

## 4. 代表的な基準雨量設定手法の計算例

### 4.1. 取り扱う災害事例

計算例で用いる災害事例は、表 4.1 のとおりであり、長雨・断続型の降雨と集中豪雨型の降雨に大別される。

表 4.1 取り扱う災害事例

降雨型	地域	代表雨量観測所	整理番号	現象名 (数字は箇所数)	発生年月日時
長 雨 ・ 断 続 型	鹿児島	鹿児島(気)	1	がけ崩れ 1	1993/07/02 03:00
			2	がけ崩れ 4	1993/08/06 18:00
	福 島	西郷村役場	3	がけ崩れ 1	1998/08/27 04:00
			4	がけ崩れ 3・土石流 1	1998/08/27 05:00
			5	がけ崩れ 1	1998/08/27 06:00
			6	がけ崩れ 1	1998/08/27 07:00
			7	がけ崩れ 1	1998/08/27 08:00
			8	がけ崩れ 1	1998/08/27 15:00
			9	がけ崩れ 1	1998/08/27 20:00
			10	土石流 1	1998/08/27 21:00
集 中 豪 雨 型	広 島	魚切ダム	11	土石流 8、がけ崩れ 1	1999/06/29 15:00
			12	土石流 2	1999/06/29 16:00
	岐 阜	河合(気)	13	土石流 2	1999/09/15 12:00

注 1：発生時刻は、分単位で判明しているが、簡単のため直近の正時を用いている。

注 2：災害事例は代表雨量観測所より約 5km 内の事例である。

## 4.2. 降雨指標の計算例

基準雨量の設定は、過去の発生・非発生降雨をもとに検討するものであるが、ここでは一降雨における災害事例を取り扱うため、一連の降雨期間（前後24時間無降雨を有する期間）内におけるスネークラインの計算例やそれに基づく発生危険基準線の設定例を示す。

なお、計算例はマイクロソフト社の表計算ソフト（エクセル）上での計算例として示す。

### 4.2.1. A案・B案

#### (1) 前期実効雨量の計算

A案・B案における前期実効雨量は、一連の降雨の降り始め時刻・降り終わり時刻を特定したのち、降り始め以前の雨量を24時間ごとに区切り、その積算値（24時間雨量）をもとに、下図のように計算する。

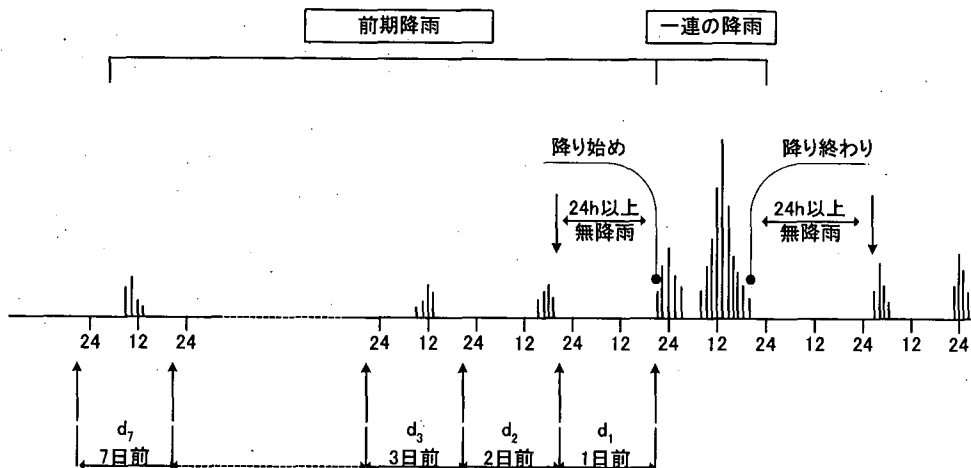


図 4.1 一連の降雨と前期降雨の概念（再掲）

Microsoft Excel - 計算例の表											
前期実効雨量の計算											
=E14*0.5+I14*0.25+G14*0.125+H14*0.0625+J14*0.03125+K14*0.015625											
=0.5*(4/1)											
		一連の降雨期間		前期24時間雨量(下段は半減期1日とした場合の減少係数)mm							前期実効雨量
地域名	代表雨量観測所名	降り始め	降り終わり	1日前	2日前	3日前	4日前	5日前	6日前	7日前	mm
鹿児島	鹿児島(気)	1993/06/30/04:00	1993/07/02/19:00	0	32	0	70	74	0	16	14.81
		1993/08/05/16:00	1993/08/06/22:00	0	12	2	3	88	173	12	8.98
福島	西郷村役場	1988/08/26/17:00	1988/08/01/14:00	0	0	0	0	0	0	0	0.00
広島	魚切ダム	1999/06/29/00:00	1999/07/01/00:00	0	31	36	7	66	21	0	15.08
岐阜	河合(気)	1999/08/14/17:00	1999/08/16/16:00	0	0	0	6	0	0	12	0.47

図 4.2 前期実効雨量の計算例（降り始めから7日前までの例）

(2) 時刻別降雨指標の計算

スネークラインを作図するもとなる時刻別降雨指標の計算例について示す。

有効雨量強度は、降り始めから最初に 4mm/h 以上を記録した時刻（変曲点A）を特定したのち、変曲点Aからの時間数と降り始めからの連続雨量をもとに下図のように計算する。

実効雨量は、前項で求めた前期実効雨量を初期値として、下図のように時間雨量との累積値として計算する。

年月日時	時間雨量 mm	変曲点A からの時間数	有効雨量強度 mm/h	降始めから 連続雨量mm	A案・B案 実効雨量mm	前期実効雨量
1999/06/28/ 23:00	0.0	-	0.0	0.0	15.1	
1999/06/29/ 00:00	1.0	-	0.0	1.0	16.1	← 降り始め時刻
1999/06/29/ 01:00	2.0	-	0.0	3.0	18.1	
1999/06/29/ 02:00	4.0	1.0	4.0	7.0	22.1	← 変曲点A
1999/06/29/ 03:00	2.0	2.0	3.0	9.0	24.1	
1999/06/29/ 04:00	3.0	3.0	3.0	12.0	27.1	← 最初4mm/h以上を記録した時刻からの時間数
1999/06/29/ 05:00	9.0	4.0	4.5	21.0	38.1	= (E15 - \$E\$7) / C15
1999/06/29/ 06:00	10.0	5.0	5.9	31.0	46.1	
1999/06/29/ 07:00	8.0	6.0	6.0	39.0	54.1	
1999/06/29/ 08:00	4.0	7.0	5.7	43.0	58.1	= E14 + B15
1999/06/29/ 09:00	1.0	8.0	5.1	44.0	59.1	
1999/06/29/ 10:00	3.0	9.0	4.9	47.0	62.1	= F14 + B15
1999/06/29/ 11:00	12.0	10.0	5.6	59.0	74.1	
1999/06/29/ 12:00	19.0	11.0	6.8	78.0	93.1	
1999/06/29/ 13:00	29.0	12.0	8.7	107.0	122.1	
1999/06/29/ 14:00	41.0	13.0	11.2	148.0	163.1	
1999/06/29/ 15:00	63.0	14.0	14.9	211.0	226.1	← かけ崩れ(1箇所)、土石流(8箇所)
1999/06/29/ 16:00	37.0	15.0	16.3	248.0	263.1	← 土石流(2箇所)
1999/06/29/ 17:00	7.0	16.0	15.8	255.0	270.1	
1999/06/29/ 18:00	0.0	17.0	14.8	255.0	270.1	← 変曲点B
1999/06/29/ 19:00	0.0	18.0	14.0	255.0	270.1	
1999/06/29/ 20:00	0.0	19.0	13.3	255.0	270.1	
1999/06/29/ 21:00	0.0	20.0	12.6	255.0	270.1	
1999/06/29/ 22:00	0.0	21.0	12.0	255.0	270.1	
1999/06/29/ 23:00	0.0	22.0	11.5	255.0	270.1	
1999/06/30/ 00:00	1.0	23.0	11.0	256.0	271.1	
1999/06/30/ 01:00	0.0	24.0	10.5	256.0	271.1	
1999/06/30/ 02:00	0.0	25.0	10.1	256.0	271.1	
1999/06/30/ 03:00	0.0	26.0	9.7	256.0	271.1	
1999/06/30/ 04:00	0.0	27.0	9.4	256.0	271.1	
1999/06/30/ 05:00	0.0	28.0	9.0	256.0	271.1	
1999/06/30/ 06:00	0.0	29.0	8.7	256.0	271.1	
1999/06/30/ 07:00	0.0	30.0	8.4	256.0	271.1	
1999/06/30/ 08:00	0.0	31.0	8.2	256.0	271.1	
1999/06/30/ 09:00	0.0	32.0	7.9	256.0	271.1	
1999/06/30/ 10:00	0.0	33.0	7.7	256.0	271.1	
1999/06/30/ 11:00	0.0	34.0	7.4	256.0	271.1	
1999/06/30/ 12:00	0.0	35.0	7.2	256.0	271.1	
1999/06/30/ 13:00	0.0	36.0	7.0	256.0	271.1	
1999/06/30/ 14:00	0.0	37.0	6.8	256.0	271.1	
1999/06/30/ 15:00	0.0	38.0	6.7	256.0	271.1	
1999/06/30/ 16:00	0.0	39.0	6.5	256.0	271.1	
1999/06/30/ 17:00	0.0	40.0	6.3	256.0	271.1	
1999/06/30/ 18:00	0.0	41.0	6.2	256.0	271.1	
1999/06/30/ 19:00	0.0	42.0	6.0	256.0	271.1	
1999/06/30/ 20:00	0.0	43.0	5.9	256.0	271.1	
1999/06/30/ 21:00	0.0	44.0	5.8	256.0	271.1	
1999/06/30/ 22:00	0.0	45.0	5.6	256.0	271.1	
1999/06/30/ 23:00	0.0	46.0	5.5	256.0	271.1	
1999/07/01/ 00:00	0.0	47.0	5.4	256.0	271.1	← 降り終わり

図 4.3 時刻別降雨指標の計算例 (広島災害を例として)

