

8. 甘藷でん粉廃液による大淀川の水質汚濁について

宮崎大学工学部 小 林 幸 治

” ” 石 黒 政 儀

1. は し が き

わが国のでん粉廃液による水質汚濁としては、主に北海道の馬鈴薯でん粉廃液が大きな問題となっていたが、昨今甘藷でん粉廃液による水質汚濁問題がその生産地である関東以西の茨城、三重、長崎、宮崎、鹿児島各県で発生している。南九州の宮崎、鹿児島両県においては全国甘藷生産量の60%が生産され生甘藷の80%はでん粉原料として工場ですり込まれている。一級河川である大淀川流域には総計90のでん粉工場があり、これらの工場から排出する汚水によって近年急速に水質が汚濁され、特に昭和39年度の最盛期には全川にわたって魚類が死滅し、大淀川の表流水を水源とする給水人口10万人の宮崎市上水道は遂に断水と云う事態を生じた。これはわが国の甘藷でん粉廃液による水質汚濁事件として最大のものと思われる。大淀川は水質保全法の適用を受けておらず行政上の立場から宮崎県においては昨年来、河川水質汚濁の現状調査と種々の廃水処理法を検討研究し、工場の指導を行なっているが、でん粉工業の特殊性によって完全な処理施設を作らせることは困難であり、河川水質の保全も期し難く、多くの問題を含んでいるので甘藷でん粉廃液による大淀川水質汚濁の実態と廃液処理対策の現状を明らかにし御討議を願うものである。

1. 大淀川と流域内でん粉工場

大淀川は宮崎県の南部に位置し、農村地帯を流れ宮崎市にて太平洋に注ぐ九州第二の河川で流域面積は2,233 Km²、幹川流路長は約102 Km、流域平均幅は約26 Km、計画洪水流量は7000 m³/s、河状係数は140、豊水量、平、

