

国土強靱化に資する地下空間利用の調査研究

報 告 書

目 次

序

平成 27 年度地下利用推進部会・幹事会名簿

地下利用推進部会の活動と成果 i

第Ⅰ部 情報通信基盤に関する調査

平成 27 年度情報通信基盤に関する調査研究部会

（第一部会）委員名簿

第 1 章 調査経緯	I	1
1.1 調査方針	I	1
1.2 調査内容	I	1
1.3 調査状況	I	1
1.4 ヒアリング調査	I	1
第 2 章 調査成果	I	14
2.1 情報通信基盤の整理	I	14
2.2 国土強靱化計画および各省庁の取組み	I	25
2.3 地下空間における情報通信基盤の災害事例	I	35
2.4 地下を利用した情報通信基盤事例	I	50
2.5 地下空間における位置情報	I	65
2.6 地下空間における防災・減災情報伝達	I	79
第 3 章 調査のまとめと今後の課題	I	131
3.1 調査のまとめ	I	131
3.2 今後の課題	I	139

第Ⅱ部 産業エネルギー基盤に関する調査

平成 27 年度産業エネルギー基盤に関する調査研究部会

（第二部会）委員名簿

第 1 章 調査経緯	II	1
1.1 調査方針	II	1
1.2 調査内容	II	1
1.3 調査状況	II	2
1.4 ヒアリング調査	II	6
第 2 章 調査成果	II	53
2.1 エネルギー関連施設の地下利用	II	53

地下利用推進部会の活動と成果

1. 部会活動の基本目的

社会インフラの整備は長い歴史のなかで進められてきたが、人口減少社会への移行や経済のグローバル化の進展、厳しい財政状況、気候変動に伴って新たに生じてきた災害リスク等により、インフラ整備を取り巻く情勢は大きく変化してきている。特に東日本大震災が発生し、南海トラフ地震、首都圏直下型地震、火山噴火等の大規模自然災害発生の恐れが指摘される中、防災・減災については、国民生活を守るための強くしなやかな国土強靱化の中核を担うことを求められている。政府より国土の防災や災害時の国全体の産業活動の継続性を目的とした国土強靱化の方針が示されているが、地下推進部会においても「国土強靱化に資する地下空間利用の調査」を主題に、発生が予測される大規模地震や異常気象への備えと、国際競争力の持続的な確保・向上を実現する国土強靱化について、耐震性に優れ、火災等にも強い地下空間の有効活用に着目して検討を続けている。

地下利用推進部会は、一般財団法人エンジニアリング協会地下開発利用研究センターの事業の一環として、以下のことを目的として活動を行っている。

- ① 新しい地下利用の形態やニーズを探索する。
- ② 参加企業の技術ポテンシャルの向上を図る。
- ③ 調査研究活動により一層の活性化を図る。
- ④ 地下開発利用の積極的な普及を図る。
- ⑤ 地下利用に関する技術開発テーマ、政策テーマの発掘と提案に努める。

2. 部会の構成と調査研究内容

1) 幹事会

部会の企画・運営と各部会間の計画・実施・進捗状況等の情報交換および部会共通の事項に関する連携・調査等を実施した。

2) 情報通信基盤に関する調査研究

＜情報通信基盤に関する調査研究部会（第一部会）担当＞

国民生活と産業の防災と減災に資する情報の円滑化・保持のための情報通信基盤に関する調査を行い、地下空間を有効活用した情報通信基盤整備のあり方について提言することを目的に調査研究を行った。

3) 産業エネルギー基盤に関する調査研究

＜産業エネルギー基盤に関する調査研究部会（第二部会）担当＞

産業エネルギーに係る脆弱性および国土強靱化施策とわが国の基本計画や消費実態を把握し、さらにエネルギー供給施設の現状と課題について調査したうえで国土強靱化に資する地下利用の可能性について提言することを目的に調査研究を行った。

4) 都市生活基盤に関する調査研究

＜都市生活基盤に関する調査研究部会（第三部会）担当＞

2.2 廃棄物の処理と地下利用	Ⅱ	93
2.3 地下利用の課題	Ⅱ	141
第3章 調査のまとめと今後の課題	Ⅱ	145
3.1 調査のまとめ	Ⅱ	145
3.2 今後の課題	Ⅱ	146

