7. 神田川流域における水害時の降雨特性

Characteristics of Heavy Rainfall in the Kanda River Basin

技術調査課 高崎忠勝、岩屋隆夫、石原成幸

1. はじめに

東京を代表する都市中小河川である神田川の流域 では、近年、集中豪雨時に大きな浸水被害を記録し ている。1999年7月21日の降雨では新宿区内において 地下室の浸水により1名が死亡し、2005年9月4日の降 雨では流域内において3500棟を越える浸水被害が発 生した。河川の流下能力を超えた雨水が河川に集ま ることによって生じる河川溢水や河川に雨水を排除 できないことによって発生する内水は、雨の降り方 だけでなく地形、土地利用、下水道や河川施設の整 備状況といった流域の特性が大きく関わる現象であ る。よって浸水被害を記録した降雨を解析すること によって流域が有する治水上の特性についても明ら かにすることができると考えられる。

本報は神田川流域を対象に浸水被害を記録した降 雨を対象に、雨量分布の時間的特性や空間的特性、 雨量と浸水被害の関係を解析し、その結果と考察を 記したものである。

2. 対象範囲

対象とした神田川流域は図-1に示したように神田 川、善福寺川、妙正寺川、江古田川、日本橋川の流 域からなる約100km²の範囲である。

神田川流域は著しい市街化が進行している。1999 年において市街化率が95%を超えており、また、下 水道普及率が100%であることから、降雨時の流出特 性は下水道の影響を大きく受けたものとなっている。



河川改修は1時間30mm規模の整備を昭和50年代に終 了し、現在、1時間50mm規模の整備を調節池と組合せ ながら進めている¹⁾。

3. 浸水被害状況

1999年から2005年における神田川流域の浸水被害 は表-1に示したように26降雨時に記録している^{2~6)}。

26降雨の内訳は、21降雨が集中豪雨、4降雨が台風、 1降雨が熱帯低気圧であり、浸水被害を記録した降雨 数の81%を集中豪雨が占めている。なお、熱帯低気 圧が1降雨記録されているが、熱帯低気圧の降雨特性 は台風と大きな差がないことから、以降台風として 取り扱っている。

浸水被害全体に占める集中豪雨と台風の割合を図 -2に示した。集中豪雨による浸水被害は浸水面積が 164.48ha、床下浸水が2016棟、床上浸水が3272棟で ある。台風による浸水被害は浸水面積が14.21ha、床

Na		4 8 9	改士	面積	床下	床上
IN	0	年月日	随机	(ha)	(棟数)	(棟数)
1	а	1999/7/21	集中豪雨	9.43	246	413
2	b	1999/7/22	集中豪雨	0.90	13	16
3	Α	1999/8/13~14	熱帯低気圧	0.43	6	11
4	с	1999/8/24	集中豪雨	1.52	25	58
5	d	1999/8/29	集中豪雨	4.95	96	122
6	е	1999/9/4	集中豪雨	0.07	3	0
7	f	1999/10/27	集中豪雨	0.36	3	0
8	g	2000/7/4	集中豪雨	0.53	9	15
9	В	2000/7/7~8	台風3号	0.05	2	2
10	h	2000/8/5	集中豪雨	0.30	15	22
11	i	2000/8/7	集中豪雨	0.60	6	1
12	j	2000/9/11~12	集中豪雨	0.15	7	9
13	k	2001/7/18~19	集中豪雨	11.23	99	85
14	Ι	2001/7/25~26	集中豪雨	0.13	10	0
15	С	2001/9/10~12	台風15号	0.02	1	0
16	m	2002/8/2	集中豪雨	0.25	9	1
17	n	2003/5/20	集中豪雨	0.03	0	4
18	0	2003/6/25	集中豪雨	0.70	24	5
19	р	2003/9/3	集中豪雨	0.00	0	1
20	q	2003/10/13	集中豪雨	3.51	38	45
21	r	2004/9/4	集中豪雨	0.04	1	2
22	D	2004/10/9	台風22号	10.75	73	191
23	Е	2004/10/20	台風23号	2.96	47	71
24	s	2005/5/23	集中豪雨	0.04	0	2
25	t	2005/8/15	集中豪雨	3.71	150	146
26	u	2005/9/4	集中豪雨	126.03	1262	2325

表-1 神田川流域の浸水被害

下浸水が129棟、床上浸水が275棟である。被害全体 に占める集中豪雨の割合は浸水面積が92%、床下浸 水棟数が94%、床上浸水棟数が92%であり、浸水被 害は集中豪雨時に多く発生している。しかし、降雨 uによる被害が他の降雨による被害と比べて極めて 大きく、集中豪雨による被害全体に対して浸水面積 の77%、床下浸水棟数の63%、床上浸水棟数の71% を占める。

浸水棟数を大きい順に並べ図-3に示した。

1000棟以上の浸水を記録したのは降雨 u だけであ る。100~1000棟の浸水を記録したのは集中豪雨の4 降雨と台風の2降雨、10~100棟の浸水を記録したの は集中豪雨の9降雨と台風の1降雨、1~10棟の浸水を 記録したのは集中豪雨の7降雨と台風の2降雨である。 各降雨の被害規模を考慮すると浸水被害に占める集 中豪雨と台風の割合は概ね4:1になる。

