

ピット汚水浄化に関するその主成分の食品圧搾液の水質学的考察—第1報—

鈴木和雄 蟻川宏明

(都清掃研究所業務)

1 まえがき

社会の発達とともに産業公害が目立ち始め、ようやく各種の法的規制が行なわれるようになった。清掃工場にあってもその排水は、公共用水域の水質の保全に関する法律、あるいは下水道法により規制を受けており、また公害対策の一環としても排水処理施設を設置するようになったのであるが、これによって工場内の汚水がすべて解決されたわけではない。その一つに、ゴミより浸出する汚水がある。清掃工場ではこれをピット汚水と呼んでいるが、このピット汚水の問題点はBODが20,000~50,000と非常に高く、多量の脂肪、タンパク質を含んでいるうえに夏季にもっとも高く、冬季に少ないといった季節的変動があることである。そのため浄化装置を設置したとしても、冬季にはややもすると有休施設になりやすく、経済面からも無駄を生じかねない。現在清掃工場の浄化装置は、その処理対象水が洗煙水、然滓冷却水、生活排水等が主なるものであり、ピット汚水に対しては水質、水量の変動、浄化方法、設備の形態等未解決の分野があり、今後さらに解決を必要とする因子が多く残されている。この現状に対処するには、含有する各種の有機、無機化合物について、生物処理あるいは化学的な高能率な処理方法の検討、非分解性物質や阻害物質の許容限度等を調査する必要がある。

一方、食生活の改善により、ピット汚水の原因と考えられる野菜類の大量消費、さらには副食としての果実類の消費等により、今後ピット汚水の多くなることが考えられる。そこで、清掃工場より排出されるピット汚水の生物処理を検討するに当たり、汚水生成の主体をなす、一般に家庭で食される個々の食品より生ずるしぼり汁のBOD、COD、総窒素、pHを測定した。このことは、季節によるBODと総窒素の違いや清掃工場の立地条件の違いを把握する資料になるとともに、微生物処理の有

効な処理条件の究明に役立つものと思う。またつづいて行なう今後の生物処理実験のための基礎資料ともなるものである。次にこの測定結果を、3大栄養素的にみた化学組成とともに報告する。

2 実験の準備および方法

(1) 食品の購入

果実、野菜類については季節食品を優先的に購入し、獣鳥肉、魚類、これらの加工品は任意に購入した。

(2) 試料の作成

① 果実類、野菜類、いも類

ジューサーで汁とし、1昼夜放置後、沈澱物、浮遊物を除去し試料とした。例外としてバナナ、サトイモは粘性のため、分難が困難であり、そのまま試料に供した。ただし、ミカンとバナナの皮は汁化が困難であったために試料液には含まれていない。他は皮ごと汁化した。

② 獣鳥肉類

等量の水を加え乳鉢で十分に粉碎し、液状になった肉汁をジューサーにて繊維質あるいは固形質を除去し肉汁とした。

③ 魚類

切身以外のものは頭と骨を取り除いたうえでジューサーにして粉碎し、さらに乳鉢で十分に汁化させ試料とした。クジラ肉は2~3時間放置後、さらし布にて圧縮ろ過し、この汁を試料とした。

④ 加工食品類

獣鳥肉類と同様の手順で汁化した。

⑤ その他

卵、牛乳、ソース、しょうゆはそのまま試料に供した。また、みそは等量の水にて稀釈し、乳鉢で粉碎、この汁を試料とした。

以上のとおりであるが食品の汁化が物理的に困難であ

ったため、けっきょく可食部分が主に液化されてしまった。実際ピット汚水はむしろ不可食部分、たとえば、魚の頭、骨、尾、果実の皮等が主な原因となっているので若干実体と離れてしまったが、食品のもつBOD、総窒素の概念はつかめたと思う。

(3) 測定項目

試料液はすべて汁化してから1昼夜放置後、下記の測定を行なった。

pH（獣鳥肉類、魚類、加工品類の測定はpH試験紙を使用した。その他はpH計を使用した。）

総窒素（ケルダール法）

COD（4時間酸素吸収量として）

5日間BOD（DOメーター使用）

3 測定結果

以下に記す測定結果は一食品としての一般的な値と考える。当然のことながら果実類、野菜類においては品種、産地、成熟度、環境（湿度、土壌、肥料など）、魚類においては年令、漁期、漁場、雌雄、肉類では種類、品質等により化学的成分はもちろんBOD等の相違が生じる。

