

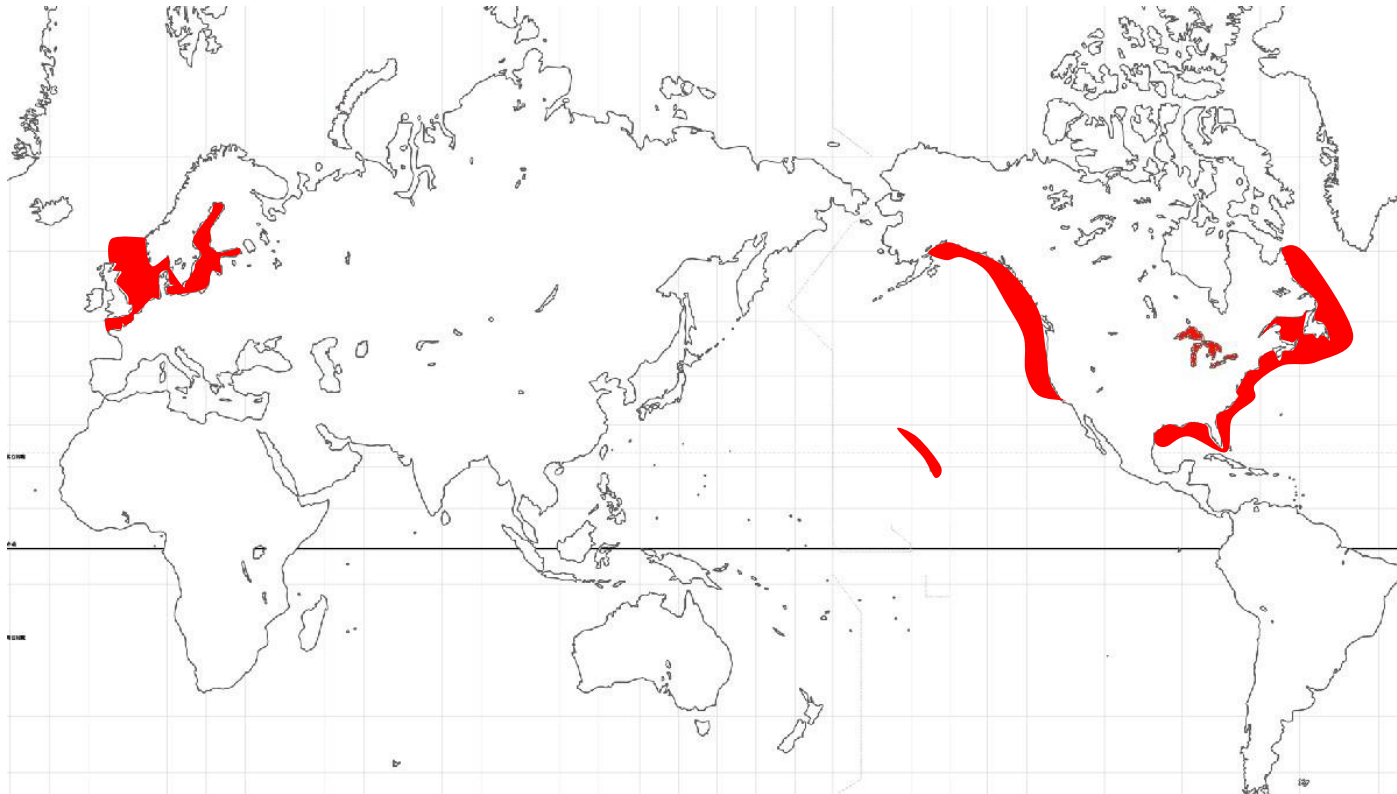
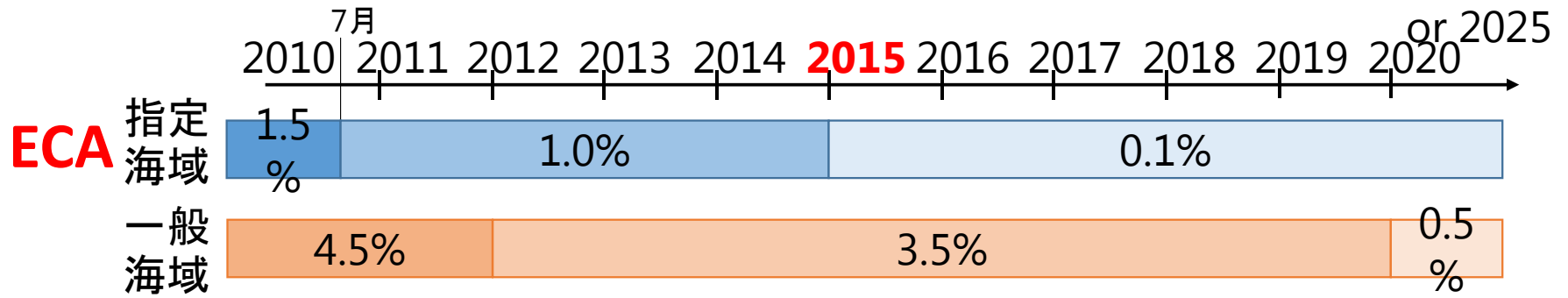
エンジン運転条件が スクラバー排水性状に及ぼす影響

環境・動力系

*益田晶子、高橋千織、山口良隆、西尾澄人、岸武行

1. SO_x規制と対応
2. 本研究の背景と目的
3. 実験方法
4. 濁度測定結果
5. 多環芳香族炭化水素(PAH)測定結果
6. まとめ

燃料硫黄分規制



スクラバー関連のガイドライン

MEPC 184(59)

2009 Guidelines for exhaust gas cleaning systems

排水基準

pH、温度、**濁度、多環芳香族炭化水素(PAH)**

モニタリングが義務づけられている

◆濁度

取水と排水の濁度差 < 25NTU (比濁度計濁度)

◆PAH

フェナントレン相当PAH濃度(PAH_{phe})で評価

取水と排水のPAH差 < 50 μ g/L @45t/MWh

⇒排出総量規制 : 2.25g/MWh

ex.10MWエンジン→22.5g/h

本研究の背景・目的

- ◆ US EPA 2011レポートおよびデンマーク環境省2012レポート
スクラバー排水の実船計測において濁度計測に不具合があったことを報告(気泡の影響など)
- ◆ AEA 2009レポート (欧州委員会へ提出)
 - ・ PAH_{phe}基準とすることへの疑問
 - ・ 規制濃度が高すぎるという指摘

