

# 環境指標として捉えた BOD/TOC について

## — 食品の一人一日摂取量に基づく BOD と TOC —

高橋照美 清水源治 小林規矩夫 沢登春成

生活排水が水質汚濁の主要な原因になっているところは多い。特に都市部を流れる中小河川においてはこの問題が大きい。生活排水が水域に及ぼす影響についてはこれまでに多くの報告がある。中でも団地や住宅地の生活排水やちゅう房排水, し尿浄化槽排水の水質を調査した例は多い。しかし, これらの排水のそもそもの原因である食品を汚濁源として捉えた報告例<sup>1)</sup>は少ない。特に食品の一日摂取量から汚濁負荷量を調査した例はこれまでにない。

今回, マーケットバスケット方式による食品の一人一日摂取量を反映した試料が入手できた。そこでこの試料について BOD, TOC を測定し, 食品による BOD 負荷量を推定した。あわせて両指標の関係について検討したので報告する。

### 調査方法

#### 1. 試料

「日常食品中の汚染物質摂取量調査<sup>2)</sup>」, 「日常食品から

の金属一日摂取量調査<sup>3)</sup>」の昭和58年度の試料を当所食品化学科(現衛生研究専門部)から譲り受け, 本調査の試料とした。この試料に含まれる各食品の割合は国民栄養調査の関東Ⅱ(関東周辺部)に分類される地域の一人一日摂取量<sup>3)</sup>に基づいている。食品は58年7月に甲府市内で購入し, 必要な場合には, 煮る, 焼く, 炒める, 蒸す, などの調理を行い, 食品群ごとに混合し水を加えてホモジナイズした。試料の概要を表1に示した。試料はⅠ～ⅩⅢ群に区分されており, 用いられた食品は118種類であった。

#### 2. 試験方法

水分は試料1～2gを採り, 105℃, 2時間乾燥した時の減量から算出した。なおホモジナイズの際加えた水は水分から除外した。

BOD, TOC については, 試料1～2gに水を加えて300mlにした後, BODは酸素消費量が3～7mg/lに, TOCは10～100mg/lになるように希釈した。BOD, TOCの測定方法はJIS K 0102(工場排水試験方法)に

表1 試料に含まれる食品の概要

食品群	食品分類	試料に含まれる食品例および食品数	
I	米類	米	2
II	穀類, 種実類, いも類	ゆでめん, パン, じゃがいも	17
III	砂糖類	角砂糖, 生菓子	10
IV	油脂類	天ぷら油, マーガリン	5
V	豆類	みそ, 豆腐	6
VI	果実類	りんご, ぶどう	10
VII	黄緑色野菜	にんじん, ほうれんそう	6
VIII	その他の野菜類	だいこん, キャベツ, たくわん漬	15
	きのこ類, 海そう類	わかめ	
IX	調味料, し好飲料	しょうゆ, 日本酒	9
X	魚介類	さんま, かまぼこ, 貝佃煮	22
XI	肉類, 卵類	豚肉, ロースハム, 鶏卵	7
XII	乳類	牛乳, チーズ, アイスクリーム	4
XIII	加工食品	ぎょうざ, コロッケ	5

表2 各食品群の BOD, TOC と BOD/TOC

食品群	調理前		調理後		BOD			TOC		BOD/TOC
	g	g/wet	(水分%)	g/dry	g/kg wet	g/kg dry	g/人・日	g/kg wet	g/人・日	
I	225	515	62.3	194	296	786	152	198	102	1.49
II	176	227	76.3	66	292	1000	66	166	38	1.76
III	39	54	13.0	47	540	620	29	307	17	1.76
IV	20	20	15.0	17	(30)	(35)	(1)	(53)	(1)	(0.57)
V	68	69	71.0	20	245	845	17	136	9	1.80
VI	152	152	91.4	13	117	1370	18	58	9	2.02
VII	57	59	91.5	5	57	673	3	34	2	1.68
VIII	227	221	90.5	21	56	589	12	61	13	0.92
IX	100	121	87.6	15	117	943	14	71	9	1.65
X	91	83	68.7	26	307	980	25	123	10	2.50
XI	106	99	62.6	37	483	1290	48	142	14	3.40
XII	122	122	86.1	17	181	1300	22	70	9	2.59
XIII	15	16	62.6	6	236	629	4	125	2	1.89
(合計)	1398	1758		484			410		234	

