

持続可能な 未来を築く 舗装技術

Sustainable
Pavement
Technologies

日本道路協会
舗装未来検討会



公益社団法人
日本道路協会 JARA
JAPAN ROAD ASSOCIATION

ご挨拶

2015年9月25日、全世界が達成すべき17の開発目標として、「SDGs (Sustainable Development Goals)」が国連総会で採択されました。これを受け、世界中で持続可能な社会の実現に向けた様々な取り組みが行われているところです。

こうした中、若手の舗装技術者が集まり、将来の舗装技術や担い手の確保に向けた議論を行う場として、2020年4月に「舗装未来検討会」が発足しました。メンバーは20~40歳代の大学や研究機関、民間舗装関係会社（舗装会社や材料・機械メーカー、建設コンサルタント会社など）、道路管理者（国や市町村、高速道路会社など）から構成されており、日々、舗装業界の未来に向けた議論を行っています。

このパンフレットは、SDGsに貢献できる舗装（道路）技術について、メンバー独自に調査を行い、まとめたものです。パンフレットの中では、舗装（道路）工事は社会にどのような貢献ができるのか、舗装をより長持ちさせるにはどうすればよいか、カーボンニュートラルについて何か舗装でできることはないか、についてそれぞれ調査した結果がまとめられています。

日本では道路の82.5%が舗装されており、いまや道路は舗装されていて当たり前なものとなっています。この資料をきっかけに、皆さんが普段何気なく接している舗装には様々な役割があり、工夫がなされているということを知ってもらうきっかけとなれば幸いです。

令和5年11月

公益社団法人日本道路協会 舗装未来検討会 一同

目次

1. 舗装のキホン	1
1-1 舗装とは	1
1-2 舗装の歴史	2
1-3 身のまわりの様々な舗装	4
1-4 舗装ができるまで	6
1-5 舗装を取り巻く社会情勢	11
2. 舗装(道路)工事と社会の発展	15
2-1 なぜ道路をつくるのか	15
2-2 道路工事によるフロー効果	16
2-3 道路工事によるストック効果	18
2-4 生態系への配慮 (エコロード)	22
3. 長持ちする舗装技術と舗装を長持ちさせる技術	29
3-1 舗装はなぜ壊れるのか	29
3-2 コンクリート舗装の活用による高耐久化	34
3-3 雪国でも壊れにくい舗装	40
3-4 持続可能な舗装メンテナンスサイクル	42
4. 舗装とカーボンニュートラル	53
4-1 カーボンニュートラルとは	55
4-2 産業界のカーボンニュートラルの取り組み	59
4-3 舗装分野のカーボンニュートラルの取り組み	61
5. おわりに	78

1. 舗装のキホン

1-1 舗装とは

舗装はかつて、「舗装」という漢字が使われており、「舗（し）く」「装（よそお）う」という2文字を組み合わせた単語です。つまり、地面などに何かを敷いて表面を装う構造物が「舗装」です。インターネットで「舗装」というキーワードを検索すると、様々な舗装の定義が出てきますが、簡単に言ってしまうと、舗装とは「地面などを硬い材料で覆って、平らで変形しにくい表面を提供する構造物」と言えます。

なぜ道路に舗装が必要なのでしょう。それは、舗装がない場合を考えると想像しやすいかと思います。皆さんが普段使っている道路や地面がもし舗装されていなかったとしたら、どうなるのでしょうか。図1-1は、1950年代の日本の道路の状態が分かる写真です。当時は国内のほとんどの道路が舗装されておらず、車の重さで地面が凸凹になり、車が動かなくなってしまったり、車が走行した際に土ほこりが舞って周りの人や建物に迷惑をかけたりの光景が、各地で見られました。舗装の役割というのはこうした現象を防ぐこと、つまり、「平らで変形しにくい層で地面などを覆い、人や乗り物を通行しやすくすること」と言えます。



図1-1 1950年代の日本の道路¹⁾

コラム I ワトキンス・レポート¹⁾

1956年、建設省（現在の国土交通省）が高速道路を建設する際、世界銀行から建設費を借りる必要があり、世界銀行からラルフ・J・ワトキンス率いる調査団が派遣されました。この時、調査団が調査結果を取りまとめて建設省に提出したものが「日本国政府建設省に対する名古屋・神戸高速道路調査報告書」です。この報告書は調査団の団長の名前から「ワトキンス・レポート」と呼ばれています。

ワトキンス・レポートでは、図1-1のような当時の日本の道路事情について、以下のように評価しています。

“The roads of Japan are incredibly bad. No other industrial nation has so completely neglected its highway system.”

（訳：日本の道路は著しく悪い。工業国でこれほど完全に高速道路システムを無視した国は他にない。）

この報告書をきっかけの一つとして、日本の道路整備への投資が大幅に増加し、高速道路ネットワークの整備が急速に進むようになりました。

1-2 舗装の歴史

(1) 近代の舗装ができるまで

今から30万年前の旧石器時代、狩りで仕留めた獲物を運ぶ際に地面に足を取られないよう、象の骨を地面に並べたものが舗装の始まりとされています。紀元前2600年頃には、エジプトのピラミッド建設のため、石材を丸太の上を転がして運ぶために、地面に石を並べた舗装が整備されています。

複数の層からなる近代の舗装ができたのは、紀元前1600年頃と考えられており、代表的なものに古代クレタ島の道路（図1-2）があります。この道路はセメントやモルタル（石膏と火山灰土を混合したもの）の上に石を並べたもので、両脇に排水溝も設けられていました。

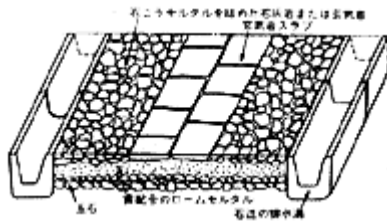


図 1-2 古代クレタ島の舗装構造²⁾

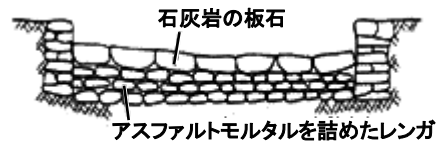


図 1-3 バビロンの舗装²⁾

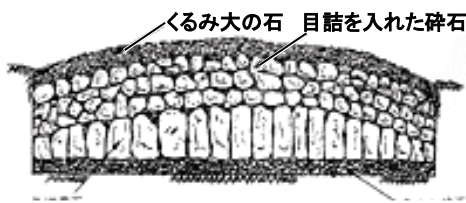


図 1-4 テルフォード工法²⁾

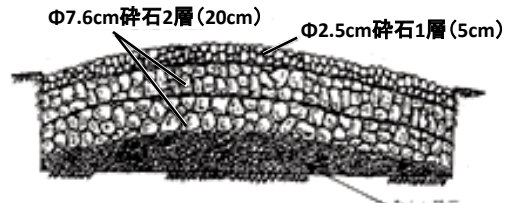


図 1-5 マカダム工法²⁾

その後、紀元前 600 年頃のバビロンでは、アスファルトを接着剤として使用した舗装（図 1-3）が初めて誕生しました。

現在の道路は雨水を両脇の路肩に逃がすため、上に膨らんだ構造をしていることが多いですが、こうした道路構造が確立されたのは 1700 年代になってからのことで、トレサゲ工法やテルフォード工法（図 1-4）、マカダム工法（図 1-5）と呼ばれるような工法が次々に開発されていきました。ただし、これらの工法はいずれも表面が碎石（砕いた石）の舗装で、現在のようなアスファルト舗装が本格的に使われ始めたのは、馬車が大型化し自動車も登場した 1800 年代後半になってからでした。

(2) 日本の舗装の歴史

日本では、700 年代の平安時代に平安京の道路で砂利の舗装が整備されていました。その後はしばらく砂利を敷いた舗装が続きましたが、1600 年代の江戸時代の江戸市街の道路では、路面に横断勾配がつけられ排水溝が設けられる構造の道路が整備されました。1800 年代には京都と大津（滋賀県）を結ぶ大津街道が整備されました。この道路は人や馬が通る「人馬道」と荷物などを引いて運ぶ牛車が通る



図 1-6 車石を用いた道路³⁾

「車道」に区分され、車道は「車石」と呼ばれる、牛車の車輪が通る部分を花崗岩で丈夫な構造にする工夫（図 1-6）がされていました。

明治時代以降は海外の舗装技術が取り入れられ、1878 年には東京の神田川にかかる昌平橋に、国内初のアスファルト舗装が施工されました。その後、都市部を中心に舗装が整備されていきましたが、第 2 次世界大戦後の 1950 年代後半から、ワトキンス・レポート（コラム 1 参照）などをきっかけに、高速道路等のネットワークの整備が急速に進み、今では国内の大部分の道路が舗装されています。

1-3 身のまわりの様々な舗装

現在皆さんの身のまわりにある様々な舗装について、代表的なものを紹介します。

(1) アスファルト舗装

アスファルト舗装（図 1-7）は、アスファルト・コンクリート（以下、「アスファルト混合物」と呼びます）を道路の表面に使用した、最もポピュラーな舗装です。アスファルト混合物は、石や砂を石油から精製した黒いアスファルトでくっつけて固めたものです。路面が黒いことが特徴で、石の大きさやアスファルトの種類を変えることで、水はけや走りやすさの向上など様々な機能を路面に持たせることができます。



図 1-7 アスファルト舗装



図 1-8 コンクリート舗装

(2) コンクリート舗装

コンクリート舗装（図 1-8）は、セメント・コンクリート（以下、「コンクリート」と呼びます）を表面に使用した舗装です。コンクリートは、石をセメントモルタル（セメントと水と砂を混ぜてペースト状にしたもの）で固めたものです。路面が白く、「目地」と呼ばれる継ぎ目があることが特徴で、コンクリートが非常に硬い材料であるため、高耐久で長持ちします。

トラックやダンプカー等の大型車が多く通る道路や、路面が白く明るいことからトンネル内の舗装などに多く使用されています。

(3) インターロッキングブロック (ILB) 舗装

インターロッキングブロック (ILB) 舗装（図 1-9）は、コンクリートブロックを表面に並べた舗装です。「インターロッキング」とは「噛み合わせ」を表しており、ブロック同士の噛み合わせによって、舗装の上にかかる重さを分散する構造となっています。

ブロックの色のパターンで様々なデザインを作ることができ、これまでは商店街や広場など大型車があまり通らない箇所でも多く使用されていました。最近では、港のコンテナヤードなど、大型車が多く走行する場所でも使われ始めており、耐久性向上のための研究開発が進められています。



図 1-9 ILB 舗装



図 1-10 土系舗装

(4) 土系舗装

土系舗装（図 1-10）は、土や砂などをセメントなどの固化材で固めた材料を表面に使用した舗装です。強い衝撃などには耐えられないので車道には向きませんが、土のクッション効果で衝撃吸収性があるため歩きやすく、天然材料を表面に用いることで自然環境に調和した舗装を提供できます。

公園内の広場や遊歩道などの舗装に多く使われています。

1-4 舗装ができるまで

(1) 舗装の構造と材料

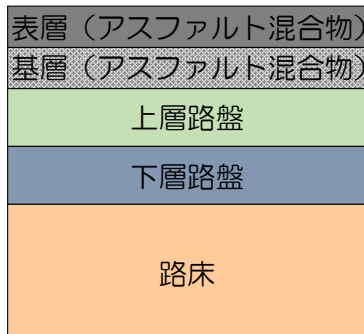
現在の舗装には様々な構造があり、それらを構築する材料も様々です。適用箇所に応じた舗装構造、材料を用いることで、より良い舗装を構築することができ、みんなが使いやすい道路とすることができます。

舗装の構造は、土の上や橋の上などその適用箇所によって異なります。代表的な舗装の構造を図 1-11 と図 1-12 に示します。

このように、舗装は色々な層が重なって構成されています。これらの層の名前と層を構成する主な材料を表 1-1 に示します。

表層・基層は道路を走る自動車などの通行を直接支える部分なので、アスファルト混合物やコンクリートのような硬い材料を使用します。路盤は碎石やそれにアスファルトやセメントを混ぜた材料（安定処理材料）を使用し、表層・基層を作る際のベースにします。この表層・基層や路盤の部分までが一般的に舗装と呼ばれる部分です。

アスファルト舗装



コンクリート舗装

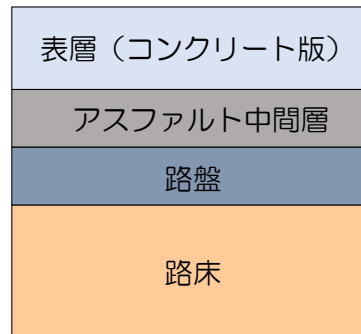


図 1-11 土の上の舗装の構造

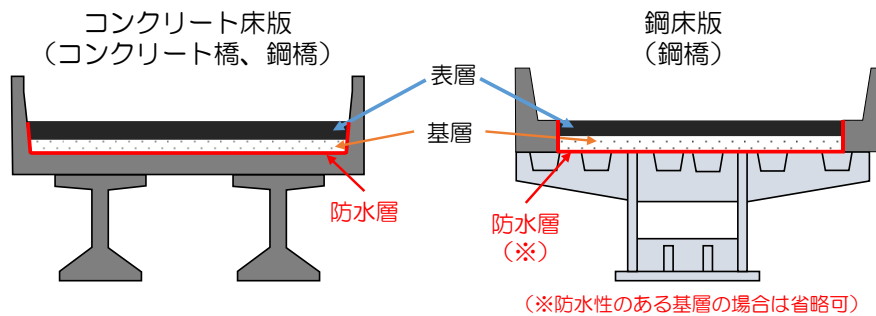


図 1-12 橋の上の舗装の構造

表 1-1 舗装を構成する各層の名前と主な材料

層の名前	層を構成する主な材料
表層・基層	<ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト混合物 ・コンクリート
路盤	<ul style="list-style-type: none"> ・碎石 ・安定処理材料
路床	<ul style="list-style-type: none"> ・原地盤 (元々の地面) ・改良土

土の上の舗装の場合、舗装を路床と呼ばれる部分で支えます。元々の土が十分硬ければ、そのまま路床として使うことができますが、土が軟らかいと、上の舗装もすぐに壊れてしまうため、セメントや石灰などの安定材を混ぜて硬くした改良土を路床として使います。



図 1-13 合材プラント



図 1-14 ダンプトラック

橋の上の舗装では、舗装を床版と呼ばれる部材が支えます。橋の場合、床版をそのまま表層・基層のベースとして使用し、路盤は使いません。ただし、床版は水がたまった状態で自動車が繰り返し通過するとボロボロになってしまうため、表層・基層の下に防水層と呼ばれる層が設けられます。

このように、舗装にはいろいろな材料や混合物が使われており、道路ごとの求められる性能に適した材料や構造を選ぶことが大切です。

(2) 材料の製造・運搬

ここでは、舗装の材料、特に、表層・基層に多く用いられるアスファルト混合物とコンクリートの製造や工事現場までの運搬についてご紹介します。

アスファルト混合物はアスファルト混合所（以下、「合材プラント」と呼びます）（図 1-13）で製造されます。アスファルト混合物は、石や砂を石油から精製した黒いアスファルトでくっつけて固めたものです。アスファルトは温めると柔らかくなり、冷めると固まる性質を持っています。そのため、合材プラントでは各材料を加熱し、ミキサで混ぜ合わせたものをダンプトラック（図 1-14）に載せて現場まで運びます。このとき、アスファルト混合物が冷えると固まってしまうので、混合物に保温シートをかぶせたり、運搬時間を管理するなど温度管理には十分気をつける必要があります。



図 1-15 生コン工場



図 1-16 アジテータ

コンクリートはレディミクストコンクリート工場（以下、「生コン工場」と呼びます）（図 1-15）で製造されます。コンクリートは、石をセメントモルタルで固めたものです。アスファルトは温度によって硬さが変わりますが、セメントは水と反応することで固まります。生コン工場で各材料をミキサで練り混ぜた後、ダンプトラックやトラックアジテータ（以下、「アジテータ」と呼びます）（図 1-16）で現場まで運搬します。コンクリートは放置しておくと、重い石が沈むなどして品質にばらつきが出てしまいます。そのため、アジテータではドラムと呼ばれる部分を回転させて、常にコンクリートを混ぜながら現場まで運べるようになっています。また、運んでいる間にもコンクリートは固まっていきますので、アスファルト混合物同様に、運搬時間にも十分注意する必要があります。

(3) 舗装の施工

舗装の施工は、土の上の舗装の場合、路床⇒路盤⇒表層・基層の順序で行います。以下ではそれぞれのステップの内容について紹介します。

路床は、元々土や砂でできた凹凸の地盤を平らに整え、機械で踏んで固めます。この固める工程を「締固め」といいます。路床の締固めには、ロードローラと呼ばれる機械を使用します。ロードローラには、巨大な鉄の車輪が前後についたマカダムローラ（図 1-17）とゴムタイヤを使用したタイヤローラ（図 1-18）があります。



図 1-17 ロードローラ
(マカダムローラ)



図 1-18 ロードローラ
(タイヤローラ)



図 1-19 モータグレーダ



図 1-20 アスファルトフィニッシャ

路盤は、モータグレーダ（図 1-19）という機械を用いて砕石などを敷きならし、ロードローラで転圧し、締め固めます。

最後に表層・基層ですが、これは材料によって施工方法が異なります。アスファルト舗装の場合は、まず合材プラントから運搬されてきた熱い状態のアスファルト混合物をアスファルトフィニッシャ（図 1-20）と呼ばれる機械で所定の幅と厚さで敷きならします。その後、ロードローラなどの転圧機械により締め固めながら平たんに仕上げます。

コンクリート舗装の場合は、まずコンクリートを流し込むための型枠を設置します。その後、型枠の中に流し込んだコンクリートを平らに敷きならし、コンクリートフィニッシャ（図 1-21）という機械



図 1-21 コンクリートフィニッシャ 図 1-22 スリップフォーム工法

で締め固めます。アスファルト舗装の場合は機械で踏んで締め固めますが、コンクリート舗装はバイブレータで振動を与えることで締め固めます。近年では、スリップフォーム工法（図 1-22）と呼ばれる、型枠を設置せずに施工可能な工法も存在し、規模の大きい工事などで多く用いられています。

1-5 舗装を取り巻く社会情勢

ここまで、舗装に関する基本的な知識を紹介しましたが、最後に現在の舗装が直面している様々な課題について簡単に紹介します。

まずは何と言っても、人口減少・少子高齢化社会への対応です。日本は現在、未曾有の人口減少・高齢化時代に突入しており、2045年には3人に1人が65歳以上となる可能性があると言われていています（図 1-23）。舗装をはじめとする建設業は特に高齢化の影響を強く受けており、2016年には建設業で働いている人の33.9%が55歳以上となっています（図 1-24）。こうした中、現場の効率化等の観点から、ITを駆使し様々な作業のデジタル化を行うDX（デジタル・トランスフォーメーション）を進めることが舗装分野で求められています。

