



愛研技術通信

掲 示 板

法令・告示・通知・最新記事・その他

○「下水道及び水環境における化学物質の影響評価」

国立研究開発法人 土木研究所 シンポジウム講演資料抜粋

国立研究開発法人 土木研究所 水環境研究グループは、下水処理水の生物影響や下水処理プロセスにおける化学物質等の処理方法について研究を行い、平成30年2月16日に開催された「化学物質の安全管理に関するシンポジウム」で発表されました。本号では、この研究成果の一部を紹介します。なお、講演資料(PDF)は次のURLから入手可能です。

http://www.nies.go.jp/risk_health/chemsympo/2017/index.html

【1. はじめに】

下水道の整備に伴い、日常生活や事業場で使用・廃棄された多くの物質が下水処理場に流入します。下水処理水中には流域で使用された後、排出された化学物質が含まれると考えられますが、その影響を評価するには機器分析では限界があります。近年、生物学的な応答から水質を評価する生物応答試験が世界的に注目されており、日本でも環境省が生物応答を用いた排水管理の導入を検討しています。試験方法として、生物応答を用いた排水試験法(検討案)が2013年に提案・公表されており、事業場排水の水生生物影響に関する知見は増えつつあるものの、下水処理水を対象とした知見は少なく、その充実が求められています。

そこで本研究では下水処理による生物影響削減効果を評価することを目的とし、実下水処理場で得られた試料を対象として、生物応答試験により生物影響を評価しました。また、毒性同定評価によって下水中の生物影響物質に関する知見の収集を行いました。

【 2. 実験材料及び実験方法 】

1) 下水の採水

日本国内6箇所の下水処理場の流入下水と終沈流出水（下水処理水）を各季節に採取し、試験に供しました。処理場の処理方法は標準活性汚泥法、嫌気好気活性汚泥法、オキシデーショングイッチ法、嫌気好気ろ床法です。

2) 試験生物と試験概要

2)-1-1 ムレミカヅキモを用いた生長阻害試験

生物応答を用いた排水試験法（検討案）に基づき、指数増殖期に達するよう培養したムレミカヅキモを、検水に72時間暴露し、生長速度を算出しました。

2)-1-2 ニセネコゼミジンコを用いた繁殖阻害試験

生物応答を用いた排水試験法（検討案）に基づき、生まれて間もないニセネコゼミジンコの仔虫を試験水で約1週間飼育し、試験期間中にそのミジンコが生む仔虫の数を対照区と各濃度区間で比較することで、排水の生物影響の有無を測りました。

2)-1-3 ゼブラフィッシュを用いた胚・仔魚期の短期毒性試験

生物応答を用いた排水試験法（検討案）に基づき、産卵後間もない受精卵を試験に使用し、約9日間の試験期間中に、受精卵が正常に分裂し、ふ化するかを観察しました。

ふ化率及びふ化後生存率を算出し、ふ化の遅延も加味した生存指標を求めました。

2)-2 毒性同定評価（TIE）

排水試験で影響が見られた（NOECが40以下）流入下水と下水処理水に対し、米国環境保護庁（U. S. EPA）が公布する慢性毒性同定評価を参考に毒性同定評価（TIE: Toxicity Identification Evaluation）を行いました。

流入下水あるいは下水処理水80%に対し、無処理、チオ硫酸ナトリウム添加（5mg/L）、EDTA〔エチレンジアミン四酢酸〕添加（0.5mg/L、EDTA二水素二ナトリウムを使用）、ばっ気（下水試料100% 1L/1L air、1時間、ばっ気後に20%に希釈）、pH調整（pH約6.5に調整）の前処理を行いました。また、SPE〔Solid Phase Extraction、固層抽出〕カラム（Sep-Pak C18, Waters社）を用い、試料を1.0μmポアサイズフィルターでろ過後にSPEカラムに通水したもの（SPEカラム通過水）、及びSPEカラムに吸着した物質をメタノールで溶出し蒸留水に添加したもの（メタノール溶出物）も前処理水として同様に試験しました。

表-1に、各前処理と生物影響に寄与する化学物質（群）との関係を示します。

3) 毒性評価方法

生物応答を用いた排水試験法（検討案）では、対照系と比較して統計学的に有意な低下が認められない最も高い試料割合を、無影響濃度NOEC（No Observed Effect Concentration）、NOECの逆数をとった値をTU（Toxic Unit）とすることになっています。TUは、放流先で毒性影響が見られなくなるために必要な希釈倍率であり、TUが10を超える場合改善の必要ありと評価され

