

図IV・2・2-21 斜面向配、沖波の波形勾配及び反射率の関係

諫早湾々口の西郷及び竹崎における波高調査（昭和36年、九州農政局）により、出現頻度の高い波浪条件を下記のように設定し、この条件を用いて予測を行った。

波 高 (H_0) : 1.0 m

波 長 (L_0) : 25 m ($T = 4.0$ 秒)

斜 面 勾 配 : 34°

3) 予測結果

潮受堤防による波の反射率は、図IV・2・2-21より73%となるが、この値は滑らかで不透過な斜面の場合の反射率である。しかし、潮受堤防は荒止石堤を中心とした捨石式傾斜堤であり、捨石堤の場合の係数(0.31)を乗じると反射率は、23%と考えられる。

従って、潮受堤防が波の反射に及ぼす影響としては、入射波高1.0mの場合でも堤防前面付近の最大波高は1.23m以下になると予測される。

2・2・2 水 質

水質の予測として、新たに造成される調整池については、化学的酸素要求量(COD)、総窒素(T-N)、総リン(T-P)及び塩素量を、また、海域については排水門からの排水が海域のCOD、塩素量及び水温に与える影響を予測・評価した。

(1) 調整池の水質

1) 予測の概要

予測の概要は、表IV・2・2-4に示すとおりである。

表IV・2・2-4 予測の概要

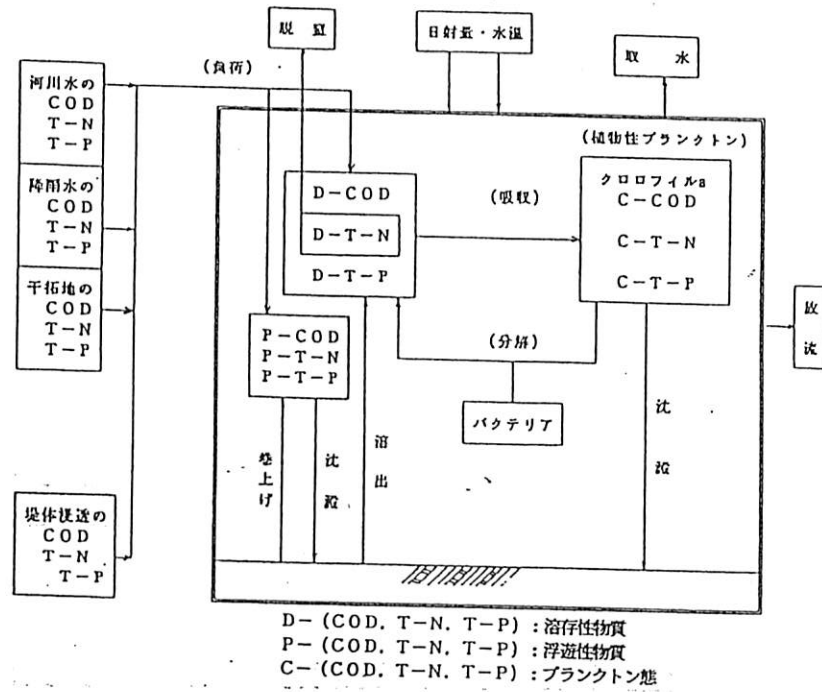
区 分	予 測 の 概 要
予 測 方 法	生態系モデルによる数値計算
ブ ロ ッ ク 数	1層の3ボックス
調 整 池 結 元 (EL.-1.0m基準)	水 面 積 13.0 (km ²) 容 量 20,000 (千m ³) 平 均 水 深 1.5 (m)
予 測 年 次	調整池供用後(平成12年)
流 量 パ タ ー ン	平水年(昭和50年)の日流量
滞 留 日 数	平均23日
予 測 項 目	COD、T-N、T-P
汚 濁 源	生活排水、工場・事業場排水、家畜排水、 農地排水、自然汚濁、干拓地排水、その他

