



発表テーマ

『AI・画像処理を活用した 活性汚泥診断技術の研究開発』

【所属・氏名】

下水道水質課 小泉 雄一郎

下水道事業マネジメント課

武石 由佑紀



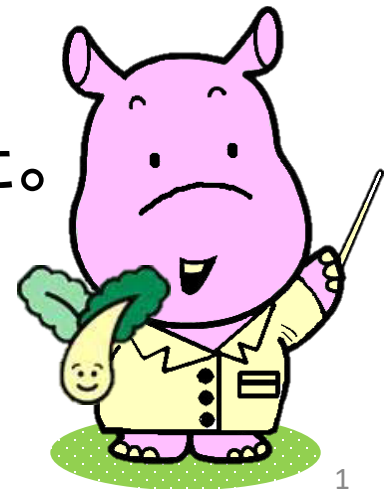


○当該研究・事業・改善等の目的

活性汚泥のAI・画像処理による水処理制御
異常流入等による汚泥異常の早期発見

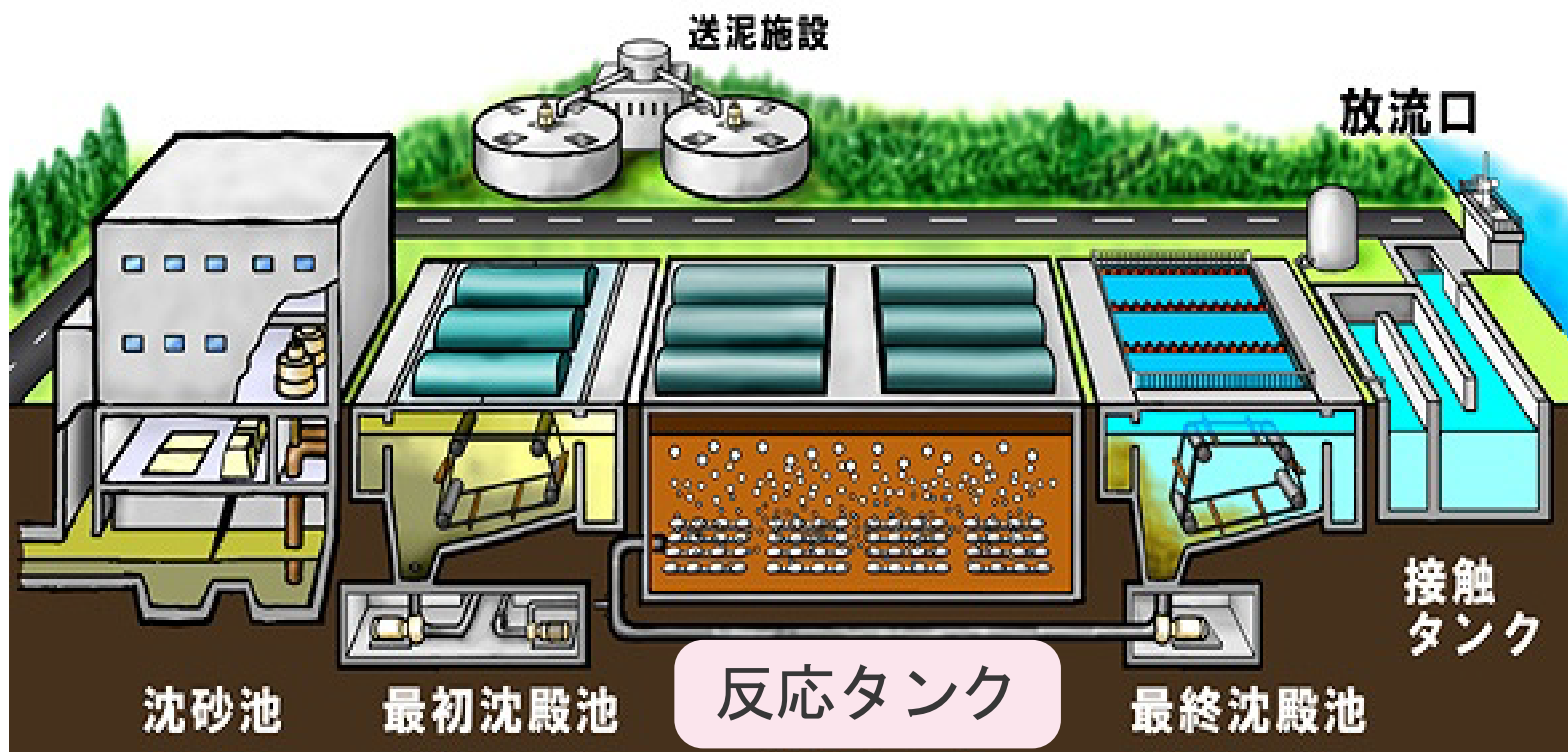
○得られた効果

AIが微生物を認識できることを確認した。
水処理制御への課題を洗い出した。



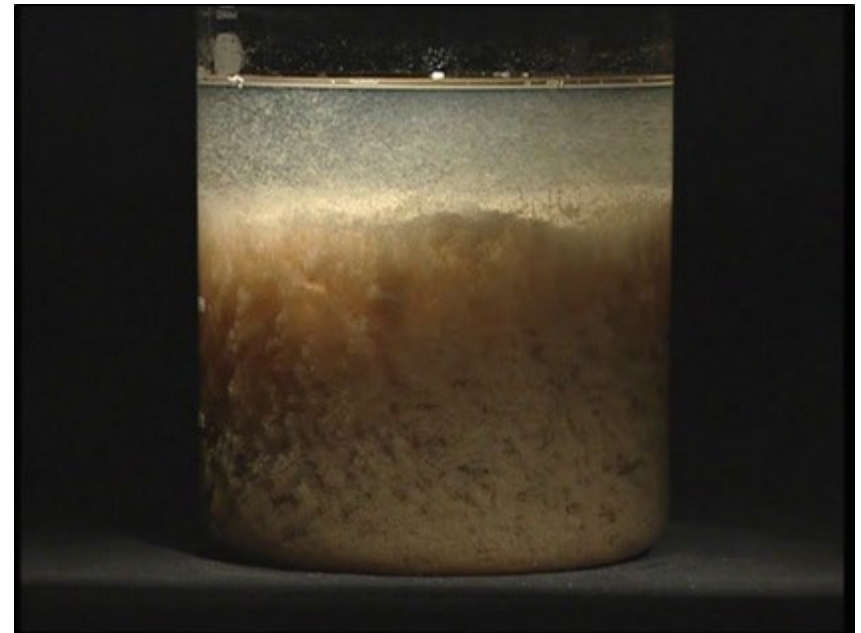
1. 活性汚泥の役割
2. 微生物の測定
3. AIによる画像処理
4. 水処理への利用
5. 今後の検討事項

1. 活性汚泥の役割



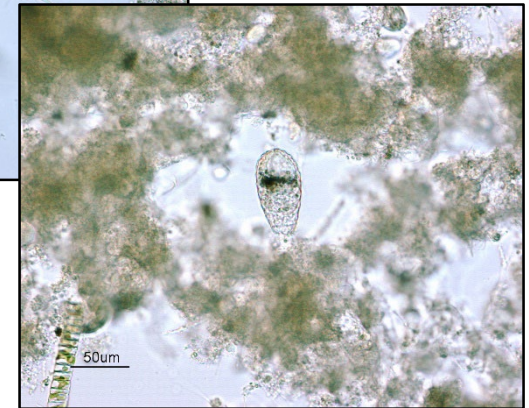
微生物を含む活性汚泥は、水再生センターの反応タンク内で空気を大量に吹き込まれることにより、流入する排水に含まれる汚れを吸着、分解しており、水処理の大きな役割を担っています。

1. 活性汚泥の役割



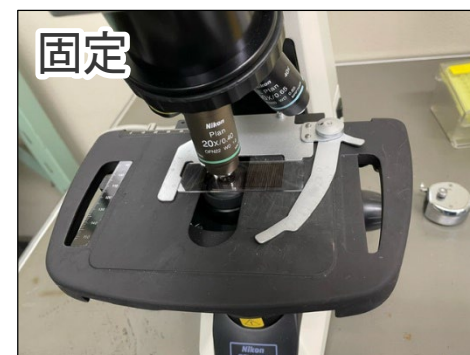
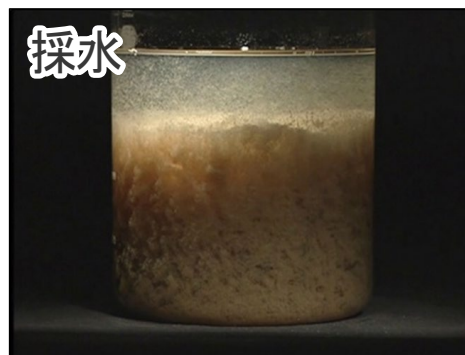
活性汚泥の微生物は、浄化から得られるエネルギーによって増殖を繰り返しており、pH、水温、溶存酸素量、有機物量等、反応タンク内で変化する環境に適応する微生物が優先的に増殖していきます。

2.微生物の測定



優先的に増殖する微生物を確認することによって、反応タンクがどのような環境にあるか推測できることから、反応タンク内の活性汚泥を生物顕微鏡を用いて観察し、微生物の出現数や微生物の集合体であるフロックを確認しています。

2.微生物の測定



顕微鏡による観察の方法は、上記の通りです。

反応タンクから活性汚泥を採水し、スライドガラスに固定、測定対象の微生物の数を計測し、フロックの形成状況を含めて、異常が認められれば水処理の調整を行います。

2.微生物の測定

(個/活性汚泥混合液ml)

	綱	目	属 *1	R3.4	5	6	7	8	9	10	11	12	R4.1	2	3	最高 個体数	出現 頻度(%)	
原生動物 繊毛虫門	キネトフラグ ミノフォーラ	原口	Coleps	460	240	3,250	460	290	260	180	160	160	200	200	100	8,720	92	
