

## 第20回先進のスターリングサイクル機器研究会議事録

開催日：2008年 2月8日(金) 時間：13時30分～16時30分

会場：日本機械学会会議室(4, 5室) (Tel. 03-5360-3500)

出席者(順不同): 15名

[主査] 濱口和洋(明星大), [幹事] 大高敏男(国土館大)(記)

[委員] 関谷弘志(早大院), 平塚善勝(住友重機), 保川幸雄(富士電機アドバンステクノロジー)

[オブザーバ] 井村淳之介(日大), 上田祐樹(東京農工大), 大橋義正(アイシン精機), 鈴木年雄(INFINIA), 鈴木央生(明星大), 高橋健太郎(明星大), 二木洋光(明星大), 牧野大介(明星大), 宮内正裕(山形大ベンチャービジネスラボ), 山本寛(日大)

### 配布資料

- |   |            |
|---|------------|
| 1. 第19回議事録  | (ASC-20-1) |
| 2. Infinia Corp. スターリングエンジン開発計画   | (ASC-20-2) |
| 3. Development of High Capacity Stirling Type Pulse Tube Cryocooler                           | (ASC-20-3) |
| 4. Effect of Regenerator Entrance Shape on Performance of Stirling-type Pulse Tube Cryocooler | (ASC-20-4) |

### [議事要旨]

#### 1. 前回議事録確認

濱口主査より前回の見学会の議事録の確認がなされ了承された。

#### 2. 話題提供

##### (1) INFINIA のスターリングエンジン開発計画

【鈴木年雄氏(INFINIA)】

米国のスターリングエンジン専門企業の INFINIA の日本法人・鈴木氏より、スターリングエンジンの開発状況について紹介があった。現在開発中の 30kW エンジンはフリーピストン式 型 DA 方式でリニアオルタネータを結合して発電出力を得る。熱入力の変動により発電機の電圧や周波数が変動する問題点を、燃料制御なしでピストンストロークを制御する電子制御器を取り付けることにより解決しているとのことである。同社のエンジンは、NASA の要求により 10 万時間の耐久性が確認されており、潤滑とメンテナンスが不要な設計となっている。また、1kW, 3kW エンジンは各種アプリケーション計画が進行中で、1kW エンジンにおいてはリンナイ(株)で量産準備段階に入っているとのことである。他社においては、基本開発が終了しているエンジンの開発事例は多いが実用化に向けたアプローチに関しては開発負荷が大きく、世界でも例が少ない。INFINIA 社では都市ガスを燃料とした家庭用 CHP、大型トラックの補助電源装置等多くのアプリケーション開発が進行中である。また、家庭用 CHP では総合効率 90% 以上のシステム、バイオマス燃料による発電、極低温冷凍機とオイルフリー圧縮機、1kW 集光式太陽熱発電装置の開発、1kW エンジンの小型、軽量化開発、3kW エンジンの開発等の開発事例紹介があった。3kW 太陽熱発電装置に関しては 2008 年 11 月に発売予定であり、性能、価格面で太陽電池より有利となっている。システム効率は 24%、最大出力 3kW、重量 741kg である。また、太陽追尾式にすることにより発電量当たりの設備費が低くなるという長所もあるとのことである。3kW 太陽熱発電装置のイニシャルコスト(売値)について質問があり、約 2 万ドル / 1 台当りのことで、千台単位での扱いになるとのことである。活発な質疑討論がなされた。

##### (2) Development of High Capacity Stirling Type Pulse Tube Cryocooler

【井村淳之介氏(日大・院)】

超伝導機器や電子デバイスの冷却用にスターリングタイプパルス管冷凍機の検討を行っている。任意の冷却温度、電源のみで連続運転が可能であることから寒剤とも組み合わせ検討も行っている。高出力スターリングタイプパルス管冷凍機において、4kW の消費電力で、80K、200W の冷凍能力を得ることを目標として開発を行っているとのことである。実験装置の圧縮機は対向型リニアコンプレッサ

を用いている。蓄冷器の金網メッシュサイズが冷凍能力に及ぼす影響を調査したとのことで、SUS 金網#150, #200, #250, #350, #400の5種類で評価した結果について報告があった。到達温度は、蓄冷器の長さを大きくすればより低くなり、またメッシュ数は#250程度が良好であった。冷凍能力も同じ傾向で、蓄冷器を長くしてメッシュ数を#250程度にした場合が良好である。メッシュ数が細かいと圧力損失が大きくなり性能低下を引き起こすことが確認された。次に、蓄冷器の金網を層状に積層した場合について性能に与える影響について報告があった。目の細かいメッシュを蓄冷器の低温側に挿入した結果、冷凍能力の向上が見られている。次に蓄冷器外周の温度分布を調査した結果について報告があった。温度計は蓄冷器の外側(SUSケースの壁面)に取り付けて計測したとのことである。同じ高さの蓄冷器円周上に150Kの温度差が生じている(80K, 149.5W/3.1kW)ことが明らかになったとのことである。この温度差が生じる原因は、ヘリウムガスの流れ場の乱れの影響、金網を積層する際の精度の影響が考えられるが、実験により金網積層時のばらつきの影響が大きいことが大きな原因であることが明らかになった。そこで、剛性向上のためにCuの#60金網を途中で挿入した結果、温度差を37Kに抑えることができたとのこと。また、到達温度も49.7Kから37Kまで下げることができ、冷凍能力(80Kにおいて180Wの冷凍能力、%カルノーで14%向上)も向上したとのことである。今後は大型の冷凍機において冷凍能力を向上させるためには蓄冷器に対する新しいアプローチが必要とのことである。構造の緒元の決定方法について質問があり、活発な討論がなされた。

### (3)Effect of Regenerator Entrance Shape on Performance of Stirling-type Pulse Tube Cryocooler

【平塚善勝氏(住友重機)】

スターリングタイプパルス管冷凍機において、蓄冷器の入口出口の形状が性能に与える影響について調査した結果について報告があった。実験装置は対向型のリニアコンプレッサにインライン型パルス管を取り付けている。共振周波数を50Hz、封入圧力を3.5MPaで設計している。圧縮機掃気容積6cc、蓄冷器20.8×75、パルス管9.2×105としている。実験は蓄冷器の出入口部分の形状を変えたアダプタ部品を数種類用意し、この部品を交換することにより調査している。実験は入力値一定(200W)として行っている。また、流れ場の急拡大急縮小を等価流路面積に置き換えて加味した動作シミュレーションコードを用いた数値解析も行っている。その結果、アフタークーラ側にギャップを設けると大幅な冷凍能力の向上が見られたが、冷却ヘッド側のギャップはさほど大きな性能向上はなかったとのことである。直径に関してもアフタークーラ側においては径が大きくなるに伴い能力が向上しているが、冷却ヘッド側はほとんど影響がないとのことである。これらは、シミュレーションによっても確認されている。また、蓄冷器とパルス管の熱損失についても評価している。等価流路断面積を用いることにより性能評価の整理が可能であるとのことである。イナータンスチューブの形状や蓄冷器の径に関して質問があり活発な討論がなされた。

### 3.その他

本研究会は、今回を持って終了となる旨、濱口主査より報告があった。新年度は、研究会名称と趣旨が変更となり新規研究会として開始される(主査:香川先生(防衛大)、幹事:上田先生(農工大))ことが併せて報告された。上田先生より新規研究会について紹介があった。

以上