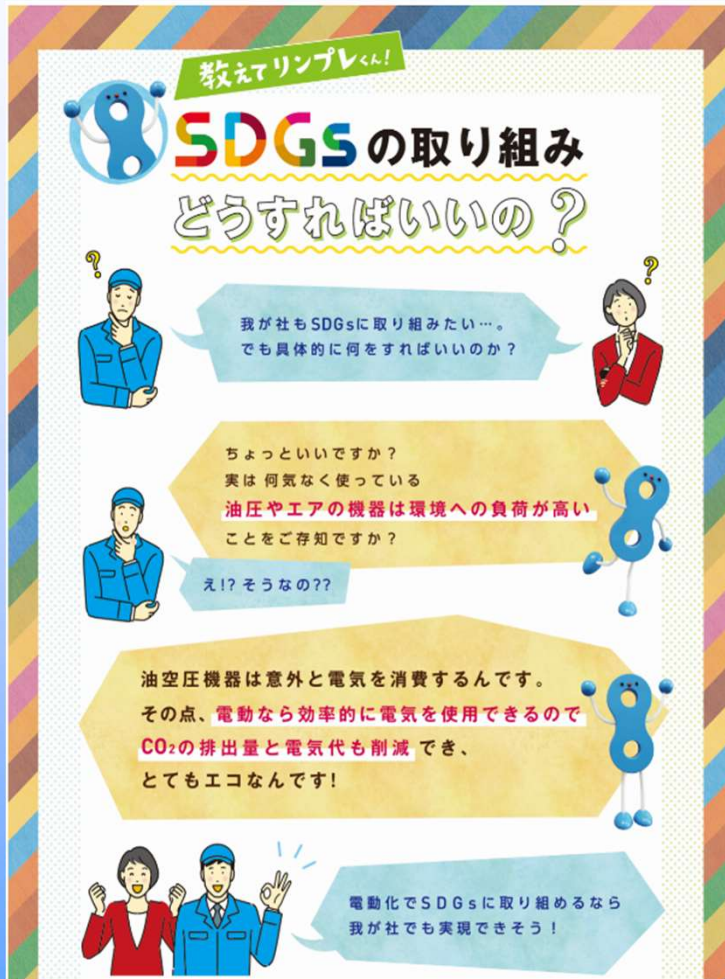


# 1. 油圧・エアから電動化へ エア編

## つばき リニアモーション 油圧・エアから電動化へ



# 1. SDGsへの着手ポイント エア編



## ➤ SDGsへの取り組みどうすればいいの？

⇒そんな方は注目！

まず、第一歩としてエアシリンダを電動化して  
みませんか？

電動化することでCO<sub>2</sub>排出量と電気代も削減  
できます。



## ➤ 本資料はTSUBAKI社内実験にて電力消費量を 計測し、電動化による数字の見える化をしました。

なぜ？が気になる方は12ページへ

## 2. 電動化の効果を数値化

### ➤ エアシリンダ⇒電動化のメリット

消費電力量をCO<sub>2</sub>と電気代に換算しました。

#### エアシリンダから電動化で CO<sub>2</sub>削減&コストダウン!

／エアシリンダ1台を電動化すると／

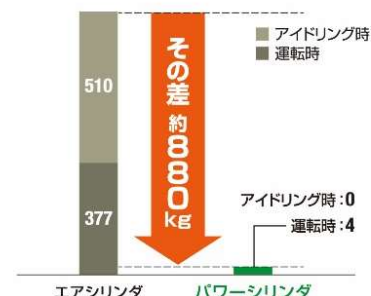
CO<sub>2</sub>排出量

年間約**880kg**削減

※当社検証値

CO<sub>2</sub>排出量 (kgCO<sub>2</sub> e/年)

※0.0682kgCO<sub>2</sub> e/kWhで換算



／エアシリンダ1台を電動化すると／

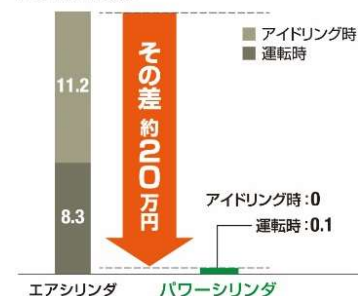
電気代

年間約**20万円**節約

※当社検証値

ランニングコスト (万円/年)

