

判定基準：2.6 底生生物への影響

主な検討事項

この基準はASCが設立した技術作業部会（TWG）の支援を受けて作成されました。海面養殖における生け簀と軟体動物の要件改訂案と淡水養殖（湖と貯水池）における生け簀の推奨アプローチについて、2022年3月から4月にかけて60日間のパブリックコンサルテーションが実施されました。改訂された要件は、現在、さらなるフィードバックを得るために、再度協議のために示されています。技術作業部会（TWG）はこのフィードバックをもとに、判定基準2.6 底生生物への影響の、最終要件を策定する予定です。

海面生け簀養殖:

過去の協議で得られた意見をもとに、海面養殖の要件の提案範囲を拡大し、汽水域の養殖も取り入れられました。海面や汽水域で生け簀を使用する養殖場のために改訂された指標要件は、3段階のサンプリングアプローチに基づいて提案されています。このアプローチは、養殖場のコンプライアンス負担を軽減すると同時に、養殖場が底生生物に与える影響についての理解を深めることを目的としています。このアプローチでは、養殖場がTier 1 またはTier 2の初期結果が設定された制限を満たさない場合、より詳細な底生生物分析を実施することになります。逆に、Tier 1の制限を満たしている養殖場は、追加の分析を行う必要がなく、そうすることで、この基準は優れた養殖場管理に報いることができます。サンプリングプログラムでは、3つの生態学的品質状態（EQS）モニタリングゾーン内にモニタリングステーションを設置することが義務づけられています。海面/汽水生け簀方式の養殖におけるEQSを数値的に分類するための指標として、様々な生物学的・非生物学的指標が選ばれています。

提案された段階的アプローチは、有機濃縮が底生生物の生息環境、生物多様性、生態系機能に及ぼす影響をモニタリングするための主要な指標として、全遊離硫化物 (S^{2-}) 測定を用いるものです。表層堆積物中の S^{2-} 測定については、他の分析法と比較して比較的簡便であることからイオン選択電極法（ISE法）が標準的な測定法となっていますが、ISE法は分析の頑健性が低いとの指摘が多数なされています。そのため、改訂された要件では、紫外線分光法（ S^{2-} -UV）の使用を推奨しています。そのため、改訂された要件では、紫外線分光法（ S^{2-} -UV）の使用を推奨しています。

底生動物の有機物濃縮に関する国際的な規制モニタリング基準の中には、すでに改訂版ASCの要件の目標を満たしているか、あるいは超えているものもあります。したがって、事業者がASCの改訂要件を超えると判断した場合、ユーザー定義の特定の底生生物モニタリングプログラムを提出できるような柔軟性が提供されます。ASCは、社内外の専門家によるレビューを通じて、提案されたユーザー定義の特定モニタリングプログラムがASCの厳しい要件を満たしているかどうかを判断します。しかしながら、事業者は、例外的で十分に文書化された場合に限って、ユーザー定義の特定モニタリングプログラムの承認により、底生生物有機濃縮モニタリングの全ての必須要件に対応する多階層モニタリングシステムを採用することが奨励されます。

海洋軟体動物の垂下養殖:

軟体動物養殖場のモニタリングのための改訂された要件は、生け簀隣接地のサンプリングとは対照的に、養殖場境界内の有機濃縮の影響を検出することにサンプリングの労力を集中する点を除き、海面/汽水生け簀養殖の要件と多くの類似点を示しています。改訂された要件では、同様の段階的なサンプリングと分析方法、およびさまざまな生物学および生物学的指標を利用しています。サンプリング設計では、「勾配」サンプリングアプローチを利用し、海底サンプルが養殖場境界を横切って伸びるトランセクトに沿って、10m 離れた地点で収集されます。3年連続で許容可能レベルの結果を出した海洋軟体動物垂下養殖場は、養殖方法に大きな変更がない限り、サンプリングを5年に1回に減らすことができます。

海面/汽水生け簀養殖と同様に、ASC の改訂要件を超えていると判断される場合、海洋軟体動物養殖事業者が、ユーザ定義の特定の底生生物モニタリングプログラムを提出できるよう、柔軟性が提供されています。

前回の協議で寄せられた意見を考慮し、これらのシステムの要件が改訂され、養殖場がハードボトム上に位置する状況での進め方についてより詳細な説明がなされています。同様に、必要なサンプリングのトランセクトの位置と方向、基準地点の位置についても、より詳細な情報が提供されています。

湖沼・貯水池の生け簀養殖：

海面及び汽水域での養殖に対する提案と同様に、湖と貯水池の生け簀に対する要件の提案では、段階的なサンプリング、EQS分類、底生生物の直接モニタリングが盛り込まれています。しかし、ASC

養殖場基準が有効になってからの最初の3年間は、許容可能な底生動物の状態（指標 2.6.2）を満たすという要件に対するコンプライアンスは要求されません。現在、ASC の淡水関連の既存基準の中に、底生動物の要件を含むものはありません。この理由の一つは、淡水養殖の多様性により、基準化された底生動物の要件を開発することが困難であるためです。また、淡水養殖の環境影響に関する研究のほとんどが底生動物の影響よりも水質に重点を置

ているため、科学的文献が相対的に不足しており、このような要件の策定を妨げています。ASC

は、この提案は湖や貯水池における水産養殖の影響を審査する上で一歩前進であると考えています。その中で、養殖場は基準のモニタリングと報告要件（指標 2.6.1 と 2.6.3）を遵守する必要があるため、この期間に作成される情報は、湖と貯水池における養殖の影響をより良く理解するために役立つ、有意義な知識とデータを提供することが期待されます。同様に、これらの情報は、業界がこれらのシステムに対する影響を緩和するのに役立つという長期的な目標を持って、提案された要件を支持または修正するために使用されます。

河川に排出される淡水養殖：

TWG は、河川に排出される淡水養殖への現行の要件（ASC 淡水マス基準および ASC サケ基準 のセクション 8）による、放流先下流と上流の受け入れ水域における大型無脊椎動物調査）を維持することを提案しています。

TWG による海面養殖に関する指標の要件改訂提案の根拠となる情報については、Whitepaper on Standards for Aquaculture Impacts on Benthic Habitat, Biodiversity and

Ecosystem Function 「[底生生物の生息地、生物多様性、生態系機能に対する水産養殖の影響に関する基準に関する白書](#)」を参照してください。

適用範囲 判定基準

2.6 : 海面、淡水域の湖沼、貯水池、または軟体動物の垂下養殖で生け簀を使用しているすべての認証単位 (UoC)

根拠

最も一般的に使われている水産養殖生産システムは、有機物（例：糞、食べ残しの飼料）と、時には重金属（例：処理した網からの銅）

を含む廃水を排出します。排出の仕方は様々ですが（分散型 vs 点源型）、いずれも受け入れ側の生態系の構造と機能に悪影響を与える可能性があります。

有機物の堆積が、受け入れ環境の同化能力を超える速度で起こると、堆積物の化学的・物理的組成に変化が生じ、その結果、動物性・埋在性底生生物コミュニティに負の影響を与える可能性があります。これらの影響の程度は、操業場から放出される有機物の量、水域の特性、底生生物コミュニティの自然分解能力によって決まります。しかし、うまく管理されれば、堆積の速度は自然の好気性分解速度の範囲内に保たれ、それによって底生動物の影響を最小限に抑えることができます。

意図 - 養殖場周辺地域の生態系の構造と機能を維持します。

指標	
指標2.6.1	<p>認証単位 (UoC) は、付属資料1に概説されたモニタリング制度に従い、有機物の濃縮について海底をモニターしなければならない。¹</p>
指標2.6.2	<p><i>指標範囲</i> : 海面生け簀および海洋軟体動物の垂下養殖</p> <p>認証単位 (UoC) は、付属資料1に記載された養殖場周辺地域の底生動物の許容可能な状態を満たすものとする。</p>

