

## 獣医学教育における環境衛生学（水質汚濁）

獣医師は獣医療に携わるばかりではなく、公務員獣医師のように食品衛生監視や環境保全といった領域での業務にも就いている。そこで、獣医学教育では獣医公衆衛生の一環として「食品衛生学」や「環境衛生」に関する講義や実習を行っている。実際の講義や実習を踏まえて、獣医学科で行っている環境衛生、特に水質汚濁について紹介する。

杉田 和俊

## 1 はじめに

獣医学教育では、食の安全確保、人獣共通感染症への対応、小動物を主体とする獣医療サービスの多様化、産業動物（大動物）獣医師の人材確保及び公務員として行政に従事する獣医師など様々な社会的ニーズに合わせた教育が求められている。元々、獣医師国家試験ガイドライン（獣医事審議会 2014 改正）は存在したものの、このガイドラインは臨床獣医師や公衆衛生獣医師が獣医事に従事するために修得しておくべき項目であり、多様な分野をカバーする獣医学全般に適用できるものではなかった。そこで、東京大学を代表校として国公私立の獣医系 16 大学の教員及び外部協力者のもと、平成 21 年度（2009 年）の先導的大学改革推進委託事業として「獣医学教育モデル・コア・カリキュラムに関する調査研究」が始まり、平成 23 年（2011 年）に「獣医学教育モデル・コア・カリキュラム」（全国大学獣医学関係代表者協議会）が公表された。国家試験ガイドラインに示された 18 科目を基本として、「獣医学専門教育課程の標準カリキュラム」に修正を加え、講義科目としては 51 項目、実習科目としては 19 科目が選択された。獣医学教育では「基礎獣医学」「病態獣医学」「応用獣医学」「臨床獣医学科目」の四つの教育分野に分類されている。

筆者は公衆衛生学の研究室に所属しており、研究室では主に環境衛生学を専門としている。環境衛生学は「応用獣医学」に分類されており、人の健康を守り快適な生活を送るために、環境の状態を把握し、良好に維持・改善するための取り組みであり、生活に身近な廃棄物や飲料水の問題から地球温暖化など地球規模の問題まで含まれる。環境と人や動物の健康は密接に関係しており、環境の悪化が人や動物の健康を損なうとともに、水俣病に代表されるように、動物の健康の悪化は人への危害の予兆であることが示されている。獣医学では獣医療が中心であると考えられているが、もっと重要なことは、病気

にならない、病気になり難い環境作りであると筆者は考えている。そこで、環境衛生学分野では、水や大気、廃棄物、公害、地球環境、化学物質や放射線について学習する。中でも水質関係では上・下水道は公衆衛生の要であり、「維持されることが望ましい基準」がある河川や湖沼など環境衛生の中心とも言える領域である。本稿では、水質の環境基準や水道水に焦点を当てて講義させていただく。

## 2 環境衛生の中の水質の汚濁

まず、公害の定義である。公害の定義は環境基本法第二条三項に、「環境の保全上の支障のうち、事業活動その他の人の活動に伴って生ずる相当範囲にわたる」「大気の汚染」「水質の汚濁」「土壌の汚染」「騒音」「振動」「地盤の沈下」および「悪臭」とあり、これを典型七公害と言ひ、これらにより「人の健康又は生活環境に係る被害が生ずることをいう」とある。ここで、着目したいのは「大気の汚染」「土壌の汚染」と大気と土壌は汚染であるが、水質は汚濁となっている点である。水棲生物では農薬等の化学物質による汚染によりその水域で棲息できなくなる、あるいは死滅してしまう可能性が高い。さらに、地球温暖化などにより水温の上昇により餌となる生物も含め生物叢が変化してしまうことや夏期においては広域な溶存酸素濃度の低下により魚が大量に死んでしまうことなどがニュースなどでも報告されている。このように、汚染物質の混入・存在以外の要因も水棲生物に大きく影響を与えることから、「水質の汚濁」となっている。

水質汚濁に関する基準値としては、上流では水道水源となっていることも多いことから水道法における水質基準、水質全般的では環境基本法による環境基準があり、工場など特定施設では水質汚濁防止法における排水基準により水質が管理されている。水質基準では病原性微生物、有害成分および水の性状に関する項目など全 51 項目（厚生労働省令第 261 号）、環境基準では「人の健康の保護に関する環境基準（健康項目）」と生活環境の保