#### 4.2.2. 矢野案・提言案

矢野案や提言案における実効雨量は、降り始めや変曲点などの特定作業を必要とせず、極めて簡単な算式で計算できる（下図）。

なお、下図において最初の時刻（6/28 23:00）の実効雨量は、それ以前の降雨データより連続的に計算された結果である。

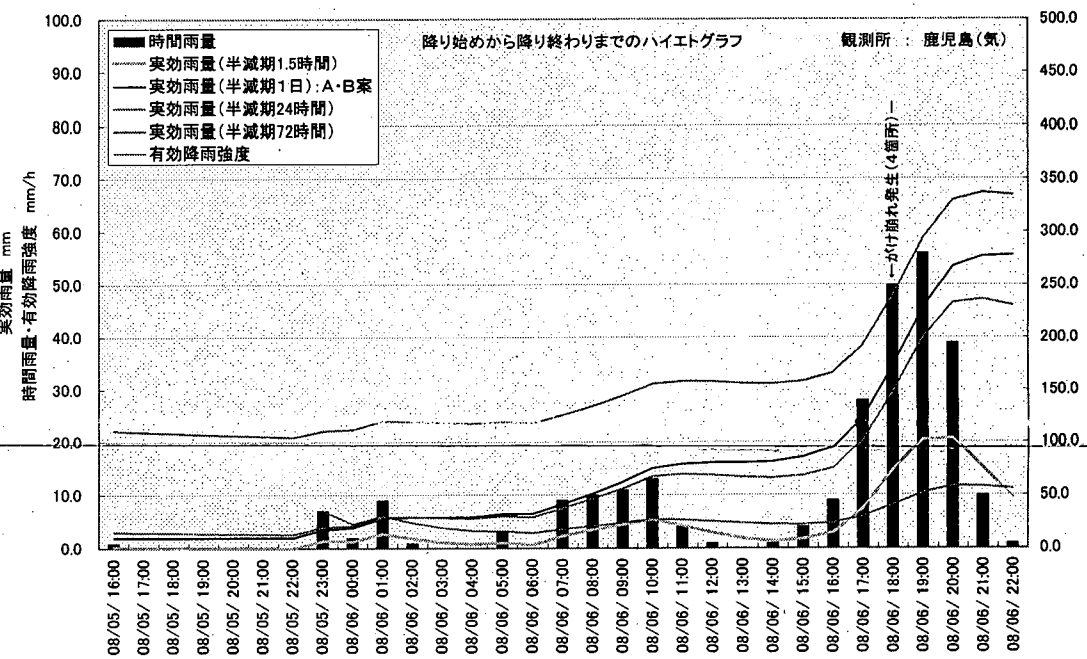
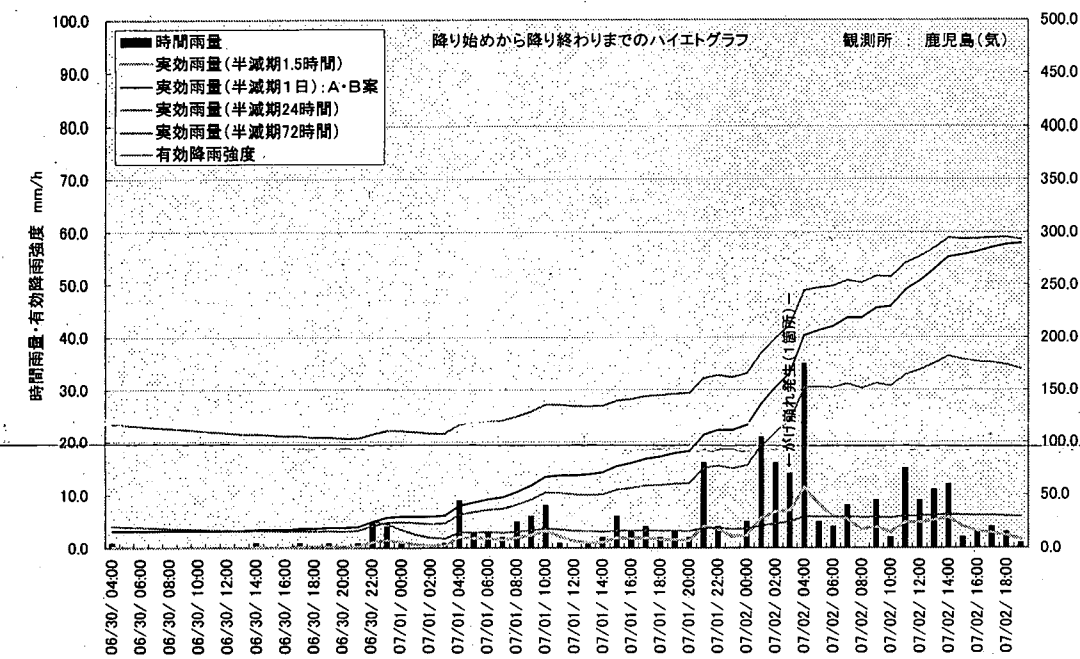
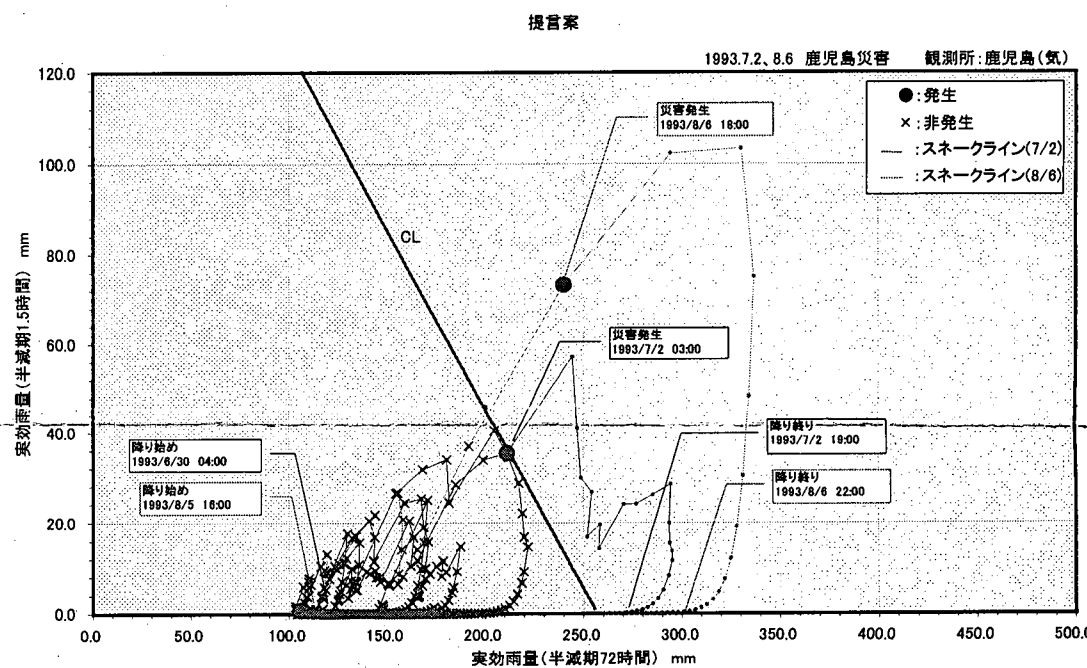
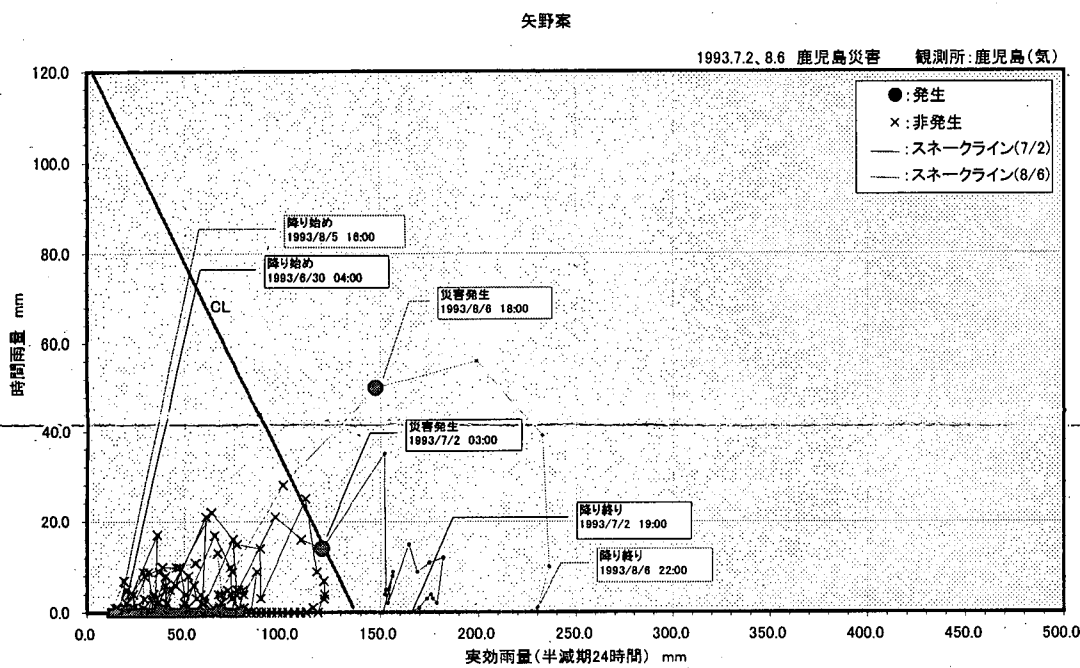
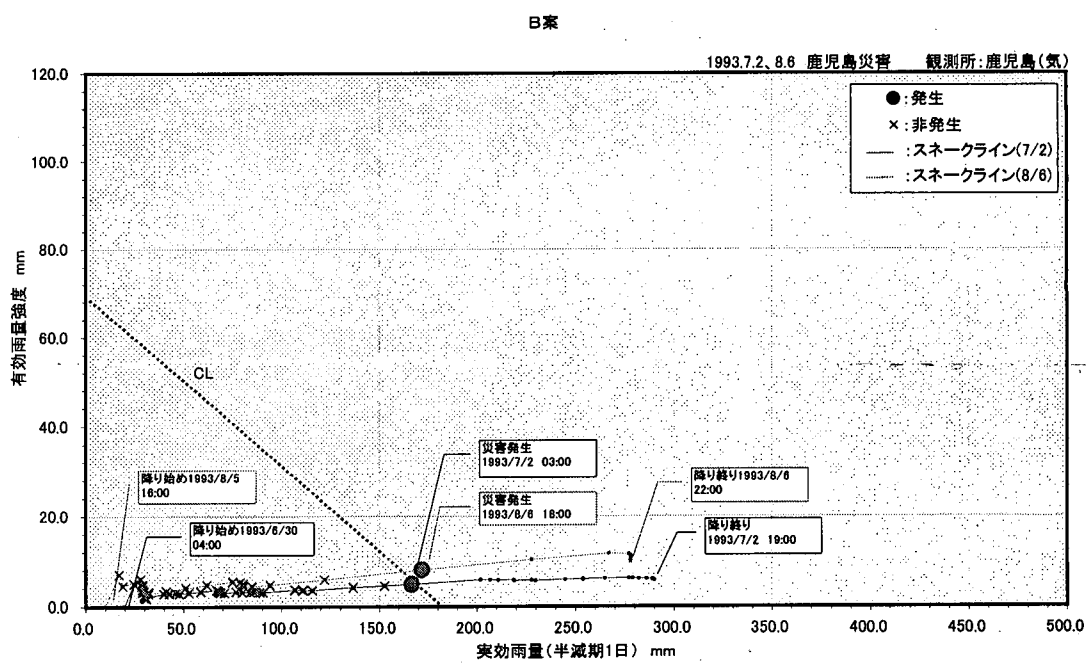
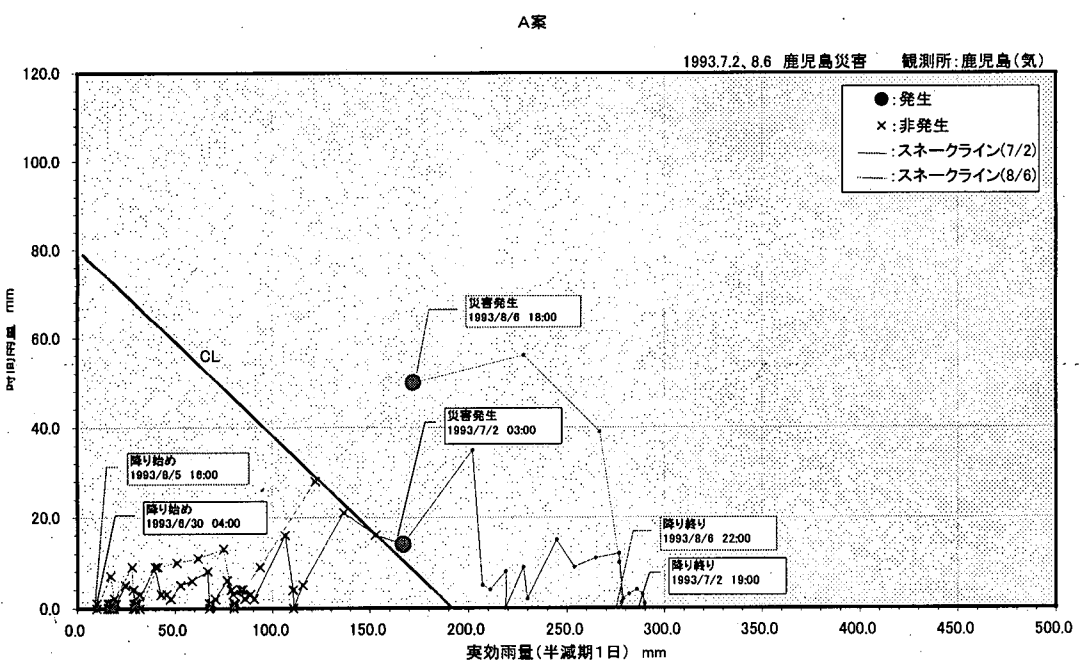
年月日時	時間雨量 mm	実効雨量(下段は半減期(時間)を表す) mm										
		1.0	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	24.0	48.0	72.0
1999/06/28/ 23:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	2.4	4.3	20.6	52.6	74.7
1999/06/29/ 00:00	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.9	3.2	5.0	21.0	52.9	0.0
1999/06/29/ 01:00	2.0	2.5	2.6	2.7	2.9	3.1	3.8	5.0	6.8	22.4	54.1	2.0
1999/06/29/ 02:00	4.0	5.3	5.7	5.9	6.4	6.8	7.5	8.7	10.4	25.8	57.3	6.0
1999/06/29/ 03:00	2.0	4.6	5.6	6.2	7.4	8.0	8.8	10.1	11.8	27.0	58.5	7.9
1999/06/29/ 04:00	3.0	5.3	6.5	7.4	9.2	10.1	11.1	12.4	14.1	29.3	60.7	10.8
1999/06/29/ 05:00	9.0	11.7	13.1	14.2	16.7	18.0	19.2	20.6	22.3	37.4	68.8	19.7
1999/06/29/ 06:00	10.0	15.8	18.3	20.0	24.1	26.1	27.6	29.2	31.1	46.4	77.8	29.6
1999/06/29/ 07:00	6.0	15.9	19.5	22.2	28.2	31.2	33.3	35.3	37.3	53.0	84.7	37.3
1999/06/29/ 08:00	4.0	12.0	16.3	19.7	27.8	31.8	34.5	36.9	39.2	55.5	87.5	40.9
1999/06/29/ 09:00	1.0	7.0	11.3	14.9	24.3	29.3	32.7	35.4	38.0	54.9	87.2	41.5
1999/06/29/ 10:00	3.0	6.5	10.1	13.5	23.5	29.1	33.0	36.1	38.9	56.4	89.0	44.1
1999/06/29/ 11:00	12.0	15.2	18.4	21.6	31.7	38.0	42.2	45.6	48.7	66.8	99.7	55.7
1999/06/29/ 12:00	18.0	26.6	30.6	34.3	45.7	52.8	57.7	61.6	65.0	83.9	117.3	74.2
1999/06/29/ 13:00	29.0	42.3	48.3	53.2	67.4	76.1	81.9	86.5	90.3	110.5	144.6	102.5
1999/06/29/ 14:00	41.0	62.2	71.4	78.6	97.7	108.8	116.1	121.7	126.3	148.3	183.5	142.5
1999/06/29/ 15:00	63.0	94.1	108.0	118.6	145.1	159.9	169.5	176.5	182.2	207.1	243.9	204.1
1999/06/29/ 16:00	37.0	84.0	105.0	120.9	159.1	179.5	192.4	201.7	209.0	238.2	277.4	239.2
1999/06/29/ 17:00	7.0	49.0	73.2	92.5	140.7	166.9	183.5	195.2	204.2	238.4	280.4	243.9
1999/06/29/ 18:00	0.0	24.5	46.1	65.4	118.4	146.7	168.2	182.1	192.8	231.7	276.4	241.5
1999/06/29/ 19:00	0.0	12.3	29.0	46.2	99.5	132.4	154.3	169.9	181.9	225.1	272.4	239.2
1999/06/29/ 20:00	0.0	6.1	18.3	32.7	83.7	118.0	141.5	158.5	171.7	218.7	268.5	236.9
1999/06/29/ 21:00	0.0	3.1	11.5	23.1	70.4	105.1	129.7	147.9	162.1	212.4	264.7	234.7
1999/06/29/ 22:00	0.0	1.5	7.3	16.3	59.2	93.7	119.0	138.0	153.0	206.4	260.9	232.4
1999/06/29/ 23:00	0.0	0.8	4.6	11.6	49.8	83.4	109.1	128.8	144.4	200.5	257.1	230.2
1999/06/30/ 00:00	1.0	1.4	3.9	9.2	42.8	75.3	101.0	121.2	137.3	195.8	254.4	229.0
1999/06/30/ 01:00	0.0	0.7	2.4	6.5	36.0	67.1	92.6	113.0	129.6	180.2	250.8	226.8
1999/06/30/ 02:00	0.0	0.3	1.5	4.6	30.9	59.8	85.0	105.5	122.9	184.8	247.2	224.6
1999/06/30/ 03:00	0.0	0.2	1.0	3.2	25.5	53.3	77.9	98.4	115.5	179.5	243.7	222.5
1999/06/30/ 04:00	0.0	0.1	0.6	2.3	21.4	47.5	71.4	91.8	109.0	174.4	240.2	220.3
1999/06/30/ 05:00	0.0	0.0	0.4	1.6	18.0	42.3	65.5	85.7	102.9	169.5	236.7	218.2
1999/06/30/ 06:00	0.0	0.0	0.2	1.1	15.1	37.7	60.1	79.9	97.1	164.6	233.3	216.1
1999/06/30/ 07:00	0.0	0.0	0.2	0.8	12.7	33.6	55.1	74.6	91.6	160.0	230.0	214.0
1999/06/30/ 08:00	0.0	0.0	0.1	0.6	10.7	29.9	50.5	69.6	86.5	155.4	226.7	212.0
1999/06/30/ 09:00	0.0	0.0	0.1	0.4	9.0	26.6	46.3	64.9	81.6	151.0	223.4	210.0
1999/06/30/ 10:00	0.0	0.0	0.0	0.3	7.6	23.7	42.5	60.6	77.1	146.7	220.2	208.0
1999/06/30/ 11:00	0.0	0.0	0.0	0.2	6.4	21.1	39.0	56.5	72.7	142.5	217.1	206.0
1999/06/30/ 12:00	0.0	0.0	0.0	0.1	5.4	18.8	35.7	52.7	68.7	138.4	214.0	204.0
1999/06/30/ 13:00	0.0	0.0	0.0	0.1	4.5	16.8	32.8	49.2	64.8	134.5	210.9	202.0
1999/06/30/ 14:00	0.0	0.0	0.0	0.1	3.8	14.9	30.0	45.9	61.2	130.7	207.9	200.1
1999/06/30/ 15:00	0.0	0.0	0.0	0.1	3.2	13.3	27.5	42.8	57.7	127.0	204.9	198.2
1999/06/30/ 16:00	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	11.9	25.3	40.0	54.5	123.3	202.0	196.3
1999/06/30/ 17:00	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	10.6	23.2	37.3	51.4	119.8	199.1	194.4
1999/06/30/ 18:00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.4	21.2	34.8	48.5	116.4	196.2	192.5
1999/06/30/ 19:00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	8.4	19.5	32.5	45.8	113.1	193.4	190.7
1999/06/30/ 20:00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	7.5	17.9	30.9	43.2	109.9	190.6	188.9
1999/06/30/ 21:00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	6.7	16.4	28.3	40.8	106.8	187.9	187.1
1999/06/30/ 22:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	5.9	15.0	26.4	38.5	103.7	185.2	185.3
1999/06/30/ 23:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.3	13.8	24.6	36.4	100.8	182.5	183.5
1999/07/01/ 00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.7	12.6	23.0	34.3	97.9	179.9	181.7

