

## 武庫川における流量確率の検討

### 1. 目的

武庫川における基本高水流量の設定において流量確率の算定を行い、計画規模 1/100 での流量の参考値とする。

### 2. 前提条件と検討ケース

武庫川においては実測流量観測データに乏しく、実測データでの確率処理は現時点では困難である。また、河川の流量は、流域の土地利用状況変化、流域内の貯留施設・河道・洪水調節施設の整備状況、ならびに河川氾濫や流域での浸水状況に大きく依存し、実測流量観測データは同条件でのデータとは言えない。

このため、各洪水の実績流量は基本高水検討に用いている流出モデル(準線形貯留型モデル)に、実績雨量を入力し算定されたピーク流量を用いる。

算定条件は以下のとおりである。

- 雨量確率による基本高水検討と同様に、土地利用は将来土地利用とした。
- 時間雨量が存在する昭和 31 年～平成 16 年の 49 カ年の雨量データを用いた。

また、準線形貯留型モデルにより流出計算を実施する場合には、雨量確率による基本高水検討と同様、損失高を設定する必要がある。ここでは、損失高として、以下の 2 ケースを設定する。

ケース 1・・・雨量確率による基本高水設定と同様に、飽和雨量  $R_{sa}$  は損失高が 43mm となる様に設定した。

ケース 2・・・ケース 1 よりも実際の流量に近い設定とした。前期雨量(洪水前 4 日間雨量)と損失高の関係からの相関式を設定した。

表-2.1 損失高の設定手法

ケース		飽和雨量の設定手法
ケース1	損失高 43mm	雨量確率による基本高水設定において用いている損失高43mmから設定した。
ケース2	相関式	定数解析を実施した洪水は再現 $R_{sa}$ を、その他洪水は前期雨量(4日間)と損失高との相関式から設定した。

表-2.2 準線形貯留型モデルの流域定数

	市街地	畑	水田	ゴルフ場	池	山林
一次流出率：f1	0.80	0.30	0.00	0.30	0.00	0.30
飽和後流出率：f s a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
角屋定数：C	60	210	800	190	800	290

：池は水田と同じ値を使用

### 3. 条件設定

#### 3.1 損失高の設定

##### 3.1.1 ケース 1 (損失高 43mm)

基本高水検討に用いている損失高 43mm から各地目の飽和雨量 Rsa を設定した。各地目の飽和雨量 Rsa の算定式は以下の通りである。

$$\text{各地目 Rsa} = \text{各地目 Rsa 標準値} \times \frac{\text{青野ダム地点実績損失高 43mm (実績の流域平均損失高を表している)}}{\text{Rsa 標準値を用いた場合の損失高}}$$