## 水質汚濁に関する基準

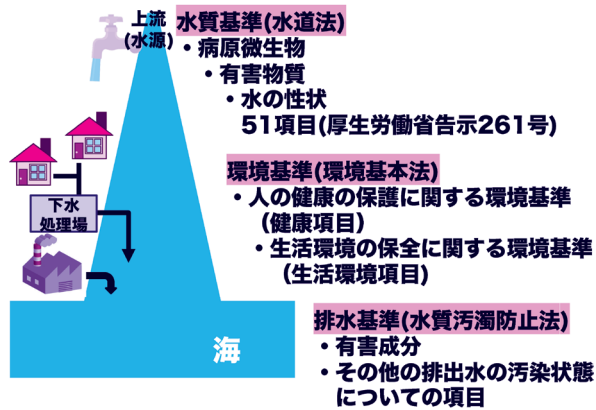


図1 水質汚濁に関する基準と法律

全に関する環境基準（生活環境項目）」に大別され、いわゆる有害成分と環境の指標となる項目が測定されている。排水基準では環境基準を超過しないよう排水基準が設定されており、有害成分とともに、排出水の汚染状態に関する項目を監視している（図1）。獣医師としてこれらの基準を事細かに覚える必要はないものの、重点を置いているポイントがいくつかある。① 水道水質における残留塩素と消毒副生成物について、② 環境基準や排水基準において基準値が「検出されないこと」となっている項目、③ 畜産関連の排水、である。もちろん、その他の項目についても重要であることに変わりはないことも言い添えておく。

### 2.1 水道水質における残留塩素と消毒副生成物について

水道水質基準の51項目については「水質基準に関する省令（平成十五年厚生労働省令第百一号）」で定められているが、残留塩素の基準については「水道法施行規則（昭和三十二年厚生省令第四十五号）」で、水道の給水栓（蛇口）で遊離残留塩素が0.1 mg/L以上（結合残留塩素の場合0.4 mg/L以上）保持されていることとされている。ここでは塩素消毒について考えてみたい。水道における塩素消毒は沈殿やろ過では完全に処理しきれない微生物や配水池から実際に使用される蛇口までの配水過程における微生物の混入による汚染を防ぐことを目的として、さらに、安価で容易に取り扱えることが求められていることから、日本では塩素消毒が主流となっている。塩素消毒には主に次亜塩素酸ナトリウムが使われており、水道原水に加えることで、遊離残留塩素として次亜塩素酸や次亜塩素酸イオン、結合残留塩素としてはアンモニア性窒素の存在した場合にモノクロアミンやジクロアミンが生成される。消毒の殺菌効果としては、一般に、オゾン＞二酸化塩素＞次亜塩素酸（HClO）＞次亜塩素酸イオン（ClO<sup>-</sup>）＞ジクロアミン＞モノクロアミンと言われており<sup>1)</sup>、遊離残留塩素が結合残留塩素に比

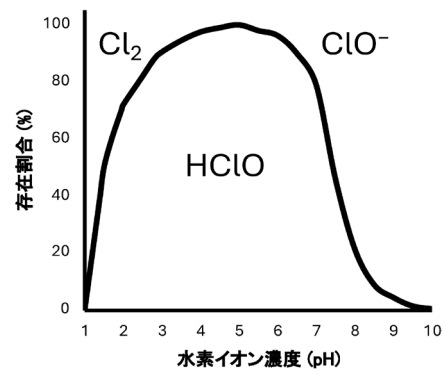


図2 pHによる次亜塩素酸（HOCl）の存在比率（概念図）

べ非常に殺菌効果が強く、迅速な殺菌効果を示す。一方、結合残留塩素の殺菌作用は持続性があるものの殺菌効果は遊離残留塩素の1/100程度と言われており非常に弱いものである。また、水のpHによっても次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在形態は変化し、pH4以下では塩素（Cl<sub>2</sub>）が存在し、pH4.4ではほぼ次亜塩素酸となる。pH7.5では次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比が1:1となり、pH10以上では次亜塩素酸イオンとして存在する（図2）<sup>2)3)</sup>。次亜塩素酸イオンよりも次亜塩素酸の方が殺菌効果は大きいことから、弱酸性から中性での塩素消毒により高い殺菌効果が得られる。水質基準では、pHは5.8～8.6と規定されている。実際の給水栓におけるpHは神奈川県では7.0～8.0の間にあることが報告されている（平成7年4月～平成8年1月）<sup>4)</sup>ことから、水道水中では次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンが共存していると考えられる。

