

長岡京における溝の雨水排除機能*

On the Storm Water Drainage by Diches at Nagaokakyo

神吉 和夫**, 神田 徹***, 大江 和正****

By Kazuo KANKI, Tohru KANDA and Kazumasa OHE

要旨 わが国の古代都市は条坊制を採用しており、基盤目状の街路には溝が設けられている。しかし、溝がどのような目的で建設されたか明確ではない。

本稿では、長岡京の地形、河川水系、大路、溝および地被状態を発掘調査資料、現在の地形図などを用いて復元し、京城における雨水排除機能を合理式により推算した。京城は24の排水区域に分割され、主な排水路は朱雀大路および東西大路の溝である。5年確率降雨を用いた場合、ほとんどの溝が溢れる結果となり、現在の下水道計画と比較した場合、溝の雨水排除機能は小さいといえる。

1. はじめに

筆者らは、都市水利史研究の一環として、古代都市の街路両側に設けられた溝に着目し、その雨水排除機能について検討してきた。本稿では、洪水ピーク流出量計算法として汎用されている合理式を用い、長岡京における溝の雨水排除機能について考察を加える。

2. 長岡京の地形、地被条件

(1) 地形条件

a) 地盤高等高線図

長岡京の地盤高等高線¹⁾を図1に示す。この図は、発掘調査記録をもとに中山²⁾が作成した長岡京中心部の等

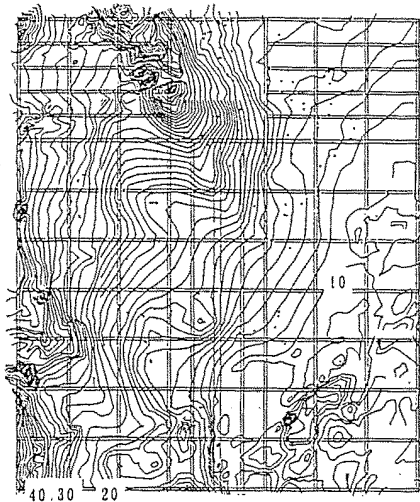


図1 長岡京期の地盤高等高線図¹⁾

高線図を基礎に、現在の地形図を参考に周辺部を補正し作成したものである。京城は概して北西から南東に傾斜しており、宮域は丘陵地の東側に位置している。西部は勾配がやや急で、東部は比較的なだらかになっており、高低差はおよそ40m程度である。この等高線図は、その精度からも微地形などは再現できない。本稿ではこの等高線図をもとに京城の地表や排水路となる大路側溝での雨水流出の方向、排水路の勾配などを決定していく。

b) 河川の位置

長岡京の河川位置²⁾を図2に示す。川幅、河床高さは不明であるが、流路が条坊方位に対し斜行していることから人工的な整備の少ない自然河川と考え、掘込河道とする。

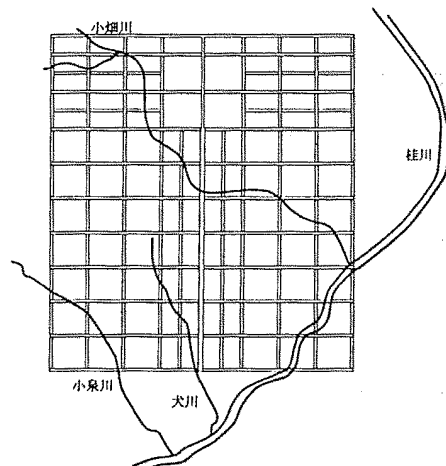


図2 長岡京期の河川の位置

*keywords : 長岡京, 溝, 雨水排除, 合理式

**正会員 工修 神戸大学助手 工学部建設学科(〒657-8501 灘区六甲台町1-1)

***正会員 工博 神戸大学教授 工学部建設学科

****学生会員 神戸大学大学院自然科学研究科

(2) 地被条件

a) 土質分布

発掘調査報告書³⁾には赤褐色粘質土、灰褐色粘質土という表記がみられ、京域の多くの部分を粘質土が覆っていたと考えられる。また宮域では、粘質土の他に黒褐色系土、黒色土が検出されており、これらは“整地土”と記されている。文字通り宮域の表層をならすために当時の地表の上に敷かれたものと思われ、その整地土層は比較的薄かったとされる。左京中部での砂・砂礫は小畑川の氾濫地域を表している。