報告に関する指標	
<p>指標2.6.3</p> <p>報告用シンボル</p>	<p>認証単位 (UoC) は、付属資料2に従い、また ASC のウェブサイトに掲載されているテンプレートを用いて、周辺地域の</p>

¹ 「ハードボトム」に分類される地域で操業する養殖場は、今回の改定の対象外。「ハードボトム」分類に入ることを裏付けるためには、ボトムビデオやその他、証拠の提出が必要となる。

² 湖と貯水池で生け簀を操業する養殖場は、取得した ASC 養殖場基準が有効である限りその最初の3年間、養殖場周辺地域の底生生物の要件（指標 2.6.2）へのコンプライアンスは、必ずしも必要ではない。ただし、モニタリング（2.6.1）及び報告（2.6.3）要件へのコンプライアンスは、ASC 養殖場基準が発効した初日から、要求される。

	EQS	カテゴリーについて毎年 に報告しなければならない。	ASC
--	-----	------------------------------	-----

付属資料1：底生生物モニタリング制度

イントロダクション

この付録では、ASCの底生生物モニタリング制度の基準要件を説明しますが、ユーザー定義の底生生物モニタリング制度のオプションも含まれています。

セクション1.1 -生態学的品質状態（EQS）システムとカテゴリー

有機濃縮の影響に関連して一貫した判断を下すために、底生大型動物相コミュニティの健全性/生態学的状態を総合的に表す特定の生物学的・非生物学的品質要素に基づいて、生態学的品質状態（EQS）カテゴリーが定義されています。EQS

カテゴリーシステムは、科学文献で広く報告されており、現在、複数の国で規制用の堆積物審査を行う際に使用されており、現在の

ASC基準の一部（例：サケ基準）を支えています。EQSのカテゴリーは、関連する大型魚類群集の基準化された記述を用いて定義されています（表1）。

表1:5つの生態学的品質状態（EQS）カテゴリーごとの底生大動物群集についての説明

EQSのカテゴリー	定義
High Status	攪乱がない、または非常に小さい： 魚種の豊富さ、繁栄度、多様性が高く、影響を受けやすい分類群が優勢である。日和見分類群は、存在しないか、存在してもごくわずか。地球化学的品質要素は、低い遊離硫化物毒性を持つ好气的条件を示唆している。
Good Status	軽度の攪乱： 無脊椎動物分類群の多様性と豊度のレベルはやや低い傾向にある。影響を受けやすい分類群のほとんどが存在するが、減少気味。日和見分類群も存在するが、その数はごくわずか。地球化学的品質要素は、遊離硫化物レベルのわずかな増加を伴う好気性の堆積物条件を示唆している。
Moderate Status	中程度の攪乱： 無脊椎動物分類群の多様性と豊度は、ある程度減少している。影響を受けやすい分類群は、ごく微量存在するか、あるいはまったく見られない。耐性のある分類群と一次的な日和見分類群が共存している。地球化学的な品質要素は、敏感な分類群とそうでない分類群に致死的であることが知られている遊離硫化物レベルの嫌気状態の中程度の増加を示している。

Poor Status	大きな攪乱： 生物学的品質要素の値が大きく変化している証拠が見られる。多様性は大幅に減少し、影響を受けやすい分類群とそうでない分類群は、ごく微量存在するか、あるいはまったく見られない。耐性のある分類群は、一次の日和見分類群よりも劣勢である。地球化学的品質要素は、ほとんどの分類群にとって致命的な嫌気性条件と硫化物濃度の大幅な増加を示している。
Bad Status	深刻な攪乱： 生物学的品質要素の値に深刻な変化の証拠があり、通常の乱されていない状態に関連する生物群集の大部分が欠落している状態。一次の日和見分類群が優勢であるが、その量は大幅に減少している。地球化学的品質要素は、すべての分類群にとって致命的な硫化物濃度の深刻な増加を示している。

セクション 1.2 - 有機濃縮を示す指標の閾値と対応する EQS カテゴリー

有機濃縮を示す非生物学的・生物学的指標のモニタリングデータを解釈するためには、表 1 に示した 5 つの EQS カテゴリー（High, Good, Moderate, Poor, Bad）の数値的境界が必要です。表2は、一般的に採用されている多くの有機濃縮指標について、この数値的境界、すなわち指標の閾値を定義したものです。

表2：.EQSの5つのカテゴリー（表1）ごとに設定された、非生物学的及び生物学的な指標の閾値

有機濃縮の指標	EQS カテゴリーごとの指標閾値と数値の境界線				
	High Status	Good Status	Moderate Status	Poor Status	Bad Status
総遊離硫化物 (S^2 ; μM)*	0~75	75~250	250~500	500~1100	>1100
酸化還元電位 (Eh_{NHE})	>0		0~-100	-100~-150	<-150
pH**	>7.5		7.1~7.5	6.8~7.1	<6.8
全アンモニア性窒素** (TAN; mg/L)	NA	NA	1.9***	NA	NA
リッチネス (S%; 最大S に対しての%)	>80	50~80	35~50	15~35	<15
日和見分類群 (GrV ; %)	<20	20~40	40~60	60~80	>80
多毛類/両生類比率 ($BPOFA$)	<0.031	0.031~0.126	0.126~0.187	0.187~0.237	>0.237

AZTIの海洋生物指標 (AMBI)	<1.2	1.2~3.0	3.0~3.9	3.9~4.8	>4.8
多変量 AMBI (M-AMBI)	>0.83	0.83~0.59	0.59~0.47	0.47~0.35	<0.47
底生動物の生息地の質 (BHQ)	8~15	6~8	4~6	2~4	<2
簡易版リッチネス (S ₅₀)	>16	11.7~16	7.5~11.7	5.4~7.5	<5.4
底生動物の質指標 (BQI)	>16.0	12.0~16.0	8.0~12.0	4.0~8.0	<4.0
底生動物の質指標 (BQI-family)	>20.8	9.2~20.8	5.7~9.2	1.9~5.7	<1.9
ベンティックス	>0.67	0.5~0.67	0.42~0.49	0.33~0.41	<0.33
ノルウェー品質指数 (NQI1)	>0.86	0.68~0.86	0.43~0.68	0.20~0.43	<0.20
ノルウェー感度指数 (NSI)	>27.4	23.1~27.4	18.8~23.1	10.4~18.8	<10.4
指標となる魚種指数 (ISI ₂₀₁₂)	>9.6	7.5~9.6	6.2~7.5	4.5~6.2	<4.5
エンリッチメントステージ (ES)	1	2	3~4	4~5	6~7

* 紫外分光光度計で測定

** 淡水湖にのみ使用される。

*** At pH 7 and 20°Cその他の pH および/または温度については、1.7 節、表 10 の依存値を参照。

セクション 1.3 - 底生生物モニタリングの空間的規模と、コンプライアンスを決定する枠組み

A. 海面/汽水生け簀養殖:

EQS

モニタリングの3つのゾーンと養殖場周辺の参照ゾーンのそれぞれにサンプリング場所を設置すること。(図1)

モニタリングの結果、各モニタリングゾーン内で高水準 EQS が決定されない場合（例えば、底生生物の状態が許容レベルであるなどの場合）、表3を使って、底生生物の状態が許容レベルか非許容レベルか判断してください。

