

多元素合金で触媒安く高性能

Next Tech 2050

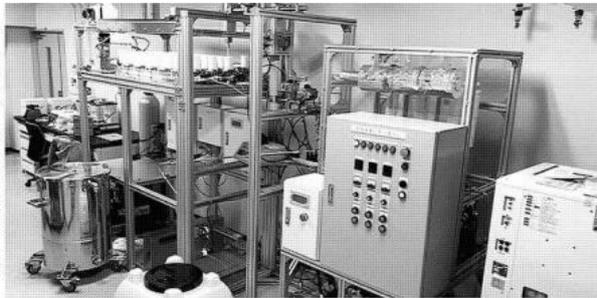
「ハイエントロピー合金」は、既存材料よりも安く、高性能な触媒を実現できるとみている。化学反応を促進する役割を担う触媒の材料は、数千万円の貴金属が使われることが多い。例えば、水から水素を作り出す製造装置に使う触媒の主材料のイリジウムは、金より数倍高価だ。水素製造コストを押し上げる要因の一つとなっている。

京都大学の北川宏教授らは、5種類以上の金属元素を均一に混ぜてつくった多元素合金を触媒に適用する研究をしている。世界的な脱炭素の潮流で注目される水素を効率よく生成したり、温暖化ガスの二酸化炭素(CO₂)やメタンガスを有用資源に転換したりする

代替材料が求められるものの、安価な材料で触媒を作製しても性能が落ちる課題がある。そうした中、ハイエントロピー合金に着目することでこれまでの常識を覆す成果を実現した。

「(触媒としての)性能が劣る金属と高性能の金属を混ぜると、つとめて性能が高まる」とも北川教授はこう解説する。

水素製造の効率を高めるイリジウムなどの白金族の合金に、銀や金など触媒としては性能が劣る元素を混ぜた。そうすると触媒の性能が白金族単独よりも約4倍性能が高まった。高価な白金族の割合は



年一千万種のペースで合金を試作できる装置を開発した京都大学北川宏教授提供

「ハイエントロピー合金」の研究動向と将来展望	
2004年	台湾清華大学の葉均蔚氏らが概念を提唱する
00年代後半	構造体材料などを想定した研究が本格化
14年	超電導体が発見される
22年	貴金属8元素の合金化に成功
30年代	触媒や構造体などでの実用化が進む
40~50年	セラミックスなど金属以外の組み合わせも実用化、さらなる高性能化が実現か

京大、水素を効率製造 脱炭素後押し

減り、性能が向上したことで触媒の「ゲームチェンジャー」になると期待する。

ハイエントロピー合金は04年に概念が提唱されて以来、元素の組み合わせに応じてユニークな特性を示すことから研究者の注目を集めている。

北川教授は触媒用途に目を付け、環境省の研究開発事業で企業や他大学と連携して実用化を進めている。見据える用途は脱炭素で、その中でも注目する分野の一つが稲わらだ。稲わらは水田にすき込むと肥料になるが、発酵すると二酸化炭素(CO₂)の約25倍の温室効果をもたらすメタンを大気へ放出する。

「つた」稲わらを回収し、触媒反応でプロパンなどのバイオガスに変える。温暖化ガスの排出が減り、地域の資源循環につながる。事業に参加するクボタが秋田県大洞村で

実証実験を検討している。自動車の排ガス浄化触媒の「ロジウム」の使用量も減らす。ロジウムはグラム約3万円と高価だが、その使用量を「5分の1」(北川教授)にすることを目指し、自動車メーカーなどと研究開発する。原材料コストは非公開放だが、「5元素程度で構成する材料を開発した」(北川教授)としており、30年までに実用化する見通しだ。

ハイエントロピー合金は組み合わせ次第で、種類が数百万、数千円と膨大になる。その全てが触媒として使われているとは限らない。中には「水と油」のように簡単に混ざり合わない元素同士もある。北川教授は機械学習を活用し、効率的に材料探索をしている。1年で約1万種ペースと極めて高速に合金をつくれる装置を開発した。当初はラジウムに合金を試作していたが、多くの試作品の性能を機械学習させるにつれ、材料の設計指針が明確になった。今では優れた新材料の発見例が増えてきている。

蓄電池研究でも成果

者目 複数の元素を混ぜ合わせて新しい素材を作り出す

記の 多元素材料の開発は紀元前3000年ごろまで遡るとされる。銅にスズを混ぜて硬くした青銅が武器や生活用具で使われ始めたのが始まりで、その後、鉄に微量な炭素を加えた鋼が産業界で浸透する。多元素化は長らく金属の物理的性質を変化させることが主な目的だった。

近年は用途が広がり、金属の電気化学的性質を変化させた。金属以外に酸化物や

セラミックスを導入したりする事例も増えた。

次世代リチウムイオン電池「全固体電池」の第一人者である東京工業大学の菅野了次特命教授らの研究グループがこのほど米科学誌サイエンスで報告した材料も具体例の一つだ。全固体電池の基幹材料を多元素化し、性能を上げた。

触媒も蓄電池もカボニートラルに欠かさない。50年に向けた研究開発は多元素が一つのキーワードになる。(土屋文太)