



日本海事協会殿とヤンマーとの共同研究

# SCR脱硝性能への 排気ガス成分の影響と 耐久性に関する研究開発

2014年3月31日

ヤンマー(株)  
特機エンジン事業本部  
開発部

**YANMAR**

# 目次

## 1. 事業の目的等

### 1.1 事業の目的

### 1.2 事業の目標

## 2. 事業の内容と成果

### 2.1 供試機関・脱硝装置・供試燃料

### 2.2 エアブロー無し試験

### 2.3 エアブロー付き試験

### 2.4 燃料種変更によるPM計測と脱硝試験

## 3. まとめ



# 1. 事業の目的等

## 1.1 事業の目的

IMOによるSO<sub>x</sub>規制は燃料中の硫黄分で規定しており、低硫黄燃料の流通が将来叫ばれる中、燃料コストの観点から、スクラバー装置と共に低質な高硫黄燃料の使用が検討されている。SCRに注目すると、同燃料の運転においてはスート付着による触媒目詰まりが懸念される。一般的にはエアブローを行うことにより、これを防止しているが、触媒の目の大きさが比較的小さな場合や使用燃料によっては、触媒目詰まりを発生させる可能性がある。

そこで本事業では、**低質な高硫黄燃料による耐久試験を行うことにより、触媒差圧と脱硝率の関係と、エアブローの実機調査を行う。**触媒差圧と脱硝率とが何等かの関係を有することになれば、触媒差圧計測が劣化検知方法の一つとして使えることになり、ひいては船舶へのSCR搭載後の定期検査にも役立つことになるため、有益な知見となる。

次に2011年度事業において、高硫黄分の燃料使用時に低負荷の脱硝率が低下するといった課題が挙げられていた。ある文献<sup>1)</sup>によれば、尿素水噴射量の増加に伴い、PM濃度が増加するといった記述がある。そこで、**燃料種変更試験を行うことにより、PM濃度と脱硝性能の関係を調査する。**



## 1.2 事業の目標

- 1) 触媒差圧と脱硝率の関係についての調査  
(触媒差圧上昇による脱硝率低下検知の可能性調査)
- 2) 燃料種変更によるPMと脱硝性能の関係についての調査



## 2. 事業の内容と成果

### 2.1 供試機関・脱硝装置・供試燃料



# 供試機関・脱硝装置

## 供試機関：6EY18AL形



機関名称		6EY18AL
形式		立形・水冷 4サイクル
シリンダ数		6
ボア×ストローク	mm	180×280
総行程容積	Lit	42.75
定格出力	kW/min <sup>-1</sup>	550 / 900
燃焼方式		直接噴射式

## SCR反応器



触媒種	V系
SV値(h <sup>-1</sup> )	11,000
触媒保持部	モジュール式
エアブロー	ON/OFF
尿素水噴射装置	エアアシスト式



# 供試燃料の代表性状

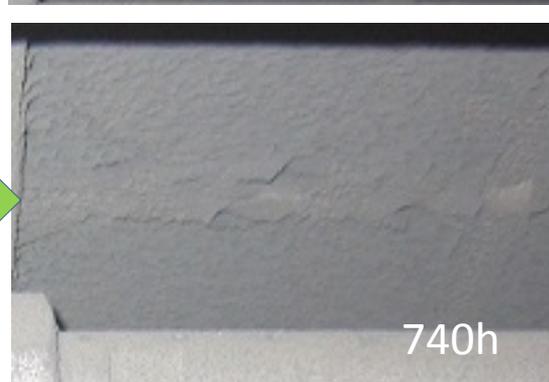
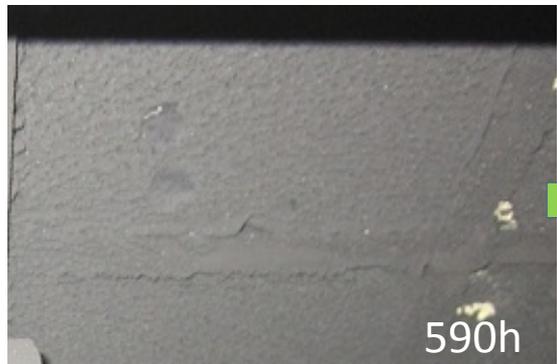
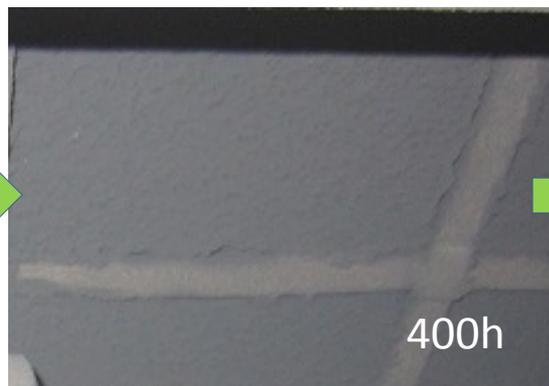
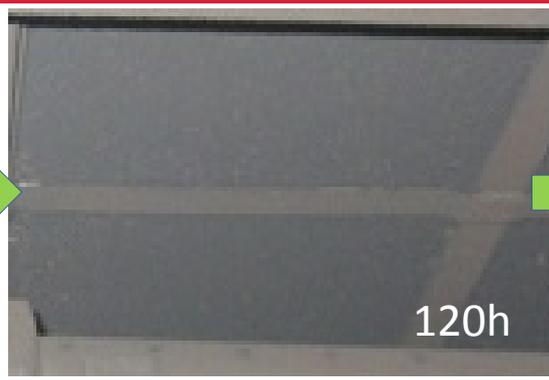
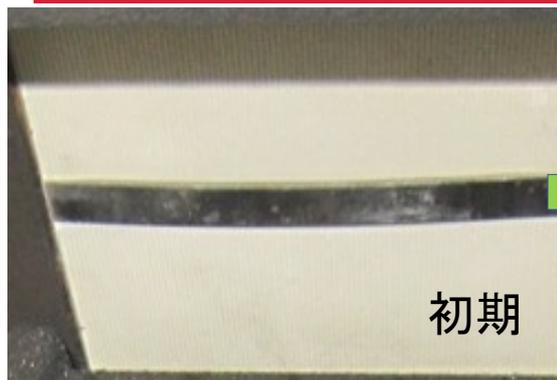
項目	単位	RM180	参考) RM350
密度(15°C)	g/cm <sup>3</sup>	0.9771	0.9893
動粘度(50°C)	mm <sup>2</sup> /s	135.5	324.5
硫黄分	mass%	2.27	2.6
水分	vol%	0.10	0.3
灰分	mass%	0.02	0.05
残留炭素分	mass%	10.6	12
引火点(PM)	°C	87.0	>70
総発熱量	MJ/kg	42.62	40.24
Si	ppm	16	20
V	ppm	123	138
Na	ppm	14	19
アスファルテン	wt%	5.1	NA
CCAI	—	850	852