(1) 果実類

一般的に糖分および有機酸に富む果汁を多量に含む水分含量は80~90%のものが多く。

栄養的にはビタミン類、ミネラル類が多く、タンパク質脂肪、デンプンに乏しく、カロリーは100g中50cal内外である。主成分は糖質で10%内外の糖分を含み、ブドウ糖、果糖、蔗糖が主である。酸としてはクエン酸、リンゴ酸が主で酒石酸、コハク酸が含まれる。バナナにおいては成熟したものはデンプンが大部分糖化し、多量の還元糖となる。

(2) いも類

含量の多い炭水化物は主にデンプンであり、蔗糖、ブドウ糖、果糖はサツマイモにおいては3~5%、ジャガイモは1%ぐらいである。

その他のサツマイモはカロチンが多く、ジャガイモは根莖類中最大のリン酸を含む。サトイモの粘性は糖タンパク質ムチンによるものである。また、ジャガイモは1昼夜放置すると、酸化酵素チロシナーゼの作用により黒褐色に変色する。

(3) 緑黄野菜およびその他野菜類

食生活に欠くことのできない重要な副食品である。野菜類は水分含有量が多く、カロリーは少ないが、ビタミン類、無機塩類の重要な給源である。ニンジン、カボチャには糖分も相当量含む。また、うり類はデンプンはなく、ブドウ糖、果糖が大部分である。緑黄野菜はカロチンが豊富である。

(4) 獣鳥肉類

一般にタンパク質と脂肪に富むが、たとえば脂肪の場合5~40%と含量に差が大きい。これは肉の品質、種類、部分による。肉中の脂肪の主成分はオレイン酸（不飽和脂肪酸で二重結合1個）、パルミチン酸、スアラリン酸である。鳥、牛、豚肉の全脂肪にしめるオレイン酸のパーセンテージは、おのおの50%、35%、40%である。残りは飽和脂肪と考えられる。次に述べる魚類の脂肪との相違は飽和脂肪酸が多いことである。

(5) 魚類

水産動物の脂肪の共通点は多量の高度不飽和酸（二重結合を4個以上もっている）を含み、イワシ、マグロ、サンマ、サバ等の肉中の油は高度不飽和酸の含量が多い。魚類においては、これらを加えた不飽和脂肪酸は全脂肪の85%にもなる。大部分はオレイン酸である。また、タンパク質においては必須アミノ酸を多く含む。

(6) 加工食品およびその他の食品

表1-1 果実類のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
リンゴ (スターキング)	107,000	31,200	217	4.87	3.4	490
リンゴ (紅玉)	96,700	35,600	119	4.07	2.7	810
ナシ (二十世紀)	118,000	33,600	341	4.83	3.5	350
ナシ (長十郎)	101,000	32,000	195	4.80	3.2	520
ミカン (静岡産)	128,000	37,600	631	3.27	3.4	200
ミカン (広島産)	91,000	30,000	838	3.74	3.0	110
柿 (次郎柿)	94,500	51,200	217	6.28	1.9	440
バナナ	169,000	72,400	2,656	弱酸性	2.3	82
平均値	105,000	35,800	365	4.55	2.9	288

(注) 上表の平均値にはバナナは含まない。

表1-2 果実類の標準成分 (%)

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
リンゴ	87.9	0.4	0.5	10.4	0.6
ナシ	89.1	0.3	0.2	9.4	0.7
ミカン	88.9	0.8	0.3	9.3	0.3
カキ	85.2	0.5	0.1	13.6	0.2
バナナ	75.7	1.3	0.4	21.4	0.5
果実類平均値	86.2	0.7	0.2	11.6	

表2-1 いも類のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
サトイモ	108,000	15,200	4,180	6.33	7.1	26
サツマイモ	80,000	16,000	3,975	5.98	5.0	20
ジャガイモ	42,000	13,200	3,573	7.28	3.2	12
平均値	76,600	14,800	3,910	6.86	5.2	20

表2-2 いも類の標準成分 (%)

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
サトイモ	76.0	2.4	0.2	19.6	0.9
サツマイモ	69.3	1.3	0.2	27.2	0.8
ジャガイモ	79.5	1.9	0.1	17.3	0.4
いも類平均値	76.6	2.5	0.1	22.3	

表3-1 緑黄野菜のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
カボチャ	103,000	23,200	648	7.18	4.4	160
ニンジン	70,400	16,800	1,311	6.22	4.2	54
トマト	44,600	14,100	1,067	5.18	3.2	42
平均値	72,600	18,000	1,010	6.19	4.0	72

表3-2 野菜類のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
ダイコン (アキツマリ)	33,400	8,800	1,046	6.64	3.8	32
ダイコン (ショウブイン)	31,900	9,600	1,062	6.39	3.3	30
キウリ	29,600	15,200	915	6.66	2.0	32
平均値	31,600	11,200	1,010	6.55	2.8	31

