

北欧における室内環境・CFD 研究の現状

大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻

甲谷寿史

kotani@arch.eng.osaka-u.ac.jp

平成 14 年度文部科学省在外研究員として、平成 15 年 3 月から約 1 年間スウェーデンとデンマークに滞在する機会を頂き、スウェーデンでは、イエブレ大学 (University of Gävle) の Centre for Built Environment に、デンマークではオールボー大学 (Aalborg University) の Department of Building Technology and Structural Engineering にそれぞれ半年ずつ滞在した。

なぜ北欧なのか、と問われることが多いが、これは研究内容以外の何物でもない。これまでのコネクションにより、共同研究が可能であること、両大学でお世話になった先生同士も共同研究での行き来が盛んにあること、現在国際エネルギー機構のプロジェクト等で盛んに研究が行われている機関であること、等によるものである。イエブレは以前に訪問したことがあったものの、オールボーに関しては、どこにあるのか知らないままに申請書類を提出し、いざ採用されてからどこにあるのか確認したような次第である。また日本で言う高気密・高断熱住宅が普通である北欧では、そのために発生する室内換気の問題に関する研究に関して古い歴史を持ち、現在でも著名な研究者が多くいるといったことも、北欧を選んだ理由である。

スウェーデン・イエブレ大学^{1) 2) 3)}

イエブレはストックホルムの北 150km に位置する人口 10 万人の街である。ここでお世話になったのは、空気齢 (新鮮な空気が室内に入ってきたあと室内に滞在する時間が長ければ汚染される可能性が高いということから、室内の換気性状を示すための指標であり、空気の年齢のこと) で有名な Mats Sandberg 教授である。

滞在先の正式名称は、イエブレ大学建築技術学科居住環境センター・兼スウェーデン王立工科大学研究科、というちょっとややこしいものであるが、これは設立当初は国立建築研究所であったものが、まずはスウェーデン王立工科大学 (KTH)⁴⁾ の所属となり、その後ここイエブレのローカル大学であるイエブレ大学の所属になって現在に至りながらも、イエブレ大学は新しい大学であるために Ph.D の学位を出せず、教授は KTH やウプサラ大学等の他の大学の教授でもあるということによるものである。Sandberg 先生は KTH の流体力学の教授であるため、そのグループは KTH Research School と名付けられ KTH の学位を出している。先生曰く「人によって給料の出所とか研究費の出所とかが違って、どこで誰に講義するのも違って、ややこしくて説明するのは難しい」とのことで、筆者の Visiting Scientist もしくは Guest Researcher としての身分もイエブレ大学なのか王立工科大学なのか所属は適当であった。

Centre for Built Environment というように建築環境工学が中心であるが、他にも建築材料、環境心理、建築・環境計画の研究グループがある。ただ、建築・環境計画のグループは、教育の比率の高い先生が多く、日本の建築計画学というよりも構法や LCA などの研究が中心である。研究所のメンバーは全員、研究・教育・マネジメントに対して何%の比率の仕事をするのか最初から決めた役割分担をしており、例えば、Sandberg 先生は、以前グループのリーダーでマネジメントもしなくてはならなかったが、研究



図 1 スウェーデンとイエブレ

予算を獲得できるので現在は研究重視になり、別のエンジニアがリーダーとしてマネジメントを行っている。

イエブレ大学における筆者の研究内容

住宅の自然換気、特に大開口を持ついわゆる通風時の自然換気量に関する研究を行った。居住環境センター保有の風洞において、通風量予測のための基礎データ収集を目的として、住宅の縮小模型を用いた風洞実験を行い、同大学の Mats Sandberg 教授の提案である Catchment Area (建物内外気流の流管解析に基づいた開口部への捕集面積) の概念に基づくデータ整理を行った。また同時に、計算流体力学 (Computational Fluid Dynamics: CFD) を用いた解析により、風洞実験での測定が困難であった開口部周辺の乱流統計量はじめ、詳細な情報を得た。CFD 解析においては、標準 k-εモデルからレイノルズストレスモデル、Large Eddy Simulation (LES)までの高次の乱流モデルでの検討を行い、通風時の平均風速は標準 k-εモデルで十分予測できるものの、各モデルにより乱流統計量の分布性状が異なり、これまでの研究で得られている成果とも併せて、可能な限り高次の乱流モデルを用いる事が望ましい事を確認した。なお、本研究結果は、平成 16 年 9 月に開催される 9th International Conference on Air Distribution in Rooms (Roomvent 2004)において、Cross Ventilation Rate through Large Opening - Application of Catchment Area Concept と題して発表予定である。

