

安戸池泥土の酸化還元電位

玉置 鷹彦, 梅田 裕

安戸池は香川県東端に近い大川郡引田町に位置し、東部は瀬戸内海に接し、北、西、西南の三方は小山で囲まれた周辺単純型の養魚池である。東岸中央部附近には海水の流入、流出を調節する水門が2箇所相接して存在し、西部には水量の少ない小川が南北方向に分布し、そのおもなものが西北、西、西南の各部に1筋づつこの池へ流入している。

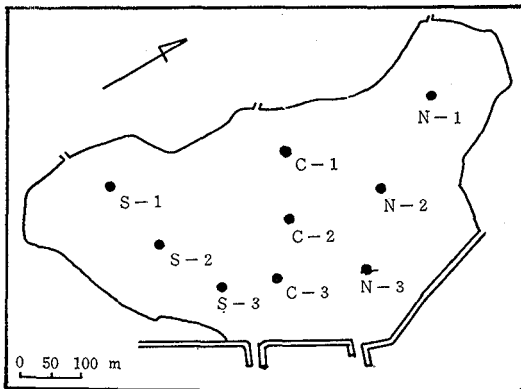
この養魚池ではおもにはまちが人工飼育されているが、魚類の食餌として与える小魚の残りが池底へたまり、それが変質することによって養魚の肥大成長に負の影響を及ぼしているらしいことが近年特に目立ってきたと伝えられている。このことを解明するための基礎的資料を得ることを目的として我々は底泥の酸化還元電位の測定を現地において行ない、あわせて室内における実験についても検討を試みたので、以下にこれについて報告する。

なおこの報告は前川忠夫前本学学長を研究代表者として1967～1969年にわたり農林省農林水産業特別試験研究費によって行なわれた「還元層発生による増養殖漁場の老化防止に関する研究」のうち我々が分担した試験について1968、1969兩年の結果である。

この研究を行なうにあたり多くの助言をいただいた本学名誉教授 前川忠夫博士、三重県立大学水産学部長 伊藤隆博士、供試砂鉄の寄贈をうけた久慈市の晴山小二郎氏、調査に協力された本学八木道明、宮脇勝美の両氏、安戸池養魚関係の方々にたいしあつくお礼申しあげるしだいである。

I 調査、実験の内容と方法

1 現地調査



第1図 観測地点略図

Fukuda ら⁽²⁾の本養魚池における水流の調査を考慮に入れ、第1図に示す9地点を池内に定め、現地における観測地点を設定した。これらの地点において小舟上より既報⁽³⁾の測定機器を用い底泥(ヘドロ)およびその直上の池水の水温、pH、Ehを測定した。なお1969年には比電導度の測定も投込電極をもつ東亜電波工業KK製携帯用電導度計CM-3M型によってあわせて行なった。測定期日はつぎのとおりである。

1968年	5月16日	6月13日	7月16日
	8月12日	9月12日	10月11日
	11月11日		
1969年	5月22日	6月24日	7月23日
	8月27日	9月24日	10月22日
	11月25日		

2 室内実験

観測地点N3付近においてエクマン・バージ採泥機によって採取した泥土を550gづつビーカーにとりつぎの物料を加えて混和後泥土採取と同時に採取した池水を泥土上に約5cmの深さまで加え、30°Cで33日間保存し、5～6日置きに泥土中と泥土上面水中のpH、Ehを測定した。pH、Ehの測定は東亜電波工業KK製pH・Eh計HM-5A型を用いて行った。添加量は泥土550gにつき魚粉2g、砂鉄5g、砂鉄多量10gとし、魚粉は孔径1mmの篩で篩別した細粉を用いた。砂鉄は岩手県久慈市産の品である。

II 調査, 実験の結果

調査結果に関し, 池水および泥土の温度, pH, 酸化還元電位, 比電導度について第1~7表に, 又魚粉, 砂鉄加用泥土の湛水保存処理における pH 値を第8-(1)表に, 酸化還元電位値を第8-(2)表に示す。