表3-3 野菜類の標準成分 (%)

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
カボチャ	85.3	1.1	0.2	11.9	0.8
ニンジン	85.8	1.3	0.2	10.9	1.1
トマト	90.5	1.3	0.3	6.9	0.4
ダイコン	92.7	1.1	0.1	4.7	0.8
キウリ	96.7	0.7	0.1	1.4	0.4
野菜類平均値	93.0	1.0	0.2	4.7	
根菜類平均値	84.4	2.9	0.1	10.5	
葉菜類平均値	93.3	2.0	0.3	2.7	

表4-1 獣鳥肉類のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
馬肉	483,000	33,000	31,680	7.6	15	15
牛肉	503,000	36,000	11,960	5.8	14	42
豚肉	618,000	16,800	29,090	5.6	37	21
平均値	535,000	28,600	24,200	6.3	19	22

表4-2 獣鳥肉類の標準成分(%)

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
鳥肉	72.8	21.0	5.0	0	0
牛肉(もも)	71.6	21.0	6.1	0.3	0
豚肉(ロース)	62.5	14.1	32.5	0.1	0
獣鳥肉類平均値	72.9	21.0	4.6	0.2	

表5-1 魚類のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
サンマ	840,000	97,600	23,220	6.2	8.6	36
サバ	841,000	94,400	—	7.2	8.9	—
タラ	207,000	11,600	29,290	6.6	18	7.1
マグロ(赤身)	159,000	24,000	37,647	5.8	6.6	4.2
クジラ	241,000	27,200	17,767	4.8	8.9	14
平均値	458,000	51,000	27,000	6.1	9.0	17

表5-2 魚類の標準成分(%)

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
サンマ	70.0	20.0	8.4	0.3	0
サバ	76.0	18.0	4.0	0.3	0
タラ	81.0	16.0	0.6	0.1	0
マグロ(赤身)	73.2	24.0	1.0	0.3	0
クジラ	54.7	22.0	22.5	0.3	0
魚類平均値	75.2	18.7	4.6	0.8	

表6-1 加工食品のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
火腿	179,000	9,600	29,320	6.6	19	6.1
ソーセージ	79,000	28,800	40,812	6.2	2.8	1.9
ウインナー ソーセージ	301,000	31,200	20,220	6.6	9.7	15
(腸づめ)	135,000	16,200	23,488	6.6	8.4	5.7
平均値	174,000	21	28,500	6.5	8.1	6.1
みそ	363,000	19	20,524	5.49	3.1	18
しょうゆ	168,000	38,800	15,954	4.87	4.3	11
平均値	266,000	78,900	18,200	5.19	3.4	15

表6-3 加工品及びその他食品の標準成分

食品名	水分	タンパク質	脂肪	炭水化物	
				糖質	繊維
火腿	68.8	16.1	10.7	0	0
ソーセージ	56.2	12.4	29.5	0	0
みそ	50.0	14.0	5.0	14.3	1.9
しょうゆ	72.2	6.9	0.6	2.0	0
卵黄	49.5	16.1	32.5	0	0
卵白	89.0	10.2	0.1	0	0
牛乳	88.6	2.9	3.3	4.5	0
ソース	73.0	1.5	0.3	14.5	0

表6-2 その他の食品のBOD

食品名	(ppm)	(ppm)	(ppm)	pH値	BOD	BOD
	BOD	COD	総窒素		COD	総窒素
卵白	115,000	16,000	17,309	8.94	7.2	6.6
卵黄	385,000	116,000	28,969	6.14	3.3	13
平均値	250,000	66,000	23,100	7.54	3.8	11
牛乳	160,000	12,000	5,145	6.78	13	31
ソース	101,000	25,600	1,381	3.75	4.0	73

4 測定結果の検討

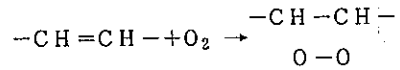
(1) 微生物への栄養学的影響

有機性排水の生物学的酸化を効果的に行なうには、これら栄養源とともに必要最低量の窒素、リン、さらにはカリウム、カルシウムが必要とされている。一方酸化作用は2段におけると考えられている。まず第1が炭素化合物が分解されて炭酸ガスと水となり、窒素化合物はアンモニアにまで分解される。第2がアンモニアおよび活性汚泥の一部が硝化反応に関与する細菌 (Nitriting - bacteria) により硝酸塩や、炭酸塩にまで酸化させる。

