

3章 有明海・八代海等の環境等変化

1. 汚濁負荷

有機物や栄養塩の海域への流入は、赤潮や貧酸素水塊発生等の要因となる可能性があることから、有明海・八代海へのCOD、T-N及びT-Pの汚濁負荷量について1965～2013年度までの経年変化を算定した。

(1) 排出負荷量

排出負荷量とは、家庭（生活系）、事業場（産業系）、家畜（畜産系）、山林、田畑等（自然系）といった各発生源から排出される負荷量である。

有明海のCOD、T-N及びT-P、八代海のCOD及びT-Pの排出負荷量は、1975～1985年度頃が高く、徐々に減少している（図3.1.1）。八代海のT-Nについては、長期的な変化傾向はみられない（図3.1.2）。

発生源別にみると、両海域とも、CODは1975～1985年度頃では生活系及び産業系の割合が高いが、近年になるにつれ、それらは減少している。T-Nは1975～1985年度頃では産業系及び自然系の割合が高かったが、近年になるにつれ産業系の割合は減少しており、畜産系及び自然系の割合が高くなっている。T-Pは、1975～1985年度頃では生活系及び産業系の割合が高いが、近年になるにつれ、産業系の割合は減少している。

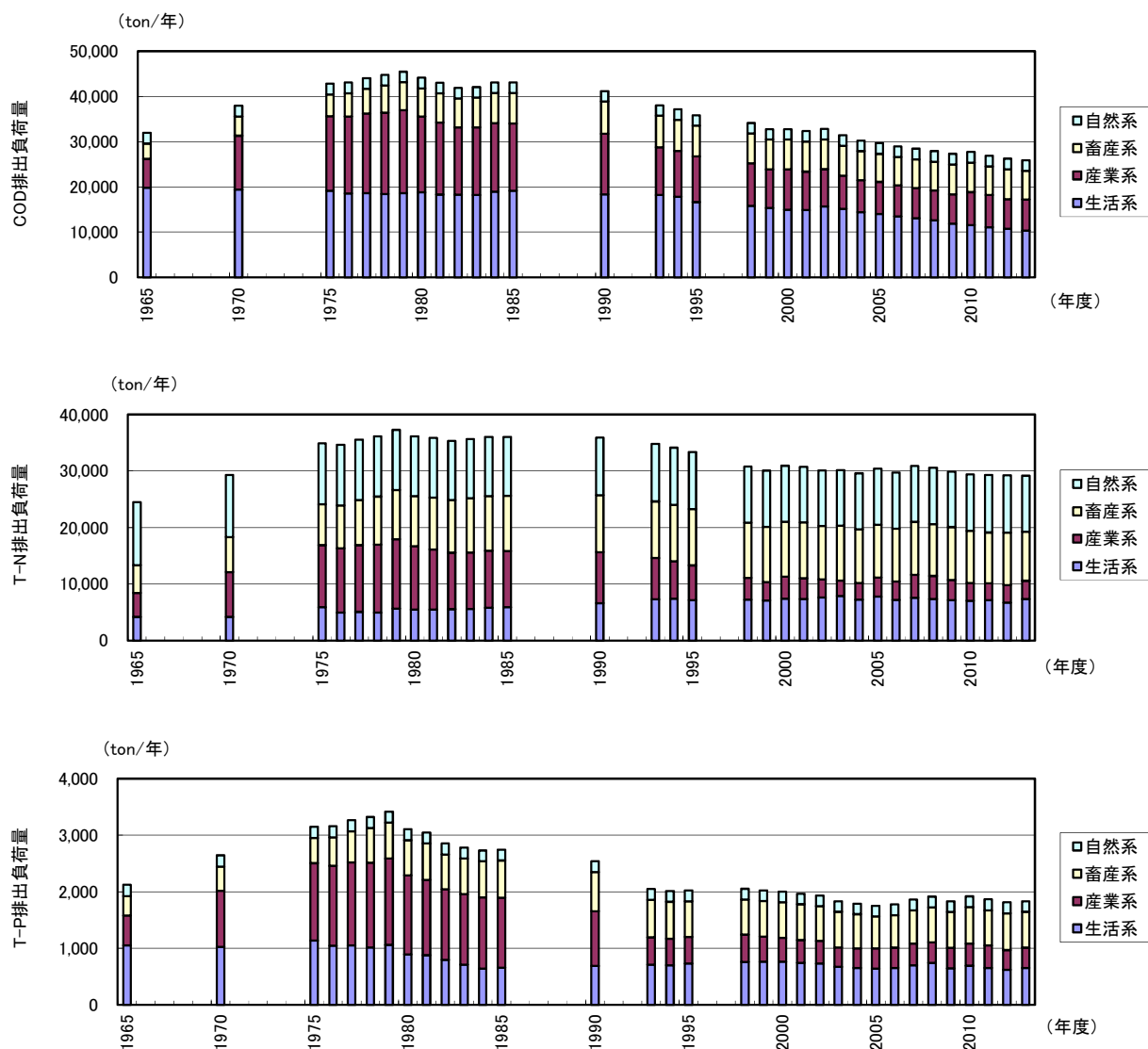


図 3.1.1 有明海への排出負荷量の経年変化

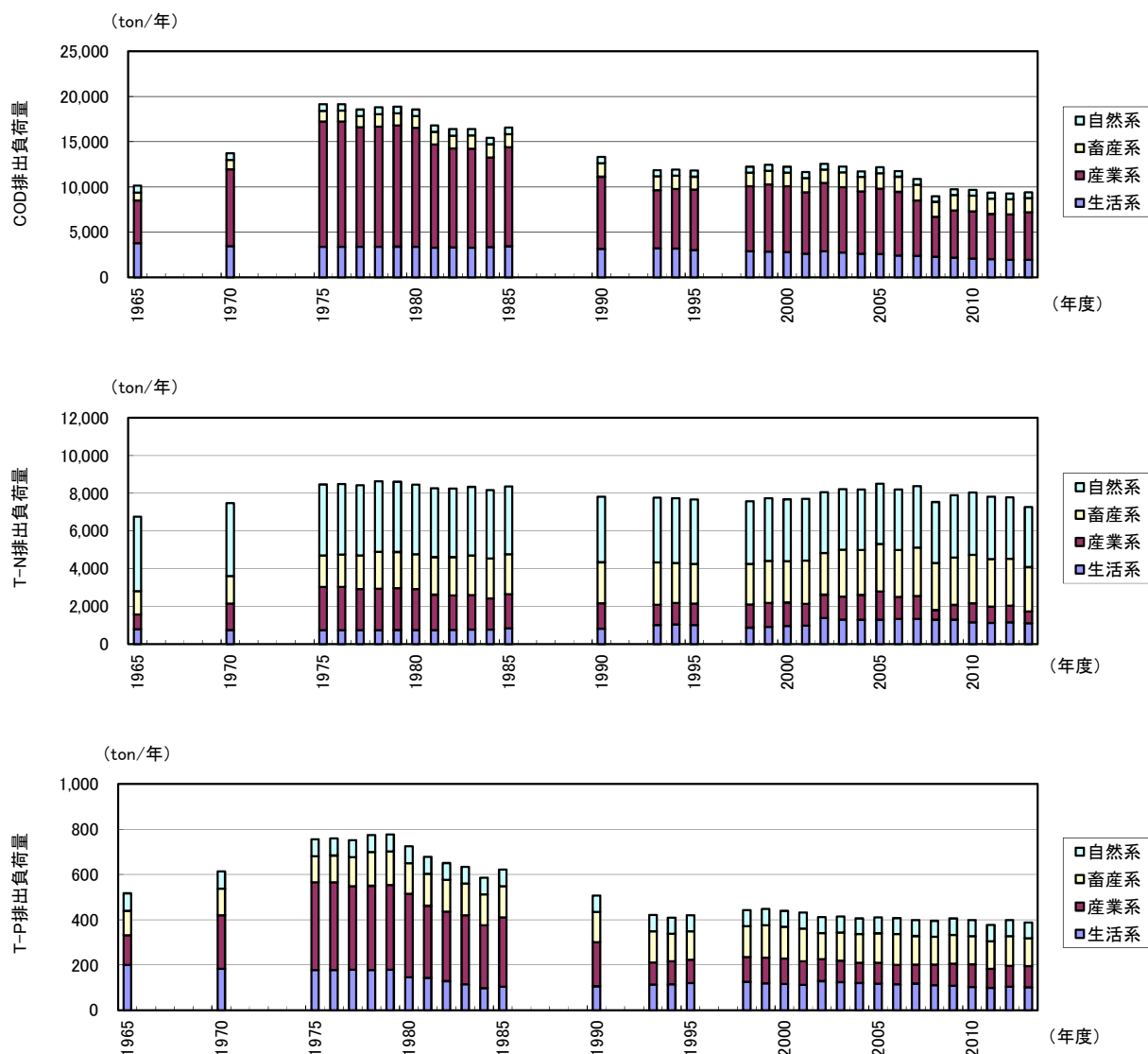


図 3.1.2 八代海への排出負荷量の経年変化

(2) 陸域からの流入負荷量

陸域からの流入負荷量について、河川等を通じて有明海及び八代海に流入する負荷量を試算した。

有明海における COD、T-N 及び T-P、八代海における COD 及び T-P の流入負荷量は、相対的に 1975～1980 年度頃に高く、その後減少し、1990 年代後半からは概ね横ばいである（図 3.1.3～図 3.1.6）。流域別にみると、有明海では筑後川流域からの流入負荷量が最も大きく、それぞれ全体の 20～45% 程度、八代海では球磨川流域からの流入負荷量は全体の 14～70% 程度を占めている（図 3.1.5、図 3.1.6）。