予測のモデルは、閉鎖性水域の水質に關与する植物プランクトンの増殖、死滅を組み込んだ生態系モデルとした。

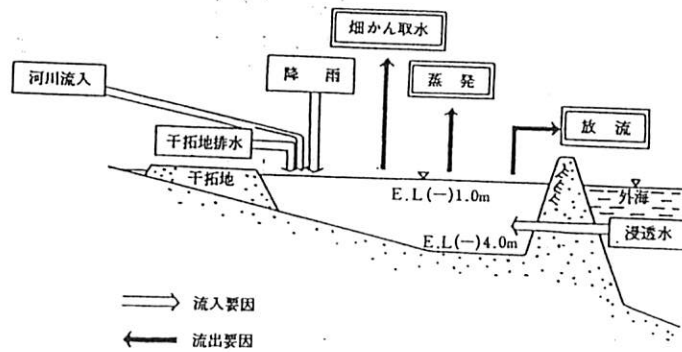
当モデルは図IV・2・2-22に示すように河川からの流入、植物プランクトンによる吸収・分解、取水、放流等を表わす物質収支式である。

また、調整池の水収支を図IV・2・2-23に示す。

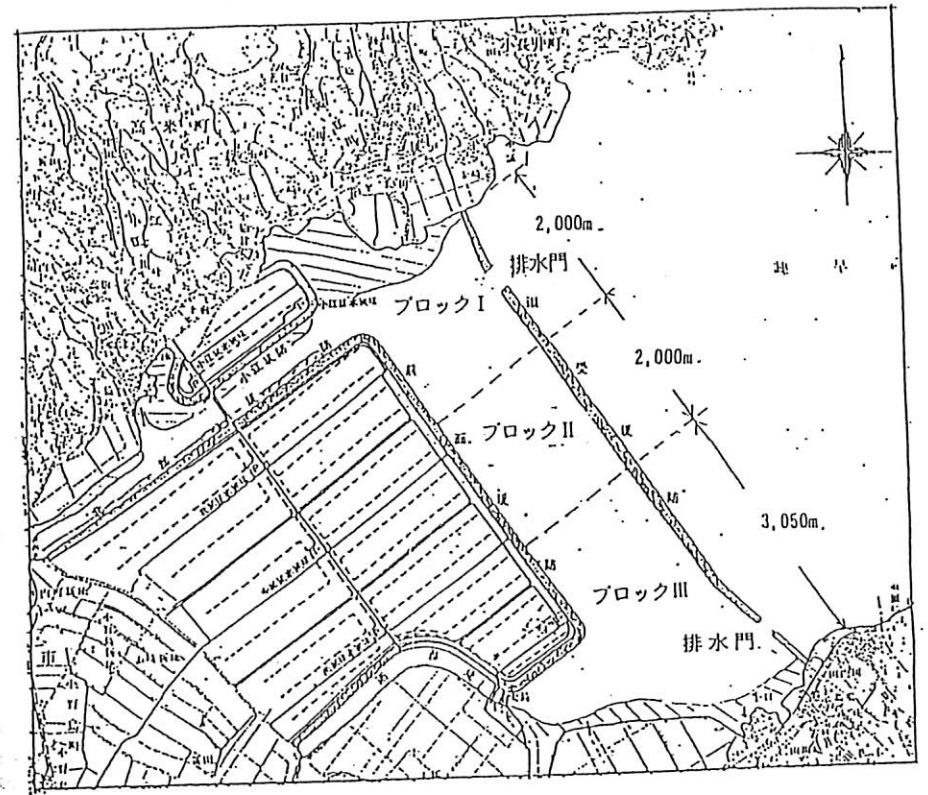
なお、ブロックは調整池の水面積、水深、構造物の配置等から判断して図IV・2・2-24に示す3ブロックとした。



図IV・2・2-22 物質収支模式図



図IV・2・2-23 調整池の水収支モデル図



図IV・2・2-24 調整池水・域分割図

2) 予測方法

本予測の基本式は、次のとおりである。

$$FNC = \frac{LI + LR + LWT + LPN}{V} - C \times \frac{IR + Q}{V} + AGP - UPT - KC - RB - W \times C + \frac{E \times SC}{V}$$

