

明 細 書

発明の名称： 循環型養殖方法及び循環型養殖装置

技術分野

[0001] 本発明は、特に閉鎖型の魚類養殖システムに適し、魚介類の養殖や蓄養における養殖水中に含まれるアンモニアを分解して除去する循環型養殖方法及び循環型養殖装置に関する。

背景技術

[0002] 養殖場、蓄養場や水族館の養殖水では、魚介類から出た排泄物中に含まれるアンモニアや残餌などが水中で微生物により分解されることで水中にアンモニアが残留し、このアンモニアは時間の経過とともに蓄積する。アンモニアは生物毒性が高く魚介類には有害であるため、この対策として、例えば、微生物を利用した生物分解による除去方法によってアンモニアを除去することが知られている。しかし、このような生物処理を用いてアンモニアを除去する養殖方法では、処理槽として広い敷地が必要であったり、曝気用ポンプの動力が大きくなってコスト増につながったり、アンモニア分解処理性能が温度や負荷量の影響を受けて不安定であるなどの問題がある。

[0003] そのため、近年ではオゾンや電界次亜塩素酸を用いた物理処理によりアンモニアを除去する分解処理が提案されている。この分解処理では、処理をおこなうにつれてオキシダントと呼ばれる魚介類に有害な酸化性物質が蓄積しやすくなるため、このオキシダントの発生を抑制したり、オキシダントを除去しながらアンモニアを除去する各種の方法が開示されている。

[0004] この種の物理処理によるアンモニアの除去方法として、例えば、特許文献1において、オゾンを用いたアンモニア分解方法が開示されている。同公報1には、オゾンの接触塔の出口の近くに、オゾン処理した海水の酸化還元電位を測定する酸化還元電位測定電極が設けられ、その酸化還元電位が450～650mVの範囲に入るようにオゾン発生量を制御する（段落[0005]参照。）ことが記載されている。このアンモニア分解方法では、オゾン注

入によりアンモニアの分解が進んだときに、アンモニアがほぼゼロになる時点で酸化還元電位の急激な上昇をともなってオキシダントが発生することを利用して、アンモニアを分解するように設けられている。

[0005] 一方、特許文献2においては、電気分解を使って養殖水中に発生した次亜塩素酸を利用してアンモニア分解する魚介類飼育用水浄化装置が開示されている。同文献2には、飼育中の次亜塩素酸濃度を検出して、養殖水の残留塩素濃度を低減する制御を行うこと（[0009]参照。）が記載されている。この水浄化装置で利用される次亜塩素酸はオキシダントの一種であり、魚介類に対して非常に有毒な物質であることが知られている。

[0006] 特許文献3においては、電解次亜塩素酸を用いたアンモニア分解装置が開示されている。同文献3には、魚介類等から排出されるアンモニアと次亜塩素酸を吸着材表面に吸着させて、アンモニアを除去すること（段落[0015]参照。）が記されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開平5－64533号公報

特許文献2：特開2004－344144号公報

特許文献3：特許第5028566号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、前述の特許文献1においては、酸化還元電位を測定する際にこの酸化還元電位が被処理水のpHの影響を受けることで固定値を使った制御が困難であること、アンモニアが分解されてゼロになる直前にオキシダントが発生すること、オキシダント発生時点と酸化還元電位上昇との間に時間差が生じること、酸化還元電位測定器の応答性が悪く、測定値が一定の値になるために5分～10分程度の時間が必要であること、測定値が電極ごとに異なって±25mV程度の許容差が生じること、バイオフィームにより電

極先端が被膜化すると大きな誤差を生じることなどの理由から、オキシダントの発生に即応させながら処理することが困難になっている。

特許文献2の場合には、海水中の次亜塩素酸や残留塩素濃度を即時に直接測定できる計測装置が一般に利用されていないことから、これらの測定は比色法などによる変換を介して求めることになり、連続的に測定することが困難になる。

[0009] これらのことから、オキシダントの発生自体を検出する方法では測定に時間がかかり、オキシダントの発生を抑制できなくなる可能性がある。この場合、発生したオキシダントが微量であっても魚介類への毒性を回避することが難しくなり、魚介類を死滅させるリスクが大きくなる。

さらに、これらの装置でオキシダントを測定しようとする場合には、アンモニアが分解時に温度やpHなどの水質、オゾナイザ・電解次亜塩素酸発生装置の出力や処理槽などの装置要件（混合方法、体積等）などにより影響を受ける場合と同様に、これらの装置要件に大きく影響されるため、同じ測定方法を様々な種類の装置に適応させることが難しくなる。

また、オゾンを用いてアンモニアを物理処理により分解する場合、その分解過程において、有害な臭素酸が発生するおそれがあり、この臭素酸が魚介類に悪影響を及ぼす可能性がある。

[0010] 一方、特許文献3の場合のように、オキシダントを活性炭やゼオライトなどの吸着剤を用いて吸着しようとする場合には、時間の経過とともに吸着剤の吸着能力が低下すること、吸着剤のつまりにより処理能力が低下すること、吸着剤内部にバイオフィームが発生して養殖水に雑菌が発生するおそれがあること、吸着剤の使用にコストがかかることなどの多くの問題を有している。

[0011] これらに加えて、養殖槽中の魚介類は、給餌後に代謝が上がることでアンモニアの排出量が急激に増加し、一方、夜間の代謝が低下しているときにはアンモニアの排出量は少なくなる傾向にある。このように、魚介類から発生するアンモニアは常に一定量ではなく、一日の間に単位時間当たりの増加量

が変動しつつ連続的に発生して蓄積する。

このアンモニア排出量に対して従来の物理処理でアンモニア処理する場合には、その処理速度が一定であることが多い。この場合、例えば、単位時間当たりのアンモニア処理量を、給餌後の最大値になる場合を基準に設定すると、これ以外の夜間などに過剰な処理になることでオキシダントが発生しやすくなり、一方、夜間の最小になる場合を基準に設定すると、過剰な量のアンモニアが発生したときに処理しきれずに水槽中にアンモニアが蓄積されるおそれがある。一方、平均的なアンモニア排出量を処理条件として設定したとしても、過剰・過少な処理になる可能性を常に有している。

