

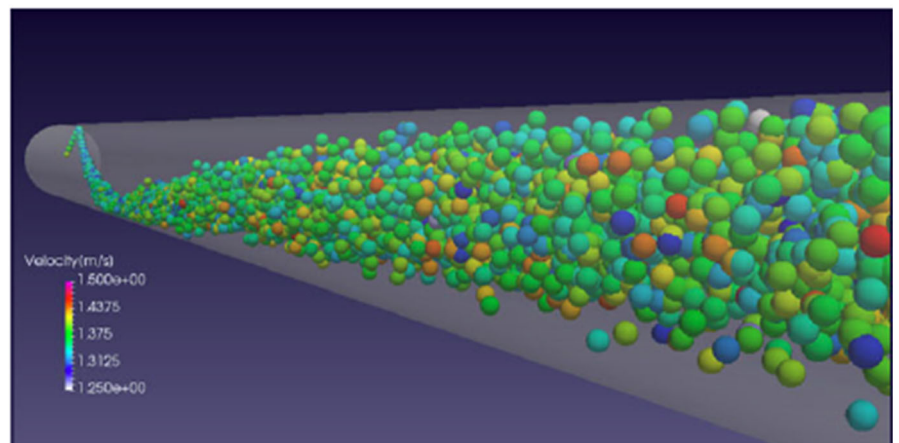
【講演会】

エネルギーで世界を牽引する日本 -エネルギーの安定供給に向けたシミュレーションの活用-

2018年11月20日(火) 開催

プログラム

13:20~13:30 (10分)	主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社のご紹介 1 アドバンスソフト株式会社 代表取締役社長 松原 聖
13:30~15:00 (90分)	ご講演 「脱ポスト冷戦時代のエネルギー情勢の変貌と日本の抜本的対応策」 4 株式会社 国土ガスハイウェイ 代表取締役社長 朝倉 堅五 様、藤本 宏和 様
15:00~15:10 (10分)	休憩
15:10~16:10 (60分)	「地球温暖化とエネルギーセキュリティの課題と対策-世代間倫理の観点も含めて」 25 環境安全学研究所 代表 アドバンスソフト株式会社 研究顧問 リスク研究開発センター長 氏田 博士
16:10~16:40 (30分)	「エネルギー分野のシミュレーション活用について」 40 アドバンスソフト株式会社 技師長 三橋 利玄、秋村 友香、大須賀 直子



AdvanceSoft



アドバンスソフト株式会社のご紹介

エネルギーで世界を牽引する日本
 -エネルギーの安定供給に向けたシミュレーションの活用-
 2018年11月20日（火）
 アドバンスソフト株式会社



会社概要

名称 アドバンスソフト株式会社
 (英文社名 AdvanceSoft Corporation)

本社 〒101-0062
 東京都千代田区神田駿河台4-3
 新お茶の水ビル17階
 TEL: 03-6826-3970
 FAX: 03-5283-6580

設立 2002年(平成14年)4月24日

資本金 3,724万円

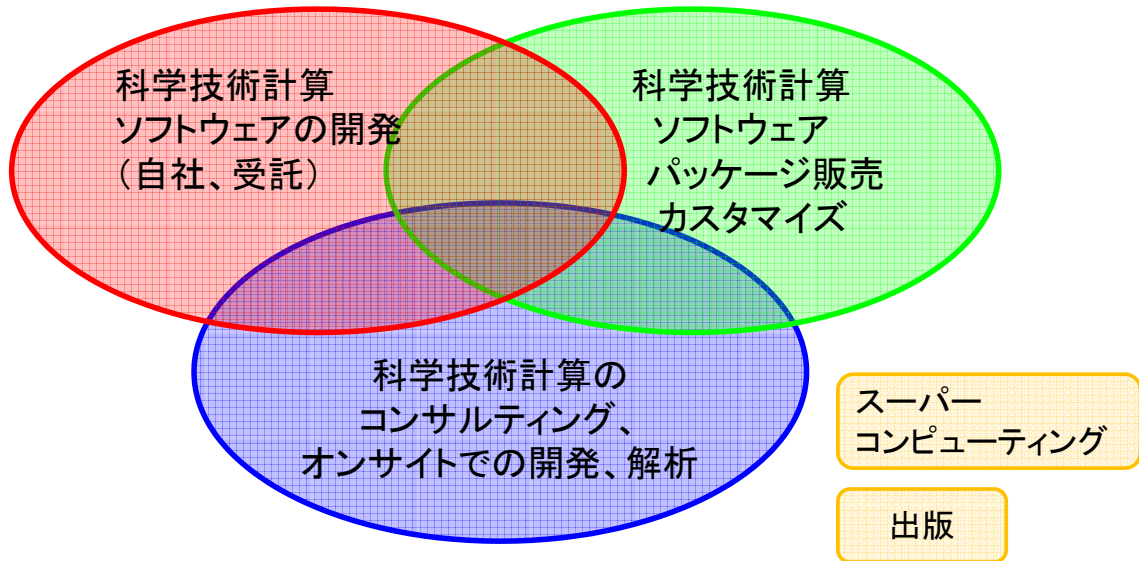
社員数 108名(2018年7月1日時点)

事業部	部	事業内容
第1事業部	技術第1部	・ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域の開発など
	技術第2部	・プリポスト・可視化システム・連成システム開発、構造解析エンジニアリングなど
	技術第6部	・次世代TCADシステムの開発
	材料システム開発室	・先端的なナノシミュレーション事業および関連する国プロを企画・推進
第2事業部	技術第4部	・材料設計統合システムの開発、および、関連する先端的なナノ分野の事業を企画推進
		・混相流に係わる次世代流体システム開発など
第3事業部	技術第3部	・乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など
	技術第7部	・J-PARCに係わるプロジェクトの実施等
第4事業部	技術第5部	・原子力・エネルギー利用に係る安全性解析など ・管路系流体解析エンジニアリング業務
原子力安全解析センター		・原子力安全解析を中心とし二相流・管路解析等のエンジニアリング事業を企画・推進
リスク研究開発センター		・原子力分野のPRAを中心としてリスク研究開発に係る事業を企画・推進
総合企画部		・コンサルティングサービスの提供 ・解析サービス、実験支援サービスの提供
営業本部	営業部	・お客様窓口



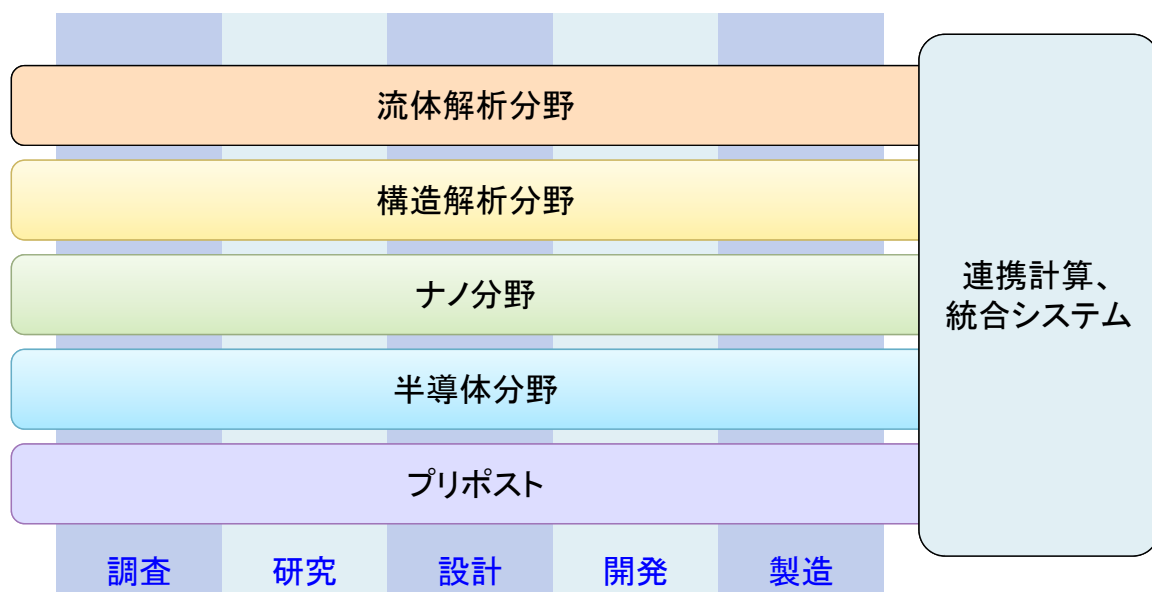
事業内容

アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。

事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、科学技術計算によるソリューションをご提供します。



脱ポスト冷戦時代のエネルギー情勢 の変貌と日本の抜本的対応策

2018年11月20日

株式会社 国土ガスハイウェイ
(Gas Highway Japan)

朝倉 堅五
藤本 宏和

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

講演の内容



1. 脱ポスト冷戦時代の変化の行方？・・視座
2. 世界の中で北東アジアの特性は？
3. 北東アジアのエネルギー等の国際連携
4. 日本のエネルギーの脱ポスト冷戦時代の対応策
5. 結び

添付資料1.国土ガスハイウェイと国土強靱化

添付資料2.サハリンガスの輸入と北東アジア

添付資料3.超電導（直流）送電ケーブル構想

1. 脱ポスト冷戦時代の変化の行方？ ・ ・ 視座



Gas Highway Japan

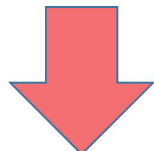
- ・ 冷戦時代（2極）ポスト冷戦時代（1極）と脱ポスト冷戦時代（多極？00ファースト）
- ・ 地球環境の絶対的保全!!
 - = エネルギーの選考性 ・ ・ 脱炭素と脱原子力；天然ガス/水素と再生可能エネルギー
 - = 海洋環境保全 ・ ・ マイクロプラスチックの禁止
 - = 原子力発電の行方、石油 ・ 石炭の行方は？
 - = 水素の歴史的役割は？ ・ ・ 環境保全に隠れた技術覇権と軍事覇権？
- ・ ファイナンス手法の変更？ ・ ・ 利子型金融から、イスラム型金融か？別の何か？
- ・ 国民国家の実体的な終焉と族種の時代か？グローバリズムからトライバリズム？
- ・ 軍事覇権に並ぶ別の覇権は出てくるか？技術覇権、経済覇権、文化覇権、 ・ ・
- ・ 戦争経済の終焉と代わりに何が地球経済の牽引力か？ 技術革新と新規需要創出？
- ・ 資源と市場と空間のある地域は、どこか ・ ・ ・ 環北極海地域と北東アジア？

2. 世界の中で北東アジアの特性は？



Gas Highway Japan

- 北極から見た世界？ ・ ・ 資源に恵まれる5か国沿岸（ロシア、カナダ、アメリカ、デンマーク、ノルウェイ）
- 5地域のうち東部ロシアとカナダが未開発で21世紀の有望地域
- 北東アジア：人口分布：3億人（中国北東部、朝鮮半島、日本、東部ロシア）
 - 巨大な人口収容力の保持
- 市場；中国大陸、ASEAN、日本、朝鮮半島
- 発展可能な空閑地域；中国東北部、北海道、北朝鮮、東部ロシア
- 世界で最高の発展ポテンシャルを保持

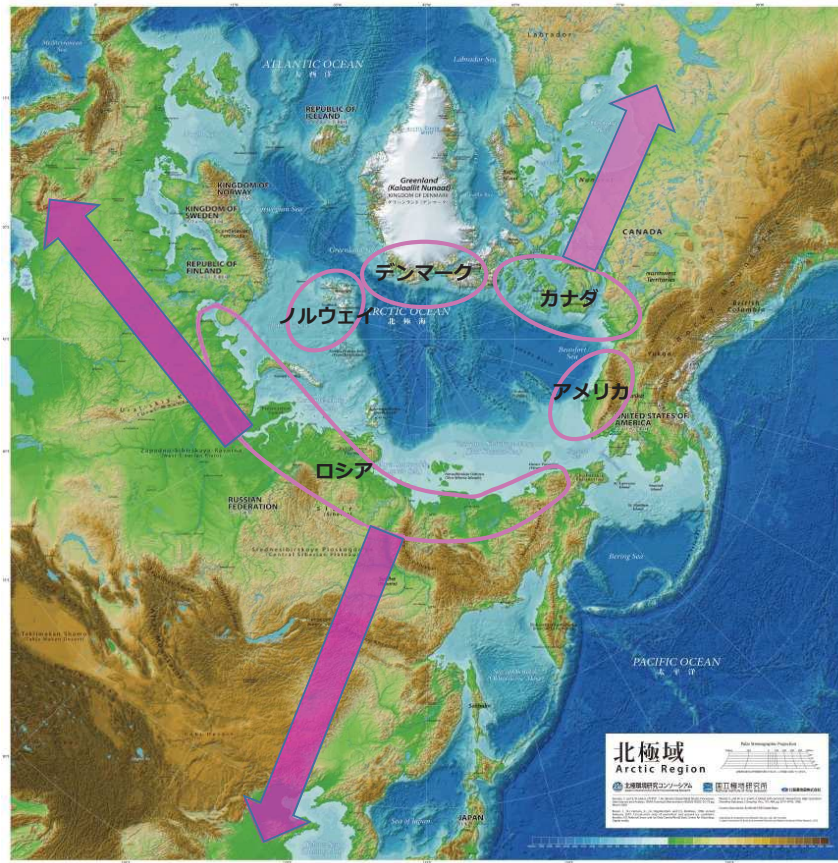


- ここを日本と日本人の貢献で、北米、北・西欧と並ぶ、北半球の三極の一極；北東アジアへ

北極から見た北半球のポテンシャルは？



Gas Highway Japan



背後の発展可能性

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

4

3. 北東アジアのエネルギー等の国際連携



Gas Highway Japan

- 1) 直流送電プロジェクトの国際連携構想
= ソフトバンクの孫正義氏の構想
= 北東アジア直流送電網構想
- 2) ガスパイプラインの国際連携構想
= NAGPF構想
= ガスプロムのEastern Program
= Big East Stream
- 3) 物流インフラの国際連携構想
= 一体一路構想 <・・> 開かれたインド・太平洋戦略
= 第2シベリア(BAM)鉄道サハリン/北海道延伸構想
= 第1シベリア鉄道朝鮮半島延伸構想
= 北極海航路プロジェクト <・・> マラッカ海峡/紅海/スエズ運河航路
- 4) その他；巨大な新都市、新開発区のプロジェク成立

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

- 6/64 -

5

サハリン/東シベリアから北東アジアへのパイプライン構想



© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

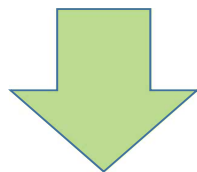
6

4. 日本のエネルギーの脱ポスト冷戦時代の対応策



Gas Highway Japan

- 国産エネルギー比率の30%確保 現在8.3%
- 競争自由化インフラと、公共非競争インフラの区分
- エネルギー分野の技術イノベーションを惹起し、需要増で国民経済に直接寄与
- 時価総額10兆円クラスの世界で活躍するエネルギー企業の創出
- 同時に地域の特徴を生かした「エネルギーコンビニ事業」の創出
- 世界に進出！！



- 全国的气体流通手段の確保・・・国土ガスハイウェイ構想（添付資料1）
- サハリンの安価なパイプラインガスの輸入・・・ガス市場の活性化手段・・・（添付資料2）
- 電力市場の発展手段としての直流送電インフラ整備・・・（添付資料3）

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

- 7/64 -

7



5. 結び

- ・ 100年に一度のルール変更の大変化の時代
頭を柔軟に保つ癖を！
(金融、軍事、エネルギー、情報、食糧の大変化)
- ・ 日本も例外ではない。常識が変わる時代。
「原油のペルシャ湾とマラッカ海峡」は続くか？
「メディアの情報」はどこまで信頼できるか？
「核兵器が戦争抑止力」は本当か？
自分の頭で考える癖、自立した個人へ！
- ・ 北東アジアの日本と日本人に、どういう役割が期待？
自問自答して！



添付資料 1. 国土ガスハイウェイと国土強靱化

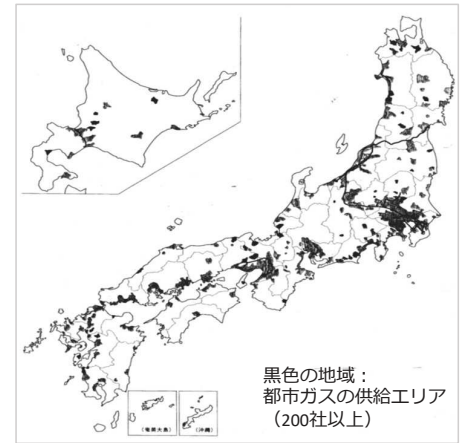
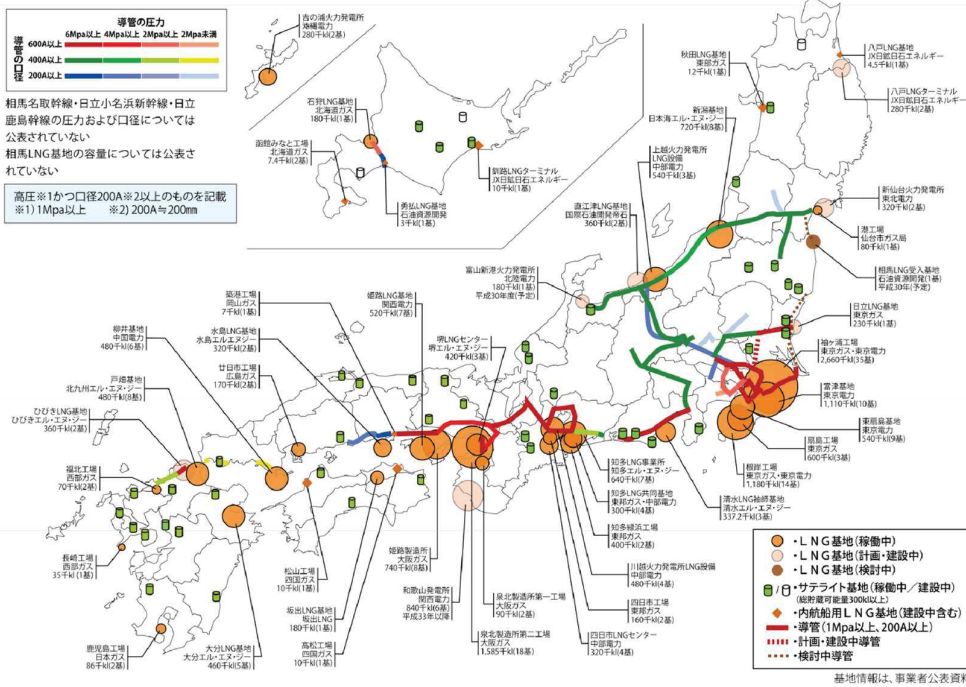
平成30年 1 1月

株式会社 国土ガスハイウェイ



1. 天然ガスを取り巻く動き ~ 供給状況

- 各地に事業者ごとにLNG基地が立地
- 都市間を結ぶ広域パイプライン網が構築されておらず、地域限定的
- 都市ガスエリアは国土の5.5%にとどまる



出典：(一社)国土技術研究センター(JICE)第1回高速道路における天然ガスパイプライン設置に関する技術的課題検討委員会配付資料
 (出所：資源エネルギー庁作成資料(第1回天然ガスシフト基盤整備専門委員会配付資料)(JICE加筆))
 © Gas Highway Japan, Co., Ltd.

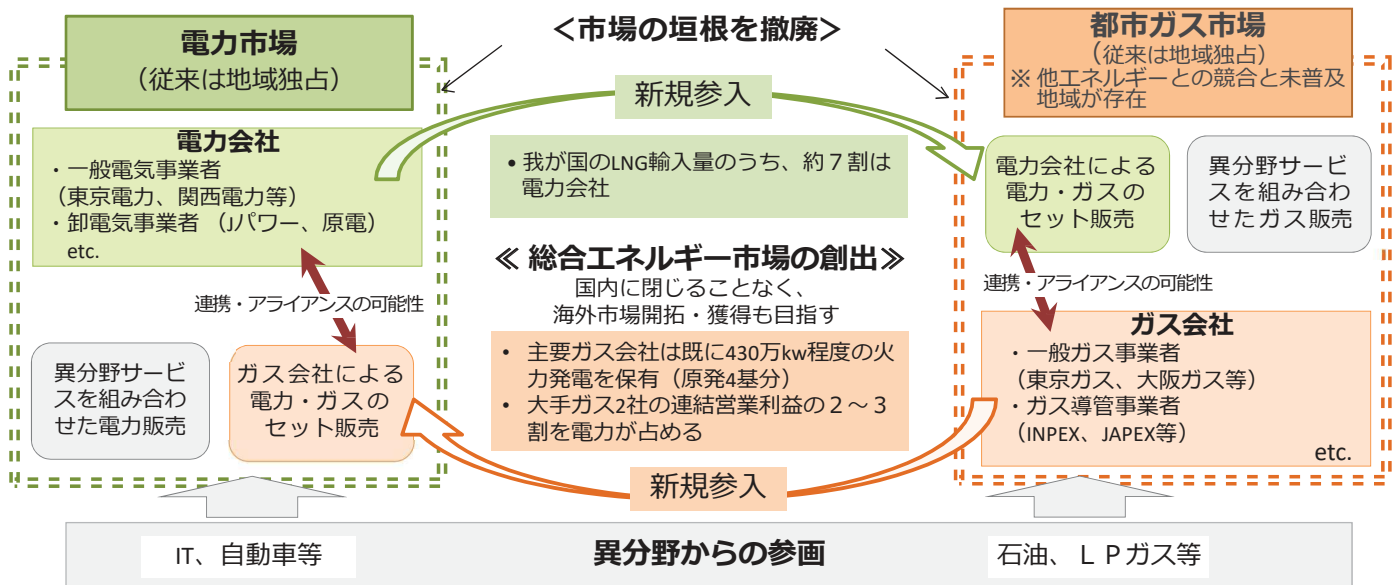
出典：資源エネルギー庁
 第1回天然ガスシフト基盤整備専門委員会配付資料
 10

1. 天然ガスを取り巻く動き ~ 日本におけるエネルギー自由化概要



完全自由化による競争的なエネルギー市場の創出

- 「光熱費」という言葉があるように、消費者にとってエネルギー市場は一体のもの。他方で、従来、我が国のエネルギー市場は、電力、ガス、熱等の業態ごとに制度的な「市場の垣根」が存在。
 (※) 石油やLPガスは既に参入規制なく、自由な市場
- 一体的な制度改革により「市場の垣根」を撤廃し、エネルギー企業の相互参入や異業種からの新規参入を進める。これにより、競争によるコスト低廉化を図るとともに、消費者の利便性を向上させる。
- さらに、国内市場に閉じることなく、総合エネルギー企業による海外市場の開拓・獲得も目指す。

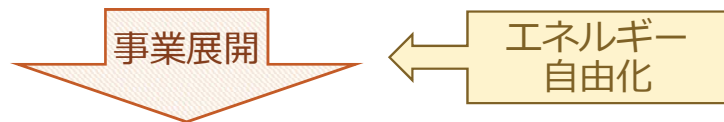


2. 国土ガスハイウェイ事業概要 ～コンセプト



Gas Highway Japan

- 解決すべき課題
 - ・ 電力/ガスの高コストの是正：**半減**を目指す。
- 解決方法
 - ・ 国内ガスネットワーク(**国土ガスハイウェイ**) 整備及び既存 LNGとサハリン生ガス導入で、全国の統合市場へ供給。相対的に安価と期待されるサハリン生ガスとエネルギー自由化の効果で電力/ガスのコスト半減を実現。
 - ✓ 高速道路敷地をパイプラインの敷設空間として活用
⇒安価、迅速な施工が可能に
 - ✓ 国交省と経産省の協力のもとでパイプライン敷設の合理性検討実施
この知見をもとに、両省の分担・協力のもと事業をスタート
⇒事実上の独占的事業主体の地位を確保しうる



- **ガス統合市場**の創出
⇒エネルギーの**国土強靱化**
- 全国に**分散型エネルギーシステム**導入
⇒新規雇用、新規産業の創出などを通じて**地方創生**

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

12

2. 国土ガスハイウェイ事業概要 ～事業構成



Gas Highway Japan

4つのサブプロジェクトで構成

国土の骨格となりうる基幹ガスパイプラインを国土ガスハイウェイと名付け、高速道路敷地を活用して迅速に建設。全国で**6,400 km**
事業形態：特定ガス導管事業