道路の老朽化も大きな課題です。日本の道路の多くは1960年代に集中的に整備され、老朽化が進行しています。2012年の笹子トンネル天井板落下事故（図 1-25）をきっかけに、現在、橋やトンネルなどの構造物は定期的に点検を行うことが義務付けられています。舗装についても、点検の考え方が示された「舗装点検要領」が2016年

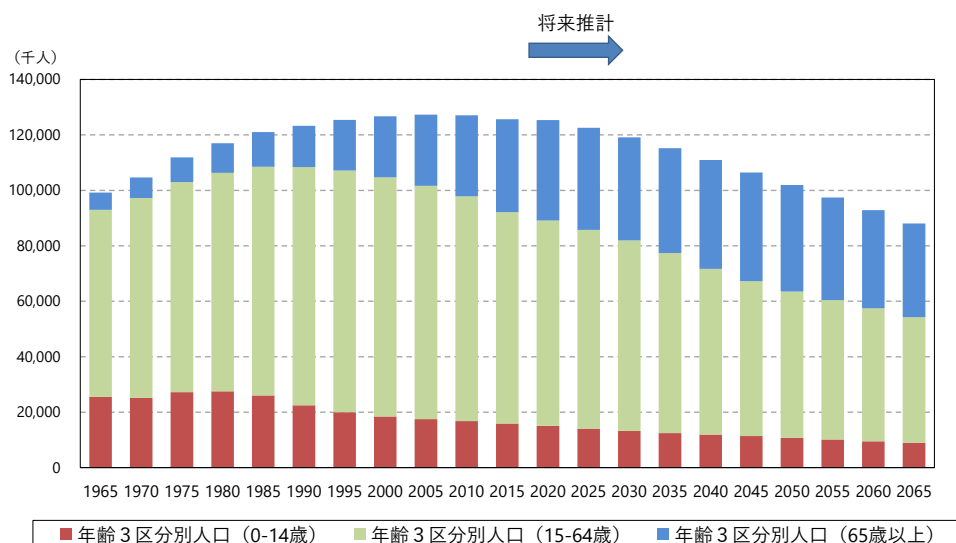


図 1-23 わが国の人口推移と将来人口推計⁴⁾

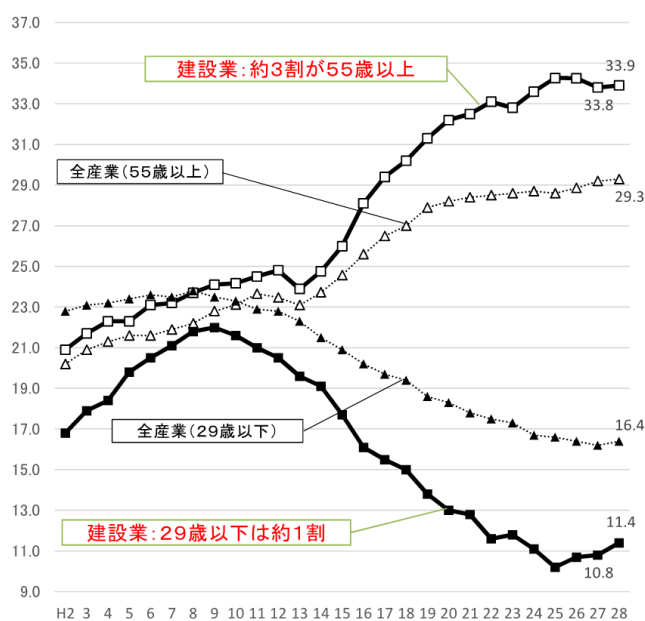


図 1-24 建設業就業者の推移⁵⁾

に出され、先ほどの担い手不足の観点からも、全国 100 万 km の舗装をいかに効率的に維持管理していくかが重要となっています。

近年では、地球環境問題への取り組みも重要です。2020 年 10 月に、政府は 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言しました。舗装にお



図 1-25 笹子トンネル天井板落下事故⁶⁾

いても、材料を製造するときや工事の現場など、様々な場面で発生するCO₂を減らしていくことが求められています。

さらに、2022年7月には、経済・社会、産業構造をクリーンエネルギー中心に移行させるGX（グリーントランスフォーメーション）を実現するために、GX実行会議が組織されました。舗装でも、太陽光を利用して舗装自体が発電する太陽光発電舗装の開発が進められるなど、環境面での舗装の役割について期待されているところです。また、自動車業界についても「脱ガソリン・脱ディーゼル」に向け、電気自動車の普及に向けた取り組みが進められており、電気自動車が走りながら充電できる舗装などに関する研究も進められています。

この他にも、近年では舗装に様々な付加価値が求められています。例えば、路面に特殊な塗料を塗り舗装の温度を低くする効果のある「遮熱性舗装」などの舗装も開発されており、都市部などで実際に活用されています。また、景観との調和という観点で、一見すると石畳のように見えるアスファルト舗装なども開発されており、歴史的な街並みの残る地域などで採用されています。

ただし、これらの機能はあくまでもオプションであり、最初に紹介したように、舗装の主な役割は「人や乗り物が通りやすい、平らで変形しにくい表面を提供すること」であることをご理解いただければと思います。

参考文献：

- 1) ワトキンス・レポート 45 周年記念委員会，ワトキンス調査団：名古屋・神戸高速道路調査報告書，勁草書房，pp.331，2005.
- 2) (一社) 日本道路建設業協会：“舗装の歴史”
<http://www.dohkenkyo.or.jp/techno/history.htm>
(参照日：2023 年 10 月 31 日)
- 3) 滋賀県：“こころに残る滋賀の風景”
https://www.pref.shiga.lg.jp/site/kokoro/area_otsu/details/al360_details.html
(参照日：2023 年 10 月 31 日)
- 4) 国土交通省：「国土交通白書 2019」掲載データより作成
- 5) 厚生労働省：“建設工事従事者安全健康確保推進会議」第 1 回配布資料”
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11201000-Roudoukijunkyoku-Soumuka/0000160050.pdf>
(参照日：2023 年 10 月 31 日)
- 6) 国土交通省：“トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会資料集”
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/siryu/03.2.pdf>
(参照日：2023 年 10 月 31 日)

2. 舗装（道路）工事と社会の発展

ここでは、舗装工事や道路工事が社会にもたらす効果や自然環境との調和について、いくつかの取り組みを紹介していこうと思います。

2-1 なぜ道路をつくるのか

そもそもなぜ道路をつくる必要があるのでしょうか。道路や堤防などのインフラの整備には、大きく「フロー効果」と「ストック効果」の2つの効果があります（図2-1）。

フロー効果は、公共工事自体によって生産、雇用や消費といった経済活動が派生的に創り出され、短期的に経済全体を拡大させる効果とされています。例えば、工事を行うための建設業者や測量業者などの雇用が生み出されることや、工事期間中に業者が地域の飲食店や商店などを利用することで消費が増えるといったような効果がフロー効果です。

一方、ストック効果は、整備されたインフラが機能することで、整備直後から継続的かつ中長期にわたって得られる効果とされています。例えば、道路を新たにつくることで、他の道路の渋滞が解消され

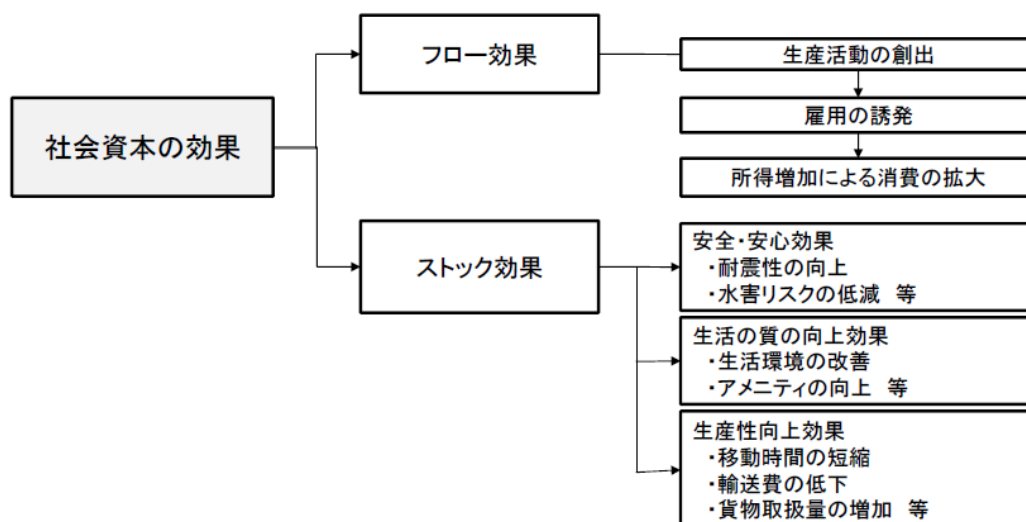


図2-1 フロー効果とストック効果¹⁾

たり、病院や学校までのアクセスが良くなったりといったような効果がストック効果です。

フロー効果は一時的なもので、また必要のないインフラをつくってしまうと無駄遣いとなってしまいます。そのため、インフラを整備することによるストック効果についても併せて評価することが重要となります。

しかし、道路をつくることで上記の効果が得られる一方、元々あった自然環境を切り拓くことにつながり、少なからず生態系等に影響を与えてしまうことなどが懸念されます。こうした問題に対処するため、「エコロード」と呼ばれる、自然環境に極力配慮した道路の取り組みが各地で導入されています。

この章では、道路をつくることによるフロー効果やストック効果の事例について紹介するとともに、国内におけるエコロードの取り組みについて紹介していきます。

2-2 道路工事によるフロー効果

はじめに、道路工事などのインフラ整備によるフロー効果を期待して実施された政策の事例として、アメリカの「ニューディール政策」と、イギリスの「レベルアップ基金」について、それぞれ紹介したいと思います。

(1) ニューディール政策 (アメリカ)

1929年以降の世界恐慌により、アメリカで多くの失業者が生じる中、1933年に大統領に就任したルーズベルト大統領が不況への対策として実行した数々の経済政策を総称して「ニューディール政策」と呼びます²⁾。

このニューディール政策の中で最も有名なものが「テネシー川流域開発公社 (Tennessee Valley Authority: TVA)」によるダム建設事業です。TVAはテネシー川流域に複数の洪水防止および水力発電用のダムを建設し、その建設のために多くの失業者が雇用されました。

TVAによる事業に続けて打ち出した代表的な施策の1つが、「公共事業促進局 (Works Progress Administration: WPA)」の設立です。

WPA は政府の機関として設置され、全米各地で多くの道路、公共施設、空港などの建設を行いました。WPA が雇用した失業者によってこれらの建設が行われ、1943 年に WPA が解散するまで、合わせて 900 万人が雇用されました。

上記のような取り組みにより、失業率は大幅に改善され、1938 年ごろには大恐慌前の水準に戻りました。これはまさにインフラ整備によるフロー効果の代表例と言えます。

一方、ニューディール政策により集中的に整備された数々のインフラが、1980 年代に一斉に老朽化したことに伴い、各地で橋梁などの大規模な補修が行われました。この時の状況を記した図書として「America in Ruins (荒廃するアメリカ)」が出版され、当時のインフラ事情を象徴する言葉にもなりました。

(2) レベルアップ基金 (イギリス)

2020 年に EU を離脱したイギリスでは、世界規模で感染が拡大した新型コロナウイルスの影響もあり、経済への打撃が非常に深刻なものとなっていました。特に地域での格差が非常に大きくなっており、その是正が大きな課題となっています。

こうした状況を改善することを目標に、2020 年 11 月に「国家インフラ戦略 (National Infrastructure Strategy)」³⁾、2022 年 2 月に「レベリング・アップ白書 (Levelling Up the United Kingdom White Paper)」がそれぞれ英国政府より発表されました⁴⁾。これらの戦略は、大都市圏域のみならず主要な地方都市を再生して、それらを公共交通や道路の効果的なネットワークで結びつけることで、大都市のみに経済が集中する状況を改善し、全国の都市地域の底上げ(レベルアップ)を図ろうとするものになっています。

上記の戦略を実現するためのツールが「レベルアップ基金 (Leveling Up Fund)」です。この基金は、一都市あたり 2000 万ポンド(約 27 億円)を上限として、バイパス等の地方道路やバスレーンや鉄道駅のアップグレードなど価値の高い地域プロジェクトに投資するものです。このほかにも、2021~2022 年には 17 億ポンド(約 2,300 億円)を地方道路の整備を促進するために投資するなど、集中

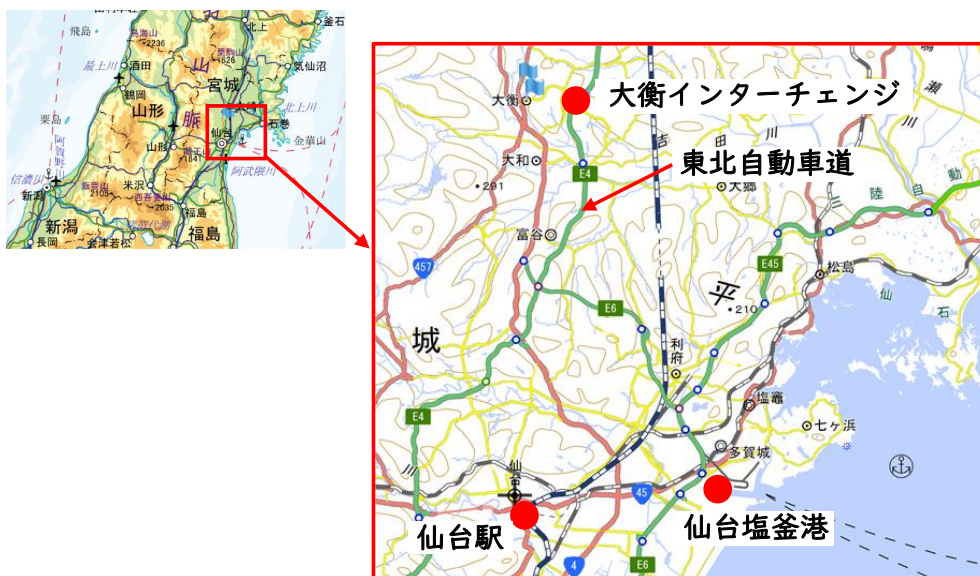


図 2-2 大衡インターチェンジの位置

的にインフラ整備に投資することで、地域格差をなくし、経済を活性化させることを試んでいます。

この政策は始まったばかりであり、その効果が検証されるのは数年後になりそうですが、短期的に経済が回復するのであれば、十分なフロー効果を生み出したといえるでしょう。

2-3 道路工事によるストック効果

続いて、ストック効果に関して、国内の事例を2つ、そして海外の事例を1つ紹介します。

皆さんも、これらの事例が社会や経済に、どのように影響するのか、一緒に考えてみましょう。

(1) 大衡インターチェンジ(宮城県)

大衡インターチェンジは、宮城県黒川郡大衡村にある東北自動車道のインターチェンジで、2010年に開通されました。

このインターチェンジは仙台市の北部に位置し、周囲の工業団地には自動車メーカーの工場などが多く進出しています。周辺には港や、東北自動車道のほかにも主要な道路が多くある事から、物流の拠点として重要な位置である事が分かります(図2-2)。



図 2-3 関連企業の立地等状況⁵⁾

大衡インターチェンジが開通された事により、以下のようなストック効果が得られたとされています。

- ・自動車メーカーの操業開始に併せて大衡インターチェンジを整備し、仙台塩釜港の自動車取扱能力を年間 38 万台から 60 万台に強化した
- ・仙台北部道路など、機能的な物流インフラの存在や宮城県の企業誘致により、企業投資を実現した（図 2-3）
- ・東日本大震災後、仙台塩釜港の早期利用再開などにより、自動車メーカーの生産活動の回復を後押しした

インターチェンジの整備による物流網の発達が、生産性の向上や、現地の人々の雇用に繋がっている事が良く分かる事例といえるでしょう。

(2) 瀬戸大橋(香川県)

瀬戸大橋は、本州の岡山県倉敷市と四国の香川県坂出市を結ぶ 10 の橋の総称を言います（図 2-4）。1988 年に全線が開通され、それによって初めて四国と本州が陸路で結ばれました。橋は道路と鉄道が通る鉄道道路併用橋で、「世界一長い鉄道道路併用橋」としてギネス世界記録（2015 年）にも認定されています。

瀬戸大橋が開通された事により、以下のようなストック効果が得



図 2-4 瀬戸大橋の位置



図 2-5 香川県と本州間の自動車貨物輸送量⁶⁾

られたとされています。

- ・ 開通以降、瀬戸大橋周辺に物流拠点施設が集積した
- ・ 香川県内の企業立地が促進され、香川県の有効求人倍率は全国トップクラスとなった
- ・ 自動車貨物輸送量が約 2.4 倍になり、経済を下支えしている(図 2-5)

- ・JR 瀬戸大橋線始発駅である宇多津駅周辺では、交通の要所として開発が進み、宇多津町の人口は約 1.6 倍に増加した

このように、瀬戸大橋の完成が地元の経済を支え、人口増加に繋がっている事でストック効果が十分に発揮されたことが良く分かります。

(3) ニカラグアへの無償資金協力事例(道路維持管理能力強化計画)

ここでは、海外事例としてニカラグアで実施された無償資金協力の事例について紹介します。

無償資金協力とは、JICA（独立行政法人国際協力機構，Japan International Cooperation Agency）が行っている、開発途上国等に資金を贈与する援助形態であり、開発途上国が経済社会開発のために必要な資機材、設備及びサービスを購入するために必要な資金を贈与するものです⁷⁾。

ニカラグアは中央アメリカの中部に位置する国です。ニカラグアの旅客、貨物の輸送においては、道路輸送が大半を占め、最も重要な交通手段となっています。しかし、道路整備は遅れており、面積当たり・人口当たりの道路延長は中米諸国の中でも低い水準にあり、幹線道路の舗装率も 10%程度に留まっていた（2009 年）。特に、地方の貧困地域における道路事情は劣悪であり、社会・経済的な発展の妨げとなっていました。

そこで JICA は、道路改修事業を行うために必要な道路建設機材を調達して、道路状況が劣悪な地方部における道路改修の推進を行いました。その結果、表 2-1 に示すとおり、2010 年から 2013 年までに合計 4,893km の道路が改修され、目標であった 2,865km を大きく上回りました。

表 2-1 事業における目標及び実績⁸⁾

定量的効果		2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	合計
指標		(実施前)		(目標年)			2010-2013 年
COERCO によって改修された道路の距離 (km)	道路維持管理計画における数値目標*1	n.a.	896.51	445.38	657.14	866.60	2,865.63
	調達機材による補修道路の数値目標	0	30.00	130.15	178.74	163.42	502.31
	道路維持管理計画における実績	n.a.	1,234.98	1,233.28	1,157.28	1,267.96	4,893.50
	調達機材による補修道路の実績	0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

