

## 圧縮機の振動に係る実測調査結果等について

### 1 検討経緯等

- (1) 振動規制法で規制対象とされている圧縮機については、「振動規制法における圧縮機に係る規制見直しの方向性について（中間報告）（令和3年9月3日）」において、圧縮機の低振動化の取組が進んでいることが確認されたことから、引き起こす振動の程度が一定以下の機器について、生活環境保全上問題がないものとして個別に指定等を行った上で、規制対象外にすることが妥当であると考えられるものの、その線引きの検討に当たっては、振動規制法に基づく規制基準も踏まえつつ、使用現場での振動レベルは機器固有の加振力（振動を引き起こす力）のみによるのではなく、堅固な基礎への固定等の追加対策により抑制されているものを慎重に見極めていく必要があるとした。

また、検討を進めるに当たっては、定格出力の大きいスクリー式圧縮機や、スクリー式圧縮機以外の圧縮機も含めた実測調査を通してデータを充実するとともに、地域の現場で振動問題に対処している地方公共団体からの意見聴取を含めた情報収集結果が必要と考えられ、また、スクリー式等の圧縮機は、その圧縮原理を鑑みると、往復式の圧縮機よりも加振力は小さいと考えられる可能性があることに加え、機器が持つ加振力を測定するための一般的な共通する測定方法・条件が定められていないことを踏まえ、圧縮方式（例：スクリー式）単位で規制対象外とできる可能性も考えられることも視野に検討を進める必要があるとしたところ。

- (2) 以上を踏まえて、定格出力の大きいスクリー式圧縮機や、スクロール式圧縮機、レシプロ式圧縮機も含めて発生する振動レベルの実測調査を行った。

また、併せて地域の現場で振動問題に対処している地方公共団体からの意見聴取を行うとともに苦情の背景等について整理を行った。

## ＜振動規制法における圧縮機に係る規制見直しの方向性について（中間報告） （令和3年9月3日）抜粋＞

### 3 規制見直し検討の今後の方向性

振動規制法では、圧縮機のうち原動機の定格出力が7.5kW以上の機器を特定施設として規制対象としている一方、近年、同機器については低騒音化・低振動化の取組が進められており、定格出力が7.5kW以上のものであっても、発生する振動は小さく、規制対象とする必要がないものが存在する可能性が考えられた。

「工場振動に係る規制対象施設の考え方」に記載の各事項等について情報収集・整理等を行った結果、

- 原動機の定格出力が7.5kW以上の圧縮機については、平成17年度の実測結果（7.5～115kWのスクリー式空気圧縮機について実施）において、選定要件の振動レベルを上回るものは見られていないこと
- 業界団体の下で、使用機器の低振動化に資するリーフレットの作成・周知等の取組が進められていること
- 各企業において低振動化に向けた技術開発が進められていること

等のように、低振動化の取組が進んでいることが確認された。

一方で、圧縮機のうち比較的振動が小さいと考えられる機器についても苦情の原因になっている場合がある可能性を考慮すると、圧縮機については、引き起こす振動の程度が一定以下の機器について、生活環境保全上問題がないものとして個別に指定等を行った上で規制対象外にすることが妥当であると考えられるものの、その線引きの検討に当たっては、振動規制法に基づく規制基準も踏まえつつ、使用現場での振動レベルは、機器固有の加振力（振動を引き起こす力）のみによるのではなく、堅固な基礎への固定等の追加対策により抑制されている例が多いことにも留意しつつ、苦情が発生するおそれが小さいと考えられるものを慎重に見極めていく必要がある。

今後検討を進めるに当たっては、定格出力の大きいスクリー式圧縮機や、スクリー式以外の圧縮機も含めた実測調査を通してデータを充実するとともに、地域の現場で振動問題に対処している地方公共団体からの意見聴取も含めた情報収集が必要と考えられる。また、スクリー式等の圧縮機は、その圧縮原理を鑑みると、往復式の圧縮機よりも加振力は小さいと考えられる可能性があることに加え、機器が持つ加振力を測定するための一般的な共通する測定方法・条件が定められていないことを踏まえ、圧縮方式（例：スクリー式）単位で規制対象外とできる可能性も考えられることも視野に入れて検討を進める必要がある。

## ＜第1回検討会 資料3-2 振動規制法における圧縮機に係る規制の見直し検討について 抜粋＞

### ① 平成17年度の状況

平成17年度に行ったスクリー式圧縮機から発生する振動レベルに係る実測調査結果によると、「工場振動に係る規制対象施設の考え方」で示された振動レベルを上回っているものはなかった。（平均値 41.1dB 最大値 56.8dB）（図1）

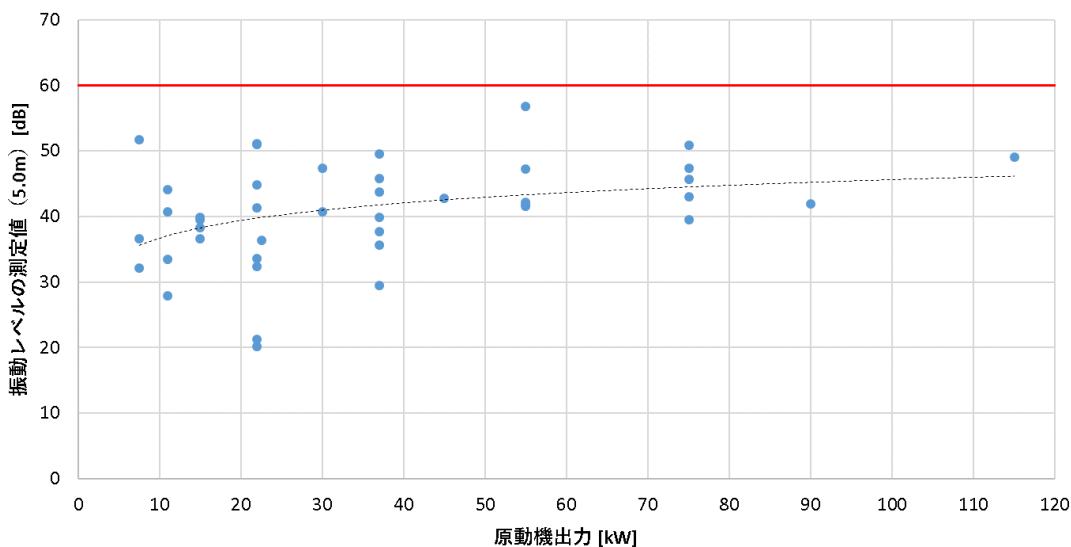


図1 原動機の定格出力と振動レベルの関係（スクリー式圧縮機）

### ② 直近の状況

①の調査結果では、「工場振動に係る規制対象施設の考え方」で示された振動レベルを上回っているものはなかったが、当該調査では定格出力が 265kW と大きい施設もあり、それ以上の出力を有するものも販売されているが、そのような規模での実測値は他の作業や機器の影響を受け、当該機器固有の振動レベルを把握できなかったことから、実態調査の必要性についても検討が必要と考えられる。なお、実測調査においては、スクリー式に限らず、様々な種類の圧縮機の調査も必要と考えられる。

また、上記の振動レベルを下回っている機器でも苦情の原因となっている可能性も考えられる。

## 2 圧縮機の振動に係る実測調査結果について

### (1) 実測調査の対象としたコンプレッサー

第2回検討会で了承いただいた測定方法※により、令和2年12月～令和3年1月に25施設のコンプレッサーから発生する騒音・振動レベルの実測調査を実施した。(表1)

なお、実測調査は、関東地方に所在するコンプレッサーのうち、事業者の協力が得られるものを対象に実施した。施設の選定に当たっては、平成17年度の実測調査と合わせて各圧縮方式・定格出力の機器についてできるだけ万遍なく情報を得られるよう、特に平成17年度の実測調査で不足していた

- ・スクリー式以外の圧縮方式（レシプロ式、スクロール式等）のコンプレッサー
- ・定格出力が大きいスクリー式の大型コンプレッサー

等の実測データを充実することに留意した。

※…参考資料3-3を参照。

表1 令和3年度実測調査の対象としたコンプレッサー（25施設）の概要

圧縮方式	圧縮方式 詳細	測定施設数			
		合計	内訳（原動機の定格出力 [kW]）		
			7.5kW	11～37kW	75～375kW
回転式	スクリー式	10	2	2	6
	スクロール式	2	0	2	0
往復式	レシプロ式	12	10	2	0
ターボ型	遠心式*	1	0	0	1
合計		25	12	6	7