### 2.2 環境基準や排水基準では基準値が「検出されないこと」となっている項目

獣医師には「人や動物の健康にとってより良い環境を維持し、地球生態系の保全に貢献するために、これまでの歴史と現状を学び、化学物質や病原微生物と健康とのかわりについての基礎知識と必要な関連法規を理解する。」ことが求められている<sup>5)</sup>。獣医師国家試験では基準値に「検出されないこと」となっている項目について問われることが多い。例えば、水質汚濁に関する環境基準のうち人の健康の保護に関する環境基準や地下水の水質汚濁に関する環境基準では「全シアン」、「アルキル水銀」、「ポリ塩化ビフェニル（PCB）」、土壌環境基準では上記に加え「有機燐（りん）」、一般排水基準では「アルキル水銀」である。

特に「アルキル水銀」については水俣病の原因物質と考えられており、人への影響が出る前にネコなど動物に影響が出ている点が獣医学教育の中では強調されている。さらに、アルキル水銀は有機物であることから、排出された海水中のアルキル水銀はプランクトンや魚類により生物濃縮され、ヒトやネコには高い濃度で曝露され

たとえられている。海水とプランクトン間ではモノメチル水銀の濃度は平均で $2 \times 10^5$ 倍程度であり、海水と捕食魚間では $2.5 \times 10^7$ 倍程度になると概算された報告もある<sup>6)</sup>。毒性としては、メチル水銀はアミノ酸の一種であるシステインと結合しメチオニン様の構造になり、血液-脳関門やプラセンタルバリアなどを通過し脳や胎児に移行し、中枢神経系の障害、手足の痺れや言語障害などを引き起こす。大気中の総水銀濃度は日本全体で平均的 $1.7 \text{ ng/m}^3$ と非常に低く<sup>7)</sup>、残念ながら現在の日本では関心は低い。一方、厚生労働省からは「妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項（平成17年：平成22年改訂）」が発表され、生物濃縮で高濃度の水銀が含まれる鯨類を含む魚介類の摂食について注意を促している。また、RoHS指令などでは蛍光灯中の水銀が規制対象となっており、関係者には切実な問題となっている。水銀は小規模金採掘で大量に消費されており、世界的には水銀問題は現在進行形である。

また、PCBも環境基準においては「検出されないこと」となっており、POP条約（残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約）で附属書A（廃絶）と附属書C（非意図的生成物）の規制対象となっている。PCBは1968年に発生した食中毒事件であるカネミ油症事件をきっかけにその毒性が注目された。同時期にはPCBが混入したダークオイル配合飼料を与えられた鶏が西日本で大量に死亡する事件も起こっている。ダークオイルとは油かすや飛沫油などを再利用して作られた油である。PCBはこの事件のきっかけとなった熱媒体としてだけではなく、コンデンサーなどの絶縁油やインクの添加剤として利用されている。1972年には、日本において「PCB特別措置法」が制定され、高濃度PCB廃棄物は処分期限が延期され令和8年、低濃度PCB廃棄物は令和9年までに廃棄することが定められている。

### 2・3 畜産関連の排水

獣医学教育では家畜生産にかかわる諸問題の一つとして家畜糞尿による悪臭や河川水などの水質汚濁、湖沼の富栄養化、地下水の硝酸塩汚染など環境衛生と重複する問題も数多く取り上げられている。

水質汚濁の代表的な項目である生物化学的酸素要求量（BOD）と化学的酸素要求量（COD）は、いずれも有機物の汚染指標として環境基準項や一般排水基準が設定されている。どちらも有機物汚染の指標であるが、BODは河川と海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排出水に適用されるのに対し、CODは湖沼や海域及びそれらに排出される排出水に適用されている。これらの違いを単に覚えるのではなく、BODは実際の環境中で微生物により有機物がどれくらい分解されるのかを表す指標であり、またCODは閉鎖水域で迅速な測定が可能であることを理解することがポイントとなる。単純

