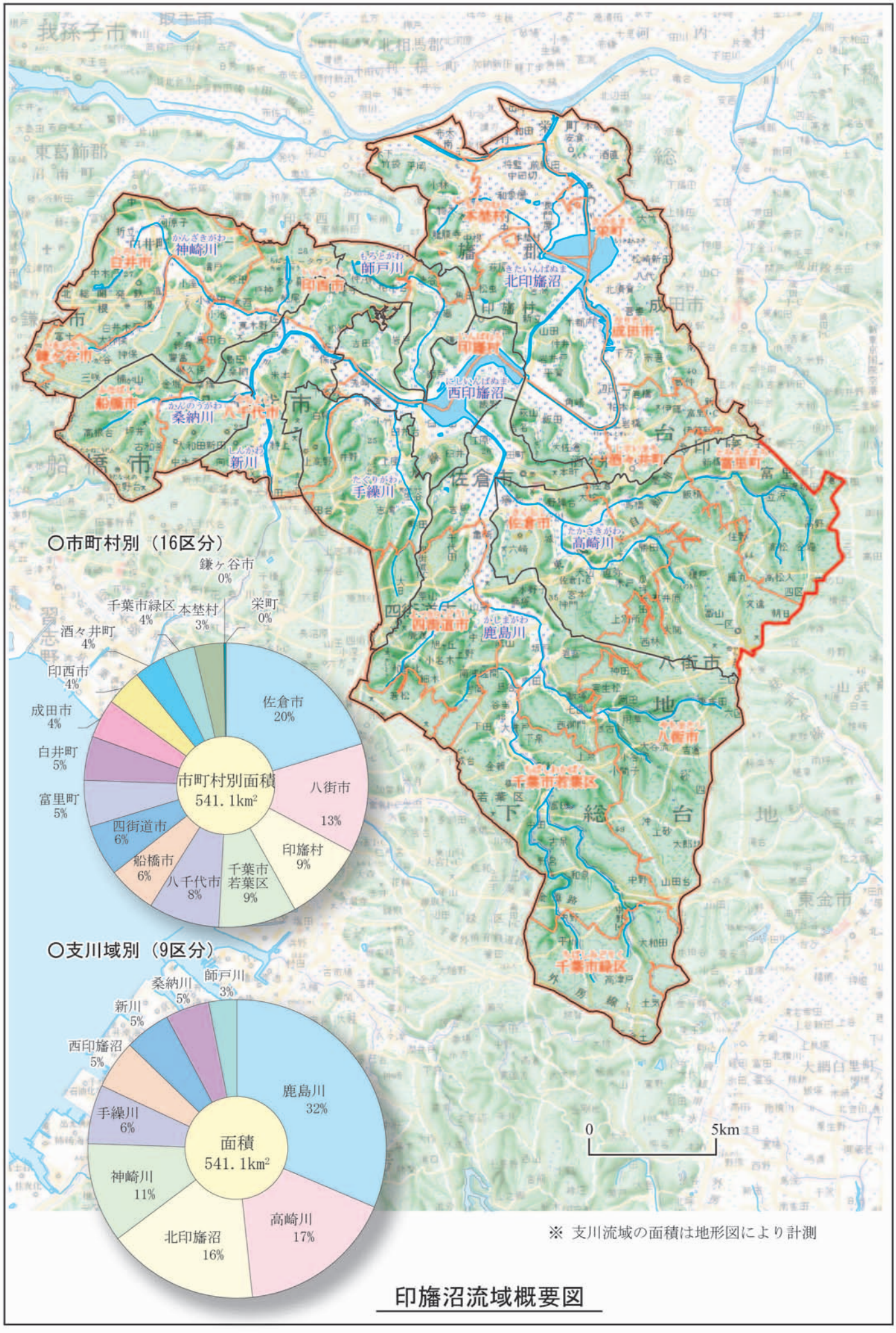
印旛沼流域水循環健全化会議

第２回　委員会資料

平成 14 年 2 月 25 日

千　　葉　　県



※ 支川流域の面積は地形図により計測

印旛沼流域概要図

印 旛 沼 流 域 水 循 環 健 全 化 会 議
第２回　委員会資料

― 目　次 ―

1.　検討の概要 1-1

1.1　検討の目的 1-1
1.2　検討の流れ 1-2

2.　流域の水循環 2-1

2.1　流域の水循環 2-1
2.2　社会経済の発展と水循環への影響 2-2
2.3　利水・治水・環境に関する施設整備 2-3

3.　流域の水循環の変化 3-1

3.1　地形区分と土地利用 3-1
3.2　水収支 3-3
3.3　流出と浸透 3-10
3.4　洪水被害 3-14
3.5　印旛沼と流入河川の水質 3-15
3.6　汚濁負荷の発生 3-17
3.7　印旛沼の水収支・負荷収支と流動 3-22
3.8　印旛沼の生物相 3-28
3.9　景観 3-32

4.　流域の水循環の課題 4-1

5.　流域の水循環健全化の目標 5-1

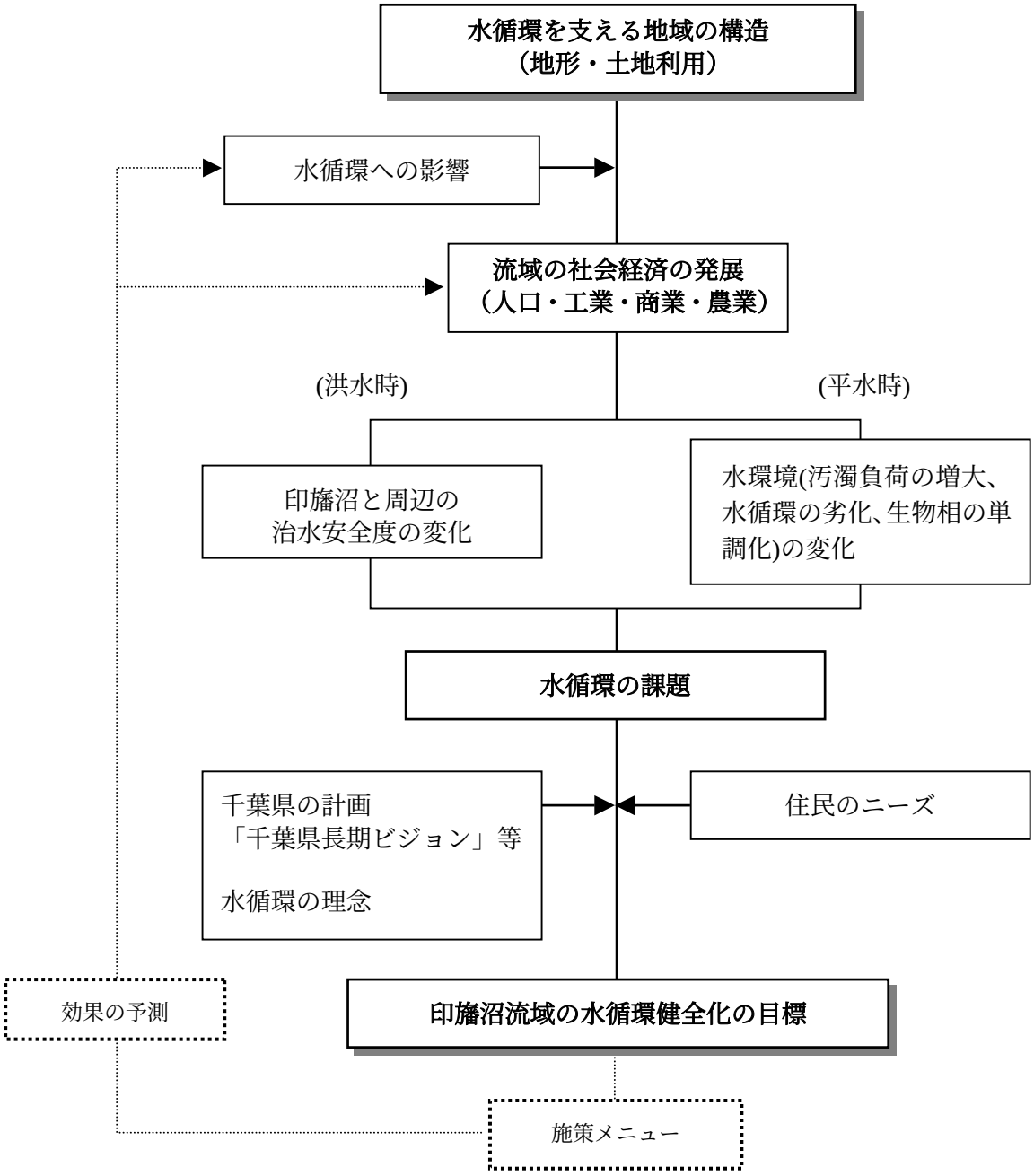
5.1　流域の健全な水循環 5-1
5.2　水循環健全化の目標 5-2
5.3　水環境目標達成の方針 5-4

参考資料　印旛沼流域で観測されている水環境に関するデータ

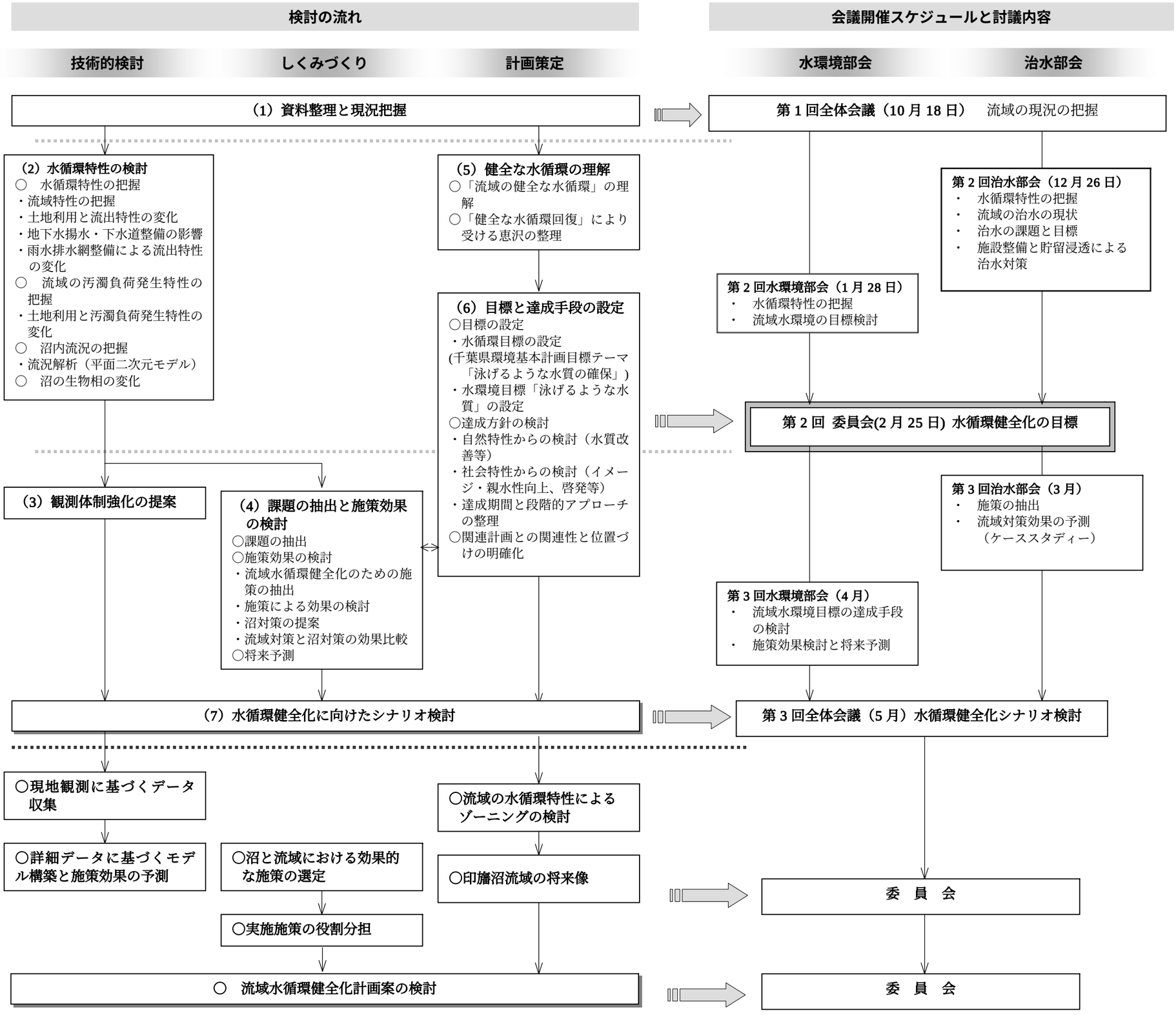
1. 検討の概要

1.1 検討の目的

- 印旛沼の流域が本来有する健全な水循環機能を回復することによって、流域に暮らす人々の視点に立ち、印旛沼の将来のあるべき姿に向けた施策を明らかにする。
- 面源負荷対策などの流域として実施すべき施策を抽出し、効果を予測しながら、中長期的なシナリオを検討する。



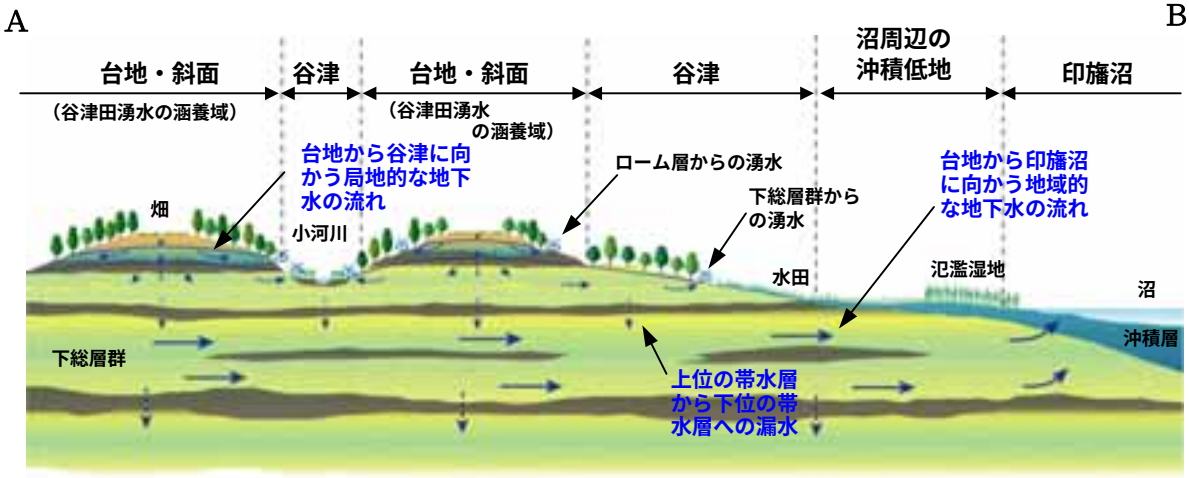
1.2 検討の流れ


検討の流れ
会議開催スケジュールと討議内容
技術的検討
しくみづくり
計画策定
水環境部会
治水部会
（1）資料整理と現況把握
第 1 回全体会議（10 月 18 日）　流域の現況の把握
（2）水循環特性の検討
○　水循環特性の把握
・流域特性の把握
・土地利用と流出特性の変化
・地下水揚水・下水道整備の影響
・雨水排水網整備による流出特性の変化
○　流域の汚濁負荷発生特性の把握
・土地利用と汚濁負荷発生特性の変化
○　沼内流況の把握
・流況解析（平面二次元モデル）
○　沼の生物相の変化
（5）健全な水循環の理解
○「流域の健全な水循環」の理解
○「健全な水循環回復」により受ける恵沢の整理
第 2 回治水部会（12 月 26 日）
・　水循環特性の把握
・　流域の治水の現状
・　治水の課題と目標
・　施設整備と貯留浸透による治水対策
第 2 回水環境部会（1 月 28 日）
・　水循環特性の把握
・　流域水環境の目標検討
（6）目標と達成手段の設定
○目標の設定
・水循環目標の設定
(千葉県環境基本計画目標テーマ「泳げるような水質の確保」)
・水環境目標「泳げるような水質」の設定
○達成方針の検討
・自然特性からの検討（水質改善等）
・社会特性からの検討（イメージ・親水性向上、啓発等）
・達成期間と段階的アプローチの整理
○関連計画との関連性と位置づけの明確化
第 2 回 委員会(2 月 25 日) 水循環健全化の目標
（3）観測体制強化の提案
（4）課題の抽出と施策効果の検討
○課題の抽出
○施策効果の検討
・流域水循環健全化のための施策の抽出
・施策による効果の検討
・沼対策の提案
・流域対策と沼対策の効果比較
○将来予測
第 3 回治水部会（3 月）
・　施策の抽出
・　流域対策効果の予測（ケーススタディー）
第 3 回水環境部会（4 月）
・　流域水環境目標の達成手段の検討
・　施策効果検討と将来予測
（7）水循環健全化に向けたシナリオ検討
第 3 回全体会議（5 月）水循環健全化シナリオ検討
○現地観測に基づくデータ収集
○流域の水循環特性によるゾーニングの検討
○詳細データに基づくモデル構築と施策効果の予測
○沼と流域における効果的な施策の選定
○印旛沼流域の将来像
委　員　会
○実施施策の役割分担
○　流域水循環健全化計画案の検討
委　員　会

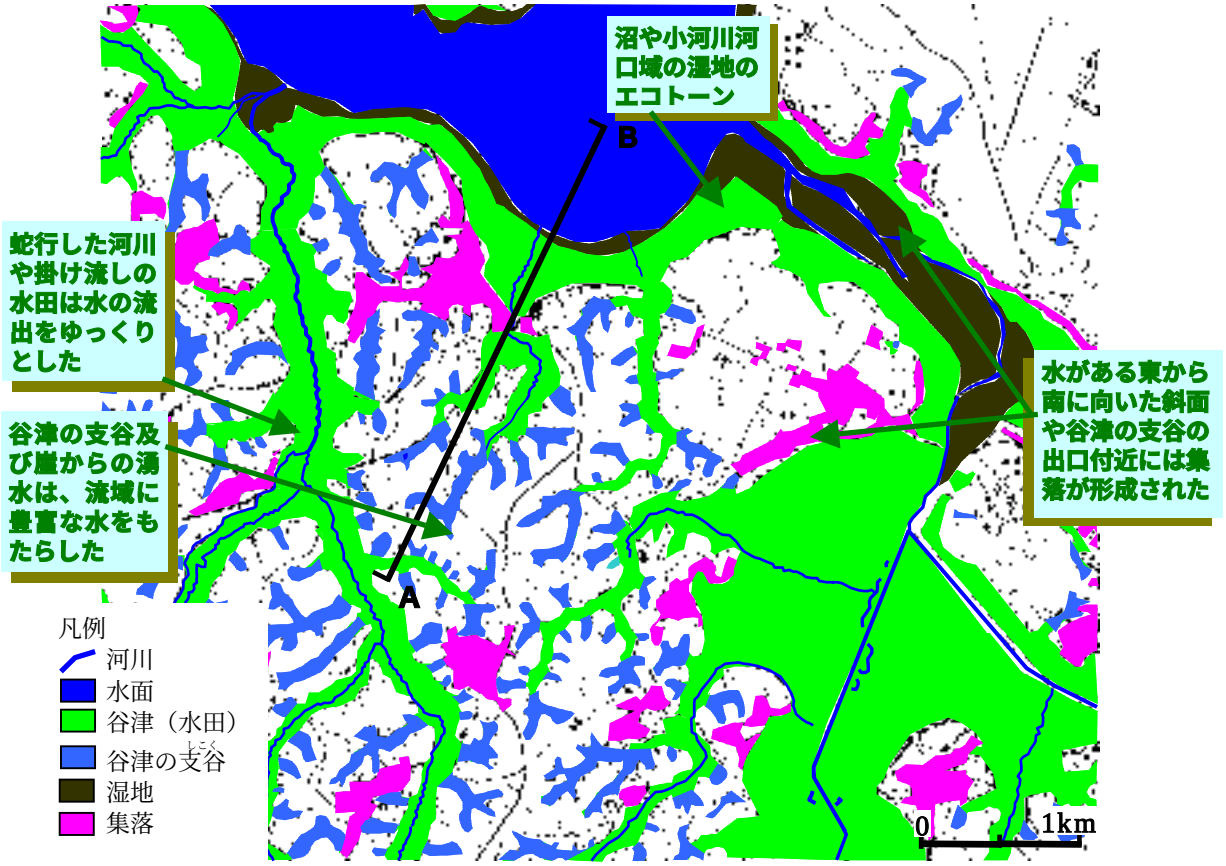
2. 流域の水循環

2.1 流域の水循環

印旛沼流域は、台地とこれを浸食している谷津と呼ばれている谷底低地、及び谷津に面した斜面や崖といった地形要素から構成されており、このような地形要素と谷や斜面からの豊富な湧水が、流域の自然環境や人の暮らしの基本的な要素となっていた。



地下水涵養・地下水流動と湧水の模式図（下図Ａ－Ｂ断面）
（「佐倉市自然環境調査報告書　平成 12 年 3 月」より引用、加筆修正）



印旛沼と周辺地形の構成（国土地理院　1:25,000 地形図「佐倉」昭和 31 年）

2.2 社会経済の発展と水循環への影響

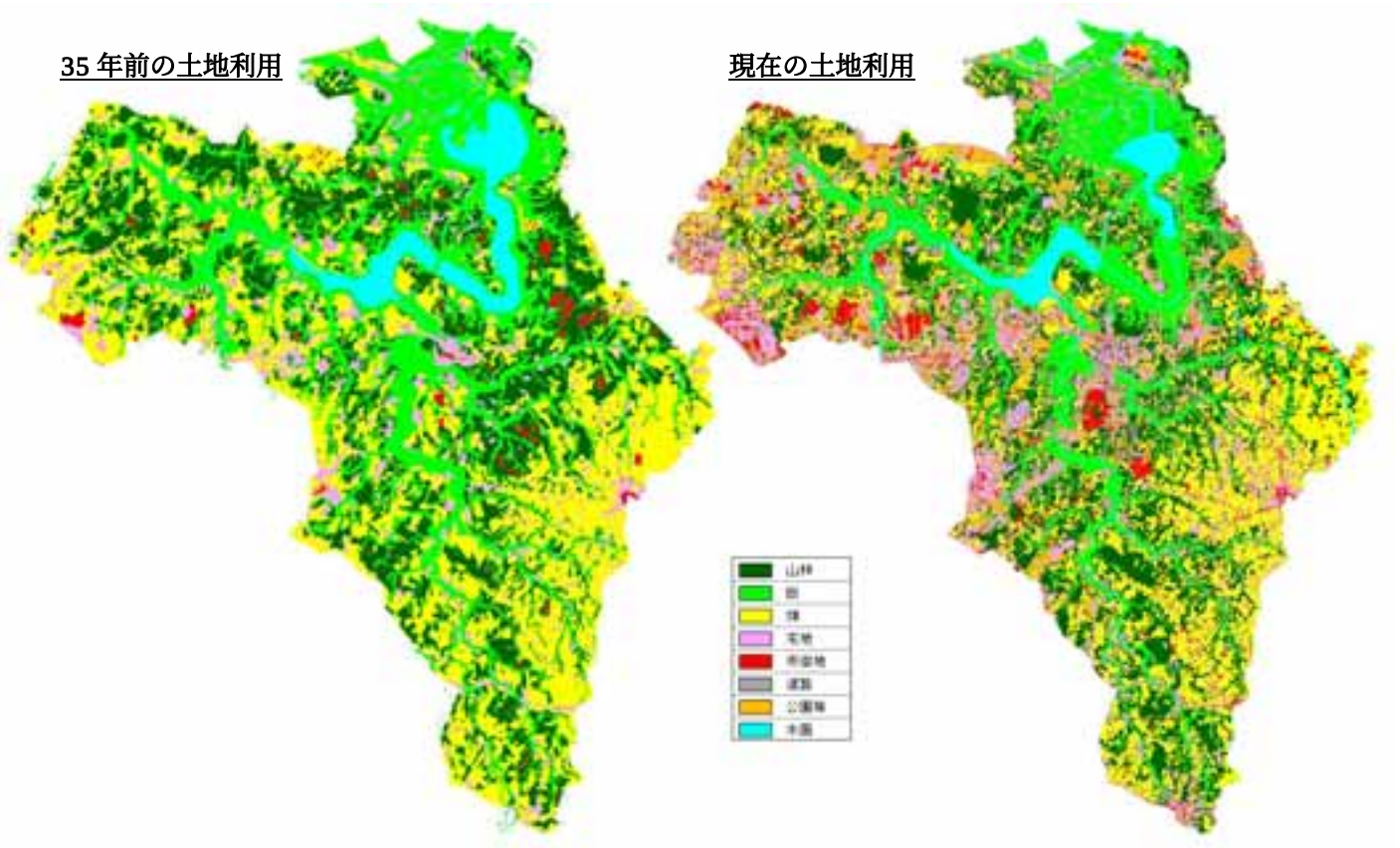
過去 35 年間で、流域の社会経済は大きく発展した。これを支えるため、市街地や農地整備、道路網と下水道・河川改修・貯水池化などの様々なインフラ整備が進み、人々の生活に大きな利便性をもたらしたが、一方で流域が持っていた水循環には少なからぬ影響を与えたと考えられる。

○ 流出（地表面、地下水）機構の変化、流出速度の上昇
○ 湿地の減少、生物生息場の減少
○ 汚濁負荷の増大
○ 湖水の滞留化

表　社会経済指標に見る 35 年間の流域の発展

変化 / 項目	社会・経済指標			水循環への影響
	過去（1967）	現在（2001）	変化率	
人口 [1]	34 万人	71 万人	2.1 倍	市街地拡大、汚濁負荷増大
利水量 [2]	0.6 億 m^3	2.6 億 m^3	4.3 倍	印旛沼の貯水池化
商業販売額 [3]	2720 億円※	3 兆 1660 億円	12 倍	産業系負荷の増大
工場出荷額 [3]	1330 億円	1 兆 9900 億円	15 倍	産業系負荷の増大、利水量の増大
水稲収穫量 [3]	47,000 t	43,000 t	0.9 倍	

1　現在：出典千葉県資料。過去：現在の流域人口に、現在と過去の流域市町村人口比を乗じて算出。流域市町村人口は全国市町村要覧によった。
2　過去：農水と工水（川鉄）、現在：上水、農水、工水（川鉄、五井・姉ヶ崎、千葉地区）
3　出典：千葉県統計年鑑
商業販売額・工場出荷額・水稲収穫量は、流域市町村の合計額（量）。ただし、過去の商業販売額※は、当時の流域内市郡での合計額



2.3 印旛沼流域の利水･治水･環境の施設整備

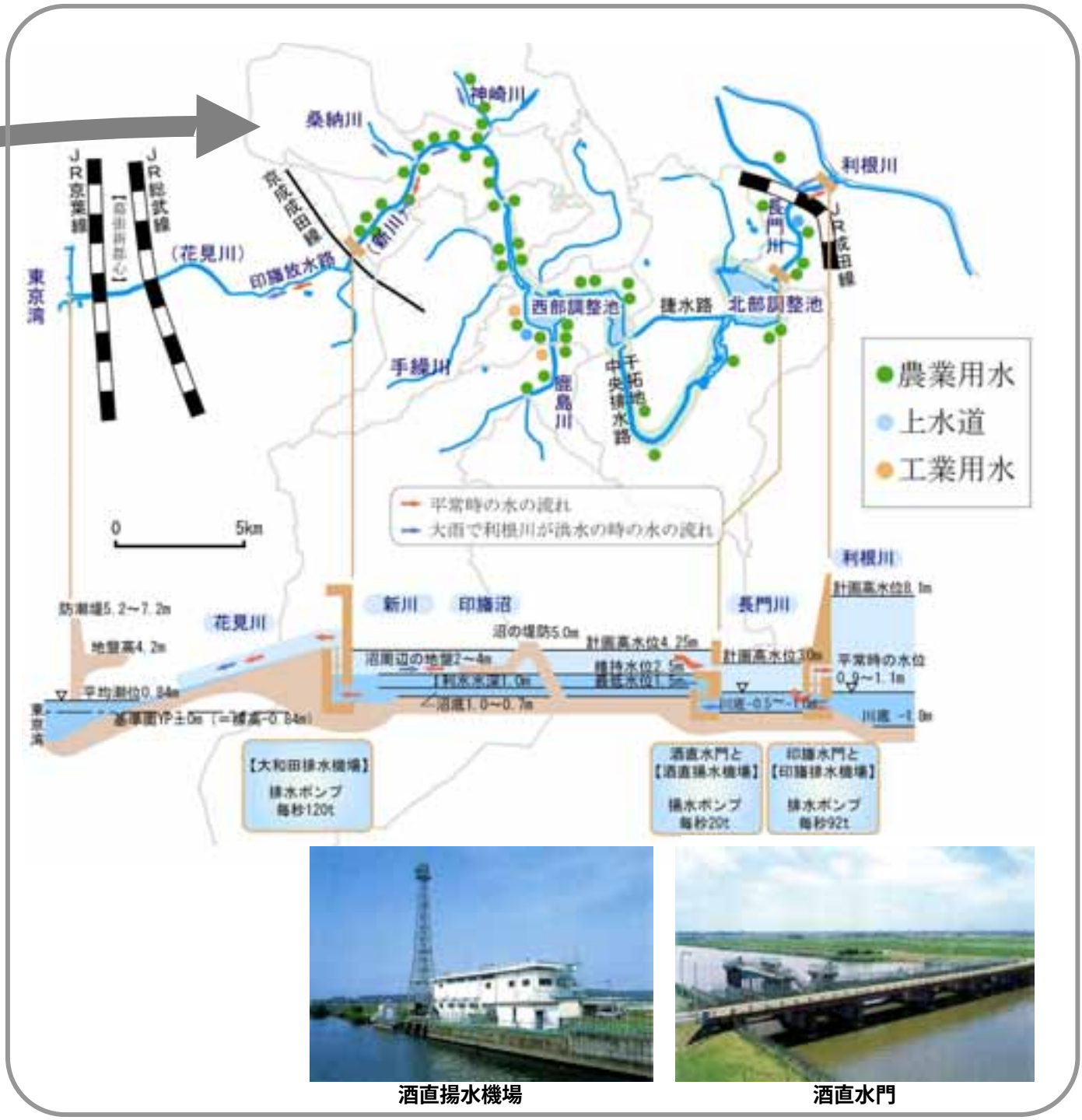
(1) 利水施設の整備

- 利根川からは木下取水場において、また西印旛沼では印旛取水場において取水がされており、流域とその周辺に送水されている。
- 印旛沼では昭和 40 年代初頭に水資源開発が行われ、千葉県で最大の貯水量（平均 1,310 万 m^3）によって、生活用水・工業用水・農業用水が供給されている。
- 沼から流出する水量のうち、約 70%が利水利用されているが、そのうち工業用水としての利用が全体の約 60%を占める。
- かんがい期では農水としての利用が利水の約半分を占める。

