

# メッシュ電極形 ECF ポンプの電極間隔と性能の関係

桜井康雄\*, 中田 毅\*\*, 枝村一弥\*\*\*

## Relation between Gap of Electrode and Performance of Mesh Type ECF-pump

Yasuo SAKURAI\*, Takeshi NAKADA\*\*, Kazuya EDAMURA\*\*\*

An Electro-conjugate Fluid (ECF) is one of functional fluids. A strong jet flow is generated between a pair of electrodes when a high voltage is applied to ECF through the electrodes. By the use of this strong jet flow, a pump with simple structure, no noise, no vibration and no sliding part can be developed. From this view point, the authors had developed the printed circuit board multi-layered type ECF-pump and the tube type ECF-pump in order to realize a new liquid cooling system for CPU by ECF. And the performance of the liquid cooling system composed of the printed circuit board multi-layered or the tube type ECF-pump had been investigated. To realize the new liquid cooling system by ECF, it is necessary to make the size of the ECF-pump more compact. Accordingly, the authors has been proposed a compact ECF-pump. This pump is composed of nickel-plating metallic meshes as electrode, an acrylic spacer to decide the gap of the electrodes, acrylic flanges to connect pipes. This pump is manufactured by pasting these components with an epoxy bonding agent. The merit of this ECF-pump is that the structure is simple, how to manufacture is easy, and the gap of the metallic meshes as electrode can be determined by only the thickness of the acrylic spacer easily. To investigate the basic characteristics of the proposed ECF-pump, various experiments have been carried out. In this article, the performance of the ECF-pump is shown. Namely, the experimental results on the relation between the gap of the metallic mesh electrodes and the performance of the ECF-pump is described. These experimental results show that the ECF-pump has remarkable properties when the gap between two metric meshes as electrode is set at 0.1mm.

**Key Words** : Functional Fluids, Electro-conjugate Fluid, Pump, Metric mesh

### 1. 緒言

電界共役流体(Electro Conjugate Fluid : ECF)<sup>1)</sup>とは、機能性流体の一種である。この液体に一对の電極により直流高電圧を印加すると電極間で他の液体に比べ非常に強いジェット流が発生するという特徴を有している。この現象を利用することにより、摺動部分を必要としない単純な構造を持つ振動および騒音が発生しないポンプを開発することが可能であると考えられる。

このようなポンプの用途の一つとして、近年、その高機能・高性能化が著しい電子機器で用いられる電子チップ、特に、パーソナルコンピュータの高性能化に伴う発熱量の増大が問題となっているCPUをECFで冷やす新しい液冷システムへの応用が考えられる。

このような背景の下、本研究室では2種類のECFポンプ<sup>2,3)</sup>を提案した。しかしながら、ECFによる新しい冷却システムの実用化ならびに用途拡大の観点から、ECFポンプのさらなる小形化が求められている。そこで、本研究室では、一对の電極に金属メッシュ<sup>4,5)</sup>を用

いたECFポンプ（以後、メッシュ電極形 ECF ポンプ）を提案した<sup>6)</sup>。ここでは、このポンプの電極間隔がメッシュ電極形 ECF ポンプの性能におよぼす影響について実験的に検討した結果について述べる。

### 2. メッシュ電極形 ECF ポンプの概要<sup>6)</sup>

メッシュ電極形 ECF ポンプの構造を Fig.1 に示す。このポンプは、ニッケルメッキを施した2枚の金属メッシュ、その間に挟むアクリルスペーサ、金属メ

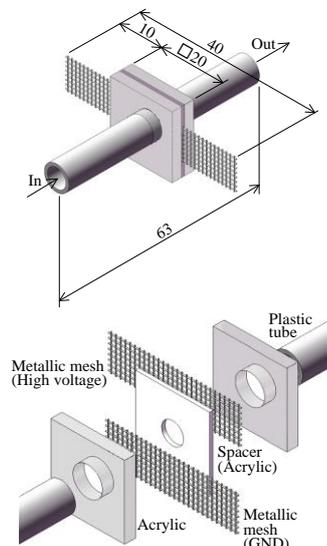


Fig.1 Mesh type electrodes ECF-pump

\* 足利工業大学工学部創生工学科  
(〒326 - 8558 栃木県足利市大前町 268-1)  
(E-mail: ysakurai@ashitech.ac.jp)  
\*\* 東京電機大学情報環境学部情報環境学科  
(所在地 〒270 - 1382 千葉県印西市武西学園台 2-1200)  
\*\*\* (有) 新技術マネージメント  
(所在地 〒124 - 0023 東京都葛飾区新小岩 2-9-1-306)  
\* Ashikaga Institute of Technology  
\*\* Tokyo Denki University  
\*\*\* New Technology Management Co., Ltd.

