



IPCC 第6次評価報告書第3作業部会 気候変動の緩和 第10章 輸送

2019年の運輸部門からの直接的な二酸化炭素換算排出量は8.7 Gt（1990年5.0 Gt）で、ここ30年で74%も増加しています。これは世界のエネルギー関連の二酸化炭素換算排出量の23%を占めています。

図1は1990年から2019年までの運輸部門からの二酸化炭素換算排出量の推移を示したものです。右側の凡例は、上から車両が使用する電

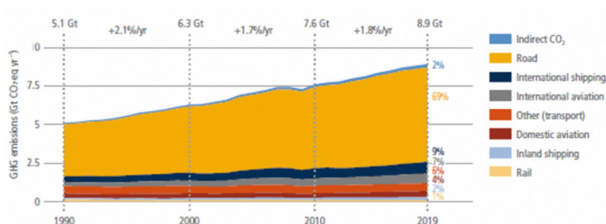


図1 1990年から2019年までの運輸部門からの二酸化炭素換算排出量 (Gt)

気・熱・冷暖房など間接的な排出量で2%、直接的排出量の道路輸送(69%)、国際海運(9%)、国際航空(7%)、その他の輸送(6%)、国内航空(4%)、内陸水運(2%)、鉄道(1%)となっています。輸送では圧倒的に自動車やトラックなど道路輸送からの温室効果ガス排出量が多く、鉄道輸送の排出量が少ないことを示しています。

図2は低炭素輸送技術のためのエネルギー経路を示したもので、一次エネルギー(左端)からエネルギーキャリア、車両技術、輸送システムのセグメント(右端)と、エネルギーから交通への流れを体系的に示しています。1次エネルギーでは、上から再生可能電力、原子力、二酸化炭素回収・貯留(CCS)付き化石燃料、バイオマス(CCSあり/なし)の4つが挙げられています。また、左から2番目のエネルギーキャリアでは、電力、水素、アンモニア、合成燃料、バイオマス燃料の5つが、1次エネルギーを変換して運輸に使えるものとして挙げられています。

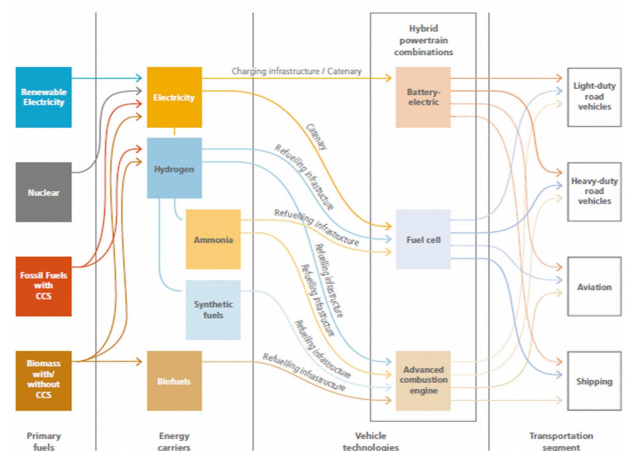


図2 低炭素輸送技術のためのエネルギー経路

これらのエネルギーキャリアは、充電インフラや架線を通して車両技術のバッテリー電気自動車やハイブリッド動力システムで利用され、軽車両(乗用車・軽商用車)で利用されます。また、電力は架線や充電設備を通じて利用され、軽車両、重量車両、航空、海運で利用されます。車両技術に位置する燃料電池はアンモニアや水素でも利用することが可能です。車両技術に位置する先進的内燃機関では、燃料補給インフラを通して、水素、アンモニア、合成燃料、バイオ燃料を全ての輸送セグメントで利用されます。いずれにしても、輸送部門の低炭素化には、燃料を作る段階での低炭素化と、使う段階での低炭素化が必要なことを示しています。ここには温室効果ガスの排出量の少ない鉄道は含まれていませんが、鉄道は燃料経路が主として電気で、電源の低炭素化でより効率的な輸送セグメントになります。この利用拡大には自動車からのモーダルシフトや都市交通政策の転換、需要管理などが重要な課題となっています。

さらに、運輸部門で最大の温室効果ガスを排出する普通乗用車や小型トラックなど中型車両の具体的な排出量を図3に示します。図の最左

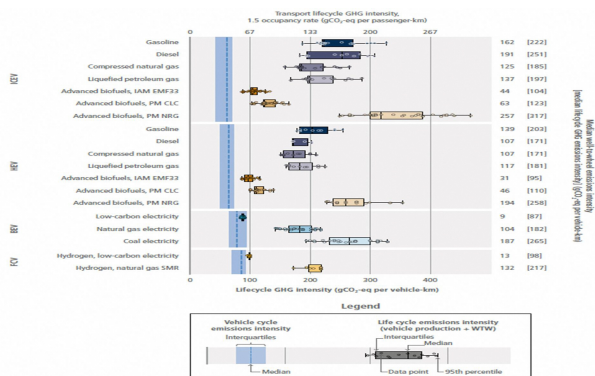


図 3 中型軽車両および燃料技術におけるライフサイクル (燃料・供給・走行) の二酸化炭素換算排出強度 (gCO₂-eq/km)

