



## ロータリーエンジンのカットモデルの製作

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 長澤, 徹, 本間, 一郎, 庵, 健司, 三谷, 将之 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.32150/00003506">https://doi.org/10.32150/00003506</a>

## ロータリーエンジンのカットモデルの製作

長澤 徹・本間 一郎・庵 健司\*・三谷 將之\*\*

北海道教育大学釧路分校機械工学研究室

\* 蘭越中学校技術科

\*\* 北海道教育大学札幌分校機械工学研究室

## The Manufacture of Cutaway Models of a Rotary Engine

Toru NAGASAWA, Ichiro HONMA, Kenji IORI\* and Masayuki MITANI\*\*

Laboratory of Mechanical Engineering, Kushiro College, Hokkaido  
University of Education, Kushiro 085

\* The Course of Industry, Rankoshi Lower Secondary School, Rankoshi-cho,  
Isoya-gun, Hokkaido 048-13

\*\* Laboratory of Mechanical Engineering, Sapporo College, Hokkaido  
University of Education, Sapporo 002

### Abstract

The mechanism of a rotary engine whose rotors and eccentric-shaft rotate is an epoch-making invention and to compare it with a reciprocating gasoline engine makes an interesting educational study.

We have attempted to afford an understanding of the inner mechanism of a rotary engine by introducing this comparative study in machines into the industry syllabus in lower secondary schools.

To do so, we have produced cutaway models of a rotary engine, to demonstrate a machine technique, to be studied after the manufacture of dissected models of a reciprocating gasoline engine<sup>4)</sup>.

Through the manufacture of such cutaway models, we have been able to work out the following scheme.

1) The use of various machine tools (for example, a universal band sawing machine and oxygen-acetylene gas cutting machine) reduces the time of manufacture. If sufficient time is allowed, an ordinary cutting machine and tools (for example, a bench drilling machine, a hand hack saw and files) equipped for use in lower secondary schools will serve the same purpose.

2) The adoption of this cutaway model will enable us to clarify the gas flow of the rotary engine from intake stroke to exhaust, and will help students to understand the appearance of the rotor housing, the shape of the rotor (cross-section and width) as well as its motion.

3) The products of a lighting system with a micro switch also enable us to visualize each stroke easily: for example, the intake, compression, expansion and exhaust strokes.

4) Each part of the rotary engine sorted by colors enables us to visualize easily the materials used in it: steel and cast iron are painted in black, aluminium alloy in silver and nonmetal in ivory.

5) By rotating slowly by hand the eccentric-shaft of cutaway models furnished with a removal handle, we are able to follow faithfully the mechanism of power generation, conversion and transmission.

## 1. 緒 言

自動車に用いられているガソリンエンジンは、小型でありながら出力が大きく、取り扱いが簡単で、長時間連続運転が出来るなどの特徴を有しており広く普及してきた。普通自動車に載せられているガソリンエンジンは、エンジンの機構で区別すると、レシプロエンジンとロータリーエンジンに分けられる。レシプロエンジンは、ピストンの往復運動をクランクシャフトの回転運動に変換して動力を得ているのに対し、ロータリーエンジンは、ローターの回転運動をエキセントリックシャフトの回転運動に変換して動力を得ている。それ故、ロータリーエンジンはレシプロエンジンに比較して、構造上無理がなく、振動も少ないなどの利点を持ち、機構的にも興味のあるエンジンである。しかも、低公害エンジンとして優れた性能を種々持ち合わせており、今日に至っている。

現在、中学校技術科の機械領域において、男子生徒には内燃機関のしくみを履修させて機械学習を進めているが<sup>1),2),3)</sup>、機械学習を進める上で、どのような機械を教材として扱うかが教師を悩ます問題の一つとなっている。

内燃機関は、各要素を多く含んだ機械の一つであり、多角的立場から広く機械を把握することが出来る好教材と言える。この内燃機関を教材として授業に取り入れる場合、実物のエンジンのカットモデルを使用する事で機械というものの理解を早め、学習効果も期待出来るものと思われる<sup>4)</sup>。以上の点から見るとロータリーエンジンは、その構造と動きをレシプロエンジンのそれと比較させながら理解させるのには好都合な題材であると考えられる。

