

省エネ診断における空気漏れ算出

質問 1

コンプレッサの省エネ対策の一つである空気漏れの低減について、以下のような省エネ効果（改善後と現状の動力比と電力使用量）の事例があります。

お伺いしたいのは、

1. 現状において漏れ率を 20%としているが、どのような調査や方法で特定した値なのか。
2. 漏れ率を 20%（現状）から 4%（改善後）に改善していることをもって、改善後と現状の風量比を 84%としているが、この根拠は何か。
3. 漏れの 80%を改善したとして、改善後の漏れ率を 4%としているが、「漏れの 80%を改善できた」という判定は、実際にはどのように行うのか。
4. 漏れ率から漏れ量を算定する方法はあるのか。あればその方法。

以上、4 点になります。よろしくお願いします。

<事例>

試算条件

- ・コンプレッサのモータ容量：37kW
- ・モータ負荷率：80%
- ・運転時間：20h/日 × 300 日/年 = 6,000h/年

現状

電力使用量：37kW × 0.8 × 6,000h/年 = 177,600kWh/年

漏れ率：20%

改善後

漏れ率：4% ※漏れの 80%を改善したとして、 $20(\%) - 20(\%) \times 0.8 = 4(\%)$ より

改善後と現状の風量比：84% → 改善後と現状の動力比：84%

電力使用量：177,600kWh/年 × 0.84 = 149,184kWh/年

回答 1

ご提示いただいた事例に基づき、診断現場での実務や一般的な技術基準（JIS 等）に照らして、4 つの疑問点に回答いたします。

1. 漏れ率 20%の特定方法

現状の漏れ率が「20%」とされているのは、実測に基づいている場合と、経験値（デフォルト値）を用いている場合の 2 パターンがあります。実測の場合、主に以下の方法が取られます。

・ 無負荷稼働時間法（アンロード時間法）

生産設備が停止している休日などにコンプレッサを動かし、漏れによって低下した圧力を回復させるために「コンプレッサがロード（負荷運転）した時間」を計測します。

・ 圧力降下法

コンプレッサを止めた状態で、配管内の圧力が一定値から一定値まで下がる時間を計測し、配管容積から漏れ量を逆算します。

- **経験値の適用**

適切な管理が行われていない工場では、一般的に **15%～25%程度の漏れ**があるとされており、診断書では保守的に「20%」と仮定して試算することがあります。

2. 風量比「84%」の根拠

この数値は、「必要な仕事（正味の消費量）」と「無駄な仕事（漏れ量）」の合計を比較して算出されています。

- **現状の風量**を 100%とすると、その内訳は：
 - 正味の消費量：80%
 - 漏れ量：20%
- **改善後の風量**は：
 - 正味の消費量：80%（変わらない）
 - 改善後の漏れ量：4%
 - 合計：80% + 4% = 84%

したがって、改善後の風量は現状に対して $84 / 100 = 84\%$ となります。この事例では「風量の削減比率がそのまま動力（電力）の削減比率になる」という簡略化した仮定（吸込風量比＝動力比）を用いています。

3. 「漏れの 80%改善」の判定方法

実際に「80%直せた」と判定するには、対策の前後に**再現性のある確認**が必要です。

- **超音波リーク検知器によるカウント**

診断時にリーク箇所を特定し、タグ（札）をつけます。「50 箇所見つかったうちの 40 箇所を修理した（＝箇所の 80%）」とする場合や、検知器が表示する推定漏れ量の合計値で比較する場合があります。

- **再計測（アフター診断）**

修理完了後に、項 1 で挙げた「無負荷稼働時間法」を再度実施します。ロード時間の比率が劇的に減っていれば、それが改善の証拠となります。

- **目標値としての設定**

計算上「全ての漏れをゼロにするのは不可能（継手等の微細な漏れは残る）」であるため、実務的に「見つけた漏れのうち、大きな箇所を直せば全体の 8 割は削減できる」という目標値として 80%という数字を置くことが一般的です。

4. 漏れ率から漏れ量を算定する方法

漏れ率は「全吐出量に対する比率」ですので、以下の計算で具体的な量（ m^3/min ）を求められます。

計算式

$$\text{漏れ量 (m}^3/\text{min)} = \text{コンプレッサの定格吐出量} \times \text{負荷率} \times \text{漏れ率}$$

(※負荷率が考慮されていない場合は、その時の運転状態における吐出量を用います)

例：この試算条件の場合

37kW クラスのコンプレッサの定格吐出量を約 6.0 m³/min と仮定すると：

$$6.0 (\text{m}^3/\text{min}) \times 0.8 (\text{負荷率}) \times 0.2 (\text{漏れ率}) = 0.96 \text{ m}^3/\text{min}$$

