

湖沼の遊水機能を生かした治水対策に対する経済効果

—都市化の著しい印旛沼流域における実証的検討—

京葉臨海鉄道株式会社、(前千葉県県土整備部)
三井共同建設コンサルタント(株)
日本大学

古川 厳水^{※1}
長坂 丈巨^{※2}
吉川 勝秀^{※3}

By Izumi Furukawa, Takemi Nagasaka
Katsuhide Yoshikawa

千葉県の北西部に位置する印旛沼は、利根川の洪水を“外水(そとみず)”と恐れ、“内水(うちみず)”印旛沼流域の洪水に長い間悩まされていた。印旛沼周辺の水害は、印旛沼の堤防と排水機場によって軽減されたが、未だその治水安全度は低い。この流域は、既成市街地の拡大や千葉ニュータウンの開発が進み、更には成田空港と連絡する北千葉道路の建設が予定されるなど、都市化の波が押し寄せている。本研究は、今までの総合治水に加え、印旛沼を含む都市化流域の治水対策について検討を実施し、治水施設の機能向上と流域対策について定量的な評価を行い、印旛沼の持つ潜在的な遊水機能を生かした治水の方策を考察した。具体的には、①印旛沼が有する湛水容量に着目したシミュレーションモデルによる現況の評価、②治水の基本的な対応策、③印旛沼流域での実証的検討から沼を含めた総合的かつ経済的な治水対策の提案を行った。

【キーワード】遊水機能の活用、新たな計画、経済比較、コスト削減

1. はじめに

印旛沼流域の治水安全度は、昭和30年代から実施した印旛沼干拓事業計画時の確率1/30に対し、現在は確率1/3と千葉県内河川の中でも低い。流域の洪水は、沼に一旦貯留されてから利根川本川に排水されるなど、直接海および本川に排水される一般河川とはその排水機構が異なる性質を持つ。そこで、印旛沼の遊水機能に着目し、その効果を定量的に評価した上で、印旛沼が保持する潜在的機能を活用した新たな総合的かつ経済的な治水対策の提案を行った。(図-1, 2 参照)

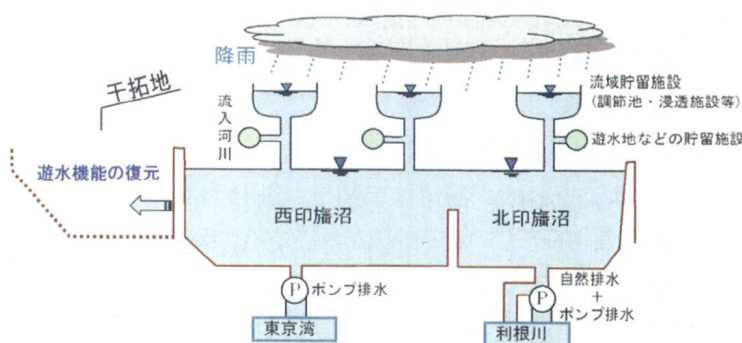


図-1 印旛沼の排水機構

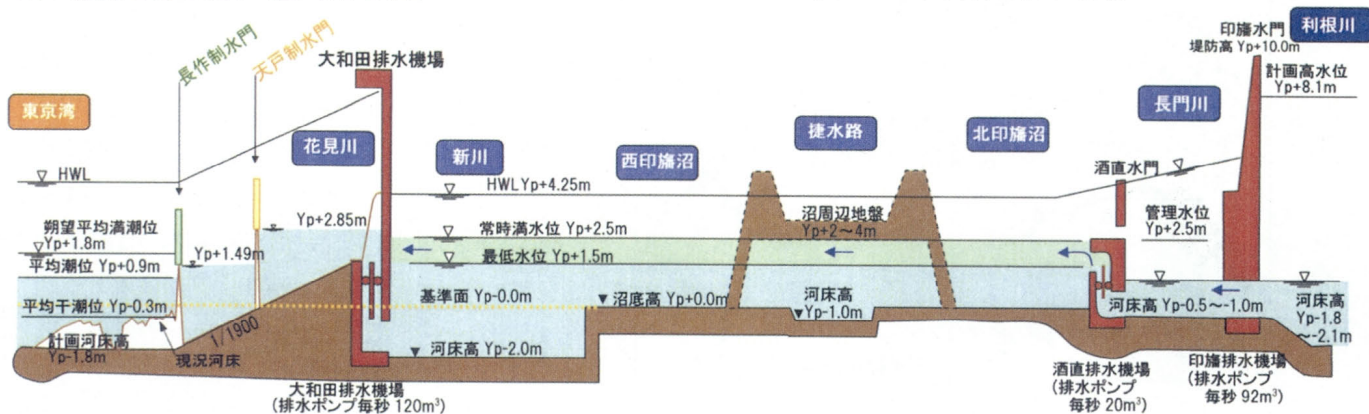


図-2 東京湾～利根川縦断模式図

※1 京葉臨海鉄道株式会社
※2 東京事業本部
※3 理工学部社会交通工学科

043-224-2821
03-3205-5758
047-469-5228

2. 印旛沼流域及び印旛沼の現状

(1) 印旛沼流域の現状

印旛沼流域の地形は、標高 0.3m～20.0m と高低差は少なく、その流域は 541km² と広大で、流域の 5 割を占める鹿島川を始めとして主要 6 河川から構成される。流域の地質は、洪積台地と沖積平野（浅い氾濫平野）に分類される。また、印旛沼周辺は氾濫平野を主体とするが、氾濫原特有の自然堤防が点在する他、印旛沼周辺には干拓地が多く存在する。

また、昭和 40 年代の流域の市街化率 14% に対し、現在は 30% と都市化の進展が著しい。この様な現状を踏まえた上で、水理水文学的な見地から、地域区分を行った。（図-3、4 参照）