図 4.4 矢野・提言案における降雨指標の計算例

#### 4.3. 発生危険基準線の設定例

前項における降雨指標の演算結果より、発生危険基準線（CL）の設定例を以下に示す。

以下では、便宜的に降り始めから発生時刻前までの各時刻を非発生時刻として取り扱うことでCLの設定を行ったものである。



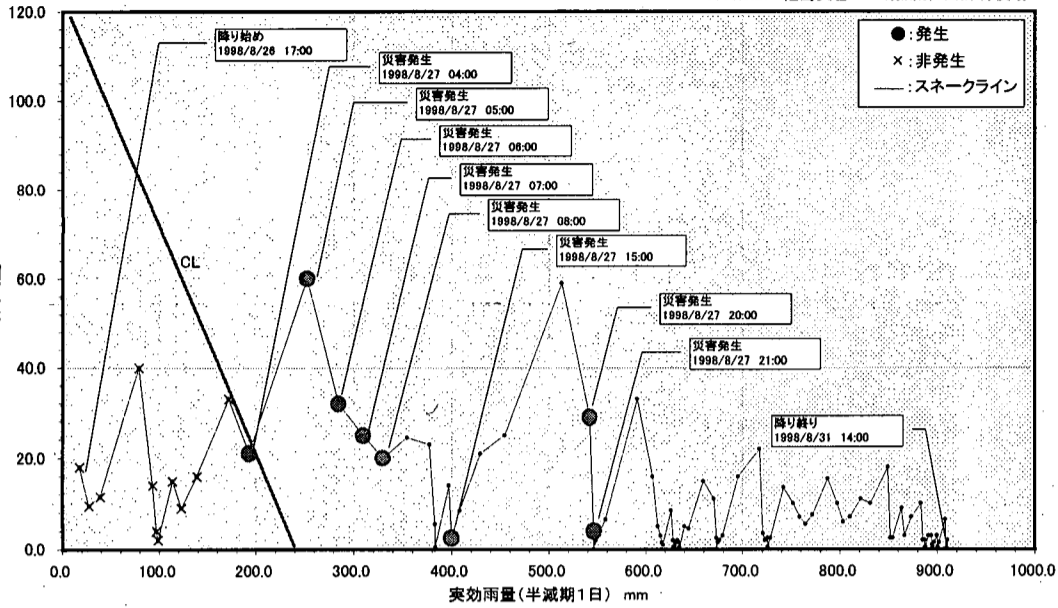
注1: A案は便宜的にXY軸の時刻を揃えて図示している。  
 注2: 非発生は便宜的に降り始めから発生時刻前までの各時刻としている。

