

第4章 計画降雨の見直し

第4章 計画降雨の見直し

福津市では以下の方針で降雨強度式を見直す。

- ✓ 福津市内には二つの降雨強度式があり、今後は市内で同一の降雨強度式を用いる。
- ✓ 近年の降雨の激甚化に対応するため、気候変動に対応した計画降雨となるように降雨変動率を見込む。

降雨量変化倍率を算定する際に参考にした気候変動予測モデルが1951年から2010年までであることから、これと同じ期間を用いて計画降雨を見直す。

4.1 降雨強度式の見直し

4.1.1 既計画の整理

福津市の計画降雨は、福間処理区と津屋崎処理区で違う計画降雨を採用している。各処理区の計画降雨を表4.1に整理する。

表 4.1 福津市の計画降雨

処理区	福間処理区	津屋崎処理区
式	タルボット式	タルボット式
確率年	10年	5年
参照した観測所	福岡観測所	福岡観測所
収集した降雨期間	1950～1989年（40年）	1949～1988年（40年）
降雨強度式	$I=4,800/(t+29)$ 60分降雨量 53.9mm/h	$I=4,350/(t+27)$ 60分降雨量 50.0mm/h

4.1.2 実績降雨の整理

今回検討において、計画降雨の妥当性の確認を行う。下記の雨水管理総合計画策定ガイドラインにある通り、1951年から2010年までのデータを用いて算定する。なお、福津市全体計画・事業計画は福岡観測所のデータを使用しており宗像観測所では2010年以降でしか1時間降雨と10分間降雨の両データが存在しないため、今回検討でも福岡観測所を採用する。

これらの結果から、当面の対応として、降雨量変化倍率の算定に用いている気候変動予測モデル（d2PDF（5km, yamada））の現在気候の実験期間が1951年から2010年までであることを踏まえ、2010年までのデータを用いた定常水文統計解析により計画降雨を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じて計画雨水量を算定することを基本とする。なお、今回の改訂作業に伴う検定結果からは、2010年以前のデータを使用している場合には、概ね定常なデータを使用しているものと考えられるため、2010年までデータを延伸せず、現行の計画降雨強度式を使用しても良いものとする。ただし、1950年以前のみデータを用いている場合には、気候変動予測モデルの現在気候の実験期間と乖離しているため、1951年から2010年までのデータも用いて計画降雨強度式を算定することを基本とする。なお、計画降雨強度式の算定の間、現行の計画降雨強度式を使用するのはやむを得ないものとする。

また、2011年以降のデータを用いている場合は、それらを除いた上で定常水文統計解析により計画降雨を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じて計画雨水量を算定することを基本とするが、個別にトレンドの検定を実施した結果、降雨量の定常性が確認された場合は、現行の計画降雨強度式を使用しても妥当と考えられる。

現在の計画降雨強度式の算定において、20年以上のデータを使用していない場合は、20年以上のデータを使用する必要がある。

個別にトレンドの検定を実施した結果、降雨量の非定常性が確認された場合、非定常性が現れる前までのデータ延伸にとどめ定常水文統計解析を行うことや、非定常水文統計解析を行うことも考えられる。

出典：雨水管理総合計画策定ガイドライン_R3.11改訂に加筆

国土技術政策研究所にて公開されている「降雨量トレンド検定結果データベース」にて、福岡観測所は観測開始期間 1937 年から 2009 年まで降雨が定常であることを確認した。

■観測地点の選択

支庁・都府県名	観測地点名
福岡県	福岡

<手順>

①支庁・都府県名をリストから選択

②観測地点名をリストから選択

③トレンドの検定結果が表示される

※-欄は連続した降水量データが20年未満のため検定を実施していない

■観測地点の情報（参考）

項目	内容
観測地点の種類	管区气象台
位置情報（緯度）	33° 34' 54"
位置情報（経度）	130° 22' 30"
位置情報（標高：m）	3
開始年	1937
最新年	2021
資料年数	85

