



不等流計算

平均流速公式レベル 3 の出力例

2011 年 10 月版

目次

1	設計条件	1
1-1	基本条件	1
1-2	縦断データ	1
1-3	局所損失データ	1
1-4	計算ブロックデータ	1
1-5	横断データ	2
2	計算結果	8
2-1	横断図	8
2-2	不等流概略結果	9
2-3	常流詳細結果(1)	10
2-4	常流詳細結果(2)	11
2-5	常流詳細結果(3)	12
2-5-1	測点名 1 (常流水位 59.798 m)	12
2-5-2	測点名 2 (常流水位 61.824 m)	13
2-5-3	測点名 3 (常流水位 62.499 m)	14
2-5-4	測点名 4 (常流水位 63.037 m)	15
2-5-5	測点名 5 (常流水位 63.934 m)	16
2-5-6	測点名 6 (常流水位 64.484 m)	17
3	計算式	18
3-1	不等流の基礎式	18
3-2	レベル3の平均流速公式	19
3-3	不等流の標準逐次計算法	20
4	水位縦断図	22

1 設計条件

1-1 基本条件

タイトル	平均流速公式レベル3
基礎方程式	運動量方程式
エネルギー補正係数	1.000
運動量補正係数	1.000

1-2 縦断データ

測点	追加距離 AL (m)	水路底 標高 Z (m)	流量 (m ³)	断面タイプ	平均流速 公式 レベル	区間 分割数
1	0.000	50.900	2400.000	任意断面	3	-
2	100.000	50.967	2400.000	任意断面	3	-
3	200.000	51.033	2400.000	任意断面	3	-
4	300.000	51.100	2400.000	任意断面	3	-
5	500.000	51.233	2400.000	任意断面	3	-
6	650.000	51.333	2400.000	任意断面	3	-

1-3 局所損失データ

局所損失は上流側測点で指定

測点	局所損失 名称	損失 係数	損失 水頭 (m)	損失水頭算出 に用いる 流速(m/s)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-

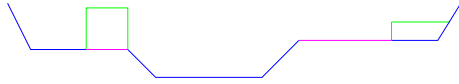
1-4 計算ブロックデータ

流れの タイプ	下流側 測点No.	上流側 測点No.	境界条件	境界条件タイプ	水面標高 (m)
常流	1	6	1	限界水位	-

1-5 横断データ

測点名 1

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

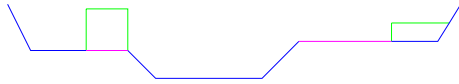
区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		Y座標 (m)
			水没時	非水没時	
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

測点名 2

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

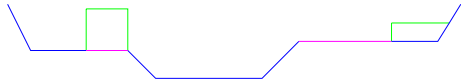
区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		
			水没時	非水没時	Y座標 (m)
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

測点名 3

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

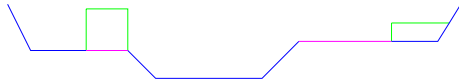
区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		
			水没時	非水没時	Y座標 (m)
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

測点名 4

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

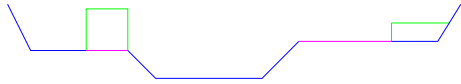
区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		
			水没時	非水没時	Y座標 (m)
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

測点名 5

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

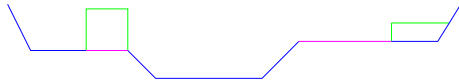
区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		
			水没時	非水没時	Y座標 (m)
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

測点名 6

断面形状タイプ 任意断面



i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)	i	水平座標 Xi (m)	鉛直座標 Yi (m)
1	0.000	16.000	2	5.000	6.000	3	17.000	6.000	4	26.000	6.000
5	32.000	0.000	6	55.000	0.000	7	63.000	8.000	8	83.000	8.000
9	93.000	8.000	10	95.500	12.000	11	98.000	16.000			

区間 No.	座標 No.	粗度 係数	区間 No.	座標 No.	粗度 係数
1	1~3	0.0150	2	3~4	0.0500
3	4~8	0.0150	4	8~10	0.0500
5	10~11	0.0150			

分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)	分割断面 No.	座標 No.	樹木群上面 Y座標 (m)
1	1~3		2	3~4	15.000
3	4~7		4	7~8	
5	8~11	12.000			

分割断面 境界 No.	境界 座標 No.	境界混合係数 f			
		分割断面 境界	樹木群境界		
			水没時	非水没時	Y座標 (m)
1	3	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
2	4	0.1700	0.0300	0.1000	6.000 ~ 15.000
3	7	0.1700			
4	8	0.0700	0.0300	0.0300	8.000 ~ 12.000