三地域区分（保水・遊水・低地区分）

a) 保水地域（流域面積：456km²）

雨水の浸透または滞留する機能を有する流域で、地形上からは山地、丘陵など、いわゆる高台が該当する。印旛沼流域の保水地域は、関東ローム層と成田層から構成された標高 5.0m～20.0m 程度の高台とした。

b) 遊水地域（流域面積：70km²）

雨水または河川の流水が容易に流入して、一時的に貯留する機能を有し、河川の上・中流域の河川沿いの低平地で、洪水時にしばしば氾濫し自然遊水機能を呈する地域が該当する。印旛沼流域の遊水地域は、標高 2.0m～5.0m の河川沿いの低地部とした。

c) 低地地域（流域面積：15km²）

地域内の雨水が滞留して河川に流出せず内水を起し、洪水が氾濫する恐れのある地域が該当する。印旛沼流域の低地地域は、ポンプ排水に頼っている印旛沼周辺低地部とした。

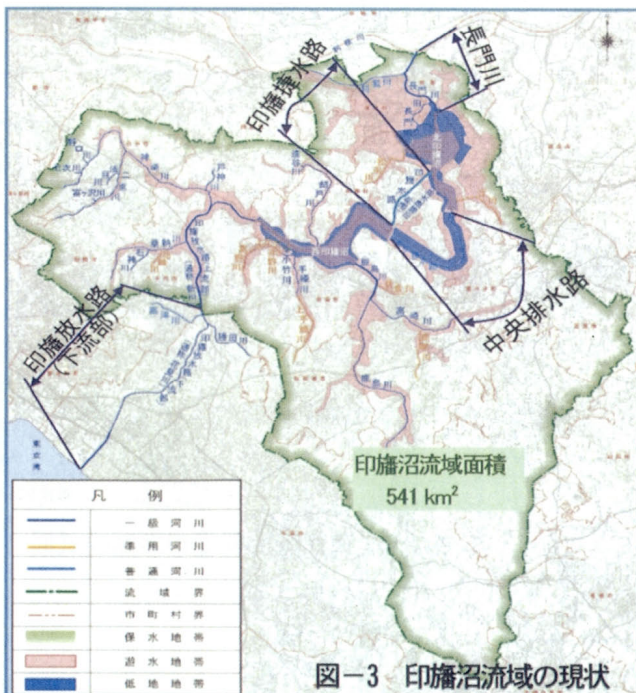


図-3 印旛沼流域の現状

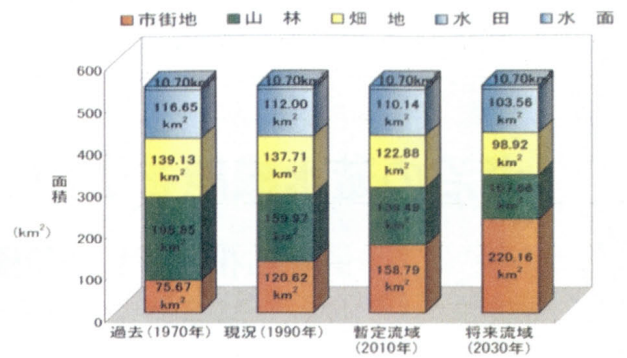


図-4 印旛沼土地利用の変遷

(2) 印旛沼の利用と現状

戦後の食料増産の必要性から国営による印旛沼干拓事業が行われ昭和 44 年に完成し、新田開発と併せて治水対策が現実のものとなった。

更には、東京湾臨海部の工業開発等に寄与するため、生活・工業用水としての水利用が図られていると共に、恵み豊かな印旛沼は人々の憩い場となっている。この様に現在の印旛沼は治水、利水、環境の側面から地域にとって重要な役割を持つに至っている。（図-5 参照）

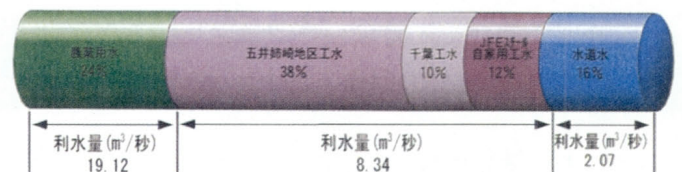


図-5 印旛沼水利用状況

そこで、水の利用形態を含めた印旛沼の治水容量確保の現状を整理した。

a) 印旛沼の管理水位は、かんがい期 YP+2.5m（5月～8月）非かんがい期 YP+2.3m（9月～4月）に保ち、水利用を行っている。従って、現行においては YP+2.5m 以上から計画高水位 YP+4.25m（計画堤防高 YP+5.40m）の湛水可能容量が治水容量として活用される。（図-6 参照）

b) しかし現状では、印旛沼の堤防は、軟弱地盤上に築堤したため沈下が著しく、数度にわたる堤防の嵩上げを実施したが、沈下傾向は依然として収まらない。このため計画堤防高 YP+5.40m に対し、YP+4.50m と計画より概ね 0.9m 低く、治水容量は、当初計画の 2130 万 m³ に対し 1020 万 m³ と概ね 5 割程度である。

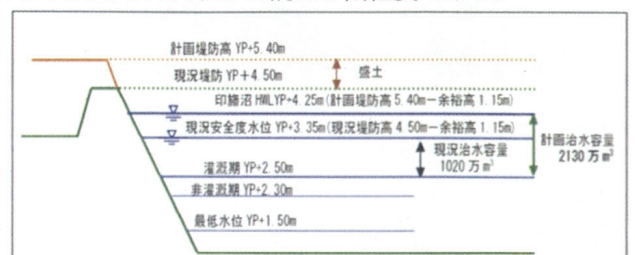


図-6 印旛沼の治水容量

3. シミュレーションモデルの構築

解析に用いた対象洪水は、昭和13年から平成8年における59年間の実績77洪水を選定し、降雨から流出への変換は、貯留現象を導入した貯留関数法を基に、土地利用変化による流量変化を表現できるモデルを作成し、流出量を算出した。

また、本川利根川の外水による排水不良に伴い、堤内地に湛水が生じるため、流出計算で得られた流域流出量を流入条件および外水波形を境界条件として、印旛沼からの排水量と印旛沼水位を算出するモデルとした。

(1) 計算モデルの構築

シミュレーションモデルは、内水区域の地形、排水形態に基づき流出計算で得られた流域流出量を流入条件とし、外水波形を境界条件として湛水区域の水位容量を算出するモデルとした。

計算モデルの基本理念は、以下のとおりである。

$$\frac{dV}{dt} = I - O \quad \dots \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{I_n + I_{n+1}}{2} - \frac{O_n + O_{n+1}}{2} = \frac{V_{n+1} - V_n}{\Delta t} \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

I_n : 時刻 n における流入量 (m^3/s)
 O_n : 時刻 n における流出量 (m^3/s)
 V_n : 時刻 n における湛水量 (m^3)
 $H_{1,n}$: 時刻 n における内水位
 $H_{2,n}$: 時刻 n における外水位
 Δt : 時刻 n と $n+1$ との時間差 (sec)

現在の印旛沼は、干拓事業により北印旛沼と西印旛沼に分かれ印旛捷水路により連絡している。印旛沼流域からの洪水は北印旛沼と西印旛沼に流入し、各々に北印旛沼は長門川から利根川へ、西印旛沼は大和田排水機場により東京湾に排水される仕組みとなっている。従ってシミュレーションモデルは、利根川の水位と印旛沼水位によって制約されるため、長門川や大和田排水機場および両沼を連絡する印旛捷水路等の水理特性をポンドモデルに導入し、利根川および東京湾への排水量(Q_0)に応じた水位(H)を設定して、印旛沼湛水量(V)を算出する事とした。(表-1、図-7 参照)

