

AIS情報等に基づく船舶由来 排出インベントリ解析システムの開発

環境・動力系

環境影響評価研究グループ

環境エンジン研究グループ

城田英之、横井威

大橋厚人

運航・物流系

物流研究グループ

小坂浩之

本講演の全体構成

- 本研究の背景
- 本研究の目的と講演概要
- 船舶由来排出インベントリ解析システムの製作
 - 排出インベントリ作成へのAIS情報の利用
 - 外航船・内航船を対象としたインベントリの作成
 - 漁船を対象としたインベントリの作成
- 環境規制導入効果の評価事例
- 今後の展望

本研究の背景

船舶による海洋・大気の汚染防止

◎ 船舶由来の排ガスによる大気汚染防止に関しては、国際海事機関(IMO)による国際条約(MALPOL条約)に基づき国際的規制を実施。窒素酸化物(NO_x)と硫黄酸化物(SO_x)については、各国の判断で自国周辺海域を**放出規制海域(ECA; Emission Control Area)**に指定することで、その海域内の航行船舶により厳しい規制(3次規制)を課すことが可能(現在、段階的に規制強化中)。

◎ 国土交通省「ECA技術委員会」(2010～13年)による検討の結果、“我が国周辺に当面ECAは導入せず従前の対策を引き続き実施する”という結論に。

◎ しかし、自動車をはじめ大気汚染物質の大規模発生源を対象とした規制は今後も強化される見通し。船舶についても、燃料中S分に関するグローバル規制の動向など、大気環境を取り巻く国内・国際情勢の変化によっては、今後再び大気規制導入の検討が行われる可能性あり。

本研究の背景

大気環境に関する近年の動向

◎ 2013年1月、中国でPM2.5(微小粒子状物質)による深刻な大気汚染が発生。PM2.5はぜん息など人体に甚大な健康影響をもたらすが、我が国のPM2.5環境基準達成率は40%程度と、NO_xやSO_xに比べて低い(2012年度)。

◎ PM2.5の原因物質と発生源は多岐にわたっており、その生成メカニズムも極めて複雑で未だ十分に解明されておらず、PM2.5対策は昨今の我が国の大気環境行政における喫緊の課題。

◎ 学術的観点からは、発生源情報の整備、光化学反応等による二次生成メカニズムの解明、大気質シミュレーションモデルの構築などが早急に求められている。

本研究の目的と講演概要

【本研究の目的】

◎ グローバルS分規制導入時期の検討など、国による将来の大気規制導入検討に資することを想定し、AIS情報などを利用した最新の船舶由来大気汚染物質排出インベントリ解析システムを製作する。

※排出インベントリとは...(発生源別の)大気汚染物質がいつ、どこで、どれだけ排出されたかを整理したデータをいう。

【講演概要】

◎ 上記システムの解析手法について

- ・外航船／内航船：船舶動静データに基づく従来手法の欠点を、AIS情報を活用することで解消。一方で、AIS情報の利用に伴う欠点を文献調査により補完。
- ・漁船：外航船・内航船と異なる航行パターンであることを踏まえ、各種統計データに基づく解析手法を採用。

◎ 環境規制導入効果の評価事例

- ・2020年における環境規制導入と規制対応技術に係る費用対効果のケーススタディ結果を紹介。

NO_x・SO_x規制の概要

改正MARPOL条約附属書VI（2010年7月1日発効）

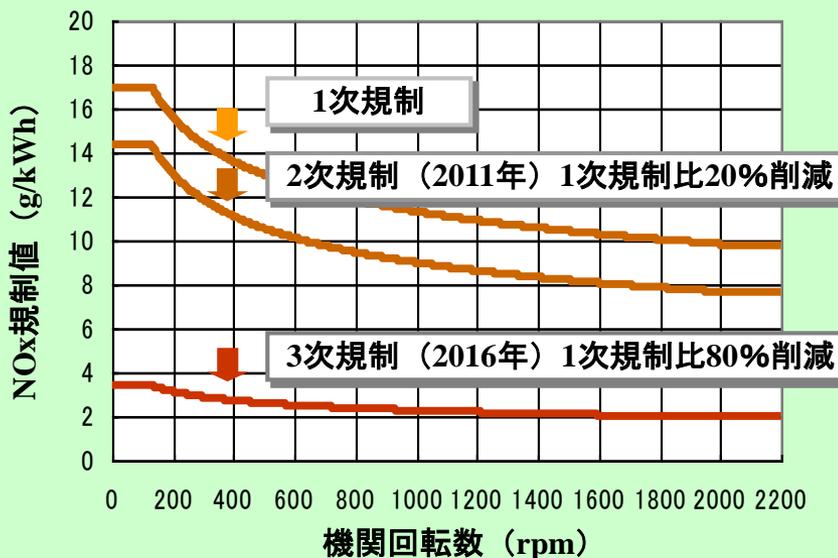
○NO_x規制

規制対象:

- ・出力130kWを超えるディーゼル機関を搭載する船舶

規制方法:

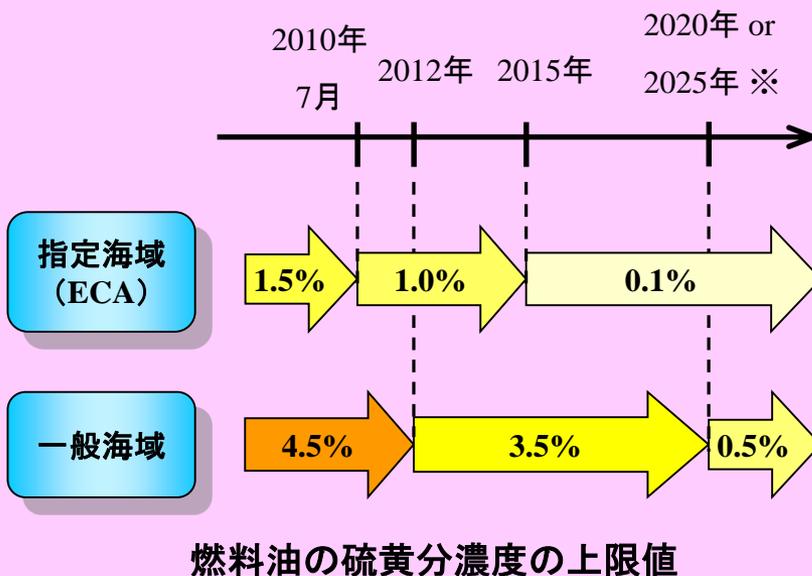
- ・段階的に規制
- ・3次規制では、指定海域(ECA)で1次規制値より80%削減
(設計・建造上適合困難な一部船舶を除外)



○SO_x・PM規制

規制方法:

- ・段階的に規制
- ・使用燃料油の硫黄分濃度の上限値で規制
- ・ただし、排ガス洗浄装置(水スクラバなど)の利用による低減も可

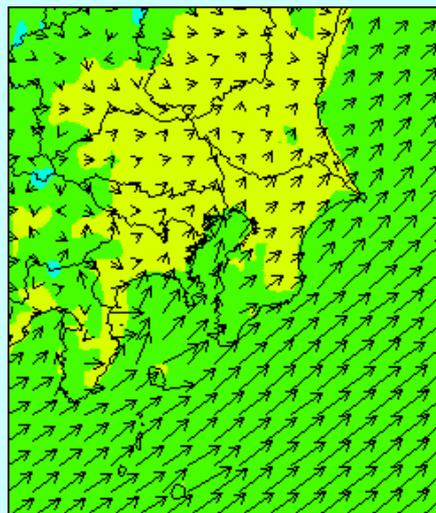
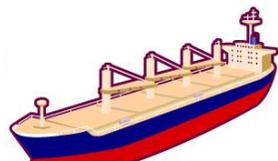


※備考： 2018年に規制実施時期を決定

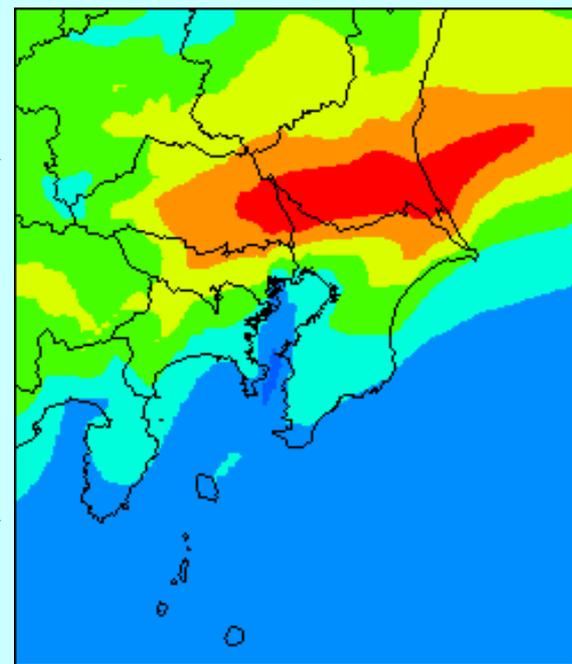
排出インベントリの意義 (大気環境シミュレーションモデルへの適用)

排出インベントリ

船舶
自動車
工場
植物由来VOC(揮発性有機化合物)
火山
その他



WRF(気象モデル)
による気象要素の計算



CMAQ(広域大気質予測モデル)
による大気反応・拡散シミュレーション

排出インベントリ作成へのAIS情報の利用

【これまで当所で作成していた排出インベントリ】

- ※外航船：[Lloyd's社の船舶動静データ](#)（4万隻／190万航海）をベースに航路を設定し、活動量を積み上げ
- ※内航船：港湾統計をベースに航路を設定し、活動量を積み上げ
最後に総合エネルギー統計で総量補正
- ※漁船：総合エネルギー統計をベースに、全国の漁港に活動量振り分け