**サハリン
生ガス輸入事業**

サハリン天然ガスの国際パイプラインによる輸入&卸供給プロジェクト。年間**300億m³**

**国土
ガスハイウェイ
事業**

**GTCC
発電事業**

**マルチユーティリティ
事業**

内陸立地型の最新鋭ガスコンバインド火力 (GTCC) 発電所を複数建設して発電。主にサハリン生ガスを活用。
合計**1,500万kW**

天然ガス利用の分散電源と再生可能エネルギーを中核に、電気、都市ガス、熱、上水道等のユーティリティ事業を地域統合した供給サービス。全国**3,000地区**で開始

© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

- 10/64 -

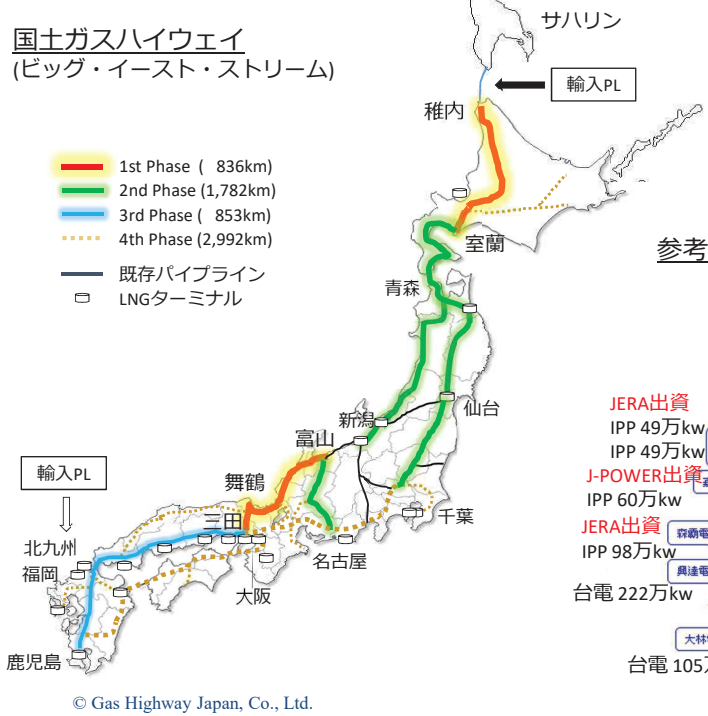
13



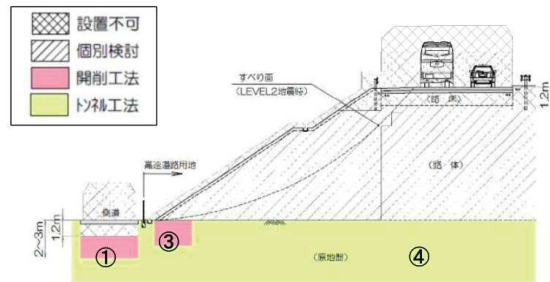
2. 国土ガスハイウェイ事業概要 ～事業構想

1. ロシアから国際パイプラインを通じて天然ガス輸入
2. ガスハイウェイを高速道路敷を活用して建設・運営
3. 人口10万人以上の都市をほぼ連結、総延長6400km
4. 既存のパイプライン、LNGターミナル等と接続

国土ガスハイウェイ (ビッグ・イースト・ストリーム)



高圧導管設置位置 (盛土の例)



参考) 台湾での先行事例

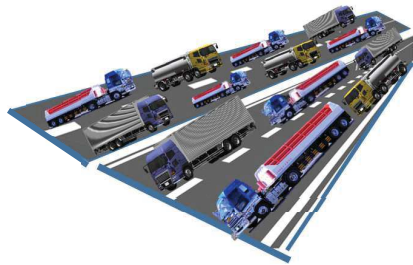


高速道路での気体(天然ガス・水素)エネルギー輸送方法の検討



<現状>

高速道路上で気体(天然ガス/水素)エネルギーを輸送する方法はトラック輸送のみ



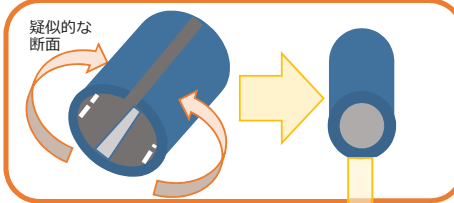
気体のままボンベに詰める、又は液化して容器に詰めて貨物自動車輸送。

これを気体のままのパイプライン輸送に置換すると

(1) 路面インフラ・道路事業: 国土交通省管轄



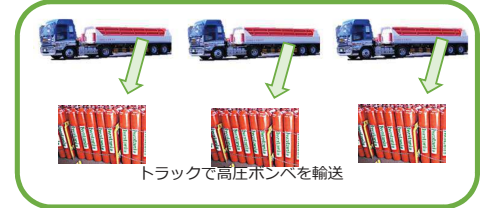
道路面を筒状に変形すると下図のように格納空間ができる



<将来>

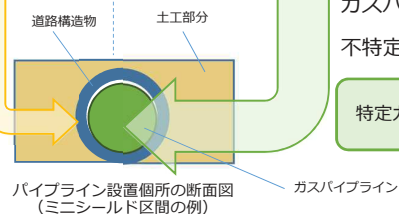
道路面がPLの格納空間の役割を果たす
※詳細は次ページ

<2> 車両/ボンベ・ガス託送事業: 経済産業省管轄



ガスパイプラインを埋設し不特定多数のガス輸送を行う

特定ガス導管事業



パイプライン設置個所の断面図 (ミニシールド区間の例)

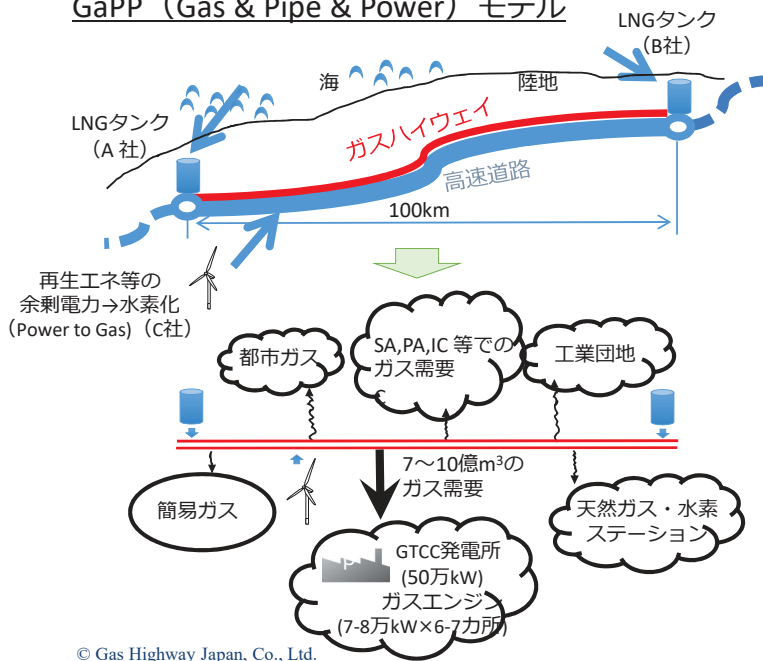
2. 国土ガスハイウェイ事業概要 ～ GaPP モデルの適用



Gas Highway Japan

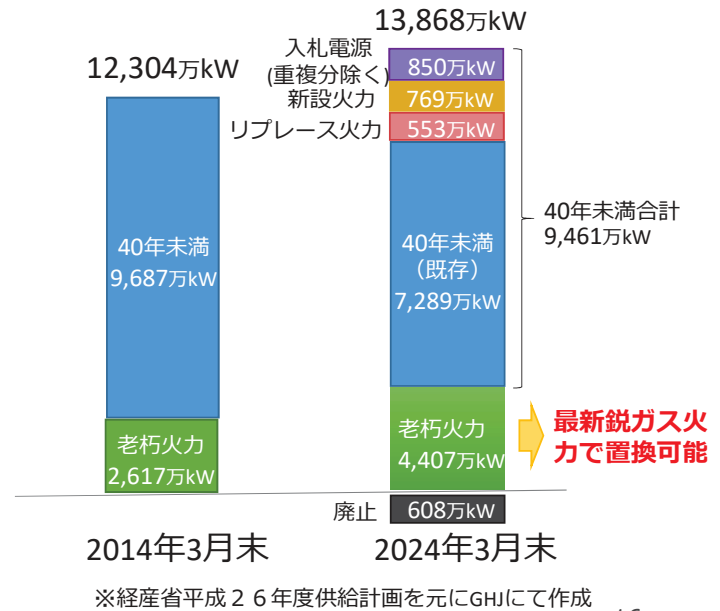
1. ガス発電需要の創出
 ※2024年3月には4,400万kW分の火力発電所(石炭・石油による発電)が40年以上経過
 (現時点でリプレース等の予定未定)
 → P L 延長 **100km 当たり50万kW分**のGTCCガス火力発電or小型ガスエンジン発電需要創出により採算性確保
2. 沿線の工業団地の燃料転換、都市等へのガス供給(含むマルチユーティリティシステム)によりさらに利益創出

GaPP (Gas & Pipe & Power) モデル



© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

火力発電所の老朽化

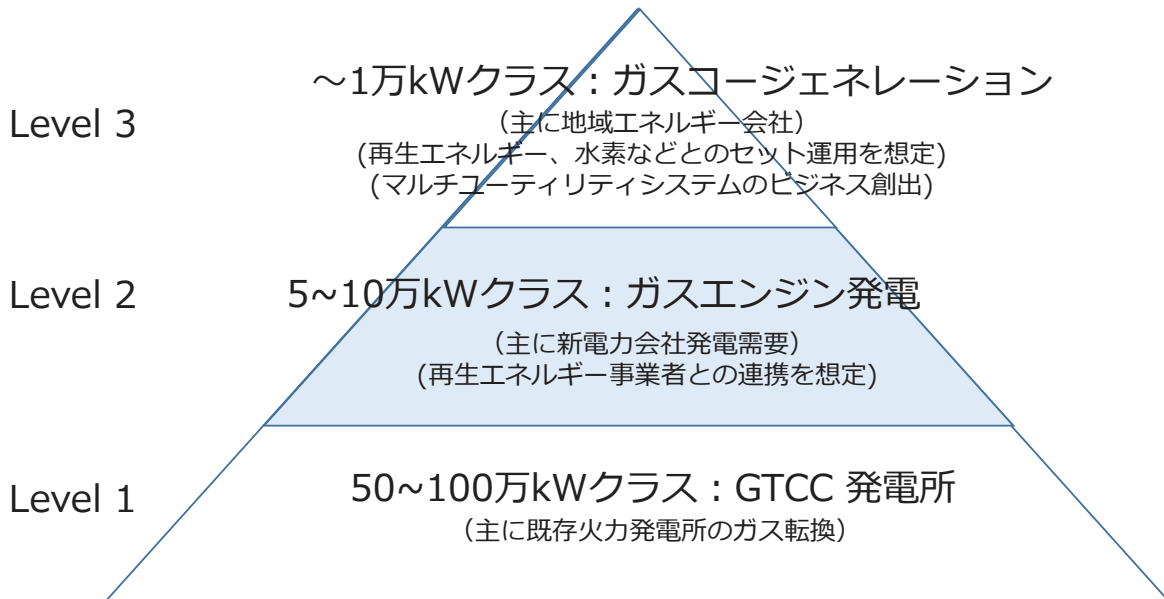


16

2. 国土ガスハイウェイ事業概要 ～ ガス発電の3つのレベルの需要開拓



Gas Highway Japan



© Gas Highway Japan, Co., Ltd.

17



4. 北海道エネルギープロジェクト ～骨格

【1】サハリンパイプラインガス輸入基地

稚内港に国内初のサハリンパイプラインガスの輸入及び卸供給設備を整備し、パイプラインガスの通関/輸入・品質調整・卸売を行う。

【2】国土ガスハイウェイ

稚内のサハリンパイプラインガス輸入基地と北海道内及び将来の本州のガス需要地を結ぶため、まず北海道縦貫自動車道（室蘭IC～士別剣淵～稚内区間；490km）に沿って天然ガスパイプラインを建設し、天然ガス輸送（託送）事業を行う。

【3】天然ガス発電&マルチユーティリティ事業

天然ガスパイプライン沿線に高効率な天然ガス発電設備等を更新/整備、さらにマルチユーティリティ事業を展開することで、沿線の電力・ガス等のエネルギー需要への対応を図り、地域の振興に寄与する。

【潜在需要】

計79億m³/年*1

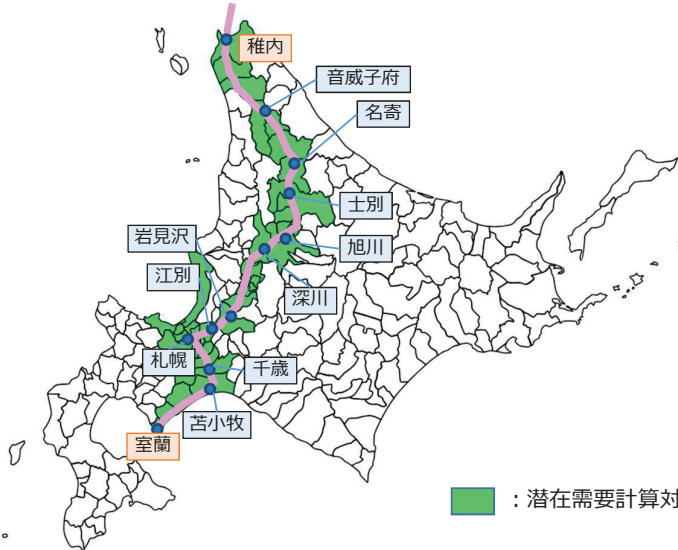
- 沿線の天然ガス需要 約58億m³/年
 - 産業用：34億m³/年
 - 事業・家庭用：24億m³/年
- 発電用天然ガス需要：約21億m³/年

既設の転換及び7～8kW
(ガスエンジン9～11台) /箇所



【想定輸入量】

30億m³/年



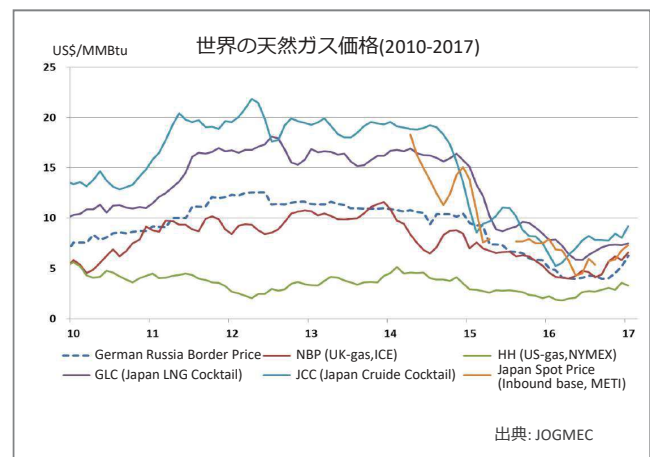
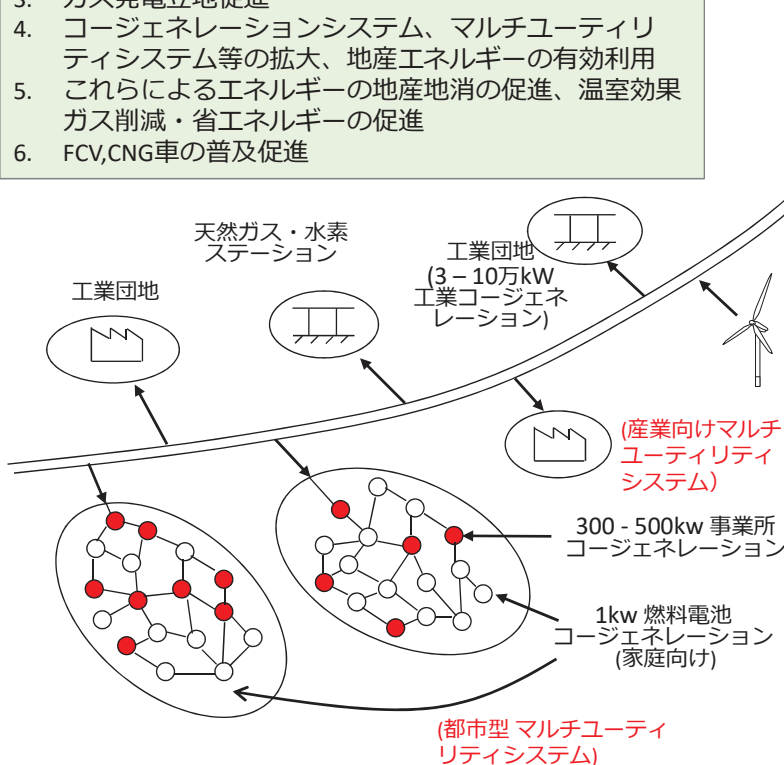
■：潜在需要計算対象市町村

*1) 運輸のエネルギー消費と水力等の再生可能エネルギー由来分を控除したものを天然ガス潜在需要量として試算

5. 期待される効果



1. 日本海側・内陸等へのガスの全国流通
2. ガス価格の低廉化
3. ガス発電立地促進
4. コージェネレーションシステム、マルチユーティリティシステム等の拡大、地産エネルギーの有効利用
5. これらによるエネルギーの地産地消の促進、温室効果ガス削減・省エネルギーの促進
6. FCV, CNG車の普及促進



出典: JOGMEC



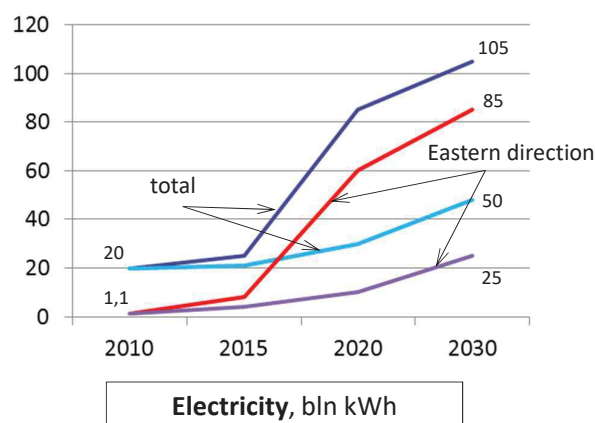
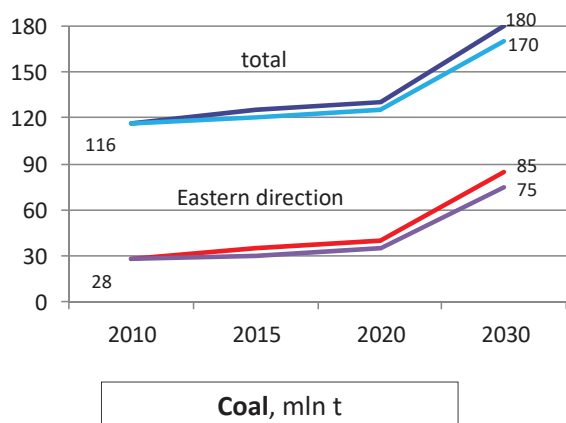
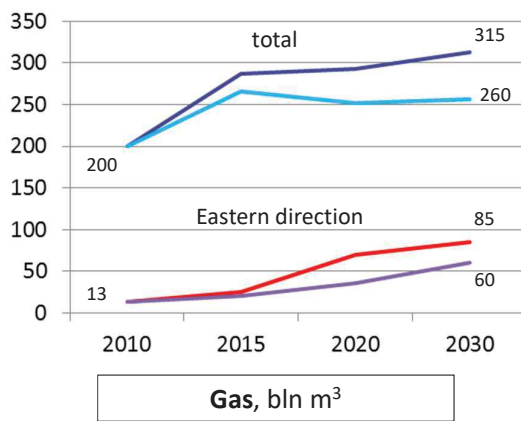
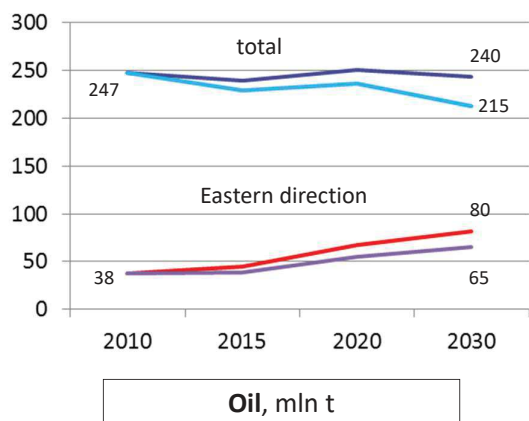
添付資料 2. サハリンガスの輸入と北東アジア

平成30年 1 1月

株式会社 国土ガスハイウェイ ROSASIAGAS

ROSASIAGAS

POTENTIAL OF RUSSIAN EXPORTS OF ENERGY RESOURCES TO NORTHEAST ASIA



Sakhalin-2 LNG exports to Northeast Asia



2009 - Production of LNG started

Sakhalin-2 LNG Exports to NEA

- 2010 – 4.381 mil.tons
- 2011 – 7.125 mil.tons
- 2012 – 8.306 mil.tons
- 2015 – 10.82 mil.tons
- 2017 – 11.49 mil.tons

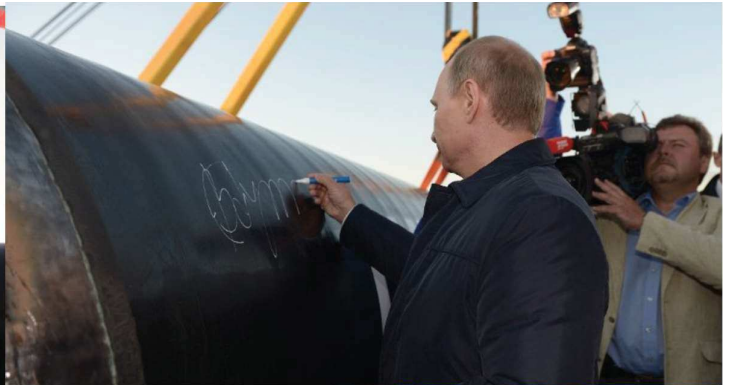


POWER OF SIBERIA NATURAL GAS PIPELINE PROJECT

2014, May 21 Russia-China 30-years Deal signed

Planned investments - \$ 55 bln.

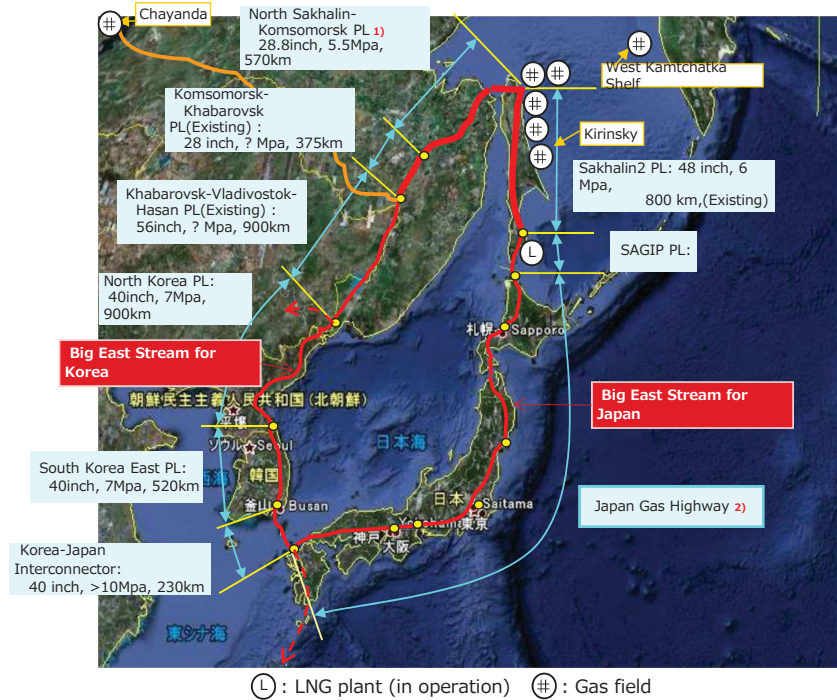
2014, September 1 Construction launched



Big East Stream for Japan and Korea



Gas Highway Japan



(L) : LNG plant (in operation) (#) : Gas field

Note: 1) Parallel PL Construction is planned.
2) Japan Gas Highway will be operated as "Gas Pool".

