

【資料 5】

実験用大型水槽における曝気流動測定

実験用大型水槽における曝気流動測定

§ 1 目的

1-1 目的

ダム貯水池では、藻類の異常増殖等の富栄養化対策として、現在曝気式循環施設の設置による混合層形成を実施している。

曝気式循環施設を用いた循環流の発生について、ダム湖の現地実験により、曝気量が十分確保できる場合は、循環流が発生することは確認されているが、曝気量が少ない場合や、曝気装置の設置深さが浅いと、十分な循環流が発生しないこと懸念される。

特に、現在、太陽光発電を利用した小電力曝気装置の開発が進められており、小さな曝気量で循環流が発生させることができれば、施設の簡素化、電力消費量の軽減になる。

そこで、循環流を形成させることができる最小限の曝気量、曝気装置設置高を見いだすことを、本実験の目的とする。

また、曝気停止後、循環流が継続する時間も観測することにする。

1-2 利用施設

(独)土木研究所所有 海底作業実験施設(直径 20m、深さ 20m)

直径：20m、深さ：20m



写真 - 1 海底作業実験施設写真

§ 3 内容

3-3 流向流速測定

3次元電磁流速計（1台）を利用して、水深方向20地点、水平方向3点、合計60点の流速を測定する。測定は、循環流や高さ補正による流速計本体の回転、振動流が懸念されるので、速計が回転しないよう、重りを付けたワイヤーを鉛直に設置し、電磁流速計横に取付けたリングを通してことにより、循環流による流速計の振動、回転を防止することとする。

流速値は、流速計を所定の位置に設置後、30秒程度計測し、ノイズをカットし、その平均値とする。

水面の風の影響があったかどうか確認するため、計測時刻を記録しておく。

風向・風速の測定は、風向風速計により自己記録を用いて計測する。

気温は、測定開始後1時間ピッチで記録する。

同時に、曝気状況の写真をケース毎に1枚撮影しておく。

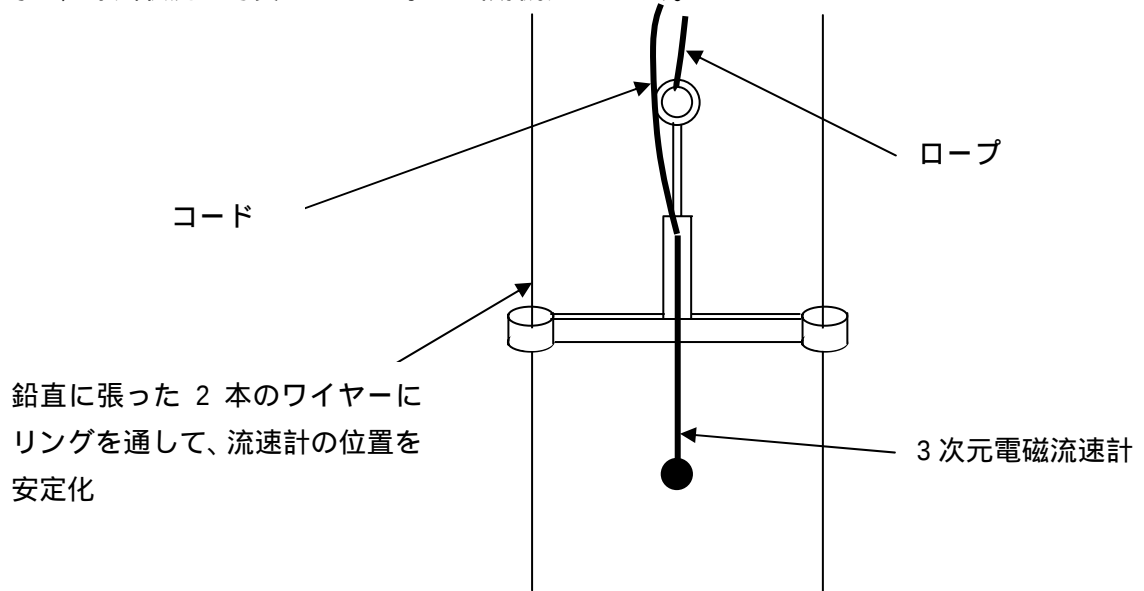


図 - 2.2 電磁流速計振動・回転防止方法概念図

【利用計測装置】

- ・電磁流速計：3次元電磁流速計（（株）ケネック VP3000 型）
- ・風向・風速計：データロガー付風向風速計（オガサワラ CW800）
- ・気温計：デジタルマルチ温湿度計（ヴァイラ HMI41）

実験ケースは以下に示す 9 ケースとする。

表 - 2.1 流向流速測定ケース

		散気装置設置水深		
		5m	10m	18m
吐出空気量	150 L/分	1	2	3
	100 L/分	4	5	6
	50 L/分	7	8	9

最初の実験開始前（曝気する前）に、現状で循環流が発生しているのか確認するために、流向・流速測定を実施する。

次の日、2 番目の実験を開始する前に、もう一度流向・流速を 1 測線（測点 19 点）観測し、一晚曝気なしで時間経過させることにより、循環流が停止しているかどうか確認する。

もし循環流が見られた場合は、全 57 点計測する。

3 番目の実験以降は、実験開始前の流向・流速測定は実施しない。

実験順番は、曝気量の大きいもの（150 L / 分）から実施し、循環流の発生状況を見て、曝気量に変更するものとする。

3-4 水質測定

流向・流速測定前に溶存酸素濃度、水温、PHの計測を実施する。

計測するのは、最初の実験開始前と循環流が発生した後の2ケースとする。

実験開始前は、図 - 2.3 に示す 57 点、循環流発生後は、1 測線 (19 点) のみ計測し、循環流が発生することにより、水質が均一になったのを確認する。

実験開始前の測定位置を以下に示す。

(水深方向 19 箇所、水平方向 3 地点 (A,B,C) 合計 57 点)

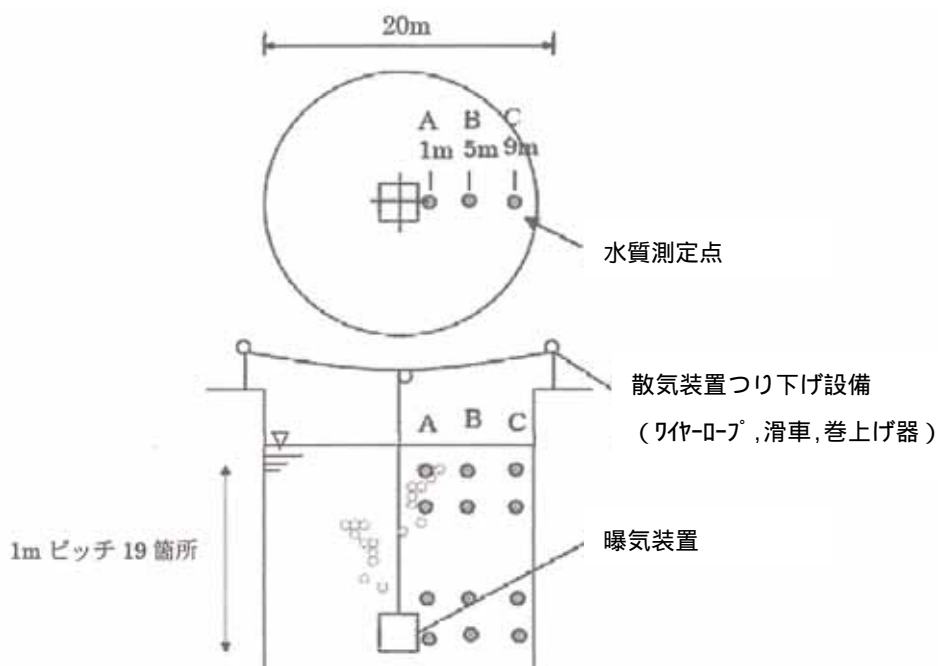


図 - 2.3 水質測定位置図

3-5 データ整理・とりまとめ

3-3 流向流速測定、3-4 水質測定で測定したデータの整理を行う。

【流速ベクトル図】

観測した流速値は、水槽横断面図に、流速ベクトル図として整理する。

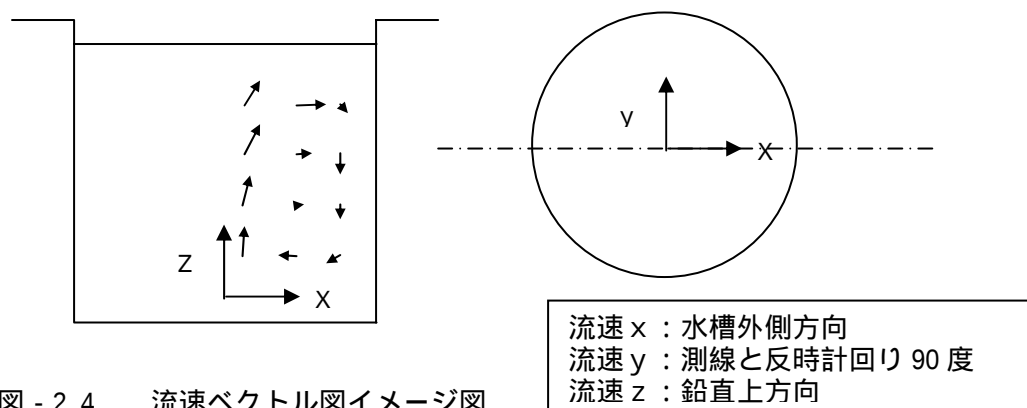


図 - 2.4 流速ベクトル図イメージ図

【風向・風速・気温】

風向・風速・気温は、時刻を X 軸として気温折れ線と風向風速ベクトルで整理する。

風向・風速測定間隔は最短でも 1 分程度とする。

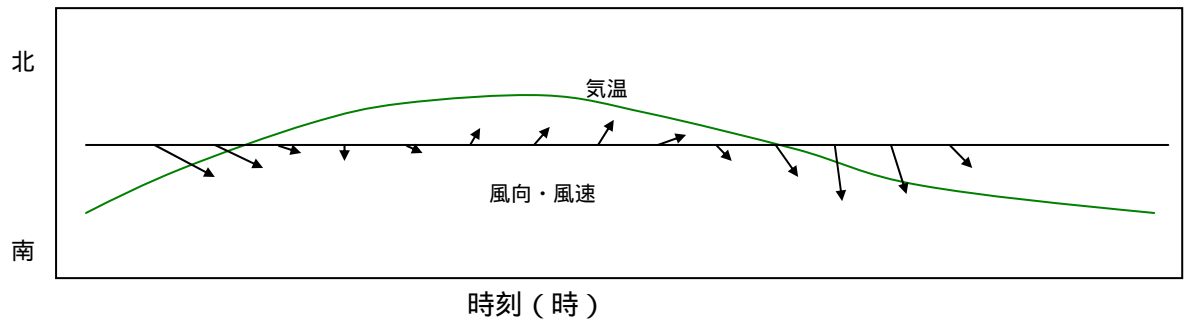


図 - 2.5 風向・風速・気温時系列図イメージ図

【溶存酸素、水温、PH】

溶存酸素濃度、水温、PH は水深毎の折れ線グラフで整理する。

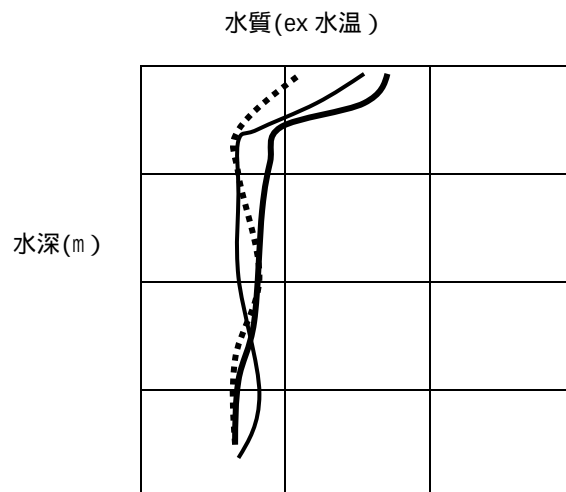


図 - 2.6 溶存酸素、水温、PH 表示イメージ図

【計測装置】

水質測定器：マルチ水質モニタリングシステム（ホリバ W22XD）

§ 4 観測結果

4-1 観測ケースと日時

以下に観測ケースと測定項目を示す。

表 - 4.1 観測ケースと測定日時

ケース	散気装置 設置水深 (m)	吐出 空気量 (L/s)	測定項目					
			水質	風向 風速	気温	流向 流速	写真	日時
曝気前			○	-	○	○	-	2月9日 11時10分 ~ 15時50分
1	5	150	-	○	○	○	-	2月21日 13時40分 ~ 15時50分
2	10	150	-	○	○	○	-	2月16日 20時00分 ~ 22時20分
3	18	150	-	○	○	○	-	2月16日 17時00分 ~ 19時40分
4	5	100	-	○	○	○	○	2月21日 10時30分 ~ 13時10分
5	10	100	-	○	○	○	○	2月17日 9時10分 ~ 11時00分
6	18	100	-	○	○	○	○	2月16日 13時50分 ~ 16時40分
7	5	50	-	○	○	○	○	2月19日 14時00分 ~ 17時00分
8	10	50	-	○	○	○	○	2月19日 9時50分 ~ 13時20分
9	18	50	-	○	○	○	○	2月16日 10時00分 ~ 13時30分
	18	50	○	-	-	-	-	2月15日 9時00分 ~ 17時00分

4-2 観測機器

以下に使用した観測機器写真を示す。

水質

水質測定器：マルチ水質モニタリングシステム（ホリバ W22XD）

風向、風速

風向・風速計：データロガー付風向風速計（オガサワラ CW800）

風速計設置位置は、水槽の北側約 20m 地点とした。



気温

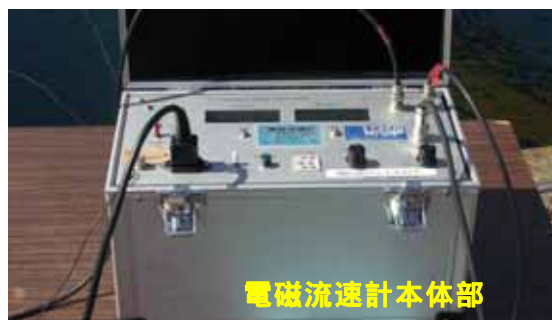
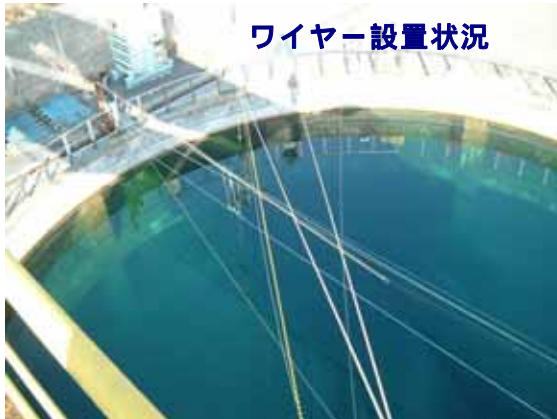
気温計：デジタルマルチ温湿度計（ヴァイテラ HMI41）



