

# 超高層ビル向けマルチエアコンの開発 —設置自由度を大幅拡大—

Development of Multi Air Conditioners for Skyscrapers  
with greatly expanded installation flexibility



安田 達弘\*<sup>1</sup>  
Tatsuhiko Yasuda

五十住 晋一\*<sup>2</sup>  
Shinichi Isozumi

前野 政司\*<sup>2</sup>  
Seiji Maeno

渡辺 聡\*<sup>3</sup>  
Satoshi Watanabe

上藤 陽一\*<sup>3</sup>  
Yoichi Uefuji

三苫 恵介\*<sup>1</sup>  
Keisuke Mitoma

輸出向けビル用マルチエアコン KXE6 シリーズに加え、高層ビルへ高効率のビル用マルチエアコンを導入したいとの市場ニーズに応えるため、新たに超高層ビル向け KXE6 シリーズ(KXE6 Outdoor units High Head series)をラインナップした。その特徴は、室外機を屋上設置した時の室内外機間の高低差使用制限が、従来 50m であったのに対し最大“90m(冷房専用機は 100m)”と大きく延長したことである。本論文では輸出向けビル用マルチ KXE6 シリーズの設置高低差拡張技術について述べる。

## 1. はじめに

近年、空調製品への顧客ニーズは多様化しており、信頼性や高効率はもちろんのこと、設置自由度が商品選択上の重要なファクターの一つとなっている。特に、超高層ビル設計者及びオーナーからの、ビル用マルチエアコンにおける室外機と室内機間の設置高低差をより拡大したいとの要望があり、当社独自ソフト“PRANET”による解析及び当社横浜ビルでの実証試験により、信頼性の高い製品開発を行った。本報では、許容高低差を大幅に拡大した超高層ビル向けマルチエアコンについての製品特長について紹介する。

## 2. 超高層ビル向けマルチエアコンの特長と仕様

図1に超高層ビル向けマルチエアコンの高低差制限を示す。

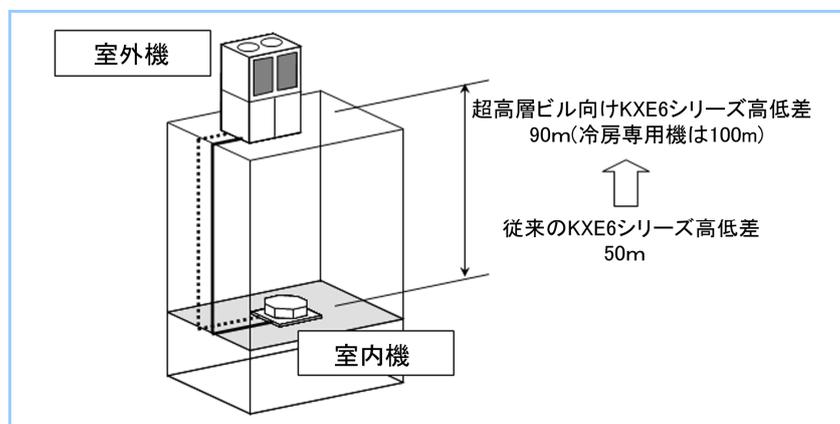


図1 超高層ビル用 KXE6 シリーズ高低差仕様制限  
従来の KXE6 シリーズの設置高低差仕様を大幅拡大している

\*1 冷熱事業本部空調輸冷技術部  
\*3 技術統括本部名古屋研究所

\*2 冷熱事業本部空調機技術部主席技師

特長は、室内外機間の高低差制限が従来の 50m に対し最大“90m(冷房専用機は 100m)”と大きく延長したことである。従来、50m を超えるビルには、階途中にエアコン室外機を設置しなければならなかったが、本機を導入することで、エアコン室外機の据付配置が屋上にまとめられるなど、自由度の高いエアコンシステム展開が可能となった。また、コンポーネント開発においても、超高層ビル向け KXE6 シリーズ特有のハード変更を従来の KXE6 シリーズと同一ユニット内に収めたことで、従来機と同一サイズを維持している。

### 3. 設置高低差拡張のための技術

超高層ビル向けマルチエアコンの開発では、室外機と室内機間の設置高低差が 50m を超える条件(以下、高ヘッド条件)で、ガス冷媒を導く配管(以下、ガス管)及び液冷媒を導く配管(以下、液管)におけるヘッド差による圧力により、以下の技術的課題を生じた。