このうち、船舶動静データを利用したデータ作成には以下の得失があった。

◎メリット

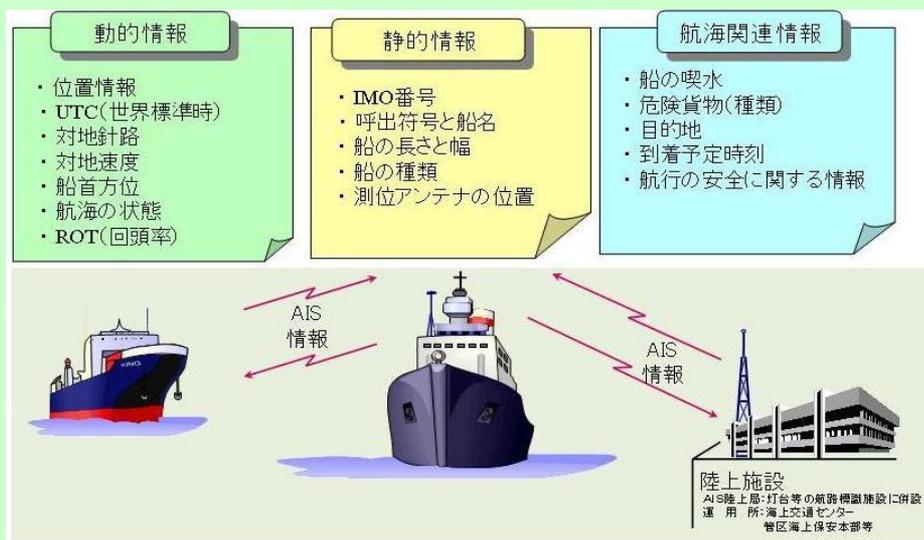
- ・全地球規模で外航船の燃料消費量を比較的高い精度で推定することが可能
- ・航路パターンの変化等に対応することが比較的容易

△デメリット

- ・航行状態が急激に変化する沿岸域における船舶の実航路や実航行速度を正確に反映させることが困難

排出インベントリ作成へのAIS情報の利用

◎SOLAS 74(1974年の海上における人命の安全のための国際条約)第V章(2002年7月1日発効)に基づき、一定要件を満たすすべての船舶(※)にAIS(自動船舶識別装置)の搭載が義務化。AIS情報は沿岸海域における船舶航行の実態(航路及び航行速度など)を良好に反映。



(※) 2008年7月1日～

1. 国際航海に従事する300GT以上の全船舶
2. 国際航海に従事する全旅客船
3. 国際航海に従事しない500GT以上の全船舶

出典: 海上保安庁ホームページ

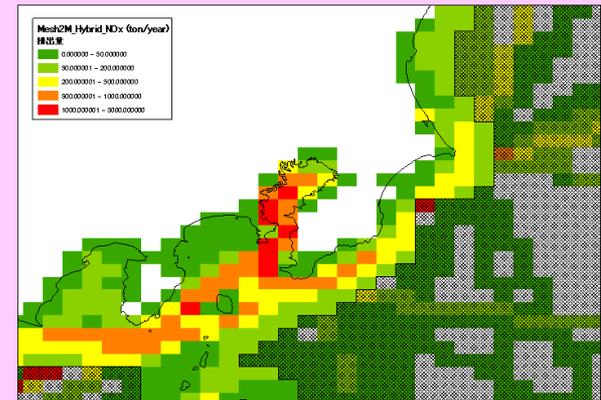
AIS情報をうまく活用すれば、前述の欠点は解消される!