流向、流速

電磁流速計：3次元電磁流速計（（株）ケネック VP3000 型）

流速測定は、水槽上に設置したワイヤーに、水平・鉛直方向移動可能な装置に電磁流速計を設置して、計測した。



4-3 水質（溶存酸素濃度、水温、PH）

曝気前の水質は水槽上部から下部全水深において、ほぼ均一になっている。

曝気前

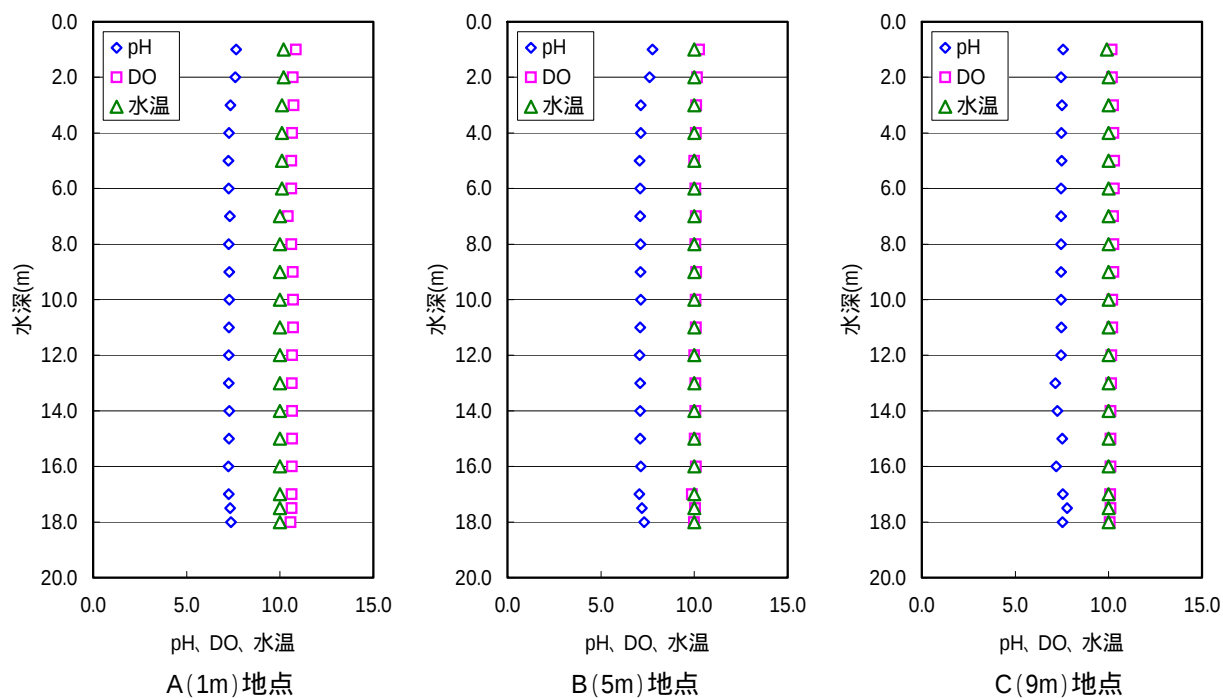


図 - 4.1 水質測定結果、曝気前

曝気後（曝気開始して 30 分後）

ケース 9（曝気量 50L/s、設置水深 18m）で曝気 30 分程度経過した後、水質を測点 C で実施した。その結果、特に曝気により溶存酸素濃度 DO が上昇しているのが確認できた。

DO 上昇量が底部に比べて水面付近の方が大きいと確認できる。しかし、底部も DO 上昇が見られることから水槽全体に循環流が発生していることが推察される。

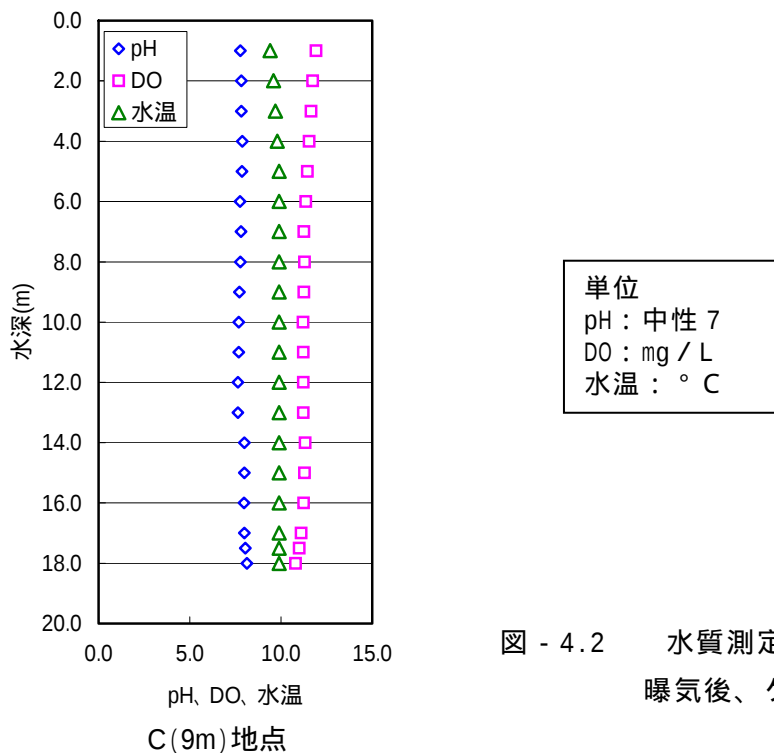


図 - 4.2 水質測定結果、曝気後、ケース 9

4-4 風向・風速・気温

風向・風速は、10分ピッチで測定し、図化した。

また気温は、定時に測定した結果を図化した。

流速計を設置しているワイヤーが揺れると、流速値が不安定になるため、できる限り風が少ない時間帯を抽出して実験を実施した。

平均風速の最大値はケース8で発生して、風速 1.6m/s、最大風速の最大値はケース8で 2.3m/s である。

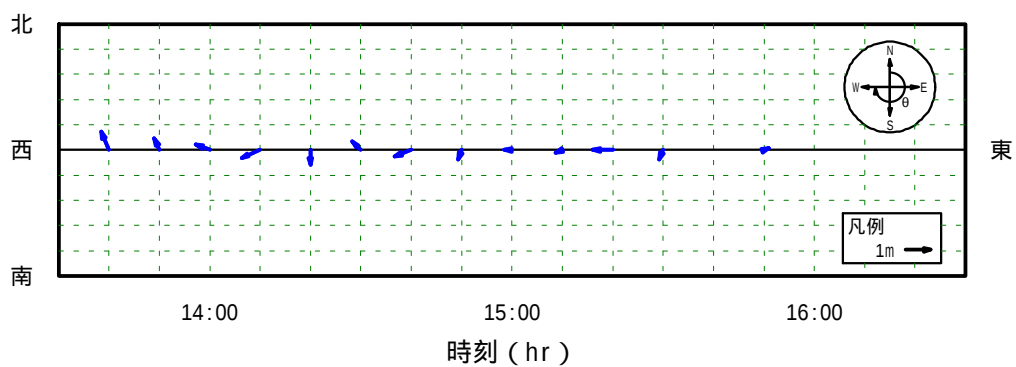
表 - 4.2 風向、風速、気温のまとめ

ケース	散気装置 設置水深 (m)	吐出 空気量 (L/s)	風速(m/s)		平均気温
			平均	最大	
1	5	150	0.5	0.8	13.3
2	10	150	0.2	0.3	10.4
3	18	150	0.5	0.9	12.2
4	5	100	0.8	1.3	11.8
5	10	100	0.0	0.2	11.0
6	18	100	0.4	0.8	13.5
7	5	50	1.5	1.9	13.2
8	10	50	1.6	2.3	12.0
9	18	50	0.4	1.0	11.3

次頁以降に、ケース毎に風向・風速、気温について整理図化したものを示す。

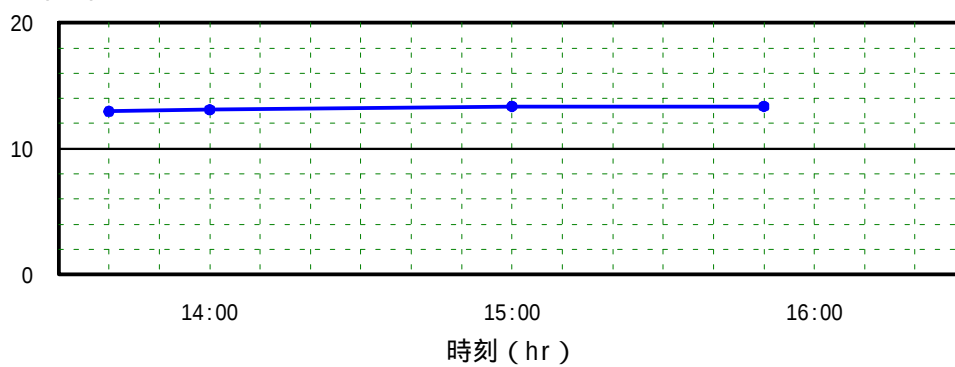
ケース 1 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



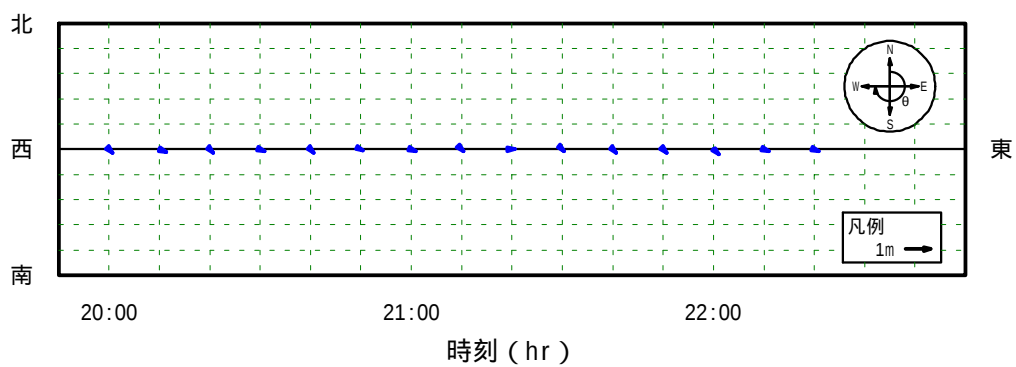
【気温】

気温 ()



ケース 2 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

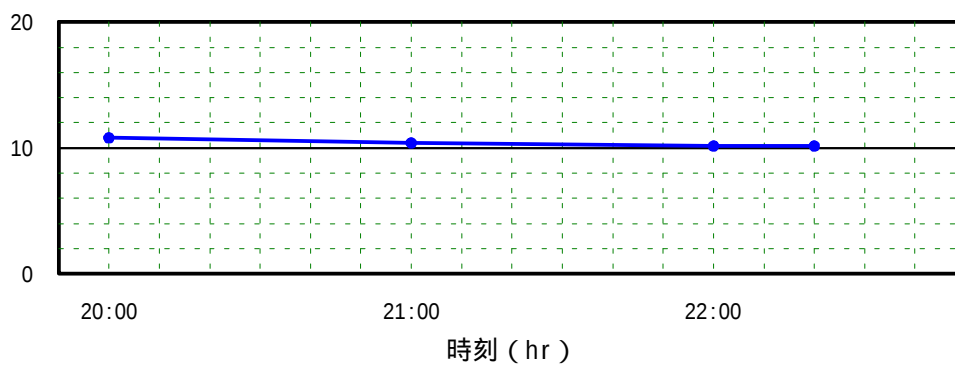
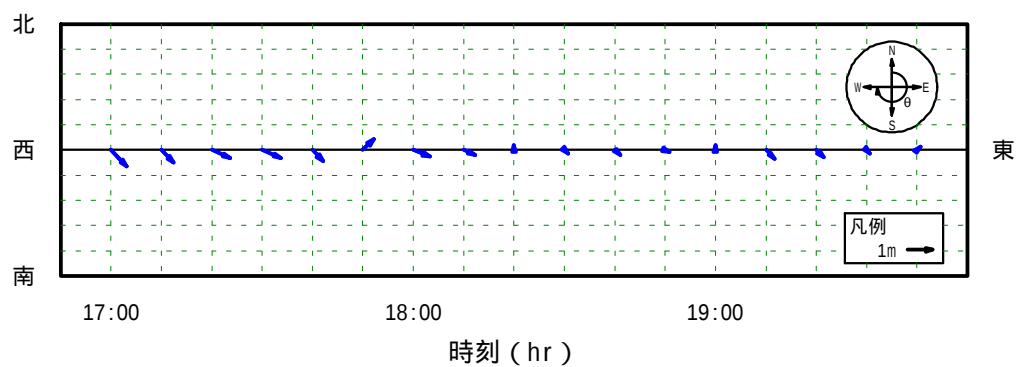


図 - 4.3(1) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 1 , 2)

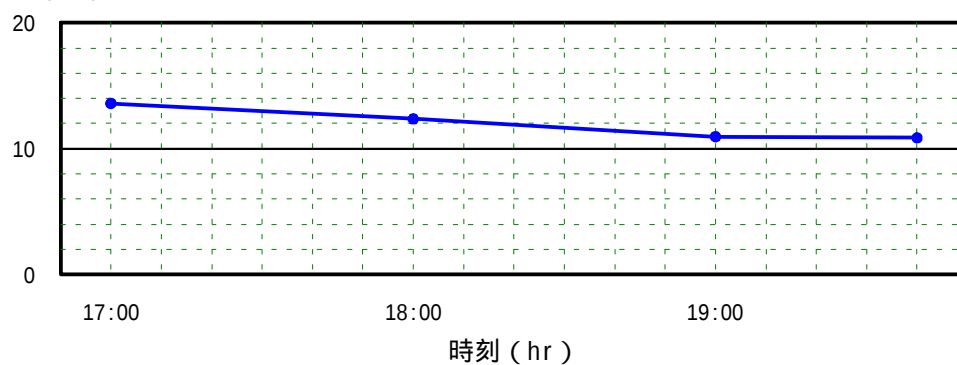
ケース 3 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 150L/s

