

都市河川を考慮した土地利用計画

○ 福井県 正員 加藤 哲男
福井県 正員 児玉 忠
福井工専 正員 広部 英一

1. 流域管理手法導入の背景

市街地を流域にもつ、いわゆる都市河川では、急速な市街地の拡大に伴い流出量が増加し、大都市圏では浸水被害の激増が問題となっている。一方、市街化のテンポが大都市圏に比べて緩慢である地方都市においても、程度の差こそあれ問題は発生している。本研究の対象都市福井市は、戦災復興をはじめ多くの土地区画整理事業によって市街地の整備を図るとともに、合流式の下水道についても早くから整備を進めてきているが、都市排水施設の根幹である中小河川の整備は立ち遅れたため、治水安全度は必ずしも高いとはいえない。目下のところ河川改修を急いでいるが、開発が進み密集した市街地を疏導するためには、膨大な費用と時間を必要とするため、河道改修の代替案の検討を迫られている。本研究は、その代替案の一つとして、近年注目を集めている「流域管理」手法の検討を、地方都市福井市において試みたものであり、都市河川の流域を単位とした土地利用の規制・誘導の方法論を採っている。

ところで、河川の洪水流出現象は、確率降雨・有効雨量などの水文モデルや、流域斜面・河道氾濫などの水理モデルを通して明らかにされ、治水施設の整備水準の判断には、氾濫規模別の被害モデルが用いられている。本研究では、特に水文モデルに着目し、流域内の雨水が河道へ到達する前に貯留あるいは浸透できる能力（保水能力）と土地利用規制との関係を、実際の流域における実態を踏まえて明らかにしようとするものである。

2. 土地利用規制による総有効雨量の抑制

流域の都市化によって生じる河川流量の増大に対応する方案は、河道改修方式と土地利用規制による方法の2つに大別され、各々次のように対応している。

A. 河道改修方式

流域の都市化による流量増を河川の拡張という形に対応し、河道流下能力の増大と、河道貯留量の増加を目指そうとする方法である。しかし、河道改修は全川にわたって改修が完了しないと、効果が充分に発揮されないことや、市街地における拡張が困難になっているといった問題点がある。

B. 土地利用規制による方式

この方式は更に次の3方式に細分される。

(B-1) 流域の開発規制による方式

都市計画法などの行政的な制度により市街化を抑制する。この場合、保水能力の大きい農地等を保存し、特にピーク流量の増大に大きく寄与する河川上流域での流出増を抑える必要がある。

(B-2) off-site型の貯留施設方式

貯水池・遊水池等を河道に隣接して設け、河道水位が一定以上に達した場合に、これらの施設に導水して貯留し、ピーク流量をカットする。

(B-3) on-site型の雨水現地貯留方式

発生源からの流出量を抑える為に、流域内に分散して貯留施設を設ける。種類は数多く考えられるが公園・グラウンドなどの公共用地において敷地地盤高を下げ貯留をはわたり、道路・駐車場等に浸透性の効果をもたせたりするほか、各住宅の庭等にも適用が可能である。

本研究では、上記のうち(B-3)の方式に関して考察を行っており、その手順の概要を下图に示す。

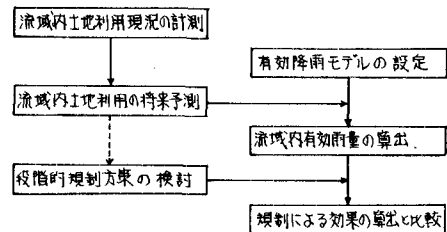


図-1. 考察のブロック・フロー。

3. 底喰川への適用

3-1. 福井市街地と底喰川流域

福井市街地は、丸頭竜川、日野川及び足羽川により拓かれた福井平野に展開している。これらの支派川に荒川、底喰川、狐川、江端川等があり、これらが福井市街地に対して、いわゆる都市河川問題を惹起している。本論でとりあげた底喰川は、福井市東部松岡町との境界付近にその源を築し、北部市街地を西流して、市西部の日野川に注いでいる。流域面積約12.8km²、延長6.5km、平均河床勾配0.5‰、市街地部の平均幅員約5mの諸元をもち、洪水時には日野川水位との関係からポンプ排水を余儀なくされている典型的な、都市内水河川である。