上述したように、アンモニアの除去処理とオキシダントの発生とはは関係があり、これらの双方による魚介類への悪影響を防ぎながら水処理できる養殖方法並びに養殖装置の開発が望まれていた。

[0012] 本発明は、上記の課題点を解決するために開発したものであり、その目的とするところは、過剰な処理による有毒のオキシダントの発生を防ぎつつ魚介類にとって有害なアンモニアを除去処理し、魚介類からのアンモニア排出量の増減に応じたアンモニア除去処理を実施して、養殖水中へのアンモニアの蓄積を防止できる循環型養殖方法及び循環型養殖装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 上記目的を達成するため、請求項 1 に係る発明は、水生生物が飼育された循環型養殖槽の養殖水を養殖装置本体で処理する方法であって、予め養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理するときのアンモニア分解速度を求めるとともに、分解処理後の目標アンモニア残存量を設定する第 1 ステップと、処理しようとする養殖水中のアンモニア量を求め、このアンモニア量から第 1 ステップの目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時間を第 1 ステップのアンモニア分解速度から演算する第 2 ステップと、第 2 ステップで演算した処理時間で養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理して養殖水中のアンモニアを分解処理する第 3 ステップと、第 3 ステップで分解処

理した養殖水を養殖槽に戻す第4ステップとを有する循環型養殖方法である。

[0014] この場合、第2ステップ～第4ステップを連続して又は断続的に繰り返す行うようにしてもよく、また、処理を行う装置で第1ステップを行わないようにし、同一構成の別の装置で第1ステップを行って得られた結果を流用してもよい。さらには、一つの装置で第1ステップを1回のみ行うのではなく、例えば、第2ステップ～第4ステップまでを複数回行うごとに1回の第1ステップを行うようにしてもよく、このように、少なくとも第2ステップから第4ステップまでを1回またはそれ以上の複数回繰り返しおこなって養殖水中のアンモニアを分解処理するようにしてもよい。

[0015] また、アンモニア分解速度は、pHや温度等の種々の外部条件により変化するが、第1ステップにおいて、アンモニア分解速度を一つの条件でのみ求めるようにしてもよく、或は複数の条件で求めるようにしてもよい。この場合、アンモニア分解速度を一つの外部条件でのみ求めた場合には、第3ステップを行う際にそれに近い条件に調整すればよく、一方、アンモニア分解速度を複数の条件で求めた場合には、第3ステップでの条件を適宜調整可能となり、その時点での条件に近い条件で求められたアンモニア分解速度を適用するようにすればよい。

[0016] これによると、第1ステップにおいて、処理部によるアンモニア処理能力に加えて、臭素酸の発生を防ぐ目標アンモニア残存量を使用する装置に応じて把握しておき、これに従って第2ステップで目標アンモニア残存量になるまでの処理時間を演算し、第3ステップで第2ステップで演算した処理時間で処理をおこなうようにすることで、臭素酸の発生を確実に防止しつつアンモニア分解することが可能になる。このように、実際に使用する装置又は同一構成の装置において、オゾナイザや次亜塩素酸供給器の能力、オゾン又は次亜塩素酸の混合方法、処理ユニットの容積等の処理部の装置要件が一定であれば、オゾン又は次亜塩素酸によるアンモニアの分解能力が影響を受けることなく各ステップによる処理により安定したアンモニア処理を実施できる

。

しかも、一旦第1ステップを実施すれば、その後は計算により導かれる処理条件に基づいて処理を行えばよいので、処理の終了を見極めるためにリアルタイムでORPやアンモニア残存量などの指標を監視する必要がなく、臭素酸の発生を防ぐアンモニア分解を簡便にコントロールすることが可能になる。

[0017] 請求項2に係る発明は、アンモニア分解速度を所定の構成の前記装置本体に対して求め、このアンモニア分解速度により第2ステップ以降のステップで装置本体によりアンモニアを分解処理するようにした循環型養殖方法である。

[0018] これによると、各養殖装置本体に応じてアンモニア分解速度を設定し、その養殖装置本体による最適なアンモニア分解速度によって効率的にアンモニアの分解処理を実施できる。さらに、養殖装置本体を所定の同一構成に設けるようにすれば、別の養殖装置本体においても同じアンモニア分解速度により同じ効率でアンモニアを分解処理できる。

[0019] 請求項3に係る発明は、第2ステップ～第4ステップまでの2回目以降の分解処理時に、アンモニア分解速度として前回までの結果をフィードバックした値を用いるようにした循環型養殖方法である。

[0020] このように設けることで、第2ステップ～第4ステップまでを複数回繰り返し実施する場合には、直前の処理で得られた結果に基づくアンモニア分解速度を適用することにより、直近の装置の状態が反映されたアンモニア分解速度を適用することができ、より確実にアンモニア分解反応をコントロールすることが可能になる。

[0021] 請求項4に係る発明は、第2ステップ～第3ステップまでによる分解処理後の養殖水のORPを測定し、その測定値が予め設定した設置値に達したときに分解処理を停止するようにした循環型養殖方法である。

[0022] これにより、処理後の養殖水のORP値から有害な臭素酸の発生を確認できる。このため、処理後の養殖水のORPの値をモニターし、臭素酸が発生

するおそれのないレベルの設定値に達したときに分解処理を停止することで、仮に何らかの異変が生じてアンモニアの分解が演算結果の通りに進捗できなくなったとしても、臭素酸の発生を確実に防止することができる。

[0023] 請求項 5 に係る発明は、水生生物を飼育する循環型養殖槽と、この養殖槽から抜き出した養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理した後に養殖槽に戻す処理部とを有し、この処理部は、アンモニアの分解速度と分解処理後の目標アンモニア残存量を設定し、処理しようとする養殖水中のアンモニア量から目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時間を演算する制御手段と、養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理して養殖水中のアンモニアを分解処理するための分解処理手段とを有する循環型養殖装置である。