また、同大学で行われている Urban Climate Space (滞在者の心理評価に基づく都市空間の環境評価) のプロジェクトに参画し、住宅の自然換気量予測に用いた Catchment Area の概念を都市の風環境に適用した。具体的には、同大学で行っているイェーテボリ市の中心広場の風環境に関する実測と風洞実験結果に対して、Catchment Area の観点からのデータ整理を行い、その適用の可能性を示した。なお、本研究は現在大阪大学で行われている、都市のオープンスペースに対する居住者の環境評価に関する研究と密接に関係しており、今後継続して情報交換を行い、進捗状況によっては共同研究として発展させる予定である。



写真 1 居住環境センター実験室



写真 2 Sandberg 先生と筆者



写真 3 教室空調に関する実物大実験



写真 4 風環境に関する風洞実験

デンマーク・オールボー大学^{5) 6) 7)}

オールボーはユトランド（デンマーク語ではユラン）半島の北部にある人口 15 万人の北ユラン最大の街であり、コペンハーゲンからは電車で 4 時間半。ここでは、室内気流の CFD 解析で有名な Peter Nielsen 教授率いる室内環境グループの中に設置されている Hybrid Ventilation Centre に滞在し、Per Heiselberg 教授にお世話になった。Hybrid Ventilation Centre は、Heiselberg 先生が中心となった IEA-ECBCS Annex35 ‘Hybrid Ventilation in New and Retrofitted Office Buildings’をベースにして、デンマークの財団からの基金によって 2001～2006 年の期限付きで設置されている。

中期的に力を入れる研究テーマを選択しており、これまで Nielsen 先生が中心にされていた CFD の境界条件のモデリング (BOX 法、PV 法) に関する研究や、模擬人体 (マネキン) を用いた人体呼吸域に関する研究よりも、Hybrid Ventilation Centre での自然換気やハイブリッド換気に関する研究について、この数年は力を入れている。



図2 デンマークとオールボー



写真5 Nielsen 先生 (2004 年 ASHRAE Fellow に)