本報告では、授業でエンジンのカットモデルを用いた機械学習を行う場合を想定し、前報のレシプロエンジンのカットモデルの製作<sup>4)</sup>に引き続き、ロータリーエンジンのカットモデルの製作を試みた。

製作にあたり、以下の5点に主眼をおいた。

- 1) 実物のロータリーエンジンを各種工作機械によって所定の形状に切断加工を施す事で、エンジン本体の内部構造を的確に把握出来る。
- 2) エンジンに使用されている材料を種類別に色分けする事で、各部に用いられている材料を視覚的に捉えられる。
- 3) レシプロエンジンとの構造の違いが分かるように切断加工を行う事で、吸気から排気に至るガスの流れが理解出来る。

- 4) ロータリーエンジンの吸気、圧縮、膨張（点火）および排気の各行程が視覚的に捉えられる。
- 5) エキセントリックシャフトを手動で回転させ実際の動きを見ながら、動力の発生、変換および伝達のしくみが理解出来る。

## 2. 加工法および製作過程

用意したロータリーエンジンは、東洋工業株式会社製の2ローターサイドポート型ロータリーエンジンである。

まず、エンジンの分解を行い灯油で洗浄し、その後、断面をカットする。この場合、実物の外観を損なう事なく、かつ部品の形状を考慮し内部構造が理解出来るよう注意をしながら切断を行う。

断面カットを行うのに採用した加工法は、

- a) コンタマシン（金属万能帯ノコ盤：Universal band sawing machine）による加工法
- b) 卓上ボール盤（Bench drilling machine）を使用した加工法
- c) 酸素－アセチレンガス溶断機（Oxygen-Acetylene gas cutting machine）を用いた加工法の3種類である。

以下、各部品における加工法および製作過程について述べる。

- a) コンタマシンによる加工法

切断面が開いており、かつ直線的に切断可能な部品の加工には、その都度 コンタマシンを用いた。

コンタマシンを用いて切断加工を行った部品を列挙すると、エアークリーナー、キャブレター、オイルフィルター、ファン、エアーポンプ、タイミングギアカバー、ジェネレーター、ディストリビューター、ウォーターポンプ、ステーションナリーギア、フロントローターハウジングおよびサイドハウジング（フロント、インターメディアイト、リヤ）である<sup>9)</sup>。

図版1の(a)から(c)にキャブレター、エアーポンプ、ステーションナリーギアの切断例を示す。(d)から(h)に、ローターハウジングと各サイドハウジングに行った切断の一例を示す。図版1の(d)から(g)は、エンジンの前方から見た場合の切断形状であり、(h)は後方から見た形状である。

フロントハウジング：(d)とフロントローターハウジング：(e)は軸受部およびローターの厚さ方向の形がわかるように、前方から見て上部右側の1/4を切断する。

インターメディアイトハウジング：(f)には、一次側吸気ポート（プライマリーインレットポート）が設けられているので、吸気ポートが見えるように上部を切断する。

エピトロコイド曲線で作られているリヤローターハウジング：(g)は、ローターハウジングの形が理解出来るように切断しないでおく。

リヤハウジング：(h)は、二次側吸気ポート（セカンダリーインレットポート）まで切断し、さらに軸受部を切断する。特に、後方から見てローターの三角形の形状が分かるように、テンションボルト用の穴を連ねてコンタマシンで切断する。

コンタマシンを用いて加工を行った部品の完成写真を図版3の(a)から(d)に示す。

- b) 卓上ボール盤を使用した加工法

切断形状が複雑と予想されかつ切断が閉じているか、又はコンタマシンを用いた加工が出来ない部品の切断には卓上ボール盤を使用した。

先ず、切断しようとする形にケガキを行い、次にセンターポンチで刻印を打って卓上ボール盤で穴あけ加工を行う。その後、金切りノコヤタガネを用いてくり抜き、鉄工ヤスリまたはディスクグラインダーで仕上げる。