第Ⅲ部 都市生活基盤に関する調査

平成27年度都市生活基盤に関する調査研究部会

(第三部会) 委員名簿

第1章 調査経緯	Ⅲ	1
1.1 調査方針	Ⅲ	1
1.2 調査内容	Ⅲ	3
1.3 調査状況	Ⅲ	4
1.4 視察・ヒアリング調査	Ⅲ	6
第2章 調査成果	Ⅲ	29
2.1 リスクシナリオと強靱化分野の決定	Ⅲ	29
2.2 大都市圏を対象とする都市生活基盤と水利用	Ⅲ	40
2.3 地方中核都市圏を対象とする都市生活基盤と水利用	Ⅲ	52
2.4 地域間連携	Ⅲ	61
2.5 社会経済の現状を踏まえた施策の進め方	Ⅲ	66
第3章 調査のまとめと今後の課題	Ⅲ	84
3.1 調査のまとめ	Ⅲ	84
3.2 今後の課題	Ⅲ	89

第Ⅳ部 交通網基盤に関する調査

平成27年度交通網基盤に関する調査研究部会

(第四部会) 委員名簿

第1章 調査経緯	Ⅳ	1
1.1 調査方針	Ⅳ	1
1.2 調査内容	Ⅳ	3
1.3 調査状況	Ⅳ	4
1.4 ヒアリング調査	Ⅳ	5
第2章 調査成果	Ⅳ	49
2.1 交通施設に求められる機能	Ⅳ	49
2.2 交通施設の現状と課題	Ⅳ	55
2.3 交通施設整備の提案	Ⅳ	149
第3章 調査のまとめと今後の課題	Ⅳ	241
3.1 調査のまとめ	Ⅳ	241
3.2 今後の課題	Ⅳ	244

(1) 総務省「地下街等地下空間利用施設の安全対策等に関する実態調査」

札幌駅前地下歩行空間での接続ビルの火災を原因とする歩行空間への煙流入事故、および博多駅地区、天神地区の地下空間での浸水被害の報告について、災害発生時の対策、避難誘導のあり方などについてまとめた。

(2) 国土交通省「G 空間社会実証プロジェクト」

屋内外の電子地図や屋内測位環境等の空間情報インフラの整備・活用の実証を行う東京駅周辺高精度測位社会プロジェクトについてまとめた。

(3) 総務省「G 空間シティ構築事業」

気象情報、災害情報、地図情報等、官民が保有するG空間情報を利活用することによって、世界一安心安全で災害に強い社会の実現、活力ある地域社会の実現に貢献することを目的に実施された実証プロジェクトについてまとめた。

地下空間を含む情報伝達・避難誘導支援の実現では、東京(二重橋前駅)、大阪(ホワイティうめだ)、名古屋(セントラルパーク)の地下空間において行われた検証実験についてまとめた。

地下空間における防災・減災情報の伝達に関しては、以下のような課題を抽出した。

- ・地下空間施設の耐震化
- ・浸水対策および電源確保
- ・地下空間全体の地図・案内図の整備
- ・利用者に対する位置情報の提供
- ・位置情報を利用した避難誘導の実現
- ・屋外と屋内のシームレスな位置情報取得
- ・多様な関連事業者間の共同・連携

3.2 産業エネルギー基盤に関する調査

＜産業エネルギー基盤に関する調査研究部会（第二部会）担当＞

平成 26 年、27 年の 2 年間で国土強靱化に資するエネルギー基盤のあり方について調査・研究を行った。

平成 26 年度は主にエネルギーに関する各分野についてそのサプライチェーンを把握し、その中から常時のみならず災害時においても機能維持と早期復旧により国民生活への悪影響を最小限に留めるとともに国際競争力の維持向上を図るための施設のあり方を考えるための基礎調査を主に文献研究により行った。

その上で以下の施設について地下化を考慮すべきと結論づけた。

- ① 石油貯蔵タンクの地下化
- ② 石炭火力発電所における貯炭設備の地下化
- ③ ガスパイプラインの延伸および貯蔵タンクの地下化
- ④ 水力発電所における地下調整池の増設
- ⑤ 送配電設備の地下化