写真6 Heiselberg 先生



写真7 人体の呼吸域に関する実験



写真8 空調実験室

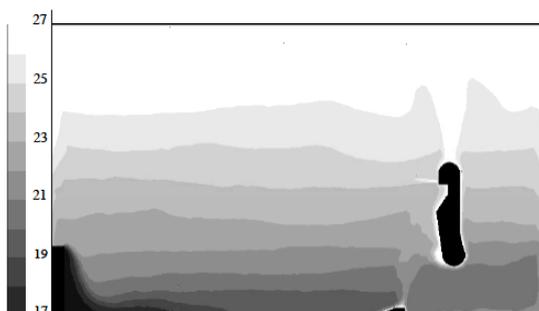


図3 人体の呼吸域に関する CFD

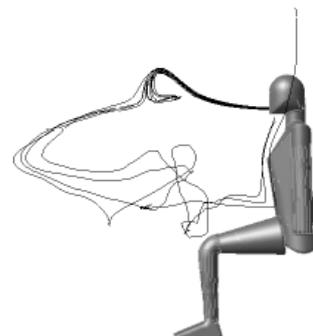


図4 人体の呼吸域に関する CFD

オールボー大学における筆者の研究内容

平成 15 年 9 月 30 日からの滞在に先立ち、平成 15 年 8 月 18 日から平成 15 年 8 月 23 日まで開催された「自然換気及びハイブリッド換気モデリング」に関するサマーコースにオブザーバーとして参加した。本コースの参加者は約 20 名、国内外からの講師を多数招き、充実した講義とプログラミングやソフトウェアを用いた演習まで含んだものであり、内容が有用であったのみならず、ヨーロッパにおけるエンジニア教育の一端を垣間見る事が出来た。また、イエブレ大学での共同研究者である Mats Sandberg 教授も講師として招かれ、オールボー大学での受け入れ教授である Per Heiselberg 教授と共に打ち合わせを行い、イエブレ大学で行っていた住宅の自然換気量予測法に関する研究を、3 者の共同研究として進めていく相談を行った。

平成 15 年 9 月 30 日から平成 16 年 3 月 15 日の滞在においては、住宅の通風時の自然換気量に関する CFD 解析を継続して行い、イエブレ大学で行った研究を発展させた。

並行して、Per Heiselberg 教授がこれまで行っており、かつ大阪大学でも行って来た研究の継続研究として、単一開口を持つ室における自然換気量計算法に関する共同研究をオールボー大学で開始した。特に天井面に設置される単一開口の重力換気を対象として、種々の開口面積・開口形状における、室内外温度差と換気量との関係に関して、トレーサーガス法を用いた実験により行う。具体的には、研究計画の作成の後、オールボー大学の博士課程の大学院生と協力して、実物大実験装置を立ち上げ、室内温度・平均風速などの基礎データの収集を行った。また、大阪大学ではこれまでに床面加熱キャビティの自然対流に関する縮小模型実験を行い、単一開口の重力換気及び模型実験の相似則に関する研究実績を有しており、平成 16 年度にはオールボー大学にて実物大実験の継続、大阪大学にて縮小模型実験を行う予定である。

なお、スウェーデン・デンマークでは、知己の先生を頼って他大学の関係研究室を訪問し、種々の研究・教育施設を見学した。内容はかなり筆者の興味あることに限られているものの、その様子は筆者の所属研究室のウェブサイト⁸⁾に掲載している。

末筆ながら、公私ともに貴重な体験をさせていただいた事に関して、関係各位、特に 1 年間研究室を空ける事によってご迷惑をおかけした相良和伸教授、山中俊夫助教授はじめ大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻の先生方と職員の皆様に感謝申し上げたい。

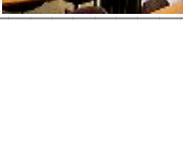
- 1) <http://www.hig.se/>
- 2) <http://www.hig.se/tb/iv/forskning/>
- 3) http://www.hig.se/tb/iv/forskn_lvk/
- 4) <http://www.kth.se/>
- 5) <http://www.auc.dk/>
- 6) <http://www.civil.auc.dk/i6/klima/laborato.html/>
- 7) <http://www.hybridventilation.dk/>
- 8) <http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/~labo4/>

