

資料4

# 兵庫県提出資料

冬季における加古川下流浄化センターでの窒素排出量増加運転の試行について

1 兵庫県における生活排水処理施設の普及状況

(1) 全県の普及状況

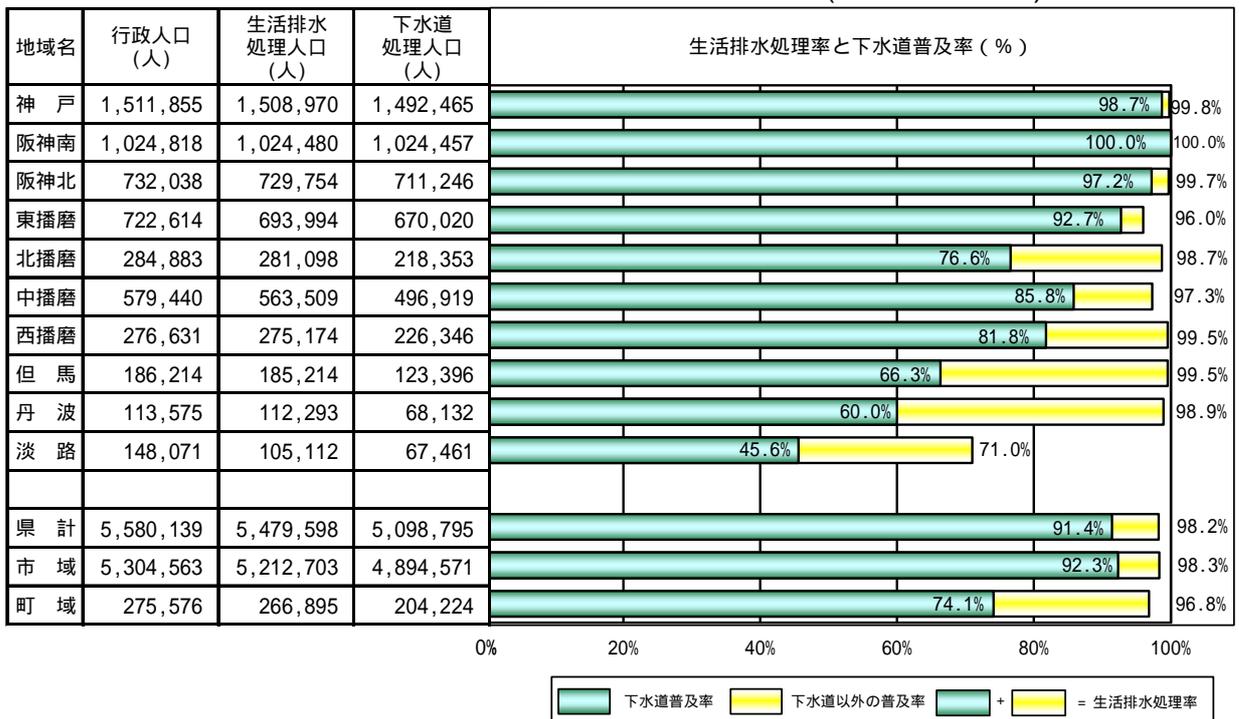
兵庫県では、県と市町が連携して下水道をはじめとする各種生活排水処理施設の整備促進を図る「生活排水 99%大作戦」を平成 3 年度より展開した結果、平成 22 年度末の生活排水処理率は 98.2% と東京都に次いで全国 2 位の高い水準となっている。

(表 1、表 2 参照)

表 1 兵庫県における事業別の生活排水処理率の推移

区 分		生活排水処理率 (%)		
		H 3 末 (初年度)	H 22 末 (実績)	伸率
集合処理	公共下水道	62.2	91.4	+ 29.2
	農業集落排水施設	0.2	3.3	+ 3.1
	漁業集落排水施設	0.0	0.1	+ 0.1
	コミュニティ・プラント	0.4	1.3	+ 0.9
個別処理	浄化槽	5.3	2.1	- 3.2
合 計		68.1	98.2	+ 30.1

表 2 地域別の生活排水処理率と下水道普及率 (H 2 2 年度末)



(2) 加古川流域の普及状況

1 級河川加古川は、丹波市の粟鹿山を源流に、加古川市と高砂市の境として播磨灘に注ぐ、幹線流路延長 9.6 km、流域面積 1,730 km<sup>2</sup> の兵庫県最大の河川である。(図 1 参照)

主な流域は、丹波地域 (上流域) 北播磨地域 (中流域) 東播磨地域 (下流域) で、それぞれにおける、平成 3 年 ~ 平成 22 年の生活排水処理率の推移は、表 3 ~ 表 5 のとおりである。

平成3年度末に19.2～50.4%であった処理率は、平成22年度末で96.0～98.9%となっており、各地域における生活排水処理事業は、概ね完了している。

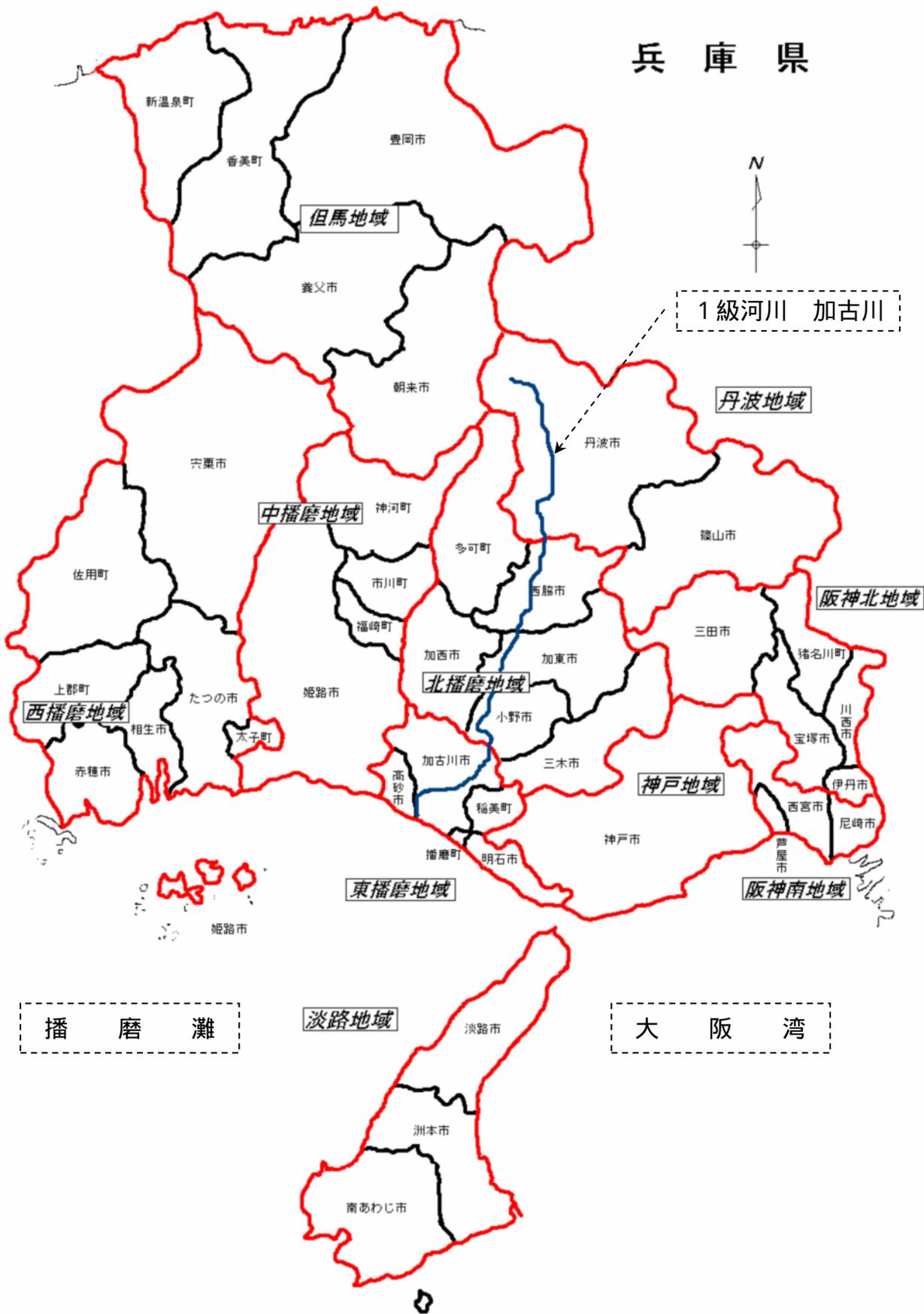


図1 兵庫県の市町、地域区分及び加古川

表3 丹波地域（上流域）の処理率推移（％）

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
丹波	19.2	24.9	29.2	33.1	37.4	44.4	54.3	58.7	70.8	76.2	85.9	90.3	96.8	99.3	99.6	98.9	98.7	98.6	98.7	98.9

