

～今、あした、人と環境との融和～

# フルードパワーの世界

油圧・空気圧・水圧による駆動と制御とその応用

追補版



## Hydraulics

油で機械を動かす—油圧



## Pneumatics

空気で機械を動かす—空気圧



## Water Hydraulics

水で機械を動かす—水圧 (ADS)



一般社団法人 日本フルードパワー工業会

<http://www.jfpa.biz/>

## 追補版の発行にあたって

冊子「フルードパワーの世界」は、フルードパワーが“ものづくり”及び“産業の基礎基盤”となるものであること、また、その素晴らしさを認識していただくとともに、大いに関心を持っていただくことを目的として2009年に発行いたしました。以来、全国の工業高等学校、工業高等専門学校の方、先生方、学生の皆さん、日本フルードパワーシステム学会所属の大学の研究室などに10,000部を超える部数を配布し、好評を得ています。

読者の方々からは、いろいろなお意見をいただきましたが、好評の大きな要因の一つとして、適用事例があって分かりやすいというのがありました。これを受けまして、適用事例を充実させることを意図して追補版を考えました。発行から5年がたちましたので、特に空気圧及び水圧の適用事例を中心に、新しい応用をふまえた適用事例を追加するとともに、より理解を深めていただくために油圧については技術的な解説も追加しています。

この追補版は、本編発行以降の新しい動きを取り入れて、本編を補うために作成されました。本編と併せて追補版を活用していただき、フルードパワーの世界をより一層ご理解いただければ幸いです。

(一社)日本フルードパワー工業会  
「フルードパワーの世界 追補版」作成委員会

## はじめに

欧米などで、フルードパワーといいますと油圧及び空気圧技術となりますが、日本では、これらに水圧技術が加わります。なぜなら、日本における水圧技術の発展が、近年目覚ましいものがあるために追加されました。

水圧の統計はまだありませんので、日本の市場における油圧、空気圧を使用領域で比較しますと、図1のようになっています。油圧は土木建設機械、産業車両、農業機械などの車両用が約50%を占めていますが、空気圧は一般産業の自動化・省力化の分野で広く使用され市場が多岐にわたっています。

油圧、空気圧及び水圧の基本構成を図に表しますと図2のようになります。構成は基本的に変わりがないことが分かります。それでは、どのようにすみ分けがなされているかといいますと、パワーの違いがひとつあります。主に、油圧は、中・高パワーの領域に用いられ、空気圧は、比較的lowパワーの領域に用いられています。油圧は、車両に搭載して動き回って力仕事をするのを得意としています。空気圧の場合、工場には一般に空気圧源が設備されていて、安価で使いやすいという利点があります。水圧は、低パワーから中圧パワーまでとパワー領域は広いのですが、油圧と空気圧の領域に参入するというよりも、普通の水を利用するという利点を生かして新しい領域を開拓してきています。