## 2.2 エアブロー無し試験



# スート付着状況(100セル触媒・エアブロー無し)

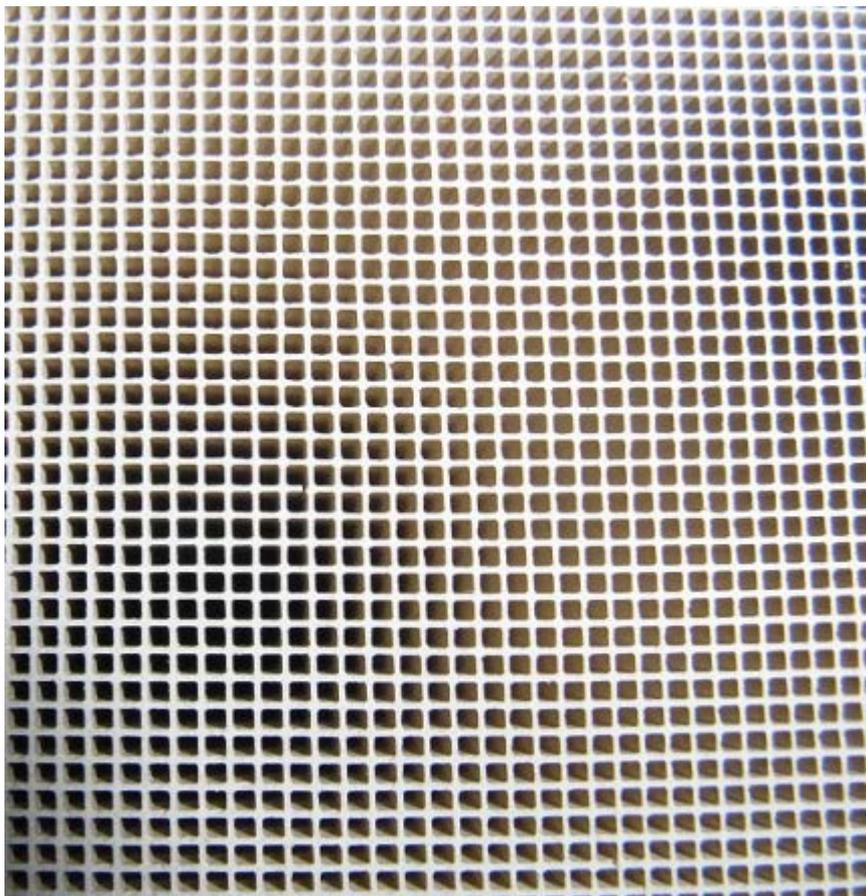


・実用的に使用される触媒において、エアブロー無しで、約900時間のHFO耐久試験を実施  
・740時間までの触媒表面状況を表示(時間は経過時間)