##### 3.1.2 ケース 2 (相関式)

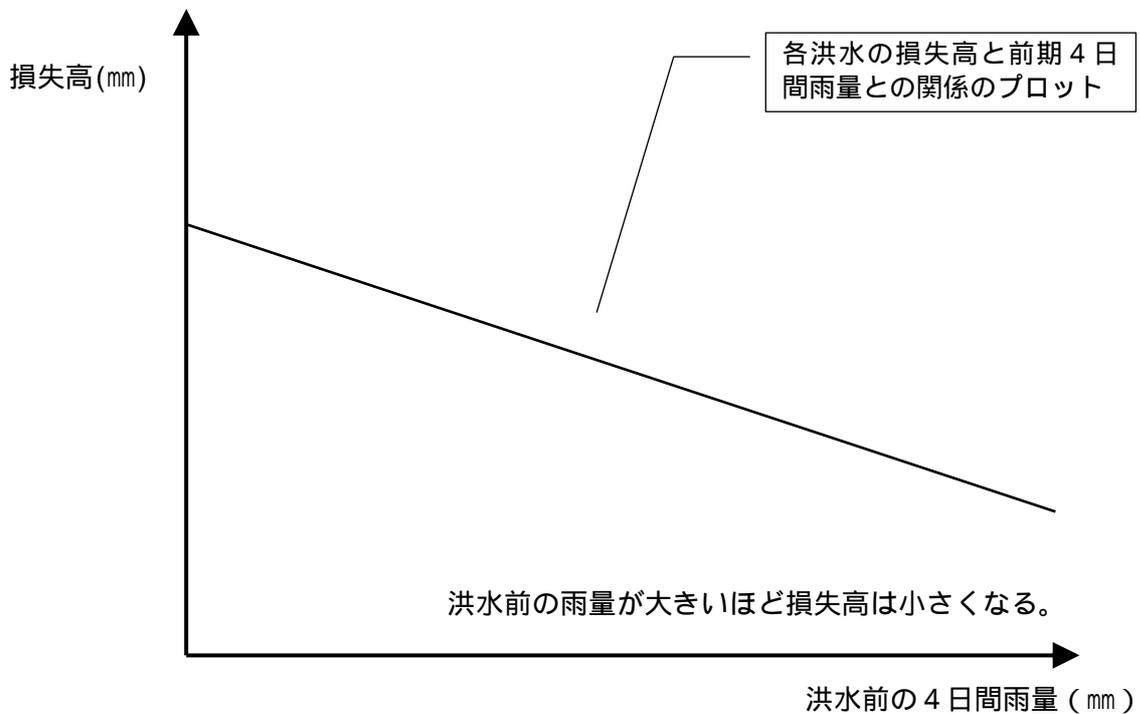
ケース 1 より実績の流量に近づけるために、洪水毎に損失高を設定した。損失高の設定は、青野ダム流域と千苅ダム流域における前期雨量と実績損失高による相関式から飽和雨量を推定する方法を採用した（青野ダムと千苅ダムは流量の管理記録が存在するため）。前期雨量と流域の損失高は相関関係があると考えられ（前期雨量が多いと損失高は小さくなる）、実績雨量および流量データ（S63～H16）より相関式を作成した。前期降雨は相関の良好な 4 日雨量との関係を用いた。なお、定数解析を実施している洪水については、再現 Rsa を用いている。

#### 【流量確率算定における一般的事項】

- 流出モデルによる計算値を用いて流量確率を算定する場合には、実測流量を再現できた定数（飽和雨量）を用いるのが通例である。
- しかし、実測流量が不明で、再現計算が不可能な場合には、飽和雨量を何らかの仮定で推定する必要がある。飽和雨量を仮定する手法は幾つか（前期降雨と Rsa の相関、洪水初期流量と Rsa の相関など）存在するが、前期降雨と Rsa の相関式を用いる場合が最も多い。
- 計画飽和雨量が用いられることはほとんど無い。

表-3.1 前期雨量と損失高の相関式

青野ダム地点の損失高相関式 $\text{損失高} = -0.2030 \times {}_4R_{\text{青野ダム}} + 48.168$
千苺ダム地点の損失高相関式 $\text{損失高} = -0.2311 \times {}_4R_{\text{千苺ダム}} + 44.257$
ここに、 R : 前期雨量累加 日 $R_{x \times}$ : $x \times$ 地点流域平均雨量 (mm)
甲武橋地点の損失高 $\text{損失高} = (\text{青野 Rsa} \times \text{青野 A} + \text{千苺 Rsa} \times \text{千苺 A}) / (\text{青野 A} + \text{千苺 A})$
ここに、ダム Rsa : 相関式による推定 Rsa (mm) (検証 Rsa があればそちらを採用) A : 流域面積 (km <sup>2</sup> )



前期雨量と損失高の相関式のイメージ

#### 4. 算定結果

流量確率の算定結果を下表に示す。流量の範囲は適合性の良い (SLSC < 0.04) 各確率計算手法において算出された結果の範囲を表している。

表-4.1 甲武橋地点の確率流量 (1/100)

ケース	SLSC < 0.04の手法 (m <sup>3</sup> /s)	SLSC > 0.04の分布
ケース1 (損失高43mm)	3,147 ~ 4,261	無し
ケース2 (相関式)	3,399 ~ 4,665	無し

