

# 東京付近の気候学的水収支と その都市化による影響

新 井 正

## 1 はじめに

江戸時代から昭和30年代まで、東京の水は多摩川、台地周辺部の湧水、および浅井戸にその大部分を頼ってきた。多摩川からの取水は1653年に完成した玉川上水を幹線水路とする利用のほかに、六郷用水が古いものであるが、明治以後の上水道の幹線も玉川上水によっている。明治以後の上水道としては砧、狛江、調布（丸子）からの取水も行なわれているが、基本的には江戸時代の水路系統を引きついだ形態である。台地下の湧水の利用は、江戸の最初の上水道源であった神田上水がこの事例である。神田上水は湧水池である井の頭池に発し、昭和30年代まではかなりの水量を保っていたが（寿円，1952）、現在は井の頭池の湧水も涸渇し、排水河川の様相を呈している（新井，1976）。国分寺崖線下の湧水を集めて流れる野川も、東京西郊や多摩川下流域の水利用には大きく寄与していた河川であった。

東京都内あるいは武蔵野台地における地下水、湧水の涸渇に関する報告は多いが、基本的に気候学的水収支にまでさかのぼって考察を加えた報告はほとんどない。そこで、この点に注目し、この報文では東京付近の気候学的水収支について検討を加え、次に都市化の影響を気候学的水収支のなかにどのようにして組込むかという問題について、一つの試みを提示する。多くの場合、水

(2)

収支の算定は裸地あるいは植被がある自然の地表面を想定して行なわれるが、人工的な地表面が多い都市域では、当然その手法を変える必要がある。現実には、都市化が地下水の涵養量を少なくしたり、あるいは流出率を高めたりしているが、水収支研究における人工的な地表面の評価は、従来必ずしも充分ではなかった。それ故、本報文ではこの点に関して一つの試みをのべる。

なお、作業は井口琢也、山本信三（立正大大学院生）、小室信幸（筑波大大学院生）の諸君に手伝っていただいた。記して謝意を表する次第である。

## 2 東京付近の降水量と蒸発散量

武蔵野台地を中心とする東京付近の気候学的水収支を検討するために、1975年～1976年の20年間の気候資料によって、降水量、蒸発散量をまとめた。使用した資料は気象庁旬報および東京都気象月報で、扱った地点は東京（千代田区大手町）、中新井、世田ヶ谷、吉祥寺、村山、府中、立川、八王子、五日市、小沢、氷川、青梅である。欠測もかなり多いので、20年間の資料がそろっているのは、東京、世田ヶ谷、吉祥寺、村山、府中、五日市のみである。年降水量は、東京で1455mm、東京の西部では1450～1500mmであるが、村山ではやや少なく1385mmである。村山では、ほとんど毎年降水量が少なくなっている。山岳地帯では1550～1600mmで、他の地域の山岳部に較べて、降水量は多くない。これは、関東山地の一つの特色であり、この点についてはすでに指摘したことがある（新井，1975）。降水量の標準偏差は第1表に示したが、平野部で220～240mm、山地で300～350mmである。扱った20年間の東京（大手町）の最大値は1619mm/y、最小値は1168mm/yであった。

第2表には、東京、吉祥寺、五日市の20年間の毎月の降水量の標準の偏差を示した。変動係数（ $\sigma/m$ ）で見ると、比較的安定した降水があるのは春と秋であり、夏を中心とする季節は変動が大きい。

この地域の水収支を算定する方法として、Thornthwaite法（Thornthwaite,

第1表 年降水量および最大可能蒸発散量

(a) 年降水量 (mm/年)

	東京	中新井	世田谷	吉祥寺	村山	府中	立川	八王子	五日市	小沢	氷川	青梅
1957年	1505	1392	1524	1541	1482	1654			1655	1457	1591	
58	1890	1716	1691	1830	1789	1816			1924	—	2048	
59	1635	1541	1649	1679	1627	1740			2103	2222	2249	
60	1286	—	1149	1113	1162	1183			1386	1451	1416	
61	1260	1364	1264	1268	1261	1192			1425	1793	—	
62	1261	—	1256	1328	1248	1379			1218	1440	1403	
63	1579	—	1621	1469	1225	1458			1259	1220	1232	
64	1168	—	1161	1076	1101	1207			1308	1210	1252	
65	1627	—	1724	1703	1597	1734			1812	1736	1695	
66	1697	1710	1783	1749	1610	1792			1873	1934	2019	1951
67	1038	1185	1116	1162	1107	1146			1233	1245	1308	1287
68	1536	1638	1567	1583	1405	1486		1665	1678	1838	—	1560
69	1428	1355	1420	1397	1282	1438		1439	1446	1398	1340	1476
70	1163	1193	1272	1240	1230	1282	1403	1579	1667	1417	1352	1642
71	1473	1444	1422	1453	1364	1476		1445	1421	1331	1356	1435
72	1660	1703	1823	1770	1510	1669		1801	1861	1978	2034	1759
73	1164	1154	1358	1299	1116	1204		1211	1101	1125	1185	1176
74	1619	1807	1774	1794	1790	1734		2089	2083	1792	2110	2000
75	1573	1599	1554	1498	1431	1716		1657	1540	1567	1606	1493
76	1545	1517	1621	1551	1373	1640		1454	1431	1273	1296	1470
平均	1455		1487	1475	1385	1497			1571	1548	1583	
$\sigma$	224.4		228.0	235.2	215.7	233.2			296.6	308.4	353.6	