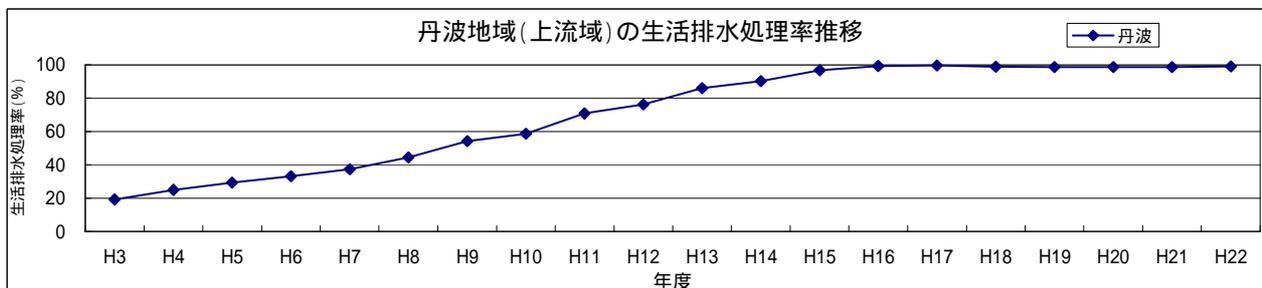


表4 中流域（北播磨地域）の処理率推移（％）

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
北播磨	22.7	26.1	32.0	34.2	38.0	43.6	48.8	54.9	64.4	74.1	80.9	86.2	91.3	94.1	96.2	96.6	97.5	98.2	98.5	98.7

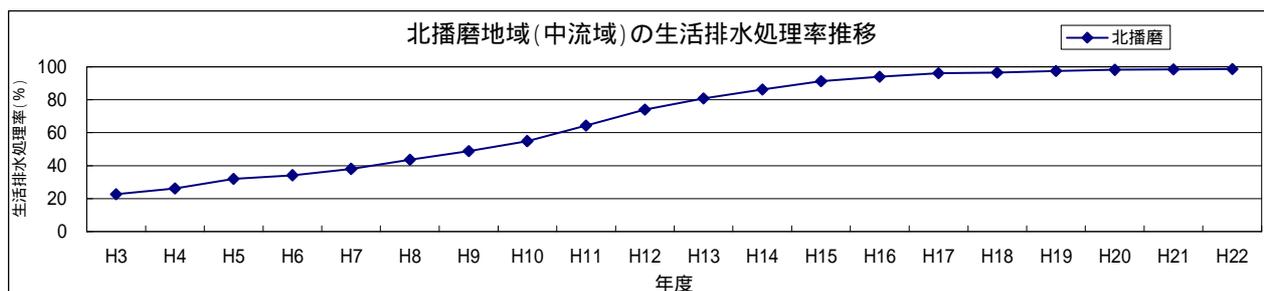
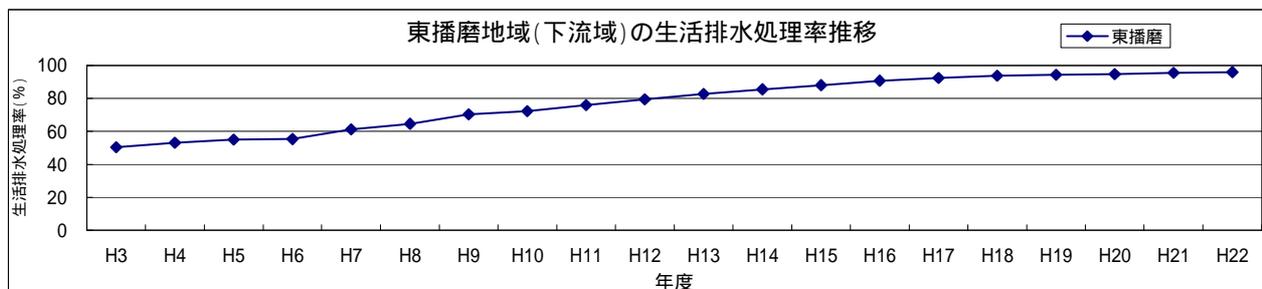


表5 下流域（東播磨地域）の処理率推移（％）

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
東播磨	50.4	53.1	55.1	55.4	61.2	64.7	70.3	72.3	75.9	79.4	82.7	85.5	88.1	90.7	92.5	93.8	94.3	94.8	95.5	96.0



## 2 加古川及び播磨灘の水質経年変化

### (1) 加古川の水質経年変化

1級河川加古川における、上流域、中流域、下流域のBOD(75%値)の経年変化は、それぞれ、表6～表8のとおりで、平成3年度に1.8～2.5ppmであったBODは、平成22年度末に0.9～1.3ppmに低下している。

表6 丹波市井原橋(上流域)のBOD経年変化(ppm)

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
丹波市	2.3	1.5	1.5	1.5	1.1	1.1	0.8	0.9	0.8	1.0	1.7	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	1.0	1.2	0.9

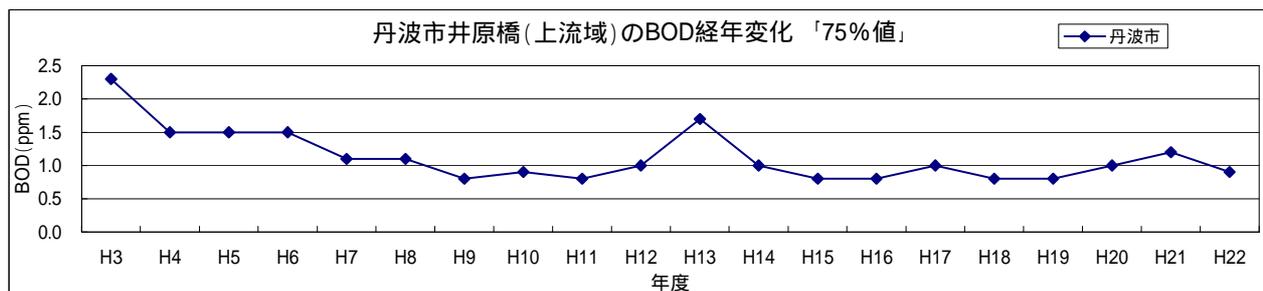


表7 西脇市板波橋(中流域)のBOD経年変化(ppm)

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
西脇市	2.5	2.4	2.6	2.9	2.3	2.2	2.0	2.1	2.2	2.4	2.1	1.8	1.3	1.5	1.4	1.2	1.3	1.0	1.0	1.2

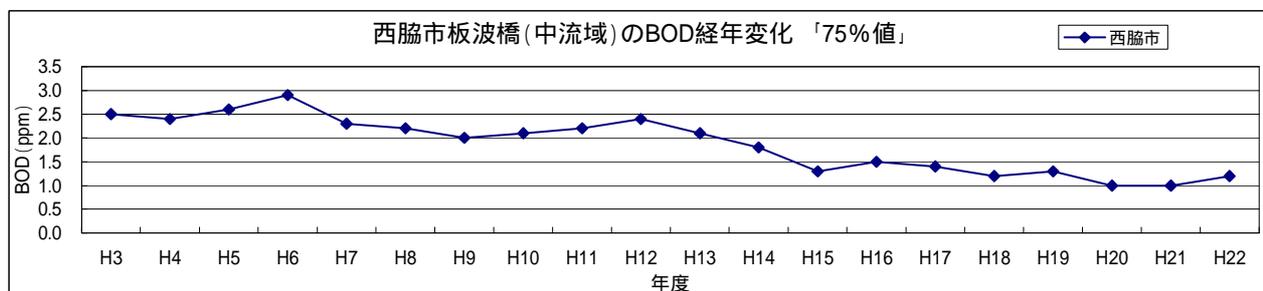
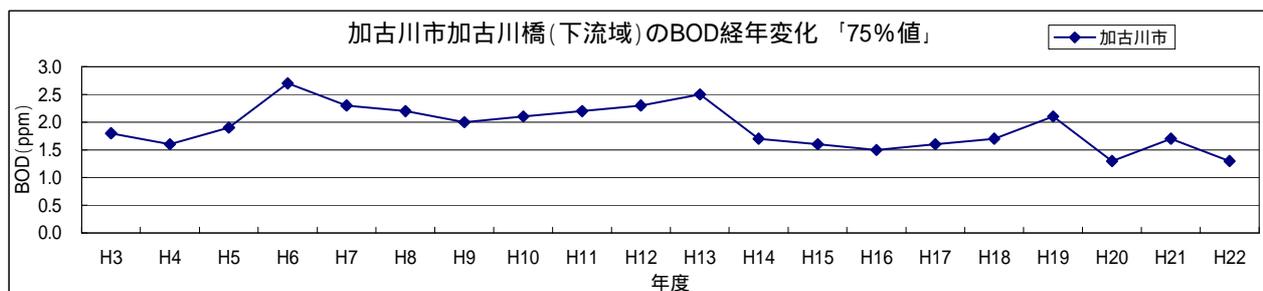


表8 加古川市加古川橋(下流域)のBOD経年変化(ppm)

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
加古川市	1.8	1.6	1.9	2.7	2.3	2.2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	2.1	1.3	1.7	1.3



(2) 播磨灘の水質経年変化

播磨灘海域のCOD(75%値)、T-N(50%値)、T-P(50%値)は、それぞれ、表9～表11のとおりである。

COD及びT-Pには大きな低下が見られないが、T-Nは、平成3年度の0.30～0.58ppmから、平成22年度の0.16～0.31ppmへと低減している。

表9 播磨灘海域のCOD経年変化(ppm)

