

J-MAPにおける 船舶燃料研究の意義

2020年3月

千田 哲也

(一般財団法人日本船舶技術研究協会)
J-MAP船舶・自動車及び燃料研究委員会



Japan Marine and Auto
Petroleum Program

船用ディーゼル機関

2ストローク・ディーゼルエンジン

- 回転数：60～200 min⁻¹
- 出力：2,000～83,000 kW
- 大・中型船舶の主機関（推進機関）
- 熱効率：最大で約50%（単独の熱機関としては極めて高効率）



三井E&Sマシナリーご提供

4ストローク・ディーゼルエンジン

- 回転数：400～1,000 min⁻¹
- 出力：500～25,000 kW
- 補機（発電機エンジン）
中・小型船舶の主機関（推進機関）
- 熱効率：最大で約47%



IHI原動機ご提供

LPガス

舶用にはC重油が用いられてきた



これまでの船舶燃料（C重油／残渣油）

- 蒸留残油をベースに軽質留分を添加して粘度等を調整
- 硫黄分は3.5%未満
- 高粘度→加熱してエンジンに供給
- 始動時はA重油を使用
- A重油より低価格



船用燃料規格（ISO8217:2017）

残渣油規格の例

（数値は上限）

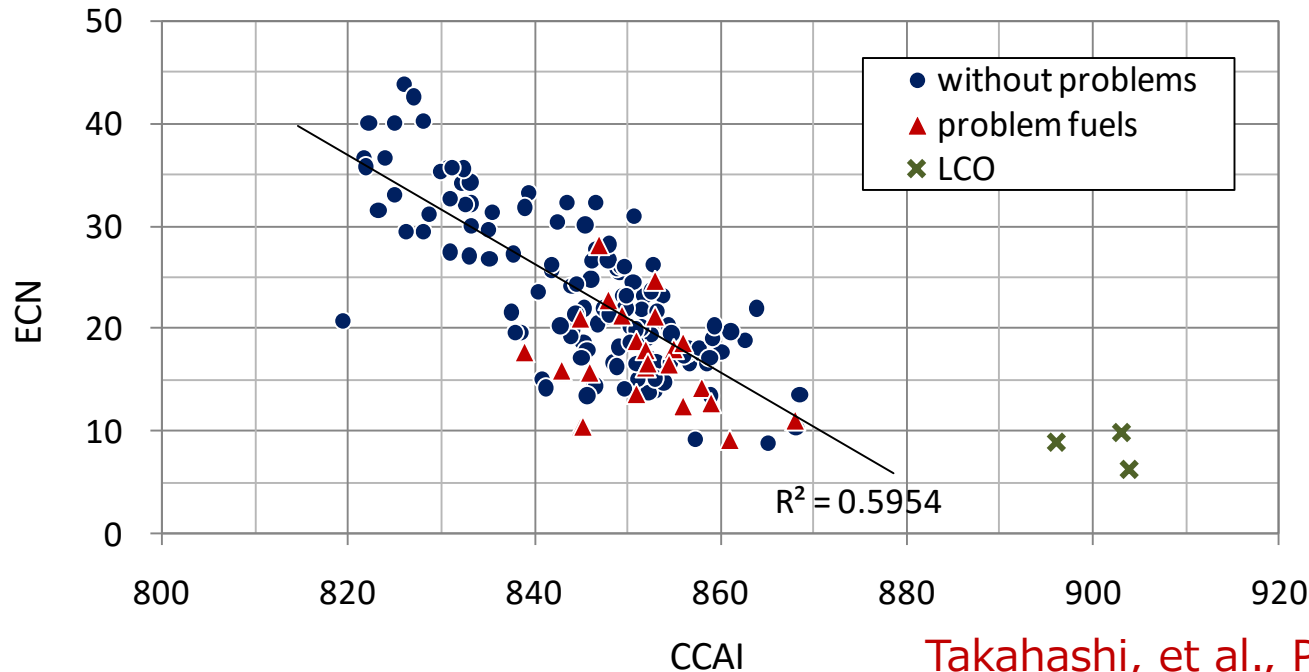
性質	単位	RMB	RMD	RME	RMG380
動粘度 at 50°C	cSt	30	80	180	380
密度 at 15°C	kg/m ³	960.0	975.0	991.0	991.0
CCAI		860	860	860	870
残炭分	mass %	10.0	14.0	15.0	18.0
バナジウム	mg/kg	150	150	150	350
ナトリウム	mg/kg	100	100	50	100

