

換気装置の周辺部材で発生する氷柱及び氷筍について

高倉 政寛、村田 さやか、鈴木 大隆 (北方建築総合研究所)
 片岡 尚 (三菱電機)
 高橋 博行 (三菱電機ライフファシリティーズ)
 市岡 博喜 (メルコエアテック)

1. 研究の背景と目的

集合住宅の各住戸では、清浄な空気環境を保つとともに室内の表面結露・カビ等の発生を防止するため、計画換気を行うことが重要である。しかし、計画換気を行うためのシステム部材(フード、ダクト部材等)の各部では、換気風量の低下、ダクト内結露、氷柱や氷筍の発生等の障害が発生することも少なくない。障害が発生した住戸では、居住者の要望に応じて、換気設備メーカーや集合住宅の管理担当者が個別対応している現状にあるものの、原因が明らかになっていないため、十分な改善を行うことができず、障害発生を繰り返す例も多い。

このような背景から、本研究では既存住宅で発生している障害の改善手法とともに、新築住宅の障害防止に要する設計情報を提示することを目的に、換気フードやダクト等のシステム部材で発生する諸障害について実験的な検討を行う。具体的には、換気システム部材で発生する諸障害のうち、以下に示す冬季に顕著な障害の発生要因について検討を行った。

- ①集合住宅の換気システム構成部材で発生している諸障害の実態把握。
- ②モデル実験による諸障害の再現と障害の発生要因の検討

2. 集合住宅で発生している冬季障害の実態

(1)実態調査の概要

換気システム部材の冬季障害の実態を把握するため、帯広市の集合住宅を対象に、現地調査を行うとともに、住宅管理担当者に関き取り調査を実施した。調査した建物の概要は、表1の通りである。表のように、調査対象とした集合住宅は、第1種熱交換換気方式(顕熱型)の住戸を持つ高層の片廊下型集合住宅である。今後、同形式の集合住宅は、道内各地で建設棟数が増加すると予測されている¹⁾。

(2)調査の結果

1)障害の概要

2004年2月に現地調査を行った結果、同集合住宅では、表2のように「排気側(以下、EA)フードでの氷柱形成」、「EAに設置された防火ダンパーで発生する氷筍」、「外気の給気経路(以下、OA)で発生する管外の結露・結霜」の3項目の障害がみられた。これら障害は、住棟全体戸数のうち約54%で発生していた。さらに、これらの換気障害がもたらす2次被害として、氷柱の落下に伴う「住棟の玄関付近の通行障害や下階フードの破損」、「氷筍・結霜の融解に伴う共用廊下天井材の汚損」が発生していた。住宅管理担当者によれば、同障害は1月末の厳寒期に毎年繰り返し発生しており、氷柱や氷筍の形成に至る期間は1週間程度と短期間である。障害発生に応じて、管路の断熱補強等を試みているが、障害の改善に至っていない。

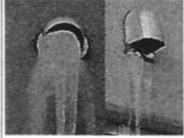
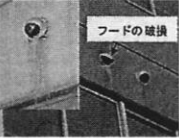
2)障害が発生している住戸の特徴

障害が発生している住戸の世帯構成をみると、図1のように、世帯人数3人以上の住戸で顕著

表1 調査した建物の概要

項目	内容
建設場所	帯広市
住戸配置形式	片廊下型
階数	7及び9階建
合計戸数	88戸
換気方式	顕熱型第1種換気(熱交換型)
換気フードの種類	丸形フード
断熱形式	新省エネルギータイプ

表2 現地調査で得られた冬季障害

障害名	障害の例	2次被害例
氷柱		
		
結露・氷筍		

に発生しており、室内の状況が何らかの形で影響を及ぼしている。このことから、障害の発生した住戸のうち3戸を抽出し、住戸の温湿度及び換気量を測定した。測定の結果、居間の温湿度は20～22℃、40～42%RHで、冬季の居住環境としては一般的であった。一方、換気量については100m³/h以上の能力を持つ換気ユニットが選定されているにも関わらず、34～42m³/hの風量しか発生しておらず、換気量が不足していることに特徴がみられた。

3. モデル実験からみた障害発生要因

実態調査でみられた冬季障害は、換気システム部材の周辺に水分が供給されて発生する。水分の供給源には、吹雪現象の他、室内からの湿気の供給が考えられる。この2つの要因が冬季障害に及ぼす影響についてモデル実験を行った。