- ここに、FNC：水質変化量 (mg/l/日)
 LI：河川流入負荷量 (kg/日)
 LR：降雨負荷量 (kg/日)
 LWT：干拓地負荷量 (kg/日)
 LPN：堤体浸透負荷量 (kg/日)
 V：湖容量 (千m³)
 C：湖内水質 (mg/l)
 IR：取水量 (千m³/日)
 AGP：植物プランクトンの増殖量 (mg/l/日)
 UPT： " 増殖に伴う吸収 (mg/l/日)
 KC：分解量 (mg/l/日)
 RB：脱窒素量 (mg/l/日)
 W：沈降係数 (1/日)
 SC：湖面積 (千m²)
 E：溶出量 (mg/m²/日)
 Q：水移動量 (千m³)

① 周辺地域の将来フレーム

調整池周辺の市町の位置関係を図IV・2・2-25に、そして予測条件となる人口及び産業の現況と将来値を表IV・2・2-5に示す。

調整池周辺地域は、昭和60年現在では5市町の行政人口が118,000人で、うち、調整池の流域内人口は約83,400人である。

流域内人口の約68%にあたる56,400人は諫早市で占め、本明川を中心とした市街地に人口の集中がみられる。

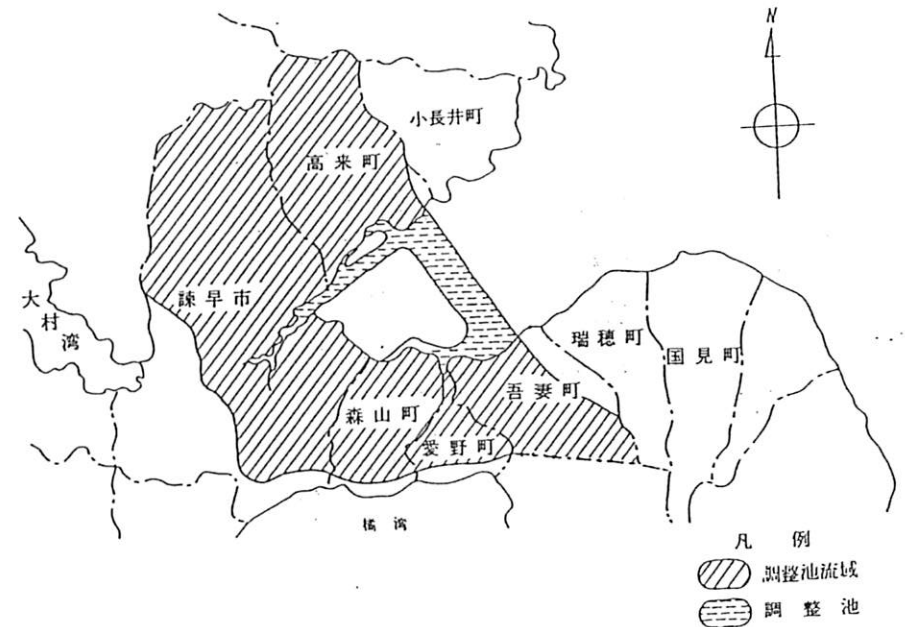
産業は食料品を中心として工場、事業場が本明川下流に集中しており、その排水量は約11,700m³/日である。

また、畜産業は小規模であるが、流域内で豚30,070頭、牛7,300頭が飼育されている。

一方、土地利用の面からみると、流域面積21,350haのうち約46%にあたる9,800haが山林で、約28%にあたる5,900haが畑と水田で占められている。

平成12年の予測にあたって、人口は過年度の行政人口の傾向等を考慮して、昭和60年の約14%増加の95,300人とし、家畜頭数は、「長崎県長期計画」及び過年度の実績値を考慮して、豚は28,350頭、牛は9,700頭とした。