Background in Japan

-Serious Accidents in recent years



Gas Highway Japan

Big Earthquakes attacking Japan

✓ East Japan Big Earthquake in March 11, 2011

- Questioning of safety of nuclear power
- Subsequent System Change of Japan's Energy Structure Energy Liberalization of Electricity and Town Gas, in 2016 and 2017

Many facilities and tanks were destroyed by the tsunami.



source: meti

✓ Hokkaido Earthquake in September 6, 2018

- Questioning of Concentrated Large-scale Energy Supply System
- Recommendations for the Distributed Energy System, of which Core is Gas-fired Distributed Power and Regional Renewable Energies

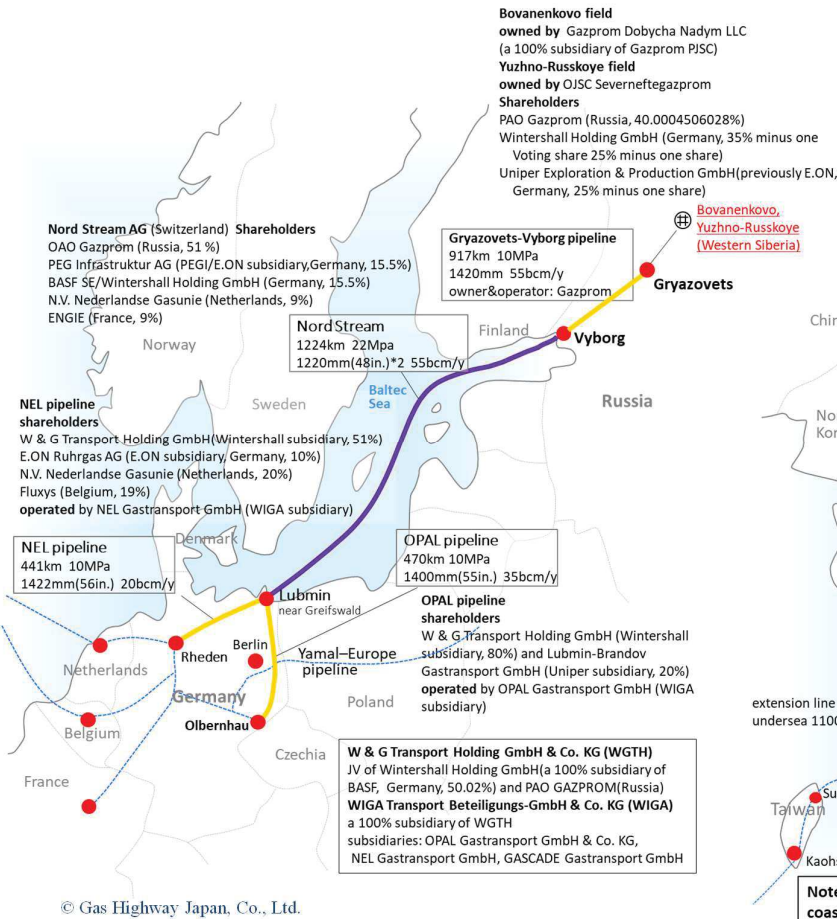
The earthquake caused the loss of power on Hokkaido island, cutting power for 5.3 million people.



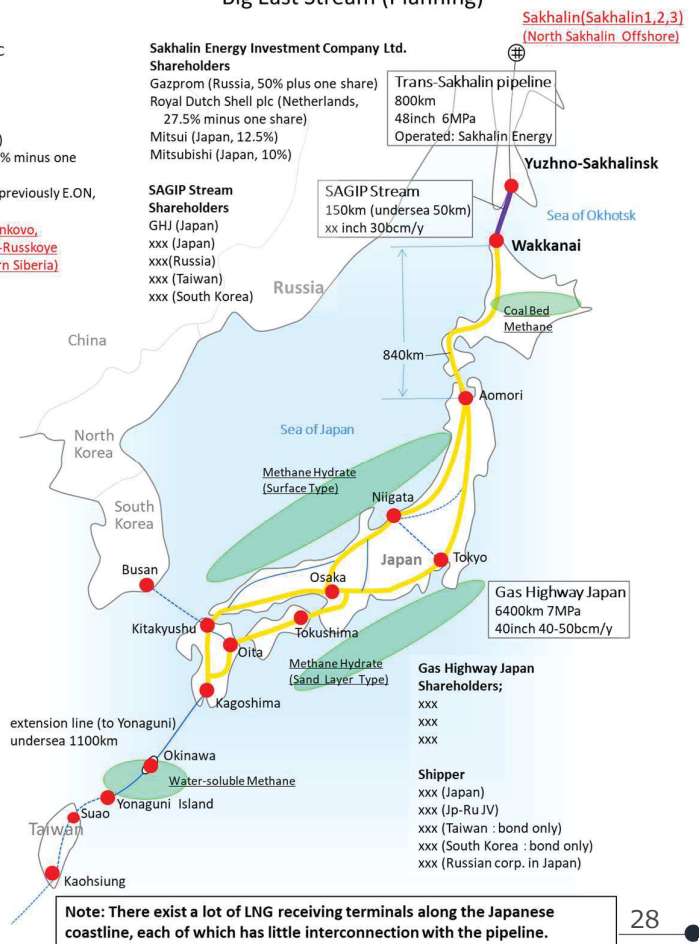
source: Hokkaido Pref. Police, JGSDF

Nord Stream and Big East Streams for Japan

Nord Stream (Existing)



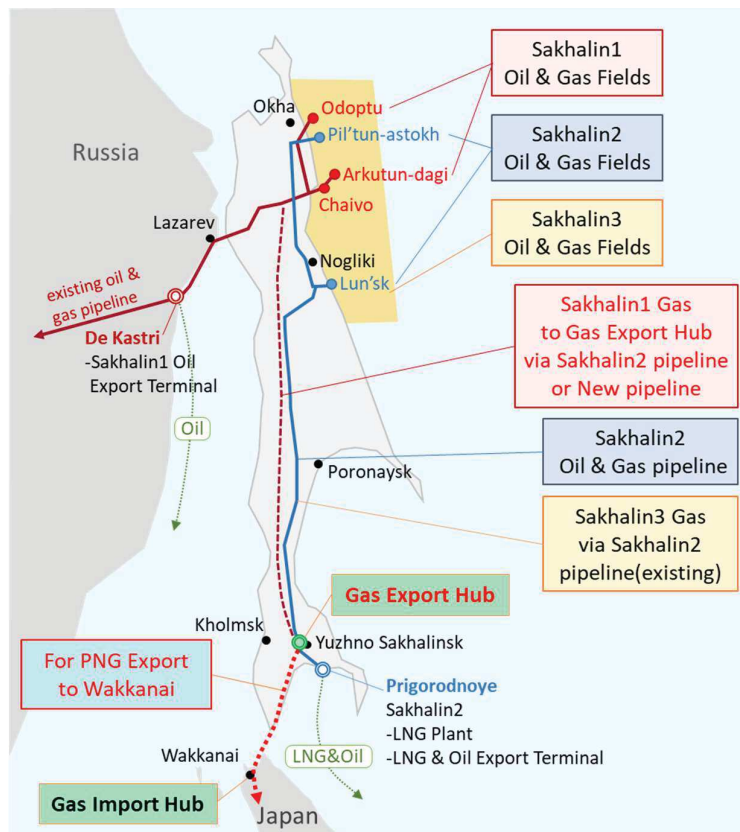
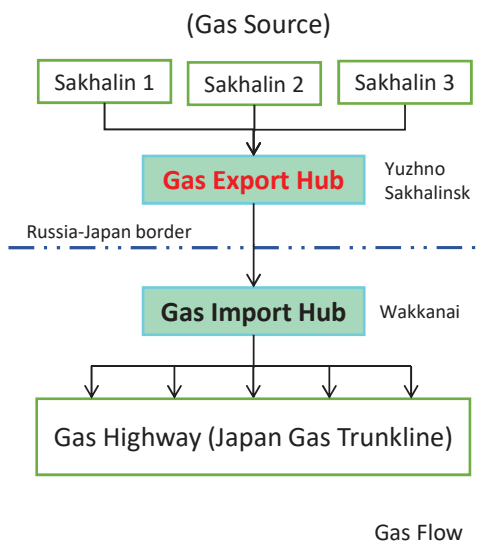
Big East Stream (Planning)



Sakhalin Gas Export Hub



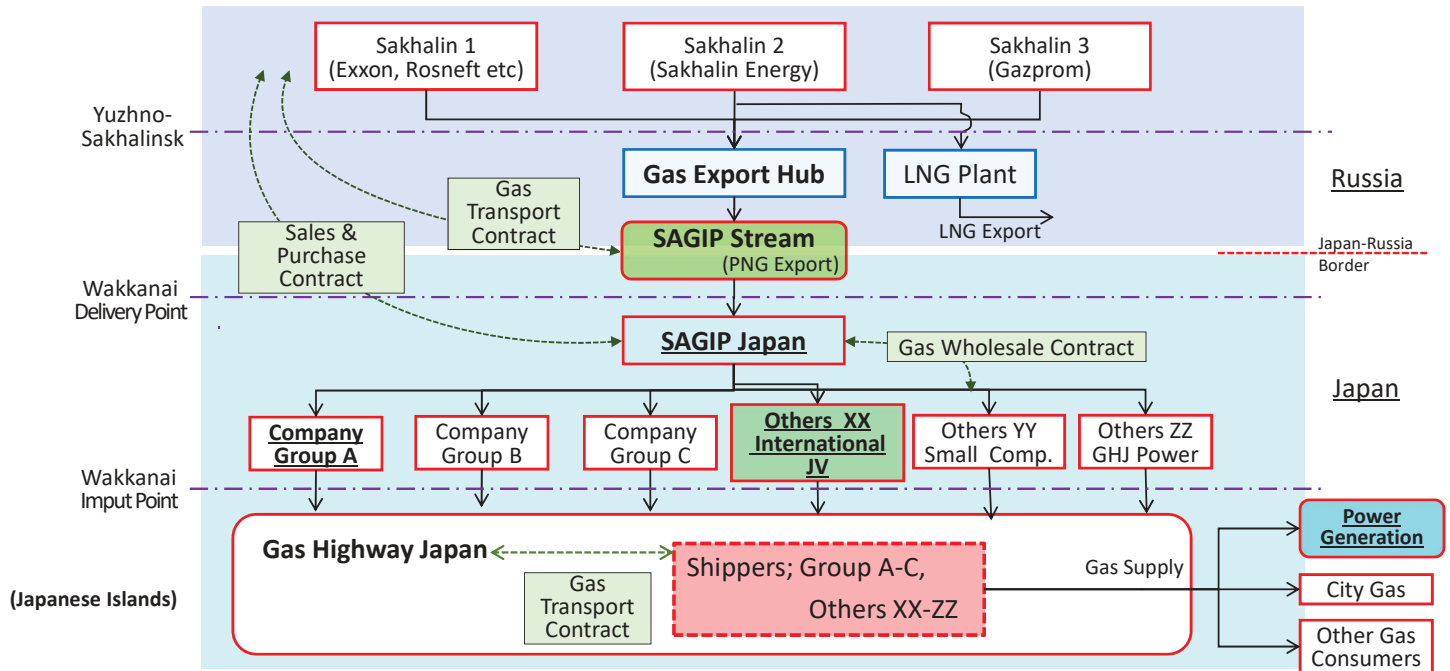
Gas Highway Japan



Reform of Japanese Industries & Possible New Entry of Foreign Companies

Players at the Russia – Japan Border

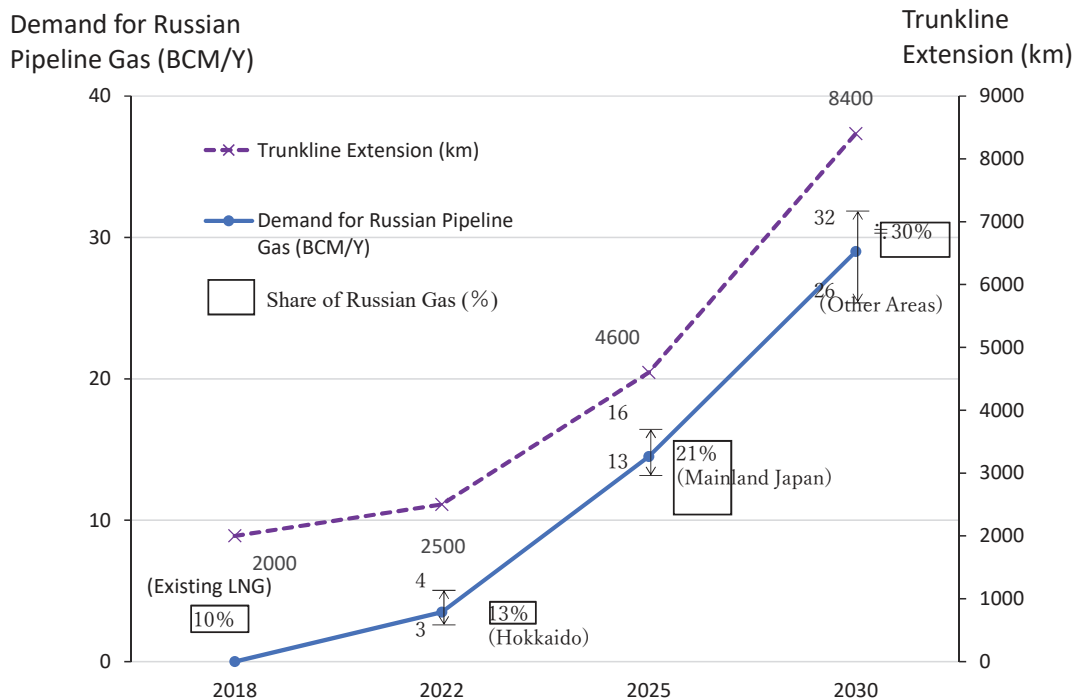
Japanese Gas Import & Wholesalers



Note: Through these transactions Japanese side will be sure to establish a few of direct gas import & wholesale giants. Others YY includes small town gas and LPG retail companies.

→ Gas Flow
 □ Players
 □ Contracts
 □ Facilities

Gas Demand Projection in Japan for Russian Pipeline Gas -for gas-fired power generation only-



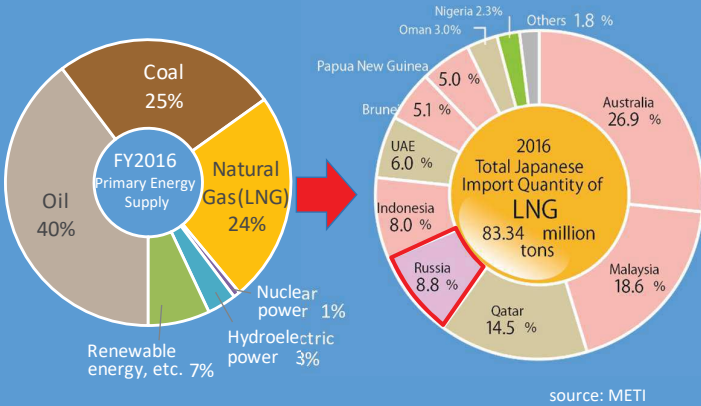
Note: 1) Russian LNG by Sakhalin 2 is not included.
 2) Share of Russian Gas includes LNG and PNG.
 3) Trunkline Extension includes existing ones of 2,000km.

Security of Gas Supply - for sustainable gas supply



Gas Highway Japan

1. National Dependency Ratio of Gas to Russia ---Not More Than 30%



2. Alternative Measures

1) Alternative Sources 2) Alternative Routes



Research Results MH

- Surface type methane hydrate (existing on the surface of the sea bottom or in the vicinity thereof)
- Sand stratum type methane hydrate (existing in the stratum several hundred meters under the seabed and mixed with sand)
- Research results of oil and natural gas

source: METI

3. Exchange of Investment between Russia and Japan

Russia for Japan's mid-downstream businesses



Japan for Russia's upstream businesses

添付資料 3. 超電導（直流）送電ケーブル構想

平成30年 1 1 月

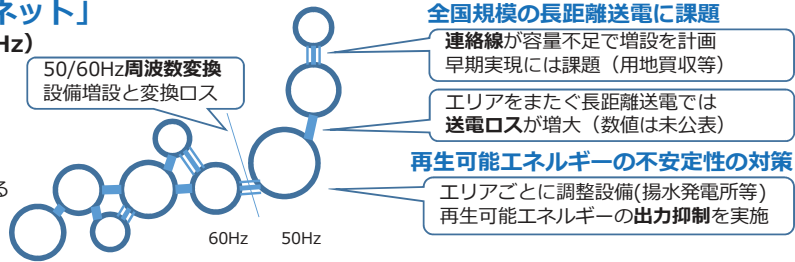
中部大学超電導・持続可能エネルギー研究センター
説明補助：株式会社 国土ガスハイウェイ

謝辞：地域低温熱エネルギー利用電力システム実用化研究会
石狩超電導・直流送電システム技術研究組合

なぜ今、超伝導直流送電構想か？

これまでの日本の連携系統は「串刺し型ネット」

- ☆「**団子**」が各社の供給ネットワーク（交流50/60Hz）
 - ・供給エリア内の需要は自前の供給設備でまかなう原則
 - ・再生可能エネルギーの不安定性には出力抑制で対応
- ☆「**串**」が連携線（各社を結ぶ送電線）
 - ・連携線の容量はそれほど大きくない。拡大計画にも課題
 - 2015年に電力広域的運用推進機関が発足
 - ・エリアをまたぐ長距離化では、送電ロスがさらに増大する



革新的な超伝導直流送電による再生可能エネルギーの利用拡大

☆送配電分離を迎え、交流/直流のハイブリッド送電の時代へ

- ・150年ぶりの電力輸送の社会システム変化を日本から惹起
- ・超伝導直流送電は、日本が技術開発の先頭を走る
- ・国際的にも関心が高い（海外電力の直輸出入の体制整備）

☆再生可能エネルギーを電力損失なく遠距離輸送

- ・出力抑制の再生可能エネルギーを遠隔地でも利用できる
- ・送電電力損失がほぼゼロ（電気抵抗ゼロ）で送電できる
- ・冷却運用コスト（液体窒素を使用）が送電ロスに相当するが、高性能断熱管の開発に成功し、さらなる低減が可能

☆国内敷設は高速道路が最適

- ・国内の商業線の敷設はガスハイウェイ構想と協同できる
- ・SA/PAごとにステーションを設置し、電力を出入力できる
- ・電気自動車の増加では、再生可能エネルギーの利用を拡大

再生可能エネルギーを遠距離輸送で全国利用

再エネの出力抑制を解消
全国規模で不安定性に対応



全国規模の長距離送電に課題

連絡線が容量不足で増設を計画
早期実現には課題（用地買収等）

エリアをまたぐ長距離送電では
送電ロスが増大（数値は未公表）

再生可能エネルギーの不安定性の対策

エリアごとに調整設備（揚水発電所等）
再生可能エネルギーの出力抑制を実施

※長距離送電では直流のほうが送電ロスが少ない。連絡線では 〓 が直流。

低水準の電力損失

長距離でも電気抵抗ゼロ（電力損失）
運用コスト低減する断熱管開発に成功

国内敷設は高速道路敷地が最適

省スペースで大電力 環境にやさしい
安全性は交流送電と同レベルを確保

直流の多端子送電が可能

多端子送電が可能
→ステーションで電力が出入力できる
低電圧/大電流の送電なので、既存の変電所が一部不要になる（低コスト化）

【メモ】ハイブリッド送電をJRに例えると、戦後の9電力体制は在来線（JR各社）で、エリア内では再エネの乗車拒否（出力抑制）、他エリアには乗り継がない状況だった。日本縦断する新幹線（超伝導直流送電）により、出力抑制分を遠隔地に送れるようになり、途中での乗り降り（入出力端子）も高速道路のSA/PAごとに可能となる。

現在のプロジェクト進捗状況

超伝導リニア新幹線プロジェクト

超伝導直流送電プロジェクト

基礎研究	鉄道技術総研内 実験線 72年 480m
実証実験	宮崎実験線 77-95年 7.0 km
実験線	山梨実験線 97年- 42.8 km
商業線	中央リニア新幹線 (東京～大阪間500km ; 当面は東京～名古屋間300 km)

中部大学構内 実験線	06年 200m
石狩 実証実験線	13年- 1.5km
(00区間 ; 検討中)	20-50km程度
(00区間 ; 検討中)	数千km程度

注) 今後、実験線は（高速）道路敷地の活用で
国土ガスハイウェイとの協同を検討

高速道路空間への導入



1. 高速道路に沿って直流超電導送電線を布設する
2. サービスエリア(SA)は20km – 50km毎にあり、(左図参照) SAに充電スタンドを置く(一部導入済み)
3. 充電スタンドでの電力変換器はDC/DC型

高速道路



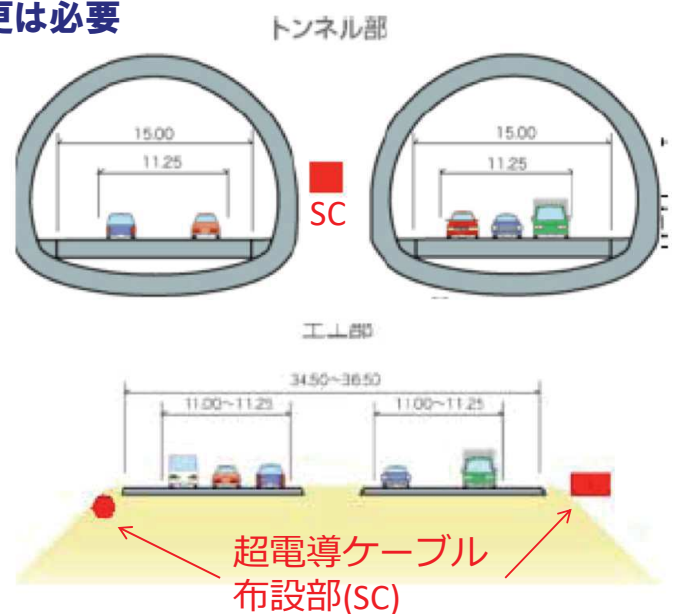
1. 充電スタンドは従来型と同等
2. 冷却ステーションの設置面積は10m四方ほど
3. 超電導ケーブルは直径0.5m以下の鋼管パイプ

高速道路への導入(予備検討)

関係法規

- 1) 電気事業法関係
- 2) 道路法
- 3) 海岸法
- 4) 環境影響評価法
- 5) 種の保存法

法規解釈の変更は必要

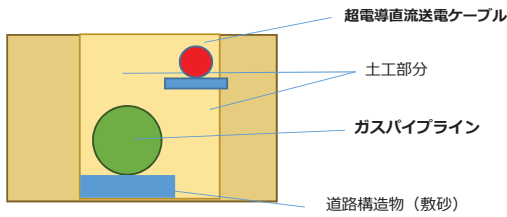


もし、架空線であれば、18もの法規の許認可が必要

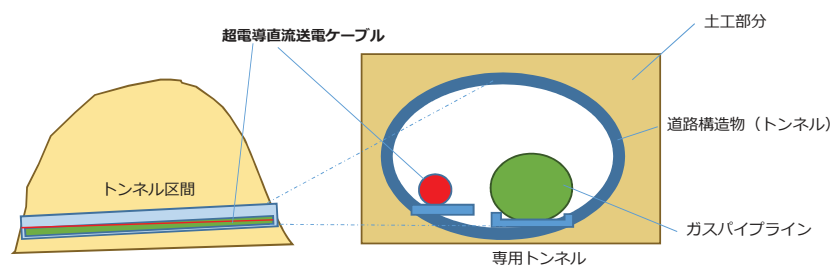
石狩プロジェクトの結果を受け、中部大は、NEXCO中日本、国土交通省、広域電力網整備、高速道路保有・債務返済機構、電力広域的運営推進機関等と接触

