

3 湧水量の推定

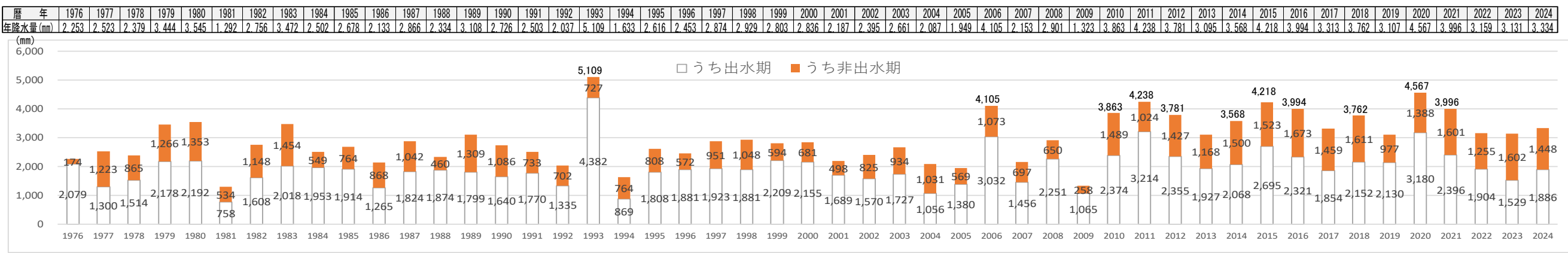
3 湧水量の推定

(1) 降雨特性の分析

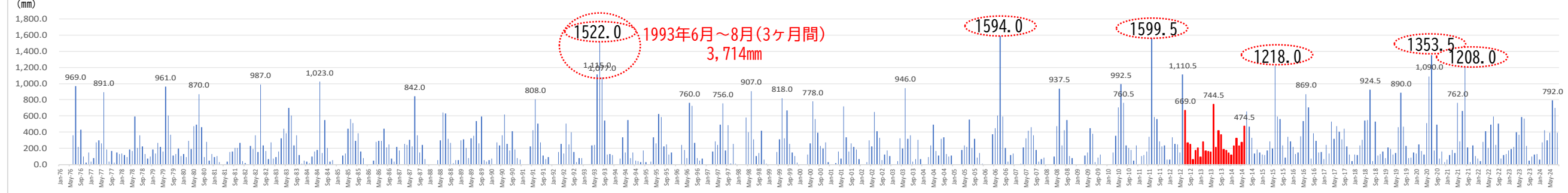
- 降雨特性：紫尾山(気象庁アメダス)による平均年降水量は、2010年以降、毎年3,000mm以上を記録し、2009年以前より増加傾向にある。
 - 【トンネル建設時】1976年1月～2012年6月の平均年降水量：2,735mm ⇒ 2012年7月～2014年6月の平均年降水量：3,179mm (約1.16倍)
 - 【トンネル建設後】1976年1月～2009年12月の平均年降水量：2,634mm ⇒ 2010年1月～2024年8月の平均年降水量：3,675mm (約1.40倍)
- 湧水量解析に用いる対象降雨
 - 【トンネル建設時】2012年7月～2014年6月の平均年降水量：3,179mm (実績湧水量と同定可能期間で過去の平均年降水量をカバー)
 - 【トンネル建設後】2010年1月～2024年8月の平均年降水量：3,675mm (2010年以降の降雨特性の変化を踏まえる。)

