

# 衛生と環境

No. 95

2001年3月1日

編集 滋賀県立衛生環境センター  
発行 〒520-0834 大津市御殿浜13-45  
077-537-3050



(南上空から見たびわ湖)

## 内容

水環境における化学物質の管理  
緑茶とカテキンの話  
牛海綿状脳症(いわゆる狂牛病)について  
琵琶湖では何を調べているのでしょうか  
- BODについて -

## 水環境における化学物質の管理

### 1. はじめに

化学物質は、私たちの身の回りの製品などに広く使われており、無くてはならないものであることはいうまでもありませんが、その一方、多種多様な化学物質が環境中に放出されています。それら化学物質のうち、人の健康や生活環境に被害をもたらすものは、法律により環境基準が設定されるなど被害防止対策がとられてきました。

しかし、環境中に排出されたときに、どのような影響を及ぼすのかわかっていないものが少なくなく、さらに、焼却などにもなって意図しない生成物(非意図的生成物質)や既知物質の複合作用などの毒性情報はきわめて不足しています。最近、社会問題化したいわゆる環境ホルモンをはじめとし、人の健康や生態系への影響が懸念され、化学物質のリスク管理が今日の大きな課題となっています。今回、水環境における化学物質の管理の現状についてお話しします。

### 2. 化学物質による汚染状況

化学物質の数は、1997年で、1,600万を超え、さらに毎年数十万種が追加されています。私たちの身の回りにはおよそ6万種の化学物質が使われているといわれており、また、1万種以上の合成化学物質が環境中に蓄積しているものと推定されています。さらに、合成化学物質以外にも環境中で種々の化学反応や微生物などにより、合成、分解し多くの変化体が生じます。また、ごみ焼却

表1 水環境における有害化学物質

有害物質	意図的物質	合成化学物質(溶剤、農薬、医薬品など) 重金属など
	非意図的物質	処理(焼却等)副生成物質、環境中変化体、生物排泄物、自然毒など
被害	人への健康影響	水道水源汚染、農産物・水産物汚染 経口摂取
	生態系への影響	環境中への蓄積、食物連鎖、生物種の変化

によるダイオキシンや水処理によるトリハロメタンのような非意図的生成物質など数多くの化学物質が水環境中に混入する可能性があります。表1に、水環境中の有害化学物質の種類と被害についてまとめました。これらの有害な化学物質による汚染は国内外で数多く発生した事例がありますが、本県においても例外ではなく、表2のような水質汚染問題の発生や化学物質の検出事例があります。

### 3. 化学物質の管理の現状

化学物質による人の健康への影響を未然に防止するため、わが国では、環境基本法に基づき環境基準が定められています。この環境基準を守るため水質汚濁防止法等により工場等の発生源に対し排出規制が行われています。また、PCBによる環境汚染を契機に、新規の化学物

表2 県内の主な水質汚染問題・化学物質検出事例

年	原因物質等	汚染、被害等内容
1960	PCP (農薬; 除草剤)	シジミ被害
1968	アガロ (米原町工場)	健康被害、農作物汚染、 周辺環境汚染
1972	PCB (工場等)	魚介類・農作物汚染、環 境汚染
1972	水銀 (工場、農薬)	環境汚染
1976	六価クロム (草津市工場)	健康被害、地下水汚染
1983	トリクロロエチレン等有機塩素系化合物	地下水汚染
1984	CNP、NIP (農薬; 除草剤)	魚介類から検出
1997	ダイオキシン類	琵琶湖底質、魚類で検出

質について蓄積性、慢性毒性等の有無の審査を行い製造や輸入を規制する「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)」が昭和48年に制定されました。

さらに、平成11年には、化学物質に対する国際的な管理の流れを受け、化学物質の環境中への排出量の把握や毒性等のデータの提供を義務づけた「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(PRTTR法)」が制定され、平成13年4月1日から本格的に施行され、排出量の把握がされることとなっています。