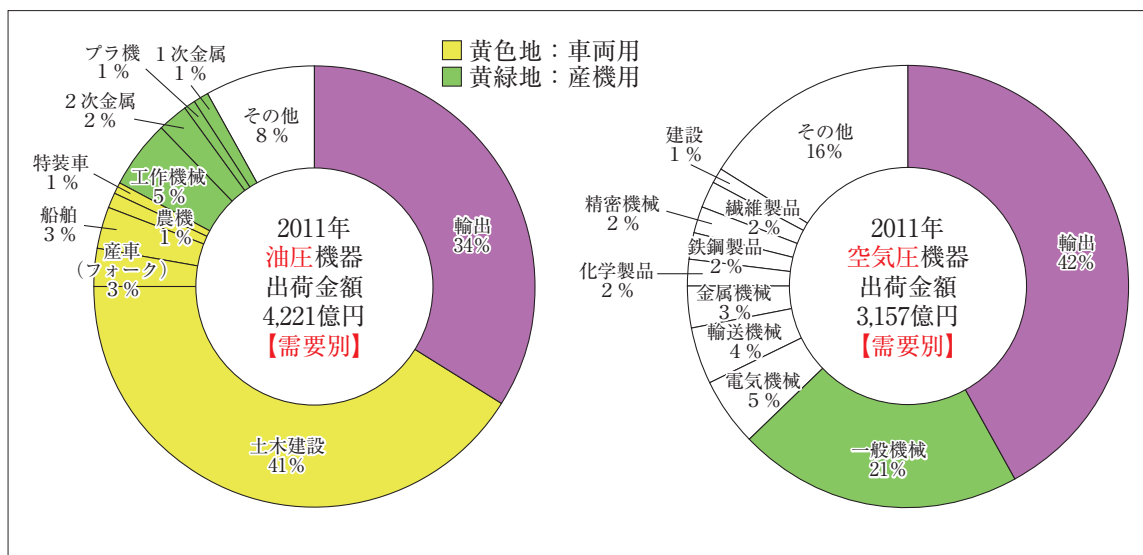


図1 油圧・空気圧の市場

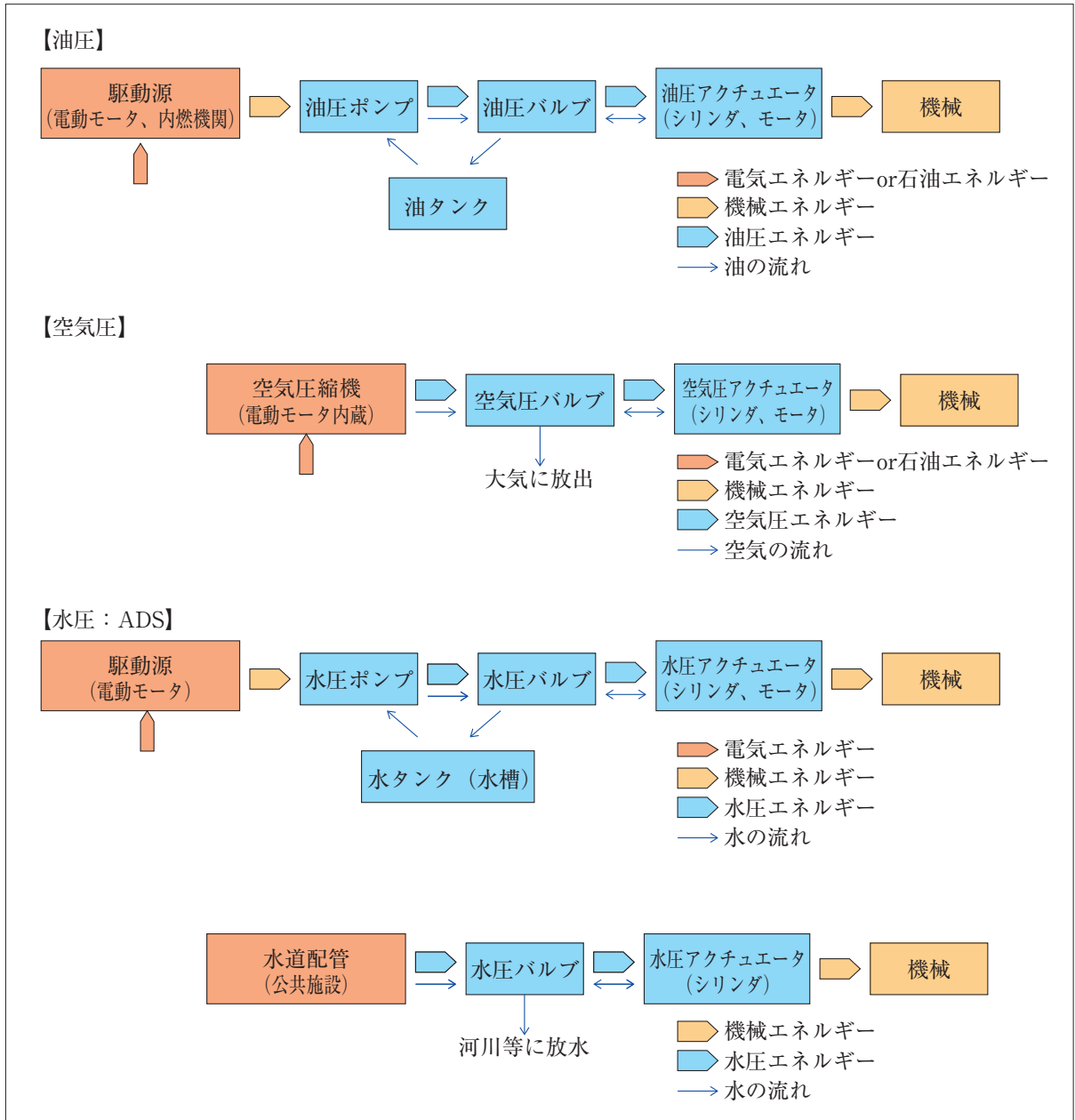


図2 基本構成図

追補版発行にあたって..... 1

はじめに..... 2

## 第1章 油圧の世界 5

1. はじめての油圧 ..... 6

2. トンネル掘削用自由断面掘削機の油圧 ..... 11

3. ゴミ収集車の油圧 ..... 14

4. マグネシウム成形機の油圧 ..... 17

## 第2章 空気圧の世界 19

1. 空気圧システムの基本的動作 ..... 20

2. 大形ガラス基板搬送の空気圧 ..... 23

3. 鉄道車両の空気圧 ..... 26

4. 火力発電の空気圧 ..... 28

## 第3章 水圧の世界 31

1. ADS の未来イメージ ..... 32

2. ADS の応用分野を眺めてみよう  
 ーADS 市場マップ ..... 33

3. ADS は具体的にどこに使われる  
 ーADS 応用事例 ..... 34

4. ADS 要素技術の要（かなめ）  
 ーシール技術..... 42

5. さらなる情報・知識の習得に向けて ..... 43

## ..... 第3章 .....

### 水圧の世界

1. ADS の未来イメージ ..... 32
2. ADS の応用分野を眺めてみよう  
—ADS 市場マップ ..... 33
3. ADS は具体的にどこに使われる  
—ADS 応用事例 ..... 34
  - 3.1 食品機械分野の ADS ..... 34
  - 3.2 福祉・介護分野の ADS ..... 36
  - 3.3 医療分野の ADS ..... 38
  - 3.4 防災・レスキュー分野の ADS ..... 40
4. ADS 要素技術の要（かなめ）  
—シール技術..... 42
5. さらなる情報・知識の習得に向けて ..... 43

# 1. ADSの未来イメージ

まずはADSによって拓ける未来の社会を想像してみましょう。図1.1は本編P80の「図27 ADSが未来に貢献するネットシステム」の新版です。

われわれが日常使う“水”の源は、湖、川、海、地下水、雨水などです。家庭や工場で使われた水も廃水として集められ浄化・再利用する循環システムが形成されています。水の役割には、飲料・生活用の水道水から、冷却・洗浄など工業用水、農業用水、消火用水まで、“水そのもの”の利用があります。水力発電用エネルギー源としても欠かせません。状態の変化した水蒸気は蒸気機関として鉄道、船舶、自動車などの交通機関に応用され産業革命後、人間の活動の幅が拡大しました。

一方、モノを動かし、素形材を圧縮・成形・加工する工場内の産業用装置・機械では、フルード

パワーとして空気圧や油圧とともに“水の圧力”が使われます。アクアドライブネットシステムは水圧と水の利用を包含し、電力のスマート社会との融合を視野に置いています。省エネ・省資源などの地球環境融和性をより一層高め、安全・安心な社会・生活環境の実現をねらいとします。

すでにインフラの整った水道配管網圧力の利用が、このネットワークのキーテクノロジーです。家庭内の洗面台・台所シンクの上下、風呂場での入浴介護リフターやバリアフリー設備、医療福祉施設における医療器具・福祉機器、自動ドア、地下通路入り口の防水板など、すでにその一部で利用が始まっています。工場では、搬送・昇降から加工工程まで、必要に応じ増圧して使用します。食品・食肉工場では頻繁に洗浄を行うことによって衛生面での安全・安心な工場内環境が得られます。ボイラを使う工場では、排熱や余剰蒸気などを利用して水圧の供給源が構築できます。

……それでは次のステージへどうぞ！……

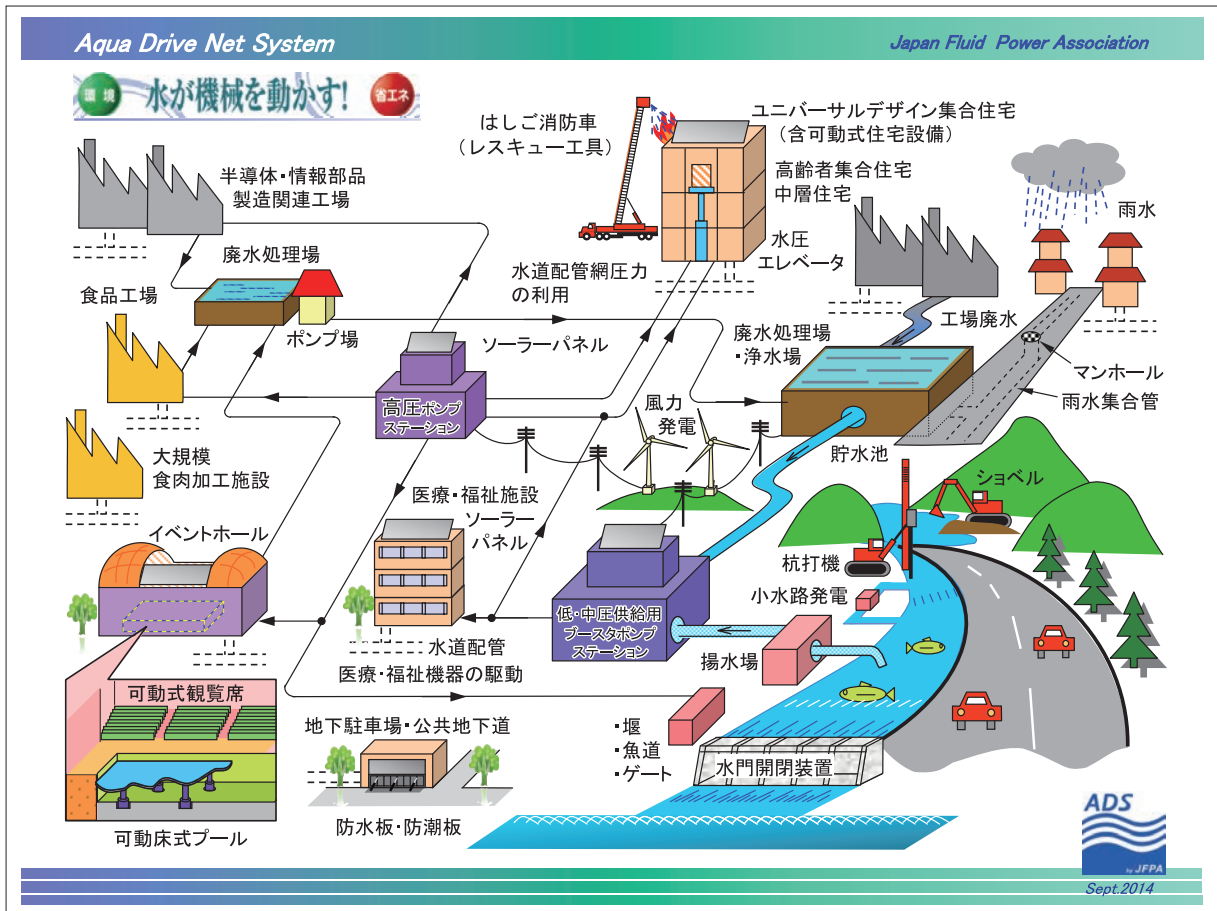


図1.1 ADSの未来イメージ (アクアドライブネットシステム)