エンジン運転条件と排水性状の関係、排出基準の妥当性、計測方法の課題など不明な点も多い

⇒ 実験用船用エンジンおよびスクラバーを用い、エンジン運転条件を変えたときの排水性状(濁度・PAH濃度)を、IMO基準に従って計測し、基礎データを収集した

実験方法

◆エンジン

試験用エンジン：船用中速4ストロークディーゼルエンジン
(257.4kW)

運転条件：船用特性25%負荷または75%負荷

使用燃料油：C重油（硫黄分2.5%）

◆スクラバー

試験用スクラバー：アルファラバル社製
(排煙塔高さ8.17m、塔径76.2cm)

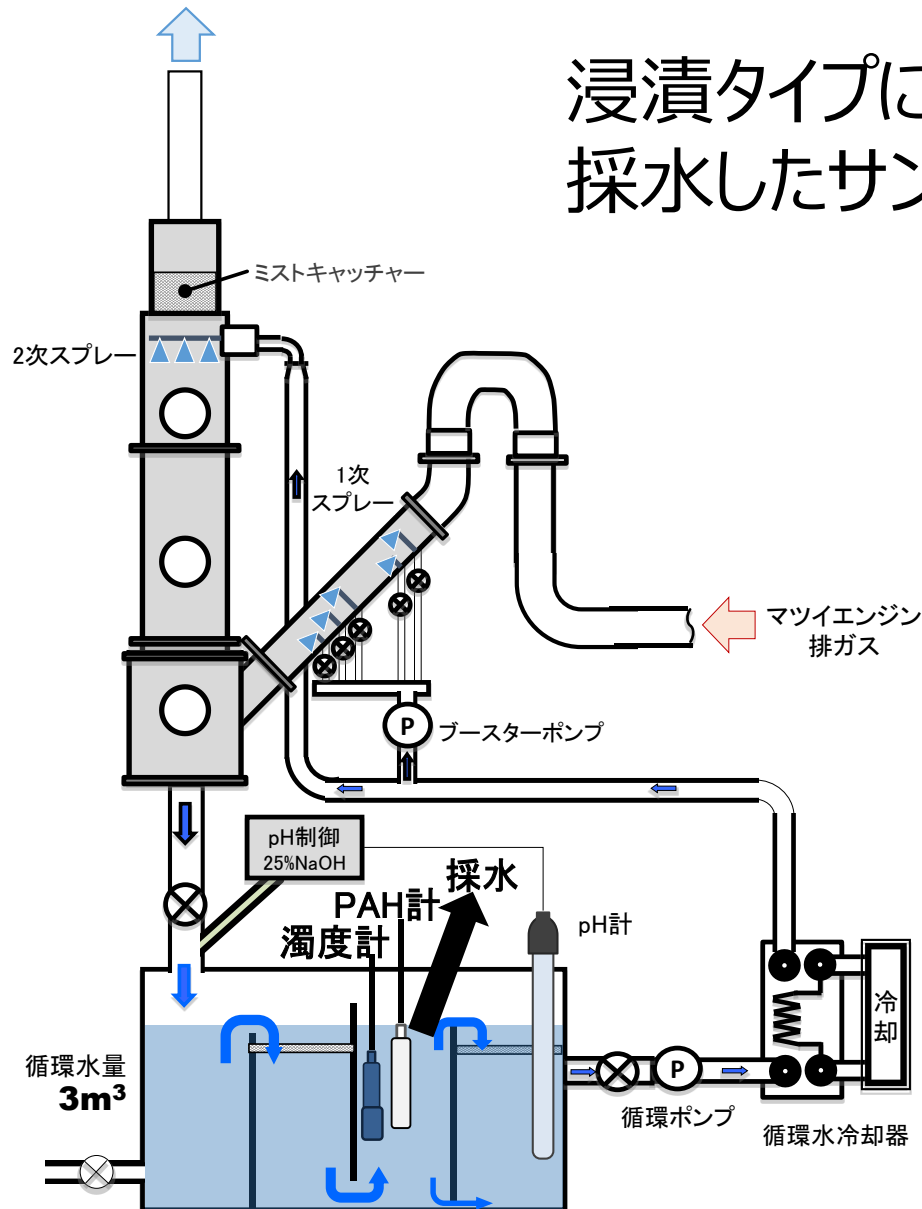
清水3m³をクローズドモードで循環

循環水流量12m³/hまたは18m³/h



実験用スクラバーと計測条件

浸漬タイプによる連続モニタリングと
採水したサンプルのラボ分析を行った



◆濁度計測

国際規格US EPA 180.1または
ISO 7027に準拠した濁度計

◆PAH濃度

蛍光計測方式の油分計
Enviro Flu-HC (TriOS社)

◆濁度計測

スクラバー実験中に15分おきに採水したサンプルを「採水タイプ」の卓上濁度計を用い測定した

◆PAH計測

採水サンプルから0.45 μ mのメンブレンフィルターを用いてスラッジを除去し、ろ液のPAH濃度を油分計で計測した

ろ液のPAH成分を、3次元蛍光測定とHPLCを用い分析した

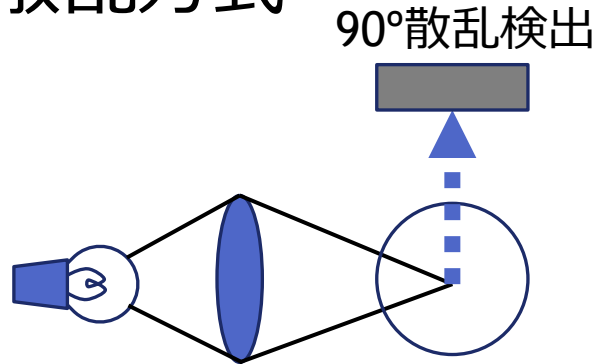
濁度計測規格について

| | ISO7027 | US EPA 180.1 |
|--------------------|--|---|
| 光源 | LED、レーザー、またはモノクロメータとフィルタ付きタングステンランプによる 単色光 | 色温度2200-3000Kのタングステンランプ、またはLEDによる 白色光 |
| 波長 | 860 nm | 検出器との組み合わせで 400-600nm に応答特性 |
| 光路長 (入射光 + 散乱光) | 10 cm以内 | 10 cm以内 |
| 測定角 | 90±2.5° | 90±30° |
| 開口角 | 20～30° | 規定なし |
| 特徴 | 着色粒子の影響を受けない。小さい分子の感度低く、特に低濁度領域でEPA180.1準拠の計測器より読み値が低めに出る。 | 白色光を使用しているため対応粒子径が広く、特に小さな分子の感度が高い。着色粒子の影響を受けやすい。 |

