

Öffnungszeiten

Mi, Di, Fr 08.30 - 10.00 Uhr
16.00 - 17.30 Uhr
Do 08.30 - 10.00 Uhr

Für Beratungen Tel. 027 979 12 21



日本インフラの 体力診断

Vol.2

地域公共交通・都市鉄道
・下水道



公益社団法人 土木學會
Japan Society of Civil Engineers

日本のインフラ体力診断書 Vol.2 の公表にあたって

道路、港湾、鉄道等の交通インフラ、上下水道の都市インフラ及び発電・送電等エネルギーインフラは、戦後～高度経済成長を経て整備が進捗し、日本の生活・社会・経済を支えてきた。また、河川の整備は、国民の生命・財産を守る重要な役割を果たしてきた。このように、日本のインフラは、国民の安全・安心、生活水準や経済・産業の国際競争力に対応して、「体力」を確実につけてきた。

一方近年では、わが国を取り巻く国際経済環境や安全保障環境が大きく変化するとともに、地震災害、豪雨災害等の自然災害が頻発・激甚化し、さらに深刻なコロナ禍を経験する中、種々のインフラへの要請も質・量ともに大きく変化・高度化しつつある。また、笹子トンネル天井版落下事故等各種インフラの老朽化が顕在化している。これら災害や老朽化は、「インフラの体力」を脅かす要因として、その影響は年々深刻になっている。

日本のインフラへの投資に目を向けると、ここ数年、防災・減災、国土強靱化のための緊急対策や加速化対策として重点的に財政措置されているものの、「日本の社会資本整備の整備水準は概成しつつある」との根拠なき「インフラ概成論」も影響して、1996年をピークにほぼ半分まで減少した状況が続いている。

また、日本のインフラ取り巻く情勢を俯瞰すると、「東京一極集中」の是正が進まない中、大都市部と地方部とのインフラの整備水準とそれに関連する生活・交通・産業・雇用等の格差が拡大する一方、相対的な国際競争力が低下し続けていると認識せざるを得ない。

そこで、土木学会では、「インフラ体力診断小委員会（委員長：家田仁）」を設置し、「日本のインフラ体力を分析・診断し、国民に示す」議論を重ね、2021年には、第1弾として主要な公共インフラである高速道路、治水施設、国際コンテナ港湾を対象とした「インフラ体力診断書 Vol.1」を公表した。

今回の第2弾の診断書は、下水道、地域公共交通、都市鉄道の各インフラ関連の制度・整備の推移、国際比較の観点から質・量双方からの総合アセスメントを取りまとめたものである。本診断書 Vol.2 もコロナ禍での行動に制約がある中、各WGが国内外のデータの収集に奔走し、熱心な議論した結晶である。

特に、地域公共交通については、未だ収まらない COVID-19 禍によりに直接的に影響を受け続けている分野であることから、我が国の同分野における政策、制度への反映を期待するものである。

また、この「インフラ体力診断」は、「インフラ健康診断」及び「日本インフラのオリジナリティ（土木学会誌 2020年4月号～2022年3月号掲載）」と組み合わせて、日本のインフラの「強み」、「弱み」を総合的に評価する資料・データとして活用して頂きたい。

さらに、2022年6月に土木学会では、「持続可能で、誰もが、どこでも、安心して、快適に暮らし続けることができる Well-Being 社会」、「リスクを軽減するための分散・共生型の国土の形成と国土強靱化の加速」及び「持続可能な地方の創生」の達成と、これを実現する制度として、長期計画の制度化、事業の意思決定手法の見直し、公的負担のあり方や、共生促進に向けた国民参加を提案として盛り込んだ、「Beyond コロナの日本創生と土木のビッグピクチャー～人々の Well-being と持続可能な社会に向けて～」を公表したので、参照されたい。

2022年7月 公益社団法人土木学会

インフラ体力診断

(地域公共交通WG)

1. みんなの移動, どうなっている?
 2. データにみる日本の地域公共交通の「体力」
 3. 地域モビリティ問題の本質
 4. 総合アセスメント
- おすび

1. みんなの移動，どうなっている？

地域公共交通とは，地域住民の日常生活や社会生活における移動のための交通手段として利用される公共交通機関の総称であり，時には観光客や来訪者がその利用者に含まれることもある．具体的には通勤通学，業務，買い物，通院，その他の私用などの目的で利用される乗合バスや地方鉄道，タクシー等を指すことが多い．つまり，長距離移動のための公共交通，例えば航空機や新幹線，大型フェリー等はこれに含まれない．また，インフラ体力診断には都市鉄道 WG も存在することから，地域公共交通 WG では政令指定市以上の都市内鉄道，都市間高速バス，等も対象としないこととした．

本 WG で日本の地域公共交通の体力を診断するにあたり，本章ではまず，生活に密着した身近な移動のエピソードをいくつか挙げることにしたい．

(1) エピソード 1：つくば市

2021 年 12 月，筑波大学に勤める A さんは，同じつくば市にある国土交通省国土技術政策総合研究所(国総研)の会議に行くことになりました．会議は 13 時から，A さんはクルマを持っていないのでバスで行かざるを得ません．時刻表を確認して A さんは愕然としました．

13 時からの会議に出席するのに，10 時半のバスに乗らなければならない！

国総研の最寄り停留所「土木研究所」には，つくばセンター(つくば駅)発 11:00 のバスがありますが，そのあとは 15:15 までバスはありません．筑波大学から，13 時の会議に間に合うよう国総研に行くには，10:30 筑波大学第 1 エリア発のバスでつくばセンターに行き，11:00 つくばセンター発のバスに乗る必要があります．ちなみに筑波大学－国総研は約 4.0km(徒歩 48 分)のみちのりです．A さんはこんな短歌を思い出しました．

吊り橋の途中の板の欠落のように昼間のバスはなかった 木下龍也²

(2) エピソード 2：カールスタッド市 (スウェーデン)

スウェーデンの地方都市，カールスタッドで小学 3 年生の息子 K 君と 2 人暮らしの B さん．K 君の小学校までは，バスで 2 停留所先，安全な森の小道を歩いて 15 分くらいなので，その日の気分や天候でバスか徒歩かを決めています．

B さんは，勤め先にバスで通っています．オフピーク時は 3 本/h の運行ですが，バスの運行時刻に合わせたライフスタイルは，むしろめりはりが付くと気に入っています．そして週 1-2 回は K 君とバスで



図 1-1 カールスタッド市の公共交通網¹

¹ Karlstadsbuss 2012 年当時のバス路線に筆者が加筆

² 木下龍也(2016)第二歌集「きみを嫌いな奴はクズだよ」所収

大型スーパーICA へ買い物に行き、週末もバスで中央広場 Stora Torget 近くの映画館や雑貨屋さんに行きます。

バスの路線や時刻表はアプリで検索できるほか、バスが今どこを走っているかロケーションもアプリ上に示されます。バス車内には無料Wifiが完備され、車両あたり2台設置されているモニターでニュースや天気予報、バス広告、利用者の声などの番組が放映されています。運賃をプリペイド型 IC カードで払うと現金の約半額となるため、乗客は皆 IC カードを使い、乗降もスムーズです。カールスタッドバスは若者、子ども連れ、サラリーマン、高齢者などさまざまな利用者に愛されています。



カールスタッドバスに乗り込む子ども連れ



カールスタッドバス車両エクステリアのサービス表示

(3) エピソード3：^{しょうばら}庄原市(広島県)

広島市と岡山県新見市を結ぶJR芸備線は、かつては郵便や鉱石・木材等の物流も担う、旅客・物流の双方で重要な役割を担っていました。しかし最近では旅客が著しく減少し、現在(2022年春時点)廃線も含めた今後の在り方の議論の渦中にあります。JR芸備線の旅客減少の一因は沿線の人口減少で、この問題は今に始まったわけではありません。

このような状況にも関わらず、直近に実施された市議会議員選挙で「地域交通」を公約に掲げる候補者は24人中わずか4人と限られていました。このことは、地域公共交通が庄原市の有権者の関心事では無いことを端的に表していると言えます。

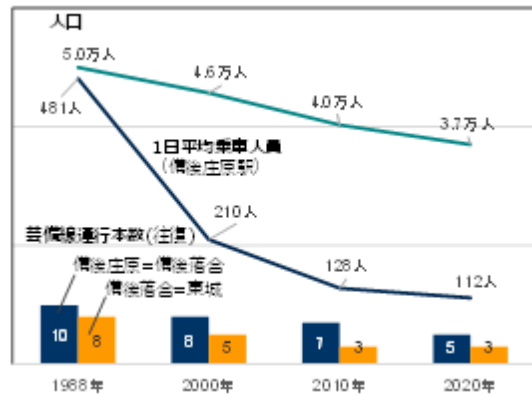


図 1-2 庄原市(芸備線沿線)の人口と乗車人員・便数³



³ 国勢調査, 鉄道要覧, JR/JTB 時刻表

(4) エピソード4：シンプロン村(スイス)

人口わずか 300 人のシンプロン村では、麓から荷物を運ぶ郵便バスに旅客も乗車できます。運ばれた荷物はバス停近くに集積する郵便局やスーパーに搬入されます。スーパーに冷蔵庫はありませんが、生鮮品も毎日買うことができます。例えば郵便局は朝 8 時から 8 時半まで午前の営業を行い(図 1-3)、8 時半すぎに荷物や手紙を集めた郵便バスがシンプロン村を出発します。その郵便バスに乗ってきた生鮮食品を売るため、スーパーは 8 時半開業、11 時まで営業しているのです。



図 1-3 シンプロン村の郵便局の営業時間⁴

この村の公共交通は、いわゆる乗合バスではなく、郵便サービスのための郵便車にバス車両を用い貨客混載することで機能しています。スイス全土を結ぶ郵便事業の一部として位置づけられていることから、単独路線で採算を判断されることもありませんし、高い公共性を誰もが理解できる仕組みとなっています。

(5) エピソード5：^{おやま}小山市

2022 年 4 月栃木県小山市に住む N さんは、市外の中学校に進学した娘の H ちゃんが出かける姿を心配そうに見送りました。H ちゃんは家から小山駅までコミュニティバス、小山駅から学校までは JR 両毛線を使います。実は N さん、H ちゃんから市外の中学校に進学したいと打ち明けられ、最初に心配したのが通学手段でした。「毎日駅まで送り迎えできるかしら・・・」そんな時、N さんは市役所発行のバス情報誌 Bloom!⁵に「これは！」と思いました。「通学にバスを使っている女子学生」の記事が載っていたのです。更に小山市コミュニティバスの定期券 noroca⁶は、学生 25,000 円/年ととても安く、スマホ定期券なら紛失の心配もない。無事希望の学校に合格した娘にバス通学を勧め、1 年定期券を買ってあげました。

そんな N さんは、小山市に住む H ちゃんと同級生が、ご両親に毎日送迎してもらって通学しているとの話を聞きました。バス停から遠いところに家があるようです。改めて市内のバス路線を調べてみると、N さん宅最寄りのバス路線は、2021 年 10 月から



図 1-4 バスの情報誌 Bloom!ーブルーん!ー⁶

便数が倍増し、市内でも特に便利な路線でした。小山市は市内のバスを順次増便する方針とのこと、早く同級生のお家沿いのバス路線も便利になってほしいと N さんは願っています。

⁴ Post Filiale 3907 Simplon Dorf, 2017 年 6 月 5 日撮影

⁵ 小山市 HP 「noroca のごあんない」 <https://www.city.oyama.tochigi.jp/site/o-bus/220075.html>

⁶ 小山市 HP 「バスの情報誌 Bloom!ーブルーん!」 <https://www.city.oyama.tochigi.jp/site/o-bus/223100.html>

2. データにみる日本の地域公共交通の「体力」

1章で示したエピソードは、データによる裏付けが可能なのか？日本の地域公共交通は諸外国(主に欧州の地方都市)と比して、どのような状況なのか？を検証するために、2章では日本の地域公共交通(都市鉄道や新幹線、航空機は除く)の現状を諸外国と比較することを試みた。

他のWGでは国としての目標の下、その達成度が評価されているが、日本では地域公共交通に関する政府としての定量的目標は存在しない。そして地域公共交通の現状を評価可能な統一的な指標も、日本では存在しない。目標も評価指標も無い中で、国際比較による地域公共交通の体力診断を行うのは無理筋である。無理を承知で、国内外の資料をあたって収集したいくつかのデータを紹介する。

2.1. 地域公共交通の分担率とサービスレベル

(1)人口規模と公共交通分担率

地域公共交通の利便性を評価する指標として、公共交通分担率が挙げられる。人々の全移動回数のうち、公共交通を使った移動の回数が公共交通分担率である。図2-1より、公共交通分担率は人口規模に応じて高くなることが示された。また、日本では都市圏規模が大きいほど分担率が高い。スイスでは人口5万人前後でも公共交通分担率が10-15%の都市が多く、図中の回帰式の傾きが大きいことから、同規模の日本の都市に比べると公共交通分担率が高いことがわかる。

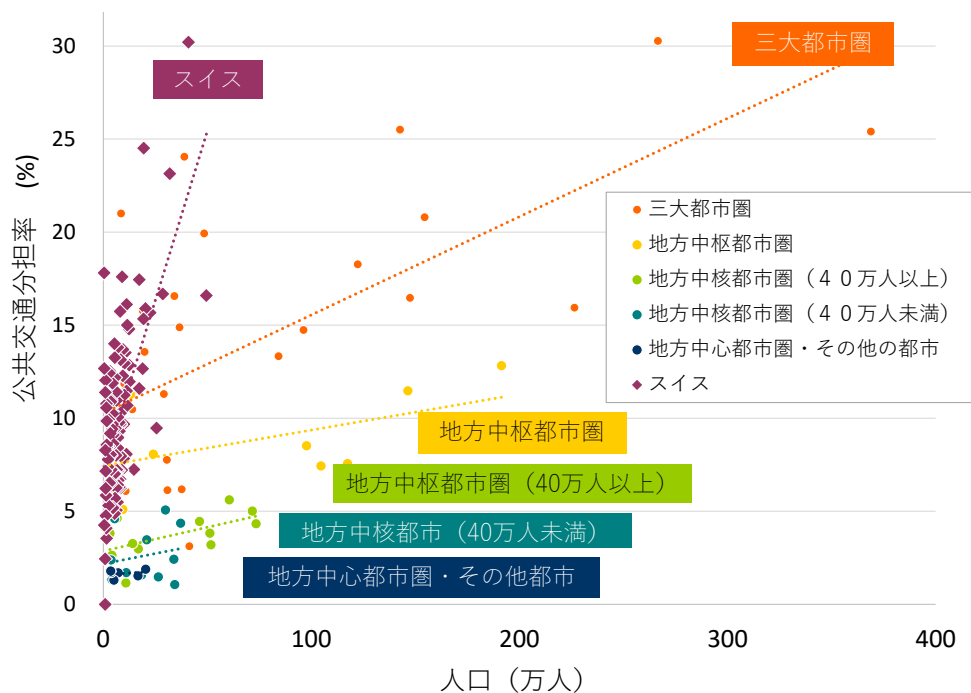


図2-1 日本とスイスの人口規模別公共交通分担率⁷

⁷ Data source: H27 全国PT(日本) data.europa.eu(スイス)より。なお、日本では国土交通省都市局がほぼ5年ごとに実施する全国パーソントリップ調査(2015)データを用いて、都市別の公共交通分担率が算出できる。日本の比較対象として、1章エピソード4に挙げたスイスを例に、data.europa.euから公共交通分担率を入手した。日本の都市は都市規模別に分類したが、スイスは、首都のチューリッヒが人口40万人弱、次いでジュネーブの20万人と日本に比して人口規模が小さいため分類はしていない。

(2)アクセシビリティ

地域公共交通の評価指標の二つ目としてアクセシビリティを検討する。アクセシビリティとは、一般に機器やサービスを円滑に利用できる度合いを意味し、地域公共交通の利便性を示す指標の一つとして用いられている。日本ではアクセシビリティ指標を経年的に取得する仕組みが存在せず、本節では、「平成 24(2012)年度 公共交通の供給密度評価手法の構築等業務 報告書」(平成 25 年 3 月国土交通省)のデータを独自に再集計した結果を紹介する。

図 2-2 に、国内と海外の都市におけるバス路線長×本数密度を縦軸に、可住地人口密度を横軸としたグラフを示す。当然ながら可住地人口密度が高いほど、バス路線延長×本数密度(年間)は大きくなる。しかしその傾向(傾き)に着目すると、日本はほぼ原点から始まる回帰式である一方、欧州・北米では y 切片がマイナスで可住地人口密度が低くとも一定のバス利便性が担保されていることがわかる。また、回帰直線の傾きが日本は 10 程度であるが、欧州・北米は 50 以上と高い。このことは、海外都市の方が、可住地人口密度が低水準であってもバス利便性は高いことの証左と言える。

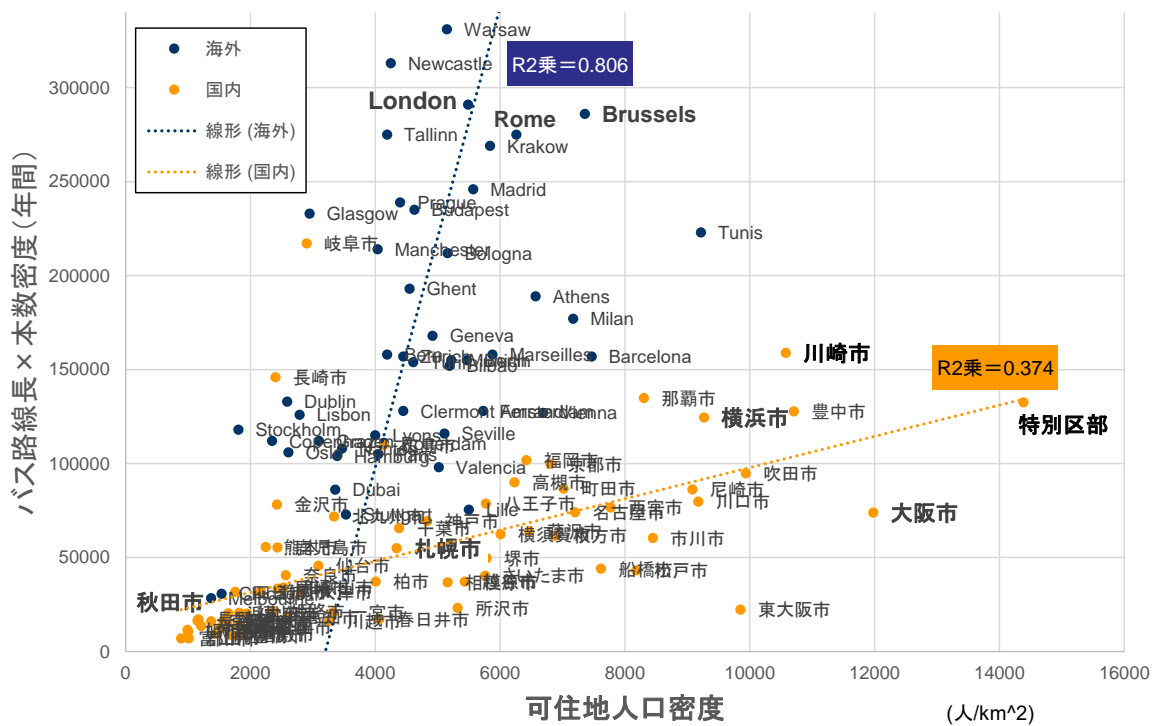


図 2-2 国内と海外の都市におけるバス路線長×本数密度と可住地人口密度⁸

⁸ 日本:国土交通省 平成 24(2012)年度 公共交通の供給密度評価手法の構築等業務 報告書

【都市の抽出基準】

■日本国内:全国 PT 調査 6 時点全ての対象都市 70 都市、ならびに当初エピソードにあった市町村(札幌市、つくば市、朝来市、養父市、庄原市)の計 74 都市(札幌市は重複)

■海外:国土交通省「平成 24 年度 公共交通の供給密度評価手法の構築等業務」報告書で対象としている都市(52 都市)。この p.208 にて「海外の 52 都市のデータベース『Mobility in Cities database2006』、及び米国の『2010 国勢調査』を基本として抽出、と記載されている。

2.2. 地域公共交通(乗合バス)の収支率

日本の公共交通は独立採算制を基本としている。独立採算制とは、事業者がその事業のみで採算を確保できる、つまり地域公共交通のバスや鉄道事業で営利企業として成立することを前提とした仕組みのことである。欧州や北米では、独立採算制は無く、地域公共交通は社会インフラであるとの認識の下、税金が投入されそのサービスレベルが維持されている。

図 2-3 は乗合バスの収支率の国際比較である。このデータは 2013 年時点のものであるが、例えばイタリアの乗合バス時用の収支率は一般に 25%程度であること、1 章のカールスタッドバスの事例でも収支率は 45%程度で事業者はそれを誇っていることを、参考までにご理解いただきたい。

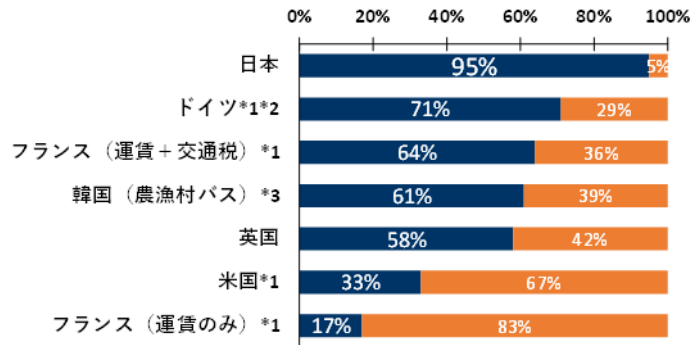


図 2-3 乗合バスの収支率の国際比較⁹

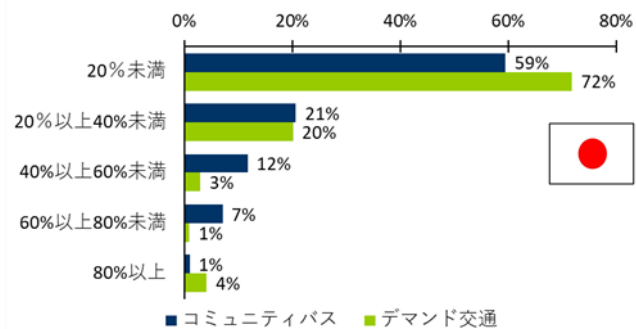


図 2-4 日本のコミュニティバス・デマンド交通の収支率¹⁰

さて、図 2-3 より日本の収支率(乗合バス)は欧米諸国と比べて高水準となっており、三大都市圏外でも運賃収支率は 8 割強と独立採算原則の経緯が色濃く残っていると見えよう。日本バス協会『2020 年度版日本のバス事業』(データは 2019 年度)によると、乗合バスの収支率は地方部でも 3 分の 2 を上回り、唯一下回る山陰ブロックでも 58%となっている。欧米の路線バスは社会インフラと位置づけられていることから、採算性の向上のみを求められることは無い。収支率 100%以上、つまり営利企業としての役割を求められる日本のバス事業は、これまで高速バスなど長距離路線で不採算路線の赤字をカバーする努力をしてきたにも関わらず、苦境に陥っているのである。一方、バス事業として成り立たずに事業者が撤退した地域において、自治体が税金で運営するコミュニティバスやデマンド交通の収支率は多くが 2 割未満となっている(図 2-4)。

これらより、主に都市部において採算が取れる「事業者中心のサービス」と、地方部における税金を投入した「行政中心のサービス」を両極として、大きく二分されているのが日本の特徴と言える。

⁹ 日本:国土交通省資料 英国:DfT "Annual Bus Statistics: England" 米国:APTA "Public Transportation Fact Book" フランス:GaRT "L'Année 2013 des transports urbains"

*1 乗合バス以外も含む

*2 2005 年のデータ(阪井清志『LRT に関する制度・施策の現状と課題—海外の制度・施策から見たわが国への示唆—』IATSS Review Vol.34 No.2, p.13, 2009 年。

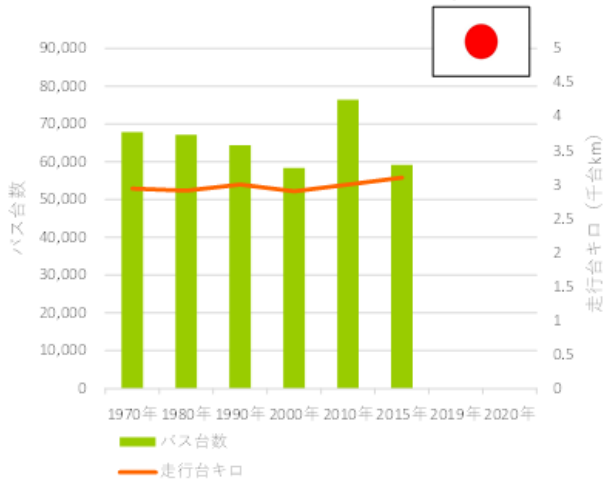
*3 2008 年のデータ(一般財団法人計量計画研究所『高齢社会におけるモビリティのあり方～韓国との比較を通じて～』p.69, 2017 年。

¹⁰ 国土交通政策研究室「多様な地域公共交通サービスの導入状況に関する調査研究」

2.3. バスへの投資の日独比較

図 2-5 は 1970 年～2020 年(一部データ無し)の日本とドイツのバス台数(棒グラフ)と走行台キロ(折れ線グラフ)である。これより、日本のバス台数・走行台キロともに 1970 年以降ほぼ横ばいである。日本の乗合バス利用者のピークは 1970 年前後であり、それ以降、利用者は漸減しているが、貸し切りバスやコミュニティバスの需要と相殺されてバス台数は変化していない可能性がある。一方、ドイツでは 1970 年からの 50 年でバス台数が約 1.8 倍に増加し、走行台キロ(台数×走行距離)も増加している。ドイツではバスへの投資が積極的に為されていることがわかる。

日本のバス台数と走行台キロの推移



ドイツのバス台数と走行台キロの推移

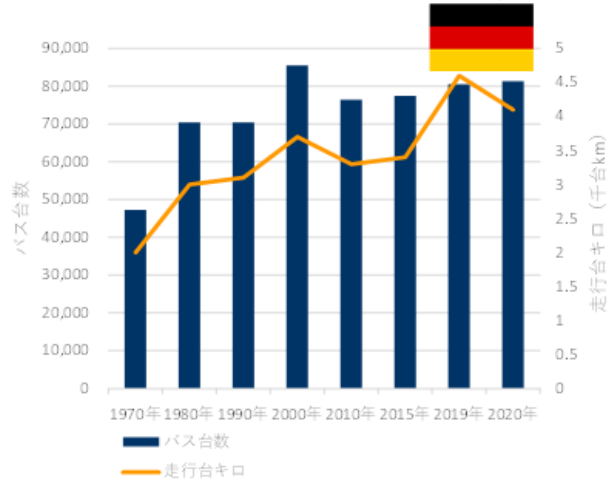


図 2-5 日本とドイツのバス車両台数と走行台キロの推移¹¹

2.4. 日本の路線バス車両への投資の停滞：バス台数 60 年間 6 万台問題

日本の路線バスに対する投資の停滞を顕著に表しているのが図 2-6 に示すバス総走行キロ・許可キロ・車両数である。1970 年代から国鉄が民営化された 1987 年頃までバス路線の許可キロは停滞していたものの、それ以降、増加している(2006 年から台数と許可キロにコミバスもカウントされている)。これは総合病院の郊外移転、郊外型大規模ショッピングモールの乱立、郊外型団地の建設などに起因している。一方、バス利用者数はモータリゼーションにより 1970 年をピークに減少しているにも関わらず(図 2-7)、許可キロが増えており(図 2-6)、バス車両数は 60 年間、約 6 万台のまま変化していない。

この不思議な現象についてある公共交通事業者はこう語っている。「新設、増便したい路線 A がある場合、まずは比較的利用の少ない路線 B からバス車両を配置換えします。ここで路線 B の車両は不足します。車両不足による路線 B 減便を防ぐためにバス車両を買うか?という、そのような発想は全くありません。そんな投資はしないのです。」こうして既存バス路線 B では、事業者の悪意無くサービスレベルが低下していく。この背景には、あるべき公共交通サービス水準が設定されていないという日本の課題が横たわっていると考えられる。サービスレベルの目標無しに営利企業として成立することを求められる日本のバス事業者としては、事業性を高めるために、比較的収益性の低い路線 B から収益性の高い路線 A にバス車両を移す。よって比較的収益性の低い路線 B

¹¹ BASt 資料

のサービスレベルは低下するのである。この問題をバス事業者の営業努力のみで解決することは困難であり、社会問題として議論する必要がある。

これについて、複数のバス事業者が以下のように語っている。「企業は成長分野への投資は促進するが、投資効果のない分野には投資はしない。」「規制緩和が始まり、将来的な人口減少も明確に見えてきた2000年頃からは特に、運送効率を上げる方向でずっと頑張ってきました。不採算路線を縮小撤退し儲かる高速路線を拡大させてきたのは事実。この時期に不採算路線も維持出来ていれば、欧米のように車両数も走行キロも伸びていたかも。が、それは出来ませんでした。」

2000年前後の規制緩和の経緯については3章に述べる。

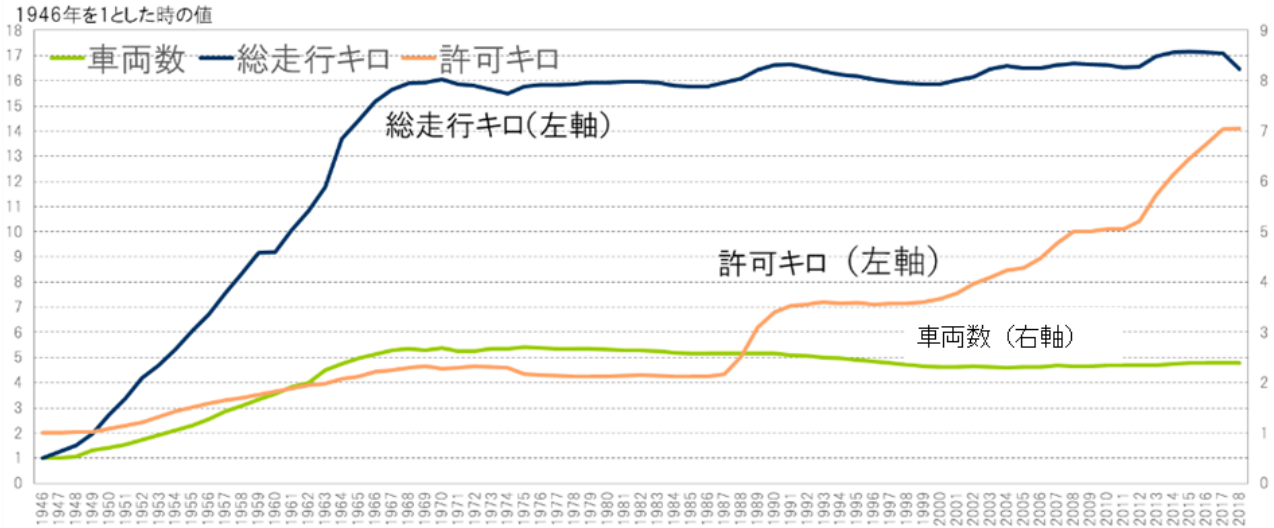


図 2-6 乗合バスの総走行台キロ・許可キロ・車両数の経年推移¹²

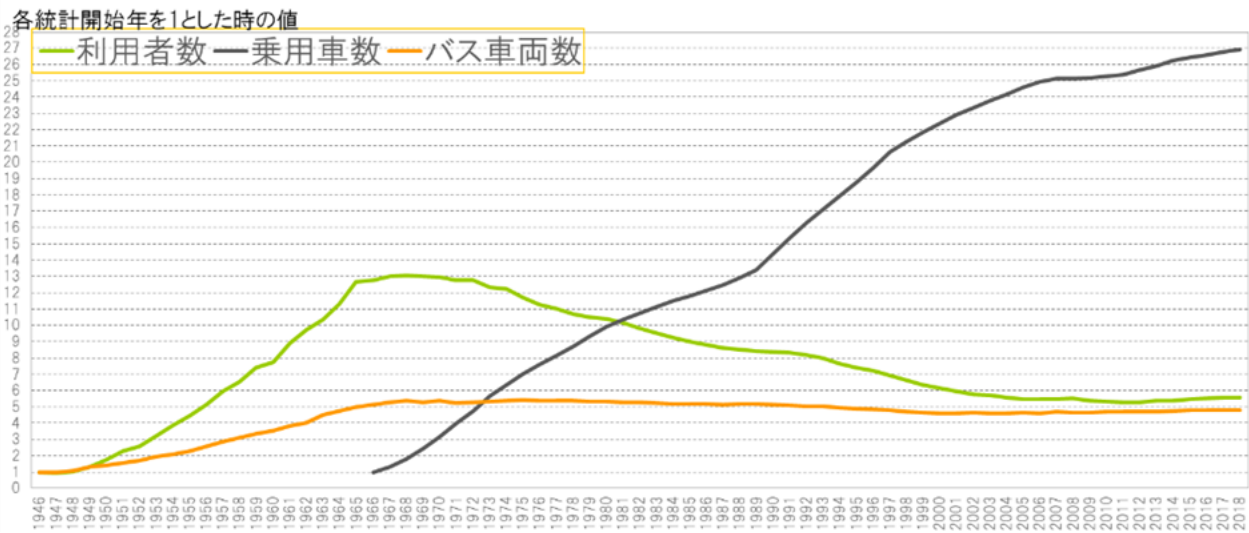


図 2-7 乗合バスの利用者数と乗用車数の経年推移¹³

¹² 日本のバス事業 ((公社) 日本バス協会)