なお、1000mmを超過する月間降水量も頻発。

紫尾山 (気象庁アメダス) 年間降水量



紫尾山 (気象庁アメダス) 月間降水量



トンネル建設

一次減水 ← 二次減水

← トンネル本体工

湧水量解析対象期間

H30.3 供用開始

R6.7 災害発生

降雨 (TN建設時) 平均年降水量 (1976.1～2012.6) 2,735mm

平均年降水量 (2012.7～2014.6) 3,179mm

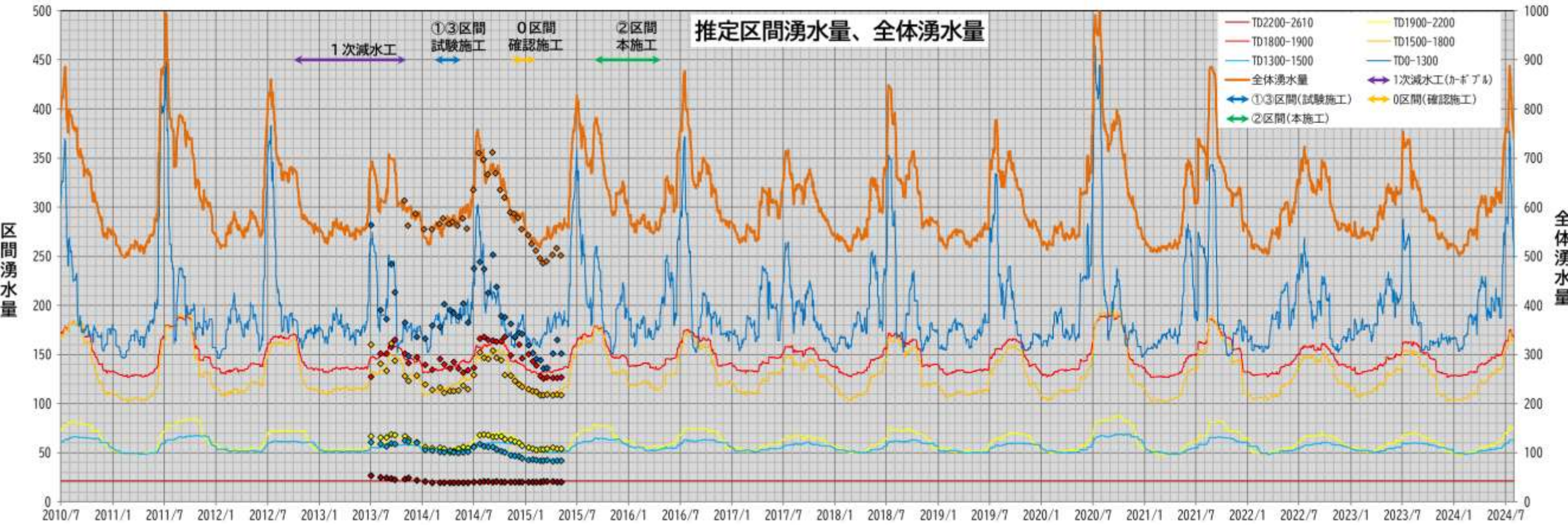
降雨 (TN建設後) 平均年降水量 (1976.1～2009.12) 2,634mm

平均年降水量 (2010.1～2024.8) 3,675mm

3 湧水量の推定

(2) 区間湧水量・全体湧水量の推定 (2010年～現在)

- 区間湧水量の推定 (推定式を用いて各区間湧水量を推定)
 - ・区間湧水量の推移は、トンネル掘削終了後、トンネル湧水が恒常状態に達した以降、2010/7/1～2024/7/31の降雨が発生した場合に推定されるトンネル湧水量
 - ・推定式は減水工の効果がまだ表れていない2013/7/2～2014/9/8の実測データを使用しているため、全期間に渡って「減水対策工の効果がない場合」の推定湧水量
- 全体湧水量の推定
 - ・各区間の推定湧水量の合算値を「全体湧水量」としてオレンジ太線で示しており、0区間施工時点以前の推定値は実測値と概ね合致
 - ・実測データを取得している2013/7/2～2015/5/8間は、前後の期間と比較すると降水量が少ない年に当たっており、全体湧水量も少なくなっている

