東京都の防火用水池における生物生産の研究

VI 新生沈澱物量の季節変化 (1)¹⁾²⁾

(挿図 1~3)

倉 沢 秀 夫

Studies on the biological production of three fire pools in
Tokyo. VI. Seasonal variations in the amount of deposition (1)

By Hideo KURASAWA

I ま え が き

本防火用水池には見るべき注入水はなく、新生沈澱物は一般湖沼のものと異なり、大部分は池の中で生産された生物の枯死体と池畔にある植物の落葉より形成される。これらは沈降の途中や、池底堆積物となつて bacteria の分解作用をうけて水中に溶出したり、池底に堆積したりする。こうして沈澱物質は一方において池水への栄養物質の補給源となり、他方では池を埋める作用を行う。従つてこのような過程の研究は池の生産問題の解明には欠くことのできないものといえよう。

従来吾が国で行われた沈澱に関する研究は非常に少く、高須賀沼（菅原 1939）、茨城県中沼（西条、市村、外 2 名 1954）、諏訪湖（宝月、倉沢、外 3 名 1952）の周年観測や、夏季における仁科三湖（西条 1956）のものが挙げられるに過ぎない。これらの中には沈澱と湖の生産との関係を論じてはいるが、同時に測定したものは少く量的関係の解析は充分なものとはいえない。

流入水の無い湖沼の沈澱物質量は純生産量と途中分解量との差から与えられるが、そうすると生産及び分解の諸条件によつて沈澱量が決まつて来る。そこでこれら実験池における沈澱物質量を seston 量及び純生産量の周年変化と対比し、又池底堆積物、seston 及び沈澱物の化学分析結果より沈澱過程における有機物質の量の変化を明らかにし、分解作用や堆積速度を堆定して若干の知見を得たのでここに報告する。

本研究に対し助言をいただいた東京都立大学の宝月欣二教授及び北沢右三助教授に深く感謝の意を表したい。又実験に多大の助力をお願いした鈴木能彦氏及び種々の援助をなさ

1) 資源科学研究所業績第 900 並びに東邦大学理学部生物学教室業績。

2) 1957 年 8 月 28 日札幌における日本陸水学会第 22 回大会における講演。

れた東邦大学中野治房教授に厚く御礼を申し上げる。本研究費の一部は文部省科学研究費によるものである。

II 測定方法

使用された実験池は東京都新宿区、資源科学研究所構内の3つの防火用水池である。これらの池の面積はいずれも同じ $4 \times 10 \text{ m}^2$ 、深さ 2.5 m の長方形コンクリート製の池で、1941 年（昭和 16 年）の設置である。水は降水によつて貯えられ、出口は無く減水は殆ど蒸発による。池を A、B 及び C と名づけ、B と C 池の池畔には前者はニセアカシヤ、サクラ、後者はマテバシイが生えている。

沈澱物質の採集法は従来広口ビンやコップ（菅原 1939、宝月等 1952、西条 1956、市村等 1954）を水中に吊し、沈澱物を長期にわたり受ける方法がとられて来た。本研究では池の構造上より見て風波により極端な水の攪拌は無く非常に静穏であるので、容器が浅くても一度沈澱したものが湧き上がる恐れが少いと見て、次の如き方法が考案された。即ち、口径 30 cm、底径 15 cm、高さ 30 cm の植木鉢の中に直径 12 cm の大型シャーレを入れ、池内の準備された横木より 1 m 及び 2.5 m の深さの 2 カ所に吊し、1~2 カ月毎に引き上げて乾量を測定した。沈澱物の採集に際してシャーレ中に入つた落葉、小枝等の大型沈澱物はゆるく洗つて取り除き、出来るだけ池の中での生産物質のみが入るようにした。が微細小片となつたものや、ゴミの類は除外出来なかつた。この新方法によるとコップや、広口ビンと異なり側壁面の面積はるかに少いので附着生物の枯死体による誤差は少く、又植木鉢に入れて保護されているので湧き上がりは起きず、注意して引き上げるようにすれば底の穴より水が少量づつ漏れ、シャーレ中の沈澱物を完全に集めることが出来る。この方法で 1951 年 8 月より 1953 年 12 月迄の約 3 年間の測定を続けた。又 EKMAN-BIRGE 式の採泥器により池底堆積物を採集したが、この池は前述の如く近年に設置されたもので、堆積物量は少く池の底はコンクリートである上に、礫や木片が多数投げ込まれているので、採泥は困難を極めた。それで 1952 年の 2 月から 5 月までの採泥だけにとどめた。

