

雨水浸透の検討

【抜粋版】

(平瀬川流域における河川流量シミュレーション)

目 次

1 . 水収支	1
1.1 水収支式	1
1.2 降水量	2
1.3 蒸発散量	3
1.4 表面流出量	4
1.5 中間流出量	4
1.6 不浸透面積率・浸透面積率	5
1.7 地下水涵養量	6
1.8 平常時河川流量	6
2 . 河川流量シミュレーション及び手順	7
3 . 河川流域区分	9
4 . 行政区の土地利用区分面積による不浸透面積率の経年変化	11
4.1 麻生区	11
4.2 多摩区	13
4.3 宮前区	15
4.4 高津区	17
5 . 人口と不浸透面積率の関係及び 2030 年の不浸透面積率の推定	19
6 . 平瀬川流域における河川流量シミュレーション結果	21
6.1 不浸透面積率の経年変化と 2030 年の不浸透面積率の推定	21
6.2 河川流量シミュレーション結果	24
6.3 浸透施設設置による河川流況改善効果の検討	29
6.3.1 地下水涵養量の増加目標値の設定	29
6.3.2 浸透強度と地下水涵養量増加分の関係	29
6.3.3 増加目標値に対する浸透強度の設定	31
6.3.4 増加目標値に必要な浸透施設数の検討	31

1. 水収支

1.1 水収支式

雨水浸透と河川流量のシミュレーションを行うためには、その河川流域の水収支（水循環モデル）検討することが重要であり、雨水浸透施設の整備促進に関する手引き（案）¹（以下、手引きと略す）に基づき実施する。

手引では図 1.1 に示す水循環モデルから、それぞれ構成要素と影響因子より流域の年間の水収支の状況を概算する。また、図 1.1 を水収支式で示すと下記ようになる。

$$\text{降水量} = \text{蒸発散量} + \text{河川流出量} + \text{地下水補給量} \dots\dots (1.1)$$

ここで、河川流出量は、表面流出量、中間流出量、地下水流出量の 3 成分からなる。また、「手引き」では河川への地下水流出量は表層土壌から帯水層へ供給される地下水涵養量から算出することから、水収支式は次式のように書き換えることができる。

$$\text{降水量} = \text{蒸発散量} + \text{表面流出量} + \text{中間流出量} + \text{地下水涵養量} \dots\dots (1.2)$$

さらに、地表部に浸透マス等の浸透施設を設置すると、表面流出量の一部が地下に浸透することになるので、浸透施設効果を加味した水収支式は以下ようになる。

$$\text{降水量} = \text{蒸発散量} + (\text{表面流出量} - \text{浸透施設による流出抑制量}) + \text{中間流出量} + \text{地下水涵養量} \dots\dots (1.3)$$

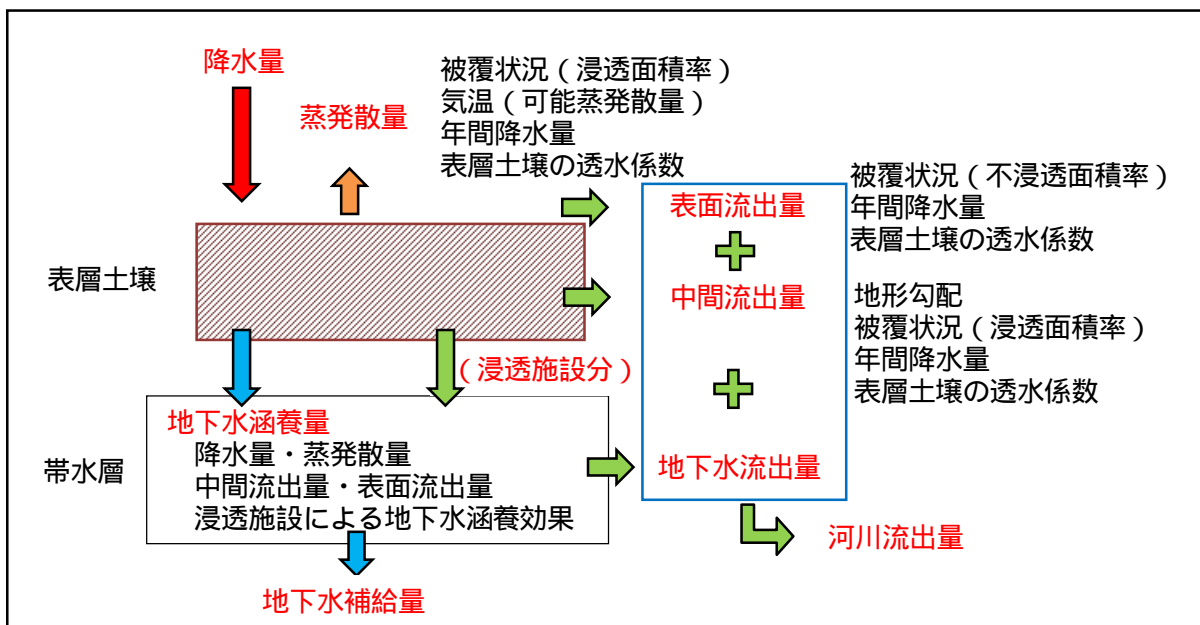


図 1.1.1 水循環モデルの構成要素と主な影響因子

¹ 雨水浸透施設の整備促進に関する手引き（案）～浸透能力の低減を見込んだ効果把握及び維持管理の考え方について～、平成 22 年 4 月、国土交通省 都市・地域整備局 下水道部・国土交通省 河川局 治水課

1.2 降水量

降水量は横浜地方気象台で観測した降水量データを用いた。資料の収集期間は 1971 年～2010 年の 40 年であり、表 1.2.1 に降水量データの一覧を、図 1.2.1 に年降水量の推移を示す。なお、平年値は 1981 年～2010 年の 30 年間の平均値で 1,688.6mm である。

表 1.2.1 降水量データ

(単位:mm)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計
1971	45.5	97.5	107.5	146.0	85.5	96.0	58.0	196.5	273.5	276.0	22.0	63.0	1,467.0
1972	121.0	153.0	42.5	171.5	125.5	122.5	271.0	95.0	249.0	53.0	65.5	146.5	1,616.0
1973	146.0	71.0	15.5	150.0	147.5	219.5	74.0	43.5	142.0	238.0	180.5	0.0	1,427.5
1974	20.5	86.5	127.5	178.5	89.0	224.0	288.5	119.0	262.0	172.5	26.0	37.0	1,631.0
1975	73.0	78.5	108.0	175.5	155.0	137.0	185.0	28.5	165.5	365.0	265.5	74.5	1,811.0
1976	0.0	162.0	127.5	108.0	224.5	160.0	213.0	143.5	216.5	175.5	86.0	39.0	1,655.5
1977	34.0	21.0	210.5	138.0	81.5	325.0	49.5	276.0	256.5	70.5	139.5	45.5	1,647.5
1978	33.0	21.0	153.0	167.5	138.0	128.5	84.0	49.0	135.0	158.0	59.0	28.0	1,154.0
1979	44.5	114.0	84.0	164.0	148.5	96.0	123.0	75.0	121.0	306.5	194.0	51.5	1,522.0
1980	114.0	35.0	221.0	127.5	171.5	156.0	170.0	223.0	228.5	170.0	162.0	44.5	1,823.0
1981	4.0	46.5	145.5	233.5	139.0	106.0	184.5	106.0	191.5	308.5	110.5	11.0	1,586.5
1982	48.5	71.5	85.5	165.5	101.5	164.5	179.5	193.0	481.5	169.5	103.0	35.0	1,798.5
1983	51.0	72.5	153.0	145.5	134.5	221.0	165.5	291.0	326.0	150.0	51.5	6.0	1,767.5
1984	52.5	67.0	84.5	60.0	64.0	296.0	90.5	46.5	60.0	61.5	48.0	65.5	996.0
1985	11.0	153.0	164.0	238.5	115.5	456.5	115.0	193.5	100.0	120.5	105.0	26.0	1,798.5
1986	13.5	39.0	208.0	108.5	280.0	100.5	65.0	188.5	196.0	107.5	34.5	108.0	1,449.0
1987	37.0	33.0	132.0	52.5	120.5	164.5	104.5	59.0	244.5	195.5	50.5	65.0	1,258.5
1988	35.0	16.0	186.5	131.0	125.0	273.5	153.5	305.0	302.0	66.5	32.5	0.0	1,626.5
1989	88.0	170.0	149.0	257.5	194.5	264.0	186.0	374.0	205.0	218.0	119.5	26.5	2,252.0
1990	47.0	138.0	92.5	203.5	105.5	128.0	64.5	109.0	378.5	154.5	302.0	42.0	1,765.0
1991	51.5	86.0	187.0	114.5	69.5	190.0	94.0	205.0	522.5	593.5	160.0	43.5	2,317.0
1992	63.0	45.5	218.0	173.0	167.5	279.5	107.0	32.5	130.0	324.5	178.0	58.0	1,776.5
1993	130.5	59.5	78.0	60.5	67.5	187.0	350.0	336.5	158.0	178.0	181.0	83.5	1,870.0
1994	45.0	87.5	127.0	80.0	129.5	143.0	83.5	277.0	240.5	80.5	74.5	23.5	1,391.5
1995	72.0	24.0	166.5	117.0	235.5	293.5	192.0	2.0	162.0	124.0	50.0	1.5	1,440.0
1996	19.5	50.0	148.5	104.0	144.5	66.5	480.0	49.5	373.0	95.5	95.0	58.0	1,684.0
1997	33.5	40.0	93.5	146.5	182.5	159.5	139.0	50.0	184.0	3.0	107.5	47.5	1,186.5
1998	133.5	120.5	124.5	219.0	201.0	182.0	268.0	144.5	270.5	174.0	11.5	51.5	1,900.5
1999	20.5	41.0	166.5	217.0	124.5	166.0	309.0	140.5	86.5	114.0	110.0	8.0	1,503.5
2000	76.5	3.0	114.0	117.5	74.5	267.0	223.5	95.5	309.5	141.0	127.0	8.5	1,557.5
2001	146.5	38.5	133.5	64.0	194.5	141.0	46.5	162.5	215.5	306.5	139.5	42.0	1,630.5
2002	104.5	33.5	101.0	66.5	141.0	242.0	185.0	154.5	283.0	207.5	28.0	91.5	1,638.0
2003	119.0	56.5	246.0	146.0	179.5	78.0	242.5	420.0	139.5	163.5	277.5	64.5	2,132.5
2004	9.5	25.5	162.5	96.5	155.0	185.0	57.5	91.5	176.5	761.5	123.5	87.5	1,932.0
2005	44.5	55.5	96.5	103.5	121.0	179.5	197.0	238.5	153.0	167.5	50.0	4.5	1,411.0
2006	78.0	129.5	100.5	145.5	154.0	128.0	163.0	184.5	174.0	271.5	141.5	186.0	1,856.0
2007	51.0	64.5	75.5	125.5	178.5	70.0	357.5	26.0	249.5	156.0	41.5	69.0	1,464.5
2008	17.5	51.5	165.0	232.0	307.5	221.0	40.0	191.0	286.5	246.0	80.5	80.5	1,919.0
2009	150.0	68.5	104.0	163.0	256.0	218.0	112.5	226.0	41.5	297.0	180.0	77.5	1,894.0
2010	12.0	138.0	211.0	234.0	102.5	141.0	110.0	56.5	374.0	208.5	96.0	172.0	1,894.0
最大値	150.0	170.0	246.0	257.5	307.5	456.5	480.0	420.0	522.5	761.5	302.0	186.0	2,317.0
最小値	0.0	3.0	15.5	52.5	64.0	66.5	40.0	2.0	41.5	3.0	11.5	0.0	996.0
平均値	59.9	71.6	135.4	146.2	148.3	184.4	164.6	155.0	226.6	203.8	110.2	54.3	1,660.3
平年値	58.9	67.5	140.7	144.1	152.2	190.4	168.9	165.0	233.8	205.5	107.0	54.8	1,688.6

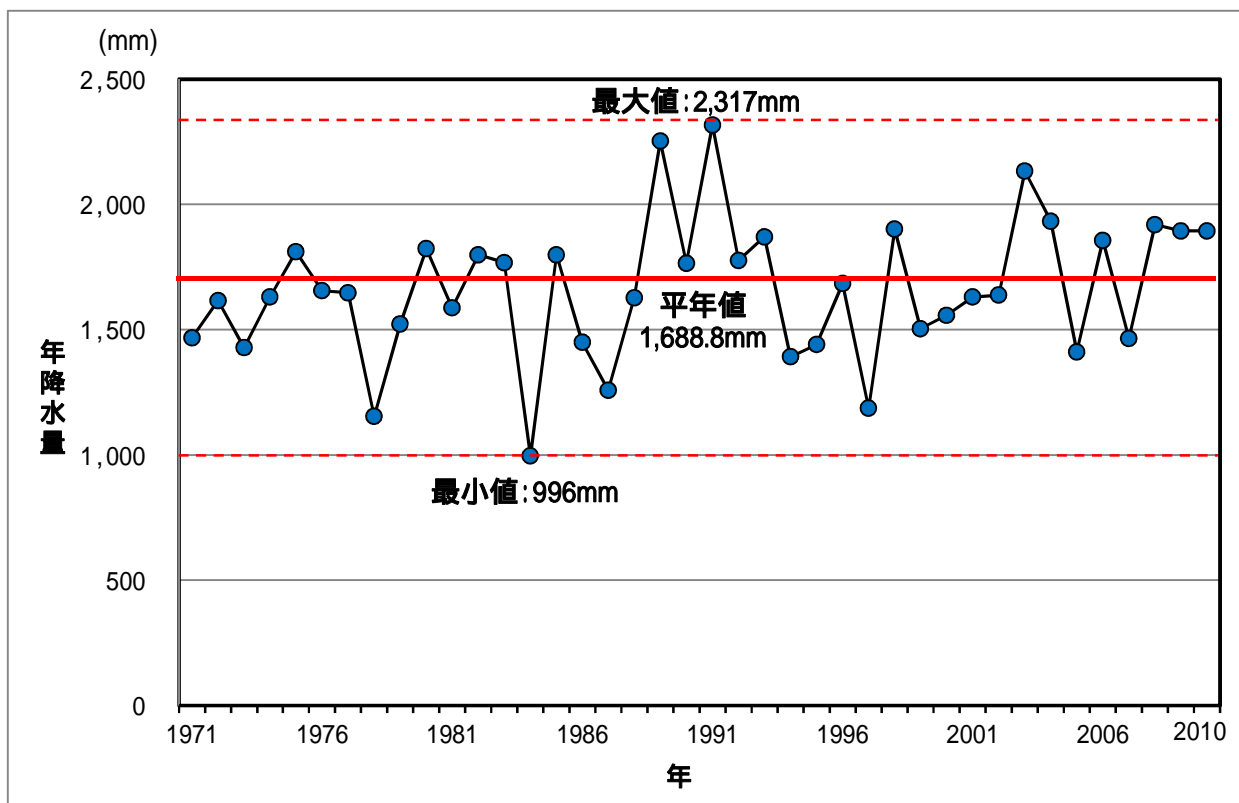


図 1.2.1 年降水量の推移

1.3 蒸発散量

蒸発散量¹は、ソーンズウェイト法により可能蒸発散量 (E_T) を下式で求め、後述する浸透面積率を乗じた値とした。なお、月平均気温は横浜地方気象台のデータを使用した。

$$E_T = 1.6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = (492,390 + 17,920I - 77.1I^2 + 0.6751I^3) \times 10^{-6}$$