ることが想定されています。これは、放流先で約10倍に希釈されるという想定のもと、排水基準が水質環境基準の10倍に設定されていることに倣っています。

本試験では生物影響の有無を調査する目的で、NOECが40以下であるものを毒性ありとしました。また、毒性同定評価では、無処理区と比較して統計学的に有意な差が認められた場合、前処理による生物影響の改善が見られたと評価しました。

表-1 前処理によって生物影響が変化する化学物質のまとめ。

	pH調整	ろ過	ばっ気	SPE	チオ硫酸ナトリウム	EDTA	物性
酸化物（塩素を含む）			○		○		4°C保存で時間とともに生物影響消失
アンモニア	○ ¹						
無極性有機物				○			SPEカラムのメタノール溶出物に生物影響あり
界面活性剤		○	○	○			4°C保存で時間とともに生物影響消失
陽イオン金属		○ ²		○	○	○	
全溶解固形分（TDS）	△			△	△	△	

○：生物影響が低下

○¹：pHが低いほど生物影響小

○²：pH調整とろ過を組み合わせると生物影響低下

△：生物影響が低下しない

SPE：固相抽出（Solid Phase Extraction）

EDTA：エチレンジアミン四酢酸

* 米国環境保護庁の資料の記述をもとに作成

【 3. 実験結果 】

3)-1 WET試験結果

図-1に各下水処理場におけるWET試験結果及び毒性同定評価（TIE）結果をまとめました。

流入水ではムレミカズキモの95%で、ゼブラフィッシュの生存率の89%でNOECが40以下になり生物毒性が検出されました。

下水処理水（終沈流出水）では、流入水に比べ影響が軽減されましたが、嫌気好気ろ床処理であるF処分場ではムレミカズキモで生物影響が残りました。また、標準活性汚泥処理のA処分場と嫌気好気活性汚泥処理であるF処分場で、ニセネコゼミジンコが流入水では生物毒性が検出されませんでした。処理水で生物毒性が検出されました。

3)-2 毒性同定評価（TIE）

WET試験でNOEC（最大無影響濃度）が40以下であった試料について毒性同定評価（TIE）を行ったところ、流入下水ではムレミカズキモの主な影響物質はアンモニア、無極性有機物及び界面活性剤と推定されました。ゼブラフィッシュの主な影響物質は酸化物及び界面活性剤と推定されました。下水処理水（終沈流出水）では、ムレミカズキモの主な影響物質は酸化物、アンモニア及び界面活性剤と推定されました。ニセネコゼミジンコの主な影響物質はアンモニア及び陽イオン金属と推定されました。

WET試験結果(流入下水 NOEC ≤ 40)

P: ムレミカツキモ, C: ニセネコゼミジンコ, D⁺: ゼブラフィッシュ(発生率), D⁻: ゼブラフィッシュ(生残率)



場所	タイプ	年	月	WET				TIE																	
				NOEC				酸化物			アンモニア			無機性有機物			界面活性剤			陽イオン金属			総溶解固形分		
				P	C	D ⁺	D ⁻	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D
A	標準活性汚泥	2014	10	≥80	/	≥80	40																		
			1	10	≥40	40	40	○																	
B	標準活性汚泥	2014	9	42	/	≥80	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
			12	40	/	≥80	40																		
			3	20	≥40	20	20	○																	
C	標準活性汚泥	2014	11	5	/	40	40	○	/	○		/	○	/	○	/	○	/	○	/	○	/	○	/	
			2	10	≥40	≥80	40																		
			5	20	≥40	≥80	40																		
D	嫌気好気活性汚泥	2015	1	20	20	40	40		/	○															
			4	40	≥40	≥80	≥80	○																	
			7	20	≥40	40	40																		
E	オキムシ(アムシ)リフト	2016	1	20	≥40	≥80	40																		
			7	20	≥40	40	20																		
			2	20	≥40	≥80	≥80	○																	
F	嫌気好気ろ床	2016	8	20	≥40	≥80	≥80																		
			8	20	≥40	≥80	≥80																		
全体に対する割合				95%	5%	37%	80%	26%	58%	42%	11%	47%	11%	47%	74%	5%	5%	5%	5%						

NOEC ≤ 40の場合、ムレミカツキモ、ゼブラフィッシュ(生残率)で検出されやすい。(NOEC ≤ 10は少ないが。)

