

日本機械学会エンジンシステム部門
第1回 スターリングシステムによる未利用エネルギー活用技術に関する研究会
A-TS 07-55 議事録

開催日時：平成28年2月18日（木）14:00～17:00

開催場所：日本機械学会第3・4会議室 東京都新宿区信濃町35番地

出席者：17名（オブザーバ含む）

※平田 宏一（主査 海上技術安全研究所）

市川 泰久（幹事 海上技術安全研究所）

※上田 祐樹（東京農工大学）

竹内 誠（サクシヨン瓦斯機関製作所）

関谷 弘志（早稲田大学）

加藤 義隆（大分大学）

斎藤 剛（明星大学）

戸田 富士夫（宇都宮大学）

田中 誠

澤田 大作

※芳澤 大輔（富士フィルター）

石井 大樹（富士フィルター）

西本 良隆（富士フィルター）

平塚 善勝（住友重機械工業）

中野 恭介（住友重機械工業）

湯本 健太（住友重機械工業）

八木 皓世（住友重機械工業）

（敬称略、順不同、※印 話題提供者）

議事内容：

講演1：『実験用スターリングエンジンの再生器性能』

講師：国立研究開発法人 海上技術安全研究所 平田宏一 氏

要旨：

海上技術安全研究所の平田氏より、これまで研究開発を行ってきたスターリングエンジンについて、再生器の緒元、材質、汚損状況等が性能に与える影響に関する実機試験結果およびシミュレーション結果が紹介された。

始めに日本機械学会研究分科会で開発された、100W級スターリングエンジン Ecoboy-SCM81の紹介があり、再生器材質に積層金網およびスプリングメッシュを用いた

場合の、軸出力や機械効率等の差異、さらに作動空間への潤滑油分の混入による再生器の汚損が機関性能に与える影響について試験結果が紹介された。続いて、500W級排熱利用スターリングエンジンにおける再生器評価試験結果と、改良による性能改善効果について紹介された。また、同エンジンを冷熱発電仕様に改造したエンジンについての再生器評価試験結果についても紹介された。最後に等温モデルをベースとしたシミュレーションを用いた再生器のパラメータスタディーが紹介された。再生器高さ、積層金網のメッシュ数が機関特性に与える影響について計算例が示された。

<質疑・討議>

Q（平塚氏）：再生器の汚損についてだが、閉塞するような状況だったのか。

Q（澤田氏）：再生器の片面のみが変色しているようだが何故か。

A（平田氏）：ヒータ側に接する高温部で変色が激しく、熱によって焦げたような状況になっている。ただ閉塞するような汚損ではない。

（竹内氏）：再生器材料がハウジング内部で動いてしまうと、性能が低下するため注意が必要である。

（平塚氏）：再生器の空隙率について某社ではかなり高い値で使用しているようだが、空隙率が大きくても周辺緒元の最適化によっては良い効果が生まれるのか。

（田中氏）：再生器材質の線径が細かい場合は、空隙率は大きくても良い可能性はある。

（関谷氏）：ムーンライト計画ではシンタリングを施し空隙率は小さくするようにしていた。エンジンごとに最適値があると考える。

講演2：『音速測定から推定する再生器の等価流路径と抵抗係数』

講師：東京農工大学 上田祐樹 氏

要旨：

始めに、熱音響現象における再生器の理論的な解釈について、スターリングエンジンにおける解釈との相違点および同一性について解説があり、熱音響現象では角振動数 ω と温度緩和時間 τ の積 $\omega\tau$ によって良く整理できることが示された。また細管内を伝搬する音波は速度が低下し、この音速低下が実験値と理論値とよく一致することが示され、音速測定によって再生器の流路等価直径を実験的に推定する手法について紹介された。本手法について実際に積層金網を充填したパイプ内の音速測定を実施した結果が示され、代表寸法として水力直径とメッシュ素線径との相乗平均を採用することによって実験結果がよく整理できることが説明された。さらに再生器内の圧力損失を推定する場合、推定式に傾きを田中の式を用い、切片を上田の式を用いることで実験結果と計算結

果がよく一致することが示された。

<質疑・討議>

Q（平塚氏）：上田の式で切片補正をしない田中の式では圧力損失係数が大きく計算されるのはなぜか。再生器の出口入口効果が影響しているのではないか。

A（上田氏）：入口出口効果が実験結果に影響を与えている場合、再生器を長くすると入口出口効果が全体に与える影響が小さくなると予想されるが、本実験では再生器長さを変化させた実験も行っているが結果の相違は小さく、本実験結果に対する入口出口効果の影響は小さいと考えている。

Q（戸田氏）：再生器の圧力損失係数の実験式には田中の式の他にもいくつかあるが、それらの式との比較はしているか。

A（上田氏）：複数の実験式と比較を行っている。その中で最も実験結果と一致した式が田中の式であった。

講演3：『金属ファイバー焼結体の再生器性能について』

講師：富士フィルター工業株式会社 石井大樹 氏

要旨：

富士フィルター工業株式会社の石井氏より、同社で研究開発を進めている金属ファイバー焼結体再生器について、製造法および性能評価の実験結果に関する紹介があった。

始めに、金属ファイバー焼結体について、金属ファイバーの直径は $10\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ であること、ファイバーの状態によりTOW(束状)、WEB(不織布状)があること、積層の仕方によりワイン型、積層型があること、焼結過程では融点近くまで昇温をしていること等について解説があった。続いて、再生器評価試験装置および評価手法に関して説明があった。金属ファイバー焼結体のファイバー径、製造法、空隙率の違いによる圧力損失特性、伝熱特性の相違に関して積層メッシュとの比較と合わせて試験結果が示された。

<質疑・討議>

Q（平塚氏）：比表面積に対する熱伝達率の傾向について、金属ファイバー焼結体では最大値を持つのはなぜか。

A（石井氏）：比表面積が大きくなると、金属ファイバー焼結体の密度が高くなるため、内部のファイバー密度に不均一性が表れることで一部の伝熱面が使われなくなっていることが一つの要因になっていると考えられる。

（澤田氏）：ファイバー径が小さいため、熱容量が小さくファイバー温度がサイクル毎

で変動しているのではないか。

(田中氏): 今回の金属ファイバー焼結体のファイバー径は、積層金網でメッシュ数#800～#1000に相当する。これまで取り扱ってきた積層金網と比較すると非常に細く、異なった現象が起こっている可能性がある。

以上