７－６　繊維ろ過機によるユスリカ除去性能調査

施設管理部施設管理課　山本　央
島田　誠一
（現環境局）太田　早苗

１．はじめに

当局は臨海副都心地区に再生水利用事業を展開しているが、利用先から再生水中にユスリカやその幼虫が発生しているという苦情が寄せられてきた。

この苦情に対応するため、臨海副都心地区に供給している有明処理場再生水施設について害虫駆除方法の見直し､薬剤自動噴霧装置の設置､再生水配水池ラッパ管の改良など数々の対策を進めるとともに、再生水質の向上を目指し上向流式高速繊維ろ過装置を導入して平成 13 年４月から運用を開始した。

このため、導入した上向流式高速繊維ろ過装置によりユスリカの除去効果を確認する必要があるため評価を行った。なお、評価を進めるに当たりユスリカの有効な検査方法がないことから、はじめに再生水中のユスリカの混入についての検査手法を検討した。

２．ユスリカ計測手法の検討

ユスリカ幼虫は成長するに従いヘモグロビン由来の赤色を呈し、また、巣を造営することから成長したユスリカは比較的容易に確認できる。しかし、一個の卵及び１令のユスリカ幼虫は小さく、目視確認が難しいことから再生水中の存在を確認できない。そこで、ユスリカ検査手法は実体顕微鏡による目視計数として、卵及び若令ユスリカ幼虫を再生水中から捕集・分離する方法を検討した。

２．１　分離方法

ユスリカ卵と１令のユスリカ幼虫を捕集するためプランクトンネットにより大量の再生水をろ過するとネット内にはユスリカ卵やユスリカ幼虫と共に浮遊物質が集まる。この浮遊物質の中から選択的にユスリカ卵と１令のユスリカ幼虫を捕集分離することが必要となる。浮遊物質とユスリカ卵などの混合物からユスリカ卵と１令のユスリカ幼虫を選択的に分離する方法としてクリプトスポリジウム等の病原性原虫の分離、精製に用いられているショ糖密度勾配法が応用できる可能性が考えられた。しかし、ユスリカ卵や１令のユスリカ幼虫の比重が不明なことから分離に使用するショ糖濃度も不明である。そこで、ショ糖濃度を明らかにするため以下の操作を行った。

ユスリカ卵塊を採取しスライドグラス上で卵塊を壊し、卵の懸濁液を調整した。使用する卵塊は孵化前とほぼ孵化後が混在したものを用意した。

24w/w%(比重 1.1)、44w/w%(比重 1.2)、60w/w%(比重 1.3)のショ糖水溶液を用意し、濃度の濃い順に遠沈管の下部から重層した。その上に、さらに卵塊４房を蒸留水 35ml で懸濁させた卵塊懸濁液５ml と蒸留水５ml を混合し重層した。

同時に、再生水中の浮遊物質は微細な活性汚泥と考えられることから活性汚泥がユスリカ卵やユスリカ幼虫分離時にどのような影響があるかを確認する必要がある。このためショ糖水溶液を同じように重層した遠沈管を準備し、蒸留水の代わりに活性汚泥（MLSS4600mg/Ｌ）５ml と卵塊懸濁液５ml を混合し重層した。これらの遠沈管を 3000r.p.m.

10 分間遠心分離にかけた後、直ちに水層とショ糖の各層を分取して、実体顕微鏡下で観察した。

２．２　結果

ユスリカの卵や幼虫は 1.1 の比重を有する層に分布した。汚泥と混合したものもユスリカの卵と幼虫は、1 の比重を有する層に分布し活性汚泥は底に沈んだ。

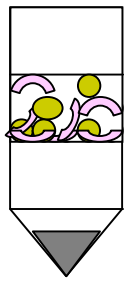

図１　ショ糖密度勾配分離

幼虫は生存しており、卵も分離による損傷はなかった。また、沈殿した活性汚泥の中にはユスリカとみられる生物は存在しなかった。

以上の結果より、比重差を用いた分離方法は卵や若令幼虫を効率よく活性汚泥と分離できる測定方法であることがわかった。

ショ糖層が多いと作業が繁雑になるので分離方法としては改良した以下の方法を採用した。

２．３　ユスリカ測定方法

①目視できる大きさの幼虫は除去する（数・大きさ等を記録しておく）。
②必要があれば検体を遠心分離で濃縮する（3000r.p.m　10 分間その後上清を捨てる）。
③界面を壊さないように、検体を比重 1.2 ショ糖水溶液に重層する。
④3000r.p.m　10 分遠心分離し、ブレーキを解除して停止させる。
⑤遠心分離後、直ちに界面付近と水層全体を分取して蒸留水でショ糖の濃度を薄める。
（ユスリカの卵と１令幼虫は同一界面に存在するので、ショ糖は吸い上げないように注意しながら水層部下部を静かに吸い上る）
⑥検鏡・計測する。
判定できない場合は培養する。