図 3.1.3 有明海の流域図

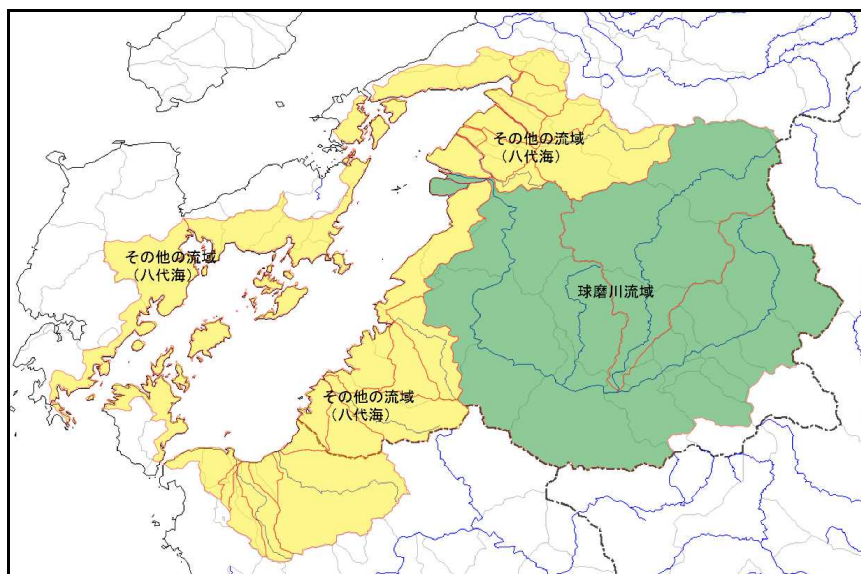
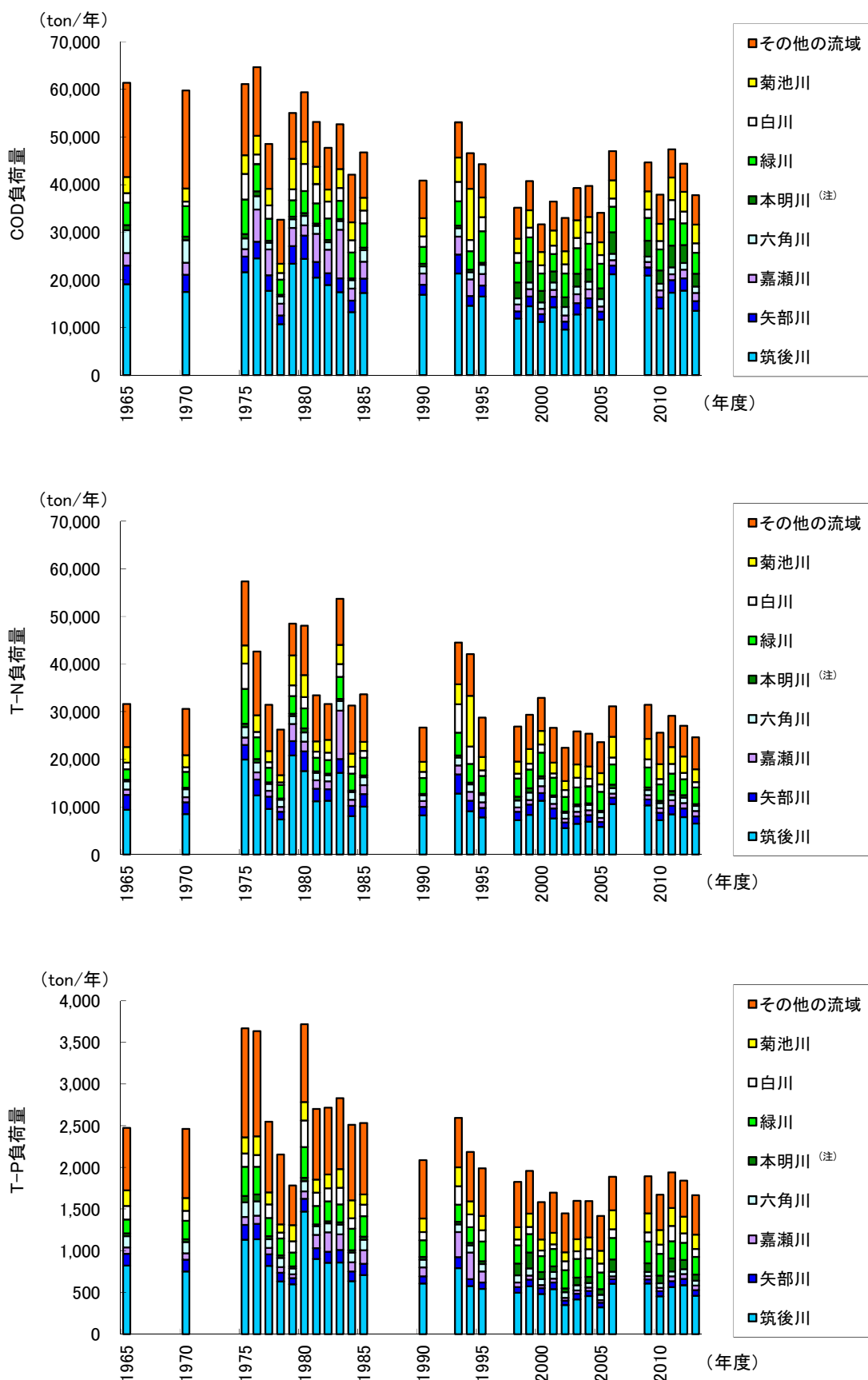


図 3.1.4 八代海の流域図



注) 1995年までは、グラフ中の「本明川」の項目に本明川流域(図3参照)からの負荷量を記載し、本明川流域以外から諫早湾(有明海)に流入する負荷量は「其他の流域」の一部として記載している。一方、1998年以降は、「本明川」の項目に諫早湾干拓事業の潮受堤排水門からの負荷量(調整池の水質と排水量より算出したもの)を記載している。

図 3.1.5 有明海への流入負荷量の経年変化

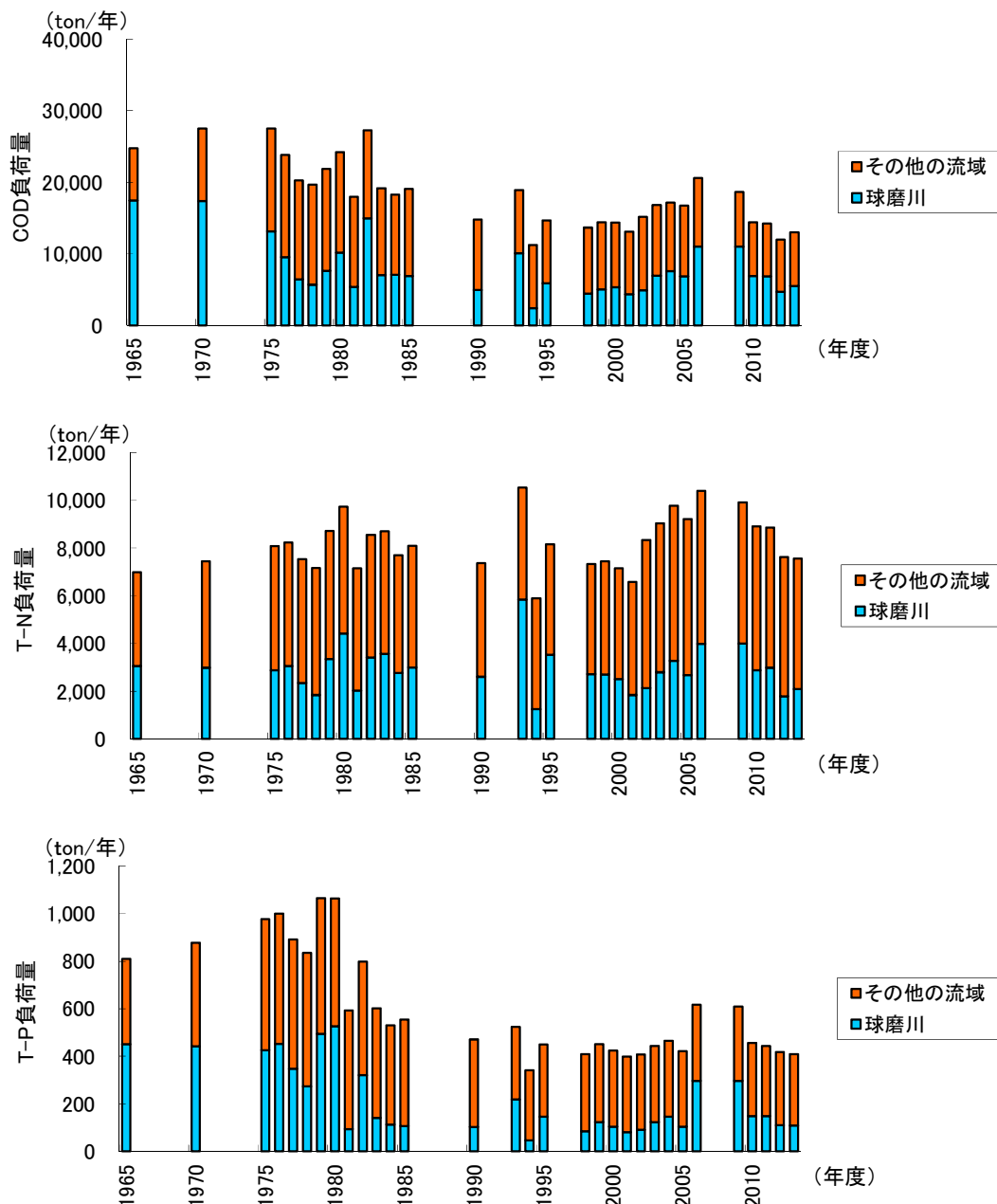


図 3.1.6 八代海への流入負荷量の経年変化

(3) 海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量

陸域からの流入負荷量に加え、直接負荷量(降雨、ノリ養殖(酸処理剤及び施肥)、魚類養殖、底質からの溶出)を含めた海域への汚濁負荷量を試算した。

なお、本報告では、底質からの栄養塩の溶出について2つの方法で得られた溶出量の低い結果を最小値、高い結果を最大値として示している。

【有明海】

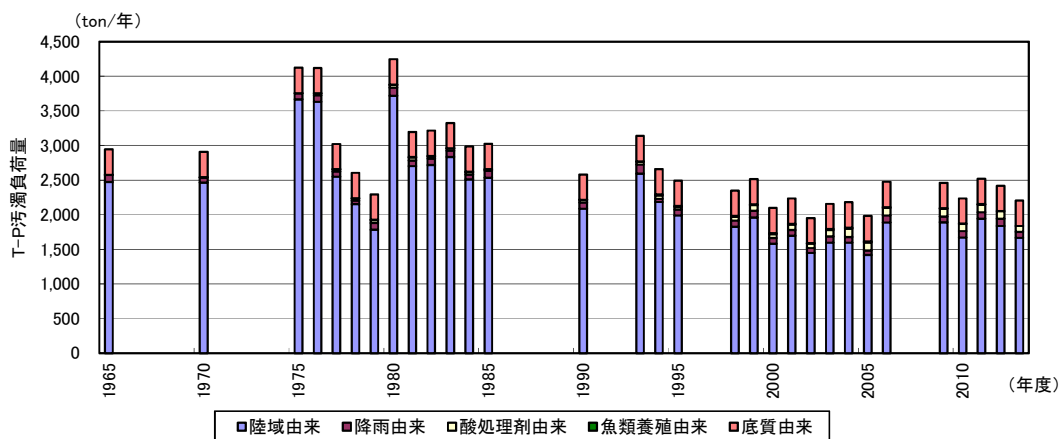
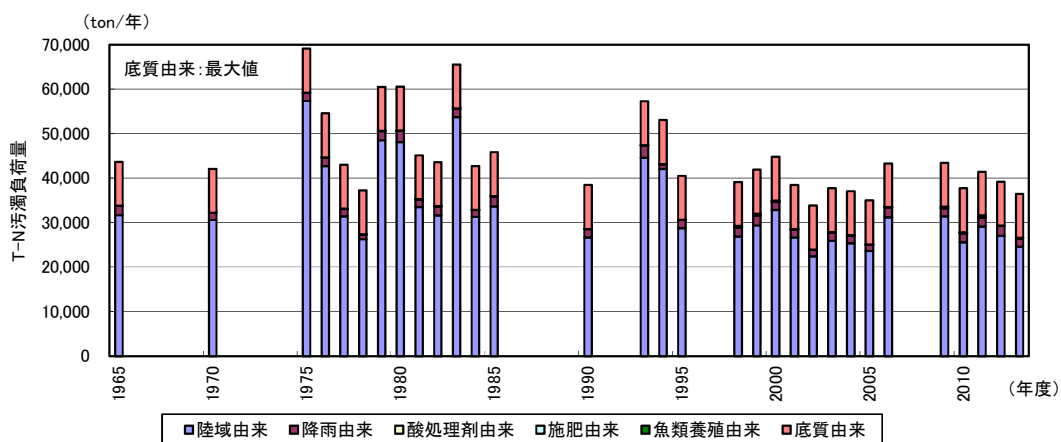
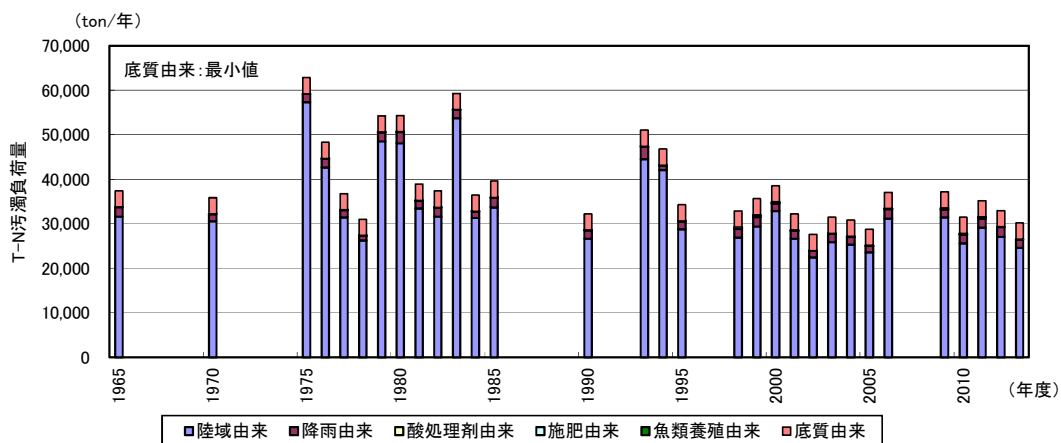
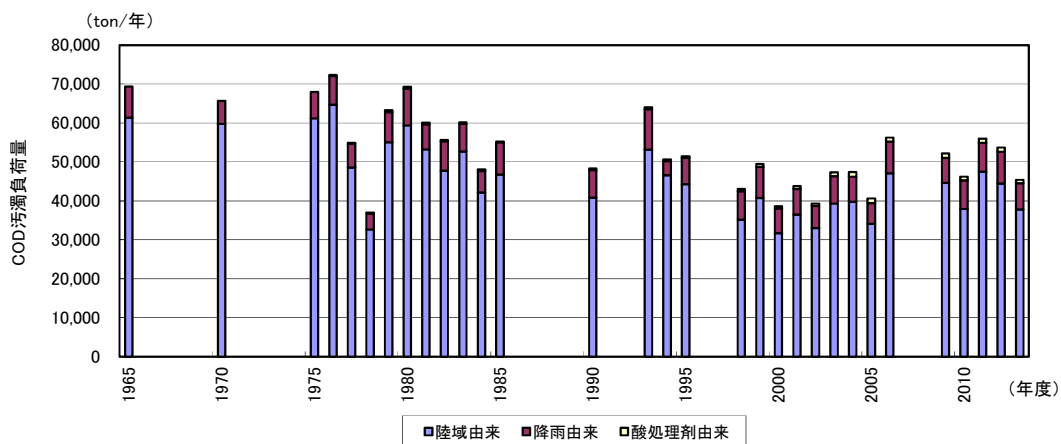
有明海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後減少し、1990年代後半からは概ね横ばいである(図 3.1.7)。