¹³ 日本のバス事業 ((公社) 日本バス協会)

わが国の自動車保有動向 ((一財) 自動車検査登録情報協会)

2.5. Walk Score: 米加豪の不動産情報と連携したアクセシビリティ指標

公共交通の利便性や徒歩環境の評価指標として、アメリカ合衆国、カナダ、オーストラリアの不動産情報と連携したアクセシビリティ指標「Walk Score」のサービスを紹介したい(図 2-9)。Walk Score のサイトでは、住まい選びに活用することを前提に、公共交通(Transit Score)や徒歩(Walk Score)・自転車走行環境(Bike Score)の客観的評価を、住所を入力するだけで簡単に参照できるサービスを提供している。サービス範囲外ではあるが、例えば



図 2-9 Walk Score WEB サイト¹⁴

- エピソード 1：国総研(つくば市旭 1 番地)は Walk Score 10: Car-Dependent,
- エピソード 2：カールスタッド市中心部は Walk Score 97: Walker's Paradise,
- エピソード 3：庄原市役所は Walk Score なし: Car-Dependent,
- エピソード 4：シンプロン村は Walk Score 40: Car-Dependent,
- エピソード 5：小山市 H ちゃん同級生(小山市横倉新田)は Walk Score 54: Somewhat Walkable と評価されている。

このようにきめ細やかかつ客観的なアクセシビリティ指標を公開・提供することで、居住地のみならず通勤通学先の選択をサポート可能となるほか、自分のまちの状況を客観的に把握することにつながる可能性がある。近年、日本においても首都圏限定で同様のサイトが公開されている(例えば <https://lifull.com/news/18311/>)。今後、地方への拡大が望まれる。

2.6. データが無いことが課題

以上、2 章では地域公共交通の体力診断のために、国際比較可能なデータを模索した。結果として、日本においては事業者毎の経営状況、収支状況といったデータは存在するものの、都市単位、地域単位で地域公共交通のサービスレベルを評価可能な指標は存在しないことが明らかになった。

例えば 2.1 節の交通手段分担率を集計可能なデータベースとして、全国 PT 調査があるが、全国全ての市区町村を網羅しているわけでは無い。国勢調査は、2 回に 1 回(10 年毎)通勤通学手段を問う項目があるが、移動目的が限定的である。そして交通手段分担率はあくまで人々の行動を観測したもので、公共交通のサービスレベルを直接的に記述する指標では無い。

地域公共交通の体力を診断するためには、都市単位、地域単位でのサービスレベル評価指標が必要である。評価指標が存在しないのは、国として地域公共交通のサービスレベルをどう担保するかという目標を有していないこと起因していると考えられる。到達目標の無いところで達成度の比較は困難であり、2 章ではサービスとしての比較を行ったにすぎない。ただし、地域公共交通の評価に目標は不可欠であることは論を俟たないが、他都市・諸外国との比較評価もまた重要であり、比較検証に耐えうるデータの蓄積が重要であろう。

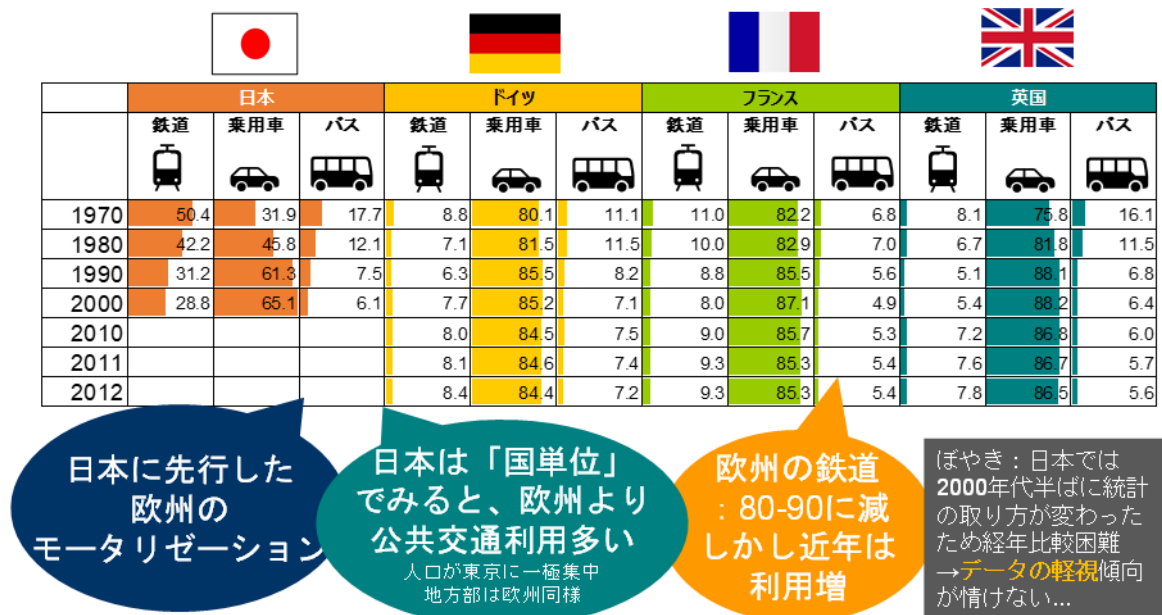
目標無く衰退する日本の地域公共交通の現状には、公共交通事業が独立採算制として発展してきたところにモータリゼーションが直撃し、さらに需給調整の規制緩和が為された我が国の制度の歴史的経緯が関わっている。地域公共交通の体力診断には不可欠な視点と考えられるため、これについては 3 章で触れることとしたい。

¹⁴ <https://www.walkscore.com/> (2022 年 6 月 21 日最終閲覧)

3. 地域公共交通問題の本質

(1) 地域モビリティの原点と「公共」の位置づけ

地域モビリティの原点とその変遷について、家田¹⁵は当初は自分の足で歩くことが基本であった(例えば江戸のまち)が、徐々に個別ニーズに応じた輸送サービスが発展(駕籠, 人力車)し、旅客を「まとめて運ぶ」乗合交通(乗合馬車, 乗合バス, 路面電車)に至ったと述べている。3つ目のまとめて運ぶ, つまり「混ぜて運ぶ」乗合交通は, 高い経済効率性と割安な運賃で1950年代まで日本の主要な移動手段であった。この時代は交通事業単体で採算がとれる「独立採算制」が成立したのである。しかし1960年代より急激なモータリゼーションの洗礼を受け, 地方部では利用者減少に歯止めがかからず, サービスレベルの低下と更なる利用者減という負のスパイラルが続いている。



日本政策投資銀行, 株式会社日本経済研究所(2015)地域公共交通システムのあり方に係る調査 ～地域公共交通連携スキームの構築

図 3-1 交通機関分担率の推移：日本，ドイツ，フランス，英国¹⁶

欧州においても状況はほぼ同様であるが, モータリゼーションは第二次世界大戦直後から始まったと言われている。1950年代, 60年代に多くの都市から路面電車が姿を消した。1970年代にはモータリゼーションの弊害が認識され, 路面電車の復活や新設道路に自転車道の設置義務づけなどの公的措置が執られている。その結果, 鉄道の分担率はわずかではあるが上昇傾向にある(図3-1)。各国の特徴的な公共交通施策について, 詳細を(3)節に記す。

地域公共交通の「公共」という言葉をどう理解すべきかについて, 家田(2021)¹³は public transport を三種類に分類している。すなわち,

¹⁵ 家田仁(2021)地域モビリティ問題の本質-求められる俯瞰的総合, 地域モビリティの再構築, 第1章, 薫風社。

¹⁶ 日本政策投資銀行, 株式会社日本経済研究所(2015)地方公共交通システムのあり方に係る調査 ～地域公共交通連携スキームの構築

- 大衆交通：例 米国 Uber の配車サービス (ride-hailing services)：スマートフォンからアプリを起動し、出発地を指定するだけでドライバーが迎えに来る。誰でもドライバーになれること、利用者とドライバーのマッチングがアプリで完結すること、料金が事前に把握でき、決済がクレジットカード限定で現金の収受がない等の特徴を有している。
- 公衆交通：例 日本型公共交通(日本)：公衆電話、公衆浴場のように利用ルールを遵守する限り誰でも利用を拒絶されることは無いが、政府や自治体など公共主体の関与が前提とはなっていない。
- 公共交通：例 社会インフラとしての地域公共交通(ドイツ)：社会的視点に立ち、無料もしくは十分に廉価な価格で、十分な量と質が提供されるべき財やサービス、あるいは提供せざるを得ないサービスのこと。

の三つである。この思想のちがいは、安全や運行頻度などのサービスレベルの責任を誰が担うかという点にもつながっている、と家田(2021)¹³は指摘している。例えば、米国の Uber は安くて便利であるがドライバーは素人、個人事業主とみなされ、Uber は運行に対する責任を負わず、安全は利用者の自己責任となっている。一方、日本の公共交通は運輸安全マネジメント、車両検査、二種免許等々、安全対策が法で定められ、運輸局が監督しており、安全については事業者が責任を負うことになっている。利用者は公共交通の安全を当然の品質と考えている。そしてドイツでは、(3)①節に詳述する PSO(Public Service Obligation) と憲法に定められた「生存権」等に基づいて、地域公共交通の一定のサービスレベル確保は行政の責任であると考えられている。交通事業者は自治体からの運行委託を受け、サービスの質を保つことが義務づけられているのである。

このような公共交通に対する思想のちがいを念頭に、日本と欧州の代表的な国の地域公共交通に関わる制度、仕組みを次節以降で概観する。

(2) 日本の地域公共交通に関連する制度と上位計画

日本の公共交通関連の政策は、国土交通省が主に所管している。国レベルの計画としては、長期的な国土づくりの指針である国土形成計画、中期的な社会資本整備の具体的指針である社会資本整備重点計画、中期的な交通政策の具体的指針である交通政策基本計画がある。しかし地域公共交通は地域毎に検討することが求められており、人口規模や移動量などに応じたサービスレベルなどの目標値は存在しない。

図 3-2 は日本の公共交通関連制度の変遷と、年代別人口・交通機関分担率の推移を示している。鉄道、バス、タクシー、海運、航空の 5 つの交通モード別に、下部の人口推移の年代に縦方向に合わせた主なイベントを記載している。鉄道と航空は 1980 年代半ばに国有から民営化された。バブル期、その後の停滞期を経て 2000 年前後に鉄道、バス、タクシー、海運、航空のいずれにおいても国による需給調整が廃止され、規制緩和が為された。その後、規制緩和による地域公共交通の混乱・停滞に対応するため、2007 年、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律が制定された。

この法律では、市町村が主体となって幅広い関係者の参加による協議会を設置すること、まちづくりとの連携などが定められ、令和 2 年改正では地方公共団体に「地域公共交通計画」の作成が努力義務として課されることとなり、地域公共交通は交通事業者まかせではなく、地方自治体の主体的関与が求められることになった。

地域公共交通の財源としては運賃収入のほか公共による補助金等による支援があるが、個別路線

ごとの収支の状況に応じて路線単位で赤字補填を行っているものが多く、その場合、現状維持が主眼となることから地域に必要なサービス水準との乖離が発生する可能性もある。また、実績に基づく赤字補填を前提とすると、事業者に事業改善インセンティブが働きにくいいため、長期的な展望に基づく設備投資が十分に行われないことが懸念される。このような副作用を最小限に留めるための方策が望まれる。

一方で地方自治体には地域公共交通の知識を有する職員がいないことも多く、人材の育成・確保が急務となっている。

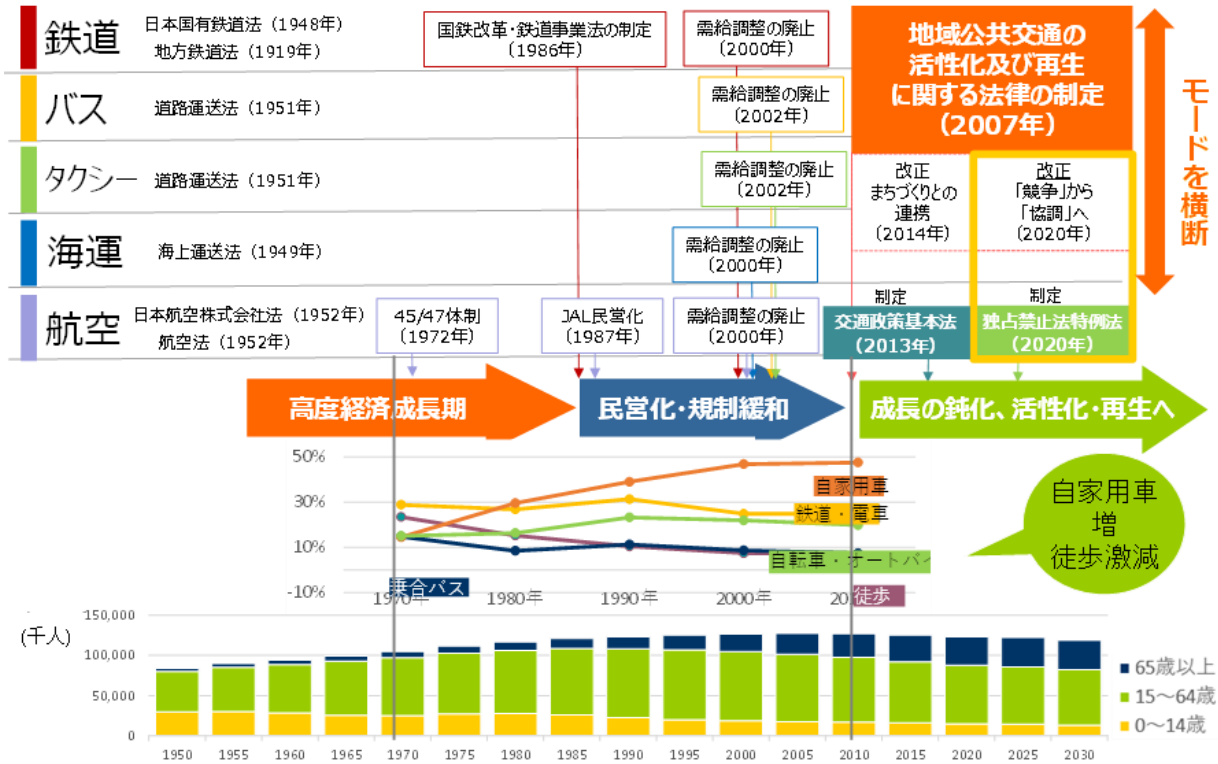


図 3-2 日本の公共交通制度の変遷と年代別人口・交通機関分担率の推移¹⁷

(3) 欧州の地域公共交通に関連する制度

① 公共サービス義務 PSO

欧州の公共交通関連制度の背景には PSO (Public Service Obligation: 公共サービス義務) が存在する(金山¹⁸, 2005)。PSO は欧州連合法の中で定められており、EU 地域内で「商業的供給は困難だが、社会的に望ましいサービスを、公的資金を投入して提供する公共サービス義務」と定義される。PSO は公共サービスのあらゆる分野に関わり、郵便サービス、社会サービス、エネルギー、運輸、銀行などが該当する。地域公共交通に関連する PSO は大きく二つある。一つは 1969 年の EEC 規則 1191/69 であり、鉄道・道路・内航船舶輸送に該当する公共交通を PSO として規定し、導入の妥当性を担保している。この規定の概念は米国・カナダ・豪州等にも拡大している。

¹⁷ 国土交通省総合政策局作成資料に筆者らが集計分析結果などを追記・レイアウト訂正

¹⁸ 金山洋一(2005) 鉄道の整備・運営制度における公益性と経営効率性を両立させる公民分担方式の研究, 東京大学社会基盤学専攻学位論文, 乙第 16260 号。

もう一つは、2007年に改訂されたEU規則 1370/2007であり、当局による入札等競争的選別、モニタリングによる補助金の有効利用を規定している。これにより公費を充当する額の妥当性が担保されている。

これら主に二つの PSO に基づき、欧州において公共交通は独立採算では無く行政の助成が不可欠であり、自治体が提供する「公共サービス」と考えられている他、自治体が他の都市計画と整合性のとれた中長期の地域公共交通計画を策定する根拠となっている(日本政策投資銀行¹⁹，2015)。

②財源

公共交通に対する財源確保については、例えば

■ドイツ：エネルギー税：動力用又は暖房用燃料としてのガソリンや天然ガスにかかる税。
例えば天然ガスは31.8%である²⁰。

■フランス：交通税：公共交通システムから利益を享受している、従業員数10人以上の企業に課される税。課税額は、雇用者が従業員に支払う給与総額に一定の税率を乗ずる形で計算される

■イギリス：バス、鉄道運行事業者への助成金

などと各国で異なる仕組みとなっているが、いずれも独自の特定財源を有している。



③ドイツの運輸連合

ドイツは連邦制の分権国家であり、地方公共交通に関する権限の大部分は地方政府に移譲されている。連邦政府は、州を跨ぐような長距離交通のための交通計画の策定などを所管している。ドイ

¹⁹ 日本政策投資銀行，株式会社日本経済研究所(2015)地域公共交通システムのあり方に係る調査～地域公共交通連携スキームの構築

²⁰ 渡邊 徹:Mineralölsteuer Geschichtliche Entwicklung in Deutschland und mögliche Implikationen für Japan, 跡見学園女子大学マネジメント学部紀要, 第 16 号, 2013.

ツ独自の取り組みとして「運輸連合」という制度を紹介する。

運輸連合とは、1965年にハンブルク市で創設された交通事業者の協働組織に端を発し、その後西ドイツ各地へと段階的に波及した仕組みである。今日では、州や郡・市・町が設立した運輸連合も多数あり、都市内・地域内の公共交通機関全体の運行計画とダイヤの策定、共通運賃制度の運用、広報・宣伝活動の共同展開等を実施している(図3-3)。

現在までに、ドイツ国内で65ヶ所、国土面積の3分の2、総人口の85%をカバーしている(日本都市センター²¹、2020)。運輸連合が公共交通サービスの実施等の運行を実際に行うことはなく、あくまで地域公共交通に関わる調整を担っており、自治体と事業者に対するコンサルタント的機能も提供している。法人形態は有限会社であり、地域の事情に応じた適切なモデル(行政主導、事業者主導、両者の協働、両者がそれぞれ運輸連合を組織)が選択されている。運輸連合は「複数の交通機関や交通事業者による輸送サービスを対象として、その利用者利便性を向上させる」という意味において、MaaSの本質を体現する組織とも言えよう。

地域の交通問題を多様な利害関係者ととともに調整・検討するという意味で、日本の地域公共交通が目指す方向と合致した仕組みとなっており、参考になると考えられる。

(4) 日本と欧州の制度と政策経緯の比較

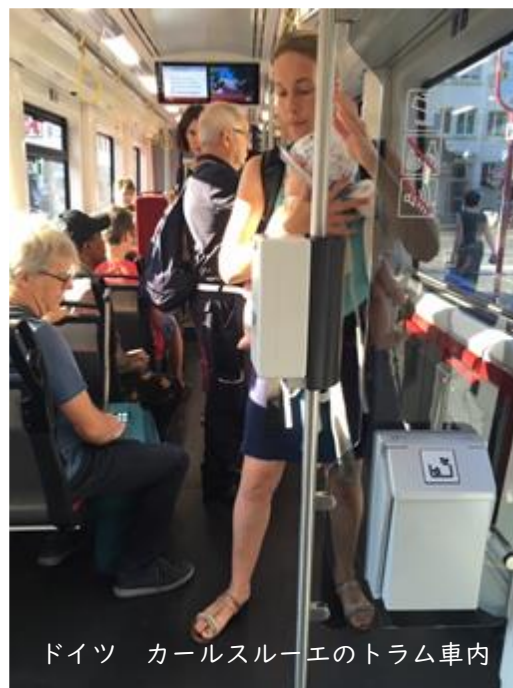
3章(1)節、(2)節、その他の文献より、日本と欧州の地域公共交通を巡る制度のちがいは以下のようにまとめられる(日本政策投資銀行、2015)。

- ・地域公共交通を公共が一定の財政負担を前提とする公共サービスとして捉えている
- ・事業者の採算性より住民への良質なサービス維持と利便性の向上を目的としている。
- ・地域公共交通は地域の活力を維持し、地域の魅力を高める為に必須であるとされている
- ・自治体は異なる交通モードを考慮した中長期の交通発展計画を策定している。
- ・自治体は交通事業者と積極的に対話をしている
- ・自治体の交通担当者は交通や都市計画の専門家であり、経験、知見は深い

また、日本の地域公共交通の政策経緯とそれに伴う事象の変化を模式化したものを図3-3に、前節で紹介したドイツの運輸連合発祥の地ハンブルクの経緯を図3-4に示す。図3-3、3-4右側



図3-3 運輸連合の機能例²³より作成



ドイツ カールスルーエのトラム車内

²¹ 日本都市センター(2020) 次世代モビリティ社会を見据えた都市・交通政策—欧州の統合的公共交通システムと都市デザイン—, 報告書。

のチャートは、それぞれ縦軸に公共の関与度合い(規制が機能しているか否か)、横軸に公共交通の利便性/事業者や自治体の積極性をとり、左側の概略年表の①~③の経緯とその位置する象限を図示したものである。

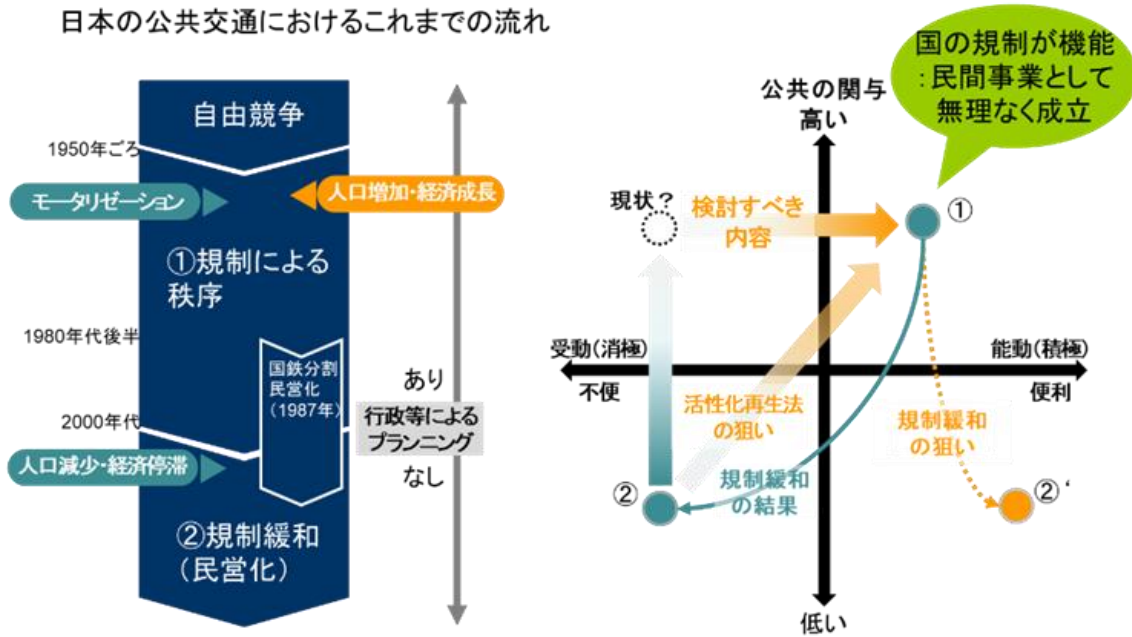


図 3-3 日本の公共交通における公共関与と利便性の関係

図 3-3 より、我が国の地域公共交通は自由競争を経て 1950 年代から国の法規制の下、民間事業として成立してきた（図中①）。モータリゼーションの進展が進む中で営利目的の事業が成立してきた背景として、過度な競争を危惧する国の規制により独占・寡占的な事業運営となるよう調整されていたこと、ならびに人口増加・経済成長によるものが大きいといえる。

(2)節に記すように 2000 年前後の規制緩和は、乗合バスや鉄道等の需給調整規制を廃止し、新規参入規制を最低限にとどめ、サービスの質・量は交通事業者の経営判断等に委ねることで、「利便性を維持・あるいは向上しつつ、公共の関与を控える」（図中②'）ことを目指し進められてきた。しかし現実には、規制緩和の狙い通り「公共の関与」は抑制されたものの行政による目標設定を含むプランニングの欠如や撤退の自由化により、結果として地域公共交通の衰退・サービスの低下を招いた（図中②）。

2007 年の地域公共交通活性化再生法施行により、地方公共団体の地域公共交通マスタープラン策定を努力義務とするなど、地域公共交通の質の担保と利便性の向上を図ってきた。これにより公共の関与は高まったものの、地域公共交通のサービスレベル、利便性は未だ低い状況に留まっている。

ドイツにおいては(3)節で述べたす運輸連合などの仕組みにより、事業主体や輸送モードにかかわらず共通賃制度など利便性の高い都市内の地域公共交通サービスが提供されている。その経緯を模式化した図 3-4 より、1960 年代までハンブルクを含むドイツ各都市では交通事業者が自由競争でバスや電車を運営しており、公共の関与(当時は規制)も少ない中で利便性が低下していた（図中①）。この状況の中、モータリゼーションの進展に対抗して公共交通機関のシェア回復を図るべく、1965 年交通事業者間の協働組織としてハンブルク運輸連合（Hamburger Verkehrsverbund HVV）が設立された。この運輸連合は民間事業者の拠出金により運営される組

織体であり、公共交通機関の自由意思による「カルテル」と言えるものであった。行政は運輸連合の結成をサポートしていたものの運営に対する関与は少なかった。運輸連合により、当初こそ利便性の向上が図れたものの（図中②'），大幅な運賃値上げ，輸送実績の低下，利便性の低下が生じていた（図中②）ことから，1996年運輸連合は解散した。その後，ハンブルク市等周辺自治体も出資した「(新) 運輸連合」が設立され，運輸連合の権限をハンブルク市等自治体側に帰属させ交通事業者は助言にとどめるなど公共の関与の度合いを増すことになった²²。

運輸連合は多様なステークホルダーが絡むことから，その設立は容易ではなく，関係者の多大な努力を要するものであったが，その調整機関としての役割は大きいと考えられる。

ドイツ ハンブルクの公共交通におけるこれまでの流れ

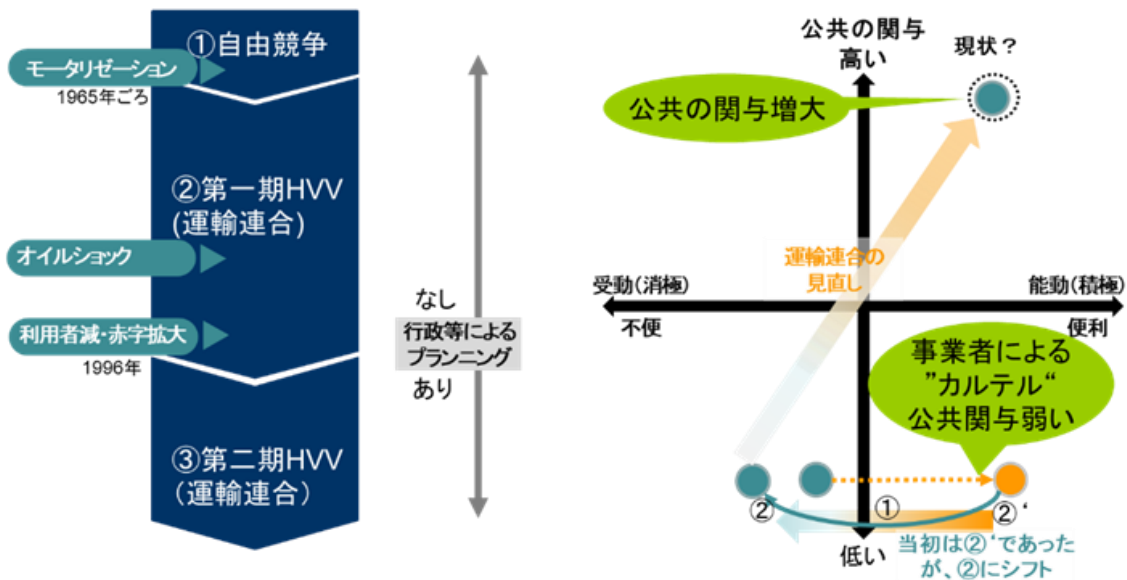


図 3-4 欧州の公共交通における公共関与と利便性の関係：ハンブルク(ドイツ)の例

²² 土方まりこ(2010)ドイツの地域交通における運輸連合の展開とその意義，運輸と経済，第70巻 第8号，pp.85-95.