図1に食品中の水分%とBODの関係をプロットしてみた。高度不飽和脂肪酸の多い魚類 (サンマ、サバ) やオレオン酸 (不飽和脂肪酸 ; C₁₈) の多い獣鳥肉類を除くと、BODはタンパク質 ; 脂肪 ; 炭水化物の和、すなわち (100-水分%) に比例している。このことは、浄化にあずかるタンパク質、脂肪、炭水化物は微生物に対し絶対量にのみ関係し、微生物の基質に対する酸化の難易、すなわち選択性は示さないとみることができる。

この図にサンマ、サバ、獣鳥肉、いも類 (サツマイモ、ジャガイモ) をあてはめてみると、例外的な値を示すが、これはつぎのように説明される。まず、いも類においては試料液である汁は1日放置し、沈澱物である多量のデンプンを除去し測定しているために直線より低い値を示したものと考えられる。いも類でもサトイモのように粘液性のためにデンプンを除去し得なかったものは、ほぼ直線上にあるとみることができる。次に、サンマ、サバ、獣鳥肉であるが、油脂の酸化の難易はその含有する脂肪

酸の不飽和度の大小に支配され、油脂が酸化すると、まず二重結合に酸素分子が付加して過酸化物が生ずると考えられている。



また、リノール酸 (C₁₈) 以上の不飽和脂肪酸は他の脂肪酸よりも酸素を吸収して酸化生成物を作りやすい。ところで、サンマ、サバにおいてはさきにも述べたように、高度不飽和脂肪酸であるイワシ酸やニシン酸が比較的多量に含まれている。また獣鳥肉においてはオレイン酸のような不飽和脂肪酸を多く含んでいるために、BODとして酸素消費量を測定した場合、微生物による酸素要求量と、上記のような化学的酸化過程での酸素要求による酸素の消費があり、BODが真の値より比較的高めに測定されるものと思われる。また、サンマ、サバ、獣鳥肉のBODの高く測定されたその他の原因を考えると、第1にD Oメーターによる特性的誤差をあげることができる。第2にBOD値の高いことによる稀釈誤差、第3に生物学的触媒 (酵素) の作用が考えられる。

(2) BOD対窒素の比

活性汚泥法にて汚水を浄化する場合、BOD対窒素の比は1以上であるのがのぞましい。これは窒素分が過剰であると汚水中の硝酸塩に対し、細菌が酸素を利用して窒素ガスと炭酸ガスを作る。その結果汚泥密度の減少となり、汚泥を浮上させることがある。その他細菌の内生呼吸期に入るのを遅滞させ、汚水の無機化、安定化が進まない。前述の各食品類のこの比をみると、果実類が288、いも類20、野菜類31~72、獣鳥肉類22、魚類17、加工食品類6~15等の値である。これらの値から類推してピット汚水についても20~40とこの比の高くなることが予想される。それも夏場以後の果実の一般的に出回るところにこの比の高くなることが考えられる。BOD対窒素比が1以上であることはのぞましい状態ではあるが、あまり大きな値である場合は十分検討しなければならない問題であろう。一般的に微生物処理に最も良好な比は20対1と報告されている。

し尿1次処理におけるこの比は従来の測定では、おおむね0.5~0.8である。また合成のために微生物が利用できる窒素の形は、アンモニア、亜硝酸塩、硝酸塩および数種類の有機酸であり、利用可能な窒素の割合は排水

図1

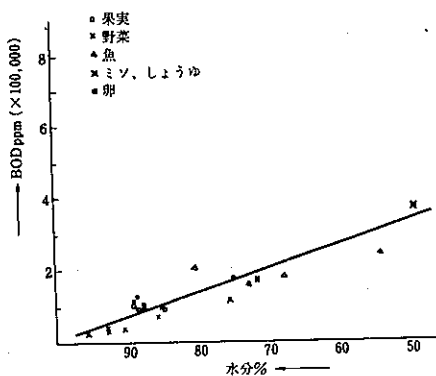


図2

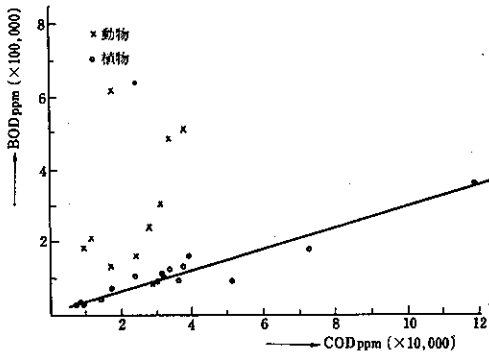
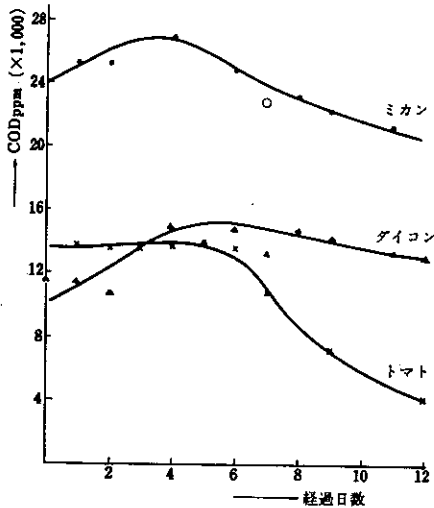