※15円/kWhで換算



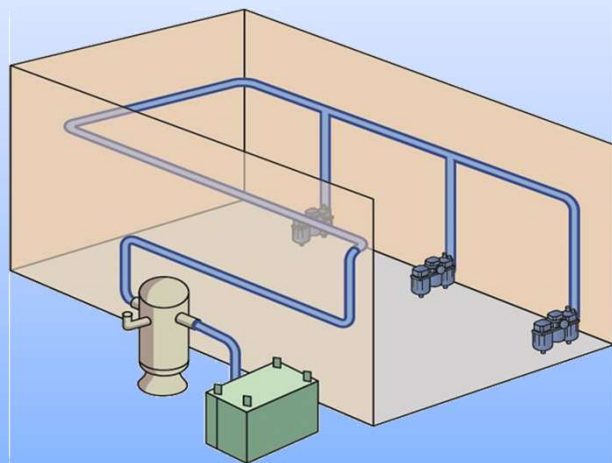
エアシリンダ1本を電動化すると

- ・ CO<sub>2</sub>排出量削減  
880kg/年削減
- ・ 電気代の削減  
20万円/年削減

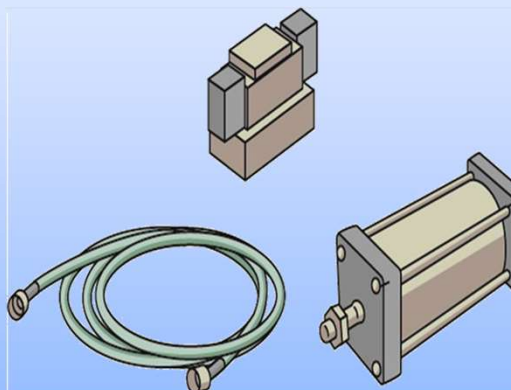
# 3. 実験概要

## 実験目的

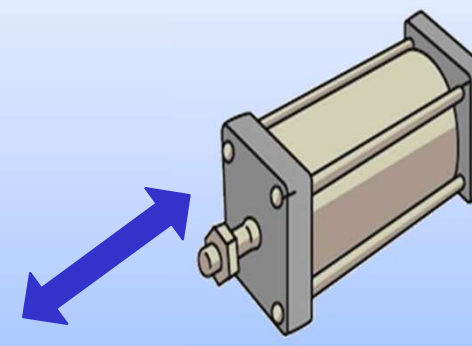
社内設備の工場インフラ部のアイドリング、エアシリンダ部のアイドリング、エアシリンダ部の運転それぞれの消費電力を測定します。



**工場インフラ部  
アイドリング**



**エアシリンダ部  
アイドリング**

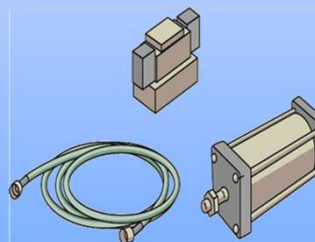
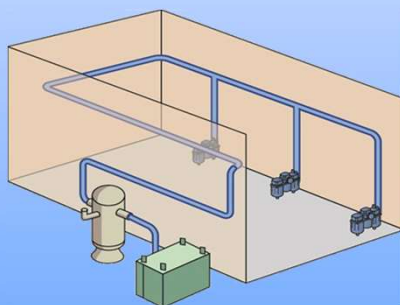


**エアシリンダ部  
運転**

### 3. 実験概要

**実験内容** 実験AからCの3条件で、それぞれ24時間の消費電力を測定します。

|          | 実験A<br>3点セットの弁を閉める。 | 実験B<br>シリンダまで配管をつなぐが、<br>シリンダを駆動しない。 | 実験C<br>実験Bの状態でエアシリンダ<br>をタクト運転させる。 |
|----------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 工場インフラ部  | ○                   | ○                                    | ○                                  |
| エアシリンダ部  | ×                   | ○                                    | ○                                  |
| エアシリンダ運転 | —                   | OFF                                  | ON                                 |