(注) *1 道路維持管理計画では、COERCO による道路補修の数値目標が掲げられていた。この中には、本事業の調達機材による道路補修分も含まれる。

(出所) MTI

道路改修が行われた周辺の住民に、道路改修前後の生活の変化を聞いた所、「移動時間、燃料代、バスやタクシー料金が減った」「輸送中の農作物の損失が減った」「余剰作物を売る事が容易になった」「車が通れない道が減り、公共サービスへのアクセスが容易になった」といった意見や、妊婦の方からは「最寄りの保健センターまでの所要時間が減った」、現地の学生からは「雨季に泥にはまる事が無く、より安全に通学出来るようになった」といった意見が挙げられています。

これらはまさにストック効果であり、道路工事が社会発展に繋がる、という事が良く分かります。

2-4 生態系への配慮(エコロード)

(1) エコロードとは

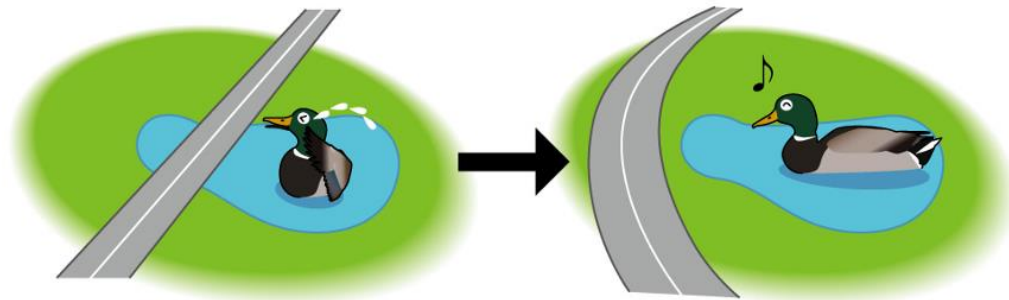
エコロード (Ecological Road) は道路と自然環境との調和を目的に、動物、植物、生態系に対する保全を考慮し設計・建設された道路の総称です⁹⁾。道路は私達が生活するうえで欠かせないものですが、その道路を建設するためには自然植生の伐採や生息域の分断など、多様な生物の種とそれらが作り出す生態系に影響を及ぼすことも事実です。

エコロードでは道路建設による生態系の影響を最小限にとどめるために、「回避」、「低減」、「代償」などの工夫が行われています(図2-6)。今回は、エコロードの背景や取り組みについて国内の事例を紹介します。

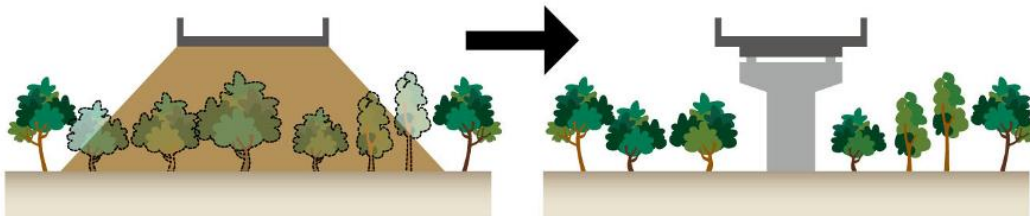
(2) 斜里エコロード

一般国道334号(斜里エコロード)は、北海道東部のオホーツク海の海岸沿いを通過している地元住民にとって重要な生活道路です。知床国立公園に隣接した豊かな自然環境に恵まれた地域であり、エゾシカの生息地として有名です。過去に道路を横断するエゾシカと自動車の衝突事故が多く発生しており、ロードキル(交通事故による動物の殺傷)の対策として、有識者による検討を行いエコロードの整備が進められました(図2-7)。

回避の例 : 動植物の生息地を避けたルート選定をする



低減の例 : 道路構造の工夫により改変面積を最小化する



代償の例 : 事業により失われる環境と同等の環境を新たに整備する

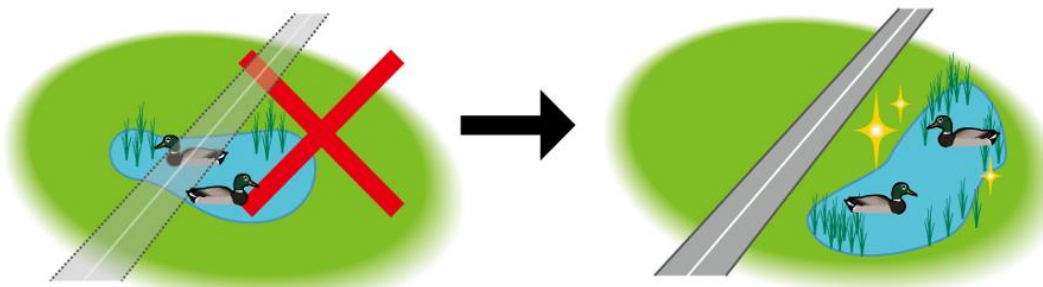


図 2-6 エコロードによる回避・低減・代償のイメージ¹⁰⁾

道路へのエゾシカの侵入を防止する侵入防止柵には、エゾシカの角や頭に影響を与えない構造のワイヤーと金網の併用型が採用され、橋梁下をエゾシカが通行できるようにスロープを設置し、石積み護岸や河川横断に配慮した河床整備が行われました。

また、誤って道路内に入ってしまったエゾシカが脱出できるようにジャンプアウトやワンウェイゲートなどの脱出用施設の設置を行っています。



(a) 侵入防止柵



(b) 動物用スロープの設置



(c) ジャンプアウト



(d) ワンウェイゲート

図 2-7 斜里エコロードにおける取組み¹¹⁾

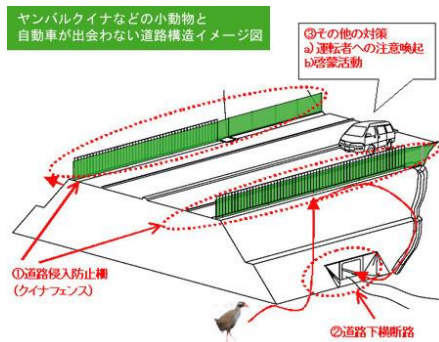


図 2-8 アニマルパスウェイ^{12), 13)}

(3) アニマルパスウェイ

山梨県北杜市では、ハケ岳南麓に生息するヤマネの保護を図るため、民間企業と連携して「アニマルパスウェイ研究会」を設立し自然環境の保全に取り組んでいます。ヤマネは日本の固有種で、天然記念物に指定されている小動物です。ネズミに似ていますが、茶褐色の体毛で背中に1本の黒線があり、準絶滅危惧種にも指定されています。

研究会では、道路の建設により分断された生息域をヤマネなどの



(a) 対策実施イメージ



(b) クイナフェンス



(c) クイナトンネル



(d) クイナトンネルの利用状況

図 2-9 クイナフェンス・クイナトンネル¹⁴⁾

小動物が安全に行き来できるように「アニマルパスウェイ」(図 2-8)を考案し、森の分断箇所や適切な設置場所、建設コストなどを調査・検討し、道路上にアニマルパスウェイを設置しています。また、ビデオカメラによるモニタリングや、Web などによる広報を行い、アニマルパスウェイの普及に努めています。

(4) クイナフェンス, クイナトンネル

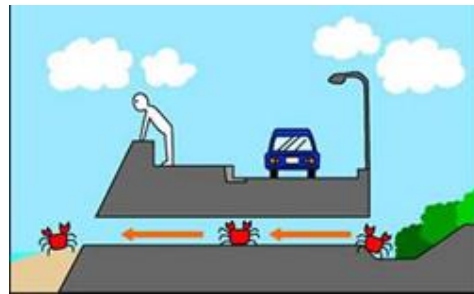
1981 年に沖縄県北部で新種として発見されたヤンバルクイナは、「飛べない鳥」として世間の注目を集めました。繁殖期が終わり、雛が誕生する初夏には親鳥たちのエサ探しに奮闘する日々がはじまります。退化した翼の代わりに発達したたくましい足で茂みの中を縦横無尽に動き回り、太いくちばしで器用に土の中の小動物をほじくり出しては雛に与えます。残念なことに、親鳥がエサ探しに奔走するこの時期、交通事故によって毎年多くのヤンバルクイナが命を落としていました。



(a) カニさんトンネルの外観



(b) カニさんトンネルの入り口



(c) カニさんトンネルのイメージ図

図 2-10 カニさんトンネル¹⁵⁾

沖縄県では、保護に関わる有識者や関係機関等との協議・検討を進め、対策手法としてヤンバルクイナなどの小動物を道路に進入させないための防護柵「クイナフェンス」を道路脇に設置する実証実験を行っています。さらにクイナフェンスの設置はヤンバルクイナ等の生息域分断にもつながることから、その対策として道路下に横断道路「クイナトンネル」を設置し、ヤンバルクイナによる利用を確認しています（図 2-9）。

(5) カニさんトンネル

オオガニやイワガニは沖縄に生息する大型のカニで、防風林の下やマングローブ林の周辺などに巣をつくって生活しています。カニの生息地の海岸は周囲を道路に囲まれており、産卵時期に卵を抱えて海に向かうカニが、車などに轢かれることを防止するために「カニさんトンネル」（図 2-10）が設置されました。

トンネルの入り口にカニを誘導するためのコンクリートブロックを設置し、通路に海岸の植物を植えることや、海岸の砂を敷き詰めることでカニが利用しやすい環境を整備しています。オオガニやイワ

ガニのほかにも、カクレイワガニ、アカテガニ、オカヤドカリ類などの色々な生き物が海と陸を行き来しています。

参考文献：

- 1) 国土交通省：“道路のストック効果”
https://www.mlit.go.jp/road/stock/road_stock.html
(参照日：2023年10月31日)
- 2) ロバート・P・マーフィー：学校で教えない大恐慌・ニューディール，大学教育出版，pp.200，2015.
- 3) (一社)建設コンサルタンツ協会：“英国の国家インフラ戦略の翻訳”
<https://www.jcca.or.jp/files/jccanews/210517.pdf>
(参照日：2023年10月31日)
- 4) (一社)建設コンサルタンツ協会：“英国のレベリング・アップ白書概要”
<https://www.jcca.or.jp/files/jccanews/220412.pdf>
(参照日：2023年10月31日)
- 5) 国土交通省：“仙台塩釜港・大衡IC”
<https://www.mlit.go.jp/common/001101288.pdf>
(参照日：2023年10月31日)
- 6) 国土交通省：“瀬戸中央自動車道[瀬戸大橋]”
<https://www.mlit.go.jp/common/001101323.pdf>
(参照日：2023年10月31日)
- 7) 外務省：“ODA（政府開発援助），無償資金協力とは”
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/keitai/musaho/about.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 8) JICA：“案件別事後評価，JICA ニカラグア事務所”
https://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2013_0960380_4_f.pdf
(参照日：2023年10月31日)
- 9) 建設省：“環境大綱”

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/envi/epomoc.htm#t2_5
(参照日：2023年10月31日)

- 10) 国土技術政策総合研究所：“国総研資料第906号「道路環境影響評価の技術手法「13. 動物，植物，生態系」における環境保全のための取り組みに関する事例集」(平成28年3月)”

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/tnn/tnn0906.htm>
(参照日：2023年10月31日)

- 11) 国土技術政策総合研究所：“国総研資料第721号「道路環境影響評価の技術手法「13. 動物，植物，生態系」の環境保全措置に関する事例集」(平成25年3月)”

http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryuu/tnn/tnn0393_0395pdf/ks039307.pdf
(参照日：2023年10月31日)

- 12) 環境省：“森と命を繋ぐ歩道橋「アニマルパスウェイ」の開発と普及”

https://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/goodlifeaward/report/2015_01/
(参照日：2023年10月31日)

- 13) 北杜市：“ヤマネ保護の取り組み”

<https://www.city.hokuto.yamanashi.jp/docs/1567.html>
(参照日：2023年10月31日)

- 14) 沖縄北部国道事務所：“クイナフェンス・クイナトンネル”

<http://www.dc.ogb.go.jp/hokkoku/ecoroad/kuina.html>
(参照日：2023年10月31日)

- 15) 沖縄北部国道事務所：“カニさんトンネル”

http://www.dc.ogb.go.jp/hokkoku/ecoroad/kani_tonneru.html
(参照日：2023年10月31日)

3. 長持ちする舗装技術と舗装を長持ちさせる技術

日本の舗装は、1960年代から1970年代にかけて多く施工され、1980年（約40年前）までに、現在の舗装の約80%がつくられています。一般的に舗装は10年～20年程度の寿命を想定してつくられていることが多いため、今ある舗装は老朽化が進んでいると考えられます。そのため、今までよりもさらに長持ちさせる舗装技術の開発が、現在、そして未来に向けてとても重要です。

このような背景から、これまでに現場に応じた適切な舗装技術の選択、舗装の点検技術やなおす技術などの開発が進められてきました。

この章では、まず、舗装の様々な壊れ方とその要因について説明します。次に、それらの壊れ方や要因に対応して、長持ちする（寿命が長い）舗装が数多く開発されていますが、ここでは一例としてコンクリート舗装、雪国でも壊れにくい舗装について紹介します。さらに、舗装を長持ちさせるには、日常の点検から舗装の健康状態を正確に把握し、その状態に適した治療（舗装では修繕と言います）するサイクル（メンテナンスサイクル）を回していくことも重要なので、持続可能な舗装のメンテナンス技術についても紹介します。

3-1 舗装はなぜ壊れるのか

舗装を長持ちさせるためには、まず、舗装がなぜ壊れるのかを知る必要があります。舗装を長い間使っていると、ひび割れができたり、穴や凹凸（おうとつ）ができるなど、段々と壊れていきます。これは、舗装が日々、交通荷重（車の重さ）や太陽光の紫外線、雨、雪、暑さ、寒さなど、厳しい環境に常にさらされているからです。そのため、道路を管理している人は、定期的に点検やパトロールを行って、舗装の状況を観察しています。



図 3-1 アスファルト舗装のひび割れ

ここでは、代表的な舗装であるアスファルト舗装やコンクリート舗装、さらに雪国特有の舗装の壊れ方について説明します。

(1) アスファルト舗装の壊れ方

アスファルト舗装の代表的な壊れ方は、大きく3つあります。

1つめは、ひび割れです(図3-1)。少しのひび割れであれば、車は安心して走れる状態が保たれているので問題とはなりません。ひび割れが大量に入ったり、アスファルト舗装を貫通するほどの深いひび割れができると、車が走るときに大きく揺れたり、ひび割れから雨水が舗装の内部に入って、舗装が内部から壊れるなどの問題が発生します。ひび割れの要因としては、繰り返す交通荷重による疲労が代表的ですが、他にも紫外線による劣化や、時間の経過による老化なども影響します。

2つめは、わだち掘れです(図3-2)。わだち掘れの「わだち」は車の車輪を指す言葉で、わだち掘れとは、車のタイヤが走るところやその付近に発生するへこみです。深いわだち掘れが発生すると、そこに雨水などが溜まって、歩道に水が飛んで歩行者が歩きにくくなったり、車のスリップ事故が起きやすくなります。また、横方向の凹凸により、車線変更がしにくくなります。わだち掘れの要因としては、交通荷重によるアスファルト舗装の変形や、タイヤやタイヤチェーン



図 3-2 アスファルト舗装のわだち掘れ



図 3-3 アスファルト舗装の縦方向の凹凸

による路面の削れやすり減り（摩耗）などがあります。交通荷重によるわだち掘れは、特に舗装温度が高くアスファルトが軟らかくなりやすい夏の暑い時期に生じやすいです。

3 つめは、縦方向の凹凸です（図 3-3）。縦方向の凹凸は、ひび割れ、わだち掘れとあわせて生じることがあるほか、舗装の下の土の沈下、橋やマンホールなどとの境目に発生する段差など、色々な要因により発生します。縦方向の凹凸が大きくなると、車に乗っているときに大きな振動を感じて乗り心地が悪くなったり、ひどくなると安全な走行ができなくなったり、車と舗装がぶつかって壊れたりすることも考えられます。

(2) コンクリート舗装の壊れ方

コンクリート舗装は、硬く変形しにくいコンクリートを使用しているため、アスファルト舗装のようなわだち掘れや縦方向の凹凸は生じにくいです。

アスファルト舗装と異なるコンクリート舗装の代表的な壊れ方として、目地（コンクリート版が不規則にひび割れないようにするため、コンクリート版の間につくる隙間のこと）付近の壊れ方があります（図 3-4）。目地からコンクリートの下に雨水などが入ると、コンクリートの下の路盤が弱くなったり、隙間が生じやすくなることで、角欠け（コンクリートの角が欠けること）を起こすなど、コンクリートが想定より早く壊れてしまいます。そのため、コンクリート舗装の目地には、水が入らないように目地材というゴムのような材料が注入されています。しかし、気温が高い時にコンクリートが膨らんで目地材が押し出されたり、目地材が老化すると、はがれたり飛散してしまうことがあります。そうなると、先ほど説明したようにコンクリート舗装がどんどん壊れてしまう可能性があります。そのため、コンクリ

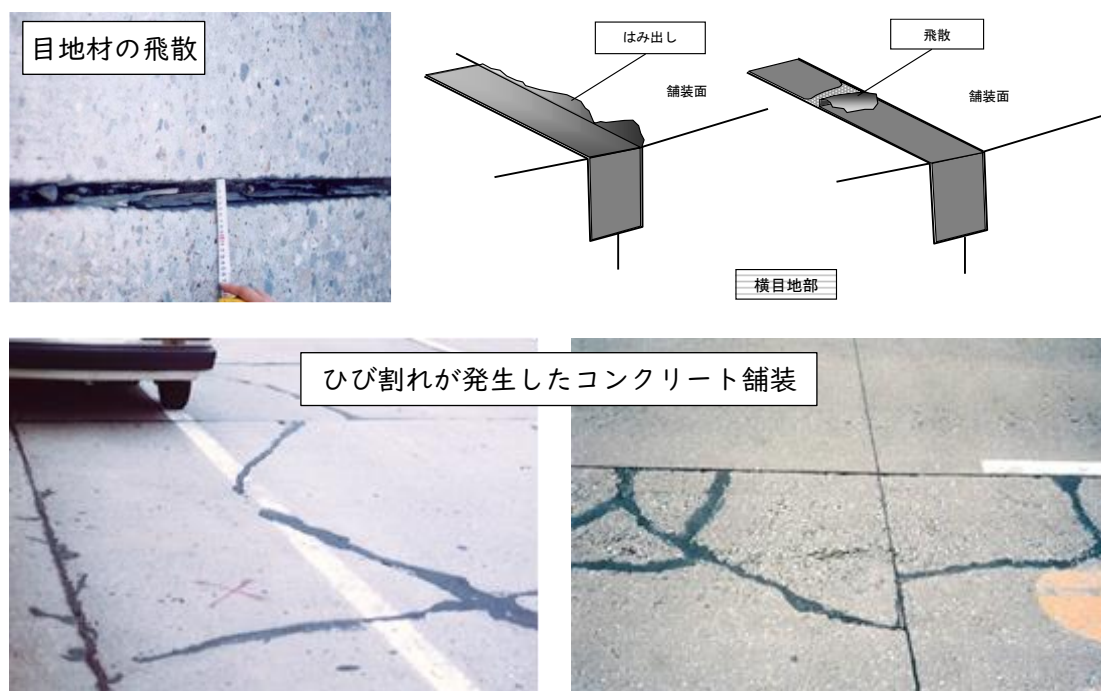


図 3-4 コンクリート舗装の壊れ方

ート舗装の場合、日ごろの点検やパトロールでも、目地付近を中心によく観察する必要があります。

(3) 雪国のアスファルト舗装の壊れ方

これまで紹介した壊れ方のほかに、雪国特有の壊れ方も存在します。なぜかという、雪国では寒さと雪という特殊な環境にさらされるからです。雪国における舗装の壊れ方は大きく 3 つあります（図 3-5）。