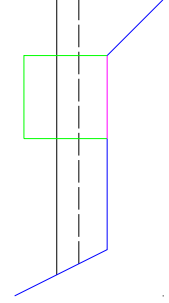
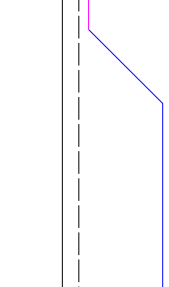
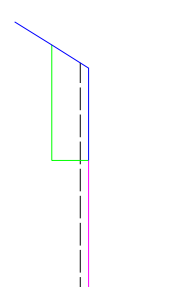
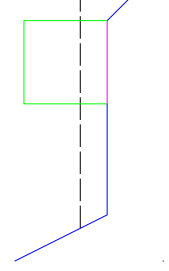
2 計算結果

2-1 横断面図

測点名 1 流れタイプ 常流
限界水深 8.898(m)
常流水深 8.898(m)

測点名 2 流れタイプ 常流
限界水深 9.069(m)
常流水深 10.857(m)

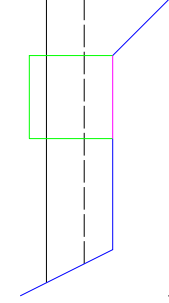
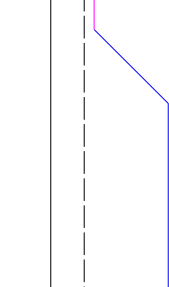
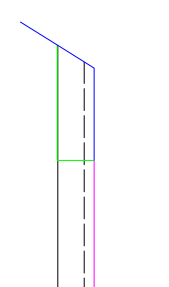
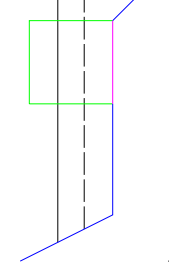
測点名 3 流れタイプ 常流
限界水深 9.069(m)
常流水深 11.466(m)



測点名 4 流れタイプ 常流
限界水深 9.069(m)
常流水深 11.937(m)

測点名 5 流れタイプ 常流
限界水深 9.069(m)
常流水深 12.701(m)

測点名 6 流れタイプ 常流
限界水深 9.069(m)
常流水深 13.151(m)



2-2 不等流概略結果

No.	測点	追加距離 AL (m)	水路底 標高 Z (m)	流量 Q (m ³ /s)	限界 水深 hc (m)	常流 水深 h (m)	射流 水深 h (m)	限界水位 hc+z (m)	常流水位 h+z (m)	射流水位 h+z (m)	常流 粗度 係数 N	射流 粗度 係数 N	常流 流速 V (m/s)	射流 流速 V (m/s)	常流 径深 R (m)	射流 径深 R (m)	常流 フルード 数 Fr	射流 フルード 数 Fr	流速 公式 レベル	流れ タイプ	堤防高		備考
																					左岸 (m)	右岸 (m)	
1	1	0.000	50.900	2400.000	8.898	8.898		59.798	59.798		-		7.185		-		1.054		3	常流	66.900	66.900	
2	2	100.000	50.967	2400.000	9.069	10.857		60.036	61.824		-		5.074		-		0.630		3	常流	66.967	66.967	
3	3	200.000	51.033	2400.000	9.069	11.466		60.102	62.499		-		4.645		-		0.553		3	常流	67.033	67.033	
4	4	300.000	51.100	2400.000	9.069	11.937		60.169	63.037		-		4.360		-		0.504		3	常流	67.100	67.100	
5	5	500.000	51.233	2400.000	9.069	12.701		60.302	63.934		-		3.906		-		0.465		3	常流	67.233	67.233	
6	6	650.000	51.333	2400.000	9.069	13.151		60.402	64.484		-		3.675		-		0.426		3	常流	67.333	67.333	

2-3 常流詳細結果(1)

重力加速度 $g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$ (3)の区間距離は着目行の1つ下 収束誤差= (着目行の1つ下)