この加工法を用いた部品は、トランスミッションケース、シフトレバーケースなどである。図版4の(a)にトランスミッション部の完成写真を示す。

#### c) 酸素-アセチレンガス溶断機を用いた加工法

形状が複雑であるか、あるいは材質が硬い部品、例えばインテークマニホールド、クラッチディスクおよびクラッチ部、サーマルリアクター<sup>5)</sup>を切断する場合、前述の(a)および(b)による加工は容易でないが加工出来るものと考えられる。しかし、時間が非常にかかる事が予想されたので、ここでは酸素-アセチレンガス溶断機を用い、溶断後ディスクグラインダーなどで仕上げを行う加工法を採用した。

図版2の(a)、(b)にインテークマニホールド、クラッチディスク部の切断例を示す。また、(c)から(h)にサーマルリアクターの溶断工程を示す。

ここで、サーマルリアクターを溶断する場合の注意事項について述べる。

サーマルリアクターは、(c)などで分かるように円筒形をしているため、今回採用した形に溶断しようとするとき炎が入らないので、溶断に時間がかかる事が予想される。そこで、前もって卓上ボール盤で穴を数ヶ所あけ、その穴から溶断し始めると炎の通りも良く時間もかからずにすむ。溶断における火口の番数および注意事項に関しては、前報<sup>4)</sup>を参照されたい。

図版3の(e)、(f)にインテークマニホールド部とサーマルリアクター部の完成写真を示す。

### 3. 最終仕上げ過程

#### a) 手で回転を可能にする方法

ロータリーエンジンはレシプロエンジンに比較して軸受部が少なく、エキセントリックシャフトは2ヶ所で支えられているだけである。図版1の(d)と(h)で見られるように軸受ブッシュは付けたまま、軸受部を1/3から1/4程度切断する。前後のステーションナリーギアは歯車部を切断しないでおき、エキセントリックシャフトを支える軸受部分は、前後のサイドハウジングの軸受部の切断形状に合うように切断する。また、フロントローターのサイドシールは全部取りはずし、リヤローターのサイドシールは後方から見える部分だけを接着剤で固定し残りは取りはずす。この方法を用いると、回転はレシプロエンジンのカットモデル<sup>4)</sup>よりも円滑である事が確認出来た。

次に、手動での回転を容易にするため、エキセントリックシャフトの前方にあるキーおよびキーマミぞ(ここにVベルトホイールが付く。)を利用して、取りはずしの可能なハンドルを製作した。ハンドルには市販の鋳鉄製ハンドル(ハンドル径250mm, JIS 2-1号)を用いた。ハンドル部の外観を図版3の(c)に示す。

#### b) 色分けによる塗装仕上げ

エンジン部品にどのような材料が使用されているかを視覚的に容易に理解させるために、材料別に色分け塗装を行った。

先ず、作動が可能となった段階で再び各部品に分解を行い塗装仕上げをする。全部品の分解を行わなくてもマスキング塗装でも良い。

鋳鉄、鋼部を黒色、アルミニウム合金部を銀色および非金属部をアイボリー色に色分けした。切断面には赤色を塗った。なお、特殊鋳鉄で製作されているローター、ステーションナリーギアおよびエキセントリックシャフトなどは、本来の材質の色をそのまま出しており塗装はしていない。これは、鉄鋼類の素地はどんな色をしているかを理解してもらうためである。

#### c) キャスター台の製作

ロータリーエンジン本体とトランスミッション部は重量があり、このままでは移動が困難である。移動を可能にするため、それぞれを載せる台を製作しキャスターを取り付けた。

ロータリーエンジンのフライホイールはエキセントリックシャフトの後方に取り付けられている。カットモデルの場合、フライホイールがこの位置にあるとフライホイールにより、リヤローターなどが見えにくくなる。この欠点をなくすため、フライホイールを通常はトランスミッションの出力軸に付けておき、トランスミッションのギア機構を見せる時の回転の補助としてフライホイールが役に立つようにしておく。本来のフライホイールの正しい位置を教える必要がある時には、エキセントリックシャフトに移動して半月キーで取り付けると良い。