SLSC (標準最小二乗規準) は確率計算手法の適合度を表わす指標であり、標本 (データ) の広がり (分布) に対する確率計算値の誤差の割合を示したものである。SLSC は小さい値ほど適合度がよく、標本数が 40 程度あれば SLSC < 0.04 をひとつの規準として考えるのが妥当である。

ケース1 (損失高43mm)の場合の確率計算結果一覧表

確率年	毎年度 (昭和31年~平成16年、標本数N=49)										非毎年度 (N=49)					
	指数分布 Exp	ガンベル分布 Gumbel	平方根指数型 最大値分布 SqrtEt	一般化 極値分布 Gev	対数ピアソン 3型(美敷空間)			対数正規分布 フォントアル法			2母数対数正規分布 L種率法		指数分布 Lexp	一服化 ハレート分布 Gp	GF指数分布 GpExp	
					LP3rs	LogP3	Ln30	Ln3Pll	Ln3Pll	Ln2LM	Ln2Pll	Ln2LM				Ln2Pll
X-COR(99%)	0.986	0.991	0.986	0.99	0.993	0.992	0.989	0.992	0.992	0.992	0.984	0.985	0.991	0.988	0.991	
P-COR(99%)	0.984	0.996	0.997	0.998	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996	
SLSC(99%)	0.034	0.028	0.026	0.024	0.028	0.018	0.020	0.021	0.026	0.022	0.022	0.022	0.029	0.029	0.031	
対数尤度	-374.4	-384.2	-382.7	-383.3	-382.6	-382.2	-382.5	-382.2	-382.7	-383.3	-382.6	-382.5	-362.1	-360.5	-360.5	
pALC	752.7	772.3	769.4	772.5	771.3	770.5	771.4	772.4	771.4	772.6	769.1	769.1	727.1	724.9		
X-COR(50%)	0.983	0.985	0.974	0.978	0.989	0.992	0.977	0.984	0.984	0.984	0.974	0.974	0.983	0.978	0.983	
P-COR(50%)	0.993	0.992	0.994	0.993	0.991	0.997	0.993	0.992	0.993	0.992	0.994	0.994	0.992	0.992	0.992	
SLSC(50%)	0.05	0.05	0.048	0.044	0.054	0.036	0.039	0.045	0.041	0.046	0.044	0.044	0.046	0.039	0.05	

確率年	毎年度 (昭和31年~平成16年、標本数N=49)										非毎年度 (N=49)					
	指数分布 Exp	ガンベル分布 Gumbel	平方根指数型 最大値分布 SqrtEt	一般化 極値分布 Gev	対数ピアソン 3型(美敷空間)			対数正規分布 フォントアル法			2母数対数正規分布 L種率法		指数分布 Lexp	一服化 ハレート分布 Gp	GF指数分布 GpExp	
					LP3rs	LogP3	Ln30	Ln3Pll	Ln3Pll	Ln2LM	Ln2Pll	Ln2LM				Ln2Pll
2	899	1018	947	977	1006	965	954	1000	980	1002	939	939	957	988	969	
3	1209	1314	1237	1262	1323	1263	1248	1266	1294	1294	1242	1242	1276	1259	1278	
5	1600	1643	1597	1598	1670	1619	1606	1620	1600	1624	1623	1609	1631	1606	1622	
10	2131	2058	2105	2050	2082	2091	2099	2043	2040	2045	2160	2132	2078	2063	2054	
20	2661	2455	2444	2455	2444	2563	2613	2455	2453	2453	2690	2506	2506	2522	2469	
30	2972	2684	2986	2802	2638	2842	2927	2745	2745	2691	2696	3036	2753	2796	2707	
50	3362	2909	3432	3174	2865	3197	3338	3000	3082	2991	3569	3494	3061	3148	3005	
80	3722	3231	3865	3533	3059	3529	3733	3284	3399	3270	4032	3940	3343	3482	3278	
100	3893	3355	4078	3709	3147	3688	3927	3419	3688	3403	4261	4160	3476	3643	3407	
150	4203	3580	4478	4038	3299	3980	4290	3668	3837	3647	4633	4574	3719	3942	3642	
200	4423	3739	4772	4280	3401	4190	4556	3847	4042	3822	5012	4880	3891	4159	3808	