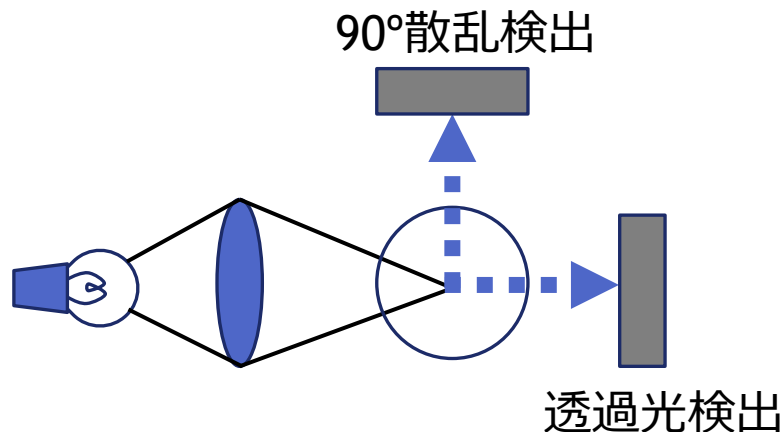
黒色粒子(スラッジ)を含むスクラバー排水に適しているものは？

濁度計測方式について

90°散乱方式



レシオ方式



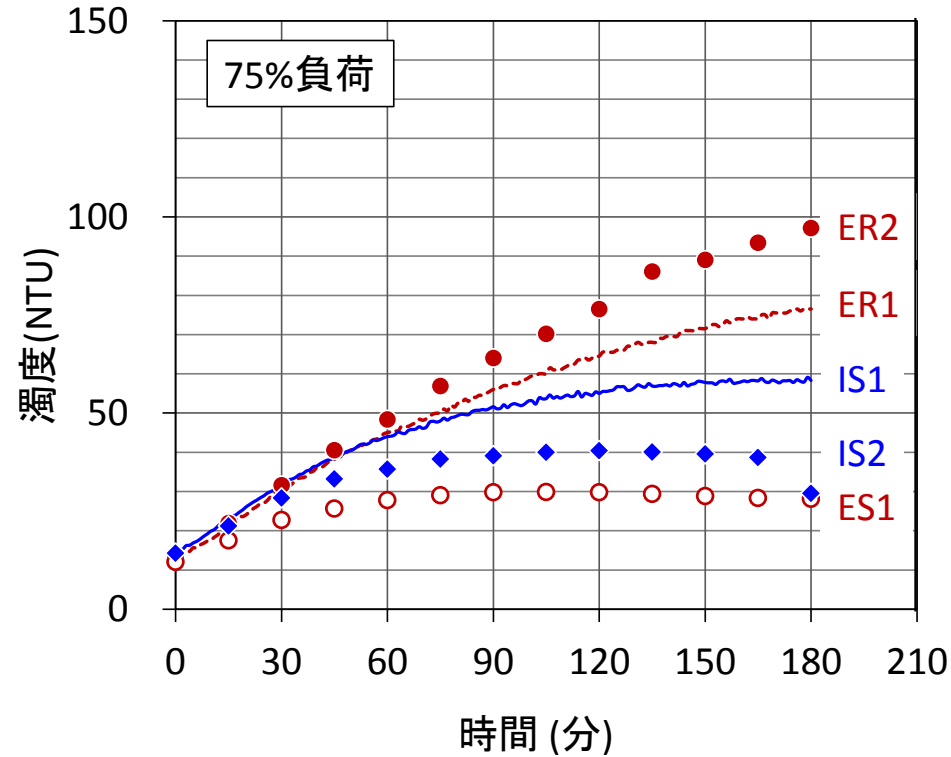
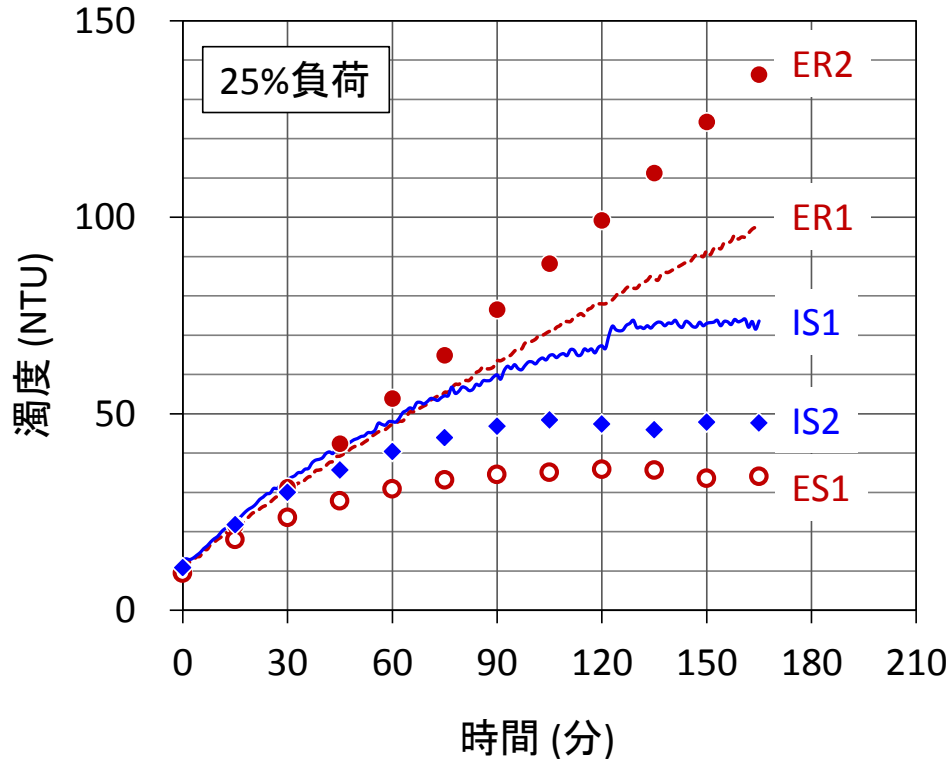
| 計測器 | 規格 | 計測方式 | サンプリング |
|-----|--------|-----------|--------|
| ER1 | US EPA | レシオ* | 浸漬 |
| ER2 | US EPA | レシオ* | 採水 |
| ES1 | US EPA | 90°散乱 | 採水 |
| IS1 | ISO | 90°散乱×2** | 浸漬 |
| IS2 | ISO | 90°散乱 | 採水 |

