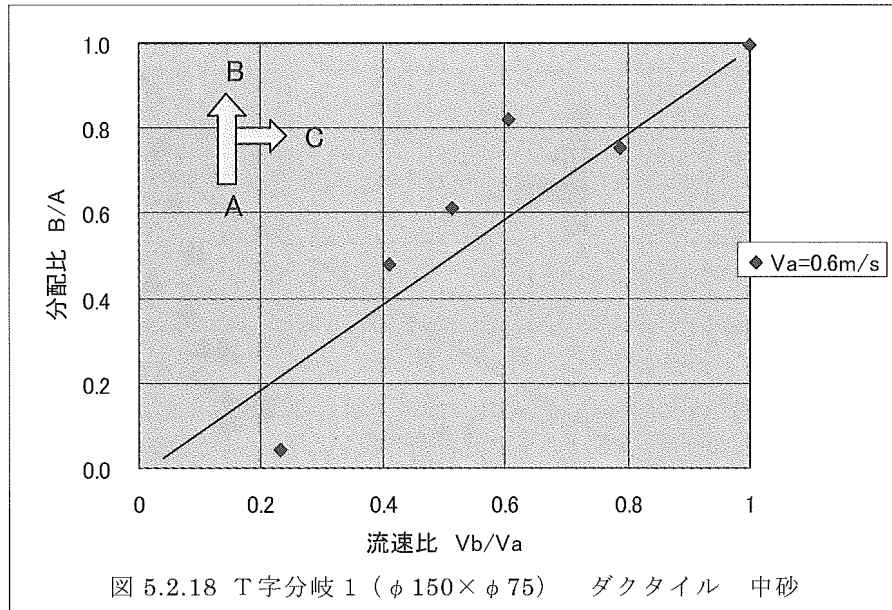


・ $\phi 150 \times \phi 75$

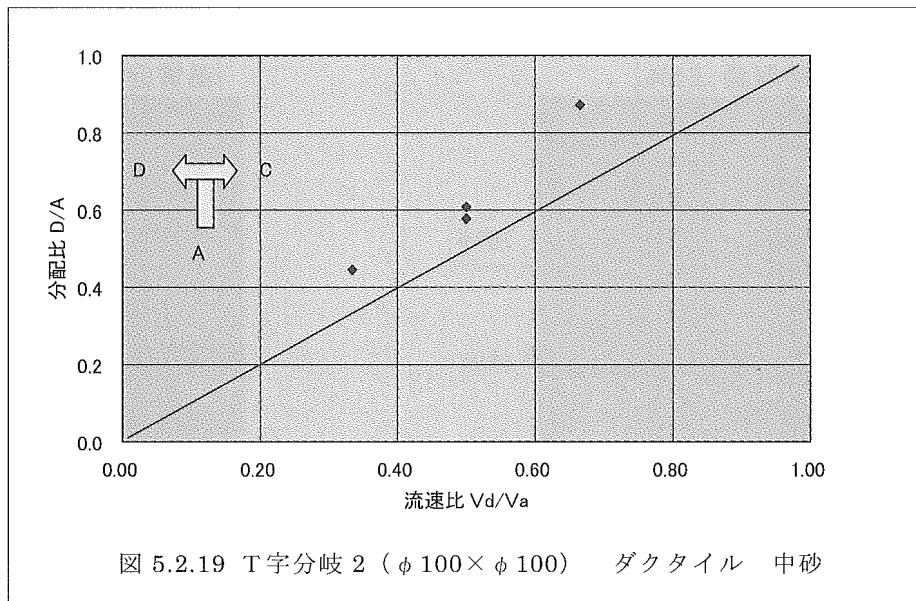
異口径分岐($\phi 150 \times \phi 75$)の場合、本管の分岐部への流入速度と直進速度の比 V_b/V_a が 0.2 程度までは濁質は分岐側へ多く分配される傾向が見られるものの、 V_b/V_a が 0.2 を超えたあたりから直進側への濁質分配比が増え、0.4 あたりでは直進側より多く分配される傾向がみられた。

$\phi 150 \times \phi 75$ は、 $\phi 150 \times \phi 100$ に比べ V_b/V_a が小さな段階で直進側に流れやすい傾向が見られた。



② T字分岐 2

濁質は、ほぼ流速比により分配された。

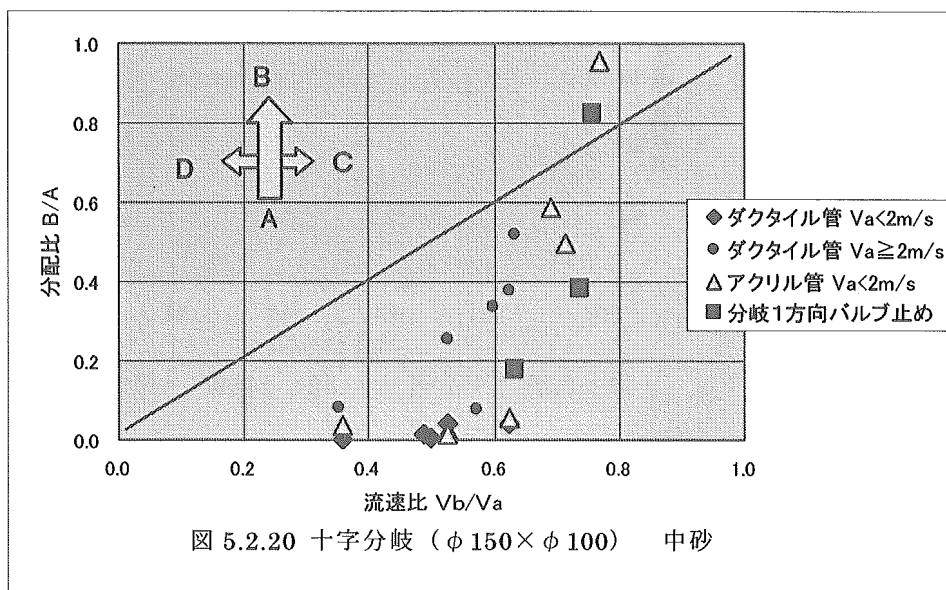


③十字分岐

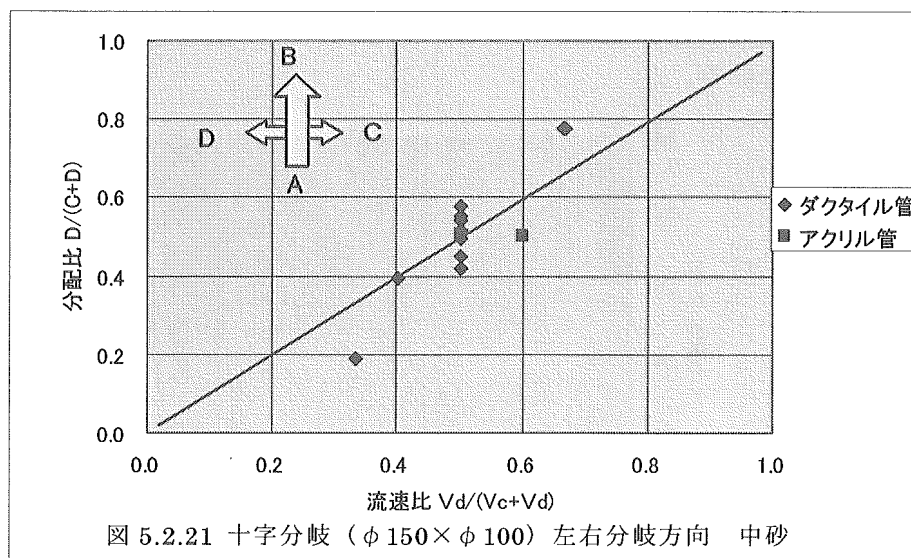
・ $\phi 150 \times \phi 100$

流速比 V_b/V_a が 0.6 程度までは分岐側へ多く分配される傾向が見られるものの、 V_b/V_a が 0.6 を超えたあたりから急激に直進側への分配量が増え、流速比が 0.8 程度で直進側に多く分配される結果となった。