4. 総合アセスメント

地域公共交通 WG では、日本の地域公共交通の体力を、主に欧州の都市と絶対値で定量的に比較するとともに、制度・思想のちがいを分析した結果を用いて、総合アセスメントを行う。

(1) 量的評価

日本では地域公共交通に関する目標値が無いため、量的評価は困難である。人間に例えると、目標の不在は「なりたい自分がわからない」状況と言えよう。よってまずは、公共交通分担率、路線バスのアクセシビリティ、収支率、地域公共交通への投資状況の絶対値で、主に欧州の都市と比較することを試みた結果を記す。

- ・ 都市人口別の公共交通分担率を日本とスイスで比較した結果より、日本では都市規模が大きくなるほど公共交通分担率が大きい傾向があるが、スイスでは人口 3-5 万人の都市であっても、日本の三大都市圏に位置する人口 20-50 万人の諸都市に引けを取らない公共交通分担率となっていた。このことは、日本の地域公共交通利用は特に地方部において、スイスよりも低水準であることを示している。
- ・ 日本と欧州の諸都市の可住地人口密度あたりの路線バスアクセシビリティを比較した結果より、日本の都市は、同程度の人口規模の欧州の都市よりも、バスサービスレベルが平均して 1/3 程度の低水準となっていた。
- ・ 都市部を含む日本の公共交通の収支率は、諸外国と比して非常に高い水準にある。これは独立採算制を原則とした歴史的経緯の遺物とも言え、特に地方部で独立採算制が立ちゆかなくなった現在、この原則にどのように対峙するかが問われている。さらに地方部ではコミュニティバスやデマンドバスの収支率が非常に低いことが課題となっており、都市部の事業者任せのサービスと、地方部の行政丸抱えのサービスとが極端に二分されているのが日本の特徴と言える。
- ・ バス車両への投資額について、日本の路線バス車両台数は 60 年間にわたり変化しておらず、走行台キロも停滞している一方、許可キロは伸びているという現象が確認された。2000 年前後の規制緩和をきっかけに、公共交通事業者は営利目的の企業としてやむを得ず成長分野への投資を優先し、不採算路線を縮小撤退していた。これらより、日本の地域公共交通の独立採算制は限界にきていること、地域の毛細血管とも言える路線バス路線網の衰退、地域の壊死につながる重篤な症状を呈していることが示された。

(2) 地域公共交通に対する思想のちがい

日本が世界に誇る充実した公共交通網は、独立採算制を基本とし、民間公共交通事業者の沿線開発や事業の多角化など、経営努力により達成された公衆交通網であった。モータリゼーションの進展により独立採算制、すなわち営利を前提とした経営が立ちゆかなくなった地方部では、公衆交通に変わる思想が必要となっている。国による運輸事業者の需給調整を撤廃した 2000 年前後の規制緩和後の混乱と、地域公共交通の更なる衰退を受けて、いくつかの法制度、仕組みが提案されているが、抜本的な解決には至っていない。赤字補填の補助金はあるものの、それがサービスレベルの向上につながる前向きな投資にはつながっていないようである。

地域公共交通活性化推進法(2007)は地域社会が地域公共交通を考えるきっかけとなったが、十分な財源は担保されておらず、実効性が高いとは言い難い。また公共交通の衰退はモータリゼーションと表裏一体であるにも関わらず、この法律では自動車交通の抑制につながる施策について何の言及も実効力も無い。自動車との激しい競争の中で生き残らねばならない民間の公共交通事業者の存在を認識し、予算制度のみならず、公共交通を使いやすい都市構造の形成や他分野との連携なども含め、その対策を皆で考えるべきである。

かたや欧州では、EU の公共サービス義務 PSO に基づいて、地域公共交通は自治体が提供する「公共サービス」であり、都市計画と整合する中長期の地域公共交通計画を策定する根拠ともなっている。ドイツでは「地域公共交通は社会インフラ」という価値観・思想があまねく行き渡っている。地域公共交通の価値に言及する法的根拠・目標が、日本の地域公共交通を考える上で不可欠となろう。

なお、日本のバス・鉄道事業者の安全性、定時性など質の高さは、運行頻度やネットワークの広さ、運賃収受率のみならずきめ細やかな配慮、清潔さ、接客、防犯性、バリアフリーなど様々な観点で世界的に評価されている。今回のWGでは、都市選定の困難さ、評価の難しさの観点から質の評価には至らなかったが、これらの質的価値向上が民間交通事業者の自主努力で達成されていること、継続していることを日本国民は誇りに思うべきである。

5. おすび

域公共交通 WG では、国際比較しようにも地域公共交通のサービスレベルを示すデータが無いという大きな課題を改めて認識した。この課題緩和の一助として、本 WG で入手した全てのデータ、集計分析結果、可視化ツール等を公開することとし、土木学会 HP よりダウンロード可能な形で整備する。

さて、1章のエピソードは、日本の地方都市と欧州の地方都市(村)の地域公共交通の有り様を生活者の目線で捉えたものであった。各都市の基本諸元を表 5-1 に示す。本レポートでは、これらエピソードから浮かび上がる日本と欧州の地域公共交通のちがいの一端を定量的に把握するのみならず、背後に横たわる制度、歴史的経緯、そして思想のちがいをあぶり出すことを試みた。

日本の地域公共交通は独立採算制を基本としてきたことから、公共の関与が限定的であり、モータリゼーションによる地域公共交通の衰退に際し、効果的な手を打つことができないでいた。地域公共交通の意義を改めて議論・共有した上で、目標やあるべきサービス水準を定めたプランニングが重要である。そのためには、国民の地域公共交通に対する理解の促進や、適切なストック投資、そして人材育成が急務である。このような状況下、COVID-19 感染症の流行は、衰弱していた我が国の地域公共交通を瀕死状態に追いやった。我が国の地域公共交通は今、大きな曲がり角にある。土木学会を初めとする地域公共交通に携わる国・地方自治体・交通事業者の一層の努力とともに、読者諸氏のご理解とご協力を賜れることを期待して筆を置きたい。

表 5-1 1章エピソードに登場したまちの諸元表

	1	2	3	4	5
	つくば市	カールスタッド市	庄原市	シンプロン村	小山市
人口(人)	21 万	9 万	4 万	305	17 万
面積(km ²)	284	78	1,247	91	172
人口密度(人/km ²)	755	1,106	32	3	969
鉄道駅数(駅)	4	1	15	-	3
鉄道路線長(km)(都市内)	12	-	73	-	13
バス停数(箇所)	830	245	733	14	249
バス路線数(路線)	85	19	70	1	14
バス路線長(km)	1,302	174	1,307	20	490

インフラ体力診断 (都市鉄道 WG)

1. 都市鉄道の政策目標とその意味
 2. 政策目標の達成度
 3. 整備水準の国際比較
 4. インフラの質的評価
 5. 総合アセスメント
- 参考資料

1. 都市鉄道の政策目標とその意味

都市鉄道は都市圏の基幹的交通機関として、重要な役割を担っている。戦後のわが国の都市鉄道は、東京、大阪、名古屋の三大都市圏においては、通勤・通学時間帯の混雑緩和のための輸送力増強や、大量の宅地供給など拡大する都市圏の交通機能を支えることを目的に、札幌、仙台、広島、福岡の地方中枢都市においては、道路交通の混雑緩和、都市構造の変革を主目的に整備が進められてきた。

このうち三大都市圏の鉄道整備計画については、国の審議会（運輸政策審議会（現在の交通政策審議会）、地方交通審議会）から、長期的な展望に立った基本的な計画が答申されており、ここではこれらの計画における政策目標について述べる。

（1）運輸政策審議会答申（三大都市圏）

近年の三大都市圏における都市鉄道の政策目標に関しては、表-1のように運輸政策審議会の答申で示されている。

具体的には、①輸送力増強による混雑緩和、②都市構造の形成・まちづくり支援、③速達性、快適性の向上等輸送サービスの高質化、④持続可能な輸送サービスの確保の4項目が挙げられている。①～④の概要は次の通りである。

① 輸送力増強による混雑緩和

- ・ 新線整備、複々線化等による輸送力増強、混雑率指標による目標値設定。
- ・ 混雑率に関する具体的な目標値について、運輸政策審議会答申第19号では、『大都市圏における都市鉄道のすべての区間のそれぞれの混雑率を150%以内とすること、東京圏については、当面、主要区間の平均混雑率を全体として150%以内とするとともに、全ての区間のそれぞれの混雑率を180%以内とすることをめざす』と記載。

② 都市構造の形成・まちづくり支援

- ・ 大都市圏の都市構造の形成支援、ニュータウン開発による宅地供給の支援。
- ・ 駅及び駅周辺地域の総合的な改善、連続立体交差化事業等の都市側事業や道路整備との適切な連携。
- ・ 都心と空港間のアクセス時間の短縮や乗換え回数の改善。
- ・ 空港アクセスに関する具体的な目標値について、運輸政策審議会答申第19号では、『国際的な空港と都市圏との間を鉄道で連結することが適当である場合には、当該空港アクセス鉄道について、その所要時間の短縮に努めるものとし、空港と都心部との間の所要時間を30分台とすることをめざす』と記載。

③ 速達性、快適性の向上等輸送サービスの高質化

- ・ 郊外居住地と業務集積地間の速達性向上、相互直通運転や同一ホーム・同一方向乗換え化（シームレス化）。
- ・ エスカレーター、エレベーターの設置、案内表示の充実。
- ・ ICカードの導入、鉄道事業者間の相互連携。

④ 持続可能な輸送サービスの確保

- ・ 上下分離方式等整備・運営主体の検討、第三セクターの検討。
- ・ 建設費の低減、建設資金の確保。

表-1 運輸政策審議会答申における政策目標

政策目標		運輸政策審議会答申		
		東京圏	大阪圏	名古屋圏
①輸送力増強（新線整備、複々線化等）による混雑緩和	【通勤通学時の混雑緩和】	・複々線化、平面交差解消、運行本数増加、車両長編成化 ・オフピーク通勤・混雑区間長短縮	・既設路線活用、運転本数増加、列車長編成化・急行列車等の輸送力増強	・新線、複々線化等による輸送力増強・混雑緩和 ・運転本数増加、列車の長編成化
	【混雑緩和の水準等】	・平均混雑率を150%まで改善 ・180%以上の混雑区間長短縮	・2005（平成17）年には、混雑率約150%	・2008（平成20）年には、混雑率約150%
②都市構造の形成・まちづくり支援	【都市機能の向上】	・郊外部から東京中心部、都心、副都心、業務核都市間を結ぶ高速広域鉄道ネットワークの整備	・大規模プロジェクト（関空、学研都市等）、新しい開発拠点、市街地再開発拠点等への対応	・一極集中構造の是正 ・多極化の推進に伴う各拠点との連絡強化 ・既存集積地と各プロジェクト拠点間の連絡強化
	【航空、新幹線等との連絡強化】	成田・羽田空港、東京・品川新駅・新横浜駅への所要時間、乗換え回数等の改善	・関西国際空港への対応	—
③速達性、快適性の向上等輸送サービスの高質化	【到達時間の短縮】	・最混雑時間帯の速達性向上 ・シームレス化（相互直通運転、同一ホーム等） ・追越線整備による急行運転拡大	・急行、快速運転の充実、列車の高速化等による到達時間の短縮	・スピードアップや快速運転の充実
	【利用者ニーズの多様化等への対応】	・バリアフリー化 ・シームレス化（バスターミナル整備、パークアンドライドシステム等） ・利用しやすく多様な運賃、料金等の設定 ・乗継運賃の是正、各種サービスの相互連携 ・ICカードの導入、情報提供	・相互直通運転の実現、路線間の連絡向上 ・既設路線の補完のための新線建設 ・乗継ぎ利便に資する施設、駅配置 ・エスカレーター等の設置、冷房化等 ・運行時間拡大、利用しやすいダイヤ設定、情報案内	・新駅設置、相互直通運転、同一方面、同一ホーム方式等による乗継利便向上 ・パークアンドライド駐車場、駅前広場整備等による鉄道とフィーダー交通機関との連携強化 ・エスカレーター等の設置、冷房化等 ・運行時間拡大、利用しやすいダイヤ設定、情報案内
④持続可能な輸送サービスの確保	【方策等】	・上下分離方式等の整備、運営主体の検討 ・公的支援措置を含めた資金の確保の検討	・建設費の低減 ・建設資金の確保 ・第三セクターの検討等	・建設費の低減 ・建設資金の確保 ・第三セクターの検討等

出所：国土交通省：都市鉄道整備のあり方—新たな社会的ニーズへの対応—，2004 より作成。

（2）交通政策審議会答申（東京圏）

東京圏については、2016年4月に交通政策審議会より今後の都市鉄道のあり方に関する答申（交通政策審議会答申第198号）が出され、従来からの目標である①国際競争力の強化、②豊かな国民生活、③まちづくりと連携、④駅空間の質的進化に加えて、⑤信頼と安心、⑥災害対策が新たに追加されている。

① 国際競争力の強化

- ・ ビジネス・観光等の拠点と空港・新幹線駅とのアクセス強化。
- ・ 拠点まちづくりの進展とシンクロした駅・路線の整備。

② 豊かな国民生活

- ・ 混雑緩和（ピーク、ピーク外）、移動全体のシームレス化。

③ まちづくりと連携

- ・ ユニバーサルデザイン化、郊外部での沿線まちづくり。

④ 駅空間の質的進化

- ・ ゆとりある駅空間を形成、まちとの一体性の創出。

⑤ 信頼と安心

- ・ 遅延の「見える化」、対策強化、情報提供の拡充。

⑥ 災害対策

- ・ 災害対策の「見える化」。
- ・ ハード・ソフト両面の災害対策の強力な推進。

なお、同答申では、1)国際競争力の強化に資する鉄道ネットワークのプロジェクトとして 8 路線、2)地域の成長に応じた鉄道ネットワークの充実に資するプロジェクトとして 16 路線がそれぞれ提示されている(参考図-1)。

(3) 地方交通審議会答申(大阪圏)

大阪圏については、2006 年 10 月に近畿地方交通審議会より望ましい交通のあり方について答申が出された。具体的には、旅客輸送量は今後も僅かずつ減少することが予測されるが、一方で、環境問題、都市再生、ゆとりある生活の実現等の観点から鉄道への期待は高まっているという背景を踏まえ、次のような方針を示している。

- ・ 鉄道ネットワークが概成しつつある中、まずは既存の鉄道事業の活性化や地域と一体となった駅機能の高度化等を図ることが重要。
- ・ 次に、既存の鉄道施設の改良等による質の高い鉄道サービスの提供を目指すべき。
- ・ その上で、地域開発、直通運転化等に関連した新規路線の整備を検討する必要。

なお、2014 年 7 月に開催された第 10 回近畿地方交通審議会では、京阪神圏において中長期的に望まれる鉄道ネットワークを構成する新たな路線が提示されている(参考図-2)。

2. 計画目標の達成度

都市鉄道の主要な政策目標の一つである混雑緩和について、三大都市圏における混雑率の推移を示したのが図-1である。混雑率は、輸送人員を輸送力で除した算出した指標である（混雑率の目安（イメージ）を参考図-3に示す）。これまでの新線整備、複々線化、車両の長編成化等の輸送力増強や、沿線の生産年齢人口の減少にともなう輸送人員の減少により、長期的に低下傾向にある。特に大阪圏においては、1998年から2008にかけて輸送人員が大幅に減少している。

新型コロナウイルス感染拡大前の2019年度の平均混雑率をみると、東京圏が163%、大阪圏が126%、名古屋圏が132%であり、東京圏では政策目標である150%以内は未達成であった。

2020年度は、新型コロナウイルス感染拡大による在宅勤務の普及拡大等により輸送人員が大幅に減少する一方、輸送力はこれまでの水準が維持されたことから混雑率は大幅に低下し、主要路線の平均混雑率は東京圏が107%、大阪圏が103%、名古屋圏が104%であり、いずれも政策目標を大きく下回っている状況である。

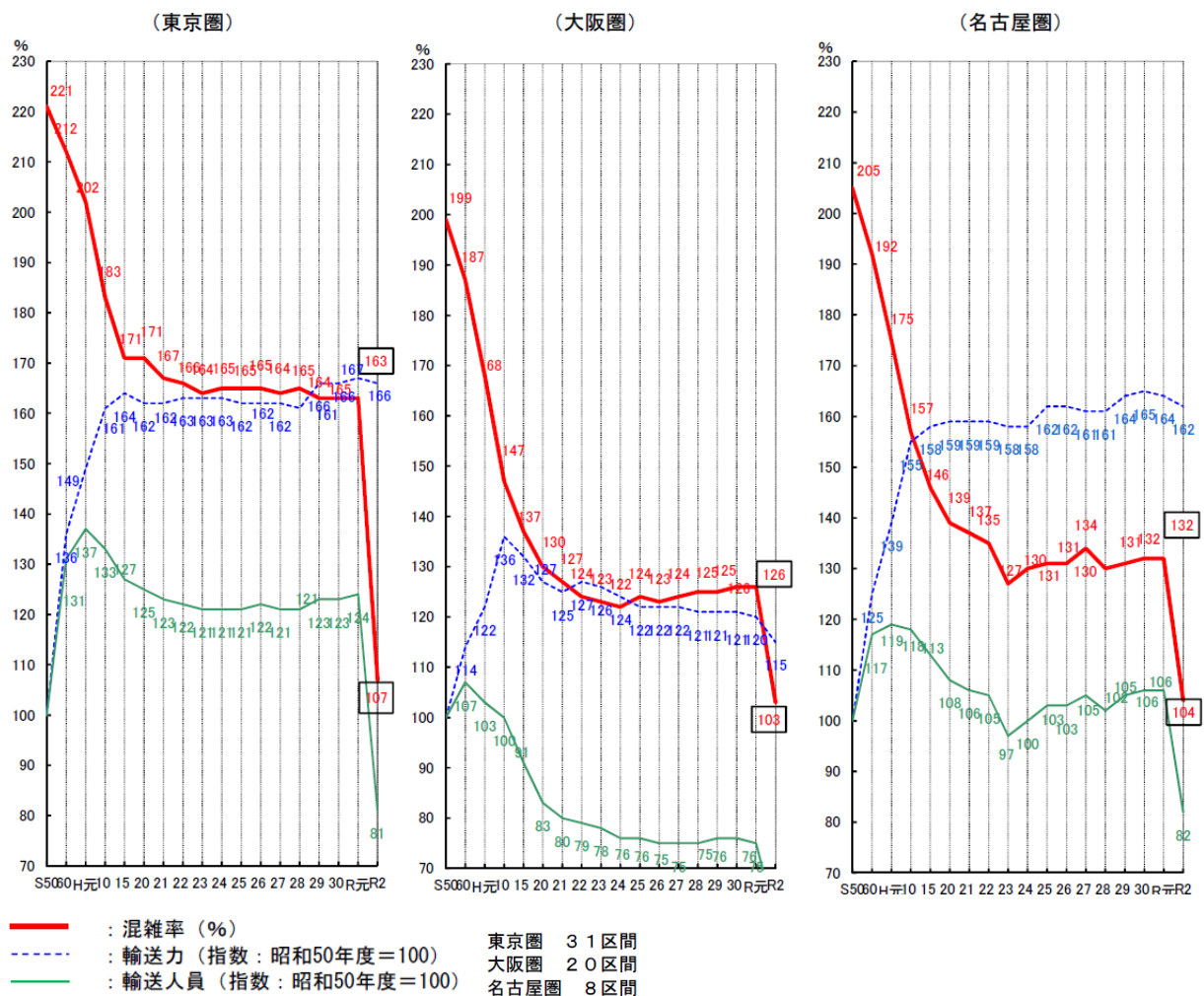


図-1 三大都市圏における主要区間の平均混雑率・輸送力・輸送人員の推移¹⁾

以上のような都市鉄道の輸送人員の減少傾向については、在宅勤務を中心としたテレワークの普及や新たな行動様式の定着に大きく依存するものであり、現時点で今後の動向を見通すことは困難である。この点について、2021年5月に策定された第2次交通政策基本計画では、次のような見解が示されている。

¹⁾ 国土交通省報道発表「三大都市圏の平均混雑率は大幅に低下～都市鉄道の混雑率調査結果を公表(令和2年度実績)～」(令和3年7月9日)資料1
https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_hh_000163.html (2022年7月10日アクセス)

『新型コロナウイルス感染症の感染拡大による外出・移動の自粛により、旅客の輸送需要が大きく減少した。ポストコロナの時代においても、特に都市部では、通勤や移動のあり方の変容などにより、以前の水準まで需要が回復することは期待できないとの声もある。交通事業者の収益が悪化し、投資余力が減少する中においても、利用者サービスの高度化に向けた継続的な設備投資は必要であり、そのための財源確保策を図る必要がある。その一方で、大都市圏では、人々が意識を共有し、テレワーク（在宅勤務、サテライトオフィス勤務等）や時差出勤等により適切に行動を変容させれば、長年の懸案である都市鉄道などの交通混雑が顕著に緩和できることが明らかとなった。この経験を踏まえ、利用者を含むあらゆる関係者に対し混雑回避に向けた行動を促す施策の検討に意欲的に取り組む必要がある。』

『ポストコロナ時代における企業のワークスタイルの変化や公共交通機関の利用の実態等を見据え、混雑緩和等の交通サービスのあるべき姿について検討を行う。特に、大都市部においては、都市鉄道等における通勤時間帯等の混雑緩和を促進させるため、ポストコロナ時代の利用状況を十分に検証の上、必要な施策を検討する。具体的には、時差通勤等による分散乗車の取組を一層深めていくほか、例えば、変動運賃制（ダイナミックプライシング）等の新たな対策について、その効果や課題について十分に検討する。』

今後の混雑対策については、上述のようなテレワークや時差出勤等の行動変容にともなう需要動向を注視していくとともに、鉄道利用者の混雑忌避感が増大していることなども考慮し、通勤時間帯における快適性向上と費用負担のあり方に関する議論を深めていくことが重要である。

3. 整備水準の国際比較

(1) 駅数・路線延長・駅密度・路線密度

わが国の都市鉄道の整備状況は国際的にみていかなる水準にあるのか、世界の各都市との比較を行う。整備水準指標として、鉄道駅数、路線延長とそれらの密度を用いて比較した結果を表-2 に示す。鉄道駅、路線延長については、ロンドン、東京、ニューヨークの3都市で規模が大きく、駅密度、路線密度については、パリ、大阪、東京の順に大きい。このように東京と大阪の鉄道は、世界的にも高い整備水準である。また、名古屋について、路線延長はこれらの都市に比べて短いものの、路線密度は概ね中位の水準である。

表-2 世界の主要都市の鉄道整備水準(駅数・路線長・駅密度・路線密度)

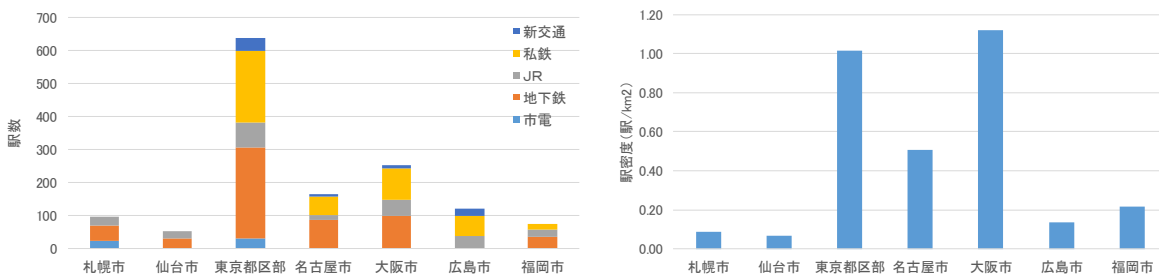
都市名	面積 (km ²)	人口 (千人)	人口密度 (千人/km ²)	鉄道駅 (駅)	路線延長 (km)	鉄道駅密度 (駅/km ²)	路線密度 (km/km ²)
パリ	105	2,273	21.65	363	208	3.46	1.98
東京	623	9,103	14.61	661	760	1.06	1.22
ニューヨーク	784	8,406	10.72	569	587	0.73	0.75
ソウル	605	10,388	17.17	373	406	0.62	0.67
ロンドン	1,572	8,308	5.28	659	894	0.42	0.57
シンガポール	716	5,399	7.54	109	151	0.15	0.21
香港	1,105	7,220	6.53	87	221	0.08	0.20
上海	6,341	23,804	3.75	336	674	0.05	0.11
大阪	225	2,691	11.9	240	325	1.07	1.44
名古屋	326	2,296	7.0	168	247	0.51	0.76

注：パリはパリ市、東京は区部(23区)、ニューヨークはニューヨーク市、ソウルはソウル特別市、ロンドンはグレーター・ロンドン(シティ・オブ・ロンドンと32のロンドン特別区)、シンガポールはシンガポール共和国、香港は香港特別行政区、上海は上海市、大阪は大阪市、名古屋は名古屋市区。

出所：交通政策審議会「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について(答申)」資料編、2016。

大阪市と名古屋市は(一財)運輸総合研究所「平成29年度版 都市・地域交通年報」より作成。

ここで、三大都市及び地方中枢都市の駅数、駅密度を図-2 に示す。駅数は東京都区部が最も多く、次いで大阪市、名古屋市の順である。駅密度は大阪市、東京都区部が高く、次いで名古屋市の順であり、地方中枢都市では福岡市がやや高いものの、三大都市と地方中枢都市の差は大きい。



出所：大都市統計協議会：大都市比較統計年表(平成30年度)より作成。

図-2 三大都市及び地方中枢都市の駅数及び駅密度(軌道を含む)

これらの地方中枢都市と人口が同規模である100万~200万人の世界の都市の鉄道の整備水準を比較する。ここではデータ入手の制約等から、地下鉄を対象に駅数、営業キロを比較した結果を表-3 に示す。これよりバルセロナやハンブルク、ミュンヘンなどの欧州の都市と比較すると、駅数、営業キロとも低い水準であるが、全体的には中位~やや下位である。

表-3 世界の都市(人口100万~200万人)の鉄道整備水準(地下鉄のみ, 駅数・路線長)

都市(◎は首都)	人口(千人)	駅数	路線数	営業キロ(km)
バルセロナ	1,629	154	12	166.0
ハンブルク	1,841	93	4	105.8
ミラノ	1,372	108	4	98.7
◎クアラルンプール	1,839	67	2	97.4
ミュンヘン	1,472	96	6	94.2
ドバイ	1,089	53	2	89.6
◎ウィーン	1,897	98	5	83.1
◎ブカレスト	1,830	48	4	71.3
モントリオール	1,806	68	4	71.0
◎ブラハ	1,309	58	3	65.2
フィラデルフィア	1,568	73	3	62.0
札幌	1,952	49	3	48.0
◎ブダペスト	1,751	48	4	39.7
神戸市	1,537	27	3	38.1
◎ミンスク	1,982	29	2	37.3
◎ワルシャワ	1,766	33	2	35.2
京都市	1,475	32	2	31.2
◎サントドミンゴ	1,036	33	2	31.0
福岡	1,539	35	3	29.8
仙台	1,082	30	2	28.7
大田(テジョン)	1,518	22	1	23.0
光州(クァンジュ)	1,493	20	1	20.0
ニジニ・ノブゴロド	1,257	15	2	18.9
広島	1,194	22	1	18.4
カザン	1,169	11	1	17.0
ノボシビルスク	1,511	12	2	15.9
エカテリンブルク	1,387	9	1	12.7
サマラ	1,170	10	1	11.6
グラスゴー	1,209	15	1	10.4
マラカイボ	1,653	6	1	7.0

出所:人口は,総務省「世界の統計2021」(<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html#c02>),
輸送人員は,日本地下鉄協会編「最新 世界の地下鉄」,2020より作成。

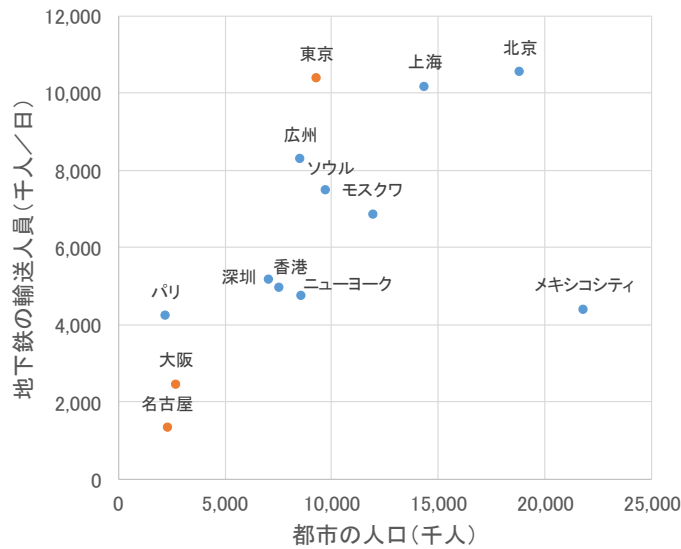
(2) 輸送人員

世界の都市における鉄道の利用状況について,主要な輸送機関である地下鉄の輸送人員に着目して比較を行う。まず,東京,大阪,名古屋と世界の都市を比較する。図-3は,地下鉄の輸送人員が上位10の都市(北京~メキシコシティ)及びパリ,大阪,名古屋の人口と輸送人員の関係を示したものである。輸送人員は,北京,東京,上海の3都市が1,000万人/日超である。また,都市の人口との関係を見ると,概ね人口の大きさに比例しているものの,東京とパリは人口規模より輸送人員が多い傾向である。

図-4は,わが国の地方中枢都市と人口が100万人~200万人と同規模の世界の都市を対象に,人口と地下鉄の輸送人員の関係を示したものである。全体的には,輸送人員が100万人超の都市群(モントリオール,ウィーン,ミュンヘンなど)とそれ以外に区分される傾向である。

札幌,福岡,仙台は同水準の人口の都市と比較して,輸送人員は概ね同様もしくは高いのに対して,広島は低くなっている。これは,広島は鉄道に比べて輸送力が小さい新交通システム(地下区間が存在することから比較の対象とした)が導入されているためである。

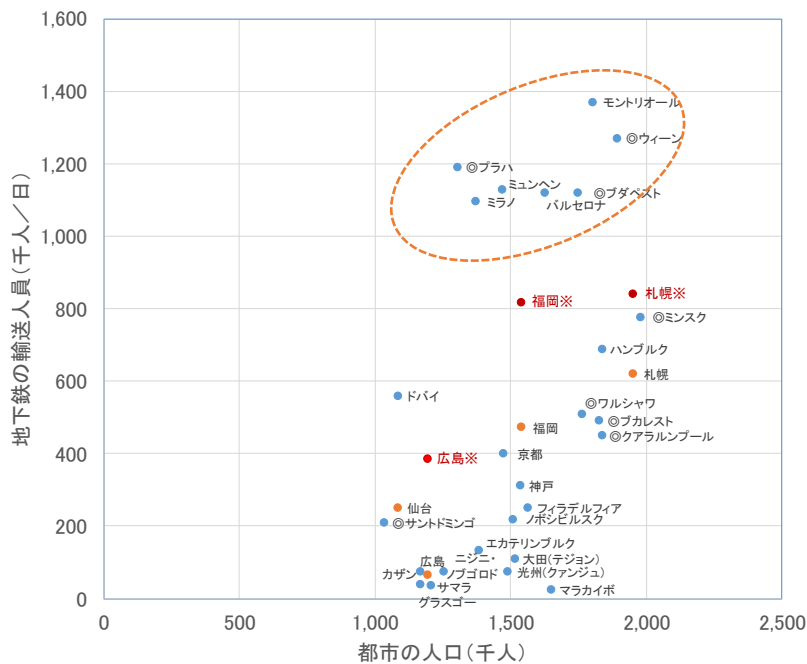
なお,参考として,札幌,広島,仙台について,地下鉄以外にJR在来線,路面電車の輸送人員を合算した結果を図中に追記している(図中において●で表示)。



注: 東京は区部(23区), 大阪は大阪市, 名古屋は名古屋市である。

出所: 人口は, 総務省「世界の統計2021」, 輸送人員は, 日本地下鉄協会編「最新 世界の地下鉄」, 2020より作成。

図-3 世界の都市の人口と地下鉄の輸送人員



注: 図中の都市名の前の◎は首都, ●はJR在来線, 路面電車の輸送人員を合算した場合。

出所: 人口は, 総務省「世界の統計2021」, 輸送人員は, 日本地下鉄協会編「最新 世界の地下鉄」, 2020より作成。

図-4 世界の都市の人口と地下鉄の輸送人員

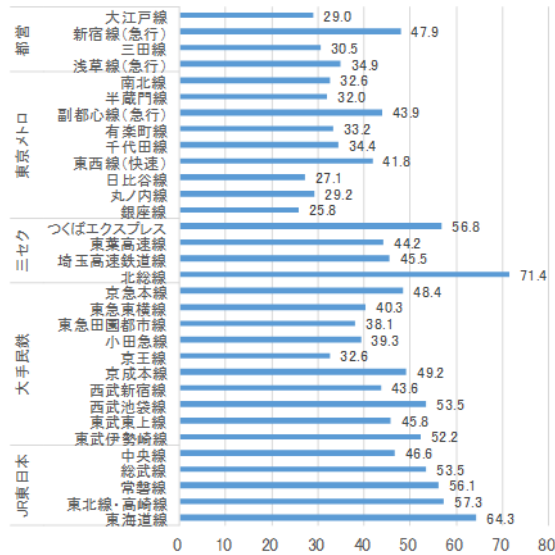
(3) 表定速度 (速達性)

都市鉄道の特長の一つである速達性について, 東京圏の鉄道路線の表定速度を示したのが図-5である。JR 東日本の各路線は, 緩急分離されていることもあり 46.6~64.3 km/hと高い。

大手民鉄は, 西武池袋線が 53.5km/h, 東武伊勢崎線が 52.2 km/hと複々線化を行った路線は表定速度が高い。一方で, 複線の路線(上記2路線以外の路線)は 32.6~49.2 km/hと低い傾向である。なお, 小田急線は 39.3 km/hであるが, 2018年3月の複々線化事業の完了により 48.6 km/hに改善されている。

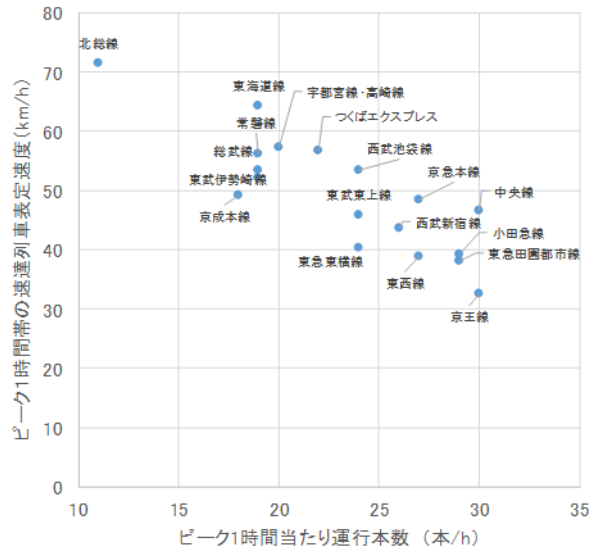
第三セクターは、北総線が71.4 km/h、つくばエクスプレスが56.8 km/hと高い。地下鉄は、急行・快速を除いて全体的に低く、25.8~34.4 km/hである。

このような表定速度の差異には列車の運行本数が影響していると考えられることから、両者の関係を示したのが図-6である。ピーク1時間あたり運行本数が増加するほど、表定速度が低下する傾向がみられる。したがって、運行本数を減らせない状態で表定速度の向上を図るためには、複々線化等による線路容量の増大が必要であるものと考えられる。



出所:交通政策審会:東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会 第16回(2016年1月15日)配布資料(速達性の向上の現状と今後の取組のあり方について)より作成。

図-5 ピーク時の鉄道の表定速度(東京圏)



出所:交通政策審会:東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会 第16回(2016年1月15日)配布資料(速達性の向上の現状と今後の取組のあり方について)より作成。

図-6 ピーク時の運行本数と表定速度の関係

(4) 空港アクセス

空港アクセスに関しては、上述の通り運輸政策審議会答申第19号において、国際的な空港と都心部の所要時間を30分台とすることが目標として掲げられている。表-4は主要駅~空港間の所要時間を示したものである。このうち羽田空港は1964年の東京モノレール開業以降、モノレール羽田空港駅延伸開業(1993年)、京急羽田空港駅延伸開業(1998年)、モノレール昭和島駅待避線完成にともなう空港快速運行開始(2007年)、国際線旅客ターミナルビル新駅開業(2010年)、京急蒲田駅改良(ホーム2層高架構造化)(2012年)などの改善が図られてきた。

