

エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究
報告書

令和2年3月

一般財団法人 国土技術研究センター
株式会社 国土ガスハイウェイ

まえがき

わが国においては、少子高齢化、生産年齢人口の減少、インフラの老朽化、大規模災害への備えなどこれまでにない課題への対応が迫られている。大規模災害への備えについては、東日本大震災を契機に2014年に国土強靱化基本計画が定められ、2019年度からは「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」が開始される。一方、2016年に発効した地球温暖化対策の国際的枠組み「パリ協定」をどのように進めていくかも大きな課題となっている。わが国のエネルギー事情は、東日本大震災以降大きく変わり、電力・ガスが自由化される中、原子力発電は稼働率が低下している一方で、再生可能エネルギーの活用、化石燃料では温室効果ガスの排出量が最も少ない天然ガスへのシフトなどが必要となっている。

天然ガスについては、先の「国土強靱化基本計画」においても「電力・天然ガス等の地域間の相互融通を可能とする全国のエネルギーインフラや輸配送ネットワークの重点的対策、電源の地域分散化の促進等の実現に取り組む」とされており、こうしたことを踏まえ、(一財)国土技術研究センターでは、(株)国土ガスハイウェイとの共同調査で、2016年に「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」を設置して、高速道路に天然ガスパイプラインを設置する際のメリット、優位となる際の条件、技術的に考慮すべき事項等を取りまとめた。

その後、再生可能エネルギーの主力電源化に向けて、それを支える送電網として、既存の送電網と協調しつつ、急速に進歩している送電技術を活用して超電導直流送電網を整備しようとする動きもみられる。また、高速道路においては、将来の電気自動車の普及に伴い、これへの給電を走行中に行おうという研究なども進められており、その機能の高度化も検討が必要となってきた。

こうした情勢に鑑み、(一財)国土技術研究センターと(株)国土ガスハイウェイは、専門家からなる「エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会」を設置して、「高速道路を電力・ガスのエネルギーインフラネットワークとして活用する際の技術的・制度的課題と、高速道路自身の機能の高度化とを併せて検討」を行った。本報告書はその成果を取りまとめたものである。

本報告書が、電力・ガスの自由化に伴う競争市場の創出、地球温暖化対策に資する安定的なエネルギー供給体制の確立、高速道路ネットワークの生産性向上施策の展開など、わが国におけるエネルギー・交通分野の将来の姿を実現していく際の一助となることを期待するものである。

終わりに、本報告書の作成に御尽力いただいた委員及びオブザーバー各位、一般財団法人国土技術センター、株式会社国土ガスハイウェイ並びに関係各位に対して、心からお礼申し上げます。

エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会
委員長 藤野 陽三

エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会

委員名簿

委員長	藤 野 陽 三	横浜国立大学 上席特別教授、東京大学 名誉教授
委員	橘 川 武 郎	東京理科大学 教授、東京大学・一橋大学 名誉教授
〃	谷 口 博 昭	芝浦工業大学 客員教授
〃	林 良 嗣	中部大学 教授、名古屋大学 名誉教授
〃	山 内 弘 隆	一橋大学 特任教授、(一財)運輸総合研究所 所長
〃	木 村 俊 介	明治大学公共政策大学院ガバナンス研究科 教授
〃	山 口 作 太 郎	中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター センター長・教授
〃	吉 武 惇 二	早稲田大学次世代科学技術経済分析研究所 招聘研究員
オブザーバー		国土交通省 道路局 路政課
〃		国土交通省 道路局 企画課
〃		国土交通省 道路局 高速道路課
〃		経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 ガス市場整備室
〃		経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力基盤整備課
〃		経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油・天然ガス課

(所属、役職は令和2年3月時点)

「エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会」の開催経緯

第1回 エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会

日時： 令和元年 6 月 20 日（木）13：30～15：30

- 議事：
- （1）研究会の背景と検討範囲
 - （2）高速道路空間へのエネルギーインフラネットワーク整備イメージ
 - （3）関連する基礎データ及び資料
 - （4）今後の検討スケジュール

第2回 エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会

日時： 令和元年 10 月 4 日（金）10：00～12：00

- 議事：
- （1）エネルギーインフラプロジェクトの概要と整備効果
 - （2）基幹エネルギーインフラの道路制度上の位置付け
 - （3）関連する基礎データ及び資料

第3回 エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会

日時： 令和2年2月28日（金）14：00～16：00

- 議事：
- （1）報告書概要版（案）について
 - （2）報告書（案）について

※第3回エネルギーインフラネットワークと高速道路の高度化に関する研究会は新型コロナウイルス（COVID-19）の影響により書面確認によって代える。

事務局名簿

事務局	三 浦 真 紀	（一財）国土技術研究センター 理事
〃	前 田 陽 一	（一財）国土技術研究センター 道路政策グループ
〃	中 村 滋	（一財）国土技術研究センター 道路政策グループ
〃	丸 山 大 輔	（一財）国土技術研究センター 道路政策グループ
〃	仲 本 光 佑	（一財）国土技術研究センター 道路政策グループ
〃	朝 倉 堅 五	（株）国土ガスハイウェイ 代表取締役
〃	村 上 正 恵	（株）国土ガスハイウェイ 取締役
〃	今 西 芳 一	（株）国土ガスハイウェイ 技術顧問
〃	藤 本 宏 和	（株）国土ガスハイウェイ 企画部 企画課

（所属、役職は令和2年3月時点）

目次

第1章	研究の概要	3
1-1	研究の背景と目的	3
1-2	研究内容	3
第2章	電気・ガスの広域輸送を巡る問題点と対応策	4
2-1	エネルギーの広域輸送体制の現状	4
(1)	電気	4
(2)	ガス	7
2-2	電気・ガス料金の地域別状況	10
(1)	電気	10
(2)	ガス	11
2-3	削減が必要な温室効果ガスの排出	11
2-4	基幹エネルギーインフラ整備検討の必要性	14
第3章	基幹エネルギーインフラ整備による効果	15
3-1	基幹エネルギーインフラ整備による効果	15
(1)	エネルギーコストの低減	15
(2)	温室効果ガスの削減	16
(3)	エネルギー供給の強靱化	17
(4)	地域産業の活性化	18
(5)	暮らしの質向上	19
(6)	ガス事業の再編強化	19
3-2	基幹ガスパイプライン整備による効果	20
(1)	想定プロジェクトの概要	20
(2)	基幹ガスパイプライン整備による効果	21
(3)	整備効果の定量評価：前提条件	22
(4)	整備効果の定量評価：評価方法	23
(5)	整備効果の定量評価：評価結果	35
3-3	超電導直流送電網整備による効果	36
(1)	超電導直流送電の概要	36
(2)	超電導直流送電網整備による効果	37
第4章	高速道路を活用した基幹エネルギーインフラの整備	40
4-1	エネルギーと人・物の流れの類似性	40
4-2	社会基盤として整備する必要性	42
4-3	公共空間の多重利用の必要性	42
4-4	高速道路空間を活用して早期に構築	44
(1)	設置を想定している基幹エネルギーインフラ施設のイメージ	44
(2)	高速道路敷内に設置することの長所	45
(3)	高速道路敷内に基幹エネルギーインフラを設置する位置のイメージ	46

4-5	高速道路空間への配置イメージ	47
(1)	幹線ガスパイプラインの各種施設の配置イメージ.....	47
(2)	超電導直流送電線の各種施設の配置イメージ.....	52
4-6	道路機能の高度化	54
(1)	道路に求められる機能の変遷	54
(2)	近年の道路機能高度化の取り組み.....	55
第5章	高速道路を活用する場合の制度・危機管理上の課題.....	57
5-1	整備空間に関する制度の必要性	57
5-2	基幹エネルギーインフラ整備に関する現行法制度.....	58
(1)	関係する道路法の条文と適用上の課題.....	58
(2)	類似先行事例	63
5-3	道路関連法へ位置づける5つのケース.....	66
5-4	事業実施の観点から見た5つのケースの比較.....	69
(1)	比較整理の視点の設定	69
(2)	比較整理の試み	71
5-5	高速道路空間を活用する場合の課題.....	72
(1)	緊急輸送道路としての機能の確保.....	72
(2)	道路が被災した場合の被害拡大の防止.....	72
(3)	高速道路が持つ緊急輸送道路としての使命とエネルギーインフラが持つ使命との調整について	74
第6章	まとめと今後の展望	76
【 参考資料 】		77
1.	基幹ガスパイプライン構想	77
2.	超電導直流送電（SCDC）構想	78

第1章 研究の概要

1-1 研究の背景と目的

従来、道路下に整備する場合、占用許可を受けてインフラを整備することとなるが、広域的なエネルギーインフラネットワークについては限定的な運用となっており、他に整備余地がなく、公益上やむを得ないと認められる場合に限定されていた。

新潟-仙台間の長距離ガスパイプラインの整備に伴う円滑な整備ニーズを受け、1991年に「高圧ガスパイプライン技術指針（案）」が策定され、運用の在り方が明確化されたものの、当時のガイドラインでは、維持管理の面から、高速道路及び自動車専用道路の車道、路肩及び中央帯には設置しないことと整理された。そのため、これまで高速道路等にガスパイプライン等のエネルギーインフラネットワークが整備された事例はない。

2016年に（一財）国土技術研究センターと（株）国土ガスハイウェイは専門家からなる検討委員会を設置し、天然ガスパイプラインを高速道路に整備する場合の技術的な課題について検討を行い、整備の可能性を示した。

過去の技術的な課題の検討結果を踏まえ、本研究会では、高速道路を電力・ガスのエネルギーインフラネットワークとして活用する際の制度的課題を検討することとする。

1-2 研究内容

本研究会では、高速道路空間に基幹送電線、基幹ガスパイプラインのような広域的なエネルギーインフラネットワーク（以下、基幹エネルギーインフラという。）を整備した場合に期待される効果と、高速道路空間の整備に向けて必要な法的課題について検討する。

第2章では、電気・ガスの広域輸送を巡る問題点を整理し、基幹エネルギーインフラが社会的に必要なことを説明する。

第3章では、基幹エネルギーインフラを整備した場合に期待される直接効果及び波及効果を示すとともに、基幹ガスパイプラインを整備した場合の費用便益効果を確認する。

第4章では、基幹エネルギーインフラを整備する空間として高速道路空間が有効であることを示す。その際、今後高速道路に対して求められるであろう機能についても併せて紹介する。

第5章では、高速道路空間を活用した基幹エネルギーインフラの整備に向けて解決すべき制度・危機管理上の課題の整理をする。

第2章 電気・ガスの広域輸送を巡る問題点と対応策

本章では、電気・ガスの広域輸送や利用を巡るわが国の現状及び問題点を整理し、基幹となるエネルギーインフラの整備検討の必要性について記述する。

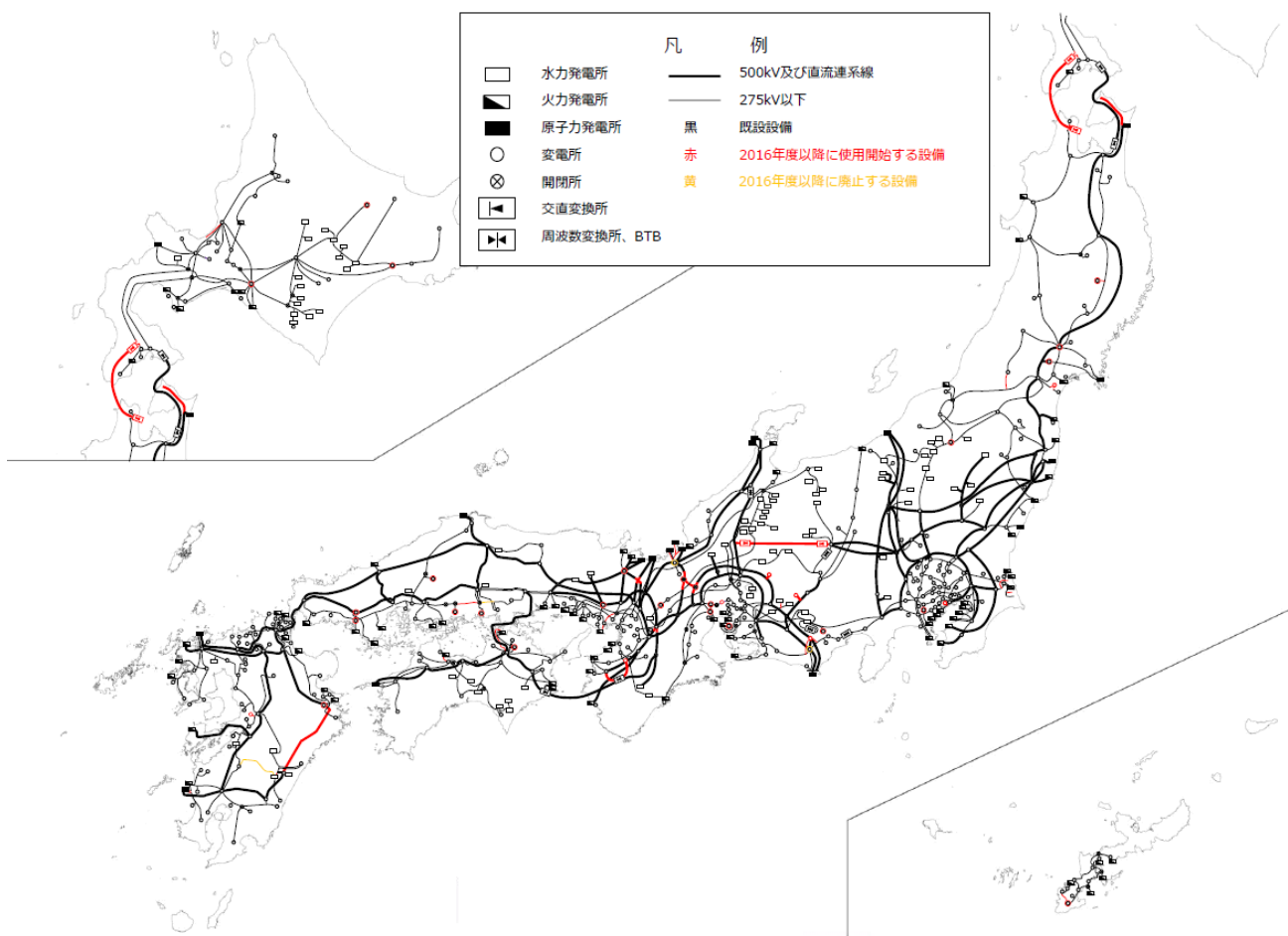
2-1 エネルギーの広域輸送体制の現状

以下では、現在の電気・ガスそれぞれのエネルギーインフラの整備状況について整理するとともに、今後さらなる導入が予想される再生可能エネルギーや、災害の観点から、現在のエネルギー広域輸送体制の検証を行う。

(1) 電気

わが国の広域系統連系は、1950年代から一般電気事業者ごとの自給自足の電源開発ではなく、広域的な電源開発への志向が高まったことを背景に、各社の電源開発計画等を全国的視野から総合調整するため、地域間連系を整備・拡大してきた。

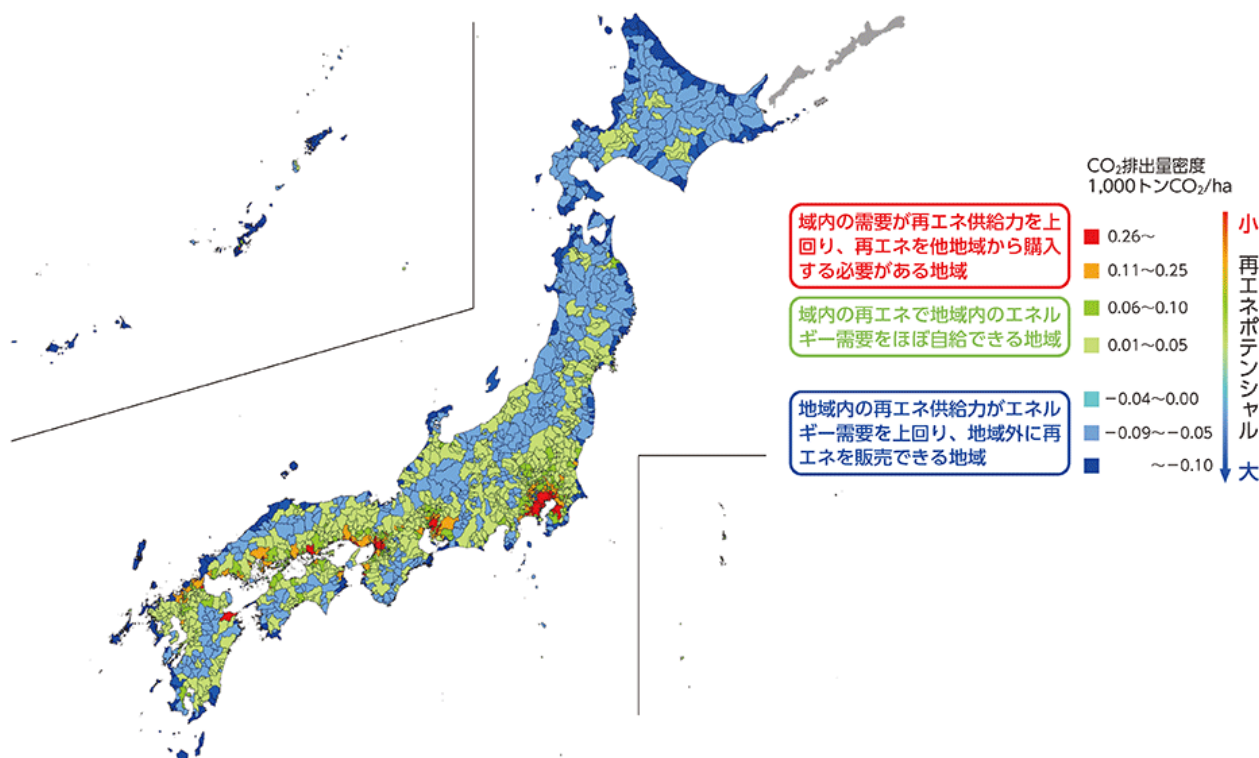
それ以降、わが国における経済成長に伴う電力需要の拡大に対応するため電源開発が推進されるとともに、送変電設備の強化・拡充が進められることで、全国的な基幹系統が構築されるに至った。



出所：電力広域的運営推進機関「広域系統長期方針」

図 2-1-1 全国基幹系統

現在では、パリ協定の目標達成などに向けて、低炭素電源として再生可能エネルギーを活用した電源の開発が全国的に進められているが、再生可能エネルギーのポテンシャルは、エネルギーの大規模需要地である首都圏・中京圏・近畿圏とは離れた九州や東北、北海道地域に多く賦存しているため、これら大規模需要地と再エネポテンシャル地域を結ぶ送電網の整備が必要となる。



注：市町村単位の電力エネルギー（太陽光（住宅用、公共系等）、陸上風力、中小水力（河川部）、地熱発電）導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めCO₂換算。市町村単位の熱エネルギー（太陽熱、地中熱）導入ポテンシャルは熱量ベースをCO₂換算。洋上風力については、海上の風速計測地点から最寄りの市町村（海岸線を有する）に対して送電することを仮定して、各市町村の風速帯別の導入ポテンシャル（設備容量）から年間電力発電量を求めてCO₂換算。市町村のCO₂排出量から差し引いて図面を作成。CO₂換算に当たり、電力エネルギーは各地域の電力事業者の電力CO₂排出係数（トンCO₂/kWh）、熱エネルギーは原油のCO₂排出係数（トンC/GJ）を用いてCO₂換算。

資料：環境省

出所：環境省「令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」

図 2-1-2 再生可能エネルギーの導入ポテンシャル（市町村別）

再生可能エネルギーは、需要と供給を一致させるために定められた優先給電ルール¹において他電源と比較して優先度が高く設定されている一方、九州電力は2018年10月13日、離島を除くと国内で初となる太陽光発電の出力抑制を行った。また、2019年3月24日12時台には2018年度の最大出力抑制が行われ、需要量の約809万kWの20%を超える約180万kWの出力が抑制された。今後、さらなる再生可能エネルギーの導入が求められるところ、これら再生可能エネルギーが最大限活用されるためには、基幹系統の強化が求められている。

2018年9月6日未明、北海道胆振東部を最大震度7の地震が襲い、日本で初めてとなるエリア全域に及ぶ大規模停電（ブラックアウト）が発生した。

ブラックアウトを電力広域的運営推進機関に設置された第三者委員会（検証委員会）で検証した結果、

¹ ①貯水池式水力発電の出力制御、②揚水発電の運転（くみ上げ）、③火力発電の出力制御、④長周期広域周波数調整（連系線の活用）、⑤バイオマス発電の出力制御、⑥太陽光・風力発電の出力制御、⑦長期固定電源の出力制御の順で対応がされる。

その発生要因としては、主として、①地震発生時、道内需要の約半分を担っていた苫東厚真の3機の発電所の停止、送電線事故に伴う水力発電の停止の複合要因、及び②北本連系設備のマージンを活用し緊急融通が行われ周波数を回復させたが、最大受電量に達したため、周波数調整機能が発揮できなかったことが挙げられた。また、中長期の課題として地域間連系線の増強等が有効なブラックアウト対策であるとされた。



■ブラックアウトに至った経緯

(複合要因のうち一部)

- ・ 苫東厚真発電所 1, 2, 4 号機、水力発電、風力発電の停止（周波数の低下）
- ・ 北本連系設備が最大受電量に達し、周波数調整機能が発揮できなかった

→ブラックアウトの発生

運用上の中長期対策（留意事項を含む）

今後、北海道エリアにおける電源構成や需給バランスが大きく変化することなどにより、以下の運用上の中長期対策は適時適切に見直されるべき。特に、泊発電所が再稼働後に脱落した場合については、再稼働時期の目途が立った時点で改めてシミュレーションを行うとともに、必要な対策の検討を行い所要の措置を講じることが必要不可欠。

○石狩湾新港発電所や新北本連系設備の運転開始後

<北海道エリアにおけるUFR整定の考え方>

- 周波数の最低点を47.0Hz以上に引き上げることが可能となるよう、早期にUFRの整定を見直す（df/dt機能の整定済みの割合を1割から2割に増加させる）。

<最大規模発電所発電機の運用>

- 北本・新北本連系設備でAFC余力を確保できる状態であることを前提に、今冬の対策における苫東厚真発電所 1, 2, 4 号機 3 台稼働のための「京極発電所 1, 2 号機が運転できる状態」という条件を解除する。
- 今回想定した最過酷断面よりも周波数低下が予想される場合などは、最大サイト脱落のシミュレーションを事前に行い、ブラックアウトに至らないことを確認し、必要に応じ、所要の措置を講じる。

<ガバナフリー、AFC、連系設備のマージンの再評価>

- 現時点で見直す必要はない。

○泊発電所再稼働後

<北海道エリアにおけるUFR整定の考え方>

- UFR整定の見直し(周波数変化率要素(df/dt)の活用)や高速負荷遮断を行う安定化装置による対策が必要。

<ガバナフリー、AFC、連系設備のマージンの再評価>

- 現時点で見直す必要はない。

設備形成上の中長期対策（北本連系設備の更なる増強等）

- 国において、更なる増強が必要となった場合の費用負担の在り方について検討を行う必要がある。また、広域機関において、更なる増強及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非の具体的検討を行う必要がある。
- ブラックアウトを起こさないためには、技術的には更なる増強等が有益であることは言うまでもないため、国の方針とおり、国や広域機関において、更なる増強、及び現在の北本連系設備の自励式への転換の是非について、シミュレーション等により効果を確認した上で、ルートや増強の規模含め、来春までを目途に具体化を図ることが求められる。

出所：電力広域的運営推進機関「平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う

大規模停電に関する検証委員会最終報告（概要）」を基に事務局作成

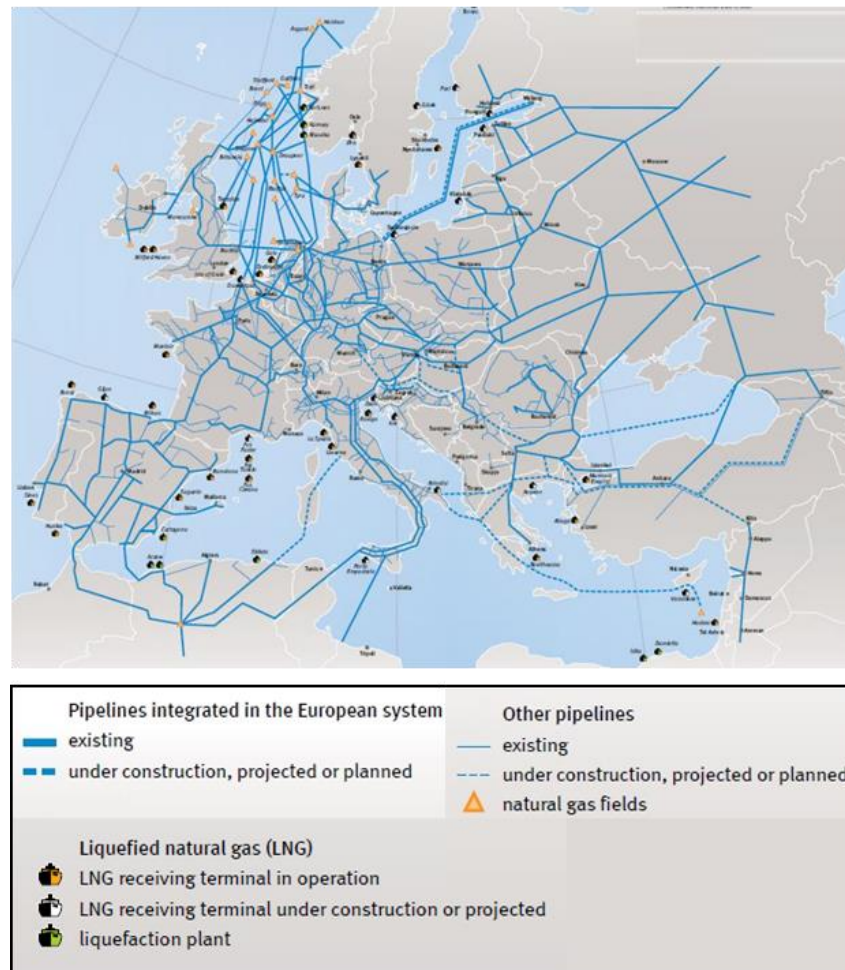
図 2-1-3 ブラックアウトの再発防止対策

今後、再生可能エネルギーが主力電源化した場合におけるブラックアウト対策としては、再生可能エネルギーの出力変動に対応する調整電源の確保とともに、大規模電源脱落時の広域融通及びそれを可能とする広域連系線の増強がより重要となると考えられる。

