

# 平成29年度までの事業の事業場毎の 結果・今後の予定

(事業場A, B, C, E, G, H, J, K, L)

※本資料に記載された情報やデータには、暫定的な内容も含まれ、今後の検討会・WGでの議論を踏まえた追加での調査や結果の分析、各協力事業者からの情報提供等により、内容が追加・更新される可能性があります。

※各事業場から聞き取った内容は可能な限りそのまま掲載しています。このため、本検討会においてこれまでに整理された用語の定義と異なる意味で「WET試験」等の用語が使われている場合があります。

# A事業場

## (印刷・同関連業)

## A事業場：事業場の概要

業種	印刷・同関連業
応募理由	排水基準は厳守しているが、排水の生物影響については未知の部分も多いことから、社として基礎的データ収集に継続して取り組んでおり、今回事業もこの一環として参加した。
主な製造品目等	包装関連製品
生産工程で使用する主な原料・薬剤	(公表不可)
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	(公表不可) m <sup>3</sup> /日
排水放流先	河川
H27以前業務への協力実績の有無	無

## A事業場：排水処理方式等の概要

排水処理方式	生物処理(活性汚泥法)、中和処理
排水処理で使用する主な薬剤	凝集剤(ポリ塩化アルミニウム)、中和剤(水酸化ナトリウム)、炭酸ガス
排水口の数	複数
排水処理のフロー	次の経路1～4から発生する排水が合流後、河川に放流 経路1 活性汚泥処理 経路2 生物処理 経路3 炭酸ガス中和装置 経路4 処理なし(処理不要)
塩素処理の有無	無
放流排水への海水・中和塩混入の有無	無

## A 事業場：生物応答試験の対象水（H28）

採水時期	1月中旬
試験対象排水の概要	生産工程由来の排水と生活系排水が混合した排水（生活系排水が主）
試験対象排水の組成 （利用水源）	工業用水
採水地点	経路1～4が合流した後の最終放流口
当該排水口からの日 平均排水量	（公表不可）m <sup>3</sup> /日

# A事業場：昨年度の生物応答試験の結果（H28）

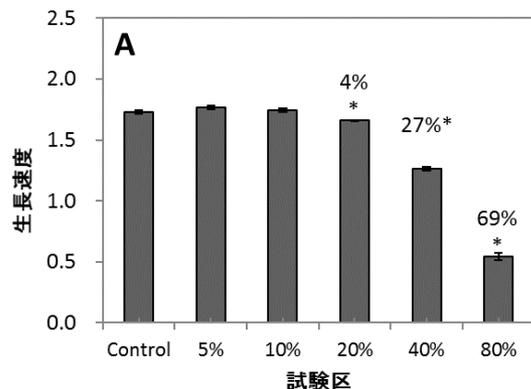
- 藻類試験では、排水濃度20%以上の試験においてコントロールに対して有意な影響がみられたことから、NOEC(影響が生じなかった最大の試験濃度)は10%と算出。
- ミジンコ試験と魚類試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。なお、ミジンコ試験では排水濃度の増加に従って産仔数が増加したが、これは有害影響としない。

	ムレミカツキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度(NOEC)(%)	10	80	80
Toxic Unit (TU)※	10	1.25	1.25

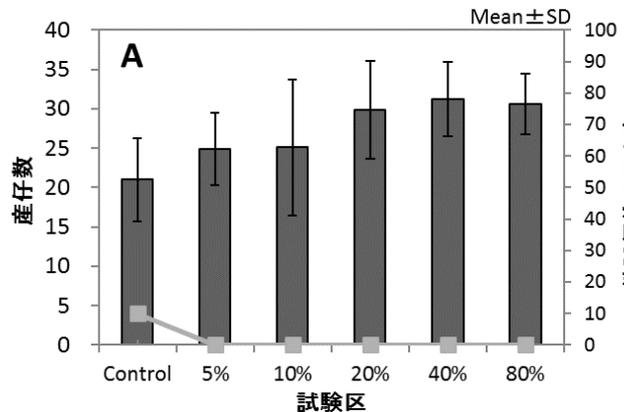
※100/NOECで表される量

## 各排水濃度(%)における影響評価結果

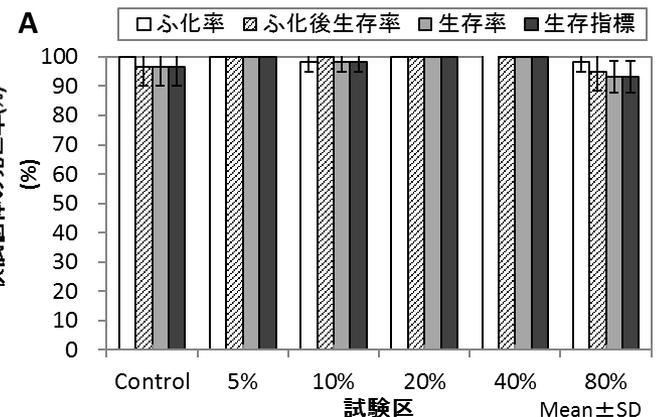
### 藻類



### ミジンコ



### 魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

# A 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等① (H28)

試験結果についての受け止め・感想	<ul style="list-style-type: none"><li>・環境省事業として費用負担なしに排水の生態影響評価を実施してもらえる点は大きなメリット</li><li>・甲殻類、魚類の結果(ほぼ影響なし)については想定通り。</li><li>・藻類への影響は想定より大きかったが、NOECが10%(TU=10)という結果であり、環境影響は大きくないと考えている。</li><li>・今回の試験排水は基本的に生活排水であり、特殊な化学物質の含有は想定されないことから、過去の一般的な知見等から排水改善が可能であれば実施していきたい。</li></ul>
試験結果を受けた今後の取組予定	<p>①結果の公表</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・工場発行の資料等で公表する予定。</li><li>・工場排水の評価にWET試験を導入している取組概要を環境報告書に掲載することを検討。</li></ul> <p>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・今回試験結果とは別途に、排水のBOD低減のため、既にいくつかの対策を検討中。可能であればこの対策の中でWET試験の結果との関連性を確認したい。</li></ul>
想定される排水毒性原因	排水の一部に添加された次亜塩素酸(注: TU>10の試験結果はなかったが、参考として記載)
上記取組を行う(行わない)理由	本試験結果とは別の観点(BOD低減)から対策を実施予定があったため。

## A 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等②（H28～29）

<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有（同じ事業場で継続調査が可能であれば是非実施したい。別の事業場での応募が可能であれば、製造品目の異なる排水の評価を併せて希望したい。）</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水改善等に向けて再評価等のための生物応答試験を実施していくにあたっては、試験費用の面で課題がある。OECDテストガイドラインや環境省が提案している排水を対象とした生物応答試験法よりも簡便で安価な評価方法（特にセンサー等を用いた計測やシミュレーションを活用した方法など）の開発をお願いしたい。</li> <li>・試験結果の再現性の確保等は課題。</li> <li>・試験結果を評価し、排水改善に繋げていくには、現状は専門的知見を有した人材がいなければ容易でない（結果の評価等に相当高度な専門的知見が必要）。</li> <li>・社名や事業場名が特定されない限り、試験結果の取扱いについては特段要望はない。（社名等が公表されると、近隣住民などから問い合わせが入り、対応が必要になるという懸念がある）</li> <li>・ミジンコへの影響（産仔数増加）に対する季節変動の影響が懸念されるため、夏季に試験を実施したい。（※）</li> </ul>

※29年度事業に係る要望

# A事業場：今年度の試験計画（季節変動調査）（H29）

## 〔背景〕

季節による排水性状の変化が生物影響に与える影響が懸念される。

## 〔目的〕

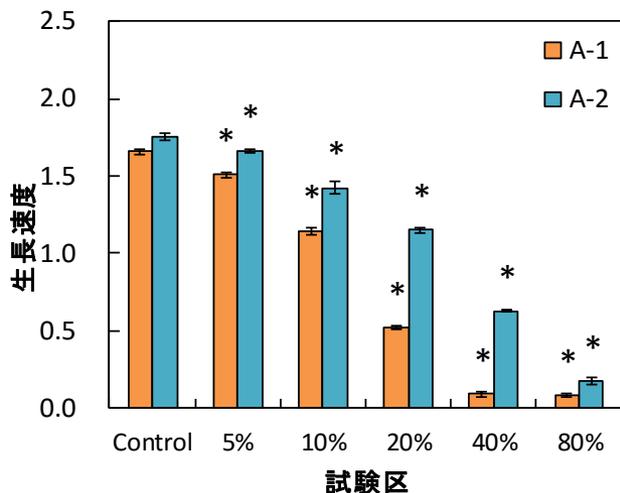
経年変化および季節変動を調査する。

## 〔方法〕

- 採取日程：夏季（9月）と冬季（12月）の2回
- 採取地点：28年度と同じ（最終放流口）
- 試験機関：28年度と同じ機関に委託

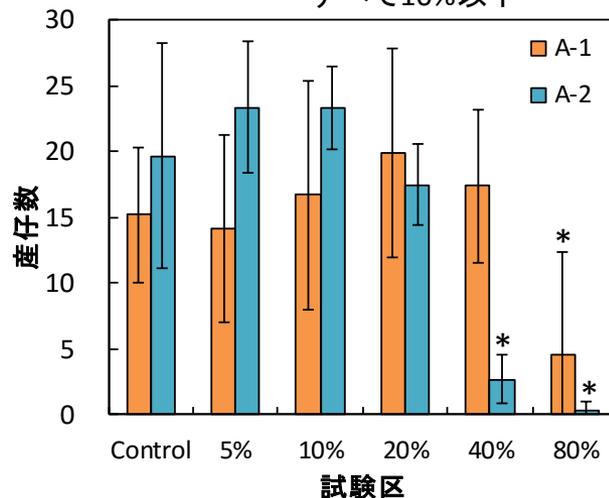
# A事業場：生物応答試験の結果（H29季節変動調査）

## 藻類



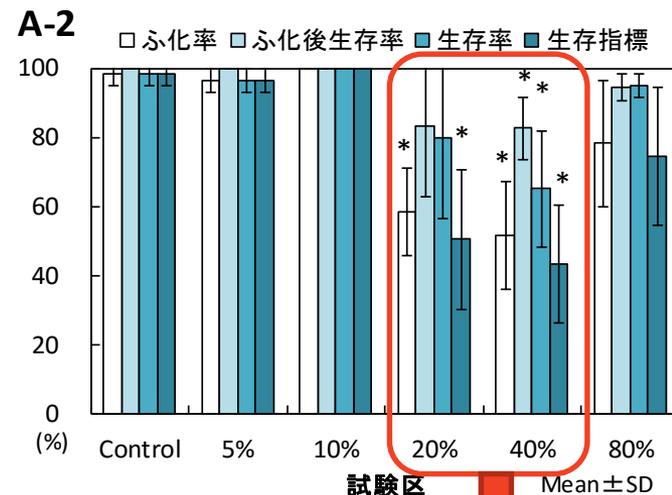
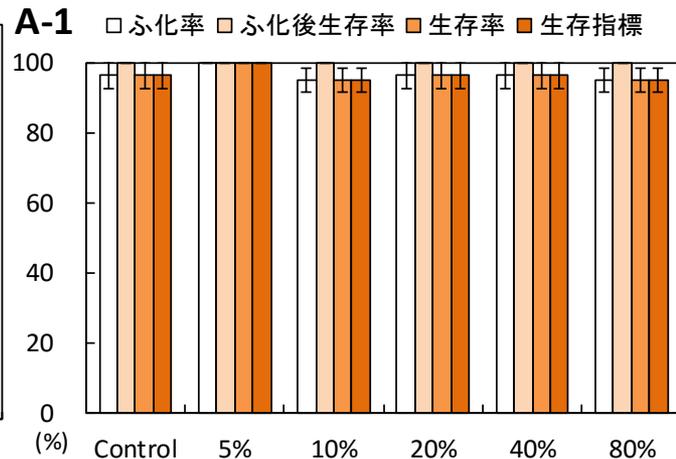
## ミジンコ

供試個体の死亡率はすべて10%以下



## 魚類

\*はControlとの有意差を示す



ID	NOEC			TU		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
A-1 (夏)	<5%	40%	80%	>20	2.5	1.25
A-2 (冬)	<5%	20%	80%	>20	5	1.25?

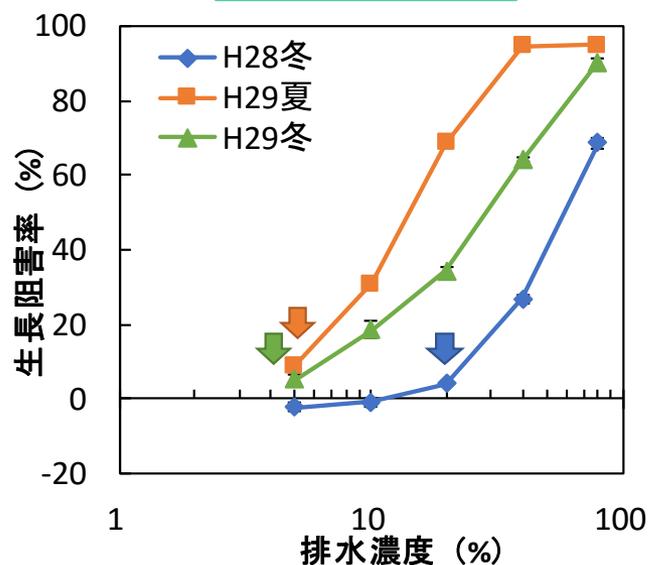
再試験時は影響なし

- 藻類: 夏季(A-1)、冬季(A-2)ともに排水濃度5%以上で対照区(Control)と比べて有意な影響がみられたが、冬季の方が阻害率が減少した。
- ミジンコ: 夏季と比べて冬季ではNOECが1濃度区下がった。
- 魚類: 夏季はすべての指標で影響が見られなかった。冬季は濃度依存性が見られなかったため再試験したところ、NOECは80%であった(ただし80%区で浮腫などの形態異常あり)。

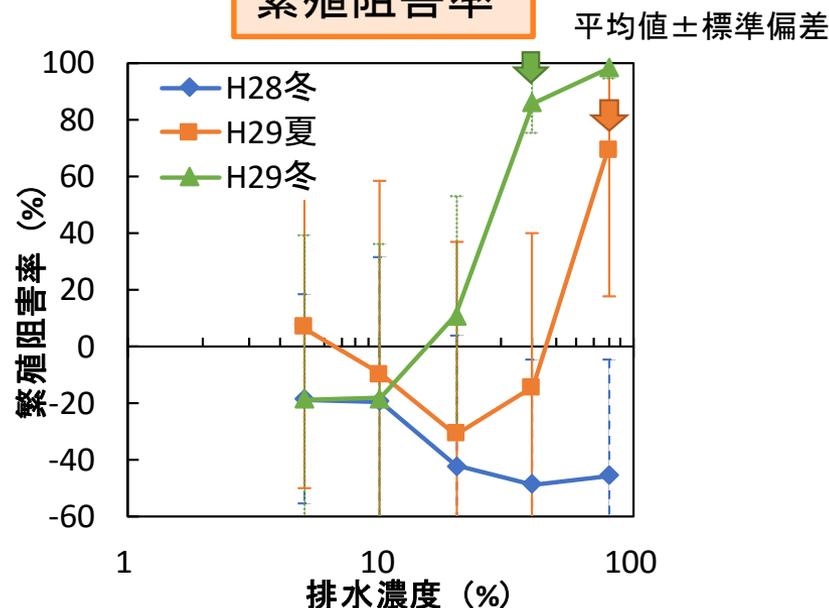
# A 事業場：生物応答試験の結果（H28～H29経年変化）

- 藻類に対し継続的にTU $\geq 10$ の影響がみられているが、冬季は影響がやや下がる傾向にあるか？
- ミジンコに対する影響が増加傾向にある。
- 魚類に対しては継続的にTU>10となる影響はみられなかった。

生長阻害率



繁殖阻害率



ID	NOEC			TU		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
H28冬	10%	80%	80%	10	1.25	1.25
H29夏	<5%	40%	80%	>20	2.5	1.25
H29冬	<5%	20%	80%	>20	5	1.25

## A事業場：水質分析の結果①（H28～H29経年変化）

- 昨年度と異なり有機物濃度（TOC）、アンモニア濃度が低減した。
- 冬季にTOCが増加することが懸念されたが、今年度は夏季と変わらなかった。
- 夏季と比べて冬季の塩分濃度が高かった。

採取年	試料	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
<b>H28冬</b>	<b>A</b>	7.4	8.3	141	0.06	130	0.01	25.0	<b>5.1</b>
<b>H29夏</b>	<b>A-1</b>	7.6	6.5	68.9	0.03	132	0.04	8.4	0.5
<b>H29冬</b>	<b>A-2</b>	7.8	8.1	168	0.08	136	0.04	6.4	1.7

a: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## A 事業場：水質分析の結果②金属類（H28～H29経年変化）

- 金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- H28年度と同様に、アルミニウム、鉄、マンガン、銅、亜鉛等の金属類が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。
- 藻類およびミジンコに対して比較的影響が強いとされる銅と亜鉛が、特にH29夏に高濃度で検出された。濃度変動が藻類に対する影響の変動傾向と一致しており、藻類に対する原因候補物質として、銅と亜鉛が推定される。

単位：μg/L

採取年	バリウム	アルミニウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル
<b>H28冬</b>	ND	103	0.375	<b>23.1</b>	28.4	0.049	<b>1.97</b>
<b>H29夏</b>	ND	131	0.247	22.1	29.7	0.107	1.86
<b>H29冬</b>	ND	<b>221</b>	<b>0.703</b>	18.2	<b>245</b>	<b>0.172</b>	1.92
排水基準			2,000	10,000	10,000	なし	(1,000~2,000)*
採取年	銅	亜鉛	ヒ素	セレン	カドミウム	鉛	ビスマス
<b>H28冬</b>	10.9	67.6	4.10		0.048	0.123	
<b>H29夏</b>	<b>50.4</b>	<b>117</b>	<b>5.01</b>	0.361	<b>0.056</b>	0.185	ND
<b>H29冬</b>	19.3	76.1	3.75	<b>0.425</b>	0.030	<b>1.06</b>	ND
排水基準	3,000	2,000	100	なし	30	100	

ND: 検出下限値未満。\*: Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)。太字は各金属類の最高濃度。 13

# A 事業場：H28～H29季節・経年変化まとめ

## ● 藻類

- 継続的にTU $\geq$ 10の影響がみられた。
- 銅と亜鉛が藻類への影響が懸念されるレベルで検出されており、その濃度変動と影響の変動が一致していた。よって原因候補物質として銅と亜鉛が推定される。

## ● ミジンコ

- H28冬と比べて影響が増加傾向にあった。
- H28冬は有機物濃度が他と比べて高く、金属類の影響がマスキングされていた可能性がある。
- H29夏は銅と亜鉛が生物影響が懸念されるレベルで検出されていたため、原因候補物質の1つと推定される。ただし、各毒性濃度レベルとの比較から、H29冬はそれ以外の原因物質が存在すると考えられる。

## ● 魚類

- 継続的にTU $>$ 10となる影響はみられなかった。

# B事業場 (化学工業)

## B事業場：事業場の概要

業種	化学工業
応募理由	10年前から排水の環境負荷低減に興味があり、モノづくりメーカーとして環境影響リスクを定量的に見て問題があると判断される場合には、可能な限り低減させたいと考えているため。
主な製造品目等	有機化学物質の合成品
生産工程で使用する主な原料・薬剤	(公表不可)
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	8,000 m <sup>3</sup> /日
排水放流先	海域(淡水水路経由)
H27以前業務への協力実績の有無	有

## B 事業場：排水処理方式等の概要、生物応答試験の対象水

排水処理方式	塩素処理、生物処理(活性汚泥法)、中和処理、凝集沈殿
排水処理で使用する主な薬剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝集剤(ポリ塩化アルミニウム)</li> <li>・消毒剤(次亜塩素酸ナトリウム)</li> </ul>
排水口の数	1箇所(工程系排水、雨水がごく微量混入)
排水処理のフロー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝集沈殿</li> <li>・中和処理 等</li> </ul>
塩素処理の有無	有
放流排水への海水・中和塩混入の有無	有(中和塩(塩化ナトリウム)が含まれる)

### H28年度調査の対象水

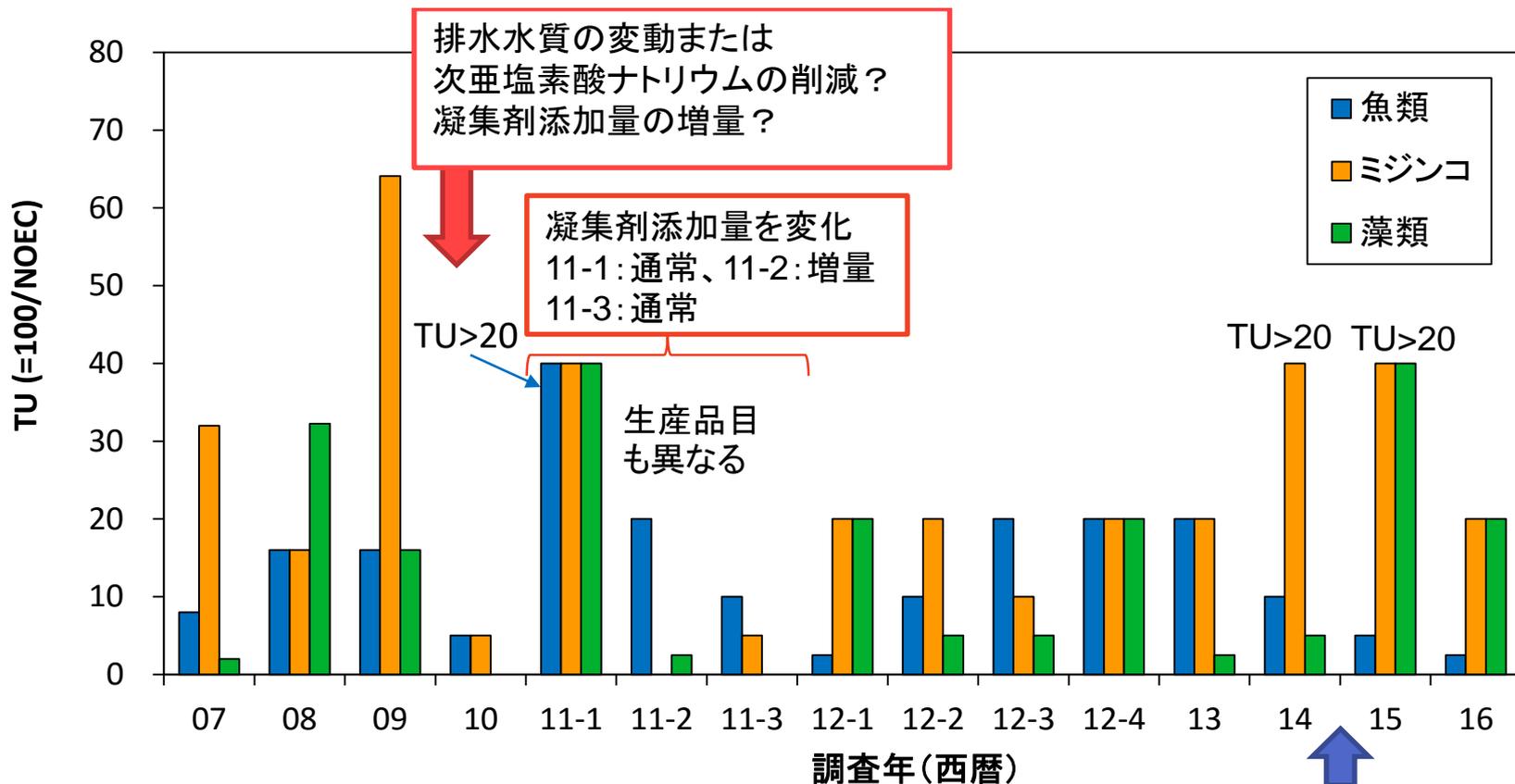
採水時期	12月上旬
試験対象排水の概要	工程系排水(雨水がごく微量混入)
試験対象排水の組成(利用水源)	工業用水
採水地点	最終放流口

## B 事業場：27年度以前の事業参加時の状況とその後の取組状況（H28）

実施時期	平成21、22、24、26、27年度
生物応答試験の結果の概要	各年度の試験結果によって生態影響の有無、大小に変化はあるが、藻類、ミジンコ、魚類のそれぞれで生態影響が検出されたことがある。（毎回ではないが、各生物種とも、NOECが5%程度だったことがある）
当時の試験結果を受けて行った取組	<p>①排水改善に関連する取組</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・平成27年3月以降、生産拠点の一部を別の事業場に移管。これにより、排水に混入する成分の一部が減少。</li><li>・原因物質群をラボ試験で調査中。</li></ul> <p>②その他の取組</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・CSR報告書等で取組を外部に発信。</li></ul>
当時と今回事業における相違点	特段なし （①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等、④生産工程・排水処理工程とも）

# B事業場：経年変化（H19～H28）

2007年（H19）～2012年（H24） 国立環境研究所との共同研究  
 2013年（H25）～ 環境省事業



〔一定の効果があったと思われる排水改善対策〕

- 次亜塩素酸ナトリウムの削減
- 凝集剤の添加量と種類の変更
- 一部生産系統の移管

一部生産系統を他工場へ移管

# B事業場：生物応答試験の結果（H28）

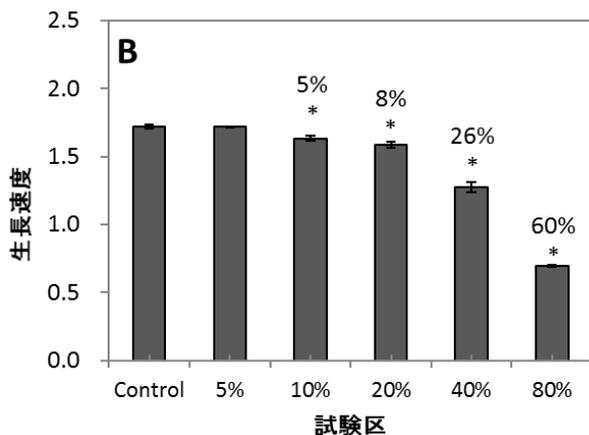
- 藻類試験、ミジンコ試験では、排水濃度10%以上の試験においてコントロールに対して有意な影響がみられたことから、NOECは5%(TU=20)と算出。
- 魚類試験では最高濃度80%において胚の死亡がみられ、NOECは40%(TU=2.5)となった。
- 事業者によれば、有機化合物が影響の原因として想定されるとのことだった。(後述)

	ムレミカヅキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度 (NOEC) (%)	5	5	40
Toxic Unit (TU)※	20	20	2.5

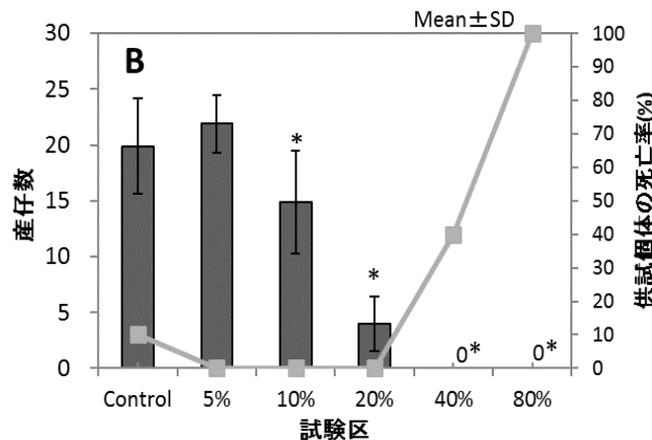
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

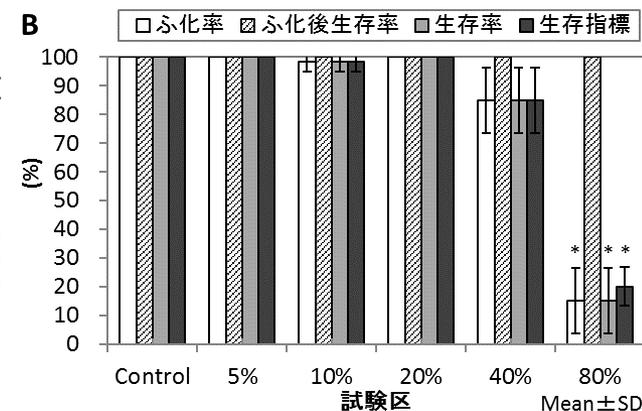
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

## B事業場：水質分析の結果（H28）

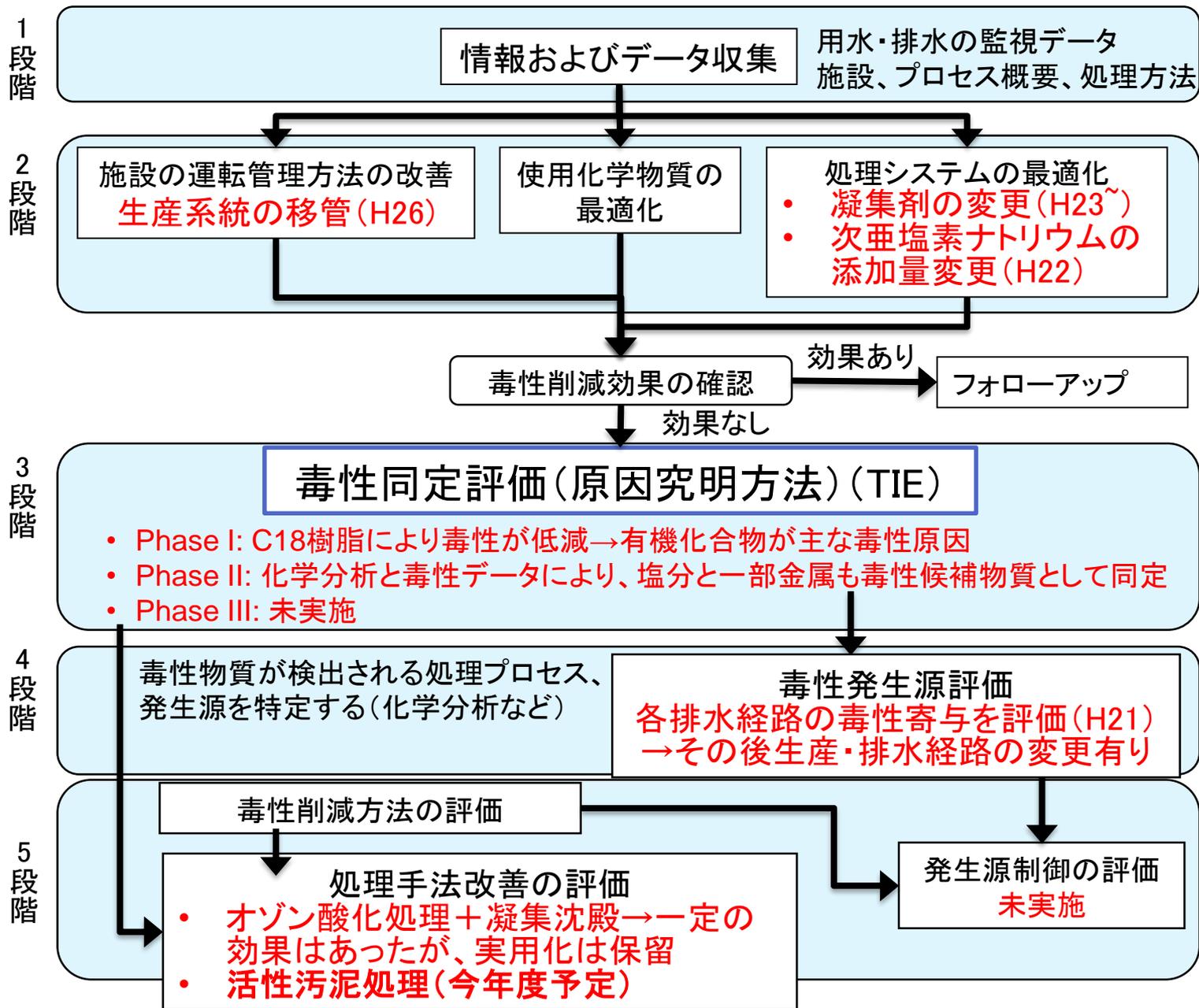
- pH、金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- 金属類では、亜鉛、アルミニウム、銅、モリブデン、亜鉛等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。ただし、生態影響への寄与度は不明であり、詳細は、他の物質（有機化合物を含む）の寄与を含め、今後更に分析・調査が必要。

水質分析結果の詳細は公表不可

## B 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等（H28）

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・藻類の結果(TU =20)は想定内のものであった。</li> <li>・科学的に何が生態影響を及ぼしているのかが明確にできないと、工程改善が困難なところが悩み。</li> </ul>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①結果の公表             <ul style="list-style-type: none"> <li>・CSR報告書にて取り組みを公表予定</li> </ul> </li> <li>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等             <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の有機化学物質が原因と推測しており、低コストで、CODも併せて低減できる方法があれば毒性低減を行いたい。</li> </ul> </li> </ul>
<p>想定される排水毒性原因</p>	<p>複数の有機化学物質と想定</p>
<p>上記取組を行う（行わない）理由</p>	<p>生態毒性の低減対策を進めたいため。</p>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有（経年変化を確認したいため参加したい）</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経年変化の結果から、設備稼働状況等の何を変えると試験結果がどう変わることが分かるようにデータベース化等をしてほしい。</li> <li>・社名や具体的な排水経路の詳細を伏せれば、試験結果の取扱については特段要望はない。</li> </ul>

# B 事業場：排水改善・原因究明対策（TRE/TIE）の経緯（～H29）



# B事業場：H29年度調査①活性汚泥処理の評価

## 〔背景〕

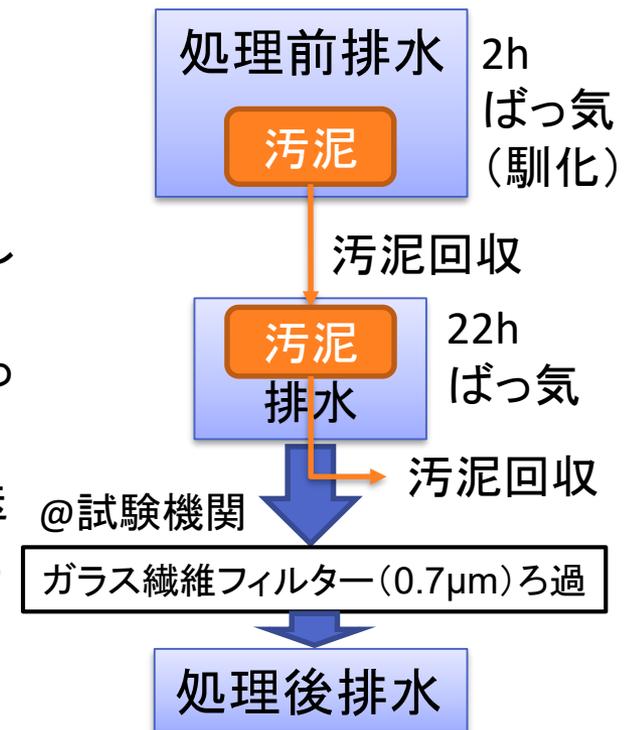
当事業場は複数の製造工程および排水経路があるが、設備の稼働状況は日々異なる。そのため、末端総合排水における処理（現行は中和・凝集沈殿処理）が必要であるが、過年度に実施したオゾン酸化処理は効果はあっても高コストであった。そこでより安価な処理方法の検討が必要とされる。

## 〔目的〕

末端総合排水の活性汚泥処理による生物影響低減効果を評価する。

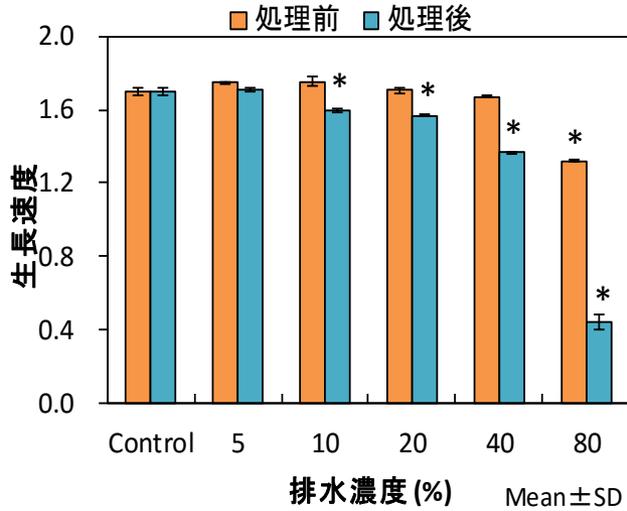
## 〔方法〕

- 一部排水経路で用いられている活性汚泥を用いて、事業場の実験室レベルで末端総合排水（最終放流水）の処理を行う。
- まず排水約30Lに活性汚泥約10Lを混合し、2時間ばっ気して馴化させた後、ろ布で汚泥を回収する。
- 回収した汚泥と新たな排水約11Lを混合して約22時間ばっ気した後、ろ布で汚泥を回収する。
- ろ液（処理後排水）を処理前排水とともに試験機関に輸送。ろ液中に分離されなかった汚泥が懸濁・沈殿していたため、さらにろ過処理したものを処理後排水とする。
- 処理前・処理後排水をそれぞれ試験に供する。

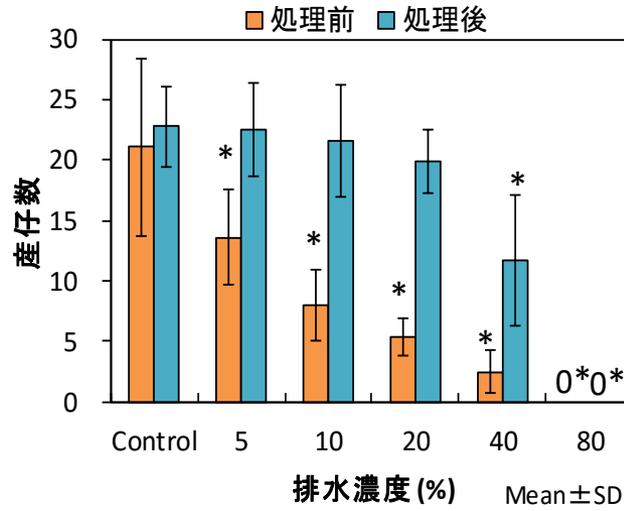


# B事業場：H29①活性汚泥処理の評価（生物応答試験の結果）

## 藻類

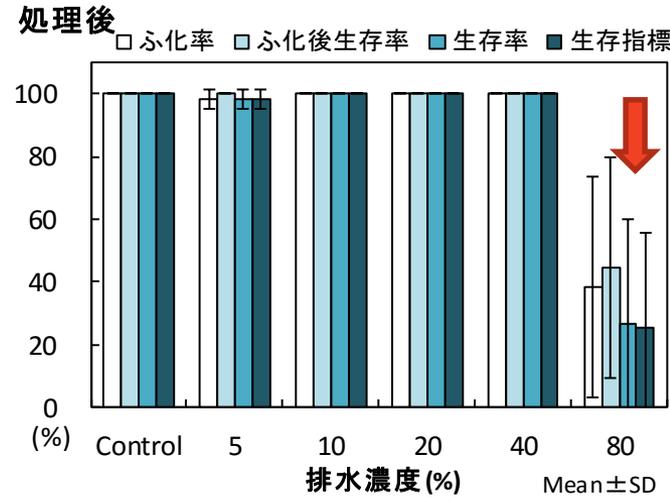
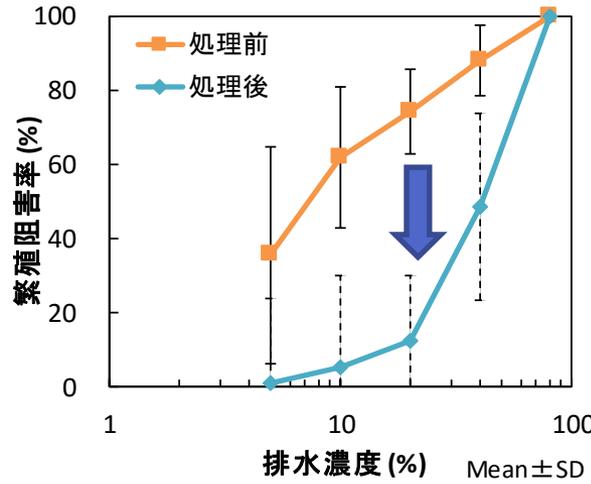
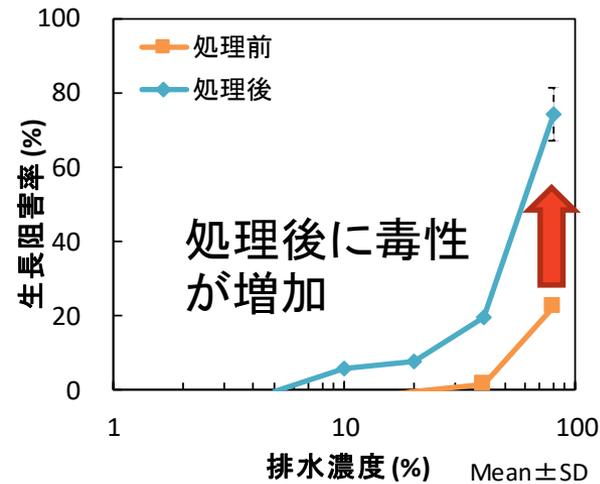
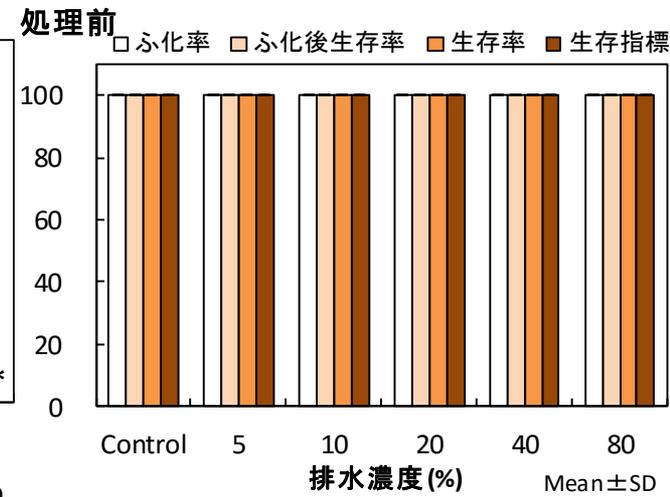


