

IV—5 都市水害実態調査に基づく被害構造の分析と評価について

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋誠一

1. はじめに

昭和56年 8月 3日から 5日にかけての12号台風がらみの低気圧、および 8月23日からの15号台風の2度にわたって北海道は、波状的に甚大な被害を受けた。北海道防災消防課のまとめによると、被害は、人的被害92人（内死者19人）、家屋被害（住家および非住家被害）48,314棟、被害額61億円、農業被害総額 1,302億円（内農作物被害 826億円）など一般被害総額 1,796億円（土木、林道、電気通信および国鉄被害を除く）にも上った。これは、昭和50年 8月水害（総額 690億円 —昭和50年価格）を凌いでおり、改めて水害の怖さと重大さを認識させられると共に、今後の都市計画、治水計画にいくつかの教訓を与えることとなった。水害は、今回のような500年確率（石狩大橋測定で 280mmの総雨量）の連続降雨量といった、自然からの異常的なインパクトが誘因となるが、被害発生の時点では、いくつかの社会的な条件が大きな関わりあいを持っている。同じ規模の自然のインパクトであっても、資産の集積度あるいは、人間の生産活動規模によって被害規模が異なってくる。また様々な治水対策によって考えられうる被害が軽減されるのである。したがって水害—対策システムは、複数要因と多様な代替施策が錯綜した大規模な構造で表現される。従来水害—対策システムは、河川という場で考えられてきた。しかしながら近年、河川改修や堤防築造などの方法のみでは、完全な対応ができず、流域全体での対応が、それら技術的対策を支援するシステムとしてより確実であると考えられるようになってきている。すなわち河川の場合から流域の場合への拡張が、多様な治水対策を生み出すことになり、また何より、治水計画は、流域の人間諸活動と連動して考えていなければならないことが明らかとなった。建設省では、総合治水対策として昭和52年からそのような発想で対応しつつある²⁾。欧米では、約20年前から、治水対策において、Structural Measures とNonstructural Measures の統合した方法³⁾が考えられている。本論では、このような点を踏まえ、今回の水害に関する

意識調査を中心として、被害の実態および、発生時の住民の対応、今後新たに考えられうる対策に対する関心などについて検討し、あわせて従来から行なってきた、洪水想定区域における土地利用—治水計画の適正規模のあり方に関する検討結果を用い、今後の地域治水計画策定について考察を加えるものである。なお都市水害発生地域として札幌市東北部のいくつかの小河川流域を考える。

2. 検討手順

都市における治水計画の新しい考え方としては、技術的改善、制度の整備充実、および住民の意識行動の成長の三領域が互いに調和を保ちながら発展することが望まれる。そして水害のない都市作りを行うためには、各々の領域において次のような点を検討する必要がある。

- ①技術的改善……都市水害の多くの原因は、地域的異常降雨を河道に排出する方法、あるいは、安全域に貯留する方法のシステム化と最適化が望まれる。
- ②制度の整備充実……治水対策に関わる制度は、河川関係法、土地利用関係法などいくつかあるが、現在の多様で総合的な治水対策を行うためにはそれらの制度の組合せや、弾力的適用の方法など考えていく必要がある。特に、都市計画法での用途地域変更あるいは、市街化区域と、市街化調整区域の各々に居住する住民関係の一体化など今後の制度的整備が望まれる。さらに水害保険、耐水家屋融資制度など今後新たに整備充実することが必要な制度もある。
- ③住民の意識行動……従来、水害に対する住民の行動は、被害に関する補償あるいは事後处理的なものが多かった。しかしながら、技術的、制度的対応だけでは、完全ではない現在の水準では、住民のより積極的な行動あるいは、それを支える意識が必要となる。特に、新しい地域治水計画⁴⁾に対応したまちづくりについて地域住民参加方式等の検討が必要となる。本報告では、被災地住民の意識調査に基づき、住民の水害に対する意識行動を中心に検討し、合せて技術的制度的施策についての考え方の検討を加え地域の防災計画に対しての問題点と解決方法を明らかにする。