PL & 超電導ケーブルの道路空間内設置の予備検討 —今後精査の予定—

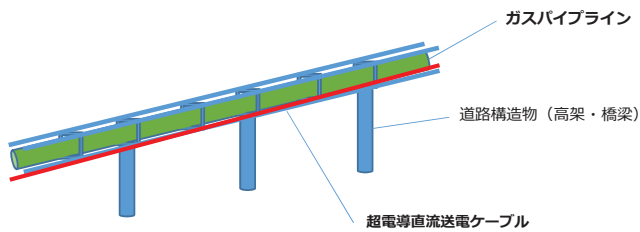
(1) 土工（切土・盛土）区間（予備検討）



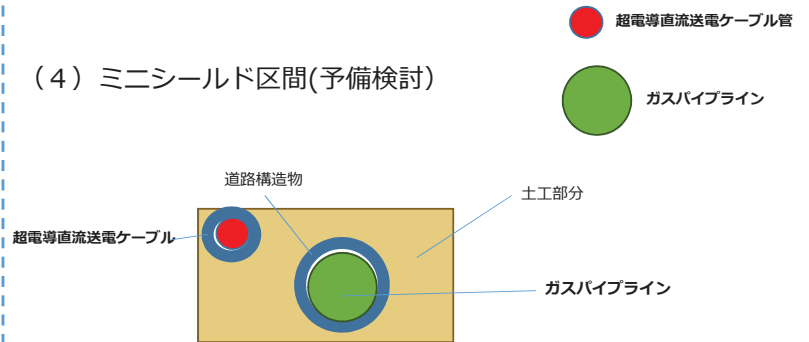
(3) 専用トンネル区間（予備検討）



(2) 高架・橋梁区間（予備検討）



(4) ミニシールド区間（予備検討）



ご清聴、ありがとうございました。

アドバンスソフト株式会社
【講演会】エネルギーで世界を牽引する日本
-エネルギーの安定供給に向けたシミュレーションの活用-
2018年11月20日（木） トスラブ山王

地球温暖化とエネルギーセキュリティの 課題と対策 世代間倫理の観点も含めて

氏田 博士

環境安全学研究所
アドバンスソフト株式会社

参考資料



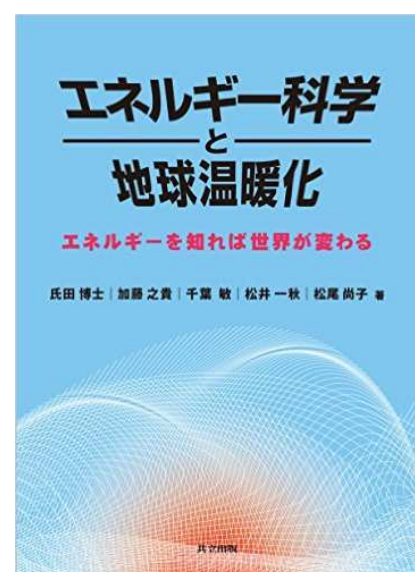
リスクとベネフィット

システム安全学の体系化



長期予測

システム環境学の体系化の試み
→ 環境政策科学



長期的課題と価値

1

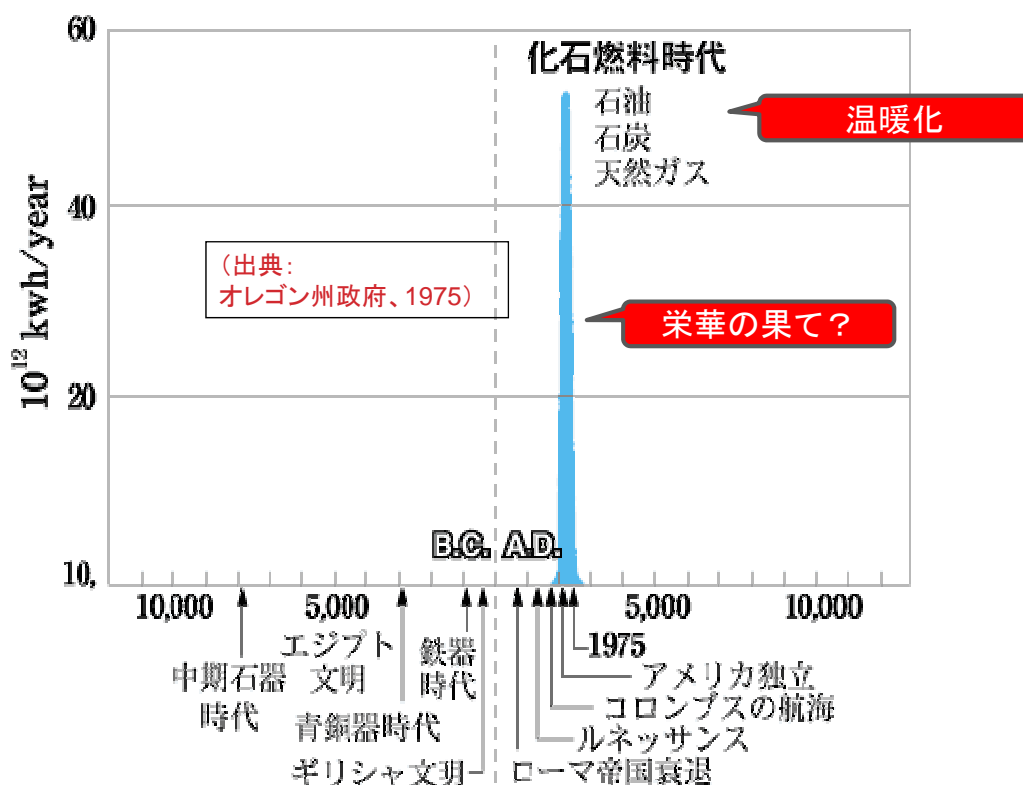
2

講演内容

- 地球温暖化とは
- エネルギーのリスクとベネフィットの比較
- エネルギーセキュリティの評価
- 地球の環境・エネルギー問題
- 気候変動・エネルギー資源問題の長期的課題
- まとめ(リスクベネフィット比較/長期的価値の評価)

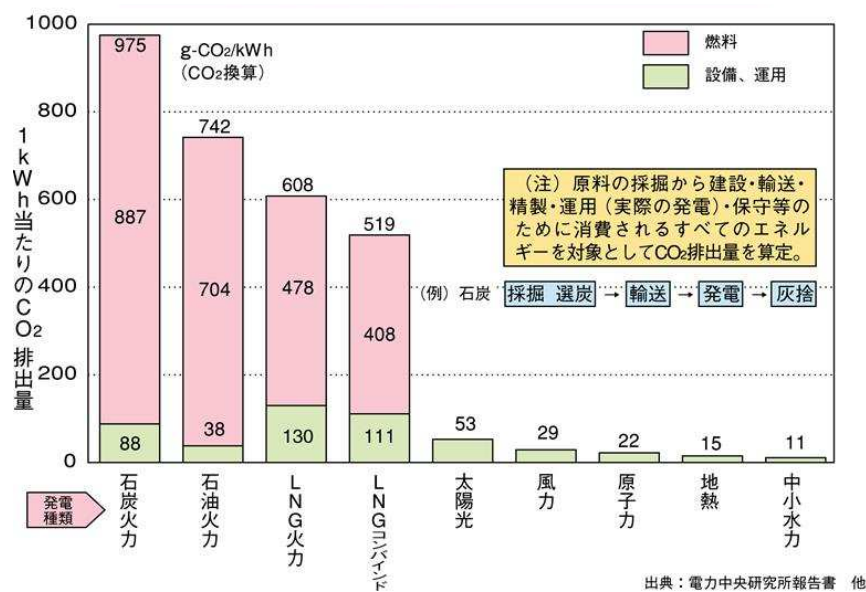
3

□ 地球温暖化とは 一瞬の化石燃料時代



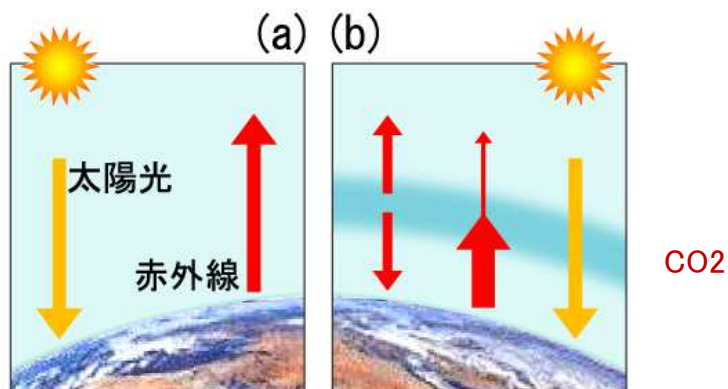
4

CO2排出量



電力中央研究所報告書:ライフサイクルCO2排出量による原子力発電技術の評価、Y01006、2001.

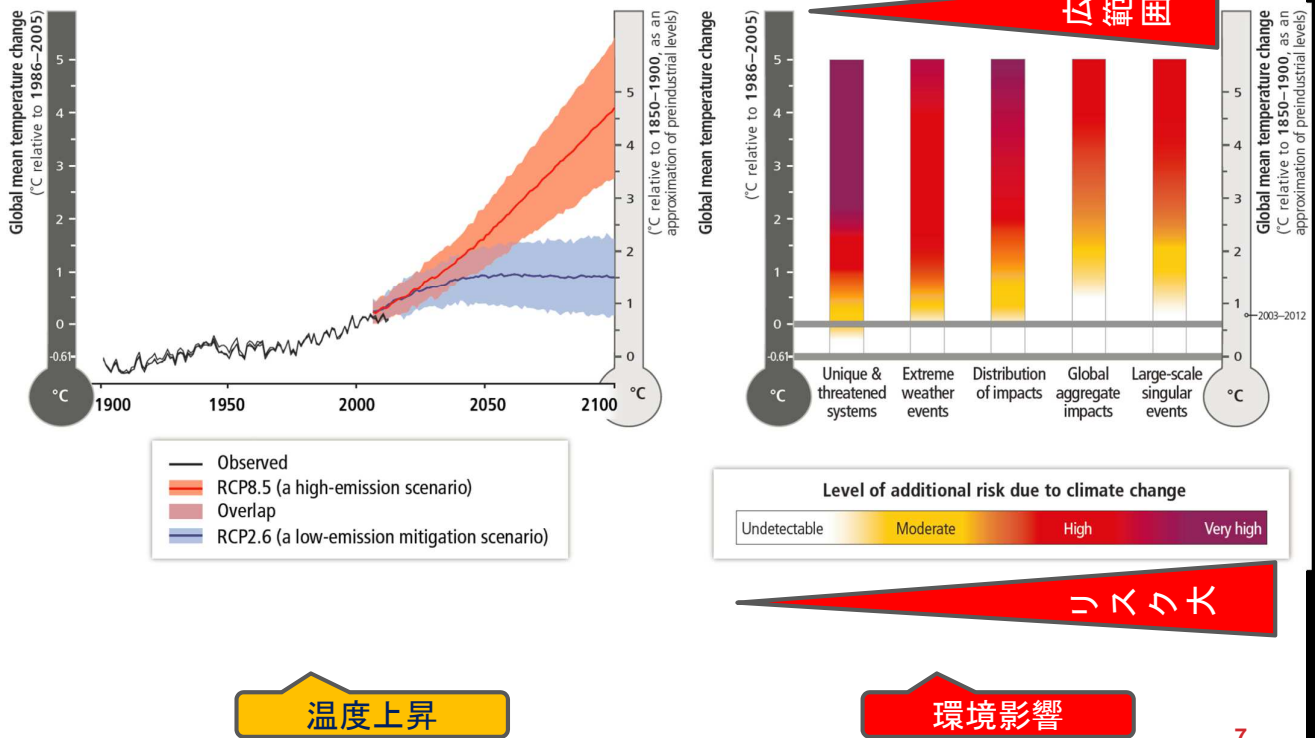
温室効果のメカニズム



「温室効果」がなかったら、地表付近の平均気温はおよそ-19℃になる
 現実の地表付近の平均気温はおよそ14℃になっている

温暖化による環境影響のリスク

IPCC第5次評価報告書より



7

エネルギー起源CO2の削減

茅の式: 地球環境産業技術研究機構, RITE理事長茅陽一(東京大学名誉教授)が主張した式

- CO2排出量
- = CO2排出量 / エネルギー消費量 (エネルギーの種類) #
- × エネルギー消費量 / GDP (生産のエネルギー効率性)
- × GDP / 人口 (豊かさ)
- × 人口

CO2排出量 / CO2発生量 (炭素回収隔離、CCS)
 × CO2発生量 / エネルギー消費量 (化石燃料の種類)

8

3種類の一次エネルギー

市民のための環境学ガイド [HTTP://WWW.YASUIENV.NET/](http://www.yasuienv.net/)

ヒトが使える一次エネルギーは、**たった3種**

- **化石燃料** = 石油、石炭、天然ガス
 - 樹林、植物、藻類などが起源
 - 数1000万年から数億年前か
 - 元は、かつて地球に降り注いでいた**太陽エネルギー**
- **核燃料** = もともと**地球の元素**
 - 質量とエネルギーの変換によって作られる
 - $E=mc^2$ (アインシュタインの式)
- **再生可能(自然)エネルギー** = 水力、太陽光、風力...
 - 基本的に現時点の**太陽エネルギー**の利用
 - 他の2種がストック型に対し、**フロー型**

核融合

ビッグバン、超新星爆発

核分裂

9

各種電源のエネルギー密度

- 発電所敷地面積あたりの発電電力量(筑波大、内山)

対象	敷地面積あたりの 電力密度 [kWh/m ² ・年]	備考
家庭の電力需要	35	一戸建(敷地50坪、契約40A)
事務所の電力需要	400	8階建て(延床面積3,000m ²)
バイオマス発電	2	ポプラプランテーション(6年サイクル)、発電効率34%
風力発電	21	米国テハチャビWF、C.F.20%
太陽光発電	24	家庭屋根(50坪、3kW、設備利用率15%)
水力発電	100	日本の水力発電所約100箇所の平均値
石炭火力	9,560	碧南石炭火力(210万kW)
原子力発電	12,400	柏崎刈羽(821.2万kW)

分散
電源

基幹
電源

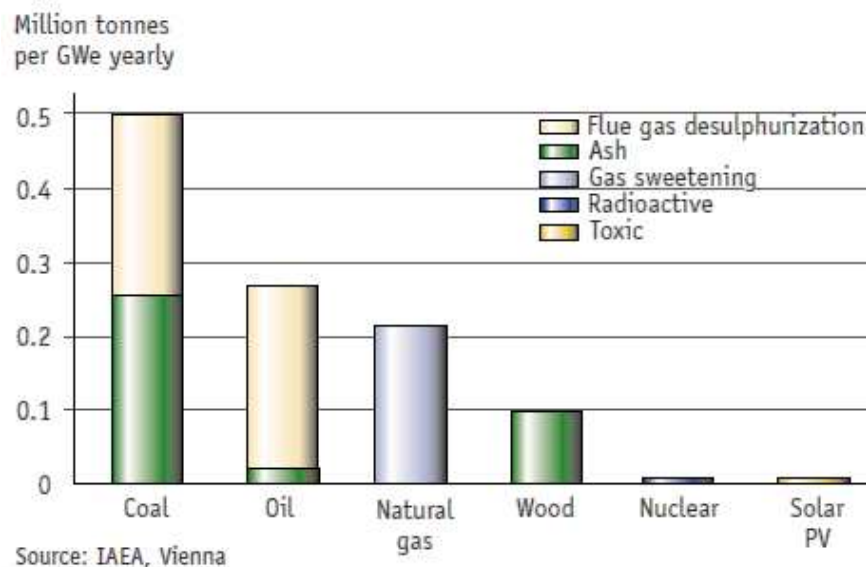
10

3種類の一次エネルギーのベストミックス

- 安井は「市民のための環境学ガイド」のなかで、3種類のエネルギー源を以下のように形容している
 - 化石燃料: 見かけは普通の人間のように見えるが、実は地球を破壊する悪魔
 - 原子力: 一見は魅力的な人物だが、本性を見せると暴力的危険人物
 - 自然エネルギー: いかにも善人を装うが、実は気まぐれな浪費家
- どれも一長一短があるので、そのすべてをうまく組み合わせていくことが肝要である
- リスクとベネフィットのトレードオフで異なるトラを飼い慣らしていく努力が望まれる

11

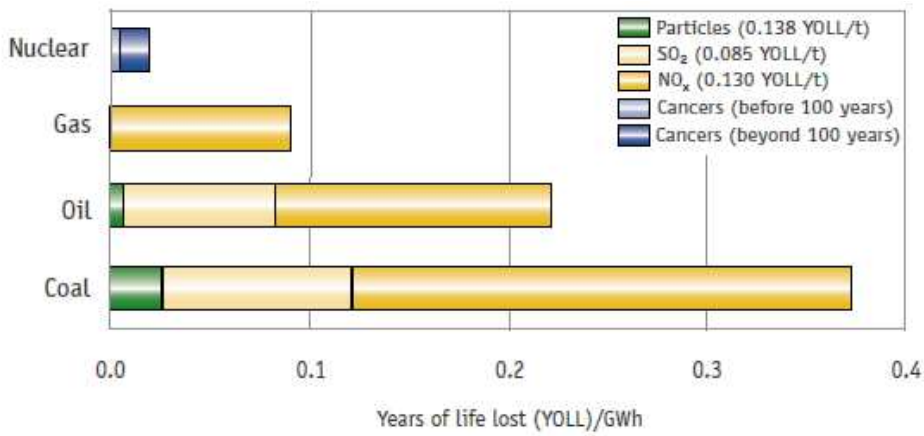
□ エネルギーのリスクとベネフィットの比較 廃棄物発生量の比較



Nuclear Energy Today, OECD/NEA, 2002

12

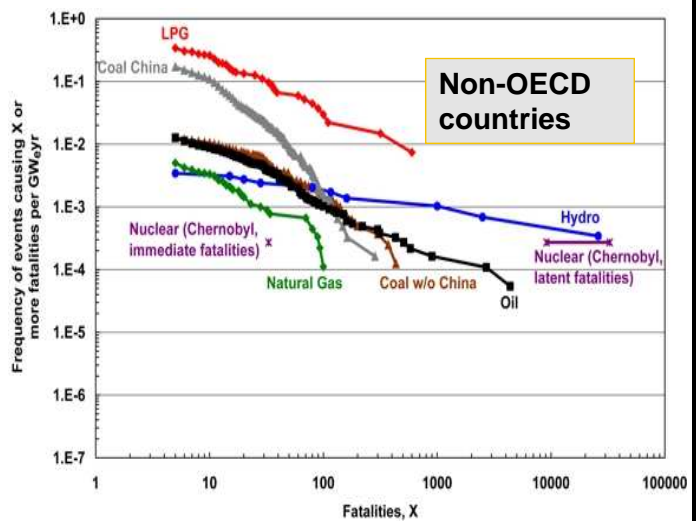
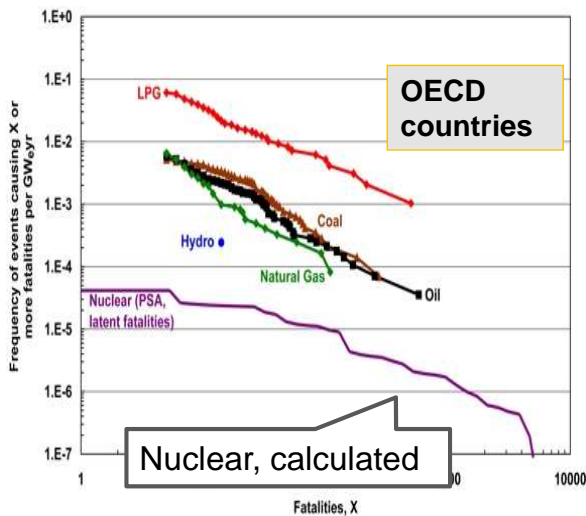
健康リスクの比較



Source: "Comparative Assessment of Emissions from Energy Systems", IAEA Bulletin, 41/1/1999.

Nuclear Energy Today, OECD/NEA, 2002

エネルギー産業の事故リスク比較

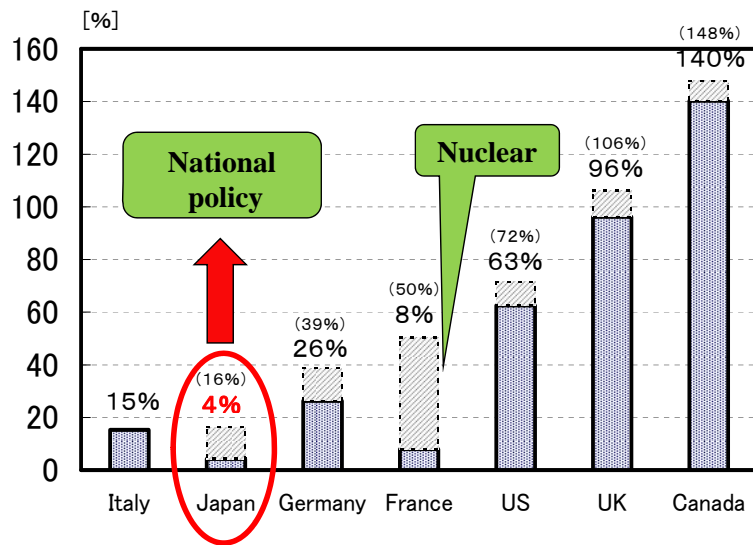


•Fukushima?
•TMI?