○　印旛沼の利水施設

図　送水系統図

- 印旛沼の水位は、水門と揚排水機場により、かんがい期（5～8 月）Y.P=2.50m、非かんがい期 Y.P=2.30m の管理水位が設定されている。
- 最大 19m³/s の農業用水取水と、5m³/s の工業用水取水が行われている。
- 計画高水位(Y.P4.25m)に対する堤防高(Y.P5.00m)を維持するための堤防沈下対策が実施されている。



酒直揚水機場　　酒直水門

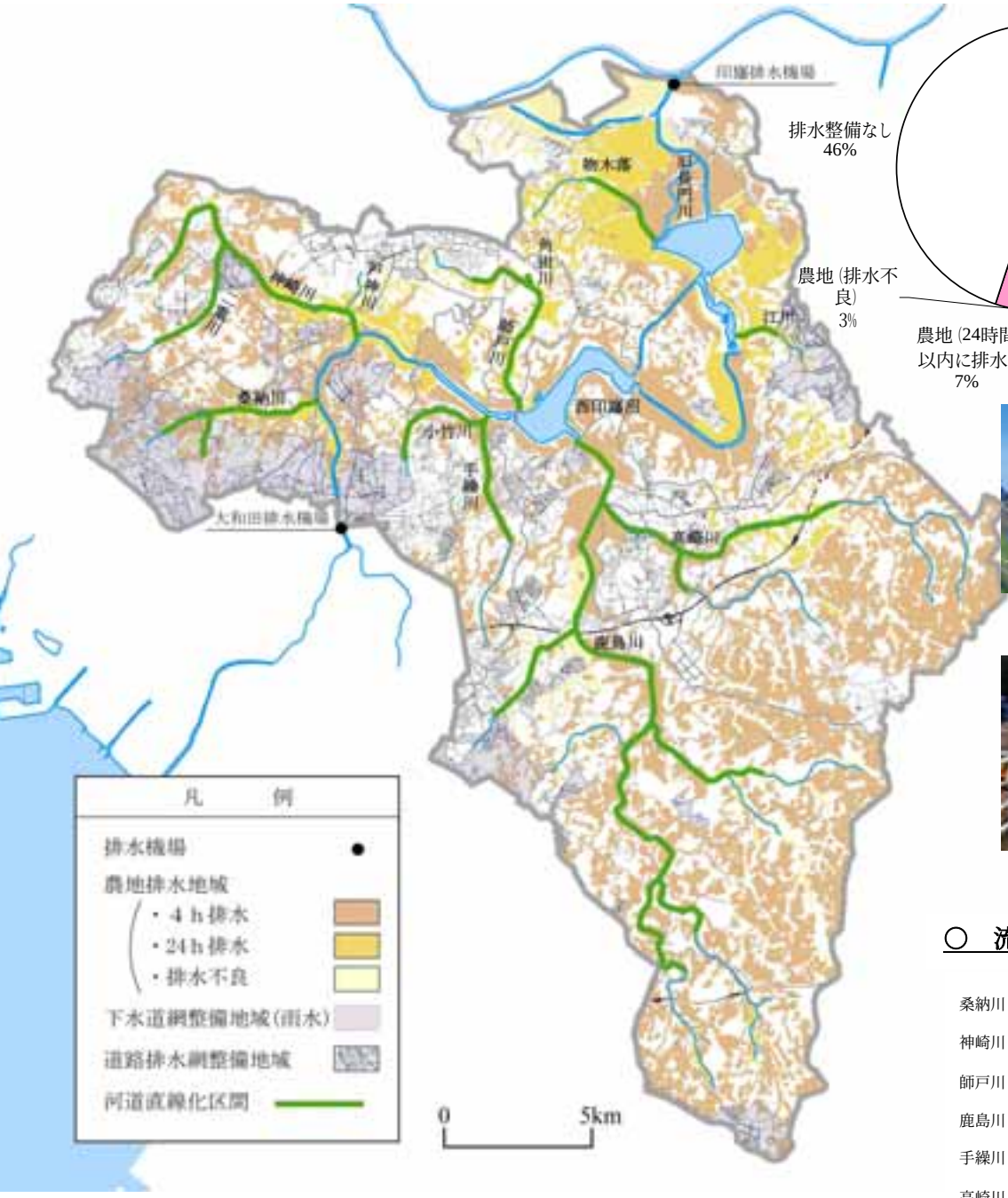
図　印旛沼の水管理

出典：「水のはなし」千葉県企画部

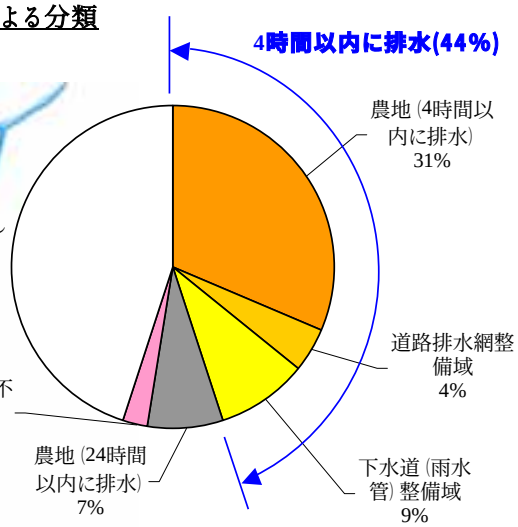
(2) 治水排水施設の整備

- 河道改修に伴う河道の直線化や農地の排水性を高めるための農地排水整備が、流域全体で行われた。
- また、下水道網整備、道路排水網整備が主に、流域西部や中央部で行われた。
- これにより、排水スピードが速い面積が増加したため、降雨流出時間が短縮し、洪水ピーク流量が増加した。
- 河道直線化に伴うコンクリート護岸の整備により、河川の自浄機能が低下した。

○　治水排水施設整備



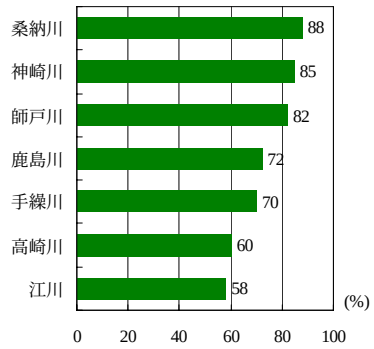
排水条件による分類



大和田排水機場

排水整備後
直線化された水路(鹿島川)

○　流入河川の河道直線化率



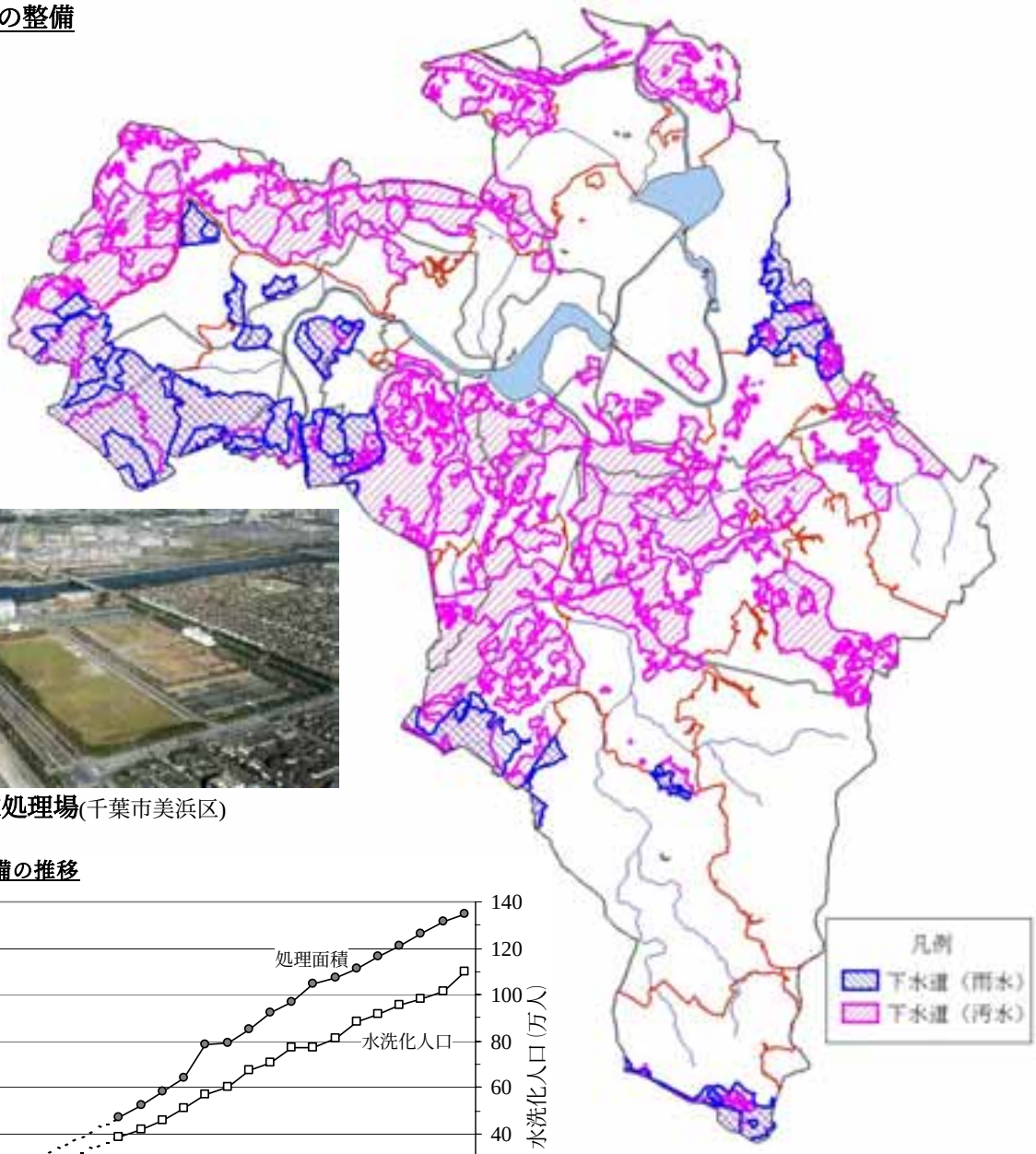
※河道直線化区間は 1/25000 地形図より判読

出典：
農地排水地域および排水性：第 4 次土地利用基盤整備基本調査「たばたくん」（農林水産省農林振興局）
下水道：千葉県下水道計画課資料
道路網：細密数値情報、首都圏第 5 期（1994）
河道直線化区間：1/25000 地形図より判読

(3) 下水道の整備

- 昭和 49 年に下水道が供用開始された。
- 現在、流域内での下水道(汚水)処理人口は約 50 万人に達しており、流域全体人口（約 70 万人）の約 70%を占める。
- 汚水整備は、流域全体で市街地を中心に進んでいる。
- 雨水整備については、主に流域の西部で進んでいる。

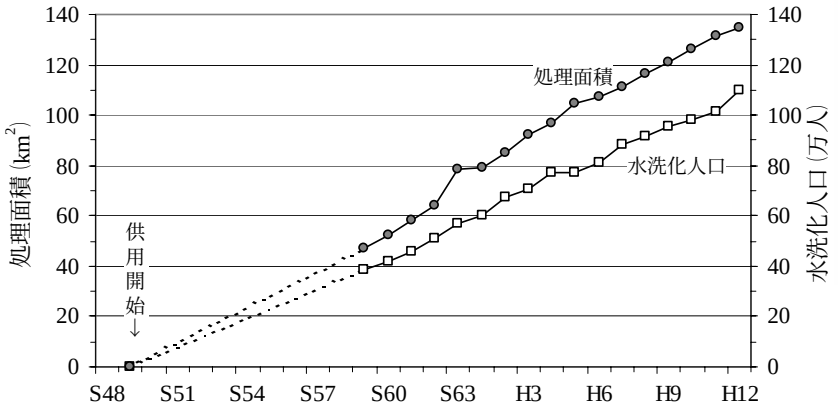
○　下水道の整備



出典：千葉県下水道計画課資料（平成 12 年）

花見川終末処理場(千葉市美浜区)

印旛沼流域下水道整備の推移



出典:印旛沼流域下水道 維持管理年報 (昭和61年度～平成11年度)
※ 印旛沼流域下水道は、花見川流域なども整備区域に含む

3.流域水循環の変化

3.1 地形区分と土地利用

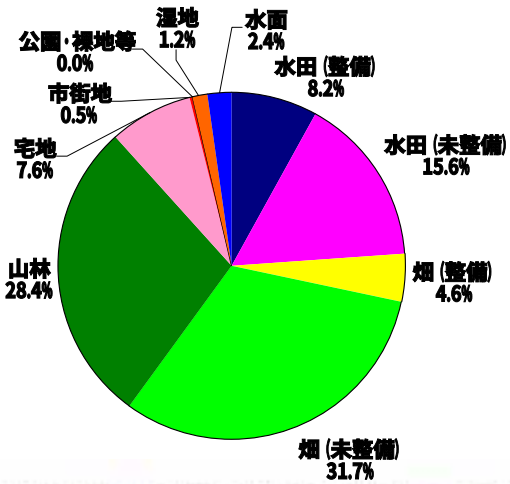
過去 35 年間での土地利用の変化は主に次の点であった。

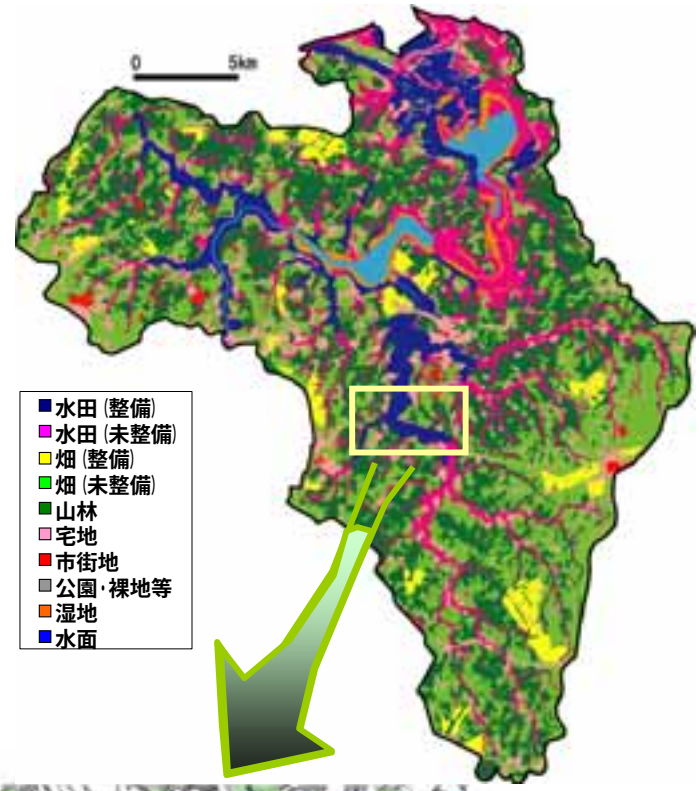
- 流域における市街地、宅地、公園・裸地等の割合　約１０％ → 約３０％　へ増加
- 流域における畑地と水田の割合　約６０％ → 約４０％　へ減少
- 全水田面積に対する整備された水田の割合　約３５％ → 約９０％　へ増加
- 全畑地面積に対する整備された畑地の割合　約１５％ → 約２５％　へ増加

○昭和４０年代初頭の土地利用

＊水田と畑地の整備状況については、1/50,000 地形図上で、農道や排水路が整備され、土地が矩形に整理されていると判定できるものを抽出した。

＊土地利用判読は昭和 40 年代初頭の 1/50,000 地形図を利用





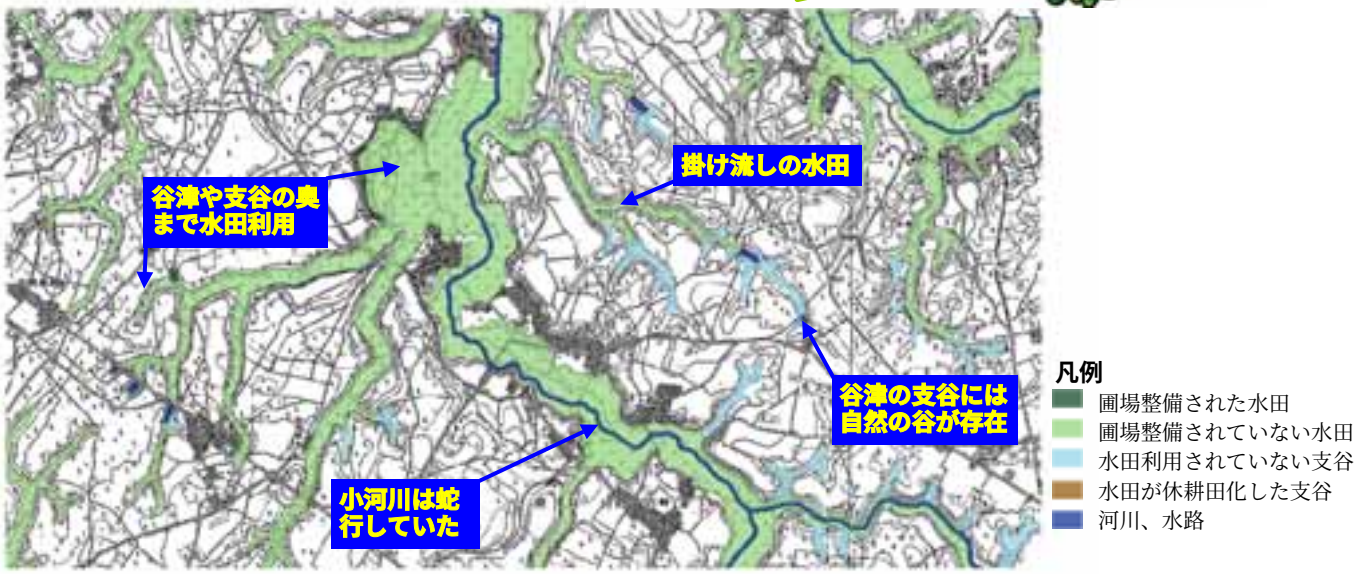


図　昭和 40 年代初頭の土地利用と地形の特徴

過去 35 年間での地形の変化は主に次の点であった。

- 河川及び印旛沼の水際部において湿地が減少。
- 小さく蛇行を繰り返していた谷津や支谷の小河川は、圃場整備により排水路に直線化。
- 畑地や森林など土壌層の分布した台地面が、開発により被覆・締固めを受ける。
- 谷津の支谷や台地斜面が道路、宅地等に利用され盛土・切土等の改変を受ける。

○現在(平成 6 年)の土地利用

＊水田と畑地の整備状況については、1/50,000 地形図上で、農道や排水路が整備され、土地が矩形に整理されていると判定できるものを抽出した。

＊土地利用判読は平成 6 年の細密数値情報を利用

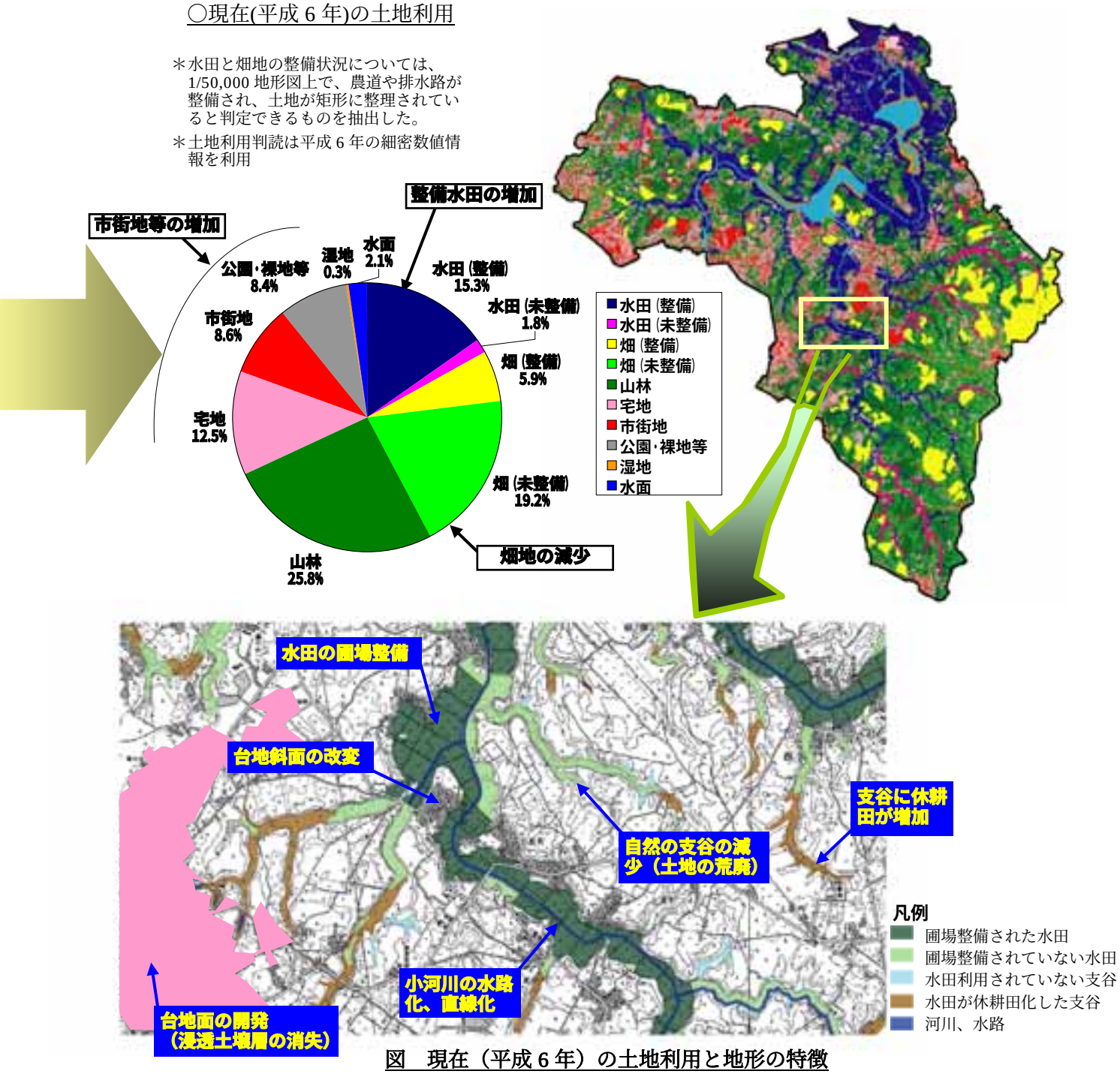


図　現在（平成 6 年）の土地利用と地形の特徴

3.2 水収支

(1) 流域全体の年間水収支の変化

昭和 40 年代初頭から現在（平成 11 年）までの過去 35 年間の全流域における流出高の変化は、次のように推定される。

○土地利用の変化により、S40 年代初頭に対し現在（H11 年）は

蒸発散高は	約 10%減少	（730mm → 660mm）
地下水浸透高は	約 15%減少	（460mm → 390mm）
表面流出高は	約 200%増加	（ 60mm → 180mm）
湧水高は	約 25%減少	（370mm → 280mm）

○人口増加等に対する水需要の変化により、S40 年代初頭に対し現在（H11 年）は

地下水揚水高は	約 20%増加	（110mm → 130mm）
流域外からの上水道の水高は	皆増	（ 0mm → 90mm）

○下水道整備により、S40 年代初頭に対し現在（H11 年）は

流域外への下水道の水高は	皆増	（ 0mm → 130mm）
雑排水量の水高は	約 30%減少	（100mm → 70mm）

・年間水収支は、p3-5、3-6 に示すとおり、流域の土地利用毎の蒸発散量、地下浸透量、表面流出量を推計し、これに、人工系（農業用水、地下水揚水量、雑排水量、漏水量等）の水量を加えて水収支量を算出し、この水量を流域面積で除して水高（mm/年）とした。

・検討は、灌漑期（４～８月）、非灌漑期（９～３月）で支流域毎に行い、沼へ流入する河川水量を算出する方法とした。

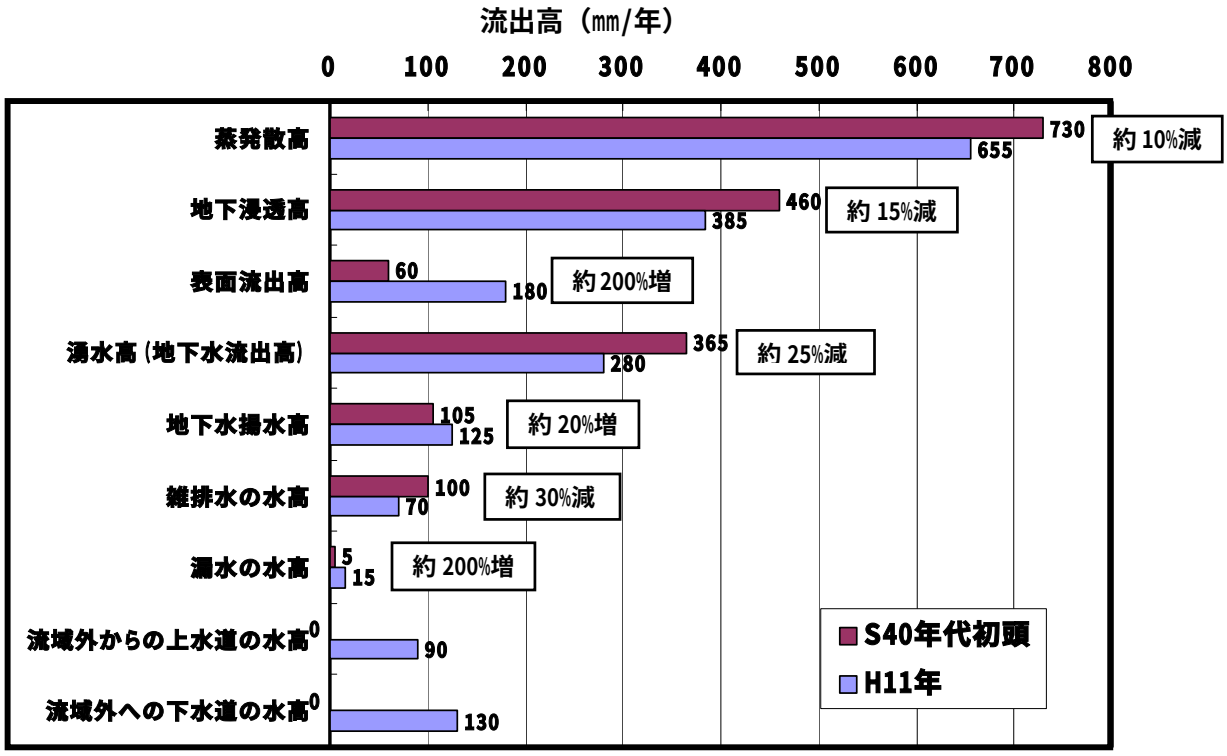


図　　印旛沼流域の年間水収支（流出高）の変化

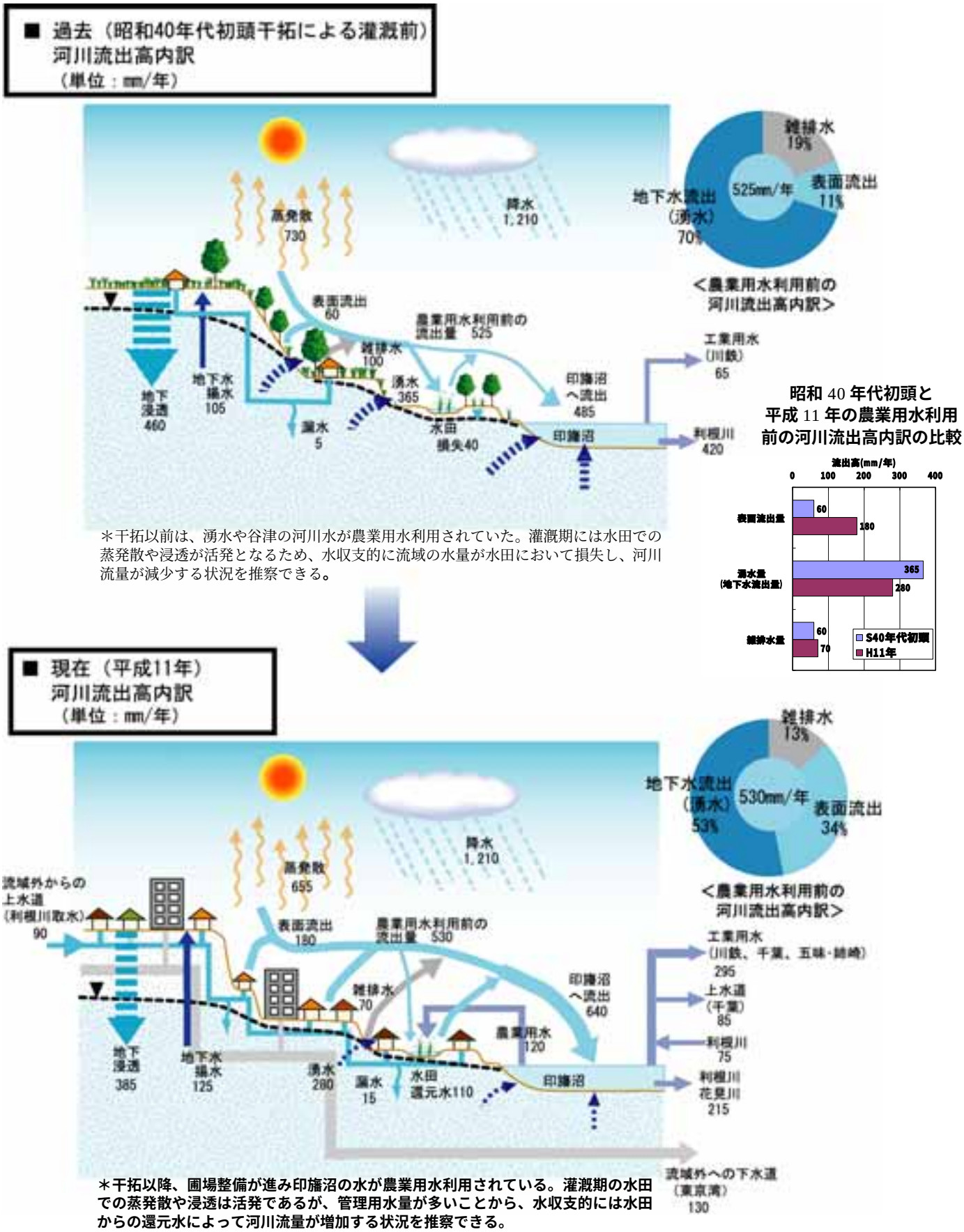
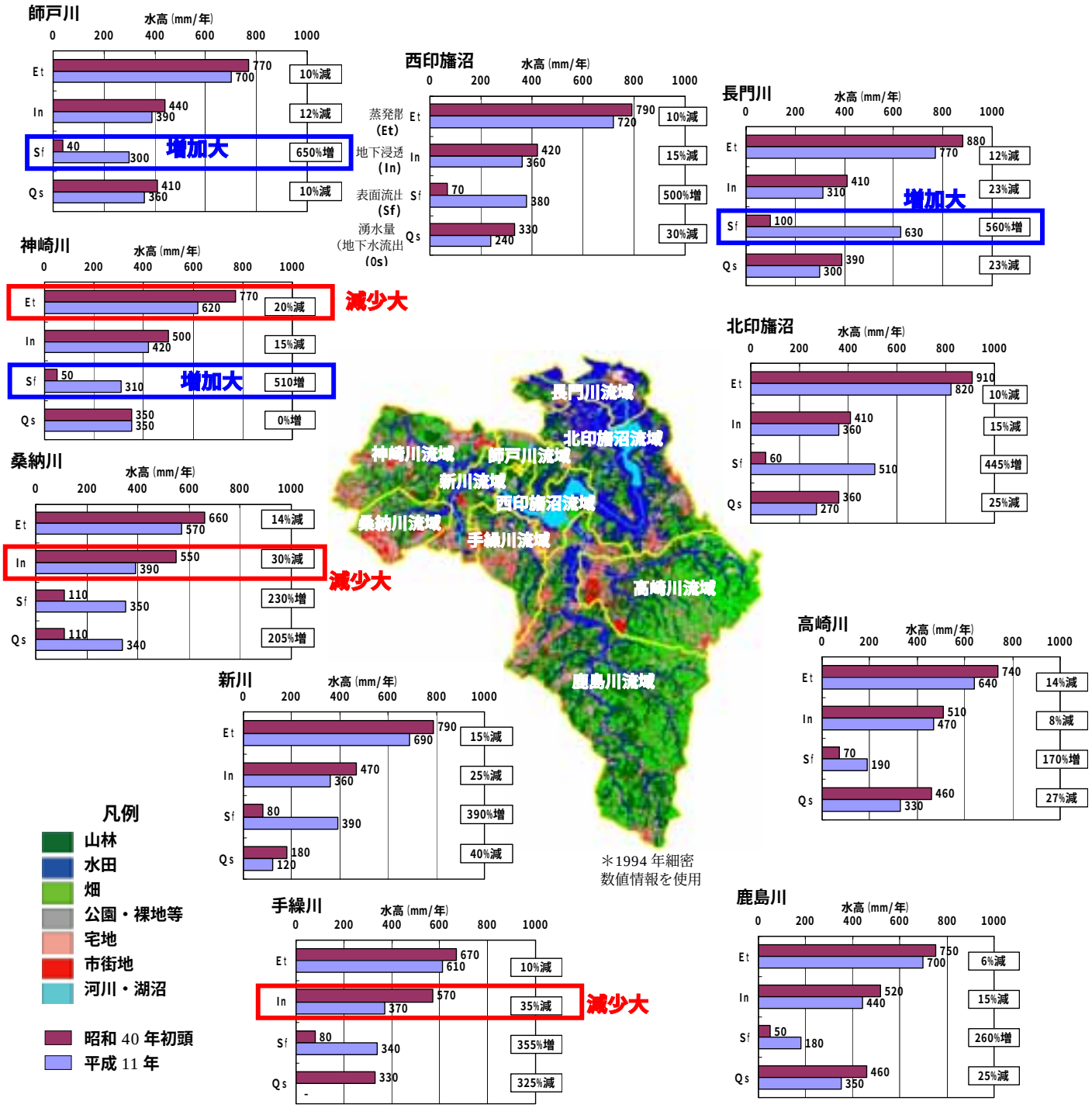