土地利用については、市街化区域内の水田、畑地及び山林は、将来その他土地利用とした。



図IV・2・2-25 関係市町位置図

表IV・2・2-5 周辺地域の現況と将来

行政区名	人口(人)					工場 事業場 (㎡/日)	豚 (頭)	牛 (頭)	山林 (ha)	水田 (ha)	畑地 (ha)	その他 土地利用 (ha)	
	下水道	集落 排水	合併 浄化槽	単独 浄化槽	汲み 取り								
諫早市	56,430	0	0	2,820	5,220	48,390	10,720	13,710	1,750	4,490	1,640	820	3,870
	67,200	27,000	3,980	7,300	3,500	25,420	10,720	11,680	2,060	4,480	1,590	700	4,050
高来町	10,090	0	0	0	270	9,820	350	7,290	490	3,300	490	320	740
	10,700	0	0	100	560	10,040	350	6,470	610	3,300	490	320	740
森山町	5,420	0	0	50	0	5,370	10	2,760	630	650	770	210	410
	5,700	0	0	100	100	5,500	10	2,510	960	650	770	210	410
愛野町	4,240	0	0	190	160	3,890	500	800	870	310	210	300	290
	4,200	0	1,100	390	330	2,380	500	710	1,190	310	210	300	290
吾妻町	7,190	0	0	40	170	6,980	90	5,510	3,560	1,020	620	540	350
	7,500	0	0	100	350	7,050	90	6,980	4,880	1,020	620	540	350
合計	83,370	0	0	3,000	5,920	74,450	11,670	30,070	7,300	9,770	3,730	2,190	5,660
	95,300	27,000	5,080	7,990	4,840	50,390	11,670	28,350	9,700	9,760	3,680	2,070	5,840

(注)1. 上段:昭和60年 推し、工場・事業場の排水量は、平成2年の値である。

下段:平成12年

2. その他土地利用は山林、水田、畑地以外の土地利用をいう。

② 汚濁負荷の発生源

調整池に流入する汚濁負荷の発生源を次のとおりとした。

- 生活排水
- 工場及び事業場の排水
- 家畜排水(牛・豚)
- 農地排水(畑地・水田)
- 自然汚濁(山林・降雨)
- 干拓地排水
- その他(その他の土地利用からの排水、堤体浸透水)

また、これらの発生源からの汚濁負荷量は、次に示す汚濁負荷原単位を用いて算定した。

i) 生活排水

表IV・2・2-6 生活系排水の汚濁負荷原単位
(単位: g/日・人)

項目	処 理 形 態		
	雑排水:未処理 し尿:くみ取り	雑排水:未処理 し尿:浄化槽	雑排水 し尿
C O D	17.0	20.3	7.5
T - N	2.0	8.75	7.7
T - P	0.60	1.34	0.90

(注) 1. 雑排水は、「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(昭和58年)」及び「富栄養化防止下水道整備基本調査の手引(昭和59年)」による。
2. 浄化槽は、「内湾に流入する窒素、リンの汚濁負荷解析(中西、浮田)」の浄化槽除去率による。

ii) 工場及び事業場の排水

表IV・2・2-7. 工場及び事業場の排水の汚濁負荷原単位
(単位: g/㎡/日)

工場・事業場等	C O D	T - N	T - P	摘 要
畜産食品製造業	21.0	7.0	9.0	
乳製品製造業	3.0	5.0	1.0	
味噌・醤油製造業	13.0	4.0	7.0	
冷凍調理食品製造業	17.0	1.0	1.0	
清涼飲料水製造業	8.0	4.0	2.0	
動物系飼料・肥料製造業	36.0	27.0	4.0	
動物系油脂製造業	25.0	2.0	2.0	
繊維製造業	150.0	39.0	0.2	
印刷業	13.0	45.0	7.0	
ガス製造業	4.0	1.0	0.1	
と畜場	諫早	10.0	10.0	1.0
	高来	25.0	18.0	7.0
合併浄化槽	10.0	12.0	3.0	旅館、学校、ホテル、病院
下水処理場	10.0	10.0	0.5	
し尿処理場	15.0	10.0	1.0	

(注) 1. 工場・事業場排水は、実績値(昭和62年・平成元年調査)を加重平均(排水量比)により算定した。
2. し尿処理場は将来計画値とした。
3. 下水処理場は、他地区の高度処理場の計画値とした。

iii) 家畜排水

表IV・2・2-8 牛・豚の汚濁負荷原単位

(単位: g/日・頭)

家畜の種類		C O D	T - N	T - P
牛	ふん	510	250	50
	し尿	20	40	2
豚	ふん	120	15	24
	し尿	10	24	1

(注)「石丸園地:畜産の研究第30巻1号」及び「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(昭和58年)」をもとに設定した。

iv) 農地排水

表IV・2・2-9 水田・畑地の汚濁負荷原単位

(単位: kg/ha・年)