以上のようにして製作を行ったロータリーエンジンのカットモデルの完成全形写真を図版4の(b)に示す。

## 4. 各行程の視覚化

ロータリーエンジンは4サイクルレシプロエンジンと同様、吸気、圧縮、膨張（点火）および排気の4行程を経て一サイクルを終了する。しかしながら、ロータリーエンジンのローターには三つの燃焼室があり、それぞれがエキセントリックシャフトの回転につれ、各々独立して変化しているので、レシプロエンジンに比較して吸・排気行程が理解しにくい。そこで、ロータリーエンジンのカットモデルを使用し、各行程を理解させるには特別な工夫が必要となる。

今回、回転するローターの三つの燃焼室のうち一つを定め、マイクロスイッチを利用してランプを点燈させる事で、吸気、圧縮、膨張（点火）および排気の各行程を理解出来るようにした。

まず、リヤローターの三つの燃焼室のうち一つの燃焼室を定める。後方から見て該当燃焼室の左側にあるアペックスシールを手前に5 mm程度出して瞬間接着剤でローターに付ける。これがマイクロスイッチを押すボタンとなる。アペックスシールがローターより出ているので、回転させるとリヤハウジングに接触する場所が生じる。そこでリヤハウジングの研磨面上を動くローターの軌跡をディスクグラインダーで削り取る。

次に、該当燃焼室の側面が吸気ポートにかかり吸入し始める時に、吸気ランプ（自作）が点燈するようにマイクロスイッチの位置を決める。マイクロスイッチの接触端子の長さを変える事で、ランプの点燈時間を調整する。同様の方法で、マイクロスイッチの位置や接触端子の長さを調整しつつ、圧縮、膨張および排気のランプを取り付ける。

上記の方法により、ロータリーエンジンの吸気、圧縮、膨張および排気の各行程を視覚的に容易に捉える事が可能になった。

図版4の(c)にマイクロスイッチおよびローターに付けたボタンの細部写真を示す。(d)に吸入行程時のローターの位置、(e)に圧縮行程時および膨張時（写真では点火としてある。）におけるローターの位置および(f)に排気行程時のローターの位置を示す。

## 5. 結 論

ロータリーエンジンは従来のレシプロエンジンとは異なり、ローターとエキセントリックシャフトが共に回転運動する画期的なエンジンであり、レシプロエンジンに比較して非常にコンパクトなエンジンである。

このロータリーエンジンの内部構造と各部の働きを理解させる事は、機械学習の授業に非常に有効であると考えられる。そこで、前回のレシプロエンジンのカットモデルの製作<sup>4)</sup>に引き続き、ロータリーエンジンのカットモデルの製作を試み、次の点が明らかになった。要約すると、

1) 各種工作機械（コンタマシン、酸素-アセチレンガス溶断機、ディスクグラインダーなど）の使用で製作時間の短縮を図ったが、時間をかけさえすれば中学校に設置されている機械と工具（卓上ボール盤、金切りノコ、鉄工ヤスリなど）で製作が十分可能である。

2) 今回採用したカッティングにより、吸気から排気までのガスの流れが理解でき、また、ローターハウジングの形状、ローターの形（断面と厚さ）およびローターの動きを見る事が出来た。

