

サルボウ貝殻を用いた接触酸化法の 浄化機構に関する基礎的研究

松尾保成¹・荒木宏之²・古賀憲一³

¹正会員 工修 佐賀大学大学院工学系研究科博士後期課程 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)
(松尾建設株式会社技術研究所)

²正会員 工博 佐賀大学低平地研究センター (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

³正会員 工博 佐賀大学理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

本研究では、水産加工場からの未利用資源であるサルボウ貝殻を再利用した河川水質浄化施設の開発を行うために、カラム基礎実験により水質浄化施設の接触材としての適用可能性と処理特性について検討した。さらに、接触酸化法における基本的浄化特性の解明を行った。その結果、サルボウ貝殻の形成する複雑な空隙が微細なSSを捕捉し安定した処理水質が得られること、またサルボウ貝殻は他の接触材と比較して目詰まりしにくい優れた形状特性を持っていることを明らかにした。

Key Words: "SARUBOU" shell, contact media, river water purification, non-reused materials, reuse

1. はじめに

河川の水質環境は徐々に改善されているものの、下水道未整備区域における都市河川では、生活雑排水が河川に直接流入することもあり、依然、水質汚濁が問題となっている。早急な解決手段として、汚濁河川や水路における水域直接浄化法の導入が試みられている¹⁾。

接触材を用いた水質浄化施設が直接浄化対策として普及しつつあるが、必ずしも所期の目標は達成されておらず、限られたスペースで低廉かつ高効率に浄化できる施設が望まれている²⁾。

我が国では、河川の水質改善を目指して礫間接触酸化法が用いられてきたが³⁾、近年、プラスチック接触材を用いた浄化施設が開発されつつある²⁾。また、廃棄物ゼロを目指す「ゼロエミッション」という視点から資源循環型社会を構築するために⁴⁾、地域産業からの未利用資源の有効利用を目指した河川・水路の直接浄化法の研究も行われている⁵⁾。

一方、このような背景の中、佐賀県有明海沿岸の水産加工場ではサルボウ貝殻の処理処分が困難に

なっている。サルボウ貝は、九州有明海で海苔に次ぐ生産量の多い水産物のひとつで、有明海のほか、宍道湖、中海、瀬戸内海などにも分布している。佐賀県におけるサルボウ貝の平成11年度漁獲量は、8,171トン(全国の約8割)で、近年の有明海水域の環境変化に伴い漁獲量は減少してきているとはいえ日本一の生産地である⁶⁾。サルボウ貝はフネガイ科の貝で、漁期は4～7月、産卵期は夏が中心となっており、主に軟泥質の海域の水深5～10mに分布している。殻長は1歳で3cm、2歳で4cm程度、殻は白色で横長の楕円形である。サルボウ貝は煮たり佃煮として食するが、多くは加工品として利用されている。アカガイの缶詰として市販されているものは、殆どがサルボウ貝である。

水産加工場で加工した後のサルボウ貝の貝殻は、飼料や消石灰として利用されるほか、水田の圃場整備における暗渠排水の根巻き材としてモミガラと同様に利用されてきた。しかし、本地域では圃場整備事業の進捗に伴い、サルボウ貝殻の最終処理処分が急務の検討課題となっている。

水質浄化施設の接触材に貝殻を使った例では、カキ殻を用いた水質浄化施設の研究が行われており、

実用化されている⁷⁾。しかし、有明海で採れるサルボウ貝のような小粒の二枚貝を用いた水質浄化施設の研究例はない。さらに、前述のような礫やプラスチック接触材などの選定は経験的に行われており、接触材の違いによる処理特性や維持管理まで含めた検討は行われていない。