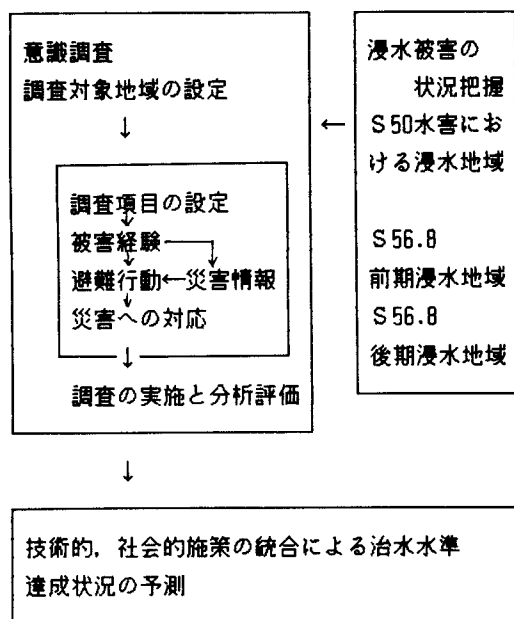
かにする。具体的な検討手順は、図—1のように表わされる。

①浸水被害状況の把握……住宅、農業、土木、都市施設、衛生施設、文教施設、および商工被害についてマクロ的な把握を行う。

②意識調査……被災地住民を対象とし、昭和56年8月水害の実態および将来の地域治水計画についての考えについての調査票による調査を行う。

③技術的・社会的施策による地域治水水準の量的化……都市内の小河川流域の内水浸水を対象とし、技術的施策と、社会的施策の相互作用による土地開発の適正規模の検討を行う。

④総合的評価および検討……住民の意識調査および最適化モデルの検討を通じて、地域治水計画のあり方について評価を行う。



図—1 本研究での検討手順

3. 意識調査の概要と分析結果

浸水被害状況の把握は、浸水地域、各項目ごとの被害について札幌市全体、および各区ごとにとりまとめた。それらの詳細については、後日報告の予定であるがここでは、浸水地域における住民を対象とした意識調査の概要を示す。

(1)調査対象地域……対象地域は、札幌市東北部（北区、東区、白石区）である。これらの地域は、主として内水氾濫排水不良による温水により被害が発

生したものである。対象地域をいくつかの地区に分割し、それらの地区の概要、およびサンプル数、回収数などとりまとめると表—1のようになる。

表—1 対象地域の人口諸元と、対象者；回収数

地区名	地区人口 (s51)	地区世帯 数(s51)	浸水区域世帯数 前期 後期	サン プル数	回収 数	回収 率%
白石区 東米里 米里	2,317	677	284 258	200	142	71
山本北都	1,157	291	52 52	52	50	96
東区礼苗	26,396	8,489	2,447 909	400	333	83
中沼	2,632	797	401 152	132	66	50
北区沢戸	1,706	534	530 121	300	222	74
屯田	11,274	3,360	187 78	94	79	84
磯路	19,367	3,304	95 124	88	59	67
計			4,105 1,694	1,266	951	75

(2)調査項目……調査項目は、①居住環境に関するもの：居住年数、居住形態、住居の構造、土台盛土の有無、被災経験、浸水流の方向、②被災状況に関するもの：浸水被害の有無、浸水時間、最大浸水深家財道具の流失苦痛に感じたこと、日常生活上の支障、③情報伝達状況：情報入手方法、入手時間、避難命令、被害予知、④避難状況：避難準備、避難の有無、避難場所、および距離、避難状況、携帯品、避難解除、⑤今後の治水対策および行動：水防法の知識、水防活動への参加、災害情報への考え、技術的対策への考え、水害保険制度への考え、住居移転への考え、住宅改善および融資制度への考え、貯留槽および土地利用制限への協力。

(3)調査方法……調査対象者は、2度にわたる洪水で浸水被害を受けた地区の罹災者名簿から、無作為抽出した。対象者は、世帯主あるいはその配偶者と各世帯の意見を代表してもらった。調査は、災害発生後3ヶ月を経過した昭和56年11月20日～12月5日の15日間にわたって行い、調査員が各家庭を訪問し後日回収を行った。調査対象者数は、1,266名でそのうち回答が得られたのは、951名で回収率は75%であった。

(4)調査集計結果……集計は、全地区および各地区ごとに単純集計および2～3要因クロス集計を行なった。その結果を調査項目ごとに略述する。

①罹災経験については45%が過去に経験を持っている。また経験を持つ中で55%が1回の経験があり他の回数は、図-2に示す通りである。また地区別には、東米里地区が65%で最も多い。



図-2 罹災経験 () は %

②洪水区域の中で、2度にわたって被害があったのは、過半数に達しており、前期のみが21%、後期のみが8.2%、被害を受けなかったのが16.5%となっている。(図-3)