もともと底喰川は、明治中期の福井市制施行当時においては、北部のほぼ行政区境界付近を流れていたものであり、その両岸には水田・農村地帯が広がっていた。その後の市町村合併等による市域の拡張、人口増加に伴い、次第に流域の市街化を進めてきた。そして

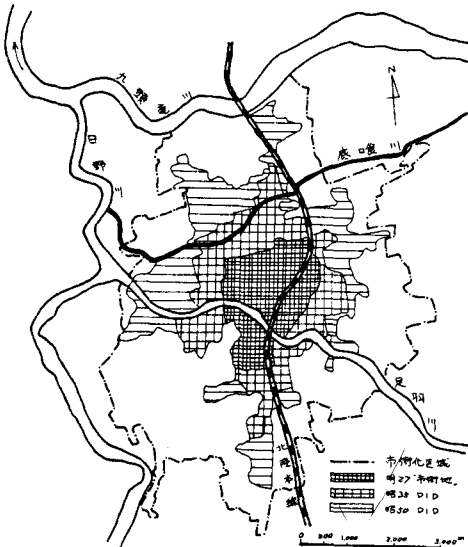


図-2 福井市街地の展開と底喰川

表-1 福井市の人口と市街地の推移

	明治27年	昭和35年	昭和40年	昭和45年	昭和50年	昭和55年
行政区域人口	39,865	193,884	205,501	215,137	231,364	240,962
市街地(DID)人口	(39,865)	104,473	114,002	115,881	132,534	—
市街地(DID)面積	(443)ha	1,050ha	1,130ha	1,280ha	1,870ha	—

註、昭和56年現在の市街化区域人口および面積は、185,123人、4,206ha

戦後の、特に北部地域を中心とした土地区画整理事業の施行も加わり、図-2、表-1に見るように、市街化が進んでいる。現在では、上流部と下流部の一部が市街化調整区域に属するほかは、大部分が市街化区域であり、中流部流域においては、ほぼ市街化が完了している。ご多分にもれず、福井市でも小規模河川の改修が遅れ、上述の土地区画整理事業に際しても、排水問題への配慮が必ずしも充分ではなかったため、都市化の進行とも相まって、いわゆる都市河川問題が生ずることとなった。

3-2. 前提条件

(1) 確率降雨モデル

福井地方気象台で観測された降雨資料を用いて、統計計算を行った。得られた降雨強度曲線から中央集中型のハイトグラフを作成した。得られた雨量強度を表-2に示す。

表-2 確率降雨モデル

確率年	最大雨量強度 mm/hr	日雨量 mm	係数 a	係数 b
2年	32.5	108.3	2490	2.19
5年	43.2	117.9	3060	1.95
10年	51.2	135.0	3490	1.84
30年	62.0	159.9	4120	1.77
50年	66.6	170.0	4380	1.74

$$i = \frac{a \cdot b}{(2t + b)}$$

(2) ハイトグラフ別有効雨量

図-3に示すように、浸透域・不浸透域別に損失モデルを設定し、有効雨量を求めた。各損失量は、通常用いられる値を参考に、浸透域については凹地損失、 $D_p = 6\text{mm}$ 、浸透損失 $f_c = 10\text{mm/hr}$ 、不浸透域については $D_{imp} = 2\text{mm}$ を用い、飽和浸透能は、 $R_{sa} = 150\text{mm}$ とした。表-2に示したハイトグラフに有効降雨モデルを適用すると、有効雨量は表-3のように得られた。

