

〈技術レポート〉

化学プラントの騒音対策

工事技術部 環境対策課

1. はじめに

石油精製，石油化学など化学プラントにおける騒音対策は，その方法として化学プラント固有の特殊な方法があるわけではなく，既知の騒音防止技術の組み合わせで行われている。

また騒音対策のための投資は，直接生産性に寄与しないが，公害の防止，労働環境改善の観点からの確かな実態把握の上に立って対策を進める必要がある。

以後に騒音源と，その対策の現状について紹介する。

2. 化学プラントの騒音源とその対策

表1に騒音低減のための一般的方法，表2に化

学プラントにおける主な騒音源とそのおよその騒音レベル，周波数特性，通常とられている対策方法を示す。以下個別にその現状を，留意点を含めて説明する。

2.1 送風機，圧縮機

形式としてターボ形（遠心型，軸流型），容積形（往復動型，スクリュウ型，ルーツ型など）がある。ターボ形の送風機，圧縮機の流体音については，およその騒音レベルや周波数特性を推定でき，騒音が問題となる場合，サイレンサが機械にできるだけ近いダクト，配管の一部に取り付けられる。容積形の送風機，圧縮機の流体音については，取り扱う流体，圧力，温度，回転数，機械の精度などにより千差万別で，過去の類似使用条件のデータより推定しているの

表1 騒音低減のための一般的方法

方 法	内 容	効 果
1) プラントレイアウト上の配慮	受音点と音源との距離をとる 受音点と音源の間に遮蔽物をおく	騒音源の最大寸法より距離がはなれたところでは距離が倍になると6dB減 25dB程度が限度 実用的には5~10dBが期待値
2) プロセス上の配慮	製造プロセス上代替案がないか検討する	一概にはいえない
3) 低騒音機器の選定	本質的な低騒音機器とサイレンサなどをつけユニットとして騒音を外に出さないようにしたものがある	一概にはいえない
4) 騒音源の指向性の配慮	音源の向きをかえる	音源近傍でおよそ10dB
5) サイレンサの設置	吸音型，共鳴型，膨張型，干渉型の種類がある	任意の減音量の設計は可能であるが，一般的には40dBが限度
6) 騒音源の包囲遮蔽	建屋防音，防音カバー，防音ラギングなどがある	任意の減音量の設計は可能であるが，常識的には40dBが限度
7) 防 振	振動絶縁，制振がある	15dBが限度
8) 特定方向への伝播防止	いわゆる防音塀をたてること	25dB程度が限度 実用的には5~10dBが期待値

表2 化学プラントにおける代表的騒音源と対策

騒音源	およその騒音レベル 機側1mにての dB	主なる 周波数帯域 オクターブバンド Hz	一般的な対策方法		およその 減音量 dB	ニチアスの対応 防音材料
			機械本体	流体音		
圧縮機 遠心型、軸流型 スクリュウ型 往復動型	90~105 ~110 85~100	500~1,000 1,000~4,000 125~ 250	防音建屋 防音カバー 防音ラギング	サイレンサ サイレンサ スナッパ	~30 ~30 ~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
送風機 遠心型、軸流型 容積型	~105 ~110	250~1,000 500~2,000	防音建屋 防音カバー 防音ラギング	サイレンサ サイレンサ	~30 ~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
ポンプ 遠心型 容積型	~105 ~ 85	250~1,000 250~ 500	防音建屋 防音カバー 防音ラギング	サイレンサ スナッパ, オリフィス	~20 ~20	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
電動機	~105	250~1,000	低騒音モータ, 防音カバー		~20	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
蒸気タービン	~ 90	250~1,000	防音建屋, 防音カバー, 防音ラギング		~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
ガスタービン	~115	~8,000	防音建屋, 防音カバー, 防音ラギング	サイレンサ	~35	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
ディーゼルエンジン	95~105	500~2,000	防音建屋, 防音カバー	サイレンサ	~25	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
加熱炉 オイルガス混焼バーナ ガス専焼バーナ	85~105 80~100	125~ 250 1,000~2,000	ウインドボックス	サイレンサ	15~30 10~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
空冷式熱交換器	80~100	125~ 500	低騒音ファン	サイレンサ	5~20	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
冷水塔	~ 95	125~1,000	低騒音ファン 消音マット, 防音堀	サイレンサ	5~20	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
エジェクタ	~115	2,000~4,000	防音ラギング	サイレンサ	~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
制御弁	~120	1,000~4,000	低騒音弁, 防音カバー, 防音ラギング	サイレンサ オリフィス	~30	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス
蒸気, ガスの大気放出	~130	125~8,000	—	サイレンサ	~40	防音建屋 エコラックス®,メタラミネ®, 防音パネル, ロックウール MG 製品, アルミ繊維吸音材, 吸音ブロック, スーパーフェルトン®III, マリンテックス®クロス