ッシュを抑えるアクリル板と内径 6mm のプラスチックチューブで構成されている。このような構成とすることで、金属メッシュの間隔を簡単に決めることができることという長所を本ポンプは有する。

### 3. 電極間隔が性能におよぼす影響

Fig.2 に示すような実験装置を製作し、2枚の金属メッシュの間隔  $L$ 、すなわち、電極間隔をスペーサの厚さを調整することにより変化させ、電極間隔がポンプ吐出し量におよぼす影響を実験的に検討した。次いで、Fig.3 に示すような実験装置を製作し、 $L$  を変化させ、電極間隔がポンプ吐出し圧力におよぼす影響を実験的に検討した。なお、本ポンプのメッシュの粗さの最適値は GND 側が #120 (120 メッシュ / 1 インチ)、高電位側が #150 (150 メッシュ / 1 インチ) であることを前報で明らかとした<sup>6)</sup>。ここでは、メッシュはこのサイズを用いる。また、本実験で用いた ECF は、現在最も強いジェット流が発生することが確認されている FF-3 EHA2 である。

Fig.4 に電極間隔  $L$  を変化させた場合のポンプ吐出し量  $Q_p$  とポンプへの入力電圧  $V_{in}$  の実験結果を示す。この図より、電極間隔を狭くするほど吐出し量が大きくなり、 $L=0.1\text{mm}$  の時では、 $V_{in}=2.5\text{kV}$  とすると  $Q_p=3.77 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s}$ 、 $V_{in}=2.0\text{kV}$  では  $Q_p=3.47 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s}$  となる。本研究室で開発した管路形 ECF ポンプでは  $V_{in}=2.0\text{kV}$  の時、 $Q_p=5.03 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s}$  という結果が得られており、メッシュ電極形 ECF ポンプは、管路形 ECF ポンプの約 69% の吐出し量が得られていることがわかる。メッシュ電極形 ECF ポンプの大きさは、管路形 ECF ポンプの大きさに比べて非常に小さい。よって、ポンプ管体の容積に対する吐出し量という点において、管路形 ECF ポンプに対するメッシュ電極形 ECF ポンプの優位性が明らかである。

Fig.5 に電極間隔  $L$  を変化させた場合のポンプ吐出し圧力  $P$  とポンプへの入力電圧  $V_{in}$  の実験結果を示す。ポンプ吐出し圧力においても、前述した吐出

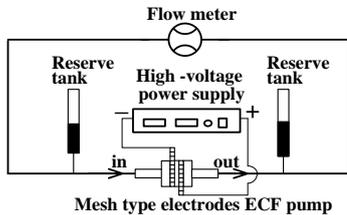


Fig.2 Experimental apparatus (pump discharge)

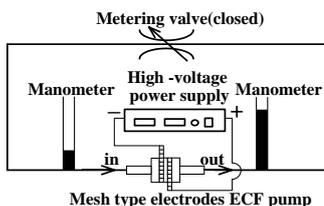


Fig.3 Experimental apparatus (pump pressure)

量と同じ傾向を示していることがわかる。メッシュ電極 ECF ポンプでは、 $L=0.1\text{mm}$  の時、入力電圧  $V_{in}=2.0\text{kV}$  では  $P=1.4\text{kPa}$  で、本研究室で開発した管路形 ECF ポンプでは  $V_{in}=2.0\text{kV}$  で、 $P=6.04\text{kPa}$  である。メッシュ電極形 ECF ポンプは、管路形 ECF ポンプの約 23% の吐出し圧力が得られていることがわかる。管路形ポンプと本ポンプの管体の大きさに対するポンプ吐出し圧力の面においても、本ポンプの優位性が明らかであることがわかる。

