水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 (第1報)

大谷 武夫・薄井 與兵衛・木俣 正夫・石川 龜好

(水産講習所) (茨城県水産試験場) (水産講習所) (茨城県水産試験場)

Effects of Chemical Substances Dissolved in Water on Pisces and Mollusca. I.

Takeo OYA, Yohei USUI, Masao KIMATA and Kiyosi ISIKAWA.

SYNOPSIS

The present study aims to make contributions to our knowledge, now rather scanty, of various effects of chemicals in the medium on pisces and mollusca living in. *Cyprinus carpio* L., *Anguilla japonica* and *Meretrix meretrix* (L.), were kept in water in which various chemical substances were dissolved with varying concentrations, and their responses were observed. According to the degree of the responses, the chemical substances employed may be arranged in descending order as follows: metallic salts (such as copper sulphate, zinc sulphate and lead nitrate), acids and alkalis (such as sulphuric acid, sulphurous acid, ammonia and sodium carbonate) and the others (neutral salts such as salts of alkali metals and alkali earth metals).

水中に生存する魚介類は其の環境の水の物理的及び化学的の變化によつて影響を被むることは明かであるが、其の影響の程度若しくは影響の模様等に関する研究は比較的少く數氏の研究があるに過ぎない。高安⁽¹⁾氏はサケの稚魚及びヤマメを用ひて多數の化学藥品について研究し、HOPKINS⁽²⁾氏はカキについて數種の化学藥品の影響を研究した。又製紙工場の排水の影響⁽²⁾については HOPKINS, MARCH, WHIPPLE, SUTER, MOORE, NIGHTINGALE, LOSSANOFF, 奥, 伊藤, 藤田及び GALTISOFF 氏等が研究し、何れも魚介類に對して有害なる作用があることを認めてゐるが、其の原因については未だ明らかではない。併し之等の研究者の多くは排水中の亜硫酸によつて水中に溶存する酸素量が減少する爲めによるのであると云つてゐる。

近時化学工業の勃興に従ひ、之等工場の排水による漁業上に及ぼす影響が屢々問題視されるに至つた。それ故水中に溶存する各種の化学物質と魚介類との間の關係を究明することは重要な問題であると考えられるので先づ其の第一着手として本研究を行つた。

實驗 1. コヒ及びウナギに及ぼす影響

實驗裝置 第1圖に示せる如く高安氏⁽³⁾の用ひたる魚槽を改良して使用した。用水は T (容量約 80 l) なる水槽より導管 t を經て A に至り、更に a (A 及び B を境する上下二片より成る木片の間隙) を經て B に至り、底部の排水口 b を過ぎて流れ去る。同様に化学物質を溶解せる水は T' より A' 及 B' を經て流れる。此の際 T 及び T' より流出する水量を毎分 4.5 l となし、 A 及び B を境する木片の間隙の大きさ及び排水口 b 及び b' の大きさを加減

(1) 高安; 北海道水産試験場試験報告 大正十三年。

(2) 大谷・富士川; 軟體動物の化学 昭和九年 189~198.

し、 B, B' 及び C に於ける水深を 5 cm に保つ様にすれば B 及び B' より流れる水は C に於て殆んど混合しない。水槽 T' に色素を溶解せる水を貯へ、上記の如き方法にて水を流出せしめれば第 2 圖に示す如く兩者の水は殆んど混合しない事が判る。

實驗方法 導管 t 及び t' を共に T なる水槽に接続して上記の如く調節したる後供試魚 3~4 尾(コヒに於ては 4~5 cm のもの、ウナギに於ては 5~6 cm のものを用ひた)を C に入れ暫時放置すれば魚は C なる水槽を游泳すると共に B 及び B' の方にも游泳して行く。然る時導管 t' を化學物質を溶解せる水槽 T' に接続する。若し魚が T' より流出する水を嫌忌すれば B' に居る魚は直ちに C の方に逃れ去り、又 C に居る魚は B の側即ち反對側の方に逃れ去る。其の後屢々 B' の側の方へ游泳して來ても直ちに引返す。 T' より流出する水に對してあまり鋭敏でない場合でも暫時の後は全部 B の方に移行してしまふ。若し全く感應しない場合には最初に導管 t 及び t' を T なる水槽に接続した場合と全く同様に殆んど影響が見られない。供試魚は 1 回の實驗により同一化學物質に對して慣れる處れがあるので毎回實驗毎に更新して使用した。實驗中の水温は 18°C。