## ミジンコ



## 魚類

\*はControlとの有意差を示す



ミジンコに対する影響は処理後に減少したが、藻類と魚類に対する影響が処理後に増加した。

# B事業場：H29①活性汚泥処理の評価（水質分析結果）

- pH、金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- 処理前と比べて、処理後は有機物濃度(BOD)やアンモニア濃度が低減した。
- 金属類では、処理後のほうが亜鉛濃度が10倍になった(活性汚泥由来か)  
→藻類の影響増加の原因？

## 基本水質項目

試料	pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>b</sup> %	残留塩素 <sup>c</sup> mg/L	TOC mgC/L	BOD mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>d</sup> mgN/L
処理前	7.1	4.6	247	0.13	0.03	50	28	3.0
処理後	8.6	7.8	410	0.21	0.05	43	13	1.2

- a: pH排水基準: 5.8~8.6(海域以外)  
b: NaClのNOECは藻類0.06%(1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23%(10試験機関平均)  
c: 0.05~1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される(US EPA 毒性削減評価マニュアル)  
d: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される(US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## 金属類 (単位: µg/L)

TOC: 全有機炭素、BOD: 生物化学的酸素要求量

金属類分析結果の詳細は公表不可

## B事業場：H29①活性汚泥処理の評価（まとめ）

試料	NOEC			TU			TOC mg/L	BOD mg/L	アンモニア mgN/L	Zn μg/L
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類				
処理前	40%	<5%	80%	2.5	>20	1.25	50	28	3.0	非公表
処理後	5%	20%	40%	20 ↑	5 ↓	2.5 ↑	43	13 ↓	1.2 ↓	↑

- 試行的な活性汚泥処理によって、ミジンコに対する影響が低減した。一方、藻類および魚類に対する影響は増加した。
- 活性汚泥処理によりTOCはほとんど低減しなかった。BODおよびアンモニアは半減した。一方、亜鉛濃度が増加した。
- 処理後の亜鉛濃度増加によって藻類に対する影響が増加したと推定された。

### 【今回の活性汚泥処理の課題】

- BODは半減。TOCはほとんど低減されなかった。
- 工程内の活性汚泥を用いたが、馴化期間を十分に設けられなかった。
- ろ布を用いた汚泥の分離が不十分であったため、試験機関において、ガラス繊維フィルター（孔径0.7μm）によるろ過を行った。

⇒現在、汚泥処理専門業者に処理を委託中

## B事業場：H29年度調査②排水変動の調査

### 〔背景〕

当事業場は複数の製造工程および排水経路があるが、設備の稼働状況は日々異なる。

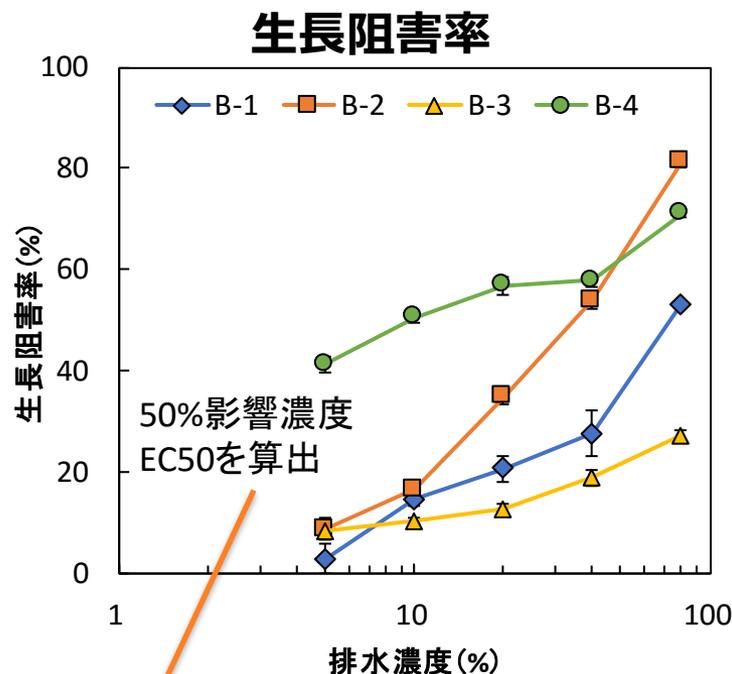
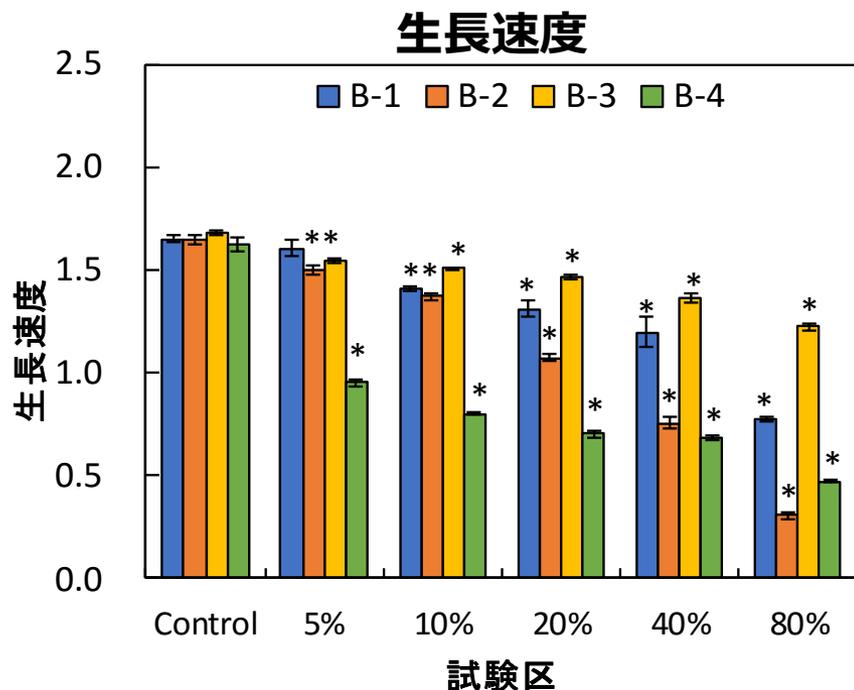
### 〔目的〕

製造工程の変化に伴う排水性状の変化により、排水の生物影響がどの程度変動するのか調査する。

### 〔方法〕

- 採取回数：4回
- 採取頻度：2週間に1度程度（12月上旬に2回、1月中旬に2回）
- 採取時の排水に含まれている製造工程（排水経路）の内訳を調査する（事業者実施）

# B事業場：H29②排水変動調査（生物応答試験の結果：藻類）

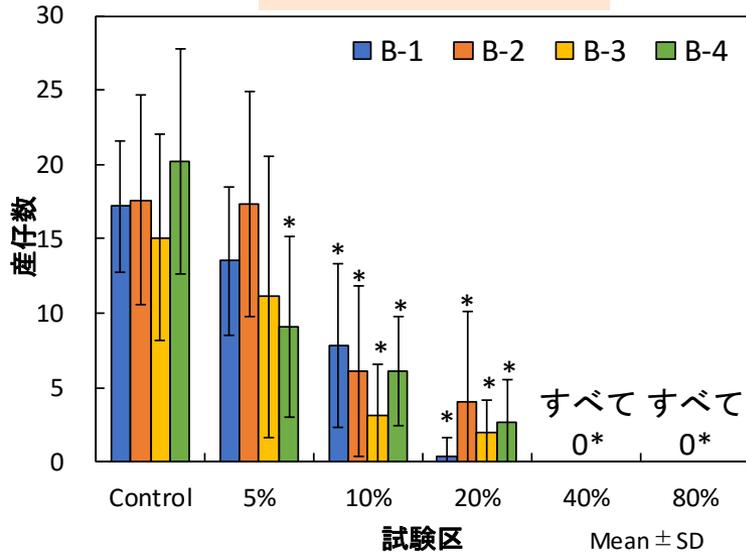


試料名	採取年月	NOEC	TU	EC50	TUa (=100/EC50)	総合 順位
<b>B-1</b>	H29/12上	5%	20	93%	1.1	3
<b>B-2</b>	H29/12中	<5%	>20	32%	3.2	2
<b>B-3</b>	H30/1中	<5%	>20	>80%	<1.25	4
<b>B-4</b>	H30/1下	<5%	>20	11%	8.8	1

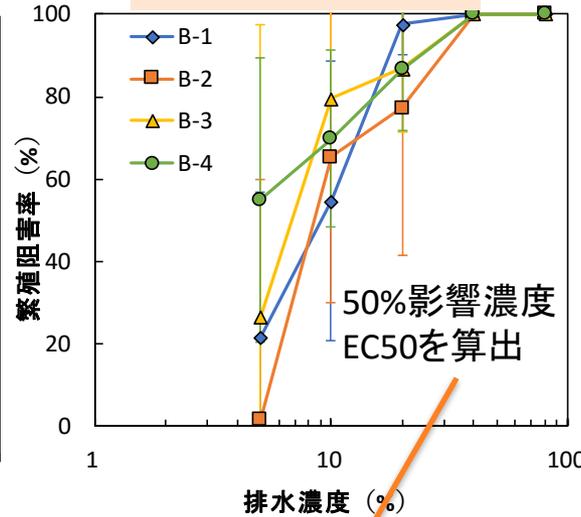
NOECはほぼ同じであるが、TUa(=100/EC50)で見ると、大きい方から **B-4 > B-2 > B-1 > B-3** の順であった。

# B事業場：H29②排水変動調査（生物応答試験の結果：ミジンコ）

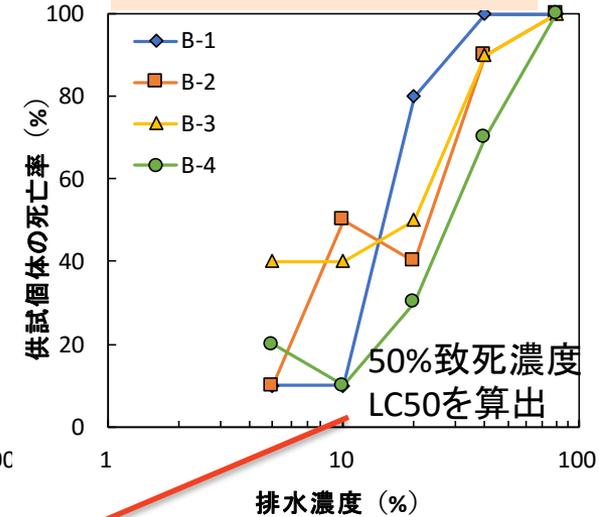
## 産仔数



## 繁殖阻害率



## 供試個体の死亡率

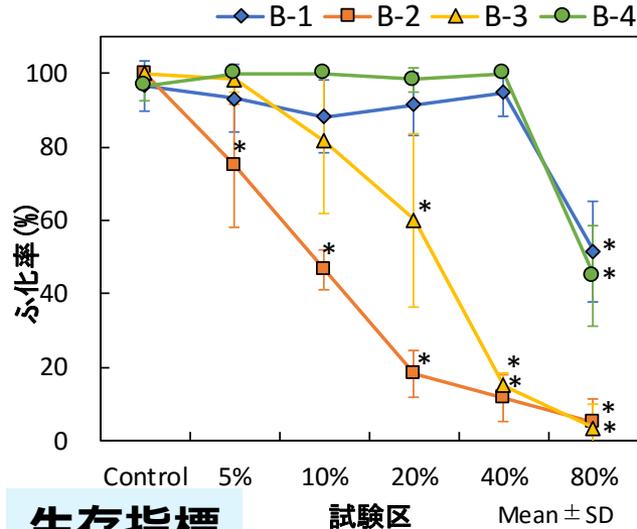


試料名	採取年月	NOEC	TU	EC50	TUc =100/EC50	LC50	TUa =100/LC50	総合順位
B-1	H29/12上	5%	20	9.4%	10.7	14%	7.0	3
B-2	H29/12中	5%	20	9.8%	10.2	15%	6.5	4
B-3	H30/1中	5%	20	6.8%	14.7	11%	8.9	2
B-4	H30/1下	<5%	>20	5.4%	18.4	29%	3.5	1

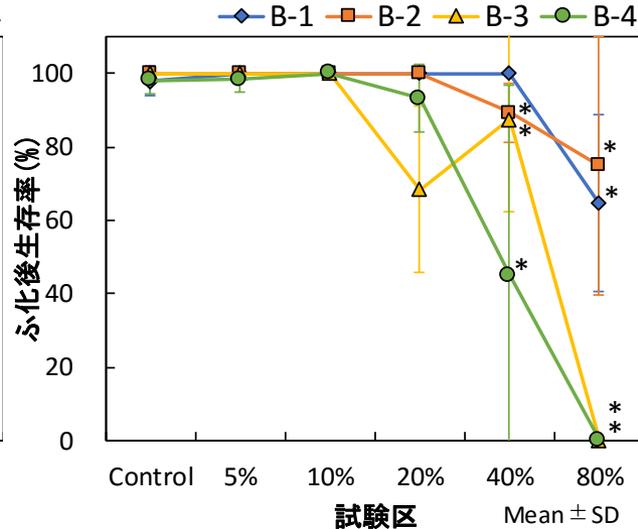
継続してTU>10の影響がみられた。NOECはほぼ同じであるが、TUc(=100/EC50)で比較すると、影響が大きい順にB-4>B-3>B-1>B-2であった。

# B事業場：H29②排水変動調査（生物応答試験の結果：魚類）

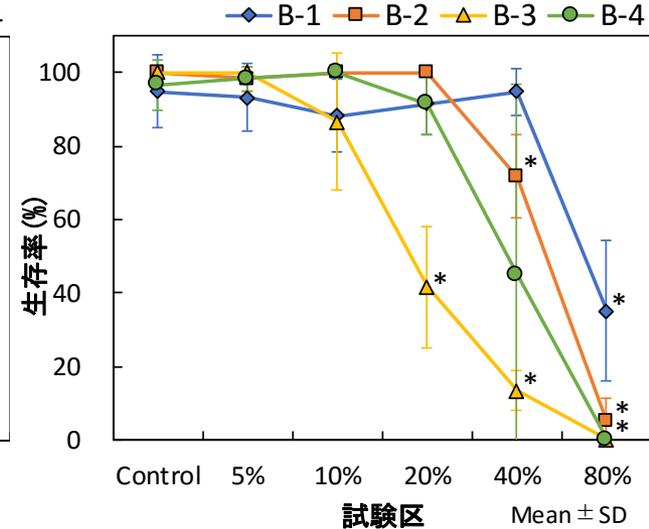
## ふ化率



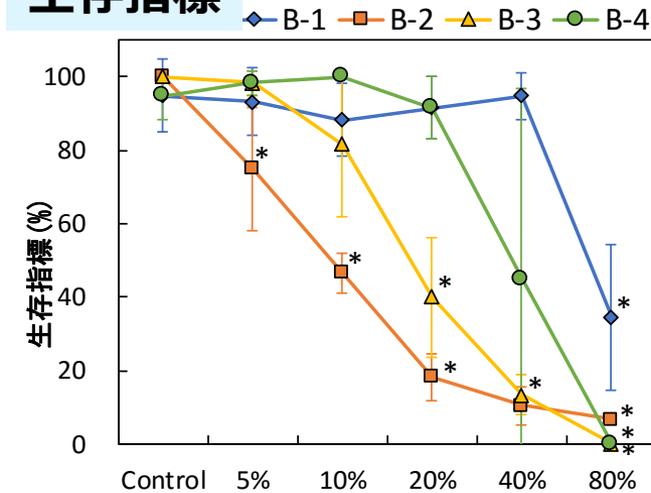
## ふ化後生存率



## 生存率



## 生存指標



試料名	NOEC			生存指標	TU生存指標	総合順位
	ふ化率	ふ化後生存率	生存率			
<b>B-1</b>	40%	40%	40%	40%	2.5	3
<b>B-2</b>	<5%	80%	20%	<5%	>20	4
<b>B-3</b>	10%	40%	10%	10%	10	1
<b>B-4</b>	40%	40%	40%	40%	2.5	2

生存指標で比較すると影響が大きい順にB2 > B1 = B2 > B3となった。ただし、B2はふ化の遅延のみで、生存への影響は他と比べて弱い。B1とB4はふ化・生存ともにNOECが同じであるが、高濃度区での影響はややB4が大きい。よって総合順位はB3 > B4 > B1 > B2とする。

## B事業場：H29②排水変動調査（水質分析の結果①）

- 溶存酸素、塩分、残留塩素、有機物濃度（TOC）、アンモニア濃度に変動が見られた。
- 塩濃度は12月採水のB-1、B-2において、1月採取のB-3、B-4より高かった。残留塩素はB-2とB-3で0.05 mg/Lを超過し、生物影響が懸念された。
- 有機物濃度はB-1が最も高く、他は同程度であった。一方、アンモニア濃度はB-4が最も高く、他は同程度であった。
- B-2とB-4の溶存酸素が低かったため、緩やかにエアレーションしてから試験に供した。

採取年月	試料	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
H29/12上	<b>B-1</b>	7.7	6.5	339	<b>0.19</b>	231	0.02	<b>75</b>	1.8
H29/12中	<b>B-2</b>	7.5	<b>1.7</b>	345	<b>0.17</b>	193	<b>0.07</b>	31	1.9
H30/1中	<b>B-3</b>	7.1	7.1	262	0.13	209	<b>0.08</b>	42	1.9
H30/1下	<b>B-4</b>	7.2	<b>1.1</b>	247	0.12	239	0.02	43	<b>3.6</b>

a: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## B事業場：H29②排水変動調査（水質分析の結果②金属類）

- 銅がすべての生物への影響が懸念されるレベルで検出されており、特にB-3で他と比べて高かった。
- 銅以外の金属はB-4で最も高かった。特にB-4のニッケル濃度はミジンコへの影響が懸念されるレベルであった。
- ただし、金属類の影響は硬度と有機物濃度が高いため、緩和されている可能性がある。

金属類分析結果の詳細は公表不可

# B事業場：H29②排水変動調査（生物影響と水質との相関）

## ①単独で各生物に影響を及ぼす濃度レベルで検出されているか？

- 塩分: NaClの感受性試験による藻類・ミジンコのNOECを4回とも超過
- 残留塩素: TRE/TIEマニュアル指針値を超過
- 銅: 3生物への影響が懸念されるレベルで検出
- ニッケル: ミジンコへの影響が懸念されるレベルで検出

## ②各生物の毒性値(TUや総合順位)と候補物質濃度に相関はあるか？

- 藻類: 塩分、残留塩素、銅との正の相関なし、ニッケルは相関係数は高いが藻類に対する影響が懸念される濃度レベルではない。
- ミジンコ: 塩分、残留塩素との正の相関なし、銅とニッケルとの相関係数は $>0.50$ 。
- 魚類: 残留塩素との相関係数は高いが、魚への影響が懸念されるレベルではない(※)。銅との相関係数が高い。

※次亜塩素ナトリウム試験による  
(詳細は事業場K・Lのスライド参照)

### 毒性値と水質濃度の相関係数rの一例

生物	毒性値	対象水質項目			
		塩分	残留塩素	銅	ニッケル
藻類	TU <sub>a</sub> =100/EC50	-0.59	-0.48	0.086	0.93
ミジンコ	TU <sub>c</sub> =100/EC50	-0.92	-0.25	<u>0.54</u>	<u>0.92</u>
魚類	生存率TU=100/NOEC	-0.36	0.88	<u>0.81</u>	-0.21

## B事業場：H29②排水変動調査（まとめ）

- 4回採取した排水の影響に生物ごとに異なる変動がみられた。
  - 藻類:4回目が最も影響強い
  - ミジンコ:4回目が比較的影響が強いが、ほぼ同程度の影響が継続
  - 魚類:3回目が最も影響が強く、2回目はふ化遅延のみ
- 生物影響が懸念されるレベルで、塩分と残留塩素(藻類・ミジンコ)、銅(3生物すべて)、ニッケル(ミジンコ)が検出されていた。
- 候補物質濃度と生物影響との相関をみると、銅はミジンコと魚類への影響と正の相関があった。ニッケルはミジンコへの影響と正の相関があった。

※標本数が少ないため、過年度のデータも含め、更なる解析が必要

- 銅のミジンコに対する影響は、有機物濃度が高いため緩和されている可能性がある
- 濃度反応関係から、魚類に対しては銅以外の毒性物質の存在も示唆される。

試料名	採取年月	TU=100/NOEC			TUc=100/EC50			総合順位		
		藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	藻類	ミジンコ	魚類	
B-1	H29/12上	20	20	2.5	1.1	10.7	3	3	3	
B-2	H29/12中	>20	20	>20	3.2	10.2	2	4	4	
B-3	H30/1中	>20	20	10	<1.25	14.7	4	2	1	
B-4	H30/1下	>20	>20	2.5	8.8	18.4	1	1	2	

**C事業場**  
**(プラスチック製品製造業)**

## C事業場：事業場の概要

業種	プラスチック製品製造業
応募理由	排水が生物に与える影響を把握し、改善の方向を見いだしたいと考えたため。また、本手法が今後普及拡大する前に、排水改善を進められることにメリットを感じたため。
主な製造品目等	シート状のプラスチック製製品
生産工程で使用する主な原料・薬剤	(公表不可)
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	(公表不可) m <sup>3</sup> /日
排水放流先	河川
H27以前業務への協力実績の有無	有

## C 事業場：排水処理方式等の概要、生物応答試験の対象水

排水処理方式	中和処理、生物処理(活性汚泥法)
排水処理で使用する主な薬剤	・凝集剤(塩化第二鉄、アニオン系凝集剤、カチオン系凝集剤) ・中和剤(水酸化ナトリウム、硫酸)
排水口の数	計10箇所(工程系排水1箇所、冷却水・雨水放流8箇所、生活系排水1箇所(公共処理施設へ接続))
排水処理のフロー	工程系排水、生活系排水とも、生物処理を経て放流
塩素処理の有無	無
放流排水への海水・中和塩混入の有無	有(中和塩の混入あり)

### H28年度調査の対象水

採水時期	12月上旬
試験対象排水の概要	工程系排水
採水地点	工程系排水の最終放流口で採水
当該排水口からの日平均排水量	(公表不可) m <sup>3</sup> /日

## C事業場：27年度以前の事業参加時の状況とその後の取組状況（H28）

実施時期	平成27年度
生物応答試験の結果の概要	藻類と魚類を用いた試験で、最大無影響濃度（NOEC）が5%未満となった。また、ミジンコを用いた試験では、NOECは20%だった。
当時の試験結果を受けて行った取組	<p>①排水改善に関連する取組 排水基準は遵守しているが、企業の社会的責任（CSR）の観点から、生態影響の原因物質の調査を検討中。その結果を踏まえ、対策を検討予定。</p> <p>②その他の取組 特段なし</p>
当時と今回事業における相違点	<p>・当時の採水地点の下流に、「新たな事業に伴う工程系排水を浄化槽処理した排水」を合流させるよう排水系統を変更。これに伴い、今回の採水地点は新たな排水が合流した後とした。（④生産工程・排水処理工程関係）</p> <p>・その他（①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等）は変更なし。</p>

# C事業場：生物応答試験の結果（H28）

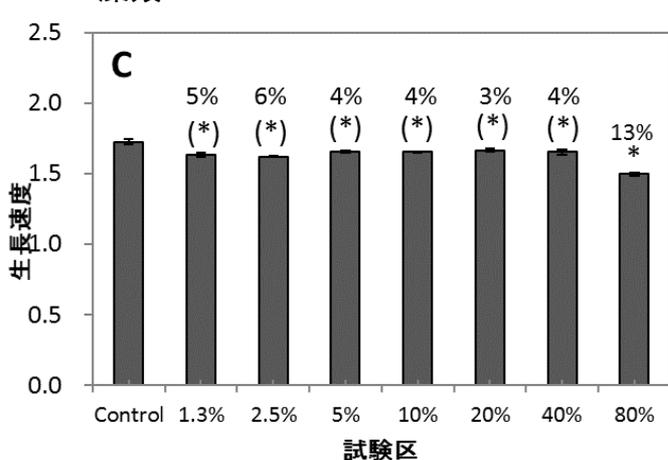
- 当該事業場では、過年度（H27）の試験結果を踏まえ、藻類試験と魚類試験では、排水濃度5%より低い濃度でも試験を行った。
- 藻類試験では、排水濃度1.3%以上でコントロールに対して有意な影響がみられたが、排水濃度40%までは濃度依存性がなかったことから、NOECは40%と判断。
- 魚類試験では、排水濃度20%以下で生態影響がみられなかったことから、2週間後に追加で20～80%の割合でも試験を実施。結果、生態影響はみられなかった。
- ミジンコ試験は通常の希釈区分で行われ、最高濃度80%でも影響はみられなかった。

	ムレミカツキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度 (NOEC) (%)	40	40	80
Toxic Unit (TU)※	2.5	2.5	1.25

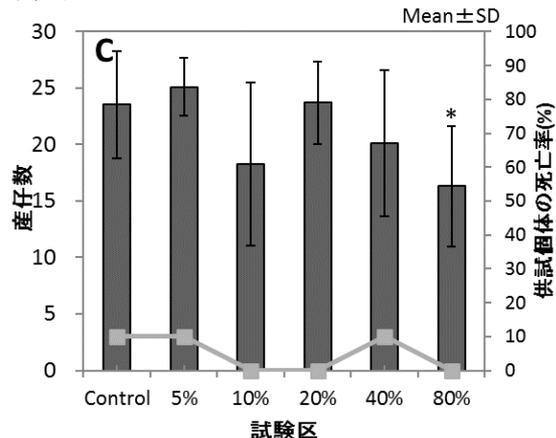
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

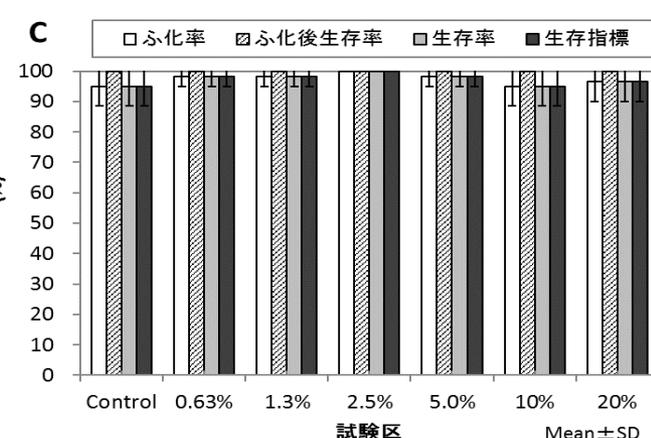
藻類



ミジンコ



魚類（※排水濃度20%以下の結果）



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

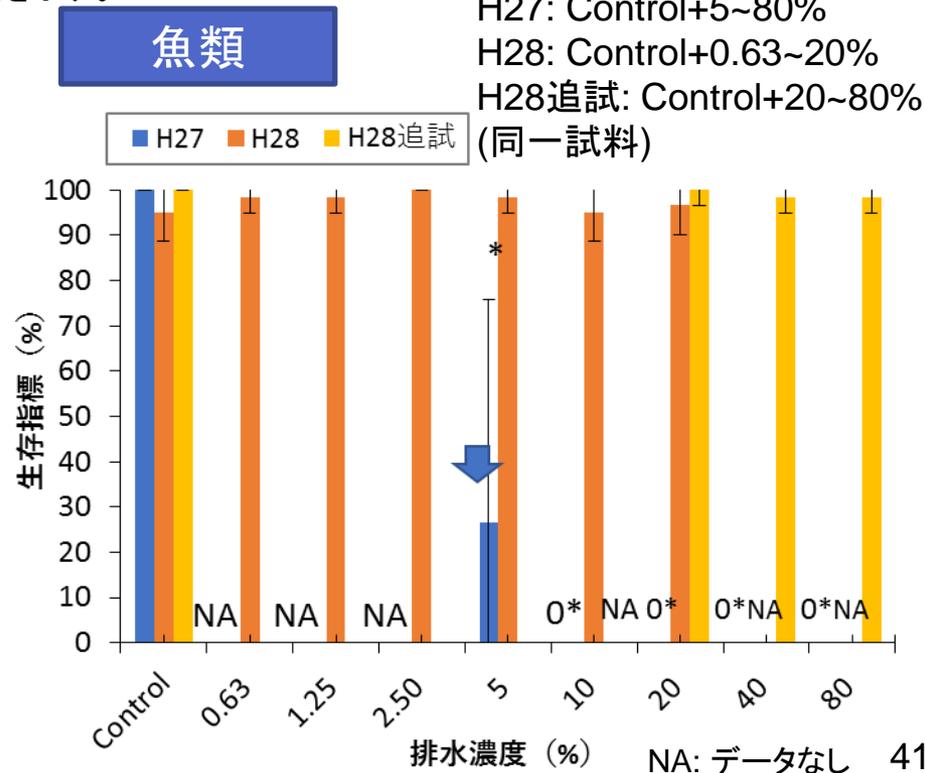
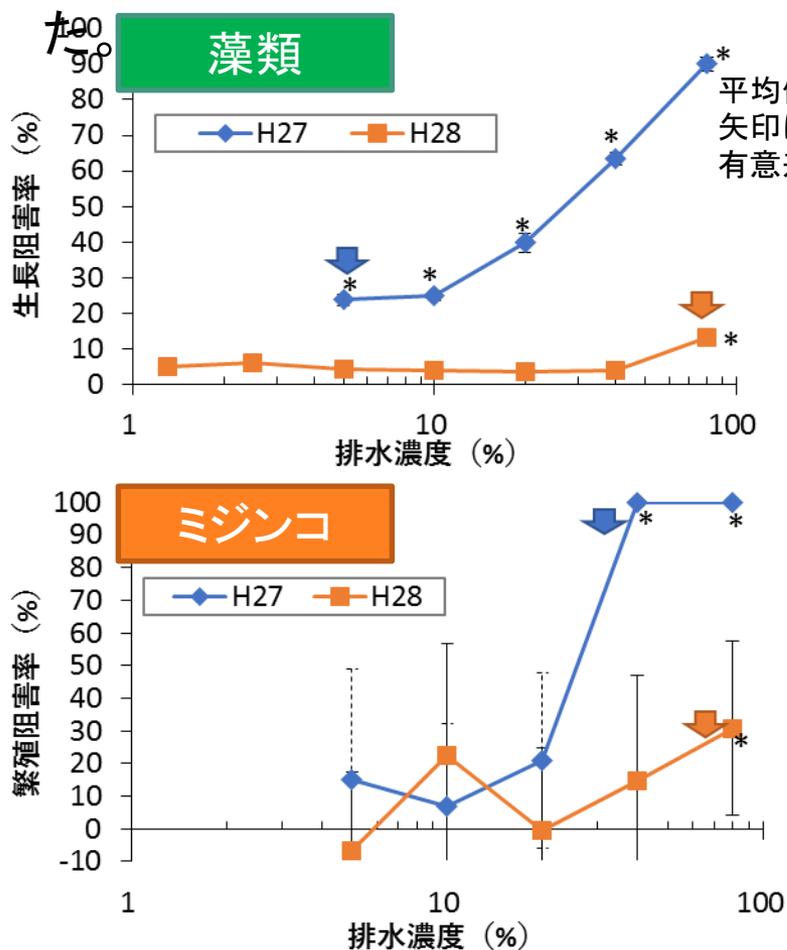
# C事業場：経年変化(H27・H28)

調査年度	採水地点	NOEC (%)			TU		
		藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
平成27年度	C-1	<5	20	<5	>20	5	>20
平成28年度	C-3	40	40	80	2.5	2.5	1.25

排水改善の取り組みは特になし

※試験機関は同一

平成27年度と比べて平成28年度では3生物すべてに対し、影響が著しく低減し



# C事業場：水質分析の結果（H27・28）

- pH、金属類に係る排水基準への適合を確認した。
- 金属類では、亜鉛、アルミニウム、鉄、マンガン等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出されたが、H27年度と比較すると、マンガン、ニッケル、コバルトの3物質の濃度が約3分の1に低下していた。

## 基本水質項目

調査年度	pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>b</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>c</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>d</sup> mgN/L
平成27年度	6.9	9.3	NA	0.04	38	0.06	3.6	0.268
平成28年度	7.2	10.6	NA	0.05	51	<0.02	2.6	< 0.1

- a: pH排水基準: 5.8~8.6(海域以外)  
 b: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)  
 c: 0.05~1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)  
 d: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## 金属類 (単位: µg/L)

調査年度	ベリリウム	アルミニウム	スカンジウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛
平成27年度	-	19.6	-	0.92	51.4	37.2	3.68	6.60	6.46	51.4
平成28年度	ND	38.1	ND	1.09	13.2	36.5	0.49	2.87	7.78	63.5
排水基準*1	/	/	/	2,000	10,000	10,000	/	(1,000~2,000)*2	3,000	2,000
調査年度	ヒ素	イトリウム	モリブデン	ルテチウム	銀	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛
平成27年度	0.241	-	0.20	-	0.001	0.004	-	-	-	0.035
平成28年度	0.579	0.043	1.73	ND	ND	0.056	0.003	ND	0.015	0.418
排水基準*1	100	/	/	/	/	30	/	/	/	100

\*1 水濁法の排水基準項目における人健康項目。その他の排水基準項目は、生活環境項目。\*2 一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)

## C事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等①（H28）

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物応答試験を環境省事業として経費負担なしに実施できることはメリット。</li> <li>・過年度(H27)に比べて検出された生態影響が低減した結果が示されたが、生態影響が検出された原因を明確にして対策を講じない限り、影響はなくならないと考えている。</li> </ul> <p>(注:事業者としては、一定の生態影響が検出されたとの認識でいる)</p>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<p>①結果の公表 現時点では、生態影響の原因特定や対策が行えていないため、公表予定はない。これらが行えた段階で、公表するかどうかを検討。</p> <p>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等 具体的には未定だが、原因物質の排出元を想定・特定し、適切な排水処理方法や排出抑制方法を検討していきたい。</p>
<p>想定される排水毒性原因</p>	<p>現時点で具体的に想定・特定できない</p>
<p>上記取組を行う(行わない)理由</p>	<p>根本的な排水改善対策が行えるまで、取組を進めたいため</p>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有(排水水質にはばらつきがあると思われるため継続的な調査が必要。根本的に排水改善対策が行えるまで、経過観察と改善効果の確認を行いたい。)</p>

## C事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等②（H28）

### 手法全般、事業等に関する要望等

- ・事業場を特定できる情報は非公開としてほしい。一般的に、地元企業が生物に影響を与える排水を流しているという情報が流れた場合、直ちに排水を止めるように求められかねず、結果を公表する場合、関係者に事前に十分な説明が必要。
- ・国で本手法を普及していき、試験結果の公表を事業者に求めていくのであれば、事前に関係者に十分な説明が必要。
- ・今後の生態影響の原因物質の特定や排水改善対策の検討に助言等をしてほしい。

# C事業場：H29年度の調査（経路別調査）

## 〔背景〕

- 平成27年度では藻類と魚類にTU>10の影響がみられたが、平成28年度では影響がみられなかった。
- 各年度での相違点：採取地点（下図）
  - 平成27年度採取地点C-1の下流に、新規事業に伴う新たな排水系統C-2を敷設した
  - 平成28年度は新規工程排水の合流後に採取した（地点C-3）
  - 生産品目、使用化学物質等の変更は特になし

## 〔目的〕

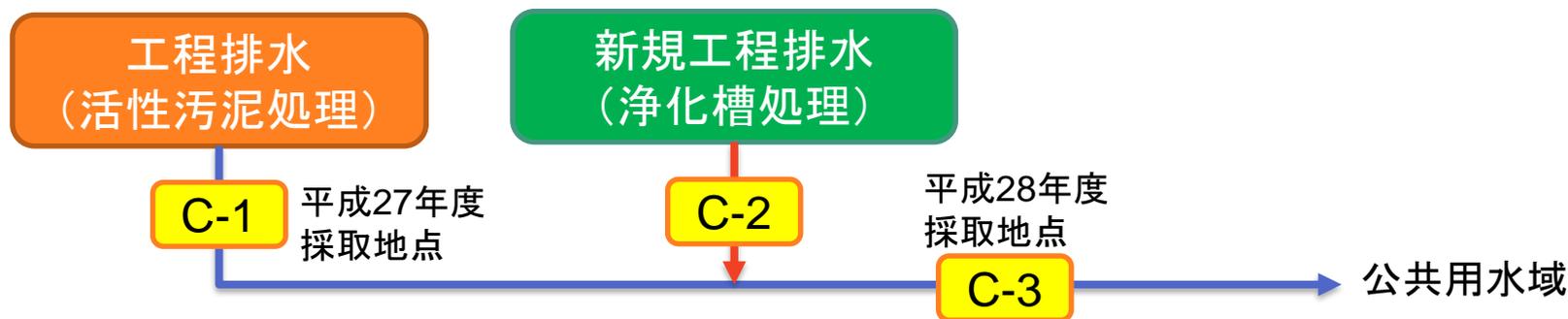
2つの工程排水および合流後の排水の評価・比較を行う。

## 〔方法〕

各工程排水C-1、C-2とその後合流地点C-3で同時に採水して試験する。

→採取送付後に、C-3採取時にC-2が合流していなかった可能性が高いことが判明。

→流量比に基づきC-1とC-2を混合し(13:3)、C-3として試験した。



## C事業場：水質分析の結果（H29）

- C-2は到着時には白濁と泡立ちあり
- C-2の有機物濃度（TOC）が高く、C-1と合流し希釈されてもC-1の約4倍になると推定。

### 国環研に送付された分の測定値

試料	pH	溶存 酸素	電気 伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留 塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>*c</sup>
	-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
<b>C-1</b>	7.75	8.09	180.2	0.09	36.0	0.03	3.53	ND
<b>C-2</b>	7.29	6.32	26.6	0.01	23.9	ND	56.1	3.12
<b>C-3 (C-1+C-2)</b>	7.49	7.90	155.9	0.08	34.1	0.03	13.3	0.56

ND: 検出下限値未満

a: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## C事業場：水質分析の結果（金属類）（H29）

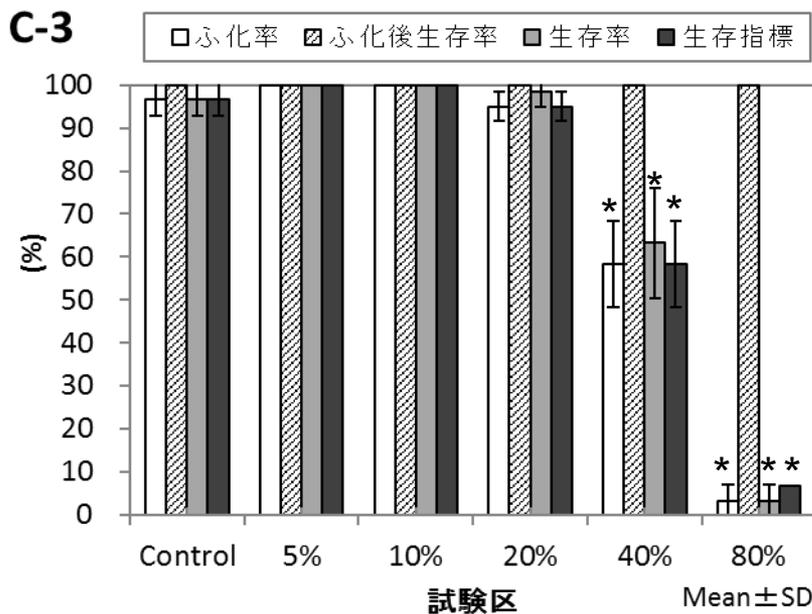
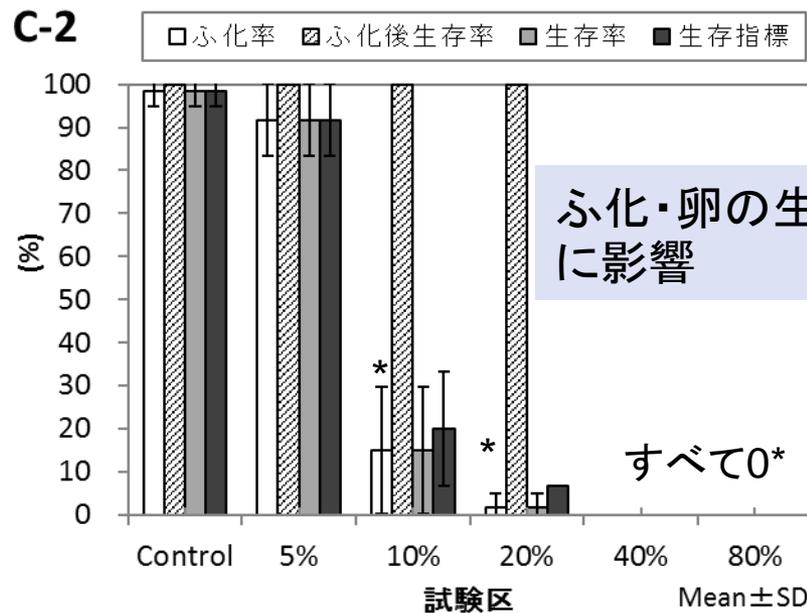
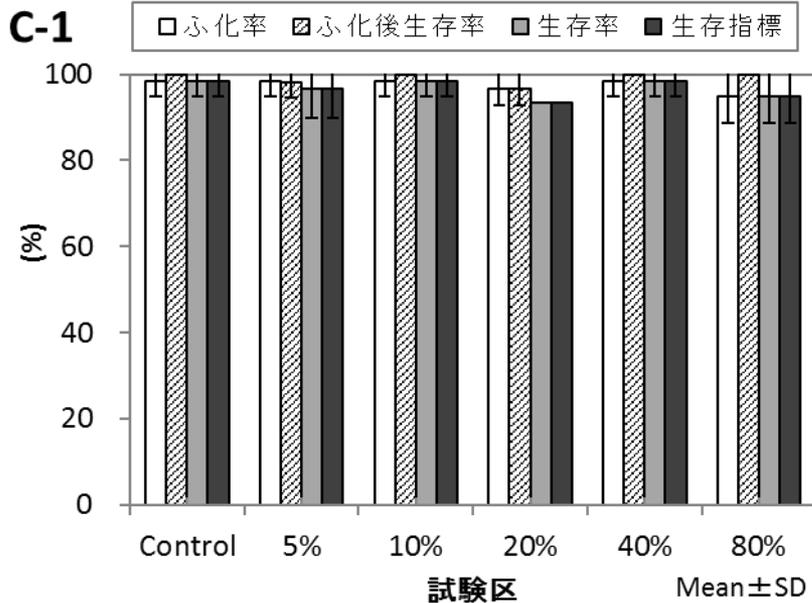
- 金属類に係る排水基準にすべて適合することを確認した。
- Niはミジンコ、Znはミジンコと藻類への影響が懸念されるレベルで検出。ただし、硬度や有機物濃度によって影響が緩和される場合あり。

