

室蘭市輪西地区の内水氾濫解析について

Analysis of Inundation of Inner Basin in Wanishi Area in Muroran city

室蘭工業大学
室蘭工業大学
室蘭工業大学

○学生員 加我 浩行 (Hiroyuki Kaga)
正 員 中津川 誠 (Makoto Nakatsugawa)
正 員 北岡 嵩浩 (Takahiro Kitaoka)

1. はじめに

2008年7月23日、2010年8月12日と相次いで室蘭市輪西地区が内水氾濫によって冠水した。2箇所の冠水が認められ、その範囲は最も被害が大きかったところから半径200m以上におよび、地域住民の日常生活に多大な影響を及ぼした。昨今、地球規模の気候変動の影響でわが国でもゲリラ豪雨等の異常気象が多発しつつあると言われており、今後も冠水の頻発が懸念される。

本研究は、冠水の被害が最も大きかった地点に雨量計及び水位計を、排水路の最下端に水位計を設置し、回収したデータから集水域内の降雨・流出関係を調べるとともに、過去の冠水時の状況をフリーソフトNILIM2.0¹⁾を用いた内水氾濫解析によって推定し、今後の冠水リスクの把握や対策に結びつけていくことを目的とする。

2. 対象地区

解析対象は、図-1に示す地区である。輪西地区は、北海道の南西部に位置する人口1,791人²⁾、集水面積3.37km²³⁾の室蘭市の一地区である。当該地区は図-1に示す通り南側が山で囲まれており、北側には新日本製鉄室蘭製鉄所の敷地となっており、後者は海岸線の埋め立てにより出来た土地である。この地区の中心部は背後に山、正面に海をもつ地盤の低い地形となっていて、冠水しやすい条件にあると言える。また、対象地区には河川はなく、道路側溝、排水路により降水等を排水している。しかし、排水路の一部で逆勾配を呈している箇所や、泥の堆積等があり、道路側溝の一部でも泥や土砂の堆積等が見受けられた。また、後に述べるが、輪西地区の排水路の最下端の水位は潮の干満の影響を受けている。これらの事実から、洪水や高潮などによる氾濫と排水能力が低いために起こる都市型氾濫の二つが入り混じった、複雑な氾濫が起こる地区であると考えられる。