本研究は、水産加工場からの未利用資源であるサルボウ貝殻を用いた水質浄化システムの可能性を検討するために、カラム実験による基礎的研究を行ったものである。

2. 実験装置および方法

未利用資源を接触材として利用したりサイクル型浄化システムの研究は、カキ殻の他、間伐材の木炭、清掃工場および火力発電所の焼却灰を利用したものなどがある⁵⁾。サルボウ貝のような小粒の貝殻を再利用した水質浄化施設は事例がないため、プラスチック等の接触材との比較によって、接触酸化法の接触材としてのサルボウ貝殻の有効性を検討することとした。

因みにサルボウ貝加工工場における剥き身の歩留まりは良く、貝柱などの残留肉片は少ない。浄化材用の貝殻は洗浄して保存しておくため、貝殻残留肉片からの有機物の溶出はほとんどないものと考えられる。

カラム実験装置を図-1に示す。カラムは内径φ300mm×高さ2,000mmの塩ビ管で、下部には堆積汚泥貯留部100mmの空間を設けている。河川水を上向流で連続流入させ、放流水は上部からオーバーフローさせた。流入水は、佐賀市内の水路からポンプで汲み上げた河川水(RUN I)と、その河川水に都市下水を加えた汚濁河川水(RUN II)とした。サルボウ貝殻接触材の対照として、40mm程度の粒状に砕いたALC(発泡軽量コンクリート)、サルボウ貝殻の空隙と同程度のプラスチックネット状接触材、そして一方向に空隙の形状が並んだプラスチック波板状接触材を用い、接触材や空隙の違いによる浄化能力の比較検討を行った。図-2に接触材の写真と表-1にそれらの物性値を示す。見掛けの比表面積とは嵩容積に対する接触材の表面積である。ALCの表面は小さな凹凸があり多孔質ではある。しかし、内部の空隙は有効に働かず見掛けの表面積が有効であるものと考え、凹凸を無視した見掛けの表面積で表現した。サルボウ

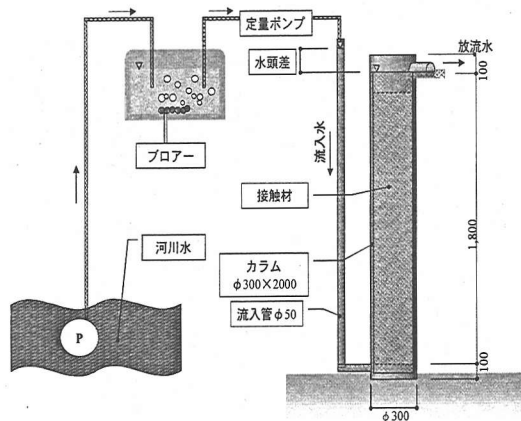


図-1 カラム実験装置 [単位:mm]

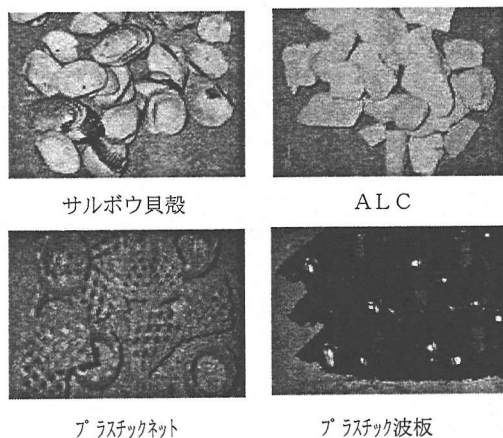


図-2 接触材

表-1 接触材の物性値

接触材名	寸法	見掛けの比表面積 (m ² /m ³)	空隙率 (%)
サルボウ貝殻	長辺45mm×短辺35mm×高さ12mm	250	80
ALC	長辺40mm×短辺25mm×高さ25mm	78	46
プラスチックネット	内径28mm×外径35mm×長さ35mm	177	88
プラスチック波板	50mm間隔壁	57	99