滋賀県では、昭和47年に公害防止条例を改正し、有害物質使用工場は許可制とし、厳しく規制してきましたが、化学物質の種類等の増加やPRTTR法も踏まえ、平成12年3月に工場等から大気中へ排出される有害化学物質の自主的な管理を促進するため、「大気環境への負荷の低減に関する条例」を制定しました。また、現在、水質関係についても有害化学物質の管理を推進するための新たな仕組みについて検討しています。

これら日本の現行法令では、化学物質の構造がわかっていてかつ有害性(ハザード)がすでに認められている個別の化学物質ごとにリスクを勘案して一定の基準を定め、発生源の排出状況や環境状況について化学的な分析を基本に管理を行う仕組みとなっています。

しかしながら、膨大な合成化学物質について、個別の化学物質ごとにリスク評価するには多額の費用や手間がかかり、まだ評価が行われていない物質も数多い状況です。また、非意図的生成物質など未知の物質や化学物質の複合作用による影響などについて情報が不足し、非常に限られた物質についてのみ基準が定められている状況です。さらに、最近になって、内分泌攪乱化学物質(環境ホルモン)のような従来の毒性学の知識では予測できない毒性が明らかとなり、現在の化学物質管理システムの不十分さが大きな課題となっています。

#### 4. 新たな化学物質管理のためのバイオアッセイ

前節の化学物質管理の不十分さを補うものとして、従来の個別化学物質ごとの化学分析を用いた評価に加えて、バイオアッセイを用いた包括的な評価を用いた統合的な管理方法の必要性が高まっています。ここでは、米国とドイツにおける水環境管理について紹介するとともに、バイオアッセイの概要を簡単にまとめてみました。

##### 1) 米国における水環境管理

バイオアッセイを有害物質による水質汚染防止のために導入したのは米国が最も早く、バイオアッセイを工場排水規制手法として定着させ、現在もその改善に取り組んでいます。1984年に環境保護庁(U.S.EPA)は国家汚濁物質排出削減計画(NPDES)による排出認可過程にバイオアッセイによる全排水毒性試験(WET)と個別化学物質規制の併用を提唱しました。この規制を実施するための技術文書(TSD; 表3)で、水生生物保護を目的とした表流水中の毒性規制のため、生物相調査も加えた統合的アプローチが打ち出されています。

##### 2) ドイツにおける水環境管理

欧州では、予防原則(...科学的な知見が不十分、未完結または不確かですが、客観的な事前の科学的評価で、環境や人、動植物への健康への悪影響の程度が、保全レベルと一致しないと考えるべき筋の通った根拠があるときに防止するために行動するという原則)を軸としながら、化学物質汚染に対する水環境管理を行っています。ここでは、欧州のなかでも取り組みが進んでいるドイツの排水令を紹介します。

ドイツでは、個別物質ごとの影響評価指標を補完する総合的な評価指標の一つとして、バイオアッセイを適用しています。ドイツ排水令では分解性試験と表4の5種

表3 米国の有害物質制御のための統合的アプローチ

制御方法	能力	限界
個別化学物質 (化学分析)	人間の健康保護	全化学物質の測定不可能
	毒性学作用機序が明確	生物利用可能性を考慮せず
	挙動把握可能	複合斑の相互作用を予測不能
全排水毒性 (バイオアッセイ)	全毒性把握可能	人間の健康保護に不十分
	未知毒性物質に対処	毒性学的機序が不明確
	生物利用可能性考慮	環境中での残留や蓄積考慮せず
生物相調査	実際の影響測定	流量の影響を受ける
	経時的影響解析可能	影響の予測困難
	未知発生源の影響検知	影響因子の同定困難

**表4 ドイツ排水令における毒性試験**

試験法	判定時間	パラメータ
魚への毒性	48h	死亡
ミジンコへの毒性	24h	遊泳抑制
細菌への毒性 (発光細菌試験)	0.5h	発光阻害
藻類への毒性	72h	バイオマス生産
変異原性 (umu 試験)	2h	