(b) Potential evapotranspiration (mm/年)

	東京	中新井	世田谷	吉祥寺	村山	府中	立川	八王子	五日市	小沢	氷川	青梅
1957年	817	784	767	774	768	778			758	704	726	
58	836	800	792	789	787	791			772	—	741	
59	868	820	812	814	804	814			787	738	756	
60	855	—	813	798	798	801			785	723	738	
61	908	863	864	850	846	847			832	762	—	
62	860	—	814	810	809	788			794	733	737	
63	843	—	800	797	798	784			779	728	734	
64	853	—	819	815	818	804			789	734	741	
65	806	—	792	777	781	772			754	691	704	
66	835	813	814	792	789	765			714	735	762	
67	880	845	849	826	820	817			785	726	750	786
68	841	813	814	799	785	784		762	755	710	—	755
69	857	819	825	808	794	790		779	760	724	745	772
70	844	812	813	793	777	783		773	761	749	709	734
71	823	815	818	796	785	788	—	770	757	715	743	764
72	851	844	844	820	812	808		799	764	721	757	789
73	855	851	848	818	849	826		808	761	726	754	794
74	841	815	823	795	774	801		781	751	717	713	770
75	868	844	849	818	810	818		805	767	728	711	781
76	810	790	794	768	773	771		760	737	696	689	741
平均	847		818	802	798	796			768	729	734	
$\sigma$	24.0		23.6	19.4	22.5	20.7			24.2	22.4	20.6	

(4)

第2表 各月の平均降水量 (m) と標準偏差 ( $\sigma$ ) (mm)

	吉祥寺		五日市		東京	
	m	$\sigma$	m	$\sigma$	m	$\sigma$
1月	47.5	40.2	45.5	37.7	50.6	42.3
2	68.3	43.4	61.6	41.6	67.2	41.4
3	77.1	34.2	70.2	29.6	80.8	29.5
4	117.1	36.6	107.2	33.1	125.0	38.5
5	137.2	73.8	137.2	64.4	148.1	80.8
6	191.9	109.1	204.6	118.5	190.4	105.5
7	162.0	114.3	188.3	108.8	127.2	74.6
8	145.5	92.2	250.6	126.9	131.5	98.9
9	216.8	150.8	244.3	150.1	194.3	136.1
10	171.4	82.4	162.2	82.4	181.3	82.9
11	75.5	52.9	67.8	45.3	82.2	57.4
12	56.5	49.8	52.7	42.1	69.3	61.3

1948, 新井, 1976) をもちいた。これは、日射量、水蒸気量などの詳細な観測値がないため、気温のみから蒸発散量の推定ができる Thornthwaite 法を採用したものである。得られた最大可能蒸発散量は、第1表に示してある。最大可能蒸発散量 ( $E_T$ ) の年合計値は、東京で、847mm、武蔵野台地で800mm前後、山間部では700~750mmの場合が多い。 $E_T$ の標準偏差は小さく、大部分の地点で20mm/y程度である。すなわち、水収支の年々の変動の大部分は、降水量の変動に負うものであると云うことができる。

### 3 水収支および実蒸発散量

前述のように Thornthwaite の方法によって最大可能蒸発散量を求め、また土中の水分貯留量を100mmとして計算した水収支の結果を第3表に示す。Sは水分過剰量、Dは水分不足量で、それぞれ毎月の値を年合計した値である。Sは平野部で600~700mm、山間部で800mm強である。水分不足(D)は、平野部では全体の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ の年で発生するが、山間部ではその発生率が低く、氷

第3表 年間の水分過剰量 (S: mm/年) と不足量 (D: mm/年)