ここに、 E_T ：可能蒸発散量(mm/year)

T ：月平均気温 ()

$$\text{蒸発散量(mm/year)} = \text{可能蒸発散量}(E_T) \times (\text{浸透面積率})$$

1 手引きでは蒸発散量の算定式が示されているが、浸透面積率が大きい場合は過大な値となることから、本検討では採用しなかった。

また、ソーンズウェイト法では、可能蒸発散量から蒸発散量を推定するために、緯度による補正や経験的な定数（日本では0.7）を乗じることがある

1.4 表面流出量

表面流出は、雨水が地表を流れ河川等に流出する量をいい、手引きでは下式を提示している。今回の検討では、河川流域が丘陵・台地部であり、表層が関東ローム層で被覆されていることから、表層土壌の飽和透水係数が 10^{-3} cm/s オーダー¹の式を適用した。

$$\text{表面流出量(mm/year)} = a \cdot e^{b \times (\text{不浸透面積率})}$$

(係数 a、係数 b の算定式)

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-3} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 0.0702 \times (\text{年間降水量}) - 29.116$$

$$b = 14.04 \times (\text{年間降水量})^{-0.1323}$$

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-4} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 0.0727 \times (\text{年間降水量}) - 31.894$$

$$b = 7.4201 \times (\text{年間降水量})^{-0.0304}$$

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-5} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 0.1298 \times (\text{年間降水量}) - 93.814$$

$$b = 50.781 \times (\text{年間降水量})^{-0.2897}$$

1.5 中間流出量

中間流出量は表層土壌に浸透した雨水が、比較的早く河川等に流出する量をいい、手引きでは下式を提示している。(飽和透水係数は 10^{-3} cm/s オーダーを適用)

$$\text{中間流出量(mm/year)} = a \cdot (\text{浸透面積率} \times \text{地形勾配 } i)^{-b}$$

(係数 a、係数 b の算定式)

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-3} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 1.1716 \times (\text{年間降水量}) - 324.09$$

$$b = 0.947 \times (\text{年間降水量})^{-0.0479}$$

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-4} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 0.723 \times (\text{年間降水量}) - 51.895$$

$$b = 1.507 \times (\text{年間降水量})^{-0.113}$$

¹ 平成 13 年度 多自然河川における調査研究(浸透能力マップ及び報告書の作成)報告書、財団法人 川崎市建設技術センター、平成 14 年 3 月

< 表層土壌の飽和透水係数が 10^{-5} cm/s オーダーの場合 >

$$a = 0.3405 \times (\text{年間降水量}) + 149.91$$

$$b = 1.2108 \times (\text{年間降水量})^{-0.0749}$$

なお、地形勾配 i は図 1.5.1 で定義され、傾斜度 の場合は $i = 1/\tan$ となる。



図 1.5.1 地形勾配の定義

今回のシミュレーションでは 1/10 細分メッシュ¹内の起伏量(最高標高-最低標高)²をメッシュの 1 辺の長さ(100m)で除した値を傾斜度 と定義し、各メッシュの地形勾配 i を求め、流域に含まれる全メッシュの地形勾配 i の平均値とした。

1.6 不浸透面積率・浸透面積率

流域の不浸透面積率(浸透面積率)は、土地利用細分メッシュデータ³を利用して、流域内の土地利用区分を流域ごとに集計し、表 1.6.1 に示す土地利用区分ごとの不浸透面積率を用いて下式で算出した。

$$\text{不浸透面積率} = (a_1 \times \text{imp}_1 + a_2 \times \text{imp}_2 + \dots + a_{n-1} \times \text{imp}_{n-1} + a_n \times \text{imp}_n) / A$$

$$\text{浸透面積率} = (1 - \text{不浸透面積率})$$

ここに、 $a_1 \sim a_n$: 各土地利用区分(1 ~ n)の面積(ha)

$\text{imp}_1 \sim \text{imp}_n$: 各土地利用種別における不浸透面積率

A : 流域面積(ha)

1 日本では総務省によって出された「統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード(JIS X 0410)」が用いられている。各メッシュは緯線・経線を基としているため、横(東西)方向の 1 辺の長さは高緯度ほど短くなる。

1 次メッシュ : 20 万分の 1 地勢図の区画であり、緯度差 40 分、経度差 1 度で、1 辺の長さは約 80km

2 次メッシュ : 2.5 万分の 1 地形図の区画であり、緯度差 5 分、経度差 7 分 30 秒で、1 辺の長さは約 10km

3 次メッシュ : 2 次メッシュを緯度・経度方向に 10 等分した区域であり、緯度差 30 秒、経度差 45 秒で、1 辺の長さは約 1km

1/10 細分メッシュ : 3 次メッシュを緯度・経度方向に 10 等分した区域であり、1 辺の長さは約 100m

2 基盤地図情報ダウンロードサービス(国土交通省 国土地理院)より数値標高モデル(10m メッシュデータ)を用いて 1/10 細分メッシュ内の起伏量を求めた

3 GIS ホームページ国土数値情報ダウンロードサービス、国土交通省 国土政策局 国土情報課

表 1.6.1 土地利用種別ごとの不浸透面積率¹

土地利用種別	不浸透面積率
田	0.00
その他の農地	0.00
森林	0.00
荒地	0.00
建物用地	0.50
幹線交通用地	1.00
その他の用地	0.25
河川湖沼	0.00
海浜・海水域	0.00
ゴルフ場	0.10

1.7 地下水涵養量

手引きより地下水涵養量を下式で算出する。

$$\text{地下水涵養量(mm/year)} = \text{年間降水量} - \text{蒸発散量} - \text{表面流出量} - \text{中間流出量}$$

1.8 平常時河川流量

手引きでは地下水涵養量より平常時河川流量を算定するために下記の式が提示されている。

$$\text{平水流量}^2\text{以下の平均比流量(m}^3\text{/s/100km}^2\text{)} = 0.7648 \times \ln(\text{地下水涵養量}) - 3.9577$$

$$\text{低水流量}^3\text{以下の平均比流量(m}^3\text{/s/100km}^2\text{)} = 0.6552 \times \ln(\text{地下水涵養量}) - 3.5377$$

$$\text{渇水流量}^4\text{以下の平均比流量(m}^3\text{/s/100km}^2\text{)} = 0.4840 \times \ln(\text{地下水涵養量}) - 2.7803$$

なお、上記の比流量から流域の河川流量に換算するためには 流域面積(ha)/10,000 を乗じる。

上式で求められる平常時河川流量は、河川流出量のうち地下水流出成分が寄与している流量であり、平水流量以下の平均流量はいわゆる河川の基底流量⁵に相当するものと考えることができる。

1 土地利用種別ごとの不浸透面積率は下記の文献を参考とした

- ・SHEAR モデル ユーザーズマニュアル(案)、国土交通省 河川局河川環境課、平成 13 年 7 月
- ・グリッド型水循環系解析における不浸透面積率の決定、高木康行他、土木学会第 56 回学術講演会、平成 13 年 10 月

2 平水流量：年間の流況曲線で上から 185 日目に相当する流量

3 低水流量：年間の流況曲線で上から 275 日目に相当する流量

4 渇水流量：年間の流況曲線で上から 355 日目に相当する流量

5 基底流量：無降雨時の低水量時の流量で、土壌・岩石・地層等の保水機能によって維持されているものであり、一般に基底流量を増やすことは、豪雨時の河川の増水量を減らし、安定的な水資源の供給に役立つ

2. 河川流量シミュレーション及び手順

河川流量シミュレーションは図 2.1 のフローで実施した。

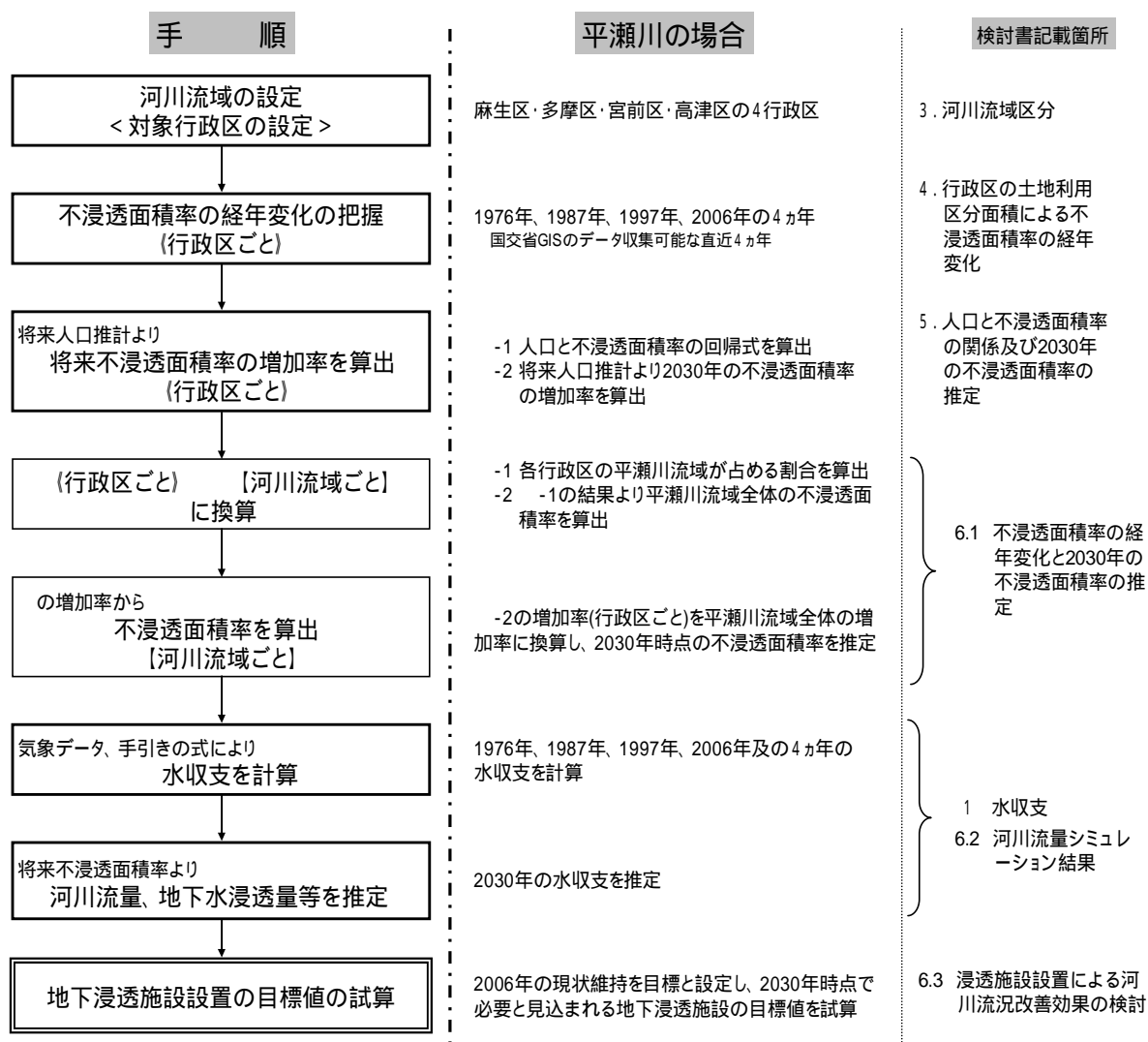


図 2.1 河川流量シミュレーションのフロー

手順

河川流量シミュレーションの検討対象とする河川流域を設定する。

手順

検討対象とした河川流域を含む行政区について、1976年、1987年、1997年、2006年の4ヵ年の土地利用区分を集計して不浸透面積率の経年変化を把握する。

手順

手順の結果をもとに人口と不浸透面積率との相関関係を把握し、行政区ごとに人口に対する不浸透面積率の回帰式を求める。その回帰式を用いて 2030 年の人口推計値における不浸透面積率を推定し、2006 年の不浸透面積率に対する 2030 年の不浸透面積の増加率を算出する。