また、成田空港は1978年の京成成田空港駅開業とスカイライナー運行開始以降、JR成田エクスプレス運行開始(1991年)、成田スカイアクセス線開業(2010年)などによりアクセスは改善されているものの、東京都心部との所要時間は50分程度であり、上述の目標には到達していない(日暮里~成田空港間では30分台を達成)。伊丹空港、関西国際空港と大阪中心部との所要時間はそれぞれ48分、65分であり、同様に目標には到達していない状況である。

一方、地方中枢都市では、1992年に新千歳空港駅が開業し札幌方面との間で快速エアポートが運行を開始しており、1993年には福岡市営地下鉄の博多~福岡空港間が延伸開業している。また、2007年には仙台空港線が開業し、JR東北本線に直接乗入れることで、仙台駅から乗換えなしでアクセスが可能となっている。

以上のような東京、大阪の空港アクセスの現状は、国際的にみて必ずしも十分な水準ではなく(次頁の【コラム】参照)、引き続き改善に向けた取組が必要である。現在、以下の2つの新線整備が進行中であり、開業後には東京都心部と羽田空港間、大阪中心部と関西空港間の所要時間の短縮が見込まれている。

- ・ JR東日本・羽田空港アクセス線:東京~羽田空港間18分
- ・ 関西高速鉄道・なにわ筋線:大阪(梅田)~関西国際空港間44分

表-4 主要駅～空港間の距離と所要時間

区間	距離	所要時間	備考(経由)
札幌駅～新千歳空港駅	46.6 km	37分	JR快速エアポート
仙台駅～仙台空港駅	17.5 km	17分	仙台空港鉄道快速
東京駅～羽田空港第2ターミナル駅	20.9 km	30分	東京モノレール・JR線
東京駅～成田空港駅	79.2 km	50分	成田エクスプレス
名鉄名古屋駅～中部国際空港駅	39.3 km	28分	名鉄ミュージスカイ
大阪(梅田)駅～伊丹空港駅	18.9 km	48分	御堂筋線・北大阪急行・大阪モノレール
大阪(梅田)駅～関西空港駅	56.7 km	65分	JR関空快速
博多駅～福岡空港	3.3 km	5分	福岡市営地下鉄

注:表中の所要時間は、各空港会社もしくは鉄道事業者等の公式 Web サイトに掲載されているアクセス時間。

【コラム】世界の都市総合ランキング(交通・アクセス部門)

「世界の都市総合ランキング」(Global Power City Index, GPCI) は、国際的な都市間競争において、人や企業を惹きつける“磁力”はその都市が有する総合的な力によって生み出されるという考えに基づき作成されたもので、森記念財団より毎年発表されている。

GPCI では、世界の主要都市の「総合力」を経済、研究・開発、文化・交流、居住、環境、交通・アクセスの6分野で複眼的に評価し、順位付けしているが、このうち交通・アクセスの項目の一つである都市内交通の3つの指標の順位を示したのが下表である。東京と大阪は、駅密度と公共交通の利用状況の順位は高いものの、空港アクセスは世界的にみて低い状況である(参考まで、パリは36位(スコア41.9)、ロンドン47位(スコア11.2)である)。

表 世界の都市総合ランキング(都市内交通)

	駅密度		公共交通機関利用率		空港アクセス時間の短さ	
	都市名	スコア	都市名	スコア	都市名	スコア
1位	メルボルン	100.0	東京	100.0	ボストン	100.0
2位	ウィーン	58.8	香港	96.1	福岡	98.7
3位	パリ	57.8	ロンドン	93.7	ジュネーブ	92.5
4位	ミラノ	51.7	チューリッヒ	93.0	ドバイ	92.4
5位	東京	50.7	大阪	91.5	チューリッヒ	92.2
6位	モスクワ	50.4	ベルリン	91.3	サンフランシスコ	90.0
7位	ベルリン	48.3	ストックホルム	87.3	マドリッド	88.6
8位	ブリュッセル	45.7	ウィーン	84.6	バルセロナ	86.9
9位	ニューヨーク	35.5	シンガポール	83.9	コペンハーゲン	86.8
10位	ロンドン	33.1	ニューヨーク	82.4	フランクフルト	86.1
	大阪(11位)	31.1	福岡(26位)	47.7	東京(34位)	45.2
	福岡(37位)	7.7			大阪(46位)	13.5

注:スコア(Score)は1位を100として指数化したもの。また、各指標の定義は以下の通り。

駅密度: Open Street Map(地理空間情報の巨大なデータベース)に掲載されている対象都市の中心点から10 km圏内に所在する鉄道とトラムの駅数(トラムは駅名が重複するものを除く)を当該面積で除した密度。

公共交通機関利用率: Numbeoの“Traffic”における対象都市の通勤・通学における公共交通機関の利用者割合を公共交通機関、自動車、バイクの利用者割合の合計で除した割合。

空港アクセス時間の短さ: 対象都市の空港(国際線年間旅客数100万人以上)から対象都市の中心点までの片道最短所要時間。複数の空港が存在する場合は各空港の全旅客数で加重平均を取っている。

出所: 森記念財団都市戦略研究所:世界の都市総合ランキング 2020 より作成。

4. インフラの質的評価

(1) シームレス化

1) 相互直通運転・同一ホームでの乗換え

わが国では長年にわたり、複数事業者間の相互直通運転や同一事業者内の直通運転化に取り組んできており、その結果、乗換えによる負担軽減やホーム、コンコースにおける混雑緩和が図られるなど、鉄道利用者の利便性が向上している。東京圏の場合、1970年の相互直通運転の延長が700kmであったものが2015年には1,831kmとなり、総延長の75%を占めている(参考図-3を参照)。なお、大阪圏や名古屋圏では、東京圏ほど相互直通運転は普及していない。また、海外ではパリで行われているものの、乗入れ箇所(境界駅数)は2箇所と少ない。

一方、相互直通運転には、列車の行き先表示や列車種別が多様化・複雑化すること、運行ダイヤの乱れが広範囲に波及するケースが見られるなどの問題も発生している。このうち後者については、折り返し設備の導入など線路設備の改良や、折り返し運転の実施、直通運転の中止等の運転整理等のソフト面の取組が行われている。

なお、異なる路線間での乗換えを同一ホームで可能とすることで、シームレス化を図っている駅もある(赤坂見附駅、表参道駅、相互直通運転の境界駅等)。中目黒駅では2013年3月の東急東横線と東京メトロ副都心線との相互直通運転開始を契機に、東京メトロ日比谷線との相互直通運転を廃止しているが、同一ホームでの乗換えが可能であり、一定の利便性が確保されている。



写真 赤坂見附駅における同一ホームでの乗換え(左側が丸ノ内線、右側が銀座線)

2) ICカード乗車券の相互利用化

鉄道のICカード乗車券は、2001年にJR東日本が首都圏を対象に「Suica」を導入して以降、「ICOCA」(JR西日本等)、「PASMO」(首都圏の大手民鉄等)など10種類のサービスが展開されている。これらのICカード乗車券は相互利用が可能であり、利便性の向上が図られている。

3) 振替輸送

突発的な事故等によって鉄道の運転が見合わせとなった際に、あらかじめ支障区間の乗車券を所持している場合、追加運賃を支払うことなく、他社路線など別の経路を利用することができる振替輸送サービスが行われている。

わが国の都市鉄道は複数の異なる事業者が独立採算の下で運営されており、サービス面での競争を行いつつも、上記のような利用者の利便性を高めるための協調した取組を行っている。

(2) バリアフリー化

1) わが国のバリアフリー化の状況

わが国では 2000 年の交通バリアフリー法の制定以降、鉄軌道駅のバリアフリー化が推進されてきた。図-7 は、2002 年度以降の①段差の解消、②視覚障害者誘導用ブロックの設置、③障害者用トイレの設置の達成率の推移を示したものである。このうち①の段差の解消された駅とは、「エレベーターなどの設備により、乗降場ごとに高齢者、障害者等の円滑な通行に適する経路を 1 以上確保している駅」である。

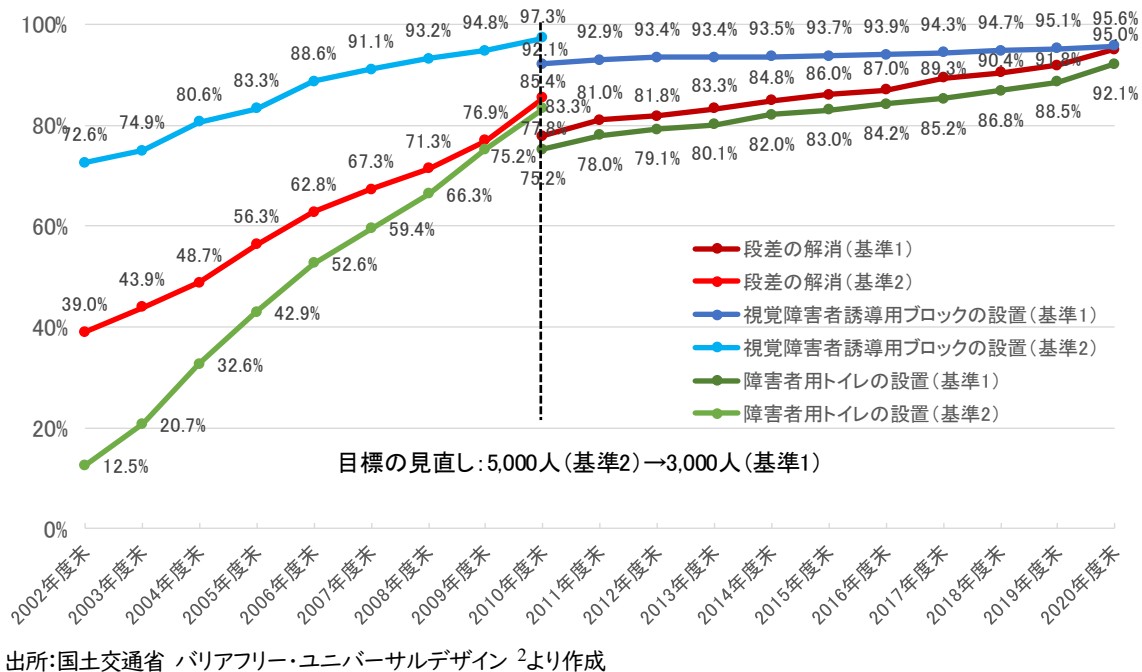


図-7 鉄軌道駅におけるバリアフリー化の推移

達成率の基準となる対象駅は、当初 1 日当たりの平均的な利用者数が 5,000 人以上の駅であったが(図中の基準 2)、2010 年度に 3,000 人以上に見直され(同基準 1)、さらに 2020 年度に後述の通りの見直しが行われている。

①~③とも 2010 年度までに大幅に増加しており、2020 年度末では、①段差解消は 95.0%、②92.1%、③は 95.6%である。また、①について、JR 旅客会社 6 社は 95.0%、大手民鉄 15 社が 98.8%、地下鉄 10 社局が 98.8%と概ね 100%に近い水準である。

最新のバリアフリー指針は、3,000 人以上/日の施設、及び基本構想の生活関連施設に位置付けられた 2,000 人以上/日の施設を対象に原則 100%となっている。また、駅の利用状況等を踏まえ、可能な限りバリアフリールート複数化を進めることが重要であると指摘されている。さらに近年では、ホームドアの設置に対する社会的要請が高くなっており、整備の促進が求められている(2011 年度末から 2020 年度末までの 10 年間で、設置駅数は 519 駅から 943 駅へ約 1.8 倍増加)。

このように高い水準のバリアフリー施設の整備など、利用者ニーズの高度化を受けた設備投資の必要性が高まっているが、これらの投資は必ずしも事業者の増収につながらない。こうした利用者ニーズの高度化に対応した鉄道事業者の設備投資について、受益者負担の観点から負担のあり方を見直し、鉄道の安全性及び利便性向上の早期実現を促進することを目的として 2021 年度に鉄道駅バリアフリー料金制度が創設され、2022 年 4 月に JR 東日本、東京メトロが同制度を活用することを発表している。

² https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/sosei_barrierfree_mn_000003.html



写真 駅のエレベーターと誘導用ブロック



写真 駅のホームドア

2) 海外の都市鉄道のバリアフリーの状況

① ロンドン³

ロンドンの地下鉄のバリアフリーの状況は、270 駅中 Step-free access street to platform (地上からホームまで段差なくアクセス可能) な駅が 51 駅, Step-free access street to train (地上から車両まで段差なくアクセス可能) な駅が 53 駅である (いずれも 2019 年 5 月 29 日現在)。ロンドン地下鉄のバリアフリーの状況を参考資料の参考図-4 に示す。

② パリ⁴

パリの鉄道のバリアフリーの状況は、地下鉄は 301 駅中 d 'arrêts accessibles (車いす利用者だけでも利用可能) な駅が 9 駅 (14 号線のみ)、郊外鉄道 (RER) は 449 駅中、147 駅である (いずれも 2017 年度)。なお、フランスにおけるバリアフリー対応駅は、車いす利用者だけでも利用可能な駅を指している。

③ ベルリン⁵

ベルリンの地下鉄のバリアフリーの状況は、175 駅中 78%がバリアフリー化済、73%が視覚障害者対応済で、2022 年までに全駅対応という目標が掲げられている。新しい地下鉄車両はホームと車両の段差がほとんどなく乗降可能で、この割合は全体の 40%程度。古い車両は全てスロープにより乗降可能である。

(3) 踏切道の問題

鉄道と道路が交差する踏切道は、交通事故の発生リスクが相対的に高い箇所であり、輸送障害の主要な原因の一つともなっている。また、踏切道に起因する道路利用者の時間損失は社会経済活動へ多大な影響を及ぼしている。これまで立体交差化等による踏切道の除却や踏切の統廃合などの対策が実施されてきており、引き続きこれらの対策の推進が必要である。

1) 踏切事故の発生状況

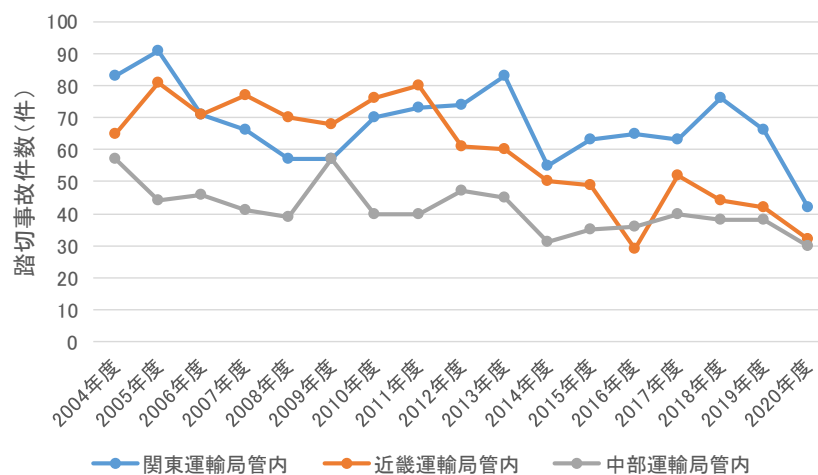
三大都市圏を含む関東、近畿、中部の各運輸局管内における踏切事故の発生状況を図-8 に示す。各運輸局管内とも、

³ <https://www.transportforall.org.uk/files/tubestationsbylineaccessibleupdated.pdf>

⁴ イル・ド・フランス圏交通研究所 (Omnil) Web サイト:<https://www.omnil.fr/spip.php?article117>
統計データ:https://www.omnil.fr/IMG/xlsx/reseau_version_en_ligne.xlsx

⁵ ベルリン市交通局 (BVG) Web サイト:<https://www.bvg.de/de/service-und-kontakt/barrierefrei-unterwegs>

近年は横ばいからやや減少傾向にあり、2020年度の踏切事故は、関東が42件、近畿が32件、中部が30件である。



出所:関東,近畿,中部の各運輸局管内における鉄軌道事故等の運転事故の発生状況より作成。

図-8 関東,近畿,中部の各運輸局管内における踏切事故の発生件数の推移

2) 海外主要都市との踏切数の比較

国土交通省のWebサイト⁶によると、東京23区の踏切数は620箇所であるのに対して、ニューヨークは48箇所、ベルリンは46箇所、ロンドンは13箇所、ソウルは13箇所、パリは7箇所であり、東京は海外の主要都市と比較して非常に多い状況である。

3) 緊急に対策の検討が必要な踏切

このようにわが国では多くの踏切が存在しており、対策が急務となっている。国土交通省においては、2016年6月以降、緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)を選定し、対策を実施している。2021年10月時点のカルテ踏切について、対策の実施や踏切における交通量、遮断時間、事故の減少により課題が解消された箇所がある一方、移動等円滑化の促進の必要性が特に高い踏切が新たに追加されたことにより、全国で1,336箇所となっている。このうち三大都市圏のカルテ踏切の件数とその内訳を表-5に示す。首都圏と近畿圏では開かずの踏切や歩行者ボトルネック踏切の割合が高いのに対して、中部圏では自動車ボトルネック踏切の割合が高い傾向である。

図-9は、首都圏(1都3県)のカルテ踏切のうち開かずの踏切の分布を示したものである(中部圏及び近畿圏に関しては、参考資料に記載)。また、図-10及び図-11は、首都圏におけるカルテ踏切における対策の進捗状況を示したものである。進捗状況は、各都県とも「指定前」が概ね7割~8割を占めており、「検討中」は連続立体交差事業の準備中区間が多い。

なお、連続立体交差事業の完了後には、高架下の空間もしくは地下化した線路跡地を活用したまちづくりなどが行われている(【3頁後のコラム】参照)。

⁶ 国土交通省 Web サイト(踏切対策の推進):https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/fumikiri/fu_01.html

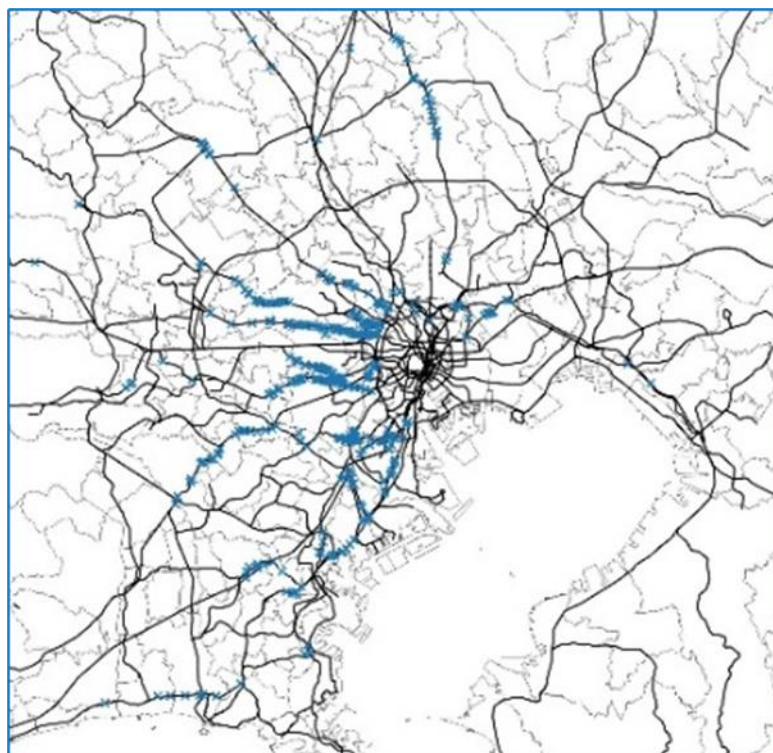
表-5 緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)の件数と内訳 (2021年9月)

	都県名	緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)							
		開かずの踏切	自動車ボトルネック踏切	歩行者ボトルネック踏切	歩道が狭隘な踏切	通学路要対策踏切	事故多発踏切	移動等円滑化要対策踏切	
首都圏	東京都	401	288	37	202	11	0	17	25
	神奈川県	138	76	12	60	7	3	14	29
	埼玉県	110	38	44	34	13	2	4	13
	千葉県	69	2	18	30	14	9	4	6
近畿圏	京都府	53	2	9	20	1	8	4	21
	大阪府	168	81	28	89	6	4	12	20
	兵庫県	71	30	18	38	5	1	7	2
	奈良県	32	3	18	6	0	4	1	6
中部圏	愛知県	70	7	55	14	5	1	3	
	岐阜県	16	1	6		6	6		
	三重県	15		7	3	2	1	4	

- ・開かずの踏切：ピーク時間の遮断時間が40分/時以上の踏切
- ・自動車ボトルネック踏切：1日の踏切自動車交通遮断量が5万以上の踏切
- ・歩行者ボトルネック踏切：1日あたりの踏切自動車交通遮断量と踏切歩行者等交通遮断量の和が5万以上、かつ1日あたりの踏切歩行者等交通遮断量が2万以上になる踏切

* 踏切自動車交通遮断量=自動車交通量×踏切遮断時間

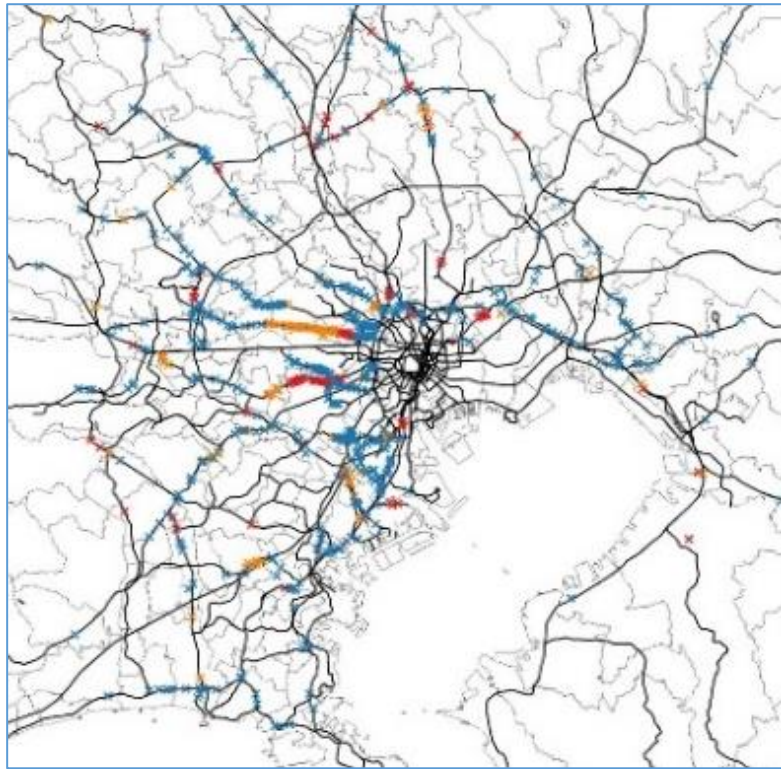
* 踏切歩行者等交通遮断量=歩行者および自転車の交通量×踏切遮断時間



出所:国土交通省関東地方整備局「踏切道安全通行カルテ」⁷に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成。
(所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する)

図-9 開かずの踏切の分布(首都圏)

⁷ <https://www.ktr.mlit.go.jp/road/shihon/index00000027.html>



出所：国土交通省関東地方整備局「踏切道安全通行カルテ」⁷に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成。
 (所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する)

図-10 緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)の進捗状況(首都圏)

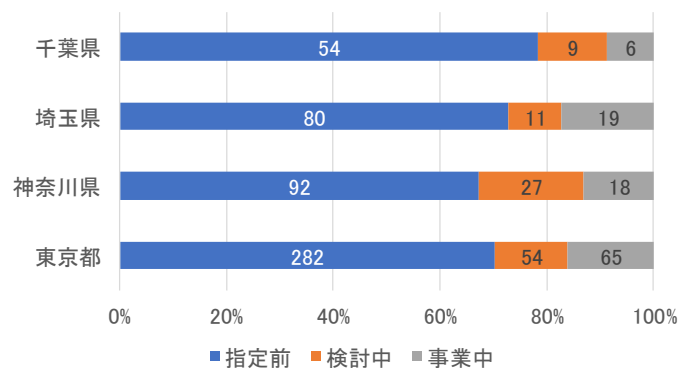


図-11 緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)の進捗状況(都県別)



写真 開かずの踏切



写真 鉄道と道路の立体交差化

【コラム】連続立体交差事業で鉄道を地下化した跡地における街づくり

■ 「下北線路街」(小田急電鉄)

小田急小田原線の代々木上原～梅ヶ丘間の鉄道地下形式による連続立体交差事業及び複々線化事業により新たに創出された鉄道跡地において、「支援型開発」をテーマに街づくりが進められ、2022年5月に全面開業した。約1.7kmにわたるエリアには、商業施設をはじめ、新たなチャレンジや個人の商いを応援する長屋、温泉旅館、保育園、学生寮など多様な施設が整備されている。



駅前広場



長屋 (BONUS TRACK)



温泉旅館

(4) 旅客の安全確保

1) 国の取組

都市鉄道の旅客の安全対策に関しては、1995年3月の地下鉄サリン事件や2004年3月のスペインの通勤列車の爆破テロ、2005年7月のロンドンの同時爆破テロなどを踏まえて、鉄道事業者、国土交通省及び警察当局が連携して、鉄道施設等に対するテロの未然防止のための対策を実施してきている。具体的には図-11に示す通り、駅構内や列車車内における警戒強化を中心に対策が講じられてきた。

こうしたなか、2021年8月に小田急線の車内で、10月に京王線の車内でそれぞれ傷害事件が発生するなど、都市鉄道において利用者の安全を脅かす事件が相次いで発生したことから、国土交通省は鉄道事業者と意見交換を行った上で、対策を公表している(参考図-10、参考図-11)。対策のポイントは次の通りである。

- ・ 乗客の安全な避難誘導の徹底
- ・ 各種非常用設備の表示の共通化
- ・ 利用者への協力呼びかけ
- ・ 車内の防犯関係設備の充実
- ・ 手荷物検査の実施に関する環境整備

なお、国土交通省では2021年12月より、防犯関係設備や非常用設備に係る技術基準について検討を開始している。



出所：国土交通省 Web サイト

図-11 わが国における鉄道テロ対策の概要

2) 鉄道事業者の取組事例

わが国の鉄道事業者における旅客の安全対策は次の通りである。

① 東京地下鉄⁸

- ・ 駅構内セキュリティカメラの更新・増設(2020年度完了予定)
- ・ 車内セキュリティカメラの設置拡大(新型車両の導入, 車両の大規模改修時に順次導入予定)
- ・ 新技術を活用した更なるセキュリティ対策の実施
- ・ 画像認識機能を活用した不審物や危険物等の検知機能を搭載

② 東急電鉄⁹

- ・ 駅構内の状況確認や犯罪抑止を目的に、ホーム、改札口、券売機、定期券うりばに防犯カメラを設置
- ・ 定期的に駅係員及び警備員が駅構内を巡回し、不審物、施設の不備などを確認
- ・ LED 蛍光灯一体型の防犯カメラを全車両に導入
- ・ 遠隔地からでも映像をほぼリアルタイムに確認可能

③ 京王電鉄¹⁰

- ・ 車内や駅構内の非常時における早期状況把握
 - 従来から進めてきた車内防犯カメラについて、リアルタイム伝送機能を持つ仕様に変更のうえ全車両へ設置(2023年度末を目途に全車両への設置を完了予定)
 - リアルタイム伝送機能を持つホーム上防犯カメラを全駅へ設置(同上)
 - 曲線ホーム等の一部駅に設置の車掌確認用モニターを終日稼働(事件後に対応済)
- ・ 非常時における車内の速やかな避難誘導
- ・ 非常用設備の認知度向上
- ・ 同種事件の未然防止

⁸ 東京地下鉄 Web サイト: https://www.tokyometro.jp/corporate/profile/plan/keyword_01.html

⁹ 東急電鉄 Web サイト: <https://www.tokyo.co.jp/railway/service/activity/safety/>

¹⁰ 京王電鉄 Web サイト: <https://www.keio.co.jp/news/update/announce/announce2021/20220201.pdf>

3) 海外の取組事例

海外の鉄道事業者等における旅客の安全対策は次の通りである。

① ロンドン¹¹

- ・ ロンドン地下鉄では、2005年の列車爆破テロを契機に大半の車両で防犯カメラが装備されるとともに、ホームを含む駅構内に計77,000基のカメラを設置(東洋経済 ONLINE)
- ・ ロンドン交通局(TfL)は、ロンドン警視庁(MPS)、英国鉄道警察(BTP)、ロンドン市警察(CoLP)の計2,500人以上の警官に資金を提供し、犯罪や反社会的活動を取り締り、ロンドンにおける移動の安全を確保(ロンドン交通局)

② パリ¹²

- ・ パリの地下鉄・トラム、駅、バスのすべてに、2021年末まで防犯カメラが設置される計画

③ ベルリン¹³

- ・ ベルリン市交通局(BVG)では、ほぼ全ての車両と地下鉄の全173駅に防犯カメラを設置、2020年だけで地下鉄駅に1,530台のカメラを増設
- ・ 地元メディアによると地下鉄駅の防犯カメラの設置台数は5,083台(2019年)
- ・ 577箇所に緊急通報柱(緊急通報ボタンや通話機能を持つ設備)を設置。ベルリン警察と協力して、安全確保(警備)のため年間7,300万ユーロを投資
- ・ 駅・車内の安全確保(警備)に平均1,030人の治安部隊が動員され、犯罪発生数は2010年比で9.5%減少

④ ニューヨーク¹⁴

- ・ ニューヨーク都市交通局(MTA)が2021年秋に、セキュリティ対策の一環として、地下鉄全472駅に防犯カメラを設置
- ・ 日本の鉄道警察隊のような組織があり、駅構内に派出所が設置されている

(5) 駅空間の質的向上

鉄道駅は交通ネットワークのノードとしての役割に加えて、近年はまちづくりの拠点としての重要性が増大しており、駅構内において利用者や住民のための多様なサービスを提供する施策が展開されているほか、高質化の取組もみられる(次頁の【コラム】参照)。一方で、ホームやコンコース等における混雑緩和や上述したバリアフリー化の更なる推進、外国人等への分かりやすさの向上など課題も多く存在しており、駅空間の質的向上が求められる。

(主な課題)

- ・ ホーム・コンコース等における混雑緩和
ホーム、コンコース、通路の拡幅、ホームの新設など
- ・ バリアフリー化の更なる推進

¹¹ さかいとみ:イギリスの「鉄道防犯対策」は日本と何が違うかーロンドン同時テロ後に防犯カメラ設置を徹底ー, 東洋経済 ONLINE
<https://toyokeizai.net/articles/-/472982>

ロンドン交通局 Web サイト:<https://tfl.gov.uk/corporate/safety-and-security/security-on-the-network?intcmp=2864>

¹² イル・ド・フランス・モビリティ Web サイト:<https://www.iledefrance-mobilites.fr/actualites/on-y-va-securite-transport>

¹³ ベルリン市交通局(BVG) Web サイト:<https://unternehmen.bvg.de/sicherheit/>

¹⁴ ニューヨーク都市交通局(MTA) Web サイト:

<https://new.mta.info/press-release/mta-announces-security-cameras-installed-all-472-subway-stations>

ニューヨーク市警 Web サイト: <https://www1.nyc.gov/site/nypd/bureaus/transit-housing/transit.page>

2,000人以上/日の原則100%達成, バリアフリールート of 複数化など(本章(2)を参照)

- ・ ホーム上の安全確保
ホームドアの整備促進
- ・ 外国人等へのわかりやすさの向上
無料公衆無線 LAN の整備, 標識等の多言語化, 案内表示の連続性や統一性の確保, 駅ナンバリングの整備・周知など

【コラム】鉄道駅の高質化の事例

■JR東日本 東京駅丸の内駅舎(2003年重要文化財)

1914(大正3)年竣工の大規模な鉄骨レンガ造で、「赤レンガ駅舎」として親しまれてきた。JR東日本において保存と復原に向けた検討が進められ, 2000年創設の特例容積率適用区域制度を適用し, 丸の内駅舎の未利用容積を周辺街区へ移転することで資金上の問題を解決し, 2012年に工事が完了した。



■東京メトロ銀座駅リニューアル

東京メトロ銀座駅は, “地下にいても地上を感じることができる「銀座のまちの地下1階」”をテーマに, 伝統と先端の機能が融合したデザインの駅に生まれ変わった。



老舗やブランドファッション, 画廊・ギャラリーやレストラン・カフェなど, さまざまな顔を持つ銀座の街には, 「上品」「優雅」「高級感」といった空気, いわば「銀座らしさ」があふれ, 日本のみならず世界中から訪れる人々を魅了し続けています。銀座駅は, そんな世界に誇れる「銀座の街の地下1階」を象徴する意味で, 「憧れの街」を表現しています。

出所:銀座駅リニューアルパンフレット。



格式ある銀座の街にふさわしい, 上品で落ち着きのある空間。昭和の初めから現代まで, 各時代の街の風景をホームに映し出し, 対比させることで, 移ろいゆく銀座を表現。懐かしい顔, 新しい顔, 時代とともに進化してきたさまざまな銀座の表情を見せながら, 多世代の人々と街をつなぎます。