10棟以上の浸水を記録した15降雨について床下浸 水棟数と床上浸水棟数の割合を図-4に示した。図に おいて右の3降雨が台風、他が集中豪雨である。集中 豪雨においては全浸水棟数に占める床上浸水棟数の 割合が降雨別では17~70%、平均で54%である。台 風においては全浸水棟数に占める床上浸水棟数の割 合が降雨別で60~72%、平均で66%である。台風時 の全浸水棟数に占める床上浸水棟数の割合は集中豪 雨時より大きいことから、浸水棟数が同じであって も台風時の浸水被害は集中豪雨時より大きなものと なりやすい。



図-2 浸水被害に占める集中豪雨の割合



図-3 降雨別浸水棟数



図-4 降雨別浸水形態

浸水被害の軽減に向けては近年の浸水被害の多く を占める集中豪雨対策が重要であるが、今後、降雨 uと同規模の被害をもたらす台風が生じる可能性が あり、また、集中豪雨と台風では降雨時の流出特性 が異なることから台風への対策も無視すべきではな い。浸水被害の軽減手法の効果を予測する際は、外 力を集中豪雨4、台風1の割合で組み込むことが望ま しいと考える。

4. 雨量データ

東京都建設局では、都内の気象情報や雨量、河川 水位、潮位などの観測情報をリアルタイムに自動収 集する東京都水防災総合情報システム(以下、シス テム)を構築し、水害活動等に活用している。

システムの雨量データは1999年度以降、1分間隔で 1mm単位の雨量を記録しており、また、神田川流域付 近には数多くの雨量観測所が配置されていることか ら短時間雨量の空間分布について解析が可能である。 こうした理由から降雨特性の解析をシステムの雨量 データを用いて行った。解析に使用した観測所は図 -5と表-2に示した28観測所である。表-2において No. 1~17の17観測所が流域内に位置し、No. 18~28の 11観測所が流域周辺に位置する。

システムの雨量データには異常データや欠測デー タが含まれる。10分間に50mm以上となる雨量は異常 データであると判断し、欠測データとして取り扱っ た。また、降雨期間を通じて雨量を記録しているの が1観測所のみの降雨は除外した。欠測データは、観 測所における最大雨量の算定においては雨量0mmとし て取り扱い、雨量の空間分布を検討する際には対象 外とした。

26降雨において強い雨が降っている期間中に欠測 データがあった観測所は表-3に示したとおりである。 15降雨においていずれかの観測所に欠測データが含 まれているが、多くは対象流域周辺の観測所である。 対象流域内の観測所に欠測データが含まれるのは降 雨A、降雨d、降雨Cの3降雨であり、特に降雨dは 流域内に位置する7観測所が降雨期間を通して欠測と なっている。



表-2 雨量観測所

		10
No	観測所	場 <u>所</u>
1	中野	中野区中野4-8-1
2	新宿	新宿区歌舞伎町1-4-1
3	久我山	杉並区久我山2-11-7
4	和田見橋	中野区弥生町5-7
5	弥生町	中野区弥生町1-5-18
6	江古田	中野区江原町2-3-15
7	鍋横	中野区本町5-47-13
8	鷺ノ宮	中野区鷺宮3-22-53
9	下井草	杉並区下井草4-21
10	和泉	杉並区和泉4-16
11	高井戸	杉並区高井戸東1-18
12	久我山橋	杉並区久我山2-16
13	成田東	杉並区成田東3-17
14	杉並	杉並区阿佐谷南1-15
15	原寺分橋	杉並区西荻北4-40
16	豊島	豊島区南大塚2-36-22
17	練馬	練馬区豊玉北6-12-1
18	石神井	練馬区上石神井3-14-3
19	田無	西東京市南町5-6-13
20	板橋区	板橋区板橋2-66-1
21	保谷	西東京市中町1-5-1
22	荒川	荒川区荒川1-10-17
23	経堂	世田谷区宮坂3-15
24	北沢	世田谷区代田5-19
25	長久保	三鷹市新川6-6
26	清澄	江東区清澄1-2-37
27	亀島川	中央区新川2-31-22
28	中央	中央区明石町2-4

表-3 欠測データを含む雨量データ

咚 両	粗 測 託
甲甲酮	電力 (円) 電力 (円) 電力 (円) (一) (一) (一) (一) (一) (一) (一) (一) (一) (一
b	田無
Α	練馬
d	下井草、和泉、高井戸、久我山橋、成田東、杉並、原寺分橋
е	石神井
k	田無
I	田無
С	和泉、田無
m	石神井
n	経堂、北沢
0	経堂、北沢
р	経堂、北沢、長久保、清澄、亀島川
D	亀島川
Е	亀島川
s	経堂
t	経堂

4. 降雨の継続時間と浸水被害

浸水被害との関連が大きい降雨の継続時間を検討 するため、継続時間別に流域内で発生した最大雨量 を求めた。 流域内に位置する17観測所の雨量を継続時間10~3 60分について計算し、継続時間別に17観測所の雨量 の最大値を流域内最大雨量とした。表-4に流域内最 大雨量を示した。

