

国際的なカーボンニュートラル動向とデンソーの取組み

International Trends in Carbon Neutrality and DENSO's Initiatives

石塚 康治
Koji ISHIZUKA

The movement for carbon neutrality(CN)is accelerated in the world, and the steering is shifted from "low carbon" to "decarbonization", and the development of the environmental technology advances. DENSO declared to aim at carbon neutrality by 2035 in order to contribute by early development & commercialization of environmental technology. This paper introduces the international trend of carbon neutrality and the DENSO's three main initiatives: (1) CN for manufacturing, (2) CN for mobility, and (3) CN for energy.

Key words :

Carbon Neutrality, Renewable Energy, eVTOL, SORC, CO₂ circulation

1. はじめに

現在、世界中でカーボンニュートラル（以下 CN）に向けた動きが加速している。欧州や北米、中国を中心に、2050～60年のCN化を目指し、政策的な大規模投資のもと、環境技術の開発が活発に行われている。また、輸入品の製造時CO₂排出量に対する報告義務や、炭素価格に応じた支払いを義務付ける、国境炭素調整をはじめとした新たなルールや規制措置の導入が議論されている。世界は「低」炭素から「脱」炭素へと舵を切り、着々と新たな枠組みを構築し始めている。一方国内では、再生エネルギーの導入が不十分かつ高価であり、モノづくりのCO₂排出量も依然高いままである。このままでは近い将来、国内でのモノづくりができなくなってしまう恐れすらある。

デンソーは、これらの動きに先回りし、2035年ま

でにCNを目指すことを宣言した。環境技術を早期に開発し、事業化・普及することで、世の中のCN化に貢献していくためである。このための活動の柱は次の3つである。即ち、①モノづくりのCN、②モビリティのCN、③エネルギーのCNの3つである。本稿では、これら3つの取り組みの概要と、中でも特に②の活動における空モビの取り組み、③の活動におけるCO₂回収の取り組みにつき、詳述する。

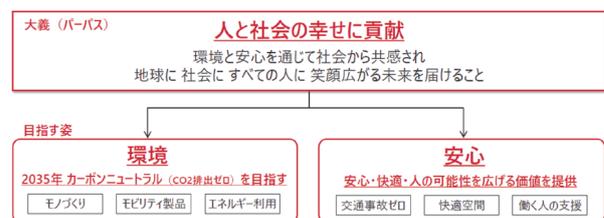


Fig. 1-1 デンソーの大義と環境の3つの取組み

2. カーボンニュートラルの全体像

Fig. 2-1は、世の中のエネルギーフローを示している。従来、エネルギーの大半は、原油などの化石燃料を採掘し、精製された燃料である。それをもとに発電を行い、電気を供給するとともに、モビリティ燃料や都市ガスとして需要家に供給されている。いわば、エネルギーは「まとめてつくり」、「まとめてはこばれる」。

