

# リアルタイムモニタリングによる 日本海沿岸の大気汚染状態観測

小栗 彰\*

## Observation of air pollution status along the Sea of Japan using real-time monitoring procedure

Akira OGURI

Emission control for marine engines started by MARPOL 73/78 ANNEX VI adopted in the IMO (International Maritime Organization) meeting in 1997. This treaty came into effect in May, 2005 and was also retroactive to vessels constructed after Jan. 1, 2000. NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> are subject to the regulation. It is scheduled to be strengthen in 2011 and in 2016. Thus regulations for marine engines just started and fishing vessels based along the Sea of Japan in Fukui are thought to be constructed before the regulation took into effect. Accordingly we have decided to apply “observation of air pollution by real-time monitoring procedure to focus on NO<sub>x</sub>” to the theme of our research. In this report trial experimental results are described.

Key Words: emission, NO<sub>x</sub> concentration, polluted air elements, fishing vessels flow

### 1. 緒言

船舶からの排気ガス規制は、1997年IMO(International Maritime Organization 国際海事機関)条約締約国会議において採択された海洋汚染防止条約(MARPOL条約)付属書VI「大気汚染防止」により始まった。この条約は2005年5月に発効し、一次規制については2000年1月1日以降建造された新造船についても遡及適用されることとなった。規制は、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)と硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)を対象としており、CO<sub>2</sub>・PM(Particulate Matter)は外された。NO<sub>x</sub>規制値は図1に示すように機関回転

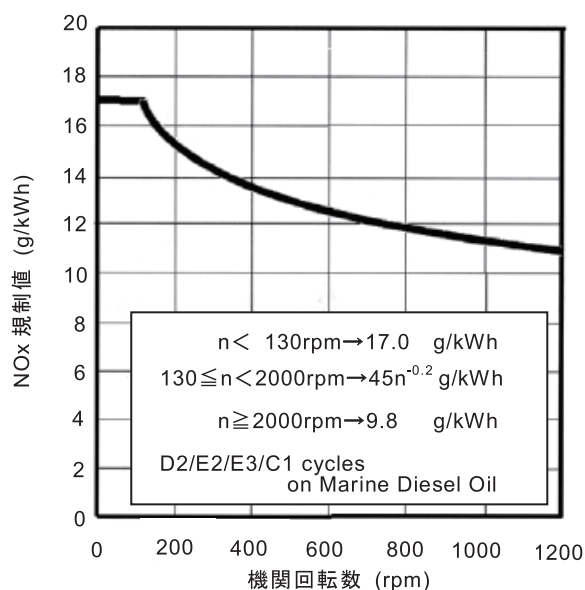


図 1. NO<sub>x</sub> 排出基準

\* 機械工学科

数に対応し、大型低速機関における規制値が緩やかなものであり、エンジン内技術で対応可能なものとしている。

二次規制値は同様にエンジン内技術で対応、三次規制値はさらに後処理装置（触媒など）を組み合わせて対応可能となる開発目標値とし、それぞれ一次規制値に対して 15.5～21.8%，80%低減させる。実施時期は、二次が 2011 年 1 月 1 日、三次が 2016 年 1 月 1 日の予定である。

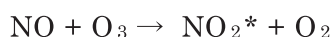
このような国際的な取組みとは別に、欧米各国は独自規制の動きを見せている。米国では2006年～2009年にかけて自国の船舶に、欧州では沿岸及び内陸水域で活動する船舶に対してHC, NO<sub>x</sub>, COの規制導入が進められている<sup>(1)(2)(3)</sup>。

このように船舶からの排気ガス規制は始まったばかりであり、日本海沿岸に拠点を設ける船舶は規制施行以前に建造された可能性が高い。そこで我々は、福井県内の水域における大気汚染のモニタリングをテーマとして取り上げ、福井港、九頭竜ボートパーク、三国港を候補にあげ汚染物質としてNO<sub>x</sub>に注目して大気汚染状態の把握をすすめることとした。ここでは、事前調査の結果も一部示しながら今後の展望についてふれる。