イエブレ大学その2・Sandberg研究室編

Sandberg研究室の実験装置です。

広い実験室（というより実験ホール）の中に実物大の装置が点在しています。実大実験が基本です。

広い工作室（木工、金工用それぞれ）もありますが、装置は原則エンジニアの皆さんによる自作で、なんと風洞も自作だそうです。

	教室の換気実験用実大模型。 天井高可変、周囲温度制御可能。黒板もちゃんとあり、実際の授業下での実験も行う。この装置は頻繁に使われていて、現在はHans Wigoによる関係つ空調の実験。		教室模型内の置換換気ディフューザ。 見かけない形状だが、イエブレのローカル企業によるもの。ローカル企業との連携も必要なので、あえてこれを使用しているとのこと。
	待機中のマネキン達。 全てエンジニア達による自作。 スパイラルダクト内に発熱体を設置している。		マネキン近傍の測定。 口にチューブをつけて、吸気濃度の測定中。発熱量は諸説あるが、Sandberg先生のところでは100W。
	単なる発熱体としても活躍するマネキン。 天井に見えるのがChilled Beamで、天井放射冷房の実験中。		取り外したChilled Beam。 冷水パイプにフィンをつけている。
	PVパネル実験装置。 IEA Annexが終了して、現在は使われていない。怖いことに傾斜可能。PVの効率向上のため裏面の通気層で冷却する煙突換気の検討を行っていた。「使っていないなら欲しいなあ」と言うと、「ええで、もって帰り」と言われた。		キッチンの換気実験装置。 3DKの集合住宅を全て再現した装置があり、その中にある。
	同じく集合住宅実験装置内の居間。 現在はほとんど使っていないようだ。		ジェットの可視化装置。 種々の吹き出し口を付けて、可視化を行う。
	実験室の片隅にあった写真。 Magnes Mattssonが移っているので、10年くらい前か？		別の装置内。 中央にあるのは、粉塵計。最後の写真にあるMagnus Mattssonが実測に持っていたもので、検定中。
	風洞。 回流式で、なんと自作。エンジニアのLeif Claessonが専属。制御装置は素晴らしく古く、僕1人では使えなかった。		風洞実験中。 イェーテボリの風環境の可視化中。地表面に小麦粉をまいて、その飛散状況を撮影。
	トンネル内気流の実験装置。 一般的なスウェーデンのトンネルは岩盤むき出しのため表面に水が出てきて、冬季に出入口から入る冷気で氷結する問題のための気流性状の検討。		トンネル気流測定中。 主に、列車移動による出入り口での巻き込み気流性状を検討。Bojan君が卒論として実験していたが、彼はそのまま研究を続けたいとのこと。
	トンネル実験。 可視化中。		可視化用レーザー。 非常に明るかったので、どこにレーザーがあるのか探していると、「ここやでえ」と装置の片隅にあり、非常にコンパクト。
	小型風洞。 ほとんど使われていないが、教育用には非常に良い。		小学校の環境調査。 Magnus Mattssonが小学校の実測をしているので、連れていってもらった。空気清浄機（デカイ）を常時設置して、温熱・空気環境の長期測定。
	小学校の環境調査。 スウェーデンの小学校では、外から室内に持ち込む花粉やペットの毛などによるアレルギーが問題で、多くの子供がアレルギーを持っているとのこと。		

ルンド工科大学 [\[link\]](#)

Lund Institute of Technology、通称LTH=Lunds Tekniska Hogskola (Hogskolaの[o]はウムラウト)です。スウェーデンではウプサラ大学と並んで伝統のあるルンド大学があり、古くからの大学都市です。ルンド工科大学は街の中央部にあるルンド大学を通り越したところにキャンパスが広がっています。

	ルンド大学本部。ルンド大聖堂と並んで街の中央部の公園にあり、まさにルンドの顔。		ルンド工科大学のキャンパス。ちょうど昼食時で、学生が広場で思い思いのスタイルで休息中。
	自転車に乗った学生があふれており、まさに学生の街。		そういう目で見ると見ても知れないが、街行く人の平均年齢が低く、みな学生に見える。
	訪問したのは、 Dept. of Construction and Architecture だが、これは隣の Dept. of Architecture の建物。		自然換気中。
	まずは Div. of Building Services のLars Jensen先生を訪問して、ダクト計算に関するソフトを紹介してもらった。		同じ建物内の実験室。材料実験用の機器。
	スペースが少なく、廊下に物があふれているのは世界共通。		次に訪問したのが、 Div. of Energy and Building Design . Dr. Bulow-HubeとDr. Hakanssonに色々な を伺った。写真は実験室を案内してくれたDr. Hakansson。
	主にやっている研究の1つに、太陽電池用の集光装置があり、これは可動式のブラインド兼集光装置で、ライトシェルフの様な使い方もできる。		別形状の集光装置。
	もう1つ別の集光装置。		太陽集熱式の温水パネルに関する研究も行っている。
	研究室で最大(最高金額?)の日射シミュレータ。自由な角度に調節できる。「これを動かしたときは熱くてかなわん」とのこと。		実物の窓を設置して、日射遮蔽係数などの測定を行っている。
	建築学科の製図室も見学。製図室にしては珍しく整然としていた。		ワークショップ。ここでは彫塑などの造形実習のようなことが行われる。