単位：μg/L

試料	バリウム	アルミニウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル
C-1	ND	33.1	1.10	50.5	61.0	1.60	5.86
C-2	ND	159.8	0.438	8.32	22.3	0.718	2.14
C-3	ND	66.6	0.997	43.1	56.7	1.43	5.44
排水基準	なし	なし	2,000	10,000	10,000	なし	(1,000~2,000)*
試料	銅	亜鉛	ヒ素	セレン	カドミウム	鉛	ビスマス
C-1	15.4	99.5	0.346	0.065	0.059	0.102	ND
C-2	9.74	141	0.390	0.076	0.022	0.362	0.028
C-3	14.6	107	0.268	0.065	0.036	0.214	0.0001
排水基準	3,000	2,000	100	なし	30	100	なし

ND: 検出下限値未満、\*: 一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)

# C事業場：生物応答試験の結果（魚類）（H29）

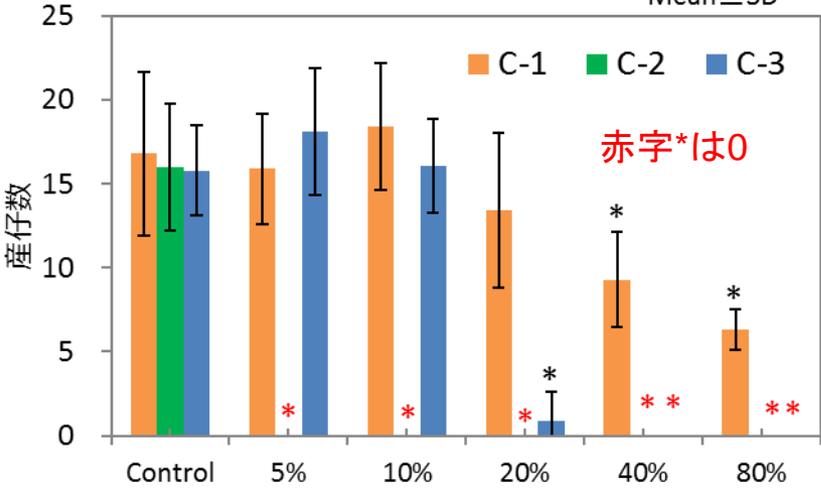


## NOEC(TU)まとめ

	孵化率	孵化後生存率	生存率	生存指標
<b>C-1</b>	80(1.25)	80(1.25)	80(1.25)	80(1.25)
<b>C-2</b>	5(20)	80(1.25)	5(20)	5(20)
<b>C-3</b>	20(5)	80(1.25)	20(5)	20(5)

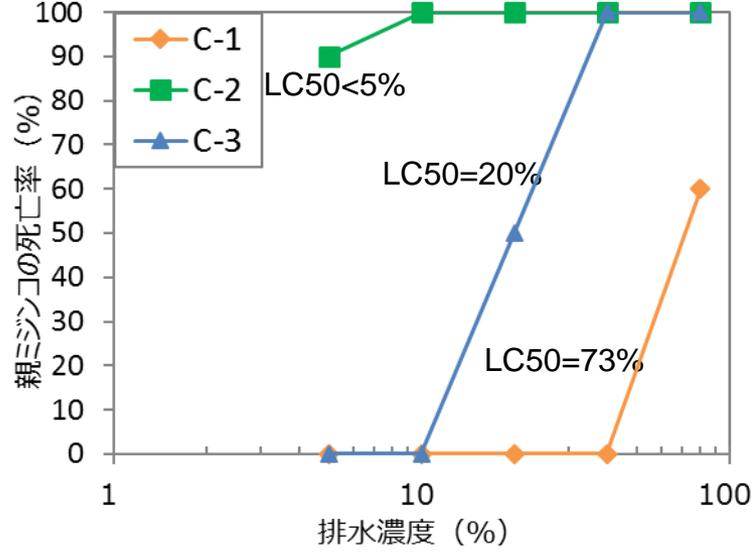
# C事業場：生物応答試験の結果（ミジンコ）（H29）

## 産仔数（繁殖）

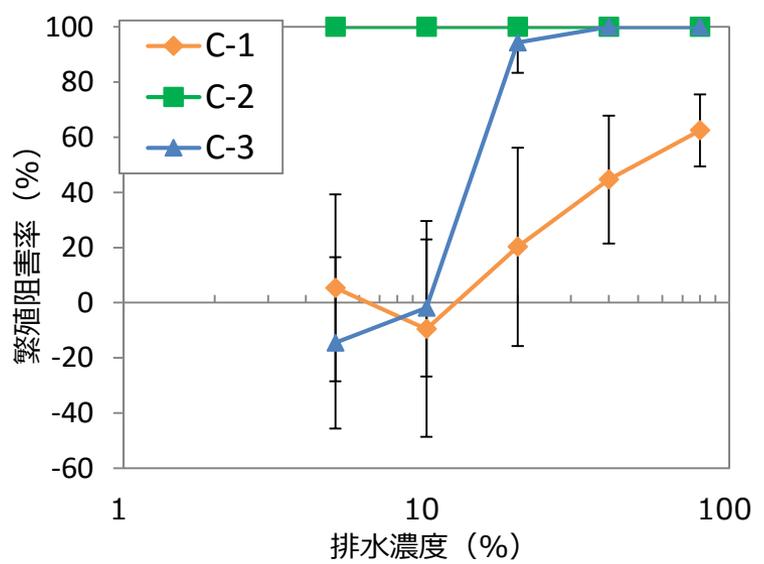


\*: Controlと比べて有意水準 5%で有意差あり ( $p < 0.05$ )

## 死亡率



## 繁殖阻害率



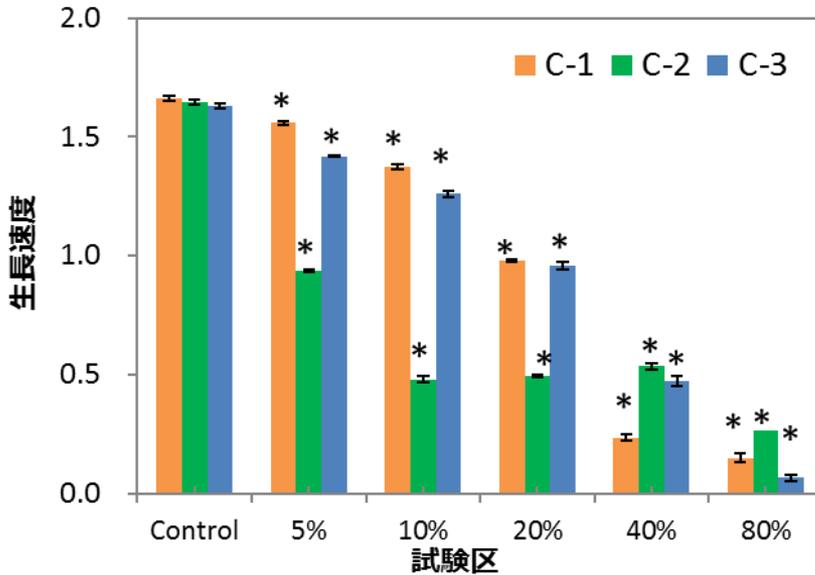
C-2に著しい致死毒性あり。C-1との合流によって低減されるが、C-1より増加。

	NOEC	TU =100/NOEC	LC50	TUa =100/LC50
<b>C-1</b>	20	5	73	1.4
<b>C-2</b>	<5	>20	<5	>20
<b>C-3</b>	10	10	20	5

LC50: 50%致死率が示される排水濃度

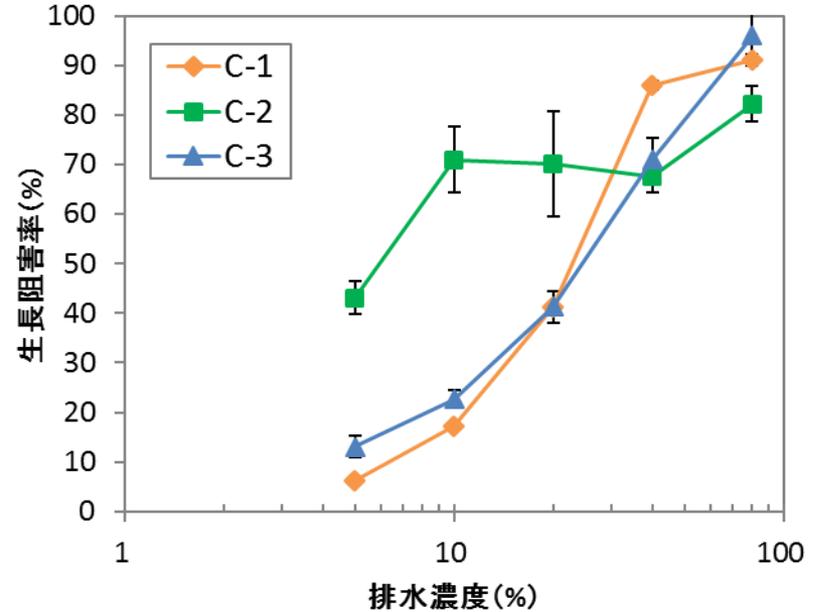
# C事業場：生物応答試験の結果（藻類）（H29）

## 平均生長速度



\*: 対照区と比べて有意水準5%で有意差あり ( $p < 0.05$ )

## 平均生長阻害率



- すべて試料、すべての濃度区で対照区 (Control) と比べて有意に生長速度が低減 (→NOEC<5%)
- C-1やC-3と比べてC-2の毒性が高い (50%阻害率IC50が約1/4)

	NOEC	TU =100/NOEC	IC50	TUa =100/LC50
<b>C-1</b>	<5	>20	23	4.4
<b>C-2</b>	<5	>20	5.9	17
<b>C-3</b>	<5	>20	24	4.2

## C事業場：生物応答試験の結果まとめ（H29）

- C-1では藻類、C-2ではすべての生物に対し、TU>10の影響がみられた。
- C-3では、C-1にC-2が混合することで毒性が増加すると考えられた。C-2は間欠的に排水されるため、H28調査時は合流していなかった可能性がある。
- 今後の予定：C-2の処理性能確認、C-1での原因究明

採取地点	NOEC (%)			TU		
	魚類	ミジンコ	藻類	魚類	ミジンコ	藻類
C-1	80	20	<5	1.25	5	>20
C-2	5	<5	<5	20	>20	>20
C-3	20	10	<5	5	10	>20

(参考) 過年度の結果

調査年度	採取地点	NOEC (%)			TU		
		魚類	ミジンコ	藻類	魚類	ミジンコ	藻類
H27	C-1	<5	20	<5	>20	5	>20
H28	C-3	80	40	40	1.25	2.5	2.5

# E事業場

## (冷凍機・温湿調整装置製造業)

## E 事業場：事業場の概要

業種	冷凍機・温湿調整装置製造業
応募理由	H27年度以前の事業に参加し、以降約3年間できる改善に取り組んできた。これにより排水の生態影響にどのような変化が生じたのかを把握したく応募した。
主な製造品目等	極低温冷凍装置(冷凍機、真空ポンプ)
生産工程で使用する主な原料・薬剤	硫酸、塩酸、めっき等に使用する金属(クロム等)化合物 等
水濁法の排水規制	下水道法の排除基準【平均排水量50m <sup>3</sup> /日未満基準】が適用(下水処理場で処理が困難な重金属等について、相当の基準が適用)
日平均排水量	25 m <sup>3</sup> /日(最大40m <sup>3</sup> /日)
排水放流先	下水道
生産工程のフロー ※詳細は43ページ以降のフロー図参照	以下のめっき加工工程や金属表面処理加工工程がある。 ・めっき加工工程 鉛錫鍍金、ニッケル鍍金、クロム鍍金 ・他の金属表面処理加工工程 ステンレスの防さび処理(パッシベート)、化成処理、リン酸塩皮膜処理、黒色皮膜処理
H27以前業務への協力実績の有無	有

## E 事業場：排水処理方式等の概要

排水処理方式	凝集沈殿、中和処理
排水処理で使用する主な薬剤	・凝集剤(ポリ塩化アルミニウム) ・中和剤(消石灰、硫酸)
排水口の数	計2箇所(工程系排水1箇所、生活系排水1箇所)
排水処理のフロー	・工程系排水 pH処理、凝集沈殿、中和処理 →下水道放流  ・生活系排水 下水道に直接放流
塩素処理の有無	無
放流排水への海水・中和塩混入の有無	無

## E 事業場：27年度以前の事業参加時の状況とその後の取組状況（H28）

実施時期	平成25年度
生物応答試験の結果の概要	一部の生物種を用いた試験で、生態影響が検出
当時の試験結果を受けて行った取組	<p>①排水改善に関連する取組</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一部の排水経路を変更</li> <li>・重金属が高濃度に含まれる廃液は、自社での排水処理から産業廃棄物として外部に委託処理するように変更（継続中）</li> <li>・定期的（年1回）な排水処理前廃液用貯槽の清掃と貯槽へ繋がる排水経路の高圧洗浄を実施（継続中）</li> </ul> <p>②その他の取組</p> <p>試験の実施実績のCSR報告書等の形での公表は未実施（今回事業の結果を踏まえ検討予定）</p>
当時と今回事業における相違点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・④生産工程・排水処理工程は、一部の排水処理経路を変更した（排水処理方法・設備そのものは大きく変更していない）。</li> <li>・その他（①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等）は変更なし。</li> </ul>

## E 事業場：生物応答試験の対象水（H28）

採水時期	12月上旬
試験対象排水の概要	工程系由来の排水
試験対象排水の組成 (利用水源)	上水 8m <sup>3</sup> /日
採水地点	下水道放流の直前の工程系排水を採水
当該排水口からの日 平均排水量	0～15m <sup>3</sup> /日(最大で15m <sup>3</sup> /日。貯槽に貯めておき2～3日毎に 排水処理を実施)

# E 事業場：生物応答試験の結果（H28）

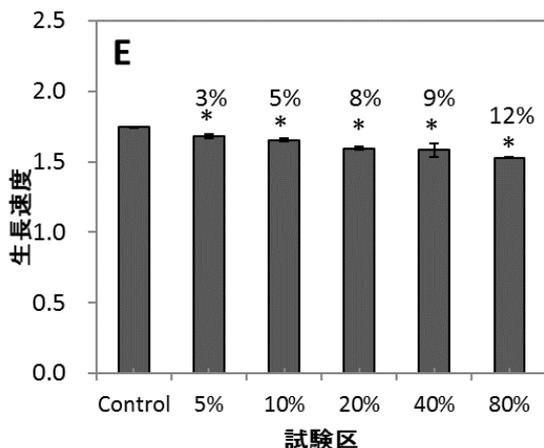
- ミジンコ試験でNOECが5% (TU=20)となった。魚類試験では最小の希釈率でも影響はみられなかった。
- 藻類試験では、排水割合5%以上の希釈率での試験においてコントロール試験に対して有意な影響がみられたため、NOECは5%未満 (TU>20)と算出。

	ムレミカヅキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度 (NOEC) (%)	<5	5	80
Toxic Unit (TU)※	>20	20	1.25

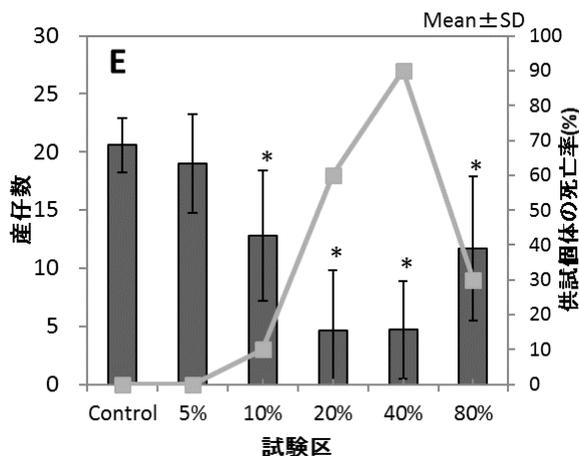
※100/NOECで表される量

## 各排水濃度(%)における影響評価結果

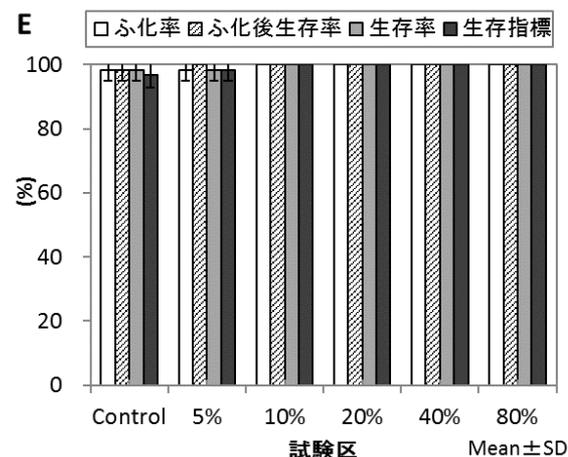
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

# E事業場：経年変化（H25・H28）

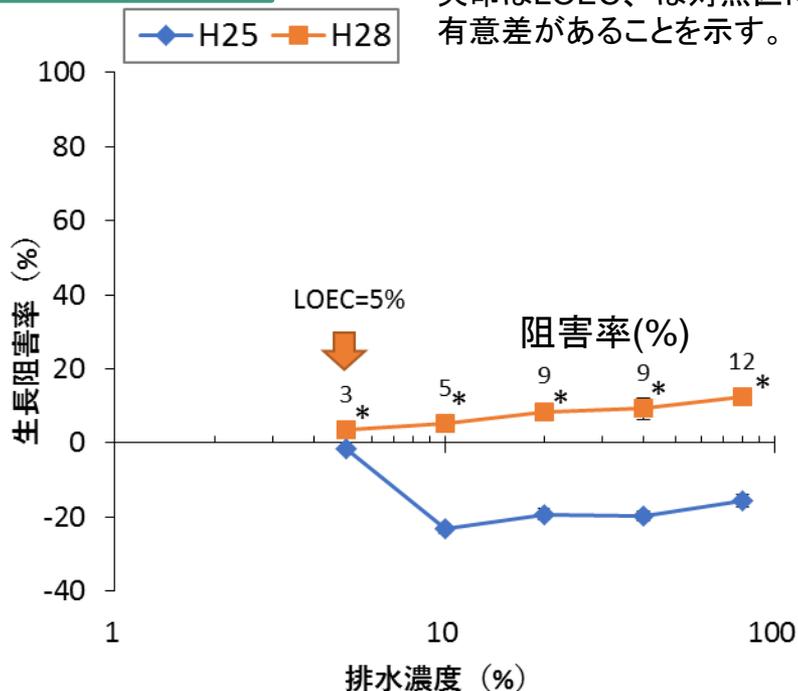
調査年度	NOEC (%)			TU		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
平成25年度	80	<1.25	80	1.25	>80	1.25
平成28年度	<5	5	80	>20	20	1.25

## 排水改善の取り組み

- 一部の排水経路を変更
- 一部高濃度重金属類廃液を外部委託処理へ
- 定期的(年1回)な廃液用貯槽と排水経路の清掃

## 藻類

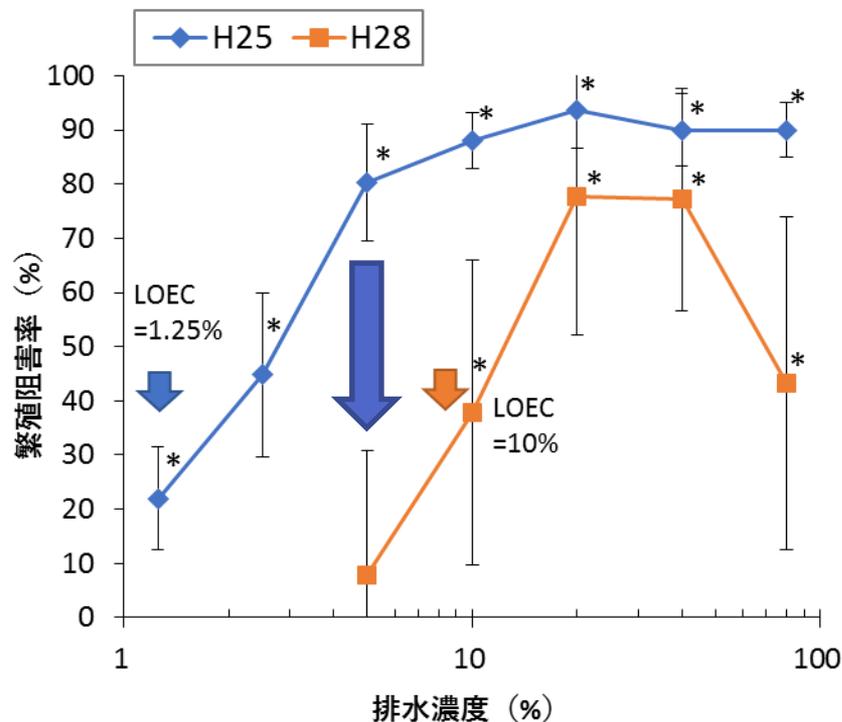
平均値±標準偏差(エラーバー)、矢印はLOEC、\*は対照区に対して有意差があることを示す。



TUの変化は大きいが生長阻害率の増加は微小

## ミジンコ

※試験機関は異なる



ミジンコに対する影響は一定量低減した

# E事業場：水質分析の結果（H25・28）

- 当該事業場は下水道放流を行っているが、仮に公共用水域に排水して水濁法の適用を受ける場合であっても、pH、金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- 金属類では、めっき工程で使用されるニッケル、鉛が平成25年度と比べて平成28年度では低減していた。

- a: pH排水基準: 5.8~8.6(海域以外)  
 b: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)  
 c: 0.05~1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)  
 d: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## 基本水質項目

調査年度	pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>b</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>c</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>d</sup> mgN/L
H25年度	7.23	9.64	99	0.04	447	<0.02	10.4	3.2
H28年度	6.50	9.10	94	0.04	410	<0.02	4.7	3.6

## 金属類（単位：μg/L）

金属類	バリウム	アルミニウム	スズ	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛
H25年度	-	0.950	-	0.408	12.5	55.9	0.797	103	7.34	1.28
H28年度	ND	6.89	ND	0.708	21.5	60.7	0.497	79.0	6.01	3.43
排水基準 <sup>*1</sup>				2,000	10,000	10,000		1,000~2,000 <sup>*2</sup>	3,000	2,000
金属類	ヒ素	イットリウム	モリブデン	ルテニウム	銀	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛
H25年度	0.055	-	-	-	-	0.359	-	-	-	16.4
H28年度	0.069	0.021	7.68	ND	0.038	0.138	0.001	ND	0.006	7.42
排水基準 <sup>*1</sup>	100					30				100

ND: 検出下限値未満、有効数字3桁(ただし小数点第3位までとする)。"- "は測定なし。

\*1 水濁法の排水基準項目における人健康項目。その他の排水基準項目は、生活環境項目。\*2 一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない) 59

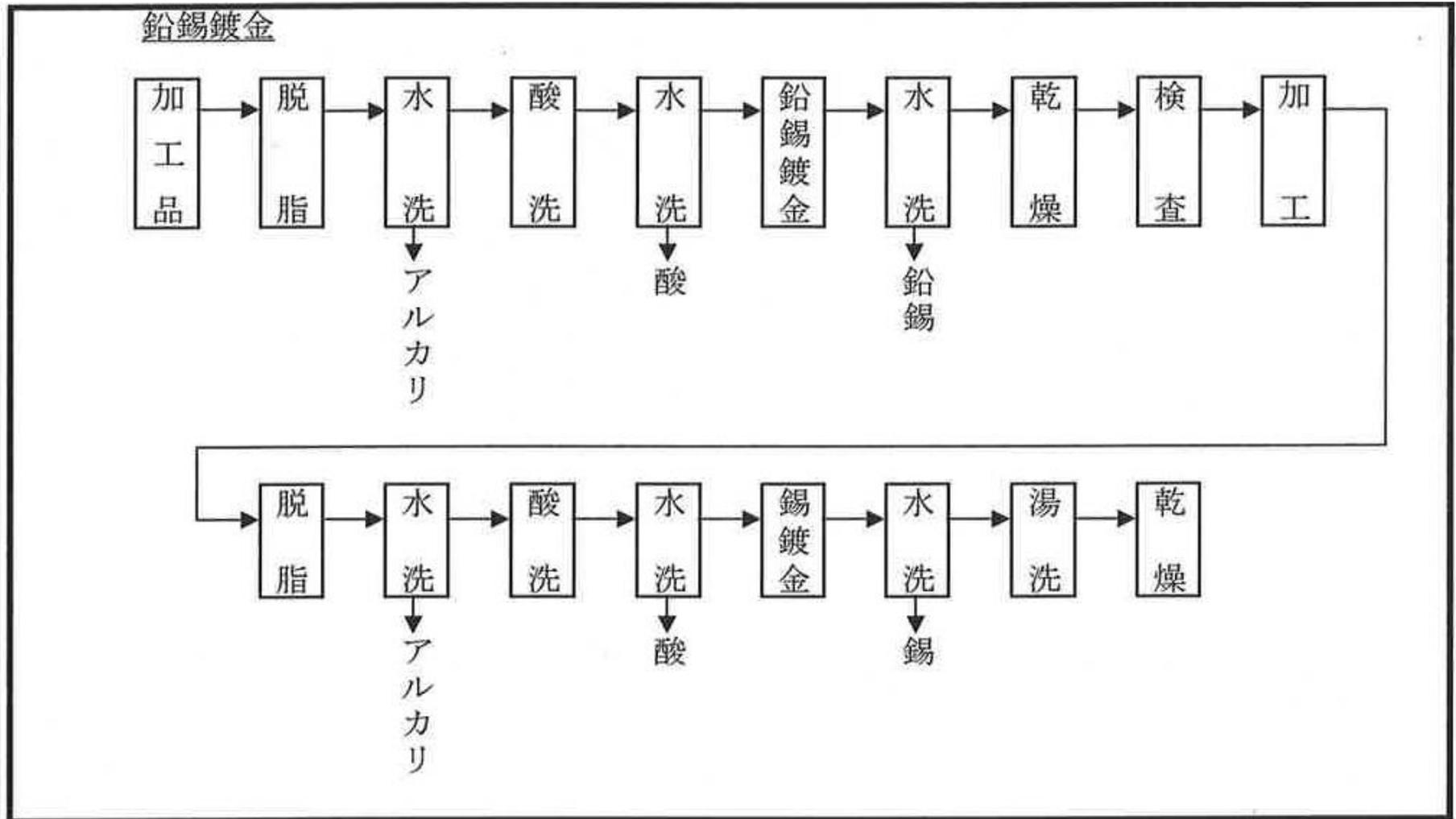
## E 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等① (H28)

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・過年度(H25)の事業参加後、排水水質改善を図るため排水経路の変更を行ってきたが、今回事業の試験結果を踏まえると、排水中に含まれる排水基準が設定されていない物質が水生生物に影響を与えていると思われる。</li><li>・現行の排水規制に対応する観点のみでは改善を図ることができず、改善対策の難しさを感じた。また、関連動向に注視しつつ徐々に検討を進める必要があると感じた。</li><li>・これまでの改善対策で、排水基準が設定された物質に対するリスク低減は図れたと思うが、これが今回の試験での生態影響の改善につながらなかったのは残念だった。</li></ul>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>①結果の公表 環境保全に積極的に取り組んでいる企業であることを発信するため、環境社会報告書(CSR報告書)で公表する可能性がある</li><li>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等 生態影響の原因物質に関連する排水系統変更の検討、排水処理方法の検討</li><li>③その他 生物影響に関する特定施設利用部門向け(社内)勉強会の開催を検討中</li></ol>

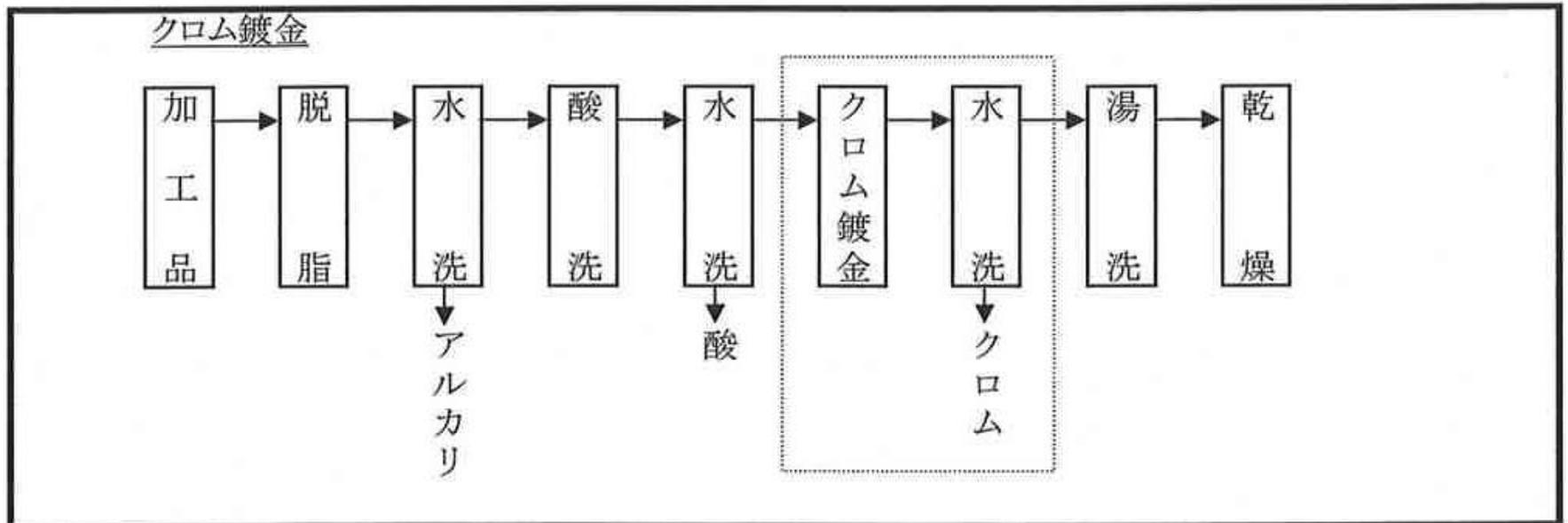
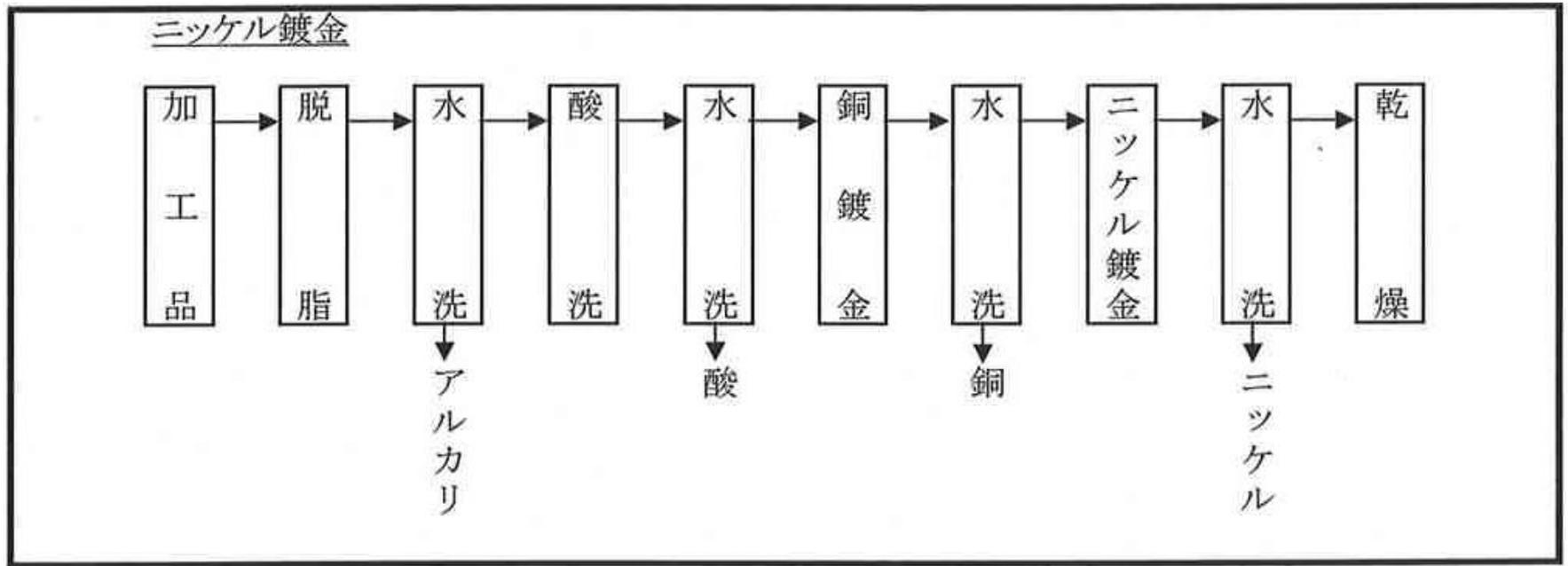
## E 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等② (H28)

<p>想定される排水毒性原因(※現時点の暫定的なもの。今後要検証。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ニッケルめっき工程と排水処理工程で使用している消石灰</li> <li>・ニッケルめっき工程で使用しているニッケル</li> </ul>
<p>上記取組を行う(行わない)理由</p>	<p>現行の水濁法や下水道法では原因物質に対する規制が無く、処理も一般的な処理方法であり安価。変更等に掛けられるコストにも限界があるため</p>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有(生態影響の変動傾向についてモニタリングしていきたいため)</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験結果が判明するまでの日数を短くしてほしい。一年に複数回試験を実施するような場合には特に懸念。</li> <li>・試験の頻度をどの程度とすれば効果的なのかがわからない。</li> <li>・排水に対する生物応答試験の実施は、現状制度化されているものではない。今後、排水改善のために設備投資を伴うような場合には、排水の生態影響が小さくなることで会社に何がメリットになるのかななどを、相当の根拠をもって社内で説明する必要がある。</li> <li>・設備投資によらない運用面でできる改善について、専門家から助言を受けられる機会があるとよい。</li> <li>・試験結果のCSR公表は、今回事業のように事業者に自由度があるとよい。また、事業の結果は、事業者の不利益にならない情報は事業者が配慮した範囲で公表してよいが、不利益情報は非公表としてほしい。</li> </ul>

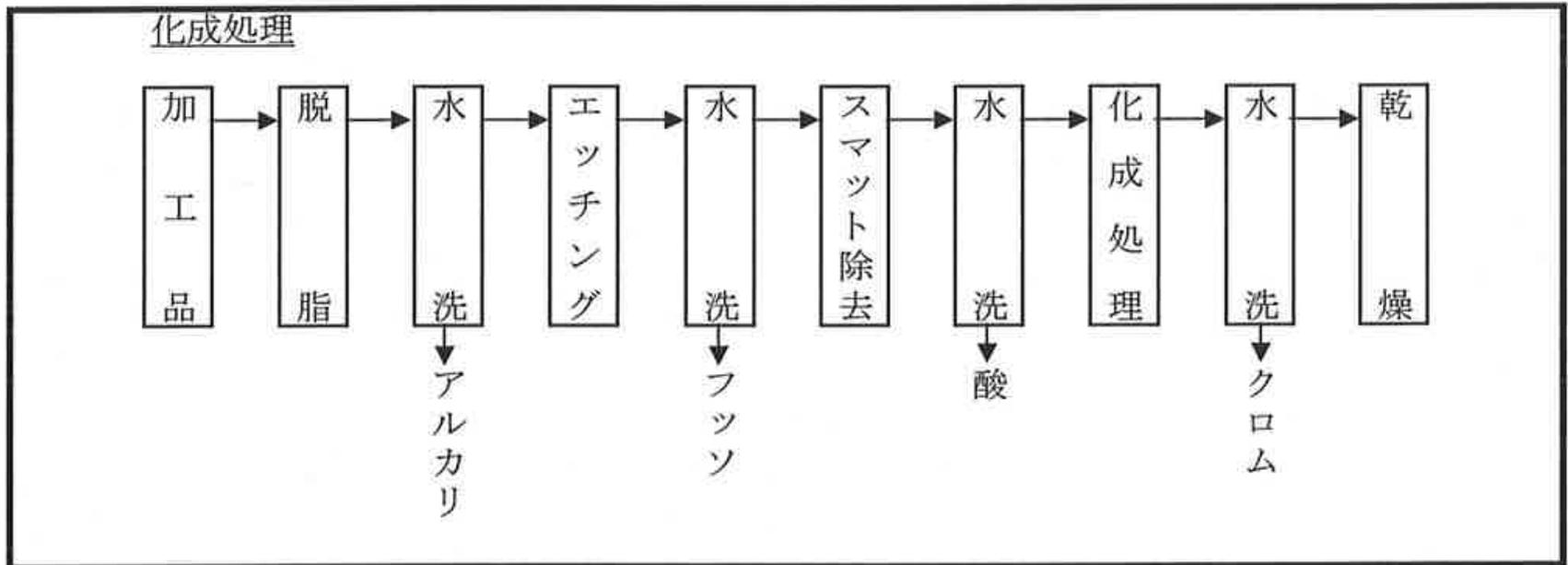
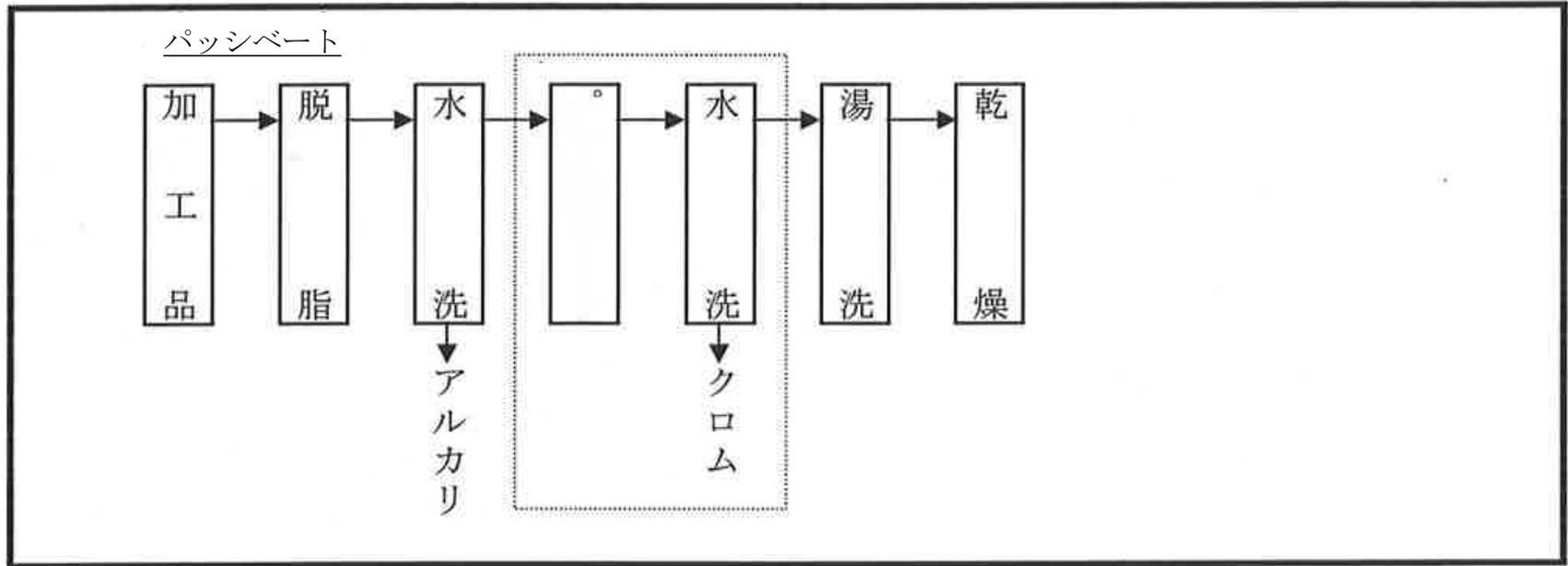
# (参考) E 事業場：事業場の概要（製造工程フロー①）（H28）