No.	測点	区間距離 X (m)	追加距離 AL (m)	水路底 標高 Z (m)	限界 水深 hc (m)	水深 h (m)	流量 Q (m ³)	流速 V (m/s)	フルード 数 Fr	粗度係数 N	水位 h+Z (1) (m)	径深 R (m)	通水 断面積 A (m ²)	水面幅 B (m)	潤辺 S (m)	補正 係数 D	速度水頭 hv (2) (m)	エネルギー 線標高 Ea (1)+(2)(m)	摩擦損失水頭 hf (3) (m)	(4) (m)	(1)+(2)+(3) (m)	(1)+(2)-(4) (m)	比工本 ルギー Es=h+hv (m)	流速 公式 レベル	差流水深 ho (m)	
																									下流側	上流側
1	1	-	0.000	50.900	8.898	8.898	2400.000	7.185	1.054	-	59.798	-	334.026	70.449	78.038	1.000	2.758	62.555	0.397	62.952	62.952	11.655	3	-	15.819	
2	2	100.000	100.000	50.967	9.069	10.857	2400.000	5.074	0.630	-	61.824	-	473.016	71.428	80.229	1.000	1.371	63.195	0.242	63.437	62.952	12.228	3	15.819	15.877	
3	3	100.000	200.000	51.033	9.069	11.466	2400.000	4.645	0.553	-	62.499	-	516.639	71.733	80.910	1.000	1.148	63.647	0.211	63.858	63.437	12.614	3	15.877	15.819	
4	4	100.000	300.000	51.100	9.069	11.937	2400.000	4.360	0.504	-	63.037	-	550.477	71.969	81.437	1.000	1.011	64.048	0.380	64.428	63.858	12.948	3	15.819	15.848	
5	5	200.000	500.000	51.233	9.069	12.701	2400.000	3.906	0.465	-	63.934	-	614.484	85.288	95.617	1.000	0.816	64.749	0.241	64.990	64.428	13.516	3	15.848	15.839	
6	6	150.000	650.000	51.333	9.069	13.151	2400.000	3.675	0.426	-	64.484	-	652.995	85.795	96.651	1.000	0.723	65.207	0.216	64.990	64.990	13.874	3	15.839	-	

2-4 常流詳細結果(2)

No.	測点	局所損失			湾曲部		必要 余裕高 Fb (m)	堤防高		備考
		名称	損失 係数 f _e	損失 水頭 h _e (m)	水位差 h (m)	内外岸の 水位差 h (m)		外岸水位 h+Z+ h/2 (m)	左岸 (m)	
1	1							66.900	66.900	
2	2							66.967	66.967	
3	3							67.033	67.033	
4	4							67.100	67.100	
5	5							67.233	67.233	
6	6							67.333	67.333	

2-5 常流詳細結果(3)

2-5-1 測点名 1 (常流水位 59.798 m)

i	水深 h _i (m)	水面幅 B _i (m)	潤辺 S _i (m)	通水断面積 A _i (m ²)	径深 R _i =A _i /S _i (m)	粗度係数 n _i	流速 V _i (m/s)	流量 Q _i =A _i ・V _i (m ³ /s)
1	2.898	13.449	15.240	36.869	2.419	0.0150	3.020	111.348
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	8.898	37.000	42.799	279.208	6.524	0.0150	7.842	2189.487
4	0.898	20.000	20.000	17.950	0.898	0.0150	5.525	99.165
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
	-----	70.449	78.038	334.026	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m³) 重力加速度 g = 9.8 (m/s²)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h _j (m)	潤辺 S _{wji} (m)	混合係数 f	流速 V _i (m/s)	せん断力 j _i	$\frac{(j_i \cdot S_{wji})}{g}$
1	1	-----	2.898	2.898	0.1000	3.020	912.10	0.26967
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	2.898	2.898	0.1000	7.842	6149.37	1.81814
	3	-----	0.898	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	0.898	0.000	-----	5.525	0.00	0.08385
	4	-----	0.898	0.898	0.0300		915.61	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h _j (m)	潤辺 S' _{wji} (m)	混合係数 f	流速 V _i (m/s)	流速差 V _{ji} (m/s)	せん断力 ' _{ji}	$\frac{('_{ji} \cdot S'_{wji})}{g}$
1	1	-----	2.898	0.000	-----	3.020	3.020	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-3.020	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-7.842	0.00	
3	2	-----	2.898	0.000	-----	7.842	7.842	0.00	0.08360
	3	-----	0.898	0.898	0.1700		2.317	912.85	
4	3	-----	0.898	0.898	0.1700	5.525	-2.317	-912.85	-0.08360
	4	-----	0.898	0.000	-----		5.525	0.00	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	-5.525	0.00	0.00000

エネルギー勾配 I = 0.00795

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$\frac{(j_i \cdot S_{wji})}{g}$ (2)	$\frac{('_{ji} \cdot S'_{wji})}{g}$ (3)	A _i ・I (1)+(2)+(3)
1	0.02330	0.26967	0.00000	0.29297
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.31692	1.81814	0.08360	2.21866
4	0.14238	0.08385	-0.08360	0.14264
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