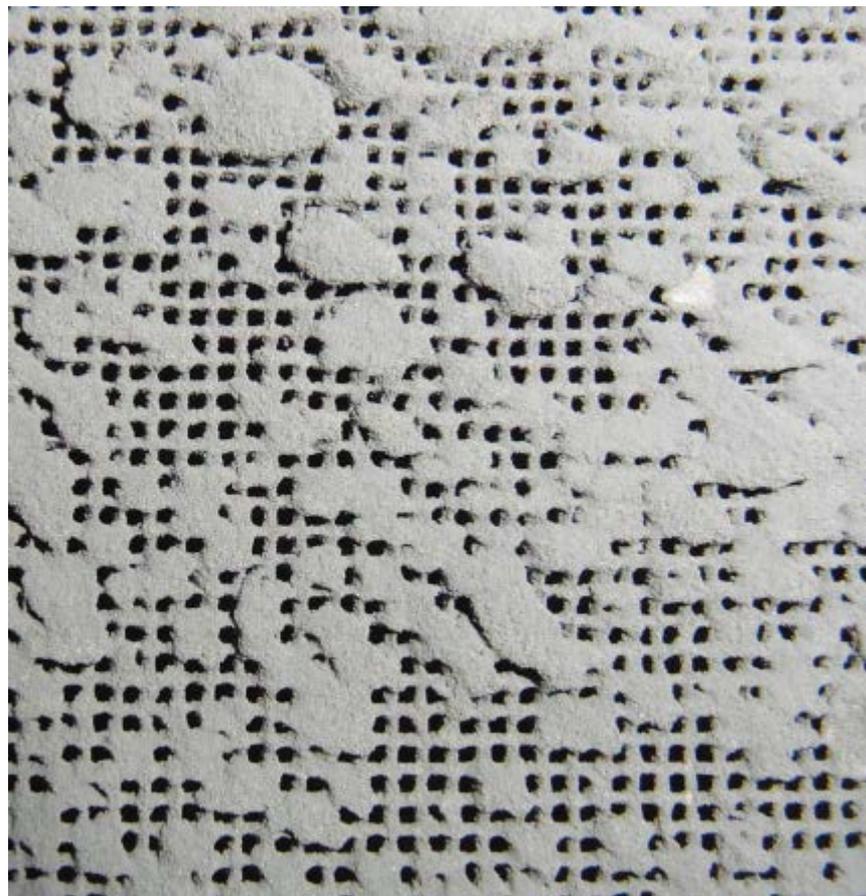


# 触媒表面状況(拡大)

新品

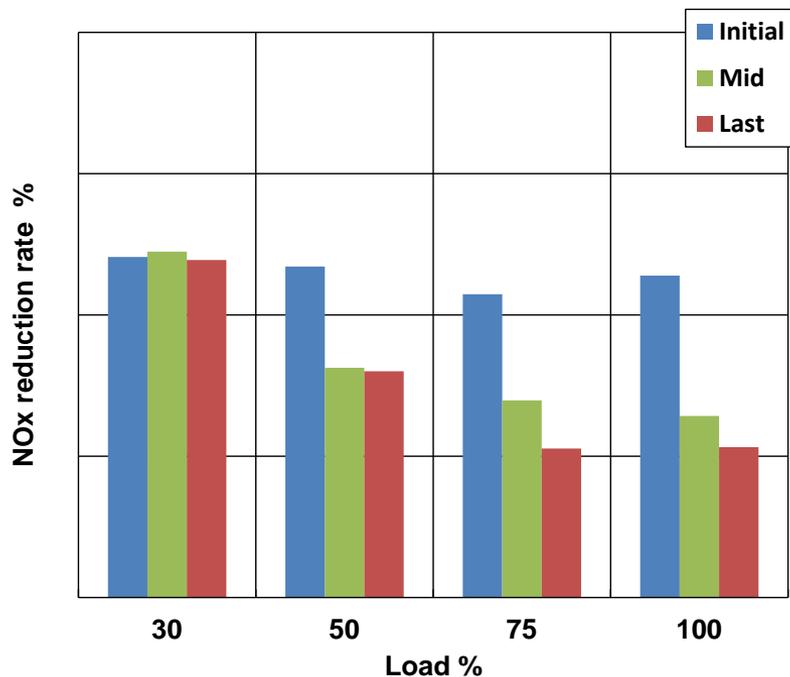


耐久試験(約900時間)後

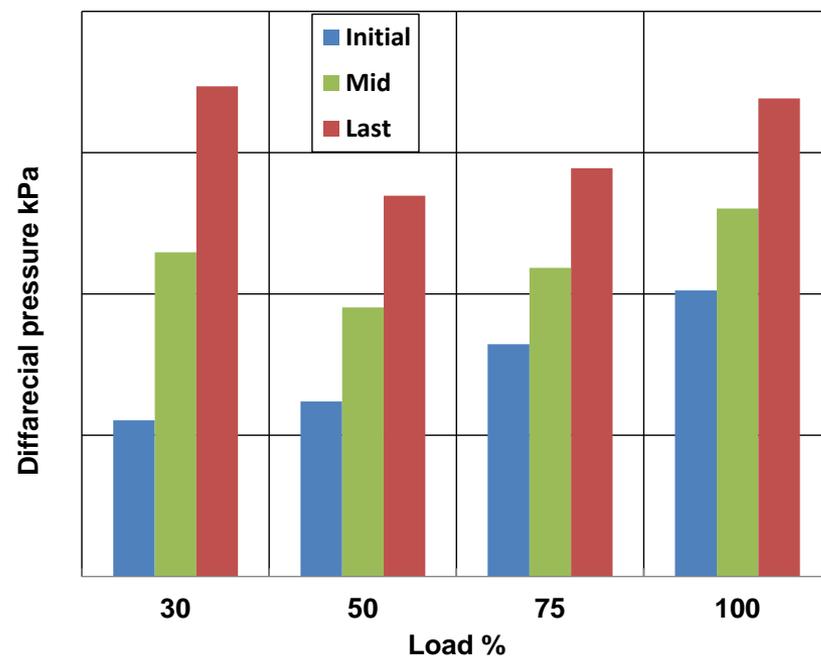


# 脱硝率と触媒差圧の変化

## 脱硝率



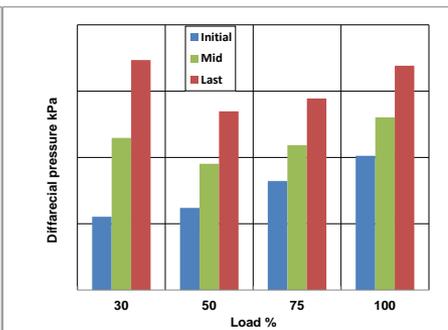
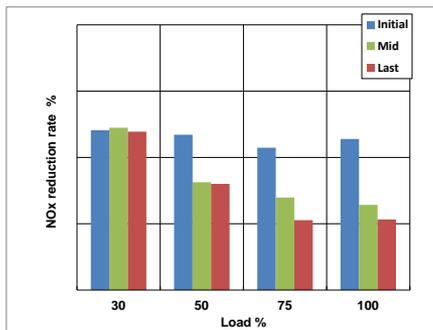
## 触媒差圧



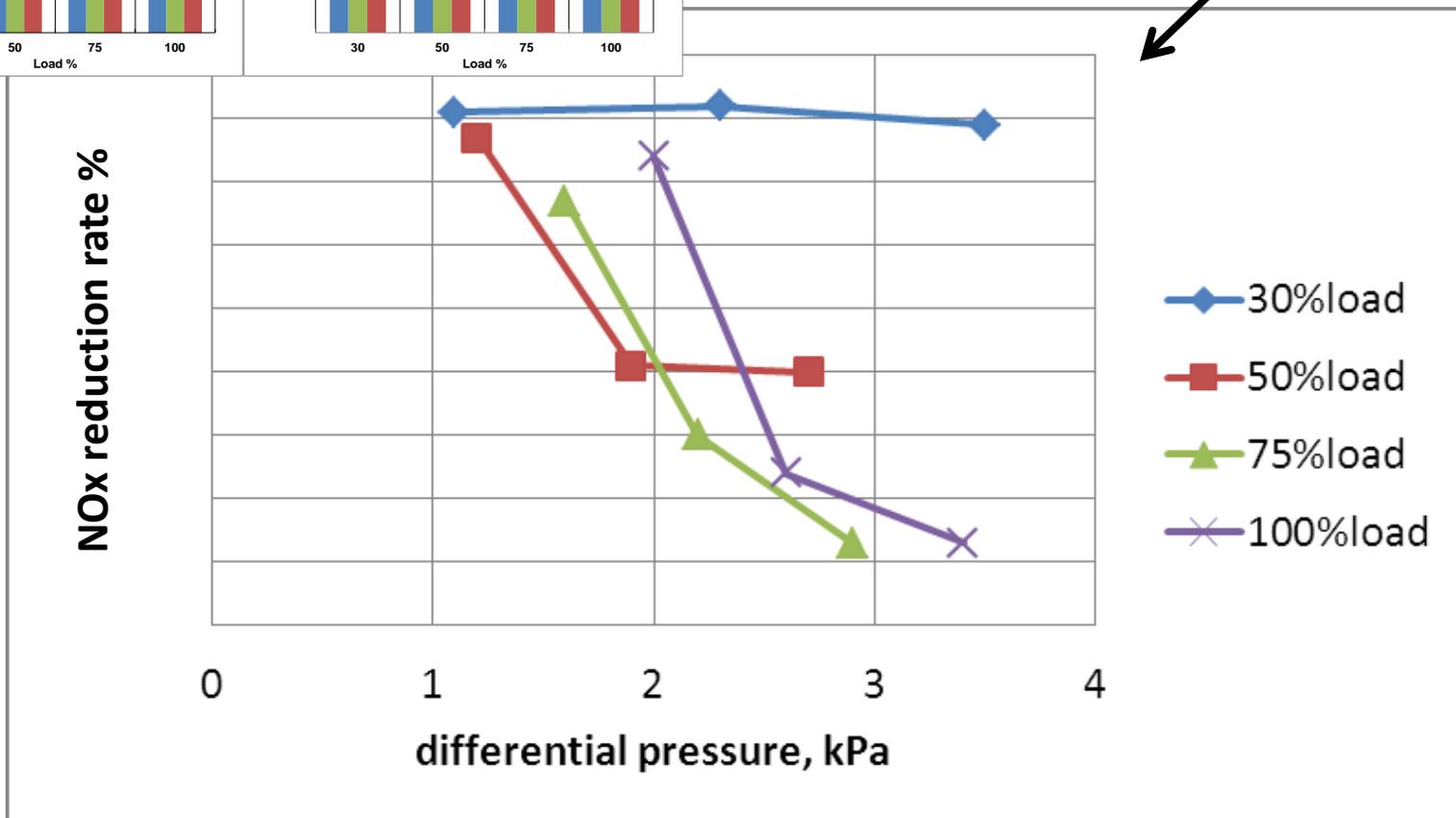
- ・約900時間の内、初期(100時間)、中期(450時間)、終了時点での各負荷の脱硝率と触媒差圧をピックアップ



