

## 15. 第5回全日本学生フォーミュラ大会参戦車輛の

### エンジンをドライサンプ化する

福井 龍也 (工学部機能機械工学科 4年)

指導教員

榎本 啓士 (理工研究域 機械系 准教授)

#### 1. 背景と研究目的

金沢大学フォーミュラ研究会は、2003年から全日本学生フォーミュラ大会に出場している。全日本学生フォーミュラ大会は、日本自動車技術会が主催する、工学を学ぶ学生を対象にしたフォーミュラ大会である。審査は、大きく分けて静的審査と動的審査に分けられている。静的審査では設計・製作技術、コスト分析力、プレゼンテーション能力が審査され、動的審査では加速性能、旋回性能、燃費、耐久性能が審査される。

審査の配点は静的審査 325 点、動的審査 675 点であり、ここから車輛の走行性能が重要であることがわかる。走行性能に大きな影響を与える要因として、車輛重量、重心高、ヨー慣性モーメントの 3 つが挙げられる。この中の一つである重心高に着目し、大幅な低重心化を実現するためにドライサンプシステムの導入が必要であると考えた。レーシングカーにおいては、ドライサンプ方式は一般的であるが、我々が使用している市販バイクのエンジンではウェットサンプと呼ばれる方式を採用している。ウェットサンプではエンジンの下部のオイルパンにオイルを溜める。これまでは、オイルパンを小さくし、エンジン搭載位置の低下を行ってきた。しかし、オイル容量を減らしすぎると、エンジンが潤滑されなくなるという問題が発生するため、エンジン搭載位置を下げるには限界があった。一方で、ドライサンプシステムは、オイルパンではなく別に設けたオイルタンクにオイルを溜めるため、エンジンの搭載位置を大幅に低下させることが可能となる。しかしながら、ドライサンプを実現するためには、新たに多くの部品を設計する必要があり、高い設計技術が必要となる。実際に日本大会でドライサンプを採用しているチームはほとんどなく、このことから導入が困難であることがわかる。そこで、本研究ではドライサンプシステムを設計・製作するとともに、ベンチ試験や走行試験によって性能評価を行い、大会に搭載できるだけの信頼性を持ったドライサンプシステムの開発を目的とする。

## 2. ドライサンプシステムの概要

ドライサンプシステムでは、エンジン内部を潤滑したオイルはオイルパンに集まり、スカベンジポンプによってオイルタンクに運ばれる。オイルタンクに溜められたオイルは再びエンジン内部に供給される。

ドライサンプシステムを開発するにあたり、オイルパン、スカベンジポンプ、オイルタンクの設計が必要となる。また、従来はエンジン内部にあったリリーフバルブも、スペースの減少によりエンジン外部に移動させなければならないため設計が必要となる。

## 3. ドライサンプシステムの設計

### 3.1 エンジン潤滑系の配置

図1、2に純正状態及びドライサンプ状態のエンジン潤滑系概略図を示す。ドライサンプでは、スカベンジポンプ2個とオイルタンクを追加し、リリーフバルブの位置を変更した。また、過給機を搭載するため、新たに過給機への潤滑ラインを設けた。