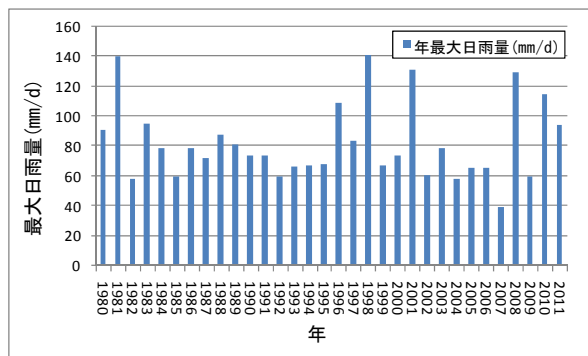
図-1 輪西地区の集水域図

3. 室蘭市の過去の降雨

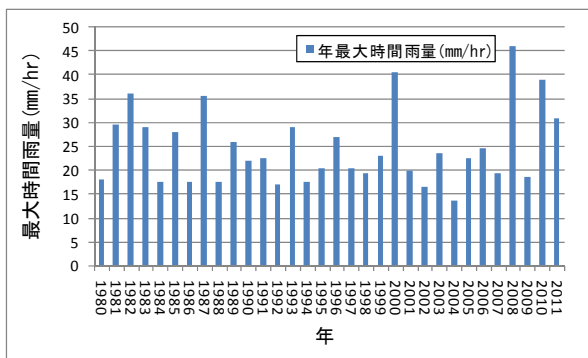
3.1 室蘭市の年最大日雨量、年最大時間雨量の推移

室蘭気象台で観測された最近21年の年最大日雨量、年最大時間雨量を図-2、3に示す。図-2を見ると1981年、1996年、1998年、2001年、2008年、2010年に日最大雨量が100mmを超えている。しかし、実際に冠水したのは2008年7月23日、2010年8月12日である。前にも述べたが、現地測量の際に道路側溝、排水路を調べた時にヘドロや土砂の堆積が見受けられた。1981年、1996年、1998年、2001年に冠水しなかった理由としては、そのような流下能力を妨げる要素が少なかったことも考えられる。しかし、それよりも図-3の年最大時間雨量のグラフから2008年、2010年の最大時間雨量が例年以上に大きいことがわかる。このことが主要因となって、2008年、2010年が冠水した可能性が高いと見られる。

最大日雨量(mm/d)

図-2 最近21年(1980~2011)の
年最大日雨量(室蘭)

最大時間雨量(mm/hr)

図-3 最近21年(1980~2011)の
年最大時間雨量(室蘭)

3. 2 2008 年 7 月の豪雨の概要

台風 7 号崩れの低気圧の影響で、室蘭地方は 7 月 23 日に記録的大雨に見舞われた。7 月 23 日の室蘭の日雨量は 130mm/d にのぼり 7 月の過去最高を記録した。また 1 時間雨量の最大値は 46mm で、室蘭市がまとめた 23 日午前 9 時の被害状況によると、同日午前 0 時以降に市内で発生した被害は 30 件。道路や飲食店、車庫への浸水・冠水は 11 件。このうち輪西地区の広い範囲で道路が浸水し、通行止めになった。ちょうど出勤時間帯に重なっていたため、迂回させられた通勤車両が幹線道路の国道 36 号などに集中し大渋滞になった。図-4 に示すハイトグラフから、2008 年の冠水時は継続的な雨と一時的な多量の雨により冠水が起きたことが分かる。

写真-1 は輪西地区で最も冠水の被害を受けた箇所の普段と冠水時の比較写真である。

3. 3 2010 年 8 月の豪雨の概要

台風 4 号の接近により前線が活発になった影響で、室蘭地方は 8 月 11 日から 12 日にかけて記録的な大雨に見舞われた。8 月 11 日の室蘭の日雨量は 115mm/d に達し、1 時間雨量の最大値は 39mm で、8 月としては過去最高を記録した。市内では冠水や土砂崩れが多発し、一部住民は避難した。幹線道路に大きな水たまりができ朝の通勤に大きな影響が出た。図-5 に示すハイトグラフから、冒頭でも述べたように最近頻発する短時間に集中する豪雨が冠水の主要因と見なされる。



写真-1 冠水時の最大被害箇所の様子
(上:通常時,下:2010 年 8 月 12 日冠水時⁴⁾)

4. 雨量, 水位の観測結果

4. 1 雨量計, 水位計の設置箇所

2008 年, 2010 年の豪雨を踏まえ, 今年になって冠水被害箇所における降雨と排水路での水位・流出を計測することとした。雨量計, 水位計の設置箇所を図-6 に示す。図-6 において, 黄色の丸で囲った A 地点は被害が最も大きかった地点で, 雨量計・水位計を一箇所ずつ設置した。赤色の丸で囲った B 地点にも, 水位計を一箇所設置した。B 地点に設置した理由は, それより下端が新日本製鐵室蘭製鐵所の敷地内で設置出来なかったためである。

4. 2 降水量-水位の相関性

観測結果から雨量と水位の相関性を検討するために, まずは雨量計と水位計両方を設置した A 地点について分析する。図-7 に観測した 10 分雨量と水位を示す。多量の降水の数十分後に水位が大幅に上がるというインパクト-レスポンス関係が見出される。