図　　印旛沼流域の昭和 40 年代初頭と現在（平成 11 年）の年間水収支図

(2) 支流域単位の年間水収支（自然系成分）の変化

印旛沼流域内で年間水収支の変化が大きかった流域は次のように推定される。

○蒸発散高　：神崎川流域　20%減　（ 770mm → 620mm ）
○地下浸透高：手繰川流域　35%減　（ 490mm → 320mm ）
　　桑納川流域　30%減　（ 550mm → 390mm ）
○表面流出高：師戸川流域　650%増　（ 40mm → 300mm ）
　　長門川流域　560%増　（ 100mm → 630mm ）
　　神崎川流域　510%増　（ 50mm → 310mm ）



＊1994 年細密数値情報を使用

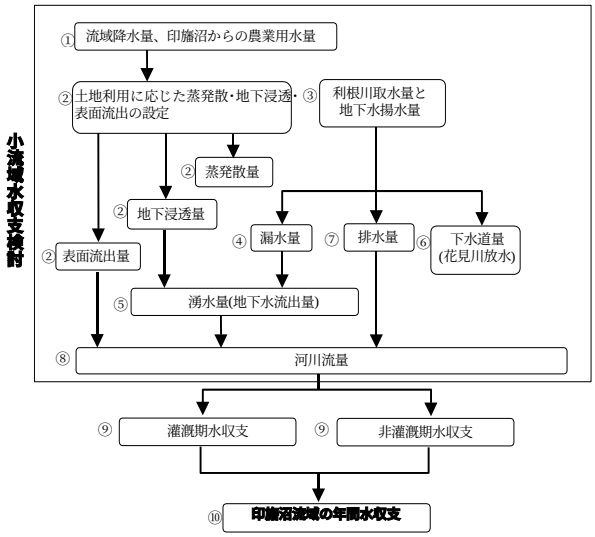
＊現在の手繰川流域の年地下水揚水高は 415mm/年と流域内最大量であり、閉じた系での水収支検討上、湧水量が 0 となっている。

図　支流域単位の年間水収支の変化

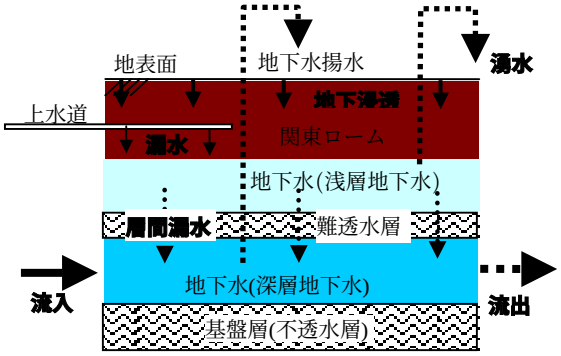
《　本検討における水収支量の推計方法　①　》

1）水収支の検討条件

- 印旛沼流域を構成する小流域毎に灌漑期、非灌漑期に分けて計算し、それらを合計して流域の年間水収支とした。
- 灌漑期は、印旛沼からの農業用水が利用されている 4～8 月。非灌漑期は、それ以外の月(9～3 月)とした。
- 蒸発散量、地下浸透量、表面流出量などの自然系水収支成分は、流域の降水量を各土地利用の特性に応じて分配して算出した。上水道や下水道などの人工系水収支成分は、市町村別の統計資料等から、各水量を面積や人口により案分して算出した。なお、農業用水は水田における蒸発散等の水量が大きいことから、自然系水収支成分の検討に組み入れた。
- 流域外からの地下水流入量と流域外への地下水流出量、浅層地下水から深層地下水への層間漏水量と地下水揚水量は、下記のとおり水収支の検討領域内で、それぞれが 1 年間ではバランスしているものと仮定した。



水収支の計算の流れ



●深層地下水
流入量＋層間漏水量＝地下水揚水量＋流出量
　過去 10 年間の地下水位は、1 年間で概ね同じ水位に戻る変動を示しており、層間漏水＝地下水揚水量　と仮定する。

●浅層地下水
地下浸透量＋漏水量＝湧水量＋層間漏水量
　層間漏水量＝地下水揚水量であることから、浅層地下水は以下の関係が成り立つ。
地下浸透量＋漏水量＝湧水量＋地下水揚水量

地下水の水収支の考え方

2）自然系水収支成分の算出

①流域降水量
　昭和 40 年代初頭及び平成 11 年共に、土地利用変化による水循環の変遷を見るために、平成 11 年の印旛沼水収支(水資源公団)で用いられた 1,211mm を用いた。なお、灌漑期(4～8 月)は 831mm、非灌漑期(9～3 月)は 380mm。

②蒸発散量･地下浸透量･表面流出量
　各土地利用毎に期別の蒸発散量と地下浸透量を求めた後、これらの 2 つの成分を期別降水量から差し引くことで期別の表面流出量を算出した。

Ｐ＝Et＋Ｉ＋Ｓ(Ｐ：降水量、Et：蒸発散量、Ｉ：地下浸透量、Ｓ：表面流出量各成分の単位は期別総水量　mm)

■土地利用区分
　平成 11 年の土地利用区分は細密数値情報、昭和 40 年代初頭については古地形図の読図により、下記のように水面以外を６種類の地目に区分した。

平成 11 年の細密数値情報の利用による区分

土地利用区分	含まれる土地利用	水収支上の特徴
山林	樹林地・竹林等	蒸発散が大きく、表面流出小さい。
水田	水田	灌漑期の蒸発散が大きい。
畑	畑・果樹園等	地下浸透が極めて大きい。
公園等	公園・空地等	地下浸透が大きい。
宅地	一戸建ての住宅地等	蒸発散と表面流出が大きい。
市街地	道路・ビル・マンション等	表面流出が大きく、地下浸透は生じない
河川・湖沼	河川・湖沼等	蒸発散が大きい。

昭和 40 年代初頭の古地形図による区分

土地利用区分	区分方法
山林	地形図において、森林記号が記されている所
水田	地形図において、水田地図記号が記されている所
市街地	地形図において、ある程度住宅が密集している所や駅前周辺
宅地	地形図において、学校や住宅がまばらな所
河川･湖沼	地形図において水面にあたる所
畑	上記4区分以外の残りの部分

■蒸発散量
　蒸発散は、地表面や植物等に付着した水の蒸発と植物が水を根から吸収して葉から蒸散で放出される水を合わせたもので、水が熱エネルギーを得て水蒸気に変わる現象である。本検討では、土地の被覆状態による水収支成分を推計するために、検討地域の日射量と地表面の反射特性を表すアルベド、土地状況毎の蒸発散率などを用いて可能蒸発散量を求め、これに流域内の地目別土地面積を掛けて蒸発散量を推計した。

《　本検討における水収支量の推計方法　②　》

Ｅｔ＝Ｒｎ×ｅ＝0.81×exp(-0.0275×a)×Ｑ×ｅ

(Ｅｔ：可能蒸発散量、Ｒｎ：純放射量、ｅ：蒸発散率、ａ：アルベド、Ｑ：日射量；東京大手町気象台の観測値を利用)

蒸発散量(灌漑期:H11年4月～8月))

土地利用	Q(mm)	a	e	Rn(mm)	Et(mm)
山林	957.5	10	0.90	589	530
畑	957.5	25	0.69	390	269
公園等	957.5	35	0.82	296	243
干拓田	5.0mm/日×30×5				750
既耕田					
市街地	灌漑期降水量×0.18				150
宅地	建蔽率40%で残りは公園等と同じと設定				206
河川･湖沼	年蒸発計蒸発量×0.8				446

Ｑ：日射量(東京観測所)＝957.5mm、ａ：アルベド、ｅ：蒸発散率
Rn:純放射量、Et：蒸発散量、灌漑期降水量(水資源公団引用)=831mm、
灌漑期蒸発計蒸発量(東京観測所)=557.5mm

蒸発散量(非灌漑期：H11年1～3月、9～12月)

土地利用	Q(mm)	a	e	Rn(mm)	Et(mm)
山林	867	10	0.90	533	380
畑	867	25	0.69	353	244
公園等	867	35	0.82	268	220
干拓田	「公園等」と同じ値				220
既耕田					
市街地	非灌漑期降水量×0.18				68
宅地	建蔽率40%で残りは公園等と同じと設定				159
河川･湖沼	年蒸発計蒸発量×0.8				404

Ｑ：日射量(東京観測所)＝867.0mm、ａ：アルベド、ｅ：蒸発散率
Rn:純放射量、Et：蒸発散量、非灌漑期降水量(水資源公団引用)：380mm、
非灌漑期蒸発計蒸発量(東京観測所)：505.5mm

可能蒸発散量は、流域の土地利用の変化による水収支成分の変化を見るために、昭和 40 年代初頭も平成 11 年と同じ値を用いた。

■地下浸透量　土地利用毎に可能地下浸透量を求め、これに流域内の地目別土地面積を掛けて浸透量を求めた。

ｉ)山林、畑　　多くの既存資料によれば、一般に、踏み固められていない「山林」や「畑」の浸透能は概ね 100mm／時以上の値を示すことから、蒸発散による損失を受けた残りの降水は全て地下に浸透すると考えられる。

Ｉ＝Ｐ－Ｅｔ　(Ｉ：地下浸透量、Ｐ：期別降水量、Ｅｔ：期別蒸発散量　各成分の単位は期別総水量　mm)

ⅱ)公園等　　都市水文学の流出モデルの多くは初期損失を考慮して 2mm以上の降水において表面流出が起きると仮定している。また、東京都内の降水パターンの降水強度と年間降水量の関係では、2mm以下の降水が年間降水量に占める割合は約 40%（α）と示されている。一方、浸透能を超える降水中にも浸透は続いているため、浸透に回る分と表面流出(β)に回る分に分離することができ、市川(1988)は東京都練馬区を対象とした事例で 0.5 と設定している。庄司(1997)[1]はこれらの研究を基に、「公園等」の地下浸透量を次式とした。本調査においてもこれを用いた。　　Ｉ＝(Ｐ－Ｅｔ)×α＋(Ｐ－Ｅｔ)×(１－α)×(１－β)

(Ｉ：地下浸透量、Ｐ：期別降水量、Ｅｔ：期別蒸発散量、α：0.4、β：0.5　各成分の単位は期別総水量　mm)

ⅲ)水田

・灌漑期　　「印旛沼開発工事誌」(1969 年 水資源開発公団)に示されている印旛沼の干拓地と既耕地での鉛直浸透量を参照し、干拓地・圃場整備地 1.0mm/日、既耕地 2.0mm/日とした。

・非灌漑期　　非灌漑期の土地利用形態は、「公園等」に準じるものと仮定した。

ⅳ)市街地、道路

「市街地」や「道路」は、アスファルトやコンクリートにより覆われており地下浸透は生じないものと考えた。また、建築物等の屋根の雨水についても、雨水排水され浸透しないものとした。

ⅴ)宅地

「宅地」は建蔽率を 40%とし、建物部分は「市街地」、残りの土地は「公園等」と同じ土地利用形態と仮定し、それぞれの土地利用区分毎の算出式に従い「宅地」の地下浸透量を求め合計した。

地下浸透量(灌漑期：H11年4月～8月)

土地利用	推定式	Et(mm)	I(mm)
山林	I＝P－Et	530	301
畑		269	562
公園等	I＝(P-E)*α+(P-E)*(1-α)*(1-β)	243	412
干拓田	I=1.0*30*5	750	150
既耕田	I=2.0*30*5		300
市街地	I＝0	150	0
宅地	建蔽率40%で残りは公園等と同じと設定	206	247
河川･湖沼	I＝0	446	0

Ｉ：地下浸透量、Ｐ：灌漑期降雨量(水資源公団引用)=831mm、Et･E：蒸発散量
α：0.4、β：0.5

地下浸透量(非灌漑期：H11年1～3月、9～12月)

土地利用	推定式	Et(mm)	I(mm)
山林	I＝P－Et	380	0
畑		244	136
公園等	I＝(P-E)*α+(P-E)*(1-α)*(1-β)	220	112
干拓田	「公園等」と同じ値	220	112
既耕田			
市街地	I＝0	68	0
宅地	建蔽率40%で残りは公園等と同じと設定	159	67
河川･湖沼	I＝0	404	0

Ｉ：地下浸透量、Ｐ：非灌漑期降雨量(水資源公団引用)＝380mm、Et･E：蒸発散量
α：0.4、β：0.5

■表面流出量　　土地利用毎の可能表面流出量を求め、これに地目別土地面積を掛けて表面流出量を求めた。

ｉ)山林、畑

蒸発散量の残りの降水は全て地下に浸透するため、表面流出は発生しないと考える。

ⅱ)公園等、水田(非灌漑期)、市街地、道路、宅地

期別降水量から蒸発散量と地下浸透量を引いた残りが表面流出となる。

Ｓ＝Ｐ－Ｅｔ－Ｉ

(Ｓ：期別表面流出量、Ｐ：期別降水量、Ｅｔ：蒸発散量、Ｉ：地下浸透量　各成分の単位は期別総水量　mm/年)

ⅲ)水田(灌漑期)

灌漑期の水田からの表面流出量には、農業用水の水田からの河川・湖沼への還元水を考慮する必要がある。印

[1] 庄司美和・濱谷稔夫(1997)；緑の質及び量との関係から見た都市域の水収支 -東京都世田谷区を事例として-　東農大農学集報,42,(3),184-200

《　本検討における水収支量の推計方法　③　》

旛沼流域では、印旛沼から取水された水を利用している水田と、上流からの河川水を利用している水田の 2 パターンが存在しており、下表のように考えた。

表面流出(灌漑期：H11年4月～8月)

土地利用	推定式	S(mm)
山林	S＝P-Et-Ⅰ	0
畑		0
公園等		176
沼水利用水田	S＝(P'＋農業用水取水量-Et'-I')/印旛沼流域水田面積	1,847
河川水利用水田	S＝P-Et-Ⅰ	-237
市街地		681
宅地		378
河川･湖沼		385

S：表面流出量、P：灌漑期降雨量(水資源公団引用)=831mm、P'：水田総降雨量
Ⅰ＝地下浸透量、I'＝水田総地下浸透量、Et：蒸発散量、Et'＝水田総蒸発散量

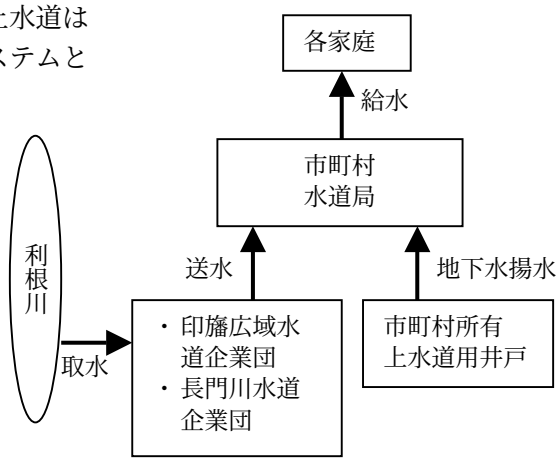
表面流出(非灌漑期：H11年1～3月、9～12月)

土地利用	推定式	S(mm)
山林	S＝P-Et-Ⅰ	0
畑		0
公園等		48
干拓田		48
既耕田		
市街地		312
宅地		153
河川･湖沼		0

S：表面流出量、P：非灌漑期降雨量(水資源公団引用)＝380mm
Ⅰ＝地下浸透量、Et：蒸発散量

3）人工系水収支成分及び年間水収支の算出

人工系水収支成分と自然系水収支成分から算出する湧水量等、及び年間水収支は以下のように求めた。

項　　目	算　出　方　法
③利根川給水量と地下水揚水量	・期別利根川給水量(H11 年) ＝小流域構成市町村人口×上水道普及率×1 人年平均給水量 ×期別給水割合水量/(送水量＋地下水揚水量)) 現在の印旛沼流域の上水道は右図のような給水システムとなっている。  ・過去（昭和 40 年代初頭）の上水道は全て地下水で賄われているとした。 ・期別地下水揚水量(H11 年)は既存資料から算出。 ・期別地下水揚水量(S40 年代初頭)は既存資料(小流域別人口、1 人年平均給水量、井戸台帳)から推計。
④漏水量	・水道年報より、現在は 10%が漏水しているとした。過去も同じ値を使用した。
⑤湧水量	・湧水量＝地下浸透量＋漏水量－地下水揚水量
⑥下水道量	・平成 11 年既存資料(小流域別人口、下水処理量)から算出。S40 年代初頭は下水道は整備されていない。
⑦排水量	・期別排水量＝利根川給水量＋地下水揚水量－下水道量－漏水量
⑧河川流量	・期別河川流量＝表面流出量＋湧水量＋排水量
⑨期別水収支	・小流域毎に求めた期別水収支値を合計し、期別の印旛沼流域水収支を算出。
⑩印旛沼流域の年間水収支	・期別印旛沼流域水収支値を合計し、印旛沼流域年間水収支を算出。

《　最近の研究による流域の流出特性の変化　》

農林水産省農業工学研究所は、印旛沼流域の流出について次のような特徴を指摘している。

○　1969～1991 年の間に、流域面積の 15%に相当する 8,100ha の農地と森林が、他の土地利用に変化した（図Ａ参照）。

○　この期間における 100mm以上の連続降雨に着目すると、降雨に対する流域からの流出る量が増加し、印旛沼水位の最大上昇が、大よそ 1980 年代以降でより大きくなっている（図Ｂ、Ｃ参照）。

○　印旛沼流域の農地や森林が 1ha 減少すると、30 年確率降雨では約 360m³ の洪水流出量の増加となる。

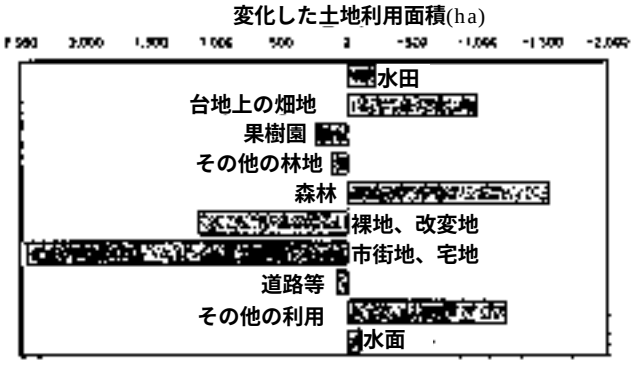


図　A　1976 年と 1989 年の土地利用の変化

・水田、台地の畑地、森林が減少
・裸地（改変地）や市街地・宅地が増加

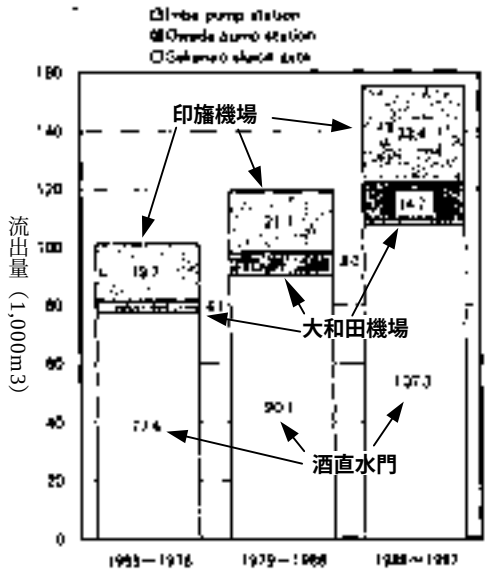


図　B　３期間の降水量 1mm当たりの流出量の変化

・流出量は増加傾向

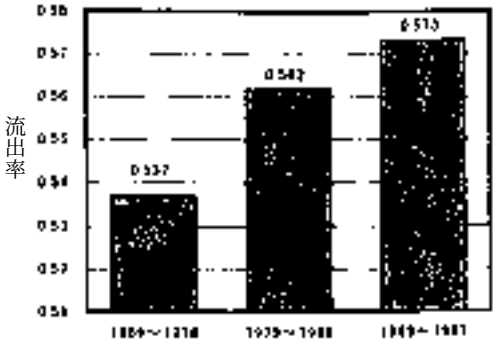


図　C　1969 年～1997 年までの 10 年毎の流出率の変化

・1980 年以降流出率がやや大きくなった

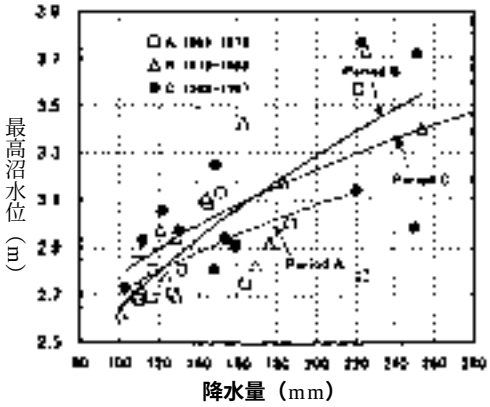


図　D　降水量と沼の降雨時最高水位の関係

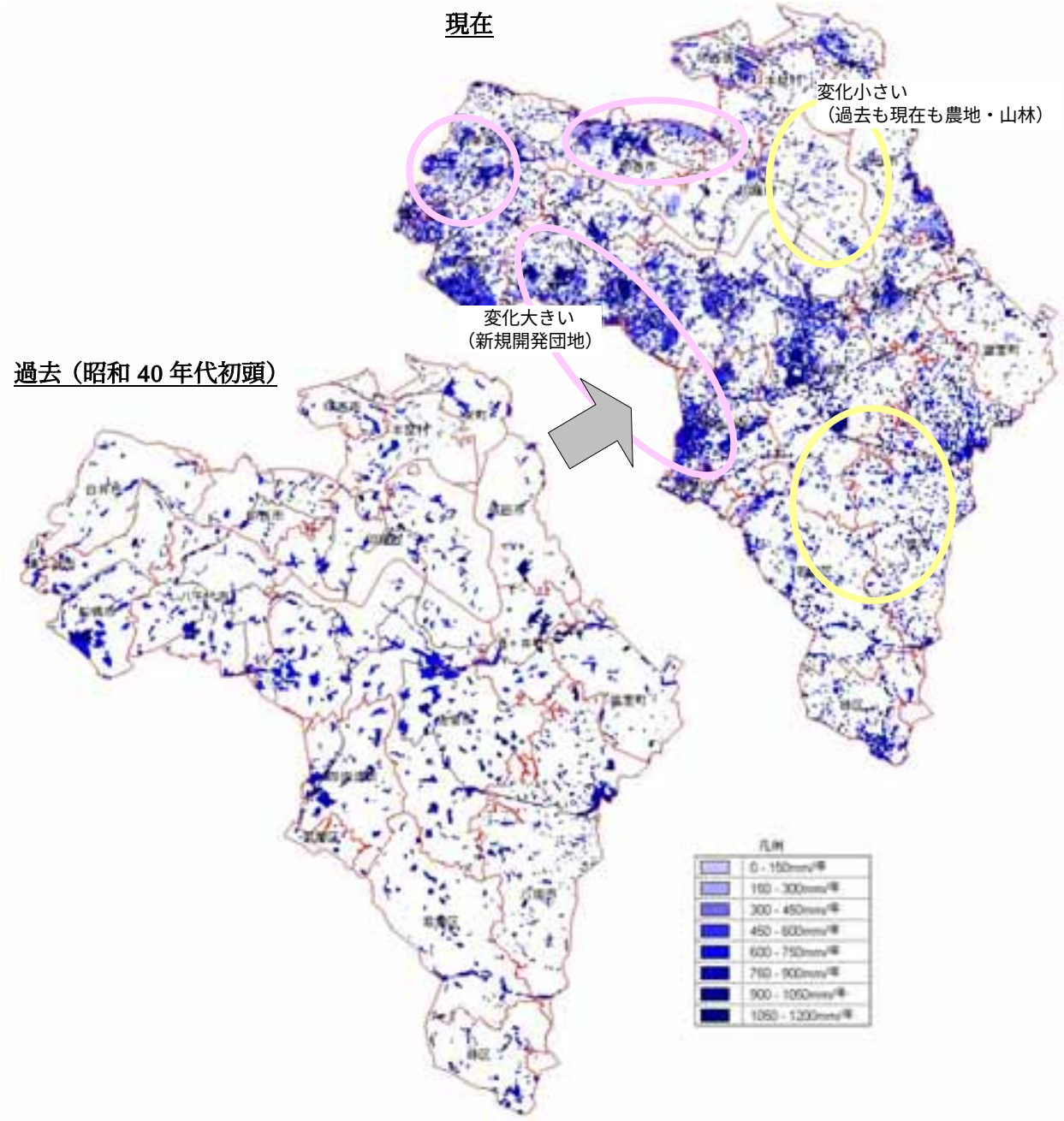
出典：Hideto Fujii, Hirohide Kiri and Tetsuo Nakaya ; Effect of Urbanization on Flood Runnoff Characterisutic in Suburban Low Land Area of Imba Marsh, Japan LOURNAL OF RAINWATER CATCHMENT SYSTEM / VOL.6 NO.2 2001 7

3.3 流出と浸透

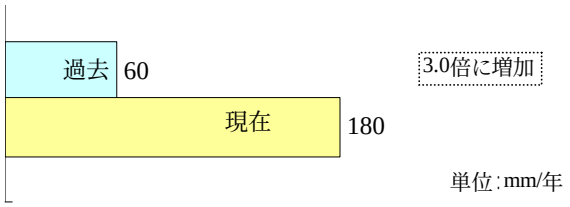
(1) 表面流出高の変化

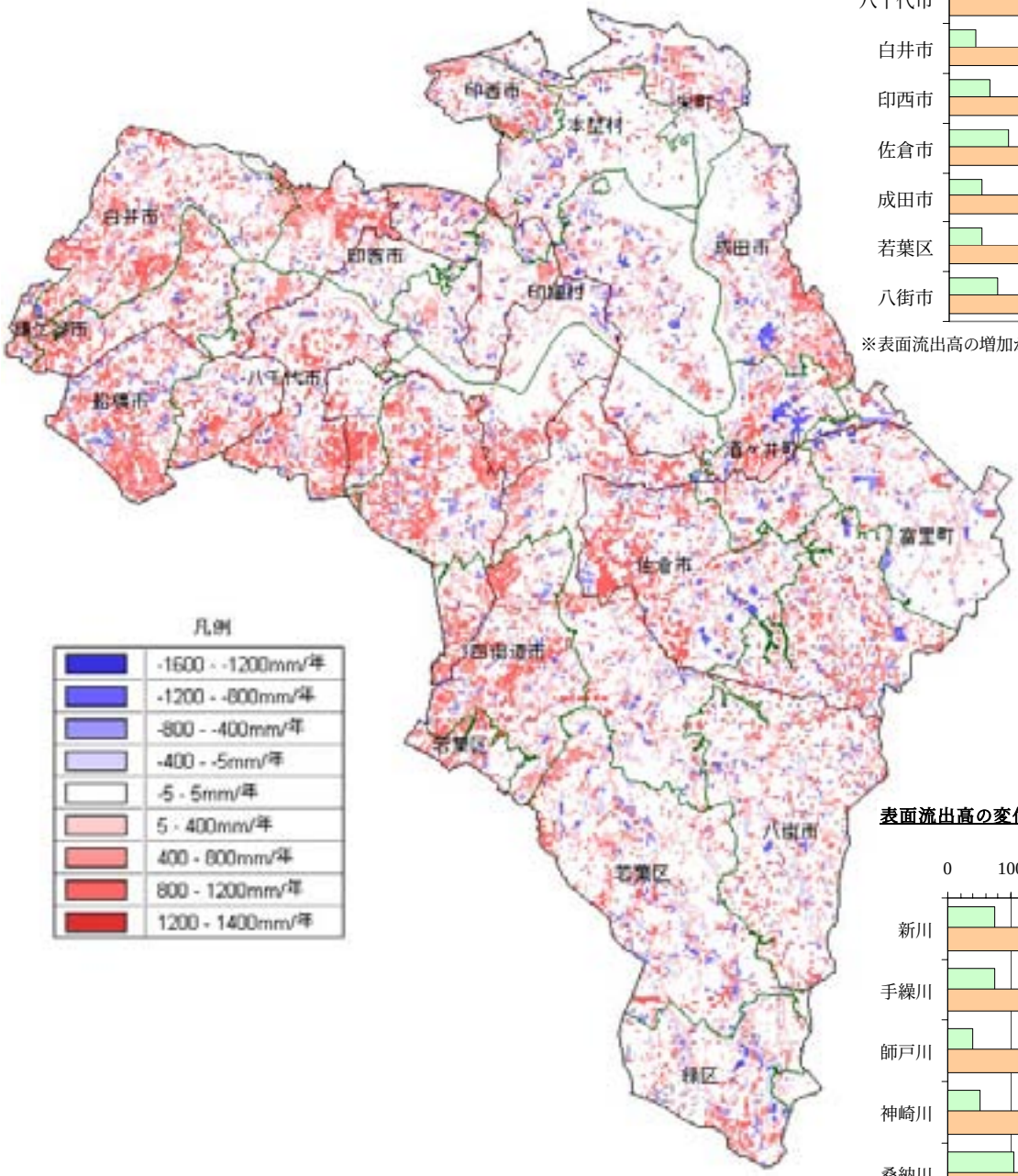
35 年間で表面流出高が大きく増えた流域、市町村は次の通りと推定される。
○ 市町村区分でみた変化：①鎌ヶ谷市、②船橋市、③四街道市
○ 流域区分でみた変化　：①新川流域、②手繰川流域、③師戸川流域