残渣油燃料の着火性指標；CCAI

- 残渣油の着火性は低く、セタン価で評価できないため、密度・動粘度からCCAI (Calculated Carbon Aromaticity Index) を定義して着火性の指標としてきた。

$$CCAI = D - 140.7 \log(\log(V + 0.85)) - 80.6 - 483.5 \log\left(\frac{t + 273}{323}\right)$$

D= 密度 at 15°C (kg/m³), V= 動粘度 (cST), t = 粘度測定温度 (°C)



Takahashi, et al., Proc. ISME 2011

ECN: 推定セタン価ECN (Estimated Cetane Number)

– 定容燃焼試験装置 FCAの着火遅れ時間計測値から推定

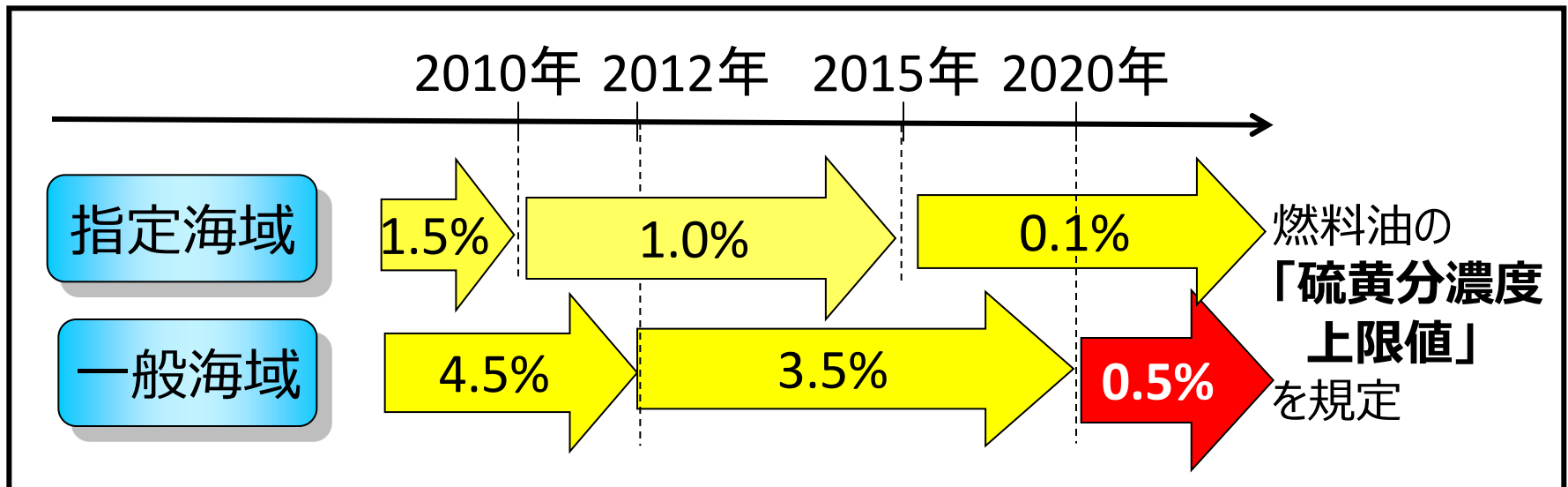
海運・造船の環境規制

- 海運は国際的な活動であり、規制も国際条約が主導
 - － 船籍、船主、運航者、船員、荷主、発着地の国籍が異なるため、国別の規制が困難
 - － このため、**国際海事機関（IMO, International Maritime Organization）**の定める国際条約による規制が先行。国内規制に反映
- 海洋汚染防止条約（MARPOL）（1973/78/97）
 - － 大気汚染防止をAnnex VIで規定（エンジン排ガスと地球温暖化対策）



