透水性舗装の現状把握及び
それの各種都市環境への影響評価手法の確立

これまでの活動の成果報告

プロジェクトリーダ
：　京都大学大学院工学研究科
都市環境工学専攻　大西　有三

官：国土交通省　近畿地方整備局　近畿技術事務所
産：（社）日本道路建設業協会　関西支部

これまでの活動内容

→　**人と地球にやさしい都市を＜環境道路＞で実現する**

ヒートアイランド対策，洪水対策

- 本当ですか？
  - 科学的裏づけ
  - 定量的評価
  - どうしたら再現するか

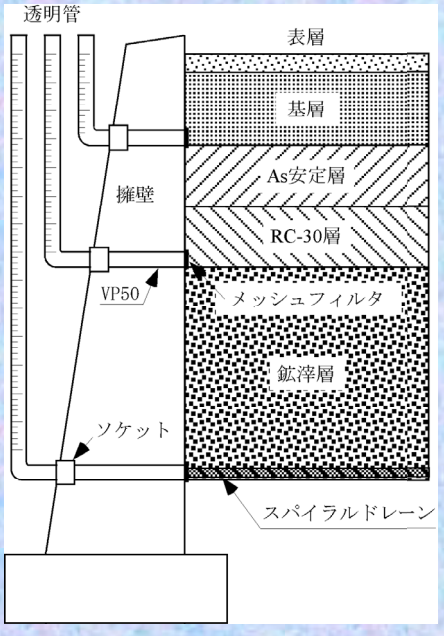
国道163車道透水性舗装モデル

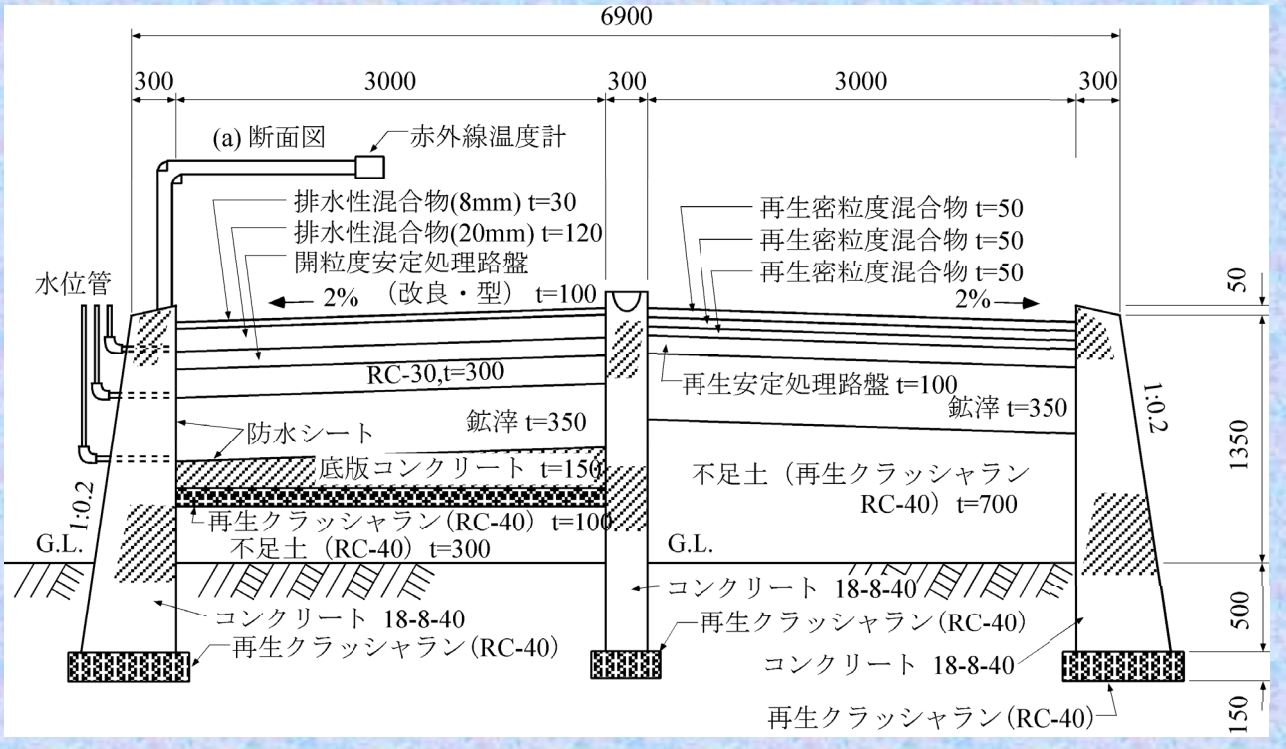
計測項目
- 表面および底部流出量・・・水収支の計測
- 舗装内水分量・・・舗装の貯留量計測
- 間隙水圧・・・舗装内の水位の計測
- 水位管・・・各層の水頭の計測
- 温度計・・・舗装温度、気温の計測

交通量　3900台/1日

設計CBR　20%

等値換算厚　T_A＝25.2cm





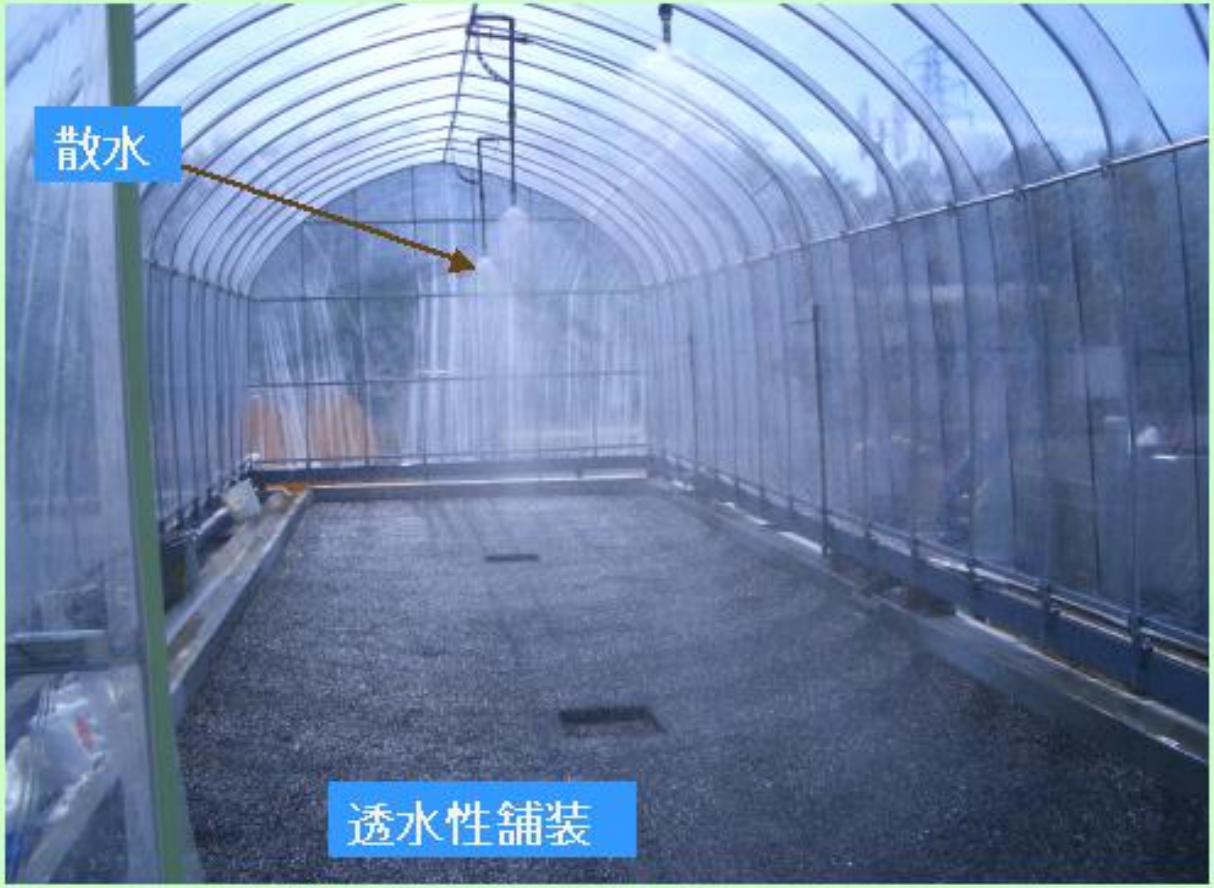
舗装の物性値

	材料	層厚[mm]	間隙率[%]	透水係数(cm/s)
表層	開粒度(最大流径 8.0mm) 高粘度改質アスコン	30	22.5	5.01×10^{-2}
中間層・基層	開粒度(最大流径 20.0mm) 高粘度改質アスコン	120 (60＋60)	20.3	6.42×10^{-2}
上層路盤 (As 安定層)	開粒度アスファルト 安定処理(改質・型)	100	20.8	6.86×10^{-2}
下層路盤 (RC-30 層)	再生クラッシャーラン (RC-30)	150	26.5	1.30×10^{-3}
路床	鉱滓（固結層）	350	5.0	9.00×10^{-5}