○表面流出

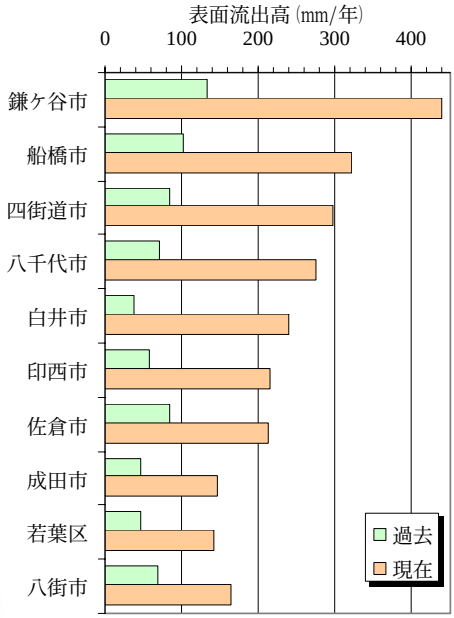


○35 年間の表面流出高の変化



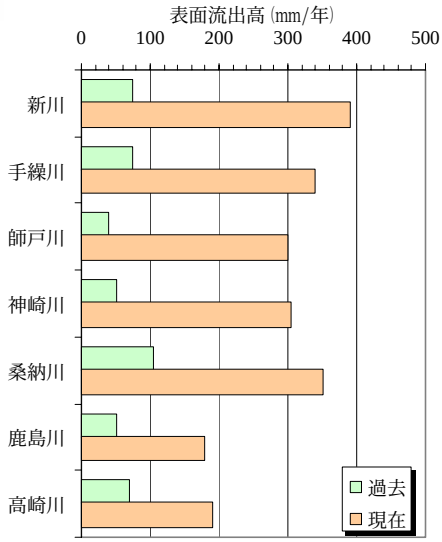


表面流出高の変化（市町村別）



※表面流出高の増加が大きい順に上位10市町村

表面流出高の変化（支川流域別）

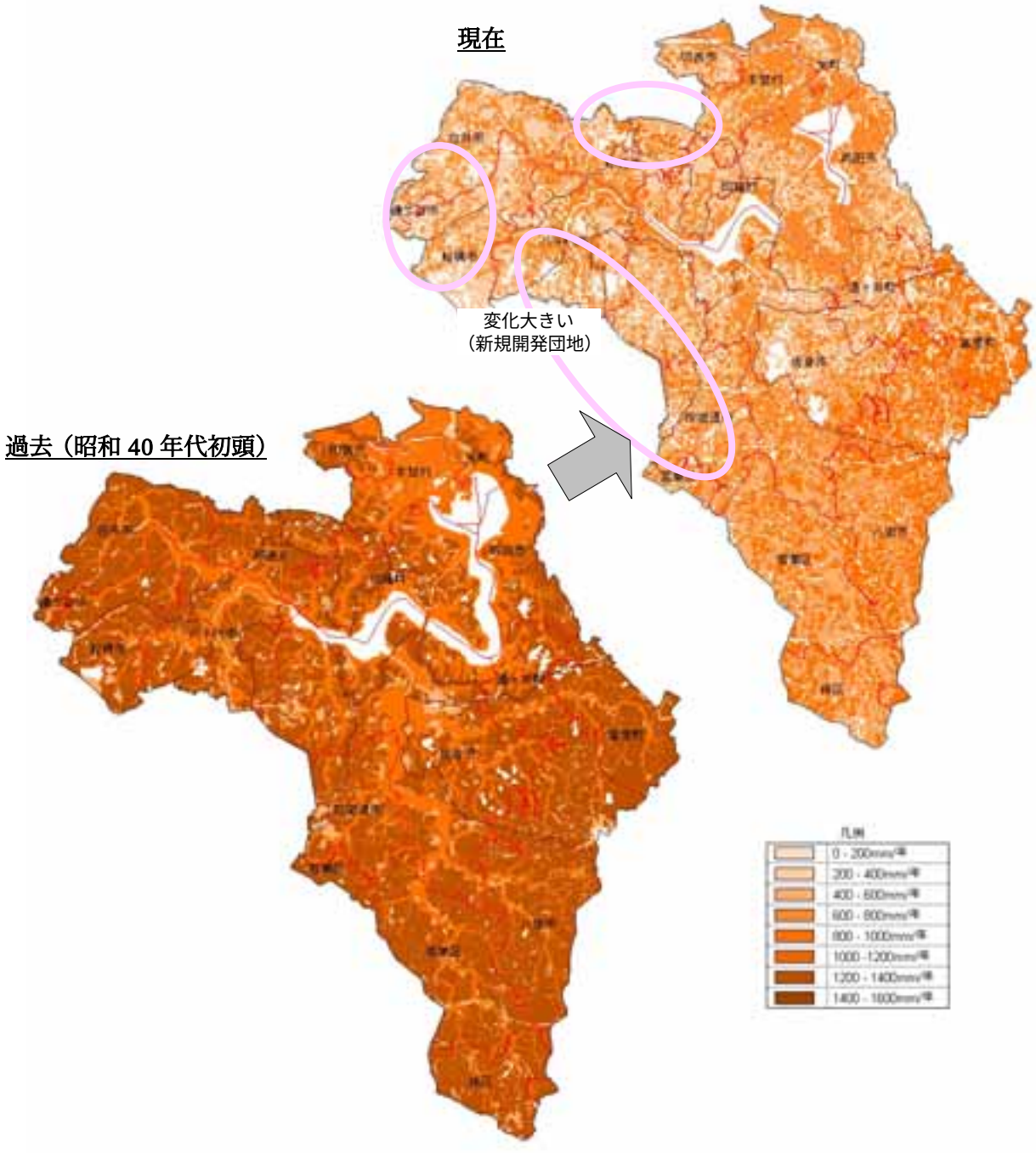


※表面流出高の増加が大きい順に並べている。
ただし、印旛沼の直接流入域は除く

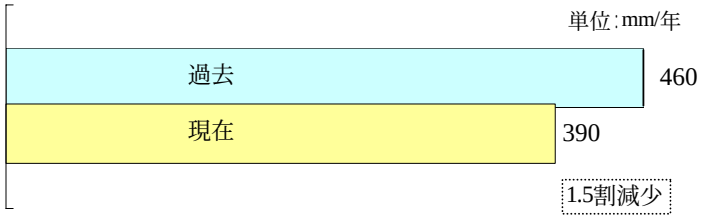
(2) 地下浸透高の変化

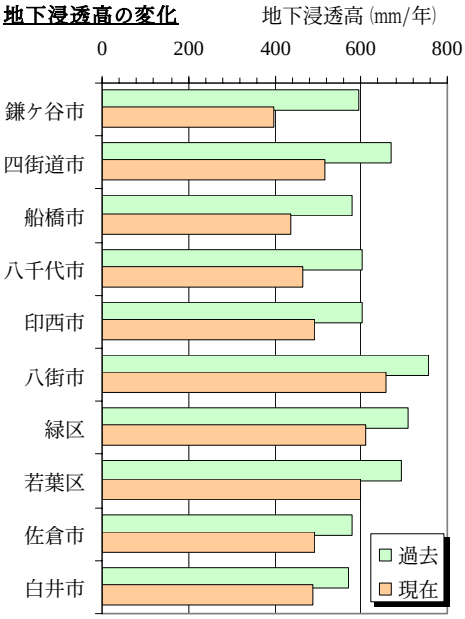
35 年間で地下浸透高が減少した流域、市町村は次の通りと推定される。
○ 市町村区分でみた変化：①鎌ヶ谷市、②四街道市、③船橋市
○ 流域区分でみた変化：①手繰川流域、②桑納川流域、③新川流域

○地下浸透

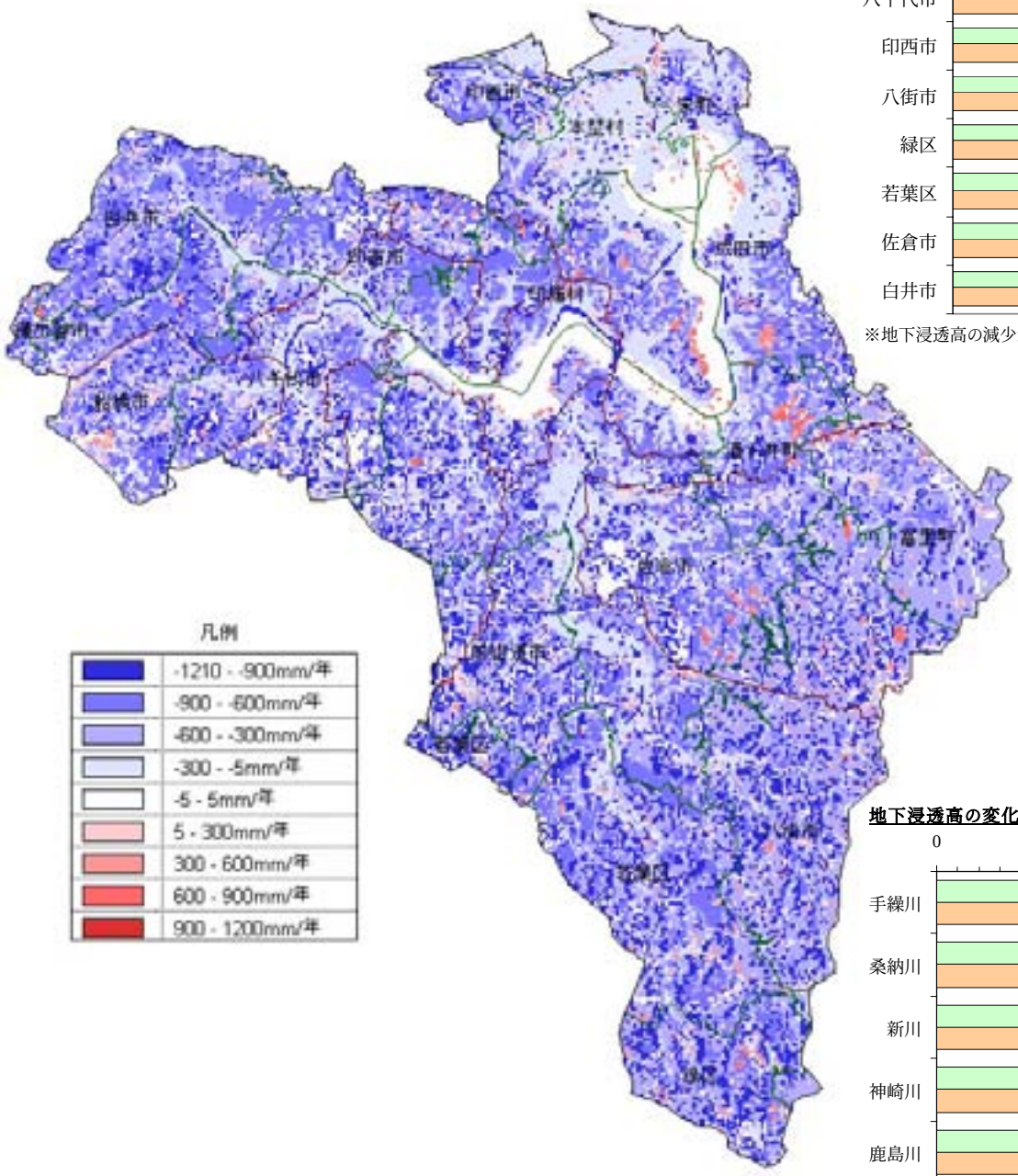


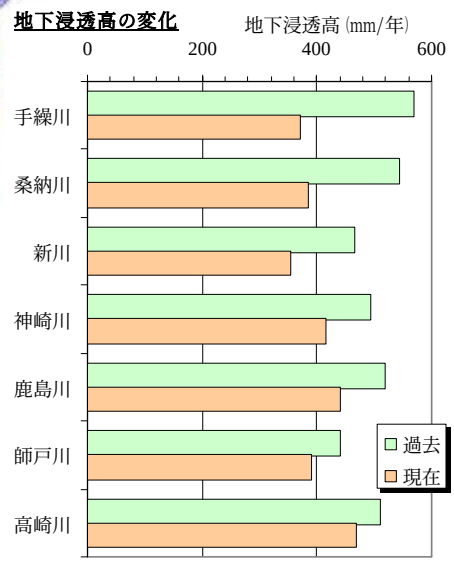
○35 年間の地下浸透高の変化





※地下浸透高の減少が大きい順に上位10市町村



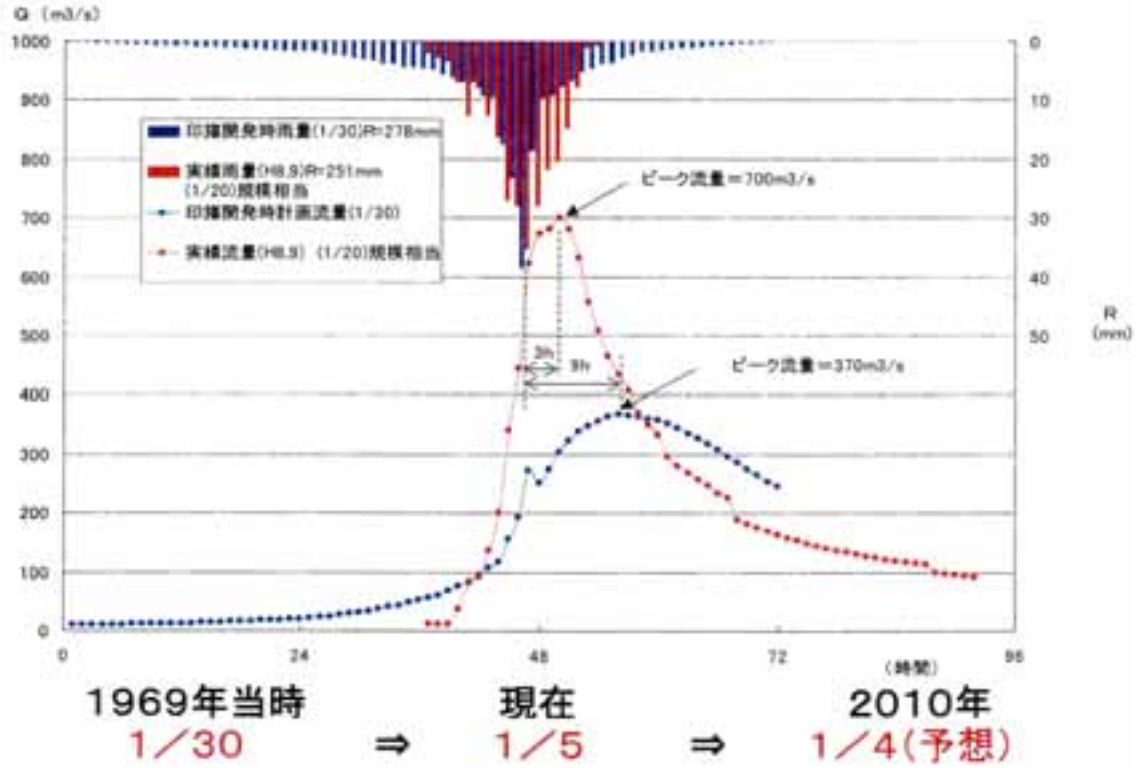


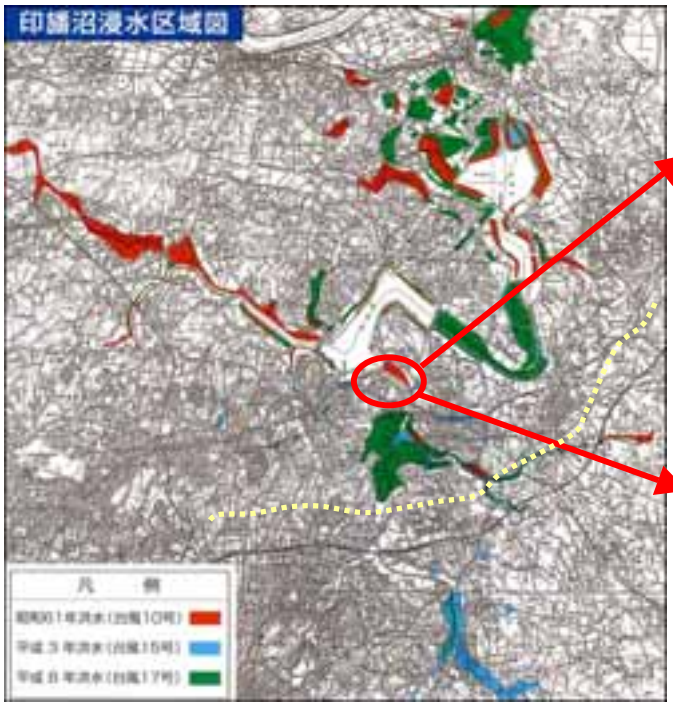
※地下浸透高の減少が大きい順に並べている。
ただし、印旛沼の直接流入域は除く

3.4 洪水被害

- 河川改修に伴う河道の直線化、農地排水・下水道網・道路排水整備によって降雨流出時間が短縮し、洪水ピーク流量が増加した。
- 近年は、印旛沼の周辺及び佐倉市を中心として、頻繁に洪水被害が発生しており、平成 3 年、平成 5 年、平成 8 年の洪水では、床上・床下の家屋浸水、農地湛水・鉄道の不通などの被害を受けている。

<u>○洪水流出の変化</u>





平成 3 年 9 月　台風 18 号佐倉市内の浸水状況

平成 8 年 9 月　台風 17 号佐倉市内の浸水状況

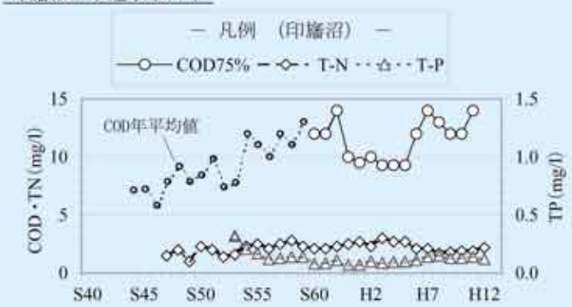
(出典：国土交通省利根川下流工事事務所資料)

3.5 印旛沼と流入河川の水質

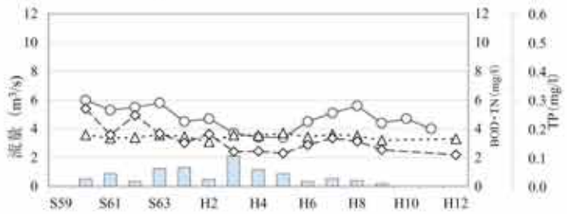
【流入河川】
- 支川・上流域の水質は悪く、流下するにつれて改善される傾向がある。多くの河川で、最下流部のBODは5mg/l以下である。
- 流域西部の河川の水質は、過去に高い値を示していたが、現在は改善傾向にある。流域東部の河川は、過去から現在までほぼ一定の水質値となっている。

【印旛沼】
- 印旛沼は、昭和40年代に干拓されてから徐々に汚濁が進行し、昭和59年度にCODで13mg/l（上水道取水口下）の最高値に達した。
- その後、若干改善されたが、平成5～6年頃から再び悪化して、ここ数年はCOD10～12mg/lで横這いで推移し、全国でもワースト２～３位となっている。

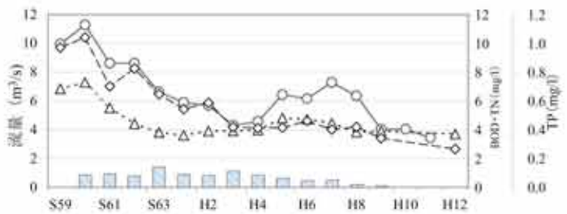
印旛沼上水道取水口下



神崎川(神崎橋)



桑納川(桑納橋)



新川(八千代橋)

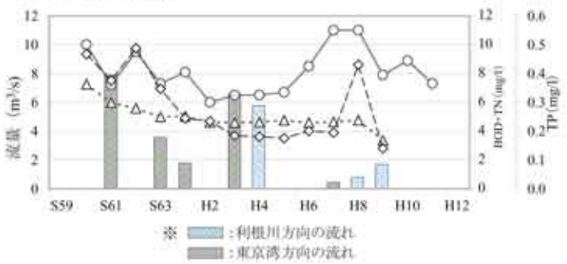
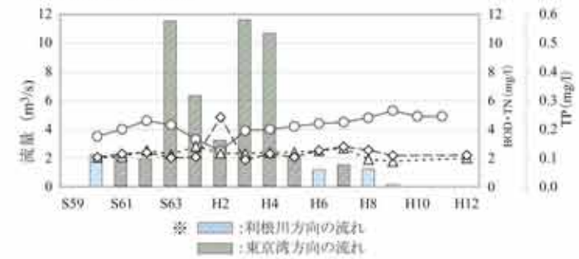
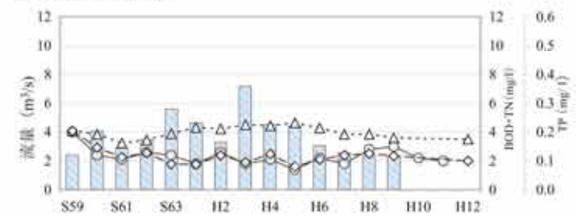


図　河川別BODの状況（平成11年度）

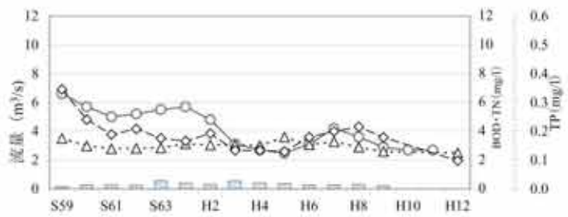
長門川(印旛水門)



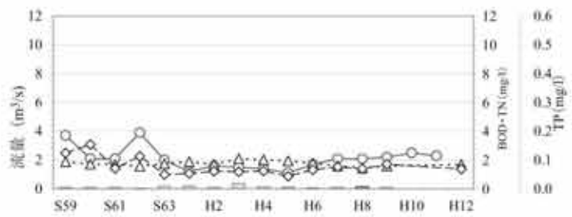
鹿島川(鹿島橋)



手繰川(手繰橋)



師戸川(師戸橋)



※BODは年75%値、T-N、T-Pは年平均値
※流量は水質観測時（年24回程度）に計測した値の年間平均値

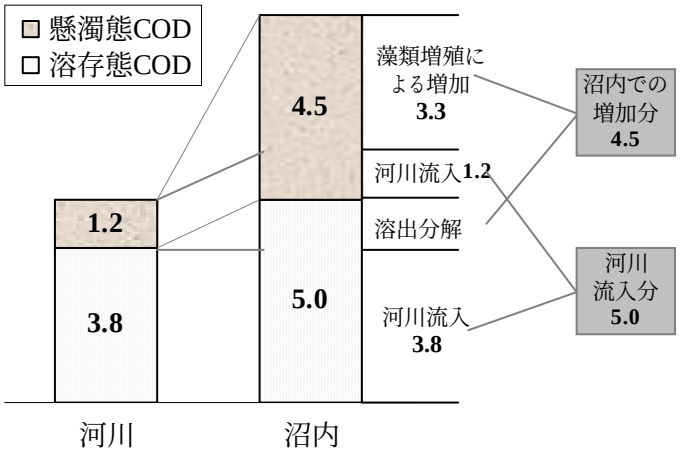
出典：千葉県資料（経年データ）
印旛沼白書（平成11・12年度）（河川別BOD 平成11年度）

【印旛沼の汚濁機構】

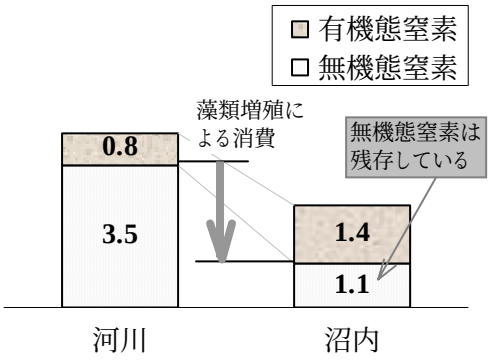
- 印旛沼の COD は、①河川から直接流入する分（53%）、②沼内で増加する分（47%）からなる。
- 沼内で増加する COD の大部分は、河川から流入する栄養塩類（窒素・リン）を藻類（植物プランクトン）が取り込んで増殖することに起因していると推定される。
- 藻類（植物プランクトン）の栄養源となる無機態リンがほとんど存在しないことから、印旛沼はリン制限である（リンの有無が藻類増殖を制御しており、リンが増えれば藻類が増殖する、リンが減れば藻類が減少し水質が改善される）ことがわかる。

流入河川と沼内水質（COD・窒素・リン）構成の比較

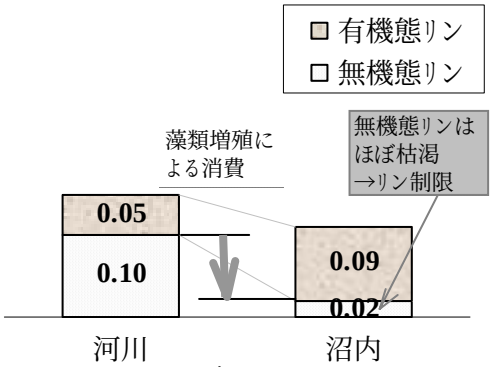
○COD



○窒素



○リン



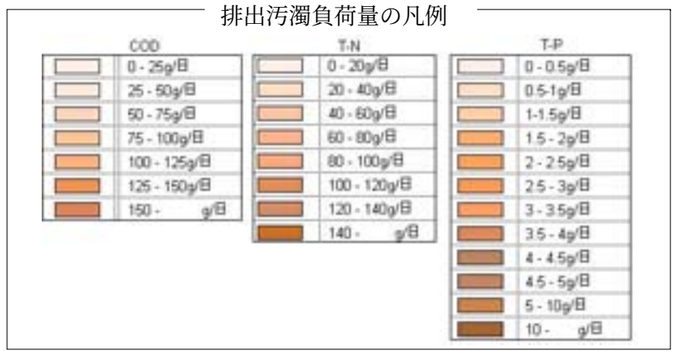
データは平成 2～8 年度の平均値、河川水質は流量の加重平均

3.6 汚濁負荷の発生

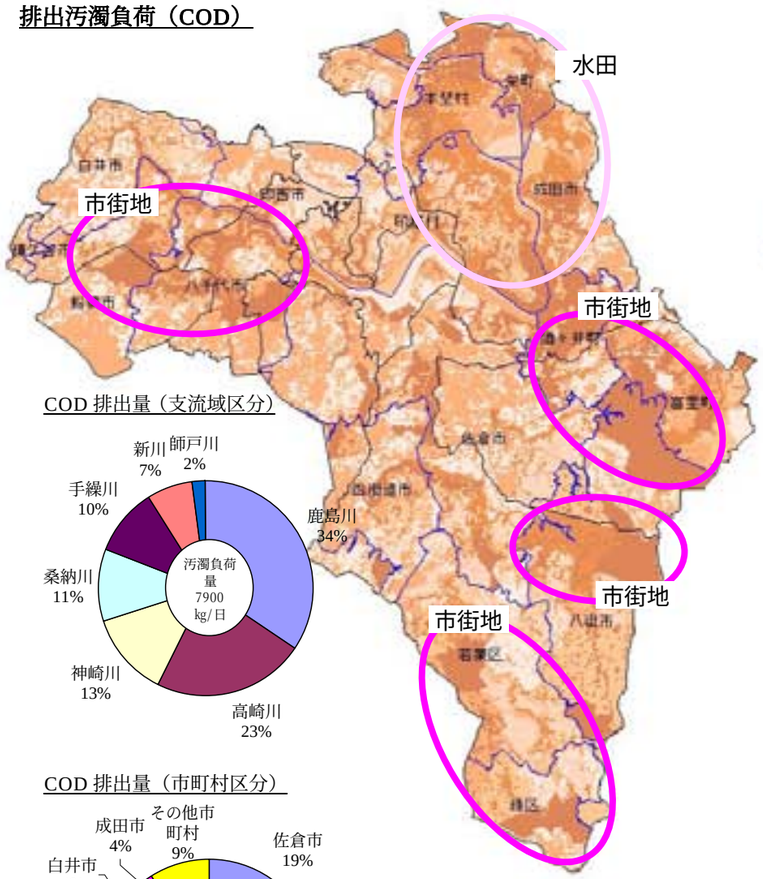
(1) 排出汚濁負荷の現況

現在の主な汚濁負荷（COD、T-N、T-P）の発生源は、次の通りである。

○ 主な COD 汚濁負荷発生源　：生活系（点源）負荷および水田・市街地からの面源負荷
○ 主な T-N 汚濁負荷発生源　：生活系（点源）負荷および畑・市街地からの面源負荷
○ 主な T-P 汚濁負荷発生源　：生活系（点源）負荷および水田、市街地からの面源負荷