#### 実験条件

- 工場配管：250m
- エアシリンダ：φ100mm ストローク50mm 15秒タクト運転
- コンプレッサ：37kW 設定圧力0.7MPa

## 4. 実験結果

実験A 141.3kWh

141.3kWh  
工場インフラ部アイドルング

実験B 161.8kWh

$$161.8 - 141.3 = 20.5$$

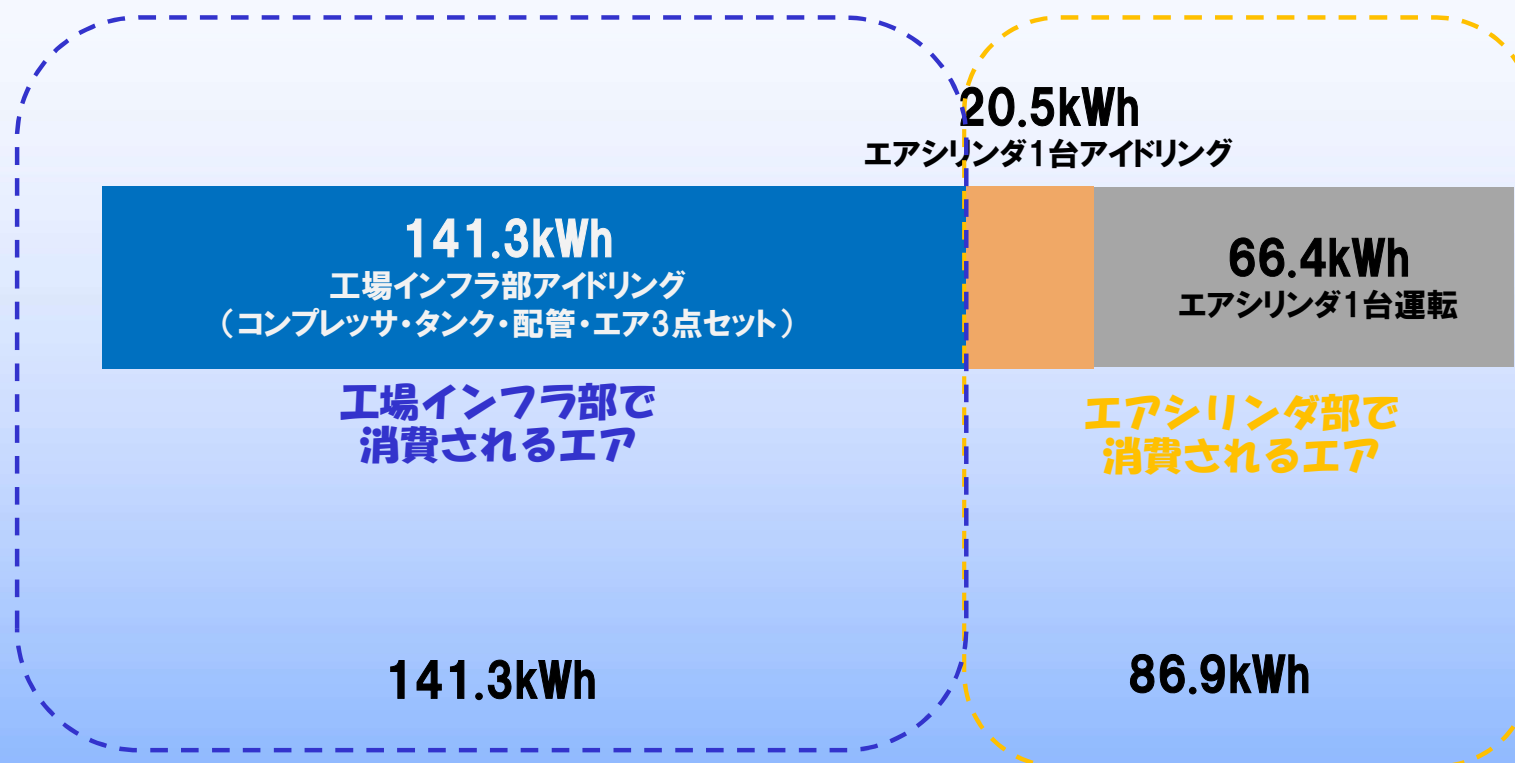
20.5kWh  
エアシリンダ1台アイドルング

実験C 228.2kWh

$$228.2 - 161.8 = 66.4$$

66.4kWh  
エアシリンダ1台運転

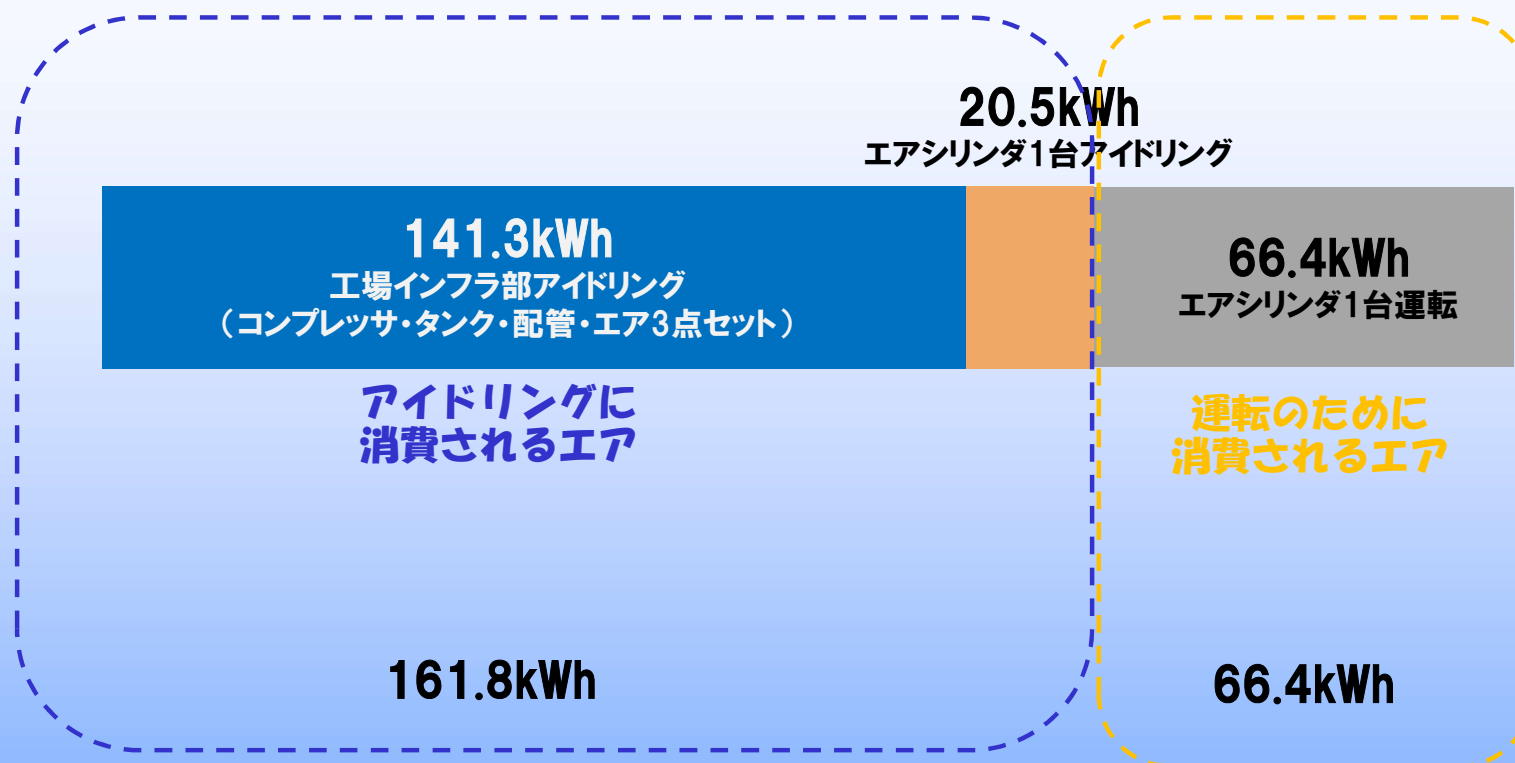
## 4. 実験結果



つまり...

シリンダ運転時に使用したエアのうち62%は工場インフラ部で消費され、  
エアシリンダ部まで届いていません。

## 4. 実験結果



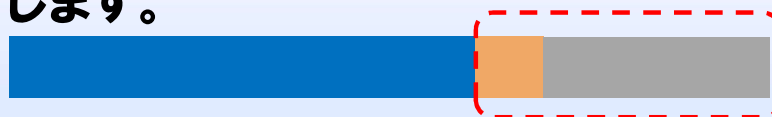
つまり...