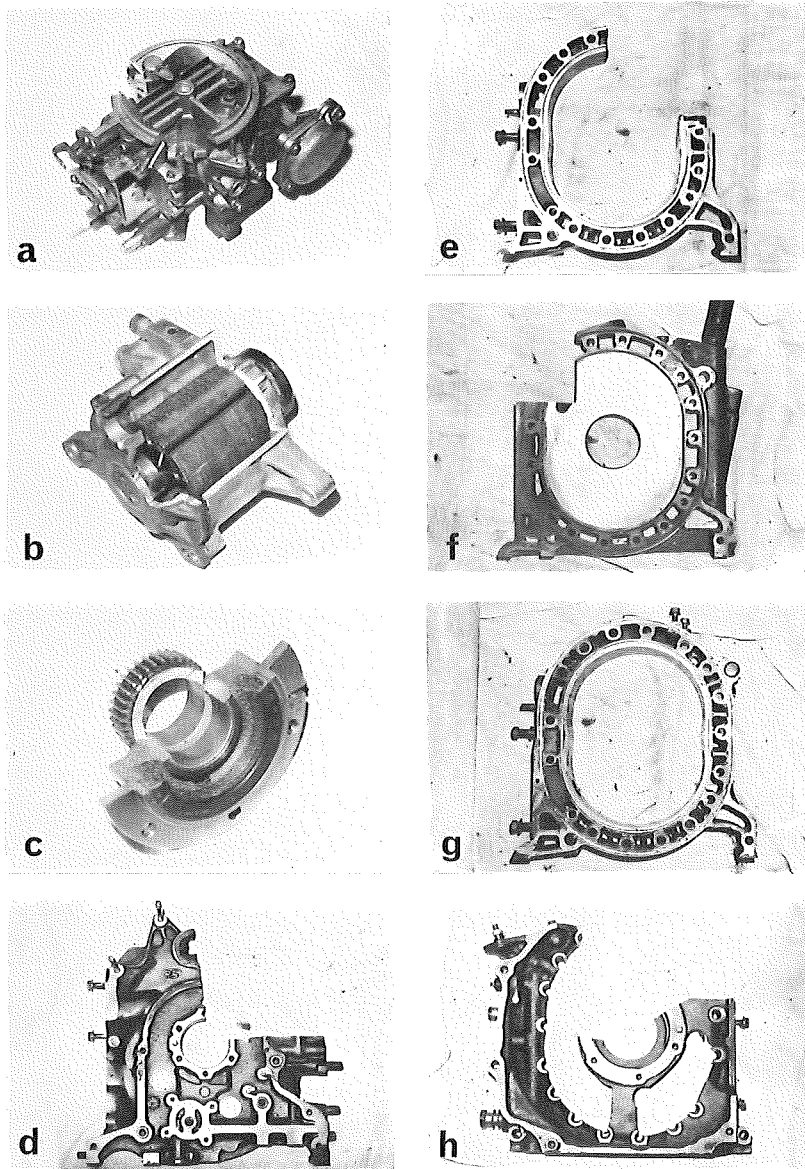
3) ローターの一つの燃焼室に着目し、マイクロスイッチを用いてランプを点灯させる事で、ロータリーエンジンの吸気、圧縮、膨張（点火）および排気の各行程を視覚的に理解する事が可能となった。

4) 鋳鉄、鋼部を黒色、アルミニウム合金部を銀色、非金属部をアイボリー色に色分け塗装する事で、エンジンの各部に使用されている材料を視覚的に捉えられるようになった。

5) 取りはずし可能なハンドルを取り付け、手でエキセントリックシャフトを回転させ実際のロータリーエンジンと同様に動力発生、動力変換および動力伝達などの一連の機構が忠実に再現出来た。