實驗結果 第 1 表及第 2 表に示す如くである。

實驗 2. ハマグりに及ぼす影響

實驗裝置 第 3 圖に示す如きものを用ひた。 A なる水槽に於ける海水は導管 a を經て B に至り更に導管 c を經て D に至る。導管 c はゴム管にして自由に動かし得、其の先端はガラス製にして細い噴口となつてゐる。 d は活栓にして導管 c を通る水量を自由に調節し得る。 b は排水管にして B に於ける水位を一定ならしめる爲めである。 D は實驗槽にして底部に砂 (e) を置きハマグリ數個を存在せしめた。 C は一定濃度の化學物質を溶解せる海水槽である。

實驗方法 D にハマグリを入れ次に B の水位及び活栓 d を調節して c の先端より流出する水量を略々毎分 50 c.c. となし、成るべく c の噴口をハマグリに接近せしめて暫時放置すればハマグリは介殻を大きく開いて呼吸を始める。此の際 c の噴口を底の砂上に接近せしめれば砂は流出する海水の爲めに吹き上る。次に介殻を開いたハマグリ上に持つて來てもハマグリは何等の反應を起さない。即ち此の程度の流れの強さによつてはハマグリは感應しないことが判る。次に活栓 d' を開いて c' によつて導ける一定濃度の化學物質を溶解せる海水を、 c の場合と略々同様の水量にして介殻を開いたハマグリに吹きかけて其の反應を觀察した。即ち此の方法によれば或濃度の化學物質を含む海水が流

第 1 圖

第 2 圖

第 3 圖

第 1 表 コ ヒ

化学物質	濃 度		反 應	備 考	化学物質	濃 度		反 應	備 考		
	mg/l	mol 濃度				mg/l	mol 濃度				
H ₂ SO ₄	97.33	0.00099	卅 卅 + + -	非常に驚いた如く口を大きく開閉して逃げる	Na ₂ SO ₄	5000.00	0.03514	卅 + + + + - -			
	48.70	0.00050				2166.00	0.01518				
	24.33	0.00025				695.00	0.00490				
	12.16	0.00012				347.00	0.00245				
H ₂ SO ₃	102.30	0.00125	卅 卅 + + -	魚槽中を跳ね廻る口を大きく開閉して逃げる	Na ₂ SO ₃	5000.00	0.03968	卅 + + + + - -			
	51.15	0.00062				2500.00	0.01984				
	25.57	0.00031				1000.00	0.00793				
	12.79	0.00016				500.00	0.00397				
NaOH	248.30	0.00622	卅 + + + -	非常に驚いた様に口を大きく開閉して逃げる 上と同じ様であるが程度が少々小	NaHSO ₃	1250.00	0.01202	卅 + + + + - -	非常に驚いたる如く口を大きく開閉して直ちに引返す上と略々同様であるが其の程度は小さい		
	124.15	0.00311				625.00	0.00601				
	62.08	0.00155				312.50	0.00301				
	31.04	0.00077				156.25	0.00150				
Na ₂ CO ₃	1000.00	0.00945	+ + + + -	口を大きく開閉して逃げる	Na ₂ S ₂ O ₃	5000.00	0.03165	+ + + + -			
	500.00	0.00472				2500.00	0.01582				
	250.00	0.00236				1250.00	0.00791				
	125.00	0.00118				NH ₄ Cl	5000.00			0.09346	+ + + + + - -
62.50	0.00059	2500.00	0.04673								
NH ₃	74.10	0.00435	卅 + + + -	溶液に接した時瞬時激しく呼吸をなす。鼻上げ状を呈す 上と略々同様であるが其の程度が小さい	1250.00		0.02337	+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して直ちに清水の方へ引返す		
	41.20	0.00243			625.00		0.01168				
	12.20	0.00072			312.50	0.00584					
	2.43	0.00014			NH ₄ NO ₃	2500.00	0.03125			+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して直ちに清水の方へ引返す
(NH ₄)HCO ₃ + (NH ₄)CO ₃ (NH ₃)	2860.00	0.01820	卅 + + + + -	溶液に接した時口を大きく開閉して逃げる 鼻上げ状を呈す 数十分の後全部清水中へ移行す		1250.00	0.01563	+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して直ちに清水の方へ引返す		
	1430.00	0.00910				625.00	0.00781				
	715.00	0.00455				312.50	0.00390				
	357.50	0.00228			Fe ₂ (SO ₄) ₃	555.55	0.00139			+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して逃げる
119.20	0.00076	185.58	0.00046								
H ₂ S	18.70	0.00055	卅 + + + + -	溶液に接した時甚だ驚愕せる如く水の表面に飛び上る鼻上げ状を呈す		61.73	0.00015	+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して逃げる		
	5.30	0.00016				28.00	0.00007				
	4.00	0.00012			ZnSO ₄	467.50	0.00289			+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して逃げる
	1.30	0.00004				233.75	0.00145				
0.65	0.00002	116.87	0.00072								
H ₂ S	18.70	0.00055	卅 + + + + -	溶液に接した時甚だ驚愕せる如く水の表面に飛び上る鼻上げ状を呈す		58.44	0.00036	+ + + + + - -	溶液に接した際口を大きく開閉して逃げる		
	5.30	0.00016			29.22	0.00018					
	4.00	0.00012			Cl ₂	3.35	0.000048			卅 + + + + - -	非常に激しく驚いた様に活動する鼻上げ状を呈す
	1.30	0.00004				2.25	0.000032				
0.65	0.00002	1.67	0.000024								
		1.13	0.000016								

