

備讃瀬戸海域流域別下水道整備 総合計画の策定に関する調査研究

1. 調査の背景と目的

岡山県、広島県および香川県の県際海域である備讃瀬戸海域（図-1参照）は、その水質環境保全を図ることを目的に、平成9年4月に窒素、りんに係わる環境基準の類型指定（類型Ⅱ）がなされた。

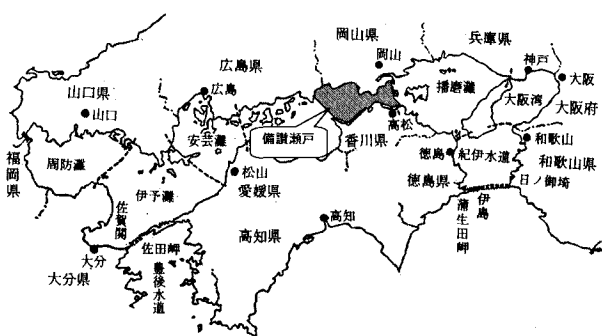


図-1 備讃瀬戸位置図

現在、備讃瀬戸海域における水質環境基準は、岡山県、広島県側の一部で基準値が守られていない。一方、香川県の基準値は概ね達成しているが、香川県からの排出負荷量が海域へ与える影響も少なくないため、将来の良好な水環境を維持するためには水質改善対策を行う必要がある。

本調査は備讃瀬戸海域の現況から将来にわたっての海域汚濁解析結果に基づき、COD、窒素および

リンの許容汚濁負荷量の県間配分を決定し、昭和56年に策定された備讃瀬戸海域における下水道整備総合計画に関する基本方針の改訂に資するものである。

なお、各県においては、本調査で策定される基本方針を踏まえ、それに整合させた各県別流域別下水道整備総合計画の策定に資するものである。

2. 調査体制と期間

本調査は、備讃瀬戸海域に関連する3県（岡山県、広島県、香川県）、および基本方針の策定、県間の調整等を行う中国地方整備局・四国地方整備局との共同で実施した。調査期間は、平成11年度から平成13年度の3箇年とした。なお、調査は各県流総の見直しと同時期に実施し、海域流総と整合を図るものとした。

3. 調査内容

本調査は、備讃瀬戸海域における将来水質を予測し、各県流総で策定する下水道整備総合計画において合理的となる許容汚濁負荷量をもって、当該海域における水質環境基準を維持達成しようとするものである。本調査の調査内容とその項目を図-2に示す。

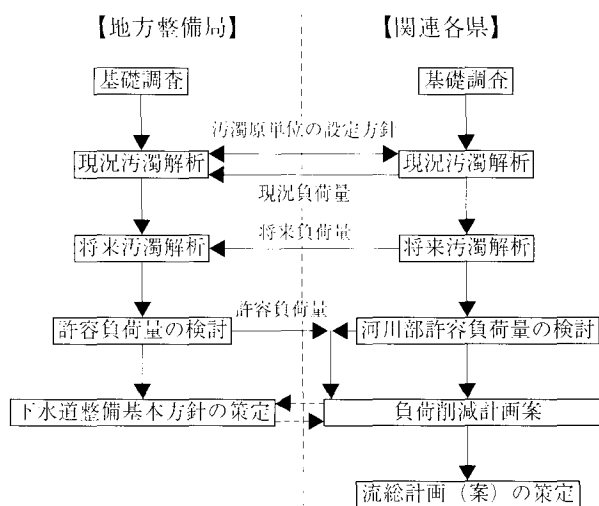


図-2 調査内容

4. 調査方針

(1) 調査区域

調査対象区域は、岡山県、広島県、香川県の河川流域内の関連市町村、および備讃瀬戸海域に直接流入する区域とする(調査対象計:15市55町3村)。

- ① 岡山県:高梁川流域(7市18町,2村)
- ② 広島県:芦田川流域(4市14町,1村)
- ③ 香川県:高松地区河川流域(1市9町)
中讃地区河川流域(3市10町)
高瀬川流域(4町)