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
明石港内	1.7	2.1	2.0	2.2	2.2	2.3	1.8	1.7	1.8	2.1	2.0	2.2	2.0	2.0	2.1	1.9	1.9	1.7	1.8	1.8
別府港内	2.5	2.4	2.5	2.3	2.9	2.1	2.4	2.4	3.0	2.4	3.5	2.7	3.3	2.4	3.6	3.1	3.2	3.0	2.5	2.6
高砂本港内	2.8	2.6	2.6	3.0	3.1	2.5	2.4	2.9	2.9	2.7	3.0	2.8	3.0	2.9	3.5	2.8	3.0	2.6	3.5	3.2
高砂西港港口先	2.7	2.9	2.5	2.6	4.0	2.1	2.9	2.3	2.6	2.5	2.9	3.0	2.8	2.6	3.1	2.8	2.8	2.7	2.9	2.4
大塩港内	2.8	3.4	3.9	2.9	5.1	2.8	3.5	3.5	3.1	2.9	3.6	2.6	3.3	3.3	3.2	3.4	3.8	3.2	3.3	3.1
東部工業港内	2.5	2.6	2.4	2.7	3.0	2.5	2.7	2.5	2.8	2.9	2.8	2.5	3.1	2.7	3.3	3.3	3.0	3.0	2.7	2.9
飾磨港内1	2.9	5.0	4.0	4.1	3.9	3.8	3.2	3.4	4.0	3.5	3.4	3.4	3.4	3.1	4.2	3.8	3.7	3.4	4.3	3.4
広畑港内	2.8	4.6	4.0	3.3	3.2	3.4	2.9	3.1	2.9	3.2	2.8	2.6	3.3	2.7	3.6	3.4	2.7	2.8	3.1	3.8
網干港内	3.4	4.6	4.2	4.0	4.4	3.9	3.3	2.9	3.4	3.1	3.4	2.9	3.6	3.3	3.7	3.5	3.2	3.3	3.0	3.5
材木港内	2.7	3.4	3.6	3.0	2.6	3.0	3.0	2.6	3.0	2.7	2.6	2.5	3.0	3.3	3.4	3.6	3.2	3.1	3.3	3.0
二見港沖	2.0	2.1	2.1	2.2	2.4	2.2	2.1	2.3	2.8	2.2	2.4	2.5	2.3	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.3	2.4
別府港沖	2.1	2.5	2.3	2.0	2.5	2.0	2.3	2.2	2.5	2.2	2.8	2.2	2.3	2.4	3.1	2.5	2.1	2.2	2.2	2.1
高砂西港沖	2.3	2.7	2.7	2.6	3.4	2.4	2.8	2.3	2.7	2.6	2.8	2.6	2.5	2.5	3.3	2.7	2.7	2.6	2.4	2.2
白浜沖	2.8	2.7	2.5	2.7	3.2	2.3	2.7	2.4	2.6	2.6	2.8	2.7	3.0	2.7	3.2	3.4	2.6	2.7	2.6	2.7
飾磨港沖	3.0	3.0	2.7	3.0	3.2	2.5	2.8	2.6	3.0	2.8	3.3	2.6	2.8	3.1	4.0	3.4	2.7	2.8	3.1	2.7
網干港沖	3.0	3.7	4.1	3.3	2.6	2.7	3.1	2.8	2.9	2.9	2.5	2.7	3.0	3.1	3.3	3.4	2.6	3.0	3.0	2.4
明石港沖	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	2.2	1.8	1.6	1.8	2.1	2.3	2.1	2.2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	1.9
明石林崎沖	2.0	1.9	1.7	1.8	1.7	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.0	2.2	2.4	2.1	1.9	1.9	1.9	2.1
別府港沖合	2.1	2.4	2.5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.6	2.2	2.0	2.2	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	1.8	1.8	2.0	2.0
東部工業港沖合	2.4	2.9	2.2	2.2	2.9	2.1	2.3	2.0	2.6	2.6	2.8	2.3	2.4	2.7	2.8	2.8	2.6	2.6	2.4	2.0

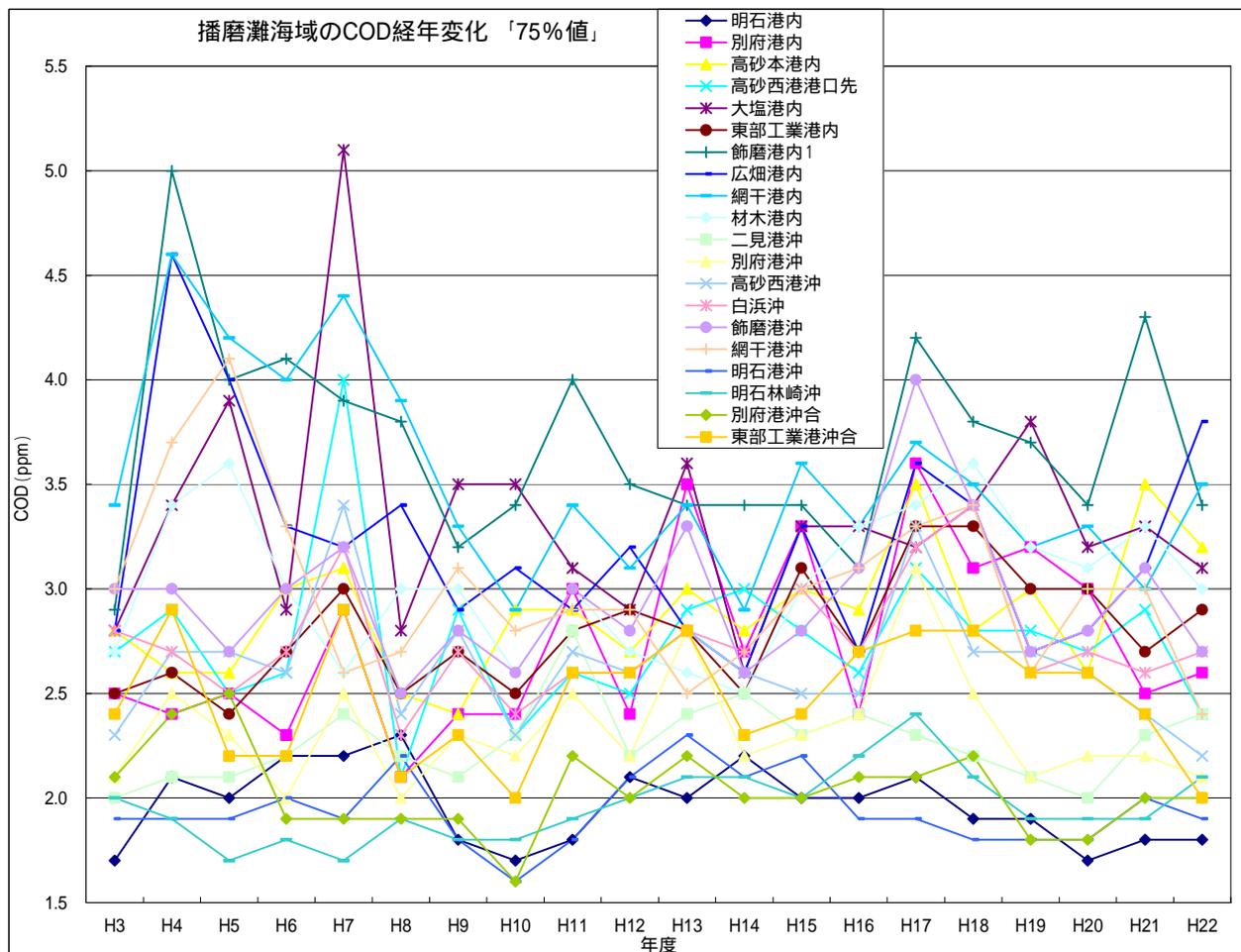


表 1 0 播磨灘海域の T - N 経年変化 ( ppm )

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
二見港沖	0.35	0.33	0.30	0.34	0.32	0.37	0.35	0.34	0.36	0.34	0.32	0.31	0.30	0.26	0.29	0.29	0.27	0.22	0.25	0.25
別府港沖	0.30	0.30	0.33	0.29	0.32	0.33	0.35	0.33	0.36	0.30	0.32	0.29	0.28	0.25	0.27	0.25	0.24	0.23	0.20	0.20
高砂西港沖	0.43	0.30	0.40	0.31	0.33	0.33	0.43	0.33	0.35	0.32	0.29	0.30	0.29	0.26	0.24	0.23	0.25	0.21	0.22	0.18
白浜沖	0.50	0.30	0.30	0.30	0.35	0.32	0.36	0.36	0.33	0.29	0.32	0.28	0.29	0.27	0.24	0.26	0.23	0.22	0.20	0.19
飾磨港沖	0.53	0.38	0.48	0.44	0.43	0.44	0.47	0.37	0.49	0.41	0.40	0.32	0.34	0.35	0.32	0.35	0.36	0.28	0.31	0.31
網干港沖	0.58	0.90	0.40	0.50	0.57	0.39	0.41	0.39	0.36	0.37	0.35	0.37	0.36	0.39	0.32	0.28	0.37	0.31	0.30	0.24
明石港沖	0.35	0.25	0.33	0.28	0.30	0.37	0.33	0.31	0.31	0.30	0.32	0.30	0.24	0.22	0.24	0.21	0.22	0.19	0.22	0.18
明石林崎沖	0.35	0.23	0.30	0.27	0.29	0.33	0.31	0.32	0.29	0.29	0.30	0.28	0.25	0.23	0.25	0.22	0.24	0.19	0.21	0.20
別府港沖合	0.35	0.28	0.23	0.24	0.27	0.28	0.29	0.27	0.28	0.26	0.26	0.25	0.23	0.20	0.21	0.22	0.19	0.18	0.17	0.16
東部工業港沖合	0.45	0.33	0.28	0.27	0.33	0.30	0.30	0.28	0.37	0.29	0.29	0.25	0.24	0.22	0.22	0.21	0.22	0.20	0.18	0.17

