

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）によるグリーンイノベーション基金事業の一つ、「水電解装置の大型化技術等の開発，Power-to-X 大規模実証」のうち「大規模アルカリ水電解水素製造システムの開発およびグリーンケミカルプラントの実証」として、旭化成株式会社と共同で行っている。以下図3に統合制御システムのコンセプトを示す。

安定的・効率的にグリーンアンモニア製造を行うだけでなく、天候・電気価格・水素価格・アンモニア価格の予測データから、より積極的にグリーンアンモニアプラントの利益を最大化するような制御モードも開発している。例えば外部系統電力価格が下がる局面では、あえて外部電力を活用し、水素・アンモニアを増産するような運転を提案する。

また、2024年5月に公布された「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律」いわゆる「水素社会推進法」において低炭素水素等とは「その製造に伴って排出される二酸化炭素の量が一定の値以下である」とされている。すなわち、水素・アンモニアの製造過程で排出してよいCO₂の量が定められることとなる。そうすると、低炭素水素等としてグリーンアンモニアを販売するためには、その製造量あたりのCO₂排出量（炭素集約度や炭素強度などという）をモニタリング・コントロールすることが必要となってくる。

統合制御システムでは水素・アンモニアの炭素集約度をリアルタイムで計算するとともに、出荷時の炭素集約度を予測する機能も具備するよう開発が進められている。これにより、外部系統電力によってグリーンアンモニアプラントの稼働を安定させつつ、決められた炭素集約度を守ることができるようになることが期待される。

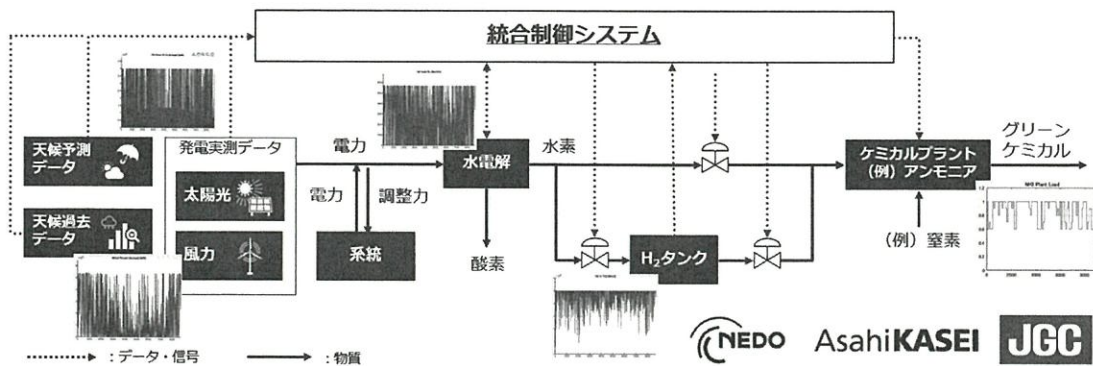


図3 統合制御システムのコンセプト

3 低炭素アンモニア活用技術開発 —大規模アンモニア分解水素製造技術

今後、アンモニアが低炭素燃料として利用が進むと、水素サプライチェーン構築の一環として大規模かつクリーンなアンモニア分解による水素製造が必要になってくることが考えられる。そ

燃焼器までの配管内部は600～700℃程度で数10気圧の高温水素主体のガス環境になることが予想される。材料試験に関する報告は現状見つかからないが、候補材はおそらく耐熱鋼またはNi基合金であると思われる。高温水素環境では、高温水素損傷、水素誘起クリープおよび窒化の問題が従来のクリープ・高温酸化の問題に加わることが懸念される。また、これらの部材では、高温高圧状態で材料内部に侵入した水素により稼働停止後の低温状態において水素脆化が発生する可能性がある。Ni基合金は水素脆化感受性が高く、また、一般的に水素感受性が低いとされるオーステナイト系耐熱鋼においても高温高圧状態で長時間保持すると水素脆化を示すことが報告されており⁹⁾、詳細な調査と対策が必要になると考えられる。

2.3 水素燃焼器^{10～12)}

図3に航空機エンジンのアニュラ型燃焼器の模式図¹⁰⁾を示す。水素は燃料インジェクターから投入され、圧縮機から供給される圧縮空気と混ざり、燃焼・爆発して高温の水蒸気となりタービンに流れていく。従って、インジェクターおよびその付近の部位は高温高圧水素環境となる。また、燃焼器の下流側は水素燃焼により発生した高温水蒸気環境となる¹¹⁾。燃焼器の各部材には、ロケットエンジン開発で得られた知見¹²⁾を基にオーステナイト系ステンレス鋼や超合金が選択されると思われるが、表2に示した各用途ではロケットエンジンの運転時間に比べて格段に長い時間の運転・操業となるため、数万時間まで使用した際の水素脆化・高温水素損傷・水蒸気酸化に