(2) ガス

外国におけるパイプラインの現状として、欧州と韓国の状況を示すと以下のようになっている。

欧州では、1940～60 年代の国産天然ガス開発を契機に国内パイプライン網を整備し、域内のガス需要の増加に伴い、1960～1970 年代にはロシア、ノルウェー等から国際パイプライン建設され、1980 年代に入ると、アルジェリアからのパイプラインも整備された。



出所：eurogas statistical report 2014

図 2-1-4 欧州のガスパイプライン網

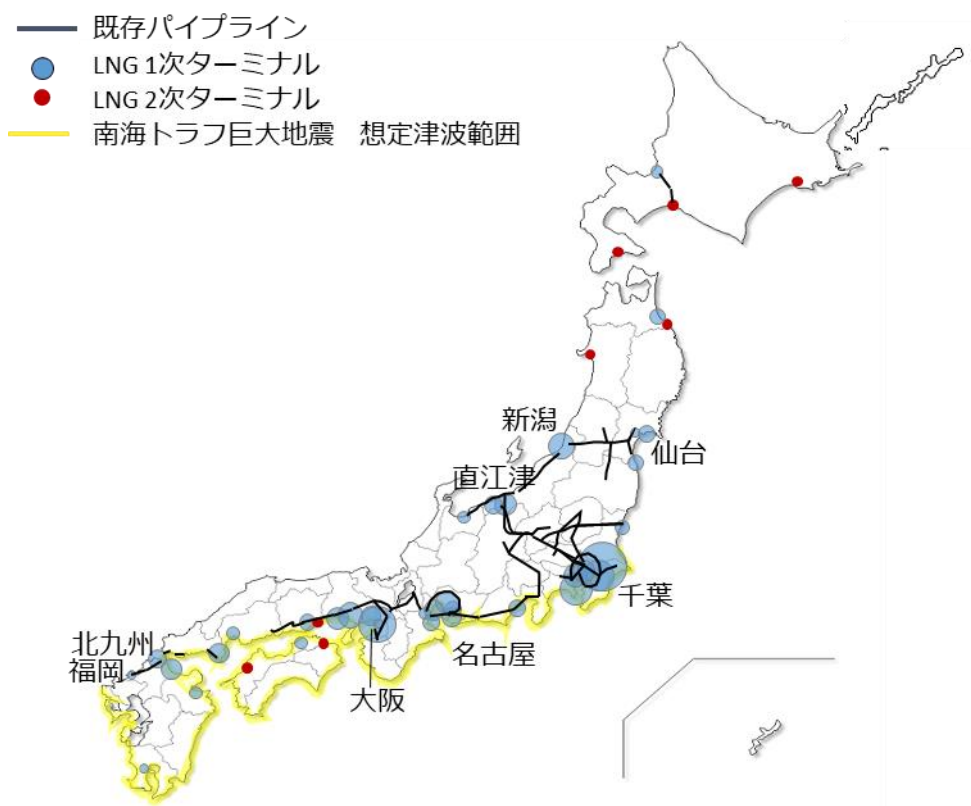
韓国では、1983 年に LNG 基地とパイプラインの建設が開始され、1986 年に LNG 基地の運転開始、2002 年に幹線パイプライン、2007 年に輸送幹線（2,739km）が完成している。



出所：KOGAS「2008 Annual Report」等より国土技術研究センター作成

図 2-1-5 韓国のガスパイプライン網

一方、わが国では、電気の全国的な広域連系系統は整備されている一方で、基幹ガスパイプラインは以下に示すとおり、部分的な整備にとどまっている。



出所：既存パイプライン・LNG ターミナルは日本ガス協会ウェブサイトを基に各種資料から、想定津波範囲は内閣府「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）」より事務局作成

図 2-1-6 わが国の基幹ガスパイプラインの整備状況

特に、日本海・太平洋間をつなぐパイプラインは仙台ー新潟、東京ー直江津のみであり、今後発生が予想される南海トラフ巨大地震（東海・東南海・南海の連動地震）の津波被害によって太平洋側の LNG 基地の稼働が停止した場合、これら地域におけるガス供給が途絶する可能性がある。

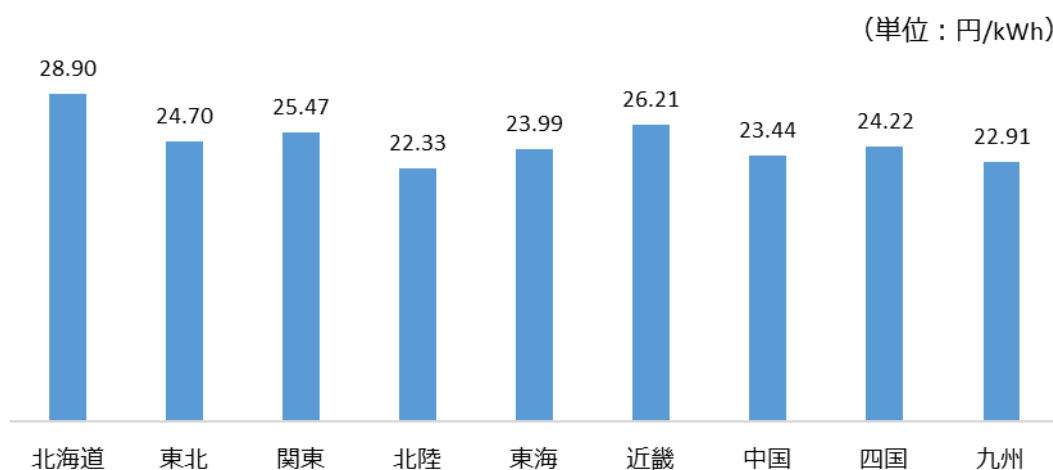
2-2 電気・ガス料金の地域別状況

電気・ガスは生活に必要不可欠なエネルギーという高い公共性を有していることから、地域間における価格差が小さいことが望ましい。本項では、国民生活を支えるそれらエネルギーの地域別の価格を整理することで、電気・ガスの国民生活に与える経済的な影響を検証する。

(1) 電気

地域別の電気料金格差の検証に当たっては、家計調査年報を参照し、地方別の電気代平均価格を比較した。

比較結果は以下のとおり。北海道電力が最も高い 28.90 円/kWh、北陸電力が最も安い 22.33 円/kWh であり、地域間の料金格差は約 23%にとどまる。



出所：家計調査年報 平成 29 年（2017 年）を基に事務局作成

図 2-2-1 地方別 電気代平均価格

(2) ガス

地域別のガス料金格差の検証に当たっては、平成 28 年度のガス事業便覧に公開されているガス料金単価（許可・届出料金平均単価）を参照し、上位 5 社のガス料金単価と、需要家数が 100 万件を超える都市ガス 4 社のガス料金単価を比較した。

ガス料金単価の比較結果は以下のとおり。美唄ガス株式会社（北海道）が最も高い 362 円/㎥、需要家数が 100 万件を超える都市ガスのうち東京ガスが 128 円/㎥であり、地域間の料金格差は約 300%となっている。

表 2-2-1 都市ガス会社別 ガス小売料金（標準熱量 45MJ/㎥換算）

<上位 5 社>

順位	企業名	ガス小売料金 (円/㎥)
1	美唄ガス株式会社（北海道）	362
2	阿久根ガス株式会社（鹿児島）	296
3	長万部町営ガス（北海道）	291
4	洲本ガス株式会社（兵庫県）	289
5	気仙沼市営ガス（宮城県）	280

<都市部 4 社（需要家数 100 万件以上）>

順位	企業名	ガス小売料金 (円/㎥)
1	東京ガス株式会社（東京都）	128
2	大阪ガス株式会社（大阪府）	159
3	東邦ガス株式会社（愛知県）	163
4	西部ガス株式会社（福岡県）	194

出所：ガス事業便覧（平成 28 年度）を基に事務局作成

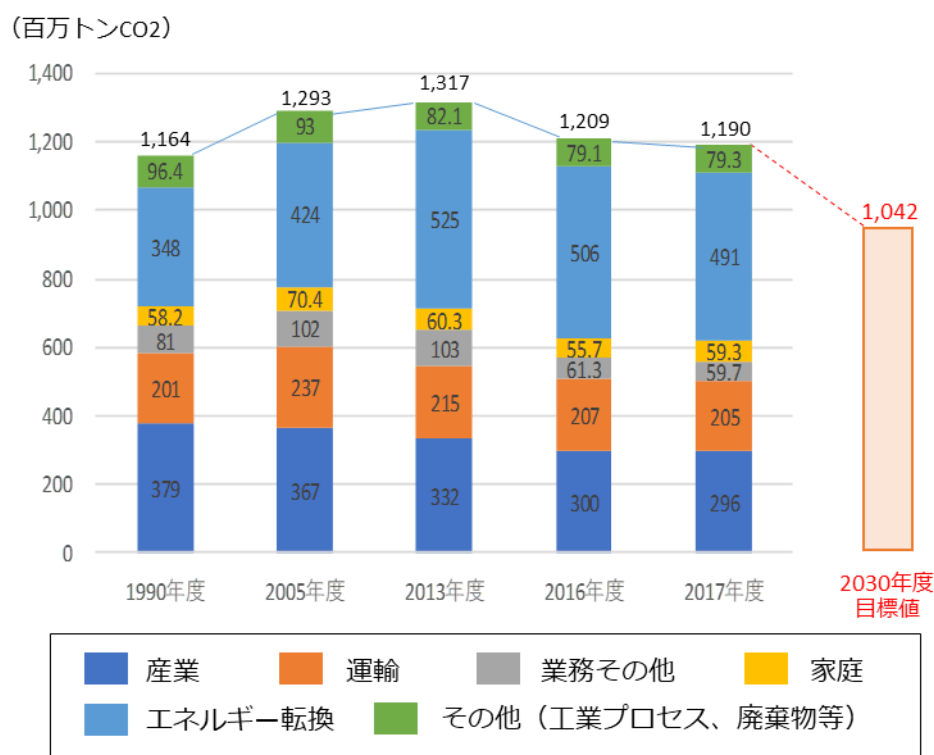
2-3 削減が必要な温室効果ガスの排出

地球温暖化問題は、人類の生存基盤に関わる最も重要な環境問題の一つであると認識されているところ、既に世界的にも平均気温の上昇、雪氷の融解、海面水位の上昇が観測されているほか、わが国においても平均気温の上昇、暴風、台風等による被害、農作物や生態系への影響等が観測されている。地球温暖化対策推進法第 1 条において規定されているとおり、気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準で大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させ、地球温暖化を防止することは人類共通の課題である。

これら地球温暖化問題へ対処するためわが国では、国連気候変動枠組条約事務局に提出した「日本の約束草案」に基づき、国内の排出削減・吸収量の確保により、温室効果ガスの排出量を 2030 年度において 2013 年度比 26.0%減（2005 年度比 25.4%減）の水準にするとの中期目標が「地球温暖化対策計画」によって定められている。

この点、2017 年度の CO₂ 排出量（電気・熱配分前）は 1,190 百万 tCO₂ であり、発電を含むエネルギー転換部門が最も大きい CO₂ 排出部門となっている。2030 年度における温室効果ガス排出量の目標値であ

る 1,042 百万 tCO₂ (2013 年度比 26.0%減) の達成に向けては、最大の CO₂ 排出部門であるエネルギー転換部門を中心としてさらなる CO₂ 排出削減努力が必要となる。



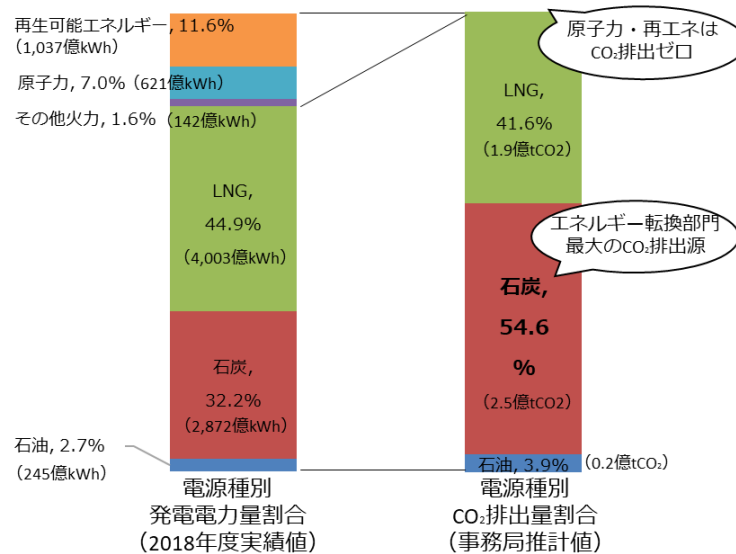
部門	CO ₂ 排出量 (百万 tCO ₂)					
	1990 年度	2005 年度	2003 年度	2016 年度	2017 年度	2030 年度 目標値 ²
産業	379	367	332	300	296	
運輸	201	237	215	207	205	
業務その他	81	102	103	61	60	
家庭	58	70	60	56	59	
エネルギー転換	348	424	525	506	491	
その他	96	93	81	79	79	
合計	1, 164	1, 293	1, 317	1, 209	1, 190	1, 042

出所：環境省「温室効果ガスインベントリ」

図 2-3-1 部門別 CO₂ 排出量 (2017 年度確報値)

最大の CO₂ 排出部門であるエネルギー転換部門において大きな割合を占める発電部門では、2018 年度の総発電電力量のうち、LNG 火力発電が 44.9% (4,003 億 kWh) と最も多くの発電を行っている。一方、発電時に排出する CO₂ の観点では、火力発電全体の総 CO₂ 排出量のうち、石炭火力発電が 54.6% (248 百万 tCO₂) と最も多くの CO₂ を排出している。

² 2030 年度の目標値は CO₂ ではなく、温室効果ガス排出量を参照した。



- * 電源種別発電電力量は2018年度の電気事業者の発電実績のみを対象とした。
- * CO₂排出量は電力中央研究所「日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価」のうち、発電燃料燃焼を発電電力量に乗じて算出した。
- * 「その他火力」のCO₂排出割合は集計対象外とした。
- * 四捨五入のため割合の合計が100%とならない場合がある。

出所：資源エネルギー庁「電力調査統計」を基に事務局推計

図 2-3-2 電源別 発電電力量と発電時 CO₂排出量

2-4 基幹エネルギーインフラ整備検討の必要性

係る電気・ガスの広域輸送や利用を巡るわが国の問題点の解決に向けて、ガスパイプライン網の全国ネットワーク化、送電網の質的拡充を図り、「だれでも」「いつでも」「どこでも」利用可能な基幹ガスパイプライン網と低炭素発電を促進しうる隘路のない送電線網（基幹エネルギーインフラ）の整備の検討が必要と考えられる。

幹線エネルギー輸送を取り巻く問題点

限定的なエネルギーの
広域輸送体制

ガス料金の
地域格差

削減が必要な
温室効果ガスの排出

問題解決に向けて必要な方策

ガス：導管の
ネットワーク化
電気：送電隘路の解消

ガス：導管網の広域整備

ガス：導管網の広域整備
電気：低炭素電源を促進
しうる効率的な広域
輸送路の確保

- ・ 輸送用の広域ガスパイプライン網の整備
- ・ 送電インフラの強化
 - 短期 短区間の送電隘路解消への超電導直流（SCDC）送電プロジェクト
 - 中長期 超電導直流（SCDC）送電プロジェクト

* 赤字は、本調査の主要検討対象。

* SCDCプロジェクト概要は、参考資料に添付する。

図 2-4-1 基幹エネルギーインフラ整備検討の必要性

第3章 基幹エネルギーインフラ整備による効果

基幹エネルギーインフラを整備することで、短期的・中期的にも社会的な便益を得ることが可能である。本章では、基幹エネルギーインフラを整備することにより得られる効果について説明する。3-1 では、基幹エネルギーインフラの整備によって得られる効果の概要を説明する。3-2 では基幹ガスパイプライン、3-3 では超電導直流送電網の整備によって得られる効果の詳細について記述する。

3-1 基幹エネルギーインフラ整備による効果

以下では、基幹エネルギーインフラの整備により得られる効果とそれぞれの概要を示す。

(1) エネルギーコストの低減

電気・ガスいずれの場合においても、エネルギーの広域融通が強化されることにより、エネルギー調達効率化が進み、市場全体のエネルギーコストの低減が期待できる。

図 3-1-1 には基幹ガスパイプライン整備を例として具体的なエネルギーコストの低減イメージを示した。

まず、発電分野においては、割高な燃料コストであった石油火力発電所から天然ガス火力発電所へのリプレースにより発電コストが低減し、電力料金が低減する効果、次に、これまでタンクローリーを通じて重油を利用していた工業需要家も、発電事業者と同様、燃料コストの安い都市ガスに転換することによる燃料コストの削減、さらに、これまではエリア間が分断されていたために発生しなかったガス供給事業者間の価格競争が発生することにより、割高であったエリアのガス料金の是正の効果が考えられる。

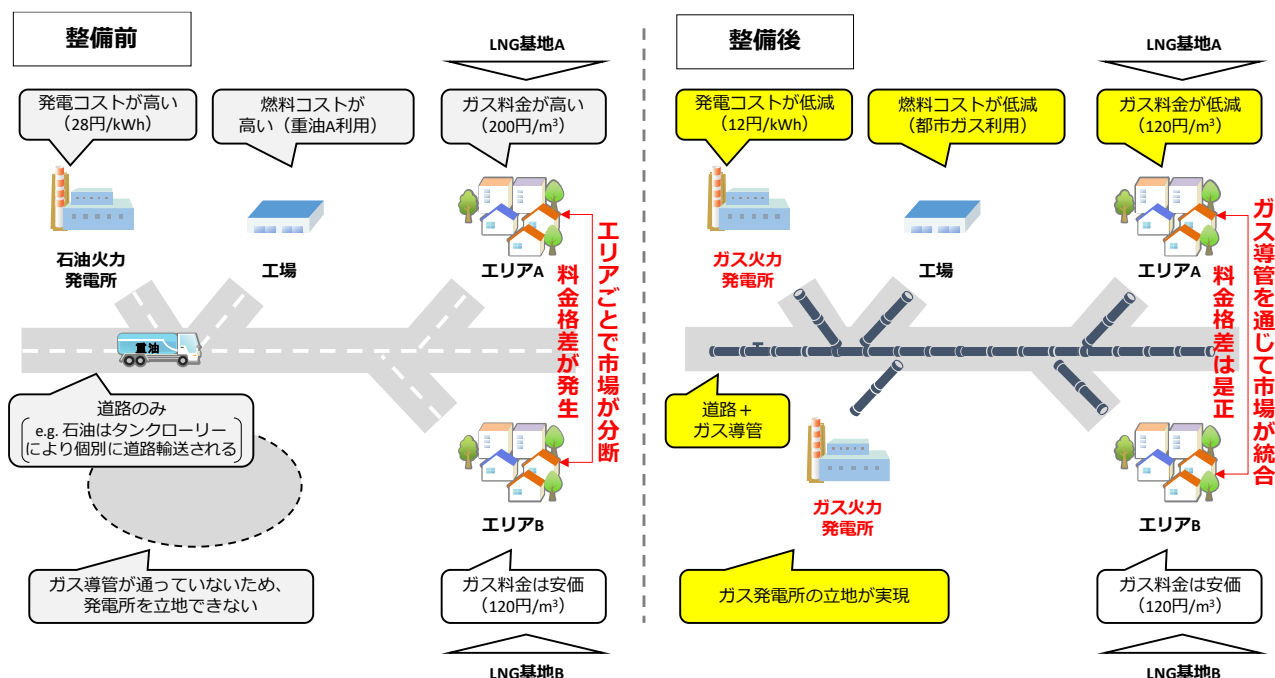
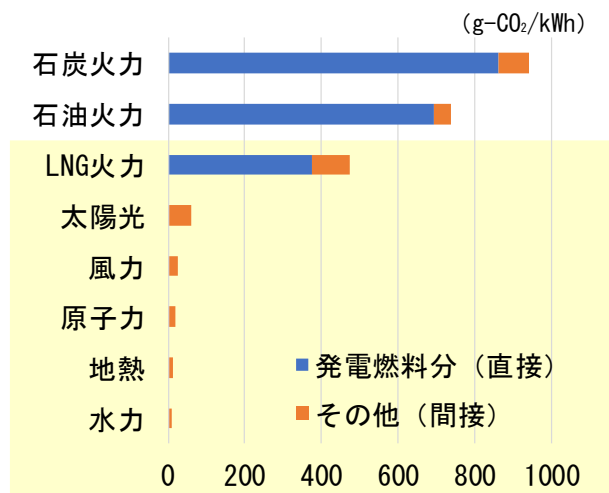


図 3-1-1 基幹エネルギーインフラ整備によるエネルギーコストの低減イメージ

(2) 温室効果ガスの削減

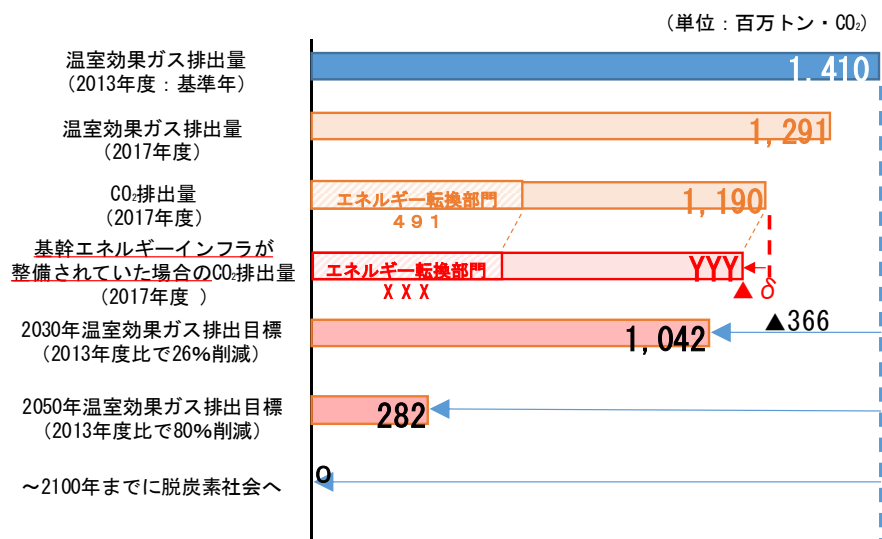
図 3-1-2 に示す通り、天然ガス、再生可能エネルギーは、石炭/石油と比べるとエネルギー単位当たりの CO₂ 排出量が非常に小さい。



出所：電力中央研究所「日本における発電技術のライフサイクル CO₂ 排出量総合評価」
に基づき事務局作成

図 3-1-2 電源別のライフサイクル CO₂ 排出量

天然ガスの調達ルート確保と再生可能エネルギーの広域融通が可能になることにより、石炭/石油から発電当たりの CO₂ 排出量が小さい天然ガス/再生可能エネルギーへの転換が進み、図 3-1-3 のイメージ図で示すようなエネルギー転換における CO₂ 排出の低減が期待される。



出所：「2017 年度の温室効果ガス排出量（確定値）」（環境省 2019 年 4 月）、
「地球温暖化対策計画」（2016 年）に基づき事務局作成

図 3-1-3 本取組で期待される排出削減量と日本の温室効果ガス排出量実績/目標の関係

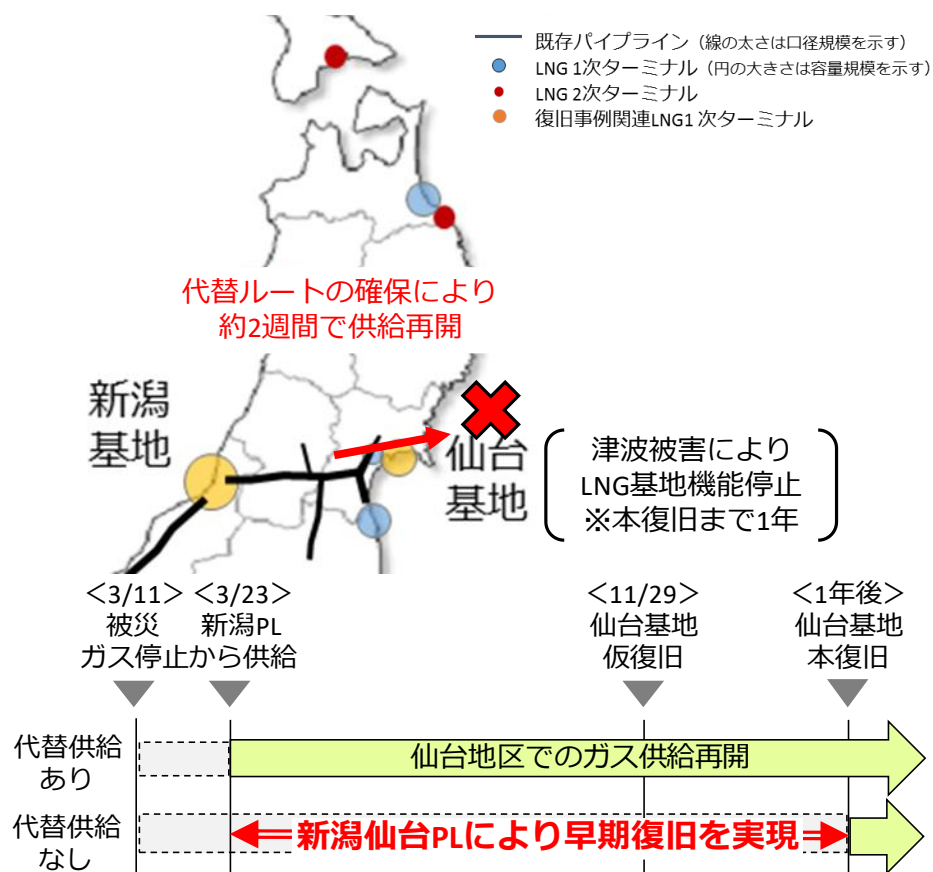
基幹ガスパイプラインの整備は、調整電源となり得る天然ガス火力発電の導入を促進する効果を持ち、今後の再生可能エネルギーの大量導入に伴い懸念されている調整力の確保に寄与できる。