\*…事前に地方公共団体から入手した情報ではスクリー式とのことであったが、現地で実測した際に、遠心式であることが判明したもの。

## (2) 実測調査結果の分析

### ① 令和3年度の実測調査結果

#### (i) 機器から5mの地点での振動レベルの実測値

令和3年度に測定を行った25施設（スクリー式10、スクロール式2、レシプロ式12、遠心式1）について機器から5mの地点の測定結果を図1に示す。

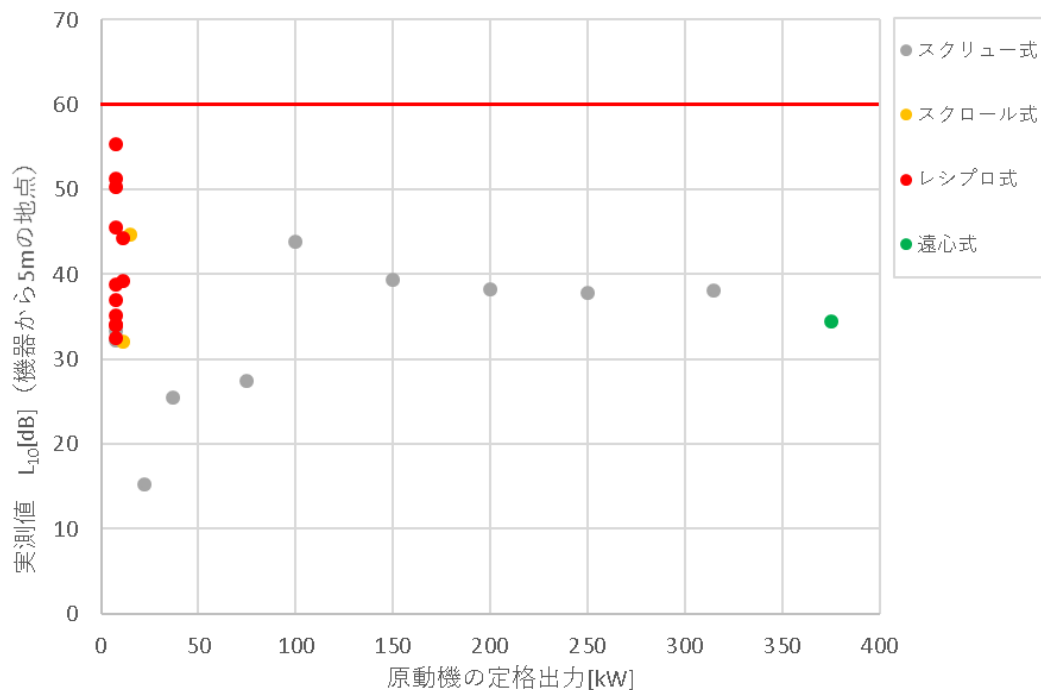


図1 原動機の定格出力と振動レベルの実測値との関係（機器から5mの地点）

※60dBの赤色の線は「工場振動に係る規制対象施設の考え方（中央公害対策審議会騒音振動部会振動専門委員会報告添付資料（昭和51年2月28日）」で示された振動レベル

(ii) 機器から 2.5m の地点での振動レベルの実測値

また、令和 3 年度の実測調査においては、5m 地点での結果が他の振動源の影響を受けているものでないかを確認するための材料として機器から 2.5m の地点でも測定を行っており、参考のため、その結果を図 2 に示す。

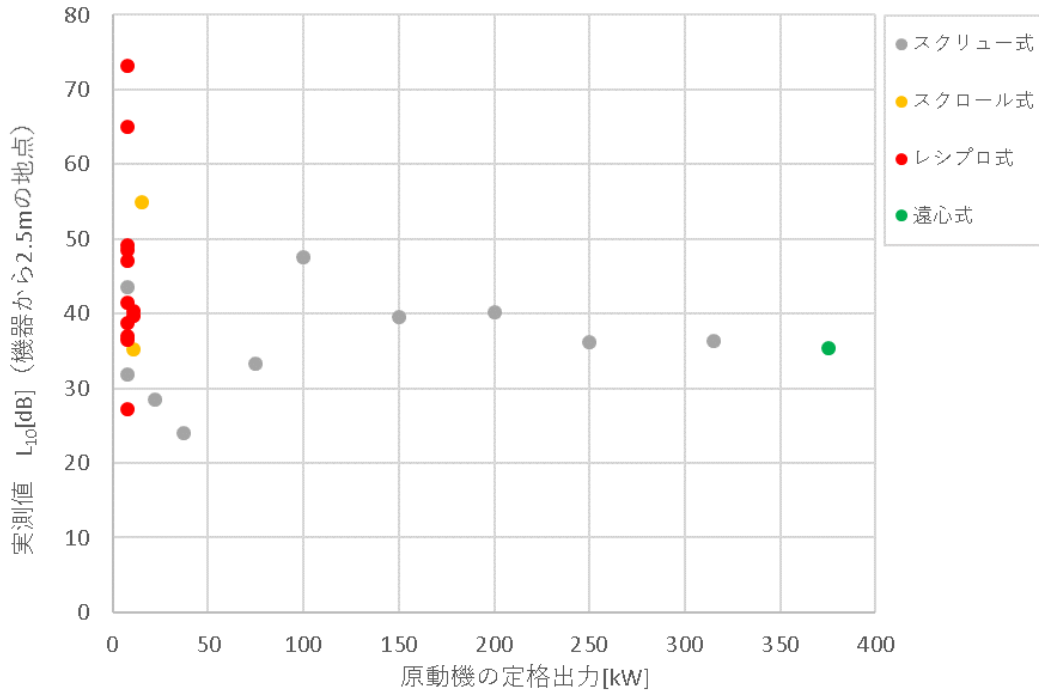


図 2 原動機の定格出力と振動レベルの実測値との関係 (機器から 2.5m の地点)

【考察】

- 圧縮方式がスクリー式の空気圧縮機の振動レベルの実測値は、原動機の定格出力が大きな機器 (300kW 超等) であっても十分に小さいことが確認された。
- ※ (一社) 日本産業機械工業会の汎用圧縮機委員会参画企業 14 社が現在販売している空気圧縮機の原動機の定格出力を調べたところ、10 社でスクリー式の空気圧縮機の原動機の定格出力を確認することができ、最大の出力は 315kW であることを確認した。

② 一部データを除外した上でのプロット（平成 17 年度及び令和 3 年度）

(i) 機器から 5 m の地点での振動レベル（40 施設分）

令和 3 年度及び平成 17 年度に行った実測調査結果について、当該機器の振動レベルをより正確に評価するため、以下の条件で分析対象から除外することとした。

その結果、分析対象として、令和 3 年度の 9 施設、平成 17 年度の 31 施設を合わせた 40 施設（スクリー式 33（平成 17 年度は 31）、スクロール式 1、レシプロ式 6）で整理した結果を図 3 に示す。

【実測データの処理】

- ・測定地点が 5m ではないもの
- ・機器の稼働、非稼働でレベル差（暗振動との差）が 6dB 未満のもの
- ・V1 地点（平成 17 年度は 1m、令和 3 年度は 2.5m）よりも V2 地点（5m）で振動レベルが大きいもの
- ・その他隣接する機器の影響が大きいと思われるもの