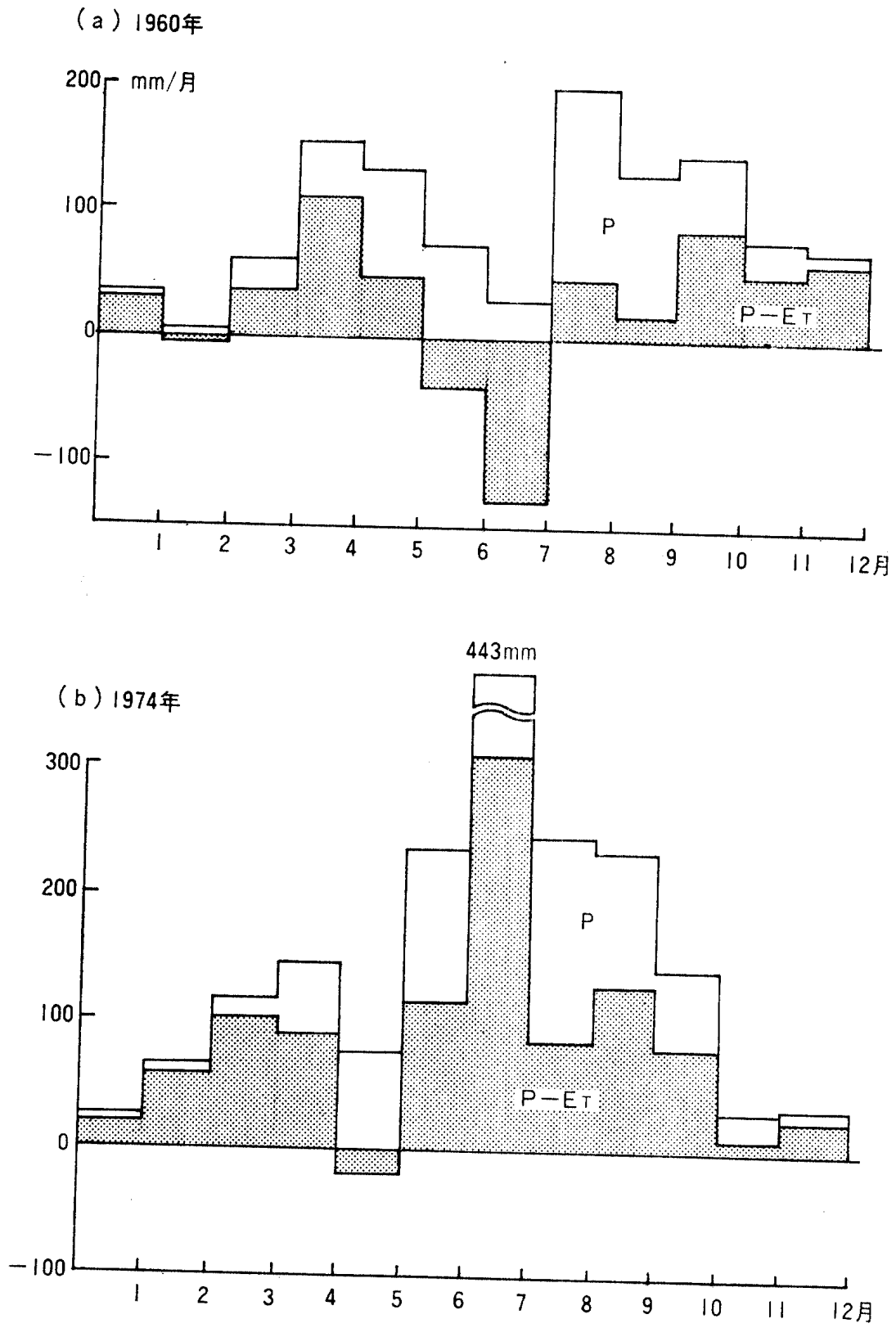
	東京		吉祥寺		村山		府中		五日市		水川	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
1957年	707	26	792	33	709		886	19	888		875	
58	1047		1034		1002	18	1016		1166	22	1298	
59	786	28	855		813		916		1306		1482	
60	495	83	376	70	406	51	416	43	601	9	747	79
61	631	257	596	186	563	156	509	172	960	7	—	—
62	544	153	583	75	431	3	605	258	414		655	
63	726		662		416		663		470		487	
64	388	81	336	83	328	48	408		535	25	501	39
65	811		916		805		953		1046		980	
66	870	9	953		827	2	995		1104		1287	
67	305	163	383	49	309	32	371	58	439		527	
68	686		773		610		691		913		—	—
69	587		584		488		646		679		592	
70	459	140	444	1	427		491		952		612	
71	650		657		579		688		664		613	
72	810		950		698		861		1097		1278	
73	440	147	488	54	337		440	54	318	9	445	
74	768		992		955		927		1332		1392	
75	778	81	708	23	651	30	898		781		895	
76	735		783		600		869		694		607	
平均値	659		693		598		712		817		820	