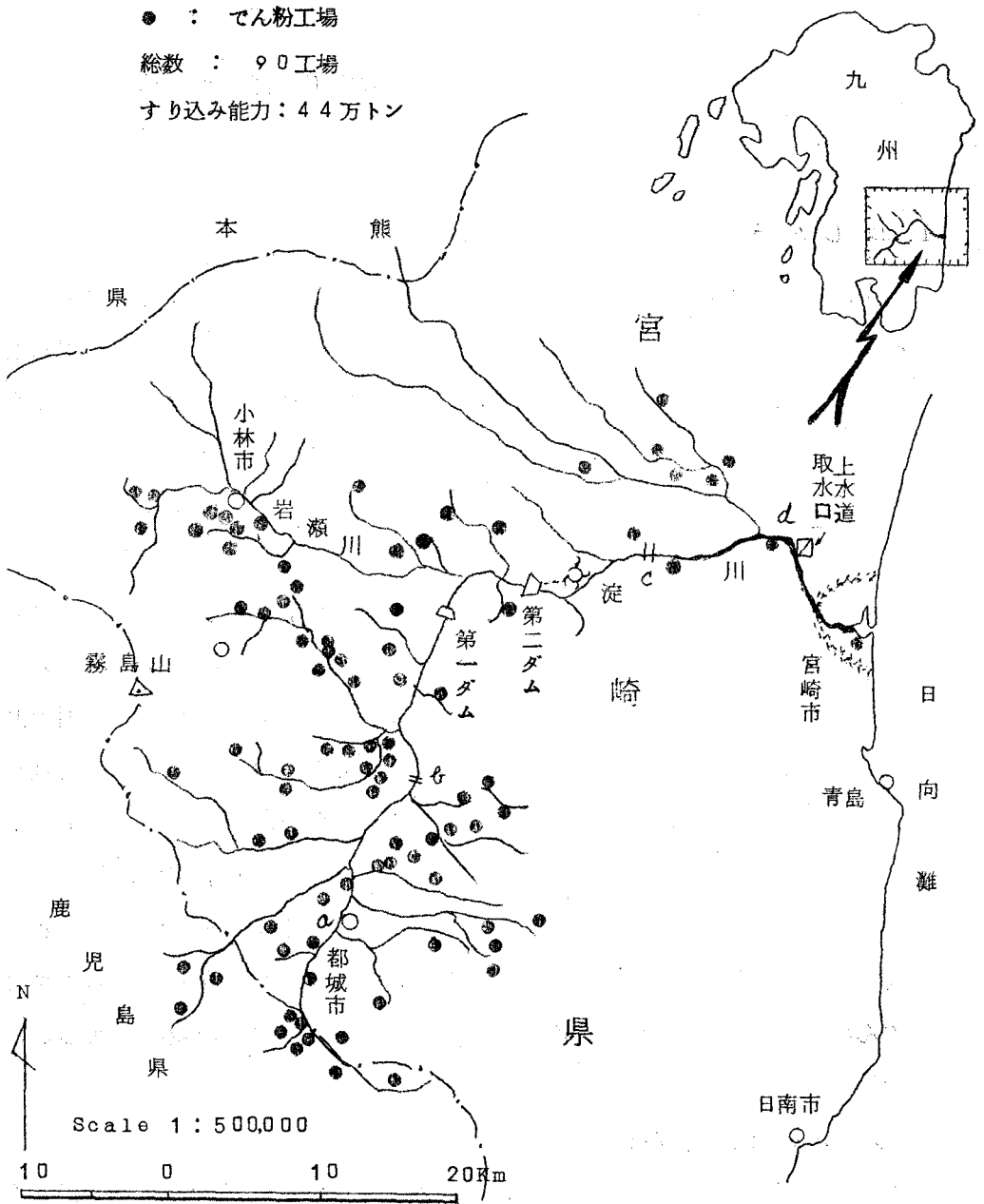


図-1 大淀川水系でん粉工場位置図

低、渴の各水量は190,120,90,50 m³/sec で流域内人口は48万人、流域平均年雨量は約2,500 mmである。

全国甘藷でん粉工場数は昭和37年の統計によると関東地方(576),北陸(21),中部(126),近畿(6),中国(25),四国(71),九州(673)合計1498工場である。また、全国でん粉生産量は昭和38年度で68万t、宮崎県内においては全国の20%に当る14万3千tを生産している。

宮崎県内の工場規模は生甘藷すり込み能力で1,900t以下(17),2,000~3,700t(43),3,800~5,600t(46),5,700~9,300t(19),9,400t以上(5),合計145工場で全国工場数の10%にあたる。県内最大能力工場は20,000t,最小工場は500t,平均4,500tで通称100万貫工場と呼ばれており、他県の工場に比べて規模は大きい方である。

県内145工場の総すり込み能力は661,200tであるが大淀川水系では宮崎県内に80工場(能力40万t)と鹿児島県内に10工場(能力3万8千t)合計90工場で約44万tの能力がある。昭和39年度には約34万tの生甘藷がすり込まれた。図-1に大淀川水系でん粉工場の分布図を示す。

2. 甘藷でん粉工業の特色と廃液成分

甘藷でん粉工業は馬鈴薯でん粉工業と類似しているが南九州のものは次のような特色があげられる。(1)工場資本が小さく資本金1,000万~2,000万円の中小企業である。(2)生甘藷を原料とし長期貯蔵が不可能で操業期間は10~11月の短期間に集中して年間操業でない。

廃液の種類は製造工程によって次の3種類に分けられる。(1)フリューム廃液……原料甘藷の洗浄廃水 (2)セパレート廃液(ノズル廃液)……すりつぶした甘藷を篩にかけ粗でん粉乳と粕の繊維質に分離し、粕は粕溜めに貯蔵し

家畜の飼料やクエン酸原料にする。粗でん粉乳は水を加えながら遠心分離機（ノズルセパレーター）にかけ重いでん粉乳と軽い蛋白質，糖分，樹脂，タンニンなどを含んだ廃液とに分離する。古い工場ではノズルセパレーターを用いず粗でん粉乳と水とを沈澱槽に静置してでん粉を沈澱させた後に上澄液を捨てる。(3)精製廃液……全部のすり込みが終って再びでん粉を清水で洗い蛋白，色素など余分の不純物を洗い出す時の廃液であるが(1)(2)に比べ量は少なく期間も長いので問題にならない。

これら3種類のうちで(1)(2)は生産最盛期の10月～12月上旬に排出され，(3)は翌年4月頃まで続く。この中で(2)のセパレート廃液が量，質ともに最も大きな河川汚濁の原因となるもので，南九州ではセパレート廃液量は生甘藷重量の5～6倍である。また，(1)のフリューム廃液も同じく5～6倍であるので(1)(2)の量は生甘藷量の10～12倍である（用水が少ない場合は(1)を(2)に再使用する工場もある）。

