

# 竹粉エンジンの開発研究（第1報）\*

鎌田 孝<sup>1)</sup> 廣瀬 博文<sup>2)</sup> 花野 裕二<sup>3)</sup> 宮城 勢治<sup>4)</sup>

## A Developmental Study of the Engine Fueled with Pulverized Bamboo

Takasi Kamada Hirohumi Hirose Yuji Hanano Seiji Miyashiro

Recently, uncared bamboo groves come into burning question all over Japan. Moreover, from the point of environment and energy, it is greatly important to use the bamboos effectively. Therefore, we tried to operate the conventional internal combustion engines with pulverized bamboo. A Diesel engine runs continuously in some adequate conditions. The engine uses a little gas-oil injected from cylinder head and bamboo powder is taken in from the inlet pipe. Suitable engines for Bamboo are now pre-chamber-types. Results show that the bio-mass rate is about 50%.

**KEY WORD: Diesel-Engine, Bamboo Powder, Engine Performance**

### 1. はじめに

原子力災害等によりエネルギー不足が叫ばれている今日、地球温暖化対策としても、バイオマスエネルギーの有効利用は一つの有効な解決策である。また、日本中に蔓延している放置竹林の弊害も環境対策上大きくなってきている。

このような状況で、竹をエンジンの燃料として使うことができれば社会に貢献でき、また、燃焼という学術領域においても発展につながる。竹粉は自発火温度が高いので圧縮点火（ディーゼル燃焼）は難しく、軽油を補助燃料として筒内噴射し、着火した軽油火炎で竹粉混合気を点火するのが本エンジンの原理である。幸い、予備実験においてディーゼルエンジンの吸気管内に竹粉を投入することによりエンジンの回転数が上昇することを確認し、特許申請をして平成30年に特許①が得られた。本研究論文では、もう少し詳しい実験研究内容を報告し、竹粉エンジンの有望性を述べる。

### 2. 実験装置および方法

実験に使用したエンジンは、三菱かつらディーゼルエンジン NM5H 型で排気量は 290CC、水冷横型単気筒予燃焼室式の 4 サイクル・ディーゼル・エンジンである。最大出力は 5PS/2200rpm、連続定格出力は 4PS/2200rpm であるので、実験条件としては安全を見て 4PS/2000rpm を最大の運転条件とした。冷却水温度は 80℃、竹粉粒子径は 300 $\mu$  以下のものを使用した。使用した軽油は 2 号軽油で、比重 0.846 であった。

図 1、図 2 に示す試験装置は東京メータ内燃機関性能総合試験装置（空冷渦電流式動力計付）で、阿南工業高等専門学校より移管したものである。



図 1 実験装置写真（エンジン性能試験装置全体図）

左端の黄色いじょうごから竹粉を定量的に供給する。下右にディーゼルエンジンにつながる電気動力計が見える。前面パネル上で主な試験データを採取し、計算・整理する。

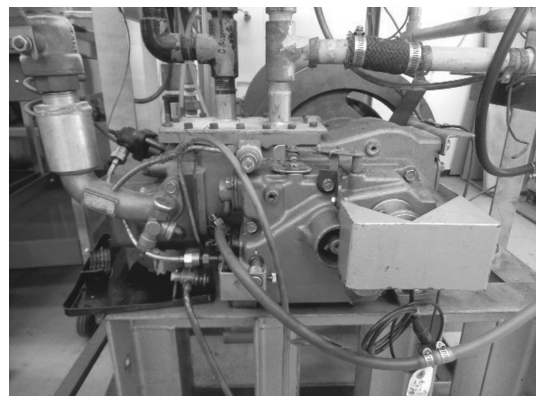


図 2 使用した「三菱かつらディーゼルエンジン」

\*2020 年 9 月 14 日受理。

第 52 回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2)・3)・4) 徳島工業短期大学 自動車工業学科  
(779-0108 徳島県板野郡板野町犬伏蓮花谷 100)

図 2 手前から軽油を少量噴射ノズルに供給する。左上方向に上がっている太いパイプが吸気管で、この上方途中に竹粉供給装置が付いている。左手前に噴射ポンプ、奥に噴射ノズルが見える。

### 3. 実験結果

諸条件のため、多くの実験データは取れなかった。その原因は空気の湿度と、竹粉の水分率が大きく関係していると思われる。実験はエンジン回転数 2000rpm でおこなった。

