

第三章 下水量の決定

第一節 人口増殖率

汚水中でも家庭廢水即ち我等が日常、便所浴室洗面所臺所等から排除する汚水の量は、排水区域内の人口數に正比例するものなれば、其現住人口を調査すると同時に既往の増殖率を精査し、区域内の將來に於ける人口増進の割合並に増殖し得る人口の範圍即ち最高密度を推定し、是等を基準に家庭汚水の最大量を定めねばならぬ、將來に於ける人口の増殖率を推定する爲めには、最善の手段を盡し都市としての立脚點、環境、商工業の盛衰、將來發展の餘地等、あらゆる方面に涉り充分なる調査攻究を必要とするは勿論のことであるが、通例は次記何れかの方法に依り大體の基準を求め、之に當該都市獨得の事情を加味酌量して萬全を策することが肝要である。

1. **等比級數に依る方法** 國勢調査の統計の如き確實なる資料に基き、當該都市既往の人口増殖率を精査攻究し、將來に於ても同一率即ち等比級數的に増進するものと推斷する方法である。

2. **等差級數に依る方法** 標準と爲すに充分なる國勢調査一期間（五年又は十年）の人口増加實數に基き、當該都市に於ける一期間毎の一定した増進人口數を推定し、此數字的増進は永遠に持續すること即ち等差級數的の増進を推斷する方法である。

3. **圖式解法に依る方法** 當該都市永年に亘る既往の調査統計に基き、年號を緯に人口を經としたる作圖を行ひ、其軌跡に相應する曲線式を求め將來の人口増進は、全く此曲線式の延長なりと推斷して計算する方法である。

4. **範を先進都市の實績に求むる方法** 古き歴史ある類似の他の都市又は先進の大都市等には、既往に於ける發展の狀況人口累進の狀態等を精査し、當該都市

遅々たるもので更に發展を示さない所もある、又一般に大都市となる程小都市よりも人口の増殖率を減退するのが普通で、米國各都市の實例に依れば、1900年から1910年の十年間の増殖率は、人口二十萬以上二十都市平均 20.3%、同十萬以上五十都市平均 32.8%、同十萬未満二萬五千以上百七十九都市平均 37.9%に相當して居る、尙同一都市でも人口の増進に伴ひ次第に其増殖率を遞下するのが常で第8表は米國六都市の實例を示したものである。

我國總人口 昭和五年十月一日施行の國勢調査の結果に依れば、内地現在人口は 64,447,724 人で、朝鮮には 21,057,969 人、臺灣には 4,594,161 人、樺太には 295,187 人、關東州には 1,327,971 人、南洋には 69,627 人、總計 90,395,041 人を算して居る、諸外國最近の國勢調査の結果に徴するに、我國より人口の多いのは印度の 318,942,480 人 (1921)、露西亞の 146,989,460 人 (1926)、北米合衆國の 105,710,620 人 (1920) 及支那 (不明) 位のもので、他は何れも我國の人口よりも少いのである。

第 9 表 六大強國人口及其増殖率

國名	年次	前回調査人口	最近調査人口	増加數	一年平均人口増殖率 (人口千に付)
北米合衆國	1910—1920	91,972,266	105,710,620	13,738,354	14.44
日本(内地)	1920—1930	55,963,05	64,447,724	8,484,671	14.16
獨逸	1919—1925	59,175,937	62,410,619	3,234,622	9.40
英吉利	1911—1921	40,831,396	42,769,196	1,937,800	4.55
佛蘭西	1921—1926	39,209,518	40,743,897	1,534,379	7.71
伊太利	1911—1931	34,671,377	37,142,886	2,471,509	6.60

内地總人口 64,447,724 人を大正十四年の 59,786,822 人に比すれば、人員に於て 4,710,902 人、割合に於て七分九厘の増加を示し、前期即ち大正九年乃至同十四年の五年間に於ける増殖率六分七厘よりも遙かに高いのである、一年平均の増

加數は前期の 754,754 に對し今期は 942,180 を示し、一年平均人口増殖率は人口千に付前期 13.14 今期 15.30 となる、而して兩期を通じた過去十年間に於ける人口増加は 8,484,671 で、一年平均人口増殖率は人口千に付 14.16 に當る、第9表は世界六大強國の人口並に其増殖率を示すものである。

人口の分布 内地人口の府縣分布を見るに各府縣の人口中、東京の 5,408,262 人を首位とし、大阪の 3,589,989 人之に次ぎ、二百萬以上は北海道、兵庫、愛知、福岡の一道三縣、百五十萬以上は新潟、静岡、長野、廣島、神奈川、鹿兒島、京都、福島の内八府縣、百萬以上は茨城、千葉、埼玉、熊本、岡山、長崎、群馬、岐阜、三重、宮城、愛媛、栃木、山口、山形の十四縣、七十萬以上は秋田、岩手、大分、青森、和歌山、富山、宮崎、石川、島根、香川、高知、徳島の十二縣、五十萬以上は滋賀、佐賀、山梨、福井、奈良、沖縄の六縣で、鳥取の 489,269 人が最少である、之を大正十四年の人口に比較するに其増殖率に於て、東京の二割六厘を最大とし大阪の一割五分七厘之に次ぎ、神奈川、北海道、愛知、京都、宮崎の一割以上、福岡、宮城の九分以上、岩手、青森の八分以上は全國平均七分九厘より高いもので、概して大都市を有する府縣及拓植地の増殖率は高位を占めて居る譯である。

市部の人口 大正九年十月一日第一回國勢調査當時に於ける市の數は八十三で其人口 10,096,758 人即ち全國總人口の一割八分に當り、同十四年十月一日第二回國勢調査當時は市の數百一に増加し、其人口 12,896,850 人即ち全國總人口の二割一分六厘を占め、昭和五年十月一日第三回國勢調査當時は更に八市を加へて市の數百九に達し、其人口 15,442,215 人即ち全國總人口の二割四分に及んで居る。

以上の如く市部の人口は漸次著しく増加したが、之には新に市制を布きたるものと隣接町村を合併したものが相應にあるので、是等を昭和五年當時の市郡境域に換算し比較するに、大正九年人口と昭和五年人口との對比は、市部は三百十七

萬郡部は五百三十一萬の増加にして、市部の増殖率は二割五分九厘、同郡部は一割二分二厘の割合に當り、大正十四年人口と昭和五年人口との對比は、市部は百七十三萬郡部は二百九十七萬の増加を示し、市部の増加率は一割五分五厘なるに對し、郡部は同六分五厘に過ぎない、蓋し人口の生死に基く差増即ち人口の自然増加は、其環境等に鑑みると郡部の方寧ろ市部よりも高率なるべきに拘らず、斯く市部の増加率が郡部の夫れに比し著しく大にして殆ど二倍するが如き傾向は、畢竟人口の都市集中を如實に證明するものと認めざるを得ない譯である。

百九市の内人口十萬以上のもの二十八に及ぶ、大阪市の 2,453,569 人を第一位とし東京市の 2,070,142 人之に次ぎ、名古屋市の 907,402 人、神戸市の 787,596 人、京都市の 765,142 人、横濱市の 620,296 人等更に之に次ぐ、上記六大都市に次では広島市の 270,365 人を最大とし、二十萬を超ゆるものは福岡、長崎、の兩市で十萬以上は、函館、吳、仙臺、札幌、八幡、熊本、金澤、小樽、岡山、鹿児島、静岡、佐世保、新潟、堺、和歌山、横須賀、濱松、門司、川崎の順位である、之を歐米主要國に於ける最近の趨勢と比するに、全國總人口に對する大都市（人口十萬以上）人口の割合は第 10 表の通りである。

第 10 表 大都市人口の集中割合

國名	年次	大都市數	大都市人口	全國總人口に對する大都市人口の歩合(%)
日本(内地)	1930	28	11,129,745	17.3
英吉利	1921	50	16,621,703	38.9
北米合衆國	1920	68	27,429,326	25.9
獨逸	1925	47	18,333,239	29.4
佛蘭西	1926	17	6,310,811	15.5
伊太利	1921	18	5,352,041	18.8

都市人口の増加 更に大正十四年國勢調査當時と昭和五年當時との各市人口の増殖率を調べれば、人口五十萬以上即ち我が六大都市は此五年間に平均 13.8%

の増加を示し、人口十萬以上の十八市は同平均 14.0%、人口五萬以上の三十三市は同平均 12.8%、人口五萬未満の五十二市は同平均 11.5% に相當し、小都市程却て増殖率少く歐米とは全く相反するが如き趨勢を來して居る、是等は如何に近來我國に於ける都鄙生活上に均衡を失ひ、生活苦に惱む生存競争の激烈なるかを如實に物語るものと云ふべく、都市集中どころか已に大都市猛襲に向つて居る譯で、人口の過剰と不均等なる生活難に依て禍ひさるゝ我國民の將來に就ては誠に寒心に堪えぬ次第と思ふ。

第二節 人口稠密度

都市に於ける人口の最高稠密度を究むることは、家庭汚水の最大量を決定する上に必要な資料の一つである、人口密度は都市毎に其状態に應じ著大な相違あるのみならず、同一都市内と雖も場所に依り變動常なきは勿論で、凡そ下水道の設計に際しては其排水面積を標準とする各工區毎の人口密度を精査し、環境其他あらゆる實状を斟酌して將來に對する最高稠密度を推定することが肝要である、而も人口は一定面積内に在つては無限に増加し得べきものにあらず、即ち或る限度を超越すれば爾後の人口増進の爲めには、都市の面積擴大を必要とすること蓋し數の免れざる所以と思ふ、又都市に依ては今日の住宅地も何年かの後には商業地となり或は工業地に變ぜぬとも限らぬ、即ち人口の最高稠密度決定にはあらゆる方面の調査研究が最も必要なのである。

我國の人口密度 昭和五年十月一日施行の國勢調査に依れば、内地人口の密度は一方軒 169 人（一方里 2,602 人）に當り、之を歐米諸國に比するに我國より人口密度の高きものは、白耳義の 245 人（1920 年）、和蘭の 211 人（1920 年）、英吉利の 186 人（1921 年）があるのみである。

人口の密度を我が地方別に見るに關東の一方軒 427 人最も高く、近畿の 362 人之に次ぎ、以下東海、沖繩、九州の二百人以上、四國、中國、北陸、東山の百人

以上、東北の 98 人、北海道の 32 人、順次相次ぎ、更に朝鮮は 95 人、臺灣は 128 人、樺太は 8 人、關東州は 357 人、南洋は 35 人で、帝國の領土全體の平均では一方、134 人に相當するのである。

都市の人口密度 1910 年北米合衆國々勢調査局に於て、人口五萬以上の五十都市に付調査したる人口密度は、1 エーカーに付最高 85 人、最低 12 人、平均 21 人強、即ち我が千坪當り最高約 70 人、最低約 10 人、平均約 17 人強に相當して居る、又同年中同國ボストン市に於て市内二十五區の人口密度を調査したる結果に依れば、1 エーカーに付最高 190 人、最低 4 人、平均 27 人 1 分、即ち我が千坪當り最高 155 人 2 分、最低 3 人 3 分、平均 22 人 1 分強を示し、更に同年中同國シカゴ市三十五區に於ける人口密度は、1 エーカーに付最高 97 人 4 分、最低 4 人 8 分、平均 17 人 9 分、即ち我が千坪當り最高約 80 人、最低 4 人、平均 14 人 6 分強に當つて居る。

而して我國に於ける主要都市二十三の昭和元年末(1926 年)の人口密度は、大體に於て第 11 表の様な數字を示して居るのである。

尙東京市内十五區及其隣接町の人口密度は、大體第 12 表記載の通りで東京市内は淺草區の千坪當り 167.2 人を最大とし、隣接町に於ては日暮里町の同 129.1 人を最高とするのである、但し是等は各區又は各町の平均密度を示して居る譯であるが、其中樞部分或は密生區域では千坪當り 300~500 人位の存在は決して珍らしくはない、第 12 表中の人口は昭和五年十月一日施行の國勢調査の結果に基き、總面積は東京市内は大正十五年發行の東京市政概要に依り、郡部は凡て東京府隣接町下水道改良工事調査報告書に依つたのである。