実際の透水性舗装の模型の写真

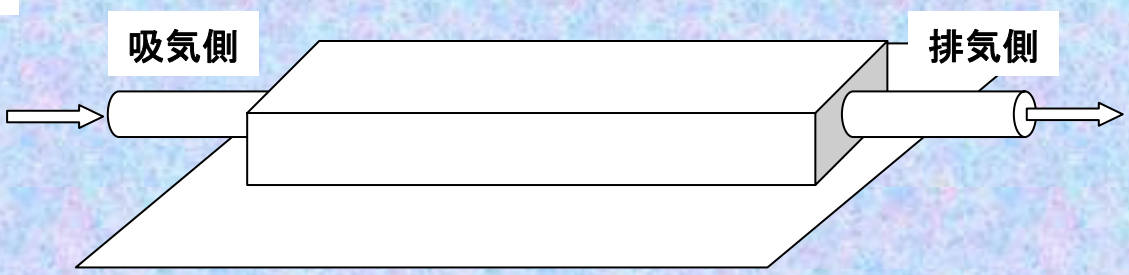
人工の雨を降らせている状態



国土交通省　　近畿技術事務所内

蒸発量の計測

舗装表面に器を置いて
その中の湿度の変化をモニタリングする



$$E = \frac{Q(\beta_{OUT} - \beta_{IN})}{A}$$

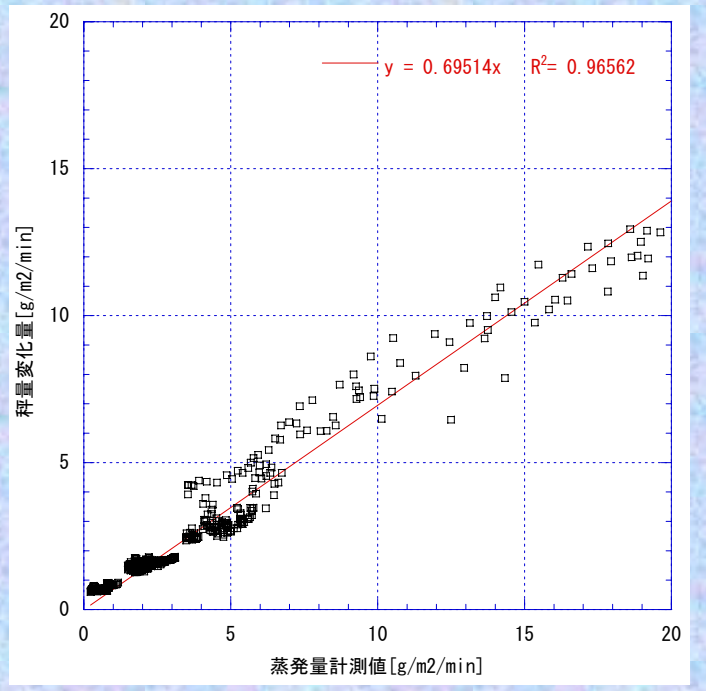
$E[g/m^2 \cdot \min]$ ：蒸発量

$\beta_{IN}[g/m^2 \cdot \min]$ ：吸気する空気の絶対湿度

$\beta_{OUT}[g/m^2 \cdot \min]$ ：排気する空気の絶対湿度

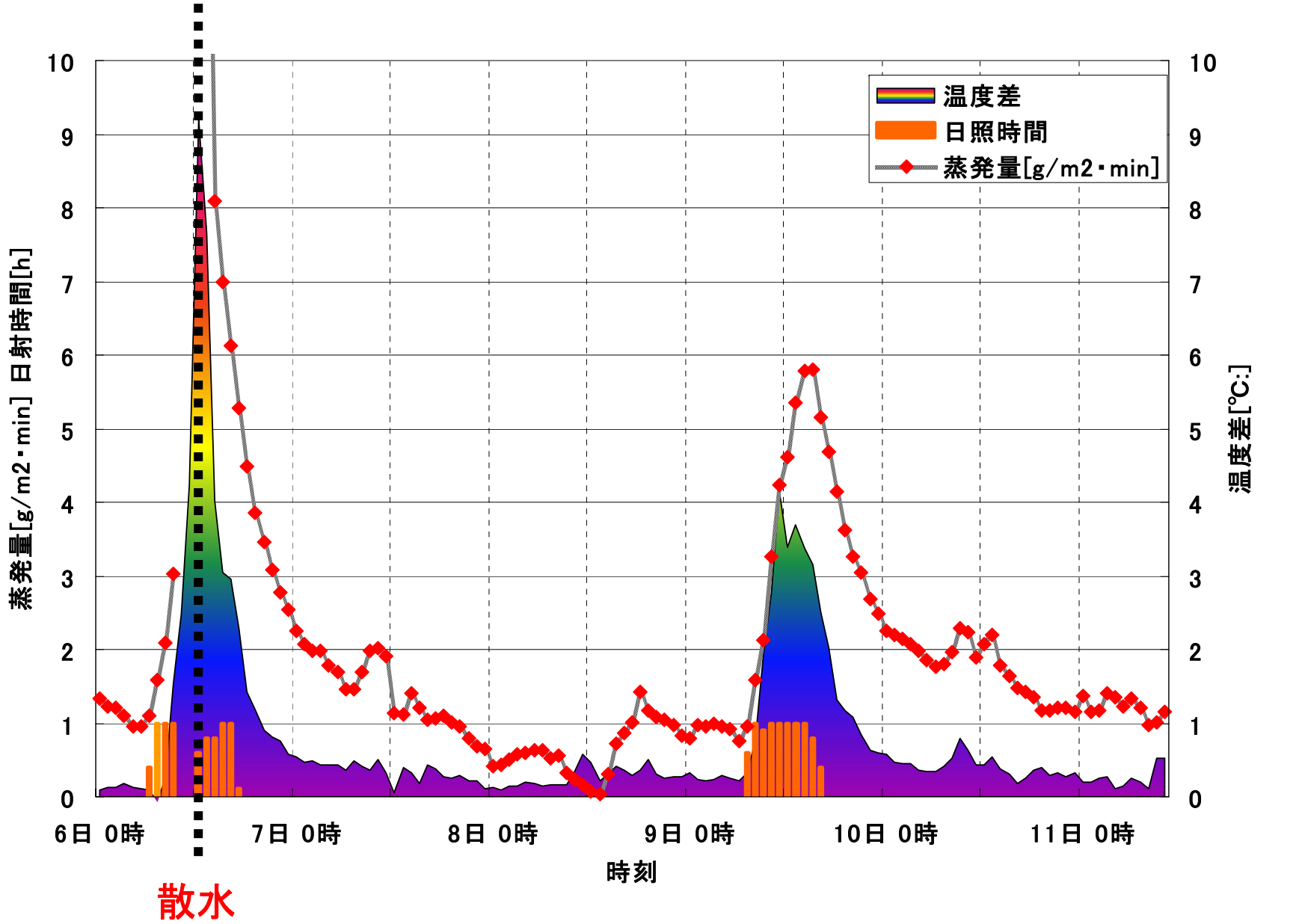
$A[m^2]$ ：蒸発面の面積

$Q[m^3]$ ：吸排気する空気の体積



試料の秤量変化から得られた蒸発量との比較

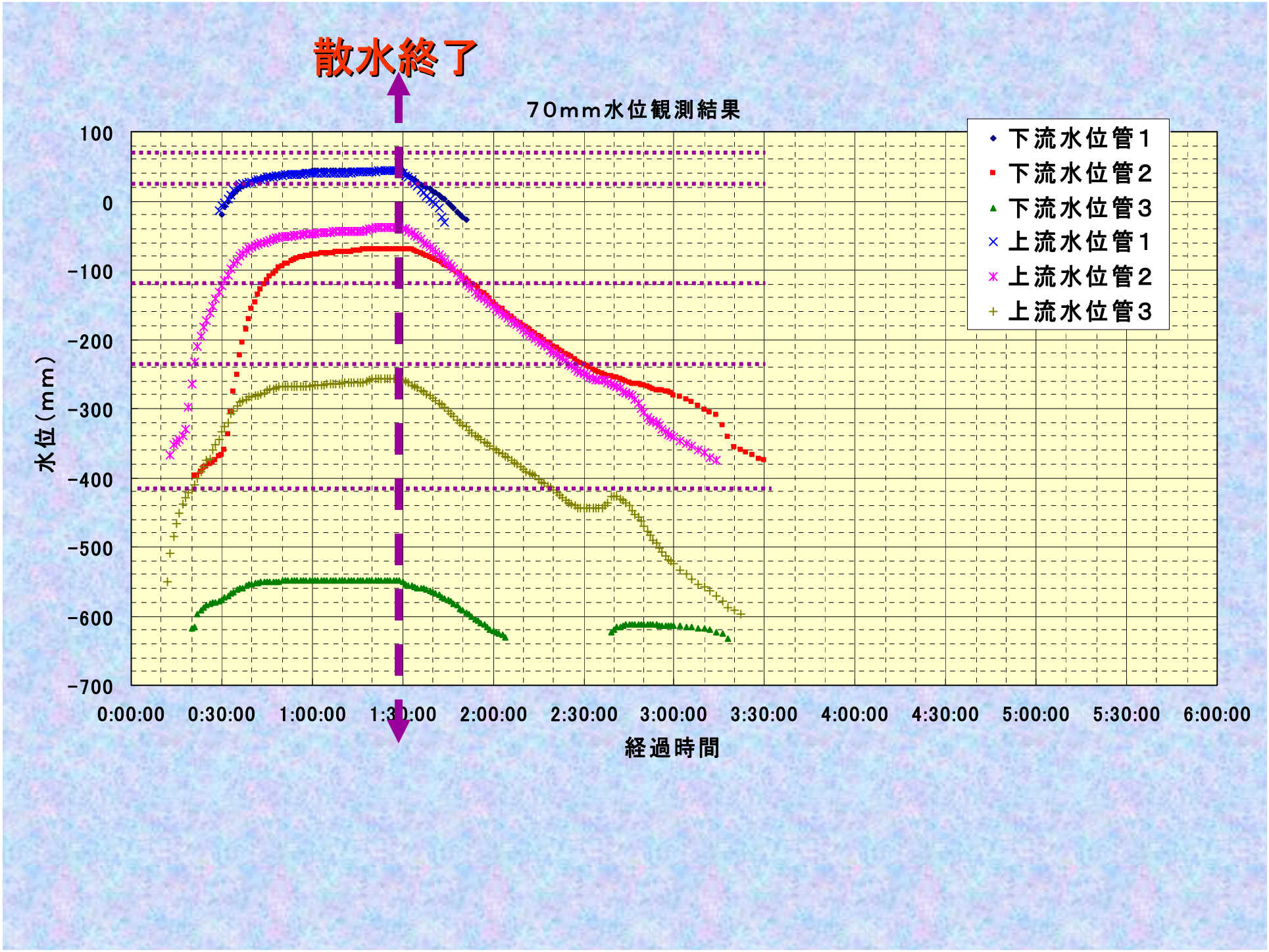
透水性舗装表面の温度差と蒸発量の関係

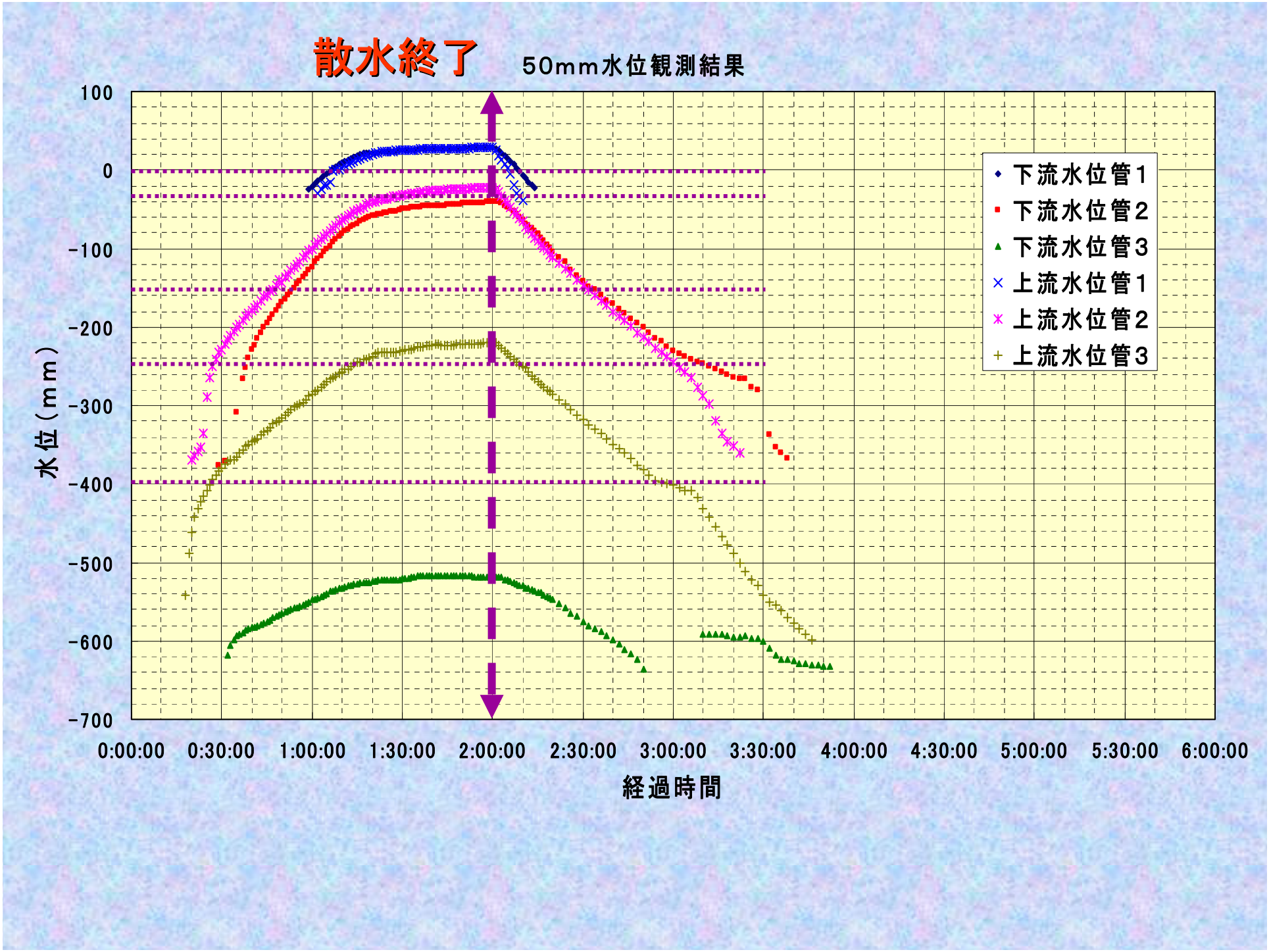


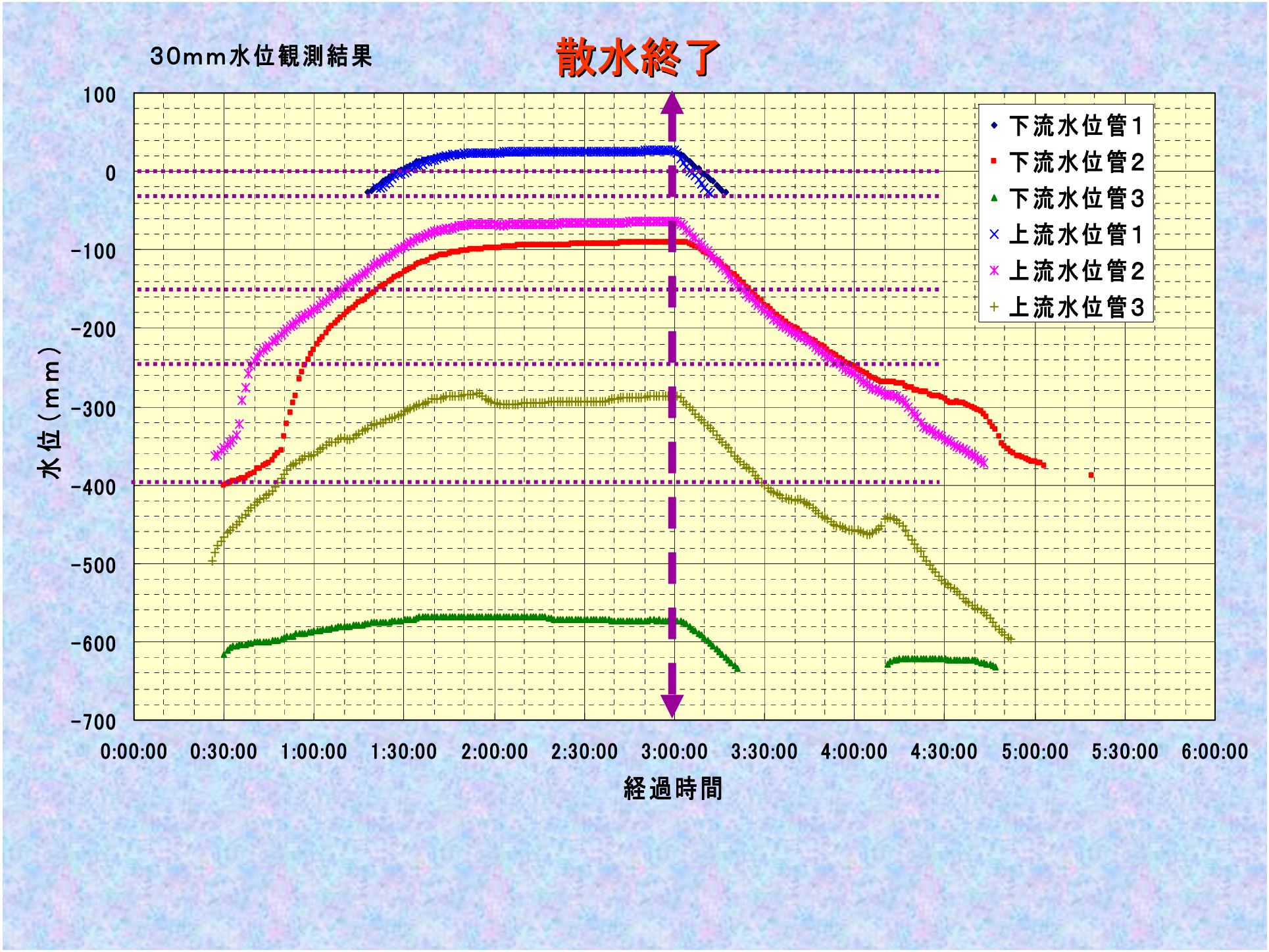
散水実験結果

降雨量

予定降雨量	散水時間	散水面積（㎡）	散水量（ﾘｯﾄﾙ）	降雨量（mm／hr）
70mm／hr	1．5 hr	29．3	3,174	73．0
50mm／hr	2．0 hr	29．3	2,852	48．7
30mm／hr	3．0 hr	29．3	3,143	35．8