に両者を比較することはできないが、データを集積し、BODの希釈を予測するためにCODの結果を参考にする試験所もある。麻布大学ではBODについては検査に5日間を要することから、家畜衛生学実習における実習ではCODを取り上げている。

水質汚濁では富栄養化に関する検査も重要である。特に窒素は、タンパク質→アミノ酸→アンモニア（アンモニウムイオン）→亜硝酸イオン→硝酸イオン→窒素と存在形態が変化することから、湖沼及び海域の環境基準で全窒素、一般排水基準では有害物質としてアンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物、その他の項目として窒素含有量が規制項目となっている。全窒素の分析では最終測定形態としてアンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオンなどで測定されている。麻布大学では獣医公衆衛生学実習Ⅱで河川水や井戸水の全窒素測定（JIS K0102-2 17.3 酸化分解-紫外線吸光光度分析法）を取り入れている。試料としては比較的有機物の少なく、窒素量も排水に比べると非常に少ない試料を模擬試料としている。前処理はオートクレーブ（高圧蒸気滅菌器）を用いた分解を実施している。実習では上澄をとる作業や硝酸塩の形成を防ぐためにpHを2-3に調整することなど一つずつの工程が意味を持っていることを説明している。実習では3回以上の繰り返し測定を実施し、標準偏差や異常値の出現程度から、前処理の精度確認を行い、まず、自分たちが測定した結果は測定値を評価するのに値するのか、を学生に考えさせ、レポートとして報告させている。講義では一方通行であるが、実習ではその場でのアドバイスや注意を行い、理解を深めている。

### 2・4 その他

ここ数年の話題（？）といえ、大腸菌である。いち早く水道の水質基準では大腸菌が基準項目となったが、環境基準については2023年から、排水基準については2025年から導入された。それ以前には大腸菌群が検査項目であり、「グラム陰性、無芽胞の桿菌（細長い菌）で、乳糖を分解して酸とガスを産生する好気性或いは通性嫌気性の菌群」と食品卫生法の食品、添加物等の規格基準で定義されている。大腸菌群は糞便汚染の指標として、あるいは食品卫生の指標として、赤痢菌やパラチフス菌、コレラ菌などの腸管系病原微生物の汚染の可能性を検査するものである。迅速・簡便・廉価に検査できる項目として長い間大腸菌群が検査項目となっていた。しかし、糞便汚染とは関係のない土壌などの環境中にも大腸菌群に属する菌（*Klebsiella*, *Citrobacter* など）が含まれることから、より糞便汚染との関連の強い項目が検討され、簡便な検査方法も開発されたことから大腸菌数が検査項目となっている。糞便汚染の指標としての条件は、「人や動物の排泄物中に大量に存在すること」、「人や動