計畫密度の實例 人口密度の餘り高からぬ時代に計畫された下水道、即ち倫敦市又はボストン市、シカゴ市等の夫等は、人口の最高稠密度を 1 エーカーに付 50~72 人(千坪當り約 40~60 人)位に採つたのであつたが、其後都市集中の趨勢が次第に加はり稠密度も激増するに至つた爲め、紐育市下水調査委員會などでは、

第 11 表 本邦主要二十三都市人口密度

都市名	給水区域内 總面積(坪)	同 宅地面積 (坪)	總面積と 宅地面積 との比率	昭和元年末 給水区域内 人口	總面積に 對する千 坪當人口	宅地面積 に對する 千坪當人口
東京市	24,173,834	12,778,629	0.529	2,068,900	86	162
大阪市	51,629,006	—	—	2,186,900	42	—
京都市	16,925,178	—	—	680,063	40	—
神戸市	18,555,078	16,643,308	0.897	673,198	37	41
横濱市	11,582,455	8,072,727	0.696	412,563	36	51
名古屋市	44,813,076	24,530,117	0.771	827,242	18	24
函館市	3,418,825	1,893,287	0.554	168,000	49	89
小樽市	17,136,867	14,596,200	0.850	138,754	8	10
澁谷町	1,653,132	1,151,648	0.592	102,677	62	89
堺市	4,487,890	3,423,877	0.740	111,240	25	32
横須賀市	4,742,232	1,989,391	0.417	118,404	25	60
長崎市	10,980,811	3,659,343	0.333	230,124	21	63
佐世保市	5,179,345	2,473,270	0.478	116,572	22	47
新潟市	3,738,598	1,770,200	0.473	109,862	29	62
仙臺市	5,328,628	3,063,750	0.575	140,342	26	46
岡山市	7,266,988	5,442,762	0.749	122,754	17	23
廣島市	8,258,099	3,950,801	0.478	205,785	25	52
下關市	4,736,938	4,248,492	0.897	84,518	18	20
和歌山市	1,930,888	1,396,310	0.723	104,759	54	75
福岡市	6,397,663	5,002,654	0.782	196,601	31	39
門司市	3,670,323	3,261,192	0.888	98,740	27	30
熊本市	9,885,277	8,424,625	0.852	150,075	15	18
鹿児島市	4,199,910	3,331,191	0.793	138,258	33	41
平均			0.670		32	51

〔備考〕 本表江戸川上水道第二期擴張工事計畫説明書に依る。

第 12 表 東京市各區及隣接町人口密度

區名	總面積(坪)	人口	千坪當人	町名	總面積(坪)	人口	千坪當人	町名	總面積(坪)	人口	千坪當人	町名	總面積(坪)	人口	千坪當人
神田	1,144,781	129,946	113.5	森大	1,048,000	46,062	44.0	王子	1,786,000	89,008	49.8	王子	1,786,000	89,008	49.8
日本橋	878,375	107,644	122.5	井大	1,060,000	70,080	66.1	湊野	1,510,000	100,745	66.8	湊野	1,510,000	100,745	66.8
京橋	1,265,357	131,882	104.3	大入	1,028,000	53,780	52.3	日暮	550,000	71,022	129.1	日暮	550,000	71,022	129.1
芝布	2,856,285	175,760	61.5	新井	827,000	45,209	51.7	高田	765,000	48,541	63.5	高田	765,000	48,541	63.5
麻坂	1,139,814	86,488	75.9	目黒	2,036,000	67,236	33.0	三河	752,000	80,215	106.7	三河	752,000	80,215	106.7
赤坂	1,959,187	60,077	56.9	澁野	849,000	57,307	67.5	尾久	872,000	73,869	84.1	尾久	872,000	73,869	84.1
四谷	816,972	75,021	91.8	中野	1,590,000	87,262	54.9	西尾	1,414,400	115,650	81.8	西尾	1,414,400	115,650	81.8
牛込	1,527,774	129,132	84.5	千駄ヶ谷	719,000	40,300	56.9	千住	1,465,000	69,085	47.2	千住	1,465,000	69,085	47.2
小石川	1,880,135	151,489	88.2	澁谷	659,000	33,812	58.4	龜戸	732,000	65,171	89.0	龜戸	732,000	65,171	89.0
本郷	1,549,878	136,748	122.4	大久保	508,000	31,783	51.3	大島	643,000	43,139	67.1	大島	643,000	43,139	67.1
下谷	1,422,149	174,005	167.2	戸塚	2,032,000	70,563	34.7	香取	946,000	80,376	55.7	香取	946,000	80,376	55.7
浅草	1,445,006	241,656	136.5	代々木	1,518,000	44,713	29.5	小松川	742,000	39,927	58.8	小松川	742,000	39,927	58.8
本所	1,722,010	235,142	176,828	板橋	694,000	56,010	80.7	寺島	591,000	49,457	83.7	寺島	591,000	49,457	83.7
深川	2,361,109	176,828	74.1	南千住				田陰	306,000	25,077	82.0	田陰	306,000	25,077	82.0

同市マンハッタン區及ブルックリン區の人口最高密度を 1 ユーカーに付 306 人(千坪當約 250 人)に、クキンス區を同 239 人(千坪當約 195 人)に、ブロンクス區を同 198 人(千坪當約 162 人)に決定した、

又伯林市の下水道計畫では其排水工區毎の事情を斟酌し、人口の最高密度を 1 ヘクタールに付 100~800 人(千坪當約 33~265 人)に採つたが、其他の獨逸都市では同 300~500 人(千坪當約 100~165 人)を最も普通とする様で、最高はドレスデン市の同 150~1,100 人(千坪當約 50~364 人)である。

我國の實例では全市内を同一密度として考慮したものと、各排水工區毎に其情勢を斟酌して區分したものと二色あるが、大體の結果は第 13 表に示す通りである。

第 13 表 下水道の計畫人口密度

都市名	人口密度				都市名	人口密度				都市名	人口密度			
	千坪當		(ヘクタール)當			千坪當		(ヘクタール)當			千坪當		(ヘクタール)當	
	最高	最低	最高	最低		最高	最低	最高	最低		最高	最低	最高	最低
倫敦市	60	22	182	67	名古屋市	236	80	865	242	明石市	190	100	575	300
ボストン市	51	—	154	—	津市	250	67	756	200	静岡市	200	100	600	300
シカゴ市	40	—	121	—	富洲原町	〃	〃	〃	〃	大分市	133	—	400	—
伯林市	265	33	800	100	大阪市	200	—	600	—	小倉市	300	—	900	—
デュッセルドルフ市	132	100	400	300	福島市	〃	—	〃	—	千住町	120	—	363	—
ドレンスデン市	364	50	1100	150	廣島市	200	30	600	90	大崎町	〃	—	〃	—
アーハン市	150	100	450	300	松山市	〃	〃	〃	〃	巢鴨町	150	75	454	227
キヨルン市	132	83	400	250	仙臺市	165	—	500	—	高田町	140	40	424	121
ウィルメルスドルフ市	132	—	400	—	長岡市	〃	—	〃	—	東部下 水組合	160	90	484	272
紐育市	250	162	756	490	若松市	〃	—	〃	—	尾久町	200	—	600	—
ヴィーン市	178	25	520	75	東京市	250	70	756	210	王子町	50	—	151	—

第三節 汚水の總量

家庭汚水量 各戸から排泄する汚水の量は、上水給水量を基準に算出するのが通例である、詳しく論ずれば上水の給水量中には其漏水蒸發等に依る損失と、人畜等の攝取、機關用、船舶用、撒水用などの爲め消耗する量も相當に多く、全部が下水道に到達せざること勿論ではあるが、一面私設水道、井戸水、河水等の使用水が下水道に流入するを以て、彼此互に相殺するものと考へるのが一般に便宜な所置で、實際上に於ても大した支障は生ぜぬ様である。

元來上水の給水量は都市に於ける、氣候、風土、地下水の良否等に重大な關係あるのみならず、住民固有の風俗、習慣、貧富の程度に依り著しき逕庭あり、交通運輸、工業の發達等あらゆる方面に影響あるを以て、各般各種の情勢に鑑み最も周到なる考慮を廻らさねばならぬのである、従て上水の給水量は一般に小都市、田園都市等に少く、大都市、工業都市又は開港場などに多いのは當然で、格別工業の振はない町村の上水道などでは一層少量でも差支へない譯である。

我國の上水道では各人の使用水以外、防火用水、工業用水、船舶用水其他一切を合算して、一日一人當幾何の給水量と稱するを普通として居るが、東京市、京都市、門司市、郡山市の各上水道では、其平均最大計畫量を六立方尺（約九斗三升即ち 168 立）に、大阪市上水道では同五立方尺六（約八斗六升即ち 157 立）に神戸市、江戸川、荒玉、鹽釜町、仙臺市等の上水道では同五立方尺（約七斗七升即ち 140 立）に採つて居る、而かも是等は給水量の多い方で其他の都市は大抵同四立方尺（約六斗二升即ち 112 立）を採用するもの最も多く、同三立方尺五（約五斗五升即ち 98 立）又は同三立方尺（約四斗六升即ち 84 立）位のものも亦決して少くはない様である、尙簡易水道と稱する町村の小上水道では同二立方尺（約三斗一升即ち 56 立）甚だしきは一立方尺五（約二斗三升即ち 42 立）位で充分なものも往々認めらるるのである。

第 14 表 本邦主要都市給水量

都市名	大正十三年				大正十四年				昭和元年			
	給水人口	給水量(一人一日立方尺)			給水人口	給水量(一人一日立方尺)			給水人口	給水量(一人一日立方尺)		
		最大	最小	平均		最大	最小	平均		最大	最小	平均
東京市	1,688,980	7.4	4.7	6.5	1,952,714	6.8	4.1	5.2	2,051,946	7.4	4.0	5.6
大阪市	1,411,266	7.9	3.5	5.8	1,843,368	6.3	2.7	4.8	1,973,562	6.6	2.7	4.9
名古屋市	420,855	5.0	1.8	3.3	426,198	4.5	1.2	3.5	462,830	4.4	2.2	3.1
京都市	515,795	5.5	2.3	3.8	562,080	5.2	2.4	3.7	542,741	5.9	2.5	4.2
神戸市	665,274	6.3	3.2	4.3	542,159	7.4	3.4	5.4	514,585	8.7	3.3	6.1
横濱市	287,443	11.9	6.3	9.3	362,173	9.5	4.7	7.3	383,968	9.6	5.0	7.3
玉川水道	179,911	5.0	1.9	—	197,530	5.2	2.2	3.1	211,346	6.4	3.6	4.6
長崎市	180,537	4.2	1.6	3.2	177,954	4.0	1.2	2.6	180,689	5.4	2.2	4.3
廣島市	109,954	6.6	2.4	4.8	179,451	7.9	2.7	5.2	197,744	7.2	2.6	5.2
福岡市	40,716	10.8	3.9	6.5	88,121	5.3	2.3	3.6	95,328	5.5	2.3	3.6
函館市	151,915	8.0	5.0	6.0	154,775	6.9	4.4	4.9	150,847	7.0	4.4	6.0
仙臺市	52,707	10.0	2.9	5.3	60,976	8.4	3.0	6.1	68,737	8.3	4.2	6.3
小樽市	90,313	8.2	6.4	7.3	94,123	8.0	4.6	7.3	89,607	10.1	5.6	7.8
鹿兒島市	74,708	4.7	1.8	—	77,462	4.0	1.8	2.6	88,000	4.0	1.5	2.5
岡山市	115,767	5.8	2.8	4.4	117,019	6.0	2.8	4.9	123,752	6.8	3.2	5.6
横須賀市	55,362	3.2	1.8	2.0	56,356	3.1	2.4	2.7	62,120	—	—	—
佐世保市	81,294	2.8	1.4	1.8	82,157	2.7	1.2	1.9	85,008	3.2	1.9	2.3
堺市	68,366	4.7	2.2	3.4	76,806	4.9	1.8	3.4	79,441	5.2	2.6	4.4
新潟市	78,684	3.8	2.2	—	81,183	3.7	1.8	2.7	83,648	4.0	1.7	2.8
澁谷町	49,104	5.9	1.3	4.1	58,318	9.7	2.4	5.1	70,195	9.4	2.7	6.3
平均		6.4	3.0	4.8		6.0	2.7	4.3		6.6	3.1	4.9