ケース2 (相関式)の場合の確率計算結果一覧表

確率年	毎年度 (昭和31年~平成16年、標本数N=49)										非毎年度 (N=49)					
	指数分布 Exp	ガンベル分布 Gumbel	平方根指数型 最大値分布 SqrtEt	一般化 極値分布 Gev	対数ピアソン 3型(美敷空間)			対数正規分布 フォントアル法			2母数対数正規分布 L種率法		指数分布 Lexp	一服化 ハレート分布 Gp	GF指数分布 GpExp	
					LP3rs	LogP3	Ln30	Ln3Pll	Ln3Pll	Ln2LM	Ln2Pll	Ln2LM				Ln2Pll
X-COR(99%)	0.987	0.99	0.987	0.991	0.992	0.992	0.99	0.992	0.992	0.992	0.984	0.985	0.988	0.988	0.988	
P-COR(99%)	0.985	0.997	0.996	0.998	0.998	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.996	0.996	0.995	0.995	0.995	
SLSC(99%)	0.034	0.029	0.026	0.024	0.029	0.018	0.020	0.021	0.025	0.025	0.023	0.023	0.034	0.035	0.033	
対数尤度	-378	-387.8	-386.3	-386.9	-386.1	-385.7	-386.1	-386.6	-386.2	-386.7	-386.2	-386.1	-362.6	-362.9	-362.9	
pALC	759.9	779.6	776.5	779.9	778.1	777.5	778.1	779.3	778.4	779.5	776.3	776.3	729.2	731.8	729.9	
X-COR(50%)	0.983	0.983	0.978	0.981	0.983	0.992	0.98	0.983	0.983	0.983	0.977	0.978	0.981	0.981	0.981	
P-COR(50%)	0.992	0.993	0.993	0.994	0.991	0.997	0.993	0.994	0.994	0.994	0.993	0.993	0.989	0.989	0.989	
SLSC(50%)	0.051	0.051	0.049	0.043	0.049	0.04	0.043	0.043	0.042	0.043	0.052	0.051	0.055	0.048	0.054	

確率年	毎年度 (昭和31年~平成16年、標本数N=49)										非毎年度 (N=49)					
	指数分布 Exp	ガンベル分布 Gumbel	平方根指数型 最大値分布 SqrtEt	一般化 極値分布 Gev	対数ピアソン 3型(美敷空間)			対数正規分布 フォントアル法			2母数対数正規分布 L種率法		指数分布 Lexp	一服化 ハレート分布 Gp	GF指数分布 GpExp	
					LP3rs	LogP3	Ln30	Ln3Pll	Ln3Pll	Ln2LM	Ln2Pll	Ln2LM				Ln2Pll
2	942	1069	991	1030	1051	1010	1003	1044	1023	1047	979	979	1065	1065	1062	
3	1276	1388	1304	1338	1391	1333	1319	1355	1332	1359	1307	1307	1387	1391	1387	
5	1697	1743	1694	1699	1767	1718	1702	1712	1716	1716	1706	1706	1746	1752	1749	
10	2267	2189	2244	2182	2217	2230	2227	2172	2177	2174	2282	2282	2198	2201	2203	
20	2838	2616	2833	2678	2616	2741	2772	2625	2664	2623	2953	2901	2631	2627	2639	
30	3172	2862	3199	2979	2831	3043	3104	2890	2955	2886	3286	3286	2880	2870	2880	
50	3593	3170	3685	3372	3084	3426	3539	3228	3330	3219	3885	3800	3192	3172	3204	
80	3980	3451	4155	3748	3451	3784	3956	3543	3685	3529	4407	4301	3477	3446	3491	
100	4164	3585	4387	3932	3399	3955	4160	3695	3857	3678	4665	4550	3612	3576	3627	
150	4498	3827	4822	4276	3570	4269	4541	3973	3951	3951	5154	5018	3857	3809	3874	
200	4735	3998	5142	4527	3686	4494	4820	4174	4406	4147	5516	5365	4030	3974	4049	