【コラム】鉄道沿線の開発事例

■東急グループ「多摩田園都市」

東京南西部における 5,000 ha にも及ぶ広範囲なエリアの多摩田園都市は、民間最大級の TOD (Transit-Oriented Development, 公共交通主導型都市開発) である。TOD は社会の課題を解決できるまちづくり手法として、近年注目されている。

多摩田園都市では 1953 年以降、58 の組合による土地区画整理をコーディネートしたまちづくりとともに、都心に効率的にアクセス可能な鉄道(田園都市線)を整備するなど、都市開発と鉄道建設が一体化となった開発が行われている。

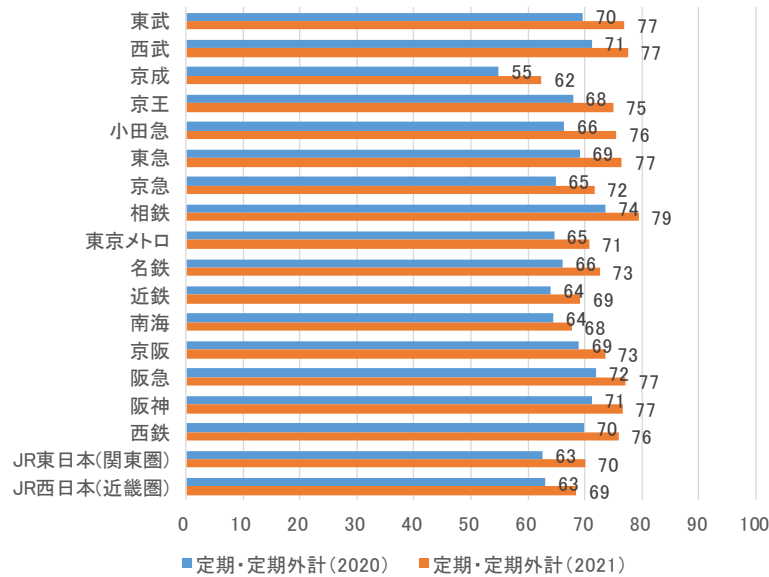


資料及び写真提供: 東急電鉄株式会社。



(6) 新型コロナによる都市鉄道の経営体力への影響

2020年春以降の新型コロナウイルス感染症の流行によるテレワークの普及や外出の自粛などの行動変容は、公共交通の利用を大きく減少させている。一方で社会経済活動の維持のため、これらのサービスは継続した提供が求められている。都市鉄道についても例外でなく、運賃収入が大幅に減少している。図-12は大手民鉄等における2021年度及び2020年度の運賃収入の対2019年度比(%)を示したものである。2019年度と比較すると、2020年度は55%~74%(平均67%)、2021年度は62%~79%(平均74%)であり、コロナ流行前の2~3割低い水準である。



注：JR東日本（関東圏）及びJR西日本（近畿圏）は都市鉄道以外も含まれるため、参考値として掲載。
出所：各事業者の決算短信より作成。

図-12 2021年度及び2020年度の大手民鉄等における運賃収入の状況(対2019年度比)

その結果、多くの鉄道事業者において鉄道部門は赤字の状況である。2021年3月期決算では、大手民鉄16社のうち10社が営業損失を計上しており、その規模は△442億円(東京メトロ)~△31億円(相鉄)と大きい。また残りの6社の営業利益についても、0億円(西武)~49億円(京王)と前期と比較して非常に低い。

各鉄道事業者においてもコスト削減の取組を促進させているものの、急激な環境変化には対応できていない。このような都市鉄道の経営体力の低下は、鉄道事業者における安全や防災などの更なる投資意欲を減退させ、ひいては利用者サービスの低下につながる懸念される。したがって、持続的に安全性や利便性、快適性の向上を図っていくためには、鉄道事業者の経営体力の強化が重要な課題であり、その一環として運賃改定の動きもみられる(表-6)。

表-6 最近の運賃改定に関する動向

運賃改定 (上限変更)	東急電鉄(2022年4月8日認可 ^{注1})	京王電鉄(検討中 ^{注2})
	近畿日本鉄道(2022年4月15日申請)	京浜急行電鉄(検討中 ^{注2})

注1:2028(令和10)年3月31日までの期限を設け、運賃改定後の2023(令和5)年度から3年間の総収入と総括原価の実績を確認するものとされている。

注2:2022年度鉄道事業設備投資計画で検討中であることを表明。

5. 総合アセスメント

都市鉄道 WG では、三大都市圏及び地方中枢都市（札幌、仙台、広島、福岡）を対象に、各種資料や統計データ等を用いて、量的評価及び質的評価を行った。

①量的評価

- ・ 東京と大阪は世界の主要都市の中で高い整備水準であり、名古屋は路線網の規模は小さいものの、路線密度は中位である。また、地方中枢都市は、海外の同規模都市と比較すると中位～やや低位の水準である（ただし地下鉄を対象とした評価）
- ・ わが国の三大都市圏では、混雑緩和が長年の課題であったが、新線整備や複々線化等の輸送力増強と生産年齢人口の減少が相まって混雑率は低下基調にあり、2020 年以降のコロナ下では、在宅勤務の拡大等により大幅に緩和された
- ・ 空港へのアクセスは、1964 年に東京モノレールが開業したのを端緒に鉄軌道による空港への乗入れが進展し、利便性の向上が図られてきた。今後について、国際的な視点からさらなる改善に向けた取組が重要である

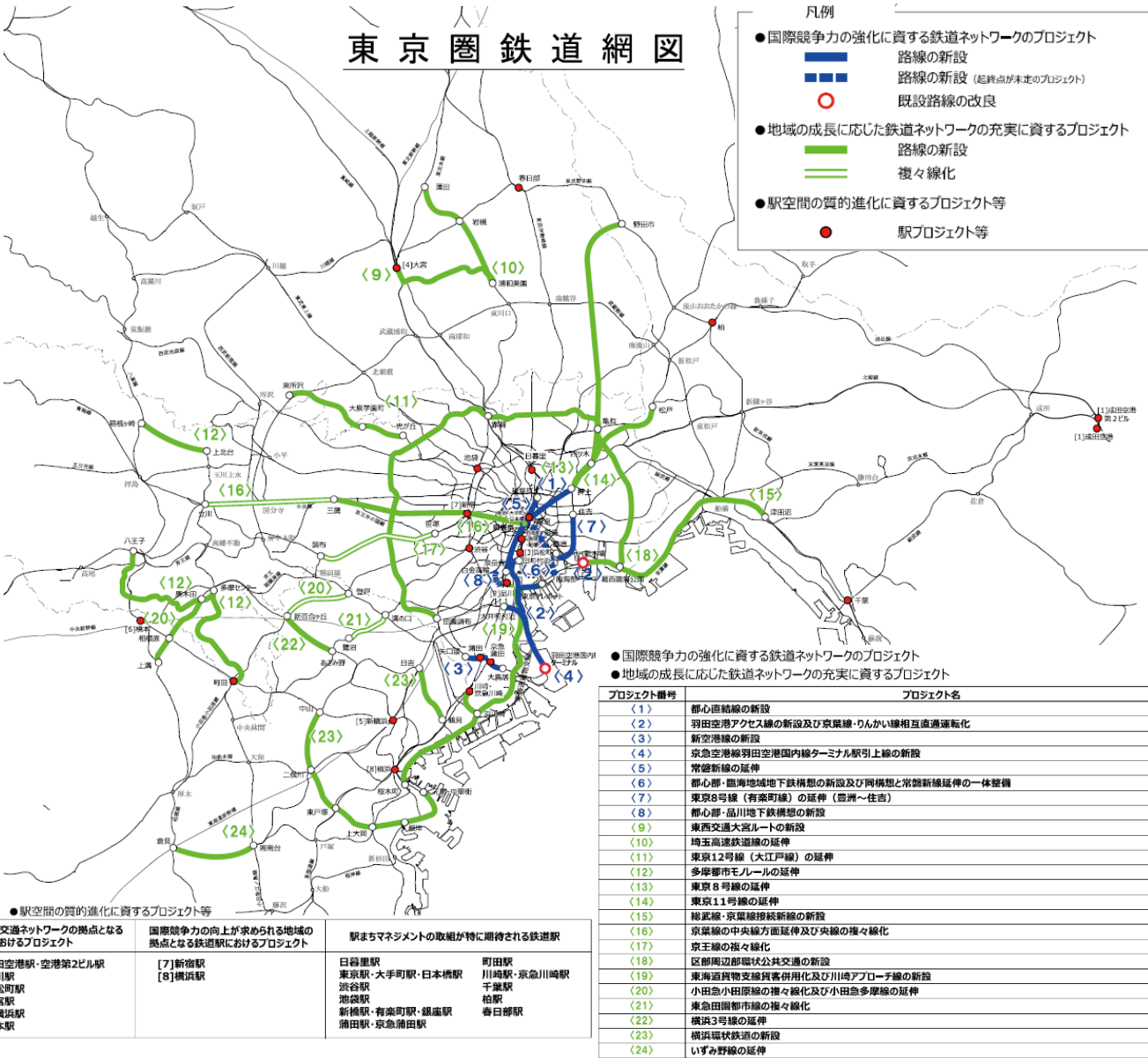
②質的評価

- ・ 東京圏で拡大した相互直通運転によるシームレス化はわが国独自の取組であり、利便性向上に大きく寄与している。また、IC カード乗車券の相互利用化や事故等の際の振替輸送サービスも行われている。わが国の都市鉄道は複数の異なる事業者が独立採算の下で運営されており、サービス面での競争を行いつつも、利便性を高めるための協調した取組を行っている
- ・ 鉄道駅のバリアフリー化は、2000 年の交通バリアフリー法制定以降整備が急速に進展し、1 経路の段差解消は概ね達成、欧米の都市に比べて高い達成率である。今後の段差解消経路の拡大やホームドアの設置に関しては、新設されたバリアフリー料金制度を活用しつつ整備を進めることが重要である
- ・ わが国では海外に比べて多数の踏切が存在し、時間損失や交通事故の発生など社会へ多大な影響を及ぼしている。国が指定した緊急に対策の検討が必要な踏切（カルテ踏切）を対象に、引き続き立体交差化等の対策の推進が必要である。また、旅客の安全確保について、わが国では地下鉄サリン事件以降、駅や車両の警備強化や防犯カメラの設置等を実施してきたが、2021 年の車内での傷害事件の発生を受け、対策の強化が課題である
- ・ 多くの人々が利用する駅構内では、近年、利用者や住民のための多様なサービスを提供する施策が展開されており、高質化の取組もみられる。ホーム・コンコース等における混雑緩和、ホーム上の安全確保、外国人等へのわかりやすさの向上などの課題への対応が必要である
- ・ 2020 年以降の新型コロナの影響を踏まえ、持続的に安全性や利便性、快適性の向上を図っていくためには、鉄道事業者の経営体力の強化が重要な課題である

参考資料

交通政策審議会答申第198号の路線(東京圏)

国際競争力の強化に資する鉄道ネットワークのプロジェクトとして8路線,地域の成長に応じた鉄道ネットワークの充実に資するプロジェクトとして16路線が提示されている。



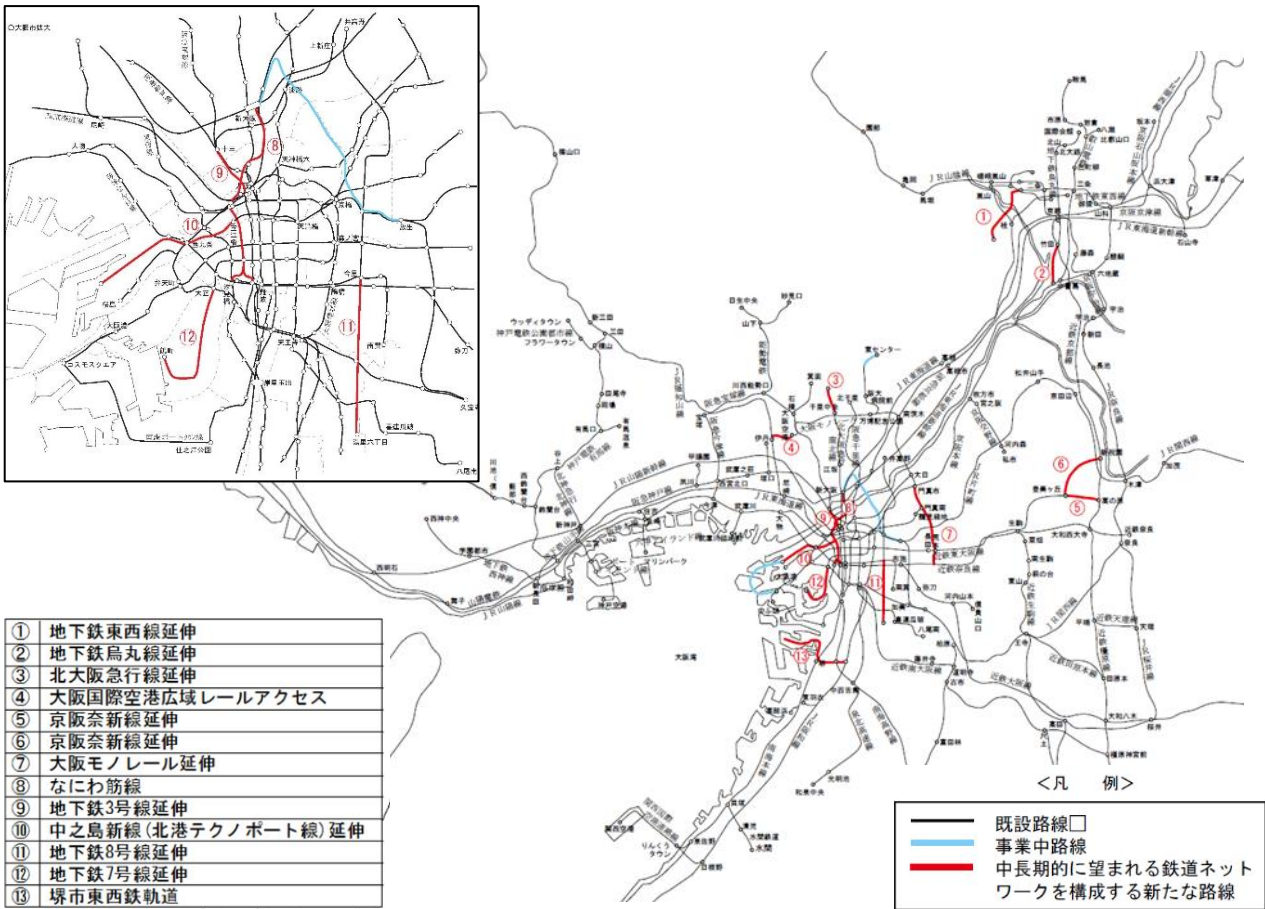
出所:「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について(答申)」¹⁵(平成28年4月20日;交通政策審議会)

参考図-1 交通政策審議会答申第198号の路線(東京圏)

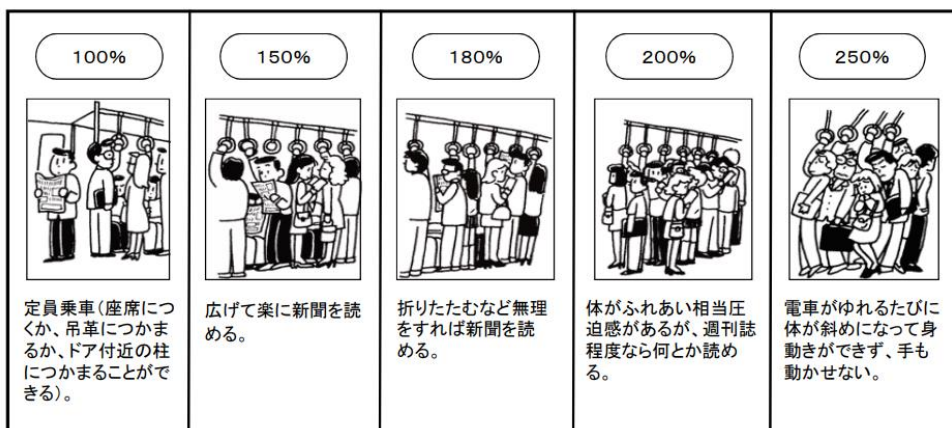
¹⁵ https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/tetsudo01_sg_000261.html

■近畿地方交通審議会答申の路線

2014年7月に開催された第10回近畿地方交通審議会¹⁶では、京阪神圏において中長期的に望まれる鉄道ネットワークを構成する新たな路線が提示されている。



参考図-2 中長期的に望まれる鉄道ネットワークを構成する新たな路線(京阪神圏)

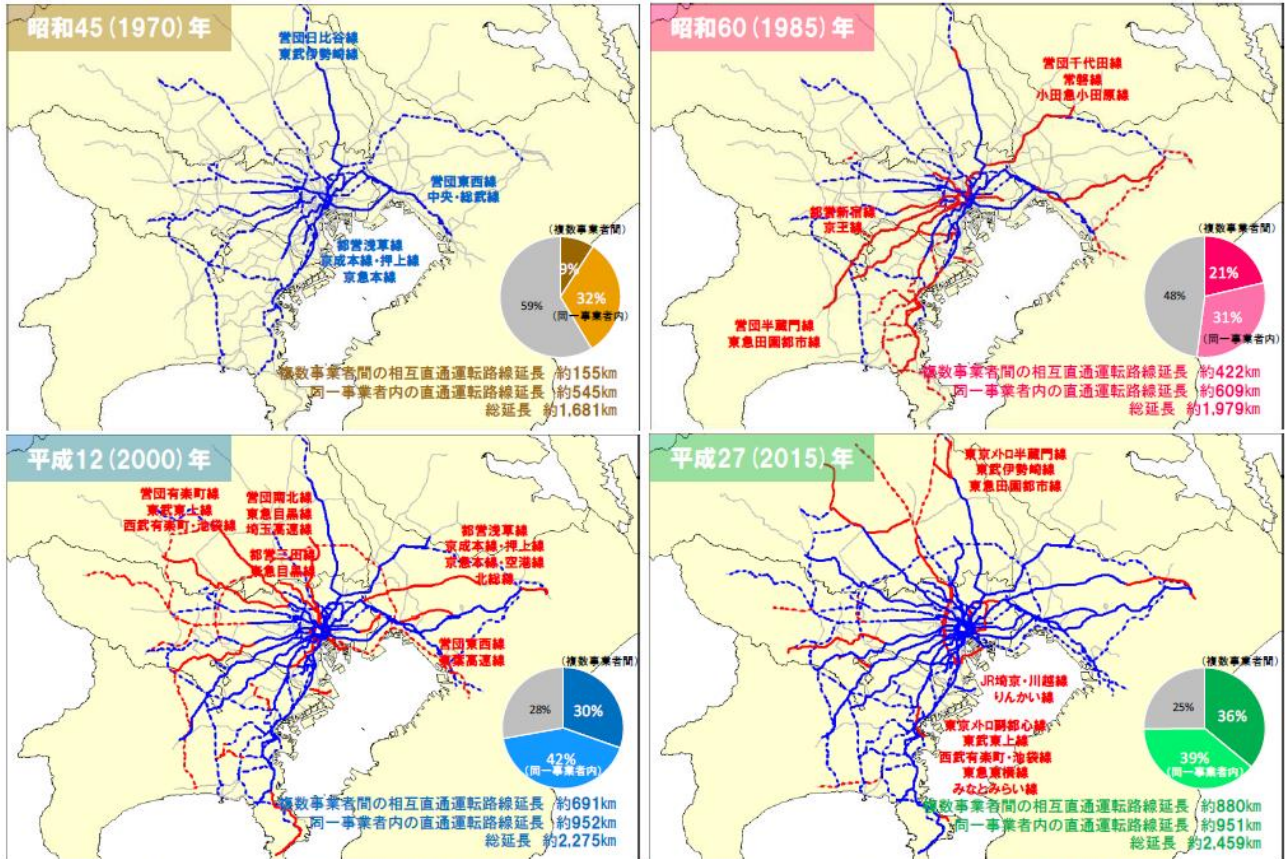


参考図-3 混雑率の目安¹⁷

¹⁶ <https://www.ttb.mlit.go.jp/kinki/shingi/shingikai10.htm>

¹⁷ 国土交通省報道発表「三大都市圏の平均混雑率は大幅に低下～都市鉄道の混雑率調査結果を公表(令和2年度実績)～」(令和3年7月9日) 資料1 https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_hh_000163.html (2022年7月10日アクセス)

■シームレス化（相互直通運転及び同一事業者内の直通運転の推移）



※平成12年から平成27年にかけて、同一事業者内の直通運転路線延長が減少しているが、同一事業者内の直通運転が実施された区間が新たに、複数事業者間の相互直通運転が行われるようになったことによるもの。

	複数事業者間の相互直通運転	同一事業者内の直通運転	計
1970年	155 km	545 km	700 km
2015年	880 km	951 km	1,831 km

(注) ・同一事業者内の直通運転路線延長は、同一事業者における複数路線を直通する列車が設定されている区間の延長を表す。(ただし、複数事業者間の相互直通運転区間を除く。)
 ・鉄道事業許可時の路線名、区間で集計。
 (出典) 総路線延長は平成24年版都市交通年報の首都交通圏高速鉄道営業キロとし、直通運転路線は、時刻表や事業者への聞き取り等を基に国土交通省作成。

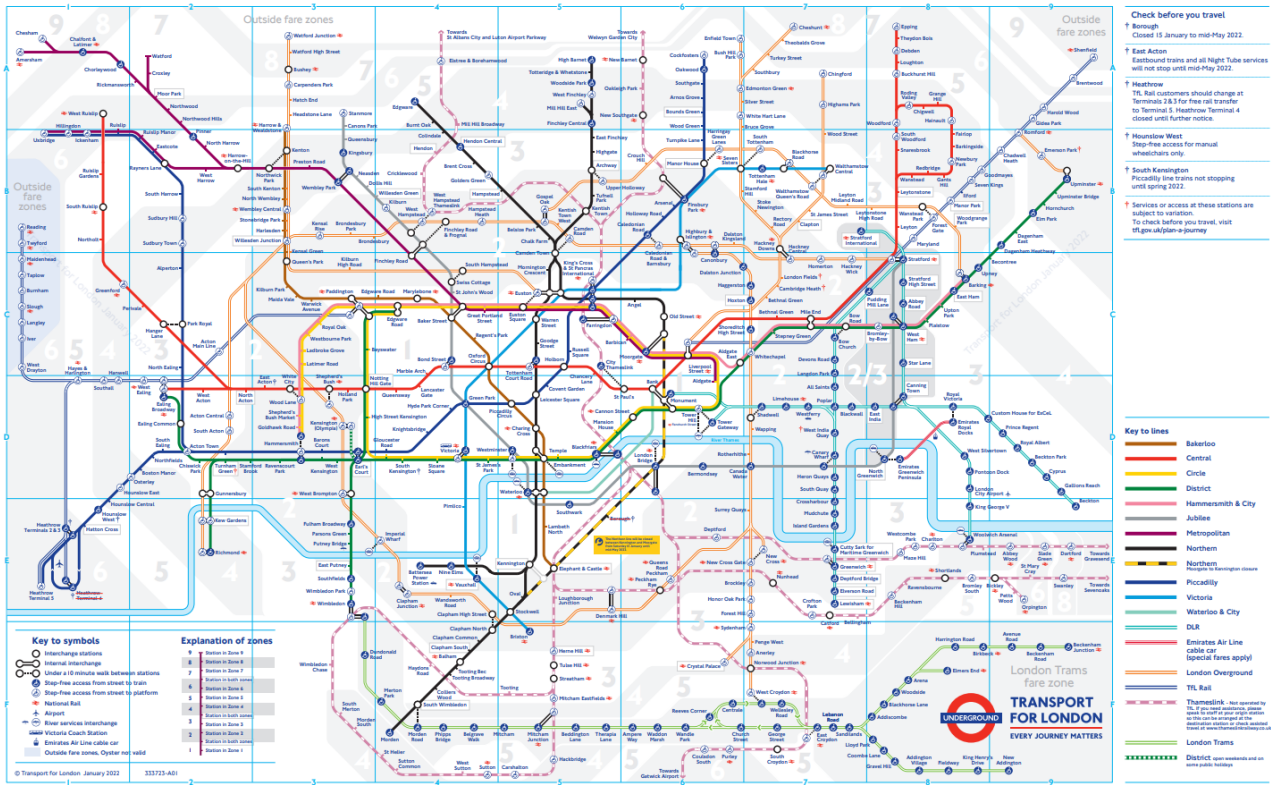
— 新たに直通を開始した区間
 — 直通済みの区間
 ※実線は複数事業者間の相互直通運転区間、点線は同一事業者内の直通運転区間を表す。

参考図-4 複数事業者間の相互直通運転及び同一事業者内の直通運転の推移¹⁸

¹⁸ 交通政策審議会：東京圏における今後の都市鉄道のあり方について（答申）資料編。

https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/tetsudo01_sg_000261.html

■ バリアフリー化の状況



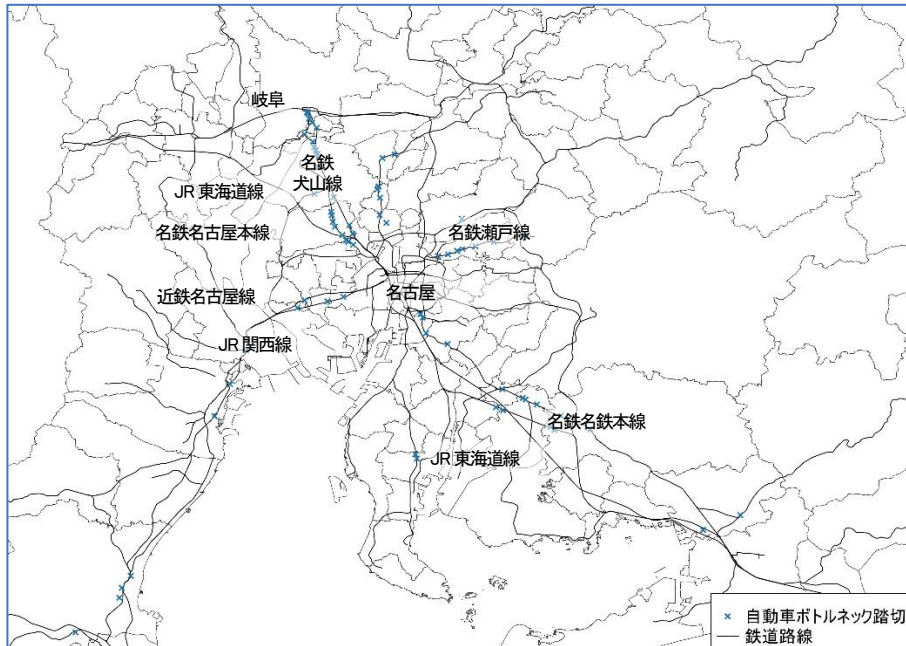
- = Step-free access street to platform
- = Step-free access street to train

参考図-5 ロンドン地下鉄のバリアフリー化の状況¹⁹

¹⁹ TUBE Map は <https://content.tfl.gov.uk/standard-tube-map.pdf> ,
バリアフリー化の状況は <https://www.transportforall.org.uk/files/tubestationsbylineaccessibleupdated.pdf> より作成。

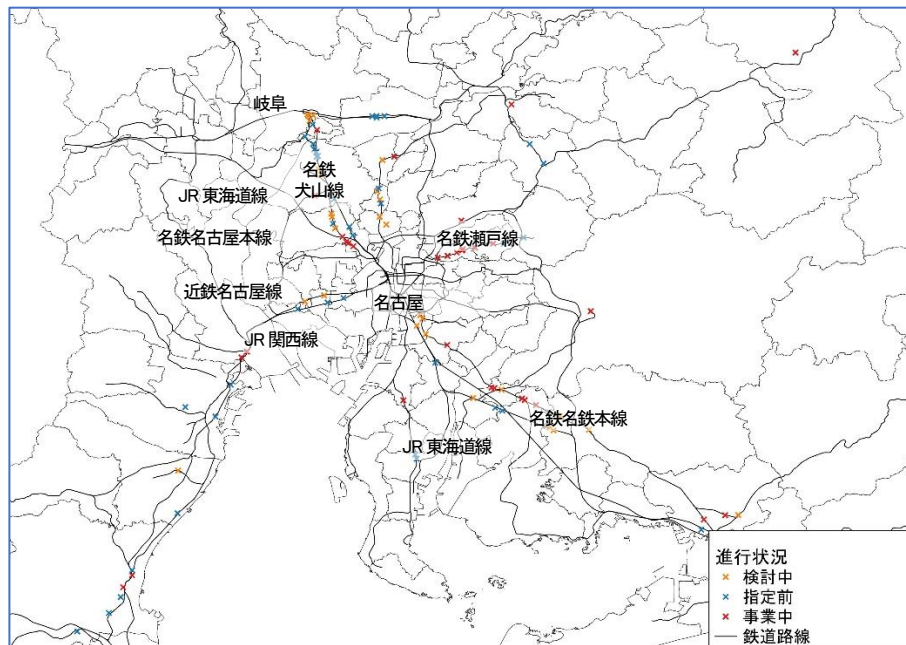
■緊急に対策の検討が必要な踏切（カルテ踏切）

中部圏（愛知県・岐阜県・三重県）のカルテ踏切のうち、自動車ボトルネック踏切を示したのが参考図-6であり、カルテ踏切における対策の進捗状況を示したものが参考図-7である。



出所：国土交通省中部地方整備局「踏切道安全通行カルテ」²⁰に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成
 （所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する）

参考図-6 自動車ボトルネック踏切の分布（中部圏）

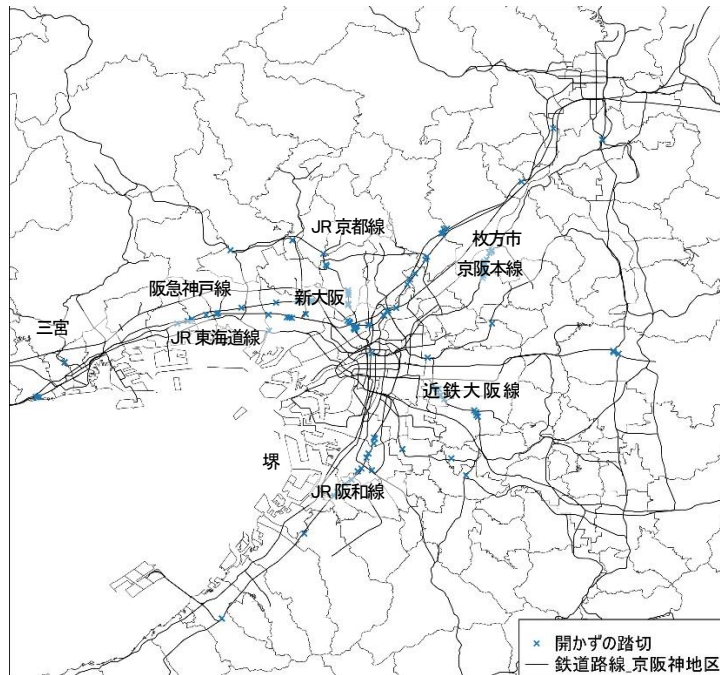


出所：国土交通省中部地方整備局「踏切道安全通行カルテ」¹⁹に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成
 （所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する）

参考図-7 緊急に対策の検討が必要な踏切（カルテ踏切）の進捗状況（中部圏）

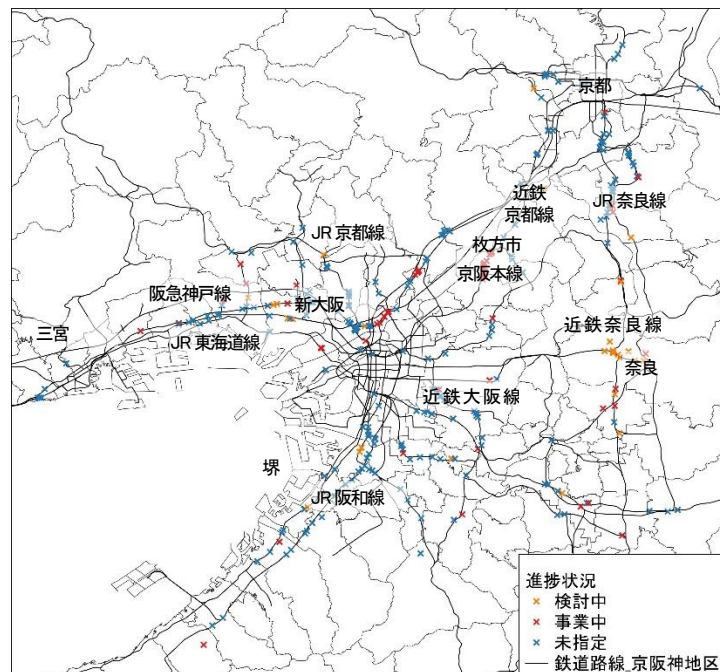
²⁰ <https://www.cbr.mlit.go.jp/road/humikiri/index.html>

