pannella, G. and C. MacClintock(1968). Biological and environmental rhythms reflected in molluscan shell growth. J. Palaeontology, 42(5):64-81.
- Pannella, G., C.MacClintock and M.N.Thompson(1968). Paleontological evidence of variations in length of synodic month since late Cambrian. Science, 162:792-796.
- Peabody, F.E.(1961). Annual growth zones in living and fossil vertebrates. J. Morphol., 108,11-62.
- Phillips, D.W.(1981). Life-history features of the marine intertidal limpet Notoacmea scutum(Gastropoda) in central California. Mar. Biol., 64:95-103.
- Rhoads, D.C. and G. Pannella(1970). The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. Lethaia, 3(2):143-161.
- Richardson, C.A.(1987a). Microgrowth patterns in the shell of the Malaysian cockle Anadara granosa(L.) and their use in age determination. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 111:77-98.
- Richardson, C.A.(1987b). Tidal bands in the shell of the clam Tapes philippinarum(Adams & Reeve, 1850). Proc.R.Soc.Lond.B, 230:367-387.
- Richardson, C.A. D.J. Crisp and N.W. Runham(1979). Tidally deposited growth bands in the shell of the common cockle Cerastoderma edule (L.). Malacologia, 18:277-290.
- Richardson, C.A. D.J. Crisp and N.W. Runham(1980a). Factors influencing shell growth in Cerastoderma edule. Proc.R.Soc.Lond.B, 210: 513-531.
- Richardson, C.A. D.J. Crisp and N.W. Runham(1980b). An endogenous rhythm in shell deposition in Cerastoderma edule. J.mar.boi.Ass.U.K.,

60:991-1004.

Richardson, C.A. D.J. Crisp and N.W. Runham(1981). Factors influencing shell deposition during a tidal cycle in the intertidal bivalve Cerastoderma edule. J.mar.boi.Ass.U.K., 61:465-476.

Richardson, C.A. D.J. Crisp, N.W. Runham and L.D. Gruffydd(1980). The use of tidal growth band in the shell of Cerastoderma edule to measure seasonal growth rates under cool temperate and sub-arctic conditions. J.mar.boi.Ass.U.K., 60:977-989.

Rosenberg, G.D.(1975). A comment on terminology: the increment and the series. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, John Wiley & Sons, London, pp.1-8.

Rosenberg, G.D. and S.K. Runcorn(eds.)(1975). Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, John Wiley & Sons, London, 559pp.

SAS(1985). SAS User's Guide: Basics. Version 5 Edition. SAS Institute Inc.

SAS User's Guide: Statistics. Ver. 5 Edition. SAS Institute Inc.

SAS/GRAPH User's Guide. Version 5 Edition. SAS Institute Inc.

Seed, R. and R.A. Brown(1978). Growth as a strategy for survival in two marine bivalves, Cerastoderma edule and Modiolus modiolus. J. Anim. Ecol., 47:283-292.

清水 誠(1984a). 東京湾の魚介類(1)昭和30年代の生物相. 海洋と生物, 6(1):9-13.

清水 誠(1984b). 東京湾の魚介類(2)昭和40年代の生物相. 海洋と生物, 6(2):135-139.

清水 誠(1984c). 東京湾の魚介類(3)昭和50年代の生物相. 海洋と生物, 6(3):168-172.

清水 誠(1985). 東京湾の環境の変化と漁業資源の推移. 産業公害, 21(9):11-23.

清水 誠(1987a). 東京湾の魚介類(4)昭和シャコの個体群生態. 海洋と生物, 9(5):340-347.