図-3 有効降雨モデル

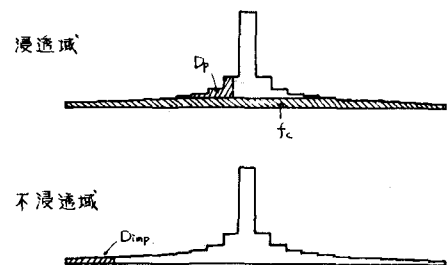


表-3 ハイエグラフ別有効雨量

確率年	有効雨量 mm	
	浸透域	不浸透域
2年	37.2	106.3
5年	41.3	115.9
10年	54.1	133.0
30年	72.0	157.9
50年	79.5	168.1

(3) 土地利用別の有効雨量

土地利用別に現況の不浸透率を想定し、確率年別に有効雨量を求めた。土地利用別1ha当りの有効雨量を表-4に示す。

表-4 土地利用別の有効雨量

土地利用	現況		1ha当りの有効雨量 m ³					土地利用別項目
	土地利用状況	不浸透率	2年確率	5年確率	10年確率	30年確率	50年確率	
公園・ランド	全域浸透域	0%	37.2	41.3	54.1	72.0	79.5	凹地貯留
道路	全域不浸透域	100%	106.3	115.9	133.0	157.9	168.1	浸透域転換
官公庁・商業・大工場・駐車場	同上	100%	106.3	115.9	133.0	157.9	168.1	同上
神社仏閣・学校・集合住宅	緑地の空地(70%)が浸透域	30%	54.2	59.5	77.8	97.8	106.1	凹地貯留
宅地	緑地率(60%)が不浸透域	60%	78.6	86.1	104.4	123.5	132.7	同上
未利用宅地	全域浸透域	0%	37.2	41.3	54.1	72.0	79.5	なし
田・地	全域浸透域 凹地貯留	0%	全量現地貯留とする					なし