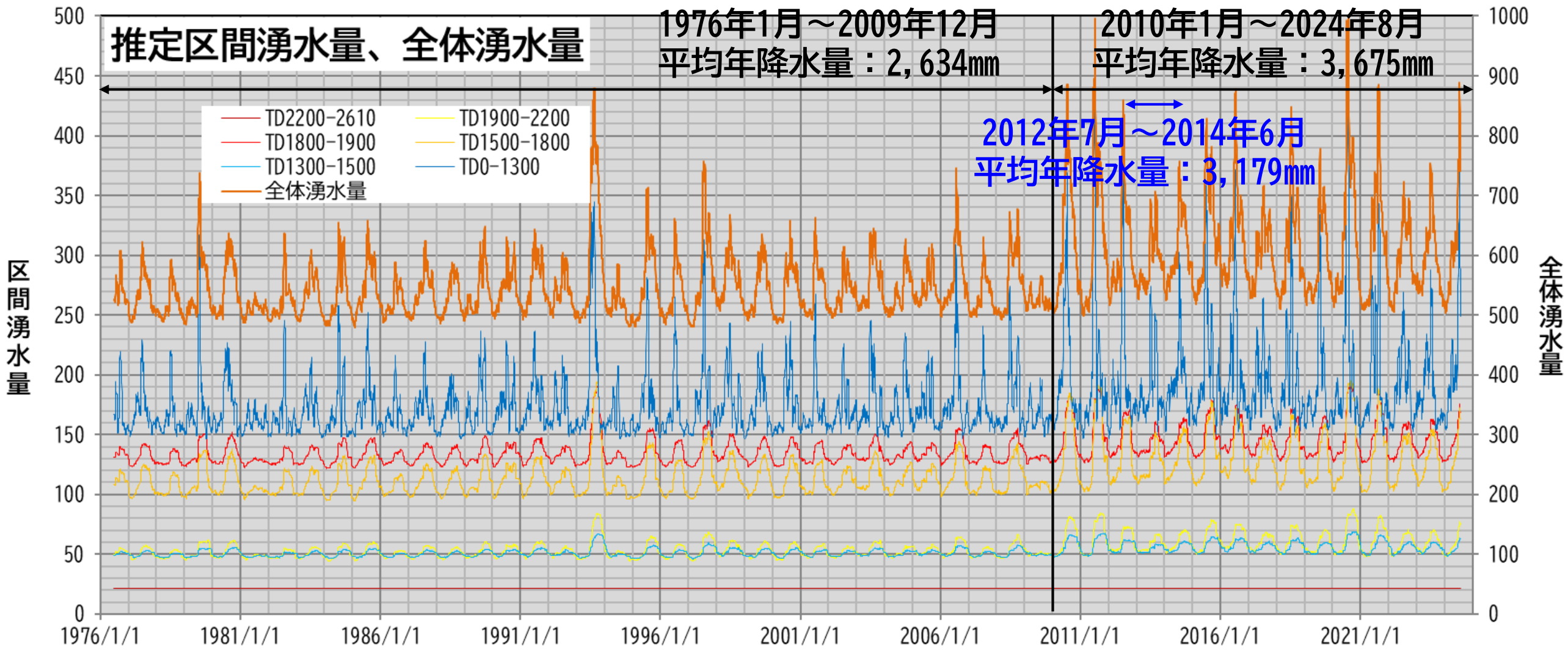


区間湧水量の推定式を用いた2010/7/1～2024/7/31の推定坑内湧水量の推移
(減水対策工の効果がない場合の推定量)

3 湧水量の推定

(3) 区間湧水量・全体湧水量の推定 (1976年～現在)

- 長期間の区間湧水量の推定 (推定式を用いた各区間湧水量)
 - ・長期の降雨特性の変化に対する坑内湧水量の変化を把握するため、紫尾山の降雨データがある1976/1/1～2024/7/31間の坑内推定湧水量を推定
- 長期降雨特性と推定湧水量の関係
 - ・降雨特性に大きな変化が表れた2009年以前と2010年以降を比較すると、2010年以降、推定全体湧水量は明瞭に増加



坑内区間湧水量の推定式を用いた1976/1/1～2024/7/31の推定坑内湧水量の推移
(減水工の効果がない場合の推定量)

3 湧水量の推定

(4) 期間別の推定湧水量の比較

○期間別の推定区間湧水量の比較

- ・ 降雨特性が変化した2010年以降の降水量から推定した坑内全体湧水量は、2009年以前の降水量からの推定値と比較すると、平均値、最大値ともに約13%の増加
- ・ 降水量解析期間（2012/7/1～2014/6/30）の降水量からの推定値と比較すると、平均値はほぼ同値を示すが、最大値は約32%の増加

⇒水抜き工施工後の湧水量の設定には2010年以降の降水量データからの推定値を用いる

降雨特性が変化した2009年以前と2010年以降の降水量を用いた推定区間湧水量の比較

		推定区間湧水量 (t/h)						推定全体湧水量 (t/h)	
		TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300		
①1976/6/28～2009/12/31降水量からの推定値 (2009年以前)	最大値	21.4	84.3	190.7	194.9	66.9	345.0	879.3	
	最小値	21.4	44.3	121.5	94.3	46.1	146.4	479.4	
	平均値	21.4	52.3	133.7	111.9	50.8	172.3	542.3	
②2010/1/1～2024/7/31降水量からの推定値 (2010年以降)	最大値	21.4	87.9	193.7	199.3	68.9	477.2	998.2	
	最小値	21.4	47.2	126.6	101.6	47.7	146.4	498.3	
	平均値	21.4	61.3	146.6	130.8	56.3	196.5	613.0	
比較	②/①(%)	最大値比率	100.0%	104.4%	101.6%	102.3%	102.9%	138.3%	113.5%
		最小値比率	100.0%	106.7%	104.1%	107.7%	103.5%	100.0%	104.0%
		平均値比率	100.0%	117.3%	109.7%	116.9%	110.8%	114.1%	113.0%