フリューム廃液の成分は芋の洗浄水であるから芋に付いている土砂などの無機物と芋の破片その他の夾雑物が含まれており，BODは平均300 ppm程度である。

セパレート廃液の成分は処理の方法，使用水量，処理の時期（処理が後期になるほど芋の糖分がふえる）などによって数値が変動するが昭和39年度秋の分析では次のようになっている。

- (1) BOD₅ は4,000～7,000 ppm
- (2) COD(20°C, KMnO₄ Cons)は1,000～4,000 ppm
- (3) DOは3.0以下で0に近い。
- (4) PHは4.0付近であるが3～6の範囲
- (5) 全蒸発残渣は2,000～13,000 ppm
- (6) 全糖は200～2,500 ppm であるが，このうち直糖が50～500 ppm 含まれている。

(7) 粗蛋白は 1,000~3,000 ppm である。

このように多量の有機物が含まれているが主成分は蛋白と糖である。

昭和 39 年度は大淀川全域の甘藷すり込み量が 34 万トンであり，セパレート廃液量は 6 倍の 204 万トン，年間 70 日操業とすれば 1 日約 3 万トンが排出され，平均 1 工場あたり 300 m³/day の量，および同量のフリューム廃液が排出されたものと推定される。

3. 河川水への影響と汚濁の実態

甘藷でん粉廃液による河川汚濁の原因物質は甘藷成分による有機物と，これを栄養源として大量に発生する下等微生物とに分けられよう。大淀川において大量発生の微生物としては水綿菌であるスフェロチルス，硫黄細菌のベギトア，繊毛虫類のツリガネ虫などであったが，特に「みずわた」は上中流の工場付近で大量に発生し，直接には流水中の酸素を消費し河川を腐敗へと導き，二次的にはその末端がちぎれて他の微生物群体と混合浮遊して下流へ流れてくる。大淀川の下流にある宮崎市上水道の浄化能力を極端に低下させた主因は「みずわた」類と云える。廃液成分の糖は河川流下中に徐々に分解して行き，そのため有機酸が増加し PH の低下，さらに河水中に鉄分増加の傾向がみられた。また，甘藷中のポリフェノール類による発泡作用があり河川流下中に発泡し処理後の上水道水でも家庭給水に発泡が認められた。

昭和 39 年度は 10 月初旬にすり込みが初まり工場周辺の上流から次第に汚染され，11 月中旬には上中流の魚類は全く死滅し，下旬には下流におよんだ。宮崎県内水面漁連の発表では約 170 万トンの魚類死滅となっている。また，河川敷に近い井戸水にも汚染の被害が現れた。

大淀川本流での上流から下流までの汚濁経過を知るために調査された水質変化を図-2 に示す。図中の a, b, c, d はそれぞれ河口より 76, 61, 21, 11 Km の地点であり（図-1 も参照），横軸の数字は最下図に示した調査月日と同じである。