## 2. ADS の応用分野を眺めてみよう—ADS 市場マップ

### 2.1 はじめに

液圧による機械や装置の駆動システムは、1800年代に水圧から始まり、1900年代になって油圧が生まれました。そして今、高度化した設計技術、材料・表面処理技術、加工技術、シール技術を付加して新水圧システム技術—Aqua Drive System—が新しい応用分野を拡大しています。本編で示した市場はどこまで広がって行くのでしょうか。

### 2.2 市場マップ

ADS の大きな特長の一つは、クリーンな環境での使用に適しているということです。クリーンに対する市場の要求度を横軸に、システムの圧力水準を縦軸にとって、図 2.1 のような市場マップを作りました。ここでは既に駆動方式として普及している油圧、電動、空気圧との比較をしています。ADS すなわち水圧駆動の領域は、超低圧の水道配管網

圧力駆動市場や低圧から中圧に至る St-ADS、Uni-ADS 及び ADS-Robo. 市場などに分類できます。

### 2.3 ADS ならではの応用

St (スチームタービン)-ADS は、工場内で排気される熱や余剰蒸気を利用してタービンを回転させ、タービンに直結した水圧ポンプによって高圧水を発生させて駆動源とします。本格的に圧力エネルギーを利用する領域では、産業用ロボット装置や食品・食肉機械などにも広がります。

Uni (ユニバーサル)-ADS は、インフラの整った水道配管網圧力をエネルギー源として使用する超低圧領域から、必要に応じて増圧装置により圧力を昇圧して使う低圧域までを指します。防水ゲート、住宅設備機器、医療・福祉機器などです。

ADS-Robo. (ロボティクス) は、産業用ロボット装置や工場内の搬送組立機械、輸送機械などの複雑な動きをする機械・装置の水圧駆動を指します。

ここでは、これらの“水環境”といわれる分野から、中圧領域の産業用装置までの応用分野を包含して ADS 市場と呼ぶことにします。

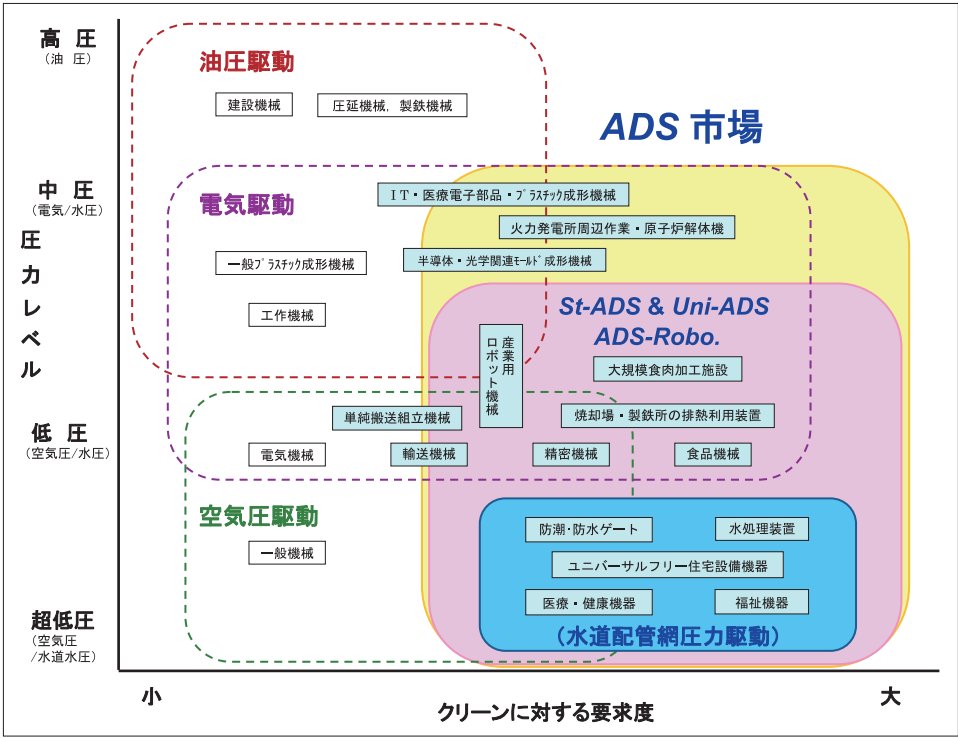


図 2.1 ADS 市場マップ



### 3. ADS は具体的にどこに使われる—ADS 応用事例

#### 3.1 食品機械分野の ADS

食卓で日常的に見る鶏肉、豚肉などの食肉の解体・加工工程では、衛生的かつ高い安全性が要求されます。従来、人手による作業に依存していましたが、ADSを適用して全洗浄が可能な自動化機械が実現できました。

##### 3.1.1 鶏肉・豚肉処理装置の ADS

###### (1) 鶏胸肉自動脱骨機

鶏の上半身を胸肉、ササミおよびガラに分割加工する装置を図 3.1.1 に示します。図 3.1.2 は分割前後の鶏胸肉です。ロボット化した装置により、ばらつきなく 1 時間に最大 900 羽の加工が可能となりました。

ADS の活躍する工程は、ターンテーブルを昇



図 3.1.1 鶏胸肉自動脱骨機



図 3.1.2 分割前後の鶏胸肉

降させ回転位置を割り出す部分と、加工(カット)する部分です。ADS 機器は丸洗いが可能なため、頻繁に洗浄作業を行うことができ、食品の安全と衛生が十分に確保できるという大きな特徴が得ら

れました。

図 3.1.3 に、カッター部とカッターを回転させる水圧駆動モータの例を示します。

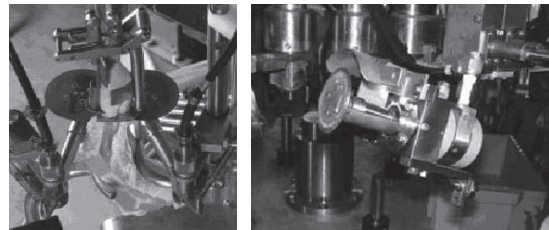


図 3.1.3 カッター部と水圧モータの例

###### (2) 豚肩肉自動脱骨機

豚の肩肉の脱骨作業を自動で行う装置を図 3.1.4 に示します。骨を把持(はじ)する機構と丸刃物から構成されていて、やはり頻繁な洗浄作業を行います。この装置では、1 時間当たり最大 450 頭の豚肩肉が自動脱骨できるようになりました。