雪国では、雪がとける季節になると道路に穴がいくつもできてしまうことがあります。これを「ポットホール」といいます。ポットホールができると、そこを走る車がガタガタと揺れて乗り心地は悪くなり、時にはタイヤがパンクしてしまうなど、安全快適に走ることができなくなります。このポットホールができるメカニズムは、まず、ひび割れから舗装の内部に水が浸入して、その水が雪どけの季節に溶けたり凍ったりを繰り返すことで、舗装が中から壊れてバラバラになります。そして、舗装の上を車が走ったり、時には除雪車が走ったりすることによって、舗装のかけらが飛散し大きな穴になってしまふと考えられています。

また、雪国の冬はとても寒くなります。その時にできるのが「低温ひび割れ」と「凍上によるひび割れ」です。舗装は温度によって伸びたり縮んだりする性質があり、冬に気温がとても低くなると、舗装は大きく縮もうとします。そのときにできてしまうのが低温ひび割れです。また、舗装の下の土も凍ってしまうことがあり、その時に土が大きく盛り上がる場合があります。この急激な盛り上がり「凍上」と呼び、この時も舗装に大きなひび割れができてしまうことがあります。これらのひび割れができてしまうと、車が通るときに揺れて快適な走行ができなくなります。さらに、ひび割れからは舗装の内部にどんどん水が浸入し、舗装が大きなダメージを受けやすくなり、早く壊れてしまうこともあります。

このため、雪国の道路を快適に使ってもらえるようにするには、寒さや雪に負けないように、丈夫な舗装をつくらなければならないのです。

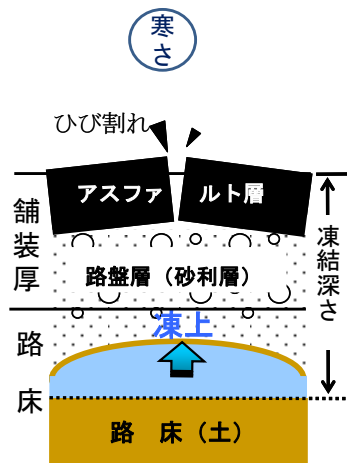
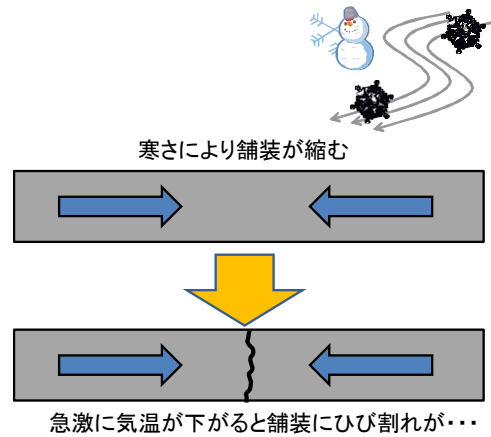
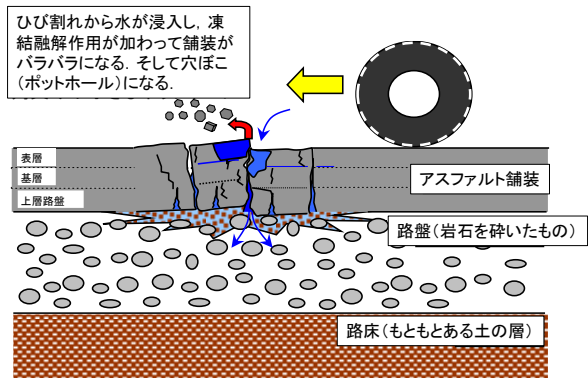


図 3-5 雪国特有の舗装の壊れ方¹⁾

3-2 コンクリート舗装の活用による高耐久化

コンクリート舗装は、アスファルト舗装と比較すると高耐久で長持ちすることが期待できる一方、コンクリートが固まるまでの時間(以下、養生時間と呼びます)がかかること、目地部の走行時に振動

などが発生すること、道路下の水道管などをなおすための工事がしにくいことなどの短所も存在します。

そのため、長所や短所を考慮した適材適所で活用することが大切です。

ここでは、コンクリート舗装の長所、短所、有効な使い方についてそれぞれご紹介します。

(1) コンクリート舗装の長所

コンクリート舗装の長所としては、以下の3つが挙げられています。

1つめは、耐久性が高く長寿命であるため、舗装を丸ごとなおすまでにかかる費用（ライフサイクルコスト、以下、LCCと呼びます）が小さいという点です。コンクリートは、強度が大きいので、重い交通荷重にも耐えられるうえ、繰返し荷重に対して十分な耐久性を持たせることが可能です。アスファルト舗装の表層に使われるアスファルト混合物と比較すると、長期間の耐久性が確保できます。このため、最初につくる時の費用はアスファルト舗装より高いですが、LCCは低くなるとも言われています。

例えば、国道20号という路線では、最初につくる費用およびなおす費用の50年間の累計額を比較した結果、コンクリート舗装がアスファルト舗装の1/3程度となりました（図3-6）²⁾。

2つめは、環境負荷の低減、特にヒートアイランド現象(4章で説明します)の抑制効果を有する点です。コンクリート舗装は路面が白く、温度が上がりにくいいため、アスファルト舗装に比べて最大10℃程度の路面の温度低減効果が得られます³⁾。日中、舗装内に熱を蓄積しないことで、夜間の放熱も減り、熱帯夜の緩和も期待することができます。

3つめは、材料の供給が安定している、という点です。アスファルト舗装に使われるアスファルトの原材料となる原油は、そのほとんどが輸入によるものであり、海外情勢により、材料供給がストップしたり、価格が大きく変動するリスクがあります。一方、コンクリート

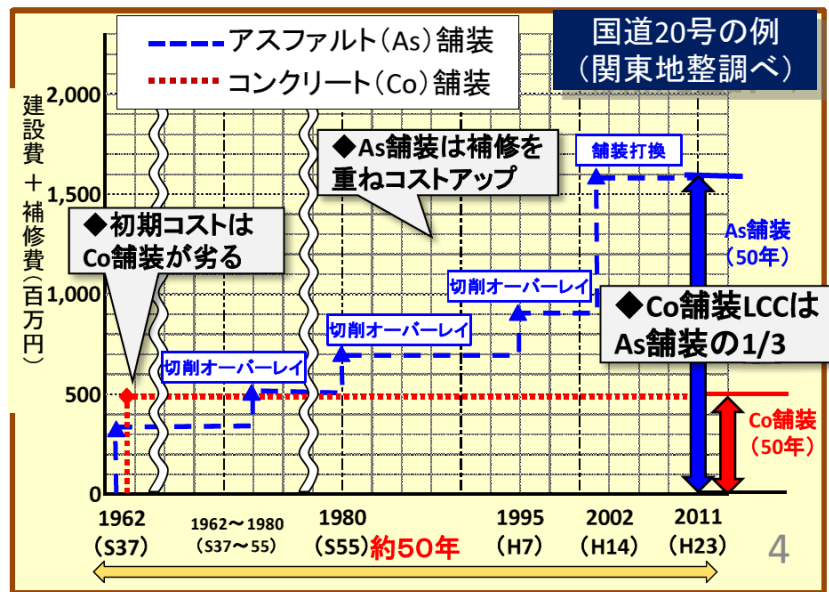


図 3-6 国道 20 号での LCC 比較例²⁾

に使われるセメントなどの材料はほとんど国内で生産することができ、材料を安定して供給することが可能です。

(2) コンクリート舗装の短所

これまで、コンクリート舗装の長所を紹介してきましたが、続けてコンクリート舗装において留意すべき点となる短所についても、3点ほど紹介します。

まず 1 点目は最初につくる時の費用が高く、交通開放に時間を要する点です。先ほど紹介したように、コンクリートの価格は安定していますが、アスファルト混合物より高い傾向にあります。また、コンクリートは現場で施工した後、固まるまで養生する必要があります。一般的に養生には 2 週間程度の長い期間が必要となるので、道路の開通が遅くなる傾向にあります。

2 点目は、目地部の段差による振動や乗り心地の低下です。3-1 で説明したように、コンクリート舗装は長期間使用することで、目地部に段差や角欠けといった損傷が生じます。そのため、目地部を自動車が行き交う際に、衝撃による振動や騒音、また乗り心地の低下などが生じるおそれがあります。



図 3-8 自動車専用道路のコンクリート舗装

3点目は、コンクリート舗装が壊れた際になおしたり、道路下の水道管などをなおすための工事がしにくいという点です。コンクリート舗装のコンクリート版の厚さは20cm以上あり、壊して撤去するのに時間がかかります。また、新しいコンクリートを施工した後、固まるまでに時間を要します。これらの点から、特に道路下に上下水道管などが埋まっている場合には、繰り返し舗装をやりなおす必要がある場合があることから、その影響が非常に大きくなります。

(3) 適材適所でのコンクリート舗装の活用

これまで紹介したように、コンクリート舗装はアスファルト舗装と比較して長持ちすることが期待できる一方、長い養生期間が必要になることや目地部での振動などが生じやすいといった短所もあります。そのため、コンクリート舗装は、これらの短所の影響が小さい、新しく道路を工事する区間や沿道に人家が少ない区間などで活用することが望ましいです。具体的には、高速道路や地方部のバイパス道路など、新しく道路を工事する区間が適切な活用場所となります(図3-8)。また、コンクリート舗装の種類や施工方法によって短所を改善することができます。

最近開発された早期交通開放型コンクリート舗装「IDAY PAVE」は、養生期間を1日以内に短縮し、早期の交通開放が可能となります。コンクリート舗装をつくりなおす工事など、長い時間にわたり交通規制を行うことが困難な箇所に応用することができます。



図 3-9 スリップフォーム工法による施工



図 3-10 アスファルト中間層

また、連続鉄筋コンクリート舗装という種類のコンクリート舗装では、横目地がないため、目地部で発生する振動などがなく、ドライバーにとっての乗り心地が改善されます。通常の日地のあるコンクリート舗装より5%程度費用が高くなりますが、大規模工事では（車線数にもよるが、おおむね500m程度以上の工事）、機械で一度にコンクリートを打設するスリップフォーム工法を適用することで同程度の費用となる場合があります（図3-9）。

また、コンクリート舗装は目地部が弱点ではありますが、段差の発生など、損傷が大きくなる前に、軽微な損傷の段階で目地材の注入することでより長持ちさせることができます。そのため、目地部をより重点的に管理することが重要です。さらに、アスファルト中間層の設置なども効果的です。アスファルト中間層を設置することで、雨水が路盤へ浸入することを防ぐとともにコンクリート舗装の施工しやすさも向上します（図3-10）。

コラム 2 国内外のコンクリート舗装事情

諸外国では高速道路や交通量が多い道路に、コンクリート舗装が用いられています。その割合は、日本の現状と比較してはるかに高いものとなっています（図 3-7）。

国名	コンクリート舗装の割合(事例)
アメリカ(2008)	連邦助成幹線道路: コンクリート舗装 15% コンポジット舗装 22%
イギリス(1990)	高速道路:20%, 幹線道路:6%
ドイツ(2007)	高速道路(12,500km):25%
フランス(1992)	高速道路:15%(新設 30%)
ベルギー(2007)	高速道路(1,700km):40% (全道路の 17%)
韓国(2010)	高速道路(2,400km):63% (全道路の 14%)

表 3-1 諸外国のコンクリート舗装の概況⁴⁾

一方、わが国では 2012 年時点で、全体 4.5%、高速道路で 5.6%、一般国道においては 3.9%と採用されている割合はわずかで、十分にコンクリート舗装が活用されているとは言えない状況にあります（図 3-7）。

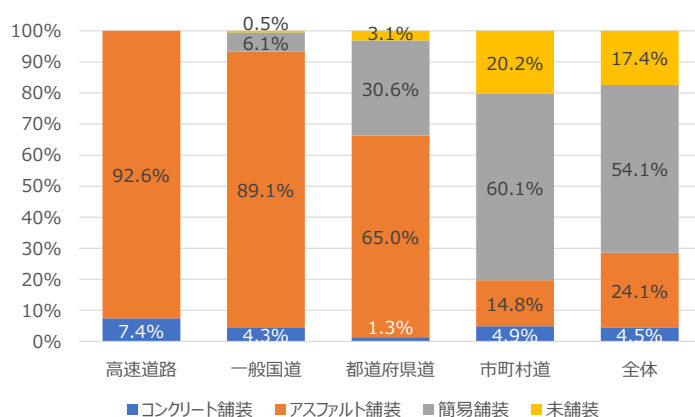


図 3-7 国内の道路種別毎の舗装延長比⁵⁾

3-3 雪国でも壊れにくい舗装

3-1で紹介したように、雪国の舗装は寒さと雪という特殊な環境にさらされ、雪国特有の壊れ方をするので、それらに負けない舗装が必要です。ここでは、寒さや雪に負けない、丈夫な舗装技術を紹介します。

(1) 空隙の少ないアスファルト混合物 (F 付きアスファルト混合物)

雪国でも丈夫な舗装をつくるためには、水が溶けたり凍ったりする作用（凍結融解作用）や低温ひび割れが発生しないようにしなければなりません。そこで雪国では「F 付きアスファルト混合物」と呼ばれる混合物が多く使用されています(図 3-12)。「F」はフィラー（石の粉）の頭文字で、雪国以外で使われるアスファルト混合物よりもフィラーが多く含まれていることを表しています。フィラーが多いことにより、アスファルト混合物中の空隙が通常よりも少なくなり、水密性が高く、水の凍結融解作用によるはく離などの影響を受けにくいため、ひび割れや凍結融解作用によるポットホールが発生しにくくなります。また、除雪車やタイヤチェーンによる摩耗に対しても強くなります。



図 3-12 F 付きアスファルト混合物の例
(密粒度アスファルト混合物 13F)

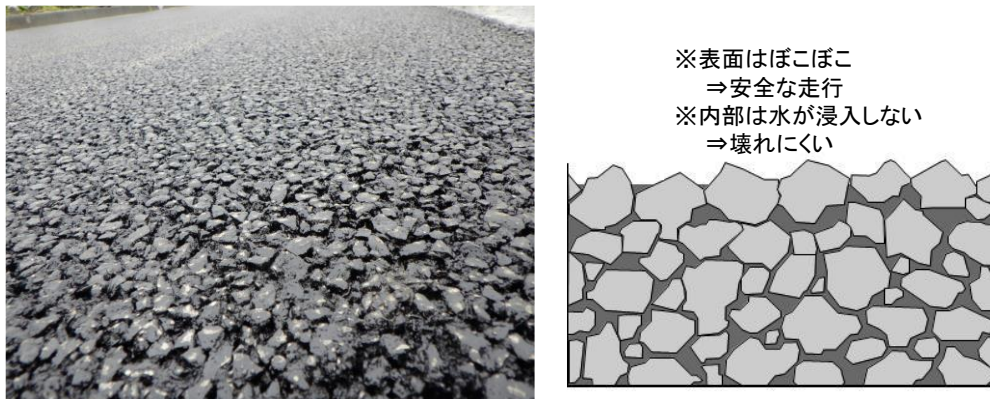


図 3-13 機能性 SMA（北海道型 SMA）

(2) 路面に水がたまりにくいアスファルト混合物（機能性 SMA）

雪国の舗装には、丈夫さだけでなく、冬でも安全に車が走れるようにしなければならないことが求められます。そこで開発されたのが「機能性 SMA¹」です(図 3-13)。

機能性 SMA は、凹凸した表面により、路面に水の膜ができるのを防ぎ、雨の時に車が水をはねるのを抑えたり、危険な凍結路面（ブラックアイスバーン）などができるのを防いだりする効果があります。一方で、内部は F 付きアスファルト混合物同様、空隙が少なく水を通しにくい構造となっていて、凍結融解作用などが生じないため、雪国でも壊れにくい舗装です。

北海道では「北海道型 SMA」とも呼ばれており、先ほどの F 付きアスファルト混合物よりも安全に車が走れるため、速いスピードで車が走る高速道路や、交通事故などの発生しやすい交差点付近や急カーブ、坂道などで使われています。

(3) 地下からの凍上が生じにくい層の設置（凍上抑制層）

「凍上」を発生させないためには、材料を凍結させないことが重要です。例えば、舗装の下の土まで冷たくなっても、土が水を含んでいなければ凍って土が盛り上がることはありません。そこで雪国では、

¹ Stone Mastic (Matrix) Asphalt (SMA)：碎石マスチックアスファルトというアスファルト混合物の略で、一般的なアスファルト舗装よりも、耐久性に優れています。



図 3-14 凍上抑制層

舗装の下の土が凍結する可能性がある場合、その可能性が高い深さまで、「凍上抑制層」と呼ばれる、水通しがよい（水はけがよい）砂や砂利などの材料に置き換えます（図 3-14）。これにより、凍上による舗装のひび割れの発生などを抑えています。

3-4 持続可能な舗装メンテナンスサイクル

舗装は出来た直後のきれいな状態から、交通荷重や紫外線、雨、雪といった自然現象によりどんどん傷んでいきます。

そのために、計画的に舗装の状態をチェックして、必要に応じてなおしていく必要がありますが、限られた予算の中で舗装の状態を良好に保つためには、適切な「メンテナンスサイクル」を回していくことが重要です。

舗装のメンテナンスサイクルとは、舗装の状態をチェックする「点検」、点検結果からどのくらい健全かを測る「診断」、診断結果に基づいて舗装を元の状態にする「修繕」、その内容を記録していくという「記録」という一連の流れを繰り返すことをいいます（図 3-15）。