- ・陸域からの流入負荷量がCOD、T-Nで全体の80～90%以上を占め、T-Pでは全体の70～90%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の6～30%(最小値～最大値)、T-Pでは全体の19%未満である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の2割弱、T-Nでは全体の1割未満、T-Pでは全体の5%未満である。
- ・ノリ養殖の負荷量は、T-Pでは全体の5.9%以下、T-Nでは1.2%以下、魚類養殖の負荷(T-N、T-P)も全体の1%未満である。

【八代海】

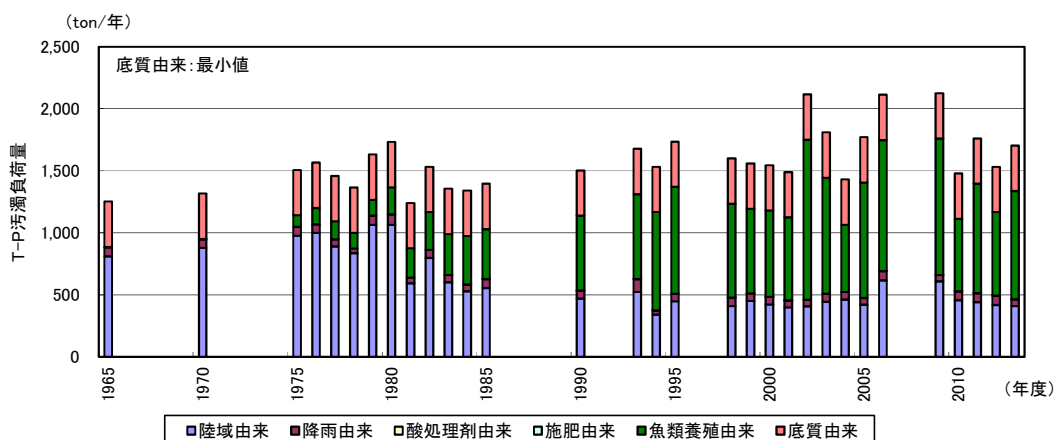
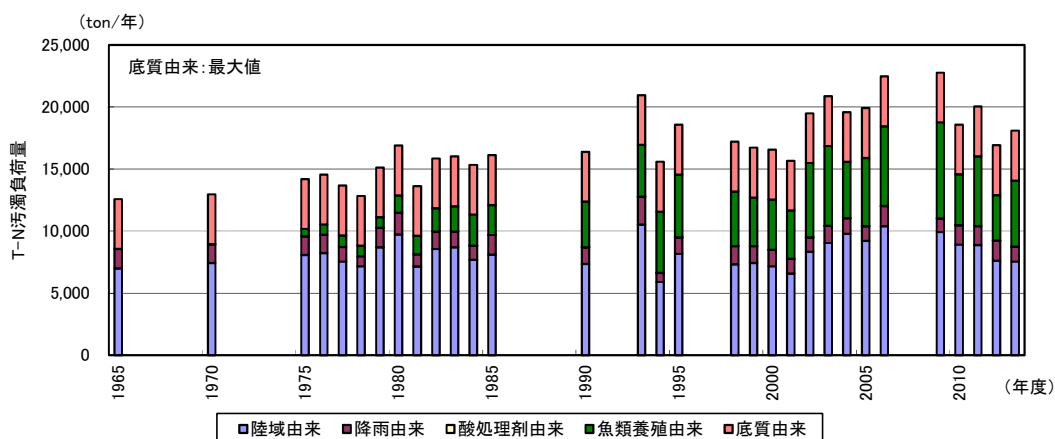
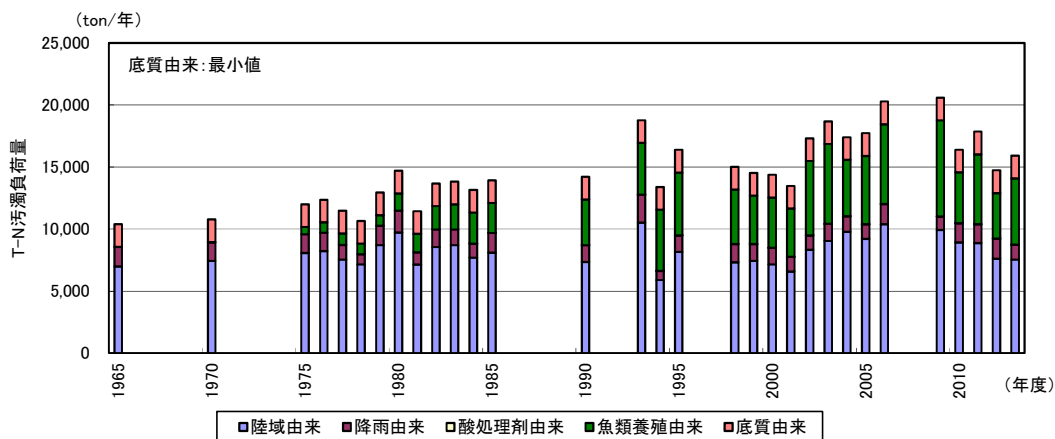
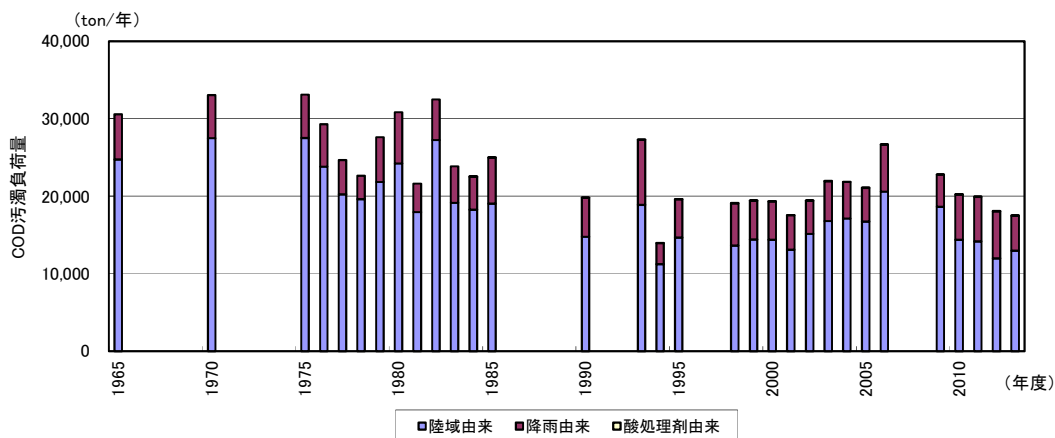
八代海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、CODは陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後は減少傾向にある。T-N及びT-Pは、2006、2009年度頃が最大であり、2010年度以降はやや少ない傾向にある(図 3.1.8)。

- ・陸域からの流入負荷量について、CODは全体の65～90%程度、T-Nは全体の35～70%程度、T-Pは全体の14～67%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の9～32%程度(最小値～最大値)、T-Pでは全体の17～55%程度(最小値～最大値)である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の13～34%程度、T-Nでは全体の5～15%程度、T-Pで2～6%程度である。
- ・魚類養殖(2009～2013年度平均)の負荷量はT-Nでは全体の27～31%程度、T-Pでは全体の34～48%程度を占め、陸域からの流入負荷とともに大きな負荷源となっている。