b) 植被分布

当時の植被分布状態を知る手がかりとして、1966(昭和41)年の長岡京期の植被分布を参考にした。現在でも、京域西部にあたる比較的勾配の急な地域は都市化が進んでいないことから、その周辺では長岡京期当時と比較して植生状態は大きく変化していないと考えられる。

c) 建物分布

発掘調査報告書では、建物跡は右京より左京の方が、また、京域南部より北部の方がより多く検出されている。

以上をまとめ作成した長岡京期の地被状態モデルを図3に示す。このモデルでは、左京のおよそ半分を粘質土の裸地が占め、建物跡検出地域とあわせると8割以上となる。一方、右京では5割程度である。

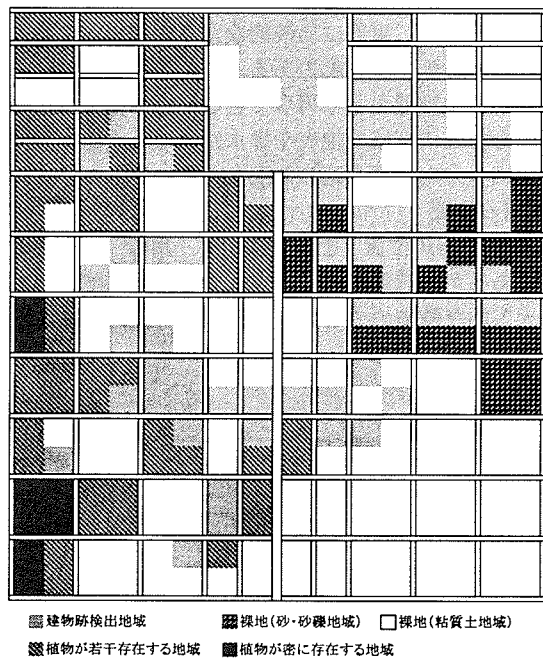


図3 長岡京期の地被状態モデル

3. 長岡京の排水モデルと合理式の適用

(1) 排水モデル

排水モデルを作成するにあたり、①排水路網としては小路側溝は除外、②排水路の断面は大路両側溝をあわせて平均化したものとする。

京域での地形勾配、大路溝の接続関係を考慮し作成した排水流域分割図を図4に示す。また、その諸元を表1に示す。排水区域数は24である。左京北部のQ~Vの排水区域と右京の排水区域Kでの降雨は直接京域外に流出