川ではほとんど発生していない。これは降水量が多く、気温が低いためである。平野部においてもDの絶対値は小さく、この値が大きい年でも250mm/y程度であり、 $S < D$ になることはない。したがって、絶対的な水不足が生ずることはない。

年々のS, Dの変動の原因は、主として夏の降水の変動によっている。これは、前にのべたように降水の変動は夏・冬に大きく、また最大可能蒸発散量の変動が小さいことから考えられる。第1図には、水分過剰が少なかった1960年と、それが多かった1974年の吉祥寺における毎年の降水量(P)と、有効降水

(6)

第1図 1960年, 1974年の吉祥寺の水収支



### 東京付近の気候学的水収支とその都市化による影響 (7)

量 ( $P - E_T$ ) の年変化を示した。1960年は6・7月の降雨が少なく、その結果、 $P - E_T$  は負になっている。一方1974年は、5月に一時的に降雨が減少するが、6・7月には降雨が多く、近年にない豊水年となった。この年には、従来涸渇していた湧水が復活した地点も多かった。冬にも降水の変動はあるが、冬は元来降水量が少ない季節であるために、冬の変動が年間の水収支に及ぼす影響は小さい。

水分過剰量 ( $S$ ) の降水量 ( $P$ ) に対する比は、流出率になる。第4表には、この水収支計算から求めた各地点の流出率 ( $S/P$ ) と、多摩川の流量 ( $R$ ) から求めた流出率 ( $R/P$ ) を記した。 $S/P$  の平均は平野部で40~45%、山間部で50%である。多摩川の流出率のうち、Aは小河内貯水池より上流の区間、Bは小河内より羽村までの区間の値である(新井, 1975)。A地区よりも下流のB地区で流出率が低下するのは、下流で降水量が少なくなることと、扇状地での地下水への流れのために、河川流量が減少するためであろうと解釈される。

水収支の余剰水量は流出量と等しくなるはずであるが、河川流量はその地点より上流の全流域の水収支の総合であるのに対して、水収支の余剰水量はその地点のみの値であるために、両者の間に差異が生ずる。一般に上流の山間部では降水量が多く蒸発散量が少なく、河川流量にはこの影響が現われるので、一地点の気候学的計算により求めた  $S/P$  よりも、河川流量より求めた  $R/P$  のほうが大きくなるのがふつうである。第2図は、氷川における気候学的計算による  $S/P$  と、前記B区間の流量から求めた  $R/P$  とを示したものである。上にのべたように  $R/P$  のほうが若干大きな値を示すが、両者は二・三の特異例を除くと近似する傾向にある。この図の傾向から考えて、第4表の気候学的な意味での流出率は、現実の  $R/P$  に近い値と考えてよいであろうと判断される。

以上のように、Thornthwaite 法で得られた水収支が、現実の値と大きな差がないとみなすと、年間の過剰水量は650~800mmとなる。武蔵野台地の水を考える場合に重要な点は、この過剰水量の流出経路である。地形的にも水文地

(8)

第4表 計算による流出率と多摩川の流出率

	流出率* (余剰水量)						多摩川流出率**	
	東京	吉祥寺	村山	府中	五日市	氷川	A	B
1957年	46.9	51.4	47.8	53.6	53.7	55.0	76.4	
58	55.4	56.5	56.0	55.9	60.6	63.4	67.0	
59	48.1	50.9	50.0	52.6	62.1	65.9	66.8	
60	38.5	33.8	35.0	35.2	43.4	52.8	59.6	
61	50.1	47.0	44.6	42.7	67.4	—	60.2	
62	43.1	43.9	33.5	43.9	34.0	46.7	57.4	55.2
63	46.0	45.1	34.0	45.5	37.3	39.5	63.8	45.5
64	33.2	31.2	29.8	33.8	40.9	40.0	57.6	49.6
65	49.8	53.8	50.4	55.0	57.7	57.8	66.2	74.6
66	51.3	54.5	51.4	55.5	58.9	63.9	66.9	71.8
67	29.4	33.0	27.9	32.4	35.6	40.3	61.7	50.8
68	44.7	48.8	43.4	46.5	54.4	—	62.4	66.1
69	41.1	41.8	38.1	44.9	47.0	44.2	45.6	
70	39.5	35.8	34.7	38.3	57.1	45.3	65.7	
71	44.1	45.2	42.4	46.6	46.7	45.2	63.6	
72	48.8	53.7	46.2	51.6	58.9	62.8	66.3	
73	34.4	37.6	30.2	36.5	28.9	37.6	60.4	
74	47.4	55.3	53.4	53.5	63.9	44.8	69.3	
75	49.5	47.3	45.5	52.3	50.7	55.7		
76	47.6	50.4	43.7	54.8	48.5	46.8		
平均	44.4	45.9	41.9	46.6	50.4	50.4		