表-4	流域内最大雨量

降雨	10分 雨量 (mm)	20分 雨量 (mm)	30分 雨量 (mm)	40分 雨量 (mm)	50分 雨量 (mm)	60分 雨量 (mm)	70分 雨量 (mm)	80分 雨量 (mm)	90分 雨量 (mm)	100分 雨量 (mm)	110分 雨量 (mm)	120分 雨量 (mm)	130分 雨量 (mm)	140分 雨量 (mm)	150分 雨量 (mm)	160分 雨量 (mm)	170分 雨量 (mm)	180分 雨量 (mm)
а	35	63	83	102	123	131	131	131	131	134	139	144	146	147	147	147	147	147
b	20	40	48	57	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
A	21	26	28	30	36	39	45	49	54	59	62	65	66	68	71	72	75	78
<u>ح</u>	22	37	52	62	6/	/1	/2	/2	/2	/3	/3	100	/3	100	100	/3	/3	100
	24 16	43	35	04 45	/ J 53	79	62 62	64 64	90 74	97 77	70	100	100	80	100	80	80	84
f	16	20	26	27	27	28	29	31	32	34	35	36	37	38	39	40	42	43
g	19	29	42	47	50	52	53	54	57	58	59	59	59	60	60	60	60	60
B	10	16	18	22	25	29	34	37	41	45	47	50	54	57	63	67	70	74
h	23	40	49	59	61	66	69	71	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
i	20	33	41	44	45	46	46	46	47	47	48	48	48	49	49	49	49	49
j	21	33	48	56	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
k	27	47	63	78	86	92	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
<u> </u>	19	33	41	45	49	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
<u> </u>	11	19	25	29	33	38	43	4/	51	53	55	58	61 50	63	65	67	69 50	/0
n	24	34	40	40	5U 27	23	20	2/ 3/	27 20	57	57 46	58 47	58 49	00 28	29	29 49	29 49	18
	14	33	39	43	47	20 48	20	 	49	50	50	51	51	51	51	51	40 51	51
	23	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	19	36	48	60	68	68	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
r	20	34	46	56	63	69	70	71	73	78	84	85	86	87	88	88	88	89
D	17	30	39	45	51	55	57	60	62	65	67	69	73	76	79	81	83	87
Е	21	30	37	40	41	42	43	43	44	46	48	51	55	57	60	61	62	63
s	21	26	28	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
t	41	68	86	108	119	124	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
u	27	47	63	82	99	112	125	138	154	167	185	197	209	220	226	230	233	236
-																		
降雨	190分 雨量 (mm)	200分 雨量 (mm)	210分 雨量 (mm)	220分 雨量 (mm)	230分 雨量 (mm)	240分 雨量 (mm)	250分 雨量 (mm)	260分 雨量 (mm)	270分 雨量 (mm)	280分 雨量 (mm)	290分 雨量 (mm)	300分 雨量 (mm)	310分 雨量 (mm)	320分 雨量 (mm)	330分 雨量 (mm)	340分 雨量 (mm)	350分 雨量 (mm)	360分 雨量 (mm)
降雨 a	190分 雨量 (mm) 147	200分 雨量 (mm) 147	210分 雨量 (mm) 147	220分 雨量 (mm) 148	230分 雨量 (mm) 149	240分 雨量 (mm) 149	250分 雨量 (mm) 149	260分 雨量 (mm) 150	270分 雨量 (mm) 151	280分 雨量 (mm) 151	290分 雨量 (mm) 151	300分 雨量 (mm) 151	310分 雨量 (mm) 151	320分 雨量 (mm) 151	330分 雨量 (mm) 151	340分 雨量 (mm) 151	350分 雨量 (mm) 151	360分 雨量 (mm) 151
降雨 	190分 雨量 (mm) 147 59	200分 雨量 (mm) 147 59	210分 雨量 (mm) 147 59	220分 雨量 (mm) 148 59	230分 雨量 (mm) 149 59	240分 雨量 (mm) 149 59	250分 雨量 (mm) 149 59	260分 雨量 (mm) 150 59	270分 雨量 (mm) 151 59	280分 雨量 (mm) 151 59	290分 雨量 (mm) 151 59	300分 雨量 (mm) 151 59	310分 雨量 (mm) 151 59	320分 雨量 (mm) 151 59	330分 雨量 (mm) 151 59	340分 雨量 (mm) 151 59	350分 雨量 (mm) 151 59	360分 雨量 (mm) 151 59
降雨 A	190分 雨量 (mm) 147 59 82	200分 雨量 (mm) 147 59 90	210分 雨量 (mm) 147 59 93	220分 雨量 (mm) 148 59 101	230分 雨量 (mm) 149 59 106	240分 雨量 (mm) 149 59 109	250分 雨量 (mm) 149 59 112	260分 雨量 (mm) 150 59 114	270分 雨量 (mm) 151 59 115	280分 雨量 (mm) 151 59 116	290分 雨量 (mm) 151 59 119	300分 雨量 (mm) 151 59 120	310分 雨量 (mm) 151 59 121	320分 雨量 (mm) 151 59 122	330分 雨量 (mm) 151 59 123	340分 雨量 (mm) 151 59 123	350分 雨量 (mm) 151 59 124	360分 雨量 (mm) 151 59 124
降雨 	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73
降雨 	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100
降雨 a b A c d e	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89
降雨 a b A c d f	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67
降雨 a b A c d e f g B	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 126	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131
降 a b A c d e f g B h	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72	230分 雨量 (mm) 149 599 106 733 100 89 50 60 91 72	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 126 72	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72
a b A c d e f g B h i	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 49	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 126 72 49	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72 49	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49
雨 a b A c d e f g B h i j	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 80 72 49 62	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 62	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 49 62	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 72 49 62	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72 49 62	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62
雨 a b A c d e f B h i j k	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 60 83 72 49 62 93	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 62 93	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 96 72 49 62 93	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 93	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 1113 72 49 62 93	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 1117 72 49 62 93	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 126 72 49 62 93	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72 49 62 93	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93
降 a b A c d e f B h i j k	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93 53	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 60 83 72 49 62 93 53	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 96 72 49 62 93 53	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 53	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 93 53	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 60 1113 72 49 62 93 53	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 60 117 72 49 62 93 53	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 65 60 120 72 49 62 93 53	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 65 60 123 72 49 62 93 53	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 60 126 72 49 62 93 53	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72 49 62 93 53	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53
降 a b A c d e f B h i j k - C	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53 72	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93 53 74	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 60 83 72 49 62 93 53 53 75	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 53 76	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 53 78	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 79	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 96 96 96 92 93 53 80	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53 81	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 53 82	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 93 53 83	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 60 113 72 49 62 93 53 84	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 60 117 72 49 62 93 53 84	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 65 60 120 72 49 62 93 53 85	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 60 123 72 49 62 93 53 86	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 60 60 60 126 72 49 62 93 53 86	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 60 129 72 49 62 93 53 87	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87