側は車両の駆動方式で、上から内燃機関車 (ICEV)、ハイブリッド車 (HEV)、バッテリー電気自動車 (BEV)、燃料電池車 (FCV) の 4 種類が示されており、それぞれの駆動方式で使用する燃料が次の列に示されています。ICEV と HEV では、燃料がガソリン、ディーゼル、圧縮天然ガス、液化石油ガス、先進バイオ燃料 IAM EMF33、先進バイオ燃料 PM CLC シナリオ、先進バイオ燃料 PM NRG シナリオの 7 種が挙げられており、これらの燃焼で二酸化炭素の排出量が決まります。BEV では低炭素発電、天然ガス発電、石炭火力発電の 3 種が示されており、走行時に二酸化炭素は排出しませんが、充電時の使用電力で排出量が決まります。また、FCV では低炭素電力由来の水素と天然ガス改質水素の 2 種類が挙げられており、水素の製造方法で二酸化炭素の排出量が決まります。この図の横軸は中型軽自動車のライフサイクルでの二酸化炭素換算排出強度 (1 km 走る時に排出する二酸化炭素換算排出量) で車両寿命を 18 万 km 走る事を仮定して計算しています。青のボックスは車両製造時の排出量で、横幅は四分位の範囲を、線はその中央値、点は各研究データで横線の右側は 95% タイルで高排出量の上限を示しています。その右側のボックスは燃料によって色分けされていますが、車両の製造、燃料製造、走行時を含めたライフサイクル全体での排出量を示しています。ボックス内の記号は青ボックスと同じです。さらに、図右の数値はライフサイクルでの排出量の中央値と 95% タイル値が示されています。

ライフサイクルを通して、排出量の最も少ない車両は先進バイオ燃料 IAM EMF33 を使用した HEV で、最も多く排出するのは先進バイオ燃料 PM CLC シナリオを使った ICEV であることが示されています。先進バイオ燃料と表示されていますが、IAM EMF33 は残渣系バイオマス利用で、PM CLC は燃料生産に対する土地利用の変化も含めて評価した燃料、また、PM NRG は土地利用の

変化も少なく、効率的な製造プロセスを想定したものです。バイオ燃料は基本的に温室効果ガスの排出が少ないと思われがちですが、その製造過程を考慮しないと化石燃料より温室効果ガスを排出することに注意する必要があります。

こうした状況下での運輸部門における緩和策とネットゼロ移行戦略の社会技術システムの転換を重層的視点から示したのが図 4 です。横軸は実現までの時間軸で「社会全体の主流化に向けた障壁除去 (5 年)」、「政策介入による制度改革 (10 年)」、「研究開発や実証段階 (15 年)」に区分されています。縦軸は導入規模として小、

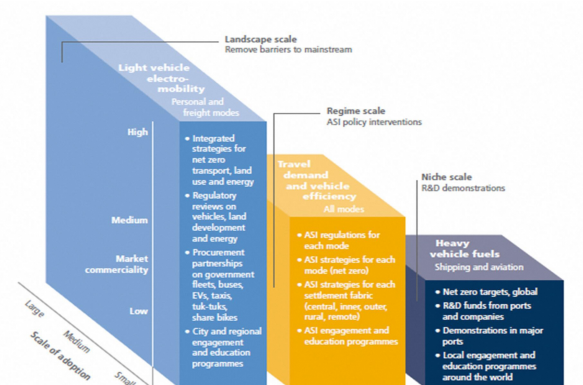


図 4 輸送における緩和策と実現条件

中、大規模の 3 段階、高さ軸は市場における商業性で、低、中、高の三段階に区分されています。左端の青ボックスは、個人および貨物輸送の形態として「交通・土地利用・エネルギーを統合したネットゼロ戦略」「車両、土地開発、エネルギーに関する規制の見直し」「政府車両、バス、EV、タクシー、トゥクトゥク、シェア自転車などの調達パートナーシップ」、「都市・地域レベルでの参加促進と教育プログラム」が示されています。黄色ボックスのレジームスケールは 10 年程度で実現する課題で、移動需要の抑制と効率化 (ASI 戦略) が示されており、「各交通モードに対する規制」「各交通モードに対するネットゼロ戦略」「都心・内側地域・外側地域・農村・遠隔地など、各都市構造に応じた移動量の削減、交通手段の転換、効率の改善の政策介入」「政策決定についての参加促進と教育プログラム実施」が示されています。また、紺色ボックスの重車両の脱炭素燃料では、海運・航空など大型車両燃料を対象として 15 年で「グローバルなネットゼロ目標の設定」「港湾や企業による研究開発 (R&D) への投資」「主要港での実証プロジェクトの実施」「世界各地での普及支援への参加促進と教育プログラムの実施」の 4 つが示されています。EV 化や移動需要の最適化、さらには重車両燃料の転換などの研究や政策検討を行い、社会実装を 5 年から 15 年の間で実現することの重要性を示しています。