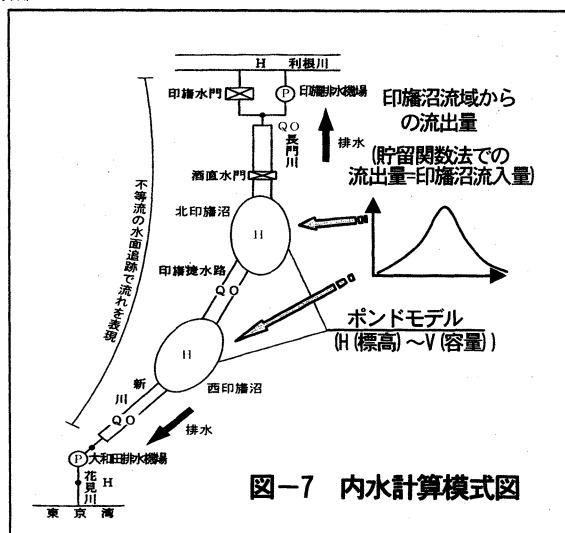


図-7 内水計算模式図

表-1 内水計算条件項目

ハイドログラフ解析手法	貯留関数法
降雨	実績降雨
外水位	実績外水波形
計算項目	1. 流出モデル作成 2. 複数池モデルで外水位・流入量から排水量を算出し、内水位を求める。
排水施設種類	水門・ポンプ
排水計算の特徴	1. 内水位・外水位から水門流出量の算定 2. ポンプは揚程吐出量曲線から排水量算出
水門の操作ルール	1. 外水位 ≤ 内水位 : 水門開(ポンプ排水無し) 2. 外水位 ≥ 内水位 : 水門閉(ポンプ稼働)
ポンプ運転開始	1. 水門閉鎖 2. 内水位 ≥ 起動内水位 3. ポンプ排水量 ≥ 水門排水量
ポンプ停止	1. 水門開放 2. 外水位 < 内水位 3. 外水位 < 停止水位 又は 内水位 < 停止水位

(2) モデルの妥当性検証

シミュレーションモデルによる流出現象の妥当性を検証するため、印旛沼の実績水位を流量に変換し計算流量との比較を行った。

計算に際しては、近年の既往洪水で印旛沼水位が観測されている平成元年8月、平成2年11月、平成3年9月、平成3年10月、平成5年8月、平成8年9月を対象に、実績のポンプ運転を基本に印旛沼水位における計算流量を再現した。一例として、平成8年9月洪水を取上げてみると、計算水位・流量は実績波形にほぼ一致するなど、モデルの適合度は高いものと判断した。(図-8 参照)

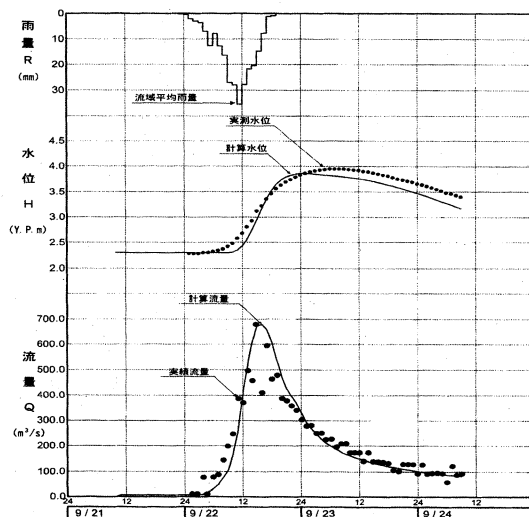


図-8 実績との検証ハイドログラフ

E(実測流出量と計算流出量との誤差) = 0.007 (≤ 0.03)

1時間あたりの沼流入量

$$Q = \left(\frac{V_t - V_{t-1}}{3600} \right) + Q_{sa} + Q_{ow}$$

(沼の実績水位から算出した沼への流入量=実績とする。)

Q ; 印旛沼流入量 (m^3/sec)

V_t ; 時刻 t の印旛沼容量 (m^3)

V_{t-1} ; 1時間前の印旛沼容量 (m^3)

Q_{sa} ; 1~ t 間の酒直水門放流量 (m^3/sec)

Q_{ow} ; $t-1$ ~ t 間の大和田排水機場放流量 (m^3/sec)

(3) 印旛沼における湛水量確率手法の適用

一般的に内水現象の規模を評価するには、① 総降雨量による確率評価、②内水区域の湛水時間帯降雨量による確率評価、③内水区域の湛水容量のみによる確率評価等が考えられる。そこで、印旛沼についてみると、a) 外水に相当する利根川洪水位の影響は少なく、利根川水位が内水区域の地盤高より高いためポンプ排水に頼る排水機構となっている。更に印旛沼からのポンプ排水以上の流出量は印旛沼に湛水する。b) 印旛沼流域の降雨継続時間は3日間と比較的長く、短時間で集中的に降る雨はまれである。また、平成8年洪水の様に短時間集中型の降雨では、ポンプの効果が発揮しづらく、ポンプ規模は継続時間の長い洪水に比べ過大になりやすい。(図-9 参照) c) 印旛沼の実績水位記録は長期間にわたり観測されており、印旛沼の湛水現象を忠実に表現することが容易である。

この様に、洪水波形の違いによる施設の効果を包括して評価でき、実績洪水の印旛沼水位で検証しやすい、③に相当する湛水容量確率評価の適用が妥当と判断した。

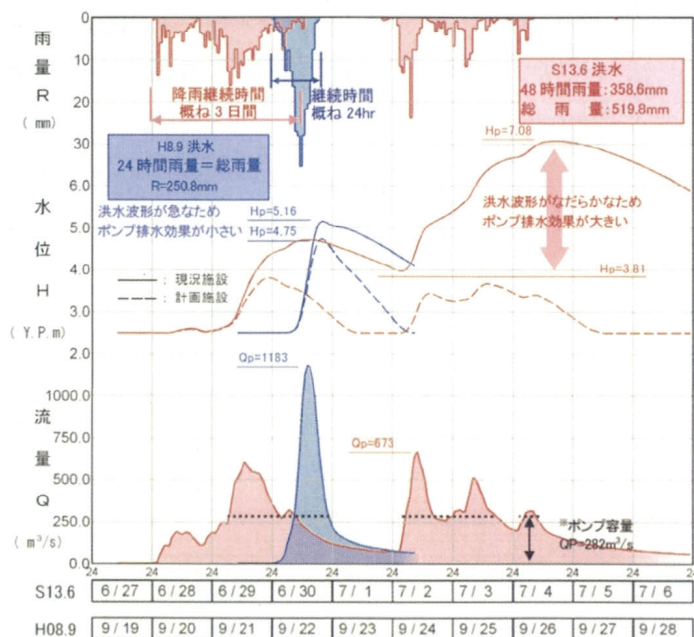


図-9 昭和13年6月洪水と平成8年9月洪水の
ハイドログラフの比較

注) ポンプ容量 282m³/s は、後述する基本となる治水対策(現行治水計画)での総ポンプ容量を示す。

4. 印旛沼の治水安全度の現状

(1) 都市化の進展に伴う被害の増加

印旛沼流域の都市化の進展に伴う流出量を基に、確率1/30規模の中央集中型モデル降雨^{※1)}による印旛沼への流出量から、印旛沼の湛水効果を検証した。(表-2 参照)