農地種別	C O D	T - N	T - P
畑地	4.0	36.3	0.3
水田	18.4	15.3	0.8

(注)1.畑地: ① T-Nについては、係数法により設定した。
② COD、T-Pについては、長田川流域(昭和55年調査)による。
2.水田については、全国の実測平均により設定した。

v) 自然汚濁

ア 山林

山林負荷については、山林地域において求めたL-Q式による。

なお、L-Q式から求めた流域の平均原単位は表IV・2・2-10のとおりである。

表IV・2・2-10 山林の汚濁負荷原単位

(単位: mg/l)

C O D	T - N	T - P
23.9	3.62	0.29

(注)L-Q式は昭和58,62,63,平成2年調査による。

イ 降雨

表IV・2・2-11 降雨の汚濁負荷原単位

(単位: mg/l)

C O D	T - N	T - P
1.16	0.54	0.010

(注) 実測値(昭和58年、62年、63年調査)による。

vi) 干拓地排水

干拓地排水の汚濁負荷の発生源については、畑地排水、そ

利用排水、生活排水、家畜排水とし、汚濁負荷は、それぞれの原単位とした。

vii) その他土地利用等

表IV・2・2-12 干拓地排水等の汚濁負荷原単位

項目	C O D	T - N	T - P
その他土地利用(kg/ha・年)	19.5	9.1	0.168
堤体浸透水(mg/l)	2.7	0.30	0.050

(注)1.その他の土地利用の原単位は、降雨の原単位を基に設定した。

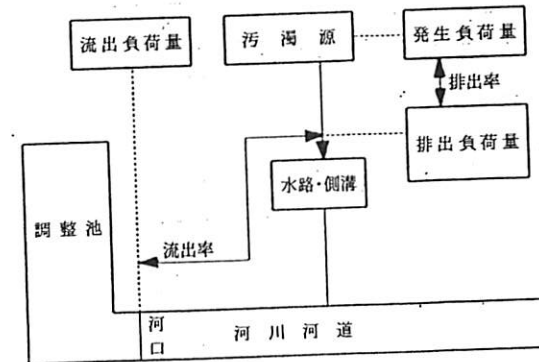
2.堤体浸透水の原単位は、実測値(平成元年調査)による。

③ 汚濁負荷量の考え方

流域の汚濁源から排出された汚濁物質は、図IV・2・2-26に示すように、河川河口部(調整池の流入部)に到達する間に水路、側溝、河道等において沈殿、分解、吸着等の自然における浄化作用を受けるため、予測計算に用いる汚濁負荷量は、これらの作用を考慮して算出した。

なお、流出負荷の算出にあたっては、次の条件を設定した。

- ・諫早市公共下水道は、平成12年において市街地のうち、300ha,27,000人の整備が進むものと設定した。
- ・下水処理場及びし尿処理場の施設等は、高度処理し流域内に排出するものと設定した。
- ・家畜の増加分については、その糞尿は農地還元するものと設定した。
- ・合併浄化槽の設置、農業集落排水事業の実施及び家畜の糞尿の適正な処理等の排出負荷減対策を講じるものと設定した。



発生負荷量.....各汚濁源で発生する負荷量
排出負荷量.....発生負荷量のうち実際に流域に排出される負荷量
流出負荷量.....排出負荷量のうち実際に河川河口に到達する負荷量

図IV・2・2-26 汚濁負荷流出機構図

i) 排出率

各種発生汚濁源のうち、工場及び事業場の排水、農地排水、自然汚濁、その他の汚濁源は発生負荷量を排出負荷量として算出した。生活排水は雑排水による負荷を見込み、し尿による負荷は、くみ取り及び浄化槽により処理されるものとした。家畜排水の排出率は、牛（5～6%）、豚（7～15%）とした。