調査対象区域図を図-3に示す。

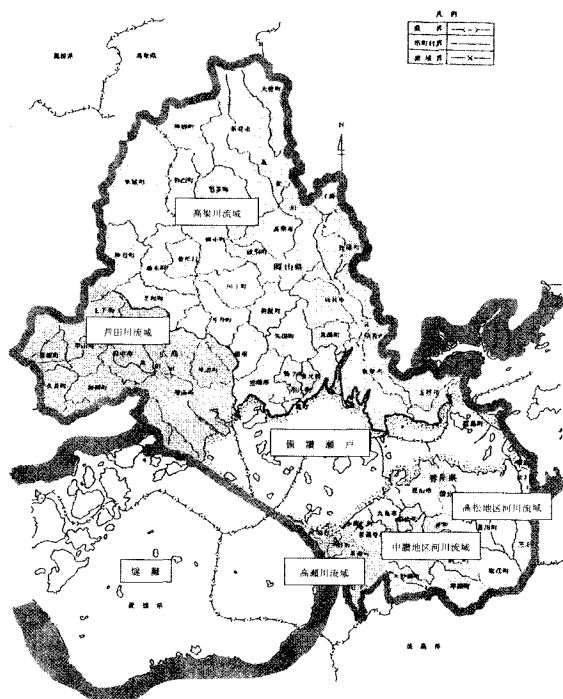


図-3 調査対象区域図

(2) 調査対象水質

水質環境基準は、健康項目、生活環境項目について定められているが、下水道の整備によって達成しうる水質環境基準は生活環境項目である。当該海域においては、平成9年度に窒素・りんに係わる環境基準が定められたことから、本調査における調査対象水質は、COD、窒素、りんとした。

5. 調査結果

5.1 基礎調査

5.1.1 水質環境基準の類型指定状況

調査対象水域となる備讃瀬戸海域に係わるCOD、窒素、りんの水質環境基準の類型指定状況について以下に示す。

① 水質汚濁に係わる水質環境基準類型指定状況

備讃瀬戸海域におけるCODの水質環境基準点は、広島県が3地点、岡山県が11地点、香川県が14地点の合計28地点である。

② 窒素・りんに係わる水質環境基準類型指定状況

備讃瀬戸海域における窒素・りんの水質環境基準の類型指定は、平成9年4月28日の環境庁告示により定められた。水質環境基準点は、CODの28地点のうち、特に局所域である岡山県の1地点、香川県の6地点を除いた合計21地点について設定されている。

5.1.2 水質の状況

平成10年度における備讃瀬戸海域の水質環境基準の達成状況を整理すると、次のとおりである。

① CODについて

岡山県側の水島地先海域や広島県側の箕島町地先海域ではほとんど改善の兆しが見えず、所によっては悪化している地点も見受けられる。香川県側では、詰田川尻の水質が悪く、また悪化傾向にある。

備讃瀬戸海域全体として評価すると、ほとんど横這い傾向である。

② 窒素・りんについて

岡山県側の水島地先海域や広島県側の箕島町地先海域で悪化、もしくは水質が悪いながらも横這い状況である。香川県側では、水質的にも低く、経年的に横這い、もしくは改善傾向が伺える。

5.2 現況汚濁解析

5.2.1 海域汚濁解析手法の選定

備讃瀬戸海域は、水域内に島が多いことや瀬戸内海でも有数の狭小な瀬戸を有すること等、局所的に

極端な閉鎖性水域を併せ持つ。このような閉鎖性水域では、植物プランクトンの内部生産による有機物の増大が無視できない。本調査では、陸域からの流入負荷に対する削減計画を策定する必要があるが、上記の理由からCOD負荷削減だけでは水域内の有機物濃度を望ましいレベルに低減させることができない。また、海域の地域特性から、地形の入り組んだ局所域では流速も遅く停滞域を形成するなど、海域内の流況も非常に複雑な流れを呈している。

以上のことから、本調査における汚濁解析手法は、海域の詳細な流況を表現できる流動モデルと、海域の生態系機構を解析することが可能な水質モデル（生態系モデル）を用いることとした。

5.2.2 海域汚濁解析の再現性の考え方

海域汚濁解析における流動モデル、および水質モデルの再現性の検証は、平成10年度の夏季（7月～9月）における対象海域の水質等各種実測値との比較により検証した。

5.2.3 現況汚濁負荷量の算定

本調査における人為系（生活・営業、工場、家畜、観光）汚濁負荷量原単位は、同時に調査を進めている各県流総計画での設定値と調整を図った。また、面源系（農地、山林、市街地、養殖、降雨）の原単位は、備讃瀬戸海域統一として流総指針等の値を用いて設定した。なお、原単位を用いて算定する海域への汚濁負荷量を整理すると、**図-4**のとおりとなる。