表3：海面生け簀の「許容レベル」（2.6.2）に該当する底生生物の状態として考えられる3つのシナリオと、「非許容レベル」の底生生物の状態の2つの例

	モニタリングゾーン (図1)*	要求されるサンプリングと養殖場（生け簀の端）からの距離**	試料分析結果- モニタリングゾーンごとのEQSカテゴリ —	底生生物の状態
シナリオ 1	EQS モニタリングの 1、2、3と養殖場 周辺の参照ゾーン	ゾーン1：30 m	Moderate Status かそれ以上	許容レベル
		ゾーン2：100 m	Good Status かそれ以上	
		ゾーン3：150 m	High Status	
		参照ゾーン：500 m	High status	
シナリオ 2	EQS モニタリングの 1、2、3と養殖場 周辺の参照ゾーン	ゾーン1：30 m	Moderate Status かそれ以上	許容レベル
		ゾーン2：100 m ゾーン3：150 m	Good Status	
		参照ゾーン：500 m	Good Status	
シナリオ 3	EQS モニタリングの 1、2、3と養殖場 周辺の参照ゾーン	ゾーン1：30 m ゾーン2：100 m ゾーン3：150 m	Moderate Status	許容レベル
		参照ゾーン：500 m	Moderate Status	
シナリオ 4	養殖場ゾーン1、 2と3	ゾーン1：30 m ゾーン2：100 m ゾーン3：150 m	Poor Status あるいは Bad Status	非許容 レベル
シナリオ 5	参照ゾーン	参照ゾーン：500 m	Poor Status あるいは Bad Status	非許容 レベル

*Tier1、2、3の各サンプリングが実施されているかどうかにより、各ゾーン内に1から4のサンプリング地点が存在する。

**ゾーン1、2、3のEQS区分は、この欄に示された養殖場までの距離によって決定すること。

B. 淡水湖の生け簀養殖

サンプリング地点は、2つの養殖場モニタリングゾーンとリファレンスゾーンにそれぞれ設定するものとする。(図2)

表4：淡水湖の生け簀養殖において、底生生物の状態が「許容レベル」とされる3つのシナリオと、「非許容レベル」とされる2つの例

	モニタリングゾーン (図2)	要求されるサンプリングと養殖場(生け簀の端)からの距離**	試料分析結果-モニタリングゾーンごとのEQSカテゴリ	底生生物の状態
シナリオ1	養殖場ゾーン1、2と参照ゾーン	ゾーン1：30 m	Moderate Status かそれ以上	許容レベル
		ゾーン2：100 m	High Status	
		参照ゾーン：150 m	High Status	
シナリオ2	養殖場ゾーン1、2と参照ゾーン	ゾーン1：30 m ゾーン2：100 m 参照ゾーン：150 m	Good Status	許容レベル
シナリオ3	養殖場ゾーン1、2と参照ゾーン	ゾーン1：30 m ゾーン2：100 m 参照ゾーン：150 m	Moderate Status	許容レベル
シナリオ4	養殖場ゾーン1、2	ゾーン1：30 m ゾーン2：100 m	Poor Status あるいは Bad Status	非許容レベル
シナリオ5	参照ゾーン	参照ゾーン：150 m	Poor Status あるいは Bad Status	非許容レベル

*各ゾーン内に、Tier1またはTier2/3のどちらのサンプリングが実施されているかに応じて、1または4のサンプリング地点があります。

**ゾーン1および2のEQS区分は、この欄に示された養殖場までの距離で達成されなければなりません。

C. 海洋性軟体動物の垂下養殖:

サンプリング地点は、養殖場境界の内側30m（養殖場モニタリングゾーン）から境界の外側30m（リファレンスゾーン）までのトランセクトに沿って設定されます。（図3）

表5:海洋性軟体動物の垂下養殖では「許容レベル」（2.6.2）となるような底質の状態の3つのシナリオと、「非許容レベル」の底質の状態の2つの例が考えられます。

	モニタリングゾーン（図3）	要求されるサンプリングと養殖場（生け簀の端）からの距離	試料分析結果-モニタリングゾーンごとのEQSカテゴリー	底生生物の状態
シナリオ1	養殖場と参照ゾーン	養殖場境界線の内側 0m、10m、20m、及び30m	Moderate Status かそれ以上	許容レベル
		参照ゾーン：養殖場境界線から 10m、20m及び30m 外側	High Status	
シナリオ2	養殖場と参照ゾーン	養殖場境界線の内側 0m、10m、20m、及び30m	「Moderate」か「Good」	許容レベル
		参照ゾーン：養殖場境界線から 10m、20m及び30m 外側	Good Status	
シナリオ3	養殖場と参照ゾーン	養殖場境界線の内側 0m、10m、20m及び30m	Moderate Status	許容レベル
		参照ゾーン：養殖場境界線から 10m、20m及び30m 外側	Moderate Status	
シナリオ4	養殖場ゾーン	養殖場境界線の内側 0m、10m、20m及び30m	Poor Status あるいは Bad Status	非許容レベル
シナリオ5	参照ゾーン	参照ゾーン：養殖場境界線から 10m、20m及び30m 外側	Poor Status あるいは Bad Status	非許容レベル

セクション 1.4 – サンプリングの時期

A. & B. サンプリングの時期 - 海面/汽水生け簀養殖

サンプリングは、底生生物への影響が最も大きいと予想される期間、すなわち、最悪のシナリオの時に、行わなければなりません。この期間は、給餌のピーク時、バイオマスのピーク

時、収穫時、または廃棄物の分解プロセスが最も急速に進む最高水温の期間に発生する可能性があります。養殖場は、給餌量またはバイオマス量がピークに達する時、最高水温の時間などバイオマスのピーク時の情報を提供しなければなりません。この予備情報に基づいて、以下のモニタリング要件のいずれかが適用されます。

- サンプルリングは、施設での各生産サイクルの最終年に、底生生物への影響が最も高くなると養殖場が算出する予測に基づき、給餌のピーク後、バイオマスのピーク後、または最高水温後30日以内に、実施されなければなりません。
- 同年内に給餌量やバイオマスのピークが複数回発生する場合は、年間の推定最高水温から2週間以内にサンプルリングを行わなければなりません。
- 収穫前の数ヶ月間にバイオマスが維持されていた場合、サンプルリングは最終収穫日から2週間以内に行わなければなりません。

C. 海洋性軟体動物の垂下養殖

- 単一のコホートを有する軟体動物養殖場では、サンプルリングは生産最終年にバイオマスのピーク後30日以内に実施します。
- 複数の生産サイクルを持つ軟体動物養殖場（複数のコホートが存在し、バイオマスのピークが複数回発生する可能性がある）では、毎年、推定最高水温の時点から30日以内に調査を行います。

3年間一貫した結果を実証した後、単一または複数のコホートを持つ養殖場は、養殖法に大きな変更がない限り、サンプルリングを5年に1回に減らすことができます。

セクション 1.5 – 段階的サンプルリングアプローチ

底生生物モニタリング制度では、リスクまたは予備的なモニタリングデータに関連して、サンプルリング箇所の数とサンプル分析の複雑さが増加する段階的なプロセッサプローチを採用しています。養殖場事業者は、養殖場の過去の実績に基づいて、以下のモニタリング段階のいずれかでモニタリングを開始することを決定することができます。

モニタリングとサンプルリング分析は、養殖場を所有する企業から独立した担当者、または地域/国の規制当局から承認された担当者によって実施されることこの作業に従事する者は、トレーニングを受け、改訂された要件の下で採用されたすべての必要な方法論と技術の使用における能力と熟練を実証することが要求されます。

A. サンプルリングプロトコル – 海面/汽水生け簀養殖

Tier 1

- 養殖場（生け簀範囲の端）から30、100、150メートルの4つの異なるサンプルリング場所と参照ゾーンで、優勢な潮流方向に向かって、3連の堆積物サンプルを採取しなければなりません。
- 各堆積物サンプルは、セクション1.7 に示された迅速な野外分析法を用いて、深さ 0~2 cmの表層堆積物から、全遊離硫化物（ S^{2-}

の場合、各サンプリング地点で3回実施し、合計9回）、並びに、酸化還元電位（*Eh*:
の場合、各サンプリング地点で1回ずつ実施し、合計3回）を、調査船上で直ちに分析しなければなりません。