[0024] これによって、処理部を介して養殖水中のアンモニア処理を適切におこなって、臭素酸の発生を確実に防止しつつアンモニア分解することが可能になる。実際に使用する装置又は同一構成の装置において、オゾナイザや次亜塩素酸供給器の能力、オゾン又は次亜塩素酸の混合方法、処理ユニットの容積等の処理部の装置要件が一定であれば、オゾン又は次亜塩素酸によるアンモニアの分解能力が影響を受けることなく安定したアンモニア処理を実施できる。

しかも、処理の終了を見極めるためにリアルタイムでORPやアンモニア残存量などの指標を監視する必要がなく、臭素酸の発生を防ぐアンモニア分解を簡便にコントロールすることが可能になる。

[0025] 請求項 6 に係る発明は、分解処理手段により処理した養殖水のORPを測定するORP測定装置を設けた循環型養殖装置である。

[0026] この場合、処理後の養殖水のORP値から臭素酸の発生の可能性を確認できるため、処理後の養殖水のORPの値をモニターし、臭素酸が発生するおそれのないレベルの設定値に達したときに分解処理を停止することで、臭素酸等の発生を確実に防止できる。

発明の効果

[0027] 本発明によると、過剰なアンモニア処理を防止して有毒のオキシダントや臭素酸の発生を防ぎつつ、魚介類にとって有害なアンモニアを確実に除去処理し、給餌後や夜間などの状況や時間の変化により増減する魚介類からのアンモニア排出量に応じて適切なアンモニア除去処理を実施し、養殖水中へのアンモニアの蓄積を確実に防止できる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]循環型養殖装置の第1実施形態を示した模式図である。

[図2]循環型養殖装置の第2実施形態を示した模式図である。

[図3]本発明の循環型養殖方法による処理フローの一例を示した模式図である。

[図4]アンモニアの濃度変化を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に、本発明における循環型養殖方法及び循環型養殖装置の実施形態を図面に基づいて詳述する。

先ず、循環型養殖装置を図1に示した模式図に従って説明する。図1においては、循環型養殖装置の第1実施形態を示している。この循環型養殖装置本体（以下、装置本体1という）は、水生生物を飼育するための循環型養殖槽2と、この養殖槽2から一部の養殖水を抜き出し、この抜き出した養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理した後に前記養殖槽2に戻す処理部3とを有している。

[0030] 図1において、二点鎖線に示した処理部3は、制御装置からなる制御手段10、分解処理手段11、水中のアンモニア濃度を測定するアンモニアセンサ12、および図示しない移水用のポンプを有している。

これらのうち、制御装置10は、例えばパソコンやシーケンサ等からなり、分解処理手段11に設けられたオゾナイザ13のON/OFFやオゾン注入量などの制御信号を出力可能に設けられる。制御装置10にはデータ格納部14が設けられ、このデータ格納部14には養殖槽2や分解処理手段に関する各種の測定データが格納される。制御装置10は、データ格納部14の

測定データに応じて、アンモニアの分解速度と分解処理後の目標アンモニア残存量を設定可能であり、処理しようとする養殖水中のアンモニア量から目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時間を演算可能に設けられ、測定されたアンモニア濃度の入力によりオゾナイザ 13 の動作を制御可能になっている。

[0031] さらに、制御装置 10 は、オゾナイザ 13 への制御信号の出力だけでなく、原料ガス圧力やガス流量、放電電圧・電流などをコントロールしてオゾン量を調整可能に設けられる。これに加えて、飼育に必要な水温、溶存酸素量、pH、電気伝導度、塩分濃度、酸化還元電位、炭酸ガス濃度、アルカリ度、加温や冷却、水位の検出、ポンプやバルブ（図示せず）など動作および送水量などを含めた装置全体の運転制御、運転状況、運転ログの記録や出力、非常発報、外部へのデータ通信機能などの設定及び調整機能を有していることで、安定的かつ自動で装置本体 1 を運転可能に設けられる。

[0032] 図 1 の一点鎖線に示すように、分解処理手段 11 は、処理水槽 20、オゾン反応槽 21、オゾナイザ 13 を有し、養殖水をオゾン処理してアンモニアを分解処理可能に設けられる。

分解処理手段 11 における処理水槽 20 は、養殖槽 2 の一部の養殖水を引き抜き、この養殖水をオゾン処理するために一時的に貯留可能に設けられている。

[0033] オゾン反応槽 21 は、養殖水をオゾン処理するために設けられ、このオゾン反応槽 21 と処理水槽 20 とは、所定の流路 23 でつながっている。オゾン反応槽 21 は、通常の曝気型でもインジェクタを使ったものであってもよく、オゾンが水中に溶解可能であれば、いずれの形式を用いることも可能である。

[0034] なお、養殖水に対して分解処理手段 11 で行う処理としては、オゾン処理の代わりに次亜塩素酸処理を行うこともできる。これは、次亜塩素酸（特に電解次亜塩素酸）によっても、オゾンと同様にアンモニアの分解反応が生じるためである。次亜塩素酸処理を行う場合は、オゾン反応槽を次亜塩素酸反

応槽として用いるようにし、この槽で電解により次亜塩素酸を発生させるようにしたり、或は、次亜塩素酸を外部から添加してもよい。

[0035] オゾナイザ１３は、制御手段１０からの制御信号を受け、オゾン濃度やオゾンガス流量などを変化させてオゾン反応槽２１へオゾンガスを送気可能に設けられる。この場合、オゾン生成のための原料ガスは空気でもよいが、放電を使ってオゾンを生成する場合は空気中の窒素が魚介類への毒性の高い硝酸へと変化してしまうことから注意を要する。そのため、原料ガスとしては、液体酸素を気化したガスや純酸素ボンベや酸素供給機（ＰＳＡ）を用いることが望ましい。