図 3.1.4 豚肩肉自動脱骨機

これらの装置は、ADS の適用によって省人化が可能となったばかりでなく、以下のような総合的なメリットが得られました。

- (1) 漏電やさび付きが無く耐水性が向上したため、頻繁な洗浄が可能となり、従来、装置各部に取付けていたカバーも不要となりました。
- (2) 食品の安全・衛生を管理する手法 HACCP\* に対応可能となり、食品に対する衛生管理面が向上しました。

\* Hazard Analysis Critical Control Point (危害分析重要管理点)：食品製造過程で感染症や食中毒の原因となる細菌の危害から防御するねらい

(3) 小形・高出力で機器の配置が容易となり、また駆動源が一元化できたためメンテナンスが簡略になりました。

### 3.1.2 食肉スライサーのADS

ハムやロース肉をスライスする機械を食肉スライサーと言います。ここにも ADS が適用されています。水圧モータで駆動する丸刃で毎分 80 枚スライスします。厚みは水圧シリンダで設定します。これらのスライスするための駆動部は、筐体を含めて質量が約 100kg あります。そのスライダ機構部を水平往復動作させるため、シリンダを比例制御弁によって制御します。

図 3.1.5 に水圧駆動式食肉スライサーの概略図を示します。また、図 3.1.6 にスライダ機構部の水圧回路と制御方法の概念を示す図を参考として示します。

スライダ機構部の制御方法は、フィードバック制御といわれる方法で、シリンダの変位を制御パラメータとし入力信号と比較して修正を行います。正弦波状の目標波形に対して、振幅と周波数は肉片の厚みと幅及び加工枚数から自動算出するため、任意の寸法の肉片に合わせて最適なストロークで加工ができます。ADS 化することにより、従来できなかったストロークの変更が可能になり、生産性が向上しました。

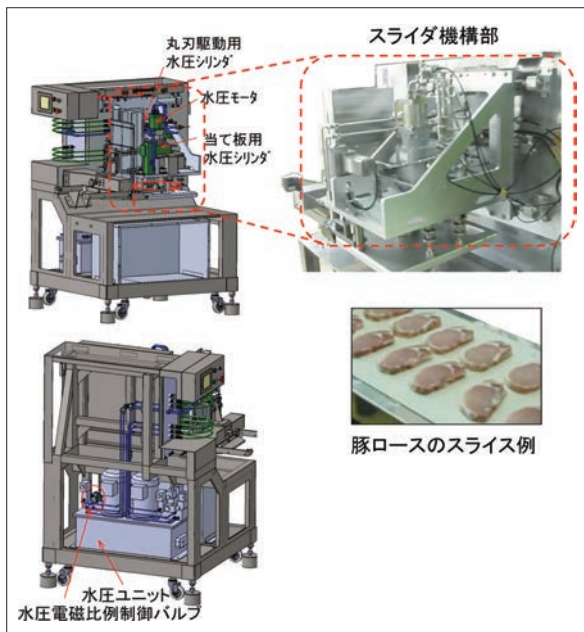


図 3.1.5 水圧式駆動食肉スライサーの概略図

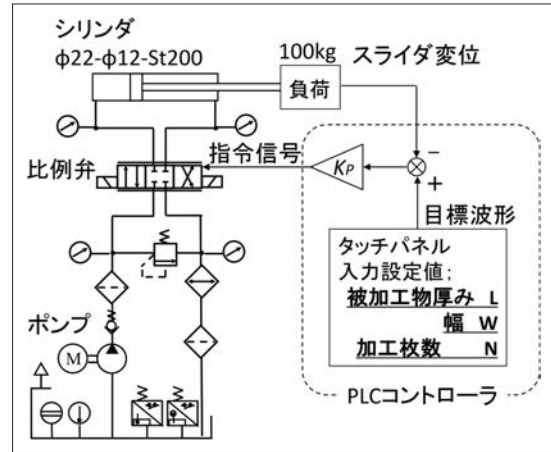


図 3.1.6 水圧回路と制御方法

図 3.1.7 は 2011 年に開催された第 23 回フールドパワー国際見本市 (IFPEX2011) に出展された食肉スライサー実演機の外観です。

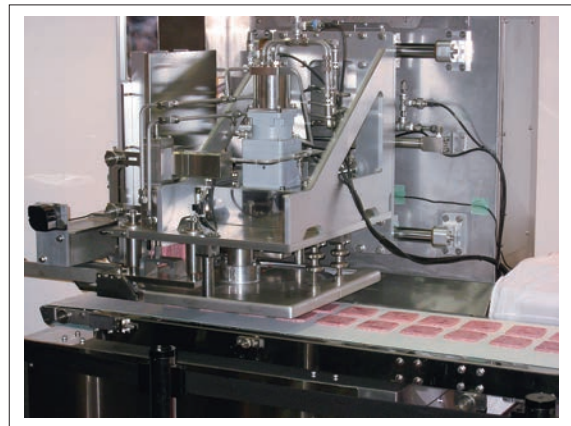


図 3.1.7 IFPEX2011 展示実演機の外観

### 3.1.3 水圧電磁比例制御弁について

図 3.1.8 に、食肉スライサーの駆動部制御に用いる水圧電磁比例制御弁の構造断面を示します。この弁は、本編 P76 図 22 で解説したソレノイド比例制御弁を高精度・高性能化したものです。これにより食肉スライサーの高度な制御が初めて可能となりました。

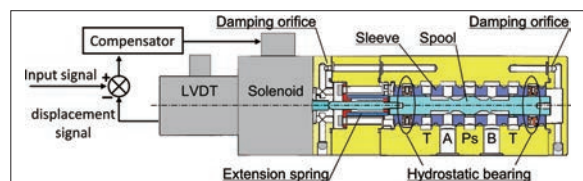


図 3.1.8 水圧電磁比例制御弁の構造

## 3.2 福祉・介護分野の ADS

私たちの日常生活に目を向けてみましょう。朝夕の洗面、トイレ、台所、入浴など、まさに“水環境＝水場”と言える中で頻繁に身体を動かします。高齢化による筋力の衰えは、時としてそれらの動作に重荷となつてのしかかってきます。高齢者や身障者が極力自身で、あるいは最小限の介護により生活するための住宅内生活支援設備には、次のようなものが挙げられます。

- ①玄関の上りがまちの昇降
- ②台所シンク、洗面台、戸棚の上下動作
- ③台所床下収納の昇降
- ④トイレの便座昇降
- ⑤風呂の床あるいはバスタブの深さ調整
- ⑥ホームエレベータ

これらの住宅設備を備えた高齢者・身障者ハウスには、本章2項で述べた水道配管網圧力をエネルギー源として使用する超低圧力領域の ADS が最適となります。その実現には、ADS を利用した設備機器の開発・商品化のみならず、住宅の構造自体もバリアフリーで、ムーバブルかつ滑らかな動線のもとに動けるよう計画する必要があります。住宅メーカーとの総合的な取り組みが必要となります。

ここでは、入浴設備に限定して、家庭用の介護リフト及び大規模な福祉施設を対象とした入浴装置について ADS の応用例を紹介します。

### 3.2.1 入浴介護用リフトの ADS

図 3.2.1 に水道水圧で上下動が可能なりフトを家庭の入浴介護用として商品化している例を示します。浴室内の電気工事が不要で、かつ入浴中の感電の心配がないという特長があります。

操作は、手動レバーを開閉することによって行います。水圧シリンダに約 0.2MPa の水道水圧をかけて 700～800mm 上昇させ、所定の高さで停止させてアームを回転させた後、自重により水を放出させて下降させるだけのごく簡単なものです。作動が滑らかで静かなことから、利用者に不安を与えないという水圧式ならではの特長も有しています。