ウ貝殻およびALCの見掛けの比表面積は、単位容積当たりの接触材の個数と、平均的な大きさの接触材を無作為に抽出した個々の平均的な表面積との積である。また、プラスチックネット状、波板状については、接触材メーカーのカatalogの測定値(見掛けの比表面積)を採用した。

測定水質項目は水温、透視度、水頭差、pH、DO、SS、TOC、NH₄-Nである。所定の水理学的滞留時間(空筒基準HRT=1,2,3,4hr)となるように定量ポンプで流量を調節した。

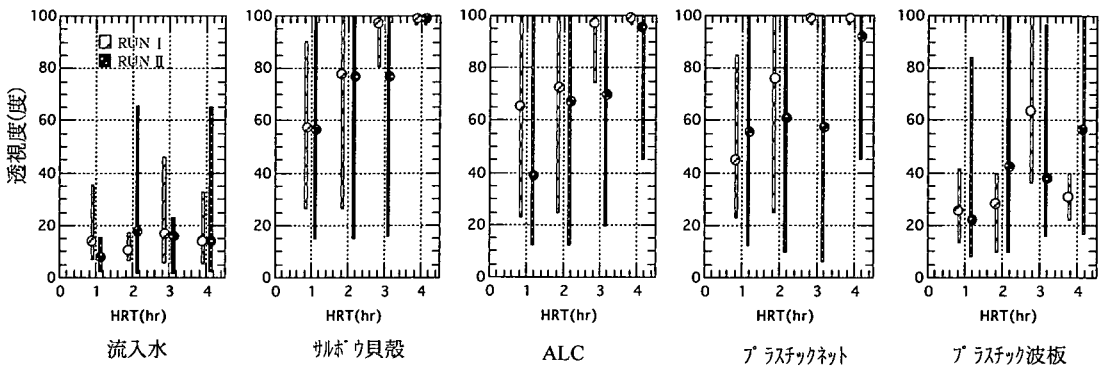


図-3 滞留時間と透視度の関係

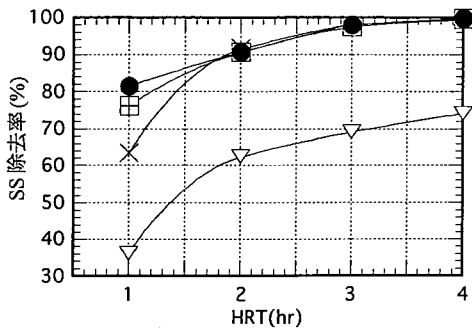


図-4 滞留時間とSS除去率の関係(RUN I)

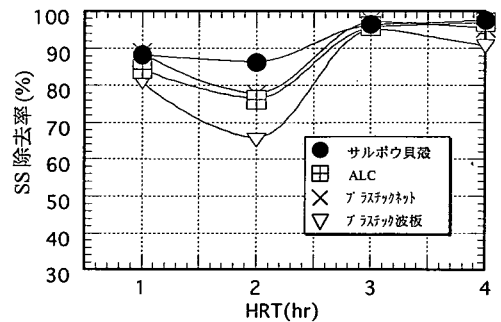


図-5 滞留時間とSS除去率の関係(RUN II)

3. 結果および考察

RUN I における流入水質はSS15~20mg/L, 透視度10~45度, TOC3~5mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.1~0.4mg/Lで, RUN II ではSS30~200mg/L, 透視度10~65度, TOC5~23mg/L, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.2~3.6mg/Lであった。

図-3にHRTと透視度の関係を示す。流入水透視度はRUN I, IIとも平均10~15度前後であった。この図の各HRTにおけるデータ数は同じであり、データの最大値と最小値の差が大きいと処理水質の安定性が悪いことを示している。RUN I, IIとも滞留時間が短いと処理水の透視度が低くなり、かつ処理の不安定により最大値と最小値の差が大きくなる。さらに、滞留時間が長くなると放流水の透視度からみた処理水は安定することが分かる。RUN IのHRT4hrではサルボウ貝殻, ALC, ネット状カラムの放流水透視度は100度以上と良好である。