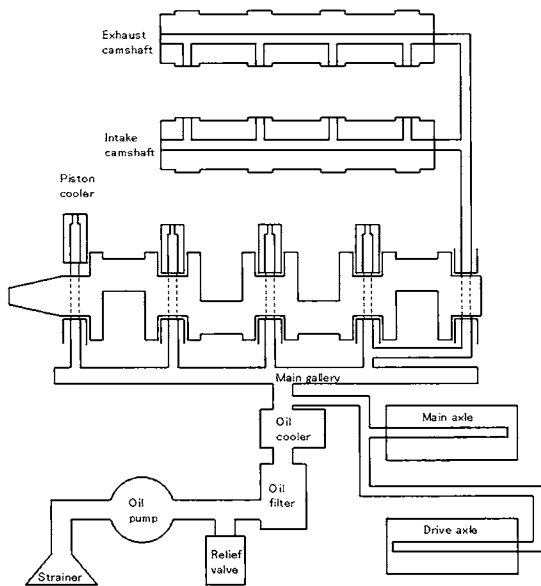


図1 純正におけるエンジン潤滑系概略図

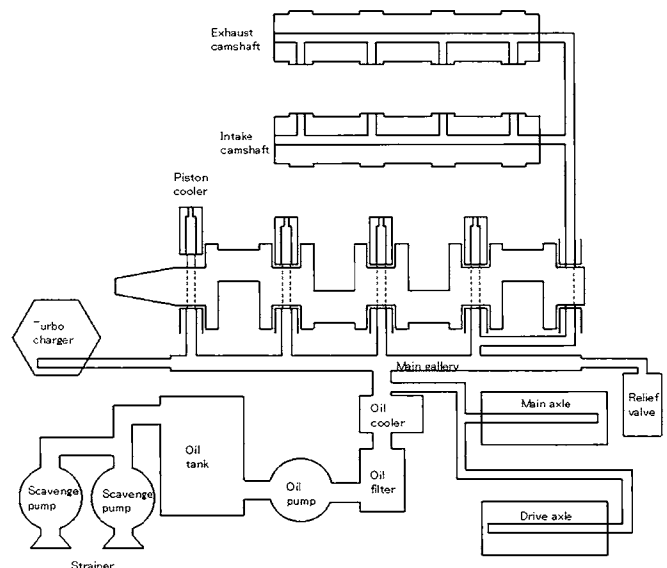


図2 ドライサンプにおけるエンジン潤滑系概略図

### 3.2 オイルパンの設計

オイルパンとは、エンジン下部に搭載され各部を潤滑したオイルの受け皿となる部品である。走行中、オイルは車輻の旋回や加減速により複雑な動きをしている。したがって、旋回中にオイルが左右に偏っても確実にオイルタンクに戻せるように吸い出し口を左右に1つずつ設けた。また、エンジンには加速中に最も負荷がかかる為、オイルの吸い出し口はオイルパンの後ろ側にした。さらに、スリットを設けることや、後方に向けて傾斜をつけることで、吸い口にオイルが集まりやすいようにした。オイルパンの材料には、強度・重量・切削性を考慮しアルミニウム A5052 を用いた。図3、4に本研究で製作したオイルパンのCAD図及び実物の写真を示す。

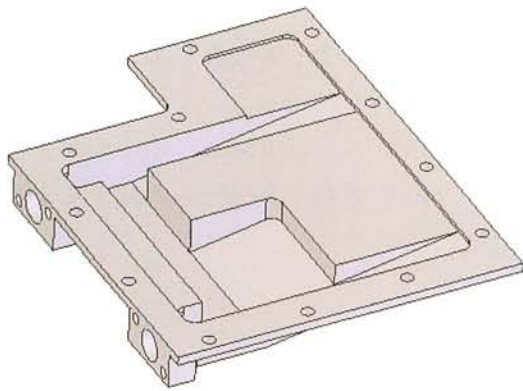


図3 オイルパン

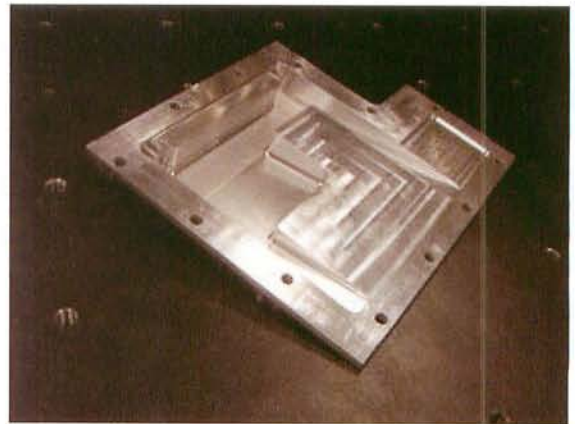


図4 オイルパン実物写真

### 3.3 スカベンジポンプの設計

スカベンジポンプは、各部を潤滑したオイルをオイルパンから吸い上げオイルタンクに送るためのポンプである。スカベンジポンプの吐出量は、ブローバイガスの吸い込みを考慮し、常用最高回転数において160[l/min]に設定した。オイルパンに2つの吸い出し口を設けたため、ポンプは左右取り出し口に一つずつの二連装型とする。ポンプには、油圧ポンプとして広く用いられているギヤポンプを用いる。ギヤの材料には一般的に用いられているねずみ鋳鉄FC200を、ケーシングには強度・重量・切削性を考慮しアルミニウムA2024-T4を用いた。図5、6に本研究で製作したスカベンジポンプの内部構造及び実物の写真を示す。