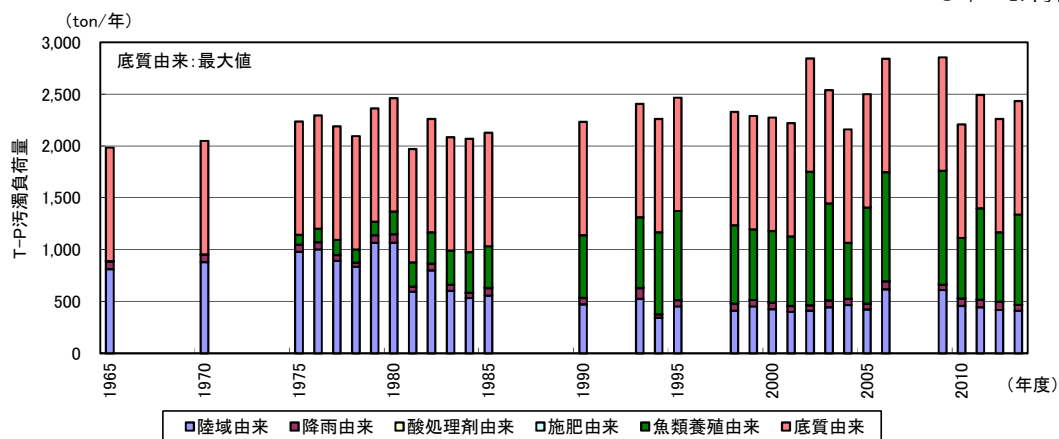
注) T-Nは底質からのNの溶出調査結果の最小値と最大値

図 3.1.7 有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量の経年変化



注) T-Nは底質からのNの溶出調査結果の最小値と最大値、T-Pは底質からのPの溶出調査結果の最小値

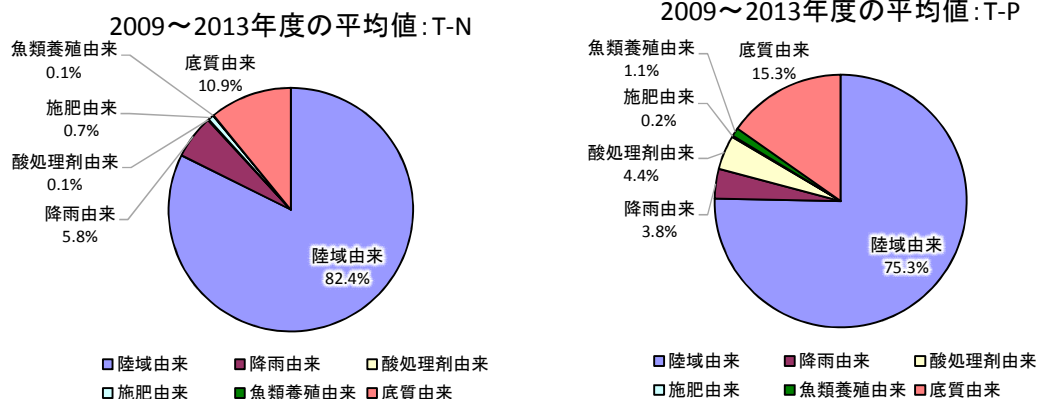
図 3.1.8(1) 八代海への直接負荷を含めた汚濁負荷量の経年変化
(COD、T-N、T-P: 底質由来最小値)



注) T-Pは底質からのPの溶出調査結果の最大値

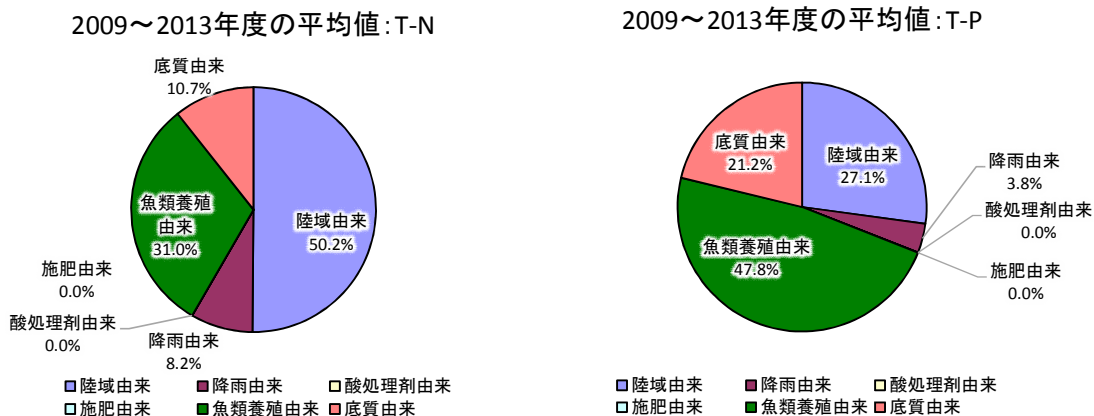
図 3.1.8(2) 八代海への直接負荷を含めた汚濁負荷量の経年変化
(T-P：底質由来最大値)

海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量について、直近5年（2009～2013年度）平均値の構成を示した（図 3.1.9、図 3.1.10）。



注) T-Nの底質由来（底質からの溶出）の負荷量は最小値を用いている。

図 3.1.9 有明海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量の割合



注) 底質由来（底質からの溶出）の負荷量は最小値を用いている。

図 3.1.10 八代海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量の割合

(4) まとめ

有機物や栄養塩の海域への流入は、赤潮や貧酸素水塊発生等の要因となる可能性があることから、有明海・八代海へのCOD、T-N及びT-Pの汚濁負荷量について1965～2013年度までの経年変化を算定した。

排出負荷量とは、家庭（生活系）、事業場（産業系）、家畜（畜産系）、山林、田畑等（自然系）といった各発生源から排出される負荷量であり、有明海のCOD、T-N及びT-P、八代海のCOD及びT-Pは、1975～1985年度頃が高く、徐々に減少している。八代海のT-Nについては、長期的な変化傾向はみられない。

流入負荷量とは、河川等を通じて海域に流入する負荷量であり、有明海におけるCOD、T-N及びT-P、八代海におけるCOD及びT-Pの流入負荷量は、相対的に1975～1980年度頃に高く、その後減少し、1990年代後半からは概ね横ばいである。

陸域からの流入負荷量に加え、直接負荷量（降雨、ノリ養殖（酸処理剤及び施肥）、魚類養殖、底質からの溶出）を含めた有明海・八代海への汚濁負荷量を試算した。

有明海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後減少し、1990年代後半からは概ね横ばいである。

- ・陸域からの流入負荷量がCOD、T-Nで全体の80～90%以上を占め、T-Pでは全体の70～90%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の6～30%（最小値～最大値）、T-Pでは全体の19%未満である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の2割弱、T-Nでは全体の1割未満、T-Pでは全体の5%未満である。
- ・ノリ養殖の負荷量は、T-Pでは全体の5.9%以下、T-Nでは1.2%以下、魚類養殖の負荷（T-N、T-P）も全体の1%未満である。

八代海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、CODは陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後は減少傾向にある。T-N及びT-Pは、2006、2009年度頃が最大であり、2010年度以降はやや少ない傾向にある。

- ・陸域からの流入負荷量について、CODは全体の65～90%程度、T-Nは全体の35～70%程度、T-Pは全体の14～67%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の9～32%程度（最小値～最大値）、T-Pでは全体の17～55%程度（最小値～最大値）である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の13～34%程度、T-Nでは全体の5～15%程度、T-Pで2～6%程度である。
- ・魚類養殖（2009～2013年度平均）の負荷量はT-Nでは全体の27～31%程度、T-Pでは全体の34～48%程度を占め、陸域からの流入負荷とともに大きな負荷源となっている。

別添資料 1：汚濁負荷算定方法

1. 汚濁負荷量の算定項目

海域への汚濁負荷量の算定項目は、COD、T-N 及び T-P とした。

2. 汚濁負荷量の算定年度

海域への汚濁負荷量の算定年度は、表 1 に示すとおりであり、33 カ年とした。

表 1 海域への汚濁負荷量の算定年度

年度	算定年度	年度	算定年度	年度	算定年度	年度	算定年度	年度	算定年度
1965	○	1975	○	1985	○	1995	○	2005	○
1966		1976	○	1986		1996		2006	○
1967		1977	○	1987		1997		2007	○
1968		1978	○	1988		1998	○	2008	○
1969		1979	○	1989		1999	○	2009	○
1970	○	1980	○	1990	○	2000	○	2010	○
1971		1981	○	1991		2001	○	2011	○
1972		1982	○	1992		2002	○	2012	○
1973		1983	○	1993	○	2003	○	2013	○
1974		1984	○	1994	○	2004	○		

3. 海域への汚濁負荷量の算定方法

3.1 排出負荷量

全流域について原単位法で算定した。原単位の設定は表 2 に示すとおりである。

3.2 陸域からの流入負荷量

陸域からの流入負荷量は表 2 のとおり算定した。一級河川の水質基準点より上流域については水質と月平均流量の積、水質基準点より下流域及びその他の流域については原単位法で算定した。各河川の水質基準点は表 3 に示すとおりである。

表2 陸域からの流入負荷量の算定方法

区分		1965年度～2001年度	2002年度以降
(二級河川) 基準点上流		各月の水質と月平均流量から、河川ごとに負荷量を算定	各月の水質と月平均流量から、河川ごとに負荷量を算定
基準点下流・その他の流入域	生活系	「平成13・14年度有明海海域環境調査(国土総合開発事業調整費調査)」(国土交通省等)の原単位等を用い、過去の原単位を推定し、各系のフレーム値を乗じて算定 ※八代海の産業系は、2002年度以降の「発生負荷量調査」の結果を踏まえ、有明海と同様の方法で算定	「発生負荷量調査」(環境省)で用いられた原単位を用い、各系のフレーム値を乗じて算定
	産業系		
	畜産系	「発生負荷量調査」(環境省)で用いられた原単位を用い、各系のフレーム値を乗じて算定	
	自然系		

注) 1998年度以降、本明川及びその他の流域から諫早湾干拓事業の調整池を通じて潮受堤防排水門から諫早湾(有明海)へ流入する負荷量については、流入負荷量を(潮受堤防排水門近傍での調整池の水質×潮受堤防排水門からの排水量)により算出している。

表3 各河川の水質基準点

河川名	水質基準点	河川名	水質基準点
筑後川	瀬ノ下	矢部川	船小屋
嘉瀬川	川上 官人橋	六角川	潮見橋
本明川	鉄道橋(1995年度まで)	緑川	城南
白川	代継橋	菊池川	白石
球磨川	横石		

