



Title	札幌市における浸水シミュレーション事例
Author(s)	田中, 透; 今井, 健治
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 モデル解析 . 2-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 37-41
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7580
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-2-1_p37-41.pdf



2-1

札幌市における浸水シミュレーション事例

田中 透 ○今井 健治（札幌市下水道局）

1. はじめに

本市の下水道普及率は、平成5年度末で97.5%に達し、市民は大部分が下水道を利用できるようになった。しかしながら、雨水対策については、次のような理由により管渠能力が不足し、大雨時には対応しきれない区域があり、まだ十分とは言えない状況にある。

本市の雨水整備は当初、5年確率・実験式でスタートした。しかし、昭和30年代の高度経済成長以降、住宅やビルが密集し、道路の舗装化も進むなど、市街地の高度利用化に伴う雨水流出量の増加により、いわゆる都心型水害と言われる既整備区域での浸水被害が発生し始めた。

そこで、雨に強い都市の実現に向けて、昭和53年から、概ね都心5km圏内、7600haを対象にした浸水対策事業をスタートさせ、雨上がりの大空にさわやかに輝く虹をイメージして、「アクアレインボー計画」とネーミングした。浸水に対する安全性を高めるため、確率年を10年（35mm/h）に上げるとともに流出係数の見直しを行った。また、算定式を合理式に改めた結果、既整備区域内の計画雨水量は数倍となった。このための施策としては、①管渠やポンプ施設の能力を増強する施設の拡充、②雨水流出抑制下水道の二つを大きな柱としている。

本市の、管渠の拡充は、既設管渠（幹線）の能力不足を補う為に、管径の大きな拡充管（増強管）を敷設し、既設管渠より分水する方法をとっている。現在、拡充管渠の整備を進めており、その延長は約116km（平成5年度末現在）に及んでいるが、進捗率は、まだ、55%の段階にある。

2. シミュレーションの必要性

本市では、近年、局地的な豪雨はあるものの、10年確率に相当するような大雨が全市的に降った事例がないため、今まで実施してきた拡充事業の効果の検証がなされる機会がなかった。しかし、効率的に事業を実施するためには、全市的な視点から浸水危険地区を把握する必要があった。さらに、将来構想として考えられる施設の浸水解消面からの評価を得ることも極めて重要であった。