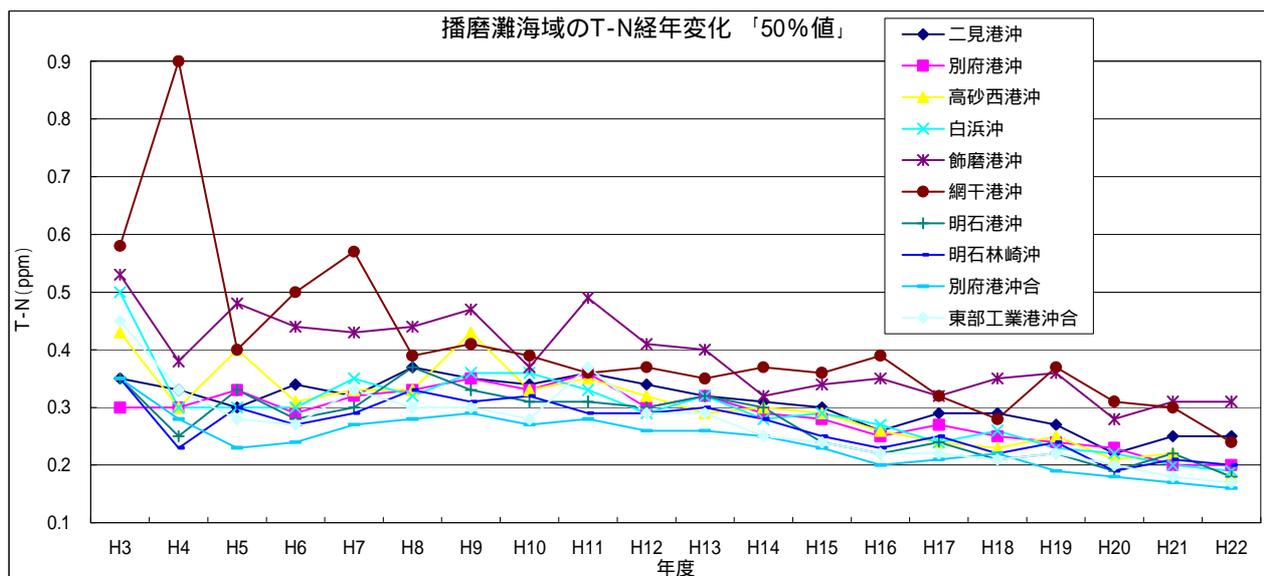
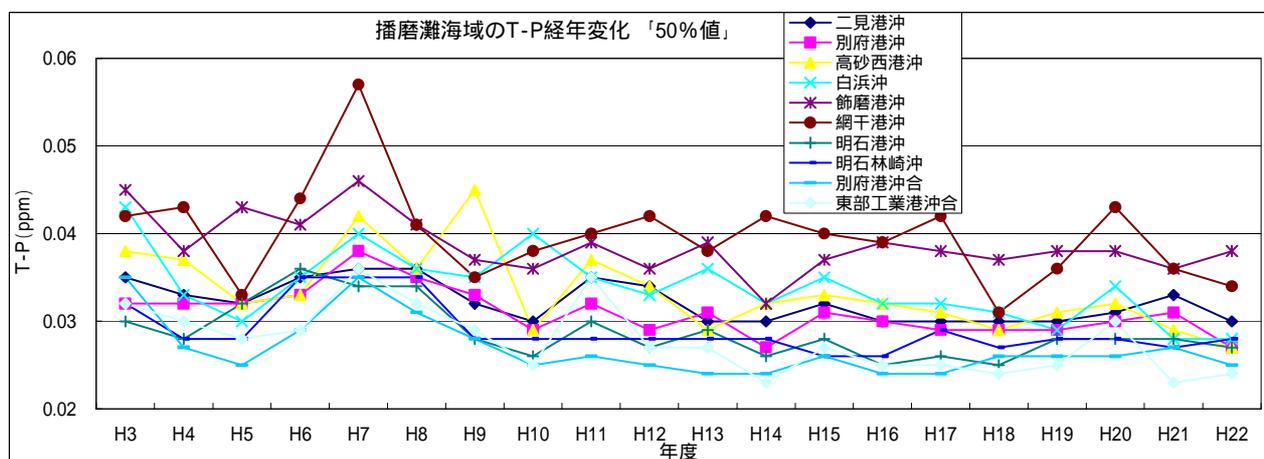


表 1 1 播磨灘海域の T - P 経年変化 ( ppm )

区分	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22
二見港沖	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
別府港沖	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
高砂西港沖	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
白浜沖	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
飾磨港沖	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
網干港沖	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
明石港沖	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
明石林崎沖	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
別府港沖合	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
東部工業港沖合	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02



3 兵庫県のノリ養殖(この項は兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター報告文を引用)  
 兵庫県のノリ養殖業は瀬戸内海側の漁業生産額の約4割を占める基幹漁業となっている。  
 また、全国的にも主要な産地で、佐賀県と全国1位の生産枚数を競っている。

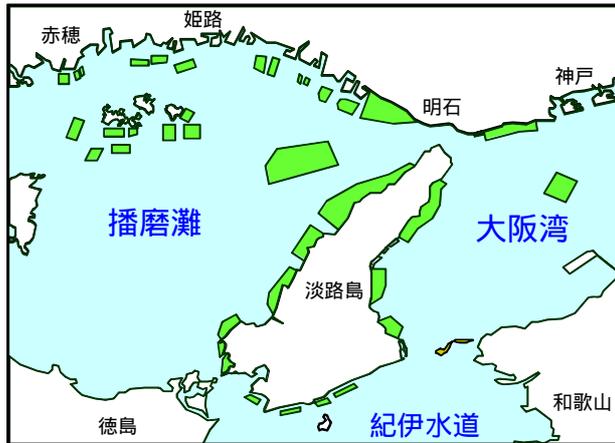


図2 兵庫県のノリ養殖漁場と養殖状況

兵庫県のノリ養殖は大正後期に西播地域で開始され、昭和40年代の浮き流し式養殖技術開発により飛躍的に生産量を伸ばした。しかし、平成7年以降、海水中の栄養分(主に溶存態無機窒素「DIN」)が減少することによって発生する「色落ち」が頻発するようになり、生産量の減少と単価の下落が続いている。また、平成19年度漁期(12月~翌年5月)では、養殖開始当初から色落ちが発生するとともに、明石海峡での船舶沈没事故による油流出事故が発生し、主要産地における生産中止により甚大な被害が発生している。