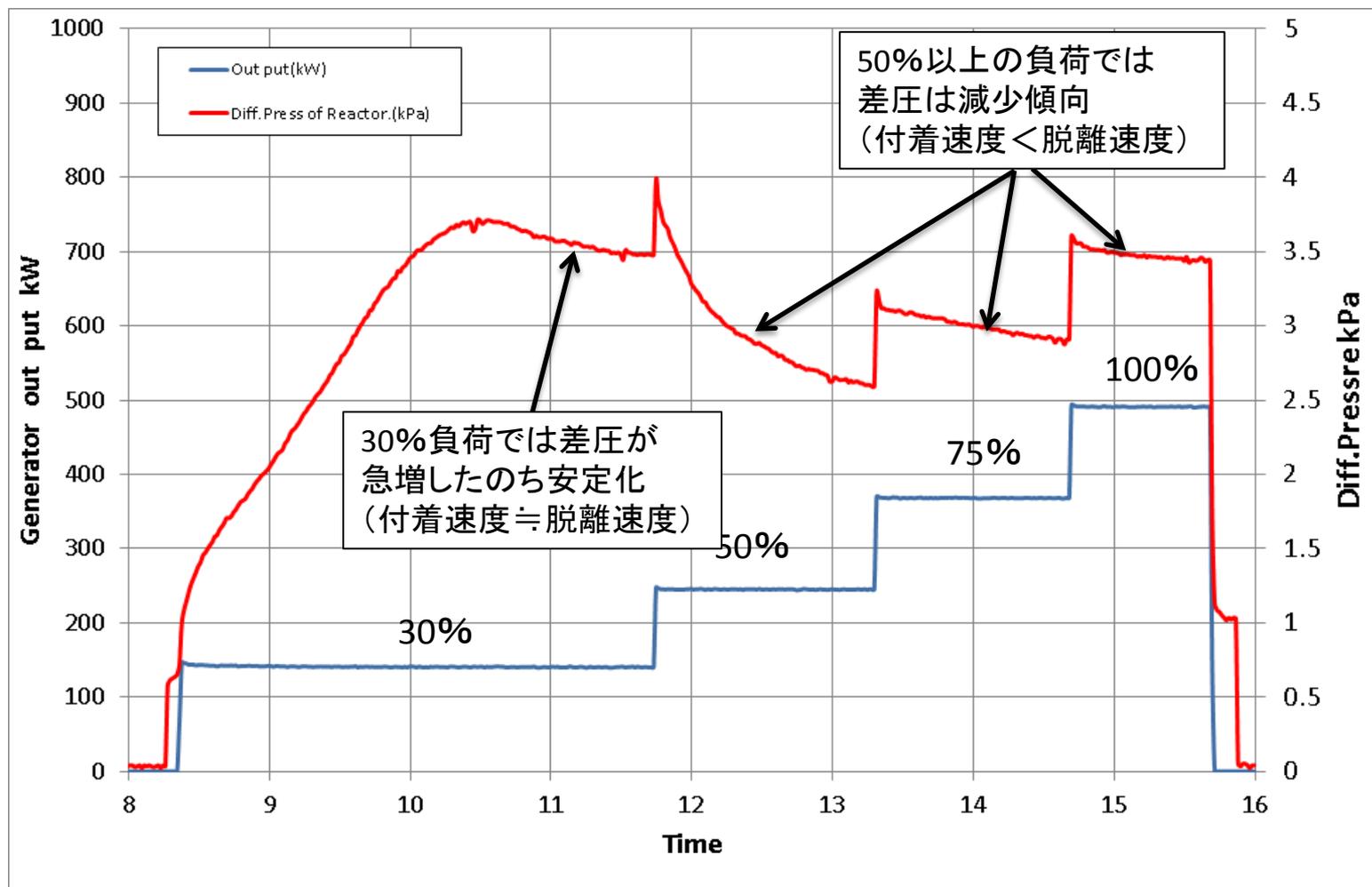
# 触媒差圧と脱硝率の関係



・約900時間の内、初期(100時間)、中期(450時間)、終了時点での各負荷の脱硝率と触媒差圧をピックアップ

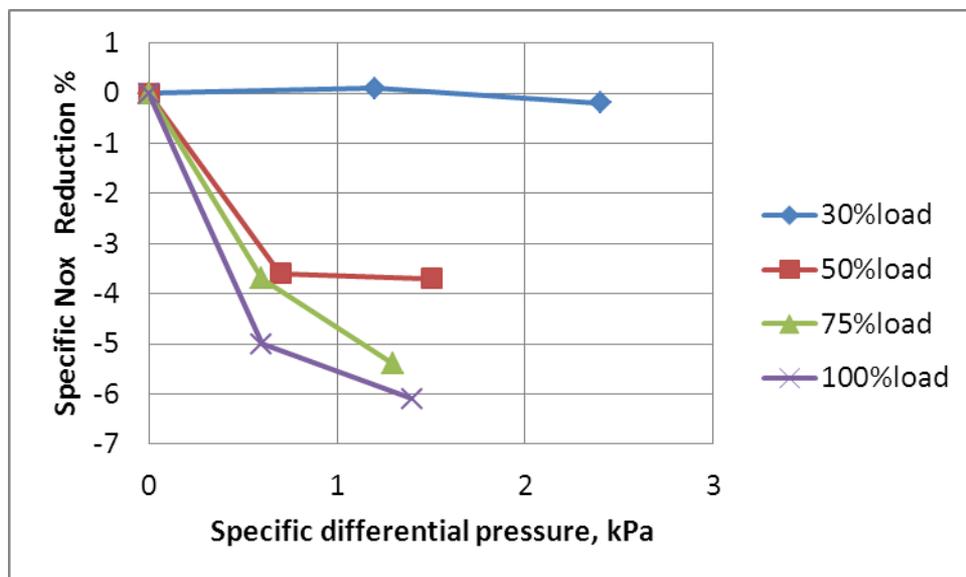


# エアブロー無し試験における触媒差圧の挙動



## 2.2項のまとめ

- 30%負荷では、触媒差圧は急増した後、安定化した後、脱硝率の変化は認められなかった。
- 50%以上の負荷では、触媒差圧と脱硝率との間に、トレードオフの関係が認められた。
- 30%負荷運転にてスートを堆積させた後、負荷を上げていくと、触媒差圧に減少傾向が認められた。