RUN IIの下水混合の汚濁河川水では、HRT4hrのサルボウ貝殻カラムのみが透視度100度以上と安定している。RUN Iで100度以上と安定していたALCやネット状カラムは、RUN IIでは処理水透視度にばらつき

があり不安定であった。このことからサルボウ貝殻の優位性が分かる。

図-4,5に滞留時間とSS除去率の関係を示す。一般的に接触材の空隙率が小さいと、ろ過効果によるSS除去率は高くなると考えられ、本実験でもその傾向がみられる。即ち、サルボウ貝殻カラムの空隙率(80%)はALCカラム(46%)の約2倍あるにもかかわらず、RUN IのHRT1hrにおけるサルボウ貝殻カラムのSS除去率は、ALCカラムよりわずかであるが高くなっている。またネット状カラム(88%)とサルボウ貝殻カラム(80%)の空隙率はほぼ同じであるが、HRT1hrにおけるサルボウ貝殻のSS除去率は、ネット状カラムよりかなり高い。以上のことからサルボウ貝殻のSS除去は主に接触沈殿とろ過効果と考えられるが生物膜による吸着(付着)も寄与していると考えられる。カラム内の滞留時間が2hr以上になると波板状接触材以外は、接触材の物性値の違いは見られなくなり、同値の除去率となっている。