\* S/P(%)

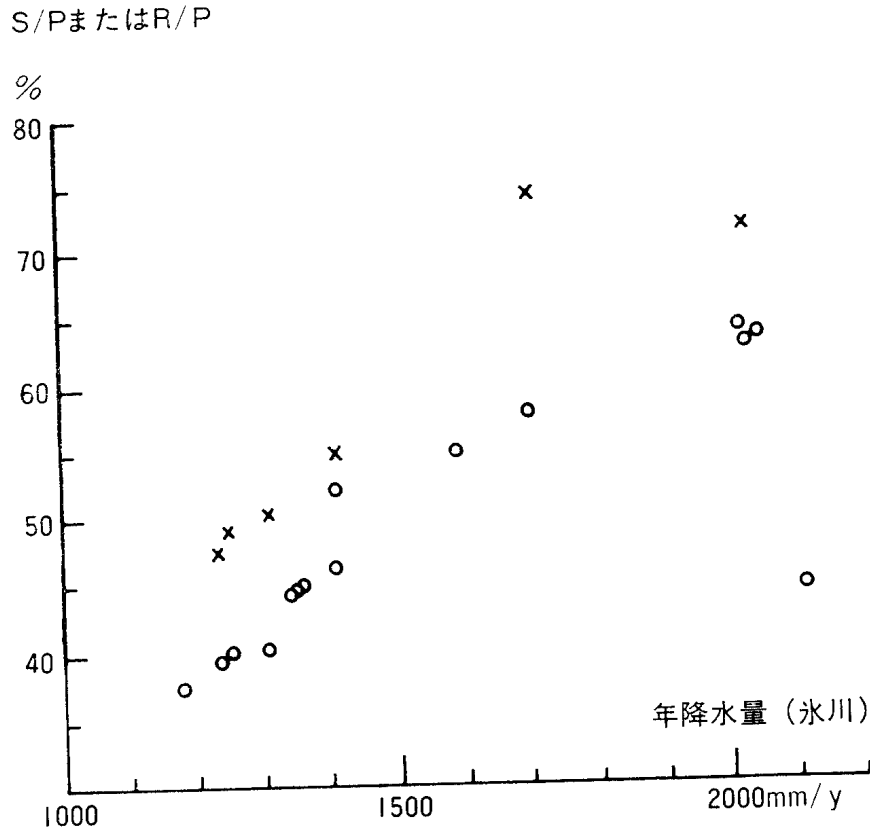
\*\* R/P(%) P:降水量, S:水収支計算による水分過剰, R:流出量(河川流量)

質的にも閉じられているて、過剰水分の全てが河川流出として測定しうる山地流域とは異なり、洪積台地上では河川の発達が悪く、地下水となる場合が多い。しかし、その流出経路を指摘することは困難である。地下への浸透が多い武蔵野台地では、河川の発達が悪いが、これは浸透式下水の分布にも示されている。

下水道は一般には排水路で集め河川あるいは海に排出されるが、浸透率が大きい武蔵野台地では、河川又は海への排水路を持たない浸透式の下水が広く分



第2図 氷川における S/P(○) と多摩川羽村の R/P(×)



布している。この状態は将来改善されるものと考えられるが、現状では浸透式下水の範囲はかなり広い。このような状態、あるいは河川の発達が悪い事実から考えて、武蔵野台地中心部では表面流出はほとんど無いものと考えてよいであろう。武蔵野の地下水とそれによって涵養されていた崖下の豊富な湧水は、表面流出が少ないこの台地の特性の現われであるといえる。しかし、最近の都市化と、揚水量の増加によるこの地域の地下水位の低下と湧水の涸渇は、いちぢるしいものがある。武蔵野の大きな湧水点である井の頭池の涸渇(新井, 1976)、野川流域の湧水の涸渇(三多摩問題調査研究会, 1976)、地下水位の低下(細野, 1978)など、多くの報告がある。細野(1978)は、武蔵野市付近では、地下水位は1.7m低下したとのべている。このような水量の変化には、揚水量の増加のみでなく、都市化による地表面の変化も関係するであろうと考えられる。特に、人工的に作られた不透水性地域の拡がりが大きく影響す

(10)