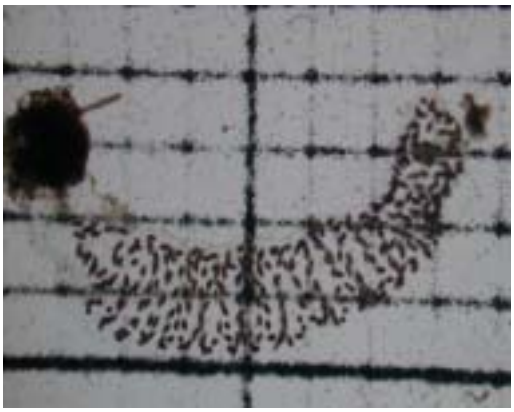

写真１　ユスリカ卵塊全体像（卵塊全長 12㎜）

写真２　孵化したばかりのユスリカ１令幼虫（体長　約 600μm）

３．　実機調査方法と結果

開発した測定手法を用いて高速繊維ろ過装置のユスリカ除去性能について調査した。

３．１　装置設置状況と装置構造

有明処理場の二次処理水以降の処理工程フローを図２に、上向流式高速繊維ろ過装置の構造を図３に示す。

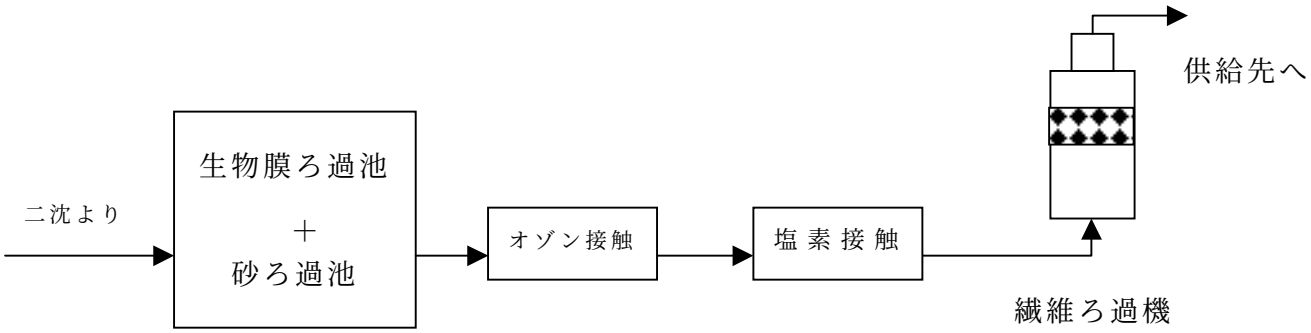

図２　再生水処理工程フロー

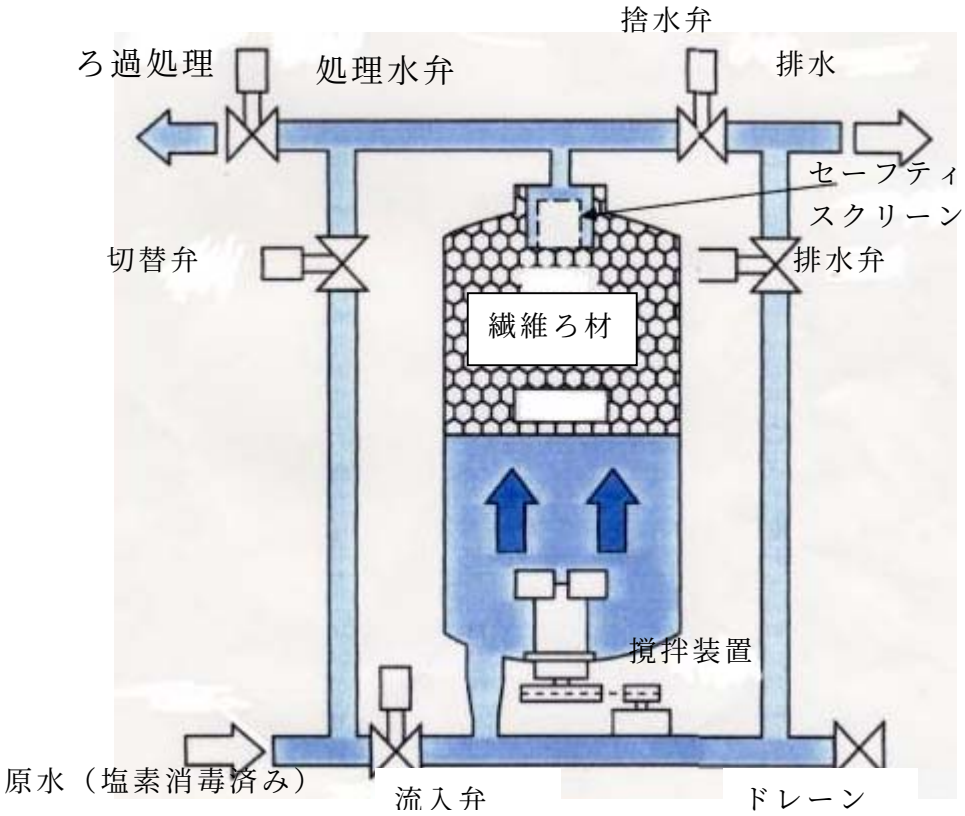

図３　上向流式高速繊維ろ過装置の構造

３．２　試料採取方法と計測方法

水中に生体数が少ないため、プランクトンネット（目幅 20μｍ）を用いて、10～20m^{3}程度の試料水をろ過し、捕捉した。

この後、ネット内に捕捉された試料から、ショ糖密度勾配法を利用して、ユスリカ幼虫を分離した。次に分離したユスリカについて実体顕微鏡を用いて観察及び計測した。

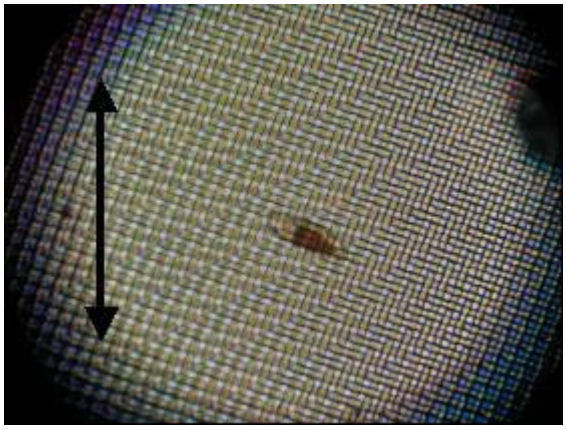

写真３　　目幅 20μｍプランクトンネットとユスリカ卵との関係
（左　：　ネット　　右：ネットとユスリカ卵拡大写真　）

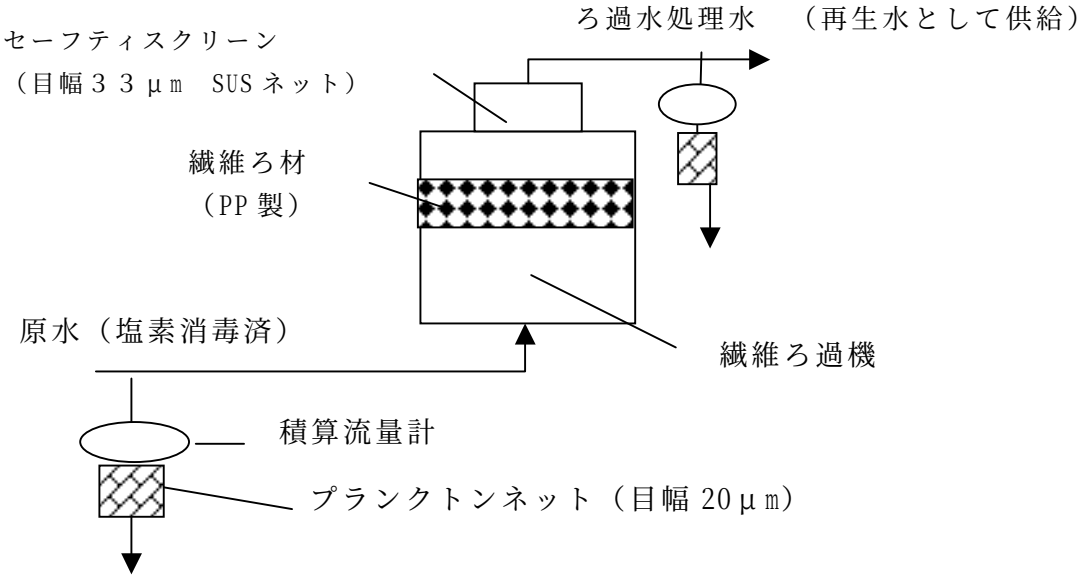

図４　採取方法フロー

３．３　結果

①　ろ過前、後のユスリカの把握

表－１に月ごとのユスリカ及びユスリカ卵の調査結果を示す。