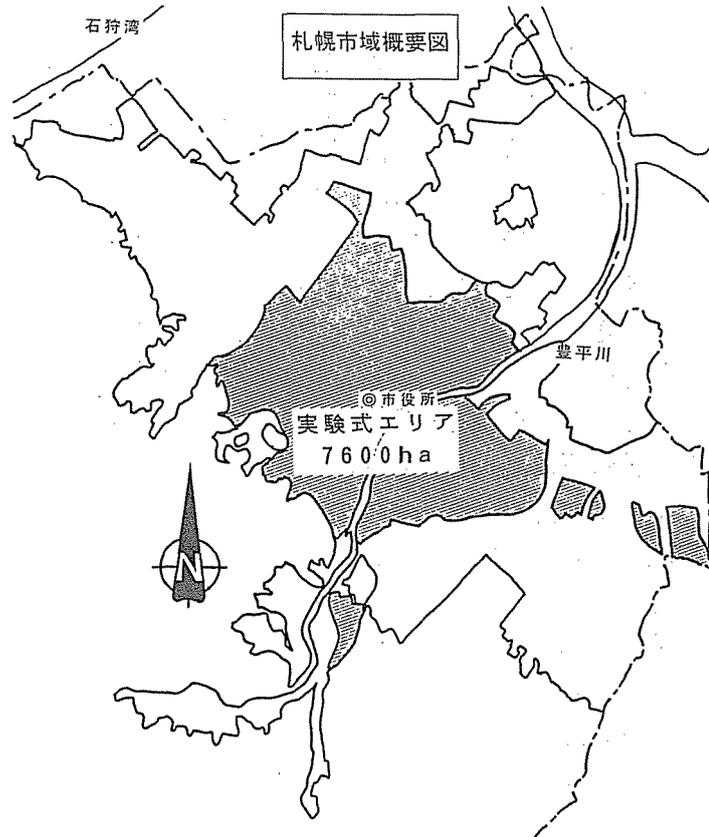


図-1 札幌市の実験式エリア

このため、地形要因、河川水位やポンプ稼働状況等の流末境界要因、地表面への溢水現象などを反映できる雨水流出解析を用いたシミュレーション手法を用いて、大雨による浸水現象を再現し、事業効果の検証を行うこととした。

本市では、主に、都心部5km圏を中心とする実験式区域について、平成3年度から本格的にシミュレーションを行ってきた。

3. モデルの構成

シミュレーションモデルは、雨水流出モデル、幹線評価モデルおよび地表面氾濫モデルから構成される。

①雨水流出モデルは、雨が地表面に降ってから、幹線管渠に入るまでの現象を表現するものであり、枝線管渠網からの雨水流出量を算定する。解析モデルは修正RRL法を用いている。

②幹線評価モデルは、幹線部における水の流れを表すもので、幹線管渠に流入した水が流末で河川に排水されるまでの現象を表現している。解析モデルは、下流側水位の影響を表現できるように、一次元不定流計算を用いている。

③地表面氾濫モデルは、溢水した水が地表面を流下して地盤の低い所に集まるまでの現象を表現している。

このシミュレーションモデルのメリットとしては、現象の再現性が高いこと、各種パラメータの物理的位置付けが明確であること等があげられる。

表-1 シミュレーションモデルの構成

名称	解析モデル	入力/出力	パラメータ・必要条件等
①雨水流出モデル	修正RRL法	降雨ハイトグラフ 有効降雨ハイトグラフ	・降雨損失係数 ・不浸透面積率
②幹線部評価モデル	一次元不定流計算モデル (Leap-flog)	枝線部雨水流出量 (S-Q曲線法による) 幹線管渠内の各地点における水位・流量	・幹線管渠諸元 (管渠径・管底高・地盤高・粗度係数etc..) ・下流端条件 ・圧力波伝播速度
③地表面氾濫モデル	道路網を排水路とみなした開水路一次元不定流解析モデル	溢水量ハイトグラフ (幹線部の解析結果によって溢水した枝線ブロック) 氾濫水の流下経路、水深、流速 最終的な湛水区域、湛水深	・道路網諸元 (道路幅、標高etc..) ・道路粗度係数

4. モデルの作成

(1) 雨水流出モデル (修正RRL法)

①不浸透面積率の設定

シミュレーション対象区域内にモデル地区を設定し、地表面を現況図及び航空写真等から屋根・道路等の8種類の表面工種に分類し、その面積を測定することで現況の不浸透面積率を測定した。ここで注意を要したのは屋根の形状である。三角屋根は雨が地表に落ちるため一般的な住宅では浸透面とみなすが、雪国特有のスノーダクトやビルの屋根等は直接、下水道に流れ込むため不浸透面と考えられる。そこで、航空写真や現地調査に基づき、屋根の形状を判断し統計的に補正した。