シリンダ運転時に使用したエアの71%は工場やエアシリンダのアイドリング状態を保つために消費され、運転には使用されていません。

# 5. 年間消費電力(エアシリンダ)

工場インフラ部の消費電力は、エア設備(エアブローなど)が全て無くならない限り発生します。

今回の実験趣旨である「エアシリンダを1台電動化すると？」を検討するため、エアシリンダ部にのみ注目します。



**シリンダ部の消費電力に注目**

## 24時間消費電力 (実験結果)

**66.4kWh**  
エアシリンダ1台運転

**20.5kWh**  
エアシリンダ1台アイドル

## 年間消費電力換算方法

工場稼働時間のみ運転していると仮定します。  
稼働時間8時間/日×250日/年として  
 $66.4\text{kWh} \times 8 / 24 \times 250 \approx 5,500\text{kWh}$

工場の稼働停止にかかわらず、  
常時アイドル状態と仮定します。  
 $20.5\text{kWh} \times 365 \approx 7,500\text{kWh}$

## 年間消費電力

エアシリンダ1台の年間消費電力※1

運転 **5,500 kWh/年**

アイドル **7,500 kWh/年**

**合計13,000 kWh/年**

## 5. 年間消費電力(パワーシリンダ)

パワーシリンダの消費電力を下記方法で計算します。

相当パワーシリンダ: LPGB300M

搭載モータ 0.2kW  
負荷率100%と仮定。

50mmストロークを  
15秒タクト運転させると仮定。

シリンダ速度: 60mm/s

50mmを往復させるのに必要な時間は、  
 $50 \times 2 / 60 \approx 1.6$ 秒となります。

つまり、パワーシリンダは15秒のうち  
1.6秒間運転するタクト運転となります。

稼働時間をエアシリンダ消費電力計算時の仮定と同じ  
8時間/日×250日/年とすると、年間消費電力は下式より45kWhとなります。

$$0.2 \text{ (kW)} \times \frac{1.6 \text{ (秒)}}{15 \text{ (秒)}} \times 8 \text{ (時間/日)} \times 250 \text{ (日/年)}$$

※2

パワーシリンダ1台の年間消費電力  
運転 45 kWh/年  
アイドリング 0 kWh/年  

---

合計 45 kWh/年

## 5. 年間消費電力

エアシリンダ1台の年間消費電力※1

運転 **5,500** kWh/年

アイドリング **7,500** kWh/年

---

合計 **13,000** kWh/年

約 **1/300**

パワーシリンダ1台の年間消費電力

運転 **45** kWh/年

アイドリング **0** kWh/年

---

合計 **45** kWh/年

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか



**ポイント① エネルギー効率**

**ポイント② コンプレッサ効率**

**ポイント③ アイドリング**

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント① エネルギー効率



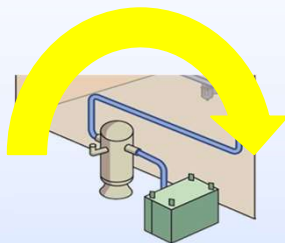
エネルギー変換の回数の違いによって、  
エネルギー効率がどの程度変わるかを  
計算します。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

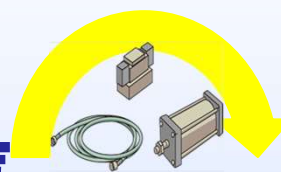
### ポイント① エネルギー効率（エアシリンダ）

エアシリンダ

電気



空気



運動

2回変換

生成したエアを全て運動に変換すると仮定し、エネルギー効率を求めます。

#### STEP 1 エアシリンダの運動エネルギー

コンプレッサ1分間の空気吐出量  $0.73 \text{ (m}^3\text{)}$

エアシリンダ（ $\phi 100\text{mm}$ ）の断面積  $50 \times 50 \times \pi = 7,853 \text{ (mm}^2\text{)}$

エアシリンダの移動量  $0.73 \times 10^9 / 7,853 / 1000 = 93 \text{ (m)}$

エアシリンダの推力  $7,853 \text{ (mm}^2\text{)} \times 0.5 \text{ (MPa)} = 3,927 \text{ (N)}$

エアシリンダの運動エネルギー  $3927 \text{ (N)} \times 93 \text{ (m)} / 1000 = 365 \text{ (kJ)}$

#### STEP 2 エアコンプレッサの電気エネルギー

コンプレッサ（37kWモータ）1分間の電気エネルギー  $37 \text{ (kW)} \times 60 = 2,220 \text{ (kJ)}$

#### STEP 3

エネルギー効率 = 運動エネルギー / 電気エネルギー

$$365 \text{ (kJ)} / 2,220 \text{ (kJ)} = 16\%$$

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント① エネルギー効率（パワーシリンダ）

#### パワーシリンダ



生成したエアを全て運動に変換すると仮定し、エネルギー効率を求めます。

**STEP 1** パワーシリンダを1分間駆動した場合の運動エネルギー

LPGB300Mの仕様より 速度60mm/s、推力2940(N)

$$0.06(\text{m/s}) \times 60(\text{s}) \times 2940(\text{N}) / 1000 = 10(\text{kJ})$$

**STEP 2** パワーシリンダを1分間駆動した場合の電気エネルギー

駆動モータ容量0.2(kW)より  $0.2(\text{kW}) \times 60 = 12(\text{kJ})$

**STEP 3**

エネルギー効率 = 運動エネルギー / 電気エネルギー

$$10(\text{kJ}) / 12(\text{kJ}) = 88\%$$

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント① エネルギー効率（比較）

|         | エアシリンダ | パワーシリンダ |
|---------|--------|---------|
| 変換回数    | 2回     | 1回      |
| エネルギー効率 | 16%    | 88%     |