【風向・風速】



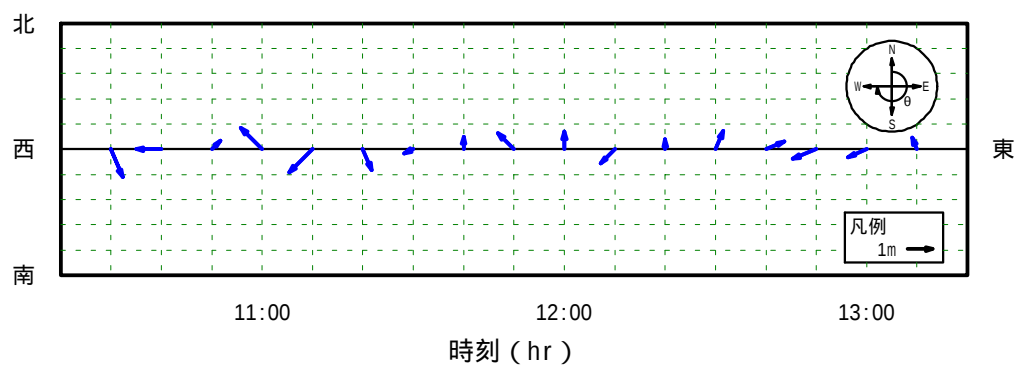
【気温】

気温 ()



ケース 4 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

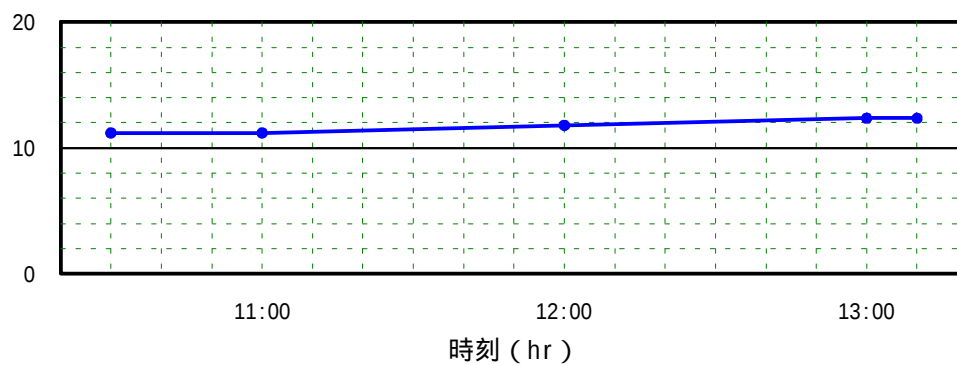
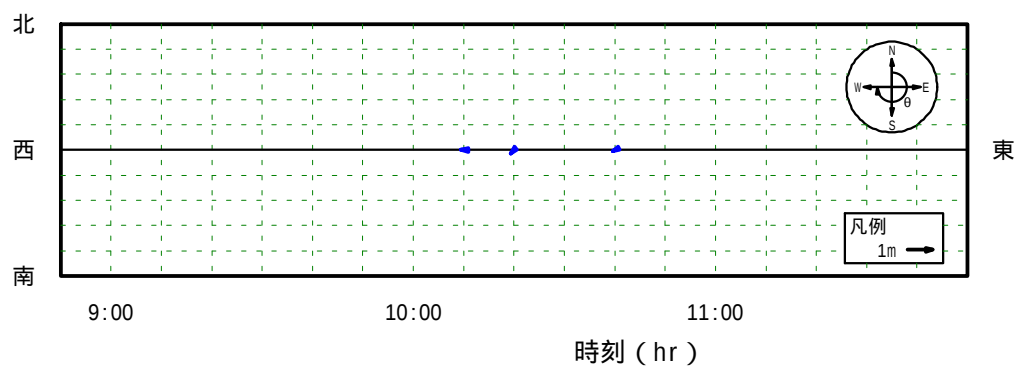


図 - 4.3(2) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 3 , 4)

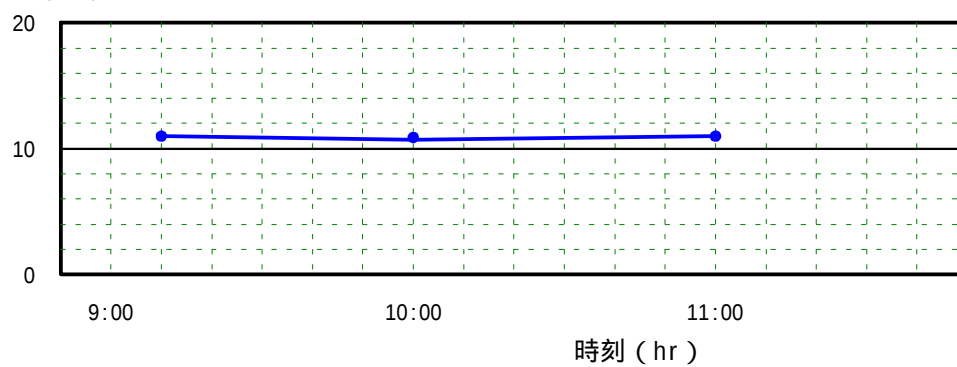
ケース 5 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



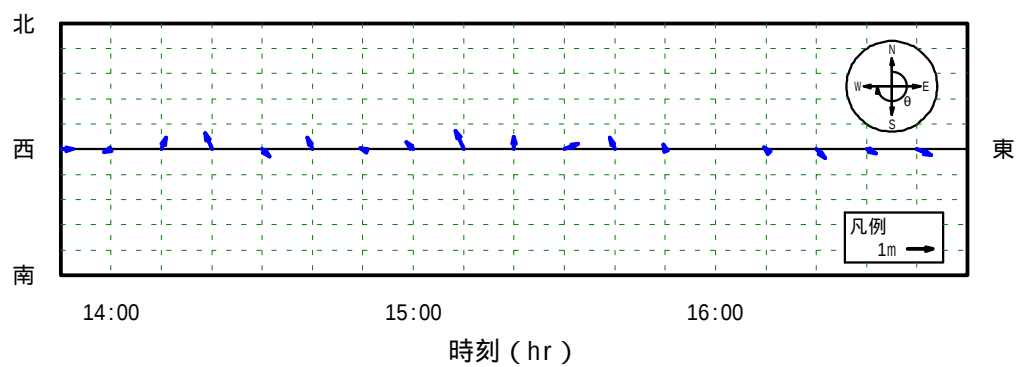
【気温】

気温 ()



ケース 6 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 100L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

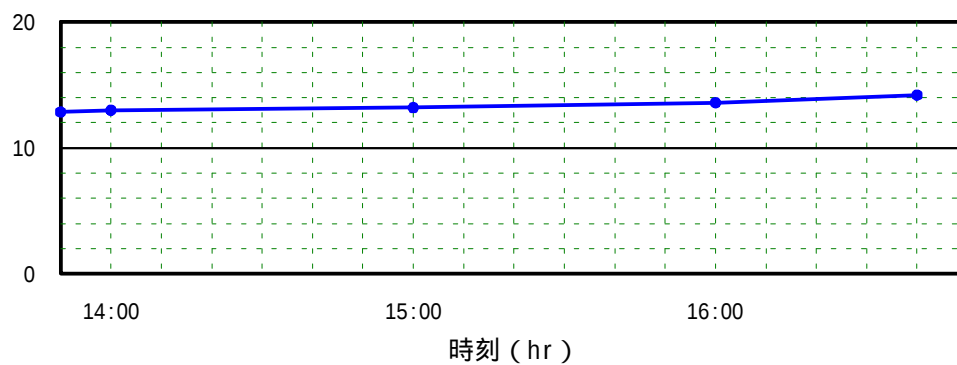
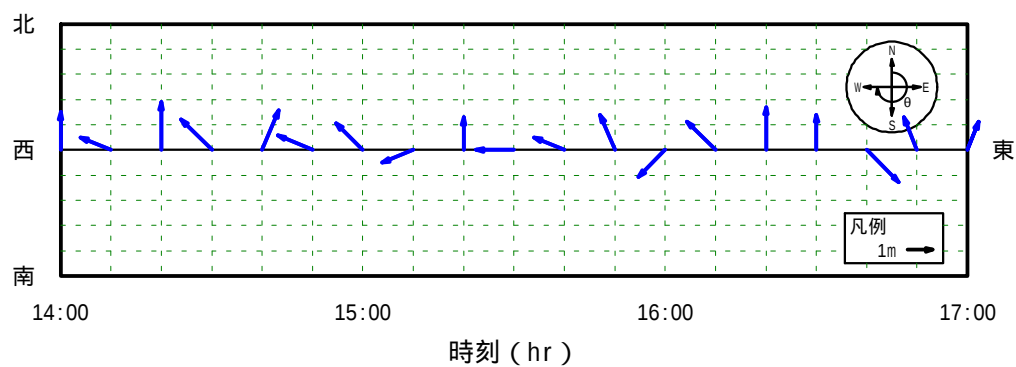


図 - 4.3(3) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 5 , 6)

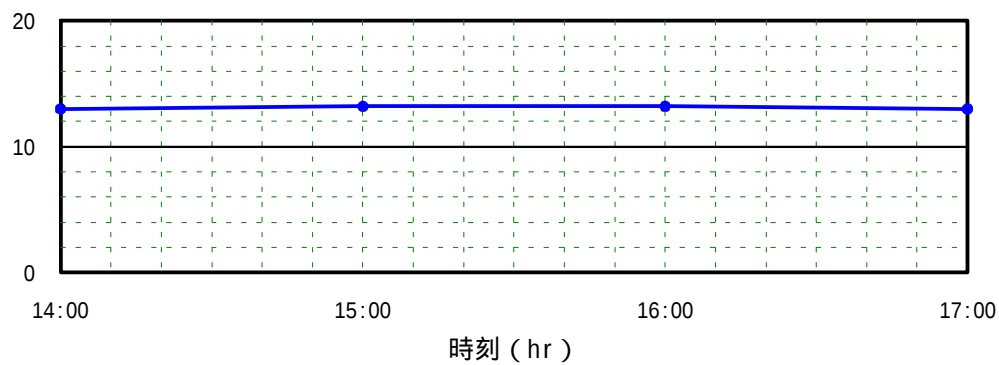
ケース 7 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



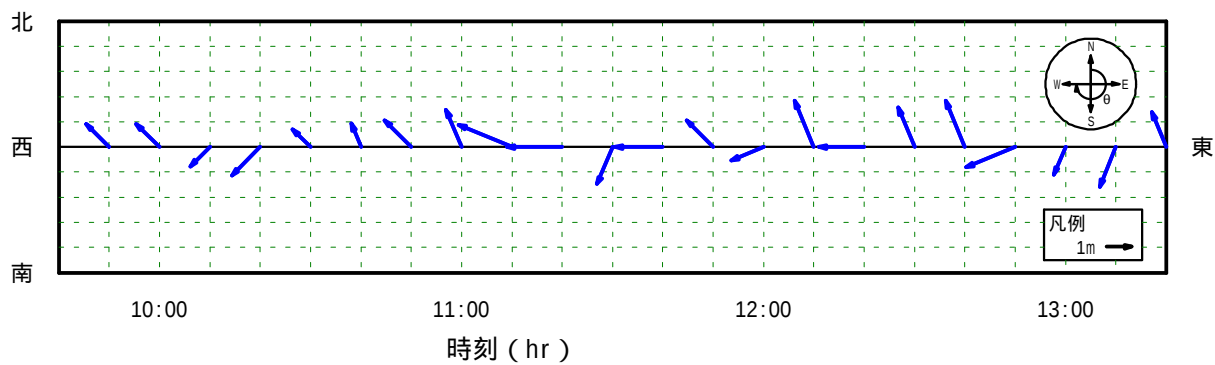
【気温】

気温 ()



ケース 8 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

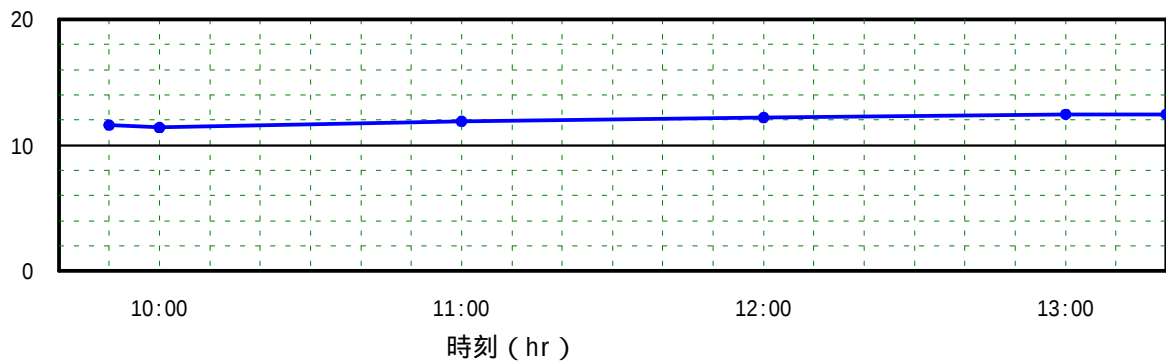
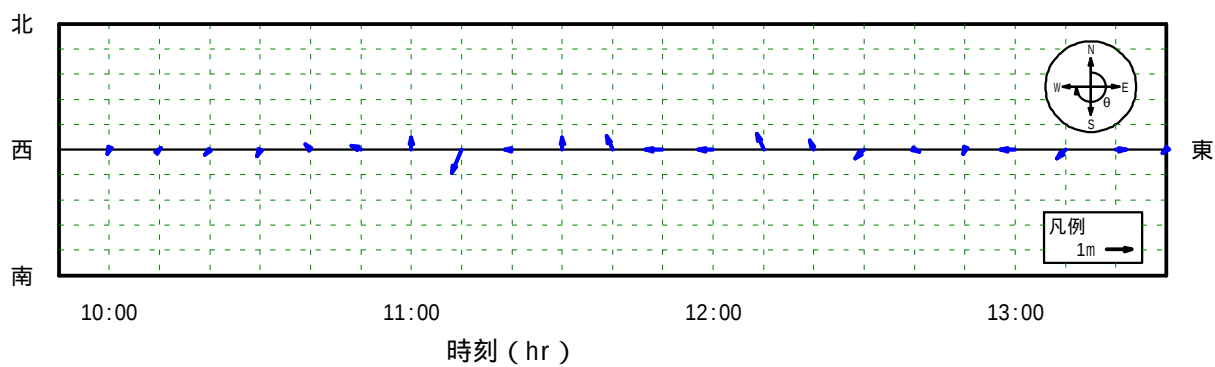


図 - 4.3(4) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 7 , 8)