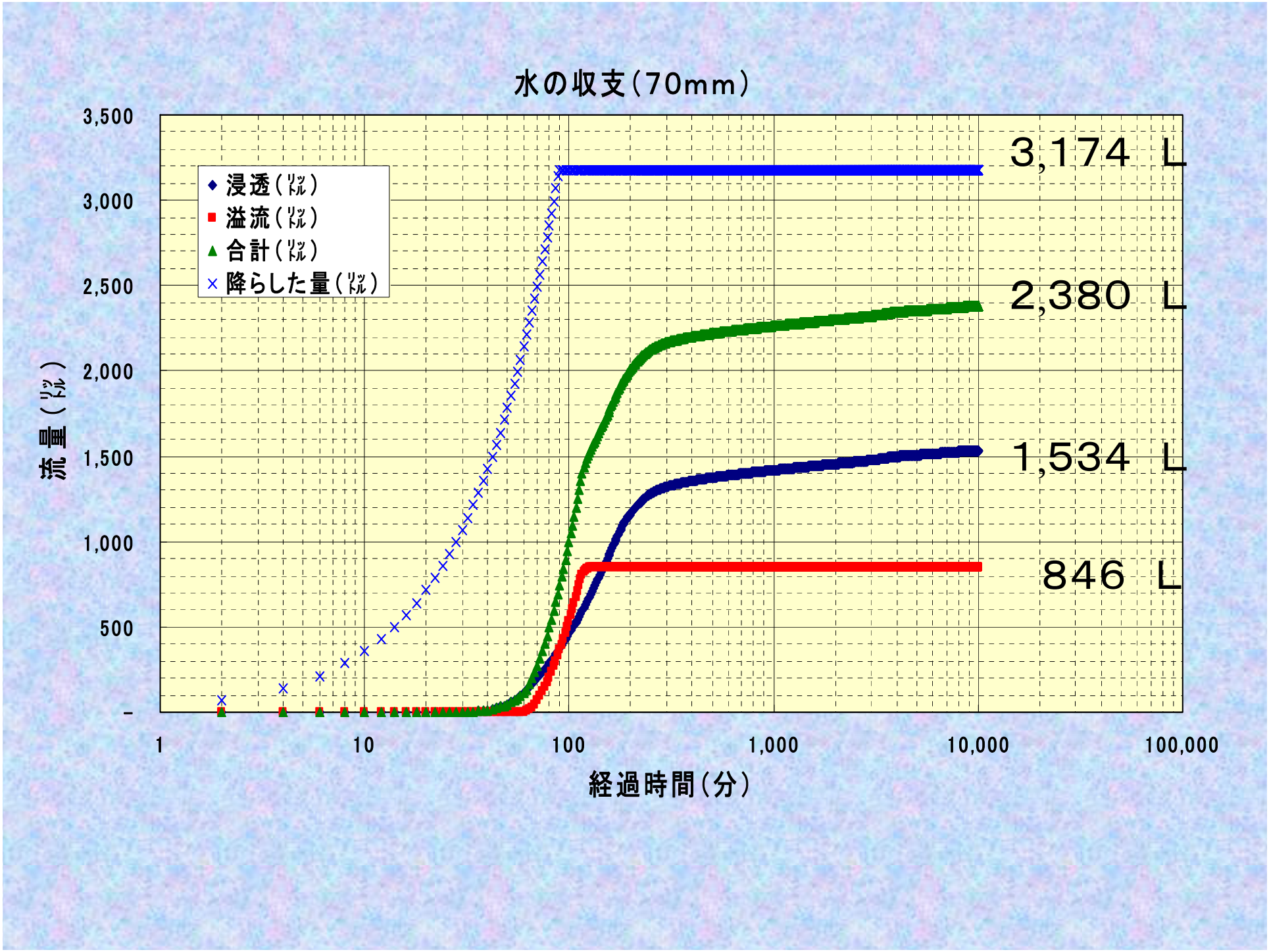

散水終了
70mm水位観測結果
下流水位管1
下流水位管2
下流水位管3
上流水位管1
上流水位管2
上流水位管3
水位（mm）
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
-600
-700
0:00:00
0:30:00
1:00:00
1:30:00
2:00:00
2:30:00
3:00:00
3:30:00
4:00:00
4:30:00
5:00:00
5:30:00
6:00:00
経過時間

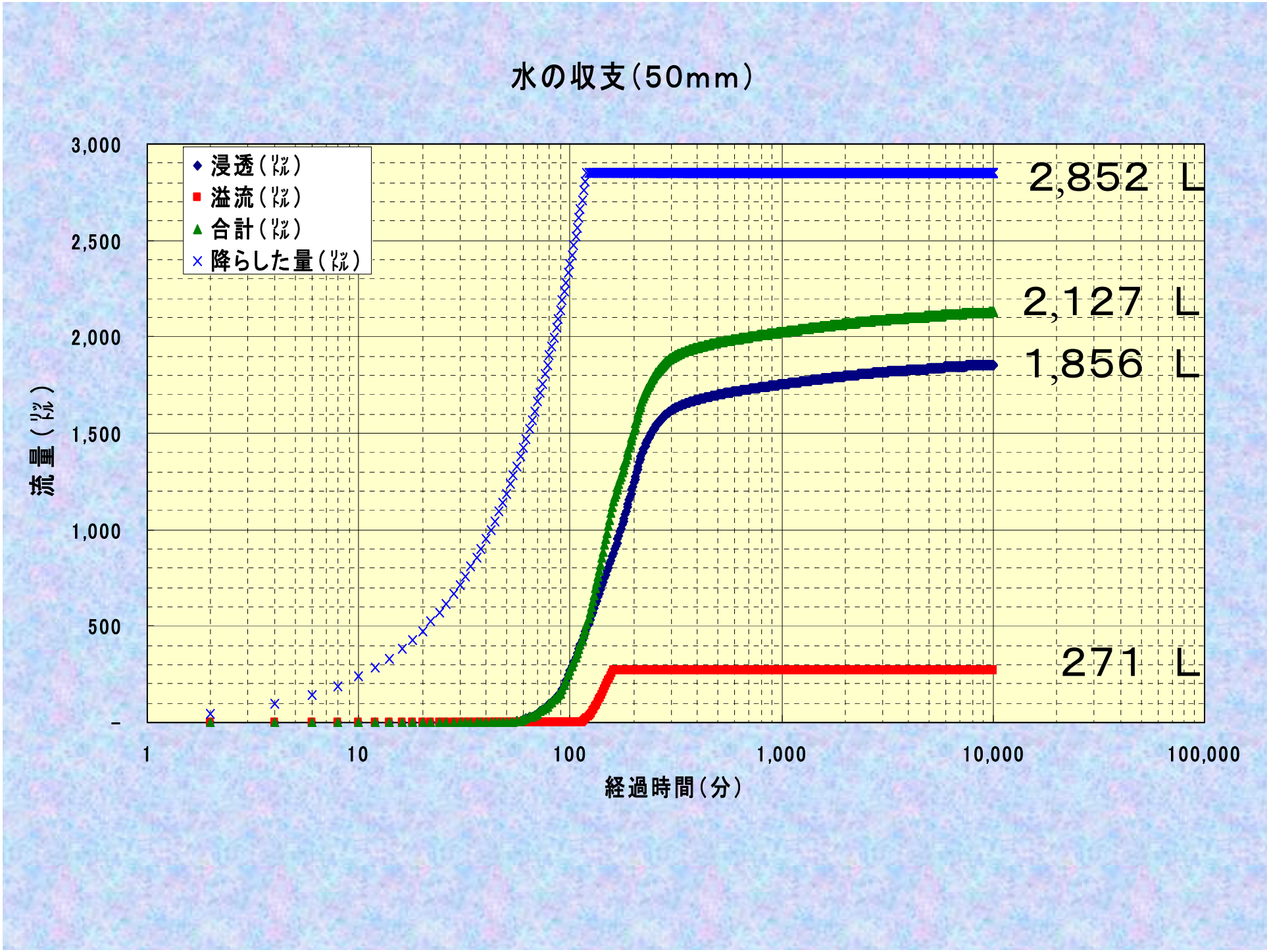

散水終了
50mm水位観測結果
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
-600
-700
水位（mm）
0:00:00
0:30:00
1:00:00
1:30:00
2:00:00
2:30:00
3:00:00
3:30:00
4:00:00
4:30:00
5:00:00
5:30:00
6:00:00
経過時間
下流水位管1
下流水位管2
下流水位管3
上流水位管1
上流水位管2
上流水位管3


30mm水位観測結果
散水終了
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
-600
-700
水位（mm）
0:00:00
0:30:00
1:00:00
1:30:00
2:00:00
2:30:00
3:00:00
3:30:00
4:00:00
4:30:00
5:00:00
5:30:00
6:00:00
経過時間
下流水位管1
下流水位管2
下流水位管3
上流水位管1
上流水位管2
上流水位管3

水位観測結果

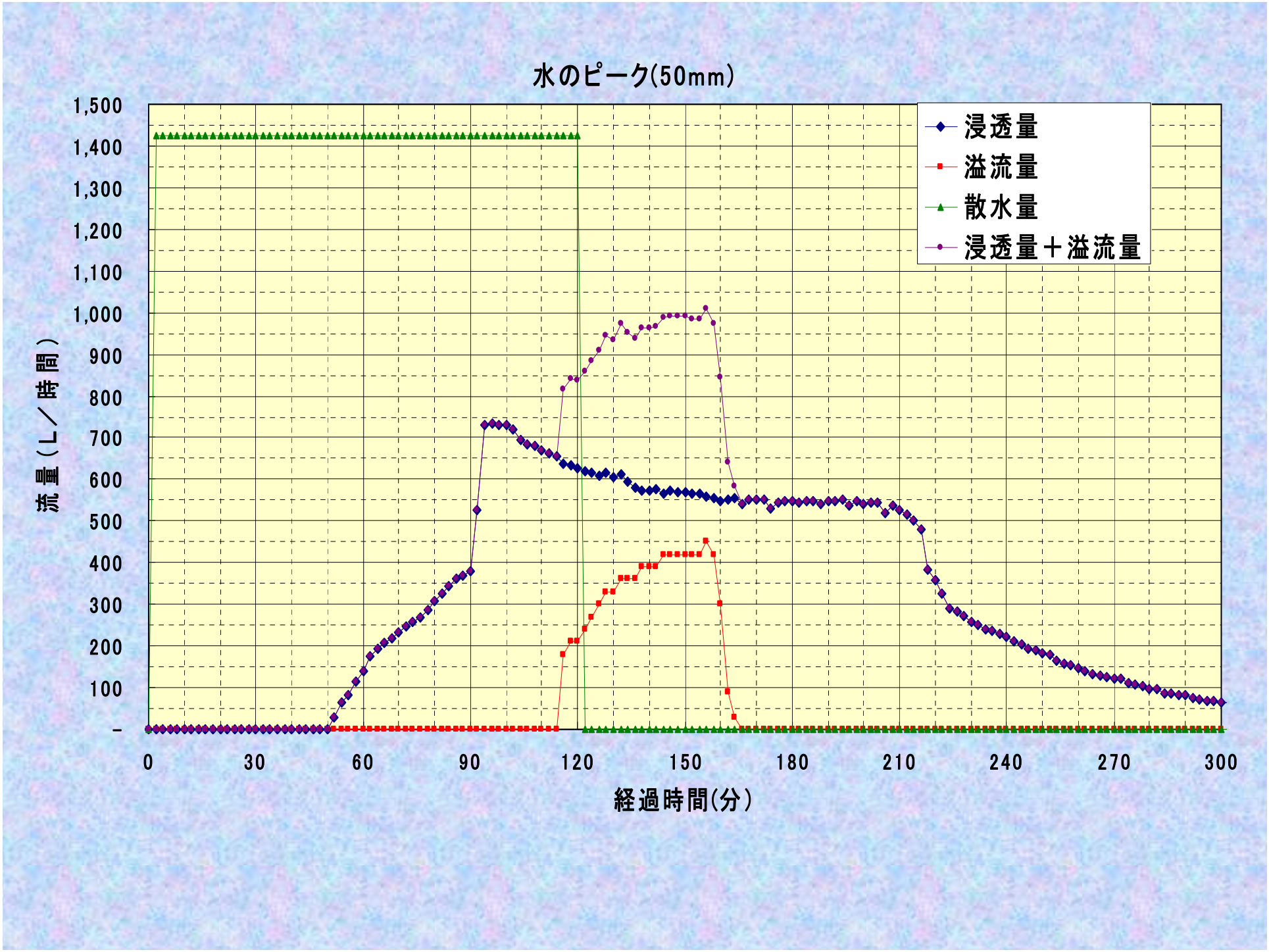
- 降雨強度により水位の高さが変動する
- 水位管で観測できる時間は降雨強度が大きいほど早くなる
- 累積降雨量2，500Lを超えると水位は安定する傾向にある
- 路床（鉱さい層）の水位管3において、上流と下流で、水位の差が大きい
- 散水終了後の水位の低下の勾配はあまり差がない
- 水位管3の水位の変動は大きい
- 散水終了後の水位管3の測定において、一度上昇する