災害要因にも資源にもなりうる水資源やそれらを取り巻く基盤施設を対象として、都市におけるリスクとの係りを整理し、治水・利水の両面から平常時・災害時を問わない強靱化に向けた利用のあり方について提言することを目的に調査研究を行った。

5) 交通網基盤に関する調査研究

＜交通網基盤に関する調査研究部会（第四部会）担当＞

交通網の調査として物の流れ（物流）と人の流れ（人流）に分けて、交通手段別、品目別等にも実態を整理し、交通ネットワークの防災と事業継続性の確保のための交通基盤整備に関する提言を行うことを目的に調査研究を行った。

3. 成果概要

本調査研究では、災害を回避するための事前の備えや発災後に配慮した柔軟でしなやかな冗長性を有するインフラ整備を実現するために、国民生活と各種産業のサプライチェーンの確保を目的に行った。このため、国民生活と産業に密接なかかわりのある①情報通信基盤、②産業エネルギー基盤、③都市生活基盤、④交通網基盤の基幹的インフラ4分野に分けて検討を行い、新規のインフラ整備においては、地上施設のうち地下化の適用性を有する施設を対象に、また既存地下施設については、戦略的な維持管理と機能強化を対象に調査検討を行った。

以下に各検討項目の成果概要をまとめた。なお、本調査検討は、平成26年度に実施した基礎的調査検討に基づき、平成27年度はより具体的な方策、課題についてまとめたものである。

3.1 情報通信基盤に関する調査

＜情報通信基盤に関する調査研究部会（第一部会）担当＞

本検討は、国土強靱化に資する地下空間利用の調査研究のうち、情報通信基盤に関する調査研究部会として実施したものであり、2年間の活動期間において、国民生活と産業の防災と減災に資する情報の円滑化・保持のための情報通信基盤整備に関する提言を行うことを目的として活動したものである。

平成26年度は、情報通信基盤の整理、脆弱性評価・対策の事例調査等を実施した。平成27年度は追加の情報収集を行うとともに、地下における位置情報の取得技術、地下空間における防災・減災のための情報伝達について調査した。以下にその概要を示す。

① 地下空間における位置情報

屋内・地下空間における測位技術について、調査・比較を行った。その結果、有望な地下空間・屋内測位技術として、Wi-Fi、iBeacon、IMES(Indoor MESSaging System；屋内内外のシームレス測位を可能にするシステム)、可視光通信（フォトセンサ）の4技術を抽出した。

抽出した4技術の測位精度に大きな差は見られないが、「地下空間」への適用を想定した場合は、IMESが最も有望と思われる。

② 地下空間における防災・減災情報伝達

ここでは、地下空間における位置および情報伝達の現状・課題について調査するとともに、以下の国内での取り組み事例についての調査結果をまとめた。

意することが望まれる。

天然ガス地下貯蔵では枯渇油・ガス田、帯水層、岩塩層、岩盤空洞等を利用する技術が国内外で利用されているが、岩盤空洞への新たな貯蔵技術として ANGAS があるが、これが実用化されれば地下の岩盤内に天然ガスを貯蔵する可能性が増大する。

新たなエネルギーとして注目されている水素エネルギーは研究開発段階であるが、将来的に発展する中で、設備の設置において地下を有効利用することにより安全や効率を向上させることが望まれる。

最後にエネルギーサプライチェーンの過程で発生する廃棄物の処理についても今回調査した。主には石炭火力発電所から発生する石炭灰について調査したところ、セメント材料等への再利用率が高まっているものの、依然として最終処分されている量も多いことから亜炭鉱跡の地下空洞への充填材として利用できる可能性もあり、廃棄物処理法などの法律の見直しや社会的理解の形成を促進していくことが望まれる。

今回の調査では国土強靱化に資するエネルギーサプライチェーンのあり方と実態について一定の理解を深めることができたが、残念ながら具体的かつ有効な提案を示すには至らなかった。平成 28 年度以降でも今回と同様のテーマでの調査を行う予定であり、見えてきた課題も踏まえて研究を深め、具体的な提案に繋げたい。