- 堆積物サンプルは、調査船上で直ちに分析され、結果が解釈されます。結果を解釈するために、9つの S^{2-} と3つの*Eh*分析の平均値を表2と比較してEQSカテゴリーを特定し、表3と比較してEQSカテゴリーがすべてのEQSモニタリングゾーンで底生生物の状態を許容できるかどうかを判断します。
- 堆積物サンプルの分析結果が、各モニタリングゾーンにおいて許容可能な底生生物の状態を示している場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 3つのゾーンのいずれかで非許容レベルの底生生物の状態と決定された場合、直ちにTier 2 モニタリングを適用しなければなりません。

Tier 2

- 堆積物サンプルの採取と分析はTier 1と同様に実施しますが、3つの追加方向で行わなければなりません。
- 堆積物サンプルの分析結果が³許容可能な底生生物の状態を示している場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 3つのゾーンのいずれかで底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、底生生物群集の影響のリスクは高いと推定され、認証単位 (UoC) は生物指標モニタリングを採用することにより、空間的影響をさらに特徴付けるために、直ちに第3段階モニタリングを適用しなければなりません。

Tier3

- Tier 2の説明と同じ場所で、3連の採取サンプルを集めなければなりません。
- 採取したサンプルは、1.0mmのメッシュでスクリーニングし、すべての生物を分類学的分析のために保存しなければなりません。
- グラブサンプルは、表2の3種類の生物学的指標について分析しなければなりません。
- 3種類の生物学的指標の分析結果を表 2 と比較し、モニタリングゾーンごとに支配的な EQSカテゴリーを決定すること。⁴
- 各モニタリング区域の支配的な EQSカテゴリーが底生生物の状態が許容レベルにあることを示す場合、追加のモニタリングは必要

³指標およびモニタリングゾーンごと36個のデータポイントから算出した平均値を指す。各ゾーン4つのサンプリング地点から、3回サンプルをとり、得られたデータについて更に3回の分析反復を行う。

⁴ モニタリングゾーン内の12のEQSカテゴリー（3つの生物指標×4つのサンプリング地点）のうち、支配的なもの、すなわち6つ以上がモニタリングゾーンのEQSカテゴリーを決定する。例えば、「Moderate」のEQSが6つ、「Poor」のEQSが6つの場合、優勢なEQSは「Moderate」とみなすことができる。（表3によれば、ゾーン1の底生動物の状態は許容レベルとなる。）「Moderate」の状態のEQSが5つ、「Poor」のEQSが7つの場合、支配的なEQSはPoor Status（表3によるとゾーン1の底生動物の状態は非許容レベル）となります。

ありません。

- 3つのモニタリングゾーンのいずれかで底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、養殖場から 500m 離れた参照ゾーン（生け簀配列の端）のグラブサンプルの結果が低いEQSを提供しない限り、養殖場は指標 2.6.2 に不適合になります。基準サンプリング地点の指標モニタリングデータは、その養殖場に適用される参照ゾーンEQSを決定するために使用されます。例えば、参照ゾーンが「Moderate」と表示された場合、ゾーン1、2、3の同カテゴリーは許容レベルです。改訂が提案されている指標要件に基づき、参照ゾーンが「Poor」または「Bad」の判定を受けてしまうと、認証は受けられません。
- ある養殖場の底生動物の影響が他の養殖場と重複する可能性がある場合（例：参照ゾーンが隣接する養殖場の 200 m 以内にある）、重複するトランセクトの位置や方向は、養殖場の相互作用を回避するために調整することができます。乾いた土地と交差するようなトランセクト/サンプリングステーションも同様です。また、トランセクトに沿って水深が急激に変化する場所では、サンプリングを行わないよう、トランセクトの方向を変更することもあります。どのような場合でも、4つのサンプリングトランセクトが必要で、それぞれができるだけ90度に近い角度で配置されます。

各モニタリング階層は表6にまとめられています。

表6海面/汽水生け簀養殖の底生生物モニタリング制度-段階的審査アプローチ

Tier	説明	指標	サンプリング地点
Tier 1	迅速なスクリーニング ：有機濃縮による影響のリスクを判断するために、実用的でほぼリアルタイムの生物学的測定を用いた低コストの養殖場への影響のスクリーニング。	S^{2-} と Eh	30、100、150、500 mの距離で、優勢な潮流方向に向かって
Tier 2	影響の描写 ： 実用的なモニタリングツールを用いて、養殖場周辺の非生物的影響の空間的分析を強化する。	S^{2-} と Eh	Tier 1と同じ場所に加え、さらに3方向の追加サンプリングを含む。
Tier 3	生物学的な影響 養殖場周辺の生物学的影響の特徴を包括的に把握する。	表2からの3つの生物学的指標	Tier 1及びTier 2と同じ場所

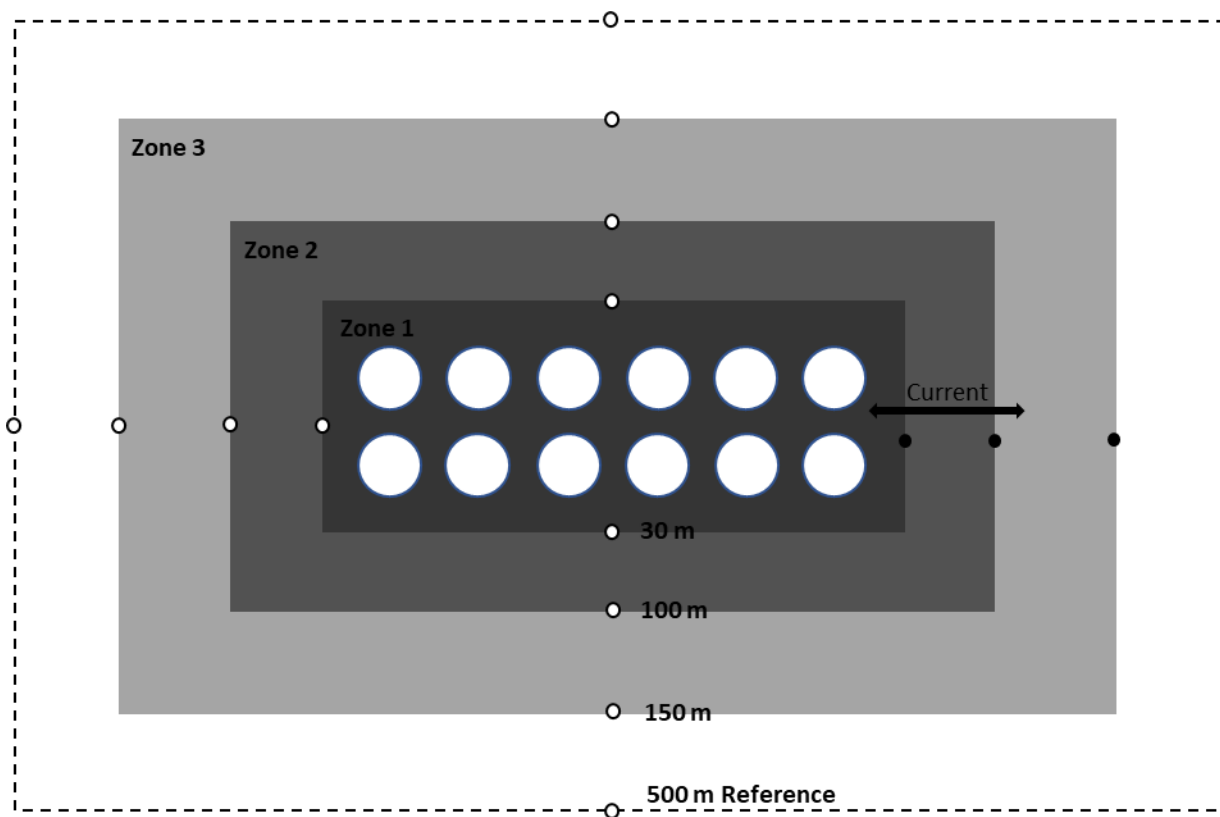


図1：海面生け簀のモニタリング制度におけるTier1（●）、Tier2（●及び○）、Tier3（●及び○）のサンプリング場所とEQSゾーンの模式図。EQSモニタリングゾーンは、各ゾーンの外側の境界に位置するサンプリングサイトで示されている。EQSモニタリングゾーンは、各ゾーンの外側の境界に位置するサンプリングサイトで示されている。