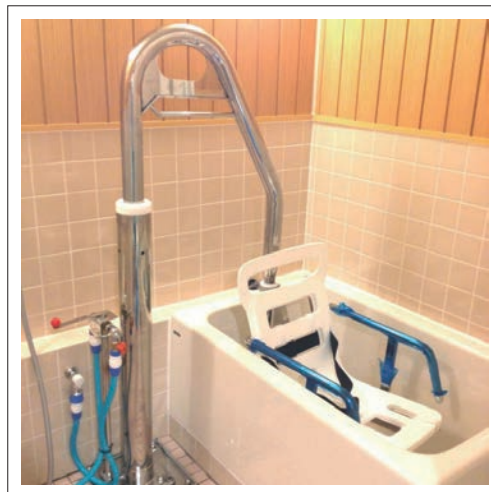


図 3.2.1 入浴介護用水圧リフト

### 3.2.2 特殊入浴装置の ADS

図 3.2.2 の入浴装置は、車椅子に乗ったまま入浴が可能で、比較的大規模の福祉・介護施設用として実用化した例です。一般に、入浴施設内は高温・多湿であり、昇降装置は常に浴槽に浸かっているため、電動方式や油圧方式などは必ずしも適しているとは言えません。この様な環境下では ADS が優位で、水圧シリンダによる上下動により最もシンプルで信頼性の高い構造が実現できます。



図 3.2.2 特殊入浴装置

この例では、昇降機構に単動式低圧用水圧シリンダを採用しています。入浴(自重降下)・出浴(加圧上昇)の作動は手動切換弁の操作によって行います。図の装置は、最高使用圧力 1.5MPa、最低作動圧力 1.0MPa の範囲で、ロッド径 110mm、ストローク 900mm のシリンダを作動させます。

水圧駆動ではシリンダのサイズの選択により、また圧力を変えることにより、大形ストレッチャーを載せる大形入浴設備も容易に計画できます。

図 3.2.2 に特殊入浴装置の構造と概略寸法を示します。単動式低圧用水圧シリンダを採用しているため、次のような特長があります。

- ・車いすごとの入浴のため、要介護者の入浴時に介助スタッフの作業負担が少ない
- ・単動式機構のため利用者・介助スタッフにとって操作手順が分かりやすい
- ・ショック防止対策を施しているため昇降時の作動がなめらかで利用者にストレスがない
- ・タイロッド式水圧シリンダ構造の採用により定期点検作業が容易である

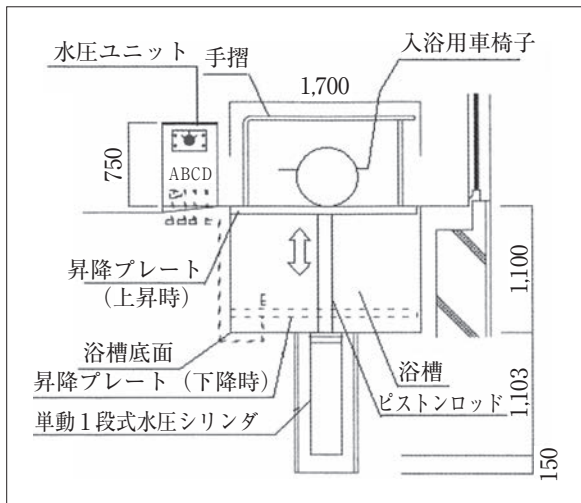


図 3.2.3 装置の構造と概略寸法 (mm)

少し専門的になりますが、水圧シリンダは常時水中で使用されるため、ピストンロッドには硬質クロムメッキを施したSUS材を使用します。人が微妙な動きを敏感に感じることに對しては、シリンダの加工精度の向上に加え、低摩擦でスティックスリップを生じないようなシールと、水圧専用樹脂系のウエアリングが使用されています。また、任意の位置で停止・保持する必要があることから、シールにはNBR系のロッドパッキンを使用して密封性を高めています。

図 3.2.4 に水圧シリンダの作動性能や耐久性を確認するための試験装置を示します。



図 3.2.4 水圧シリンダの試験装置

図 3.2.5 に冒頭で述べたバリアフリーのユニバーサル住宅のイメージ図を改めて示します。

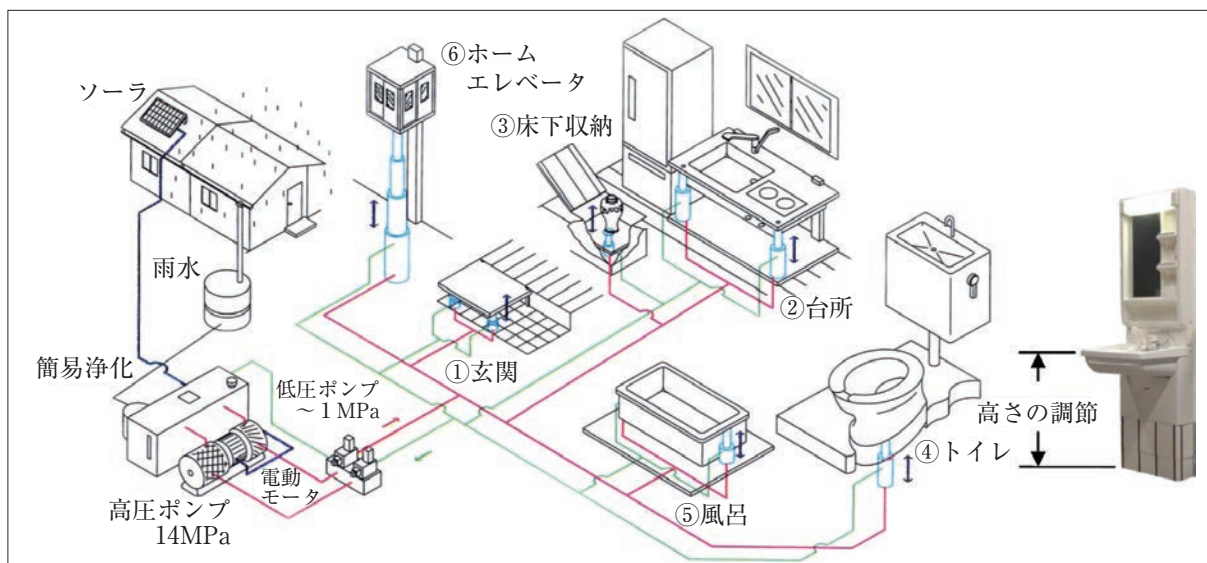


図 3.2.5 ユニバーサル住宅と洗面化粧台

### 3.3 医療分野の ADS

医療の分野では検査、手術用として様々なアクチュエータやロボットが使用されます。それらには微妙で細かな動きや、再現性、操作性の良さが求められます。ここでは現在、開発過程のものも含めて、水圧フレキシブルアクチュエータを利用したカテーテルと人工筋、及び水圧リニアアクチュエータ利用の手術支援ロボットなどいくつかの応用例を紹介します。

#### 3.3.1 水圧駆動方式能動カテーテル

医療用に用いる柔らかな中空の管をカテーテルと言います。血管や尿管、腹腔などに挿入して、体液の排出、薬液や造影剤の注入点滴、ひいては血管内手術などに使用します。

1 系統の水圧を伝搬・作用させるだけで複数の能動関節を制御できる水圧駆動方式能動カテーテルとして、図 3.3.1、図 3.3.2 が提案されています。先端にシリコンゴム製ベローズ型アクチュエータを有し、水圧の制御によってアクチュエータへ液体を送り込み、体幹を屈曲させることができます。