手順

1976 年、1987 年、1997 年、2006 年の 4 か年の各市内河川の流域内の土地利用区分を集計し、流域ごとの不浸透面積率の変化を求める。

手順

2006 年における各河川流域の土地利用区分を行政区ごとに再集計し、各々の不浸透面積率を求める。そして、手順で求めた行政区ごとの 2030 年の不浸透面積率の増加率より流域内の不浸透面積率を求め、流域全体の 2030 年における不浸透面積率を推定する。流域全体の不浸透面積率は下式によって算定する。

$$\text{流域の不浸透面積率} = \sum_{i=1}^n (\text{流域}i\text{の面積} \times \text{流域}i\text{の不浸透面積率}) / (\text{流域面積})$$

手順

気象データ及び手引きの算定式を用いて、各河川流域の水収支計算を行い、河川流量（年平均値）、地下水浸透量、平水流量以下の平均流量などを算定する。

手順

2030 年の不浸透面積率より河川流量、地下水浸透量などの将来予測値を推定する。

手順

2030 年の予測値をもとに、2006 年レベルに河川流況改善を行うのに必要となる地下浸透施設の目標値を試算する。なお、今回の検討では地下浸透施設として浸透マスの設置による河川流況改善効果（地下水涵養量の増加）を実施する。

3 . 河川流域区分

市内河川には多摩川水系及び鶴見川水系に属する河川があるが、市内河川は 10 河川であり、それらの概要を表 2.1 に示す。今回の検討は平瀬川を対象に実施した。

平瀬川流域は表 3.1 に示すように、麻生区・多摩区・宮前区・高津区の 4 行政区が含まれている。

表 3.1 検討対象河川一覧表¹

河川名	流域面積 (ha)	最高メッシュ標高 (T.P.m)	最低メッシュ標高 (T.P.m)	地形勾配	河川流量 観測地点	河川流量の 測定の有無	流域が含まれる 行政区	備 考	
多摩川水系	三沢川	343.0	145.5	67.3	9.12	下村橋	×	麻生区	
	山下川	209.0	106.7	23.8	20.16	明王橋	×	多摩区	
	五反田川	800.0	131.2	21.9	10.81	追分橋		麻生区・多摩区	
	平瀬川	1,188.4	122.2	18.3	15.12	中之橋		麻生区・多摩区 宮前区・高津区	平瀬川支川を含む
鶴見川水系	片平川	341.0	123.4	34.0	11.46	片平橋	×	麻生区	
	麻生川	626.7	125.8	34.1	11.46	柿生橋	×	麻生区	片平川合流後
		967.7	125.8	34.0	11.46	耕地橋			
	真福寺川	270.0	118.6	25.0	14.70	水車橋前		麻生区	
	早野川	182.0	80.5	25.0	22.18	馬取橋	1989年まで	麻生区	
	矢上川	876.0	95.3	9.9	24.70	大日橋		宮前区・高津区	
	有馬川	530.0	90.8	9.9	16.57	五月橋		宮前区・高津区	

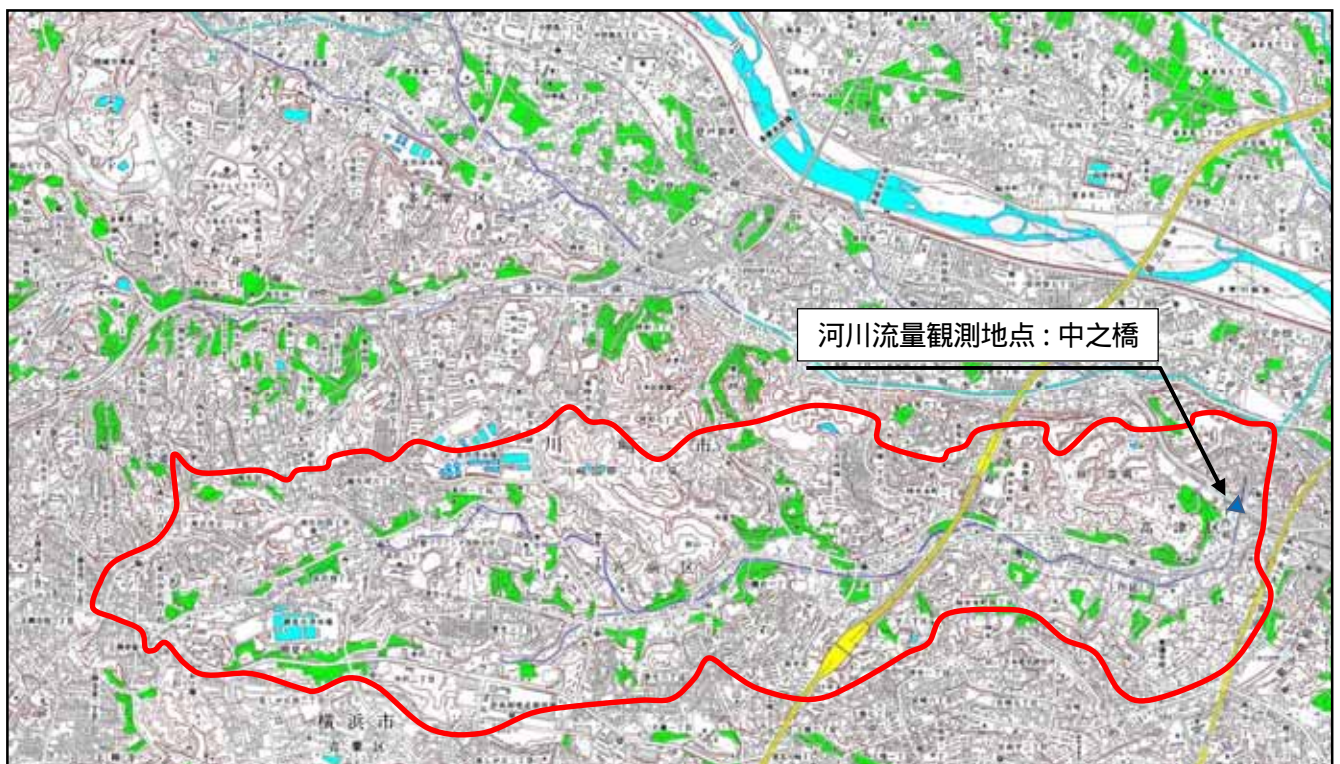


図 3.1 平瀬川流域図

¹ 河川流域面積は流量観測地点を基準として設定しているため、河川概要書に示されている流域面積と異なる場合がある

なお、河川流域区分にあたっては、以下の資料及び既往報告書を参考とした。

- ・河川概要書、川崎市建設局土木建設部河川課、平成 16 年 2 月校正
- ・川崎市河川図、川崎市建設局土木建設部河川課、平成 21 年 3 月
- ・多摩川水系河川整備計画検討業務委託 報告書、日本工営株式会社、平成 22 年 1 月
- ・鶴見川水系雨水貯留施設効果検討業務委託 報告書、株式会社建設技術研究所、平成 23 年 1 月

4 . 行政区の土地利用区分面積による不浸透面積率の経年変化

土地利用面積の集計は、1976 年、1987 年、1997 年、2006 年の 1/10 土地利用細分メッシュデータを用いて実施した。

4.1 麻生区

麻生区の年度別土地利用マップを図 4.1.1 に示す。また、表 4.1.1 に土地利用区分の集計結果を、図 4.1.2 に土地利用区分と不浸透面積率の経年変化を示す。

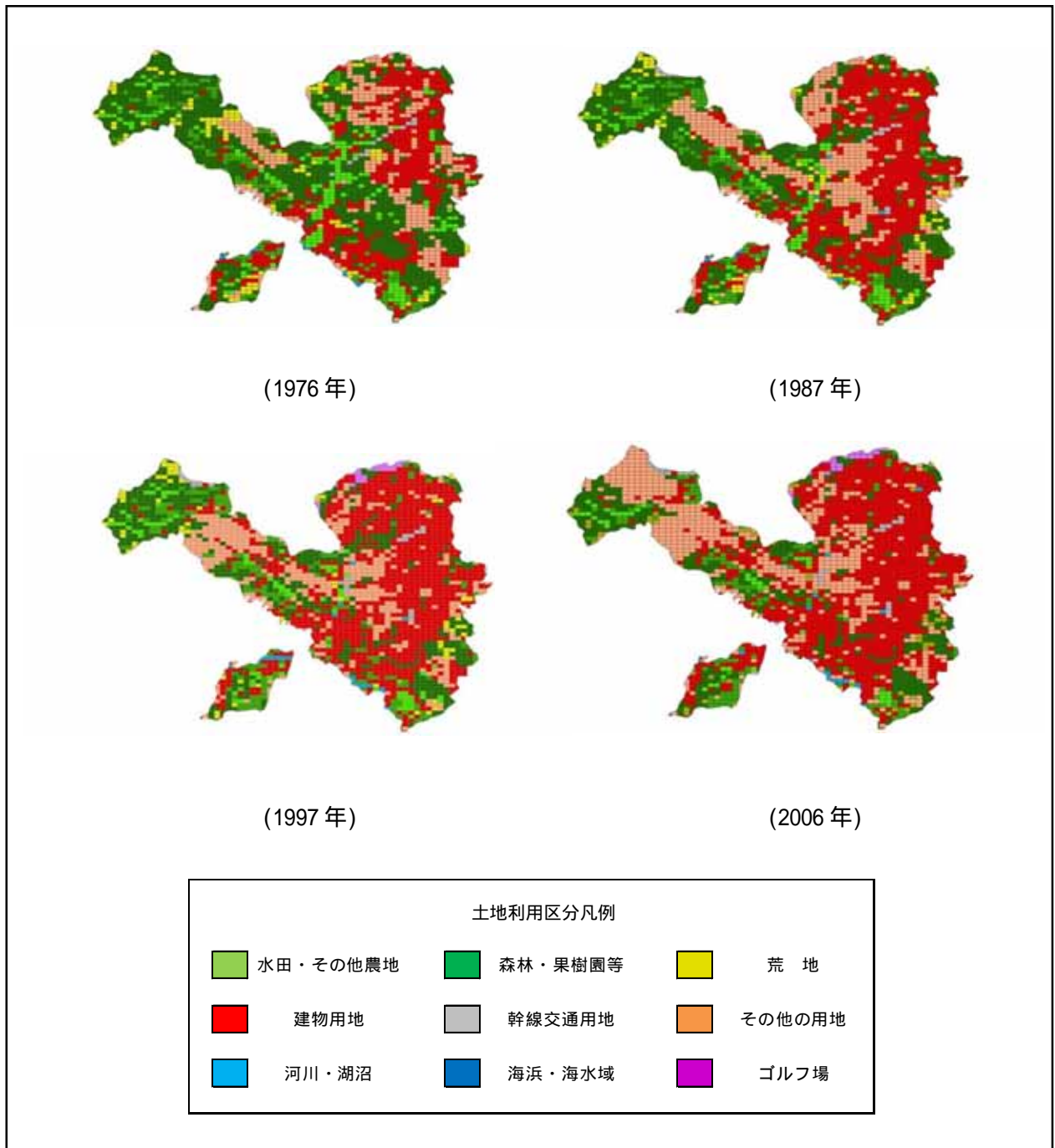


図 4.1.1 土地利用区分マップ（麻生区）

表 4.1.1 土地利用区分の集計結果と不浸透面積率(麻生区)

土地利用区分	単位	年度			
		1976	1987	1997	2,006
田	(ha)	202.0	116.6	89.6	47.9
その他農地	(ha)	165.6	200.0	203.1	143.7
森林	(ha)	902.9	632.2	506.1	372.8
荒地	(ha)	106.2	88.5	65.6	48.9
建物用地	(ha)	563.4	806.1	974.8	1,054.0
幹線交通用地	(ha)	13.5	14.6	22.9	26.0
その他の用地	(ha)	349.9	444.7	411.4	584.3
河川・湖沼	(ha)	7.3	8.3	18.7	14.6
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	0.0	18.7	18.7
合計	(ha)	2,311.0	2,311.0	2,311.0	2,311.0
不浸透面積率	(%)	16.6	22.9	26.6	30.3

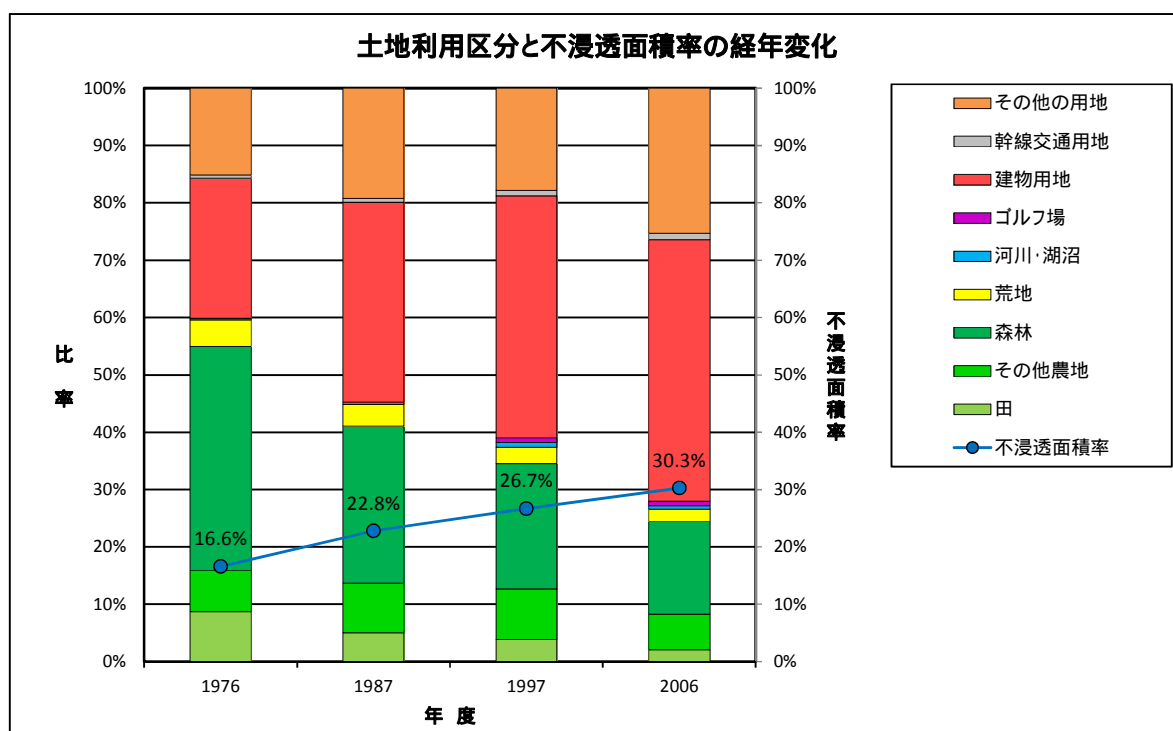


図 4.1.2 土地利用区分と不浸透面積率の経年変化(麻生区)