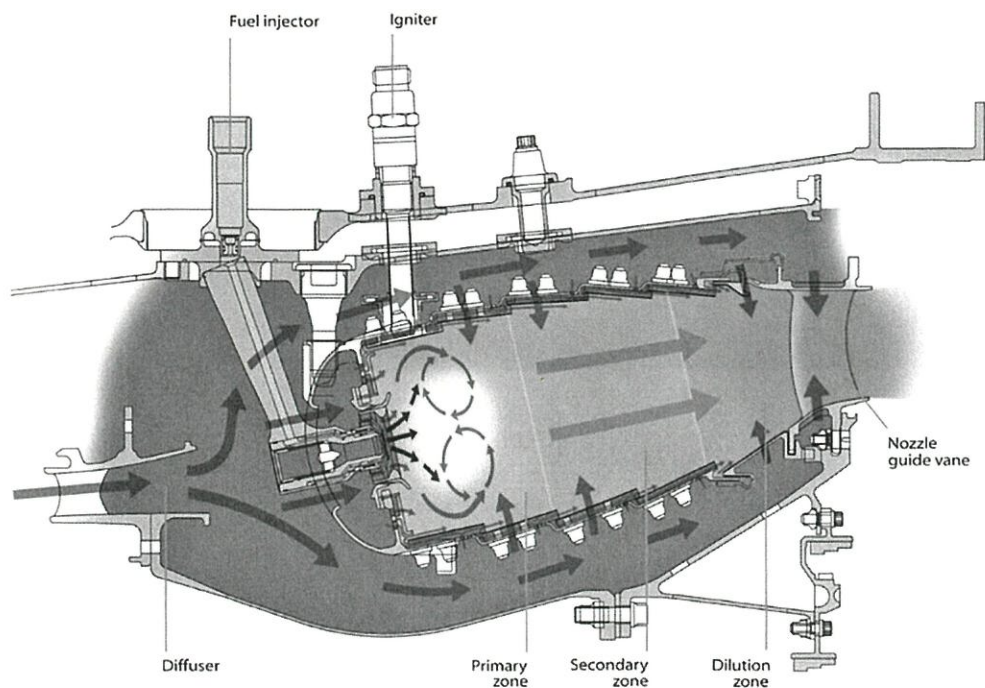


図3 航空機燃焼器の模式図¹⁰⁾

第4章 石炭火力におけるアンモニア燃焼技術開発の状況

20%燃焼容量相当であったが、2022年度に大容量アンモニア供給設備を設置することで、大型燃焼試験設備でアンモニア高比率燃焼やアンモニア専焼の試験実施が可能にようにした。なお、大容量アンモニア供給設備は最大供給量2,400 kg/hとなっており、アンモニアは液化アンモニアタンクから蒸気加熱式の気化器を通して気化させ、バッファータンクなどを介することでバーナまで安定供給が可能な仕様である。本燃焼試験炉は投入熱量10 MWの単一バーナ炉であり、実際の発電所で使用されているバーナに近いスケールで試験が可能である。図3に燃焼試験炉とアンモニア供給設備の外観を示す。

図4は燃焼試験時における従来燃料専焼時の火炎およびアンモニア20%燃焼時の火炎の様子である。なお、アンモニア燃焼バーナは、従来燃料の噴射ノズルの内側にアンモニアの噴射ノズルが配置されたバーナ構造とし、同時に燃焼させる形になっている。図中(a)の写真が従来燃料専焼時の火炎であるが、アンモニア燃焼することで、若干着火位置がバーナポートから離れる様子が窺える(図中(b))。これは、アンモニアの燃焼速度が遅いことが要因と考えられる。図中(c)はアンモニア燃焼時において、燃焼空気が通過する旋回ベーンの開度を調整した状態のものである。その着火位置は石炭専焼時と同等であり、アンモニア燃焼時においても燃焼空気の旋回を適切に調整することで着火の安定性は維持できることが示される結果を得ている。

図5には従来燃料専焼条件とアンモニアを20%燃焼させた場合の燃焼特性を示している。懸念していた窒素酸化物は、燃焼試験を行った範囲の空気比(空気過剰率)および二段燃焼率においては少なくとも従来燃料専焼時と同程度となることが確認された。また、その際の燃焼灰中の

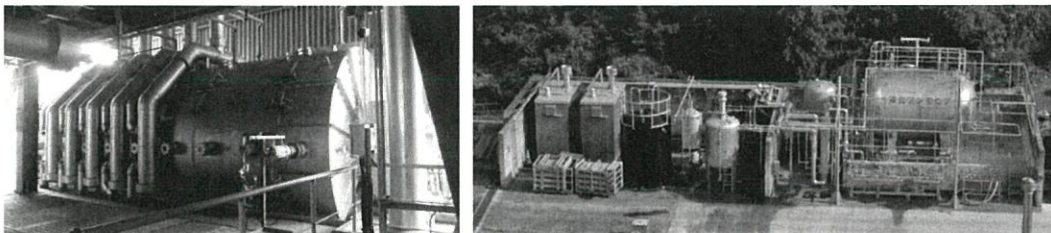


図3 燃焼試験炉とアンモニア供給設備

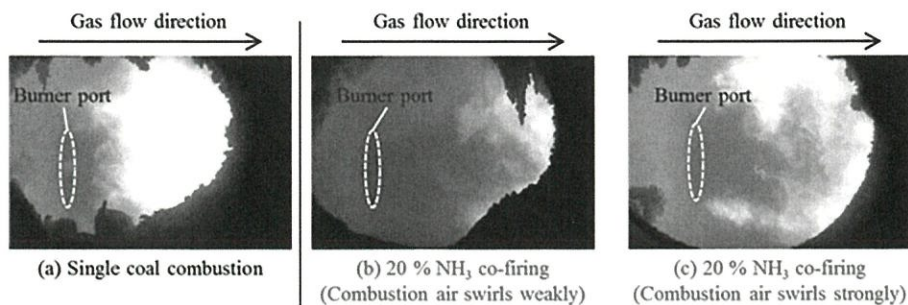


図4 燃焼試験設備における火炎状態比較²⁾