第1表 池水の水溫(°C)

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5月	A	18.0	17.5	17.2	17.9	17.7	17.5	17.9	17.8	17.6
	B	17.7	18.0	18.2	18.4	18.1	18.0	18.4	18.4	18.2
6月	A	20.2	20.3	20.4	20.4	20.4	20.4	20.8	20.7	20.9
	B	22.1	22.1	22.0	22.4	22.2	22.1	22.4	22.3	22.3
7月	A	23.4	23.0	23.0	23.4	22.8	22.9	24.0	23.7	23.0
	B	26.1	25.9	26.3	26.2	26.1	26.2	26.4	26.3	26.3
8月	A	26.9	27.9	27.6	27.9	27.8	28.1	28.9	28.4	28.3
	B	27.3	27.5	27.3	27.3	27.4	27.2	27.4	27.4	27.3
9月	A	26.1	25.9	25.9	25.7	25.9	26.2	26.7	26.1	26.3
	B	23.9	24.0	24.1	23.8	23.7	23.7	24.7	24.2	24.3
10月	A	22.3	22.4	22.2	22.5	22.4	22.3	22.4	22.4	22.3
	B	21.6	21.6	21.6	21.6	21.3	21.5	21.5	21.6	21.5
11月	A	17.8	17.5	16.6	17.4	18.0	18.1	18.1	18.0	18.0
	B	15.2	15.1	15.2	15.3	15.4	15.3	15.3	15.3	15.0

(註) A: 1968年測定 B: 1969年測定

第2表 泥土の泥温(°C)

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5月	A	16.7	16.2	16.0	16.4	16.3	16.1	16.7	16.0	16.1
	B	17.7	18.0	18.2	18.4	18.1	18.0	18.4	18.4	18.2
6月	A	19.9	19.7	19.6	20.0	19.9	19.8	20.0	19.9	19.8
	B	22.1	22.1	22.0	22.4	22.2	22.1	22.4	22.3	22.3
7月	A	22.4	22.4	22.2	22.5	22.4	22.3	23.2	22.5	22.3
	B	26.1	25.9	26.3	26.2	26.1	26.2	26.4	26.3	26.3
8月	A	26.6	26.4	26.5	26.6	26.4	26.4	27.0	26.6	26.4
	B	27.3	27.5	27.3	27.3	27.4	27.2	27.4	27.4	27.3
9月	A	25.7	25.7	25.7	25.9	25.8	25.8	25.9	25.8	25.8
	B	23.9	24.0	24.1	23.8	23.7	23.7	24.7	24.2	24.3
10月	A	22.2	22.3	22.3	22.5	22.6	22.4	22.3	22.4	22.3
	B	21.6	21.6	21.6	21.6	21.3	21.5	21.5	21.6	21.5
11月	A	17.8	17.8	17.5	18.0	18.1	18.0	18.1	18.0	18.0
	B	15.2	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.3	15.3	15.0

(註) A: 1968年測定 B: 1969年測定

第3表 池水のpH値

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5月	A	8.3	8.0	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.0	7.9
	B	8.0	8.0	8.1	8.0	8.0	8.1	7.9	8.0	8.0
6月	A	7.9	8.0	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9
	B	7.9	8.1	8.2	8.1	8.1	8.2	8.0	8.1	8.2
7月	A	7.8	7.9	7.8	8.1	8.1	8.1	8.2	8.0	8.0
	B	8.1	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3	8.0	8.2	8.2
8月	A	8.1	7.9	7.6	8.1	8.3	8.3	8.2	8.1	8.2
	B	8.0	8.2	8.3	8.2	8.3	8.3	8.1	8.3	8.3
9月	A	8.2	8.2	8.1	8.4	8.2	8.2	8.4	8.2	8.3
	B	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	8.0
10月	A	8.5	8.2	8.1	8.4	8.3	8.5	8.3	8.4	8.3
	B	7.8	7.8	7.9	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8	8.0
11月	A	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	7.9	8.2	8.2	8.0
	B	7.9	7.9	7.9	7.8	7.9	7.8	7.8	7.8	7.5