水圧の伝搬には生理食塩水が利用でき、体内挿入



図 3.3.1 水圧駆動方式能動カテーテル

部には一切の通電型素子を有していないため、万一の破損時にも漏電などの危険性がありません。また、水圧を伝搬するラインが一つだけであるため、関節数を増やしても系が肥大しないといった特長があります。

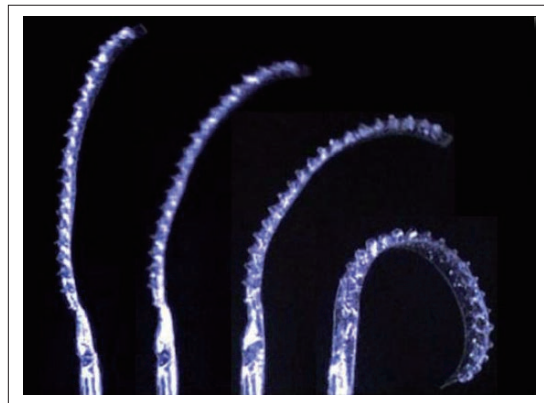
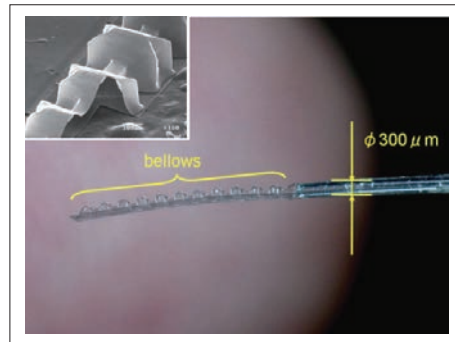


図 3.3.2 薄膜構造利用の水圧駆動カテーテルと 0~180 度の屈曲実証例

#### 3.3.2 ケブラー繊維強化型人工筋アクチュエータ

対人接触を前提としたロボット用として、軽量で柔らかい人工筋アクチュエータが開発されています。図 3.3.3 にその外観を示します。従来型の欠点であったヒステリシスを克服しつつあることや、空気圧と水圧の両駆動方式による駆動時の特性比較結果などが報告されています。水道水圧で駆動できるようになると、駆動源が家庭内に存在することになり利用範囲が大幅に拡大されます。

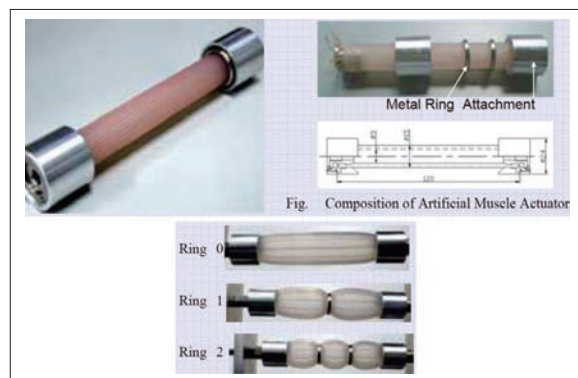


図 3.3.3 ケブラー繊維強化型人工筋アクチュエータ

### 3.3.3 マッキベン型水圧人工筋

リハビリテーション分野では、ADSの新たな応用の可能性を探るための研究が進められています。この分野では理学療法士の不足が深刻な問題となっていることから、医療分野での工学的支援が必要不可欠となってきています。現状は空気圧でマッキベン型人工筋を駆動するパワーアシスト装置やリハビリテーション向け支援機器の研究開発が活発に行われています。

マッキベン型人工筋は、圧縮空気を内圧として作用させると収縮するゴムチューブで、周りをナイロン繊維で覆ったものです。柔軟かつ軽量で低価格という特徴があります。マッキベンの名称は、開発者の Joseph McKibben に由来しています。

図 3.3.4 に、水圧によって駆動する人工筋の実験装置を示します。従来のリハビリテーション装具のようにフレームやヒンジを用いることなく、また可能な限りセンサを使わずに制御できることを開発のねらいとしています。現在、人工筋のモデル化及び供給流量を用いて変位を推定する方法の有効性を検討している段階ですが、3.3.2 で述べたように、身近に駆動源の水道水圧がある在宅用リハビリテーション装具や、水中歩行訓練補助装具への実用化に期待が持たれています。水道水圧駆動では駆動源の騒音や振動が患者に嫌悪感や不快感を与える懸念がなくなり、この点もリハビリ分野では大きなメリットとなります。

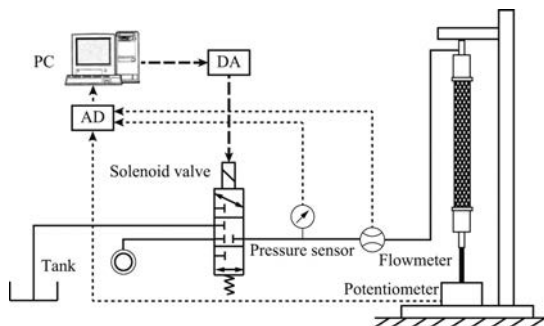


図 3.3.4 水圧人工筋の実験装置

### 3.3.4 内視鏡手術支援ロボット

内視鏡手術は、従来、カメラ助手を必要としていましたが、これに代わる手術支援ロボットが開発されています。

図 3.3.5 に内視鏡手術支援ロボットの外観を示します。視野角度、遠近などをこまかく調整する必要があり、その調整は、図 3.3.6 に示す水圧駆動型リニアアクチュエータにより調整します。その駆動量は、チューブを通じて清潔野外に設置したシリンダから送られる水量によって制御されます。このため清潔野での漏電の可能性がなく、安全・清潔で軽量・低コストという特長があります。アクチュエータは、外径 12mm、全長 297.5mm、最大収縮量 112.5mm（最大収縮時全長 185mm）で、医薬品を高精度で患者に投与する注射筒輸液ポンプの機構が応用されています。参考として図 3.3.7 にロボット先端のハンドを示します。指部は空気圧駆動の人口筋によって動かします。



図 3.3.5 内視鏡手術支援ロボット

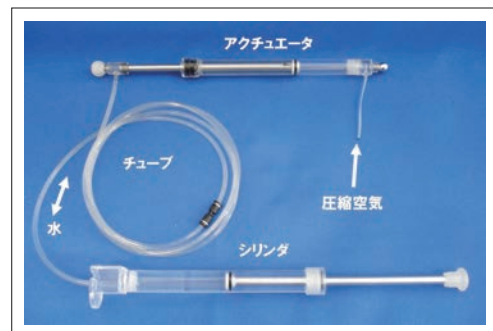


図 3.3.6 水圧駆動型リニアアクチュエータ



図 3.3.7 ロボットハンドと指部

### 3.4 防災・レスキュー分野の ADS

日本では古くから様々な災害を日常的に経験してきましたが、最近の都市部では舗装化、地下の活用増加により従来と異なる様相の水害対策が必要です。また、林立するビル街での火災や地震後の救護活動におけるレスキュー活動でも、高性能の動力機器や自律機器などが必要とされています。

#### 3.4.1 防水板

図 3.4.1 は、地下駐車場入り口に設置された防水板の外観を示します。近年、異常気象によるゲリラ豪雨や台風、高潮や津波による浸水被害が増えています。防水板は、建物の出入り口などに設置して、水の侵入を防ぎ浸水被害を未然に防ぐことができる装置です。