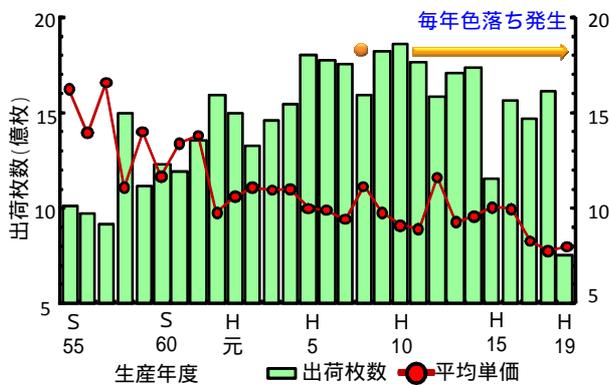


図3 ノリ生産枚数と平均単価の推移

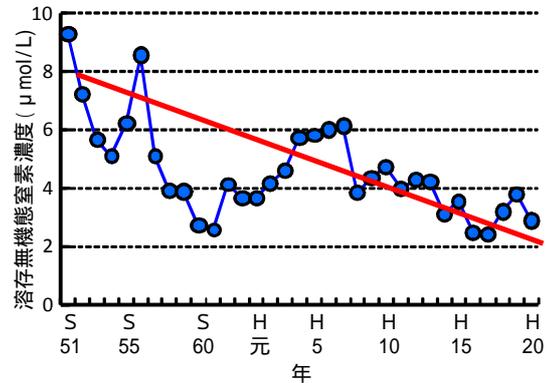


図4 播磨灘12地点の表層水栄養分の推移

栄養分のない海域で生長したノリは重要な品質の一つである「黒み」がなくなり、著しく商品価値が低下する。



写真1 色落ちしたノリ

#### 4 加古川下流浄化センター

##### (1)加古川下流流域下水道の概要

加古川下流流域下水道の概略図を図5に、計画諸元・整備状況等の事業概要を、表12に示す。

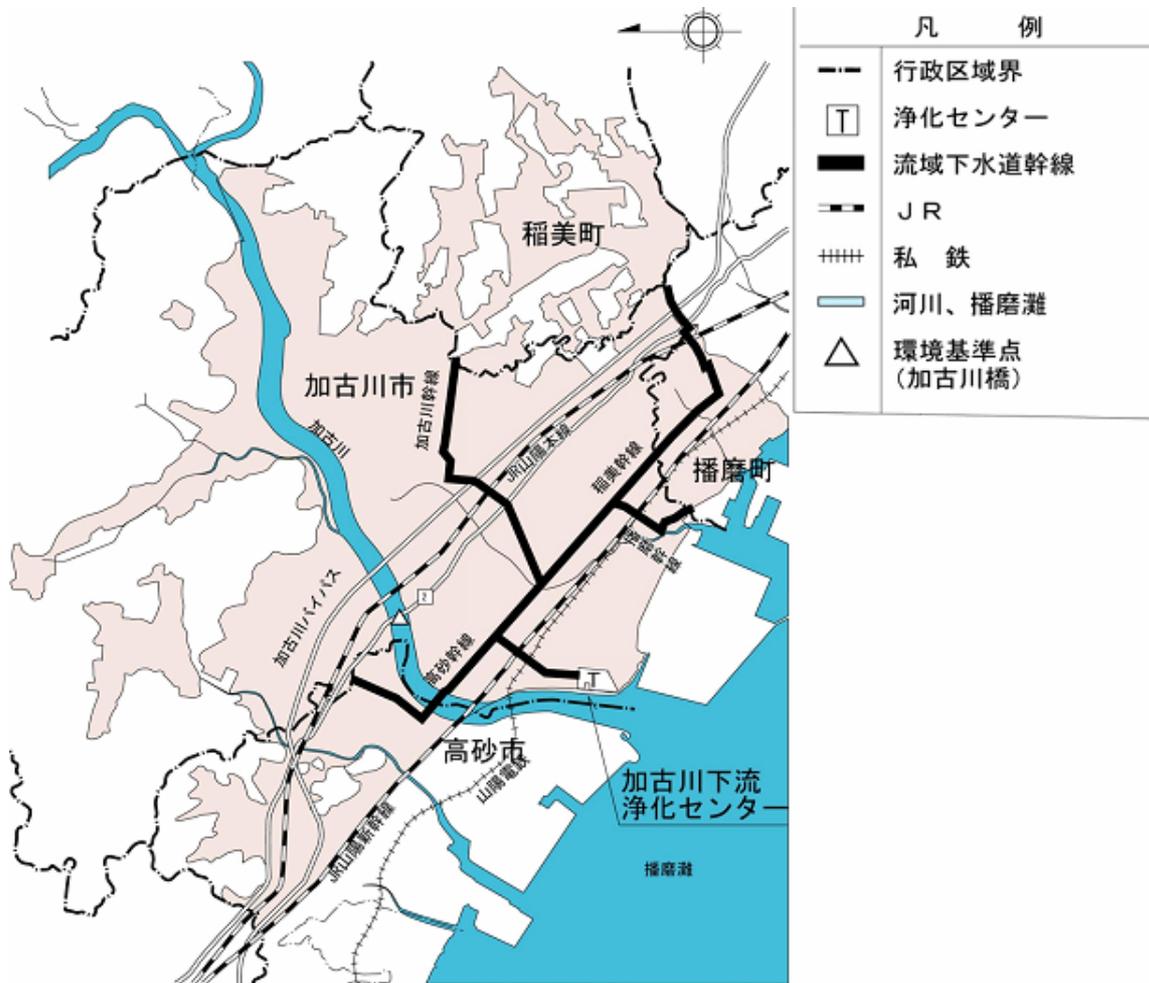


図5 加古川下流流域下水道概略図

表12 加古川下流流域下水道概要表

排 除 方 式		分流式（一部合流式）
関連市町		加古川市、高砂市、稲美町、播磨町
供用年月		H4.6
全 体 計 画	計画期間	S62～H37
	計画処理面積(ha)	8,141.0
	計画処理人口(千人)	366.2
	計画処理能力(m <sup>3</sup> /日)	179,750
	管渠延長(km)	24.8
	処理場面積(ha)	17.7
H 2 2 未 整 備 状 況	現在処理面積(ha)	5,497.4
	全体計画区域内現住人口(千人)	369.4
	現在処理人口(千人)	332.0
	水洗化人口(千人)	305.8
	現在処理能力(m <sup>3</sup> /日)	152,625
現在処理水量(m <sup>3</sup> /日)	日最大 138,247	

### (2)加古川下流浄化センターの概要

加古川下流浄化センターは、加古川市公共下水道の終末処理場から引き継いだ1系施設と、流域下水道として新たに建設した2系施設がある。主要な施設は、写真2のとおりである。

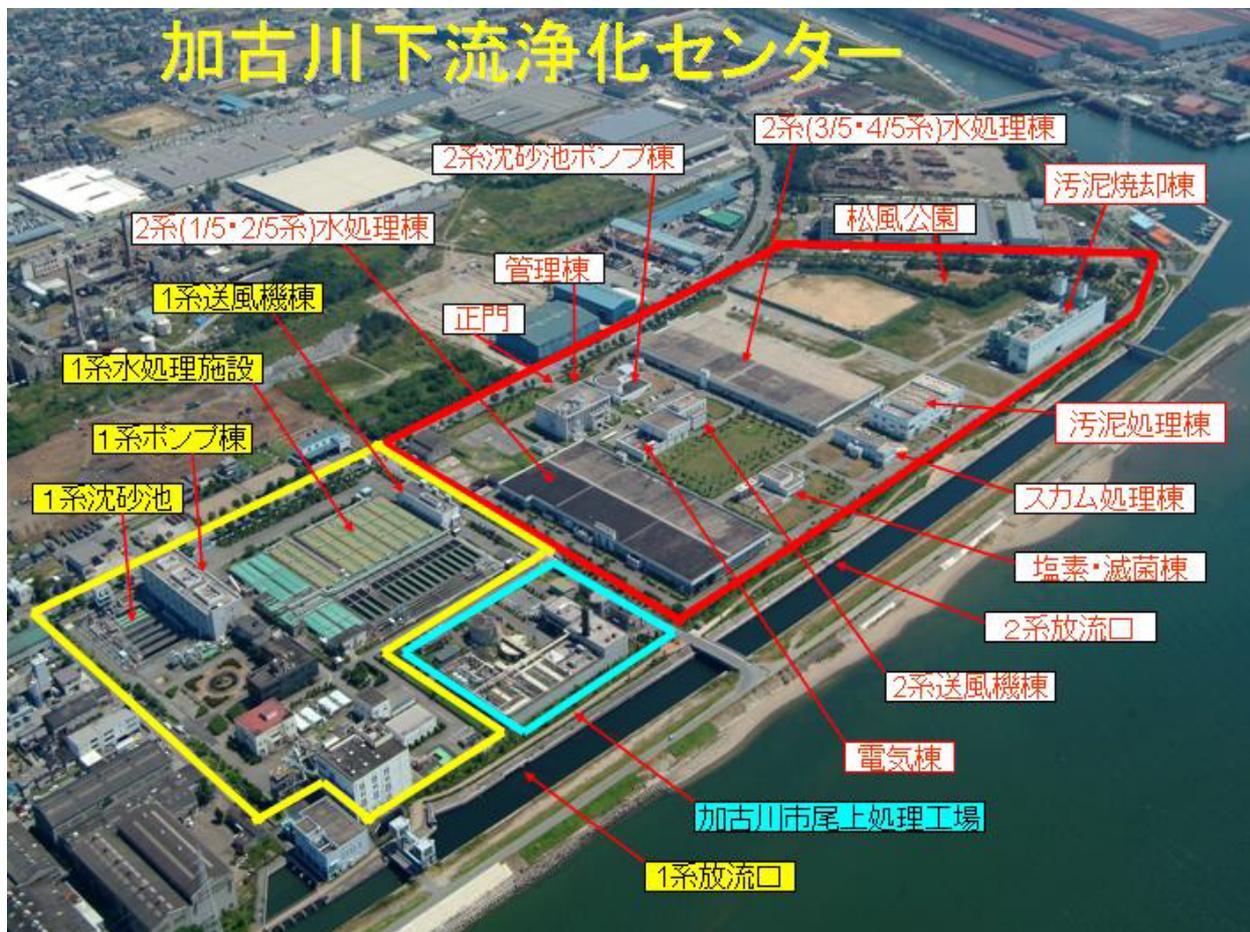


写真2 加古川下流浄化センター主要施設

### (3)流入水質、放流水質

加古川下流浄化センターの平成22年度における、流入・放流の平均水質は表13のとおりである。

表13 加古川下流浄化センターの流入水質・放流水質（H22年度平均値）

項目	1系施設		2系施設	
	流入水	放流水	流入水	放流水
BOD (ppm)	84	2.1	190	3.3
COD (ppm)	41	6.2	90	9.1
SS (ppm)	57	2	160	3
T - N (ppm)	19	6.3	33	6.3
NH3 - N (ppm)	12	<0.1	21	0.3
NO2 - N (ppm)	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
NO3 - N (ppm)	<0.1	5.1	<0.1	4.6
T - P (ppm)	2.2	0.4	4.2	1.0
高級処理水量 (m <sup>3</sup> /日)	46,953		64,309	