*90°散乱光および透過光によるレシオ測定

** 90°散乱光2光路による補正

着色粒子による光の吸収の補正を透過光測定によりおこなう

濁度測定結果

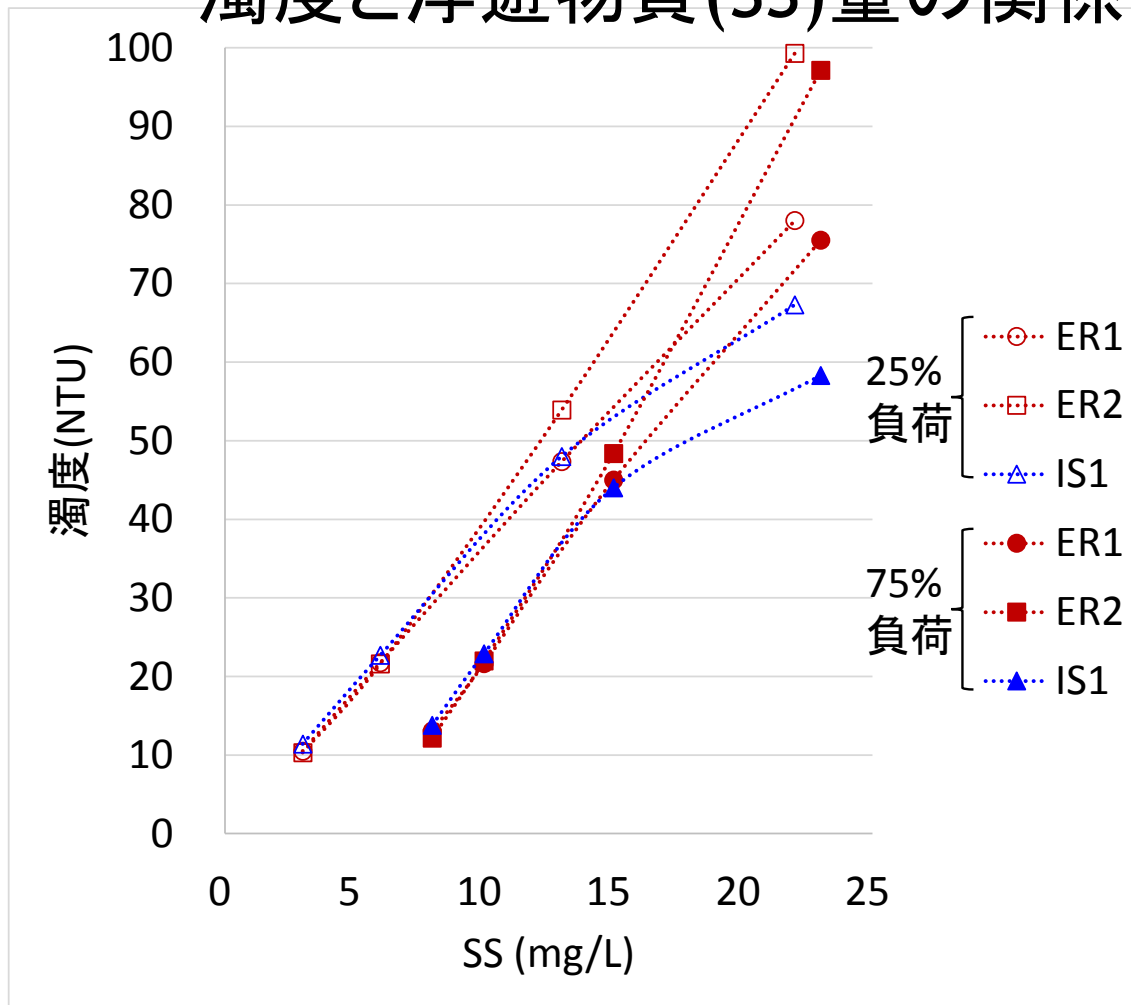


| 計測器 | 規格 | 計測方式 |
|-----|--------|----------|
| ER1 | US EPA | レシオ |
| ER2 | US EPA | レシオ |
| ES1 | US EPA | 90° 散乱 |
| IS1 | ISO | 90° 散乱×2 |
| IS2 | ISO | 90° 散乱 |