図 4.5 発生危険基準線設定図(平成5年 鹿児島災害)



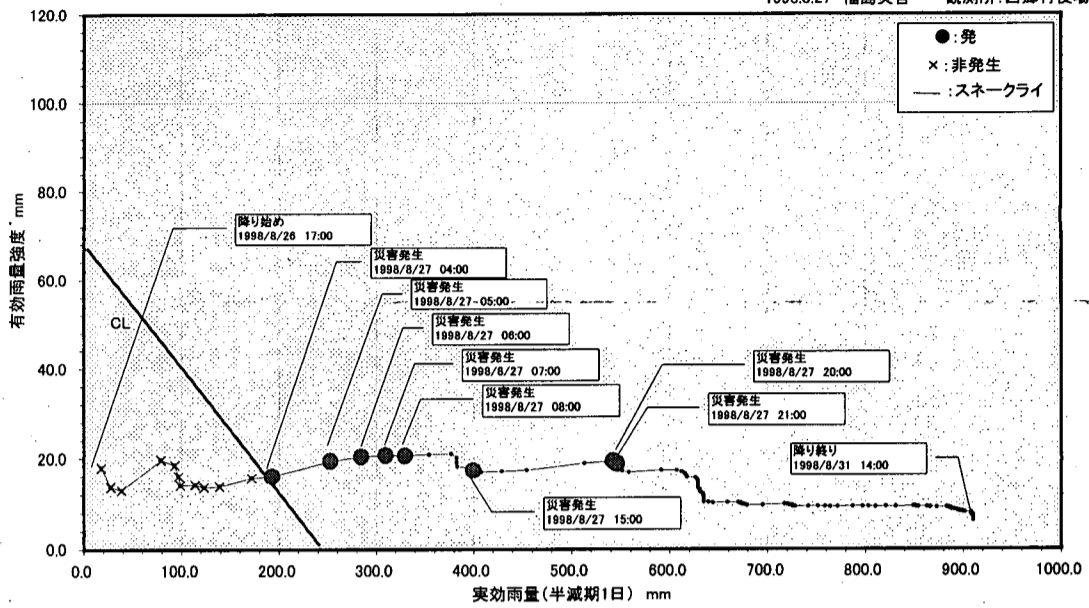
A案

1998.8.27 福島災害 観測所:西郷村役場



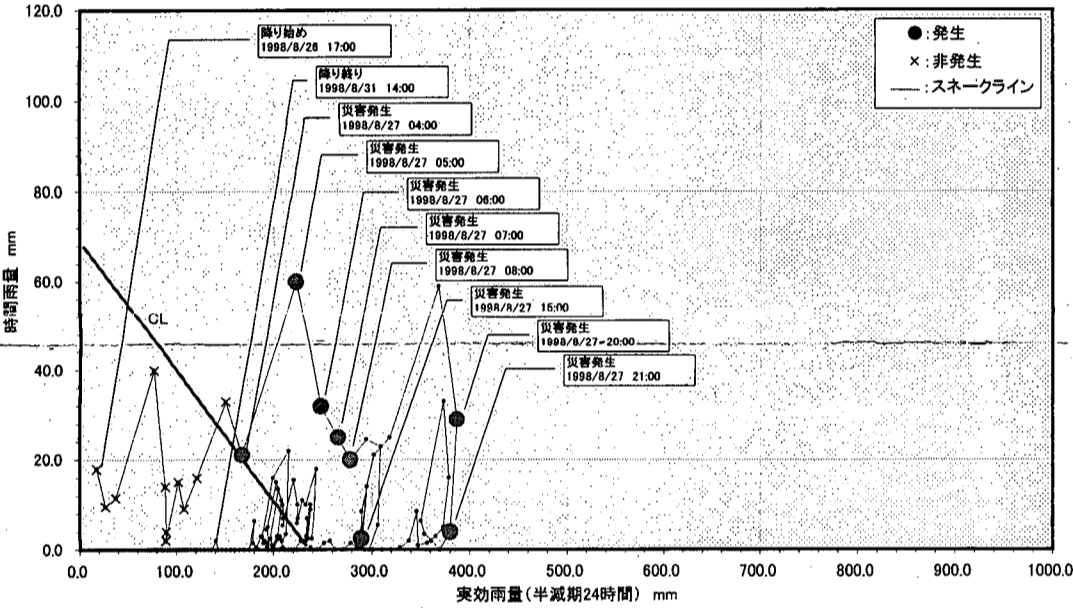
B案

1998.8.27 福島災害 観測所:西郷村役場



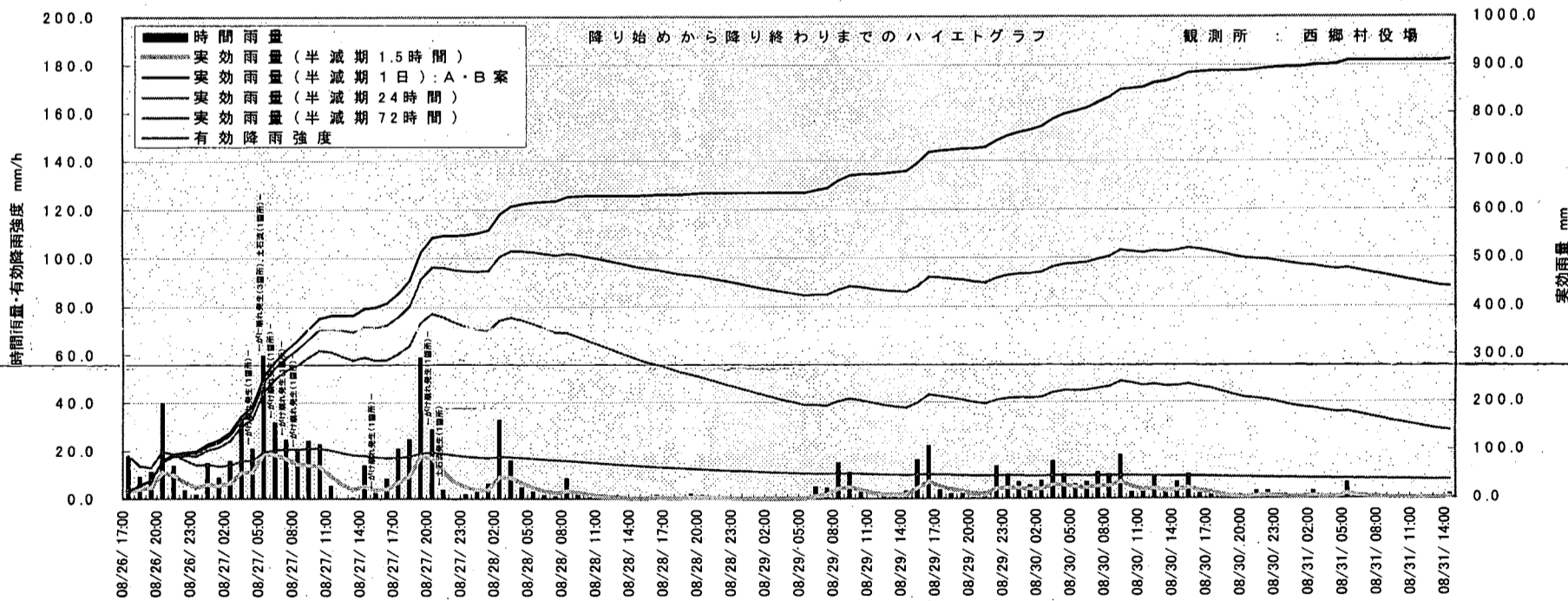
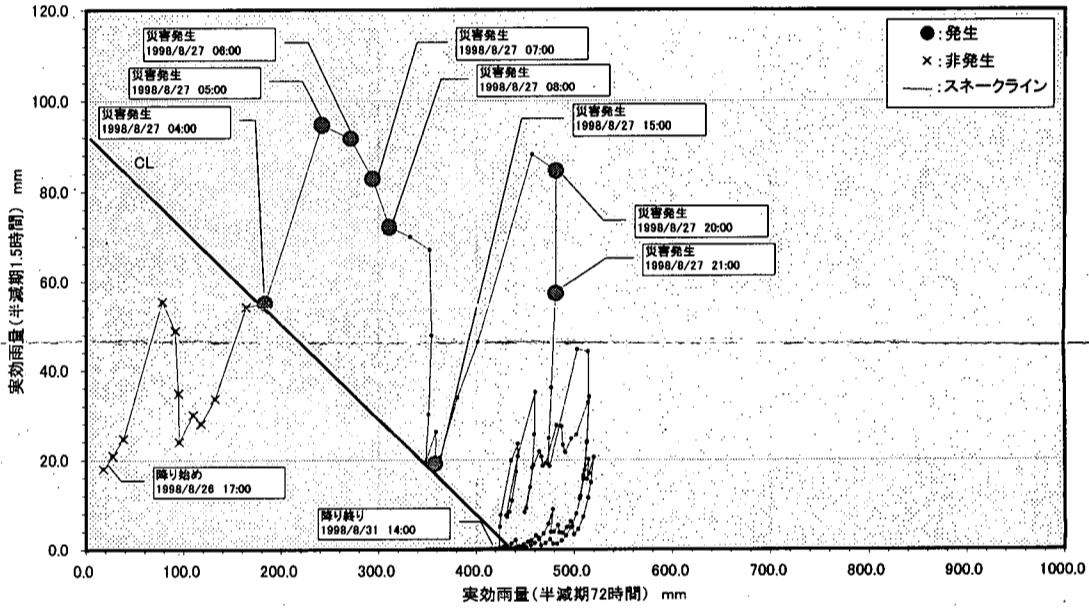
矢野案