また、基幹ガスパイプラインは水素輸送にも転用することが可能であることから、中長期的には脱炭素社会の実現に向けて、CO₂ フリーの水素を輸送することで、さらなる温室効果ガスの削減に貢献しうる。

(3) エネルギー供給の強靱化

基幹エネルギーインフラ整備がされると、需要地への供給ルートが複数確保されることになり、平時の安定供給と事故・災害時の早期復旧に有効だと考えられる。

図 3-1-4 に示すように、2011 年 3 月に発生した東日本大震災では、わが国で初めて LNG 基地が津波被害を受けて機能停止に追い込まれた。幸い新潟から接続されている基幹ガスパイプラインからの代替供給により早期復旧することができたが、こうしたバックアップ機能がなかった場合、復旧までに 1 年近くの期間を要していたと推定される。わが国において、このように供給ルートがネットワーク化されている例は少ないことから、基幹ガスパイプラインの供給ルートを複数確保することにより、レジリエンス機能の強化が期待できる。



出所：経済産業省公表資料などに基づき事務局作成

図 3-1-4 東日本大震災発生時の代替供給による復旧事例

(4) 地域産業の活性化

これまで都市部に比べ高価であったエネルギー料金が低減することにより、新規の発電所、データセンター、工業団地等の誘致が可能となる。

図 3-1-5 には、ドイツなどでは一般的となっているシュタットベルケとよばれる地域エネルギーサービス事業者や近年増加傾向にある地域新電力の動きを参考に、創出が期待される地域エネルギーサービス事業のイメージを示した。具体的に 3 つのステップに沿って展開することを想定する。

- Step1

- リプレース又は新規に建設された天然ガス火力発電所の電力を用いて地域向けの電気小売事業を立ち上げる。
- これまで地域外に流出していた電気小売事業による利益を地域に還元させることによる地域活性化効果が期待できる。
- まずは、安定かつ一定規模の需要である公共施設への供給を行う他、公共施設間での電力融通、DR などによるエネルギーマネジメントを行うことで、小規模であるが地域単位での省エネ効果が期待できる。

- Step2

- 電気小売事業の事業規模を拡大するとともに、ガス・熱事業に参入する。
- 熱事業では地域内にコジェネレーションプラントを設置し、都市ガスを燃料とした熱電併給を地域内で実施する。
- コジェネレーションプラントは、市街地の他、工業団地、農業地域への設置が可能であり、工業団地では、工場、データセンター等の産業誘致に寄与することが期待できる。
- 農業地域では、近年農地で農業と太陽光発電を両立させるソーラーシェアリングの取組が進みつつあるが、出力が変動する太陽光発電のみで自分たちの消費電力を賄うことは難しいことが課題となっている。農地で発電される再生可能エネルギーと地域コジェネレーションプラントから供給される電力を組み合わせることで再エネ普及への寄与が期待できる。

- Step3

- 再生可能エネルギーの大量導入が進み、地域内に設置された太陽光、風力発電所等から余剰電力が発生した場合には、余剰電力を活用した新規サービスに取り組む。
- 例えば、アグリゲーターとして余剰電力を集約し、需給調整市場、スポット市場での売電によるマネタイズや、水素の製造コストがブレイクスルーによって低減した暁には、水電解装置により余剰電力を水素に変換し、
- 基幹ガスパイプラインを通じて CO₂ フリーガス供給を実施することが考えられる。
- いずれの場合においても、再生可能エネルギー由来のエネルギーを活用するため、地域全体の CO₂ 削減に大きく寄与すると考えられる。

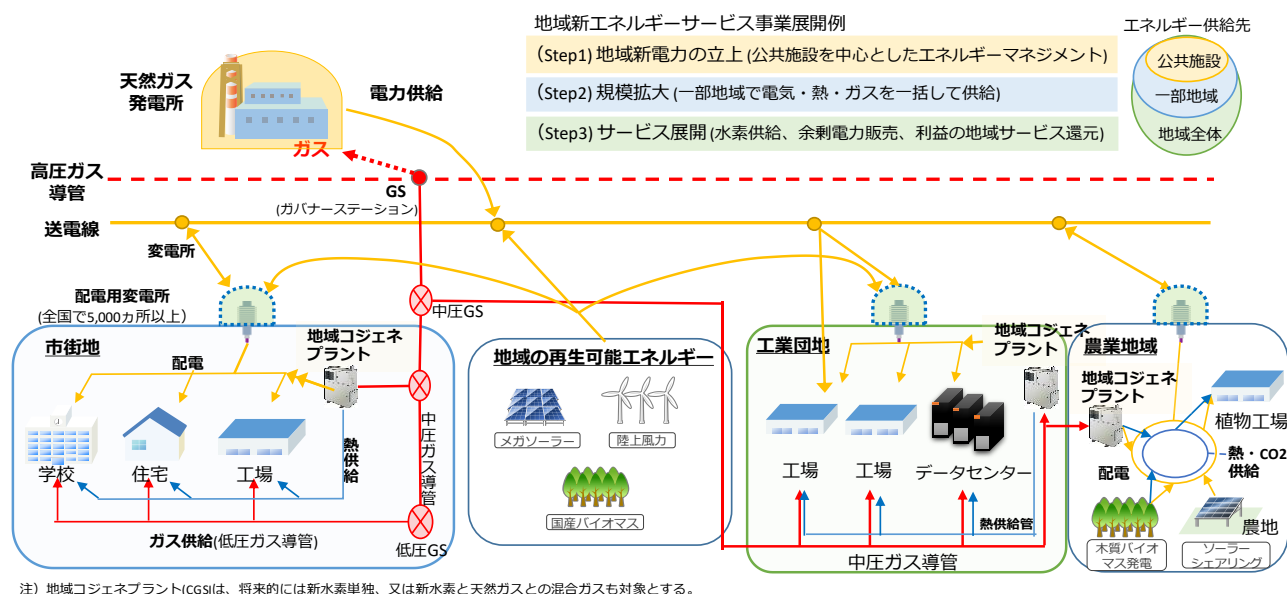


図 3-1-5 地域エネルギーサービス事業のイメージ

(5) 暮らしの質向上

エネルギー料金の低減により国民負担が軽減されると、経済活動が活発になるだけでなく、国民の暮らしの質にも効果がある。

例えば、エネルギー料金の低減により浮いたコストを効率的な燃料電池、太陽光発電設備、蓄電池などの創エネ・蓄エネ機器の導入に回し、地域エネルギーサービス事業者が宅内の需給管理を自動制御するようなエネルギーマネジメントサービスを提供することで、需要家は最も安価なエネルギー料金、かつ常に快適な温度で過ごすことが可能になる。

(6) ガス事業の再編強化

ガス市場の統合により、エネルギー業界での合従連衡が進み、総合力のあるエネルギー企業体による効率的なエネルギー調達によりエネルギーコストがさらに低減する可能性もある。

総合力のあるエネルギー企業のバックサポートを受けて、(4) で詳述した地域エネルギーサービス事業者は再生可能エネルギーを大胆に導入することも可能になるため、再生可能エネルギーのさらなる普及にもつながる。

本節では、具体的な整備プロジェクトを設定し、基幹ガスパイプラインの整備によって得られる効果をより詳細に評価する。

本研究では、北海道から三大都市圏に位置する LNG 基地及び既存の基幹ガスパイプラインを接続するように高圧ガスパイプラインを整備するプロジェクトを想定する。



(2) 基幹ガスパイプライン整備による効果

基幹ガスパイプラインを整備した際に得られる主な効果を下記フローにて整理した。

基幹ガスパイプラインを整備することにより、①LNG 基地間の広域接続と②ガスパイプライン供給エリアの拡大が実現する。

①LNG 基地間の広域接続は、国内ガス市場の統合をもたらしエネルギーコストの低減に貢献するとともに、先述した供給ルートのネットワーク化によるレジリエンス機能の強化へも大きく寄与する。

一方、②ガスパイプライン供給エリアの拡大は、重油を利用している工場、石油/石炭発電所の燃料転換を促進し、結果としてエネルギーコスト、温室効果ガスの削減が期待できる。また、エネルギーコストの低減により発電所・データセンター等の産業誘致を行えるようになることでの地域活性化効果、調整機能を担う天然ガス火力発電所の立地促進に伴ってさらなる再生可能エネルギーの導入促進効果などが波及効果として挙げられる。

なお、図表中に黄色でハイライトしている項目は、次節以降で実施する費用便益分析において分析する項目である。

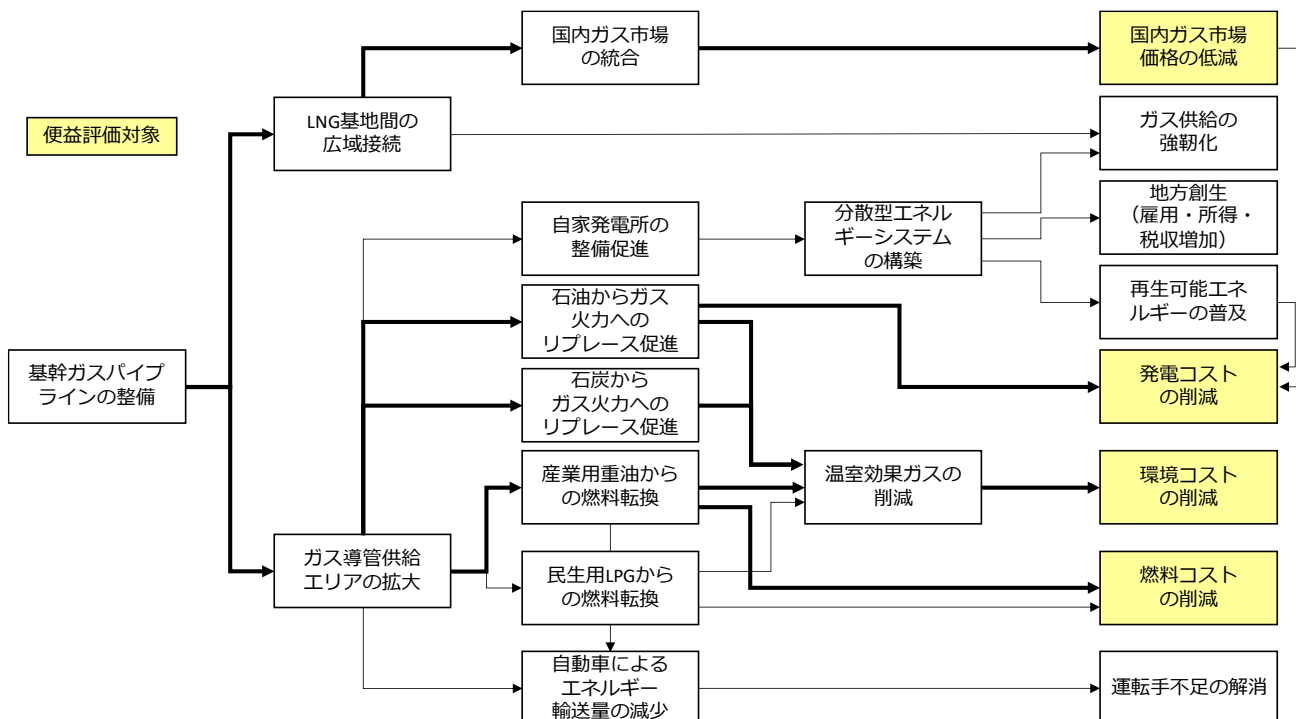


図 3-2-2 基幹ガスパイプラインの整備効果

(3) 整備効果の定量評価：前提条件

整備効果を定量的に評価するため、想定したプロジェクトに関する定量的な分析を実施する。本分析では、プロジェクトの実施有無それぞれに対して、一定期間の社会全体で発生する便益額、費用額を算定し、便益、費用の増分を比較することにより分析・評価を行う。プロジェクトの実施前と実施後の条件は下記の通りである。

- プロジェクト実施なし
 - 評価期間中、追加的な高圧ガスパイプラインの整備は行わない。
 - ガス小売価格は、事業者ごと（＝港湾ごと）で異なる（現在と同様）
 - 各需要家の熱源（都市ガス/LP ガス/重油 A 等）は現時点と同様
- プロジェクト実施あり
 - 想定したプロジェクトのエリアに対して、LNG 基地間を接続する全長 2,500km の高圧ガスパイプラインを整備する。
 - ガス小売価格は、LNG 基地の接続により市場が統合され、一定程度低下すると仮定する。（低減する考え方については後述）
 - 家庭用・業務用について、LPG から都市ガスへの転換は仮定しない。
 - 重油 A を使用している産業用の需要家のうち、一定割合（50%^{*1}）が重油 A から都市ガスに転換すると仮定する。
 - 発電用については、1,600 万 kW 相当の高効率火力が既存の石炭/石油電源に代わり新設されると仮定する。

^{*1} 転換比率については、北近畿エネルギーセキュリティ・インフラ整備研究会で実施されたアンケート結果に基づき 50%と設定

(4) 整備効果の定量評価：評価方法

今回の費用便益分析において評価する便益項目は、①国内ガス価格の低減、②発電コストの削減、③燃料コストの削減、④環境コストの削減の4項目である。以下、各項目の算定方法及び算定に用いたデータ諸元を示す。

① 国内ガス価格の低減

基幹ガスパイプラインの整備によって、接続されたエリア内のLNG原料のうち、対象エリアの平均原料価格よりも高い原料の価格が平均価格相当まで低減し、さらに当該低減分がすべて消費者へ還元されると仮定して評価する。

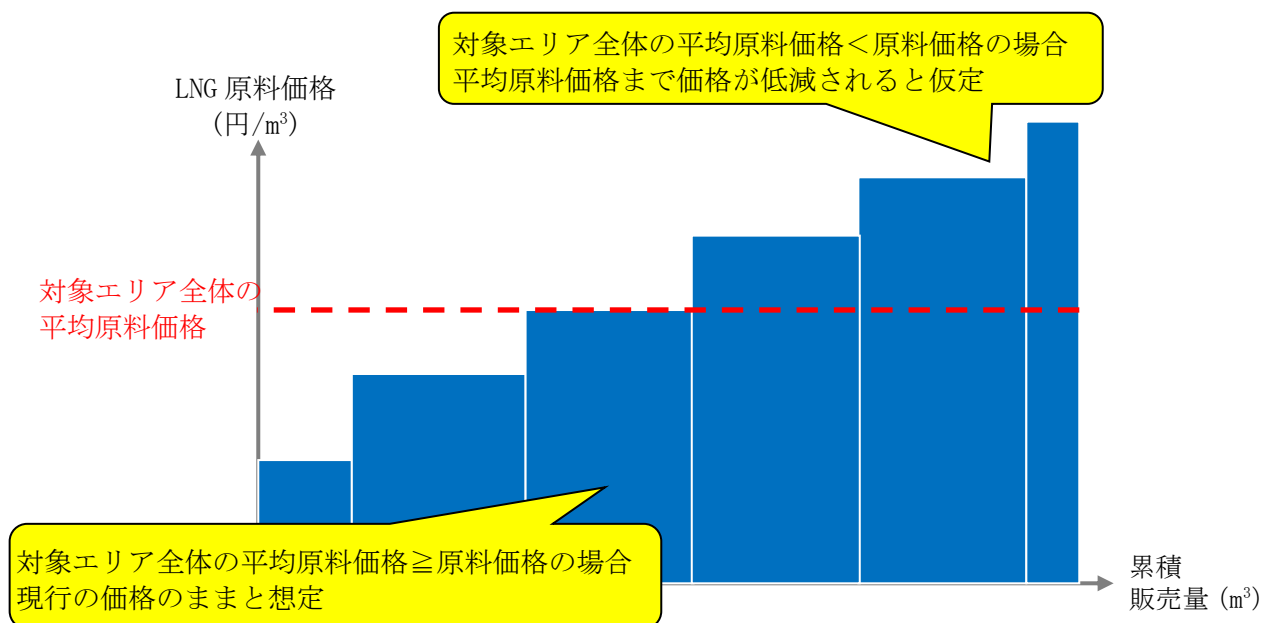


図 3-2-3 国内ガス価格の低減イメージ

公開情報では事業者単位の原料価格情報を取得することが困難であることから、本研究では貿易統計で取得可能な港湾単位の価格情報に基づき算定する。下記に示した通り、本項目による便益は約 300 億円/年となる。

表 3-2-1 国内ガス価格の低減効果の便益

エリア ^{*1}	販売量 ^{*2} (百万 m ³ /年)	燃料平均価格 (円/m ³)	広域接続前 の燃料価格 (百万円/年)	広域接続後 の燃料価格 ^{*3} (百万円/年)	便益効果 (百万円/年)
石狩	884	50.2	44,336	41,269	3,067
八戸	400	51.9	20,765	18,679	2,086
仙台塩釜	1,289	47.3	60,935	60,221	714
直江津	2,945	47.6	140,054	137,564	2,490
新潟	4,449	44.9	199,704	199,704	0
横浜	4,799	45.4	217,861	217,861	0
川崎	14,507	47.2	685,371	677,571	7,800
千葉	12,183	46.9	571,423	569,034	2,389
木更津	12,034	46.5	559,703	559,703	0
日立	795	46.2	36,735	36,735	0
相馬	296	48.9	14,503	13,843	660
清水	1,456	49.1	71,546	68,019	3,528
四日市	6,464	47.2	304,858	301,941	2,917
名古屋	9,138	45.7	417,895	417,895	0
堺	10,856	46.4	503,963	503,963	0
伏木（富山新港）	155	43.6	6,746	6,746	0
姫路	8,247	48.2	397,518	385,182	12,336
合計	85,378	46.7	3,987,827	3,958,197	29,630

^{*1} エリアとは貿易統計で規定する港湾官署を指す。

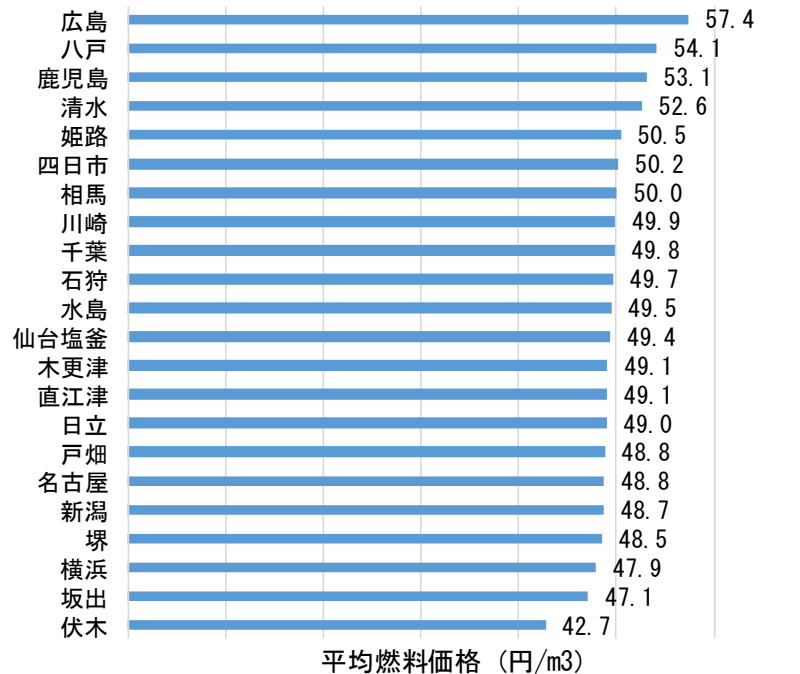
^{*2} LNG 1t = 天然ガス 1,220m³ で換算。いずれの数値も 2018 年の数値。

^{*3} 港湾の燃料平均価格が対象エリア全体の燃料平均価格よりも高い場合、それぞれの販売量に対象エリア全体の燃料平均価格を乗じて算出。それ以外は変化なし。

出所：貿易統計等に基づき事務局作成

<参考>

2018 年度における前項の港湾ごとの LNG 輸入価格を比較すると最大 34%の価格差が生じており、基幹エネルギーインフラを整備することで国内の LNG 基地及び需要地が接続され、市場活性化や国内卸価格の低減の可能性がある。

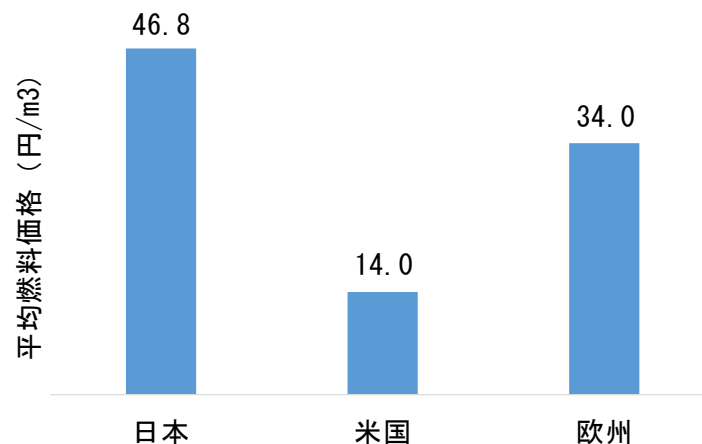


*LNG1t=天然ガス 1,220m³ で換算

出所：貿易統計（2018 年度）を基に事務局作成

図 3-2-4 港湾別の LNG 輸入価格（2018 年度）

また、わが国の LNG 価格は米国、欧州と比較すると高い価格水準にあるが、卸市場の規模拡大に伴い、国内需要家のガス輸入における価格交渉が進めやすくなり、輸入価格が低減することも期待される。



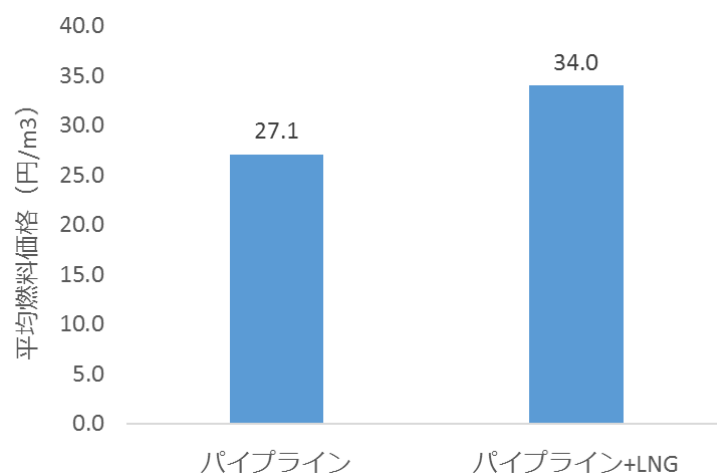
日本：LNG 輸入 CIF 価格。米国：ヘンリーハブスポット価格。欧州：オランダ Title Transfer Facility (TTF) 価格

出所：世界銀行公表資料（2018 年）を事務局が日本円に換算

図 3-2-5 日本・米国・欧州の天然ガスの平均価格（2018 年）

欧州ではロシアからパイプラインにて供給されるガスと、各国の LNG 基地より供給される LNG 由来のガスの 2 種類が存在するが、2018 年の実績を見ると、下図に示す通り、欧州市場全体の価格（LNG 由来ガスとパイプライン経由のガスとの平均価格）に比べて、パイプライン経由のガスの価格の方が 20%程低廉であることがわかる。

こうした点からも、パイプライン整備が価格低減に大きく貢献すると考えられる。



出所：世界銀行公表資料（2018 年）、ガスプロムウェブサイトを事務局が日本円に換算

図 3-2-6 欧州市場における供給手段別のガス価格（2018 年）

② 発電コストの削減

わが国における既存の石炭/石油火力発電所のうち、1,600 万 kW は 2030 年までに耐用年数 40 年を迎え、リプレース、大規模修繕など何らかの老朽化対策が必要になると考えられる。本研究では、これらの発電所は設備更新に伴い、天然ガス火力発電所へ転換されると仮定した。転換対象となる発電所は下記の通りである。

表 3-2-2 天然ガス火力発電所への転換を仮定する既存の石炭火力発電所一覧

発電方式	区分	運営事業者名	所管 電力会社	発電所名	号 機	発電 容量 (万 kW)	運転 開始	運転 停止
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	砂川	3	12.5	1977	2017
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	苫東厚真	1	35.0	1980	2020
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	砂川	4	12.5	1982	2022
専焼	IPP	常磐共同火力	東京	勿来	8	60.0	1983	2023
石炭、重油 混焼	IPP	常磐共同火力	東京	勿来	9	60.0	1983	2023
専焼	IPP	酒田共同火力	東北	酒田共同	1	35.0	1984	2024
石炭、重油 専混焼	一般電力	北陸電力	北陸	富山新港	1	25.0	1984	2024
石炭、重油 専混焼	一般電力	北陸電力	北陸	富山新港	2	25.0	1984	2024
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	苫東厚真	2	60.0	1985	2025
—	PPS	日本製紙	北海道	釧路工場 自家発電用タービン 7 基		10.0	1986	2026
発電容量合計						335.0		