### 4. 結言

メッシュ電極形 ECF ポンプの設計パラメータである電極間隔とポンプ吐出し量、ポンプ吐出し圧力について実験的に検討した。その結果、本研究室で開発した管路形 ECF ポンプに比べ、ポンプの管体の容積に対する吐出し量および吐出し圧力の面でメッシュ電極形 ECF ポンプの優位性が明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 例えば、横田眞一、貞本敦史、近藤豊、大坪泰文、枝村一弥：電解共役流体(ECF)を応用したマイクロモータ (ステータ電極(SE)形マイクロモータの提案)、機論 C, **66**-642, 627/633(2000)
- 2) 桜井康雄、門井寛人、中田毅、枝村一弥：プリント基板多層形 ECF ポンプの開発と液冷システムへの応用、機論 C, **72**-715, 991/996(2006)
- 3) 桜井康雄、中田毅、枝村一弥：管路形 ECF ポンプの開発と CPU 液冷システムへの応用、機論 B, **75**-753, 966/971(2009)
- 4) 中田毅、桜井康雄、枝村一弥：電界共役流体を用いたピストン形リニアアクチュエータの開発、機論 C, **71**-706, 2014/2019(2005)
- 5) 特許 3225016 「リニアモータ」、特許権者：395016615、有限会社新技術マネジメント
- 6) 五十嵐友彰、桜井康雄、中田毅、枝村一弥：メッシュ電極を用いた ECF ポンプの開発、平成 21 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 46/48(2009)

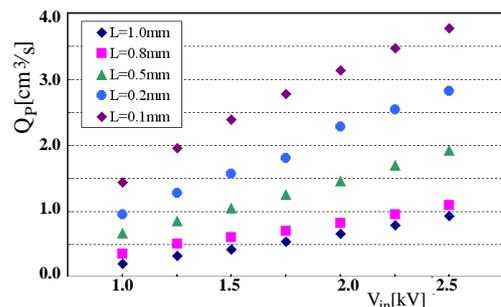


Fig.4 Experimental results (pump discharge)

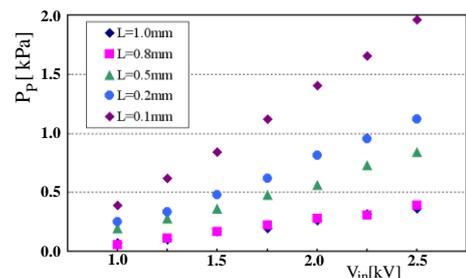


Fig.5 Experimental results (pump pressure)

# 顎関節症治療手技スカルケア実施時の力計測用センサの動特性

長屋貴洋\*, 桜井康雄\*\*, 本戸歳知\*\*\*

## Dynamic Characteristics of Force Sensor for Skull Care

Takahiro NAGAYA\*, Yasuo SAKURAI\*\*, Toshitomo HONDO\*\*\*

Recently, the number of the patients with temporomandibular joint disorder is increasing. Their chief complaint is disturbance of mouth opening, abnormalities in temporomandibular joint, or a pain of temporal region. Furthermore, the number of the patients with temporomandibular joint disorder is projected to increase because of a change of Japanese diet, that is many Japanese preferably eat soft foods. Main treatment for temporomandibular joint disorder is to adjust teeth alignment by using a bite plate. However, this treatment is symptomatic therapy and it is difficult to cure temporomandibular joint disorder by using this treatment. Then, skull care has been proposed, which is a new method of treatment for temporomandibular joint disorder. And, a number of good treatment results by skull care have been reported. However, skull care depends on the maneuver of the dentist who has developed the method. In order to make a number of dentist use skull care, it is required to develop a system to check and instruct the magnitude of force applied to a patient by a dentist at least. As the first step to realize this system, it is necessary to develop a sensor to measure the magnitude of force without giving a pain to a patient. In this article, two kinds of sensors are shown, one is for measuring the magnitude of force applied to cranial part through the palm of the dentist and another one is for measuring that applied to the gums through the finger of the dentist. The experimental results for static and dynamic characteristics of these sensors are described. And it is shown that these sensors have the satisfactory characteristics.