夏季（極寒地方では寧ろ冬季）には一般に使用量多く、前記平均最大量に對し三割乃至五割を増加し、又一日中の時間最大量は一日平均最大量の約倍額に達す

るを普通とする様である、一般に上水使用量は年を逐ふて増加する傾向がある、漸く上水の使用に慣れて濫費に陥り易いのも一因だが、生活の向上と文化の進歩に伴ふ結果なることを、計畫上豫め考慮して置かねばならぬと思ふ。第14表は我主要都市に付調査した給水量の實績である。

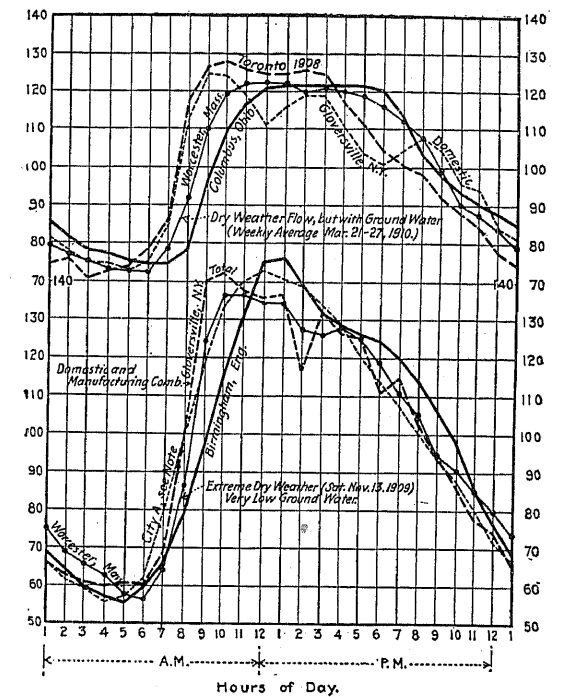
尿尿の量 大人と雖も一日平均一立三（約七合二勺）内外に過ぎない、即ち一般汚水量に比すれば極めて少量故、是等を流注するも汚水總量には格別の影響を及ぼさざるは當然である。

工場廢水量 特種の工業都市は格別なるも普通の都市では、工場廢水の量は全市總汚水量に比すれば比較的少量で、大抵一割以下を通例として大都市となる程此影響は少い様である、我國有數の大工業都市なる大阪市に於ける大正十年度の調査に依るも、工場廢水を含む人口一人當一日分の汚水量は、同市の當該日給水量を出づること殆ど稀なりしと云ふ、即ち大都市又は普通都市に於ける工場廢水量は其最大汚水量中に抱合するものと思ふも決して大過はない譯である、然し前節にも述べた通り米國ミルウォーキーの如き特種の工業都市、又は特に工場の多い小都市等では工場廢水量は、全市汚水量の三割五分乃至七割五分にも達する實例もあれば、斯かる都市では其事情を十分に斟酌して相當の割増を行ふことは計畫上考慮すべき肝要の事柄である。

第四節 汚水流量の變化

一日の中でも上水の使用量は時々刻々に變化して止まざるが如く、下水道内に流出する汚水量も亦其影響を受けて變化するのであるが、時間的に云へば汚水量の變化は上水使用量の夫れよりも一般に稍々遅れ勝で、第6圖は時刻に依る夫等の變化を圖示したものである、尙此變化は住宅地域、商業地域、工業地域等に依り多少其趣きを異にすることは、米國シンシナチ市に於ける第7圖の實例に見るも明瞭である。

又汚水流出量の變化は地下水の漏入に依り相當の影響を受くるは勿論、季節天候並びに乾天時雨天時等に應じ多少の相違を生ずるのである、ボストン市北部流域幹線遮集渠内に於て調査したる結果に依れば、第15表記載の如く上水給水量に對する汚水流出量の比は、一年を通ずる平均では一割六分九厘増なれども、乾天時のみの比例は却て五分六厘減を示して居るのである。



第 6 圖

時刻に依る變化 倫敦市に於ける實驗に従へば、午前九時より午後五時迄の八時間は汚水の流出最大であつて一日分總汚水量の 49% を流出し、午後十一時より午前七時迄の八時間は其流出最少で僅に一日分總水量の 18% を流出するに過ぎない、又時間最大流量は一日分總汚水量の 7.4% で、十二時間の最大流量は 66% に當ると報告されて居る、更にシカゴ市の例では午前八時から午後八時迄十二時間の汚水流出量は、一日分總汚水量の少くとも 60% に當るのである。即ち下水管渠の設計に際し汚水の最大流出量として、一日分總汚水量の半分を六時間乃至九時間内に排除し得る様計算するか、又は汚水の時間最大流出量を一日分總汚水量の 8% に採り、或は半日分の最大流出量を一日分總汚水量の 70% に

決定するは、皆前記實驗の成績に従ふのであつて何れも最も普通に行はれて居る方法である。

最大汚水流出量に對する學者の意見は大體次の様に發表されて居る。

Ogden's; 平均一日最大汚水量の半分を八時間内に排除するものとして時間最大汚水流出量を計算することが最も安全である。

Henry Robinson's; 屋上又は庭先などからの雨水をも含み一日一人當の平均最大汚水量は約六立方呎に相當するが此半分を六時間内に排除するものとして時間最大汚水流出量を計算するのが安全である即ち、(0.000139 Cub.ft.per sec.per head.)

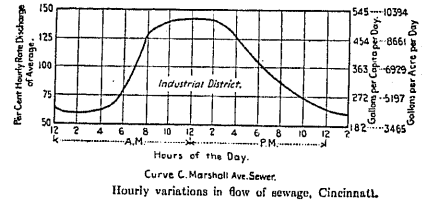
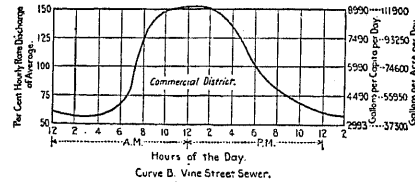
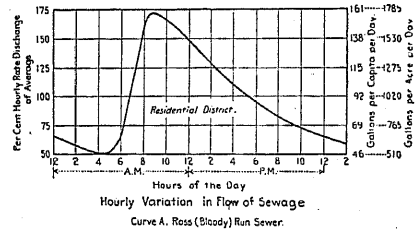
Folwell's; 一人一日當平均最大汚水量を 100 ガロン(13.37 立方呎) に採り時間最大流出量は其七割五分増と定めればならぬ、即ち(Max. flow, 75% excess = 175 gallons per head = 0.00027 Cub.ft.per sec. per head)

Baumeister's; 一人一日當平均最大汚水量を 40 u.s.gal. と定め其十一分一乃至十二分一を時間最大汚水流出量に採らねばならぬ、即ち (40 u.s.gal. = 5.35 Cub.ft. ∴ 5.35 ÷ (12 × 3,600) = 0.000124 Cub.ft.per sec. per head)

Moor's; 屋上又は庭先などからの雨水をも含み一人一日當平均最大汚水量を少くも五立方呎と定め其半分を六時間内に排除するものとして時間最大汚水流出量を計算するか又は時間最大汚水流出量として其 8% を採らねばならぬ即ち(前者 0.000116 Cub.ft.per sec. per head 後者 0.000111 Cub. ft. per sec. per head)

Hering's; 一人一日當平均最大汚水量の半分を其情況に應じ六時間乃至九時間に排除するものと計算するのが普通である。

要するに上水量の日により又時刻により異なるが如く、汚水量も亦時々々々



第 7 圖

第 15 表 ポストン市下水道に於ける給水量と汚水量との比較

年號	一年を通ずる平均				乾天時のみの平均					
	一箇年の總降雨量(吋)	汚水量(一人一日ガロン)	給水量(一人一日ガロン)	給水量に對する汚水量の百分比例	年 月	降雨量(吋)		汚水量(一人一日ガロン)	給水量(一人一日ガロン)	給水量に對する汚水量の百分比例
						其月	前月			
1904	43.40	121.6	100.3	121.2	1904 八月	2.74	1.48	93.8	97.8	95.9
1905	40.84	113.5	101.9	111.3	1905 八月	3.47	1.92	94.0	98.3	95.6
1906	47.16	118.4	99.8	118.7	1906 九月	2.92	1.82	95.2	101.6	93.8
1907	51.83	128.2	116.1	120.8	1907 八月	1.79	1.49	88.7	110.2	80.6
1908	43.31	116.8	104.9	111.3	1908 十月	4.34	1.22	93.3	95.9	97.2
1909	47.62	115.9	94.7	122.4	1909 八月	4.11	1.10	98.8	97.5	101.2
1910	39.05	110.3	92.3	119.4	1910 八月	1.18	1.93	86.9	94.4	92.1
1911	41.28	96.9	86.9	111.5	1910 九月	2.65	1.18	86.3	88.7	97.2
1912	39.96	100.2	86.8	115.4	1912 九月	1.72	2.24	80.0	83.4	95.9
					1912 十月	1.61	1.72	76.9	81.1	94.9
平均	43.83	113.5	97.1	116.9		2.65	1.61	89.4	94.9	94.4

相違し晝間は夜間に比し遙に多く、其平均量に對する最大最小の平均率は都市の大小人口の多寡地下水の浸入程度季節天候等に依り多少の相違あれども、先づ時間最大汚水流出量としては一日分平均汚水量の一倍半乃至二倍に採るのが普通で

ある、即ち一日分汚水量の半分を八時間に流すと云ふのは一倍半の方に當り、之を六時間に流下すと云ふのは二倍の方に相當する譯である、時間最小汚水流出量は管渠内に沈澱物を生ぜしめぬ様乾天時の最小流速を定むる上に必要で、一日分總汚水量の一分乃至二割前後を八時間内に流出するものとして計算するのが適當の様である。

汚水同様の雨水量 降雨に際し當初に落下する少量の雨水は、路面其他不潔なる地上等を洗掃する爲め不淨の程度は敢て普通汚水と大差がないのである、従て合流法を採用する場合遮集渠の設計には必ず降雨の一部を收容して汚水と同様に之を處理するのである、即ち汚水同様に取扱ふべき雨水の量に就ては色々の議論もあり、古くは大抵百分の一吋(0.254 耗) 程度の雨量を之に充てたが、近來は雨水溢流先の汚染度等に鑑み其情況に應じ、平均汚水量の二倍乃至五倍位に採るのが普通の様である。

計畫汚水量の實例 人口一人一時間當最大汚水流出量に関する計畫實例を擧げれば大體第 16 表の通りである。

第 16 表 各都市下水道計畫最大汚水量

都市名	排除方式	平均最大汚水量 (一人一日當)	時間最大汚水流出量			汚水と同様に處理する雨水量
			一人一日當	同毎秒立方尺	平均最大汚水量に對する割合	
倫敦市	合流法	34 ガロン	68 ガロン	0.000126	半分を六時間に	1/96 吋
エアンバラ市	同	42 ガロン	63 ガロン	0.000117	半分を八時間に	
伯林市	同	127.5 立	170 立	0.000069	半分を九時間に	1/96 吋
ハンブルグ市	同	140 立	187 立	0.000076	同	
ダンチヒ市	同	172 立	172 立	0.000070	全量を二十四時間に	。
ドレスデン市	同	100 立	240 立	0.000098	全量を十時間に	
ミュンヘン市	同	228 立	342 立	0.000140	半分を八時間に	同
フランクフルト、アム、マイン市	同	150 立	225 立	0.000092	同	