印旛沼が有ることによる効果は、印旛沼がない場合と比較し現況において氾濫量では1020万m³の軽減が図られ、被害額では概ね150億円に匹敵する効果が確認される。(図-10 参照)

表-2 印旛沼流域流出量

都市化率	ピーク流量	総流出容量 (万m³)	氾濫量 (万m³)		被害額 (億円)		効果 (億円)
			沼無し	沼有り	沼無し	沼有り	
14%(1970年)	260	6,200	1220	200	46.0	0.9	45.1
22%(1990年)	616	7,100	1411	391	83.0	2.0	81.0
30%(現況)	1082	7,800	2070	1050	168.0	16.0	152.0
49%(将来)	1400	8,900	3095	2075	446.0	83.0	363.0

※1) 中央集中型モデル降雨とは実績降雨の確率雨量から確率降雨強度曲線を作成し、降雨の継続時間に応じた中央に最大雨量を配分したモデル降雨波形の事を示す。

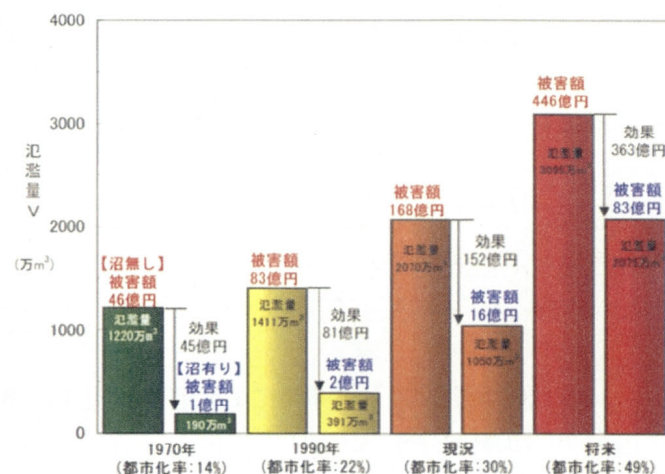


図-10 土地利用の変遷に伴う氾濫量の変化

(2) 治水安全度の確率評価

印旛沼干拓事業による当初の治水安全度は確率1/30規模で実施された。

40年後の現在は、①昭和40年代の流域の市街化率14%に対し、現在は30%と都市化の進展による流出量の増加、②流入河川の改修により印旛沼への流入時間の短縮と流入量の増加、③堤防の沈下による印旛沼湛水容量の低下などから、治水安全度は確率1/3と評価されることが判明した。この傾向は更に進むものと予測される。(図-11 参照)

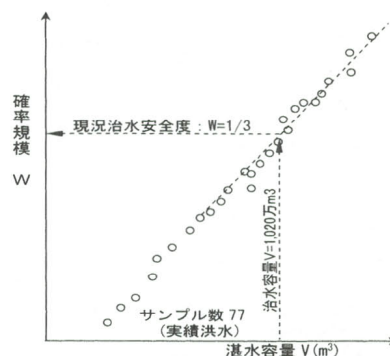


図-11 印旛沼現況治水安全度

5. 現況における印旛沼の治水対策上の問題点

印旛沼の改変を最小限にとどめ、治水容量の増大を図るためには、

- 機械排水の増強と、それに伴う印旛捷水路の改修
- 印旛沼堤防の嵩上げや、印旛沼沿岸の干拓地の復元による治水容量の増加が考えられる。

しかしながら現況の印旛沼には、以下の課題が生じている。

- 堤防は軟弱地盤上に築堤しているため、嵩上げと沈下を繰り返している。
- 北印旛沼の流域 109.91km²は西印旛沼の流域 431.1km²、の概ね2割に相当するが、計画高水位における治水容量は、西印旛沼 1015 万 m³に対し、北印旛沼 951 万 m³と西印旛沼の概ね9割にあたり、流域面積とのバランスが取れていない。そこで現状では、印旛捷水路で連絡はしているものの、洪水時には西印旛沼より北印旛沼の水位が低く、北印旛沼の治水容量が有効に活用されていない。
- 通常時は、水利用のために印旛沼の水は一定水位を保ち管理されている。このため、印旛沼の水は滞留しているために、水質悪化が進むなどの問題を抱えている。
- 洪水時、利根川の水位は高く、印旛沼の排水に関しては機械排水に頼らざるを得ない。

これらの問題に配慮しつつ、印旛沼の治水安全度を向上させる方策を研究した。

6. 印旛沼の基本となる治水対策（現行治水計画）

現在策定済みである印旛沼の基本となる治水対策を現行治水計画として取扱い、その内容について以下に示す。

流入河川の大幅な早期改修が困難な事に鑑み、流域の治水安全度向上策として流域対策を含めた取組みを行う。

a) 流出抑制対策

流出抑制対策は、洪水を流域内で貯留・浸透させ、印旛沼への流入を軽減する。

① 雨水貯留施設

50mm/hr 規模の降雨を基本として、流域内の学校等に貯留させる事とし、最大湛水深 0.2m、降雨終了後 2 時間以内で排水となる 700m³/1 校とする 12.9 万 m³の貯留対策を図る。

② 浸透対策

雨水を積極的に地下に浸透させ、流出の抑制と地下水の回復を図るもので、浸透施設の設置個所として地下水が低く浸透し易い保水地域を基本に新築家屋、新設歩道または再舗装による透水性舗装などの浸透対策を進める。そして、今後 10 年間を評価期間とする

13.0 万 m³/hr の浸透量とした。

b) 治水施設の増強対策

印旛沼自身の治水対策として、

- 沈下した堤防を計画高（YP+5.4m）まで盛土し、かんがい期の管理水位（YP+2.5m）から計画高水位（YP+4.25m）までの治水容量 2130 万 m³を確保し、現況 1020 万 m³に対し容量増加を図る。
- 印旛沼に建設された各治水施設の改修効果は、印旛捷水路の河床掘削を図り、西印旛沼の洪水を北印旛沼に流入し易くする事、北印旛沼の洪水を利根川に排水し易くするため、長門川の HWL を上昇させ（YP+2.5m→3.0m）利根川への自然排水量を増やすことと、印旛排水機場 92m³/s を 70m³/s 増加して 162m³/s とした上で、印旛放水路（下流部）改修により大和田排水機場 120m³/s のフル運転を可能とする。（図-12 参照）