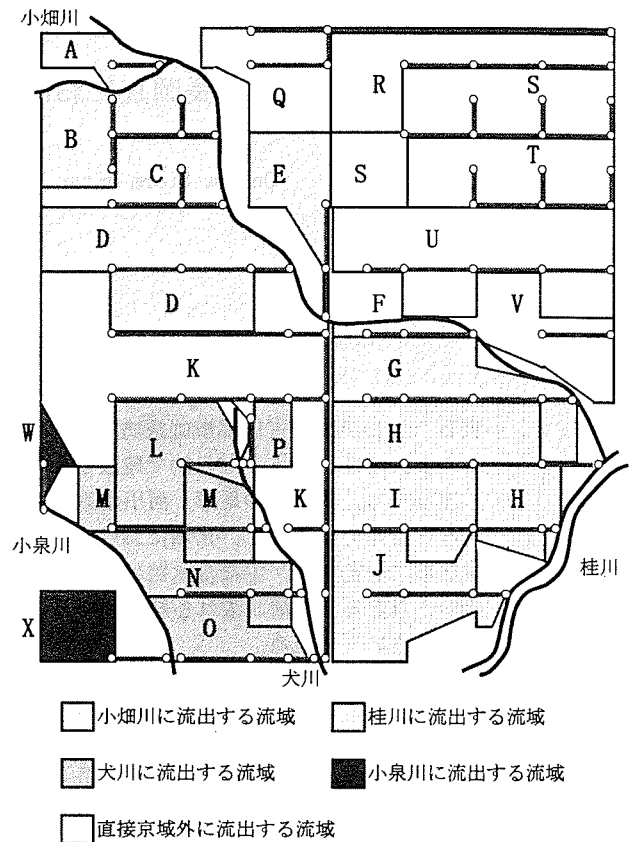


図4 長岡京の排水流域分割図

表1 排水流域分割図の諸元

流域番号	流域面積 (ha)	幹線排水路延長 (m)	幹線排水路末端断面幅(m)×深さ(m)
A	19.46	359	3.33×0.35
B	81.01	1077	3.52×0.36
C	52.56	808	3.14×0.41
D	150.69	1347	7.94×0.55
E	36.30	943	3.00×0.47
F	5.80	808	4.06×0.32
G	84.17	1617	5.20×0.30
H	125.84	1751	3.74×0.53
I	82.26	1482	3.33×0.35
J	93.10	1078	3.33×0.35
K	259.44	4311	3.00×0.47
L	79.40	135	3.74×0.53
M	62.47	1213	3.33×0.35
N	50.00	943	3.33×0.35
O	45.36	1010	3.33×0.35
P	15.96	539	3.74×0.53
Q	56.23	2964	3.00×0.44
R	87.05	1617	3.00×0.44
S	116.05	1617	3.52×0.36
T	87.00	1347	7.94×0.55
U	160.94	1886	3.12×0.24
V	79.41	539	4.06×0.32
W	9.08	539	3.05×0.34
X	29.05	539	3.33×0.35
合計	1868.63	30469	—

する。それ以外の排水区域での降雨は、京域内で自然河川に流れ込んだ後、京域外に流出する。この排水流域モデルによると、朱雀大路と東西大路の溝が排水網のおもな幹線排水路になっていることがわかる。宮域の大路の溝は排水路になっていない。これは宮域自体が台地状になっており、雨水は宮域外に直接排出され周辺から流集した雨水が宮域を通過することはないことを示している。

(2) 合理式の適用

a) 合理式

合理式は、雨量から洪水ピーク流出量を推定する方法である。わが国の下水道計画では最も一般的に採用されている手法である。

$$Q = 1 / 360 \times C \times I \times A \quad \dots(1)$$

$$I = a / (T + b) \quad \dots(2)$$

ここで、Q: 流出量(m³/s) C: ピーク流出係数
 I: 降雨強度(mm/hr) A: 排水面積(ha)
 T: 流達時間(min) a, b: 地域で決まる定数

b) 計算方法と計算条件

・計算方法

合理式の計算方法は日本下水道協会の手法⁴⁾を参考にした。ただし、計算流量が排水路容量を越える場合は、その管渠を溢水とみなすが、計算流量は溢水も含めて全量が下流側へ流入するものとする。なお、流達時間は排水路の満管流量流速を用いて計算する。

・計算条件

計算のために必要な主なデータは、①地被条件、②排水路断面の規模、③排水路の勾配、④降雨強度である。

ピーク流出係数は日本下水道協会の値を参考に表2のように決定した。降雨強度式の定数a, bは、現在長岡宮跡の位置する京都府向日市の値を用いる(表3)。流入時間は、排水流域内の最遠点から排水路までのおよその距離に応じて5~10分を与えた。

表2 ピーク流出係数の値

地被条件	ピーク流出係数
建物検出地域	0.40
裸地(粘質土)	0.35
裸地(砂・砂礫)	0.25
植物が密に存在する地域	0.20
植物が若干存在する地域	0.30

表3 定数a, bの値

確率降雨	a	b
5年確率降雨	4800	34
10年確率降雨	5600	34

前章まででは、この①~③の要素について発掘調査報告書などからの推定を試みた。しかし、発掘調査報告書からどこまで忠実に当時の様子を再現できるか疑問があり、また、発掘データ自体その数が少ないためその精度