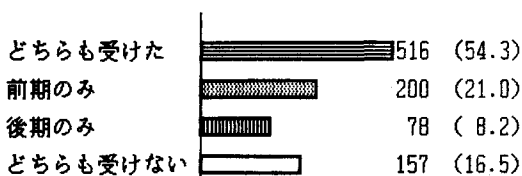


図-3 被害の経験 () は %

③被害強度を浸水深さで示すと図-4のようになる。これをみると、1m以上が前期では15.3%後期で4.2%となっており直接浸水を受けなかった世帯が、前期31%、後期41%となっている。地区別にみると、浸水の多かった地区は茨戸、札苗、中沼、東米里が60%以上となっている。

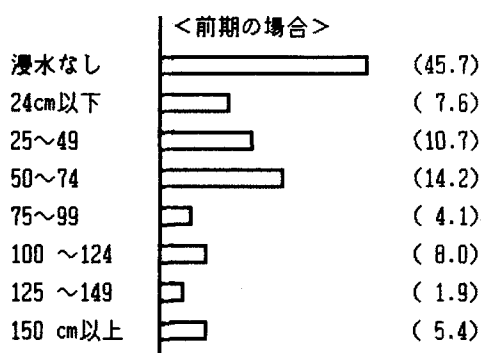


図-4 被害強度 (%)

④情報の入手の方法としては、表-2に示すように、前期の場合72.5%、後期の場合62.9%がテレビ、ラジオから得たと回答しており、役所、町内会からの情報は4~5%程度である。また避難命令につい

ては、前期で42%、後期で12.5%が出ていたと回答している。地区別に多いのは、東米里・茨戸で80%を越えているが、札苗では、ほとんど出ていなかったと答えている。

表-2 情報の入手方法

情報源	前 期		後 期	
	サンプル数	比率	サンプル数	比率
テレビ・ラジオ	689	72.5	598	62.9
役所、町内会等	56	5.9	40	4.2
知人から	10	1.1	7	0.7
その他	9	0.9	9	0.9
情報なし	187	19.6	297	31.2

⑤洪水に対応した行動に関しては、災害発生前1時間以上前に大変なことになることを予測した回答は、20%程度で、その他は、思わなかったか災害が起る直前、あるいは起ってからという回答となっている。(図-5)

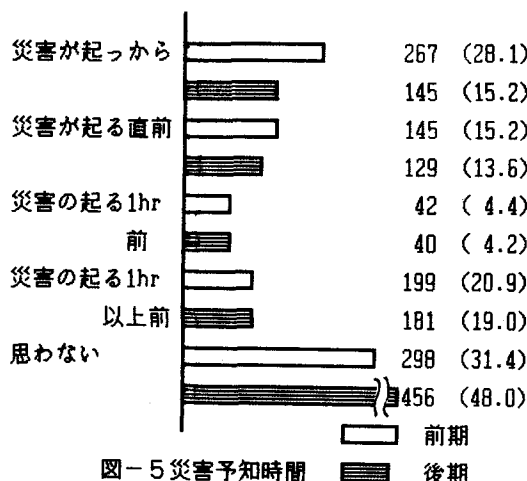


図-5 災害予知時間

⑥畳、布団など日常必需品は、40%前後の人が移動させている。そして実際に避難した家族は、前期で42.9%、後期で12.7%となっている。また避難時胸位以上水があった状態が32.9% (前期) あり、かなりの危険が伴って避難行動をしていることが分る (図-6、7、8)

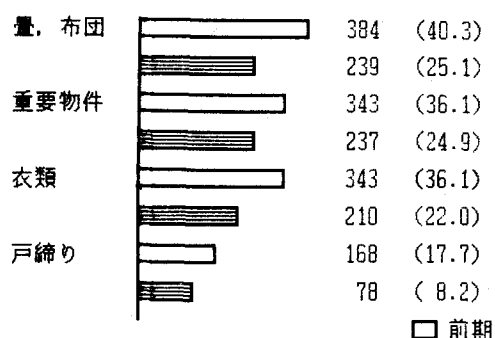


図-6 日常必需品の高所への移動

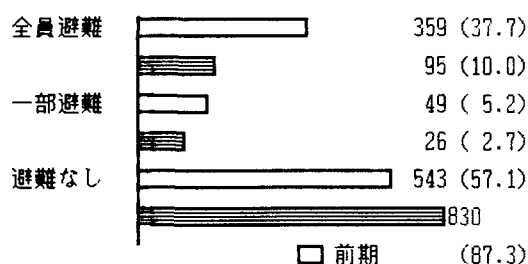


図-7 避難の有無

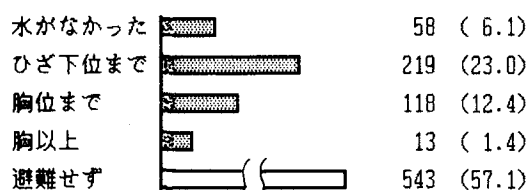


図-8 避難時の状況 (前期の例)