エアシリンダと比較して、  
エネルギー効率が5倍以上！

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント② コンプレッサ効率

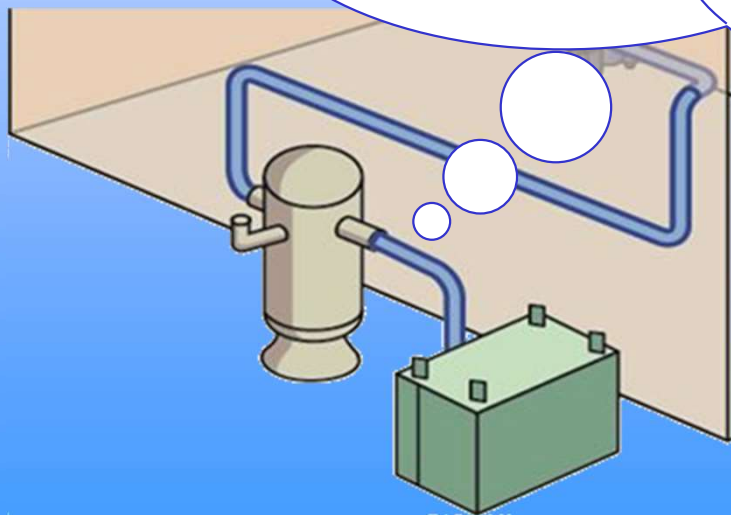
**コンプレッサ** 動いていますが、空気作っていますか？

コンプレッサ空気吐出量は、 $0.73 \text{ (m}^3\text{) / 分}$

一方、タンクの容量は、 $0.5 \text{ (m}^3\text{)}$

空のタンクは40秒でいっぱいになる計算です。

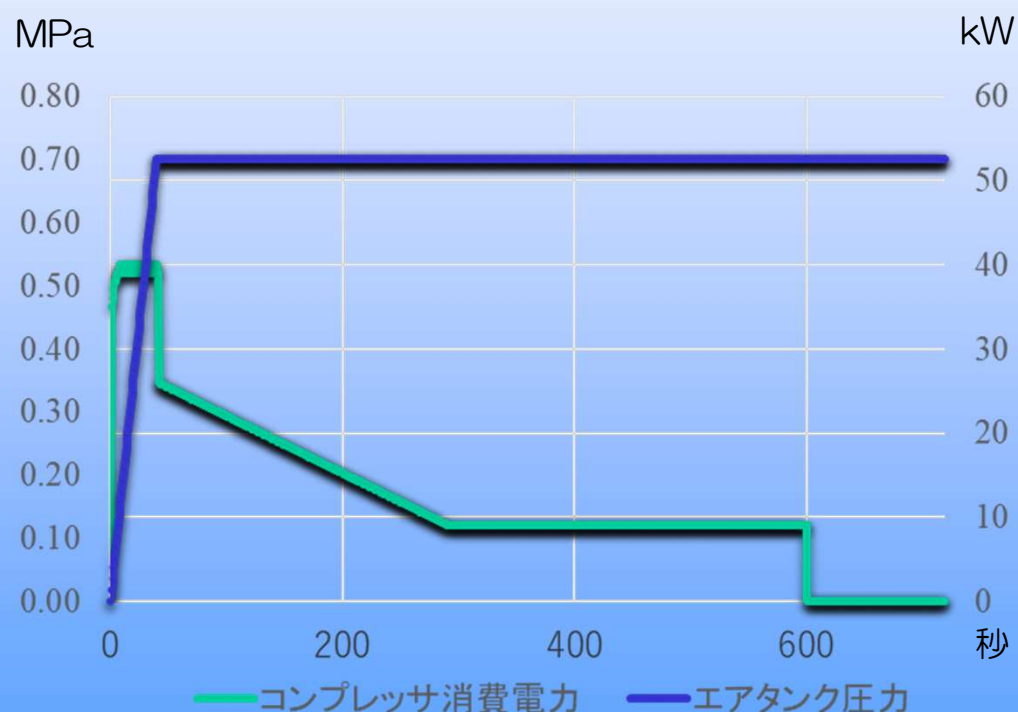
ですが、起動から40秒でコンプレッサが  
止まることはありません。



## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

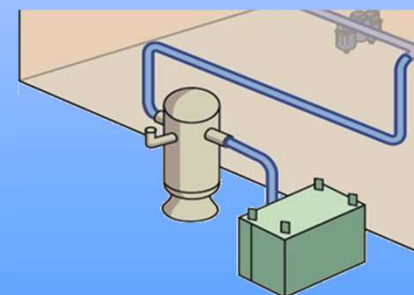
### ポイント② コンプレッサ効率 動いていますが、空気作っていますか？

空のタンクをいっぱいにするまでの消費電力とタンク空圧のグラフ  
(タンクの配管を閉め、空気が流出しない条件で実験)



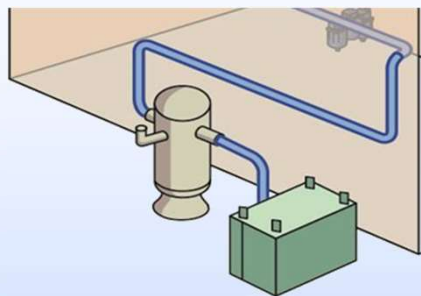
最初40秒は空気を生成しました。  
そのあと10分くらい空運転しました。

電源OFFできないのでしょうか。



## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント② コンプレッサ効率 動いていますが、空気作っていますか？