第 1 表 續 き

CaCl ₂	10000.00 7500.00 5000.00	0.09091 0.06818 0.04545	+	±	-	
-------------------	--------------------------------	-------------------------------	---	---	---	--

第 2 表 ウ ナ ギ

化學物質	濃 度		反應	備 考	化學物質	濃 度		反應	備 考
	mg/l	mol 濃度				mg/l	mol 濃度		
H ₂ SO ₄	116.66	0.00119	+	非常に激しく引返す	NH ₄ Cl	5000.00	0.09346	+	
	29.17	0.00030	+			2500.00	0.04673	-	
	14.58	0.00015	±		MgCl ₂	2049.20	0.02157	+	
	7.29	0.00008	±			1024.60	0.01079	-	
	3.65	0.00004	-						
NaOH	212.00	0.00530	+	驚いた様に直ちに清水の方へ引返す	Fe ₂ (SO ₄) ₃	125.00	0.00031	+	溶液に接した際驚いた様な状態を呈す
	106.00	0.00265	+			62.50	0.00016	+	
	53.00	0.00133	-			31.25	0.00008	±	
NH ₃	78.20	0.00460	+			15.63	0.00004	±	
	39.10	0.00230	±			7.81	0.00002	-	
	19.55	0.00115	±		CuSO ₄	798.20	0.00500	+	} 激しく反應し、鼻上げ状を呈す
	9.77	0.00058	-			199.55	0.00125	+	
Na ₂ SO ₄	5000.00	0.03514	+	99.78		0.00063	+		
	2500.00	0.01757	±	24.94		0.00016	+		
	1250.00	0.00879	±	12.47		0.00008	±		
	625.00	0.00439	±	6.24	0.00004	-			
	312.50	0.00220	±	Pb(NO ₃) ₂	125.00	0.00038	+		
156.25	0.00110	-	62.50		0.00019	+			
NaHSO ₃	1500.00	0.01443	+		31.25	0.00010	+		
	375.00	0.00361	+		15.63	0.00005	+		
	187.50	0.00180	+		7.81	0.00002	±		
	93.75	0.00090	±	3.91	0.00001	-			
	46.88	0.00045	±	CaCl ₂	7500.00	0.06757	+		
	23.44	0.00023	±		3750.00	0.03378	+		
	11.72	0.00011	-		1875.00	0.01689	±		
					937.50	0.00845	-		

第 3 表 ハ マ ゲ リ

化学物質	濃 度		反応	備 考	化学物質	濃 度		反応	備 考
	mg/l	mol 濃度				mg/l	mol 濃度		
H ₂ SO ₄	500.00	0.00501	+	介殻を直ちに閉す呼吸孔を介殻内に入れ、足を出して盛んに砂中へ入らうとする 單に呼吸孔を介殻中に入れるだけである	NaOH	4320.00	0.10800	+	介殻を閉す
	250.00	0.00250	+			432.00	0.01080	+	呼吸孔を介殻内に入れるが介殻は開いたまゝである
	125.00	0.00125	+			120.60	0.00302	±	
	66.60	0.00068	±			85.00	0.00212	-	
	50.00	0.00050	-						