## 2. 窒素酸化物濃度測定装置の測定原理

測定に用いる NO<sub>x</sub> 濃度測定装置の測定原理を以下に説明し、構造と測定の流れを図 2 に示す。

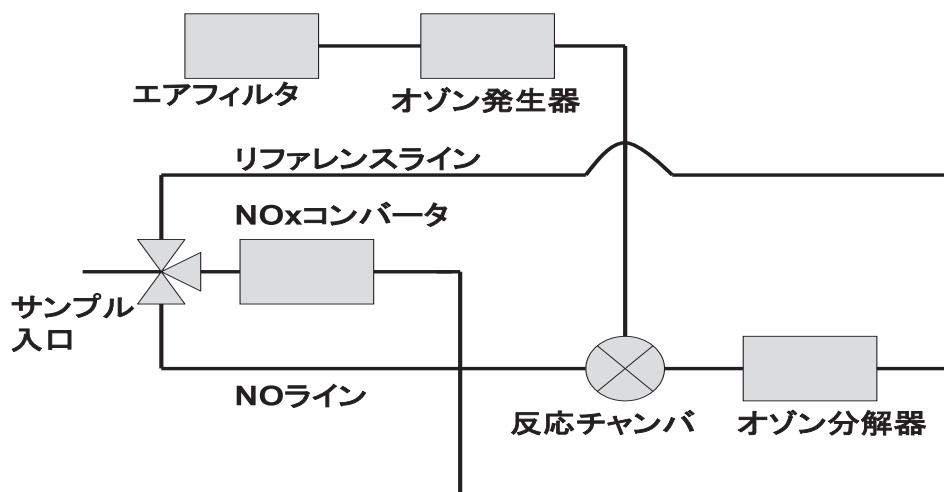
サンプルガス中の窒素酸化物(NO)にオゾン(O<sub>3</sub>)を反応させると、NOの一部が酸化されて二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)となる。生成したNO<sub>2</sub>の一部は励起状態(NO<sub>2</sub><sup>\*</sup>)になっており、基底状態に移るときに光を反射する。この現象を化学発光(Chemiluminescence)という。



この反応は極めて速く、かつ、NOのみが関与し、他の共存ガスの影響もほとんど受けない。またNOが低濃度であれば、発光光量はその濃度に比例する。この反応を利用して NO濃度を測定するのが化学発光法(CLD法)である。本測定器ではサンプリングしたガスを 2 つに分け、一方はNO<sub>x</sub>コンバータでNO<sub>2</sub>をNOへ還元してNO<sub>x</sub>(NO+NO<sub>2</sub>)濃度測定用のサンプルガスとし、もう一方はそのままNOのサンプルガスとしている。

これらのサンプルガスは、NO<sub>x</sub>ライン、NOライン、リファレンスラインと 0.5 秒毎に電磁弁で切り替えられ、繰り返し、順番に反応チャンバに導入される。一方、エアフィルタから吸引させた大気は、自己再生型のドライヤユニットにより乾燥された後、オゾン発生器により、オゾンガスとして反応チャンバに導入される。

反応チャンバの中では、サンプルとO<sub>3</sub>の反応が起こり、反応に伴う発光がフォトダイオードで検出される。フォトダイオードより得られる出力はNO<sub>x</sub>、NO濃度に比例し、これらを演算処理することにより、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>の濃度を連続としている<sup>(4)</sup>。

図 2. NO<sub>x</sub> 濃度測定装置の構造

### 3. 実験方法

図 3 に示すように、計器台車上に濃度測定装置、データロガー、パソコンおよびこれらに電源を供給するためのバッテリー、インバータを搭載し、近傍に 100V 電源を確保できない地点での測定も可能にしている。

図 5 には、上述の NO<sub>x</sub> 濃度測定装置を中核とするデータ処理システムを示してある。計測器からのアナログデータをデータロガーにより一定の時間間隔でサンプリングした後 A/D 変換してオンラインでパソコンに取り込んで処理する。また、NO<sub>x</sub> 濃度の測定と並行してビデオカメラで撮影した船舶の通過状況から、船舶の大きさ、通過隻数の影響を判断する。風向風速は図 4 に示す超音波風向風速計を用いて測定する。

