

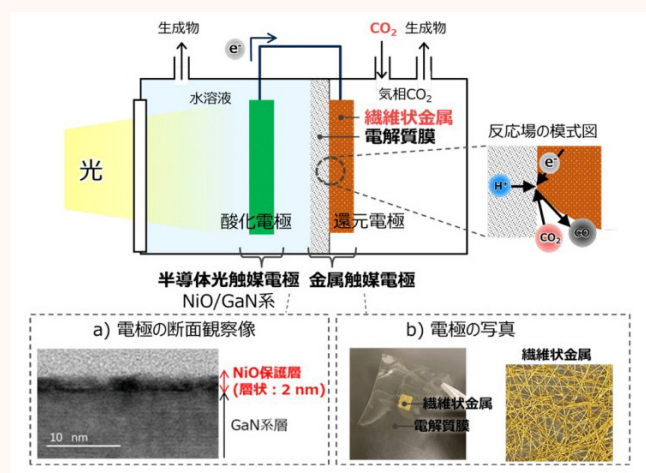
半導体光触媒を用いた人工光合成において 世界最長の連続動作時間を実現

中期経営戦略（New value creation & Sustainability 2027 powered by IOWN）に基づき、NTTは、既に大気中に排出されたもしくは排出されるCO₂を一酸化炭素（CO）やギ酸（HCOOH）などに変換して固定化する技術として、半導体や触媒などの無機物で構成され、植物の光合成を超えるCO₂変換性能※1を実現できる人工光合成の研究開発を行っています。

人工光合成はこれまでに世界中で様々な研究が進められており、特に高いCO₂変換効率※2を実現できる触媒に関する検討が盛んです。一方で、連続したCO₂変換の試験時間は数時間から数十時間レベルに留まっており、長時間化に向けた劣化抑制の技術確立が課題となっています。NTTは、人工光合成デバイスを作製し、世界最長の350時間連続炭素固定を実現しました。

研究の成果

人工光合成は、図に示されるように、半導体光触媒※3を用いた酸化電極※4と金属触媒を用いた還元電極※5から構成されます。実用化に向けての具体的な課題として、腐食等による劣化を抑制し、長時間の反応に耐えうる長寿命な電極設計が求められています。また、人工光合成によるCO₂変換は、水溶液中の溶存CO₂をCOやHCOOHへ還元する手法が広く用いられていますが、水溶液中に溶解できるCO₂の量には限りがあり、副反応が起こりやすくなります。これを防ぐには、水溶液中に溶けたCO₂ではなくCO₂を気体のまま選択的に変換する電極構造やデバイス設計が必要です。



図：人工光合成デバイスの概略図

NTTでは、長時間連続して気相中のCO₂をより効率的に変換可能な人工光合成の実現をめざし、光をエネルギーとして利用するための長寿命な半導体光触媒電極と、気相のCO₂を高効率に変換するために電解質膜と一体化した繊維状の金属触媒電極により構成した人工光合成デバイスを設計しました。

設計・作製した人工光合成デバイスに疑似太陽光※6を照射し、気相のCO₂変換試験を行った結果、半導体光触媒を用いた人工光合成において世界最長の350時間連続動作を実現しました。生成したCOやHCOOHから算出した単位面積当たりの累積炭素固定量は420g/m²に達し、この炭素固定量は、樹木（スギの木）1本が1m²当たり約1年間で固定するCO₂を上回る量に相当します。

今後の展開

今後は、より高性能な人工光合成デバイスを実現するために、電極での反応の高効率化、電極の長寿命化の両立を図ります。さらに、屋外試験を通じて、太陽光エネルギーを用いたCO₂削減技術のひとつとして確立することで、気候変動の抑制に寄与し、持続可能な社会の実現に貢献します。

用語

- ※1 CO₂変換性能：光合成によりCO₂を変換することができる量などの能力
- ※2 CO₂変換効率：入力した太陽光エネルギーのうちCO₂変換に利用された割合
- ※3 半導体光触媒：半導体に光が照射されることにより、それ自身は変化せず、化学反応を促進する半導体
- ※4 酸化電極：光エネルギーにより水の酸化反応（ $2\text{H}_2\text{O} + 4\text{h}^+ \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ ）が起こる電極
- ※5 還元電極：CO₂の還元反応（ $\text{CO}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ もしくは HCOOH ）が起こる電極
- ※6 疑似太陽光：太陽光に近い波長分布の特性を持っている照明