

有機性工場排水の汚濁負荷量に関する調査報告

飛田 修作 小林 規矩夫 河西 正男
沢登 春成 田中 久 沼田 一

現在、水質汚濁防止法による工場排水の排水規制は濃度規制であるが、公共用水域の水質汚濁に対する工場排水の影響を論ずる場合、放流水中の汚濁原因物質の濃度とともに、その量的把握が不可欠である。また、一方で、事業所が設置している排水処理施設の処理効率、放流水の排出方法等の実態を把握しておくことが、適切な水質汚濁防止対策を講ずる上で必要である。

今回、汚濁負荷量原単位調査の一環として、これらについての基礎的資料を得るべく、県内の主として有機性排水を放流している主要な事業所を対象に実施した調査の結果について、その概要を報告する。

調査方法

調査対象となった事業所の数は合計三十カ所、その業種別内訳は染色11、ワイン醸造業5、製糸業4、果汁製造業3、製紙業3、カーボン電極製造業2、ウイスキー醸造業1、砂利採取業1である。本県の地場産業ともいえる染色、ワイン、製糸、果汁、製紙の各業種については、届出排水量の多い代表的な事業所を選んだ。カーボン、ウイスキーの二業種は、全国的にも事業所数の少ない業種の例として特にとりあげた。砂利採取業の排水は、もとより有機性排水とはいえないが、県内の事業所数は多く、排水量も多い業種¹⁾であることから、参考までに一事業所を抽出した。なお、カーボン工場は、コークス、タールピッチをおもな原料として人造黒鉛電極、電極板等を製造している。

調査は、昭和49年8月から11月までの期間、事前に調査日時等を事業所と打ち合わせ、一日平均三事業所を調査した。ワイン、果汁の二業種については、原料が季節的なものであるため、調査時期に留意した。

放流水および工程別排水について測定した有機性汚濁指標と測定方法は、次のとおりである。

1. BOD : JIS K₀₁₀₂ の 16
2. COD_{Mn} : JIS K₀₁₀₂ の 13
3. COD_{Cr} : JIS K₀₁₀₂ の 15
4. org-N : JIS K₀₁₀₂ の 17・4
5. NH₄-N : JIS K₀₁₀₂ の 17・1
6. PO₄-P : JIS K₀₁₀₂ の 27
7. TOC : (財)日本缶詰協会、横浜検査所に測定を委託

試料は、事業所の作業が軌道にのった時間帯に、水路、ピット、排水口等において、5 l ポリ容器に採取した。BOD、COD については、その日のうちに測定を行ない、TOC を除く他の項目については、4 °C の暗所に保存した試料について、できるかぎりすみやかに測定を終えるように努めた。TOC の試料は、1 l ポリ容器に分取し、硫酸 0.2 ml を加えて凍結保存、一括して委託の分析機関へ送付した。

放流水および工程別排水の流量測定は、次のいずれかによった。

イ) JIS K₀₀₉₄ の 6 の備考 1.2 に準じた開水路による測定

ロ) JIS K₀₀₉₄ 6.6 に準じた容器による測定

測定不可能の場合は、事業所から聞き取りによって得た数値を排水量とした。

放流水の排出方法について、排出時間、排水パターン、排出周期を聞き取り調査した。

調査結果および考察

1. 排水処理の処理方式および処理効率

排水処理施設について調査した結果、設置していない事業所が七カ所(製糸4、染色2、ワイン1)、改造中の事業所が一カ所(染色)あった。処理施設を設置している二十二カ所の事業所における排水排水処理方式と BOD 除去率を表 1 に示した。

排水処理の処理効率は、汚濁負荷量の除去率で示される。厳密には除去率は(1)式で計算されるが、ここでは処理前、処理後の水量が等しいとして、BOD 除去率を(2)式により計算して処理効率とした。

$$\frac{\text{処理前負荷量} - \text{処理後負荷量}}{\text{処理前負荷量}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\text{処理前濃度} - \text{処理後濃度}}{\text{処理前濃度}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