( ): 参考値, 本文参照

従った。なお BOD の測定には Yellow Springs Instrument 社製 Model 58 DO メーターを、TOC の測定には島津 10 B 型 TOC アナライザーを用いた。

## 結果と考察

### 1. 食品の 1 日摂取量と TOC

調査結果を表 2 に示した。

食品の 1 人 1 日摂取量は調理後の湿重量で 1,758 g となった。その 30% は米が大部分を占める第 I 群であった。また乾重量換算値では 1 日摂取量は 484 g となり、同様に第 I 群が 40% を占めた。乾重量への換算で特に数値が小さくなったのは第 VI~VIII 群で、換算値は 1/10 以下になった。

食品中の炭素量を示す TOC は 1 日摂取量として 234 g となった。半谷<sup>9)</sup>らは 1 人 1 日あたり食品から摂取する炭素の量は 242 g と報告しているが、今回の調査結果はこれによく一致した。よって今回用いた試料は食品の 1 人 1 日摂取量をよく反映していると考えられた。なお第 I 群が占める割合は 44% となり、次いで第 II 群が 16% を占めた。

湿重量あたりの TOC は水分量とほぼ反比例の関係にあり、水分の少ない食品ほど TOC 濃度は高くなる傾向がみられた。水分 13% の第 III 群では 307 g/kg であったが、水分が 90% を超える第 VI~VIII 群では 30~70 g/kg

となった。なお油脂類である第 IV 群は希釈の際十分に懸濁せず、測定値のばらつきが多かったため今回は参考にとどめた。第 IV 群を除いた TOC の範囲は 30~300 g/kg でその加重平均は 133 g/kg になった。

### 2. 食品の 1 日摂取量と BOD

各食品群の湿重量あたりの BOD は 50~500 g/kg の範囲にあった。なお、第 IV 群については測定の際油分が分離し、測定値は 30 g/kg と小さくなった。天ぷら油に対する BOD 値としては 816 g/l の測定例<sup>9)</sup>があり、油脂類の BOD 測定については検討を続けたい。第 IV 群を除いた湿重量あたりの BOD の加重平均は 233 g/kg となった。

湿重量あたりの BOD と TOC の間には正の相関関係がみられた(図 1)。しかし各食品群のプロットは回帰直線から外れることが多く、単位重量あたりの TOC に対し BOD はかなりばらつくことが予想された。

乾重量あたりの BOD は 600~1,400 g/kg の範囲にありその平均は 919 g/kg であった。食品群ごとの比較では動物性食品や穀類、いも類、果実類(第 II, VI, XI, XII 類)でこの BOD は高く、砂糖類、野菜類、加工食品(第 III, VII, VIII, XIII 群)では低くなった。

食品の 1 日摂取量の BOD への換算値は第 I 群で最も大きくなり 150 g になった。また第 I~XIII 群の合計は 1 人 1 日あたり 410 g になり、食品の 1 人 1 日摂取量から