(1) 実験方法

1) 配管経路への吹雪の侵入に関するモデル実験

配管経路への吹雪の侵入量は、北方建築総合研究所所有の環境風洞装置で吹雪を発生させて、測定した。実験方法を図2に示す。図のように、吹雪は、-4～-3℃の風洞内に敷き詰めた自然雪を、回転ブラシで掻き上げて発生させた。吹雪時の風洞内風速は、BL認定基準中の耐雨試験²⁾を参考とし、10m/sとした。

吹雪の侵入量は、換気フード後方にアクリル製の模擬配管を取り付けて、配管経路内に侵入する雪の重量を測定した。なお、実験に用いた換気フードは、図2右欄に示す丸形フード及び防風板付フード、深型フードの3種類とした。

2) 室内から配管経路への湿気の供給が冬季障害

に及ぼす影響に関するモデル実験

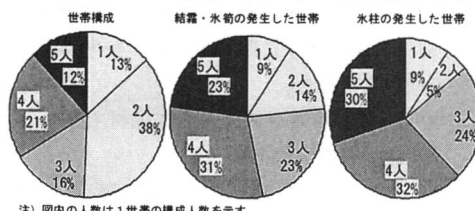
室内から配管経路への湿気供給に関する実験は、図3に示す片廊下型住棟の一部を擬した試験体

を北方建築総合研究所所有の外部環境シュミレータ室に設置して実施した。試験体は、実態調査した建物と同一の耐火二層管、換気フード、防火ダンパーを使用するとともに換気風量が調整できるようにした。実験では、居室温湿度が20℃、50%RH、外気温が-20～-10℃に設定された状態で、第1種熱交換換気ユニット(顕熱型)を稼働させて、結露・結氷の状況を観察するとともに換気経路各部の温湿度を測定した。

(2) 実験の結果

1) 吹雪の侵入が冬季障害に及ぼす影響

換気量と吹雪侵入率との関係について示すと、図4になる。同図の吹雪侵入率は、換気フードを取り付けず、換気装置を運転させない状態で測定した吹雪侵入量で基準化されており、縦軸の100%の位置で75g/m²・sの飛雪流量となる。この飛雪流量は、極めて強い吹雪が発生した状態の地上高10mの位置に近い値となり、通常の降雪時では、2～20g/m²・s程度となる³⁾。図のように、換気フード取り付けないOA(○印)では、換気量の増加に伴い、飛雪流量が増加する傾向を示す。一方、EA(●印)では、換気量が増加するに伴って飛雪流量が減少し80m³/hでは、換気しない状態の約18%の吹雪侵入率と



注) 図内の人数は1世帯の構成人数を示す

図1 世帯構成と冬季障害との関係

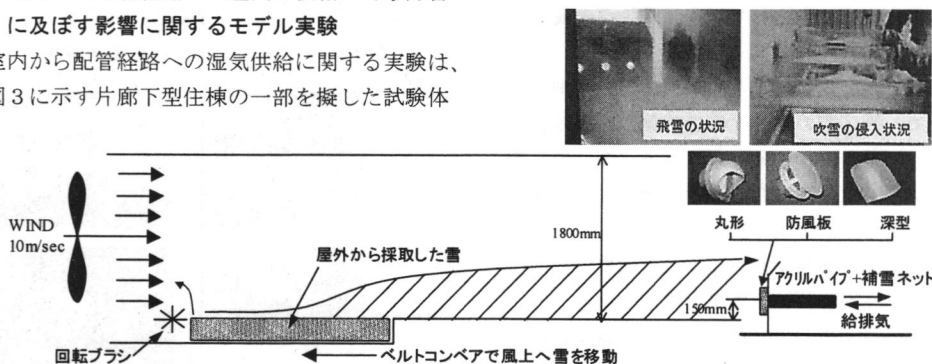


図2 配管経路への吹雪の侵入に関するモデル実験の概要

なった。EA の管内風速を測定したところ、40～60m³/h では、外風 (10m/s) の侵入によって換気できない状況であったものの、80m³/h では、僅かながら排気 (0.34m/s) が確保され、管内が正圧となっていた。このように、EA で排気が確保されている場合は換気フードが取り付けられていなくとも、吹雪侵入が極めて少ない。