第 3 表 續 き

化學物質	濃 度		反應	備 考	化學物質	濃 度		反應	備 考
	mg/l	mol濃度				mg/l	mol濃度		
NH ₃	1358.30	0.07990	+	介殻を閉すか又は足を出して砂中に入らうと活動する呼吸孔を介殻内に入れ、足を出して砂中に入らうとする呼吸孔のみ介殻中に入れる呼吸孔を介殻内に入れるものと、全く感じないものがある	NH ₄ Cl	20000.00	0.37383	+	介殻内に呼吸孔を入れ漸次介殻を閉す足を出し砂中に入らうとする
	182.92	0.01076	+			10000.00	0.18694	+	
	94.18	0.00554	+			5000.00	0.09346	+	
	60.52	0.00356	±			2500.00	0.04673	±	
	30.26	0.00178	—			1250.00	0.02337	—	
(NH ₄)HCO ₃ + (NH ₄)CO ₃ (NH ₄)	5140.00	0.03274	+	介殻を固く閉す呼吸孔を介殻内に入れ砂中に入らうとする呼吸孔を介殻内に入れるのみである上	NH ₄ NO ₃	10000.00	0.12500	+	呼吸孔を介殻内に入れ漸次介殻を閉す足を出して砂中に入らうとする溶液に會ひ僅かに感應するのみである
	2570.00	0.01627	+			5000.00	0.06250	+	
	1285.00	0.00814	+			2500.00	0.03125	+	
	642.50	0.00407	+			1250.00	0.01563	—	
	321.25	0.00204	±			625.00	0.00781	—	
Na ₂ SO ₄	160.62	0.00102	—	MgCl ₂		23400.00	0.24632	+	
	5000.00	0.03514	+			11700.00	0.12316	±	
	2500.00	0.01757	+			5850.00	0.06158	—	
H ₂ S	1250.00	0.00879	—	Fe ₂ (SO ₄) ₃		1250.00	0.00313	+	介殻を固く閉す呼吸孔を介殻内に入れ、徐々に介殻を閉す足を出して砂中に入らうとする
	625.00	0.00439	—			625.00	0.00156	+	
	52.50	0.00154	+			312.50	0.00078	+	
	26.25	0.00077	+			156.25	0.00039	+	
	13.13	0.00039	+			78.18	0.00020	±	
NaHSO ₃	6.56	0.00019	+	CuSO ₄		39.09	0.00010	—	介殻を固く閉す呼吸孔を介殻内に入れ、足を出して砂中に逃れようとする呼吸孔を介殻内に入れる
	3.50	0.00010	±			1277.00	0.00798	+	
	2.67	0.00008	—			319.25	0.00199	+	
	5000.00	0.04808	+			79.81	0.00050	+	
	2500.00	0.02404	+			19.95	0.00012	+	
Na ₂ S ₂ O ₃	1250.00	0.01202	+	ZnSO ₄		9.98	0.00006	±	介殻を固く閉す呼吸孔を介殻内に入れ、徐々に介殻を閉す足を出して砂中に入らうとする
	625.00	0.00601	+			4.99	0.00003	—	
	312.50	0.00301	±			701.22	0.00435	+	
	156.25	0.00150	—			175.31	0.00109	+	
	12742.00	0.08064	+			43.83	0.00027	+	
Na ₂ S ₂ O ₃	6371.00	0.04032	+			21.91	0.00014	+	介殻内に呼吸孔を入れ、介殻を僅かに閉す上と略々同様であるが其の程度小
	3186.50	0.02016	±			10.95	0.00007	+	
	1592.75	0.01008	±			5.47	0.00003	—	
	796.38	0.00504	—						

第 3 表 續 き

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	1250.00 625.00	0.00378 0.00189	卅 卅	介殻を固く閉す 介殻を大きく開閉 し、呼吸孔を介殻 内に入れる 呼吸孔を介殻内に 入れ、徐々に足を 出して砂中に入ら うとする	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	15000.00 3750.00	0.13514 0.03378	+	単に呼吸孔を一寸 介殻内に入れるの みである
	312.50 156.25	0.00095 0.00047	+			2500.00 1250.00	0.00850 0.00425	卅 卅	
	78.13 39.06	0.00024 0.00012	± ±			625.00 312.50 156.25	0.00213 0.00106 0.00053	+	
	30000.00	0.27027	卅					+	
CaCl_2				呼吸孔を介殻内に 入れ、足を出して 盛んに砂中に入ら うとする					

表中の符號は化學物質に對する反應の程度を示せるものであつて — は全く感じない場合、± は感ずる様に見えるが明らかでは無い場合であり、+、+、卅 は夫れ夫れ感應の強さを縦の線の數を以て表したものである。