降雨 a b A c d e f g B h i j k C m	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53 72 60	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 60 80 72 93 53 74 60	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 75 60 00	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 76 60 60	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 90 353	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 79 60 00	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 49 62 93 53 80 61	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53 81 61	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 53 82 61	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 93 53 83 61 61	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 53 85 61	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 86 61	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 73 100 89 66 60 126 60 126 60 126 60 23 53 86 61 61	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61
雨 a b A c d e f g B h - j k - C E n	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53 72 60 73	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93 53 74 60 49	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 75 60 84 8 53	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 76 60 93	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 93 60 60 60 60	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 93 53 80 61 53	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53 81 61 51	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61 53	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 53 82 61	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 93 53 83 61 53	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61 53	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61 53	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 53 85 61 53	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 86 61 53	340分 雨量 (mm) 151 151 151 123 73 100 89 66 60 126 60 126 72 93 62 93 53 86 61 53	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61 53	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 55
雨 a b A c d e f g B h i i j k – C m n o i	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53 72 60 48 51 62 93 53 72 60 481 51	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 60 62 93 53 74 60 48 80 72 20	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 75 60 48 53 75	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 76 60 49 93	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 50 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 60 62 93 53 79 60 50 50	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 93 53 80 61 50 50	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53 81 61 51	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61 51 51	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 53 82 61 51 51	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 93 53 83 61 52 52	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61 53 53	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61 53 53	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 53 85 61 53 53	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 86 61 53 53	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 73 100 89 66 60 126 60 126 72 93 62 93 53 86 61 54 54	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61 54 54	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 52
雨 a b A c d e f g B h i j k - C m n o p c	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 93 53 72 60 48 51 32 80	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 60 72 93 53 74 60 48 51 32 53	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 75 60 48 51 232	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 76 60 49 51 53	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 50 50 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 60 93 53 79 60 50 50 50	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 93 53 60 96 72 93 60 96 72 93 53 60 96 72 93 53 60 93 53 60 96 72 93 53 60 96 61 50 96 60 97 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 60 97 97 60 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97 97	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 60 100 72 93 60 61 51 51 51 51 51	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61 51 51 51	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 93 62 93 61 51 51 51 51 51	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 93 53 83 61 52 53 83 61	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61 53 53 53 53	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 93 62 93 53 84 61 53 53 53 53 84	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 53 85 61 53 53 85 61	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 60 61 53 53 53 60 61 53 53 60 61 53 53 60 61 61 53 53 60 61 60 61 61 60 61 60 61 61 61 61 61 61 61 61 61 61 61 61 61	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 60 126 60 126 60 126 61 61 53 86 61 54 54 54 54	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61 54 54 54	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 55 32 60
雨 a b A c d e f g B h i j k l C E n o p g r	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 933 532 72 600 481 512 60 99 92	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93 53 74 60 60 49 53 53 74 60 93 53 74 60 93	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 53 53 53 53 53 53 53 60 60 48 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 60 60 93 53 60 93 53 53 76 60 93 93 93 93 93 93 93 93 93 93 93 93 93	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 50 50 50 50 50 50 50 50 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 79 60 50 50 51 32 69 103	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 93 60 96 72 93 60 96 72 93 60 96 72 93 53 80 61 50 50 105 105	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 61 53 81 61 51 51 32 69 105	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 61 51 51 51 51 51 51 20 69 106	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 61 51 51 51 51 32 69 107	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 49 62 93 53 83 61 553 53 83 61 52 52 52 52 532	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 62 93 61 53 53 53 84 61 53 53 53 20 9 108	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 62 93 63 84 61 53 53 53 53 53 84 61 53 53 53 93 108	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 61 53 53 53 53 53 53 61 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 62 93 53 61 53 53 61 53 252 32 32 69 110	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 60 126 72 49 62 93 53 86 61 53 86 61 54 54 54 22 69 111	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61 54 54 54 54 54 20 9112	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 55 32 69 112