沈澱物及び池底泥の化学分析は、灼熱減量、有機物量が測定されたが、これらは風乾試料を 80°C で 24 時間乾燥したものを乾燥試量とし、更にルツボで恒量迄灼熱し重量差より求めた。有機窒素は 80°C で乾燥した試料をマイクロキエルダール法にて分析した。蛋白態の窒素は一定の試料にアルカリ性過マンガン酸カリを加えて蒸溜しアンモニヤ量をネスラー試薬を加えて測つた。

III 新生沈澱物の量

3 つの池において 1~2 カ月毎に採集した沈澱量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$) は Fig. 1 のようで、季節による変化は著しく、冬は少く春と秋に多く、夏はやや減る。水深別に見ると 2.5 m 層が 1 m 層よりやや多いが、この傾向は循環期では攪拌のため乱れ夏季停滞期には顕著

Fig. 1 Amounts of deposit of every month measured in dry weight in g per m² per day at each depth of the three fire pools.

Fig. 2 Monthly changes of the quantities of organic substance contained in the deposit of three fire pools. Figures show the percentages of ignition loss.

に現われる。2.5 m 層の値により季節的消長を見ると、A 池では、1952 年には 5~4 月及び 8~9 月、1953 年には 3~4 月と 6~8 月に maximum が見られ、最大は $25.48 \text{ g/m}^2/\text{day}$ で、最小は $1.06 \text{ g/m}^2/\text{day}$ で、それぞれ 1953 年 3~4 月と 1952 年 1~2 月に見られる。B 池では、1951 年の 9~10 月、1952 年の 8~9 月、1953 年の 4~5 月及び 11~12 月に maximum が見られ、最大値は $46.22 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (1953 年 4~5 月)、最小値は $1.20 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (1952 年 1~2 月) であり、C 池においては 1951 年には 8~9 月、1952 年には 3~4 月と 9~10 月、1953 年では 4~5 月及び 10~11 月に maximum があり、最大は $19.44 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (1953 年 10~11 月) で最小は $1.04 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (1952 年 1~2 月) である。A 池の最大値は A 池としては異常に大きい、これは附近の建築工事で多量のゴミが投入されたためである。次に沈澱物中に含まれる有機物質量は Fig. 2 のようであつて、沈澱物の平均約 50 % を占め、季節変化の様相は前述と同傾向である。最大値は A 及び B 池共に 1952 年の 9 月に得られ、前者では $10.60 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 、後者では $18.45 \text{ g/m}^2/\text{day}$ であり、C 池では 1953 年 8 月の $16.00 \text{ g/m}^2/\text{day}$ であつた。

IV 新生沈澱物の灼熱減量及び有機窒素

灼熱減量はどの池も季節によつて大きく異なり 15~80 % で (Fig. 2)、沈澱量の多いときは大きな値が、少いときは小さいことが認められ、秋は春より高い傾向がある。又 1 m 層より 2.5 m 層のものがやや小さい値を示すが、この程度の深さでは顕著な深さによる相違は見られない。各池における最大及び最小は A 池では 84.2 % (1953 年 5~6 月 2.5 m 層) 及び 17.3 % (1953 年 10~11 月 1 m) 層であり、B 池では 84.4 % (1952 年 6~7 月 2.5 m 層)、及び 13.5 % (1952 年 5 月 1 m 層)、C 池においては 90.1 % (1952 年 5~6 月 2.5 m 層) 及び 12.2 % (1952 年 1~2 月 2.5 m 層) である。又毎年の年平均は 40~50 % であつて、C 池の 1952 年度 58.2 % が最大である。

有機窒素量は Tab. 1 によれば沈澱量の増減とやや相反的な季節変化を示す場合もあつて灼熱減量程 平行的ではない。又 C 池では明らかに 1 m 層が 2.5 m 層にまさるが、他の池では顕著な差は見られない。3 年間の最大及び最少値は A 池では 39.7 mg/g (1953 年 6~8 月 2.5 m) 及び 5.1 mg/g (1951~1952 年 12~1 月 2.5 m) で B 池は 38.7 mg/g (1951 年 ~1952 年 12~1 月 1 m) 及び 7.8 mg/g (1953 年 10~11 月 2.5 m)、C 池は 41.5 mg/g (1951~1952 年 12~1 月 2.5 m) 及び 10.9 mg/g (1951 年 11~12 月 2.5 m) である。年平均では A 池は 20~23 mg/g、B 池は 20~26 mg/g 及び C 池では 20~30 mg/g で年による変動は C 池が最も甚だしい。