流入速度 V_a が 2m/s 未満では、T 字分岐($\phi 150 \times \phi 100$)とよく似た分配比となった。



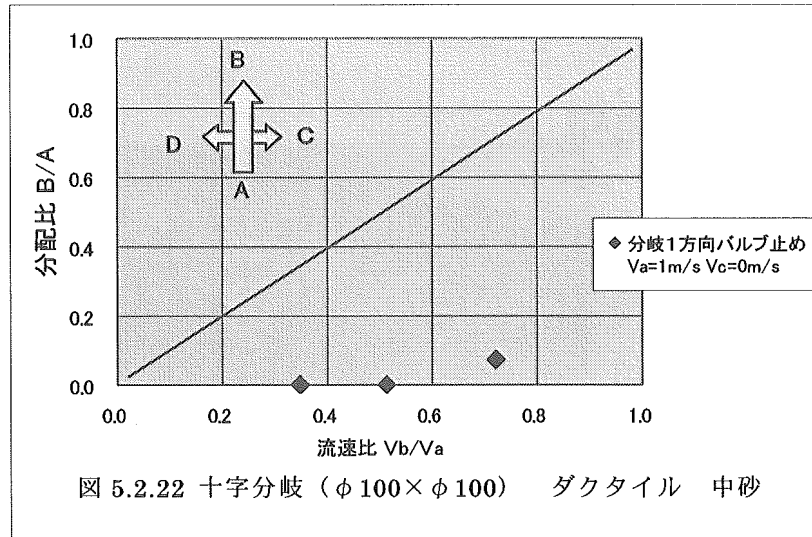
分岐方向では、左右の分岐流速比と濁質分配量比に幅があるが、流量設定誤差等が考えられるため、基本的には流速比で濁質は分配されるものと考えられる。



・ $\phi 100 \times \phi 100$

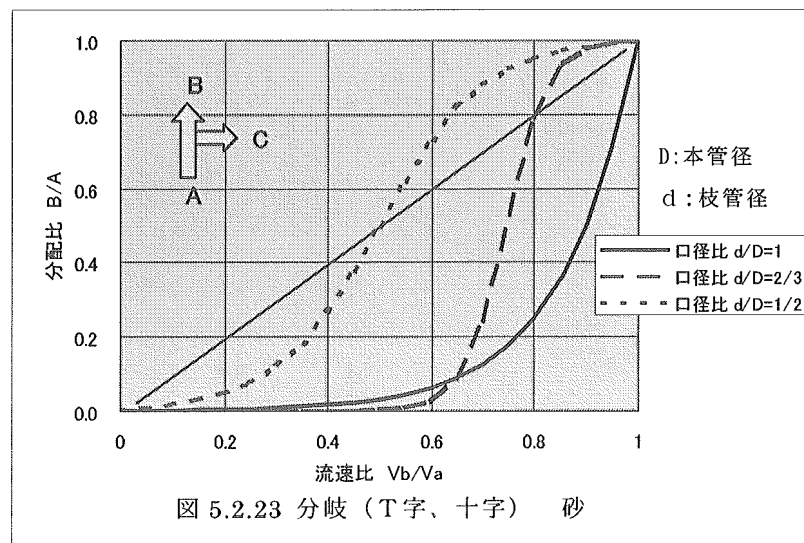
十字分岐($\phi 100 \times \phi 100$)は分岐の1方向をバルブ止めにした実験のみであるが、濁質は分岐側へ多く分配される傾向が見られる。

十字分岐($\phi 100 \times \phi 100$)はT字分岐1($\phi 100 \times \phi 100$)とほぼ同様な結果となった。



④まとめ

- ・ 同口径の場合、T字分岐、十字分岐ともに濁質は分岐方向に流れ易い傾向にある。
- ・ 異口径の場合は、直進方向の流量比が小さい場合は、濁質は分岐方向のみに流れ、流速比が大きくなると直進方向への濁質分配比が多くなる。更に流速比が1に近くなると流速比を上回る濁質が直進方向へ流れるようになる。
- ・ 異口径の場合は、分岐口径が小さくなるほど、流速比に対して濁質は下流方向に流れやすくなる傾向にある。
- ・ 流入流速が 2m/s 未満の状態では、流入速度に関わらずほぼ同様の分配比となる。



5.2.4 給水栓からの濁質流出実験

1) 実験の目的

本管流速、給水栓流速、濁質の種類の違いによる、給水栓からの濁質の流出の関係を把握する。

2) 実験条件

- ①濁質 : 砂及び錆 (600ml)、塗膜片 (100ml:回収量・投入量ともに体積で評価)
- ②給水栓口径 : $\phi 25$
- ③本管口径 : $\phi 100$
- ④本管流速 : $0.3\sim 2.0\text{m/s}$

3) 実験方法

①流量調整

ポンプを起動し、設定本管流速になるよう流量制御弁開度を調整し、ポンプを停止する。また、給水栓からの流出量を測定する。

②給水栓からの流出状況の観察

濁質を投入し給水栓を開け、給水栓に設置したプランクトンネットにて濁質を回収し、体積をビーカーにて測定する。また、流出状況を観察しデジタルビデオにより撮影する。

4) 実験結果のまとめ

①塗膜片 (本管流速 0.3 、 0.6 、 0.9m/s)

$20\sim 25\text{ml}$ の塗膜片が回収された。本管流速と流出量の関係の明確な傾向は見られない。

②砂 (本管流速 1.2 、 1.6 、 2.0m/s)

砂投入時に、濁水がアクリル管より観察されたが、給水栓からの流出は目視では明確には観察できなかった。

流速 $1.6\sim 2.0\text{m/s}$ で微量の砂粒が回収されたが、微量のため計量にはいたらなかった。また、 1.2 m/s では砂粒の流出は認められなかった。

③鉄錆び (本管流速 1.2 、 1.6 、 2.0m/s)

鉄錆び投入時に、アクリル管より確認された赤水 (濁水) の給水栓からの流出は、目視により確認できた。しかし、鉄錆 (粒状の鉄錆) は回収用プランクトンネットでは回収されなかった。粒状の鉄錆びの給水栓からの流出は認められなかった。

表 5.2.9 給水栓からの流出実験のまとめ (φ100)

