

平成26年度  
海上技術安全研究所研究発表会

# 舶用スクラバにおける濁度・PAH モニタリングと洗浄水性状の検証

2014年6月25日

独立行政法人 海上技術安全研究所  
環境・動力系 高橋千織, 山口良隆, 岸武行,  
安藤裕友, 西尾澄人, 柳東勲

この講演資料はPDF版をダウンロードできます。



# 本日の講演

1. SO<sub>x</sub>規制への対応
2. 2009 EGCSガイドライン
3. 本研究の目的
4. 実験方法
5. モニタリング実験結果
6. ラボ分析結果
7. まとめ

# 排ガス規制 (NOx, SOx)

国土交通省資料から

## SOx・PM規制

燃料油の硫黄分濃度の上限値

レビュー実施: 規制開始時期を決定

前倒し?

2020年or  
2025年

2010年7月

2012年

2015年

← 2018年

指定海域

1.5%

1.0%

0.1%

一般海域

4.5%

3.5%

0.5%

## NOx規制

2011年

2016年

一般海域

NOx  
1次規制

指定海域

NOx 2次規制  
(1次規制比20%削減)

NOx 3次規制  
(80%削減)



# SOx規制への対応

## ◆ 複数の選択肢

### 燃料の転換

- ・低硫黄の留出油 (A重油・軽油=MDO) への転換
- ・他の低硫黄燃料への転換 (LNG等)

主管庁判断で同等手段 (Equivalentents) も選択できる

■■■ Annex VI Regulation 4

- ・残渣油 (C重油) + 脱硫装置 (スクラバ)

## ◆ 他の規制も絡み、選択肢は多様に

- 燃料価格, 供給体制, 環境整備の状況に依存
- システムの価格, ランニングコスト
- NOx規制, 他の規制 (PM, BC等) とも関係



シナリオをどう設定するか: 燃料切替、スクラバ、EGR、SCR



# 2009 EGCSガイドライン 排水規制

## 2009 Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems (resolution MEPC.184(59))

スキームA: 運転パラメータの連続チェック

スキームB: 排ガス(SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)の連続監視



### 10. Washwater

常時モニタリング項目: 温度, pH, 濁度, PAHs

#### ◆ 濁度 (Turbidity/Suspended Particle Matter)

取水と排水の濁度の差 < 25 FNU (ホルマジン濁度)

< 25 NTU (比濁計濁度)



# 2009 EGCSガイドライン 排水規制

## ◆ PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

PAH<sub>phe</sub> (フェナントレン相当PAH濃度)で評価

取水と排水のPAH<sub>phe</sub>の差 < 50 μg/L

ただし、この値はEGC装置の時間当たりの水量45 t/MWhで規格化し、EGC装置の時間当たりの水量によって変化する(下表)。すなわち、計測は濃度で行うが、**実質的には排出総量規制**

流量(t/MWh)	排水濃度限界 (μ g/L PAH <sub>phe</sub> equivalents)	計測法
0 - 1	2250	UV
- 2.5	900	
- 5	450	蛍光
- 11.25	200	
- 22.5	100	
- 45	50	
- 90	25	





# 本研究の目的

- 将来、ガイドラインを見直す際の基礎データの収集
  - スクラバー排水性状の実態調査（エンジン・スクラバー運転条件などによる影響など）
  - モニタリング法の技術的課題－各計測法が何を測っているのか。計測条件、計測限界の確認

本報告では、主にPAHsモニタリング法についての検討結果を報告する。



# 実験方法

## スクラバー洗浄水モニタリング試験

### ◆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機関  
(MU323DGSC)

運転条件：船用特性 負荷率75%, 25%→75%

使用燃料油：C重油 (2.6%S)