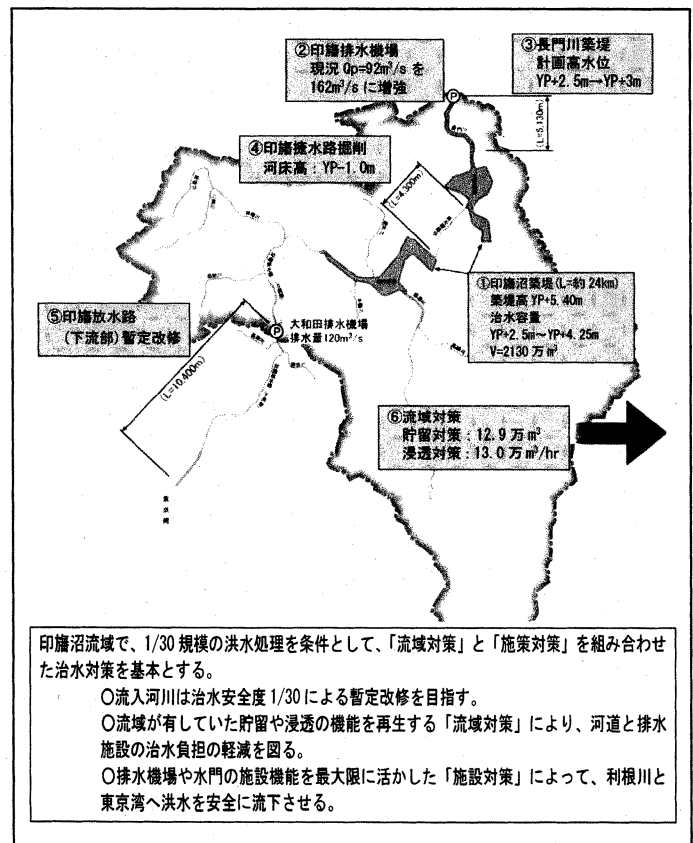


図-12 印旛沼総合治水対策の整備内容

c) 治水容量分担計画

確率 1/30 規模を基本として、容量分担計画を立案した。現況施設状況における確率 1/30 規模での湛水容量 3500 万 m³を印旛沼 HWL YP+4.25m 以内の許容湛水量 2130 万 m³とするためには、①流域対策により 100 万 m³、②、施設増強（印旛捷水路の河床掘削と印旛排水機場

92m³/s を 162m³/s 増加、大和田排水機場 120m³/s のフル運転を可能とする) により概ね 1270 万 m³ を分担させる。(図-13, 14 参照)

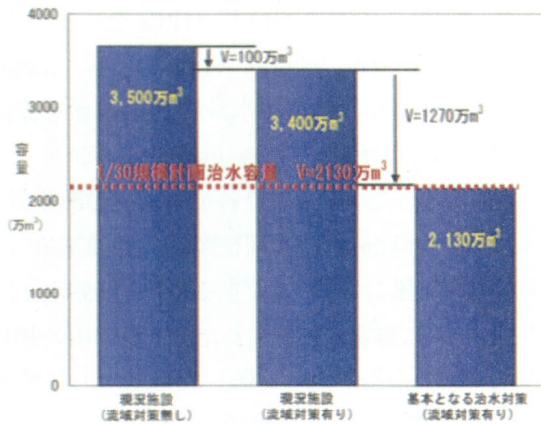


図-13 治水容量分担計画図

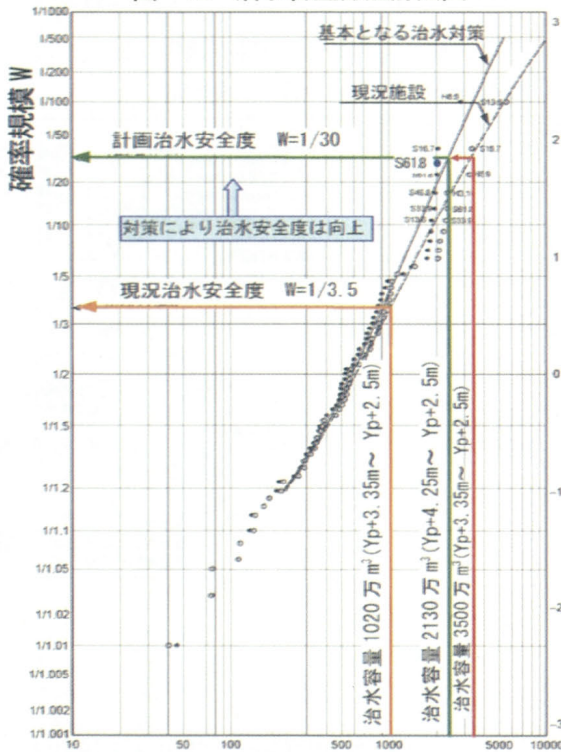


図-14 印旛沼湛水量確率図

d) 経済効果の確認

① 費用対便益分析方法

治水施設の整備における便益とは、水害により発生する、資産に対する被害を軽減する事(=被害防止便益)、水害が軽減される事による土地の生産性向上に伴う便益、治水安全度の向上に伴う精神的な安心感などが考えられる。この中で、被害防止便益を対象に検討を行う。

費用便益分析を行うには同一時点での費用、および便益を比較可能とするため将来の財産を「現在価値」に変換し分析を行なう。この場合、将来の財産への割

引率は、通常用いられる 4%とする。

② 治水投資の評価

事業の採択や事業間の優劣の比較を行ういわゆる事業評価の指標には、純現在価値化 (NPV)、費用便益比 (B/C)、経済的内部収益率 (IRR) などがあるが、分かり易さからの点からも、治水経済調査マニュアル(案)により、費用便益比 B/C を採用することとした。一般には B/C=1 以上であれば、妥当な治水投資であると判断されている。

そこで、印旛沼総合治水対策の投資効果は概ね B/C=3.84 となり、改修効果は発揮されることが分かった。(表-3, 4 参照)

【印旛沼の被害額と投資効果】

投資費用(事業費) 546 億円 B/C=3.84

表-3 印旛沼の投資効果 (B/C)

	便 益 (億円)		費 用 (億円)				
	年平均被害軽減額 b	総便益 B	工事費 I	維持管理費 M	残存価値 S	総費用 C	費用便益比 B/C
算 出 値	92	6026	546	137	—	683	—
現在価値化	—	1330	327	19	0.035	346	3.84