表 1 から明らかなように、二十二例中 BOD 除去率が 90% 以上を示した四例 (No.1, 2, 5, 6) は、ラグーン池法(廃液を浅い池に24時間から数カ月にわたって貯水し、その間に種々の形で処理を行なう²⁾)あるいは活性汚泥処理等の微生物処理によっている。これらの処理方式は、BOD が高い食品関係の有機性排水の処理方式として効率がよい。

製紙排水等の SS の高い有機性排水の処理方式として、

一例 (No.9) のみではあるがクラリファイヤーを用いる凝集沈澱処理が効率的である。

染色排水処理には、主として凝集沈澱または凝集加圧浮上、活性炭処理が採用されているが、処理効率は大方不十分である。染色排水は、典型的な多因子変動型の排水で、排水処理技術の立場から最も処理の困難なものの一つとされている³⁾。

表 1 排水処理の方式と効率

業種	事業所 No.	処 理 方 式	処 理 効 率		
			処理前 BOD (ppm)	処理後 BOD (ppm)	除去率 (%)
ワイン	1	ラグーン	488	14	97
	2	ラグーン	1,300	4	98
	3	沈 澱	39	17	56
	4	沈 澱	129	134	-4
ウイスキー	5	活性汚泥	758	27	97
果汁	6	微生物酸化二段処理	750	27	96
	7	活性汚泥	105	56	47
	8	沈 澱	255	302	-18
製紙	9	クラリファイヤー凝集沈澱	327	73	78
	10	凝集沈澱	85	30	65
	11	凝集沈澱	61	40	35
染色	12	凝集沈澱	96	56	42
	13	凝集沈澱、活性炭吸着	87	68	30
	14	自然沈澱	141	25	82
	15	自然沈澱	21	56	-164
	16	凝集加圧浮上	91	50	46
	17	凝集浮上	74	99	-34
	18	活性炭吸着	210	136	35
カーボン	19	汙 過	369	237	36
	20	多環型浮上沈降分離	12.8	3.0	77
砂利	21	自然浮上、吸着	3.0	2.9	3
	22	凝集沈澱	1.2	1.2	0

2. 放流水の水質および汚濁負荷量

各業種の放流水の平均水質を表 2 に、事業所当りの平均汚濁負荷量を表 3 に、それぞれ順位を付して示した。例数の少ないウイスキー、カーボン、砂利の三業所は、順位づけから除外してある。

事業所当りの平均 BOD 負荷量の第一位は果汁製造業で、CODcr、TOC、org-N の各指標についても負荷量が第一位となっている。NH₄-N、PO₄-P の負荷量は、それぞれ第四位、第五位で、他の業種と比較して極めて低い。

BOD 負荷量第二位の製糸業は、CODcr、TOC の負荷量がそれぞれ第四位、第五位である。他のすべての業種について CODcr の濃度と負荷量とともに BOD の濃度と負荷量をそれぞれ上回っているのに対し、製糸業のみ例外である。製糸排水の NH₄-N、org-N の濃度は、ともに第一位で、窒素含量が高いことを示している。一般に含窒素化合物は、純化学的には完全酸化を受けにくいので、これらを多く含んでいる製糸排水の CODcr が BOD にくらべて低い値を与えているものと考えられる。このような性質の排水の汚濁評価には、TOC は不向きであり、含窒素化合物に対して理論値に近い値を与えるといわれている TOD が適していると思われる^{4)~8)}。

製紙業は、排水量が大きい業種であることを反映して、BOD 濃度が五業種中第五位と低いにもかかわらず、BOD 負荷量は果汁、製糸について第三位となっている。製紙排水の他の指標の負荷量も第二位から第四位で、今回県内規模で調査した五業種の中では中位の有機性汚濁負荷量をもつ業種といえよう。

染色業は、BOD 負荷量第四位、CODcr、TOC、org-N の負荷量がそれぞれ第三位を占めている。この業種に特徴的なことは、PO₄-P の負荷量が五業種中最も高いことで、これは種々の工程で使用される洗剤に由来しているものと考えられる³⁾。