			Holophrya	100	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	4
			Prorodon	100	0	50	80	80	60	60	160	140	80	80	290	400	59	
			Spasmostoma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Trachelophyllum	380	260	210	300	220	280	160	280	260	180	440	140	720	88	
		側口	Amphitentus	20	160	20	20	20	0	40	0	20	0	40	0	400	20	
後生動物 環形動物門	貧毛		Aeolosoma等	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	2	
後生動物 環形動物門	環形動物門		Nais, Dero等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
後生動物 環形動物門	環形動物門		Macrobiotus等	0	40	50	0	20	0	20	0	40	60	20	30	240	24	
繊毛虫 個体数				3,920	5,340	6,980	3,700	3,780	3,380	5,780	6,560	5,500	6,380	6,120	9,350	—	—	
全生物数				11,900	11,720	12,950	9,560	9,890	9,300	14,200	16,920	12,560	10,500	12,920	16,930	—	—	

水質試験年報 : <https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/machizukuri-kankyo/kasen-gesuido/gesuido/shori/sokutei/centers.html>

微生物の出現数は各センターで毎週測定しており、月平均値としてまとめられたデータは数十年分蓄積されています。

また、微生物の測定結果は下水道水質課で測定している他の結果とともに、水質試験年報としてWebに公開しています。

2.微生物の測定



問題点

測定者によるバラつき

1 検体の測定に30分

この測定の問題点として、判別する微生物の種類が約60種類と多いことから、測定者の経験差によるバラつきが大きく、1 検体に30分ほど要することもあり、他のpH等の測定項目と比較して、水処理の指標としてあまり活用できていません。