は必ずしも高いとはいえない。そこで、以下のケースを追加した。前章までに決定した地被状態のピーク流出係数(平均値C = 0.35)とは別に、京域内がすべて裸地であるようなC = 0.20を均一に与えて計算する。降雨条件も5年、10年確率降雨と5年確率より弱くなるように均一の10mm/hr, 20mm/hr, 30mm/hrを与える。また、発掘データの多い排水区域Sに着目して5年確率降雨を流下させることができる排水路断面の大きさと勾配を求める。

(3) 結果と考察

5年確率降雨で溢水が起こった排水路を、図8に示す。また、地被状態モデルを用い溢水が起こった排水路の数を表4に、流出係数を0.20としたときのそれを表5に示す。5年確率の降雨で溢水が起こっていない排水路は、排水路が最上流に位置する場合がほとんどである。最上流の排水路はその流入域が小さいために流入量が少なく溢水しなかったものと考えられる。地被状態モデルの場合は約76%の排水路が、京域内均一流出係数C = 0.20の場合でも約60%の排水路で溢水が起こっている。以上より5年確率以上の降雨に対して、長岡京の排水路は雨水の排水施設としての役割を果たしていなかったと考えられる。

また、右京に比べ左京の方が溢水している排水路が多いのは、ピーク流出係数と排水路勾配の影響が大きいと思われる。左京では流出係数0.40と比較的大きな建物跡検出地が右京に比べ多く存在し、一方、右京は流出係数0.20~0.30と比較的小さな、植物が分布していたと推測される地域が多く存在している。さらに、排水路勾配も右京ではその北西部に現在でも丘陵が張り出しており、左京を広く覆う桂川の氾濫原や河岸段丘などと比べ勾配

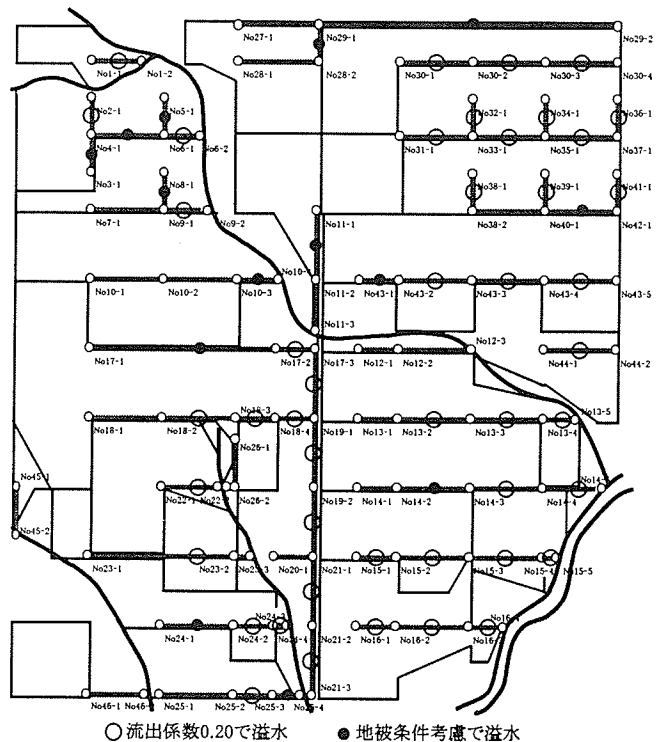


図8 5年確率降雨での溢水状況

表4 地被条件考慮で溢水した排水路の数

降雨強度	左京 (総数 37)		右京 (総数 42)	
	均一10mm/hr	2	5.4%	3
均一20mm/hr	16	43.2%	8	21.6%
均一30mm/hr	21	56.8%	14	33.3%
5年確率降雨	32	86.5%	28	66.7%
10年確率降雨	32	86.5%	29	69.0%

表5 流出係数0.20で溢水した排水路の数

降雨強度	左京 (総数 37)		右京 (総数 42)	
	均一10mm/hr	1	2.7%	2
均一20mm/hr	4	10.8%	5	11.9%
均一30mm/hr	10	27.0%	8	19.0%
5年確率降雨	28	75.7%	18	42.9%
10年確率降雨	29	78.4%	23	54.8%