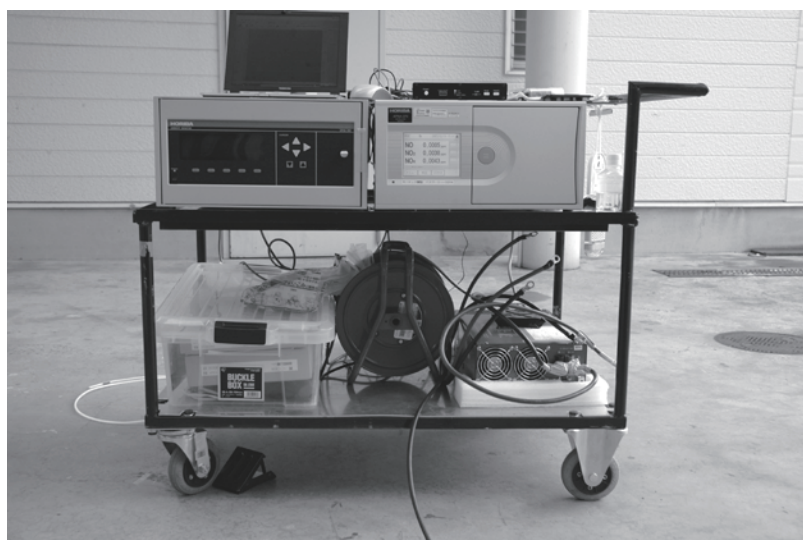


図 3. 測定装置（台車搭載）



図 4. 超音波風向風速計

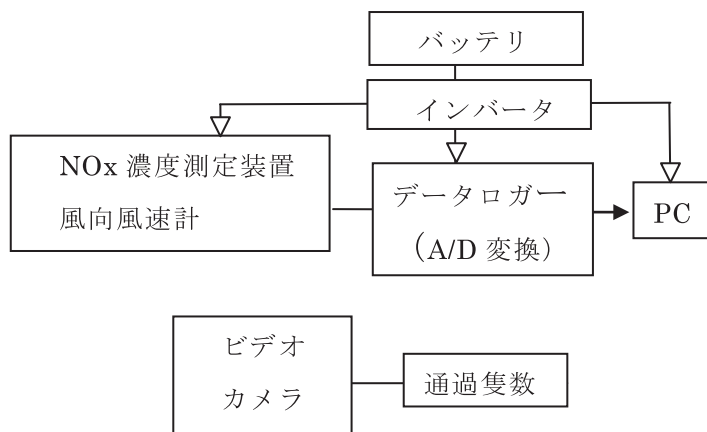


図5. データ処理の流れ

#### 4. 事前調査結果

##### 4.1 測定地点の検討

福井県内の日本海沿岸の水域の中から、福井港、九頭竜ポートパーク、三国港を候補地（図6）に挙げ各々の管理者、利用者などにヒヤリングを実施、現地の状況も把握した上で測定点を絞り込んだ。

その結果、福井港は入港する船舶が定期的でなく隻数が少ないうえ、排気ガスを直接とらえやすい岸壁までの立ち入りには保安上の理由から許可申請が必要であることから候補としては取り下げた。また、事前の情報収集結果をもとに九頭竜ポートパークの検討も実施したが、港あるいはその近傍に停泊しているプレジャーボートの数は多いものの実際の入出港数がまばらであった。それに対し三国港は、港内に福井県漁連が立地しており現地を拠点とする漁船が数多く、毎日定期的に入出入りしていることから測定地点として選定した。

三国港周辺において、図7に示す地点Aおよび地点Bを選び事前調査を実施した。

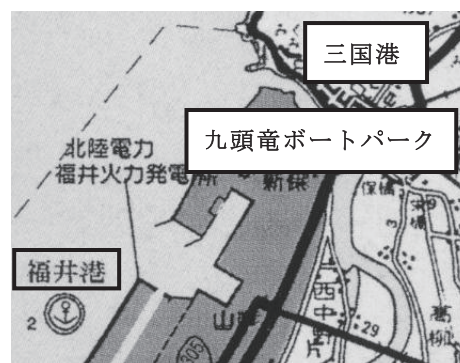


図6. 測定地点の候補地



図7. 地点Aおよび地点Bの配置

図8. 地点Aの拡大図（斜線部分）



地点 A での測定にあたっては、福井県漁連三国支所の許可を得て、岸壁から 5m の位置（図 8 の斜線部分）に測定機器を搭載した車両を駐車した状態で実施した。図 9 は地点 A から海側を見渡した状況を示しており、正面の沖合から入港してきた船舶が図 10 のように岸壁に接岸して右側に配置された市場での取引のために漁獲品を水揚げする。接岸の際には黒煙が排出される状況も見受けられた。駐車した車両では図 11 に示すように車室内に測定機器を配置し、バッテリーの直流電圧からインバータを介して得られた交流 100V を電源として駆動している。大気のサンプリング位置は地上 2m とし、車両後方には超音波風向風速計、入港する船舶の記録のためにビデオカメラを配置した。

地点 A の対岸（三国港突堤）には、入港のために通過する船舶（図 13）の排気ガスをとらえるために地点 B を設定した。測定機器の配置状況は図 12 に示すとおりである。