3 .AIによる画像処理



AI画像処理

測定精度の向上

測定時間の短縮

この問題を解決するため、現在盛んに研究・開発が進んでいるAIによる画像処理を微生物の判別に利用できないか検討することとし、AI画像処理の知見を有する民間事業者に協力をお願いしました。

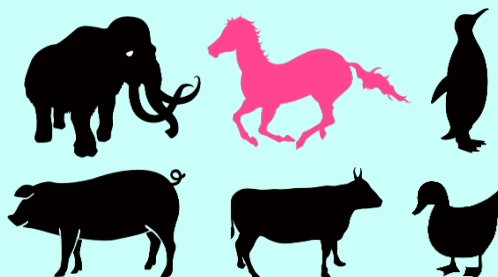
3 .AIによる画像処理

画像認識



＜これは馬です。

物体検出



＜馬はこれです。

異常検知



＜他と違います。

etc

AIによる画像処理は、画像の認識や異常の検知等を人に代わって効率的かつ正確に行うことを目的としており、車の自動運転システムや空港検査等の今後日常生活に活用される技術として研究、開発が行われています。

3 .AIによる画像処理



AIに画像処理を行わせるためには、見本のデータ（教師データ）をAIに学習させることとなりますが、良い教師データを作るために、不要なものの削除や正解を示すラベルを画像に紐づけること等を人間が準備しなければなりません。

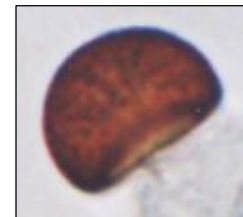
3 .AIによる画像処理



Arcella



Aspidisca



Pyxidicula

× 100枚

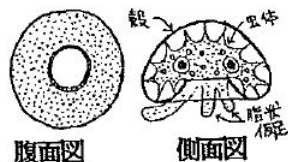
微生物をAIに認識させるため、対象の約60種類の微生物のうち水再生センターでよく発生する微生物3種類を選び、これらを撮影した写真を100枚用意して、そのうちの約90枚を教師データに使用しました。

Arcella (アルセケラ) 和名 ナベカムリ

細胞の直径は 30~250 μm、殻を上面からみると円形を呈している。若令期の殻は透明に近い色だが、古くなると濃褐色になる。口孔は中央にあり、その部分から運動時や摂食時には指状の仮足を出す。

雑食性で細菌類、藻類、鞭毛虫類などを食物源としている。

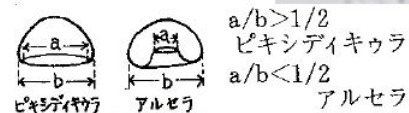
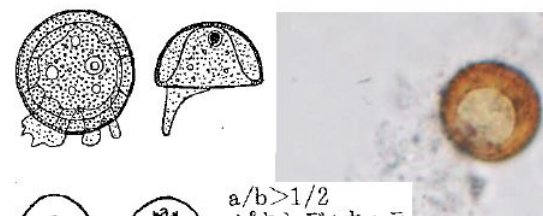
溶存酸素濃度の低下にはきわめて感受性が高く、曝気を停止すると殻は亀裂し、時間が経つにつれて黒色化する。



Pyxidicula (ピキシディキュラ)

アルセラを小型にしたような虫体で、上部はより盛り上がっている。処理の良好時から解体時まで出現する

特に、ピキシディキュラが優先種の場合は、硝化が進んでpHが酸性に傾いている。



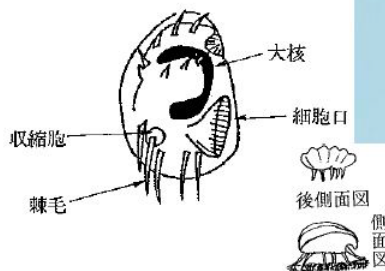
Aspidisca (アスピディスカ) 和名 ネメンガタミズケムシ

細胞は、大きさ 25~40 μm の卵形で背面は隆起してノコギリ状を呈している。囲口部は中央にあり、収縮胞は後端近くに 1 個存在する。細菌類を摂食する。

前方に7本、後方に5本のとげのような毛が発達しており、これによってフロックの周囲をほふく運動する。

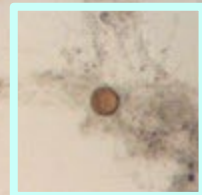
出現環境は、良好期から解体に至るまでのDOが高く、pHが多少酸性に傾いたときが多い。

環境の急変に対する耐性があまりないため、個体数の急激な減少は環境変化の指標の一つとなる。



どのセンターでも
出現率100%
(指標にしやすい)

教師データ 1



Pyxidicula 上方向

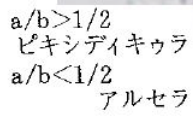
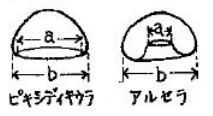
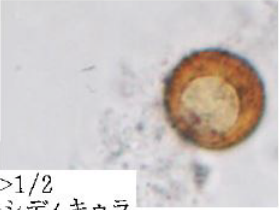
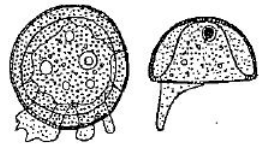


Pyxidicula 横方向

Pyxidicula (ピキシディキュラ)

