

## 錦江湾(鹿児島湾)に流入する河川経由の物質移動量 (その1) 諸河川の流量の一資料

著者	鎌田 政明
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 数学・物理学・化学
巻	6
ページ	21-28
別言語のタイトル	AMOUNT OF MATERIALS TRANSPORTED BY RIVER WATERS INTO KINKO BAY (THE BAY OF KAGOSHIMA) (Part 1) Discharge of Rivers around Kinko Bay
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00006997">http://hdl.handle.net/10232/00006997</a>

# 錦江湾(鹿児島湾)に流入する河川経由の 物質移動量(その1)

諸河川の流量の一資料

鎌田 政明\*

## AMOUNT OF MATERIALS TRANSPORTED BY RIVER WATERS INTO KINKO BAY (THE BAY OF KAGOSHIMA) (Part 1)

Discharge of Rivers around Kinko Bay

Masaakira KAMADA

### はじめに

河川の化学的研究はいろいろな立場からすすめられてきており,<sup>7)</sup> 著者らも地球化学的立場からフッ素, 重金属などの分布について報告してきた。しかし最近では環境汚染に関連した河川の化学的調査がしばしばおこなわれている。著者らも地球化学的立場にたち, われわれの環境における物質の移動という面から河川を調査研究することを企画し, そのはじめとして錦江湾に流入する河川経由の物質移動量を取りあげた。ここで物質とは固体のもの, 溶存しているものとふたつのかたちがあるわけであるが, 主として溶存しているものを対象とする。

### 錦江湾に流入する河川調査の必要性

鹿児島湾(錦江湾)はよく自然環境を残している内湾といわれているが, この湾に面する鹿児島市周辺においてとくに, 都市化がすすみ, 工業団地の造成もなされていて内湾汚染の進行が憂慮されている<sup>2)3)6)</sup>。このような内湾の汚染速度を支配する要因は多数考えられるが, ひとつは汚染物質の河川経由の流入であり, 他のひとつは沿岸からの直接の放出である。これら個々の過程をくわしく追跡することは容易でない。とくに巨大都市, あるいは工業都市ではいちじるしく困難である。しかし錦江湾のように沿岸の開発が比較的おこなわれているところではこれらの過程を解析できる可能性が大きい<sup>1)</sup>。

### 内湾への物質流入速度算定のために河川流量と水質とを同時調査することの必要性

内湾の汚染速度を支配する要因のひとつは河川経由の汚染物質の流入であり, これをあきらかにするには問題成分の河川水中の濃度と, 河川水の流量の両方の測定が必要である。従来, 河川の水質調査で水質分析はくわしく実施されているのに, 同時に流量調査がおこなわれている例はきわめてまれである<sup>3)</sup>。これには理由があつてまず第一に, 河川の環境自体にだけ眼のむけられる傾向が強かったこと, 第二に流量測定がかならずしも容易ではないこと, 第三に汚濁が問題となる河川が

\* 鹿児島大学理学部化学教室 (Chemical Institute, Faculty of Science, Kagoshima University)

比較的小さく、流量測定の対象になっていなかったことなどがあげられよう。

筆者が錦江湾周辺の河川の流量の資料を探索した体験からいうと、測定値のあるのは建設省の直轄河川だけで、かつて何か他の目的のために流量測定がおこなわれていてもその資料の保存が十分でなく、ましてや流量測定で、同時に採水し水質を調査した例はほとんどみあたらなかった。最近工業用水道としての取水がはじめられた永田川の場合も、過去の流量測定の資料がないため、設計に大変苦労したという鹿児島県当事者の話<sup>4)</sup>などはまさしくこれを裏書きしている。

大西も“河川の流量測定が一般に困難であるときには流域の降水量から推算している”としている<sup>5)</sup>がこの方法によってえられる値はその河川の流量の目安とはなっても、問題成分の濃度を測定したとき、その場所での流量値があるにこしたことはない。