の毒性バイオアッセイを定めています。

なお、今回の「琵琶湖では何を調べているのでしょうか」(p6) で取り上げたBODは、分解性試験の一つで生物処理プラントの運転の適正さを表す指標でもあります。

### 3) バイオアッセイとは、

新たな環境管理手法であるバイオアッセイとは、生物評価法の中で、実験室内で生物を試験したい化学物質を一定量入れた水中に入れ、生物に対する影響を測定する方法です。

化学分析法と対比してみると次のようになります。

[バイオアッセイ]	[化学分析]
「生物材料」を用いて、	化学薬品
「生物応答」を利用して、	化学反応
「生物作用量」を分析値とします。	物質量

広い意味でのバイオアッセイは、有害物質の漏出事故を監視するため、魚などを用いた監視システムも含み、県内でも一部の事業所で実施されています。

以下、バイオアッセイの概要を簡単にまとめました。

#### 生物材料としては、次のものを用います

- ・生物固体(ラット、マウス、モルモットなど)
- ・水生生物(プランクトン、魚など)
- ・単一細胞(バクテリア、酵母、哺乳動物細胞)
- ・遺伝子組換え生物、細胞

#### 特徴

- ・複合的影響、未規制・非意図的生成物の評価可能  
総括的評価
- ・毒性が認められた場合、その原因物質を特定するための物理化学的手法を併用する必要

**保全対象** 人への健康影響、生態系への影響

#### 標準的バイオアッセイの例

- ・上水試験方法(変異原性試験、魚類による常時監視、緊急時試験)
- ・下水試験方法(生物毒性試験、生物濃縮性試験、変異原性試験、AGP試験、生態影響評価試験)

#### 生態系影響評価の試験法

OECDの生態影響試験ガイドラインをもとに、環境庁が生態影響評価ガイドラインを提案しています。

藻類、生長阻害試験 72時間(クロレワ、セネツルム)  
ミジンコ、急性遊泳阻害試験 48時間(オジシロ等)  
ミジンコ、繁殖試験 21日間(オジシロ等)  
魚類、急性毒性試験 96時間(ヒメダカ、ゼブラフィッシュ、グッピー、ブルギル等)  
魚類、延長毒性試験 21日間(ヒメダカ、ゼブラフィッシュ、グッピー、ブルギル等)  
ミミズ、急性毒性試験(ミミズ)  
陸生植物生長試験(イネ、カブ、レタス)

## 5. おわりに

化学物質の適正な管理のために、国内外で調査研究・検討が進められていますが、バイオアッセイ手法は、今後重要な役割を担うと予想されます。当センターにおいても、バイオアッセイ手法について調査研究を進めることとしています。

### 【用語説明】

**ハザード**: ハザード(有害性; hazard)とは、人の健康、物、環境などに対して危害を与える恐れのある固有の性質をいいます。

**リスク**: リスク(risk)とは、人の健康、物、環境などに対する好ましくない影響をいいます。ハザードやその大きさと発生確率により評価されます。

**PRTR**: 環境汚染物質排出・移動登録(Pollutant Release and Transfer Register)。有害性のある多種多様な化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外に運び出されたかというデータを把握・集計し、公表する仕組み。MSDSがベースとなります。

**MSDS**: 化学物質安全性データシート(Material Safety Data Sheet)化学物質等の危険または有害な性質等についてのデータや情報を集め記載したシート

### 【参考資料】

1. 「バイオアッセイ 水環境のリスク管理」 鈴木基之・内海英雄編 講談社
2. 「水環境における有害物質のリスクマネジメント」 山中芳夫  
水環境学会誌 Vol.23、No.7
3. 「北米における水環境管理戦略」 楠井隆史  
水環境学会誌 Vol.23、No.7
4. 「欧州における水環境管理戦略」 山田正人  
水環境学会誌 Vol.23、No.7
5. 「水環境とバイオアッセイ」 楠井隆史  
用水と廃水 Vol.41、No.10、11

【水質科】

## 緑茶とカテキンの話

### 1. カテキンとは何か

最近カテキンという言葉をあちこちでよく見かけます。何となく体にいいような印象をみなさんは持っているのではないのでしょうか。そこで、ここでは緑茶のカテキンの一般的な事柄や効能について、現在までにわかっていることを書いてみました。