出所：各種情報に基づき事務局作成

表 3-2-3 天然ガス火力発電所への転換を仮定する既存の石油火力発電所一覧

発電方式	区分	運営事業者名	所管 電力会社	発電所名	号機	発電 容量 (万 kW)	運転 開始	運転 停止
専焼	一般電力	中部電力	中部	尾鷲三田	1	37.5	1964	2018
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	伊達	1	35.0	1978	2018
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	音別ガスタービン	1	7.4	1978	2018
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	音別ガスタービン	2	7.4	1978	2018
専焼	一般電力	北陸電力	北陸	福井	三国 1	25.0	1978	2018
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	伊達	2	35.0	1980	2020
混焼	一般電力	東北電力	東北	秋田	4	60.0	1980	2020
混焼	一般電力	東京電力	東京	広野	1	60.0	1980	2020
混焼	一般電力	東京電力	東京	広野	2	60.0	1980	2020
混焼	一般電力	中部電力	中部	渥美	3	70.0	1981	2021
混焼	一般電力	中部電力	中部	渥美	4	70.0	1981	2021
専焼	一般電力	北陸電力	北陸	富山新港	2	50.0	1981	2021
混焼	一般電力	関西電力	関西	相生	1	37.5	1982	2022
混焼	一般電力	関西電力	関西	相生	2	37.5	1982	2022
混焼	IPP	鹿島共同	東京	鹿島共同	3	35.0	1982	2022
混焼	IPP	鹿島共同	東京	鹿島共同	4	35.0	1982	2022
専焼	一般電力	北海道電力	北海道	知内	1	35.0	1983	2023
混焼	一般電力	関西電力	関西	相生	3	37.5	1983	2023
混焼	一般電力	関西電力	関西	御坊	1	60.0	1984	2024
混焼	一般電力	関西電力	関西	御坊	2	60.0	1984	2024
混焼	一般電力	関西電力	関西	御坊	3	60.0	1985	2025
専焼、混焼	一般電力	中部電力	中部	尾鷲三田	3	50.0	1987	2018
専焼	一般電力	関西電力	関西	赤穂	1	60.0	1987	2027
専焼	一般電力	関西電力	関西	赤穂	2	60.0	1987	2027
混焼	一般電力	東京電力	東京	広野	3	100.0	1989	2029
専焼	一般電力	関西電力	関西	宮津エネルギー発電所	1	37.5	1989	2029
専焼	一般電力	関西電力	関西	宮津エネルギー発電所	2	37.5	1989	2029
発電容量合計						1259.8		

出所：各種情報に基づき事務局作成

各電源種の発電コスト単価については、政府が公表した数値を使用する。

表 3-2-4 各電源種の発電コスト単価

電源	発電コスト	CO ₂ 対策費*	発電コスト (除：CO ₂ 対策費)
石炭	12.3 円/kWh	3.0 円/kWh	9.3 円/kWh
石油	30.6 円/kWh	2.5 円/kWh	28.1 円/kWh
天然ガス	13.7 円/kWh	1.3 円/kWh	12.4 円/kWh

* CO₂策削減効果を別途試算するため、発電コストの減少効果の計算対象から CO₂対策費を除外した。

出所：長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告を基に事務局作成

上記情報に基づき算定した結果、②発電コストの削減により得られる便益は約 1,200 億円/年となる。

なお、既存火力発電所から天然ガス火力発電所への転換効果については、基幹ガスパイプラインの整備に加え、天然ガス火力発電所を建設したことにより発生するものと考えられることから、本研究においてはそれぞれの事業コストの比率に応じて便益を案分して算定を行った。

$$\begin{aligned}
 & \text{便益 (円/年)} = 1,170 \text{ (億円)} \\
 & = \left(\begin{array}{l} \text{石炭発電量 (kWh/年)} \\ 205 \text{ (億 kWh)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{稼働率 70\%と仮定} \\ \left(\begin{array}{l} \text{石炭発電コスト (円/kWh)} \\ 9.3 \text{ (円/kWh)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{天然ガス発電コスト (円/kWh)} \\ 12.4 \text{ (円/kWh)} \end{array} \right) \end{array} \right) \\
 & + \left(\begin{array}{l} \text{石油発電量 (kWh/年)} \\ 220 \text{ (億 kWh)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{稼働率 20\%と仮定} \\ \left(\begin{array}{l} \text{石油発電コスト (円/kWh)} \\ 28.1 \text{ (円/kWh)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{天然ガス発電コスト (円/kWh)} \\ 12.4 \text{ (円/kWh)} \end{array} \right) \end{array} \right) \\
 & \times \begin{array}{l} \text{事業投資比率} \\ 41\% \end{array} \\
 & \text{LNG 火力発電所の建設コスト (1.9 兆円) と} \\
 & \text{本事業コスト 1.3 兆円との案分により算出}
 \end{aligned}$$

図 3-2-7 発電コストの削減効果の便益

表 3-2-5 各種発電量の諸元

項目	単位	数値		備考
石炭発電所の発電量	億 kWh/年	205		$a \times b \times c \times d$
1. 発電容量	百万 kW	3	a	表 3-2-2 対象発電所 発電容量合計
2. 年間日数	日/年	365	b	
3. 時間	時/日	24	c	
4. 稼働率		70%	d	事務局仮定
石油発電所の発電量	億 kWh/年	220		$e \times f \times g \times h$
1. 発電容量	百万 kW	13	e	表 3-2-3 表 3-2-3 対象発電所 発電容量合計
2. 年間日数	日/年	365	f	
3. 時間	時/日	24	g	
4. 稼働率		20%	h	事務局仮定

出所：発電コスト検証ワーキンググループ（資源エネルギー庁 2015 年 5 月）を基に事務局作成

なお、既存の石油/石炭火力発電所から天然ガス火力発電所への転換によって創出される天然ガスの消費量は約 130 億 m³/年となる見込みである。

$$\begin{array}{c}
 \boxed{\begin{array}{c} \text{発電容量} \\ (\text{kW}) \\ 1,600 \\ (\text{万 kW}) \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{年間時間} \\ (\text{h/年}) \\ 8,760 \\ (\text{h}) \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{稼働率} \\ (\%) \\ 70 \\ (\%) \end{array}} \\
 \downarrow \\
 \boxed{\begin{array}{c} \text{発電量} \\ (\text{kWh/年}) \\ 980 \\ (\text{億 kWh}) \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{変換係数} \\ (\text{MJ/kWh}) \\ 3.6 \\ (\text{MJ/kWh}) \end{array}} \\
 = \frac{\quad}{\boxed{\begin{array}{c} \text{熱効率} \\ (\%) \\ 60 \\ (\%) \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{燃料発熱量} \\ (\text{MJ/m}^3) \\ 45 \\ (\text{MJ/m}^3) \end{array}}} \\
 \boxed{\begin{array}{c} \text{ガス需要} \\ (\text{m}^3/\text{年}) \\ 130 \\ (\text{億 m}^3/\text{年}) \end{array}}
 \end{array}$$

出所：発電コスト検証ワーキンググループ（資源エネルギー庁 2015 年 5 月）を参照

図 3-2-8 天然ガス火力発電所転換後のガス需要

表 3-2-6 各種発電量の諸元

項目	単位	数値		備考
ガス発電所の発電量	億 kWh/年	980		a×b×c×d
1. 発電容量	万 kW	1,600	a	2030 年までに廃止される老朽化石炭、石油火力発電所の合計
2. 年間日数	日/年	365	b	
3. 時間	時/日	24	c	
4. 稼働率		70%	d	事務局仮定
変換係数	MJ/kWh	3.6		発電コスト検証 WG
熱効率		60%		発電コスト検証 WG
燃料発熱量	MJ/m ³	45		発電コスト検証 WG

出所：発電コスト検証ワーキンググループ（資源エネルギー庁 2015 年 5 月）を基に事務局作成

③ 燃料コストの削減

基幹ガスパイプラインの整備により、重油 A を主燃料として使用している産業需要家が一定の比率で都市ガスに転換すると仮定し、転換によって得られる燃料コストの削減効果を便益として評価する。都市ガスへの転換比率については、北近畿エネルギーセキュリティ・インフラ整備研究会で実施されたアンケート結果に基づき 50%と設定した。算定した結果、得られる便益は約 1,000 億円/年であり、新規に創出されるガス需要は約 86 億 m³/年となった。

表 3-2-7 燃料コストの削減効果

エリア全体の
50%が
転換すると仮定

エリア	A 重油販売量 (GJ/年)	A 重油価格 (円/MJ)	都市ガス価格 (円/MJ)	広域接続前 の燃料価格 (百万円/年)	広域接続後 の燃料価格 (百万円/年)	便益効果 (百万円/年)
北海道	20,607,489	2.0	1.2	40,500	25,488	15,012
東北	24,343,056	1.9	1.2	46,694	30,108	16,586
関東	66,109,013	1.9	1.2	123,678	81,765	41,914
中部	22,323,932	1.9	1.2	41,635	27,611	14,024
近畿	17,283,114	1.9	1.2	32,504	21,376	11,128
合計	383,444,573	—	—	285,011	186,347	98,664

(参考) 86 億 m³/年

*A 重油販売量は都道府県別石油製品販売量、A 重油価格は石油製品価格調査を利用。熱量は 38.9MJ/L で換算

*都市ガス価格は全国の工業用平均価格 55.7 円/m³ (2018 年 ガス取引報) を標準熱量 45MJ/m³ で換算

*広域接続前の燃料価格は A 重油販売量に A 重油価格を乗じて算定

*広域接続後の燃料価格は A 重油販売量に都市ガス価格を乗じて算定

*便益効果は広域接続前の燃料価格と広域接続後の燃料価格の差で示した。

出所：各種資料に基づき事務局作成

④ 環境コストの削減

環境コストの削減効果については、発電用途、産業用途の2つに分けて算定を実施する。

発電用途については、既存の石油/石炭火力発電所から天然ガス火力発電所の転換によって得られるCO₂経済価値の削減分を便益として評価する。評価した結果、便益は460億円/年となった。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\begin{array}{c} \text{CO}_2 \text{削減効果} \\ \text{(円)} \\ 460 \\ \text{(億円/年)} \end{array}} = \left\{ \boxed{\begin{array}{c} \text{石炭電力発電量} \\ \text{(kWh/年)} \\ 205 \\ \text{(億 kWh/年)} \end{array}} \times \left(\boxed{\begin{array}{c} \text{石炭の CO}_2 \text{排出係数} \\ \text{(tCO}_2\text{/kWh)} \\ 0.80 \\ \text{(kgCO}_2\text{/kWh)} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{LNG の CO}_2 \text{排出係数} \\ \text{(tCO}_2\text{/kWh)} \\ 0.43 \\ \text{(kgCO}_2\text{/kWh)} \end{array}} \right) \\
 & + \boxed{\begin{array}{c} \text{石油電力発電量} \\ \text{(kWh/年)} \\ 220 \\ \text{(億 kWh/年)} \end{array}} \times \left(\boxed{\begin{array}{c} \text{石炭の CO}_2 \text{排出係数} \\ \text{(tCO}_2\text{/kWh)} \\ 0.66 \\ \text{(kgCO}_2\text{/kWh)} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{LNG の CO}_2 \text{排出係数} \\ \text{(tCO}_2\text{/kWh)} \\ 0.43 \\ \text{(kgCO}_2\text{/kWh)} \end{array}} \right) \Bigg\} \\
 & \times \boxed{\begin{array}{c} \text{CO}_2 \text{経済価値} \\ \text{(円/tCO}_2\text{)} \\ 2,890 \text{ (円/tCO}_2\text{)} \end{array}}
 \end{aligned}$$

公共事業評価の費用便益分析に関する
技術指針（共通編）（国交省）

出所：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧（環境省）等に基づき事務局作成

図 3-2-9 環境コストの削減効果（発電用途）

産業用途については、重油Aからの都市ガス転換によって得られるCO₂経済価値の削減分を便益として評価する。評価した結果、便益は220億円/年となった。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\begin{array}{c} \text{CO}_2 \text{削減効果} \\ \text{(円)} \\ 220 \\ \text{(億円/年)} \end{array}} = \left\{ \boxed{\begin{array}{c} \text{A 重油販売量} \\ \text{(GJ)} \\ 384,978,351 \\ \text{(GJ/年)} \end{array}} \times \left(\boxed{\begin{array}{c} \text{A 重油の CO}_2 \text{排出} \\ \text{係数 (tCO}_2\text{/GJ)} \\ 0.0693 \\ \text{(tCO}_2\text{/GJ)} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{LNG の CO}_2 \text{排出} \\ \text{係数 (tCO}_2\text{/GJ)} \\ 0.0495 \\ \text{(tCO}_2\text{/GJ)} \end{array}} \right) \right\} \\
 & \times \boxed{\begin{array}{c} \text{CO}_2 \text{経済価値} \\ \text{(円/tCO}_2\text{)} \\ 2,890 \\ \text{(円/tCO}_2\text{)} \end{array}}
 \end{aligned}$$

公共事業評価の費用便益分析に関
する技術指針（共通編）（国交省）

出所：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧（環境省）等に基づき事務局作成

図 3-2-10 環境コストの削減効果（産業用途）

次にプロジェクトに係る費用については、基幹ガスパイプラインの建設及び維持に係る費用に加え、産業需要家の創出にあたり必要となる低圧供給管の整備費用及び維持管理費用を対象とする。それぞれの費用の算定方法を下記に示す。

なお、本プロジェクトでは高速道路空間の活用を仮定し、基幹パイプラインの工事コスト単価として、15,000 円/インチ/m を採用する。また、低圧供給管の算定については、各 SA/PA を起点として 100km 程度を整備すると仮定して試算を実施する。

建設コスト (円)	=	敷設距離	×	工事コスト原単位 (円/インチ/m)	×	口径 (インチ)
1.35 (兆円)		2,500 (km)		15,000 (円/インチ/m)		36 (インチ)

維持管理コスト (円/年)	=	建設コスト (円)	×	1.0%
135 (億円)		1.35 (兆円)		

出所：各種資料に基づき事務局作成

図 3-2-11 プロジェクト費用の算定方法（基幹ガスパイプライン）

建設コスト (円)	=	SA/PA あたり 整備距離	×	SA/PA 拠点数	×	単位あたり 整備コスト
1,349 (億円)		100 (km/拠点)		281 (拠点) 今回の対象エリア における拠点数		4.8 (百万円/km) 東京ガス実績値

維持管理コスト (円/年)	=	建設コスト (円)	×	1.0%
13.5 (億円)		1,349 (億円)		

出所：各種資料に基づき事務局作成

図 3-2-12 プロジェクト費用の算定方法（低圧供給管）

各項目の金額を整理したものを下記に示す。

表 3-2-8 費用便益項目の考え方と試算結果

項目			単位	金額	考え方
便 益	国内ガス市場価格の低減効果		億円/年	300	- 現在の LNG 輸入価格の平均値を基準にこれ以上の輸入価格は、平均価格※に収斂すると仮定 - 港湾別輸入価格のうち、平均燃料価格を超える港湾の燃料価格が平均燃料価格 46.7 円まで低減すると仮定し試算 ※実際には統合効果により現在の平均価格よりも低下することが予想されるため、実際に得られる効果はより大きくなると考えられる。
	発電コストの削減効果		億円/年	1,200	- 石炭/石油火力からガス火力への転換を仮定し、発電所のリプレースに伴う発電コストの減少分を便益として評価。 - リプレース対象は、対象エリアにおいて 2030 年までに稼働年数 40 年を迎える石油・石炭火力発電所合計 1,600 万 kW - 発電コスト減少は、燃料コスト減、資本コスト減、国内ガス輸送コスト減等の合計をいう。 - 資源エネルギー庁の発電コスト分析の検証手法及び結果に準拠して今回の調査の前提に合わせる。 - 国内ガス市場価格の低減効果による便益は含まない。
	燃料コストの削減効果	産業用	億円/年	1,000	- A 重油からガス転換した場合に発生する燃料コストの減少分を便益として評価。 - 発電用のガス燃料の国内輸送コストの減少は発電コスト減少に含む。 - 国内ガス市場価格の低減効果による便益は含まない。
	環境コストの削減効果	発電用	億円/年	460	石炭/石油火力からガス火力への転換を仮定し、発電所のリプレースに伴う CO₂ の削減量を金銭価値に換算。
		産業用	億円/年	220	A 重油からガス転換した場合に発生する CO₂ の削減量を金銭価値に換算。
費 用	建設コスト		億円	14,800	- 工事コスト原単位を 15,000（円/インチ/m）、管径 36（インチ）。 2,500km の整備を仮定。 - その他低圧供給管の整備コストも含む。
	維持管理コスト		億円/年	148	建設費用の 1.0%

(5) 整備効果の定量評価：評価結果

前項で示した費用便益項目に基づき、評価年数 40 年、社会的割引率 4%で費用便益分析を実施した結果、B/C は 3.58 となり、計測可能な短期的な直接便益のみの評価でも費用便益比は 1 を大きく超える結果となった。また、合わせて事業年数 20 年、託送料金単価 5.0 円/m³ として事業性評価を実施したところ、IRR は 2.5%となった。

表 3-2-9 整備効果の分析結果

費用便益分析結果

項目	単位	金額
便益	億円/年	3,200
費用 (イニシャル)	億円	14,800
費用 (ランニング)	億円/年	148
便益の現在価値	億円	63,300
費用の現在価値	億円	17,700
費用便益比 (B/C)		3.58

事業採算性結果

項目	単位	金額
収入	億円/年	1,100
託送料金単価	円/m ³	5.0
ガス需要	億 m ³ /年	216
発電用	億 m ³ /年	130
産業用	億 m ³ /年	86
費用 (イニシャル)	億円	14,800
費用 (ランニング)	億円/年	148
内部収益率(IRR)		2.5%
(参考) 再エネ事業の適正 IRR		5%

基幹ガスパイプラインを整備したことによる CO₂ 排出量の削減効果を表 3-2-10 に示す。石油・石炭発電所からの燃料転換による効果大きい、産業用の重油からの転換効果も一定程度見込むことができる。

表 3-2-10 CO ₂ 排出量の削減効果			(参考)		
広域整備により得られる CO ₂ 削減量 (百万 t)			エネルギー起源 CO ₂ の排出量 (百万 t)		
ガス	発電用	15.8		排出量	2013 年度比
	産業用	7.6			
合計		23.4	2030 年度目標	927	▲25%
			2013 年度	1,235	±0%

3-3 超電導直流送電網整備による効果

電力系統は基幹ガスパイプラインと異なり、現時点で一定程度広域的なインフラが整っている。一方、今後、主力電源として再生可能エネルギーの一層の導入が求められている情勢や国土強靱化への対応等を踏まえると、現在よりも高効率かつレジリエンス強化に資する基幹となる系統の強化・整備を検討すべきである。本プロジェクトでは中長期展望として、次世代技術である超電導直流送電（以下、SCDC と略記することもある。）技術を活用して整備を行った場合に得られる効果について説明する。

(1) 超電導直流送電の概要

超電導直流送電技術は、既存の技術と異なり、送電ロスが小さく、地中に整備するという特徴を有する。また、送電線を冷却するための設備を一定の間隔で設置する必要がある一方、直流かつ大容量な送電を低電圧ですることが可能であるため、高圧変電所の設置は不要となっている。

表 3-3-1 超電導直流送電と既存技術の比較

インフラ 種別	交流高圧送電	HVDC 送電 (直流高圧)	SCDC 送電 (超電導直流低圧)
送電 効率	× (約 6%)	○ (約 3%)	◎ (1%未満*) *冷却費込み
	—	変換ロスが少ない	変換ロス、電気抵抗ロスが少ない
設置 条件	架空線整備	架空線整備	地中線整備
	高圧変電所が必要	高圧変電所が必要	冷却ステーションが必要 高圧変電所は不要

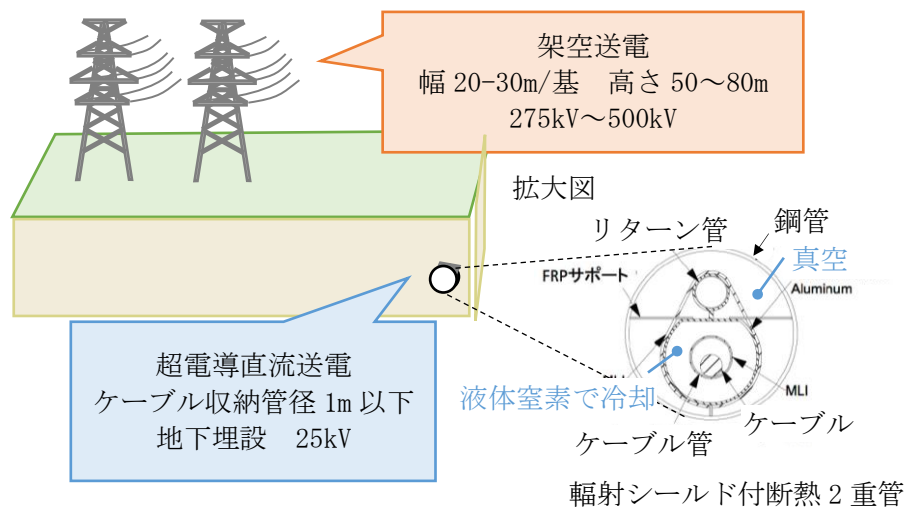


図 3-3-1 架空送電と超電導直流送電の配置イメージ

(2) 超電導直流送電網整備による効果

SCDC の整備効果を下記のようなフローにて整理した。黄色で着色した項目は SCDC の整備による項目、青色でハイライトした項目は SCDC に限らず系統増強により得られる整備効果と考えられる。

SCDC の送電ロス従来の 1/10 以下であること、図 3-3-3 で示すように、低電圧(DC±25kV)で大電力の送電が可能のため、高圧変電所群が不要になることから、送電網整備コストの低減が今後期待される。また、低電圧で大電力送電が可能のため、SCDC ケーブルが接続される配電変電所へのマージン容量が上がり、再生可能エネルギーの導入が容易になると同時に緊急時の供給が容易となる効果や、多端子送電が可能であることから、大規模な洋上風力から変換ロスなく需要地へ供給することなどが、SCDC による整備で可能になると考えられる。

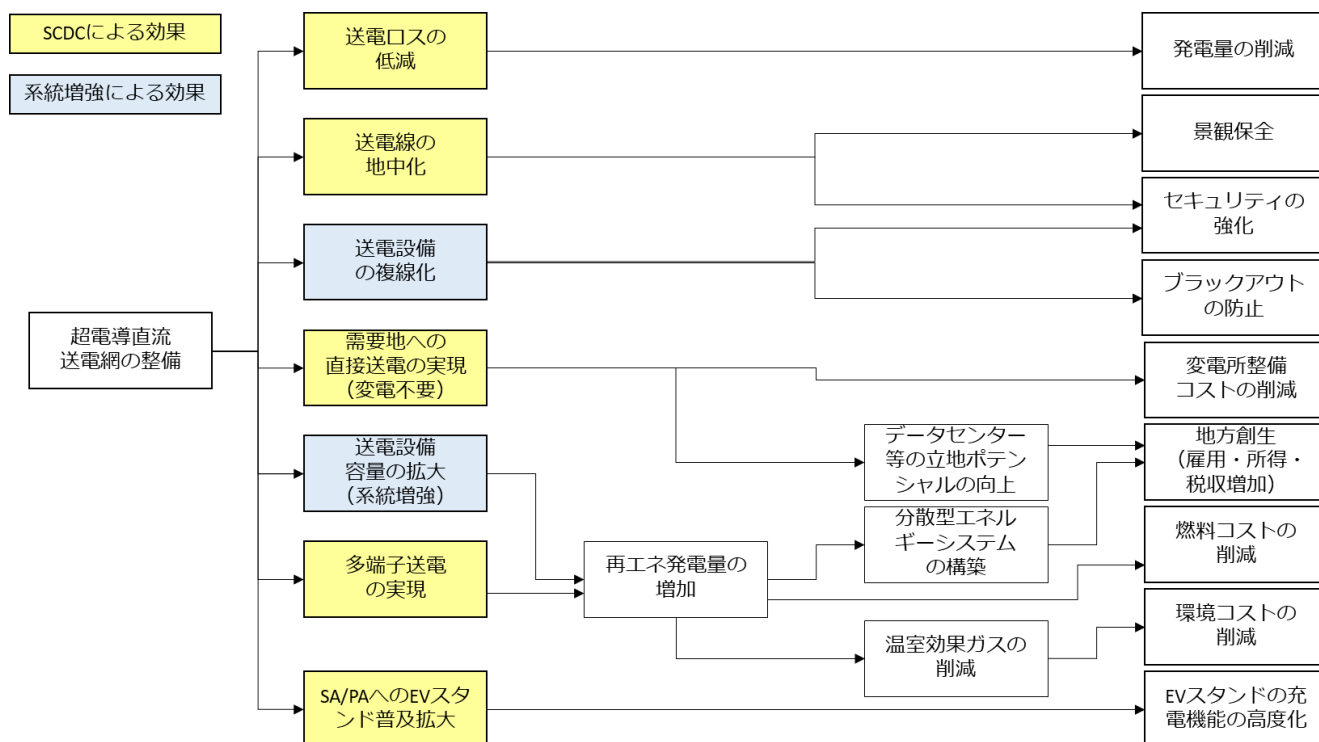
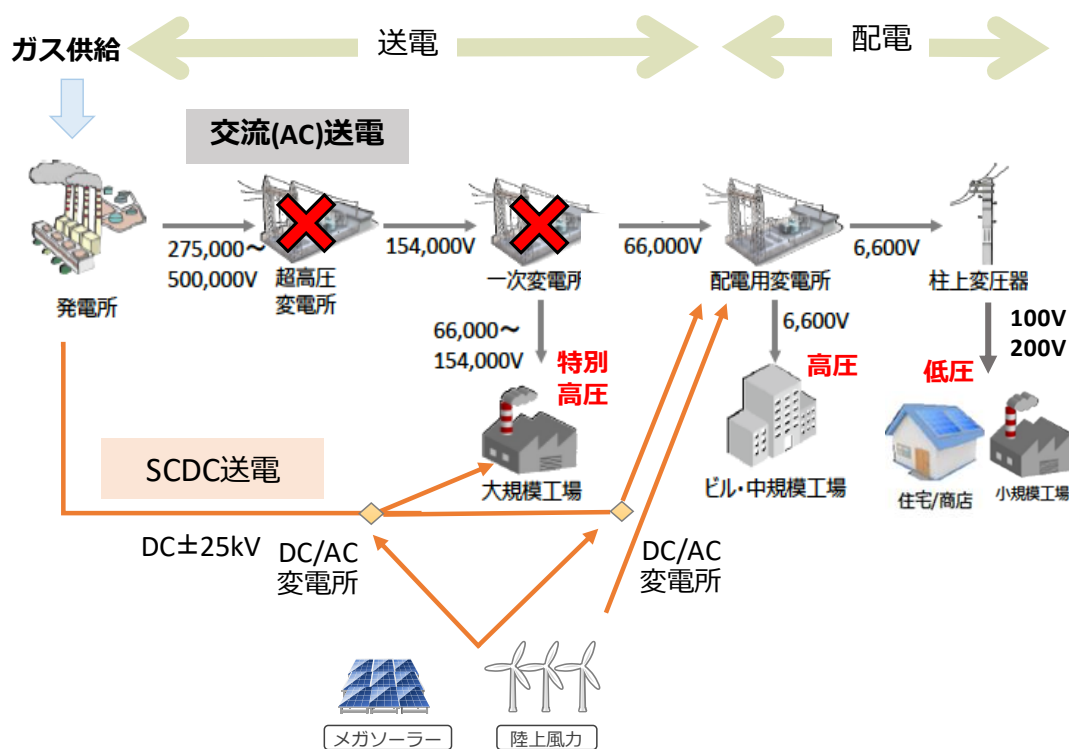