が現状である。往復動型圧縮機では、騒音の原因ともなる脈動を低減するため、スナッパまたはオリフィスが配管の適当な位置に取り付けられるのが通例である。スクリュウ型圧縮機、ルーツ型送風機の場合、ターボ形と同様、問題があればサイレンサが取り付けられる。一般に送風機、圧縮機の流体音は中高周波音であるため、吸音型サイレンサが使用されることが多い。この場合、吸音材の材質について使用温度やプロセスに影響を与えないかチェックする必要がある。

機械本体から出る騒音について、設計圧の低い汎用性のある送風機では、経験式による比較的精度の高い推定が可能となっている。圧縮機の場合、外観形状が多様であること、設計圧によりケーシング肉厚がそれぞれ異なることなどにより、容積形の送風機、圧縮機の流体音と同様、過去の類似使用条件でのデータより推定しているのが現状である。対策の方法としてはその中で保守、点検作業のできる防音建屋、機械本体を小さく囲む防音カバー、機械のケーシングに直接施す防音ラギングがあり、使用条件、立地

条件、必要減音量により適宜採用される。また送風機の場合、ケーシングは平板部分が多く、しかも板厚も薄いため放散される騒音も大きいのが、対応も比較的容易で防音カバーで15~30dB、防音ラギングで10~20dBの減音が可能である。

一方圧縮機の場合、冷却水配管、ループオイル配管、シールオイル配管など付属機器の小配管類が多数出入りしているため防音カバー、防音ラギングでは大した減音量は得られず、実用的には防音カバーで10dB、防音ラギングで5dB程度が限度である。

危険ガスを扱う送風機、圧縮機にあつては、ガスが洩れ滞留するおそれがあるため、通常防音建屋や防音カバーの採用は避けられている。もし防音の必要上、採用しなければならないときは、ガスは洩れるものだという前提に立ち、強制給気、強制排気設備、ガス検知設備、異常検知設備、消火設備、パニックドア、爆風口設備などを設置する必要がある。過去、機械本体とほぼ同程度の費用がかかったケースもあった。また可燃性ガスを扱わない送風機、圧縮機にあつ

でも、周辺に滞留する重いガスが室内に侵入するおそれがあるため、上記の対策が必要となる。

通常プロセス用の圧縮機本体ではそのプラントの心臓ともいえる機械で、大体工場の中央部に配置し、騒音に対してもそれなりに配慮し設計されているため、問題となることはそう多くなく、むしろその付属機器類に問題が起きることが多いので注意を要する。ユーティリティ用の圧縮機は、プロセスプラントの端の工場敷地境界近くに配置されることが多く、公害の問題となることが多い。問題が起こったときは、防音建屋または防音塀で処理されることが多い。また加熱炉やボイラの誘引排風機の騒音が直接スタックより出て、思わぬところから苦情がくるが多々ある。事前に十分検討し、必要あればサイレンサを設置するか、設置する場所を確保しておく必要がある。

2.2 ポンプ

化学プラントでは、原油直接脱硫装置、ボイラプラントなどの高温、高圧系のポンプを除き、通常の運転であれば、ポンプの騒音はほとんど問題とならない。上記のポンプではノズルネックなど断面積の変化するところ、リサイクルライン、フラッシングラインなどにある減圧部で、一種のキャビテーション現象が起こり騒音を発する。減圧部は多段に分けて減圧し、配管は防音ラギングをして対応している。

2.3 電動機

駆動機として電動機、蒸気タービン、ガスタービン、ディーゼルエンジンが使われているが、数としては電動機が圧倒的に多い。化学プラントでは全閉外扇型の電動機が主として使用されている。騒音の原因として電磁音と冷却用の外扇の音があるが、外扇音が支配的で、機側1mで100dBを超える電動機も珍しくない。最近では、低騒音型が市販されているので、新設プラントでは許容騒音レベルに合わせ、低騒音シリーズの中から選択購入すればよい。既設のものへの対応としては、防音カバーの設置で、20dB程度の減音は可能である。