### ◆スクラバー

試験用スクラバー：アルファラバル社製

### ◆モニタリング計測器

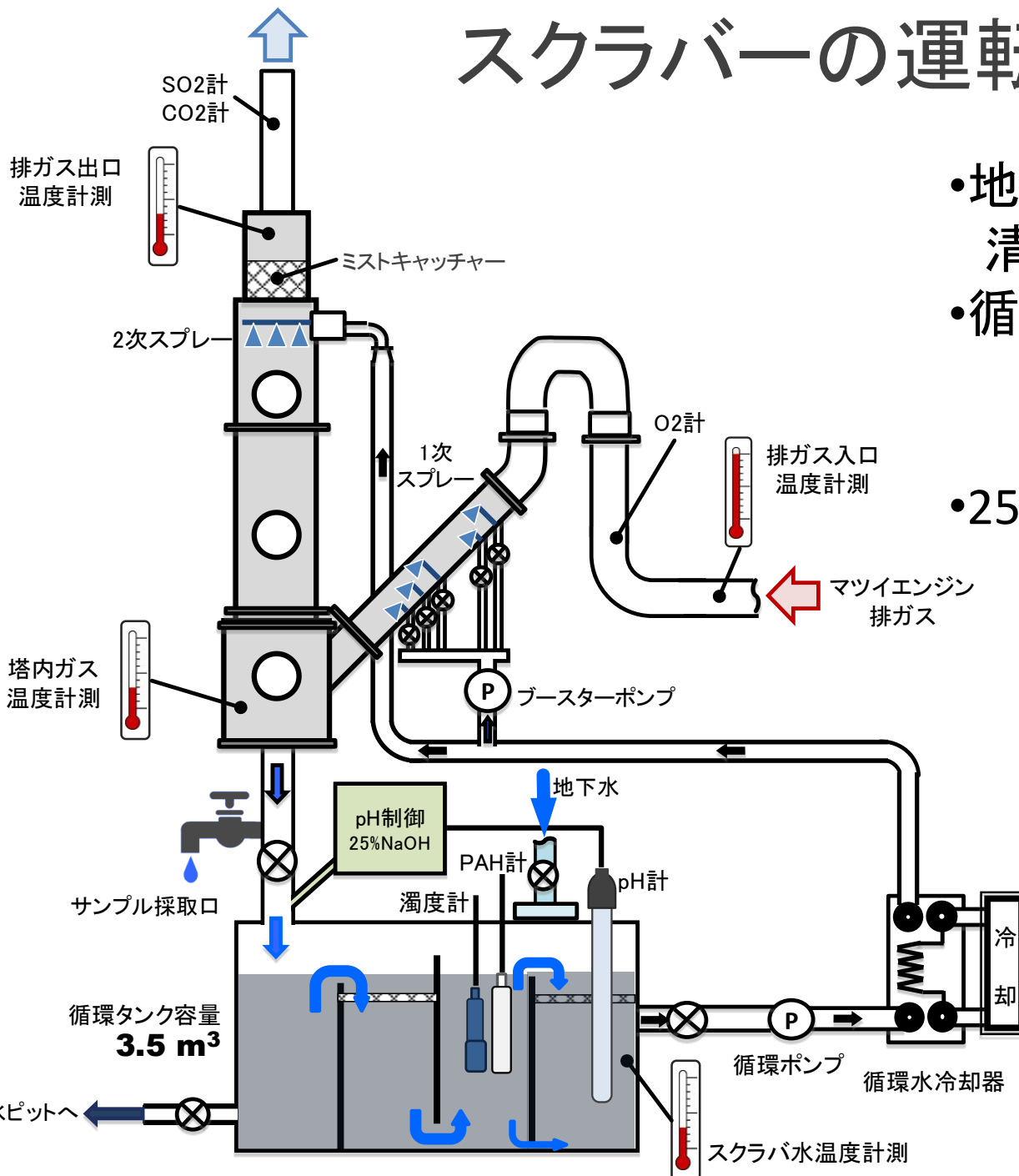
濁度：ポータブル濁度計TB-31型  
(東亜ディーケーケー)

PAH<sub>phe</sub>濃度：Enviro Flu-HC (TriOS)





# スクラバーの運転条件



- 地下水を用いた  
清水閉ループ・モード
- 循環水流量: 約 $18\text{m}^3/\text{h}$   
1次スプレー 約 $10\text{m}^3/\text{h}$   
2次スプレー 約 $8\text{m}^3/\text{h}$
- 25%NaOH使用  
(pHは6.5~7.6に調整)

PAH排出量

循環水流量: 約 $18\text{m}^3/\text{h}$   
エンジン出力: 257kW

∴ 流量(t/MWh)  
= 70 t/MWh

表より

PAH<sub>phe</sub> 濃度 <  $25\mu\text{g}/\text{L}$

# 実験方法

## 排水のラボ分析

### ① サンプル採取:

スクラバー試験中に一定時間ごとに  
循環タンク内から採水



ろ過

### ② ろ過:

0.45 $\mu$ mのメンブランフィルタで粒子状物質を除去  
PAHsの蛍光分析に及ぼす濁度の影響について検討



光度計	F-7000形分光蛍光光度計 (日立ハイテック)
測定モード	3次元
励起開始/終了波長	200 nm/500 nm
励起側サンプリング間隔	5.0 nm
蛍光開始/終了波長	200 nm/500 nm
蛍光側サンプリング間隔	5.0 nm
スキャンスピード	300 nm/min
励起側/蛍光側 スリット	5.0 nm /5.0nm