デュッセルドルフ市	合流法	150 立	200 立	0.000082	半分を九時間に	同
アーヘン市	同	180 立	240 立	0.000098	同	
ザイーン市	同	90.5 立	217 立	0.000089	半分を十時間に	1/96 吋
巴里市	同	160 立	160 立	0.000065	全量を二十四時間に	
ポストン市	同	75 ガロン	150 ガロン	0.000232	半分を六時間に	同
桑港市	同	70 ガロン	105 ガロン	0.000163	半分を八時間に	
プロビアンズ市	同	60 ガロン	60 ガロン	0.000093	全量を二十四時間に	1/100 吋
名古屋市	同	5 立方尺	7.5 立方尺	0.000087	半分を八時間に	
津市	同	同	同	同	同	同
岡崎市	同	同	同	同	同	
富洲原町	同	同	同	同	同	同
東京市	同	6 立方尺	9 立方尺	0.000104	同	
静岡市	同	同	同	同	同	{ 平均最大汚水量の二倍
小倉市	同	同	同	同	同	
仙臺市	同	同	同	同	同	{ 平均最大汚水量の二倍
巢鴨町	同	同	同	同	同	
高田町	同	同	同	同	同	同
東部下水組合	同	同	同	同	同	
尾久町	同	同	同	同	同	同
王子町	同	同	同	同	同	
明石市	同	5 立方尺	10 立方尺	0.000116	全量を十二時間に	1/10 吋
若松市	同	6 立方尺	同	同	全量の百分の七	
大分市	同	4 立方尺	12 立方尺	0.000139	全量を八時間に	同
大阪市	同	7 立方尺	7 立方尺	0.000081	全量を二十四時間に	
福島市	同	同	同	同	同	同
千住町	同	6 立方尺	18 立方尺	0.000208	全量を八時間に	
大崎町	同	同	同	同	同	同
廣島市	同	4 立方尺	8 立方尺	0.000093	全量を十二時間に	
松山市	同	同	同	同	同	同

第五節 地下水浸透量

地下水 (Ground water or subsoil water) の下水管渠内に浸透する量は、管渠の材料、構造、接合、大小、長短、流速、流深等に左右せらるゝのみならず、周囲の状態、地質 天候並に地下水位の高低如何等に依り著しく相違するものなれば、之を推測することは極めて困難な事柄である。

大家の學說に徴するにヘーリング氏 (Mr. Heering) は、如何に完全に設計され又施工された下水道でも、地下水浸透の許容量として少くとも家庭汚水量の一割は採らねばならぬと主張し、スチーム氏 (Mr. Steam) は完全な水密構造の下水道には、地下水浸透の許容量として家庭汚水量の五分乃至二割を採るのが普通で、特別に不完全な古い下水道などでは六割位に及ぶこともあると報告し、ラフター氏及ペーカー氏 (Mr Rafter and Mr Baker) は、同じく家庭汚水量の一割五分位の浸透を認むるのが安全な處置であると稱へて居る。

外國の實例を見るに水密構造の小徑下水管では、地下水の實際浸透量は一日一哩當先づ 5,000 ~ 10,000 ガロン、同大管では 20,000 ~ 40,000 ガロン位が好成績の方で、降雨時又は特に地下水位が高く管渠が其中に没する様な場合は、同 100,000 ガロン (一日一間當約十五立方呎) にも及ぶことが往々であり、構造粗悪な極端のものなどでは前者の五、六倍から十倍に達するものも亦決して少くはない様である。

ボストン市下水道の遮集渠に於ける實驗では、一日一哩當の地下水浸透量は最大 78,900 ガロン最少 30,930 ガロン平均 50,600 ガロンに相當し、ニュー・オルレア市下水道の特に地下水位高く管渠の埋没する部分に於ての實驗では、同一日一哩當 32,000 ~ 60,000 ガロンに當り、イースト・オランダ市の六萬六千の繼手を有する陶管下水道では、延長二十五哩に付一秒時二ガロン半、即ち (一日一哩當 8,640 ガロン) の浸入を見たのみで、大管でも同一日一哩當 22,000 ガロンの好成

績を示して居る、其他カントン市下水道では同 26,500 ~ 70,000 ガロン (毎秒一哩當 .034 ~ .091 立方呎) ブロクトン市下水道では同 25,000 ~ 61,000 ガロン (毎秒一哩當 .032 ~ .079 立方呎) アルツナ市下水道の實驗では同 41,000 ~ 86,000 ガロン (毎秒一哩當 .053 ~ .112 立方呎) の浸透に相當して居るのである。

要するに下水道を計畫するに當り合流法の遮集渠又は分流法の汚水渠の断面計算には、管渠の水密程度並に周囲の状態等に應じ地下水の浸透を見込み相當の餘裕を有せしむることが必要である、一般に完全に施工された水密構造の管渠では口徑の大小にも依るが、先づ十哩乃至百哩に付毎秒一立方呎の地下水浸透量 (即ち一日一哩當 6,500 ~ 65,000 ガロン) を採るか、又は一日平均最大汚水量の一割乃至二割を見込めば充分だと稱せられて居る様である、東市市下水道では排水面積千坪當の地下水浸透量を、毎秒 0.005 立方尺に採つて遮集渠の断面を擴大して居るが、巢鴨町、高田町、東部下水組合等の下水道では、何れも一日平均最大汚水量の一割五分を之に充てたのである。畢竟地下水の高い地方の管渠埋設には其設計は勿論施工上にも充分留意し、完全な水密構造たらしむる事が肝要で特に唧筒の使用を要する場合等に於ては、動力經濟に影響する處多なるを以て一層の注意が必要な譯である。

第六節 降雨状態と其強度

我國は山紫水明古來山川の美を以て顯はれ清水到る所に湧出し集つて溪流となり河川となる、田畑の灌溉は勿論舟運の便に富み水力を利用して發電せしめ得る量も亦乏しからず、洪水の除外下水の排除には些か迷惑ではあるが、上水道水源の如きは頗る豊富で之が缺乏に苦む憂ひは殆ど皆無である、之れ畢竟其原因を雨量の多きに歸すべく本邦は實に北温帶中に於ける多雨の土地柄で、第 17 表は各地方別に降水日數、降雨量 (耗) 等を示したもので表中の降水日數は一日中十分一耗の雨量降下の日數を合算したるもの、一時間の最大雨量中無印は直接觀測の

第 17 表 本邦地方別降水日數及降雨量表

地名	降水日數	全年雨量	24時間最大雨量	1時間最大雨量	地名	降水日數	全年雨量	24時間最大雨量	1時間最大雨量
澎湖島	94.3	982	344	51	名古屋	144.5	1711	240	92
臺南	107.8	1695	385	55	濱松	141.6	1904	344	32
臺中	127.8	1746	412	43	沼津	151.2	2025	261	35
臺南	152.8	2189	396	57	橫濱	151.0	1771	263	26
臺南	156.0	1827	468	51	橫須賀	150.7	1965	245	43
臺北	187.1	2110	287	75	東京	147.2	1570	194	69
石垣島	214.8	2231	350	93	八丈島	229.3	3466	282	37
那霸	201.7	2141	427	93	父島	193.4	1600	232	24
名瀨	238.0	3232	547	68	水戸	153.1	1521	179	56
巖原	143.0	2279	393	46	銚子	153.8	1700	240	53
佐世保	158.2	1961	269	51	石卷	152.6	1132	152	26
長崎	165.7	1945	281	69	宮古	147.1	1422	285	36
佐賀	143.1	1760	238	30	濱田	190.1	1613	227	39
福岡	167.6	1607	258	59	境	206.5	1950	290	72
鹿兒島	170.8	2216	306	78	宮津	222.3	2077	256	27
熊本	151.3	1811	208	66	教賀	215.1	2332	158	14

九州及沖繩

地名	降水日數	全年雨量	24時間最大雨量	1時間最大雨量	地名	降水日數	全年雨量	24時間最大雨量	1時間最大雨量
宮崎	155.7	2600	490	69	福井	220.2	2426	194	22
大分	137.9	1652	444	71	金澤	223.5	2559	156	26
山梨	145.7	1365	157	43	伏木	221.2	2196	192	38
新居濱	152.2	1440	309	59	相川	218.9	1608	133	14
高知	148.8	2756	364	42	新潟	216.5	1815	133	37
多度津	142.0	1173	187	47	秋田	233.5	1825	177	21
德島	143.9	1758	463	85	青森	220.6	1392	112	18
下關	162.5	1657	337	66	京都	163.2	1600	161	83
廣島	136.6	1541	160	73	彦根	134.0	1730	597	60
吳	125.9	1467	163	22	岐阜	163.8	2045	257	100
岡山	127.6	1122	177	32	高山	204.8	1868	266	25
和歌山	144.9	1537	189	32	飯田	161.2	1769	202	21
神戶	141.8	1359	199	48	松本	145.8	1142	156	12
大阪	138.6	1373	175	62	長野	171.5	999	108	13
潮	166.8	2652	232	20	甲府	131.7	1273	223	18
津	154.1	1816	209	29	前橋	147.8	1319	164	52

四國

瀬戸内海沿岸

結果、・印は四時間、×印は八時間観測の結果より平均一時間分の雨量を計算したものである。

即ち降雨量の最多は臺灣から琉球、薩摩、大隅、日向及四國の南方等所謂南太平洋に面する一帯で、八丈島の年雨量 3,466 耗を最大とし大島名瀬の 3,282 耗之に次ぎ、高知の 2,756 耗、潮岬の 2,652 耗、宮崎の 2,600 耗等の順位で、中位は日本海沿岸即ち金澤の 2,559 耗、福井の 2,426 耗を頭に二千耗を超える地方も相當に多い、本州中部では二千耗以上の雨量は岐阜丈けで其他は概して千二、三百耗から千七、八百耗の間を上下して居る、降雨量の少いのは北海道、樺太、朝鮮等の北部等で最多と雖も千三、四百耗に過ぎず大低は千耗以下を示して居る、而して其最少は滿洲地方で旅順の如きは年量僅かに 576 耗を算するのみである。

又短時間の最大強雨は必ずしも雨量の多い土地のみに降るとは限らない、例へば印度のハイデラハツト地方の如き平均年雨量僅かに 203 耗なるにも拘らず、一日の最大量として 260 耗を算したことさへあつた、然し概して降雨量の多い地方に短時間強雨の相伴ふことは、殆ど自然の道理で前表の統計に見ても争ふべからざる事實と思ふ、一時間の最大雨量は岐阜の 100 耗を第一とし、那覇及石垣島の 93 耗、名古屋の 92 耗等之に次ぐ様である、而して境の 72 耗、大分の 71 耗は四時間観測の四等分なれば、最強の一時間分では或は 100 耗以上に及んだかとも推せらるゝ次第である。

更に季節から云へば太平洋沿岸即ち表日本は總て南風の影響を蒙り、夏季には常に多濕にして温暖なる氣流を受けて降雨を齎らすことが多い、特に其吹き荒ぶ六月即ち梅雨の候は連日晴れ間なく陰鬱を極むるは此爲めである、反對に日本海沿岸即ち裏日本の降雨は殆ど北風の影響を受ける、即ち此方面は夏季は雨量乏しくして時に旱魃の害を蒙る程であるが、冬季は大陸からの寒烈なる北西風は海面の水蒸氣を運び來り、本州中央山脈に遮られて雨又は雪に變じて地上に降る、十二月から三月半ば過ぎ迄殆ど晴天を見ることなく、積雪丈餘に及ぶが如き結果は全

く此爲めなのである。

降雨量の観測 雨水は下水量中の大部分を占めて居り、分流法の雨水渠は勿論合流法の管渠も亦大抵此量の採り方次第で其大きさが定まるもの故、此基準となるべき降雨量並に降水日數及雨の降り方等の調査は、下水道の設計上重要な資料なれば最も慎重に研究すべき問題である、而して下水道の資料としては年雨量、月雨量又は日雨量と云ふ様な長時間の観測よりも、寧ろ少くとも時雨量を知り望み得べくんばより精細なる短時間内の雨量の調査が肝要なのである、去れど五分又は十分間と云ふが如き短時間内降雨量の嚴密なる調査は、相當永年に互る自記雨量計の観測を繼續して始めて成功し得るのであるが、我國の測候所は配置も少く設立の日も尙淺く、而も自記雨量計の設備あるは極めて稀なるを以て、東京市其他少數の大都市以外には其統計記録を求むるに由なく、多くは附近の測候所又は官公所等の観測に係る一時間最大降雨量を用ひ、計畫の基準となすか然らざれば特に自記雨量計を設置して観測せねばならぬ様な不便が伴つて居るのである。

自記雨量計 (Automatic rain-gages) には、Fergusson gage; Draper gage; Frieze gage; Queen gage; Richard gage; Maroin gage; Hellmann gage; Fitz-Gerald gage 等色々の種類があるが、夫々一長一短あり大抵はゼンマイ仕掛けで同じ速さに移動する長い連続した用紙の上に、横杆の作用に依り其一端に感ずる降雨雪の重量が、他端に附せしペンを働かせ降雨の量を自記する様な装置に作られて居るのである、価格は普通百二、三十圓から三、四百圓位の程度で、第 8 圖は其内のドレーパー・レイン・ゲージを例示したもので、自記雨量計の観測に依り始めて降雨の状態を

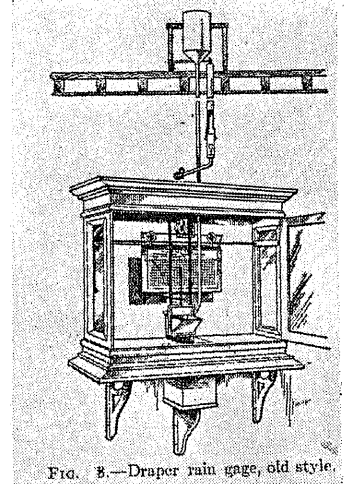


FIG. 8.—Draper rain gage, old style.