⑦辛かったこととして今後の生活の不安をあげている回答が36.8%あり、農作物、商品、家財道具などの損失を上回っている。また実際上の困ったこととしてトイレの不使用が目立っている。(表-3)

表-3 罹災で辛かったこと

	サンプル数	比率 (%)
家財道具の損失	118	12.4
農作物、商品の損失	154	16.2
生命の危険	19	2.0
今後の生活不安	350	36.8
その他	66	9.0
特になし	224	23.6

⑧防災への関心の程度を、避難訓練への参加でみると、参加していると答えたのが20%、そのうち85%が50年以後と答えている。(表-4)

表-4 避難訓練参加の経験

	サンプル数	参加時間
参加した	187 (19.6)	50年以前 27 (14.4)
事がある		50年以後 160 (85.6)
ない	750 (87.1)	
その他	14 (1.5)	

⑨今後の防災体制についてであるが、災害情報としては、役所からの情報を42%が望んでいる。また既存治水事業については努力が足りないと答えた人が71.1%に達している。社会的施策として希望が強いものの順に水害保険制度 (56.7%)、家屋の改築 (41.3%)、貯留槽の設置 (37%)、土地利用の規制 (34.4%) となっており、最も低いのが、住居の移転で18.9%となっている。

⑩次に、居住年数と、水害経験の関係を表したものが表-5である。居住年数が長くなるにつれ経験あるという回答率が上昇している。また居住年数と防災活動の関係を表-6に示す。避難訓練は、居住年数が長いほど参加比率が大きくなっている。その他に、災害予知時間は、居住年数が長いほど早まりまた移転の可能性は、少なくなり、治水事業に対する不満も大きくなる。

表-5 居住年数と水害経験

居住年数	水害経験	0~5	6~10	11~15	16以上	回答なし
①ある	①/③%	90	154	112	139	21
		(25.4)	(49.4)	(52.1)	(76.4)	
②なし	②/③%	147	158	103	42	25
		(74.6)	(50.6)	(47.9)	(23.6)	
③計		197	312	215	181	46

表-6 居住年数と水防活動参加の有無

居住年数	水防活動	0~5	6~10	11~15	16以上	回答なし
①ある	①/③%	9	33	24	28	2
		(4.6)	(10.5)	(11.2)	(15.5)	
②なし	②/③%	188	280	190	153	44
		(95.4)	(89.5)	(88.8)	(84.5)	
③計		197	313	214	181	46

⑩土台盛土の高さと、浸水状態の関係を表わすと表-7のようになる。盛土高さが増加すれば、若干であるが浸水状況が軽くなる傾向がみられる。この傾向が後期の場合のようなインパクトが小さい場合にはより顕著にあらわれる。土台盛土の高さを高くしている回答者は、防災意識が強くまた新しい施策に協力的であることが明らかとなった。

表-7 盛土の有無と浸水状態

盛土の有無 浸水状態	盛土の高さ				
	なし	50cm未満	50～100未満	100～150未満	150以上
①浸水なし ①/④%	102 (30.1)	88 (30.4)	75 (32.0)	25 (37.9)	6 (27.3)
②浸水あり ②/④%	219 (64.6)	197 (67.9)	150 (64.2)	39 (59.1)	14 (63.6)
③その他 ③/④%	18 (5.3)	5 (1.7)	9 (3.8)	2 (3.0)	2 (9.1)
④ 計	339	290	66	66	22

⑫浸水状態と、避難命令の関係を表すと表-8のようになる。床上浸水の場合は、77.7%がでていたことを知っており、また床下の場合は、31.7%が知っていた。しかしながら、床上浸水でも20%程度はそれらの情報が分らないかできていなかったと答えている。水害保険を必要としていることがわかったが、その他の社会的施策については顕著な傾向はなかった。