3.3 海域への直接汚濁負荷量

3.3.1 海域への直接汚濁負荷源の分類

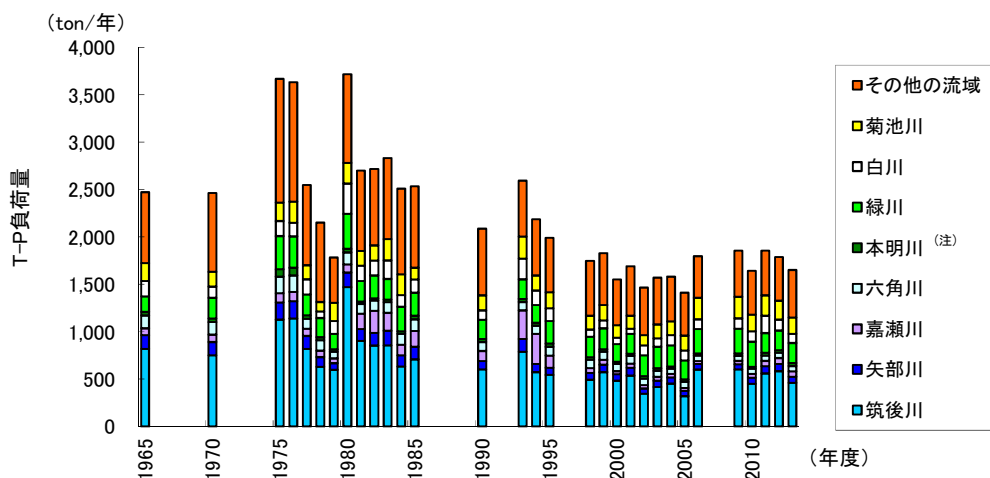
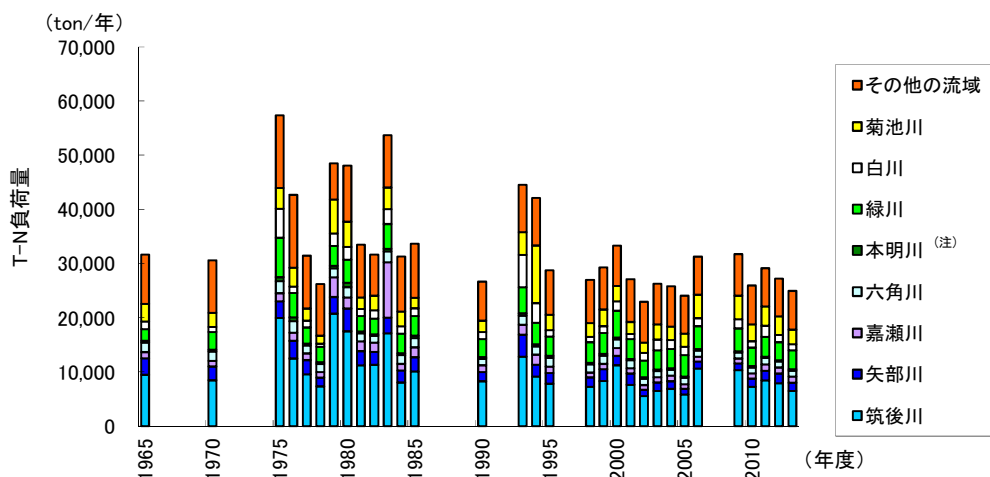
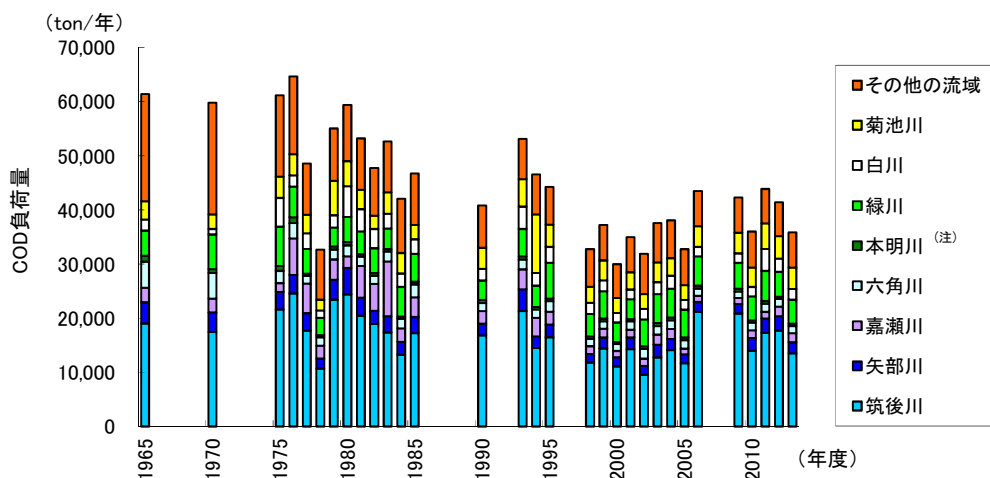
- 降雨による負荷
- ノリ養殖で使用する酸処理剤による負荷
- ノリ養殖で使用する施肥による負荷
- 魚類養殖の飼料による負荷
- 底質からの溶出による負荷

3.3.2 海域への直接汚濁負荷量の算定方法

表4 海域への直接汚濁負荷量の算定方法

汚濁負荷源	算定方法
降雨	負荷量=年間平均降水量×海面面積×単位体積当たりの負荷量 ※ 年間平均降水量：有明海、八代海の各沿岸域の気象観測所の各年の降水量の平均。 ※ 海面面積：有明海 1,700km ² 、八代海 1,200km ² ※ 単位体積当たりの負荷原単位：「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（平成11年版）」の降雨の原単位と有明海、八代海の各沿岸域の気象観測所の平年値から導いた負荷量
ノリ養殖（酸処理剤）	負荷量=酸処理剤の使用量（t/年）×COD、T-N及びT-Pの含有率 ※ 酸処理剤の使用量： 関係県より入手（使用量が不明な年度については、酸処理剤の使用量がノリ収穫量に依存すると仮定して試算） ※ 酸処理剤のCOD、T-N及びT-Pの含有率： 関係県から入手した情報、有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会及び既存資料をもとに設定
ノリ養殖（施肥）	【佐賀県で1998年度より実施：T-Nのみ】 佐賀県資料を基に設定。ただし、使用量が不明な1998年度はノリの収穫量より推定
魚類養殖の飼料	【T-N、T-Pのみ】 環境省調査（発生負荷量等算定調査）における「生産量」「増肉係数」「飼料構成比」「窒素・りん含有率」により、魚種別に以下の算定式から求めた。 $\text{算定発生負荷量[kg/日]} = \text{生産量[t/年]} \times (\text{増肉係数}-1) \times (\text{生餌構成比} \times \text{生餌NP含有率} + \text{配合飼料構成比} \times \text{配合飼料NP含有率}) \div \text{年度内日数}^{\text{注)}} \times 1000$ 注)年度内日数 平年:365日、閏年:366日 ※2001年度以前について、「増肉係数」「飼料構成比」「窒素・りん含有率」は2001年から平成25年の平均値、「生産量」は「農林水産統計年報（ブリ、たい類、その他魚類）」より設定
底質からの溶出	【T-N、T-Pのみ】 環境省調査（有明海及び八代海の底質を用いた溶出調査）から各海域の溶出量を設定。 ※「有明海における底泥からの栄養塩類溶出把握実態調査 報告書」（2004年3月、環境省）、「八代海における底泥からの栄養塩類溶出把握実態調査 報告書」（2005年3月、環境省） ※底質からの溶出量は上記調査結果しかなく、毎年算出できないため、全ての年で同じとした。

(参考)「図 3.1.5 有明海の流入負荷量の変遷」について、図 3.1.3 に示す各流域から有明海等に流入する負荷量を算定した場合の結果を示す。



有明海の流入負荷量の変遷（各流域からの負荷量として算定）

注) グラフ中の「本明川」には本明川流域(図3参照)からの負荷量を記載し、本明川流域以外から諫早湾に流入する負荷量は「その他の流域」の一部として記載した。

2. 河川からの土砂流入

河川からの土砂流入の減少は、海域での底質の細粒化の要因になる可能性があることから、有明海・八代海に流入する代表的な河川について、その流況と海域に流入する土砂量に関する情報を整理した。海域に流入する土砂量について経年的な実測データが無いことから、流入土砂量に影響を与えると考えられる砂利採取等の量や河床変動などについて経年変化を整理した。

有明海・八代海に流入する河川は各々112河川、47河川あり(表3.2.1、図3.2.1)、有明海では筑後川、八代海では球磨川の影響が大きい。

表 3.2.1 有明海、八代海の流入河川の流域面積

種別	名称等	流域面積 (km ²)	種別	名称等	流域面積 (km ²)
一級河川	筑後川	2,860	有明海流入 104河川	福岡県(4河川)	1,303.91
	緑川	1,100		佐賀県(28河川)	
	菊池川	996		長崎県(48河川)	
	矢部川	620		熊本県(24河川)	
	白川	480	八代海流入 46河川	熊本県(42河川)	1,091.08
	嘉瀬川	368		鹿児島県(4河川)	
	六角川	341		有明海	
	本明川	87	八代海	47河川	2,971.08
八代海流入	球磨川	1,880	合計	159河川	11,126.99

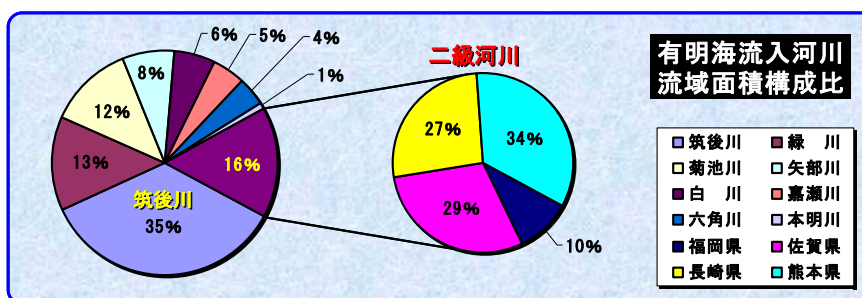


図 3.2.1 有明海流入河川流域面積構成比

出典：第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 (福岡)

(1) 河川の流況及び河床変動等の変化

ア) 筑後川

第13回評価委員会福岡委員発表資料(2005)によると²⁾、有明海の代表河川である筑後川の概要は、流域面積 2,860km²、幹川流路延長 143km、平均年間総流量 36.6 億 m³ (最大 66.3 億 m³、最小 16.5 億 m³ : 1973(昭和 48)~2014(平成 26))、低水流量 約 47m³/s、流域内人口約 109 万人(1995 年度末)である。筑後大堰の築造は、固定堰の撤去と河道掘削により洪水流下能力を 6,000m³/s から 9,000m³/s に増大させるとともに、新規利水として 0.35m³/s を開発した。可動堰化により洪水時は流下を阻害せず、平常時は塩水の流入を阻止して安定した取水を可能とした。流域外への導水量(水道用水)年間 7,000 万~9,000 万 m³は、年間総流量に比して少なく、

取水された農業用水（域内導水）も有明海に戻る。筑後大堰の全開回数は年平均3.8回（流入量 $1,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の洪水時に全開）であり、これにより堰上流の堆砂を解消している。筑後川の年間総流量は降水量に応じて変化しているが、年間総流量の変化に単調な増減傾向は認められない（図 3.2.2）。

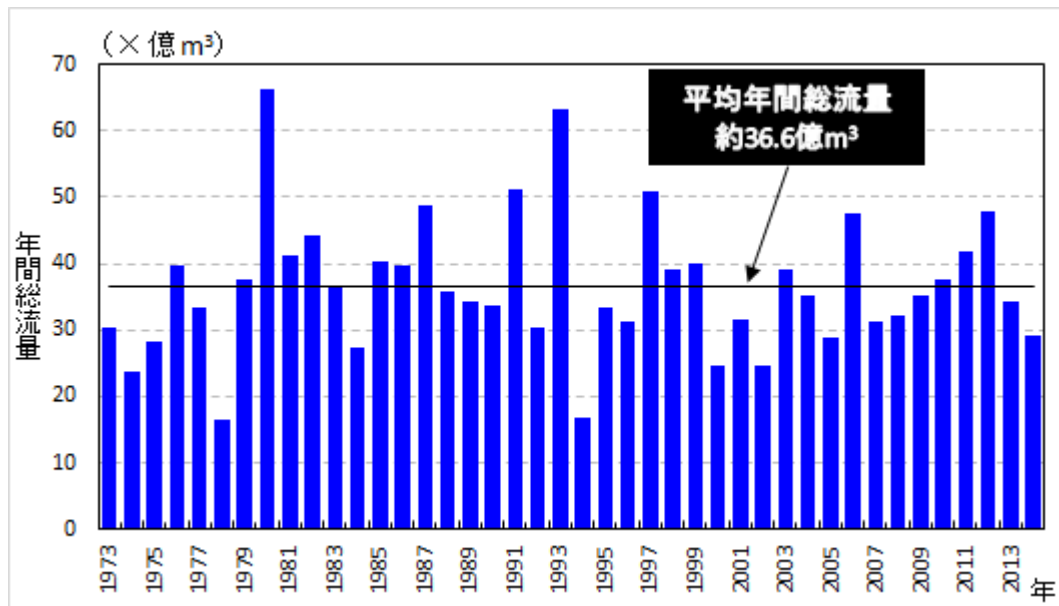


図 3.2.2 筑後川（瀬の下）の年間総流量の推移

資料：「水文水質データベース」（国土交通省）より作成

筑後川の河床は、1953（昭和 28）年を基準として 50 年間で約 $3,400$ 万 m^3 分低下しており、その内訳は、砂利採取 $2,490$ 万 m^3 、河川改修 500 万 m^3 、ダム堆砂 260 万 m^3 、干拓利用 160 万 m^3 となっており（図 3.2.3）、1970（昭和 45）年以降では約 $1,200$ 万 m^3 分の低下がみられた。砂利採取により河床材料が変化し、下流部（河口から $0 \sim 22\text{km}$ ）ではシルト・粘土の増加と細砂・粗砂の減少、上流部では礫の増加がみられる（図 3.2.4）。