麻生区では王禅寺及びはるひ野付近で農地及び樹林地の面積が減少しており、1976年では不浸透面積率が16.6%であったが、2006年では30.3%と約2倍不浸透面積率が増加している。

4.2 多摩区

多摩区の年度別土地利用マップを図 4.2.1 に示す。また、表 4.2.1 に土地利用区分の集計結果を、図 4.2.2 に土地地用区分と不浸透面積率の経年変化を示す。

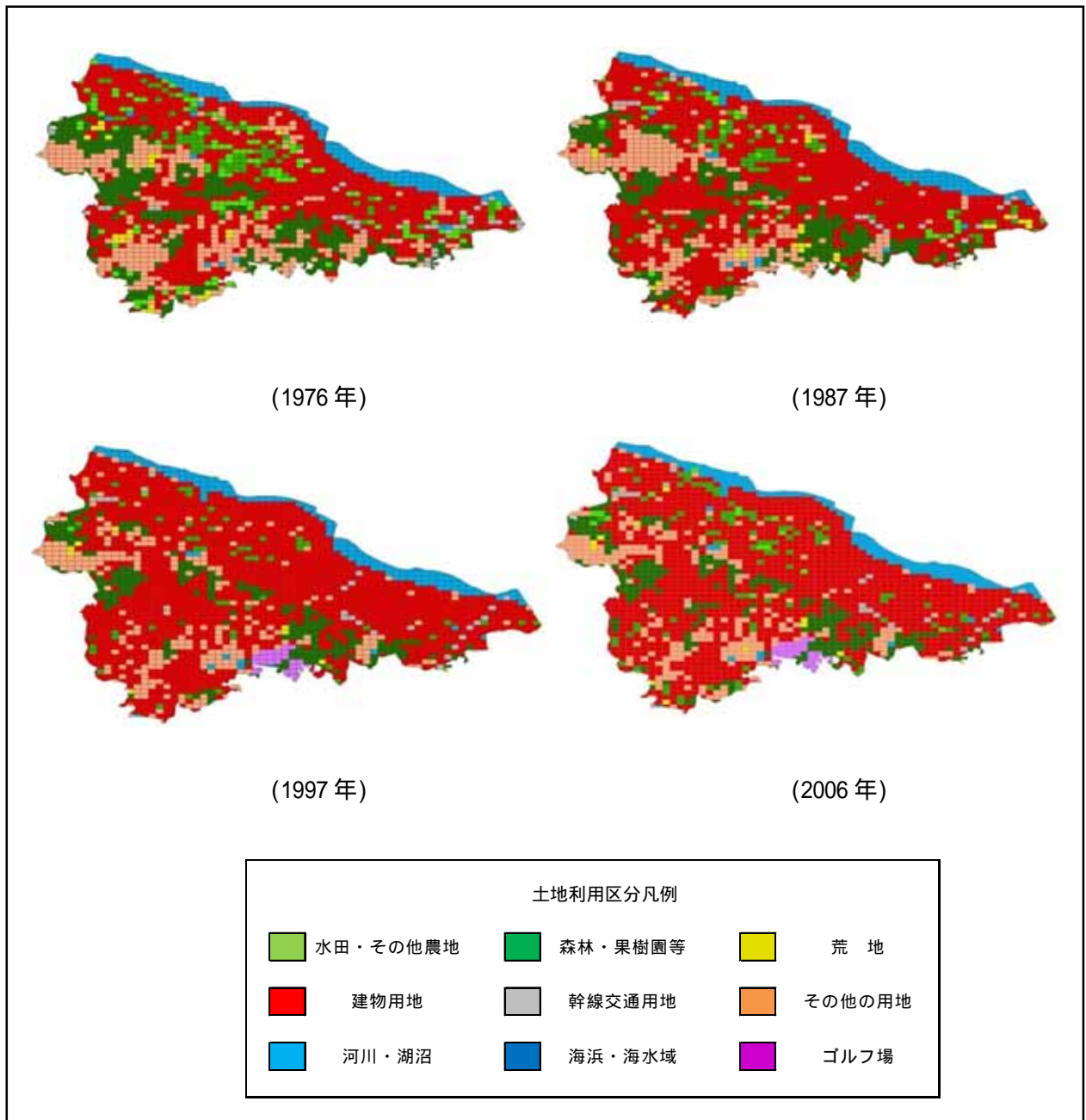


図 4.2.1 土地利用区分マップ（多摩区）

表 4.2.1 土地利用区分の集計結果と不浸透面積率（多摩区）

土地利用区分	単位	年度			
		1976	1987	1997	2,006
田	(ha)	129.1	40.6	15.6	2.1
その他農地	(ha)	94.7	99.9	99.9	53.1
森林	(ha)	344.5	281.0	231.1	203.0
荒地	(ha)	26.0	28.1	11.4	8.3
建物用地	(ha)	897.2	1,086.6	1,235.5	1,315.6
幹線交通用地	(ha)	38.5	22.9	23.9	26.0
その他の用地	(ha)	362.2	331.0	257.1	265.4
河川・湖沼	(ha)	146.8	148.8	139.5	140.5
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	0.0	25.0	25.0
合計	(ha)	2,039.0	2,039.0	2,039.0	2,039.0
不浸透面積率	(%)	28.3	31.8	34.7	36.9

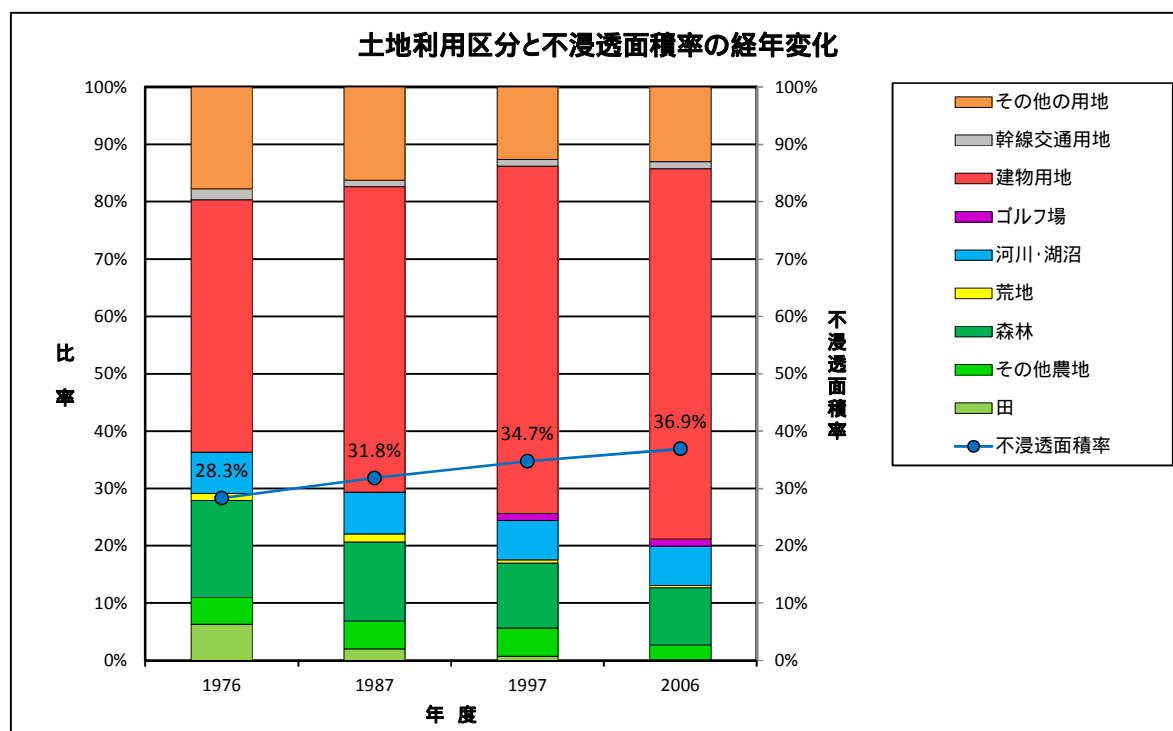


図 4.2.2 土地利用区分と不浸透面積率の経年変化（多摩区）

多摩区は全体的に市街地化が進んでおり、多摩川に沿った低地部（扇状地性低地）では農地の減少が顕著であるが、台地部ではよみうりランド・日本女子大・生田緑地などでは樹林地が比較的残存している。1976年では不浸透面積率が28.3%であったが、2006年では36.9%と不浸透面積率は8.6ポイントの上昇である。

4.3 宮前区

宮前区の年度別土地利用マップを図 4.3.1 に示す。また、表 4.3.1 に土地利用区分の集計結果を、図 4.3.2 に土地地用区分と不浸透面積率の経年変化を示す。

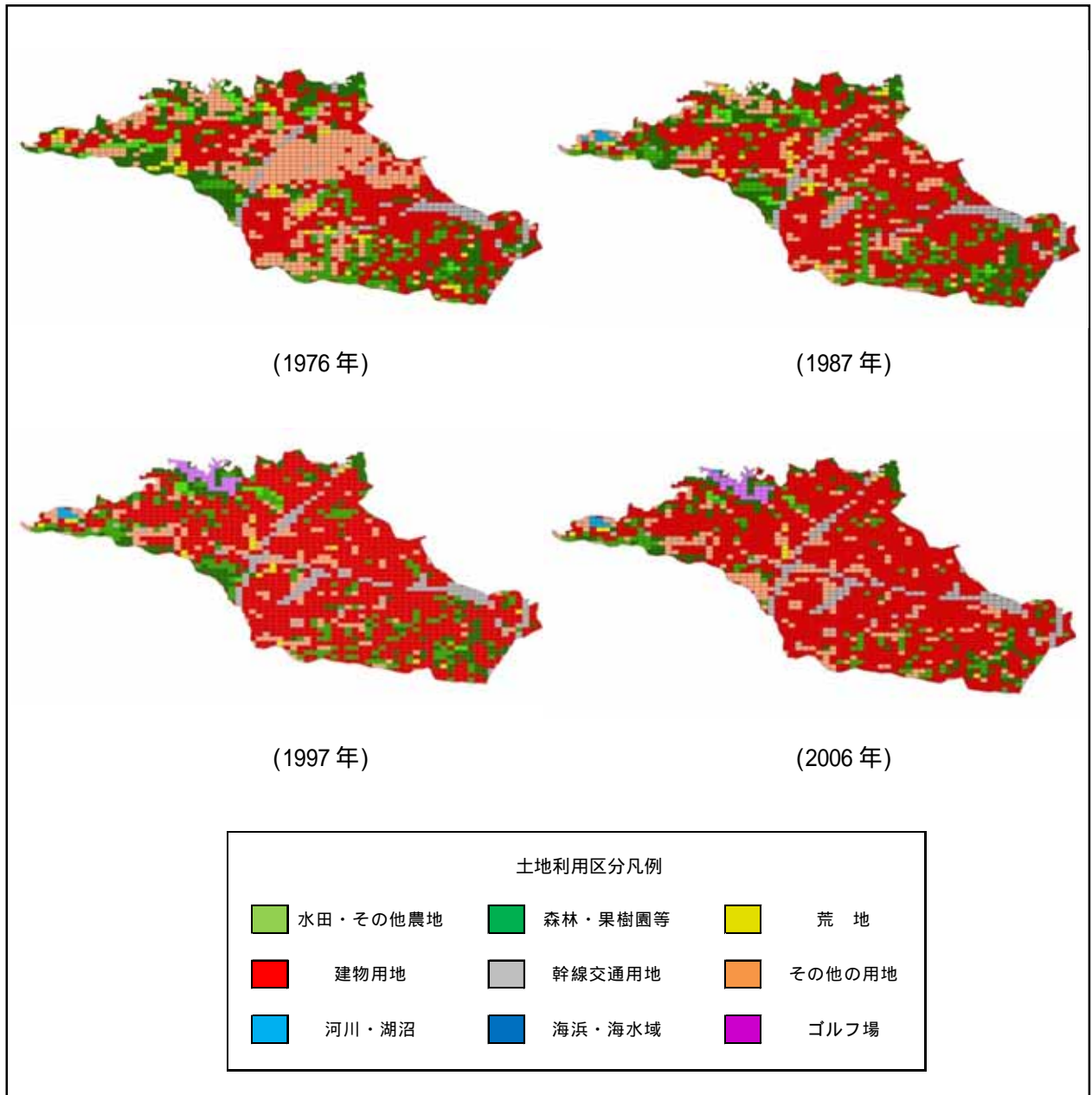


図 4.3.1 土地利用区分マップ（宮前区）

表 4.3.1 土地利用区分の集計結果と不浸透面積率（宮前区）

土地利用種別	単位	年度			
		1976	1987	1997	2,006
田	(ha)	77.8	36.8	19.1	8.4
その他農地	(ha)	147.1	197.6	181.4	114.5
森林	(ha)	293.2	239.6	193.1	118.7
荒地	(ha)	46.2	36.8	20.2	10.5
建物用地	(ha)	730.3	989.9	1,110.9	1,210.6
幹線交通用地	(ha)	92.5	109.3	125.2	125.1
その他の用地	(ha)	472.9	243.8	172.9	235.4
河川・湖沼	(ha)	0.0	6.3	5.3	6.3
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	0.0	31.8	30.5
合計	(ha)	1,860.0	1,860.0	1,860.0	1,860.0
不浸透面積率	(%)	31.0	35.8	39.1	42.6