表-8 浸水状態と避難命令

避難命令 浸水状態	避難命令			
	浸水しなかった	床下浸水	床上浸水	その他
①でていた ①/⑤%	63 (21.2)	112 (31.7)	207 (77.7)	16 (45.7)
②でていなかった ②/⑤%	222 (75.1)	220 (62.3)	41 (15.5)	9 (25.8)
③あとから知った ③/⑤%	2 (0.7)	5 (1.5)	10 (3.8)	6 (17.1)
④わからない ④/⑤%	9 (3.0)	16 (4.5)	8 (3.0)	4 (11.4)
⑤ 計	296	353	266	35

⑬その他の各項目の関係について結合の強いものを列挙すると次のようになる。

被害経験：被災の有無、浸水時の日常必需品の移

動、防災活動の参加、新施策に対する協力体制

水害情報：水害情報の改善

技術的対策：水害保険、住居移転

⑮考察

今回は、札幌市における水害常襲地域とも言える地域であり本調査には住民の切実な声とも言える考え方がいくつか現れている。住民の意識および行動は、次のような段階に分け整理することができる。①補償、および事後処理的行動、②水害予防的行動、③治水計画積極的参加の3段階であり、これらの順に、住民による治水水準向上の度合強まると考えるしたがってこれらの段階ごと調査結果を評価していくこととする。

①補償、および事後処理的行動……これらは、水害を通じて最も辛かったこと、災害情報に対する評価、公共的治水対策評価および水害保険制度に対する関心などで評価できる。ここでは、今後の生活への不安に対する補償は、災害情報の充実や、技術的対策への不満といった形で行政サイドに向けられる一方水害保険制度の具体化へも向けられ続けていることが分った。

②水害予防的行動……自らの資産を守るための積極的な行動として、住宅の移転、改築、避難の時の持出物、日常必需品の移動等がこの行動を評価する項目となる。調査から、約半数の世帯が何らかの形で数回の水害を経験しており、避難方法にかなり生かされている。しかしながら住宅の移転については絶対離れたくないという土地への執着が大きい。また一方改築への積極的な意見も多いが、融資制度に対しては拒否反応も少なくない。

③治水計画への参加……この段階を評価するためには、避難訓練など地域の集団的な行動、制度的対策への理解、および貯留槽や、土地利用制限などの私有財産への影響などを考える。これらの項目対して全体的に理解が少なく、また参加行動も非常に消極的である。これは、昭和50年8月水害の調査からあまり発展していない。その理由としては、制度として具体化されているものが少なく、事前の対応を難しくしていることも一つであろう。これらをまとめると、住民の補償的行動、予防的行動については住民および、町内会、区役所等の対応ができてつあ

るが、より積極的な対応を見出そうとするなら、行政的指導あるいは、住民組織で地域治水システム作りを行う必要があると考える。

4. 宅地開発と治水水準の調整

今回の対象地域は、市街化区域と市街化調整区域が混在し、また水害ポテンシャルも高い地域である。そして東西約15km、南北約5kmの長方形型浸水危険地域を形成している。現在その大部分は、都市計画上保全地域として市街化の規制が行われている。しかしながら一部は市街化され土地利用高度化、資産の集積などが進んでいる。昨年度の報告⁵⁾では、治水水準達成規模と宅地開発許容量の調整問題について数学的モデルで検討を試みたが、その制御モデルにより、Flood proofing 率を意識調査結果から導入し数値解析を行った。土地利用と、治水計画の調整を行うモデルは、(1)式～(12)式で定式化される。(1)～(7)式は、目的関数、(8)～(9)式は状態変数、(10)～(12)式は制約条件式である。

$$J = \int_0^{t_f} e^{-rt} \left\{ C_F(t) + C_{FP}(t) + C_P(t) - U(t) \right\}^2 + \left\{ C_F(t) - C_F^a(t) \right\}^2 dt \dots (1),$$

$$C_F(t) = \sum_j \left[P_{ij}(t) G_{ij}(t) \right] R_{ij}(t) q_j(t) \times B_{ij}(t) \{ 1 - e_{ij}(t) \} \dots (2),$$

$$C_P(t) = \sum_j u_{pj}(t) \dots (3), \quad C_{FP}(t) = \sum_j u_{ij}(t) h_j \times e_{ij}(t) P_{pj}(t) \dots (4),$$