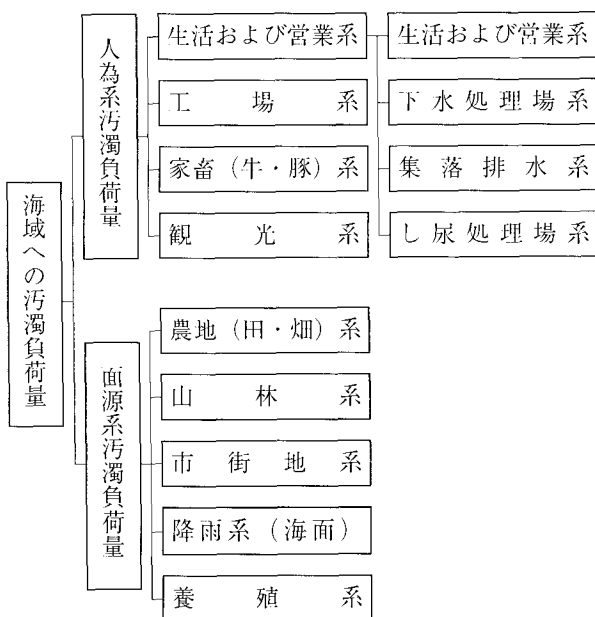


図-4 海域へ流入する汚濁負荷量の構成

5.2.4 流達汚濁負荷量の考え方

海域の汚濁解析は、陸域から当該海域へ流達する水量・汚濁負荷量を用いて解析を行う必要がある。5.2.3において積み上げ計算された発生源別の汚濁負荷量は、排出時点における汚濁負荷量である。通常、陸域等から河川や小水路等を経て海域へ流達する汚濁負荷は、流達の過程で酸化・沈殿等の物理化学的作用を受け、浄化された後に海域に到達する。この発生時点から海域へ到達する汚濁負荷量の割合を流達率といい、当該流域の汚濁負荷にも適用するものとした。なお、流達率は、一般的に奥まった流域において顕著であり、海域に直接排出する沿岸小流域においては、排出された汚濁負荷量がそのまま流入する（流達率=1.0）と考えられる。また、下水処理場やし尿処理場、あるいは工場廃水において、直接専用排水管により河川・海域へ放流するものについては、流達率を1.0として設定した。

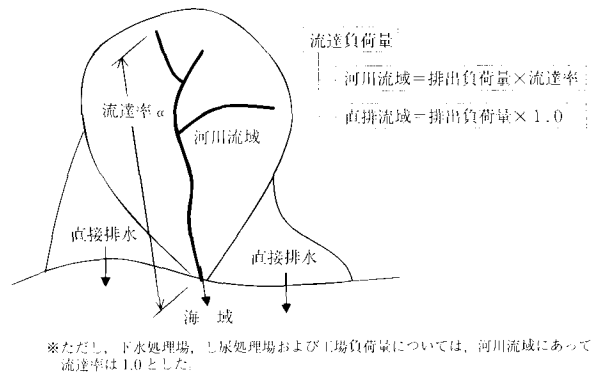


図-5 流達率の概念図

5.3 将来汚濁解析

5.3.1 将来フレーム値の設定

将来フレーム値の予測手法については、一部既往流総計画や長期構想などの県独自の考えがあることから、各県毎で若干調整方法が異なっている。したがって、将来汚濁解析を行う上で設定する将来フレーム値は、並行して作業を進めた各県流総計画において設定されたものを整理して用いた。

5.3.2 将来汚濁負荷量の算定

前述の将来フレーム値、および将来汚濁負荷量原単位を用いて、流域のブロック別に将来排出負荷量を算出する。

流達負荷量算定結果を経年の流総計画単位別に整理したものを、**図-6**～**図-8**に示す。

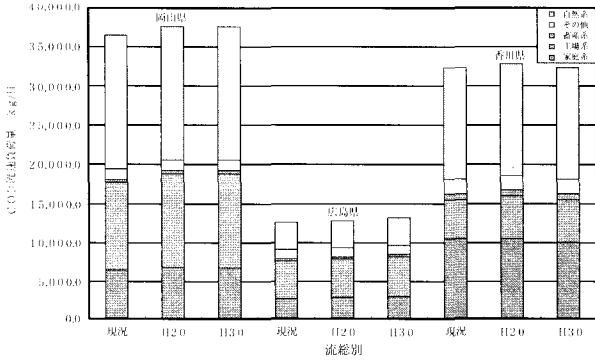


図-6 流総計画別流達汚濁負荷量 (COD)