BOD 負荷量第五位のワイン醸造業は、CODcr、org-N の負荷量が同じく第五位、TOC、NH₄-N の負荷量

表 2 放 流 水 の 平 均 濃 度

() 内は最高値

業 種	BOD		CODcr		TOC		org-N		NH ₄ -N		PO ₄ -P	
	順位	ppm	順位	ppm	順位	ppm	順位	ppm	順位	ppm	順位	ppm
製 糸	1	215 (579)	4	128 (205)	5	30 (40)	1	14.5 (22.5)	1	6.26(7.94)	2	3.01(3.82)
ワ イ ン	2	140 (515)	3	162 (572)	3	60 (200)	4	2.67(7.19)	3	0.73(2.55)	1	6.58(30.5)
果 汁	3	137 (178)	2	232 (519)	1	82 (110)	2	7.24(8.79)	4	0.20(0.45)	5	0.07(0.09)
染 色	4	98 (275)	1	251 (697)	2	77 (210)	3	7.04(22.6)	2	1.68(6.44)	3	1.93(8.42)
製 紙	5	48 (73)	5	89 (152)	4	35 (61)	5	1.57(3.00)	5	0.14(0.27)	4	0.09(0.11)
ウイスキー		5.0		33		8.6		1.87		0.45		4.25
カーボン		3.0(3)		8.7(11.3)		2.0(3.0)		0.33		0.28		0.04(0.05)
砂 利		1.2		4.0		1.8		0.50		0.37		0.11

表 3 事業所当りの平均負荷量

()内は最高値

業種	BOD		CODcr		TOC		org-N		NH ₄ -N		PO ₄ -P		平均排水量 m ³ /日
	順位	kg/日	順位	kg/日	順位	kg/日	順位	kg/日	順位	kg/日	順位	kg/日	
果汁	1	124 (275)	1	219 (519)	1	77 (172)	1	6.75(8.88)	4	0.12(0.24)	5	0.04(0.09)	710
製糸	2	92 (332)	4	65 (164)	5	14 (32)	2	5.87(9.00)	1	2.71(5.34)	3	1.40(3.06)	418
製紙	3	82 (125)	2	151 (261)	2	60 (105)	4	2.71(5.15)	3	0.23(0.46)	4	0.15(0.19)	1,740
染色	4	58 (229)	3	133 (546)	3	40 (148)	3	4.43(28.8)	2	1.56(8.74)	1	2.80(20.7)	654
ワイン	5	36 (119)	5	43 (132)	4	18 (46)	5	0.90(2.48)	4	0.12(0.42)	2	1.64(7.32)	384
ウイスキー		27		179		47		10.2		2.44		23.1	5,430
カーボン		0.58(0.90)		1.42(1.83)		0.29(0.30)		0.029		0.025		0.009(0.015)	195
砂利		0.87		2.90		1.31		0.36		0.27		0.08	726