3-3. 土地利用の変化

(1) 底喰川流域における市街地の拡大過程

底喰川流域において、特に左岸側の市街地は、昭和40年までに戦災復興土地区画整理事業がほぼ完了した。しかし、その時点では右岸側を中心とする流域の

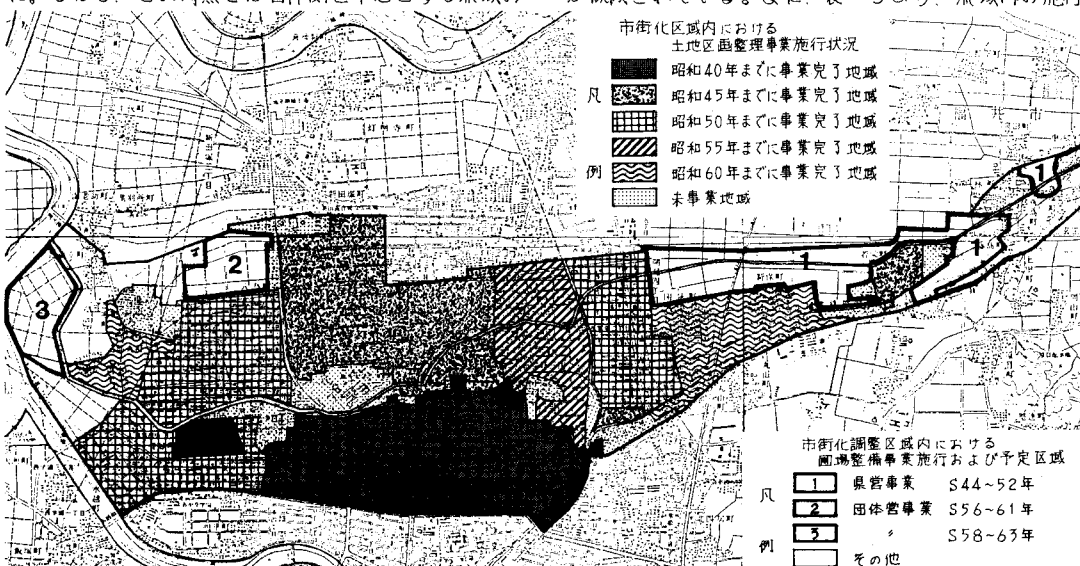


図-4 底喰川流域における土地利用規制および諸事業施行状況

表-5 底喰川流域における土地区画整理事業施行状況

番号	地区名	主な施行地区	施行率	総引内外施行の割合			既成内施行面積			事業施行期間
				右岸	左岸	計	右岸	左岸	計	
①	戦災復興事業区	乾瀬、花月	100%	市南北区域	—	—	—	50 ha	50 ha	昭和21~26
	第3工区	松本、永水	100%	—	—	—	75	75	75	21~27
	第4工区	田原、幸山	100%	—	—	—	75	75	75	21~28
②	地蔵町	日光町	組合	—	—	—	15	15	15	26~40
③	堀井口	志比口	100%	—	—	—	5	5	5	29~41
④	堀井口	西平町	100%	—	—	—	14	14	14	40~41
⑤	北郷	文京、大宮	市	118	10	128	28	44	72	28~44
⑥	福万	二の宮五丁目	組合	18	—	18	28	45	73	28~45
⑦	北郷第2	二の宮四丁目	市	27	—	27	40	45	85	40~45
⑧	東郷第3	西陣町	100%	89	48	137	42	58	100	42~58
⑨	西郷第2	文京、大宮	100%	92	—	92	41	59	100	41~59
⑩	西郷	宇都、光瀬、宮谷	100%	—	70	70	29	50	79	29~50
⑪	北郷第6	二の宮三丁目	100%	3	—	3	50	55	105	50~55
⑫	北郷第3	大塚、町屋	100%	40	40	80	44	58	102	44~58
⑬	西郷第3	三郷丸	100%	25	—	25	49	57	106	49~57
⑭	東郷第5	開成、丸山、新成	100%	—	78	78	47	58	105	47~58
計				860	470	1330				

大部分において、市街化の波及は少く、田畑が中心の土地利用であった。昭和40年以降には、時の高度経済成長政策も手伝って、福井市中心部に接続した左岸側ばかりでなく、右岸側においても土地区画整理事業が次々と施行された。そのため、流域のほぼ全域において市街化が急速に進展し、現在では、上流域と下流域の合流点周辺を残して市街地となっている。このような底喰川流域における市街化の進展と土地区画整理事業の施行状況は、図-4、表-5、にそれぞれ示されておりである。現時点では西部第三地区、東部第五地区を除いて、すべて事業が完了しているが、この2地区についてもそれぞれ昭和57年度、58年度に用地処分を予定しており、現在すでに道路、公園、水路等の工事が概成されている。また、表-5より、流域内の施行

表-6 土地利用現況(単位: ha)

	公園	グランド	道路	官公署	病院	工場	駐車場	学校	集合住宅	神社仏閣	宅地	小計	未利用地		流域面積 計
													宅地	畑	
右岸	10.78 (1.9)	13.67 (2.4)	77.45 (13.9)	4.49 (0.8)	1.48 (0.3)	8.83 (1.6)	2.81 (0.5)	18.96 (3.4)	0.00 (0.0)	7.64 (1.4)	220.63 (39.7)	366.74 (66.0)	52.98 (9.5)	136.63 (24.5)	556.35 (100.0)
左岸	10.93 (1.6)	15.25 (2.3)	145.70 (22.1)	12.46 (1.9)	0.60 (0.1)	16.14 (2.4)	2.44 (0.4)	14.31 (2.1)	13.02 (2.0)	5.75 (0.9)	203.41 (30.8)	440.01 (66.6)	70.44 (10.7)	149.92 (22.7)	660.37 (100.0)
市街化 区域	21.71	26.84	207.05	16.87	2.08	24.97	5.25	31.62	13.02	11.27	401.80	762.48	120.87	48.62	931.97 (76.6)
市街化 調整区域	—	2.08	16.10	0.08	—	—	—	1.65	—	2.12	22.24	44.27	255	237.93	284.75 (23.4)
合計	21.71 (1.8)	28.92 (2.4)	223.15 (18.3)	16.95 (1.4)	2.08 (0.2)	24.97 (2.0)	5.25 (0.4)	33.27 (2.7)	13.02 (1.1)	13.39 (1.1)	424.04 (34.9)	806.75 (66.3)	123.42 (10.1)	286.55 (23.6)	1,216.72 (100.0)