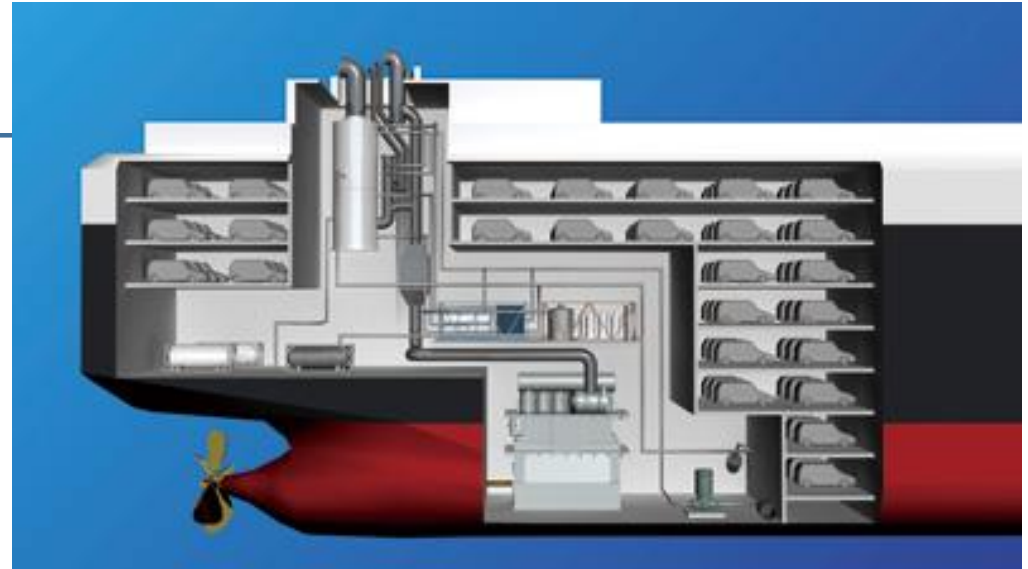
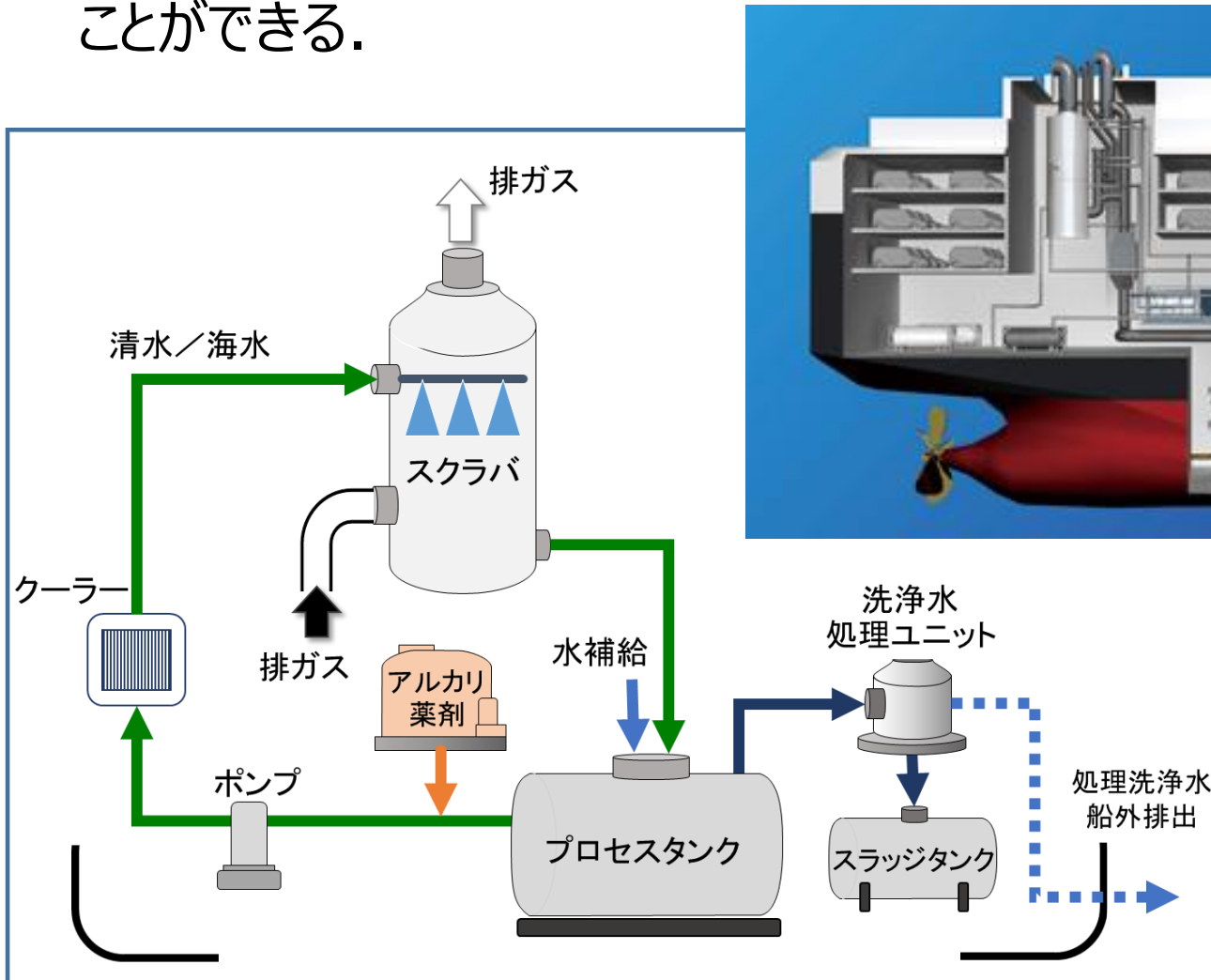
IMOのSO_x・PM規制