同様に、近畿圏(京都府・大阪府・兵庫県・奈良県)のカルテ踏切のうち開かずの踏切の分布を示したのが参考図-8、カルテ踏切における対策の進捗状況を示したものが参考図-9である。



出所：国土交通省近畿地方整備局「踏切道安全通行カルテ」²¹に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成。
(所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する)

参考図-8 開かずの踏切の分布(近畿圏)



出所：国土交通省中部地方整備局「踏切道安全通行カルテ」²⁰に記載のカルテ踏切の所在地情報より作成。
(所在地情報をもとにGISで表示しているため、必ずしも鉄道路線と重ならない箇所も存在する)

参考図-9 緊急に対策の検討が必要な踏切(カルテ踏切)の進捗状況(近畿圏)

²¹ <https://www.kkr.mlit.go.jp/road/sesaku/fumikiritaisaku.html>

小田急線車内傷害事件の発生を受けた今後の対策について 国土交通省

2021年8月6日に発生した小田急線における車内傷害事件を受け、国土交通省では、JR・大手民鉄・公営地下鉄等の鉄道事業者と意見交換を行い、線区や車両等の状況を踏まえた取組として、以下の対策をとりまとめ、順次実施。

警備の強化 (見せる警備・利用者への注意喚起)

- 駅係員や警備員による駅構内の巡回や車内の警戒添乗等の実施
- 業界共通のポスターや車内アナウンス等を活用した警戒警備の周知
- 車内や駅構内の防犯カメラの増備
- 警察との連携の強化



警備員による巡回 画像解析(置き検知)

被害回避・軽減対策

- 最新技術を活用した不審者や不審物の検知機能の高度化
 - ・防犯カメラ画像の解析などによる不審者・不審物の検知機能について、AIを含む最新技術を活用した機能の高度化や技術の共有化等を検討(最新技術の活用状況等について関係者間で共有)
- ビクトグラムも活用した非常通報装置等の車内設備の設置位置や使用方法のよりわかりやすい表示
- 指令を含む関係者間のリアルタイムの情報共有
 - ・スマホやタブレットの活用
 - ・非常時映像伝送システムの活用 等
- 防護装備品や医療器具類等の整備
- 車内事件発生時における現場対応力を向上させるための社員の教育・訓練の実施及びマニュアル等の見直し

※具体的な方策の検討・実施に向けては安全統括管理者会議等を活用

(安全統括管理者：鉄道事業法に基づき、各鉄道事業者が選任する安全の責任者(副社長、専務・常務取締役等))

＜参考＞車内への携行品に関する関係法令の整備

- ・適切に梱包されていない刃物の持ち込みについては、省令改正(平成31年4月施行)により禁止
- ・手荷物検査の実施については、省令改正(令和3年7月施行)によりその権限を明確化



注意喚起ポスター

(9月24日より順次掲載開始)



非常通報装置の設置例

参考図-10 小田急線車内傷害事件の発生を受けた今後の対策²²

京王線車内傷害事件等の発生を受けた今後の対策について 国土交通省

鉄道車内における傷害事件の発生を受けた対応については、2021年8月6日の小田急線車内傷害事件を受けて別紙をとりまとめ、各鉄道事業者や国土交通省において対策を進めていたところである。しかしながら、その後の同年10月31日の京王線車内傷害事件等を受け、国土交通省では、再度JR、大手民鉄、公営地下鉄等の鉄道事業者と意見交換を行い、線区や車両等の状況を踏まえた取組として、別紙に加え、以下の対策を追加し、順次実施することとする。

- 乗客の安全な避難誘導の徹底
 - ・複数の非常通報装置のボタンが押され、かつ内容が確認できない場合は緊急事態と認識し、安全を確保するため、防護無線の発報等により他の列車の停止を図るとともに、当該列車についても速やかに適切な箇所に停止させることを基本とする。
 - ・駅停車時にホームドアと列車のドアがずれている場合の対応として、ホームドアと列車のドアの双方を開け乗客を安全に誘導・救出することを基本とする。(11/2開催の緊急安全統括管理者会議指示事項)
- 各種非常用設備の表示の共通化
 - ・非常通報装置に加え、車内の非常用ドアコックやホームドアの取扱い装置についても、路線の特性や装置の機能に応じ、ビクトグラムも活用した表示方法の共通化について検討・実施する。
- 利用者への協力呼びかけ
 - 以下の事項について、利用者への協力を呼びかける。
 - ・乗車時に非常通報装置の位置を確認すること
 - ・非常時には躊躇なく非常通報装置のボタンを押すこと
- 車内の防犯関係設備の充実
 - 以下の事項について、費用面も考慮しつつ、必要な基準の見直しや費用負担のあり方も含め検討を開始する。
 - ・車両の新造時や大規模改修時における車内防犯カメラの設置(録画機能のみであるものを含む)
 - ・映像や音声により車内の状況を速やかに把握できる方法等(非常通報装置の機能向上等)
- 手荷物検査の実施に関する環境整備
 - ・本年7月に改正された鉄道運輸規程に基づき、危険物の持ち込みを防ぐために必要に応じて手荷物検査を実施することについて旅客等に対し理解と協力を求めるとともに、車内への持ち込みが禁止されている物品についてのわかりやすい周知を図る。また、不審者を発見した場合の対処、検査のノウハウの共有、訓練の実施等について、警察との連携を図る。

参考図-11 京王線車内傷害事件の発生を受けた今後の対策²³

²² 国土交通省報道発表資料(令和3年9月24日) https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_hh_000166.html

²³ 国土交通省報道発表資料(令和3年12月3日) https://www.mlit.go.jp/report/press/tetsudo01_hh_000167.html

インフラ体力診断 (下水道 WG)

1. 下水道インフラの計画目標とその意味
2. 計画目標の達成度
3. 整備水準及び計画目標の国際比較
4. 質的評価
5. 総合アセスメント

参考資料

- A) 都道府県, 政令市別の都市浸水対策達成率
- B) 都市規模別の汚水処理人口普及率
- C) EU における下水処理場の放流水質基準
- D) 下水処理場における放流水質基準と計画放流水質
- E) 嫌気性消化とバイオガス有効利用の現状と展望
- F) 下水汚泥の熱処理から熱リサイクルに転換した場合のエネルギー収支の改善効果
- G) 再生水利用の各国の取り組み
- H) 本報告で対象とした国の下水道事業に関する基本情報

1. 下水道インフラの計画目標とその意味

下水道は、都市内に降った雨水を排除し浸水被害を防止すること、し尿や雑排水を収集・処理して都市内の衛生環境を保つとともに、公共用水域（河川や湖、海域など）の水質汚濁を防止することを目的としている他、近年は下水道を通して回収される水やさまざまな資源の有効利用に取り組み、循環型社会の形成に貢献することを目的としている。

浸水防止については、被害を最小化すべく効率的なハード対策の着実な整備に加え、ソフト対策、自助の取り組みを組み合わせた総合的な浸水対策を推進し、概ね 5 年に 1 度の大雨に対して安全であることを目標としている。特に、気候変動に伴う降雨量の増加や短時間豪雨の頻発等の懸念、下水道の施設計画を超過する降雨による内水被害の発生等を踏まえ、気候変動を踏まえた中長期的な計画の検討、下水道施設の耐水化の推進や流域治水関連法の整備、下水道による内水対策に関するガイドライン類の改訂等を進めている。

衛生環境の保持と公共用水域の水質改善については、汚水処理の未普及地域の解消を目標として、地域の実情に応じた農業集落排水施設や浄化槽等との連携や低コストの下水道整備手法の導入などの取り組みが進められている。また、下水処理場については、公共用水域の状況等を考慮して放流水質基準や計画放流水質が定められており、これに対応可能な適切な処理方法を採用する仕組みが導入されている。

さらに循環型社会形成への貢献については、再生水、バイオマスである下水汚泥、栄養塩類、下水熱などの活用による下水道システムの集約・自立・供給拠点化が掲げられているとともに、国の地球温暖化対策計画においては、2030 年度までに創エネ・省エネ対策の推進により 2013 年度比 130 万 t-CO₂ の削減、汚泥焼却施設における燃焼の高度化等により 2013 年度比 78 万 t-CO₂ の削減が位置付けられている。

2. 計画目標の達成度

(1) 浸水防止

図1に都市規模別の都市浸水対策達成率¹を示す。令和2年度末の同達成率は全国で約60%である。都市規模別では、都市規模が大きいほど達成率が高く、政令指定都市では、約70%を超えているが、30万人未満の都市では、50%未満である。全国的に達成率を向上する必要がある、特に、中小都市の対策の推進が急務である。

(2) 汚水の収集処理

図2において、総人口に対して下水道処理人口普及率は下水道により汚水処理を行っている人口の割合を、汚水処理人口普及率は浄化槽や農村集落排水施設等も含めて汚水処理が行われている人口全体の割合を表している。下水道により汚水処理が行われている人口の普及率は継続して増加しており、そのほかの施設も含めて考えた汚水処理人口は9割を超えており、着々と未普及地域が減ってきている状況にはある。また、下水道および汚水処理施設の普及に伴い、環境基準達成率は上昇している。しかし、一方で1割弱の人口についてはまだ汚水処理が行われていない状況にある。

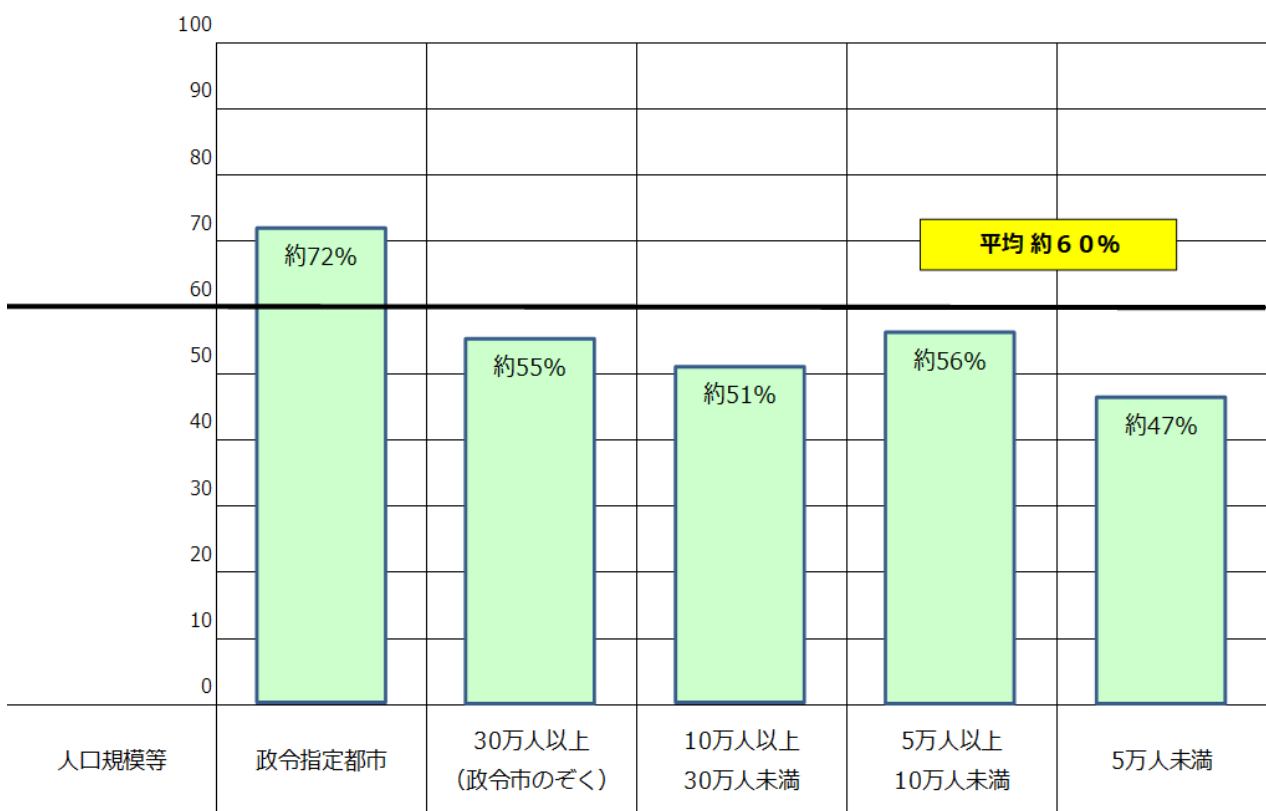


図1 都市規模別の都市浸水対策達成率²

¹ 公共下水道又は都市下水道による都市浸水対策の整備対象地域の面積のうち、概ね5年に1度の大雨に対して安全であるよう、既に整備が完了している区域の面積の割合

² 国土交通省作成

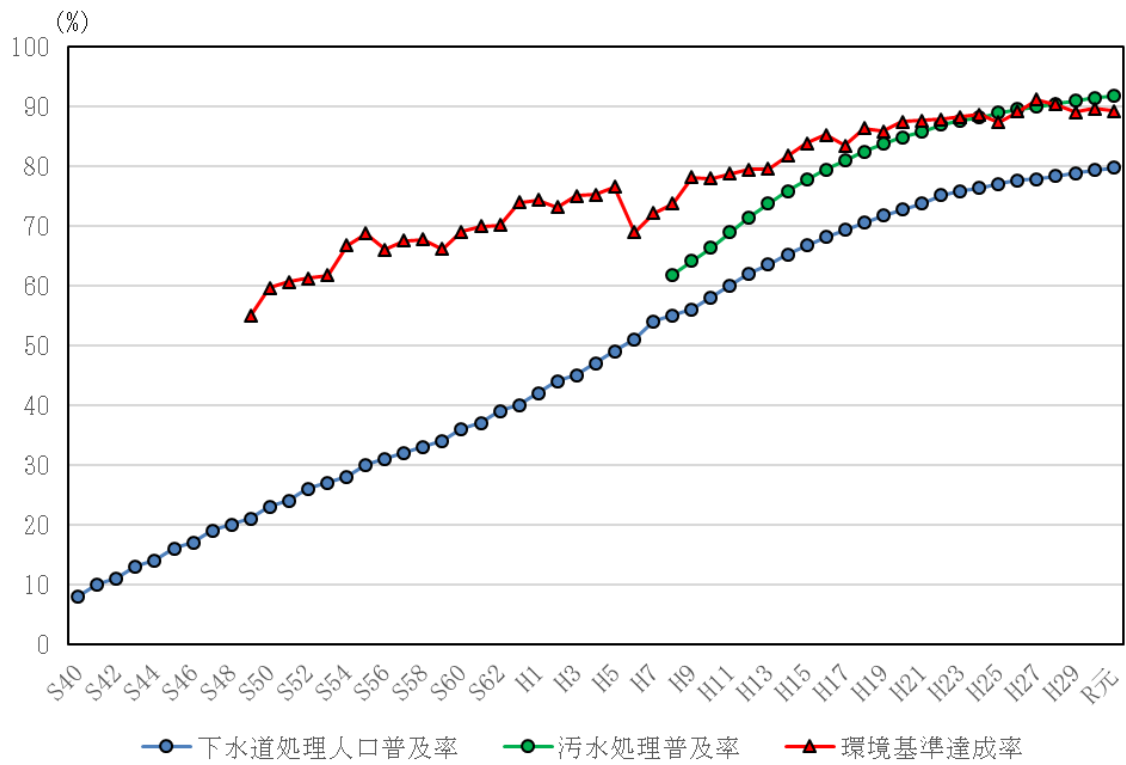


図2 汚水処理人口普及率・下水道処理人口普及率および環境基準達成率の推移³

³ 国土交通省(https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000134.html)より作成

3. 整備水準及び計画目標の国際比較

(1) 浸水防止

表1,表2にわが国ならびにEU, イギリス(ロンドン), フランス(パリ), 中国(北京), 韓国, 台北の浸水対策の整備水準と計画目標の比較を示す。前提として, 各国で降雨規模や発生頻度は異なり, 降水量の確率分布の幅が異なるため, 単純に計画雨量や確率降雨を持って比較できないことは理解しておく必要がある。

整備方針として, 各国, 各都市において, 重点地区や一般地区など, いわゆる「選択と集中」によるメリハリのある整備方針であることが確認できる。整備水準として, EU, イギリス, フランスでは再現期間⁴として1/50~1/100の降水量を目標としている。一方, アジアでは再現期間はより短く設定されている都市もある。日本ではL1降雨, L1'降雨, L2降雨が設定されており, よりきめ細かな目標整備水準となっている。L1降雨は, 浸水被害の発生を防ぐべき目標となる計画降雨であり, 例えば, 重点地区:1/10年確率, 一般地区:1/5年確率となっている。L1'降雨は, 計画規模を上回る降雨時の浸水被害の軽減を図る目標の降雨である。一般的には各都市の既往最大降雨が用いられている場合が多い。L2降雨は, 安全な避難の確保を図る目標の降雨として, 想定最大規模降雨が用いられている。L1'降雨の再現期間は地域により異なるが, L2降雨の再現期間は1/1000年程度, あるいはそれを上回るものである。また, 2021年に, 雨水管理総合計画策定ガイドラインが改定され, 当面は, 現在のハード整備に用いる計画降雨に, 地球温暖化の影響として2℃上昇を考慮した降雨量変化倍率を乗じて気候変動を考慮した計画降雨を設定する方針を示している。

表1 各国の雨水対策の整備水準及び計画目標の比較

	日本	EU	イギリス	フランス	中国	韓国
整備方針	浸水被害の軽減対策を促進するために, 想定最大規模降雨に対する雨水出水浸水想定区域を指定。 ハード整備の目標は重点地区と一般地区を設け, 各都市の計画降雨を用いて整備。 また, ハード整備の長期的な目標として, 2℃上昇を考慮した降雨変化倍率を計画降雨に乗じて設定。	①沿岸域の洪水リスク評価を実施し潜在的な重大な洪水リスクが存在する地域を特定すること, ②洪水ハザードマップと洪水リスクマップを作成すること, ③リスクのあるゾーンに対して洪水リスク管理計画を策定することを義務付け 洪水ハザードマップおよびリスクマップの作成においては, 想定するべき洪水の頻度を高頻度, 中頻度, 低頻度の3段階で設定	EU洪水指令と同様に3段階での洪水ハザードマップの策定が義務づけ 各下水道事業者に対して, 新たに長期的な(25年以上)の排水・下水道管理計画(Drainage and sewerage management plan 'DWMP)を作成することが義務付け	国家レベル, 流域レベル, 地方自治体レベルでそれぞれ洪水リスクに関する浸水対策(IRR, PAPI等)が整備	雨水管渠及び排水・除水施設の設計基準は必須条項には分類されておらず, 努力義務の基準	都市浸水予防については, 各自治体が降雨量と降雨パターンを考慮して防災目標を策定し, 浸水地域に対しては下水道管路の設計基準を現行の計画降雨10~30年から30~50年に引き上げる対応をすることが示されている。
目標整備水準	想定最大規模降雨(L2)は概ね1/1000年確率。 計画降雨(L1)は, 重点地区:1/10年確率 一般地区:1/5年確率 を設定。これに気候変動(2度上昇)を考慮した降雨変化倍率(1.1倍, 1.15倍(地域により異なる))を設定。		1/50年確率	1/100年確率	都市規模に応じて20~100年確率	1/10~1/30年(現状) 1/30~1/50年(将来)
出典	新しい時代における下水道のあり方(2007)、 雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)(2021)	EU洪水指令(2007)(Flood Directive)	Flood Risk Regulations (2009)	リスク対策に係る国家環境戦略の策定(2010) 洪水リスクの評価と管理(2011)	中国人民共和国国家基準GB50014-2021室外排水設計基準(2021)	気候変動に伴う暴風雨及び洪水に対応した革新的かつ包括的な対応策(2020)

⁴ ある規模の降水量が平均してどれくらいの期間に一度起こるかを表すもの。

表 2 各都市の雨水対策の整備水準及び計画目標の比較

	東京	ロンドン	パリ	北京	台北
整備方針	区部全域で1時間50ミリの降雨への対応を基本とし、浸水被害の影響が大きい大規模地下街や甚大な浸水被害が発生している地区においては、1時間75ミリに対応する施設整備を推進	Water UKが公表したフレームワークに基づいてDWMP	ゾーンごとに4,8,12,16mmを超えた雨水の流出を下水道への流出許容量として設定。	浸水対策及び雨水の利活用を目的とした「海綿都市計画」に伴い整備。重要地域、都心・副都心、新都市で異なる整備水準	1時間あたり最大78.8mm (=再現確率1/5年) 対応の設計。上記治水基準を2030年までに88.8mm/h (=再現確率1/10年) に引き上げる長期計画を発表
目標整備水準	河川と下水道の整備により 長期計画: 1/20年確率 基本計画: 1/100年確率	1/50年確率	(降雨量16mmに対する削減量: 4, 8, 12, 16mm)	重要地域: 1/100年確率 都心・副都心: 1/50年確率 新都市: 1/20～1/30年確率	1/5年確率(現状) 1/10年確率(将来)
出典	東京都豪雨対策基本方針(改定)(2014) 下水道浸水対策計画2022(案)	Drainage and Wastewater Management Plans 2018)	ParisPluie (2018)	海綿都市計画(2020)	台北市雨水下水道施設規則設計規範

(2) 汚水の収集処理

総人口に対する下水道で汚水処理が行われている人口の比率を表す「下水処理施設への接続率」について OECD が集計しているものを図3に示す。2019年のデータが公開されている20カ国で比較すると、日本は78.7%で下から6番目となる。また、図4は今回比較対象としている、イギリス、フランス、ドイツ、韓国と日本の時系列データを載せたものである。このように、OECD諸国の中では下水道での汚水処理人口率が相対的に低い状況にあるが、各国における下水道の定義が異なるため一概には比較できない⁵。

図5の「家庭排水および産業排水の安全な処理割合」は、SDGs⁶の目標6.3「2030年までに、汚染の減少、有害な化学物質や物質の投棄削減と最小限の排出、未処理の下水の割合半減、およびリサイクルと安全な再利用を世界全体で大幅に増加させることにより、水質を改善する。」の達成度を測る指標として、生活排水、営業排水、工業排水の処理率を集計したものである。このデータは、工業排水の処理状況も含んだものであり、生活排水や営業排水についても下水道だけでなく、浄化槽などで処理されたものも含んだ値となっている。2020年において日本は97%となっており、OECD38カ国の中では上から7番目となっており、さまざまな汚水の処理状況全体から考えると、比較的進んでいる状況となっている。なお、都市規模別にみると、参考図1に示す通り10万人未満の自治体の汚水処理人口普及率が低いことから、これらの地域での汚水処理施設の更なる普及が必要である。

⁵ 国によって下水道事業として含まれるものの規模は異なっている。なお、日本の数値は「公共下水道」の普及率であり、合併浄化槽も含めた普及率は、2020年度末で92.1%

⁶ Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)の略。2016年から2030年までの国際目標。17ゴール・169ターゲットを掲げている。

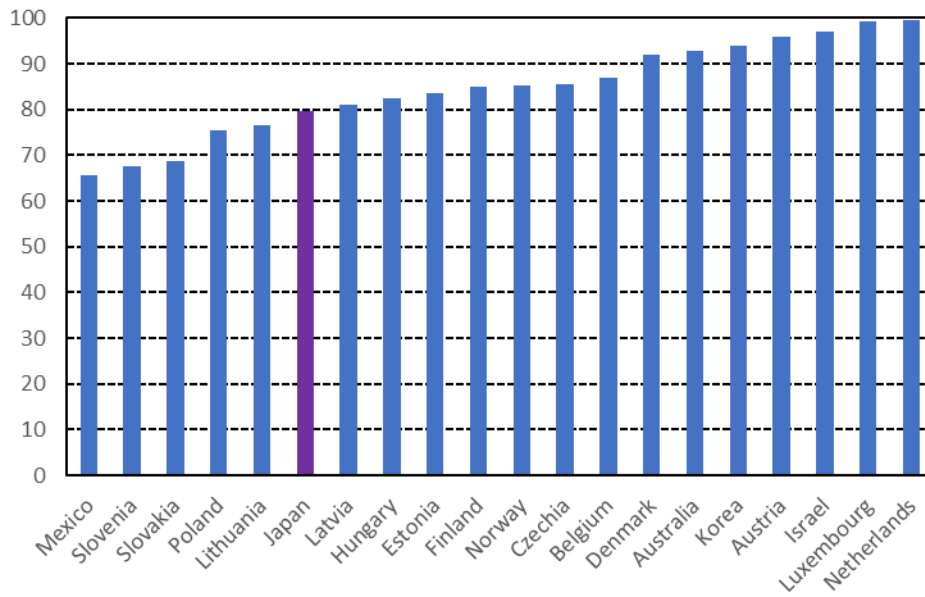


図3 OECD 諸国における「下水処理施設への接続率」(2019年) 7

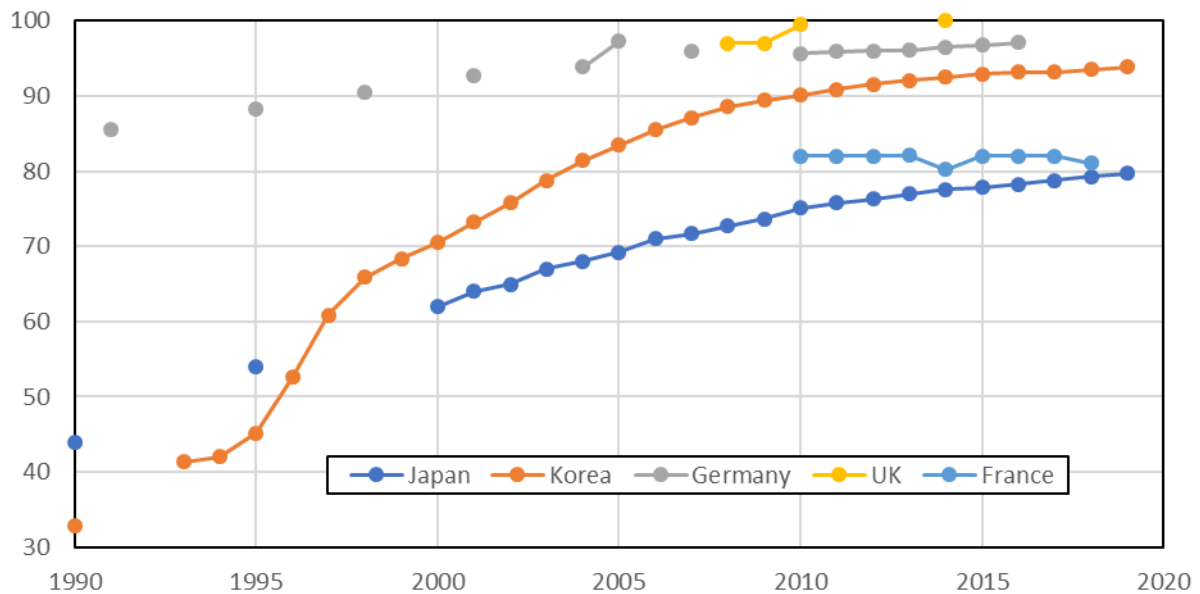


図4 OECD 各国における「下水処理施設への接続率」の推移 8

7 OECD「OECD Data - Waste water treatment」(<https://data.oecd.org/water/waste-water-treatment.htm>)より作成。

8 OECD「OECD Data - Waste water treatment」(<https://data.oecd.org/water/waste-water-treatment.htm>)より作成。

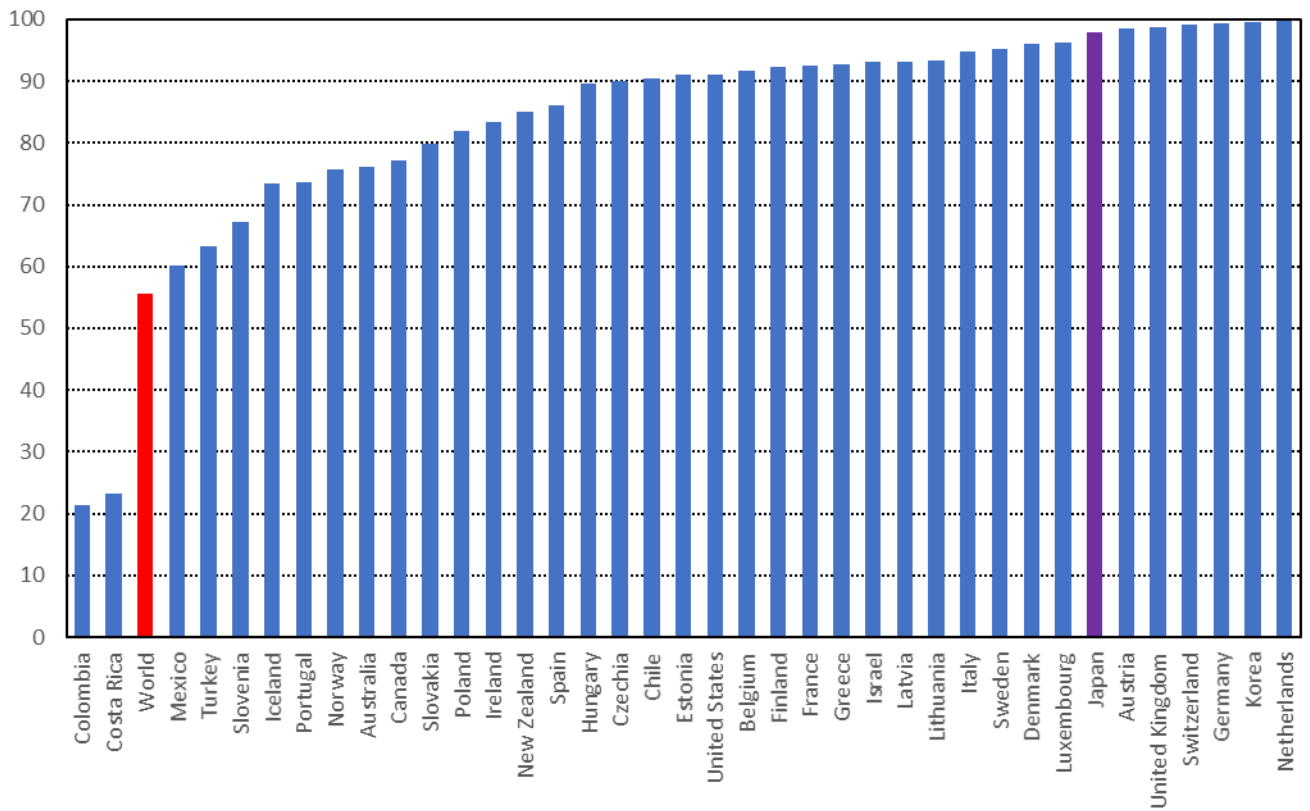


図5 OECD加盟国における「安全に処理された家庭排水及び産業排水の割合」(2020年)⁹

⁹ Statistics Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations「SDGs Indicators Database」(<https://unstats.un.org/sdgs/UNSDG/IndDatabasePage>)より作成。

4. インフラの質的評価

(1) 浸水防止における気候変動への対応

令和 3 年度の全国の基礎自治体を対象とした調査に基づく結果として、現在、雨水の事業計画が策定済みの自治体数のうち、9 割以上の自治体では計画降雨を 5～10 年の確率年としている。しかし、上述の通り、現状の都市浸水対策達成率は約 60%であり、計画遂行のために、着実に対策を進めていく必要がある。また、L1 降雨を設定している自治体や L2 降雨を設定している自治体は 1 割未満であり、計画規模を上回る降雨時の浸水被害の軽減、安全な避難の確保への対応ならびに下水道の段階的整備が求められる。

また、わが国では、気候変動の影響を踏まえた下水道による浸水対策として、平均気温 2℃上昇を考慮した降雨量変化倍率を乗じて計画降雨および計画雨水量の算定を行う方針を打ち出した。変化倍率は、科学的知見に基づき北海道北部、北海道南部は 1.15 倍、その他の地域は 1.10 倍としている。そのため、より一層の浸水対策が求められるが、その整備には長期間を要するため、段階的対策計画の策定(図 6)として、既存施設の有効活用やハード整備の加速化・充実や治水計画の見直しに加え、上流・下流や本川・支川の流域全体を俯瞰し、国や流域自治体、大学・研究機関、企業・住民等、あらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水」の実効性を高めることが必要である。