流域に存在する工場、事業場などの汚染物質の放出量の実態が完全に把握されれば、河川調査の必要もないが、これらおよび一般住民の生活排水の個々についての調査は実際上不可能であるので、そのような推定の試みは試みとして<sup>3)</sup>やはり別に流量、水質の同時調査の必要があることになる。

## 河川流量の測定方法

### 1. 採水点を考慮した測定点の選定

われわれの目的が水質分析と同時に流量を測定しようとする以上、その河川全体の下流—この場合は内湾である錦江湾—への負荷量を代表するような地点で採水し、流量測定をおこなう必要がある。このため感潮域をさけて各河川の採水点を決定した。一部の河川では感潮域において干潮時に採水するほか適当な場所のない所もあった。採水点、流量測定点は第2表に示した。甲突川などでは調査点から下流にかなりの汚濁水の流入があり、この影響を無視しえないが、それらは考察のとき補正的にとりあつかうこととする。ただし甲突川河口にある鹿児島市の錦江汚水処理場の排水は、量も大きく、成分によってはその影響を無視できないので、ひとつの河川と考え別に測定した。

ごく小さい河川にあっては流心の一点で採水すれば十分であるが、河幅がひろくなると左岸、流心、右岸での水質の差異がでてくる。そのような場合はひとつの河川をいくつかの区切り、それぞれを代表する試料と、その各部分の流量を別々に求めた。(この結果については、本報ではとくにふれない)。

### 2. 測定時刻の選定

降雨の影響を別にしても、広義の人間活動の結果が河川の水質に影響するわけであるから、いつ採水し、いつ流量を測るかが重要である。別報するように人間活動の時間的変化に対応して河川水質は変化する。ことに都市を貫流する河川においてこの傾向がいちじるしい。第1表にその1例を示す。この測定の間あるいはそれ以前に流域には降雨がなかったから、このような変化はあきらかに人間活動の変化の反映である。このようなパターンはリン酸イオンだけではなく他の多くの成分についてもたしかめられており、いつ測定するかはその河川についてあらかじめその変化のパターンをしらべておく必要がある。鹿児島湾の場合沿岸にある都市は人口約40万の鹿児島市が代表的なもので、他の市町村は人口もひとけた少ないから、甲突川以外の河川では特定成分の場合をのぞいてあまり測定時刻を考慮に入れる必要はない。ただ工場、事業場等が沿岸にあるときはその操業時間との関係を配慮しなければならない。

### 3. 測定日の選定

降雨によって河川の流量が変化し、水質も変化することはよく知られている。したがってあらゆる

第1表 甲突川におけるリン酸イオン含有量の時間的変化（右岸，流心，左岸の各採水点におけるP（リン）のppbで示す）

採水日：1972年12月5日～6日

時	刻	左	岸	流	心	右	岸
5日	12:30	219		87		135	
	14:30	188		80		70	
	16:30	215		75		85	
	17:30	190		60		53	
	18:30	178		55		48	
	20:30	160		75		43	
	22:30	268		80		55	
6日	0:30	135		62		56	
	3:30	108		35		45	
	6:30	66		30		25	
	8:30	133		52		90	
	9:30	317		133		155	
	12:30	385		155		155	
		301		113		85	

る天候条件の流量測定がのぞましいことはいうまでもなく、また水質の研究も同時に実施しなければならない。しかしすべての河川に自記式流量計、自記式水質分析計が用意できない以上、これは不可能であるので、大体低水時～平水時の条件を中心としやや降雨の影響をうけた場合とを加えて採水、流量測定をおこなった。これらの意味するものくわしい解析は、降水量その他と関連づけて別報する予定である。なおこの流量測定と水質の同時把握はさらに続行しておりここで報告するのはその中間報告としての一資料である。

#### 4. 流量の測定方法

常法<sup>7)8)</sup>により小河川の場合は河川の中に入って、あるいは橋上から実施した。錦江湾に流入する河川の場合に平水時にやや困難を感ずる河川は新川（天降川）、雄川の二河川であった。直接河川に入る方法は、河床をふくめた汚染の実態を把握するのにきわめて有益であった。