**Key Words** : Pneumatics, Force sensor, Dentistry, Temporomandibular joint disorder, Skull care

### 1. 緒言

近年、顎関節症で歯科外来を訪れる患者の数が増加している。さらに、近年の日本人の柔らかいものを多く食べるという食事の変化により、顎関節症を患う患者数が増えるものと予想されている。

現在、この治療は、スプリントなどの矯正装置による噛み合わせの調整を中心とした対症療法が主流である。一方、近年、頭蓋療法を用いた顎関節症の治療法（以後、スカルケア）が提案され良好な治療効果が得られている<sup>1)</sup>。しかしながら、スカルケアはこの治療法を開発した歯科医の手技に依存しているのが現状である。この治療法を多くの歯科医が簡単に実践できるようにするためには、この治療法を開発した歯科医の手技を模倣するシステム開発が必要とされている。これを実現するための第一段階として、静および動的な力を患者に痛みを与えることな

く計測可能なセンサが必要となる。

そこで、著者らは、スカルケアに必要な力を計測するためのセンサの提案と試作を行い、その性能を実験的に検討した結果を報告した<sup>2)</sup>。スカルケアは、頭蓋骨を手の平で押す手技と左右の歯茎内側を同時に指で外側に押す手技に大別できる。そのため、センサは手の平用と指用の2種類を開発した。ここでは、これらのセンサの動特性を実験的に検討した結果を示す。

### 2. センサの構造と静特性

手の平用センサおよび指用センサの構造を Fig.1

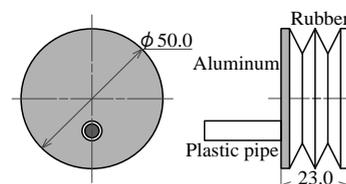


Fig.1 Structure of sensor for a palm

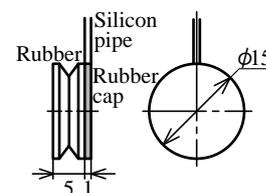


Fig.2 Structure of sensor for a finger

\*(株)コガネイ

(〒184 - 8533 東京都小金井市緑町 3-11-28)

\*\*足利工業大学工学部創生工学科

(〒326 - 0845 栃木県足利市大前町 268-1)

(E-mail:ysakurai@ashitech.ac.jp)

\*\*\*顎関節研究所

(〒350 - 0209 埼玉県坂戸市大字塚越 1-4)

\*Koganei Corporation

\*\*Ashikaga Institute of Technology

\*\*\*Research Institute of Temporomandibular Joint

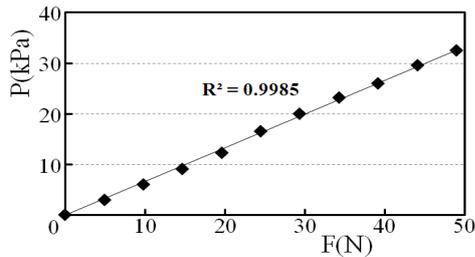


Fig.3 Static characteristics of sensor for a palm

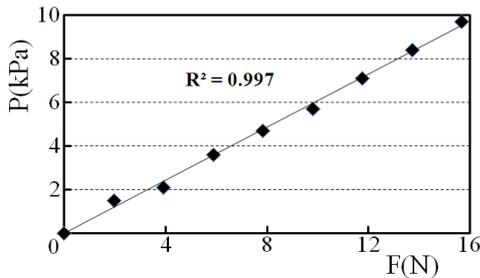


Fig.4 Static characteristics of sensor for a finger

および Fig.2 にそれぞれ示す。これらのセンサは手の平や指でセンサを押すことにより発生する空気圧を計測し、加えられた力を求める。

Fig.3 および Fig.4 にこれらのセンサの静特性の実験結果と近似線を示す。予備実験によりスカルケアで歯科医が頭部に加える力の最大値が約 49N、歯茎に加える力の最大値は約 14.7N であることが明らかとなっていたことから、これらのセンサで計測可能な力の最大値を決めた。これらの図より、手の平および指用センサは十分な精度で一次式により近似できることがわかる。