緑茶は、ツバキ科のチャ(*Camellia sinensis*)の葉を原料として、これを蒸気で蒸した後、よく揉んでから乾燥して作られますが、緑茶中には重量で10～15%ものカテキンが含まれています。カテキンは緑茶の渋みや苦みのもとであり、以前はタンニンと言われていました。

カテキンは単一の物質ではなく、ポリフェノールの一種であるフラバン-3-オール類に属する化合物群の一般名であり、緑茶中には代表的なものとして、エピカテキン、エピカテキンガレート、エピガロカテキン、エピガロカテキンガレートが含まれています。(図1)緑茶中のカテキンでは、このうちエピガロカテキンガレートが約半分を占め、エピガロカテキンがこれに次いでいます。

さて、緑茶には、いろいろの種類がありますが、カテキン含有量は、日光を多く浴びるほど高くなる傾向があります。従って、カテキン含有量は4月下旬から5月上旬の一般的に八十八夜頃に採取される一番茶よりも、6月下旬から7月上旬に採取される強い日射をよく浴びた二番茶に最も多く含まれています。なお、高級茶の代表である玉露は、茶摘みの数週間前から覆いをかけ、日光を遮って栽培するので、一番茶や二番茶等の煎茶に比べてカテキン含有量は若干低くなっています。

そこで、健康のためカテキンをより多く摂取しようとするなら強い日差しの下で栽培された二番茶等を少し高い温度(80～90℃)で浸出させて飲むのがよいと思われます。できるなら、茶葉をそのまま食べる方が、更に多くのカテキンを摂取できるでしょう。

### 2. カテキンと健康

緑茶のカテキンと生活習慣病予防については、種々の研究が行われています。

コレステロール含有食を与えたラットの血漿、肝臓コレステロール濃度は、茶葉からの粗カテキンにより上昇が著しく抑制され、糞中へのコレステロールの排泄が促進されたとのことでした。

また、粗カテキン抽出液をラットに摂取させると、血圧降下が見られたと報告されています。

その他、茶浸出液の血小板凝集抑制作用、茶浸出液やカテキンの血糖降下作用、抗腫瘍・発ガン抑制作用について研究されています。

加えて、静岡県内で行われた疫学研究では、緑茶を多く飲むほど、胃ガンによる死亡率が低くなることが明らかにされました。

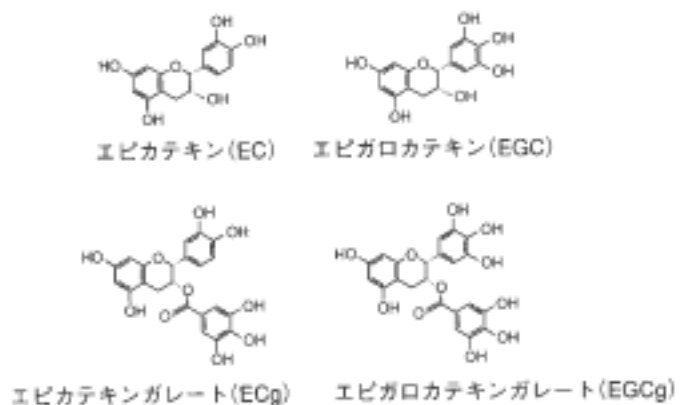
私たちは、呼吸によって空気中の酸素を取り入れ、それによって食物として摂取した糖類や脂肪を燃焼させ、活動のエネルギーを得ています。

しかしながら、この過程で活性酸素という人体にとってありがたくない物質が発生してしまいます。活性酸素は、体細胞の細胞膜を構成している不飽和脂肪酸を酸化し、これが老化や動脈硬化等を引き起こすとされています。

緑茶の浸出液あるいはカテキンには、これらの酸化性物質を分解したり、過酸化物の生成を抑制したりする作用が実験により証明されています。そこで、健康増進や生活習慣病予防に加えて、緑茶のカテキンには食品の酸化防止剤としての機能も期待できます。

このように、カテキンを多く含む緑茶は、私たちにとって大変好ましい効果をもたらしてくれます。身近な健康飲料である緑茶を再認識し、もっと摂取量を増やしていきたいものです。