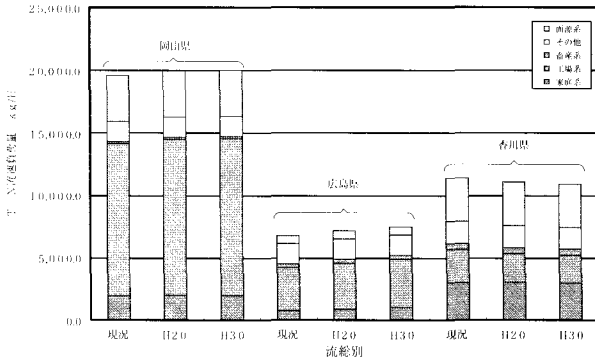


図-7 流総計画別流達汚濁負荷量 (T-N)

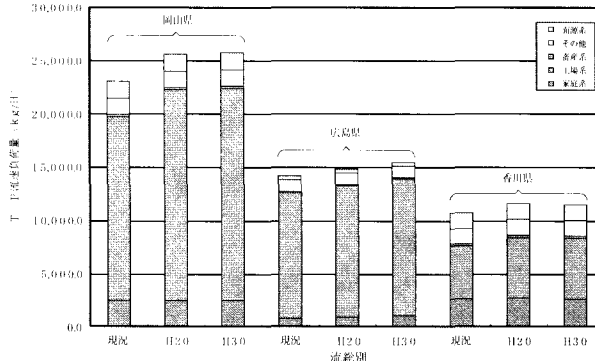


図-8 流総計画別流達汚濁負荷量 (T-P)

発生源別に概括すると、CODが面源系（27～47%）、工場系（16～40%）、生活系（18～32%）の割合が多く、T-NおよびT-Pについては工場系（T-Nが23～63%、T-Pが47～79%）の割合が極めて多く、次いで面源系、生活系となっている。

将来における流達汚濁負荷量は、3県（発生源別）ともに大きな変化は見られない結果であった。

5.3.3 将来水質の予測（下水道未整備時）

ここでは、下水道の整備量が現状（平成10年度）

のまま将来時点（平成30年度）となったときに海域の水質がどうなるかを、現況汚濁解析シミュレーション結果を用いて定量化し、許容汚濁負荷量の算定の目安とした。平成30年度の備讃瀬戸海域水質予想図を図-9～図-11に示す。等高線が密なほど汚濁の減衰速度が小さくなっている。

解析の結果、各水質項目とも類型指定別水質の範囲内で水質は悪化するが、水質環境基準の達成度は、現況と変わらない結果であった。将来汚濁解析の結果をまとめると表-1のとおりである。

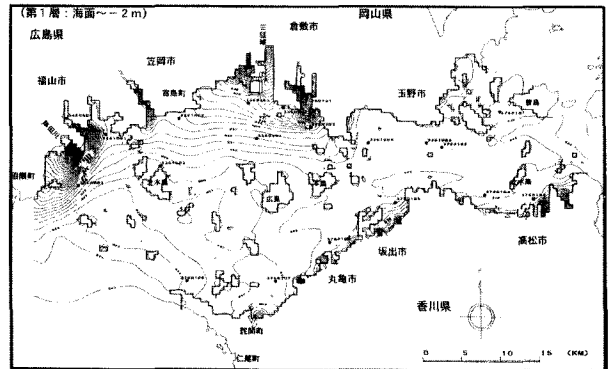


図-9 備讃瀬戸海域水質予想図 (H30下水道未整備：COD表層)

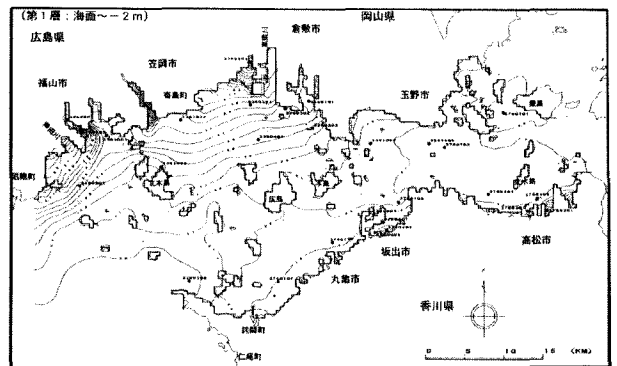


図-10 備讃瀬戸海域水質予想図 (H30下水道未整備：T-N表層)