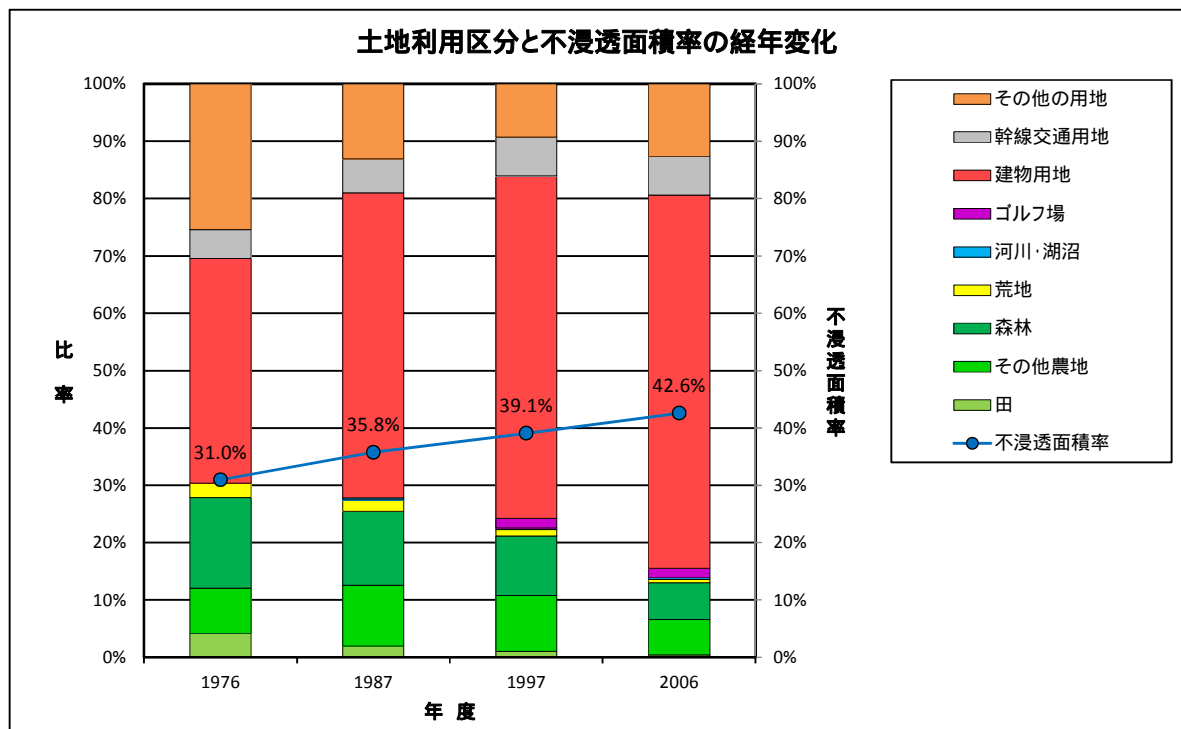


図 4.3.2 土地利用区分と不浸透面積率の経年変化（宮前区）

宮前区では東急田園都市線沿い（宮崎台～宮前平～鷺沼）に建物用地面積が増大しており、農地及び森林等の自然的土地利用面積は1976年では約30%の比率であったが、2006年では約15%と半減している。

1976年の不浸透面積率は31.0%であるが、2006年では42.6%となり、不浸透面積率は11.6ポイントの上昇である。

4.4 高津区

高津区の年度別土地利用マップを図 4.4.1 に示す。また、表 4.4.1 に土地利用区分の集計結果を、図 4.4.2 に土地地用区分と不透透面積率の経年変化を示す。

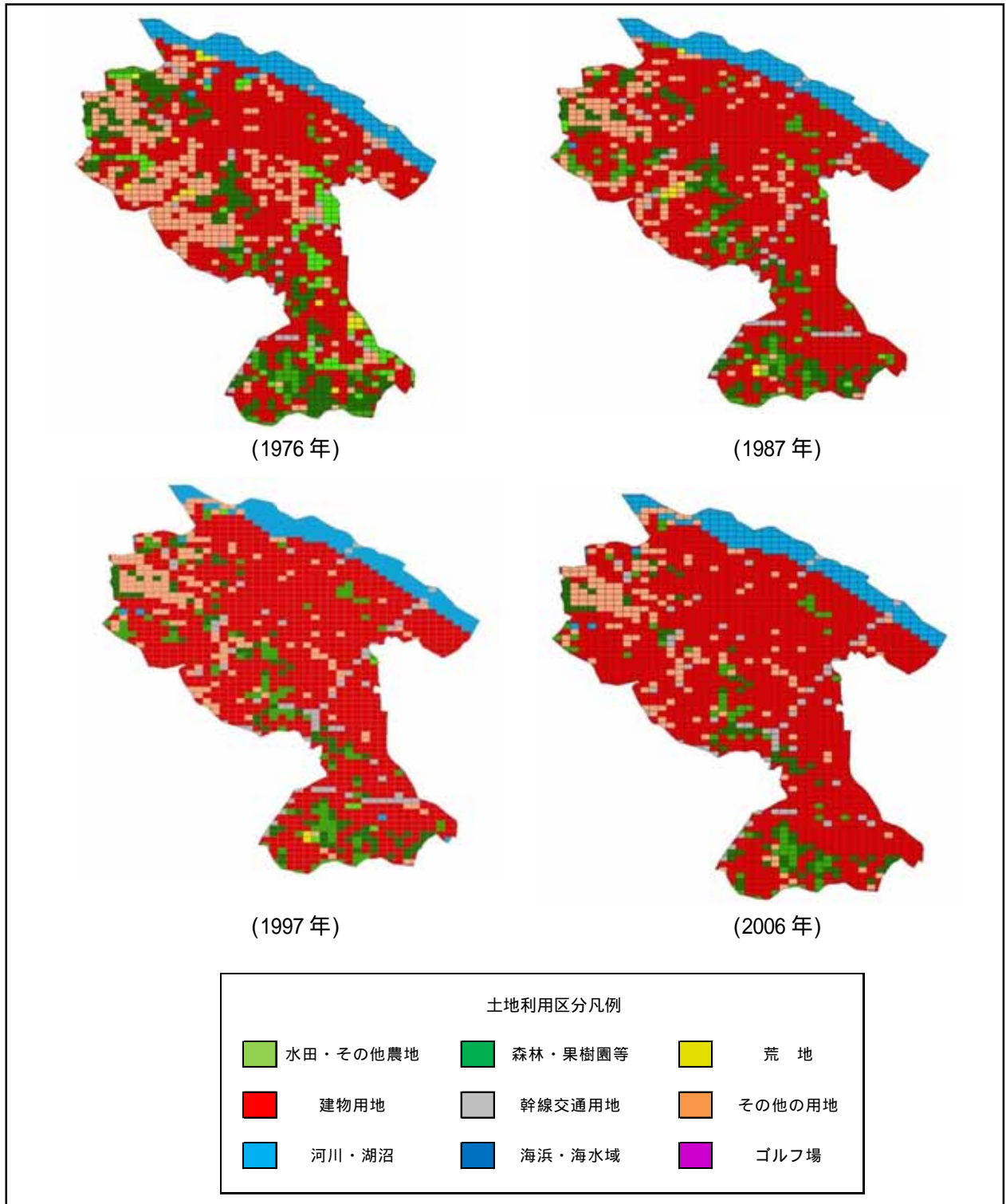


図 4.4.1 土地利用区分マップ（高津区）

表 4.4.1 土地利用区分の集計結果と不浸透面積率（高津区）

土地利用種別	単位	年度			
		1976	1987	1997	2,006
田	(ha)	92.9	15.3	6.6	0.0
その他農地	(ha)	63.4	102.7	104.9	68.8
森林	(ha)	205.4	147.5	113.6	90.7
荒地	(ha)	16.4	7.6	2.2	0.0
建物用地	(ha)	817.3	1,065.3	1,114.5	1,181.2
幹線交通用地	(ha)	44.8	56.8	67.7	60.1
その他の用地	(ha)	331.1	177.0	163.9	173.7
河川・湖沼	(ha)	138.8	137.7	136.6	135.5
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	(ha)	1,710.0	1,710.0	1,710.0	1,710.0
不浸透面積率	(%)	31.4	37.1	38.9	40.6

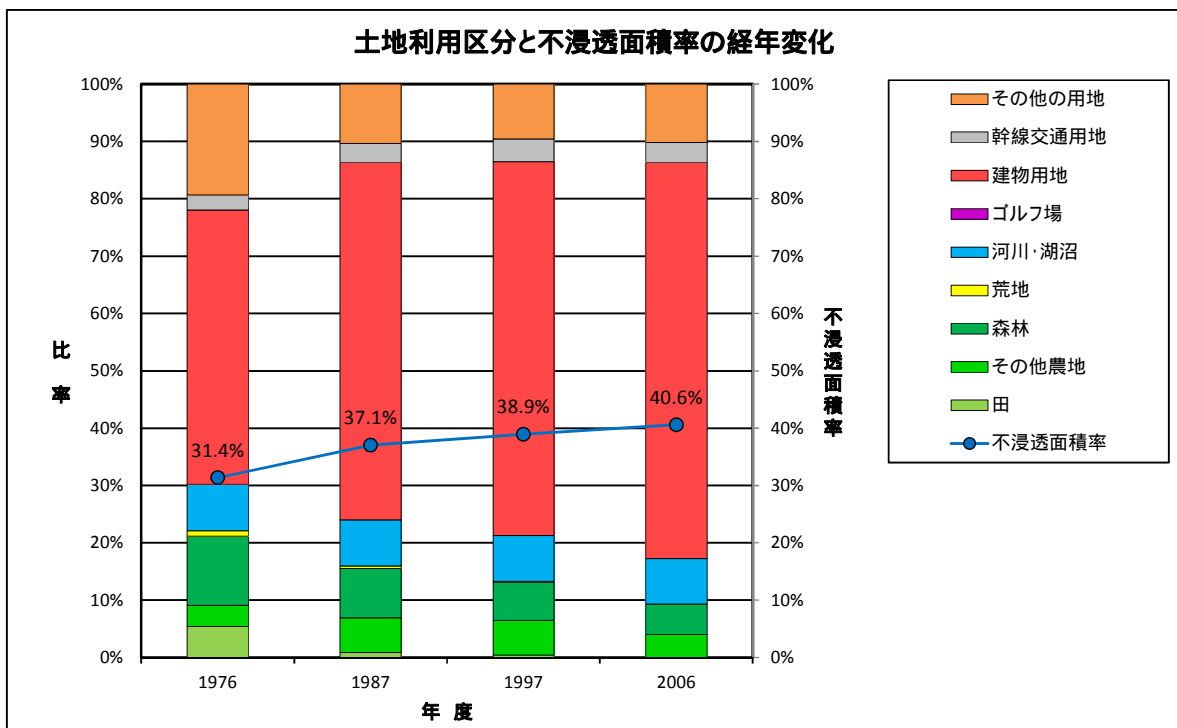


図 4.4.2 土地利用区分と不浸透面積率の経年変化（高津区）

高津区では東急田園都市線沿い（溝口～梶ヶ谷）の建物用地面積が増大しており、農地及び森林等の自然的土地利用面積は 1976 年では約 30%の比率であったが、2006 年では約 17%に減少している。

1976 年の不浸透面積率は 31.4%であるが、2006 年では 40.6%となり、不浸透面積率は 9.2 ポイントの上昇である。

5. 人口と不浸透面積率の関係及び 2030 年の不浸透面積率の推定

各行政区とも不浸透面積率と人口は直線関係にあり、図 5.1～5.4 に示すように非常に高い相関関係を示す。この結果より 2030 年における人口推計値より不浸透面積率を推定すると表 5.1 に示す通りである。また、2006 年の不浸透面積率を基準とした 2030 年の不浸透面積率の増加率は、麻生区で最も高く 128%を示し、多摩区・宮前区・高津区では 105%程度である。