ii) 排出負荷量

以上の考え方により求めた排出負荷量を表IV・2・2-13に示す。

IV・2・2-13 排出負荷量（平成12年）

（単位：ton/年）

	C O D	T - N	T - P
生活排水	375.3	80.7	16.61
工場・事業場	53.6	28.9	12.44
家畜	154.2	101.7	25.23
農地等排水	190.0	184.7	4.55
山林	233.2	35.2	2.80
調整池	42.9	20.0	0.37
干拓地	16.0	57.7	0.78
堤体浸透	4.9	0.5	0.09
大規模点源	63.2	58.4	3.39
合計	1,133.3	567.8	66.26

iii) 流出率

汚濁源から排出された汚濁負荷は、調整池へ流入する間に河川等において、分解、沈澱、吸着などの作用により減少する。その排出された汚

濁負荷が調整池まで流出してくる割合を流出率とした。

流出率の算定にあたっては、本明川、境川、深海川、山田川の各河川における昭和54年から平成2年のデータをもとにして、流量～負荷量の関係式（ここでは $L = a \times Q^b$ ）を求め、この回帰式により負荷量を算定し、一方、各河川の流域別に、フレーム、原単位を用いて排出負荷量を算定し、両者の割合から流出率を表IV・2・2-14に示すように設定した。

表IV・2・2-14 流出率

水質項目	COD	T-N	T-P
本明川	1.0	1.0	0.6
境川	0.8	1.0	0.4
深海川	0.7	0.8	0.3
山田川	0.8	1.0	0.4
大規模	1.0	1.0	1.0
干拓地	1.0	1.0	1.0

④ 流出負荷量

調整池の汚濁の要因は、河川からの汚濁負荷、新規造成地の干拓地からの負荷、堤体からによる負荷及び降雨時の負荷等があるが、これらの汚濁負荷は、流域の降雨即ち流域の河川流量と密接な関係があるため、水質予測にあたっては、河川流量の設定が重要である。

ここでは、過去20年間の年間降雨量を検討し、平水年である昭和50年の流量を用い、平成12年のフレーム、汚濁原単位を与え、さき求めた流出率は平成12年においても変わらないものとして予測した。

③のi), ii)によって求めた流出負荷量を表IV・2・2-15に示す。

表IV・2・2-15 流出負荷量 (平成12年)

(単位: ton/年)

汚濁源	負荷量		
	C O D	T - N	T - P
生活排水	331.3	78.6	8.19
工場・事業場	49.2	28.6	7.12
家畜	124.3	96.3	10.29
農地等排水	167.7	178.3	2.07
山林	205.0	34.2	1.21
調整池	42.9	20.0	0.37
干拓地	16.0	57.7	0.78
堤体浸透	4.9	0.5	0.09
大規模点源	63.2	58.4	3.39
合計	1,004.5	558.8	33.51

3) 予測結果及び評価

平成12年の調整池の水質は、表IV・2・2-16に示すとおり、生活環境の保全に関する環境基準である湖沼のB類型及びV類型を満足する。

表IV・2・2-16 水質予測結果

(単位: mg/l)

ブロック	COD	T-N	T-P
1	3.2	0.71	0.071
2	3.0	0.65	0.065
3	2.8	0.69	0.061
平均	3.0	0.69	0.066
環境保全目標	5以下	1以下	0.1以下

(注)CODは年間の75%値、T-N及びT-Pは年間平均値である。

2) 調整池の塩素量

調整池の将来水質は、調整池が農業用水源として利用されることから、塩素量について予測した。

1) 予測概要

本予測は、調整池内に流入する淡水(河川水及び降水)と潮受堤防からの塩水浸透等を考慮して予測した。

2) 予測方法

① 基本方程式

調整池内の2次元拡散式は(1)で表現される。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u \cdot c) + \frac{\partial}{\partial z}(w \cdot c) = \frac{\partial}{\partial x}(K_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_z \cdot \frac{\partial c}{\partial z}) \dots (1)$$