### 3. センサの動特性実験

Fig.5 に示す実験装置を製作し、手の平および指用センサの動特性実験を行った。センサでロードセルを周期的に押し、その時のロードセルにより計測された力  $F_L$  とセンサ内の空気圧の時間的な変化をデータロガーにより計測した。なお、静特性実験時と動特性実験時では周囲の温度すなわち空気の温度が異なる。これらのセンサの特性は十分な線形性を有することが Fig.3 および Fig.4 より明らかとされている。よって、動特性実験に先立ち手の平用センサにおいては 20N の力を、指用センサにおいては 2.5N の力をそれぞれ加え、センサにより計測された圧力  $P$  を力に変換する係数を補正するものとした。手の平用センサを用いて周期的な力を加えた際に計測した空気圧から求めた力  $F_p$  およびロードセルにより計測した力  $F_L$  と時間  $t$  との関係を図.6 に示す。指用センサを用いて周期的な力を加えた際に計測した空気圧から求めた力  $F_p$  およびロードセルにより計測した力  $F_L$  と時間  $t$  との関係を図.7 に示す。

これらの実験結果より、手の平用および指用セン

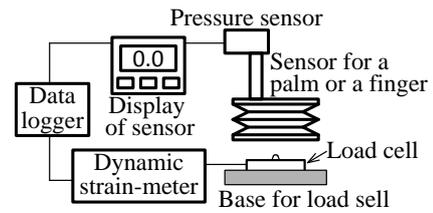


Fig.5 Experimental apparatus

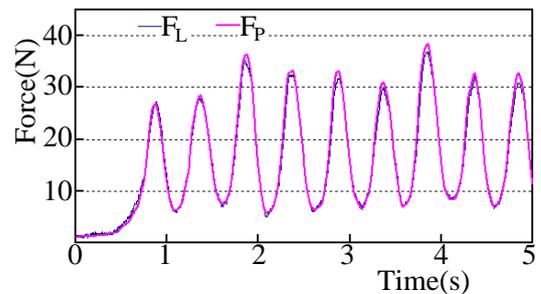


Fig.6 Dynamic characteristics of sensor for a palm

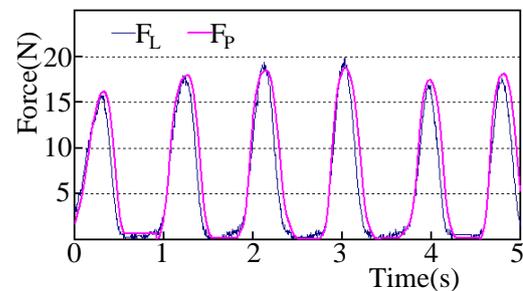


Fig.7 Dynamic characteristics of sensor for a finger

サは周期的な力の計測においても十分な精度を有していることがわかる。

### 4. 結言

ここでは患者に痛みを与えず歯科医の使い勝手の良い、スカルケアに必要な力を計測するセンサの動特性を実験的に明らかにした結果について述べた。その結果、手の平用および指用センサは周期的な力を十分な精度で計測できることが明らかとなった。今後の課題は、これらのセンサを歯科医に試験的に使用してもらい、どの程度の動特性が必要であるか明らかにすること、および、必要であればこの結果に基づきセンサの仕様を再検討することである。

### 参考文献

- 1) 本戸歳知：スカルケアによる顎関節症の治療，歯界展望 別冊，110-1，154/162(2007)
- 2) 長屋貴洋，桜井康雄，森下雄司，本戸歳知：顎関節症治療法スカルケア施術時の力計測センサの開発，平成 25 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集，16/18(2013)

# 漏れに起因する圧力低下抑制素子の提案

石川優\*, 桜井康雄\*\*, 兵藤訓一\*\*\*, 饗庭健一\*\*\*\*

## Proposal of a Component Restricting Pressure Drop Based on Leakage

Yu ISHIKAWA\*, Yasuo SAKURAI\*\*, Norikazu HYODO\*\*\*, Kenichi AIBA\*\*\*\*

This article deals with a component to restrict pressure drop based on a leakage. One of the advantages of an oil-hydraulic system is to keep the value of oil pressure when pressurized oil is enclosed in a container. However, when the pressurized oil is enclosed in a head end or a rod end chamber of an actuator by a check valve or shut-off valve, the value of the oil pressure is decreased by the leakage from the check valve or the shut-off one. In order to prevent this, it is required to employ a non-leakage valve which is expensive, to use an accumulator or to control the pressure by using a valve or a pump control. From the view point of cost reducing or energy saving, it is necessary to prevent this pressure drop by using a simple mechanism. In this article, a component to prevent the pressure drop is proposed to realize this. The proposed component is composed of a metal container within an elastic element. The energy of oil is stored in the elastic element. When the pressure is decreased by the leakage from a valve, the energy in the elastic element is supplied to oil and the pressure drop is prevented. Thus, the structure of the proposed component and the mechanism to prevent the pressure drop are simple. The proposed component is fabricated and some experiments are carried out in order to confirm the validity of the mechanism to prevent the pressure drop and to make clear its basic characteristics. Consequently, it is shown that the mechanism of the proposed component is valid and the value of the enclosed pressure is kept at 86-93% of that of the enclosed initial pressure after one hour by using it.