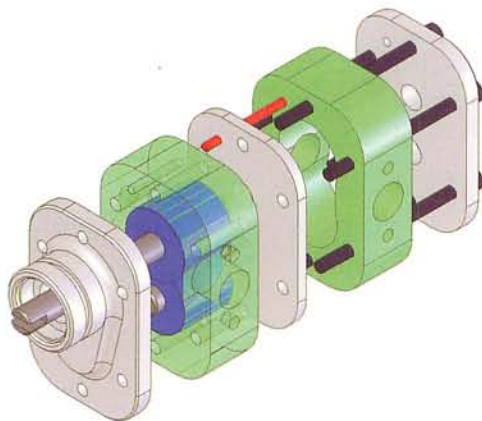


図5 スカベンジポンプ内部構造

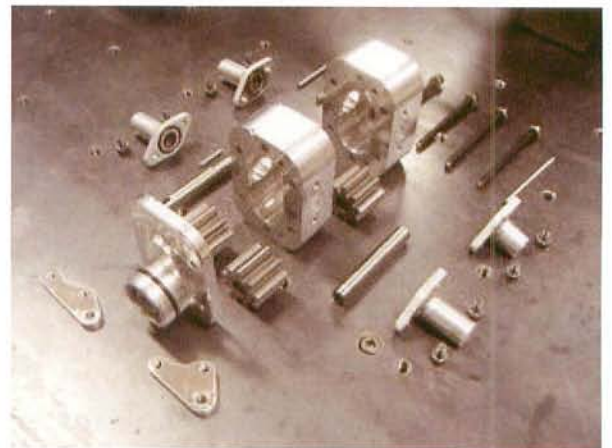


図6 スカベンジポンプ実物写真

### 3.4 オイルタンクの設計

オイルタンクは、オイルパンから吸い上げられたオイルを溜める部品である。オイルタンクに溜められたオイルはフィードポンプによってエンジン各部に送られる。そのため、オイルタンクの出口は常にオイルで満たされている必要がある。よって、走行中の液面が傾いたときでも液面がオイル出口より上になるような形状とした。また、スカベンジポンプから送られて来るオイルには気体も混入しているため、オイルタンクには気体と液体を分離させる機能を持たせなければならない。気液分離に

は遠心式を採用し、図7のように流体解析を行った。実際にはタンク下部はオイルで満たされているため、この部分での気液分離は期待できない。そこでタンク上部に気液分離板を設けることで、より確実に気液分離を行えるようにした。オイルタンクの材料には A5052 を用いた。図8に本研究で製作したオイルタンクの実物の写真を示す。

気液分離板無し      気液分離板有り

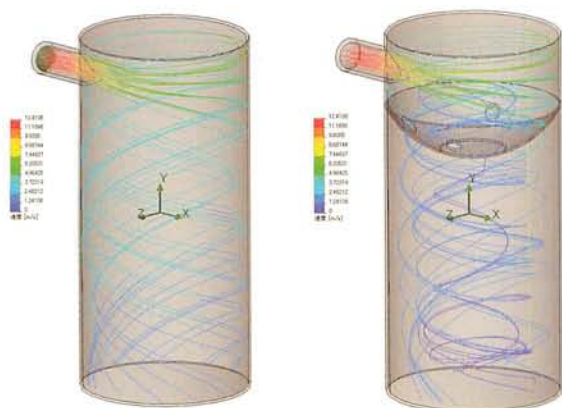


図7 オイルタンク流体解析結果



図8 オイルタンク実物写真

### 3.5 リリーフバルブの設計

リリーフバルブとは、油圧が高くなりすぎないように、油圧が規定値に達すると油圧を逃がすために開く弁のことである。弁に圧力がかかることで、スプリングが押し縮められ、オイル逃がし穴まで弁が下がるとオイルがオイルパンに戻る。本来はエンジン内部にある部品だが、ドライサンプ化により、内部に収めることができなくなったため外部に移設した。弁とスプリングについては純正のものを流用した。また、エンジン外部に設置するため、Oリング等を用いてシールし、オイル漏れをしないように設計した。材料は A5052 を用いた。図9に本研究で製作したリリーフバルブの形状を示す。

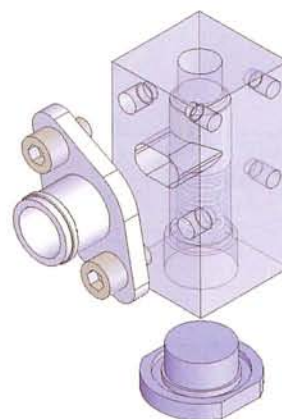


図9 リリーフバルブ

## 4. 性能評価

### 4.1 ベンチ試験

実車に搭載する前に、ドライサンプシステムが設計した通りの性能を発揮するかどうかをベンチ試験により確認した。試験には図10に示すクランキングベンチを用いた。クランキングベンチとは電気モータの動力を利用してエンジンの運転状態を再現する実験装置である。これを用いてスカベンジポンプの吐出量を確認した。実験の結果、常用最高回転数においてほぼ設計値通りの吐出量を得られた。