注 () 内は、全体に占める構成比

面積は830haであり、流域面積(1216.72ha)の68.2%を占め、左岸・右岸別にみると、それぞれ71.2%、64.7%を占めている。

(2) 土地利用現況

本研究の目的は前述したように「流域管理」の一手法として、土地利用規制による流出抑制を検討することにある。そのため規制が可能あるいは容易と考えられる土地利用を対象を絞り、流域の土地利用現況を測定した。その測定にあたっては、13の土地利用分類について、右岸・左岸別および土地利用規制別に図上求積した。その測定結果は、表-6に示すとおりである。それによると、流域を右岸・左岸別に分けた場合、中心部に近接した左岸の方が、約100ha流域が広くなっている。土地利用分類別にみると、両岸計、右岸、左岸ともに宅地が最も多くなっており、その構成比はそれぞれ34.9%、39.7%、30.8%であり、左岸に比べて右岸の構成比の高さが顕著である。ついで構成比が高いのは田地であり、両岸計24.8%、右岸25.0%、左岸30.8%となっている。これは、底喰川流域が上流および下流で市街化調整区域を含んでいることによる。3番目に高いのは道路であり、その構成比は両岸計で18.3%、右岸13.9%、左岸22.1%となっている。また流域を都市計画法上の土地利用規制別にみると、市街化区域と市街化調整区域の面積比は、76.4:23.6となっている。前者について用途地域区分別割合をみると、第1種、第2種住専を含む住宅地域が64%を占め、以下、準工業地域22%、商業・近隣商業地域14%である。いっぽう、後者においては、田・畑・水路が83%と大部分を占めており、他は既存集落地(約50ha)となっている。

(3) 将来土地利用予測

本流域における将来土地利用については、およそ20年後の21世紀を設定し予測するものとし、都市計画上の土地利用規制及び土地区画整理事業等による都市整備、並びに農林関係における農業整備等の計画を基礎としながら予測を行った。

まず、本流域の市街化区域内における将来土地利用の変化についてであるが、前述の如く市街化区域面積の89.3%を占める約830haにおいて土地区画整理事業が施行され、現在ほとんどが完了し、残る事業もすでに道路・公園等の公共施設が概成されている状態である。したがって、これらの公共施設は前記の土地利用現況にすでに計上されているものであり、将来において新たに公共施設が増加することは想定できない。公共施設以外の学校、官公署、病院などの各種都市施設は、土地区画整理事業と合わせて学校が新設されており、官公署・病院・集合住宅なども相当以前に市街化された区域内にあって、周辺土地利用現況から判断しても、現在すでにそれぞれの都市機能をとおも収束しているものと思われることから、将来における大規模な計画はないと想定する。大工場については、前述の通り本流域における用途地域の大部分は住居系であり、一部の工業系も準工業地域であるところから、大工場がはりつく要素はいたって少ないものと判断する。また、市街化区域内で土地区画整理事業区域外の100haは、河川、鉄道、下水処理場、ポンプ場、大学敷地、小規模開闢の住宅地等が占められており、将来とも現在の土地利用が継続されるものと想定される。

将来、大きな土地利用変化が予想される未利用地については、本流域の旧市街地を対象とした調査結果と

表-7 将来土地利用予測 (単位: ha)