(註) A : 1968年測定 B : 1969年測定

第4表 泥土のpH値

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5月	A	8.2	8.1	8.2	8.1	8.1	8.1	7.8	8.0	7.8
	B	7.1	7.2	7.3	7.6	7.4	7.8	7.1	7.3	7.6
6月	A	7.3	7.2	7.3	7.5	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2
	B	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.6	7.2	7.3	7.5
7月	A	7.3	7.3	7.3	7.5	7.2	7.6	7.3	7.4	7.4
	B	7.4	7.3	7.2	7.3	7.5	7.6	7.4	7.2	7.4
8月	A	8.0	7.6	7.3	8.0	7.9	7.8	7.9	7.6	7.8
	B	7.3	7.4	7.2	7.4	7.4	7.4	7.2	7.1	7.3
9月	A	8.1	8.1	7.9	8.1	8.1	8.2	8.0	8.1	8.2
	B	7.3	7.5	7.4	7.4	7.4	7.5	7.2	7.3	7.4
10月	A	8.2	7.9	7.7	8.0	8.0	7.9	7.9	8.0	8.0
	B	7.4	7.5	7.3	7.2	7.4	7.6	7.2	7.5	7.3
11月	A	7.7	7.5	7.5	7.9	7.9	7.5	8.1	8.0	7.9
	B	7.6	7.3	7.5	7.5	7.6	7.2	7.6	7.5	7.5

(註) A : 1968年測定 B : 1969年測定

第5表 池水の Eh 7.5 値 (mv)

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5 月	A	292	312	309	279	289	279	322	320	299
	B	373	377	392	362	362	362	382	382	362
6 月	A	418	424	423	408	414	381	417	418	428
	B	379	339	349	389	349	349	389	379	349
7 月	A	319	299	276	303	292	319	375	309	299
	B	276	226	256	336	396	276	386	346	346
8 月	A	260	260	261	229	215	225	303	279	263
	B	255	265	265	243	225	215	315	255	265
9 月	A	222	222	200	169	202	213	185	182	175
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 月	A	129	206	202	163	139	126	179	163	139
	B	300	310	340	300	300	300	300	300	289
11 月	A	276	270	322	286	276	312	269	290	322
	B	394	394	394	394	393	384	404	404	374

- (註) 1. A : 1968年測定 B : 1969年測定
 2. 測定値はすべて正值を示す.
 3. 1969年9月24日は機器の故障のため測定を中止した.

第6表 泥土の Eh 7.5 値 (mv)

測定 時期	測定 地点	N			C			S		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
5 月	A	280	257	240	267	217	267	288	274	265
	B	290	290	320	290	290	270	310	310	290
6 月	A	391	374	379	374	354	361	374	391	377
	B	247	203	194	253	247	240	290	280	247
7 月	A	219	229	219	239	239	200	209	159	140
	B	53	83	24	113	78	74	143	110	103
8 月	A	36	87	36	77	56	67	67	96	57
	B	21	56	21	61	53	53	62	112	61
9 月	A	47	108	78	57	97	98	58	127	38
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 月	A	(-)33	49	19	149	130	139	99	149	129
	B	212	216	216	217	217	197	217	217	217
11 月	A	252	262	193	253	262	282	272	282	282
	B	301	311	301	301	301	301	311	301	301

- (註) 1. A : 1968年測定 B : 1969年測定
 2. (-)は負値を, 他は正值を示す.
 3. 1969年9月24日は機器の故障のため測定を中止した.