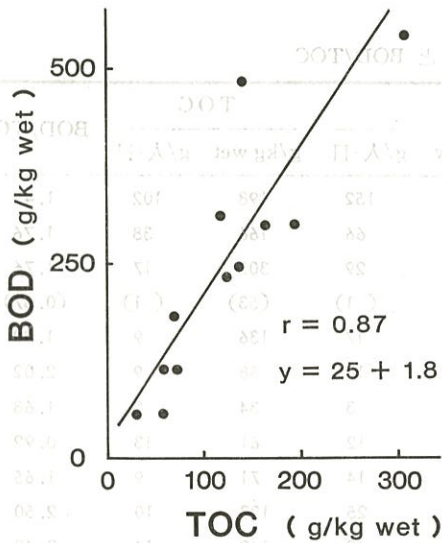


図1 各食品群の TOC 濃度と BOD 濃度との関係

得られる BOD の原単位 (以下食品の BOD 原単位と呼ぶ) は関東Ⅱの地域ではこの値付近になると考えられた。

食品の BOD 原単位 410 g/人・日 に比べて、し尿の BOD 原単位 18 g/人・日<sup>5)</sup> やちゅう房排水の BOD 原単位 16 g/人・日<sup>7)</sup> は非常に小さい。し尿の BOD は原単位を大きく超えることはないと思われる。しかし食品が大きな影響を与えるちゅう房排水についてはその BOD 負荷量は特定の時間にだけ高くなることが多く、またその上限もはっきりしていない。現在ちゅう房から排出される負荷量を削減する努力は各地で行われているが<sup>6,7)</sup>、本県でもその取り組みを強化しているところである。

### 3. BOD と TOC

BOD、TOC とも水質の汚濁状況を表わすのに用いられている。ただし両者の測定原理は全く異なっており、BOD が微生物が消費した酸素の量を測定するのに対し、TOC は有機物を構成する炭素の量を測定する。また BOD は微生物が利用できる有機物の量に比例することに基づくため微生物にとって不要な有機物が多量にあっても BOD 値には反映しない。したがって BOD は汚濁指標としてだけではなく環境中における生分解性の難易度を知る指標にもなる<sup>8)</sup>。他方 TOC は有機物を燃焼させて発生する CO<sub>2</sub> から炭素の量を算出するので有機物の全量を把握する指標になっている。

有機物の生分解性の難易度を知る方法としては<sup>9)</sup>、(1) 供試物質の BOD 値とその物質を完全に酸化するのに必要な酸素量(計算値)との比から知る方法、(2) 分解試験の前後で減少した供試物質の割合から知る方法、がある。

しかしどちらの場合も供試物質の種類および量を把握しておく必要があり、食品など含まれる物質が明らかでない場合には測定が困難である。

BOD と TOC の比 (以下 BOD/TOC とする) は前述した 2 つの方法では測定できない場合に生分解性の難易度を知る相対的な尺度として用いることができよう。すなわち TOC により供試物質の種類、量を問わず有機物の全量を把握できるので BOD/TOC により供試物質の単位重量あたりの相対的な分解量を知ることができると思われる。

食品は環境中に存在する有機物の中で最も生分解性の高い物質であろう。今回の調査で得られた各食品群の湿重量あたりの量から算出した BOD/TOC の範囲は 0.92 ~ 3.40 であり第Ⅳ群を除いた平均値は 1.96 となった。この中で第Ⅹ~Ⅻ群は大きな値をとり、食品群の中でも特に分解されやすいことが明らかになった。また第Ⅷ群は小さな値となったが繊維質の多いこの群は食品群の中では最も分解されにくいことになる。

一般に動物性食品の BOD は高いとされている。今回の調査でも第Ⅹ~Ⅻ群の乾重量あたりの BOD は高くなった。ところが穀類、いも類、果実類を含む第Ⅱ、Ⅵ群も同様に高く、反面 BOD が低いとは思われなかった第Ⅲ群(砂糖類)で低くなったことは前述した。しかしここで BOD/TOC をみると第Ⅹ~Ⅻ群の値は依然高いが第Ⅱ、Ⅵ群は低くなり、第Ⅲ群も他の群に近い値となった。