着色粒子の影響を
軽減する計測方式が
スクラバー洗浄水測定に
適している

濁度に影響する因子 1

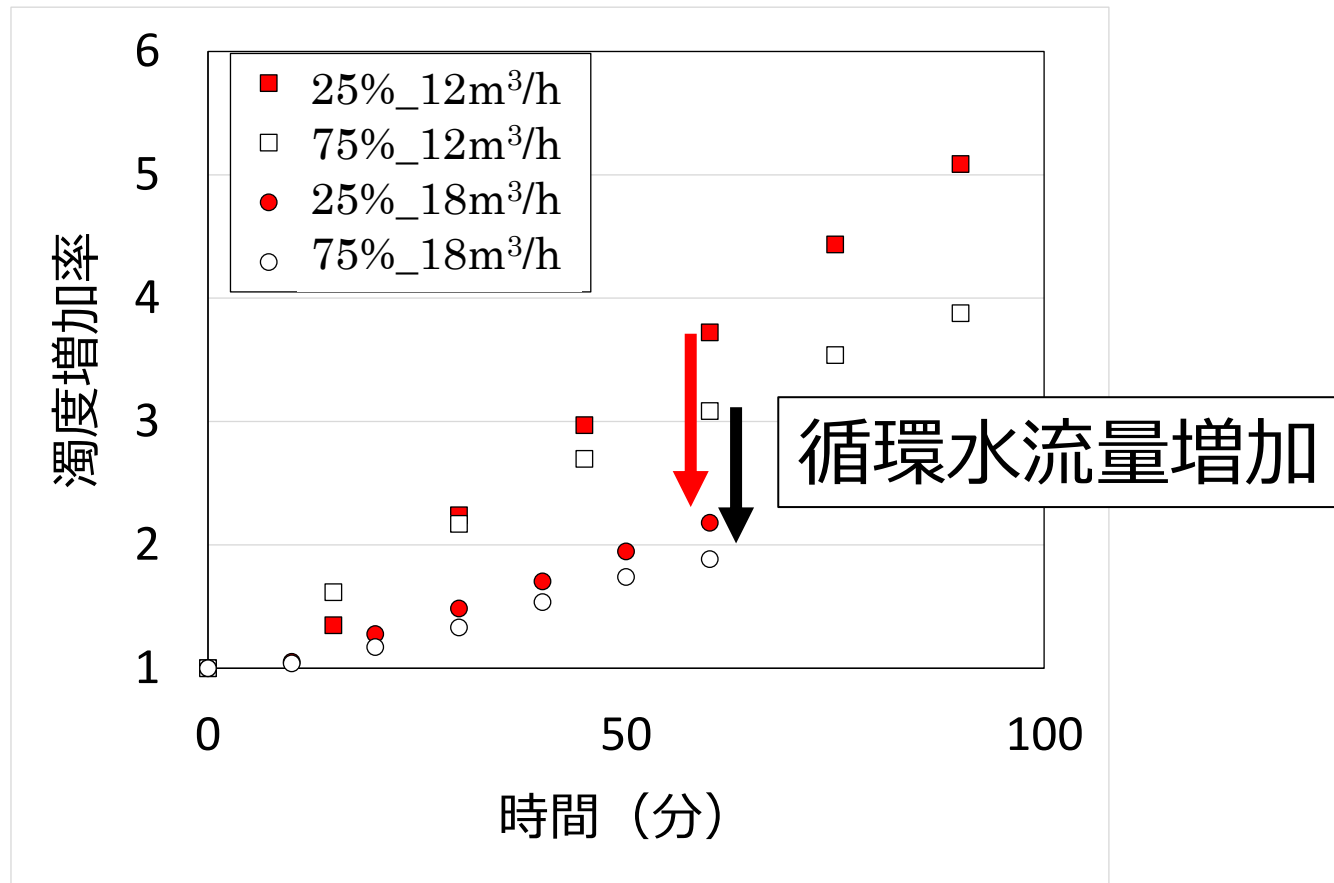
濁度と浮遊物質(SS)量の関係



同じSS量で比較 ⇒ 濁度： 25%負荷 > 75%負荷

➡ スラッジの成分や粒径などの物理的性質の違いか？

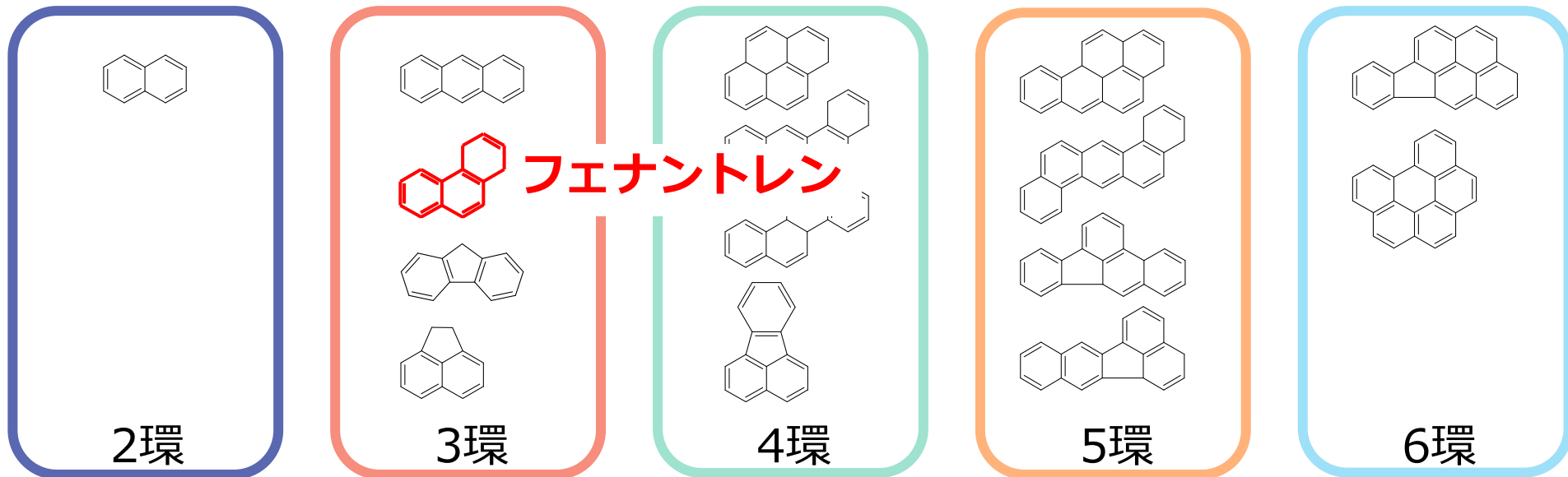
濁度に影響する因子 2



循環水量一定で、流量のみ変えたとき

同じエンジン負荷で比較 = 排ガス中のスート量・成分は同じ
⇒ 循環水濁度の時間変化は同じはずだが、流量増加により濁度増加率が減少 ➡ 流量によりスート形状が異なる？