[0036] 処理部３におけるアンモニアセンサ１２は、水中のアンモニア濃度を直接測定できる電極式センサ、或は通水しながら連続的に測定できるものであれば、何れを用いるようにしてもよい。一方、作業者がバッチ式の試薬を使って吸光度を測定してアンモニア濃度を測定するようにしてもよく、その時点でのアンモニア濃度を確認可能であればアンモニアセンサを用いる必要もない。アンモニア濃度の測定後には、測定されたアンモニア濃度の値を電氣的に制御装置に入力するか、或はバッチ式の場合には作業者が制御装置に直接手動で入力するようにすればよい。この場合、図１において、アンモニアの測定点を、a点：養殖槽２内、b点：処理水槽２０内、c点：オゾン反応槽２１から処理水槽に返送するためのオゾン処理水路２４内、d点：処理水槽２０から養殖槽２に処理水を返送するための処理水路２５内の各点とし、これらの何れか１点、或は、複数点を測定するようにすればよい。図１の場合、a点にアンモニアセンサ１２を設けた状態を示している。

[0037] さらに、上記のアンモニアセンサ１２の測定位置に、このアンモニアセンサ１２と同様に、ＯＲＰ（酸化還元電位）測定装置２２を設けるようにしてもよい。この場合、ＯＲＰ測定装置２２により、分解処理手段１１で処理した養殖水のＯＲＰを測定可能になる。図１の場合、c点にＯＲＰ測定装置２２を設けた状態を示している。

[0038] 図示しないが、オゾン処理する水路の途中や処理水となる養殖水を養殖槽

2へと返送する返送水路25の途中に活性炭塔を設け、この活性炭塔でオゾン処理によって発生した塩素酸類などの有害な酸化性物質を除去してもよい。この場合、活性炭塔としては、例えば、活性炭だけでなく、酸化性物質を除去できるゼオライトやシリカ、サンゴ砂などを利用可能となる。水路内に、殺菌分解のための紫外線ランプ、残渣や糞などを除去するためのろ過フィルタ等を設置してもよい。水路内に過酸化水素水を添加するようにしてもよく、これにより、過酸化水素水を添加しながら処理することで、アンモニア分解率が向上する。さらには、オゾン、アンモニア、臭素イオンや塩素イオンなどの海水成分が適当な比率となるように処理部3で制御しながら装置本体1を稼働させてもよい。

[0039] 続いて、前述した循環型養殖装置を用いた循環型養殖方法を説明する。

本発明の循環型養殖方法は、固有の装置本体1に応じてアンモニア分解速度を設定し、この装置本体1で水生生物が飼育された循環型養殖槽2の養殖水をオゾン処理するものであり、この場合、例えばバッチ（回分）処理により、第1ステップ～第4ステップまでの処理工程を施して、これらのステップを介して養殖水中のアンモニアを分解処理するものである。

[0040] 循環型養殖方法における第1ステップでは、予め養殖槽2の養殖水を処理するときのアンモニア分解速度を求めるとともに、分解処理後の目標アンモニア残存量を設定するものである。

第2ステップでは、処理しようとする養殖水中のアンモニア量を求め、このアンモニア量から第1ステップの目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時間を第1ステップのアンモニア分解速度から演算するものである。

第3ステップでは、第2ステップで演算した処理時間で養殖水中のアンモニアをオゾン又は次亜塩素酸により分解処理するものである。

第4ステップでは、第3ステップで分解処理した養殖水を養殖槽2に戻すようにしたものである。

[0041] この場合、アンモニア分解速度を所定の構成の装置本体1に対して求め、

このアンモニア分解速度により第2ステップ以降のステップで装置本体1によりアンモニアを分解処理するようにしたものである。ここで、所定の構成の装置本体1とは、第2ステップ以降で用いる装置本体1と同じ効率でアンモニアを分解できる機能を備えたものであり、同等の性能を発揮する分解処理手段11（オゾナイザ13）や活性炭塔を備えた養殖装置をいう。例えば、所定の構成の装置本体1としては、第2ステップ以降で用いる装置本体1そのものや、同一の構成ではあるが第2ステップ以降で用いる装置本体1とは異なるものを適用できる。

[0042] この循環型養殖方法において、第2ステップ～第4ステップまでの2回目以降の分解処理時に、アンモニア分解速度として前回までの結果をフィードバックした値を用いることが望ましい。

[0043] さらに、第2ステップ～第3ステップまでによる分解処理後の養殖水のORPを測定し、その測定値が予め設定した設置値に達したときに分解処理を停止するようにしてもよい。

[0044] 上記の養殖方法により養殖水をオゾン処理する場合には、僅かではあるが処理水のpHが変動するため、養殖槽2、処理水槽20、処理水路24内や返送水路25内にpHを調整できるように薬液投入を行ってもよい。また、オゾン処理においては、アルカリ側でアンモニアの分解率が向上する。これは $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ の存在比によるものであるが、魚介類が生育できるpHは6～9の範囲であり、養殖水のpHをこの範囲にする必要がある。薬液展開により僅かながら処理水のpHをアルカリ側に寄せることで、効率よくアンモニアを分解できるようになる。

[0045] さらに、例えば、養殖槽2でpH8.2の時に返送水をpH8.1とするなど、返送水のpHの調整値を養殖槽2よりも少し低く設定することで、何らかの要因で養殖槽2中のpHが上昇した場合に、この養殖槽2での調整を行う必要がなくなる。これは、養殖槽2のpHが低下することがあっても、返送水のpHを8.1程度まで上げていることで、魚介類の生育環境に適さないほどに養殖槽2のpHが低下することを防止可能になるためである。