排出インベントリ作成へのAIS情報の利用

【AIS情報の利用に伴う問題点とその解決策】

① おおむね沿岸50海里以内しか網羅できない

→ 沿岸域と沖合域で船舶動静データと併用することで解決。

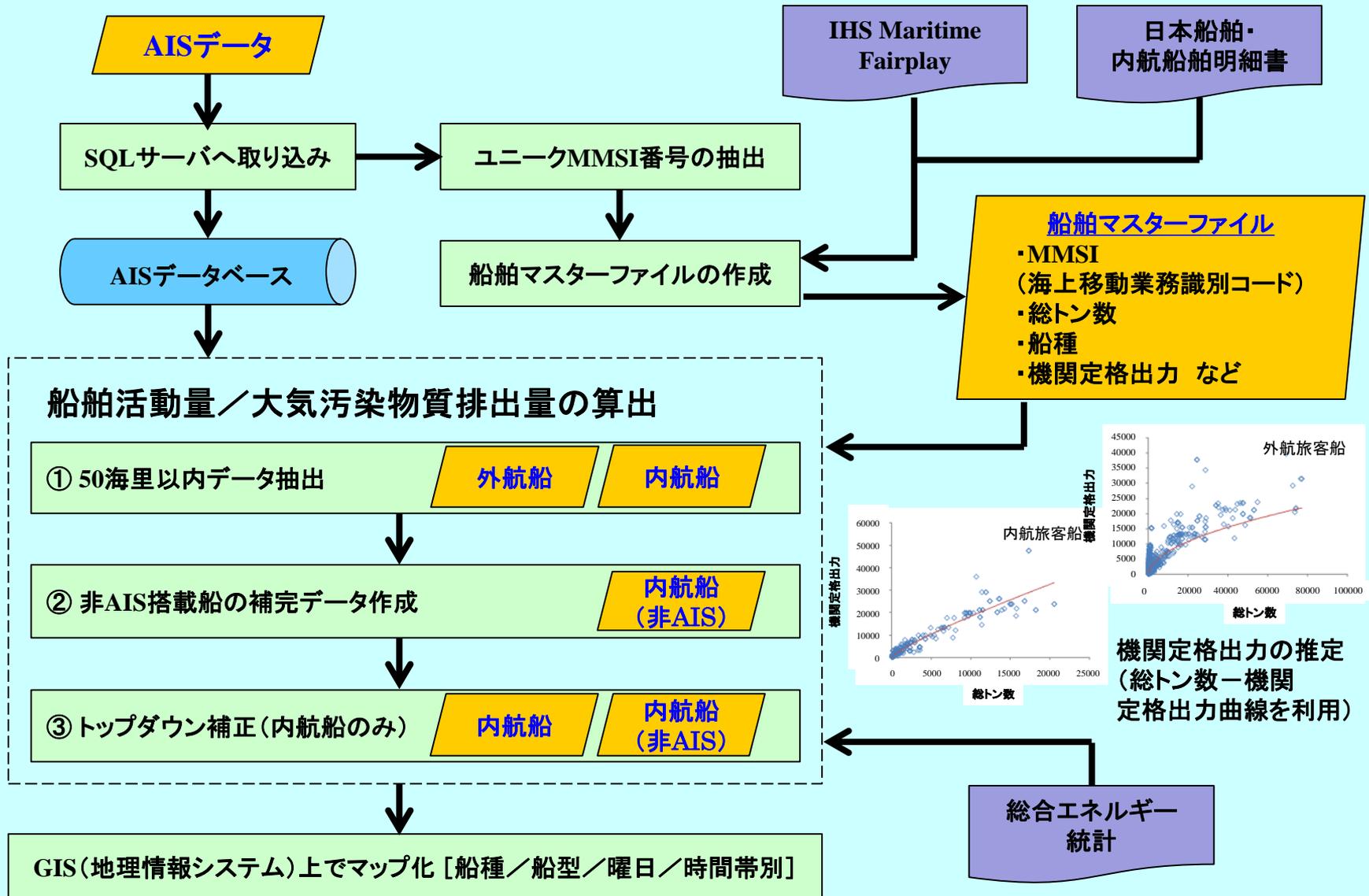