図 9. 測定点周辺の状況（地点 A）



図 10. 水揚げ作業中の漁船（地点 A）



図 11. 測定機器の配置（地点 A）

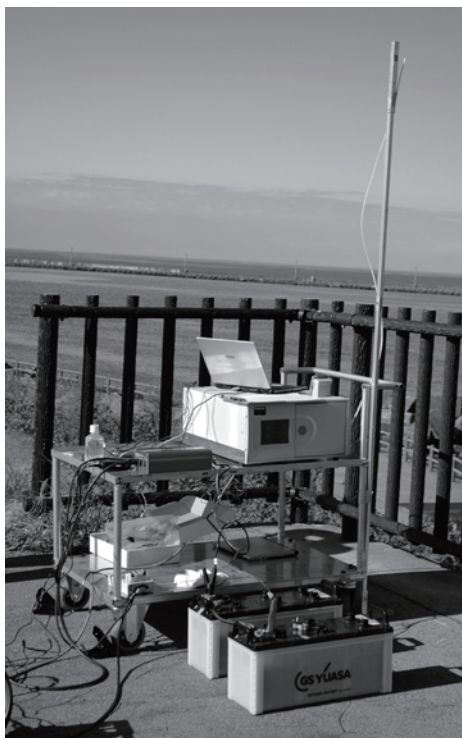


図 12. 測定機器の配置（地点 B）



図 13. 入港する漁船（地点 B）

## 4.2 測定結果

### 4.2.1 地点 A における結果

三国港の岸壁である地点 A での測定結果を図 14 に示す. この時間帯には 10 隻程度の中型の漁船(図 15) が漁を終えて入港してきた.  $\text{NO}_x$  濃度は, 漁船が入港するまでは 10ppb 程度の低いレベルで推移するのに対し, 5 分間隔で入港した後にエンジンの排気ガスの影響により最大 180ppb まで上昇することが確認された. 同時に測定した風向は西南西を示しており, 通過する船舶からの排気ガスが風下に配置した測定装置により検出されていると考えられる. この値は片側 1 車線の道路(工大南側のさくら通り)において渋滞が発生した状態での沿道の濃度に匹敵する.

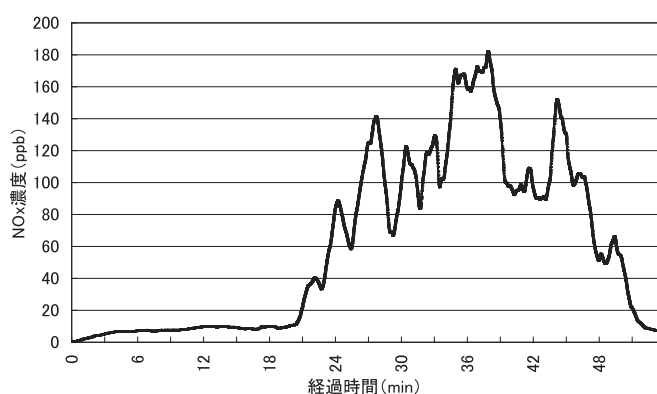


図 14. 漁船の通過による  $\text{NO}_x$  濃度の変化



図 15. 入港する中型漁船(地点 A)

ここで上述の内容の裏付けとなる測定結果を示す.

図 16 に示すように, 大学構内に  $\text{NO}_x$  濃度測定装置を設置し, 地点 C・D において地上からの高さ 2m, 4m の位置での濃度の鉛直方向分布を測定した. 測定結果を図 17 に示す. 2m での濃度が 4m での濃度に比べて高い傾向が見られ, 上空へガスが拡散していることがわかる. また, 交通量が少ない 17 時からの 10 分間 10ppb で推移しているのに対し, 渋滞時には 160ppb に達し濃度レベルが交通量に敏感に反応すること, 必ずしも清浄とは言えない時間帯の存在することが明確になった.