OECD/NEA6862, 2010 by Swiss Paul Scherrer Institute

1969年から2000年の間に様々なエネルギー生産手段により世界で発生した死亡者数の大きい事故(5人以上)の発生頻度の比較(急性死亡のみ考慮)

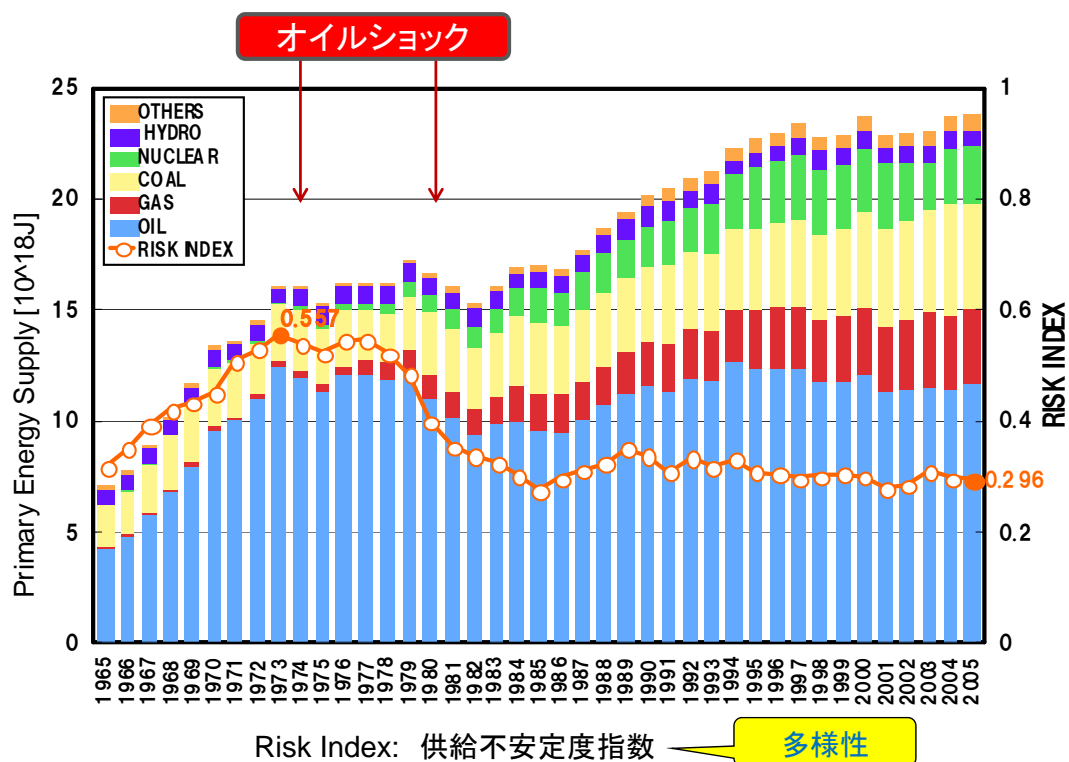
□ エネルギーセキュリティの評価 -エネルギー自給率



METI, 2006

Source: Energy Balances of OECD Countries 2002-2003, IEA

日本の一次エネルギー供給安定リスクの推移 (電中研報告書「原子力の燃料供給安定性の定量評価」)





ここでひと休み

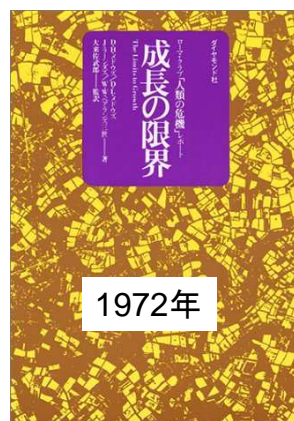
17

□ 地球の環境・エネルギー問題

成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート
ドネラ H.メドウズ

- 1972年の段階で「地球の資源は有限であり、農地も有限だ。その一方で人口は幾何級数的に増加し、爆発的に増えていく。そうなったら飢餓がはびこり地球は地獄となる。野放図な経済成長と人口増加に歯止めをかけろ」と警鐘を鳴らした

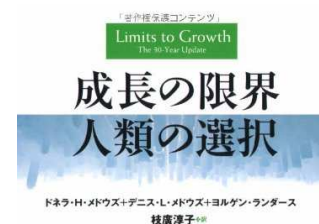
1962年カーソン
『沈黙の春』
1963年フラー
『宇宙船地球号』



1972年

将来予測
(システム
ダイナミクス)

1992年
『限界を超えて』



2005年

ポストノーマルサイエンス

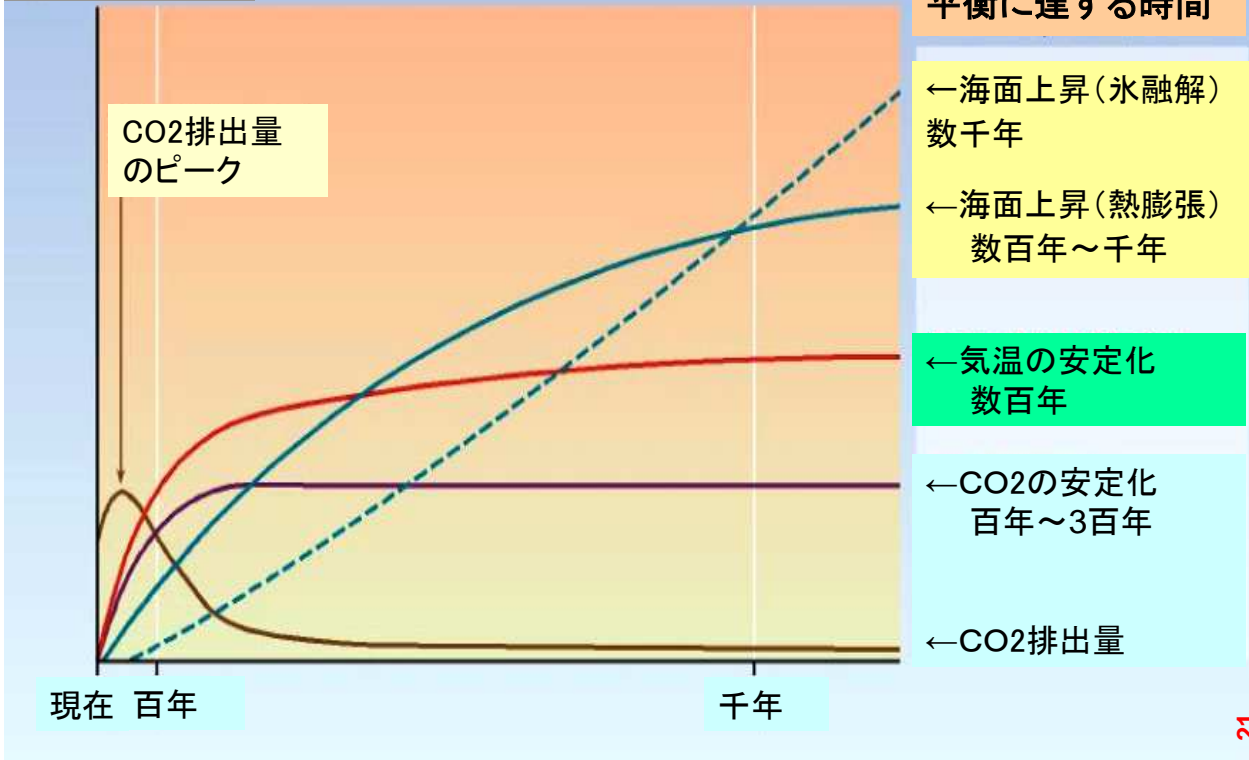
- 環境・安全問題の多くは、もはや科学的合理性基準だけでは決着がつけられない
 - 結果が出るまで待てない
 - 科学的実証ができない
 - 科学者の間でも見解が一致しない
 - 価値観の問題に科学は答えられない
- 「科学による真理の独占の解体」(ベック)
- 長期の環境問題
 - 予測の学問; 神のみぞ知るに英知を集める
モデルと仮定と不確かさを明示する
 - 警鐘の学問; 社会に発信
 - 政策科学; 利害関係者に知見を与え、政策決定に資する

IPCC: Inter-governmental Panel on Climate Change による科学的知見の評価

	第2次評価 (SAR) 1995	第3次評価 (TAR) 2001	第4次評価 (AR4) 2007	第5次評価 (AR5) 2013
総合所見	人為的活動による地球気候への影響が表れていることが示唆される	SARの時に比べて、地球気候への人為的影響に、より確かな証拠がある	温暖化は人間活動の結果の可能性が非常に高い(90%以上)	温暖化は人間活動の結果の可能性が極めて高い(95%以上)
気温上昇 過去100年 今後100年	0.3~0.6 °C 1.0~3.5 °C	0.4~0.8 °C 1.4~5.8 °C	0.74°C 1.1~6.4 °C	0.85 °C 0.3~4.8 °C
海面上昇 過去100年 今後100年	10~25 cm 13~94 cm	10~20 cm 9~88 cm	- 18~59cm	- 26~82 cm

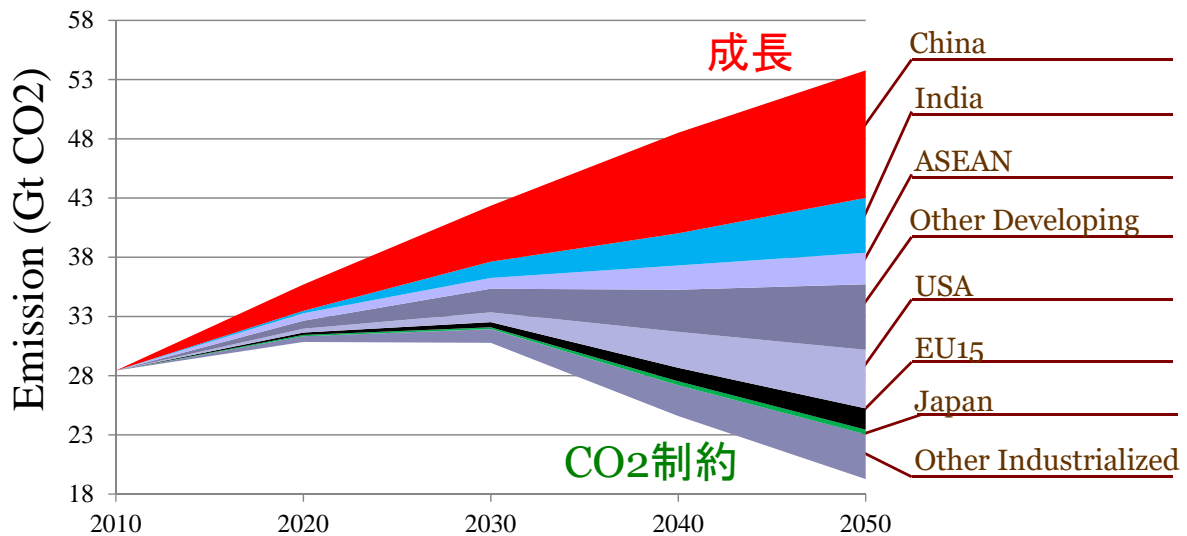
□ 気候変動・エネルギー資源問題の長期的課題 環境影響の時間遅れ

反応の大きさ



21

領域ごとのCO₂ 排出量削減



世界の削減量の70%は主要な途上国の削減による

(氏田, キヤノングローバル戦略研究所2008)

22

衡平性指標の考え方

- **責任** (温暖化寄与度、大気への権利) - 発展途上国が先進国を責める構図
 - 気温上昇への歴史的貢献 (排出量)
 - **一人当たり排出量** - 平等論
 - 国の絶対排出量

- **能力** (支払い能力) - 発展途上国と先進国の差異ある責任
 - 国内総生産: GDP、一人当たりGDP
 - 人間開発指標: HDIと一人当たりGDPの組み合わせ

- **実効性** (削減ポテンシャル)
 - 生産原単位あたり排出量 - 合理的だが、先進国間の衡平性
 - **GDP当たり排出量** - 発展途上国の衡平性に利用可能
 - **限界削減費用** - 最も合理的だが、先進国間の衡平性

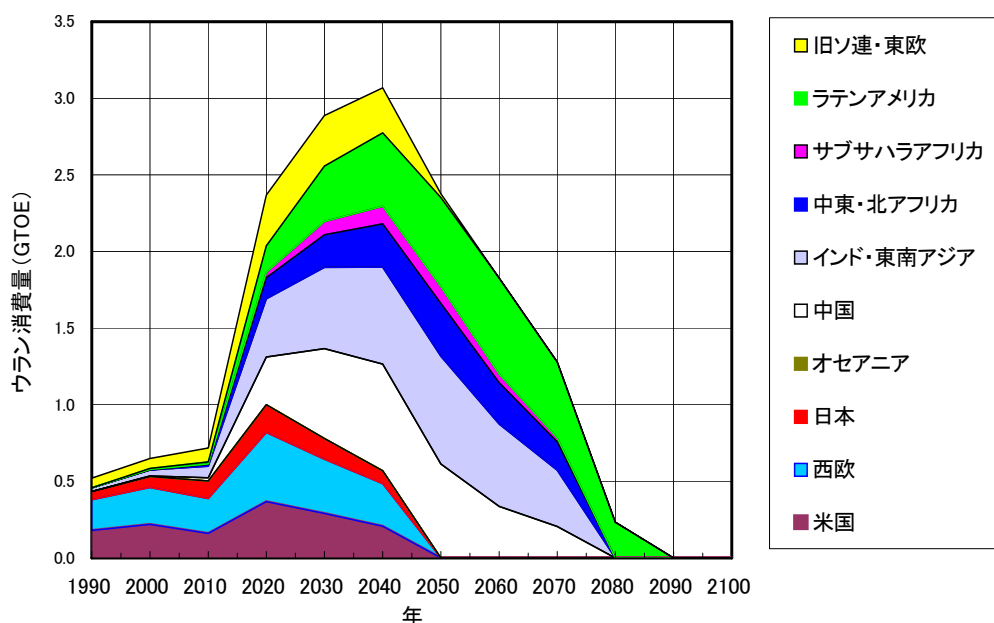
23

地球温暖化のキーワード

- **持続可能な発展** Sustainable Development
- **衡平性** Equity
 - **空間的**
 - 地球レベルの温暖化問題、国家のエネルギーセキュリティ、地域の環境問題
 - 世界として、地域として、国家として、個々の組織として、そして個々の人間として、何ができるのかを問われている
 - **共通だが差異ある責任** Common but Differential Responsibility
 - **時間的**
 - 環境影響に時間遅れがありその時間遅れに大幅な相違がある
 - 数千年を対象とする科学的分析、百年を対象とする技術開発評価、数十年を対象とする経済分析、具体的な政策は政治に左右され1年程度で揺れ動く
 - **事前警戒原則** Precautional Principle
 - **世代間倫理** Inter-Generation Ethics

24

ウラン資源の利用(CO2制約)



各地域のウラン消費量(CO₂制約) U:15,000kt

(氏田, キヤノングローバル戦略研究所2008)

25

ウラン鉱石の埋蔵量と燃料サイクル

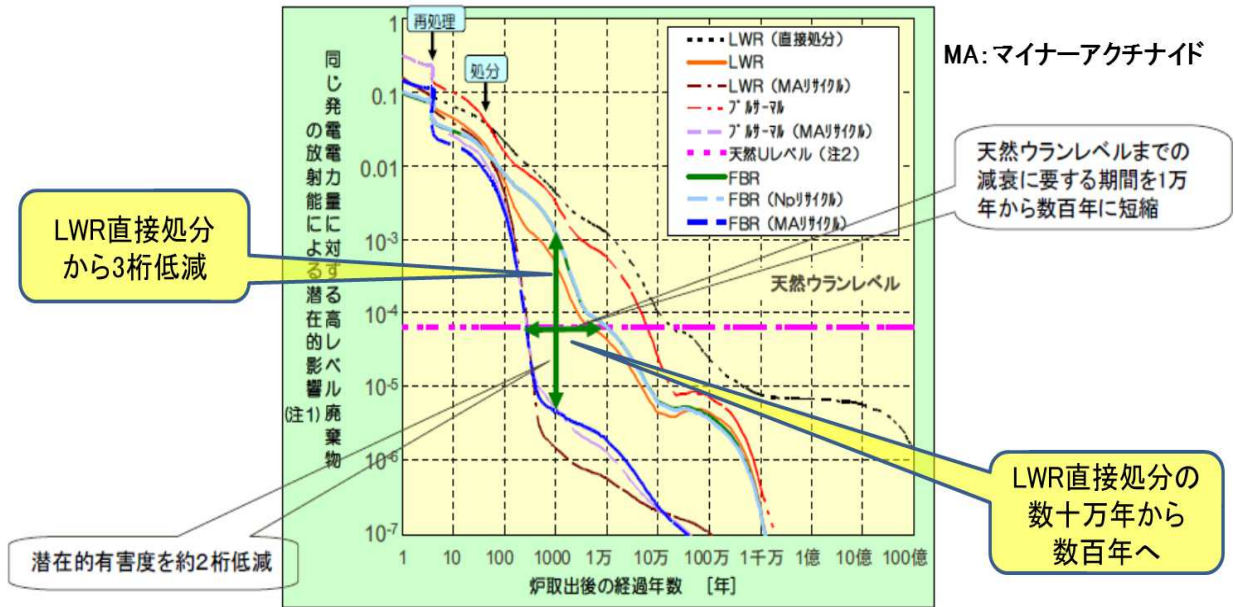
	資源量	利用可能年数 (2012年の発電量、発電効率において)	
		軽水炉 ワンスルー	高速増殖炉 核燃料サイクル (100倍)
既知在来資源	764万t-U	142年	14,200年
総既知在来資源	1,533万T-U	288年	28,800年

**世代間倫理-長期的価値の保存
:一万年の長期エネルギー源の確保**

Uranium 2014: Resources, Production and Demand, OECD NEA & IAEA, 2014.

26

核燃料サイクルにおける消滅処理の意義



世代間倫理-長期的負の遺産の解消
: 廃棄物の寿命短縮

□ まとめ(リスクベネフィット比較/長期的価値の評価)

基幹電源

分散電源

評価指標		化石エネルギー	原子力	再生可能エネルギー
リストとベネフィット	廃棄物発生量	×× 脱硫排煙、灰	◎ 放射能	◎ 酸
	健康リスク	×× SOx、NOx、粒子	◎ ガン	-
	事故リスク	× (××@LPG)	◎	-
	CO2排出量	×× 燃料 設備・運用	◎ 設備・運用	◎ 設備・運用
	エネルギー密度	◎ 需要の2ケタ上	◎ 需要の2ケタ上	×× 需要以下
	EPR (エネルギープロフィット比)	○	○	×
	エネルギー自給率	× 輸入	○ 準国産	△ 国産だが寄与少
長期的価値	資源	× 資源枯渇	◎ Uには資源枯渇があるが、Pu利用で1万年に延長	× 永久に存在するが量的制約
	廃棄物	×× 地球温暖化環境問題	○ 消滅処理により百年オーダーで処分可能	◎

エネルギー科学

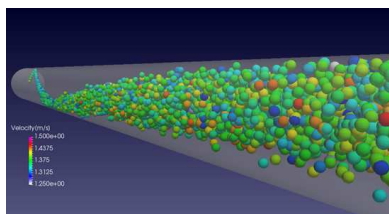
- エネルギー科学は、時間・空間共にマルチスケールの学問
- 質量がゼロの素粒子から宇宙（我々の銀河系には約2000億個の星が含まれて、宇宙には銀河が数千億個存在）まで、時間的にはプランク時間 10^{-43} 秒から宇宙創成138億年の歴史、温度では宇宙創成の温度 10^{32} Kから宇宙の晴れ上がりの名残である3Kの宇宙背景輻射等、いろいろな意味でのマルチスケールの世界
- 地球の寿命は、太陽が赤色巨星となって膨張し、地球軌道をその中に取り込んで灼熱地獄と化してしまう50億年後
- 人類の終焉はおそらくそれより早く、地球内部の放射性物質が十分な崩壊熱を与えることができなくなって海が消える10億年後
- より現実的な脅威は、二酸化炭素濃度の変化による地球温暖化、及びその結果としての気候変動で、これは数十年の範囲で起こりえる
- 10億年後と50億年後に起きる危機は避けることが出来ないように思われるが、地球温暖化は現代を生きる我々が解決することが可能

29

お疲れさまでした

30

エネルギー分野のシミュレーション 活用について

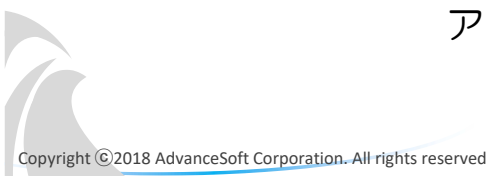
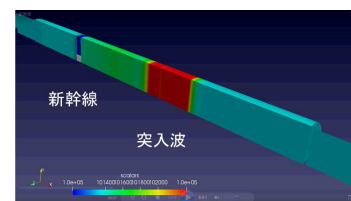


技師長 三橋 利玄
主任研究員 秋村 友香
主任研究員 大須賀直子

【技術セミナー】 エネルギーで世界を牽引する日本ーエネルギーの安定供給に向けたシミュレーションの活用

2018年11月20日（火）

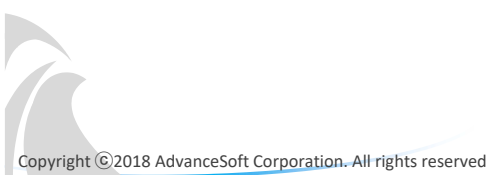
アドバンスソフト株式会社



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

内容

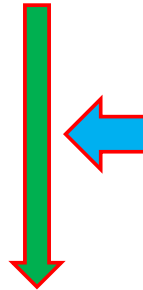
1. はじめに
2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション
3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション
 - ① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション
 - ② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション
4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション
5. おわりに



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1. はじめに

火力、水力、原子力等の電力エネルギー
太陽光、風力、波力、地熱等の再生可能エネルギー
石油、ガス等の輸送・供給パイプラインや関連施設
燃料電池、二次電池
破損、漏洩、火災、爆発などの事故評価
環境影響評価(地球規模レベルから地域レベル)
etc.



流体力学 熱力学
構造力学 安全工学
制御工学 環境工学
物質科学 材料科学
コンピュータサイエンス
etc.

コンピュータと数値計算技術の飛躍的な発展により
大規模、複雑化した諸問題に対して
高度な数値シミュレーションが可能

1. はじめに

エネルギー分野における当社の実績の一部をシミュレーション活用例として紹介

- 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション
天然ガス輸送パイプライン、1次元流体解析
- トンネル内車両移動に伴うシミュレーション
自動車からの排気ガス環境放出、1次元流体解析、車両移動物体モデル
高速列車トンネル突入退出時の試験解析による解析ソフトウェアの検証
- 原子力発電施設の火災試験シミュレーション
原子力発電施設を模擬した換気系で結ばれた部屋の火災試験、1次元流体解析と3次元流体解析の連成による火災伝播解析

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

背景・目的：

国土ガスハイウェイ構想：天然ガスを輸送する国土幹線ネットワーク（導管網）が基盤のインフラ

国土幹線ネットワーク：サハリン及び既存の国内LNG基地からの天然ガス供給側の引入と、都市圏及び産業集積地域や火力発電所等のガス需要側の引出から構成されるガスパイプラインのネットワーク

国土幹線ネットワークで求められること：

天然ガス引入

～熱量調整（精製が必要な場合）

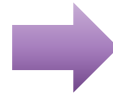
～流送計測

～圧力監視/制御

～貯蔵～輸送/配給

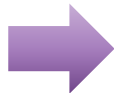
～引出（供給）

～計量と課金



ガス流送システムの開発要件や需給ケースに応じたフィジビリティの評価の必要性

これらを安全かつ効率的にマネジメント&オペレーションすること



管路系圧縮性流体解析ソフトウェア「Advance/FrontNet/Γ」を適用した輸送シミュレーションを実施

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

解析ソフトウェアへの要求機能：

- ① 圧縮性を考慮できること。（ラインパック計算で必要）
- ② 定常圧損計算ではなく、過渡計算ができること。
- ③ 大規模導管網の計算を現実的な時間内で行えること。
- ④ 熱量の計算ができること。
- ⑤ 熱量課金およびラインパック課金計算ができること。



2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

Advance/FrontNet/Γの概要

No.	項目	内容
1	基礎方程式	・圧縮性を考慮した質量保存式、運動量保存式、エネルギー保存式、状態方程式、多成分ガス質量保存式(オプション)
2	数値計算法	・一次元の有限差分法 ・ポリウム・ジャンクション法 ・スタッガード格子
3	時間積分スキーム	・Euler予測子修正子による陽解法 ・陰解法(5種類)
4	対流項のスキーム	・1次精度風上差分法 ・TVD(制限関数minmod付き)
5	流体物性	・NISTで公開されている実在物性テーブルデータ(単成分単相流(液、ガス、超臨界)) ・理想気体(多成分ガス)
6	物理モデル	・摩擦損失モデル ・臨界流モデル ・固体熱伝導解析モデル(厚み方向一次元) ・制御系モデル ・パッシブスカラーの質量保存式 ・自動時間刻み幅制御
7	初期状態	・定常状態に相当する状態を入力
8	流体機器	・バルブ、オリフィス、ポンプ、タービン、ブロワ、合流分岐

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

ソフトウェアへの要求機能：

- ②定常圧損計算ではなく、過渡計算ができること。
- ③大規模導管網の計算を現実的な時間内で行えること。

Advance/FrontNet/Γは、過渡解析用のソフトウェアで、Ver3.0から大規模管路網対策として、陰解法が導入され従来から50倍超の高速化が達成された。

No	数値解法	時間刻み幅制限	適用性	安定性	解法ベース	圧力Poisson方程式	
1	陽解法	音速基準のCourant数	強圧縮性	◎	密度ベース	—	
2	半陰解法1	流速基準のCourant数	弱圧縮性	◎	圧力ベース	質量保存式ベース	
3	半陰解法2		強圧縮性	○		エネルギー保存式ベース	
4	準陰解法1	理論的には制限なし	弱圧縮性	◎		質量保存式ベース	
5	準陰解法2		強圧縮性	○		エネルギー保存式ベース	
6	SETS法		理論的には制限なし	強圧縮性		◎	エネルギー保存式ベース
							エネルギー保存式ベース

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

ソフトウェアへの要求機能：

- ②定常圧損計算ではなく、過渡計算ができること。
- ③大規模導管網の計算を現実的な時間内で行えること。

大規模解析に対する陽解法と陰解法の性能比較（注1）

No.	数値解法	Courant条件 (注2)	全タイムステップ数	計算時間(h)	高速化倍率 (注3)	平均反復回数 (注4)
1	陽解法	0.8	71,660,757	999.6	—	—
2	半陰解法1	0.6	2,885,415	33.2	30.1	8
3	半陰解法2	0.6	2,876,917	33.3	30.1	12
4	準陰解法1	50.0	35,214	3.2	316.6	421
5	準陰解法2	50.0	35,159	4.8	207.0	496
6	SETS法	50.0	33,512	2.3	439.6	276

(注1) 全長110kmの管路網、ボリウム総数1,000、ジャンクション総数1,000、総格子数12,000、40,000秒の解析

(注2) ケースNo.1は音速基準、それ以外は流速基準

(注3) 陽解法に対する計算時間の比の逆数

(注4) 圧力Poisson方程式の行列計算の反復回数の1タイムステップ当たりの平均値

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

9

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

ソフトウェアへの要求機能：

- ④熱量の計算ができること。

以前のAdvance/FrontNet/Γは、メタン、エタン、プロパン等の化学種割合に基づいた熱量過渡計算のほかに、パッシブスカラー機能を用いた、“大雑把な”熱量計算についても行うことができるようにした。