- **MARPOL条約Annex VI**に規定
 - 1997年に議定書採択、2005年発効、2008年改訂
- 船舶からの硫黄酸化物（SO_x）排出抑制のため、燃料中の硫黄分の規制を段階的に強化（**2020年から0.5%未満**）
- 指定海域（ECA）はより強い規制（2015年から0.1%未満）
- 排ガス洗浄装置（EGCS）による脱硫を代替手段として許容
- 燃料油規制はPM削減対策の意味も包含



排ガス洗浄装置（EGCS, スクラバ）

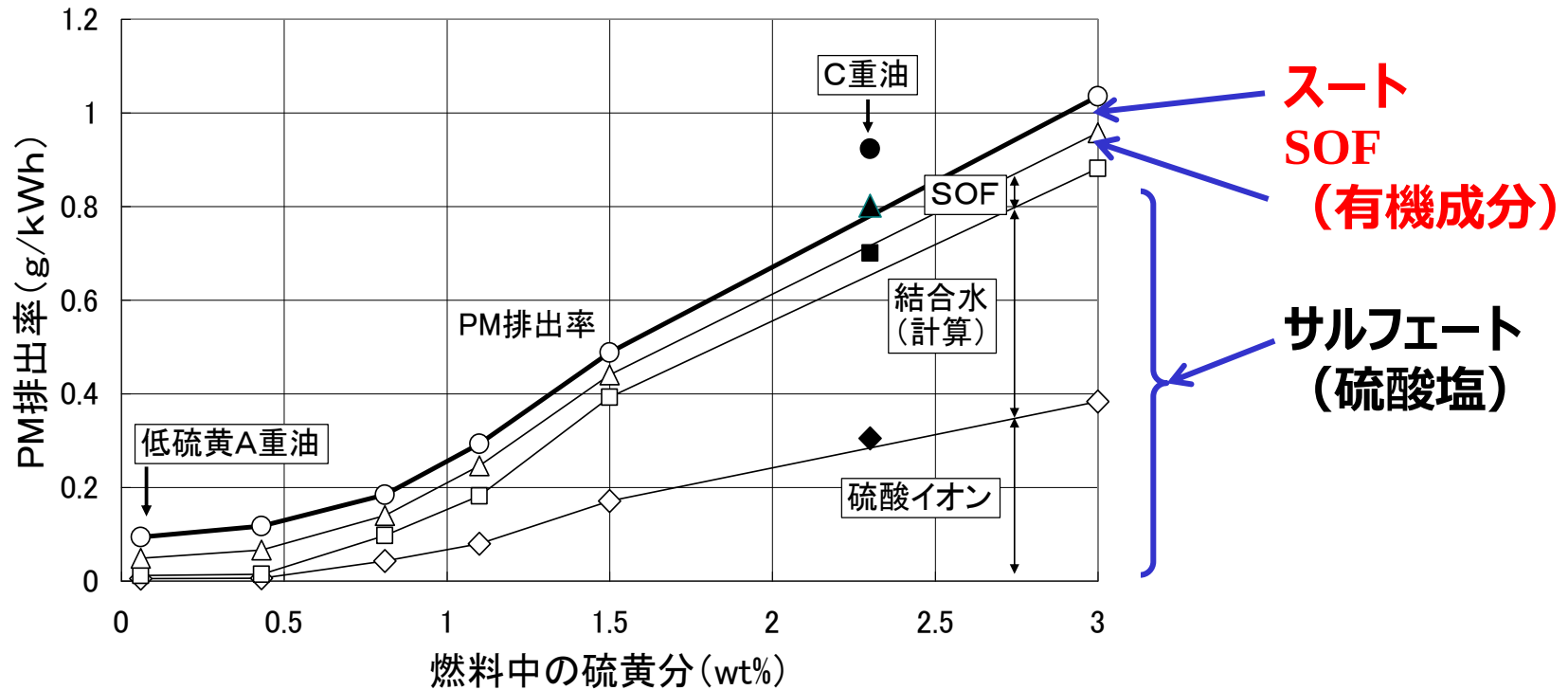
排ガス洗浄装置（排ガスを水で洗浄し、排ガス中の SO_x を溶解・除去する装置）を搭載すれば、高硫黄燃料を使用することができる。