アルセラを小型にしたような虫体で、上部はより盛り上がっている。処理の良好時から解体時まで出現する

特に、ピキシディキュラが優先種の場合は、硝化が進んでpHが酸性に傾いている。



$a/b > 1/2$
ピキシディキュラ
 $a/b < 1/2$
アルセラ



Aspidisca 上方向

Aspidisca 横方向



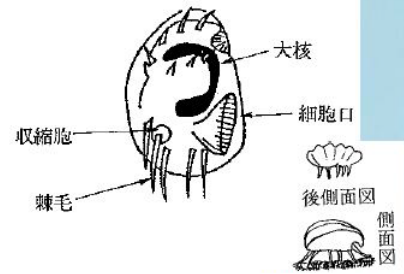
Aspidisca (アスピディスカ) 和名 ネメンガタミズケムシ

細胞は、大きさ 25~40 μm の卵形で背面は隆起してノコギリ状を呈している。囲口部は中央にあり、収縮胞は後端近くに 1 個存在する。細菌類を摂食する。

前方に 7 本、後方に 5 本のとげのような毛が発達しており、これによってフロックの周囲をほふく運動する。

出現環境は、良好期から解体に至るまでの DO が高く、pH が多少酸性に傾いたときが多い。

環境の急変に対する耐性があまりないため、個体数の急激な減少は環境変化の指標の一つとなる。



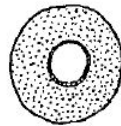
教師データ 3

Arcella (アルセ(ケラ) 和名 ナベカムリ

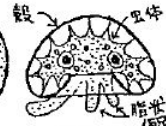
細胞の直径は 30~250 μm 、殻を上面からみると円形を呈している。若令期の殻は透明に近い色だが、古くなると濃褐色になる。口孔は中央にあり、その部分から運動時や摂食時には指状の仮足を出す。