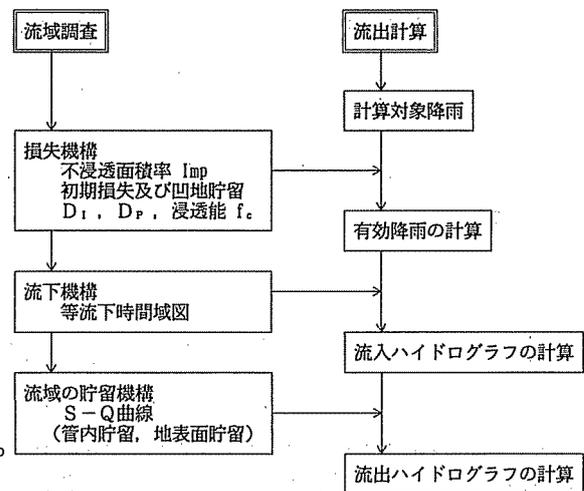


図-2 修正RRL法の運用手順

次に、将来の不浸透面積率は、現況の不浸透面積率と流出係数との関係を作成し、将来計画の流出係数値から推定した。

② S-Q曲線の設定

S-Q曲線は管渠内での流出の遅延効果を表現するもので、一般的には $S = K \cdot Q^P$ で表される。Pははば0.7とされているが、Kについては排水区の特徴値であり、詳細調査を幾つかの枝線ブロックで行い、最長流下時間とK値の関係式を求めてK値を決定した。

また、従来の修正RRL法は、基本的に開水路状態を想定したモデルであるため、満管以上の圧力状態になった場合のS-Q曲線による遅延効果は表現されていなかった。そこで、実験式区域のように枝線管渠の能力が小さく、且つ、マンホールが多く設置されている状況においてはマンホール空間が持っている貯留の効果が大きいと考え、S-Q曲線で、その効果を再現するよう設定した。

更に、下水道管に流入するまでの地表面での遅延効果も考慮した。

(2) 不定流計算

概ねφ800 mm以上の管渠を不定流計算の対象管渠とし、大きな落差がなく同一管径のものを1ブロックとした。例として図-3に創成川処理区(約1,700ha)におけるモデルの構成を示す。左図では、△が流出モデルで、□が幹線管渠で不定流計算の1単位を示す。また、編みかけのあるものは拡充管を示している。右図は流出モデルの地表面分割である。