ムレミカツキモはアンモニア、無機性有機物、界面活性剤で影響が検出されると推察される。

ゼブラフィッシュは酸化物、界面活性材で影響が検出されると推察される。

完全一致ではない

WET試験結果(終沈の流出水)

P: ムレミカツキモ, C: ニセネコゼミジンコ, D⁺: ゼブラフィッシュ(発生率), D⁻: ゼブラフィッシュ(生残率)



場所	タイプ	年	月	WET				TIE																	
				NOEC				酸化物			アンモニア			無機性有機物			界面活性剤			陽イオン金属			総溶解固形分		
				P	C	D ⁺	D ⁻	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D	P	C	D
A	標準活性汚泥	2014	10	≥80	/	≥80	≥80																		
			1	40	<5	≥80	≥80	○																	
B	標準活性汚泥	2014	9	≥83	/	≥80	≥80																		
			12	≥80	/	≥80	≥80																		
			3	10	≥40	≥80	≥80	○																	
C	標準活性汚泥	2014	11	≥80	/	≥80	≥80																		
			2	40	≥40	≥80	≥80	○																	
			5	≥80	≥40	≥80	≥80																		
D	嫌気好気活性汚泥	2015	1	40	<5	≥80	≥80	○	/																
			4	≥80	<5	≥80	≥80																		
			7	≥80	<5	≥80	≥80																		
E	オキムシ(アムシ)リフト	2016	1	40	≥40	≥80	≥80																		
			7	≥80	≥40	≥80	≥80																		
			2	20	≥40	≥80	≥80	○																	
F	嫌気好気ろ床	2016	8	20	≥40	≥80	≥80																		
			8	20	≥40	≥80	≥80																		

終沈流出水では流入下水に比べて影響が軽減された。
 → 嫌気好気ろ床は影響が残った
 → ゼブラフィッシュの影響は全て見られなかった

ニセネコゼミジンコは金属に対して感受性が高い。
 → 原因は金属特性変化? 貧栄養水化?

図-1 流入下水及び方流水のWET試験及びTIE結果

【 4. 考察 】

WET試験では、各処理場とも下水処理水では生物影響が低減あるいは消失したことから、処理場での下水処理によってこれらの化学物質による生物影響が削減されたと考えられました。また、冬季に生物影響が見られました。生物影響が見られたのは水温低下によって生物活性が他の時期よりも相対的に低下し、そのことが生物影響化学物質の除去能低下を引き起こし、その結果として下水処理水中に一部の生物影響化学物質が残存したと推定されました。

下水処理水のTIEで、ニセネコゼミジンの主な影響物質はアンモニア及び陽イオン金属と推定されました。ニセネコゼミジンは金属に対して感受性が高いといわれています。下水処理により金属特性が変化した可能性が考えられますが、処理により有機物が分解され貧栄養化した水中で繁殖が抑制された可能性も考えられます。

環境省はWEB上で個別事業所ごとのPRTRデータを公表しています（PRTRけんさくくん）。この公開情報から処理場に対する流入化学物質種が推定できます。推定された流入化学種と、TIEで示された生物影響物質との関連性があることが分かりました。このような公開情報は下水試料中の生物影響物質の推定や同定を行う上で参考になることが示唆されました。本研究で実施した、PRTR情報の活用、生物応答試験、毒性同定評価の一連の調査研究手法は、下水道における新しい排水管理手法になり得ると考えられました。

○ 「 第 9 次粉じん障害防止総合対策の推進について 」

平成30年2月9日 厚生労働省労働基準局長通達抜粋

厚生労働省は、粉じんによる健康障害の防止を図るため、第9次粉じん障害防止総合対策を策定し、今後5年間に特に実施すべき措置として総合対策の重点事項につき「粉じん障害を防止するため事業者が重点的に講ずべき措置」を取りまとめ、関係団体等に対し総合対策の周知と講ずべき措置の実施について要請しました。

【 第 9 次粉じん障害防止総合対策の概要 】

「目的」

じん肺新規有所見労働者の発生状況、8次にわたる粉じん障害防止対策の推進状況を踏まえ、重点事項に基づき今後5年間に於いて事業者が特に実施すべき措置を「粉じん障害を防止するため事業者が重点的に講ずべき措置」として示し、その周知及び当該措置の実施等を図ることにより、粉じん防止対策のより一層の推進を図ることを目的とする。