	公園	グランド	道路	官公署	病院	工場	駐車場	学校	集合住宅	神社仏閣	宅地	小計	未利用宅地	流域面積
市街化区域	21.71	26.84	207.05	16.87	2.08	24.97	5.25	31.62	13.02	11.27	508.89	869.97	46.60	931.97
市街化調整区域	0.90	2.08	22.10	0.08	—	—	—	1.65	—	2.12	43.62	72.55	3.67	(76.6)
合計	22.61	28.92	229.15	16.95	2.08	24.97	5.25	33.27	13.02	13.39	552.51	942.12	50.27	284.75
	(1.9)	(2.4)	(18.8)	(1.4)	(0.2)	(2.0)	(0.4)	(2.7)	(1.1)	(1.1)	(45.5)	(77.5)	(4.1)	(100.0)

同様の土地利用変化が起こるものとすれば、農地は皆無となり、未利用宅地は5%程度と予測される。いっぽう、市街化調整区域においては、旧集落を除いて農用地となっており、農林関係における農業整備は図-4の通りである。従って将来においては、農業投資の行われていない区域において市街化が進むと予測されるので、その面積の計測を行ったところ、市街化調整区域の約1割程度という結果を得た。それについての土地利用変化については、橋本市における一般的に土地地区画整理事業施行後の平均的土地利用区分によって予測を行った。以上の考察をもとに、計測を行った結果が、表-7の将来土地利用予測である。

3-4. 段階的規制と効果

土地利用の変化に伴って、将来増大するであろう有効雨量を、どのように規制すれば、どのような効果が期待できるかを検討する。まず、現況における流域内有効雨量と、将来土地利用における流域内有効雨量の変化を計算した結果が表-8である。

規制方法としては、前に述べたように on-site 型の現地貯留方式として、次の2方式を採用する。

表-8 流域内有効雨量の変化

	2年確率	5年確率	10年確率	30年確率	50年確率
現況 mm	719.9	788.2	932.9	1,137.7	1,222.3
将来 mm	800.5	876.0	1,032.0	1,253.6	1,345.5
増加量 mm	80.6	87.8	99.1	115.9	123.2

備考:
流域内面積
1,216.72 ha

表-9 段階的規制

段階	土地利用	規制方法	備考
①	公園・グランド	凹地貯留	公園面積の60%、グランド面積の100%について1m地盤を下げる。
②	道路	浸透域転換	①+道路面積のうち歩道が占めると考えられる20%を浸透性舗装とする。
③	官公庁・病院・大工場・駐車場	〃	②+駐車場面積の100%、官公庁等面積の40%(=1-20%)を浸透性舗装とする。
④	神社・仏閣・学校・集合住宅	凹地貯留	③+神社等面積の20%について1m地盤を下げる。
⑤	宅地	〃	④+宅地面積の2%について1m地盤を下げる。

(イ) 凹地貯留: 数宅地盤を下げて貯留をはかる。

(ロ) 浸透域転換: 道路、駐車場、数宅地内の舗装部分等の不透透化されているエリアを、浸透性舗装等により、浸透域化をはかる。

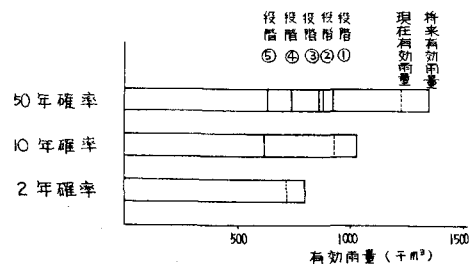
これらを表-9に示すように5つの段階に分け、有効雨量の減少程度を検討した結果が表-10、図-5である。なお、段階別の順序は、公共団体が取り組み易いと思われるものを優先し、民間に協力を求めなければならぬものは最終段階とした。

表-10によれば、50年確率雨量の場合の現在有効雨量から将来有効雨量の増加分(123.2 mm)は、段階的規制①を講ずれば、充分カバーできることがわかる。また、段階的規制①を講ずることにより、50年確率雨量の将来有効雨量は、現在の10年確率雨量の有効雨量以下にすることができると。

表-10 段階的規制と抑制効果 (単位: mm)