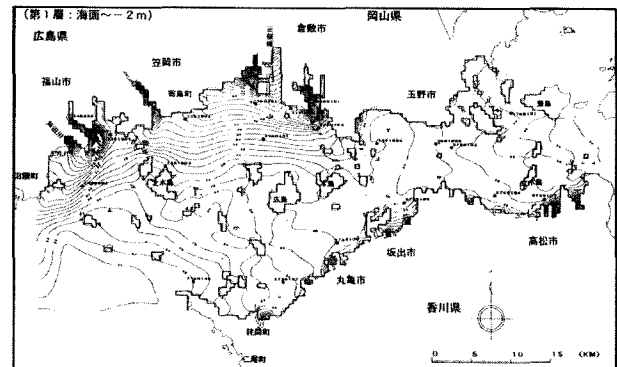


図-11 備讃瀬戸海域水質予想図 (H30下水道未整備：T-P表層)

表-1 水質項目別水質環境基準未達成の見通し

水質項目	時 点	未達成地点
COD	現況・将来 (H10, H30)	11/28
T-N		2/6
T-P		1/6

現状で水質環境基準が達成できている地点は、基準値を大きく上回るような悪化傾向とはならないが、水質が悪化する状態は継続されることとなり、本海域を良好な水環境として次世代に引き継ぐためには、より一層の水質改善に向けた施策の実施が必要である。

5.4 許容汚濁負荷量の検討

本海域における許容汚濁負荷量の検討フローを図-12に示す。

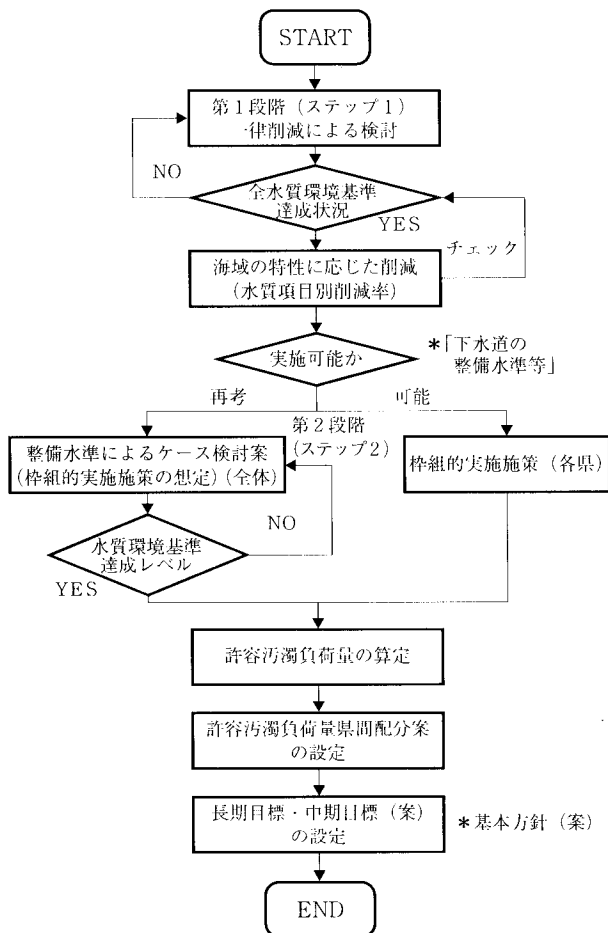


図-12 許容汚濁負荷量算定の基本的な考え方

備讃瀬戸海域における将来水質は、陸域からの汚濁負荷量が将来的に大きく増加しないことから、著しい水質悪化にはならない。しかし閉鎖性水域においては、内部生産による有機物汚濁負荷量の増大により水質が悪化することが考えられる。本海域の特性は、T-Pが内部生産によるCOD増大の制御因子として寄与度が大きいことが、図-13のとおり汚濁解析の結果から判明しており、CODと併せT-Pを削減すると効果が大きい。