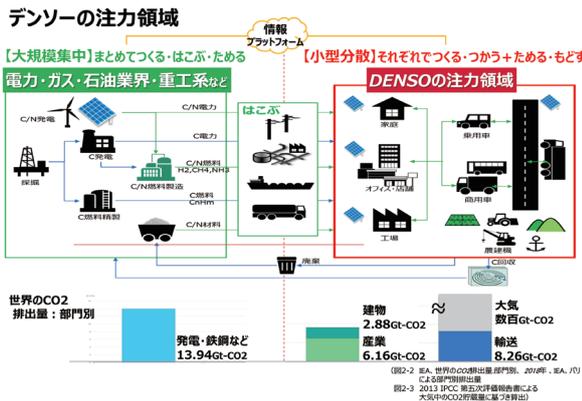


Fig. 2-1 エネルギーフロー

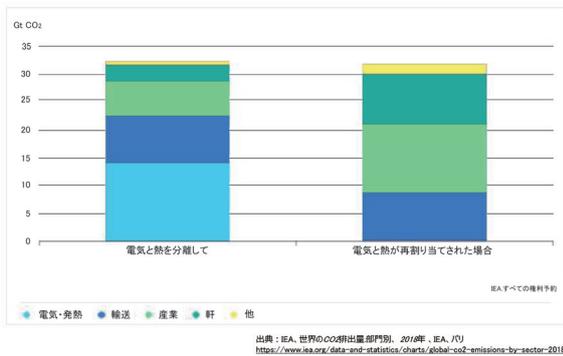


Fig. 2-2 世界のCO₂排出量：部門別

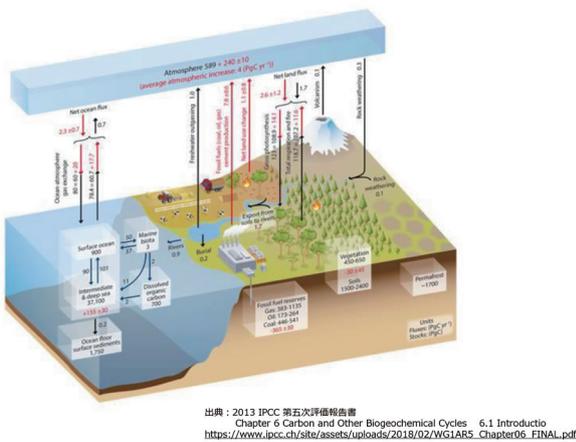


Fig. 2-3 人間活動による大気中CO₂貯蔵量

これに対し、再生エネルギーが普及すると、各家庭や商業施設などでも太陽光パネルが設置され、「まとめてつくる」だけでなく、エネルギーを「それぞれでつくる」ことが増えてくる。またモビリティは勿論のこと、街や工場でガスをはじめとした燃料は直接消費されており、街のいたるところでCO₂が排出されている。

Fig. 2-2は、世界のCO₂直接排出源を部門別に纏めたものである。図に示すように、世界CO₂排出量の半分は、発電や鉄鋼といった大規模施設から排出される。その一方で、製造業をはじめとした各種産業やモビリティから排出されるCO₂が残りの半分を占める。これらのCO₂は、それぞれの需要家で分散して排出されるものであり、個別にCO₂排出を抑えていく必要がある。

デンソーは、大規模な発電や鉄鋼といった領域ではなく、自動車部品の開発で培った技術を活かし、最終消費者に寄り添って、それぞれがつかうエネルギーをCN化することに取り組みの重点をおく。それにより、大規模集中で取り切れない部分を小型分散で相互補完し、社会全体のCNに貢献していく。

その中で、重要となる3つの取り組みが、①モノづくりのCN、②モビリティのCN、③エネルギーのCNである。

温室効果ガス排出量の算定と報告の基準には、GHGプロトコルが広く用いられている。GHGプロトコルでは、サプライチェーン全体の排出量を重要視しており、Fig. 2-3はその全体像と我々の取り組みの関係を簡易的に示したものである。

GHGプロトコルには3つのスコープが存在している。Scope1は燃料の使用などによる直接的な排出量、Scope2は火力発電由来の系統電力使用などによる間接的な排出量、そしてScope3はサプライチェーン上流や下流から排出されるその他の排出量である。これに対してデンソーの取り組みは、エネルギーを「つかう」観点と、それを支える側の「つくる」「はこぶ」「ためる」「もどす」観点で分けて整理している。そして「つかう」観点では、サプライチェーンの最上流から製造までの①モノづくりのCNと、つくったものが社会でつかわ

れる際の②モビリティのCNに分けて取り組みを考える。一方、これらを支えるエネルギーを「つくる」「はこぶ」「ためる」「もどす」際のCNに関する取り組みが、③エネルギー利用のCNである。

以下に、3つの取り組みについて述べていく。

3. モノづくりのCN

まずはモノづくりのCNである。Fig. 3-1に、デンソーのモノづくりにおけるカーボンニュートラルに向けた道筋を示す。

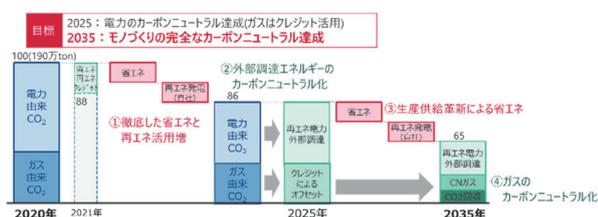


Fig. 3-1 モノづくりCNの道筋

2020年時点のグローバルなCO₂排出量は約190万トンであった。デンソーはまず、2025年までに電力のカーボンニュートラルを実現する。この段階ではガスについてはクレジットを活用しオフセットするが、2035年に向けては、ガスを含めた完全なカーボンニュートラル化を目指すこととした。これは非常に高い目標設定であり、グローバルな製造業としては世界最先端レベルである。