【グンベル確率紙】

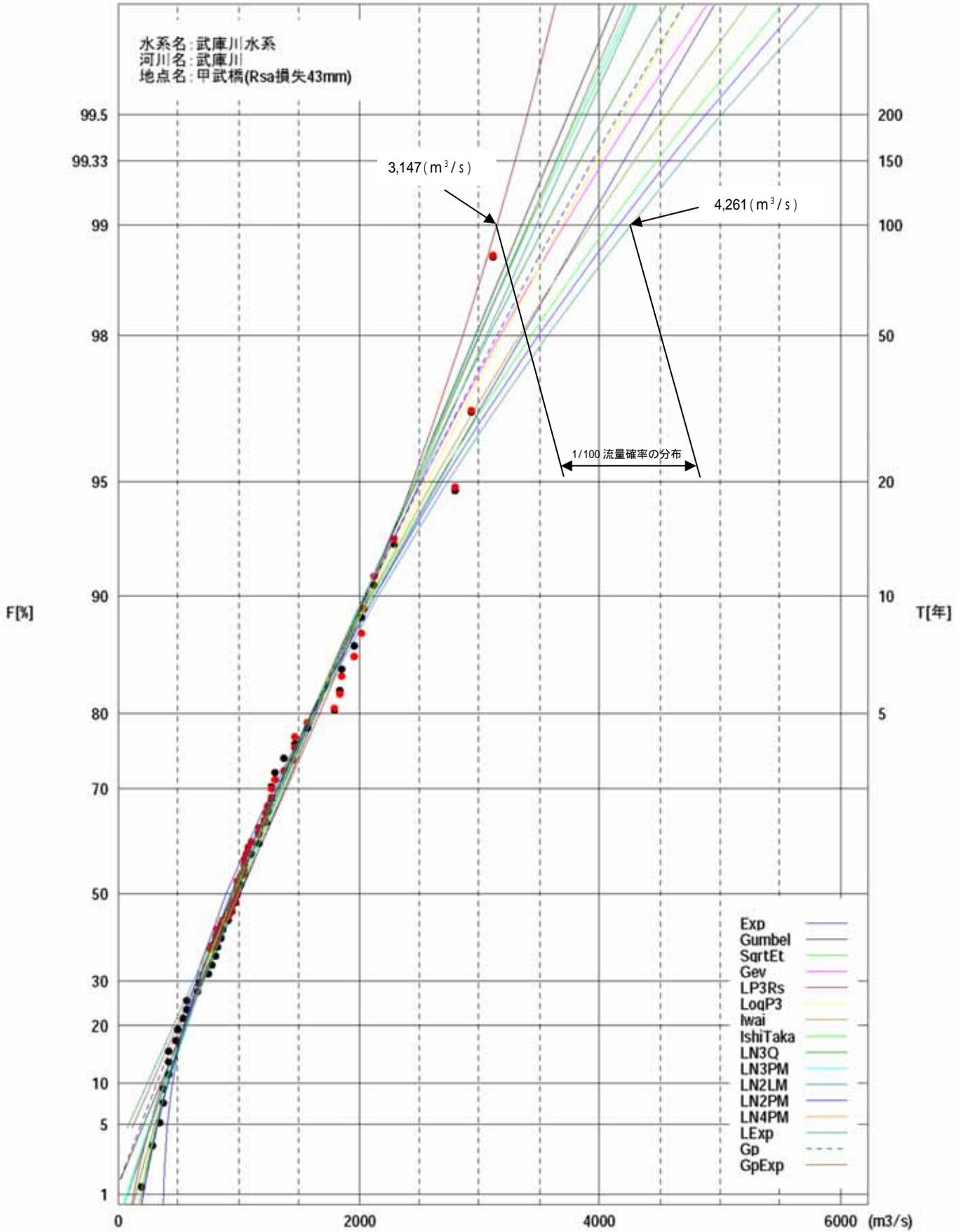


図-3.1 流量確率分布図 (将来土地利用、ケース1 損失 43mm)