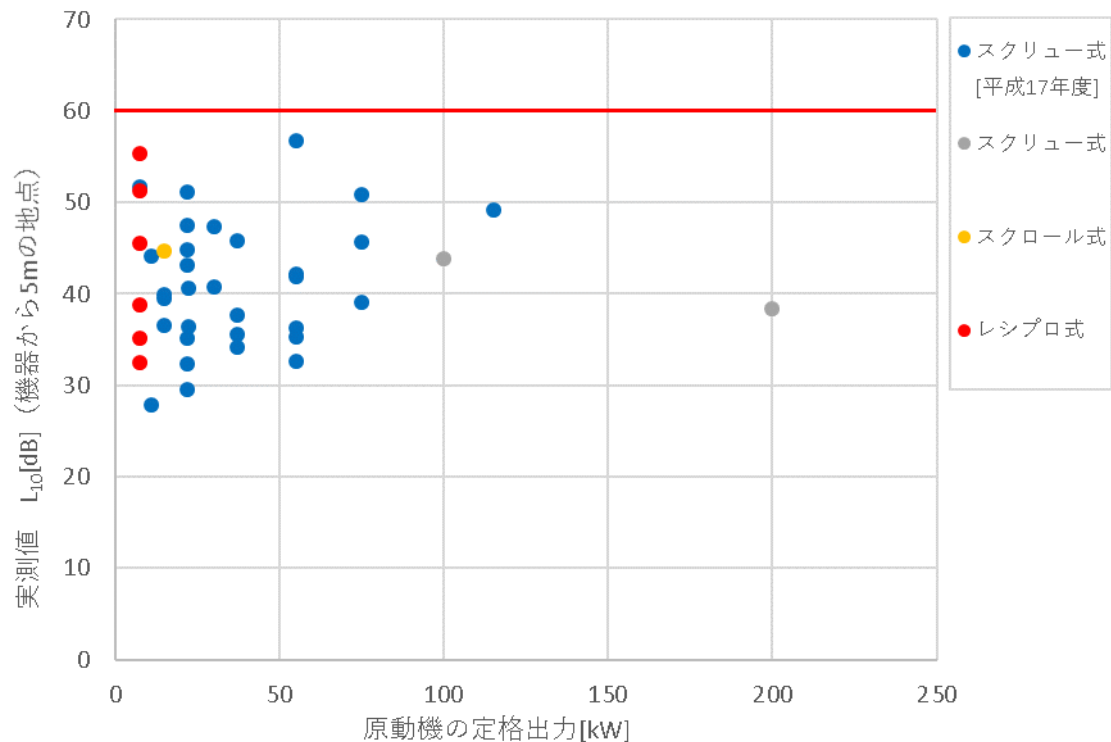
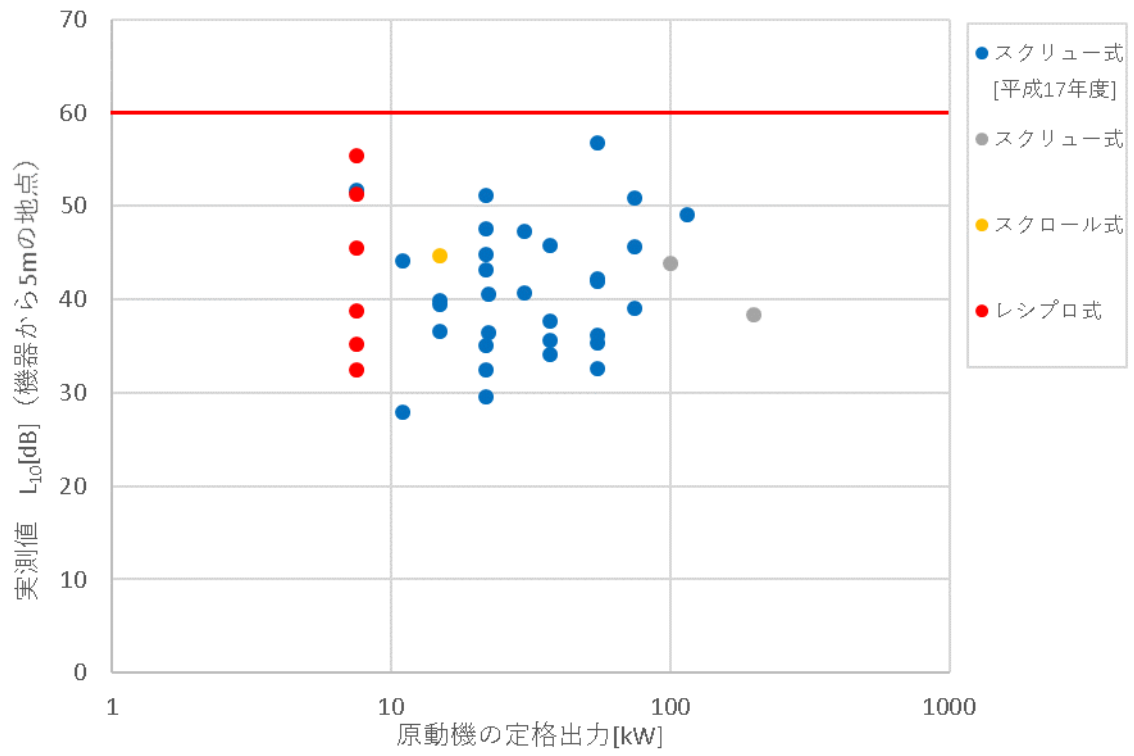


図 3 原動機の定格出力と振動レベルの実測値との関係（一部データ除外後の 40 施設）

(参考) 対数表示





(ii) 振動対策の有無による振動レベル

(i) で整理した 40 施設（スクリー式 33（平成 17 年度は 31）、スクロール式 1、レシプロ式 6）について、振動対策（防振ゴム、強固な基礎など）の有無で整理し、対策をしている 10 施設（スクリー式 7（平成 17 年度は 6）、レシプロ式 3）、対策をしていない 30 施設（スクリー式 26（平成 17 年度は 25）、スクロール式 1、レシプロ式 3）の結果を図 4 及び 5 に示す。

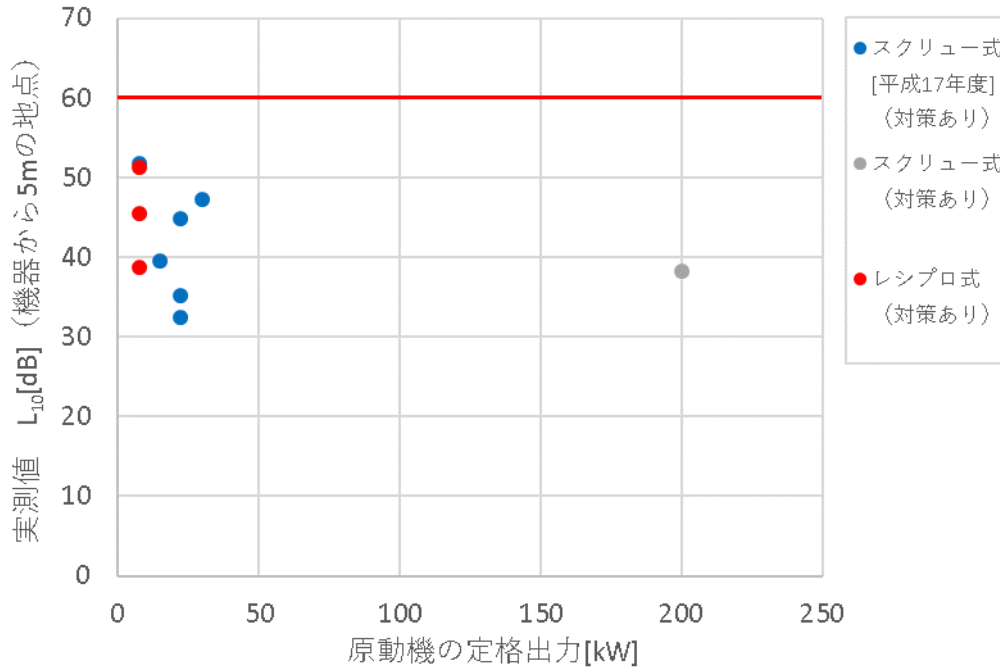


図 4 原動機の定格出力と振動レベルの実測値との関係（対策あり）

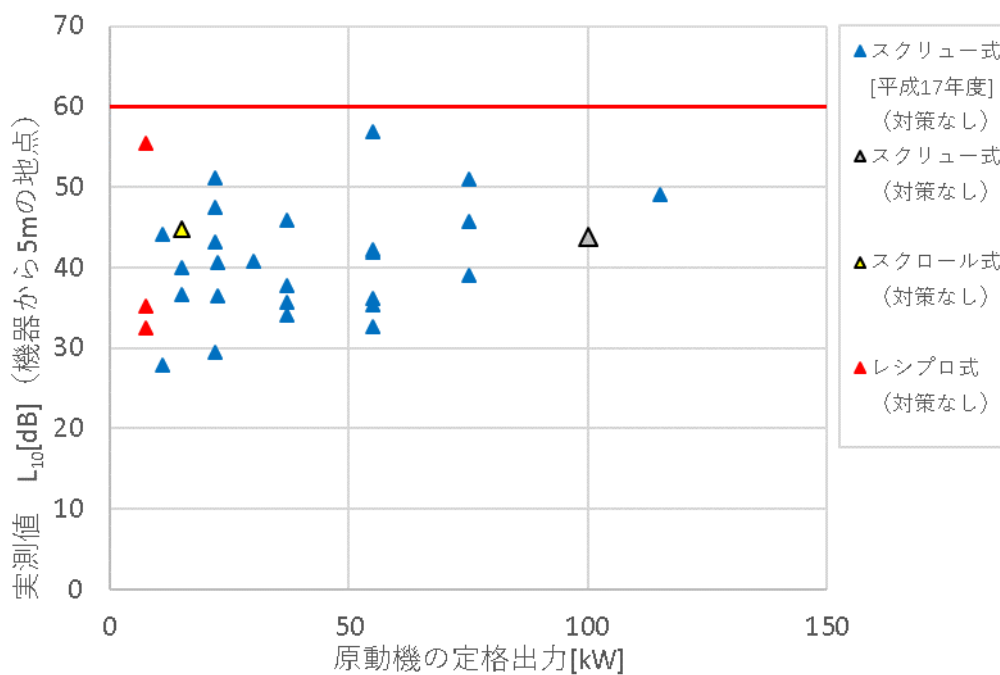
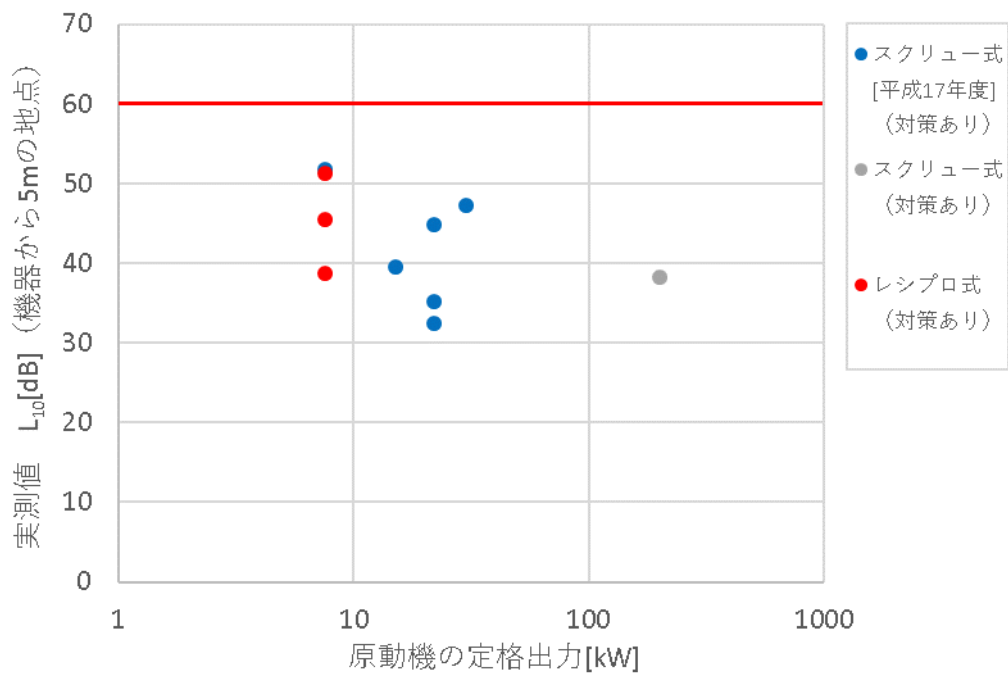