2-5-2 測点名 2 (常流水位 61.824 m)

i	水深 h_i (m)	水面幅 B_i (m)	潤辺 S_i (m)	通水断面積 A_i (m^2)	径深 $R_i=A_i/S_i$ (m)	粗度係数 n_i	流速 V_i (m/s)	流量 $Q_i=A_i \cdot V_i$ (m^3/s)
1	4.857	14.428	17.430	64.179	3.682	0.0150	2.443	156.777
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	10.857	37.000	42.799	351.702	8.218	0.0150	5.571	1959.162
4	2.857	20.000	20.000	57.136	2.857	0.0150	4.972	284.061
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
	-----	71.428	80.229	473.016	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m^3) 重力加速度 $g = 9.8$ (m/s^2)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	せん断力 j_i	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	4.857	4.857	0.1000	2.443	596.74	0.29574
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	4.857	4.857	0.1000	5.571	3103.07	1.53786
	3	-----	2.857	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	2.857	0.000	-----	4.972	0.00	0.21616
	4	-----	2.857	2.857	0.0300		741.52	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S'_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	流速差 V_{ji} (m/s)	せん断力 $'j_i$	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	4.857	0.000	-----	2.443	2.443	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-2.443	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-5.571	0.00	
3	2	-----	4.857	0.000	-----	5.571	5.571	0.00	0.01777
	3	-----	2.857	2.857	0.1700		0.599	60.97	
4	3	-----	2.857	2.857	0.1700	4.972	-0.599	-60.97	-0.01777
	4	-----	2.857	0.000	-----		4.972	0.00	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	-4.972	0.00	0.00000

エネルギー勾配 $I = 0.00484$

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$ (2)	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$ (3)	$A_i \cdot I$ (1)+(2)+(3)
1	0.01516	0.29574	0.00000	0.31089
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.14808	1.53786	0.01777	1.70371
4	0.07839	0.21616	-0.01777	0.27678
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

2-5-3 測点名 3 (常流水位 62.499 m)

i	水深 h_i (m)	水面幅 B_i (m)	潤辺 S_i (m)	通水断面積 A_i (m^2)	径深 $R_i=A_i/S_i$ (m)	粗度係数 n_i	流速 V_i (m/s)	流量 $Q_i=A_i \cdot V_i$ (m^3/s)
1	5.466	14.733	18.111	73.065	4.034	0.0150	2.297	167.831
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	11.466	37.000	42.799	374.250	8.744	0.0150	5.092	1905.855
4	3.466	20.000	20.000	69.324	3.466	0.0150	4.707	326.315
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
	-----	71.733	80.910	516.639	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m^3) 重力加速度 $g = 9.8$ (m/s^2)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	せん断力 j_i	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	5.466	5.466	0.1000	2.297	527.63	0.29430
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	5.466	5.466	0.1000	5.092	2593.32	1.44649
	3	-----	3.466	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	3.466	0.000	-----	4.707	0.00	0.23510
	4	-----	3.466	3.466	0.0300		664.69	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S'_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	流速差 V_{ji} (m/s)	せん断力 $'j_i$	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	5.466	0.000	-----	2.297	2.297	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-2.297	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-5.092	0.00	
3	2	-----	5.466	0.000	-----	5.092	5.092	0.00	0.00893
	3	-----	3.466	3.466	0.1700		0.385	25.25	
4	3	-----	3.466	3.466	0.1700	4.707	-0.385	-25.25	-0.00893
	4	-----	3.466	0.000	-----		4.707	0.00	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	-4.707	0.00	0.00000

エネルギー勾配 $I = 0.00421$

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$ (2)	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$ (3)	$A_i \cdot I$ (1)+(2)+(3)
1	0.01351	0.29430	0.00000	0.30781
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.12122	1.44649	0.00893	1.57664
4	0.06588	0.23510	-0.00893	0.29205
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