#### アンロード運転

このコンプレッサの場合、モータは1回起動すると、10分間は停止しないように設定されています。これがアンロード運転です。

モータは起動時、定格の数倍の負荷が作用します。起動を繰り返すとモータはオーバーヒートを起こして故障します。適宜休憩を与えなければいけません。

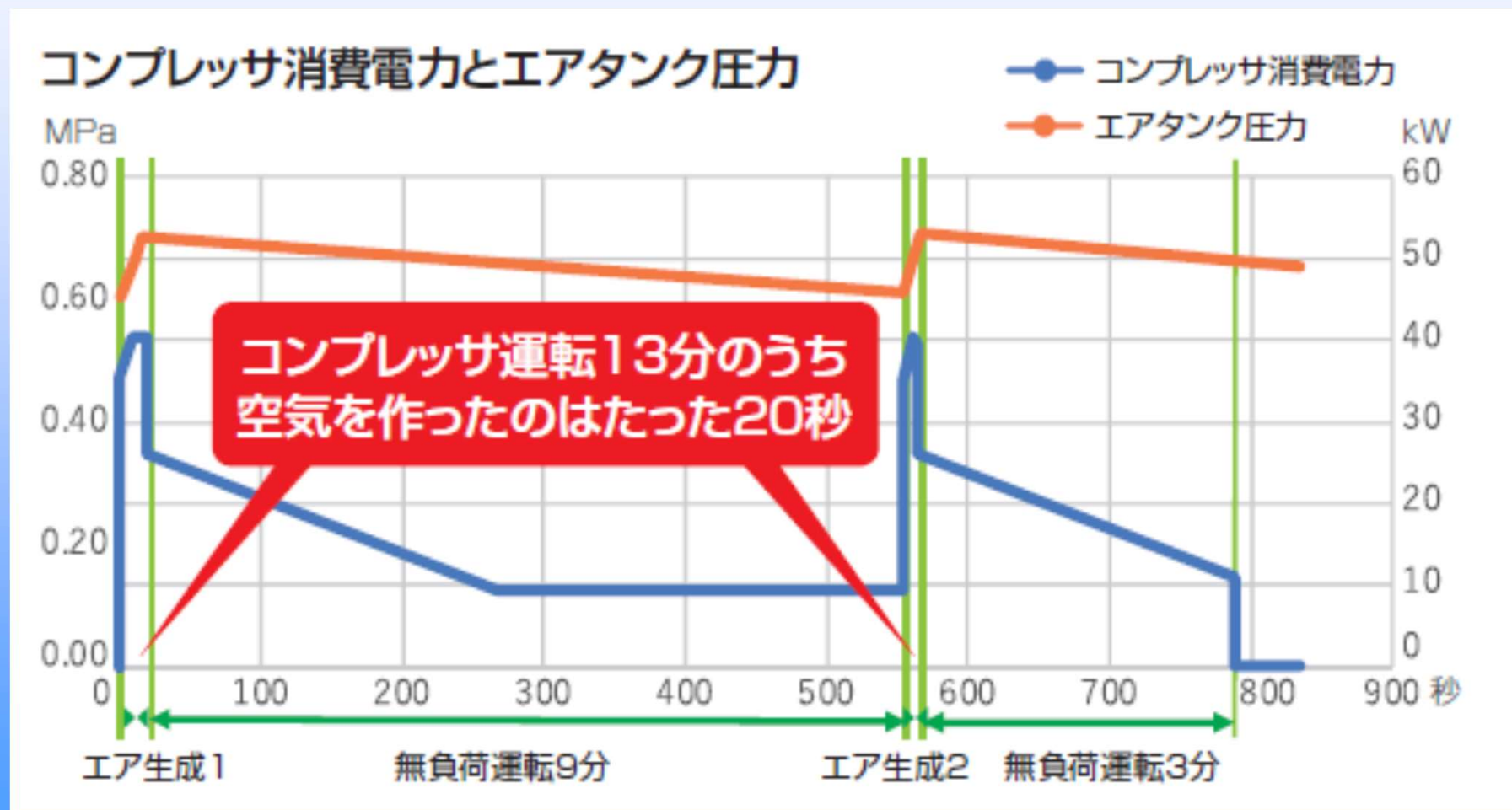
一方、エアシステムはタンクの圧力が低下すると必ず空気を補充しなければいけません。必要な空圧が得られないと空圧機器全体が誤作動を生じます。

モータが休憩しなければならないタイミングで、エアが不足するような事態が生じないよう、1度コンプレッサが起動すると10分間は回し続け、その間はいつでも空気が再生成できるようにしておきます。アンロード運転することで、1時間に6回以上モータが起動する必要がなくなり、モータを保護しています。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント② コンプレッサ効率 動いていますが、空気作っていますか？

実条件ではタンクが空になることはありません。コンプレッサはタンク圧力が0.6MPaで空気生成を開始し、0.7MPaで生成停止します。この時の所要時間は約10秒です。



## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか



**ポイント② コンプレッサ効率** 動いていますが、空気作っていますか？

**この実験条件の場合**

**コンプレッサ稼働時間13分のうち、空気生成した時間20秒**

**→稼働時間率 2.5%**

**13分で消費した電力のうち、空気生成時に使用された電力**

**→電力使用率 6%**

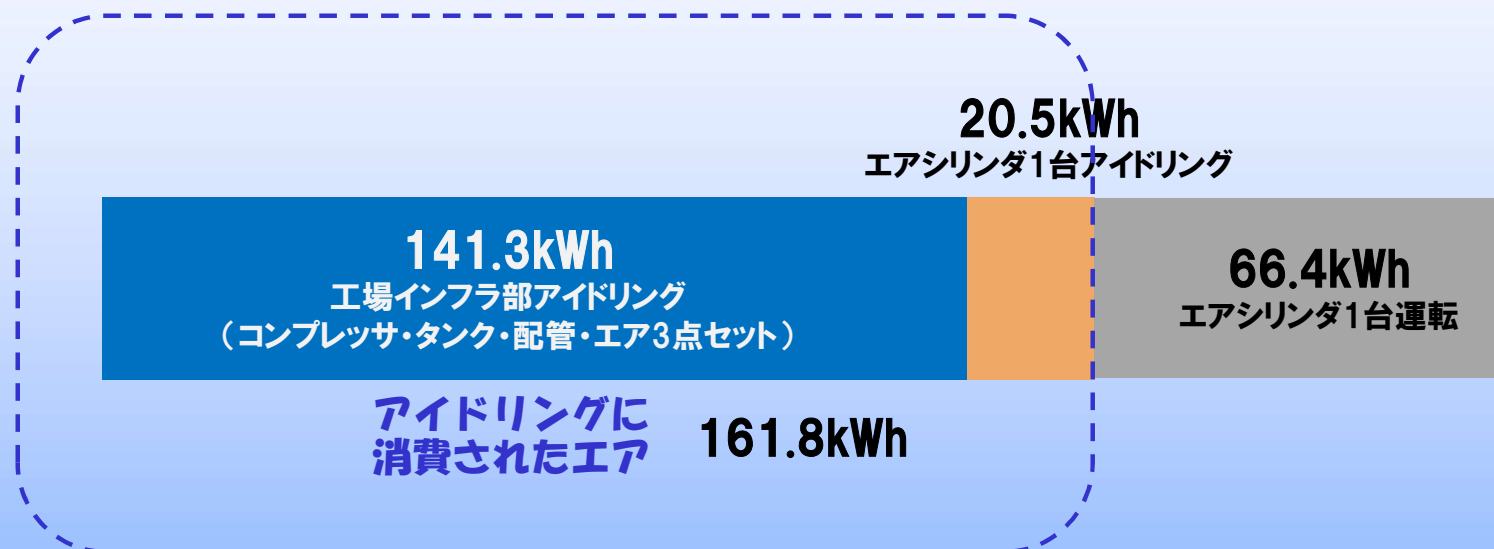
**つまり・・・**

**コンプレッサは動いていますが、時間にして97%は空運転でした。  
コンプレッサ消費電力のうち6%しか、空気を生成するために  
使われていませんでした。**

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント③ アイドリング

作ったエアが全て運転に使われるわけではありません



なぜ、アイドリングのためにエアが消費されるのでしょうか。

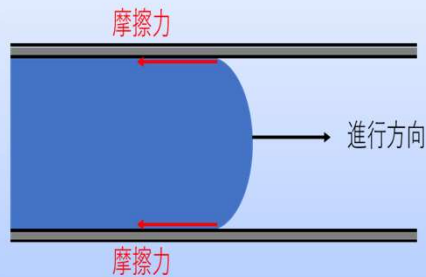
※アイドリング：機器がいつでも使用できるように配管内を高圧エアで充填した状態に保つこと。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

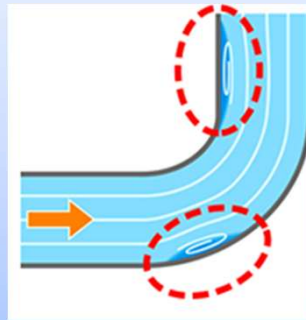
### ポイント③ アイドリング

流体の特性① : 流体の圧力損失

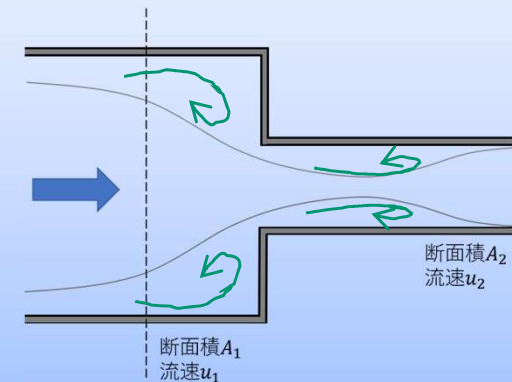
直線部



カーブ



管径の変化



・壁面との摩擦

・・・流体が移動すると、配管との摩擦によりエネルギー損失が発生します。

・渦や乱流による損失・・・カーブ部や管径の変化部では逆流が発生し、大きなエネルギー損失が発生します

配管が長く、チューブの形状が複雑になるほどエネルギー損失は大きくなります。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント③ アイドリング

#### 流体の特性① : 流体の圧力損失

##### ベルヌーイの法則

$$h + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} = (\text{一定})$$

$h$ : 基準水平面からの高さ(m)

$v$ : 流速(m/s)

$g$ : 重力加速度( $\text{m/s}^2$ )

$p$ : 圧力(Pa)

$\rho$ : 流体の密度( $\text{kg/m}^3$ )

ベルヌーイの定理は、流体のエネルギー保存則であり、流体を支配する式として知られています。

ベルヌーイの定理によると、エネルギーを損失した流体は、圧力低下を生じることが分かります。

これが、流体の圧力損失と呼ばれる現象です。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント③ アイドリング

流体の特性② : 高圧→低圧に流れる

空気の特徴の一つに、外力が働かなくても  
高圧から低圧に流れるというものがあります。

圧力損失によって、エア配管の先端部で圧力が低下すると、  
空気は自然に高圧(根元部)から低圧(先端部)に流れます。

根元部で空圧が低下すると、新しい高圧エアが供給されます。  
理論上、配管内全体が0.6MPa以上で同一圧力になれば  
エアの供給は止まります。

しかし実際の現場ではどこかでエアが使用されていたり、  
エア漏れが発生しているため、配管全体が同一圧力になることは  
できず、エアは供給され続けます。

これがアイドリングにエアが消費される仕組みです。

## 6. なぜ、消費電力の違いが出るのか

### ポイント③ アイドリング

作ったエアが全て運転に使われるわけじゃない

#### アイドリングによるエア損失割合の計算

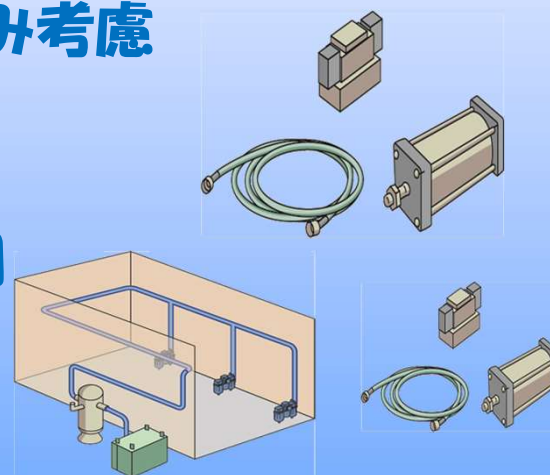


最高条件：工場配管を無視し、エアシリンダの配管のみ考慮

$$20.5 / 86.9 = 23\%$$

最悪条件：1本のエアシリンダのために工場配管を使用

$$(141.3 + 20.5) / 228.2 = 71\%$$



ポイント③アイドリング まとめ  
生成したエアの30～70%はアイドリングに消費され、  
シリンダの運転には使用されない。

## 7. まとめ

### なぜ、消費電力の違いが出るのか

|          | パワーシリンダ | エアシリンダ |
|----------|---------|--------|
| エネルギー効率  | 88%     | 12%    |
| コンプレッサ効率 | ———     | 6%     |
| アイドリング   | ———     | 29%    |