② AIS非搭載船舶(多くの漁船・一部の内航船を含む小型船が該当)のデータの補完が必要

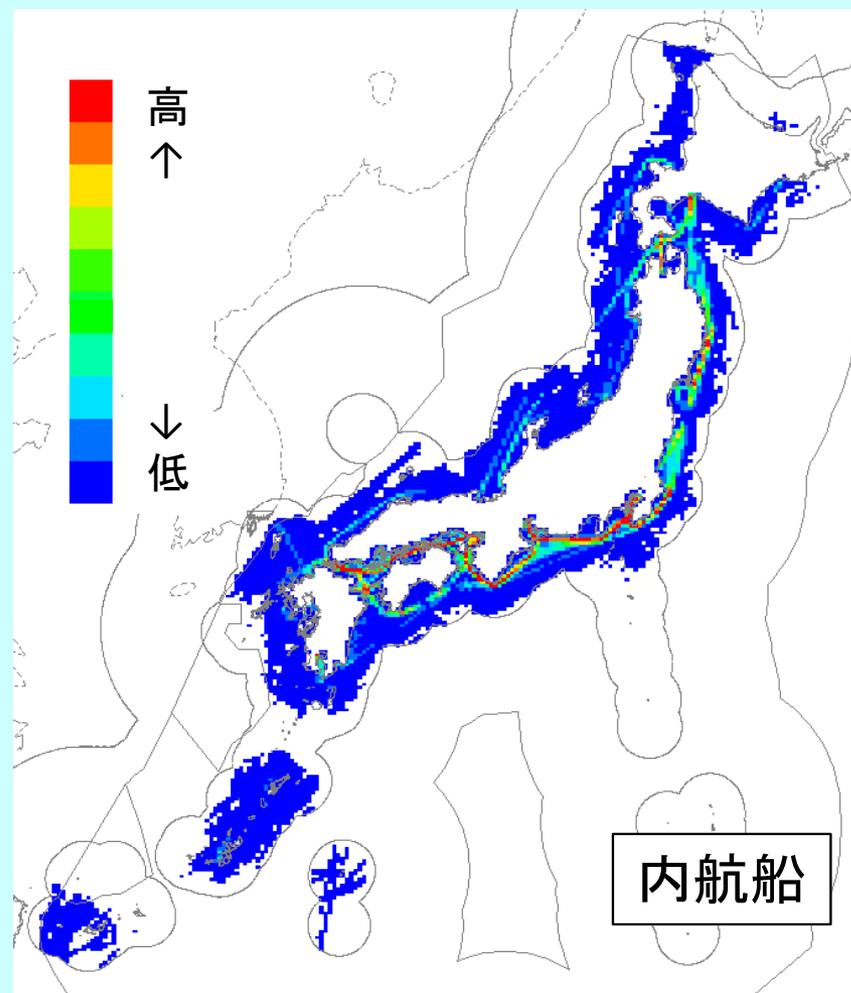
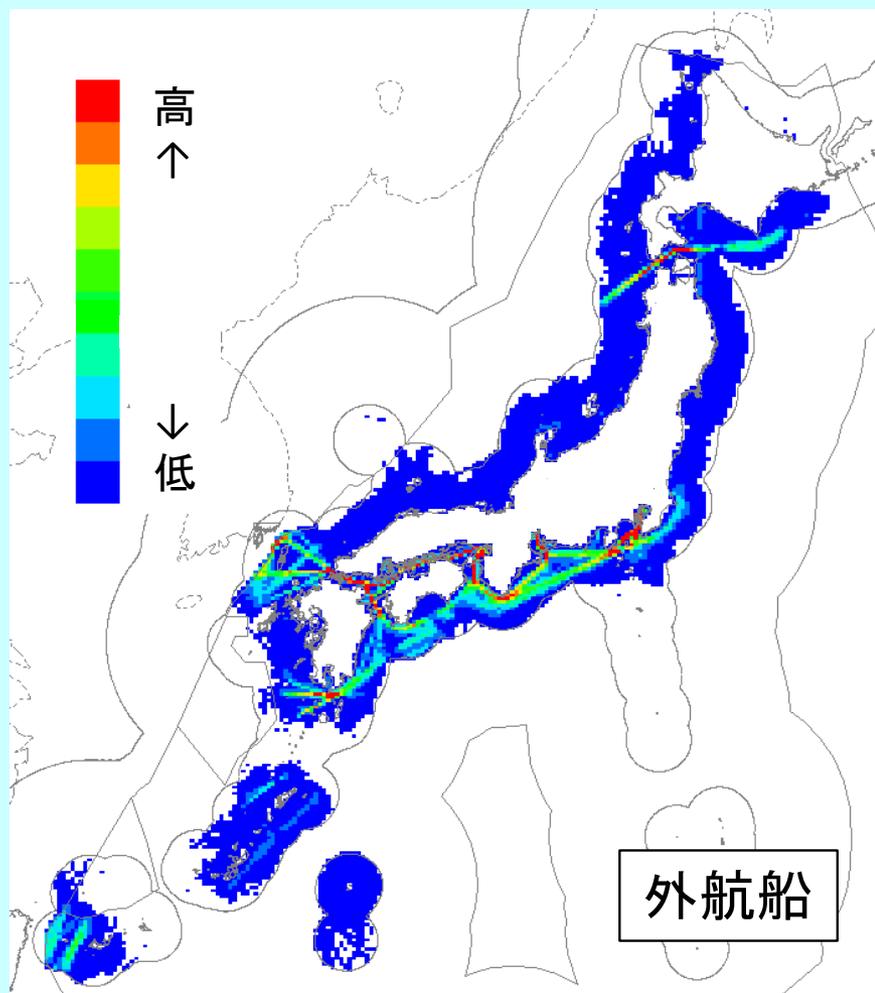
→ 500~1,000GTのAIS搭載船舶データ及び港湾統計データから補完することが可能。