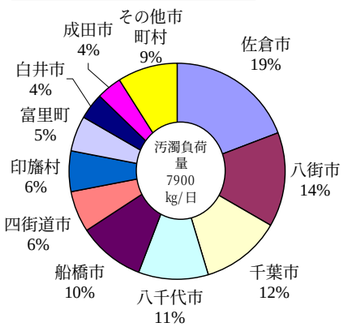


排出汚濁負荷（COD）



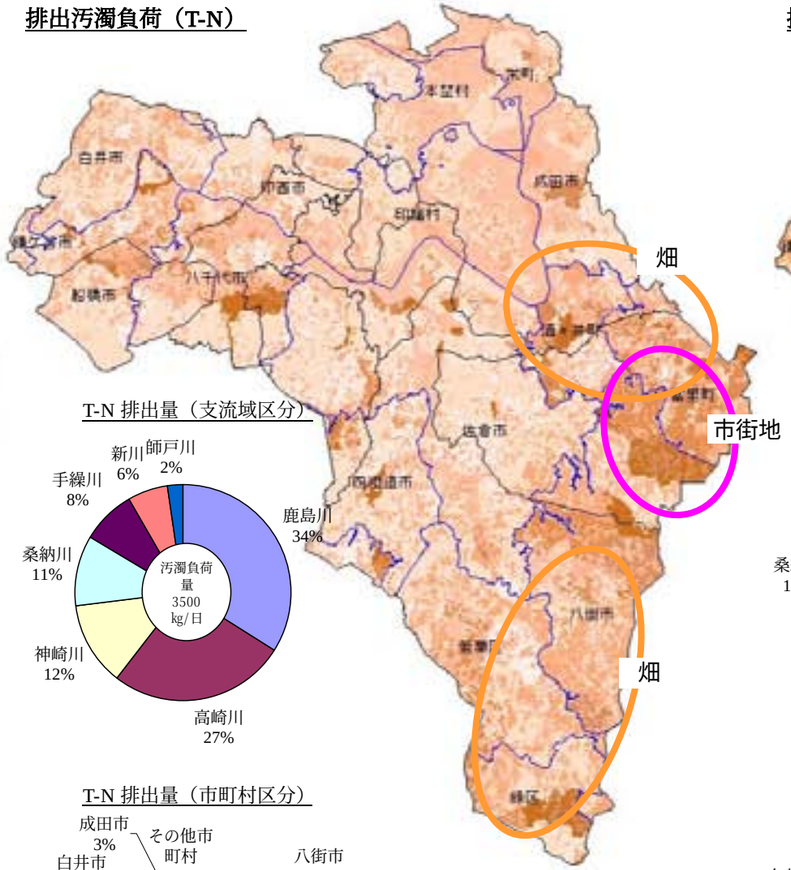
COD 排出量（支流域区分）

COD 排出量（市町村区分）



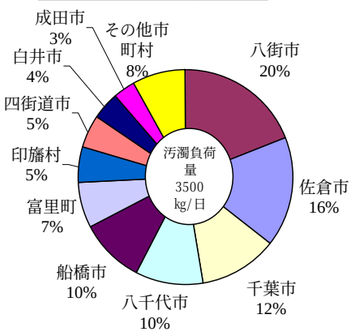
※排出負荷量の大きい順に上位 10 市町村

排出汚濁負荷（T-N）



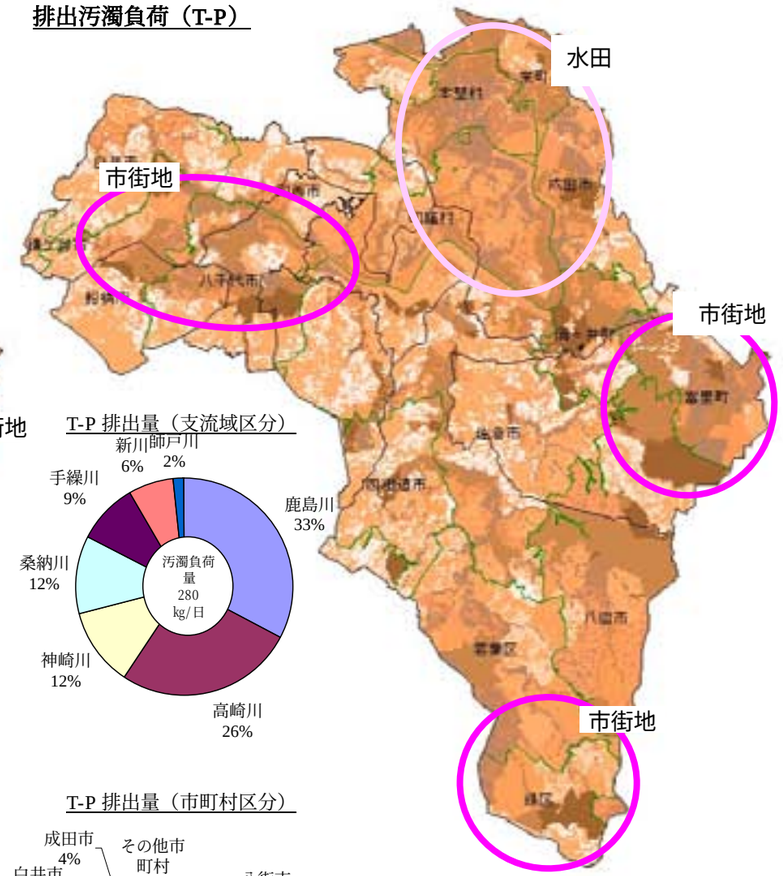
T-N 排出量（支流域区分）

T-N 排出量（市町村区分）



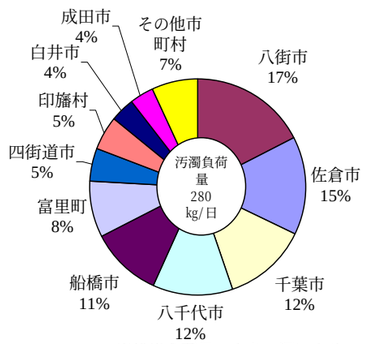
※排出負荷量の大きい順に上位 10 市町村

排出汚濁負荷（T-P）



T-P 排出量（支流域区分）

T-P 排出量（市町村区分）



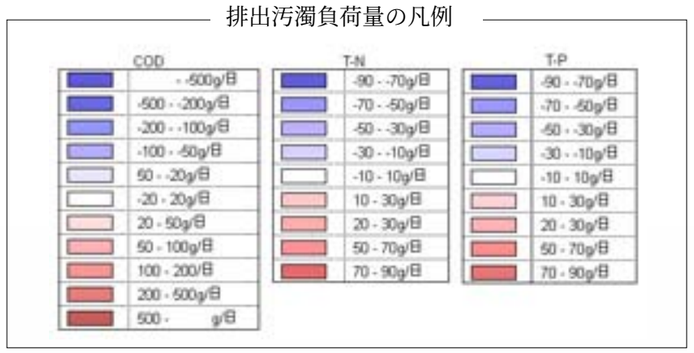
※排出負荷量の大きい順に上位 10 市町村

(2) 排出汚濁負荷量の増加（過去 35 年間の変化）

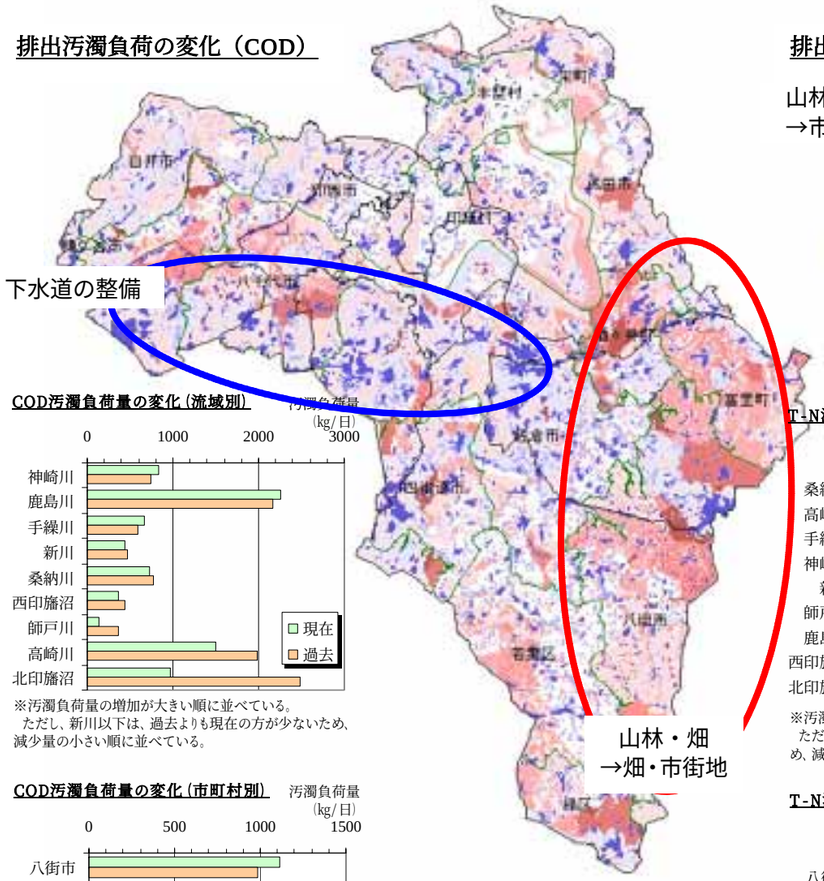
排出汚濁負荷の増加が大きかった市町村及び支流域は次の通りである。

○ COD の増加が大きかった流域　：①神崎川流域　②鹿島川流域　③手繰川流域
　　市町村　：①八街市　②八千代市　③四街道市
○ T-N の増加が大きかった流域　：①桑納川流域　②高崎川流域　③手繰川流域
　　市町村　：①八街市　②八千代市　③船橋市
○ T-P の増加が大きかった流域　：①高崎川流域　②桑納川流域　③鹿島川流域
　　市町村　：①八街市　②八千代市　③千葉市

排出汚濁負荷量の凡例



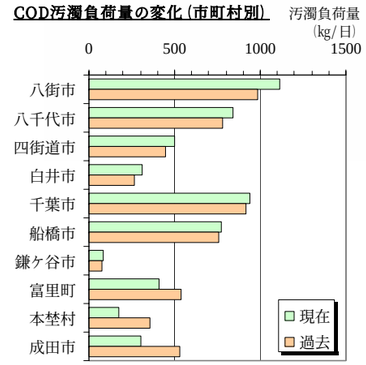
排出汚濁負荷の変化（COD）



COD汚濁負荷量の変化（流域別）

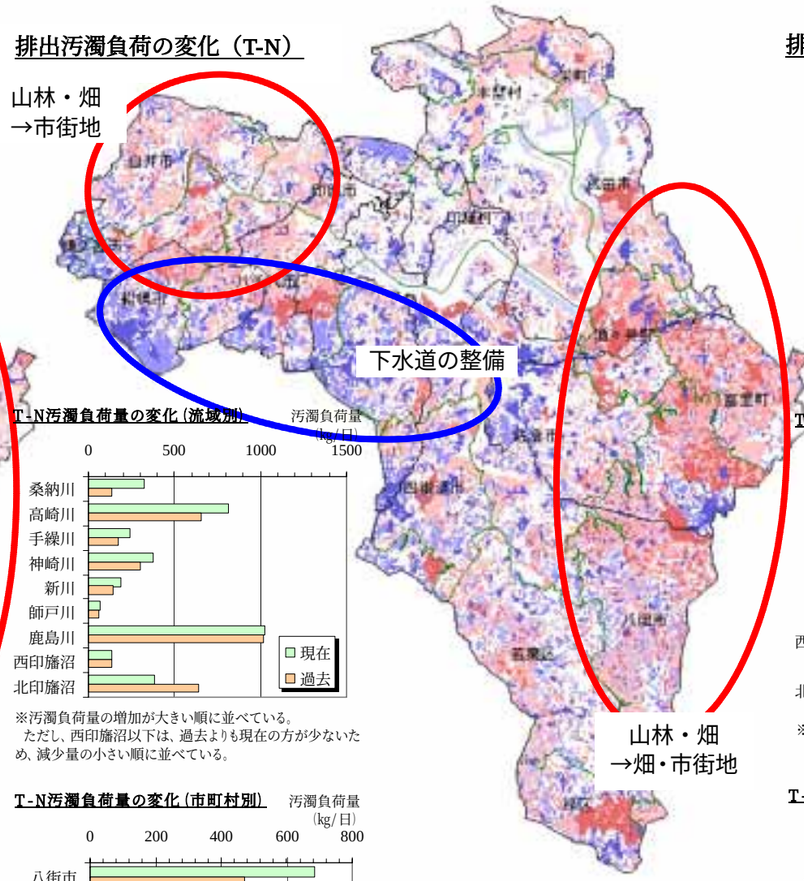
※汚濁負荷量の増加が大きい順に並べている。
ただし、新川以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

COD汚濁負荷量の変化（市町村別）



※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村
ただし、富里町以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

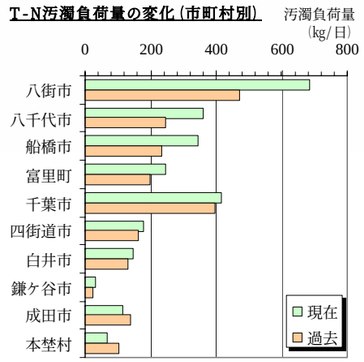
排出汚濁負荷の変化（T-N）



T-N汚濁負荷量の変化（流域別）

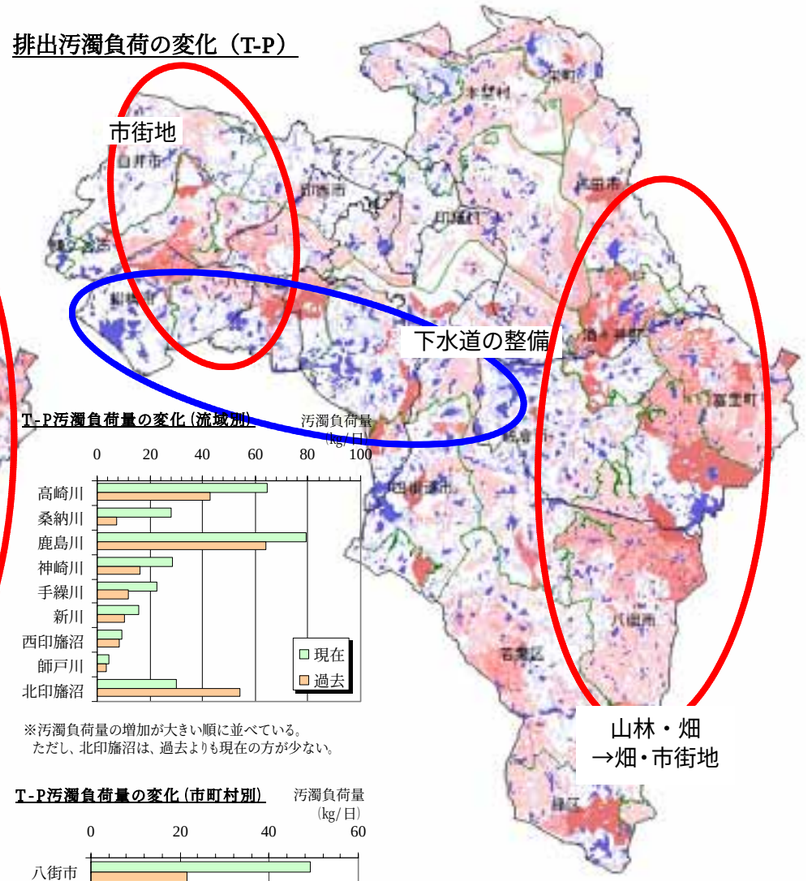
※汚濁負荷量の増加が大きい順に並べている。
ただし、西印旛沼以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

T-N汚濁負荷量の変化（市町村別）



※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村
ただし、成田市以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

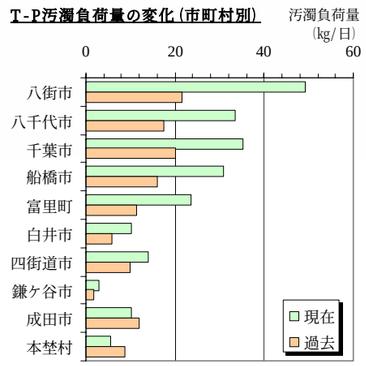
排出汚濁負荷の変化（T-P）



T-P汚濁負荷量の変化（流域別）

※汚濁負荷量の増加が大きい順に並べている。
ただし、北印旛沼は、過去よりも現在の方が少ない。

T-P汚濁負荷量の変化（市町村別）



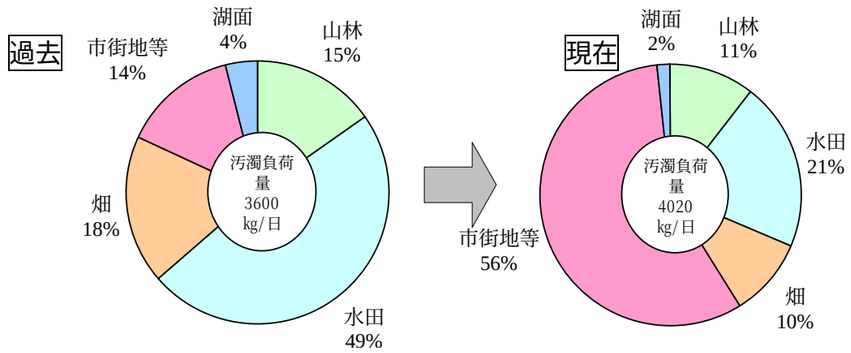
※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村
ただし、成田市以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

(3) 面源汚濁負荷発生量の変化

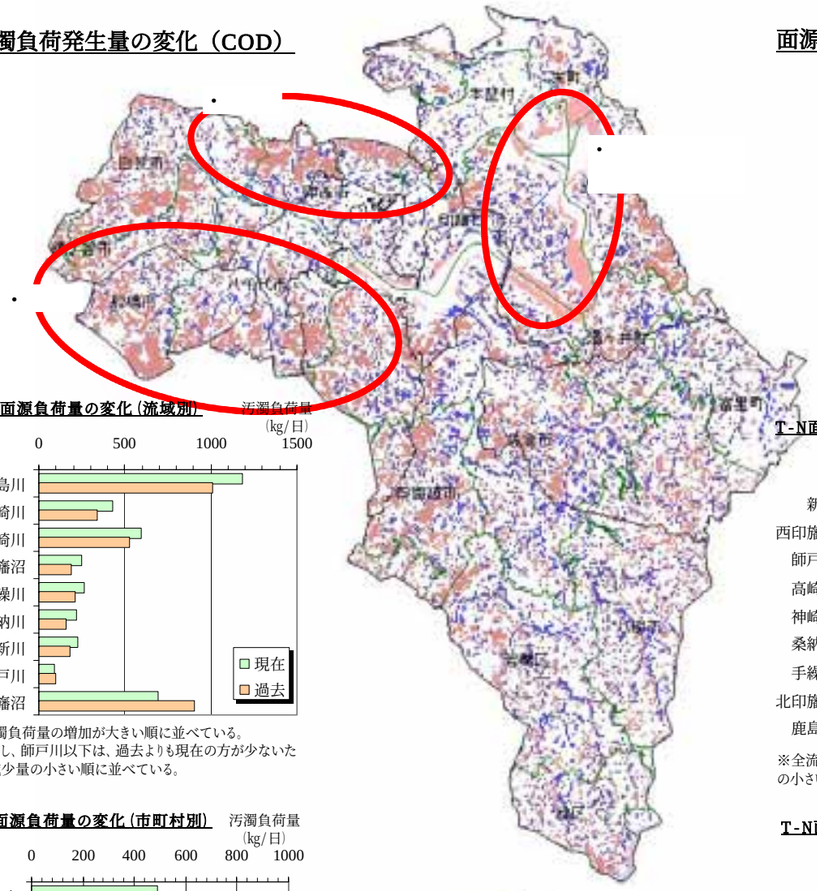
面源汚濁負荷発生量の増加が大きかった市町村及び支流域は次の通りである。

○ COD の増加が大きかった流域	：①鹿島川流域	②神崎川流域	③高崎川流域
市町村	：①千葉市	②佐倉市	③八千代市
○ T-N の増加が大きかった流域	：なし		
市町村	：①酒々井町		
○ T-P の増加が大きかった流域	：①桑納川		
市町村	：①船橋市	②酒々井町	

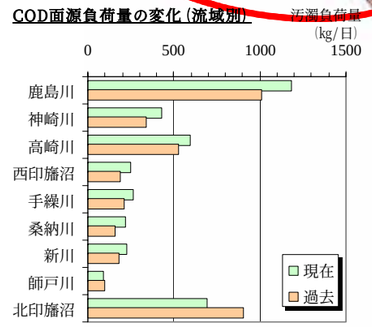
土地利用別の面源負荷発生量の変化（COD）



面源汚濁負荷発生量の変化（COD）

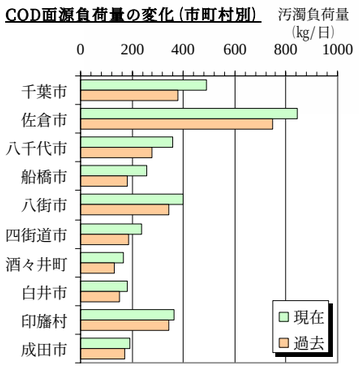


COD面源負荷量の変化（流域別）



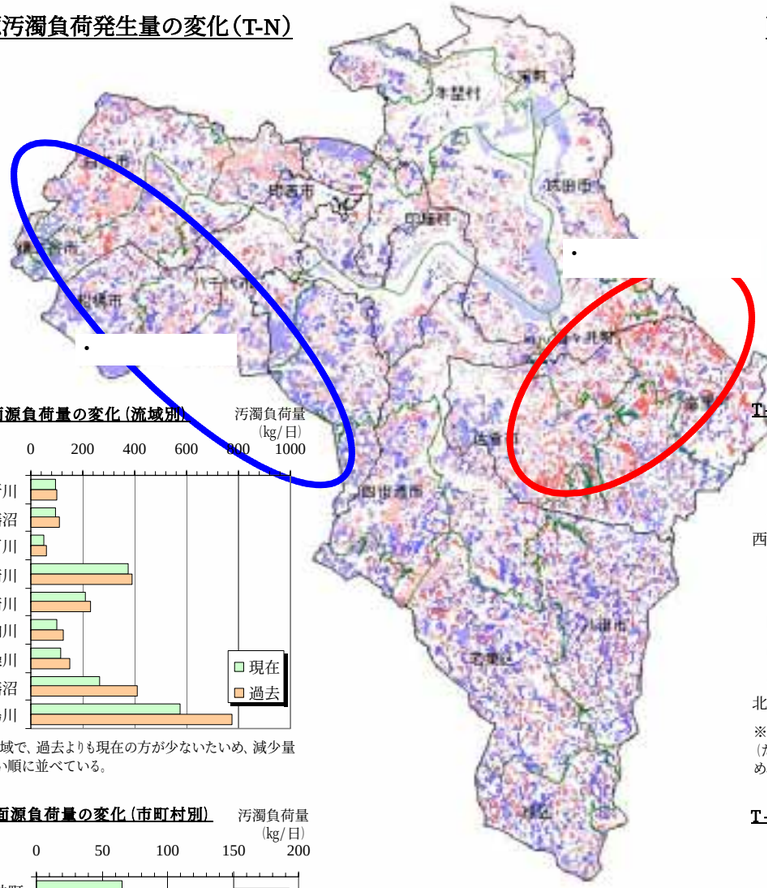
※汚濁負荷量の増加が大きい順に並べている。
ただし、師戸川以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。

COD面源負荷量の変化（市町村別）

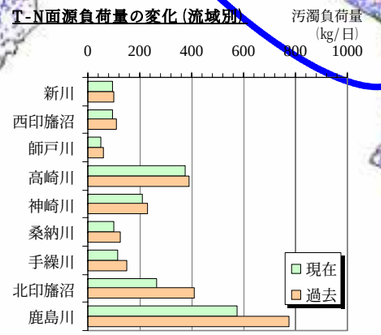


※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村

面源汚濁負荷発生量の変化（T-N）

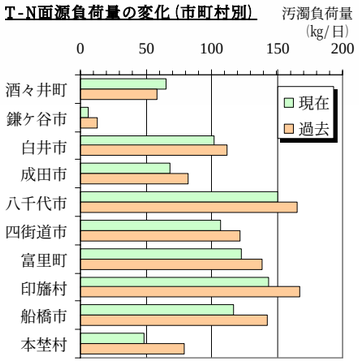


T-N面源負荷量の変化（流域別）



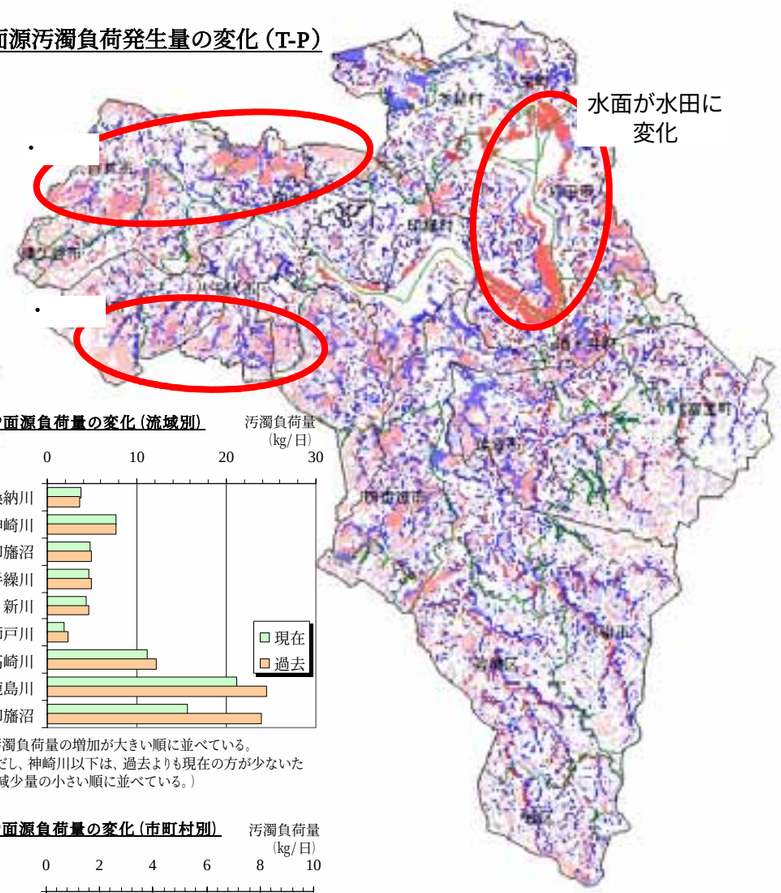
※全流域で、過去よりも現在の方が少ないたいめ、減少量の小さい順に並べている。

T-N面源負荷量の変化（市町村別）

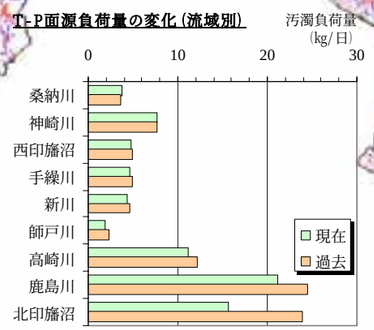


※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村
（ただし、鎌ヶ谷市以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。）

面源汚濁負荷発生量の変化（T-P）

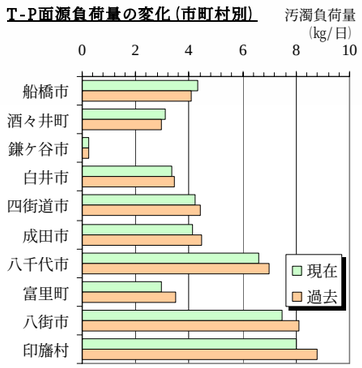


T-P面源負荷量の変化（流域別）



※汚濁負荷量の増加が大きい順に並べている。
（ただし、神崎川以下は、過去よりも現在の方が少ないため、減少量の小さい順に並べている。）

T-P面源負荷量の変化（市町村別）



※汚濁負荷量の増加が大きい順に上位10市町村
（ただし、鎌ヶ谷市以下は、過去よりも現在の方が少ないため、、減少量の小さい順に並べている。）

参考：GIS（地理情報システム）を用いた汚濁負荷量の算出について

○　GIS（地理情報システム）とは

GIS とは、地図や地域情報（人口・土地利用等）のデジタル化に基づく地図・地域データベースと、その作成・表示・分析・管理を行うシステムのことを言う。

○　GIS を用いた汚濁負荷量の算出方法

フレーム（人口・土地利用など）に原単位（下表）を乗じて、汚濁負荷量を算出する。原単位を用いた汚濁負荷量の算出は、これまで印旛沼でも湖沼水質保全計画などで用いられてきたが、ある程度まとまった範囲（支川・市町村単位など）毎に集計された人口・土地利用等をもとに算出するものであった。

GIS による方法は、100m×100m 程度のメッシュ毎に人口・土地利用を規定し、各メッシュ毎に汚濁負荷量を算出する。このため、より詳細な情報を、視覚的に提供することが可能となる。

○　汚濁負荷算出に用いたフレーム

汚濁負荷算出に用いたフレームは、次の通り。

表　汚濁負荷算出に用いたフレーム

項目	現在	昭和 40 年代初頭
土地利用	細密数値情報（10m メッシュ土地利用）1994 （一部細密数値情報のない地域は、1/10 細分区画土地利用（1989））	1/25000 地形図などから 8 区分の土地利用図を作成
人口	汚水処理形態別人口（字毎）	①　現在の土地利用と人口をもとに重回帰分析により土地利用毎の重みづけ係数を算出 ②　次いで当時の流域人口 34 万人*を土地利用を元に分布推定 ③　汚水処理形態はし尿処理場もしくは自家処理と仮定
事業所	事業所別排水量・水質	事業所なしと仮定
畜産	字別家畜頭数	現在と同様と仮定

*現在の流域人口 71 万人に、現在と過去との流域市町村人口比を乗じて算出。

○　汚濁負荷算出に用いた原単位

汚濁負荷算出に用いた原単位は、印旛沼湖沼水質保全計画のものを用いた。この原単位を下表に示す。

表　汚濁負荷量算出に用いた原単位

項目				単位	現在		
					COD	T-N	T-P
発生原単位	点源	生活系	し尿	g/人・日	10.1	9.0	0.77
			雑排水		19.2	3.0	0.40
			合計		29.3	12.0	1.17
		畜産系	牛・馬	g/頭・日	530	290	50
			豚		130	40	25
排出原単位	点源	生活系	合併処理浄化槽	g/人・日	3.3	6.5	0.67
			単独処理浄化槽		22.3	7.5	0.80
			し尿処理場		19.2	3.0	0.40
			自家処理		19.2	3.0	0.40
		畜産系	牛・馬	g/頭・日	7.4	4.1	0.70
			豚		2.6	0.8	0.50
	面源	水面への降雨		g/ha・日	56.0	51.0	1.72
		市街地等			112	32.8	1.67
		山林			41.4	15.1	0.50
		畑地			36.8	77.2	0.96
		水田			111	31.0	3.36