ケース 9 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 50L/s

【風向・風速】



【気温】

気温 ()

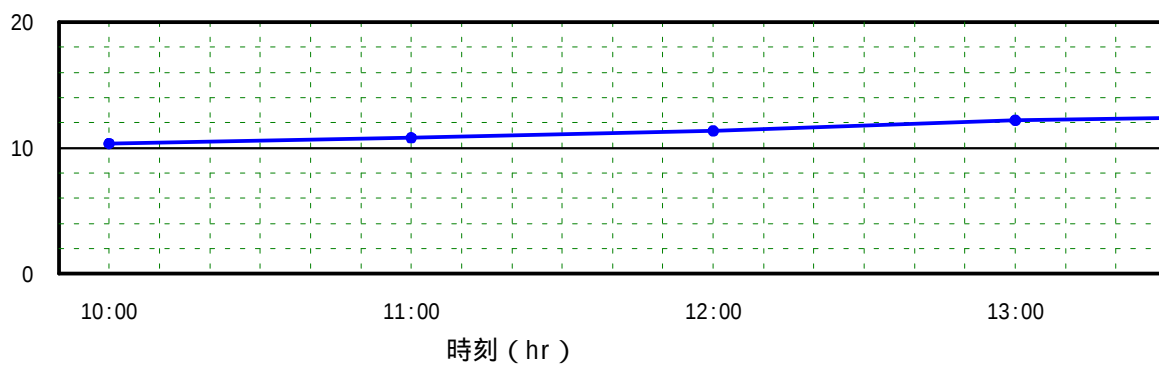


図 - 4.3(5) 各ケースの風向・風速、気温 (ケース 9)

4-5 流向・流速

本観測装置は、ワイヤーが風の影響を受けて、揺れると、正確な流速値を観測できない。そこで、データは常時観測し、各ケース・観測点毎に、風力が小さく流向・流速が比較的安定している 10 秒間以上を抽出し、平均流向・流速を算出し、流速ベクトル図化した。

【吹き流しによる流向確認】

水深 3m 付近は、流向・流速が不安定な流れが確認されたので、流向を明確にするため、釣り糸先に付けた吹き流しにより直接流向を確認した。

その結果、水深 2～3m/s の範囲に、流向が不安定になる場所が存在することが確認できた。



吹き流しによる流向確認状況

【考察】

代表地点の流速と、ほとんどのケースで確認できた流速ベクトル模式図を図 - 4.4 に、代表地点の流速値を表 - 4.3 に示す。

また各ケースにおいて、流速 0.05m/s 以上が有意な流速値と推定して、そのベクトル図から全体の流心線を流速ベクトル図に記述した。(図 - 4.5 参照)

その結果、以下に示す考察を述べることができる。

- ・曝気により、中心を上昇してきた流れは、水面付近を外側に流下し、外壁沿いを下向きに流下する。その後、どの曝気量においても水深 3.3m 付近で水槽中心部へ流れていることが確認できた。
- ・曝気量 50L/s と小さくなくても、水深 3m 付近まで循環流が確認できた。
- ・循環流は、曝気量が大きくなると速くかつ明確になり、小さいと循環流が不明瞭となった。
- ・循環流は、曝気装置設置水深が深くなると、速くなった。
- ・曝気装置設置水深以下（地点参照）でも曝気装置設置水深を深くすると、循環流が明確に確認できた。
- ・水槽全体に循環流を発生させるには、曝気量を増加させるより、曝気装置設置水深を深くする方が効果的であると考えられる。

表 - 4.3 代表地点の流速値

ケース	曝気量 (L/S)	曝気装置 水深(m)	中心から 1m 水深 0.3m ○ 地点	中心から 9.6m 水深 3.3m 地点	中心から 1m 水深 10.3m □ 地点	中心から 5m 水深 16.3m 地点
1	150	5	0.44 ○	0.36	0.10 □	0.01
2	150	10	1.39	0.54	0.15	0.01
3	150	18	1.37	0.70	0.32	0.07
4	100	5	0.16	0.22	0.03	0.01
5	100	10	0.79	0.20	0.21	0.03
6	100	18	1.24	0.55	0.33	0.05
7	50	5	0.11	0.23	0.03	0.03
8	50	10	0.43	0.37	0.14	0.02
9	50	18	1.01	0.28	0.19	0.06

ケース9 中心から 9.6m 地点の内向き流速測定水深は 2.3m/s の値を採用した。

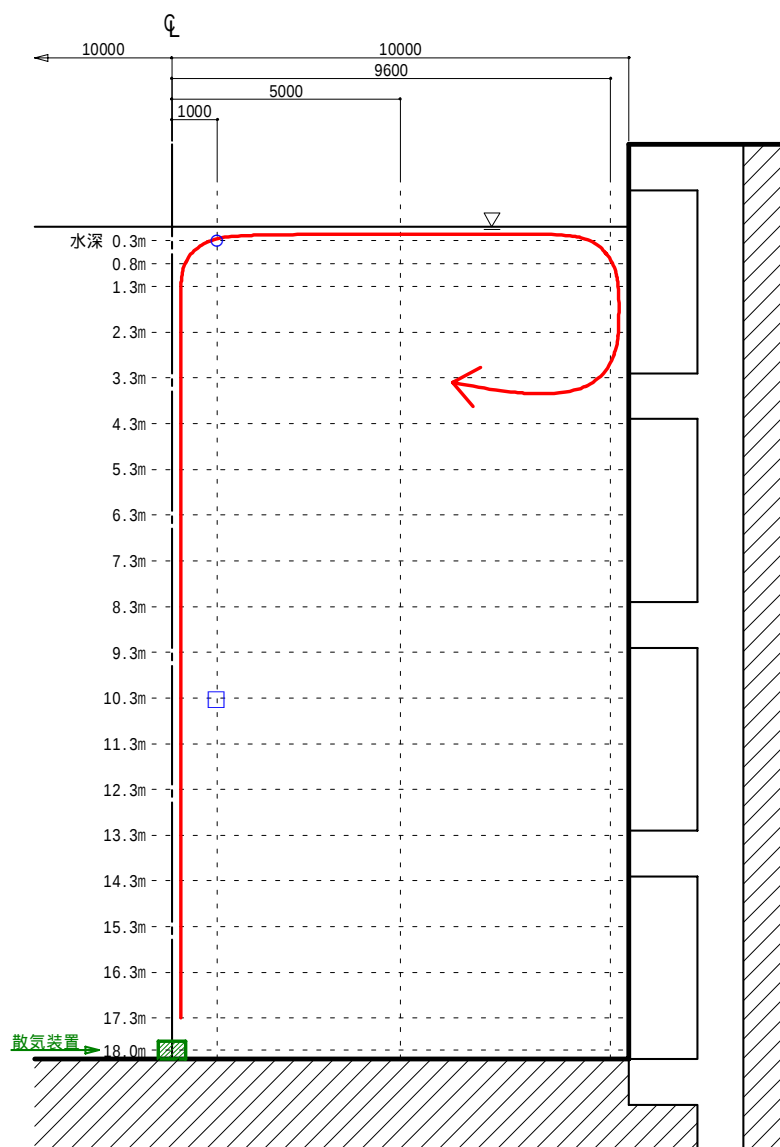


図-4.4 水槽内循環流模式図

ケース 1 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 150L/s

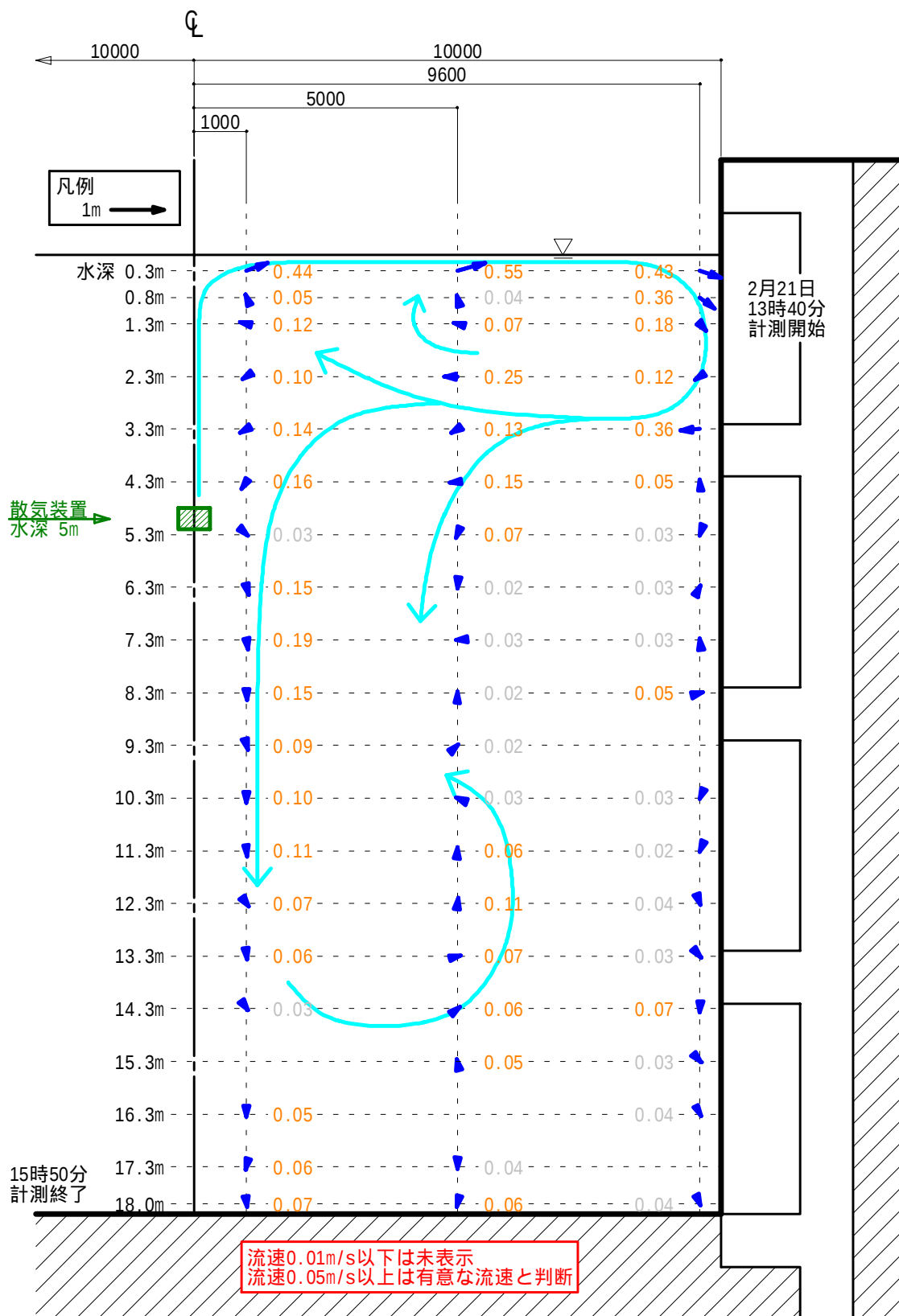


図 - 4.5(1) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 1)

ケース 2 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 150L/s

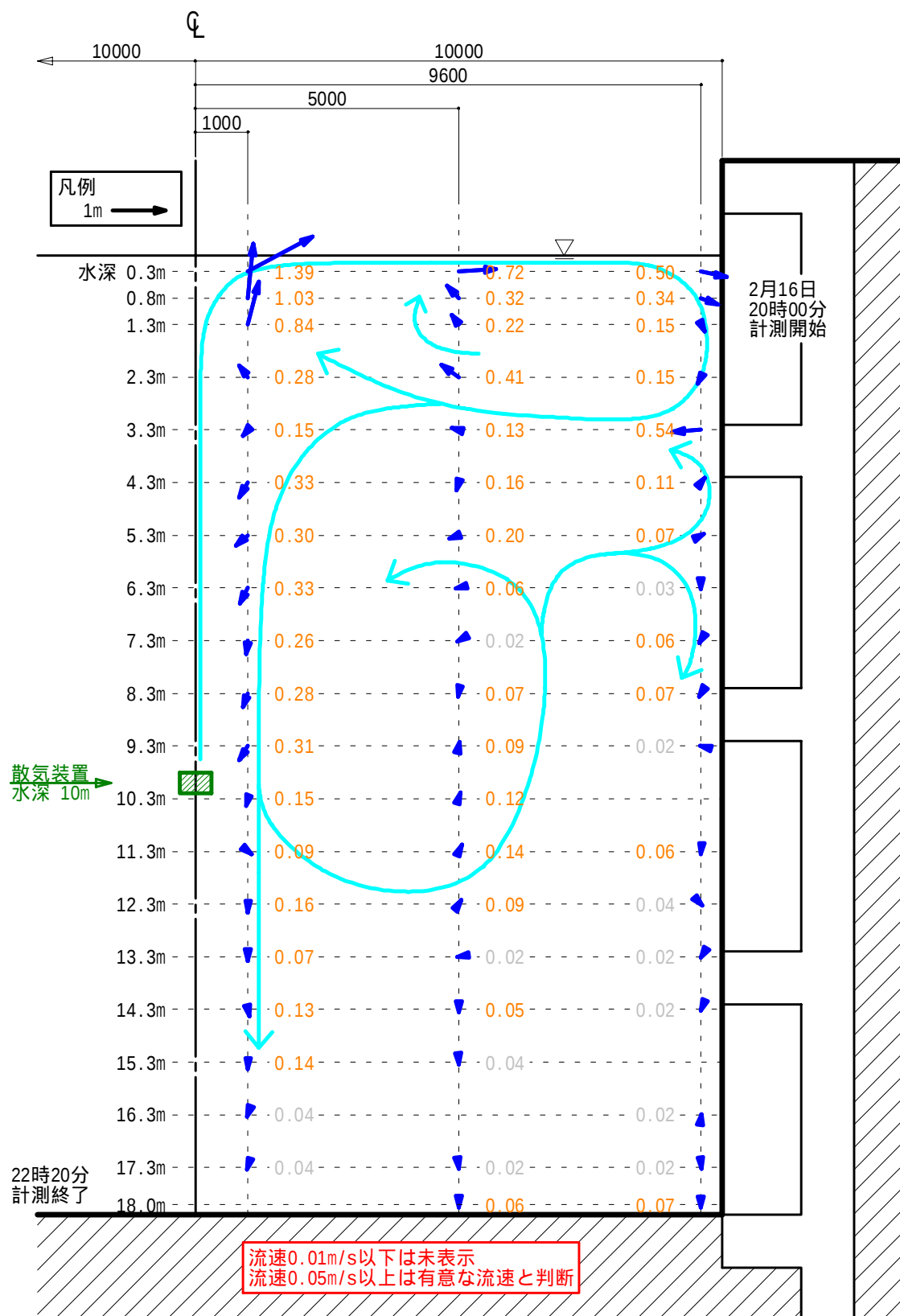


図 - 4.5(2) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 2)