2-5-4 測点名 4 (常流水位 63.037 m)

i	水深 h_i (m)	水面幅 B_i (m)	潤辺 S_i (m)	通水断面積 A_i (m^2)	径深 $R_i=A_i/S_i$ (m)	粗度係数 n_i	流速 V_i (m/s)	流量 $Q_i=A_i \cdot V_i$ (m^3/s)
1	5.937	14.969	18.638	80.059	4.295	0.0150	2.195	175.707
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	11.937	37.000	42.799	391.675	9.152	0.0150	4.771	1868.791
4	3.937	20.000	20.000	78.743	3.937	0.0150	4.515	355.502
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
	-----	71.969	81.437	550.477	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m³) 重力加速度 $g = 9.8$ (m/s²)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	せん断力 j_i	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	5.937	5.937	0.1000	2.195	481.69	0.29182
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	5.937	5.937	0.1000	4.771	2276.51	1.37919
	3	-----	3.937	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	3.937	0.000	-----	4.515	0.00	0.24566
	4	-----	3.937	3.937	0.0300		611.47	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S'_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	流速差 V_{ji} (m/s)	せん断力 $'j_i$	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	5.937	0.000	-----	2.195	2.195	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-2.195	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-4.771	0.00	
3	2	-----	5.937	0.000	-----	4.771	4.771	0.00	0.00450
	3	-----	3.937	3.937	0.1700		0.257	11.19	
4	3	-----	3.937	3.937	0.1700	4.515	-0.257	-11.19	-0.00450
	4	-----	3.937	0.000	-----		4.515	0.00	
5	4	4.000	0.000	0.000	-----	0.000	-4.515	0.00	0.00000

エネルギー勾配 $I = 0.00380$

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$ (2)	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$ (3)	$A_i \cdot I$ (1)+(2)+(3)
1	0.01243	0.29182	0.00000	0.30425
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.10481	1.37919	0.00450	1.48849
4	0.05809	0.24566	-0.00450	0.29925
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

2-5-5 測点名 5 (常流水位 63.934 m)

i	水深 h_i (m)	水面幅 B_i (m)	潤辺 S_i (m)	通水断面積 A_i (m^2)	径深 $R_i=A_i/S_i$ (m)	粗度係数 n_i	流速 V_i (m/s)	流量 $Q_i=A_i \cdot V_i$ (m^3/s)
1	6.701	15.350	19.492	91.633	4.701	0.0150	2.036	186.600
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	12.701	37.000	42.799	419.925	9.812	0.0150	4.301	1806.253
4	4.701	20.000	20.000	94.014	4.701	0.0150	4.199	394.790
5	0.701	12.938	13.326	8.912	0.669	0.0483	1.387	12.357
	-----	85.288	95.617	614.484	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m³) 重力加速度 $g = 9.8$ (m/s²)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	せん断力 j_i	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	6.701	6.701	0.1000	2.036	414.69	0.28354
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	6.701	6.701	0.1000	4.301	1850.18	1.26505
	3	-----	4.701	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	4.701	0.000	-----	4.199	0.00	0.21593
	4	-----	4.701	4.000	0.0300		529.02	
5	4	4.000	0.701	0.000	-----	1.387	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S'_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	流速差 V_{ji} (m/s)	せん断力 $'j_i$	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	6.701	0.000	-----	2.036	2.036	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-2.036	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-4.301	0.00	
3	2	-----	6.701	0.000	-----	4.301	4.301	0.00	0.00085
	3	-----	4.701	4.701	0.1700		0.102	1.77	
4	3	-----	4.701	4.701	0.1700	4.199	-0.102	-1.77	0.03875
	4	-----	4.701	0.701	0.0700		2.813	553.80	
5	4	4.000	0.701	0.701	0.0700	1.387	-2.813	-553.80	-0.03960

エネルギー勾配 $I = 0.00321$

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$ (2)	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$ (3)	$A_i \cdot I$ (1)+(2)+(3)
1	0.01086	0.28354	0.00000	0.29439
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.08322	1.26505	0.00085	1.34912
4	0.04737	0.21593	0.03875	0.30204
5	0.06823	0.00000	-0.03960	0.02863

2-5-6 測点名 6 (常流水位 64.484 m)

i	水深 h_i (m)	水面幅 B_i (m)	潤辺 S_i (m)	通水断面積 A_i (m^2)	径深 $R_i=A_i/S_i$ (m)	粗度係数 n_i	流速 V_i (m/s)	流量 $Q_i=A_i \cdot V_i$ (m^3/s)
1	7.151	15.575	19.995	98.594	4.931	0.0150	1.939	191.168
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
3	13.151	37.000	42.799	436.583	10.201	0.0150	4.033	1760.800
4	5.151	20.000	20.000	103.018	5.151	0.0150	4.102	422.591
5	1.151	13.219	13.857	14.800	1.068	0.0472	1.719	25.440
	-----	85.795	96.651	652.995	-----	-----	-----	2400.000

水の密度 = 1000 (kg/m³) 重力加速度 $g = 9.8$ (m/s²)