常に間断なく記録せしめ得るのである。

我國の風土は一般に降雨頻りにして不時に大豪雨を齎すこと敢て少くはないのである、されど十年に一回又は十五年二十年に一回と云ふが如き、稀有の降雨を標準に採りて下水道を設計する時は徒らに無用の大管渠を要し莫大なる工費を投ずるのみに止まり、實際上には左程の効益を齎らざる場合が可なり多いのである、即ち計畫の基準たるべき最大降雨時量の判定には、充分四圍の事情と經濟關係其他あらゆる方面の得失利害を斟酌し、慎重なる熟慮と攻究とを重ねて萬全を期するの計に出づることが最も肝要と思ふ、例へば中央氣象臺の觀測に係る明治十九年以降昭和四年迄四十四箇年間の一時間最大降雨量は第18表記載の通りであるが、内六十耗以上の降雨は四十四年間に唯一回、五十耗を超過したる降雨は同期間に前後三回、即ち十五箇年に付一回の割に過ぎざるを以て、東京市を始め

第18表 自明治十九年至昭和四年 四十四年間一時間最大降雨量表 (單位耗)

年次	一時間最大降雨量	月日	年次	一時間最大降雨量	月日	年次	一時間最大降雨量	月日	年次	一時間最大降雨量	月日
明治19	36.1	8.21	明治30	34.1	9.30	明治41	○55.7	9.30	大正8	21.8	6.30
20	20.5	3.18	31	25.3	8.14	42	39.0	9.12	9	31.9	10.4
21	19.6	9.12	32	27.5	7.25	43	45.1	8.11	10	28.5	4.3
22	22.0	5.15	33	20.6	9.19	44	○69.2	8.10	11	28.1	4.18
23	18.0	8.21	34	25.8	12.26	大正1	35.3	8.14	12	28.7	10.10
24	23.2	9.13	35	24.1	9.28	2	35.4	8.27	13	37.0	8.26
25	20.5	3.13	36	26.9	9.23	3	44.8	9.17	14	45.9	8.26
26	28.1	7.20	37	18.6	10.16	4	30.8	8.10	昭和1	27.5	5.24
27	○52.9	8.10	38	28.7	5.18	5	18.5	8.22	2	33.4	9.14
28	22.6	7.22	39	34.0	8.24	6	20.2	10.25	3	24.7	8.23
29	22.2	11.26	40	14.9	9.18	7	21.2	9.21	4	37.6	9.10

○印は 50 耗以上

其隣接町の各下水道にては皆是等の豪雨を蒙り、一時間五十耗(約二吋)の降雨を採り一時間の最大降雨量と定め其計畫の基準となして居るのは此理由に外ならぬのである。

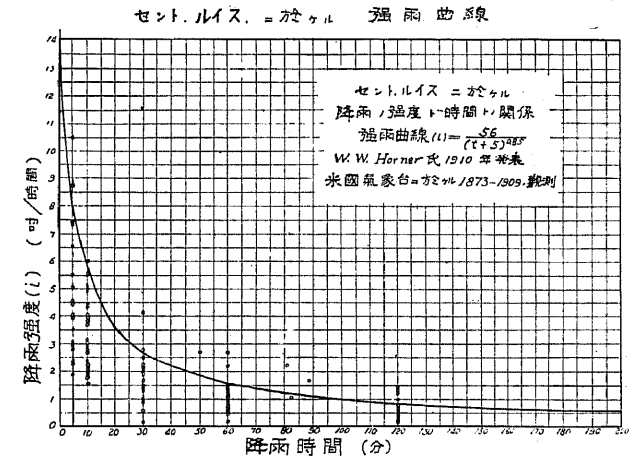
降雨の強度 降雨の強度 (Intensity of precipitation) とは一定時間内の雨量を云ふので、普通には一時間に換算した降雨の深さを耗或は吋で云ひ表はして居る、一般に降雨の強度は其繼續時間に依り著しく相違し時間が長い程小さくなる性質がある、例へば紐育市の一例では十分間の降雨量は 32 耗即ち一時間の換算では 192 耗、三十分間では 53 耗即ち一時間に 106 耗、一時間では 58 耗、二時間では 65 耗即ち一時間に 33 耗弱に相當する如きである、依て降雨の強度と其繼續時間との間に一定した強雨曲線 (Rain-fall-intensity curve) を見出すことが出来る、第9圖はセント・ルイスの強雨曲線を圖示したのであるが、曲線の調製には成る

べく永い期間に涉つた自記雨量計に依る降雨の實際の記録から、長短種々なる各時間毎の降雨強度を精査して數理的に最も適應した曲線公式を見出すのである。

現在各都市に用ひ

らる、強雨曲線公式は大體第19表に示す様な形である、公式中 (i) は吋で示した一時間の降雨量 (t) は分で示した降雨の繼續時間である。

強雨曲線公式の決定には當該都市に設置したる自記雨量計に依る、最も精密なる長期に涉れる觀測を必要とすること勿論であるが、此公式の形は降雨強度の採



第9圖

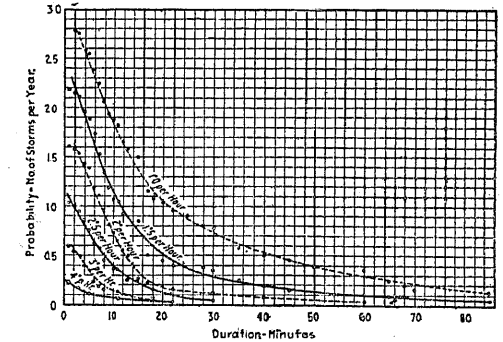
第 21 表 ポストン市強雨の頻度

降雨継続時間 (分)	一時間以上の一時的強雨回数	前掲降雨継続時間以上の一時的強雨全回数	一年間に生ずべき強雨の頻度	降雨継続時間 (分)	一時間以上の一時的強雨回数	前掲降雨継続時間以上の一時的強雨全回数	一年間に生ずべき強雨の頻度
2	1	72	2.78	20	2	27	1.04
3	4	71	2.74	22	1	25	0.96
4	1	67	2.58	25	3	24	0.92
5	4	66	2.54	28	1	21	0.81
6	4	62	2.30	30	5	20	0.77
7	5	58	2.24	35	2	15	0.58
8	3	53	2.04	40	1	13	0.50
9	2	50	1.92	45	2	12	0.46
10	1	48	1.85	50	1	10	0.39
11	4	47	1.81	60	3	9	0.35
12	2	43	1.65	65	2	6	0.23
13	2	41	1.58	70	1	4	0.15
15	9	39	1.50	85	1	3	0.12
17	2	30	1.15	130	1	2	0.08
18	1	28	1.08	180	1	1	0.04

である、獨逸都市の實例では毎年一回位の短時間雨水氾濫は經濟上忍ぶべきものとして計畫を行ふ様であるが、第 20 表は獨逸カールスルーへ市に於て 1892 年から 1902 年迄十一箇年の觀測に基いた頻度の調査で、第 21 表は米國ポストンに於ける 1879 年から 1904 年迄二十六年間の毎時一吋以上の強雨に付き其頻度の調査を例示したものである。

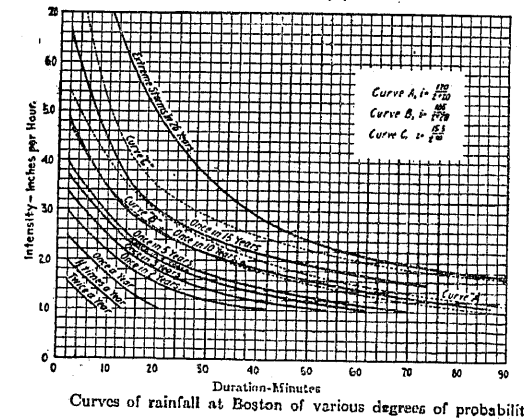
以上の關係は一時間一吋半、二吋、二吋半、三吋等色々な強雨に就ても夫々調

べることが出来る、第 10 圖はポストン市の調査の結果で圖中一時間一吋の曲線は第 21 表の數字を圖示したものである、第 10 圖から種々なる頻度の強雨曲線を描くことが出来る、第 11 圖がそれである、要するに重要な區域の設計とか強雨の極く稀な地方の設計などには、十五年に一回又は十年に一回と云ふ様な強雨を基準とすることもあるが、餘り重要ならざる區域又は強雨の多い地方等では工費の關係から先づ二年に一度、或は一年に一度位の強雨を



Probability of the occurrence at Boston in any year of rainfalls of at least the given intensity for at least the stated time.

第 10 圖



第 11 圖

以て設計の基準とすることが普通の様だが實際上已むを得ざる次第かと思ふ。

強雨の分布範圍 驟雨の様な激烈な強雨は廣大なる地域に亘つて同時に一樣に

降るものではなく、或る限られた地域に於て而かも降雨の中心から遠ざかるに従て漸次強度を減少して降るものである、此事實は都市の各所に自記雨量計を配置して其記録を調査すれば自ら明瞭な事柄で、嘗て獨逸ハンノーヴァー市に於て觀測した結果に従へば、一ヘクタールに付一秒に四十立に相當する強雨の七割は、其中心から直徑千二百米の範圍内に降り、一割五分は同千二百米乃至二千二百米の面積内に降り、殘餘の一割五分丈けが同二千二百米乃至六千四百米の區域内に降つたと云はれて居る、又同國ブレスロー市に於ける自記雨量計に依る九年間の觀測に基きフリーリング教授 (Frühling) は次の様な公式を發表した、即ち降雨の中心地から半径三千米の距離では其強度は約半減し其減少する割合は恰も拋物線狀を呈したと報告して居る。

$$R_x = R \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{x}{3,000} \right)^4 \right\}$$

式中

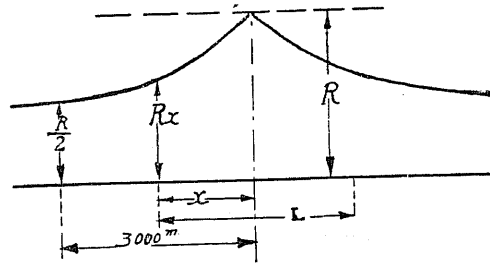
R = 中心地點に於ける

降雨強度 (耗/時)

R_x = 中心から x の距離

(米) に位する地點の降雨

強度 (耗/時)



第 12 圖

此推定に依れば x が一萬二

千米に達すれば R_x は零とな

る、即ち斯かる強雨の影響範圍は其中心點から一萬二千米(約七哩半)を半径として描いた圓周内に限らるゝと云ふ意味合なのである、此公式は又降雨の中心點は同時に排水面積の中心なりと云ふ假定の下に次の様な形でも用ひられて居る、但し式中の D は中心點の降雨強度と半径 $\frac{L}{2}$ 即ち前式の x で圍まれた地域内の平均降雨強度との比である。

L がメートル單位なれば $D = 1 - 0.005\sqrt{L}$

L が呎單位なれば $D = 1 - 0.0028\sqrt{L}$

第 22 表は呎單位に於ける L と D の關係を例示したのである。

第 22 表 降雨の平均強度係數 (D)

L (呎)	D の値	L (呎)	D の値	L (呎)	D の値
500	0.937	4,000	0.823	9,000	0.733
1,000	0.911	5,000	0.802	10,000	0.720
1,500	0.892	6,000	0.783	15,000	0.660
2,000	0.875	7,000	0.766	20,000	0.605
3,000	0.847	8,000	0.750	30,000	0.515