B. サンプリングプロトコル – 軟体動物の垂下生け簀養殖

Tier 1

- 2カ所の異なるサンプリング地点のそれぞれで、合わせて3連の堆積物サンプルを採取しなければなりません。例えば、養殖場（生け簀配列の端）から30mの地点、次に100mの地点、そして、もう1カ所の参照ゾーンで、サンプル摂取を行います。
- 各堆積物サンプルは、セクション1.7 に示された迅速な野外分析法を用いて、深さ 0~2 cmの表層堆積物から、酸化還元電位、pH、全アンモニア性窒素（TAN）3つの指標それぞれについて、各サンプリング地点で1回ずつ実施し、合計9回、直ちに分析しなければなりません。
- 堆積物サンプルは、直ちに分析され、結果が解釈されます。結果を解釈するためには、3つの *Eh*、3つのpH、3つのTAN分析の平均値を表2と比較してEQSカテゴリーを特定し、表4と比較してすべてのモニタリングゾーンの結果が底生動物の状態を許容することにつながるかどうかを判断する必要があります。
- 3つの指標すべてと2つのモニタリングゾーンのそれぞれの堆積物サンプル分析の結果が、底生生物の状態が許容レベルであることを示す場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 2 つのゾーンのいずれかで底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、直ちにTier 2モニタリングを適用しなければなりません。

Tier 2

- 堆積物サンプルの収集と分析は、Tier 1と同様に実施しますが、図 2 に従って3つの追加方向で行わなければなりません。
- 堆積物サンプルの分析結果が⁵許容可能な底生生物の状態を示している場合、その期間の追加モニタリングは必要ありません。
- 2つのゾーンのいずれかで底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、底生生物群集の影響のリスクは高 と推定され、認証単位 (UoC) は生物指標モニタリングを採用することによって、空間的影響をさらに特徴付けるための第3段階のモニタリングを適用するものとします。

Tier3

- Tier 2 の説明と同じ場所で、3連の採取サンプルを集めなければなりません。
- 採取したサンプルは、1.0mm のメッシュでスクリーニングし、すべての生物を分類学的分析のために保存しなければなりません。
- グラブサンプルは、表2の3種類の生物指標について分析されるものとする。
- 3種類の生物学的指標の分析結果を表 2 と比較し、モニタリングゾーンごとに支配的な EQS カテゴリーを決定するものとします。⁶
- 各モニタリング区域の支配的な EQS カテゴリーが底生生物の状態が許容レベルにあることを示す場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 2つのゾーンのいずれかで底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、養殖場から 150m 離れた基準ゾーン（生け簀配列の端）のグラブサンプルの結果を使用して、低いEQS を提供するかどうかを確認するものとします。基準サンプリング地点の指標モニタリングデータは、その養殖場に適用される参照ゾーンEQSを決定するために使用されます。例えば、参照ゾーンが「Moderate」と表示された場合、ゾーン1とゾーン2の同じカテゴリーが許容されません。改訂が提案されている指標要件が有効になった場合、参照ゾーンが「Poor」または「Bad」の判定を受けてしまうと、認証は受けられません。
- ある養殖場の底生動物の影響が他の養殖場と重複する可能性がある場合（例：参照ゾーンが隣接する養殖場の 200 m 以内にある）、重複するトランセクトの位置や方向は、養殖場の相互作用を回避するために調整することができます。乾いた土地と交差するようなトランセクト/サンプリングステーションも同様です。また、トラン

⁵指標およびモニタリングゾーンごと12個のデータポイントから算出した平均値を指す。4つのトランセクトのそれぞれから、3回サンプルをとり、得られたデータについて単一の分析反復を行う。

⁶ モニタリングゾーン内の12のEQSカテゴリー（3つの生物指標×4つのサンプリング地点）のうち、支配的なもの、すなわち6つ以上がモニタリングゾーンのEQSカテゴリーを決定する。例えば、「Moderate」のEQSが6個、「Poor」のEQSが6個の場合、支配的なEQSは「Moderate」と見なすことができます。「Moderate」の状態のEQSが5つ、「Poor」のEQSが7つの場合、支配的なEQSは「Poor」です。

セクトに沿って水深が急激に変化する場所では、サンプリングを行わないよう、トランセクトの方向を変更することもあります。どのような場合でも、4つのサンプリングトランセクトが必要で、それぞれが可能な限り90度に近い角度で配置されます。

各モニタリング段階は表7にまとめられています。

表7:淡水湖における生け簀養殖の底生生物モニタリング制度-段階的審査アプローチ

Tier	説明	指標	サンプリング地点
Tier 1	迅速なスクリーニング : 有機濃縮による影響のリスクを判断するために、実用的でほぼリアルタイムの生物学的測定を用いた低コストの養殖場への影響のスクリーニング。	<i>Eh</i> , pH, TAN	優勢な潮流方向に30 m, 100mと150mの距離
Tier 2	影響の描写 : 実用的なモニタリングツールを用いて、養殖場周辺の非生物的影響の空間的分析を強化する。	<i>Eh</i> , pH, TAN	Tier 1と同じ場所に加え、さらに3方向の追加サンプリングを含む。
Tier 3	生物学的な影響 養殖場周辺の生物学的影響の特徴を包括的に把握する。	表2からの3つの生物学的指標	Tier 2と同じ場所