### ③ 3次元蛍光測定:

PAH<sub>phe</sub>計測結果との関係  
を検討

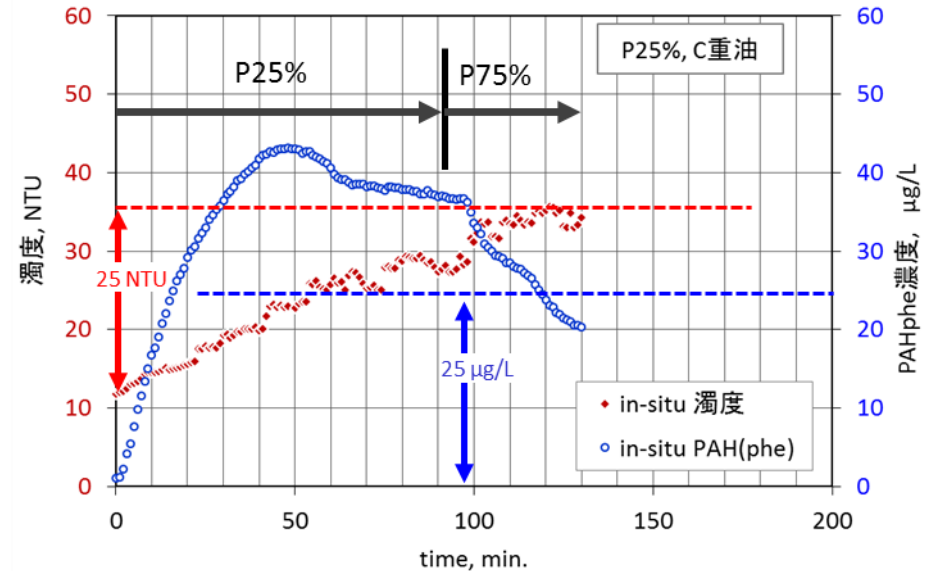
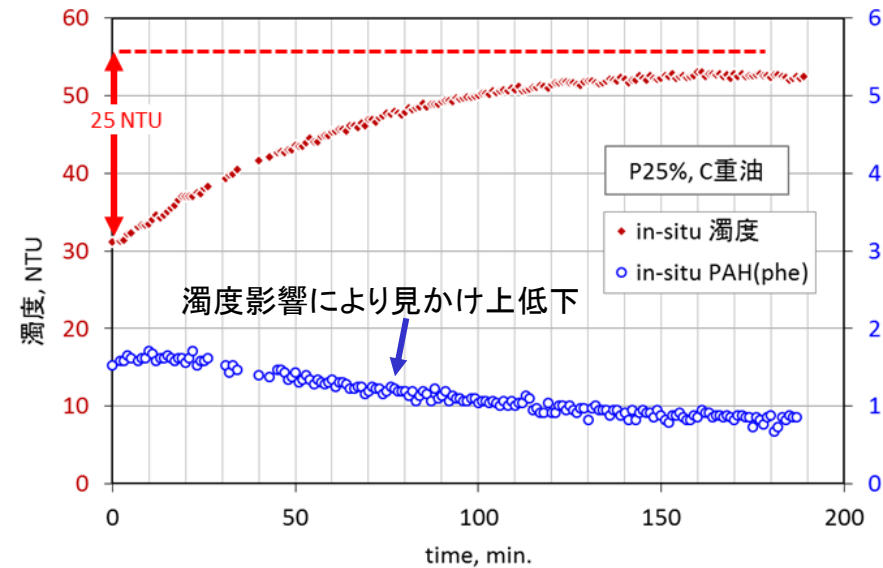
# 実験結果：排水モニタリング

## 負荷率：75%

排ガス流量 (NL/min)	
平均流量	12.2
実験終了時 排ガス温度 (°C)	
スクラバ入口	322
スクラバ塔内	22
スクラバ出口	17
実験終了時 水温 (°C)	
循環タンク内	21