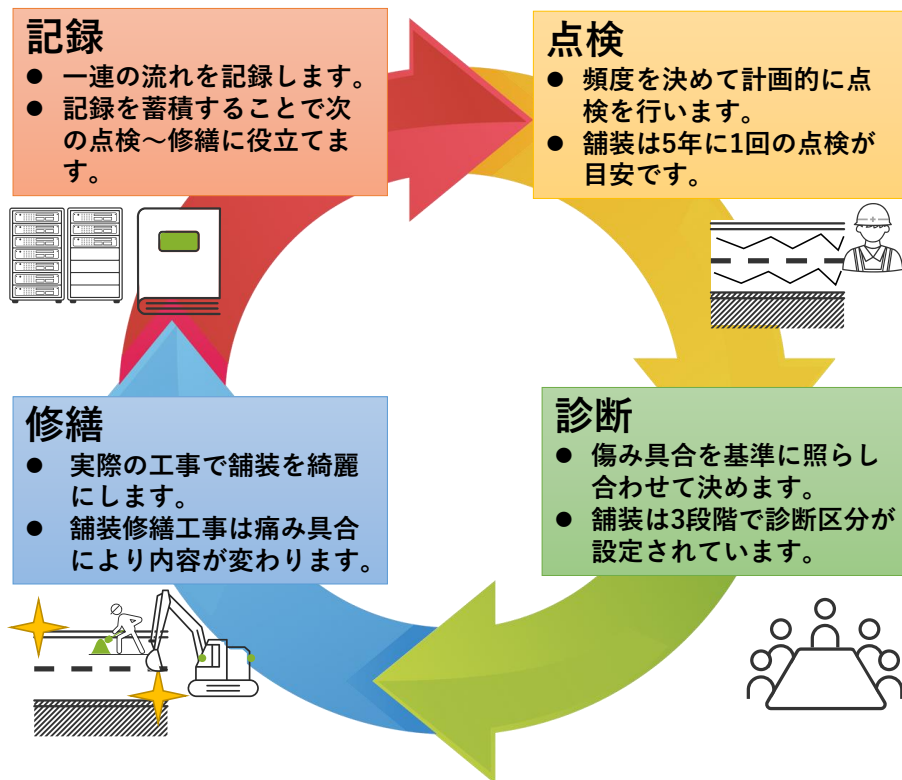


図 3-15 舗装のメンテナンスサイクル

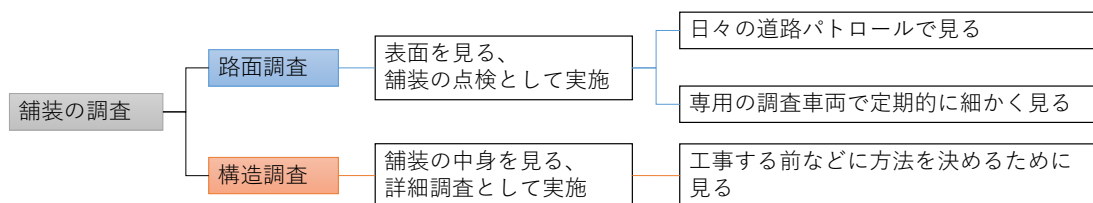


図 3-16 舗装の調査

近年では、このメンテナンスサイクルに関する技術が、デジタル技術、ICTの発達に合わせて発展しています。本節ではこうしたメンテナンスサイクルの取り組みについて紹介します。

(1) 舗装の点検・調査内容

舗装の点検や診断に行う調査はどのようなものがあるのでしょうか。舗装の調査には、目に見える舗装の表面の状態を調査する「路面調査」と、目では見えない舗装の中の部分を調査する「構造調査」があります（図 3-16）。



図 3-17 路面調査で確認する舗装の表面



図 3-18 構造調査で確認する舗装の中身

「路面調査」では、主に舗装の表面について確認します(図 3-17)。交通事故の原因となるため、すぐに対応しなければいけない舗装の穴ぼこ等を見つけるための日常のパトロールと、路面の状態を定期的にチェックするための定期点検があります。

「構造調査」は実際に穴を掘るなどして舗装の中身を確認する調査です(図 3-18)。交通規制を行うなど大変な作業であるため、多くの場合は点検として路面調査をした結果、傷んでいる場所に対して構造調査を行います。

ここではメンテナンスサイクルにおける定期点検として行う路面調査について、紹介します。

(2) 路面調査の歴史

路面調査はこれまでどのように行われてきたのでしょうか。

路面調査は路面の性質と状態を測ることから「路面性状調査」と呼ばれて、日本では昭和 60 年代から実施されてきました。

 <ul style="list-style-type: none"> ・製造年月：昭和 60 年 3 月(1985 年) ・初期はフィルムで撮影を行っていました 	 <ul style="list-style-type: none"> ・製造年月：平成 7 年 6 月(1995 年) ・動画による記録が可能となりました
 <ul style="list-style-type: none"> ・製造年月：平成 21 年 3 月(2009 年) ・センサーの改良で昼でも作業可能になりました 	 <ul style="list-style-type: none"> ・製造年月：令和 2 年 3 月(2020 年) ・車両が小型になりました

図 3-19 路面性状測定車の変遷（写真提供：国際航業株式会社）

日本全国の膨大な舗装の状態を調査するには、車両に載せた機械で走行しながら調査を行うことが最も適しています。そのため、「路面性状測定車」と呼ばれる専用の調査車両を用いて調査を行ってきました（図 3-19）。

路面性状測定車は、舗装の代表的な損傷であるひび割れ、わだち掘れ、縦方向の凹凸とその測定位置を正確に測る測定装置を持っています。初期のころには、ひび割れ等の路面の状態を記録するためにフィルム写真を使っていました。また、かつてはセンサーが太陽光の影響をうけるため、夜にしか作業ができませんでした。

近年は技術の進歩や機械の発展と共に、多くのデータをより高速に記録できるようになり、センサーの改良によって昼間でも作業が出来るようになりました。さらに、近年、装置の省電力化などにより、車両の小型化が進んでいます。

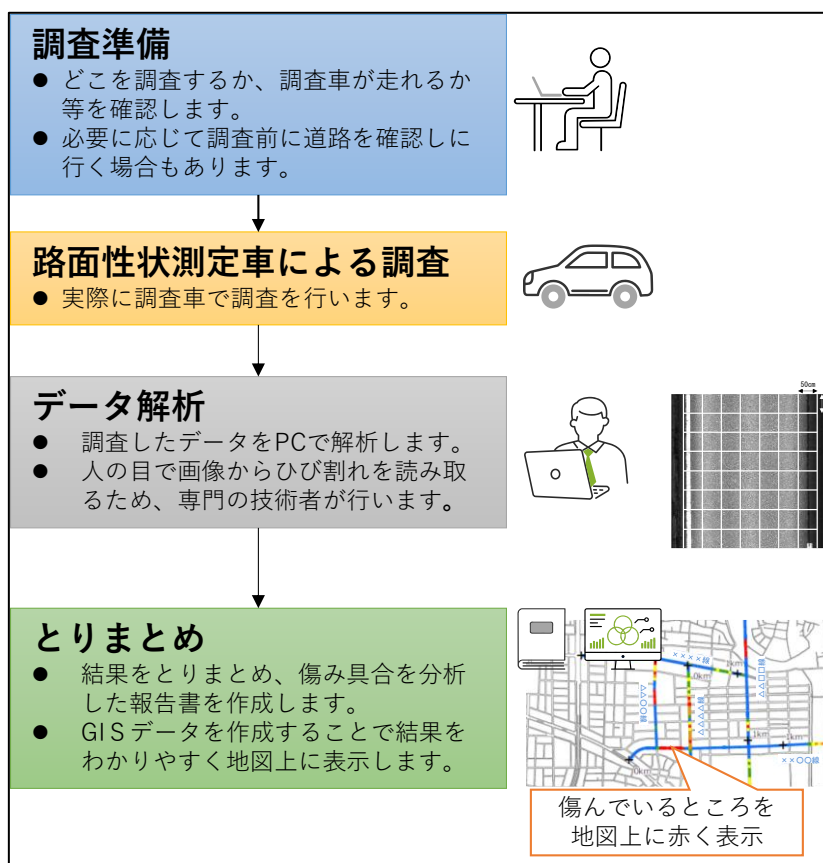


図 3-20 路面性状調査の流れ

(3) 路面性状調査の流れ

先ほど紹介した路面性状調査は、実際どのように行っているのでしょうか。

図 3-20 に路面性状調査の流れを示します。まず、いきなり車で調査をする前に、現場を確認し、走行ルートなどを事前に決めた上で調査を行います。次に路面性状測定車による調査を実施し、調査後には、撮影した路面の画像からひび割れの数を数えるなど、取ってきたデータを解析します。その後、解析したデータを取りまとめて傷み具合の分析などを行い、報告書にとりまとめます。

最近では、調査結果を GIS²データとして作成し、地図上に結果を示すことで調査結果をわかりやすく見せる工夫もされています。

² Geographic Information System (GIS)：地理情報システムの略で、地図上に様々なデータを載せることができるシステム。

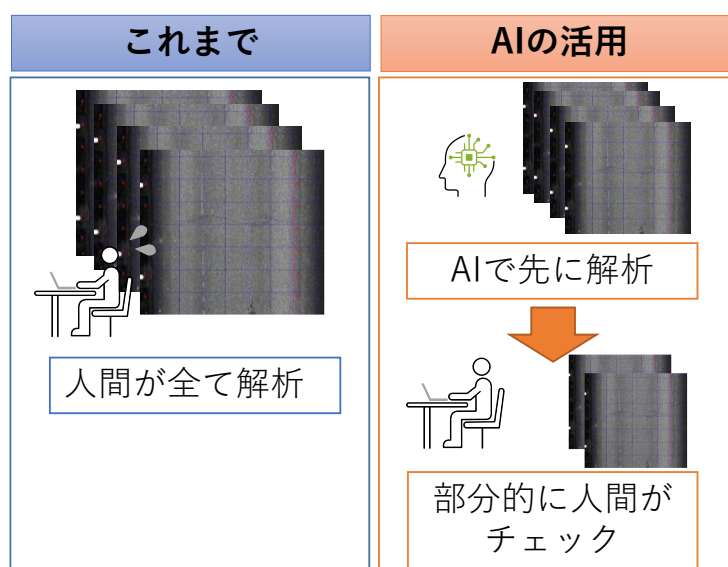


図 3-21 解析における AI の活用



図 3-22 車載カメラによる簡易調査

(4) 路面性状調査への新技術の活用

先ほど紹介した通り、車で取ってきたデータの解析では、これまで路面の画像からひび割れを数えるなどの作業を人間の目で行っていたため、時間がかかっていました。

近年は AI を活用することで、画像からひび割れを自動で抽出するなど、データ解析に掛ける時間を大幅に削減しています（図 3-21）。

また、これまでは専用の車に専用のカメラを載せて調査を行っていましたが、近年は、普通の車に車載カメラやスマートフォンをつけてひび割れなどを簡易的に調査できる技術も普及してきました（図 3-22）。これにより、日常の道路パトロールなどに合わせて、舗装のひび割れなどをある程度把握できるようになりました。

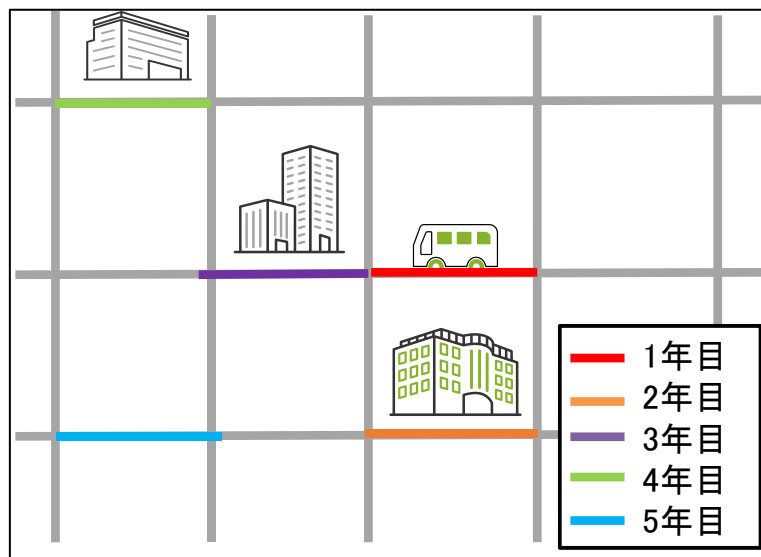


図 3-23 優先順位の決め方のイメージ

(5) 調査結果を活かした修繕計画の作成

調査結果はどのように活かされるのでしょうか。もちろん傷んでいる舗装を見つけてなおすために調査を行っていますが、全ての場所をすぐに直しきれないため、なおす計画を立てることが必要です。その時、どの場所からなおすかの優先順位を決めたり、調査結果に基づき傷み具合の予測を行い、今後の直し方の計画を立てることが重要です。

近年は舗装をなおすための「舗装修繕計画」が積極的に作成されています。

修繕計画のポイントは以下のとおりです。

① どの場所からなおすか

調査結果に加えて、地域の特性を踏まえて優先的になおす場所を決めます（図 3-23）。優先する場所としては、利用者が多い場所であるバス路線や重要な施設の近くなどがありますが、各自治体などで独自に判断されています。

② いつなおすべきか

計画的に舗装をなおすことは「予防保全型」と呼ばれており、「事後保全型」と呼ばれる傷んだ場所をその都度なおすことを繰り返す対応に比べて、舗装をなおすために掛かるお金を少なくすることが可能です。

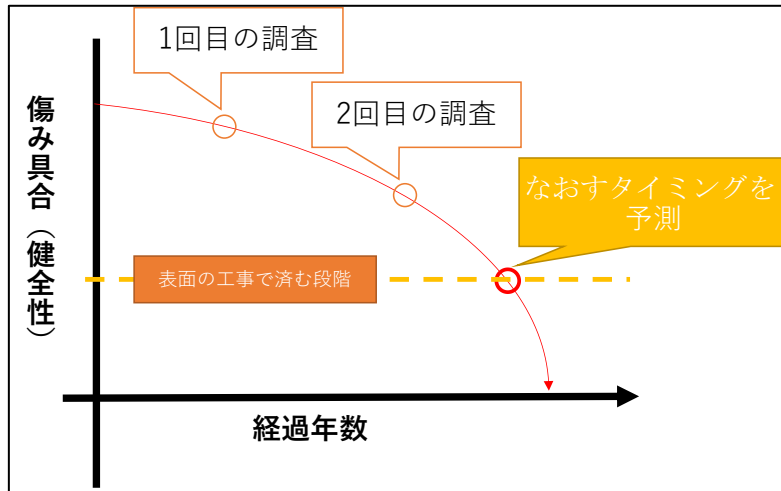


図 3-24 傷み具合の予測のイメージ

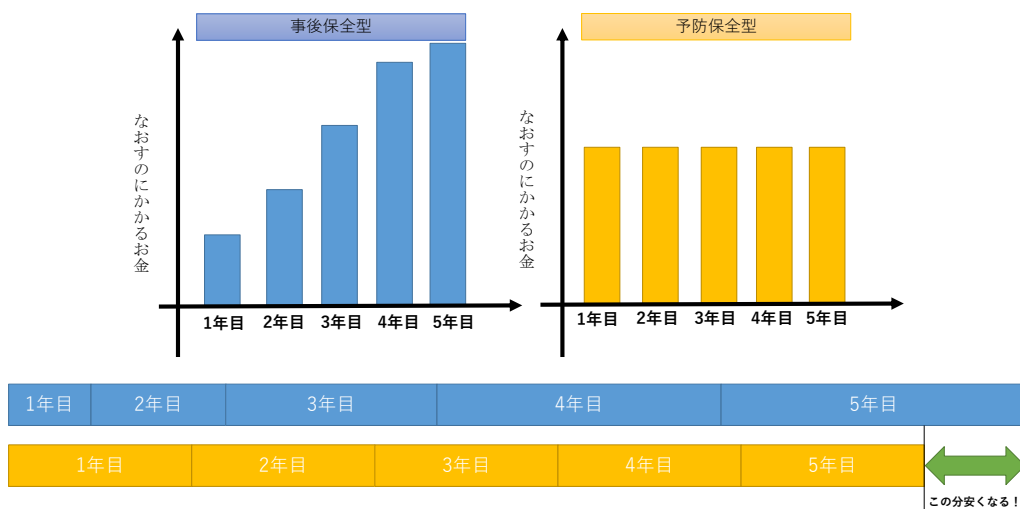


図 3-25 事後保全型と予防保全型の比較

また、2回以上調査の結果から、今後の傷み具合の予測を行うことができます(図 3-24)。重症になる手前(表面の工事で済む段階)の適切なタイミングでなおすことで、将来なおす際にかかるお金を節約することができます。

③かかるお金について

重症になってからなおす「事後保全型」の場合、直さない間はお金をかけなくて済みますが、将来的にかかるお金が増える場合があります。

軽症の段階で計画的になおす「予防保全型」の場合、かかるお金

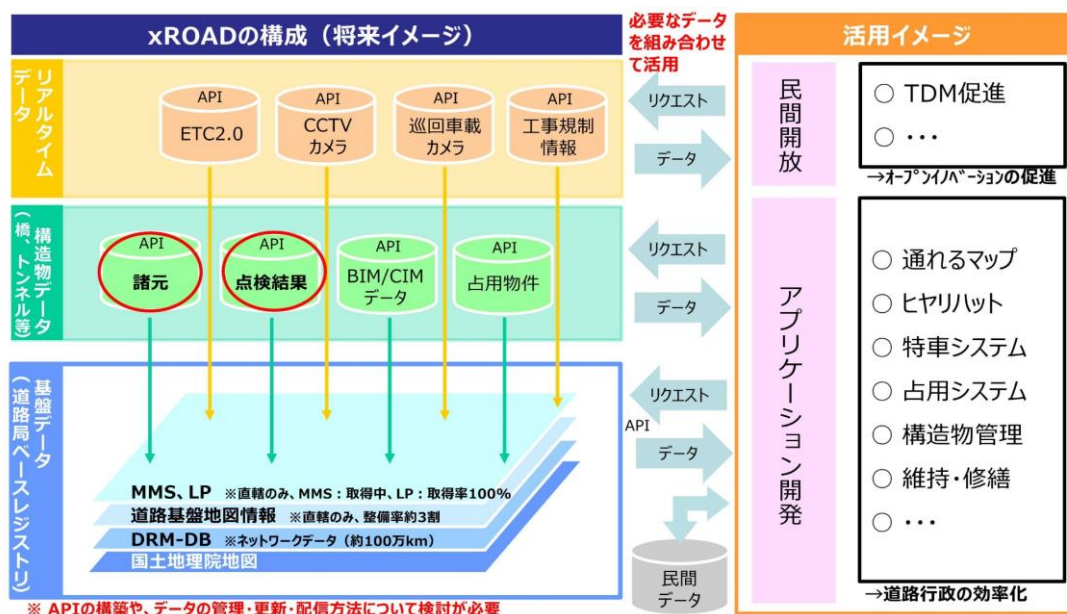


図 3-26 xROAD⁶⁾

を一定にコントロールできるのに加えて、トータルで見ると事後保全よりかかるお金を減らすことができます (図 3-25)。

(6) データの記録

メンテナンスサイクルにとっても重要なことの一つは、点検・診断などにおける調査結果や工事の記録などをデータとして記録していくことです。これは病院における患者のカルテと同じで、その舗装がいつつくられたのか、いつどのような治療 (修繕) があったのか、最近の健康診断 (点検) の結果はどうか、ということ把握することで、次回の診断や修繕を検討する際に役立てることが出来ます。