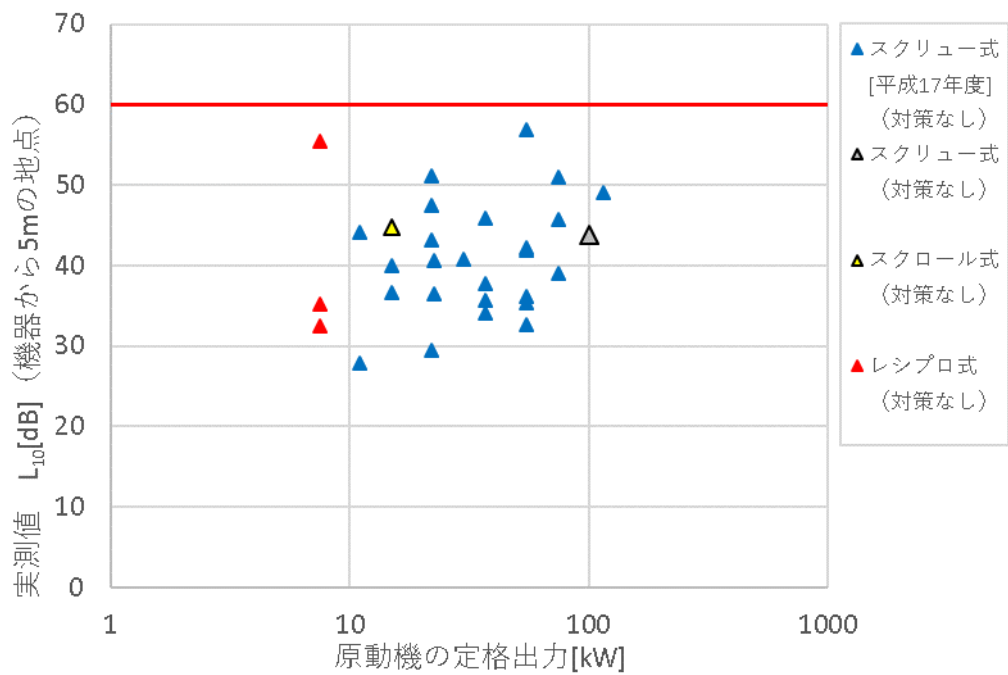
図 5 原動機の定格出力と振動レベルの実測値との関係（対策なし）

(参考) 対数表示

・対策あり



・対策なし



**【考察】**

- 機器由来の振動レベルを正確に評価できていないと考えられたデータを除外すると、測定したすべての機器が「工場振動に係る規制対象施設の考え方」で示された振動レベル（機器から 5m の地点で 60dB）を下回っていることが確認された。
- 振動対策の有無による振動レベルの大きさの違いを比較したところ、ほぼ変わらなかった（平均値は図 4 で 42.5dB、図 5 で 41.1dB）。なお、振動レベルの大きさについては、対策の有無だけではなく、地盤の状況など他の要因の影響も考えられることに留意する必要がある。

### ③ 家屋による振動増幅の把握

工場などから伝搬する地盤振動については、地盤面では揺れを感じないレベルであるにも関わらず、家屋の共振によって特定の周波数範囲の振動が増幅され、住宅内の居住者が揺れを感じることで苦情につながる場合がある。

平尾ら<sup>1)</sup>によると、水平方向（X,Y 軸方向）では、4～6.3Hz の周波数帯の振動が家屋を共振し、振動増幅を引き起こすことが示されている。また、鉛直方向（Z 軸方向）では、高い周波数帯（40Hz 程度以上）の振動が床組み等（梁、根太、床材（スパン）等）を共振し、局所的に振動増幅を引き起こす可能性が示唆されているものの、その影響は建物の構造等により異なる可能性があり、振動増幅量のバラつき（標準偏差）も大きく、測定する位置等にも依存すると考えられる。

以上を踏まえ、空気圧縮機の振動が家屋等を共振し、振動増幅を引き起こす可能性があるか把握するため、振動レベルを測定した 25 施設（スクリー式 10、スクロール式 2、レシプロ式 12、遠心式 1）のうち、8 施設（スクリー式 5、スクロール式 1、レシプロ式 1、遠心式 1）において周波数分析（1/3 オクターブバンド分析）を行い（表 2）、水平方向（X,Y 軸方向）4～6.3Hz、鉛直方向（Z 軸方向）40Hz 以上の周波数帯の振動の大きさ※1 を確認した。

※1：振動の大きさについては、

振動加速度レベル（Lva）：振動の物理的なエネルギーの大きさを示すもの  
 振動レベル（Lv）：振動加速度レベル（Lva）にヒトの感覚補正を加えたものの 2 種類を測定しており、家屋等の共振の可能性を確認する際には Lva、揺れに対する人の感覚評価をする際には Lv を指標として考察した。

表 2 周波数分析（1/3 オクターブバンド分析）を行ったコンプレッサー一覧

No.	圧縮方式	圧縮方式詳細	原動機の定格出力 [kW]	仕様上の振動レベル [dB]（機器から 1m の地点）	振動対策等の内容	評価の有無※2
1	回転式	スクリー式	7.5	50dB 以下	基礎有	○
2			22		基礎有,防振ゴム設置,ボルト固定（鉄骨台座）	○
3			75		強固な基礎上に設置	○
4			75		強固な基礎上に設置	×
5			315		—	基礎有, ボルト固定
6		スクロール式	15	—	基礎有, ボルト固定	○
7	往復式	レシプロ式	7.5	57dB	基礎有, ブロック基礎+ 収納箱を設置	○
8	ターボ型	遠心式	375	—	基礎有, ボルト固定	×

<sup>1</sup> 平尾善裕、国松直、東田豊彦：地盤振動に起因する木質系・鉄骨系戸建て住宅の振動増幅特性、日本建築学会技術報告集 第 19 巻 第 42 号、631-634、2013 年 6 月

※2 : No. 4、No.5 のデータについては、

- ・暗振動を測定できなかったもの
- ・測定対象が同一機種で、複数個所で測定したものであり、かつ、周辺機器からの振動の影響を受け、振動レベルと暗振動レベルとの差がほとんど確認できなかったもの

であるため、以降の結果の整理では除外することとした。

また、No.8 のデータについては、当初測定を予定しなかった遠心式の機器を対象としたものであるため、結果の掲載は省略することとした。

(i) スクリュー式

原動機の定格出力が 7.5kW、22kW、75kW のスクリュー式機器の周波数分析結果について、図 6～11 で示す。

○水平方向 (X 方向)