捕捉した幼虫は目視では確認できなかったが、顕微鏡では約 600μｍ～１ｍｍ程度の１令幼虫が確認できた。

表１　ろ過処理前後のユスリカ卵及び幼虫捕捉数

	原　　水		ろ　過　処　理　水	
採取月	卵 （個/m³）	幼虫 （匹/m³）	卵 （個/m³）	幼虫 （匹/m³）
5 月	0	10	0	0
6 月	0	8	0	0
7 月	0.05	51	0	0
10 月	0	1	0	0
12 月	0	1	0	0
2 月	0	0	0	0

春期から夏期の調査では、原水中のユスリカ幼虫捕捉数に増加が見られた。また、生物膜ろ過池上部にも多数のユスリカ成虫及び産卵された卵塊が確認されており、しかも、卵一個が単独で水中に存在していることも確認できた。しかし、繊維ろ過処理後には全く確認されなかった。

秋期から冬期のろ過原水にはユスリカ幼虫が処理水１・当たり約１匹程度見られたがユスリカ卵は見られなかった。春期から夏期の調査結果（原水中に８～５１匹/・）と比較すると、一般的に水質が悪化するとされる冬期の２月には全くユスリカは捕捉されなかった。

②　高速繊維ろ過装置内のユスリカ除去について

高速繊維ろ過装置を構成するスクリーン、繊維ろ材部分について除去効果を確認した。逆洗排水で排出されるユスリカ卵及び幼虫の状態および数の把握は、逆洗排水、ろ過槽内から逆洗前の水、逆洗工程を経た槽内の水について時期を分けプランクトンネット（目幅200μｍ）を用いてろ過、捕捉したものを観察・計測した。また、槽内のろ材及びセーフティスクリーンの付着物は回収し、観察した。

この結果、ろ過槽内では形態を保持したままのユスリカ幼虫は非常に少なかった。