図1 代表的なカテキンの構造式



#### 《参 考》

- 1) 茶の科学 朝倉書店
- 2) お茶はなぜ体によいのか 裳華房

【環境衛生科】

## 1. はじめに

牛海綿状脳症（BSE：Bovine Spongiform Encephalopathy）は、一般的に狂牛病とよばれています。狂牛病は、mad cow diseases を日本語に訳したものです。

BSEは1986年に英国で初めて報告され、1990年には第1次パニックが英国を中心に起こりました。その後、BSE防止策が実施され、現在では、発生数は減少しています。しかし、2000年11月にフランスのスーパーマーケットでBSEに感染した牛肉が販売されたため、フランス国民の間にパニックが広がり、今では欧州全体の問題にまで発展しています。

## 2. BSEの病原体および症状

プリオンとは糖蛋白であり、正常なプリオンと異常なプリオンがあり、正常なプリオンは哺乳動物から酵母にいたるまで見いだされています。この正常なプリオンが種々の要因で異常なプリオンとなり、病原性を示します。この異常なプリオンは、高圧蒸気滅菌やホルマリンでも完全に不活化されず、紫外線に対しても高い抵抗性を示します。そして、この異常なプリオンに感染した牛の脳組織（脳幹部神経細胞）は非常に細かい穴がたくさんあいたように見え、スポンジに似ているので海綿状脳症と呼ばれています。

また、BSEに感染した牛は、行動異常（体をこすりつける）や運動失調（歩けない）などの神経症状を示します。

## 3. BSEの感染経路

200年以上前より、羊にもプリオンを病原体とするスクレイピーという脳の病気が存在していました。英国では、1970年代後半から牛の餌として骨と肉の混合物（肉骨粉：bone meal）を与えていました。そしてBSEは、スクレイピーに感染した羊の肉骨粉を牛に与えたために発生したと考えられています。

## 4. クロイツフェルト・ヤコブ病との関連性

クロイツフェルト・ヤコブ病（CJD：Creutzfeldt-Jakob Disease）は人に発生する海綿状脳症で、50歳代後半以降に多く発症し、主な症状は痴呆で死に至ります。CJDもプリオンによって起こります。今までは、BSEが人に感染することはないと考えられていましたが、1996年に英国で発生した変異型CJDにより、考え方が変化してきました。つまり、BSEに感染した牛の肉を食べたために、人に感染したのではないかと疑わ

れるようになりました。この変異型CJDと今までのCJDとの相違は、発症年齢が若いこと、臨床的・病理学的な違いが認められることなどであり、BSEとの関連性についての研究が進められています。例えば、BSEが人に感染するかどうかを証明するために、変異型CJD患者の虫垂におけるプリオンの検出やBSEのサルへの感染実験等が行われています。

しかし、今のところ、それらの研究結果からは、「CJDがBSEによって引き起こされる」という確証は得られていないようです。

## 5. BSE対策と食生活

1996年にWHOより出された勧告の要旨は、以下の通りです。

1. TSE(BSE)症状を示すいかなる動物の部分も、人・動物の食物連鎖に入れないこと
2. レンダリング方式(脂抜き精製)を点検しTSE病原体を不活化すること
3. 国際獣疫事務局の勧告に従うこと
4. 反芻動物の組織を反芻動物の餌に用いることを禁止すること
5. BSE感染動物のミルクおよびミルク製は安全である  
ゼラチンは化学的抽出操作法があるため安全である  
ろうそく用の獣脂も適当なレンダリング方式があれば安全である

\* TSE: 伝染性海綿状脳症

このような勧告により、現在では、BSEの数は確実に減少しています。さらに、我々の食生活においても牛肉や牛由来の製品を一切拒否することは、現実的でないと考えられています。

## 6. おわりに

欧州のBSE発生に伴い、欧州各国では感染の疑われる家畜飼料の使用禁止や、BSE検査の義務づけなどの対策が打ち出されています。

日本においても、BSEの侵入を防止するため、欧州産の牛肉と牛肉加工品、牛精液などの輸入を全面禁止する方針が決定されています。また、国内の医療用具・医薬品・化粧品の業界団体と都道府県に対しても、BSEの発生国やリスクの高い国からの牛などの原料を使用禁止にするという通知が出されています。【微生物科】