・高負荷では触媒差圧による劣化検知の可能性あり。

・劣化検出閾値(案);  
初期値より+1 kPa増加

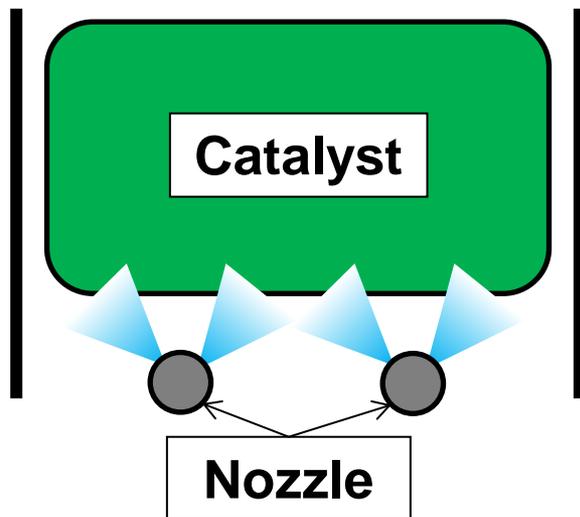


## 2.3 エアブロー付き試験



# 供試エアブロー装置の概要

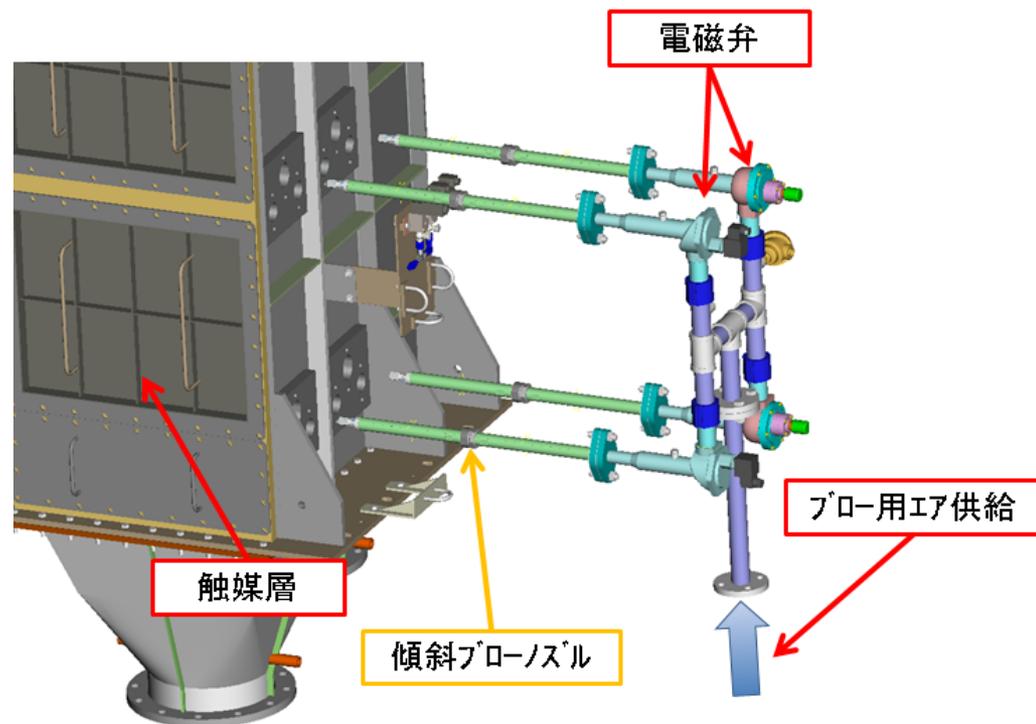
## 傾斜ブロー方式



＜表面を“掃う”＞

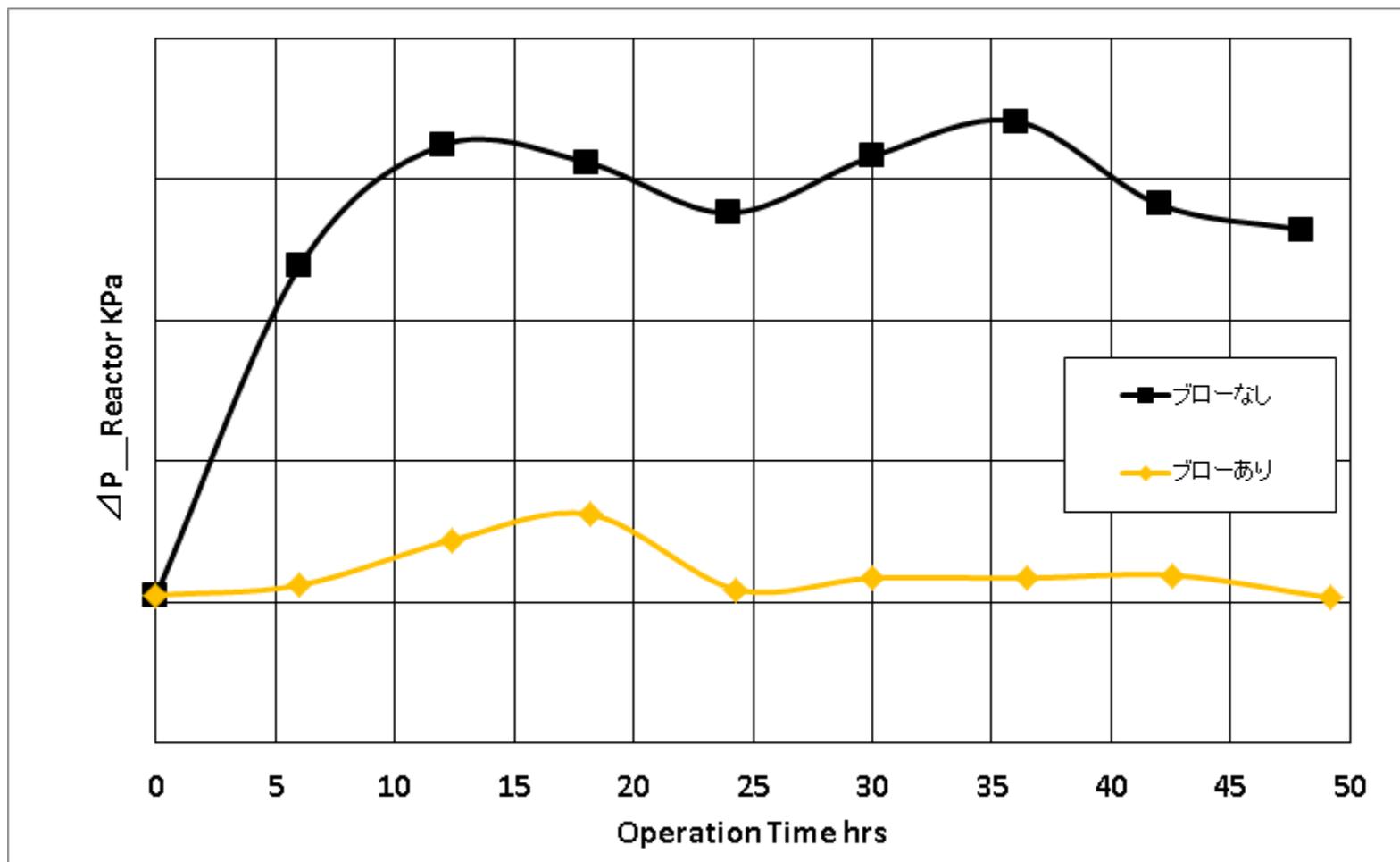
指向性を有したノズルを用い、  
表面に対し、エアを傾斜方向  
に当てる。

## ノズル設置状況



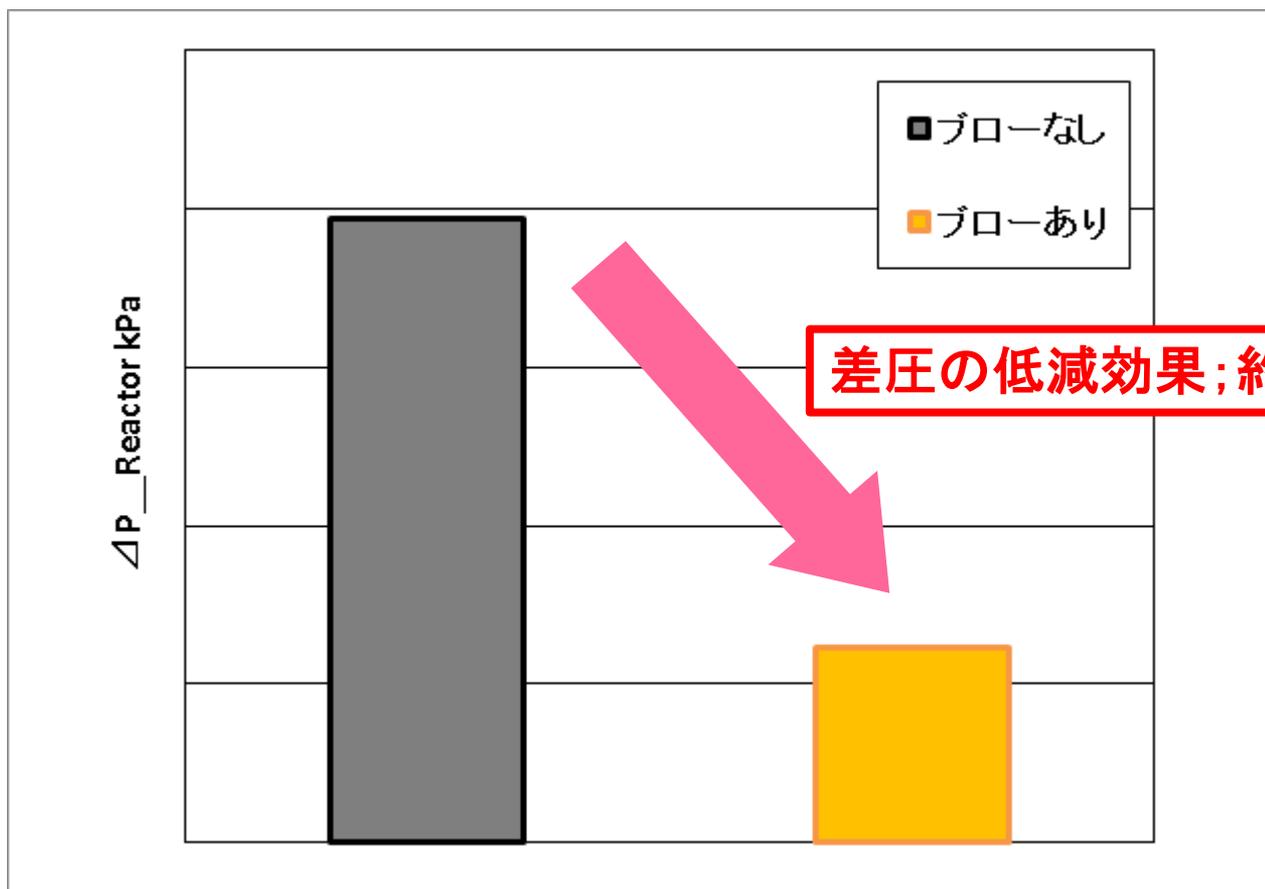