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	せん断力 j_i	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	7.151	7.151	0.1000	1.939	375.95	0.27432
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		0.00	
3	2	-----	7.151	7.151	0.1000	4.033	1626.62	1.18692
	3	-----	5.151	0.000	-----		0.00	
4	3	-----	5.151	0.000	-----	4.102	0.00	0.20605
	4	-----	5.151	4.000	0.0300		504.82	
5	4	4.000	1.151	0.000	-----	1.719	0.00	0.00000

i	j	樹木群 の高さ (m)	水深 h_j (m)	潤辺 S'_{wji} (m)	混合係数 f	流速 V_i (m/s)	流速差 V_{ji} (m/s)	せん断力 $'j_i$	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$
1	1	-----	7.151	0.000	-----	1.939	1.939	0.00	0.00000
2	1	9.000	0.000	0.000	-----	0.000	-1.939	0.00	0.00000
	2	9.000	0.000	0.000	-----		-4.033	0.00	
3	2	-----	7.151	0.000	-----	4.033	4.033	0.00	-0.00043
	3	-----	5.151	5.151	0.1700		-0.069	-0.81	
4	3	-----	5.151	5.151	0.1700	4.102	0.069	0.81	0.04712
	4	-----	5.151	1.151	0.0700		2.383	397.58	
5	4	4.000	1.151	1.151	0.0700	1.719	-2.383	-397.58	-0.04669

エネルギー勾配 $I = 0.00288$

i	$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}}$ (1)	$(j_i \cdot S_{wji}) \cdot g$ (2)	$('j_i \cdot S'_{wji}) \cdot g$ (3)	$A_i \cdot I$ (1)+(2)+(3)
1	0.00994	0.27432	0.00000	0.28426
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	0.07223	1.18692	-0.00043	1.25872
4	0.04385	0.20605	0.04712	0.29701
5	0.08936	0.00000	-0.04669	0.04267

3 計算式

3-1 不等流の基礎式

・連続式

$$Q = A \cdot V = \text{const}$$

・運動方程式

$$\frac{H}{x} + \frac{1}{x} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{N^2 \cdot V^2}{R^{4/3}} = 0$$

(水面勾配) (速度勾配) (摩擦勾配)

レベル3の平均流速公式を用いる場合

$$\frac{H}{x} + \frac{1}{g \cdot A} \cdot \frac{1}{x} \left(\int V^2 dA \right) + \frac{T_r}{g \cdot A} = 0$$

(水面勾配) (速度勾配) (摩擦勾配)

$$T_r = \sum_i \left\{ \frac{g \cdot N_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}} + \sum_j (f \cdot V_i^2 \cdot S_{wj}) \right\}$$

$$V^2 dA = \sum_i (V_i^2 \cdot A_i)$$

ここに、

Q	: 流量	(m ³ /s)
V	: 流速	(m/s)
A	: 通水断面積	(m ²)
H	: 水面標高	(m)
x	: 水平方向	(m)
g	: 重力加速度	(m/s ²)
	: 運動量補正係数	
N	: 粗度係数	
R	: 径深	(m)
T _r	: 単位長さあたりのせん断力	
	: 水の密度	(kg/m ³)
S	: 壁面せん断力が作用する潤辺	(m)
f	: 境界混合係数	(m)
S _w	: 樹木群境界の潤辺	(m)

添字 i : i 番目の分割断面についての量であることを表す。

添字 j : j 番目の樹木群境界についての量であることを表す。

ただし、i 番目の分割断面に係わる境界のみが対象。

3-2 レベル3の平均流速公式

$$\frac{n_i^2 \cdot V_i^2 \cdot S_i}{R_i^{1/3}} + \frac{(\rho'_{j_i} \cdot S'_{w_{j_i}})}{\rho \cdot g} + \frac{(\rho_{j_i} \cdot S_{w_{j_i}})}{\rho \cdot g} = A_i \cdot I$$