雨 a b A c d e f g B h i j k - C m n o p g r D	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 933 532 72 60 48 51 32 69 92 90	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 62 93 53 74 60 60 48 51 53 53 74 60 93 53 74 93 53 93 93 53 93 93 93 93 93 93 94 95	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 53 53 53 53 53 60 60 48 51 32 69 60 98	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 49 60 87 72 93 53 76 60 93 53 76 99 99 90 90	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 78 60 50 50 50 50 50 50 101 105	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 79 60 50 51 32 69 103 107	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 49 62 93 60 96 72 60 96 72 60 96 51 33 80 61 50 51 50 105 51 105 105 105 105 105 10	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 60 100 72 49 62 93 53 81 61 51 51 51 51 51 132 69 105 111	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61 51 51 51 51 32 69 106 112	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 61 51 51 51 51 32 69 107 113	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 93 53 83 61 52 53 53 61 132 51 32 69 107 113	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 62 93 63 84 61 533 84 61 533 531 32 69 108 113	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 63 84 61 533 53 84 61 53 53 53 132 69 108 114	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 65 61 53 53 53 53 53 51 32 69 109 114	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 60 123 72 49 62 93 53 61 53 53 53 86 61 53 53 53 23 2 32 69 110	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 60 126 72 49 62 93 53 86 61 53 86 61 54 54 54 54 54 111	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 53 87 61 53 87 61 54 54 54 54 54 54 54 54 122 112	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 55 32 61 54 55 32 612 114
雨	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 933 532 600 481 51 32 69 92 90 65	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 60 80 72 49 62 93 35 3 53 60 48 51 32 69 94 95 67	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 933 535 600 48 513 603 48 513 69 98 69 98 69	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 49 60 83 53 60 60 49 51 32 69 99 9101 74	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 73 60 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 79 60 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 49 62 93 53 80 61 50 51 50 51 50 51 90 90 90	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 93 53 81 61 51 51 51 51 51 51 93 09 105 111 96	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 53 82 61 51 51 51 51 51 51 69 106 112 98	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 62 93 62 93 53 82 61 51 51 51 51 51 132 69 107 113 101	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 93 53 83 61 52 51 32 69 107 113 104	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 62 93 53 84 61 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53 53	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61 53 53 53 53 53 84 61 53 53 53 132 69 108 114 110	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 53 85 61 53 51 32 69 109 114 113	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 60 123 72 49 62 93 53 60 61 53 53 60 110 153 53 60 111 151 151 100 123 72 100 123 73 72 123 72 123 73 100 123 73 72 123 73 72 123 73 72 123 73 72 100 123 72 123 73 72 100 123 72 123 73 72 100 123 72 100 123 72 100 123 72 100 123 72 100 123 72 100 123 73 100 123 72 100 123 73 100 123 73 100 123 72 100 123 73 100 123 73 100 123 73 100 123 73 100 123 73 100 123 73 100 123 101 101 101 101 101 101 101 101 101 10	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 60 126 72 49 62 93 53 86 61 54 54 54 32 69 111 114 119	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 66 60 129 72 49 62 93 53 53 77 61 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 55 32 69 112 114 123
雨	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 933 532 60 48 51 32 69 92 90 65 30	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 60 80 72 49 60 33 53 53 53 53 53 69 94 95 67 30	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 100 89 48 60 83 72 49 62 933 735 60 48 51 32 69 98 69 30	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 62 93 3 53 76 60 60 49 51 32 69 99 9101 74 30	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 353 78 60 50 51 32 69 101 105 76 30	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 53 73 60 50 50 51 32 69 103 107 83 30	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 72 60 96 72 60 96 72 60 96 51 53 80 61 50 51 32 69 105 109 90 30	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 933 83 83 61 51 51 51 51 32 69 105 1111 96 30	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 3 53 82 61 51 51 51 51 32 69 106 112 98 30	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 60 105 72 93 60 105 51 51 51 51 32 69 107 113 30	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 62 933 83 61 52 51 32 69 107 113 30 49	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61 53 51 32 69 108 113 107 30	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61 53 51 32 69 108 114 30	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 65 61 53 51 53 51 32 69 109 114 113 30	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 62 93 53 86 61 53 52 32 69 110 114 116 30	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 72 49 62 93 3 53 66 61 54 54 54 54 54 32 69 111 114 119 30	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 62 93 35 37 72 49 62 93 35 37 61 54 54 54 54 54 54 54 32 69 112 114	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 55 32 69 112 114 123 30
雨	190分 雨量 (mm) 147 59 82 73 100 87 45 60 78 72 49 62 933 533 72 60 48 51 32 69 92 90 65 30 126	200分 雨量 (mm) 147 59 90 73 100 88 47 60 80 72 49 60 80 72 93 53 53 53 53 53 53 53 53 60 94 95 67 30 126	210分 雨量 (mm) 147 59 93 73 73 100 89 48 60 83 72 49 62 93 53 53 53 55 60 60 48 51 32 69 96 98 69 30 126	220分 雨量 (mm) 148 59 101 73 100 89 49 60 87 72 49 60 87 72 93 3 53 76 60 60 60 60 951 32 69 99 9101 74 30 126	230分 雨量 (mm) 149 59 106 73 100 89 50 60 91 72 49 62 93 53 53 53 53 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	240分 雨量 (mm) 149 59 109 73 100 89 51 60 94 72 49 62 93 353 79 60 50 50 50 50 51 32 69 103 30 70 70 83 30 126	250分 雨量 (mm) 149 59 112 73 100 89 52 60 96 96 72 49 60 96 72 60 96 72 60 96 51 53 80 61 50 51 32 69 105 109 90 30 126	260分 雨量 (mm) 150 59 114 73 100 89 52 60 100 72 49 62 933 53 83 61 51 51 51 51 51 51 32 69 105 1111 96 30 126	270分 雨量 (mm) 151 59 115 73 100 89 53 60 102 72 49 62 93 35 3 3 53 61 51 51 51 51 51 51 51 2 69 106 112 98 30 126	280分 雨量 (mm) 151 59 116 73 100 89 54 60 105 72 49 60 105 72 49 60 105 72 60 105 72 61 51 51 51 32 69 107 113 30 126	290分 雨量 (mm) 151 59 119 73 100 89 59 60 109 72 49 60 109 72 49 60 53 83 61 53 53 83 61 52 51 32 69 107 113 104 30 126	300分 雨量 (mm) 151 59 120 73 100 89 63 60 113 72 49 62 93 53 84 61 53 51 32 69 108 113 107 30 126	310分 雨量 (mm) 151 59 121 73 100 89 64 60 117 72 49 62 93 53 84 61 53 51 32 69 108 114 110 30 126	320分 雨量 (mm) 151 59 122 73 100 89 65 60 120 72 49 62 93 60 120 72 93 65 53 61 53 53 51 32 69 109 114 113 30 126	330分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 65 60 123 72 49 62 93 53 86 61 53 53 86 61 53 52 32 69 110 114 116 30 126	340分 雨量 (mm) 151 59 123 73 100 89 66 60 126 72 49 62 933 53 66 61 54 54 54 54 54 54 32 69 111 114 119 30 126	350分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 66 60 129 72 49 62 93 3 53 53 61 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 32 69 112 114	360分 雨量 (mm) 151 59 124 73 100 89 67 60 131 72 49 62 93 53 87 61 54 55 32 69 112 114 123 300 126