# (参考) E事業場：事業場の概要（製造工程フロー②）（H28）

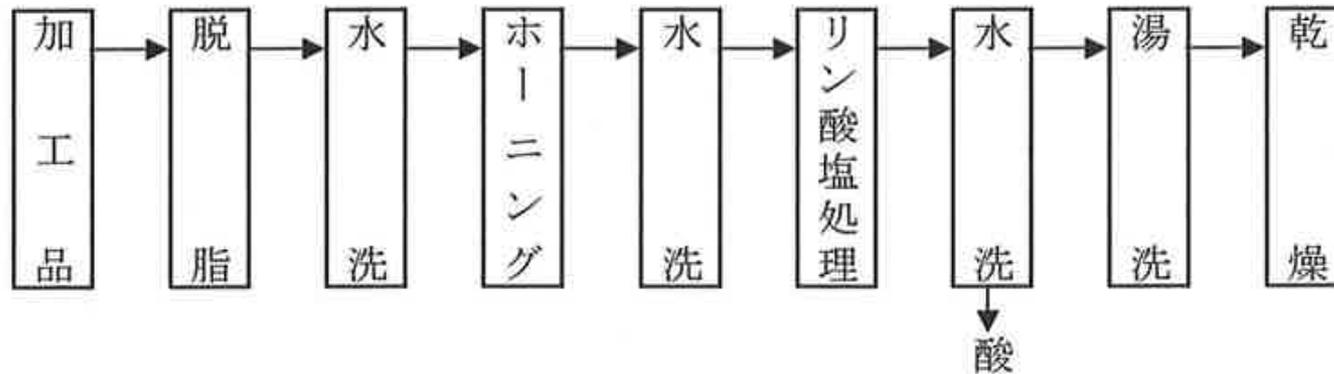


# (参考) E事業場：事業場の概要（製造工程フロー③）（H28）

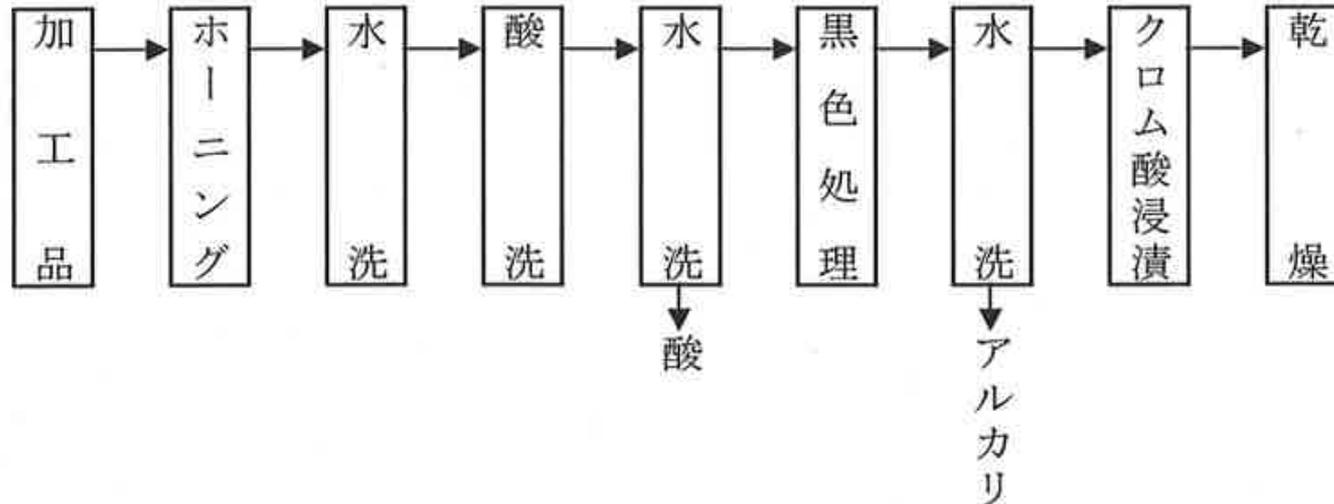


# (参考) E事業場：事業場の概要（製造工程フロー④）（H28）

## リン酸塩皮膜処理(パーカー)



## 黒色皮膜処理(黒染)



## E事業場：H29年度調査①（排水変動の調査）

### 〔背景〕

当事業場は複数の製造工程があるが、バッチ式で処理を行っている。

### 〔目的〕

- 製造工程が比較的変動しない事業場として、排水性状の変化により、排水の生物影響がどの程度変動するのか調査する。
- 同じ排水を2回同時に試験し、試験機関内の試験間変動を調査する。

### 〔方法〕

- 採取回数：11月末～12月上旬の3回
- 採取頻度：2週間に1度程度（うち、1回は2回試験する）
- 採取時の排水に含まれている製造工程（排水経路）の内訳を調査する（事業者担当）

# E 事業場：H29年度調査②（排水改善・原因究明対策）

## 原因究明の初期スクリーニングの結果(H28)

- 主な使用化学物質：金属めっきでPb、Ni、Crを使用
- 影響を示した生物：ミジンコと藻類
- 一般水質項目：硬度が高い(410 mgCaCO<sub>3</sub>/L)
- 塩分、残留塩素、アンモニア：測定値<TRE指針値  
→単独では毒性に関与していないと推定
- 金属類：Ni濃度>>ミジンコに対する毒性データ  
→Niが主な原因物質と推定



## 今後の排水改善・原因究明対策

### ■ Niの毒性確認(TIE Phase III)

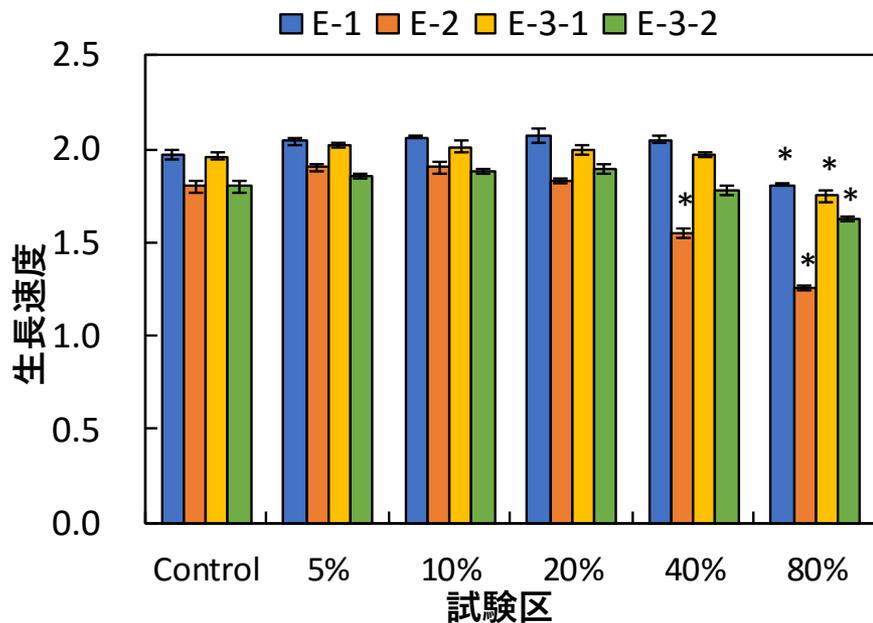
- EDTAやイオン交換樹脂処理により毒性が低減され、Niの添加によって元の毒性が示されるか？
- Ni濃度と排水毒性の相関性を評価(複数試料の試験が必要)

### ■ Niの処理・削減方法の検討(TRE第5段階)

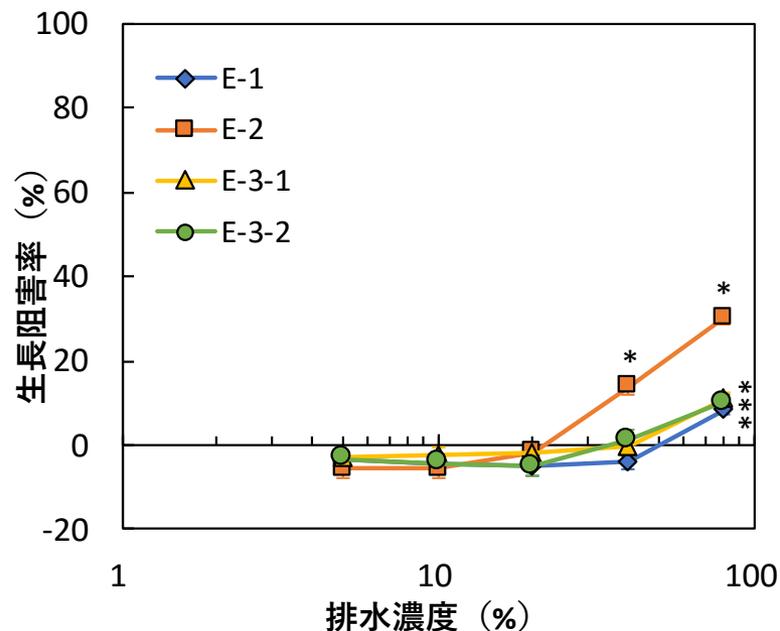
- 事業者と今後相談予定

# E事業場：H29①排水変動調査（生物応答試験の結果：藻類）

## 生長速度



## 生長阻害率



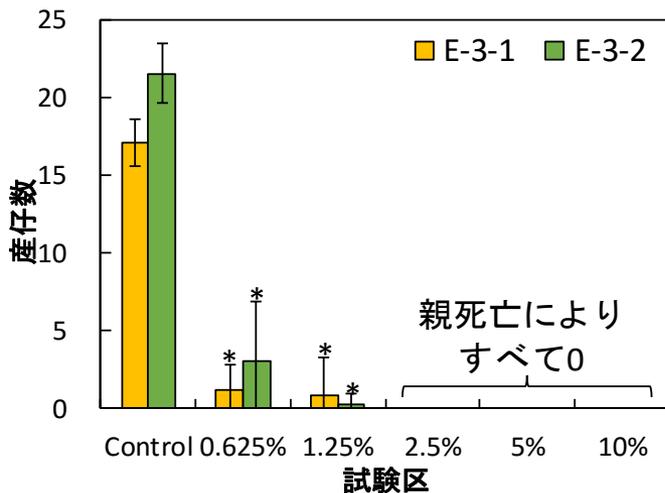
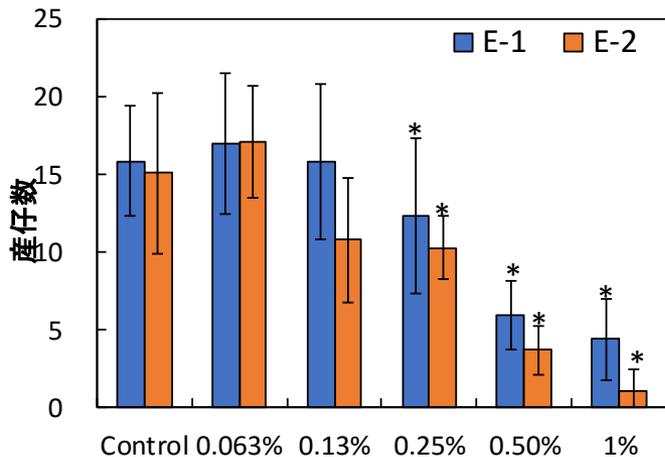
試料名	採取年月	NOEC	TU	EC50
E-1	H29/11下	40%	2.5	>80%
E-2	H29/12上	20%	5	>80%
E-3-1	H29/12中	40%	2.5	>80%
E-3-2	H29/12中	40%	2.5	>80%

平均±標準偏差 (Error bar)  
\*はControlとの有意差を示す。

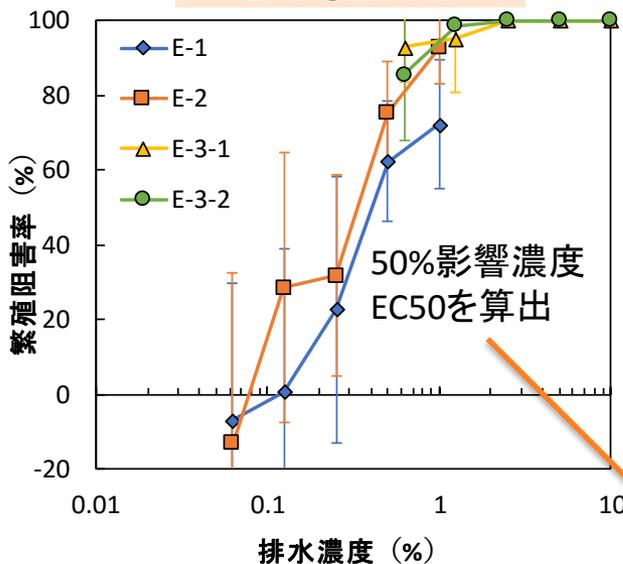
- E-2の影響がやや大きかった。
- E-3を同時に2試験した結果は濃度反応曲線がほぼ一致していた。

# E事業場：H29①排水変動調査（生物応答試験の結果：ミジンコ）

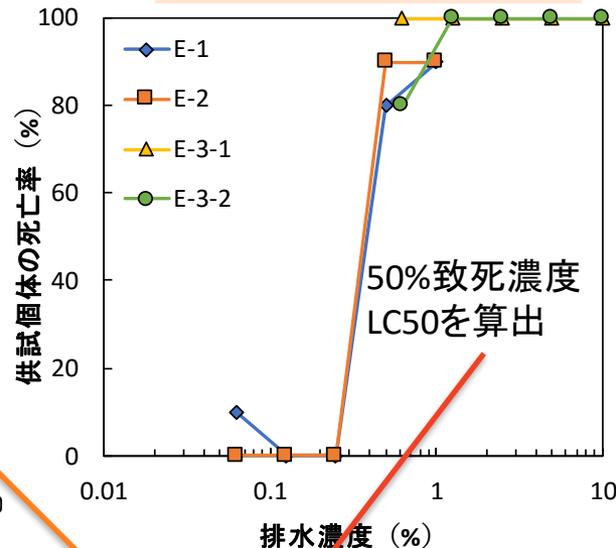
## 産仔数



## 繁殖阻害率



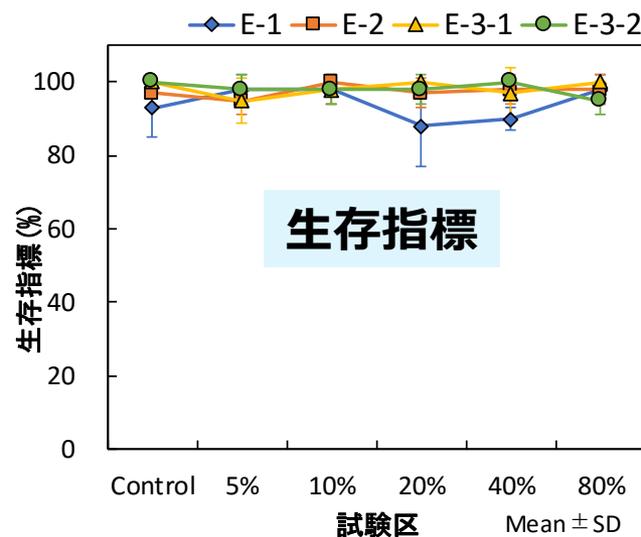
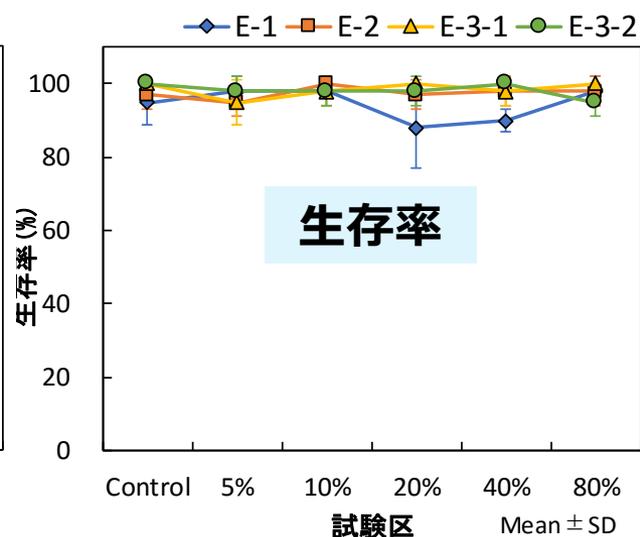
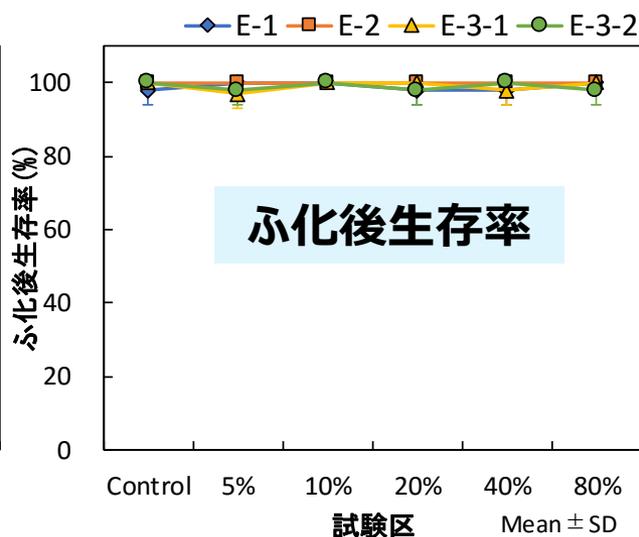
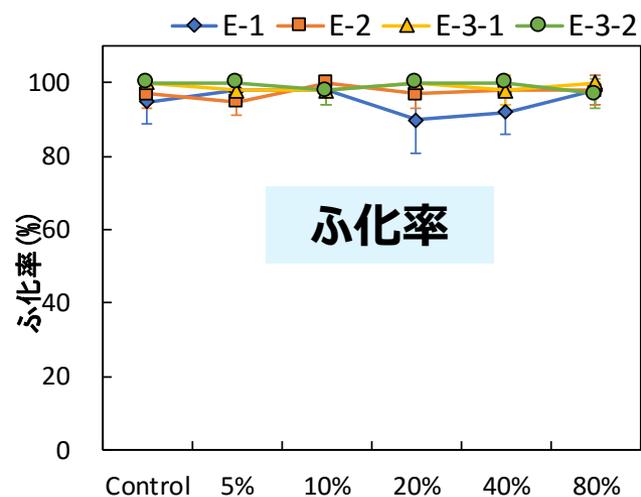
## 供試個体の死亡率



試料名	採取年月	NOEC (%)	TU	EC50 (%)	LC50 (%)	TUa (=100/LC50)
<b>E-1</b>	H29/11下	0.125	800	0.492	0.48	210
<b>E-2</b>	H29/12上	0.125	800	0.280	0.43	235
<b>E-3-1</b>	H29/12中	<0.625	>160	<0.625	<0.625	>160
<b>E-3-2</b>	H29/12中	<0.625	>160	<0.625	<0.625	>160

E-1とE-2は5-80%濃度区で試験して供試個体がすべて死亡したため、0.063-1%濃度区で再試験した。E-3は初めから0.625-10%濃度区としたが、E-1・E-2よりやや影響が大きく、NOECは算出できなかった。2回試験した結果(E-3-1/E-3-2)の阻害率は一致していた。

# E事業場：H29①排水変動調査（生物応答試験の結果：魚類）



試料名	NOEC			生存指標	TU 生存指標
	ふ化率	ふ化後 生存率	生存率		
<b>E-1</b>	80%	80%	80%	80%	1.25
<b>E-2</b>	80%	80%	80%	80%	1.25
<b>E-3-1</b>	80%	80%	80%	80%	1.25
<b>E-3-2</b>	80%	80%	80%	80%	1.25

すべての試験でいずれの指標に対しても80%濃度区まで影響はなかった。

## E事業場：水質分析の結果①（H25・H28・H29）

- 変動調査期間中（E-1～E-3）の大きな水質変動はみられなかった。
- 継続して硬度が高い。

採取年月	試料	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
<b>H25年度</b>	<b>G</b>	7.23	9.64	99	0.04	447	<0.02	10.4	3.2
<b>H28年度</b>	<b>E</b>	6.50	9.10	94	0.04	410	<0.02	4.7	3.6
<b>H29/9</b>	<b>E-0</b>	6.87	9.00	87	0.04	340	/	2.4*	3.8
<b>H29/11</b>	<b>E-1</b>	6.6	9.8	99	0.04 <sup>d</sup>	448	<0.01	4.2	4.2
<b>H29/12上</b>	<b>E-2</b>	6.3	10.2	103	0.05 <sup>d</sup>	446	<0.01	5.0	4.7
<b>H29/12中</b>	<b>E-3</b>	6.5	9.8	108	0.05 <sup>d</sup>	440	<0.01	6.0	5.2

ND: 検出下限値未満、\*: 冷蔵保存中に沈殿して減少した可能性あり

a: NaClのNOECは藻類0.06%（1試験機関データ）、ミジンコ0.087%、魚類0.23%（10試験機関平均）

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

d: 電気伝導度から換算

## E事業場：水質分析の結果②金属類（H25・28・29）

- 変動調査期間中（E-1～E-3）は、めっき工程で使用されるニッケルの濃度が過年度と比べて増加していた（作業工程に変更はないが作業量が増加したか？）。
- 濃度レベルから、ニッケルによるミジンコへの影響が懸念されるが、硬度（と有機物濃度）が高いため、影響が緩和されている可能性もある。

単位：μg/L

採取年月	試料名	バリウム	アルミニウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル
H25年度	<b>G</b>	-	0.950	0.408	12.5	55.9	<b>0.797</b>	103
H28年度	<b>E</b>	ND	<b>6.89</b>	<b>0.708</b>	21.5	60.7	0.497	79.0
H29/9	<b>E-0</b>	ND	0.130	0.410	148	43.3	0.628	77.9
H29/11	<b>E-1</b>	ND	2.23	0.160	88.5	47.5	0.569	244
H29/12上	<b>E-2</b>	ND	3.28	0.227	<b>115</b>	<b>51.2</b>	0.699	<b>434</b>
H29/12中	<b>E-3</b>	ND	4.74	0.268	112	66.9	0.796	381
排水基準				2,000	10,000	10,000		(1,000~2,000)*
採取年月	試料名	銅	亜鉛	ヒ素	セレン	カドミウム	鉛	ヒ素
H25年度	<b>G</b>	<b>7.34</b>	1.28	0.055	-	<b>0.359</b>	<b>16.4</b>	-
H28年度	<b>E</b>	6.01	3.43	0.069	-	0.138	7.42	-
H29/9	<b>E-0</b>	5.08	<b>7.72</b>	<b>0.084</b>	0.192	0.091	12.5	ND
H29/11	<b>E-1</b>	3.87	5.89	0.032	0.278	0.167	8.09	ND
H29/12上	<b>E-2</b>	2.82	2.79	0.051	<b>0.289</b>	0.126	9.55	ND
H29/12中	<b>E-3</b>	2.88	0.778	0.030	0.263	0.180	9.34	ND
排水基準		3,000	2,000	100		30	100	

“-”: 測定なし、ND: 検出下限値未満、\*: Niは一部自治体のみ基準あり（水濁法の基準ではない）、太字は各金属の最高濃度

# E事業場：H29年度調査②原因究明調査

ニッケル濃度がミジンコへの影響が懸念されるレベルで高い

①Niをキレートしたら  
毒性がなくなるか？

②ニッケル濃度と毒性  
に相関性はあるか？

a: 濃度/NiのEC50  
b: 100/排水のEC50

EDTA処理試験

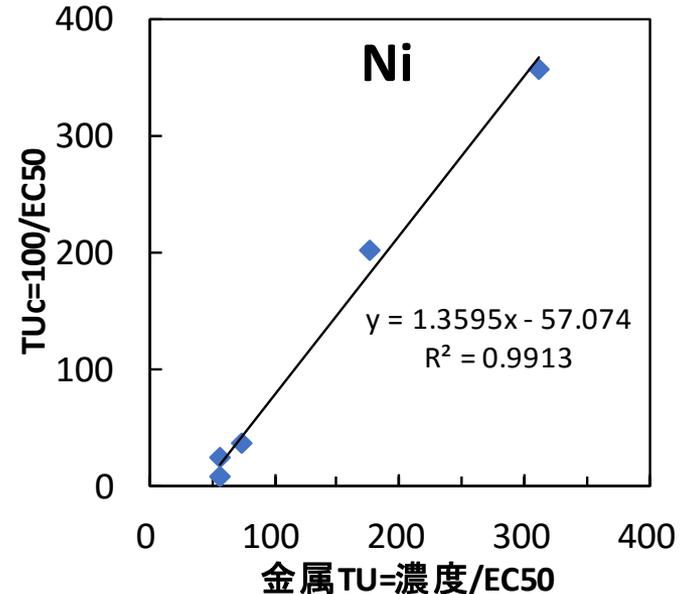
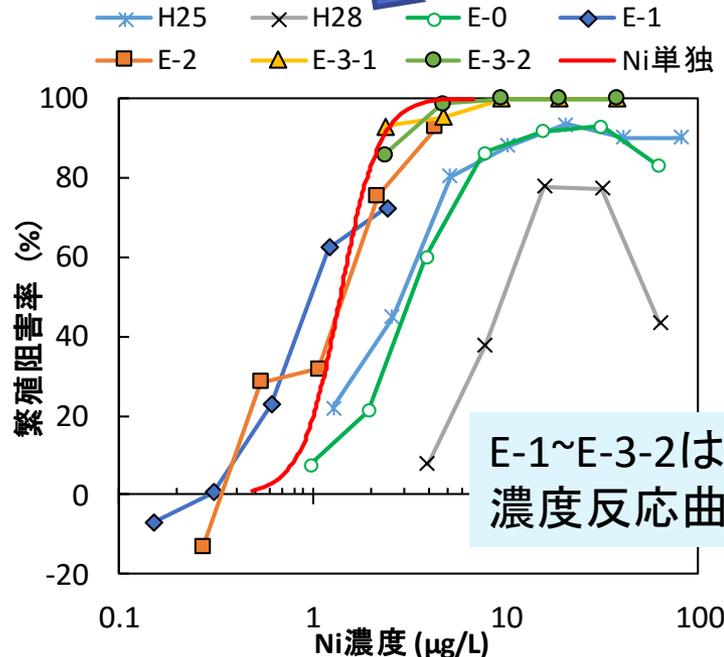
毒性が低減  
(TU:20→5以下)

Ni単独の濃度反応曲線  
と一致するか？

各試験時のNi濃度(希釈率から推定)  
と阻害率の濃度反応曲線を作成

NiのTU<sup>a</sup>と排水のTU<sup>b</sup>に相関  
はあるか？

有意な相関あり  
( $r^2=0.99$ )



## E事業場：H29年度調査（まとめ）

- 排水変動調査において3回採取した排水の生物影響に大きな変動はなかった。
  - 藻類: TU=2.5か5
  - ミジンコ: TU=>160か800(濃度反応曲線が一致)
  - 魚類: 最高濃度でも影響なし
- 同じ排水(E-3)を同一試験機関で同時に2試験実施したところ、結果は一致していた。
- ニッケル濃度が過年度と比べて増加しており、ミジンコへの影響が懸念されるレベルであった。
- キレート処理による毒性低減、ニッケル単独試験との比較、濃度と毒性との相関性から、ニッケルがミジンコに対する主要な毒性物質であると確認された。

# G事業場

## (自動車部分品・附属品製造業)

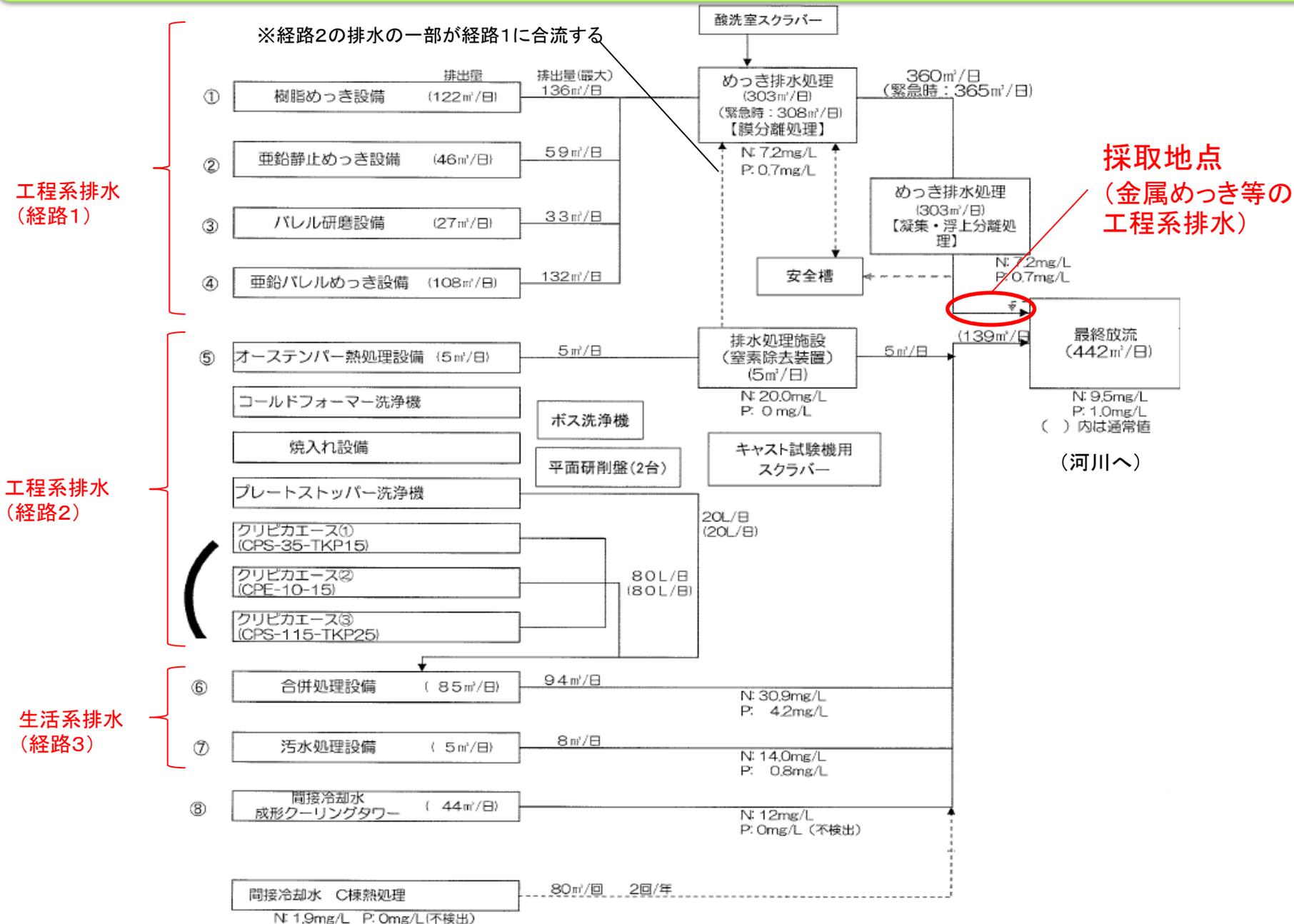
## G事業場：事業場の概要

業種	自動車部分品・附属品製造業
応募理由	排水の生態影響に加え、その原因物質の特定と排水改善に向けた助言を実施してもらえることに、メリットを感じたため。
主な製造品目等	シートベルト、樹脂ホイールカバー、オーナメント類
生産工程で使用する主な原料・薬剤	水酸化ナトリウム、硝酸、塩酸
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	511 m <sup>3</sup> /日
排水放流先	河川
H27以前業務への協力実績の有無	有

# G事業場：排水処理方式等の概要

排水処理方式	生物処理、硝化脱窒、凝集沈殿、膜分離、砂ろ過
排水処理で使用する主な薬剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝集剤(ポリ塩化アルミニウム、塩化第二鉄、高分子凝集剤)</li> <li>・中和剤(水酸化ナトリウム、塩酸、硫酸、塩化カルシウム)</li> <li>・次亜塩素酸ナトリウム</li> </ul>
排水口の数	計3カ所(工程系排水2箇所、生活系排水1箇所)
排水処理のフロー ※詳細は次ページのフロー図参照	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経路1(めっき工程排水) 還元、pH調整、凝集沈殿等</li> <li>・経路2(熱処理工程排水) 還元、pH調整、凝集沈殿等</li> <li>・経路1、2共通(※処理工程で合流後) 生物処理、凝集沈殿、浮上分離、砂ろ過</li> <li>・経路3(生活系排水) 活性汚泥処理</li> </ul>
塩素処理の有無	無(今回の試験排水については行われてない)
放流排水への海水・中和塩混入の有無	無

# G事業場：排水処理方式等の概要（排水フロー）



## G事業場：27年度以前の事業参加時の状況とその後の取組状況(H28)

実施時期	平成25年度
生物応答試験の結果の概要	藻類とミジンコを用いた試験で、最大無影響濃度がそれぞれ5%、2.5%となった。
当時の試験結果を受けて行った取組	①排水改善に関連する取組 特段なし  ②その他の取組 環境報告書にて、生物多様性保全に関する取組として掲載
当時と今回事業における相違点	特段なし (①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等、④生産工程・排水処理工程とも)

## G事業場：生物応答試験の対象水(H28)

採水時期	12月下旬
試験対象排水の概要	金属めっき工程排水(一部、熱処理工程排水が混合)
試験対象排水の組成 (利用水源)	井戸水、工業用水、水道水の混合
採水地点	排水フロー図参照
当該排水口からの日 平均排水量	308 m <sup>3</sup> /日(最大360 m <sup>3</sup> /日)(H28)

# G事業場：生物応答試験の結果（H28）

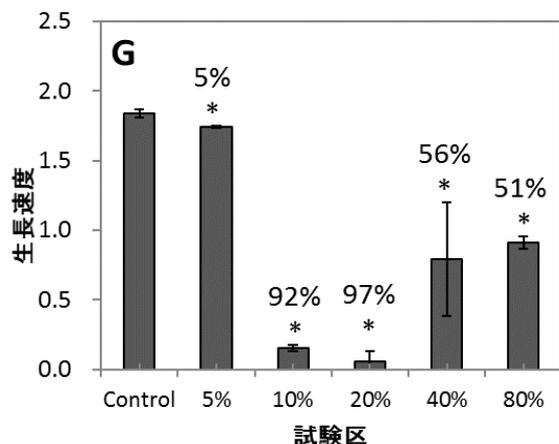
- 藻類試験でNOECが5%未満(TU>20)、ミジンコ試験でNOECが10%となった。魚類試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。(過年度事業と同じ傾向)
- 事業者によれば、試験対象排水はめっき工程由来のため、金属類の影響が考えられるのではないかとのことであった。(後述)

	ムレミカヅキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度(NOEC)(%)	<5	10	80
Toxic Unit(TU)※	20>	10	1.25

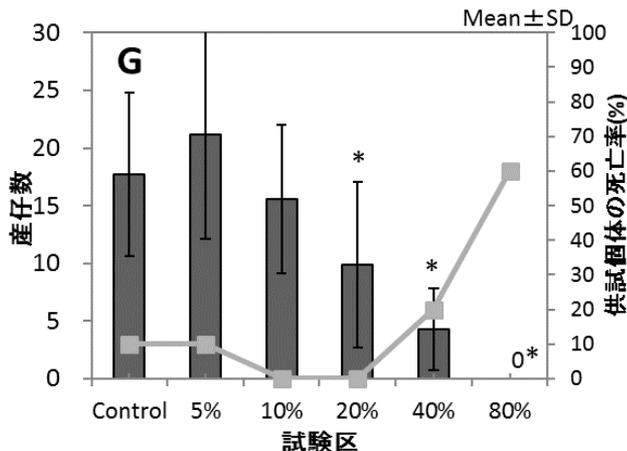
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

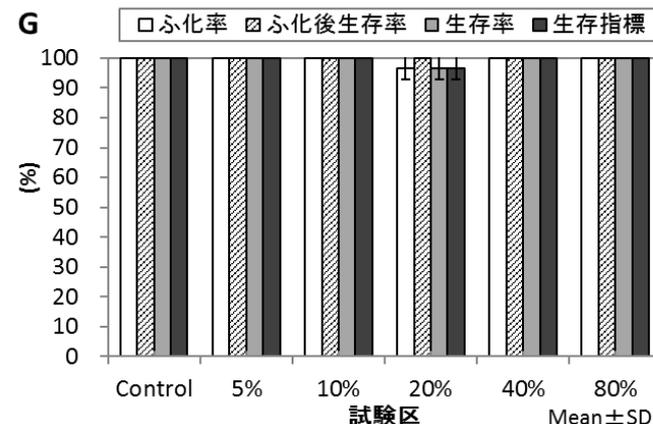
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

# G事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等(H28)

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<p>試験排水はめっき工程由来のため、金属類による生態影響を想定していたが、今回の試験排水は生物処理後であり、仮に有機化合物による生態影響があるならば想定していなかったものとなる。</p>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<p>①結果の公表          生物多様性保全活動の一環として情報発信することを検討。ただし、試験結果の詳細は掲載しない予定。</p> <p>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等          排水毒性の低減に向けた影響原因物質の特定と自主基準値の設定を検討中。</p> <p>③その他          排水放流先河川における生物調査を検討中。</p>
<p>可能性として想定される排水毒性原因          (※現時点の暫定的なもの。今後要検証。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属めっき工程で使用される金属類(コバルト、ニッケル、銅、亜鉛等)</li> <li>・樹脂めっき工程で使用される有機化合物</li> </ul>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有(生物多様性保全活動の一環として、来年度も継続して事業に参加し、原因物質の特定等に取り組みたい)</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社名の特定につながらない形での情報の開示</li> <li>・試験排水を採水する容器の気泡が入らないものへの改善</li> </ul>

# G事業場：H29年度調査案（排水改善・原因究明対策）

## 原因究明の初期スクリーニングの結果（H28）

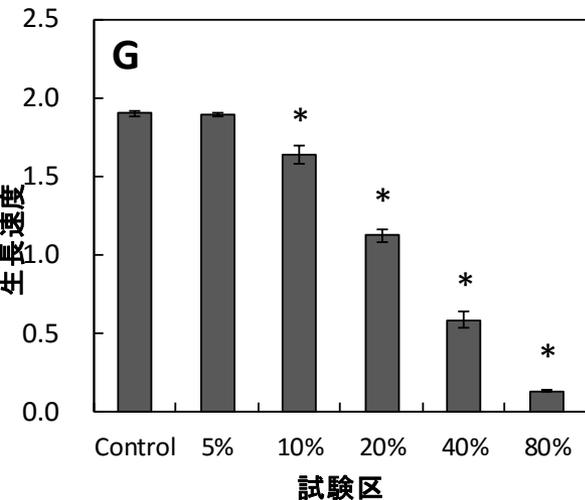
- 主な使用化学物質：自動車部品製造（めっき処理、半導体製造）に伴う排水が発生する
- 影響を示した生物：ミジンコと藻類
- 一般水質項目：全窒素が高い（12～19 mg/L）
- 塩分、残留塩素、アンモニア：塩分濃度0.32% > 毒性値  
→ 塩分の生物影響が懸念
- 金属類：Co、Ni、Zn濃度 >> ミジンコに対する毒性データ  
→ 原因候補物質に推定（ミジンコ）

## H29年度の調査目的・内容

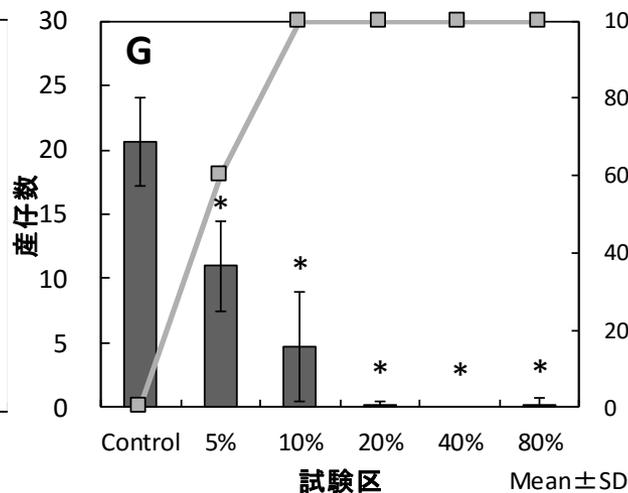
- 経年変化を確認する。
- 藻類に対する金属類の毒性確認
- 藻類に対するU字応答の原因究明
- その他の使用化学物質の情報を収集

# G事業場：生物応答試験の結果（H29年度）

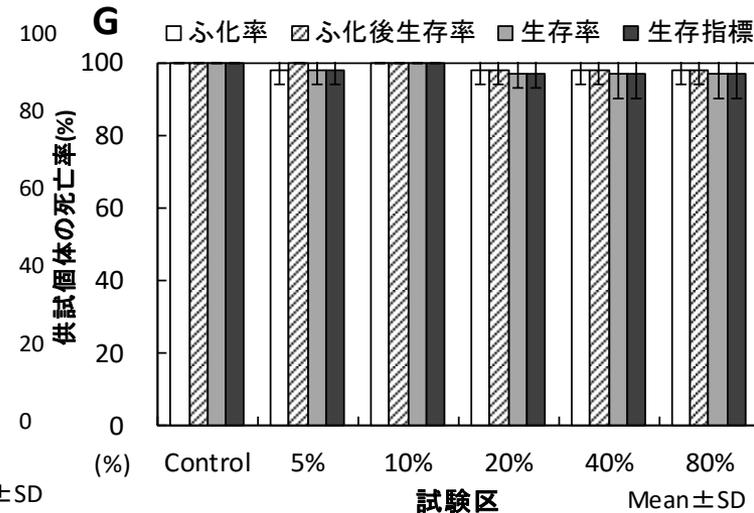
## 藻類



## ミジンコ



## 魚類



年度	NOEC			TU (=100/NOEC)		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
<b>H29</b>	5%	<5%	80%	20	>20	1.25

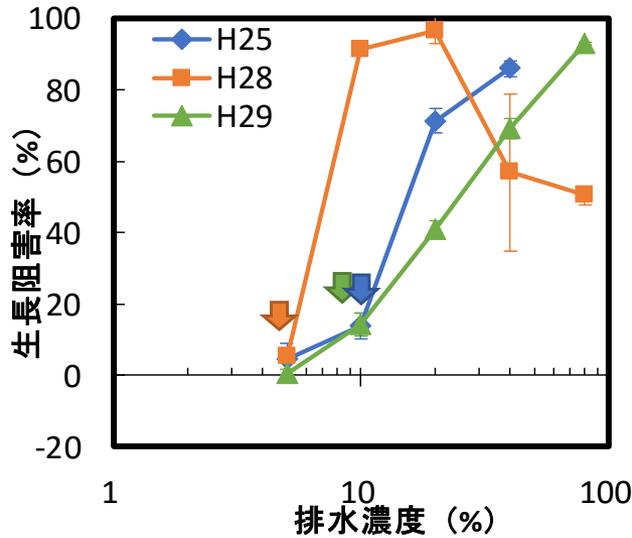
平均値±標準偏差(エラーバー)  
\*はControlとの有意差を示す

- 藻類に対して排水濃度10%以上で、対照区と比べて有意な生長速度の減少がみられたため、NOECは5%と算出。
- ミジンコは10%濃度区以上で供試個体がすべて死亡し、5%濃度区でも繁殖(産仔数)が有意に減少した(NOECは5%未満)。
- 魚類に対してはすべての指標に対し、最高濃度でも影響は示されなかった。