この実現に向けて、まず取り組まねばならないのは徹底した省エネである。Fig. 3-2に、工場省エネに向けた取り組みの全体像を示す。工場内をF-IoT化してエネルギーの流れとCO₂排出量を可視化し、生産ロスやムダをゼロ化する。その上で、CO₂排出量の多いアルミのリサイクル化、樹脂化など、低カーボン材料や省エネルギー工法を取り入れ、製品の設計段階から見直しを行っている。更に加工・組み立てのモジュール化をはじめとした超eco設備を導入するなど、持続的な省エネルギー活動を進化させ、カーボンニュートラルなモノづくりが実践できる工場へと変革していく。



Fig. 3-2 モノづくりCNの取り組み

4. モビリティのCN

次はモビリティ製品における基本戦略について述べる。言うまでもなく、欧州を中心にモビリティは電動化・水素化に大きく舵を切っている。ただし、一言に電動化と言ってもその中身は様々である。ハイブリッド自動車からバッテリーEV、燃料電池自動車まで、小型モビリティから空のモビリティまで、国や地域、OEMごとに様々な組み合わせが想定される。デンソーはこれら多様なモビリティの選択肢をサポートし、クリーンで快適なモビリティ社会の実現を目指す。このため、あらゆる電動化・水素化モビリティに対応可能なシステム製品の品揃えを提供すべく、先回りした技術開発に取り組んでいる。Fig. 4-1に、モビリティの取り組み全体像を示す。

そのコアとなるのは駆動システムとサーマルシステムを核としたエネルギーマネジメントシステムである。これまで培ってきたモータージェネレータやインバータ、ヒートポンプ等の技術をコアに、あらゆるアプリケーションに対してカスタマイズ展開可能な品揃えと、システム、サブシステムでの組合せ性能を強化し、モビリティの電動化・水素化を支えていく。

また電動化・水素化の普及を支えるインフラの観点でも、様々な取り組みを行っている。その一つが非接触充電である。バッテリーEV普及の最も大きな課題の一つである充電に対し、走行中を含めた非接触充電を適用し、データのブロックチェーンを組み合わせることで、ユーザーが充電を気にせず、安心・快適にEVを活用できる世界を目指す。



Fig. 4-1 モビリティCNの取り組み

一方、デンソーは自動車領域だけでなく、新たな領域にも事業を拡大していく。その象徴的な分野が空のモビリティである。本項では、「空飛ぶクルマ」に向けたデンソーの取り組みについて、少し詳しく見ていくこととする。

4.1 空飛ぶクルマ

近年、世界中で「空飛ぶクルマ」の開発が進んでおり、200社を超える企業が機体開発にしのぎを削っている。また既存のエアラインを含め、実際のエアタクシービジネスについても各国で着実に計画が進められている。

「空飛ぶクルマ」が実現に近づいている一番の理由は電動化である。エアタクシービジネスが成り立つためには、街のどこからでも離着陸する必要がある。これには、垂直離着陸（VTOL：Vertical Take-Off and Landing）が必要であるが、静かで安全であることが必須となる。従来のV-22（通称オスプレイ）やヘリコプタはエンジンが動力源であるため騒音が大きく、またロータ（プロペラ）数が限定されるため、一つでも止まると安全性に大きな影響がある。これに対し、電動モータを使ったeVTOL（electric Vertical Take-Off and Landing）は、動力を分散配置できるため、多くのロータ（プロペラ）を使うことが可能である。このため、静かで安全な機体の実現に大きく寄与している。このように分散配置された個々のモータ出力を見ると、実は自動車用のモータと出力帯が同じであることがわかる。Fig. 4-2に、空飛ぶクルマに求められるモータの出力と、自動車用モータの出力の関係を示す。ここに示すように、空飛ぶクルマ用モータは、商用車やインホイールモータと同じようなトルク特性を持つことが求められる。しかし、出力そのものは乗用車のモータと同レベルであり、ギアによる減速も含めて考える