(施設整備の期間: 30 年かかるものとして、施設完了後施設の効果が発揮できる機関: 50 年を対象)

表-4 被害軽減額 (単位: 百万円)

確率規模	想定被害額	被害軽減額
1/3 (無被害)	0	0
1/10	19085	1870
1/30 (計画規模)	200000	9209

確率 1/30 規模での年平均被害軽減額 92.09 億円に残存価値を含めたものが便益 B で、建設費に施設の維持管理費を含めたものがコスト C となり、将来の財産への割引率 4%を用いて現在に置換え、投資効果 B/C を算出した。

7. 現行治水計画に対する代替案の検討

現行治水計画は、印旛沼堤防嵩上げを前提にして、現況における印旛沼の治水容量を活用し、利根川へのポンプ排水の増強で対処する計画である。この計画の短所は、排水施設をポンプに頼るため、機械障害等によるリスクを招くこととなる。そこで本代替案の検討は、現況ポンプ以上の構造物設置は行なわないことを基本条件とし、印旛沼が有している潜在的機能を活用・復元することで対策を図ることとした。

代替案は、印旛沼の管理水位を YP+2.5m から YP+2.0m に低下させることにより治水容量の拡大を図ると共に、潜在的に有する印旛沼沿岸の遊水機能を活用するため、中央干拓地を調節池化し、遊水機能を拡大させる計画とする。

なお、検討に際しての基本条件は、流域対策を含まない流域の基本となる高水流量を対象とした。

(1) 予備放流による印旛沼水位低下に伴う治水容量の増加

現行治水計画を基に、印旛沼流域の洪水時にポンプで利根川へ予備放流を行い、あらかじめ印旛沼の管理水位 YP+2.5m を 0.2m 低下させ YP+2.3m とする。治水容量として YP+2.3m から計画高水位 YP+4.25m までの容量 2360 万 m^3 を確保し、現行治水計画での印旛沼治水容量 2130 万 m^3 に対し 230 万 m^3 増加させる。その上で、各対策の効果を整理すると表-6 の通りとなる。この結果から洪水時予備放流を行い、印旛沼の治水容量を増加することで確率 1/12 が 1/17 に向上し、印旛沼の治水容量増加が治水安全度向上策に寄与することが分かった。(表-5 参照)

表-5 各対策の効果(印旛沼 HWL:YP+4.25m での評価)

対策項目	現状	対策後
① 流域対策の強化	確率 1/12	確率 1/14 (施設現況: HWL2.5m)
② 印旛機場 70 m^3/s 増強 ($Q_p=162\text{m}^3/\text{s}$)		確率 1/18 (導水路・長門川改修含む 大和田機場調整無し)
③ 治水容量の増加 (管理水位: YP+2.5m→2.3m)		確率 1/17

注) 表-5 の現状の確率 1/12 は、現行治水計画において、印旛沼の堤防が盛土され、印旛沼 HWL:YP+4.25m での湛水容量が確保されているとした場合の現況施設による評価。

(2) 管理水位の低下がもたらす治水効果

印旛沼の管理水位(かんがい期 YP+2.5m、非かんがい期 YP+2.3m)を印旛沼の利用や自然環境に影響しないと推測される YP+2.0m まで低下させる事で、現行治水計画の治水容量 2130 万 m^3 に対し 570 万 m^3 増加し 2700 万 m^3 となる。この結果、印旛排水機場のポンプ容量は、現行治水計画の 70 m^3/s 増強に対し 50 m^3/s で対策が図れ、概ね 20 m^3/s に相当するポンプ容量 40 億円のコスト削減が可能となる。

なお、管理水位の低下により生じる影響について以下に考察した。

a) 取水量への影響

印旛沼に接する取水機場の特性を用いて、非かんがい期に 0.3m 低下させた場合、現在の吐出可能量に対し 1~3% とわずかなではあるが吐出量が低下する。この範囲であれば、ポンプが有する性能の範囲に収まり、管理水位が低下しても同吐出量を確保する事は可能である。従って、特

に支障をきたすことはないものと推測される。(表-6 参照)

表-6 管理水位低下時の吐出可能量の比較(単位: m^3/min)

	現状吐出可能量	0.3m低下時吐出可能量	低減量
上水	90.3	89.1	1.2 (1.3%)
工水	175.9	170.4	5.5 (3.1%)
農水	479.4	469.3	10.1 (2.1%)

b) 利水安全度への影響

35 年間の水収支モデル計算^{※2)}を実施し、現行管理水位の結果と低下後の結果を比較すると、19 年間に於いて取水可能水位は最低水位 YP+1.5m を下回るものは無く、吐出可能量に低減は見られるものの、特に水の安定供給に関して問題はない。(表-7 参照)

表-7 管理水位低下による影響

ケース		かんがい期: YP+2.5m 非かんがい期: YP+2.3m (現行)	かんがい期: YP+2.5m 非かんがい期: YP+2.0m (非かんがい期のみ 30cm 低下)
管理水位 (m)	かんがい期	2.5	2.5
	非かんがい期	2.3	2.0
	年平均値	2.367	2.168
利水安全度		0/19	0/19
回転率(回/年)		45.50	58.74
滞留時間(日/回)		8.02	6.21
汲み上げ日数(日)		89.0	61.2
汲み上げ容量(千 m^3)		28,419	23,048
計算水位 (m)	かんがい期	2.508	2.501
	非かんがい期	2.327>1.5	2.098>1.5

※2) 水収支モデル計算は、平成 17 年度印旛沼水位管理検討業務報告書(千葉県)より引用

c) 水生植物への影響

過去の季節的水位変動を想定して印旛沼漁業協同組合養殖池における植生再生実験から、水生植物用の季節的管理水位を設定したところ、平均 YP+2.0m あれば問題ないことが判明した。また、現状での沈水植物の生育水深は 0m~1m の範囲内で水位低下量より大きく、管理水位の低下に伴う水深の低下がもたらす水生植物への影響は大きくないものと考えられる。

d) 舟運に対する影響

印旛沼は比較的小型船舶が多いが、航路付近の水深は、2m 程度確保されているため舟運に対し特に問題はない。

e) 湧水の復活

現在は地下水位と沼水位がほぼレベルと推測されるが、北印旛沼に接する葦平衛公園内における地下水位と印旛沼水位の関係から、非かんがい期の管理水位 YP+2.3m を YP+2.0m に下げること、印旛沼背後地の地下水位と水位差が生じ、印旛沼に流入する湧水の復活が期待される。