濁 質	塗膜片			中 砂	鉄 錆				
投入量(ml)	各 100			各 600	各 600				
給水栓流量 (l/min)	32.7	34.3	30.0	40.0	40.0	39.7	41.8	41.8	
給水栓流速 (m/s)	1.74	1.82	1.59	2.10	2.10	2.08	2.17	2.17	
給水栓口径 (mm)	25			25	25				
本管径(mm)	100			100	100				
本管流速(m/s)	給水栓からの濁質流出状況 (濁質回収量)								
0.3	22ml						無し 1)		
							(赤水)		
0.6		20ml					無し 2)		
							(赤水)		
0.9			25ml				無し 3)		
							(赤水)		
1.2			無し				無し 4)		
							(赤水)		
1.6					微量 採取				
2.0						微量 採取			
備 考	<p>1) 鉄錆粒子の給水栓からの流出は確認できなかったが、濁水(赤水)の流出が確認された。</p> <p>2) 投入口より投入すると微粉末の鉄錆により、水は濁り(赤水)、移動と共に沈降していくが給水栓の所まで濁っている場合は当然、給水栓を開けると赤水が出てくる。但し、鉄錆の粒子が出てくることは無い。</p> <p>3)、4) 給水栓までの到達時間が短くなるため、赤水の色が濃くなる。</p>								

5.3 管網基礎実験

5.3.1 枝状管路による濁質拡散実験

(1)実験の目的

複数の分岐を有する枝状管路での濁質拡散状況及び堆積状況を確認するとともに、基礎実験結果との整合性を確認し、基礎実験結果による濁質分配結果の管網への拡張性を検証する。

