

米内浄水場における緩速ろ過法による浄水処理方法の研究 ～緩速ろ過池清掃ロボットの可能性を探る～

(地域創生特別プログラム (ものづくり系)) ○澤口翔, 小山猛

1. 緒言

現代社会において上下水道は欠かせない社会基盤であり、浄水場は河川などから引いた原水を浄水して上水とするための重要な施設である。浄水場の浄水処理方法の 1 つに緩速ろ過がある。環境負荷が低く管理コストが安いなどの特徴があり、盛岡市でも米内浄水場において 3 基を運用している。しかし、年に 3～4 回ほどろ過池を清掃するためその都度浄水供給を止める必要があり、これを軽減できれば経済面や運用面で有益である。米内浄水場では過去にクローラー型ロボットをろ過池へ投入したことがあるが、砂面に埋もれて移動すらできなかった。そこで、本研究ではろ過池清掃ロボットの開発を目標とし、まずは水底を自由に移動可能な水中ロボットを開発する。

2. 緩速ろ過

浄水場における浄水処理方法は主に 4 つある。表 1 にその種類と特徴を示す[1]。緩速ろ過は施設数が少ないが、この数値は地方や山間部に多い簡易水道を除いたものであり、これを加えると 2500 を超える多くの施設で稼働中である。さらに、薬品処理しないため環境負荷が低く、電力をほとんど使用しないため長期的維持管理コストが安いなどの他のろ過法にはない長所がある[1]。

表 1 浄水場の種類と比較

	消毒のみ	緩速ろ過	急速ろ過	膜ろ過
浄水量 %	15	4	79	2
施設数	3170	544	1806	231
薬品処理	無	無	多	多
電力	少	少	多	多

緩速ろ過は 1m 程度の砂層や砂利層に原水を通すことで浄水を得る処理方法である。砂層表層には藻類や微生物などから成る 5mm 程度の粘質膜(生物膜)があり、生物膜による生物学的作用や酸化作用、砂層によるろ過沈殿作用などの複合的作用により、にがり、アンモニア、マンガン、かび臭などを除去する[2]。

緩速ろ過における問題点は、長期間のろ過により清掃作業が必要になることと厳寒期において清掃作業が困難となることである。生物膜を形成する藻類や微生物の増殖はろ過能力を向上するが、これが長期に渡ると過剰に増殖して砂層表層の目詰まりを起こし、ろ過能力の低下を引起こす。目詰まり解消には 2～3 ヶ月毎に生物膜を除去(清掃)する必要がある。これはろ過池の水を空にして主に人力で行なうため 10 人程度で数日間かかり、その間は浄水を得られないなど、経済面でも運用面でも大きな負担となっている。厳寒期は藻類の繁殖は抑えられるが、結氷により清掃できないという問題もある。ろ過池でろ過しながら清掃することができれば、上述の負担を軽減できるとともに浄水の安定供給も可能となる。

3. 緩速ろ過池清掃ロボットの開発

本研究では陸上養殖用に開発中の水槽底掃除ロボット[3]を改造することで、緩速ろ過池の水底を清掃可能な緩速ろ過池清掃ロボットの開発を目指す。米内浄水場では過去に市販のクローラー型清掃用水中ロボットをろ過池へ投入したことがある。しかし、移動するほど本体が砂面に埋もれてしまい、自由に移動することも困難であった。そこで、水底を清掃する第一段階として、特に水底における自由な移動を目指す。

図 1 と表 2 に開発中の緩速ろ過池清掃ロボットの外観と仕様を示す。本ロボットは既存の水槽底掃除ロボットを引継ぎアルミ製フレーム材を用いたオープンフレーム構造、その上部左右に設置した 2 基の移動用推進器、バッテリーや制御装置を内蔵した防水容器、生物膜を吸込むための吸込み口、生物膜回収用タンクを備える。さらに、ロボットの底面に平らなソリを取付け、水底の砂面の凹凸に影響を受けにくい機構を採用した。