以上はブレスロー市の例であつて夫々事情を異にする他の都市に迄直ちに之を準據せしむることは如何かと思ふが、現に大阪市下水道の如きは次の假定の下に此公式を應用して居るのである。

$$L = \sqrt{2.5 F}, \quad L = 1 - 0.005\sqrt{L}$$

式中 D は降雨の平均強度係數

L は米にて示した下水道の延長

F はヘクタールで示した排水面積であるが、其形狀を L を長徑とし $\frac{L}{3}$ を短徑とした楕圓であると假定したのである。

氷雪の影響 積雪又は結氷の上に俄に暖氣が加はるか或は降雨のあつた場合には、是等の溶解と共に降雨の全量が殆ど同時に流出するを以て大洪水を齎らす様な憂が往々生ずるのである、氷厚一寸は雨量の約九分厚に相當する故直ちに換算が出来るが、積雪の方は其状況次第で著しい變化があるが通常雪厚の割を以て換算雨量厚と看做して居る様である、然し下水道計畫區域の様な極限された面積内では洪水に及ぼす是等の影響は案外に少く、却て積雪となり結氷となる爲め降雨の流出を緩和せしむる場合が多い、従つて特別の事情がない限り是等は無視するも支障は起らないのである。

第七節 流出雨水量

降雨量の全部が必ずしも下水管渠内に流出するものではなく、一部は地表の種々な物體を潤し一部は窪地に水溜りとなりて停滞し、或は蒸發し又は植物に吸収され地中に滲透して仕舞ふ、而して蒸發量は土地の風土、氣候、溫度、樹木の多寡、大氣中の濕度等に影響する所が多く、滲透量は地表の状態即ち一般の地質、道路の面積、鋪裝の種類家屋の密度、屋根の構造性質、庭苑、公園、森林、原野、田畑等の多少、土壤の濕度などに依り著しい相違が生じ、尙全降雨量に對する流出雨水量の割合は土地の高低、勾配、流域の大小並びに其形狀、管渠に達する距離の遠近等に左右せらるゝことも亦頗る顯著なるを以て、管渠内に實際流出する雨水量と全降雨量との開きを考究することは、下水管渠の勾配や口径を定むる上に最も肝腎な要素をなすのである。

元來流出雨水量の計算は直接降雨の強度及地表の状態等を考査し、既設下水道の流量觀測、多年の經驗及實地試驗等の結果から歸納した其の土地に適應する實驗公式を求めて之に従ふを最も確實安全とするのであるが、然らずして異なる事情の土地に研究された實驗公式に準據せんとする様な場合、又は充分なる調査資料を備へずして所謂理論方式を採用する場合等には、設計者の經驗と判斷に俟つべきものが甚だ多く恐らくは十人十色の結果に陥り、算數の開き餘りに著大に失し可否の解決に疑懼の念を深くし之が採擇に迷ふに至るは往々の様である、要するに下水管渠断面等其大きさの決定は經濟並びに實際上から見て、無用の餘裕を與へず眞に管渠内に流出し來る雨水を遲滯なく排除し得ればよいので、徒らに新規を好み不安を増し元費を加ふるよりは寧ろ近似する先進都市の實績等に鑑み深甚なる考慮を以て、工費の節約を期し施工を簡易ならしめ、事業の實現を促進せしむることが肝要と思ふ、最近の名古屋市下水道調査報告書中に記載しある次の叙説の如きは好參考と認むべきである。

「本市に於ては在來下水道計畫の際實驗公式の一たるブルクリー・チーグラー公式を採用せり、其結果を見るに計畫に對し稍々窳窟の觀あれども實際に於て著しき不都合を見ず、加之前述の如く何れの方法に據るも正確なる數量を算出すること容易ならず、等しく誤謬に陥るとせば其過大ならんよりは寧ろ過小なるを有利とすべし、計畫下水管の流量不足ならば將來必要に應じ之を擴大すべき餘地少なからず、特に長年月の間には道路の擴張附替等に基因し必然的に既設下水道の一部附替又は新設等の機會到來すべく、寧ろ經濟的に必要なる大きさに擴築するの機會多かるべきも、之に反し下水管の流量過大に失したる場合は永久に必要以上に投資したる工費を挽回するに由なく、且つ何れの方法に據るも細管は多くの他の事情より其大きさを制限せられ、又一般に過大と云ふも過小と云ふも其差僅少にして實際に於て左程憂ふるに足らず、考慮すべきは實に幹線或は主管のことなるを以て前述の事實は其然るを首肯せらる云々」

下水管渠内に實際流出し來る雨水の量は次の様に區分的に研究することが便宜の様である。

1. 到達時間 (Reaching time to the Sewer) 地上に降下した雨雪の内蒸發滲透等に依り失はれた殘部が地表を流れ更に下水管渠内を流下して遂に懸案の地點に到着する迄に要する時間で、通常管渠に流入する迄の時間と管渠内を流下するに必要な時間とを區分して考ふる様である。

流入時間 (Inlet time) 管渠に流入する迄の時間は地表の状態、距離、勾配等に左右せらるゝことが多い爲め、實際問題としては相當根據ある觀測の結果に俟たねばならぬのであるが、海外の實例に徴すれば人家稠密の市街地では大抵三分乃至十分位に採るを普通とする様である、兎に角小市街地又は急勾配の土地などでは此時間の採り方如何は流出雨水量に著しい影響を及ぼす事となる故充分の考究が肝要である、オーナー氏 (W. W. Horner) に依れば二十分一乃至二分一の勾配ある水密鋪裝道、又は歩道及屋上等から流出する雨水は百呎の距離を二分乃

至五分間に流下するが、芝生地などでは速力極めて緩で豪雨の際でも百呎を流るに十分乃至二十分を要する様である、又グレゴリー氏 (C. E. Gregory) の實驗では幅員二十四呎の水密舗装道に設置しある勾配四百分の一の側溝千呎を流下するに要した時間は、平均強度一時間四吋の豪雨の場合で降雨の半量を流出する迄に二十五分、降雨の全量が到達する迄には四十二分間を費した由である、フェールツ氏 (J. H. Fuertes) がアルカンサスの小都市内約七十坪の荒蕪地に就ての實驗では、雨水の流出量は降雨量の約四割一分其流入時間は八分であつたと稱して居る、畢竟管渠内に到達する雨水の流入時間には將來の發展等を斟酌した餘裕を必要とする譯ではあるが、先づ家屋の櫛比する市街中樞部で平均五分位、他の場所では同十分位に採れば相當安全を期待し得る様に思ふ。

流下時間 (Time of Concentration) 下水管渠の大き及勾配並びに流量が定まれば、水理學上其流速を見出し得るを以て、管渠を通じて雨水の或る地點から他の地點迄流下するに必要な時間は直ちに計算することが出来る、而して設計上必要なるは満流時の流下時間即ち最大強雨集中に要する最短時間である、畢竟同一管渠の最短流下時間は常に一定のものと假定して計算するのであるが、當初には管渠の大きさも又勾配も不明である爲め流速の推定を行はねばならぬ、之には經驗上近似の値を選び數度の試算を行ひ始めて完全の域に到達し得るのである。

2. **流下係數 (Coefficient of Run-off)** 此値は氣候に依ても著しい相違を生ずるのみならず、同一場所でも降雨の初期には概して此係數は小さいが、繼續時間の長引く程地表は雨水を以て飽和し凹所は凡て充塞する爲め、次第に増加し遂には全く不變の状態を持続するに至る、又人爲的に行はるゝ地表状態の變化例へば建築物及路面舗装の増減等に依り變動常なきものなれば、此値を的確に定むることは頗る至難で充分に將來を豫想して掛らねばならぬ、即ち都市の發展するに伴ひ次第に家屋は櫛比し、森林空地は減少し路面は追々不滲透性の材料を以て舗装せらるゝ事となるので、此係數を定むるには都市の將來を顧慮して相當に高い値

を選んで置く必要がある、然し如何なる場合でも此値は 100% にはならない、即ち降雨中でも多少の蒸發滲透が生じ地表の凸凹は降雨の幾分を蒸溜し其流下を遅延せしむる爲めである、地表が已に潤つて居る場合の流下係數としてフリーリング氏は第 23 表の値を推定して居る。

第 23 表 工種別雨水流下係數

種 別	流下係數	種 別	流下係數
金屬又は釉藥瓦及石板葺屋根	0.95	目地の大なる木塊又は石塊鋪道	0.50—0.70
並瓦又は葺紙葺屋根	0.90	玉石鋪道	0.40—0.50
アスファルト及他の水密性平滑鋪道	0.85—0.90	マカダム道	0.25—0.45
密接せる木塊又は石塊鋪道	0.80—0.85	砂利道	0.15—0.30

備考 上記の範圍は其實狀に應じて斟酌すべき數値を示したものである。

大面積に對する地域別雨水流下係數

種 別	流下係數	種 別	流下係數
人家稠密する都市の中心地	0.70—0.90	公園廣場又は空地等	0.10—0.30
同上の住宅地	0.50—0.70	庭苑花園牧場耕地等	0.05—0.25
餘り稠密ならざる住宅地	0.25—0.50	森林地帯	0.01—0.20

〔備考〕 上記の範圍は地勢並びに土質等を斟酌して採量すべき數値である。

尙流下係數の算定には都市に於ける不滲透面積の調査が必要であるが、オグデン教授 (H. N. Ogden) はロチェスター市の調査等を資料に人口密度を標準として大體第 24 表の割合を發表して居る。

又東京市下水課では雨水の流下係數を大體次の様に定め、各戸毎の道路、家屋、空地等の面積比例は第 25 表を標準に採つて居る。

第一種 (家屋最も密なる部分)	0.75	第三種 (屋敷町の部分)	0.50
第二種 (家屋稍々粗なる部分)	0.60	第四種 (公園墓地等)	0.20

第 24 表 人口密度に對する都市不滲透面積の割合

人口密度 (1 車 1 車 當り)	不 滲 透 面 積 の 百 分 率			
	屋 積	舗 装 路 面	其 他	合 計
15	8.4	3.3	3.0	14.7
25	14.0	7.0	4.3	25.3
32	18.0	10.2	5.0	33.2
40	22.5	14.7	5.4	42.6
50	28.0	19.0	5.6	52.6

第 25 表 東京市各區別不滲透面積調査表

區 名	面 積			有 効 面 積 内 譯			有 効 面 積 に 對 する 百 分 率			將 來 の 想 定 百 分 率		
	全 面 積	河 川 溝 渠	有 効 面 積	道 路	家 屋	空 地	道 路	家 屋	空 地	道 路	家 屋	空 地
麴 町	2,566	180	2,386	189	290	1,907	8	12	80	10	20	70
神 田	1,112	48	1,072	247	328	497	23	31	46	23	50	27
日 本 橋	887	144	743	178	411	154	24	55	21	24	60	16
京 橋	1,260	84	1,176	261	355	560	18	30	48	18	50	32
芝	2,286	24	2,262	185	428	1,649	8	19	73	10	30	60
麻 布	1,166	12	1,154	104	213	837	9	18	73	10	30	60
赤 坂	1,260	26	1,234	84	164	986	7	14	80	9	25	66
四 谷	793	11	782	79	138	565	10	18	72	11	30	59
牛 込	1,353	30	1,223	156	337	830	12	25	63	13	35	65
小 石 川	1,866	17	1,849	145	293	1,411	8	16	76	10	25	65
本 郷	1,400	12	1,388	119	312	957	9	22	69	10	35	55
下 谷	1,493	15	1,478	137	428	913	9	28	12	10	40	50
淺 草	1,400	86	1,314	165	497	652	13	38	49	14	50	36
本 所	1,773	153	1,620	177	483	960	11	29	59	12	40	48
深 川	2,266	194	2,092	133	404	1,555	9	19	74	11	35	54
全 市	22,909	1,036	21,873	2,359	5,081	14,433	11	23	66	13	37	50