三菱化工機ホームページから

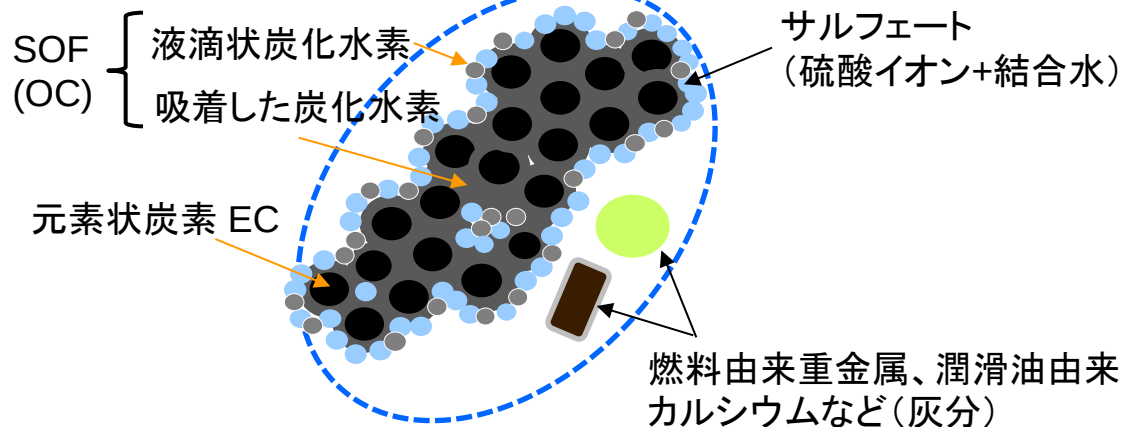
海上技術安全研究所ご提供

船舶からの粒子状物質 (PM)