図 3-3-2 SCDC により期待される整備効果



出所：経済産業省 電力・ガス等取引監視等委員会資料を基に事務局で加筆

図 3-3-3 長距離送電能力の拡大と送電網の強化のイメージ

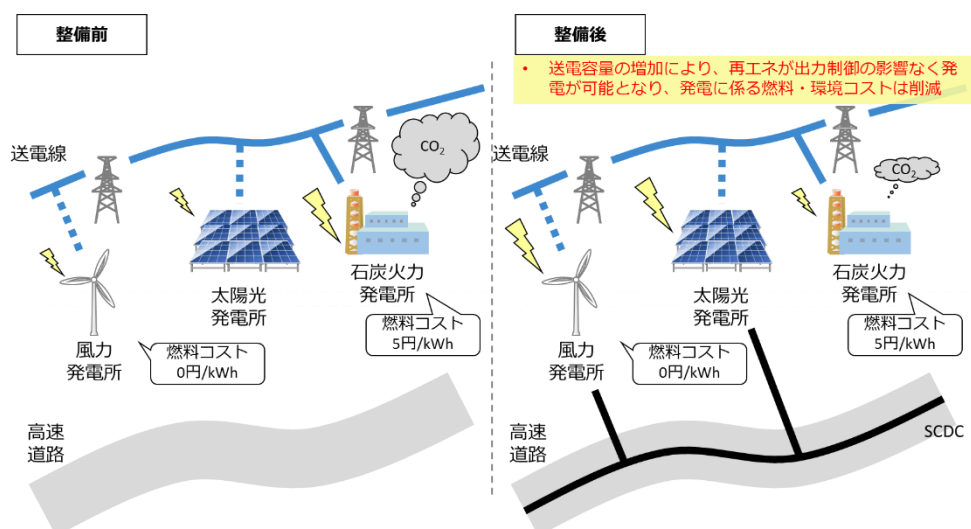


図 3-3-4 SCDC 整備による燃料・環境コストの削減イメージ

表 3-3-2 SCDC 整備により見込まれるその他効果

便益項目	便益項目の概要
既存変電所設備更新費用削減によるコスト低減効果	本送電網の整備により不要となる高圧変電所・高圧送電線の更新費用。
負荷遮断量の低減効果	負荷遮断量の低減による停電リスクの低下。
多端子送電による再生可能エネルギー導入促進効果	多端子送電により風力電源が増加することによる発電費用の押し下げ効果。
超電導送電線普及による将来の送電整備コスト低減効果	本送電網の整備に伴う汎用化により低減される超電導配電整備費用。
地域活性化効果	本整備によるマイクログリッドの醸成により得られる経済効果。
EV 普及効果	本整備により超高速の EV スタンドが高速道路の SA・PA などに設置され、EV の普及が加速的に進展した場合の効果。
データセンター誘致効果	本整備により沿線にデータセンターが誘致されることによって得られる経済効果。
景観保全効果	地下へ埋設することによる景観を保全する効果。
道路用地を利用して整備する場合に想定される社会的効果	低電圧のため、大型(高圧)変電所が不要なため、整備箇所の制約が少なく、道路沿いに設置しやすい。 低電圧のため沿線の再生可能エネルギー(RE)を受け入れやすく、日本国内の RE 導入に寄与しうる。

注) 効果には SCDC によらない系統増強の場合にも実現される効果も含む。

第4章 高速道路を活用した基幹エネルギーインフラの整備

本章では、エネルギーの流れと交通の流れの類似性、公共空間の多重利用、高速道路機能の高度化などの概念を基礎として、基幹エネルギーインフラを高速道路空間に設置して、迅速に整備することの有効性を示す。

4-1 エネルギーと人・物の流れの類似性

人や物の移動ネットワークを効率的に構成する手法は、あらゆる移動需要に適用され、次の手法となる。

- ①発生量（供給量）が多い、集中量（需要量）が多い拠点間は太い線（幹線）で結ぶ。
- ②発生量（供給量）が少ない、あるいは、集中量（需要量）が少ない拠点は幹線から枝分かれして細い線（支線）で結ぶ。

このネットワーク構造を図化すると、次のような概念図になる。

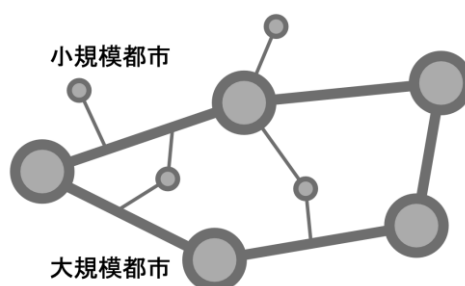
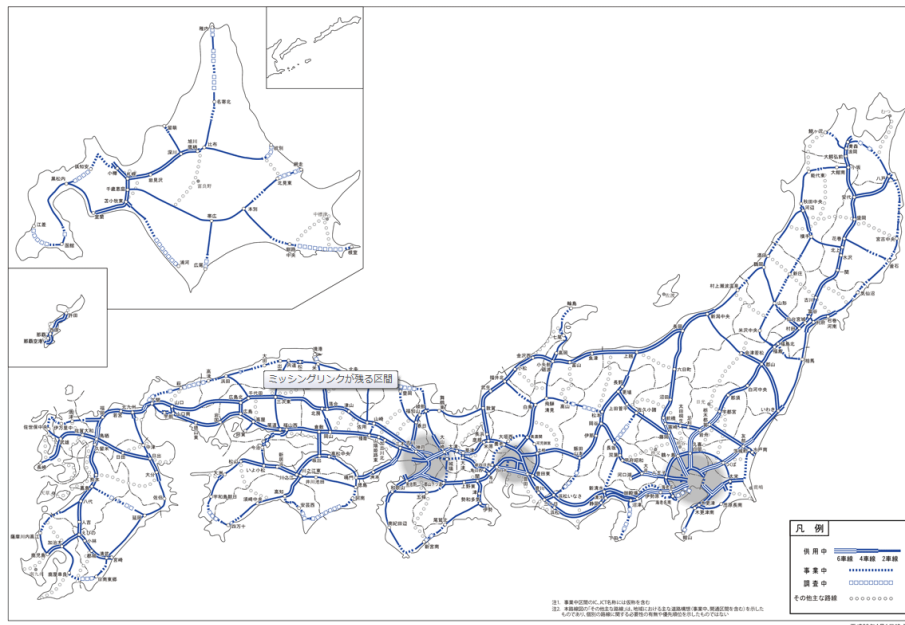


図 4-1-1 効率的な移動ネットワーク構造の概念

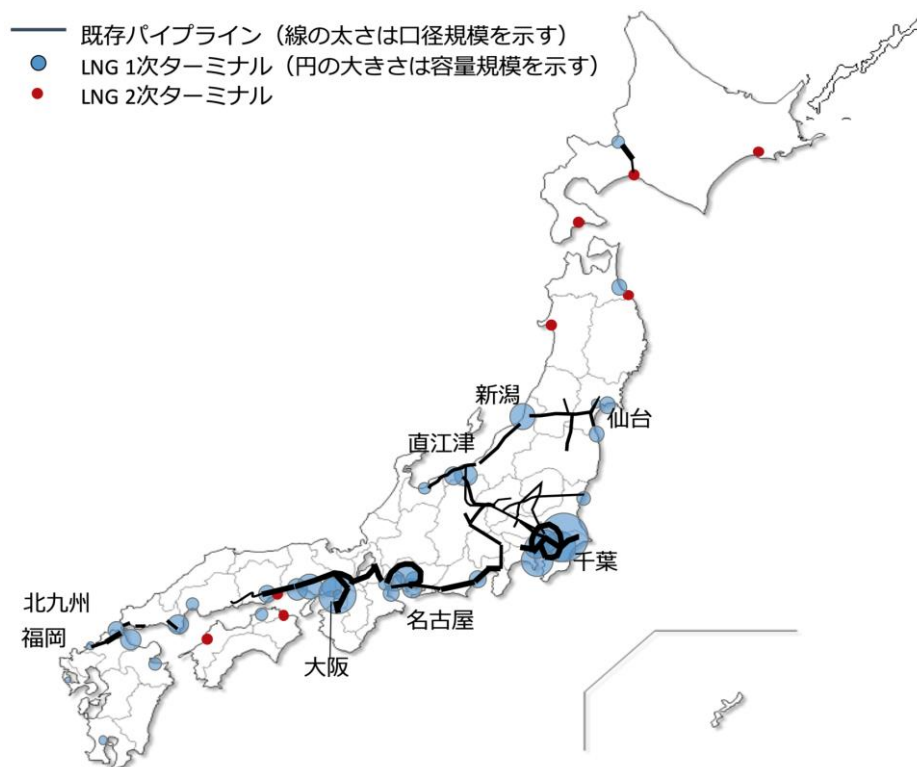
エネルギーの移動パターンは大規模都市に近接する大規模供給地から、大規模需要地である大都市に流れる。この流れのパターンは人や物の移動パターンと類似している。エネルギーが移動するネットワークを効率的に構成しようとするとその構造は交通が流れる道路ネットワークと同じ構造になり、同じルートを通ることになる。図 4-1-2 は長距離交通が流れる高規格幹線道路のネットワークであり、図 4-1-3 はガスが長距離に輸送されるガスパイプラインの既存ネットワークである。両者のネットワークは主要な都市を連絡するルートで構成されており、構造が類似している。



注1. 事業中区間のIC、JCT名には仮称を含む
 注2. 本路線図の「その他主な路線」は、地域における主な道路構想(事業中、開通区間を含む)を示したものであり、個別の路線に関する必要性の有無や優先順位を示したものではない。

出所：国土交通省

図 4-1-2 高規格幹線道路ネットワーク（計画を含む）



出所：各種資料より事務局作成

図 4-1-3 既設の幹線ガスパイプライン・ネットワーク

4-2 社会基盤として整備する必要性

個別事業体がそれぞれのネットワークを構築すると、ルートが重複する、個々の企業が排他的に利用するネットワーク形成される、互いに接続されずに連続したネットワークが形成されないなど、非効率なネットワークが形成される。このような非効率なネットワークの概念を図化すると、図 4-2-1 のようになる。

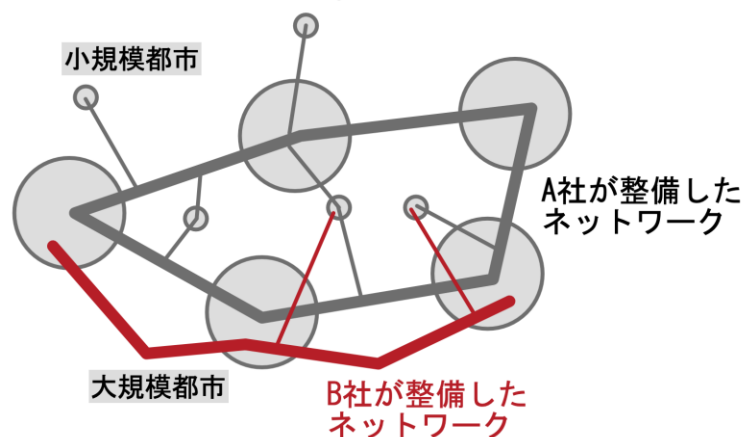


図 4-2-1 個別事業体が構築したそれぞれのネットワークの概念図

全国規模でネットワークが利用されるためには、全国規模で統一的に運用される社会基盤としての「基幹エネルギーインフラ」が必要である。図 4-2-2 にその概念図を示す。このように全国が連続した一つの体系のネットワークで結ばれると、例えば、青森市で投入されたエネルギーを東京都で取り出せるなど、「だれでも、いつでも、どこでも利用できる」ネットワークとなる。

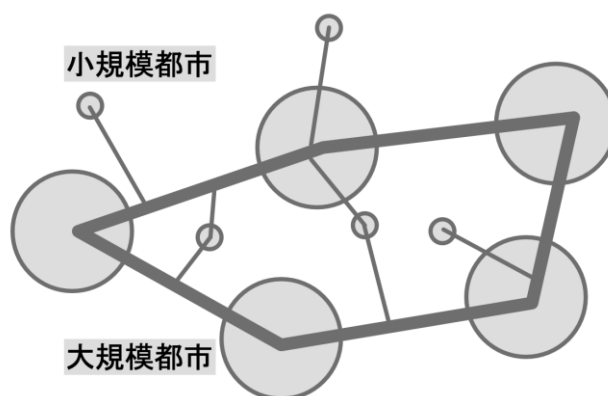
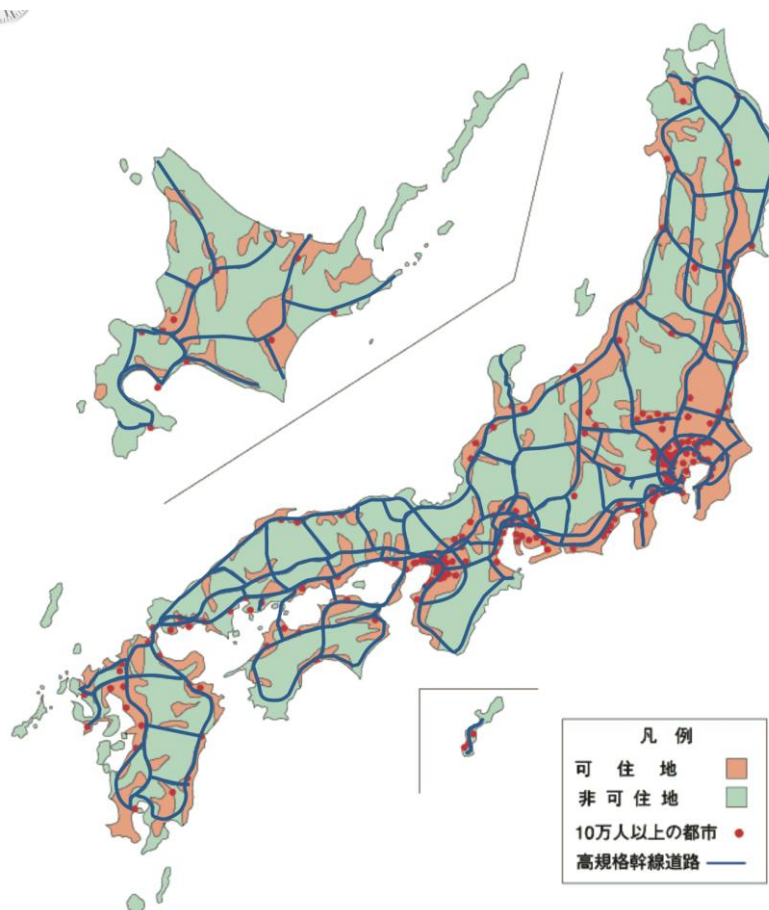


図 4-2-2 全国統一的に運用されるネットワーク

4-3 公共空間の多重利用の必要性

わが国では沿岸と山間に狭い平地が線状に分布しており、空間利用の制約が大きい。例えば、高速道路ネットワークを見ると、図 4-3-1 に示すように、狭い線状の可住地に沿って道路が配置されていることが分かる。



注) 可住地とは、林野と主要湖沼を除いた地域
 出所：高規格幹線道路は国土交通省の資料に基づく計画ルート
 出所：可住地の図は国土交通省作成

図 4-3-1 わが国の可住地の分布と高速道路の配置

図 4-3-2 は世界の主要国の可住地人口密度・可住地面積・道路空間多重利用の関係を表している。わが国、韓国、台湾は可住地が狭く、可住地人口密度が大きいことが特徴である。これらの国では、人工公物の活用により空間確保を図る政策を選択し、ガスパイプラインは道路空間の多重利用によって設置されている。道路空間の多重利用の実態はこれらの国では利用できる平地が狭いため、多くの公共施設の設置のために別々の空間を確保することが難しいことを示している。

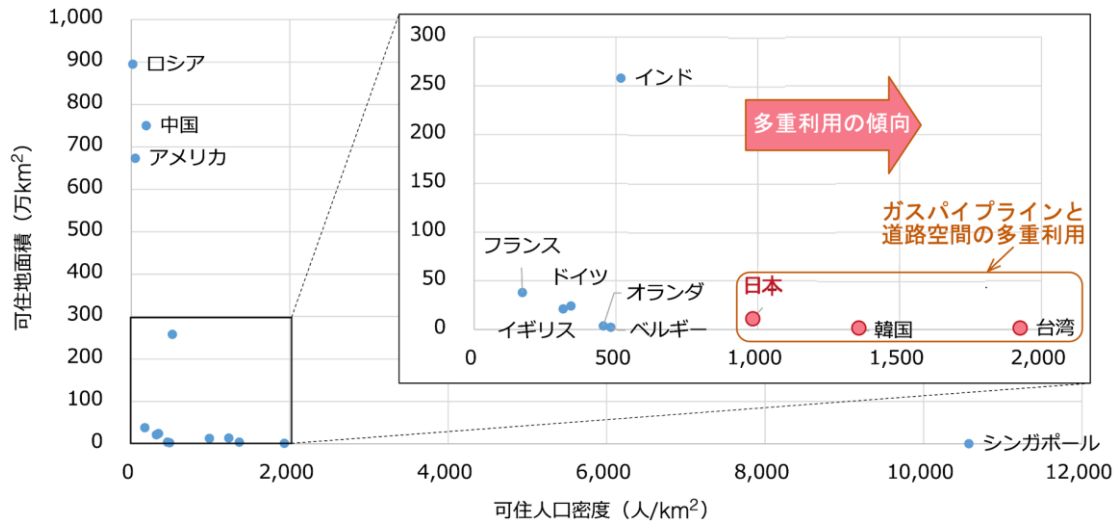


図 4-3-2 主要国の可住地面積・人口密度・道路空間多重利用の関係

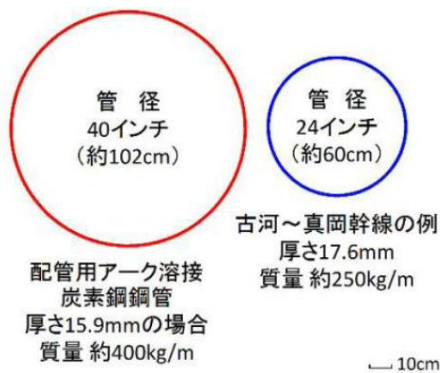
このため、新たに全国規模で線状に連続する公共施設を設置する場合は、既に公共空間が確保されている高速道路空間の多重利用が求められる。

4-4 高速道路空間を活用して早期に構築

(1) 設置を想定している基幹エネルギーインフラ施設のイメージ

① 幹線ガス管のイメージ

設置を想定している幹線ガス管は、図 4-4-1 (1) に示すような管径 40 インチ (約 102cm)、又は 24 インチ (約 60cm) を想定している。図 4-4-1 (2) は幹線ガス管のイメージである。



(1) 設置を想定している幹線ガス管の直径



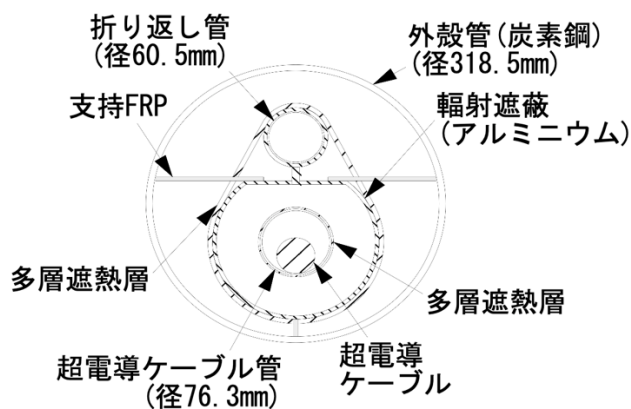
(2) 幹線ガス管のイメージ

出所：日鉄エンジニアリング(株)ウェブサイト

図 4-4-1 設置を想定している幹線ガス管

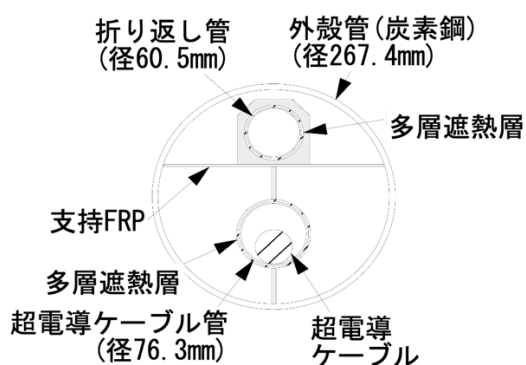
② 超電導直流送電線のイメージ

設置を想定している超電導直流送電線は、図 4-4-2 (1) に示すような管径 31.85cm、又は 26.74cm である。図 4-4-2 (2) には超電導直流送電線のイメージを示した。



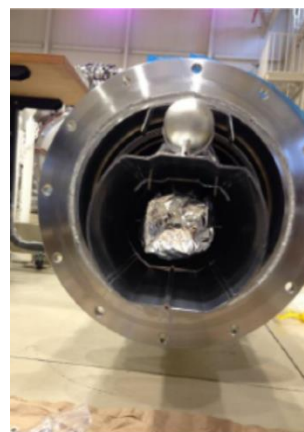
質量：約 79kg/m

(a) 輻射遮蔽あり



(b) 輻射遮蔽なし

(1) 超電導直流送電線の構造概念図



(2) 超電導直流送電線のイメージ

出所：「低炭素化社会のための 超伝導直流送配電システムの研究開発」、平成 23 年度～平成 27 年度
文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 研究成果報告書、平成 28 年 3 月、中部大学

図 4-4-2 設置を想定している超電導直流送電線

(2) 高速道路敷内に設置することの長所

想定している幹線ガス管や超電導直流送電線を設置する空間としては、民地、河川や海岸などの自然公物、鉄道路線、一般道路敷内、高速道路敷内が考えられる。それぞれの長所短所を以下に示す。

ア. 民地に設置する場合

長所：▶ 事業者が工事する場合の制約が小さい。

短所：▶ 土地購入費や地役権費などの多額の用地費が必要になる。

▶ 連続した空間の取得が難しい。

▶ 地権者との土地確保交渉に長期間を要する。

イ. 河川や海岸などの自然公物に設置する場合

長所：▶ 事業者が工事する場合の制約が小さい。

▶ 用地費が不要である。

短所：▶ エネルギーの供給地と需要地を連絡していない等、地理的に効率的な移送に不適である。

- ▶ 連続した空間の取得が難しい。
- ▶ 環境保全対策が難しい。

ウ．鉄道線路敷内に設置する場合

長所：▶ 全国をカバーする連続した空間が利用できる。

短所：▶ 鉄道線路の多くは民間資産であり、土地確保交渉に長期間を要する。

- ▶ 地役権費などの多額の用地費が必要になる。
- ▶ 構造上、軌道の下部にパイプラインを敷設することになり、コスト・安全上の課題が多い。

エ．一般道路敷内に設置する場合

長所：▶ 全国をカバーする連続した空間が利用できる。

- ▶ 占用料を支払うことになるが、土地購入費や地役権費に比較すると用地費が低額である。

短所：▶ 市街地を通過する延長割合³が大きく、道路に近接する住民が多い。このため、基幹エネルギーインフラ施設の設置についての合意形成に長期間を要する。

- ▶ 歩道に設置しようとする、歩道幅員が小さい場合や歩道下空間に他の占用物件が設置されている場合は設置に必要な空間が確保できない。
- ▶ 歩道がない道路延長割合⁴が大きく、大部分の区間は車道下に設置せざるを得ない。車道下に設置しようすると車道路面の掘り返しが必要になり、設置工事や維持管理の期間に交通渋滞などの社会費用が発生する。

オ．高速道路敷内に設置する場合

長所：▶ 全国をカバーする連続空間が利用できる。

- ▶ 占用料を支払うことになるが、土地購入費や地役権費に比較すると安価である。
- ▶ 盛土、切土などの車道部の外に設置工事が容易な空間を確保でき、車道路面を掘り返す必要がない。
- ▶ 道路に近接する住民が少ない。このため基幹エネルギーインフラ施設の設置について、沿道住民との合意が短期間に形成される。

短所：▶ 「車道下、路肩下、及び中央帯には設置しないものとする。ただし、地形の状況その他特別の理由によりやむを得ない場合であって、かつ保安上適切な措置を講ずる場合はこの限りではない。」と規定する技術指針⁵がある。このため、この指針に抵触しない設置方法を選ぶ。

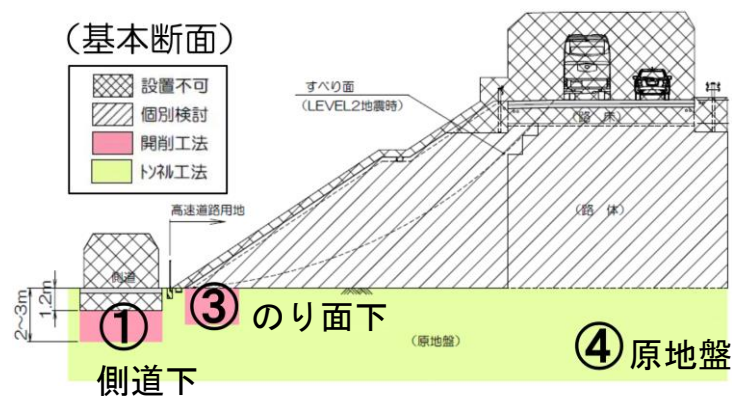
(3) 高速道路敷内に基幹エネルギーインフラを設置する位置のイメージ

上記の長所短所を考慮すると、高速道路敷内に設置することによって最も迅速かつ低額に幹線エネルギーインフラを整備することができると考えられる。高速道路敷内に基幹エネルギーインフラ設置する位置のイメージ例を図 4-4-3 に示す。