3. 遲滯係數(Coefficient of Retardation) 降雨の繼續時間が前記の到達時間よりも小なる場合は、遠距離の地域に於ける雨水が懸案の地點迄到着せざる以前に降雨は歇むべきを以て、全流域よりの雨水は一時に該地點に流集することなく、一部の雨水は遅刻して已に該地點の流量最大を極めたる後漸く徐ろに流下するのであるが、此際に於ける全流域面積と實際の雨水流集面積との比を稱して遲滯係數と呼ぶのである、即ち強度の一樣な降雨が長時間繼續すると假定した場合には、全流域よりの雨水が同時に懸案の地點を流下するに至りし際に其地點の流量が最大に達すべく、又降雨の始期より流量最大に達する迄の時間は流域中の最遠地點に降下した雨滴が該地點に到着するに要した時間と相等しい譯である、之に反して強度を異にする短時間の降雨の場合又は特に凸凹多き不整形な大流域の場合等では、遠距離内の雨水が懸案の地點に到達せざる以前に於て已に最大流量に及ぶのが通常で即ち遲滯現象が発生する次第である。

要するに流域の狭小なるものに在りては短時間の強雨が最大流量を示すこと普通なれども、流域廣く流程の延長するに従ひ到達迄に相當の時間を要するを以て、茲に遲滯の影響を生じ降雨強度の大小よりも寧ろ繼續時間の長短に準じて最大流量の到達を見る場合が頻出するのである、今 L を下水管の最遠端より管内任意の一地點迄の距離とし、 V を下水管内の平均最大流速とし、 T を流入時間とすれば、雨水が地表から下水管内に流入して管内任意の一地點に到達すべき時間 t は、 $t = L/V + T$ を以て示すことが出来る、即ち t 時間丈け繼續する強度の降雨が此地點の下水管に最大流量を齎すべき道理である、依て各下水管渠毎に一々其最遠端からの距離に應じ其最大流量を示すべき、降雨の繼續時間及強度を精査し計算を行ふ時は比較的正確な結果が得らるゝ譯である。

以上の外側溝、私設下水道、公設下水管渠内を充し又は是等に流入するに必要な水頭を得る爲め、路面其他地表上に一時貯溜せられて其流出を遮る結果相當の遲滯が生じ、下水管渠内の流量は前述し來つた雨水流出量よりも幾分少量となる

べきは當然であるが、實際の設計には是等の影響を無視し安全の爲め餘裕として取扱ふことが多い様である。

第八節 雨水量の算式

流出率の推定 雨水量を算定するに當り最も簡單なる方法は蒸發滲透其他の消失量を差引き、結局全降雨量の内其幾 % が下水管渠内に流出するかを推定することである、即ち自記雨量計等の設備のなかつた古い時代の下水道設計は皆此推定に基いたもので、伯林市では初め一時間の最大降雨量（以下最大時降雨量と略記す）を約 23 耗に採り其三分二を蒸發滲透量と看做し、残り三分一を下水道に到達する量として管渠を設計したが、其後不充分を感じたので最大時降雨量を 33 耗に増加し其 55 % を下水道内の流出量とすることに改めたのである、ハンブルグ市では最大時降雨量を 28 耗と定め其二分一を以て下水道内の流出量として居る、其他ドレスデン市では最大時降雨量を 18 ~ 30 耗に採り其 36 ~ 72 % を、デュツセルドルフ市では同降雨量を 40.6 耗に採り其 20 ~ 80 % を、アーヘン市では同降雨量を 45 耗に採り其 15 ~ 80 % を、キヨルン市では同降雨量を 47 ~ 60 耗に採り其 10 ~ 85 % を以て、下水管渠内の流出雨水量として算定して居るのは皆此實例で、尙倫敦市巴里市ヴィーン市などでも當初は皆以上と同一觀念の下に雨水の流出量を定め其下水道を計畫したものゝ様である、又我國に於ても仙臺市第一期下水道は最大時降雨量を 25.2 耗に採り下水道内の流出量を、大管には其二分一小管には其四分一と推定して管渠の設計を行ひ、廣島市下水道は最大時降雨量を 50 耗に採り市街地には其二分一を其他には其四分一を採用し、松山市下水道は同降雨量を 38 耗に採り市街地を其二分一其他を其十分一に、若松市下水道は同降雨量を 66 耗に採り市街地を其二分一其他を其五分一に、明石市下水道は同降雨量を 35 耗に採り其 57 % を、神戸市下水道は同降雨量を 63.5 耗に採り平地には其 62.5 %、山地には其 31 %、を管渠内流出量と看做し

計畫を行つたのである。

實驗公式 其後雨水の流出量を算定すべき幾多の實驗公式が發表せられ、是等を應用するものが次第に多くなつたのであるが、就中下水道設計に相當廣く採用せらるゝ著名のものは次の公式である。

1. ホークスレー氏公式 (Hawksley; London, 1857.)

此公式は倫敦市の測量技師たりしジョン・ロー氏(John Roe)の實驗成績等を基準に 1853 年から 1856 年迄に研究されたもので、當時倫敦市の最大降雨量と看做されて居た一時間一時の強雨を排除するに必要な、圓形下水管の直徑並びに勾配を各排水面積毎に計數的に現はさんが爲め、案出されしもので其最初のものは次の形であつた。

$$\log d = \frac{3 \log A + \log N + 6.8}{10} \quad \text{或は} \quad d^0 = 6,309,574 A^3 N$$

式中 d = 毎時一時の降雨量を排除するに必要な圓管の直徑 (吋)

A = 排水面積 (エーカー)

N = 落差一呎に相應する下水管の延長 (呎)

後オクテン教授は之を一般に應用する爲め次の形に訂正して居る。

$$Q = 3.946 A r \sqrt{S/A r} \quad \text{但し} \quad r = 1'' \text{ 前後が最適} \dots\dots\dots(1)$$

式中 Q = 雨水の流出量(毎秒立方呎)

r = 時にて表はした一時間の最大降雨量

A = エーカーにて表はした排水面積

S = 地表の平均勾配

2. アダムス公式 (Adams; Broomlyn, 1880.)

ホークスレー氏公式と同様毎時一時の降雨強度を有する雨を排除する目的から、ニューヨーク市ブルックリン區の下水道設計に適用する意味で作られた公式で原形は次の通りである。

$$\log d = \frac{2 \log A + \log N - 3.79}{6} \quad \text{或は} \quad d^6 = \frac{1}{6,168} A^2 N$$

式中 A 及 N は (1) 式の場合と同一なるも d は呎にて表はした (1) 式同様の意味の圓管の直徑である。

前同様の意味合からオクテン教授は之を次の形に訂正して居る。

$$Q = 1.035 A r^{1.2} \sqrt{S/A r^{2.2}} \quad \text{但し} \quad r = 1.0'' \text{ 前後が最適}$$

式中の Q, A, r, S は凡て (1) 式と同じ。

3. ビュルクリー・チーグラー公式 (Bürkli-Ziegler; Zurich, 1880.)

英國其他に於ける幾多の實驗資料を基礎とし、降雨強度に對しても毎秒ヘクタールに付 125 ~ 200 立即ち一時間に付 1.79 ~ 2.86 時の範圍を採り、且つ C の値即ち流下係數も亦市街地、郊外地等を區分したる爲め、一般の應用が著しく擴大したので非常に重寶がられた公式である、米突單位に於ける原形は次の如くである。

$$Q = CAr \sqrt[5]{(S/A)} \dots\dots\dots(2)$$

式中 Q = 雨水の流出量 (毎秒立)

A = 排水面積 (ヘクタール)

r = 強雨繼續中毎秒 1 ヘクタール内に降下する雨量 (立)

S = 地表の平均勾配を $\frac{S}{1,000}$ にて表はした時の S の値

C = 流下係數 (地表の性質に依り 0.25 から 0.6 迄變化す)

而して C の値として人口稠密な市街中樞地には 0.6 を、人口粗な郊外地等には 0.25 を採り、都市全貌を通ずる平均では 0.5 を適當とする旨發表されて居るのである。

著者は明治三十七年此の公式を我が單位に換算して、東京市下水道基本計畫及名古屋市下水道等の設計に應用したのであるが、由來此公式は大阪市、臺北市、函館市、津市、岡崎市、仙臺市、東京府郊外下水基本設計、千住町、大崎町、尾久町、巢鴨町、洗橋町、大久保町、東部下水組合、高田町、富洲原町、新潟市、西巢鴨町、長岡市等の下水道に最も廣く用ひられて居る、換算した公式の形は次の通りである。

$$Q_1 = 1.0212 Cr \sqrt[5]{\frac{1.224 S}{A}}$$

式中 Q_1 = 毎秒 1,000 坪の面積から流れ来る雨水量 (立方尺)

S = 排水區域の平均勾配

A = 1,000 坪を單位とする排水面積

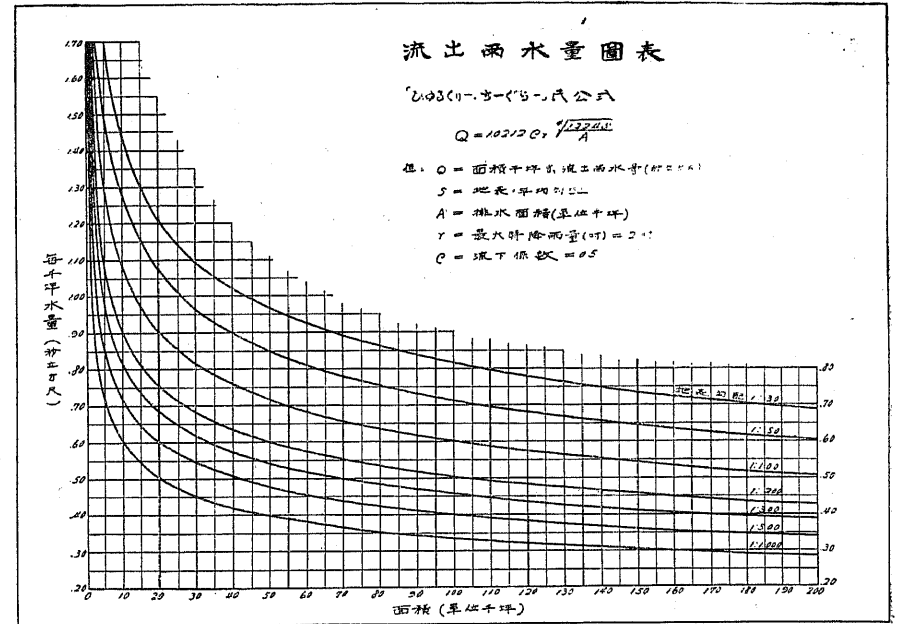
r = 時にて示せる一時間の最大降雨量

C = 流下係數 (0.25 ~ 0.75 平均 0.5)

尙此公式の應用には計算の煩を避くる爲め圖表を作製することが便利である、第 13 圖は一時間二吋 (約 50 耗) の降雨を標準に描いたもので東京府下の下水道に専ら使用される圖表である。

4. ブリツクス氏公式 (Brix; Ofen)

$$Q = CAr \sqrt[5]{\frac{1}{A}}$$



第 13 圖

式中の記號は(2)式と同じく、此の公式は急峻な地形に適應すると稱せられて居る。

5. マツクマス氏公式 (Mc Math; St. Louis, 1887.)

$$Q = CAr \sqrt[5]{(S/A)}$$

式中の記號は凡て(1)式と同じく、此場合 $C = 0.75$, $r = 2.75$ である。

6. ヘーリング氏公式 (Hering; New York, 1889.)

$$Q = CrA^{0.85} S^{0.27} \text{ 或は } Q = CrA^{0.833} S^{0.27}$$

式中の記號は凡て(1)式と同じく、 Cr の値は 1.02 から 1.64 の間を變化し、兩式の存在は發表時期の異なる爲めで兩者の開きは相等大きく約 15% 位に及ぶ様である。

7. パームレー氏公式 (Parmley; Cleveland, 1898.)

$$Q = Cr \sqrt[5]{S.A \frac{5}{6}} \text{ 或は } Q = ACr \sqrt[5]{S^{1.5}/A}$$

式中の記號は凡て(1)式と同じく、 C は 0 から 1 の間を變化し、 r は一時間四吋の強雨を基としたものである。

8. グレゴリー氏公式 (Gregory; New York, 1907.)