高硫黄燃料の場合、PMの多くが硫酸塩であることから、硫黄分規制はPM削減に効果がある。

排気中のPMの構成



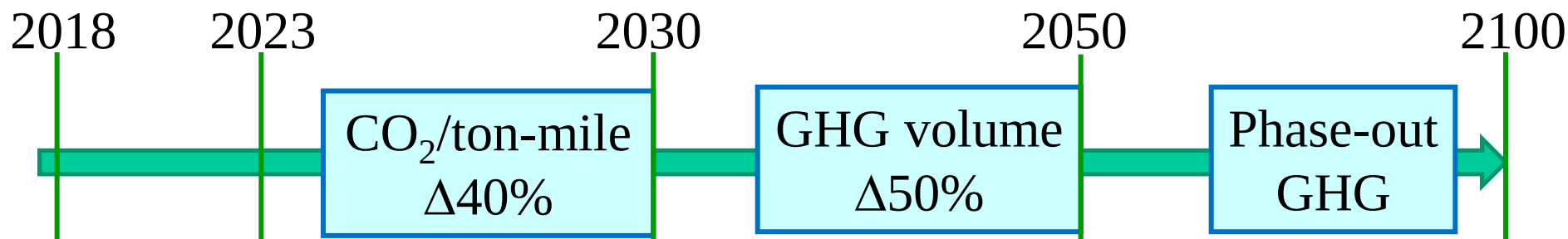
2020年規制（S<0.5%）への対応

<規制対応の主な選択肢>

- A重油／軽油に転換
 - －（石油側）軽質留分が不足（石油製品は連産品）
 - －（船舶側）C重油とA重油の価格差が大（燃料費の高騰）
- 高硫黄C重油の使用 → 排ガス洗浄装置（EGCS）の搭載
 - －（船舶側）EGCS搭載スペースの不足、装置供給の遅れ
→ 普及に時間が必要。内航船では（スペース不足から）困難。
- **（主に内航船を対象として）低硫黄新燃料油の創出**
 - －（石油側）供給に余裕のある留分/低硫黄原油からの残渣分の利用
 - －（船舶側）従来のC重油に近い価格設定（重油燃焼設備の活用）
 - －（課題） → **J-MAPプロジェクト**
 - 低着火性成分（分解軽油）の利用可能性の確認
 - 従来経験のない粘度範囲（20～50cSt）の燃料の利用可能性の確認
- LNGへの転換

IMOの動向（GHG削減）

- GHG削減戦略を採択
 - 2018年4月にInitial IMO Strategy on GHG Emissions Reductionを採択。世界統一目標を設定。
- 3段階の削減レベルを設定
 - 2030年までにトン・マイル当たりのCO₂排出40%減（基準年：2008年）
 - 2050年までにGHG排出を50%減
 - 今世紀末までのできるだけ早い時期にGHG排出をゼロに
- 短期・中期・長期の削減手法の提示
 - （短期：～2023）船舶設計の改善、運航の改善、等
 - （中期：～2030）市場ベースの削減手法、低炭素燃料、等
 - （長期：～21世紀末）ゼロ炭素燃料、他の可能な革新的技術



→ 将来は石油燃料の使用を削減する必要性

分解軽油の利用による自動車等への影響分析・評価 事業費補助金

平成30年度予算案額 **3.0億円（3.0億円）**

事業の内容

事業目的・概要

- 製油所の精製過程で発生する残渣油の一部は、石油製品（分解軽油・分解ガソリン）として再生され、蒸留により精製される石油製品に一定割合を混合する形で使用されています。これら分解軽油等の混合比率を高め、積極的に利用することは、原油の有効利用およびCO₂排出量の削減に寄与します。
- 他方、分解軽油等は、蒸留により精製される製品と成分が異なるため、その利用に係る安全性や環境への影響を十分に評価・検証する必要があります。現在、分解軽油等は、主に自動車や船舶等の輸送用燃料に利用されていますが、今後、自動車用内燃機関技術の進展や世界的な船用燃料の硫黄分規制の導入が見込まれており、引き続き分解軽油等を利用するためには、これらの環境変化をふまえた評価・検証が不可欠です。
- 本事業では、分解軽油等の生産者（石油業界）と利用者（自動車業界、船主業界）が共同で実施する、自動車、船舶による利用試験等を通じた分析・評価の取り組みを支援します。