PAH濃度の評価方法

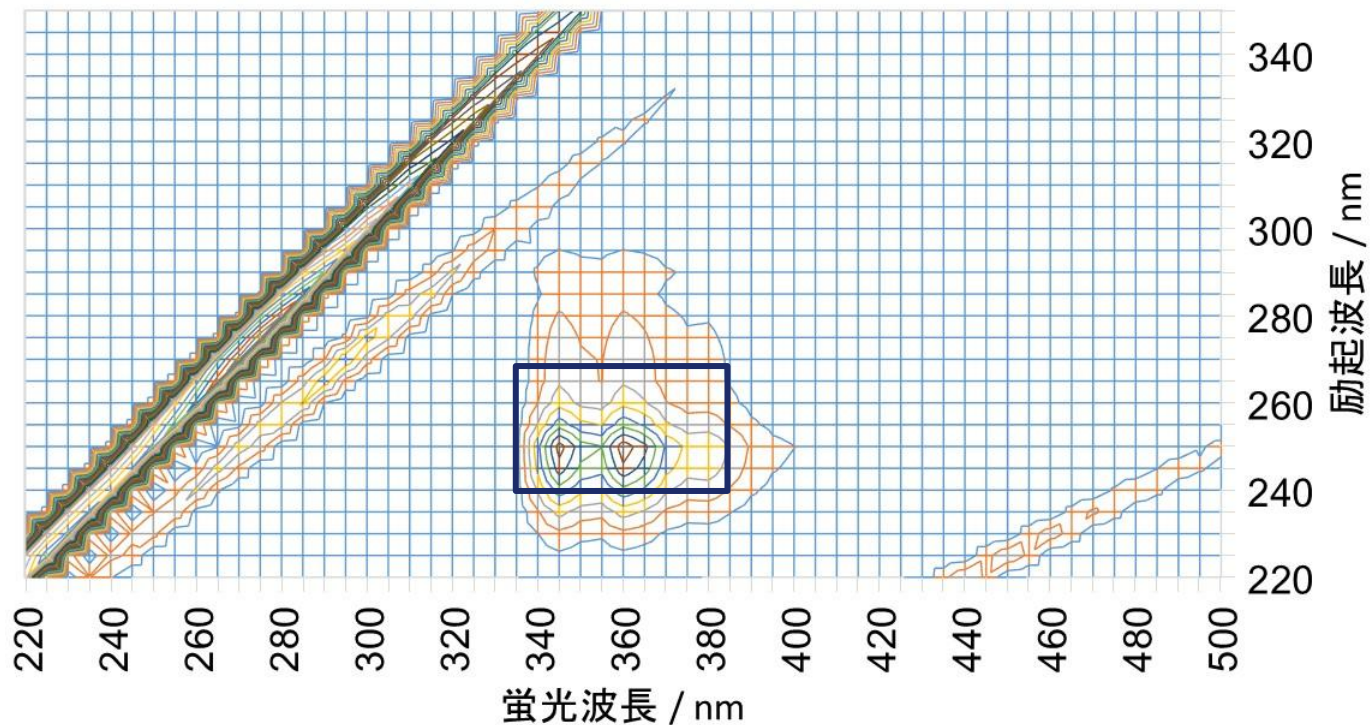


IMOガイドライン

- ・規制濃度に応じ、UV吸収または蛍光で計測
- ・フェナントレン相当濃度 PAH_{phe} で評価

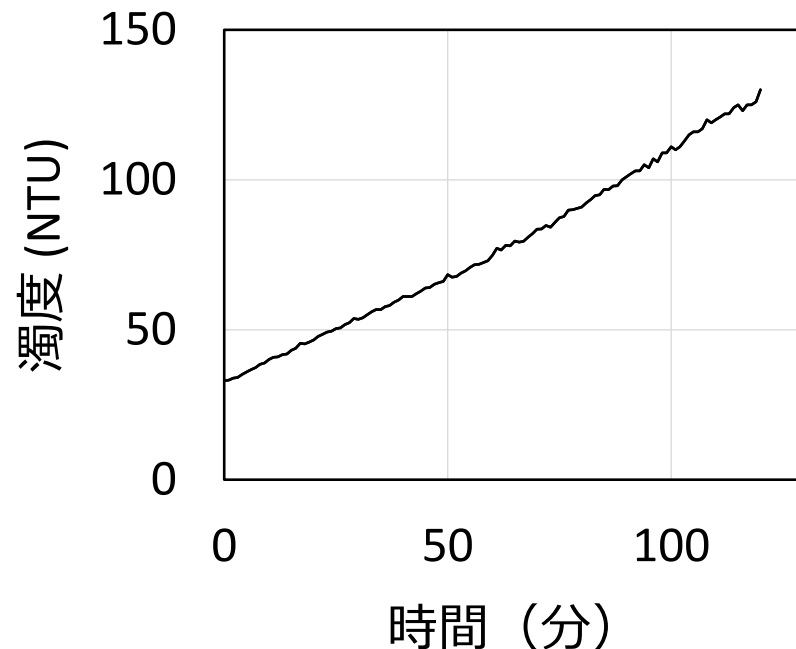
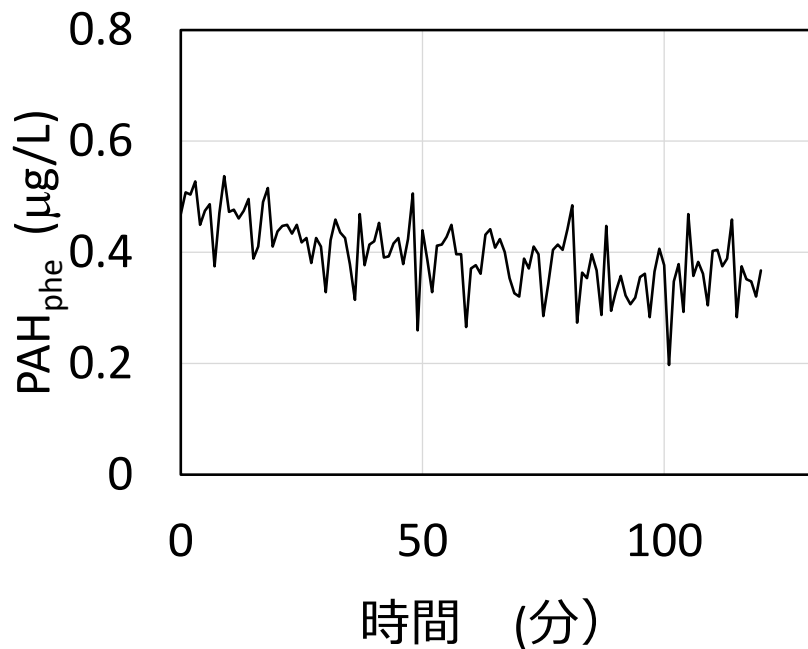
蛍光法を用いたPAH計