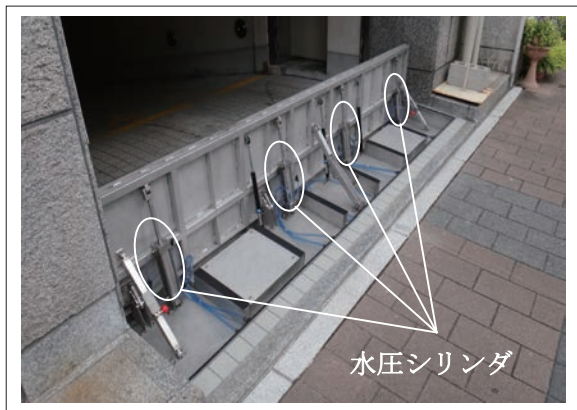


図 3.4.1 防水板の外観

図に示すように、4本の複動式低圧用水圧シリンダに水道の蛇口から水道配管網圧力を供給して防水板を起立・倒伏動作させます。最大の特長は、水道配管網圧力を利用しているため、災害時に停電が発生しても電動方式の場合のような動力源を必要とせずに作動ができます。仮に、水源が利用できない場合には、手動復帰機構（空気入れ手押しポンプ）が併用できます。

図 3.4.2 に、防水板の倒伏と起立の状態図を示します。水圧シリンダは、通常防水板の中に格納されますが、災害時には確実に作動する必要があります。さらに 0.2MPa 程度の低圧で作動できるように、しゅう動抵抗を極限まで小さくした水圧シリンダが使用されています。

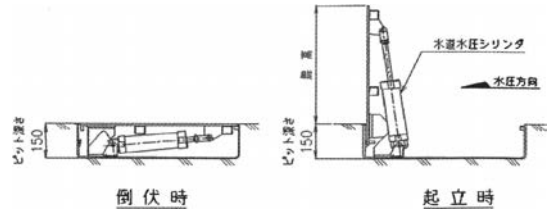


図 3.4.2 防水板の状態図

表 3.4.1 に水圧シリンダの仕様を示します。メンテナンスを容易にするためタイロッド構造を採用しています。

表 3.4.1 水圧シリンダの仕様

シリンダ構造	複動形片ロッド
作動流体	水道水
定格圧力	1.0 MPa
試験圧力	1.5 MPa
最低作動圧力	0.1 MPa
チューブ内径	63 mm
ロッド径	20 mm
ストローク	170 mm

図 3.4.3 に回路図を示します。起立・倒伏の切換はロータリ形切換弁の手動操作によって行います。安全衛生上、装置から水道配管への水の逆流を防ぐため、水道配管から切換弁までの管路途中に逆方向の流れを阻止する逆止弁が挿入されています。

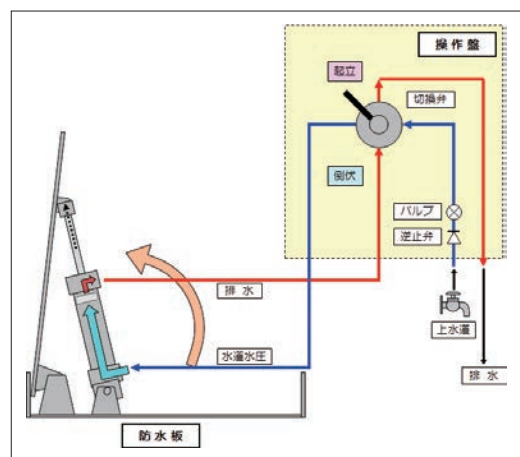


図 3.4.3 防水板の回路図

図 3.4.4 は、一般家庭に設置された高潮対策自動ゲートの事例です。水道配管網圧力の利用により、維持管理が容易で費用も節約でき、環境に優しく閉鎖時のゲート走行音が静かという特長を有しています。



図 3.4.4 高潮対策自動ゲートの例

### 3.4.2 高圧水駆動カッター\*

災害現場での救助活動に活躍するエンジンカッターは、切断時に発生する大量の火花のため可燃ガスのある雰囲気、酸欠現場、水中などでの使用は困難です。そこで東京消防庁、民間企業、大学の共同研究により、高圧水駆動のカッターが開発されています。

図 3.4.5 に、高圧水駆動カッターの外観と各部の名称を示します。消防ポンプ車などからの送水圧力 1.0～1.5MPa、駆動水量 300～450L/min の水圧源を利用して、水圧モータを駆動して切断刃を回転させます。鋼材などの切断時に発生する火花を抑制するため、戻りの水のうち約 30～40L/min が冷却水噴射装置から噴射されます。残りの水は排水されますが、消防ホースを結合して、再度、ポンプ車のタンク水へ戻して活用することも可能です。

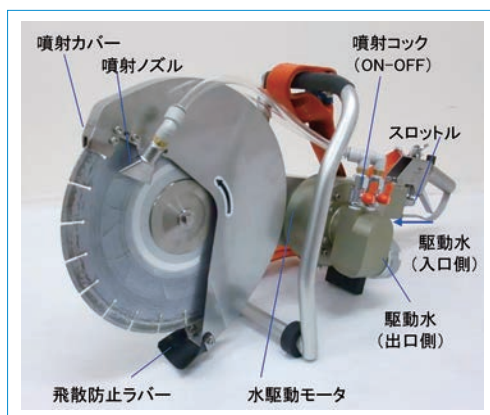


図 3.4.5 高圧水駆動カッター

表 3.4.2 は、検証実験に使用された高圧水駆動カッターの諸元・性能です。

表 3.4.2 高圧水駆動カッターの諸元・性能

項目	諸元・性能
駆動圧範囲	1.0～1.5MPa (標準)
駆動水量	300～450L/min
冷却水噴射量	30～40L/min
切断刃	ダイヤモンド刃
最大切断速度	44mm/秒 (鋼板 1.6mm 時)
本体重量	10.2kgf (切断刃は除く)
長さ×高さ×幅	811 × 376 × 210mm
切断材用途	金属、コンクリート、木材等

### 3.4.3 災害救助支援ロボット

地震災害現場における人命救助活動にはレスキューロボットやツールが必要となります。

図 3.4.6 は、現場で作業空間を確保するための小形ジャッキアップロボットです。研究段階ですが、超高压水圧シリンダにより最大推力 3.4ton、最大ストローク 370mm が実現できています。従来のものに比べ操作性・制御性が向上しているため、複数台での協調作業ができるという優れた特徴があります。

図 3.4.7 は、ROBODEX 2000 展に発表された大形水圧駆動ロボットのコンセプトモデルです。全高 2.5m、全幅 1.8m で人の近付けない工事現場や災害現場で人の代わりに作業することを想定した遠隔操作自在ロボットで、上半身の動作駆動部は、環境に配慮して水圧を使用しています。