2010 年度の筑後川下流河道における柱状コアサンプリング調査によれば、河床には砂と粘性土が複雑な互層構造で分布しており、洪水時だけでなく平常時にも河床を砂が移動していると推定されている。（図 3.2.5）。

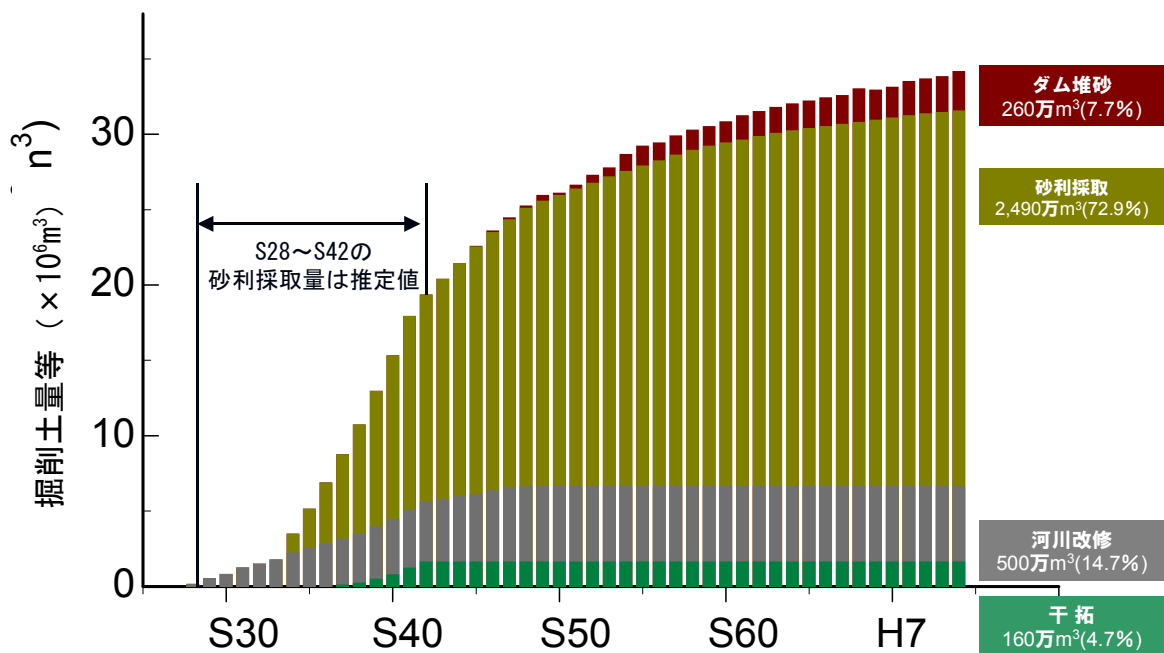


図 3.2.3 河川（筑後川）からの土砂の持出し等の累積値

出典：第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3（福岡）

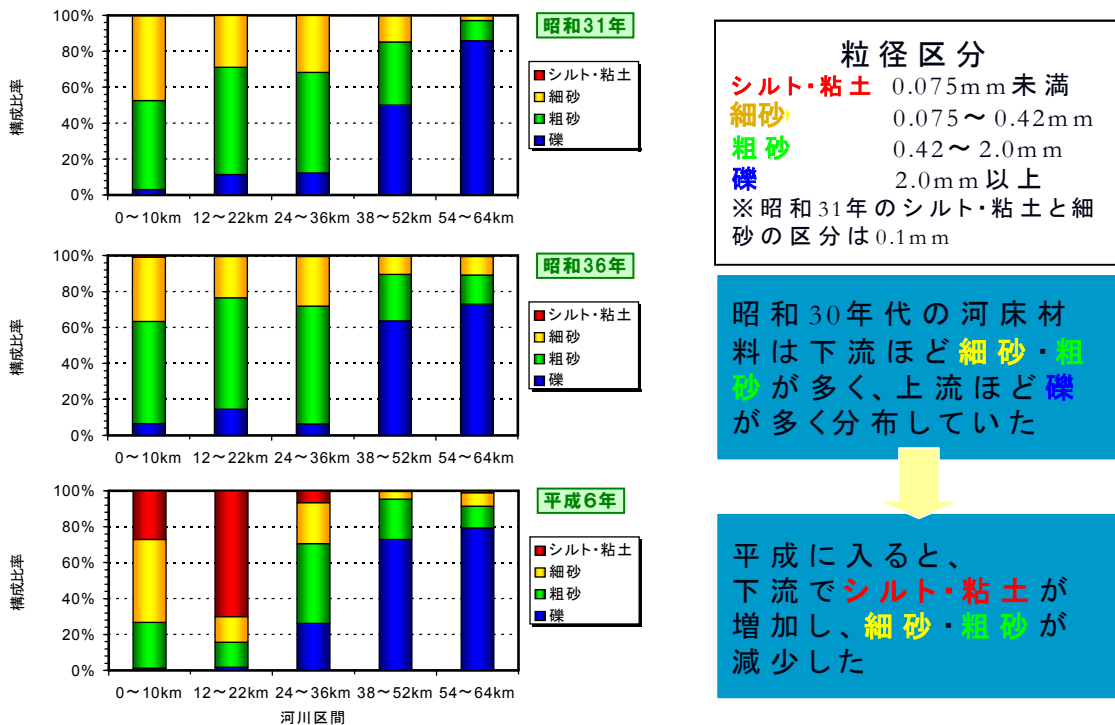


図 3.2.4 筑後川の河床材料の変化

出典：第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-3（福岡）

調査結果（洪水前後コア比較図：4k地点）

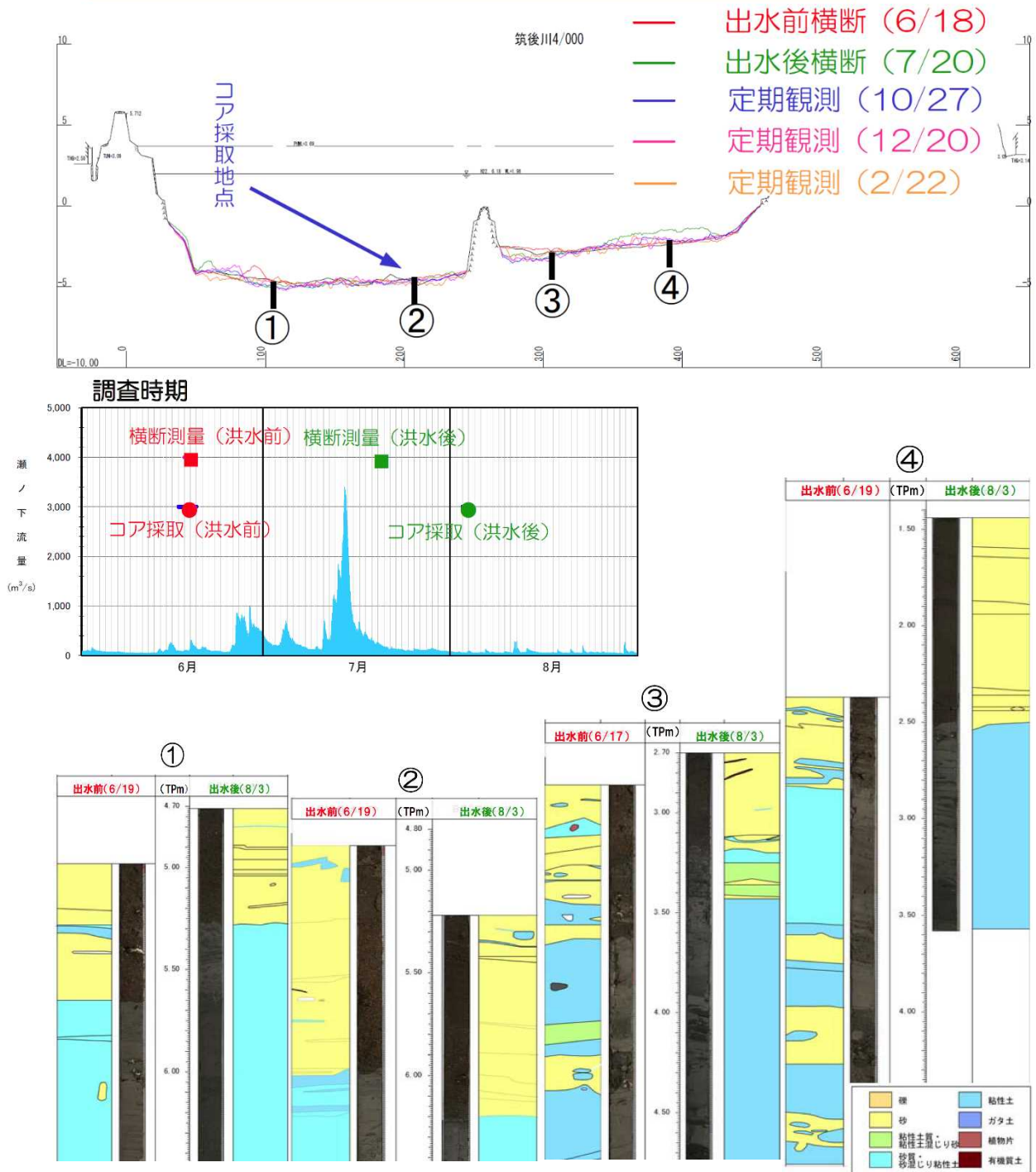


図 3.2.5 筑後川の河床材料の変化

出典：第 29 回有明海・八代海等総合調査評価委員会資料 3-2（国土交通省）

長期的な河床変動をみると、砂利採取によって下流側の河道が緩やかな勾配となり（図 3.2.6）、筑後川からの土砂流入が減少（河川の運搬能力の低下）するとともに、海から筑後川へのガタ土の流入が増大している。