# G事業場：生物応答試験の結果（H25・H28・H29経年変化）

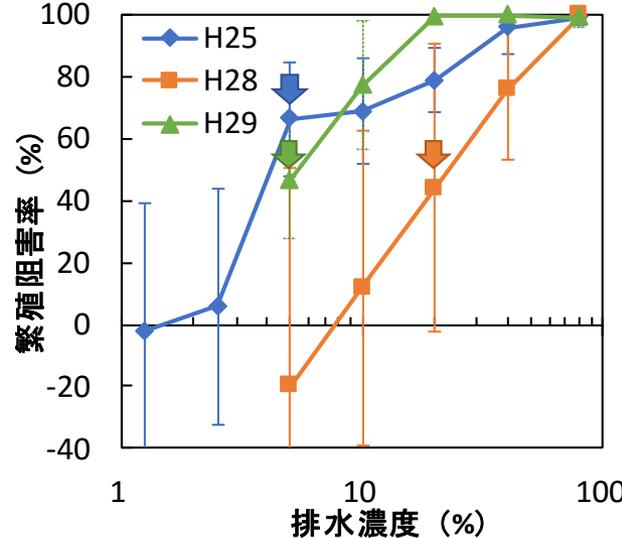
## 藻類

### 生長阻害率

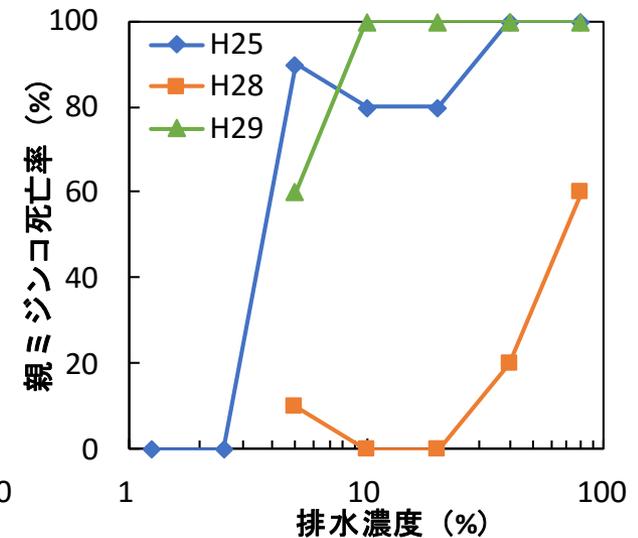


## ミジンコ

### 繁殖阻害率



### 親ミジンコの死亡率



年度	試験機関	NOEC			TU		
		藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
H25	国環研	5%	2.5%	80%	20	40	1.25
H28	機関1	<5%	10%	80%	>20	10	1.25
H29	機関3	5%	<5%	80%	20	>20	1.25

平均値±標準偏差(エラーバー)  
矢印は最小影響濃度(LOEC)を示す

魚類はH25年度より継続して影響なし

- 藻類に対し、継続的にTU>10の影響が示された。H28年度は濃度-阻害率が逆U字型になったが、H25・H29年度では濃度依存性が示された。
- ミジンコに対し継続的にTU≥10の影響が示された。H28年度は繁殖・致死影響ともに、やや低減したが、H29年度は再びH25年度と同程度の影響が示された。

## G事業場：水質分析の結果①（H25・H28・H29経年変化）

- 塩分濃度がH25年度から継続して、生物影響が懸念されるレベルで高い。
- H29年度に残留塩素が生物影響が懸念されるレベルで検出された（ただし工程内で塩素消毒は行われていない）。

採取年度	pH	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>a</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>b</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>c</sup> mgN/L
H25	7.06	9.99	476	<b>0.25</b>	330	<0.02	4.91	0.26
H28	7.2	8.50	606	<b>0.32</b>	195	<0.02	3.5	0.4
H29	7.1	9.9	420	0.20	169	<b>0.11</b>	4.0	2.0

a: NaClのNOECは藻類0.06%（1試験機関データ）、ミジンコ0.087%、魚類0.23%（10試験機関平均）

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

## G事業場：水質分析の結果②金属類（H25・H28・H29経年変化）

- 金属類に係る排水基準への適合を確認した。
- めっき工程で使用されるコバルト、亜鉛、ニッケル等の他、アルミニウム等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。
- ミジンコに対して、コバルト、ニッケル、亜鉛による影響が懸念され、各金属の毒性試験との比較から、ニッケルが主要な原因候補物質として推定される。
- 藻類に対して、ニッケル、銅、亜鉛による影響が懸念され、各金属の毒性試験との比較から、これらの金属が相加的に影響したと推定される。

単位：μg/L

採取年度	バリウム	アルミニウム	スカンジウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛	ヒ素
H25	-	57.2	-	10.5	13.0	1.06	14.1	<b>27.9</b>	19.9	51.8	0.089
H28	ND	<b>89.1</b>	ND	<b>18.7</b>	14.1	12.0	<b>26.8</b>	17.5	29.9	<b>306</b>	<b>0.234</b>
H29	<b>0.037</b>	15.4	-	9.59	<b>21.4</b>	<b>26.6</b>	18.2	27.4	<b>31.7</b>	56.7	0.207
排水基準				2,000	10,000	10,000		(1,000~2,000)*	3,000	2,000	100
	イットリウム	モリブデン	ルテニウム	銀	セレン	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛	ビスマス
H25	-	-	-	ND	-	0.034	-	-	-	0.124	-
H28	ND	2.98	ND	0.004	-	<b>0.052</b>	0.167	ND	0.003	<b>0.400</b>	-
H29	-	-	-	-	0.070	0.011	-	-	-	0.004	ND
排水基準						30				100	

ND: 検出下限値未満、"-": 測定なし、\*: :Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)、太字は各金属の最高濃度

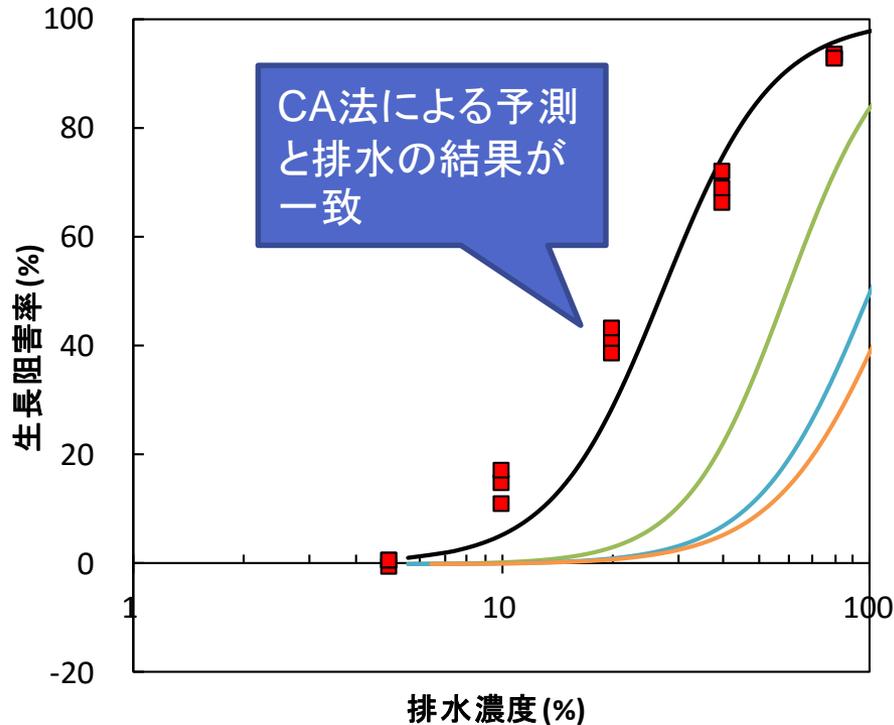
# G事業場：金属類の相加作用評価

銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ニッケル(Ni)の単独試験の結果と、排水中の各金属類の濃度から、相加作用を仮定して3種の金属による影響を予測した。比較のため、排水の結果と、排水中に含まれる各金属単独による影響もプロットした(横軸はすべて排水濃度%)。

## 藻類

Cu+Zn+Ni

■ 排水 — 予測 — Cu — Zn — Ni

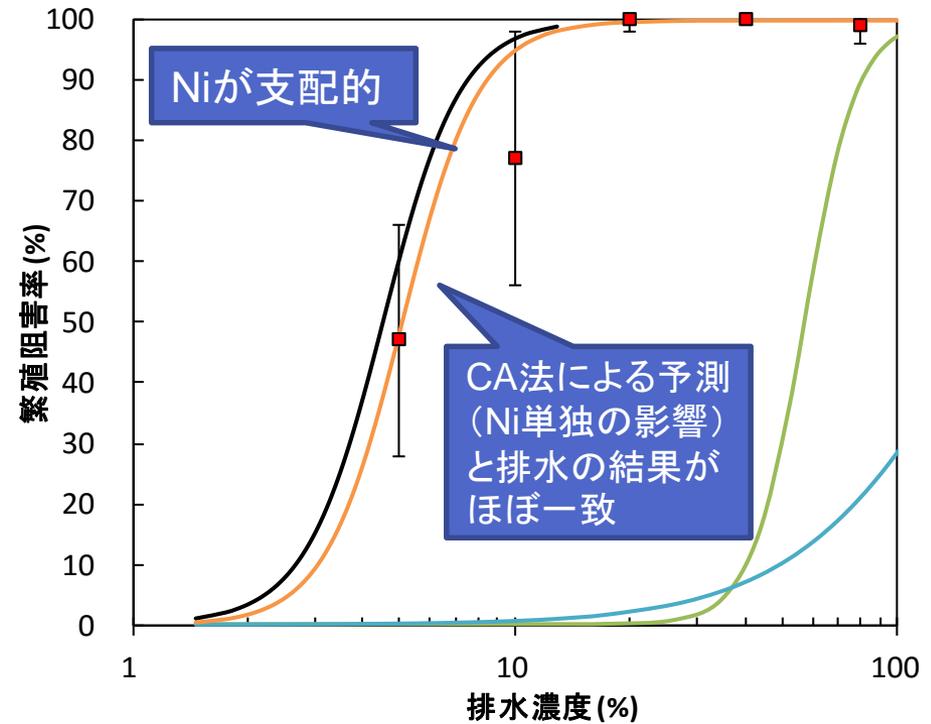


排水の藻類に対する影響は銅、亜鉛、ニッケルの相加作用によると推定。

## ミジンコ

Cu+Zn+Ni

■ 排水 — 予測 — Cu — Zn — Ni



排水のミジンコに対する影響はニッケルによると推定。

# G事業場：H25・H28・H29経年変化まとめ

## ● 藻類

- 継続的にTU>10の影響が示された。H28年度は濃度-阻害率が逆U字型になったが、H25・H29年度では濃度依存性が示された。
- ニッケル、銅、亜鉛が藻類に対する影響が懸念されるレベルで検出された。各金属の毒性試験との比較との、これらの金属が相加的に影響したと推定される。

## ● ミジンコ

- H28年度はやや低減したが、H25年度およびH29年度はTU>10の影響が示された。
- コバルト、ニッケル、亜鉛はミジンコに対する影響が懸念されるレベルで検出された。
- 各金属の毒性試験との比較から、H28年度の主要な原因物質は亜鉛、H25・29年度の主要な原因物質はニッケルであると推定された。

## ● 魚類

- H25年度から継続して影響が示されなかった。

# H事業場

## (自動車部分品・附属品製造業)

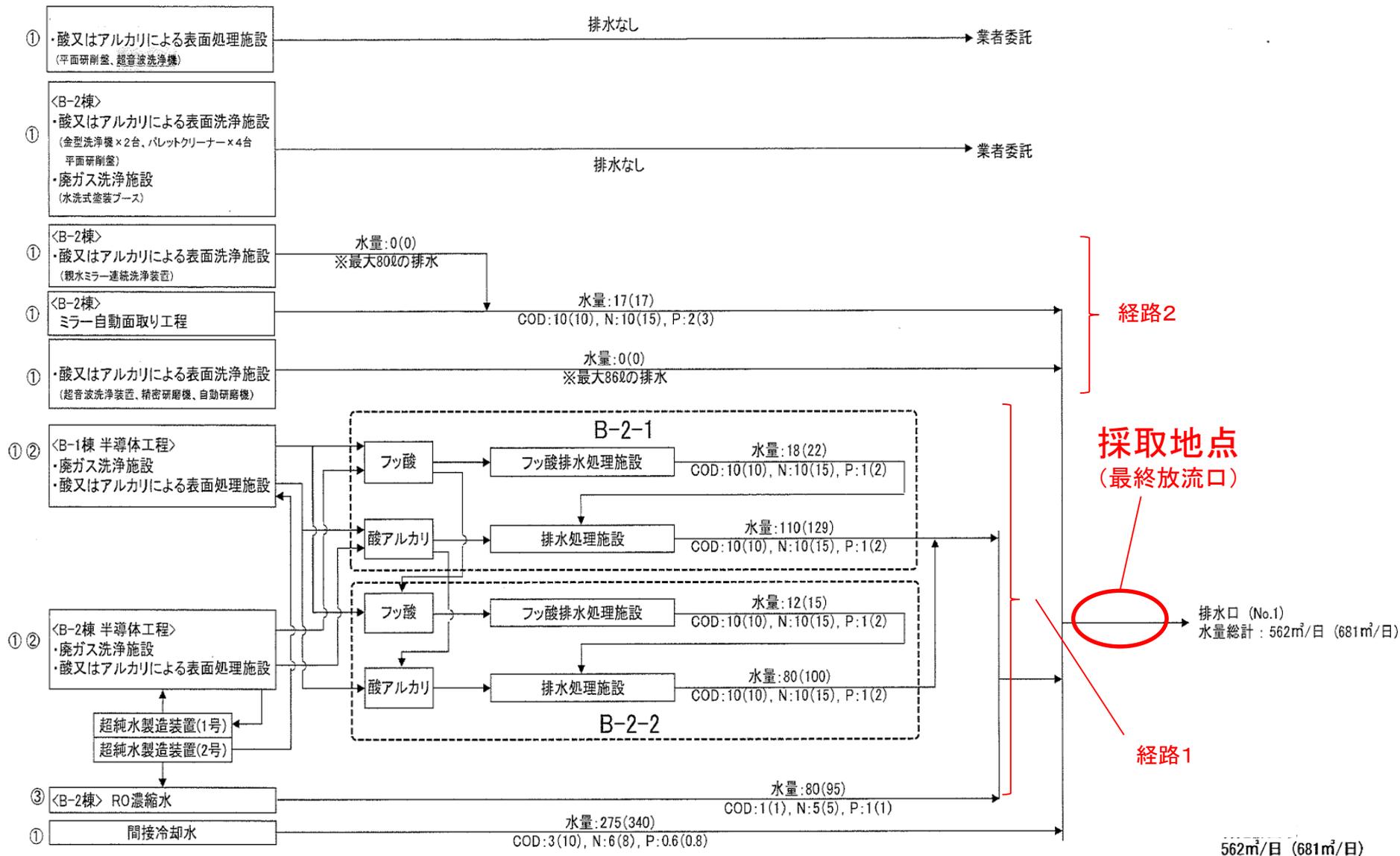
## H事業場：事業場の概要

業種	自動車部分品・附属品製造業
応募理由	排水の生態影響に加え、その原因物質の特定と排水改善に向けた助言を実施してもらえることに、メリットを感じたため。
主な製造品目等	自動車用のレバースイッチ、パワーウィンドウスイッチ、ミラー、エレクトロニクス製品
生産工程で使用する主な原料・薬剤	塩化水素、水酸化ナトリウム、硝酸
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	562 m <sup>3</sup> /日(最大681 m <sup>3</sup> /日)(H28)
排水放流先	河川
H27以前業務への協力実績の有無	有

## H事業場：排水処理方式等の概要

排水処理方式	凝集沈殿、中和処理
排水処理で使用する主な薬剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝集剤(ポリ塩化アルミニウム、塩化第二鉄、高分子凝集剤)</li> <li>・中和剤(塩酸、水酸化ナトリウム)</li> </ul>
排水口の数	1箇所(排水系統は工程系由来が2系統)
排水処理のフロー ※詳細は次ページのフロー図参照	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経路1(フッ酸系廃液を含む半導体製品製造工程排水) 凝集沈殿(2段階)、中和処理</li> <li>・経路2(酸・アルカリ系廃液を含む半導体製品製造工程排水) 中和処理</li> </ul>
塩素処理の有無	無
放流排水への海水・中和塩混入の有無	無

# H事業場：排水処理方式等の概要（排水フロー）



## H事業場：H27以前の事業参加時の状況とその後の取組状況(H28)

実施時期	平成25年度
生物応答試験の結果の概要	藻類とミジンコを用いた試験で、最大無影響濃度がそれぞれ10%、5%未満となった。
当時の試験結果を受けて行った取組	①排水改善に関連する取組 特段なし  ②その他の取組 環境報告書にて、生物多様性保全に関する取組として掲載
当時と今回事業における相違点	特段なし (①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等、④生産工程・排水処理工程とも)

## H事業場：生物応答試験の対象水（H28）

採水時期	12月中旬
試験対象排水の概要	主に半導体製品製造工程に由来する排水（2系統の工程排水と冷却水が混合）
試験対象排水の組成 （利用水源）	井戸水等
採水地点	排水フロー図参照
当該排水口からの日 平均排水量	562 m <sup>3</sup> /日（最大681 m <sup>3</sup> /日）

# H事業場：生物応答試験の結果（H28）

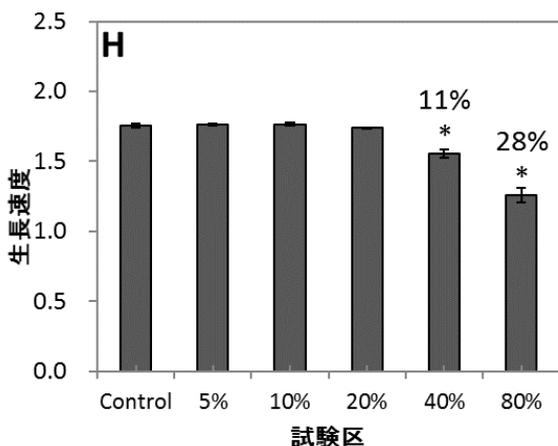
- 藻類試験でNOECが20% (TU=5)、ミジンコ試験でNOECが5%未満 (TU>20)となった。魚類試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。(過年度事業と同じ傾向)
- 事業者によれば、試験対象排水は主として半導体製品製造工程由来のため、金属類の影響が考えられるのではないかとのことであった。(後述)

	ムレミカツキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度 (NOEC) (%)	20	<5	80
Toxic Unit (TU)※	5	20>	1.25

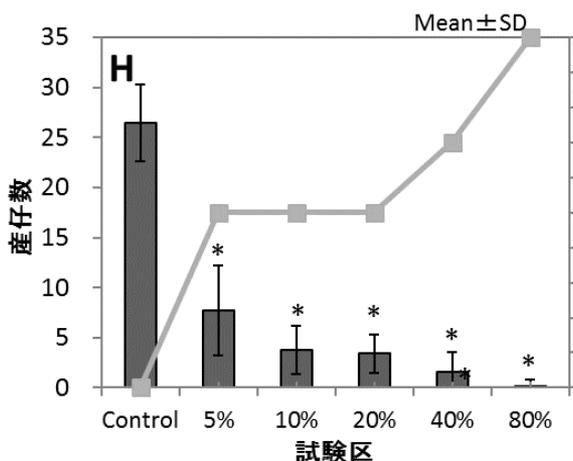
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

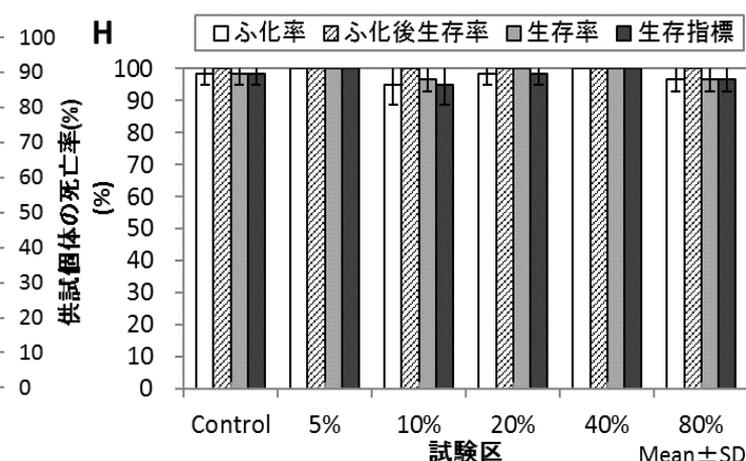
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

# H事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等(H28)

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<p>試験排水は主に半導体製品製造工程由来のため、金属類による生態影響を想定していたが、仮に同工程で使用していないインジウム等による生態影響があるならば想定していなかったものとなる。</p>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<p>①結果の公表          生物多様性保全活動の一環として情報発信することを検討。ただし、試験結果の詳細は掲載しない予定。</p> <p>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等          排水毒性の低減に向けた影響原因物質の特定と自主基準値の設定を検討中。</p> <p>③その他          排水放流先河川における生物調査を検討中。</p>
<p>可能性として想定される排水毒性原因          (※現時点の暫定的なもの。今後要検証。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・半導体製品製造工程で使用される金属類(ニッケル、亜鉛等)</li> <li>・自動車用ミラーの製造工程で使用されるインジウム</li> </ul>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有(生物多様性保全活動の一環として、来年度も継続して事業に参加し、原因物質の特定等に取り組みたい)</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社名の特定につながらない形での情報の開示</li> <li>・試験排水を採水する容器の気泡が入らないものへの改善</li> </ul>

# H事業場：H29年度調査案（排水改善・原因究明対策）

## 原因究明の初期スクリーニングの結果(H28)

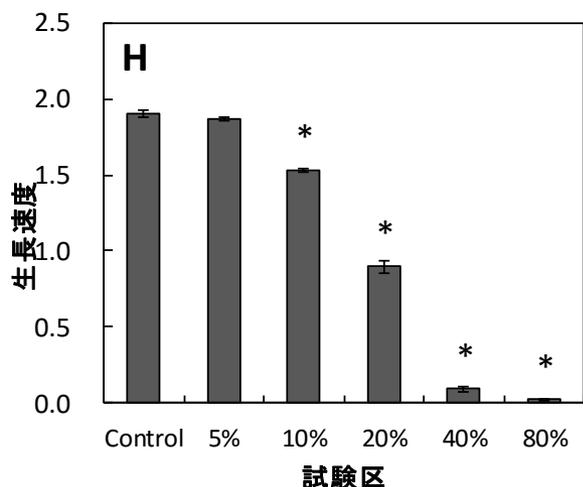
- 主な使用化学物質：自動車部品製造（半導体製造）に伴う排水が発生する
- 影響を示した生物：ミジンコ（と藻類）
- 一般水質項目：特になし
- 塩分、残留塩素、アンモニア：残留塩素0.07 mg/L > 指針値（0.05-1 mg/L）  
→ 残留塩素の生物影響がやや懸念
- 金属類：Ni、Zn濃度 > ミジンコに対する毒性データ  
→ 原因候補物質に推定、ただしすべての毒性を説明できない（金属類のTUの総和 < 排水のTU）

## 原因究明調査(H29)

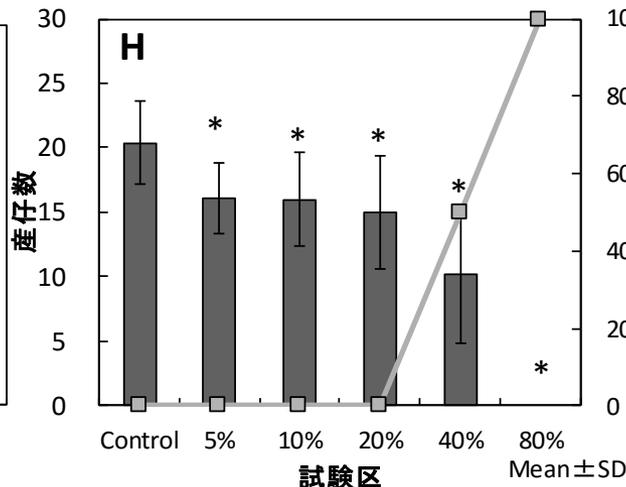
- 金属類以外の使用化学物質に関する情報を収集
- TIEによる毒性物質の特徴化

# H事業場：生物応答試験の結果（H29年度）

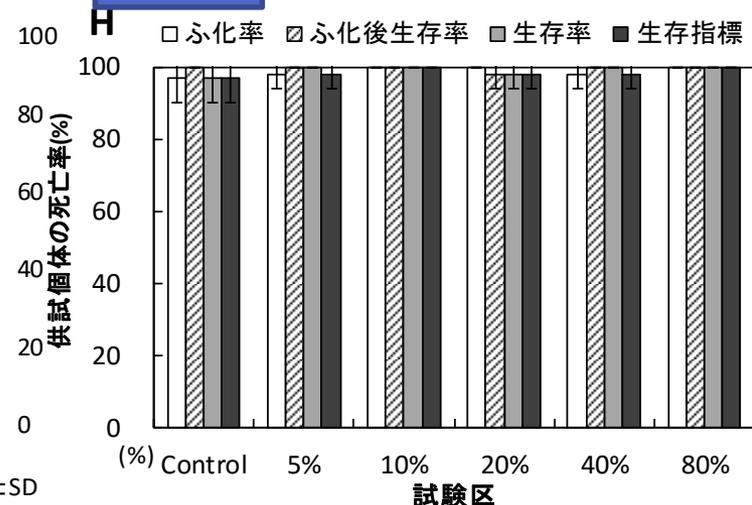
## 藻類



## ミジンコ



## 魚類



年度	NOEC			TU (=100/NOEC)		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
<b>H29</b>	5%	<5%	80%	20	>20	1.25

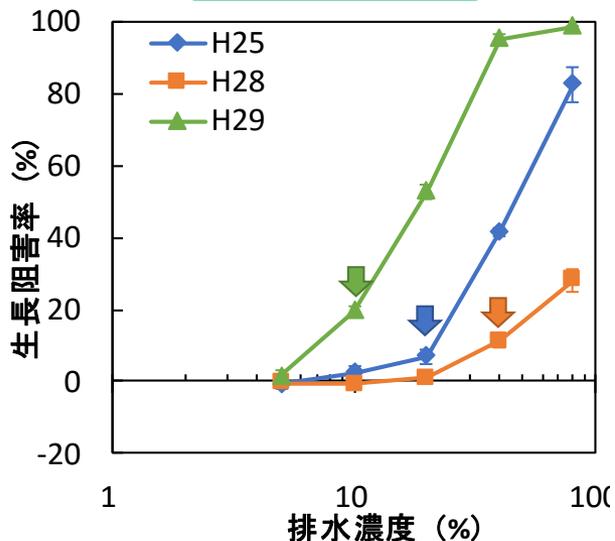
平均値±標準偏差(エラーバー)  
\*はControlとの有意差を示す

- 藻類に対して排水濃度10%以上で、対照区と比べて有意な生長速度の減少がみられたため、NOECは5%と算出。
- ミジンコは80%濃度区で供試個体がすべて死亡し、5%濃度区でも繁殖(産仔数)が有意に減少した(NOECは5%未満)。
- 魚類に対してはすべての指標に対し、最高濃度でも影響は示されなかった。

# H事業場：生物応答試験の結果（H25・H28・H29経年変化）

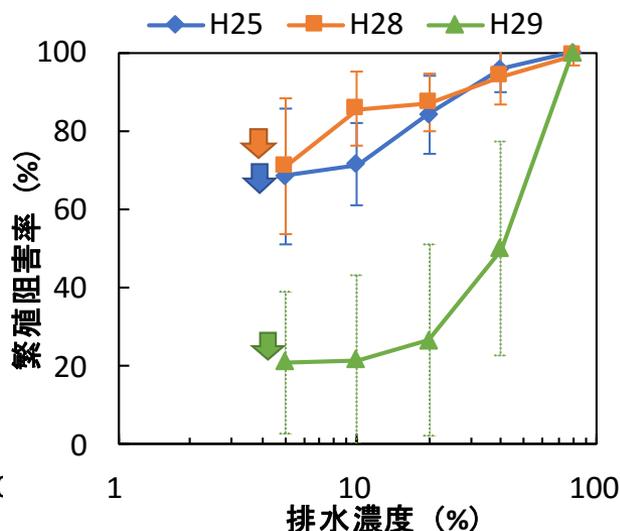
## 藻類

### 生長阻害率

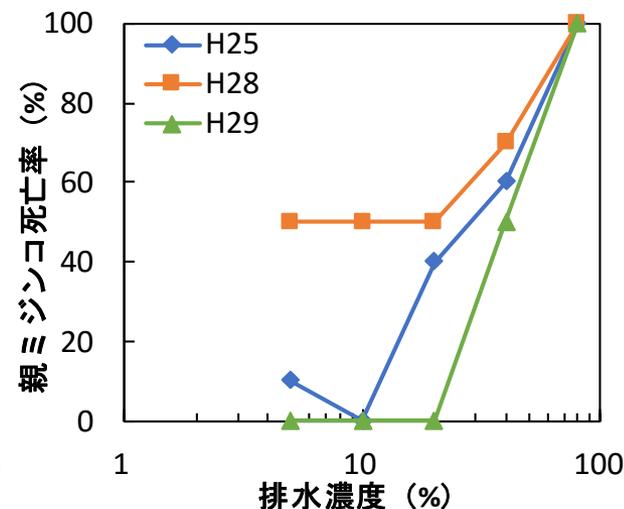


## ミジンコ

### 繁殖阻害率



### 親ミジンコの死亡率



年度	試験機関	NOEC			TU		
		藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
H25	機関1	10%	<5%	80%	10	>20	1.25
H28	機関1	20%	<5%	80%	5	>20	1.25
H29	機関3	5%	<5%	80%	20	>20	1.25

平均値±標準偏差(エラーバー)  
矢印は最小影響濃度(LOEC)を示す

魚類はH25年度より継続して影響なし

- 藻類に対する影響はH25年度と比べてH28年度は低減したが、H29年度には増加した。
- ミジンコに対する繁殖影響はH25年度と比べてH28年度は同程度、H29年度はやや低減した。致死影響はH28年度が最も大きかった。

# H事業場：水質分析の結果①（H25・H28・H29経年変化）

- H25年度およびH28年度に残留塩素が生物影響が懸念されるレベルで検出された（ただし工程内で塩素消毒は行われていない）。一方、H29年度は検出されなかった。

採取年度	pH	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>a</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>b</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>c</sup> mgN/L
H25	7.4	9.9	79	0.03	196	<b>0.82</b>	5.36	2.63
H28	7.4	8.7	67	0.03	145	<b>0.07</b>	3.3	1.5
H29	7.3	10.5	142	0.07	141	<0.01	3.0	3.6

a: NaClのNOECは藻類0.06%（1試験機関データ）、ミジンコ0.087%、魚類0.23%（10試験機関平均）

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

## H事業場：水質分析の結果②金属類（H25・H28・H29経年変化）

- 金属類に係る排水基準への適合を確認した。
- 金属類ではアルミニウム、鉄の他、半導体製品製造工程で使用される亜鉛、ニッケル等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。
- 亜鉛は藻類に対する影響が懸念されるレベルであったが、毒性の経年変化との相関が見られないため、他の原因物質の存在が示唆される。

単位：μg/L

採取年度	バリウム	アルミニウム	スカンジウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛	ヒ素
H25	-	<b>167</b>	-	0.280	4.13	25.0	<b>0.465</b>	1.08	5.11	24.7	0.227
H28	ND	138	ND	0.705	<b>10.6</b>	<b>37.6</b>	0.230	<b>1.57</b>	<b>7.84</b>	<b>46.9</b>	0.316
H29	ND	77.1	-	<b>0.781</b>	3.49	22.9	0.097	1.51	6.88	40.8	<b>0.536</b>
排水基準				2,000	10,000	10,000		(1,000~2,000)*	3,000	2,000	100
	イットリウム	モリブデン	ルテチウム	銀	セレン	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛	ビスマス
H25	-	-	-	0.010	-	0.037	-	-	-	0.329	-
H28	0.144	0.555	ND	0.037	-	<b>0.052</b>	0.239	ND	0.002	<b>0.362</b>	-
H29	-	-	-	-	0.048	0.044	-	-	-	0.152	ND
排水基準						30				100	

ND: 検出下限値未満、“-”:測定なし、\*: Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)、太字は各金属の最高濃度

## H事業場：H25・H28・H29経年変化まとめ

### ● 藻類

- H25年度と比べてH28年度は影響が低減したが、H29年度にはTU=20に増加した。
- 亜鉛が藻類に対する影響が懸念されるレベルで検出されたが、毒性の経年変化との相関が見られないため、他の原因物質の存在が示唆される。

### ● ミジコ

- H25年度と比べてH28年度は同程度、H29年度はやや低減した。致死影響はH28年度が最も大きかった。
- 金属類等の濃度レベルでは排水の影響を説明できないため、現在、使用化学物質リストを精査中である。

### ● 魚類

- H25年度から継続して影響が示されなかった。

# J事業場 (その他製造業)

## J 事業場：事業場の概要

業種	その他製造業
応募理由	H27年度以前の業務での生物応答試験の結果を踏まえ、排水水質の改善を今後検討するにあたり、また改善実施後の効果を確認できるようにするため、改めて排水水質の状態を把握しておきたかったため。
主な製造品目等	プラスチック製製品
生産工程で使用する主な原料・薬剤	(公表不可)
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	(公表不可) m <sup>3</sup> /日
排水放流先	河川、下水道
H27以前業務への協力実績の有無	有

## J 事業場：排水処理方式等の概要

排水処理方式	中和処理、生物処理、膜分離
排水処理で使用する主な薬剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中和剤(水酸化ナトリウム、希硫酸)</li> <li>・生物処理用添加剤(リン酸、メタノール、栄養塩)</li> <li>・汚泥脱水用凝集剤(ポリ塩化アルミニウム)</li> </ul>
排水口の数	計8箇所(工程系排水1箇所(雨水混入あり)、雨水放流6箇所、工程系・生活系混合排水下水放流口1箇所)
排水処理のフロー	<p>雨水放流以外の排水系統は次のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・系統1、系統2(工程系排水、雨水混入あり) 生物処理等を経て合流後、河川に放流</li> <li>・系統3(工程系・生活系排水) 工程系排水は中和処理を経て、生活系排水と合流し下水道に放流</li> </ul>
塩素処理の有無	無
放流排水への海水・中和塩混入の有無	有(H28年度時点:河川放流する系統に、一時的に数%の塩分の水が混入することがある)

## J 事業場：H27以前の事業参加時の状況とその後の取組状況(H28)

実施時期	平成27年度
生物応答試験の結果の概要	藻類とミジンコを用いた試験で、最大無影響濃度が5%未満となった。
当時の試験結果を受けて行った取組	<p>①排水改善に関連する取組 排水基準は遵守しているが、企業の社会的責任(CSR)の観点から、生態影響の原因物質の調査を検討中。その結果を踏まえ、対策を検討予定。</p> <p>②その他の取組 特段なし</p>
当時と今回事業における相違点	<p>・27年度事業の採水時点から、一部の排水系統からの処理排水の放流先を下水道から河川に変更。ただし、排水処理工程や処理方法そのものは特段変更していない。</p> <p>・その他(①採水地点、②主な製造品目・生産量、③使用原料・薬剤等)は変更なし。</p>

## J 事業場：生物応答試験の対象水(H28)

採水時期	12月中旬
試験対象排水の概要	雨水が混入することがある工程系排水
採水地点	河川への最終放流口から採水
当該排水口からの日平均排水量	(公表不可) m <sup>3</sup> /日

# J 事業場：生物応答試験の結果(H28)

○ ミジンコ試験でNOECが5%(TU=20)となった。藻類試験と魚類試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。

	ムレミカヅキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度(NOEC)(%)	80	5	80
Toxic Unit (TU)※	1.25	20	1.25

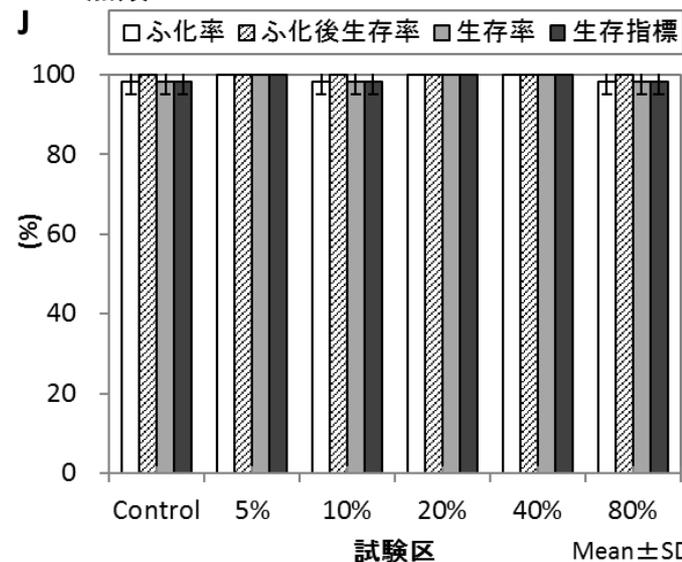
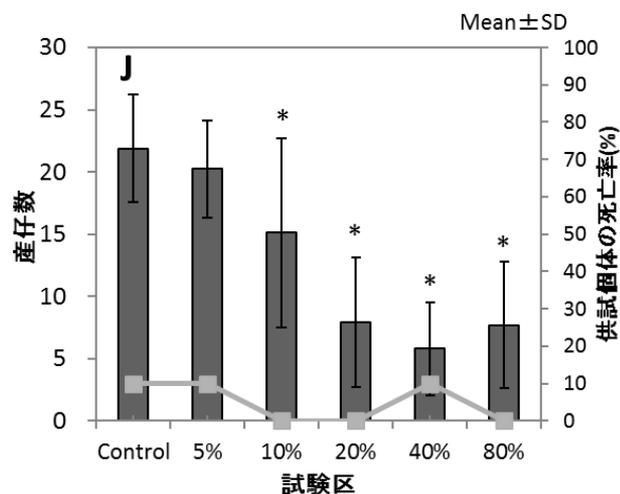
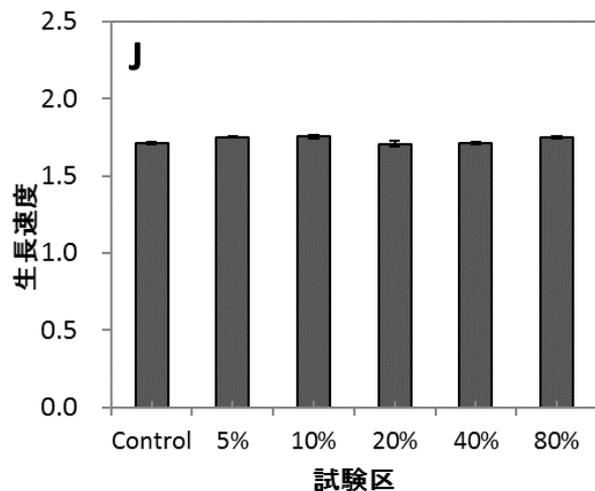
※100/NOECで表される量

## 各排水濃度(%)における影響評価結果

藻類

ミジンコ

魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

# J 事業場：経年変化（H27年度・H28年度）

調査年度	NOEC (%)			TU		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
平成27年度	<5	<5	80	>20	>20	1.25
平成28年度	80	5	80	1.25	20	1.25

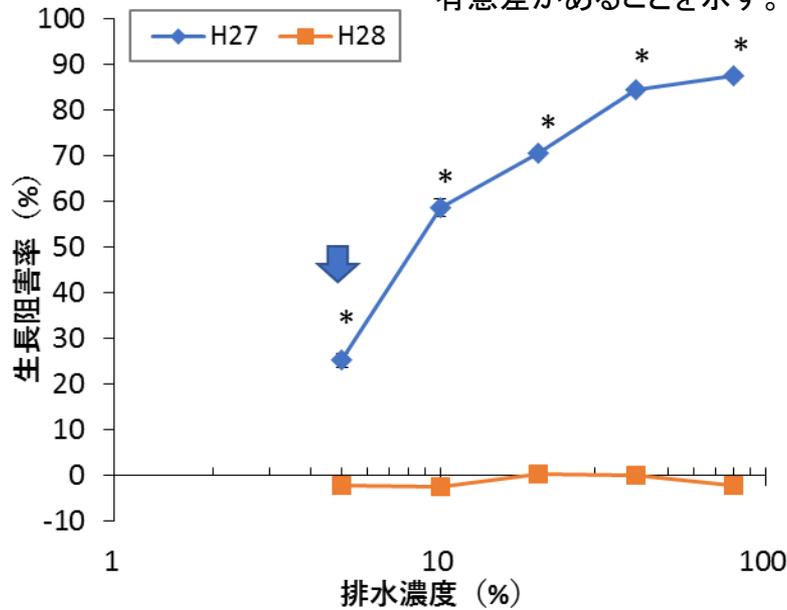
原因物質を調査中  
(具体的な取り組みはなし)

生産品目、使用化学物質、排水処理方法等は変更なし

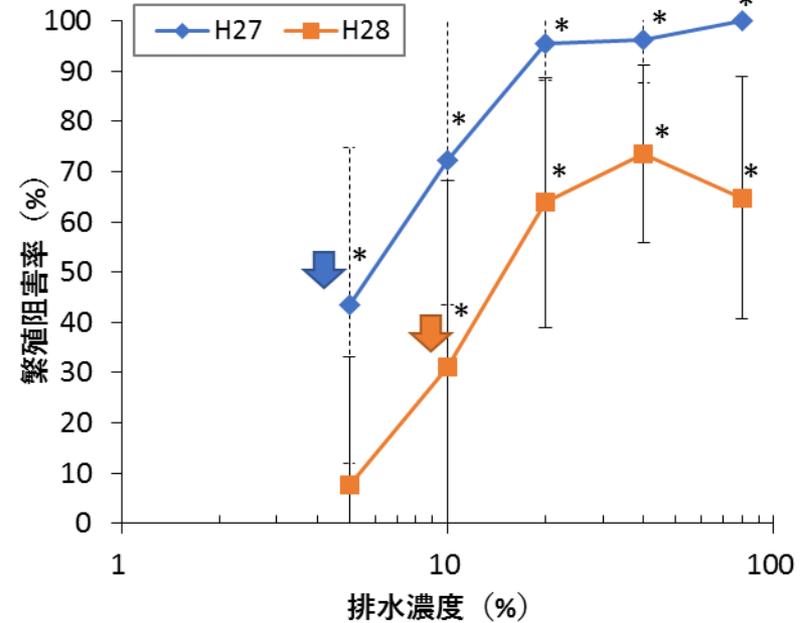
※試験機関は同一

## 藻類

平均値±標準偏差(エラーバー)、矢印はLOEC、\*は対照区に対して有意差があることを示す。



## ミジンコ



藻類に対する影響がなくなった。ミジンコに対する影響も一定量低減。

# J事業場：水質分析の結果（H27・28）

- pH、金属類に係る排水基準への適合を確認した。
- 金属類では鉄、亜鉛等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。H27年度と比べてH28年度では、鉄やマンガンは約3～4割濃度が低減されていた一方、亜鉛、銅などでは濃度が増加していた。