現在、国土交通省では「xROAD (クロスロード)」と呼ばれるデータプラットフォームの整備を進めています (図 3-26)⁶⁾。これは、道路に関する様々な情報を、基盤となる地図データと紐付けて、地図上に表示したり分析したりすることができるシステムです。

この xROAD の一部として、2022 年に「全国道路施設点検データベース」が公開されました。このデータベースは、橋やトンネル、舗装といった道路構造物の、過去の点検結果や工事情報などが記録されており、舗装のデータベースについても様々な路線の点検結果や舗装構成、調査結果などが記録されています。このデータベースの一部

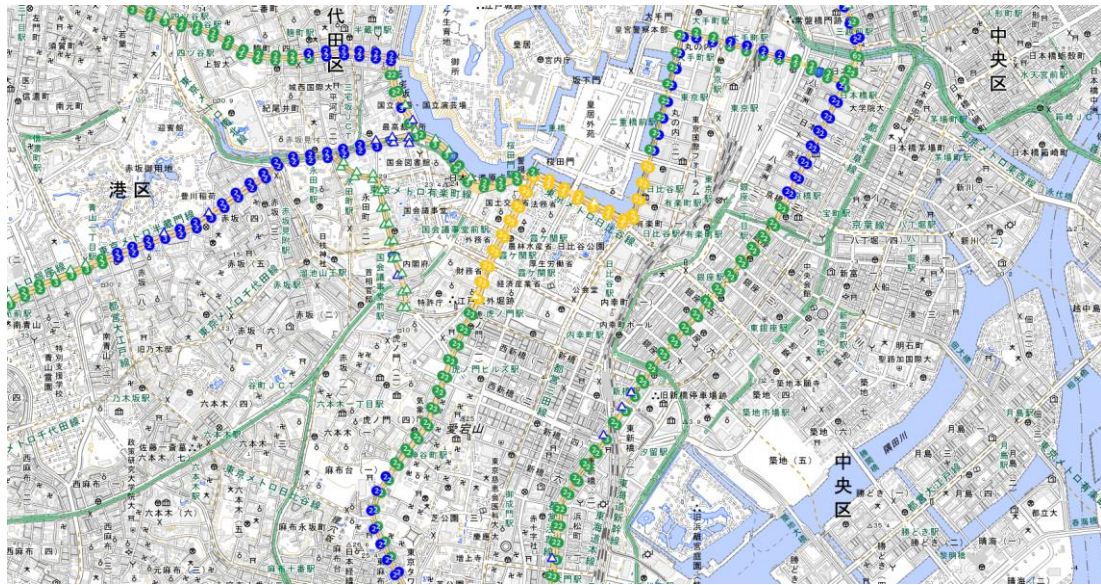


図 3-27 全国道路施設点検データベース（損傷マップ）⁷⁾

のデータは、「損傷マップ」として無料で公開されており（図 3-27），さらに利用料を払うことで，より詳細な舗装のデータを入手することも可能となっています。これらの記録されたデータを活用することで，より適切な修繕計画を立てることが出来るようになったり，点検や調査のための新しい技術の開発が促進されることから，今後ますます期待されるでしょう。

(7) 舗装のメンテナンスサイクルの今後について

これまで紹介したように，適切なメンテナンスサイクルを回していくことが舗装の状態を保つために重要です。

そのために道路管理する自治体の職員や，舗装に関係する会社の技術者は AI 等の新技术を積極的に取り入れながら，日夜舗装のメンテナンスに取り組んでいます。

参考文献：

- 1) (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム HP：
<https://www2.ceri.go.jp/jpn/iji/>
(参照日：2023年10月31日)
- 2) (一社) セメント協会：コンクリート舗装の普及に向けた取り組み
https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/171107_02.pdf
- 3) (公社) 日本道路協会：コンクリート舗装に関する技術資料, pp. 13,
2009
- 4) (一社) セメント協会：提案します コンクリート舗装,
<https://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jk7.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 5) 国土交通省：道路統計年報 2021
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/index.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 6) 国土交通省：道路施設の点検データベースの整備と新技術活用
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/dourogijutsu/pdf03/04.pdf>
- 7) 全国道路施設点検データベース
<https://road-structures-map.mlit.go.jp/Index.aspx>
(参照日：2023年10月31日)

4. 舗装とカーボンニュートラル

皆さんは「舗装」に対してどのようなイメージを持っていますか？近年では地震等の自然災害が多く報道されていることもあり、人々の安全や暮らしを守るために、いかに道路が大事で、道路(舗装)を作ることが社会基盤を支えている大事な仕事であることを認識してくれている人が増えてきたかと思います。

2章で紹介したエコロードのように、自然環境との共生を可能とするだけでなく、持続可能な社会を形成するために、舗装技術は進化しています。

舗装は、トラックや船などで原料を運搬するときや、工場で火を使い材料を製造する際にCO₂を排出します。また、それらの材料を用いて、舗装工事を行うときにも、様々な機械を動かすので、排気ガスとしてCO₂を排出します。そのため、道路を作る＝CO₂を多く排出する、といった構図が生まれてしまいます。

近年、注目されている「カーボンニュートラル」というのは、簡単に言うと「ある活動を行った際に大気中に排出するCO₂（増加分）をゼロにする」ことです。現在は舗装の分野でも、材料や燃料、機械、施工の仕方を工夫し、CO₂を減らすための取り組みがなされています。

この章では、どのようにすれば舗装のカーボンニュートラルが実現できるのか、カーボンニュートラルに向けてどのような技術開発が進んでいるのか、カーボンニュートラルに貢献できる技術にはどのようなものがあるのか、などについて紹介します。

コラム3 地球温暖化問題と温室効果ガスについて

1970年代から、森林破壊、砂漠化、地球温暖化等、人類の活動による地球環境への悪影響を問題視する声の世界で高まりました。特に、地球温暖化については、「大気中の温室効果ガスの濃度を安定化すること」を目標とした国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が1995年からほぼ毎年開催されています（COPのうしろの数字は開催回数を示し、例えば第1回目のCOPはCOP1となります）。

2015年に開催されたCOP21では「パリ協定」が全会一致で採択されました。パリ協定では、気候変動枠組条約に加盟している196カ国すべてが温室効果ガスを削減するために行動すべきであるとされ、地球温暖化や気候変動の対策における歴史的な転換点となりました。また2021年にはIPCCの報告によって、温室効果ガスの排出を抑制しなければ、これまで以上の速度で今後の世界平均気温が上昇していくと、警鐘が鳴らされました（図4-1）。日本においても、2020年10月、「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現」を宣言しており、2023年現在、建設業に関わらず全国的に脱炭素化に向けた検討が推し進められています。

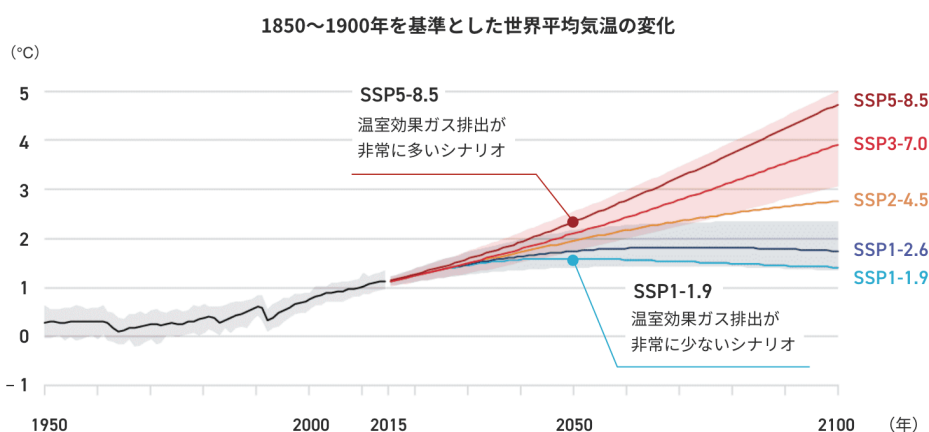


図4-1 今後の世界平均気温の上昇予測¹⁾

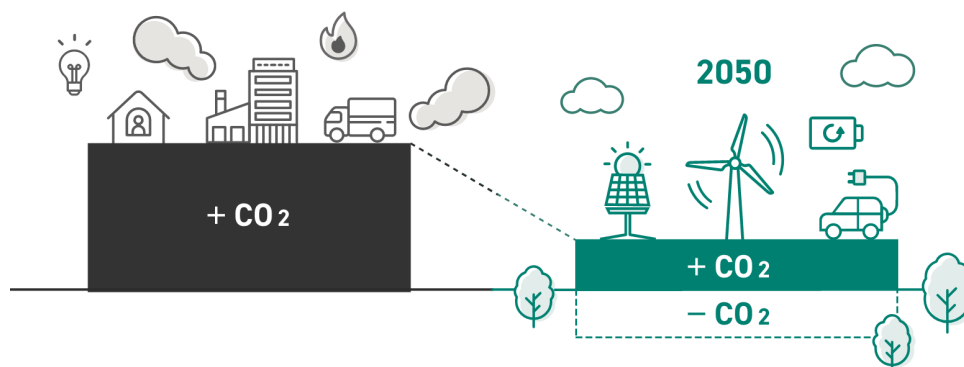


図 4-2 カーボンニュートラルのイメージ¹⁾

4-1 カーボンニュートラルとは

(1) カーボンニュートラル

2020年10月の国会において、菅内閣総理大臣が所信表明演説中に2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロとし、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言しました。この温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするということが「カーボンニュートラル」です。ちなみに、温室効果ガスには、CO₂だけでなく、メタン(CH₄)や一酸化二窒素(N₂O)、フッ化ガスも含まれます。

これらの温室効果ガスの排出を全体的にゼロにするとは、排出量から吸収量と除去量を差し引いた合計をゼロにするということです(図4-2)。

(2) カーボンニュートラルの達成方法?

カーボンニュートラルを実現するには、単純に考えれば、CO₂排出量を減らすかCO₂吸収量を増やせばいいということになります。前者であれば、電気をこまめに消すことが挙げられ、後者であればCO₂を吸収してくれるように植林という方法があります。こうした活動ももちろん大事ですが、ここでは、産業規模で取り組まれているカーボンニュートラル実現の方策として、CO₂を排出するものを排出しないものに代替する方法や、CO₂を回収して何かに利用する技術について紹介します。



図 4-3 木質バイオマス²⁾

①CO₂を排出しないものに変える

温室効果ガスの総排出量のうち7割以上を占めているCO₂ですが、その半分以上は石油や石炭などの化石燃料に由来したものです。例えば、化石燃料を使用した火力発電を行う際にCO₂が多く排出されます。これを、CO₂を排出しない再生可能エネルギーに転換することで、CO₂排出量の削減に効果があるものと考えられます。再生可能エネルギーには太陽光や風力のように自然の力を利用するものの他に、バイオマス³も含まれています。バイオマス発電は、発電時に生物由来の燃料を燃やして発電するため、CO₂排出を伴います。しかし、例えば木質バイオマスを利用した場合、調達した木材分に対して植林を行えば、その木が成長過程で大気中の二酸化炭素を吸収するため、CO₂の循環によりCO₂の増加はない、つまりカーボンニュートラルである、と捉えられています(図4-3)。

②CO₂を回収して何かに利用する

脱炭素化が難しい分野においては、CO₂を分離・回収し地中などに貯留するCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)や、CCSに加

³ バイオマスとは、生物資源(bio)の量(mass)を表す言葉であり、「再生可能な生物由来の有機性資源(化石燃料は除く)」を指します。その中で、木材からなるバイオマスのことを「木質バイオマス」と呼びます²⁾。

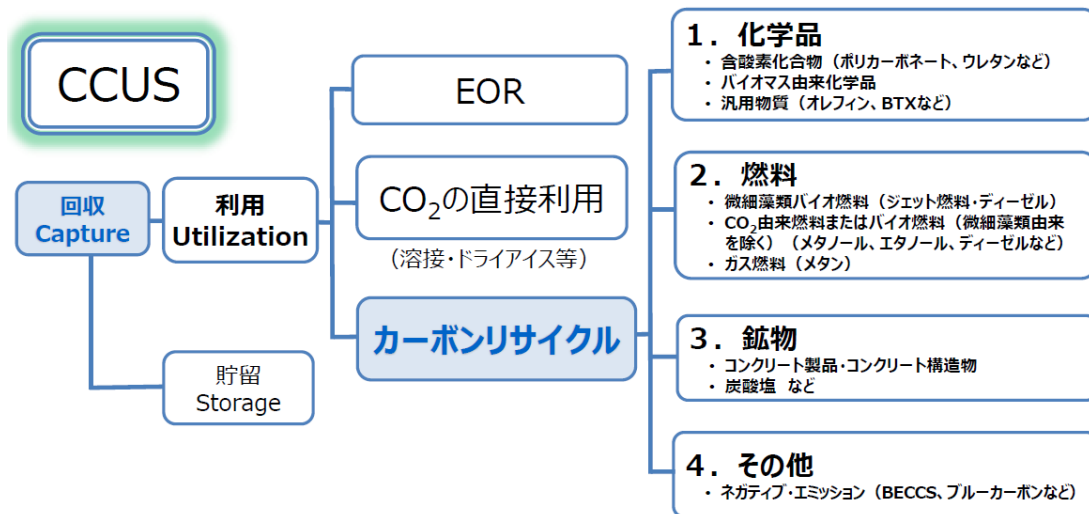


図 4-4 CCUS の概略図³⁾

えて分離・貯留した CO₂ を資源として様々な目的で利用する CCUS(Carbon dioxide Capture, Utilization of Storage) といった取り組みが進められています。(図 4-4)。

利用方法として、従来まで一般的だったのは「EOR(原油増進回収技術)」でした。これは、油田にある原油を回収しやすくするために圧入する炭酸ガスに CO₂ を使用する技術です。また、ドライアイスや溶接などに直接利用する方法もあります。いずれの方法でも利用される CO₂ が限られることから、回収した CO₂ を資源と捉え、化学品の製造や燃料として利用するカーボンリサイクルの取り組みが積極的に進められています⁴⁾。

(3)カーボンニュートラルの評価(CO₂ 排出量)

カーボンニュートラルの実現に向けて何らかの技術の導入を検討する上で課題となるのが、排出量の算定方法や削減目標をどのように決めるか、ということにあります。

排出量の考え方に「サプライチェーン排出量」というものがあります。これは、事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を指します。サプライチェーン排出量はスコープ1(直接排出量)、スコープ2(二次エネルギーの使用による



図 4-5 サプライチェーン排出量⁵⁾

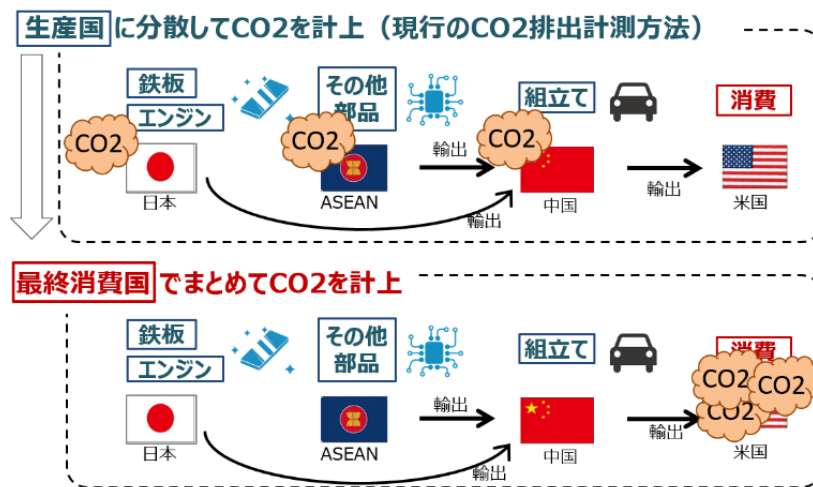


図 4-6 自動車の国際サプライチェーンのイメージにおけるCO₂計上方法の比較⁶⁾

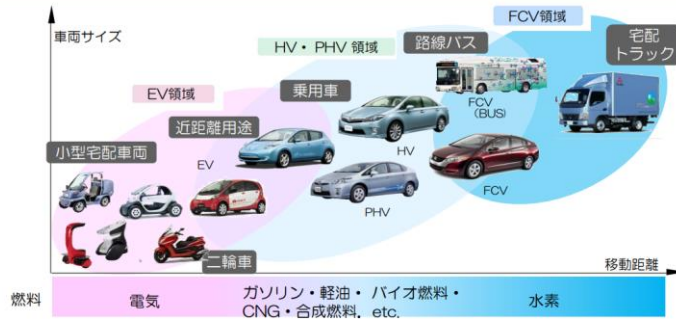
間接排出量) およびスコープ3 (その他の間接排出量) の3つに分けて考えます(図4-5)。

排出量を算定する際、算定対象範囲をどのように設定するかによって排出量が異なり、取り組みが正しく評価されないおそれがあります。

さらに、国単位で排出量を考える場合、製品生産時のガソリンや電気、ガスの使用量に基づき算定する「生産ベースCO₂排出」という考え方があります。最近では、この生産ベースの考え方に対して、製品を消費する国の排出でカウントすべきという「消費ベースCO₂排出」についても議論されています(図4-6)。

(参考) 次世代自動車の特性と活用事例

- EV→小型（都市内移動）、PHV→中型車への電気利用拡大、FCV→中大型（都市間移動、将来の軽油代替）が期待
- 多様なモビリティのニーズに対応した車両ラインアップを提供

図 4-7 車両サイズと移動距離に適した電動車の選択⁷⁾

4-2 産業界のカーボンニュートラルの取り組み

生活の中で身近な存在である、自動車業界、建設業界はどちらも、製造後消費者に渡り供用される段階(スコープ3)でのCO₂排出量が多く、供用段階での排出量削減を目指しています。具体的な取り組みとして、自動車業界では車両電動化の推進、建設業界ではZEBやZEHと呼ばれるシステムの普及を進めており、ここではそれらの詳細について紹介します。