「総合対策の推進期間」

平成30年度から平成34年度まで

「粉じん障害を防止するため事業者が重点的に講ずべき措置」

- (1) 屋外における岩石・鉱物の研磨作又ははばり取り作業及び屋外における鉱物等の破碎作業に係る粉じん障害防止対策
- (2) ずい道等建設工事における粉じん障害防止対策
- (3) 呼吸用保護具の使用の徹底および適正な使用の推進
 - ・作業場ごとに「保護具着用管理責任者」の選任
 - ・呼吸用保護具の適切な選択、使用及び保守管理
 - ・電動ファン付き呼吸保護具の活用
- (4) じん肺健康診断の着実な実施
 - ・じん肺健康診断の実施の徹底
 - ・じん肺有所見労働者に対する健康管理教育の推進
- (5) 離職後の健康管理の推進
 - ・「離職するじん肺有所見者のためのガイドブック」の交付
 - ・離職後の健康管理に必要な書類の労働者への提供
- (6) その他地域の実情に即した事項
 - アーク溶接作業、岩石等の裁断等作業、金属等の研磨作業は第8次粉じん障害防止対策の「粉じん障害を防止するため事業者が重点的に講ずべき措置」を引き続き講ずること。
- (7) その他の粉じん作業又は業種に係わる粉じん障害防止対策
 - 事業者は上記の措置に加え、作業環境測定の結果、じん肺新規有所見労働者の発生状況、職場巡視の結果等を踏まえ、適切な粉じん障害防止対策を推進すること。

○第五次環境基本計画（案）の公表及び本案に対する意見の募集 （パブリックコメント）について

平成30年2月27日 環境省 報道発表抜粋

中央環境審議会総合政策部会は、第五次環境基本計画の策定に向けて、議論を進めてまいりました。この度、第五次環境基本計画（案）を作成しましたので、公表致します。また今後の答申案の作成に向けた審議の参考とするため、2月27日（火）から3月19日（月）まで、本案について広く国民の皆様の御意見を募集いたします。

【 環境基本計画とは 】

環境基本計画とは、環境基本法第15条に基づき、環境の保全に関する総合的かつ長期的な施策の大綱等を定めるものです。計画は約6年ごとに見直しをしています（現行の第四次計画は平成24年4月に閣議決定）。平成29年2月に環境大臣から計画見直しの諮問を受け、中央環境審議会において検討中を進めてきました。今後、パブリックコメントを経て、本年春頃閣議決定予定です。

【 第五次環境基本計画（案）の概要 】

基本計画（案）では、環境・経済・社会の状況と課題を踏まえ新たな文明社会を目指し、大きく考え方を転換(パラダイムシフト)していくことが必要だと指摘しています。

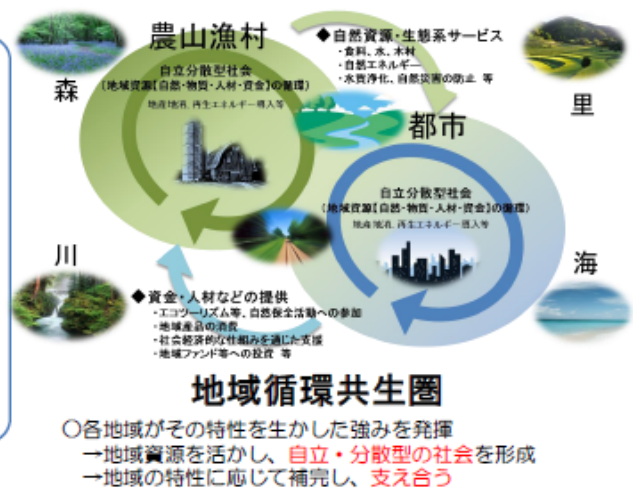
また「持続可能な開発目標（SDGs）」の考え方を活用し、環境・経済・社会の統合的向上を具体化するため、「持続可能な生産と消費を実現するグリーンな経済システムの構築」、「国土のストックとしての価値の向上」、「地域資源を活用した持続可能な地域づくり」、「健康で心豊かな暮らしの実現」、「持続可能性を支える技術の開発・普及」、「国際貢献による我が国のリーダーシップの発揮と戦略的パートナーシップの構築」の6つを重点戦略として進めることとしています。

環境政策による経済社会システム、ライフスタイル、技術といったあらゆる観点からのイノベーションの創出と経済・社会的課題の同時解決を実現することにより、将来に渡って質の高い生活をもたらす「新たな成長」につなげていくことを目標としています。