表 1, 表 2 に実験データ, 図 3, 図 4 に各種条件における燃料消費率とエンジン出力トルクの関連性を示す。

#### 計算法

以下の計算法 (式) により各データの算出をおこなった。ここに竹の低発熱量を 17.9kJ/g, 軽油低発熱量を 44.1 kJ/g とし て計算した。

- 出力  $P_o = \pi \cdot N \cdot T_o / 30$  [W]
- $N =$  エンジン回転数 rpm
- 正味熱効率  $\eta_e = 0.209T_o / (17.9B_b + 44.1B_g)$
- バイオマス比率  $\eta_b = 17.9B_b / (17.9B_b + 44.1B_g)$

表 1

実験番号	軽油 5.14cc の消費時間 t [s]	軽油燃料消費量 Bg [g/s]	軽油のみのトルク [Nm]	軽油出力 [kW]	軽油+竹粉のトルク To [Nm]	総合出力 Po [kW]	竹粉消費量 (投入量/消費時間) [g/s]	竹粉消費量 Bb [g/s]
1	33	0.1318	5	1.047	11.7	2.449	32/58	0.5517
2	31	0.1403	7	1.465	13.0	2.721	33/65	0.5077
3	25	0.1739	9	1.884	14.5	3.035	44/92	0.4783

表 2

結果	総合熱効率 $\eta_e$ %	バイオマス比率 $\eta_b$	軽油のみの熱効率 $\eta_e$ %
実験 1	15.6	0.629	18.0
実験 2	17.8	0.595	23.7
実験 3	18.7	0.527	24.6

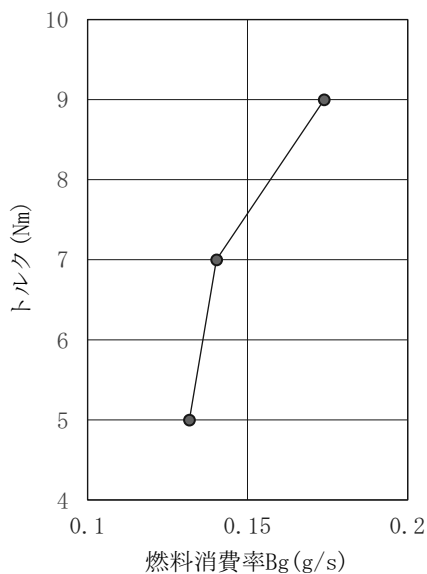


図 3 軽油のみのトルク (エンジン回転速度 2000rpm)

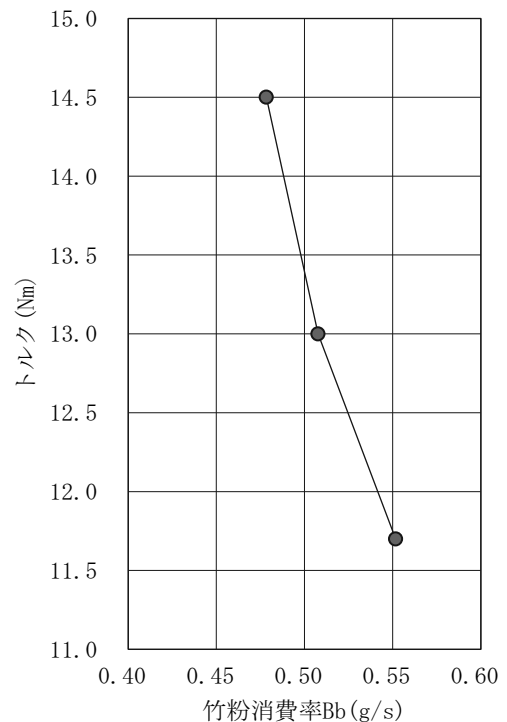


図 4 軽油+竹粉のトルク (エンジン回転速度 2000rpm)

図 3 より、軽油を多く供給すればエンジン・トルクは増加する。竹粉を供給した場合を示す 図 4 では、竹粉が増加すると、トルクが減少していることが分る。このことから、竹粉の供給に関しては最適値が存在することが分る。