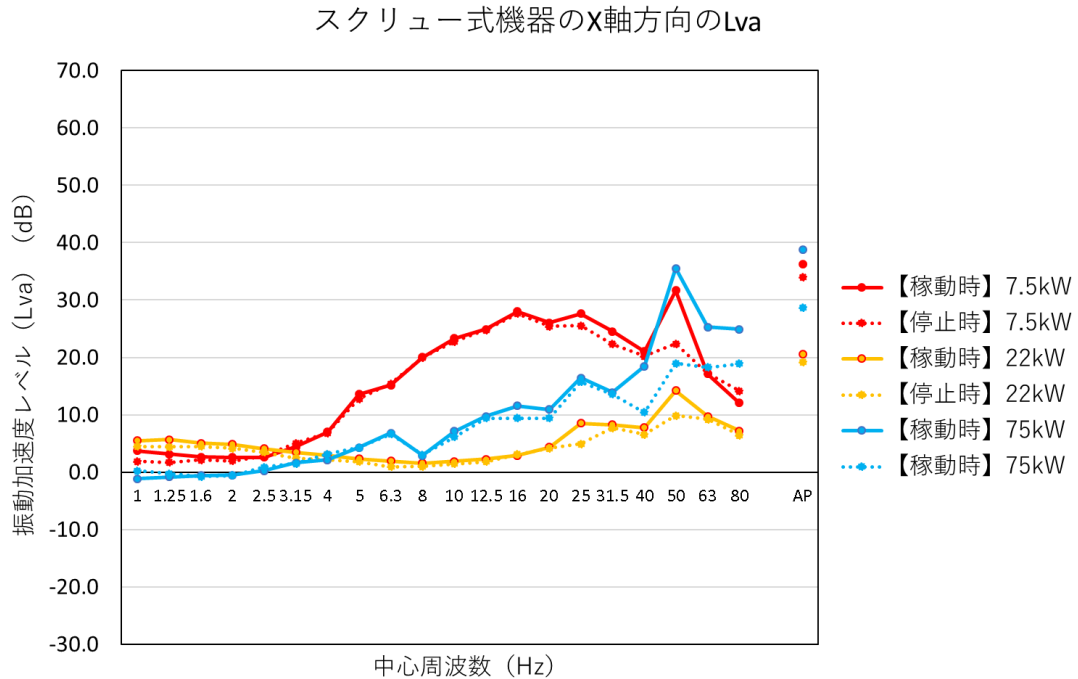


図 6 スクリュー式機器の X 軸方向の周波数と振動加速度レベル (Lva) の関係

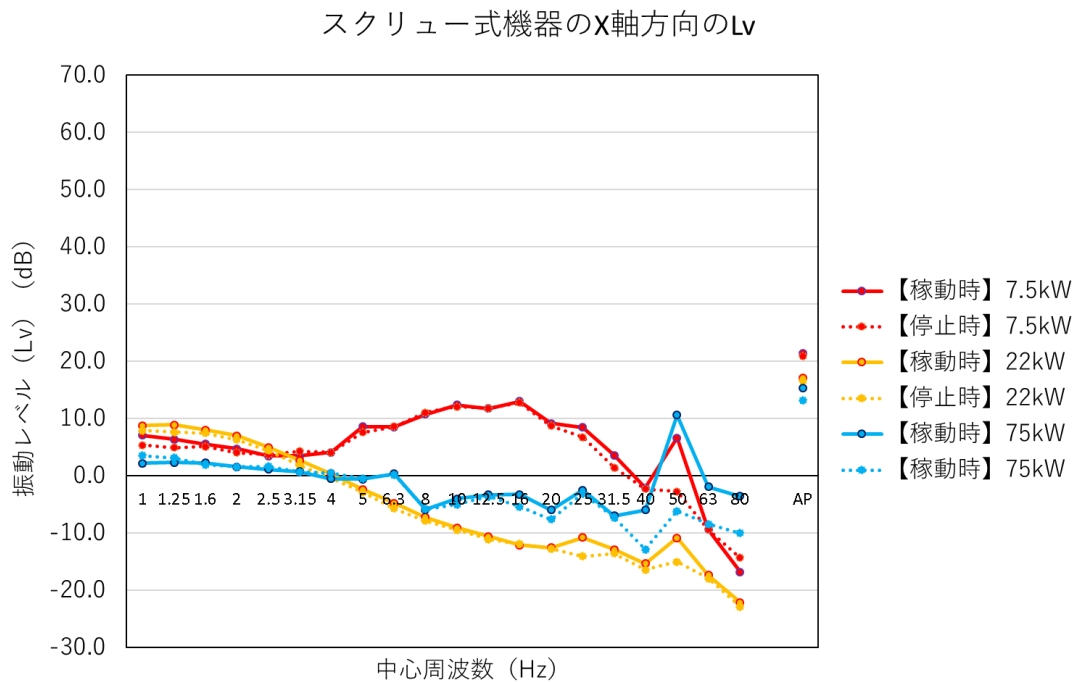


図 7 スクリュー式機器の X 軸方向の周波数と振動レベル (Lv) の関係

○水平方向 (Y 方向)

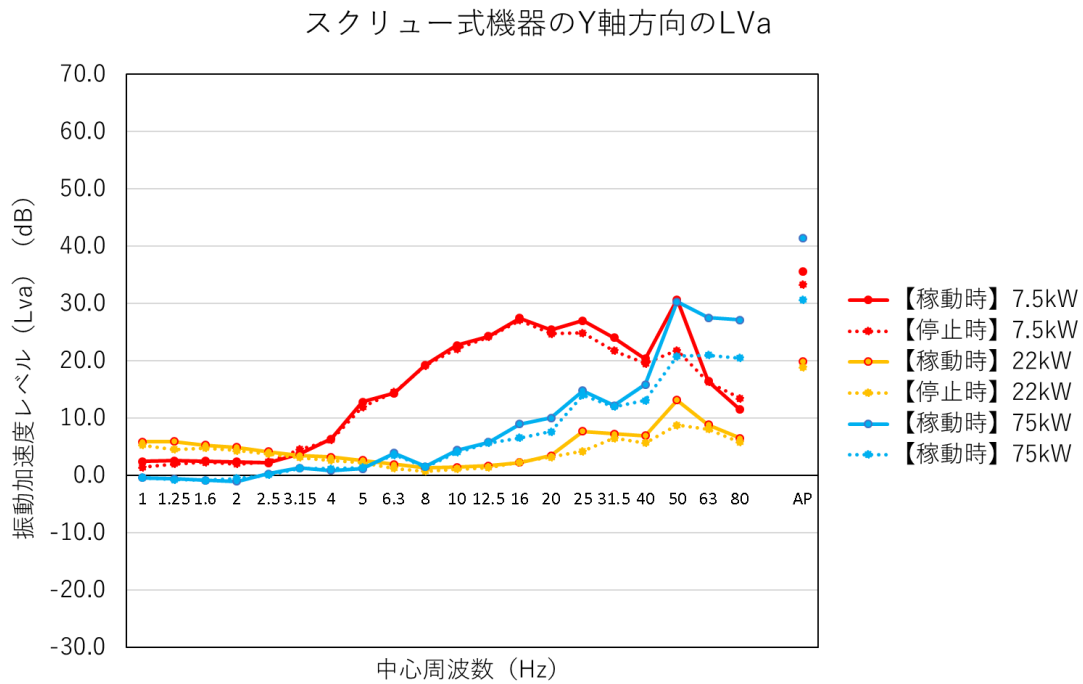


図8 スクリュー式機器の Y 軸方向の周波数と振動加速度レベル (Lva) の関係

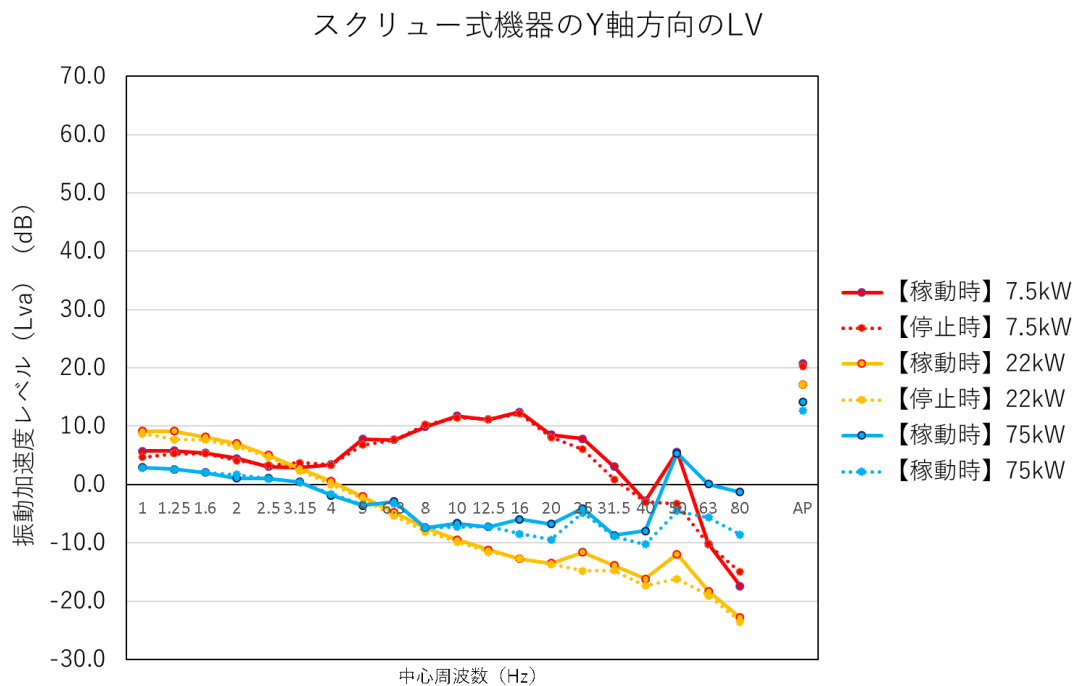


図9 スクリュー式機器の Y 軸方向の周波数と振動レベル (Lv) の関係

○鉛直方向 (Z 軸方向)