蛋白態窒素は大ざつばに見ると冬季以外は有機窒素量と相似た季節変化が見られる。2.5 m 層の値によれば、最大値は 16.10 mg/g (A 池 1953 年 6~8 月)、 10.63 mg/g (B 池 1952 年 8~9 月)、 9.12 mg/g (C 池 1952 年 8~9 月) でいずれも盛夏の沈澱物に得られ、一方最小値は A 及び B と C 池において夫々 1.16 mg/g (1913 年 5~6 月)、 1.32

Tab. 1 Annual variations in albuminoid nitrogen and organic nitrogen in the deposits

Pool		Depth (m)	1951						1952							
			VIII 21	IX 20	X 11	XI 17	XII 18	I 27	III 1	III 27	V 1	V 30	VI 26	VII 22	VIII 26	XI 28
			IX 19	X 10	XI 16	XII 17	I 26	II 29	III 26	IV 30	V 29	IV 25	VII 21	VIII 25	IX 27	X 27
A	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	8.16	6.11	—	5.24	4.03	5.66	5.82	5.73	3.25	3.70	4.47	—	11.39	5.38
	2.5	7.21	7.73	—	3.26	5.26	6.23	3.88	5.11	4.00	5.43	4.20	1.42	5.76	2.74	
	Organic N mg/g	1.0	20.3	21.1	—	20.5	17.2	14.2	17.6	18.7	15.1	18.9	23.7	—	—	29.0
	2.5	34.1	30.6	—	8.9	5.1	27.2	11.6	19.6	10.8	25.9	39.2	15.5	—	28.9	
B	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	8.36	8.04	—	—	8.86	5.10	9.81	8.09	5.40	4.73	7.74	5.29	8.46	4.25
	2.5	6.22	7.52	—	—	1.96	2.63	4.84	4.19	4.70	6.81	2.06	3.02	10.63	8.14	
	Organic N mg/g	1.0	13.3	22.1	—	—	38.7	19.8	17.7	21.6	27.7	24.4	21.2	25.1	—	24.2
	2.5	15.1	32.8	—	—	31.8	30.9	18.1	20.6	23.7	25.0	24.9	27.3	—	31.0	
C	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	6.06	4.52	—	10.71	1.44	10.11	11.85	10.90	6.65	5.53	2.04	4.69	11.86	8.40
	2.5	2.55	6.94	—	7.39	1.40	6.09	9.09	4.93	6.56	2.34	3.56	5.67	9.12	8.48	
	Organic N mg/g	1.0	36.3	27.8	—	25.0	—	19.8	18.5	18.5	17.2	—	—	22.4	—	28.6
	2.5	35.8	17.7	—	10.9	41.5	18.9	—	13.4	14.2	41.1	15.9	21.1	—	28.6	
Pool		Depth (m)	1953										Mean			
			X 28	XI 30	III 2	III 27	IV 25	V 28	VI 28	VIII 25	X 4	XI 1				
			XI 29	III 1	III 26	IV 24	V 27	VI 27	VIII 24	X 3	XI 5	XII 2	1951	1952	1953	
A	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	8.81	3.64	5.60	1.96	4.21	7.81	8.15	—	6.43	—	5.88	5.62	5.42	
	2.5	6.32	2.60	6.92	6.67	6.26	1.16	16.10	—	5.95	—	—	5.86	4.41	7.93	
	Organic N mg/g	1.0	—	19.9	12.9	18.7	24.8	13.4	23.2	—	37.1	—	19.8	19.2	21.5	
	2.5	17.3	15.5	13.4	11.2	38.9	23.7	39.7	—	25.1	—	—	19.7	19.2	23.8	
B	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	6.79	3.80	8.21	7.33	6.60	1.82	10.12	—	5.94	—	8.42	6.93	6.27	
	2.5	6.11	2.52	8.35	4.16	3.66	1.32	8.38	—	5.90	—	—	5.23	4.80	4.89	
	Organic N mg/g	1.0	25.0	25.5	23.4	—	34.1	25.1	21.1	—	27.6	—	24.7	25.0	25.6	
	2.5	24.3	25.9	19.8	22.9	20.3	18.5	24.9	—	7.8	—	—	26.6	25.7	20.0	
C	Alb. NH ₄ - N mg/g	1.0	5.69	3.80	—	5.61	4.66	—	3.43	—	—	—	5.07	7.80	4.40	
	2.5	5.13	3.10	—	6.53	1.56	4.74	5.40	—	7.60	—	—	4.22	6.06	4.82	
	Organic N mg/g	1.0	25.0	25.1	16.8	28.9	27.9	28.6	25.9	—	—	—	29.7	22.0	25.5	
	2.5	12.3	25.9	—	13.3	23.3	28.9	23.7	—	16.2	—	—	26.3	23.3	20.2	

mg/g (1953 年 5~6 月), 及び 1.40 mg/g (1951 年 12~1 月) で 5~6 月と冬に見られる. 又上層は底層のものより大きく, 年平均はどの年もいずれの池でも 5~6 mg/g で大差はない.