流域内最大雨量と浸水棟数の関係について式(1)が 成り立つものと仮定し、式(2)の*RMSE*を最小とするパ ラメータ*a*, *b*, *c*を継続時間別に求めた。

$$n_c = a \cdot R \cdot r^{-h} \cdot c = \cdots (1)$$

11。注意定浸水植数

R (法): 諸統時間 (の)所量

a, b, C: 1714 4

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (n_{ii} - n_{ij})^{''}} \qquad \cdots \cdots (2)$$

N:降雨数 $n_{
m orbits}$ 記以很久烦爱

11。(推)自己本丽数



表--5 パラメータ同定結果

時間	а	b	с	時間	а	b	с
10分	0.2355	2.08	-59.2	190分	0.0125	2.16	-67.9
20分	0.0499	2.20	-49.1	200分	0.0102	2.21	-75.9
30分	0.0198	2.28	-41.8	210分	0.0100	2.20	-69.8
40分	0.0199	2.16	-30.7	220分	0.0100	2.20	-69.8
50分	0.0116	2.22	-25.6	230分	0.0101	2.18	-66.5
60分	0.0162	2.13	-32.0	240分	0.0086	2.23	-67.8
70分	0.0131	2.17	-31.4	250分	0.0088	2.20	-72.2
80分	0.0142	2.16	-41.0	260分	0.0119	2.14	-74.2
90分	0.0182	2.11	-49.6	270分	0.0052	2.29	-58.9
100分	0.0237	2.05	-57.9	280分	0.0061	2.27	-68.6
110分	0.0165	2.11	-50.0	290分	0.0093	2.16	-58.0
120分	0.0123	2.17	-49.3	300分	0.0081	2.19	-52.9
130分	0.0183	2.09	-60.1	310分	0.0081	2.19	-65.3
140分	0.0236	2.04	-68.4	320分	0.0077	2.18	-51.8
150分	0.0143	2.13	-60.9	330分	0.0141	2.06	-50.6
160分	0.0126	2.17	-64.2	340分	0.0146	2.04	-48.3
170分	0.0145	2.13	-61.1	350分	0.0133	2.06	-55.7
180分	0.0151	2.13	-74.6	360分	0.0114	2.08	-44.7

パラメータの同定は大域的探索法であるSCE-UA法 を用いた⁷⁾。パラメータの探索範囲は、0<a<10、0. 1<b<4、-1000<c<1000とした。また、計算には降雨 uを除いた25降雨を用いた。図-6に示したように降 雨uの浸水範囲は他の降雨と比べて極めて広範囲で あり、河川沿いに浸水被害が発生している。降雨u の浸水被害は主に河川溢水によって生じているのに 対して、他の降雨時の被害は主に内水によるもので ある。よって求めたパラメータa,b,cは河川溢水 が生じない規模の降雨を想定したものとなっている。