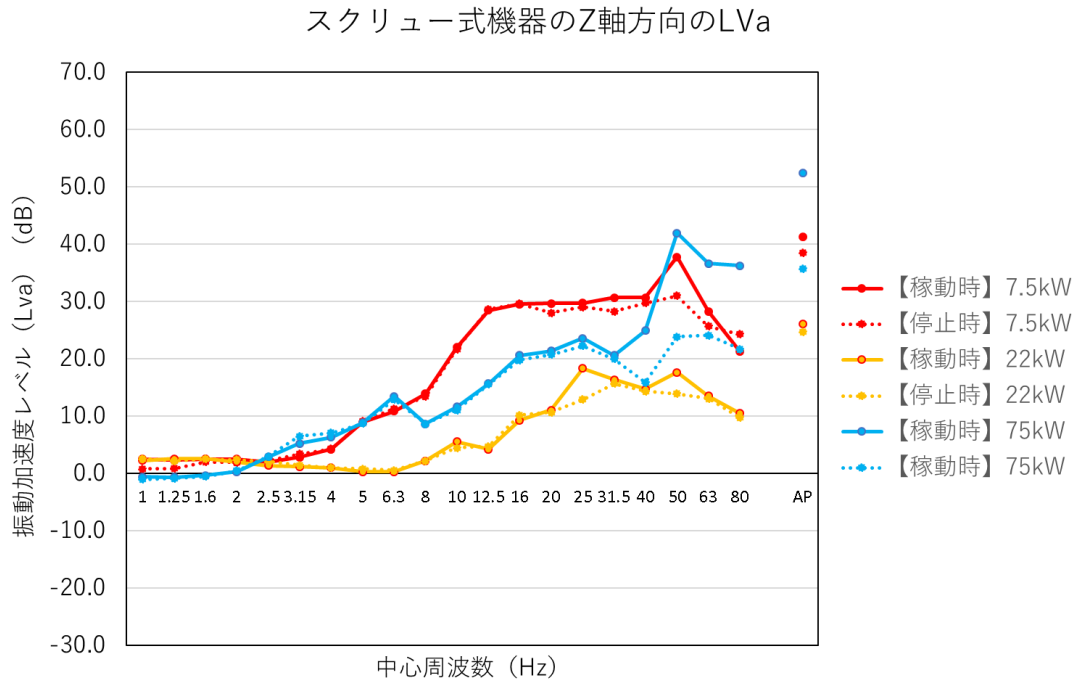


図 10 スクリュー式機器の Z 軸方向の周波数と振動加速度レベル (Lva) の関係

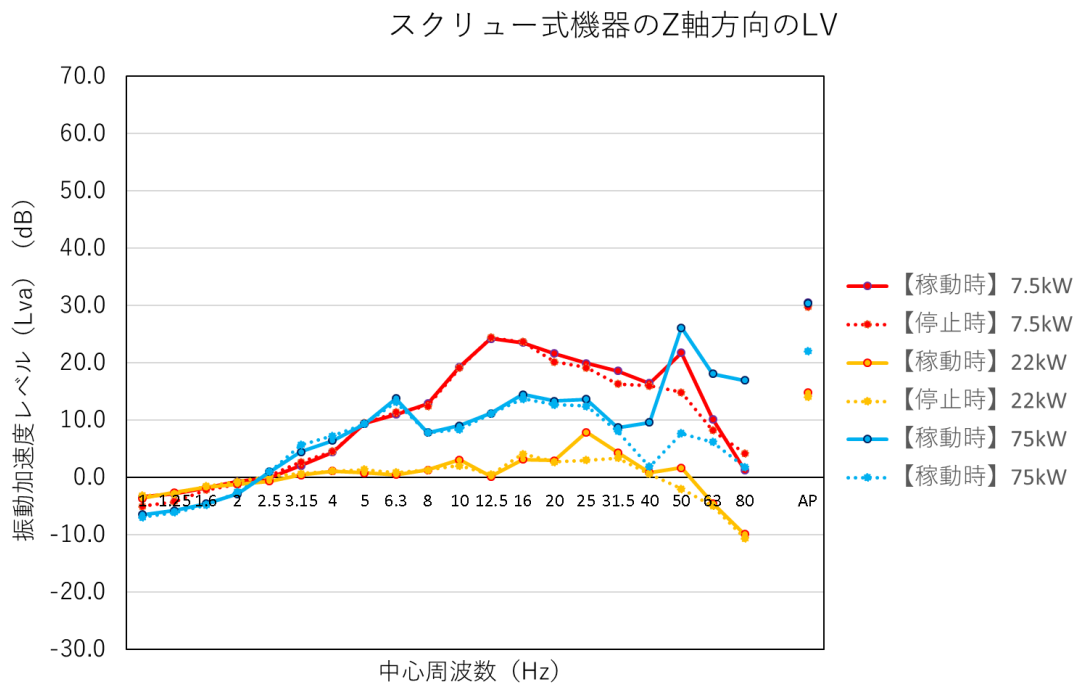


図 11 スクリュー式機器の Z 軸方向の周波数と振動レベル (Lv) の関係



(ii) スクロール式

原動機の定格出力が 15kW のスクロール式機器の周波数分析の結果について、以下図 12～14 に示す。

○水平方向 (X 軸方向)

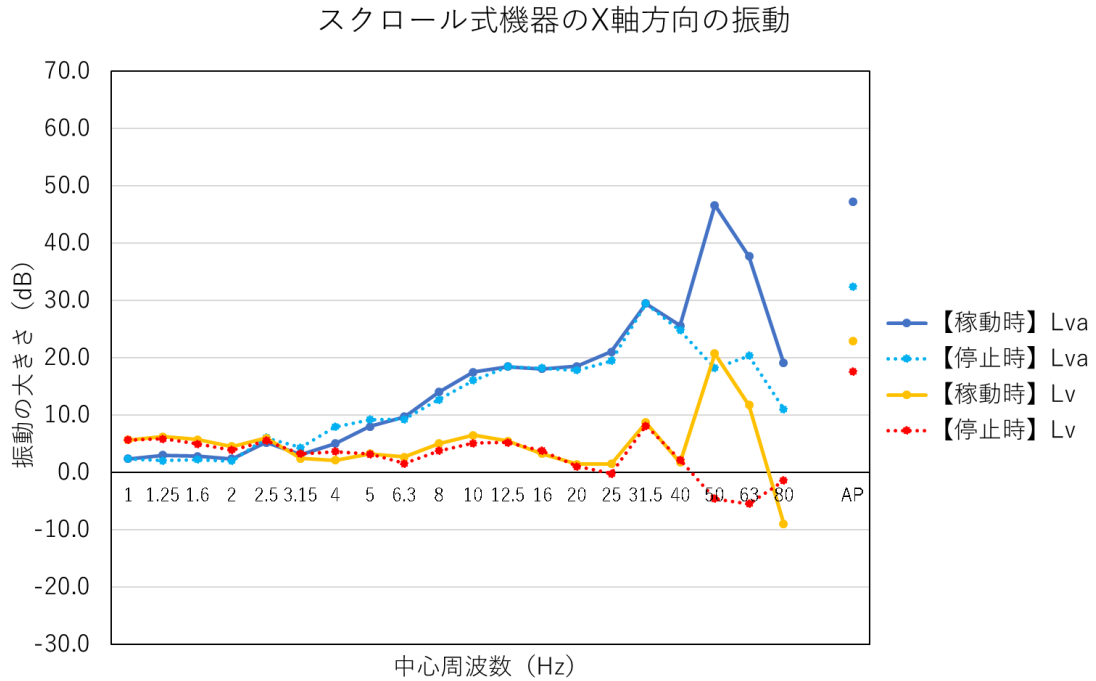


図 12 スクロール式機器の X 軸方向の周波数と振動 (Lva、Lv) の関係

○水平方向 (Y 軸方向)