第 4 表

化 學 物 質	コ		ヒ		ウ ナ ギ		ハ マ グ リ	
	mg/l	mol 濃度	mg/l	mol 濃度	mg/l	mol 濃度	mg/l	mol 濃度
硫 酸	24.33~ 12.16 25.57~	0.00025~ 0.00012 0.00031~	14.58~ 7.29	0.00015~ 0.00008	66.60~ 50.00	0.00068~ 0.00050		
亞 硫 酸	12.79 62.08~	0.00016 0.00155~						
苛 性 曹 達	31.04 125.00~	0.00077 0.00118~	106.00~ 53.00	0.00265~ 0.00133	120.60~ 85.00	0.00302~ 0.00212		
炭 酸 曹 達	62.50 12.20~	0.00059 0.00072~						
ア ン モ ニ ア	2.43 357.50~	0.00014 0.00228~	19.55~ 9.77	0.00115~ 0.00058	60.50~ 30.26	0.00356~ 0.00178		
炭 酸 アンモニア	119.20 1.30~	0.00076 0.00004~			321.25~ 160.62	0.00204~ 0.00102		
硫 化 水 素	0.65 347.00~	0.00002 0.00245~			3.50~ 2.27	0.00010~ 0.00008		
硫 酸 曹 達	173.50 500.00~	0.00123 0.00397~	312.50~ 156.25	0.00220~ 0.00110	2500.00~ 1250.00	0.01757~ 0.00879		
亞 硫 酸 曹 達	250.00 156.25~	0.00198 0.00150~						
酸性亞硫酸曹達	78.13 2500.00~	0.00075 0.01582~	23.44~ 11.72	0.00023~ 0.00011	312.50~ 156.25	0.00301~ 0.00150		
チ オ 硫 酸 曹 達	1250.00 625.00~	0.00791 0.01168~			3185.50~ 1592.75	0.02016~ 0.01008		
鹽 化 アンモニア	312.50 625.00~	0.00584 0.00781~	5000.00~ 2500.00	0.09346~ 0.04673	2500.00~ 1250.00	0.04673~ 0.02337		
硝 酸 アンモニア	312.50 —	0.00390 —			2500.00~ 1250.00	0.03125~ 0.01563		
鹽 化 マグネシウム	— 61.73~	— 0.00015~	2049.00~ 1024.60	0.02157~ 0.01079	17700.00~ 5850.00	0.12316~ 0.06158		
硫 酸 第 二 鐵	28.00 —	0.00007 —	15.63~ 7.81	0.00004~ 0.00002	78.18~ 39.09	0.00020~ 0.00010		
硫 酸 銅	— 58.44~	— 0.00036~	12.47~ 6.24	0.00008~ 0.00004	9.98~ 4.99	0.00006~ 0.00003		
硫 酸 亞 鉛	29.22 —	0.00018 —	— 7.81~	— 0.00002~	10.95~ 5.47	0.00007~ 0.00003		
硝 酸 鉛	— —	— —	3.91 —	0.00001 —	78.13~ 39.06	0.00024~ 0.00012		
鹽 素	1.67~ 1.13	0.000024~ 0.000016	— —	— —	— —	— —		
鹽 化 カルシウム	7500.00~ 5000.00	0.06818~ 0.04545	1875.00~ 937.50	0.01689~ 0.00845	15000.00~ 3750.00	0.13514~ 0.03378		
重クロム酸加里	— —	— —	— —	— —	312.50~ 156.25	0.00106~ 0.00053		

れて來た場合の影響が判り、然も其れは流速の變化の爲めに起つた驚愕 (shock) ではなく化學物質其のものゝ影響であると考へられる。供試貝は前實驗の場合と同様に實驗毎に毎回新しきものを使用した。實驗中の水溫は $24^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{C}$.

實驗結果 第 3 表に示す如くである。

總 括 及 び 討 議

以上の實驗結果から反應の生ずる濃度の附近を一括すれば第 4 表の如くである。

第 4 表によつて明らかなる如く之等の化學物質に對してハマグリは他のコヒ及びウナギに比して少々感度が鈍い様に思はれるが大體三者共殆んど同様の影響があると考へて差支ない様に思はれる。又使用せる化學物質の中では硫酸銅、硫酸亞鉛、及び硝酸鉛の如き金屬鹽及び硫化水素及び鹽素等が最も鋭敏に作用し、次ぎに硫酸、亞硫酸、アンモニア及び炭酸曹達の如き酸及びアルカリ類である。其の他のアルカリ金屬鹽及びアルカリ土金屬鹽の如き中性鹽類が最も作用が鈍い様に思はれる。

以上の實驗結果から一般にあまり水産生物に對して害があると思はれない様な物質でも、或程度以上の濃度の際には惡影響が見られる。又河川、湖沼及び内灣等の如き實際の場所に於ては、此の實驗の如く短時間に觀察して得た結果よりも更に低い濃度に於ても相當の影響があるのではあるまいかと云ふことが考へられる。

終りに實驗に協力されたる荻野珍吉及び佐久間今朝四の兩氏に感謝す。