#### 流量測定の結果

さきにものべたように降雨で増水がいちじるしいときのぞきできるだけ多数回測定することにつとめた。結果を第2表に示す。主要な河川については5～6回測定している。甲突川については4回の連続観測をふくめ（延49回）10回実施した。各河川の測定値の幾何平均値を求めて同じ表に示してある。

甲突川の測定値は別に第3表に示す。この表では一連の連続測定については個々に幾何平均値を求め、さらにその幾何平均値を求めて甲突川の値とし第2表の一覧表にのせてある。第2表は錦江湾に流入する河川の流量の一資料であるが、同時に多くの成分についての分析がおこなわれているので、錦江湾への物質の流入量に関する議論の基礎となりうるものである。

#### 流量測定結果の考察

##### 1. 錦江湾に流入する諸河川の流量

さきにものべたように流量測定は平水位のときかやや低水～濁水位のときの測定が中心となっており、また回数も限られている。したがって各河川の流量値の意味づけはかなり問題である。こころ

第2表 錦江湾(鹿兒島湾)に流入する

河川名	採水点	採水年月日	と流量		単位: m <sup>3</sup> /sec,	
成二港田鈴貝八愛五障	反田貫底幡岩野子	成川部	'72 Aug. 10	0.36	Nov. 28 0.35	'73 June 14 0.24
		中村園芸	"	0.47	" 0.11	" 0.12
		大鼓橋	"	2.28	" 0.45	
		でん粉工場	"	0.76	" 0.22	
		小畑橋				'73 Feb. 20 0.075
		水神橋	'72 Aug. 10	0.20	Nov. 28 0.11	'73 Feb. 20 0.66
		水重橋	"	0.92	" 0.53	" 0.062
		水門上橋				" 0.15
		国道橋	'72 Aug. 10	0.14		" 0.03
		"金峰"				"
和永脇新荒甲清稻	田田田田突	潮見橋				'73 Feb. 20 0.62
		(七字宿)	(現在全量を工業用水道に取水)			
		涙じろう橋	'72 Aug. 12	0.62	Dec. 16 0.49	
		よ草橋	"	1.04	" 0.95	
		草卒田橋			" 0.41, 0.37	
		(別表)				'73 Feb. 23 0.93
		水門上橋			Dec. 16 0.16	
		黒葛橋	'72 Dec. 15	1.00	" 1.32, 1.24	'73 Mar. 17 0.72
思別網新(天降川)手検高湊境深松大仙	府掛川	国道橋	'72 Aug. 8	1.39		'73 Feb. 16 1.75
		津日当山温泉橋	"	8.18	Nov. 3 5.33	" 2.45
			"	1.78		" 1.30
			"	38.0		" 18.2
		鏡鉄橋上流	"	3.12	Nov. 3 3.85	
		'72 Aug. 9	2.44			'73 Feb. 16 1.32
		国道橋上流				'73 Feb. 16 0.18
		みなと橋				" 0.093
		'72 Aug. 9	0.086			" 0.05
		深港橋上橋	"	0.35		" 0.076
鉄橋上橋	"	0.24		" 0.069		
鉄居世神橋	"	0.067		" 0.02		
				" 0.038		
小鶴飛中本松高神雄大伊	浜田岡俣城崎須座敷	トンネル前下				'73 Feb. 16 0.00
		国道橋				" 0.03
						" 0.00
						" 0.044
		高城橋	'72 Aug. 9	2.43		'73 Feb. 9 0.73
		高須橋上橋	'72 Aug. 9	2.75	Nov. 5 0.50	" 0.06
		神社橋上橋	"	5.70	" 3.13	" 0.81
		雄川橋上橋	"	26.1	" 4.28	" 1.87
		大伊座敷小橋				" 2.22
						" 0.45
				" 0.056		

河川の流量 (測定: 鎌田政明他, 1972~1973)