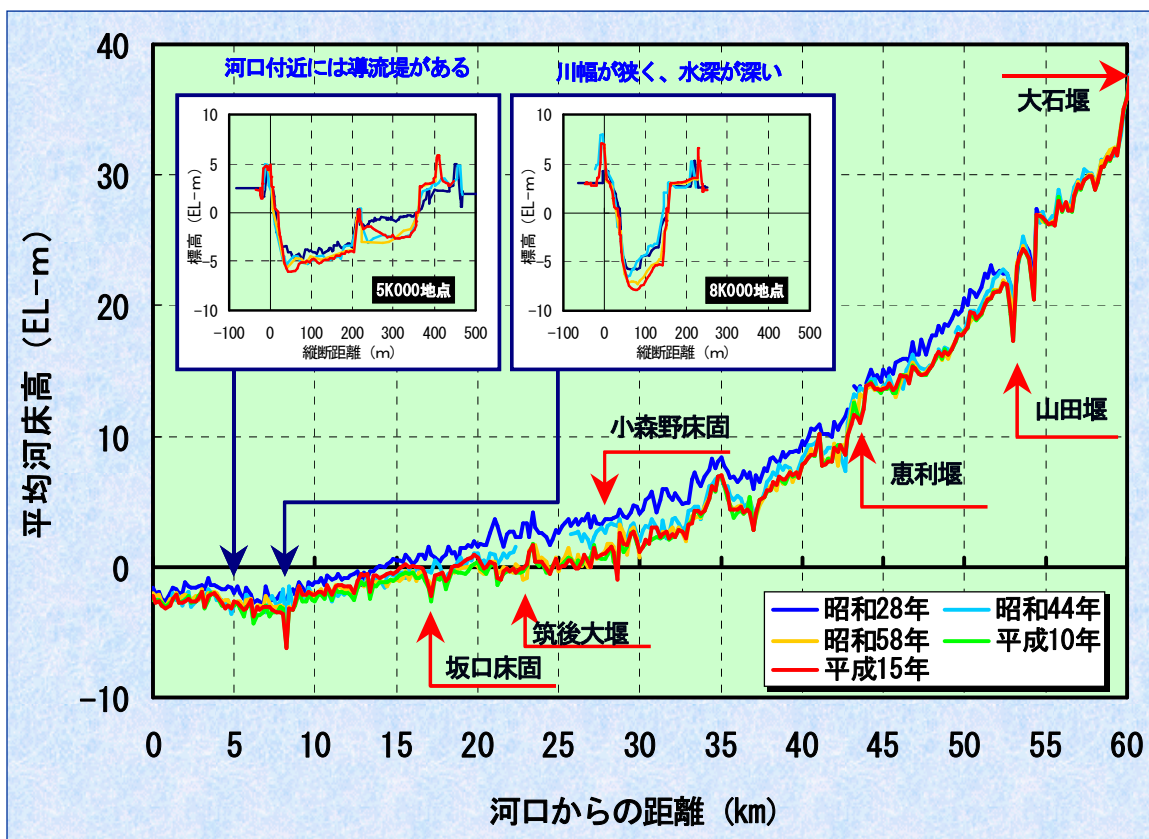


図 3.2.6 筑後川の平均河床高の変動状況

出典：第13回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料2-3（福岡）

イ) 六角川

六角川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料(案) (2008)によると³⁾、有明海湾奥部に流入する河川である六角川(牛津川)の河床は、順流区間において、多少のばらつきがあるものの、概ね安定している。感潮区間においては、洪水と有明海の潮汐の影響により、ガタ土が移動し、河床が洗掘・堆積を繰り返しているものの、経年的な変化は小さく、概ね安定している (図 3.2.7~図 3.2.10)。

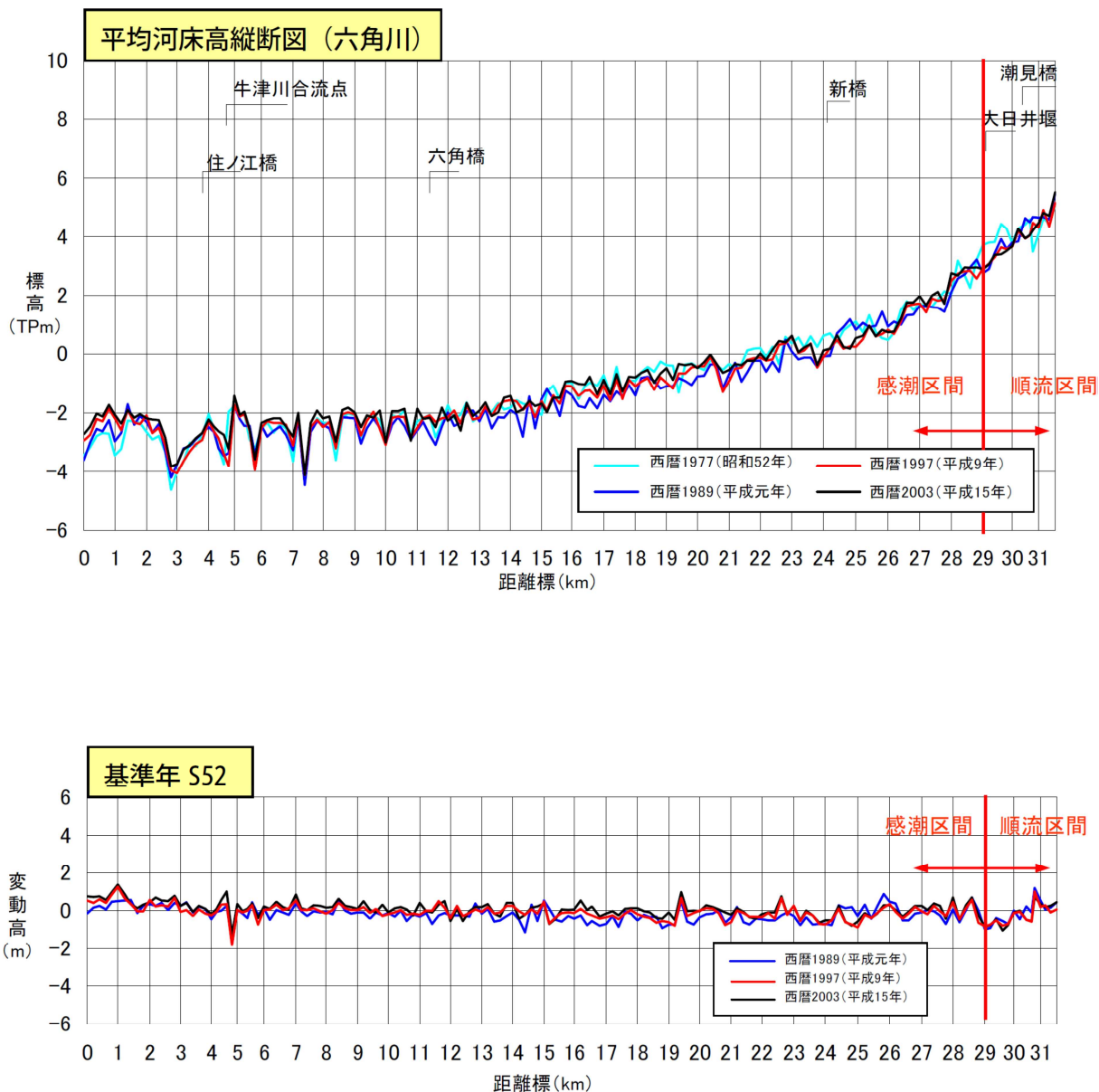


図 3.2.7 六角川の平均河床高の推移

出典：国土交通省河川局 (2008)「六角川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料(案)」

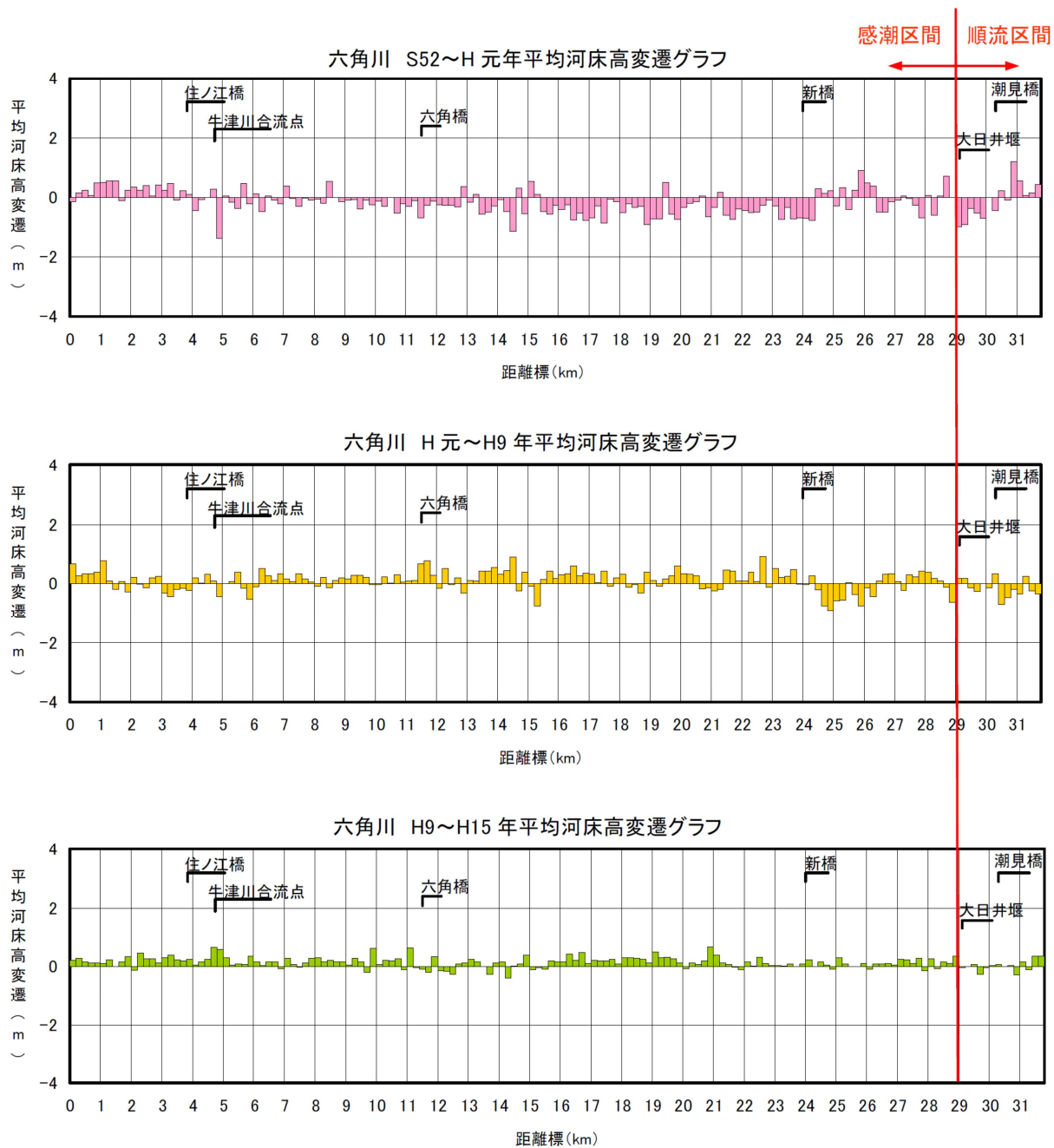


図 3.2.8 六角川の平均河床高の変遷(年代別)

