

## 2022 年度研究助成課題

### 1 アンモニアバーナーによる炉設計とボイラーの基礎伝熱特性の解明

奥村 幸彦 (香川大学 創造工学部 機械システム領域 教授)

アンモニアは水素キャリア及び CO<sub>2</sub> を排出しない燃料として注目を集めているが、現状ではその燃焼速度が低いために熱源として利用しにくい状況にある。

当研究室で、新しい構想の下 NH<sub>3</sub> を安定的に燃焼させ、同時に NO<sub>x</sub> を低減できる同心 3 重管構造のバーナー (内側から H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、可変高速空気を流す) を開発した。

アンモニア燃焼場は、炭化水素のように輝炎 (luminous flame) ではなく、ふく射が炭化水素より低い。また、多量の水蒸気が発生し、伝熱特性が管壁での相変化状態に大きく左右される (凝縮熱伝達の形態) ため、炭化燃焼の燃焼場とは伝熱形態が異なる。

本研究では、モデルでのふく射測定 (燃料比較)、対流熱伝達測定 (管群配置) と、有限体積法を用いた数値計算を行って、最適な燃焼・伝熱条件を探る。

### 2 気泡微細化沸騰発現時における蒸気泡高周波振動の時空間解析に基づく高密度除熱機構解明

上野 一郎 (東京理科大学 理工学部 機械工学科 教授)

『気泡微細化沸騰 MEB (Microbubble Emission Boiling)』現象は、従来の除熱限界 (限界熱流束) の数倍～10 倍もの高密度除熱を実現する。従来の研究により、伝熱面における時空間的に平均した場での熱伝達特性や発生条件に関する知見は蓄積されているが、この沸騰形態が「なぜ」高い冷却能力を有するのか、その能力を如何に制御するかという知見は蓄積されていない。

申請者らはこれまで MEB 発現時において、伝熱面上で蒸気泡群が数百 Hz で同期協調的に振動すること、通常の核沸騰時とは逆に伝熱面上方から伝熱面に向かうバルク液対流場が形成されること、伝熱面半径方向に有意な温度差が存在し MEB の異なる形態と強い相関があることを示してきた。

本研究では、気泡微細化沸騰現象をより明確にするため、以下に取り組む。

- (1) 蒸気泡群の高周期同期協調振動および伝熱面への液体供給の定量化
- (2) 成長・凝縮・崩壊を繰り返す蒸気泡群の高周期同期協調振動の発生メカニズムの解明
- (3) 蒸気泡群の高周期同期協調振動を伴う高熱流束実現機構の解明

### 3 耐熱鋼の亜臨界水・超臨界水酸化挙動

戸田 佳明 (物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 積層スマート材料グループ 主幹研究員)

耐熱金属材料では、ボイラー・圧力容器の一般的な伝熱媒体である高温水蒸気による酸化現象についてこれまでに多くの研究がなされてきた。

しかし、水蒸気の圧力上昇が酸化に及ぼす影響は、多くのボイラー・圧力容器用材料において調べられていない。水蒸気は圧力の上昇に伴い、亜臨界水、超臨界水と特性が変化するため、それらに曝された材料の酸化現象は異なる可能性がある。

そこで、本研究では、既存の発電ボイラーに使用されているフェライト系およびオーステナイト系耐熱鋼と、クリープ強度・耐酸化性を強化した申請者により開発された析出強化型フェライト耐熱鋼を、実験用の圧力容器内で亜臨界水や超臨界水に曝し、その酸化挙動や生成酸化物に及ぼす圧力と材料組成の影響について調査する。

#### 4 2つのDBD-PAを備えた同心二重管ノズルによるバイオガスの浮き上がり火炎制御

秋元 雅翔 (日本大学 理工学部 機械工学科 助教)

バイオガスボイラーには主にバーナー燃焼が用いられるが、「バイオガスは二酸化炭素を含む低品位燃料で失火が生じやすいこと」、「発熱量が少ないため化石燃料と同じエネルギー量を得るにはガス流量を増やす必要がある」などの課題がある。

「得られる燃焼エネルギーを増加するため、如何にしてバイオガスの流量を増加させた状態で燃焼させるか」というのが課題である。

本研究では、出力10~20kWのバイオガスによるバーナー燃焼を対象とし、電磁気現象でプラズマを発生させて流れを誘起するDBD-PA (Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuator 誘電体バリア放電 プラズマアクチュエータ) でバーナー燃焼を制御する。DBD-PAは数kHzで駆動でき、ノズルから噴出される気体(噴流)に発生する数kHzの渦に追従して駆動できる。

ノズルは同心二重管形状で、中心ノズルと環状ノズルにそれぞれDBD-PAを設置する。中心ノズルからバイオガス、環状ノズルから空気を噴出して、これら2つのDBD-PAを連動させて駆動することで、バイオガスと空気の噴流を制御する。そうすることで、「火炎の保持安定性改善による失火の抑制」、「火炎の上下振動抑制による燃焼騒音低減と火炎長縮小による燃焼負荷率の改善」を図る。