$$U(t) = \sum_j u_{ij}(t) P_{ij}(t) \dots (5), \quad B_{ij}(t) = 1_{ij}(t) / L_j \dots (6), \quad q_j(t) = \sum_i R_{si} f_{ij}(t) - q_{uj}(t) \dots (7),$$

$$1_{ij}(t) = u_{ij}(t) \dots (8), \quad \dot{q}_{uj}(t) = u_{pj}(t) E_a(t) \dots (9),$$

$$u_{ij}(t) = u_{ij}'(t) \quad (i=1) \dots (10), \quad 1_{ij}(t) = L_j \dots (11),$$

$$u_{ij}(t), u_{ij}'(t), u_{pj}(t) > 0 \dots (12).$$

$C_F(t)$: 年期待被害額 (万円), $C_P(t)$: 年治水事業費 (万円), $C_{FP}(t)$: Flood proofing費用 (万円), $U(t)$: 資産および生産額の増加額 (万円), $G_{ij}(t)$: 被害面積関数 (㎡), $R_{ij}(t)$: 被害率関数 $P_{ij}(t)$; 単位面積当り資産額あるいは生産額 (万円/㎡), $e_{ij}(t)$: Flood proofing率, $R_{si}(t)$: 標準雨量 (mm/日), f_{ij} : 流出係数, $1_{ij}(t)$: 土地利用面積 (㎡), $q_j(t)$: ポンプ排出流量 (㎡/日), $P_{pj}(t)$: Flood proofing単位 (万円/㎡), $u_{ij}(t)$: 宅地開発許容量 (㎡), $u_{pj}(t)$: ポンプ施設投資 (万円), $q_j(t)$: 氾濫流量 (㎡/日), $E_a(t)$: Flood proofing高 (㎡), L_j : 全地域の土地利用面積 (㎡), i : 土地利用の種類, j : 流域の種類

これらの式に、複数河川流域のデータを与え数値計算を行った。意識調査で得られたProofing 率

$e_{3j} = 0.4$ として、制御問題の解を導くと、図-9 になる。これをみると、宅地開発許容量および、強制排除施設投資も、ほぼ一定値に近い解となることが明らかとなった。

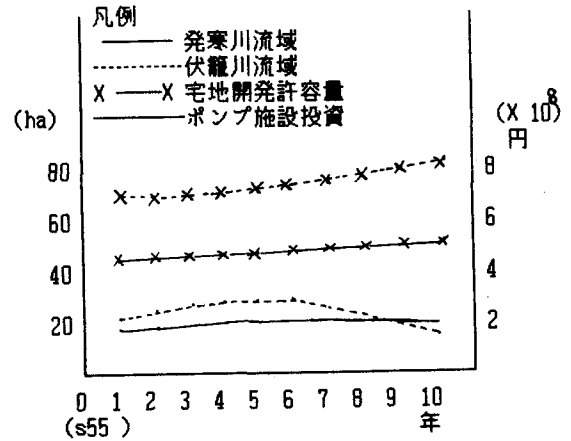


図-9 最適制御モデルによる各年の宅地開発許容量と、ポンプ施設投資

5. 終りに

本研究は、罹災住民の切実な願いを集約しながら今後の都市治水計画の方向を検討したものである。しかしながら、調査データの整理が遅れ一端をまとめたに過ぎない。今後は、より体系的に、またより厳密な整理する方法を考えていきたい。最後に、終始御指導をいただいた北海道大学山村悦夫教授、また適切な御示唆をいただいた同大学五十嵐日出夫教授に深甚なる謝意を表したい。また、調査の御協力をいただいた札幌市土木部河川課末永尊教、鈴木正二両氏に感謝の意を表する。さらに、本研究は、文部省科学研究費補助金自然災害特別研究「昭和56年8月北海道豪雨災害に関する調査研究」を受けて行ったことを付記し、多くの御示唆をいただいた研究代表者北海道大学岸力教授に深く謝意を表する次第である。

6. 参考文献

- 1) 北海道総務部防災課；昭和56年8月水害被害状況報告，昭和56年9月
- 2) 総合治水対策はいかにあるべきか；河川，昭和52年1月
- 3) James, L. D.; Nonstructural for Flood Control, Water Resources Research, First Quater 1965.
- 4) 丹羽富士男；環境保全への市民参加，環境情報科学，9-1，1980，pp58～pp64.
- 5) 加賀屋誠一；内水氾濫想定地域における土地利用高度化の適正規模に関する一考察，土木会北海道支部論文報告集第37号，1980.2.