雑食性で細菌類、藻類、鞭毛虫類などを食物源としている。

溶存酸素濃度の低下にはきわめて感受性が高く、曝気を停止すると殻は亀裂し、時間が経つにつれて黒色化する。



腹面図



側面図

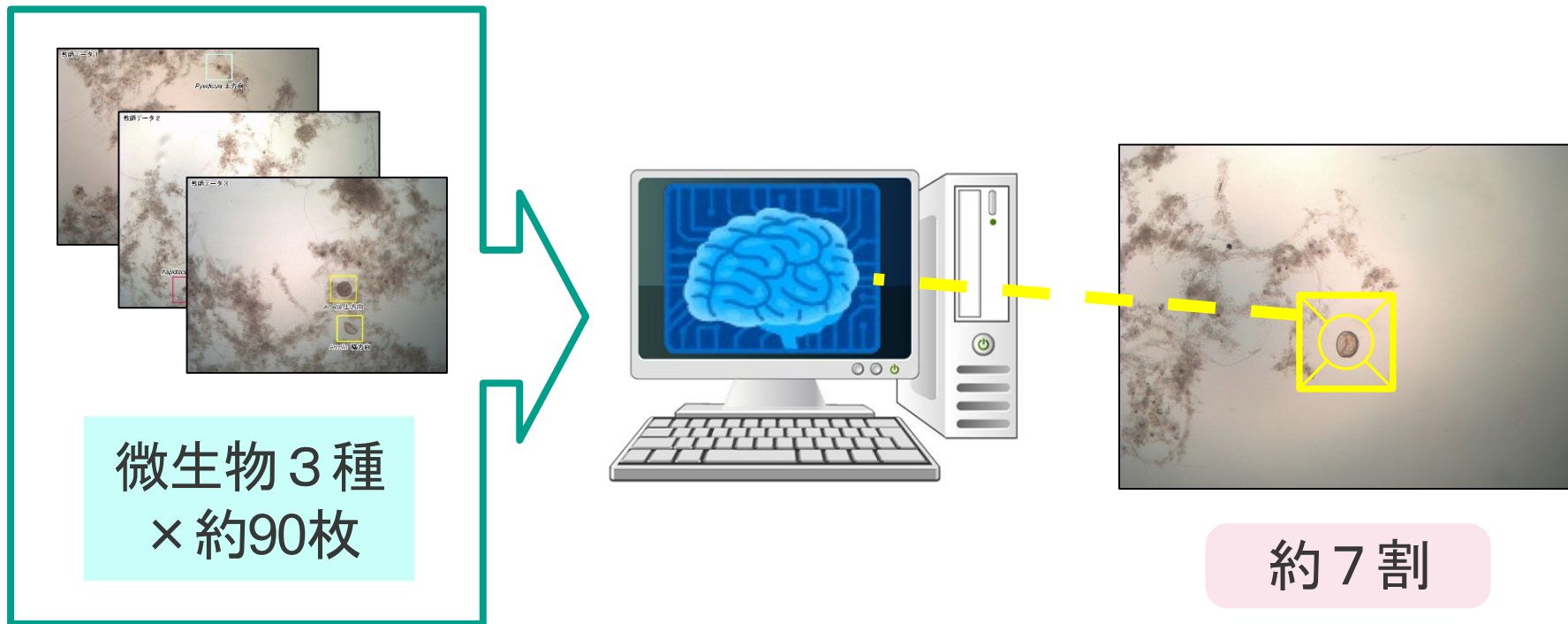


Arcella 上方向



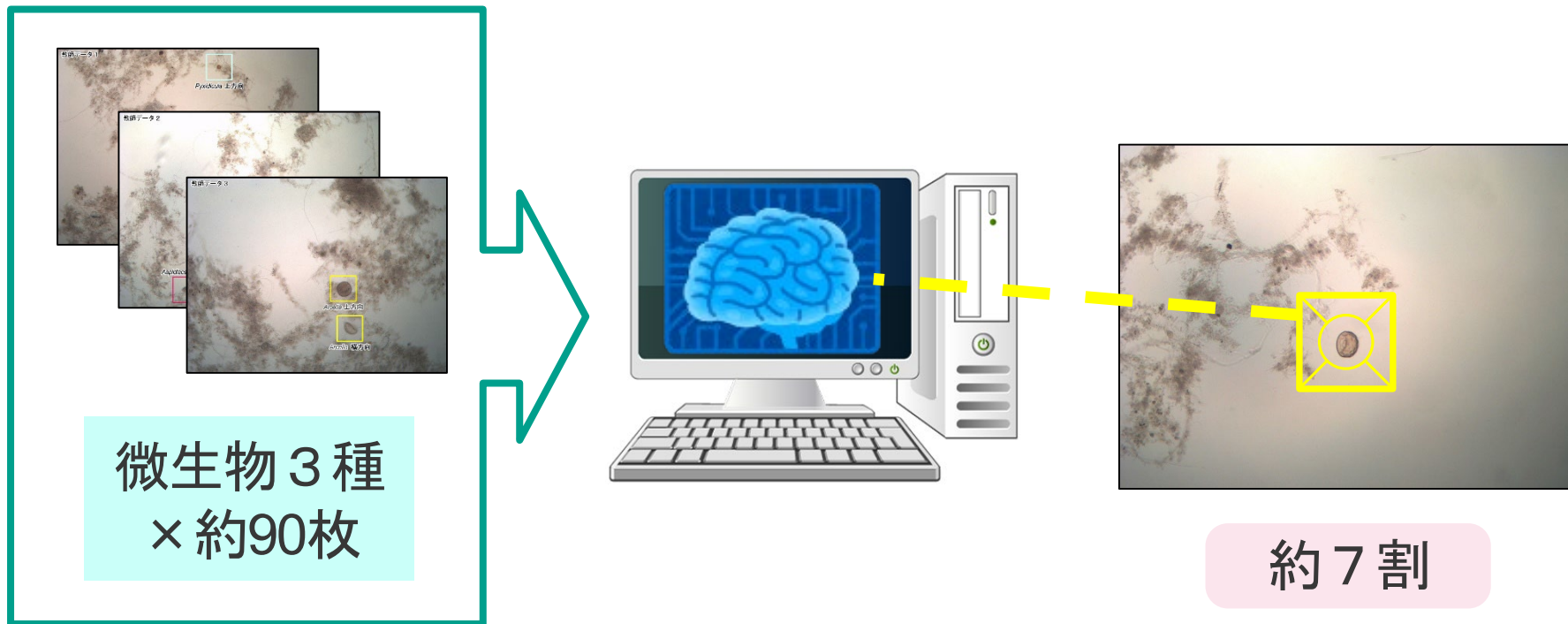
Arcella 横方向

3 .AIによる画像処理



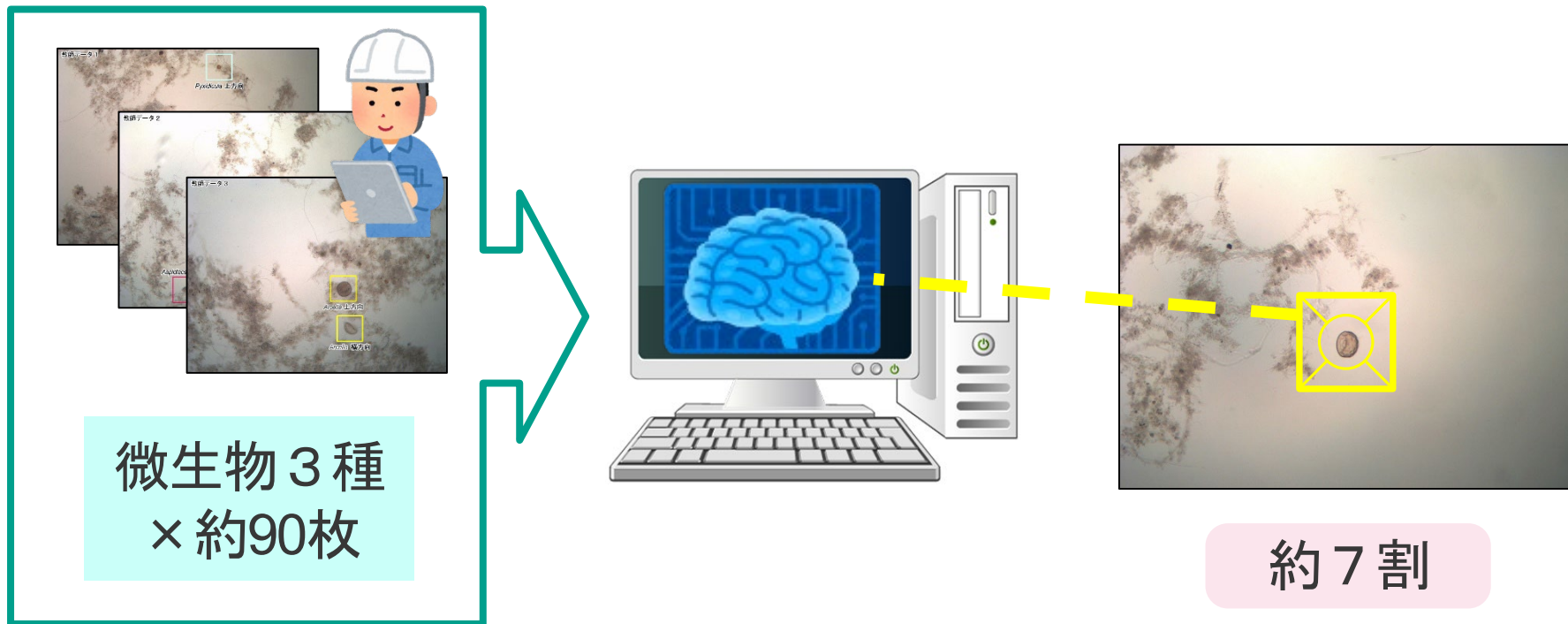
AIに3種類の微生物の写真をそれぞれ90枚程度学習させて、テストデータの写真を判別させたところ、3種類の平均で7割程度の検出率が得られました。