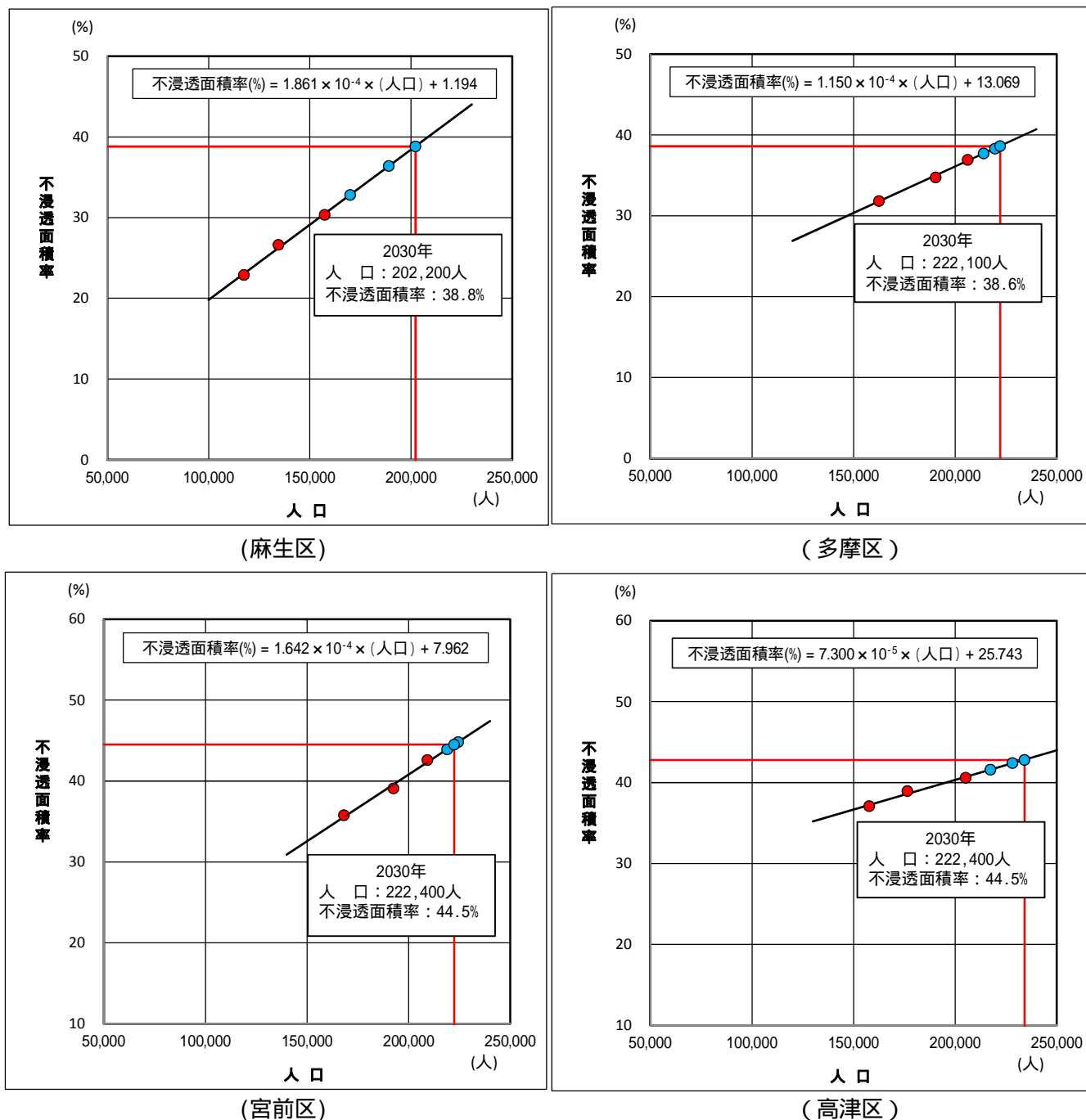


図 5.1 不浸透面積率と人口の関係

表 5.1 不浸透面積率と人口の関係及び 2030 年の不浸透面積率の推定値

行政区	年度	人口 (人)	不浸透面積率 (%)	変化率 (%)
麻生区	1987	117,484	22.88	75.4
	1997	134,513	26.61	87.7
	2006	157,327	30.33	-
	2030	202,200	38.80	127.9
多摩区	1987	162,452	31.83	86.2
	1997	190,428	34.74	94.1
	2006	206,155	36.91	-
	2030	222,100	38.60	104.6
宮前区	1987	168,173	35.76	84.0
	1997	192,537	39.09	91.8
	2006	209,241	42.59	-
	2030	222,400	44.50	104.5
高津区	1987	157,702	37.06	91.3
	1997	176,482	38.95	95.9
	2006	205,150	40.59	-
	2030	234,100	42.80	105.4

2030 年の人口は推計値¹による

1 川崎市第 3 期実行計画に向けた将来人口推計について、川崎市総合企画局、2010 年 4 月

6 . 平瀬川流域における河川流量シミュレーション結果

6.1 不浸透面積率の経年変化と2030年の不浸透面積率の推定

平瀬川流域の年度別土地利用マップを図6.1.1に示す。また、表6.1.1に土地利用区分の集計結果を、図6.1.2に土地地用区分と不浸透面積率の経年変化を示す。

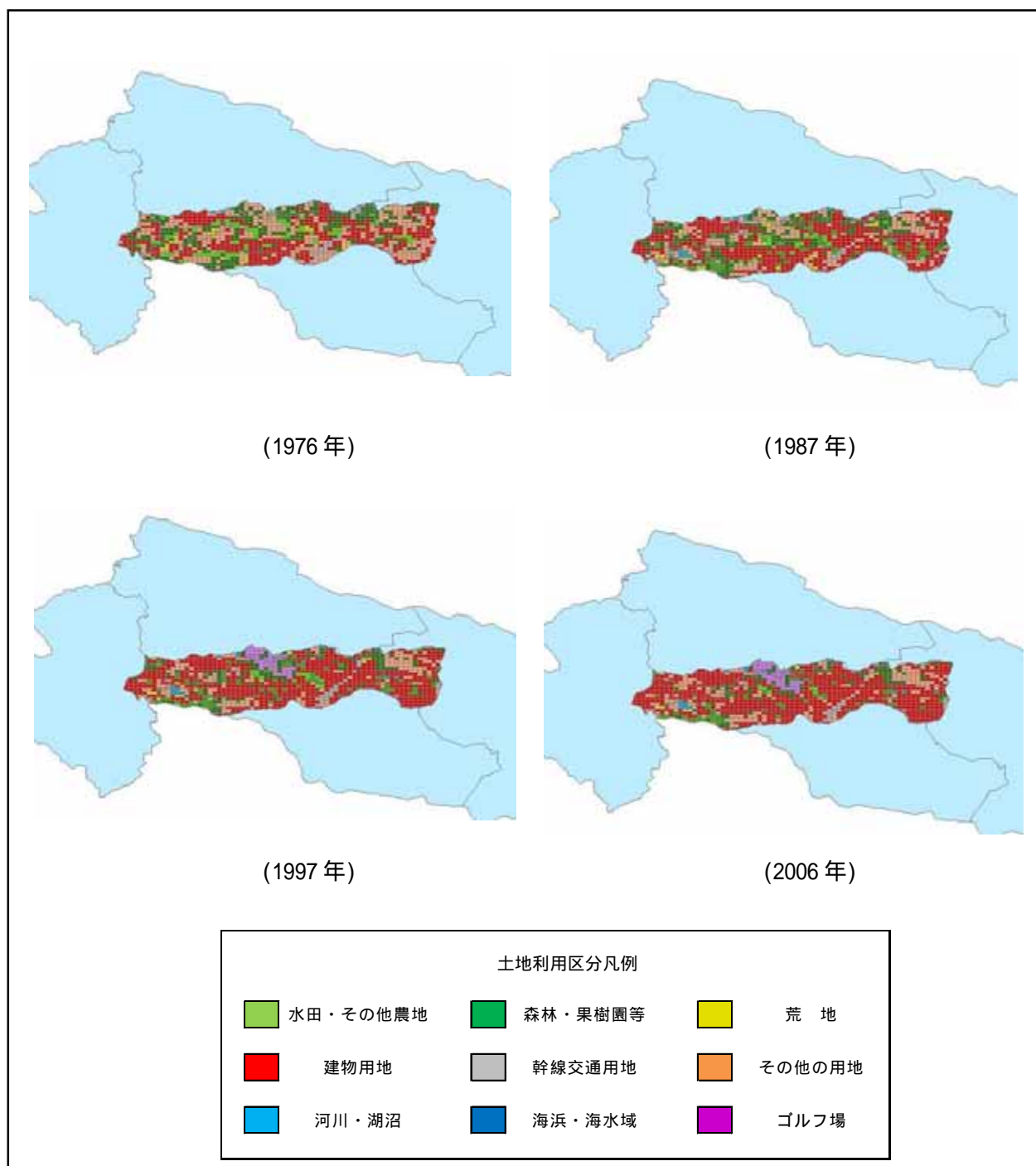


図6.1.1 土地利用区分マップ（平瀬川流域）

表 6.1.1 土地利用区分の集計結果と不浸透面積率（平瀬川流域）

土地利用区分	単位	年度			
		1976	1987	1997	2006
田	(ha)	97.0	29.1	16.2	7.5
その他農地	(ha)	0.0	99.1	99.1	64.6
森林	(ha)	285.5	212.3	154.1	115.3
荒地	(ha)	21.5	24.8	11.9	10.8
建物用地	(ha)	409.4	540.9	637.8	707.9
幹線交通用地	(ha)	21.5	28.0	29.1	31.2
その他の用地	(ha)	350.2	240.3	177.8	188.5
河川・湖沼	(ha)	3.2	14.0	12.9	14.0
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	0.0	49.6	48.5
合計	(ha)	1,188.4	1,188.4	1,188.4	1,188.4
流域不浸透面積率	(%)	26.41	30.17	33.44	36.79

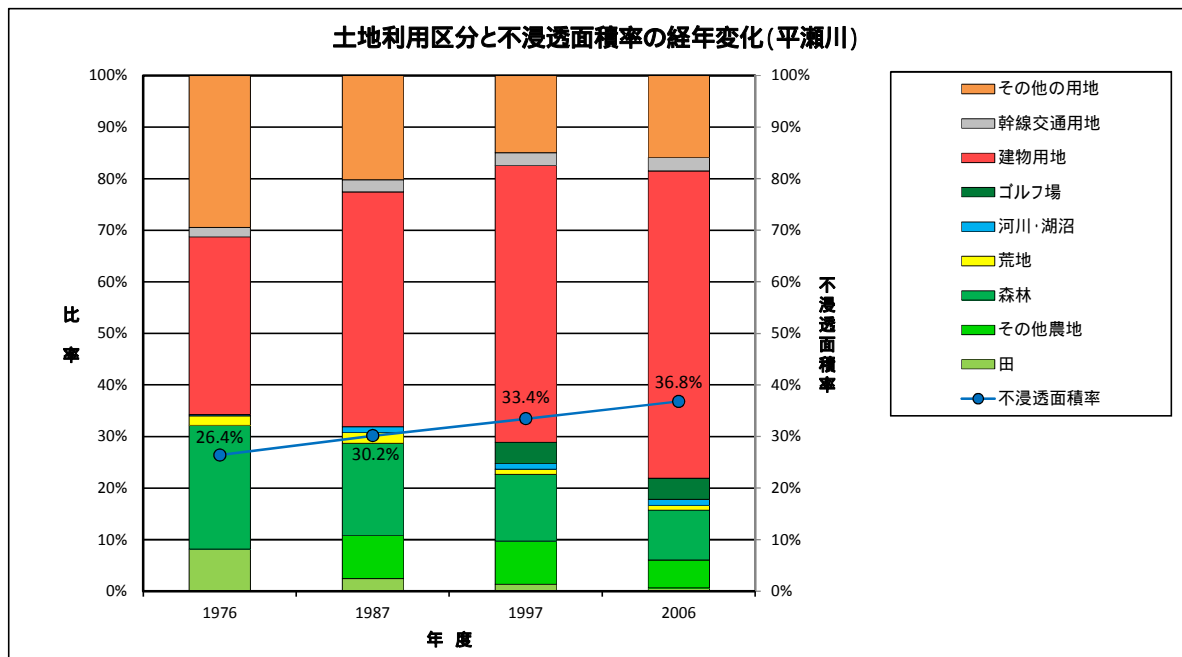


図 6.1.2 土地利用区分と不浸透面積率の経年変化（平瀬川流域）

平瀬川流域では森林の土地利用が 2006 年では 1976 年の 40%程度に減少しており、水田 + その他農地についても減少している（ただし、水田からその他農地に転用されている）。一方、建物用地は 2006 年では 1976 年の 170%に増加しており、都市化が進行していることが推察される。

1976 年では不浸透面積率が 26.4%であったが、2006 年では 36.8%となっており、約 10 ポイント上昇している。

また、平瀬川流域の 2030 年における不浸透面積率を推定すると、表 6.1.2 に示すように 39.2%となる。なお、不浸透面積率の推定にあたっては、平瀬川が麻生区、多摩区、宮前区及び高津区の 4 つの行政区にまたがっていることから、行政区ごとの面積に分割し、各々の行政区が表 5.1 に示した不浸透面積の増加率で変化するものとして算出した。

表 6.1.2 2030 年における平瀬川流域の不浸透面積率の推定

土地利用区分	単位	麻生区	多摩区	宮前区	高津区	流域全体
田	(ha)	0.0	0.0	7.5	0.0	7.5
その他農地	(ha)	3.2	6.5	45.3	9.7	64.6
森林	(ha)	0.0	21.5	75.4	18.3	115.3
荒地	(ha)	2.2	2.2	6.5	0.0	10.8
建物用地	(ha)	60.3	119.6	386.8	141.1	707.9
幹線交通用地	(ha)	0.0	2.2	23.7	5.4	31.2
その他の用地	(ha)	14.0	42.0	71.1	61.4	188.5
河川・湖沼	(ha)	0.0	5.4	6.5	2.2	14.0
海浜	(ha)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ゴルフ場	(ha)	0.0	17.2	31.2	0.0	48.5
合計	(ha)	79.7	216.6	654.0	238.1	1,188.4
2006年不浸透面積率	(%)	42.23	34.25	36.39	38.35	36.79
増加率		1.279	1.046	1.045	1.054	表5.1
2030年不浸透面積率	(%)	54.01	35.83	38.03	40.42	39.18

6.2 河川流量シミュレーション結果

表 6.2.1 及び図 6.2.1 に平瀬川の 1976 年～2006 年の年平均流量のシミュレーション値（表 6.2.1 の【A】）結果を示す。また、シミュレーション値と比較するために水質年報による年平均流量（表 6.2.1 の【B】）を示した。