◎補足情報

■トレンドの検定について

- ・トレンドの検定はMann-Kendall検定を用いて実施
- ・検定した降水量データの条件は以下のとおり
 - ①対象とした観測地点：気象庁が所管する観測地点
 - ②種別：年最大10分降水量及び年最大60分降水量
 - ③検定期間：連続した20年以上の降水量データが確保できる期間

■「トレンドの検定結果」について

- ・検定期間：検定した降水量データの期間
- ・年最大10分降水量及び年最大60分降水量：検定期間における検定結果を「定常」「非定常/上昇」「非定常/下降」で表示

■「観測地点の情報（参考）」について

- ・開始年：検定した降水量データの最初の年
- ・最新年：検定した降水量データの最新の年
- ・資料年数：検定した降水量データの開始年から最新年までの年数
- ・各観測地点の詳細は、以下の気象庁ホームページを参照
(<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>)

■トレンドの検定結果

検定期間	年最大10分降水量	年最大60分降水量
開始年～1980年	定常	定常
開始年～1981年	定常	定常
開始年～1982年	定常	定常
開始年～1983年	定常	定常
開始年～1984年	定常	定常
開始年～1985年	定常	定常
開始年～1986年	定常	定常
開始年～1987年	定常	定常
開始年～1988年	定常	定常
開始年～1989年	定常	定常
開始年～1990年	定常	定常
開始年～1991年	定常	定常
開始年～1992年	定常	定常
開始年～1993年	定常	定常
開始年～1994年	定常	定常
開始年～1995年	定常	定常
開始年～1996年	定常	定常
開始年～1997年	定常	定常
開始年～1998年	定常	定常
開始年～1999年	定常	定常
開始年～2000年	定常	定常
開始年～2001年	定常	定常
開始年～2002年	定常	定常
開始年～2003年	定常	定常
開始年～2004年	定常	定常
開始年～2005年	定常	定常
開始年～2006年	定常	定常
開始年～2007年	定常	定常
開始年～2008年	定常	定常
開始年～2009年	定常	定常
開始年～2010年	定常	非定常/上昇
開始年～2011年	定常	非定常/上昇
開始年～2012年	定常	非定常/上昇
開始年～2013年	定常	非定常/上昇
開始年～2014年	定常	非定常/上昇
開始年～2015年	定常	非定常/上昇
開始年～2016年	定常	非定常/上昇
開始年～2017年	定常	非定常/上昇
開始年～2018年	定常	非定常/上昇
開始年～2019年	定常	非定常/上昇
開始年～2020年	定常	非定常/上昇
開始年～2021年	定常	非定常/上昇

出典：降雨量トレンド検定結果データベース

4.1.3 降雨強度式の見直し

ガイドラインに示されている1951年から2010年の内、2010年のみ非定常となる結果だった。そのため、1951年から2009年の59個のデータを用いて検討を行い、表4.2と表4.3に各確率年の降雨強度算定結果を、表4.4と図4.1に降雨記録とトーマスプロットの整理結果を示す。

表 4.2 各確率年における降雨強度

福岡観測所		
確率年	降雨継続時間	
	10分	60分
1	93.8	40.4
2	105.0	46.8
3	111.9	50.8
4	116.8	53.7
5	120.8	56.1
6	124.0	58.0
7	126.7	59.7
8	129.0	61.1
9	131.1	62.3
10	133.1	63.6
15	140.2	68.0
20	145.3	71.2
30	152.3	75.7
40	157.3	78.9
50	160.7	81.1
100	172.2	88.7
備考：既計画の降雨強度式		
10年確率 $I = 4,800/t+29$	123.1	53.9