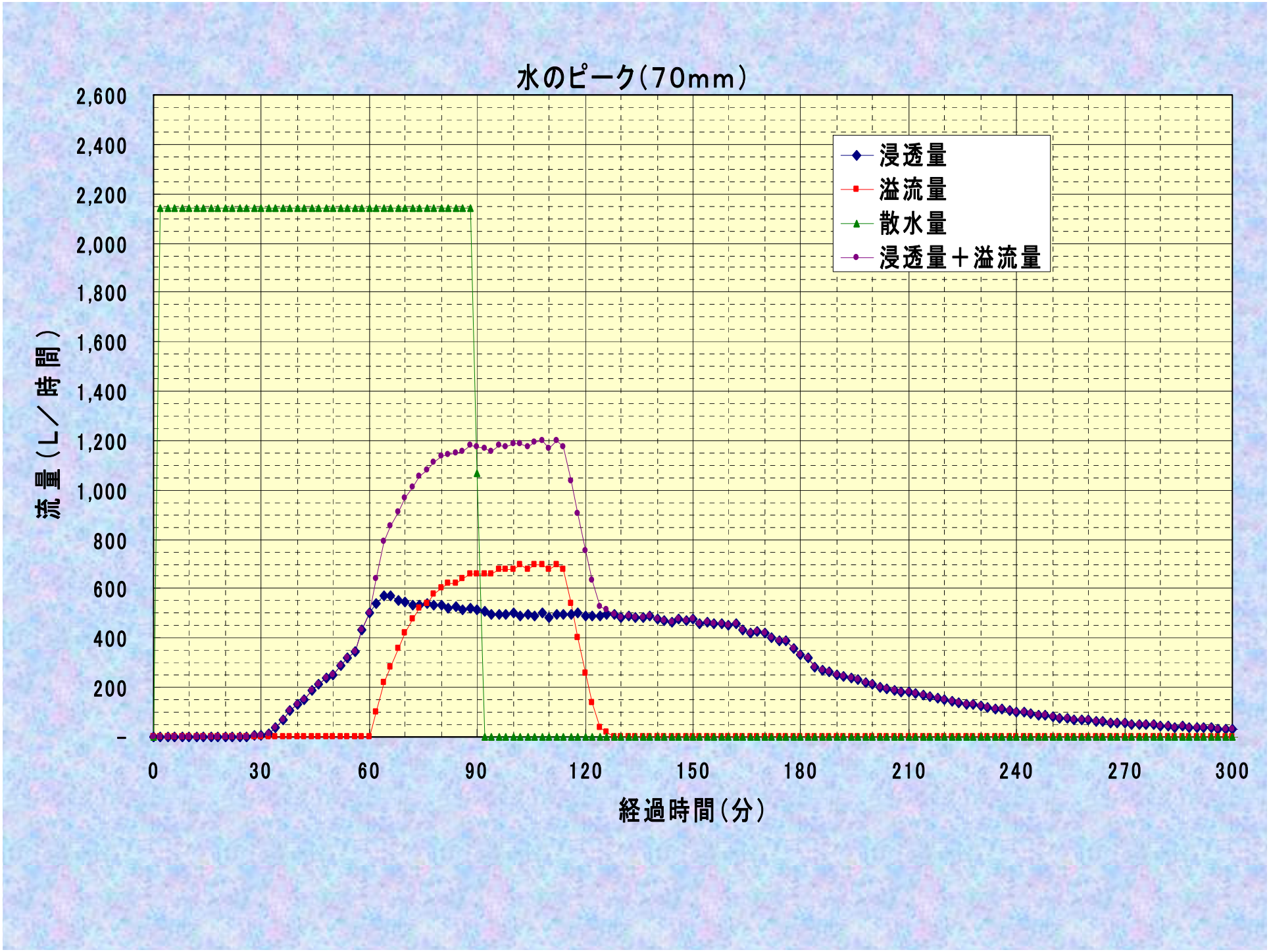

水の収支（70mm）
浸透（ﾘｯﾄﾙ）
溢流（ﾘｯﾄﾙ）
合計（ﾘｯﾄﾙ）
降らした量（ﾘｯﾄﾙ）
3,174 L
2,380 L
1,534 L
846 L
流量（ﾘｯﾄﾙ）
3,500
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
-
1
10
100
1,000
10,000
100,000
経過時間（分）


水の収支（50mm）
浸透（ﾘｯﾄﾙ）
溢流（ﾘｯﾄﾙ）
合計（ﾘｯﾄﾙ）
降らした量（ﾘｯﾄﾙ）
2,852 L
2,127 L
1,856 L
271 L
流量（ﾘｯﾄﾙ）
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
-
1
10
100
1,000
10,000
100,000
経過時間（分）

水の収支

- 降雨量（50mm／h）
- 散水量　2，852L
- 流出分　表面越流　271L，
  底面流出　1，856L　計2，127L
- モデル内貯留分　計588L程度（95．2%）
- 降雨量（70mm／h）
- 散水量　3，174L
- 流出分　表面越流　846L，
  底面流出　1，534L　計2，480L
- モデル内貯留分　計588L程度（96．7%）

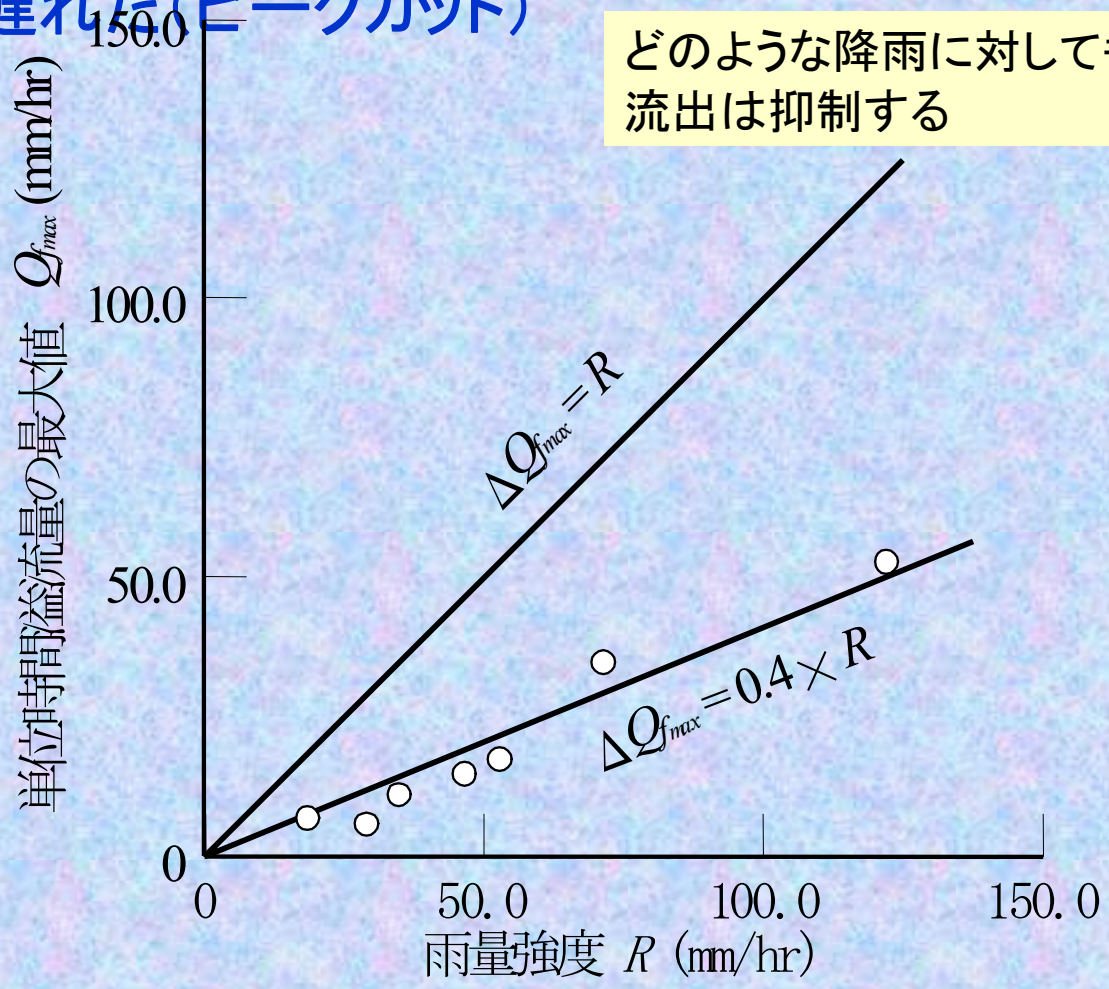

水のピーク(50mm)
浸透量
溢流量
散水量
浸透量＋溢流量
流量（L／時間）
1,500
1,400
1,300
1,200
1,100
1,000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
－
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
経過時間(分)


水のピーク(70mm)
浸透量
溢流量
散水量
浸透量＋溢流量
流量(L／時間)
2,600
2,400
2,200
2,000
1,800
1,600
1,400
1,200
1,000
800
600
400
200
-
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
経過時間(分)

洪水抑制機能

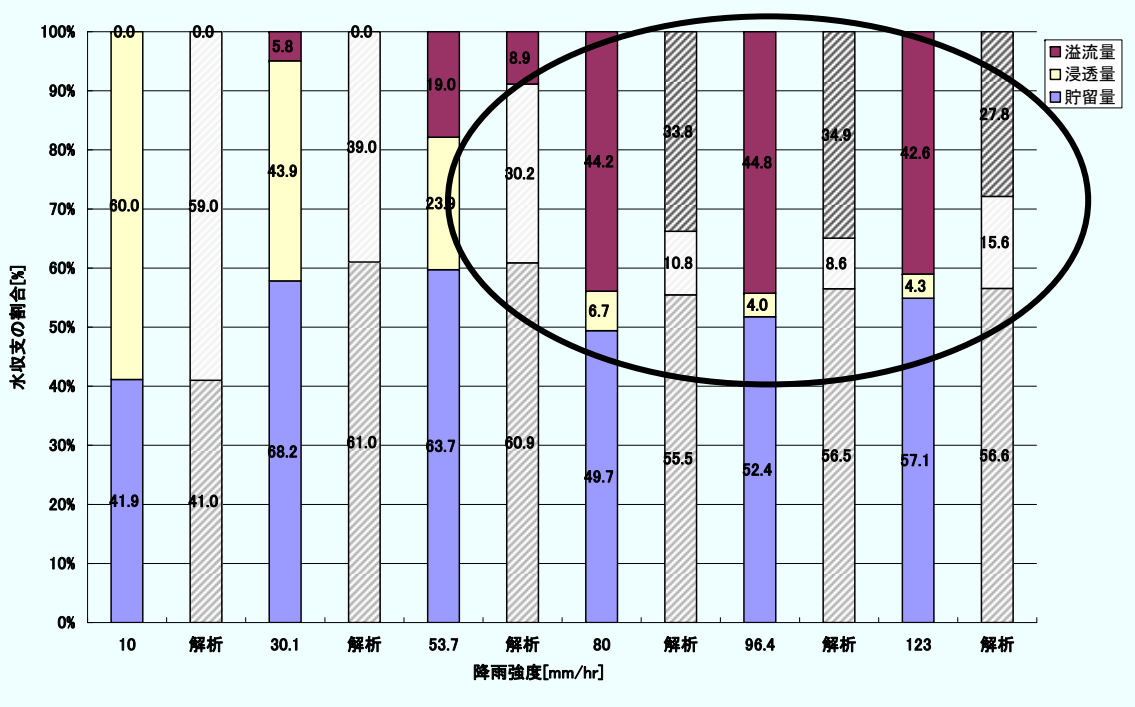
- 底面からの浸透開始時間は、50mmで約50分、70mmで約30分遅れた（流出遅延時間）
- 表面からの溢流開始時間は、50mmで約115分、70mmで約60分遅れた（ピークカット）