3 .AIによる画像処理



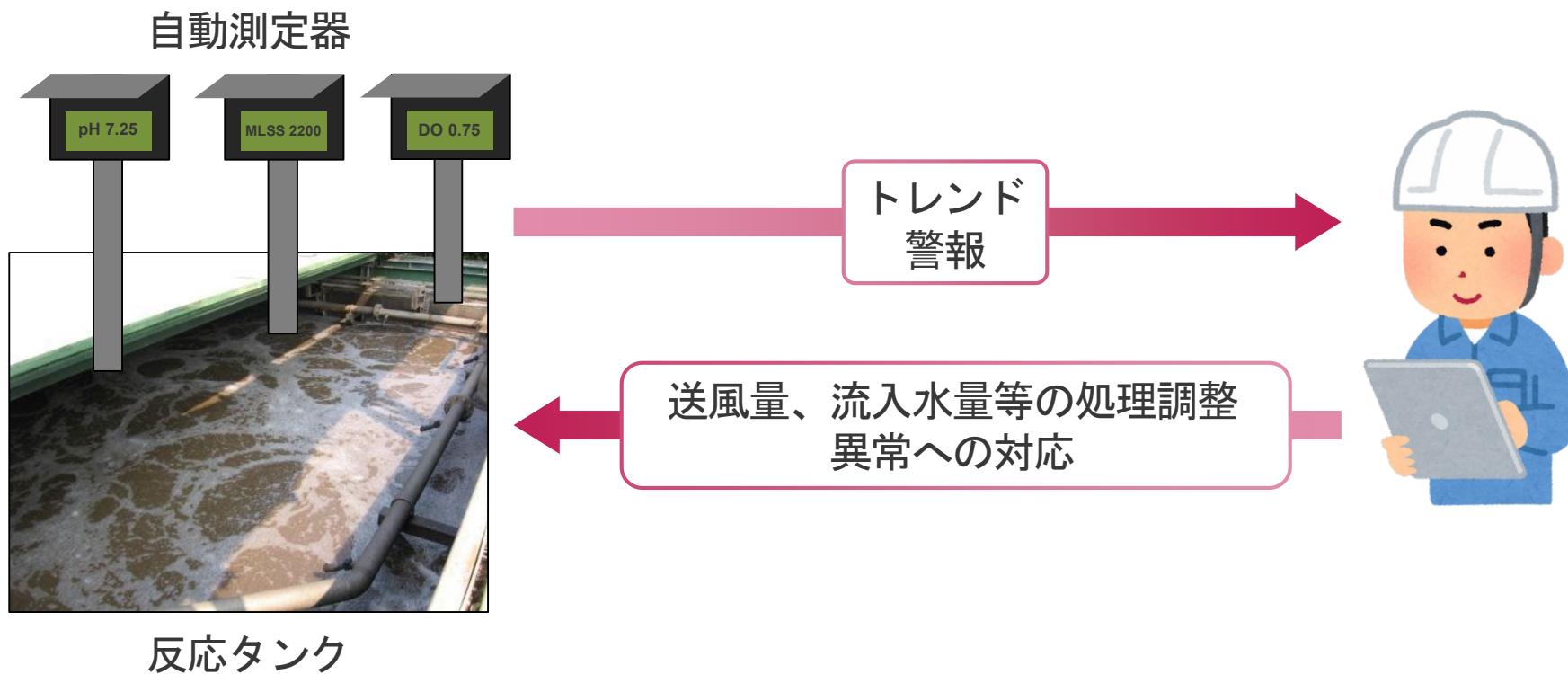
教師データの量を増やすことや不要な情報の削除、撮影品質の向上等により、精度は更に向上することが推測されたこともあり、 AIによる画像処理は微生物の判別手段として、十分活用できるということが分かりました。

3 .AIによる画像処理



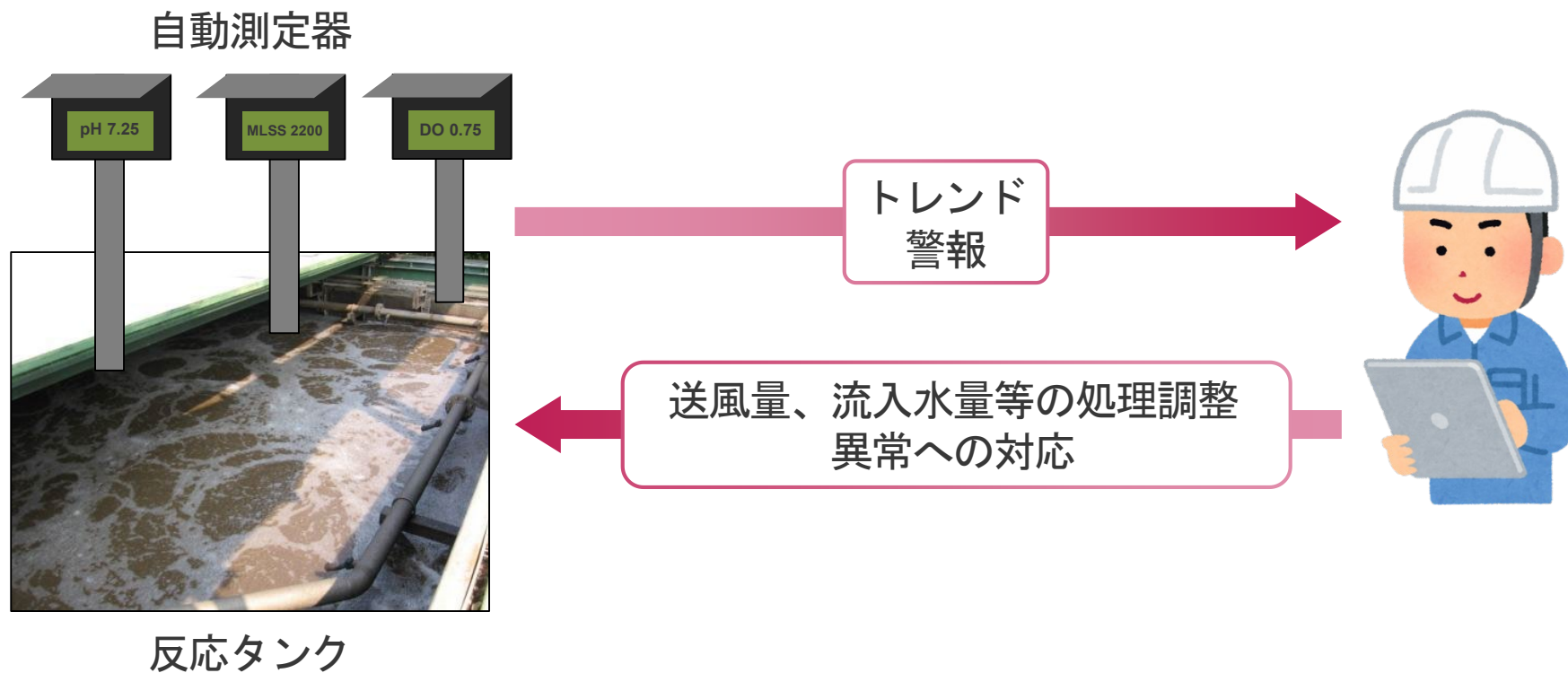
また、教師データの作成には、それまで微生物の観察を行ってきた者の知識や経験が必要となるため、AIを通じた技術伝承にもつながるのではないかと考えています。