表 4.3 タルボット式の降雨強度式算定結果

	N年確率						
	1	3	5	7	10	30	50
I_N^{10}	93.8	111.9	120.8	126.7	133.1	152.3	160.7
I_N^{60}	40.4	50.8	56.1	59.7	63.6	75.7	81.1
β_N^{10}	2.322	2.203	2.153	2.122	2.093	2.012	1.982
b	28	32	33	35	36	39	41
a'	88	92	93	95	96	99	101
降雨強度式 $I = R \cdot a' / t + b$	$3555 / t + 28$	$4674 / t + 32$	$5217 / t + 33$	$5672 / t + 35$	$6106 / t + 36$	$7494 / t + 39$	$8191 / t + 41$

第4章 計画降雨の見直し

表 4.4 降雨記録並びにトーマスプロット値と降雨強度の整理

年度	10分降雨量 (mm/min)	10分降雨強度 (mm/hr)	60分降雨強度 (mm/hr)	順位 (j)	Thomasプロット値 $P=(j)/(n+1)$	10分降雨強度 (mm/hr)	60分降雨強度 (mm/hr)
1951	12.5	75.0	40.3	1	0.01667	141.0	96.5
1952	12.2	73.2	20.8	2	0.03333	141.0	79.5
1953	19.5	117.0	63.3	3	0.05000	139.2	73.2
1954	17.8	106.8	34.8	4	0.06667	138.0	71.5
1955	16.0	96.0	40.0	5	0.08333	132.0	68.0
1956	18.8	112.8	42.9	6	0.10000	132.0	63.3
1957	22.0	132.0	73.2	7	0.11667	129.0	61.5
1958	15.5	93.0	41.9	8	0.13333	126.0	53.8
1959	10.3	61.8	26.5	9	0.15000	126.0	53.5
1960	18.6	111.6	50.9	10	0.16667	123.6	53.5
1961	15.0	90.0	32.4	11	0.18333	120.0	52.0
1962	23.2	139.2	51.0	12	0.20000	120.0	52.0
1963	20.0	120.0	53.8	13	0.21667	117.0	51.0
1964	13.2	79.2	27.8	14	0.23333	114.0	50.9
1965	20.6	123.6	32.3	15	0.25000	114.0	49.5
1966	13.4	80.4	39.2	16	0.26667	112.8	47.5
1967	15.8	94.8	41.6	17	0.28333	111.6	46.5
1968	11.5	69.0	25.5	18	0.30000	111.0	46.5
1969	12.5	75.0	28.5	19	0.31667	111.0	45.5
1970	14.0	84.0	24.0	20	0.33333	108.0	45.0
1971	9.5	57.0	27.0	21	0.35000	108.0	43.0
1972	13.5	81.0	34.0	22	0.36667	108.0	42.9
1973	19.0	114.0	41.5	23	0.38333	108.0	42.0
1974	16.5	99.0	26.0	24	0.40000	106.8	42.0
1975	16.0	96.0	32.5	25	0.41667	99.0	42.0
1976	15.5	93.0	35.5	26	0.43333	96.0	41.9
1977	12.0	72.0	35.5	27	0.45000	96.0	41.6
1978	12.0	72.0	43.0	28	0.46667	96.0	41.5
1979	11.5	69.0	52.0	29	0.48333	94.8	41.0
1980	18.0	108.0	46.5	30	0.50000	93.0	40.3
1981	15.5	93.0	39.5	31	0.51667	93.0	40.0
1982	19.0	114.0	52.0	32	0.53333	93.0	39.5
1983	21.5	129.0	46.5	33	0.55000	93.0	39.5
1984	18.0	108.0	53.5	34	0.56667	90.0	39.5
1985	20.0	120.0	49.5	35	0.58333	90.0	39.2
1986	21.0	126.0	42.0	36	0.60000	90.0	38.5
1987	15.5	93.0	34.0	37	0.61667	84.0	38.0
1988	13.0	78.0	34.5	38	0.63333	81.0	35.5
1989	11.5	69.0	33.5	39	0.65000	81.0	35.5
1990	10.0	60.0	26.0	40	0.66667	80.4	34.8
1991	22.0	132.0	53.5	41	0.68333	79.2	34.5
1992	10.0	60.0	45.5	42	0.70000	78.0	34.5
1993	15.0	90.0	42.0	43	0.71667	78.0	34.0
1994	13.5	81.0	34.5	44	0.73333	78.0	34.0
1995	16.0	96.0	47.5	45	0.75000	78.0	33.5
1996	13.0	78.0	24.5	46	0.76667	75.0	32.5
1997	23.5	141.0	96.5	47	0.78333	75.0	32.4
1998	21.0	126.0	68.0	48	0.80000	73.2	32.3
1999	18.5	111.0	79.5	49	0.81667	72.0	28.5
2000	13.0	78.0	38.5	50	0.83333	72.0	27.8
2001	12.0	72.0	42.0	51	0.85000	72.0	27.0
2002	11.5	69.0	39.5	52	0.86667	69.0	26.5
2003	18.5	111.0	61.5	53	0.88333	69.0	26.5
2004	13.0	78.0	26.5	54	0.90000	69.0	26.0
2005	18.0	108.0	39.5	55	0.91667	69.0	26.0
2006	15.0	90.0	45.0	56	0.93333	61.8	25.5
2007	23.5	141.0	38.0	57	0.95000	60.0	24.5
2008	18.0	108.0	41.0	58	0.96667	60.0	24.0
2009	23.0	138.0	71.5	59	0.98333	57.0	20.8