				$\bar{x}_G$ (幾何平均)	試料数
Aug. 23	0.13	Sept. 4	0.28	0.2561	5
June 29	0.158	Aug. 23	0.14	0.1949	6
"	0.59	"	0.45	0.7566	5
				0.4089	2
				0.075	1
June 14	0.40	Aug. 23	0.10	0.2539	5
June 29	1.84	"	0.72	1.060	6
				0.062	1
				0.1449	2
				0.03	1
				小計 3.24 <sub>2</sub>	
				(全体の 6.6%)	
June 15	0.51			0.6428	3
		Sept. 4	0.84		
June 15	0.195	July 13	0.264	0.4153	5
"	0.51	"	0.56	0.8157	5
				0.3895	2
				4.019 (別表)	49
May 23	0.58, 0.93,	May 24	0.35,	0.6029	8
		June 14	0.35	0.16	1
		July 18	0.56, 0.89, 0.57	1.097	6
June 15	0.73			小計 8.14 <sub>3</sub>	
				(全体の 16.5%)	
				1.559	2
June 15	2.03	Aug. 18	5.62	3.959	6
		Aug. 24	3.16	1.521	2
June 15	8.88	July 12	8.52	15.175	6
		Aug. 18	14.7		
"	1.16	"	2.08	1.915	6
		"	0.85	1.276	4
				0.18	1
				0.093	1
				0.0656	2
				0.163	2
				0.129	2
				0.036 <sub>6</sub>	2
				0.038	1
				小計 26.11	
				(全体の 52.8%)	
				0.00	1
				0.03	1
				0.00	1
				0.044	1
Mar. 9	0.47	June 16	0.84	1.031	5
		Aug. 23	1.67	0.06	1
Mar. 9	1.26	June 16	0.89	0.980 <sub>2</sub>	6
"	1.65	"	2.20	2.496	6
"	7.17	"	6.18	6.777	6
		Aug. 24	0.71	0.45	1
		Aug. 23	2.00	0.056	1
		"	8.82		
				小計 11.9 <sub>3</sub>	
				(全体の 24.1%)	

総計 49.42  
(総流量)

第3表 甲突川(鹿児島市)の流量(測定: 鎌田政明他 1972~1973)

年	月	日	時刻	流量	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_G$	$\sigma$		
'72	10	6	16:30	3.3	(3.3)	(3.3)	—		
	12	5	12:30	3.53					
	"	"	14:30	3.80					
	"	"	16:30	3.37					
	"	"	17:30	3.82					
	"	"	18:30	3.26					
	"	"	20:30	3.41					
	"	"	22:30	3.28					
	12	6	0:30	3.33					
	"	"	3:30	3.32					
	"	"	6:30	3.39					
	"	"	8:30	3.44					
	"	"	9:30	3.43					
	"	"	10:30	3.42					
"	"	12:30	3.45						
12	15	17:00	3.86	3.950*	3.956	0.226			
"	"	12:50	3.98						
12	16	0:20	3.68						
"	"	8:40	4.30						
"	"	17:30	3.96						
'73	1	24	17:00	9.13	(9.13**)	(9.13)	—		
	2	23	16:10	3.98	(3.98)	(3.98)	—		
	5	9	19:20	6.67	5.942**	5.967	0.572		
	"	"	22:30	5.31					
	5	10	0:40	5.69					
	"	"	4:00	5.80					
	"	"	6:00	7.03					
	"	"	7:10	6.42					
	"	"	8:30	6.12					
	"	"	10:30	6.23					
	"	"	12:45	6.05					
	"	"	14:40	5.13					
	"	"	16:30	5.32					
	"	"	18:20	5.83					
5	21	14:00	2.65	2.59				2.595	0.0778
"	"	14:40	2.54						
5	23	14:00	2.55	2.386	2.408	0.333			
"	"	17:00	2.92						
"	"	19:30	2.84						
"	"	21:40	2.05						
"	"	23:30	2.18						
5	24	3:30	2.54						
"	"	5:30	2.60						
"	"	7:40	2.39						
"	"	9:20	2.26						
"	"	11:30	1.79						
"	"	13:30	2.37						
6	15	16:20	1.89	(1.89)	(1.89)	—			
9	4	11:20	9.72**	(9.72)	(9.72)	—			