次に、帯広市で実測調査を行った状態を想定し、換気フードを取り付けた状態で 40m³/h の換気を行った (吹雪の実験風速 10m/s)。その結果、図 4 中に示したように、EA では (▲印)、換気装置を運転させない状態の約 35% の吹雪侵入率であった。この侵入率は、吹雪が 1 日中継続した場合で、20～200g/day (飛雪流量×侵入率×管路の断面積 = 2×20×0.35×0.008 g/s) の水分供給量となる。しかし、一月末の帯広市における気象状況みると、何れも 2m/s 以下の風速で降雪していた。すなわち、EA で排気が確保されずに吹雪が侵入したと考えにくい。以上の結果をみると、帯広市の現地調査で観察された EA の氷筈や氷柱は、吹雪侵入以外の要因によって発生している。なお、北海道内でも日本海側の強風地域では、1 日の吹雪で数十～数百 g の吹雪が管路に侵入することも懸念される。この点については、今回の実験結果を踏まえた上で、次年度に吹雪侵入量を軽減させる換気フードの形状等を検討する必要がある。

2) 室内からの湿気供給が冬季障害に及ぼす影響

片廊下型住棟における厳寒期の状況を模して行った実験シリーズと冬季障害の発生状況との関係を表 3 に示す。表のように、外気温が -10℃、室内温湿度 20℃、50%RH の設定では、換気量が 60m³/h 以下 (実験 CODE:A, B) の場合に、EA で氷柱・氷筈の障害が発生した。さらに、換気量の大小に関わらず、OA の管外には常に結霜が発生した。このことから、同条件で管路に断熱被覆を施して冬季障害の軽減を試みた (G, H)。その結果、断熱を施すと氷柱・氷筈・結霜の大きさが小さくなることは確認できたものの、障害を除去できなかった。なお、本実験では換気量 80m³/h の (C, D, E, F, I) でも障害の発生状況を観察している。この場合の障害は、OA の管外結霜のみ発生した。これらの結果から、冬季障

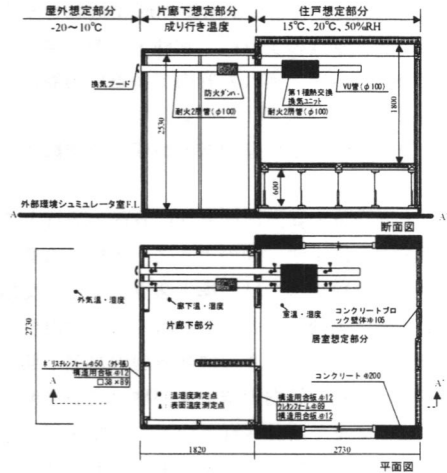


図 3 片廊下型住棟を模した試験体

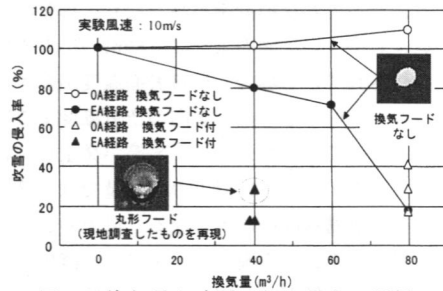


図 4 換気量と吹雪の侵入量との関係

表 3 実験シリーズと冬季障害の発生状況

		設定値				氷柱	氷雪
実験CODE	配管の形式及び断熱(トモシ管)	給排気風量 (m ² /h)	外気温 (℃)	片廊下の温度 (℃)	室内		
					室温 (℃)	室内湿度 (%RH)	
A	なし	40	-10	20	50	○	○
B		60				○	○
C		80		15		×	×
D						×	×
E						×	×
F						×	×
G	アルミ箔付グラスウール被覆 (30K) 25mm	40	-10	20	50	○	○
H		60				○	○
I		80				×	×

害の改善は、配管の断熱被覆を行うことだけでは不十分と考える。

OA における障害の実験事例を写真 1 に示す。通常、OA の各部温度は外気の流入によって、片廊下の温度よりも低くなる。写真のように、外管の結霜は、片廊下部分の換気が不十分で湿度が高く、配管経路と片廊下との温度差が生じた場合に発生する。従って、この障害が発生した場合は、配管経路を断熱するだけではなく、片廊下部分の空気露点温度を調査する必要がある。また、居室に設置される換気口等から片廊下へ著しい湿気漏洩がないかも確かめる必要がある。