パッシブスカラー方程式

$$\frac{\partial \rho \phi_k}{\partial t} + \frac{\partial \rho \phi_k u}{\partial x} = S_k$$

流体の流れ場によって受動的に流される
スカラー場の計算

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

10

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

ソフトウェアへの要求機能：

⑤熱量課金およびラインパック課金計算ができること。

従来のAdvance/FrontNet/Γには、熱量課金計算機能がなかった。
また、ラインパック貯蔵時間計算機能や、ラインパック課金計算機能もなかった。そこで、ソフトウェアをカスタマイズした。

ラインパック貯蔵時間(注)は、パッシブスカラー機能を応用して計算した。

パッシブスカラー方程式

$$\frac{\partial \phi_k}{\partial t} + \frac{\partial \phi_k u}{\partial x} = S_0$$

$$S_0 = 1$$

パッシブスカラーとして貯蔵時間が積分され
流れ場に運ばれる計算。

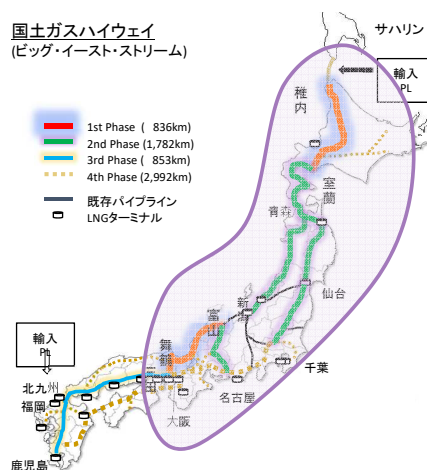
(注)「ラインパック滞留時間」とも呼ばれ、パイプラインのガス保有量の目安となり、有効な運用方法の検討することができる。

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算対象：

国土ガスハイウェイ
(ビッグ・イースト・ストリーム)



国土ガスハイウェイ事業構想

今回の計算対象領域は、
国土ガスハイウェイ構想における
フェーズ1及びフェーズ2から構成する。

(北海道、東北、関東から北陸・近畿圏
に及ぶ日本列島東側)

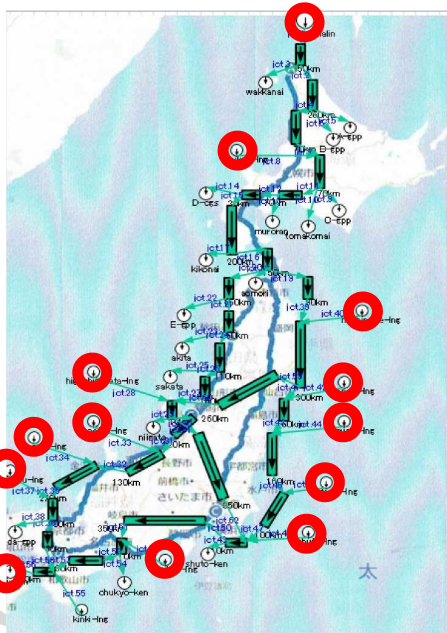
国土幹線ネットワーク（東日本～近畿圏）を
対象領域として、
サハリンや沿岸LNG基地からの天然ガスの引
入、都市圏やガス火力発電所での
引出を想定した天然ガスの流送シミュレー
ションを実施。

想定供給量/消費量ケース、想定倍量ケース、
バルブ遮断ケースの3ケース

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算条件：



国土幹線ネットワークのモデル

○印はLNG基地等で、供給(引入)を想定

通常の導管網では圧力制御弁により、大きな圧損をつけて、圧力を大幅に下げることが多い。

今回は圧力制御弁を考慮しないため、管摩擦のみで流送されることに注意。

※) 地図出所はWindows Mapより

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

13

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算条件：

全体的な解析条件

- 解析手法は、準陰解法1を適用
- 再現時間は100日間
- パイプ口径は1 m、総延長 約4000 km、管体積28.3万m³
- パイプ長のメッシュ単位は10km
- サハリンを圧力10MPaGとした。
- 管摩擦モデルは各ステーション等の圧損も含んで粗度を10μmとしたChurchillモデル（Moody線図をよく再現するモデル）とした。
- 基地の供給量および消費量は想定値を使用した。

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

14

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算条件：天然ガスケース（想定値ケース／**想定値倍**ケース）

想定値倍ケースでは、将来的な都市ガス活性化を見込んで、首都圏、近畿圏、中京圏の消費量を想定値の3倍とした。その他については供給2倍、消費2倍とした。

エリア	想定値 BCM/Y	想定値倍 BCM/Y
首都圏	2	6
近畿圏	1	3
中京圏	1	3

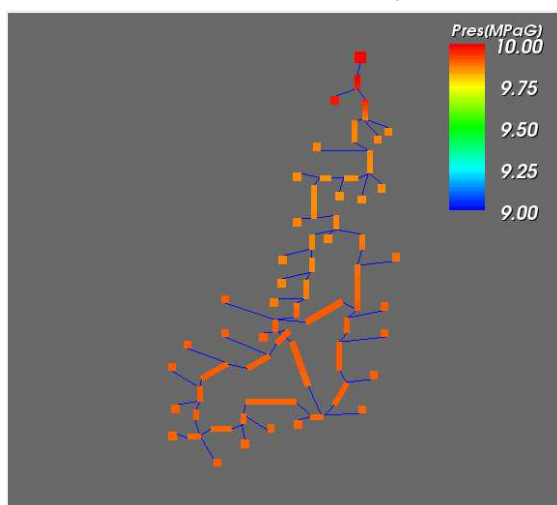


(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

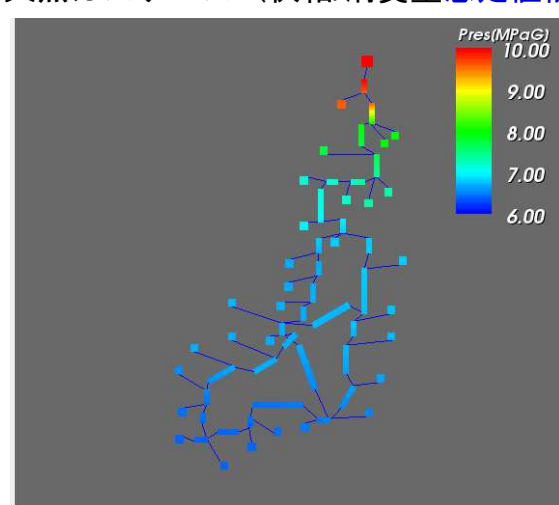
計算結果：定常状態後の圧力分布

天然ガスケース（供給/消費量想定値）



9 MPa程度までの圧力降下

天然ガスケース（供給/消費量**想定値倍**）



6MPa程度までの圧力降下

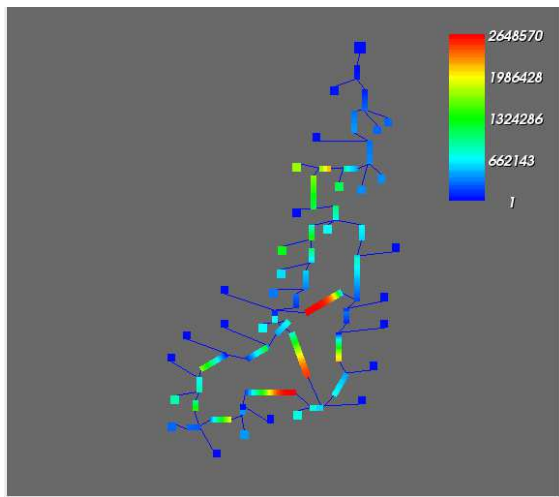


(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

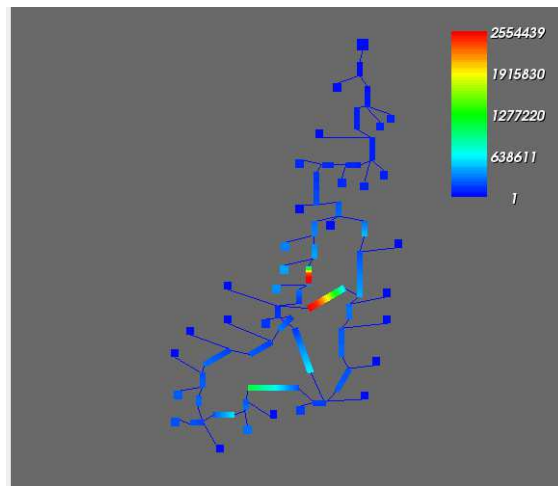
計算結果：定常状態後の滞留時間分布

天然ガスケース（供給/消費量想定値）



長い配管では滞留時間が比較的長い

天然ガスケース（供給/消費量想定値倍）



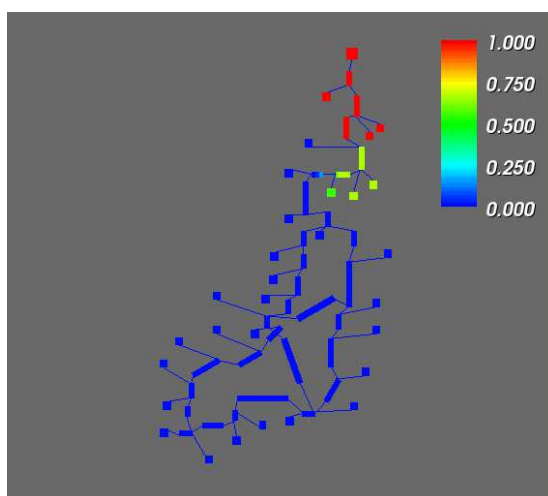
消費が想定値ケースに比べて多い
ため滞留時間は短い

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

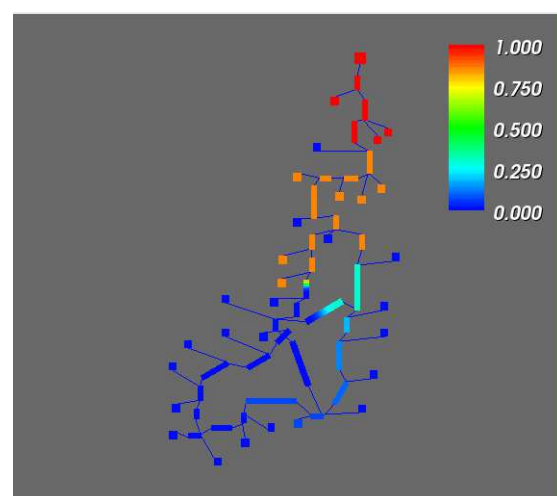
計算結果：定常状態後のサハリン送出ガスの分布

天然ガスケース（供給/消費量想定値）



北海道内でほぼ消費

天然ガスケース（供給/消費量想定値倍）

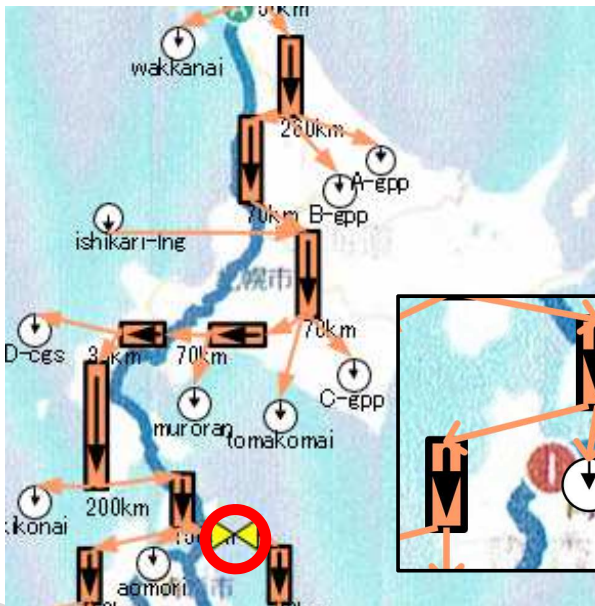


首都圏まで到達

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

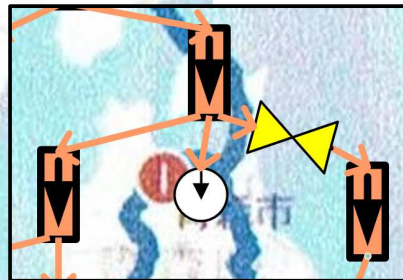
2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算条件：天然ガスケース（想定値倍＋バルブ遮断）



青森付近で事故が起こり、バルブが遮断し
30日間復旧しないことを想定した計算を実施した。

供給および消費量想定値は、前ケースと同様2～3倍とした。



青森付近拡大図

青森分岐で太平洋側の流路にバルブを設置し、遮断する。

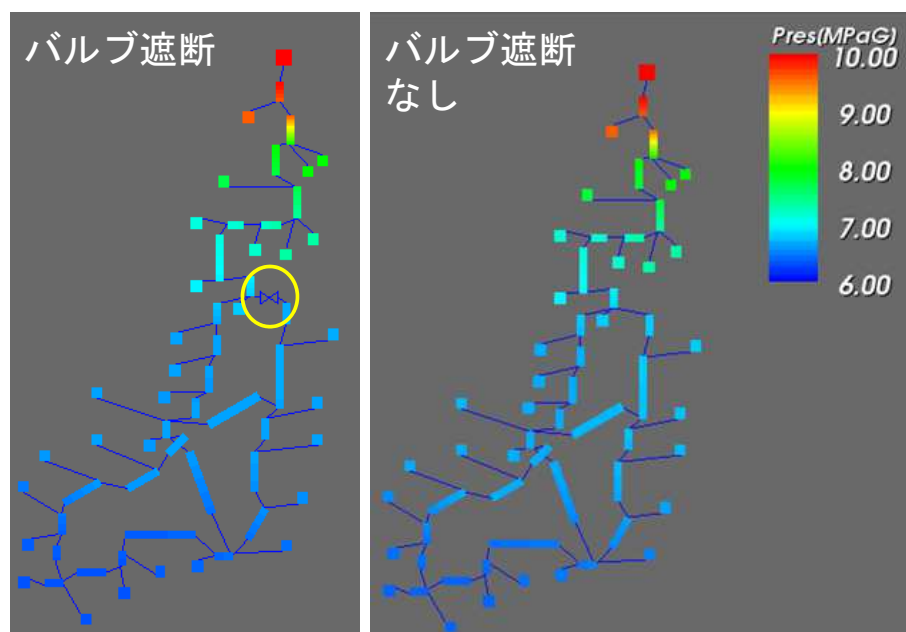
(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算結果：天然ガスケース（想定値倍＋バルブ遮断）

圧力分布

大きな影響はなし



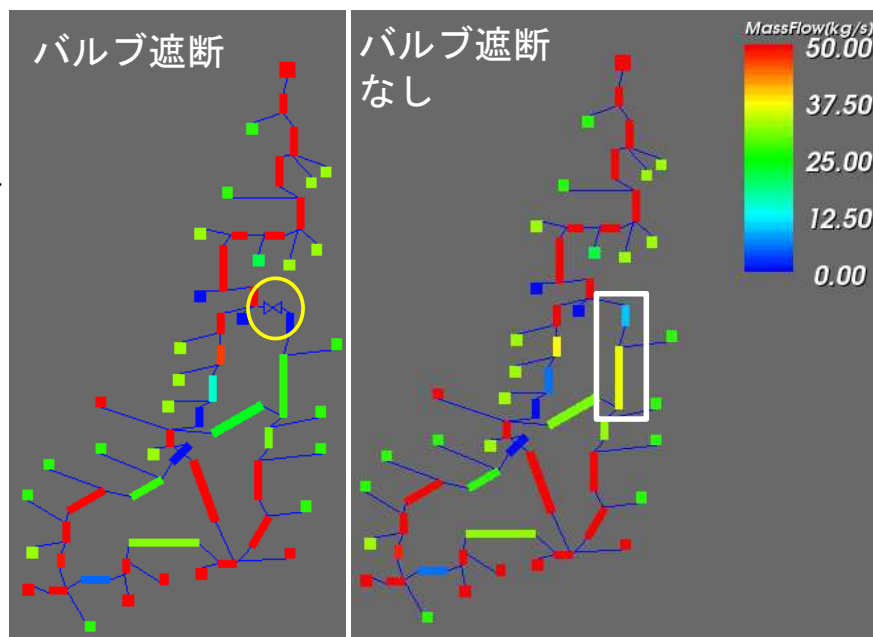
(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算結果：天然ガスケース（想定値倍＋バルブ遮断）

流量分布

サハリンから供給されなくなった分は、他のルートから迂回して各地がまかない合う結果となった。

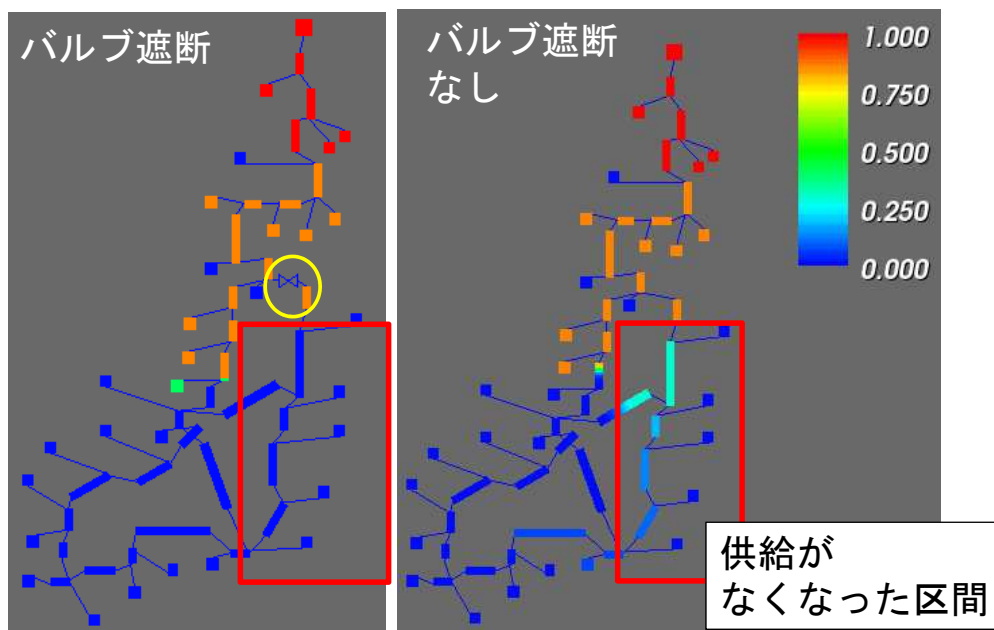


(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

計算結果：天然ガスケース（想定値倍＋バルブ遮断）

サハリン送出ガスの分布



(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

2. 国土ガスハイウェイの流送シミュレーション

まとめ：

国土幹線ネットワークを想定したガス流送シミュレーションモデルを構築

ガス流送システムの開発要件や需給に応じたケーススタディが可能

<効果>

- 東日本ネットワークでのガス引入/引出/需給を再現、予測、評価
- 現実的な条件設定による実用性、計算精度、成果の見える化を実現
- ケーススタディの蓄積で流送システムのオペレーションを効率化
 - ◆ パイプライン本体、バルブステーション（遮断・放散設備）
 - ◆ 供給ステーション（減圧・計量ガバナーステーション）
 - ◆ コンプレッサー、点検/検査機関等

(株式会社 国土ガスハイウェイ様ご提供)

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

背景：

高速列車がトンネルを突入退出する際に生じる「トンネルドン」とも呼ばれる微気圧波は、出口周辺に大きな発破音や振動を発生させることが問題になることがある。そのため、車両やトンネルへの対策、緩衝工の設置や材質の検討などがなされている。

高速列車がトンネルに突入退出する時や列車すれ違い時に発生する圧力波について、近年CFDを使った様々な設計検討がなされている（※1）。1次元計算では、特性曲線を使った方法が挙げられる（※2）。

そこで、管路系圧縮性流体解析ソフトウェアAdvance/FrontNet/Γに組み込んだFAVOR法（※3）によるポラス移動物体モデルの検証を目的として、高速列車がトンネルを突入退出する際の圧力変動の計算を行い、実測値との比較検討を行った。

※1：山崎ら「超高速鉄道トンネル内に生じる圧力変動評価」, 土木学会論文集 No. 788/I-64, 171-189, 2003.7

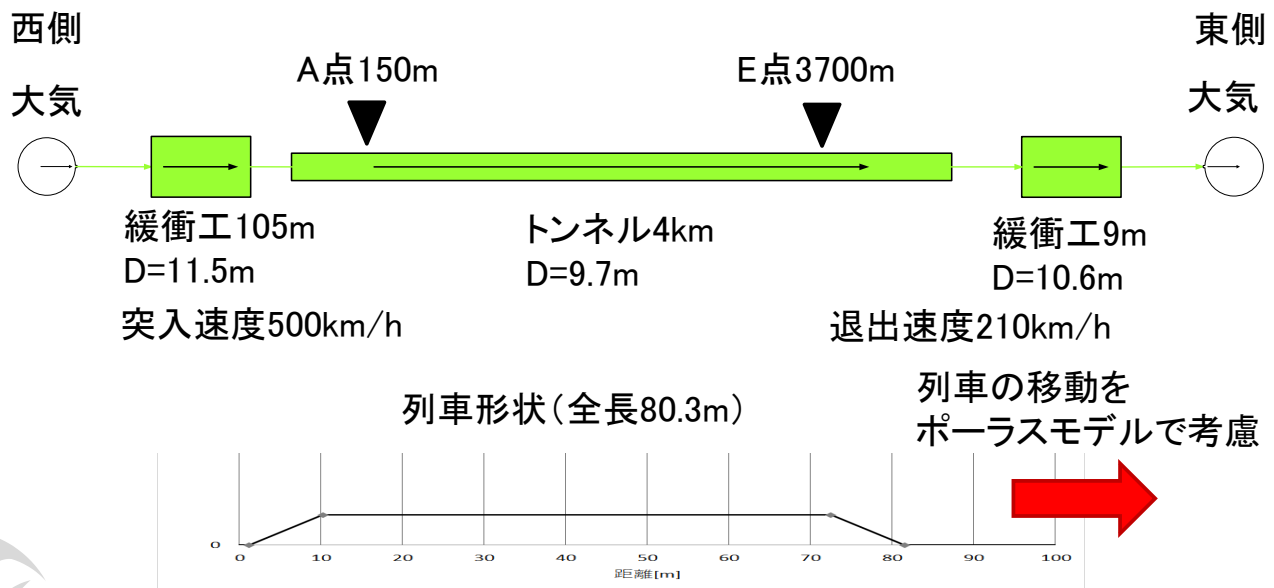
※2：斎藤実俊「高速鉄道におけるトンネル内圧力変動と微気圧波に関する研究」, 大阪大学大学院 博士論文 2015

※3：W. Hirt et al, "A Porosity Technique for the Definition of Obstacle in Rectangular Cell Meshes" 4th Int. Conf. on Numerical Ship Hydrodynamics, 1985. Washington DC.