註 \* 小雨時の測定値 \*\* 雨後の測定値

一連の連続観測を一回として  $\bar{x}_G$  の値の幾何平均値  $\bar{x}_G$  (Total) をとると

$$\bar{x}_G \text{ (Total)} = 4.019_s$$

流量の単位:  $\text{m}^3/\text{sec}$ , ( ) は1回だけの測定値を示す。

$\bar{x}_G$ : 幾何平均値,  $\bar{x}_A$ : 算術平均値,  $\sigma$ : 標準偏差,  $n$ : 試料数

みに文献にある南九州における平均流量として 湧水量 178.2, 低水量 279, 平水量 455 (単位は  $\text{m}^3/\text{sec}\cdot\text{km}^2$ ) をとり, 対象とした河川の全流域面積にこれに乗じると, 第2表の全河川の流量 (幾何平均値の総計)  $49\text{m}^3/\text{sec}$  とよく調和する結果がえられる。ことに 1972-1973 年の降水量がそう大きくなかったことを考えるとそうである。したがって第2表の結果はすくなくとも全体としての目安とはなりうると考えられる。

また河川を四つのグループにわけ, 成川—障子川のグループ (第1グループ), 和田川—稲荷川のグループ (第2グループ, 市内河川グループ), 思川—仏石川のグループ (第3グループ) および小浜川—伊座敷川のグループ (第4グループ) とすると, それぞれのグループの流量の和 (第2表に示してある) はそれぞれのグループの流域面積比によく対応している。

各グループの流量の全体において占める割合は第2表に示してあるが第3グループのものが流量最大であるが, 負荷量は最大というわけではない。第2グループすなわち鹿児島市内河川のグループの流量は全体の 16% 程度にすぎないが多くの成分についての負荷量はきわめて大きい。(別に報告する)。

このような調査を今後ともつづけ, より完全な基礎資料としたいと考えている。

## 2. 甲突川および鹿児島市内河川の流量

第2表に示したように甲突川を含む鹿児島市内河川の流量は全体の 16% であるが汚濁物質の負荷量はきわめて大きい。このことは錦江湾海水の汚染の調査からも明らかになっている<sup>1)</sup>。このような意味において第2グループの河川の流量, 水質の同時調査は特別な意味をもっている。

甲突川はそのなかでももっとも流量の大きい河川で, 上流では鹿児島市の上水道の水源としての取水もおこなわれ, また市の中心部を貫流するためとくに問題の河川である。

すでにのべたようにその水質はいろいろな成分についての変動が大きい。それは市民の広義の人間活動の変化に対応しているものであるが, その変化のパターンは決して単純ではない。第1表に示しておいたリン酸イオンの変化をみても, 左岸, 流心, 右岸と, 時間的な変化に明らかなズレがみられる。

このように, 都市を貫流する河川の性格はきわめて複雑なのでその性格をつかむにはかなりきめの細かい研究を長期間つづけることが必要である。

性格の複雑さは水質だけではなく流量についてもいえる。第3表の流量値のなかで '72, 12.5~12.6 のものをみてみよう。水質の変化の幅の大きさには及ばないが, 明瞭な変化がみとめられる。とくに 12月5日 12:30~20:30 の間の変化がはげしい。むろんこの間降雨もなく, 潮汐の影響とも考えられない変化である。この原因をいろいろ吟味した結果, 結局上流にある河頭浄水場の取水操作の影響であることが判明した。取水という人間活動が流量に影響を及ぼしたわけである。浄水場も事業場のひとつと考えると, 一般の工場等においても取水が一樣におこなわれるわけではないから, 他の河川でもその可能性はつねにあると考えてよいであろう。