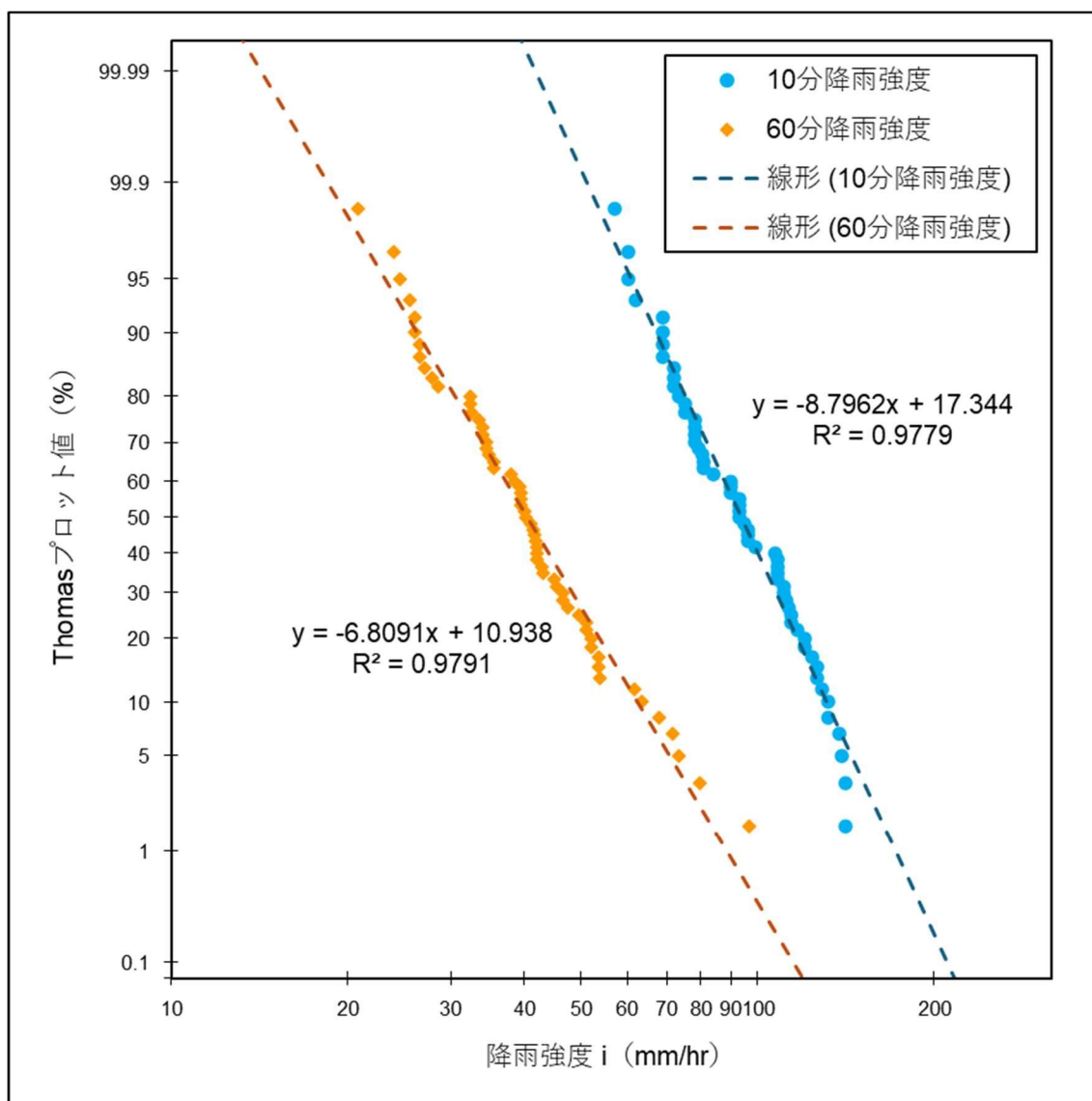


図 4.1 トーマスプロット

今回検討結果は以下に示す。表 4.5 に今回検討の降雨強度算定結果と既計画との比較を示す。

降雨強度式 (5年確率)

$$I = \frac{5,217}{t + 33} \quad (60 \text{ 分降雨 } 56.1 \text{ mm/hr})$$

降雨強度式 (10年確率)

$$I = \frac{6,106}{t + 36} \quad (60 \text{ 分降雨 } 63.6 \text{ mm/hr})$$

I : 降雨強度 (mm/hr)
 t : 流達時間 (min)

表 4.5 今回検討結果と既計画の比較

	データ対象範囲	確率年	降雨強度式	降雨強度	
				10分降雨	60分降雨
今回検討	59年間 (1951年～2009年)	5年	$I = \frac{5,217}{t + 33}$	120.8	56.1
		10年	$I = \frac{6,106}{t + 36}$	133.1	63.6
全体計画 (福岡)	40年間 (1950年～1989年)	10年	$I = \frac{4,800}{t + 29}$	123.1	53.9
全体計画 (津屋崎)	40年間 (1949年～1988年)	5年	$I = \frac{4,350}{t + 27}$	117.6	50.0
福岡県(福岡ブロック) 短時間降雨強度式	111年間 (1909年～2019年)	10年	$r_{10} = \frac{1,388}{t^{0.691} + 6.97}$	116.8	58.1