# 比較①: 初期差圧からの連続運転

初期差圧から、各々、約50時間運転



# 比較①: 初期差圧からの連続運転

安定化後の差圧の平均値を比較



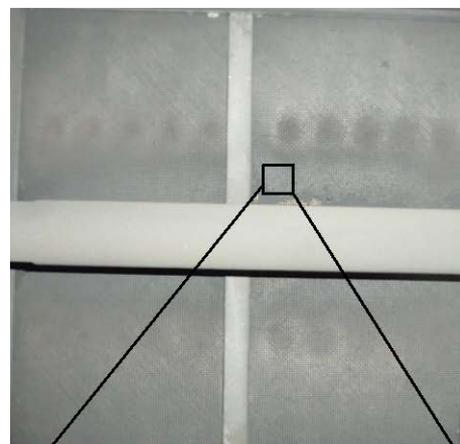
# 比較①：初期差圧からの連続運転

## 耐久運転後の触媒表面状況

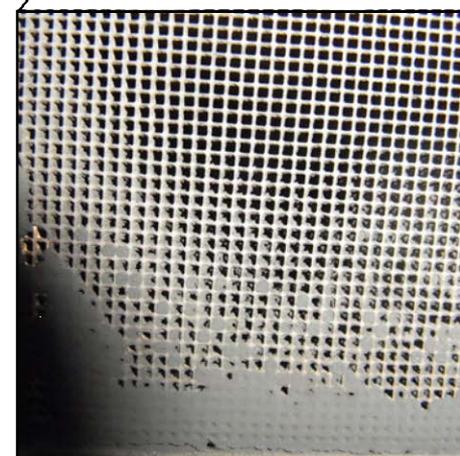
右丸

傾斜右方式

表面全体

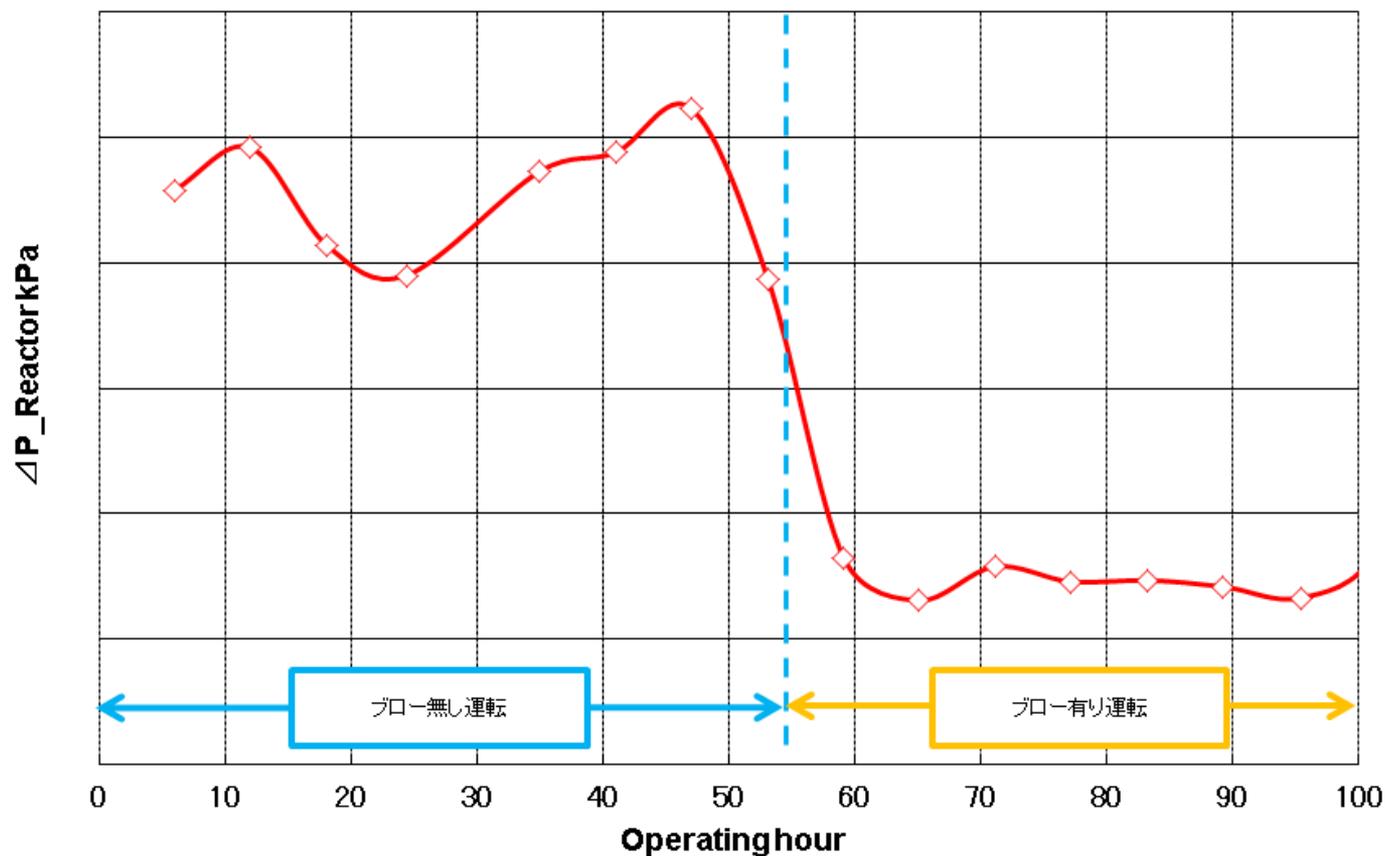


拡大



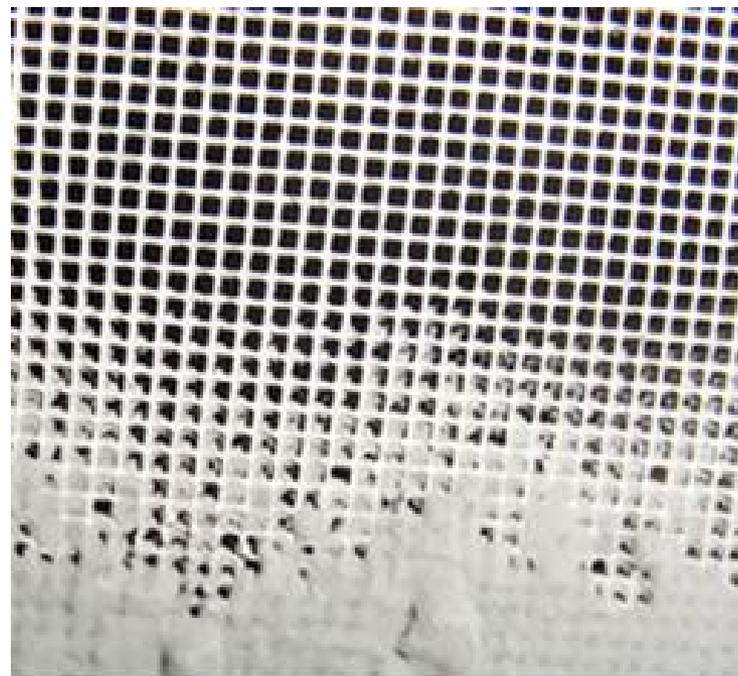
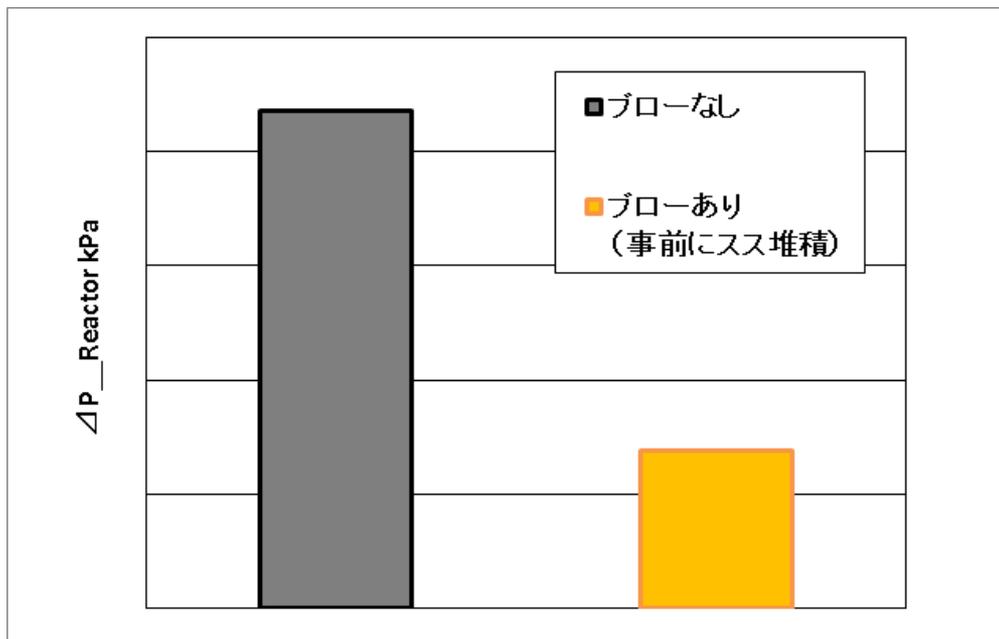