ケース 3 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 150L/s

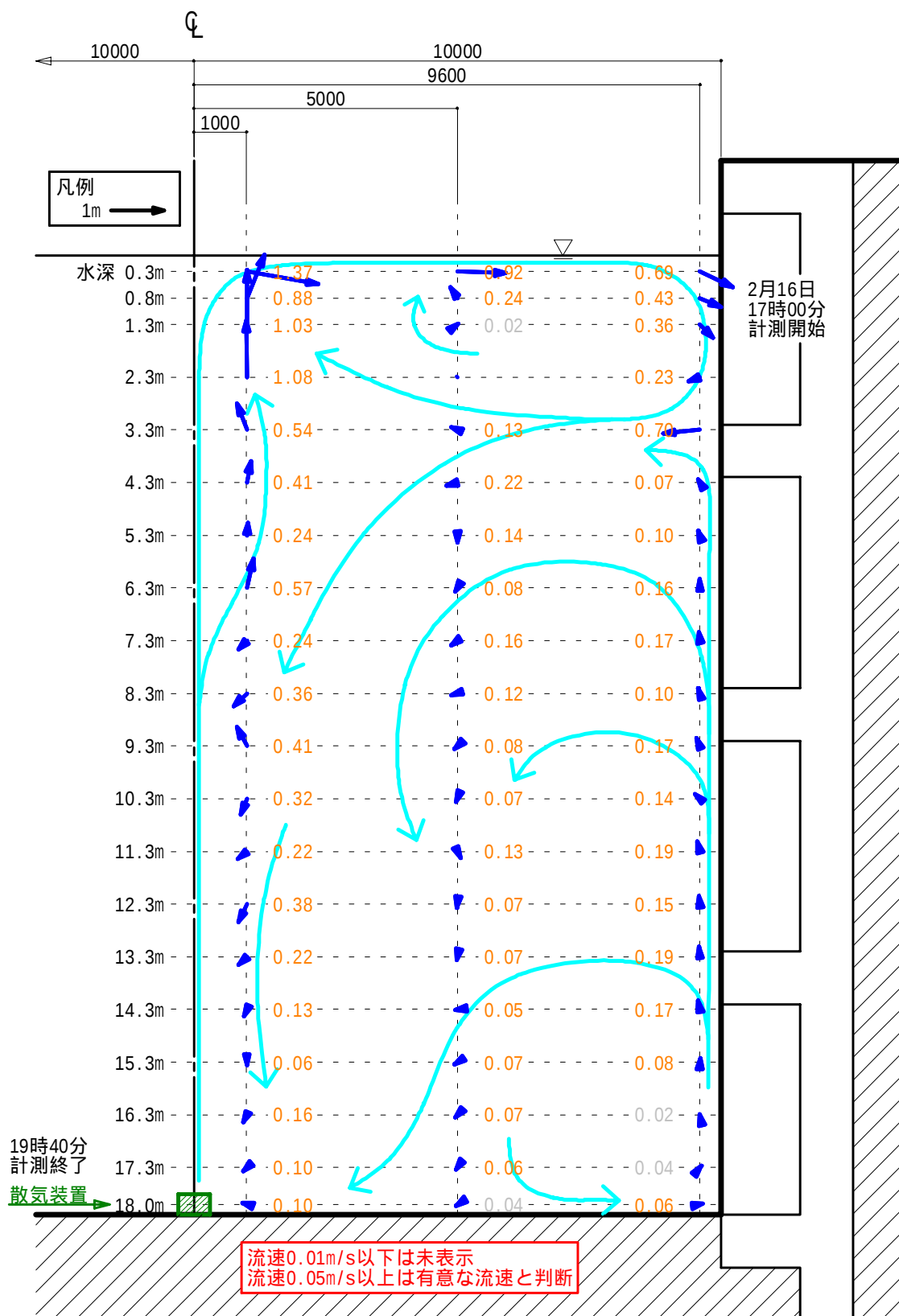


図 - 4.5(3) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 3)

ケース 4 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 100L/s

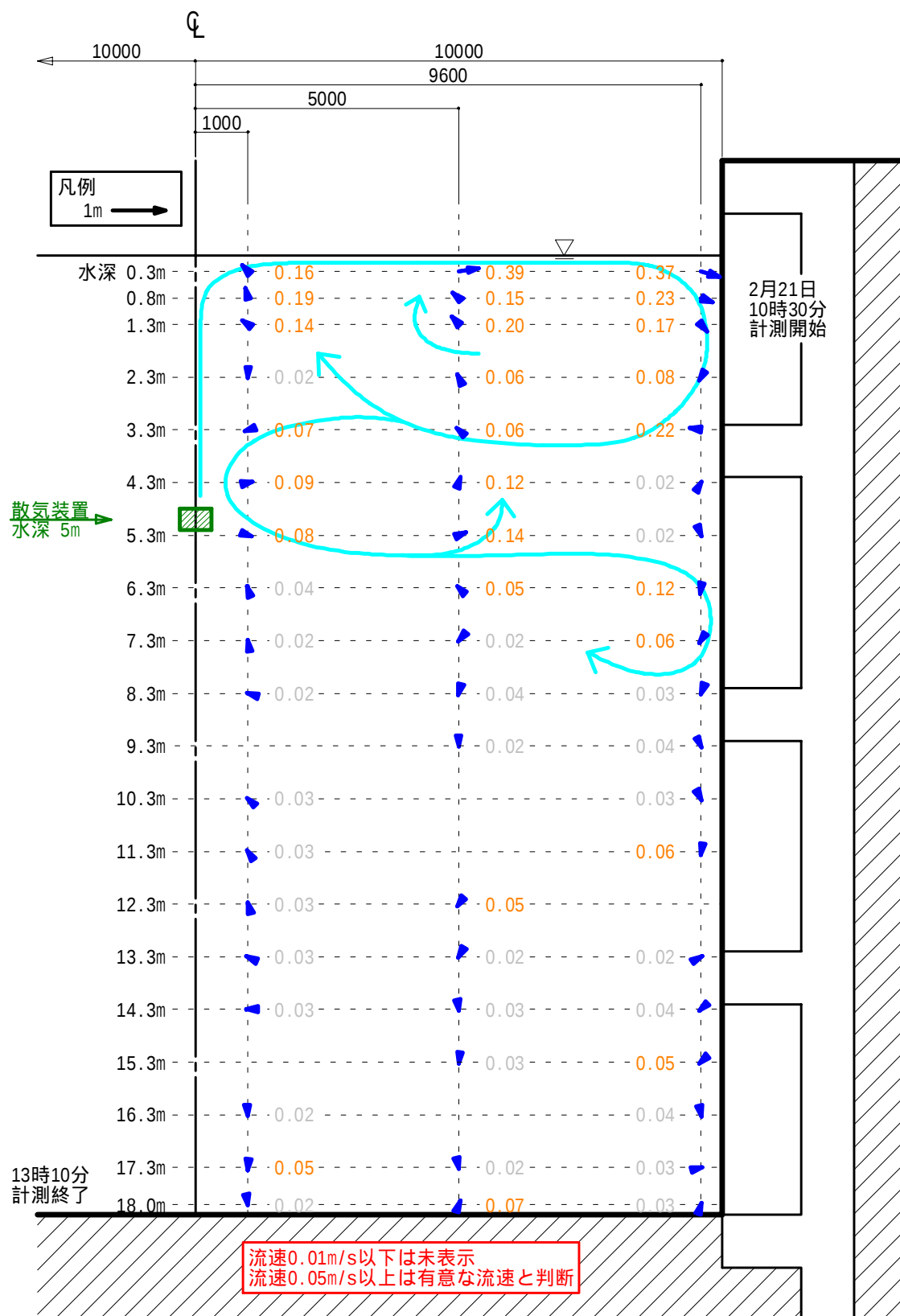


図 - 4.5(4) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 4)

ケース 5 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 100L/s

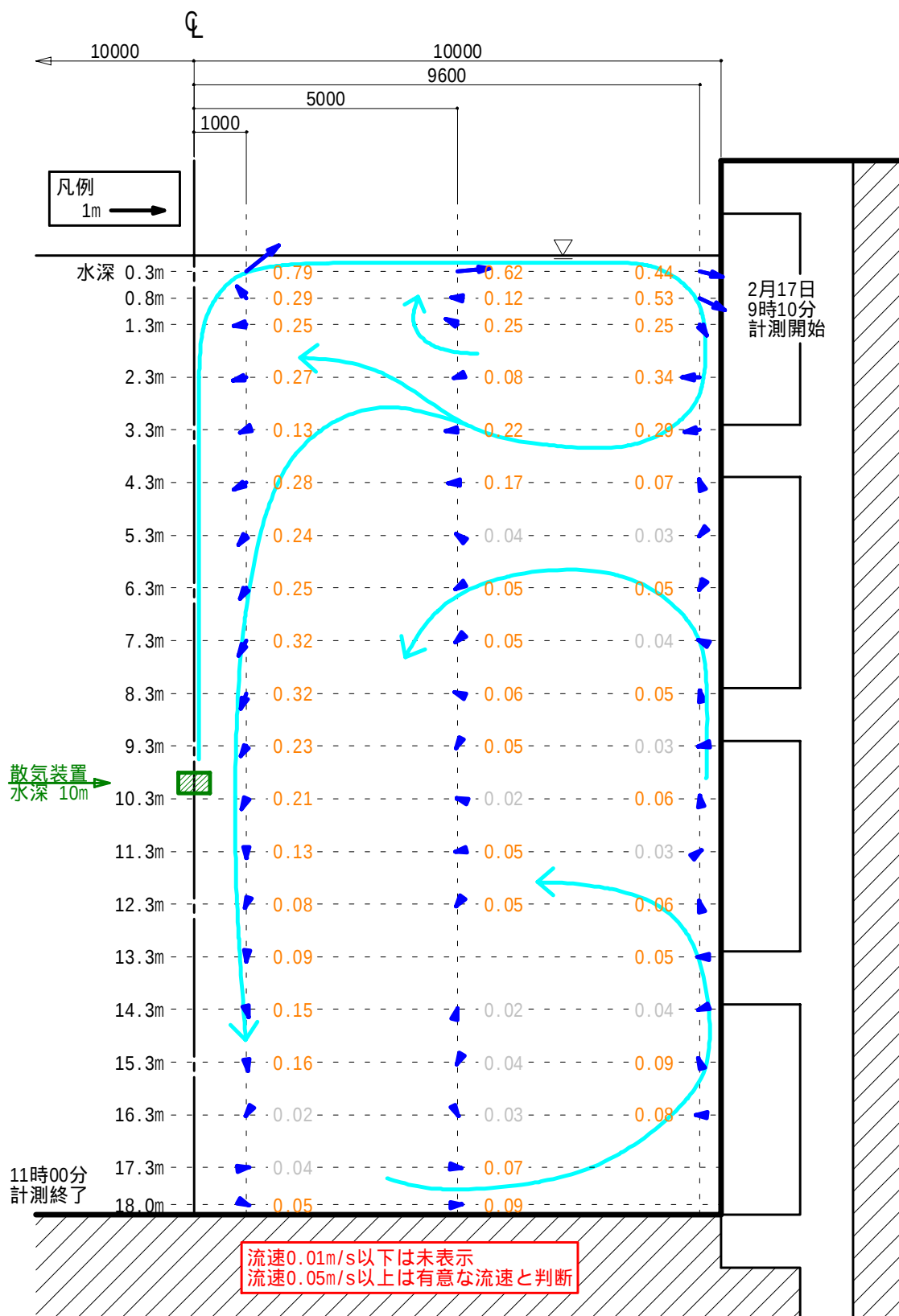


図 - 4.5(5) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 5)

ケース 6 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 100L/s

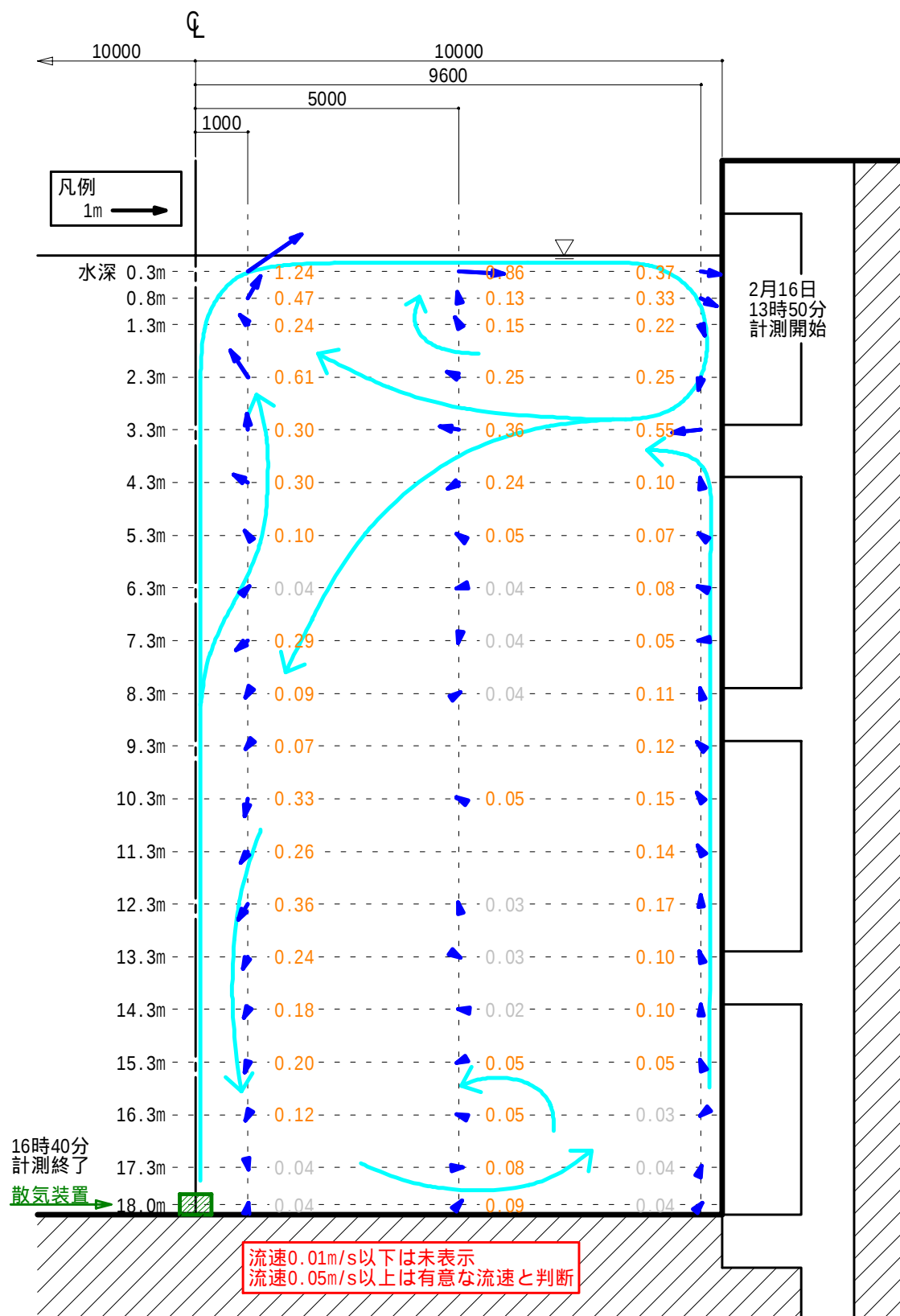


図 - 4.5(6) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 6)

