

# 新しい自動車用排熱回収システムの提案

国際環境工学部 機械システム工学科 教授 吉山 定見

## 1. 研究背景

今日、CO<sub>2</sub>排出量の低減は先進国・発展途上国を含めた地球規模の課題となってきている。そこで、自動車用動力源としても燃料電池やバッテリー（蓄電池）などを用いる次世代自動車の開発が各国で進められており、今後、内燃機関が占める割合は減少していく傾向にあることは確かである。しかしながら、2040年頃までは自動車用動力源の大部分は内燃機関であるという予測もされている。従来型の内燃機関を用いた自動車がすでに全世界に普及していることから、自動車1台当たりのCO<sub>2</sub>排出量を削減していくためには、この内燃機関の燃費向上は急務ともいえる課題である。内閣府SIPの中で「革新的燃焼技術」という国家プロジェクトが進行しているが、「2020年までに内燃機関の熱効率を50%にする」という目標を掲げ、内燃機関における燃焼改善技術の研究開発が産官学連携のもと進められている。現在、最新の自動車用ガソリンエンジンの平均的な熱効率は35%程度である。したがって、燃料がもつエネルギーの65%は利用されずに大気中に放出されている。そこで、捨てられている排熱を有効利用するために排熱を熱源とする排熱回収システムが数多く提案されている。これまでにもランキンサイクル、スターリングサイクル、熱電素子などのシステムが提案してきた。しかしながら、エネルギー回収率、装置のコストなどの課題も多く、いまだ実用化には至っていない。先に述べた熱効率向上を燃焼改善技術のみで達成することは難しく、燃焼改善以外の試みとして排熱回収システムの研究開発にも注目が集まっている。

## 2. 排熱回収システムの概要

提案する排熱回収システムの装置概略図を図1に示す。量産エンジンから排出される高温の燃焼ガスは熱交換器において高圧ポンプで加圧された動作流体（水）を加熱し、高温高圧となった液体（水）をレシプロエンジン（SLFB Engine）内に噴射し、フラッシュ蒸発を発生させる。さらに、シリンダ内でフラッシュ蒸発しなかった飽和液を高温に加熱したシリンダ壁面により加熱蒸発させる。これらの2つの蒸发现象により体積変化を発生させ、ピストンを押し下げるにより動力を発生させる蒸気機関を提案している。ここで、熱交換器において低圧ポンプにより供給された熱媒体オイルが加熱され、高温の熱媒体オイルによりシリンダ壁面を加熱することにより、排熱からのエネルギー回収率を向上させていている。本システムは排熱を高温高圧水および高温オイルにて貯蔵することが可能であり、任意のタイミングで高温高圧水をシリンダ内に噴射することで動力を発生させることができるために、負荷変動に対する応答性を高くすることもできる。また、レシプロエンジンを用いることで既存の内燃機関等の技術を流用できるため、生産コストなどを低く抑

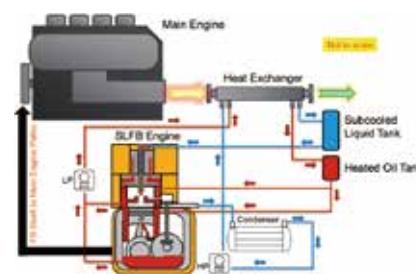


図1 提案する排熱回収システムの装置概略図

えることも可能である。また、ランキンサイクルシステムに比べて装置全体を小型化することも可能であると考えている。

## 3. 現在の進捗状況（地元企業との連携）

試作した排熱回収システムおよびフラッシュ蒸気機関の外観を写真1および2に示す。現在、市販されている発電用単気筒エンジンに延長ピストンと延長シリングブロックを追加し、さらにディーゼルエンジン用のコモンレールインジェクタを改造した噴射装置を追加し、シリンダ内圧力や各位置での温度変化などを測定し、フラッシュ蒸気機関の性能評価試験を行っている。また、排熱回収のための熱交換器の試作については北九州市内の（株）山一製作所のご協力を頂いている。本排熱回収システムは新しい熱機関システムであり、熱交換器、蒸気機関、噴射装置、高温用加圧ポンプなどの開発すべき部品も多く、基礎的なデータを取得しながら、地元企業をはじめ、多くの企業と連携をしながら、研究開発を進めていきたいと考えている。本研究は共同研究者であるダミング・ヘビタラネ博士の研究成果によるところが大きい。詳細については文献を参照していただきたい。

写真1  
試作した排熱回収システム写真2  
試作したフラッシュ蒸気機関

### 【文献】

- (1) Hewavitarane, D., Yoshiyama, S., Wadahama, H., Li, X., SAE Int. J. Engines, (2014), pp.1705-1721.
- (2) Hewavitarane, D., Yoshiyama, S., SAE Technical Paper No. 2015-01-1966, (2015), pp. 1-10.
- (3) Hewavitarane, D., Yoshiyama, S., JSME Congress (Autumn), No. 1-105, (2016), pp. 181-188.
- (4) Hewavitarane, D., Yoshiyama, S., COMODIA 2017, C203, (2017), pp. 1-10.

### Profile

吉山 定見  
Sadami Yoshiyama

役職／教授  
学位／博士(工学)  
学位授与機関／岡山大学

【連絡先】  
yoshiyama@kitakyu-u.ac.jp

■ 研究分野・専門  
内燃機関・燃焼工学・熱工学  
■ 主要研究テーマ  
自動車用エンジンの燃焼センサの開発  
エンジンシリンダ内燃焼の計測  
排熱回収のための熱機関システムの開発

■ P.R・その他  
自動車用エンジンの燃焼診断のためのセンサシング技術の開発を行っている。最近では、初期火炎伝播に及ぼすマルチ放電装置の検討も行っており、レーザ計測によるガス流動計測や火炎伝播計測なども行っている。また、排熱回収のための新しい熱サイクルの提案も行っている。