## 参 考 文 献

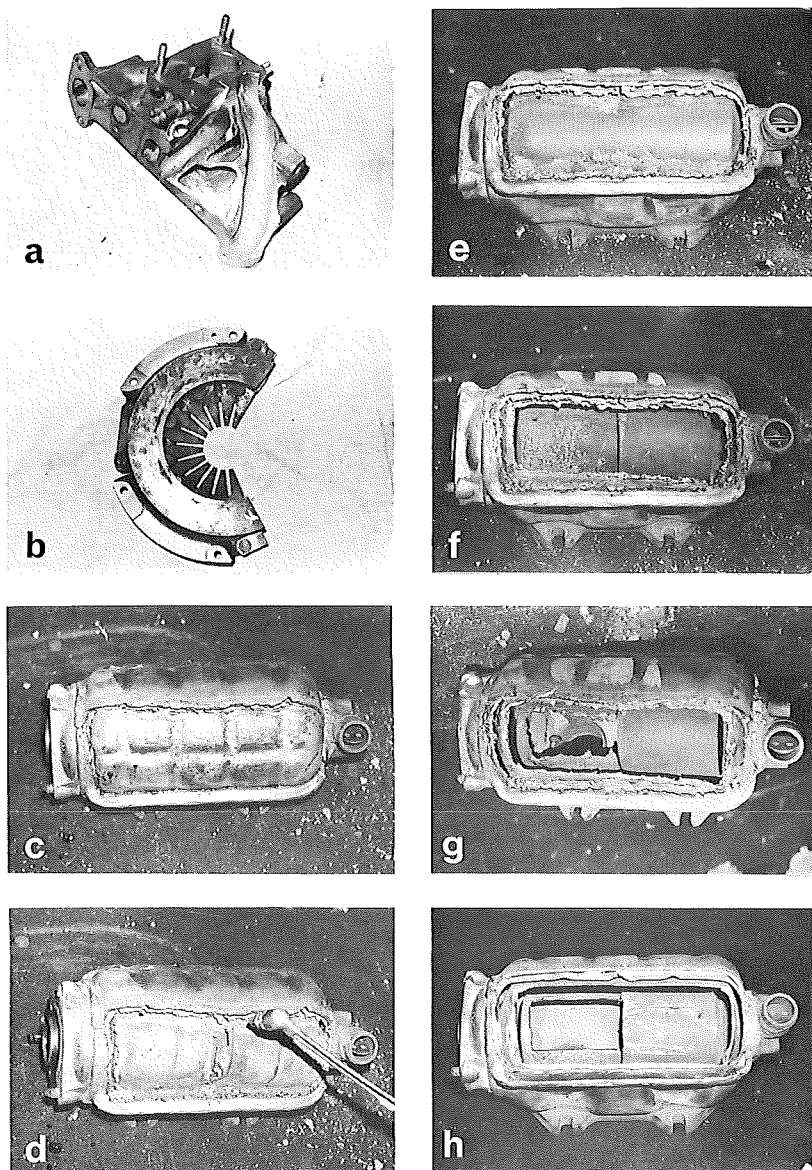
- 1) 渡辺 茂, 技術・家庭 (下巻) 教科書, 開隆堂 (1984), p. 29-46.
- 2) 馬場 信雄他, 新しい技術・家庭 (下巻) 教科書, 東京書籍 (1984), p. 29-52.
- 3) 文部省編, 中学校指導書 技術・家庭編, 開隆堂 (1984-4), p. 41-47.
- 4) 長澤 徹他, 北海道教育大学紀要 (第2部A) 第36巻第2号 (1986-3), p. 25-33.
- 5) 古浜 庄一, 内燃機関, 森北出版 (1979-2), p. 129-140.
- 6) 東洋工業株式会社編, ロータリーエンジンのしくみと取り扱い, たくみ印刷 (1980-5).