#### 4. 考察

- 1) 現在までの実験によると、ディーゼルエンジンでは竹バイオマス比率（竹の発熱量割合）が50～60%で、竹粉ディーゼルの正味熱効率は20%程度である。軽油のみでは25%程度であるので、現段階では竹粉ディーゼルは熱効率が軽油より5%程度低いと思われる。この原因の多くは竹粉の不安定な供給、軽油噴射時期の不適正であり、そのほか竹粉の粒径特性、燃焼特性など多岐にわたる。今後の研究により、熱効率の改善は十分可能である。よって竹粉エンジンの熱効率は軽油と同等あるいはそれ以上と考えることができる。
- 2) 排気ガスについては、竹粉は軽く燃えやすいため完全燃焼に近く、目視では黒煙は発生していない。しかし、多少黒煙は発生しても、山林では人家も少ないので人体への影響は少なく、また灰は自然に土壤に落ちるので肥料にもなる。問題となる場合は湿式煤煙除去装置を付ければよく、その場合水中に良質の炭（炭素）が沈殿するのでこれが有効に利用できる。
- 3) 木竹粉は軽く、また排気ガスで乾燥させながら空気とよく混合させてエンジンに供給（予混合燃焼）すれば、燃焼後シリンダー内に灰が多く蓄積することなく、良好に排出される。農耕用エンジンを使用すれば簡単に燃焼室の清掃も可能である。粒径が小さいほどこの問題は解消される。
- 4) 竹林で竹を伐採し、竹粉をその場で当エンジンに供給して運転し、その動力で発電機を回し、余剰の電力を売電すれば放置竹林の有効利用が可能になる。
- 5) 過去に微粉炭を軽油や重油に混ぜて、ディーゼルエンジンを運転した例があるが、この場合噴射ポンプ、噴射ノズルが摩耗し拡散燃焼のため、すすがよく発生しピストン、ピストンリング、シリンダー等をよく摩耗させたという報告<sup>2)</sup>がある。本エンジンは空気と竹粉を予混合させているので、予混合燃焼に近く、すすの発生は少ない。

#### 5. 結論

本エンジンで竹バイオマス比率を90%以上にすれば竹の有効利用率は格段に進む。市販のエンジン発電機を本仕様に改造して竹粉エンジンを製作、その電力で竹粉製造機を運転し、余剰の電力を売電すれば放置竹林現場で竹を有効消費することができる。これにより国内のみならず世界の竹林現場で本エンジンは多々貢献できる。

#### 謝 辞

本研究の遂行にあたりまして、「財団法人 東京自動車技術普及協会」より助成金を賜りましたことをここに記し、心より感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- (1) 西岡守, 宮城勢治, 廣瀬博文: 内燃機関, 特許第 6374174 号 (2018年7月27日)  
その後2019年2月には竹粉エンジンの運転を徳島新聞第1面に公開した。引き続き、全国の新聞等マスコミやインターネットで大きく取り上げられた。徳島新聞日刊、第26930号(2019年2月28日)
- (2) 福田昌准: コールスラリ-燃焼による予燃焼室式ディーゼル機関の運転, 津山高専紀要, 第20巻, pp. 19-23 (1982)

#### [公開特許公報要約]

【解決手段】図3に示す燃焼室2と、圧縮または火花着火される石油燃料を燃焼室2に噴射する噴射ノズル4と、燃焼室2に接続され吸気を燃焼室2に送り込む吸気管5と、燃焼室2に接続され排気を燃焼室2から排出する排気管6とを備えた内燃機関において、吸気管5には吸気とともに竹粉8を燃焼室2に供給する竹粉供給装置7が接続されており、竹粉供給装置7は、竹粉8を貯蔵するホッパー9と端部がホッパー9に接続され他端部が吸気管5に接続されており、ホッパー9に貯蔵された竹粉8を所望の量だけ連続して吸気管5に搬送可能なスクリー-フィーダ10とを備える。

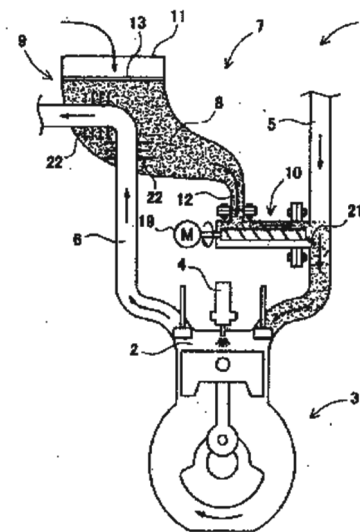


図5