4.水処理への利用



AIによる画像処理の有用性を確認できたことから、pH計等の自動測定器と同様に、活性汚泥の画像処理で得られるデータを水再生センターにおける日常的な処理調整に活用できないか考察しました。

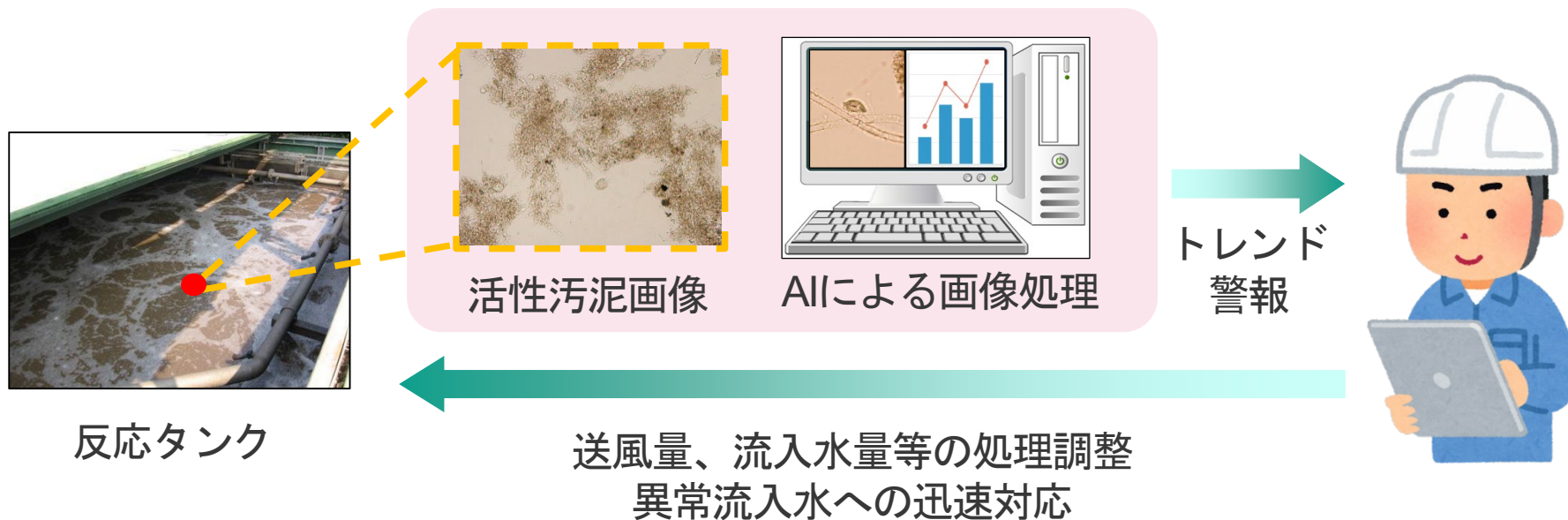
4.水処理への利用



水再生センターで使用されているpH計等の自動測定器は、測定を連続で行い、得られた値を送信・記録しています。

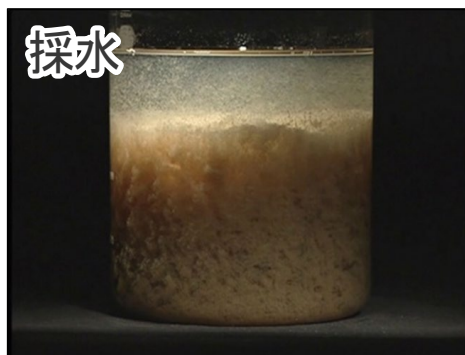
日々の反応タンクの調整に活用されており、規定値を超えた場合には、警報としてすぐに異常が周知されます。