(1) 自動車業界における取り組み

動力の全部又は一部を電気によるモーターでまかなう自動車を電動車と呼び、ハイブリッド車(HV)、プラグインハイブリッド車(PHV)、電気自動車(EV)、燃料電池自動車(FCV)の4種類に大別されます。

HVとPHVはガソリンを燃料としたエンジンを主な動力源とするため、ガソリン車と同様に走行時にCO₂を排出しますが、電気を併用することで燃費を向上することができます。また、EVとFCVは電気又は水素を燃料としたエンジンを動力とするため、走行時にCO₂を排出しませんが、EVは充電に時間を要し航続距離が短いこと、FCVは現状では充填施設が少ないことなどが課題となっています。

上述の通り、電動車は車種により異なる特性を有しており、図4-7のように、走行距離や車両サイズといった用途に合わせて使用することがカーボンニュートラル達成に繋がります。

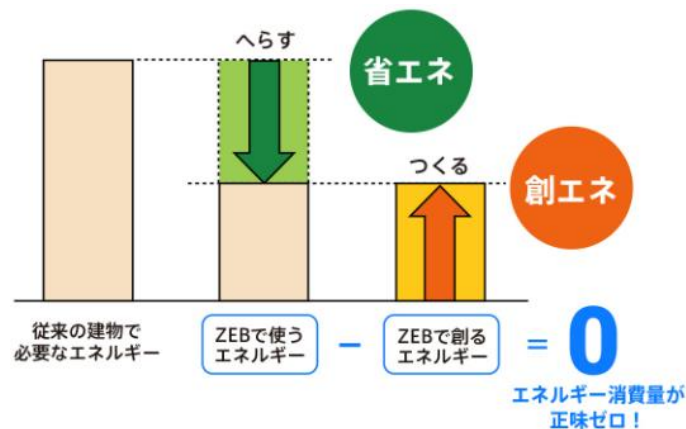


図 4-8 ZEB による省エネ・創エネ⁸⁾



図 4-9 ZEB を実現するための技術⁹⁾

(2) 建設業界における取り組み

ZEB は“NET Zero Energy Building”の略称で、快適な室内環境を実現しながら、建物で消費するエネルギーをゼロにすることを目指した建物であり、ZEH は住宅 (House) に限定したものです。省エネ設備の導入や断熱性能の向上により CO₂ 排出量を削減するとともに、太陽光発電による創エネルギーを組み合わせることで図 4-8 のとおり正味のエネルギー消費量をゼロにできます。

ZEB・ZEH で利用されている技術は図 4-9 に示すとおり、パッシブ技術 (温度調整・人工照明のエネルギー消費を削減する技術)、アクティブ技術 (高効率空調, 高効率照明), 創エネ技術 (太陽光発電システム) の 3 段階に分かれており、建物の規模や普段の使用状況によりこれらを適切に組み合わせることで、カーボンニュートラルの実現を目指しています。



図 4-10 リグニンを利用したアスファルト混合物のイメージ¹²⁾

4-3 舗装分野のカーボンニュートラルの取り組み

(1) アスファルト舗装の材料

アスファルト舗装の材料であるアスファルト混合物は、石や砂を加熱乾燥した後、高温のアスファルトと混ぜて作ります。日本では、道路舗装用のアスファルト混合物の製造数量は 2009 年時点で年間 5000 万 + ぐらいで、その加熱に用いる化石燃料は概算で 45 万 kL となり、CO₂ 排出量は 122 万 + にもなります¹⁰⁾。

そのため、道路建設に関する CO₂ 排出量を削減する対策として、アスファルト混合物の材料、製造方法などについて検討するのが重要です。ここでは、混合物の材料であるアスファルトと骨材、およびそれらを製造する時におけるカーボンニュートラルに貢献できる新技術を紹介します。

①植物由来材料

現在、研究されている新たな舗装材料として、トウモロコシ、大豆、松などの植物や植物プランクトンから得られる油分が検討されています。その油分を、アスファルトの代わりに使ったり、アスファルトと混ぜて利用する方法が検討されています。

例えば、樹木や植物の細胞壁に多く含まれるリグニンは、構造的にアスファルトに非常に似ているため注目されています。特に、製紙工場で副産物として生成されるリグニンを含むトール油の活用は、リサイクルの観点においても注目されています^{11), 12)}(図 4-10)。



図 4-11 アスファルト混合物の再生プロセス¹³⁾

②アスファルト混合物のリサイクル

道路は、供用とともに古くなったり、傷んだり破壊されていきます。撤去した古いアスファルト塊は、砕いて骨材として再利用できます(図 4-11)。現在、日本においてアスファルト塊の再資源化率は 99% であり、そのうちの多くは再生アスファルト混合物(以下、再生混合物)として再利用されています。

再生混合物は、すべて新しい材料で製造する混合物(新規混合物)に比べ、1t あたりの混合物の製造までに発生する CO₂ の総排出量を約 10%削減することができると言われています¹⁴⁾。また、アスファルト舗装のリサイクルを現地で行う「路上再生工法」があり、混合物の加熱製造や運搬時に発生する CO₂ の排出量を抑制できます。

③アスファルト混合物の製造温度を下げる技術

アスファルトはチョコレートのように、常温では硬くなり、温めると柔らかくなる性質があります。そのため、加熱アスファルト混合物は、通常 150℃以上で製造し、温度低下に気を付けて施工しなければなりません。

それに対して、混合物の温度をある程度低くしても、アスファルトを柔らかく保持できる特殊な添加剤や製造技術があり、これらは総称して「中温化技術」と呼ばれています。中温化技術を利用して舗装

を施工すると、アスファルト混合物の温度を通常より 30℃程度下げることができ、それにより CO₂ の排出量を約 10%程度削減できるとされています¹⁵⁾。

④その他

上述の技術以外にも、アスファルト乳剤を利用して常温でアスファルト舗装を製造・施工する技術があります。常温のアスファルト舗装は、CO₂ 排出量を 22～50%抑制すると試算されています¹⁶⁾。

また、アスファルトの強度や性能を向上させ、舗装された道路の使用寿命を長くするなどの「長寿命化技術」があります。舗装を施工後、良好な状態を長く保ち、道路をなおす頻度を少なくすることで、なおす際に生じる CO₂ 排出量を削減することができます¹⁷⁾。

(2) コンクリート舗装の材料

コンクリート舗装は、原材料であるセメントを製造する際に多くの CO₂ を排出することが知られています。その対策として、①セメントから CO₂ を生じない原料への代替や、②コンクリートが CO₂ を吸収（オフセット）する技術などが盛んに研究されており、それぞれの技術^{18), 19)}について紹介します。

①セメントから CO₂ を生じない原料へ代替する方法

製造時に多量の CO₂ を生じるセメントの代わりに、硬化性をもつ材料に置き換えます。置き換える割合に応じて、CO₂ の削減量が異なるため、より多くのセメントを置き換えることが重要です。

一方で、ビルや橋などの安全性が重要視される箇所では、セメントと同等以上の十分な強さが必要となります。代替材料としては、産業副産物であるフライアッシュ（石炭を燃やした際に生じる灰）などが検討されています。

②CO₂ を吸収（オフセット）する技術

セメントにはカルシウムなどの化合物が含まれていて、CO₂ と化学反応を起こして炭酸塩を生成することが知られています。この反応

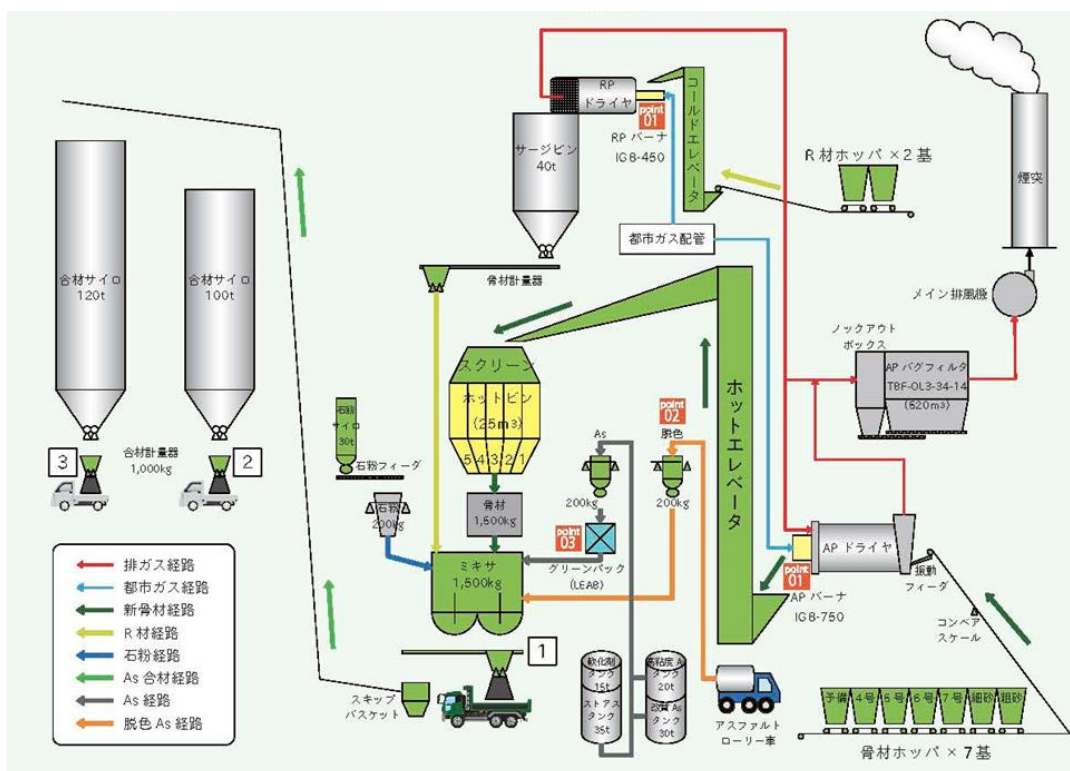


図 4-12 アスファルト合材プラントでの製造フローの例

は長い時間をかけて自然に生じるもので、中性化と呼ばれてきました。このメカニズムを人為的に利用することで、硬化前の生コンクリートや固まったコンクリート中に CO_2 を捕捉することが可能で、 CO_2 の固定化と呼ばれています。固定化に使用される材料には、コンクリート廃棄物などを活用した方法も検討されています。固定化する CO_2 はセメント製造工場だけでなく、火力発電所やごみ焼却場など様々なところから回収するプロセスが模索されています。

(3) アスファルト合材プラント

アスファルト混合物は合材プラントで製造されます。アスファルトは冷えると固まるため、高温（約 150°C 以上）で製造する必要があり、アスファルト舗装工事で必要とされる量に合わせて大量に、かつ、素早く製造する必要があります。

製造フローの一例を図 4-12 に示します。アスファルト混合物の製造プロセスには、材料の貯蔵、投入、移送、加熱、計量、混合、およ

び製品の貯蔵、出荷の工程があり、工程ごとに電気や熱エネルギーを使います。

以降では、電気由来のCO₂排出量を低減する技術と、燃料由来のCO₂排出量を低減する技術について、それぞれご紹介します。

①電気由来のCO₂排出量を低減する技術

電気由来のCO₂排出量を低減する方法の1つが消費電力の少ない機器を使用することです。現在、プラント稼働の様々な工程で「エネルギーの使用の合理化に関する法律（以下、省エネ法）」の基準を満足した機器を活用することで、消費電力の削減に取り組んでいます。

もう1つの方法が太陽光や風力発電などの再生可能エネルギー由来の電力を使用することです。一部の合材プラントでは再生可能エネルギー由来の電力の使用が進められています。使用電力を再生可能エネルギーに転換することとで、環境に対して負荷をかけない取り組みが進められています。

②燃料由来のCO₂排出量を低減する技術

燃料由来のCO₂排出量を低減する方法は3つあります。

1つ目は、CO₂排出量の少ない燃料を使用することです。合材プラントの燃料として、一般的には重油が使われていますが、他にも都市ガスや灯油などがあり、これらの燃料を使用することで同じ発熱量でもCO₂排出量を少なくすることができます。一方、CO₂排出量の少ない都市ガスは、ガスパイプラインの整備されたエリアでしか使用できないといった課題もあります。また、合材プラント内の重機に用いられる軽油の代わりに、一部植物由来材料を含んだB5燃料と呼ばれる近年開発された燃料を使用することも効果的です。

2つ目の方法は、非化石燃料への転換です。一部の合材プラントでは非化石燃料を使用することにより実質的なCO₂排出量の低減を図っています。非化石燃料には、グリセリン・廃食油・木タール等がありますが、これらの燃料は単独では、燃焼が安定しないため、重油や都市ガスなどの化石燃料と混ぜて利用されています。



図 4-13 建設施工におけるカーボンニュートラルの実現²⁰⁾

3つ目の方法は、材料乾燥により燃料消費量を削減することです。材料加熱に使用する燃料の多くは、濡れた材料を乾燥するために使用されています。そのため、材料に含まれる水分の低減を図ることは、合材プラントの燃料消費量の削減およびCO₂排出量の削減に非常に効果的です²⁰⁾。材料に含まれる水分を低減するための方法には、材料の貯蔵場所に雨水が侵入しないように対策して、水たまりができないようにしたり、材料を天日乾燥するなどの方法があり、材料乾燥による燃料消費量の削減対策に取り組んでいます。

(4) 施工

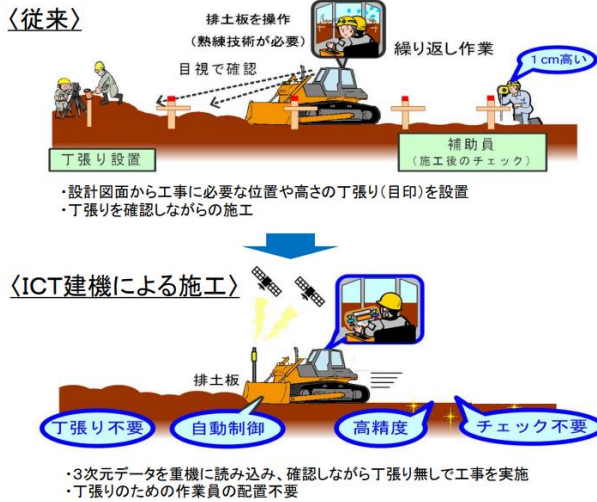
国内のCO₂排出量のうち約35%が産業に由来しており、そのうち、1.4%（全体の0.5%）が建設機械の排ガスによるものです。

そこで、国土交通省は、燃費のよい建設機械を認定する制度等によりディーゼルエンジン式の建設機械の導入を促進して、燃費性能の向上によるCO₂排出削減を進めてきました（図4-13）。

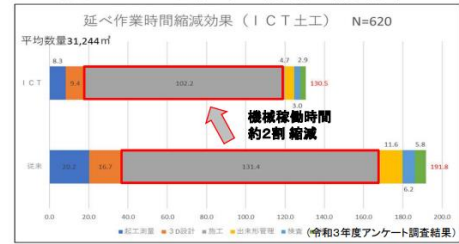
今後、建設施工におけるカーボンニュートラルを実現するため、生産性が向上する建設機械のオートメーション化（ICT⁴施工）と普及が取り組まれています。また、電気、水素、バイオマス燃料等を使用し

⁴ Information and Communication Technology (ICT)：情報通信技術の略

■ICT施工による生産性向上



■ICT施工による作業時間短縮効果



■小規模現場へのICT施工導入促進

小型建機



床堀などの出来形計測の必要がない作業は小型建機+MGで行い低コスト化

汎用機械(スマホなど)



小規模な現場では汎用機械を用い出来形計測を低コスト化

図 4-14 具体的取組① ICT 施工による施工の低炭素化²¹⁾

た建設機械の導入拡大を図っています²¹⁾。以下ではそれぞれの取り組みについてご紹介します。

①ICT による施工の低炭素化²²⁾

ICT 施工の導入により、建設機械が設計データに基づいて自動制御されるため、地面を掘ったり平らにしたりする際の丁張り(木の杭を利用した高さなどの目印となるもの)確認など、人力による建設機械周りの作業が不要となり、施工の効率化が図られます(図 4-14)。その結果、現場の作業時間の短縮により建設機械から排出される CO₂ の削減が期待できます。さらに、既に ICT 施工の活用が進んでいる大規模の現場だけでなく、建設業の大半を占める小規模の現場についても ICT 施工の導入を促進することで、建設業全体として施工現場から排出される CO₂ をより効果的に削減することが期待されます。

②建設機械に使用する燃料の脱炭素化²²⁾

2050 年の建設現場からの温室効果ガスの直接排出量の実質ゼロ化を目指すためには、動力源を電気・水素・バイオマス燃料等とした建設機械への抜本的な転換を図る必要があります。こうした建設機



図 4-15 具体的取組② 建設機械の脱炭素化²²⁾

械の導入・普及促進のために、認定制度の創設など、具体的な支援策が検討されています（図 4-15）。

(5) 供用

舗装は、自動車の走行路や歩行者の通路として使用されます。舗装がこのように、いろいろな人々に使われることを「供用」といいます。舗装を作っても、だれからも使われなかったら意味がありません。つまり、舗装は供用されて初めて本来の目的を果たすこととなります。

一方で、3章で紹介したように舗装は供用されるにつれて壊れていきます。一般に、アスファルト舗装は10年間、コンクリート舗装は20年供用することを目標に作られることが多いです。この供用期間を、耐久性の高い材料などを使用し、従来よりも長くすることで、使用材料や工事の回数が削減され、CO₂排出量を削減することが可能であると考えられます（コラム4）。

さらに、路面温度の上昇を抑制する技術や自動車の燃費を向上させる舗装技術も開発されており、これらの技術も供用中のカーボンニュートラルに貢献します。以降ではそれぞれの技術について紹介します。

コラム4 LCCとLCCO₂

図4-16は供用時間と舗装の性能の関係を費用の観点から示した図です。供用に伴い舗装の性能が低下すると、安全な車の走行が確保できなくなり、本来の役割を担うことができなくなります。そうなった舗装は、なおす必要が出てきますが、その際に材料費や工事費等の費用が発生します。例えば、ある場所の舗装を一定期間供用し続けようとした際に、その期間にわたり必要となる補修や工事の全体の費用をライフサイクルコスト(LCC)と言います。

近年では費用だけでなくCO₂排出量にも同様の考え方がされるようになってきました(LCCO₂)。LCCを小さく抑えることを考えてメンテナンスしていくことが、LCCO₂の削減にもつながり、経済的にも環境的にも非常に重要なこととなります。