[0046] オゾン処理水を養殖槽 2 に返送する際には、例えば、養殖槽 2 の上部に一本の管を渡し、この管に複数個所の吐出口を設けるようにし（図示せず）、この吐出口から処理済み養殖水を養殖槽 2 内に吐出させることなどより、処理水を分散させながら養殖槽 2 へ返送することが望ましい。これは、1箇所の吐出口から吐出させた場合、部分的ではあるが養殖水とは異なった水質の水が養殖槽 2 内に流入し、その場所に存在する魚介類にストレスを与えることが懸念されるためである。

[0047] 次いで、上述した装置本体を用いた養殖方法の動作並びに作用を具体的に述べる。

先ず、本発明の循環型養殖方法により図 1 に示した装置本体 1 でバッチ処理により養殖する場合を説明する。

実際に養殖水をオゾン処理する前に、試水を用いてあらかじめ装置本体 1 のアンモニア分解速度 v [g/min] を求めるようにする。この場合、実際の養殖水に含まれるアンモニアを分解してアンモニア分解速度を求めるようにしてもよいが、塩化アンモニウムなどの薬品を人為的に添加した海水を用いたほうが簡便になる。その際、海水の種類、温度、pH、オゾン密度などの条件を変えて試水を作成し、装置本体 1 を使って試水の分解試験を行うとよい。

[0048] このとき、アンモニア分解速度を求めるとともに、臭素酸の発生が始まる少し手前のアンモニア分解濃度を求めるようにする。これは、通常、海水に対してオゾン処理を行うと、はじめは臭素酸が発生することなくアンモニアが分解されて濃度が減少するが、アンモニアの濃度がゼロに近づくと臭素酸が発生するためである。この場合、アンモニア分解速度は、固有の構成に設けられる装置本体 1 において、特に、オゾナイザ 13 によるオゾンの注入量やその濃度等に大きく影響される。

[0049] アンモニア濃度を決定する際には、装置本体 1 における臭素酸の発生が始まる少し手前のアンモニア分解濃度を求めた後、安全を考慮に入れて残存させるべきアンモニア濃度として決定する。この値を目標アンモニア濃度 C_s

$t_{op} [g/L]$ と定め、制御手段 10 で処理する制御値とする。臭素酸の発生が始まるアンモニア分解濃度は、実際に臭素酸が発生するまでアンモニア分解を行って求めるか、或は、アンモニア分解の挙動から予測して求めるようにしてもよい。

[0050] 続いて、図 1 の装置本体 1 で、a 点～d 点までのアンモニアセンサ 12 の測定箇所において、アンモニア濃度を測定する場合のそれぞれの手順を述べる。

[0051] (1) 養殖槽内 (a 点) にアンモニアセンサを設置する場合

a 点にアンモニアセンサ 12 を設ける場合、養殖槽 2 内のアンモニア濃度 $C_0 [g/L]$ を測定するようにする。このアンモニア濃度が魚介類の成長や生死に影響がでると考えられる値 $C_{start} [g/L]$ (オゾン処理開始するアンモニア濃度) を越えた場合には、アンモニア濃度が過剰であると判断してオゾン処理を行うように決定する。

[0052] 測定時においては、先ず、養殖槽 2 内の養殖水の一部を処理水槽 20 に移し、この処理水槽 20 の中のアンモニア濃度を養殖槽 2 の中のアンモニア濃度と同じであると仮定する。そして、処理水槽 20 の処理水量を $V [L]$ とすると、オゾン処理を $t [min]$ だけ運転してアンモニアを目標アンモニア濃度 $C_{stop} [g/L]$ まで低下させるために必要なオゾン処理時間 $t [min]$ が時間 $t = V \times (C_0 - C_{stop}) / v$ (式 1) となるため、この処理時間 t によりオゾン処理する。オゾン処理後には処理水を養殖槽 2 へと返送し、この返送後に、養殖槽 2 内の濃度が $C_{stop} [g/L]$ に達していなければ、この処理を繰り返すようにする。これにより、養殖槽 2 内のアンモニア濃度を魚介類が生息できる環境に保つことが可能になる。

[0053] (2) 処理水槽内 (b 点) にアンモニアセンサを設置する場合

この場合、連続式アンモニア測定器などの時間応答性のよいアンモニアセンサ 12 でアンモニアを測定可能な場合には、定期的に養殖槽 2 内の養殖水の一部を処理水槽 20 に引き込んでアンモニア濃度を測定するとよい。

[0054] 測定時において、アンモニア濃度がオゾン処理開始濃度 $C_{start} [g/L]$

に達していないときにはその水を養殖槽 2 に返送し、アンモニア濃度が増加するまで待機する。この場合、予め養殖槽 2 内のアンモニア上昇速度を求めておくことで、待機時間、つまり次回の養殖水を引き込むタイミングを算出することが可能になる。

[0055] 処理水槽 20 内のアンモニア濃度がオゾン処理開始濃度 C_{start} [g/L] に達した際には、オゾン処理が必要だと判断してオゾン処理を開始する。その際、アンモニアセンサ 12 で濃度を測定しながら目標アンモニア濃度 C_{stop} [g/L] に達するまでオゾン処理を行うようにする。オゾン処理後には処理水を養殖槽 2 に返送し、これを繰り返すことで継続的にオゾン処理する。

[0056] この場合、バッチ処理一回当たりのアンモニア減少量を算出可能であるので、養殖槽 2 内のアンモニア濃度を目標アンモニア濃度 C_{stop} [g/L] にまで低下させるのに必要なバッチ回数を概算することが可能になる。なお、時間応答性のよいアンモニアセンサ 12 を用いる場合であっても、使用する装置本体 1 について予め求めたアンモニア分解速度から処理時間を算出しておき、この算出結果も併せてオゾン処理の終了時点の判断材料として用いることができる。

[0057] 一方で、バッチ式測定などのアンモニア濃度の測定に時間を要する場合やアンモニアセンサ 12 の応答性が悪い場合には、前述のような処理方法を適用することが難しくなる。これに対処するためには、前記の a 点にアンモニアセンサ 12 を設置した場合と同様に、オゾン処理時間を算出し、その時間だけオゾン処理を行うようにすればよい。これにより、処理後の処理水を養殖槽 2 に返送する作業を目標アンモニア濃度 C_{stop} [g/L] に達するまで繰り返すことで、アンモニア濃度を所定の状態に維持することができる。