4.水処理への利用



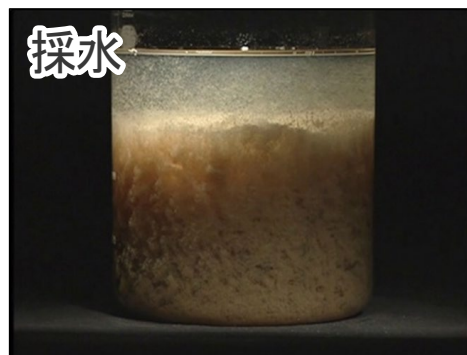
水処理の根幹を担う活性汚泥の状況を他の自動測定器と同等の頻度で確認することができれば、汚泥に悪影響となる異常流入水への迅速な対応、より細かい処理調整による省エネ等、全く新しい処理調整の基準が得られることが期待できます。

4.水処理への利用



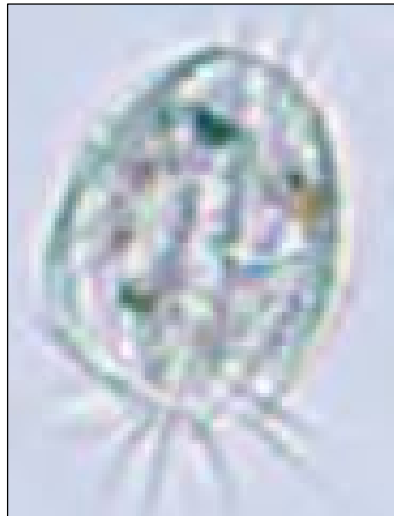
自動測定に必要なことを現行の測定方法から考察しました。
まず、計測はAIによる画像処理によって自動化できると仮定し、これにより結果のバラつきの低下、精度の向上、計測時間の短縮が見込めます。

4.水処理への利用



しかし、計測を自動化しただけでは、採水、固定及び撮影に人の力が必要なため、測定数の大幅増は難しく、他の自動測定器と同等の水処理の指標とするには、データ量が不足していると考えられます。

4.水処理への利用



Aspidisca

R3中部
平均出現数
3,607 個/ml

教師データ
作成時間
4 時間



Tokophrya

R3中部
平均出現数
8 個/ml

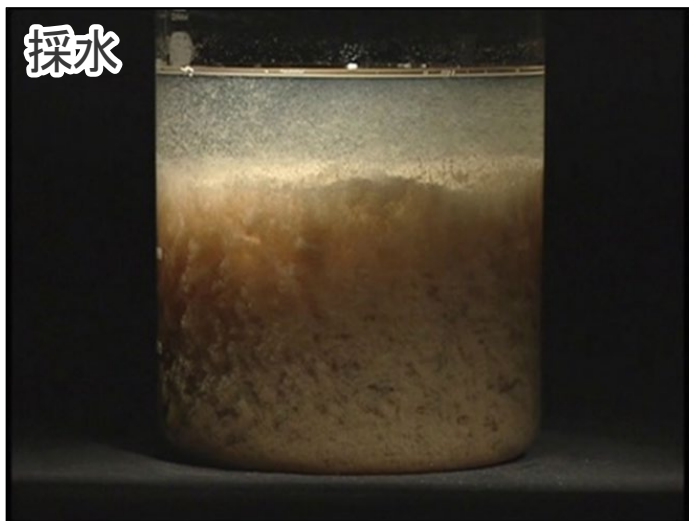
教師データ
作成時間 (予想)
1,800 時間

出現数 1/450
作成時間 450倍

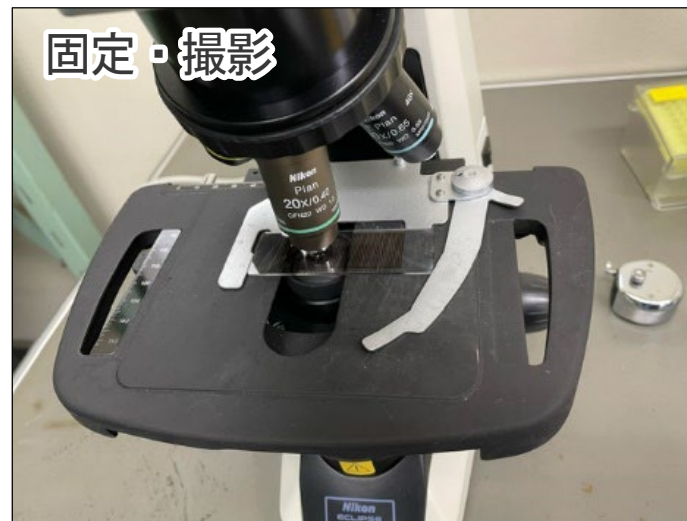
また、教師データの作成において、今回出現数の多い微生物を選びましたが、出現数の少ない微生物の場合は膨大な時間が必要であることが予想されるため、工程の自動化が必須になると思われます。

4.水処理への利用

採水



固定・撮影



これらのことから、活性汚泥の画像処理で得られるデータを水再生センターの日常的な処理調整に活用するためには、計測だけでなく、採水から固定及び撮影までも自動化（機械化）することが必要となります。

5. 今後の検討事項

- **AIによる画像認識は活用が十分見込める。**
教師データの条件を揃える、数を増やす等で更に精度の向上が図れる。
- **教師データの作成に自動採水、自動撮影の機構が欲しい。**
出現数の少ない微生物の教師データを人の力のみで作成することは、実質不可能。
- **リアルタイム測定には自動採水、自動撮影の機構が必要。**
- **自動採水が備わる自動測定器もあるのでノウハウはある。**
既存の技術を応用することで対処可能であると期待している。
- **自動撮影は条件が特殊のため難航している。**
照明、深度、焦点等の条件の統一。動き回る微生物も居る。情報収集に努めている。

活性汚泥を利用した水処理制御に向けて、AIによる画像認識、自動採水、自動撮影に関する検討を続けていきます。

5. 今後の検討事項

ご清聴ありがとうございました。