ろ過池の寸法は既知であるため、ロボットには位置検出用センサーも壁衝突を検出するセンサーも用いておらず、予め記述した動きを繰り返すシーケンス制御を施した。



図 1 緩速ろ過池清掃ロボットの外観

表 2 緩速ろ過池清掃ロボットの仕様

寸法	長さ 0.53m×幅 0.34m×高さ 0.22m
乾燥重量	6.6 kg
アクチュエーター	推進器：ブラシレスモーター×2 吸込み：ブラシレスモーター×1
制御装置	Arduino Uno Rev.3×1
バッテリー	Ni-MH バッテリー(7.2V, 4500mAh)×1

4. 実験、結果と考察

図 2 に実証実験を行なった盛岡市米内浄水場の緩速ろ過池（長さ 36.9m×幅 29.4m×深さ 1.3m（砂面まで））を示す。

まず、水底における円滑な移動を目指す。ろ過池の寸法が既知であるため予め記述した記述した動きを繰り返すシーケンス制御を施していることから、ろ過池の限られ



図 2 米内浄水場の緩速ろ過池

た範囲で前進，後進，旋回の動きを繰り返す移動実験を行なった．図 3 に(a)壁沿いの前進，(b)ろ過池中心に向けた前進，(c)旋回の様子を示す．前進と旋回については円滑に移動することができたが，後進についてロボット底面のソリが水底の砂面に引っ掛かったため円滑な移動が困難であった．本ロボットにおいて，後進が必要になるのは壁に直面して前進できなくなったときである．壁に近づく前に旋回することで壁を回避可能であるため，後進しなくても水底の円滑な移動は可能である[4]．

次に，厳寒期における円滑な移動を目指す．氷の下のようなすは陸上から目視できないため，ロボット前方に水中ライトを装備してロボットの位置や姿勢を観察しやすくした．制御系は図 3 のときと同じものとし，移動実験を行なった．図 4 に実験のようすを示す．概ね円滑に移動できたが，詳細は学会にて発表する予定である[5]．

5. 結言

本研究では緩速ろ過池の生物膜の除去を目的としたろ過池清掃ロボットの開発を目指し，水底を円滑に移動可能な実機を開発するとともに厳寒期においても実施できることを確認した．今後の課題は，ろ過池全体の移動と生物膜の回収を実現することで目詰まり解消効果について検証することである．

参考文献

- [1] 水道技術研究センター：全国の浄水場数及び計画浄水量，水道ホットニュース，第 598 号(2018)．
- [2] 和田洋六：造水の技術[増補版]，地人書館(2004)．
- [3] T. Koyama and T. Yonekura : Development and Experimental Results of Underwater Robot for Land Aquaculture Use, Proc. of 2018 OCEANS – MTS/IEEE Kobe, DVD, Vehicle design 2 (2018)．
- [4] 小山猛，米倉達郎，澤口翔，北村憲一，蛇口卓也，三浦孝洋，「浄水場における緩速ろ過池の清掃を目的とした水中ロボットの開発」，第 19 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2018)予稿集，1A4-15 (2018)．
- [5] 小山猛，米倉達郎，澤口翔，北村憲一，蛇口卓也，三浦孝洋，「緩速ろ過池清掃ロボットによる生物膜かき回しと厳寒期」，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019(robomech2019)，発表予定．