(2)実験条件（投入濁質の条件）

- ・濁質種類：中砂、濁質投入量：1000g
- ・実験時間：1時間程度

(3)実験方法

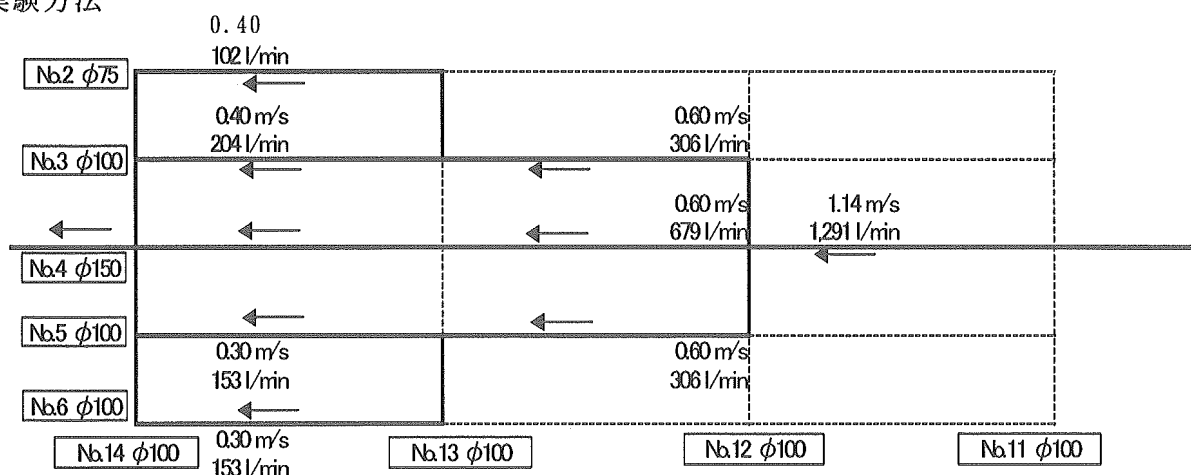


図 5.3.1 枝状管路による濁質拡散実験の概要

①バルブの設定

実験を行う管路へ通水するための開閉操作を行う。

②流量の調整

管路流速が所要の流速となるバルブ開度を設定する。

③試料の投入

消火栓から試料を投入する。

④分岐部濁質分配実験

ポンプを起動し濁質を移動させ、1時間経過後、末端のY型ストレーナで濁質を回収する。

⑤試料の計測

乾燥後、質量を確認する。

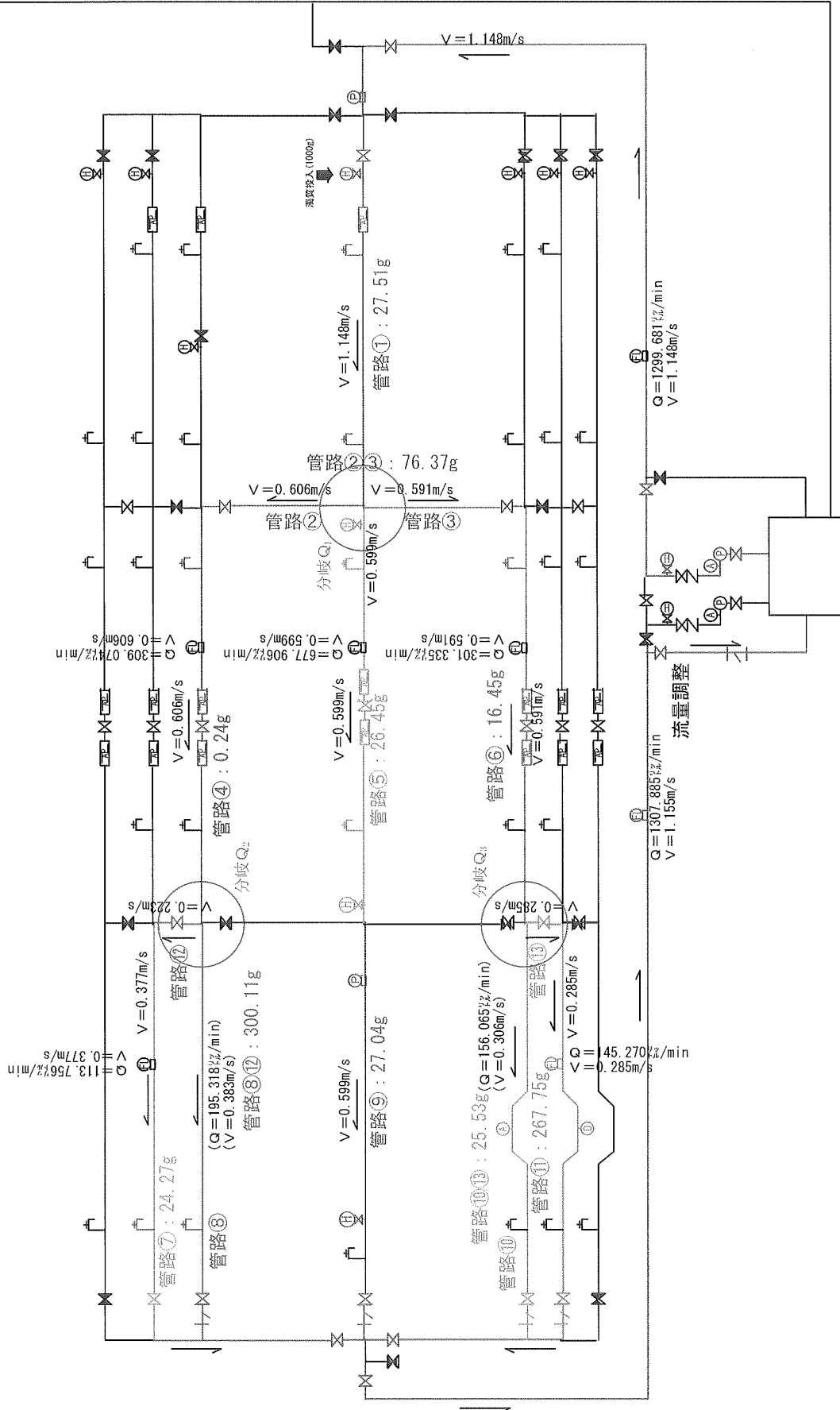
(4)実験結果

表 5.3.1 枝状管路による分岐実験の結果

実験内容	管路番号	管路毎に回収された濁質量(g)		備考	
		湿潤重量	乾燥重量		
管網基礎実験 枝状管路 (濁質投入量：1000g)	①	35	27.51		
	②③	90	76.37	同時回収	
	④	1	0.24		
	⑤	30	26.45		
	⑥	20	16.45		
	⑦	30	24.27		
	⑧⑫	355	300.11	同時回収	
	⑨	40	27.04		
	⑩⑬	30	25.53	同時回収	
	⑪	325	267.75		
	計		956	791.72	
	回収率		———	79%	

*管路番号については、次ページの図を参照

図 5.3.2 管網基礎実験：濁質分岐実験(1000g)



5.3.2 田型管網における濁質拡散実験

(1) 実験の目的

複数の分岐・合流を有する管網管路での濁質拡散状況及び堆積状況を確認するとともに、基礎実験結果との整合性を確認し、基礎実験結果による濁質分配結果の管網への拡張性を検証する。

(2) 実験条件

- ・濁質種類：中砂
- ・濁質投入量：3000g

(3) 実験方法

○ケース 1（水平注入／取り出し）

- ・実験管路図

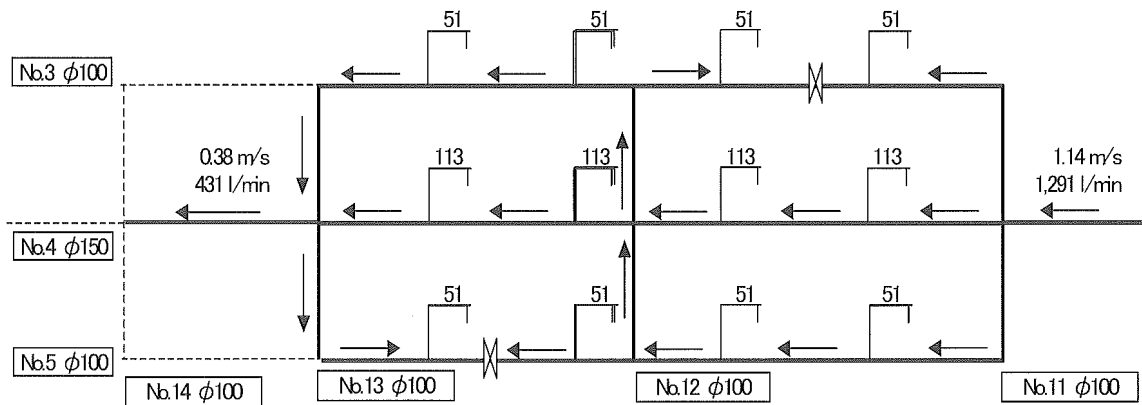


図 5.3.3 田型管網（水平注入／取り出し）による濁質拡散実験の概要

○ケース 2（斜め注入／取り出し）

- ・実験管路図

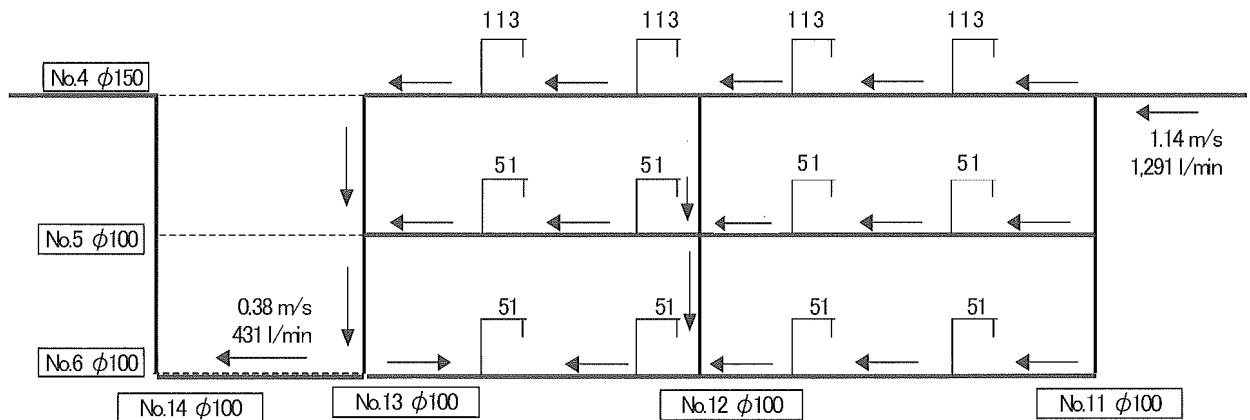


図 5.3.4 田型管網（斜め注入／取り出し）による濁質拡散実験の概要

①バルブの設定

実験を行う管路へ通水するための開閉操作を行う。

②流量の調整

管路流速が所要の流速となるバルブ開度を設定する。

③試料の投入

消火栓から試料を投入する。

④分岐部濁質分配実験

ポンプを起動し濁質を移動させ、1時間経過後、末端のY型ストレーナで濁質を回収する。

⑤試料の計測

乾燥後、質量を確認する。

(5)実験結果

表 5.3.2 田型管網（水平注入／取り出し）による濁質拡散実験の結果

実験内容	管路番号	管路毎に回収された濁質量(g)		備考
		湿潤重量	乾燥重量	
管網基礎実験 田形管網 (水平注入) (濁質投入量：3000g)	①	200	168.95	
	②	370	302.46	
	③	60	52.97	
	④⑥	190	148.24	同時回収
	⑤	795	667.89	
	⑦	30	27.65	
	⑧	60	51.28	
	⑨	1240	1052.12	
	⑩	10	6.91	
	⑪	40	32.29	
	⑫	10	6.00	
	⑬(末端)	-----	80.08	
	計	3005	2596.84	
	回収率	-----	87%	