どのような降雨に対しても約60%の流出は抑制する



実験と計算　水収支の比較

散水量=貯留量+溢流量+路床への浸透量



散水終了時の水収支

降雨強度が弱い場合、実験結果と計算結果はよく一致した。しかし
降雨強度が強い場合、実験から得られた水収支は溢流量が多いことから。
既存の方法では水収支を適格に表現できないことが考えられる。

透水性舗装におけるキーワード

- 蒸発　ー　条件鋭敏性
  舗装内の水の動き
- 水収支　ー　不飽和特性

↓

車道としての実用化
：　国道24号線での11年間の調査結果

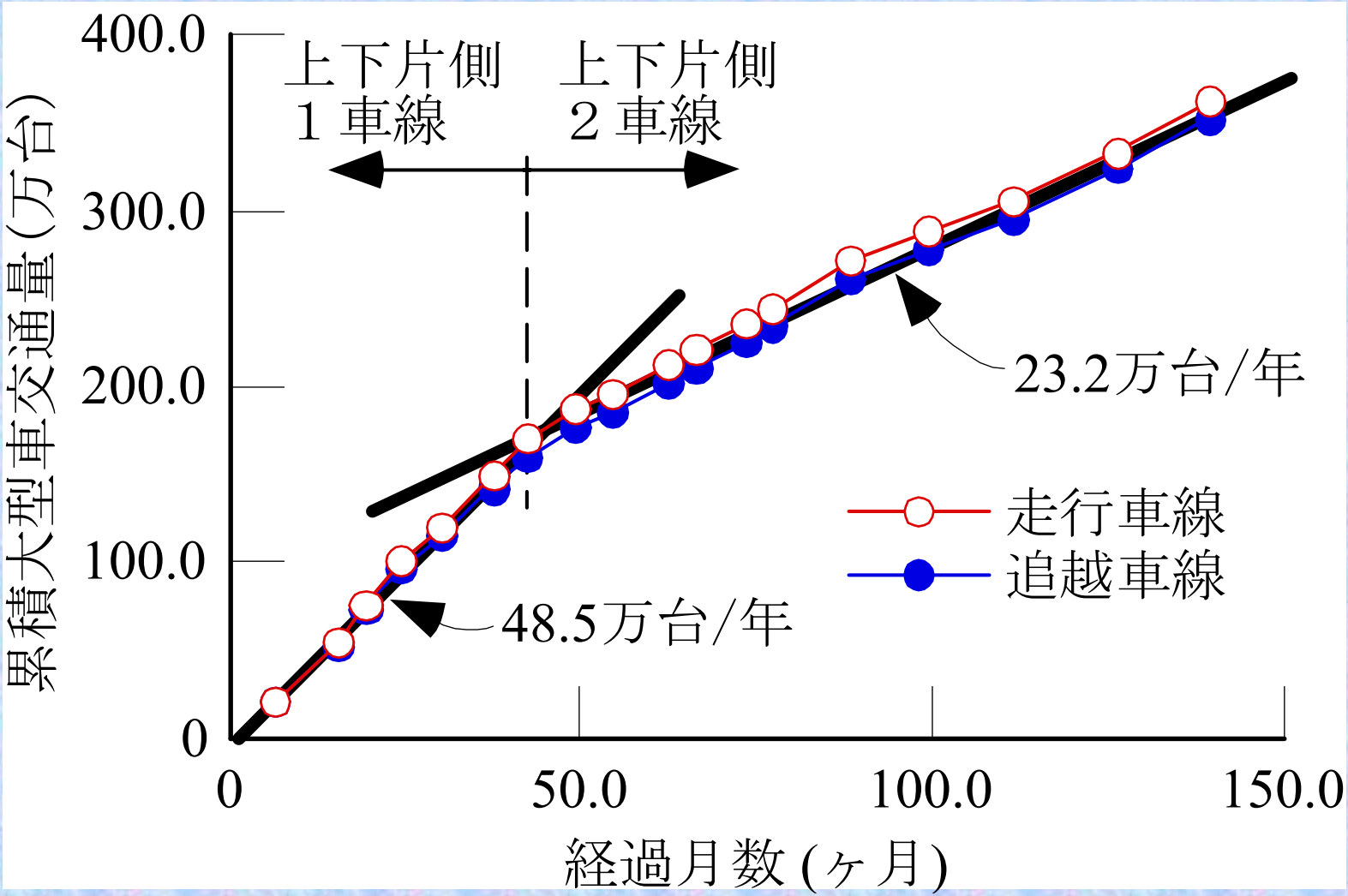

調査箇所
藤田
山口小
山口支所
JA
山口
老人ホーム
日延
川辺
川辺局
池の川
平岡
村西
平岡
紀の川田
吉田団地
吉田
吉田
日石三菱
オークワ
大聖寺
マルチョウ
中島
金池
中黒
湯窪
黒木
山崎小
和歌山バイパス
小豆島岩出線
紀ノ川
工業技術センター前
134
64


走行車線
CL
追越車線
標準舗装 第１工区
透水性舗装 第２工区
透水性舗装 第３工区
透水性舗装 第４工区
透水性舗装 第５工区
透水性舗装 第６工区
透水性舗装 第７工区
至奈良（上り）
KP126.085
KP126.060
KP125.910
中央分離帯
KP125.735
追越車線
CL
走行車線
至和歌山（下り）
50.0m
深さ z (mm)
0
100.0
200.0
300.0
400.0
500.0
600.0
700.0
表層（密粒度）
中間層（粗粒度）
基層（粗粒度）
上層路盤（AS処理）
下層路盤（粒調砕石）
下層路盤（粒調砕石）
表層（透水性13）
中間層（透水性20）
基層（透水性20）
上層路盤（透水安定）
下層路盤（切込砕石）
路床
路床
路床 ｼﾞｵﾃｷｽﾀｲﾙ
遮断層 保水層砂
路床
遮断層 保水層砂
路床
路床 ｼﾞｵﾃｷｽﾀｲﾙ
下層路盤（AS再生砕石）
路床
施工年月日：平成５年７月
設計CBR=12.0%

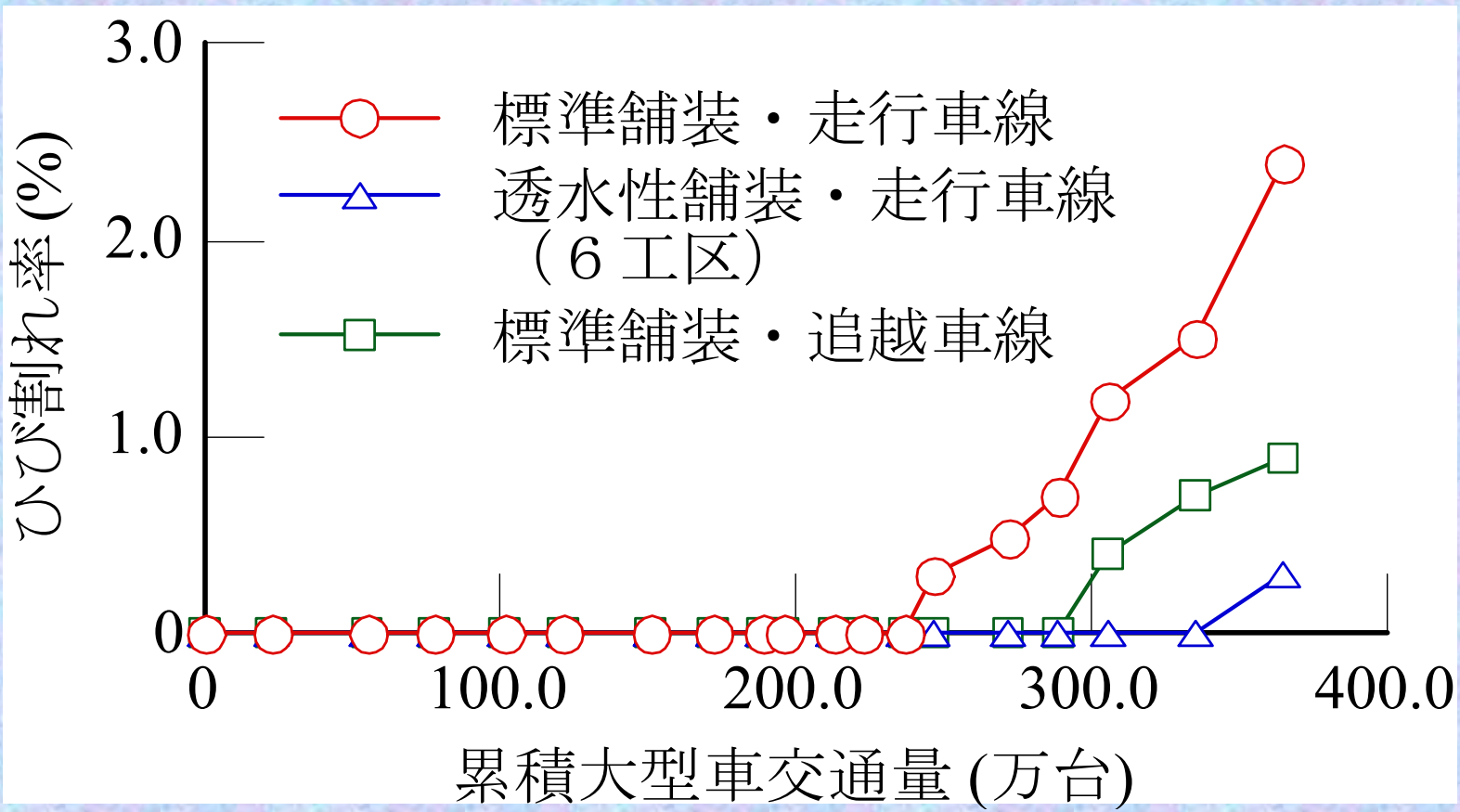
調査項目

調査および試験項目		規　格	数量	摘　　要
路面調査関係	ひびわれ	スケッチによる方法	2520m^2	全工区
	平坦性	３ｍプロフィルメータ	1400m	車線毎２測線(OWP・IWP)／工区
	わだち掘れ	横断プロフィルメータ	28点	４定点／工区
	たわみ量	FWD	28点	４定点／工区
		ベンケルマンビーム		
	すべり抵抗	DFテスター	56点	８定点(OWP・BWP)／工区
	現場透水量	舗装試験法便覧	48点	８定点(OWP・BWP)／工区
	騒音		２ヶ所	２定点／１，４工区
	試料採取	舗装試験法便覧	14本	２定点／工区
室内試験	密度	かさ密度	56点	２定点・４層／工区
	室内透水量	室内定水位	48点	２定点・４層／工区（標準工区は除く）

累計大型車交通量


400.0
300.0
200.0
100.0
0
累積大型車交通量(万台)
上下片側
１車線
上下片側
２車線
23.2万台/年
48.5万台/年
走行車線
追越車線
0
50.0
100.0
150.0
経過月数(ヶ月)