- ① 圧縮機冷凍機油面の確保
- ② 暖房時液管圧損増加による暖房能力低下への対応
- ③ 冷房時室内機に印加される液ヘッド圧力への対応

上記技術課題に対し、本開発では三菱重工横浜ビルにおいて、実際に 85m の高低差を設けて確認試験を実施した。また、事前検討として高ヘッド条件のリスク把握及び制御値の選定に“PRANET(Program for transient analysis using a Node/Link network)”を用いた。PRANET とは、当社がこれまで発電プラント動特性解析やロケットエンジンの燃料、酸素系統動特性解析に適用してきた実績のあるダイナミックシミュレーション計算コードである。ビル用マルチエアコンに対しては、冷媒、空気といった流体温度、圧力流量を解くことができ、高ヘッド条件などの特殊な利用環境の検証が可能である。

#### 3.1 圧縮機冷凍機油面の確保

運転中、圧縮機から吐出される冷凍機油は、エアコンの冷媒系統内(配管、熱交換器等)を循環、滞留する。エアコンの室外機には冷媒ガスと潤滑油を分離するセパレータがあるものの、分離効率は 100% ではないため、冷媒系統内に吐出された冷凍機油を、定期的に回収する運転を実施している。従来の KXE6 シリーズにおける冷凍機油回収運転は、冷房サイクルの場合一時的に室内機の膨張弁を所定開度にし、ガス管に液冷媒を流すことで、液冷媒と共に室外機へ冷凍機油を戻している。一方で、室外機を上方設置し、室内機との高低差が 50m を越える場合には、高低差により冷凍機油回収時の配管圧損が大きくなり、室外機に液冷媒が戻りづらくなるため、冷凍機油回収が困難であった。

そこで、超高層ビル向け KXE6 シリーズ開発に当たり、冷凍機油回収における室内機膨張弁開度制御の見直しを行った。冷凍機油回収時の室内機膨張弁は、室外機に戻ってくる液冷媒と冷凍機油が共に適量になるような開度とする必要がある。そのため、三菱重工横浜ビルにて室外機と室内機の高低差 85m での冷凍機油回収試験を実施し、最適な室内機膨張弁制御値を選定した。

図2は、三菱重工横浜ビルで実施した冷凍機油回収運転での室内膨張弁開度の変化と、油回収量の関係を示した実機試験結果である。従来の KXE6 シリーズ制御の場合、高低差 85m では冷凍機油回収時の配管圧損が大きくなり、室外機に液冷媒が戻りづらく、油回収制御開始から終了までの油回収割合は 0% となってしまう。一方、超高層ビル向け KXE6 制御では、従来制御よりも開度を大きくしたことで、確実に液冷媒は室外機に戻っており、油回収量も 100% 確保されている。なお、冷凍機油回収時に、過剰な液冷媒が室外機に戻っている状態でないことも確認した。

このように、超高層ビル向け KXE6 シリーズの冷凍機油回収時制御は、実高低差を設けた試験を元に決定しており、高ヘッド条件においても圧縮機の冷凍機油不足の発生を大幅に低減させている。