V 池底堆積物の灼熱減量及び有機窒素

Tab. 2 Variations in chemical nature of bottom mud during the period from Feb. to May of 1952.

	Pool	1952				Mean
		II	III	IV	V	
Loss on ignition %	A	50.3	20.9	22.0	32.3	31.3
	B	28.2	40.7	18.0	26.9	28.4
	C	44.1	34.2	32.3	33.2	35.9
Organic nitrogen mg/g	A	12.3	18.5	13.8	11.3	13.9
	B	13.9	15.4	—	7.6	12.3
	C	9.5	20.5	4.9	15.1	12.5
Alb. $\text{NH}_4\text{-N}$ mg/g	A	5.12	6.77	7.51	—	6.50
	B	4.50	7.21	1.96	—	4.56
	C	6.73	8.05	2.15	—	5.64

1952 年 2 月 より 5 月迄の結果は Tab. 2 に示すようであつて, 灼熱減量は各池共に 20~50% で平均 30~35% であり, 有機窒素は 5~20 mg/g で平均 12~14 mg/g, 蛋白態窒素は 2~8 mg/g であり平均 4~6 mg/g が測定された. 今これらの値を Fig. 1 及び Tab. 1 の新生沈澱物の同じ月の値と対比すると次の様な相違が認められる. 灼熱減量は冬の間は大差は無

いが春に向つてその差は増加し, 池底泥は新生沈澱物の約 $\frac{1}{2}$ に減少しており, 有機窒素では 1.5 倍も新生沈澱物が大きく, 蛋白態窒素では 2, 3 月はほぼ同じものが, 4 月は 2~3 倍にもなる. このような差は新生沈澱物の分解途中及び堆積後において著しく分解が進むことを示すものであらう.

VI 新生沈澱物量からの堆積速度の推定

以上の沈澱量をもとにして欠けた月は前後の月のものや他の年のものから推定し, 1 年間の総沈澱量を求めた. この値より m^2 当りの 1 日の平均沈澱量や, 池全体及び ha 当りの 1 年間の沈澱量を各池に就いて年毎に計算して Tab. 3 に示した. これによれば全般的に見て 6~10 g/ m^2 /day, 年に池全体で 80~150 kg, ha 当りで 20~40 ton であつて年々増加の傾向が認められる.

次にこの新生沈澱物が池底泥となるのには前述の灼熱減量の結果から約 50% が分解するものとし, この池底泥は約 80% の水分を含むものとする (菅原 1939). 又比重を 1.3 (菅原 1939), 1.7 (宝月等 1950) 及び両者の中間値 1.5 とした場合に分けて計算し, 1 年間に池底に堆積する厚さを 1952 年及び 1953 年について求めると Tab. 4 のようであ

Tab. 3 Amounts of deposition from 1951 to 1953.

Pool		g/m ² /day	Whole pool	
			40 kg/m ² /year	ton/ha/year
A	1952	7.64	112.00	28.00
	1953	10.65	155.92	38.98
B	1952	7.99	116.32	29.08
	1953	15.25	223.80	55.70
C	1952	5.40	78.72	19.68
	1953	11.69	170.72	42.68

らが微細な小片となつて沈澱量を増すことが考えられる。したがつて、毎年倍量近くづつ増加して行くという結果をそのまま池の生産量の増大として肯定することは早計であらう。

Tab. 4 Rate of accumulation at the bottom of the pool from 1951 to 1953. These values were calculated on the assumption that 50% of deposits were decomposed, water contents of those 80% and specific weight 1.3, 1.5 and 1.7 respectively.

Pool		Dry weight g/cm ² /year Decomposition (50%)	Wet weight g/cm ² /year water contents =80%	Rate of deposition mm/year =specific weight		
				1.3	1.5	1.7
A	1952	0.140	0.560	4.2	3.7	3.3
	1953	0.185	0.740	5.7	5.0	4.3
B	1952	0.145	0.580	4.3	3.8	3.4
	1953	0.279	1.016	7.8	6.8	5.9
C	1952	0.098	0.392	3.0	2.6	2.3
	1953	0.213	0.852	6.5	5.7	5.0