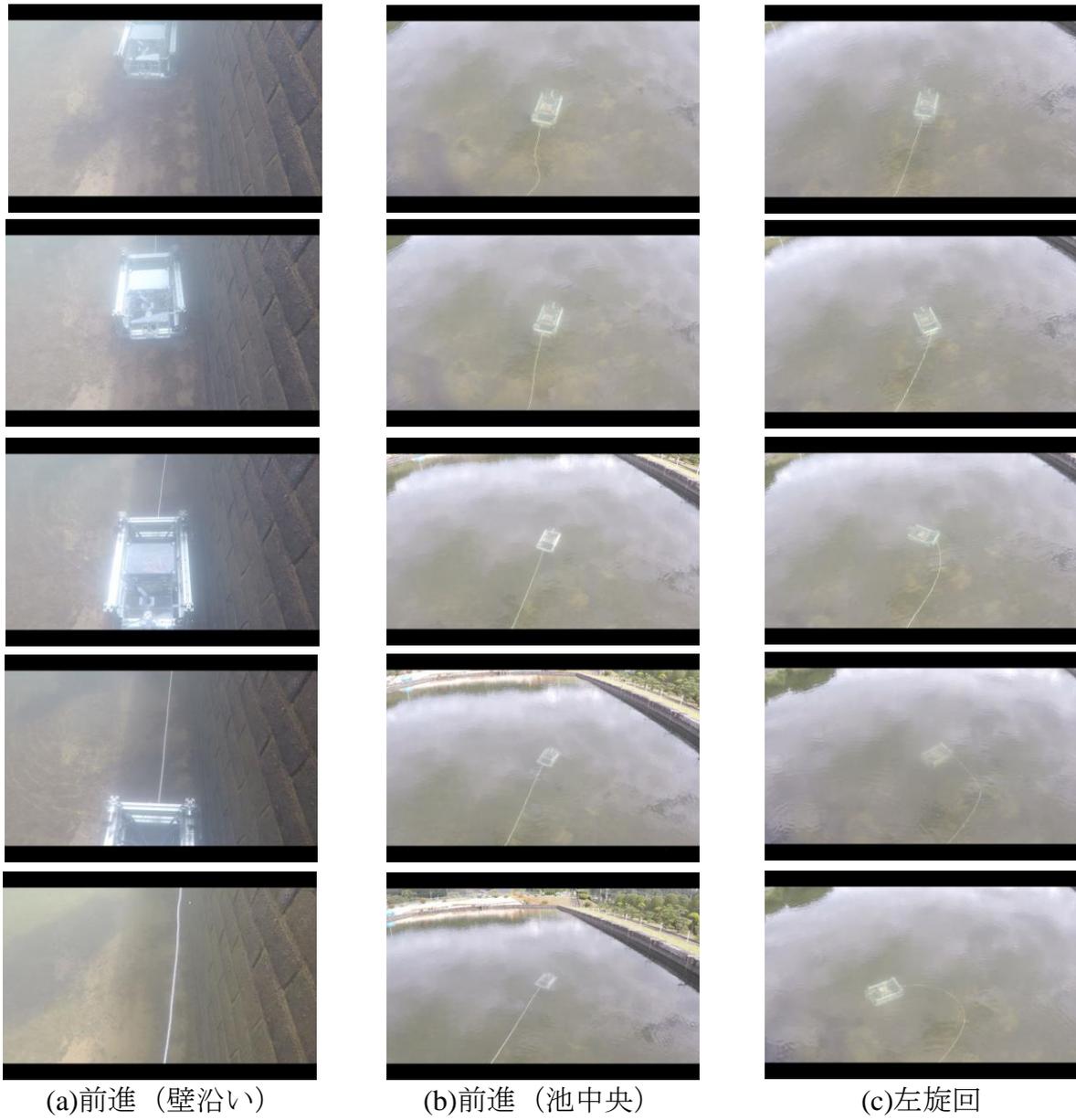


図 3 水底の移動実験

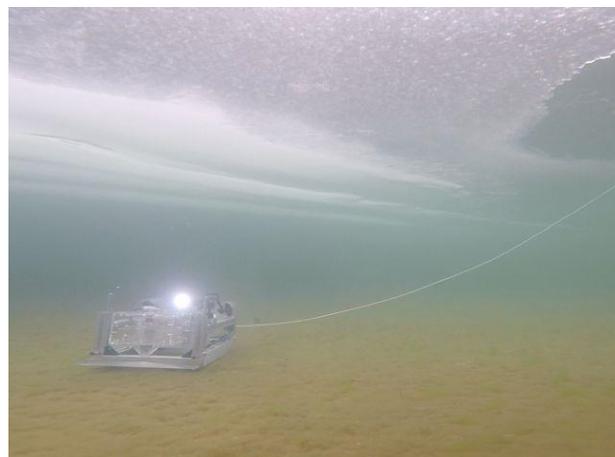


図 4 氷の下の移動実験