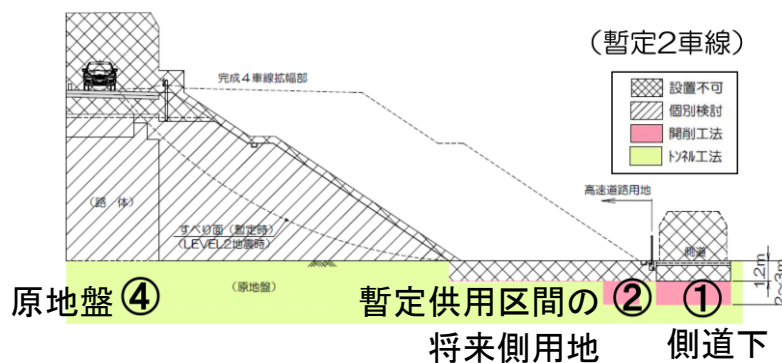
³ 一般国道（直轄）の市街地通過延長割合は 31% である。出所：国土交通省

⁴ 一般国道（直轄）の歩道がない延長割合は 27% である。出所：国土交通省

⁵ ガスパイプライン技術指針暫定報告書、平成 6 年 3 月、鉾山保安技術検討委員会 パイプライン保安技術部会



(1) 盛土区間の場合



(2) 暫定2車線区間の場合

出所：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報告書、平成 29 年 6 月、一般財団法人 国土技術研究センター、株式会社 国土ガスハイウェイ

図 4-4-3 基幹エネルギーインフラ設置位置の例

4-5 高速道路空間への配置イメージ

(1) 幹線ガスパイプラインの各種施設の配置イメージ

前節において幹線エネルギーインフラは高速道路敷内に設置することが望ましいことを示した。そこで、高速道路敷内に関連する各種施設の配置についてのイメージを示す。

① ガスパイプラインの各種施設と高速道路の位置関係

幹線ガスパイプラインの本線に支線ガス管が接続する箇所では、ガスの流れを遮断するバルブステーション、ガスの圧力を調整するガバナステーションが設置される。これら 2 つの施設を合わせて、以後は接続施設と呼ぶ。

幹線ガスパイプラインの本線は高速道路本線に沿って配置され、接続施設は通常はサービスエリア・パーキングエリア、インターチェンジ、バス停などの高速道路の外の地域に連絡する一般道路が存在する箇所に設置される。これらの位置に設置された接続施設を経由して支線ガス管が伸び、支線ガス管が一般道路を通して沿道地域にガスを供給する。

高速道路の単路部においては高速道路に接する側道が存在する場合もあるが、多くの場合は接する一般道路がない。高速道路の単路部において支線ガス管を接続する要望がある場合は、高速道路から最寄りの一般道路に至るルート上の用地を購入、あるいは地役権を設定するなどによってガス管、及び接続

施設の設置空間を確保する。

接続施設を設置する空間については、サービスエリア・パーキングエリア、インターチェンジにおいては道路区域、あるいはそれに直接連絡する民地に確保できる場合が多いと考えられる。バス停や単路部においては高速道路敷内に設置空間を確保できない場合が多いと考えられ、付近の民地に設置空間を確保することになり、設置空間確保に工夫を要する。

図 4-5-1 にガスパイプラインと接続施設の配置についての全体概念図、図 4-5-2 に各種の接続位置における主要施設の配置概念図を示す。また、各種の接続位置の特徴を表 4-5-1 に示す。



図 4-5-1 幹線ガスパイプラインの接続施設配置についての全体概念図

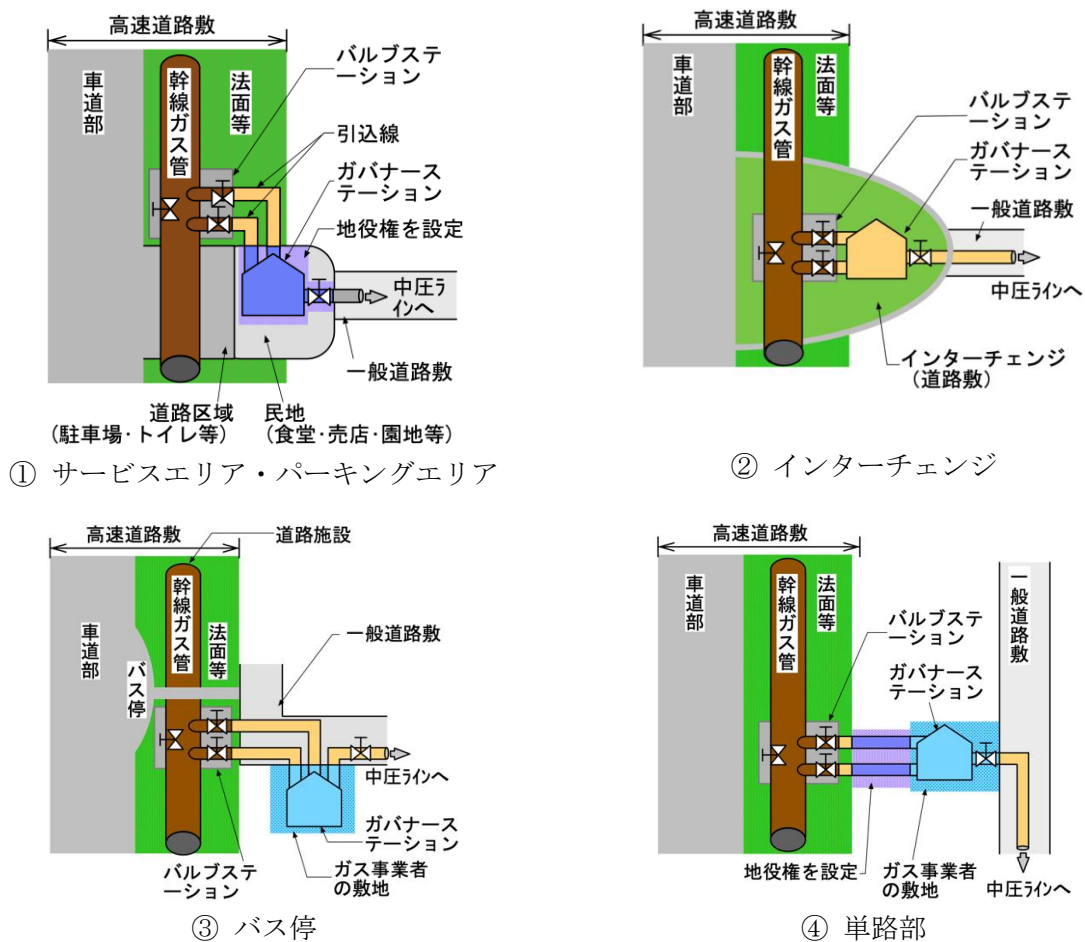


図 4-5-2 幹線ガス管の接続施設配置についての概念図

表 4-5-1 接続位置の特徴

[illegible]

②高速道路の構造物区間と幹線ガス管設置の関係

高速道路のトンネルや橋梁などの構造物区間において幹線ガス管を設置する場合は、道路の安全性や防災性、構造物にかかる荷重強度などの要因で設置空間を高速道路敷内に確保することが難しい場合がある。その場合は高速道路の構造物区間を迂回して幹線ガス管を設置する。高速道路の構造物区間と幹線ガス管設置の関係のイメージを図 4-5-3 に示し、また、その特徴を表 4-5-2 に示す。

表 4-5-2 構造物の種類と幹線ガス管の設置方法

構造物の種類	ガス管設置の方法
①トンネル	▶ 並行一般道路を通り、高速道路の既存トンネルより短い上部や横部に、小断面のトンネルを掘削し、ガス管を設置することを検討する。 ▶ トンネルがない並行一般道路を通りガス管を埋設することを検討する。 ▶ 避難用・維持管理用のトンネル等、トンネル内空間を活用して幹線ガス管を設置することを検討する。
②高架	▶ 高架下の道路敷内の地表下にガス管を埋設する。
③橋梁	▶ 通常は、専用の橋梁を建設し、設置する。 ▶ 既存橋梁を補強し、ガス管を添架することも検討する。 ▶ 河床の下に埋設することも検討する。
④単路部	▶ 通常は、盛土や切土など、車道部以外の空間の原地盤に埋設する。

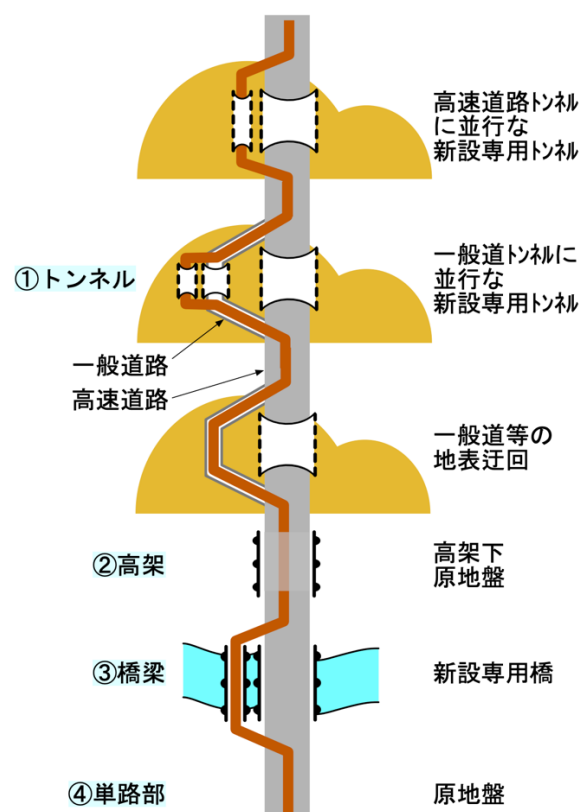


図 4-5-3 構造物区間とガスパイプラインの関係のイメージ

(2) 超電導直流送電線の各種施設の配置イメージ

超電導直流送電線についても幹線ガスパイプラインと同様に、高速道路敷内に関連する各種施設を設置した場合のイメージを示す。配置イメージは幹線ガスパイプラインと概ね同じである。

① 端末建屋内の機器構成

超電導直流送電線の本線に支線送電線が接続する箇所では、送電線の超電導状態を保つ冷却装置、冷媒を流すポンプ、低温状態を保つ低温恒温装置、直流遮断機、DC/AC・AC/DC 電力変換器が設置され、これらは端末建屋に格納される。図 4-5-4 に端末建屋内の機器構成概念図を示す。

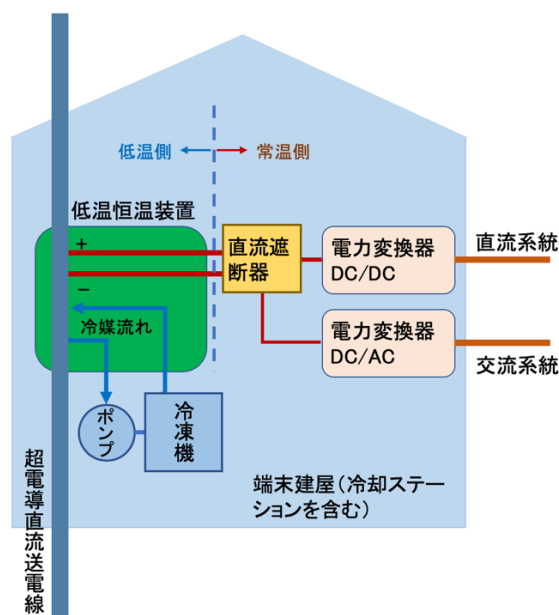


図 4-5-4 端末建屋内部の機器構成概念図

② 超電導直流送電線の接続施設と高速道路の位置関係

超電導直流送電線の本線は高速道路本線に沿って高速道路敷内に設置され、端末建屋は通常はサービスエリア・パーキングエリア、インターチェンジ、バス停などの高速道路の外の地域に連絡する一般道路が存在する箇所に設置される。これらの位置に設置された端末建屋を経由して直流系統・交流系統に分かれてそれぞれメタルケーブル送電線が接続される。メタルケーブル送電線が一般道路を通過して沿道地域に電力を供給する。

高速道路の単路部においては高速道路に接する側道が存在する場合もあるが、多くの場合は接する一般道路がない。高速道路の単路部において支線送電線を接続する要望がある場合は、高速道路から最寄りの一般道路に至るルート上の用地を購入、あるいは地役権を設定するなどによって送電線、及び端末建屋の設置空間を確保する。

端末建屋の設置空間については、サービスエリア・パーキングエリア、インターチェンジにおいては道路区域、あるいはそれに直接連絡する民地に確保できる場合が多いと考えられる。バス停や単路については高速道路敷内に設置空間を確保できない場合が多いと考えられ、付近の民地に設置空間を確保することになり、設置空間確保に工夫を要する。

図 4-5-5 に超電導直流送電線と端末建屋の配置についての全体概念図、図 4-5-6 に各種の接続位置における主要施設の配置概念図を示す。また、各種の接続位置の特徴を表 4-5-3 に示す。

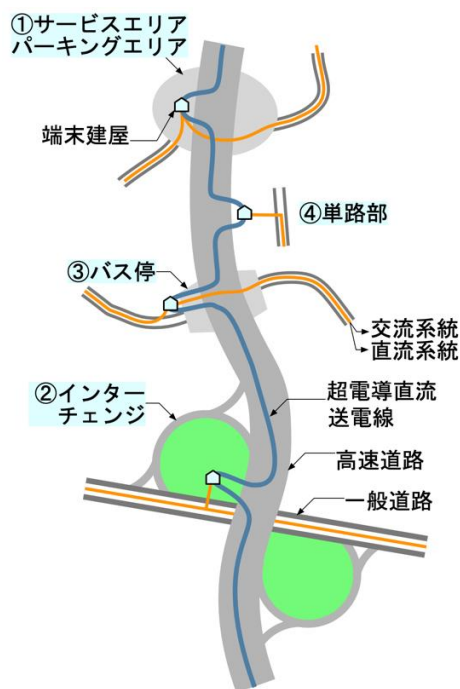
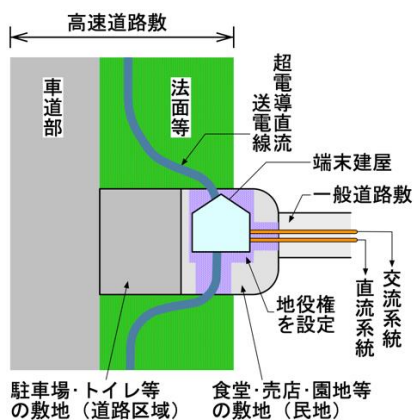
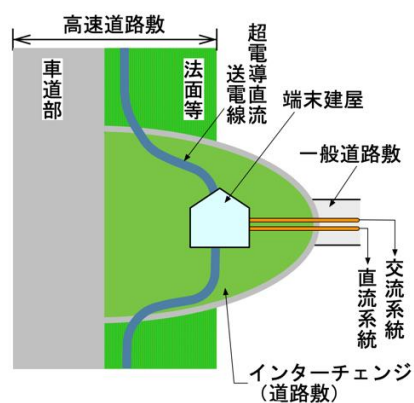


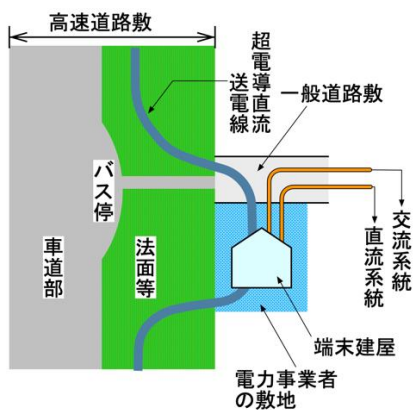
図 4-5-5 超電導直流送電線の接続施設配置についての全体概念図



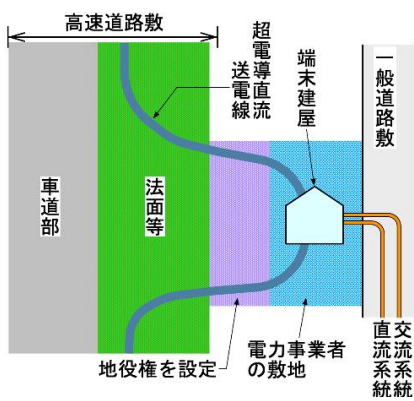
① サービスエリア・パーキングエリア



② インターチェンジ



③ バス停



④ 単路部

図 4-5-6 超電導直流送電線の接続施設配置についての概念図

表 4-5-3 接続位置の特徴

[illegible]

4-6 道路機能の高度化

(1) 道路に求められる機能の変遷

道路の基本的機能は通行機能と空間機能であり、それぞれ表 4-6-1 の左欄の構成になっている。これらの機能項目は大きくは変わらないまま、近年では道路の計画設計については表 4-6-1 の右欄のように機能高度化の方向が示され、収容機能についても高度化の方向性が示されている。

表 4-6-1 道路の基本機能高度化の方向性

道路の基本機能	近年の機能高度化の方向性
通行機能：自動車・自転車・歩行者の通行	子供から高齢者までの様々な利用者の通行・アクセス・滞留を考慮
空間機能：沿道土地利用、防災、環境、収容	市街地形成や収容などの空間機能を確保

出所) 道路構造令の解説と運用、公益社団法人 日本道路協会 平成 27 年 6 月を参考に作成
道路の空間機能の一つである収容機能に着目すると表 4-6-2 に示すように収容物件がわずかであった

時代から、時代の要請に応じて電線・ガス管・上下水道管を収容し、さらには共同溝、電線共同溝の整備、ネットワーク施設である光ファイバーケーブルが収容されるなど収容機能の高度化が進展してきた。現在、エネルギー施設としては一部に発電・給電施設が収容され、さらに新たな基幹エネルギーインフラ整備の可能性が出てきており、過去の高度化の過程において行われてきた収容機能の高度化を参考にして、基幹エネルギーインフラを道路空間に位置付ける検討が求められる。

表 4-6-2 社会の進展と道路の収容機能高度化の進展の関係

社会の進展			道路の収容機能高度化の進展		
時代の流れ	↓	エネルギー供給や上下水道がない時代		収容機能	収容物件がわずか
	↓	ガス・電気・上下水道	普及初期		配電線・ガス供給管・上下水道配管
	↓		普及拡大		幹線を含み共同溝に収容、電線共同溝を整備
	↓	情報化の進展			光ファイバーケーブル網
	↓	新たなエネルギー利用			発電・給電施設
	↓	基幹エネルギーインフラ			・・・・・・・・
	↓	将来ニーズ・・・・・・・・			・・・・・・・・

(2) 近年の道路機能高度化の取り組み

近年は情報通信技術の発達、エネルギー源の多様化、また走行する車両から発するニーズなどに伴って、道路分野においても、道路空間を活用して機能を高度化しようとする多数の取り組みが見られる。実用化されているが本格的に普及するには至っていない、あるいは実用に向けて研究が進められている取り組みとしては図 4-6-1～図 4-6-4 に示す例がある。将来にはこれらの事例を含み、多様な道路空間高度化が進むと予想される。技術・制度の両面からの対応が求められる。



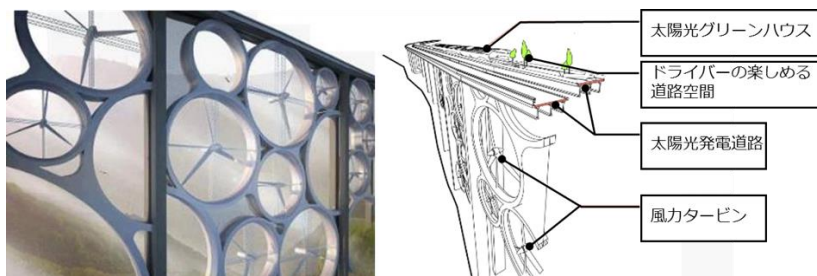
(a) 太陽光発電（名古屋第二環状自動車道）



(b) 那須高原 SA のバイオマスガス発電

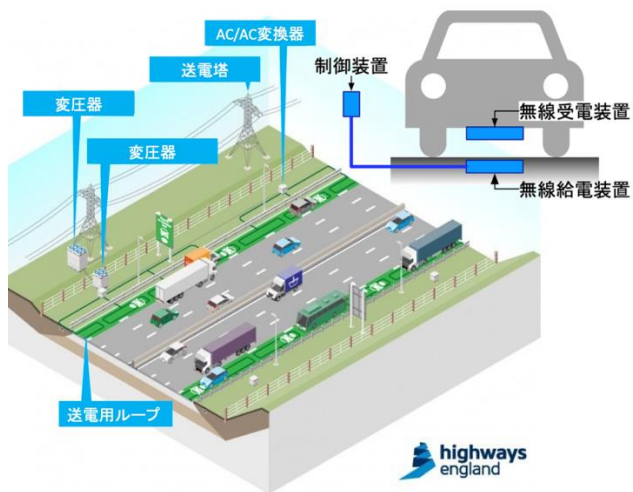


(c) 太陽光路面発電(中国)
出所：New York Times 電子版



(d) 風力発電と太陽光発電を組み合わせた Solar Wind のイメージ
出所：coffice ウェブサイト

図 4-6-1 高速道路敷内における発電の事例



出所：highways england
(a) 非接触給電(英国)



出所：NEXCO 西日本
(c) 給電スタンド



(b) 電気トラックへの給電
上：架線給電、下：路面給電
出所：Technology for dynamic on-road power transfer to electric vehicles, SINTEF Energy Research 2018

図 4-6-2 高速道路敷内における給電の事例



出所：イタリア ANAS
図 4-6-3 再生エネルギー発電と情報システムの統合システムの事例



出所：NEXCO 東日本
図 4-6-4 ヒートポンプ方式による路面融雪の事例(秋田自動車道)

第5章 高速道路を活用する場合の制度・危機管理上の課題

本章では、基幹エネルギーインフラを高速道路空間に設置することを想定した場合の現行の法制度における課題を整理し、基幹エネルギーインフラ施設の道路関連法への位置付けを試みるとともに、高速道路空間を活用して基幹エネルギーインフラを設置する場合の緊急輸送道路としての機能確保や被災時の被害防止の課題を整理した。

5-1 整備空間に関する制度の必要性

社会経済活動に伴って様々な空間移動需要がある。図 5-1-1 に示すように、大きくは人の移動（人流）と物の移動（物流）があり、物流には物品の移動、エネルギーの移動、情報の移動がある。さらに、エネルギーの移動に注目すると、石炭などの個体、石油やガスが格納された移動容器、液体、気体、電力がある。これらの移動手段を見ると、個体及び移動容器は車両が用いられ、車両は道路を走行する交通、あるいは鉄道で運ばれる交通となる。液体、気体、電力はそのままの姿では移動されず、液体・気体はパイプラインを、電力はケーブルを利用して移動する。情報については空中を移動する電波もあるが、地表を移動する場合はケーブルを利用する。同じ移動需要であっても、個体や容器に格納された液体・気体の移動は交通であるが、液体・気体・電力・情報の場合は現状では交通には分類されていない。

ここで、視点を変えて、移動を担うネットワーク施設を考えると、4-1 節で説明したように、需要量が多い拠点間は太い線（幹線移動）で結ばれ、需要場所である施設へは幹線から枝分かれして細い線（ラストマイル移動）で結ばれる。ラストマイル移動については道路空間、すなわち公共空間が利用されている。一方、幹線移動を見ると、人・物品・個体・移動容器の移動については道路空間が利用され、また、情報が移動するケーブルは主に道路空間が利用されている。しかし、液体・気体・電力の移動に利用されるパイプラインとケーブルは民地に設置される場合が多く、道路空間が利用されていない。言い換えれば、液体・気体・電力の幹線移動には公共空間が提供されておらず、移動空間が法制度において位置づけが確立されていない。

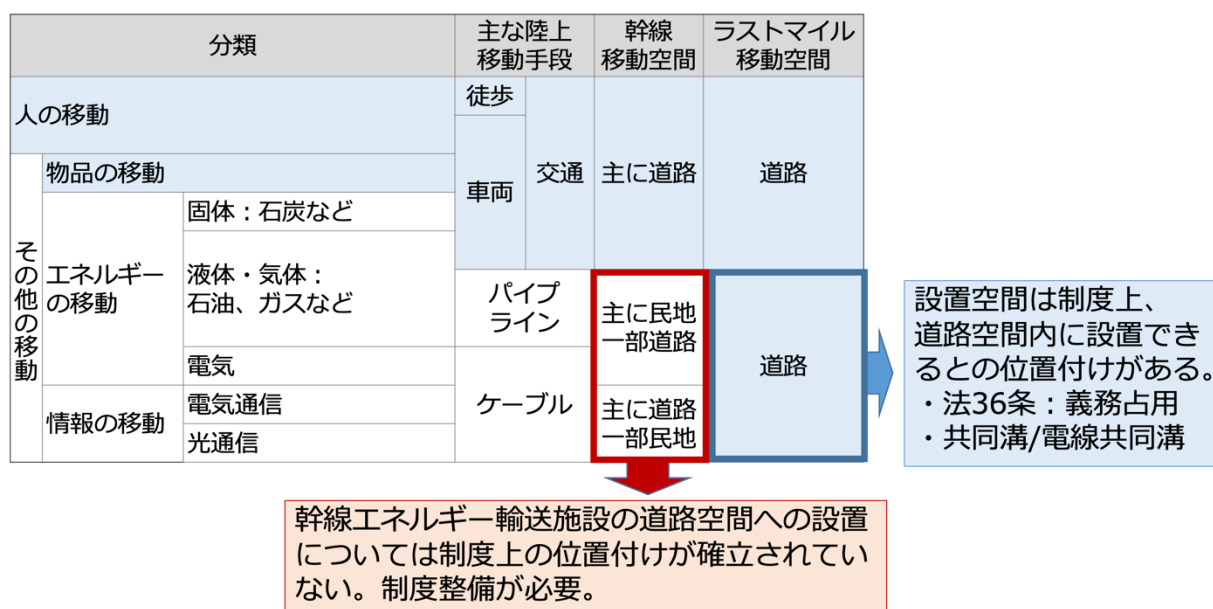


図 5-1-1 社会経済活動に伴う移動需要と手段及び設置空間の対応（道路に関連する移動）

このように、移動需要が利用する空間は移動する物の姿によって、あるいは幹線移動・ラストマイル移動によって道路であったり道路以外であったりする。特にここで注目すべきは次の点である。