## 5 加古川下流浄化センターでの窒素排出量増加運転

### (1) 冬場運転方法の変更

加古川下流浄化センターの水処理は、通常、ステップ流入式硝化脱窒法により行っているが、平成20年度より、ノリ養殖のシーズンである冬季に、窒素排出量を増加させるため、脱窒抑制運転を試行している。

平成23年度に実施した、水処理運転方法の変更を図6～図11に示す。

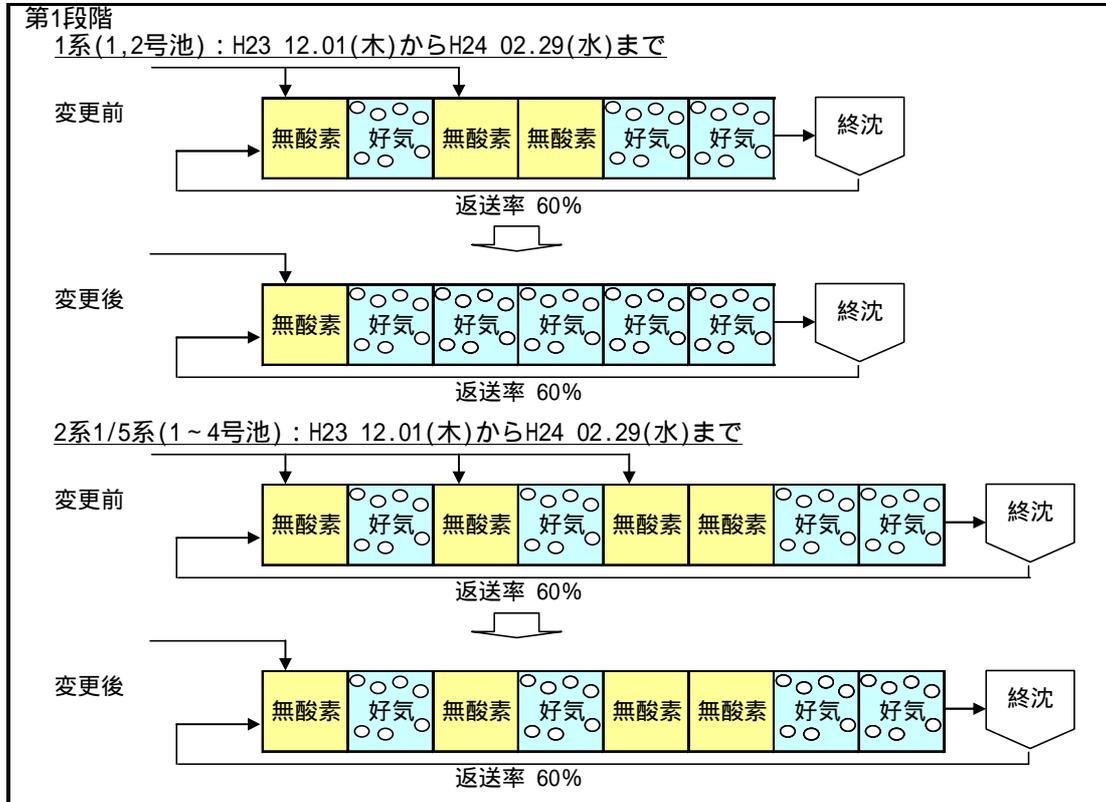


図6 第1段階運転変更

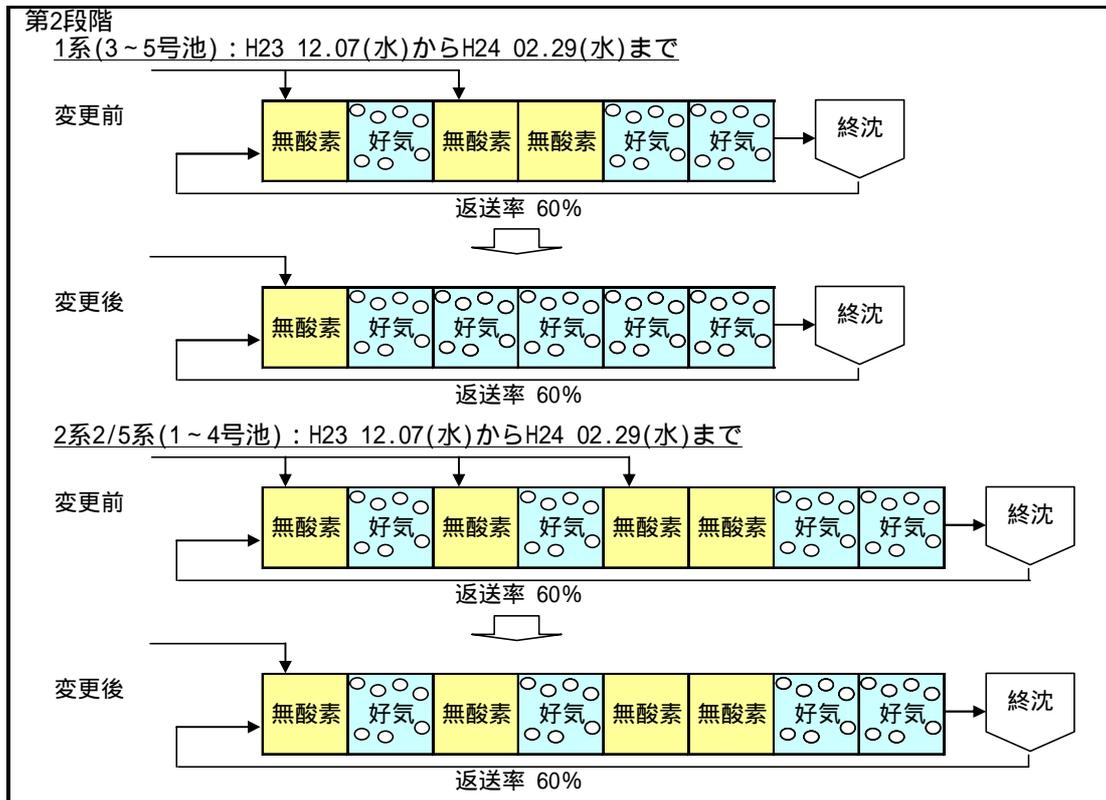


図7 第2段階運転変更

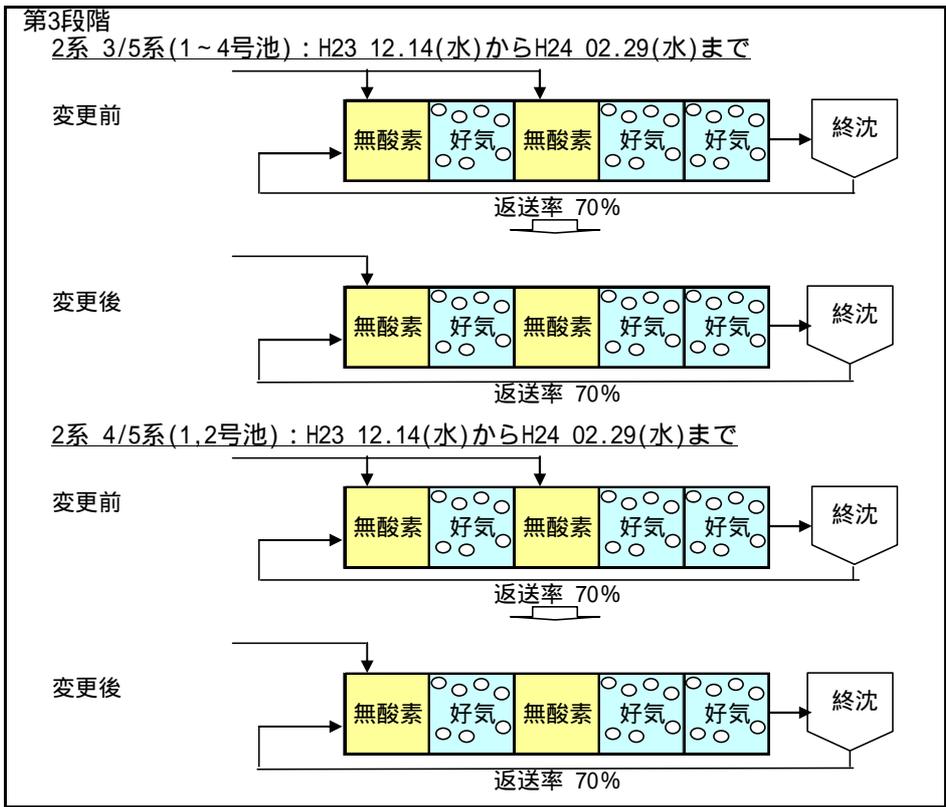


図8 第3段階運転変更

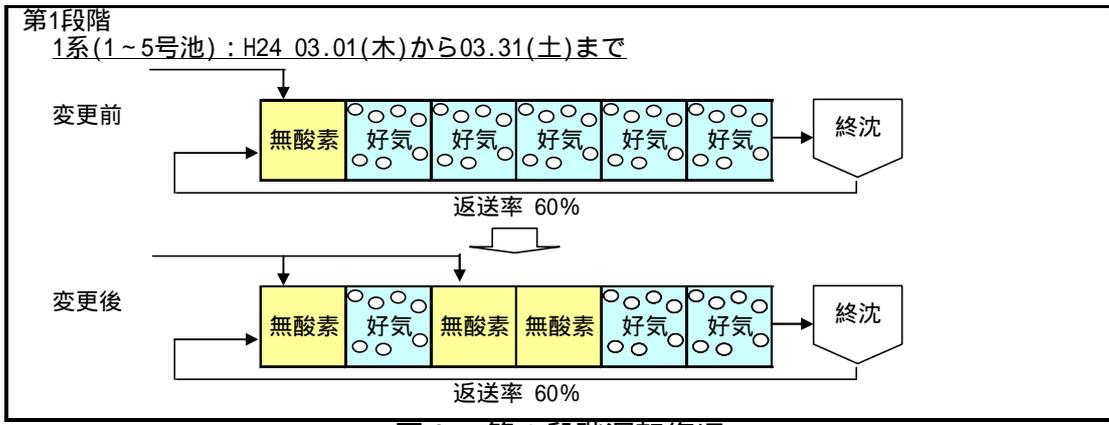


図9 第1段階運転復旧

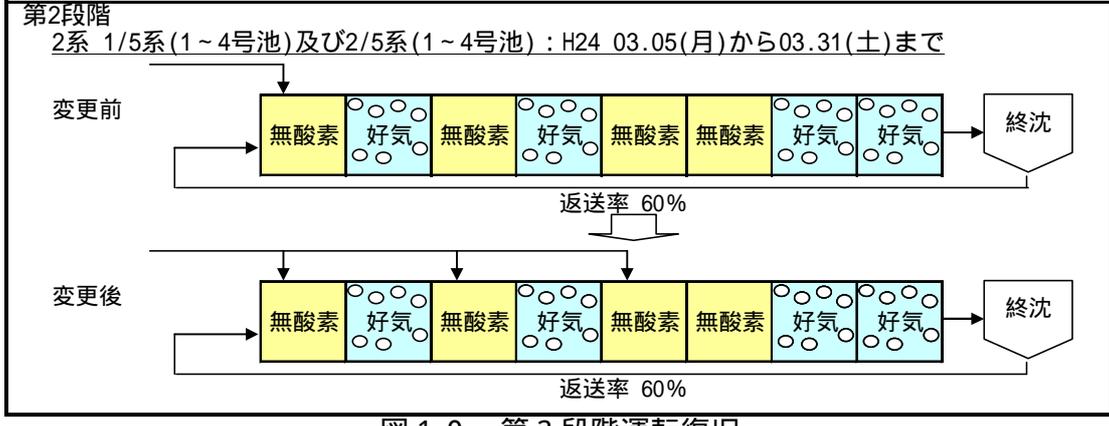


図10 第2段階運転復旧

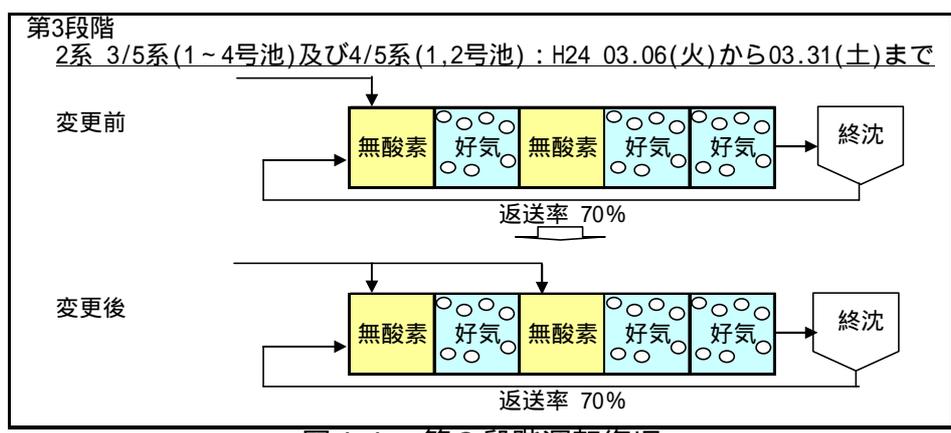


図 1 1 第 3 段階運転復旧

(2)放流水質等の状況

平成 2 3 年度の窒素排出量増加運転試行は、平成 2 3 年 1 2 月 1 日から平成 2 4 年 2 月 2 9 日まで実施し、3 月 1 日から 3 月 3 1 日にかけて順次通常運転へ戻した。

下表に平成 2 3 年 1 1 月から平成 2 4 年 3 月までの結果を示す。

表 1 4 加古川下流浄化センターにおける放流水質等の状況 ( H 2 3 年度 )

H23 年度	DIN 濃度 (ppm)	内 訳(ppm)			全窒素濃度 (ppm)	雨量(mm)	高級処理水量 (m3/日)
		NH4-N	NO2-N	NO3-N			