フェナントレン10ppbの蛍光スペクトルを
3次元蛍光測定法で分析した例



フェナントレン相当濃 PAH_{phe} とは
フェナントレン固有の励起波長、蛍光波長で計測した濃度

スクラバー洗浄水中のPAH_{phe}および濁度の時間変化

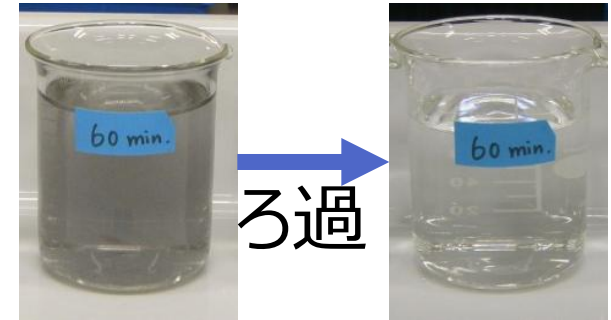
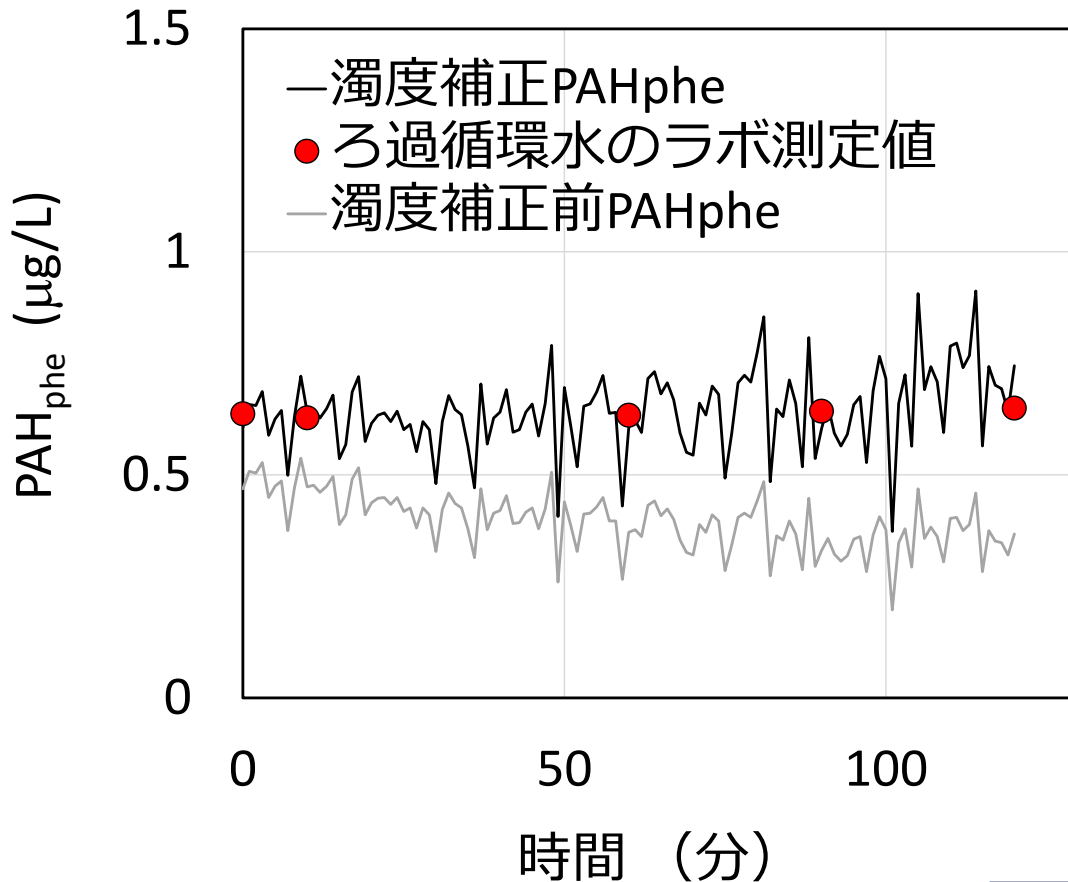