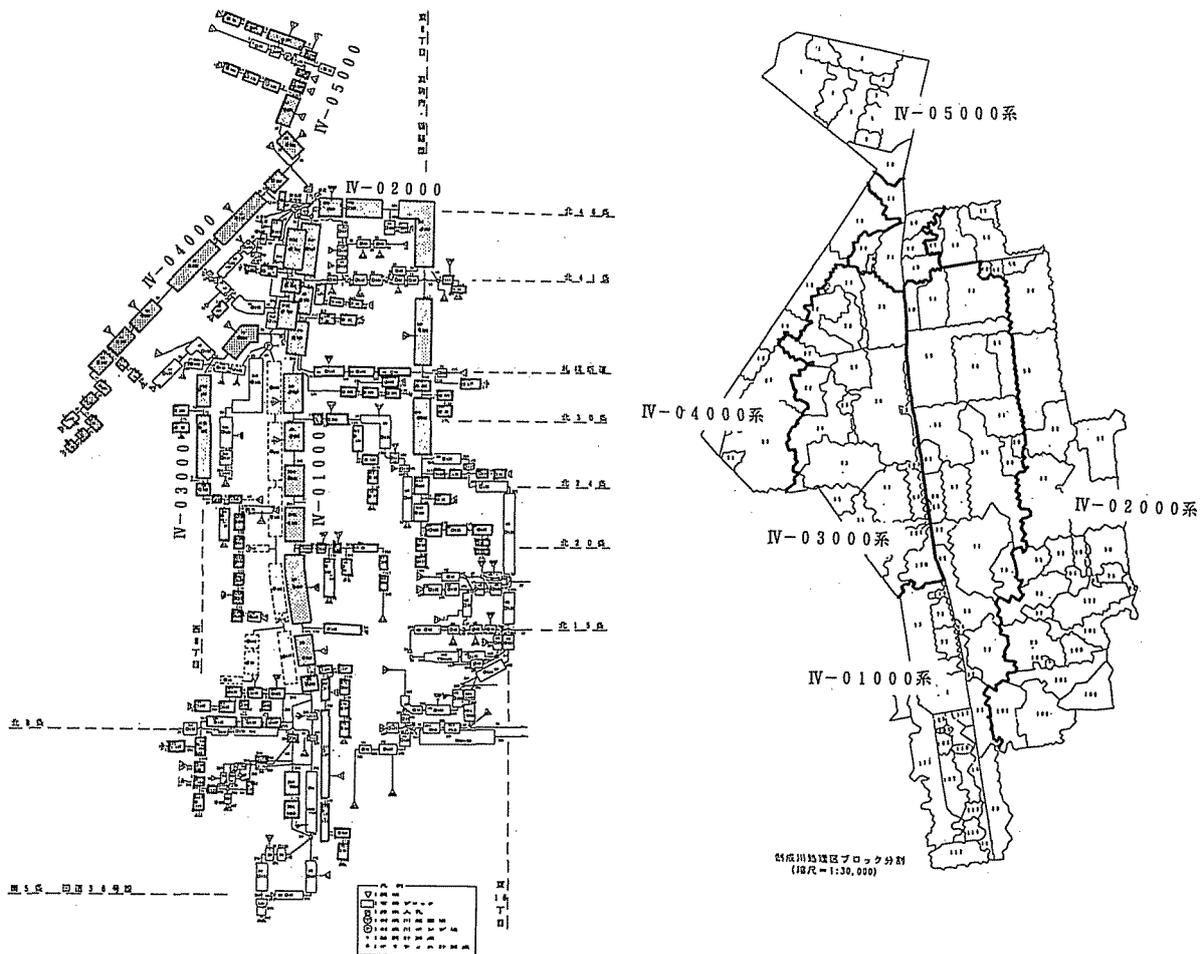


図-3 創成川処理区における管渠モデルと地表面分割

5. 実測値（流量観測）による検証

シミュレーションを行うに当たっては、シミュレーションモデルが、どの程度の再現性を持っているのか検証する必要がある。検証は、実際の降雨資料・管内流量資料・浸水実績との一貫性から判断する。

降雨資料は、気象台をはじめ、各処理場やポンプ場などに設置してある自記雨量計の資料を集め、5分毎に整理した。シミュレーションでは、対象区域近傍数地点の資料より合成し、より現実に近いものとした。

管内流量資料は、雨の多い8～10月の期間に、下水道管渠内に流量計を設置し、管渠内の水位及び平均流速を同時に計測した。また、ポンプ場のポンプ稼働実績も流末での流量資料とした。

また、本市では、昭和56年8月に2回の大雨に見舞われ、大きな浸水被害が発生した。シミュレーションモデルは、管網・降雨・土地利用等も昭和56年当時の状況下で浸水状況を再現できるものとした。

以上の結果、実測値と計算値は高い一貫性を示し、シミュレーションモデルが良好な再現性を持つことを検証した。図-4に例として、 $\phi 2400$ mmで行った実測値と計算値の流量波形を示す。