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

計算条件：前ページ※1の文献を参考とし以下の条件とした。



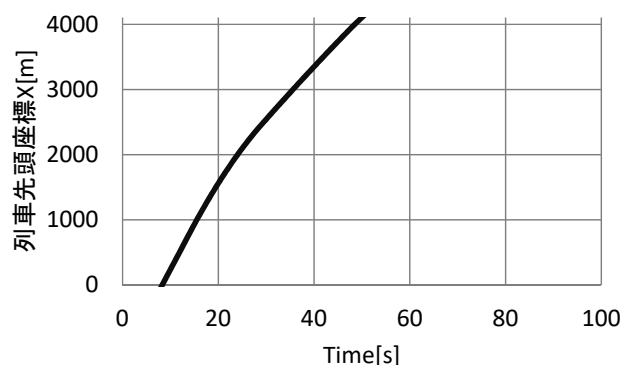
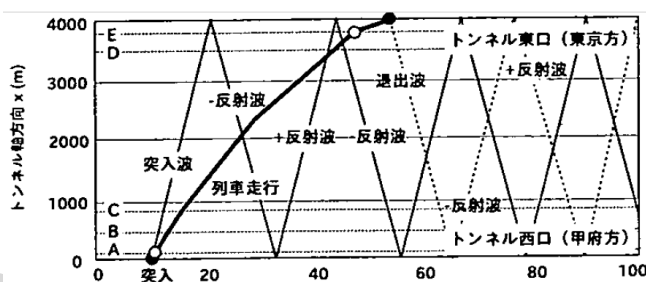
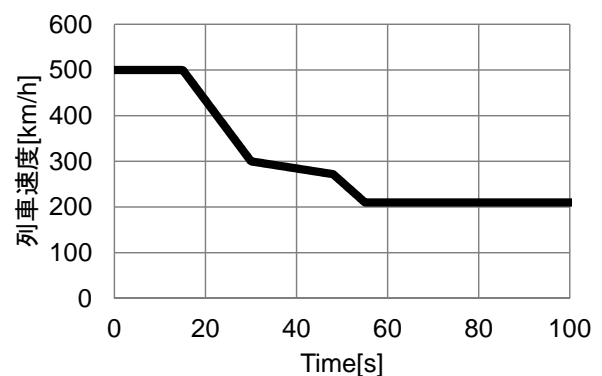
数値の出典：山崎ら「超高速鉄道トンネル内に生じる圧力変動評価」, 土木学会論文集 No. 788/I-64, 171-189, 2003.7

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

計算条件：次のパラメータを使用した。

- トンネル内格子間隔：8m
- 管摩擦：Churchillモデル(粗度を1m)
- 局所抵抗：西/東側入口抵抗とも調整。
- 列車速度：右図の速度変化を仮定。
突入500km/h, 退出210km/h



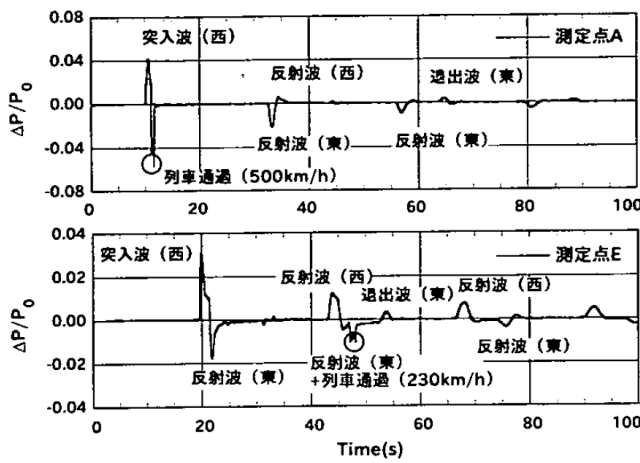
出典：山崎ら「超高速鉄道トンネル内に生じる圧力変動評価」, 土木学会論文集 No. 788/I-64, 171-189, 2003.7

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

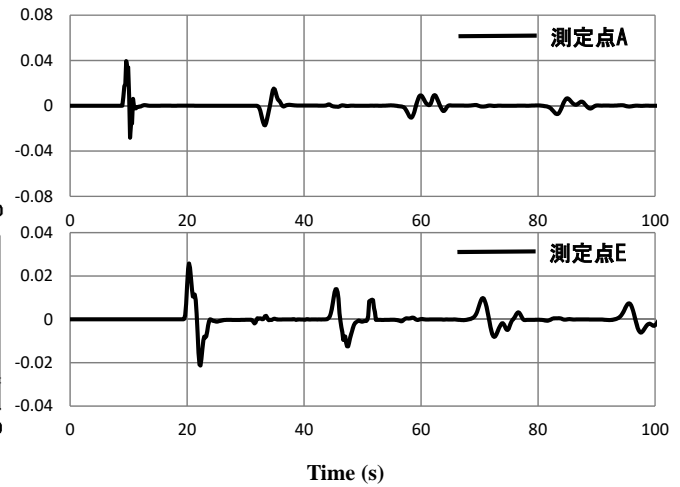
① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

計算結果：

測定圧力(P₀は大気圧)



FrontNet/Γによる計算結果



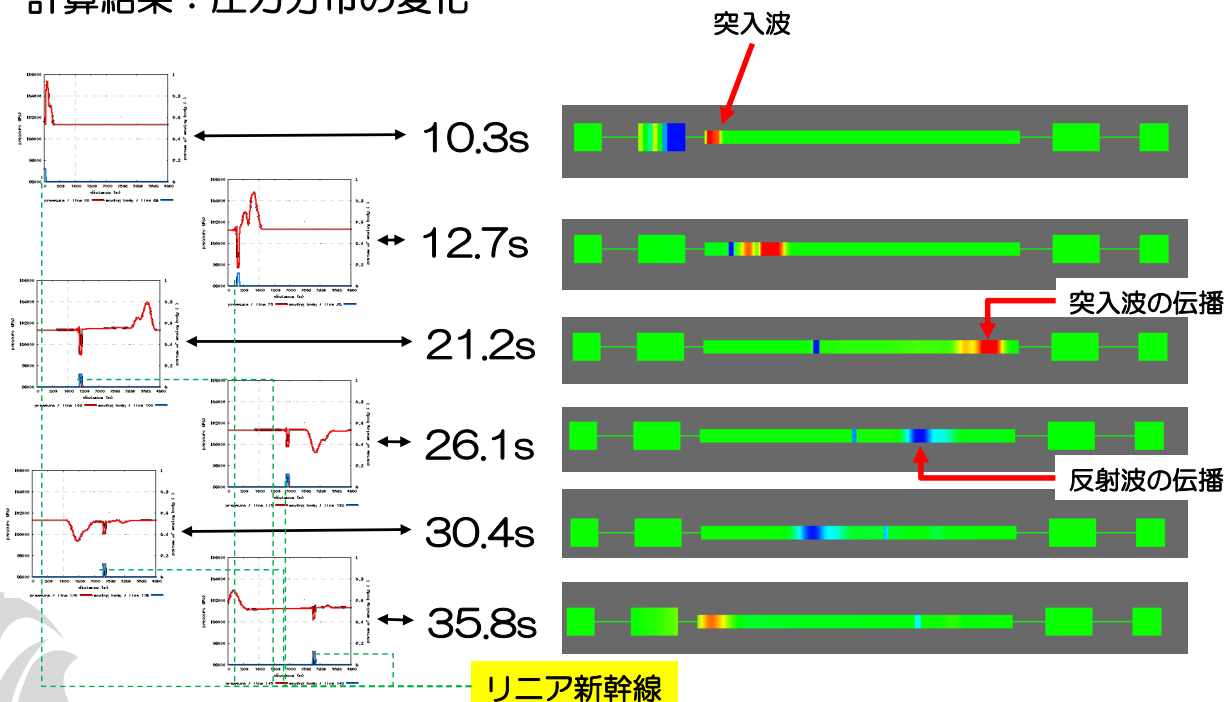
出典：山崎ら「超高速鉄道トンネル内に生じる圧力変動評価」, 土木学会論文集 No. 788/I-64, 171-189, 2003.7

突入波、列車通過、反射波、退出波などをよく再現できたている。

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

計算結果：圧力分布の変化



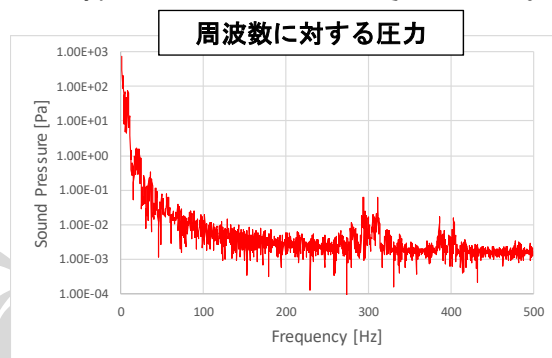
リニア新幹線

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

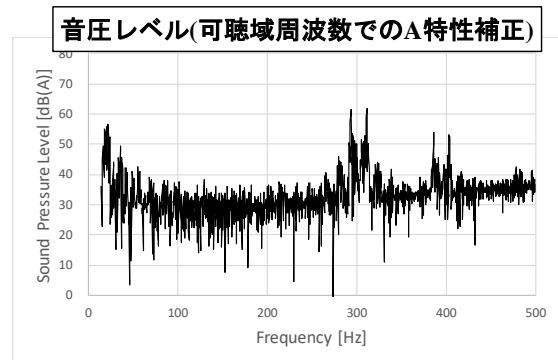
① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

計算結果：音響解析結果

- 20Hz以上の可聴域では衝撃音が聞こえ、20Hz以下ではトンネル坑口周辺の民家の建具を揺らす影響がある。
- ポーラス移動物体モデルを組み込んだAdvance/FrontNet/Γによって得られた出口付近の圧力変化を、当社独自で開発した音響解析プログラムAdvance/FrontNoise(注)に与えて音響解析を行った。
- 左下図では15Hz以下の周波数でかなり大きな圧力(kPaのオーダー)となっており、ふすまや障子の振動に影響がある可能性も考えられる。右下図の音圧レベルでは300Hz前後(五線譜上の「レ」から「ミ」にかけての音相当)に60dB余りのピークがみられる。60dBは普通の会話程度の比較的静かな音に当たる。
- 車両速度を出口付近にかけて減速していること、緩衝工を設けていることなどにより音圧レベルが抑えられていることが考えられる。



Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

(注) http://www.advancesoft.jp/product/advance_front_noise/

29

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

① 高速列車トンネル突入退出時の圧力波シミュレーション

まとめ：

管路系ソフトウェアAdvance/FrontNet/Γのポーラスによる移動物体モデルを使用して、トンネルへの高速列車突入退出シミュレーションを実施した。

抵抗係数などの調整により、高速列車によるトンネル内の圧力波伝播および反射の測定値を計算によってよく再現することができた。

今後は、高速列車の設計、環境騒音対策、防災検討などで本ソフトウェアが活用できるように更なる開発を進める。

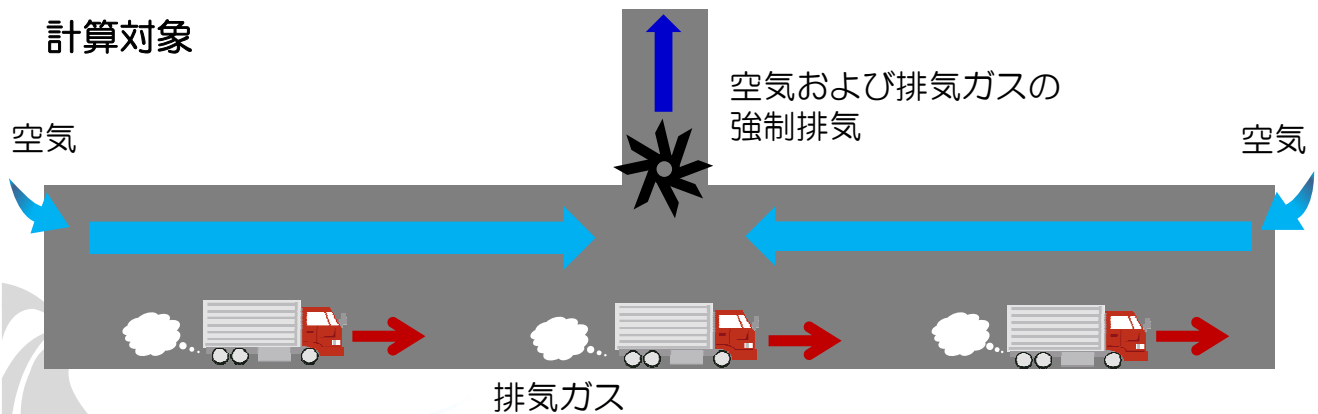
3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

背景：自動車からの排気ガスは環境規制量の1つである。
 数値シミュレーションの活用事例として、トンネル内をトラックが移動する時の排気ガス濃度の挙動解析を行った。

トラックは現在開発中の機能であるポータスによる移動物体モデルを使用し、排気ガス濃度は微量であるとしてパッシブスカラーモデルを用いて解析を行った。

計算対象

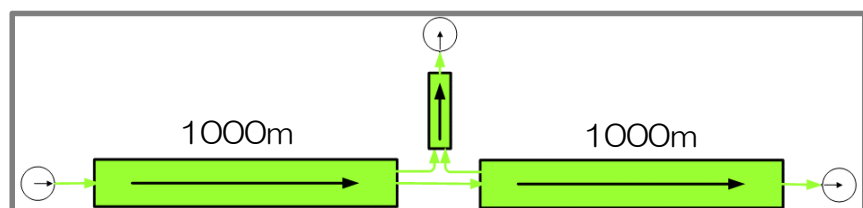


3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

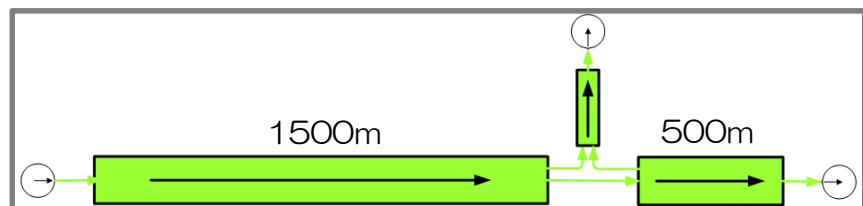
② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

計算ケース：トンネルに関する基準とは別に、シミュレーションとして次のような想定を行った。複数台のトラックがトンネルを通過する際に発生した排気ガスの排気塔の位置による完全換気に掛かる時間の評価を行った。

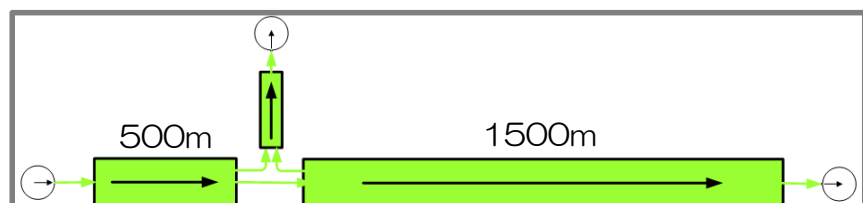
排気塔ブロウ位置
中央ケース



排気塔ブロウ位置
右寄りケース



排気塔ブロウ位置
左寄りケース



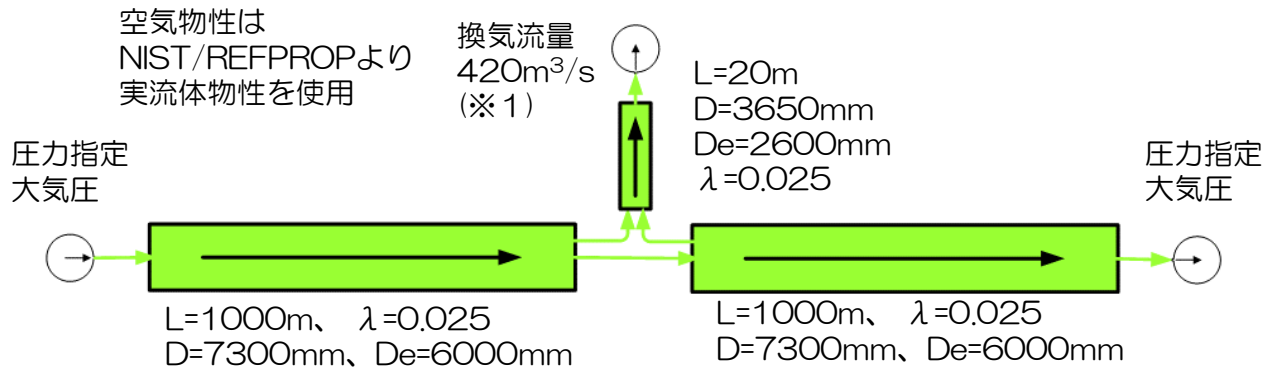
3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

計算条件：

トラック10台を考慮。
 排気ガス量はCOとして
 1m³/hを想定(※1)
 [現在の環境性能からは厳しめ]

移動速度
 60km/h

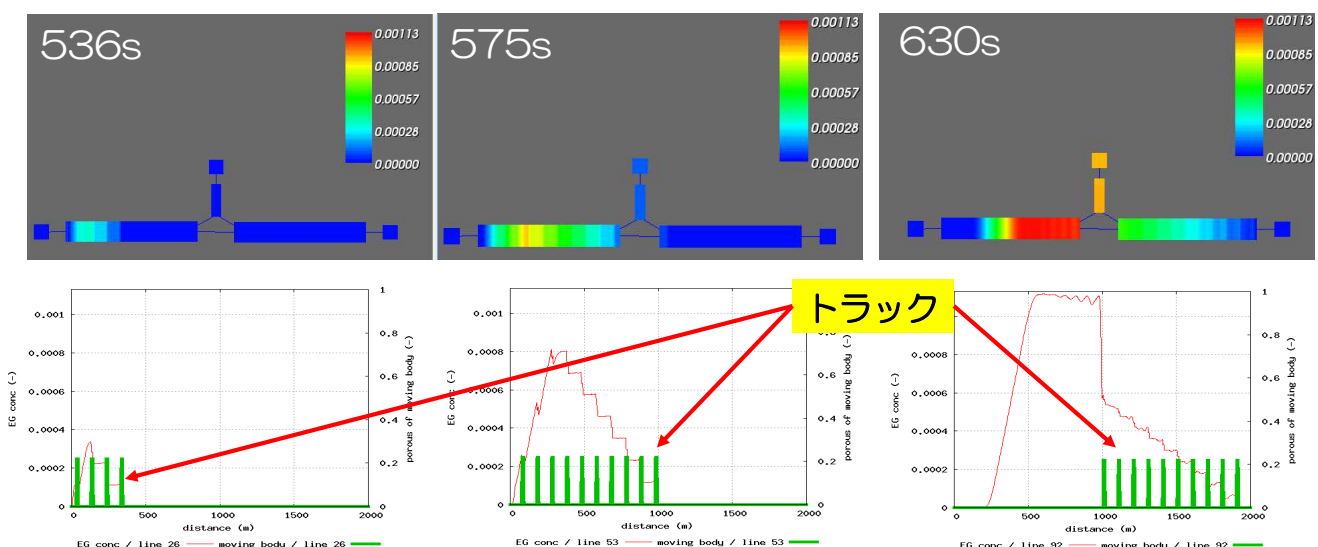


※1：国土交通省「必要な換気量の算定について」
<http://www.mlit.go.jp/common/001125908.pdf>
 その他の数値の参考：「管路・ダクトの流体抵抗」、日本機械学会

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

計算結果（中央ケース）：排気ガス濃度変化

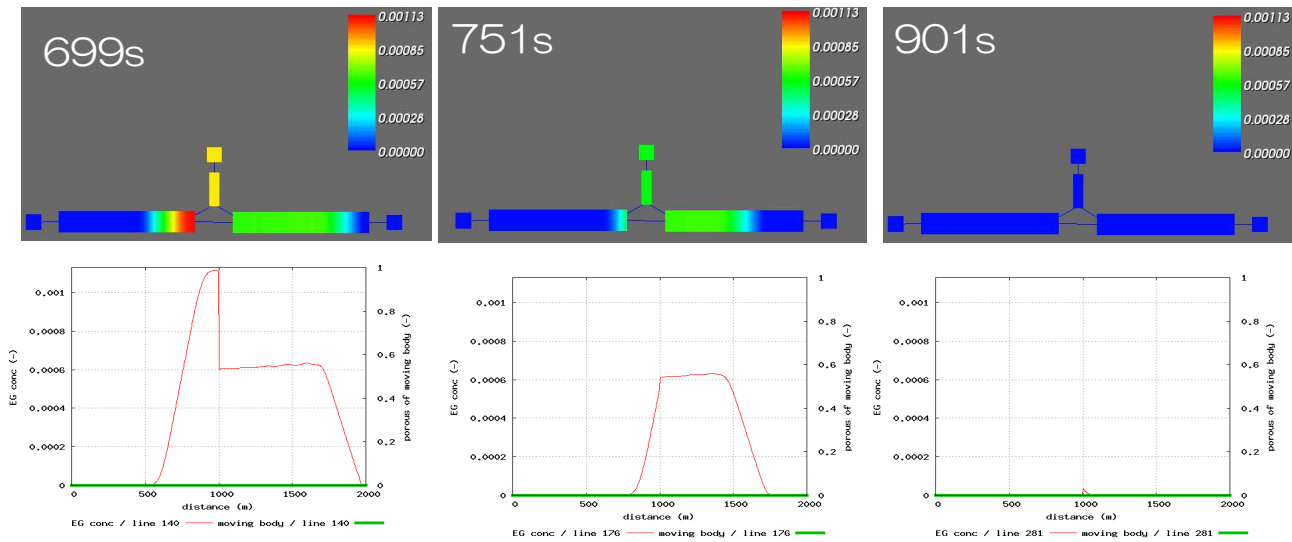


- 中央の排気ブロワで換気されCO濃度はトンネル中央が最大となった。
- 約15分でトンネル内の排気ガスが換気された。

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

計算結果（中央ケース）：排気ガス濃度変化

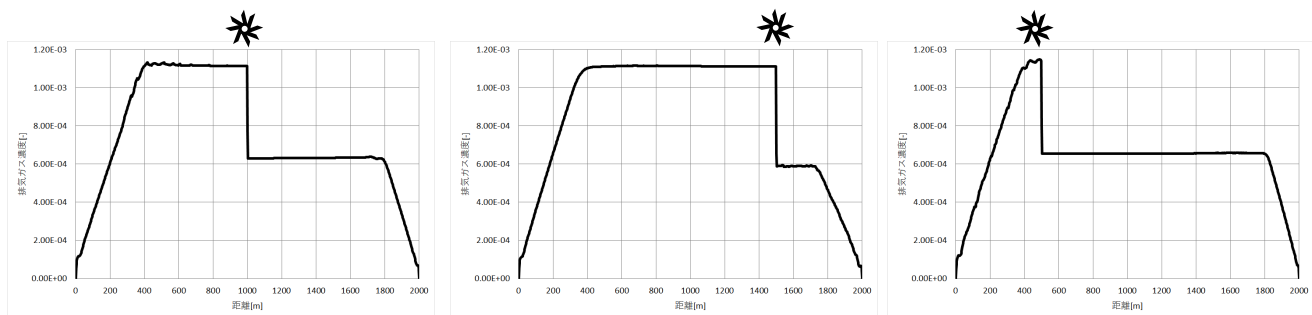


- 中央の排気ブロフで換気されCO濃度はトンネル中央が最大となった。
- 約15分でトンネル内の排気ガスが換気された。

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

計算結果：排気ガス最高濃度分布の比較



排気ブロフ位置
中央ケース

排気ブロフ位置
右寄りケース

排気ブロフ位置
左寄りケース

完全換気までの時間：
900秒

922秒

1025秒

※：排気塔位置

3. トンネル内車両移動に伴うシミュレーション

② 自動車からの排気ガス環境放出シミュレーション

まとめ：

管路系ソフトウェアAdvance/FrontNet/Γのポーラス移動物体モデルとパッシブスカラーモデルを使用して、車の移動と排気塔ブロワ換気に伴う排気ガス濃度変化のシミュレーションを実施した。

排気塔ブロワをトンネルの中央に配置するのが一番換気時間が短いことが分かった。計算時間は陽解法の場合、2km格子間隔で1000メッシュを25分のシミュレーションに必要な計算時間は約1時間要する程度であり、CFD計算に比べ効率的である。

トンネル換気の種類は送風と排風が同一にあるなどの様々なものがあるが、現在の課題としては対向流を扱えない点が挙げられる。これはせん断モデルを考慮して2流路を扱うことにより1次元計算でも考慮可能である。

今後は、環境問題や自動車分野での設計などで本ソフトウェアが活用できるように更なる開発を進める。

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

背景：

原子力発電施設は、換気系で結ばれた多数の部屋で構成されている。

万が一、部屋で火災が発生した時、酸素割合の低下、壁、ケーブル、配電盤などへの火災延焼、重大事故に繋がる可能性などを評価することが重要であり、火災伝播解析コードを用いて換気系を含めた施設の解析が必要となる。