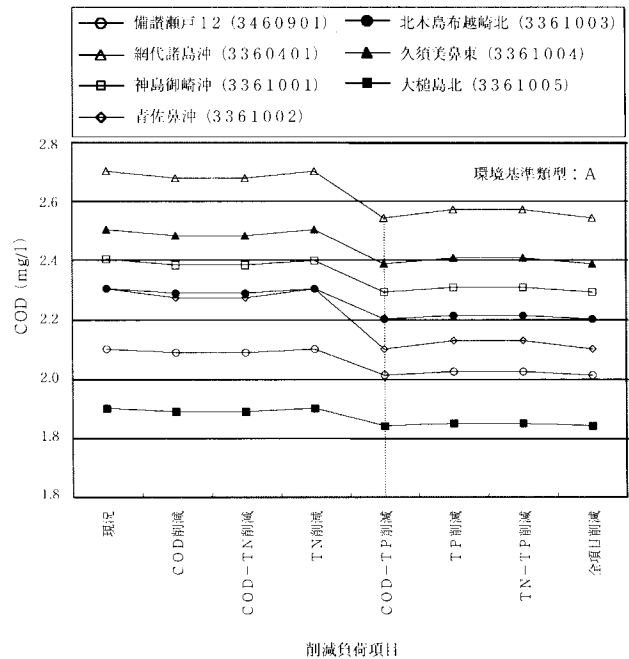


図-13 負荷14%削減による環境基準点のCOD濃度変化予測

このような状況の中、備讃瀬戸海域全ての水質環境基準を達成するためには、COD、T-Pは現況負荷量の80%削減、T-Nについては現況負荷量の40%削減が必要となる。しかし、現段階の水質改善技術の水準、および生活排水処理状況、排水基準の上乗せ状況を勘案すると、一律負荷削減では対策が困難である。

そこで許容汚濁負荷量の算定方法は、全水質環境基準を維持達成することを前提とし、実施可能な施策を盛り込む考え方に基づいて、各県間で協議調整の上設定した。

具体的には、生活系・営業系の整備水準を2段階に設定し、下水道以外の発生源においても、応分の削減量を割り当てている。※ それに基づいた海域水質予測を行い、水質環境基準での環境基準達成状況を確認した。

水質環境基準達成のための対策の基本的な枠組み

を図-14に、検討で設定した下水道等の整備水準を表-2に示す。

※換算現況負荷量比により、合理性の照査を行っている。

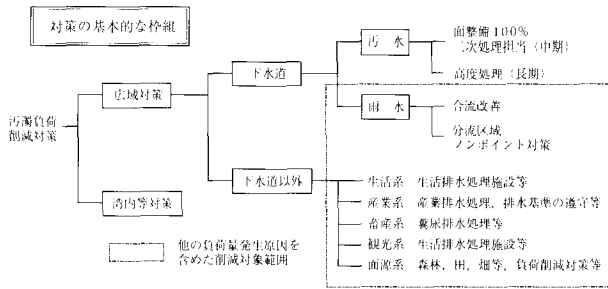


図-14 水質環境基準達成のための対策の基本的な枠組

表-2 各種施策による削減検討ケース

段階	整備水準	設定条件
第1段階	二次処理	生活・営業系は二次処理(全区域処理)
		工場系・畜産系は50%削減 面源系は市街地分を削減*
第2段階	高度処理	生活・営業系は高度処理(全区域処理)
		工場系・畜産系は50%削減 面源系は市街地分を削減*

※30%を捕捉した後、所定の除去率を加味する。

なお、算出にあたっては、以下の基本事項に従うものとした。

- a) 削減対象は人的に制御が可能な分野を基本とし、生活・営業系の整備水準を確認した。
- b) 水質環境基準100%の達成を流総計画の基本(長期目標)とするが、効率的・効果的な下水道整備の促進を図るため、局所対策等を考慮することを原則とした。
- c) 水質環境基準達成のための許容汚濁負荷量の検討は、現況の汚濁負荷量を基に行い、汚濁発生源別への配分に関する基準年次は平成10年度とした。

段階別検討結果により以下のことが判明した(表-3参照)。

- a) T-Nは、整備水準として高度処理を導入することで水質環境基準が達成する(第2段階)。
- b) T-Pは、整備水準として二次処理以上で水質環境基準が達成する(第1段階)。
- c) CODは、整備水準として高度処理を導入することで、概ね水質環境基準を達成できる(第2段階)。

階)。

CODで水質環境基準を達成していない地点は、湾内等閉鎖性が特に強い地点であることから、陸域対策による水質改善効果が現れにくいと考えられる。よって、これらの地点については適切な局所対策を実施するものとし、水質環境基準を達成することとした。

以上の検討結果から、本海域における許容汚濁負荷量は、実施可能な施策として合理的な「各県均等施策」を想定した上で算出し、水質環境基準が達成できるケースの汚濁負荷量をもって、当該海域の許容汚濁負荷量とした。