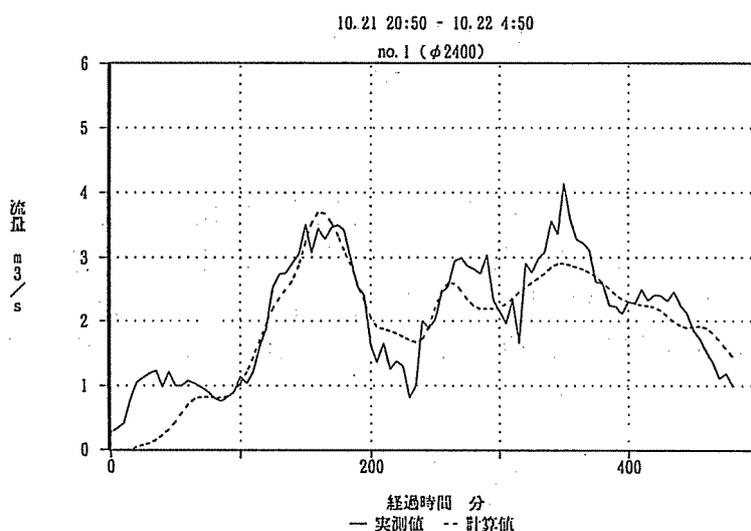


図-4 実測流量と計算流量との比較

6. 地域による特性及び結果

参考例として、異なる特徴を持つ2処理区について紹介する。

①創成川処理区

この処理区は、実験式区域で拡充管が5系統あり、全て処理場がポンプ場が流末となっており、雨水ポンプによる強制排水を行っている区域である。この為、流末部では河川水位の影響は受けずポンプ能力及び運転水位によって影響を受ける。

枝線部では、既設管渠が満管になりながらも、マンホール等の空間に貯留される効果が働くため、幹線との境界条件が良好であれば大きな浸水とはなりにくい。また、流末まで速やかに流下できない結果となっている。このため、拡充管の準幹線整備により速やかな流下を実現することが重要である。

②新川処理区

この処理区は、実験式区域で拡充管が5系統あり、流末部は河川（琴似川、豊平川）への自然排水が基本となっている。このため、河川水位によって、流末能力が制限されるが、河川水位の設定はHWLとした。吐口部のゲート操作については幾つかのケースを設定した。

一般的には、流末付近は、河川水位による背水の影響を受けやすく圧力状態を示しやすい結果となっている。また、枝線部は、創成川処理区同様、大きな浸水にはなりにくい。拡

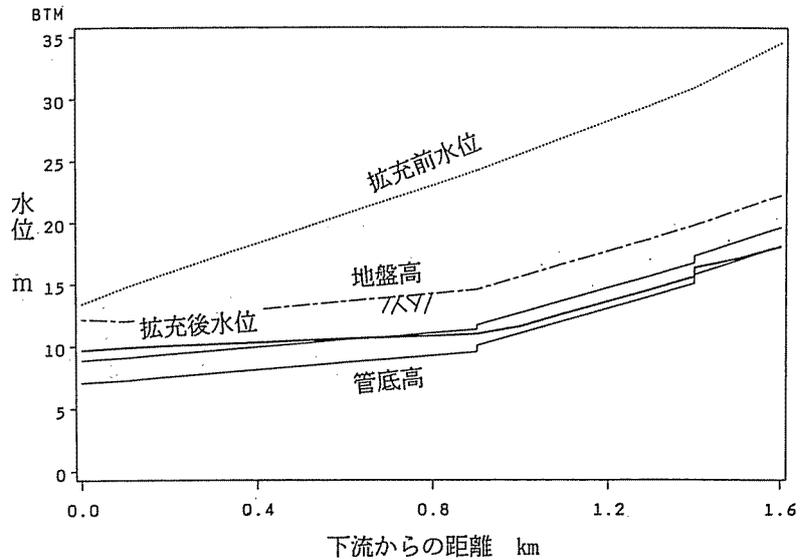
充管の準幹線の整備が重要である。

拡充管整備の効果は、既設幹線の水位縦断によく現れている。例（図－5）に示す既設幹線は、新川処理区においても

圧力状態を大きく示す幹線で、全体の中流域部分に位置している。

拡充整備前には、高い水位縦断を示している。これは、上流部からの流入、下流部における河川水位の影響を受け、十分な能力が発揮できないためである。

拡充整備後は、上流・下流がカットされることにより、ほぼ、自然流下となり、拡充効果が十分発揮されている。



図－5 最高水位縦断による既設管の拡充効果

7. おわりに

浸水シミュレーションは、各処理区により、地形、土地利用状況、管渠状況等が異なるため、多くの条件設定や改良を行いながら、ようやく実用となるものが出来るようになってきている。

今後は、これらの成果を拡充事業の実施にあたって、整備優先度の判定に使うことも可能と考えている。