このように、サルボウ貝殻は高い空隙率, 高いSS除去率, 十分な汚泥の抑留容量を有していることから、接触材として優れていると言える。

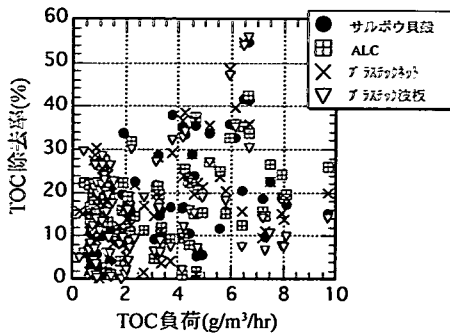


図-6 TOC 負荷と除去率の関係

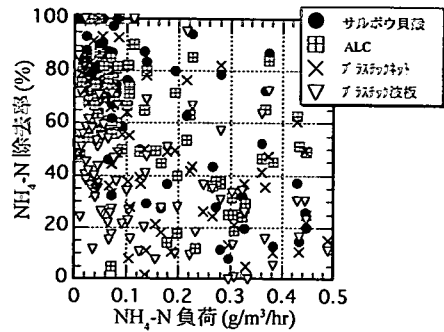


図-7 NH₄-N 負荷と除去率の関係

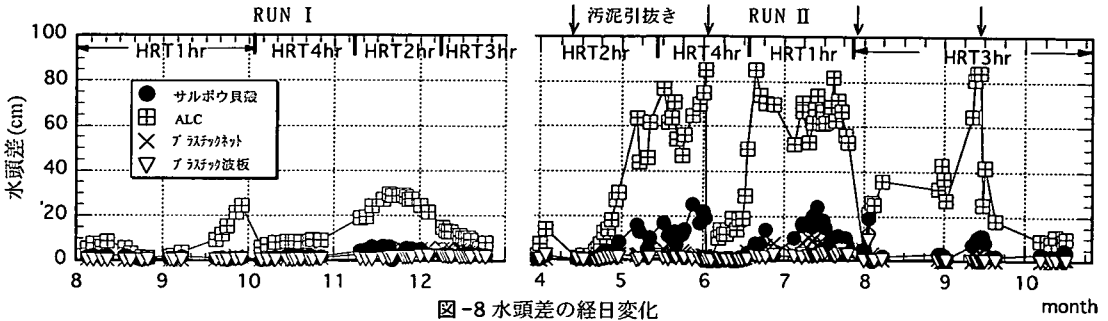


図-8 水頭差の経日変化

RUN II の HRT1hr の SS 除去率は、各接触材カラムとも HRT2hr に比べ上昇している。RUN II の HRT1hr の実験では、流入 SS が高かったため、カラム底部に堆積汚泥(プランケットゾーン)が形成されやすくなり、そこでも SS が除去されたものと考えられる。接触材の効果よりプランケットゾーンの影響が顕著に現れている。HRT2hr では、流入 SS が低くさらに実験初期であったため堆積汚泥量が少なく、プランケットゾーンによる寄与が低くなり SS 除去率は低下している。RUN II ではこの堆積汚泥による SS 除去の影響は空隙率の大きい波板状カラムでもみられ、他の接触材カラムと同様に比較的高い SS 除去率となっている。

図-6 に TOC 負荷と除去率の関係を示す。今回の実験の範囲では、接触材による優位な差は見られず、負荷の上昇とともに除去率が上昇していることが分かる。

図-7 に NH₄-N 負荷と除去率の関係を示す。低負荷の時は高い除去率を得ることが出来るが、負荷が高くなると除去率が低くなる事が分かる。これは、低負荷の時は流入水 DO による硝化 (NH₄-N 除去) が可能であるが、負荷が高くなると DO 律速による硝化が抑制されたためである。サルボウ貝殻カラムの除去率は他の接触材に比べ全体的に高く、波板状接触材カラムの除去率は全体的に低い。見かけの比表面積すなわち、カラム内の生物量の違いによるものと考

えられる。

接触材の空隙間の目詰まり状況を把握するために、流入口と放流口の水頭差を測定した。図-8 にその経日変化を示す。RUN I では、ALC カラムの水頭差は、実験開始 1ヶ月後から上昇し始め、HRT1hr の実験終了時には接触材空隙の目詰まりにより水頭差が 25cm となった。ALC の空隙率は 46% と小さく目詰まりを起こしやすいことが分かる。HRT を 1hr から 4hr に設定すると、カラム内の水の線速度の低下のため水頭差は HRT1hr に比べ一端下降するが、日数経過と共に再び徐々に上昇する。サルボウ貝殻、ネット状カラムの水頭差は若干上昇するものの、比較的安定している。このことから、RUN I の河川水では高空隙率のサルボウ貝殻、ネット状、波板状接触材は、半年間程度、目詰まりによる通水の障害が生じないと判断できる。

RUN II においても空隙率の低い ALC カラムの水頭差は日数経過と共に上昇した。RUN II の HRT4 hr においては、実験開始から 20 日後には ALC カラムの水頭差が 85cm とカラム天端まで達したため、実験不可能となった。下水混合の汚濁河川水を流入させたため生物膜が付着しやすくなり、RUN I に比べ目詰まりを起こしやすい傾向にあったと考えられる。目詰まりを回復させるために各カラム全体の汚泥引き抜