表-3 段階別許容汚濁負荷量

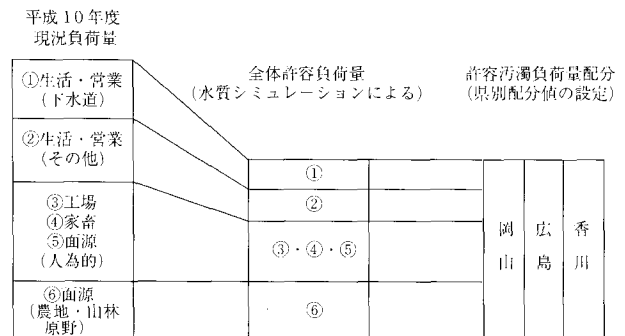
単位: ton/日

項目	許容汚濁負荷量	
	第1段階	第2段階
COD	62.9	51.6
達成度	21/28	24/28
T-N	33.5	24.5
達成率	4/6	6/6
T-P	3.52	2.12
達成率	6/6	6/6

5.5 許容汚濁負荷量の県間配分について

許容汚濁負荷量の県間配分は、「現況汚濁負荷量比」による手法を用いると各県間および発生源間の現況流達負荷量の極端な偏向(下水道普及率が低いこと、および工場系負荷量割合が極めて高いこと等による偏り)があるため、公平性を欠くおそれが生じた。

そのため、各県の発生源別許容汚濁負荷量は、各県均等施策に基づく配分方法(実施可能施策想定手法)により合理的に算定した※(図-15参照)。



※換算現況負荷量比を用いて、付加的照査を行っている。

図-15 許容汚濁負荷量の配分模式図

なお、これまで流域単位で算定した許容汚濁負荷量は、県単位で再配分を行った。具体的に再配分を行った各流総および関連ブロックは表-4に示すとおりである。

表-4 許容汚濁負荷量の再配分を行った関連ブロック

流 総 名	関 連 都 市 名
高梁川流総 (広島県分)	福山市, 東城町, 西城町, 三和町 豊松村, 神石町, 油木町
芦田川流総 (岡山県分)	笠岡市, 井原市

5.6 下水道整備基本方針の策定

本計画は、備讃瀬戸海域の水質環境基準が達成されるように、汚濁負荷発生源別の枠組みを検討するものであるが、同時に個別の公共下水道等の効率的、かつ効果的な促進を図るべくインセンティブ（動機付け）を与えるものでなければならない。

したがって、最終的な下水道の長期目標の達成には長期間を要するため、長期目標の行動指標となる中期目標を本基本方針に盛り込み、各県において策定する個別の流総計画の中で具体的な検討を行うものとした。

図-16に、流総計画基本方針策定の経過と目標水質（整備）水準の概念を示す。

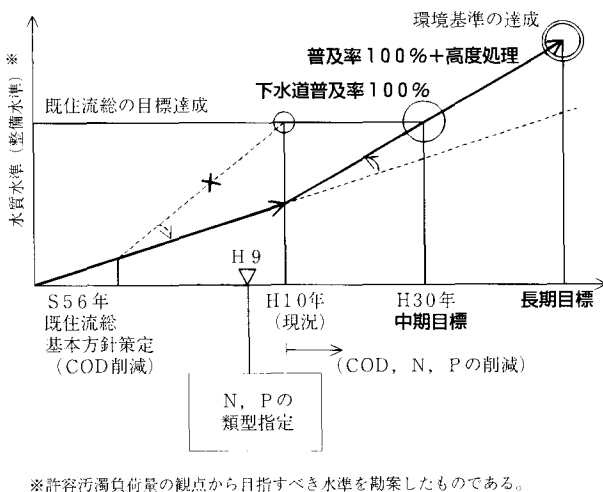


図-16 目標時点別の水質（整備）水準

5.6.1 長期目標

長期目標では、備讃瀬戸海域の全ての環境基準点

において水質環境基準を達成（局所対策等も含めて）することを目標に、許容汚濁負荷量を算定した。

許容汚濁負荷量の配分は、発生源別流総負荷量に対して、機械的に一定比率で配分するのではなく、下水道の整備を効果的に実施するなど、各種施策からみて適切であると考えられる許容汚濁負荷量を割り当てることを原則に、実施可能な施策（各県均等施策）による算定方法を用いるものとした。

表-5 下水道整備に係わる許容汚濁負荷量（長期目標）

単位：ton/H

項 目		COD	T-N	T-P
許容汚濁負荷量 (長期目標)	岡山県	3.56	2.78	0.22
	広島県	3.23	2.53	0.20
	香川県	3.88	3.07	0.26