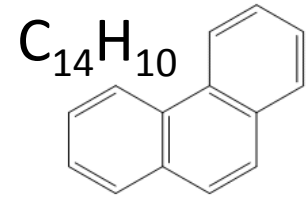
## 負荷率：25% → 75%

排ガス流量 (NL/min)	
平均流量	5.9
P25%実験終了時 排ガス温度 (°C)	
スクラバ入口	179
スクラバ塔内	13
スクラバ出口	12
P25%実験終了時 水温 (°C)	
循環タンク内	14

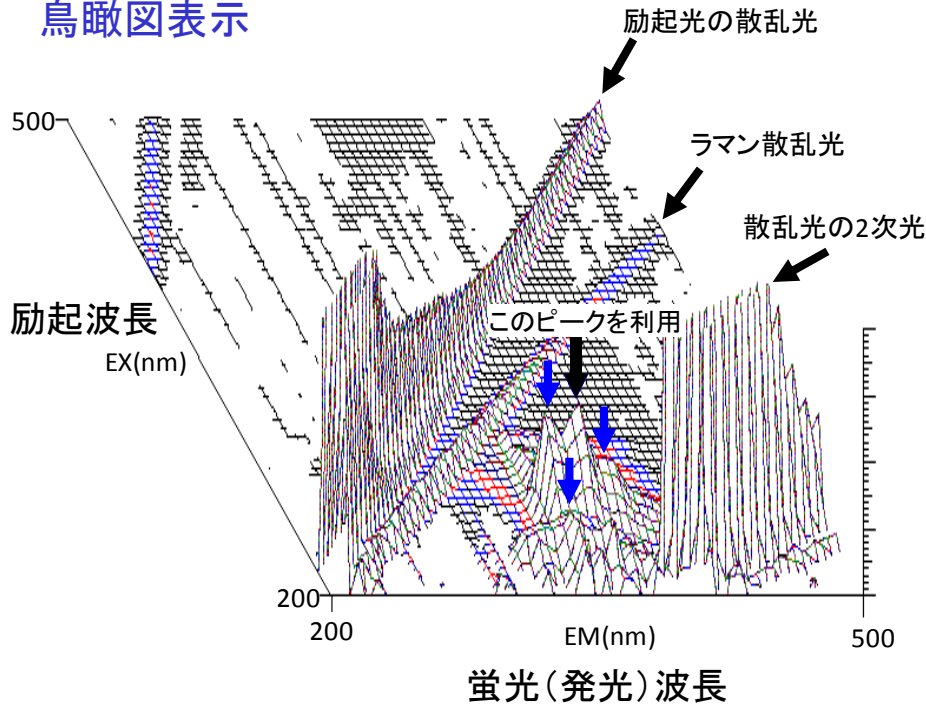


# 蛍光発光を利用したPAH<sub>phe</sub>計とは？

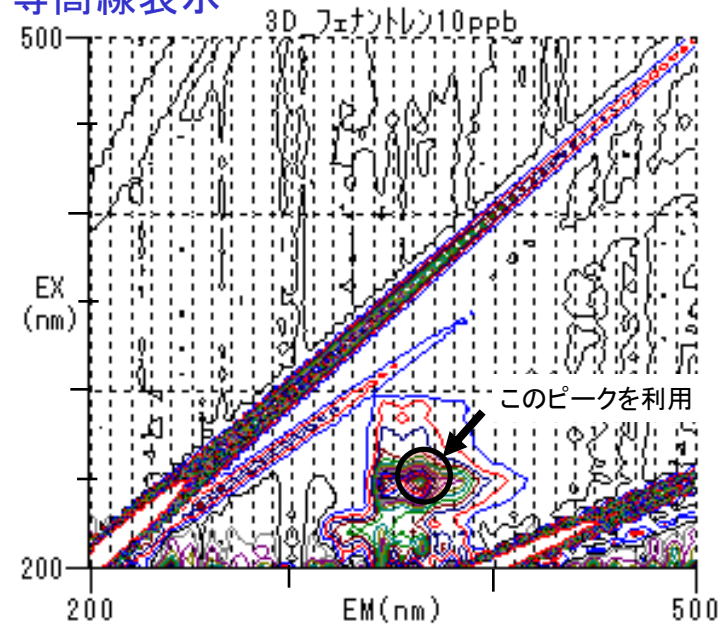