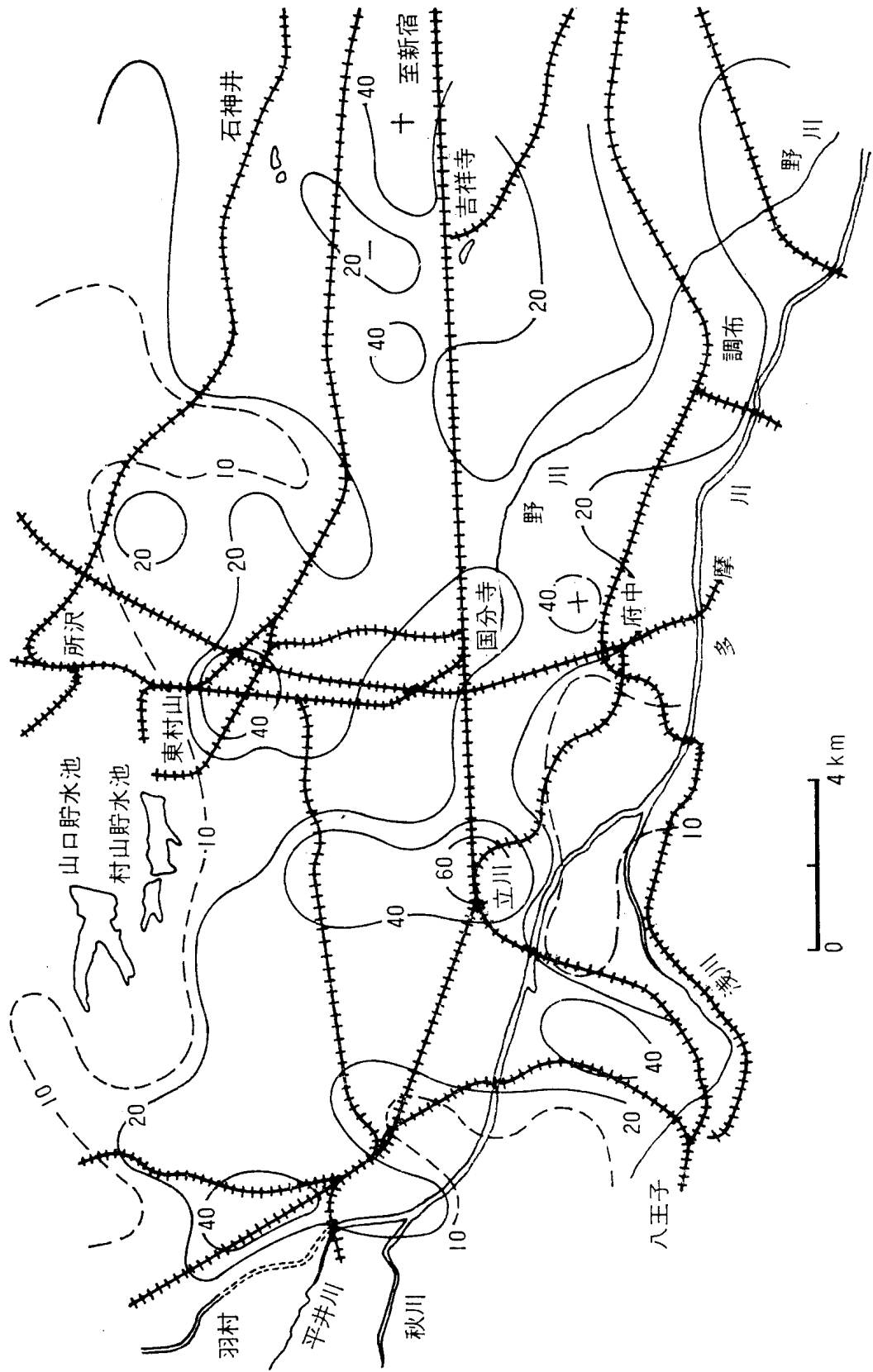
ると考えられるので、次に非透水性域の分布についてのべる。

#### 4 非透水性地域の分布と水収支への影響

非透水性地域の拡大と都市における流出過程の変化については、それをくわしく追跡した研究はほとんどない。100% コンクリートにおおわれた小流域の流出を扱った Wiessman (1966) の論文などにおいても、過去の状態は明瞭ではない。さらに、100% コンクリートにおおわれた区域は、現実を代表する事例とはいえない。都市のなかにも、緑地や裸地は多いためである。