## 比較②: 差圧上昇後からのエアブロー作動

エアブロー無しの運転を約50時間行った後、エアブローを作動させて、同じく約50時間の運転を実施



## 比較②: 差圧上昇後からのエアブロー作動

安定化後の差圧の平均値を比較



ススが堆積した状態からエアブローを作動させても、差圧の低減効果が得られた。

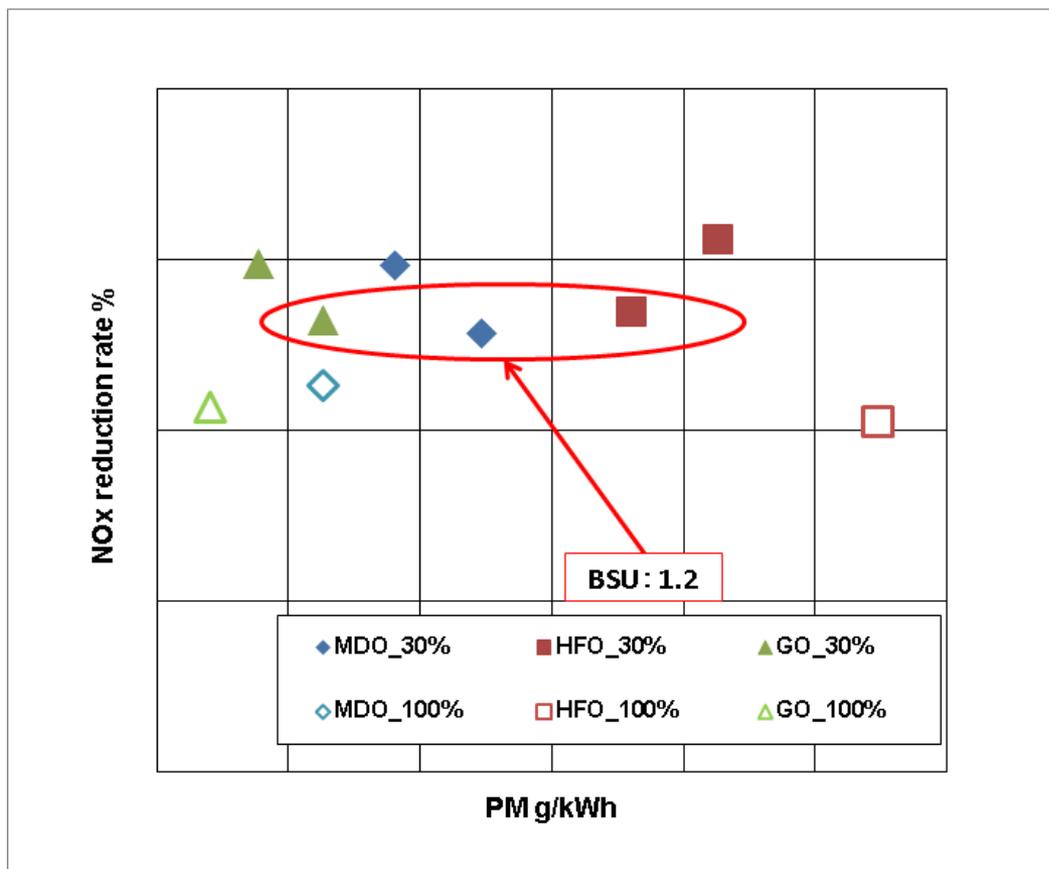


## 2.4 燃料種変更によるPM計測 と脱硝試験



# 燃料種変更によるPM計測と脱硝試験

軽油、A重油(硫黄分濃度<1%)、C重油(180cSt)の燃料でのPM重量と脱硝率を比較  
(触媒入口排気ガス温度:330~340°C)



酸性硫黄の影響を除外し、  
触媒が活性する条件において、  
PM濃度と脱硝率との相関は  
見られなかった。



## 3. まとめ

### 1) 触媒差圧と脱硝率の関係について

- ・エンジンの高負荷域において、触媒差圧上昇による脱硝率低下検知の可能性がある。
- ・高セル密度触媒によるHFO耐久試験結果から、エアブロー無しでは差圧が顕著に上昇したことに対し、エアブロー付きでは、これを防止できる効果があることを確認した。

### 2) 触媒差圧の挙動について

- ・スートの付着速度と脱離速度が平衡する負荷域と、脱離速度の方が大きくなる負荷域とがあることが分かった。

### 3) 燃料種変更によるPMと脱硝性能の関係について

- ・酸性硫安の影響を除外し、脱硝反応を確保している領域では、排気中のPM濃度と脱硝率の間に相関は見られない。