と、自動車技術が応用できる領域であることがわかる。

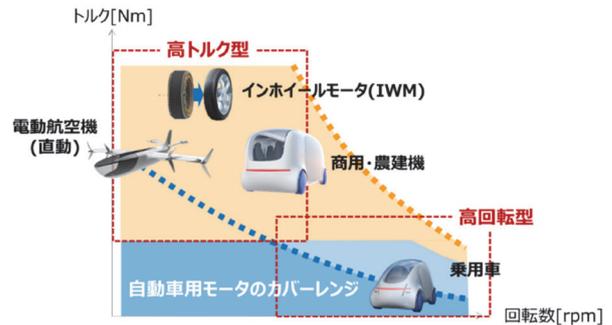


Fig. 4-2 空飛ぶクルマ用モータと自動車用モータの関係

また「空飛ぶクルマ」は、各メーカーとも年間1千機を超える生産規模を計画しており、1機あたりに搭載されるモータの数は更にその数倍～十数倍となる。即ち年間数千から1万を超える生産量となり、これは従来の航空業界の生産能力を遥かに超えるものとなっている。以上の背景から、自動車業界の高品質で大量生産可能なモノづくりに対する期待は非常に大きい。

そこでデンソーは、Fig. 4-3に示すように、技術の最先端である航空業界に電動化とモノづくりを競争力として参入し、そこで進化させた技術・製品を自動車業界に還元することを考え、開発を推進している。

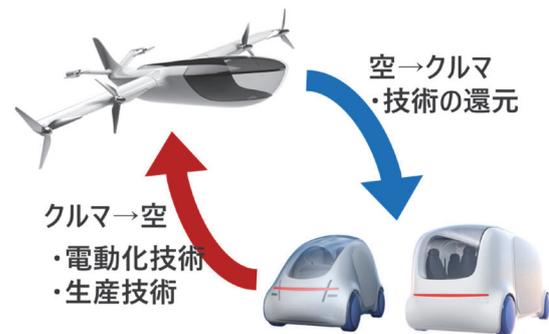


Fig. 4-3 技術開発の循環

次に、電動推進システムに対する要件について述べる。航空業界の部品性能における最優先事項は軽量化である。特に電動推進システムは1機あたりの搭載数が多く、また翼の先端などに搭載されるため、この重量が大きいと翼や他の構造部品の重量も重くなり、トータルの機体性能に大きく寄与する。逆に電動推進システムの重量性能次第で、4人乗り機体に一人乗客を追加できるくらいのインパクトを持つ。このため、各社ともシステムの軽量化に切磋琢磨している。

ここで大きな影響をもつのが空冷化である。上にも述べたように、電動推進システムは翼の先端等に搭載するため、水冷式では水回路を翼の先まで送らねばならなくなる。これは重量的なインパクトが非常に大きいだけでなく信頼性上も課題がある。

そこでデンソーは、空冷式の電動推進システムの開発に踏み切ることとした。Fig. 4-4 に電動推進システムのモックアップと実験の様子を示す。空冷化の実現には、様々な新技術を投入する必要がある。例えばモータの重要な構成部品の一つである磁石では、電磁力を最大限に引き出すことが可能となるハルパツハ配列を採用している。従来、レースなど一部で限定的に使われてきた技術であるが、このような規模で量産するのは世界初となる。また、インバータの性能向上のため、現在自動車向けに開発している SiC デバイスを大幅に高周波化して採用するなど、軽くて高出力な電動推進システム実現のため、様々な新技術を投入し、その実現に向けて取り組みを加速している。デンソー製の電動推進システムが搭載された「空飛ぶクルマ」が本当に空を飛ぶのはもう目の前に来ている。

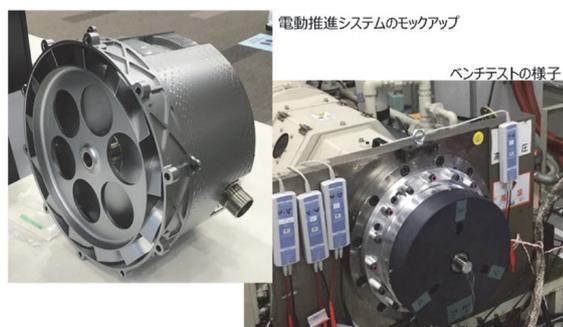


Fig. 4-4 電動推進システム

5. エネルギーの CN

3つ目の取り組みはエネルギーの CN である。モノづくりもモビリティも、それを支えるエネルギーがクリーンでなければ CN は実現できない。冒頭で述べたように、デンソーは大規模にまとめてエネルギーをつくることを目指すわけではない。我々が目指すのは、エネルギーの最終消費者である街や工場で、再エネを如何に効率よく活用するかである。