11 月	4.8	<0.1	<0.1	4.8	5.7	61.0	114,277
12 月	7.6	<0.1	<0.1	7.6	8.5	8.0	103,364
1 月	8.8	<0.1	<0.1	8.8	9.1	20.0	98,697
2 月	7.6	<0.1	<0.1	7.6	8.7	69.0	104,596
3 月	5.3	<0.1	<0.1	5.3	6.6	119.5	114,799

運転変更率 100%期間：平成 23 年 12 月 15 日～平成 24 年 2 月 29 日まで

窒素排出量増加運転期間中は、1 系は概ね良好に推移しているが、2 系は水処理が不安定となることがあった。

ノリ養殖に効果があるといわれている DIN 濃度は、運転変更前(11 月)は 4.8 ppm であったが、運転変更率 100%期間は 8.3 ppm となり、約 1.7 倍に上昇した。

参考として全窒素濃度(自動測定器測定値)は、運転変更前(11 月)は 5.7 ppm であったが、運転変更率 100%期間は 8.9 ppm となり、約 1.6 倍に上昇した。

(3)窒素放流量比較(この項は兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター報告文を引用)

冬季に、窒素排出量増加運転試行中の加古川下流浄化センターから供給される DIN 量(溶存態無機窒素)は、表 1 4 に示すとおり、加古川から供給される DIN 量に匹敵している。

表 1 5 加古川と加古川下流浄化センターから供給される DIN 量の比較

項目	加古川	加古川下流浄化センター
流量	1,092,250 m3/日	94,275 m3/日
DIN 濃度	0.87 ppm	9.3 ppm
1 日当たり流入 DIN 量	0.95 t/日	0.88 t/日