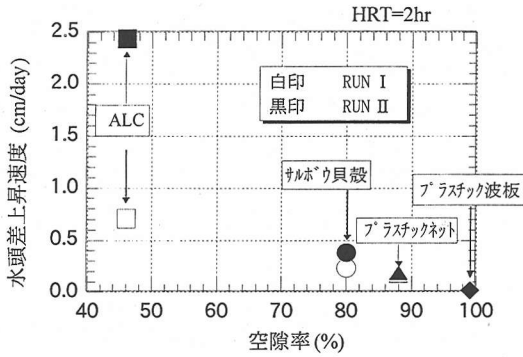


図-9 空隙率と水頭差上昇速度の関係

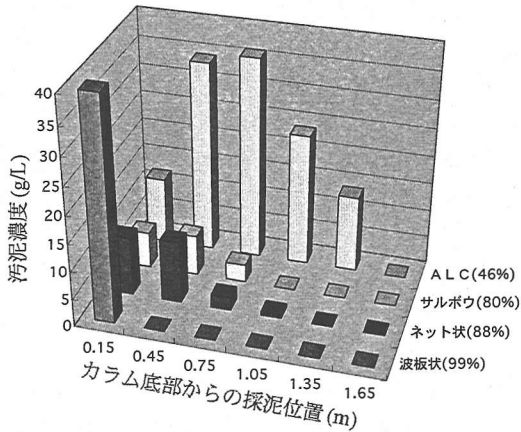


図-10 カラム内の汚泥堆積状況

きを行い、実験を再開した。ALCカラムにおいては実験再開後も水頭差の著しい上昇が見られた。

目詰まりによる接触材の特性を把握するために、実験開始時からの水頭差上昇速度を求めた。図-9に、HRT2hrにおける空隙率と水頭差上昇速度の関係を示す。ここで水頭差上昇速度は「水頭差/要した日数」として求めたものであり、この値が小さいほど目詰まり障害が生じにくいことを示している。水頭差上昇速度の計算におけるRUN Iの水頭差初期値は、各接触材によって多少異なるが、RUN IIについては、HRT変更時にカラム内の汚泥引き抜きを行ったため、各カラムの初期水頭差は0cmと同一初期条件であった。一般的な礫間接触酸化法の礫の空隙率は35%³⁾と小さいため、目詰まりや、処理槽内での水のショートパスが起こりやすいものといえる。いずれにしてもサルボウ貝殻は、目詰まりしにくく、またSSの捕捉性も高く処理水が安定性しているという優れた特性を有しており、水域の直接浄化システムの接触材として

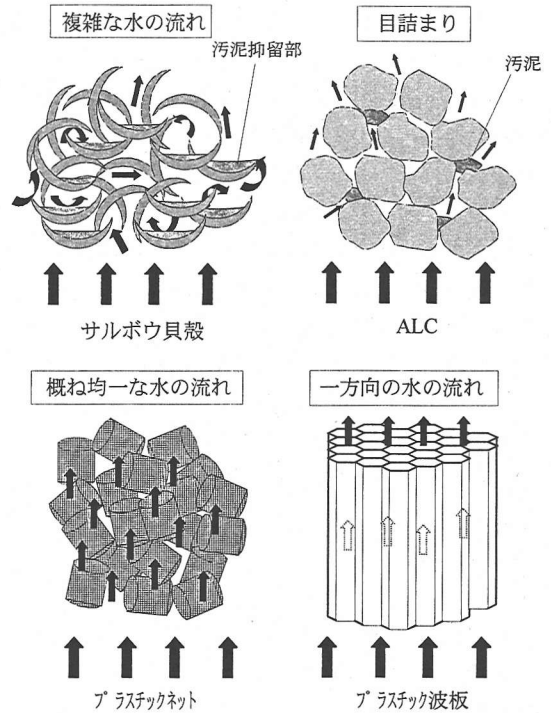


図-11 接触材の概念図

十分使用できるものと言える。

カラム内部における堆積汚泥状況を観るために、RUN IIの50日後において、カラムの縦方向に30cm間隔で採水しSSを測定した。その結果を図-10に示す。

空隙率99%と最も大きい波板状接触材では粒径の大きいSSが沈降し、カラム底部に堆積していた。次に空隙率が80~88%とほぼ同程度のサルボウ貝殻とネット状接触材では汚泥濃度の分布状況が同じであり、カラム底部から堆積し、底部からの高さ75cm以上では汚泥濃度が極端に低くなっている。ALCカラムでは空隙率が46%と小さくかつ汚泥の抑留容量が少ないためカラム全体の空隙に汚泥が堆積し、汚泥濃度が高いことが分かる。汚泥の抑留容量は接触材の空隙率と関係するため、SS除去効果と汚泥抑留容量の双方を考慮して接触材を選定する必要がある。