同定したパラメータを表-5に示した。パラメータ bは2.05~2.29の範囲であり平均は2.15であった。 式(1)のパラメータbを2.15として推定浸水棟数と記 録浸水棟数の相関係数を集中豪雨・台風別に計算し 結果を図-7に示した。また、集中豪雨・台風別の継 続時間と流域内最大雨量の関係について図-8に示した。

集中豪雨は継続時間50分以上のときに相関係数が0. 9以上となる。このことは集中豪雨時に強い雨が降り 続く時間が概ね50分間であることを示している。

台風は継続時間40分のときに相関係数が0.976とな り、継続時間40~60分では相関係数が0.9以上となる。 台風時の流域内最大雨量は、継続時間10~30分にお いては河川や下水道の計画降雨と比べて小さく、継 続時間が70分以上になると流出に要する時間より継 続時間の方が大きくなることから浸水被害との関係 が小さくなる。浸水被害と関連が大きな継続時間は、 集中豪雨と台風の相関係数が共に0.9以上となる50~ 60分であると判断した。



図-7 浸水被害と継続時間別雨量の相関





図-9 浸水被害と雨量

継続時間60分における流域内最大雨量と浸水棟数 の関係を図-9に示した。台風は集中豪雨と比べて同 じ流域内最大雨量に対する浸水棟数は大きく、同じ 浸水棟数に対する流域内最大雨量は小さい。

5. 降雨の空間分布

流域内及び周辺に位置する28観測所の雨量データ を用いて60分雨量の空間分布を解析した。 降雨別に流域内最大雨量を記録した観測所を最大 値観測所として流域内最大雨量が発生した期間にお ける各観測所の雨量と最大値観測所からの距離につ いて関係を求めた。

流域内最大雨量が100mm以上の集中豪雨である降雨 a、降雨 t について最大値観測所からの距離と60分 雨量の関係を図-10に示した。最大値観測所から5km 以内に位置する観測所の60分雨量は流域内最大雨量 と距離6km雨量0mmを結ぶ直線(図中の点線)の周辺 に分布している。最大値観測所から5km以上離れた観 測所の雨量は概ね0~40mmの範囲でばらついて分布し ている。

流域内最大雨量が50~100mmの集中豪雨である降雨 c、降雨hについて最大値観測所からの距離と60分 雨量の関係を図-11に示した。各観測所の雨量の分 布は流域内最大雨量100mm以上の降雨と同様の関係が 見られた。

流域内最大雨量50mm以下の集中豪雨である降雨f と降雨oについて最大値観測所からの距離と60分雨 量の関係を図-12に示した。

最大値観測所から5km以内に位置する観測所の60分 雨量は最大値観測所から遠くに位置するほど小さく なるが、流域内最大雨量と最大値観測所から5km以上 離れた観測所の雨量は差が小さく、雨量の空間分布 はほぼ一様だと考えることができる。

台風の降雨は流域外に位置する観測所が最大値を 記録したため、流域内の観測所において最大値が発 生した期間を対象とした。台風である降雨Bと降雨 Dについて最大値観測所からの距離と60分雨量の関 係を図-13に示した。流域内最大雨量29mmの降雨B は、最大値観測所から10km以内の観測所の雨量は大 きな差がないことから雨量の空間分布はほぼ一様だ と考えることができる。流域内最大雨量58mmの降雨 Dの60分雨量の分布は、観測所の位置が最大値観測 所から遠くになるほど雨量が小さくなり、最大値観 測所から6km以内の観測所では50mmの雨量、最大値観 測所から6~8km離れた観測所では40mmの雨量となっ ている。

対象降雨における60分雨量の空間分布について全





図-14 60分雨量の空間分布

般的な傾向を以下に記す。流域内最大雨量が30mm以 下の降雨では雨量の空間分布はほぼ一様である。流 域内最大雨量が大きな降雨では、流域内最大雨量の 地点から半径5km以内の雨量は半径6kmの地点で0mmに なるように直線的に小さくなり、半径5~10kmの雨量 は概ね40mm以下でばらついて分布する。60分雨量の 空間分布形は流域内最大雨量によって決定し、集中 豪雨と台風に大きな差はない。

100km²を超える広い範囲一様に分布する雨量には上 限があり、60分雨量の空間分布は図-14に示したよ うに広域的雨量と局地的雨量の組合せによって表す ことができる。広域的雨量は図-10~13から40mm程 度であると考える。現在の河川や下水道の計画は1時 間に50mmの雨量を対象としたものであり、広域的雨 量より若干大きい規模となっている。

今後、1時間に50mmを越える雨量を対象にした治水 施設の計画を策定する際には局地的雨量が対象とな ることから、外力を適切に評価するためには流域規 模を考慮することが必要となる。

6. 局地的な大雨が多い地域

流域内最大雨量100mm以上の降雨において最大値を 記録した練馬観測所、鷺ノ宮観測所、下井草観測所 はいずれも対象流域の中央北部に位置している。流 域内の観測所における1999年4月から2005年12月の60 分雨量の最大値及び75mm以上の回数を図-15に示し た。