清水 誠(1987b). 東京湾の魚介類(5)マコガレイの個体群生態. 海洋と生物,

- 9(6):434-439.
- 清水 誠(1988). 東京湾内湾における底棲魚介類の分布. 沿岸海洋研究ノート,
25(2):96-103.
- 清水 誠(1990). 東京湾の魚介類(6)昭和60年代の生物相. 海洋と生物,
12(3):183-189.
- 篠田正俊・藤原正夢・西岡 純(1982). 宮津湾におけるトリガイ資源の研究-I:
DeLuryの方法による資源特性値の推定. 京都海洋センター研究報告,
6:19-23.
- Shuster, C. N. Jr. (1951). On the formation of mid-season checks in the
shell of Mya. Anatomical Record, 111:127.
- Stevenson, J. A. and L. M. Dickie(1954). Annual growth rings and rate
of growth of giant scallop, Placopecten magellanicus(Gmelin)
in the Digby area of the Bay of Fundy. J. Fish. Res. Bd. Canada,
11(5):660-671.
- 水産庁・日本栽培漁業協会(1988). 昭和61年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実
績(全国).
- 鈴木治郎(1983). プロダクションモデル. 石井丈夫 編:水産資源の解析と評価
(水産学シリーズ46), 恒星社厚生閣, pp.59-68.
- 鈴木 順(1971). 東京都内湾漁業の実態. 東京都内湾漁業興亡史編集委員会編:
東京都内湾漁業興亡史, 東京都内湾漁業興亡史刊行会, 東京, pp191-264.
- 多湖信良・天野泰秀(1973). アカガイ類の流通機構について, 第I報. 昭和48年
度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 104-134.
- 多湖信良・天野泰秀(1974). アカガイ類の流通機構について, 第II報. 昭和49年
度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 87-103.
- 多湖信良・天野泰秀・林 功(1975). アカガイ類の流通機構と利用方法に関する
研究, 第III報. 昭和50年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 53-75.
- Tanabe, K. (1988). Age and growth rate determinations of an intertidal
bivalve, Phacosoma japonicum, using internal shell increments.
Lethaia, 21:p231-241.
- 田中栄次(1990). 体長組成解析(LEFRAN ver.1.3). 中央水産研究所(編): パソ

- コンによる資源解析プログラム集(Ⅱ), 69-82.
- 田中昌一(1985). 水産資源学総論(新水産学全集8), 恒星社恒星閣, 381pp.
- 田中弥太郎(1969). トリガイの発生. さかな, 4:44.
- 田中弥太郎(1978). トリガイの幼生および初期稚貝の同定について. 水産増殖, 26(2):60-63.
- 田中弥太郎(1980). 砂浜の二枚貝のくらし. 動物と自然, 10(7):21-25.
- 田中弥太郎・野田宏志・筒井久吉(1978). Bucket採集法による三河湾産底生貝類の発消長に関する研究-I: トリガイを中心として, 水産増殖, 26(2):64-65.
- 立石 賢・町田末広・塩川 司(1971). 大島海域におけるトリガイの成長について. 長崎県水産試験場研究報告, 3:108-115.
- 寺島 朴(1968). アカガイとトリガイの人工採苗. 昭和42度岡山水試事業報告書, 203-205.
- Thompson, I. (1975). Biological clocks and shell growth in bivalves. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.149-162.
- Thompson, I., D.S. Jones and D. Dreibelbis (1980). Annual internal growth banding and life history of the Ocean Quahog Arctica islandica (Mollusca:Bivalvia). Mar. Biol., 57:25-34.
- 内野 憲(1988). トリガイ資源の安定増大をめざす種苗放流技術の現状. さいばい, No.45:18-21.
- 内野 憲・藤原正夢・田中雅幸・桑原昭彦・辻 秀二・葭矢 護(1988). トリガイ春生まれ種苗の囲網内における成長と生残. 京都海洋センター研報, 11:17-23.
- 内野 憲・辻 秀二・道家章生・葭矢 護・船田秀之助(1990). トリガイの種苗の被害による減耗と捕食種(予報). 京都海洋センター研究報告, 13:17-20.
- 内野 憲・辻 秀二(1991). トリガイの帯状輪紋について. 水産増殖, 39(3):249-253.

- 王如才(1988). 中国水生貝類原色図鑑, 浙江科学技術出版社, pp.255.
- 渡辺昭二・藤本敏昭・寺田勝和夫(1976). トリガイ殻除去工事に伴う海域環境と濁りの影響について(大規模漁場環境保全事業調査) 昭和51年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 102-169.
- Weinstein, D.H. and J. Keeney(1975). Palaeontology and the dynamic history of the Sun-Earth-Moon system. In Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation, edited by G.D. Rosenberg and S.K. Runcorn, John Wiley & Sons, London, pp.377-384.
- Wells, J.W. (1963). Coral growth and geochronometry. Nature, 197:948-950.
- Williamson, P. and M.A. Kendall(1981). Population age structure and growth of the trochid Monodonta lineata determined from shell rings. J.mar.bio.Ass.U.K., 61:1011-1026.
- Widrig, T.M. (1954). Method of estimating fish populations with application to pacific sardine. Fish. Bull., 94:141-166.
- 山田常雄・他 編(1983). 岩波生物学辞典 第3版, 岩波書店, 東京.
- 吉田 裕(1940). トリガイの浮遊仔貝並びに稚貝に就いて, Venus, 10(2):87-P91.
- 吉田 裕(1953). 浅海産有用二枚貝の稚仔の研究, 農水講研報, 3(1):67-70.