*管路番号については、次ページの図を参照

図 5.3.5 管網基礎実験：田型管網（水平注入／取出し）

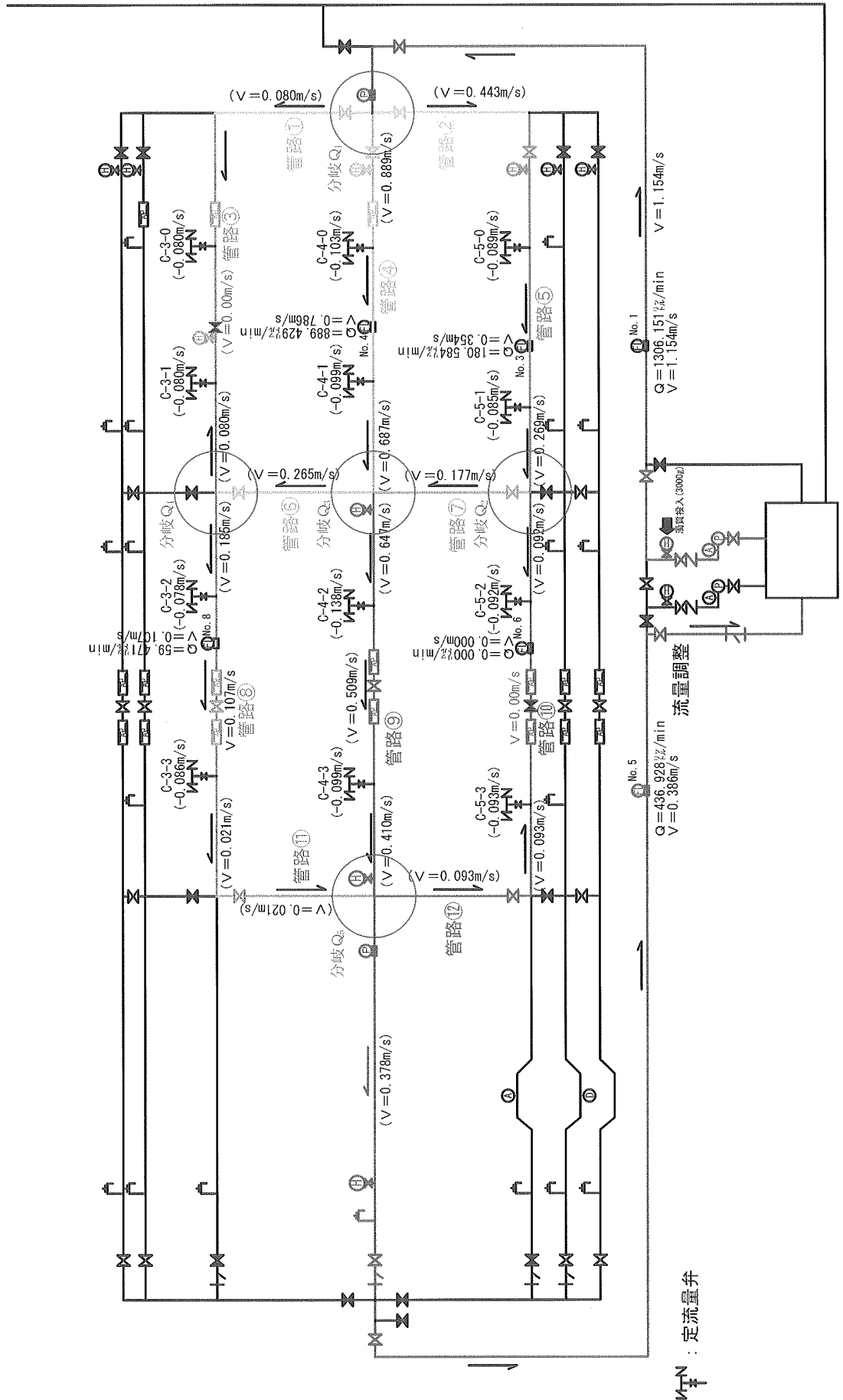
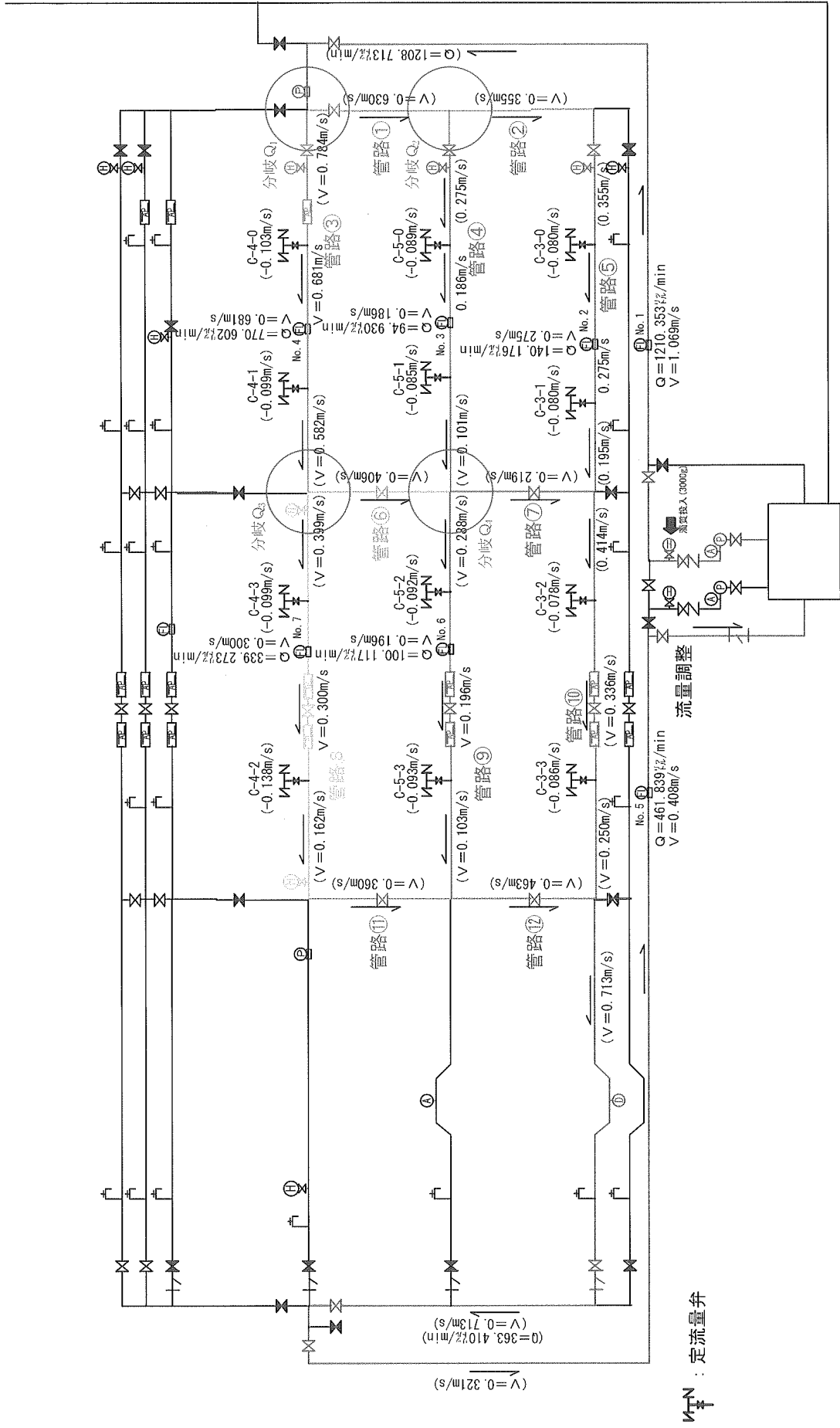