[0058] (3) オゾン処理水路内 (c 点) にアンモニアセンサを設置する場合

c 点にアンモニアセンサ 12 を設ける場合、b 点への設置の場合と同様にしてオゾン処理可能となる。この場合、一度、養殖槽 2 に養殖水を引き込み、オゾンを用いることなくオゾン処理水路に通水したものを処理水槽中アンモニアの初期濃度 C_0 [g/L] とすればよい。アンモニアセンサ 12 の応答

性の良否や作業者が直接濃度測定を行う場合の処理に関しても前記の場合と同様に実施可能になる。

[0059] (4) 返送水路内 (d 点) にアンモニアセンサを設置する場合

前記の場合と同様に、一度、養殖槽 2 に養殖水を引き込み、水路を返送させるようにして循環させながら養殖水中のアンモニア濃度 C_0 [g/L] を測定し、この測定結果に応じてオゾン処理が必要であるかを判断すればよい。この場合、前述の場合と同様にオゾン処理時間を算出する処理を行うようにする。

[0060] これらの何れの測定箇所にもアンモニアセンサ 12 を設置してオゾン処理を行う場合でも、オゾン処理終了後に、処理水槽 20 内のアンモニア濃度を測定して実際のアンモニア処理速度を算出し、この値を単独で、又は複数回の結果をデータ格納部 14 に蓄積して平均化する制御や、又は日々の変化を記憶し前日までのその時間帯におけるデータから予測して比較するなどの制御を行って、次回以降の処理時間算出のアンモニア分解速度 v [g/min] として用いることが有効になる。

[0061] 上記のオゾン処理を実施する場合、臭素酸が生じるほどにアンモニアが過度に分解されると処理水の酸化還元電位が著しく上昇する。このことから、臭素酸の発生につながる過剰なオゾンの投入などに対処するためには、処理水の酸化還元電位を ORP 測定装置 22 により測定し、その測定結果に応じて装置本体 1 を停止させるなどの措置を取ることで臭素酸の発生を確実に防止できる。この場合、オゾン処理直後に酸化還元電位を測定することが望ましく、この測定点で測定することで、アンモニアの著しい減少を確認でき、最も感度よく酸化還元電位の変動を検出できる。「オゾン処理直後」とは、例えば、オゾン処理後、オゾン処理された養殖水を通す流路が他の流路と合流する前まで、又はオゾン処理された養殖水に他の成分が添加される前までのことを表し、例えば前述の c 点が該当する。なお、必ずしもオゾン処理直後でなくてもアンモニアの著しい現象を検知することはできるので、ORP 測定装置 22 は、例えば前述の c 点以外の部位に設置されていてもよい。

[0062] さらには、オゾン処理直後の酸化還元電位を測定する場合と同様に、オゾン処理直後に水中のアンモニア量をリアルタイムで測ることにより、この測定結果に基づいてオゾン注入量を能動的に制御し、臭素酸の発生をより確実に防ぐことも可能になる。

[0063] 本発明の循環型養殖方法は、上述した処理を行うことにより、オゾンを用いて魚介類の養殖水中に含まれる有害なアンモニアを、オキシダントや臭素酸を発生させることなく分解除去し、飼育において魚介類の生存に適した水質環境を実現できる。しかも、オゾンによるアンモニア分解だけでなく、海水電解により生成する次亜塩素酸による分解などにも適用が可能である。

[0064] この場合、魚介類の飼育により水中に発生するアンモニア濃度は絶えず変化するが、この濃度をゼロにせず一定値に近づけるように分解処理を行うことで、臭素酸を発生させることを回避しながらアンモニアを分解除去する。これにより、オゾンの投入量が過剰な場合の臭素酸の発生、投入量が少ない場合のアンモニアの蓄積を避けることができる。

[0065] しかも、養殖装置の構造や形状、並びにその配管、pHや温度や溶解物などの処理水質の違いにより臭素酸が発生する可能性が高まるおそれもあるため、あらかじめ様々な条件下において、アンモニア分解速度と臭素酸が発生しない残留アンモニア濃度などを把握しておくことで、臭素酸の発生を確実に防止しながらアンモニアを一定濃度まで低減可能になる。

[0066] アンモニアの測定時には、連続式アンモニア測定器などのアンモニアセンサ12を用いることで時間応答性を向上でき、一方、バッチ式測定などのアンモニア濃度の測定に時間を要する場合や、アンモニアセンサ12の応答性が悪い場合についても、あらかじめ装置本体1ごとに求めたアンモニア分解速度と処理後のアンモニア濃度からオゾン処理時間を算出し、この算出結果に基づいてオゾナイザ13を制御することで過剰なオゾン処理を防止し、確実に臭素酸の発生を抑制する。

また、算出されたアンモニア分解速度のデータをデータ格納部14に蓄積しこれを分析することで、処理水の水質が多少不安定であっても、次回以降

に用いる分解速度に反映してより正確に算出可能になる。

さらに、ORP測定装置22を組み合わせオゾン処理直後の酸化還元電位の変化を測定することで、装置本体1の不具合等により臭素酸が誤発生して臭素酸を含んだ水が発生したときに、その送水を確実に停止することで効果的な臭素酸対策を施すことができる。

[0067] 続いて、本発明の循環型養殖方法の第2実施形態を説明する。なお、以降において、前記実施形態と同一部分は同一符号によって表し、その説明を省略する。

図2においては、装置本体の他例を示し、この装置本体30によりワンパス（一過性）でオゾン処理を実施するものである。ワンパス処理を行う場合の装置本体30の構成はバッチ式の場合と類似しているが、この場合には図1のように処理水槽を設ける必要がなく、養殖槽2から直接養殖水をオゾン処理して養殖槽2へと返送することが可能になる。