6 窒素排出量増加運転試行による周辺海域への影響調査結果（平成22・23年度）

（この項は兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター報告文を引用抜粋）

(1) 調査期間及び方法

平成22年度調査は平成22年8月～平成23年2月、平成23年度調査は平成23年9月～平成24年3月の毎月1回、河川域、海域とも同一日に水質環境を調査した。

加古川河口域と泊川水路の水質調査地点を、それぞれ、図12、図13に示す。

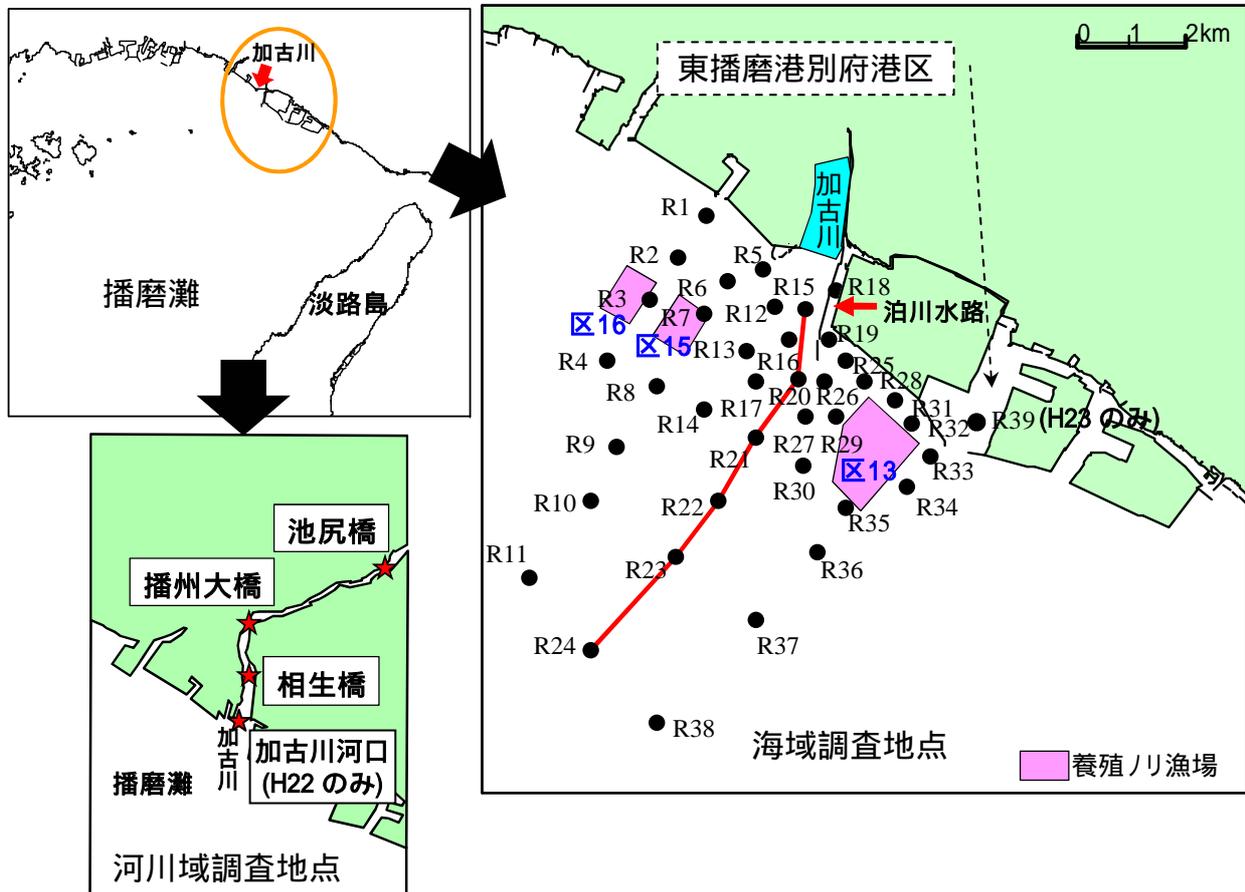


図12 加古川河口域の水質調査地点

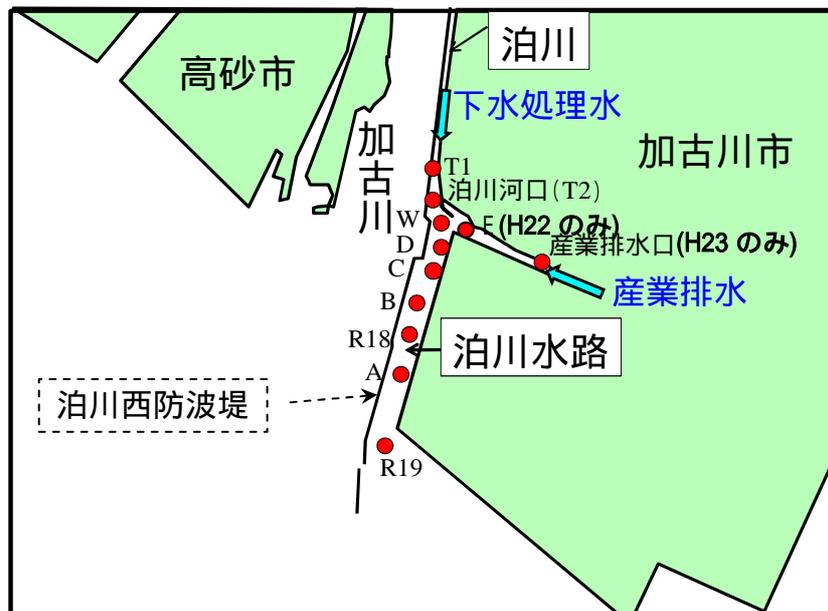


図13 泊川水路の水質調査地点

(2)調査結果 (D I N表層濃度)

表層のD I N濃度水平分布を図14 (平成22年度分) 図15 (平成23年度分) に示した。D I N濃度は、いずれの調査月も他の調査地点に比べ、泊川水路内でとくに高い傾向にあることが確認された。平成22年9月、平成23年10月および11月のD I N濃度分布は、加古川の流量が多かった影響により、河口域に高濃度帯が広がっていた。さらに、いずれの調査月でも泊川防波堤から東側の沿岸部に高いD I N濃度の水域が形成される傾向が特徴的であった。また、平成22年10月及び平成23年1月、平成24年1月の調査は干潮時であったため、調査海域東端に位置する東播磨港別府港区から流出した水の影響によると考えられる濃度分布も認められた。(D I N  $1\mu\text{mol}/\ell = 0.014\text{mg}/\ell$ )

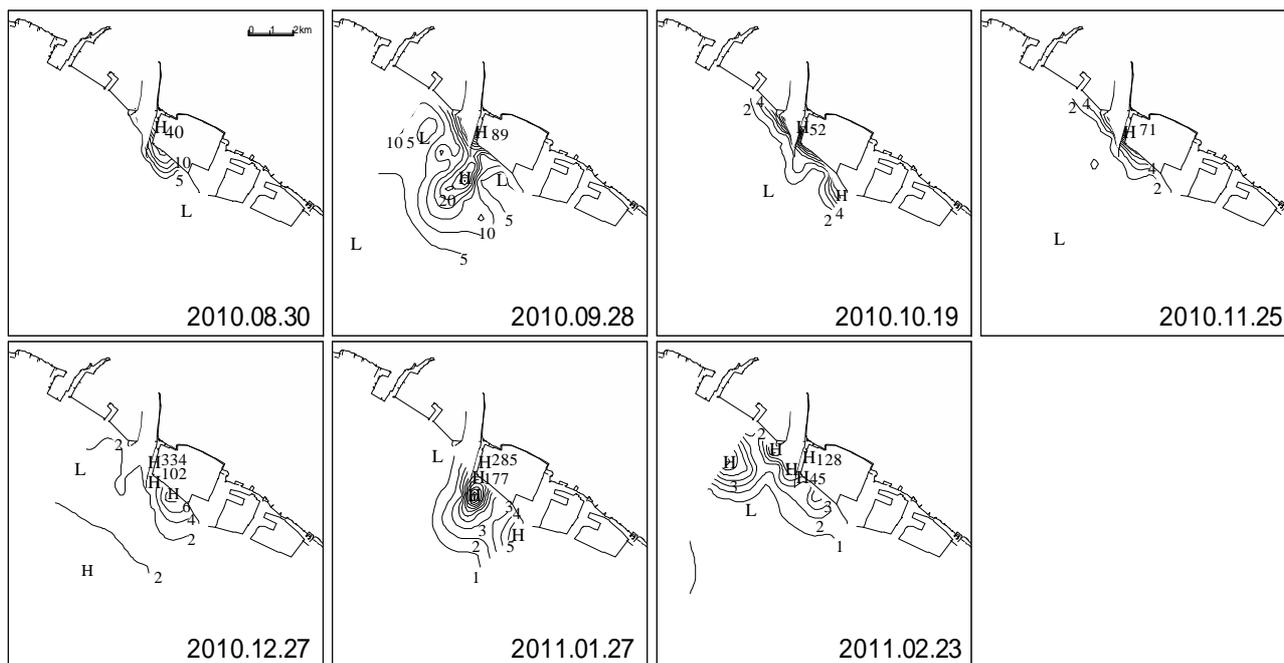


図14 平成22年度 加古川河口域の表層D I N濃度分布 ( $\mu\text{mol}/\ell$ )

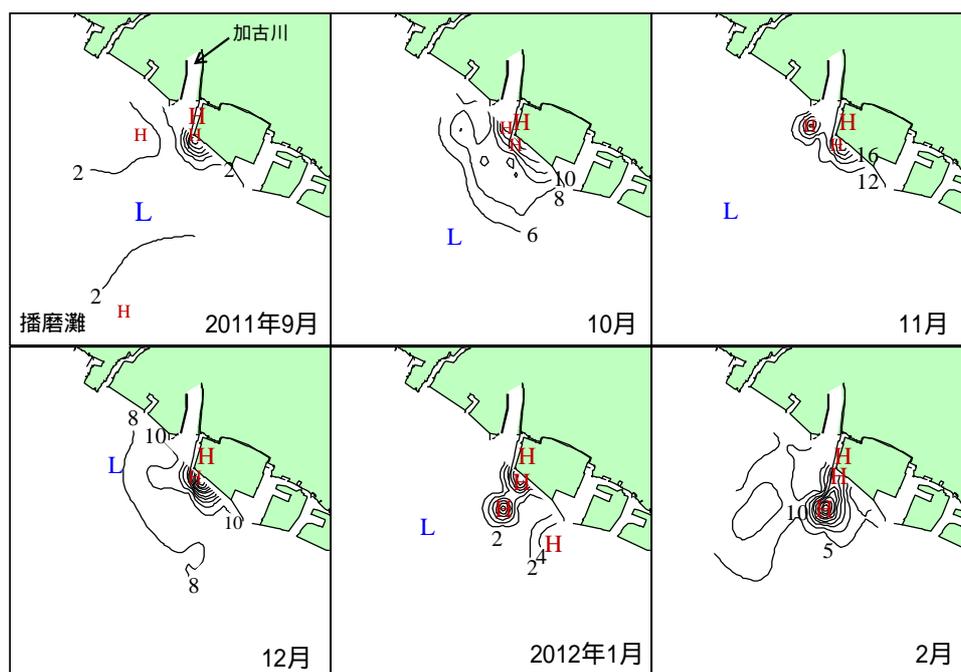


図15 平成23年度 加古川河口域の表層D I N濃度分布 ( $\mu\text{mol}/\ell$ )