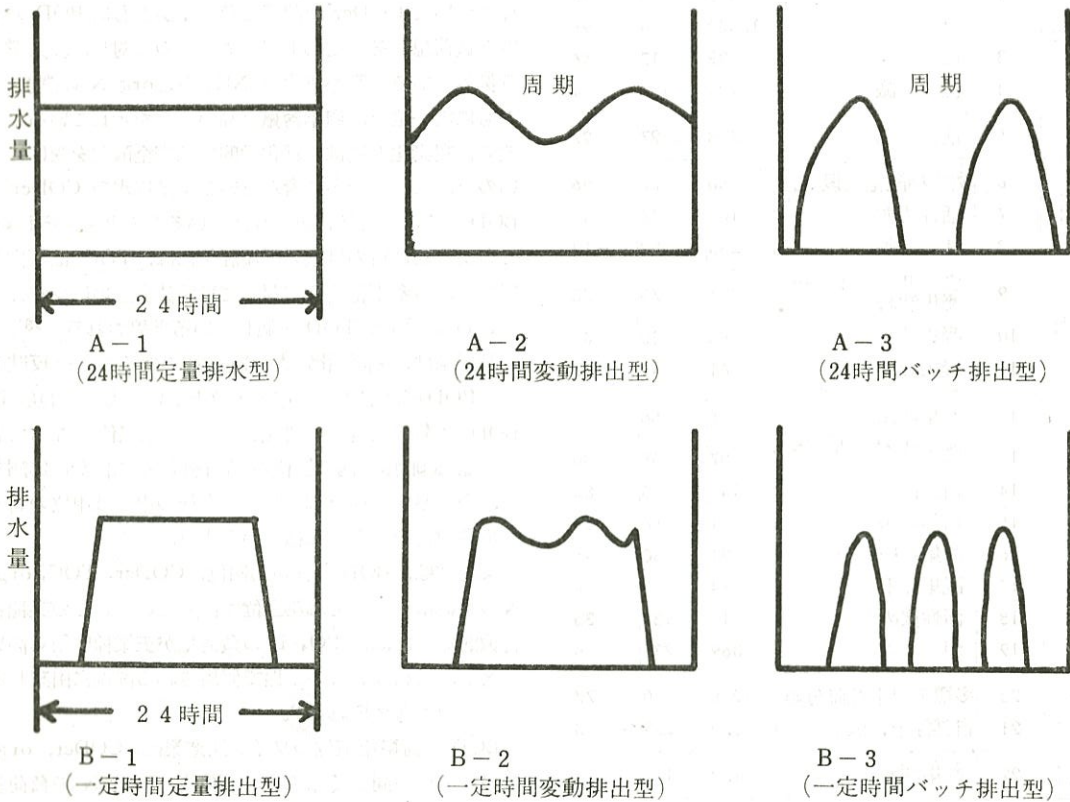


図1 放流水の排出パターン

がそれぞれ第四位である。PO₄-P の濃度は最も高く、負荷量は染色業について高い。ワイン醸造業と同様に果実を原料とする果汁製造業の場合 PO₄-P の濃度、負荷量ともに第五位と極めて低く、この業種には発酵工程がないことを考え合わせると、ワイン醸造業の PO₄-P の由来として発酵助剤としてのリン酸塩（リン酸一アンモニウム、その他カリウム塩等⁹⁾）の使用が考えられる。

ウイスキー醸造業の一例については、ワイン醸造業同様 PO₄-P の濃度が高く、負荷量としても極めて高いことが注目される。

カーボンと砂利の両業種は、いずれの有機性汚濁指標についても濃度、負荷量ともに極めて低く、原料と工程から考えて当然の結果であろう。

3. 放流水の排出パターン

放流水の排出方法について、排出パターンを六種類に分類して業種ごとにまとめ、図1と表4に示した。

ワイン、果汁、製紙の各業種は24時間排出型のパターンを、規模が比較的小さい染色業と排水処理施設をもたない製糸業は一定時間排出型のパターンを大方とって

る。ワイン醸造業のうちラグーン方式をとっている二例は、週一回の排出という特殊な排出周期をもっている。総量規制を進める場合、また排水監視において、今後さらに個々の事業所について把握が必要であろう。

4. COD_{Mn}, COD_{Cr} の BOD との相関

各業種の放流水および工程別排水の水質データをもとに検討した COD_{Mn} と BOD, COD_{Cr} と BOD の相関関係を表 5 と表 6 ならびに図 2 と図 3 に示した。

各業種とも COD_{Mn} と BOD, COD_{Cr} と BOD それぞれについてともに強い相関が認められる。

表 6 にみるように、染色排水の BOD/COD_{Cr} は 0.4、製紙排水の BOD/COD_{Cr} は 0.5 であり、ともに BOD が COD_{Cr} の 50% 以下の低値を示している。これは染色排水、製紙排水が、他の果汁、ワイン、製糸等の排水と比較して微生物分解されにくいことを示している。したがって、これらの排水について BOD を汚濁指標とした場合、汚濁負荷量を過少評価するおそれがあり、COD_{Cr} とも相関性がよいとされている TOD を指標にとることが合理的ではなかろうか。

表 4 放流水の排出パターン

業 種	排 出 パ タ ー ン					
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
ワ イ ン	2		2	1		
果 汁	1	1	1			
製 紙	2	1				
染 色	1	1		3	4	2
製 糸				4		
カーボン		1		1		