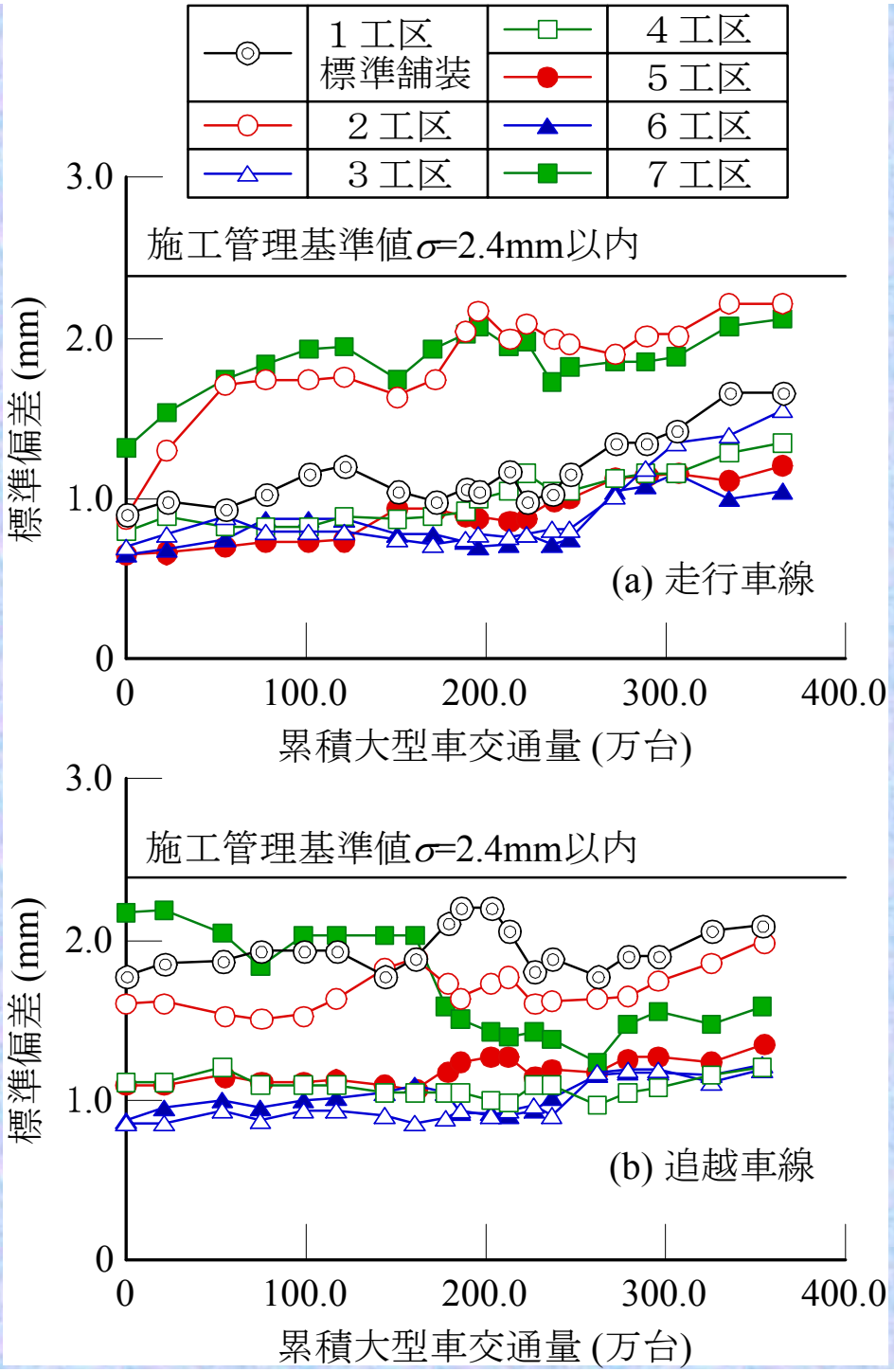
ひび割れ率



道路維持修繕要綱：

補修要否の判断目標値30.0～40.0% 以下

平坦性の経年変化


1工区 標準舗装
2工区
3工区
4工区
5工区
6工区
7工区
施工管理基準値σ=2.4mm以内
標準偏差 (mm)
3.0
2.0
1.0
0
(a) 走行車線
0
100.0
200.0
300.0
400.0
累積大型車交通量 (万台)
施工管理基準値σ=2.4mm以内
標準偏差 (mm)
(b) 追越車線
累積大型車交通量 (万台)

路床と平坦性の増分の関係

ジオテキスタイル無し

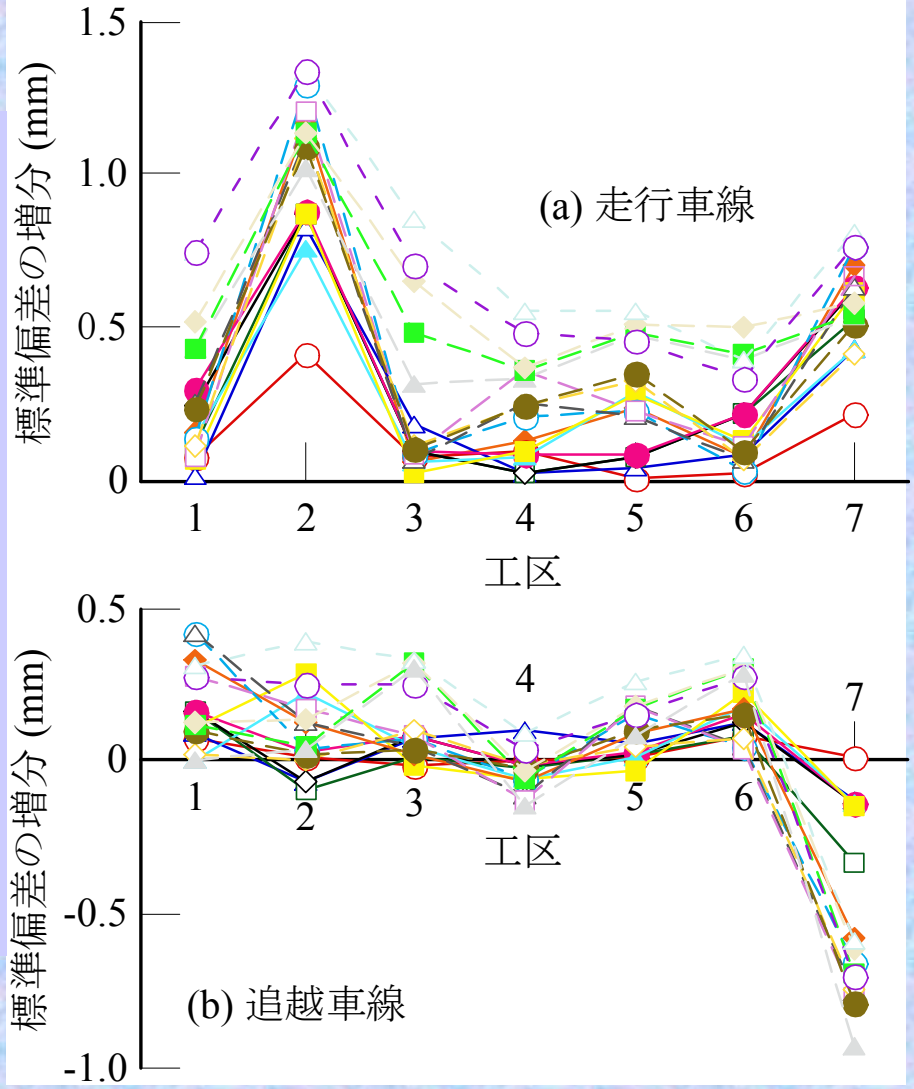
2工区（無）ー3工区（有）

7工区（無）ー6工区（有）

密粒舗装

1工区

	経過月数		経過月数		経過月数
	6ヶ月		42ヶ月		77ヶ月
	15ヶ月		49ヶ月		88ヶ月
	19ヶ月		54ヶ月		99ヶ月
	24ヶ月		62ヶ月		111ヶ月
	30ヶ月		66ヶ月		126ヶ月
	37ヶ月		73ヶ月		139ヶ月



下層路盤と平坦性の増分の関係

切り込み砕石

2, 3, 4工区

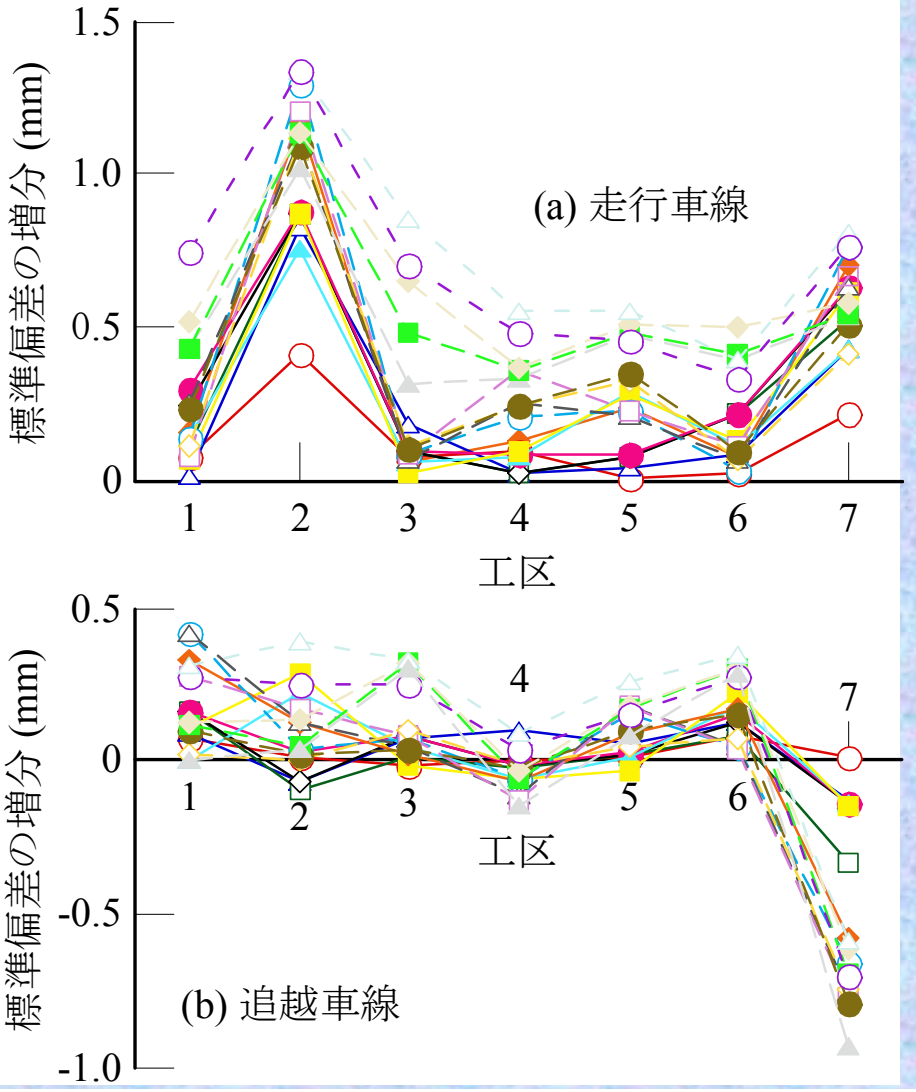
As再生砕石

5, 6, 7工区

密粒舗装

1工区

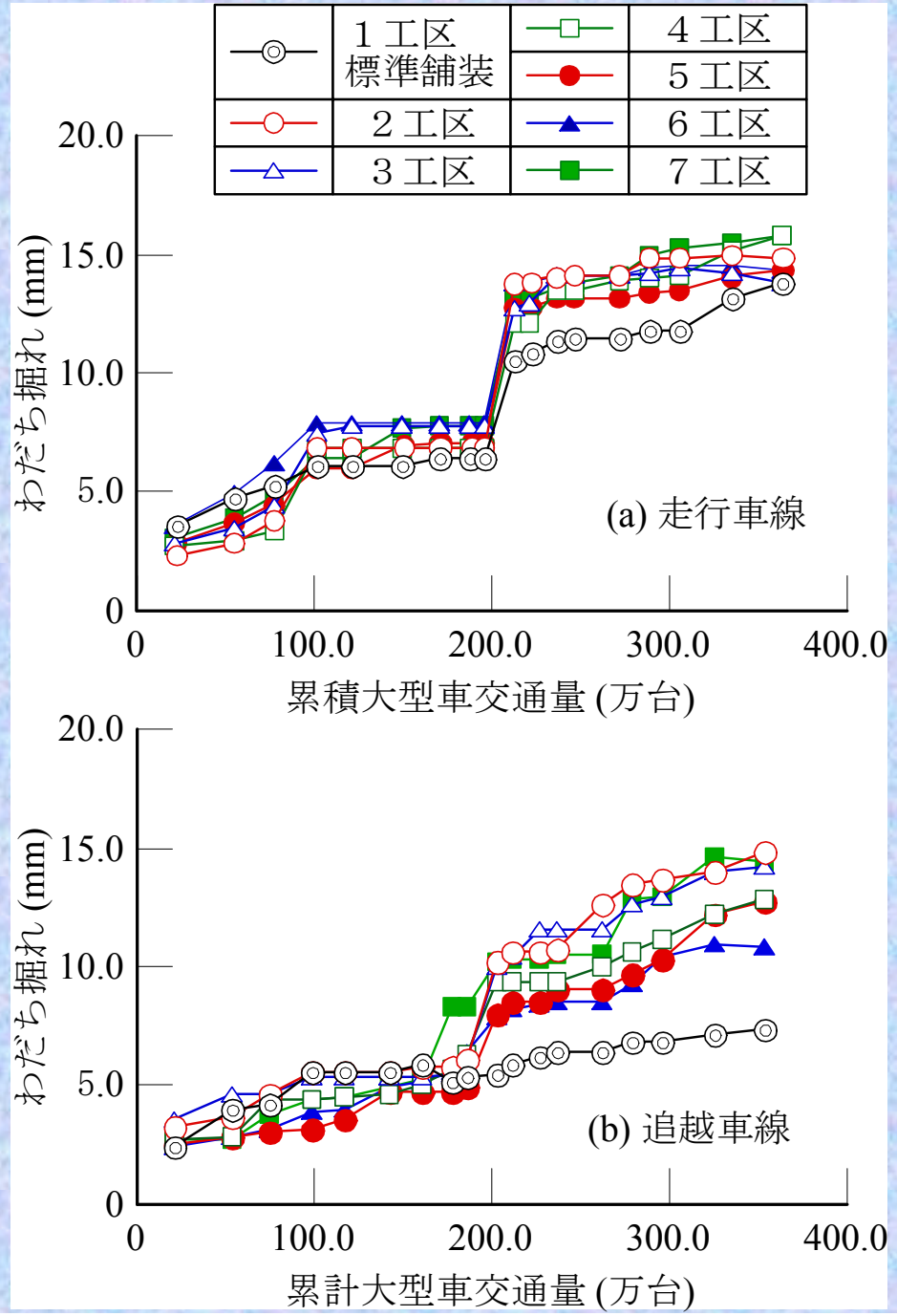
	経過月数		経過月数		経過月数
	6ヶ月		42ヶ月		77ヶ月
	15ヶ月		49ヶ月		88ヶ月
	19ヶ月		54ヶ月		99ヶ月
	24ヶ月		62ヶ月		111ヶ月
	30ヶ月		66ヶ月		126ヶ月
	37ヶ月		73ヶ月		139ヶ月