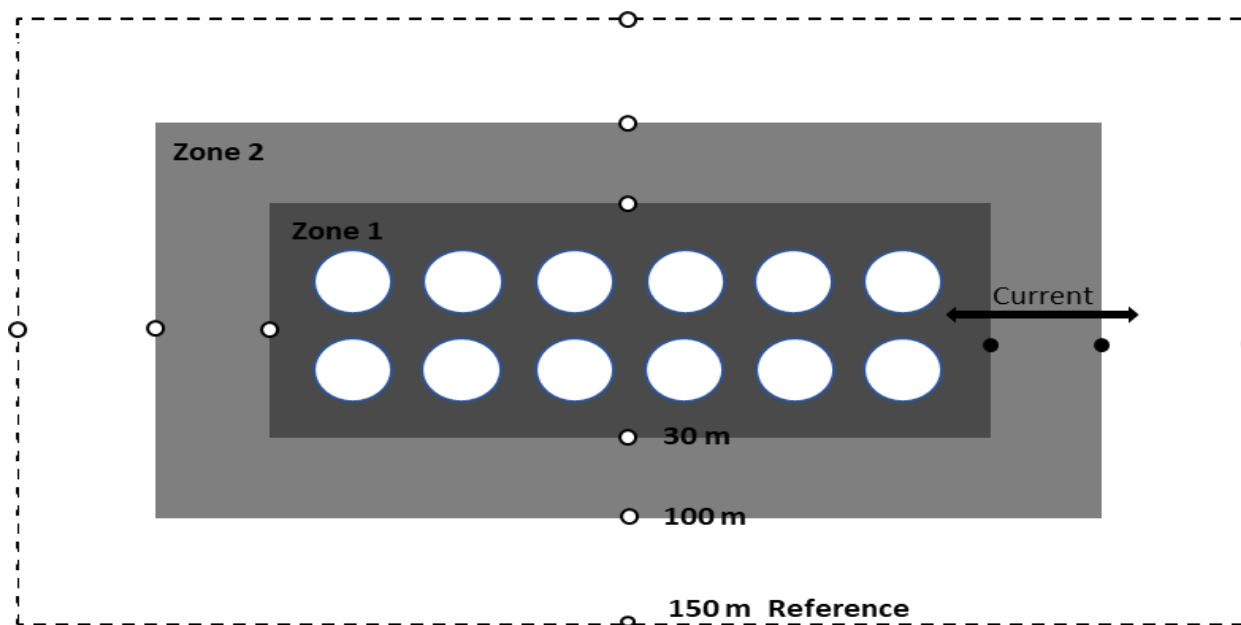


図 2. 淡水生け簀モニタリング制度における Tier1 (●)、Tier2 (●及び○)、Tier3 (●及び○) のサンプリング場所と EQS

ゾーンの模式図。EQSモニタリングゾーンは、各ゾーンの外側の境界に位置するサンプリングサイトで示されている。

C. サンプリングプロトコル—海洋性軟体動物の垂下養殖

Tier 1

- 3連の堆積物サンプルは、優勢な潮流方向に向かう単一の横断ラインに沿って、10m離れた7つのサンプリング地点のそれぞれで、3連の堆積物サンプルを採取しなければなりません（図2）。
- 各堆積物サンプルは、セクション1.7 に示された迅速な野外分析法を用いて、深さ 0~2 cmの表層堆積物から、全遊離硫化物（ S^{2-} の場合、各サンプリング地点で3回実施し、合計9回）、並びに、酸化還元電位（ Eh の場合、各サンプリング地点で1回ずつ実施し、合計3回）を、調査船上で直ちに分析しなければなりません。
- 堆積物サンプルは、調査船上で直ちに分析され、結果が解釈されます。結果を解釈するためには、養殖場の境界線上及びその内側に位置する4つのサンプリング地点における S^{2-} 及び Eh の分析結果の平均値を表2と比較してEQSカテゴリーを特定し、表5と比較して底生生物の状態が例えば、「Moderate」かそれ以上の許容レベルであるかどうかを判断する必要があります。
- 堆積物サンプルの分析結果が許容可能な底生生物の状態、すなわち「Moderate」を示している場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 許容できない底生生物の状態と判定された場合には、直ちにTier 2 モニタリングを適用しなければなりません。

Tier 2

- 堆積物サンプルの収集と分析は、Tier 1と同様に実施しますが、表3のように直交する3つの追加方向で行わなければなりません。
- 堆積物サンプルの分析結果が⁷、「Moderate」のEQSかそれ以上の許容可能な底生生物の状態を示している場合、その期間の追加モニタリングは必要ありません。
- 底生生物状態が非許容レベルと決定された場合、底生生物群集の影響に対するリスクは高いと推定され、UoCは直ちにTier 3 のモニタリングを適用し、生物学的指標モニタリングを採用して空間的な影響をさらに特定しなければなりません。

⁷144個のデータポイントから算出した平均値を指す。養殖場とその境界区域に属する4つのサンプリング地点と4つのトランセクトのそれぞれから、3回サンプルをとり、得られたデータについて更に3回の分析反復を行う。

Tier3

- Tier 2 の説明と同じ場所で、3連の採取サンプルを集めなければなりません。
- 採取したサンプルは、1.0mmのメッシュでスクリーニングし、すべての生物を分類学的分析のために保存しなければなりません。
- グラブサンプルは、表2の3種類の生物指標について分析されるものとする。養殖場内と境界上での EQS を決定するために、最低3つの生物学的指標メトリクスを平均化しなければなりません。
- 算出された結果が、養殖場内と境界上で許容できる EQSと3種類の生物指標についてすなわち「Moderate」かそれ以上を示している場合、追加のモニタリングは必要ありません。
- 底生生物の状態が許容できないと判断された場合、その養殖場は指標 2.6.2 に準拠していないこととなります。
- 提案されている指標の要件の改訂版では、参照ゾーンが「Poor」か「Bad」と示された場合には認証は認められません。

各モニタリング段階は表8にまとめられています。

表 8 海洋性軟体動物の垂下養殖の底生生物モニタリング制度 - 段階的審査アプローチ

Tier	説明	指標	サンプリング地点
Tier 1	迅速なスクリーニング ：有機濃縮による影響のリスクを判断するために、実用的でほぼリアルタイムの生物学的測定を用いた低コストの養殖場への影響のスクリーニング。	S^2 と Eh	優勢な潮流方向に向かう単一の横断ラインに沿って、10m離れた7つのサンプリング地点*
Tier 2	影響の描写 ： 実用的なモニタリングツールを用いて、養殖場周辺の非生物的影響の空間的分析を強化する。	S^2 と Eh	Tier 1と同じ場所に加え、さらに3方向の追加サンプリングを含む。*
Tier3	生物学的な影響 養殖場周辺の生物学的影響の特徴を包括的に把握する。	表2からの3つの生物学的指標	Tier 2と同じ場所

* 養殖場の境界が他の養殖場と連続している場合は、追加の横断ラインを養殖場と参照用条件の両方を横断する位置に移動させることができます。

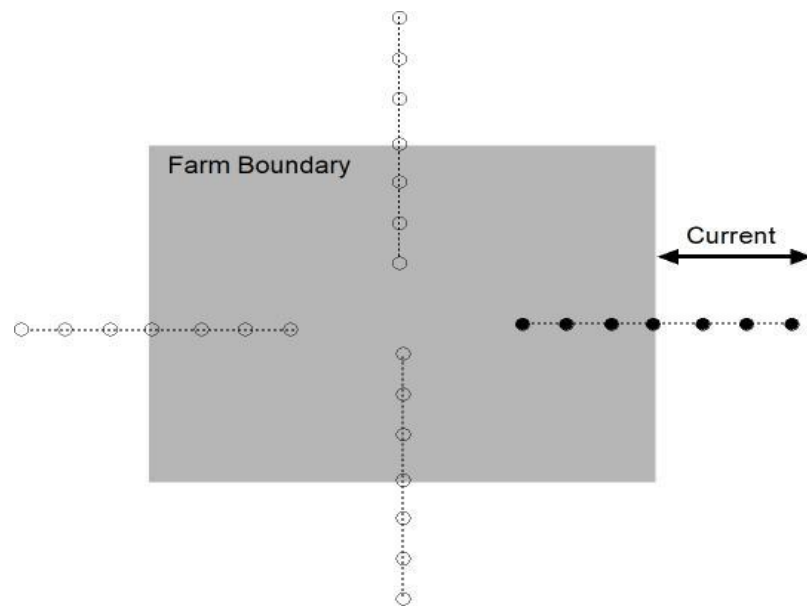


表3：図2：モニタリング制度における Tier1 (●)、Tier2 (●及び○)、Tier3 (●及び○) のサンプリング場所の模式図。各トランセクトのサンプリング地点は10m間隔で、中央の拠点は養殖場の境界線に位置しています。

セクション 1.6 - ユーザー定義のモニタリングプログラム

底生生物の有機濃縮モニタリングの要件には、事業者が、その地域の規制要件に沿ったアプローチを使用しながら、有機濃縮の指標について同等の閾値を与えられた空間のモニタリングゾーン内で検出する能力を示せるようにするため、ある程度の柔軟性が含まれています。(上の図 1, 2 及び3を参照)。モニタリングに対するこの非規定的なアプローチは、いくつかの国や法域における水産養殖の綿密なモニタリングと規制を認識し、イノベーションを促進することを目的としています。ASC はASC 底生生物モニタリングプログラムの使用を義務づけていませんが、事業者は ASC に対して、自身が提案した養殖場モニタリング制度が以下の要件を満たしていることを、非常に詳細かつ説得力のある形で説明する義務があります。