(ただし、大部分が小型船のためAIS非搭載率の高い漁船についてはAIS情報を利用しない)

排出インベントリ解析の流れ(外航船／内航船)



排出インベントリマップ(外航船/内航船)の例



2013年、NMVOC(非メタン炭化水素)、3次メッシュ(1km×1km)、沿岸50海里以内

新システムによる排出インベントリ解析結果の検証

排出インベントリ (2013年) 沿岸50マイル以内	燃料消費量 [ton/year]	CO ₂ [ton/year]	SO ₂ [ton/year]	NMVOC [ton/year]
外航船 (航行時のみ)	2.64 × 10 ⁶ [C重油のみ]	8.35 × 10 ⁶	1.28 × 10 ⁵	5.57 × 10 ³
内航船 (航行時のみ)	2.77 × 10 ⁶ [A重油/C重油]	8.75 × 10 ⁶	9.78 × 10 ⁴	5.94 × 10 ³
【参考値】 海洋政策研究財団(OPRF) 外航船(航行時のみ) (2005年) AISベースにより作成	3.17 × 10 ⁶ [C重油のみ]	9.77 × 10 ⁶	1.64 × 10 ⁵	—

※ 燃料消費量／CO₂排出量...OPRFの推算値(2005年)と比べて約17%減少。

SO₂排出量...OPRFの推算値(2005年)と比べて約22%減少。

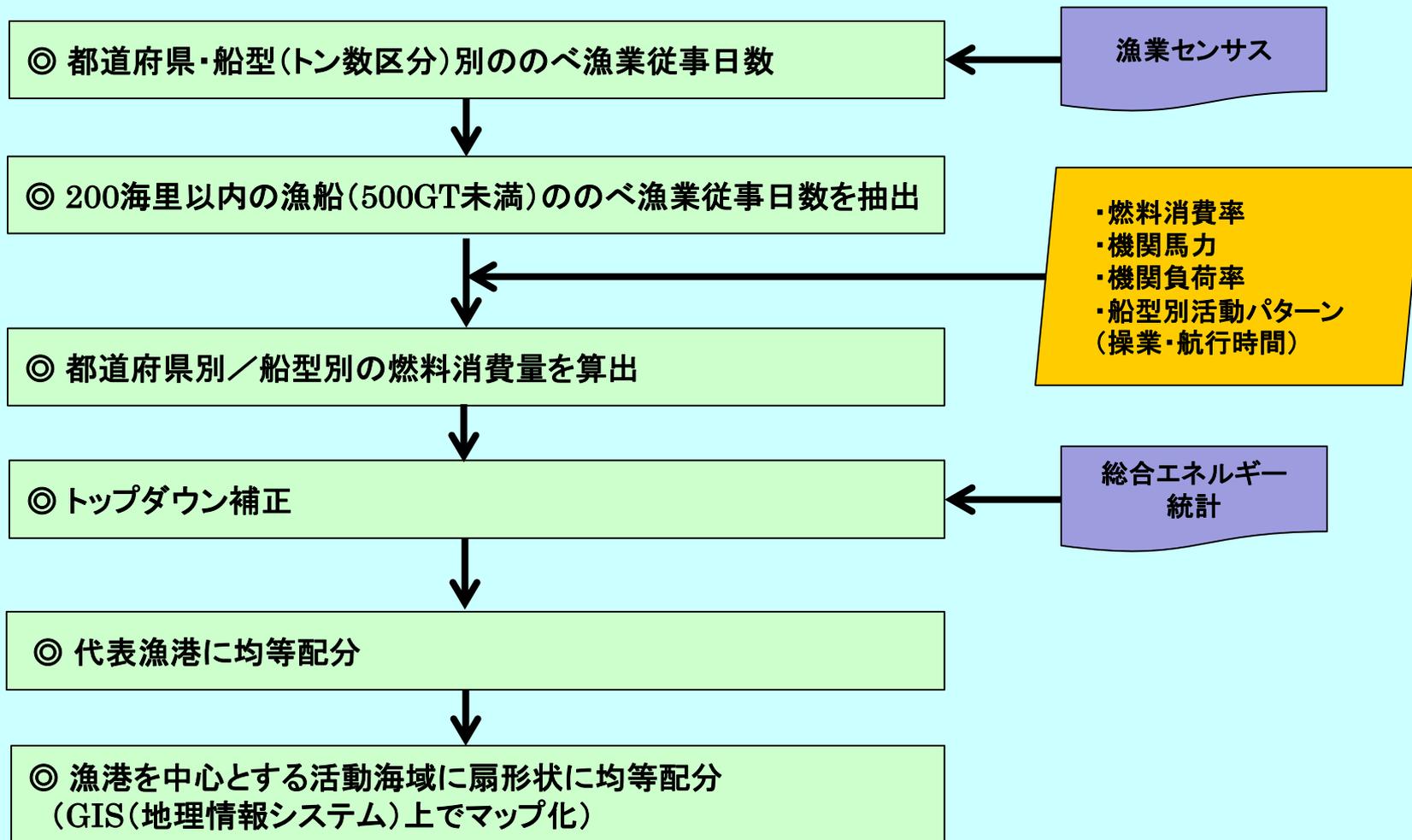
○リーマンショック(2008年頃)を契機に外港船の入港隻数が約20%落ち込んだ状態が2013年まで続いていることが主要因。