2008/7/22 1:00~2008/7/23 23:00

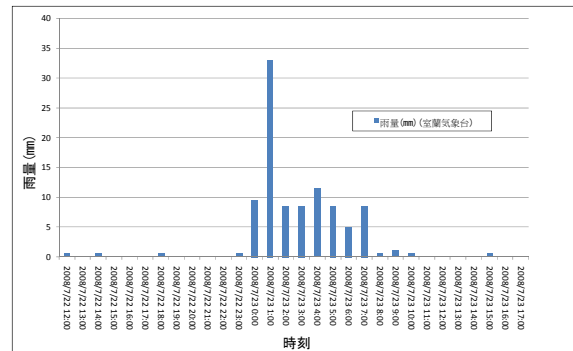


図-4 2008 年 7 月豪雨時のハイトグラフ (室蘭)

2010/8/11 1:00~2010/8/12 23:00

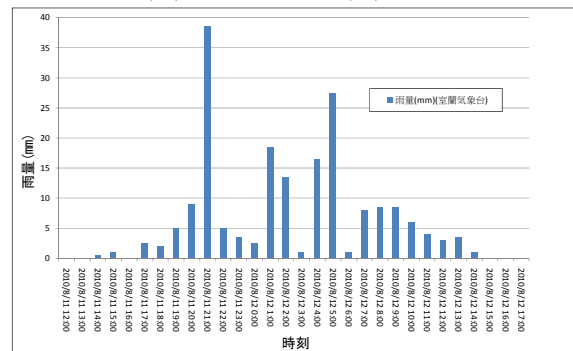


図-5 2010 年 8 月豪雨時のハイトグラフ (室蘭)



図-6 雨量計, 水位計設置箇所

4. 3 水位-潮位の相関性

次に水位と潮位の相関性をみるために、新日鐵敷地を
通って海に通じている B 地点で分析する。図-8 に示
した水位と室蘭港の潮位の観測結果を見ると、潮位の干満
により水位が上下することから、B 地点での水位と潮
位との相関性が認められる。氾濫解析では室蘭開発建設
部から室蘭港の2008年と2010年の潮位データを手
入し、相関をとって下流端(B)の水位を推定した。

5 氾濫解析

5. 1 モデル

モデルは、二次元不定流による地表面氾濫モデルと
Diffusion Wave による管路モデル、オリフィス式から上
端流量を算定する溢水量・流入量算定モデルからなる。

二次元不定流による地表面氾濫モデルでは次式⁵⁾を用
いて計算している。

(連続式)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

(運動方程式)

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \tau_x(b) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \tau_y(b) = 0$$

ここで、 H は水位、 h は水深、 u および v は x 方向、 y 方向
の流速、 g は重力加速度、 ρ は水の密度、 M および N は x
方向および y 方向の流量フラックス、 $\tau_x(b)$ および $\tau_y(b)$ は x 、 y
方向のせん断力である。

Diffusion Wave による管路モデルでは次式⁵⁾を用いて
計算している。

(連続式)

$$\text{開水路流れ：} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{in} \quad (3)$$

$$\text{圧力流れ：} \quad \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{C^2}{g} \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{C^2}{gA_0} q_{in} \quad (4)$$

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} \text{ (円管)} \quad A_0 = BH \text{ (矩形管)}$$

(運動方程式)

$$\frac{\partial h}{\partial x} = S_0 - S_f = S_0 - \left(\frac{n^2}{R^3} + \frac{k}{2gL} \right) \frac{Q^2}{A^2} = 0 \quad (5)$$

ここで、 A は流水断面積、 Q は流量、 q_{in} は横入流量、 n
はマンニングの粗度係数、 R は径深、 S_0 は水路床勾配、 B
は水面幅、 H は水位、 h は水深、 A_0 は管路断面積、 L
は管路長さ、 C は圧力波速度(このモデルでは20m/s)、 S_f
は摩擦損失勾配、 k は局所損失係数を表している。境界
条件としては潮位から相関をとって推定した下流端(B)
の水位、水深を与えている。