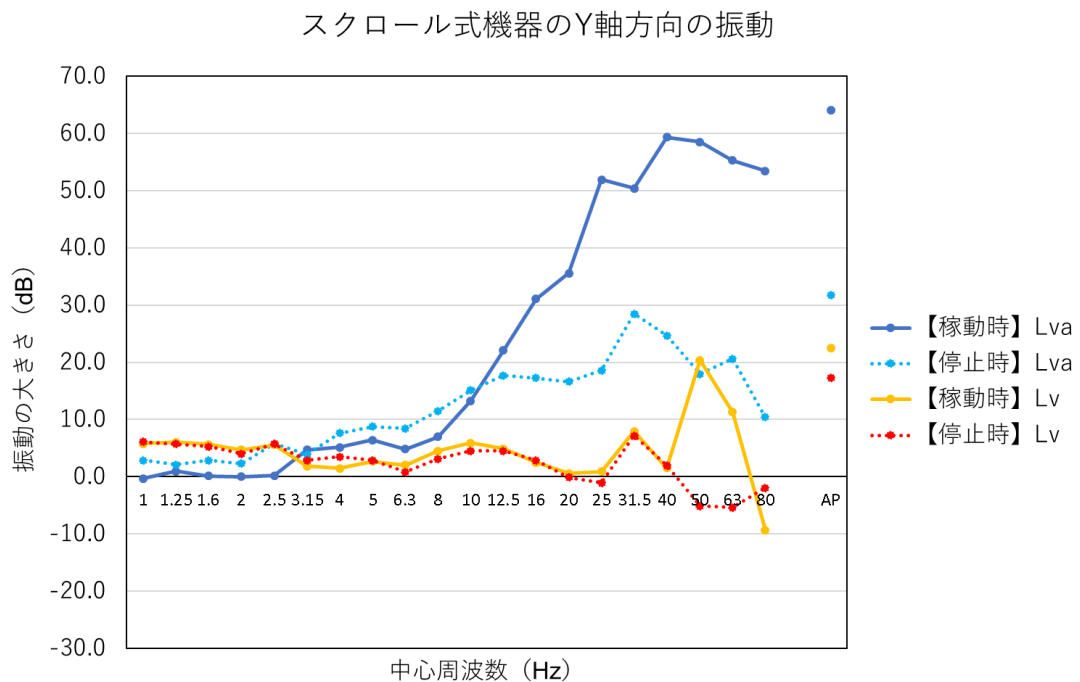


図 13 スクロール式機器の Y 軸方向の周波数と振動 (Lva、Lv) の関係

○鉛直方向（Z 軸方向）

スクロール式機器のZ軸方向の振動

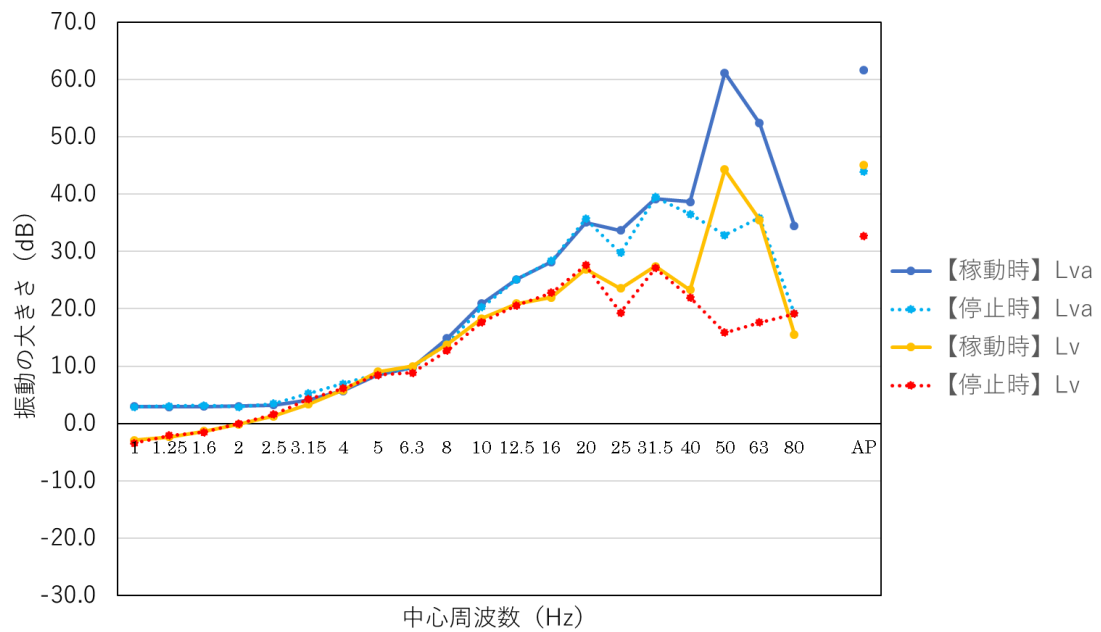


図 14 スクロール式機器の Z 軸方向の周波数と振動（Lva、Lv）の関係

(iii) レシプロ式

原動機の定格出力が 7.5kW のレシプロ式の 1/3 オクターブバンド実時間分析（周波数分析）の結果について、以下図 15～17 に示す。

○水平方向（X 軸方向）

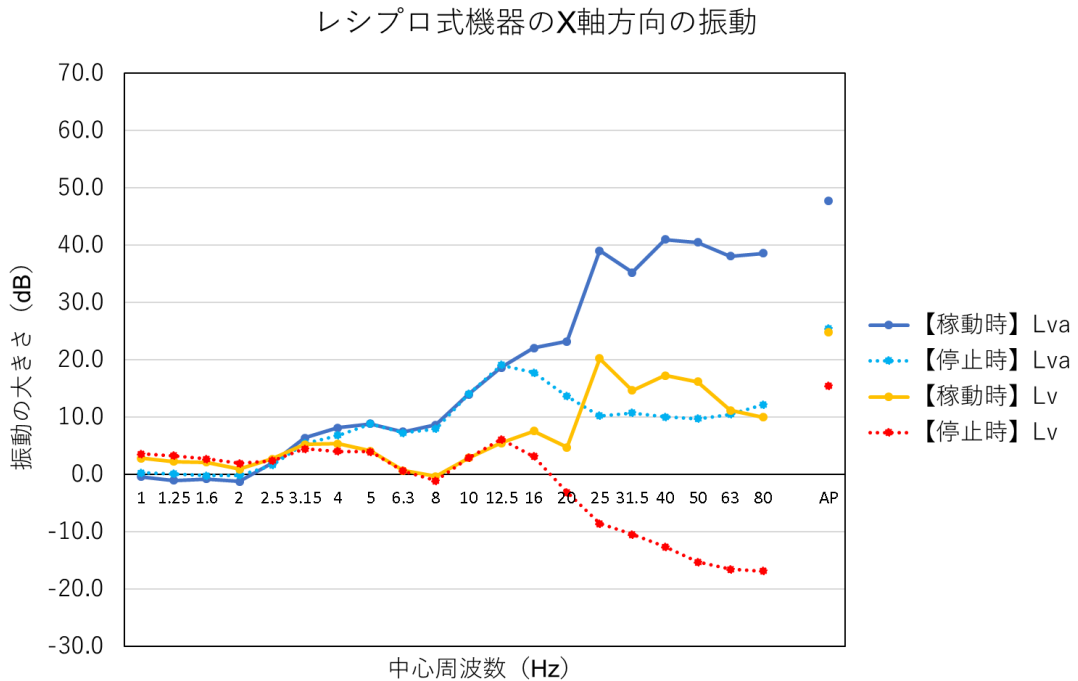


図 15 レシプロ式機器の X 軸方向の周波数と振動（Lva、Lv）の関係

○水平方向（Y 軸方向）

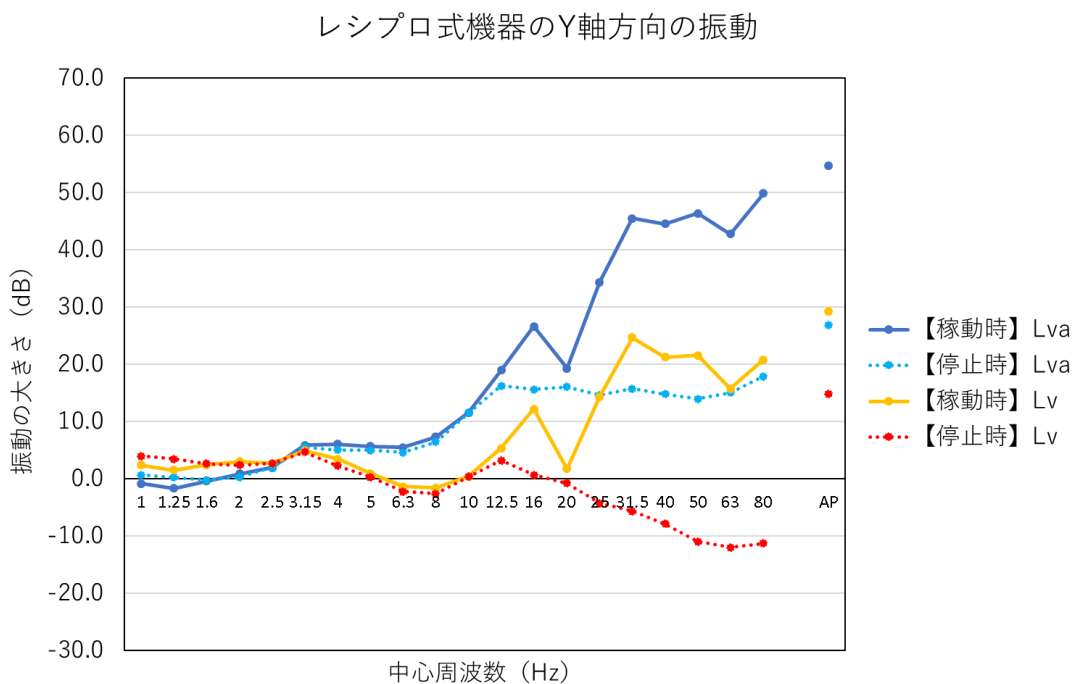


図 16 レシプロ式機器の Y 軸方向の周波数と振動（Lva、Lv）の関係

○鉛直方向（Z軸方向）

レシプロ式機器のZ軸方向の振動

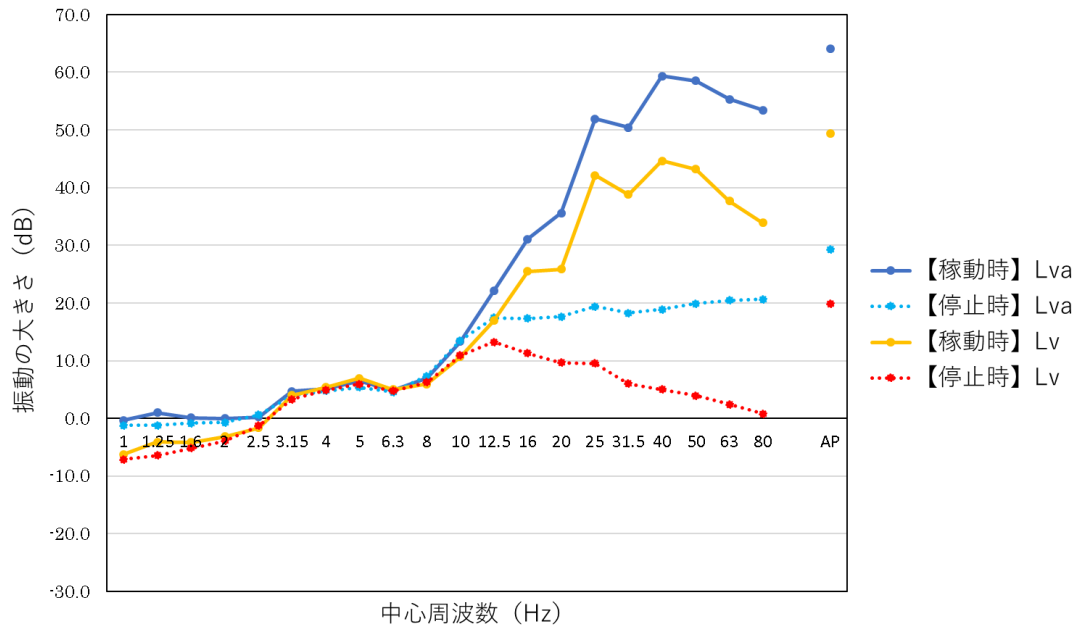


図 17 レシプロ式機器の Z 軸方向の周波数と振動（Lva、Lv）の関係

## 【考察】

＜水平方向（X,Y 軸方向）4～6.3Hz の周波数帯の振動＞

- 稼働時と非稼働時における振動加速度レベル（L<sub>va</sub>）の差が極めて小さいことから、いずれの圧縮方式の機器についても、この周波数帯の振動にはほとんど寄与していないと考えられることに加え、振動レベル（L<sub>v</sub>）も 20dB を下回っており、特異的なピークも確認されなかった。
- ➔ スクリュー式、スクロール式、レシプロ式の機器による振動が家屋の共振を引き起こす可能性は低いと示唆された。

＜鉛直方向（Z 軸方向）40Hz 以上の周波数帯の振動＞

- 稼働時と非稼働時における振動加速度レベル（L<sub>va</sub>）に顕著な差が確認されたことから、いずれの圧縮方式の機器についても、この周波数帯の振動に一定程度寄与していると考えられた。
- 各圧縮方式の機器の振動レベル（L<sub>v</sub>）の最大値は、スクリュー式の機器が 26.1dB と小さかったのに対し、スクロール式は 44.3dB、レシプロ式は 44.7dB とスクリュー式に比べ、それぞれ 18.2dB、18.6dB 大きい結果となった。
- ➔ スクリュー式の機器による振動が、床組み等の共振を引き起こしたとしても、振動レベル（L<sub>v</sub>）が「工場振動に係る規制対象施設の考え方」で示された振動レベル（機器から 5m の地点で 60dB）まで増加することは想定しがたい。その一方で、スクロール式、レシプロ式の機器については、共振を引き起こした場合、スクリュー式に比べ、より大きな振動を引き起こす可能性が示唆された（ただし、サンプル数が少ない点に留意する必要がある）。