わだち掘れの経時変化

道路維持修繕要綱:

補修要否の判断目標値
30.0～40.0mm以内



FWDたわみ量

切り込み砕石

2, 3, 4工区

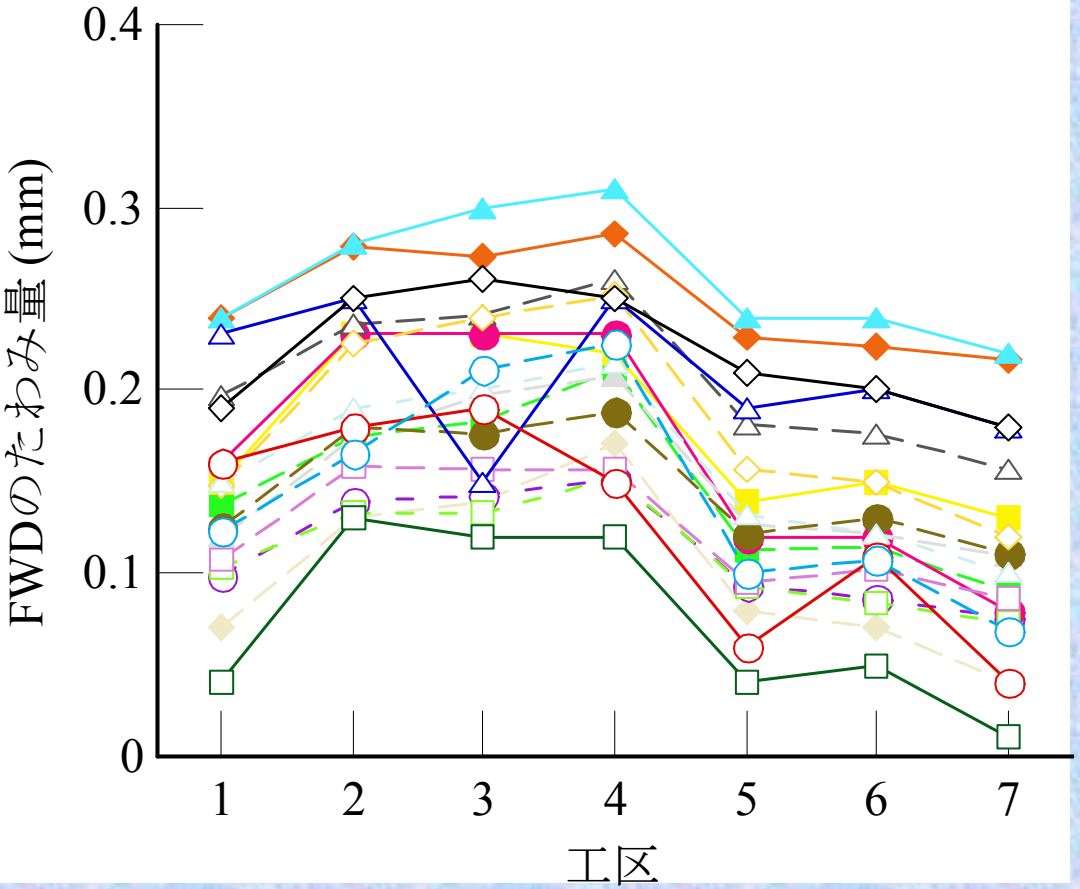
As再生砕石

5, 6, 7工区

密粒舗装

1工区

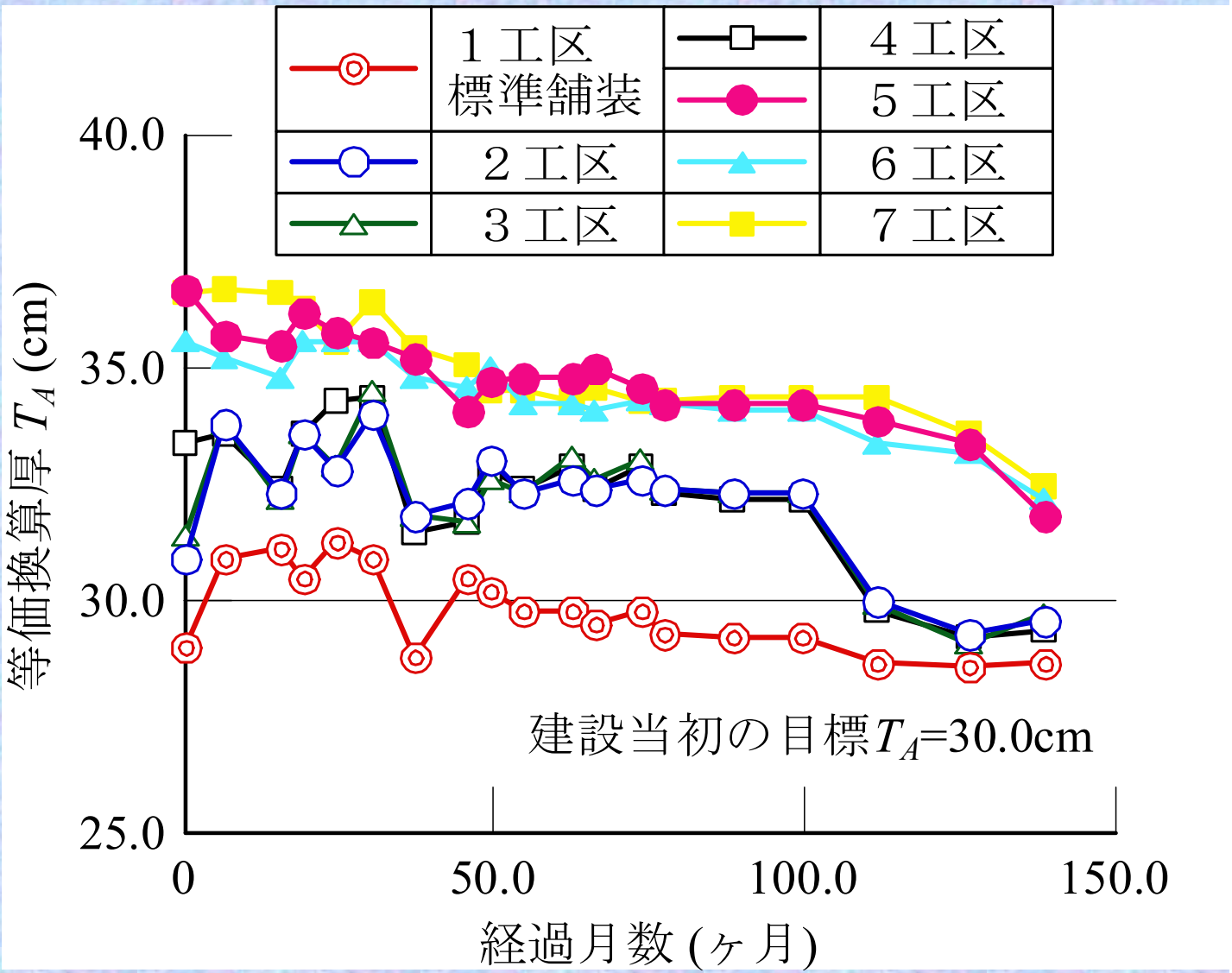
	経過月数		経過月数		経過月数
	施工直後		42ヶ月		88ヶ月
	6ヶ月		49ヶ月		99ヶ月
	15ヶ月		54ヶ月		111ヶ月
	19ヶ月		62ヶ月		126ヶ月
	24ヶ月		66ヶ月		139ヶ月
	30ヶ月		73ヶ月		
	37ヶ月		77ヶ月		