$$Q = 2.8 A^{0.86} S^{0.186}$$

全流域を不浸透性と考へた場合の公式で、記號等は凡て(1)式同様である。

第14圖及第15圖は以上を示した各公式の結果を比較したのであるが、

何れも下水道設計に應用

する目的から研究された

實驗公式故、排水面積の

規模は比較的小さく其適用

範圍は先づ1,000エーカー

即ち百二十萬坪前後

位迄を限度とする様である、

従て流域面積の廣大なる

場合は其目的に添ふ様な

他の公式を用ひねばならぬ、

次記の實驗公式は是等の二、三を

例示したもので、式中の Q は

流量(秒立方呎)、 M は

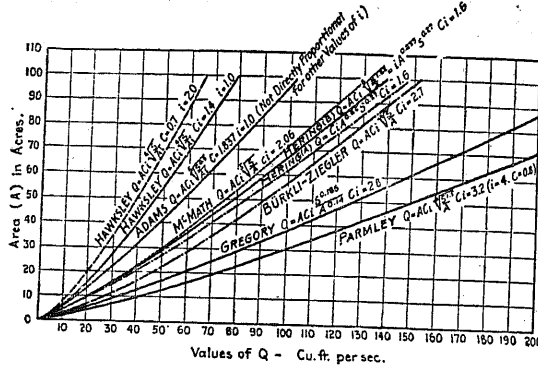
流域面積(平方哩)、 L は

流域の最長徑(哩)、 B は流域の平均幅(哩)

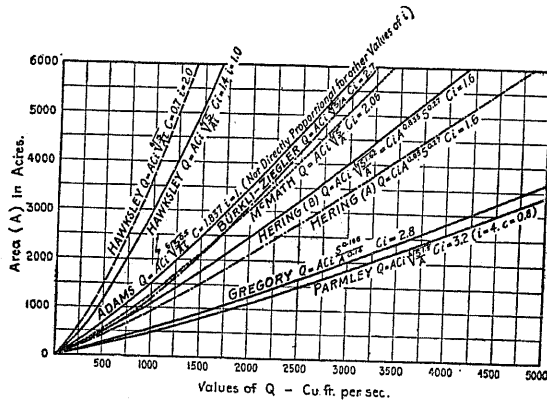
C は係數を示したものである。

8. キュツチリング氏公式 (Kuichling)

$$Q = \left(\frac{25,000}{M+125} + 15 \right) \times M$$



第 14 圖



第 15 圖

9. マルフィー氏公式 (Murphy)

$$Q = \left(\frac{46,790}{M+320} + 15 \right) \times M$$

10. メツトカルフ氏公式 (Metcalf and Eddy)

$$Q = 440 M^{0.73}$$

11. ファンニング氏公式 (Fanning)

$$Q = 200 M^{\frac{5}{6}}$$

12. タルボー氏公式 (Talbot)

$$Q = 500 M^{\frac{1}{4}}$$

13. チツケンス氏公式 (Dickens)

$$Q = 825 M^{\frac{3}{4}}$$

14. ドレッツチ氏公式 (Dredge)

$$Q = 1,300 \frac{M}{L^{\frac{2}{3}}}$$

15. クレーグ氏公式 (Craig)

$$Q = 440 BC \text{ hyp. log } 8 L^2/B$$

式中の C は流域内の地勢に應ずる係數で 0.37 から 1.95 の間を變化し、地勢が平坦なる程小値を採るのである。

以上の實驗公式を適用する場合理論上最も不合理と思はるゝことは、何れの

公式も殆んど同様に降雨量面積勾配等のみの函數で全く時間の因子を缺く事である、

然るに少くとも二流域以上に渉る地形を著しく異にした大面積からの合流雨水量の如きは、

其到着時間の關係で常に相當の影響を受くるは必然なるのみならず、

斯様な大面積に對して地表の平均勾配を求むること其事に大なる無理があり誤謬が生じ易い、

従て斯かる場合其流量計算には單に公式のみの結果に信頼せず、

地形其他各方面の事情を充分に考慮し理論方式の趣旨をも相應に加味斟酌して萬全を期することが肝要と思ふ。

理論方式 (Rational Method) 今 A を排水面積、 i を降雨強度、 C を流出係數とすれば、

下水管渠内に流出する雨水量 Q は、 CiA なるべきを以て此關係から理論的に直接 Q を見出さんとするのである、

即ち A は等高線を記入した實測視形圖から定むることが出來、任意時間に對する i の値は長期に渉れる日記雨量計の、

精密なる觀測の結果に基いて強雨曲線公式を作れば之を求むることが容易である、

而して第七節遲滯係數の項に述べた通り下水管渠内の任意の一地點に、

最大流量を齎らすべき降雨は、雨水が地表から下水道に流入し更に管渠内を流れて、

此地點迄到達するに必要な時間だけ繼續する強度の降雨なるを以て、各下水

管渠毎に一々其最遠端よりの距離に應じて、管渠に達する迄の雨水の流入時間及管渠内の流速を推定して其流下に要する時間、即ち此地點迄の雨水の到達時間を精査し、之と同一の繼續時間に相當する降雨の強度 i を求めて、之を此地點より上流に屬する排水面積 A に乗じ、更に流出係數 C を乗じて其最大流量を算定するのである、 C の値の採り方は最も肝要で之には第六節第七節に詳述せる如く、夫々其狀情を酌量して、流下係數を定め其他強雨の分布率や其頻度等色々な事由から加除を行ふのであるが、餘程の資料と精密な調査を行はざる限り此判断は中々容易ではない様である、現在我國では東京市及静岡市等で此方式を採用して居るが、兎に角此方式は合法的に適用されし場合には計算上の手数が多大なるだけ、其結果は理論的で今日迄應用されし幾多の算法中最も實際に適合する譯である、而して實際に於ては必要な圖表類を夫々調製し置き、計算上の繁を省略することが出来る爲め運用上には左程の困難は伴はぬと云ふことである。

應用實例 雨水流出量の算定に當り我國の下水道では、仙臺市第一期、廣島市、松山市、若松市、明石市、神戸市等は降雨量に對する流出率を推定し、名古屋市、臺北市、函館市、津市、岡崎市、小倉市、大分市、仙臺市第二期、長岡市、東京府下水道等は皆ビュルクリー・チーグラール實驗公式に依り、東京市及静岡市等は理論方式を採用せること前述の通りであるが、大阪並びに福島は獨逸のフランクフルト・アムマイン市、デュツセルドルフ市、アーヘン市、キヨルン市等の例に倣ひ高地と低地とを区分し勾配比較的急峻なる高地部にはブリツクス公式を、地勢平坦にして勾配遅緩なる低地部にはビュルクリー・チーグラール公式を、而して排水面積1ヘクタール未満の小區域には遅減率を加味せざる理論式を使用して居る。即ち、

(1) 1ヘクタール未満の小排水面積に應用せる理論式

$$Q = \Phi C r A$$

(2) 排水面積1ヘクタール以上にして勾配緩なる低地に應用せる

ビュルクリー公式

$$Q = \Phi C r A \sqrt[4]{\frac{1}{A}}$$

(3) 排水面積1ヘクタール以上にして傾斜多き高地に應用せる

ブリツクス公式

$$Q = \Phi C r A \sqrt[6]{\frac{1}{A}}$$

但し Q = (立) にて示せる1秒時の流量

A = ヘクタールにて示せる排水面積

r = 1秒時1ヘクタールに降下する最大降雨量 = 167 (立)

Φ = 降雨強度の不均一に關する遅減係數

C = 流下係數、低地には0.5 高地には0.6を採る。

尚以上を更に表示すれば大體第26表の如くである。

第26表 雨水量算出の實例 (1)

都 市 名	最大降雨量 (耗/時)	強雨曲線公式	雨水流出 量の算式	流下係數
東京市及静岡市	50.0	$i = \frac{5,000}{40+t}$	理論方式	20—75%
バルチモア市(米)	76.2	$i = \frac{300}{25+t}$	同	75%
ボストン市(米)	—	$i = \frac{150}{30+t}$	同	15—90%
シンシナチ市(米)	—	$i = 16/t^{0.5}$	同	20—90%
クリーブランド市(米)	—	$i = \frac{5,040}{1,440+t^2}$	同	30—70%
紐育市ブロンクス區(米)	—	$i = \frac{120}{30+t}$	同	14—75%
同 クェーンズ區(米)	(観測時間10分) 76.2	$i = \frac{72.5t - 299.85}{t(4.14+t)}$	同	30—81%
同 リツチモンド區(米)	(観測時間5分) 88.9	$i = \frac{105}{25+t}$	同	36—82%
セント・ルイス市(米)	—	$i = \frac{56}{(t+5)^{0.85}}$	同	20—95%

雨水量算出の實例 (2)

都 市 名	最大降雨量 (耗/時)	強雨曲線公式	雨 水 の 流 出 量 の 算 法	流下係数
伯 林 市(獨)	22.88—33		流出率の推定	33—55%
ハンブルク市(獨)	24—28		同	50—67%
仙臺市(第一期)	25.2		同	25—50%
廣 島 市	50.0		同	同
松 山 市	38.0		同	10—50%
若松市(福岡縣)	66.0		同	20—50%
明 石 市	35.0		同	57%
神 戸 市	63.5		同	31—63.5%
名古屋、津、岡崎の各市 富洲原町等	44.5		ビュルクリー公式	50%
長岡市及函館市臺北市	30.0		同	同
小 倉 市	60.0		同	同
大 分 市	40.0		同	55—65%
仙臺市(第二期)千住町、大 崎町、尾久町、高田町、王子 町、大久保町等	50.8		同	50%
東京府東部下水組合、巢鴨 町等	50.8		同	50—60%
ウイメルドルフ市(獨)	45.0		同	10—75%
ライプテツヒ市(獨)	40—50		同	—
ケンブリツナ市(英)	38.1		同	50—60%
ニユー・オルレアン市(米)	152.4	短時間の強雨 を標準とし	同	20—80%
ボータツケツト市(米)	50.8		同	—
大阪市及福島市	60.0		低地にはビュルクリー 公式 高地にはブリックス公 式	50—60%
ルイスビル市(米)	57.2		マツクマス公式	40—100%
ニユーヨーク市(米)	38.1		ヘーリング公式	100—150%
紐育市フルツクリン區(米)	76.2		マツクマス公式	50—75%
同 マンハツタン區(米)	—		ヘーリング公式	102—164%
ウースター市(米)	25.4		ビュルクリー公 式	62—75%

第四章 設 計

第一節 設 計 資 料

我國の下水道經營は、土地の清潔を保持する目的を以て市町村自體の公設を原則とし、如何なる場合でも内務大臣の認可監督を要することは勿論で、之には下水道法に依り、實測平面圖、實測縦断面圖、管渠の構造圖、附屬工作物構造圖、一位代價表、工費計算書、計畫説明書、下水道管理規程、歳入出豫算書、起工及竣功期限等添附圖書類一式を調製し、地方長官を経て内務大臣の認可を申請せねばならぬ、實測平面圖には市町村界、市町村名、街路、河川、視形線其他地形を表はすに必要なるもの、排水區劃、沈澱池、濾過池、排出池、排水管、排水渠、人孔燈孔等を詳記し、實測縦断面圖には計畫線の高低、排水管渠の勾配、水平距離河川の水位、海面の干満潮位等凡て必要なる事項を明記し、計畫説明書には下水道築造の必要なる理由、地形(接襲地をも含む)及地質、排水地域、排水區劃の面積並びに現住人口、同將來増殖すべき豫定人口、雨水及汚水の量(地下水をも含む)、下水の排除方法並びに方式、幹線選定の理由、排水管渠の断面計算、洗滌及通風等の装置、汚水最後の處分方法、河川に放流するものに在りては其環境並びに下流飲用者の有無、其他苟も設計上必要なる事項は其計算の基礎、構造物の設計内容、工事の施工順序並びに方法等一切を詳述して、各種構造詳細圖等必要なる圖面類を添附し、工費計算書には材料勞力の單價、一位代價表及工費の内譯書等一式を網羅し、歳入出豫算書には工費の收入及其支出方法、即ち收入には起債額、國庫並びに府縣費補助額、公費繰入額、受益者負擔額、雜收入見込額等一切、支出には工費、起債償還額、同利子、經常費等一切、並びに以上收支年度割明細表を調製し、下水道管理規程には下水道の修繕掃除、公設下水道と私設下水道との連絡、私設下水道に關する取締方法等必要事項一切を詳記し、受益者負擔金徴收に關しては