（6 月の条件は逆洗撹拌を 30 秒間のみ実施、ろ過槽内部水のうち SS 分を目視確認できた 780L 中の捕捉物を測定したものである。7 月は本来の工程通り、2 分間逆洗撹拌を行った後、槽内の水を全量測定したものである。）

ろ材の状況については、剥離しそうな繊維分はなく、ユスリカの卵や幼虫、その他ＳＳ分は確認できなかった。

表２　ろ過槽内部水及びセーフティスクリーンに付着していたユスリカ卵及び幼虫捕捉数

	ろ過槽内部全体		セーフティスクリーン全体	
調査実施日	卵（個）	幼虫（匹）	卵（個）	幼虫（匹）
5 月 23 日	0	726	―	―
6 月 19 日	0	170	0（1 号） 0（2 号）	3,768（1 号） 672（2 号）
7 月 17 日	0	476	24	816

原水中に捕捉された幼虫数（8～51 匹/m³）から推測されるろ過機内の捕捉量を考慮すると（通過水量約 2,600m³～5500m³）、ユスリカはろ過工程及び逆洗工程中に、破砕されていると推測される。

調査を行ったセーフティスクリーンに関して、6 月の調査では 1 号機、2 号機で幼虫数が大きく異なるのは、1 号機が逆洗工程前の試料、2 号機は逆洗後の試料であるためと考えられる。なお、7 月の調査ではスクリーンで捕捉された卵が確認された（写真４参照）。

写真４　セーフティスクリーンで捕捉された卵

３．４考察

① 有明処理場で発生したのはウスイロユスリカであるが、一般的なセスジユスリカは水温 20℃以上、気温 20～30℃で湿度が高いほど活動的であると報告[i]されており、今回のユスリカ測定値の変化は有明処理場における外気温と湿度の変化と同じように変化していることが推察された。