PAH_{phe}は時間とともに減少、濁度は増加した

PAH濃度測定は光学的な手法を用いるため、濁度の影響を受ける⇒ PAH_{phe}評価には濁度補正が必須

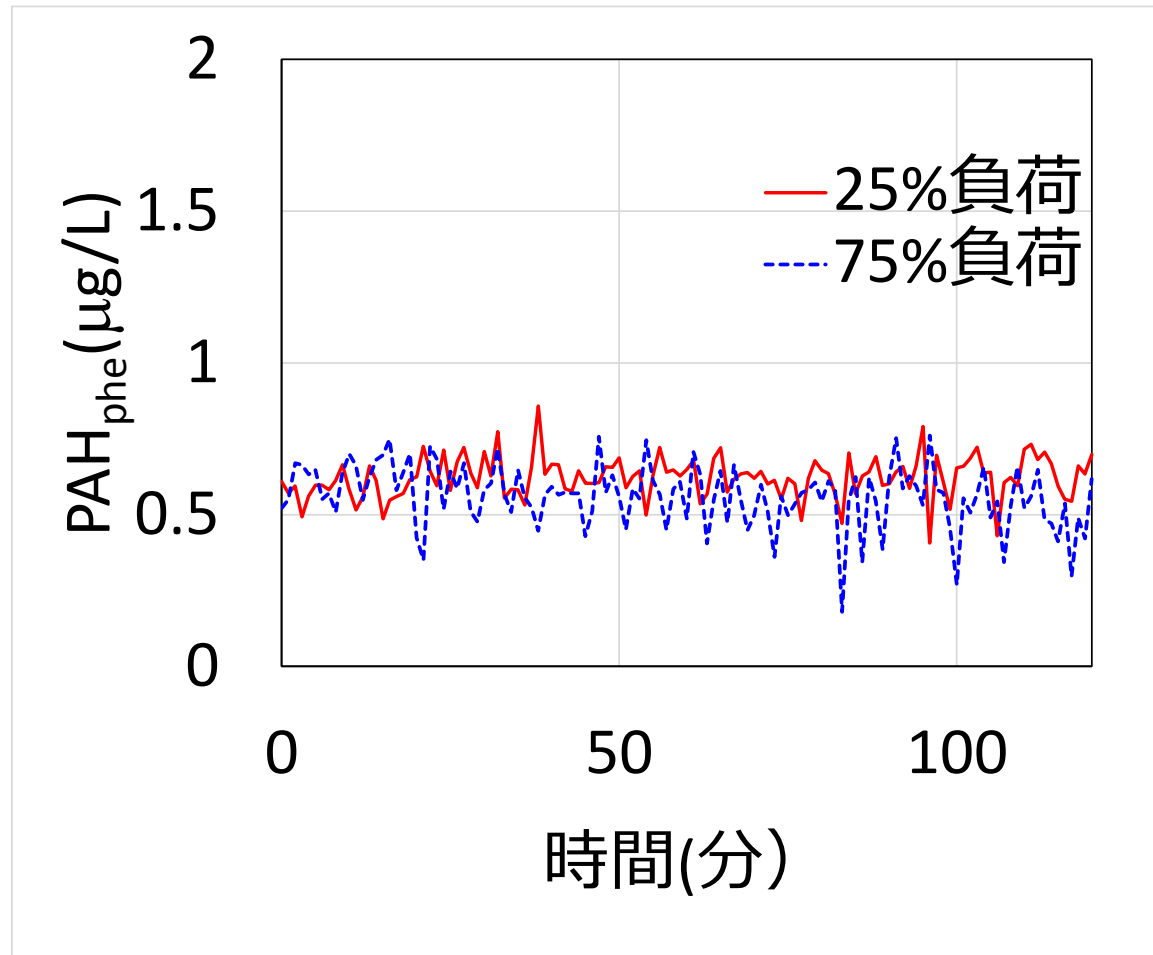
PAH濃度の濁度補正

- 連続計測したPAH濃度を計測濁度を用いて数値計算し補正
- 採水サンプルを0.45mmのフィルターでろ過後PAH濃度計測の2つを比較した



計算によるPAH濃度の濁度補正は妥当

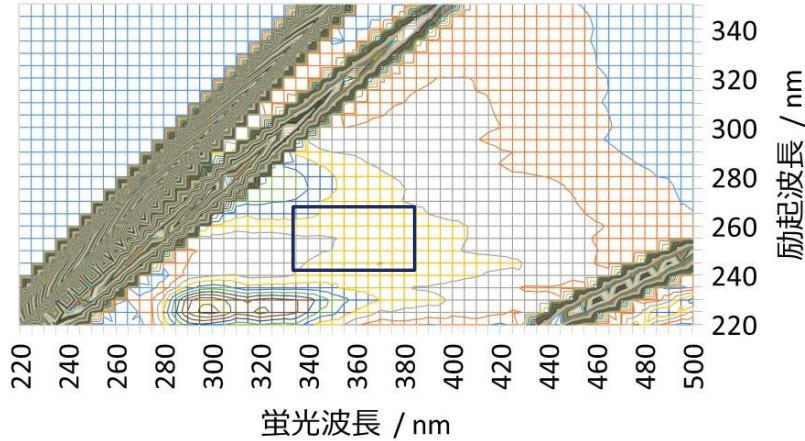
濁度補正済みPAH_{phe}の時間変化



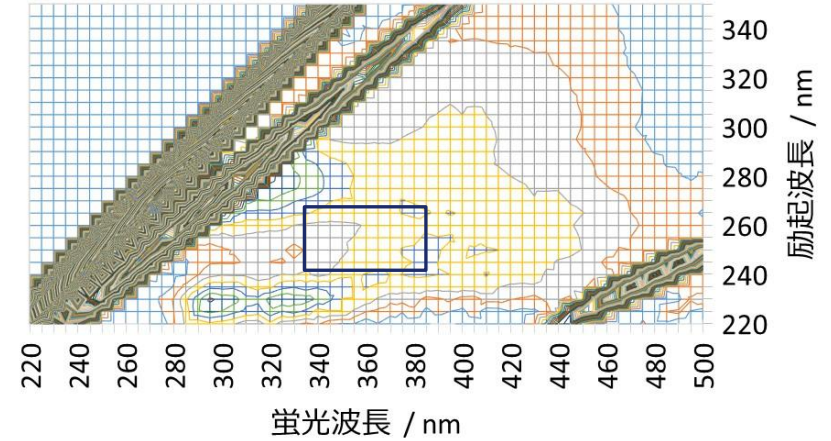
➡ 本実験条件でのガイドライン規制値：32μg/L
規制値より1桁以上PAH_{phe}濃度は低かった

3次元蛍光スペクトルの時間変化

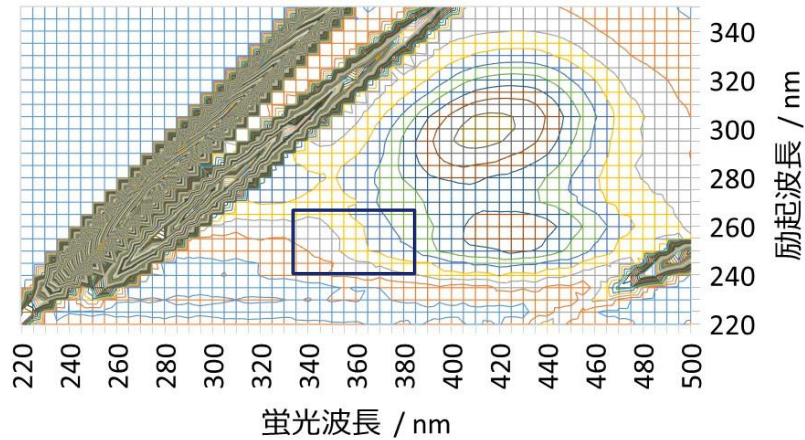
75% 0min



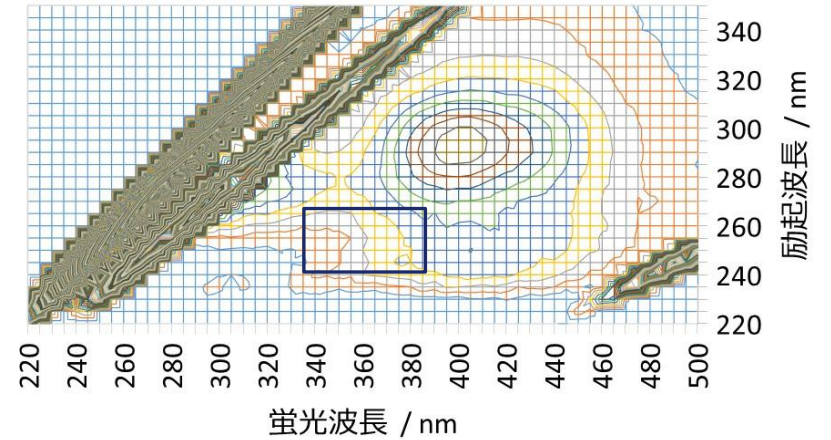
25% 0min



75% 120min



25% 120min



 フェナントレン相当濃度測定領域

濁度計測について

1. スクラバー洗浄水の濁度を高濁度まで精度良く計測するにはレシオ方式か複数組の入射/反射測定ができるものが適していた
2. 濁度はスラッジ量だけでなく、スラッジの形状、粒径等の物理的性質に影響を受けることが示唆された

PAH計測について

1. 計測濁度値を用い数値計算した濁度補正PAH濃度とろ過により懸濁粒子を除去した溶液のPAH濃度は一致し計算による濁度補正の妥当性が示せた
2. 条件によってはフェナントレン以外のPAHも観測され、 PAH_{phe} 濃度での評価に課題がみられた
IMOによる規制値と比較し1桁以上 PAH_{phe} が低かった

謝辞

本発表の一部は、日本財団の助成事業である（一財）日本船舶技術研究協会の「2014年度大気汚染防止基準整備のための調査研究（大気汚染防止基準整備プロジェクト）」で実施されました。ここに厚く御礼申し上げます。