## 琵琶湖では何を調べているのでしょうか？

### BOD について

前回のこのコーナー（No.91）では、COD をとりあげましたので、今回は、BOD についてお話したいと思います。

「琵琶湖の水質を測定しています。」というような話をすると、必ずといっていいほど「琵琶湖の水質はどうですか？」という質問が返ってきます。こんな時の説明によく用いられるのが、COD や BOD といった有機物による汚濁の度合いを示す指標です。

BOD というのは、Biochemical Oxygen Demand（生物化学的酸素要求量）の略で、「水中に従属栄養細菌によって消費される有機物がどれだけあるか」を暗所に 20 日で 5 日間放置した水中の溶存酸素減少量から推定する方法です。BOD は、もともと排水を河川に放流した時に河川中でどれくらいの酸素が消費されるのかを知るために考え出された指標で、測定法中の「5 日間放置」というのは、イギリスの河川の最大流達時間（水源から海に達するまでの時間）がほぼ 5 日間であることに由来しています。また、BOD は、生物処理により排水が浄化できるかどうかの指標でもあります。

水質環境基準は「人の健康の保護に関する基準」と「生活環境の保全に関する基準」とに分けて定められています。カドミウム等 26 項目について定められている「人の健康の保護に関する基準」が全公共用水域について一律に適用されるのに対して、pH、BOD 等 9 項目について定められている「生活環境の保全に関する基準」は、河川、湖沼および海域ごとの水域別に設定されています。水質汚濁の一般指標として、河川については BOD で、湖沼および海域については COD で環境基準が設定されています。

琵琶湖には、大小合せて約 460 本の河川が流入していますが、そのうちの主要 22 河川、瀬田川流入 2 河川および瀬田川の計 25 河川 29 地点について利用目的に応じた環境基準が設定されています。1999 年度の BOD については 22 河川で環境基準に適合していました。

図 1 に 1979 年度から '99 年度までの琵琶湖の BOD の経年変化を示しました。BOD は、北湖については横ばい状態、南湖については '79 年度に 1.6mg/l であった値が、'94 年度以降は 1.0~1.2mg/l の値で推移しています。これに対して COD は、前回のこのコーナーで紹介しましたように北湖、南湖ともに '84 年度頃から、ゆるやかに

増加しています。BOD と COD は共に有機物による汚濁の度合いを示す指標ですが、COD が化学的に酸化される有機物がどれだけあるかを推定するのに対して、BOD は生物によって分解される有機物量を推定しようとしているという違いがあります。このように琵琶湖において、BOD と COD の経年変化で異なる傾向がみられるのは、生物作用では分解されにくく、化学的な方法によって初めて分解される有機物が徐々に増加している可能性も考

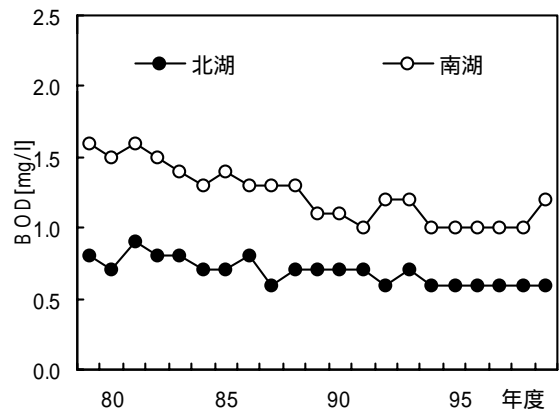


図1 琵琶湖におけるBODの変動

えられ、今後の湖沼環境保全への対応の難しさを示唆しているといえます。

《参考図書》

滋賀県：「滋賀の環境」平成 12 年度版

【水質科】

R100

古紙配合率100%再生紙を使用しています

編集後記

21 世紀の第一号はいかがでしたか。今後も時々の情報を発信する予定です。これからの紙面充実に向けて皆様のご意見、ご感想をお寄せください。

衛生環境センター 機関紙編集委員