第7表 池水、泥土の比電導度 (1969年)

池水、泥土別	調査時期(月)		5	6	7	8	9	10	11
	調査地点								
池 水	N	1	3,952	4,128	4,005	3,741	3,348	3,346	3,565
		2	3,952	4,128	4,005	3,567	3,255	3,298	3,565
		3	4,056	4,032	4,005	3,654	3,255	3,395	3,450
	C	1	3,017	4,032	4,005	3,654	3,348	3,298	3,910
		2	3,056	4,032	4,361	3,741	3,441	3,201	3,565
		3	3,160	4,128	3,960	3,741	3,441	3,007	3,565
	S	1	3,314	3,840	3,760	3,567	3,128	3,298	3,565
		2	3,248	3,648	3,971	3,741	3,255	3,298	3,450
		3	3,080	3,456	4,005	3,741	3,255	3,346	3,565
泥 土	N	1	3,780	3,740	3,680	3,408	3,534	3,201	3,441
		2	3,885	3,740	3,756	3,344	3,348	3,104	3,441
		3	3,885	3,643	3,704	3,344	3,348	3,201	3,552
	C	1	3,885	3,546	3,680	3,608	3,534	3,201	3,552
		2	3,885	3,546	3,680	3,696	3,627	2,716	3,441
		3	3,990	3,740	3,680	3,520	3,627	2,910	3,441
	S	1	3,045	3,352	3,420	3,484	3,255	3,104	3,441
		2	2,730	3,158	3,420	3,344	3,069	3,056	3,441
		3	3,465	3,352	3,420	3,256	3,069	2,910	3,441

(註) 測定値はマイクロ・モー、20°C の単位である。

第8—(1)表 湛水保存による pH 値 (30°C)

区番号	区 名	保存 日数 試料別	0	6	12	17	22	27	33
			1	無 加 用	A	7.36	6.90	6.90	6.87
		B	7.36	7.68	7.60	7.85	7.93	8.58	8.20
2	魚 粉 加 用	A	7.21	6.77	6.75	6.75	7.00	7.07	6.91
		B	7.21	7.60	7.75	7.66	7.75	7.60	7.87
3	砂 鉄 加 用	A	7.40	6.95	6.90	6.93	7.10	7.15	7.17
		B	7.40	7.67	7.84	7.85	7.93	7.84	8.05
4	砂鉄多量加用	A	7.10	6.85	6.90	6.92	7.05	7.25	7.08
		B	7.45	7.73	7.70	7.90	7.87	7.50	7.85
5	魚 粉 加 用 砂 鉄	A	7.43	6.78	6.83	6.88	6.98	7.15	6.90
		B	7.43	7.63	7.79	7.95	7.85	7.70	7.93
6	魚 粉 多量加用 砂 鉄	A	7.45	6.80	6.85	6.88	7.00	7.15	7.00
		B	7.45	7.73	7.70	7.90	7.87	7.50	7.85

(註) A：泥土 B：泥土の上面水

第8-(2)表 湛水保存による Eh 7.5 値 (30°C)

区 番号	区 名	保存 日数 試料 別	0	6	12	17	22	27	33
			1	無 加 用	A	-68	-160	-168	-13
		B	-68	-307	-402	-258	-310	-285	-413
2	魚 粉 加 用	A	-73	-240	-252	-150	-81	-53	-95
		B	-73	-387	-440	-417	-349	-300	-435
3	砂 鉄 加 用	A	-74	-143	-170	-113	-7	-7	-3
		B	-74	-400	-430	-413	-308	-455	-413
4	砂 鉄 多 量 加 用	A	-70	-70	+110	+53	+55	+130	+135
		B	-70	-425	-430	-400	-370	-235	-430
5	魚 粉 加 用	A	-78	-197	-256	-169	-71	-26	-41
	砂 鉄	B	-78	-327	-403	-370	-355	-275	-425
6	魚 粉 多 量 加 用	A	-75	-195	-125	-70	-70	+35	-60
	砂 鉄	B	-75	-410	-420	-375	-390	-260	-420

(註) A: 泥土 B: 泥土の上水面

III 考 察

水底土壌の名は Ramann⁽⁶⁾によって提唱されたもので、陸水による泥状物を腐泥、假泥に、海水によるものを Schlick と区別している。前者は湖、沼、池など陸水下に生成発達し、後者は海水退去後の堆積物として知られている。又汽水湖における湖底堆積物に由来する水底土壌の生成、発達も考えられ、本研究の対象である安戸池の場合はこれに属するものである。