図版1 コンタマシンを用いて加工を行った部品の一例およびローターハウジング、サイドハウジングの切断例。

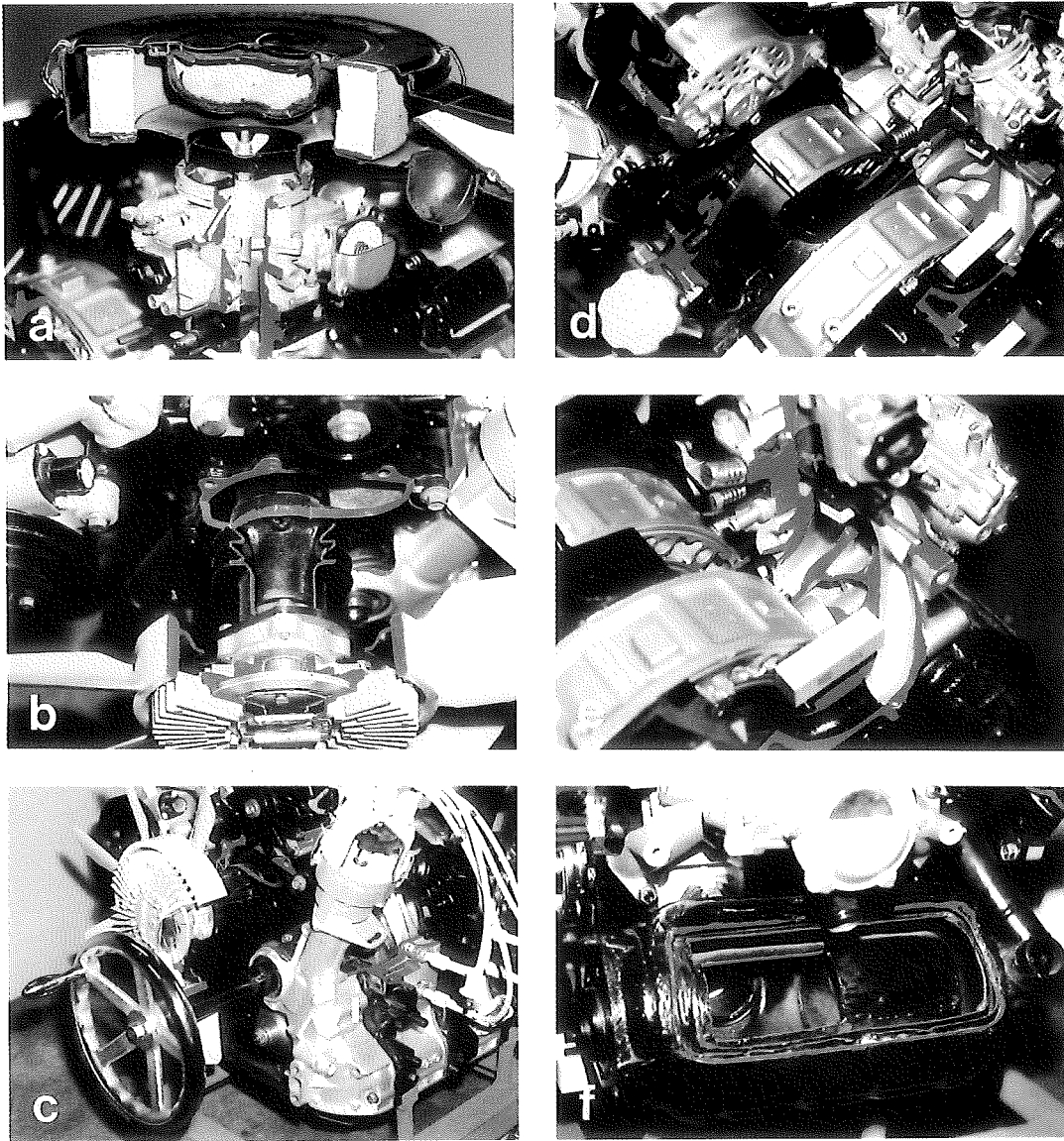
- a) キャブレター
- b) エアポンプ
- c) ステーションナリーギア
- d) フロントハウジング
- e) フロントローターハウジング
- f) インターメディアイトハウジング
- g) リヤローターハウジング
- h) リヤハウジング