VII Seston 及び純生産量との関係

本実験池での新生沈澱物は灼熱減量の非常に大きいことから見て、その大部分が生物の枯死体より成るものと推定出来る。従つて有機物沈澱量の増減はそのときの seston 量、蒸発残渣及び plankton の純生産量と密な関連（落葉及び附着生物量が非常に少いとすれば）がある筈である。この関係を毎月の1日当り沈澱量と、生産された glucose 量（WINKLER 法による測定でその月と次の月の平均値をあてる）及び seston 量の季節変化を Fig. 3 に示した。これで見ると沈澱量の増大期は seston や純生産量のそれらと非

る。これで見ると堆積速度は年々増加するようであり、今比重を 1.5 としたときの価で見ると最も少いのは 2.6mm/year（C 池 1952 年）、で最大は 6.8 mm/year（B 池 1953 年）であつて、各池共に前年の 1.5~2 倍の堆積速度を示す。

このようなことは B 及び C 池では畔池の植物の生長に伴つて落葉量が増加しそれ

常によく一致する場合と沈澱物の maximum がやや遅れておこる場合とがある。前者は春秋の循環期に見られ、後者は夏の完全停滞期に生じており、前者は速かな沈澱のために生ずるものと思われる。又蒸発残査量は seston 量よりやや遅れてピークが現はれることが明かにされているが、これは沈澱物の季節変化と非常によく一致することを意味するも

Fig. 3 Monthly changes in the amount of deposition, seston and net production in dry weight at three fire pools.

G.N.P. ...Net production given as glucose measured by
WINKLER method
SE.....Organic matter in seston
DE.....Organic matter in deposit

Tab. 5 The relation between organic matter in deposit and net production calculated by two methods

Pool		Organic matter in deposits g/m²/day	Net production in glucose (g/m²/day)	
			WINKLER method	Chlorophyll method
A	1951	1.41	0.19	0.90
	1952	1.89	0.20	1.09
	1953	2.61	0.80	2.21
B	1951	3.09	0.18	1.32
	1952	2.68	0.05	1.29
	1953	6.27	0.82	1.88
C	1951	2.42	0.60	1.34
	1952	2.05	0.23	2.77
	1953	6.43	0.49	1.44

のである。又沈澱物の有機物量は毎年春と秋の2回の maximum が見られ、それらはいずれも循環期に当っており、特に秋季に沈澱量が多い。これは停滞期中の懸濁物質が一時に沈降するものと解される。

次に各池について毎年の1日平均の沈澱量(有機物)と純生産量(glucose 量)を WINKLER 法(直接法)と chlorophyll 法の2法の結果を比較すると、Tab. 5 のようである。即ち、生産量の多い年は沈澱量も増し、又沈澱量は chlorophyll 法の1~3倍、直接法の3~7倍で非常に相異がある。

VIII 考 察

以上の結果を日本の諸湖におけるものと比較することは色々の点で無理があると思われるが一応検討して見ることにする。

沈澱量の周年変化は前述の如く、春秋に多く(特に秋に多い)冬や夏は減少するが、この事実は高須賀沼(菅原 1939)や諏訪湖(宝月等 1952)及び中沼(西条, 市村 1954)においても認められる。これは水の循環による懸濁物質の沈降促進の影響が著しいと同時に春, 秋季には生産も盛んであること(seston 量や蒸発残査量が増大する)にも起因し、又夏に沈澱量の少いのは停滞期で沈降途中の物質が懸濁状態におかれ、生産量もやや低下する事によるものであろう(西条 1954)。

前記湖沼における1年中の沈澱量の最大値は、中沼の $23.1 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (5~6月)、諏訪湖 $90 \text{ g/m}^2/\text{day}$ (10~11月)及び高須賀沼の $281 \text{ g/m}^2/\text{day}$ と比べると、本実験池の $20\sim 40 \text{ g/m}^2/\text{day}$ は中沼と諏訪湖の間位である。一年間の平均値は中沼は $11.5 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 、諏訪湖は $30 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 及び高須賀沼は $87 \text{ g/m}^2/\text{day}$ であるに対し、年と池で異なるが実験池では $3\sim 14 \text{ g/m}^2/\text{bay}$ で中沼と同等の値を示す。こうして見ると実験池の沈澱量は上記富栄養湖に近いやや小さいことが明かにされた。しかし、一般湖沼では風波による湖底泥の湧き上がりが非常に多くあり(例えば諏訪湖)、これの再沈澱現象は沈澱量の計算に大きな誤差を誘発しやすいことを考慮する必要がある。