f) 流動化（回転率）の向上

流動化とは、普段滞留している印旛沼から強制的に排水することで、沼の水を流動化させて水質改善を図る。大和田排水機場による流動化運転は、印旛沼水位が管理水位以上の場合に実施される。このため、現行と比較し管理水位低下による回転率は若干向上するものの、流動化には大きな変化はない。（表-7 参照）

g) 水際部の増幅

管理水位を 0.3m 低下する事で、平均幅で概ね 5.6m が陸化し、水際の植生帯の拡大につながる。

この様に、管理水位（かんがい期 YP+2.5m、非かんがい期 YP+2.3m）を YP+2.0m に低下することは、利水上特に問題は発生しないものと想定される。

(3) 西・北印旛沼における治水容量のバランスの是正

洪水時における印旛沼水位を見てみると実績既往7洪水でシミュレーションした結果、北印旛沼が西印旛沼に対し概ね 0.2m ~ 0.8m 低いため、両沼の治水容量の効率的利用が考えられる。そこで、現況の中央排水路を利用して西印旛沼と北印旛沼を連絡することで、更なる治水効果が期待できるものと考え、現況の中央排水路を印旛沼の堤防高 YP+5.4m まで盛土して、両沼を連絡することにより、西印旛沼と北印旛沼との水位差を減少させた。（図-15 参照）

この結果に、印旛沼管理水位低下（YP+2.0m）に伴う治水容量 2700 万 m^3 に、堤防盛土後の中央排水路の許容湛水量 $V=170$ 万 m^3 を加え、印旛排水機場の施設規模を推測すると、現行治水計画の 70 m^3/s 増強に対し 43 m^3/s で対策が図れる。結果として概ね 27 m^3/s に相当するポンプ容量が低減でき、堤防盛土費用は発生するが、ポンプ費用だけで評価すると 54 億円のコスト削減が可能となる。

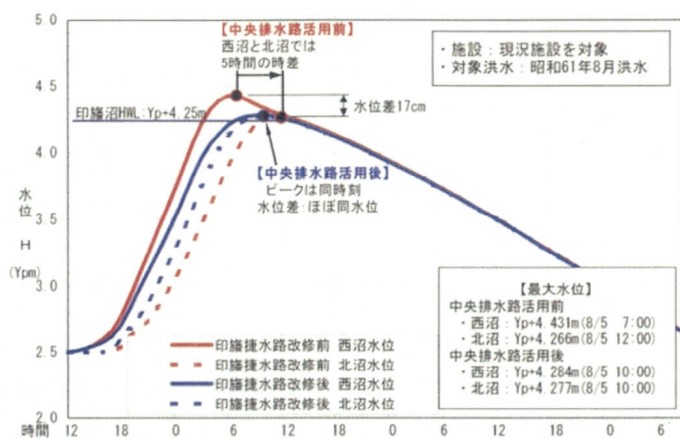


図-15 中央排水路活用による印旛沼水位低下量

注) 昭和 61 年 8 月洪水を添付した理由は、湛水量確率においてほぼ確率 1/30 規模に近い洪水である。

(4) 西印旛沼復元案

印旛沼沿岸の中央干拓地は、その地盤高も YP+1.2m と低く、沼の機能を復元することで、遊水機能を活用することができる。そこで管理水位低下による印旛沼の容量増加に加え、西印旛沼と北印旛沼の治水容量のバランスの是正を含め中央干拓地を調節池として利用する案を提案する。（図-16 参照）

（なお、各施設は現況施設を基本とする。）

【確率 1/30 規模の総治水容量】

3500 万 $m^3=2700$ 万 m^3 (管理水位 YP+2.0m の容量)

+170 万 m^3 (中央排水路の容量分)

+630 万 m^3 (追加に必要な容量)

630 万 m^3 を西沼の拡充で対処；210ha（水深 3.05m）

【必要施設と費用】

印旛沼の堤防嵩上げ（YP+5.4m まで）148 億円

中央排水路低地部に囲繞堤の建設（YP+5.4m）

105 億円 (用地および堤防盛土、地盤改良費)

210ha の用地買収；210 億円 (1 万円/ m^2)

計=463 億円

この結果事業に対する投資費用は、現行治水計画の 550 億円に対し、463 億円と 87 億円が軽減する。

投資費用の軽減に並行し、投資効果も現行治水計画/C=3.84 と比較して、B/C=4.53 と更なる効果が期待できる。（表-8 参照）

表-8 印旛沼の被害軽減額と投資効果
(西印旛沼復元計画)

	便 益 (億円)		費 用 (億円)				
	年平均被害軽減額 b	総便益 B	工事費 I	維持管理費 M	残存価値 S	総費用 C	費用便益比 B/C
算 出 値	92	6026	463	116	—	579	—
現在価値化	—	1330	278	16	0.030	294	4.53

（施設整備の期間：30 年かかるものとして、施設完了後施設の効果が発揮できる機関：50 年を対象）

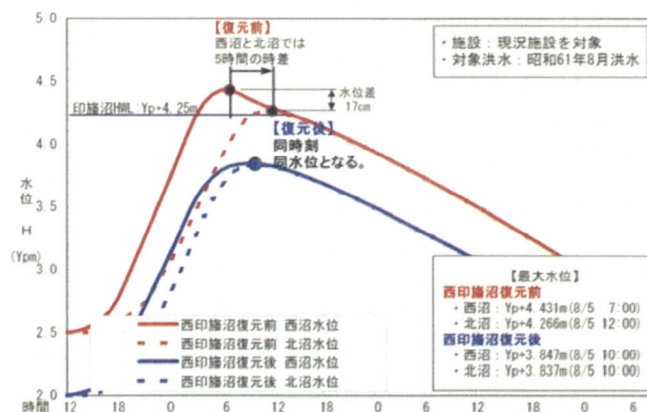


図-16 西印旛沼復元前後の比較

この様に、印旛沼の管理水位の低下による治水容量の増加、更に西印旛沼の復元を図ることで、現在の治水施設で確率1/30 規模の治水安全度を確保できる事が判明した。

また、中央干拓地の沼機能の復元は、水環境や水辺空間の活用と一体的な治水計画を創造することが期待される。(図-17 参照)