都市のなかの非透水性地域の割合、あるいはその分布に関しては、ほとんど資料が無いのが現実である。緑地の割合を扱った文献はいくつかあるが(佐々木, 1977), 緑地率と透水性地域率とは同じではない。また、建物や道路面積の合計が非透水性地域に等しくなるわけでもない。このように既存の資料から非透水性地域の分布を求めることは、ほとんど不可能であるように考えられる。そこで、縮尺約1/10,000のカラー空中写真の判読からこの値を求めることを試みた。作業の方法については改めて報告する予定であるが、概略は次の通りである。(1)空中写真にデルマトグラフでメッシュを画き、(2)その上に透明なマイラー・ベース(両面透明)を置き、(3)非透水性と考えられる地表面(コンクリート・家・など)を判読する。(4)非透水性地域はアニメーション用塗料(アニメックス)で塗りつぶし、(5)それを面積計にかけて非透水性地域の面積を求める。非透水性地域あるいはその逆に緑地の面積を求めるための作業方法としては、大スケール地図によって(例えば都市計画)図道路や家屋の部分のみをカッターで切り抜き面積を測定する方法、小スケールの土地利用図にこまかいメッシュをかけてそれぞれの土地利用についてメッシュの交点の数を読み取る方法などがあるが、面積計が利用できるのであれば、アニメックスで塗りつぶしてゆく方法が最も簡単である。簡単とはいえ、かなりの忍耐力を必要とする作業である。

第3図 武蔵野台地の非浸透性地域率の推定値



(12)

第3図は、上記の作業から得られた非透水性地域の割合を示した分布図である。コンクリートの被覆が全て非透水性域であるとは限らないが、ここでは家・コンクリート・舗装道路などは全て非透水性地域とみなしている。コンクリートの割れ目や、コンクリートに囲まれている極めて狭い裸地などが、水を吸収することは十分に認められるが、ここではこれら判読不能な現象については考慮を加えていない。第3図は、また、全面積について上記の塗りつぶしを行なったものではなく、2×2kmメッシュ内でサンプリング調査を行ないメッシュ内全域の値を推定したものであるから、若干の誤差がある。しかし、全体の傾向は得られていると考えられる。これによれば、武蔵野台地における非透水性地域の割合は、20～40%の地域が多く、市街地でそれよりもやや高くなっている。

非透水性地域は、雨水の地中への浸透を阻止し、表面流出を大きくさせるほかに、蒸発散を減少させる。上にのべたように、コンクリートの割れ目などの役割りを考えると、地中への浸透の減少は、必ずしもここで得られた非透水性地域の面積に比例するとは云えない。それに対して、蒸発散量の減少については、かなり良い相関で非透水性地域の割合に比例するであろうと考えられる。しかし、これについては、具体的なデータはない。しかし、このように考えると、人工的な地表面は、気候学的な意味における水収支をも大きく変えると云うことができる。

地表面熱収支の立場から都市の土地利用を評価した報告として、Myrup (1969)、Morgan ら (1977) の論文をあげることができる。Myrup は、都市内における蒸発散が可能な面積の変化が、都市気温を変えている点を指摘した。これは潜熱の放出が低下するためで、Myrup によれば、蒸発散が可能な面積の割合が全地域の50%であれば日最高気温は 26.2°C であるが、この割合が0%になると 34.6°C になるという。Morgan らは Sacramento 市の熱収支を算定するのに際して、土地利用タイプ毎に市域を区分し、それぞれの土地利用に

おける蒸発散可能な面積の割合を求めている。Sacramento市の住宅地では非透水域は67%、住宅密集地では81~88%、商業地域、工場地域、事務所地域、自動車道路では100%であり、市全体としては非透水域は61%になっている。調査は乾季に行なわれたので、透水域においても樹木・草地・裸地によって、また撒水などの条件によって蒸発散量が異っている。結果としては樹木が多い公園や古い住宅地で潜熱の放出が多く、商業、工場、中心地域、樹木のない空地では潜熱の放出はゼロになっている。このような報告から、人工的な地表面は蒸発散量を変化させ、それが水収支に大きく影響することが十分に考えられる。現在広く利用されている蒸発散・水収支の算定方式は、いずれも自然地表面を対象とするものであるから、都市域に適用する場合には土地利用等に関する検討が必要である。

非透水性地域の拡大に伴って、表面流出が増加し地下水への補給が減少するが、この傾向を更に強くしている要素に下水道の普及がある。さきに示した浸透式下水道の場合は別であるが、下水道の普及は雨水の流下を早くし、地中への浸透を減少させる。東京都における調査などによれば、一雨流出率は下水道の普及率に比例して増大している。都市の流出過程においては、非透水地域の率と下水道の普及率とが重要な要因となる。

## 5 都市域の水収支計算の一つの試み

以上のように非透水性地域が地表面における水の上下交換、すなわち蒸発散と浸透とを阻止すると考え、全く形式的に水収支を計算してみる。武蔵野台地の場合、すでに説明したように、西部では直接流出は少ないと考えられる。現状では、この値はほとんどゼロとみなすことができるが、非透水性地域の割合がいちじるしく増加すれば、直接流出率は大きくなるにちがいない。例えば、全くの平坦地でも100%の地域がコンクリートで覆われたならば、流出の状況は大きく変化するであろう。一方、武蔵野台地東部の東京都内では傾斜地が発