ケース7 散気装置設置水深 5m、吐出空気量 50L/s

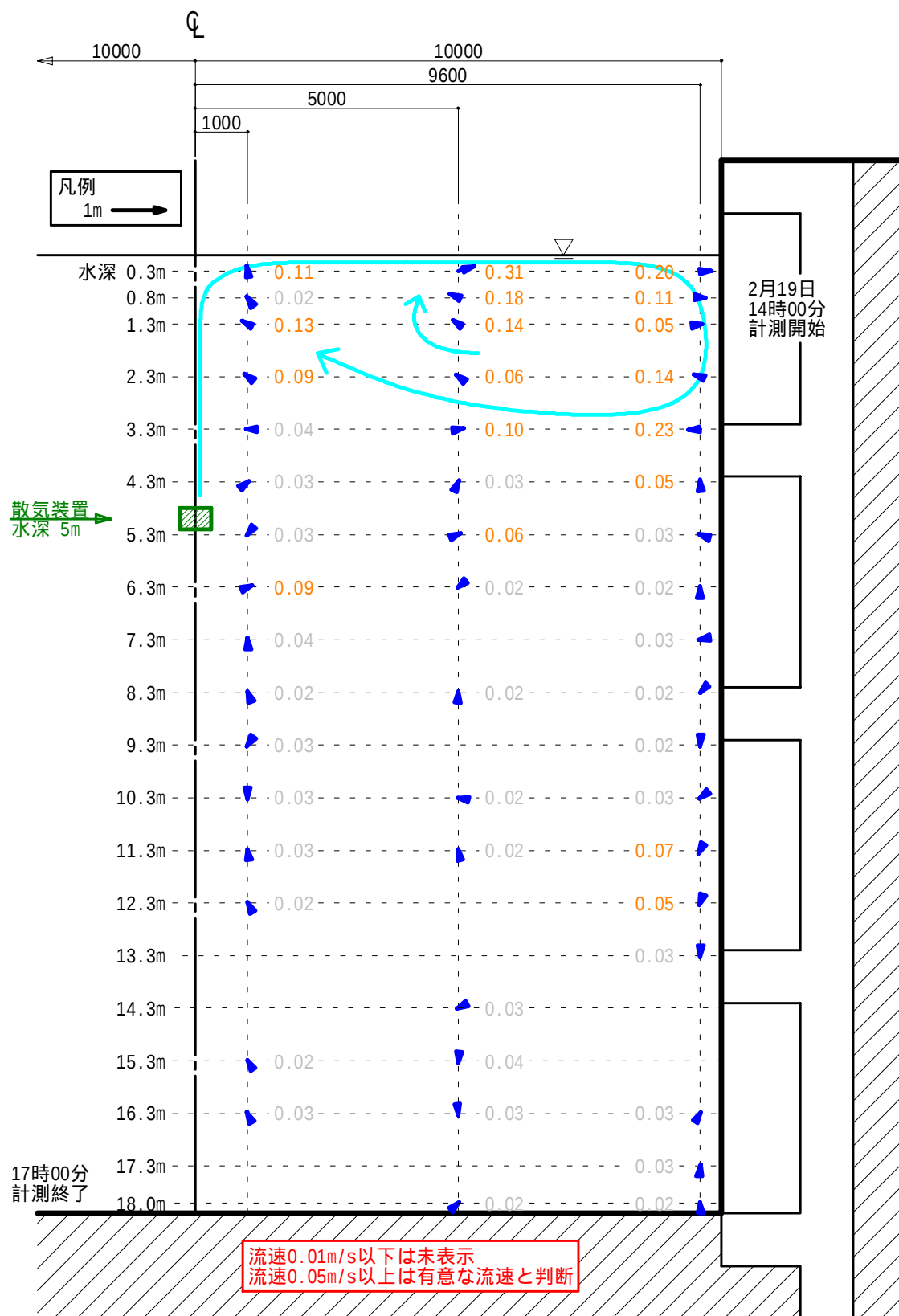


図 - 4.5(7) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース7)

ケース 8 散気装置設置水深 10m、吐出空気量 50L/s

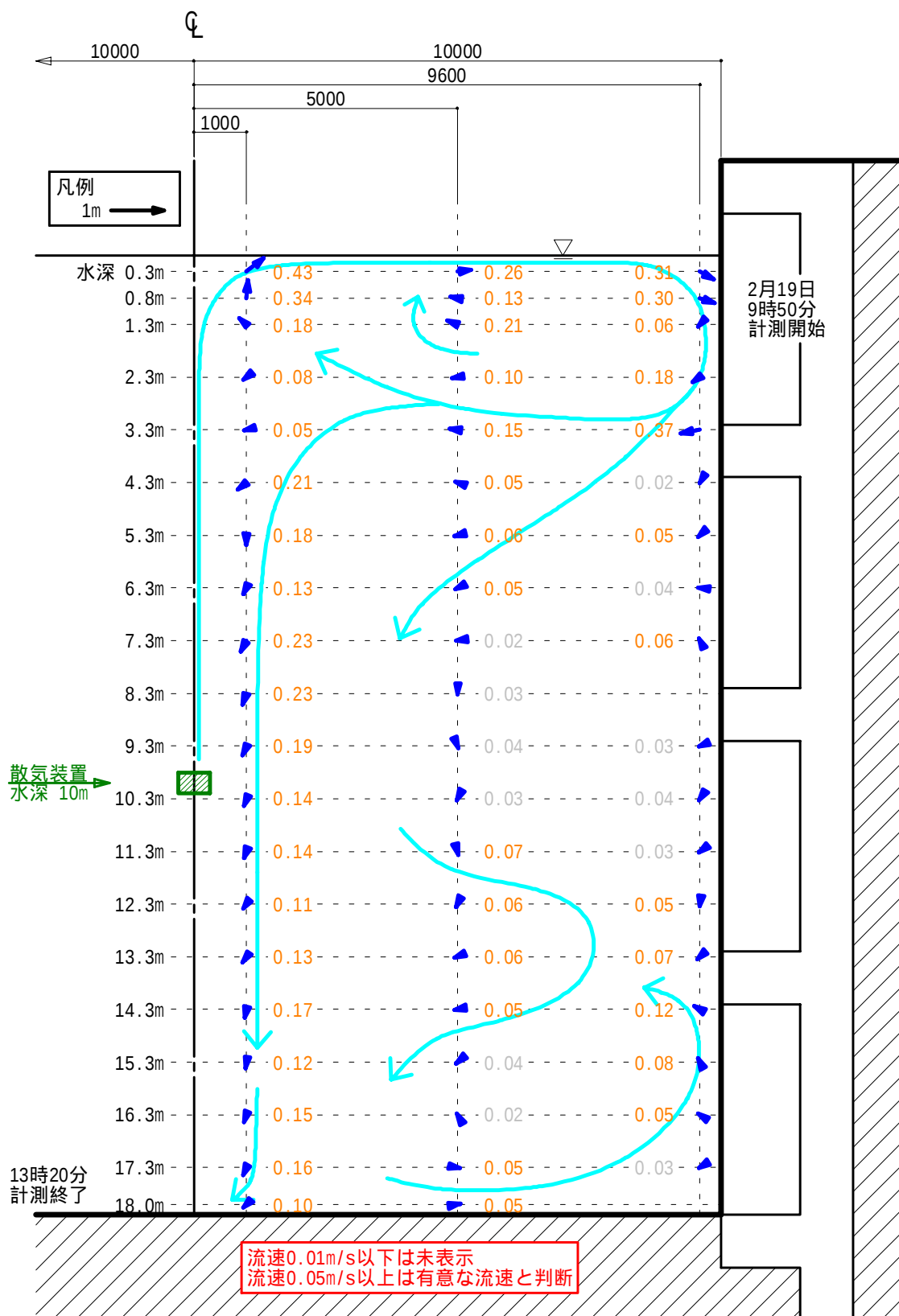


図 - 4.5(8) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 8)

ケース 9 散気装置設置水深 18m、吐出空気量 50L/s

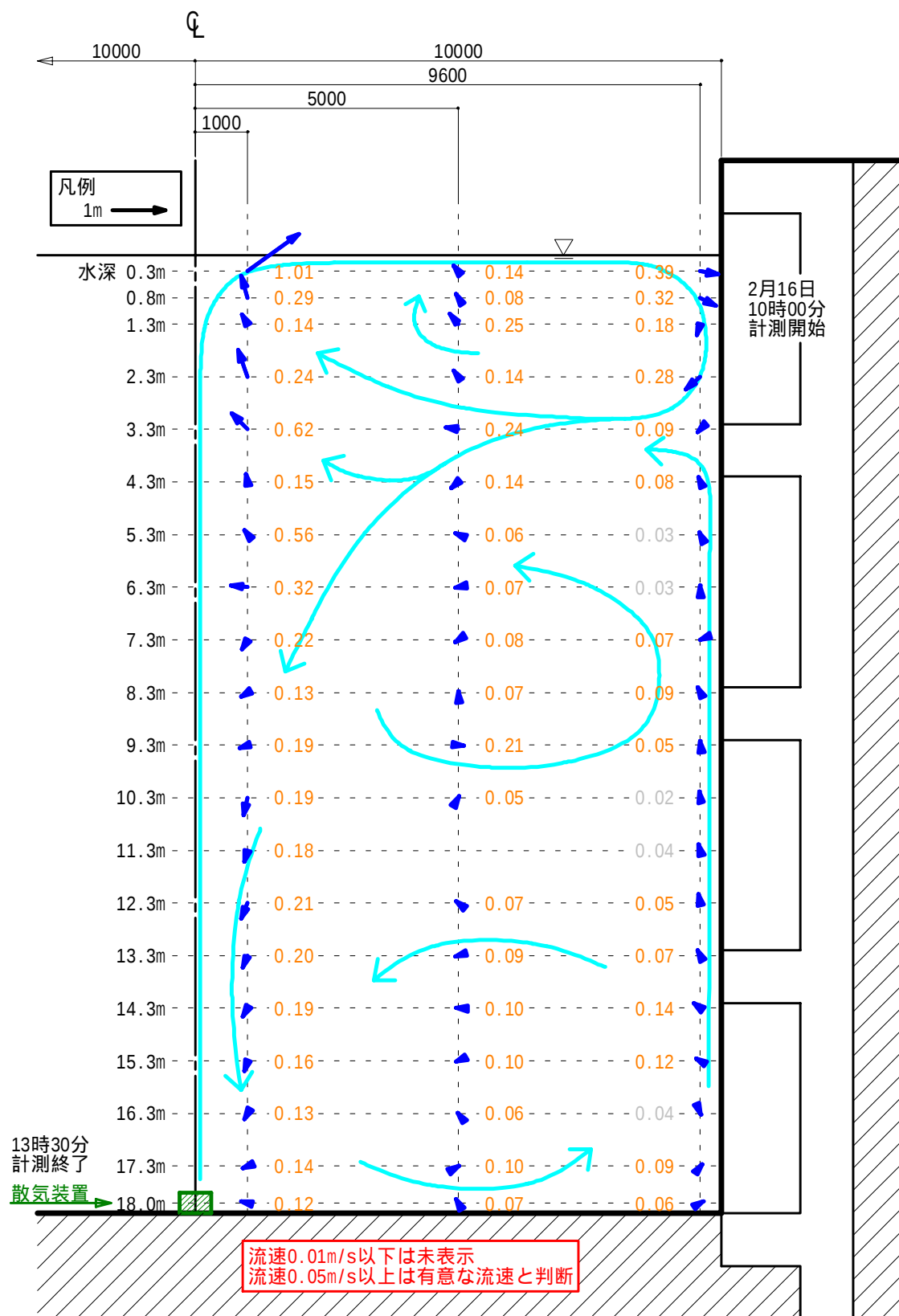


図 - 4.5(9) 各ケースの流速ベクトル図 (ケース 9)

4-6 曝気状況写真

吐出空気量 100L/分

【ケース 4】



散気装置設置水深 5m

【ケース 5】



散気装置設置水深 10m

【ケース 6】



散気装置設置水深 18m

吐出空気量 50L/分

【ケース 7】



散気装置設置水深 5m

【ケース 8】



散気装置設置水深 10m

【ケース 9】



散気装置設置水深 18m

§ 5 実験データ

5-1 水質（溶存酸素濃度、水温、PH）

曝気前

水深(m)	A (1m)			B (5m)			C (9m)		
	pH	DO	水温(℃)	pH	DO	水温(℃)	pH	DO	水温(℃)
1.0	7.65	10.85	10.2	7.76	10.25	10.0	7.56	10.17	9.9
2.0	7.61	10.68	10.2	7.60	10.15	10.0	7.46	10.18	10.0
3.0	7.35	10.73	10.1	7.14	10.10	10.0	7.50	10.24	10.0
4.0	7.27	10.66	10.1	7.14	10.09	10.0	7.47	10.25	10.0
5.0	7.24	10.60	10.1	7.07	10.00	10.0	7.48	10.30	10.0
6.0	7.25	10.61	10.1	7.10	10.05	10.0	7.46	10.29	10.0
7.0	7.32	10.42	10.0	7.10	10.08	10.0	7.46	10.24	10.0
8.0	7.25	10.60	10.0	7.11	10.06	10.0	7.46	10.25	10.0
9.0	7.29	10.68	10.0	7.12	10.10	10.0	7.45	10.25	10.0
10.0	7.28	10.70	10.0	7.14	10.07	10.0	7.45	10.20	10.0
11.0	7.27	10.70	10.0	7.10	10.08	10.0	7.47	10.20	10.0
12.0	7.26	10.65	10.0	7.07	10.00	10.0	7.46	10.15	10.0
13.0	7.26	10.64	10.0	7.10	10.05	10.0	7.15	10.14	10.0
14.0	7.28	10.65	10.0	7.10	10.05	10.0	7.25	10.10	10.0
15.0	7.27	10.66	10.0	7.10	10.03	10.0	7.51	10.10	10.0
16.0	7.24	10.64	10.0	7.14	10.09	10.0	7.20	10.10	10.0
17.0	7.26	10.63	10.0	7.06	9.87	10.0	7.54	10.09	10.0
17.5	7.33	10.62	10.0	7.20	10.04	10.0	7.78	10.10	10.0
18.0	7.37	10.56	10.0	7.31	9.98	10.0	7.53	10.05	10.0