ここでは、火災伝播解析コードによる火災試験(※1)解析について紹介する。

(※1)OECD/NEA PRISMEプロジェクト

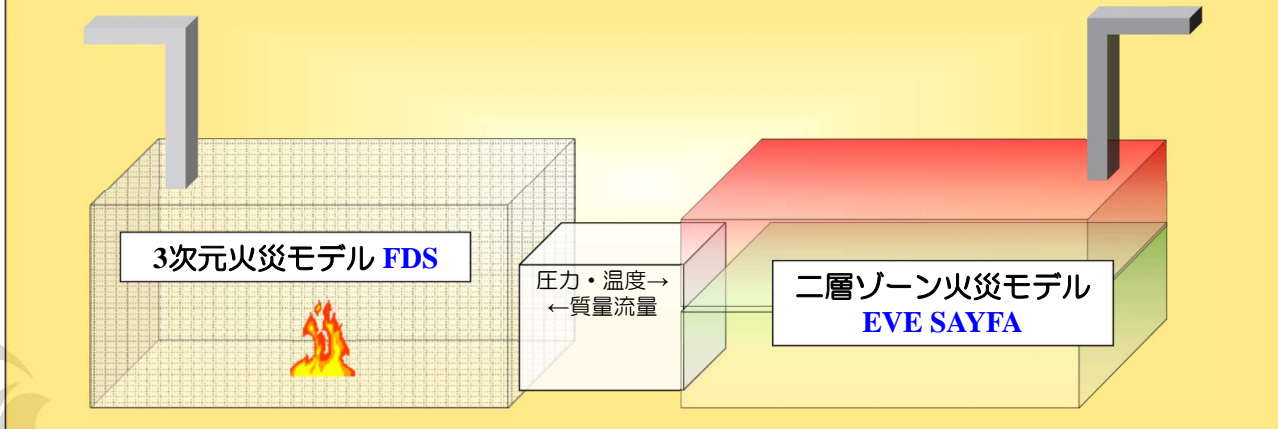
4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

■ 火災伝播解析コードの構成

二層ゾーン火災モデルによる1次元火災解析コード **Advance/EVE SAYFA**、3次元火災解析コード **FDS**(米国NISTで開発)、および換気系流体解析を主目的とした管路系圧縮性流体解析ソフトウェア **Advance/FrontNet/Γ** で構成され、換気系で結ばれた多数の部屋における火災伝播の効率的な連成計算が可能であり、これが最大の特徴といえる。

換気系（圧縮性管路系モデル **FrontNet/Γ**）

換気系（圧縮性管路系モデル **FrontNet/Γ**）

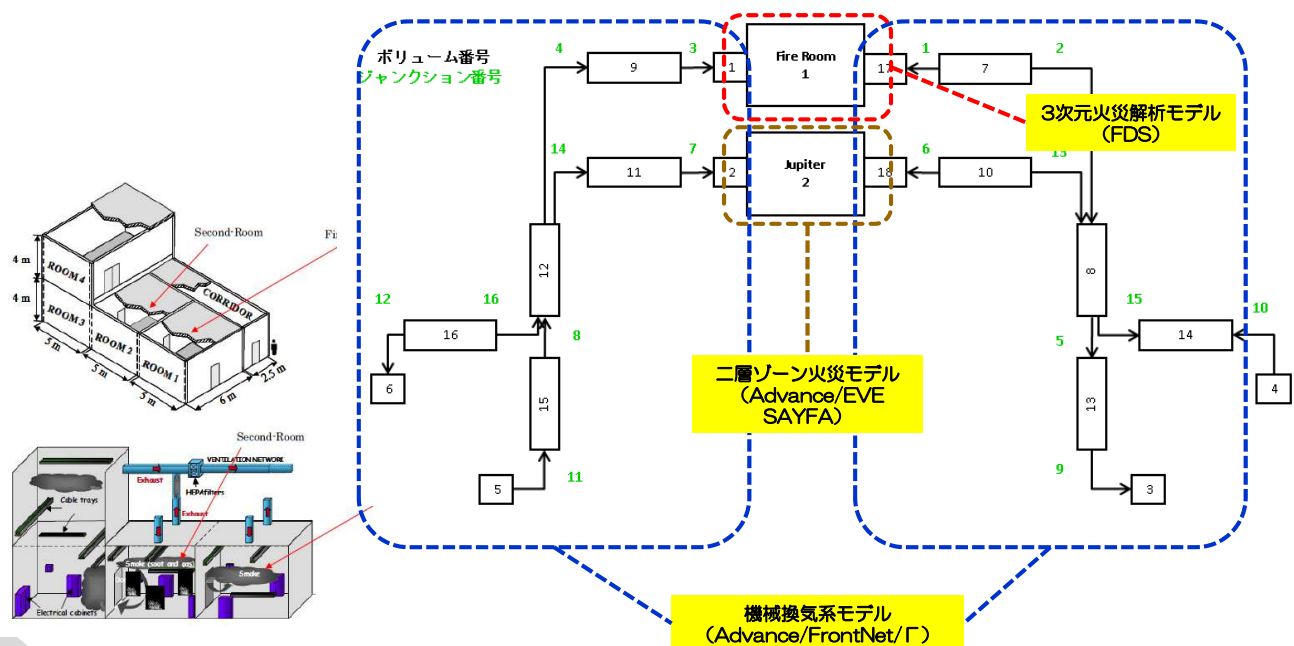


Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

39

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

① 原子炉施設を模擬したシングルルーム火災試験解析



出典:JNES成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

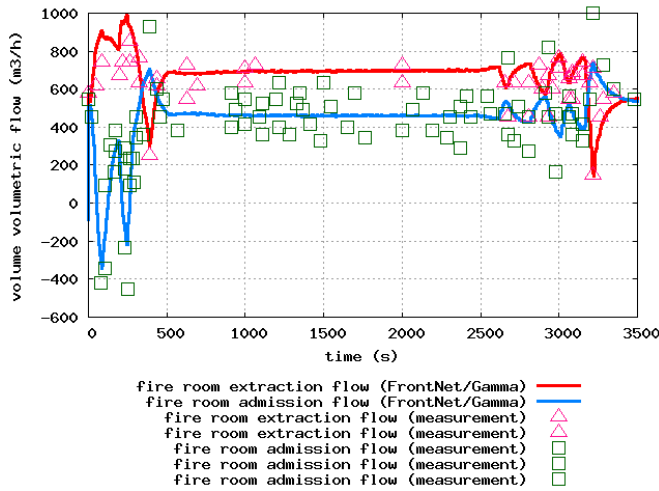
(注)3次元解析モデルの格子数：61,440

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

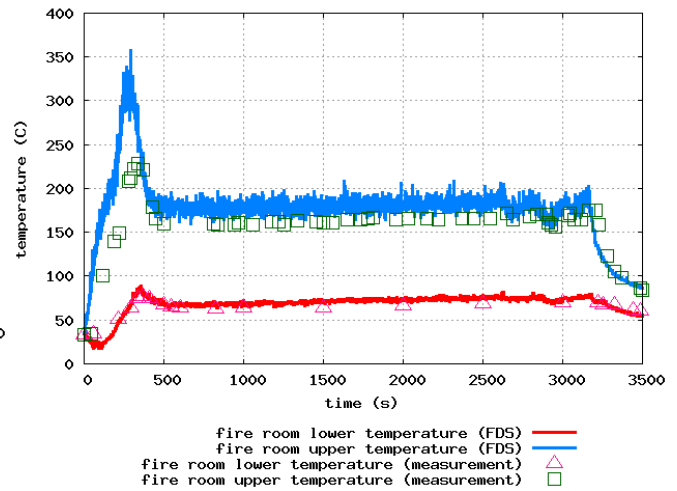
40

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

① 原子炉施設を模擬したシングルルーム火災試験解析



火災室給排気流量変化

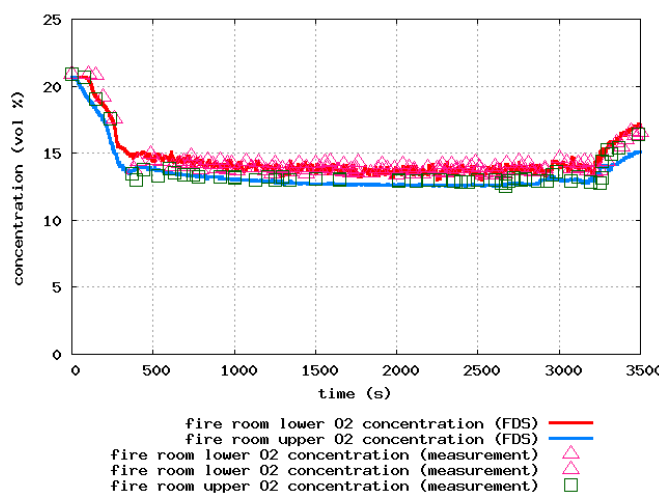


火災室ガス温度変化

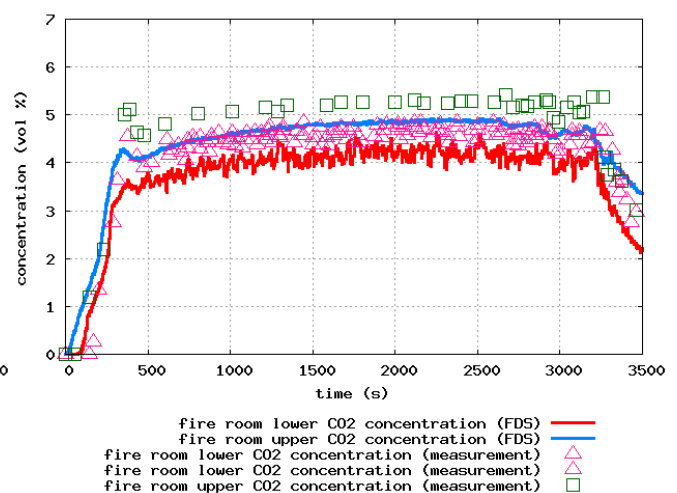
試験結果の出典: JNES 成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

① 原子炉施設を模擬したシングルルーム火災試験解析



火災室酸素濃度変化

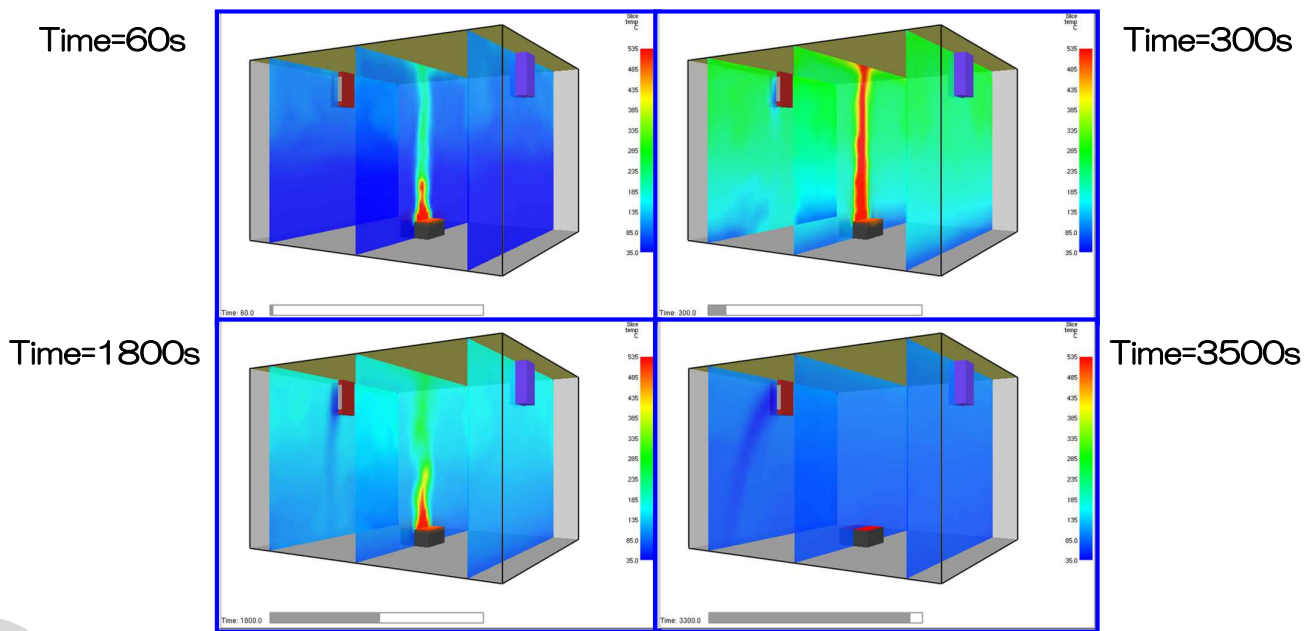


火災室二酸化炭素濃度変化

試験結果の出典: JNES 成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

① 原子炉施設を模擬したシングルルーム火災試験解析

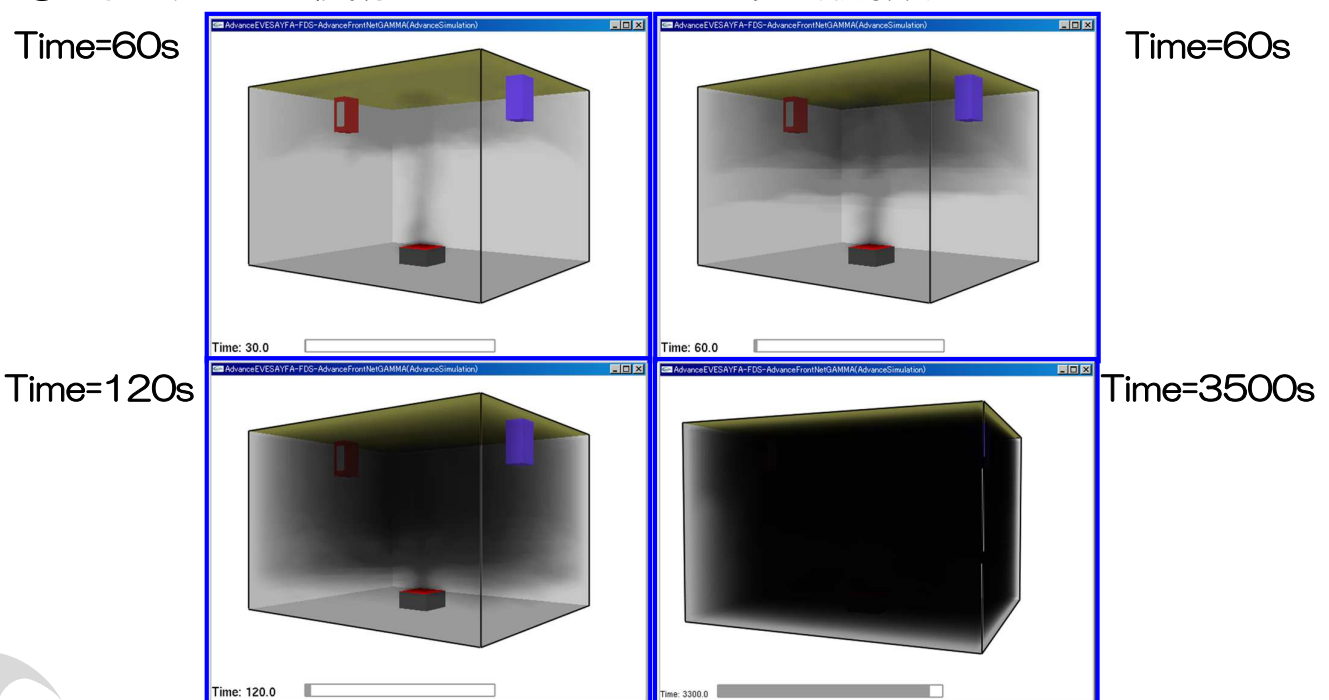


火災室ガス温度分布変化
(Smokeviewによる可視化)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

① 原子炉施設を模擬したシングルルーム火災試験解析

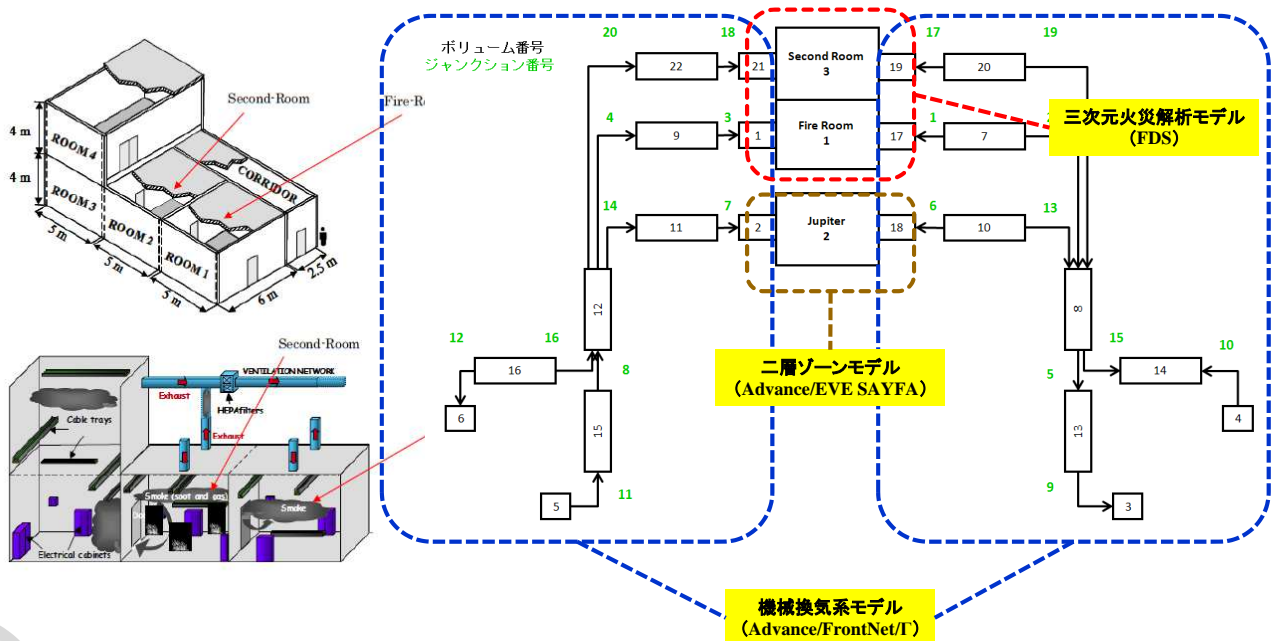


火災室すす濃度分布変化
(Smokeviewによる可視化)

Copyright ©2018 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

② 原子炉施設を模擬したマルチルーム火災試験解析

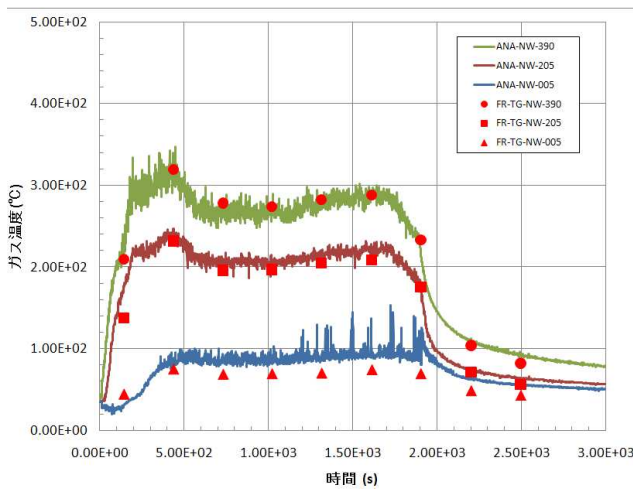


出典:JNES成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

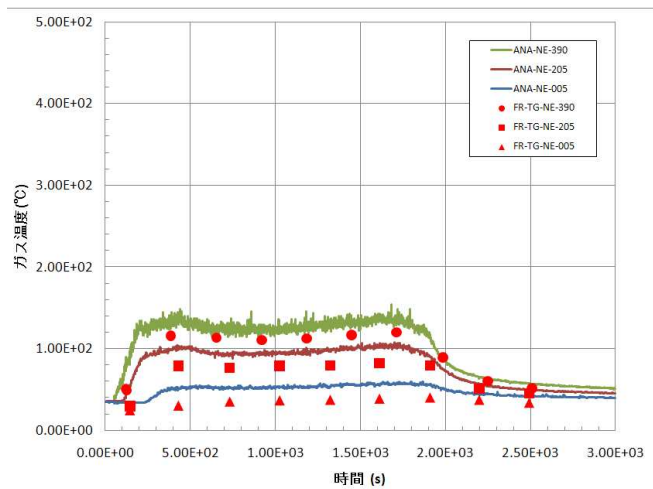
(注)3次元解析モデルの格子数：247,200

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

② 原子炉施設を模擬したマルチルーム火災試験解析



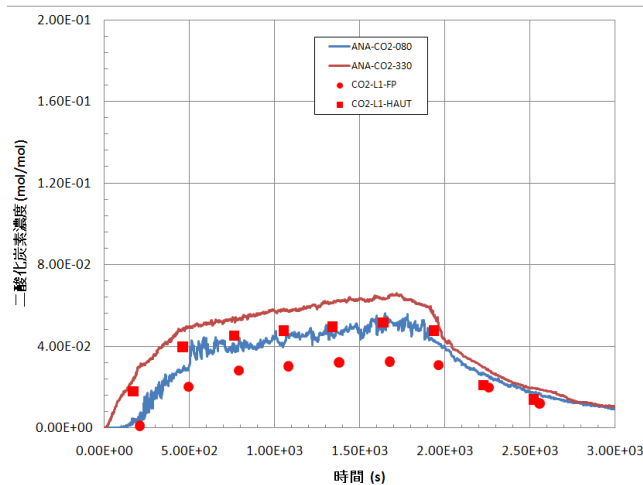
Fire Roomガス温度変化



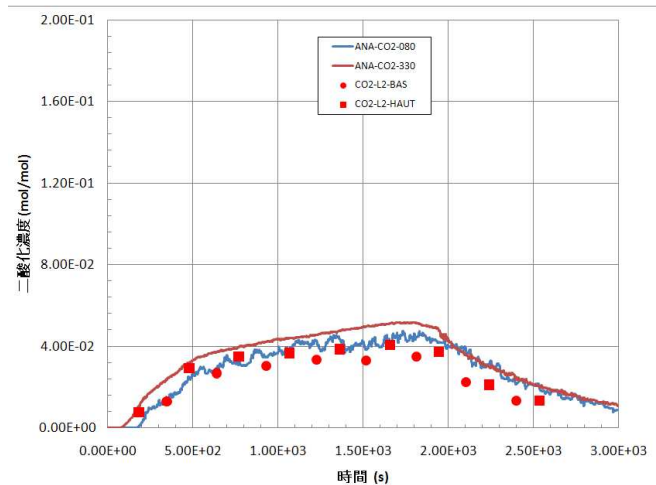
Second Roomガス温度変化

試験結果の出典:JNES成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション



Fire Room二酸化炭素濃度変化



Second Room二酸化炭素濃度変化

試験結果の出典:JNES成果報告書「マルチルーム体系における火災伝播解析手法の整備」

4. 原子力発電施設の火災試験シミュレーション

まとめ：

原子力発電施設で発生した火災は、重大事故に繋がる可能性があり、火災伝播解析コードを用いて換気系を含めた施設全体の解析が必要となる。

そこで、1次元火災解析コードAdvance/EVE SAYFA、3次元火災解析コードFDS、管路系圧縮性流体解析ソフトウェアAdvance/FrontNet/「」を統合化した火災伝播解析コードを用いて、火災試験の解析を行った。

得られた解析結果は試験結果をよく再現しており、統合化した火災伝播解析コードの有効性を示すことができた。

今後は、構成する解析コードの最新版への移行、1次元火災解析コードと3次元火災解析コードの連成機能の強化、避難シミュレーションとの統合強化を図って、より高度で実用性の高い解析コードに仕上げていく予定である。

5. おわりに

コンピュータと数値計算技術の飛躍的な発展により、大規模、複雑化したエネルギー諸問題のコンピュータによる数値シミュレーションが可能となり、その一環として当社におけるエネルギー分野の実績の一部をシミュレーション活用例として紹介しました。

今後、解析ソフトウェアのさらなる高度化、高実用性、利便性を追求して、エネルギー分野に対する数値シミュレーションの発展に貢献したいと考えております。



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立てる用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。

Advance/FrontFlow/red は、東京大学生産技術研究所計算科学技術連携研究センターが実施した文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト、および、文部科学省次世代 IT 基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフト株式会社が商品化したものです。アドバンスソフトはこれらのプロジェクトに参加し、ソフトウェアの開発を担当しましたが、その成果を独自に改良して商用パッケージソフトウェアとし、販売保守を行っております。