このように、毎分約 1 m³ の空気が漏れているという具体的な「量」を算出できます。

補足：動力比について

厳密には、コンプレッサの制御方式（インバータ制御か、アンロード制御か）によって、風量を削減した時の「電力削減幅」は異なります。この事例は「理想的な比例関係」を前提とした、最もポジティブな予測値と言えます。

質問 2

無負荷稼働時間法と圧力降下法について、実際の作業方法等、具体的に解説をお願いしますか。上記のご回答中にもある超音波リーク検知器について、推定漏れ量の表示など、省エネ診断において使用する機能や実用性（精度等）について説明をお願いしますか。

回答 2

省エネ診断の実務において、漏れ量の数値化は「対策の優先順位」を決める最も重要なステップです。ご質問いただいた各手法について、現場での具体的な手順とツールの実力について解説します。

1. 無負荷稼働時間法（アンロード時間法）

コンプレッサが「圧力を維持するために、どれだけ無駄に動いているか」を計測する方法です。

作業手順

1. **事前準備:** 工場のラインが停止している休日や夜間など、**末端設備で空気を使用していない状態**を作ります。
2. **計測:** コンプレッサを運転し、以下の時間をストップウォッチで数回計測して平均をとります。
 - **ロード時間 (T₁)**：圧力を上げるために圧縮空気を吐出している時間。
 - **アンロード時間 (T₂)**：設定圧力に達し、空気を吐出せず空回りしている時間。
3. **計算:**

$$\text{漏れ率}(\%) = \frac{T_1(\text{ロード時間})}{T_1 + T_2(\text{サイクル時間})} \times 100$$

ポイント

- **実用性:** 特別な器具が不要で、最も正確に「システム全体の漏れ」を把握できま

す。

- **注意点:** 計測中に「実は動いていた設備」や「ドレン抜きからの排出」があると、それも漏れとしてカウントされてしまいます。

2. 圧力降下法

配管ネットワーク全体を「巨大なタンク」と見立てて、圧力が下がるスピードから漏れ量を逆算する方法です。

作業手順

1. **容積の特定:** 受槽（エアタンク）の容量と、主要な配管の太さ・長さから、システム全体の総容積（V [m³]）を算出します。
2. **昇圧と停止:** コンプレッサを運転し、常用圧力（例：0.7 MPa）まで上げたらコンプレッサを停止（または元バルブを閉止）します。
3. **降下時間の計測:** 圧力が一定範囲（例：0.7 MPa → 0.6 MPa）まで下がる時間（t [秒]）を計測します。
4. **計算:**

$$\text{漏れ量}(m^3/min) = \frac{V \times (P_1 - P_2) \times 60}{1.013 \times t}$$

※ P₁: 開始圧力、P₂: 終了圧力（絶対圧力換算が必要）

ポイント

- **実用性:** タンク容量が明確な小規模～中規模のシステムに向いています。
- **注意点:** 配管が複雑で総容積 V が不明確な場合、誤差が大きくなります。

3. 超音波リーク検知器の実用性と精度

「目に見えない・耳に聞こえない」漏れを可視化する診断の必須ツールです。

主な機能

- **超音波の検知:** 空気が漏れる際に発生する 40kHz 前後の超音波をキャッチし、ヘッドホンで音として聞いたり、液晶パネルに数値（dB）で表示したりします。
- **推定漏れ量の表示:** 最近の機種（例：FLIR 製や国内メーカーの高性能機）では、「漏れ箇所からの距離」と「音圧レベル」を入力することで、瞬時に「毎分〇〇リットルの漏れ」と概算値を表示する機能があります。

実用性と精度

- **メリット（実用性）:**
 - **稼働中に使える:** 工場が動いている騒音下でも、特定の周波数だけを拾うため、漏れ箇所をピンポイントで特定できます。
 - **「宝探し」的な説得力:** 漏れている箇所を数値で見せられるため、現場の保全担当者への修繕依頼がスムーズになります。
- **精度:**
 - 正直なところ、単体での「漏れ量（L/min）」の精度は目安（誤差 ±20～30%程度）と考えるのが一般的です。空気圧や亀裂の形状によって音の出

方が変わるためです。

- しかし、「どこに大きな漏れがあるか」という**優先順位付けには最強のツール**です。

次のステップへの提案

もし具体的な省エネ診断を予定されているのであれば、まずは「無負荷稼働時間法」で工場全体の漏れ率を把握し、その後に「超音波検知器」で大きな漏れ箇所を特定するという流れが最も効率的です。