確率段階	2年確率	5年確率	10年確率	30年確率	50年確率
内算面積のない場合	800.5 (100.0)	876.0 (100.0)	1032.0 (100.0)	1253.6 (100.0)	1345.5 (100.0)
①	375.6 (46.9)	451.1 (51.5)	607.1 (58.8)	828.7 (66.1)	920.6 (68.4)
②	343.9 (43.0)	416.9 (47.6)	570.9 (55.3)	789.3 (63.0)	880.0 (65.4)
③	328.1 (41.0)	399.8 (45.6)	552.9 (53.6)	769.7 (61.4)	859.7 (63.9)
④	208.7 (26.1)	280.4 (32.0)	435.5 (42.0)	650.3 (51.9)	740.3 (55.0)
⑤	98.2 (12.3)	169.9 (19.4)	325.0 (31.4)	539.8 (43.1)	629.8 (46.8)

図-5 効果の比較



3-5. 河道改修方式との比較

前節までの検討の結果、凹地貯留は大きな効果が期待できることが明らかになった。そこで、ここでは前記の段階的規制に要する費用を概算し、従来の河道改修方式に要する費用と比較し、その得失を調べた。

まず、現況河道の流下能力を検討した結果、30mm/hr雨量強度（2年確率に相当）に対応するためには、部分的な改良で済むことから、30mm/hr対応までは河道改修で対応することとし、それ以上の整備水準における費用の比較を行った。河道改修費は、50年確率に対応する全体計画が作成されているので、それをベースに各確率毎の費用を算定した。貯留もしくは浸透化に要する費用の算定に当たっては、2年確率の総有効雨量は全て河道へ流下されるものとし、それを上回る有効雨量を貯留もしくは浸透させるための施設の費用を求めることとした。図-6にその結果を示したが、河道改修方式に比較して着しく安い費用となっている。

4. むすび

市街地の拡大過程が、都市活動の活性化に伴う人口や事業所の増加に足因するものであることは、既に多くの研究によって明らかにされ、行政計画においても

その成果は多方面で生かされている。しかし、市街地の拡大がもたらす種々の弊害をアヒスメントすることにより、土地利用や都市施設配置の在るべき姿を求めるといった視点が不足していたように思われる。

本研究では、この視点に立ち、地方都市における都市計画が模範的に達成されつつあると思われる福井市の土地利用をベースに、雨水の貯留化や浸透化などの程度可能かを明らかにした。その結果、河川という線形的な対応の限界を、土地利用という面的な対応でカバーしようとする方法が、地方都市福井市においては、充分可能であることがわかった。また、①浸透と貯留では、貯留の方が大きな効果を期待できること。②公園・グラウンド等の果たす役割りが大きく、これらの配置には流域を考慮する必要があること。③公共用地を複合利用することにより、用地費が軽減され、河道拡中よりはるかに低廉で同等の効果が期待できること。なども明らかになった。

ところで、以上の考察は多くの前提条件に基づいて行われており、今後更に検討を加える必要があるが、水理モデルの導入については、下水道と水路を詳細に調査・検討中であり、次の機会に明らかにしたい。今後の課題としては、①市街地全体を対象とした、土地利用計画と流域管理の分析。②段階的規制の名手法を実施に移すための技術的・法的的諸問題。③公共施設の複合利用に関する分析。④総合的な都市防災システムの中での治水の評価、などがあげられる。

なお、本研究は福井地域環境研究会の水分会における研究成果をとりまとめたものであり、標記の連名者の他に、長村一男氏、塚本勝典氏、広瀬広一氏（以上福井県土木部）、村松俊明氏（コミュニティ企画研究所）、中田景文君（福井大学大学院）の諸氏が、共同研究に参加している。また、本研究会幹事長の福井大学工学部本多助教様には、終始貴重な助言をいただいた。記して謝意を表するものである。

参考文献

- 都市化流域における洪水災害の把握と治水対策に関する研究（土木学会論報、第313号、1981年9月）
- Urbanization: Hydrologic-Hydraulic-Damage Effects. (ASCE, Vol. 104 HY2, FEB. 1978)

図-6 河道改修方式との費用比較