各区間湧水量の推定値は2010年以降増加し、特に平均値は2010年以降が2009年以前の10%以上増加

湧水量解析期間と2010年以降の降水量を用いた推定区間湧水量の比較

		推定区間湧水量(t/h)						推定全体湧水量 (t/h)	
		TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300		
③2012/7/1～2014/6/30降水量からの推定値 (前回湧水量解析期間)	最大値	21.4	73.6	170.9	166.1	62.1	383.3	757.3	
	最小値	21.4	50.8	131.3	108.5	50.4	151.9	523.8	
	平均値	21.4	60.0	144.6	127.9	55.5	191.7	610.4	
②2010/1/1～2024/7/31降水量からの推定値 (2010年以降)	最大値	21.4	87.9	193.7	199.3	68.9	477.2	998.2	
	最小値	21.4	47.2	126.6	101.6	47.7	146.4	498.3	
	平均値	21.4	61.3	146.6	130.8	56.3	196.5	613.0	
比較	②/③(%)	最大値比率	100.0%	119.6%	113.4%	120.0%	110.8%	124.5%	131.8%
		最小値比率	100.0%	92.9%	96.4%	93.6%	94.7%	96.4%	95.1%
		平均値比率	100.0%	102.3%	101.4%	102.3%	101.4%	102.5%	100.4%

各区間湧水量の推定値ともに平均値に大きな差異はないが、最大値が2010年以降が2009年以前の10～20数%以上増加

3 湧水量の推定

(5) 水抜き工施工後の湧水量の推定

○坑内湧水量の推定

環境基準点でのヒ素濃度の推定, およびヒ素処理施設増強の検討に必要な高濃度ヒ素区間の湧水量とヒ素濃度を設定

- ・ 区間別の湧水量の平均値, 最大値を設定し, 対象区間全体の湧水量を想定
- ・ 対象区間のヒ素濃度は, 減水工施工前後の観測期間の平均値を採用
- ・ 対象区間湧水量の最大値は, 降雨特性が変化した2010年以降～現在までの降水量データから推定した坑内湧水量から設定

○高濃度ヒ素区間の湧水量, ヒ素濃度の推定

- ・ TD1300-2610は各区間湧水量の最大値を採用
- ・ TD1000-1300は想定最大値では過大と見られるため, TD0-1300の最大実測値282.1t/hの40%の112.8t/hを最大値と設定

⇒ 水抜き導坑施工後の想定最大値: 湧水量684.1t/h ヒ素濃度0.13mg/L

坑内湧水量の最大値, 最小値, 平均値の算定 : 高濃度ヒ素含有区間

		推定区間湧水量(t/h)							高濃度ヒ素含有区間湧水量(t/h)	推定全体湧水量(t/h)
		TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300			
							TD1000-1300※	TD0-1000※		
2010/1/1~2024/7/31 降水量からの推定値 (2010年以降)	最大値	21.4	87.9	193.7	199.3	68.9	477.2		762.1	998.2
							190.9	286.3		
	最小値	21.4	47.2	126.6	101.6	47.7	146.4		403.1	498.3
							58.6	87.8		
平均値		21.4	61.3	146.6	130.8	56.3	196.5		495.1	613.0
							78.6	117.9		
高濃度ヒ素区間 想定最大値		21.4	87.9	193.7	199.3	68.9	112.8		684.1	
区間ヒ素濃度設定値		0.055	0.2	0.16	0.17	0.076	0.023	0.008		

※ TD0-1000, TD1000-1300は減水工施工時の想定を踏襲し, TD0-1300の推定湧水量のそれぞれ60%, 40%と想定

高濃度ヒ素含有区間のヒ素量とヒ素濃度の推定

		TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD1000-1300	TD1000-2610		
								ヒ素量合計(g/h)	湧水量(t/h)	ヒ素濃度(mg/L)
ヒ素量(g/h)	最大値	1.18	17.59	31.00	33.88	5.23	10.98	99.86	762.1	0.13
	最小値	1.18	9.45	20.25	17.27	3.63	3.37	55.14	403.1	0.14
	平均値	1.18	12.26	23.46	22.24	4.28	4.52	67.94	495.1	0.14
	想定最大値	1.18	17.59	31.00	33.88	5.23	2.60	91.48	684.1	0.13