EA おける氷柱及び氷筈の形成状況を写真2に示す。写真のように、氷柱・氷筈が発生した実験ケースは、何れも管内で多量の結露が発生し、その水が流下している。すなわち、氷柱・氷筈の形成には、室内空氣が管内で結露することが関わっている。

室内空氣の露点温度と EA 各部の温度との関係を図5に示す。図のように、氷柱・氷筈が発生した実験事例では、換気装置による熱交換によって、室内空氣の排気が露点に近い温度にまで低下している。さらに非暖房の片廊下部分の気温によって管内の空氣及び材料表面温度が露点以下にまで冷却されている。実験を行った全シリーズの管内空氣・材料表面温度を図6に示す。一般に、熱交換ユニットは、換氣量が低下するに伴って熱交換効率が高くなり、排氣温度が低下しやすい。図のように、 $80\text{m}^3/\text{h}$ の排氣が確保されている場合、材料表面温度が露点以下になっているものの、管内の空氣温度までは露点となっておらず、氷柱・氷筈が発生していない。一方、 $60\text{m}^3/\text{h}$ 以下の排氣量では、管内空氣までが露点温度以下となる。以上のことから、設計施工上の不備やフィルターの清掃不足で著しく風量低下した場合には、氷柱・氷筈の発生すると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本報では、換気システム構成部材で発生する冬季障害の発生原因について検討を行った。その結果、障害発生的一端には、住棟片廊下の低温高湿化及び換氣量の低下が関わっている。次年度は、この成果に基づき冬季障害のあった場合の改善手法について検討する。この検討と同時に、換氣量低下の原因になる換気システム構成部材の圧力損失等の資料整備、換気フード周辺の汚損やフード目詰りに係る問題の改善方法について検討を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 村田さやか、他3名：北海道公営住宅の建物属性を考慮したパッシブ換気計画の検討、日本建築学会北海道支部研究報告集、No. 77、pp. 245-248、2004. 7
- 2) ベタリーピング編：優良住宅部品性能試験方法書、換気ユニット、2003
- 3) 日本建設機械化協会編：新編防雪工学ハンドブック、pp. 62-67、1988

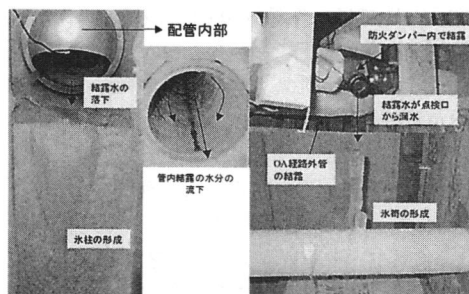


写真1 OAの管外に形成された結霜

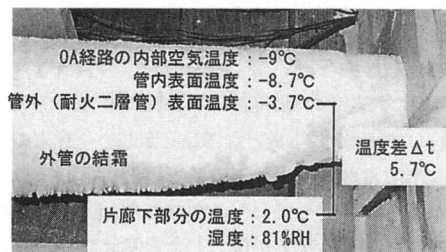


写真2 EAに形成された氷柱・氷筈

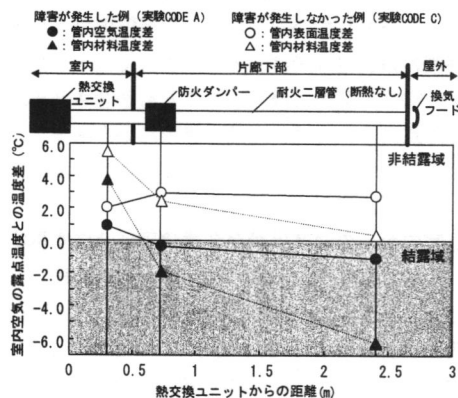


図5 EAの温度と室内露点温度との関係

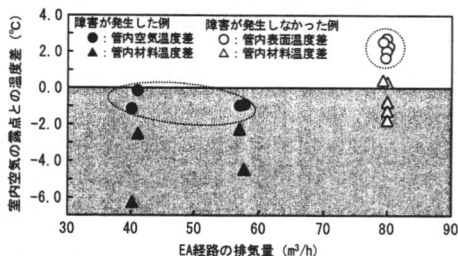


図6 EAの排氣量と管内温度との関係