1998.8.27 福島災害 観測所:西郷村役場



提言案

1998.8.27 福島災害 観測所:西郷村役場



注1: A案は便宜的にXY軸の時刻を揃えて図示している。

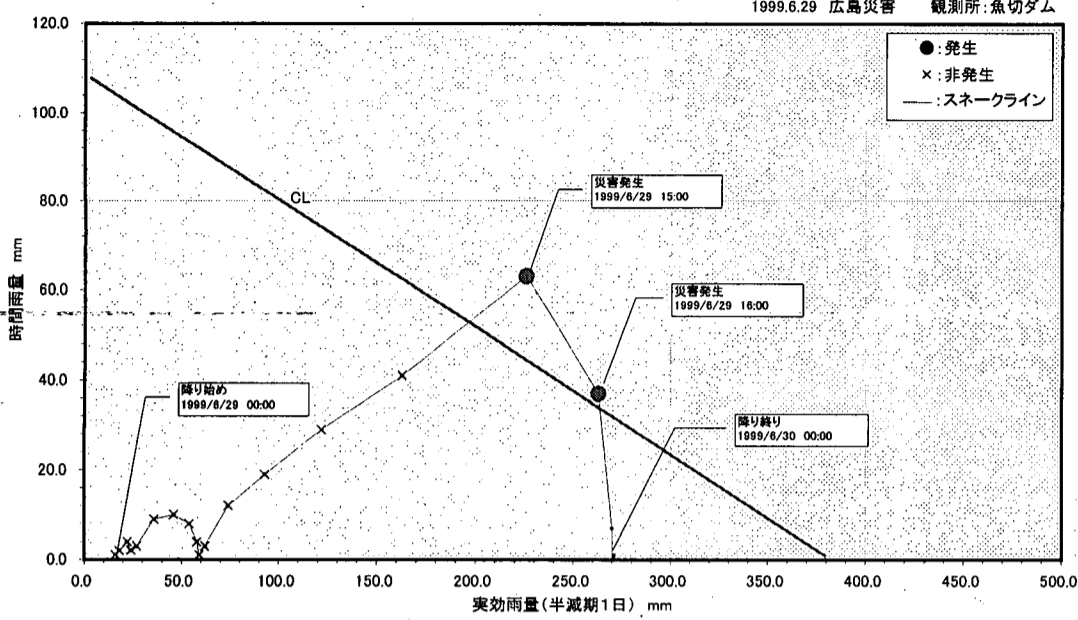
注2: 非発生は便宜的に降り始めから発生時刻前までの各時刻としている。

図 4.6 発生危険基準線設定図 (平成 10 年 福島災害)

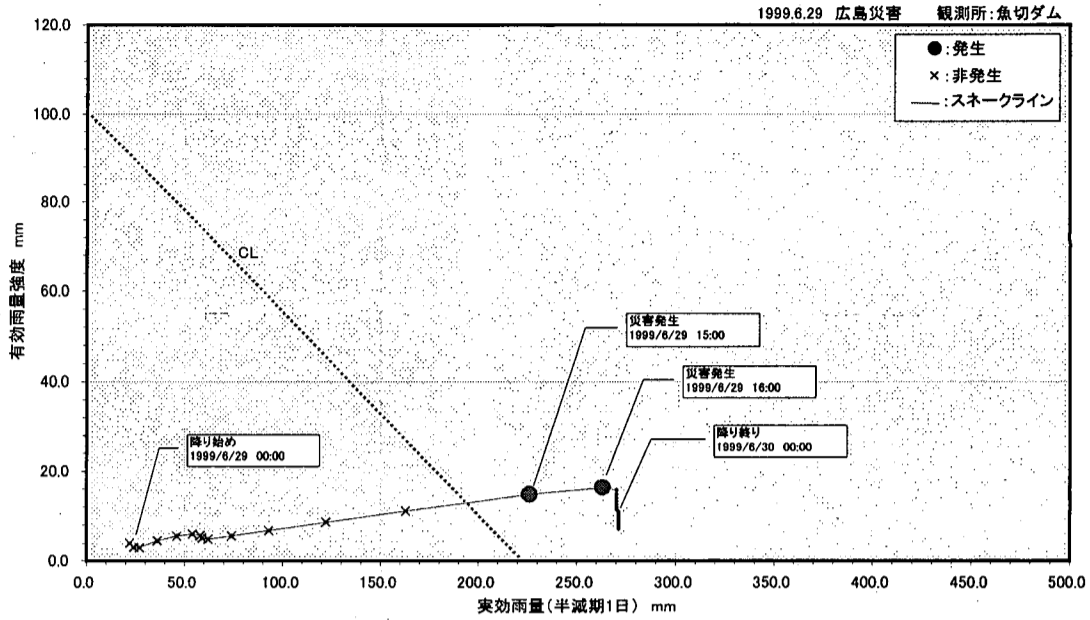




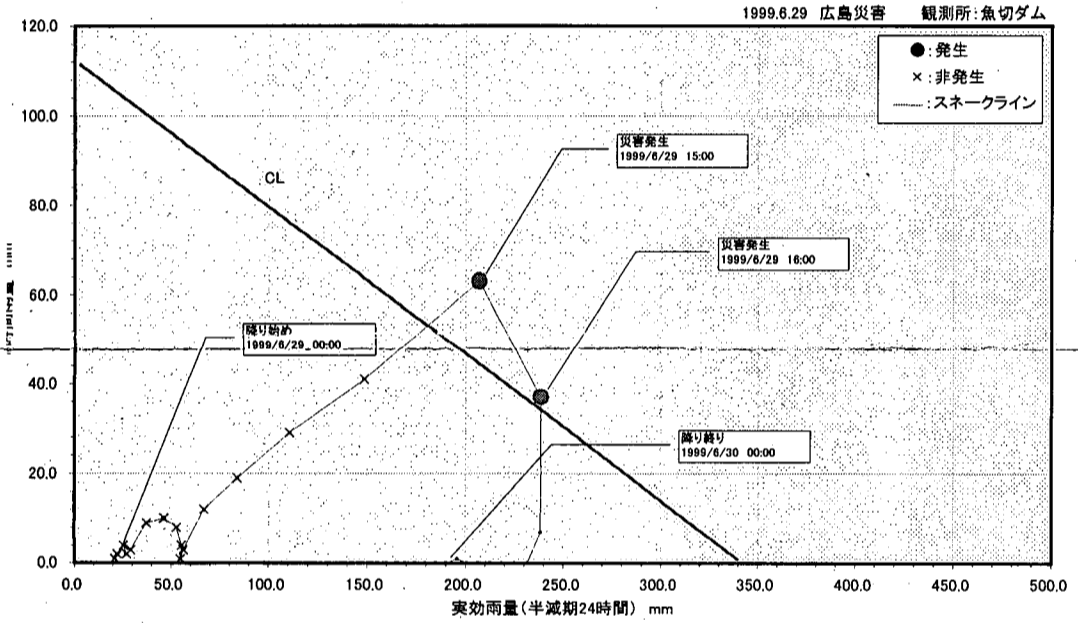
A案



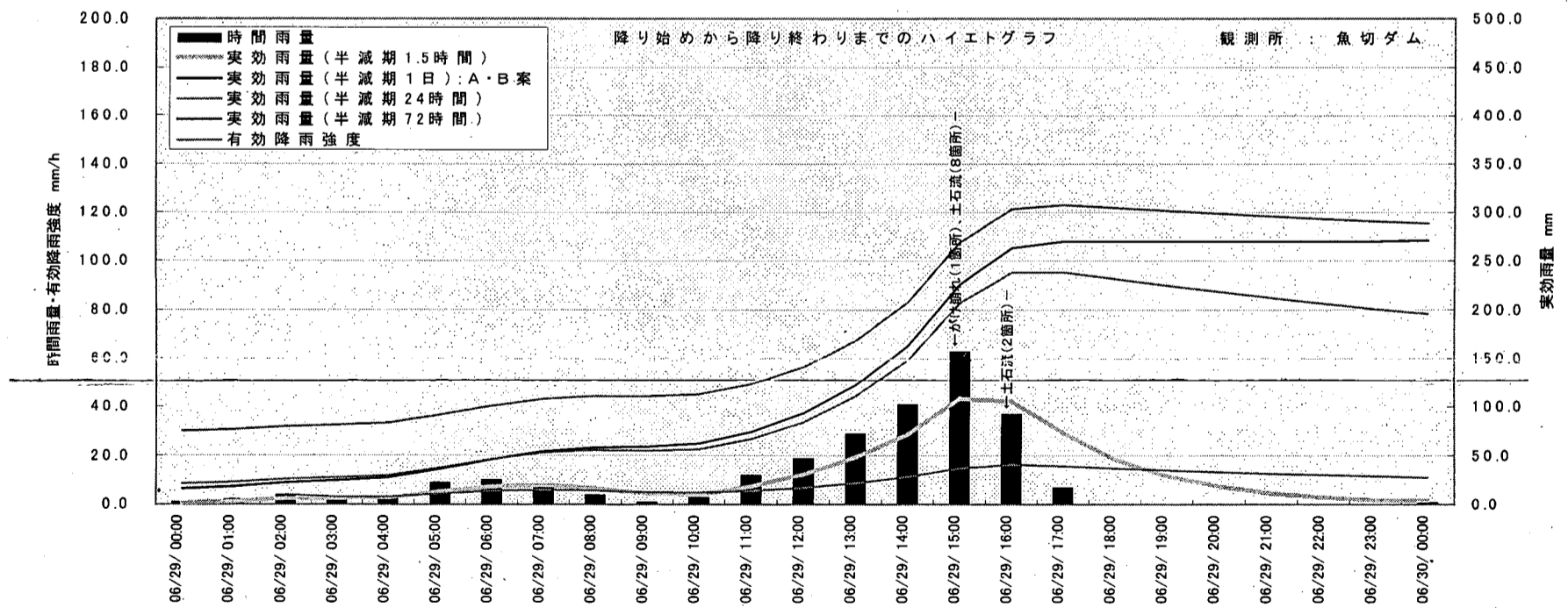
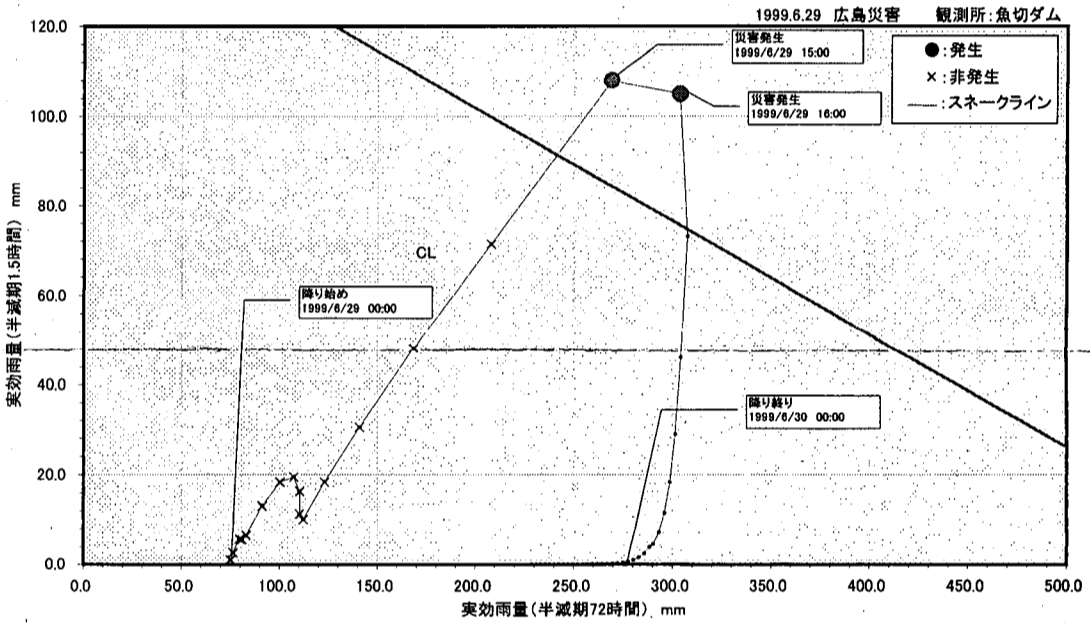
B案