○CO₂排出量は燃料消費量にほぼ比例。SO₂排出量は燃料中S分値にほぼ比例。

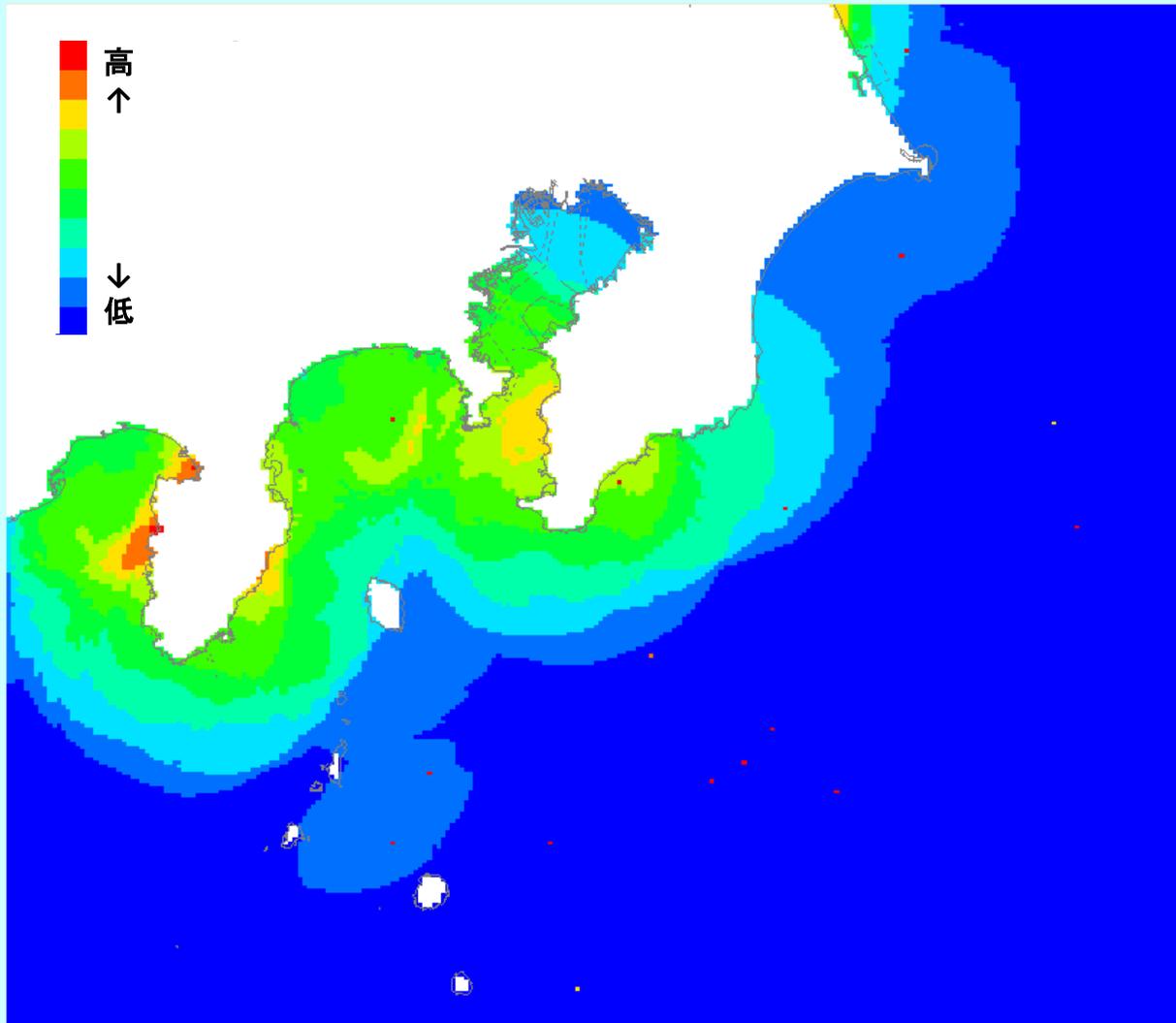
○いずれの解析結果も、オーダ的に妥当。

排出インベントリ解析の流れ(漁船)

「排出規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書」(海洋政策研究財団(OPRF)、平成22年度)の手法を採用



排出インベントリマップ(漁船)の例



2011年、海域における燃料消費量、3次メッシュ(1km×1km)

環境規制導入効果の評価事例

【排出インベントリーデータの活用】

- ◎将来的に環境規制を導入する際の予測が可能
 - 政策などの立案、フォローアップへの活用
- ◎対策技術の導入による効果の評価・比較が可能
 - 対策技術に必要なコストの加味による費用対効果の評価

グローバルS分規制導入時における費用対効果のケーススタディ

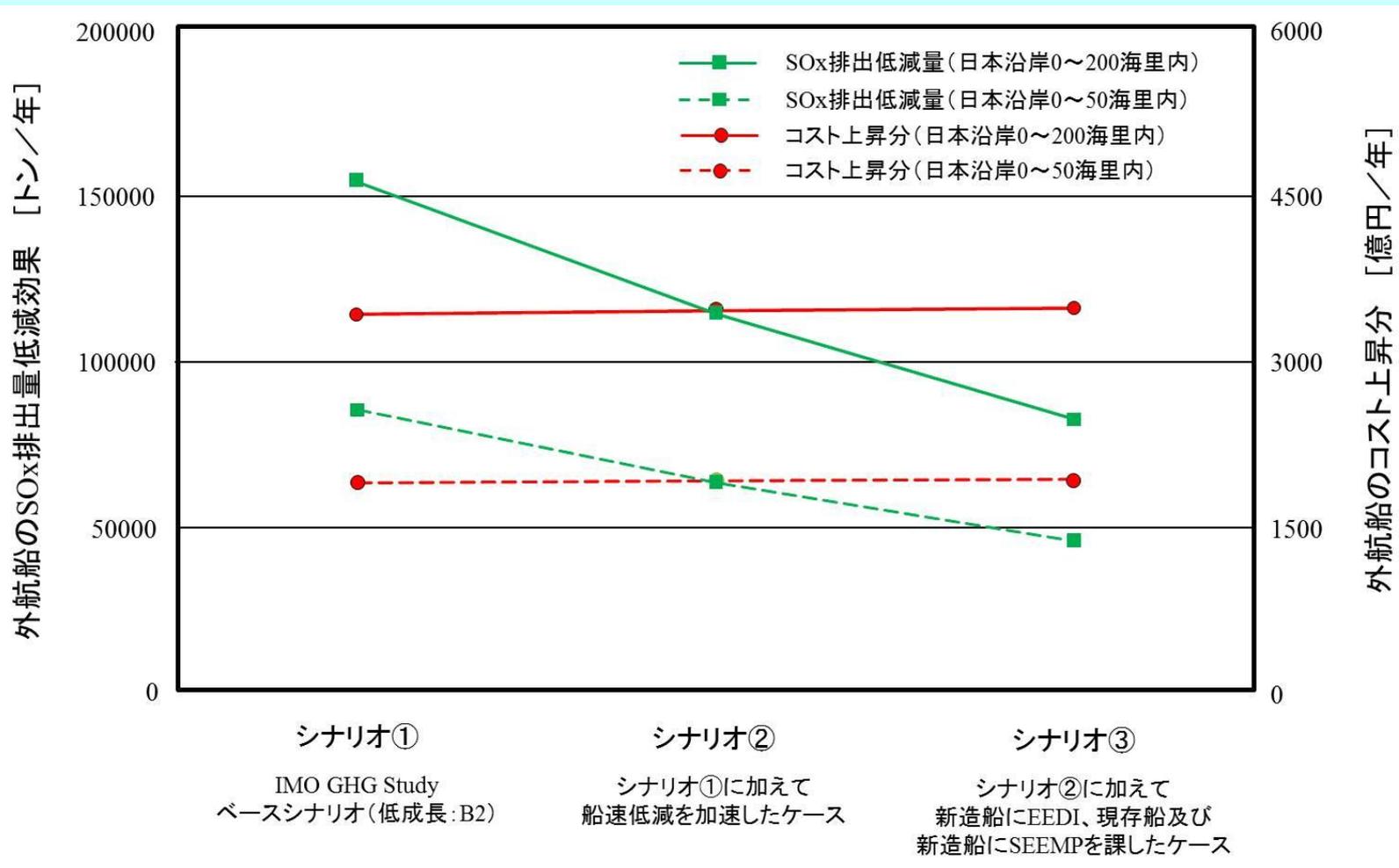
- ・予測時期： 2020年
- ・対象船舶： 外航船
- ・対象範囲： 我が国沿岸50海里以内、200海里以内
- ・想定する環境規制と対策技術
 - ーグローバルS分規制(2020年発効予定)
規制対策技術として、燃料油転換、排ガススクラバ導入、LNG船移行を考慮
 - ーGHG規制(EEDI(燃費効率)、SEEMP(船舶エネルギー効率管理計画書))
(2013年発効)
規制対策技術として、船速低減加速を考慮