ここで考慮に入れなければならないのは、再エネは

必ず変動を伴う、ということである。例えば太陽光発電は、曇りの日や夜間は発電できない。風力も同様に、常に風の強い日ばかりではない。このため、再エネを有効に活用していくためには、発電能力に余剰をもち、発電できないときのために、如何に「ためる」かが重要となってくる。

またその一方で、熱需要のためにどうしても炭化水素燃料を使わざるを得ない設備や、エネルギーの使用により既に大気に放出してしまった CO₂ を回収し、如何にエネルギーや資源に「もどす」か、ということも重要である。本稿では、以下にそれぞれの取り組みにつき、述べていく。

5.1 「ためる」技術

「ためる」媒体として有力候補と考えられているのが電池・水素・燃料の3つである。しかし、これら貯蔵媒体にはそれぞれ強みと弱みがある。電気は電気のまま使うのが最も効率が良い。このため、水素や燃料に変換せず、電池としてためておくのが効率という観点では最も望ましい。しかし一方で、電池はエネルギー密度が低く、同じ体積や重量でためておけるエネルギー量が他の2つに比べて低い。逆に液体燃料は現在のモビリティに使われている通り、エネルギー密度が高く、少ない体積や重量で保存できるため、持ち運びにも便利である。しかし電気から燃料をつくるためには大きなロスが発生してしまう。水素はその中間に位置する。

一方でエネルギーは電気だけでなく、熱としての需要も考慮に入れる必要がある。熱を効率よく得るには、依然として水素や燃料が有利である。



Fig. 5-1 「ためる」技術

そのため、規模や用途に応じて、これら3つを組み合わせる使用することが重要となってくる。デンソーでは、

これら3つの貯蔵技術、およびエネルギーマネジメントシステムの開発に取り組んでいる。

一般に、自動車のライフの9割以上は駐車場で止まっているケースが多い。一例として安城工場には従業員用の駐車スペースが3千台用意されているが、将来的にEVが普及し30%を超えるとすると、45MWh程度の車載電池が存在することになる。これを工場エネルギーのバッファとして活用し、V2X (Vehicle to X; XはHome, Factoryなど)で双方向に充放電を行うことで、再エネの調整力とすることができる。これを家や商業施設などとも繋ぐことができれば、街全体としてエネルギーシフトを行うことが可能となる。そしてこのようなシステムを安心・快適に実現するためには、前述の非接触充電システムや、データのブロックチェーンを取り入れた再エネのトレーサビリティ技術が重要となってくる。

一方、もう少し長期間の貯蔵を考えた場合、水素を活用した燃料電池の技術が有効である。再エネに余剰があるときは電気から水素を生成し、再エネが不足するときには逆に水素から発電を行うことができる双方向システム、SORC (Solid Oxide Reversible Cell) の技術が注目されている。SORCは、従来のアルカリ水電解や固体高分子形水電解と比べて圧倒的に効率良く水素生成・発電できるのが特徴である。デンソーでは独自にSORCの開発を進行中である。

3つ目が燃料化である。一口に燃料と言っても多様な燃料が存在するが、デンソーではまず炭化水素系で最も軽い燃料であるメタンを合成することに取り組んでいる。2020年6月より安城工場内にCO₂循環プラントを設置し、発電機から発生するCO₂を回収してメタン化し、それをまた発電燃料に使う、というCO₂の循環実証を行っている。



Fig. 5-2 (a) CO₂循環プラント (安城工場・外観)



Fig. 5-2 (b) CO₂循環プラント (安城工場・内部)

5.2 「もどす」技術

ここでは、既に発生してしまったCO₂を回収する取り組みについて述べる。Fig. 5-3上側の図は、CO₂の濃度に対する回収エネルギーの関係を示す。

エネルギー利用の取り組み(CO₂回収)