また 12月6日の早朝にかけ流量が極小となりふたたび増加する傾向をみせているが, この原因についてはよくわからない。ただ深夜にはなく, 早朝からはじまる人間活動のひとつとしての地下水汲上げ, その河川への放流がひとつの原因となっている可能性があるようである。

このように甲突川の性格は都市貫流の河川の特徴として複雑なものであるが, それが中心部を貫流するだけにそれ自身の環境保全の重要性もある。したがって第2グループ全体の河川について特に関心を払う必要性は今後ともますます高まってくるわけである。

とくに甲突川について流量の大きい稲荷川は最近上水道水源としての取水開始が予定されている。



取水がはじまると第3表に示した流量は当然減少するので流況の変化が懸念されている。

さきに污水处理場の排水をひとつの河川としてとりあげることにしたが、市の資料によっても<sup>5)</sup>、われわれの実測によってもその流量（排水放出量）は $0.6\text{ m}^3/\text{sec}$ 前後でかなり大きい。しかもこれは河川としてみると著しく汚染された河川である。たとえばBODについて考えてみよう。下水道法によっても、このような排水はBOD20ppm以下としなければならないとされている。かりにそれがつねに満足されているとしても草牟田橋定点の甲突川のBODの約10倍の濃度で、錦江湾への負荷量からいうと本流よりも大きい。現在この処理場の排水は河に放出されているわけではなく、海へ放出されているのであるが、海への負荷という立場からは結局同じことになる。沿岸からの直接の流入の研究とあわせての錦江湾への物質流入量の評価の際考慮すべきものと思われる。

### まとめと今後の課題

以上、錦江湾に流入する諸河川の流量測定を実施し、同時に多くの成分についての水質分析をおこなうことにより、同湾に流入する物質質量算定の基礎資料がえられた。

今後とも、いろいろな気象条件、流況における研究を継続し、さらに完全なものに近づけたいと願っている。とくに雨季、あるいは颱風時などの流量、溶存成分の同時調査はいままでほとんど資料がないが、ケン濁成分の調査とともに物質移動量の論議には欠かせられない。そのためには流量の安全、確実な測定、あるいは評価の問題と、ケン濁成分をいかにして採取し分析するかという化学的問題とが残されている。後者については一部研究をはじめているので続報でのべる予定である。

終りにのぞみ年間を通しての、また時には24時間を通しての困難な測定に協力せられたる各位、稲本信隆工学士、伊藤真実、岩田治郎、樋口美起雄、山室三起男、横田正夫、若松 操の各理学士、石坂 勲、坂上博行、坂本雄二、迫 一三、西沢武美、福永和雄、持田弘一および知念哲雄の諸君に深甚の謝意を表す。なお関連研究に従事し、多くの助言をあたえられたる本学教養部大西富雄教授、理学部米原範伸助教授に感謝する。研究に要した費用の大部分は昭和47年度、48年度の文部省特定研究「人間活動による内湾海水汚染速度に関する基礎的研究」の科学研究費補助金、および鹿児島県の委託研究費から支弁したことを付記する。

### 文 献

- 1) 鎌田政明・大西富雄：内湾への汚染物質の流入—河川経由と沿岸からの放出。シンポジウム「人間生存と水圏」（東大医科研）にて講演。要旨集 p. 12-17 (1973)
- 2) 鹿児島県：鹿児島県西部海域水質調査研究報告 (1972)
- 3) 鹿児島県：鹿児島県の公害 (1973)
- 4) 鹿児島県工業用水道部：鹿児島臨海工業用水道事業の概況，工業用水，**179**，56-63 (1973)
- 5) 鹿児島市水道局：昭和46年度水道事業・公共下水道事業統計年報 (1972)
- 6) 鹿児島商工会議所：鹿児島市域水質汚濁基礎調査報告書。(1973)
- 7) 野満隆治，瀬野錦蔵：新河川学 (第二版)，地人書館 (1961)
- 8) 大西富雄：水質汚濁物質の測定における問題点，鹿児島大学理科報告 **22**，27-44 (1973)