曝気後

水深(m)	C (9m)		
	pH	DO	水温(℃)
1.0	7.77	11.93	9.4
2.0	7.82	11.73	9.6
3.0	7.83	11.65	9.7
4.0	7.87	11.55	9.8
5.0	7.85	11.45	9.9
6.0	7.75	11.36	9.9
7.0	7.80	11.25	9.9
8.0	7.77	11.30	9.9
9.0	7.72	11.26	9.9
10.0	7.68	11.20	9.9
11.0	7.69	11.23	9.9
12.0	7.64	11.22	9.9
13.0	7.63	11.23	9.9
14.0	7.99	11.33	9.9
15.0	7.99	11.30	9.9
16.0	7.97	11.24	9.9
17.0	7.99	11.10	9.9
17.5	8.05	11.00	9.9
18.0	8.13	10.80	9.9

5-2 風向・風速・気温

ケース 1

平成17年2月21日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
13:40	0.8	337.5	12.9		
13:50	0.5	337.5	13.0		
14:00	0.6	292.5	13.1		
14:10	0.8	247.5	13.1		
14:20	0.6	180.0	13.2		
14:30	0.5	315.0	13.2		
14:40	0.7	247.5	13.3		
14:50	0.4	202.5	13.4		
15:00	0.3	270.0	13.4		
15:10	0.3	247.5	13.5		
15:20	0.8	270.0	13.5		
15:30	0.4	202.5	13.6	平均気温	13.3
15:40	0.0	22.5	13.5	最大風速	0.8
15:50	0.2	67.5	13.5	平均風速	0.5

ケース 2

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
20:00	0.2	135.0	10.8		
20:10	0.3	112.5	10.7		
20:20	0.2	135.0	10.6		
20:30	0.2	112.5	10.6		
20:40	0.2	135.0	10.5		
20:50	0.1	112.5	10.5		
21:00	0.2	112.5	10.4		
21:10	0.1	135.0	10.4		
21:20	0.1	90.0	10.4		
21:30	0.1	135.0	10.3		
21:40	0.2	135.0	10.2		
21:50	0.2	135.0	10.2		
22:00	0.3	135.0	10.2	平均気温	10.4
22:10	0.2	112.5	10.2	最大風速	0.3
22:20	0.2	112.5	10.2	平均風速	0.2

ケース 3

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
17:00	0.9	135.0	13.8		
17:10	0.7	135.0	13.6		
17:20	0.8	112.5	13.4		
17:30	0.8	112.5	13.2		
17:40	0.6	135.0	12.9		
17:50	0.6	45.0	12.6		
18:00	0.7	112.5	12.3		
18:10	0.5	112.5	12.2		
18:20	0.2	90.0	12.0		
18:30	0.2	135.0	11.8		
18:40	0.3	135.0	11.7		
18:50	0.2	112.5	11.6		
19:00	0.2	90.0	11.4		
19:10	0.5	135.0	11.3		
19:20	0.4	135.0	11.2	平均気温	12.2
19:30	0.2	135.0	11.1	最大風速	0.9
19:40	0.2	45.0	11.0	平均風速	0.5

ケース 4

平成17年2月21日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
10:30	1.2	157.5	11.2		
10:40	1.0	270.0	11.2		
10:50	0.5	45.0	11.3		
11:00	1.2	315.0	11.3		
11:10	1.3	247.5	11.4		
11:20	0.9	157.5	11.4		
11:30	0.4	247.5	11.6		
11:40	0.5	0.0	11.6		
11:50	0.9	315.0	11.7		
12:00	0.7	0.0	11.8		
12:10	0.8	225.0	11.9		
12:20	0.4	0.0	12.0		
12:30	0.8	22.5	12.1		
12:40	0.8	67.5	12.2		
12:50	1.0	247.5	12.3	平均気温	11.8
13:00	0.8	247.5	12.4	最大風速	1.3
13:10	0.5	337.5	12.5	平均風速	0.8

ケース 5

平成17年2月17日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
9:10	0.0	225.0	11.1		
9:20	0.0	315.0	11.0		
9:30	0.0	270.0	11.0		
9:40	0.0	225.0	10.9		
9:50	0.0	0.0	10.9		
10:00	0.0	270.0	11.0		
10:10	0.1	270.0	10.9		
10:20	0.2	225.0	11.0		
10:30	0.0	315.0	11.0		
10:40	0.1	247.5	11.0	平均気温	11.0
10:50	0.0	135.0	11.0	最大風速	0.2
11:00	0.0	180.0	11.0	平均風速	0.0

ケース 6

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
13:50	0.5	90.0	12.9		
14:00	0.3	247.5	13.0		
14:10	0.5	22.5	13.0		
14:20	0.7	337.5	13.2		
14:30	0.4	135.0	13.2		
14:40	0.5	337.5	13.3		
14:50	0.1	292.5	13.4		
15:00	0.4	315.0	13.4		
15:10	0.8	337.5	13.4		
15:20	0.5	0.0	13.5		
15:30	0.6	67.5	13.6		
15:40	0.5	337.5	13.8		
15:50	0.2	337.5	13.8		
16:00	0.0	315.0	13.8		
16:10	0.1	315.0	13.8		
16:20	0.5	135.0	14.0	平均気温	13.5
16:30	0.4	112.5	14.1	最大風速	0.8
16:40	0.6	112.5	14.1	平均風速	0.4

ケース 7

平成17年2月19日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
14:00	1.5	0.0	13.0		
14:10	1.3	292.5	13.0		
14:20	1.9	0.0	13.1		
14:30	1.7	315.0	13.1		
14:40	1.7	22.5	13.1		
14:50	1.5	292.5	13.1		
15:00	1.5	315.0	13.2		
15:10	1.3	247.5	13.2		
15:20	1.3	0.0	13.3		
15:30	1.5	270.0	13.3		
15:40	1.3	292.5	13.4		
15:50	1.5	337.5	13.4		
16:00	1.5	225.0	13.3		
16:10	1.6	315.0	13.3		
16:20	1.7	0.0	13.3		
16:30	1.4	0.0	13.2		
16:40	1.8	135.0	13.2	平均気温	13.2
16:50	1.4	337.5	13.1	最大風速	1.9
17:00	1.2	22.5	13.0	平均風速	1.5

ケース 8

平成17年2月19日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
9:50	1.3	315.0	11.6		
10:00	1.3	315.0	11.4		
10:10	1.1	225.0	11.4		
10:20	1.6	225.0	11.4		
10:30	1.0	315.0	11.6		
10:40	1.0	337.5	11.7		
10:50	1.5	315.0	11.8		
11:00	1.6	337.5	11.9		
11:10	2.3	292.5	11.9		
11:20	2.2	270.0	12.0		
11:30	1.6	292.5	12.0		
11:40	1.9	270.0	12.1		
11:50	1.5	315.0	12.1		
12:00	1.4	247.5	12.2		
12:10	2.0	337.5	12.2		
12:20	1.8	270.0	12.3		
12:30	1.7	337.5	12.3		
12:40	2.0	337.5	12.4		
12:50	2.1	247.5	12.4		
13:00	1.2	292.5	12.5	平均気温	12.0
13:10	1.7	292.5	12.5	最大風速	2.3
13:20	1.5	337.5	12.6	平均風速	1.6

ケース 9

平成17年2月16日

時刻	風速(m/s)	風向(度)	気温()		
10:00	0.2	247.5	10.2		
10:10	0.1	45.0	10.3		
10:20	0.3	225.0	10.4		
10:30	0.3	202.5	10.4		
10:40	0.3	315.0	10.5		
10:50	0.4	292.5	10.6		
11:00	0.5	0.0	10.7		
11:10	1.0	202.5	10.8		
11:20	0.3	270.0	10.9		
11:30	0.5	0.0	11.0		
11:40	0.6	337.5	11.1		
11:50	0.7	270.0	11.2		
12:00	0.6	270.0	11.4		
12:10	0.7	337.5	11.6		
12:20	0.4	337.5	11.7		
12:30	0.5	225.0	11.8		
12:40	0.2	112.5	12.0		
12:50	0.2	292.5	12.1		
13:00	0.6	270.0	12.2		
13:10	0.5	315.0	12.3	平均気温	11.3
13:20	0.4	90.0	12.4	最大風速	1.0
13:30	0.2	225.0	12.6	平均風速	0.4

流向流速（30 秒単純平均値）

ケース 1

測定日 平成17年2月21日

測定時間 13:40～15:50

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.41	-0.15	-0.53	-0.15	-0.41	0.14
0.8	0.02	-0.05	0.01	-0.04	-0.29	0.21
1.3	0.12	-0.03	0.07	-0.02	-0.12	0.13
2.3	0.08	0.05	0.25	0.00	0.10	0.07
3.3	0.12	0.06	0.11	0.07	0.36	0.03
4.3	0.10	0.13	0.15	0.02	0.01	-0.05
5.3	-0.02	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03
6.3	-0.04	0.15	0.00	0.02	-0.01	-0.03
7.3	-0.03	0.19	0.02	0.00	0.00	-0.03
8.3	-0.01	0.14	0.00	-0.02	-0.05	-0.02
9.3	-0.02	0.09	-0.02	-0.01	0.00	0.01
10.3	0.00	0.10	0.03	-0.01	0.01	0.02
11.3	-0.01	0.11	0.00	-0.06	0.01	0.02
12.3	-0.04	0.06	-0.02	-0.11	-0.01	0.03
13.3	-0.01	0.06	-0.07	-0.02	-0.02	0.03
14.3	-0.02	0.03	-0.04	-0.04	0.00	0.07
15.3	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.02	0.02
16.3	0.00	0.05	0.00	0.01	-0.02	0.04
17.3	0.01	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00
18.0	-0.01	0.07	0.01	0.05	-0.02	0.03

単位：m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.44	0.55	0.43
0.8	0.05	0.04	0.36
1.3	0.12	0.07	0.18
2.3	0.10	0.25	0.12
3.3	0.14	0.13	0.36
4.3	0.16	0.15	0.05
5.3	0.03	0.07	0.03
6.3	0.15	0.02	0.03
7.3	0.19	0.03	0.03
8.3	0.15	0.02	0.05
9.3	0.09	0.02	0.01
10.3	0.10	0.03	0.03
11.3	0.11	0.06	0.02
12.3	0.07	0.11	0.04
13.3	0.06	0.07	0.03
14.3	0.03	0.06	0.07
15.3	0.00	0.05	0.03
16.3	0.05	0.01	0.04
17.3	0.06	0.04	0.00
18.0	0.07	0.06	0.04

単位：m/s

ケース 2

測定日 平成17年2月16日

測定時間 20:00 ~ 22:20

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.22	-0.66	-0.71	-0.05	-0.49	0.10
0.8	-0.10	-1.03	0.22	-0.23	-0.32	0.12
1.3	-0.20	-0.82	0.13	-0.18	-0.07	0.13
2.3	0.17	-0.22	0.33	-0.23	0.07	0.13
3.3	0.10	0.11	0.13	-0.04	0.54	0.04
4.3	0.17	0.28	0.05	0.15	-0.07	-0.09
5.3	0.23	0.20	0.18	0.07	-0.06	-0.03
6.3	0.15	0.29	0.06	0.02	0.00	0.03
7.3	0.04	0.26	0.02	0.01	0.03	0.05
8.3	0.09	0.27	0.01	0.07	0.04	0.06
9.3	0.16	0.27	0.02	0.08	0.02	0.00
10.3	0.04	0.14	-0.04	-0.11	0.01	0.00
11.3	-0.07	0.05	-0.06	-0.12	0.01	0.06
12.3	0.01	0.16	-0.05	-0.07	-0.03	0.03
13.3	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	0.02
14.3	-0.03	0.13	0.00	0.05	0.01	0.02
15.3	0.01	0.14	0.00	0.04	0.00	0.01
16.3	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02
17.3	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02
18.0	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.07

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.39	0.72	0.50
0.8	1.03	0.32	0.34
1.3	0.84	0.22	0.15
2.3	0.28	0.41	0.15
3.3	0.15	0.13	0.54
4.3	0.33	0.16	0.11
5.3	0.30	0.20	0.07
6.3	0.33	0.06	0.03
7.3	0.26	0.02	0.06
8.3	0.28	0.07	0.07
9.3	0.31	0.09	0.02
10.3	0.15	0.12	0.01
11.3	0.09	0.14	0.06
12.3	0.16	0.09	0.04
13.3	0.07	0.02	0.02
14.3	0.13	0.05	0.02
15.3	0.14	0.04	0.01
16.3	0.04	0.01	0.02
17.3	0.04	0.02	0.02
18.0	0.01	0.06	0.07

単位 : m/s

ケース 3

測定日 平成17年2月16日

測定時間 17:00 ~ 19:40

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.35	-0.23	-0.92	0.03	-0.62	0.29
0.8	-0.33	-0.82	0.14	-0.20	-0.39	0.17
1.3	-0.01	-1.03	-0.02	-0.01	-0.25	0.26
2.3	0.01	-1.08	0.01	0.00	0.22	0.07
3.3	0.19	-0.50	0.12	-0.05	0.70	0.07
4.3	-0.08	-0.41	0.21	0.05	0.04	-0.06
5.3	-0.01	-0.24	0.00	0.14	0.03	-0.09
6.3	-0.13	-0.56	0.04	0.07	0.01	-0.16
7.3	0.17	0.17	0.12	0.09	0.03	-0.17
8.3	0.25	0.25	0.11	0.04	0.03	-0.10
9.3	0.19	-0.36	0.06	0.05	0.07	-0.15
10.3	0.12	0.30	0.03	0.07	0.10	-0.09
11.3	0.18	0.14	-0.06	0.12	0.05	-0.18
12.3	0.17	0.34	0.01	0.07	0.02	-0.15
13.3	0.16	0.15	0.02	0.07	0.02	-0.19
14.3	0.05	0.12	0.05	0.01	0.04	-0.17
15.3	0.00	0.06	0.06	0.04	-0.01	-0.08
16.3	0.07	0.14	0.04	0.05	0.00	-0.02
17.3	0.07	0.07	0.03	0.05	-0.03	-0.03
18.0	0.10	-0.03	0.03	0.02	-0.06	-0.01