- ア．液体・気体の幹線移動については容器に格納されると交通に分類され、そのままの姿の場合は交通には分類されず道路空間の利用もされない。
- イ．電力と情報は両者ともにケーブルを利用して移動する。幹線情報ケーブルは道路空間に設置されているが、幹線電力ケーブルは主に民地に設置されており、道路空間には設置されていない。
- ウ．液体・気体が移動するパイプラインについてはラストマイル移動については道路を利用しているが、幹線移動については道路空間を利用しない。

このような運搬物の姿によって、また移動の階層によって道路利用・非利用が生じる一つの要因が法制度の整備状況である。現行の法制度においては道路法 36 条⁶、共同溝法⁷、電線共同溝法⁸によってラストマイル移動については道路空間を利用できることが規定されている。一方、幹線移動については、特にパイプラインと送電ケーブルの設置空間に関する規定が確立されていない。したがって、移動需要を担う施設の設置空間の中の、液体・気体が移動するパイプラインと電力が移動するケーブルの設置位置については、制度整備と運用指針の整備が必要である。図 5-1-1 にはここで説明した課題についても示した。

5-2 基幹エネルギーインフラ整備に関する現行法制度

(1) 関係する道路法の条文と適用上の課題

基幹エネルギーインフラ施設の設置空間に関する現行法制度には道路法、共同溝の整備等に関する特別措置法、電線共同溝の整備等に関する特別措置法がある。これらをそのまま基幹エネルギーインフラ整備に適用しようとする、様々な課題がある。これらの関連条文及び適用する場合の課題を表 5-2-1～2 に整理した。

ガス事業の用に供するガス管を高速道路敷内に占有する場合については複数の通知が発出されている。表 5-2-3 に関連する事務連絡などを示す。本研究において設置を検討している幹線ガス管については法制度における位置づけが確定していないが、一般ガス導管事業、又は特定ガス導管事業によるガス管に該当するのであれば、道路法第 36 条の義務占有の対象となる。

⁶ 道路法第三十六条の要約：ガス事業法…、電気事業法…の規定に基づき…道路の占有の許可の申請があつた場合…許可を与えなければならない。

⁷ 共同溝の整備等に関する特別措置法

⁸ 電線共同溝の整備等に関する特別措置法

表 5-2-1 基幹エネルギーインフラ施設の設置空間に関する道路法の条文と適用上の課題

位置付け		現状の法制度	適用上の課題
占有物件	一般の占有物件	道路法第三十三条：道路管理者は、…道路の敷地外に余地がないためにやむを得ないものであり、…政令で定める基準に適合する場合に限り、…許可を与えることができる。	他に用地を確保することが著しく困難な場合（無余地性）に限られる。
	送ガス・送電事業者による事業における占有	第三十六条 …、ガス事業法…、電気事業法…の規定に基づき、…ガス管…、電線…を道路に設けようとする者は、…当該工事の計画書を道路管理者に提出しておかなければならない。 2 道路管理者は、前項の計画書に基づく工事…のための道路の占有の許可の申請があつた場合において、…道路の占有が…政令で定める基準に適合するときは、…許可を与えなければならない。	この規定が適用される施設の場合であっても、政令で定める基準への適合（無余地性、安全性など）は審査される。
	国の行う事業における占有	道路法第三十五条：国の行う事業のための道路の占有については、…国が道路管理者に協議し、その同意を得れば足りる	「今後の天然ガスパイプライン整備に関する指針(案)、平成 28 年 6 月 総合資源エネルギー調査会」の中に、「天然ガスパイプラインを整備する主体はあくまで民間事業者である。」との記載がある。
道路附属物		▶ 道路法第二条第二項 …「道路の附属物」とは、道路の構造の保全、安全かつ円滑な道路の交通の確保その他道路の管理上必要な施設又は工作物で、次に掲げるものをいう。 …………… ▶ 道路法施行令第三十四条の三 法第二条第二項第八号の政令で定める道路の附属物は、 ………	道路法、道路法施行令に道路附属物のリストがあるが、いずれにもガス管・送電線は記載されていない。道路附属物のリストは限定列挙であるため、リストにない物は附属物にはならない。

位置付け	現状の法制度	適用上の課題
兼用工作物	▶ 道路法第二十条：道路と…公共の用に供する工作物又は施設…とが相互に効用を兼ねる場合に…、当該道路…及び他の工作物の管理者は、…協議して別にその管理の方法を定めることができる。 ▶ 道路法第二十一条 …他の工作物の管理者に当該道路に関する工事を施行させ、又は維持をさせることができる。 ▶ 道路法第五十五条 …国又は地方公共団体の負担すべき道路の管理に関する費用で、…他の工作物の管理者と協議してその分担すべき金額及び…方法を定めることができる。	道路と基幹エネルギーインフラ施設が相互に効用を兼ねる場合、すなわち構造的に不可分であり、相互に効用がある場合は兼用工作物として管理でき、管理と費用を道路管理者と分担できる。
道路本体	道路法には「道路法第二条：『道路』とは、一般交通の用に供する道」と書かれている。	「交通」とは車両と歩行者の移動であると理解されている。このため、ガスや電力の移動は交通に含まれないと理解されている。
安全かつ円滑な交通の確保	▶ 第二十九条 道路の構造は、当該道路の存する地域の地形、地質、気象その他の状況及び当該道路の交通状況を考慮し、通常の衝撃に対して安全なものであるとともに、安全かつ円滑な交通を確保することができるものでなければならない。 ▶ 第四十二条 道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。	基幹エネルギーインフラ施設を道路空間内に設置する場合、安全かつ円滑な交通を確保し、道路を常時良好な状態することに配慮しなければならない。

表 5-2-2 基幹エネルギーインフラ整備に関係するその他の法律の条文と適用上の課題

位置付け	現状の法制度の理解	適用上の課題
電線共同溝の整備等に関する特別措置法	▶ 第一条 この法律は、…特定の道路について、電線共同溝の整備等を行うことにより、当該道路の構造の保全を図りつつ、安全かつ円滑な交通の確保と景観の整備を図ることを目的とする。 ▶ 第二条 3 この法律において「電線共同溝」とは、電線の設置及び管理を行う二以上の者の電線を収容するため道路管理者が道路の地下に設ける施設をいう。 ▶ 第三条 道路管理者は、…電線をその地下に埋設し、その地上における電線及びこれを支持する電柱の撤去又は設置の制限をする…区間を定めて、電線共同溝を整備すべき道路として指定することができる。	▶ 法律の目的に合致する特定の区間を対象にしており、全国ネットワークを整備する目的には適さない。 ▶ 基幹エネルギーインフラの施設は直埋設を想定している。共同溝に収容すると整備費用が高額になる。
共同溝の整備等に関する特別措置法	▶ 第一条 この法律は、…特定の道路について、…共同溝の整備を行なうことにより、道路の構造の保全と円滑な道路交通の確保を図ることを目的とする。 ▶ 第二条 4 この法律において「公益物件」とは、公益事業者が当該事業の目的を達成するため設ける電線…、ガスパイプ、水管又は下水道管をいう。 5 この法律において「共同溝」とは、二以上の公益事業者の公益物件を収容するため道路管理者が道路の地下に設ける施設をいう。 ▶ 第三条 国土交通大臣は、交通が著しくふくそうしている道路…で、路面の掘さくを伴う道路の占用に関する工事…により道路の構造の保全上及び道路交通上著しい支障を生ずる…ものを、…「共同溝整備道路」…として指定することができる。	同上

表 5-2-3 ガス事業の用に供するガスパイプを高速道路に占有させる場合についての通知等

日付、表題等	関連する箇所の文章
平成 23 年 12 月 21 日 事務連絡 一般ガス事業の用に供するガスパイプを高速道路に占有させる場合における道路法第 36 条の適用について	… 道路法第 36 条は、適用対象となる道路を限定していないため、高速道路に一般ガス事業の用に供するガスパイプをはじめとしたいわゆる義務占有物件を占有させる場合においても当該条文が適用となります。 …

日付、表題等	関連する箇所の文章
国道利第 26 号 平成 29 年 3 月 31 日 国土交通省道路局 路政課長 ガス事業法の一部改正に伴う道路 占用関係事務の取扱いについて	1 法令の改正 (1) ガス事業法(昭和 29 年法律第 51 号)の一部改正 … (2) 道路関係法令の一部改正について ア 道路法及び道路法施行令 一般ガス導管事業者は、正当な理由がなければ、供給区域における一般の需要(ガス小売事業者から小売供給を受けているものは除く。)に應ずるガスの供給を保証するための小売供給(以下「最終保障供給」という。)を拒んではならないこととされている(新ガス事業法第 47 条第 2 項)。また、特定ガス導管事業者は、正当な理由がなければ、供給地点における託送供給を拒んではならないこととされており(同法第 75 条)、最終保障供給義務を負う一般ガス導管事業者の求めに応じて、自らの導管と一般ガス導管事業者の導管とを接続する義務を持つ。さらに、一般ガス導管 事業者が最終保障供給義務を果たすためには、ガス製造事業者の導管が一般ガス導管事業者の導管と接続される必要がある。 これらのことから、ガス製造事業者、一般ガス導管事業者及び特定ガス導管事業者は、最終保障供給義務を負うか又は最終保障供給義務の履行に不可欠な役割を果たすこととなるとともに、土地収用法(昭和 26 年法律第 219 号)により収容適格性も認められることから、<u>ガス製造事業、一般ガス導管事業及び特定ガス導管事業の用に供するガス管は、改正法による改正後の道路法(以下「新道路法」という。)第 36 条による義務占用の対象とされた。</u> 他方、ガス小売事業者は、供給義務を負わず、また、一般ガス導管事業者は、自らの導管を直接一般利用者にまで接続できることを踏まえると、ガス小売事業者は 一般ガス導管事業者が負う最終保障供給義務の履行に不可欠な役割を果たすともいえないことから、<u>ガス小売事業の用に供するガス管については、義務占用の対象とはしないこととされた。</u> これに関連し、改正政令による改正後の道路法施行令(以下「新道路法施行令」という。)第 9 条により、ガス製造事業、一般ガス導管事業及び特定ガス導管事業 の用に供するガス管の占有期間は 10 年以内とされた。

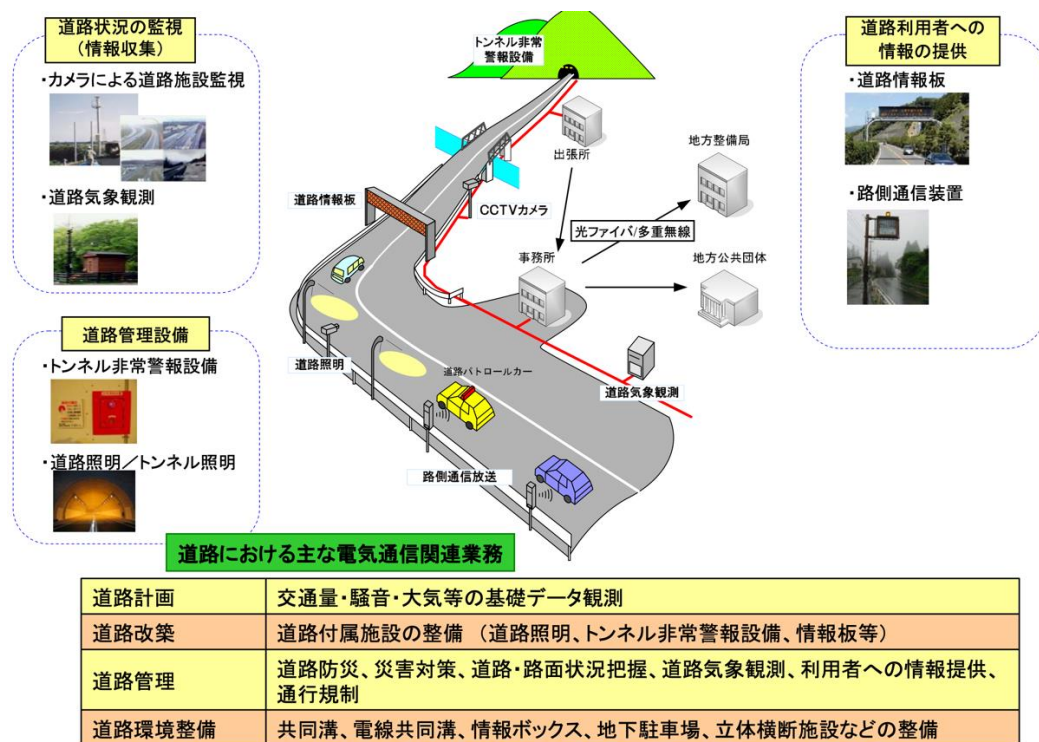
日付、表題等	関連する箇所の文章
事務連絡 平成 29 年 3 月 31 日 国土交通省道路局路政課道路利用調整室 課長補佐 ガス事業法の一部改正に伴う道路占有関係事務の取扱いについて	1 道路占有等の取扱いについて ... 改正法による改正前のガス事業法(以下「旧ガス事業法」という。)第 2 条第 2 項に規定する一般ガス事業者及び同法第 2 条第 4 項に規定する簡易ガス事業者のうち、製造部門及び導管輸送部門も含めて新ガス事業法におけるガス小売事業者となる者が当該事業の用に供するガス管については、改正法による改正後の道路法(以下「新道路法」という。)第 36 条に基づく義務占有の対象外となるが、一定の公益性を有すること及び従来からの道路占有に係る取扱いに鑑み、<u>義務占有に準じて取り扱う</u>(改正 法附則第 80 条第 2 項及び第 3 項に規定する経過措置を除く。)こととし、<u>新道路法第 33 条の規定に基づく政令で定める基準に適合するときは、原則として許可を与えるものとする。</u> ... 2 関係事務連絡の改正について 「一般ガス事業の用に供するガス管を高速道路に占有させる場合における道路法第 36 条の適用について」(平成 23 年 12 月 21 日付け事務連絡)における「一般ガス事業」を「一般ガス導管事業」に改める。

(2) 類似先行事例

ケーブルやパイプラインはこれまでも道路空間に整備されてきた。いくつかの事例を以下に示す。

① 道路附属物として整備されてきた道路管理用光ファイバーケーブル

図 5-2-1 に示すように、道路管理においては道路利用者へ情報を提供する道路情報版や路側通信放送、道路の状況を監視し情報を収集する道路気象観測やカメラによる路面監視など、大量の情報を取り扱っている。このような大量の情報を送受信するために道路空間に光ファイバーケーブルを設置している。この光ファイバーを含む道路管理用の電気通信施設は道路管理に不可欠な施設であるため、道路管理者によって「道路附属物」として整備されてきた。



出所：公共施設管理のための電気通信施設の整備
及び管理・運用について、国土交通省

図 5-2-1 道路における主な電気通信関係業務

② 道路附属物として整備し、兼用工作物として管理されてきた道路管理用光ファイバーケーブル

光ファイバーケーブルは大きな通信容量を持つため、道路管理のための通信のみの利用では容量が余る。そこで、「e-Japan 重点計画 2002 (6/18IT 戦略本部決定)」等を受け、高度情報通信ネットワークの形成をより一層進めるため、平成 14 年度から国の管理する道路管理用光ファイバーケーブルのうち、当面利用予定のないものについて、電気通信事業者等に開放している。利用に当たっては、電気通信事業者等と施設管理者との間で「兼用工作物管理協定」を締結する。光ファイバーケーブル等の設置に要した費用、毎年の維持管理費について、耐用年数、芯線数を考慮して、分担金額を算出し、光ファイバーケーブルを利用する民間業者はこの分担金を負担している。

図 5-2-2 に道路管理用光ファイバーケーブルを兼用工作物とし、民間事業者が利用する仕組みを示す。また、図 5-2-3 には情報ボックスに収容された道路管理用光ファイバーケーブルのイメージ、図 5-2-4 には兼用工作物として民間事業者に解放するイメージを示す。

兼用工作物管理協定の概要

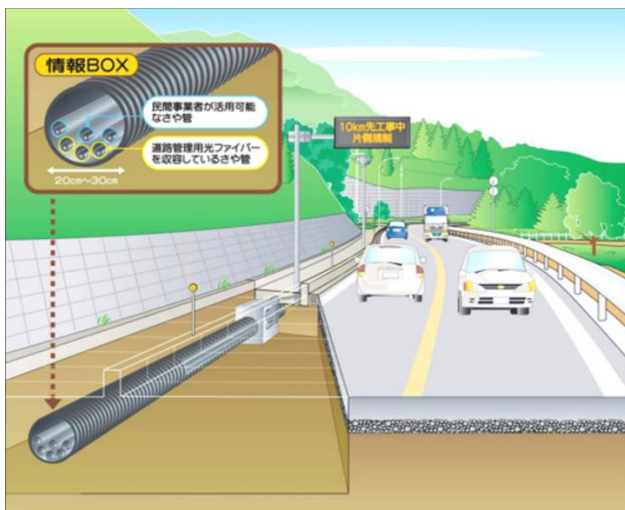
- 財産の帰属：
 - ・施設管理者（道路管理者）に帰属
- 使用の期間：
 - ・使用開始日から10年間は、書面による合意がない限り1年毎に自動更新
 - ・10年経過後は、施設管理者が6ヶ月前までに通知すれば、利用事業者等の同意なく更新を拒否可能
- 非常時の公共施設管理用通信の確保：
 - ・災害等により公共施設管理用芯線が使用不可になる等の非常時には、一時的に、兼用芯線の利用等により公共施設管理用通信の確保を図る
- 使用上の制限：
 - ・目的外使用の禁止
 - ・第三者への譲渡、貸与、第三者のための権利設定は不可 等

利用方法の概要

- 制度の対象：
 - ・電気通信事業者^{注1)}、ケーブルテレビ事業者、国、地方公共団体
 - 開放区間：
 - ・事務所、出張所、約10km間隔の道路管理者が指定するクロージャ^{注2)}間等で開放
 - 最小開放芯線数：
 - ・最小開放芯線数＝1テープ（2、4、8芯）
 - 利用事業者等の決定：
 - ・利用希望者間で調整の上、決定 等
- 注1）事業用電気通信回線設備を設置する電気通信事業者が対象
 注2）光接続材（光ファイバケーブルの接続箇所であり当該箇所で分岐が可能）

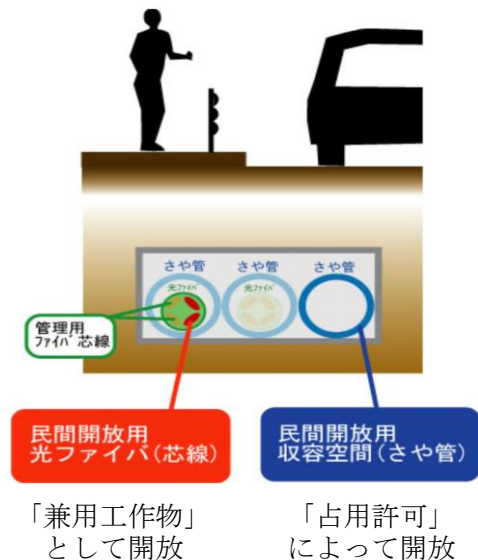
出所：第2回道路ルネッサンス研究会 参考資料、国土交通省

図 5-2-2 道路管理用光ファイバケーブルを兼用工作物とし、民間事業者が利用



出所：国土交通省ホームページ

図 5-2-3 情報 BOX イメージ



出所：国土交通省四国地方整備局ウェブサイト、「光ファイバ及び収容空間の民間開放とは」

図 5-2-4 民間開放の対象

③ 占用物件として高速道路空間に整備された成田石油パイプライン

タンクローリー輸送より高い能率性・経済性を想定メリットとして、図 5-2-5 に示すように、千葉埠頭石油ターミナルと成田空港を結ぶ(航空燃料用の)石油パイプラインを、東関東自動車道を含む道路の路面下に占用物件として整備した。図 5-2-6 に示すように、1996 年に計画を立案し、1971 年には日本道路公団（現：東日本高速道路株）と「東関東自動車道に係わるパイプラインの敷設及び管理に関する協定」を締結した。その後 1972 年には全ての沿線市町村の同意を得て、1979 年に敷設工事を開始し、計画立案後 17 年の 1983 年にはパイプライン事業を開始するに至った。

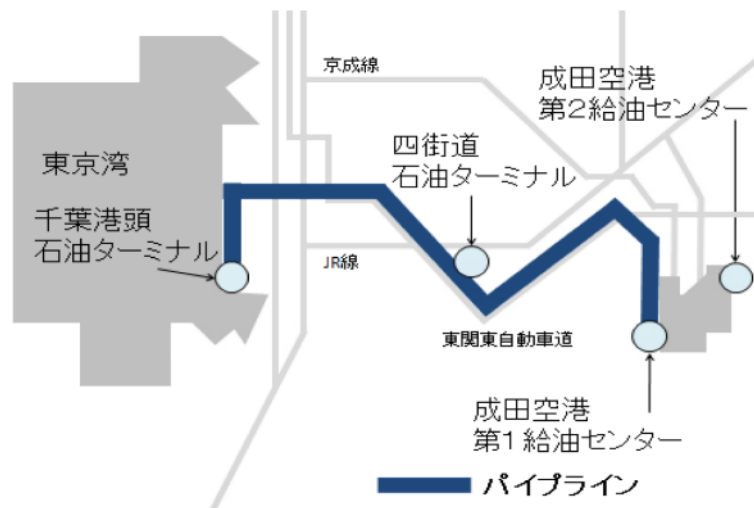


図 5-2-5 成田石油パイプラインのルート

表 5-2-4 成田石油パイプライン整備の経緯

年月	出来事
1966 年 12 月	NNA が港湾施設を千葉港に設け、空港内までパイプラインで輸送する計画を立案（想定メリットは能率性・経済性及び安全性）
1968 年 9 月	条数は 2 条、径は 14 インチとすることを決定
1971 年 5 月	日本道路公団（現：東日本高速道路株）と「東関東自動車道に係わるパイプラインの敷設及び管理に関する協定」を締結
1971 年 8 月	パイプラインルートを公表、千葉市・四街道町（現：四街道市）・佐倉市・酒々井町・富里村（現：富里市）・成田市に協力を要請
1972 年 3 月	全ての市町村がパイプライン敷設に同意
1978 年 8 月	（安全対策を強化するとして）千葉市との間に協定書・確認書を締結（その後、他自治体とも協定書を締結）
1979 年 5 月	新ルートの敷設工事着手
1983 年 8 月	パイプライン事業を開始

5-3 道路関連法へ位置づける 5 つのケース

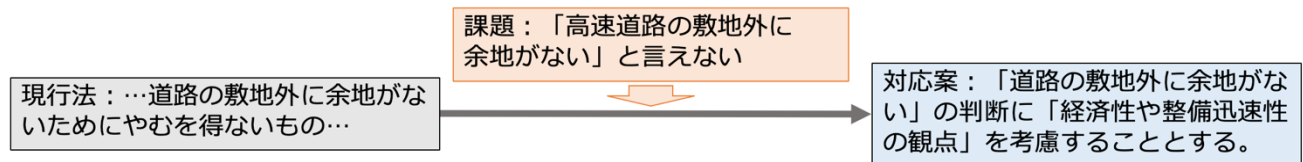
前節 5-2 において、現行の法令の下で基幹エネルギーインフラ施設を整備しようとする、いずれの法令を適用しようとしても課題があることが分かった。そこで、現行法の運用の緩和、現行法の改正、新たな法律制定の 3 つの方向から、基幹エネルギーインフラ施設の道路関連法への位置付けを試みた。それぞれのケースについて、現行法関連条項（条文の記述）、課題（基幹エネルギーインフラ施設の整備に現行法を適用しようとしたときの課題）、対応案（基幹エネルギーインフラ施設の整備に適合するように法令を改正・創設する案）を図解で示した。現行法関連条項、課題については表 5-2-1、表 5-2-2 に記載した内容の要約である。

ケース 1：道路占用許可に関する現行法の運用を緩和する

ケース 1：占用物件として許可する（「道路の敷地外に余地がないためにやむを得ないもの」の判断基準を緩和）

道路法第三十三条：一般占用（道路の敷地外に余地がないためにやむを得ないもの）

道路法第三十六条：義務占用（送ガス・送電事業者による事業）



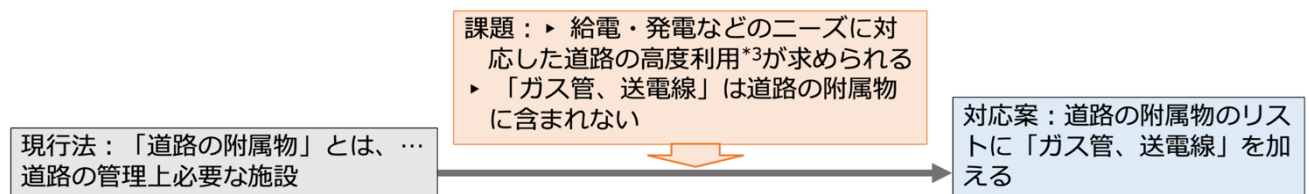
上記のケースは法令の運用の緩和であり、法制整備における合意は比較的容易と考えられる。しかし、個別箇所について占用の審査が行われて、占用が許可されることになり、全国ネットワークが形成されない懸念がある。

ケース 2：現行法令を改正する

ケース 2 a：「ガス管、送電線」を道路附属物^{*1}とし、兼用工作物^{*2}として整備管理を官民分担する

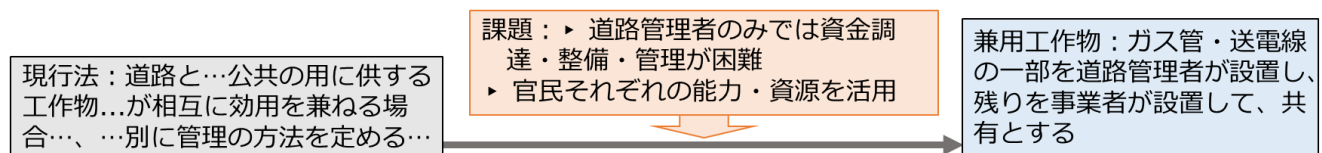
*1 道路法第二条の2、あるいは道路法施行令を改正して、道路附属物のリストにガス管、送電線を加える。