表6 5年確率降雨で溢水しない排水路断面と勾配

排水路番号	排水面積 (ha)	延長 (m)	発掘データ		計算による値	
			断面		断面	
			幅 深さ	勾配	幅 深さ	勾配
No31-1	29.05	539	3.52 0.36	2.8	5.10 0.50	20.8
No32-1	14.50	269	3.46 0.28	2.5	4.00 0.39	10.6
No33-1	14.50 58.05	539 1078	3.52 0.36	2.8	6.13 0.62	72.0
No34-1	14.50	269	2.20 0.19	3.6	3.86 0.38	123.6
No35-1	14.50 87.05	539 1617	3.52 0.36	1.9	7.40 0.74	155.8
No36-1	14.50	269	3.05 0.34	1.8	4.15 0.42	7.6
No37-1	14.50 116.05	0 1617				

がやや急になっている。すなわち、左京の方が右京に比べ地被条件から雨水の表面流出の割合が高いことに加え、排水路勾配の条件から側溝の流下能力が低いことが、左京で溢水する側溝が多くなった要因であると考えられる。

次に、排水区域Sにおいて5年確率降雨を溢水することなく流下させることができる排水路の断面の大きさと勾配を表6に示す。この排水流域で溢水が起らずに雨水を流下させるのに必要な排水路の規模は最下流で7.40m(幅)×0.74m(深さ)であった。この地域での発掘データの最大値が5.20m×0.50mであることと比較するとかなりの大きさの排水路を必要とすることがわかる。

同様に、排水路の勾配は発掘データの排水路勾配が2.8~3.6‰であったのに対し発掘データの排水路断面の規模で5年確率降雨を流下させるために必要な排水路勾配は20.8~155.8‰となった。これは、排水路の最上流

端の地盤高を固定して20‰の勾配を与えると、約1,600m離れた最下流端は100m以上沈下させなければならないことを意味する。

以上の結果より、排水路は5年確率降雨に対して流下能力を保持しておらず、排水路断面に関しては、発掘データよりもかなり大きな値を必要とし、その断面規模の排水路が存在した可能性は低いと考えられる。排水路勾配に関しても、同様に発掘データの値よりもかなり大きな値を必要とし、長岡京期から現在までの地形変化を考慮しても排水流域にそのような地形勾配があった可能性は低いといえる。

これらの結果を総合して、大路溝は5年確率降雨に対して流下能力はほとんどなく、大路溝が雨水排除を目的に設けられた可能性は低いといえよう。発掘データが増加すれば流出量計算の精度は高くなるであろうが大路溝が5年確率降雨に対して流下能力を保持していなかったという結果は変わらないと思われる。

4. おわりに

今後は、長岡京廃都の理由の一つといわれる水害と京域内の河川の関わりや、藤原京、平城京の溝の評価などに取り組みたい。

参考文献

- 1) 神吉・神田・武田：古代都市の水利構造に関する研究—長岡京の地形と溝—，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，1996。
- 2) 神吉・神田・中山：わが国の古代都市の溝について—長岡京と平安京—，土木史研究，第15号，pp.97~104，1995。
- 3) 本稿で用いた発掘調査報告書は，向日市教育委員会・(財)向日市埋蔵文化財センター：『向日市埋蔵文化財調査報告書』（第7~11，13，14，17，19，21，22，24~34，36~38集）
(財)長岡京市教育委員会：『長岡京市文化財調査報告書』（第2，4，5，11~15，17~20，22，24，27，29，31冊）
京都府教育委員会：『埋蔵文化財発掘調査概報』（1975~1977，1979~1992）
(財)京都府埋蔵文化財調査研究センター：『京都府遺跡調査概報』（第1~34，36~56冊），『京都府埋蔵文化財情報』（第1~32，34~38，40~48号）
(財)京都市埋蔵文化財研究所：『長岡京跡発掘調査報告II』，『京都市埋蔵文化財調査概要』（昭和56~62年度）
(財)長岡京市埋蔵文化財センター：『長岡市埋蔵文化財調査報告書』（第1，2，4冊），『長岡京市埋蔵文化財センター年報』（昭和58~63，平成1，2年度）
- 4) 建設省都市局下水道部監修：『下水道管路施設設計の手引き』，日本下水道協会，1991。