(14)

達しているので、元来、直接流出率は西部より大きく、非透水性地域の効果も強く現われるであろうと考えられる。

降雨初期および降雨後のコンクリート面からの蒸発による損失を、全降水量の15%と仮定し、いくつかの資料から非透水性地域の率(C%)と直接流出率(f)との関係を求めると、次のようになる。ただし、この値は十分な資料により決められたものではなく、あくまでも漸定的な値である。

$$\begin{cases} f=C-15(\%) & \text{西部の平坦地} \\ f=0.001C^2+0.65C+10(\%) & \text{東部の傾斜地} \end{cases}$$

この式によれば、武蔵野台地の西部では、非透水域までは流出は発生しないことになるが、この地域は前述のごとく元来は河川の無い地域であった。それ故、この値は非現実的なものではないと考える。

このような数値をもちいると、都市域では蒸発数量が全体的に減少し、表面流出は増加する。東京付近の自然状態における蒸発散量は、前述のごとく700~850mm/yと推定されているが、非透水域を考慮すると都内では200mm/y以下の地域も生ずる。直接流出は、気候学的な計算では、前述のように650~850mm/yであるが、西部の都市化が進んでいない地区では0mm/y、東部の都市化が進んでいる地区では1000mm/y以上に達する場合がある。両者の値および降水量から求められる地中への浸透量は、非透水域率が20~30%付近で、比較的大きな値を示している。

以上の計算は全く形式的に行なったもので、下水道の役目は全く考慮していないが、武蔵野・三鷹両市の水収支を算定した細野(1978)によれば、武蔵野市では非透水性地域面積86.6%、降水量1299mm/y、蒸発散量79mm/y、水道による給水1544mm/y、下水による流出1070mm/y、直接流出1703mm/yである。この推定では非透水域が広すぎるように思われるが、上水道・下水道の役目がよくわかる。水道による他地域からの水の搬入が多いために、流出は雨量よりもはるかに大きくなっている。都市の水収支の算定は、自然現象の解析

のみでは達せられない。特に下水道の流量の把握が重要であるが、都内の旧市街ではこの値を測定することは不可能に近い。

## 6 今後の問題

外国における urban hydrology の研究に比べて (市川, 1978), 日本のこの分野の研究はいちぢるしく貧弱である。その原因は日本の都市が無秩序な点や、日本の都市河川のほとんどが下水路になっていることにあると考えられる。また、過去に行なわれたいくつかの研究を見ると、理学系の研究では排水路や上水道などに関する考慮が不足であり、工学系の研究では土地や気候に対する考慮が不足である。この点を解決するためには、全国にいくつかの実験流域を設定し、長期観測を行ない、資料を公表するのがよいであろう。都市による変化を追跡するためには、長期観測のみしか方法が無いであろう。

この報告は、極めて基本的な検討のみであるが、東京の環境保全に役立てば幸である。

## 参考文献

- 新井 正 (1975) 人為に伴なう多摩川の水文現象の変化について, 立正大人文研年報, No.12, 23-32.
- 新井 正 (1976a) 日本の水収支——概要と問題点——立正大文学部論叢, No.56, 95-125.
- 新井 正 (1976b) 井の頭池の水収支. 水温の研究, Vol.20, No.3, 25-29.
- 市川正己 (1978) 都市水文学の動向. 『日本の水収支』, 282-290, 古今書院, 東京.
- 細野義純 (1978) 武蔵野台地の不圧地下水. 『日本の水収支』, 174-188, 古今書院, 東京.
- 寿円晋吾 (1952) 神田川上流の地形と地下水. 地理評, Vol.25, 143-151.
- 佐々木 博 (1977) 首都 50km 圏の緑地面積の変動. 筑波大人文地理学研究, No.1, 101-119.
- 三多摩問題調査研究会 (1976) 『野川流域の自然』 p.61, 同研究会, 青梅.
- Morgan, D., L. Myrup, D. Rogers and R. Baskett (1977) Microclimates within an urban area. *Ann. Amer. Assoc. Geog.*, Vol.67, 55-65.

(16)

Myrup, L. (1969) A numerical model of the urban heat island. *Jour. Appl. Met.*, Vol.8, 909-918.

Thornthwaite. C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.*, Vol.38, 55-94.

Wiessman, W.Jr. (1966) The hydrology of a small impervious areas. *Wat. Resour. Res.*, Vol.2, 405-412.