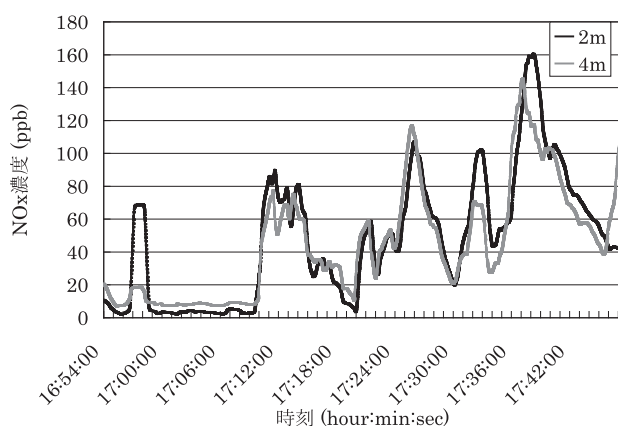


図 17. さくら通り沿道でのピーク濃度

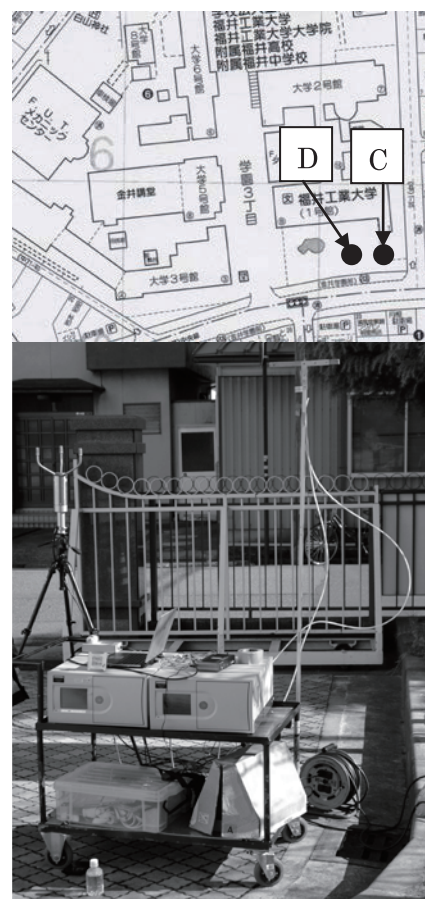


図 16. 大学構内での測定位置と機器の設置状況

#### 4.2.2 地点 B における結果

三国港突堤に設定した地点 B での測定結果の一例を図 18 に示す。

通常 5ppb 前後で推移していた NO<sub>x</sub> 濃度が一時的に増加する傾向を示している。これは入港のために通過した船舶の排気ガスの影響と考えられるが、レベルは 20ppb, 40ppb 弱に留まる。測定装置を設置した地点が船舶の移動経路から 100m 程度離れていること、排気ガスが周辺大気に拡散したことが要因であろう。

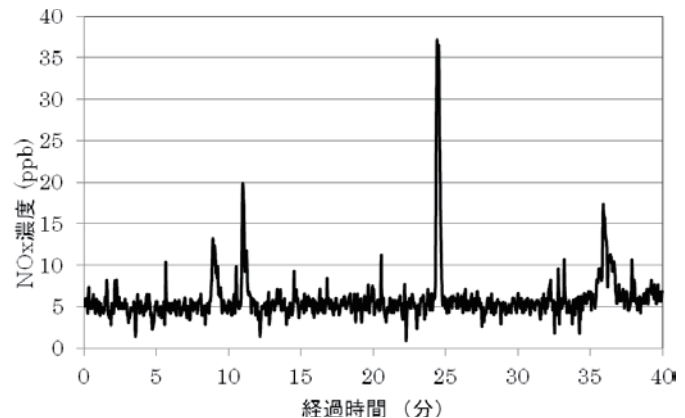


図 18. NO<sub>x</sub> 濃度の変化（地点 B）

以上より、本研究が狙いとする沿岸の汚染状況把握には地点 A における測定が適切であることが明確になった。

#### 5. まとめ

これまでオープンリサーチ事業で道路沿道の大気汚染状態観測を実施することにより培って来たリアルタイムモニタリングの手法を日本海の水域沿岸に適用し、船舶からの排気ガスの影響により岸壁周辺における大気汚染状態の把握に応用可能であることを確認した。今回は三国港沿岸を選んでサンプリングを試行したが、今後は、2007 年・2008 年比で入港数が半減し 2 隻程度/日にとどまる福井港に対し、近年コンテナ貨物の取扱量が増加している敦賀港を視野に入れた大型貨物船の影響調査、三国港に比較してより入港量の多い漁港に関する情報収集を重ねて行く。また、大気汚染物質として NO<sub>x</sub> のみならず粒子状物質についても着目し、数多く存在する測定手法のうちから適切な手法を選択すべく、検討を続ける。

#### 参 考 文 献

- (1) 上野まな美, 渡田滋彦: 米国における船用エンジンの排ガス規制動向に関する調査, ジェトロニューヨークセンター船用機械部調査報告書 pp.1-2(2007)
- (2) 小笠原靖, 後藤裕一, 吉田肇: 巡視船艇等におけるディーゼル機関の排気ガス性状の分析・研究, 海上保安庁平成 20 年度研究成果報告書 pp.1-3(2009)
- (3) 国土交通省海事局安全基準課, 船用工業課: IMO 第 57 回海洋環境保護委員会(MEPC57)の審議結果について, 解説(NO<sub>x</sub> 3 次規制関連), <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/19/100407/01.pdf> (2008)
- (4) (株) 堀場製作所 大気汚染監視用窒素酸化物濃度測定装置オペレーションマニュアル, p.81(2005)

(平成 24 年 3 月 31 日受理)