$$j_i = f \cdot V_i^2$$

$$\rho'_{j_i} = \rho \cdot (V_{j_i})^2 \cdot \text{sign}(V_{j_i})$$

$$Q = \sum_i (V_i \cdot A_i)$$

ここに、

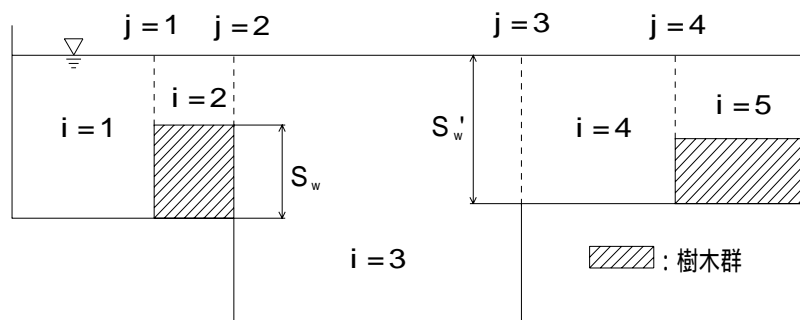
n	:粗度係数	
V	:流速	(m/s)
R	:径深	(m)
S	:壁面せん断力が作用する潤辺	(m)
S_w	:樹木群境界の潤辺	(m)
S'_w	:分割断面境界の潤辺	(m)
ρ	:水の密度	(kg/m ³)
g	:重力加速度	(m/s ²)
A	:通水断面積	(m ²)
I	:エネルギー勾配	
f	:境界混合係数	
V	:隣り合う分割断面との断面平均流速差	(m/s)
Q	:流量	(m ³ /s)

添字 i : i 番目の分割断面についての量であることを表す。

添字 j : j 番目の分割断面境界あるいは樹木群境界についての量であることを表す。

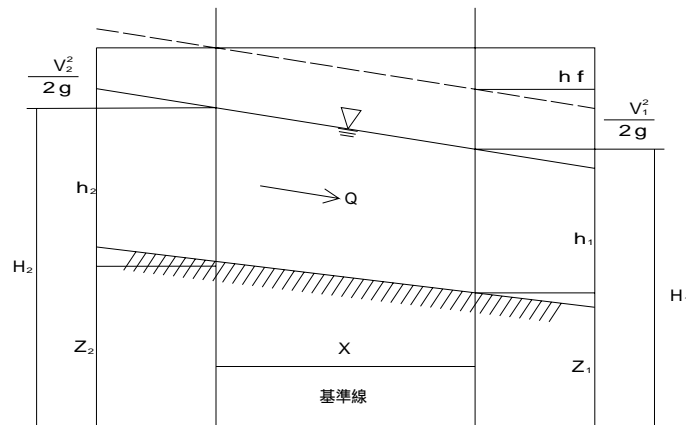
ただし、 i 番目の分割断面に係わる境界のみが対象。

$\text{sign}(V_{j_i})$ は、当該断面の平均流速が比較対象断面の平均流速より大きい場合には1、小さい場合に-1をとる。



3-3 不等流の標準逐次計算法

単断面でエネルギーに基づく標準逐次計算法を以下に示す



上図の、断面間にベルヌーイの定理を適用する。

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_f = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{----- (1)}$$

ここで h_f は、断面間の摩擦損失水頭であり、次式で表される。

$$h_f = \int_0^x \frac{N^2 \cdot V^2}{R^{4/3}} dx = \frac{1}{2} \left(\frac{N_1^2 \cdot V_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{N_2^2 \cdot V_2^2}{R_2^{4/3}} \right) \cdot x \quad \text{----- (2)}$$

(2)式を(1)式に代入する。

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{N_1^2 \cdot V_1^2 \cdot x}{2R_1^{4/3}} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{N_2^2 \cdot V_2^2 \cdot x}{2R_2^{4/3}} \quad \text{----- (3)}$$

左辺、右辺を次のように定義する。

$$\begin{aligned} &= H_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot A_1^2} + \frac{N_1^2 \cdot Q^2 \cdot x}{2R_1^{4/3} \cdot A_1^2} \quad \text{----- (4)} \\ &= H_2 + \frac{Q^2}{2g \cdot A_2^2} - \frac{N_2^2 \cdot Q^2 \cdot x}{2R_2^{4/3} \cdot A_2^2} \end{aligned}$$