図2の装置本体30でアンモニア濃度を測定する場合、e点：養殖槽2内、f点：オゾン処理水路24内の2ヶ所のいずれかまたは両者が測定箇所となる。図2の場合、e点にアンモニアセンサ12を、f点にORP測定装置22を設けた状態を示している。

[0068] (1) 養殖槽内（e点）にアンモニアセンサを設置する場合

この場合、連続式アンモニア測定器などの時間応答性のよいアンモニアセンサ12で測定できる場合には、あらかじめ設定された C_{start} [g/L] を越えた場合に、養殖槽2のアンモニア濃度 C_0 [g/L] を測定しながらオゾン処理を行い、アンモニア濃度が目標濃度 C_{stop} [g/min] に達したときにオゾン処理を停止し、所定の時間待機または定期的にアンモニア濃度を測定してオゾン処理を行う。

[0069] 一方、バッチ式測定などアンモニア濃度の測定に時間を要する場合や、アンモニアセンサ12の応答性が悪い場合には、養殖槽2内のe点のアンモニア濃度を測定し、あらかじめ設定された C_{start} [g/L] を越えた場合に、アンモニア分解速度 v [g/L] からオゾン処理時間 t [min] を算出し

、その算出時間によりオゾン処理を行うようにする。

[0070] (2) オゾン処理水路内 (f 点) にアンモニアセンサを設置する場合

上記の場合と同様に、オゾンが発生させずにオゾン処理水路 24 に飼育水を循環させて養殖槽 2 のアンモニア濃度 C_0 [g/L] を測定し、アンモニアセンサ 12 の値が目標濃度 C_{stop} [g/min] に達するまでオゾン処理を行う。このときのオゾン処理時間 t [min] を算出し、その算出時間により処理を行う。

実施例

[0071] 次に、図 3 に示した循環型養殖装置 (装置本体 40) を用いて実際に魚類を飼育し、魚類から排出されるアンモニア量の制御を検証した。

検証では、養殖槽 2 (内容積 2000 L)、処理水槽 20 (内容積 500 L)、オゾン反応槽 21、オゾン発生器および酸素供給装置 (オゾナイザ) 13、紫外線照射用の UV ランプ 41、活性炭塔 42、中和水槽 43 (内容積 500 L) を組み合わせて処理を行うものとした。これらを使用する目的として、活性炭塔 42 は、オゾン処理によって発生した酸化性物質の除去を行うものであり、この活性炭塔 42 通過後の処理水の酸化還元電位は、通過前に比べて大きく低下し、飼育水の酸化還元電位との差が少なくなる。中和水槽 43 は、処理水を養殖槽 2 へと返送する前に、オゾン処理により変化した pH や酸化還元電位を NaOH と HCl、アスコルビン酸などの薬剤を滴下し、かつ養殖槽 2 の飼育水の一部を混合して、養殖槽 2 の水質に近づけるように調整するために用いるものである。これらにより、処理水の養殖槽 2 中の魚貝類への影響を極小化している。

[0072] この装置本体 40 による養殖水の処理を行う際には、先ず、人工海水に塩化アンモニウムを添加して、この装置本体 40 のアンモニア分解速度と臭素酸の発生が始まる少し手前のアンモニア分解濃度を求めた。このときの人工海水の pH は 8.2 であり、数回の試験による得られたアンモニア分解速度 v は約 17.7 [mg/L]、アンモニア分解濃度は約 1 [mg/L] であった。そこで、この値に余裕率 1.5 倍として目標アンモニア濃度 C_{stop} を

1. 5 [mg/L] と定め、この値を用いて装置を運転して飼育試験を行った。余裕率は、臭素酸が発生しないなるべく安全な値に設定すればよく、例えば先に求めたアンモニア残留濃度の 1～2 倍とすればよい。

[0073] 続いて、養殖槽 2 に人工海水 1800 L を入れ、この養殖槽 2 の中に共試用の水生生物としてヒラメ (350 g × 20 尾 = 計 7 kg) を 20 尾入れ、2 週間 (14 日) の飼育期間により飼育した。飼育中はエアポンプを使って養殖槽 2 内に散気し、水温はエアコンを用いて 20℃ の一定に状態になるようにした。ヒラメへの給餌には固形飼料 (EP) を用い、一日あたり総魚体重の 0.5% の量の固定飼料を給餌した。

[0074] オゾン処理時間は 9:00～17:00 までの日中とし、6 バッチ/日、10～20 分間/バッチ、1 バッチあたりの水量を 300 L とした。17:00～9:00 までの夜間には給餌することなく、散気のみを行うようにした。これらの条件で養殖装置を稼働させながらヒラメを飼育し、2 週間後のヒラメの生残率と成長およびアンモニア量の変化を求めた。

[0075] 表 1 においては、バッチ処理後の各バッチ数における測定値を示している。表中、A: 処理槽における処理前のアンモニア濃度 [mg/L]、B: 目標濃度アンモニア濃度 1.5 [mg/L] と予め求められたアンモニア処理速度から求められたオゾン処理時間 [sec]、C: 処理槽における処理後のアンモニア濃度 [mg/L]、D: 当該バッチでのアンモニア濃度変化から計算されたアンモニア分解速度 [mg/min] の結果をそれぞれ示す。

[0076] この場合、B のオゾン処理時間 [sec] は、前述した (式 1: オゾン処理時間 t [min] = $V \times (C_0 - C_{stop}) / v$) より計算された値であり、制御装置 10 への入力値である。D のアンモニア分解速度 [mg/min] は、A: 処理水槽における処理前のアンモニア濃度 [mg/L] に依存した関数である。この場合の関数は、定数や多項式で表され、事前の測定で求めた時間当たりのアンモニア減少量をそのまま当てはめてもよいし、装置本体 1 の構成やオゾン処理条件などの装置関数だけでなく、飼育魚介類の給餌量や総魚体重、適正給餌量、暗期/明期の時間などの飼育条件に依存した