灼熱減量は中沼の最大は 21.5% (7月) 最小 13.0% (3~4月) で、諏訪湖は 20~40% の間が最も多く見られるが、実験池では 40~60% で含有有機物量は中沼及び諏訪湖の2~3倍である。この相異は実験池の流入水は雨水のために、土砂の混入が少いことに原因している。これは上記沈澱量の増減に関し重要な意味を持つ。即ち、中沼及び諏訪湖は実験池に数倍する沈澱量を示すが、その 60~80% は無機物質で占められており、一方実験池は 40~60% であるので、有機物による沈澱量を比較すると中沼、諏訪湖より上廻るという結果が得られる。

有機窒素は春秋の沈澱の多いときにやや少く、冬季及び5~6月の少いときはやや増えているが、この理由として次のことが考えられる。即ち、春と秋の循環期には生産も盛に行われるが、同時に水の循環現象のため分解の進んだ池底堆積物(あとで述べる如く池底泥の窒素含量は特に減少している)が湧き上つて再沈澱し、これらが新生沈澱物に混入し

て測定されるが、一方において冬や夏には分解の比較的進まない新生沈澱物質のみよりなるためと解される。このことは中沼においても認められている。1年間の平均窒素量は実験池は 20~25 mg/g であるが、中沼は 6~11 mg/g、諏訪湖は 8~10 mg/g で実験池のものよりはるかに分解が進んでいる。この分解速度の遅いことは本池で観察された bacteria 数が、富栄養のそれに比し少い事実によつて或る程度裏付けされるものである。

池底泥の灼熱減量や有機窒素量は中沼及び諏訪湖のもの 2~4 倍を示すが、このような大きな値は西条、半谷 (1953) が日本各地の湖沼堆積物の窒素量より分類した湖沼栄養度の中の、腐植栄養湖群に相当している。このように未分解のまま堆積が行われるのは、水温が高くて分解が促進される晩春より夏の時期において、長期の停滞期に入り、底層の酸素は殆ど消失してしまう (後報) ため好気性の bacteria の活動を著しく阻害する結果と想像される。

堆積速度の測定法には湖底泥の柱状試料よりの方法と、1年間の沈澱物量を容器に受けて行う方法を併用することが望ましいが、これら防火用水池は調査年度 (1951 年) で漸く 10 年を経過したばかりであり、コンクリート底であるので柱状採泥器 (core sampler) での採泥は不可能である。本研究と同じ方法で行われた諏訪湖では (宝月外 1952) 11.2 ton/ha/year の沈澱物があり、年約 2 mm の埋立て速度であるが、本研究での 13~40 ton/ha/year 及び 2~6 mm/year の堆積速度は仲々速いことになる。しかし、高須賀沼の 58.8 mm/year (菅原 1939) に比べるとはるかに遅い。本調査でも B 及び C 池においては池畔の植樹より相当多量の落葉がまい込むが、これらを取除かずにそのまま全部加えて測定すれば実際はもつと高速度の値が得られることが予想される。今採泥器で採った泥の量より推定すると、底板までの泥の深さは A 池では約 50 mm、B 及び C 池では約 80 mm であるが、これはおよそ 11 年間に堆積したものであるから 1 年平均にすれば A 池では 4.5 mm、B と C 池では 7.3 mm であつて、予想に反し前述の沈澱量からの速度と極めて近い値が得られた。しかし、この値については池の設置初期にはもつと小さく、池の栄養度が進み、池畔植物の生長による落葉量の増加した近年ではずつと大きくなつていくことを見逃してはならない。西条 (1956) は富栄養湖の渡島大沼及び貧栄養湖の震生湖の湖泥柱状試料より 10 mm/year の値を得ているが、これは本実験池や多くの富栄養湖のものより大きい。こうして見ると湖の栄養度と堆積速度は直ちに結びつけることは出来ないことになるが、これについては堆積物の有機窒素量と透明度 (湖の栄養度の指標) との関係を求め、透明度の小さいもの程有機窒素の沈澱物量は増加することが明かにされている (西条 1956)。

池の中で生産された物質はやがて新生沈澱物を経て池底泥と化するが、この途中における分解過程を灼熱減量及び有機窒素量の変化で表わすと Tab. 6 のようである。この表の値は 1952 年 2 月より 5 月までの平均値で、まづ灼熱減量によつて見ると seston から新生沈澱物となるとその有機物の $\frac{3}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ が分解し、池底泥では $\frac{2}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ が分解し去る。又

Tab. 6 Mean values of loss on ignition and organic nitrogen in seston, deposit and bottom mud, observed from Feb. to May in 1952. *After BIRGE and JUDAY (1922).