*2 道路法第二十条（兼用工作物）を適用する。



*3 以下を想定している。

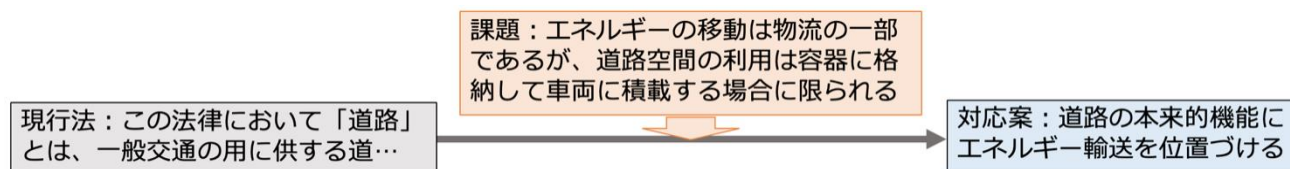
- ・ ガス火力で発電し、電力を照明や情報装置に利用
- ・ 路面発電・走行中の EV（電気自動車）へ給電
- ・ ガス火力発電の余剰熱を路面の融雪などへ利用するなど、熱をそのまま利用



このケースの場合は高速道路敷内に道路管理者が主体となって基幹エネルギーインフラを整備できる利点がある。しかし、道路管理へガス利用する新たな仕組み、新たな施設の整備に長期間を要する。このため、基幹エネルギーインフラ施設を早期に整備するというニーズには応えられない。

また、道路を高度利用するニーズは全国一様に存在するのではなく、個別箇所の特性に対応することになり、全国ネットワークが形成されない懸念がある。

ケース 2b： 「ガス管、送電線」を道路本体とする（道路法第二条の改正）



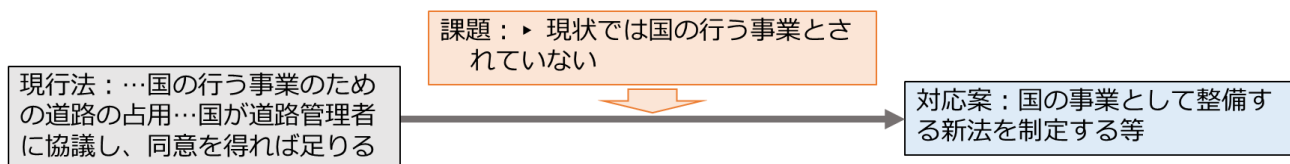
上記のケースの場合は独立した新設の全国道路ネットワークとして、高速道路空間を活用して整備することができる。しかし、既存の法律の基本概念を改正することになり、合意形成に長期間を要する。

ケース 3：新法を制定して、国が整備主体となる事業として位置づけ、国の行う事業のための道路の占用^{*1}とする。（道路法第三十五条）

^{*1} 道路法第三十五条（国の事業としての占用）を適用する。

ケース 3 a：専管の新法を制定して、エネルギー関係省庁が主導する事業とし、国の行う事業のための道路の占用とする。（道路法第三十五条）

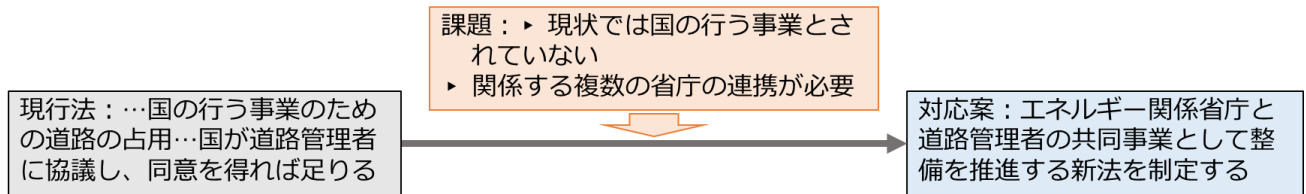
注）専管法とは単一の省庁が所管する法律である。



上記のケースの場合は全国ネットワークとして基幹エネルギーインフラを高速道路空間を活用して整備することができる。また、道路法第三十三条、あるいは道路法第三十六条による占用許可の場合は個別箇所を対象とした協議が必要であったものが、関係省庁間の一括協議で済み、短期間で協議が完了する。しかし、このケースの場合は、道路管理者が事業に強く関係するにもかかわらず、協議にとどまり、関与が弱い。このため、協議に時間を要する懸念がある。

ケース 3 b : 共管の新法を制定して、エネルギー関係省庁と道路管理者が連携する事業とし、国の行う事業のための道路の占有とする。(道路法第三十五条)

注) 共管法とは複数の行政官庁が共同で所管する法律である。



上記のケースの場合は全国ネットワークとして基幹エネルギーインフラを高速道路空間を活用して整備することができる。また、道路法第三十三条、あるいは道路法第三十六条による占有許可の場合は個別箇所を対象とした協議が必要であったものが、関係省庁間の一括協議で済み、短期間で協議が完了する。

さらに、このケースの場合は、事業に強く関係するエネルギー関係省庁と道路管理者が連携する事業となるため、関係省庁が整備・運用などを分担し、それぞれの管轄で機能を発揮することになる。このため、事業が円滑に進むと考えられる。

5-4 事業実施の観点から見た5つのケースの比較

(1) 比較整理の視点の設定

基幹エネルギーインフラは次の特性を備えることが求められる。

ア. 効率的ネットワークの形成

- ▶ 地域間の需要に応じた供給能力を持つネットワークを無駄なく効率的に整備することで、広域ネットワークが迅速かつ経済的に整備され、より低コストのエネルギーを早期に供給することにつながる。
- ▶ 迅速に整備が進むためには関係者の合意形成が円滑に進む仕組みが形成される。

イ. 統一的な整備運用

- ▶ 基幹エネルギーインフラからのサービスを、だれでも・いつでも・どこでも利用できるようネットワーク全体を、統一基準に基づいて整備・運用することで、整備効果を沿線地域全体で享受することにつながる。基幹エネルギーインフラの公共性・公益性が発揮され易くなる。

ウ. 制度整備における低いハードル

- ▶ 必要な法制度が短期間に構築され、早期に整備に進む。

上記のような基幹エネルギーインフラが具備すべき特性の観点から見て、5つのケースの比較整理の視点として、次の表 5-4-1 のように設定した。

表 5-4-1 5つのケースを整理する視点

基幹エネルギー インフラが 具備すべき特性	分類	内容
効率的ネットワーク の形成	○	▶ 全国ネットワークとして、高速道路敷内に整備することができる ・道路本体とする ・国の行う事業とする ▶ 関係者の合意形成が円滑に進む ・占用許可の場合は個別協議が必要であったものが、関係省庁間の一括協議で占用許可される ・関係省庁が整備・運用などを分担し、それぞれの管轄で機能を発揮する
	△	▶ 全国ネットワークが形成されない懸念がある ・個別箇所の占用許可となる ▶ 関係者の合意形成に時間を要する ・道路管理者が事業に強く関係するにもかかわらず、協議にとどまり、関与が弱い。
統一的な整備運用	○	▶ 公物とし、ネットワーク全体を統一基準で整備運用する ・国の事業とする ・道路附属物とする ・道路本体とする
	△	▶ 民間施設となり、ネットワーク全体を統一基準で整備運用されない懸念がある
制度上のハードル	中	▶ 法律改正を伴わない通達・省令・政令などの場合は、新法制定や既存法改正に比べ比較的对応が容易である
	高	▶ 道路管理へのガス利用の開発に時間を要する ▶ 法律の制定や改正に時間を要する ・新法を制定する ・既存の法律の基本概念を改正することになり、合意形成に長期間を要する

(2) 比較整理の試み

前項で設定した視点に基づき 5 つのケースの整理を試みた。整理結果を表 5-4-2 に示す。この整理結果表を見ると、次の特徴がある。

- 1) 制度運用緩和については、制度上のハードルは低い、効率的なネットワーク形成などの他の項目への対応が難しい。
- 2) 法令改正については、制度上のハードルは高い、統一的な整備運用などの他の項目への対応がしやすい。
- 3) 共管の新法制定については、制度上のハードルは高い、他の全ての項目への対応がしやすい。専管の新法制定のケースについては効率的なネットワーク形成への対応にやや難がある。
- 4) それぞれのケースについて、それを実現するには課題が多い。
- 5) すべてのケースについて、道路の安全性確保の課題がある。

表 5-4-2 5 つのケースの比較の試み

対応区分	ケース		整理の視点			課 題
			効率的なネットワーク形成	統一的な整備運用	制度上のハードル	
制度運用	1	無余地性の判断に「経済性や整備迅速性」を考慮して占用許可(道路法 33 条、法 36 条)	△	△	中	基幹エネルギーインフラ整備の社会経済的効果、又は公共性の十分な大きさが必要である。
法令改正	2 a	道路法 2 条の 2 の道路附属物に「幹線ガス管、送電線」を追加	△	○	高	基幹エネルギーインフラが「道路管理上必要」な施設であることが説明できる必要である。
	2 b	道路法 2 条において、道路の本来の機能にエネルギー輸送を追加	○	○	高	法の根幹に係わる改正が必要であり、ハードルが高い。
新法制定	3 a	専管の新法制定により、国の行う事業として位置づけ(道路法 35 条)	△	○	高	機運醸成、構想具体化などの大がかりな取り組みが必要である。
	3 b	共管の新法制定により、国の行う事業として位置づけ(道路法 35 条)	○	○	高	機運醸成、構想具体化などの大がかりな取り組みが必要である。
全ケース共通した課題		▶ 高速道路は日常の社会経済活動上の重要性に加え、災害時の緊急輸送道路としての使命も担っており、基幹エネルギーインフラを設置・添架等することによって日常の管理や災害時の道路啓開活動等に支障とならないよう、安全性確保のための技術面、制度面の検討・整理が必要。 ▶ 公物としての高速道路空間の利用に関して、公共性・公益性の整理が必要				

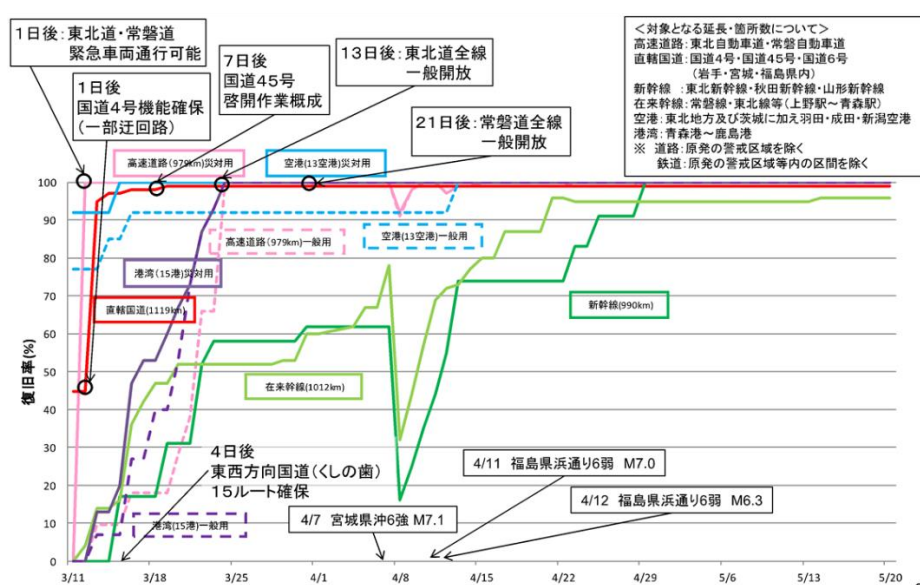
注：基幹エネルギーインフラ：幹線パイプライン・送電線

5-5 高速道路空間を活用する場合の課題

(1) 緊急輸送道路としての機能の確保

高速道路はその殆どが国の防災基本計画及び防災業務計画、都道府県の地域防災計画に位置づけられた緊急輸送道路に指定され、災害時における緊急輸送道路網の基幹部分を構成しており、被災時には迅速な復旧が求められている。平成23年3月11日に発生した東日本大震災においては、図5-5-1に示すように、東北自動車道（福島飯坂～国見区間）が被災したが、発生してからわずか1日で緊急車両の通行を可能とし、他の輸送手段と比較して極めて早期に機能を回復した。この早期復旧により、復旧が遅れていた鉄道等、他の交通の代替手段としても機能し、震災復興へ大きく寄与した。

こうした災害時の経験を踏まえ道路機能の高度化を行う場合においても、高速道路の緊急輸送道路としての機能を確保することを前提として考える必要がある。



出所：国土交通省

図 5-5-1 東日本大震災発生後の交通関係の復旧状況の推移

(2) 道路が被災した場合の被害拡大の防止

2018年9月に台風21号が襲来し、強風と高波の影響で大型タンカーが走錨状態になり、関西国際空港連絡橋へタンカーが衝突する事故が発生した。衝突の影響で空港方向に向かう連絡橋が破損し通行できなくなり、同時に連絡橋に添架されていたガス管が破口し、ガス漏れが発生した。関西国際空港連絡橋へのタンカーの衝突事故時における道路の損傷状況を図5-5-2に示す。

図5-5-3に示すように、ガス漏れの影響により橋梁上の安全確保ができず道路の点検作業が7時間中断するとともに、点検完了後も、りんくう方向の橋梁には損傷がなく、道路の構造上は3車線が通行可能であったが、漏出したガスの拡散に時間を要したため安全性の観点から、損傷したガス管から最も遠い1車線しか通行が認められず、結果、関空に取り残された利用者等のバスによる島外への輸送が片側交互通行となり、輸送力が著しく減少したため、島外への避難に時間を要する事態となった。

道路の最も基本となる機能は通行機能であり、道路空間の使用がこの基本機能に支障を生じさせるような事象の発生は回避する措置が必要である。もし、このような事象の発生等の緊急時には、代替路がない場合等においては緊急輸送ルートとしての機能を優先して復旧することが求められる。



出所：国土交通省

図 5-5-2 関西国際空港連絡橋へのタンカーの衝突事故時における道路の損傷状況

	日 時	内 容	
H30年	9/4 13:20	関西国際空港連絡橋通行止め開始	
	9/4 13:40頃	関西国際空港連絡橋にタンカー衝突	
	9/4 16:00	上り線を活用した緊急車両等の交通確保のため、路面等の点検開始	
	9/4 16:30	ガス管からガス漏れが確認され、点検を一時中止	約7時間 点検中断
	9/4 23:40	大阪ガスの安全確認完了を受け、点検再開	
	9/5 0:40	緊急自動車通行措置開始(片側交互通行)	輸送力の著しい低下
	9/7 5:10	対面通行開始(マイカー規制開始)	
	9/21 0:00	対面通行部から料金所まで、空港向きを2車線、りんくう向きを1車線運用開始	
	10/6 0:00	マイカー規制解除	
	2/27 22:00	対面通行解除	
H31年	3/7 6:00	上下線4車線での通行確保	
	4/8 6:00	完全復旧(上下線6車線運用開始)	

出所：西日本高速道路(株)資料を基に事務局で加筆

図 5-5-3 関西国際空港連絡橋へのタンカー衝突事故時のガス管の破損復旧経緯

(3) 高速道路が持つ緊急輸送道路としての使命とエネルギーインフラが持つ使命との調整について

経済・社会にとって重要な使命を持つ両者を、公共空間の多重利用として同一空間に納めることは、国土の有効利用やインフラの早期整備の面からは大きなメリットを持つと考えられるものの、近年多発しているような激甚な災害を考えると同時被災する可能性は否定できない。すなわち国土の強靱化の観点からどのような事象が発生したときに何の機能を保持しなければならないのかあらかじめ議論し整理しておくことが必要である。

具体的には、

1) 事前の備えとして

- インフラ自体の耐災害性強化
- 災害に備えた防災体制強化

を進めることの他、

2) 事後対応に向けて

- 万一被災したときの復旧ルール、考え方を前もって決めておく

ことが重要である。

例えば、防災・災害対策関係機関の責務・役割と必要な措置の考え方を規定している「災害対策基本法」において、災害応急対策において取り組むべき事項としているものの中に

① 施設及び設備の応急の復旧

② 緊急輸送の確保

がある。基幹エネルギーインフラが公共性を認められた際には、これは①の施設及び設備として、社会経済活動を早期に復旧し、経済損失を抑制するために早期に復旧が求められることとなるが、一方で、高速道路自体にも災害直後の人命救助のための②緊急輸送道路として早期の復旧が求められている。

同時に被災した場合、どちらの公共性を優先するのか、道路機能の高度化の計画段階から関係者であらかじめルールを決めておくことが実現にあたって不可欠である。

<参考>

災害対策基本法（抜粋）

第一章 総則

（目的）

第一条 この法律は、国土並びに国民の生命、身体及び財産を災害から保護するため、防災に関し、基本理念を定め、国、地方公共団体及びその他の公共機関を通じて必要な体制を確立し、責任の所在を明確にするとともに、防災計画の作成、災害予防、災害応急対策、災害復旧及び防災に関する財政金融措置その他必要な災害対策の基本を定めることにより、総合的かつ計画的な防災行政の整備及び推進を図り、もって社会の秩序の維持と公共の福祉の確保に資することを目的とする。

第五章 災害応急対策

第一節 通則

（災害応急対策及びその実施責任）

第五十条 災害応急対策は、次に掲げる事項について、災害が発生し、又は発生するおそれがある場合に災害の発生を防御し、又は応急的救助を行う等災害の拡大を防止するために行うものとする。

一 警報の発令及び伝達並びに避難の勧告又は指示に関する事項

- 二 消防、水防その他の応急措置に関する事項
- 三 被災者の救難、救助その他保護に関する事項
- 四 災害を受けた児童及び生徒の応急の教育に関する事項
- 五 施設及び設備の応急の復旧に関する事項
- 六 廃棄物の処理及び清掃、防疫その他の生活環境の保全及び公衆衛生に関する事項
- 七 犯罪の予防、交通の規制その他災害地における社会秩序の維持に関する事項
- 八 緊急輸送の確保に関する事項
- 九 前各号に掲げるもののほか、災害の発生の防御又は拡大の防止のための措置に関する事項

第6章 まとめと今後の展望

本調査は、わが国で以前からその整備が求められている基幹ガスパイプラインと、近年再生可能エネルギー利用の促進に伴って、その技術開発が進められている基幹超電導直流送電線の「基幹エネルギーインフラ」の整備に関して、先駆的に調査分析整理した成果である。

わが国の「基幹エネルギーインフラ」は、狭小な国土と可住地に膨大な人口と経済活動を支えるわが国の地形的な制約により、既存の公的ネットワーク空間の多重的な利用を検討せざるを得ないのが現状である。

この基本的な問題意識を持って、基幹エネルギーインフラの整備に伴う問題点と課題を分析し、作業仮説として全国をネットワーク化する基幹的なガスパイプラインと超電導直流送電線の整備構想を取り上げ、そのフィージビリティを整備効果と特に高速道路空間を活用した整備事業制度の検討を行ったものである。

結論として整備効果及び整備事業制度からみても、今後事業化を本格的に検討する価値のあるプロジェクトと評価しうる成果が得られるとともに、実現に向けて解決が必要な課題も明らかになった。

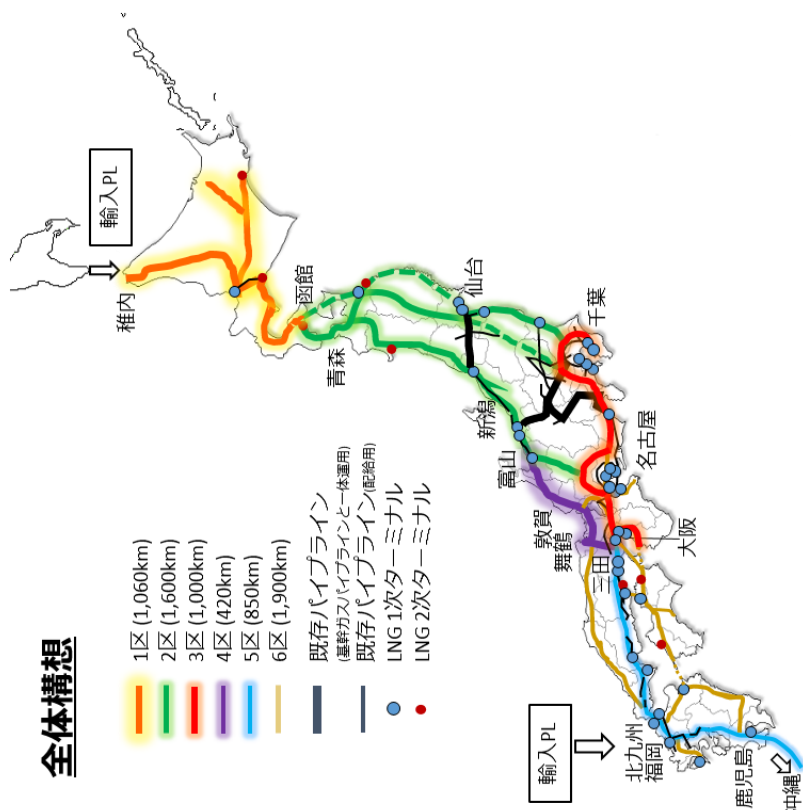
この成果を受けて、政官財の関係各方面において、互いに調和と調整を図りつつ「基幹エネルギーインフラ」の今世紀前半の整備に向けて、さらに詳細な調査検討が進捗するものを期待するものである。

1. 基幹ガスパイプライン構想

【概要】

1. 高速道路敷を活用して基幹ガスパイプラインを安価及び迅速に建設
2. 人口**10万人以上**の都市をほぼ連絡、総延長約6,500km
3. 既存のパイプライン、LNGターミナル等と**接続**
4. LNG気化ガス、国産天然ガス、輸入パイプラインガスの公平・中立な託送サービスの提供

全体構想



【整備により期待される効果】

1. 国土強靱化に寄与

- ① 災害や事故に強いエネルギー供給
- ② エネルギー安全保障に寄与
- ③ 安価、安定、安全、安心の4要素を同時達成

2. 全国ガス市場形成による価格低減

- ① エネルギー自由化に伴う競争原理の導入と相まってガスの内外価格差、内外価格差の是正
- ② パイプライン沿線でのガス火力の立地促進と、電カコストの低減

3. 地域の再整備への貢献

- ① 電気・ガス・熱の供給を地域毎に一体化させた地域エネルギーサービス事業の展開による地域の活性化
- ② 水素社会の基盤インフラ整備によるFCV及び固定式の燃料電池、水素スタンド等の急速拡大

4. 温暖化防止への寄与

- ① 石油・石炭から、ガスへの転換に伴う温室効果ガスの排出削減

(資料：国土ガスハイウェイ)

2. 超電導直流送電 (SCDC) 構想

高速道路空間利用による超電導直流送電網 (全国規模の再生可能エネルギーの利用拡大)

再生可能エネルギーは、北海道、東北、九州に多く賦存
東京、大阪、名古屋の需要地
(近年の夏の最大消費ピーク電力~160GW)
に長距離供給が必要

主な送電ルート

北海道の再生エ → 本州へ

東北の再生エ → 東京へ

東京湾、伊勢湾、大阪湾などでは
エネルギー輸送管をループ状に敷設

東京・名古屋・大阪
を結ぶ連絡線

九州の再生エ
⇒大阪へ

超電導直流送電の特徴

長距離でも電気抵抗ゼロ (送電損失ゼロ)
運用コストを低減する断熱管
開発に成功

省スペースで大電力、環境に
やさしい
交流送電と同レベルの安全性

周波数変換不要
(直流)

再生エの出力抑制を解消
全国規模で不安定に対応

【ポイント】

- ① 直流 (DC) 時代への対応
- ② 主力電源としての再生エの広域利用
- ③ 国土レジリエンス (電力)
- ④ SCDC技術確立のため、石狩超電導直流送電実験設備のあとを継いで、現在、中部地区の高速道路敷地を利用した20数kmの「中部SCDC実証実験線プロジェクト」を検討している

超電導直流送電の一般的特徴

1. 小型・低損失
大電力をきわめて省スペースで充電でき、
ルート確保・実現性が高い
2. 低電圧システム
環境に優しい (地中線)
3. 敷設ルートの環境破壊 (大面積の森林伐採等) が少ない
4. 安価で高い信頼性 (高圧変電所が不要)
5. 周波数に依存せず (50Hz/60Hz間の送電可能)
6. 原理的にブラックアウトが生じず、交流網の再立ち上げが容易

結果として

1. 高速道路敷地への導入が可能
高速道路では、SA/PA (20~50kmごと) に冷却ステーションを設置して超電導ケーブルを冷却し全国に展開する
2. 再生可能エネルギーの大量導入に最も効果的
3. (超) 長距離送電が可能
4. 安価な電力実現と炭酸ガス削減に貢献
インフラ輸出と産業創造貢献
5. 超電導直流送電は、日本が技術開発の先頭を走る
6. 電力の国土強靱化に貢献

参考：連系システムの現状

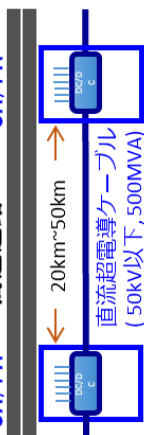
1. 電力会社別の供給ネットワーク (広域網としての接続条件の改善が必要)
2. 交流50/60Hzと分かれ、低い融通性
3. 電力網への投資が必要
(2019年4月経団連レポート)

波及効果

1. 高断熱性を生かし、地域冷房普及に貢献
2. LNG冷熱利用の高度化に貢献
3. 電力輸出入の新規ビジネスの創出と参入
4. 日本社会の脱炭素化を推進

冷却ステーション

SA/PA 高速道路 SA/PA



冷却ステーション + 充電スタンド

冷却ステーション
・SA・PAに建設 (約20~50kmに1か所)
・自動車 (EV) 用の恒流供給設備も設置
・設置面積は10m四方ほど

超電導ケーブル (収納断熱管の外形)
・直径0.5m以下の鋼管パイプ

(資料：中部大学)