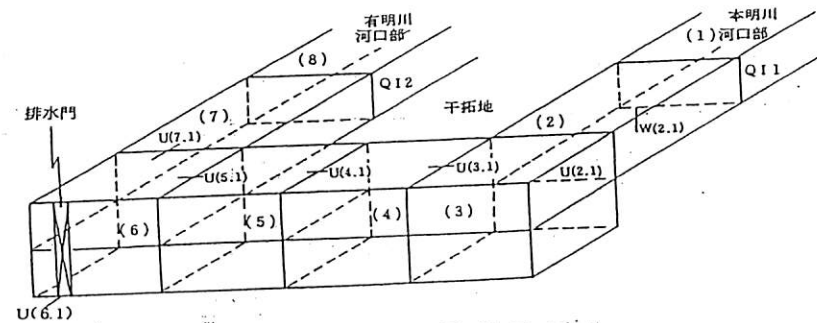
ただし、
 c : 塩素量 (g/m³)
 u, w : 水平、鉛直方向の流速 (m/秒)

K_x, K_z : 水平及び鉛直方向の拡散係数 (m²/秒)

② 予測モデル

造成される調整池は、貯水池と北部及び南部承水路で構成される。調整池を4ブロックに分割し、各ブロックとも2層とする。

また、北部(2)及び南部承水路(7)については1層としてモデルを構成する。模式図を図IV・2・2-27に示す。(1)及び(8)ブロックは河川部で、塩素量一定とし、①で述べた基礎方程式の適用は(2)~(7)ブロックまでとする。



図IV・2・2-27 予測モデル

③ 予測条件

1) 河川流量

過去20年間の年間降水量を検討し、平水年である昭和50年の流量により予測した。また、塩素量は一定とし50mg/lを用いた。

拡散式: 「水理公式集」、土木学会編、PP51 (昭和60年版)

ii) 浸透水の水質

潮受堤防からの浸透水の水質は、塩素量 17,000 mg/L、全浸透量は 5,000 m³/日とした。この浸透量は、調整池の各ブロックに面した堤長に比例配分した。

iii) 排水門からの漏水

排水門からの漏水は考慮しない。

なお、干拓地からの浸出塩素量は背後地の干拓と同程度になるものと仮定し、河川と同じとした。

3) 予測結果及び評価

予測結果を表IV・2・2-17に示す。

調整池内の塩素量は、調整池で 75~355 mg/L、北部及び南部承水路でそれぞれ 51 mg/L、55 mg/Lと予測される。農業用水を取水する北部承水路（2ブロック）での塩素量は、51 mg/Lを確保することが可能であり、風速が強く波浪等により調整池内が攪拌された場合でも塩素量は 170 mg/L程度と予測される。

表IV・2・2-17 年平均塩素量

(単位: mg/L)

ブロック	2	3	4	5	6	7
表層	51	75	120	185	150	55
下層	—	170	250	355	230	—
全体	170					

従って、調整池内の塩素量は、表IV・2・2-18に示す許容濃度範囲にあり、調整池を農業用水源として利用することに支障は生じないものと考えられる。

表IV・2・2-18 農作物の塩素量許容限界濃度

(単位: mg/L)

区分	塩素量	
露地	1. 茎葉の塩水付着害	500~1,000以下
	2. 土壌溶液の塩水化害	
畑作物	(1) 発芽期	1,000~2,000以下
	(2) 普通期	500以下
3. 総合限界濃度	500以下	

(注) 耐塩性中~強の作物を対象とした値であり、限界濃度が継続すれば収量はあり得る。

出典: 農業土木ハンドブック

(3) 海域の水質

1) 予測概要

潮受堤防の設置及び調整池の供用が諫早湾及びその周辺海域の水質に及ぼす影響をみるために、塩素量及びCODについて数値計算による予測を行った。

予測の概要は、表IV・2・2-19に示すとおりである。数値計算については、潮位・潮流予測と同様に、海域特性を考慮した1層モデルを採用した。

表IV・2・2-19 水質に及ぼす影響予測の概要

区分	予測の概要
予測方法	1層モデルによる数値計算
対象海域	諫早湾を含む有明海全域
計算格子	1 km × 1 kmの格子
流況条件	潮汐: M ₂ 分潮(中潮時) 他は潮流モデルと同一
流入負荷量等	① 河川 締切前・後 COD: 年平均水質 × 年平均流量 塩素量: 0% ② 排水門 締切後 COD: 調整池水質 × 年平均排水量 塩素量: 0%
計算ケース	塩素量: 締切前、締切後の2ケース (現況) (設置・供用) COD: 締切前、締切後の2ケース
予測項目	塩素量、COD