Pool		Loss on ignition %	Orgdnic nitrogen mg/g
A	Seston	75.1	80.0*
	Deposit	53.9	16.8
	Mud	31.4	13.9
B	Seston	74.5	80.0*
	Deposit	35.2	22.4
	Mud	30.9	12.3
C	Seston	66.9	80.0*
	Deposit	58.2	17.3
	Mud	35.9	12.5

中に溶け去ることになる。西条 (1956) の仁科三湖での夏の結果によれば, plankton が新生沈澱物となるには 70~80 % の窒素が失われ, 有機成分の 30~60 % が分解し, 又種々の湖沼調査結果より新生沈澱物が堆積物として池底泥となると 30~60 % の有機窒素が水中に回帰するといひ, この分解速度は炭素に比べより速かであることを確かめている。以上の分解過程は季節のちがいはあるが本研究結果と非常な類似が見られる。このように中栄養型の湖と有機物及び有機窒素の分解程度が相似た価を示すのは, 両者共に富栄養湖に比し bacteria の繁殖があまりよくない点に共通原因があるのかも知れない。

沈澱量と生産量との関係を周年にわたつて観測した研究は殆ど見当らない。諏訪湖での研究によれば, seston 量 (含有有機物量) 及び純生産量 (WINKLER 法) と沈澱量の周年変化において, 夏季停滞期中は seston 量や純生産量が増しても直ちに沈澱量は増えず, 秋になつて始めて増加する。又 1 年間の平均沈澱量は $0.70 \text{ g/m}^2/\text{day}$ で, 同時に行われた純生産量は $0.37 \text{ g/m}^2/\text{day}$ であり (WINKLER 法), chlorophyll 法では $0.66 \text{ g/m}^2/\text{day}$ であつて, Tab. 5 に示す本研究結果との対比によれば, 沈澱量は実験池の $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{2}$ であり, WINKLER 法の純生産量はほぼ同様な価を示し, chlorophyll 法は $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{2}$ である。又沈澱量は chlorophyll 法の純生産量と非常に近い価が得られるが, 実験池は沈澱量がいづれの純生産量よりはるかに大きな価を示している。西条 (1956) は夏の木崎湖で, chlorophyll 法による 1 日平均の生産量の推定値と沈澱物質中の炭素量について比較し, きわめて近い価を得ており, 又青木湖では生産量が若干上廻ると報じている。このように諏訪湖及び仁科三湖では, いづれも chlorophyll 法による純生産量が沈澱量よりやや上廻る

もし沈澱物質が殆ど plankton に由来するとした場合の有機窒素量の変化を見ると, plankton の有機窒素量を 80 mg/g (BIRGE, JUDAY によれば硅藻類は 40 mg/g , 他は $70 \sim 90 \text{ mg/g}$) とすれば, これが新生沈澱物になるとその $\frac{3}{4}$ が残り $\frac{1}{4}$ が水中に回帰し, 更に池底泥になると $\frac{1}{2}$ が残り他は水中に回帰することになる。即ち, plankton 中の有機窒素は新生沈澱物を経て池底沼と化すまでに $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}$ だけ残り, 他は水

価を示すのは、この方法による生産量の測定は理想生産量とも云うべきものを表わすためであろうといわれる。これに対し本実験池が上記の湖の結果と明かに相反する事実が見られているが、このちがいは上記の湖の沈澱物は沿岸部の外来有機物の影響の少い湖心で集められ、大体生産量を測定した生物だけの枯死体からなるが、実験池の場合は生産を測定した生物以外のもの、例えば壁面附着生物の枯死体や其の他のゴミが多量に沈澱物に混入することに起因するものと想像される。このように正しい新生沈澱量の測定には種々の困難が伴うので、生産量との直接の関係を量的に明かにすることは仲々難しい。しかし一般湖沼の沖部で攪拌に伴う再沈澱を考慮した測定がなされるならば、或程度の正確さは期待出来るであろう。

IX む す び

3つの防火用水池における新生沈澱物の沈澱量の季節変化と化学的性質を調べ次のような結果を得た。

(1) 沈澱量は春と秋に増加し特に秋に著しく、冬と初夏には減少する。これは水の循環及び停滞と関連があり循環期には増える。

(2) 沈澱量の年平均では $6\sim 30\text{ g/m}^2/\text{day}$ で、A 池は最も少く B は最も大きい。各池共年々に増えて行く傾向がある。灼熱減量は $40\sim 60\%$ 、有機窒素量は $20\sim 25\text{ mg/g}$ であつて、前者は沈澱量に比例し、後者は反比例する。

(3) 池底泥の灼熱減量及び有機窒素量はそれぞれ $30\sim 35\%$ 及び $12\sim 14\text{ mg/g}$ であつて、腐植栄養湖的な価を示す。