- a) ユーザーが定義したモニタリングアプローチは、改訂された底生生物有機濃縮モニタリング要件の全体的な目的に沿ったものでなければなりません。
 - これには、事業者の環境方針と、そのモニタリング手法が海底有機濃縮による底生生物の生息地、生物多様性、生態系への悪影響をどのようにして最小化、軽減、排除できるかを明確に説明する記述が必要です。
- b) プログラムは、実証済みの方法を用いて、養殖場に隣接する有機濃縮からの底生生物への影響の大きさと空間規模の両方を定量化しなければなりません。このプログラムでは、以下の項目が要求されます。
 - すべてのサンプリング地点と養殖場までの距離の範囲（表3、4、5を参照）、採用した底生生物サンプリング方法、及び複製数を含むサンプリング設計に関する情報を提供すること。

- 養殖場と周辺の自然の底生環境との間の空間的及び時間的な相互作用を定量化するというASCの意図に沿った基準点の選択の根拠を提供すること。
 - 底生生物への影響の最大の可能性に合わせたモニタリングのタイミングの根拠を示すこと。年1回のサンプリングが期待されるが、サンプリング頻度を減らす提案には、強力な正当性が必要である。
 - 採用するすべての影響指標とサンプルの準備及び分析手順を記述すること。
- c) ユーザー定義のモニタリング制度は、少なくとも **ASC**底生生物要件に記載されたものと同程度に厳しい底生生物の生態的品質目標に対応する必要があります。このプログラムでは、以下の項目が要求されます。
- これらの決定を行うための定量的な底生生物指標の閾値と、これらの閾値を選択するための根拠を含む、採用される養殖場管理の意思決定フレームワークを記述すること。
 - ユーザーが定義したサイト影響分類と、表 1 及び表 2 に定義された **EQS** カテゴリーシステムとを比較し、互換性を示すこと。

事業者から提出されたユーザー定義のモニタリング制度は、改訂された要件の目的、根拠、意図及び一般的な要件との互換性について、**ASC** 内で事前にスクリーニングされます。一般的な判定基準を満たしていると思われるプログラムは、全体的な目的と特定の要件を満たしていることを確認するために、養殖と環境の相互作用に関する国際的な科学の専門家で構成されるパネルによって外部から審査されます。モニタリング要件の包括的で厳しい修正を考慮すると、ユーザー定義の制度の承認は稀なケースでしか期待できません。**ASC** は事業者に **ASC** 底生生物モニタリングプログラムを実施することを推奨します。

セクション 1.7 - Tier 1 及び Tier 2 で採用されている非生物指標のフィールド分析のための基準運営手順

A. 直接紫外線分光法によるフィールドでの全遊離硫化物 (S^2) 分析

この方法論には、記載された表層堆積物（グラブまたはコア）の間隙水のフィールド抽出と分析の両方が含まれています。掲載元はクランフォード氏他共著（2017）改定版(2020)

材料リスト

- フィールドでの使用に適した UV 分光光度計（例：IMPLEN C40 モバイルナノフォトメーター）⁸
- 石英キュベット：200～2500nm のスペクトル範囲、パスレングス 10mm、容量1.4ml（例：Helma Analytics No 104-B-10-40）。石英が必要なことに注意してください。⁹

⁸ <https://www.implen.de/product-page/implen-nanophotometer-c40-cuvette-spectroscopy/>

⁹ <https://www.hellma.com/en/home/>

- 5 cm RizoCera 間隙水抽出機¹⁰
- 10 cc のシリンジ
- 10 cc のシリンジ内に収まるステンレス製の圧縮バネ
- 100 µL ガス-タイトシリンジ¹¹
- キュベットの洗浄及びサンプルの希釈用の 1 mL ピペッターまたはボトルディスペンサー
- 0.44M または同等の濃度の水酸化アンモニア
- 希釈水（飲料水で十分）を pH 8～10 の間に調整するための pH ストリップ
- 硫化物 WP-認証標準物質（Sigma 社から入手可能：QC1034-20mL）1カ月間隔での装置キャリブレーション用¹²
- 基準を調製するための 1L 及び 5L のピペッターと 10～20mL のバイアル
- キュベットの洗浄面に使用するためのリントフリーの光学用ワイプ（Kimwipes など）

間隙水の抽出

- 1) 堆積物サンプラー内の水を沈殿物表面まで排出します。
- 2) ステンレス製のバネ付きシリンジを用いてプランジャーを押し下げ、RhizoCera を装着して 45°の角度で堆積物表面に挿入します。プランジャーを放し、深さ 0～2cm までの自動間隙水抽出を開始します。
- 3) 約 2 分後、シリンジ内には十分な間隙水（0.5～1mL）が入っています。
- 4) 堆積物からシリンジを外し、RhizoCera を取り除きます。シリンジ内の水は、RhizoCera を洗い流すためにのみ使用されるので、廃棄します。
- 5) 100µL のシリンジの針を RhizoCera の内部に直接挿入し、100µL のサンプルを取り出します。
- 6) RhizoCera を再び使う際は、外側に付着した沈殿物を洗い流してください。

注：RhizoCera の内部は、抽出手順中のサンプル間で自動的に洗浄されます。

紫外線分光光度法による分析

- 1) 分光光度計の電源を入れ、可能であれば、230、240、250 nm の波長のデータ出力を選択します。それ以外の場合は、フルサンプルスキャンを保存します。
- 2) 1L の希釈水に少量の水酸化アンモニウムを、pH が 8～10 になるまで加えます。この量のバッファリングされた希釈水は、日常的な使用には十分です。
- 3) 石英キュベットをすすぎ、1mL のバッファリングされた水を加えます。
- 4) リントフリーワイプでキュベットの外側をきれいにし、機器に装着します。このブランク液を使って機器をゼロにします。機器のブランキンは定期的に行ってください。
- 5) 1mL のバッファリングされた水が入ったキュベットに 100µL の間隙水サンプルを加え、反転させて混合し、3つの波長での吸光度を記録します。ほとんどの装置には、フルスキャンを保存する機能があります。

¹⁰ <https://www.rhizosphere.com/rhizocera>

¹¹ <https://www.hamiltoncompany.com/laboratory-products/syringes/80630>

¹² <https://www.sigmaaldrich.com>

- 6) キュベットを取り出し、バッファリングされた水ですすぎ、次のサンプルを準備します。
- 7) 吸光度値と下記のキャリブレーション手順で求めた回帰式を用いて、総遊離硫化物濃度を算出します。吸収データはつの波長で提供されていますが、 S^2 は2以下の吸光度が得られる最も低い波長でのみ計算されます。230nmの吸光度が2以上であれば、240nmの吸光度を使う、など。

機器のキャリブレーション

キャリブレーションは非常に安定しており、月に一度、機器が損傷していないことを確認するために実施するだけで構いません。濃度が既知の ISO 認証標準物質 (CRM; 硫化物 WP) をストック液として使用し、連続希釈 (1:2、1:5、1:10、1:50、1:100) で5種類の作業基準液を調製します。

- 1) ピペッターとバッファリングされた水を用いて、CRM のストック液を希釈し、5種類の既知濃度を調製します。
- 2) 機器をブランク (ゼロ) にしてから、1 mL のバッファリングされた水での希釈を含め、サンプルと同じ手順で基準試料を分析します。選択した 3つの波長 (230, 240, 250 nm) の結果を記録し、2.0 より大きい吸光度は除外します。
- 3) 2.0 より大きい吸光度を除外し、回帰分析 (x = 選択した波長での吸光度、 y = μM 単位での基準濃度) を用いて 3つのキャリブレーション式 (各波長ごとに1つ) を算出します。

注：3つの波長における S^2 の濃度範囲は以下の通りです：

230 nm:0~2,000 μM (High から Bad までの全 EQS 条件の定量に適しています)