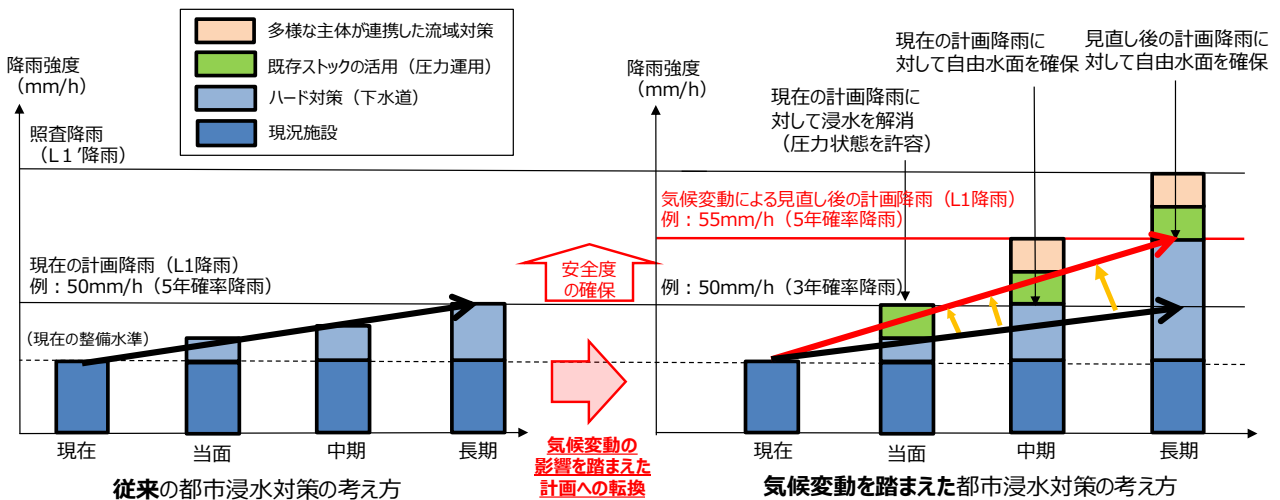


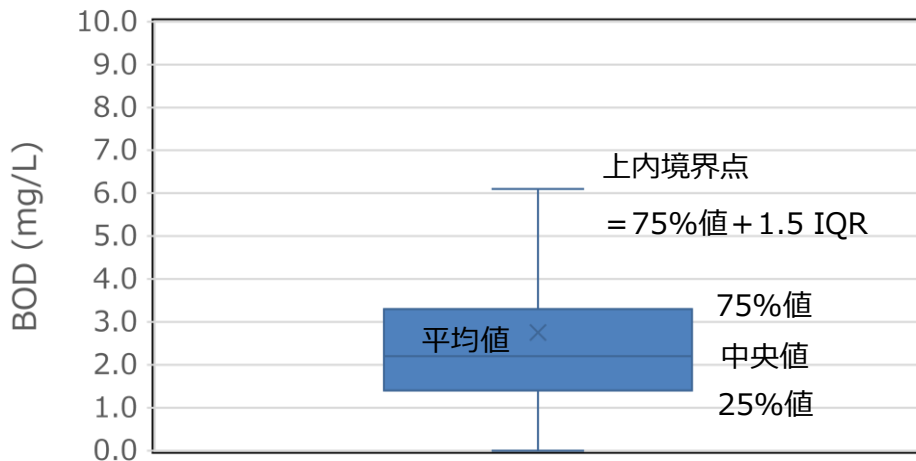
図 6 気候変動の影響を考慮した段階的対策計画のイメージ¹⁰

(2) 放流水域の水質保全への貢献

図 2 に示す通り下水処理人口普及率は 1965 年の 8%から、現在は 80%を超えるまで上昇し、このことは放流水域の水質の改善や保全に大きく貢献してきた¹¹。また下水道統計による全国 2187 カ所の下水処理施設の放流水質の状況(図 7)を見てみると、年平均の BOD の中央値は 2.2 mg/L、平均値は 2.9 mg/L、75%値は 3.5 mg/L、90%値は 5.5 mg/L、外れ値に相当する 75%値+1.5×IQR(四分位範囲)で表される上内境界点は 6.5 mg/L であった。これらの結果より、日本全国のほとんどの下水処理場において年平均 BOD 処理水質は後述する計画放流水質を十分に下回っていることを示している。

¹⁰ 国土交通省「雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)」(令和 3 年 11 月)より

¹¹ コラム 1 を参照



流出年平均BOD濃度 (n=2187)

図7 流出水年平均 BOD 濃度 (令和元年度) (n=2187)

コラム1:多摩川におけるアユの遡上

下水道整備により、一時は汚染が進んでいた多摩川の水質は回復し、2012年には、調査を開始した1983年以降最高となる推定約1,194万尾のアユが遡上しました。直近の2022年でも、推定約250万尾のアユが遡上しました。

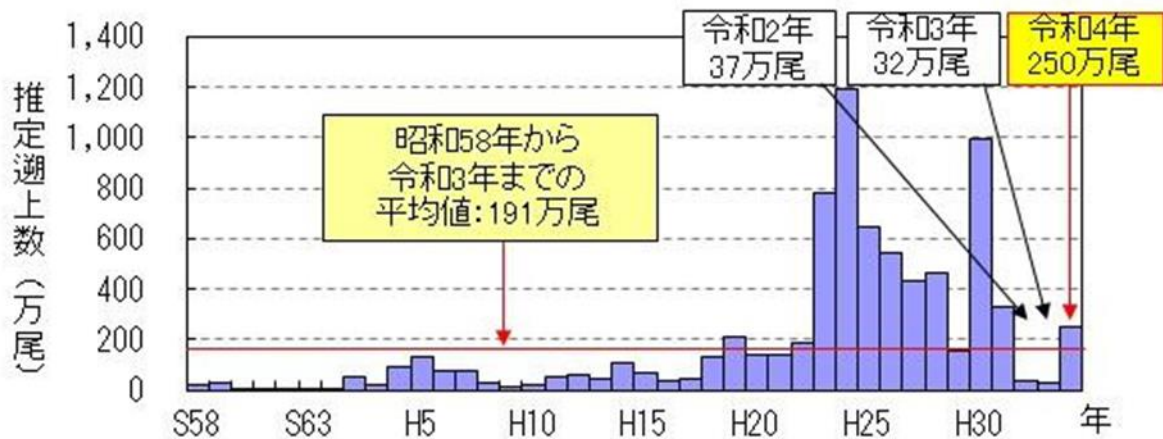


図8 多摩川におけるアユの推定遡上数の推移(1983年~2022年)¹²

下水処理施設の計画放流水質の考え方は国によって異なる。EU では 1991 年に定められた都市排水指令 (Urban Waste Water Directive) にて、下水の処理方式、放流水質基準が定められており、EU 加盟国ではこれを遵守するよう国内法および州法が定められている。放流先を通常水域、特に富栄養化が懸念される重要水域 (sensitive area)、非重要水域 (less sensitive area) の 3 つに分け、重要水域についてはより厳しい水準を適用するなど、放流先により異なる処理水準や放流水質を求めている。基準が設定されている項目は生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、全浮遊物質 (TSS)、全窒素 (T-N)、全リン (T-P) であり、放流水質 (mg/L) もしくは削減負荷量 (% 流入負荷削減) のいずれかの指標が適用される (参考表 2、参考表 3)。BOD、COD、TSS については、年間を通じた測定結果のうち、要求水準を満たさないものの許容回数が定められており、水質の分布を考慮した判断基準となっている (参考表 4)。また、重要水域の T-N、T-P の規制については、当該水域に放流する処理場全体での T-N、T-P の削減率が 75%

¹² 東京都 (<https://www.ifarc.metro.tokyo.lg.jp/topics/tamagawa/20220601-140716.html>) より

以上であれば、個々の処理場には適用しなくてもよいという総量規制に近い考え方が定められている。いずれも、個々の時間、場所による評価ではなく、年間を通じたエリアでの総合的な放流水質管理という考え方が見える。なお、参考表 2 に示されているように、EU における放流水質基準では BOD は硝化にともなう酸素消費を考慮しないいわゆる C-BOD として規定されていることに注意が必要である。

一方日本では、下水道法施行令の一部を改正する政令(平成 15 年 9 月 25 日政令第 435 号)により、下水の放流先の河川その他の公共用水域または海域の状況等を考慮して、下水道管理者が計画放流水質を定め、これに対応可能な適切な処理方法を採用する仕組みを導入している。計画放流水質は最大値により定めることとなっており、BOD、T-N、T-P のみに適用される(参考表 5)。なお、pH、浮遊物質(SS)、大腸菌群数は一律の放流水質基準となっている(参考表 6)。計画放流水質は、放流量および下水の放流先となる河川ほかの公共用水域または海域の水量または水質を勘案し、放流が許容される BOD、T-N、T-P を科学的な方法を用いて算出した数値として定めることとされている。この「科学的な方法」とは、放流水の水質、放流先の水量・水質について、データの裏付けにより示すこと、汚濁解析の手法により数値の算定を行うこと等を意味している。なお、当該地域に関して、流域別下水道整備総合計画が定められている場合には、これと整合性が取れている必要がある。

このように、EU と日本では放流水質基準の考え方に違いがあり、基準の達成状況等を一概に比較はできない。しかし、BOD の放流水質基準に関しては、EU では硝化抑制の方法において 25mg/L が基準値として示されているのに対して、日本では硝化を抑制しない方法で 10mg/L 以下または 15mg/L 以下が計画放流水質として設定されていることから、日本の方がより厳しい基準を設定しているといえる。その中で図 7 に示す通り、全国のほとんどの下水処理場において処理水質は計画放流水質を十分に下回っていることから、日本の下水道は国際比較においても有機物除去に関しては放流水域の水質保全への十分な貢献をしていると評価できる。

(3) カーボンニュートラルおよびグリーン化への対応

下水道では、全国で年間約 147 億 m^3 の下水を処理しているが、その過程で多くのエネルギーを消費している。全国の電力消費量の約 0.7% (約 75 億 kWh) の電力を消費し、日本の温室効果ガスの約 0.5% (約 596 万 t-CO₂) を排出している。排出量の内訳を見ると、処理場やポンプ場における電力・燃料の消費にともなう排出、水処理にともなう一酸化二窒素・メタンの排出、汚泥焼却にともなう一酸化二窒素の排出等からなり、処理場における電力消費にともなう排出量が 54.8% と最も多い(図 9)。下水道からの温室効果ガス排出量は、1990 年度から 2005 年度の間には約 49% 増加しており、処理水量の伸び(同比約 34% 増加)を上回っていた。その後、下水道施設における省エネ・創エネ対策や一酸化二窒素の削減対策等¹³が行われたことにより、2005 年度から 2018 年度の間には処理水量が約 6% 増加したにもかかわらず、温室効果ガス排出量は約 17% 削減されている。また、2030 年度の排出量は電力係数の低減を見込んだうえで約 192 万 t-CO₂ にまで減少すると見込まれている。

イギリス、フランス、ドイツ、日本における下水道からの温室効果ガス排出量を図 10 に示す。ドイツの排出量は下水道と水道の合算となっている。公表されているデータを直接比較すると、イギリス、フランスの温室効果ガス排出量は日本よりも低い値となっている。下水道からの排出量として集計している内訳が異なることや消費電力量等から温室効果ガス排出量に換算する原単位が異なる等が考えられる。

¹³ 生物処理における散気装置の効率化、汚泥からのメタンガス回収や下水熱の利用、汚泥焼却における燃焼温度の管理による一酸化二窒素の発生抑制など

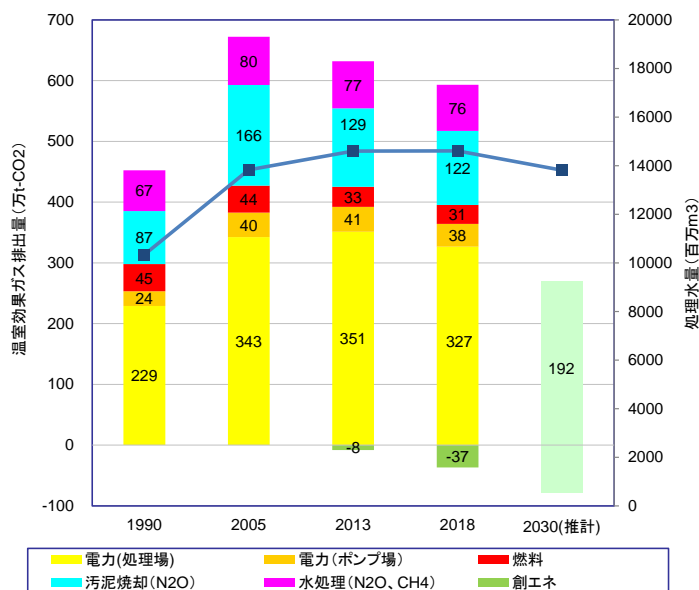
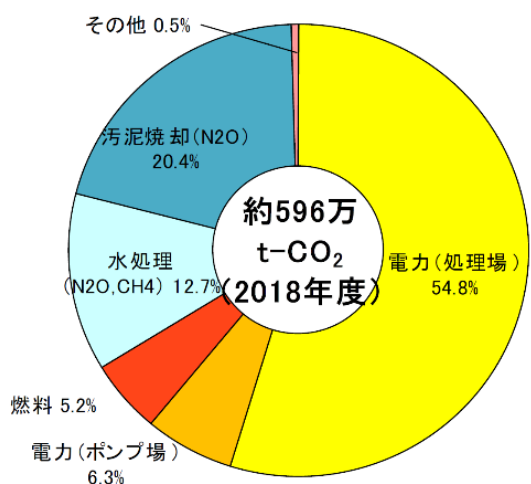


図9 日本の下水道からの温室効果ガス排出量¹⁴

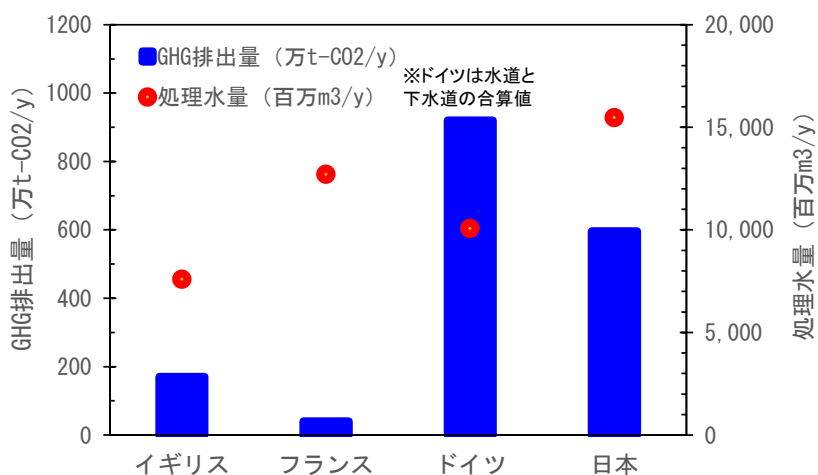


図10 イギリス、フランス、ドイツ、日本の下水道からの温室効果ガス排出量¹⁵

¹⁴ 国土交通省, (公社)日本下水道協会「下水道政策研究委員会 脱炭素社会への貢献のあり方検討小委員会報告書 ~脱炭素社会を牽引するグリーンイノベーション下水道~」より作成

¹⁵ Net Zero 2030 Routemap, Water UK, Emissions dans l'air - Source Citepa édition 2021 - inventaire national d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, CIETPA, Daten der deutschen Berichterstattung atmosphärischer Emissionen - Treibhausgase 1990-2019, Umwelt Bundesamt より作成

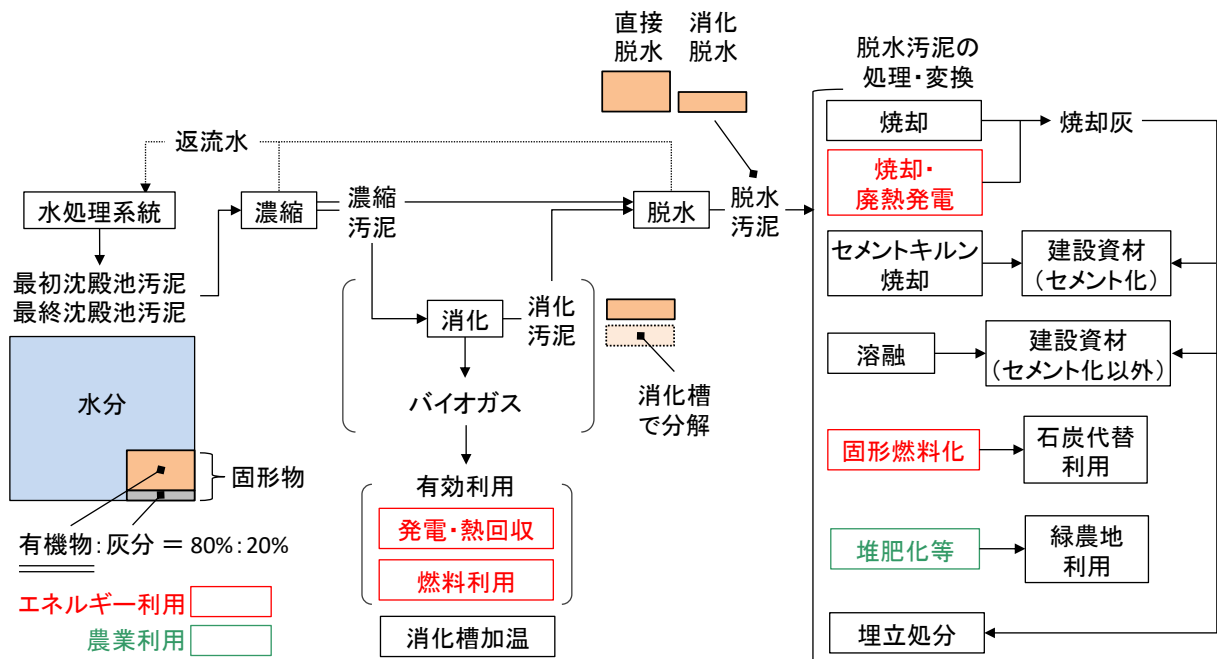


図 11 下水汚泥の処理・資源化のフロー

下水道のカーボンニュートラル化, グリーン化において重要となるのが, 下水汚泥をいかに処理, 資源化するかにある。下水汚泥の処理・資源化のフローは図 11 に示す。

下水汚泥の資源化状況を表す指標として, 日本では下水道バイオマスリサイクル率(下水汚泥のエネルギー・農業利用率)を設定している。これは, 有機物量ベースでの下水汚泥発生量 [t-VS/年] に対し, エネルギー用途または農業用途で利用できている有機物量 [t-VS/年] の割合を把握するための指標である。2019年度時点で, バイオガスの利用が 16%, 固形燃料または焼却廃熱の利用が 8%, 農業利用が 10%であり, 34%に到達している¹⁶。日本の特徴は, 脱水汚泥の熱処理(Thermal treatment, 汚泥単独での焼却など)に取り組んできたことにある。下水汚泥のエネルギー利用は, 国際的には嫌気性消化によるバイオガス回収とその有効利用が主流であり, 日本も同様に取り組んできた。一方で, 日本は脱水汚泥の熱処理にも力を入れてきたため, 消化により汚泥中有機物をバイオガス回収のために分解させると, その後有機分率が低下した脱水汚泥を焼却する際の燃料消費の増加を招くこととなる。そのため, 消化(汚泥処理プロセスの前段に配置)で有機物を活用するのか, 後段の脱水汚泥の熱処理で有機物を活用するのか, そのバランスを考える必要があった。

一方で, EU における下水汚泥のエネルギー利用は, 消化によるバイオガス回収とその有効利用に特化して評価される。2014年にはEU全体で625PJ/年のバイオガスが産出されており, うち下水汚泥から57PJ/年のバイオガスが回収されている¹⁷。下水汚泥のみに限定すると, ヨーロッパではドイツ, イギリスでのバイオガス産出量が多い。イギリスの「Digest of UK Energy Statistics (DUKES) 2020」では, 下水汚泥由来のバイオガス発電は2019年に1,049GWh/年(約3.8PJに相当)まで到達していることを報告している。イギリスでは脱水汚泥の配分が, 農地利用87%, 焼却4%, 工業利用3%, 埋立6%となっており, 熱処理の比率が極めて低いため, 積極的に消化によるバイオガス回収で汚泥中有機物を活用する方針である。一方, ドイツは熱処理について処理能力1,150,000t-DS/年(ヨーロッパにおける処理能力の45%)を保有しており, ドイツ国内での脱水汚泥焼却率も70%(2017年値)と高く¹⁸, 消化によるバイオガス回収と脱水汚泥の熱処理が併用されている。脱水汚泥の焼却率については, オランダが100%, スイスが97%, ベルギーが89%と, 他にも高い国がある。

¹⁶ 国土交通省「資源・エネルギー循環の形成」(http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000124.html)より

¹⁷ B. Kampman et al., “Optimal use of biogas from waste streams - An assessment of the potential of biogas from digestion in the EU beyond 2020”, European Commission, 2017. (<https://edepot.wur.nl/416128>)より

¹⁸ M. Schnell et al., “Thermal treatment of sewage sludge in Germany: A review” Journal of Environmental Management, 263, 2000.

国際的には日本の強みは熱処理であり、熱処理から熱リサイクル(Thermal recycling)へと転換するための技術開発を進めてきた(エネルギー収支の改善効果の試算例は参考図 2 に示す)。既に熱リサイクルは実用段階に移行しており、焼却炉にボイラを設置して蒸気利用を行う焼却・廃熱発電への更新や、乾燥造粒、低温炭化に代表される固形燃料化の導入が、2030 年温暖化対策中期目標に向けて進められている。

(4) 再生水利用

米国カリフォルニア州においては、1918 年に米国で初めてとなる下水再生水の農業利用に関する規制が制定されるなど再生水利用に関して長い歴史がある。2015 年ではおよそ 3.59 億 m³/年の再生水が農業用灌漑に用いられている。2012 年には、米国環境保護庁が「Guidelines for Water Reuse (2012 Guidelines)」を公表し、再生水の飲用再利用の用語として De Facto Reuse(下水処理場の処理水排出口の下流に浄水場の取水口があり、事実上下水処理水の飲料水としての再利用が行われている)、Direct Potable Reuse:DPR(下水再生水が直接浄水場に供給される)、Indirect Potable Reuse:IPR(下水再生水を水道水源の涵養に用いる。水源涵養に用いることで、飲用取水するときには一定の環境バッファが期待されている)が定義された。

欧州では、2000 年には、EU 内の水域を対象とした環境保護と利水に関する統合的な政策である EU 水枠組み指令¹⁹が発効し、2018 年には ISO のガイドラインを受けた処理水の灌漑利用に関する規則が採択された。2006 年において、都市下水処理量の 2.4%にあたる 9640 万 m³が再利用されている。

日本では、2018 年度において全下水処理量の約 1.5%に当たる年間約 2.2 億 m³の下水処理水が再生水として利用されている。そのうち 34.7%が河川維持用水として、23.7%が修景用水として、19.6%が融雪用水として利用されている^{20,21,21}。また諸外国で主な再利用先として用いられている農業用水への再利用は 7.0%にとどまっている²¹。我が国では、国土交通省が平成 17 年に「下水処理水の再利用水質基準等マニュアル」を策定し、水洗トイレ用水、散水用水、修景用水といった再生水の利用用途に応じた水質基準が設定されている。また農林水産省でも ISO16075「下水処理水のかんがい利用プロジェクトに関するガイドライン」を参考に 2017 年に「農業集落排水施設の処理水のかんがい利用に関する手引き(案)」が公表されている。

上述の通り、日本は比較的水資源が豊富であり、状況が類似している欧州と同等程度の再生水利用を行っている。また処理水の再利用に関しては、国土交通省が我が国の中心となり、国際標準規格 ISO の ISO/TC282(Water reuse: 水の再利用)を 2013 年 6 月に設立し、再生水利用の国際規格の開発を進めている²²。これまでに 29 件の規格が発行されており日本の水処理技術の優位点(省エネルギー、高性能、信頼性等)が適切に評価され、国際展開(水インフラの輸出等)が促進されることが期待されている。

¹⁹ Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy

²⁰ 具体的な事例はコラム 2 を参照。

²¹ 令和 3 年版 日本の水資源の現況, 国土交通省 水管理・国土保全局水資源部

²² コラム 3 を参照

コラム 2:我が国における下水再生水の利用事例

東京都の玉川上水は、江戸の町の発展にともなって増え続ける人口に飲料水・生活用水を確保するため、1653年に造られた水道の遺溝だが、一時は水が跡絶えていた。現在は清流復活事業として高度処理下水を流している²³。兩岸は樹木が生い茂り、野草の宝庫になっており、身近に親しめる水辺空間を創出している。

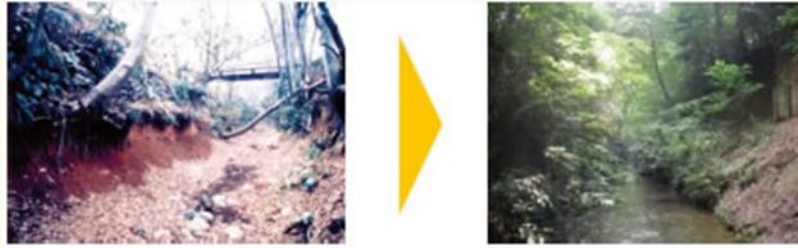


図 12 玉川上水における下水再生水の利用²⁴

また、富山県射水市の新湊大橋では、主として土工部において下水処理水の散水による消雪、主として鋼橋部において下水熱を利用した融雪を行っている。



図 13 新湊大橋における下水処理水を利用した消雪(左)、融雪(右)²⁵

コラム 3:我が国の再生水利用の国際規格に関する取組

水資源の安定性向上や循環型社会の構築に向け、世界的に再生水の利用が重要視されている。このような中、我が国では処理性能や省エネ特性、経済性等に優れた水処理技術を有しており、膜処理やUV消毒、オゾン処理、イオン交換等の先進的技術を国内外に展開している。今後、世界市場におけるプレゼンスを高め、さらなる国際貢献を図るため、国際規格を制定するISO (International Organization for Standardization) に我が国が中心となって再生水に係る技術委員会を設立し、国内の関係機関及び各国と協力して、再生水利用の国際規格の開発を進めている。

²³ 三鷹市 (https://www.city.mitaka.lg.jp/c_service/087/087928.html) より

²⁴ 東京都 (<https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/contractor/d3/kankou/2012tokyo/08b/index.html>) より

²⁵ 国土交通省 (<https://www.mlit.go.jp/common/001233624.pdf>) より

5. 総合アセスメント

今回評価を行った項目について、結果をまとめると以下の通りとなる。

- 浸水対策については、我が国は降水量が多いこともあり、整備は進んでいるものの目標整備水準として設定されている降雨確率年は必ずしも高くはない。また、気候変動の影響を考慮した対策の方針を示したことは優れており、今後、各自治体による計画の策定、推進が待たれる。さらに、下水道部局単独ではなく、まちづくり部局との連携によるグリーンインフラの推進や、民間企業、市民団体、市民などとの連携による流域治水にも取り組んで行く必要がある。
- 汚水処理については、人口あたりの普及率は国際的にみても高いレベルであり、未普及地域も減ってきている状況にある。また国際的にも「アジア汚水管理パートナーシップ(AWaP)」²⁶などを通して開発途上国における汚水処理促進の支援を実施している。未普及地域の解消をさらに進めるとともに、世界的に汚水処理促進への貢献が期待される。
- 放流水域の水質改善への貢献について国際比較は困難であるものの、特に有機物に関しては計画放流水質がEU と比べてより厳しい水準で設定されており、かつそれを十分に満たしていることから、水質保全への十分な貢献をしていると評価できる。
- 下水道からの温室効果ガス排出量の国際比較は難しいが、日本では下水道施設における省エネ・創エネ対策や一酸化二窒素の削減対策等が着実に進められている。
- バイオエネルギーとしての下水汚泥の有効利用については、汚泥処理プロセスの前段に設置する消化と、後段に導入する熱処理、両方に取り組んできたことに日本の特徴がある。熱処理は高温焼却が中心であるが、寿命を迎えた焼却炉の更新にあたっては熱処理から熱リサイクル(焼却・廃熱発電、固形燃料化など)への転換が進められている。2030 年中期目標に向け、熱リサイクルにより汚泥処理分野での CO₂ 排出(燃料消費由来)、N₂O 排出の削減が着実に進展することが期待される。
- 再生水利用については、日本は比較的水資源が豊富であり、状況が類似している欧州と同等程度の再生水利用となっている。一方で、水資源の不足・枯渇が心配される米国カリフォルニア州などでは下水処理水の直接的な飲用再利用などの規則作りが進んでおり、将来に備え日本も見習うべきところがある。日本には優れた水処理・水再生技術があり、それらの国際展開を見据え国内での実績を積み重ねる必要がある。

²⁶ コラム 4 を参照

コラム 4: 我が国が主導するアジアでの汚水処理に関する取組

国土交通省では、環境省と連携し、アジアの国や国際機関と共に、SDGs の目標達成に向けた「アジア汚水管理パートナーシップ (AWaP: Asia Wastewater Management Partnership)」を 2018 年に立ち上げている (議長: 京都大学大学院工学研究科 教授 藤原 拓, 参加国: インドネシア, カンボジア, フィリピン, ベトナム, ミャンマー及び日本の 6 か国)。

AWaP では、各国の汚水処理を促進するために汚水管理の主流化²⁷を目指し、「汚水管理の意識向上」、「汚水管理のモニタリング」、「共通課題の解決支援」に関する取組を実施している。

2021 年には「第 2 回 AWaP 総会」と「AWaP 技術セミナー」がオンラインで開催された。総会では、アジア諸国における汚水管理の共通課題を共有されるとともに、課題解決に向けた今後の活動計画が議論され、①下水道と浄化槽のパッケージによる整備、②非開削による管路の布設整備、③地域の条件に適合した下水道技術の展開が提案された。また技術セミナーでは、各国が求める課題解決に資する本邦技術である①浸水対策及び管渠布設技術、②省エネ型下水処理技術、③スマートソリューション技術が紹介された。

また今回評価を行った側面以外にも、日本の下水道における特徴的な取組として挙げられることを以下に紹介する。

一つ目は地震対策である。下水道施設が被災した場合、公衆衛生問題や交通障害の発生ばかりか、トイレの使用が不可能となるなど、住民の健康や社会活動に重大な影響を及ぼすことになる。2011 年の東日本大震災では下水道施設も大きな被害を受けた。その後、各下水道事業者において重要な幹線管渠の耐震化や被災時の最低限の処理機能の確保などのハード対策の他に、BCP (事業継続計画) の策定などのソフト対策が進められている。下水道施設は水道や電気、ガスなどのライフラインとは違い、発災時に同等の機能を代替する手段がないことから、地震が多いわが国では施設の耐震化や被害の低減する「減災」を組み合わせた総合的な地震対策を推進している。

下水道施設のメンテナンスや更新の取組にも力を入れている。土木学会の「インフラ健康診断書」²⁸においては「今後施設の老朽化が進む中で十分な維持管理体制が継続できるか憂慮すべき状況にある。」とされているが、効率的な維持管理のために、管路や施設の診断技術²⁹など官民学が連携した技術開発³⁰やストックマネジメントの導入など先進的な取組が行われている。

²⁷ 下水道等への投資の増加・法整備などを行うため、汚水管理を優先的な政策課題として位置づけること

²⁸ 土木学会インフラメンテナンス総合委員会インフラ健康診断小委員会 <https://committees.jsce.or.jp/reportcard/>

²⁹ コラム 5 を参照

³⁰ B-Dash プロジェクト (コラム 6 を参照) などが進められている。

コラム 5: 我が国が誇る下水道管路点検技術

我が国の下水道の管渠延長は約 48 万 km（地球約 12 周分）にのぼるが、施設ストックの増大に伴って管路施設の老朽化等に起因した道路陥没も増加傾向にあり、年間の発生件数は約 3,000 件で推移している。管路施設の老朽化等による道路陥没や下水道の機能停止を未然に防止するためには、管路施設の点検や調査が欠かせないが、管路施設は地下に埋設されているため点検や調査が難しく、マンホールの蓋を開けて、目視や管ロカメラなどで管路施設内部を確認するといった地道な作業を進めていくことが必要となり、膨大な管路施設すべてについて行うためには相当な費用と時間が必要となる。

このため、管路施設の点検や調査に向けて、自走式のテレビカメラや管路点検用のドローン、衝撃弾性波を活用した調査など、さまざまな技術開発が進められている。

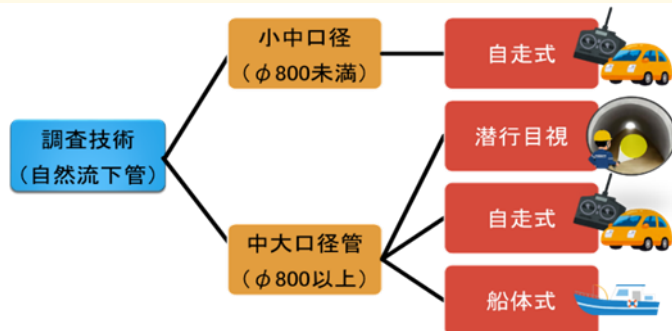


図 14 管路の点検方式



図 15 クラックの入った管路³¹



図 16 管路点検の自走式テレビカメラの例³²



図 17 管路点検用ドローンの例³³

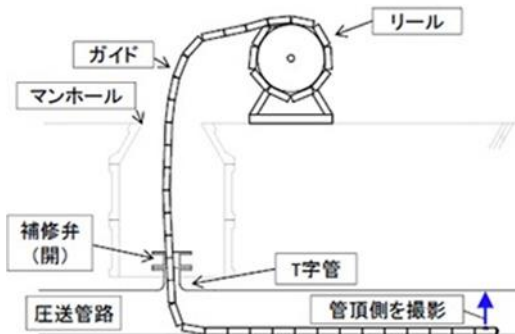


図 18 圧送管内調査機器の例³⁴

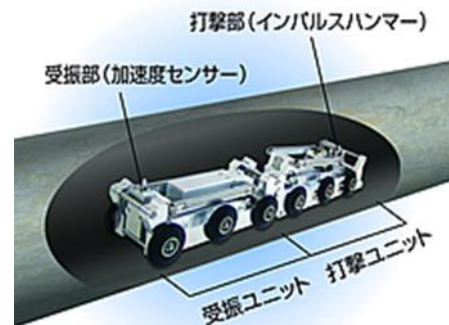


図 19 管路点検の衝撃弾性波の例³⁵

³¹ 国土交通省国土技術政策総合研究所、塩化ビニル管に適した異常判定・緊急度診断基準に関する研究、国総研資料第 878 号、2015.12

³² <https://www.kansei-pipe.co.jp/business/development/development07/>

³³ <https://www.njs.co.jp/software/airslider.html>

³⁴ <https://www.kubota.co.jp/product/ironpipe/products/technology/survey/>

³⁵ <https://www.sekisui.co.jp/search/detail-2560.html>

コラム 6:下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト)