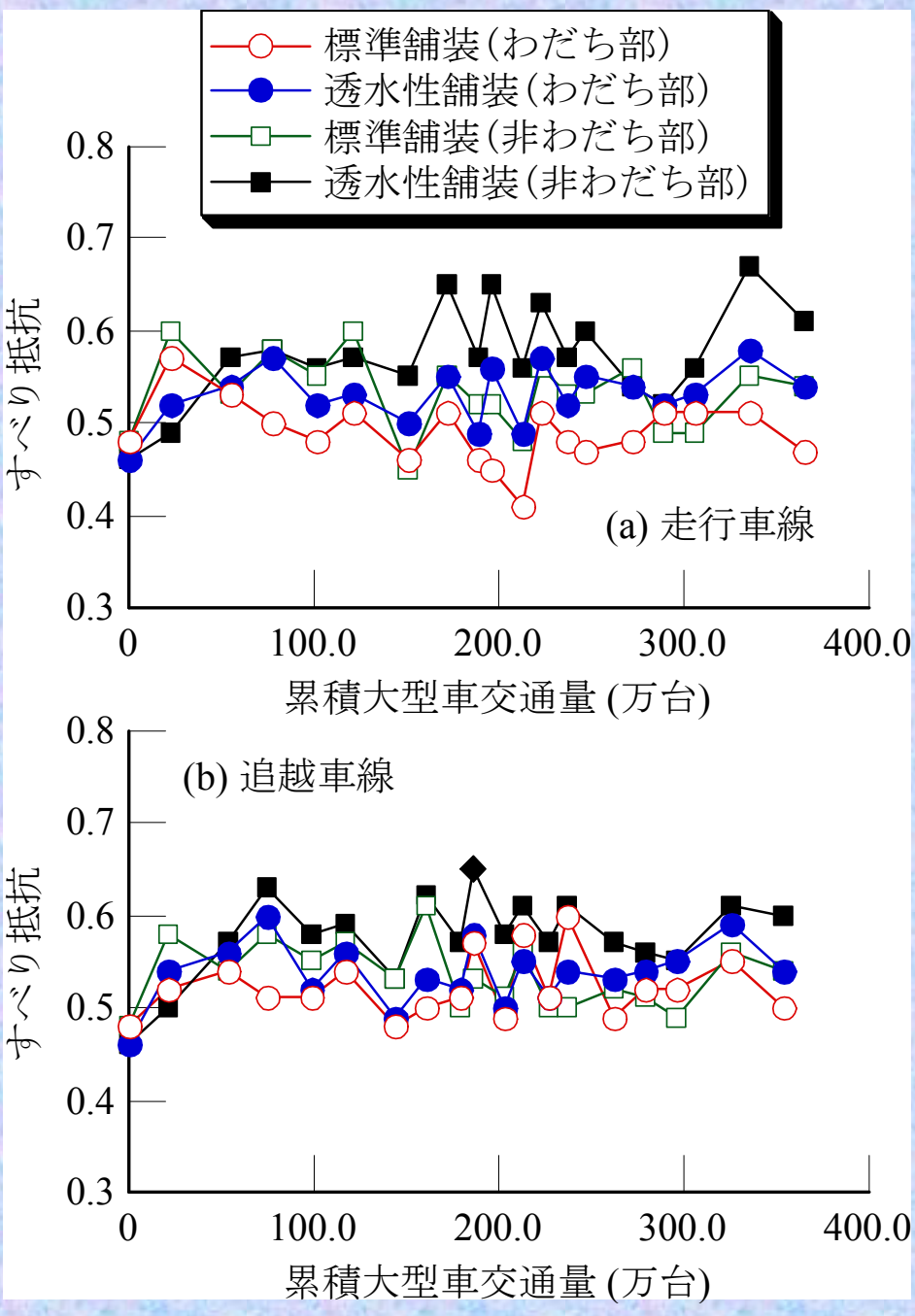
等値換算厚の変化

切り込み砕石
2, 3, 4工区
As再生砕石
5, 6, 7工区

密粒舗装
1工区

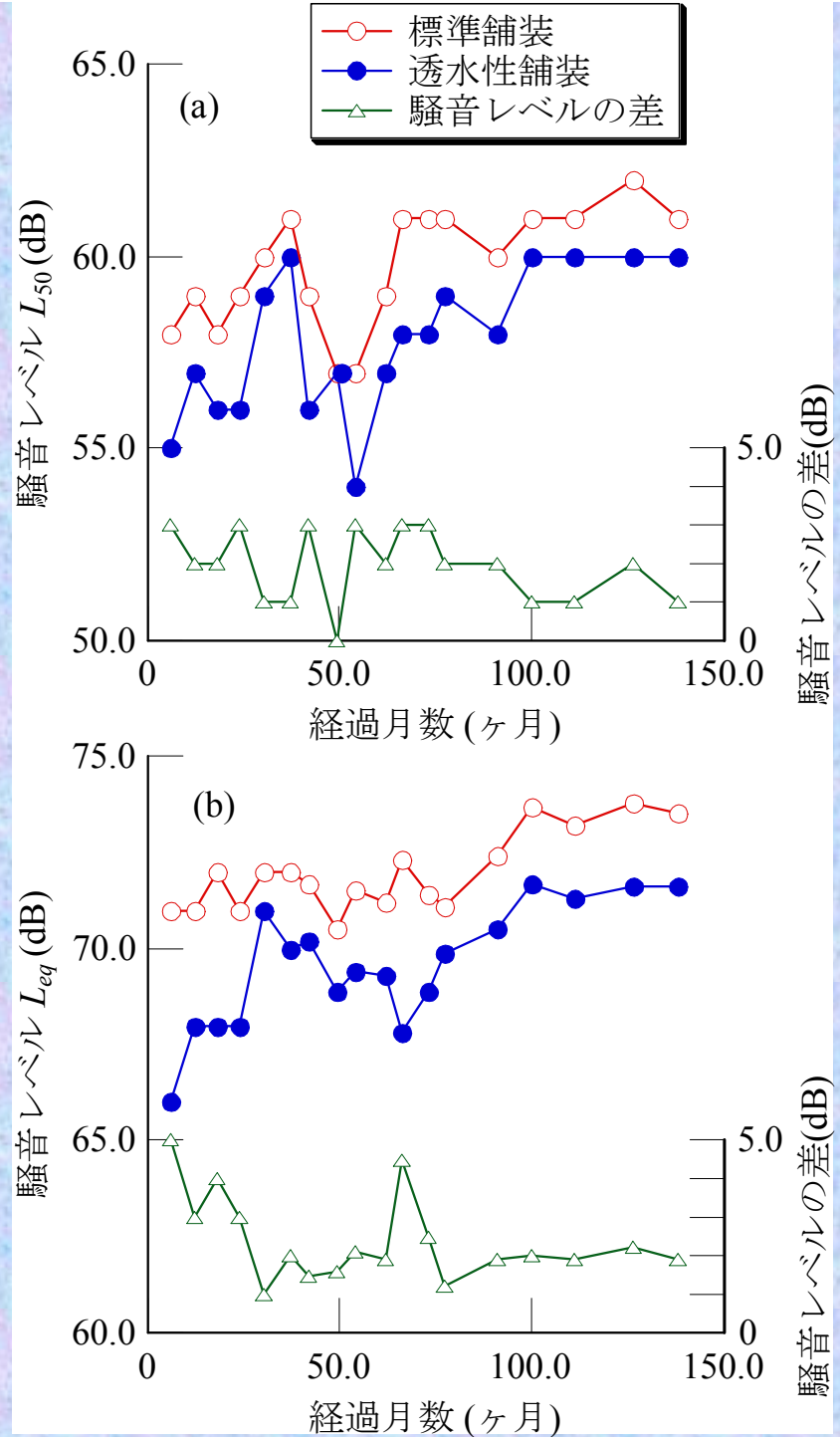


すべり抵抗（60km／hr）



騒音レベルの経年変化

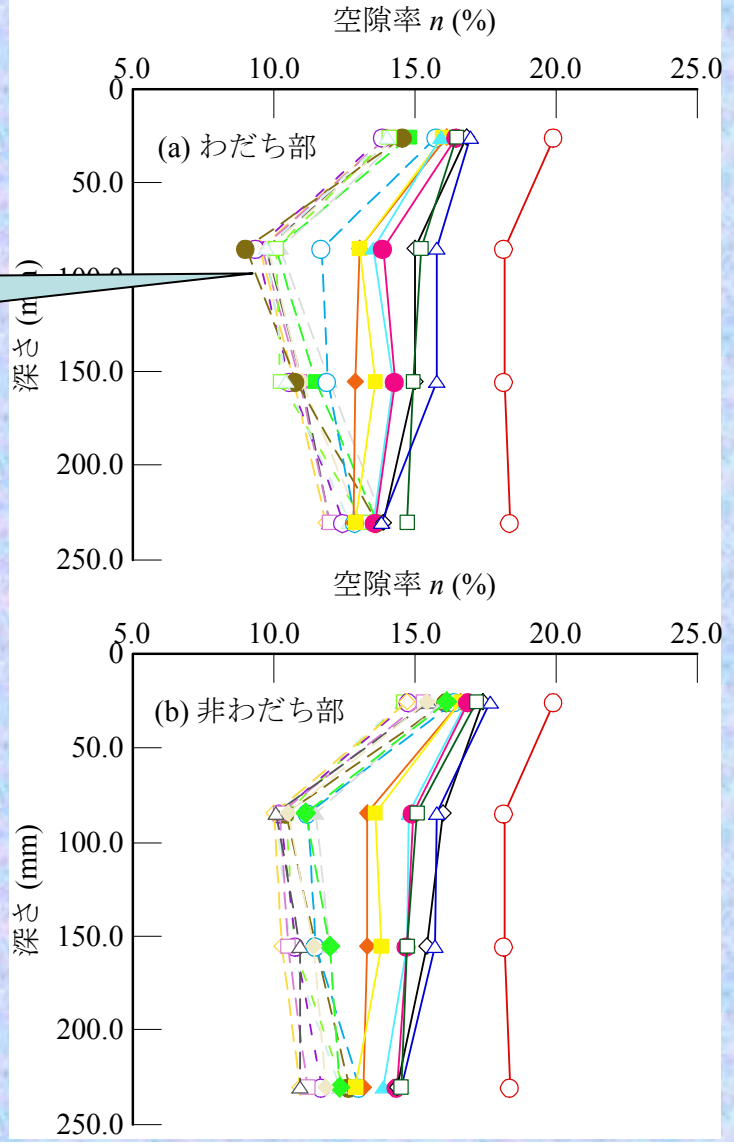
・大型車約10%



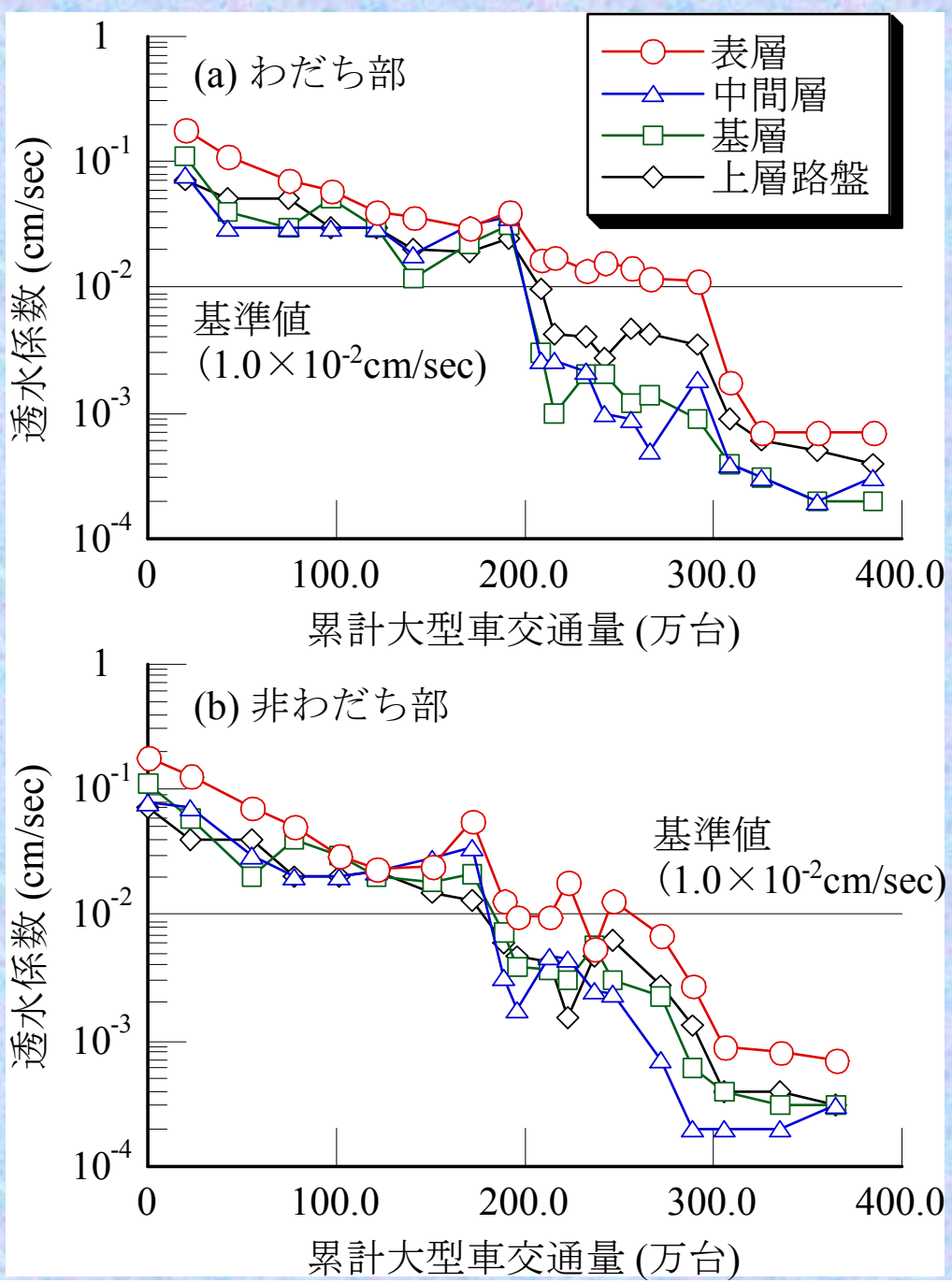
空隙率変化

この辺りが
目詰まりしていく

	経過月数		経過月数		経過月数
	施工直後		42ヶ月		88ヶ月
	6ヶ月		49ヶ月		99ヶ月
	15ヶ月		54ヶ月		111ヶ月
	19ヶ月		62ヶ月		126ヶ月
	24ヶ月		66ヶ月		139ヶ月
	30ヶ月		73ヶ月		
	37ヶ月		77ヶ月		



大型車交通量と透水係数の関係

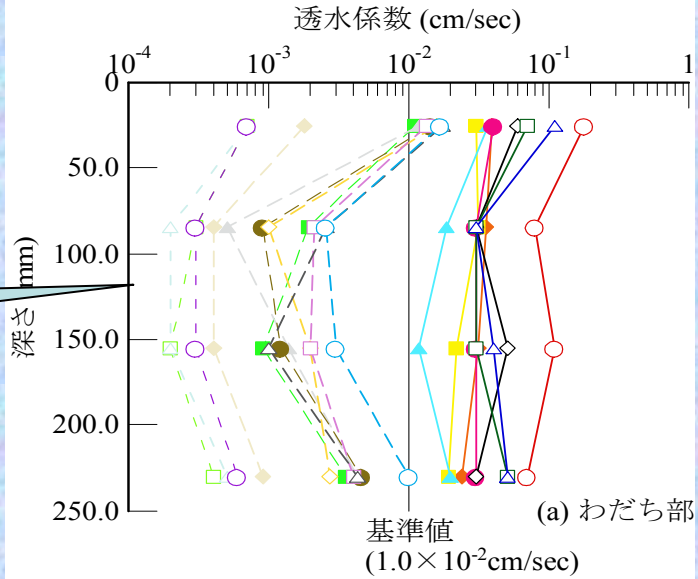


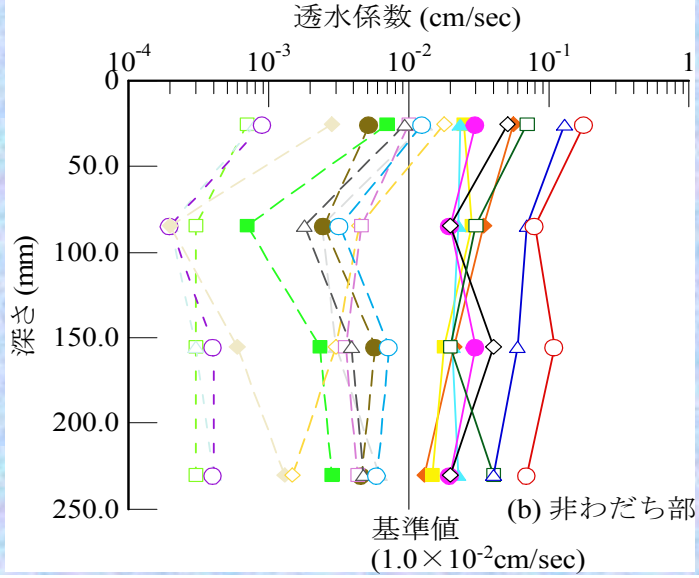
透水係数の変化

この辺りが
目詰まりしていく

2重水面の可能性？

経過月数	経過月数	経過月数
施工直後	42ヶ月	88ヶ月
6ヶ月	49ヶ月	99ヶ月
15ヶ月	54ヶ月	111ヶ月
19ヶ月	62ヶ月	126ヶ月
24ヶ月	66ヶ月	139ヶ月
30ヶ月	73ヶ月	
37ヶ月	77ヶ月	





- 京都議定書の発効：国をあげての地球温暖化対策元年.
  1990年の時点より6%減らすことが目標.
  この数年の間にも国内のCO2排出量は増える一方で,
  02年比だと14%減らす必要がある.

- 2003年：特定都市河川浸水被害対策法
  雨水貯留浸透施設による流域水害対策計画の策定義務

↓

ますます透水性舗装が注目される背景となっていく.

本プロジェクトの成果をとりまとめたCD-Rを参照してください. これまでの活動の成果をまとめております.

問い合わせ先：

京都大学大学院　工学研究科　都市環境工学専攻

大西研究室　京大のHPで連絡先をご確認ください