＜その他＞

- また、人の揺れの感じ方は周波数ごとに差があり、水平方向（X,Y 軸方向）では 1～2Hz、鉛直方向（Z 軸方向）では 4～8Hz の周波数帯の揺れを最も感じやすいことが知られている。一方で、今回の周波数分析の結果からは、いずれの圧縮方式の機器についても、これらの周波数帯において、稼働時と非稼働時の振動レベル（L<sub>v</sub>）の差は極めて小さく、特異的なピークも見られなかった。
- ➔ スクリュー式、スクロール式、レシプロ式の機器については、人が揺れを感じやすい周波数帯の振動を発生させないと示唆された。

### 3 圧縮機の振動に係る苦情について

#### (1) 苦情の原因となっている機器について

昨年 5 月に実施した地方公共団体へのアンケート調査（平成 27 年度～令和元年度（平成 31 年度）の苦情に関する詳細調査）において、圧縮機等に係る振動の苦情 100 件のうち回答のあった 86 件の中で、原動機の定格出力が 7.5kW 以上であって、圧縮方式を確認することができた 6 件の苦情について、原因となったコンプレッサーの情報を表 3 のとおり整理した。

表 3 コンプレッサーに係る振動の苦情の状況（圧縮方式が確認できたもの）

	圧縮方式	原動機の定格出力[kW]	カタログ値※ [dB]	カタログ値の 測定距離[m]
1	レシプロ式	7.5	不明	—
2		7.5	57	不明
3		7.5	60	1.0m
4		11	不明	—
5	スクリー式	15.7	不明	—
6		22	不明	—

※カタログ値…機器の仕様上の振動レベル

#### (2) 振動と騒音の苦情が同時に発生していた案件で主な原因が振動だった案件

第 2 回検討会では、環境省と公害等調整委員会事務局の連名により例年実施している公害苦情調査において、平成 27 年度～令和元年度（平成 31 年度）（合計 5 年間）に地方公共団体で受け付けた振動苦情のうち、苦情原因が「圧縮機」と回答のあった案件は、100 件あり、そのうち、振動の苦情と併せて騒音の苦情が同時に発生していた案件は 54 件（54%）であることを報告したところ。

上記で示した振動の苦情と併せて騒音の苦情が同時に発生していた案件 54 件のうち、振動が主な原因となっていた案件は 13 件（24%）であった。（騒音：38 件(70%)、その他：3 件(6%)）

**【考察】**

- 苦情の原因となった機器の圧縮方式を整理した結果（表3）、カタログ値が確認できたものはごく一部であった。  
（なお、振動に係るカタログ値の測定方法は、騒音のように工業会がまとめたある程度統一されたものは存在しないため、単純に数値を比較できるものではないと考えられることに留意が必要。）
- 振動苦情の中には騒音苦情と併せて訴えがあるものが半数強あり、うち騒音が主な原因とされているものが7割であった。