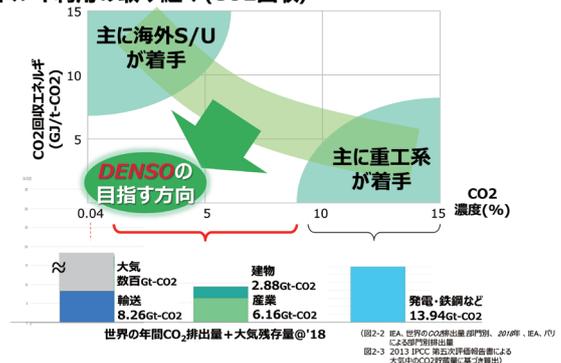


Fig. 5-3 回収領域と必要エネルギー

ここに示すように、CO₂の濃度と回収エネルギーはトレードオフの関係にあり、CO₂の濃度が高い領域では回収に必要なエネルギーは低いが、CO₂の濃度が低い領域では回収に必要なエネルギーは膨大なものとなる。

これに対し、Fig. 5-3下側の図は各CO₂濃度に対する部門ごとの排出量を示したものであるが、CO₂濃度の高い領域は主に発電や鉄鋼が排出源となっている。これらの領域では、既に重工系企業をはじめとした様々な企業がCO₂の回収に取り組んでおり、技術としても成熟してきている領域である。一方CO₂濃度の薄い領域では、主にベンチャー企業が大気からの直接回収(DAC: Direct Air Capture)に取り組んでいる。しかしこの領域では、まだ回収に必要なエネルギーが大きく、1トンのCO₂を回収するのに原単位換算で1トン以上のエネルギーを要するのが実情である。自動

車業界をはじめとした各産業や、家庭やビルといった建物から排出される CO₂ 濃度は 1～5% であるが、この領域で効率よく CO₂ を回収できる技術はまだ確立されていない。

そこでデンソーは、5% 以下の CO₂ 濃度でも小型低エネルギーで回収できる技術を目指して開発に取り組んでいる。一般に CO₂ を化学的に吸着させると、吸着力が強いゆえにその結合を切って脱離させるときに大きなエネルギーが必要となる。そこで発想を転換し、吸着させるときは電子のクーロン力で電氣的に弱く吸着させ、脱離させるときは電圧を切り替えることで自然に脱離することを考えた。Fig. 5-4 に電界式の CO₂ 回収メカニズムを示す。

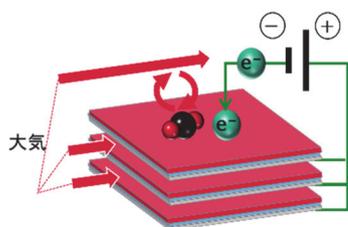


Fig. 5-4 電界式 CO₂ 回収メカニズム

Fig. 5-4 に示すように、電極セルの表面に電界を形成し、吸着面に電子を送る。この電子が CO₂ を引き寄せて、電極上に CO₂ を捕捉する。脱離時には、スイッチを切り替えることで電極上の電子を引き抜き、CO₂ を解放する。これにより、回路としては CO₂ を吸着させるのに必要なだけの電子を供給すればよく、コンデンサと同様に電流は常時流れないため、原理的には最も少ないエネルギーで CO₂ を吸着脱離することが可能となる。

Fig. 5-5 は、本方式を用いて実際に大気の CO₂ を直接回収した様子を示している。Fig. 5-5 (a) に示すように、回収時には装置の前後で CO₂ 濃度が低下し、下流では 200ppm 程度になっていることがわかる。一方、Fig. 5-5 (b) は脱離時の様子を示している。脱離時には吸着された大量の CO₂ が放出され、装置下流の CO₂ 濃度が大幅に上昇していることがわかる。本実験では、吸着と脱離の性能を評価するため脱離時に CO₂ を大気放出しているが、実際には前後の扉を閉め、真空状態で高純度の CO₂ を回収する。

今後は更なるエネルギー低減と規模拡大を目指し、開発を加速させていく。



(a)吸着時



(b)脱離時

Fig. 5-5 電界式による大気 CO₂ 直接回収

6. まとめ

以上のように、デンソーは世界の動きに先駆け、2035年までにカーボンニュートラルを達成するため、モノづくり、モビリティ、エネルギーの3つの領域で取り組みを行っている。CNの実現に向けてはまだ課題は山積みであるものの、これらの技術は必ずや将来社会の基盤となるものである。今後もこれらの活動を進化・深化させ、クリーンで快適な社会の実現に向け、たゆまぬ技術開発に取り組んでいく。

著者



石塚 康治

いしづか こうじ

環境ニュートラルシステム開発部
カーボンニュートラルに関わる技術開発に
従事