苅目川外雨水基本計画	50年間 (1962年～2012年)	10年	$I = \frac{6,460}{t + 40}$	129.0	64.6

今回の検討結果は、既計画値に比較して降雨強度が高い値を示している。その理由を以下に推察する。

- 近年各地で豪雨が多発しており、今回検討は2009年までのデータを使用しているため降雨強度が高い期間の割合が大きく、算出する降雨強度式が大きくなったと考えられる。

以下の理由により、今回検討した降雨強度式を採用する。

- ✓ ガイドラインに則り、降雨の定常性を反映した収集期間となっている。
- ✓ 既計画の降雨強度式と比較すると今回検討した降雨強度式の方が大きく、近年の降雨状況を適切に反映できていると考える。

よって、 $I=6,106/(t+36)$ 60分降雨量 63.6mm/h を今回計画値として採用する。

表 4.6 福津市の計画降雨

地区	旧福間町	旧津屋崎町	福津市今回見直し
式	タルボット式	タルボット式	タルボット式
確率年	10年	5年	10年
参照した観測所	福岡観測所	福岡観測所	福岡観測所
データの収集期間	1950～1989年(40年)	1949～1988年(40年)	1951～2009年(59年)
降雨強度式	$I=4,800/(t+29)$ 60分降雨量 53.9mm/h	$I=4,350/(t+27)$ 60分降雨量 50.0mm/h	$I=6,106/(t+36)$ 60分降雨量 63.6mm/h