矢野案



提言案

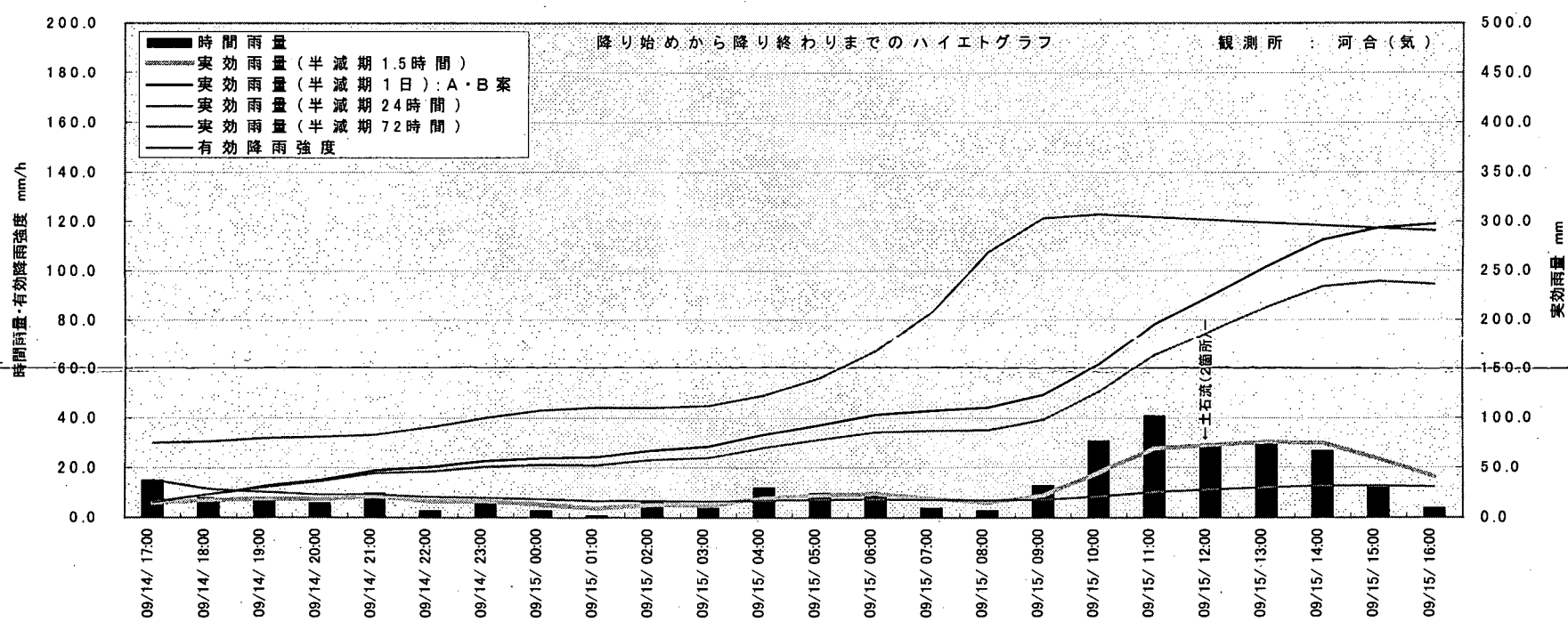
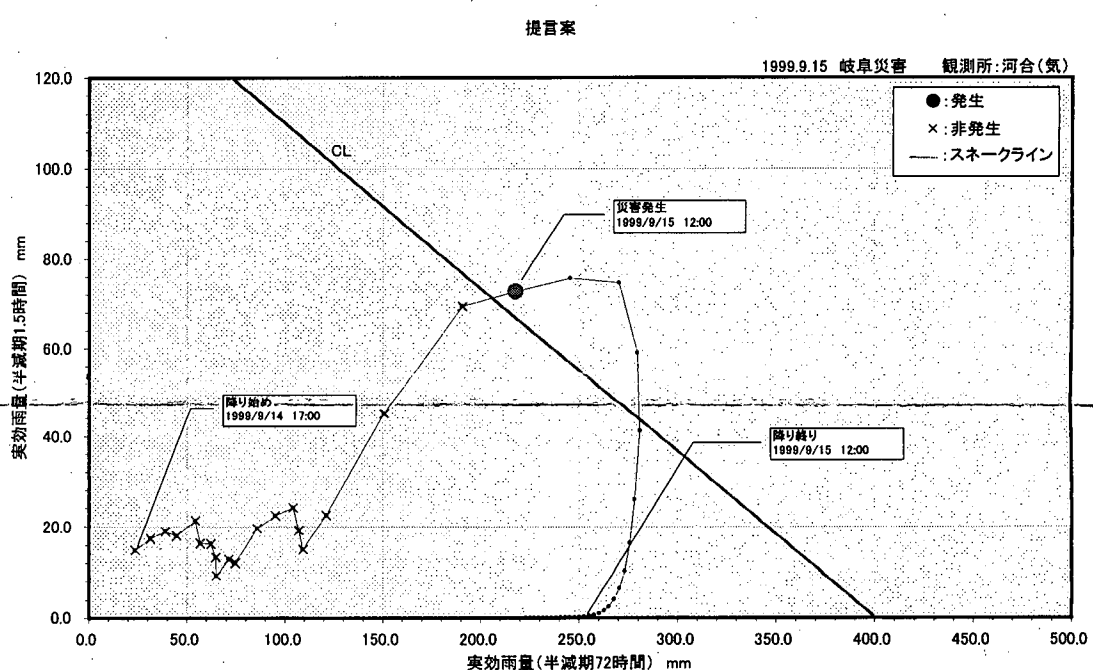
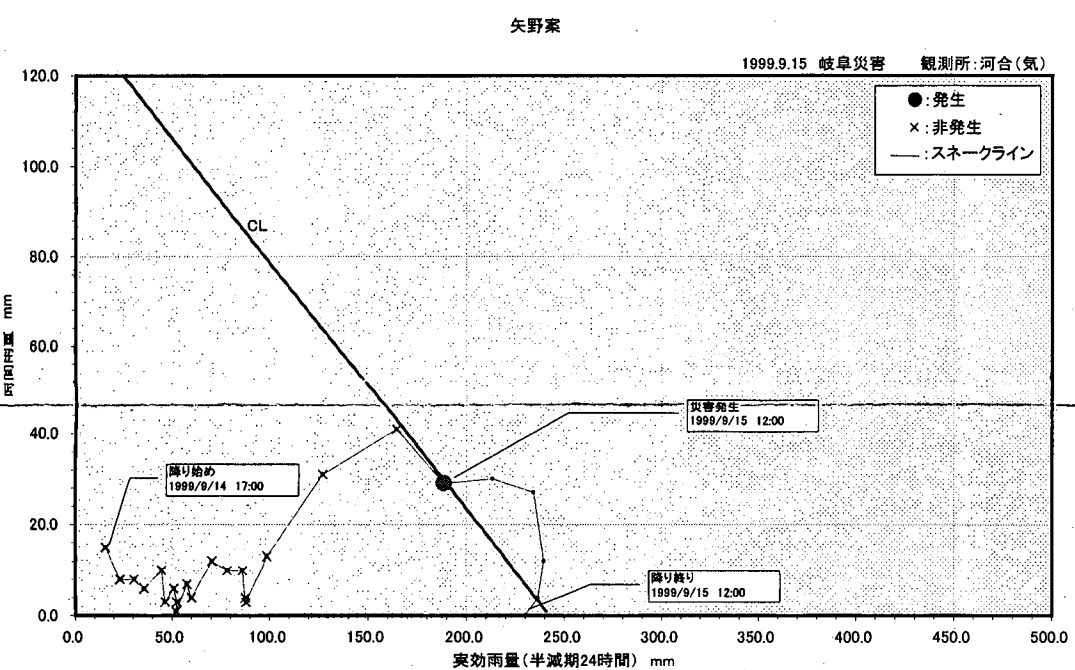
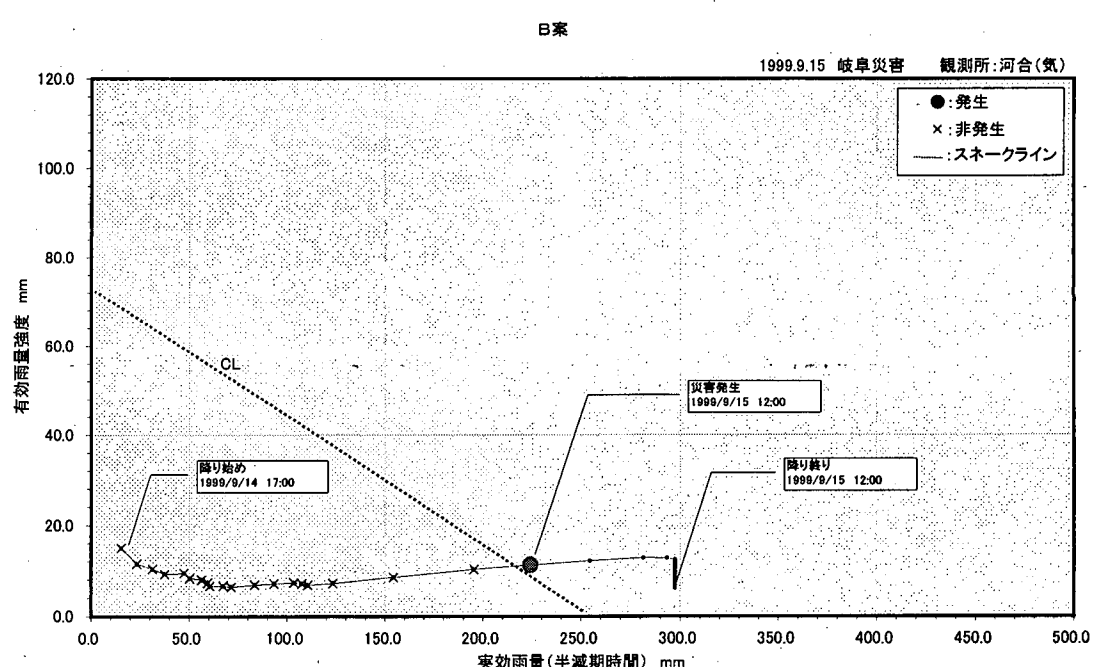
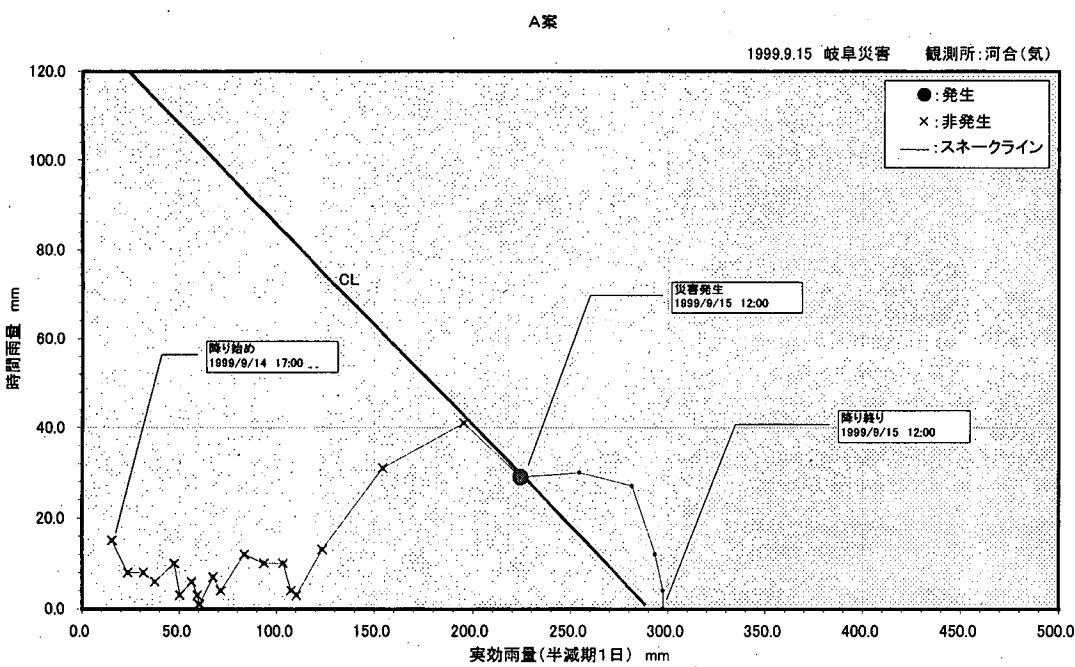