表 5.3.3 田型管網（斜め注入／取り出し）による濁質拡散実験の結果

実験内容	管路番号	管路毎に回収された濁質量(g)		備考
		湿潤重量	乾燥重量	
管網基礎実験 田形管網 (斜め注入) (濁質投入量：3000 g)	①②	22	19.73	同時回収
	③	525	453.18	
	④⑦	970	792.30	同時回収
	⑤	2	1.75	
	⑥	62	46.95	
	⑧	462	391.62	
	⑨	990	864.93	
	⑩	1	1.51	
	⑪	1	3.23	
	⑫	8	5.15	
	⑬(末端)	1	1.83	
	計	3044	2582.18	
	回収率	———	86%	

*管路番号については、次ページの図を参照

図 5.3.6 管網基礎実験：田型管網（斜め注入／取出し）



NTN : 定流量弁

6. 濁質挙動解析

6. 濁質挙動解析

6.1 濁質分配比の推定

濁質分配実験結果より、分岐部の濁質分配比の推定を行った。

- ・塗膜片は水の流れに乗った挙動を示し、ほぼ流量比で分配される。
- ・砂は管底を流れ、口径や流速により異なった濁質分配比を示す。濁質分配実験結果に基づき分配比の推定式を以下に求めた。
- ・鉄錆は砂と同様な挙動を示すと考えられる。

1) 同口径T字分岐1

① T字分岐1 φ100×φ100

流速比に比べ多くの濁質が分岐方向へ流れる。

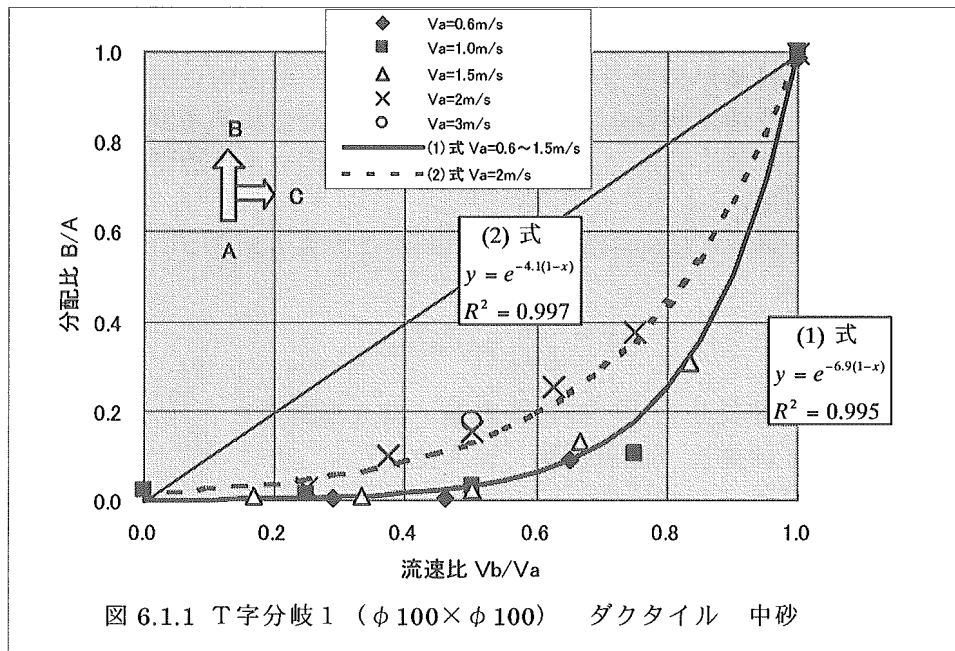
分岐部へ流入する流速も濁質分配比に影響し、流入速度が速いほど、濁質が直進する割合が増える。

流入速度 V_a が 1.5m/s 以下では濁質の直進方向への分配比 y は(1)式で表される。

$$y = e^{-6.9(1-x)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに y : 濁質分配比 (直進濁質量 / 流入濁質量)

x : 流速比 (直進流速 / 流入流速)



流入速度 V_a が 2m/s の場合は(2)式で表される。

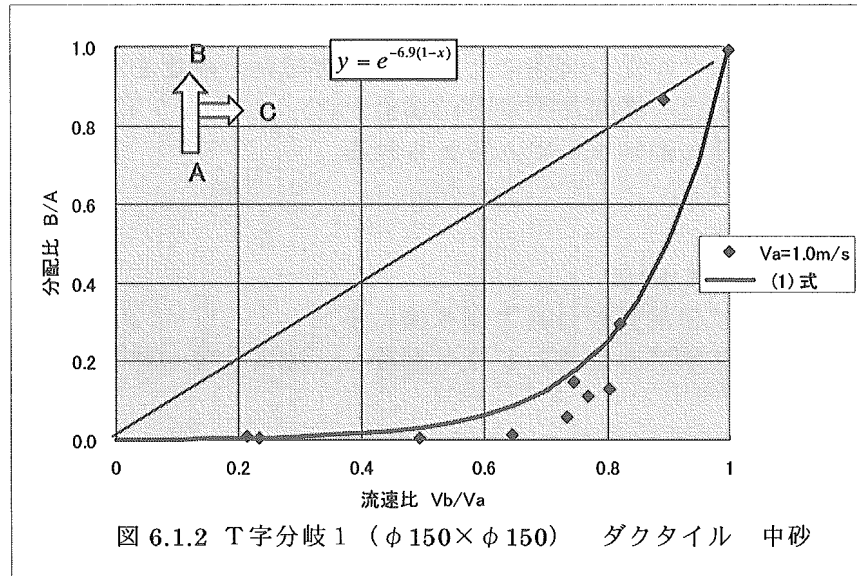
$$y = e^{-4.1(1-x)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここに y : 濁質分配比 (直進濁質量 / 流入濁質量)

x : 流速比 (直進流速 / 流入流速)

② T字分岐 1 φ 150×φ 150

T字分岐 1 φ 100×φ 100 とほぼ同様な結果を示した。
 本管と分岐管が同径の場合の濁質分配比は(1)式で表される。



2) 異口径 T字分岐 1

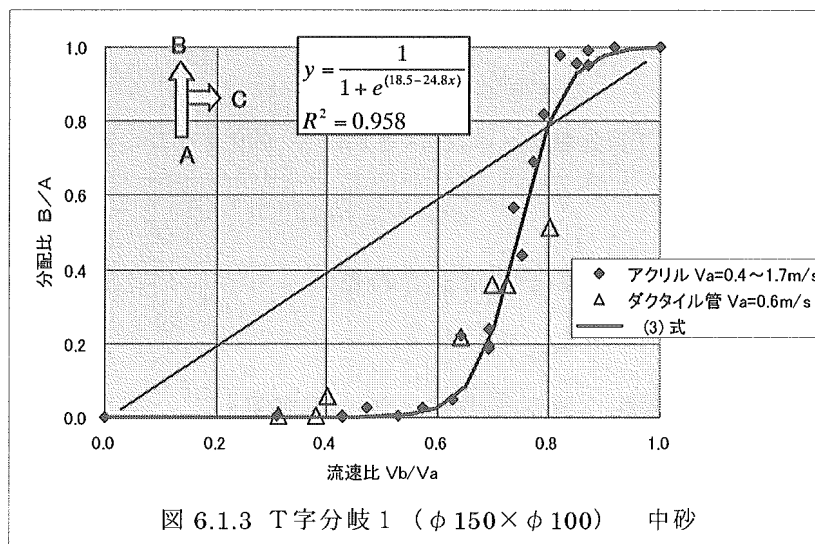
① T字分岐 1 φ 150×φ 100

本管と分岐管の口径が異なる異口径 T字分岐では、先の同口径 T字分岐 1 と大きく異なる傾向を示す。流速比が 0.6 以下では濁質は分岐側に流れるが、流速比が 0.6 を超えた付近より濁質が急激に直進方向に分配され、流速比 0.8 付近で流速比を上回る濁質が直進方向に運ばれる。