3.3 都市生活基盤に関する調査

＜都市生活基盤に関する調査研究部会（第三部会）担当＞

我が国における自然環境の変化はこれまでの予想を上回る災害を発生させる状況にあり、都市での生活に大きな影響を与える事象が顕著に現れるようになっている。このような現状を踏まえ、当第三部会では住民生活に深く関係しつつも、近年最悪の事態はもとより危機的な状況に遭遇した経験がほとんどなく、かつ地震・津波災害と比べても社会全体としての危機感が希薄である水害等を念頭に置き、国土強靱化基本目標の達成を困難にしかねない生活圏に係わる水について、治水・利水を通じた観点からの検討が必要であると考えた。

平成 26 年度は①国土強靱化に係る都市生活基盤の実情を探るための視察・ヒアリング調査、②水に係る法令の調査、③過去の都市型水害の実例調査を行い、各自治体が抱える脆弱性に対応方針の違い、水に係る法令の整備や改正と近年大きな変化を迎えた新たな財政的措置などの最新の情報を整理把握しておくことの重要性、国土交通省が「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」を公表した背景の再確認を行った。

平成 27 年度は、近い将来想定される南海・東南海地震等の大地震や昨今の異常気象など「新たなステージ」を受けた国土強靱化施策に向け、治水・利水の両面から平常時・災害時を問わない水や水関連施設の利用のあり方について調査研究を進めた。

調査の結果、①地域特性に即した災害想定と、災害時におけるハード・ソフト対策の策定が行われている反面、隣接自治体との連携や新規住民と既存住民との間の災害時の意識差などの実態から、地域と災害を切り離すことなく、限定した都市域を想定したリスク抽出やその評価を行う事が求められていること、②リスクへの対応方針の一つとして全国で整備が進められているハザードマップは、「リスクの見える化」や「リスクへの気付き」を促し、より有効に活用することが可能であると考えられる一方、広域災害における自治

⑥ 水素エネルギー貯蔵設備の地下化

この結果を踏まえ、平成 27 年度では各エネルギー施設の中で地下化による効果が期待される施設に絞り、実際に現地を訪問し事業者へのヒアリングを行い、運営実態および地下化の効果と可能性について調査を行った。

これらを参考に国土強靱化に向けてエネルギー施設の地下化の可能性を探り、提案に結びつけることを調査の方針とした。

調査方針をうけ、絞込みを行った施設について現地調査およびヒアリングを実施した。

調査した施設は以下のとおりである。

- ① 電源開発(株)磯子発電所（石炭火力発電所）
- ② 北海道電力(株)石狩新港発電所建設現場（LNG 火力発電所）
- ③ 北海道電力(株)砂川発電所（石炭火力発電所）
- ④ (株)砂子組三笠採炭場（石炭露天掘り現場）
- ⑤ 御嵩町亜炭鉱跡防災モデル事業工事現場（空洞充填）

上記のほか火力発電所から発生する焼却灰の再利用の実態調査のため、(社)充填技術協会、中部電力(株)、御嵩町にもヒアリングを実施した。

さらに当部会では現地調査は行えなかったが、地下揚水発電所として近年建設された北海道電力(株)の京極発電所についても参考にした。

現地調査およびヒアリング結果を参考にエネルギー関連施設の中から火力発電施設、水力発電施設、送変電施設、石油・ガスパイプラインおよびエネルギー貯蔵施設のそれぞれについて地下利用の可能性について考察し、そこから見えてくる課題についても明らかにした。

また、廃棄物処理の観点から空洞充填も視野に一定の研究を行った。

現地調査およびヒアリングにより石炭火力発電所では貯炭場の地下化はコスト面で不利であり、用地が得られないことや周辺環境への配慮が特に必要である場合を除いては検討の対象とはなっていないことを確認した。ただし現状においても取放水設備等の土木構造物は積極的に地下利用がなされている。

また、水力発電施設では火力発電施設に比べてより多くの施設の地下化がなされており、特に揚水発電方式においては貯水設備以外のほとんどの設備が地下化されている。

パイプラインについては主に天然ガスエネルギーの輸送として利用されているが、わが国においては地中に埋設する形が一般的であり、地下利用が積極的に行われている。東日本大震災の際に新潟県から宮城県にパイプラインによって天然ガスが送られたことでもわかるように災害時の緊急対策として大変有効な施設となっており、今後もパイプライン網の整備が重要である。特に日本海側や北海道、四国、九州への供給ラインは今だ脆弱であり、早期の整備が望まれる。