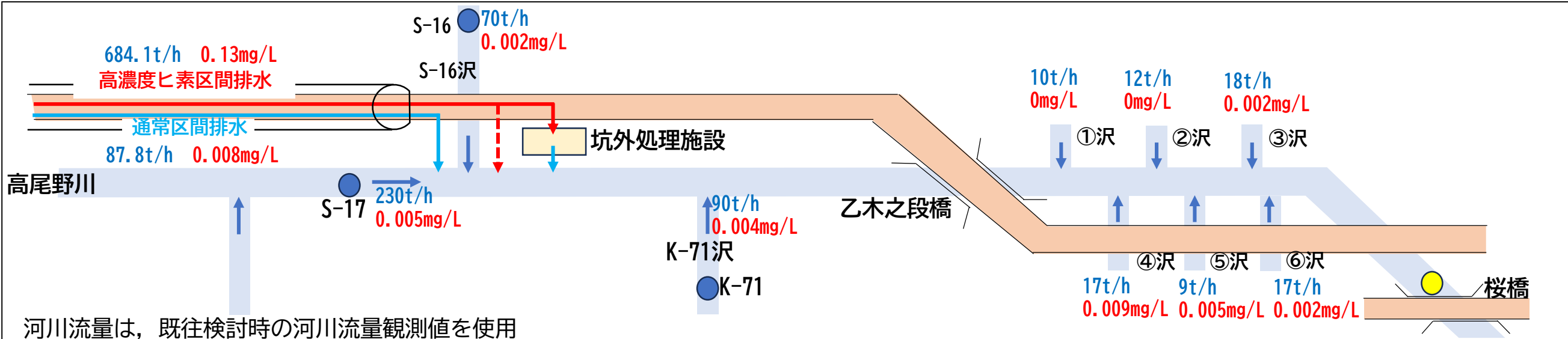
3 湧水量の推定

(6) 環境基準点（桜橋）ヒ素濃度の推定

○環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度の推定

トンネルから高尾野川へ排出される高濃度ヒ素湧水区間，および通常湧水区間の湧水量，ヒ素濃度を設定し，そこに高尾野川河川水による希釈効果を考慮して、桜橋地点でのヒ素濃度を推定

環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度推定のためのトンネル排水，河川水の湧水量・流量とヒ素濃度の設定