シミュレーションによる年平均流量は、1993 年以前は水質年報の年平均流量と比べて小さな値を示しているが、それ以降では両者の差異は比較的小さい。図 6.2.1 には平瀬川流域のうち最も大きな面積を占める宮前区の下水道普及率¹を図 6.2.1 に併記したが、宮前区の下水道普及率は 1986 年～1990 年にかけて急激に上昇しており、高津区、多摩区、麻生区についても同様である。

このことから、1993 年以前の河川流量は生活雑排水の河川流出による影響²（増加分）と推定されることから、年平均流量のシミュレーション値はほぼ現況の河川流量を再現しているものと考えられる。

河川流量は降水量によって大きく変化することから、実測の降水量を用いた河川流量のシミュレーション値では、不浸透面積率の変化と河川流量の関係を把握することが難しいので、平年値の年降水量(1,688.6mm)を用いた平年流量のシミュレーション値（表 6.2.1 の【C】）も合わせて示した。

なお、平年流量のシミュレーション値は下記により算出した。

$$\begin{array}{l} \text{シミュレーション値} \\ \text{（平年流量）} \end{array} = \begin{array}{l} \text{水質年報の河川流量から} \\ \text{地下水流出量を除外した} \\ \text{流量の平均値} \end{array} + \begin{array}{l} \text{平年値の降水量を用いて} \\ \text{算出した地下水流出量} \end{array}$$

平瀬川の平年流量は図 6.2.1 に示したように 1976 年以降減少傾向が認められる。図 6.2.2 は平年値の降水量を用いて算出した水収支の各成分の流出高の経年変化である。不浸透面積率の増加に伴い、河川流出量を構成する成分のうち表面流出量の増加と地下水流出量の減少が明瞭に表れている。

このことは、降水が表面流出として短時間で河川に流出してしまうため、地下水流出量が大きく関係する平常時の河川流量が減少することを意味している。

前述したように、平瀬川流域では 2030 年の不浸透面積率が 39.2%とさらに増加することから、図 6.2.3 に示すように 2030 年の平年流量（年平均値）は 0.293m³/sec まで減少すると推定される。

-
- 1 川崎市統計書による下水道普及率（処理区域人口/行政区域人口）とし、各行政区の下水道普及率の記載がある 1986 年以降のデータを参照した
 - 2 川崎市の上水道水源は、相模川水系の河川水、多摩区の地下水、神奈川県広域水道事業団（相模川水系及び酒匂川水系）であることから、上水道として使用されて河川に流出した生活雑排水は降水量とは無関係であり、河川流量に対して増加分となる。

表 6.2.1 河川流量シミュレーション結果

河川名	西暦	流域面積 (ha)	不透水面積率 (%)	地形勾配	降水量 (mm)	蒸発散量 (mm)	表面流出量 (mm)	中間流出量 (mm)	地下水浸透量 (mm)	地下水流出量 (平水流量以下)		【A】 シミュレーション値 (年平均流量) (m ³ /sec)	【B】 水質年報実測値 (年平均流量) (m ³ /sec)	【C】 シミュレーション値 (年平均流量) (m ³ /sec)
										流出高 (mm)	年平均 (m ³ /sec)			
	1976	1,188.4	26.41	15.12	1,655.5	524.2	349.9	326.2	455.2	228.1	0.086	0.341		0.375
	1977	1,188.4	26.75	15.12	1,647.5	546.2	354.3	325.1	421.9	209.8	0.079	0.335		0.374
	1978	1,188.4	27.09	15.12	1,154.0	552.7	231.7	203.1	166.5	0.0	0.000	0.164		0.373
	1979	1,188.4	27.43	15.12	1,522.0	561.8	335.0	295.4	329.8	150.4	0.057	0.294	0.56	0.372
	1980	1,188.4	27.77	15.12	1,823.0	523.7	419.0	373.1	507.2	254.2	0.096	0.394	0.72	0.371
	1981	1,188.4	28.12	15.12	1,586.5	521.1	364.6	313.7	387.1	189.1	0.071	0.327	1.00	0.370
	1982	1,188.4	28.46	15.12	1,798.5	522.3	427.7	369.1	479.4	240.6	0.091	0.391		0.368
	1983	1,188.4	28.80	15.12	1,767.5	513.2	427.1	362.3	464.9	233.2	0.088	0.385	0.91	0.367
	1984	1,188.4	29.14	15.12	996.0	505.1	210.6	167.9	112.4	0.0	0.000	0.143	0.88	0.366
	1985	1,188.4	29.48	15.12	1,798.5	520.0	451.2	372.7	454.6	227.8	0.086	0.396	0.97	0.364
	1986	1,188.4	29.83	15.12	1,449.0	501.7	359.1	283.4	304.8	131.4	0.050	0.292	0.74	0.363
	1987	1,188.4	30.17	15.12	1,258.5	530.6	307.6	235.6	184.7	10.6	0.004	0.209	0.63	0.361
	1988	1,188.4	30.50	15.12	1,626.5	502.2	425.4	331.2	367.7	176.7	0.067	0.352	0.71	0.360
	1989	1,188.4	30.82	15.12	2,252.0	520.4	612.8	498.1	620.7	302.9	0.114	0.533	0.64	0.358
	1990	1,188.4	31.15	15.12	1,765.0	548.1	482.1	369.7	365.1	174.9	0.066	0.387	0.66	0.357
	1991	1,188.4	31.48	15.12	2,317.0	523.0	651.9	518.8	623.3	303.9	0.115	0.556	0.80	0.355
	1992	1,188.4	31.80	15.12	1,776.5	507.6	502.4	375.1	391.4	191.7	0.072	0.403	0.73	0.353
	1993	1,188.4	32.13	15.12	1,870.0	489.4	540.0	401.3	439.3	219.6	0.083	0.437	0.64	0.351
	1994	1,188.4	32.46	15.12	1,391.5	540.4	394.2	275.6	181.3	6.1	0.002	0.255	0.29	0.349
	1995	1,188.4	32.79	15.12	1,440.0	514.8	417.8	289.3	218.1	50.7	0.019	0.286	0.65	0.348
	1996	1,188.4	33.11	15.12	1,684.0	494.0	507.6	355.2	327.2	148.5	0.056	0.381	0.39	0.345
	1997	1,188.4	33.44	15.12	1,186.5	512.3	341.3	224.5	108.4	0.0	0.000	0.213	0.34	0.343
	1998	1,188.4	33.81	15.12	1,900.5	516.9	593.3	416.3	368.0	176.9	0.067	0.449	0.36	0.341
	1999	1,188.4	34.18	15.12	1,503.5	525.4	473.3	310.3	194.5	23.1	0.009	0.304	0.35	0.338
	2000	1,188.4	34.56	15.12	1,557.5	510.0	502.4	326.1	219.0	51.7	0.019	0.332	0.34	0.335
	2001	1,188.4	34.93	15.12	1,630.5	499.9	539.0	347.1	244.5	78.2	0.029	0.363	0.22	0.332
	2002	1,188.4	35.30	15.12	1,638.0	500.1	552.5	350.5	234.9	68.6	0.026	0.366	0.34	0.329
	2003	1,188.4	35.67	15.12	2,132.5	480.2	741.7	488.8	421.8	209.8	0.079	0.543	0.33	0.325
	2004	1,188.4	36.04	15.12	1,932.0	517.5	684.0	434.6	295.9	124.3	0.047	0.468	0.37	0.321
	2005	1,188.4	36.41	15.12	1,411.0	486.5	495.8	292.3	136.4	0.0	0.000	0.297	0.26	0.318
	2006	1,188.4	36.79	15.12	1,856.0	484.6	682.0	416.7	272.7	104.6	0.039	0.453	0.34	0.313

図 6.2.1 河川流量シミュレーション結果

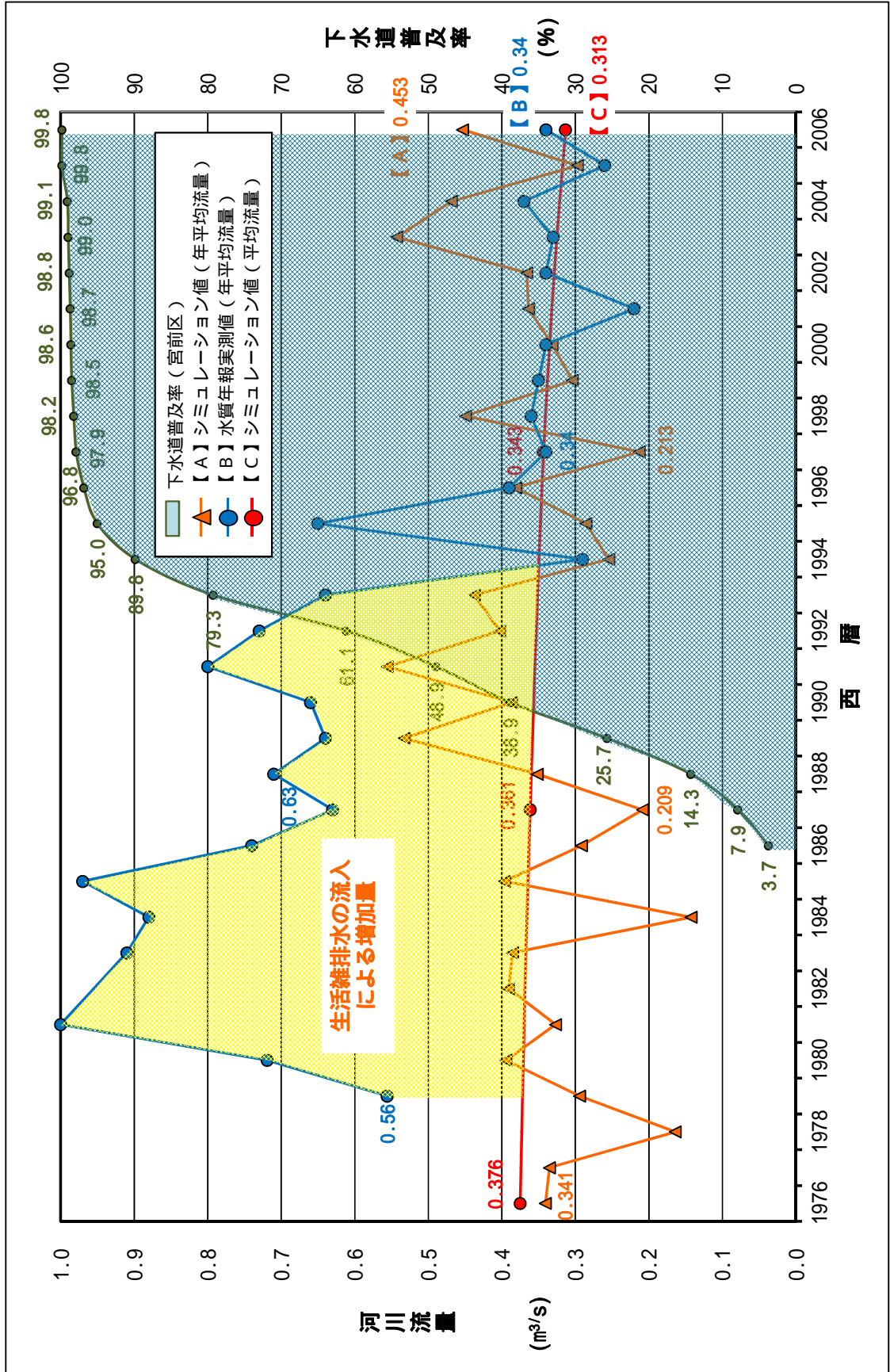
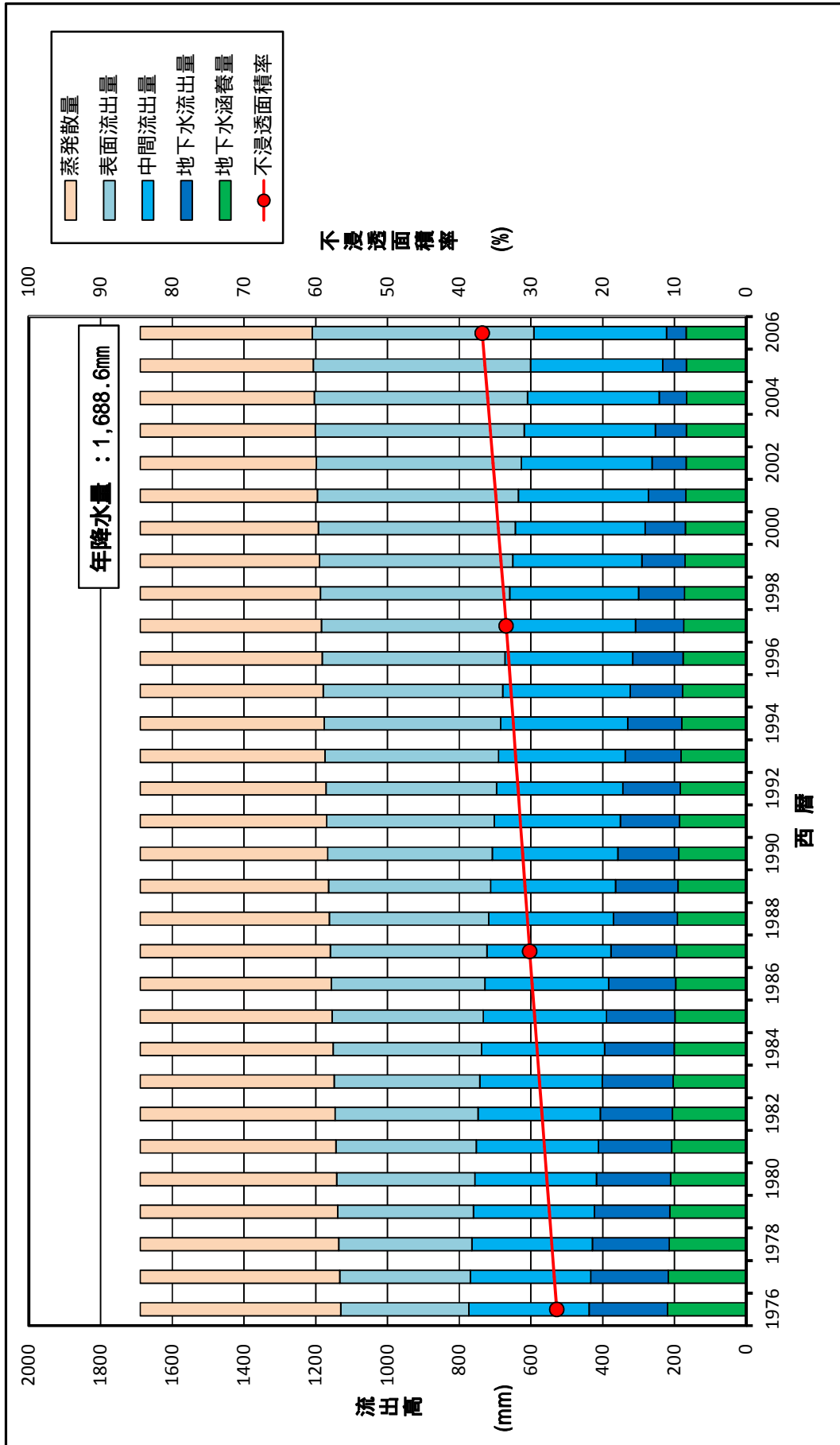