図10 クランキングベンチ



## 4.2 走行試験

走行中にオイルが偏った場合でもエンジンが潤滑されるかをドライサンプシステムを実車に搭載し、走行試験を行うことで確認した。試験は、大会競技の中で最も長い時間同じ方向に加速度がかかる定常円旋回によって行った。約 1.4G の横加速度がはたらく定常円旋回を約 10 秒間続けた。この試験においてエンジンが焼き付くなどの不具合は発生しなかった。これにより、実車に搭載して走行しても問題無いと判断した。



図 11 走行試験

## 5. 考察

図 12 に本研究でドライサンプ化したエンジンと過去の車輻に搭載されていたエンジンの搭載位置の比較を示す。また表 1 にそれぞれのクランク軸高を示す。ウェットサンプでは KF2006 以上の搭載位置低下は困難であったが、ドライサンプ化することで KF2006 から 20mm 低下させることができた。これにより、車輻の重心高は 4mm 低下した。

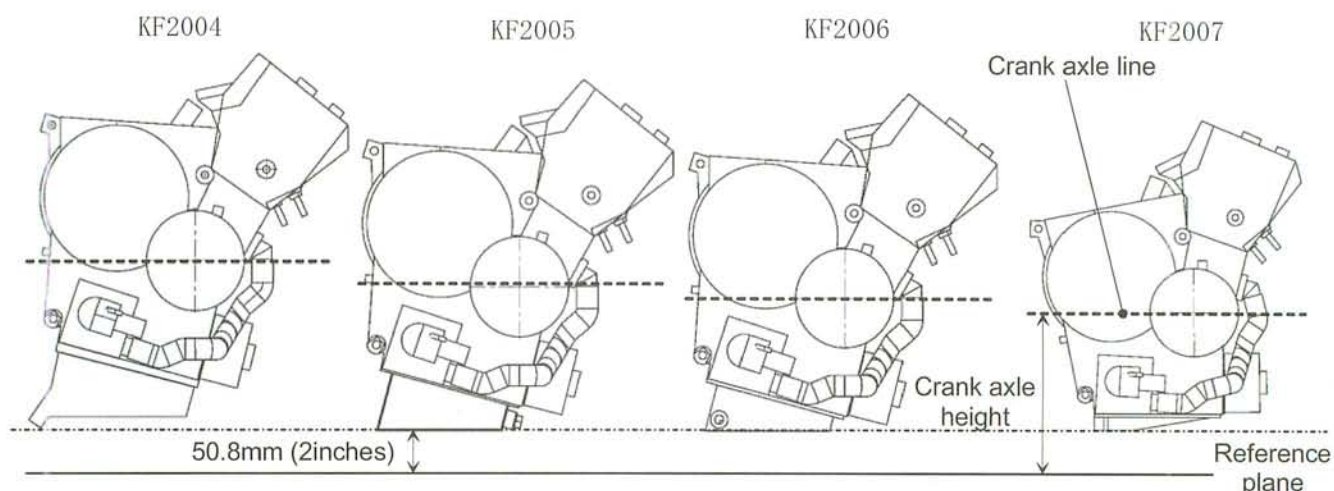


図 12 エンジン搭載位置の比較

表 1 クランク軸高の変化

	KF2004	KF2005	KF2006	KF2007
	Wet sump	Wet sump	Wet sump	Dry sump
Crank axle height	251mm	226mm	212mm	192mm

## 6. まとめ

- エンジンのドライサンプ化に伴い、オイルパン、スカベンジポンプ、オイルタンク、リリーフバルブを設計、製作した。
- クランキングベンチと実車走行試験によりドライサンプシステムの性能試験を行い、設計通りの性能を発揮することを確認した。
- ドライサンプ化により、エンジン搭載位置を昨年度から 20mm 低下させることができた。

今後の課題として軽量化が挙げられる。今回のドライサンプ化では、安全をみてポンプ容量やタンク容量などに余裕を持って設計したため、各部品が必要以上に重くなってしまった。今後は、ベンチ試験や走行試験を繰り返し、必要な容量を再検討することで各部品を小型化し軽量化を行っていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 知りたい油圧/基礎編，不二越油圧研究グループ著，ジャパンマシニスト，1971
- [2] 歯車のおはなし，中里為成著，日本規格協会，1996
- [3] HKS 流エンジンチューニング法，長谷川浩之著，グランプリ出版，1995
- [4] レーシングエンジンの徹底研究，林義正著，グランプリ出版，1991