下水道をとりまく社会情勢の変化に対応するためには、新技術の開発・普及が解決策の一つと考えられるが、社会インフラとして信頼性の高い下水道を維持するという観点から、有効な新技術の普及が速やかに進まないことがある。そこで、国が主体となって技術的な検証とガイドライン作成を行い、新技術の全国展開を図っていくことを目的として、平成 23 年度より「下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト)」が実施されている。

これまで採択された技術テーマは、省エネ・創エネ、ストックマネジメント、浸水対策、クラウドや AI 技術を活用したものなど多岐に渡るとともに、適用箇所も管路設備から、水処理設備、汚泥処理設備と下水処理施設の全体が対象となっており、非常に広範囲なものとなっている。他のインフラと比較しても下水道が極めて多様な側面を持ち、様々な可能性があることも表していると言える。

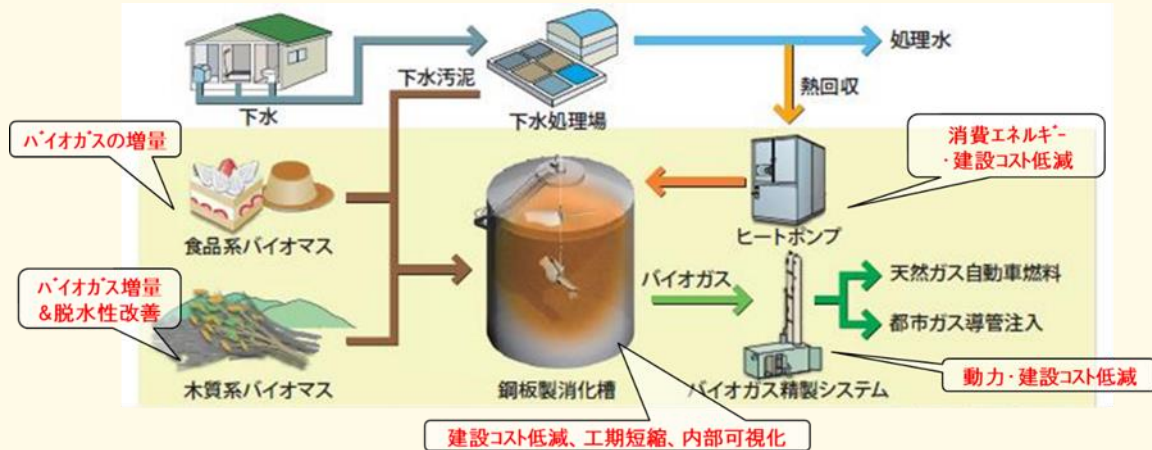


図 20 地域バイオマス受入れ, ②鋼板製消化槽, 高効率ヒートポンプ, ③新型バイオガス精製装置を組み合わせたシステム技術の実証

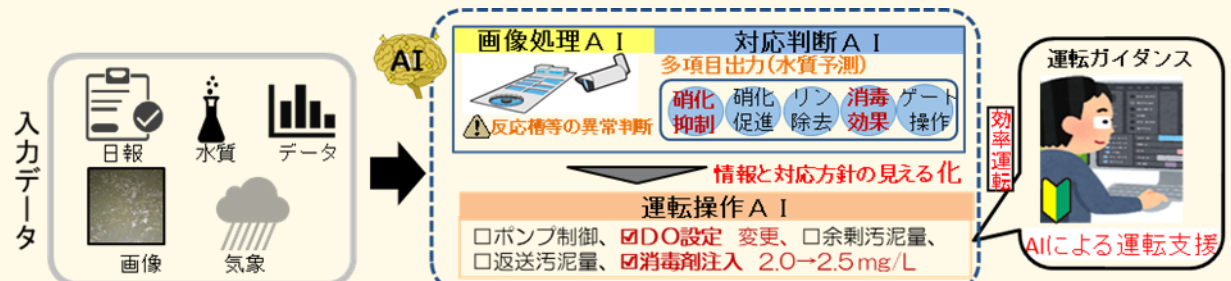


図 21 AI を活用した水処理運転操作の最適化支援技術の実証

参考資料

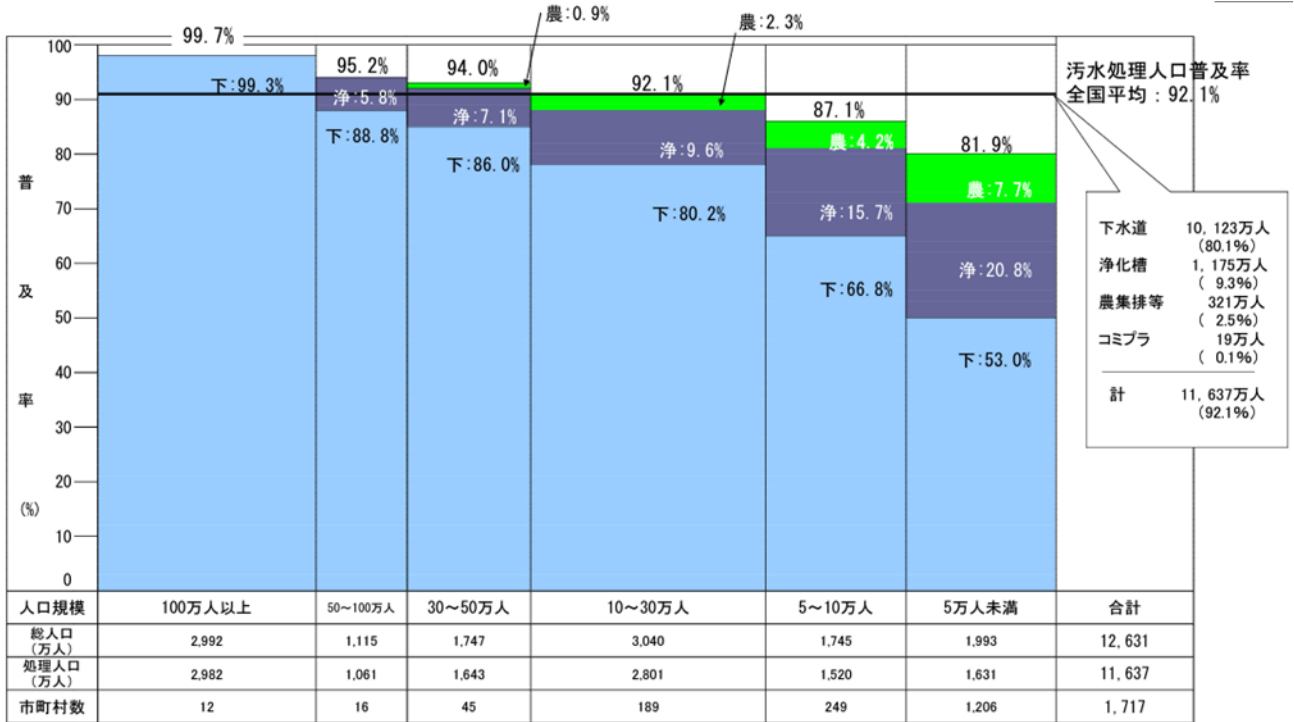
a. 都道府県，政令市別の都市浸水対策達成率（令和3年3月31日現在）

参考表1 都市浸水対策達成率の状況

都道府県	達成率	都道府県	達成率
北海道	67%	滋賀県	30%
青森県	62%	京都府	82%
岩手県	47%	大阪府	74%
宮城県	36%	兵庫県	68%
秋田県	49%	奈良県	46%
山形県	44%	和歌山県	23%
福島県	45%	鳥取県	64%
茨城県	60%	島根県	19%
栃木県	35%	岡山県	45%
群馬県	47%	広島県	60%
埼玉県	44%	山口県	58%
千葉県	45%	徳島県	72%
東京都	70%	香川県	42%
神奈川県	64%	愛媛県	56%
新潟県	61%	高知県	53%
富山県	76%	福岡県	68%
石川県	51%	佐賀県	40%
福井県	71%	長崎県	78%
山梨県	50%	熊本県	56%
長野県	24%	大分県	67%
岐阜県	53%	宮崎県	58%
静岡県	43%	鹿児島県	71%
愛知県	79%	沖縄県	60%
三重県	41%	全国	60%

政令市等	達成率
札幌市	79%
仙台市	35%
さいたま市	48%
千葉市	78%
東京都区部	73%
横浜市	66%
川崎市	57%
相模原市	77%
新潟市	60%
静岡市	50%
浜松市	32%
名古屋市	99%
京都市	91%
大阪市	88%
堺市	58%
神戸市	80%
岡山市	58%
広島市	70%
北九州市	73%
福岡市	77%
熊本市	55%
政令市等	72%

b. 都市規模別の汚水処理人口普及率



(注) 1. 総市町村数1,717の内訳は、市 793、町 741、村 183 (東京都区部は市数に1市として含む)
 2. 総人口、処理人口は1万人未満を四捨五入した。
 3. 都市規模別の各汚水処理施設の普及率が0.5%未満の数値は表記していないため、合計値と内訳が一致しないことがある。
 4. 令和2年度調査は、福島県において、東日本大震災の影響により調査不能な町(大熊町、双葉町)を除いた値を公表している。

参考図1 都市規模別の汚水処理人口普及率(令和2年度末)³⁶

³⁶ 国土交通省「令和2年度末の汚水処理人口普及状況について」(<https://www.env.go.jp/press/109922.html>)より

c. EU における下水処理場の放流水質基準

参考表 2 EU における放流水質基準 (BOD, COD, TSS)

項目	濃度	最低削減割合 ⁽¹⁾	標準測定方法
生物化学的酸素要求量 (BOD ₅ , 20 °C, 硝化なし) ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70-90% 40% (第4条2項)	未ろ過, 懸濁物を含む均質な試料。完全暗所, 20 °C ± 1 °C の条件で5日間保持し, その前後の溶存酸素量を測定。硝化阻害剤を添加。
化学的酸素要求量 (COD)	125 mg/l O ₂	75%	未ろ過, 懸濁物を含む均質な試料。ニクロム酸カリウム。
総浮遊物質量 (TSS)	35 mg/l ⁽³⁾	90% ⁽³⁾	<ul style="list-style-type: none"> 代表的な試料を 0.45 μm フィルターでろ過。105 °C で乾燥後, 重量測定。 代表的な試料を平均加速度 2,800-3,200 g, 5分以上遠心分離。105 °C で乾燥後, 重量測定。
	35 mg/l (第4条2項: 人口当量 10,000 以上)	90% (第4条2項: 人口当量 10,000 以上)	
	60 mg/l (第4条2項: 人口当量 2,000-10,000)	70% (第4条2項: 人口当量 2,000-10,000)	
<p>(1) 流入負荷量に対する削減割合。 (2) BOD₅ との換算関係が確立されていれば全有機炭素 (TOC) もしくは全酸素要求量 (TOD) で代替可能。 (3) 本要件は任意である。</p>			

参考表 3 EU における放流水質基準 (TP, TN)

項目	濃度	最低削減割合 ⁽¹⁾	標準測定方法
全リン (T-N)	2 mg/l (人口当量 10,000-100,000)	80%	吸光光度法
	1 mg/l (人口当量 100,000 以上)		
全窒素 (T-P) ⁽²⁾	15 mg/l (人口当量 10,000-100,000) ⁽³⁾	70-80%	吸光光度法
	10 mg/l (人口当量 100,000 以上) ⁽³⁾		
<p>(1) 流入負荷に対する削減割合。 (2) 全窒素とは, ケルダール窒素 (有機性窒素とアンモニア性窒素), 硝酸性窒素および亜硝酸性窒素の合計を意味する。 (3) これらの濃度値は別紙IのD.4(c)で言及されているように年間平均値である。しかし, 別紙IのD.1にあるように, 同水準の保全効果が得られることが証明される場合, 窒素の要件は日間平均値を用いて確認することができる。その場合, 生物反応槽温度が 12 °C 以上のときの処理水試料の日間平均値が 20 mg/L を超えてはならない。この温度にかかる条件は, 地域的な気候条件を考慮して, 運転時間の制限に置き換えることが可能である。</p>			

参考表4 EUにおける放流水質（BOD, COD, TSS）が基準に適合しない試料の年間許容数

1年間で分析された試料数	基準に適合しない試料の最大許容数
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4
41-53	5
54-67	6
68-81	7
82-95	8
96-110	9
111-125	10
126-140	11
141-155	12
156-171	13
172-187	14
188-203	15
204-219	16
220-235	17
236-251	18
252-268	19
269-284	20
285-300	21
301-317	22
318-334	23
335-350	24
351-365	25

d. 下水処理場における放流水質基準と計画放流水質

参考表5 計画放流水質（下水道法施行令第五条の五より転載）

計画放流水質			方法	
BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)		
一〇以下	一〇以下	〇・五以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）又は嫌気無酸素好気法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
		〇・五を超え一以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）、嫌気無酸素好気法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
		一を超え三以下	循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）、嫌気無酸素好気法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物及び凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
			循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法、嫌気無酸素好気法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（有機物を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
	一〇を超え二〇以下	一以下	嫌気無酸素好気法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
		一を超え三以下	嫌気無酸素好気法に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
			嫌気無酸素好気法に急速ろ過法を併用する方法又は循環式硝化脱窒法に急速ろ過法を併用する方法	
		一以下	嫌気無酸素好気法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法又は嫌気好気活性汚泥法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）に急速ろ過法を併用する方法	
		一を超え三以下	嫌気無酸素好気法に急速ろ過法を併用する方法又は嫌気好気活性汚泥法に急速ろ過法を併用する方法	
			標準活性汚泥法に急速ろ過法を併用する方法	
	一〇を超え一五以下	二〇以下	三以下	嫌気無酸素好気法又は循環式硝化脱窒法（凝集剤を添加して処理するものに限る。）
				嫌気無酸素好気法又は循環式硝化脱窒法
		三以下	嫌気無酸素好気法又は嫌気好気活性汚泥法	
			標準活性汚泥法	

注：BOD は硝化を抑制しない方法により測定する点が EU の放流水質基準とは異なる。

参考表 6 一律放流水質基準（下水道法施行令第六条より転載）

基準項目	基準値
水素イオン濃度	水素指数五・八以上八・六以下
大腸菌群数	一立方センチメートルにつき三千個以下
浮遊物質質量	一リットルにつき四十ミリグラム以下

e. 嫌気性消化とバイオガス有効利用の現状と展望

日本における下水処理場でのバイオガス回収とその利用状況の 2019 年度実績を参考表 7 に示す。日本における 2019 年度のバイオガス回収量は 9.2 PJ/年、年間バイオガス発電量は 323 GWh/年（約 1.2 PJ に相当）である。

大都市ではその他でのバイオガス利用が 49%と最も比率が高く、その他の内訳として近年では、脱水汚泥の固形燃料化に要する乾燥用燃料としての利用が進んでいる。中小規模の処理場では、バイオガス発電での利用が主な用途となる。中規模処理場では 23%、小規模処理場では 45%のバイオガスが消化槽加温のみでの使用に留まっており、今後、バイオガス発電を増やしていく余地が残っている。

参考表 7 日本における下水処理場でのバイオガス回収とその利用状況（2019 年度値）³⁷

		全国	規模別内訳 ⁽¹⁾		
			大規模処理場	中規模処理場	小規模処理場
バイオガス回収量 ⁽²⁾	TJ/年	9,242	7,149	1,329	764
利用 内訳	バイオガス発電	3,584	2,563 (36%)	738 (55%)	283 (37%)
	焼却炉補助燃料	783	649 (9%)	103 (8%)	31 (4%)
	その他	3,756	3,472 (49%)	181 (14%)	103 (13%)
	消化槽加温	1,118	464 (6%)	308 (23%)	346 (45%)
バイオガス発電量	GWh/年	323	238	60	24

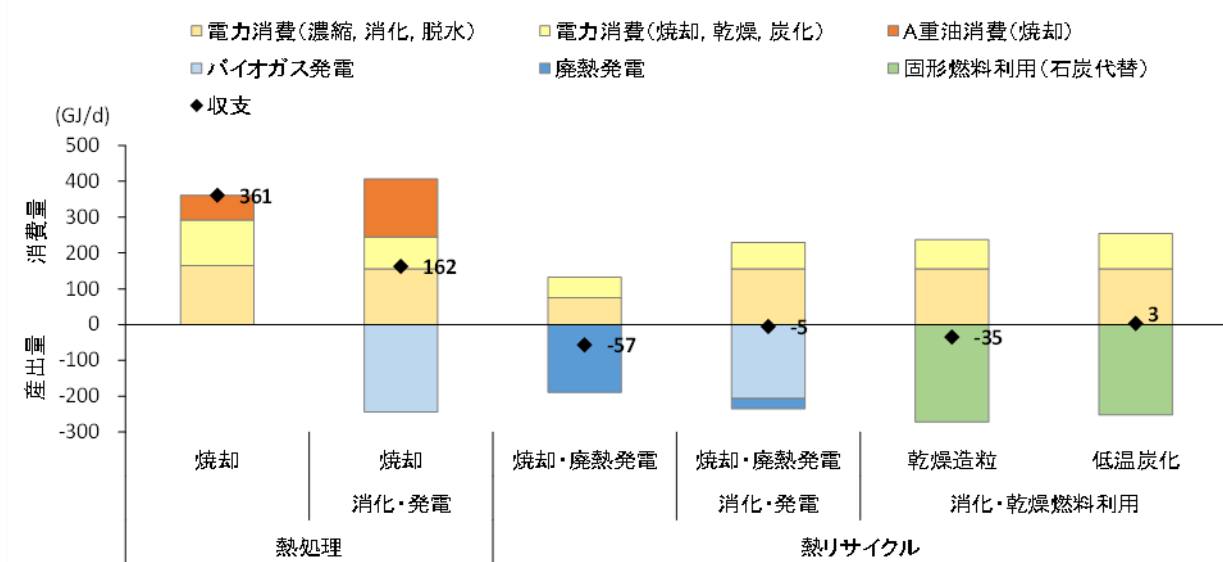
(1) 1 処理場が保有する消化槽の総容量について、大規模：10,000 m³以上、中規模：5,000～10,000 m³、小規模：5,000 m³未滿で類型して集計。

(2) バイオガス中メタンガス比率を 60%と設定し、メタンガス発熱量 35.74 (MJ-LHV/Nm³) で換算。

³⁷ 日本下水道協会「下水道統計 第 79 号（令和元年度版）」より作成。

f. 下水汚泥の熱処理から熱リサイクルに転換した場合のエネルギー収支の改善効果

Wang ら³⁸によると、熱処理（エネルギー回収を伴わない焼却）からの熱リサイクルへの転換により、参考図 2 に示す通り下水処理場における燃料の直接消費をなくすことが可能となる。加えて、汚泥処理系統に限定してエネルギー収支を評価した場合、正味でゼロとなる水準まで収支を改善できる。



参考図 2 下水汚泥処理プロセスにおけるエネルギー収支の評価（一次エネルギー換算値）³⁹

濃縮汚泥処理量: 30 t-DS/日

(熱リサイクル)

消化なしで直接脱水汚泥を焼却・廃熱発電するケース: 二液調質脱水機による脱水(含水率 70%), 復水タービン発電。

消化ありで焼却・廃熱発電するケース: 乾燥機付き焼却, スクリュータービン発電。

固形燃料化: バイオガスを乾燥用燃料として使用。乾燥機から発生する乾燥機排ガスより潜熱回収して消化槽を加熱。

米国(カリフォルニア)

カリフォルニア州では 1918 年に米国で初めてとなる下水再生水の農業利用に関する規制が制定され、再生水利用に関して長い歴史がある。2015 年ではおよそ 3.59 億 m³/年の再生水が農業用灌漑に用いられ、その割合は全再生水の 31%に及んでいる⁴⁰。カリフォルニア州水資源管理委員会の目標では、再生水の利用を 2030 年までに 30.8 億 m³/年にまで増加させることを目標にしている。農業利用の他にカリフォルニア州では、1960 年代から地下水への海水侵入による塩害の防止を目的に沿岸地域で、再生水の地下水への補給が行われ始め⁴¹、1978 年には再生水による地下水涵養による間接的飲用水利用に関する規則が追加されている⁴²。

2012 年には、米国環境保護庁が「Guidelines for Water Reuse (2012 Guidelines)」を公表し、再生水の飲用再利用の用語として De Facto Reuse (下水処理場の処理水排出口の下流に浄水場の取水口があり、事実上下水処理水の飲料水としての再利用が行われている)、Direct Potable Reuse: DPR (下水再生水が直接浄水場に供給される)、Indirect Potable Reuse: IPR (下水再生水を水道水源の涵養に用いる。水源涵養に用いることで、飲用取水するときに

³⁸ K. Wang and T. Nakakubo (2021) Strategy for introducing sewage sludge energy utilization systems at sewage treatment plants in large cities in Japan: A comparative assessment, Journal of Cleaner Production, 316, 2021.

³⁹ K. Wang and T. Nakakubo (2021) Strategy for introducing sewage sludge energy utilization systems at sewage treatment plants in large cities in Japan: A comparative assessment, Journal of Cleaner Production, 316, 2021.

⁴⁰ WaterReuse Association (2019) California Water Reuse Action Plan, https://waterreuse.org/wp-content/uploads/2019/07/WaterReuse-CA-Action-Plan_July-2019_r5-2.pdf

⁴¹ J. Mosher (2021) Development of direct potable reuse regulations in California, The Source, Issue 24, pp.22-25.

⁴² A.W. Olivieri, B. Pecson, J. Crook, R. Hultquist (2020) California water reuse—Past, present and future perspectives, Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection, Vol. 5 pp. 65-111.

は一定の環境バッファが期待されている)が定義された⁴³。DPR の水質等の規制に関しては、カリフォルニア州において 2016 年に DPR に関する専門家委員会の報告書が出され、その後「A proposed framework for regulating direct potable reuse in California」として、2018 年にカリフォルニア州水資源管理委員会から発表された。2021 年現在第 2 版の補足が公表されている⁴⁴。2017 年時点における米国での IPR もしくは DPR プロジェクトの実施(計画中含む)地点を参考図 3 に示す。



参考図 3 米国において計画もしくは建設された IPR および DPR プロジェクト(2017 年の時点)⁴⁵

欧州

欧州では世界の他の地域と比較して豊富な水資源を有しているが、1990 年代後半以降に水ストレスにさらされる地域が増加している⁴⁶。2000 年には、EU 内の水域を対象とした環境保護と利水に関する統合的な政策である EU 水枠組み指令⁴⁷が発効し、排水の再利用はこの指令を達成する重要な手段であるとして再利用が進められている。EU 内での処理水の再利用は 2006 年において 9640 万 m³ であり、これは都市下水処理量の 2.4% に当たると報告されている。2015 年では再利用された処理水量は年間 1.1 億 m³ であると報告されている⁴⁸。域内の一部の地域では水不足がより深刻となり、2018 年には「Proposal for a regulation on minimum requirements for water reuse」が欧州議会で採択され、2020 年に発効された⁴⁹。本規則は主に処理水の灌漑利用に関する規則であり、ISO 16075 「Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects」の基準を反映したものとなっている。基準の一部を参考表 8 および参考表 9 に示す。

⁴³ United States Environmental Protection Agency (2017) Potable Reuse Compendium 2017, https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/potablereusecompendium_3.pdf

⁴⁴ A Proposed Framework of Regulating Direct Potable Reuse in California, https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certific/drinkingwater/documents/direct_potable_reuse/dprframewkaddendum.pdf

⁴⁵ United States Environmental Protection Agency (2017) Potable Reuse Compendium 2017, https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/potablereusecompendium_3.pdf

⁴⁶ D. Bixio, et al. (2006) Wastewater reuse in Europe. Desalination, Vol. 187, pp.89-101.

⁴⁷ Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy

⁴⁸ Amec FW et al., (2016). EU-level instruments on water reuse, https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/EU_level_instruments_on_water-2nd-IA_support-study_AMEC.pdf

⁴⁹ REGULATION (EU) 2020/741 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse

参考表 8 処理水の水質区分と使用できる作物と灌漑方法

最低限必要な再生水クラス	作物カテゴリー	灌漑方法
A	生食用のすべての食用作物（可食部に再生水が接触する） および生食用の根菜類	全ての方法
B	再生水と直接接触しない生食用の食用作物（根菜類以外）、加工食用作物、乳・肉生産動物の飼料用作物を含む非食用作物	全ての方法
C		点滴灌漑もしくは可食部に再生水が接触しない方法
D	産業用・エネルギー用・種子用作物	全ての方法

参考表 9 処理水の水質区分と水質基準

再生水クラス	処理方法の例	水質基準				
		<i>E. coli</i> (number/100 ml)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbidity (NTU)	Other
A	2次処理、ろ過及び消毒	≦10	≦10	≦10	≦5	Legionella spp.: < 1 000 cfu/l (エアロゾル化の危険がある場合) 腸管線虫（蠕虫の卵）: ≦1 卵/l (牧草地や飼料の灌漑用)
B	2次処理及び消毒	≦100	≦25	≦35	-	
C	2次処理及び消毒	≦1000			-	
D	2次処理及び消毒	≦10000	-			

日本

日本では、下水処理場を経由して河川や海洋へ排出される、生活排水や工場排水等の排水が年間 154 億 m³ ある。このうち本文中に示した通り、約 2.2 億 m³ が再利用されている。また、河川の上流域に排出された下水処理水が下流域で水源として取水される De Facto Reuse の割合も報告されており、大阪府枚方地点で取水される河川水量に占める下水処理水の割合は約 10%で、最大で 25%になると報告されている⁵⁰。また、農業・工業用水として取水されている多摩川の二ヶ領上河原堰では下水処理水の割合がおおよそ50%となるなど⁵¹、再利用率に計算されない下水の再利用はかなり進んでいるものと思われる。

農林水産省によると農業集落排水事業では平成 30 年度末において処理水の総量が約 3.3 億 m³ であり、そのうち再利用可能な水量は 2.6 億 m³ と推計している⁵²。また農林水産省でも ISO16075「下水処理水のかんがい利用プロジェクトに関するガイドライン」を参考に平成 29 年に「農業集落排水施設の処理水のかんがい利用に関する手引き(案)」が公表されている。

⁵⁰ 萩原良巳, 他 (2003), 大都市域水循環圏の水管理に関する考察, 京都大学防災研究所年報, 第 46 号

⁵¹ 東京都下水道局 (2021) 東京都下水道事業 経営計画 2021, 令和 3 年 3 月,

⁵² 農林水産省農村振興局整備部地域整備課 (2020) 農村集落排水事業の取組状況について, <https://www.env.go.jp/press/108218/114442.pdf>

h. 本報告で対象とした国の下水道事業に関する基本情報

参考表 10 比較対象国の下水道事業に関する基本情報(その1)

	イギリス	フランス	ドイツ	日本
人口(万人)	6,708 (2020)	6,706 (2020)	8,319 (2020)	12,529 (2021)
面積(万 km ²)	24.3	54.4	35.7	37.8
生活用水利用原単位 (L/人/日)	142 (2019)	160 (2018)	115 (2018)	396 (2018) (工場排水込み)
処理区域内人口 (万人)	6,281 (2013)	5,938 (2013)	7,806	10,123 (2020) (11,637)*
処理人口普及率(%)	98.0 (2013)	89.9 (2013)	96.9	80.1 (2020) (92.1)*
排出汚水量(億 m ³ /年)	75 (2013)	52 (2013)	98	146 (2018)
管路総延長(万 km)	34 (2008)	39 (2008)	58	49 (2020)
処理場数	8,049	20,271 (2013)	9,307	2,171 (2018)
計画処理水量(万 m ³ /日)	3,859 (2013)	3,859 (2013)	3,495	5,715 (2018)
実処理水量(万 m ³ /日)	2,078 (2013)	3,480 (2013)	2,759	4,012 (2018)

(※:浄化槽等も含んだ数値)

参考表 11 比較対象国の下水道事業に関する基本情報(その2)

	中国	台湾	韓国	日本
人口(万人)	143,932 (2020)	2,360 (2020)	5,178 (2020)	12,529 (2021)
面積(万 km ²)	960	3.6	10	37.8
生活用水利用原単位 (L/人/日)	169 (2018)	289 (2020)	180 (2018)	396 (2018) (工場排水込み)
処理区域内人口 (万人)	75,380 (2014)	890 (2014)	4,802 (2013)	10,123 (2020) (11,637)*
処理人口普及率(%)	55.2 (2014)	52.5 (2014)	92.1 (2013)	80.1 (2020) (92.1)*
排出汚水量(億 m ³ /年)	716 (2014)	17 (2012)	55 (2013)	146 (2018)
管路総延長(万 km)	84 (2014)	0.81 (2014)	13 (2013)	49 (2020)
処理場数	4,436 (2014)	82 (2014)	83,774 (2013)	2,171 (2018)
計画処理水量(万 m ³ /日)	17,079 (2014)	362 (2008)	2,533 (2013)	5,715 (2018)
実処理水量(万 m ³ /日)	13,522 (2014)	277 (2008)	1,988 (2013)	4,012 (2018)

(※:浄化槽等も含んだ数値)

インフラ体力診断小委員会（第 2 弾 WG）

委員長 家田仁（政策大学院大学, 第 108 代土木学会会長）
 委員 上田多門（土木学会会長）
 委員 田中茂義（土木学会次期会長）
 委員 地域公共交通 WG 主査 谷口綾子（筑波大学）
 委員 都市鉄道 WG 主査 金子雄一郎（日本大学）
 委員 下水道 WG 主査 荒巻俊也（東洋大学）

幹事 塚田幸広（土木学会）

幹事 中島敬介（土木学会）

地域公共交通 WG 赤星健太郎（国土交通省総合政策局）
 神田佑亮（呉工業高等専門学校）
 吉田樹（福島大学）
 五十嵐達哉（建設技術研究所）
 山室良徳（中央復建コンサルタンツ）
 山根優生（中央復建コンサルタンツ）
 小美野智紀（ドーコン）
 諸星賢治（ドーコン）
 松村葵（ドーコン）
 浅見知秀（小山市）
 筑波大学(学生)：渡邊芳樹，中川権人，後藤大河，溝口哲平，飯塚友也，
 樋崎恵一，前川凜
 呉工業高等専門学校(学生)：中村陸哉，宮野夏碧，馬本迪奈，福田圭希，
 山原けい

都市鉄道 WG 秋山芳弘（日本コンサルタンツ）
 青木洋二（東京地下鉄）
 小里好臣（東急電鉄）
 金指和彦（国土交通省鉄道局）
 齋藤功次（東日本旅客鉄道）
 柳沼秀樹（東京理科大学）
 渡邊亮（清水建設）

下水道 WG 岡安祐司（国土交通省国土技術政策総合研究所）
 尾崎平（関西大学）
 飛野智宏（東京大学）
 中久保豊彦（お茶の水女子大学）
 幡本将史（長岡技術科学大学）
 藤田昌史（茨城大学）
 藤原拓（京都大学）

協力

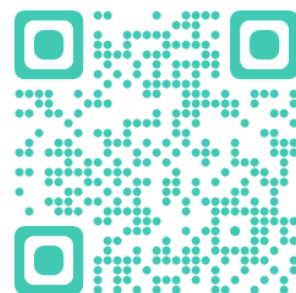
国土交通省 大臣官房

国土交通省 総合政策局（地域公共交通 WG）

国土交通省 鉄道局（都市鉄道 WG）

国土交通省 水管理国土保全局（下水道 WG）

土木学会 note（公式）
マガジン「日本インフラの体力診断」





JSCE 2020-2024

日本のインフラ体力診断 ～地域公共交通・都市鉄道・下水道～

作成：公益社団法人土木学会 インフラ体力診断小委員会 <https://www.jsce.or.jp/>

発行日：2022年7月26日

発行者：専務理事 塚田幸広

発行所：公益社団法人土木学会 〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目無番地

問合せ：https://www.jsce.or.jp/contact/m_form.asp