図 3.4.6 水圧ジャッキアップロボット

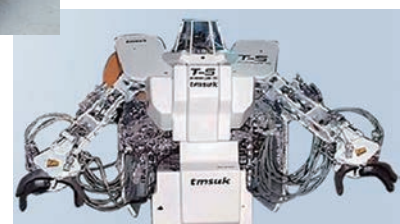


図 3.4.7 水圧駆動ロボット

\*) 資料提供：東京消防庁 平成 22 年度 消防技術安全所報 47 号

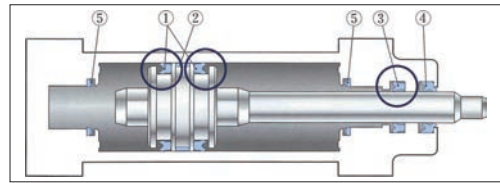


## 4. ADS 要素技術の要（かなめ）—シール技術

本格的な水圧装置・ブラマーの水圧プレス（英国：1795年）はどの程度の圧力だったのでしょうか。ピストン部で水が漏れると圧力は上がりません。当時は漏れを防ぐシールには皮や繊維が使われました。ゴム系高分子材料や樹脂の使用は潤滑性の良い油圧機器の時代になってからです。シールの材質・構造、相手材の材質・加工精度など、シール技術は向上しました。ここでは ADS シリンダ用のシールを簡単に紹介しましょう。

### 4.1 シリンダの構造とシール

シリンダの構造とシールの名称・使用箇所を図 4.1.1 に示します。



①ピストンパッキン ②ピストン軸受 ③ロッドパッキン  
④ワイパリング（ダストシール） ⑤クッションシール

図 4.1.1 シリンダの構造とシール

### 4.2 ADS 機器のシール

水圧、空気圧、油圧機器のシール性能や耐久性（寿命）は、密封する流体の特性や使用圧力範囲などが大きく影響します。それぞれの機器に適したシール形状、材質などを基に、水圧用途としての性能比較という観点から三者の特徴を比較すると表 4.2.1 のようになります。実際の ADS シリンダでは、使用圧力範囲に応じて、これら単体のシールを複数個組み合わせたシールシステムとして使用することが推奨されています。今後、ADS 専用のシールが開発されることが期待されます。

表 4.2.1 水圧、空気圧、油圧機器用シールの比較

	密封流体の特徴				シール（ピストンパッキン・ロッドパッキン）の特徴				水圧用途における性能特性				
	密封流体	動粘度	潤滑性	環境負荷	使用圧力	潤滑	形状	材質	耐久性	シール性	摩擦力	円滑作動性	
水圧	水（液体）	低い（油の約 1/50）	低い	なし	水道圧～高圧	・適度な厚さの水膜形成が重要だが、水は粘性が低く膜厚が薄いため、潤滑不良を起しやすい	水圧シール例（組合せシール）	・低圧仕様では空気圧用パッキンを流用 ・中圧仕様では油圧用パッキンを流用 ・高圧仕様では樹脂製シールリングと Oリングの組合せシール	・シール性重視であれば合成ゴムを使用 ・耐久性重視であれば自己潤滑性のある特殊合成樹脂を用いた組合せシールを使用	◎	△	○	◎
空気圧	空気（気体）	やや高い（水の約 25 倍）	なし	なし	低圧	・空気には潤滑性が無いため、潤滑剤（グリース）の併用が不可欠 ・潤滑油膜を滑ることで密封作用を得る	空気圧シール例（ゴム製 U パッキン）	・潤滑油膜（グリース）を掻き取らないようにリップ先端は R 面形状 ・低圧仕様に適応し低摩擦設計とするため、低剛性の断面設計	・低圧仕様、低摩擦のため、柔らかい	△	○	◎	○～△
油圧	作動油（液体）	高い（水の約 50 倍）	高い	あり	高圧	・適度な厚さの油膜を形成しながらしゅう動する ・油膜が厚すぎると油漏れの問題につながる	油圧シール例（ゴム製 U パッキン）	・高いシール性が要求されるため、リップ先端はシャープエッジ ・高圧、高負荷に耐えるように高い剛性の断面設計	・耐圧性と高いシール面圧が要求されるため、硬い ・耐油性に優れたもの	△	◎	○～△	△

注) 使用圧力範囲：水道圧（0.15～0.74 MPa）、中圧（1～10 MPa）、高圧（10～14 MPa）

## 5. さらなる情報・知識の習得に向けて

今後さらに深く情報や知識を得たい方々のために参考資料を紹介して追補版の締めくくりとします。皆様が未来に広がる ADS の世界に興味を抱くきっかけとなれば幸いです。

### 5.1 JFPA 出版物・報告書・Web Site などから参考資料

- 1) ADS の世界：http://www.jfpa.biz/wp-content/uploads/jfpa\_whwg2.pdf ……図 5.1.1 参照
- 2) 日本フルードパワー工業会：水が機械を動かす，PR 用パンフレット（A5 版，8 頁） ……図 5.1.2 参照
- 3) 宮川：水圧ミニ知識 1～4，JFPA 機関誌・フルードパワー，Vol.22 No.3～Vol.23 No.2
- 4) JFPA -URL：http://www.jfpa.biz
- 5) 水圧ブログ：http://aquadrivel1999.blog129.fc2.com
- 6) 日本フルードパワー工業会：アクアドライブシステム—技術資料，平成 13 年 12 月
- 7) 日本フルードパワー工業会：アクアドライブシステム—技術資料 2，平成 15 年 3 月
- 8) 日本フルードパワー工業会：アクアドライブシステム—技術資料 3，平成 16 年 3 月
- 9) JFPA：Aqua Derive System—A technical Guide，Mar.2001， & Mar.2005 ……図 5.1.3 参照
- 10) 日本フルードパワー工業会：水圧機器技術の現状及び市場予測等に関する調査研究，平成 16 年 3 月
- 11) 日本フルードパワー工業会：水道配管網圧力を利用した次世代型ユニバーサルアクアドライブシステム（UniADS）に関に関するフィージビリティスタディ報告書，平成 16，17，18 年
- 12) 日本フルードパワー工業会：新・水圧技術（ADS）を用いたロボティックスの新基軸応用に関する調査研究報告書 1～3，平成 20，21，22 年

### 5.2 その他の出版物から参考資料

- 1) 山口ほか：特集・水圧システムの開発に向けて，JHPS フルードパワーシステム，Vol.29 No.7 (Nov. 1998)
- 2) 日本フルードパワーシステム学会：水圧駆動テキストブック，学会創立 30 周年出版，2003 年 4 月
- 3) 日本フルードパワーシステム学会：アクアドライブ技術の進展，学会創立 40 周年出版，2011 年 4 月
- 4) 宮川ほか：特集・ADS—新水圧技術の今！，JFPS フルードパワーシステム，Vol.44 No.4 (July. 2013)



図 5.1.1 ADS の世界



図 5.1.2 水が機械を動かす



図 5.1.3 技術資料 全 5 冊（和文 3・英文 2）

『フルードパワーの世界 追補版』 作成委員会 委員

油圧部会

部会長	饗庭 健一	東京計器 (株)
委員	渋谷 文昭	東京計器 (株)
委員	藤井 篤	KYB (株)
委員	安木 秀己	油研工業 (株)

空気圧部会

部会長	山下 良介	SMC (株)
委員	小田 敏裕	甲南電機 (株)
委員	高崎 邦彦	(株) TAIYO
委員	増尾 秀三	CKD (株)

水圧部会

部会長	宮川 新平	KYB (株)
-----	-------	---------

事務局

大橋 彰	(一社) 日本フルードパワー工業会
千葉 誠	(一社) 日本フルードパワー工業会

---

～ 今、あした、人と環境との融和 ～

『フルードパワーの世界』 追補版

平成 26 年 9 月

---

●発行 者 (一社) 日本フルードパワー工業会

東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 311 号

TEL 03 (3433) 5391

---

●印刷 所 勝美印刷株式会社

東京都文京区小石川 1-3-7

TEL 03 (3812) 5201

---



一般社団法人 日本フルードパワー工業会

JAPAN FLUID POWER ASSOCIATION