2011/7/29 15:00:00~2011/9/5 14:50:00

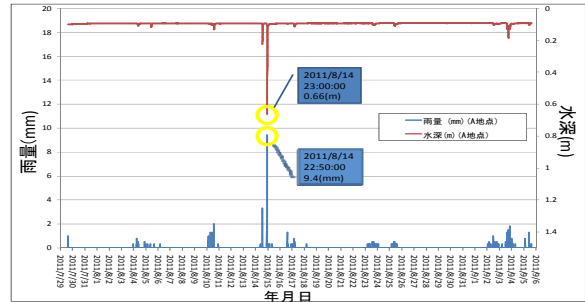


図-7 雨量と水位の観測結果
(上段: 10分水位 下段: 10分雨量)

2011/7/29 11:00:00~2011/9/5 10:50:00

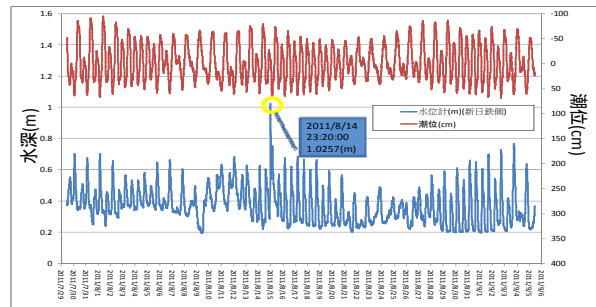


図-8 水位と潮位の観測結果
(上段: 10分潮位 下段: 10分水位)

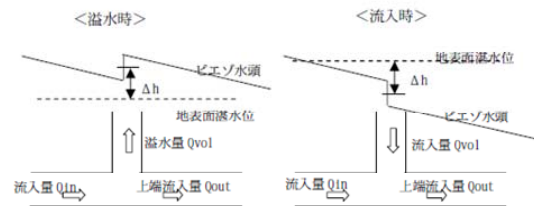


図-9 溢水・流入の模式図

また、図-9 に模式的に示すように人孔からの溢水量
および人孔への流入量は、次式の連続式とオリフィス
の式から計算する。

(連続式)

$$Q_{in} = Q_{vol} + Q_{out} \quad (\text{溢水時 } Q_{vol} > 0, \text{ 流入時 } Q_{vol} < 0) \quad (6)$$

(運動方程式)

$$Q_{vol} = CA\sqrt{2g\Delta h} \quad (7)$$

ここで、 C は水理模型実験から得られた流量係数(溢
水:0.510, 流入:0.341)、 A は溢水量、流入量算定に用
いる人孔断面積、 Δh は地表面湛水位と管路ピエゾ水頭平均
との差を表している。なお、当該地域の実際の排水路に
おいては人孔ではなく開口部となっているので仮想的に
 $\phi=1000\text{mm}$ の人孔を計算条件として設定した。

5. 2 計算に用いたデータ

解析に用いた基礎資料を表-1 に示す。氾濫原に関し
ては、地盤高は現地測量によるデータ及び室蘭市が測量
したデータを用い、地表面の底面粗度係数・建物占有
率は都市計画図⁹⁾を用い、降雨データは、気象庁のデータ

(室蘭)を利用した。下水道に関する資料は、管路規模諸元・人孔諸元に関しては輪西大雨資料全体図⁷⁾、現地測量データから得た。

また、現地測量、室蘭市の測量データから地盤高、 x 座標、 y 座標を基にこれを補間して、50mメッシュ毎の地盤高データを作成した。作成した地盤高データと航空写真の比較を図-10に示す。さらに、現地測量により管路長、管路幅、管路高、管底高を得た。勾配に関しては輪西大雨資料全体図から流下方向を特定し、作成した地盤高データ及び現地測量で得たデータから求めた。図-11に幹線排水路のネットワーク図を示す。

6 内水氾濫解析の結果

2008年7月23日と2010年8月12日の解析結果を図-12、13に示す。解析結果で示した浸水の被害範囲と実現象での被害範囲は2008年7月23日、2010年8月12日の両日共に概ね合っていると考える。また、図-12と図-13比較すると2010年8月の事例の方が湛水深が全体的に深い。先に述べたように2010年8月の事例が強い雨が断続的に降っていることからこの違いが説明できる。ゲリラ豪雨等の異常気象が多発しつつある中で、今回の解析結果は今後の内水氾濫の解析を行ううえで有意義なものと考えられる。