以上のカラム基礎実験から、接触材の形状によるSS除去の概念図をまとめると図-11の様になる。サルボウ貝殻の場合、空隙の分布や充填構造がランダムになっているため、上向流とはいえカラム内を通過する水の流向が複雑となる。貝特有の椀状のくぼみ(汚泥抑留部)が存在しやすいためにSSを捕捉しや

すいものと考えられる。ALCでは、空隙サイズと空隙率が小さいため、目詰まりが生じやすい。ネット状接触材の空隙はランダムであるが網目状であるため、水が素通りしやすく微細なSS分の捕捉が悪い。波板状接触材は空隙が一方向であるため、目詰まりはしにくい。水の流向が単純となり、SSの捕捉率が低い。

このように、カラム基礎実験からサルボウ貝殻はSSの捕捉性も良く目詰まりもしにくく、また単位体積当たりの表面積が大きいことから、水質浄化用の接触材として優れていることが分かった。さらに、サルボウ貝殻は椀状の形状を有していることから、接触材の基本物性値である空隙率が高く、汚泥抑留部が存在しやすいことが分かった。

4. 結論

本研究で得られた結果からサルボウ貝殻の特徴をまとめると次のようになる。

- (1)SS除去は接触沈殿とろ過効果および付着生物膜による吸着効果である。
- (2)カラム放流水の透視度は高く安定している。
- (3)礫よりも空隙率が大きいこと水頭上昇速度も小さく目詰まりしにくい。
- (4)椀状の形状を有していることから汚泥抑留部が存在しやすい。
- (5)充填した時の空隙の分布や構造がランダムになっているため、SSの捕捉性も良く目詰まりしにくい。

本研究では、未利用資源であるサルボウ貝殻の再利用を目的とし水質浄化システムの接触材としての

可能性を検討した。カラム基礎実験から、サルボウ貝殻は接触材として優れており、他の接触材と比較して高い除去率や安定した処理特性を有することが分かった。また維持管理の一つの要因である目詰まりについても問題はないものと考えられ、サルボウ貝殻は水質浄化施設の接触材として十分使用可能な材料と言える。

謝辞：本研究は松尾建設(株)と佐賀大学による「民間等との共同研究(区分A)」で行ったものである。また、研究の実施に当たり当時学部学生廣松美希氏の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献

- 1)橋本敬之助：湖沼・河川・排水路の水質浄化，海文堂，1997.
- 2)島谷幸宏：直接浄化を中心とした河川水質の改善手法の開発動向と今後の課題，用水と廃水，Vol.40，No.1，pp. 22-26，1998.
- 3)長内武逸：礫間接触酸化法による河川水の直接浄化，用水と廃水，Vol.32，No.8，pp.16-25，1990.
- 4)平成10年度 環境白書，pp.75-76，1998.
- 5)稲森悠平：地域未利用資源を活用した生物膜付着接触担体における微生物活性に基づく充填条件の解明，第33回日本水環境学会年次講演集，pp.452-453，1999.
- 6)農林水産省「平成11年漁業・養殖業生産統計年報」.
- 7)高崎みつる：カキ殻の処理・有効利用技術研究，宮城県工業技術センター研究報告，pp.141-146，1992.

(2001.12.20 受付)

STUDY ON PURIFICATION MECHANISM OF CONTACT OXIDATION METHOD USING THE "SARUBOU" SHELL

Yasunari MATSUO, Hiroyuki ARAKI and Kenichi KOGA

This study aims to develop the river water purification system using the "SARUBOU" shell which is unused resources of a fishery processing plant. A fundamental experiment has been conducted to investigate availability of the "SARUBOU" shell as contact media and the characteristics of the water purification system by column experiment. Moreover the fundamental performance of water purification by the "SARUBOU" system is examined through comparing other media. As a result, the shell catches fine SS easily into the complex voids among the shells, and then the water quality of the purification system becomes stable. It is confirmed the "SARUBOU" shell has the suitable form that is not clogged for a long time as compared with other contact media.