成果目標

- 平成24年度から平成33年度まで事業期間であり、本事業により残渣油の有効利用を図り、平成33年度までにCO₂排出量の約115万t-CO₂削減を目指します。

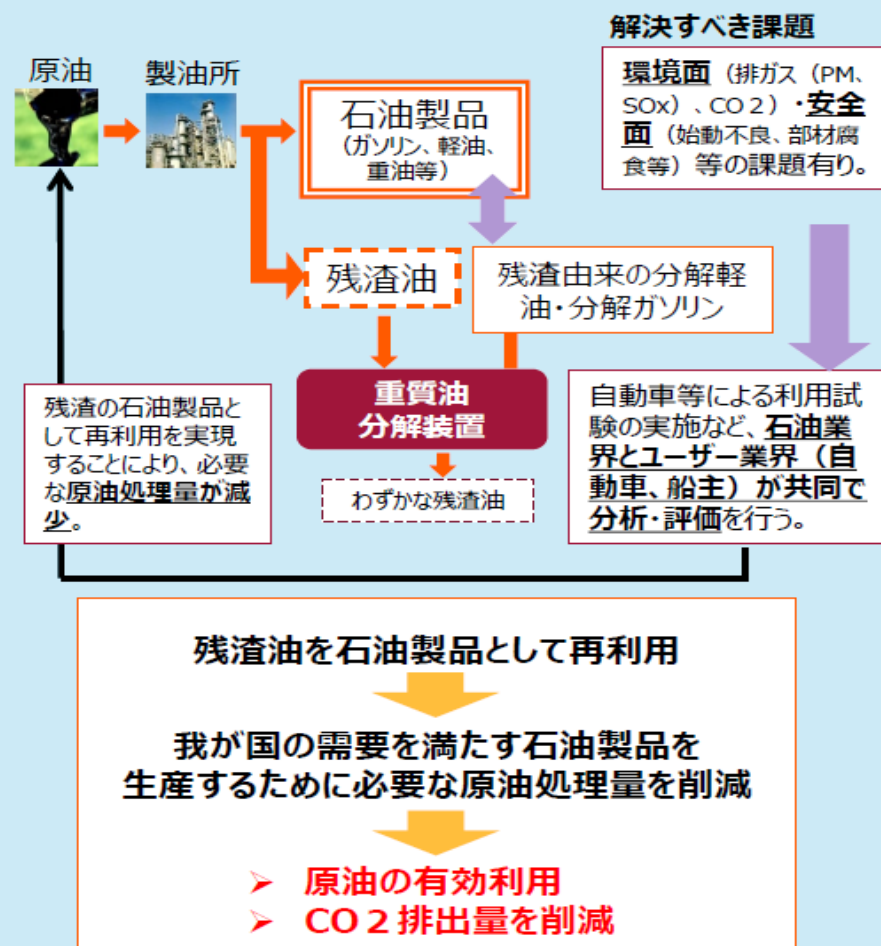
条件（対象者、対象行為、補助率等）

補助（1/2）

国

民間団体等

事業イメージ

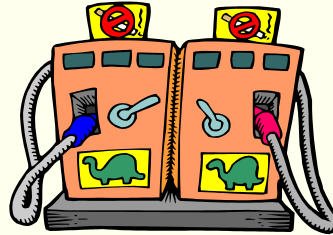


JPECにおける燃料利用事業の枠組み

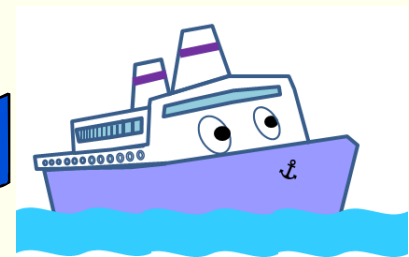
経済産業省補助金事業



自動車に関する技術
(燃料を使う側)



石油燃料に関する技術
(燃料を作る側)



船舶に関する技術
(燃料を使う側)