2.4 蒸気タービン、ガスタービン

蒸気タービンについては、保温の目的でラギン

グされていることも相まって、問題となることは少ない。問題となった場合は防音ラギングまたは防音カバーで対応されている。蒸気タービンの形式のうち、コンデンシングタービンの場合、蒸気の復水器で大きな振動、騒音が出ることもある。復水器のケーシング補強と防音ラギングをすればよい。

化学プラントのガスタービンについては、サイレンサ、防音カバー付きのパッケージとして納入されているためか、あまりトラブルは聞かれない。

2.5 ディーゼルエンジン

ディーゼルエンジンは、非常用発電機、冷却水取水用予備ポンプの駆動機として使われていることが多いが、常時動かないため問題になることは少ない。

2.6 加熱炉

加熱炉には燃焼用空気がドラフトにより自然に炉内に導かれる自然通風炉と、燃焼空気を送風機により押し込む強制通風炉がある。化学プラントでは自然通風炉が、その燃焼用のバーナとしては重油焚きの場合蒸気噴霧式バーナが、ガス焚きの場合インスピレータ式バーナがよく使われている。自然通風炉ではバーナ周りがオープンであるため、そこから強烈な騒音が出て、化学プラント最大の騒音源となっていた。騒音の原因としては、重油焚きバーナでは重油のアトマイズ音と燃焼音が、ガス焚きバーナでは燃料ガスの噴射音と燃焼用空気の吸込音が挙げられる。現在では重油焚き自然通風炉にはバーナ周りに吸音材内貼のウインドボックス（図1参照）を、ガス焚き自然通風炉にはバーナにサイレンサを取り付けることにより解決している（図2参照）。強制通風炉については送風機の対策を加味すればよい。

2.7 空冷式熱交換器

空冷式熱交換器とは、フィンの付いたチューブ群を直径が2~5mのプロペラファンで空気を送り冷却する、いうならば大型のラジエータである。化学プラントでは工業用水節約の目的もあり多用され、多いところでは200基を超える数の空冷式熱交換器が稼働しており、しかも比較



図1 ウインドボックス

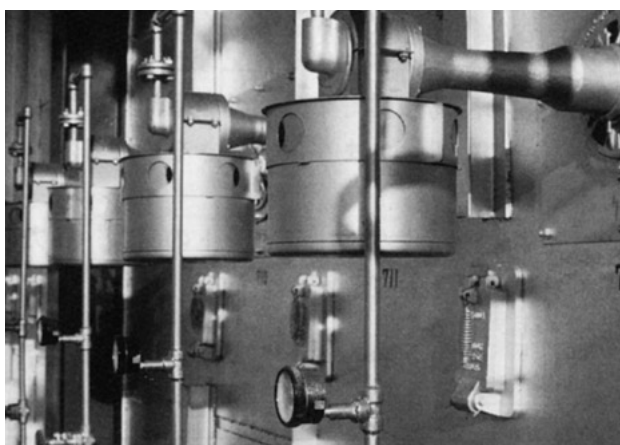


図2 バーナ用サイレンサ

的高いところに設置されることが多いため、騒音公害のもととなるケースが多々ある。音源は軸流プロペラファンであるため、2.1項で述べたようにその騒音の推定は可能である。対策として以前はサイレンサ設置で対応していたが、現在は翼幅を広くし低速で回転する低騒音ファンが広く採用されている。

2.8 冷水塔

温かくなった冷却水を再冷却する設備で、化学プラントでは不可欠のものである。騒音源は大型のプロペラファンと水の落下音である。プロペラファンの騒音については前項同様サイレンサと低騒音ファンで、水の落下音については水面に消音マットを浮かべ対応している。また工場敷地境界付近に設置されることもあり、この場合、水滴の飛散防止を兼ね防音塀で対応しているところもある。

2.9 エジェクタ

蒸気をノズルからディフューザのノド部に噴流させることにより系内を減圧させる機器で、減圧蒸留装置では大型のものが使われている。ノド部をガスが音速で通過するため、高周波音で大きな騒音を発する。後流に設置されるクーラを含めて配管系全体に重装備の防音ラギングを施している。この際エジェクタおよびその配管と、その支持架台との間は防振材で十分振動を絶縁しておかないと、その効果はあまり期待できなくなる。

2.10 制御弁

管路中に抵抗を与え、プラントの流量、圧力、温度を制御する弁で、流体の種類、温度、圧力、弁のポートの形状、弁後流の配管形状などにより、しばしば大きい騒音を発することがあるが、現在この騒音は予測できるレベルにある。抵抗を多段に分けて与える低騒音弁の採用、ポートの変更、配管形状の変更、サイレンサの挿入、配管の防音ラギングの施工など、その状況に合わせて対策がとられている。