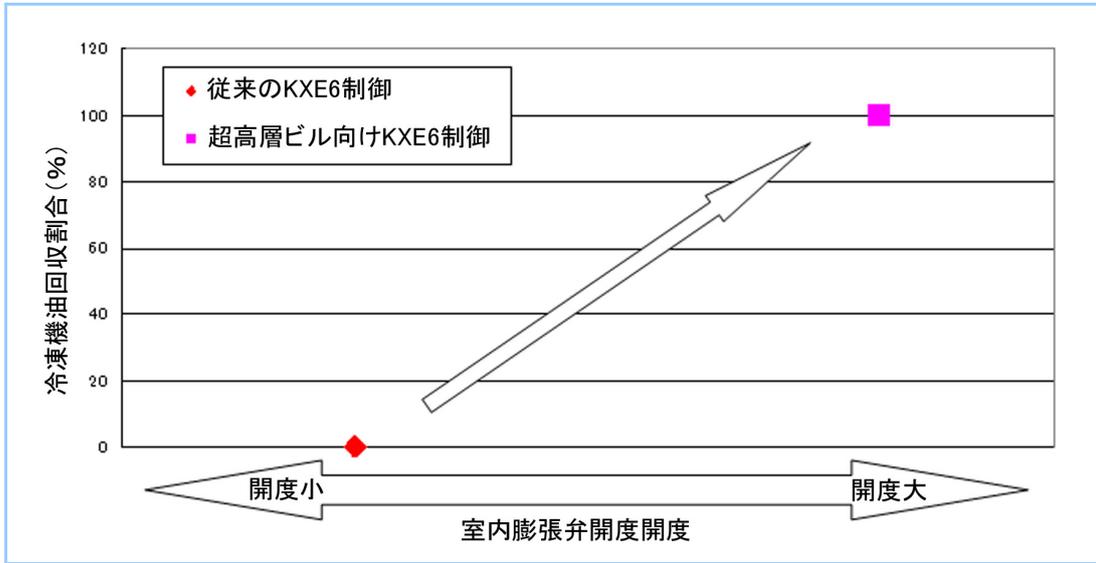


図2 冷凍機油回収制御時の室内機膨張弁開度と油回収割合の関係

冷凍機油回収制御時の室内膨張弁開度を従来 KXE6 制御に対し大きくした, 超高層ビル向け KXE6 制御では, 油回収率を 100%とすることができる。

### 3.2 暖房時液管圧損増加による暖房能力低下への対応

KXE6 シリーズは冷媒回路中にレシーバをもつシステムである。レシーバはコンデンサで液化した液冷媒を一次的に溜める役割をしており, モリエル線図上でレシーバが飽和液線上に存在するように運転を決めている。ここで, 図3に高ヘッド条件での暖房運転時のモリエル線図例を示す。高ヘッド条件において, 大きく変化する事象の一つは, 液ヘッド圧力印加による液管圧損の増加であるが, 図3(a)のように液管圧損が大きくなるとレシーバが気液二相域に入るため, 余剰冷媒量を制御できなくなる。レシーバが気液二相域になり制御できなくなった余剰冷媒は, 冷媒回路内でレシーバ上流側の室内機に液冷媒として溜まりこみ, 暖房能力不足の運転となる可能性がある。

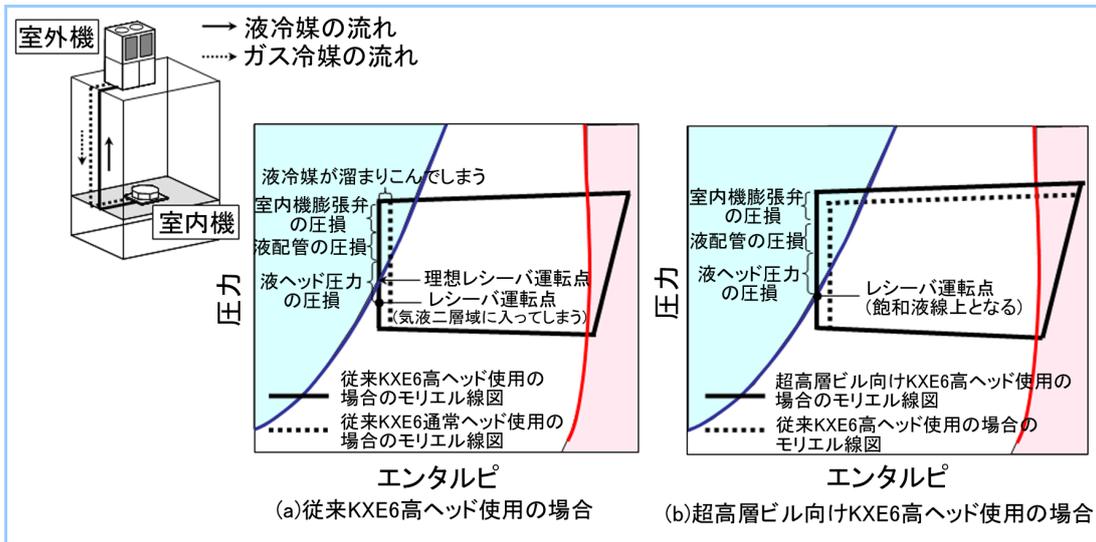


図3 暖房時高ヘッド条件での室外機上設置運転条件モリエル線図

高ヘッド条件の暖房運転では, 液ヘッド圧力による圧損により, レシーバが気液二相域の運転点となる可能性があるが, 超高層ビル向け制御では, レシーバ運転点は飽和液線上となり, 余剰冷媒制御を可能にしている。