水底土壌は陸地土壌にくらべその環境に著しく多量の水が存在することにより、この土壌の生成、発達は陸地土壌の場合とは異なる様相を示す。しかも水底に堆積する物質はその起因により堆積物の存在する水環境による原地性産物と外部より堆積地へ運びこまれる異地性堆積原物に大別され、これらの組成は有機質と鉱物質からなり立っている⁽⁹⁾。この水底土壌の腐植質有機部分に関して陸水の作用によるものは water humus (水成腐植)、海水によるものは marine humus (海成腐植)とよばれる^(1,8)。又鉱物質の海底風化においては粘土の生成が陸地風化の場合とは異った変質方向を示し、そして海水下の風化作用の進行は陸水下の風化作用より遙かに速に行われること⁽⁶⁾、しかも海水は可電解質として作用するため化学的風化を行う作用が著しく、退水後出現する Schlick (泥土)の生成、発達に重要な役割をもっている⁽⁴⁾。陸水による水底土壌の生成、発達に関し溜池においては既報⁽⁷⁾のように滞泥作用と滞砂作用が関与することが認められたが、海底殊に浅海海底における泥土の堆積に関してもこれと類似の経過をとるであろうことは推察される。

第1表より池水の水温は5~7月の間1969年は1968年より各月ともやや高い値が大部分を占め、8月には両年間に大差がなく、9~11月の間は1968年の方がより高い値を示した。何れの年においても8月をピークとしていることは季節的気温のうつり変りを反映していることが考えられる。

第2表より泥土の泥温は8月をピークとして5~7月は1969年の方がより高く、9~11月は1968年の方がより高い値を示し、その上にある池水の水温と同様な傾向をもっていることは泥温と水温が密に関連していることを示すものである。

第3表より池水のpH値はいずれも8内外を示し、水温に認められたようなピークをもつ月は認められない。9~11月の間は1969年の値が1968年の値よりやや低く、同期間の水温と同様な傾向を示したことは池水中の溶存物質の水温による溶解差によることが考えられる。

第4表より泥土のpH値は1968年7.2~8.2、1969年7.1~7.8の範囲にあり、1969年における9~11月の値は前年のこの期間の値に比較してより低い値であることは池水のpH値と同様の傾向である。これは泥土粒子間に存在する池水の影響によるものであろう。

第5表より池水のEh値は1968年は6月に最も高く地点C3を除く他の8地点はいずれも(+)400 mv 台を示してい

る。7月以降10月までは大部分の地点において減少し、10月には(+)200mv以下の値を示す地点が大部分である。

1969年においては4, 5, 11月の各月においてやや高いが1968年6月において全測定地点に認められたようなピークは存在しない。このように兩年のEh値に一定の関連した傾向を認めがたいことはこの安戸池の池水の水質が一定傾向の酸化還元電位を示すように安定な状態でないことを意味するものである。これは潮の満ち干きによる水門の開閉、この池へ流入する小川からの陸水の時期的量的の変化、魚類の遊泳による池水の平衡の攪乱その他池内における動的变化によるものであろう。

第6表より泥土のEh値は1968年において6月が各測定地点とも最も高く、池水に一致した傾向である。又8~9月においては著しく低下している。この傾向は1969年の7~8月の測定値においても認められるところである。すなわち泥土は盛夏の候に著しく還元状態に傾くが、その上にある池水は第5表にみるように還元状態の進行程度が比較的弱く、泥土より池水への還元性物質の移行はさほど著しくないことを示している。このことは又この養魚池の老化の進行が泥土に関して比較的緩慢であることが理解される。

第7表より1969年に現地において測定した池水と泥土の比電導度値は大部分が3000マイクロ・モー台を示している。又泥土の比電導度値は池水のそれに比較して、より低い値を示す地点が多く、泥土微細土粒による電導性に対する抵抗の存在が考えられる。このことは泥土の生成、発達に滞泥作用が行われていることを示すものである。