**Key Words** : Oil-hydraulic component, Leakage, Pressure Drop, Energy-saving

### 1. 緒言

油圧システムの長所の一つは、密閉された空間に作動油を閉じ込めると、一定の圧力を発生し続けるという点である。この長所を利用すると、重力に逆らって負荷質量を保持する場合、外部からのエネルギー供給を必要としない。また、工作機械でワークを一旦保持してしまえば外部からエネルギーを加える必要がなくなる。しかしながら、パイロット操作チェック弁あるいはストップ弁により作動油を密閉された空間に封入した場合、この弁の漏れにより作動油の圧力が低下してしまう場合がある。この漏れによる圧力低下が問題となる場合、ノンリークタイプのチェック弁あるいはストップ弁、または、アキュムレータを用いる必要がある。

ここでは、チェック弁あるいはストップ弁からの漏れがあった場合においても封入された作動油の圧力をある一定時間同じ値に保つことが可能な油圧素

子（以後、圧力低下抑制素子）を提案し、その特性について実験的に明らかにした結果を示す。なお、ここで提案する油圧素子は、筆者らの一部が提案した油温上昇による密閉容器内の圧力上昇を防ぐ圧力変化抑制素子<sup>1)</sup>を応用したものである。

### 2. 圧力低下抑制素子の概要

圧力低下抑制素子の構造を Fig.1 に示す。なお、この図は圧力低下抑制素子を実験用の圧力容器（耐圧 21MPa、容積 100cc）に取り付けた状態である。この図に示した通り、この圧力低下抑制素子はその特性が安定している温度が広範囲であり耐薬品性にも優れているシリコンゴムとそれを囲う容器により構成されている。

Fig.2 に圧力低下抑制素子を使った漏れに起因する圧力低下を抑制する原理を示す。Fig.2(a)に示すよ

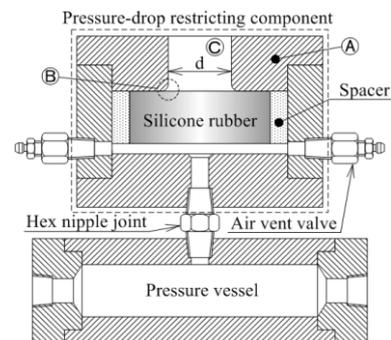


Fig.1 Structure of pressure-drop restricting component

\*坂本工業(株)

(〒373 - 0041 群馬県太田市別所町 292)

\*\*足利工業大学工学部創生工学科

(〒326 - 0845 栃木県足利市大前町 268-1)

(E-mail:ysakurai@ashitech.ac.jp)

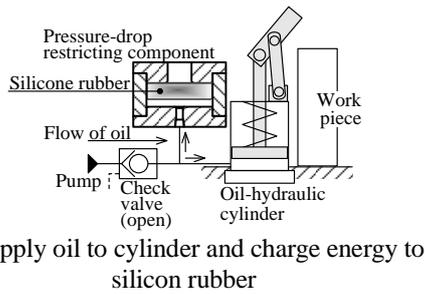
\*\*\*東京計器(株)

(〒327 - 0816 栃木県佐野市栄町 1-1)

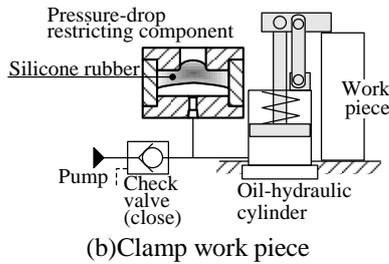
\*Sakamoto Industry Co.,Ltd.