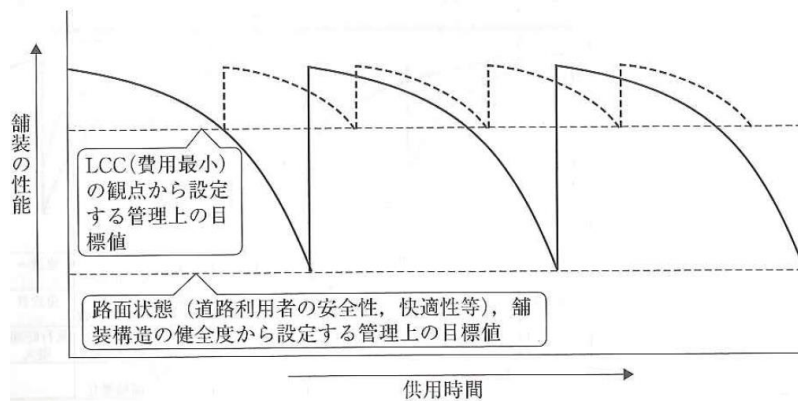


図4-16 ライフサイクルコストの考え方²³⁾

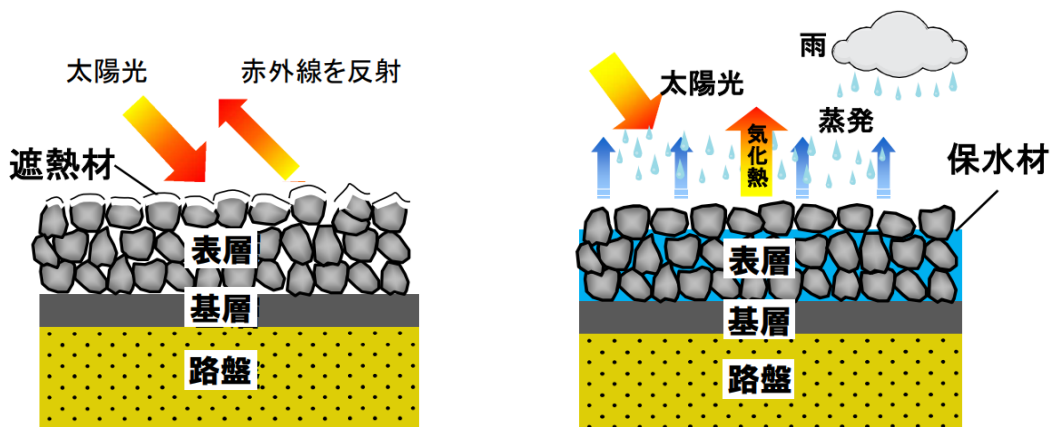


図 4-17 遮熱性舗装(左)と保水性舗装(右)²⁴⁾

①路面温度上昇を抑制する技術

日本では、夏場の路面温度が60℃にまで達するといわれています。路面温度が高いと、都市部においてはヒートアイランド現象（都市の気温が周辺よりも高くなること）の発生にもつながります。ヒートアイランド現象が起こると、冷房などで消費されるエネルギー量が多くなってしまいます。

この路面温度上昇を抑制する技術として、遮熱性舗装や保水性舗装があります（図4-17）。遮熱性舗装は、舗装表面を遮熱材でコーティングすることで、路面の温度上昇を抑制する技術です。近年では東京オリンピック2020のマラソンのコースで話題に挙がりました。保水性舗装は、雷おこしのような空隙の多い舗装に、水を吸い込み保持する材料を充填することで、保水効果を付与した技術です。降雨などによってしみ込んだ水が蒸発するときの気化熱を利用して、路面温度の上昇を抑制します²⁵⁾。

遮熱性舗装や保水性舗装の技術を活用することで、ヒートアイランド現象を抑制することができ、冷房などで消費するエネルギーを削減することにつながります。

②自動車の走行燃費を向上させる舗装技術

未舗装の道路を走行すると、路面の凹凸によって自動車が受ける振動が大きくなるため、走行燃費が悪くなってしまいます（図4-18）。



図 4-18 未舗装道路を走行する車両²⁶⁾

一方、舗装された道路では、自動車が走行時に受ける振動やタイヤの転がり抵抗性を小さくできるため、走行燃費が向上します。自動車の走行燃費向上は、CO₂排出量削減につながるため、舗装することそのものがカーボンニュートラルに貢献しているといえます。さらに、より平坦に施工してタイヤと路面間の転がり抵抗性を小さくすることで、自動車の走行燃費を向上する舗装技術も開発されています²⁷⁾。

(6) 創エネルギー

世界的な取り組みとしてカーボンニュートラルが進められていく中で、道路でエネルギーを創り出すための様々な取り組みが国内外でなされています。ここでは、事例を交えながらそれぞれの技術について紹介します。

① 太陽光を利用した発電

道路でエネルギーを創り出す技術として、最も代表的なものが太陽光による発電です。国内では、高速道路の法面など空きスペースに太陽光パネルを設置し、道路照明などの電力を賄う試みがなされています(図 4-19)。また、様々な企業が太陽光パネルを舗装面に敷設し発電する技術の開発に取り組んでいます(図 4-20)。

今後、国内での実用化に向けて下記のような課題などがあり、官民一体となって課題解決に向けて取り組んでいく必要があります。



図 4-19 国内の太陽光パネル設置事例（東九州自動車道）²⁸⁾



図 4-20 国内の太陽光発電舗装²⁹⁾

- ・ 舗装に関する技術基準への適合性の確認(耐久性, 耐候性など)
- ・ 発電効率が費用対効果にマッチするか(天候に左右される, パネル自体の発電効率の基準整備)

②振動を利用した発電

振動発電とは、振動からエネルギーを作り出す発電技術です³⁰⁾。図 4-21 に示すように発電に利用できる振動の種類は多岐に渡ります。舗装では、人の歩行や車の走行時の振動を利用して発電し、LED ライトを点灯させるなどの実証実験が進められています。

今後、実用化に向けた課題として、ゆっくりとした動きを効率よく振動に変換するメカニズムの開発³⁰⁾や、振動から得られる発電量を多くすることが挙げられます。この課題を解決するためには、振動から電気を作る効率をあげる技術開発が大事になります。

③熱を利用した発電

夏季の暑い路面や冬季の冷たい路面を利用して発電することが検討されており、その手法としてゼーベック効果が用いられます³¹⁾。ゼーベック効果とは、2種類の異なる金属をつなげて両方の接点に温度差を与えると金属間に電圧が生じ、電流が流れる効果のことです。道路では、地中と路面とで温度差があることがわかっているため、図 4-22 のように地中と路面に熱電素子を埋設し、その温度差からの発電を試みています。

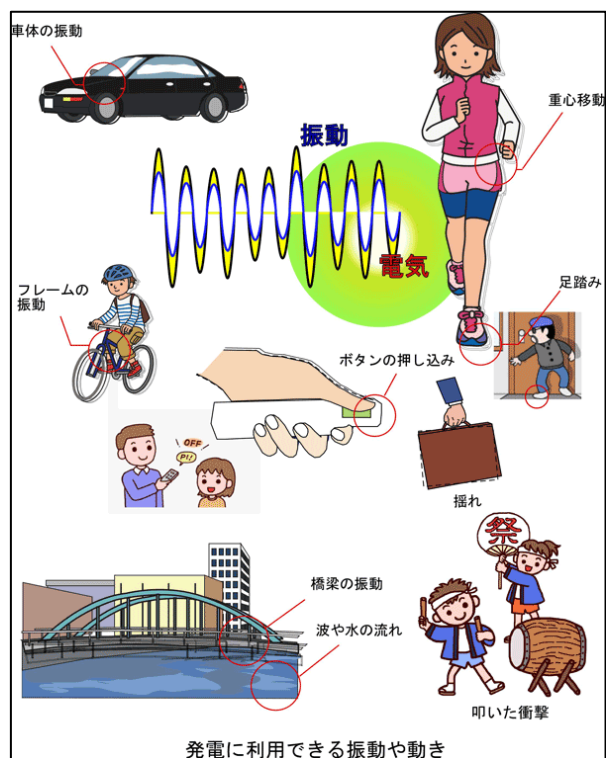


図 4-21 振動発電³⁰⁾

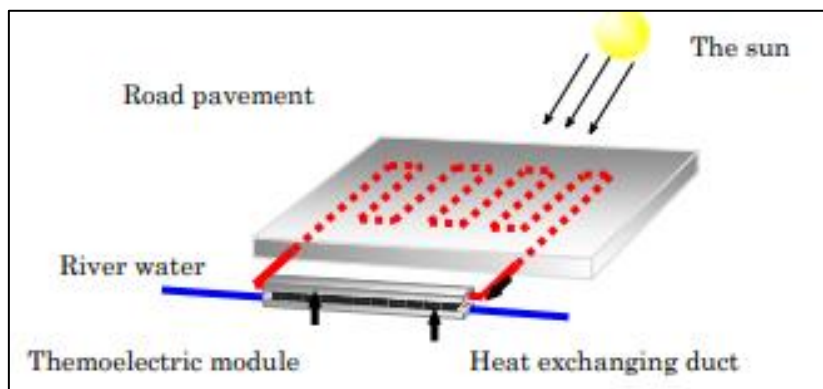


図 4-22 路面の熱を利用した発電システム³¹⁾

参考文献：

- 1) 環境省：“カーボンニュートラルとは”，脱炭素ポータル，2021.
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/
(参照日：2023年10月31日)
- 2) 林野庁：“なぜ木質バイオマスを使うのか”，林野庁HP.
https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_2.html
(参照日：2023年10月31日)
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁：“未来ではCO2が役に立つ？！
「カーボンリサイクル」でCO2を資源に”，経済産業省資源エネルギー庁HP，2019.
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/carbon_recycling.html
(参照日：2023年10月31日)
- 4) 環境省：CCUSを活用したカーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組み，2020.
https://www.env.go.jp/earth/brochureJ/ccus_brochure_0212_1_J.pdf
- 5) 環境省：“排出量算定について”，グリーン・バリューチェーンプラットフォーム.
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate.html
(参照日：2023年10月31日)
- 6) 経済産業省資源エネルギー庁：令和元年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2020)，経済産業省資源エネルギー庁HP.
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020html/l-3-1.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 7) (一社) 日本自動車工業会：2050年カーボンニュートラルに向けた自動車業界の課題と取り組み，2021.

https://www.jama.or.jp/operation/ecology/carbon_neutral_data/pdf/CNMaterial_05.pdf

- 8) 環境省：“ZEB とは？”，ZEB PORTAL.

<https://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>

(参照日：2023年10月31日)

- 9) 環境省：“ZEB を実現するための技術”，ZEB PORTAL

<https://www.env.go.jp/earth/zeb/detail/06.html>

(参照日：2023年10月31日)

- 10) 井原務：中温化（低炭素）アスファルト舗装のCO₂削減効果，建設の施工企画，Vol.12，pp.20-24，2011.

- 11) 永原篤：Part 8 環境対応技術，舗装，Vol.52，No.12，p.27，2022.

- 12) 日本製紙グループ：“ニュースリリース クラフトリグニンのアスファルト利用に関する共同研究 NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラムに採択”，日本製紙グループHP，2020.

<https://www.nipponpapergroup.com/news/year/2020/news201028004780.html>

(参照日：2023年10月31日)

- 13) (一社)日本アスファルト協会：入門講座，(一社)日本アスファルト協会HP.

<http://askyo.jp/knowledge/07-2.html>

(参照日：2023年10月31日)

- 14) 新田弘之：アスファルト舗装に関する二酸化炭素排出量について，アスファルト，Vol.64，No.237，pp.5-8，2021.

- 15) (国研)土木研究所 寒地土木研究：中温化舗装技術について，寒地土木研究所月報，Vol.54，No.3，2012.

- 16) (一社)日本道路建設業協会技術委員会新技術開発部会，舗装分野におけるカーボンニュートラルについて，建設マネジメント技術，pp.59-63，2022.

- 17) 久保和幸，寺田剛，川上篤史，平川一成：低炭素社会を実現する舗装技術の藍発及び評価技術に関する研究①，重点プロジェクト研究報告書，2014.

- 18) 兵頭彦次, 星野清一: 炭酸化によるセメント系材料の CO2 吸収固定(その 1), セメント・コンクリート, No. 902, pp. 38-41, 2022
- 19) 星野清一, 兵頭彦次: 炭酸化によるセメント系材料の CO2 吸収固定(その 2), セメント・コンクリート, No. 903, pp. 42-47, 2022
- 20) 高野成也: アスファルトプラントにおける低炭素化への取り組み, 日工(株) HP, 2023.
<https://jcmanet.or.jp/jcma2019wide/wp-content/uploads/2023/04/afd15f2b88c2c5a9702f1802f0d00c07.pdf>
- 21) 国土交通省: 第 3 回会議 グリーン社会 WG, 資料 1-3 グリーン社会の実現に向けた国土交通分野における環境関連施策・プロジェクトについて (検討イメージ例: インフラ関係), pp. 5, 2021.
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001400955.pdf>
(参照日: 2023 年 10 月 31 日)
- 22) 国土交通省: 第 29 回技術部会, 資料 4 国土交通省のインフラ分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組, pp. 5-6, 2022.
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001493862.pdf>
(参照日: 2023 年 10 月 31 日)
- 23) (公社) 日本道路協会: 舗装設計施工指針 (平成 18 年版), pp. 19, 2006.
- 24) 東京都建設局: “舗装の仕組み”, 東京都建設局 HP.
https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jimusho/sanken/hosyu_hoso.html
(参照日: 2023 年 10 月 31 日)

- 25) 国土交通省：遮熱性舗装の概要。
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/utilization/pdf/04-1.pdf>
(参照日：2023年10月31日)
- 26) JICA：“道路改良・保全事業”，ODA 見える化サイト
<https://www.jica.go.jp/oda/project/PH-P247/index.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 27) 久保和幸，寺田剛，川上篤史，平川一成：低炭素社会を実現する舗装技術の藍発及び評価技術に関する研究①，プロジェクト研究報告書，2015
- 28) 田中太悟，大塚健司，浜田真寿：カーボンニュートラルに向けたトンネル設備用電源の整備，国土交通省九州地方整備局九州国土交通研究会，2022
- 29) 東亜道路工業(株)：“NEWS 太陽光発電舗装「Wattway」東京ベイ eSG プロジェクトにおいてパネル 60 枚の施工を完了しました。”，東亜道路工業(株) HP，2023。
<https://www.toadoro.co.jp/news/news/wattway-esg60.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 30) 金沢大学振動発電研究室：“振動発電とは”，金沢大学振動発電研究室 HP。
<https://vibpower.w3.kanazawa-u.ac.jp/about.html>
(参照日：2023年10月31日)
- 31) 上川優貴，長谷部正基：熱電素子による道路舗装面の熱エネルギーを利用した発電システム，土木学会第 60 回年次講演会，pp. 385-386，2005.

5. おわりに

ここまでお読み頂きありがとうございます。舗装の歴史や基礎的なことから、最新の技術までご紹介しましたが、本書で紹介しきれない最新技術は、まだまだたくさんあります。ぜひ、身の回りの舗装技術に目を向けてみてください。

最後に本書の作成に携わったみなさまからのメッセージをお届けします。

★舗装業界で日々奮闘する若手技術者が伝えたい舗装の魅力を詰め込みました。普段何気なく接している舗装について、この資料を手にとっていただいた方が少しでも興味を持ってもらえれば嬉しいです。(舗装未来検討会幹事長 Y.W)

★終盤からの参加でしたが、このような機会をいただき、ありがたく感じております。今後の業務で得たものを活用できるよう、努めてまいります。(M.A)

★舗装を当たり前利用できるのは多くの企業や人々の支えによるものです。弊社の目地材等もその一部ですので、持続可能や脱炭素への取組みにより活発化している舗装業界に対し+αの価値を提供できるよう、今後も取り組んでいきたいと思ひます。(N.E)

★舗装が生活の一部として根付くまで、多くの技術者が日夜、技術開発に励んできました。この資料をきっかけに舗装に携わる技術者の活動を少しでも知っていただければ幸いです。(K.K)

★どうして舗装が今のような形に進化したのかを知り、未来の舗装に何が必要なのか考える良いきっかけとなりました。本書を読んだ方々にとっても、舗装を知るきっかけとなれば幸いです。(Y.K)

★持続可能な社会を築き、素敵な道路空間を創るため、道路舗装技術は日々進化しています。今回の資料で紹介している内容に一つでも興味が持ってもらえたらうれしいです。「みちの世界へようこそ！」(K.K)

★最近は道路の枠を超え、カーボンニュートラルなど日本のみならず世界の課題解決に向け日々技術開発が行われています。ですので分野を問わず多種多様な人材が必要です。この冊子が私たち道路業界との出会いの一助になれば嬉しいです。(K.S)

★他のメンバーが書いた原稿を見て、初めて知ったことも多く、大変勉強になりました。また、ほとんどすべての打ち合わせをオンライン上で行ったのも初めてでしたので、良い経験になりました。(S.S)

★舗装は多くの人にとって、「在って当たり前」だと思います。本誌を通じ、舗装が「在って当たり前」であり続けてきた裏には、最先端の舗装技術やそれを活用する技術者がいることを知り、少しでも舗装業界に興味を持っていただけたなら幸いです。(K.T)

★この委員会の活動を通して「持続可能な舗装とはどんなものがあるのか」について改めて考える良い機会となりました。このパンフレットが色々な人の手に渡り、少しでも興味のあるトピックがあれば良いなと思っています。(S.T)

★舗装をメンテナンスする方法は日々進化しています。このパンフレットに少しでも興味を持ってもらえたら自分が普段通る道の舗装を見てみてください。古くてひび割れが多い舗装が多く見られると思います。この古い舗装を調査して、直していく仕事をしている技術者がいることを少しでも知って頂けたら嬉しいです。(T.T)

★本プロジェクトが始動した当時、北海道勤務だった私は『寒冷地の若手舗装技術者の代表』として頑張ろうと思っていましたが、直後に関東圏へ異動になりました。人生初の北海道外生活に戸惑いも感じながらも、『寒冷地の舗装技術者』という気概は忘れず、これからも舗装業界に貢献できるように頑張っていきたいと思っています。(S.T)

★舗装会社に入社して9年ですが、近年、一段と変化が目まぐるしいと感じます。弊社では女性技術者が増えましたし、カーボンニュートラルへの取り組みも盛んになってきております。未来舗装検討会の活動を通して、微力ながら同業他社の皆さんと一緒に舗装業界を盛り上げていきたいです。(N.F)

★Web 会議主体となり，コミュニケーションが難しい場面もあった。それでも持続可能をキーワードに幅広く情報をまとめることができたのは，幹事長はじめグループリーダーがリーダーシップを発揮してくれたことに尽きると思う。(H.F)

★本検討会に参加させて頂き，自分自身も大変勉強になりました。機械メーカーの一員として，今後も舗装技術に貢献する機械の開発に取り組んでいきたいと思えます。(T.W)

★舗装業界はここ数年で急速な IT 化・デジタル化が進んでいる一方で，若い担い手が不足しています。若い方が少しでも多く舗装業界に携わり，世代交代が進むことを期待しています。(N.W)