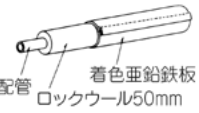
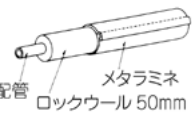
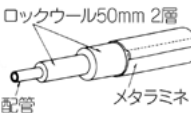







2.11 蒸気、ガスの大気放出

化学プラントでは安全確保のため蒸気、ガスの放出は避けられない。予測は可能なので必要に応じサイレンサで対応している。

2.12 配管

配管より放散される騒音は、配管系内にある他の騒音源から配管管壁および配管内流体を伝播してくるものと、配管内流体自体の乱れにより発生するものがある。前者については、2.1、2.10項に記載した通りである。後者については、通常の化学プラントの配管設計の配管サイジングの管内流速では異常な騒音は発生しない。しかしプロセス上、ある程度圧力損失を与えてもかまわないライン、例えばベントライン、サージング防止用バイパスラインなどでは注意を要する。対策としては音源対策としてのサイレンサの設置、配管形状の改造のほか、配管表面から放散される騒音低減のための防音ラギングがある。表3に防音ラギングの仕様を挙げる。減音の必要度に応じグレードを使い分ける。常温サービスの配管に防音ラギングを施工する場合、配

表3 配管の防音仕様一覧表

Class	減音量 (オーバーオール)																													
	5dB~15dB					15dB~20dB					20dB~25dB					25dB~30dB					30dB~									
メタラミネ工法																														
重量 (kg/m ²)						面密度 7.7					面密度 11.7					面密度 14.9					面密度 20.1									
厚み (mm)						51					101					102					129									
周波数 (Hz)						250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k					
減音量 (dB)						11	15	19	22	27	14	18	22	25	29	18	22	26	28	31	20	25	30	31	33					
鉛工法																														
重量 (kg/m ²)						面密度 7.1					面密度 12.8					面密度 22.5					面密度 28.2					面密度 40.8				
厚み (mm)						50					51					101					102					121				
周波数 (Hz)						250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k	250	500	1k	2k	4k
減音量 (dB)						7	13	17	19	21	10	16	20	22	24	13	20	24	26	27	14	23	26	28	29	18	26	30	31	32

管表面からの腐食のおそれがあるためラギング施工前配管に防錆処理する必要がある。また可燃流体サービスの配管については、フランジ部から流体が洩れる可能性があり、この部分のラギング施工は避けるか、または取り外せる構造としなければならない。

3. シミュレーション

最近の国内外の化学プラント建設プロジェクトでは、プラントレイアウトの検討、購入機器の騒音制限値決定、対策方案策定など、プラントエンジニアリングの資料としてのみならず、

プラント完成後問題が起こった時の検討の資料として活用される。シミュレーションの結果としてはプラント全体として音の広がりを見る予想騒音等音線図、特定地点に到達する個別音源の騒音レベルリストなどがある。図3にその一例を挙げる。

このシミュレーションは、既設のプラントの騒音対策を実施するときも、実測値をベースに行うことにより、将来の姿が把握でき非常に有用である。

4. おわりに

騒音対策の成否は、防音技術の良否もさることながら他の分野の要因により決まることが多い。また計画が最も重要で、計画の良否が結果の成否の90%を支配するといっても過言ではない。そのためにはプラントオーナ、エンジニアリング会社、機器メーカ、材料メーカ、施工会社が一体となって作業を進める必要がある。

より快適な、より安全なプラント作りにお手伝いできれば幸いである。

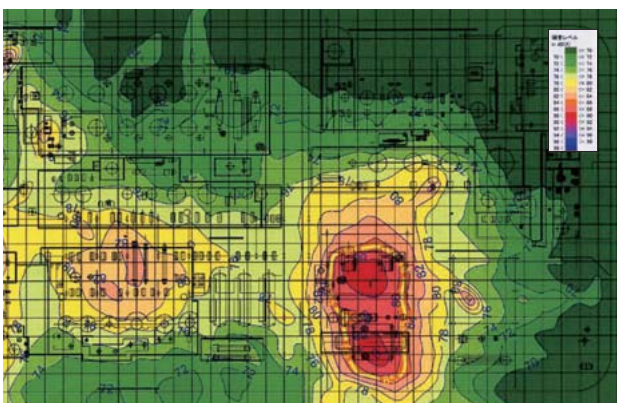


図3 騒音等音線図の一例