7. まとめ

本研究では輪西地区の過去の冠水で、最も被害の大きかったA地点に設置した雨量計・水位計、及びB地点に設置した水位計から得られたデータにより雨量-水位、水位-潮位の相関性を確認した。

また、過去の冠水時の水位を氾濫シミュレーションによって推定し、冠水状況の再現を試みた。実際に冠水状況と解析結果を比較すると、両者に氾濫状況の一致が見られた。しかし、実際に冠水した箇所以外にも冠水が見られたので、今後現実と解析の冠水状況の差の原因を精査し、当該地区の冠水被害の対策に役立てていきたい。

謝辞：今回の研究を行うにあたって、室蘭市役所土木課の関係各位には貴重な助言を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所水害研究室, NILIM2. 0, 2008年7月.
- 2) 室蘭市, 室蘭市住民基本台帳, 2008年12月.
- 3) 室蘭市, 平成11年度輪西幹線排水路実施設計委託全体計画案基本検討書, 2000年.
- 4) わくわく工房☆muroran,
url:<http://blogs.yahoo.co.jp/qnwm716/51124425.html>
- 5) 国土技術政策総合研究所水害研究室, NILIM2. 0 都市域氾濫解析モデルマニュアル, 2008年7月.
- 6) 室蘭市, 室蘭圏都市計画室蘭市都市計画図, 2011年.
- 7) 室蘭市, 輪西大雨資料全体図, 2011年9月.

表-1 基礎資料

項目	元となる必要資料
地盤高	現地測量結果, 室蘭市測量結果
氾濫原	都市計画図
降雨データ	設置した雨量計から得られたデータ
管路規模諸元	輪西大雨資料全体図.pdf, 現地測量データ
人孔諸元	
下端水位データ	設置した水位計から得られたデータ

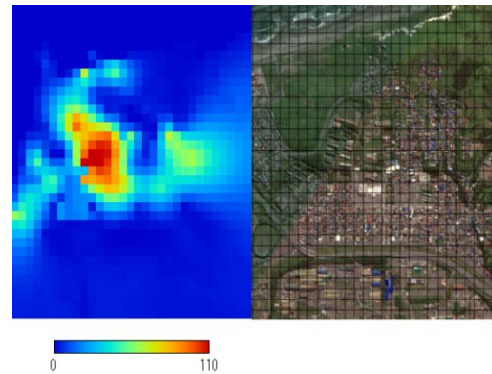


図-10 標高分布 (m)
(左-作成した地盤高データ 右-航空写真)



図-11 排水ネットワーク図

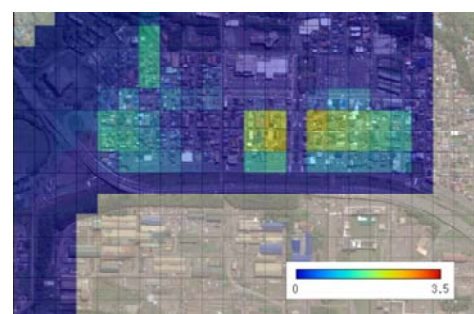


図-12 湛水位 (m)
2008年7月23日の氾濫解析結果

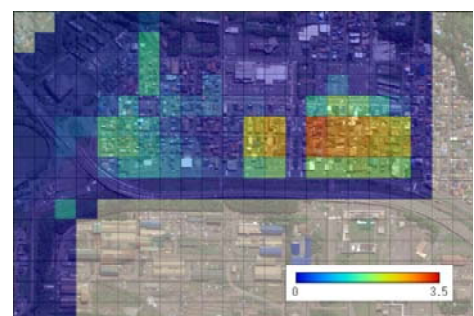


図-13 湛水位 (m)
2010年8月12日の氾濫解析結果