図 6.2.2 平年降水量による水収支各成分の経年変化



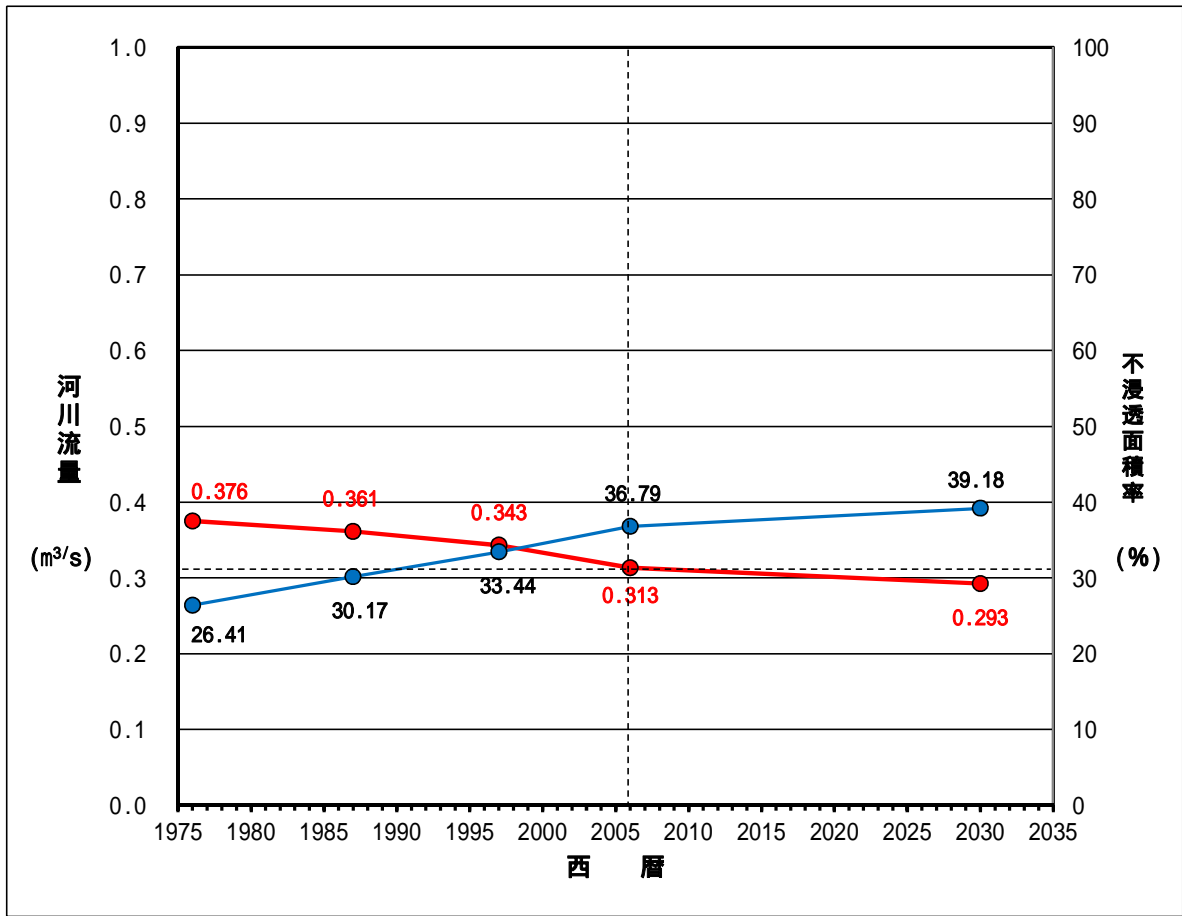


図 6.2.3 2030 年の年平均流量の推定

6.3 浸透施設設置による河川流況改善効果の検討

河川流量シミュレーションの結果、2030年の平瀬川の平年流量（年平均値）は $0.293\text{m}^3/\text{sec}$ であり、2006年における平年流量である $0.313\text{m}^3/\text{sec}$ と比較すると $0.02\text{m}^3/\text{sec}$ の減少と推定され、これは人口の増加に伴う流域の不浸透面積率の上昇によるものである。

2030年において2006年レベルの平年流量を維持するためには、地表部に浸透施設を設置して、表面流出量を抑制し、地下水浸透量を増加させることにより河川に供給される地下水流出量を増加させることが必要となる。

そこで、今回のシミュレーション結果を用いて2006年レベルの地下水浸透量を維持するのに必要となる浸透マス設置目標数を試算する。

6.3.1 地下水涵養量の増加目標値の設定

地下水涵養量の増加目標値の設定にあたっては、平年降水量による地下水涵養量を用いることとし、地下水涵養量のシミュレーション結果は表6.3.1に示すとおりであり、2030年における地下水涵養量の増加目標値は74.3mmとなる。

表 6.3.1 地下水涵養量のシミュレーション結果

西 暦	不浸透面積率 (%)	降水量 (mm/year)	蒸発散量 (mm/year)	表面流出量 (mm/year)	中間流出量 (mm/year)	地下水涵養量 (mm/year)
1976	26.41	1,688.6	557.8	357.9	334.6	438.3
1987	30.17	1,688.6	529.3	436.1	346.4	376.8
1997	33.44	1,688.6	504.5	517.9	357.6	308.6
2006	36.79	1,688.6	479.1	617.4	370.1	222.0
2030	39.18	1,688.6	461.0	700.2	379.7	147.7
地下水涵養量の増加目標値						74.3

6.3.2 浸透強度と地下水涵養量増加分の関係

「手引き」より浸透施設による流出抑制効果量（地下水涵養量増加分）は次式で試算することができる。

$$\text{浸透施設による流出抑制量 (mm/year)} = a \cdot e^{b \times (\text{不浸透面積率})} \quad \dots (6.3.1)$$

係数 a、係数 b の算定式

$$\text{係数 } a = c \cdot e^{d \times (\text{年間降水量})} \quad \dots (6.3.2)$$

$$\text{係数 } b = f \cdot e^{g \times (\text{年間降水量})} \quad \dots (6.3.3)$$

表 6.3.2 係数 c,d,e,f の一覧

不浸透面積 に対する 浸透強度 I	式6.3.2の係数aを 決めるための係数c,d		式6.3.3の係数bを 決めるための係数f,g	
	係数 c	係数 d	係数 c	係数 d
1mm/hr	8.6418	0.0007	6.7003	-0.0001
2mm/hr	12.316	0.0008	6.6184	-0.00011
3mm/hr	14.074	0.0008	6.5091	-0.00012
4mm/hr	14.913	0.0008	6.4447	-0.00013
5mm/hr	16.016	0.0009	6.4435	-0.0002
6mm/hr	15.085	0.0095	6.4285	-0.0002
7mm/hr	14.918	0.001	6.4456	-0.0002
8mm/hr	14.823	0.001	6.4595	-0.0002
9mm/hr	14.727	0.001	6.4625	-0.0002
10mm/hr	14.693	0.001	6.4764	-0.0002

式(6.3.1)～(6.3.3)に年平均降水量 1,688.6mm と 2030 年における不浸透面積率 39.18%を代入すると、流域平均浸透強度に対する流出抑制効果量は図 6.3.1 に示す通りであり、両者の関係は下式で表すことができる。

$$\text{地下水涵養量増加分(mm/year)} = 86.973 \times \text{Ln}(\text{流域平均浸透強度 mm/hr}) + 307.21$$

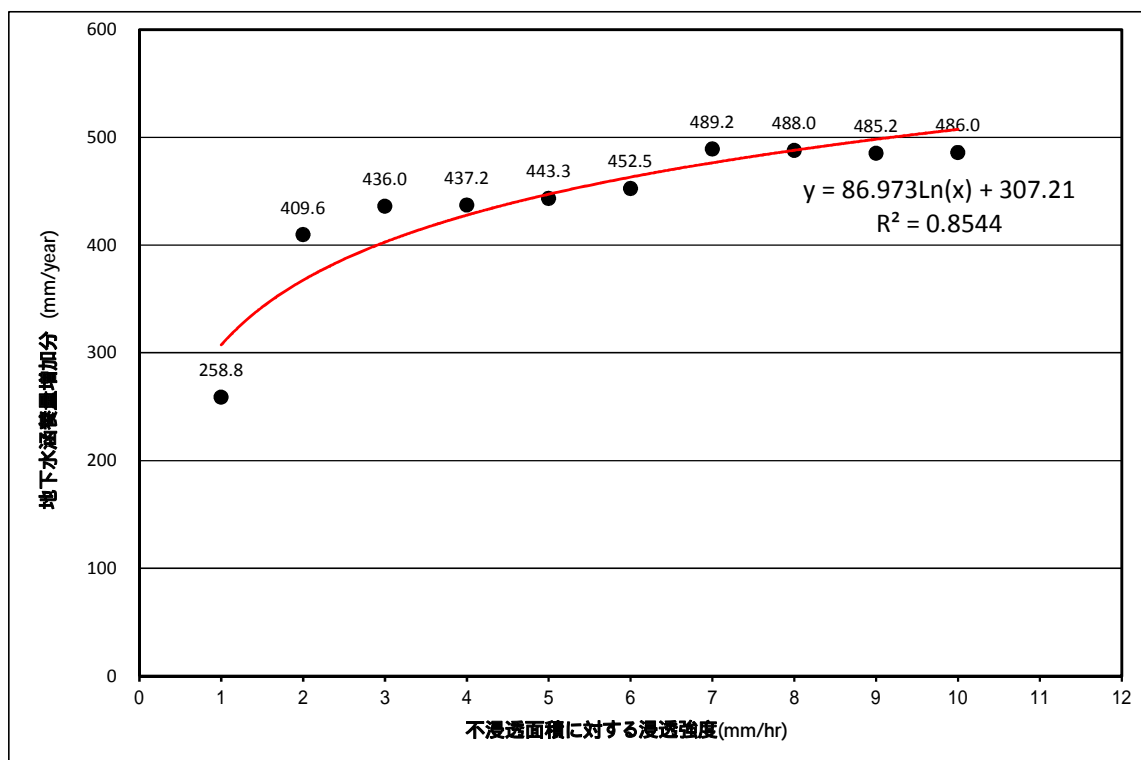


図 6.3.1 浸透強度 I と地下水涵養量増加分の関係

6.3.3 増加目標値に対する浸透強度の設定

地下水涵養量増加分と不浸透面積に対する浸透強度の関係式を変形し、地下水涵養量の増加目標値(74.3mm/year)を代入し、不浸透面積に対する浸透強度を求めると0.069mm/hrとなる。

$$\begin{aligned} \text{不浸透面積に対する浸透強度(mm/hr)} &= e^{(\text{地下水涵養量増加分}-307.21)/86.973} \\ &= e^{(74.3-307.21)/86.973} \\ &= 0.069 \quad (\text{mm/hr}) \end{aligned}$$

よって、流域平均浸透強度は上記に不浸透面積率を乗じた値となるので、下式に示すように0.027mm/hrとなる。

$$\begin{aligned} \text{流域平均浸透強度(mm/hr)} &= \text{不浸透面積に対する浸透強度} \times \text{不浸透面積率} \\ &= 0.069 \times 0.3918 \\ &= 0.027 \quad 0.03 \quad (\text{mm/hr}) \end{aligned}$$

6.3.4 増加目標値に必要な浸透施設数の検討

計画浸透施設は浸透マスとし、浸透マスの1基当たりの設計浸透量は0.20m³/hrとし¹、能力残存率を0.7と定める²。

試算結果は表6.3.3に示す通りであり、2006年レベルの地下水浸透量を維持するためには、不浸透地に対して約2,600基の浸透マス設置が相当する。

表 6.3.3 2006年レベルの地下水涵養量の維持に相当する浸透施設の設置数

施設タイプ	単位	形状 (W × H) (m)	単位設計 浸透量 (m ³ /hr)	能力 残存率	浸透強度 (mm/hr)	対策可能面積 (m ²)	流域面積 (ha)	設置数 (基)
			(a)	(b)	(c)	(d) = (a) × (b) ÷ (c) ÷ 1,000	(e)	(e) ÷ (d)
浸透マス	基	0.5 × 1.0	0.20	0.70	0.03	4,667	1,188.4	2,600

1 「手引き」P.17 表2-1 雨水浸透タイプ別の単位設計浸透量の算定例 より引用

2 「手引き」P.36 <屋根浸透マスの終局的な能力残存率算出の考え方>より引用