3次元での蛍光発光分析例：フェナントレン試薬 10ppb



鳥瞰図表示



等高線表示

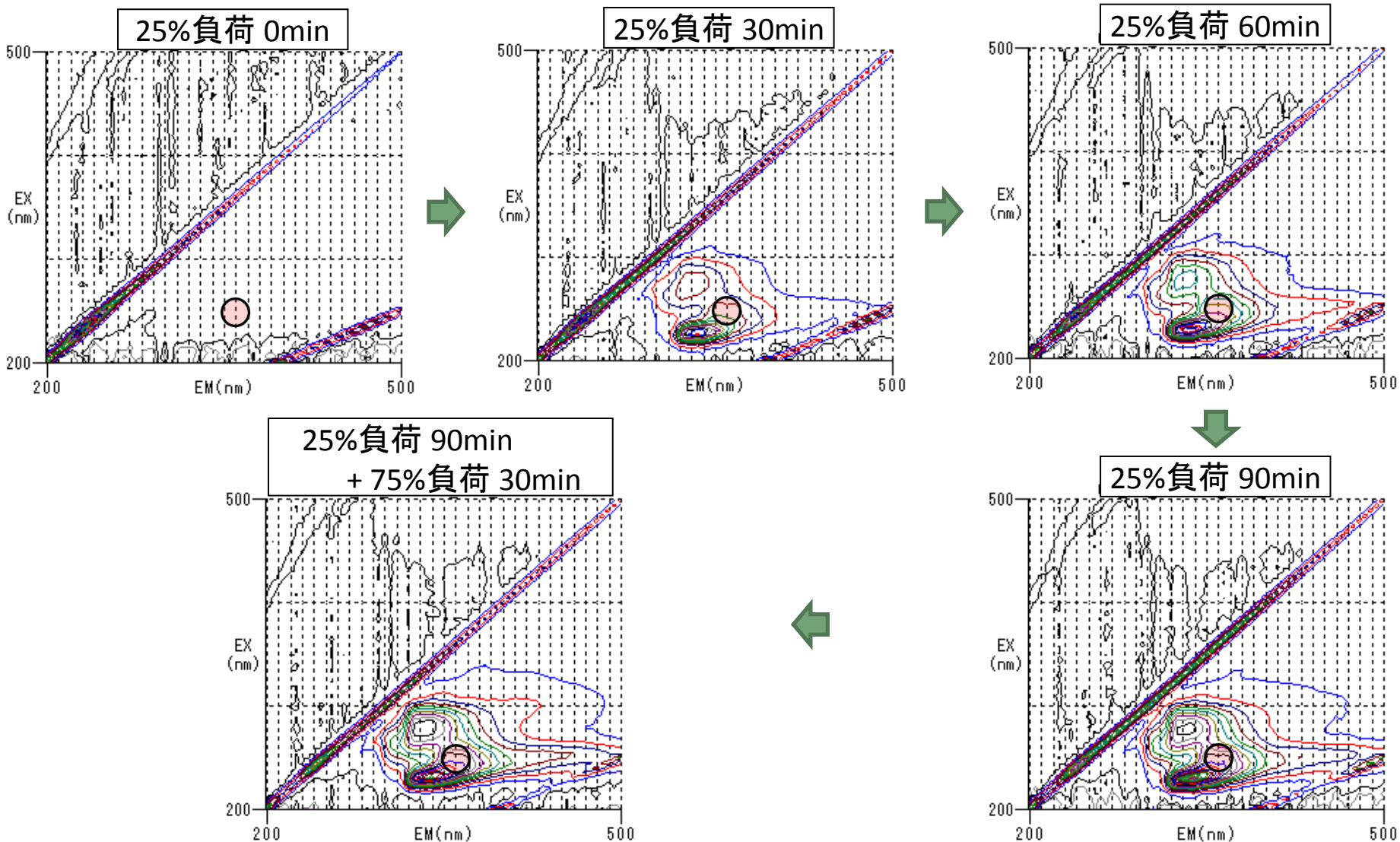


モニタリングに使われるPAH<sub>phe</sub>濃度

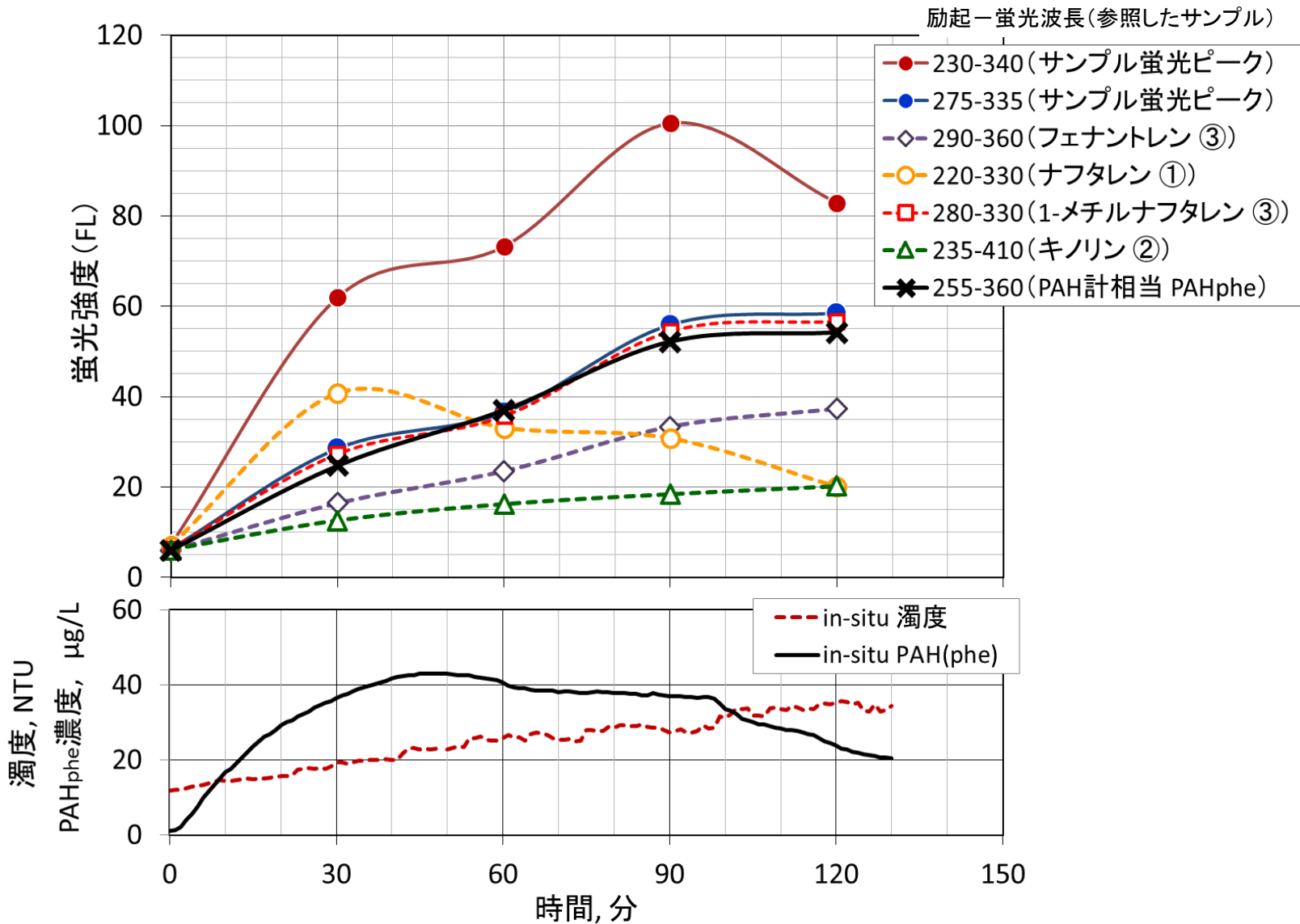
フェナントレン特有の励起波長と蛍光波長に固定した波長で計測した濃度

# ラボ計測 3次元蛍光分析結果

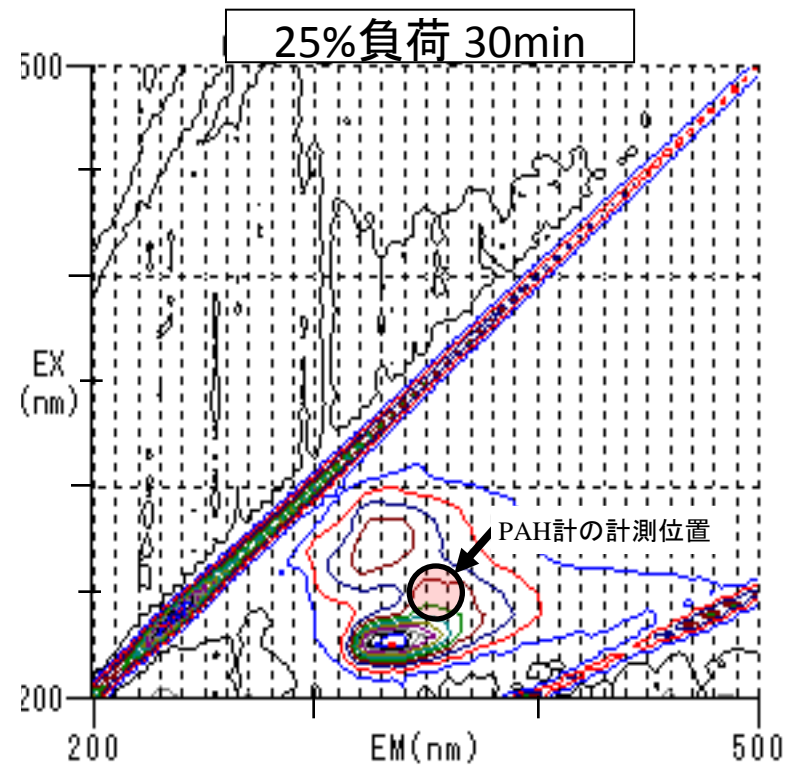
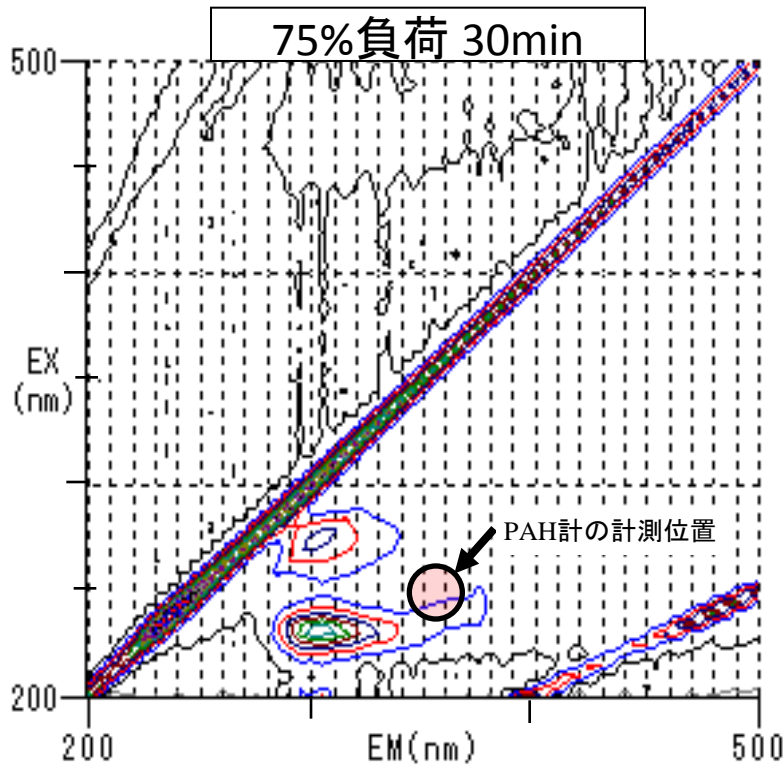
負荷率: 25%



# 蛍光分析結果の検討



# エンジン運転条件による違い



## PAH<sub>phe</sub>濃度

- エンジン、スクラバの運転条件によって、スクラバ水中に溶存する炭化水素の組成は変わり、蛍光特性も変わる
- 蛍光スペクトルの形状や強度に影響を与える因子：  
濁度、溶液のpH、温度、溶媒の種類、共存塩

## まとめ

- (1) スクラバー洗浄水の連続モニタリング結果から、PAH<sub>phe</sub>濃度は計測環境条件に大きく影響を受ける。特に濁度の影響は大きい。PAHs計測を保証するためにも濁度は低い値に抑えるべき。
- (2) SO<sub>x</sub>スクラバーの排水モニタリング項目のうち、PAH<sub>phe</sub>濃度は、低負荷運転時に大きく増加する。
- (3) スクラバー洗浄水中に溶存するPAHsはエンジンの運転条件によって組成が変わるが、その多くは2環以下の環数の小さい成分であると考えられた。

排水中の溶存成分とスラッジとなる固体成分については、今後詳細な化学分析を行う予定である。

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「2013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。