図3



によってわかる。たとえば家庭下水中の利用可能の窒素は全量の55~78%であり、粗布、綱製造工場の場合は9~23%であると報告されている。このことはピット汚水の場合窒素分の不足となることも考えられる。実験的に微生物に果汁のみの栄養源を与えたところ、1週間ぐらいのちにVorticella, Opercularia等の繊毛虫の型が小さくなり死滅してしまった。

汚水と微生物との関係は、汚水中の溶解物質、コロイド、SS等が吸着されProtozoa, Bacteria群の生活、生物体合成に必要なエネルギーや栄養源となるところであり、したがって活生汚泥装置がうまく運営されるため

には、この吸着と好氣的酸化の平衡が保たれていかねばならない。

(3) BOD対CODの比

BOD対CODの比は通常、下水の場合に約3~4である。図2をみると植物におけるこの比は3前後とほぼ一定しているが、動物においては、相関はみいだし得ない。

(4) 果汁の時間的变化

これらの果汁をピット汚水と考えた場合、ゴミとともに家庭で廃棄されてからピット汚水として浸出するまでには約1週間ぐらいの日数を要する。この時間的経過は当然BOD, CODにも変化があるが、CODにおいては汁化後4~5日後にCOD最高(約10%前後増加)となり、その後は徐々に減少していく。試料液は室温(5~15℃)に放置し、浮遊じんの混入はしないように、したがってバクテリアの混入が考えられる。このCODの減少はバクテリアによる分解や汁自身の含有する酵素による分解とが考えられる。(図3)

5 あとがき

ピット汚水は有機物が主成分であり、微生物の栄養源としては好適なものであるが、季節によって液量、水質の変動が激しく、この点では生物処理にとって好ましい条件ではない。とくに従来行なわれてきた汚水処理の微生物学的方法である活性汚泥法は、対象汚水が半分分解された低級脂肪酸を多く含む都市下水や、人体内で消化吸収された残渣で、腸内細菌の作用で酢酸、乳酸、酪酸等を含むし尿が主であった。したがって、ピット汚水の成分である高級脂肪酸やタンパク質を多量に含む未分解未消化な汚水を生物学的に処理するには、BOD負荷からいっても前処理が必要となってくるのではないかと。現実にかん詰工場の排水では薬品凝集法が主体をなしている。

以下次のような処理方法が考えられる。

① 活生汚泥法

清掃工場の冷却水(温度20~30℃)にて稀釈し流入水BODを200~500ppmとし活性汚泥処理を行なう。この場合生活排水等も同時処理することにより微生物に好条件を与えてその浄化能を高めることになろう。しかし、夏場におけるBOD負荷は冬場の3~5倍を考慮しなければならない。

② 媒気消化法

ピット汚水の有機物濃度は3～5% (30,000～50,000 ppm) であり、消化法が有効に行なわれる濃度である。ただしこの場合、37℃30日間の従来法をそのまま適用してよいかは実験の必要がある。

③ 薬品凝集法

消石灰に鉄剤または硫酸アルミニウムを加え、凝集沈澱させるのであるが高価であるばかりでなく、ピット汚水のように溶解性有機物の多いものは除去困難かと思われる。試験的に試みた結果では透視度、SSともに良好であったがBODの除去には大きな期待は持ちえない。

④ 有機性排水の回収利用

上記の処理法はどちらかというと消極的な処理方法であるが、有用成分の回収および利用の方向に検討されて

もよい。一つにはクロレラによる飼料化であろう。

おわりに本稿記草にあたり栗原四郎・清掃研究所長・鹿田幸雄・同第2研究室技師にご指導、ご助力を賜ったことを感謝いたします。

参 考 資 料

- 1 藤野安彦 食品化学概論
- 2 井手哲夫 食品工学の排水処理
- 3 岩井重久 排水の生物学処理
- 4 御園光信 化学工学 Vol 32 No.6 (1968)
35～39
- 5 桑田 勉 油脂化学
- 6 技報堂 栄養学ハンドブック