そこで, 本開発ではこの課題に対し, 暖房運転時にレシーバが飽和液線上に存在するように高圧制御目標値と過冷却制御値の見直しを行った。制御値は“PRANET”により事前に検討し, さらに実機による確認試験の結果より選定した。

“PRANET”による計算にもとづく制御値の変更により余剰冷媒制御を可能にし, 高ヘッド条件

での能力低下を防止できた。さらに、その後実施した実機試験では、解析にて選定した制御値の詳細確認をするとともに、過冷却制御見直しに伴う最適冷媒量の確認を実施し、超高層ビル向けKXE6シリーズの必要冷媒量を設定した。

超高層ビル向け KXE6 シリーズは、これらの検証から高ヘッド条件においても暖房能力低下を招かない運転を可能にしている。

### 3.3 冷房時室内機に印加される液ヘッド圧力への対応

図4に PRANET 解析の室外機上設置冷房運転条件モリエル線図を示す。図4からわかるように、高ヘッド条件では液管に液ヘッド圧力が余分に加わる。

この対策として、新たに液管に調整機構を装備した。この機構により室外機側で所定値まで減圧させ、室内機膨張弁に過大な圧力が印加されないよう冷媒制御している。なお、調整機構の制御は、実機試験より 50m～90m(冷房専用機は 50m～100m)の間で問題がないよう最適化している。

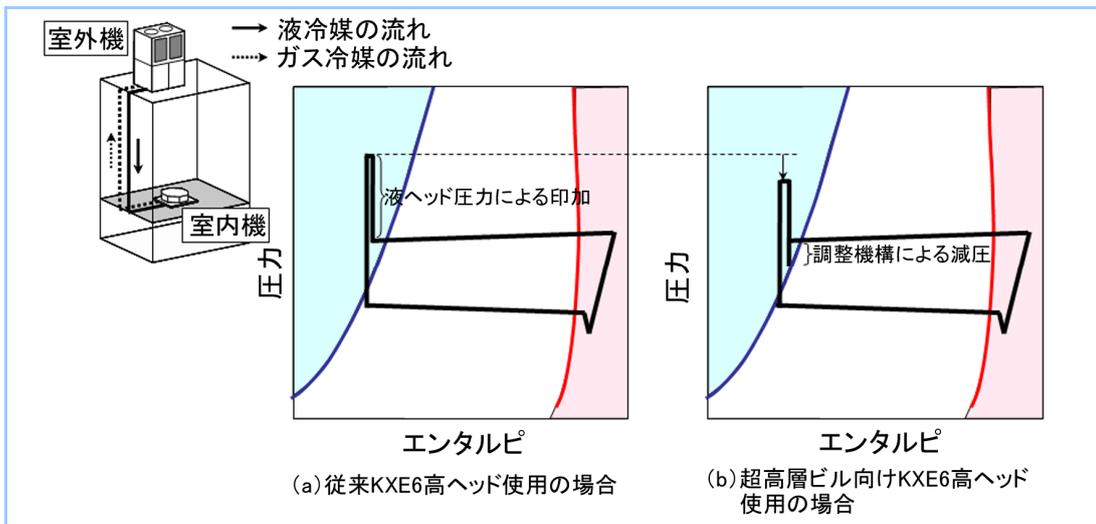


図4 冷房時高ヘッド条件での室外機上設置運転条件モリエル線図

高ヘッド条件では、液ヘッド圧力が印加する。超高層ビル向け KXE6 シリーズでは、室内機への過大圧力印加を防ぐため、調整機構を設け減圧させている。

## 4. まとめ

本開発では、ビル用マルチエアコンの室内機と室外機間の設置高低差について自由度の大幅拡大を実現した。また、今回解析ツールとして利用した“PRANET”が、試験が困難なビル用マルチエアコン開発において、品質向上及び開発期間短縮に対して有効な手段であることも実証できた。

今後は、ビル用マルチエアコンの製品市場グローバル化に伴い増加する利用環境に対応するため、更なる設置自由度拡大など、お客様の満足する製品を提供していきたい。

## 参考文献

- (1) 赤澤ほか、多目的な利用環境に配慮したパッケージエアコン開発技術(パッケージエアコン開発におけるダイナミックシミュレーションの活用)、三菱重工技報 Vol.41 No.2 (2004-3) p. 82-85