## 基本水質項目

調査年度	pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>b</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>c</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>d</sup> mgN/L
平成27年度	7.3	8.8	NA	0.02	49	<0.02	7.8	0.077
平成28年度	6.8	8.7	NA	0.01	42	<0.02	8.5	0.2

a: pH排水基準: 5.8~8.6(海域以外)  
 b: NaClのNOECは藻類0.06%(1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23%(10試験機関平均)  
 c: 0.05~1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される(US EPA 毒性削減評価マニュアル)  
 d: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される(US EPA 毒性削減評価マニュアル)

## 金属類 (単位: µg/L)

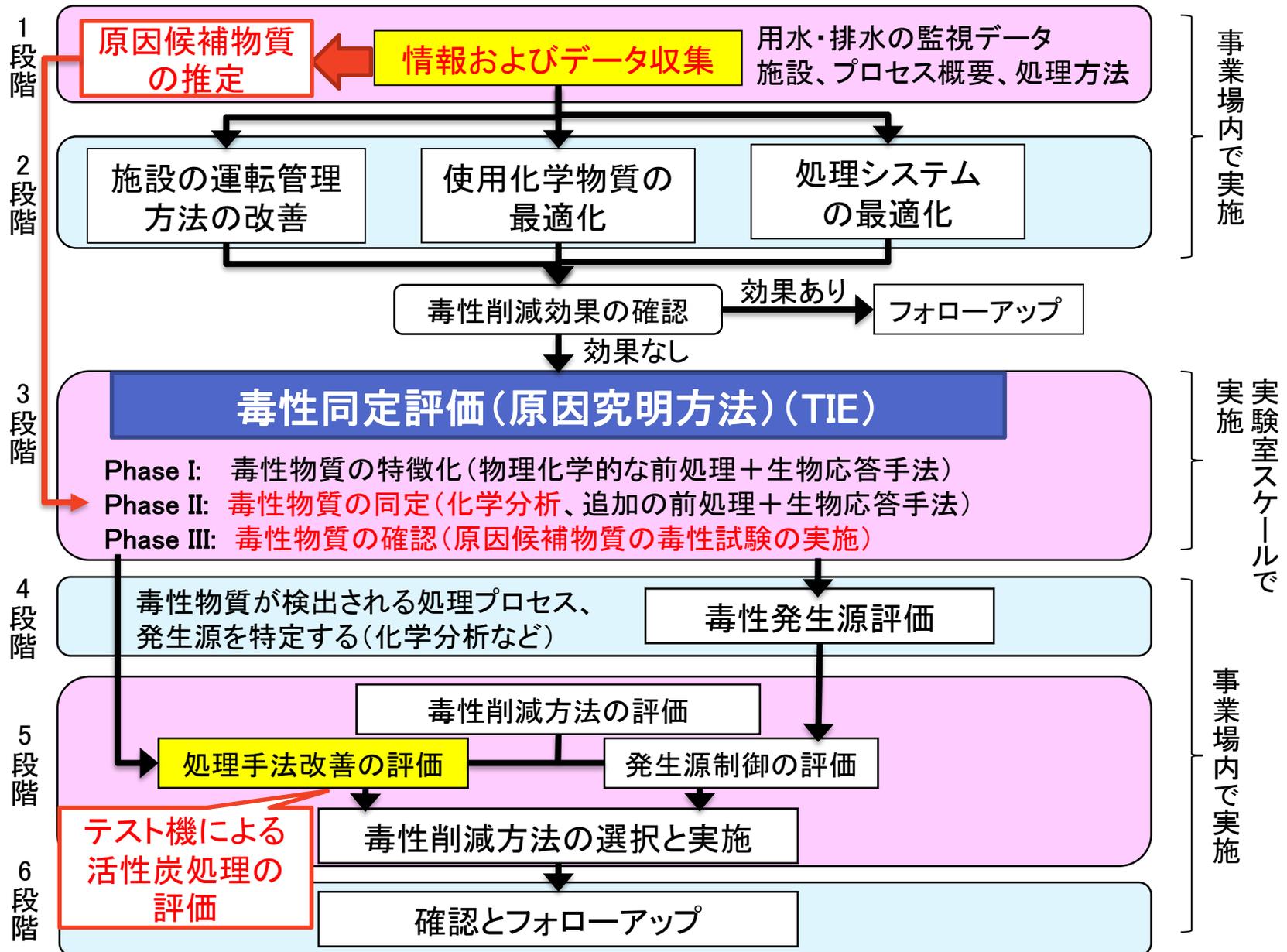
調査年度	ベリリウム	アルミニウム	スカンジウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛
平成27年度	-	ND	-	0.08	13.1	35.1	0.029	0.36	0.56	9.11
平成28年度	ND	4.55	ND	0.24	8.7	20.5	0.011	0.42	2.29	17.1
排水基準*1				2,000	10,000	10,000		(1,000~2,000)*2	3,000	2,000
調査年度	ヒ素	イトリウム	モリブデン	ルテチウム	銀	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛
平成27年度	0.231	-	1.05	-	0.009	0.034	-	-	-	0.101
平成28年度	0.250	0.009	0.32	ND	0.003	0.008	0.003	ND	0.004	0.072
排水基準*1	100					30				100

\*1 水濁法の排水基準項目における人健康項目。その他の排水基準項目は、生活環境項目。\*2 一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)。<sup>11</sup>

## J 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等(H28)

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・過年度(H27)の試験結果と比較して藻類試験の結果が改善されているが、大きな排水系統等の変更はなかったため、試験結果の違いは排水性状のばらつきによるものと思われる。</li> <li>・本手法の今後の普及拡大に先立ち、本事業で試験を実施して排水の生態影響の原因調査等を実施できるのはメリットがあった。</li> </ul>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<p>①結果の公表 特段なし</p> <p>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等 具体的には、原因と推定される物質の排水中濃度の測定、当該物質が含まれる排水の処理方法の検討等を既に実施中。</p>
<p>想定される排水毒性原因</p>	<p>有機化合物</p>
<p>上記取組を行う(行わない)理由</p>	<p>生態影響の原因物質の特定と排水改善方法の検討を行うため。</p>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物応答試験の結果が排水規制に用いられた場合、排水の改善が必要とされると原因特定などに時間を要する懸念がある。</li> <li>・事業場が特定されない形で試験結果を取り扱ってほしい。</li> </ul>

# J 事業場：H29年度調査（排水改善・原因究明対策） ①



## 1. 活性炭処理導入の評価

### 〔目的〕

一部排水経路（最終放流水の50～60%を占める）において導入を検討している活性炭処理の効果を評価する。

### 〔方法〕

- 試験機関：国立環境研究所
- 生物応答試験：短期慢性毒性試験（3生物）
- 採取地点：テスト機の処理前後で排水を採取し、試験に供する。
- 排水処理の変動を考慮し、2回採取・試験した（2回目はミジンコと藻類のみ）

## 2. 原因候補物質の試験

### 〔目的〕

使用化学物質から挙げられた候補物質の試験を行い、排水中で生物影響のリスクがあるか評価する。

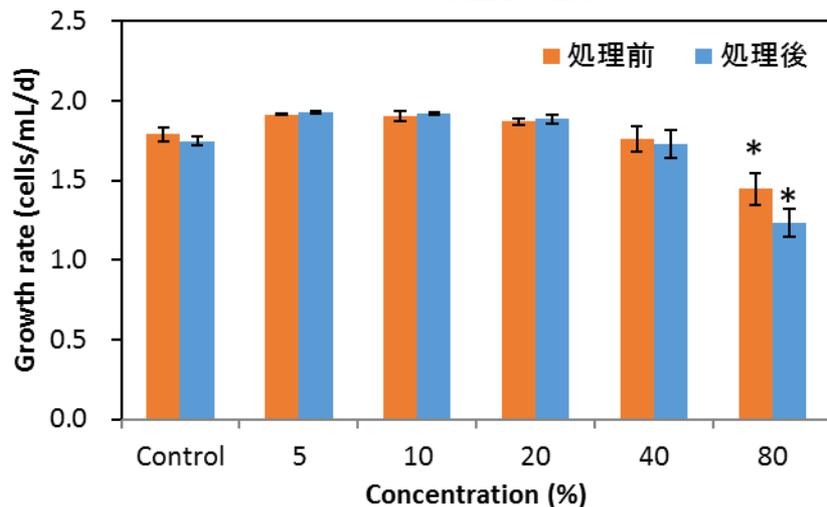
### 〔方法〕

- 試験機関：国立環境研究所
- 生物応答試験：H28年度調査で影響のあったミジンコ試験とする
- 候補物質の影響値（NOECまたはIC25）と排水中の測定濃度を比較する

# J 事業場： H29活性炭処理評価（生物応答試験の結果・藻類）

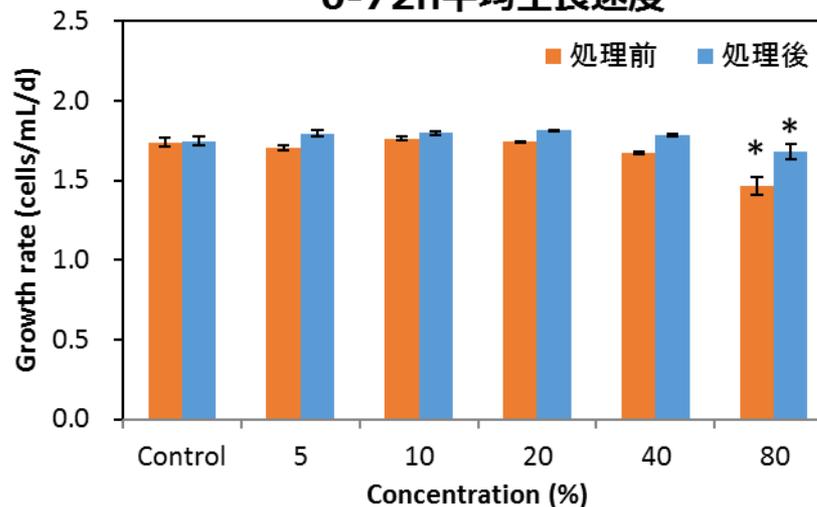
## 1回目採取

0-72h平均生長速度



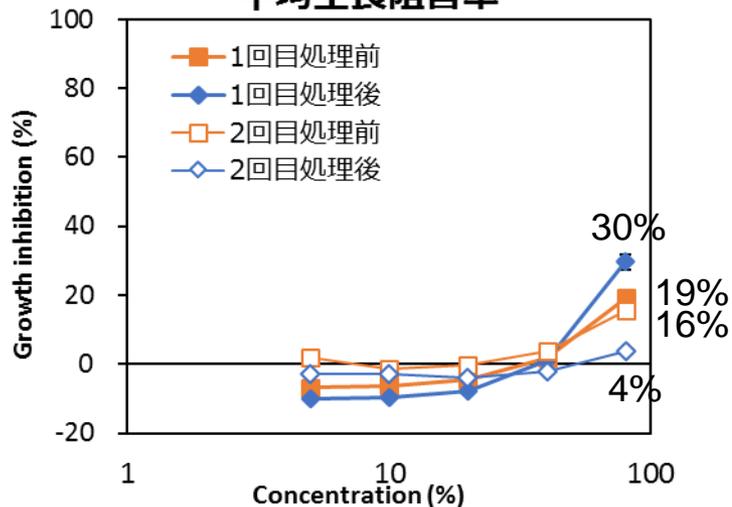
## 2回目採取

0-72h平均生長速度



\*: 対照区と比べて有意水準5%で有意差あり ( $p < 0.05$ )

平均生長阻害率

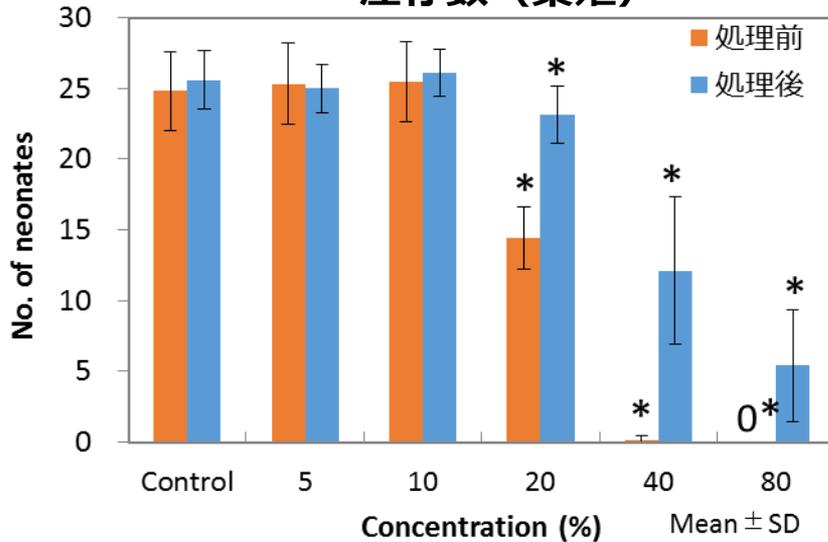


- すべてNOEC=40% (TU=2.5)
- 1回目は処理後、80%濃度区で生長阻害率が増加 (19%→30%)
- 2回目は処理後、80%濃度区で生長阻害率が減少 (16%→4%)

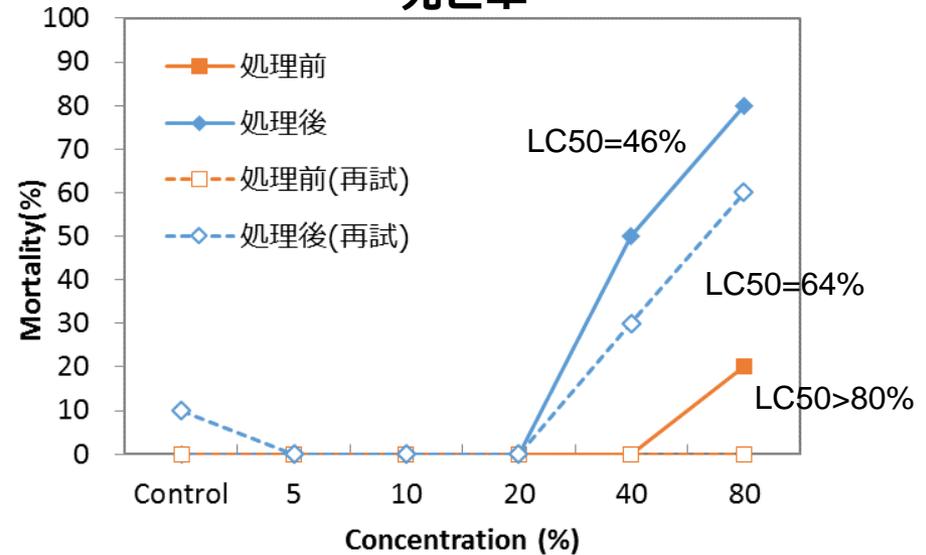
# J 事業場：H29活性炭処理評価（生物応答試験の結果・ミジンコ）

## 1回目採取

### 産仔数（繁殖）

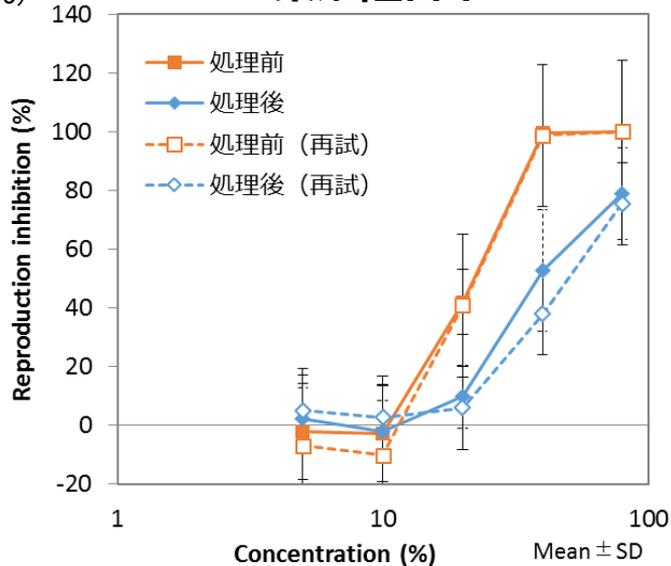


### 死亡率



\*: Controlと比べて有意水準5%で有意差あり ( $p < 0.05$ )

### 繁殖阻害率



- 繁殖影響は低減したが、死亡率が増加した。
- 採取後21日後に再試しても同じ傾向を示した。

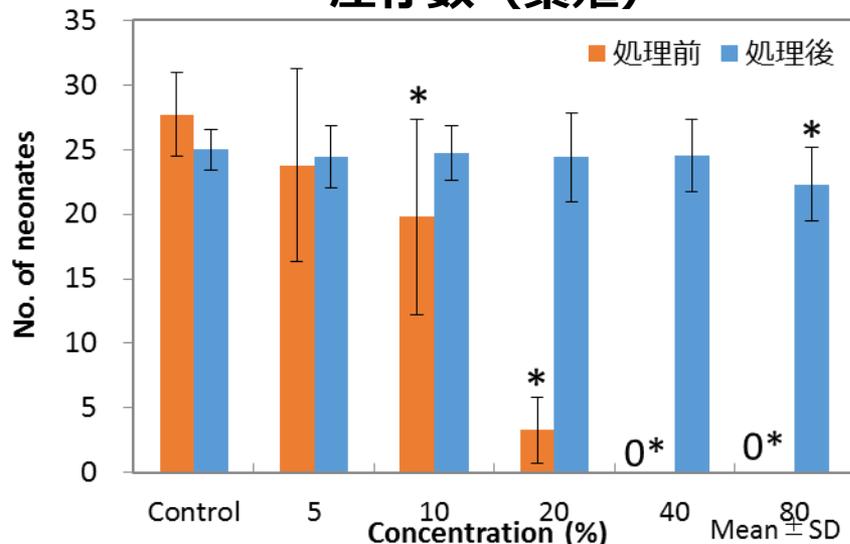
	NOEC	TU	IC50	LC50	TUa
処理前	10% (10%)	10 (10)	21% (21%)	>80% (>80%)	<1.25 (<1.25)
処理後	10% (20%)	10 (5)	42% (50%)	46% (64%)	2.2 (1.6)

カッコ内は再試結果、IC50: 50%阻害率を示す排水濃度、LC50: 50%致死率を示す排水濃度、TUa=100/LC50

# J 事業場：H29活性炭処理評価（生物応答試験の結果・ミジンコ）

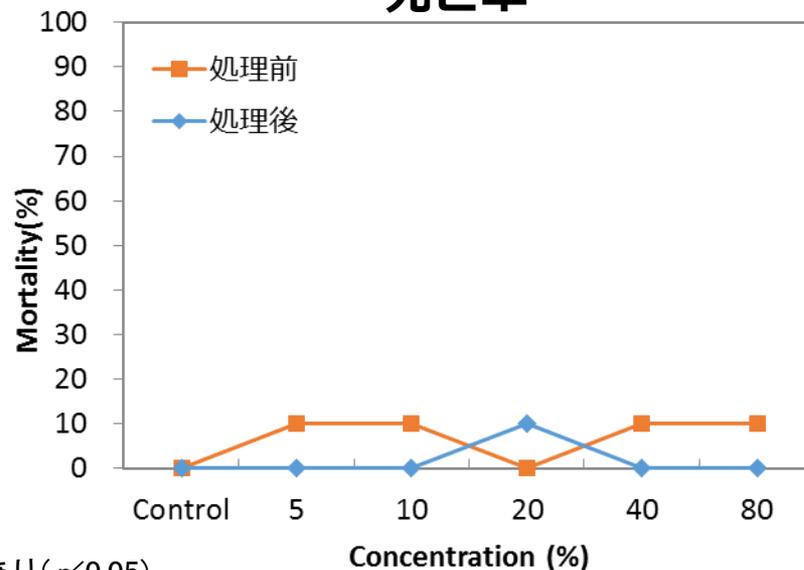
## 2回目採取

### 産仔数（繁殖）

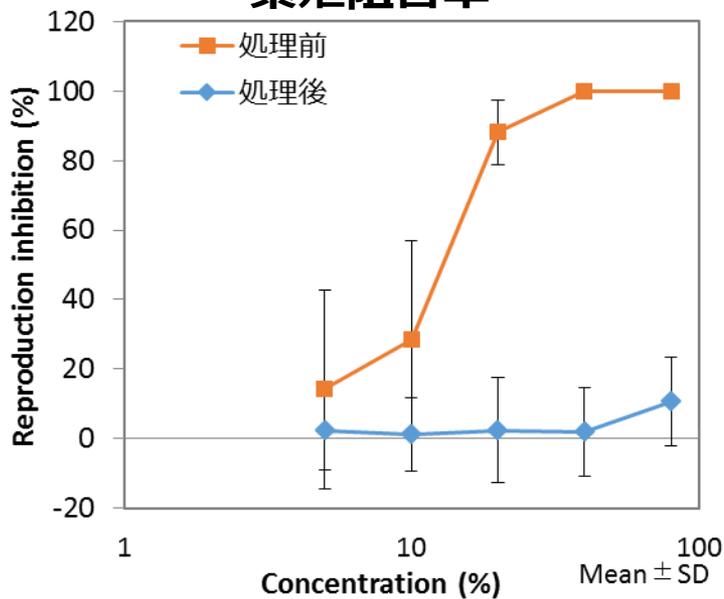


\*: Controlと比べて有意差あり( $p < 0.05$ )

### 死亡率



### 繁殖阻害率

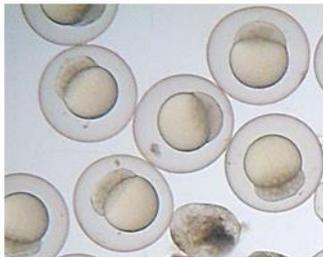


- 2回目は処理後の死亡率の増加なし
- 処理によってTU=20から2.5へ低減

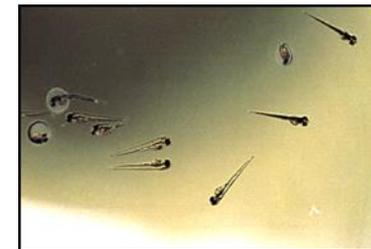
	NOEC	TU	IC50	LC50	TUa
処理前	5%	20	12%	>80%	-
処理後	40%	2.5 ↓	>80%	>80%	-

IC50: 50%阻害率を示す排水濃度、LC50: 50%致死率を示す排水濃度、TUa=100/LC50

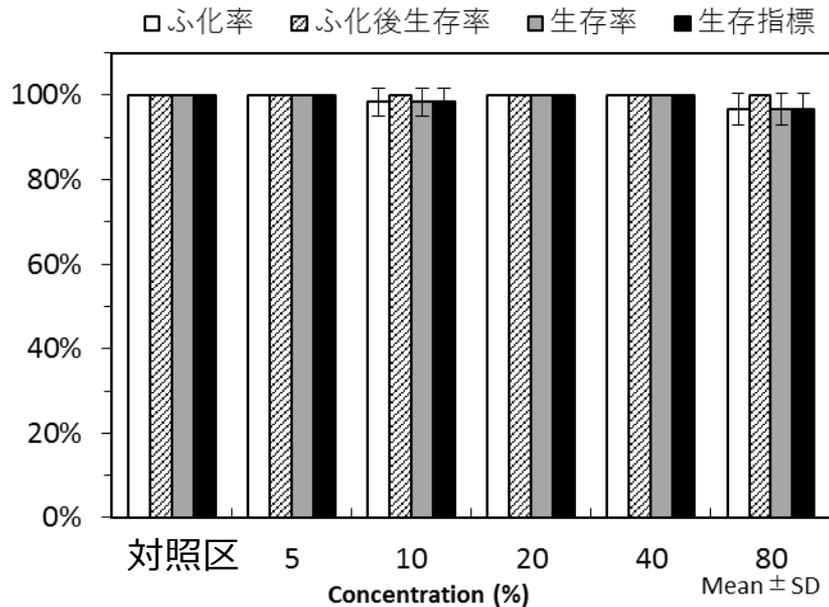
# J 事業場：H29活性炭処理評価（生物応答試験の結果・魚類）



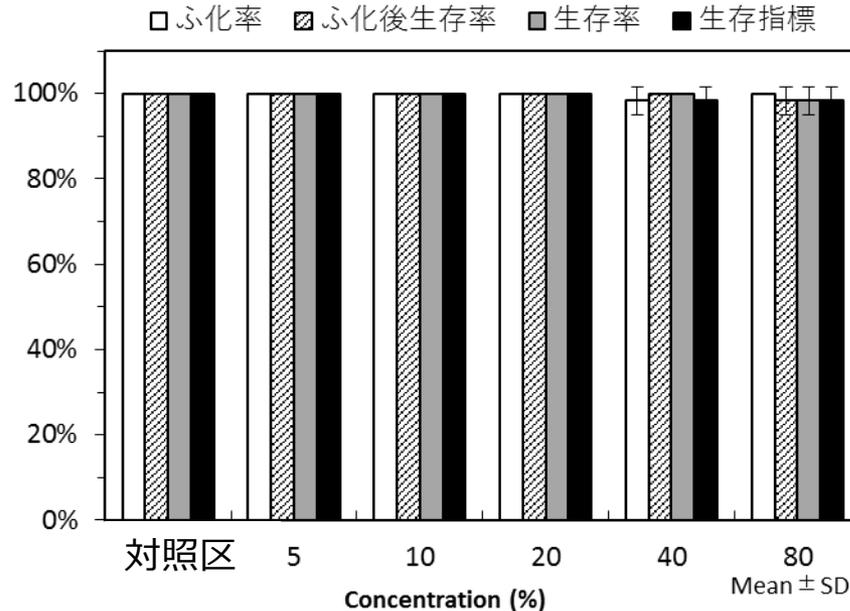
処理前、処理後ともに影響なし



### J1-1（1回目処理前）



### J2-1（1回目処理後）



生存指標 = ふ化率 × ふ化後生存率

# J 事業場：H29活性炭処理評価（水質分析の結果）

- 活性炭処理によってTOCが大幅に低減された
- 処理前の水質も1回目と2回目ではやや異なる(残留塩素、TOC、アンモニア)

採取	試料	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
1回目	処理前	7.31	9.45	41.3	0.02	319	0.07	15.42	0.14
	処理後	7.70	8.93	42.0	0.02	115	ND	0.723	ND
2回目	処理前	7.49	10.11	44.2	0.02	116	0.02	2.436	ND
	処理後	8.60	9.66	43.3	0.02	110	ND	0.807	ND

ND: 検出下限値未満

a: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (US EPA 毒性削減評価マニュアル)

# J 事業場：H29活性炭処理評価（水質分析の結果・金属類）

- 金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- 処理後の方がマンガンやニッケルなどの濃度がやや増加した。

単位：μg/L

採取	試料	ベリリウム	アルミニウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル
1回目	処理前	0.050	1.49	0.102	4.48	2.05	ND	ND
	処理後	ND	4.69	0.091	27.3	0.328	0.561	3.55
2回目	処理前	ND	1.04	0.240	4.27	3.49	0.042	0.448
	処理後	0.048	7.45	0.048	10.9	1.69	0.093	2.48
排水基準		なし	なし	2,000	10,000	10,000	なし	1,000~2,000*
採取	試料	銅	亜鉛	ヒ素	セレン	カドミウム	鉛	ビスマス
1回目	処理前	0.039	0.893	0.454	ND	ND	ND	ND
	処理後	0.529	11.7	0.893	0.114	0.007	0.080	ND
2回目	処理前	0.347	4.00	0.276	ND	ND	ND	ND
	処理後	0.245	2.99	10.9	ND	ND	ND	ND
排水基準		3,000	2,000	100	なし	30	100	なし

ND: 検出下限値未満、\*: Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)

## J 事業場： H29活性炭処理評価（まとめ）

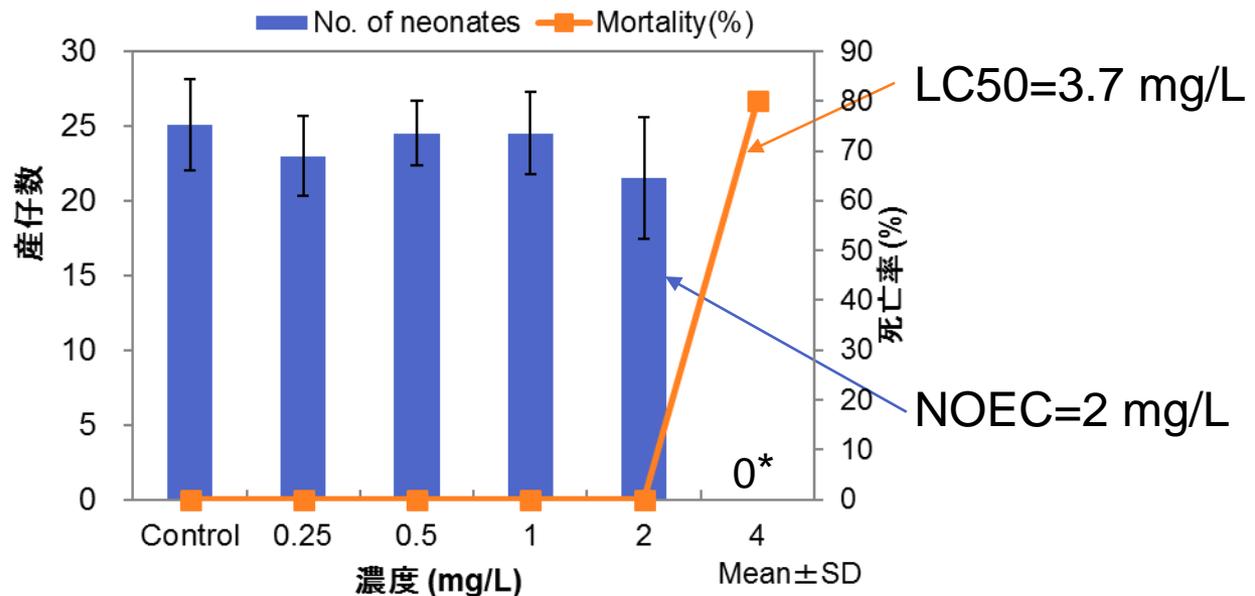
- 活性炭処理によってミジンコの繁殖影響が低減されたが、1回目の採取ではミジンコの致死率の増加が見られた。
- 2回目の採取では、ミジンコの繁殖・致死影響、藻類の生長阻害ともに低減された。
- 処理によって微量金属類が増加していた（→活性炭処理装置由来？）
- 今後の予定：実機レベルでの処理性能の確認（2018年3月以降）

		NOEC (%)			TU		
採取	試料	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
1回目	処理前	40	10(10)	80	2.5	10(10)	1.25
	処理後	40	10(20)	80	2.5	10(5) ↓	1.25
2回目	処理前	40	5	-	2.5	20	-
	処理後	40	40	-	2.5	2.5 ↓	-

カッコ内は再試結果

# J事業場：原因候補物質の試験結果（H28・H29）

- 最終放流口にて毎月水質測定：0.09～2.79 mg/L
  - H28年度の調査時（平成28年12）の濃度：0.42 mg/L
  - H29年度の調査時（平成29年7月）の濃度：0.05mg/L
- ミジンコへのNOEC=2 mg/L、IC25（25%阻害濃度）=2.1 mg/L、IC50=2.2 mg/L→2 mg/Lを超過すると影響がある恐れあり。
- J1（処理前）は0.49 mg/L、J2（処理後）は0mg/Lであり、原因物質であった可能性は低い。



# K事業場 (下水道業)

## K事業場：事業場の概要

業種	下水道業
応募理由	排水放流先の河川が流れ込む海域は漁業が盛んな地域であり、漁業関係者にとって下水処理水は排水基準を遵守していてもイメージが悪い。生物を用いた試験の結果で良好な結果が得られれば、漁業関係者への説明に活用できるのではないかと考えたため。
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	46,900 m <sup>3</sup> /日(最大69,300 m <sup>3</sup> /日)
排水放流先	河川(海域近く)
排水処理区域に関する情報	・施設の排水処理能力:54,750 m <sup>3</sup> /日 ・処理区域人口:約8万人
H27以前業務への協力実績の有無	無

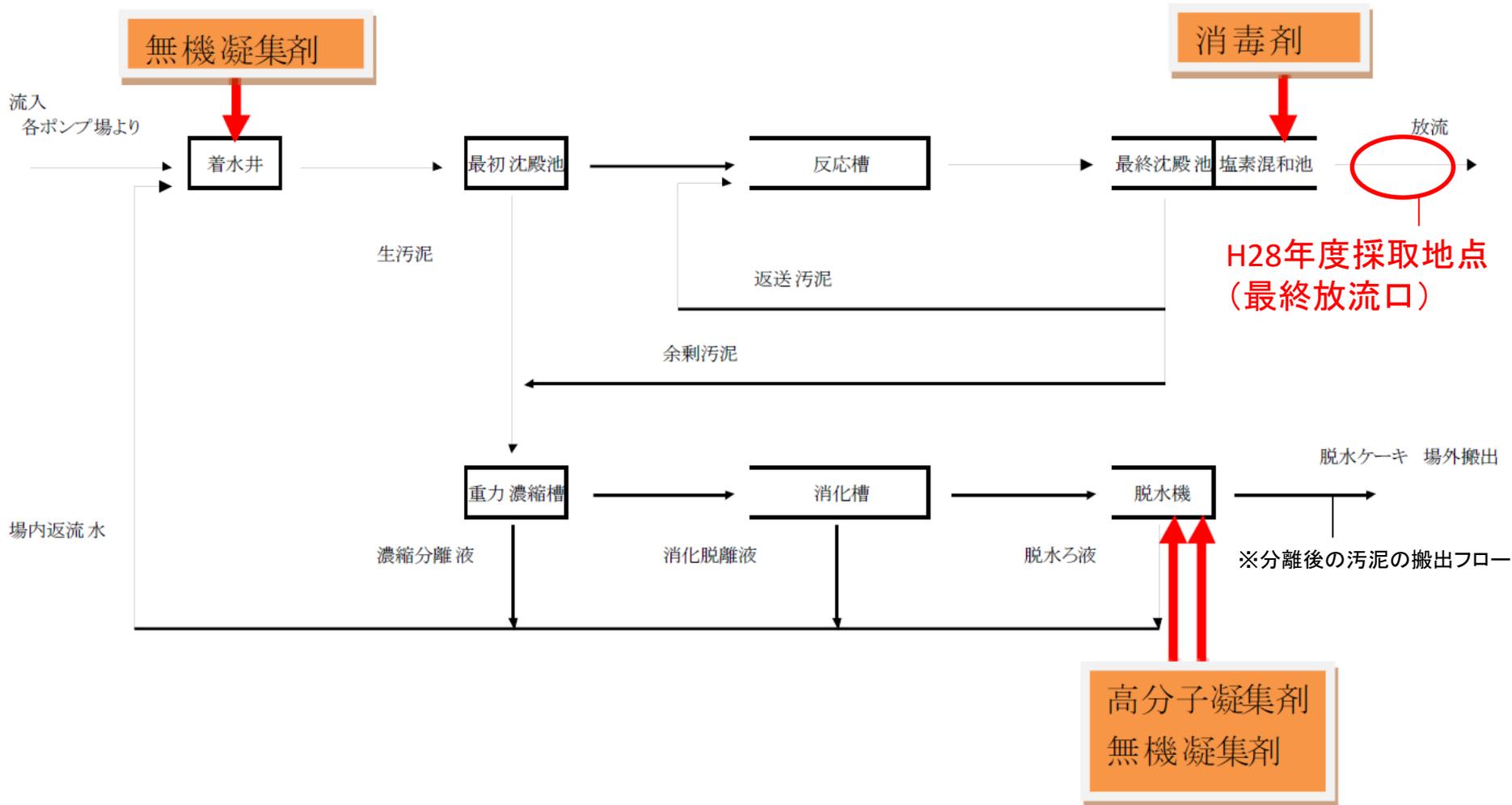
## K事業場：排水処理方式等の概要、生物応答試験の対象水

排水処理方式	生物処理(標準活性汚泥法)
排水処理で使用する主な薬剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・凝集剤(ポリ硫酸第二鉄、高分子凝集剤)</li> <li>・消毒剤:次亜塩素酸ナトリウム</li> </ul>
排水口の数	1箇所
排水処理のフロー ※詳細は次ページのフロー図参照	沈殿槽での汚泥分離 → 反応槽での活性汚泥処理 → 沈殿槽での汚泥の沈殿分離 → 塩素処理 → 放流
塩素処理の有無	有(最終放流口の直前で、塩素処理を実施)
放流排水への海水・中和塩混入の有無	有(施設が汽水域にあり、受入下水に含まれる塩分が混入)

### H28年度調査の対象水

採水時期	1月中旬
試験対象排水の概要	下水処理水(主として生活排水由来)
採水地点	塩素処理後の最終放流水(排水フロー図参照)
当該排水口からの日平均排水量	46,900 m <sup>3</sup> /日(最大69,300 m <sup>3</sup> /日)

# K事業場：排水処理方式等の概要（排水処理フロー）



# K事業場：生物応答試験の結果（H28）

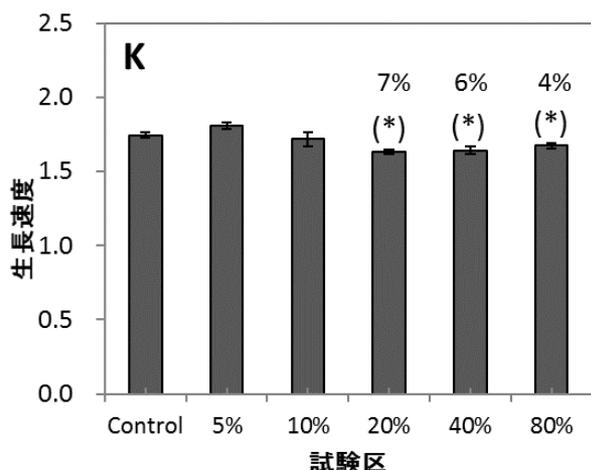
- ミジンコ試験でNOECが20% (TU=5)となった。魚類試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。
- 藻類試験では、排水濃度20%以上でコントロールに対して有意な影響がみられたが、排水濃度に対する依存性がみられず、軽微な影響であると考えられた。

	ムレミカツキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度 (NOEC) (%)	80	20	80
Toxic Unit (TU)※	1.25	5	1.25

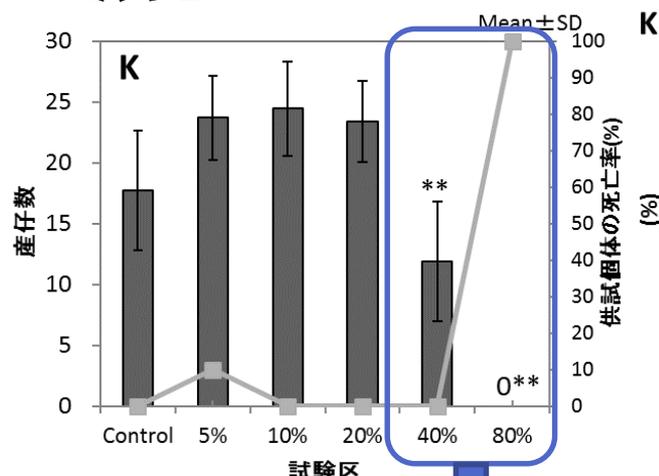
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

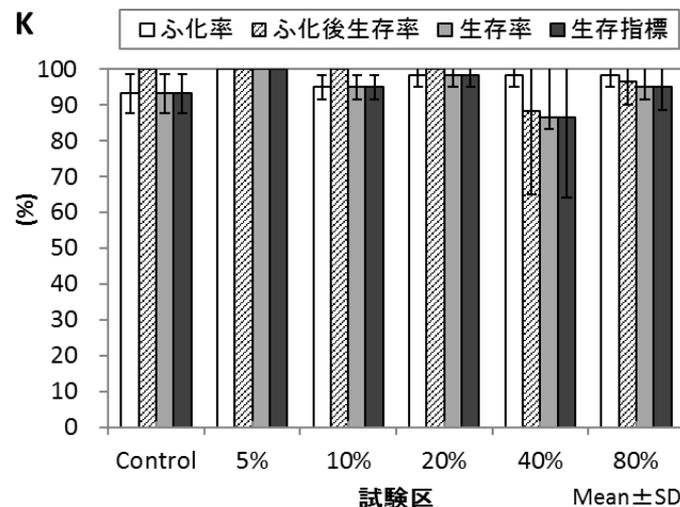
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

原因は海水由来の塩分と推定

# K事業場：水質分析の結果（H28）

- pH、金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- 海水混入があるため、塩分濃度が14事業場の中で最も高く、生物影響が懸念された。
- 金属類ではマンガン、鉄、亜鉛等が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。

## 基本水質項目

pH <sup>a</sup>	溶存酸素 mg/L	電気伝導度 mS/m	塩分 <sup>b</sup> %	硬度 mgCaCO <sub>3</sub> /L	残留塩素 <sup>c</sup> mg/L	全有機炭素 mgC/L	アンモニア態窒素 <sup>d</sup> mgN/L
6.6	10.0		0.40	970	<0.02	4.5	1.7

- a: pH排水基準: 5.8~8.6(海域以外)  
 b: NaClのNOECは藻類0.06% (1試験機関データ)、ミジンコ0.087%、魚類0.23% (10試験機関平均)  
 c: 0.05~1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される (USEPA毒性削減評価マニュアル)  
 d: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される (USEPA毒性削減評価マニュアル)