(4)式を導入すると、(3)式は、次のように示される。

$$= \text{----- (5)}$$

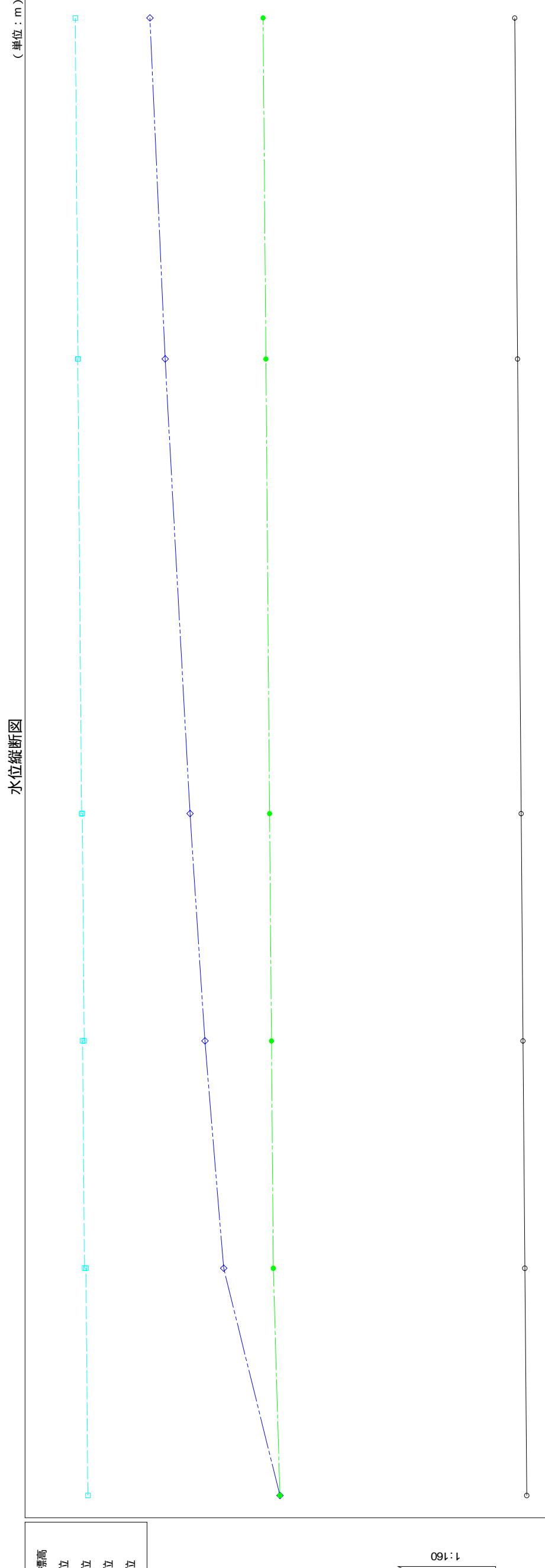
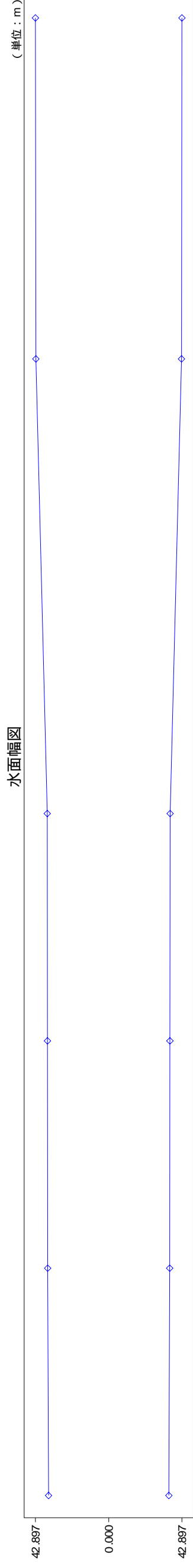
常流の計算は、下流から上流に向かって計算する。すなわち、断面の A_2 は既知であるので、断面の水深 h を仮定することによって A_1 が計算される。この A_1 が A_1 に一致するまで水深 h を仮定し直して計算する。

射流の計算は、上流から下流に向かって計算する。すなわち、断面の A_1 は既知であるので、断面の水深 h を仮定することによって A_2 が計算される。この A_2 が A_2 に一致するまで水深 h を仮定し直して計算する。

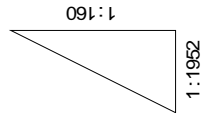
ここに、

H	:水面標高	(m)
V	:流速	(m/s)
	:エネルギー補正係数	
g	:重力加速度	(m/s ²)
x	:区間距離	(m)
N	:粗度係数	
R	:径深	(m)
A	:通水断面積	(m ²)

4 水位縦断面図



- 水路底標高
- 等流水位
- 限界水位
- ◇ 常流水位
- 射流水位



DL = 50.100

測点	1	2	3	4	5	6
追加距離	0.000	100.000	200.000	300.000	500.000	650.000
水路底標高	50.900	50.967	51.033	51.100	51.233	51.333
等流水位 (上)	66.719	66.844	66.852	66.948	67.072	67.172
等流水位 (下)		66.786	66.910	66.919	67.081	
限界水位	59.798	60.036	60.102	60.169	60.302	60.402
常流水位	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897
射流水位	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897	42.897