図-15 最大雨量と60分雨量75mm以上の回数

1時間に110mm以上の雨量を記録した観測所と1時間 に75mm以上の雨量を2回以上記録した観測所は一致し、 妙正寺川及び江古田川の流域に位置する。

妙正寺川及び江古田川流域では早期に局地的な大 雨に対する治水整備を進める必要性が高い。

7. 集中豪雨と台風による流出特性の違い

雨量の空間分布については集中豪雨と台風に違い はないものの、同じ流域内最大雨量に対する浸水被 害は台風の方が大きくなっている。このことは流域 内最大雨量に対する短時間の流出量が台風時には集 中豪雨時より大きいことを示している。

流域内最大雨量が同規模の台風と集中豪雨のハイ エトグラフを図-16に示した。

2降雨において大きく異なるのは、時間最大雨量発 生前の降雨の有無である。時間最大雨量発生前に降 雨があることによって流出ピーク時に初期損失の影 響を受けないことや時間最大雨量発生前の降雨から の流出が重なることにより流出量が大きくなる⁸⁾。 よって、治水施設の計画においては集中豪雨と台風 において異なる流出特性を考慮する必要があり、流 出率等のパラメータを集中豪雨・台風別に設定する ことや、非線形の流出モデルを用いる方法が考えら れる。



図-16 集中豪雨・台風時のハイエトグラフ

8. 浸水被害発生雨量

浸水被害を生じる雨量の発生を事前に予測し、適 切に情報を伝達することができれば浸水時の被害を 軽減することが可能である。表-4に示した流域内最 大雨量の最小値は浸水被害を発生させる最小雨量で あると考えられる。

浸水被害との関係が大きい継続時間60分における 流域内最大雨量の最小値は、降雨fと降雨nで記録 した28mmである。

1999年4月から2005年12月までに神田川流域内に位 置する17観測所で1時間に28mm以上の雨量を観測した 降雨の数は46であり、浸水被害を生じた26降雨以外 に20降雨ある。1時間に28mm以上の雨量を観測した46 降雨を雨量の大きい順に並べ図-17に示した。浸水 被害が記録されなかった20降雨の60分雨量は1降雨が 49mmを記録しているが、他は38mm以下である。

流域内最大雨量と浸水被害発生の有無から、現状 の神田川流域全体の平均的な治水水準は、1時間に 4 0mmをやや下回る雨量に対応したものとなっており、 また、地域によっては1時間に30mmをやや下回る雨量 に対応したものとなっていると判断される。 流域内最大雨量を正確に予測することが可能であ れば、設定した値以上の流域内最大雨量の発生を予 測した時に浸水の危険性に関する情報を発信するこ とが考えられる。

設定値以上の雨量を予測した場合に情報を発信す ることを想定し、1時間に28mm以上の雨量を観測した 46降雨について設定値以上の流域内最大雨量を観測 した降雨に占める浸水被害を記録した降雨の割合を 浸水発生率とし、設定値と浸水発生率の関係を図-1 8に示した。

設定値を28~32mmに設定した場合、設定値と同じ 雨量を観測した時に浸水被害を生じる確率は60%よ り小さなものとなる。また、設定値を39mm以上に設 定した場合、設定値と同じ雨量を観測した時に浸水 被害を生じる確率は90%より大きなものとなる。







-87-

9. まとめ

神田川流域では1999年から2005年に26降雨におい て浸水被害を記録した。26降雨中21降雨が集中豪雨 であった。

浸水被害の90%以上は集中豪雨によるものであり、 集中豪雨への対策をすすめることで浸水被害の軽減 を期待できる。しかし、各降雨の被害規模を考慮す ると台風による被害の割合は20%程度と考えられ、 また、集中豪雨時と台風時で流域の流出特性が異な ることから台風への対策も考慮する必要がある。

現状の神田川流域全体の平均的な治水水準は1時間 に40mmをやや下回る雨量に対応したものであるが、 地域によっては1時間に30mmをやや下回る雨量に対応 したものとなっている。

浸水被害との関連が大きい60分雨量の空間分布形 は最大雨量の大きさによって決定し、集中豪雨と台 風に大きな差はない。また、60分雨量における空間 分布形は広域的雨量と局地的雨量の組合せによって 表すことができる。1時間に50mm以上の雨量を対象に した治水施設の計画においては局地的雨量を対象と することから流域規模を考慮することが必要である。

妙正寺川及び江古田川流域は局地的な大雨が発生 しやすい地域であり、早期の対策が必要であると考 える。

参考文献

- 1) 東京都第三建設事務所(2004):神田川水系の河川事業
- 2) 東京都建設局河川部(2002): 平成11・12年における水害記録
- 3) 東京都建設局河川部(2003):平成13年における水害記録
- 4) 東京都建設局河川部(2004):平成14年における水害記録
- 5) 東京都建設局河川部(2005):平成15年における水害記録
- 6) 東京都建設局河川部(2006):平成16年における水害記録
- 7) 森永陽子、河村明、神野健二(2002): SCE-UA法による貯留関数モデルの大域的パラメータ同定について、土木学会西部 支部研究発表会講演概要集
- 8) 高崎忠勝、高橋清(2005):神田川における洪水流出特性、平17. 都土木技研年報