※原単位の設定：印旛沼湖沼水質保全計画（第 3 期）の原単位を使用

3.7 印旛沼の水収支･負荷収支と流動

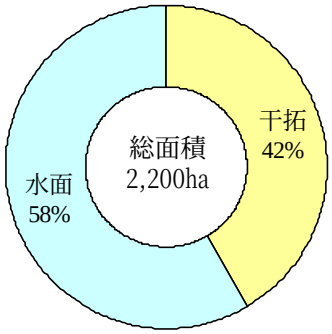
3.7.1 印旛沼の形状変化

印旛沼では、干拓により、次の変化が見られた。

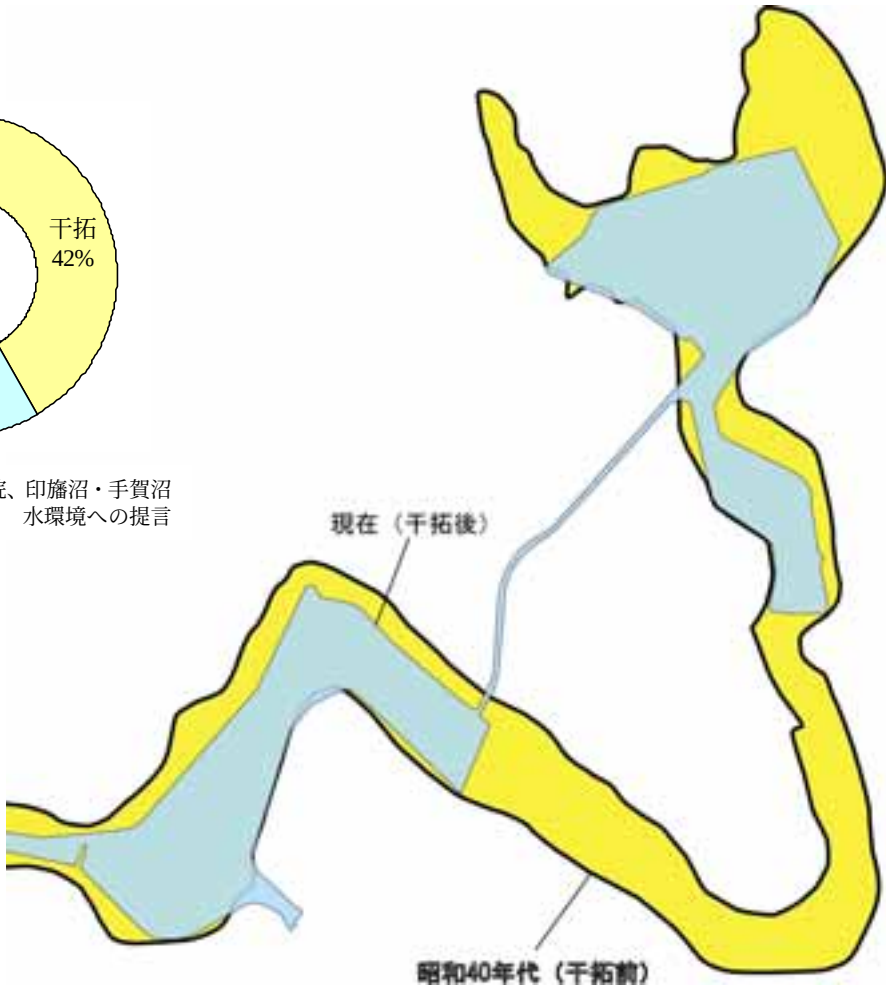
○ 形状の変化：水面積が干拓前の 58%に減少
○ 水深の増加：干拓前平均水深 1m →干拓後平均水深 1.7m

印旛沼の形状と水深の変化

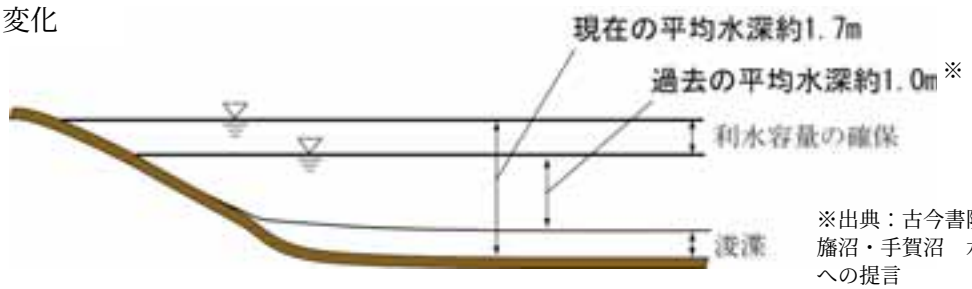
○形状の変化



出典：古今書院、印旛沼・手賀沼
水環境への提言



○水深の変化



※出典：古今書院、印旛沼・手賀沼　水環境への提言

3.7.2 印旛沼の水収支と負荷収支

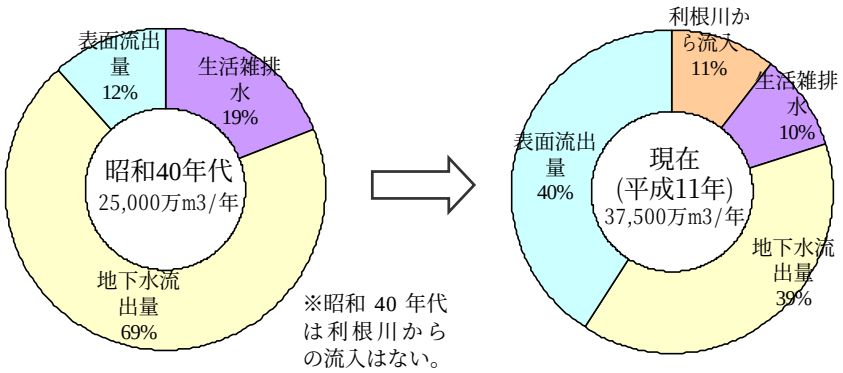
昭和 40 年代はじめからの 35 年間で、印旛沼の干拓や貯水池化によって印旛沼の形状は大きく変化した。また、流域の土地利用と生活様式、産業の発展によって次の変化を見た。

○ 水 収 支：過去に比べ現在では約 1.5 倍増加した。（25,000 万 m^3/年→37,500 万 m^3/年）

○ 流入負荷：COD（9,700kg/日→7,900 kg/日）、T-N（3,300kg/日→3,600kg/日）、T-P（220kg/日→280kg/日）

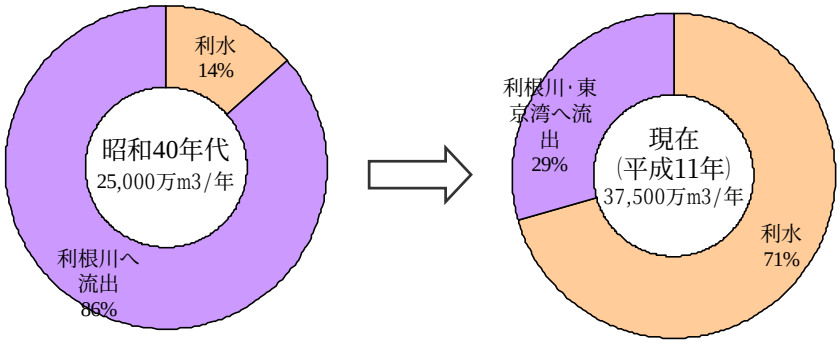
印旛沼の水収支

①沼への流入



※昭和 40 年代は利根川からの流入はない。

②沼から流出

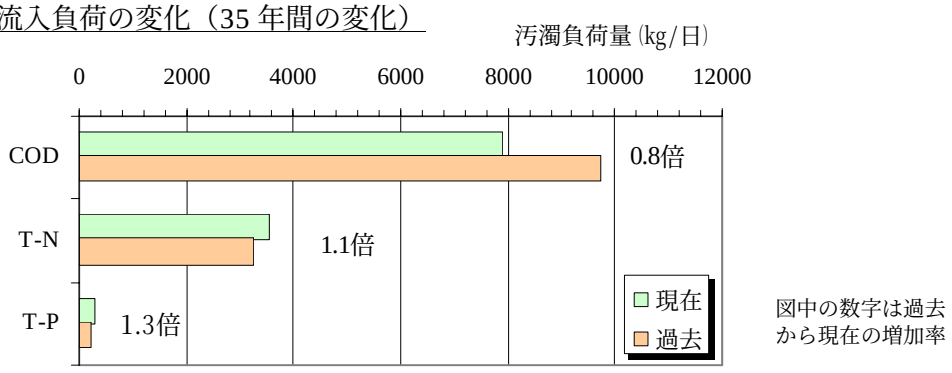


※昭和 40 年代の利水量は、工水（川鉄）のみとして、算出

※利根川・東京湾への流出量は、沼への流入の総量から利水量を減じることにより算出

印旛沼への流入負荷

○印旛沼の流入負荷の変化（35 年間の変化）



図中の数字は過去から現在の増加率

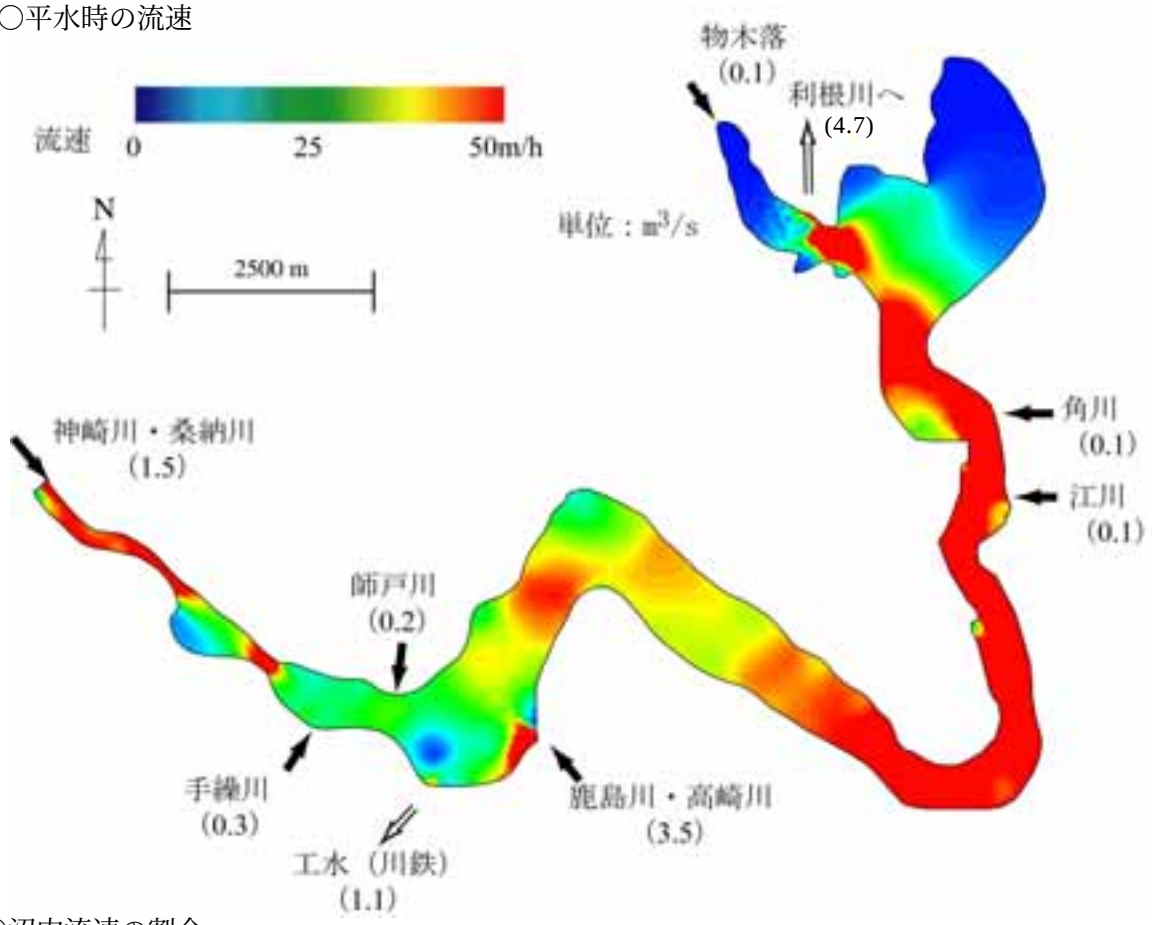
3.7.3 沼内の流動

干拓や利水状況の変化に伴い、平水時の沼内の流動状況は、次のとおり変化した。

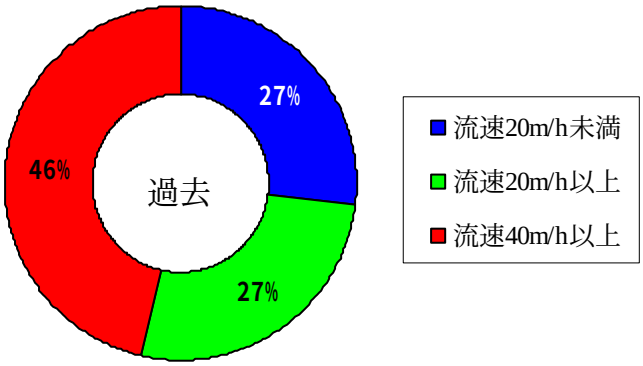
○ 緩水域（流速 20m/h 未満）の拡大（　27%→　60%）
○ 流動の大きいエリアの縮小

過去（干拓完成前）：非灌漑期

○平水時の流速



○沼内流速の割合



流動モデルの概要

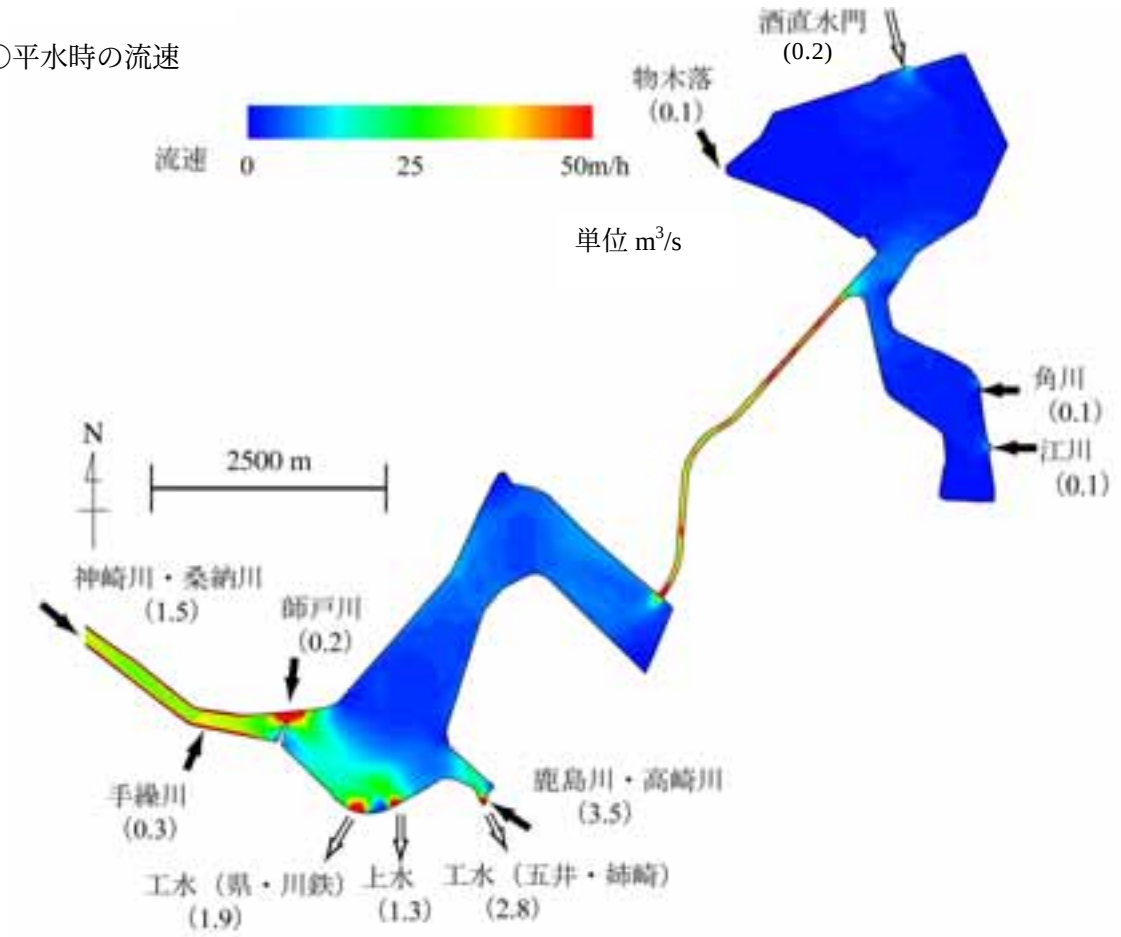
- 印旛沼は複雑な地形形状であり、また平均水深が 1.7m（過去では 1m）と浅いことを考慮し、平面２次元の有限要素法により解析
- 水域を数 10～数 100m の要素に分割

【計算条件】

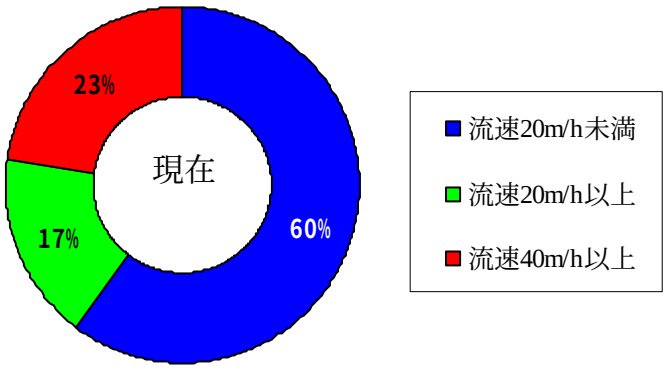
- 非灌漑期（10～3 月）における平水時の流動を、定常状態で解析（河川流量を一定で与え続けている）
- 河川流量：【現在】公共用水域水質測定結果より、平水時の解析を行うため、降雨時を除いた非灌漑期の過去 10 年間の平均値で設定。【過去】実測データがないため、現在の値で設定。なお、角川・江川は、文献値（千葉県水保研年報平成 13 年度、印旛沼の流れに関する数値計算）より引用
- 上水、工水の取水量は、印旛沼の水収支（水資源開発公団資料）より設定
- 酒直水門（利根川）からの流入量は、水位を一定として解析していることから、河川流入量と取水量の収支により設定

現在：非灌漑期

○平水時の流速



○沼内流速の割合



3.7.4 沼内の汚濁物質の拡散

沼内水の汚濁物質（粒子）の拡散を過去（干拓完成前）と現在で比較すると、次の特徴が見られる。

【灌漑期（4～9 月）】

○ 過去では、鹿島川や神崎川等の流入河川から流入した河川水は、沼全体を経由し、利根川へ流出する。

○ 現在では、西印旛沼における工水・上水・農水取水による影響が大きく、捷水路を経由し北印旛沼から西印旛沼への流れが生じる。

※解析の方法について

流動により沼内の汚濁物質（粒子：図中、緑の点）が、移動・拡散する様子を示している。流入河川からの河川水の流入により、汚濁物質が流下し、利根川や上水・工水取水口から流れ出ていく様子が分かる。

※計算条件の設定について

解析は、流量を一定で与える定常解析とする。河川流量、農水、上水・工水の設定は以下の通り。

・河川流量：現在については、公共用水域水質測定結果より、平常時の解析を行うため、降雨時を除いた灌漑期（4～9 月）と非灌漑期（10～3 月）の過去 10 年間の平均値で設定。過去については、実測データがないため、現在の値で設定。なお、角川、江川については、文献値（千葉県水保研年報平成 13 年度、印旛沼の流れに関する数値計算）より引用

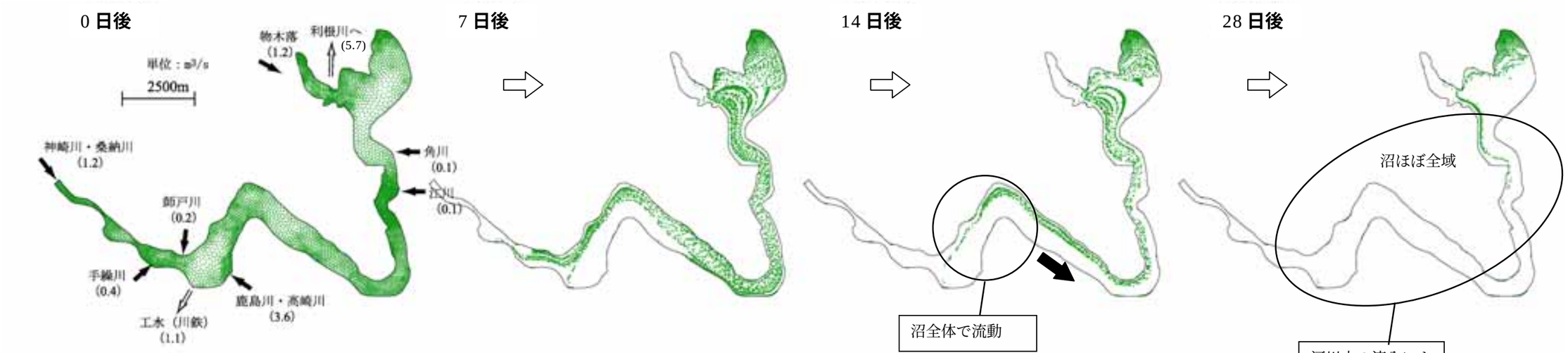
・農業用水：印旛沼の水収支（水資源開発公団資料、平成 11 年度）より、各揚水機場の配水面積で案分して設定。ただし、0.1m³/s 未満の揚水機場については考慮していない。

・上水・工水：印旛沼の水収支（水資源開発公団資料）より設定

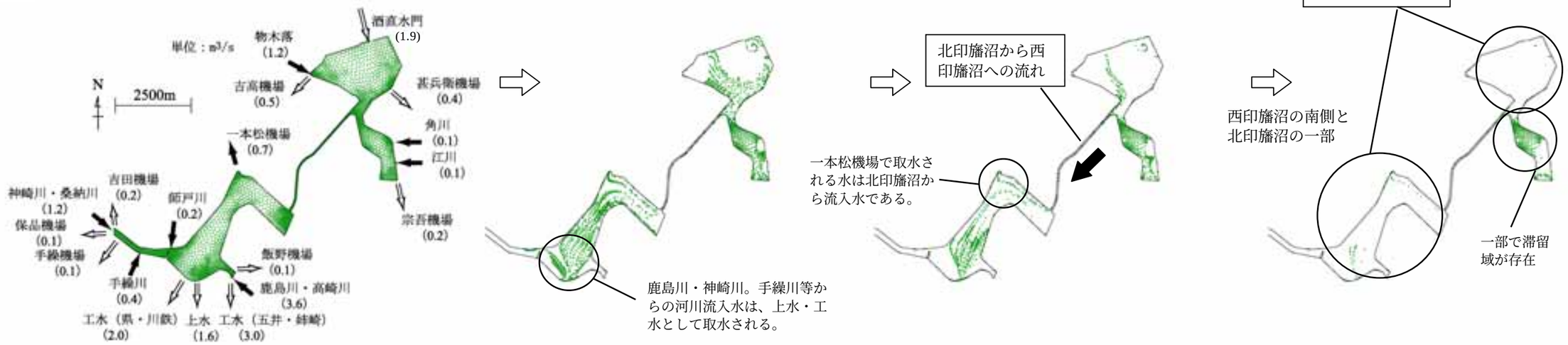
・酒直水門（利根川）：沼水位を一定として解析していることから、河川流入量と各取水量の収支により設定

○沼内の汚濁物質（粒子）の流動　**灌漑期**

過去（干拓完成前）



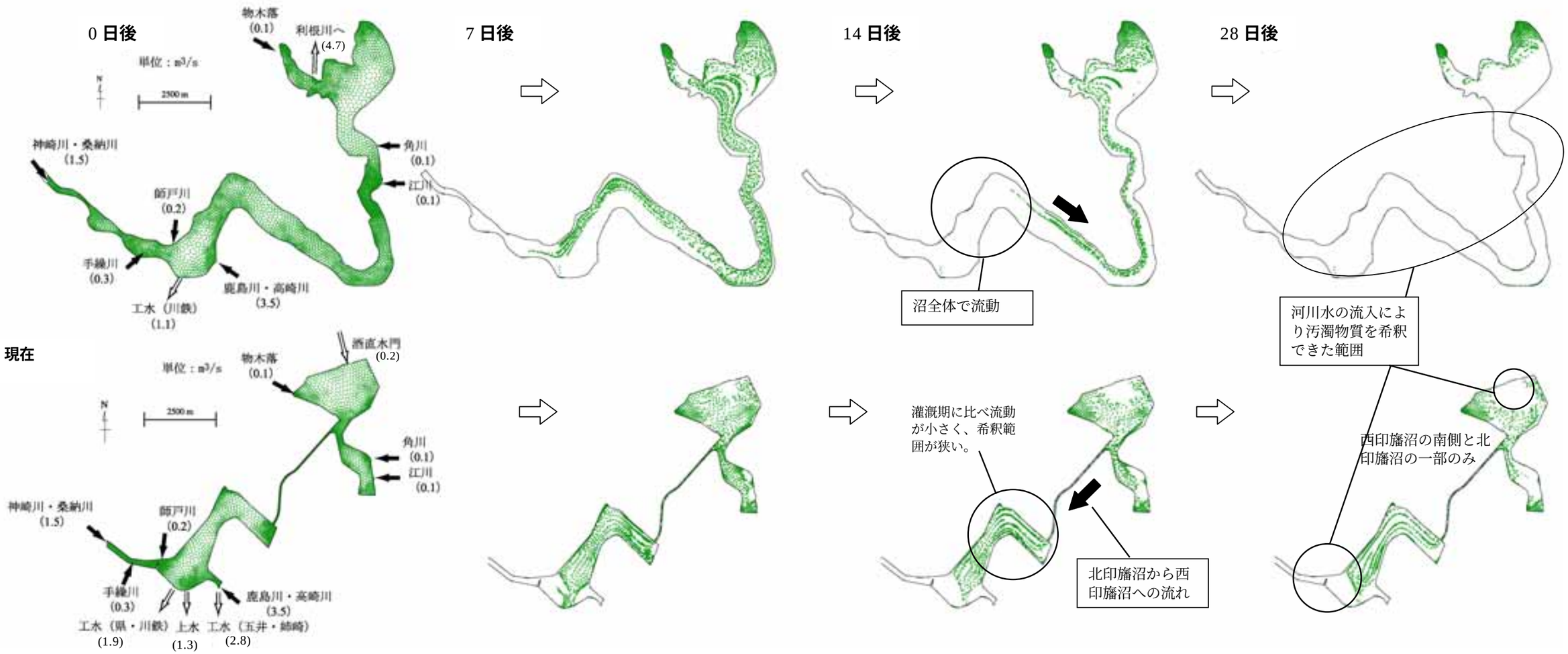
現在



【非灌漑期（10～3 月）】
- ○ 過去では、灌漑期と同様、鹿島川や神崎川等の流入河川から流入した河川水は、沼全体を経由し、利根川へ流出する。
- ○ 現在では、上水・工水取水による流動が生じているものの、過去に比べ、28 日後における希釈範囲は狭い。また、現在の灌漑期に比べても、希釈範囲が狭くなっている。

○沼内の汚濁物質（粒子）の流動　**非灌漑期**

過去（干拓完成前）



3.8 印旛沼の生物相

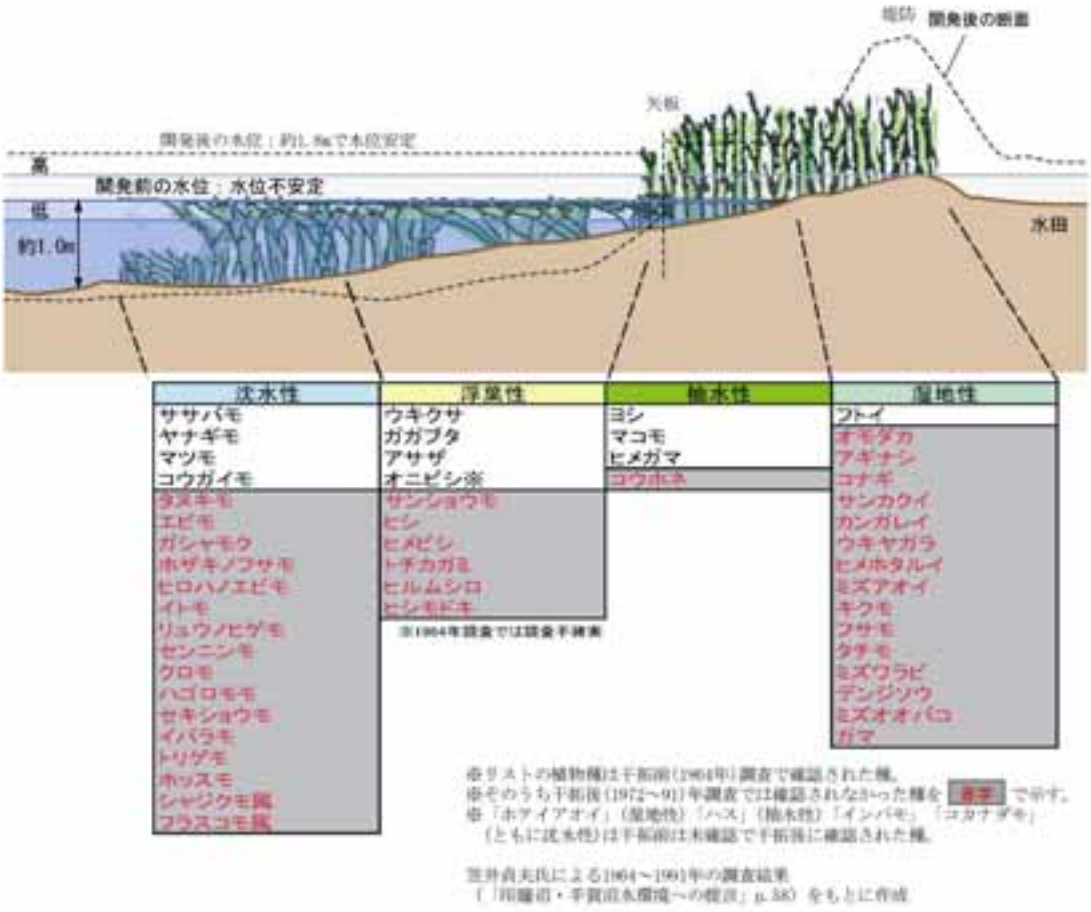
(1) 印旛沼の生物相の変化

・ 印旛沼開発事業を挟んで、昭和 39 年から現在までに植生と魚類の確認種が減少した。

○ 植生： 沈水性植物（20 種→ 4 種）
浮葉性植物（10 種→ 4 種）
抽水性植物（ 4 種→ 3 種）
湿地性植物（16 種→ 1 種）

○ 魚類： タナゴ類（ 6 種→ 0 種）
コイ・フナ類（18 種→ 8 種）
エビ類（ 2 種→ 0 種）

○印旛沼と水際植生の変化（昭和 39 年と平成 3 年の調査の比較）



○水際植生分布の変化

印旛沼の水草植生図（笠井貞夫調査）
「印旛沼・手賀沼水環境～の提言」p.61をもとに作成

○　魚類確認種の変化（過去の記録と現在の魚類相の比較）

ﾔﾂﾒｳﾅｷﾞ類	ｻｹ類	ｺｲ･ﾌﾅ類	ﾀﾅｺﾞ類	ﾄﾞｼﾞｮｳ類	ﾅﾏｽﾞ類	ｳﾅｷﾞ類	ﾒﾀﾞｶ類	ﾀﾞﾂ類	ﾄｹﾞｳｵ類	ｽｽﾞｷ類	ﾊｾﾞ類	ｴﾋﾞ類
ヤツメウナギ類	シラウオ	タモロコ	ヤリタナゴ	ドジョウ	ナマズ	ウナギ	メダカ	クルメサヨリ	イバラトミヨ	ボラ	ヌマチチブ	テナガエビ
	ワカサギ	ニゴイ	タナゴ	ホトケドジョウ	ギバチ			サヨリ		カムルチー	ヨシノボリ	ヌカエビ
	サケ	モツゴ	タビラ	シマドジョウ						スズキ	ウキゴリ	
	サクラマス	ウグイ	バラタナゴ							チョウセンブナ	ビリンゴ	
	アユ	キンブナ	ミヤコタナゴ								マハゼ	
		ギンブナ	ゼニタナゴ									
		ゲンゴロウブナ										
		コイ										
		ヒガイ										
		カマツカ										
		ソウギョ										
		オイカワ										
		ハクレン										