# 7. まとめ

## 年間消費電力に換算すると

エアシリンダ1台の年間消費電力※1  
運転 5,500 kWh/年  
アイドリング 7,500 kWh/年

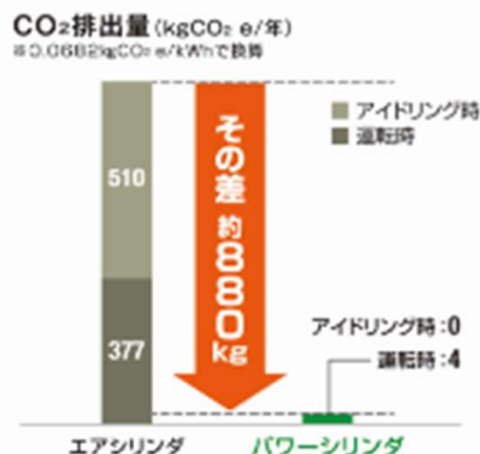
合計 **13,000 kWh/年**

約 **1/300**

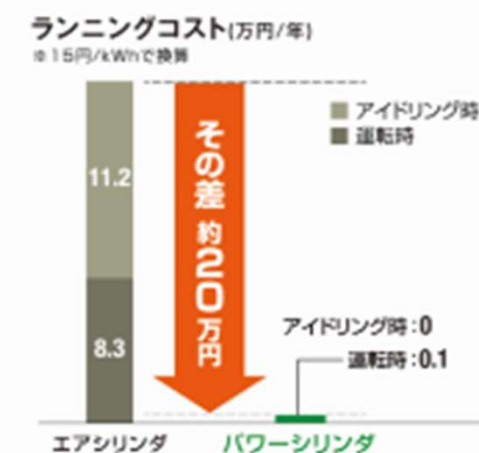
パワーシリンダ1台の年間消費電力  
運転 45 kWh/年  
アイドリング 0 kWh/年  
合計 **45 kWh/年**

## エアシリンダから電動化で CO<sub>2</sub>削減&コストダウン!

エアシリンダ1台を電動化すると/  
CO<sub>2</sub>排出量  
年間約**880kg**削減  
※当社検証値



エアシリンダ1台を電動化すると/  
電気代  
年間約**20万円**節約  
※当社検証値



## 8. エアシリンダから置換に当たり

### STEP 1

### 必要な推力(N)

下記の換算表から推力をご確認ください

◆エアシリンダ径から必要推力をご確認ください。

#### エアからの置換え

##### ● エアシリンダ推力換算表 (N)

| シリンダ径(mm) | φ4   | φ6   | φ10 | φ16  | φ20  | φ25  |
|-----------|------|------|-----|------|------|------|
| 0.5MPa    | 0.6  | 1.4  | 4.0 | 10.3 | 16.0 | 25.0 |
| シリンダ径(mm) | φ32  | φ40  | φ50 | φ63  | φ80  | φ100 |
| 0.5MPa    | 41.0 | 64.1 | 100 | 159  | 256  | 400  |

※上記の値は負荷率50%時の参考値となります。

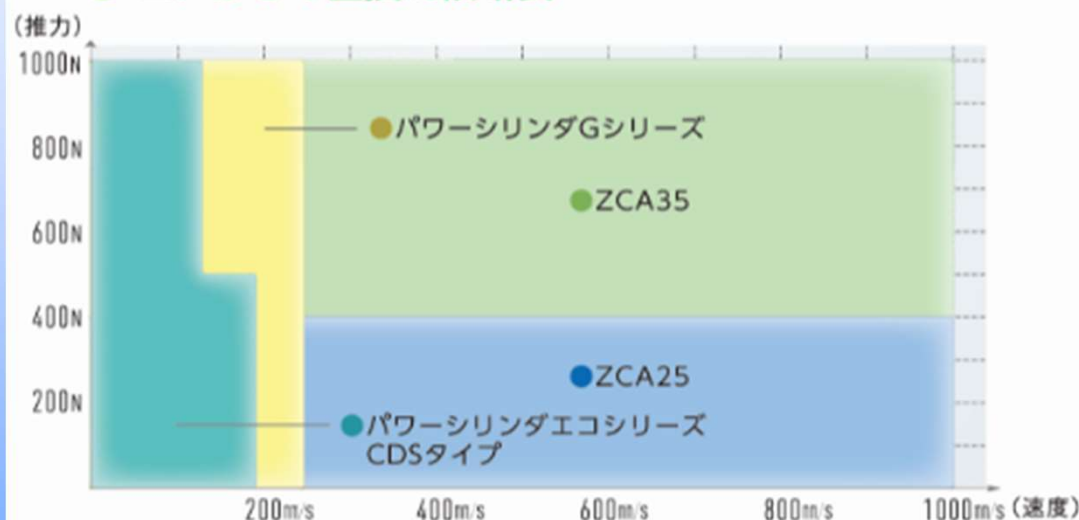
## 8. エアシリンダから置換に当たり

**STEP 2** 伸縮ストローク (mm) ロッド先端の移動距離です

**STEP 3** ロッド作動速度 (mm/s) 伸縮ストロークを作動時間で割り出します

**STEP 4** ラインアップ 下記の領域表より最適な商品をお選びください

### ● エアからの置換え領域表



### ● エアからの置換えにおすすめの商品

- ジップチェーンアクチュエータ® ZCA  
チェーンを使った高速性能を実現
- つばき パワーシリンダ®  
高機能ボールネジを使い、安定した速度運転を実現

詳細はセクションガイド、製品情報をご覧ください。

ありがとうございました。