第8-①表より泥土を30°Cに33日間湛水保存した場合のpH値は魚粉加用区において実験開始後6~17日の間にやや低下する傾向がある。これは魚粉の分解によって生成する酸性物質によるものであろう。その他の区の泥土のpH値には著しい変動が認められない。又泥土の上面水のpH値には一定の傾向を認めがたい。

第8-②表より泥土を30°Cに33日間湛水保存した場合のEh値は魚粉加用区において実験開始後6~17日の間に著しく低下しているが、砂鉄の添加特に砂鉄多量加用区においては実験開始後12日以後実験の終末まで泥土のEhは正の値を示している。この傾向は魚粉と砂鉄の両者を加用した場合においても認められる。以上のことより砂鉄の加用は盛夏の候を中心として泥土の還元状態が急速に発達し、池水にその影響を著しくおよびすように増養殖場が泥土の堆積により老化することを防止する一方法として役立つ可能性を示唆するものである。

IV 摘 要

1968, 1969兩年香川県引田町安戸池の池水、泥土の温度、水素指数、酸化還元電位、比電導度を現地で測定し又室内実験を行ないつぎの結果を得た。

1. 池水、泥土の温度に関し泥温は水温に密接な関係をもっている。
2. 池水のpH値は溶存物質に、泥土のpH値は池水のそれに密接な関係をもっている。
3. 池水のEh値は一定の傾向を示さない。泥土のEh値は盛夏の候著しく低下する。
4. 泥土の比電導度値は池水のそれより一般に低い。
5. Eh, 比電導度の測定結果より池内において滞泥作用が認められるが、これによるこの養魚池の老化の進行は比較的緩慢である。
6. 泥土へ砂鉄を加用する室内実験より砂鉄は泥土堆積による増養殖場の老化を防止することに役立つことが認められた。

引用文献

- (1) BORDVSKY, O.K.: Marine Geology, 33, Amsterdam, Elsevier Publishing Company (1965).
- (2) FUKUDA, K., NAGANO, T., MAEKAWA, T.: 本誌, 18, 34 (1966).
- (3) 前川忠夫, 井上裕雄編著: 昭和42年度農林水産業特別研究費補助金による研究報告書54 (1968).
- (4) 大杉繁: 一般土壌学, 43, 東京, 朝倉書店 (1948).
- (5) RAMANN, E.: Bodenkunde, 175, Berlin, Julius Springer (1911).
- (6) 佐伯秀章: 農林地質学, 116, 東京, 朝倉書店 (1950).
- (7) 玉置麿彦, 梅田裕: 本誌, 12(2), 260 (1961).
- (8) WAKSMAN, S.A.: Humus, 288, Balchimore, The Williams and Wilkins Company (1936).
- (9) WASMUND, E.: Lakustrische Unterwasserböden, 121, Berlin, Julius Springer (1930) (BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre, 5 (1930) による).

Determination of oxidation-reduction potential of muddy
sediments in Adoike pond

Takahiko TAMAKI and Yutaka UMEDA

Summary

Adoike-pond lies in Hiketa-cho, Kagawa-ken, Japan. This pond is used as a fish nursery. Determinations of pH values, oxidation-reduction potentials and specific electric conductivities of muddy sediments were performed *in situ* from 1968 to 1969 at nine observation stations in this pond. Following results were obtained. The pH values of the muddy sediments had the intimate relation to pond water which lies on the muddy sediments. Oxidation-reduction potentials of the muddy sediments were markedly reduced in summer.

The specific electric conductivities of the muddy sediments were less values than that of pond water. It seems that the degenerative process on the production of the farmed fishes by the deposition of the muddy sediments in this pond is increasing yearly and the muddy sediments are deposited mainly by organic deposit forming process of the residues of the foods given for the fish farming. The results of the laboratory experiments showed that the addition of the iron sands to the muddy sediments increased the oxidative condition of the muddy sediments. This is one of the favourable methods for the ameriolation of the reduced muddy sediments.

(1971年5月31日受理)