

アンモニアが燃料の ガスタービン発電

二酸化炭素を出さない火力発電の実用化をめざす。
東北大学の小林秀昭教授は、アンモニアを直接燃焼させる基盤技術を研究し、
産業技術総合研究所と共同で、世界で初めてアンモニアを燃料とした
ガスタービン発電に成功した。

安定して燃焼させるバーナーを開発

アンモニアが燃えることは古くから知られているが、その燃焼速度は非常に遅い。都市ガスの主成分であるメタンのわずか5分の1に過ぎず、燃料としてはほとんど利用されてこなかった。

燃えても二酸化炭素を出さないアンモニアは、低炭素社会の実現に向けて有望視されている。小林さんは、アンモニアを安定かつ効率よく燃焼させる燃焼方式の開発にチャレンジし、見事成功させた。

「燃焼科学が専門なので、アンモニアに適した燃焼方式や装置を考えるための基本的な知識は持っていました。スワール流（シリンダー内や燃焼室での気体の渦状の流れ）を利用した燃焼装置で、アンモニアと空気の混合気体の流れをコントロールすることで、燃焼を安定させよう

と考えました」。

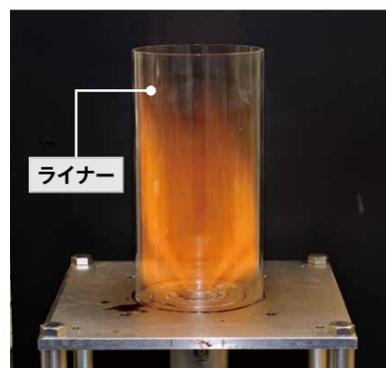
小林研究室の「旋回流バーナー」には、ライナーと呼ばれるガラス筒が据え付けられている。

「最初はライナーなしで燃やしてみましたが、火炎が不安定でした。ライナーを付けることで、渦流が縦横に安定して形成され、反応が完了するまで十分な時間、ライナーの中に混合気体が留まるようになった結果、火炎が安定し、未燃のアンモニアも減らすことができました」。

右上の写真のように、燃えにくいはずのアンモニアが、オレンジ色の美しい炎を上げて勢いよく燃えている。流速を上げることで、小さなバーナーでも大きな熱をエネルギーとして取り出すことができる。アンモニアが燃えると、有害な窒素酸化物が排出されやすく、酸性雨など大気汚染の原因となる。窒素酸化物を取り除く脱硝装置や触媒技術はすでに確立されているが、排気ガス中の窒素酸化物を最小限にするための工夫が今後の課題だ。



2015年9月、産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所に設けられたアンモニア燃焼実験装置。アンモニア100パーセントの燃料を用いたガスタービン発電に成功した。



安定して燃えるアンモニア。オレンジ色の炎がライナーの中で渦を巻いているのがわかる。



都市ガスの主成分であるメタンは青色の炎を出す。

実用化をめざし、より大きな発電装置へ

小林さんの研究チームは、アンモニアの直接燃焼技術をガスタービンに応用し、2014年8月、世界で初めてアンモニアを燃料とした発電に成功した。燃焼した高温高圧のガスで、たくさんの羽根を付けた回転式原動機（タービン）を回して発電する仕組みだ。

最大出力50キロワットのガスタービン発電装置を用いて、熱量比灯油70パーセント、アンモニア30パーセントで燃焼させたところ、21キロワットの安定した発電出力を維持できた。2015年9月には、メタンとアンモニアの混合気体、さらに燃料をアンモニア100パーセントにしたガスタービン発電にも成功した。発電出力はいずれの場合も、41.8キロワットに達した。

「2014年は50キログラムのボンベからアンモニアを供給していたので、アンモニア100パーセントで燃やすことができませんでした。今は、1トンのボンベを備えたので、大量のアンモニアを利用できるようになりました。8.5気圧の液体アンモニアを蒸発させてガスタービンに送るために熱を供給する装置も設置しました」。

アンモニアを燃料にしたガスタービン発電の開始は近そうに思えるが、すぐに火力発電に置き換えられるわけではない。

「実証研究用のガスタービンと大型発電所で稼働しているガスタービンでは設備のスケールがまったく違います。アンモニア100パーセントでの発電実験に用いたガスタービンは、最大出力が50キロワット。これ

に対し大型火力発電所で使われているのは数万～数十万キロワットです。大型発電所のガスタービンには多数の燃焼器が取り付けられていますが、1個の燃焼器でも数百倍以上の差があります。同じ燃焼器の構造でいきなり50キロワットから数十万キロワットに持っていくことはできません。スケールアップには、いくつかの段階を踏んで、大型の装置を開発していく必要があります」。

ただしアンモニアには、供給するためのインフラや発電所内の設備に関して有利な条件が揃っている。トラック輸送の方式は確立され、アンモニアを運び出す基地もたくさんあり、既存の輸送・貯蔵インフラが使える。火力発電所に不可欠な脱硝装置は、アンモニアを触媒と共に利用す

ことで窒素酸化物を取り除いている。そのため火力発電所にはすでに必ずアンモニアのタンクがあり、燃料として使うことになっても、一から設備を作る必要がない。

「燃料のすべてがアンモニアに置き換わる必要はないと思います。発電所のように大型のタンクや装置を置ける場所ではアンモニア燃焼による火力発電を、家庭や車などでは水素を利用した小型の燃料電池を用い、それぞれに低炭素社会を実現するのが良いと思います」。

まずは天然ガス用のガスタービンと同じ燃焼効率まで持っていくことをめざす。そして近い未来、アンモニアを燃料にしたガスタービン発電を実用化することが、小林さんの願いだ。



紫外線レーザーをアンモニア火炎に当て、瞬間の構造を超高感度カメラで撮影する装置。手前の画像の白く光った明るい部分にはOHという化学種が豊富にある。黒い部分はまだ燃焼していないガス。黒い部分と白い部分の境界で発熱している。



小林 秀昭 こばやし・ひであき 東北大学流体科学研究所 教授

1983年、東北大学大学院工学研究科博士課程前期課程修了、工学博士。東北大学流体科学研究所助教授を経て、2003年より現職。2014年よりSIP課題「エネルギーキャリア」研究開発テーマ「アンモニア直接燃焼」研究責任者。