## 金属類（単位：μg/L）

金属類	ベリリウム	アルミニウム	スカンジウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル	銅	亜鉛
K	ND	11.2	ND	0.302	113	43.0	0.178	1.00	3.17	25.8
排水基準*1				2,000	10,000	10,000		1,000~2,000*2	3,000	2,000
金属類	ヒ素	イットリウム	モリブデン	ルテチウム	銀	カドミウム	インジウム	テルル	白金	鉛
K	0.973	0.038	2.09	ND	0.004	0.026	0.001	ND	0.014	0.206
排水基準*1	100					30				100

ND: 検出下限値未満、有効数字3桁(ただし小数点第3位までとする)

\*1 水濁法の排水基準項目における人健康項目。その他の排水基準項目は、生活環境項目。\*2 一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)

## K事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等(H28)

試験結果についての受け止め・感想	概ね生態影響がない結果となり満足。良好な試験結果の実績ができたのはメリットがあった。
試験結果を受けた今後の取組予定	①結果の公表 現時点では考えていない。  ②排水水質に関する調査、排水改善の検討等 特段なし
想定される排水毒性原因	—
上記取組を行う(行わない)理由	特段の生態影響が検出されなかったため。
H29年度事業への参加希望の有無	有
手法全般、事業等に関する要望等	・次亜塩素酸ナトリウムによる消毒の副生成物等の生態影響に関する、知見等の積極的な提供を希望 ・海産生物への影響に関する知見や評価も得られるようになると、より有用性が高まる

# K事業場：H29年度調査①（経年・季節変動調査）

## 〔背景〕

季節によって活性汚泥処理や消毒用塩素等の運転条件が異なる。

## 〔目的〕

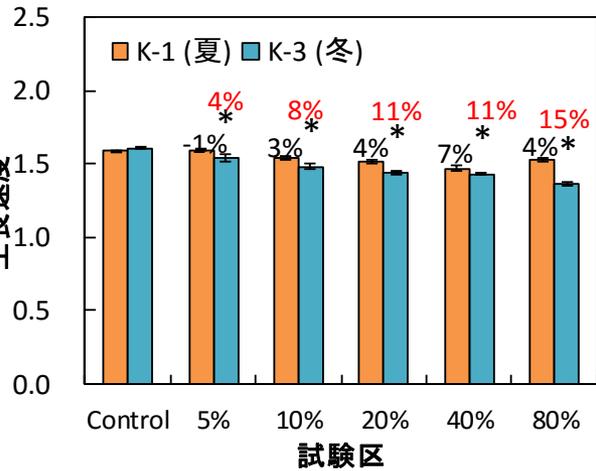
経年変化および季節変動（夏季（8月）と冬季（12月））を調査する。

## 〔方法〕

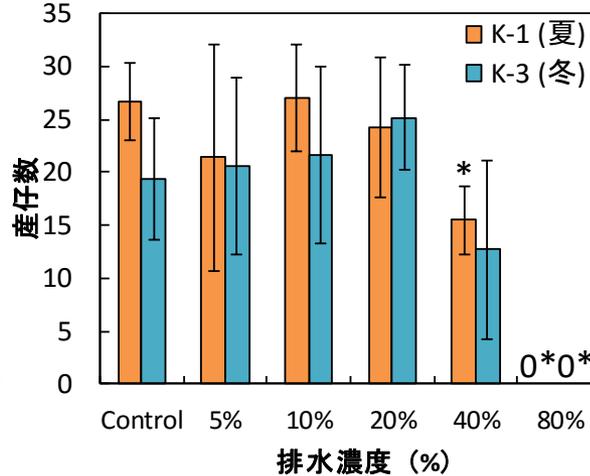
- 採取日程：夏季（8月）と冬季（12月）の2回
- 採取地点：塩素処理後の最終放流水（平成28年度と同じ）
- 試験機関：入札により平成28年度と同じ機関に決定

# K事業場：H29①生物応答試験の結果（季節変動調査）

## 藻類

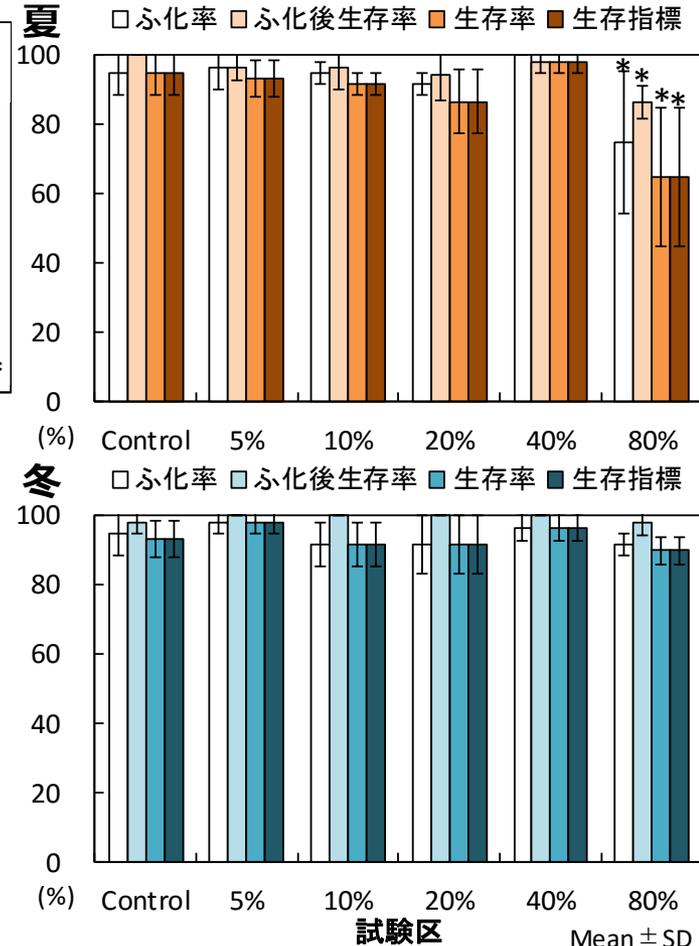


## ミジンコ

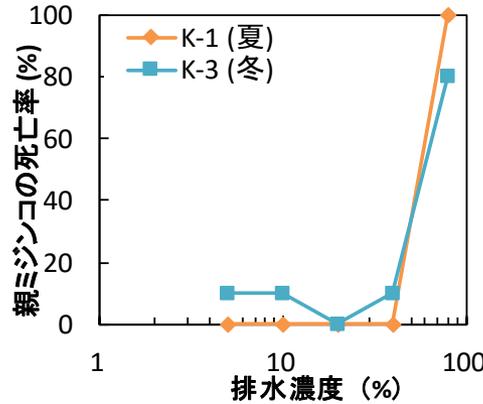


## 魚類

\*はControlとの有意差を示す



ID	NOEC (TU)		
	藻類	ミジンコ	魚類
K-1 (夏)	80%* (1.25)	20% (5)	40% (2.5)
K-3 (冬)	<5% (>20)	40% (2.5)	80% (1.25)



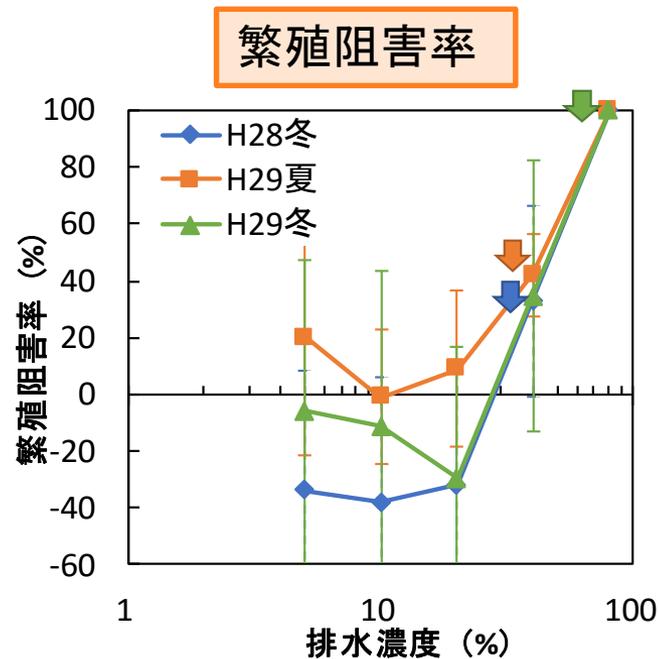
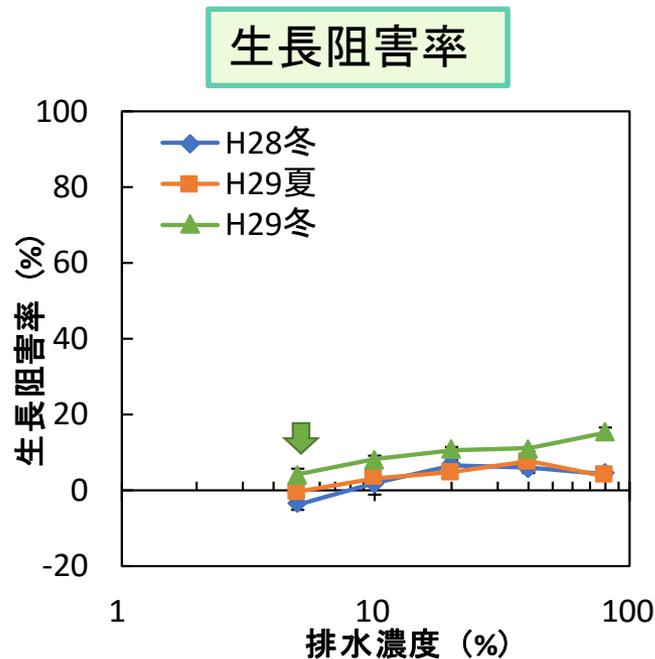
\*統計的には10%または5%であったが専門家判断で80%とした。

- 藻類: 夏季は影響に濃度依存性がなかったためNOEC=80%としたが、冬季は濃度依存性があり、NOECは5%未満となった。
- ミジンコ: 夏・冬ともに80%濃度区はすべて死亡し、40%濃度区で繁殖への影響がみられた。
- 魚類: 夏季は80%濃度区でふ化や生存に影響があったが、冬季は観察されなかった。

# K事業場：生物応答試験の結果（H28～29経年・季節変化）

- 藻類に対して軽微な影響がみられており、H29冬はH28冬と比べて微増した。
- ミジンコに対して継続して同程度の影響がみられた。
- 魚類に対してはH29夏のみ最高濃度で影響がみられた。

平均値±標準偏差(エラーバー)  
矢印は最小影響濃度を示す。



ID	NOEC			TU		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
<b>H28冬</b>	80%	20%	80%	1.25	5	1.25
<b>H29夏</b>	80%	20%	40%	1.25	5	2.5
<b>H29冬</b>	<5%	40%	80%	>20	2.5	1.25

## K事業場：水質分析の結果（H28～29経年・季節変動調査）

- H28年度から継続して塩分濃度が高く、（淡水）生物への影響が懸念される。
- H29年度冬はアンモニア濃度が高く、生物（特に魚類）への影響が懸念されたが、魚類への影響はみられなかった。
- 塩素消毒前後ともに残留塩素は検出されなかった。

採取年度	試料ID	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
H28冬	K	6.6	10.0		<b>0.40</b>	970	<0.02	4.5	1.7
H29夏	K-1 塩素消毒後	6.6	7.9		<b>0.43</b>	877	<0.02	5.1	1.4
H29冬	K-2 塩素消毒前	7.0	7.2		<b>0.26</b>	609	<0.02	4.7	<b>5.3</b>
H29冬	K-3 塩素消毒後	6.7	8.2		<b>0.32</b>	749	<0.02	5.8	<b>7.0</b>

ND: 検出下限値未満

a: NaClのNOECは藻類0.06%（1試験機関データ）、ミジンコ0.087%、魚類0.23%（10試験機関平均）

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

# K事業場：水質分析の結果・金属類(H28~29)

- 金属類に係る排水基準に適合することを確認した。
- H28年度と同様に、アルミニウム、亜鉛、鉄、マンガン等の金属類が他の金属類に比べて比較的高い濃度で検出された。亜鉛による藻類・ミジンコへの影響が懸念される。

単位：μg/L

採取年度	試料ID	ベリリウム	アルミニウム	クロム	マンガン	鉄	コバルト	ニッケル
H28冬	K	ND	<b>11.2</b>	0.302	113	<b>43.0</b>	0.178	1.00
H29夏	K-1 塩素消毒後	ND	4.23	0.279	<b>139</b>	30.5	0.185	0.957
H29冬	K-2 塩素消毒前	ND	4.08	0.194	81.1	36.0	0.144	0.727
H29冬	K-3 塩素消毒後	ND	0.808	<b>0.350</b>	98.7	33.3	<b>0.282</b>	<b>1.43</b>
排水基準				2,000	10,000	10,000	なし	(1,000~2,000)*
採取年度	試料	銅	亜鉛	ヒ素	セレン	カドミウム	鉛	ヒ素スズ
H28冬	K	3.17	25.8	0.973		0.026	0.206	
H29夏	K-1 塩素消毒後	<b>5.48</b>	21.9	0.868	0.039	0.005	0.103	ND
H29冬	K-2 塩素消毒前	0.847	280	0.463	ND	ND	ND	ND
H29冬	K-3 塩素消毒後	2.50	19.1	0.522	ND	ND	ND	ND
排水基準		3,000	2,000	100		30	100	

ND: 検出下限値未満。\*: Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)。太字は各金属類の最高濃度。134

# K事業場：H28～29経年・季節変動調査（まとめ）

## ● 藻類

- 継続的に軽微な影響がみられており、H29年度冬はH28年度冬と比べて影響が増した。
- 塩分、亜鉛が藻類（淡水）への影響が懸念されるレベルで検出されていた。

## ● ミジンコ

- 継続して同程度の影響（TU=2.5-5）がみられた。
- 最高濃度80%の死亡は塩分に拠ると推定される。

## ● 魚類

- H29夏のみ最高濃度80%で影響がみられた。

※当該施設は汽水域にあり、受入下水に含まれる塩分が混入する

## K事業場：H29年度調査②（残留塩素影響調査）

### 〔背景〕

- 塩素添加は公衆衛生確保（消毒）のため不可欠であり、ある程度の残留塩素を維持することが必要。
- 一方で、平成28年度の検討会では、「今後議論が必要と考えられる本手法活用の意義」のひとつとして「公衆衛生確保のための取組と水生生物保全の観点からの水環境保全に係る取組のバランスをとることを可能にする手法としての意義」が挙げられた。（参考資料2）
- また、本WGでは、公衆衛生保全の目的等で消毒殺菌された排水などは、急性毒性試験を用いることに一定の意味がある場合があるのではないかとの御指摘あり。
- こうした中、事業場Kから、残留塩素による生物影響を懸念。急性影響の評価ができないかとの希望が事務局にあった。
- なお、平成28年度のK事業場排水の残留塩素濃度は、試験機関到着時には検出下限値(0.02 mg/L)未満であった。

### 〔目的〕

下水処理水中の残留塩素の急性および慢性毒性レベルを評価する。

# K事業場：H29年度調査②（残留塩素影響調査）

## 〔方法〕

- 排水輸送中に残留塩素が消失してしまうため、塩素処理前の排水を採取し、試験機関において事業場と同じ条件で塩素消毒を行い、放流前の滞留時間と同じ時間静置した後、試験を開始する。
- 試験機関：試験機関2、国立環境研究所
- 生物応答試験：3生物種を用いた短期慢性毒性試験（※急性毒性は、慢性毒性試験の過程での死亡率等から評価）
- 試験時の留意点
  - 遊離塩素の滞留時間は非常に短く、水中のアンモニア等と結合して結合塩素になる。
  - 結合塩素は遊離塩素と比較すると毒性は低いが残留時間が長い。
  - 放流口付近では連続放流により一定濃度が保たれていると考えられる。したがってなるべく試験中濃度を維持した状態で試験する必要がある。
  - なるべく濃度を維持するために換水時（24h毎）に塩素消毒処理を行って試験溶液を調製する。

# K事業場：H29年度調査②（残留塩素影響調査）

## 〔方法〕

### ・ 試料:

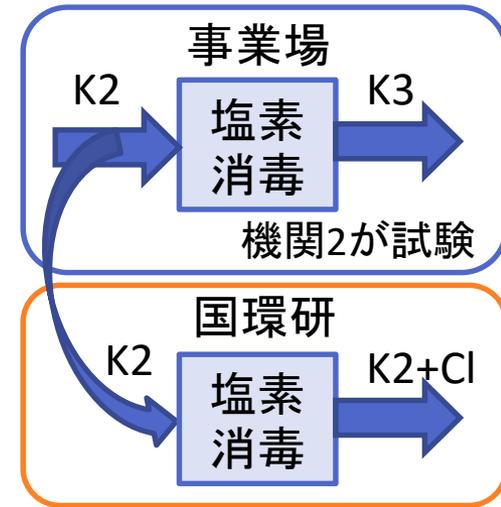
- ① K2(塩素消毒前):2つの処理系統の最終沈殿池と塩素混和池の水路から採取し、流量比に応じて混合する。
- ② K3(塩素消毒後):塩素混和池
- ③ K2+Cl(塩素消毒直後):国環研でK2を塩素消毒したもの

- ・ 試験機関:試験機関2(K2とK3)、国立環境研究所(K2とK2+Cl)

- ・ 塩素消毒方法:事業場と同じ条件※で塩素消毒を行う

### ※事業場Kの塩素消毒条件

- ・ 放流前の滞留時間:15分
- ・ 塩素混和池流出時での残留塩素濃度:0.05 mg/L



1. 消毒前の排水K2に事業場の添加量に準じて、事業場で用いられている次亜塩素ナトリウムを添加する。
2. 30分スターラーで緩やかに攪拌した後、残留塩素濃度(結合塩素+遊離塩素)が約0.05 mg/Lであることを確認し(HACH 8167)、試験に供する。
3. 各試験濃度の残留全塩素を測定する。
4. 試験中の塩素濃度をなるべく維持するように、24時間毎に塩素消毒した排水で換水する(ただし藻類は換水なし)。

## (参考) 残留塩素の生物影響について (文献)

- 0.05~1 mg/L以上のとき(ミジンコに対する)影響が懸念される。一方、残留塩素の影響は冷蔵保存により低減する(USEPA,1992)
- 遊離塩素がアンモニア等と反応した結合塩素(モノクロラミンなど)もミジンコへの毒性が高い(Taylor PA, 1993)
- 藻類(ムレミカツミモ)に対する遊離塩素の96h-LOECは0.07 mg-Cl<sub>2</sub>/L、モノクロラミンの96h-LOECは0.010 mg-Cl<sub>2</sub>/L(鈴木ら、1996)
- アユはニジマス・ヤマメより鋭敏で、24時間流水式曝露ではLC50=0.07 mg/L(青井, 1998)
- 米国における塩素の水生生物保全基準(USEPA, 1984)
  - 淡水域:全残留塩素として4日平均0.011 mg/L、1時間平均0.019 mg/L
  - 海域:塩素酸化物として4日平均0.0075 mg/L、1時間平均0.013 mg/L
- 下水処理水の短期慢性毒性試験および原因究明調査を行った結果、ミジンコおよび藻類に対する主要な毒性原因物質が残留塩素であることが分かった(山本ら, 2013)。

USEPA. 1992a. EPA/600/6-91-005F.

Taylor P.A. (1993) Environ. Toxicol. Chem. 12, 925–930.

鈴木ら(1996)水環境学会誌19(11), 861-870.

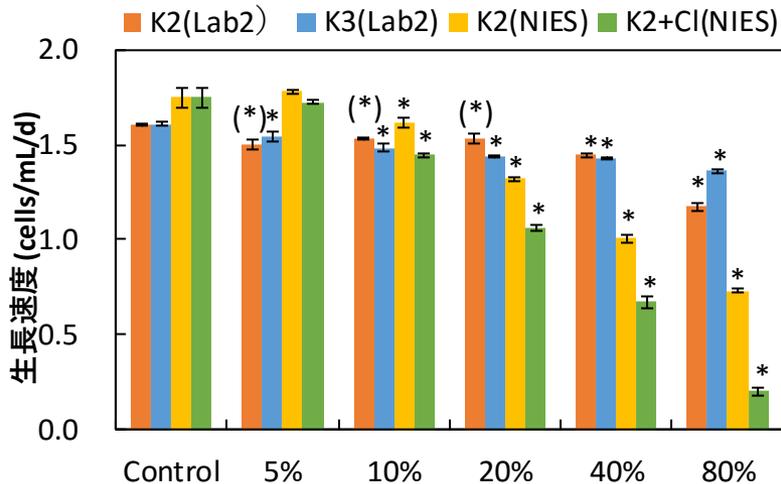
青井(1998)衛生工学シンポジウム論文集, 6, 71-76.

USEPA.1985. EPA440/5-84-030.

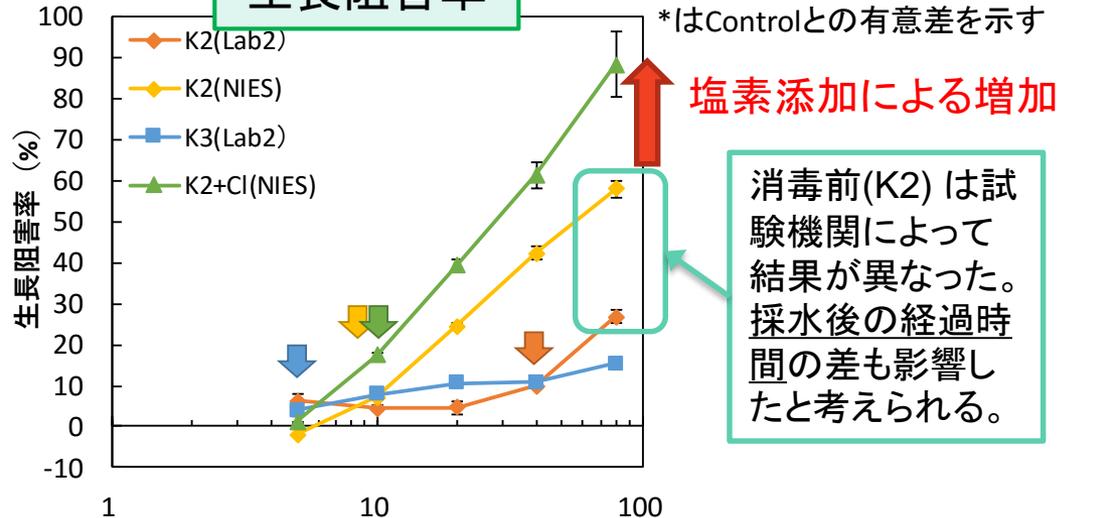
山本裕史ら(2013)土木学会論文集G(環境), 69(7), III\_375–III\_384.

# K事業場：H29②残留塩素影響調査（藻類）

## 生長速度

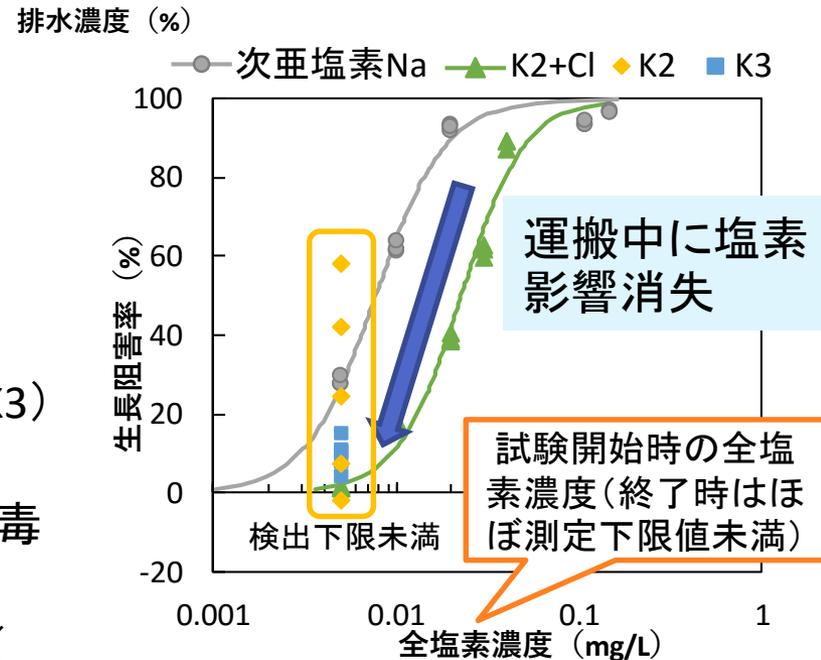


## 生長阻害率



排水試料	試験	NOEC	TU	EC50
消毒前 (K2・36h以内)	機関2	20%	5	>80%
消毒前 (K2・1ヶ月後)	国環研	5%	20	56%
消毒後 (K3)	機関2	<5%	>20	>80%
K2消毒直後 (K2+Cl)	国環研	5%	20	27%

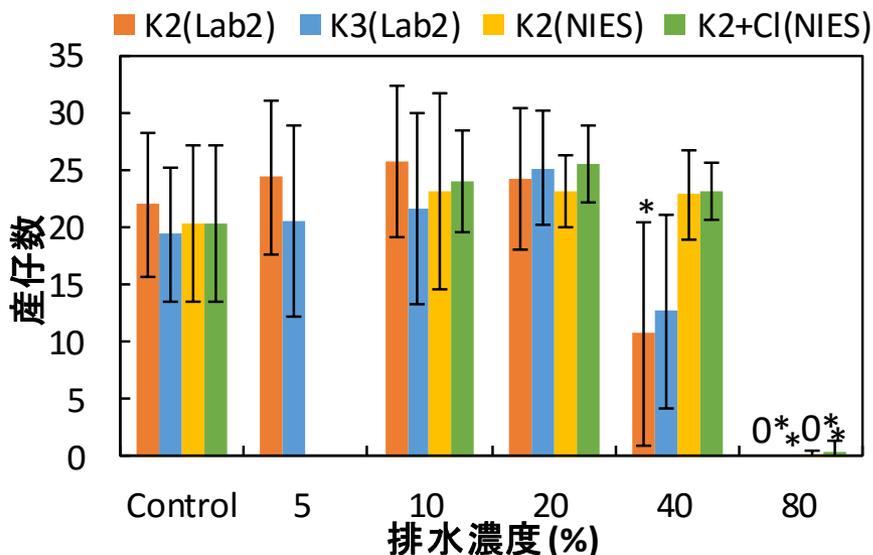
- 機関2による比較では塩素消毒前(K2)と消毒後(K3)に阻害率の差はほとんどなかった(※)。
- 国環研において、K2の塩素消毒を行った場合、消毒前より影響が増加した(EC50: 56%→27%)。
- 次亜塩素酸Na単体の毒性と比べて、排水添加時(K2+Cl)は毒性が小さくなった。



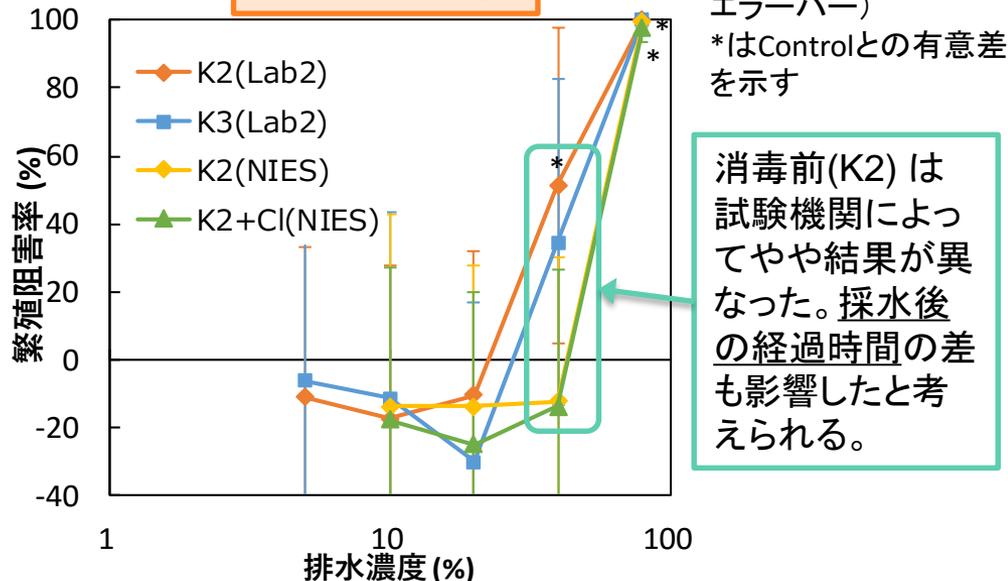
※TUは消毒後増加しているが、80%濃度区の阻害率は処理前のほうが高い

# K事業場：H29②残留塩素影響調査（ミジンコ）

## 産仔数

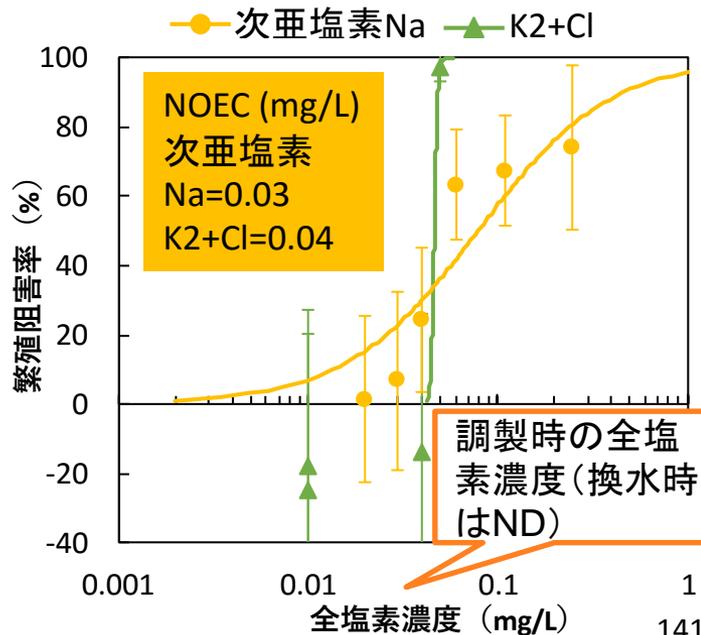


## 繁殖阻害率

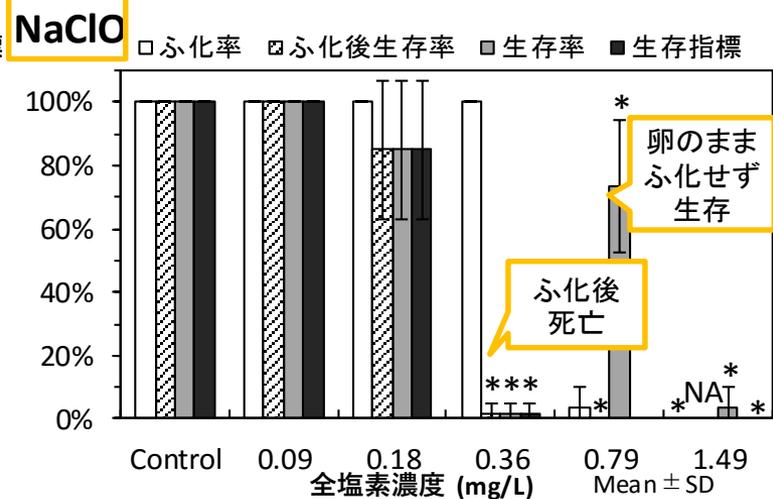
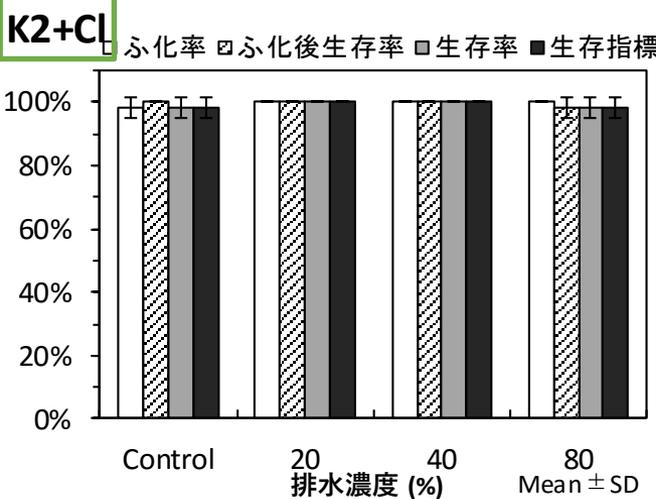
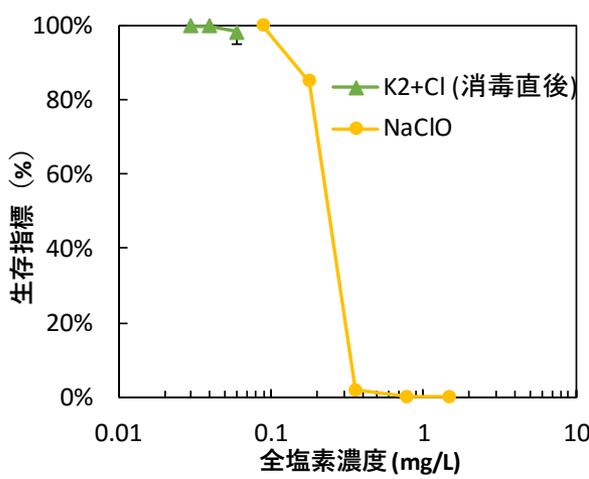
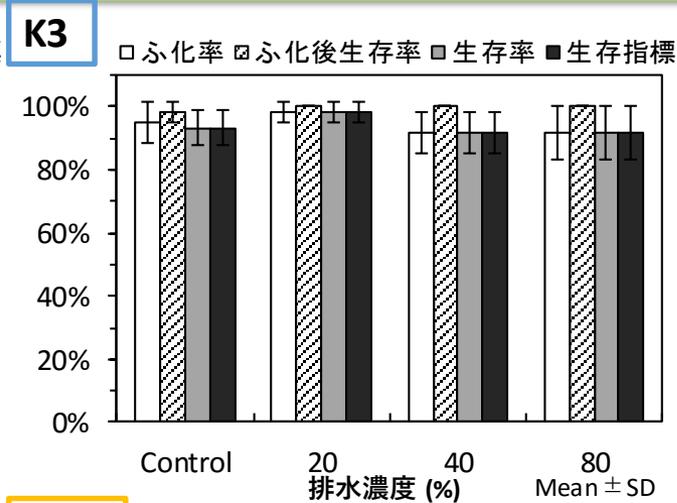
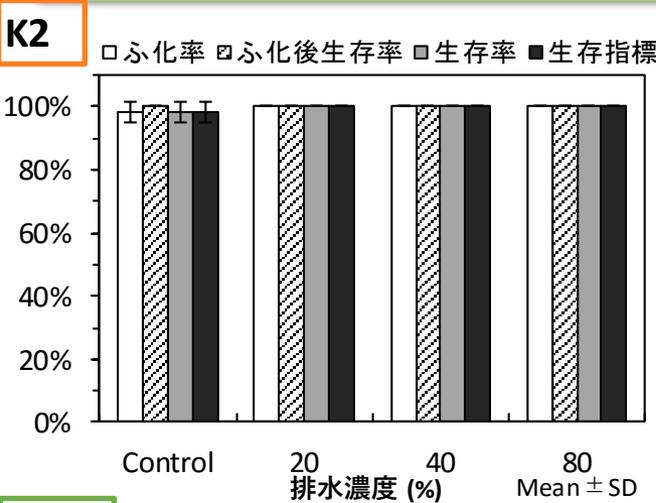


排水試料	試験	NOEC	TU	EC50
消毒前 (K2・36h以内)	機関2	20%	5	-
消毒前 (K2・1週間後)	国環研	40%	2.5	62%
消毒後 (K3)	機関2	40%	2.5	-
K2消毒直後 (K2+Cl)	国環研	40%	2.5	69%

- 消毒直後を模擬しても(K2+Cl)、塩素消毒前(K2・NIES)と影響はほぼ変わらなかった。
- 次亜塩素酸Na単体の毒性と比べて、排水添加時(K2+Cl)は毒性が小さくなった(最高濃度区の影響は塩分に拠る)。



# K事業場：H29②残留塩素影響調査（魚類）



NaClO (mg/L)	NOEC
ふ化率	0.36
ふ化後生存率	0.18
生存率	0.18
生存指標	0.18

- 塩素消毒前(K2)、塩素消毒後(K3)、消毒直後を模擬したもの(K2+Cl)すべて、最高濃度まで影響はみられなかった。よって事業場Kの塩素消毒は消毒直後でも魚類に影響を及ぼすレベルではないと推定された。
- 次亜塩素酸Na (NaClO) 単体では0.79 mg/L以上でふ化に、0.36 mg/L以上で仔魚の生存に影響があった。

## K事業場：H29②残留塩素影響調査（まとめ）

- 消毒直後を模擬した場合、消毒前より藻類に対する影響が増加した。したがって、塩素による影響は事業場からの運搬中に消失しており、現行試験法案では過小評価されていることが分かった。
- 一方、ミジンコおよび魚類に対しては事業場Kの添加条件（残留塩素0.05 mg/L）では、消毒直後でも影響を及ぼすレベルではないと推定された。
- 次亜塩素ナトリウム単体では、藻類に対し0.005 mg/L（推定）でも阻害率28%の影響があった。ミジンコに対するNOECは0.03 mg/L、魚類に対するNOECは0.18 mg/Lであった。

試料名	NOEC (排水濃度%)			NOEC (塩素濃度mg/L)		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
K2(消毒前)	5/10 <sup>a</sup>	20/40 <sup>a</sup>	80/80 <sup>a</sup>			
K3(消毒後)	<5 <sup>b</sup>	40	80	ND	ND	ND
K2+Cl(K2消毒直後)	5	40	80	0.005	0.04	0.06
次亜塩素酸Na				<0.005	0.03	0.18

排水のNOECにおける残留塩素濃度  
(藻類は推定値)

a: K2+Cl試験時に同時に国環研で試験した結果（左はK3と同時にLab2で実施）。  
b: K2やK2+ClよりNOECは小さいが、80%濃度区の阻害率はK2+Cl>K2>K3の順で高い。

# L事業場 (下水道業)

## L 事業場：事業場の概要(H28)

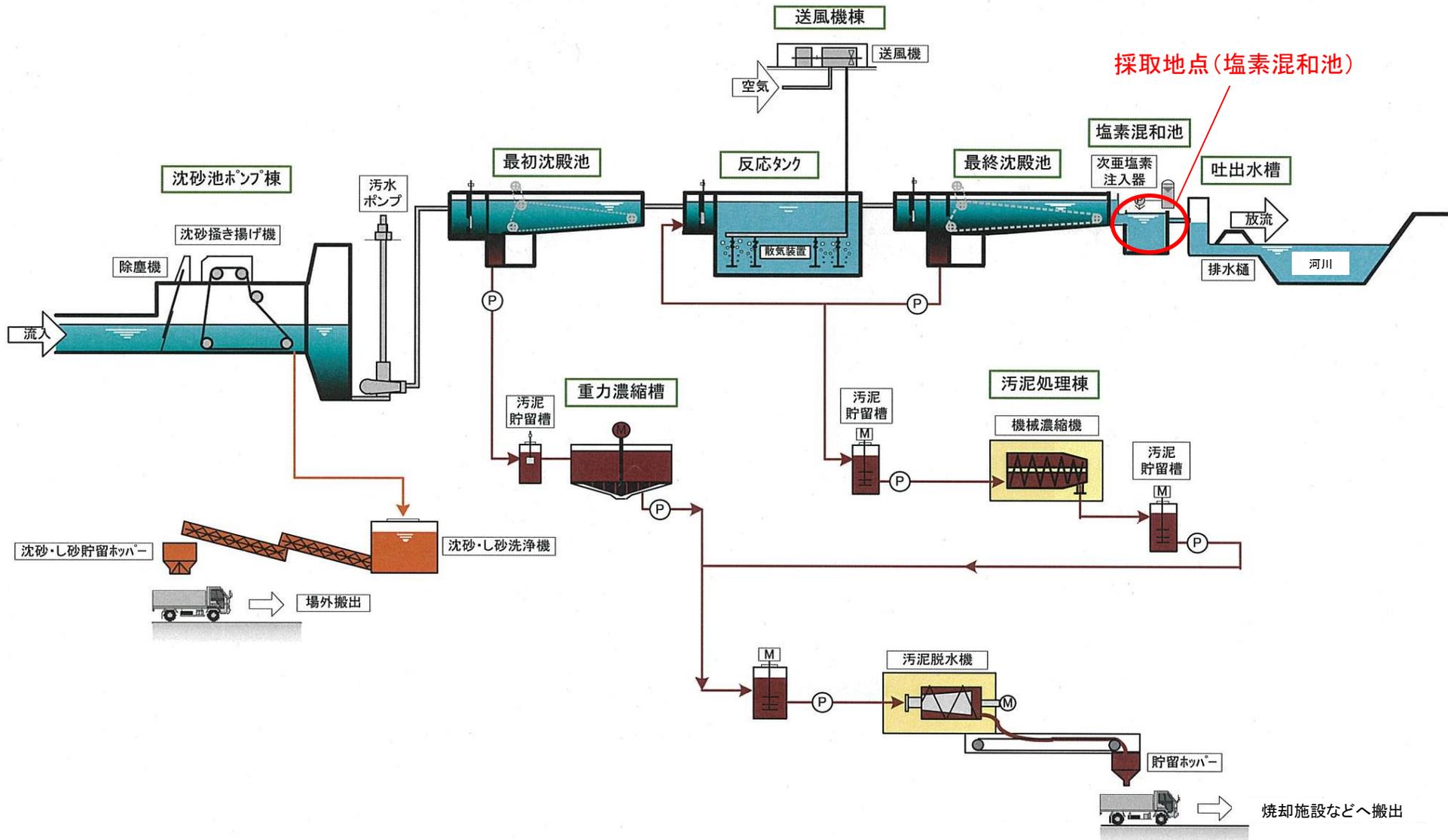
業種	下水道業
応募理由	H27年度以前の事業に参加した際、ミジンコ試験の結果が最大無影響濃度(NOEC)が5%未満(TU>20)であったため。
水濁法の排水規制	適用対象
日平均排水量	29,221 m <sup>3</sup> /日(最大100,320 m <sup>3</sup> /日)
排水放流先	河川
排水処理区域に関する情報	<ul style="list-style-type: none"><li>・施設の排水処理能力:35,900 m<sup>3</sup>/日</li><li>・処理区域人口:約7万8千人</li></ul>
H27以前業務への協力実績の有無	有