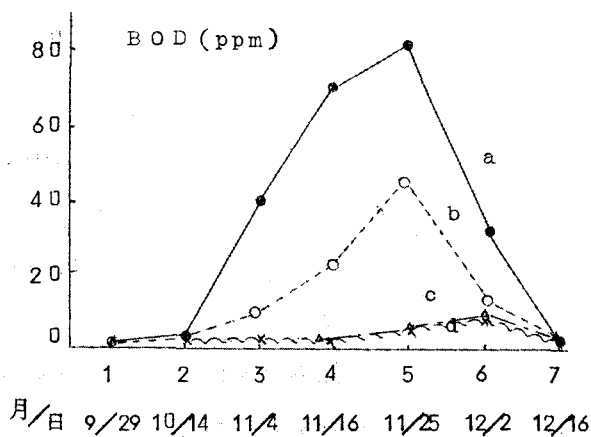
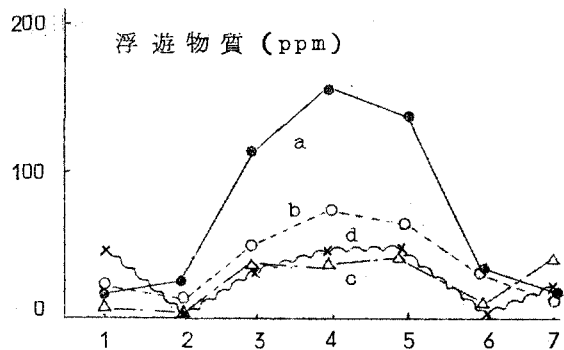
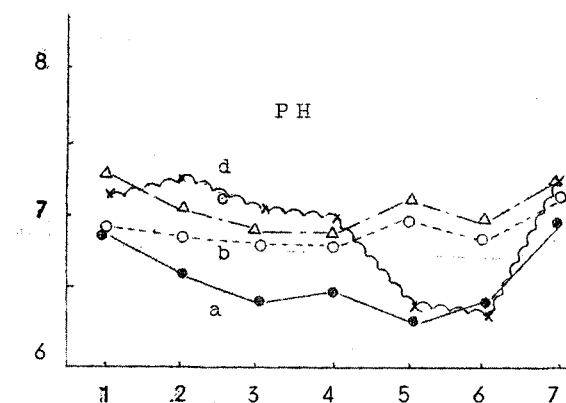
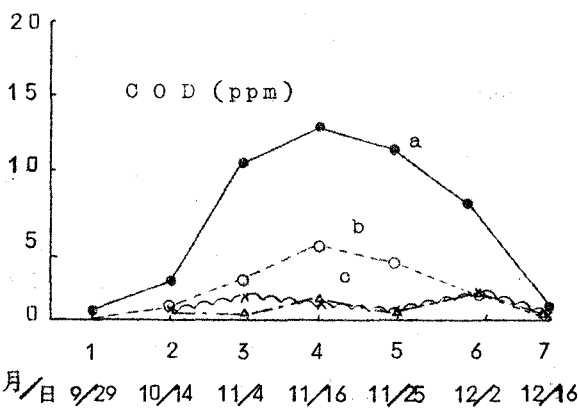
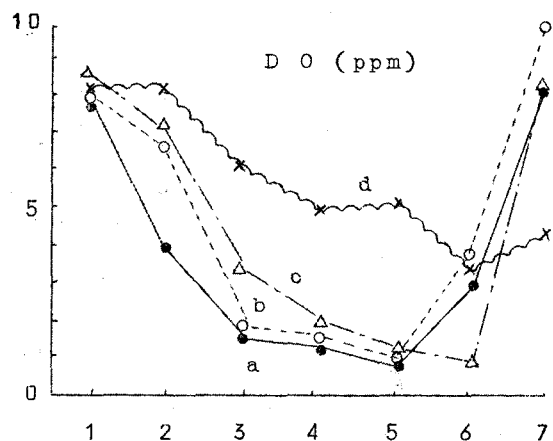
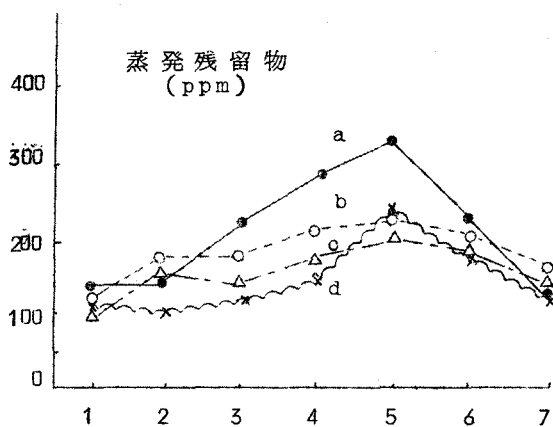


図-2からも判るように上流a b地点と下流c d地点とでは汚濁の度合いが違い、さらに汚濁時期は7~10日ずれている。これは河口より50 Km 地点に九州電力KK 大淀川第一発電所ダム(堤高47 m, 貯水容量730万トン)と38 Km 地点に第二発電所ダム(堤高39 m, 貯水容量454万トン)があり、このダムが巨大な沈澱池をなし、ここで有機物、みずわなど浮遊物の沈澱および嫌気性分解を起しているためと見られる。

第二発電所を流過した河川水(濁水期のためこの地点では河川全流量が発電用水)は河口まで30 Km を流下するので、ある程度河川の自浄作用が働いていると思われるが、これより下流に3工場があり、さらに支流本庄川の流入もあって



a: 河口より76Km, b: 61Km, c: 21Km,
d: 11Km地点

図-2 大淀川4地点での水質変化図

30 Km 地点と11 Km 地点での水質は余り変わらず, D.O.のみが僅かに増え他の指標は悪化しており, この区間での自浄作用は現状では期待できない。また, 魚類の生存限界D.Oは5~3と云われているが, 図-2ではこの限界以下となって魚類の死滅が示される。