240 nm:2,000~4,000 μM

250 nm:4,000~10,000 μM

注：高濃度の場合は 260 nm を使用可能

B. 酸化還元電位 (Eh) の測定

E_h は、銀/塩化銀または白金の参照電極を使用する酸化還元電位 (ORP) プロブを用いて、グラフ/コアを使って直接測定することができます。ORP プロブは、厳密な製造業者の仕様に基づいてキャリブレーション、操作、保守を行う必要があります。ORP 測定値 (ORP, $E_{\text{Ag/AgCl}}$ または E_{Pt}) は、それ自体が曖昧であり、ユーザーがデータを解釈するためには、基準スケールを指定する必要があります。水素スケールに変換した ORP 測定値は「 E_h 」として報告され、一部の出版物では同じ測定値を $E_{h\text{NHE}}$ と表記しています。Ag/AgCl または Pt 電極を用いて現場で得られた ORP データ (mV) は、以下のように水素スケールに変換されます：

$$E_h = \text{ORP (mV)} + \text{参照電極の半電池電位}$$

ここで、Ag/AgCl または Pt 参照電極の半電池電位は、充填液のモル濃度と測定温度に関係します。

図9 Ag/AgCl 参照電極の半電池電位

T (°C)	KCl 充填液のモル濃度
--------	--------------

	1.5M	3M	3.3M	3.5M	4M
5	254	224	220	219	219
10	251	220	217	215	214
15	249	216	214	212	209
20	244	213	210	208	204
25	241	209	207	205	199
30	238	205	203	201	194

1. ORP プロブは、プロブ位置周辺の堆積物を 2cm の深さまで攪拌した後、コア/グラブ内の堆積物表面に深さ 1cm 程度まで直接挿入することができます。ORP 電極の先端と湿った堆積物が完全に接触していることを確認します。
2. サンプルの温度を記録します。
3. ORP mV 値は 1～2 分以内に安定するはずですが、酸化的な堆積物のように、酸化還元条件が単一の酸化還元反応によって制御されていない場合は、電極電位のゆっくりとした連続的なドリフトがしばしば見られます。この時間以内に安定しない場合は、任意の時間 (3～4 分) を選んで mV 値を記録することができます。還元された堆積物の電位は、通常、より迅速に安定します。
4. 電極充填液のメーカー情報と堆積物温度のデータを用いて、上述のように通常の水素電極に対する ORP 電位 (mV) を補正します。

C. 全アンモニア性窒素 (TAN) 測定

全アンモニア性窒素 (TAN) は、アンモニウムイオン (NH₄⁺) とイオン化していないアンモニア (NH₃) から構成されています。NH₃は、pHが高いほどTANに占める割合が高くなり、一般的にTANの毒性作用のほとんどに関連する。TANは、全遊離硫化物分析と同様に、表層堆積物から抽出した間隙水試料 (深さ0～2cm) を用いて測定します。抽出手順は1.7章パートAに記載されており、グラブサンプルの深さ2cmまで挿入されたRhizoCeraサンプラーを利用しています。サブサンプルは、不必要に空気に触れさせないで採取するべきです。プラスチック製サンプルバイアルへの充填やキャッピングの際に、気泡を閉じ込めないようにしてください。

グラブサンプルの別のセクションで間隙水が抽出されている間に、酸化還元電位 (ORP)、pH、温度プロブを使用して、グラブサンプル (堆積物の上部2cmを攪拌) のEh、pH、温度が直接測定されます。

TAN

の分析方法としては、分光光度法、蛍光光度法、電気化学的検出法などが認められています。ガスセンシング ISE 法 (標準法 4500-NH₃ 窒素 D および E) は、TAN 分析のための承認された手法ですが、正しく実施することが困難であることも認識する必要があります。この方法の主な欠点は、少なくとも50mlの試料が必要であり、日常的なモニタリングのためにその量の間隙水を採取することは、現場の条件下では現実的でないことです。ISE技術には、メンテナンスが大変、校正が頻繁、低TAN濃度での性能が低い、センサーシステムの交換が頻繁などの欠点もあります。

少量のサンプルでも、さまざまな手動および自動の比色法を用いて正確に分析することができます。フェネート法 (標準法4500-NH₃)

FおよびG)は、アルカリ性のフェノールと次亜塩素酸塩をアンモニアと反応させてインドフェノールブルーを生成させます。色の濃さは光度計で測定し、最終濃度を決定します。サリチル酸法 (EPA

A 350.1)は、ニトロプルシドナトリウムを触媒として、pH12.6で次亜塩素酸イオンとサリチル酸イオンを反応させてインドフェノールを生成させる方法です。生成される色の量は、試料中のアンモニアに正比例します。結果は690

nmで読み取ります。間隙水サンプルは、サンプリング後できるだけ早く(すなわち、1時間以内に)分析することが好ましい。ただし、サンプルはペットボトルに入れ、-18°C以下の冷凍庫で1カ月間保存することが可能です。アンモニアを測定する前に、試料はゆっくと、できれば1晩、暗所で解凍しておく必要があります。

Hach®社は、TNTplus™

アンモニアプラットフォームに基づく廃水中の簡易サリチル酸測定法について、US EPA Equivalenceを取得しました。校正不要、間隙水0.5mLで15分程度の簡単で費用対効果の高い試験です。独自の分析 (Guadalupe-Blanco River Authority, Seguin, Tx)により、この試験管内831キットの定量限界は1

mg/Lであり、EQS閾値を超えるTAN濃度の検出には十分であると報告された(表10)。分析時には、水試料のpHはpH4~8、水試料と試薬の温度は20~23°Cであることが必要です。必要な装置は、Hach DR3900 分光光度計と Hach TNTplus 831 Low Range (1-12 mg/L NH3-N) 試薬キットで、それぞれ25本のテストバイアルが含まれています。

各サンプリング地点で採取された堆積物について報告されたTAN濃度、pH、Ehおよび温度は、生け簀養殖場と湖生態系の適合性を審査するために使用されます。(表4および10を参照)

表10: 全アンモニア性窒素の温度とpHに依存する濃度値 (mg/L)は、生態学的品質状態が「Moderate」と「Poor」の間の閾値を記述しています。¹³ハイライトされた値は、pH7.0、20°Cの堆積物に適用される閾値です。その他の環境下での測定に適用される閾値が示されています。

¹³水生生物アンモニア環境水質基準-淡水 2013」より。北米環境保護庁、水資源局、科学技術局ワシントンDC。

pH	Temperature (°C)																													
	0-7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
6.5	4.9	4.6	4.3	4.1	3.8	3.6	3.3	3.1	2.9	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1						
6.6	4.8	4.5	4.3	4.0	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1						
6.7	4.8	4.5	4.2	3.9	3.7	3.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1						
6.8	4.6	4.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1						
6.9	4.5	4.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0						
7.0	4.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	2.0	<u>1.9</u>	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.99						
7.1	4.2	3.9	3.7	3.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95						
7.2	4.0	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90						
7.3	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.6	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.97	0.91	0.85						
7.4	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90	0.85	0.79						
7.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.83	0.78	0.73						
7.6	2.9	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.98	0.92	0.86	0.81	0.76	0.71	0.67						
7.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60						
7.8	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53						
7.9	2.1	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47						
8.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.50	0.44	0.44	0.41						
8.1	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	0.99	0.92	0.87	0.81	0.76	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35						
8.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.96	0.90	0.84	0.79	0.74	0.70	0.65	0.61	0.57	0.54	0.50	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30						
8.3	1.1	1.1	0.99	0.93	0.87	0.82	0.76	0.72	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26						
8.4	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22						
8.5	0.80	0.75	0.71	0.67	0.62	0.58	0.55	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.18						
8.6	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15						
8.7	0.57	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13						
8.8	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11						
8.9	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09						
9.0	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08						