注1：A案は便宜的にXY軸の時刻を揃えて図示している。

注2：非発生は便宜的に降り始めから発生時刻前までの各時刻としている。

図 4.7 発生危険基準線設定図 (平成 11 年 広島災害)





注1: A案は便宜的にXY軸の時刻を揃えて図示している。

注2: 非発生は便宜的に降り始めから発生時刻前までの各時刻としている。

図 4.8 発生危険基準線設定図(平成11年 岐阜災害)



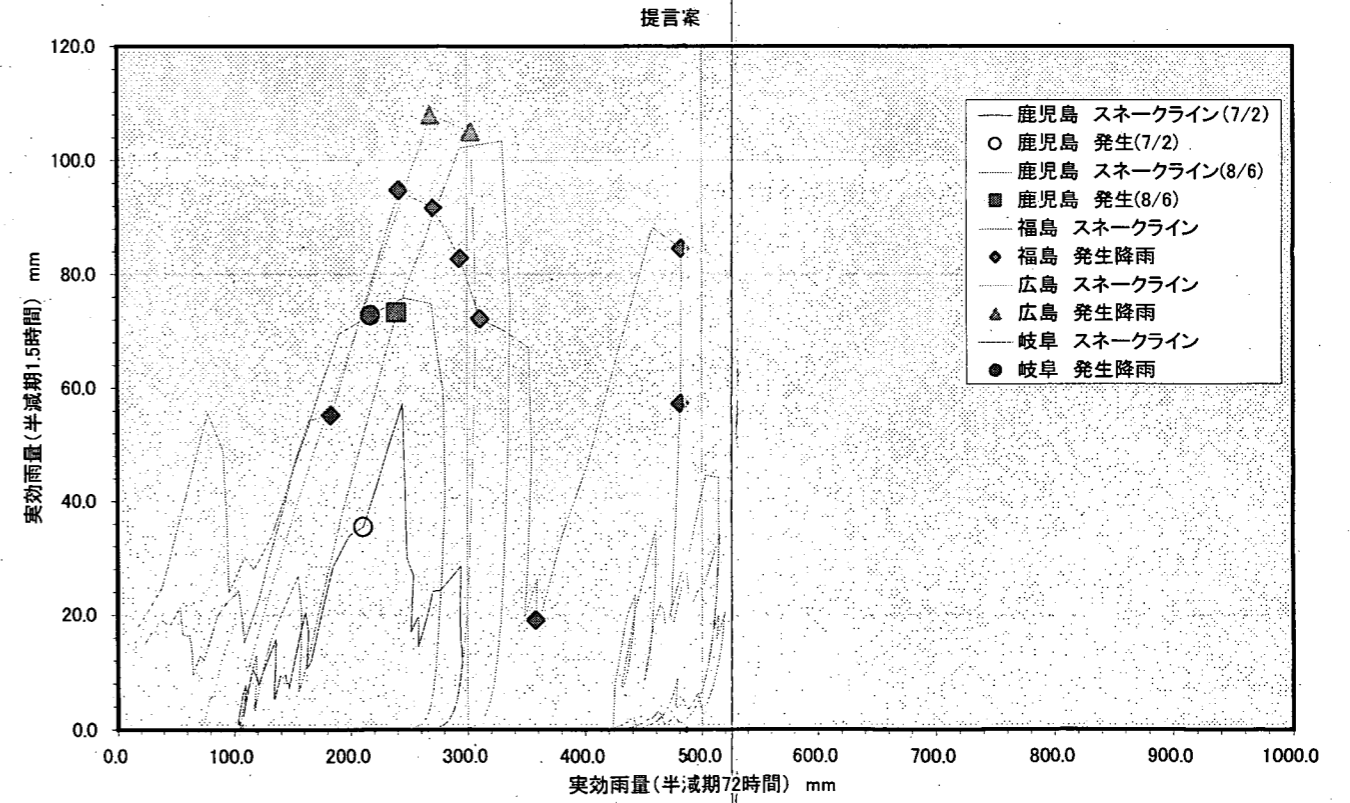
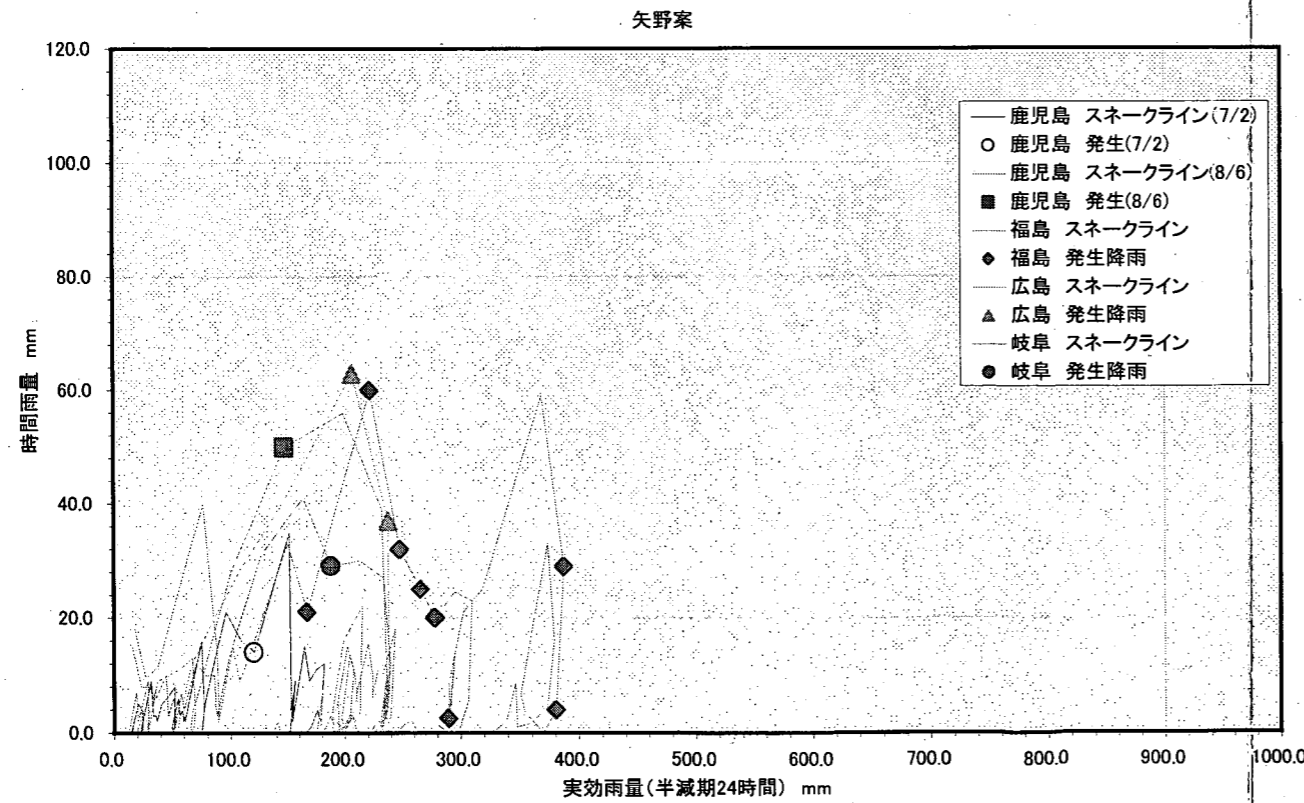
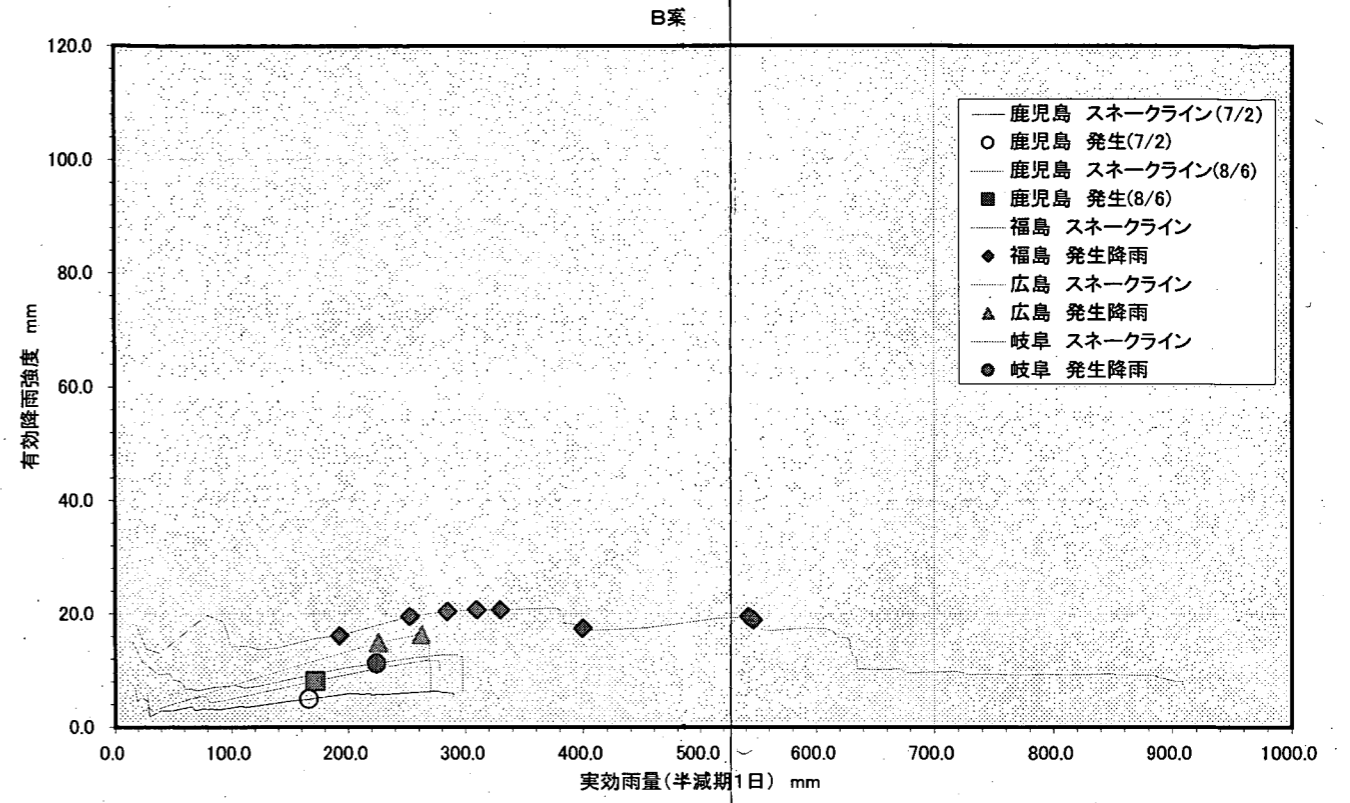
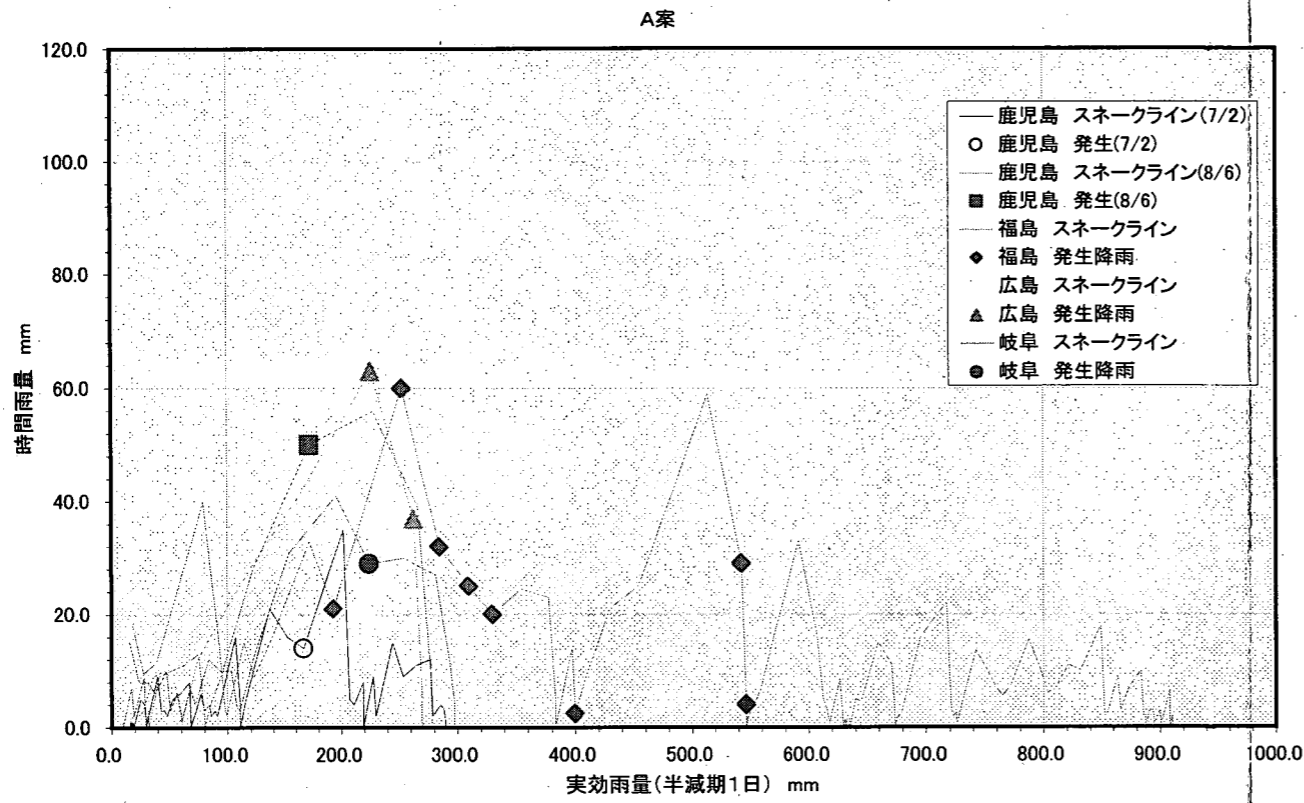