自動車・燃料研究
1997.4～

船舶・燃料研究
2018.4～

- ・自動車燃料における技術課題の解決

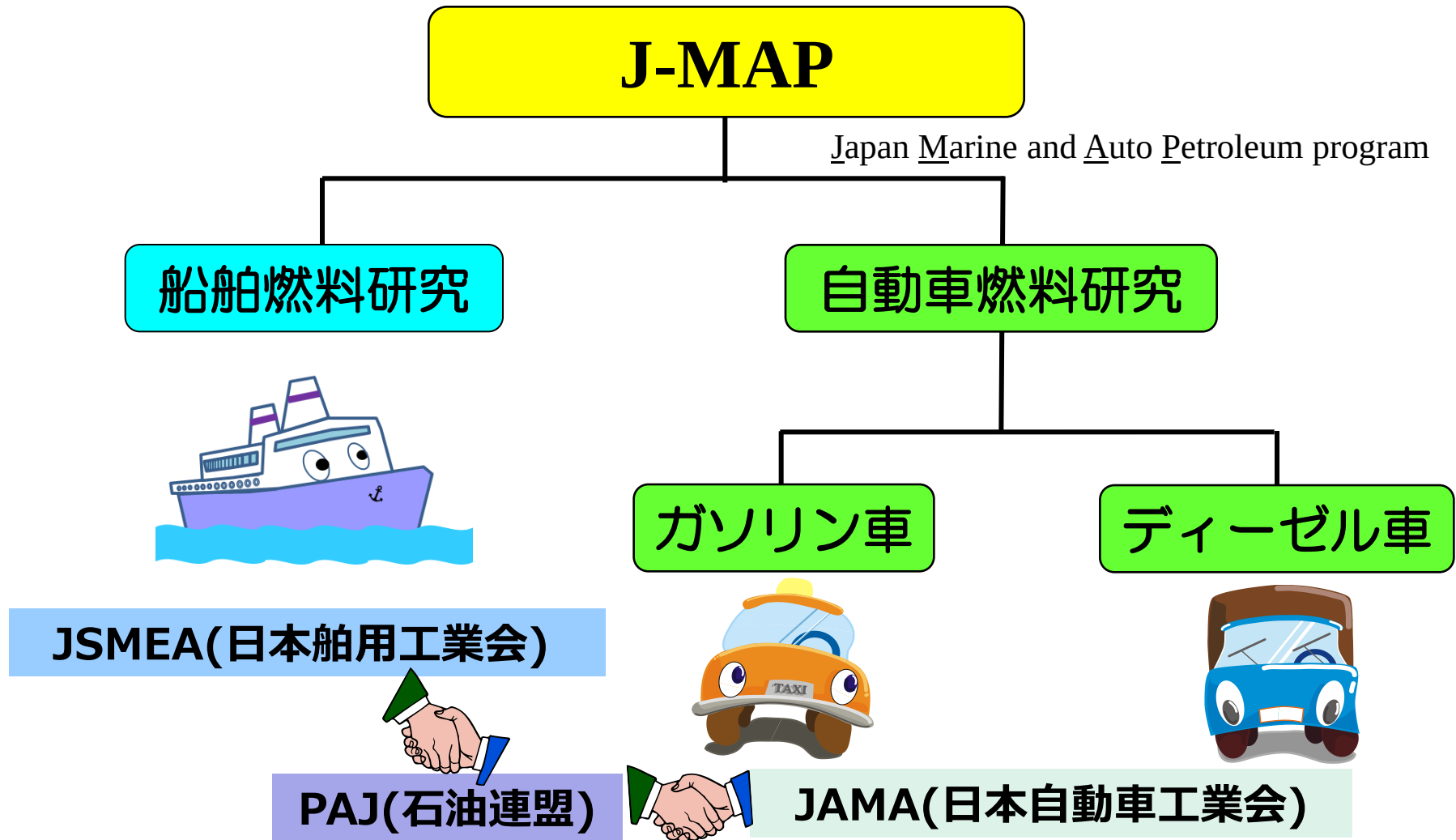
- ・船舶燃料における技術課題の解決

を目指した自動車業界・船舶業界と石油業界との共同研究

低硫黄新燃料油の試験燃料

- 新燃料のコンセプト
 - 安定的に供給できる比較的低廉な価格の低硫黄船舶燃料
 - 余裕のある留分（残渣、分解留分）の活用
 - 舶用機関の燃料許容性を考慮（低着火性を許容）
 - C重油相当の取扱い（始動時と常用運転の切替え、粘度の調整）
- 要試験項目
 - **着火性**指標の下限値（セタン指数の規格下限値（35）、CCAIの規格上限値（860））までの着火性・燃焼性の確認
 - **粘度**範囲の拡大（20～50cSt）で問題が生じないことを確認（燃料加熱の制御）
 - **排ガス**性状（ NO_x 、PM、炭化水素等の排出特性）を確認
 - 試験燃料自体の硫黄分は試験項目に影響しないことに留意

J-MAP体制 (2018.4~2019.3)



- ・分解軽油留分の自動車用燃料としての利用に関する研究
- ・分解系ガソリン留分の自動車用燃料としての利用に関する研究
- ・低硫黄船舶燃料油の品質確保に関わる燃焼試験研究

まとめ

- 国際海事機関（IMO）の海洋汚染防止条約附属書VI（MARPOL Annex VI）の規定により、2020年1月から船舶燃料は原則硫黄分0.5%未満とすることが義務付けられた。
- J-MAPプロジェクトでは、条約に対応した低硫黄船舶燃料油の品質確保を目的として、試験エンジン及び実船での試験燃料の燃焼試験研究を実施した。