T字分岐 1 φ 150×φ 100 の濁質分配比は(3)式で表される。

$$y = \frac{1}{1 + e^{(18.5 - 24.8x)}} \dots \dots \dots (3)$$

ここに y : 濁質分配比 (直進濁質量 / 流入濁質量)
 x : 流速比 (直進流速 / 流入流速)



② T字分岐 1 φ 150×φ 75

異口径T字分岐 1でも、その口径比が異なると又違った濁質の分配の傾向を示す。ただし実験ではデータ数が少なく、値のばらつきも大きかった。

流速比が 0.2~0.4 付近で直進方向への濁質分配比が徐々に増え、流速比が 0.4~0.5 付近で直進方向への濁質分配比が流速比を上回り、T字分岐 1 φ 150×φ 100 と異なる結果となった。

T字分岐 1 φ 150×φ 75 の濁質分配比は(4)式で表される。

$$y = \frac{1}{1 + e^{(5.0-10.0x)}} \dots\dots\dots (4)$$

ここに y : 濁質分配比 (直進濁質量 / 流入濁質量)
 x : 流速比 (直進流速 / 流入流速)

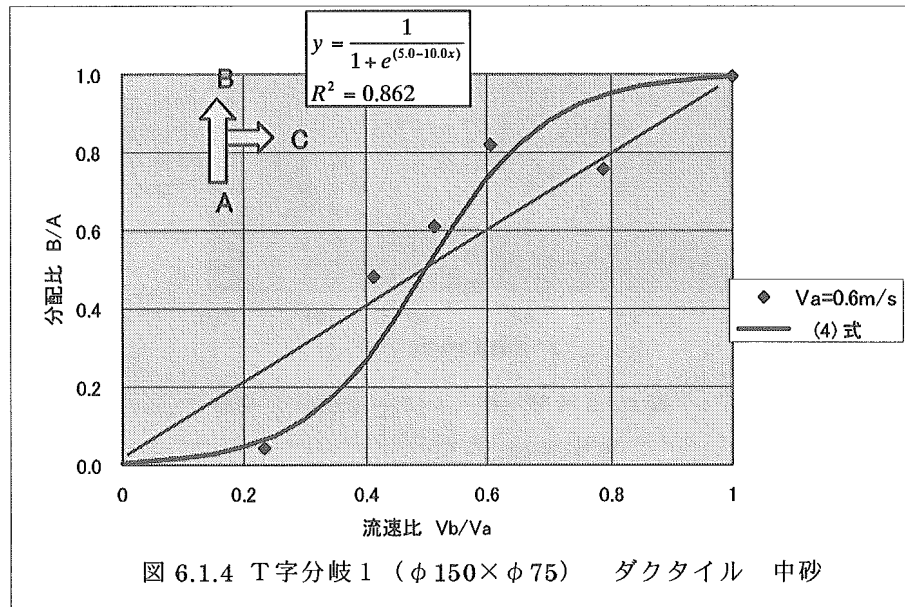


図 6.1.4 T字分岐 1 (φ 150×φ 75) ダクタイル 中砂

3) 十字分岐

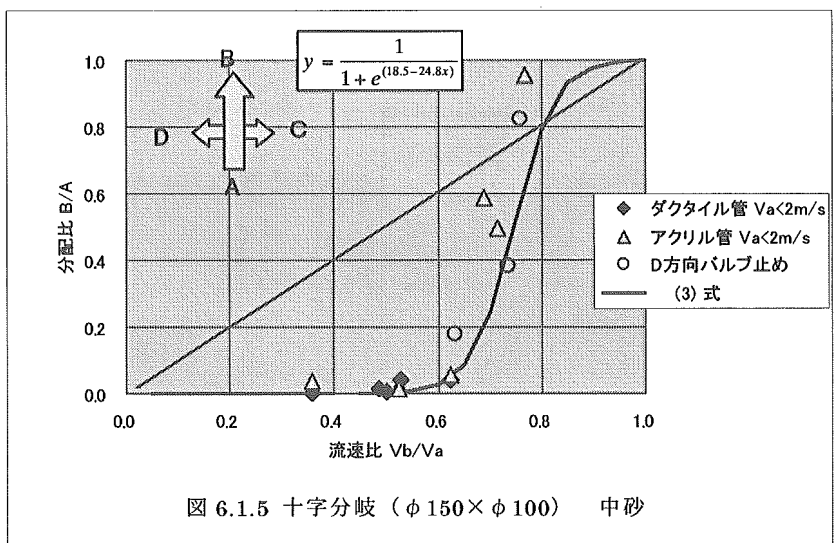
①十字分岐φ150×φ100

分岐部手前の流入速度 V_a が 2m/s 未満の十字分岐φ150×φ100の濁質分配状況は、T字分岐1φ150×φ100 ($V_a=0.4\sim 1.7\text{m/s}$) と良く似た傾向を示した。