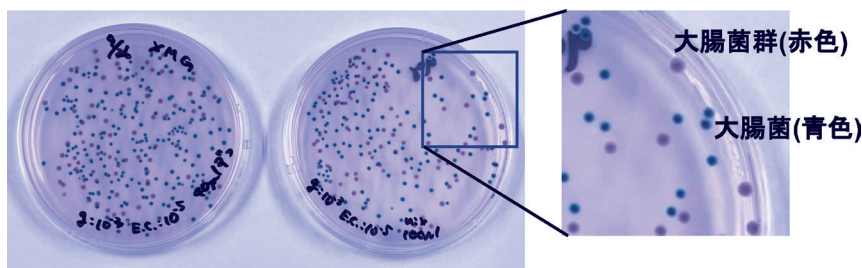


図3 大腸菌数の検査（混釈法）  
大腸菌（青色のコロニー）と大腸菌群（赤色のコロニー）に区別して検出できる。

物の排泄物以外には存在しないこと」，「水域において，ある程度の生存力があること」および「検査方法が簡便で再現性があること」の四つが挙げられている．検査方法としては，酵素基質として5-ブロモ-4-クロロ-3-インドリル- $\beta$ -D-グルクロニド（X-GLUC）を含む特定酵素基質寒天培地法が指定されている．この方法は環境水中の菌類をメンブレンフィルター上に集め（濃縮），培地上にフィルターを置くことで，大腸菌は青色のコロニー，大腸菌群の菌属は赤色のコロニーを作るもので，青色のコロニーを数えて検査する．試料中の大腸菌が多いことが予想される場合には混釈法が適用される．コンタミネーションに気をつけて無菌操作により簡便に検査できるのが特徴であり，培地も市販されている．ちなみに実習では，大腸菌と大腸菌群を含む模擬試験水を調製し混釈法を適用し，試料を段階希釈し，35℃で20時間の培養後，大腸菌および大腸菌群のコロニーを計測する．この模擬試験水の調製が難しい．菌濃度や菌数のバランスがわからないので，実習では実際の測定よりも希釈段階を多く設定する．実習では無菌操作による汚染防止，正確な段階希釈，混釈法では試料（希釈試料）と培地の混合がポイントとなる．その検査結果を図3に示す．35℃で20時間培養すると（本稿では色の区別はつかないかもしれないが），大腸菌は青色のコロニー，大腸菌群は赤色のコロニーができ，そのコロニー数をカウントする．基準値付近の大腸菌を検出するためには類型AAの河川（環境基準20 CFU/100 mL以下）ではメンブレンフィルターによる濃縮が必要であり，排水（排水基準800 CFU/mL以下）では試料を希釈し混釈法で検査することが適当であると考えられる．

### 3 最後に

環境基準や一般排水基準では検査項目や基準値は定期的に見直しされ，修正が加えられることから，環境行政の動静には常に気を配る必要がある．水道水水質では2026年4月からPFOS（perfluorooctane sulfonic acid）及びPFOA（perfluorooctanoic acid）が水質基準に追加される．PFOS及PFOAはそれぞれPOPs条約の付属書B及び付属書Aに指定されており，これら二つの物質

だけではなく関連物質もPOPs条約で指定されている．環境中では非常に微量であるものの，日本では各地の飲料水や水源水質で検出されている．その他にも水道水質では水質管理目標設定項目が27項目，農薬類（水質管理目標設定項目15）も多数指定されており，今後，水質基準項目は増えることが予想される．水道法の第一条には「この法律は，水道の布設及び管理を適正かつ合理的ならしめるとともに，水道の基盤を強化することによって，清浄にして豊富低廉な水の供給を図り，もつて公衆衛生の向上と生活環境の改善とに寄与することを目的とする．」とある．水道水質の適切な管理により豊富で低廉な水が供給されることを期待する．

### 文 献

- 1) 小泉 清：水質汚濁研究，11，277（1988）．
- 2) 厚生労働省：次亜塩素酸水と次亜塩素酸ナトリウムの同類性に関する資料（<https://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/08/dl/s0819-8k.pdf>），（2026年4月15日）．
- 3) 獣医公衆衛生学教育研修協議会編：「獣医公衆衛生学」p374（2024）．
- 4) 神奈川県営水道の水質検査結果－神奈川県ホームページ水質基準項目の検査結果 令和7年度（令和7年4月～令和8年1月分），（<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/w6a/wqa/res2.html>），（2026年3月23日）．
- 5) 全国大学獣医学関係代表者協議会：「獣医学教育モデル・コア・カリキュラム2019年度版」，p83（2019）．
- 6) 河合 徹：地球規模の水銀循環と動態予測，国立環境研究所ニュース，40，（<https://www.nies.go.jp/kanko/news/40/40-6/40-6-04.html>），（2026年1月18日），（2022）．
- 7) 環境省：令和5年度大気汚染状況について（有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告），（[https://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon\\_r02/index\\_00003.html](https://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_r02/index_00003.html)），（2026年1月21日），（2025）．



杉田 和俊（SUGITA Kazutoshi）  
麻布大学（〒252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺1-17-71）．愛媛大学農学部，博士（理学）．環境計量士（濃度，騒音・振動）．《現在の研究テーマ》環境中の有害成分や指標物質の検出・測定．《主な著書》「獣医公衆衛生学」，獣医公衆衛生学教育研修協議会編，（文永堂出版）pp410-411，pp432-435（2024）．《趣味》愛犬との散歩＋フリスビー，通勤時の読書，料理．  
E-mail：sugita@azabu-u.ac.jp