(4) 池底泥は新生沈澱物より灼熱減量において $\frac{2}{3}$ に減り、seston よりは $\frac{1}{2}$ に減じている。又有機窒素量では新生沈澱物の $\frac{1}{2}$ に、palnkton の $\frac{1}{4}$ であつて、窒素の水中への回帰が速かであることを示す。

(5) 池の堆積速度は1年間に $3\sim 6\text{ mm}$ 埋まり年々に増え、堆積量は $1.26\sim 5.56\text{ kg/m}^2/\text{year}$ で、富栄養湖と同様な量である。

(6) 沈澱量は seston 量や純生産量の増えるときには同時に又はやや遅れて増加する。含有有機物量の年平均は chlorophyll 法よりの純生産量の1~3倍、WINKELR 法の3~7倍である。この相違は池の壁面附着生物や、落葉が沈澱物に混入することが原因であろう。

X 引 用 文 献

BIRGE, E. A. and C. JUDAY : The inland lakes of Wisconsin. Wisc. Geol. Nat. Hist. Survey, Bull., 64, Sci, 13, 1-222, (1922) .

宝月 欣二・北沢 右三・倉沢 秀夫・白石 芳一・市村 俊英 : 内水面の生産及び物質循環に関する基礎的研究 (1), 水産研究会報, 4, 41-127, (1952) .

西条 八東・半谷 高久 : 湖底堆積物の研究. (1)本邦湖底堆積物中の有機成分. 地

理学評論, 26, 13, 595~606, (1953) .

西条 八束・辻本 昭・市村 俊英・高田 和男 : 湖底堆積物の研究. (2)茨城県中沼の新生沈澱物. 地理学評論, 27, 69~73, (1954) .

西条 八束 : 湖沼に於ける物質代謝の化学的研究, (4)木崎湖, 中綱湖, 青木湖の沈澱現象に関する二, 三の考察. 日本化学会誌, 77, 930~936, (1956) .

西条 八束 : 湖沼に於ける物質代謝の化学的研究, (8)湖沼の堆積速度. 日本化学会誌, 77, 1192~1196, (1957) .

菅原 健 : 湖沼に於ける新生沈澱物の研究. 陸水学雑誌, 6, (1936) .

SUGAWARA K. : Chemical studies in lake metabolism. Bull. Chem. Soc, Japan, 14, 375~451, (1939) .

S U M M A R Y

- 1) The seasonal variations in the amount and the chemical nature of the deposits were clarified by the observations which were carried out from Aug. 1951 to Dec. 1953 at three fire pools in Tokyo.
- 2) PETRI dishes 10 cm in diameter set in the flower pots were suspended in water at the depths of 1 and 2.5 m. respectively. At intervals of about one and two months, they were hauled up and their contents were examined.
- 3) The amounts of deposition increase both in spring and in autumn every year, and decrease in early summer (May and June). Heavy deposition sometimes seen in autumn may indicate that substances suspended in water during the summer stagnation were precipitated at a stretch in the circulation in autumn.
- 4) The mean values (dry weight) of deposition per day were 6-30g/m², richest in Pool B, and scanty in Pool A. Loss on ignition fluctuated between 40-60 %, and organic nitrogen varied between 20-25 mg/g. The value of the former changed in direct proportion to the amount of deposition, the latter vice versa.
- 5) The percentage of loss on ignition and the amount of organic nitrogen in the bottom muds varied from 30 % to 35 % and from 12 mg/g to 14 mg/g respectively. These values are similar to those of certain dystrophic lakes. Loss on ignition of bottom mud was $\frac{2}{3}$ of that of deposits and $\frac{1}{2}$ of that of seston, while the amount of organic nitrogen of bottom mud was only $\frac{1}{2}$ of seston and $\frac{1}{4}$ of plankton. These facts

indicate that organic nitrogen in these matters must return back to the water with a high speed.

- 6) The rate of deposition of matters in the pools varied from 2 to 6 mm thick year by year, increasing with age. The amount of accumulation was found to be 1.26-5.56 kg/m²/year, which are similar to those of certain eutrophic lakes.
- 7) The maxima of deposit occurred either at the same time or immediately after the maxima of seston and of net production. The mean amount of organic matters in deposits is 1-3 times more than that of net production calculated on the basis of chlorophyll content, and is 3-7 times more than net production measured by using the oxygen bottle (WINKLER'S method).

(著者：倉沢 秀夫, 習志野市大久保, 東邦大学理学部生物学教室; Hideo KURASAWA, Biological Institute, Fac. of Science, Toho University, Narashino, Chiba Pref.)