5.6.2 中期目標

中期目標の考え方は、20年後（平成30年度）を目標年度とした時の実施可能な下水道整備水準を定めるもの（行動計画）とする。中でも水質環境基準の達成を目指す長期目標に比べて具体性（整備範囲、整備手法、整備完了年次等）のあるものが求められる。

下水道整備の中期的な水準については、各県における「全県域生活排水処理施設整備計画」等の下水道等に関する整備構想を基礎に、平成30年における整備水準予想について県と協議して定めることとした。

現状における各県の整備状況等を勘案し、下水道等整備100%（二次処理）水準を想定し、この想定水準に基づく許容汚濁負荷量を中期目標とした。

表-6 下水道整備に係わる許容汚濁負荷量（中期目標）

単位：ton/H

項 目		COD	T-N	T-P
許容汚濁負荷量 (中期目標)	岡山県	5.92	5.56	0.67
	広島県	5.39	5.05	0.61
	香川県	6.46	6.13	0.73

6. 関連各県の流総計画

関連各県の流総計画は、基本方針策定と並行して作業を進め、現況解析、将来解析の負荷量等の基礎フレームはすべて海域流総との整合が図られている。各県の具体的な流域別下水道整備計画(案)は、この備讃瀬戸海域流総の下水道に関する基本方針を受けて、策定されている。

各県流総では河川汚濁解析の結果、河川の水質環境基準達成のための許容負荷量よりも、海域から求められた許容汚濁負荷量(基本方針長期日標)によって、処理施設の処理レベルが定まることとなった。

各流総(岡山県:高梁川流総、広島県:芦田川流総、香川県:高松地区河川流域、中讃地区河川流域、高瀬川流総)各処理区の処理レベル設定にあたっては、その処理区の特長(規模、現況処理方式、用地面積等)を勘案して決定することとした。

各県各流総の処理区の概要を表-7に示す。

表-7 各流総の概要

県名	流総名	流域 下水道名 (a)	単独 処理区数 (b)	計 (a+b)
岡山県	高梁川	—	20	20
広島県	高梁川	—	1	1
	芦田川	芦田川	4	5
香川県	高松地区	高松西部	5	6
	中讃地区	大東川, 金倉川	1	3
	高瀬川	—	3	3
合計		4	34	38

7. まとめ

本調査では、備讃瀬戸海域における水質環境基準を維持達成するため、下水道整備とそれ以外の対策による枠組みを設定し、各県別の許容汚濁負荷量が合理的に配分される「備讃瀬戸海域流域別下水道整備総合計画の基本方針」が合意され、これに基づき、各県において流域別下水道整備総合計画が策定されている。しかし、海域の良好な水環境の創造を目指す計画の実行・推進にあたっては、次のとおり、現段階での下水道整備推進上の課題や他施策の取り組みの必要性を認識し、今後の調査や研究等につなげていく必要がある。

(1) 流総計画と総量削減計画との調整および連携

両計画間では、フレーム値の相違が見られるが、同一目標に向け、両者の施策を推進するよう調整・連携の上、積極的に推進していく必要がある。

(2) 下水道以外の対策の具現化

下水道整備だけで当該水域の水質環境基準の達成は困難であり、下水道整備以外の対策も合わせて実施していく必要があり、様々な分野の技術開発や具体的な削減手法等に関する調査・研究が必要である。

(3) 海域汚濁解析手法の検証

閉鎖性海域の汚濁解析は、水域に応じたモデルが実用段階に達しているものの、当海域は瀬戸内海の一部であることから、境界条件等の設定が無視できない。今後は、瀬戸内海を一体とした解析や、水質のモニタリング等、継続的な調査・研究が必要である。

このため、上記課題解消に向けたフォローアップとして、両地方整備局および関係各県から構成される「備讃瀬戸海域別下水道総合計画連絡会」を設け、継続的に意見交換等がなされることとなっている。

●この研究を行ったのは

研究第二部長	中里 卓治
研究第二部長	高相 恒人
研究第二部総括主任研究員	野村 宜彦
研究第二部総括主任研究員	片桐 晃
研究第二部主任研究員	篠岡 賢進
研究第二部研究員	大塚 正典
研究第二部研究員	星 隆伸

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	高相 恒人
研究第二部総括主任研究員	片桐 晃
研究第二部主任研究員	篠岡 賢進
研究第二部研究員	岸田 裕
研究第二部研究員	城田 猛
研究第二部研究員	伊藤 貴浩