BOD は従来から有機物による汚濁指標として用いられてきたが、同時に存在する全有機物量との関係が示されることはなかった。ところが TOC をあわせて測定することにより BOD/TOC を有機物の単位重量あたりの汚濁負荷量を示す指標として用いることが可能になろう。従来から考えられていた BOD は測定時点の汚濁状況を示すことはできたが、汚濁構造については何も語らない。ところがあわせて TOC を測定することによりその有機物の運命や環境に与える影響を知ることができるようになる。すなわち、TOC が高く BOD/TOC が小さい場合にはその有機物はなかなか分解されず永く環境中にとどまるであろう。また TOC が高く BOD/TOC が大きい場合には生分解性は良いが、その際溶存酸素を大量に消費し環境被害を生ずるおそれがある。さらに TOC が低く BOD/TOC が大きい場合には河川であれば自浄作用が働くであろうし、BOD/TOC が小さければ近くに汚濁源がないことを示す。

今回、環境中では最も生分解性が高いと考えられた各種食品群について BOD/TOC を測定した。水域における有機物の生分解性の難易度を判定する BOD/TOC の基準値は現在のところ明らかにされていない。また水域

で溶解酸素が減少し始める TOC および BOD/TOC の値も明らかではない。今後さらに調査を継続し、BOD/TOC が環境評価の指標になり得るか否かを検討していきたい。

なお本調査にあたり御助言をいただいた当所衛生研究専門部沼田一研究管理幹に感謝いたします。

### ま と め

- (1) 第 I～XIII 群に区分された食品群について TOC, BOD を測定した。各食品群の組成は国民栄養調査の成績に基づいている。食品の 1 人 1 日摂取量は調理後の湿重量で 1,758 g となり、その TOC は 234 g であった。また BOD は 410 g となり、食品の 1 人 1 日摂取量から得られる BOD の原単位はこの値付近にあると思われた。
- (2) 食品は環境中で最も生分解性が高いと考えられる。そこで各食品群ごとに BOD/TOC を算出したところ、動物性食品を含む第 X～XII 群でこの比は大きくなり食品の中でも生分解性が高いことが明らかになった。また野菜を含む第 VIII 群では小さくなった。その範囲は 0.92～3.50 であり、平均は 1.96 になった。

(1 表 00.g 採査)

#### 静岡県被害者の食品用衛生

静岡県被害者の食品用衛生調査の結果、食品の BOD/TOC 比は、動物性食品を含む第 X～XII 群で大きく、野菜を含む第 VIII 群で小さく、平均は 1.96 であった。

(1 表 50.g 採査)

- (3) BOD/TOC は単位有機物量に対する生分解性の難易度および有機物の単位重量あたりの汚濁負荷量を相対的に示すことができるが、これが環境指標になり得るか否かを今後検討してゆきたい。

### 文 献

- 1) 静岡県衛生環境センター東部支所：生活排水と水質保全（未発表）
- 2) 厚生省食品添加物摂取量調査研究班：昭和 58 年度食品添加物の 1 日摂取量調査に関する研究（1984）
- 3) 厚生省公衆衛生局栄養課編：国民栄養の現状 昭和 56 年度国民栄養調査成績（1982）
- 4) 半谷高久，大竹千代子：日本環境図譜，共立出版（1978）
- 5) 建設省都市局下水道部監修：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，日本下水道協会（1983）
- 6) 鈴木恒雄ら：静岡県衛生環境センター報告 25, 89～97（1982）
- 7) 小林節子，楠田 隆：公害と対策 20, 175～182（1984）
- 8) 野知啓子：用水と廃水 22, 1285～1295（1980）

(2 表 10.g 採査)

#### 飲料の香くさくさロハリイ

飲料の香くさくさロハリイの原因は、飲料中の有機物によるものであり、BOD/TOC 比が大きい食品群に由来する。

(2 表 10.g 採査)

## 採 査 品 食

#### 静岡県留滞者調査の献産品

静岡県留滞者調査の献産品は、主に動物性食品であり、BOD/TOC 比は大きく、野菜を含む第 VIII 群で小さく、平均は 1.96 であった。

#### 静岡県被害者の購入の主要食品

静岡県被害者の購入の主要食品は、主に動物性食品であり、BOD/TOC 比は大きく、野菜を含む第 VIII 群で小さく、平均は 1.96 であった。