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.37	0.92	0.69
0.8	0.88	0.24	0.43
1.3	1.03	0.02	0.36
2.3	1.08	0.01	0.23
3.3	0.54	0.13	0.70
4.3	0.41	0.22	0.07
5.3	0.24	0.14	0.10
6.3	0.57	0.08	0.16
7.3	0.24	0.16	0.17
8.3	0.36	0.12	0.10
9.3	0.41	0.08	0.17
10.3	0.32	0.07	0.14
11.3	0.22	0.13	0.19
12.3	0.38	0.07	0.15
13.3	0.22	0.07	0.19
14.3	0.13	0.05	0.17
15.3	0.06	0.07	0.08
16.3	0.16	0.07	0.02
17.3	0.10	0.06	0.04
18.0	0.10	0.04	0.06

単位 : m/s

ケース 4

測定日 平成17年2月21日

測定時間 10:30 ~ 13:10

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	0.11	-0.12	-0.38	-0.07	-0.36	0.10
0.8	0.05	-0.18	0.12	-0.10	-0.22	0.08
1.3	0.11	-0.08	0.13	-0.14	-0.11	0.13
2.3	0.00	0.02	0.03	-0.05	0.04	0.07
3.3	0.07	0.02	0.04	-0.04	0.22	-0.03
4.3	-0.08	-0.02	-0.04	-0.11	-0.01	-0.02
5.3	-0.07	0.03	-0.13	-0.05	-0.01	0.02
6.3	0.01	-0.04	0.03	-0.04	0.02	0.12
7.3	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.03	0.05
8.3	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01	0.03
9.3	0.01	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.03
10.3	0.02	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	0.03
11.3	0.02	-0.03	0.00	0.00	0.01	0.06
12.3	0.01	-0.03	0.03	0.04	-0.01	-0.01
13.3	0.03	-0.01	0.01	0.02	-0.02	-0.01
14.3	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03
15.3	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03
16.3	0.00	0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.04
17.3	0.00	0.05	0.00	0.02	-0.03	-0.01
18.0	0.00	0.02	-0.03	-0.07	-0.01	-0.03

単位：m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.16	0.39	0.37
0.8	0.19	0.15	0.23
1.3	0.14	0.20	0.17
2.3	0.02	0.06	0.08
3.3	0.07	0.06	0.22
4.3	0.09	0.12	0.02
5.3	0.08	0.14	0.02
6.3	0.04	0.05	0.12
7.3	0.02	0.02	0.06
8.3	0.02	0.04	0.03
9.3	0.01	0.02	0.04
10.3	0.03	0.01	0.03
11.3	0.03	0.00	0.06
12.3	0.03	0.05	0.01
13.3	0.03	0.02	0.02
14.3	0.03	0.03	0.04
15.3	0.01	0.03	0.05
16.3	0.02	0.01	0.04
17.3	0.05	0.02	0.03
18.0	0.02	0.07	0.03

単位：m/s

ケース 5

測定日 平成17年2月17日

測定時間 9:10 ~ 11:00

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.61	-0.50	-0.62	-0.07	-0.43	0.09
0.8	0.18	-0.23	0.12	-0.01	-0.48	0.23
1.3	0.25	0.04	0.22	-0.10	-0.14	0.21
2.3	0.26	0.07	0.07	0.03	0.34	0.00
3.3	0.12	0.05	0.22	0.02	0.29	0.04
4.3	0.24	0.14	0.17	0.01	0.02	-0.06
5.3	0.16	0.19	0.03	-0.02	0.02	0.02
6.3	0.13	0.21	0.04	0.03	0.03	0.04
7.3	0.15	0.28	0.04	0.04	0.04	-0.02
8.3	0.11	0.30	0.05	-0.02	0.01	-0.05
9.3	0.11	0.20	0.03	0.05	0.03	0.01
10.3	0.09	0.19	0.02	-0.01	0.01	-0.06
11.3	0.00	0.13	0.05	0.01	-0.02	-0.02
12.3	0.03	0.08	0.03	0.04	0.01	-0.06
13.3	0.01	0.09	0.00	0.01	0.05	0.00
14.3	-0.04	0.15	0.00	-0.02	0.04	0.01
15.3	-0.02	0.16	0.02	0.04	0.03	-0.08
16.3	0.01	0.02	-0.01	0.03	0.08	0.00
17.3	-0.04	0.00	-0.07	0.01	0.01	0.01
18.0	-0.04	0.02	-0.08	-0.01	0.01	-0.01

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.79	0.62	0.44
0.8	0.29	0.12	0.53
1.3	0.25	0.25	0.25
2.3	0.27	0.08	0.34
3.3	0.13	0.22	0.29
4.3	0.28	0.17	0.07
5.3	0.24	0.04	0.03
6.3	0.25	0.05	0.05
7.3	0.32	0.05	0.04
8.3	0.32	0.06	0.05
9.3	0.23	0.05	0.03
10.3	0.21	0.02	0.06
11.3	0.13	0.05	0.03
12.3	0.08	0.05	0.06
13.3	0.09	0.01	0.05
14.3	0.15	0.02	0.04
15.3	0.16	0.04	0.09
16.3	0.02	0.03	0.08
17.3	0.04	0.07	0.01
18.0	0.05	0.09	0.01

単位 : m/s

ケース 6

測定日 平成17年2月16日

測定時間 13:50 ~ 16:40

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-1.02	-0.72	-0.86	0.03	-0.37	0.05
0.8	-0.23	-0.41	0.03	-0.12	-0.29	0.15
1.3	0.16	-0.18	0.07	-0.13	-0.07	0.21
2.3	0.34	-0.50	0.23	-0.10	0.06	0.24
3.3	0.01	-0.30	0.36	-0.06	0.55	0.05
4.3	0.27	-0.15	0.21	0.11	0.02	-0.09
5.3	0.06	-0.08	0.04	-0.03	0.05	-0.04
6.3	-0.03	-0.03	0.04	0.01	0.07	-0.03
7.3	0.22	0.18	0.01	0.04	0.04	0.01
8.3	0.05	0.08	-0.04	-0.02	0.03	-0.10
9.3	0.04	0.06	0.00	0.01	0.09	-0.08
10.3	0.06	0.33	0.04	-0.02	0.09	-0.12
11.3	0.14	0.22	0.00	-0.01	0.07	-0.12
12.3	0.19	0.30	0.01	-0.03	0.01	-0.17
13.3	0.09	0.22	-0.03	0.02	0.03	-0.10
14.3	0.08	0.16	0.02	0.00	0.00	-0.10
15.3	0.06	0.19	0.04	0.02	0.02	-0.05
16.3	0.05	0.10	0.05	-0.02	0.02	0.02
17.3	-0.01	0.04	-0.08	-0.01	-0.01	-0.04
18.0	-0.01	-0.04	-0.06	-0.07	-0.03	-0.03

単位：m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.24	0.86	0.37
0.8	0.47	0.13	0.33
1.3	0.24	0.15	0.22
2.3	0.61	0.25	0.25
3.3	0.30	0.36	0.55
4.3	0.30	0.24	0.10
5.3	0.10	0.05	0.07
6.3	0.04	0.04	0.08
7.3	0.29	0.04	0.05
8.3	0.09	0.04	0.11
9.3	0.07	0.01	0.12
10.3	0.33	0.05	0.15
11.3	0.26	0.01	0.14
12.3	0.36	0.03	0.17
13.3	0.24	0.03	0.10
14.3	0.18	0.02	0.10
15.3	0.20	0.05	0.05
16.3	0.12	0.05	0.03
17.3	0.04	0.08	0.04
18.0	0.04	0.09	0.04

単位：m/s

ケース 7

測定日 平成17年2月19日

測定時間 14:00 ~ 17:00

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	0.02	-0.11	-0.30	-0.09	-0.20	-0.01
0.8	0.01	-0.02	0.17	-0.06	-0.11	0.01
1.3	0.11	-0.06	0.11	-0.08	-0.05	-0.01
2.3	0.07	-0.05	0.05	-0.04	0.13	-0.04
3.3	0.04	0.00	-0.10	-0.02	0.23	0.01
4.3	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03	0.00	-0.05
5.3	0.02	0.02	-0.05	-0.02	0.03	-0.01
6.3	-0.08	-0.03	0.02	0.02	0.00	-0.02
7.3	0.00	-0.04	0.00	0.01	0.03	0.01
8.3	0.01	-0.02	0.00	-0.02	0.01	0.01
9.3	0.01	0.02	0.01	-0.01	0.00	0.02
10.3	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02
11.3	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.04	0.07
12.3	0.01	-0.02	0.00	-0.01	0.02	0.05
13.3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
14.3	0.00	-0.01	0.02	0.01	0.00	0.00
15.3	0.01	-0.02	0.00	0.04	0.00	0.00
16.3	0.01	-0.02	0.00	0.03	-0.02	-0.03
17.3	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.03
18.0	0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.00	-0.02

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.11	0.31	0.20
0.8	0.02	0.18	0.11
1.3	0.13	0.14	0.05
2.3	0.09	0.06	0.14
3.3	0.04	0.10	0.23
4.3	0.03	0.03	0.05
5.3	0.03	0.06	0.03
6.3	0.09	0.02	0.02
7.3	0.04	0.01	0.03
8.3	0.02	0.02	0.02
9.3	0.03	0.01	0.02
10.3	0.03	0.02	0.03
11.3	0.03	0.02	0.07
12.3	0.02	0.01	0.05
13.3	0.01	0.01	0.03
14.3	0.01	0.03	0.00
15.3	0.02	0.04	0.01
16.3	0.03	0.03	0.03
17.3	0.01	0.01	0.03
18.0	0.01	0.02	0.02

単位 : m/s

ケース 8

測定日 平成17年2月19日

測定時間 9:50 ~ 13:20

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.33	-0.26	-0.26	-0.04	-0.27	0.15
0.8	-0.03	-0.34	0.13	-0.02	-0.28	0.09
1.3	0.14	-0.12	0.20	-0.08	0.04	0.05
2.3	0.06	0.05	0.10	0.02	0.15	0.10
3.3	0.04	0.01	0.15	-0.01	0.36	0.07
4.3	0.17	0.13	0.04	-0.02	0.01	0.02
5.3	0.01	0.18	0.06	0.01	0.04	0.03
6.3	0.06	0.12	0.04	0.02	0.04	0.00
7.3	0.11	0.20	0.02	0.00	0.03	-0.05
8.3	0.07	0.22	0.00	0.03	0.00	-0.01
9.3	0.07	0.17	-0.02	0.04	0.03	0.01
10.3	0.06	0.13	0.01	0.03	0.02	0.03
11.3	0.04	0.13	-0.02	0.06	0.02	0.02
12.3	0.06	0.09	0.03	0.05	0.01	0.05
13.3	0.07	0.10	0.05	0.02	0.05	0.05
14.3	0.04	0.16	0.05	0.01	0.10	-0.06
15.3	0.02	0.11	0.03	0.02	0.04	-0.07
16.3	0.05	0.14	0.01	-0.02	0.04	-0.02
17.3	0.07	0.15	-0.05	0.01	0.02	0.01
18.0	0.07	0.07	-0.05	-0.01	0.01	0.00

単位 : m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	0.43	0.26	0.31
0.8	0.34	0.13	0.30
1.3	0.18	0.21	0.06
2.3	0.08	0.10	0.18
3.3	0.05	0.15	0.37
4.3	0.21	0.05	0.02
5.3	0.18	0.06	0.05
6.3	0.13	0.05	0.04
7.3	0.23	0.02	0.06
8.3	0.23	0.03	0.01
9.3	0.19	0.04	0.03
10.3	0.14	0.03	0.04
11.3	0.14	0.07	0.03
12.3	0.11	0.06	0.05
13.3	0.13	0.06	0.07
14.3	0.17	0.05	0.12
15.3	0.12	0.04	0.08
16.3	0.15	0.02	0.05
17.3	0.16	0.05	0.03
18.0	0.10	0.05	0.01

単位 : m/s

ケース 9

測定日 平成17年2月16日

測定時間 10:00 ~ 13:30

水深 (m)	中心から 1m		中心から 5m		中心から 9.6m	
	VX	VZ	VX	VZ	VX	VZ
0.3	-0.98	-0.26	0.09	-0.10	-0.34	0.19
0.8	0.12	-0.27	0.04	-0.06	-0.30	0.12
1.3	0.10	-0.09	0.16	-0.19	0.06	0.16
2.3	0.18	-0.16	0.08	-0.12	0.28	0.01
3.3	0.31	-0.54	0.24	-0.04	0.05	-0.07
4.3	0.03	0.14	0.14	0.03	0.04	-0.06
5.3	0.06	-0.56	0.06	0.00	0.02	0.01
6.3	0.31	0.05	0.05	0.05	0.00	-0.03
7.3	0.11	-0.18	0.06	0.06	0.01	-0.07
8.3	0.13	-0.01	0.00	0.07	0.05	-0.08
9.3	0.16	0.09	-0.11	0.18	0.01	-0.05
10.3	0.09	0.17	-0.01	0.05	0.02	0.00
11.3	0.07	0.17	-0.01	0.01	0.03	0.02
12.3	0.12	0.17	0.04	0.06	0.03	0.04
13.3	0.09	0.18	0.06	0.07	0.05	0.05
14.3	0.09	0.17	0.04	0.10	0.13	-0.06
15.3	0.07	0.14	0.05	0.09	0.09	-0.09
16.3	0.06	0.12	0.01	0.06	-0.01	-0.04
17.3	0.09	0.10	-0.01	0.09	-0.03	-0.08
18.0	0.12	0.00	0.04	0.05	-0.06	-0.02

単位：m/s

水深(m)	中心から 1m	中心から 5m	中心から 9.6m
0.3	1.01	0.14	0.39
0.8	0.29	0.08	0.32
1.3	0.14	0.25	0.18
2.3	0.24	0.14	0.28
3.3	0.62	0.24	0.09
4.3	0.15	0.14	0.08
5.3	0.56	0.06	0.03
6.3	0.32	0.07	0.03
7.3	0.22	0.08	0.07
8.3	0.13	0.07	0.09
9.3	0.19	0.21	0.05
10.3	0.19	0.05	0.02
11.3	0.18	0.01	0.04
12.3	0.21	0.07	0.05
13.3	0.20	0.09	0.07
14.3	0.19	0.10	0.14
15.3	0.16	0.10	0.12
16.3	0.13	0.06	0.04
17.3	0.14	0.10	0.09
18.0	0.12	0.07	0.06

単位：m/s