関数とすることもできる。このうち一部の値は文献などから引用することもできる。この表ではDの1バッチ目のアンモニア分解速度は、直近（前日）のデータを使用しており、2バッチ目以降はその前のバッチで得られた実際の分解速度を算出して、次のオゾン処理時間の計算に使用した。

[0077] [表1]

バッチ数	A (実測値)	B (計算値=入力値)	C (実測値)	D (実測値)
	処理水槽における 処理前のアンモニア 濃度 [mg/L]	オゾン処理時間 [sec]	処理水槽における 処理後のアンモニア 濃度 [mg/L]	アンモニア分解 速度 [mg/min]
1	2. 6 6	1 1 6 2	1. 5 4	1 7. 6 6
2	2. 5 5	1 0 6 6	1. 5 8	1 7. 7 3
3	2. 4 3	9 4 7	1. 5 8	1 7. 8 0
4	2. 3 4	8 4 7	1. 5 7	1 7. 8 6
5	2. 2 6	7 6 3	1. 5 7	1 7. 9 1
6	2. 2 2	7 2 7	1. 6 1	1 7. 9 3

[0078] 表1の結果より、処理水槽20にアンモニア濃度2. 22～2. 66 [mg/L]の養殖水を引き込んだ場合、オゾン処理後にはアンモニア濃度1. 54～1. 61 [mg/L]に低下した。しかも、目標値であるアンモニア濃度1. 5 [mg/L]を下回らないように処理を行っていることで臭素酸の発生を確実に抑えることができた。

[0079] 図4においては、測定日の9:00及び17:00の段階での養殖槽のアンモニア濃度を示している。それぞれの日において、夜間（17:00～9:00まで）はオゾン処理をしないため、アンモニアが蓄積して翌日の9:00の測定値が上がり、その日の日中（9:00～17:00まで）はオゾン処理を行っているため、アンモニアが減少して当日17:00段階での測定値が下がったことが確認された。

[0080] 2週間後にはアンモニア濃度がおよそ2. 5 [mg/L]になり、この2週間に及ぶオゾン処理によってアンモニア量を約2～2. 5 [mg/L]のほぼ一定量に制御できた。この実施例では、処理水槽20でアンモニア濃度1. 5 [mg/L]を目標として処理を行い、バッチごとには目標値に近いアンモニア濃度が得られた。ただし、一日あたり6バッチしか行っていないた

め、養殖槽 2 でのアンモニア濃度はバッチごとの目標値よりも高い値となった。バッチ数を増やすことで、養殖槽 2 のアンモニア濃度もバッチごとの目標アンモニア濃度に近づけることができる。

[0081] 2 週間経過後にも、飼育されている水生生物であるヒラメは、20 尾体すべて生残する結果となった（生残率 100%）。表 2 においては、水生生物の成長性および飼料効率を示す。表中において、「数」は測定固体数、「効率」は飼育効率を表している。

[0082] [表2]

区分	数	全長(mm)			体長(mm)			湿重量(mm)			効率(%)
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
開始時	20	335	297	311	282	242	260	399.8	311.1	358.3	-
終了時	20	343	305	322	292	252	269	440.7	330.3	391.4	96.98

[0083] 表 2 の結果より、2 週間の飼育で全長が 3.5%、体長が 3.5%、湿重量が 9.2% 増加しているだけでなく、飼料効率が 96.98% であることから、ヒラメはほぼ餌を残さずに食べていることも判った。

これらのことから、本発明の養殖方法により養殖することで、魚介類を問題なく飼育、かつ成長させることができることが明らかとなり、この養殖方法及び養殖装置の有効性が実証された。

符号の説明

- [0084] 1、30 装置本体
- 2 養殖槽
- 3 処理部
- 10 制御装置（制御手段）
- 11 分解処理手段
- 22 ORP 測定装置

請求の範囲

- [請求項1] 水生生物が飼育された循環型養殖槽の養殖水を養殖装置本体で処理する方法であって、予め養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理するときのアンモニア分解速度を求めるとともに、分解処理後の目標アンモニア残存量を設定する第1ステップと、処理しようとする養殖水中のアンモニア量を求め、このアンモニア量から前記第1ステップの目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時間を前記第1ステップのアンモニア分解速度から演算する第2ステップと、前記第2ステップで演算した処理時間で養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理して養殖水中のアンモニアを分解処理する第3ステップと、前記第3ステップで分解処理した養殖水を前記養殖槽に戻す第4ステップとを有することを特徴とする循環型養殖方法。
- [請求項2] 前記アンモニア分解速度を所定の構成の前記装置本体に対して求め、このアンモニア分解速度により前記第2ステップ以降のステップで前記装置本体によりアンモニアを分解処理するようにした請求項1に記載の循環型養殖方法。
- [請求項3] 前記第2ステップ～第4ステップまでの2回目以降の分解処理時に、アンモニア分解速度として前回までの結果をフィードバックした値を用いるようにした請求項1又は2に記載の循環型養殖方法。
- [請求項4] 前記第2ステップ～第3ステップまでによる分解処理後の養殖水のORPを測定し、その測定値が予め設定した設置値に達したときに分解処理を停止するようにした請求項1乃至3の何れか1項に記載の循環型養殖方法。
- [請求項5] 水生生物を飼育する循環型養殖槽と、この養殖槽から抜き出した養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理した後に前記養殖槽に戻す処理部とを有し、この処理部は、アンモニアの分解速度と分解処理後の目標アンモニア残存量を設定し、処理しようとする養殖水中のアンモニア量から目標アンモニア残存量まで低減させるために必要な処理時

間を演算する制御手段と、養殖水をオゾン又は次亜塩素酸により処理して養殖水中のアンモニアを分解処理するための分解処理手段とを有することを特徴とする循環型養殖装置。

[請求項6] 前記分解処理手段により処理した養殖水のORPを測定するORP測定装置を設けた請求項5に記載の循環型養殖装置。