環境規制導入効果の評価事例

【評価の前提条件】

- ◎外航船の燃料消費量(2011年): 排出インベントリ解析システムにより推算
- ◎燃料価格(2011年、2020年):
フィンランド運輸通信省“Sulphur Content in Ships Bunker Fuel in 2015”(2009)、及び内閣府“世界経済の潮流2011年II”に基づき推定
- ◎コスト上昇分:
 - ・燃料油転換(C重油→低硫黄留出油、ただし航行中のみ)、スクラバ搭載、LNG建造に伴う価格上昇分を考慮
 - ・スクラバ搭載率/LNG建造率: ヒアリング結果などに基づきそれぞれ10%と仮定
 - ・スクラバ搭載/LNG建造に伴う価格上昇分: 日本船舶技術研究協会による建造コスト見積もり結果などに基づき、減価償却を考慮した値をそれぞれ設定
 - ・2020年における各燃料の排出係数は、Third IMO GHG Study 2014に基づき設定
- ◎規制導入によるSO_x排出低減効果を評価するため、GHG削減規制のシナリオ(3ケース)を設定
 - シナリオ①: IMO GHG Studyのベースシナリオ(低成長: B2)
 - シナリオ②: シナリオ①+船速低減を加速(コンテナ船: -20%、その他船舶: -15%)
 - シナリオ③: シナリオ②+EEDI(新造船)、SEEMP(現存船、新造船)を適用

環境規制導入効果の評価事例



- ・規制導入効果についておおよその傾向がつかめる。
- ・仮定の積み上げによる誤差が大きい点には注意が必要。

大気環境規制導入に関連して取り組むべき課題

- 排出インベントリの整備・最新化・精度向上
 - ・大気汚染物質の成分分類などの改善及び計算プロセスの向上
 - ・船舶排出インベントリの維持及び最新化
 - ・船舶以外の排出インベントリ(大陸由来の排出インベントリなど)の精度向上
- 大気環境シミュレーション技術の向上
 - ・VOC、SO_x、NO_xなどの発生源別組成プロファイルの改良
 - ・二次生成物質(PM2.5、オゾン)の発生メカニズムの解明に関する研究動向を踏まえた計算精度の向上
- 排ガス浄化技術の開発動向・性能の把握
 - ・SO_x・PM規制への対応技術(船上脱硫など)の開発動向及び性能の把握
 - ・NO_x規制への対応技術(SCR、EGRなど)の開発動向・性能の把握
- 排ガス対策コストの把握／社会経済影響の評価
 - ・船舶起因の大気汚染に係る規制導入に伴う費用対効果の評価手法の構築
 - ・将来の排ガス浄化技術に係る各種コスト(初期／運用等)の評価及び最新化

※国土交通省 資料「船舶からの大気汚染物質放出規制海域(ECA)に関する技術検討委員会 取りまとめ」(平成25年6月27日)より抜粋

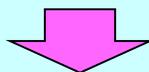
大気環境規制導入に関連して取り組むべき課題

○ 大陸由来の排出インベントリの充実化

- ・2013年1月、中国においてPM2.5による深刻な大気汚染がニュースに
(日平均濃度 $450\mu\text{g}/\text{m}^3$ (嚴重汚染相当)を観測)
- ・PM2.5は二次生成物質であり、発生源から遠隔地で高濃度化する
- ・中国によるPM2.5寄与率(2010年、モデル計算値):
西日本で5割以上、関東で5割程度
- ・中国の研究機関との協力により、最新排出インベントリの入手・開発を進める
ことが重要

○ 船舶由来のPM2.5組成プロフィールの改良

- ・船舶起因のPM2.5の組成についてはデータ不足
- ・PM2.5の組成は、燃料中S分や機関運転条件などにより大きく変動
- ・実船実験／ラボ実験を通じて、機関種類・燃料種・運転条件ごとの組成プロフィールを整備



大気環境シミュレーション計算の高精度化(大気環境学の分野への寄与)