4.2 気候変動に対応した計画降雨

今後は気候変動に対応した計画降雨で雨水整備を進めるため、降雨量変化倍率を乗じる。降雨量変化倍率については次ページに示す通り、1.10とする。

気候変動に対応した計画降雨	$I=6,106/(t+36) \times 1.10$ 60分降雨量 70.0mm/h
---------------	---

② 気候変動の影響を踏まえた計画降雨及び計画雨水量の算定

従来の下水道計画では、「再度災害の防止」の観点から過去の降雨実績に基づいて計画降雨及び計画雨水量を設定している。しかし、気候変動に伴う降雨量の増加等を勘案すると、例えば、現在の5年確率と将来の5年確率は同様なものではなく、現行の整備水準のままでは安全度が低下することが想定される。

このような状況を踏まえて計画的に「事前防災」を進めるため、下水道による都市浸水対策において、気候変動の影響を踏まえた計画降雨及び計画雨水量の設定が必要である。

気候変動の影響を踏まえた計画降雨及び計画雨水量の算定にあたっては、当面は、現在のハード整備に用いる計画降雨に、パリ協定等における政府としての取組の目標及び下水道施設の標準耐用年数を踏まえ、2℃上昇を考慮した降雨量変化倍率（表2-3参照）を乗じて設定する（図2-5を参照、計画雨水量の算定例及び降雨量変化倍率の設定根拠については、参考資料3を参照）。

なお、降雨量変化倍率については、積乱雲の発達等の短時間スケールの場合は今回設定した値より大きくなること、現時点では下水道による都市浸水対策に係る計画の対象としている降雨及び雨域面積、降雨継続時間、都市気候について現在の気候変動予測モデルで適切に表現するには限界があること、近年の浸水被害の原因となっている線状降水帯やゲリラ豪雨等の気象現象は考慮されていないことに留意する必要がある。

表2-3 地域区分ごとの降雨量変化倍率

地域区分	降雨量変化倍率 ^(※)
北海道北部, 北海道南部	1.15
その他14地域(沖縄含む)	1.10

(※)「降雨量変化倍率」は、現在気候に対する将来気候の状態を表すものであり、RCP2.6では2040年頃以降の気温上昇が横ばいとなることから、2040年以降の目標としての活用が可能。

(※) 沖縄は、d2PDFの計算領域外であるため、NHRCM02を用いて算定。

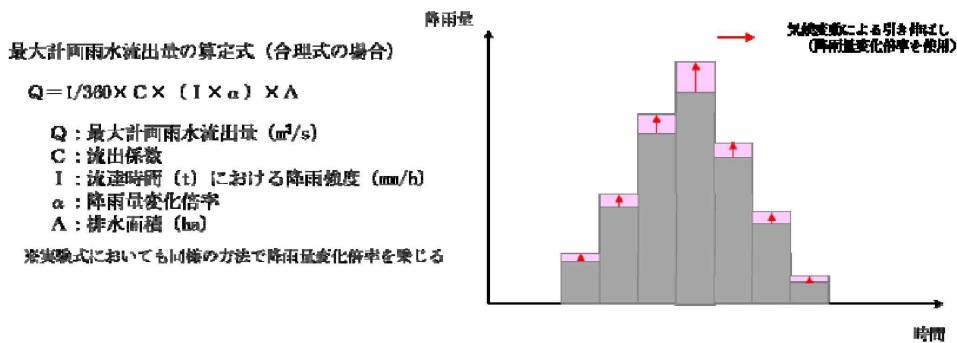


図2-5 降雨量変化倍率を乗じたイメージ図

出典：雨水管理総合計画策定ガイドライン（R3.11改訂）