左右の分岐方向へは、流速比で分配される。

十字分岐φ150×φ100の直進方向への濁質分配比は、T字分岐1φ150×φ100で求めた(3)式で表される。

$$y = \frac{1}{1 + e^{(18.5 - 24.8x)}} \dots\dots\dots (3)$$

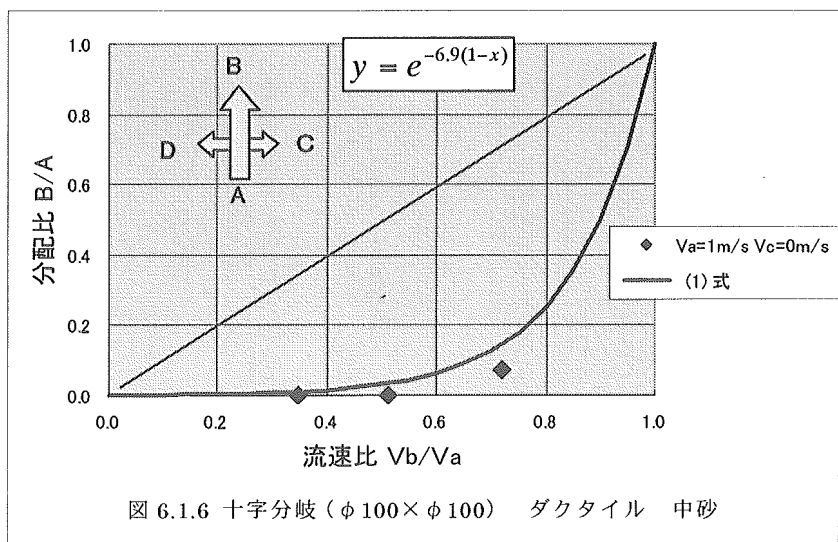


②十字分岐φ100×φ100

十字分岐φ100×φ100は分岐片側をバルブ止めにしたケースのみで実験回数も少ないが、T字分岐1φ100×φ100と良く似た傾向を示した。

十字分岐φ100×φ100の直進方向への濁質分配比はT字分岐1φ100×φ100で求めた(1)式で表される。

$$y = e^{-6.9(1-x)} \dots\dots\dots (1)$$

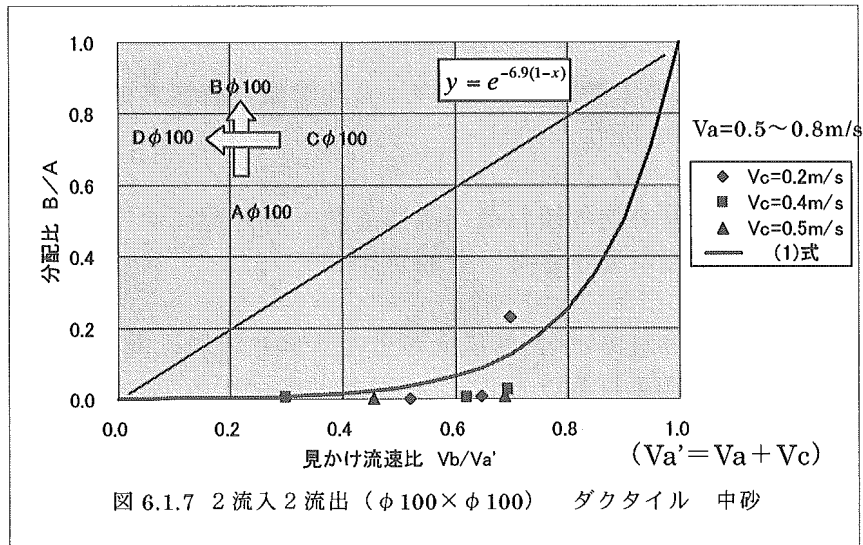


4) 2 流入 2 流出十字分岐

管網基礎実験で十字管に2方向から流入するケースが発生したので、濁質分配実験を追加した。なお濁質は本管Aのみから流入し分岐管Cからは水のみ流入するものとした。

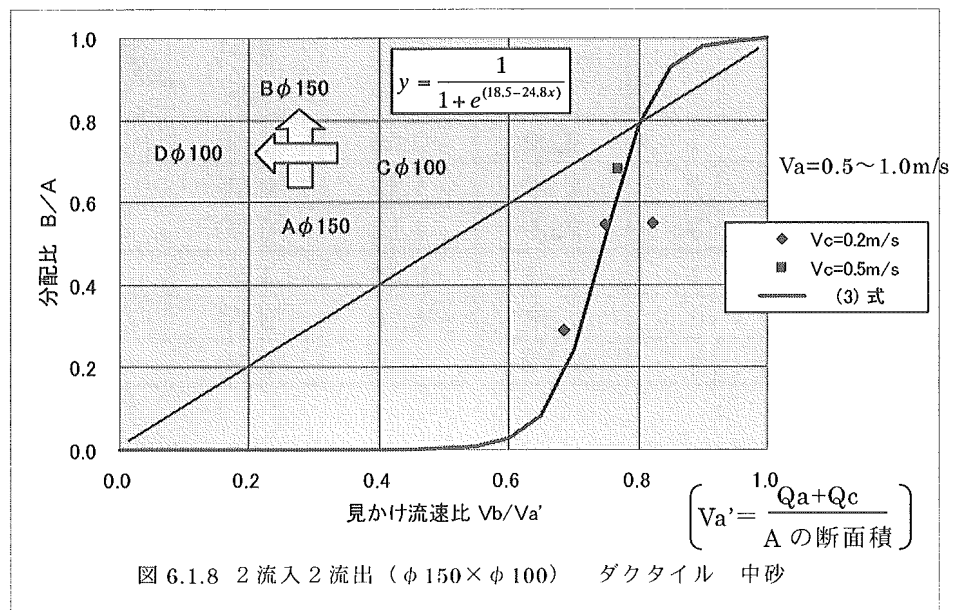
①十字分岐φ100×φ100

十字分岐φ100×φ100で2方向から流入（ただし濁質は分岐Aのみ）した場合、C方向からの流入流速が小さい場合は、Cの流量がAの流量と合わさってA方向から流入したT字分岐φ100×φ100として取り扱えると、図6.1.7に示すように(1)式を適用しても差し支えが無いと思われる。



②十字分岐φ150×φ100

十字分岐φ150×φ100で2方向から流入（ただし濁質は分岐Aのみ）した場合、C方向からの流入流速が遅い場合は、Cの流量がAの流量と合わさってA方向から流入したT字分岐φ150×φ100として取り扱えると、図6.1.8に示すように(3)式を適用しても差し支えが無いと思われる。



6.2 T字分岐の流況解析

1) 目的

同径($\phi 100 \times \phi 100$)と異径($\phi 150 \times \phi 100$)の2種のT字分岐において、直進管と分岐管の出口流速を系統的に変えて濁質挙動とその分配量を求めた実験では、同径と異径で分配特性が異なり、同径T字分岐では分岐管の方へ濁質が多く流れる傾向があった。そこで汎用流れ解析ソフト FLUENT を用いてT字分岐部の流れ解析と粒子追跡解析を行うことにより、濁質挙動メカニズムの検討を行った。

2) 解析方法

(1)解析のケース

同径と異径の2種類のT字分岐について、直進管出口流速と分岐管出口流速が異なる3ケースの流れ解析を行う。

①ケース1

- ・ 砂は大半が分岐方向へ流れる（直進方向への分配比がほぼゼロ）。
- ・ 流速は直進管出口で小さく、分岐管出口で大。

②ケース2

- ・ 砂は同径T字分岐では70%以上が分岐方向に流れ、異径T字分岐では80%以上が直進方向に流れる。
- ・ 流速は分岐管出口に比べて、直進管出口で大きい。

③ケース3

- ・ 砂は同径T字分岐では60%以上が分岐方向に流れ、異径T字分岐では90%以上が直進方向に流れる。
- ・ 流速は直進管出口で大きく、分岐管出口では小。

表 6.2.1 解析ケースと実験での直進方向分配比

	解析 ケース	流速(m/s)				濁質分配 実験結果
		直進管 入口 Va	直進管 出口 Vb	分岐管 出口 Vc	直進方向 流量比 Vb/Va	直進方向 分配比 B/(B+C)
同径T字分岐 $\phi 100 \times \phi 100$	1	2.00	0.50	1.50	0.25	0.025
	2	2.00	1.25	0.75	0.63	0.258
	3	2.00	1.50	0.50	0.75	0.375
異径T字分岐 $\phi 150 \times \phi 100$	1	1.17	0.50	1.50	0.43	0.000
	2	1.58	1.25	0.75	0.79	0.820
	3	1.72	1.50	0.50	0.87	0.960