② 調査は定期的害虫駆除から約 1 ヶ月後に実施しており、薬剤の直接的な影響は受けないと考えられる範囲で実施した。投入した薬剤の効果は推測できないが、実施しなかった場合、調査結果以上のユスリカが繊維ろ過原水で捕捉されたと思われる。また、２月の調査でユスリカが確認されなかったことについては、ユスリカの生活環を考慮すると、冬期は、個体数が減り水中に流出する幼虫が少なく確認されなかっただけで、各水槽や池にはユスリカは生息しているものと考らえる。

③ 調査時は逆洗排水には形態を保持したユスリカ幼虫は確認されず、繊維ろ過機はろ過工程にて幼虫を捕捉し、ろ過処理の中での圧力又は逆洗工程で繊維との摩擦などにより捕捉した幼虫を破砕していると考えられる。このため、日常的に行われる薬剤自動噴霧装置による駆除や定期的な成虫駆除と幼虫駆除を組み合わせることで、流入するユスリカの個体数を減らし、下流の繊維ろ過機での捕捉・破砕能力をより確実なものにできると思われる。

③ 文献[i]によるとセスジユスリカの場合、産卵初期の卵塊の大きさは約 3mm で、水に接触し、5～20 分後 5～6 倍に膨潤し、孵化直前で 12～18mm 程度の卵塊に、卵一個の大きさは長径約 360μm、短径約 140μm になる。

有明処理場で発生しているウスイロユスリカ卵塊の初期の大きさは約 3㎜ 程度で、孵化直前の卵一個の長径は約 300μm、短径は約 90μmである。

卵塊は喫水線に産み付けられ、膨潤に要する時間は、セスジユスリカ同様短いと考えられ、さらに、膨潤前の卵塊（大きさ約 3㎜）は硬く、膨潤前、膨潤中共に卵は自然にバラバラにはならないと推測される。よって外部からの力が加わることなく、水中に卵一個が漏出した場合、卵は完全に膨潤しており、繊維ろ過機のセーフティスクリーンで充分に捕捉できると考えられる。

セーフティスクリーンの目幅とユスリカの卵及び１令の大きさを比較するため写真５に示す。

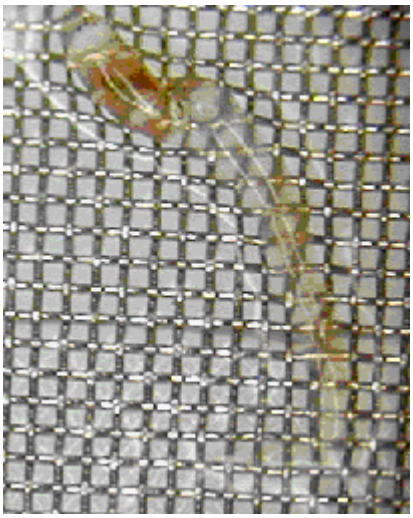

写真５　セーフティスクリーンの目幅（33μm）とユスリカ卵及び１令幼虫の大きさの比較

４．まとめ

（１）ユスリカ卵について

原水に１令幼虫はいても卵が確認されにくいのは、水中に卵そのものが少ないことと、孵化直前にしか卵と判定できないためである。しかしながら、7 月の調査では、原水及びセーフティスクリーンとも卵が確認され、原水中に卵が単独で流れていること、またそれがセーフティスクリーンで捕捉されることが実証された。

（２）幼虫について

気温が上がり繁殖の最盛期を迎え、定期的な駆除をしていても７月では、原水１m^3あたり 51 匹が捕捉された。

捕捉されている幼虫は約 600μm～1㎜ 程度の１令幼虫が大多数であり、ろ過工程で捕捉されることが実証された。

（３）ろ過性能

本装置（上向流式高速繊維ろ過装置）は、有明処理場で発生しているウスイロユスリカの卵及び幼虫を捕捉する機能を十分に有していた。

また、セーフティスクリーン目幅を考えあわせると、ユスリカ卵及び１令幼虫が繊維ろ過機を生存したまま通過する可能性はない。

なお、今後も負荷変動、または発生種の変化などが生じた際の調査は行っていく必要があると思われる。

５．再生水水質向上への取組について

今回のユスリカ除去対策で導入した繊維ろ過装置はユスリカ混入対策として非常に効果的なものであった。しかし、病原性微生物に対しては十分でないことから、衛生的な安全性にも配慮したオゾン処理と膜処理を組み合わせた再生水製造システムを設置し、高品質再生水の供給を進めていく予定である。

参考図書

[i] 依田昭彦:アカムシの研究、恒星社厚生閣、昭和 44 年