目指すべき社会の姿

1. 「**地域循環共生圏**」の創造。
2. 「**世界の範となる日本**」の確立。
 - ※ ① **公害を克服した歴史**
 - ② **優れた環境技術**
 - ③ 「**もったいない**」など**循環**の精神や**自然と共生**する伝統

有する我が国だからこそできることがある。
3. これらを通じた、**持続可能な循環共生型の社会（「**環境・生命文明社会**」）**の実現。



本計画のアプローチ

1. SDGsの考え方も活用し、**環境・経済・社会の統合的向上を具体化**。
 - 環境政策を契機に、あらゆる観点から**イノベーション**を創出
 ー経済、地域、国際などに関する諸課題の**同時解決**を図る。
 ー将来にわたって質の高い生活をもたらす「**新たな成長**」につなげていく。
2. **地域資源を持続可能な形で最大限活用**し、経済・社会活動をも向上。
 - 地方部の維持・発展にもフォーカス → **環境で地方を元気に！**
3. より幅広い**関係者と連携**。
 - 幅広い関係者との**パートナーシップを充実・強化**

図. 第五次環境基本計画の基本的方向性

6つの重点戦略


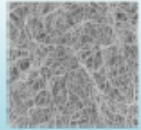

<p>① 持続可能な生産と消費を実現する グリーンな経済システムの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ E S G投資、グリーンボンド等の普及・拡大 ○ 税制全体のグリーン化の推進 ○ サーバサイジング、シェアリング・エコノミー ○ 再エネ水素、水素サプライチェーン ○ 都市鉱山の活用 等  <p>海上風力発電施設 (H28環境白書より)</p>	<p>② 国土のストックとしての価値の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 気候変動への適応も含めた強靱な社会づくり ○ 生態系を活用した防災・減災 (Eco-DRR) ○ 森林環境税の活用も含めた森林整備・保全 ○ コンパクトシティ・小さな拠点+再エネ・省エネ ○ マイクロプラを含めた海洋ごみ対策 等  <p>土砂崩壊防備保安林 (環境省HPより)</p>
<p>③ 地域資源を活用した持続可能な地域づくり</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地域における「人づくり」 ○ 地域における環境金融の拡大 ○ 地域資源・エネルギーを活かした収支改善 ○ 国立公園を軸とした地方創生 ○ 都市も関与した森・里・川・海の保全再生・利用 ○ 都市と農山漁村の共生・対流 等  <p>バイオマス発電所 (H29環境白書より)</p>	<p>④ 健康で心豊かな暮らしの実現</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 持続可能な消費行動への転換 (倫理的消費、COOL CHOICEなど) ○ 食品ロスの削減、廃棄物の適正処理の推進 ○ 低炭素で健康な住まいの普及 ○ テレワークなど働き方改革+CO2・資源の削減 ○ 地方移住・二地域居住の推進+森・里・川・海の管理 ○ 良好な生活環境の保全 等  <p>森里川海のつながり (環境省HPより)</p>
<p>⑤ 持続可能性を支える技術の開発・普及</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 福島イノベーション・コースト構想→脱炭素化を牽引 (再エネ由来水素、浮体式洋上風力等) ○ 自動運転、ドローン等の活用による「物流革命」 ○ バイオマス由来の化成品創出 (セルロースナノファイバー等) ○ AI等の活用による生産最適化 等  <p>セルロースナノファイバー (H29環境白書より)</p>	<p>⑥ 国際貢献による我が国のリーダーシップの発揮と戦略的パートナーシップの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 環境インフラの輸出 ○ 適応プラットフォームを通じた適応支援 ○ 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」シリーズ ○ 「課題解決先進国」として海外における「持続可能な社会」の構築支援 等  <p>日中省エネ・環境フォーラム に出席した中川環境大臣</p>

図. 第五次環境基本計画の重点戦略

編集後記

2月9日から25日に平昌オリンピック、3月9日から18日に平昌パラリンピックが開催されました。数多くのメダル獲得に沸く大会でしたが、メダルを獲得した選手以外でも自己ベストをマークした選手が多くいたことも印象的でした。冬季競技は、天候や使用する道具の影響を受けやすい競技です。メダル獲得も立派ですが、与えられた条件でベストをつくす姿も感動的でした。

(A. K.)



株式会社 愛 研

(<http://www.ai-ken.co.jp>)

本 社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710

電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641

半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65

電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749