エネルギー貯蔵施設は石油およびガスに大別されるが、石油貯蔵に関しては原油備蓄において国家レベルの施設では岩盤内を利用するなど地下化が行われているが、今後整備が必要となる製品備蓄では民間レベルの小規模設備では地上式タンクがほとんどであり、将来的な新設やリプレースなどの際に積極的に地下式タンクの導入を検討すべきである。特に石油を扱っているため、万一地震や津波によって設備の損壊がおこった場合、周辺地盤の汚染や沿岸部においては海洋汚染を引き起こす可能性もあるためこの点についても留

てまとめた。

- ・交通手段の種類と特性整理として、首都圏実態調査結果より交通手段別の実態をまとめた。
- ・交通結節点の検討として、ハブ港、内海開運港、トラックターミナル、宅配施設、貨物ターミナル駅、ハブ空港等の交通結節点の調査を行った。また、連携、代替性についても調査を行った。

平成 27 年度では上記の検討成果を受け、将来の交通網（人流、物流）のあり方、並びに地下空間利用の適用性について以下の検討を行った。

① 交通施設に求められる機能

- ・物流経路は、それぞれの特徴をまとめ、物流拠点に求められる機能についてまとめた。
- ・交通拠点の施設とそれらに求められる機能についてまとめた。また、交通機能として交通手段の種類と特性について整理した。
- ・防災拠点は、被災時に求められる機能や防災拠点の規模、また首都圏の防災拠点配置等についてまとめた。

② 交通施設の現状と課題

- ・東京圏における物流輸送手段毎の現状と課題として、常時の現状を踏まえて災害時の物流のあり方についてまとめた。
- ・人流施設の現状と課題として、交通結節点である大宮駅、羽田空港、橋本駅周辺、成田空港、新宿駅、品川駅、新横浜駅についてまとめた。
- ・防災拠点の現状と課題として、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県 of 防災拠点についてまとめた。

③ 交通施設整備の提案

- ・物流道路の提案として「都心南部直下地震」を想定し、東京地区への 8 方向別の災害時リスクは東側ルートが物流量の多い割には途絶リスクが高いことから、東関東道、常磐道からの乗り入れルートを検討した。
- ・提案ルートは地震による液状化可能性のある地域や地盤沈下の可能性のある箇所を避け、また火災によるインフラルートの焼失や東京沿岸部ではゼロメートル地帯での浸水域なども避けたルートで、松戸市の「西部防災センター」を出入口に「都立汐入公園」を中継し、「有明地区基幹的広域防災拠点」「みなとが丘ふ埠頭公園」、「東京国際空港」を通り「東扇島地区基幹的広域防災拠点」に繋ぐルートとした。
- ・人流設備の新たなルートとして、常時は大宮～東京間の新幹線の過密状態を緩和することを目的に、災害時は広域防災拠点間を結ぶ広域交通ネットワークを構築することを目的に、大宮を起点として、新宿～品川～羽田空港～東扇島～新横浜を結ぶルートを提案した。

体間のより緊密な連携が必要であること、③複合災害への対応については漸く着手にかかり始めた状態であり、「新たなステージ」を迎えた現在においては、より危機感を持って早急に防災対策に取り組むこと等が必要と考えられた。

以上のように都市生活において国土強靱化を図る上で、平常時、災害時とも一地域（自治体）限定の局所的対策でなく、より大規模な領域を踏まえた地域間の連携した安全と水の確保が重要なことが示された。そこで、「仮称 大都市カナート構想」を深化させ、広範囲（地方都市程度）に複数の貯留槽を考え、上流から下流への貯留水の自然流下などによって生じる貯留量の地域間差に対して積極的な排水・貯留管理を行うことで、必要調整容量の確保、上流域での涵養など、平常時・災害時を問わず水を有効活用する「深化版の大規模カナート構想」の提案を行った。

また、水を巡っては古来さまざまな地域間問題が取り上げられたが、国土強靱化を図るためには一地域一個人ではなく、国土全体を見通した住民や地域の協働が必要となる事は自明の理である。水源地域等と都市圏住民との連携を深めるための情報提供や広報啓発活動などの取り組みは、施策を進める上での官民協働の育成の重要性を表している。