図 4.9 各手法によるスネークラインの比較図



#### 4.4. 仮想降雨による試算

基準雨量においては、少降雨が長期間降り続くようなケースで空振り等の不具合が指摘されることが多い。

そのため、仮想の降雨パターンにより長雨時におけるスネークラインの推移状況を試算し、手法ごとの特性の違いを見ておくことにする。

仮想降雨は、降り始め以前の降雨が全く無い状態に以下の3タイプの降雨が生じた状況を想定した。

表 4.2 長期間降り続く仮想降雨の想定

仮想降雨名	前期降雨	降雨パターン	備考
タイプ1	なし	3mm/hの降雨が4時間おきに7日間継続	総雨量 126mm
タイプ2	なし	1.5mm/hの降雨が連続的に7日間継続	総雨量 252mm
タイプ3	なし	2mm/hの降雨が連続的に7日間継続	総雨量 336mm

各仮想降雨のスネークラインを計算すると、下図のようになる。

図中には、計算例で示した平成5年鹿児島災害における発生レベルを目安として図示しており、各スネークラインが発生レベルに対してどの程度接近するかを見ようとしたものである。この図をみると、A案ではタイプ2・3のスネークが発生レベルを超過し、一方、矢野案および提言案はいずれも発生レベルを超過しない。ちなみに、A案のタイプ3のスネークは降り始めから約3.5日経って発生レベルに到達する。

このように、短時間の降雨強度でみれば土砂災害の発生が考えにくい降雨であっても、手法の違いによって発生レベルに到達したり、しなかったりする。

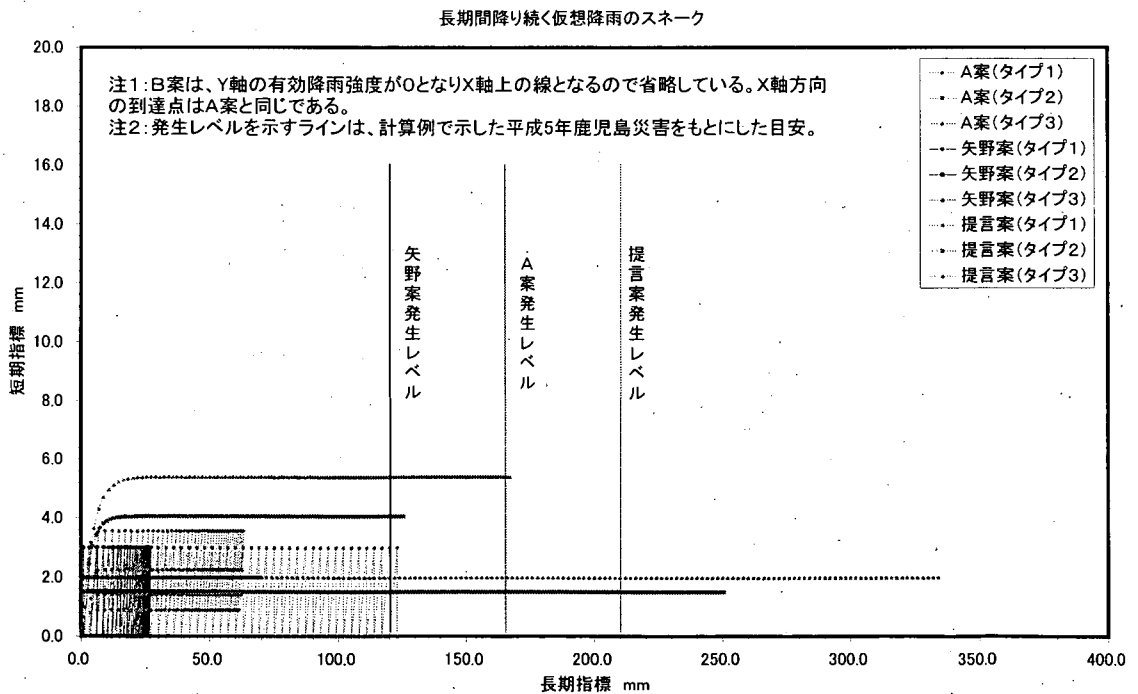


図 4.10 長期間降り続く仮想降雨のスネークライン