表 5 COD_{Mn}-BOD 相関と回帰直線

業 種	r	r (n-2, 0.001)	相関関係 の有無	データ数	回 帰 直 線	BOD COD _{Mn} (平均値)
製 紙	0.958	0.896	有	9	BOD=0.53 COD+10	0.8
果 汁	0.994	0.874	有	10	BOD=0.81 COD+17	1.1
染 色	0.820	0.652	有	22	BOD=0.89 COD+13	1.1
ワ イ ン	0.986	0.823	有	12	BOD=1.71 COD-7	1.6
製 糸	0.977	0.800	有	13	BOD=1.79 COD+6	1.8

表 6 COD_{Cr}-BOD 相関と回帰直線

業 種	r	r (n-2, 0.001)	相関関係 の有無	データ数	回 帰 直 線	BOD COD _{Cr} (平均値)
染 色	0.862	0.640	有	23	BOD=0.36 COD _{Cr} -9	0.4
製 紙	0.992	0.896	有	9	BOD=0.34 COD _{Cr} +24	0.5
果 汁	0.941	0.872	有	10	BOD=0.27 COD _{Cr} +69	0.7
ワ イ ン	0.997	0.825	有	12	BOD=0.74 COD _{Cr} +3	0.9
製 糸	0.986	0.825	有	12	BOD=0.65 COD _{Cr} +56	1.0

総 括

- 1) 果汁製造業の排水は、BOD, COD_{Cr}, TOC, org-N の各指標の汚濁負荷量は高いが PO₄-P の負荷量は低い。排水処理には微生物処理が有効である。
- 2) 製糸排水は、BOD, org-N, NH₄-N の負荷量が高い。汚濁評価の指標として、COD_{Cr} では過少評価となり、TOD が適当と思われる。排水処理施設の設置が強く望まれる。
- 3) 製紙排水は、有機汚濁指標の濃度は低い排水量が多いので、特に負荷量で評価されるべきである。org-N, NH₄-N, PO₄-P の負荷量は低い。
- 4) 染色排水は、PO₄-P の負荷量が高い。排水処理の方式は雑多で、処理効率は概ね低い。
- 5) 製紙排水、染色排水は、BOD を汚濁指標とした場合、過少評価のおそれがあり、TOD が汚濁指標として適当と思われる。
- 6) ワイン醸造業の排水は、PO₄-P の負荷量が比較的高いが、他の指標の負荷量は低い。排水処理にはラグーン方式が効率的である。
- 7) ウイスキー醸造業の排水は、PO₄-P の負荷量が高いという点でワイン醸造業の排水と共通している。
- 8) カーボン工場の排水と砂利採取業の排水は、有機性汚濁負荷量が極めて低い。

終りに臨み、本調査のため助力を惜まれなかった山梨県公害課の関係各位に厚く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 沢登春成ほか、山梨県立衛生研究所年報、16, 35