\*\*Ashikaga Institute of Technology

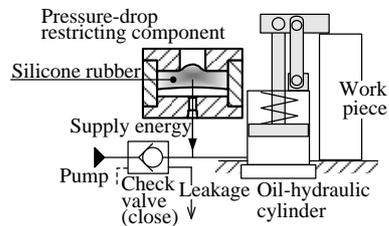
\*\*\*Tokyo Keiki Corporation



(a)Supply oil to cylinder and charge energy to silicone rubber



(b)Clamp work piece



(c)Prevention of pressure drop based on leakage

Fig.2 Principle of restricting pressure drop based on leakage

うに、ポンプにより油圧シリンダに作動油を送る。ここで、作動油の一部のエネルギーがシリコンゴムに蓄積され Fig.2(b)の状態となる。Fig.2(b)ではポンプが停止しチェック弁が閉じ圧力低下抑制素子にエネルギーが蓄積された状態である。ここで、Fig.2(c)に示した通りチェック弁から作動油の漏れにより圧力低下が始まった場合、圧力低下抑制素子内のシリコンゴムに蓄えられたエネルギーが作動油に供給され、この圧力低下を抑制する。

### 3. 圧力低下抑制素子の特性実験

提案する圧力低下抑制素子の有効性および基本的な特性を検討するために製作した実験装置を Fig.3 に示す。気泡が実験におよぼす影響をできる限り減らすため気泡除去装置を取り付けた。

提案する素子の有効性を検討するために、圧力容器に作動油を 1.0MPa を目標として封入し、圧力低下抑制素子を取り付けた場合と取り付けない場合で実験を行った。実験結果を Fig.4 に示す。この図より、素子を取り付けない場合、弁からの漏れにより圧力容器内の圧力は約 30 分後には 0 になり、素子を取り付けた場合、容器内の圧力は若干下がるものの 1 時間経過後においても約 0.96MPa と封入圧力である 1.0MPa より約 4%低い値となることがわかる。よ

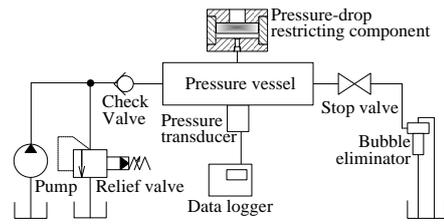


Fig.3 Experimental apparatus

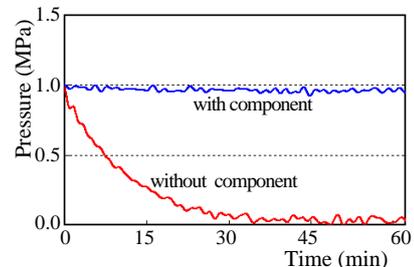


Fig.4 Validity of the proposed component

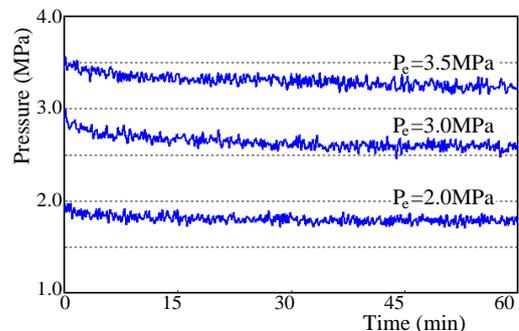


Fig.5 Experimental results varying enclosed pressure

って、提案する素子が作動油の漏れによる圧力低下の抑制に有効であることがわかる。

提案する圧力低下抑制素子の性能について検討するため、作動油の封入圧力  $P_e$  を変化させて実験を行った。実験結果を Fig.5 に示す。これらの実験結果より、圧力容器内部の圧力は実験開始直後から低下し最終的に一定値に収束することがわかる。また、その値は圧力容器へ封入圧力  $P_e$  の目標値の約 86%~93%となることが明らかとなった。

### 4. 結言

ここでは、弁からの漏れがあった場合においても封入された作動油の圧力をある一定時間同じ値に保つことが可能な圧力低下抑制素子を提案し、その有効性および性能について実験的に検討した。その結果、提案する素子を用いれば、容器内の圧力を実験開始から 1 時間経過後でも封入圧力の 86%~93%とできることが明らかとなった。今後の課題はこの圧力を封入圧から低下させないことである。

### 参考文献

- 1) 桜井, 鈴木, 饗庭, 吉成, 川島, 木原: 油圧作動油の温度上昇に起因する圧力変化抑制素子の提案, 日本機械学会論文集(C編), 78-788, 1163/1168(2012)