さらに大きな社会的, 政治的問題を大きくしたものに宮崎市上水道の断水があった。この上水道は河口より約11 Km 地点で大淀川の表流水を原水としている(昭和初年の建設当時は集水埋渠にて伏流水をとっていたが近年川床低下によって表流水をとるようになった)。給水人口10万人, 1日平均給水量25,000 m^3 , 最大給水量は30,000 m^3 である。この上水道取水地点の河川水質(原水)を汚濁前の9月末から汚濁

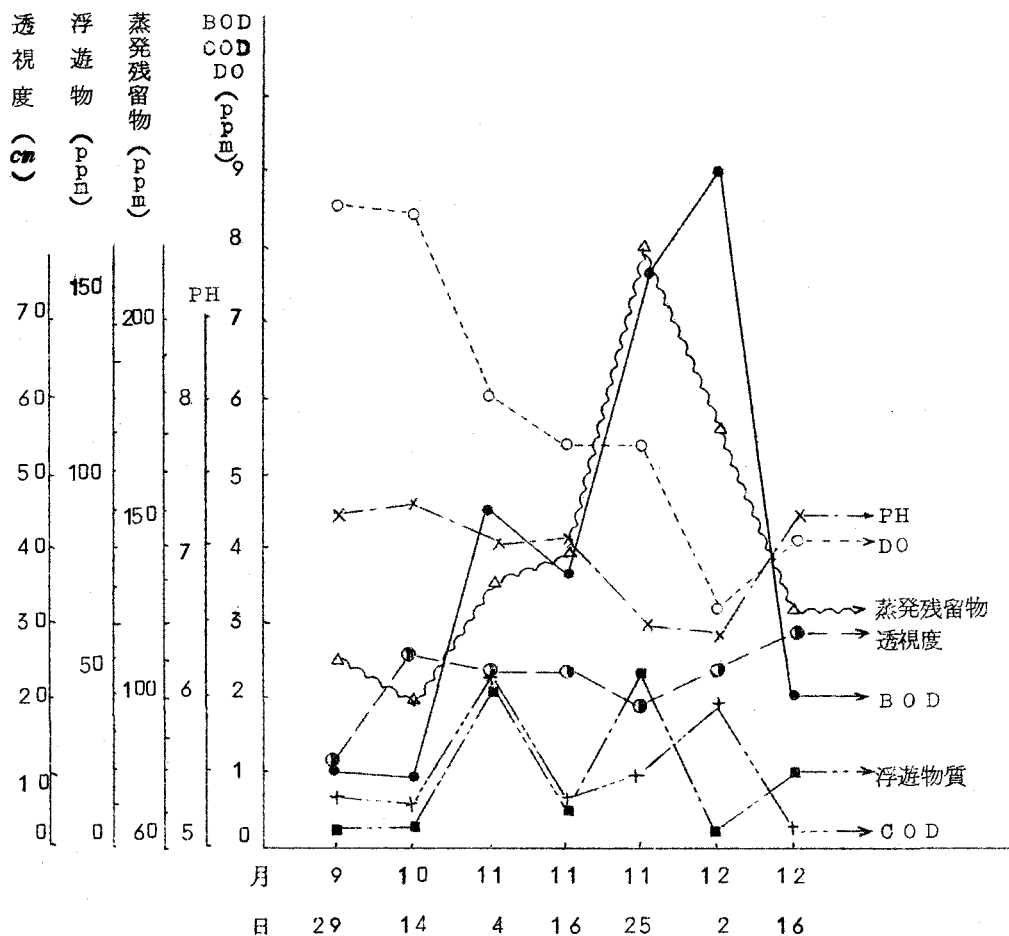


図-3 上水道取水地点の河川水質経緯図

終了の12月中旬までを示したものが図-3である。最も汚濁の激しかったと見られる11月30日の実測値がないが、12月2日にはBOD=9 ppm, 当日の流量は $53.4 \text{ m}^3/\text{s}$, $46,1200 \text{ m}^3/\text{d}$ であったのでBOD負荷は 42 t/d と推算される。

甘藷でん粉製造期以外には大淀川の原水は清澄のため浄水場ろ過池での逆流は1日平均2~4回であるが、10~12月は汚濁が進むにつれて逆洗回数が増え、特に昭和39年11月30日は1日37回と云う驚異的な回数と