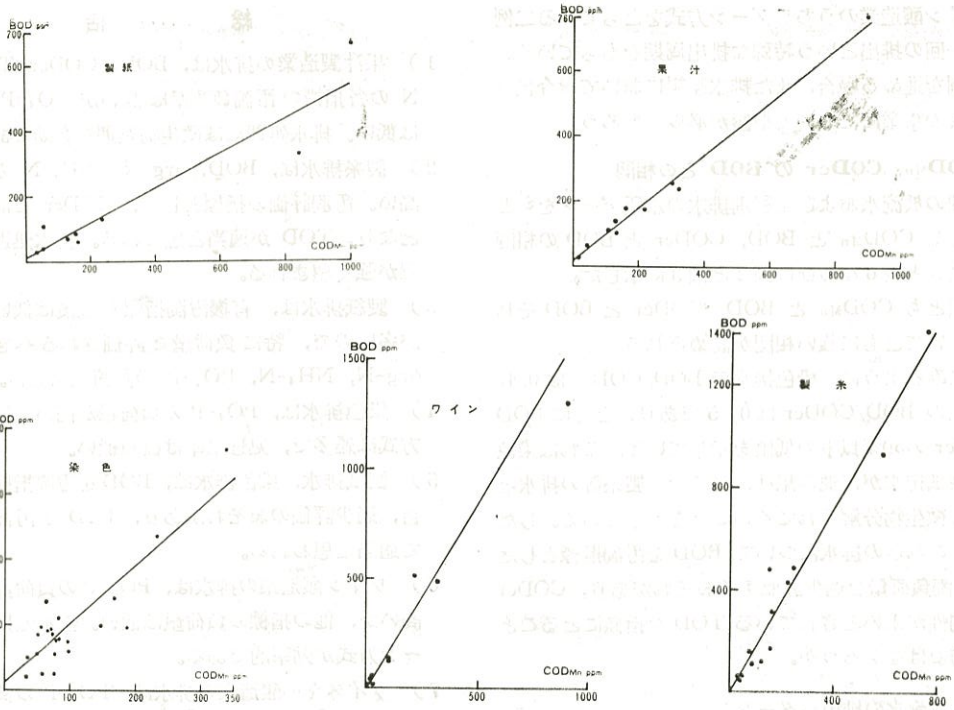


図2 COD_{Mn} -BOD 相関と回帰直線

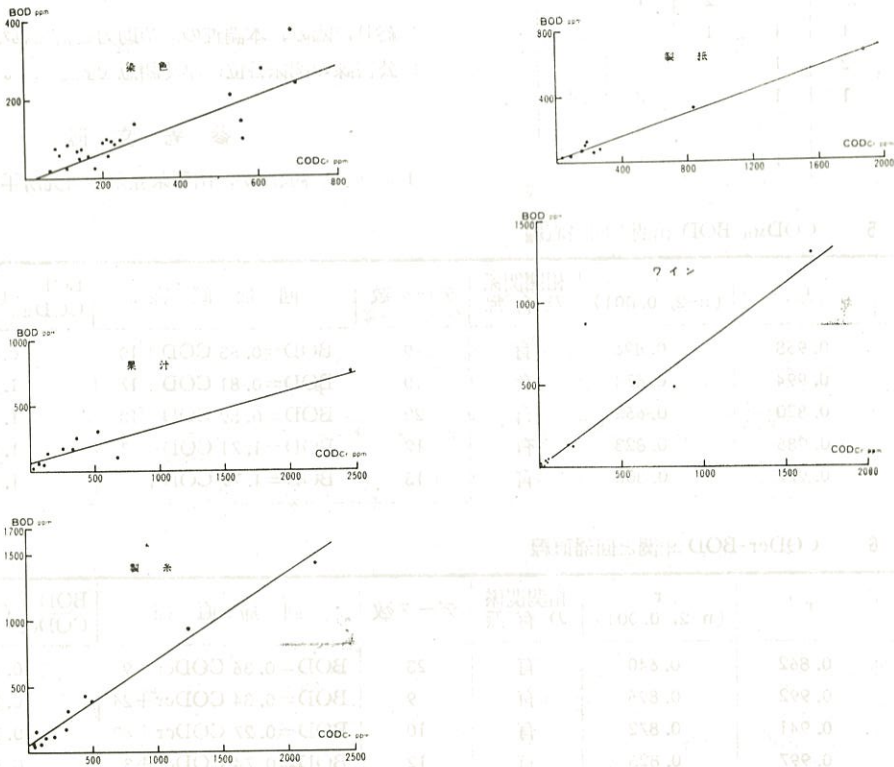


図3 COD_{Cr} -BOD 相関と回帰直線

(1972)

- 2) C. F. ガーンハム著, 内藤幸雄, 永岡乙哉共訳, 水質汚濁防止と産業廃液処理, 技報堂 (1958)
- 3) 代田 忠, 環境公害文献集 昭和 48 年度版第 1 集 環境公害トピック情報 日本科学技術情報センター (1974)
- 4) 矢部禎昭, 水の常時監視と測定法 公害対策技術同友会 (1974)
- 5) 野崎隆夫ほか, 神奈川公害センター年報, 5, 68

(1972)

- 6) 京都府公害研究所, 用水と廃水 15, 897, 1359 (1973)
- 7) 矢部禎昭ほか, 東京都公害研究所年報 4, 162 (1973)
- 8) 新村行雄ほか, 環境技術 4, 165 (1975)
- 9) 食品添加物公定書注解編集委員会編, 第三版食品添加物公定書注解 金原出版 (1974)