【グンベル確率紙】

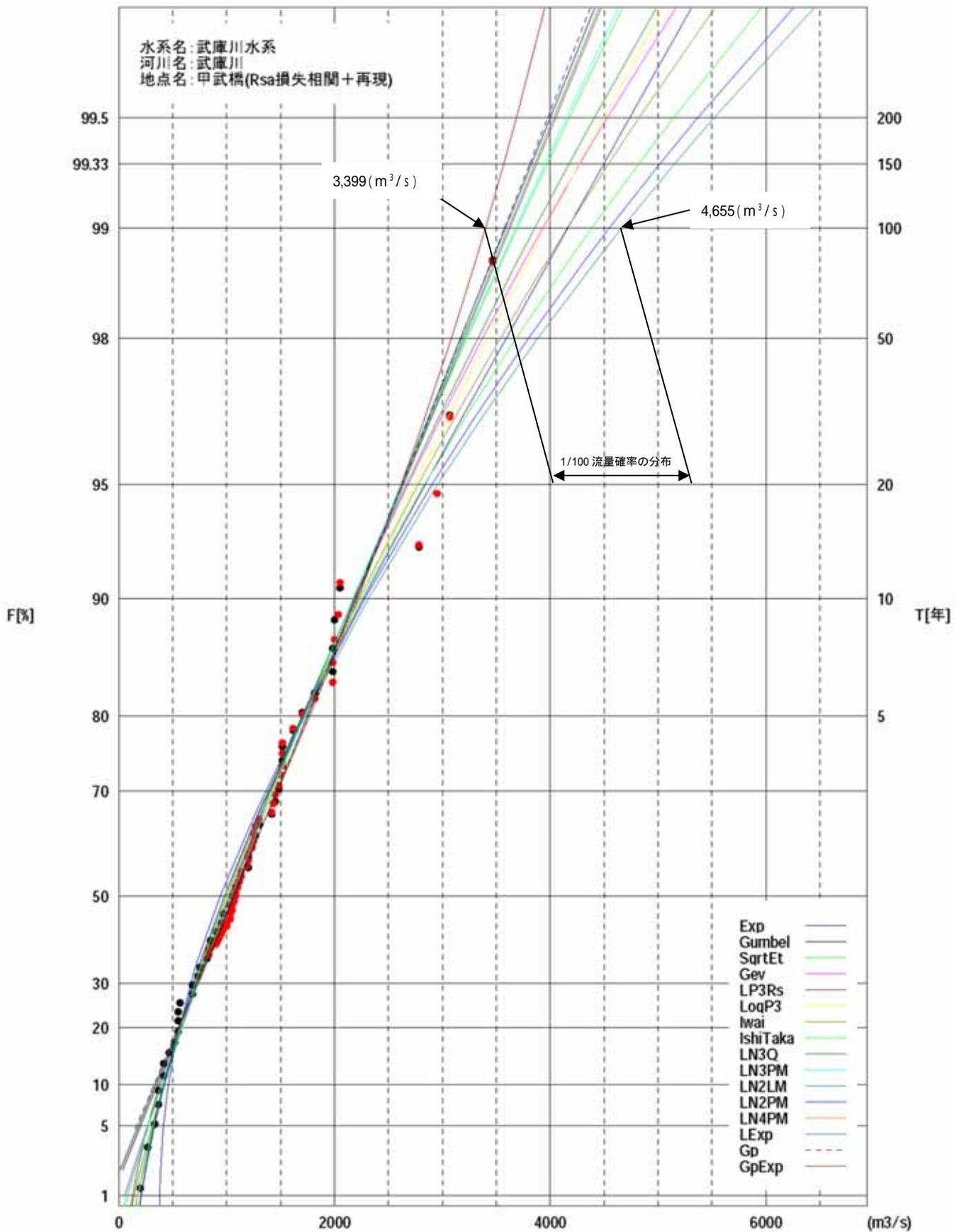


図-3.2 流量確率分布図 (将来土地利用、ケース2 相関式)