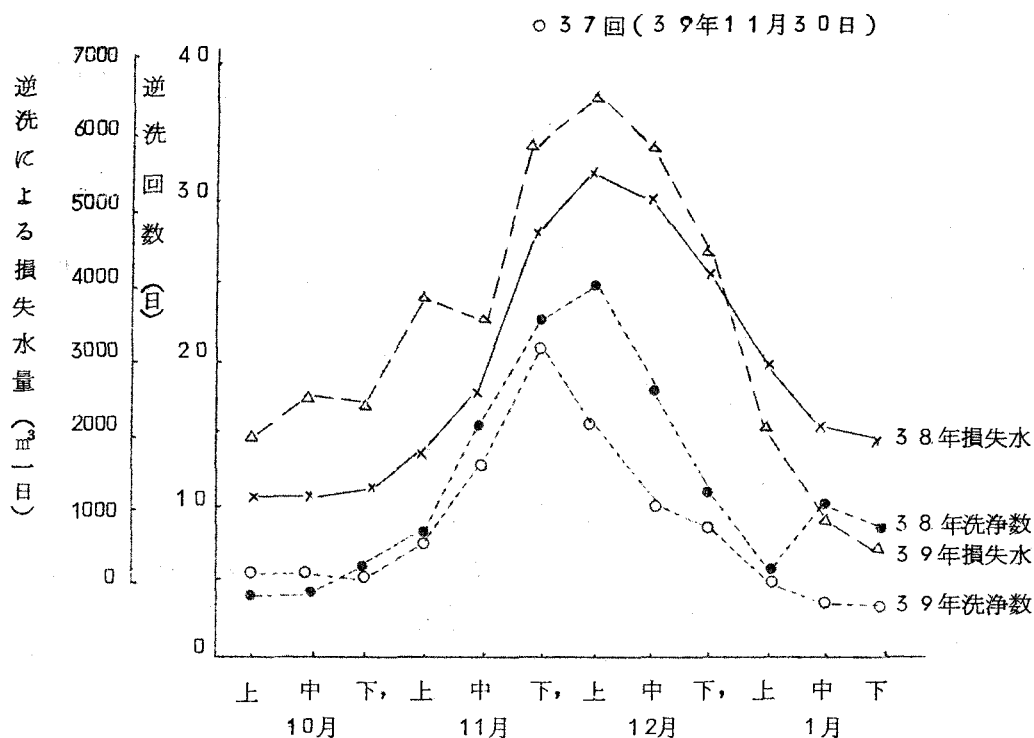


図-4 浄水場逆洗回数と損失水量

なり、逆洗用水として約 7,000 m^3 を使用し、遂に 12月1日断水となった。その経過を図-4に示す。

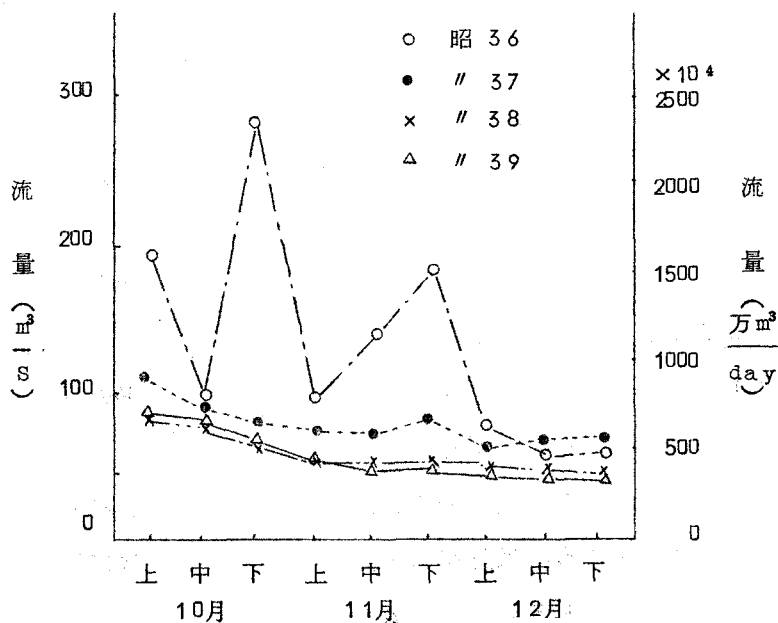
このような原水の極端な悪化、ろ過能力の低下は当然水質の悪化となり、給水管末では上水道水質基準を上まわる鉄 = 0.8 (0.38)、濁度 = 5.0 (2.0)、色度 = 8.0 (5.0) (カッコ内基準値) などの外にでん粉独特の臭味と泡立ちが現われた場所もあった。