## L 事業場：排水処理方式等の概要、生物応答試験の対象水(H28)

排水処理方式	生物処理(標準活性汚泥法)
排水処理で使用する主な薬剤	・消毒剤:次亜塩素酸ナトリウム
排水口の数	1箇所
排水処理のフロー ※詳細は次ページのフロー図参照	沈殿槽での汚泥分離 → 反応槽での活性汚泥処理 → 沈殿槽での汚泥の沈殿分離 → 塩素処理 → 放流
塩素処理の有無	有(最終放流口の直前で、塩素処理を実施)
放流排水への海水・中和塩混入の有無	無

採水時期	2月上旬
試験対象排水の概要	下水処理水(主として生活排水由来)
採水地点	塩素処理後の最終放流水(排水フロー図参照)
当該排水口からの日平均排水量	29,221 m <sup>3</sup> /日(最大100,320 m <sup>3</sup> /日)

# L 事業場：排水処理方式等の概要（排水処理フロー）



## L 事業場：H27以前の事業参加時の状況とその後の取組状況(H28)

実施時期	平成25年度
生物応答試験の結果の概要	ミジンコを用いた試験で、NOECが5%未満(TU>20)となった。 (藻類及び魚類を用いた試験では、影響検出なし)
当時の試験結果を受けて行った取組	①排水改善に関連する取組 特段なし(原因不明のため、対策がとれなかった。また、排水規制が行われているものではないため。)  ②その他の取組 特段なし
当時と今回事業における相違点	特段なし (①採水地点、②使用薬剤等、③排水処理工程とも)

# L 事業場：生物応答試験の結果(H28)

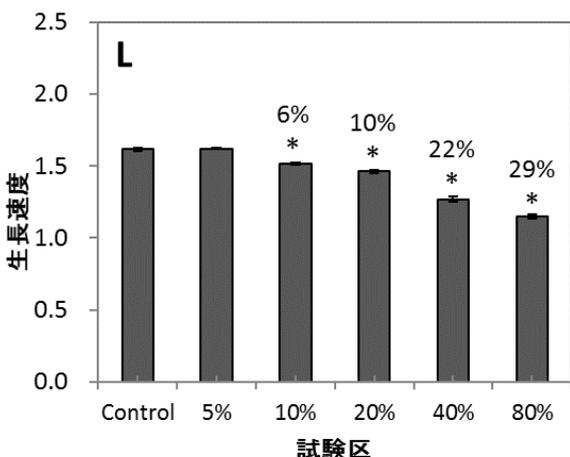
- 過年度(H25)事業と異なり、ミジンコ試験では最高濃度80%でも影響はみられなかった。魚類試験では過年度と同様に最高濃度80%でも影響はみられなかった。
- 一方、過年度事業では影響が検出されなかった藻類試験で、NOECが5%(TU=20)となった。

	ムレミカヅキモ (藻類)	ニセネコゼミジンコ (無脊椎動物)	ゼブラフィッシュ (魚類)
最大無影響濃度(NOEC)(%)	5	80	80
Toxic Unit (TU)※	20	1.25	1.25

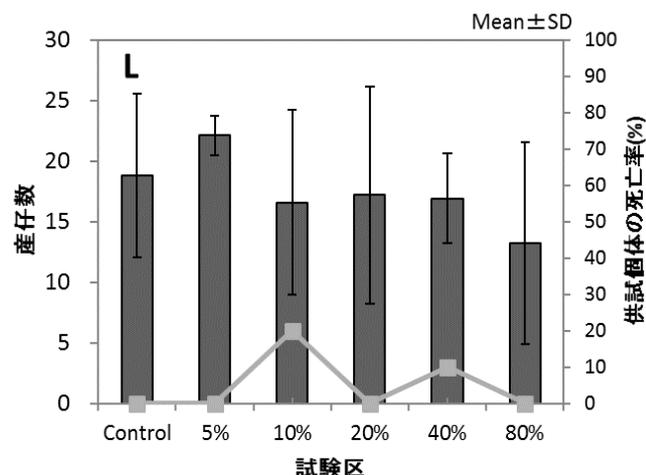
※100/NOECで表される量

各排水濃度(%)における影響評価結果

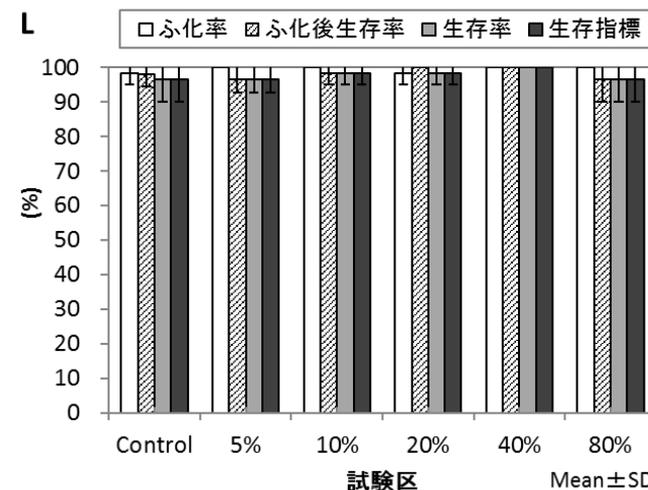
藻類



ミジンコ



魚類



注：「\*」はコントロール試験の結果と比較して有意差が認められたもの

## L 事業場：試験結果を受けた対応、今後の予定、要望等(H28)

<p>試験結果についての受け止め・感想</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流水の生態系への影響度合いを試験結果により客観的に知ることができ参考になった。結果を排水処理手法の改善につなげることができれば更に有意義な手法となる。</li> <li>・施設名が特定できる形で試験結果が公表された場合、周辺住民等に過度に不安を与える懸念がある。</li> </ul>
<p>試験結果を受けた今後の取組予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①結果の公表 特段なし</li> <li>②排水水質に関する調査、排水改善の検討等 特段なし</li> </ul>
<p>想定される排水毒性原因</p>	<p>不明</p>
<p>上記取組を行う(行わない)理由</p>	<p>具体的にどのような取組をすればよいか分からないため。</p>
<p>H29年度事業への参加希望の有無</p>	<p>有(継続して測定結果を得たいため)</p>
<p>手法全般、事業等に関する要望等</p>	<p>試験サンプルの搬送時に若干の行き違いがあった。</p>

## L事業場：H29年度調査①経年変化

### 〔目的〕

平成25年度、28年度に引き続き、同じ採取地点から採取し、経年変化を評価する。

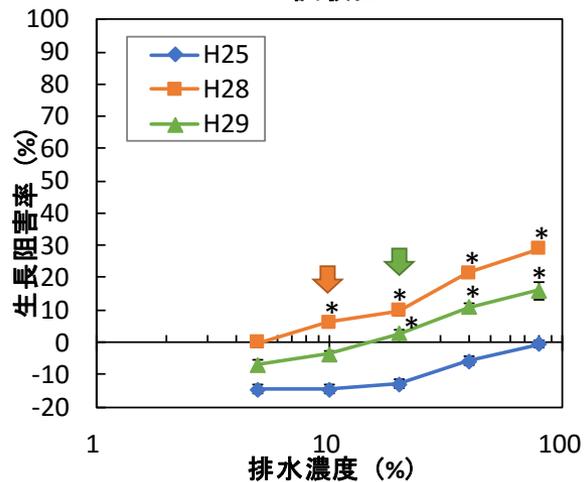
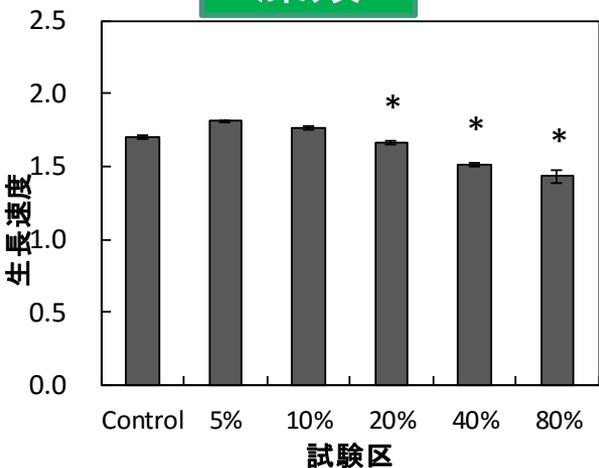
### 〔方法〕

- 試験機関：国立環境研究所
- 採取地点：塩素消毒後（最終沈殿池と塩素混和池の間の水路）

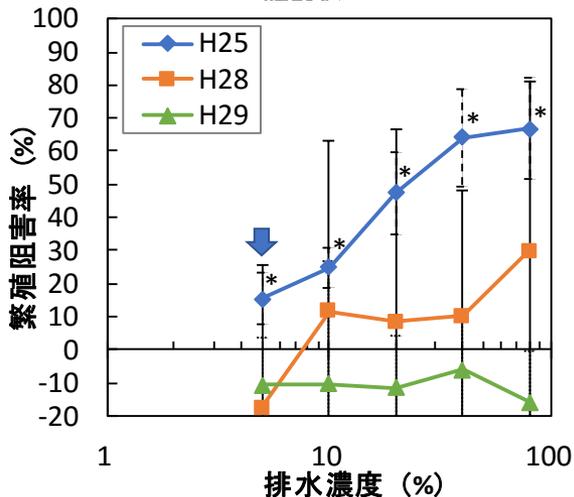
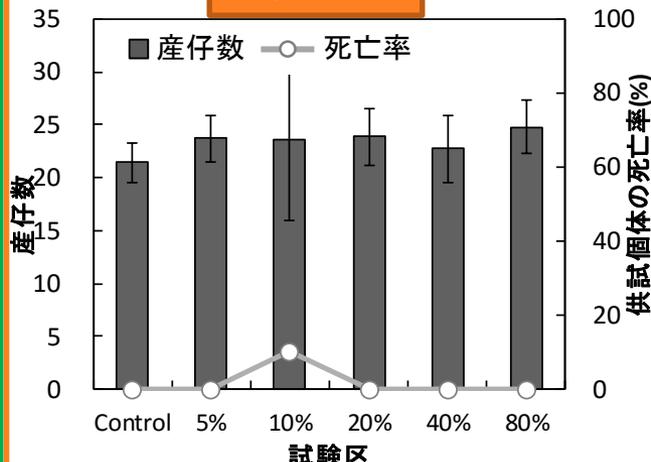
# L事業場：生物応答試験結果（H25・H28・H29経年調査）

- 藻類に対し排水濃度20%以上で対照区と比べて有意な影響がみられたことから、NOECは10%と算出。ミジンコおよび魚類への影響はみられなかった（NOEC=80%）。
- H28年度と比べて、今年度は藻類およびミジンコに対する影響が減少した。魚類に対してはH25年度から継続して影響はなかった。

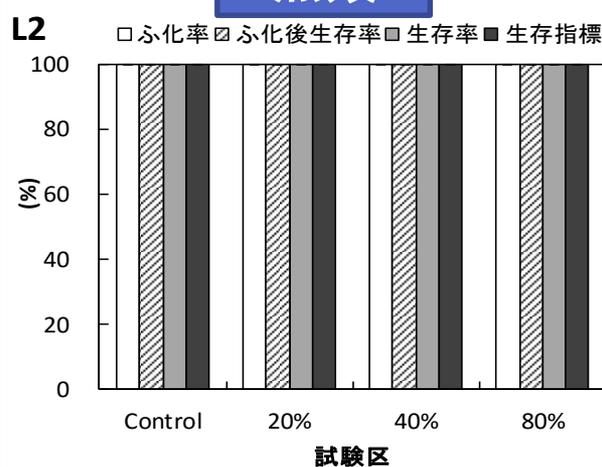
## 藻類



## ミジンコ



## 魚類



## NOECの経年変化

年度	藻類	ミジンコ	魚類
H25	80%	<5%	80%
H28	5%	80%	80%
H29	10%	80%	80%

平均値±標準偏差(エラーバー)、矢印はLOEC、\*は対照区に対して有意差があることを示す。

# L事業場：水質分析の結果①（H25・H28・H29経年変化）

- 参考までに、米国環境庁（US EPA）の毒性削減評価マニュアルによると、今年度の塩素消毒後の排水は、残留塩素がミジンコに対する影響が懸念されるレベルで検出された。しかし、本排水はミジンコに対する影響を示さなかった。
- H29年度は、TOCおよびアンモニアが過年度（H25、H28）と比べて減少した。

採取年月	試料	pH	溶存酸素	電気伝導度	塩分 <sup>a</sup>	硬度	残留塩素 <sup>b</sup>	TOC 全有機炭素	アンモニア 態窒素 <sup>c</sup>
		-	mg/L	mS/m	%	mgCaCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mgC/L	mgN/L
H25/12	L-2 塩素消毒後	7.6	9.65	81.5	0.04	97	<b>0.07</b>	10.0	4.7
H29/2	L-2 塩素消毒後	6.7	6.7	78	0.03	65	<b>0.09</b>	8.5	<b>6.6</b>
H29/11	L-1 塩素消毒前	6.9	9.00	70.8	0.03	62.6	0.01	5.5	0.6
H29/11	L-2 塩素消毒後	6.9	8.96	74.8	0.04	63.4	<b>0.14</b>	5.6	0.7

ND: 検出下限値未満

a: NaClのNOECは藻類0.06%（1試験機関データ）、ミジンコ0.087%、魚類0.23%（10試験機関平均）

b: 0.05～1 mg/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

c: 5 mgN/Lを超過するとき生物影響が懸念される（US EPA 毒性削減評価マニュアル）

## L事業場：水質分析の結果②金属類（H25・H28・H29経年変化）

- 金属類に係る排水基準にすべて適合していた。
- ミジンコおよび藻類に対して比較的影響が強いとされる亜鉛(Zn)濃度がH25年度から継続して高い。ただしH29年度はミジンコに対する影響は示されなかった。
- コバルト(Co)はH25年度、ニッケル(Ni)はH28年度と比べてH29年度は低減していた。

単位：μg/L

採取年月	試料	Be	Al	Sc	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
H25/12	L-2	ND	5.61	-	<b>0.151</b>	44.1	18.2	<b>2.11</b>	18.1	<b>8.48</b>	<b>40.4</b>	1.08
H29/2	L-2	ND	<b>17.7</b>	ND	0.114	<b>73.3</b>	<b>40.3</b>	0.177	<b>22.3</b>	5.08	31.9	0.934
H29/11	L-1	ND	11.8	-	0.076	36.3	24.7	0.176	11.2	5.01	32.2	1.05
H29/11	L-2	ND	11.8	-	0.104	42.9	30.7	0.187	13.6	6.36	37.2	<b>1.12</b>
排水基準					2,000	10,000	10,000		(1,000~2,000)*	3,000	2,000	100
採取年月	試料	Y	Mo	Ru	Ag	Se	Cd	In	Te	Pt	Pb	Bi
H25/12	L-2	-	-	-	ND	0.038	-	-	-	<b>0.418</b>	-	-
H29/2	L-2	0.026	NA	ND	0.001	0.018	0.002	ND	ND	0.195	0.026	-
H29/11	L-1	-	-	-	-	<b>0.069</b>	<b>0.016</b>	-	-	-	<b>0.204</b>	ND
H29/11	L-2	-	-	-	-	ND	ND	-	-	-	ND	ND
排水基準							30				100	

ND: 検出下限値未満。\*: Niは一部自治体のみ基準あり(水濁法の基準ではない)。太字は各金属類の最高濃度。154

# L事業場：H29年度調査②藻類試験条件の比較

## 〔背景〕

- H25年度調査では藻類に影響がみられなかったが、H28年度では比較的緩やかな濃度反応関係がみられ、TU>10となった。
- 原因として排水水質の変動以外に、試験条件の違いが挙げられた。
  - H25年度: ControlのOECD培地で段階的に2倍希釈する(希釈方法①)。
  - H28年度: Controlも含め全ての濃度区においてOECD培地濃度が20%になるように調整して希釈する(希釈方法②)。
- 試験法検討案では両方の希釈方法が認められている。

	長所	短所
希釈方法①	希釈操作が簡便 環境中で希釈される状態を模擬	• 栄養塩濃度が高い排水の場合、低濃度区でControlより生長速度が増加することがある • 栄養塩濃度が低い排水の場合、高濃度区で影響が出やすい可能性がある
希釈方法②	すべての試験区で培地濃度が同じ→毒性物質に対する感受性が試験区間で同じ	最低限の培地濃度20%のため、毒性物質に対する感受性が高い可能性がある。

〔目的〕 2つの希釈方法で藻類試験を実施し、希釈方法の違いが藻類の試験結果に与える影響を評価する。

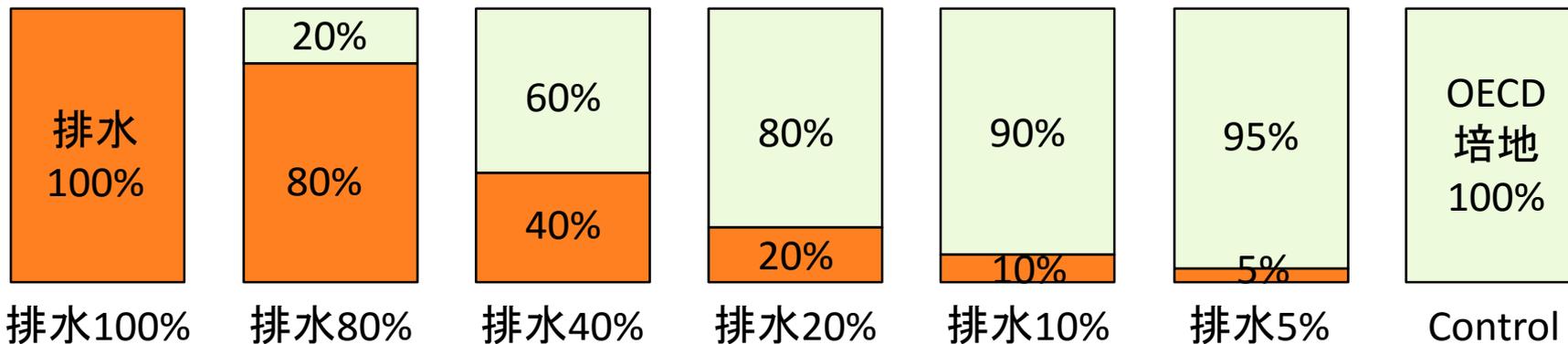
## 〔方法〕

- 採取地点: 塩素消毒後の塩素混和池の流出部(H28年度と同様)
- 試験機関: 国立環境研究所

# (参考)藻類試験の希釈方法

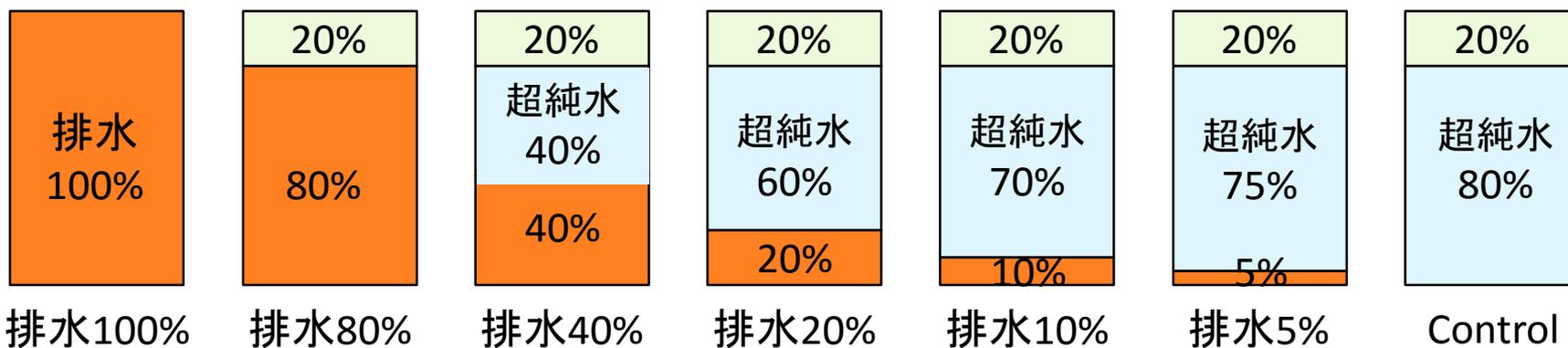
## 希釈方法①

OECD培地で倍々希釈

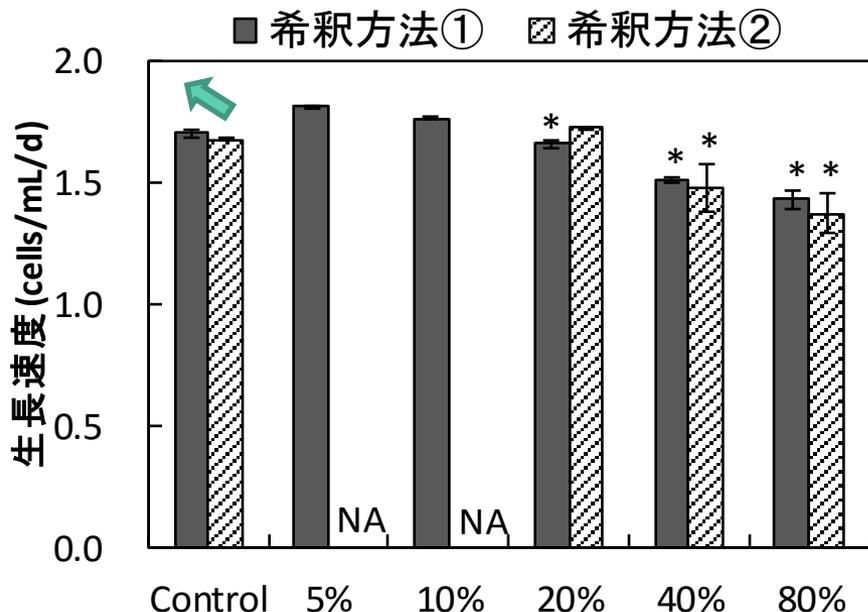


## 希釈方法②

OECD培地濃度を20%で統一して希釈



# L事業場：H29②藻類の希釈条件の比較



	希釈方法	排水濃度			
		Control	20%	40%	80%
培地濃度	①	100%	80%	60%	20%
	②	20%	20%	20%	20%
生長阻害率	①	/			
	②	/			
NOEC	①	10%			
	②	20%			

- 希釈方法①の方がControlの培地濃度が高く、生長速度がわずかに大きい。
- 20%濃度区において希釈方法②より①の生長阻害率が有意に高かったが、40%および80%濃度区では希釈方法による有意な差は認められなかった。
- NOECで比較すると希釈方法①は10%、②は20%であったが、阻害率の差はわずかであり、希釈方法による影響はほとんどないとみなせる。
- よって、H28年度(希釈方法②、NOEC=5%)とH25年度およびH29年度(希釈方法①、NOEC=80%および10%)の影響の差は、希釈方法ではなく排水水質の経年変化によると考えられる。

## L事業場：経年変化①（H25・H28・H29）と藻類条件比較②（H29）まとめ

### ● 藻類

- H25年度は影響は示されなかったが、H28年度はTU=20、H29年度はTU=10と継続して影響がみられた。
- H28年度は希釈方法の違いによる影響があったことが懸念されたが、H29年度では希釈方法による差がほとんどみられなかった。したがって、H28・29年度の影響は希釈方法による影響ではないと考えられた。
- Znが藻類に対する影響が懸念されるレベルで高い。ただし、H25年度から継続して高いため、H25年度時の原因物質である可能性は低いと考えられる。

### ● ミジッコ

- H25年度はTU>20であったが、H28年度およびH29年度は継続して影響がみられなかった。
- ミジッコに対して比較的影響が強いとされるNiとZn濃度が、H25年度から継続して高いが、H29年度はミジッコに対する影響は示されなかった。よって経年変化の原因物質ではないと考えられる。

### ● 魚類

- H25年度から継続して影響が示されなかった。

### TUの経年変化

年度	藻類	ミジッコ	魚類
H25	1.25	>20	1.25
H28	20	1.25	1.25
H29	10	1.25	1.25

# L事業場：H29年度調査③残留塩素影響調査

## 〔目的〕

事業場Kと同様に残留塩素の影響の有無を調査する。塩素消毒後の排水は、輸送や試験中に塩素の影響が消失している可能性が高いため、別途、試験機関で塩素消毒処理した試料も試験する。

## 〔方法〕 ※事業場K(スライド)と同様

• 試験機関：国立環境研究所

• 試料：

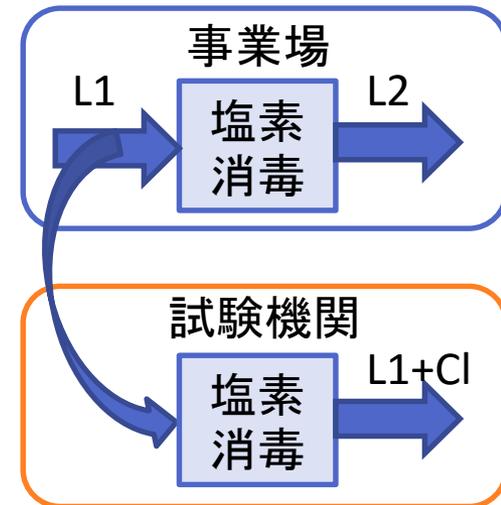
- ① L1(塩素消毒前)：最終沈殿池と塩素混和池の間の水路
- ② L2(塩素消毒後)：最終沈殿池と塩素混和池の間の水路
- ③ L1+Cl(塩素消毒直後)：試験機関でL1を塩素消毒したもの

• 塩素消毒方法：事業場と同じ条件※で塩素消毒を行う

1. 消毒前の排水L1に事業場の添加量に準じて、事業場で用いられている次亜塩素ナトリウムを添加する。
2. 30分スターラーで緩やかに攪拌した後、**残留塩素濃度(結合塩素+遊離塩素)が約0.40 mg/Lであることを確認し**(HACH 8167)、試験に供する。
3. 各試験濃度の残留全塩素濃度を測定する。
4. 試験中の塩素濃度をなるべく維持するように、**24時間毎に塩素消毒した排水で換水**する(ただし**藻類は換水なし**)。

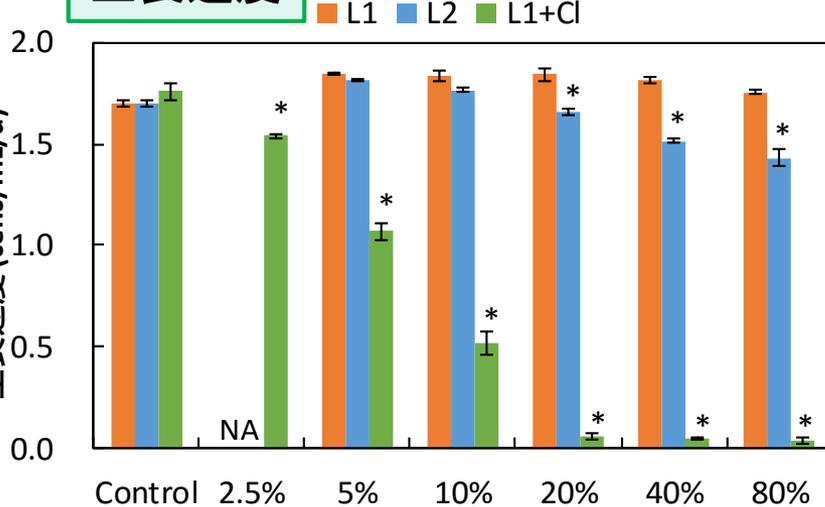
※事業場Lの塩素消毒条件

- 放流前の滞留時間：**30分**
- 塩素混和池流出時での残留塩素濃度：**0.40 mg/L**

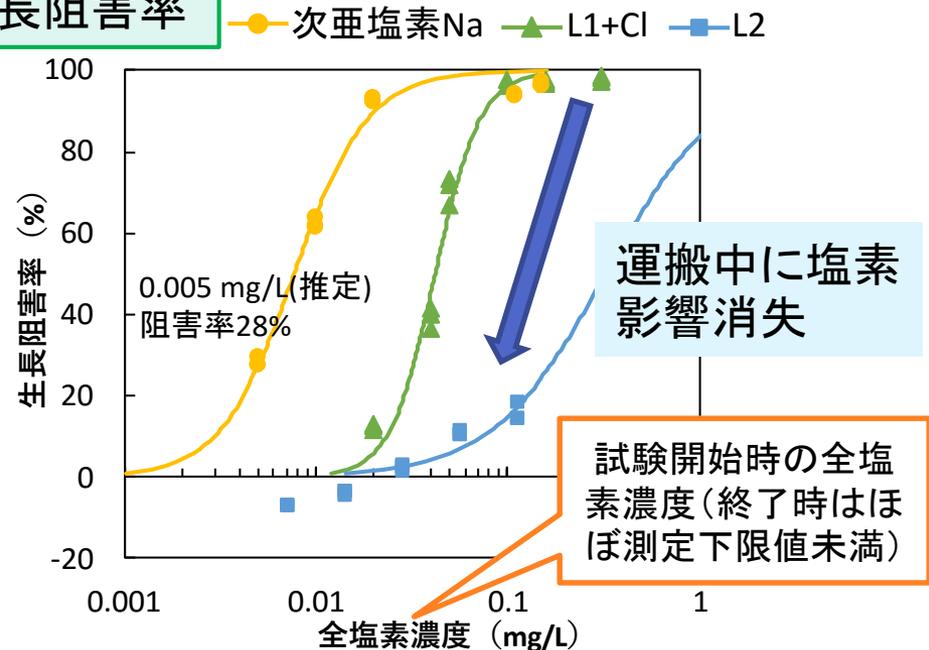


# L事業場：H29③残留塩素影響調査（藻類）

生長速度



生長阻害率



排水試料

排水試料	NOEC	TU	EC50
L1(消毒前)	80%	1.25	>80%
L2(消毒後)	10%	10	>80%
L1+CI(L1消毒直後)	<2.5%	>40	6.2%

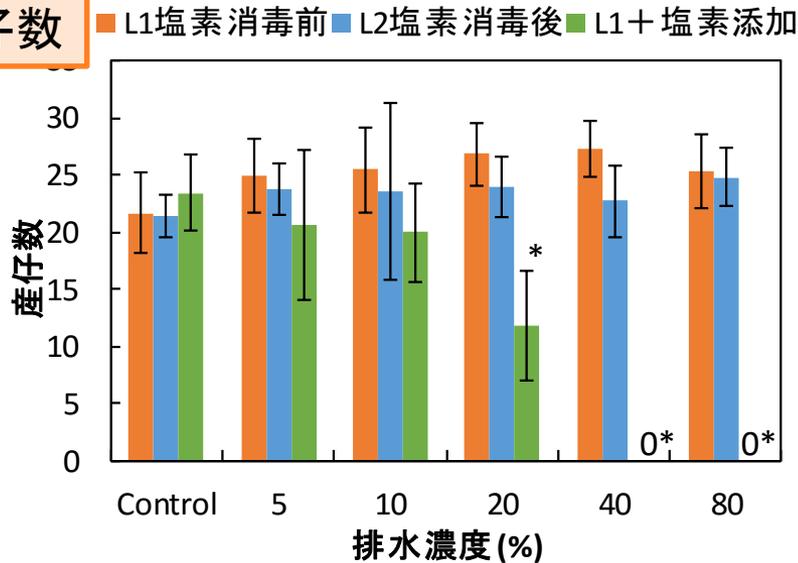
全塩素 (mg/L)

全塩素 (mg/L)	NOEC	EC50
次亜塩素Na	<0.005	0.008
L1+CI	<0.02	0.042
L2	0.014	0.33

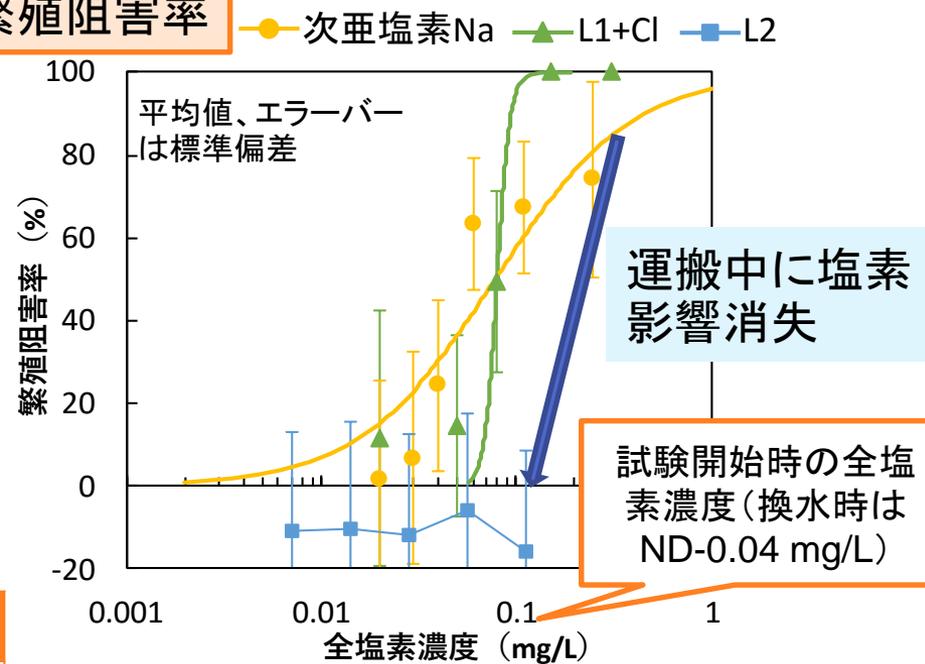
- 塩素消毒前(L1)より塩素消毒後(L2)の方が影響が大きく(TU: 1.25→10)、さらに消毒直後を模擬した場合(L1+CI)、著しく影響が増加した(EC50: >80%→6.2%)。
- 次亜塩素酸Na単体の毒性と比べて、排水添加時(L1+CI、L2)は毒性が小さくなった。特に、事業場で消毒後約1日後に試験機関に到着した排水(L2)の場合、EC50は単体の約43倍(0.008→0.33 mg/L 推定濃度)であった。

# L事業場：H29③残留塩素影響調査（ミジンコ）

## 産仔数



## 繁殖阻害率



## 排水試料

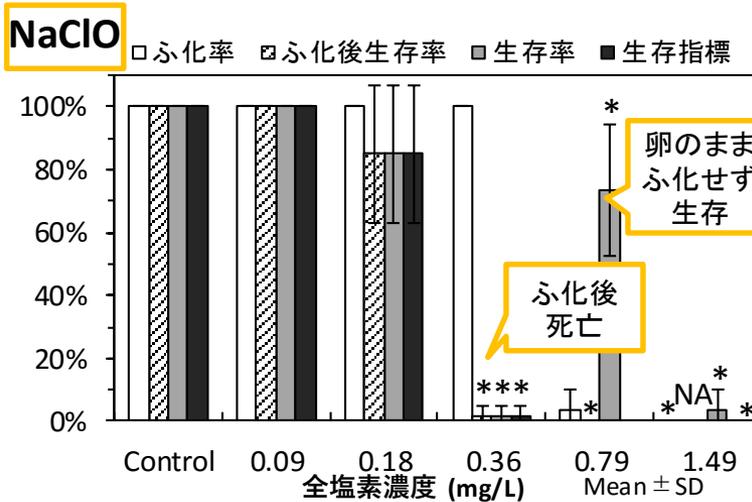
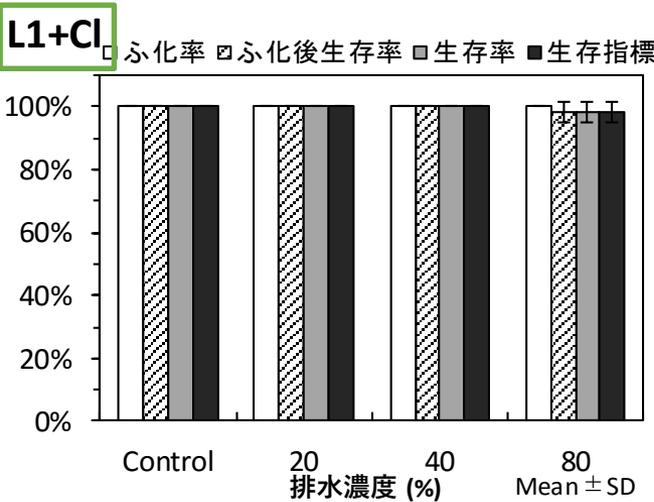
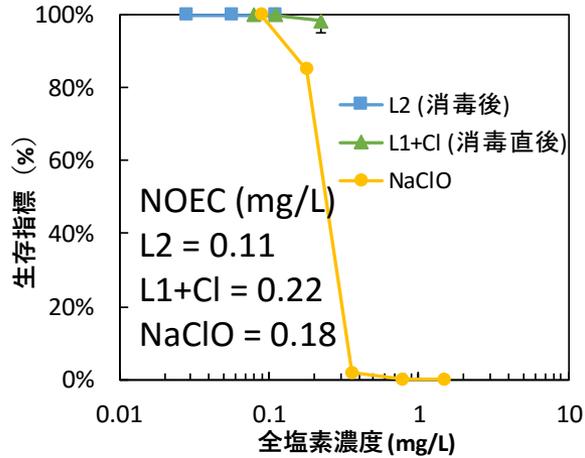
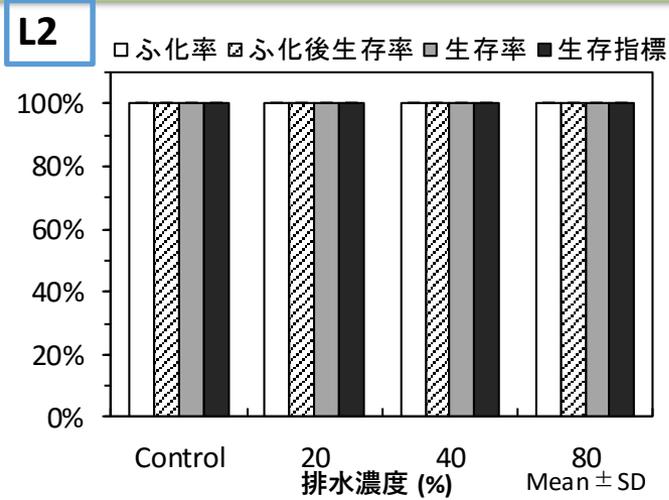
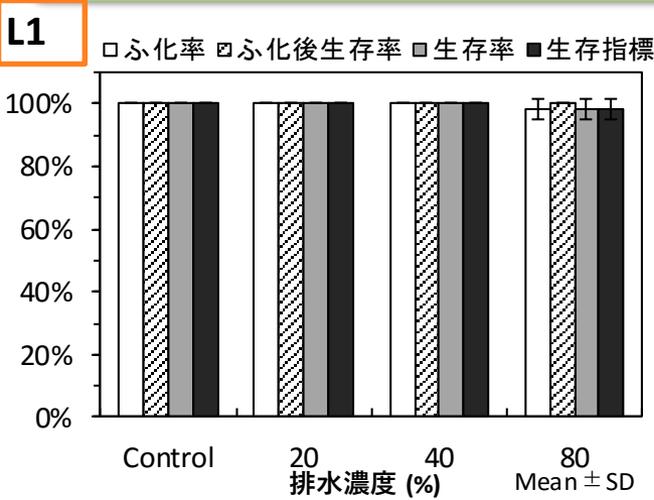
排水試料	NOEC	TU	EC50
L1(消毒前)	80%	1.25	>80%
L2(消毒後)	80%	1.25	>80%
L1+Cl(L1消毒直後)	10%	10	20%

## 全塩素 (mg/L) NOEC EC50

次亜塩素Na	0.03	0.08
L1+Cl	0.05	0.08
L2	0.11	NA

- 塩素消毒前(L1)と塩素消毒後(L2)はともに最高濃度まで影響はなかったが、消毒直後を模擬した場合(L1+Cl)、NOECは10%となり影響がみられた。
- 次亜塩素酸Na単体の毒性と比べて、排水添加時(L1+Cl)は、低濃度区(0.02-0.08 mg/L)は毒性が小さく、高濃度区(0.15-0.31 mg/L)は毒性が大きかった。→結合塩素等の影響？

# L事業場：H29③残留塩素影響調査（魚類）



NaClO (mg/L)	NOEC
ふ化率	0.36
ふ化後生存率	0.18
生存率	0.18
生存指標	0.18

- 塩素消毒前(L1)、塩素消毒後(L2)、消毒直後を模擬したもの(L1+Cl)すべて、最高濃度まで影響はみられなかった。よって事業場Lの塩素消毒は消毒直後でも魚類に影響を及ぼすレベルではないと推定された。
- 次亜塩素酸Na (NaClO) 単体では0.79 mg/L以上でふ化に、0.36 mg/L以上で仔魚の生存に影響があった。

# L事業場：H29③残留塩素影響調査（まとめ）

- 消毒直後を模擬した場合、藻類およびミジンコに対して影響がみられた。したがって、塩素による影響は事業場からの運搬中に消失しており、現行試験法案では過小評価されていることが分かった。
- 一方、魚類に対しては事業場Lの添加条件（残留塩素0.40 mg/L）では、消毒直後でも魚類に影響を及ぼすレベルではないと推定された。
- 次亜塩素ナトリウム単体では、藻類に対し0.005 mg/L（推定）でも阻害率28%の影響があった。ミジンコに対するNOECは0.03 mg/L、魚類に対するNOECは0.18 mg/Lであった。

試料名	NOEC（排水濃度%）			NOEC（塩素濃度mg/L）		
	藻類	ミジンコ	魚類	藻類	ミジンコ	魚類
L1（消毒前）	80	80	80			
L2（消毒後）	10	80	80	0.014	0.11	0.11
L1+Cl（L1消毒直後）	<2.5	10	80	<0.02	0.05	0.22
次亜塩素酸Na				<0.005	0.03	0.18

排水のNOECにおける残留塩素濃度（L2は推定値）