出典：国土交通省河川局（2008）「六角川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料（案）」

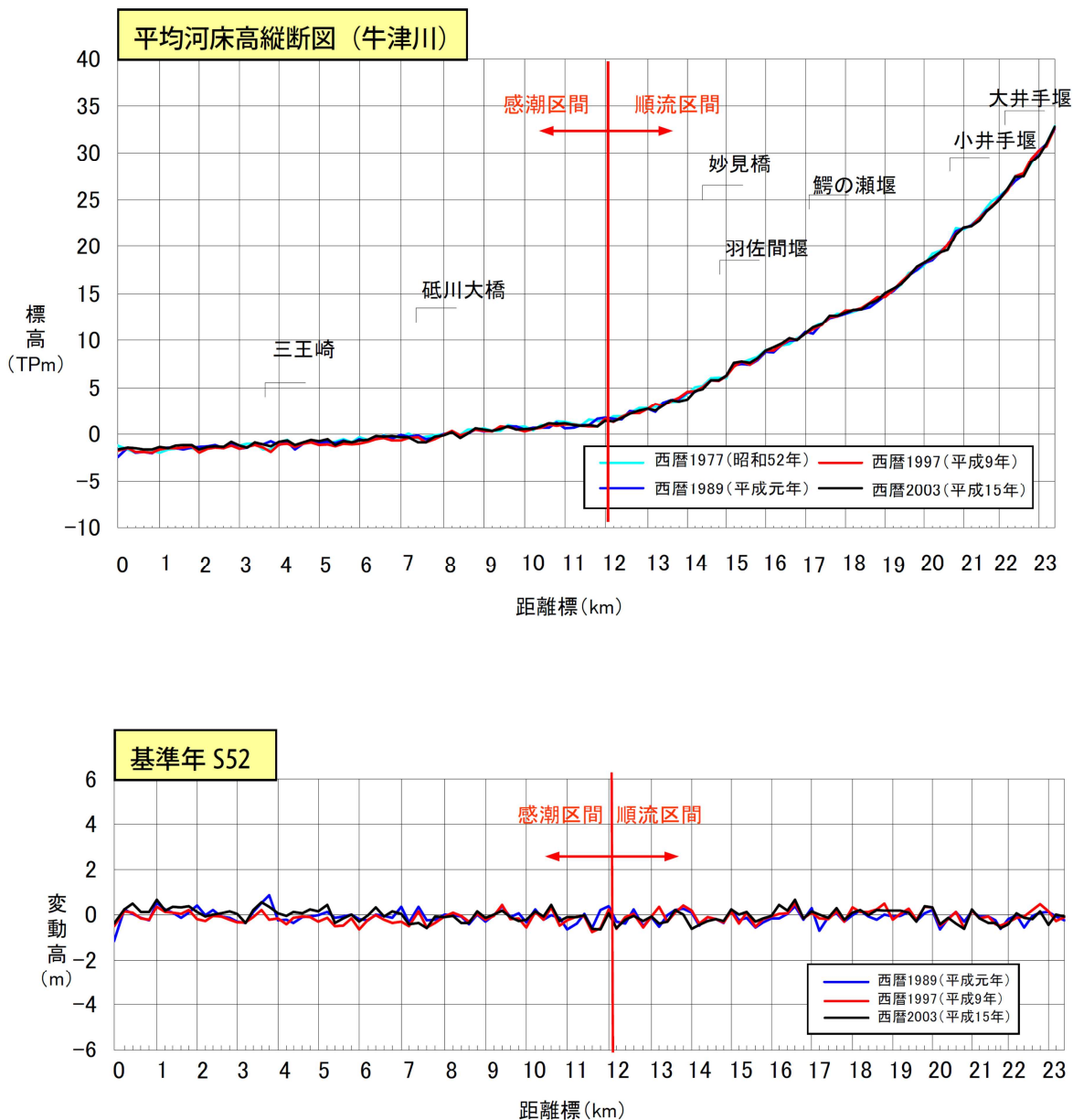


図 3.2.9 牛津川の平均河床高の推移

出典：国土交通省河川局（2008）「六角川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料（案）」

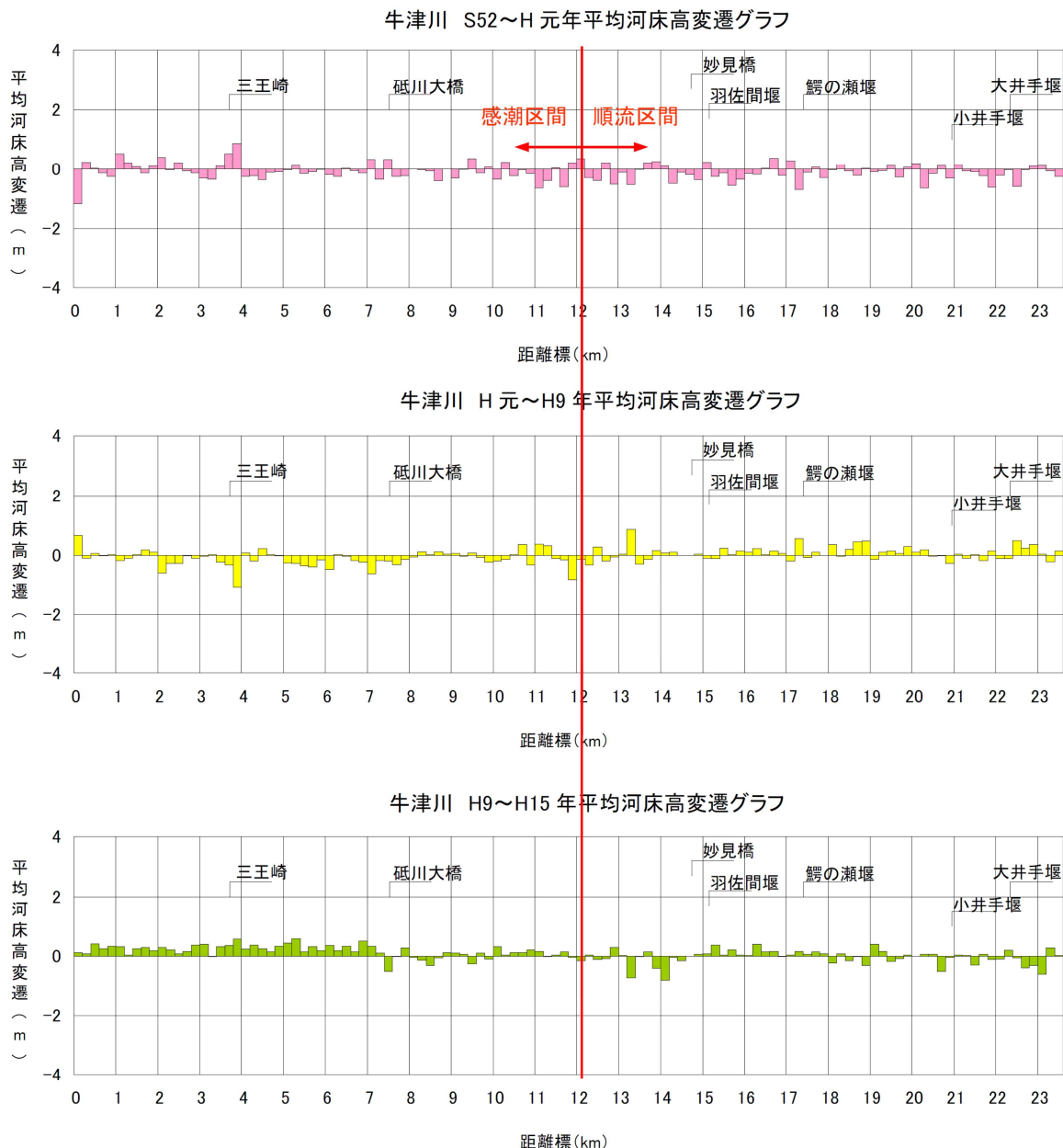


図 3.2.10 牛津川の平均河床高の変遷(年代別)

出典:国土交通省河川局(2008)「六角川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料(案)」

ウ) 菊池川

菊池川水系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料(案)(2007)によると⁴⁾、菊池川の河床は1963(昭和38)年~1981(昭和56)年にかけて砂利採取と河川改修が進められたことから低下していた。しかし、2000(平成12)年以降、砂利採取が行われなくなり、近年では全川で概ね安定の傾向がみられる(図3.2.11、図3.2.12)。

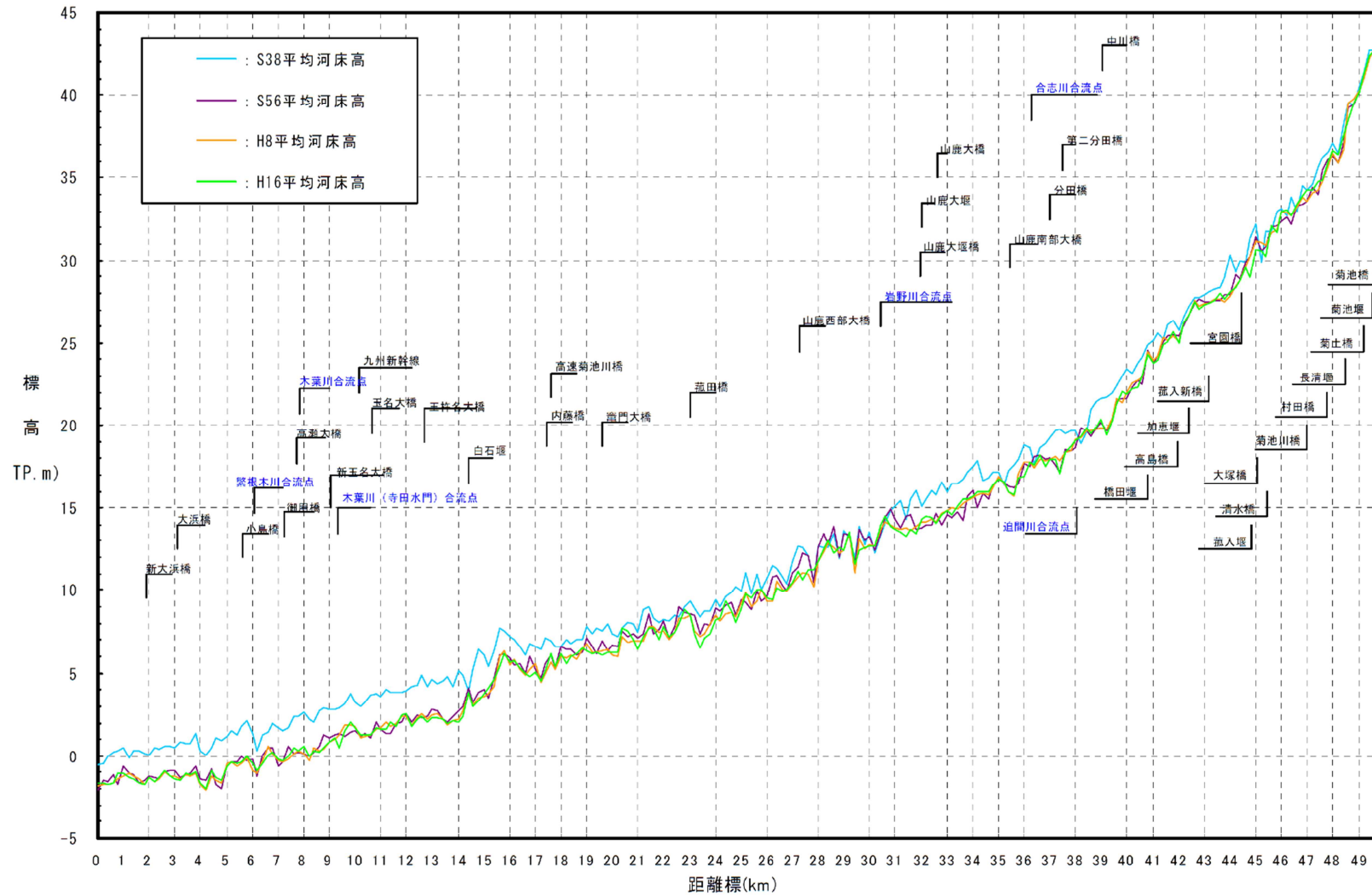


図 3.2.11 菊池川の平均河床高縦断面図

出典：国土交通省河川局（2007）「菊池川系河川整備基本方針 土砂管理等に関する資料（案）」