※　黒字　過去(昭和3年,33年)に確認され、現在(平成11年度)も確認されている種

※　赤字　過去に確認されたが、現在は確認されていない種

出典：

現在の確認種：平成11年度内水面水産試験場事業報告　平成13年3月　千葉県内水面水産試験場

過去の確認種：第4回自然環境保全基礎調査　環境庁に記載の文献調査「魚類相に関する記録」より

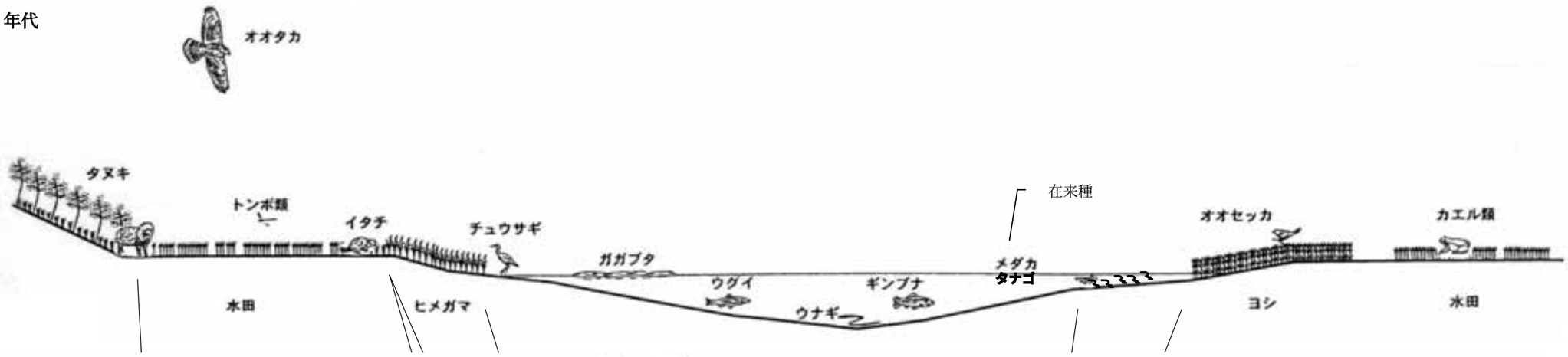
(2) 環境区分と生物

40 年間の変化を見ると、環境区分では遷移帯が減少した。その結果、植生と魚類では次の傾向が見られる

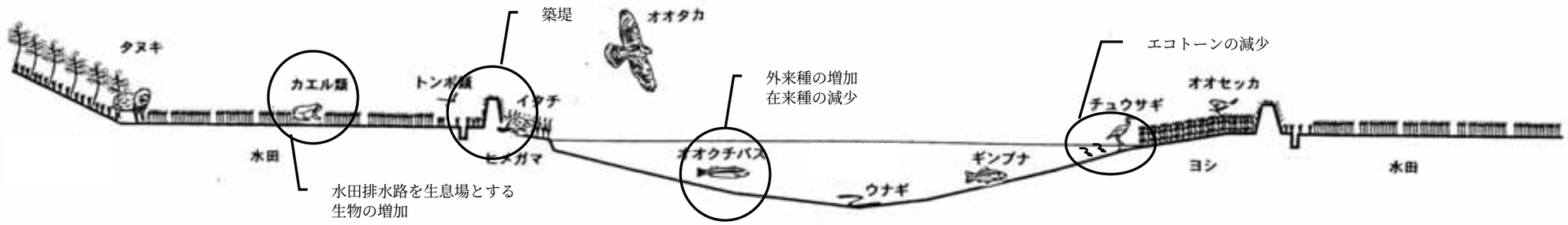
○ 植生： 抽水植物群落が減少し、セイタカアワダチソウ、オギ、チガヤなどの草地が拡大（乾燥化の傾向）
外来種の増加

○ 魚類： 在来種（ウグイ、タナゴ、メダカ等）が減少し、外来種（オオクチバス、ブルーギル等）が増加

○ **昭和 30 年代**



○ **現　在**

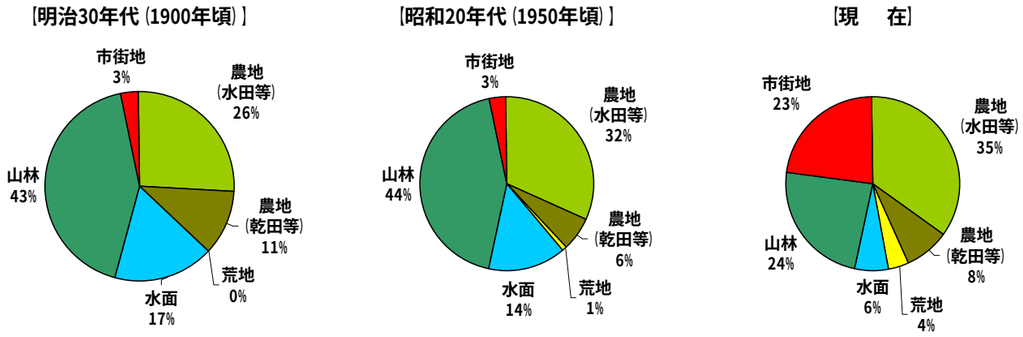


環境区分		陸域		遷移帯		水域		印旛沼の特徴
		斜面林	水田	草地	抽水植物群落	水中	水面	
植物	主な生育種	ｴﾉｷ、ｸﾇｷﾞ、ｺﾅﾗ	―	ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ、ｵｷﾞ、ﾁｶﾞﾔ	ﾖｼ、ﾏｺﾓ、ﾋﾒｶﾞﾏ	ｺｳｶﾞｲﾓ、ﾄﾘｹﾞﾓ、ﾏﾂﾓ、ﾀﾇｷﾓ（沈水植物）	ｵﾆﾋﾞｼ、ｶﾞｶﾞﾌﾞﾀ、ｱｻｻﾞ、ｳｷｸｻ（浮葉植物）	**・ 鳥類の繁殖や越冬のための重要な場所を提供。** **・ 多くの生物（オオセッカやベッコウトンボ等）が水際の抽水植物群落を生息域として利用する水域と陸域の遷移帯を形成。** **・ 多くのトンボ類が生息する水辺環境。** **・ 豊かなヨシ、マコモ、ヒメガマ群落と水域～水際～水路～水田農地～斜面林の連続した環境、多様な生物群により構成された生態系。**
動物	上位性	ｵｵﾀｶ、ﾁｭｳﾋ				ｻｷﾞ類、ｶﾜｾﾐ		
	典型性	ｺｹﾞﾗ、ｴﾅｶﾞ、ﾋﾖﾄﾞﾘ、ｱｵﾀﾞｲｼｮｳ	ﾓｸﾞﾗ、ﾂｸﾞﾐ、ｽｽﾞﾒ、ｶｴﾙ類、ﾊﾞｯﾀ類、ﾓﾝｼﾛﾁｮｳ	ﾓｸﾞﾗ、ﾋﾊﾞﾘ、ﾎｵｼﾞﾛ、ｶﾅﾍﾋﾞ、ﾊﾞｯﾀ類	ﾖｼｷﾘ類、ｺｼﾞｭﾘﾝ、ﾄﾝﾎﾞ類、ｶﾞﾑｼ類、ｹﾞﾝｺﾞﾛｳ類	ｳﾅｷﾞ、ﾓﾂｺﾞ、ｷﾞﾝﾌﾞﾅ、ｵｵｸﾁﾊﾞｽ、ﾃﾅｶﾞｴﾋﾞ、ﾏﾙﾀﾆｼ	ｶｲﾂﾌﾞﾘ、ﾊﾞﾝ、ｶﾓ類、ｶﾓﾒ類、ｺｱｼﾞｻｼ	
	特殊性	―	―	―	ﾍﾞｯｺｳﾄﾝﾎﾞ、ｵｵｾｯｶ	―	―	
	移動性	ﾀﾇｷ				―	―	

(3) 生物生息環境の変化

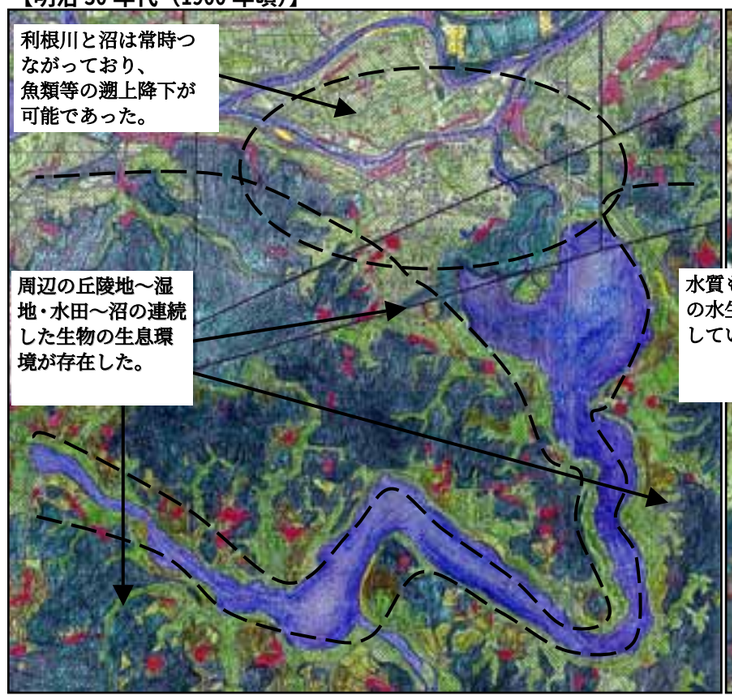
干拓前（明治 30 年代）と現在の印旛沼の生物生息環境の変化は次の通りである。
- 沼が干拓され、水生生物の生息域が減少
- 水門により利根川との生物の回廊の阻害
- 流域の市街化により丘陵～沼への連続した生息環境が減少

現在の印旛沼の生物生息環境の特徴は次の通りである。
- 水際にヨシ・マコモ等の抽水植物が分布
- 多くの鳥類が越冬・繁殖に訪れる
- シラウオなど利根川からの遡上する魚も見られる

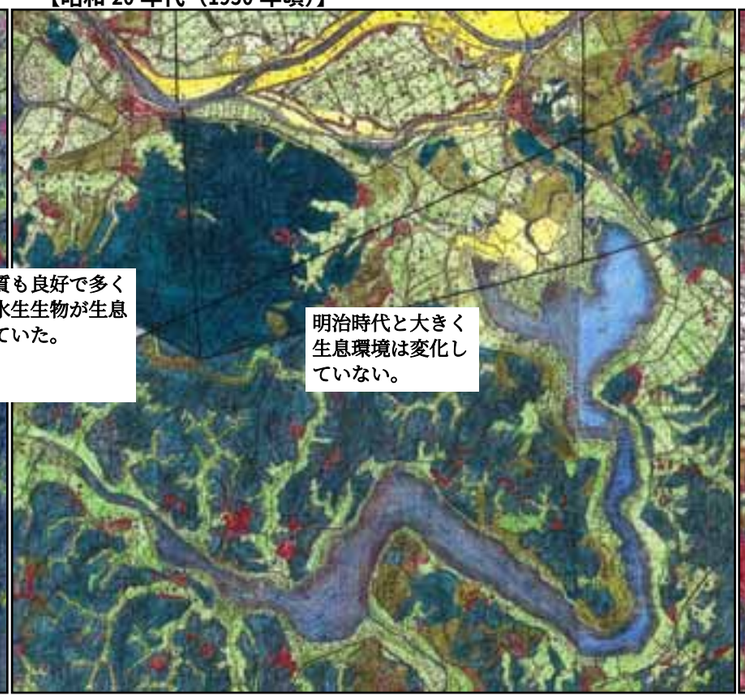


○生物生息環境の変化

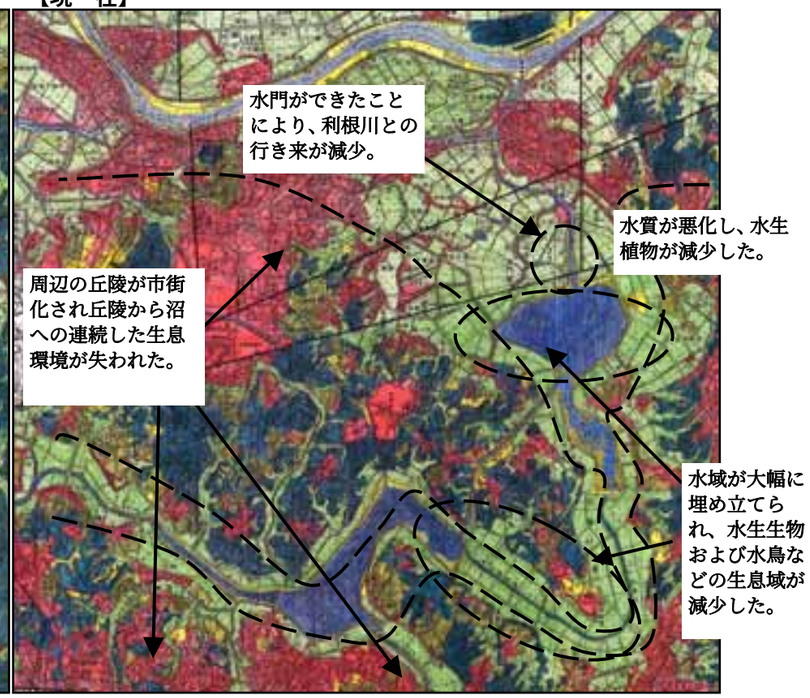
【明治 30 年代（1900 年頃）】



【昭和 20 年代（1950 年頃）】



【現　在】



全体	・ 沼地が大きく丘陵地は山林、その間が水田又は湿地。 ・ 利根川路は比較的大きな水路（長門川）で連絡。 ・ 長門川の流入口には洪水時に利根川からの逆流による三角州がある。	・ 周辺の市街地は明治時代とほとんど変わらない。 ・ 沼が少し小さくなり、水田が増えた。	・ 北印旛沼および中央排水路が大幅に干拓され、水田となった。 ・ 周辺の丘陵地は、ほとんど市街化された。 ・ 印旛沼の周りに堤防が整備された。 ・ 堤内地には山林を除き未利用地がほとんどない。
北沼	・ 沼の周辺は水田と沼田に囲まれ、北側の長門川周辺は山林も多く残っている	・ 沼の周辺は沼田と水田に囲まれ、水田の外周は山林と乾田、荒地利用。 ・ 集落はわずかに点在している状態である	・ 北印旛沼周辺を調整池機能の草地（荒れ地）で囲まれ、沼の周辺一帯は水田が広がっている。 ・ 水田の外周には市街地が拡大している。 ・ 乾田は比較的少なく山林も北東、東側方面に残っている
捷水路	・ 山林、水田、一部乾田として利用され、集落も点在。 ・ 現在の中央排水路のある地帯は干拓事業前のW型の一部を成す沼であった	・ 現在の印旛捷水路のある地帯は、山林と水田利用。 ・ 現在の中央排水路のある地帯は干拓事業前のW型の一部を成す沼であった。	・ 中央排水路周辺は干拓により大規模な水田地帯。 ・ 乾田は林間の集落周辺に点在している。
西沼	・ 沼の周辺は水田、乾田として利用され、山林際に集落が点在していた。	・ 沼の周辺は沼田と水田として利用され、一部乾田。 ・ 沼の周辺まで山林がせまっており、山林際に集落が点在。	・ 西印旛沼周辺も調整池機能の草地（荒地）で囲まれ、沼の周辺は水田利用。 ・ 南側は佐倉市の中心市街地の拡大により、山林が大幅に減少。

3.9　景観

かつての印旛沼流域の景観と現在の印旛沼流域の景観を比較すると、以下の特徴が見られる。
・農地、川、沼など、水辺で働く人々の姿を見る機会が少なくなった。
・渡し舟や釣り船などの舟を利用する人々の姿を見る機会が少なくなった。
・お浜降りのような伝統的行事を見る機会が少なくなった。

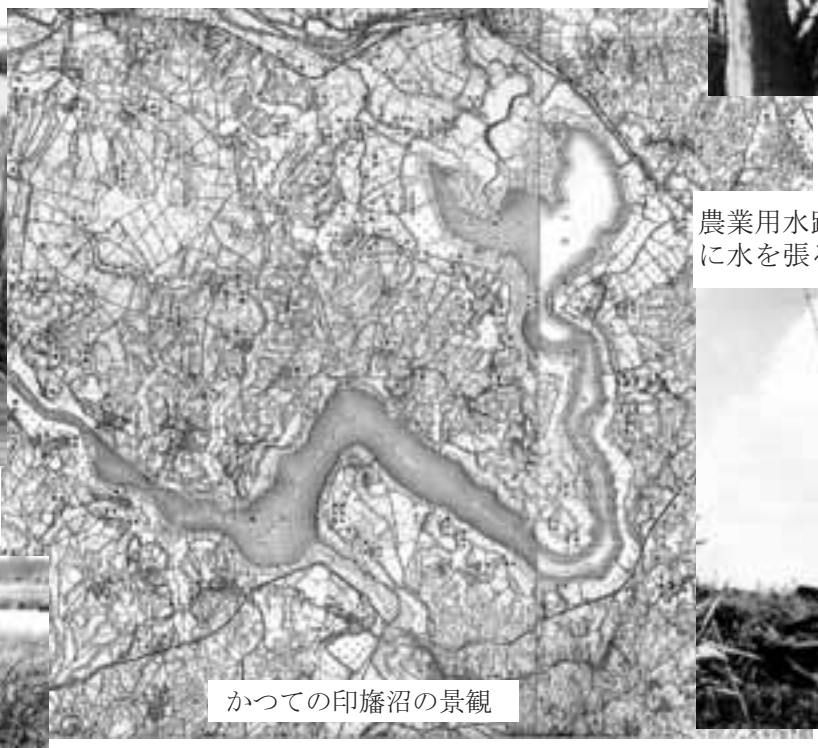
過　去

印旛沼・川での漁業の景観

長門川の漁風景
投網漁でﾌﾅ､ｺｲ、ﾅﾏｽﾞ等の水揚げ

写真左下：定置網漁の風景
写真右下：篭立て漁で水揚げされたコイ、フナ(昭和20～30年代)

小さな漁港
(昭和10～20年代)



かつての印旛沼の景観

農業用水路から自分の田に水を張る田植え支度

お浜降り
麻賀多賀神社(成田市)の夏の祭礼（昭和53年に廃止）

渡し舟は、人々の日常に利用されていた（佐倉市臼井付近／昭和30～40年代）

田植えを共同で行う農家の人々（佐倉市旧臼井駅付近）

伝統的な祭の風景　　渡し舟の風景　　水田で働く人々

現　在

新たなｲﾍﾞﾝﾄの景観

←観光屋形船
印旛沼国際花火大会
←(佐倉市)

現在の沼の漁業

吉高漁港での水揚げ風景

直線化された川

写真上：鹿島川
写真下：神崎川

現在の印旛沼の景観

水田地帯（成田市八代地先）

干拓地での田植え風景

大規模圃場整備、農業の機械化

写真出典：印旛沼ものがたり　水資源開発公団千葉用水総合管理事務所（鹿島川、神崎川の写真除く）

印旛沼周辺の過去（昭和30年頃）と現在の景観の比較

①師戸の渡し場の朝（右前方に臼井の水位計が見える）

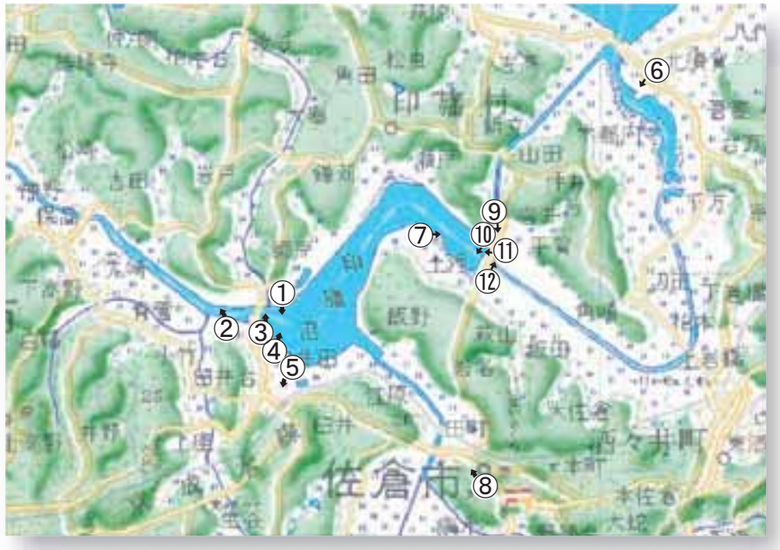
②臼井側から岩戸方面

③臼井の水位計

④臼井の渡し場

⑤臼井河岸

⑥甚兵衛渡し　（昭和42年にこの近くに架けられた甚兵衛大橋は印旛沼最長の橋）



写真位置図

⑦土浮から印旛村をのぞむ（自転車をかかえた学生が見える）

⑧市役所前付近から鹿島川・印旛沼をのぞむ

⑨印旛村側より印旛大橋をのぞむ

⑩工事中の印旛大橋（印旛村から土浮をのぞむ）

⑪印旛大橋完成後間もない頃の萩山渡し場付近の舟頭小屋

⑫萩山の渡し場付近

凡　例

過去の風景 （昭和30年代）	現在の同地点の 風景

図　印旛沼の過去と現在の風景の比較

過去の写真の出典：「ちょっと昔の印旛沼写真展」佐倉市立臼井公民館

4. 流域の水循環の課題

印旛沼流域では、昭和 40 年頃からの社会経済の発展に伴い、印旛沼の貯水池化や土地利用の高度化が進んだ。その結果、印旛沼の水質の低下や生物種数の減少などの水環境の問題が顕著化する一方、洪水被害区域の拡大や印旛沼の治水容量の不足などの治水上の問題も顕著となり、水循環の健全化が課題となった。

〔水環境の問題〕
- ○ 水　　質：負荷量の増加、水質の悪化、自浄能力の低下、底泥の堆積
- ○ 水　　量：湧水・平常時流量の減少
- ○ 生物の生息：生物生息場の減少、生物種の多様性の減少、湿地のエコトーンの減少、堤内と水域との連続性の低下、水域環境の単調化
- ○ 景　　観：親水性の低下

〔治水の問題〕
- ○ 印　旛　沼：流入量の増大
- ○ 河川・水路網：洪水ピークの集中化
- ○ 流　　域：洪水被害の拡大

水循環への影響と顕著化した問題

対象	社会経済の発展によるニーズ	水循環への影響・要因 ＊		水環境の問題				治水上の問題
				水　質	水　量	生物の生息	景　観	
流域	土地利用の高度化	人口増加	(2.2)	負荷量の増加	流出量の増加 湧水の減少	生物生息場の減少	親水性の低下	洪水被害の拡大
		市街地拡大	(3.1)					
		農地排水改良	(2.3(2))					
		利水量の増大	(3.2(1))					
河川・水路網	治水安全度の向上 排水時間の減少 居住環境の改善	直線化改修	(2.3(2))	自浄能力の低下	湧水・平常時の流量の減少 洪水時流量の増大	生息場・生物種の多様性の減少 水域～堤内の連続性の低下		洪水ピークの集中化
		コンクリート張り	(2.3(2))					
		雨水下水道網整備	(2.3(3))					
印旛沼	利水必要量の増加 農業生産の拡大	貯水池化(貯水量の拡大)	(3.7)	水質の悪化 COD 底泥の堆積	流入・流出量の増大	生物種の減少 水域環境の単調化(水位の一定化)		流入量の増大
		築堤	(3.8)					
		湿地の乾田化(湿地の減少)	(3.8)					

＊（）の数字は本資料の章と対応

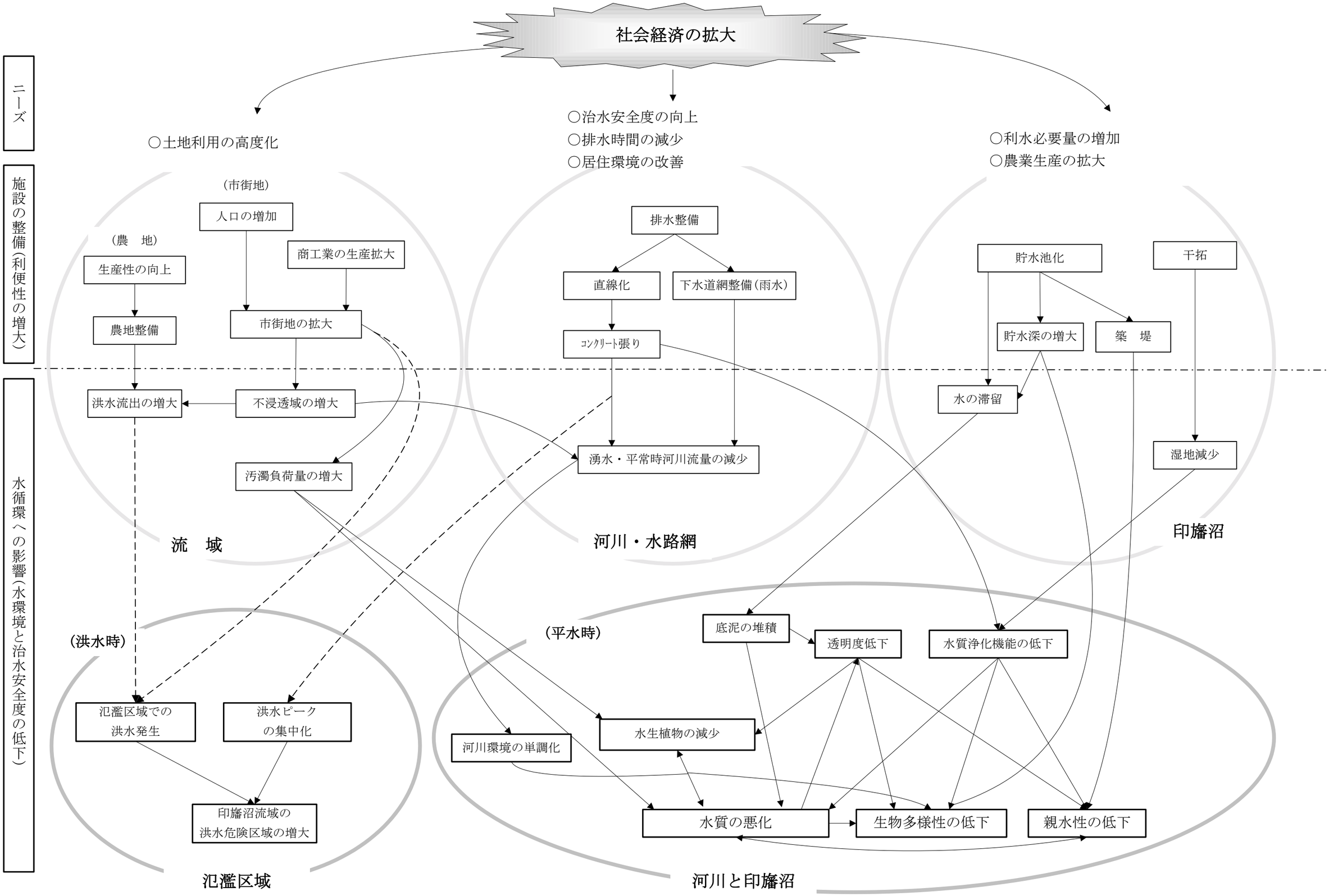


図　水環境への影響と問題点

5. 流域の水循環健全化の目標

5.1 流域の健全な水循環

健全な水循環の定義としては、河川審議会などでの議論により、以下のように定義されている。

『流域内の水循環系を構成している全ての場において、「1.洪水など自然の脅威に対する安全の確保」、「2.持続可能な発展を実現する為の環境の保全」、および「3.快適な生活が営めるような人間社会の実現」に果たす為の水の機能が適切なバランスの下に確保されている状態にある水循環のことである。』

より、具体的には以下の事項が含まれる。

1.洪水など自然の脅威に対する安全の確保

- 雨水の浸透･貯留･利用が図られていること
- 洪水被害が軽減されていること
- 地盤沈下の防止がなされていること
- 災害に対して、身近な水が確保されていること

2.持続可能な発展を実現する為の環境の保全

- 水が有効利用されていること
- 汚濁物質の排出が少ないこと
- 河川、水路などの水量が豊富なこと
- 水質浄化がされていること
- 水の再利用、節水、循環利用がなされていること
- 生物の持続的な生息･生育の場が確保されていること