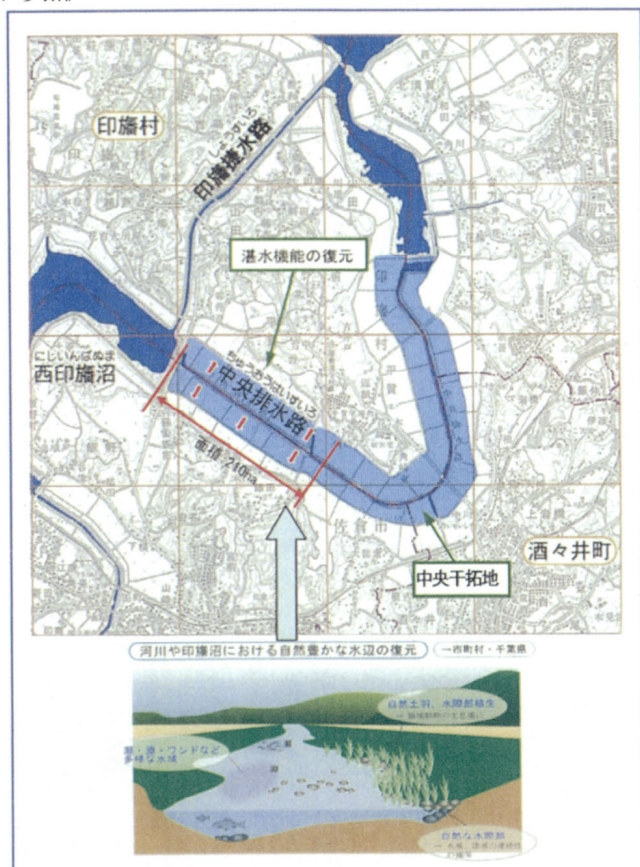


図-17 自然の遊水機能を活用した代替案

8. 現行治水計画と代替案の実現性

現行治水計画は、印旛沼の堤防盛土や大和田排水機場のフル運転の可能性などに対し調査を実施している段階にある。また、治水代替案の実現性に向けては、以下の内容が考えられている。

①管理水位を下げる試みは、行動計画を行いつつ着実に実施されているほか、中央排水路の利用および中央干拓地の調節池化は、市街地の水害軽減を図る上でも、地域が望むことと一致する。

②利根川河川整備基本方針では、利根川から印旛沼を経て東京湾に排水する放水路を位置付けており、今後、利根川河川整備計画との整合を図る上でも、中央排水路の活用は有意義なものとなる事が推測される。

現行治水計画と代替案は、未だ住民・漁協・農業者等の関係者との調整は行っておらず、現在は計画評価の段階であるため、実現までには多くの課題調整が残されている。

そこで、千葉県では現行の治水対策のほか、総合的観点から印旛沼をモデル地域として取上げ、実現に向けて水循環、地域特性、計画の進め方、住民との共同、行政間の連携等を基本に、図-18 に示す行動計画を位置付けるための検討を行っている。

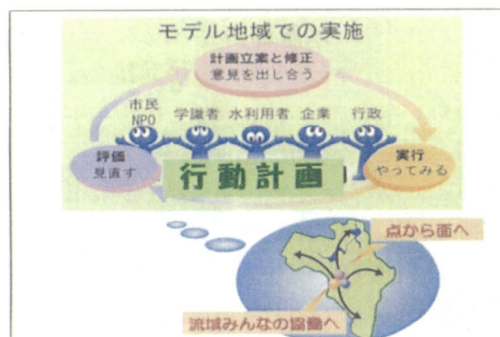


図-18 実現に向けての行動計画

9. おわりに

本論文は印旛沼を題材に、印旛沼の持つ潜在的な遊水機能の活用に着目し、西印旛沼が有している潜在的機能を活用・復元することで治水対策を図ることとしたものである。

この結果、印旛沼の管理水位低下による治水容量の増加や、印旛沼の復元の可能性をさぐることで、現行治水計画の投資効果 $B/C=3.84$ に対し $B/C=4.53$ と更なる投資効果が効率的に発揮できる事が明らかとなった。

代替案として提案した西印旛沼復元案について治水計画上から考察すると、現行治水計画はポンプ施設に頼ることが基本であり、維持管理の側面からも機械障害等によるリスクを招くこととなる。このため、経済的に差異がない限り、自然環境や水辺空間の創造が期待できる、潜在的な遊水機能を復元（西印旛沼では中央干拓地の復元）していくことが重要と考えられる。なお、河川工学的立場からも有意義な計画といえる。また、実現性の側面から考察すると、現行治水計画と比較し、西印旛沼復元案は、地域にとっても十分検討に値することから、中央排水路および中央干拓地の活用は有意義なものと推測され、価値のある計画の一つとして期待できる。

我が国では70に近い沼が存在する。このため社会資本の一部として位置付けられている沼の機能を総合治水対策に積極的に取り入れることと、沼が有する広大な水面を自然観光スポットとしての認識を高めた上で、計画立案に際して沼の観光・利用を取り入れたソフトな対策を含む総合的な経済効果の研究が今後の課題として残される。

参考文献

- 1) 千葉県；印旛沼治水対策検討 資料
；印旛沼水位管理検討 資料
；印旛沼流域情報マップ資料
- 2) 吉川勝秀；都市化が急激に進む低平地緩流河川流域に
おける治水に関する都市計画的考察
(社) 日本都市計画学会 都市計画論文集
NO. 42-2 (2007 年 10 月)
- 3) 吉川勝秀・本永良樹；低平地緩流河川流域の治水に
関する事後評価的考察
水文・水資源学会誌 VOL. 19. NO. 4 (2006)
- 4) 田辺梅夫；リスクマネジメントと流域管理に基づいた治水
対策のあり方に関する研究
-阿賀野川右岸地区を主たる事例として- (2003 年 2 月)
- 5) 水田哲生；吉野川第十堰改築計画に対する費用便益
分析
-リスク・アセスメントの観点から、治水事業のあり方
を検討-
- 6) 湧川勝己・柳澤修；今後の治水対策の方向性に関する
研究
-洪水保険制度を切り口とした今後の動向検討-
- 7) 内水処理計画算定の手引き、建設省河川局治水課監修
(財) 国土開発技術研究センター
- 8) 「雨水浸透施設技術指針 (案) 調査・計画編」 (H7. 9)
- 9) 治水経済調査マニュアル (案)
平成 17 年 4 月国土交通省河川局
- 10) 千葉県県勢要覧、財政課インターネット
- 11) 第 13 回水シンポジウム 2008 in ちば第 4 分科会資料

Abstract

Inba Lake locating at North West in Chiba Prefecture has been suffered by 2 different flooding factors. One is so-called “Sotomizu” meaning the flood from Tone River and the other is “Uchimizu” meaning the flood from the Inba Lake basin. Although flood disasters around Inba Lake have been mitigated by the dykes and the drainage pump stations, the safety level of the flood control is still insufficient for the urbanizations area.

Therefore this study reviews a flood control for the urbanized Inba Lake basin, in addition to previous flood control, evaluates function improvement of flood control facilities and basin management quantitatively, and proposes a new flood control measures by utilizing a potential retarding function of the Inba Lake. Specifically, (1) Evaluation of allowable flood capacity of Inba Lake by a simulation model, (2) A basic flood control measure, (3) A comprehensive and economical flood control measure by an empirical examination, are proposed.