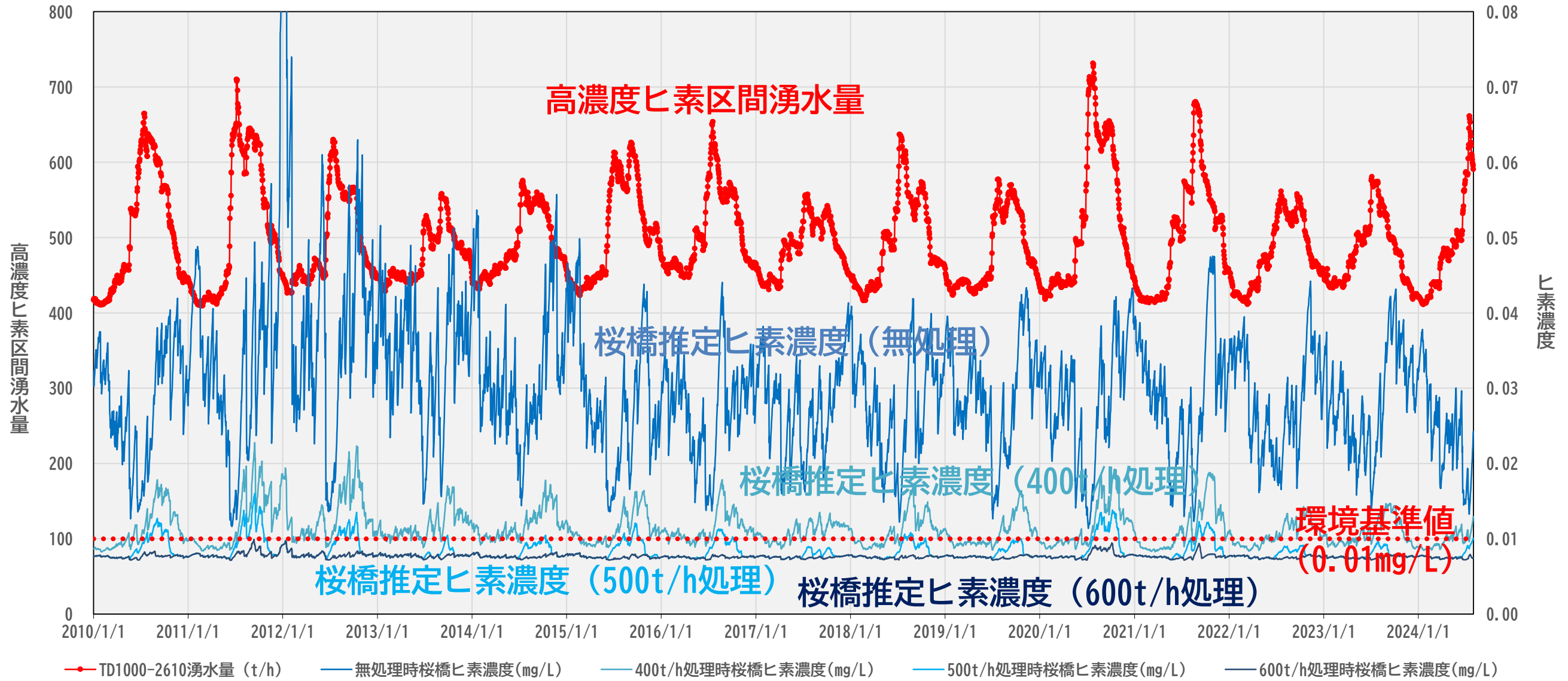


種別	区間	湧水量・流量の設定	ヒ素濃度の設定
トンネル排水	高濃度ヒ素湧水発生区間 (TD1000~2610)	湧水量推定式による	各区間平均濃度からの推定値
	通常湧水発生区間 (TD0~1000)		ヒ素処理施設での処理後の濃度
河川水	高尾野川本川	河川流量観測値による	区間平均濃度
	高尾野川支川 (S-16沢, K-71沢)		最小流量時点の濃度
	高尾野川支川 (乙木之段橋下流6沢)		

3 湧水量の推定

(7) 環境基準点（桜橋）ヒ素濃度の経時変化の推定 (2010～現在；桜橋地点流量に実効雨量による解析流量を使用)

- 環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度の経時変化の推定結果（2010年1月～2024年7月）
 - ①無処理排出時：0.03～0.05mg/Lが主体であるが、多雨時に一時的に0.01mg/L近くまで低下
渇水期には0.05mg/Lを超過
 - ②400t/h処理時（現在の処理能力上限）：ほぼ全期間に渡って0.01mg/Lを超過し、最大で0.023mg/L
 - ③500t/hに増強時：多くの期間で0.01mg/Lを下回るが、渇水期の一時的な多雨でトンネル湧水が増加した場合、最大0.016mg/L
 - ④600t/hに増強時：ほぼ0.01mg/Lを下回る



環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度の経時変化の推定（2010年1月～2024年7月）

3 湧水量の推定

(8) ヒ素処理施設の増強規模の想定

○環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度推定結果によるヒ素処理施設の増強規模の想定

- ・ヒ素処理施設の処理能力を現在の処理能力上限の400t/hとすると、年間の5割程度の期間で環境基準値を超過する可能性がある
- ・処理能力を500t/hとした場合、1年間に1カ月程度の割合で環境基準値を超過する可能性がある
- ・処理能力を600t/hとした場合は、全期間で環境基準値に適合する

⇒ **ヒ素処理施設の増強規模は、現状より200t/h増強して全体で600t/h規模とすることが望ましい**

環境基準点（桜橋）におけるヒ素濃度と環境基準値超過日数の発生割合

解析期間	坑外処理施設処理量	環境基準点（桜橋） 最大ヒ素濃度 (mg/L)	濃度最大時 高濃度ヒ素区間 湧水量・ヒ素濃度 (t/h・mg/L)	濃度最大時 桜橋河川流量 (t/h)	最大濃度 発生日	環境基準値超 過日数の発生 割合
2010年1月～ 2024年7月 (実効雨量解 析による桜橋 河川流量推定 期間)	無処理	0.115	438.8 0.134	510.9	2012/1/12	100%
	400t/h	0.023	617.5 0.139	1905.6	2011/9/15	54.1%
	500t/h	0.016	617.5 0.139	1905.6	2011/9/15	8.1%
	600t/h	0.010	634.4 0.136	2198.2	2011/9/12	0%