この検討の過程において、以下に示すようないくつかの課題も浮かび上がった。

- ① 限定した都市域を想定し、一時滞在者にも配慮した広範なリスク抽出や評価
- ② 広域災害に対する自治体間の緊密な連携によるハザードマップの作成
- ③ 複合災害に対する喫緊の対応
- ④ 総合的な災害対策推進に向けた区民や事業所等からのボトムアップ手法の検討
- ⑤ PDCA に基づく施策の確実な実施
- ⑥ 積極的な情報提供や広報啓発活動とその継続性
- ⑦ 深化したカナート構想の実現のための大規模大容量ポンプ、X-band レーダーの上を行く集中豪雨・局所豪雨の高度な早期予測システム、輻輳する都市地下空間の有効活用に向けた地下空間データベースの開発

一方、施設の老朽化、少子高齢化による財源不足、施設用地不足などが国土強靱化の推進に向けた大きな課題となることが考えられる中、平成 23 年の改組により新たに発足して 5 年を迎える水管理・国土保全局の広域災害に対する地域の有機的連携に向けた積極的な関与が望まれるところである。

国土強靱化に資する地下空間利用の調査研究の一環として 2 年間に亘り都市生活基盤について、国土強靱化地域計画の現状や構想について調査検討を行い同計画の確実な実施に向けた課題を指摘する事が出来た。今後、この指摘が各自治体における国土強靱化計画の一層の推進に向けて役立つとともに、ハード的な課題を持ちつつも「深化版の大規模カナート構想」の提案が実現される事を期待するものである。

3.4 交通網基盤に関する調査

＜交通網基盤に関する調査研究部会（第四部会）担当＞

本検討は「交通ネットワークの防災と事業継続性確保のための交通基盤整備に関する提言」を目的に平成 26、27 年度の 2 年間で行うものであり、平成 26 年度では実態を把握するため物流と人流に分けて以下の項目について調査を行った。

- ・交通機能の整理として、物流の実態調査により移動距離特性また交通手段特性につい

てまとめた。

- ・交通手段の種類と特性整理として、首都圏実態調査結果より交通手段別の実態をまとめた。
- ・交通結節点の検討として、ハブ港、内海開運港、トラックターミナル、宅配施設、貨物ターミナル駅、ハブ空港等の交通結節点の調査を行った。また、連携、代替性についても調査を行った。

平成 27 年度では上記の検討成果を受け、将来の交通網（人流、物流）のあり方、並びに地下空間利用の適用性について以下の検討を行った。

① 交通施設に求められる機能

- ・物流経路は、それぞれの特徴をまとめ、物流拠点に求められる機能についてまとめた。
- ・交通拠点の施設とそれらに求められる機能についてまとめた。また、交通機能として交通手段の種類と特性について整理した。
- ・防災拠点は、被災時に求められる機能や防災拠点の規模、また首都圏の防災拠点配置等についてまとめた。

② 交通施設の現状と課題

- ・東京圏における物流輸送手段毎の現状と課題として、常時の現状を踏まえて災害時の物流のあり方についてまとめた。
- ・人流施設の現状と課題として、交通結節点である大宮駅、羽田空港、橋本駅周辺、成田空港、新宿駅、品川駅、新横浜駅についてまとめた。
- ・防災拠点の現状と課題として、東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県 of 防災拠点についてまとめた。

③ 交通施設整備の提案

- ・物流道路の提案として「都心南部直下地震」を想定し、東京地区への 8 方向別の災害時リスクは東側ルートが物流量の多い割には途絶リスクが高いことから、東関東道、常磐道からの乗り入れルートを検討した。
- ・提案ルートは地震による液状化可能性のある地域や地盤沈下の可能性のある箇所を避け、また火災によるインフラルートの焼失や東京沿岸部ではゼロメートル地帯での浸水域なども避けたルートで、松戸市の「西部防災センター」を出入口に「都立汐入公園」を中継し、「有明地区基幹的広域防災拠点」「みなとが丘ふ埠頭公園」、「東京国際空港」を通り「東扇島地区基幹的広域防災拠点」に繋ぐルートとした。
- ・人流設備の新たなルートとして、常時は大宮～東京間の新幹線の過密状態を緩和することを目的に、災害時は広域防災拠点間を結ぶ広域交通ネットワークを構築することを目的に、大宮を起点として、新宿～品川～羽田空港～東扇島～新横浜を結ぶルートを提案した。