しかし、このような河川汚濁も甘藷でん粉すり込みが終り廃液が流出しなくなる 12月中旬ごろには急速に大淀川は浄化され平常に復帰するのである。

4. 汚濁増加の原因と汚濁防止対策

昭和 38 年より急激に汚濁が増加した原因としては、次の諸点があげられる。

- (1) 大淀川流域に44万トンの処理能力がある90工場が集中したこと。
- (2) 甘藷増産とでん粉生産量の増大（廃液の増大），県内すり込み量は昭和32年22万トン（123工場）であるが昭和37年は44万トン（138工場），38年に55万トン（145工場），39年に52万トン（145工場）である。
- (3) 大淀川の流量が近年減少し河川の自浄作用が低下したこと，特に汚濁最盛期の11月下旬は湧水期であり，11月における宮崎市周辺での平均流量は36年が140 m^3/s （1,210万 m^3/d ），37年が75 m^3/s （648万 m^3/d ）38年，39年は50 m^3/s （432万 m^3/d ）と激減している。
- (4) 36，7年ごろまでに県内の各でん粉工場が旧式製造工程の沈澱製精方式を改善してノズルセパレーター方式に切り換え，でん粉製造期間が短縮され能率化された（他の九州各県工場よりも早く近代化された）。



図一5 大淀川流量変動図

(5) 39年度は政府の貿易自由化でコーンスターチが輸入され甘藷価格の暴落のため農民の生甘藷出荷がおくれ、工場でのすり込みが後期に集中し、しかも甘藷の質の変化により糖分の多い廃液が放流された。

(6) 今まで工場側が廃液に対して無関心であったと共に、国または県の工場廃水規制と行政指導が全く行なわれず廃液は無放任状態で河川に放流されていた。

前述のようにBODは4000~7000と高く、廃液量が平均1工場300^{m³}/dと多く、工場稼動期間は短く、中小企業なので巨額を要する高級処理施設の設置は不可能しかも広い地域に点在している等多数の問題を含んでおり、結局は低廉、処理管理技術簡易そして高能率の処理法が要求されることになる。

宮崎県では1昨年よりでん粉廃水対策委員会、審議会を設け廃水処理施設、水質保全、廃液利用の3部会にてそれぞれ調査、研究を重ねて来ている。その結果、廃水処理としては活性汚泥法（本年度は2工場実施）、曝気法、回転円板法、二階槽沈澱池、田畑山林への散分など、製造工程を改善するものとしてセルラーゼ法（繊維素を分解する酵素を用いる）、スーパーデカンターによる脱汁方式などがあげられているが、それぞれ一長一短があり全工場へ普及させる段階に至っていない。しかし汚濁防止に対する流域住民の強い要求と工場側の反省、県の行政力によって本年度は各工場の立地条件により次のような処置がとられた。すなわち

(1) 宮崎市上水道水質に最も影響を及ぼす本川下流の3工場に対しては河川に廃液を全く流出させない。そのため全廃液を貯留させる大容量の貯留池を設置させた。

(2) 活性汚泥法処理（2工場）、農地散布浸透処理（6工場）、排水路利用ダム方式（5工場）を設置させた。

(3) 他の64工場にはすべて標準沈澱池を設置（滞留時間を48時間とし

100万貫工場で深さ1.5 m，面積1,500 m² とし対流，短絡防止壁を設ける。（将来は曝気酸化池などに転用可能）

（4）河口から上流まで汚濁期間中21地点で定期水質検査を行ない，同時に各工場での処理効果を検査する。

このように本年度は現段階で可能な限りの処理対策がとられ実行に移されているが，最上流の鹿児島県内10工場については行政区域外のため何らの処置もなされていない。また，これらの処理施設は39年度県内工場での処理法実測の結果から実施に移されたものであるが，その処理効果の一部は講演時に発表したい。甘藷でん粉廃液による汚濁の問題は39年度から本格的にとりあげられ，廃水処理法についても本年度も試験研究と工場実験の段階とみるべきであり，さらに本年度実施の廃水処理施設が，既に近づいた大淀川汚濁に対してどれだけの効果をあげ得るかが注目される。