3.快適な生活が営めるような人間社会の実現

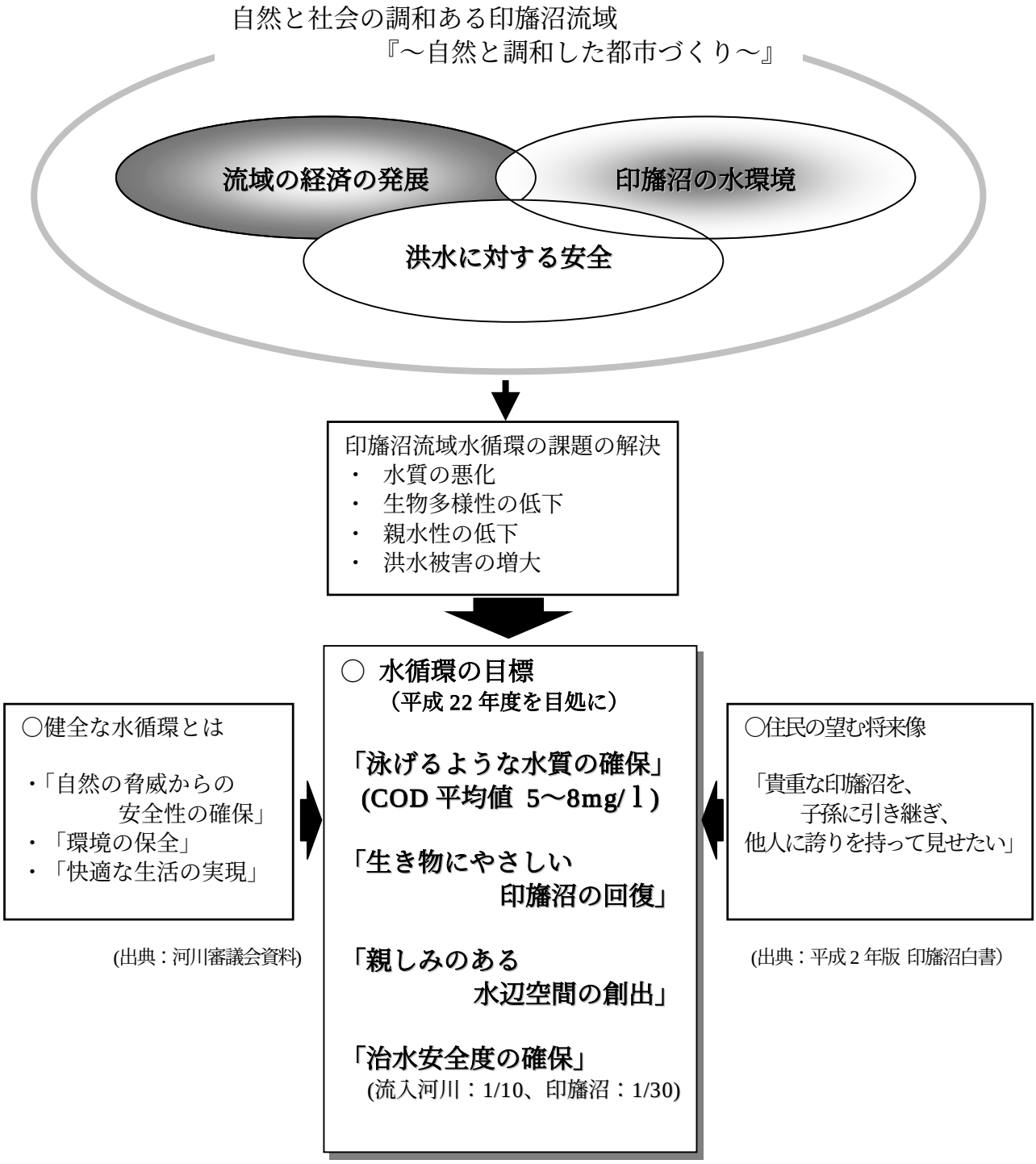
- 水辺･緑の確保によって人間性回復の機会が図られていること
- 水文化の伝承育成が図られていること

5.2 水循環健全化の目標

(1) 目標

流域の水循環の課題を踏まえて、健全な水循環の理念と住民の望んでいる印旛沼の将来像をもとにした流域水循環健全化の目標は、次の 4 点とする。

○ 「泳げるような水質の確保」
○ 「生き物にやさしい印旛沼の回復」
○ 「親しみのある水辺空間の創出」
○ 「治水安全度の確保」



(2)目標達成の方針

印旛沼流域の水循環健全化の目標を達成するためには、流域の発展に従って生じた水循環の課題の関連性を踏まえて改善対策を進めるものとする。

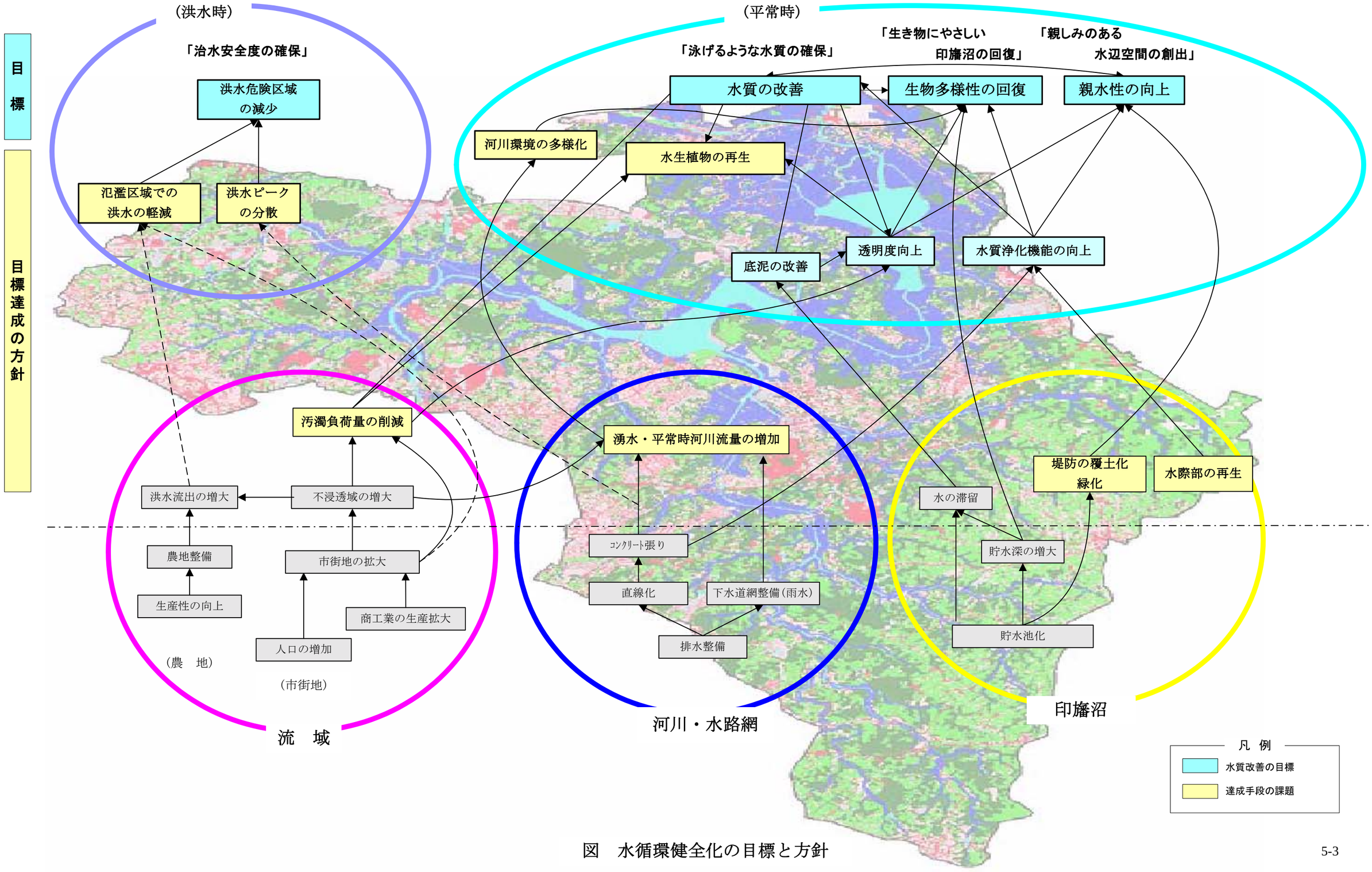


図　水循環健全化の目標と方針

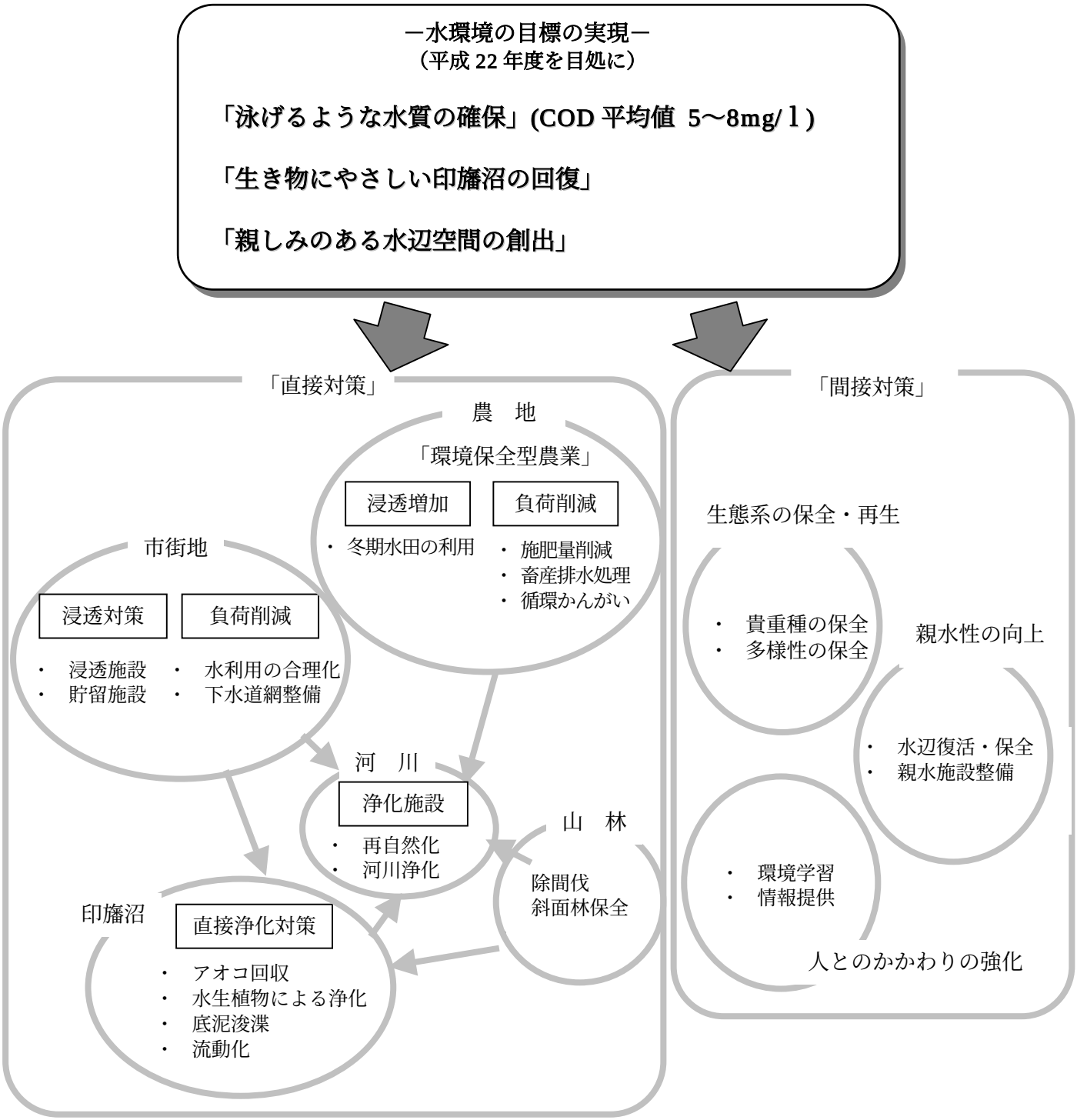
5.3 水環境の目標達成の方針

(1) 水環境の目標達成に向けて

印旛沼流域の水環境の目標を実現するためには、より根本的かつ効果的な対策を選定する。そのためには、汚濁負荷の軽減と浸透と貯留による平常時の水量の回復を図りながら、印旛沼の水質改善に資する対策を講じつつ、水際では、エコトーンの再生を図る。

目標達成に向けた基本的な方針は以下の点である。

- 市街地、農地、山林、河川、印旛沼において並行して対策を進める。
- 当面の対策と長期的な対策、継続的に維持すべき対策を区分して実施する。



(2) 治水の目標達成に向けて

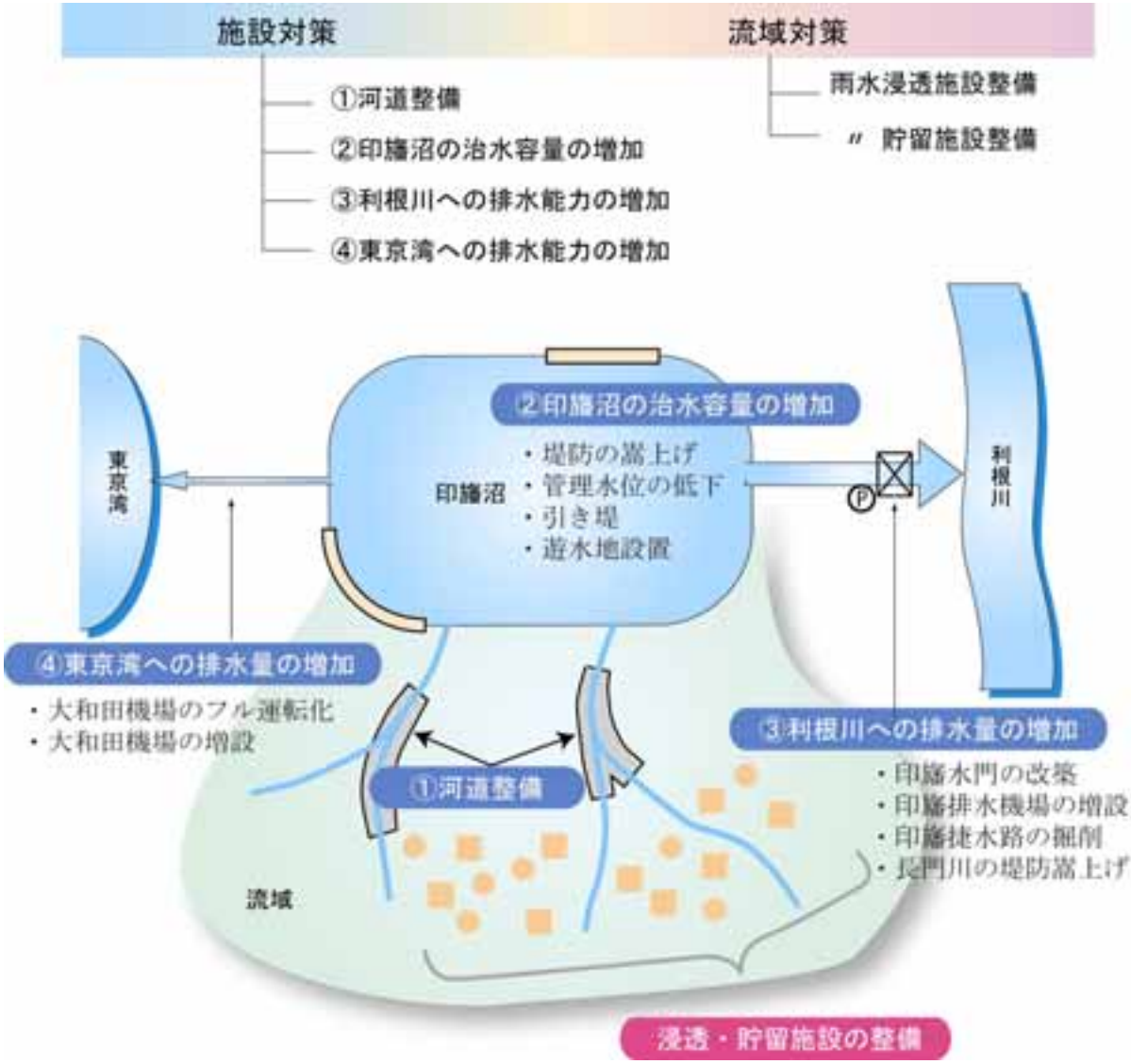
印旛沼流域で、1/30 規模の洪水処理を条件として、「流域対策」と「施設対策」を組み合わせた治水対策を基本とする。

○　流入河川は治水安全度 1/10（50mm/h）による暫定改修を目指す。

○　流域が有していた貯留や浸透の機能を再生する「流域対策」により、河道と排水施設の治水負担の軽減を図る。

○　排水機場や水門の施設機能を最大限に活かした「施設対策」によって、利根川と東京湾へ洪水を安全に流下させる。

○印旛沼流域の治水安全度の確保対策　　治水安全度 1/30



施策メニューの一例

区分	施策分類	施策メニュー	施策例	地域性	実施主体 国	実施主体 県	実施主体 市町村	実施主体 住民	環境上の効果
水量回復	地下水涵養量の確保	雨水浸透施設の整備	新規開発宅地の全面浸透化	市					地下水の保全・涵養、湧水の維持
			既存市街地の雨水浸透マス設置						
			道路の全面浸透化						
		雨水貯留施設の整備	ため池の設置	市					地下水の保全・涵養、湧水の維持、洪水の防御
			公共グラウンドの貯留施設設置の義務化						
	流量の確保	高度下水処理水の利用	高度処理化	川					河川流量の確保
		雨水等の貯留水の利用	雨水等の貯留水の河川放流	川					〃
	土地利用の適正化	長期的な視野に立った土地利用計画の策定	水環境を考慮した都市計画	流					地下水の保全・涵養、湧水の維持
			エコロジカルプランニングによる土地利用と土地規制						
		緑地・自然地の保全	斜面林などの保全	市					〃
			谷戸の保全復元	農					
			既存農地の保全	農					
			台地の上の元緑地を再生	市					
	水使用量の削減	地下水の適正利用	上水用揚水の規制・削減	市					〃
		水使用量の削減	住民の啓発	市					下水処理場の負荷削減
	環境保全型農業の実施	農地の持つ多面的機能の評価に基づく農地の管理・保全	単一品種から多品種への転換	農					面源負荷の削減
			水田用水の循環利用	農					
			堆肥量・時期の制限	農					
			水路の蛇行化	農					
			休耕田を利用した湿地再生	農					
水質の改善	貯水池の流動化	貯水池の流動化	浄化用水の導入・流動化	沼					印旛沼の水質改善
	流入負荷量の削減	下水道整備	下水道整備	市					〃
		下水道以外の流域対策	工場排水等の規制指導	市					〃
			市街地等面源負荷対策						
			家畜糞尿処理施設等の設置						
			排水路流入点付近にため池設置						
			合流式下水道の降雨時越流対策						
			その他の発生源対策						
			農地からの還元水の再農水利用※	農					〃
		河川浄化施設の設置	リン除去施設の設置	川					〃
	湖沼浄化対策ウエットランド	底泥浚渫	底泥浚渫・固化	沼					〃
		副水路を使った浄化	汚濁物質の沈殿除去	沼					
		アオコ回収事業	アオコ回収	沼					
			アオコ分離脱水装置の設置						
		水生植物植栽回収事業	植生帯の設置	沼					
			印旛沼ビオトープの設置・運営	沼					
			ホテイアオイの回収	沼					
親水性の向上・生態系の保全	生態系の保全・再生	生態系の保全・再生	生息環境の保全・再生	沼					印旛沼の生態系改善
			貴重生物の保全・再生	沼					
			稚魚の放流	沼					
	水辺の復活・再生、親水性の向上	水辺景観・水辺地の保全・再生	植生帯の保全・再生	沼					親しまれる印旛沼の再生
		親水施設の設置	親水公園遊歩道の設置	沼					〃
	人と水の関わりの強化	環境学習・情報提供・啓発	湧水地点マップ、小学生副読本、パンフレットなどの作成	流					〃
			沼清掃の実施、情報公開	流					
			印旛沼ホームページの作成・公開	流					
			NPOの支援	流					
		歴史的構造物の保全	水車・堰などの保全	流					
治水安全度の向上	印旛沼の施設の対策	印旛沼の治水容量の補強	沼の堤防嵩上げ	沼					治水安全度の向上
			管理水位の低下						
			遊水池						
			引き堤						
		利根川への排水量の増加	印旛水門の改築	沼					〃
			長門川の堤防嵩上げ						
			印旛捷水路の掘削						
			印旛機場の増設						
		東京湾への排水量の増加	大和田機場のフル運転化	沼					〃
			大和田機場の増設						
	河道対策	河道改修	河道整備	川					〃
			調整池の設置						
	流域対策	浸透施設	浸透トレンチ、透水性舗装、雨水浸透桝、浸透側溝等の設置	流					〃
		貯留施設	貯留地(公園、緑地、校庭、駐車場、地下、屋上)等の設置	流					〃
	超過洪水対策	排水抑制	沼への排水ポンプ運転調整	流					〃

※揚水機場の改良により、水田・畑地からの還元水を印旛沼に入れず、
再度農業用水として利用

注）地域性　市：市街地、農：農地、川：印旛沼流入河川、沼：印旛沼内、流：流域全体

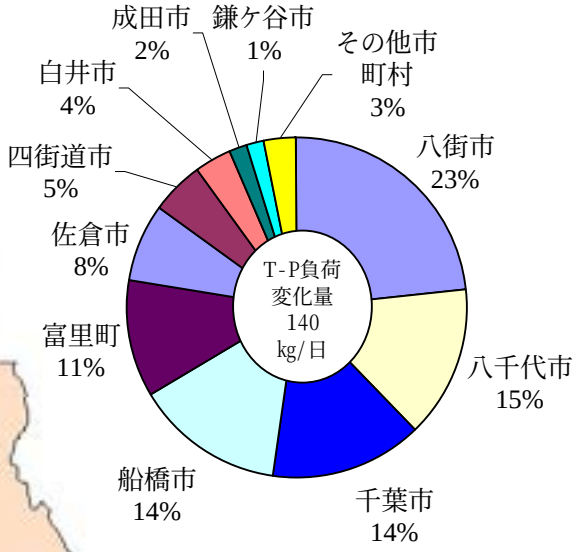
(3) 汚濁負荷（T-P）と表面流出の増加の大きかった区域

近年 35 年間で、汚濁負荷または表面流出の増大が著しかった市町村は、下図のとおりである。これらの自治体では「排出汚濁負荷量の削減」や「表面流出量の低減」を図る必要がある。

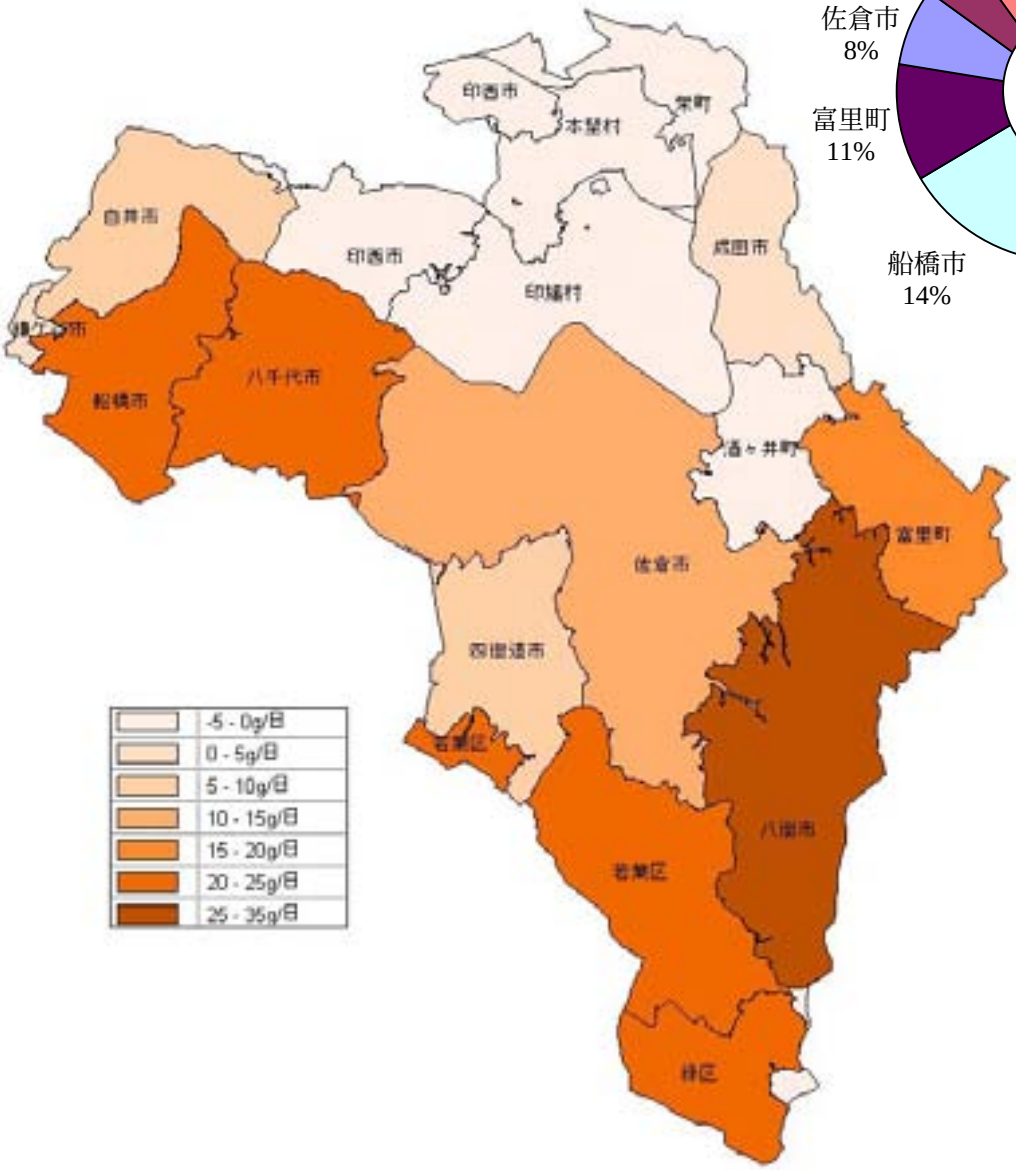
また、農地においては、面源負荷削減対策に加えて、排水速度増加の影響を緩和することが望まれる。

汚濁負荷（T –P）変化量（市町村別）

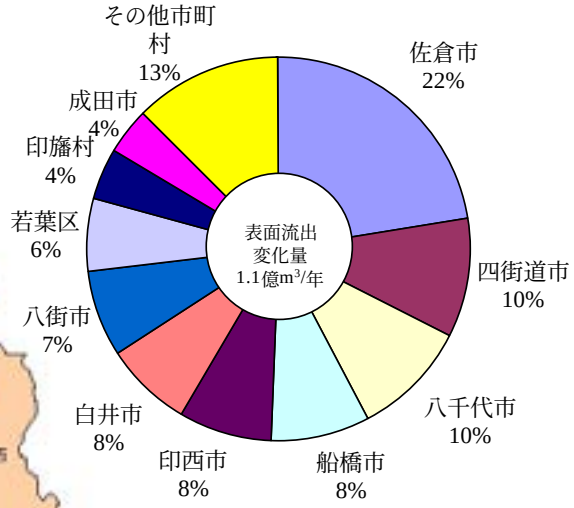
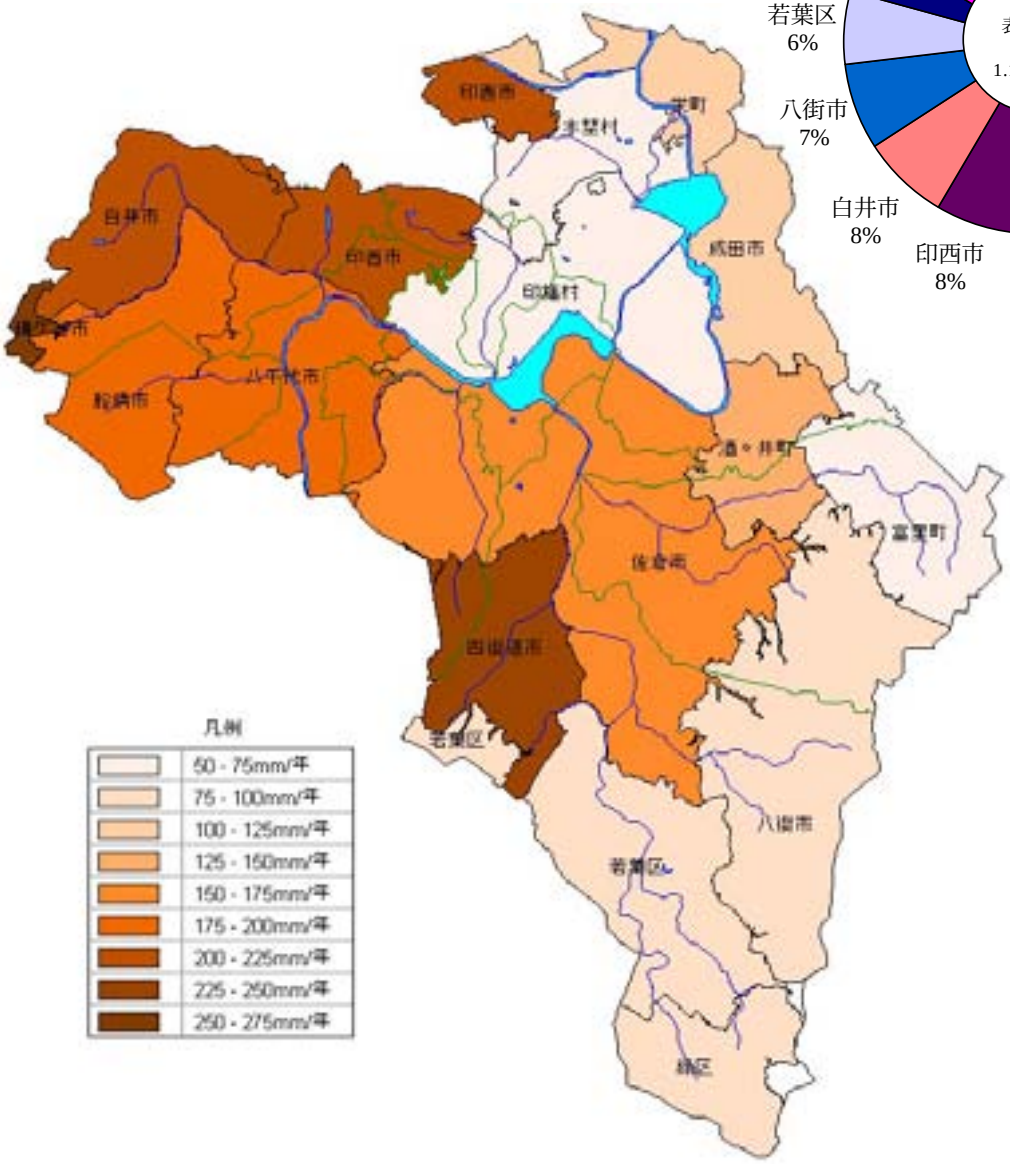
※変化量の大きい順に上位 10 市町村



汚濁負荷（T-P）の増大



表面流出変化量（市町村別、水量換算）
※変化量の大きい順に上位 10 市町村



表面流出量の増大