注) d), e), f), g)はエンジン前方から見た切断形状であり, h)は後方から見た切断形状である。



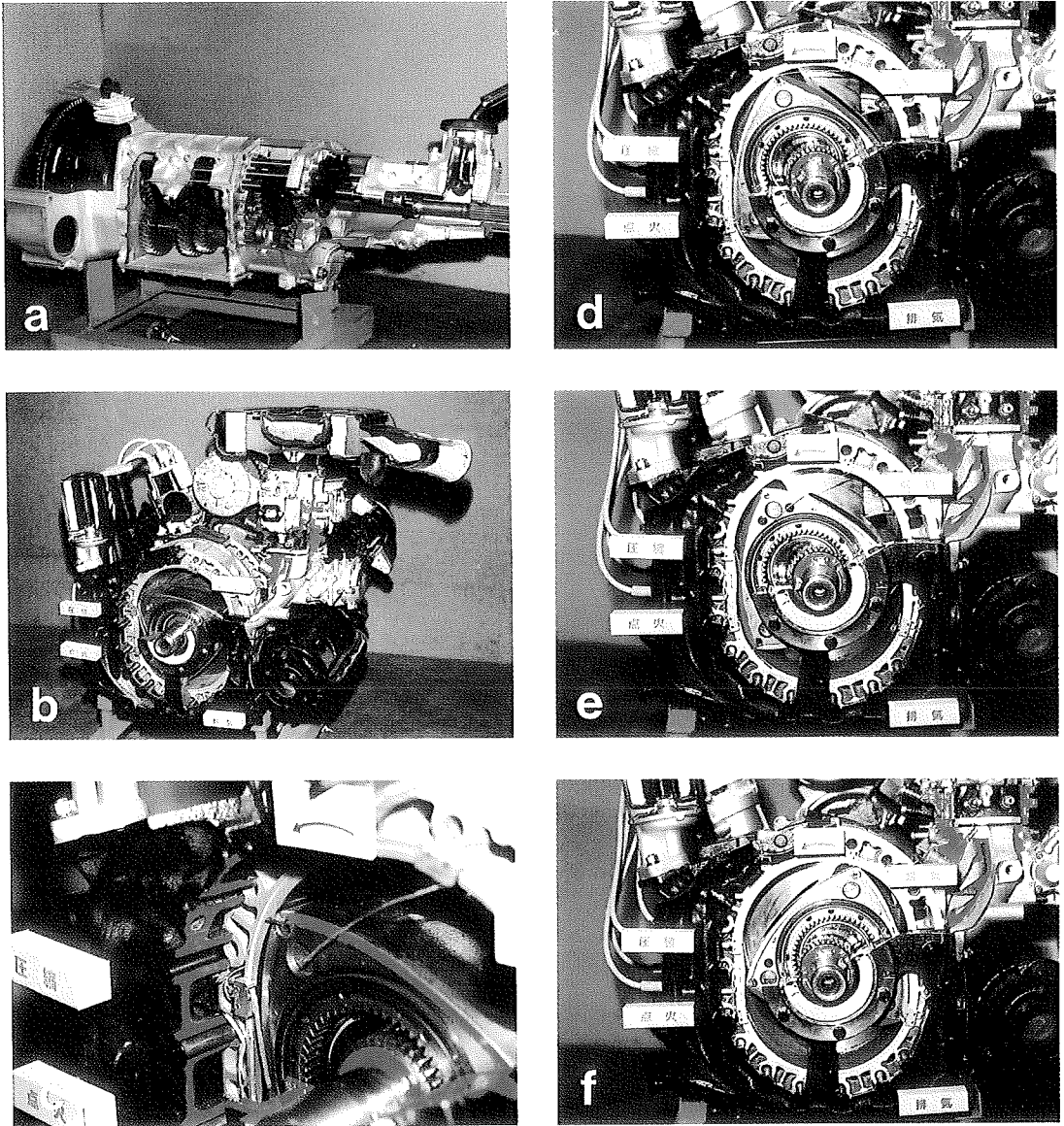
図版2 溶断加工を行った部品の一例およびサーマルリアクターの溶断工程

- a) インテークマニホールド
- b) クラッチディスク部
- c) 外殻（外側）の溶断終了
- d) 外殻（内側）の溶断
- e) 外殻がとれ、中間殻が見える
- f) 中間殻を溶断、内殻が見える
- g) 中殻の溶断終了
- h) 溶断後、ディスクグラインダーで成形する



図版3 種々の加工を行った部品の完成写真

- a) エアークリーナーおよびキャブレター部
- b) ウォーターポンプ、Vベルトプーリーおよびファン部
- c) タイミングギヤカバー部およびハンドル部の外観
- d) フロントおよびリヤローターハウジング部
- e) インテークマニホールド部
- f) サーマルリアクター部



図版4 ロータリーエンジンのカットモデルの完成写真

a) トランスミッション部の全形

b) エンジン本体の全形（後方から見る）

c) マイクロスイッチおよびローターのボタン部

d) 吸入行程時のローターの位置および外観

e) 圧縮行程時および膨張時のローターの位置

f) 排気行程時のローターの位置

注) 該当燃焼室が分かるように、ローターの横に赤いラインが引いてある。