オールボー生活

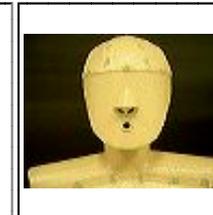
オールボーはユラン（Jylland=男という意味、英語ではJutland=ユトランド）半島の北に位置するデンマーク第4の北ユランの中心都市です。コペンハーゲンまでは電車で4時間半、デンマーク第2の都市オーフスまでは1時間半。スウェーデン第2の都市イエテボリへは、ユラン半島の北端に近いFrederikshavnまで電車で1時間、高速船で2時間。

	オールボー大学Sohngaardsholmvejキャンパス。 僕がいるDept. of Building Technology and Structural Engineeringの他にCivil Eng.とLife Scienceがある。		秋なので人はあまり外にない。 ダウンタウンから6kmの距離で、最悪歩いて帰ることが可能。メインキャンパスは広大な敷地で郊外のニュータウンにあり、阪大に似ている。
	Adjunkt（英語ではAssistant Prof、日本で言う助手）のDr. Toppの部屋を半分使わせてもらっている。		基本は個室で、廊下の両側にずらっと並んでいる。 ドクターコースの学生さんは2~3人で1部屋を使っている。
	オールボーの中心街。		写真は日曜日なので、人通りはない。 多くの店は18時に閉まり、金曜日は20時まで、土曜日は昼まで、日曜は休み。
	15万人の街なのに、パブが300軒あると言われていて、この通りは金曜の夜は阪急東通のような賑わい。		平日の夜はこの程度の賑わい。
	平日夕方の街。 11月初旬で既にクリスマス気分。		完全にクリスマス気分。
	僕が住んでいるアパート。 駅から徒歩3分の非常に便利なところで、出たところにバス停があり、大学まで10分。大学側も徒歩30秒でバス停があり、運動不足は否めない。		まさに大学寮という感じ。 外国人研究者用に大学が持っているアパートで、ほとんどの部屋は埋まっているようだ。

オールボー大学

お世話になっている研究室の実験室です。

今後追加します。

	学生さんが演習用に天井吹き出し気流の測定を行っているとのこと。 僕も、こちらの実験装置を使ってみたいく、演習と同じことをさせてもらおう、お願いしていて、非常に楽しみ。		元は、Prof. HeiselbergがIEA Annexの大空間のプロジェクトで使っていたアトリウム模型。 今は、同じくIEA Annexの自然換気のプロジェクトで開口部の気流を測定中。
	ワークショップも学生さんが自由に工作できる状態。		こういう実大実験装置がいくつかある。
	Prof. Neilsenが古くから手がけていたサーマルマネキン。 市販品も保有しているが、長年マネキンの開発を行っている。		人体の吸気濃度を知るために、鼻と口からサンプリングする。

DTU (デンマーク工科大学) その1

2003.10.31にDTUのFanger教授の研究室主催でIAQに関する講演会がありました。講演内容は、HarvardのSpengler教授による住宅のカビ問題とLBLのNazaroff教授による副流煙問題 (ETS=Environmental Tobacco Smoke) でした。

Fanger先生の研究室へは後日訪問して、講演 (阪大の研究内容の宣伝?) をしてくるようになっており、今回は[Dept. of Civil Engineering](#)の[Carsten Rode先生](#)を訪問してきました。

	<p>DTUはコペンハーゲンから電車で20分のLingbyにある広大な敷地の大学。我々の分野ではPMVのFanger教授が有名で、多くの日本人研究者が訪問している。</p>		<p>紅葉している並木が、阪大のよう。</p>
	<p>Nazaroff先生の講演より。 タバコの副流煙に含まれる化学物質。</p>		<p>Carsten Rode助教授。 熱・湿気が専門で、RodeのRの発音は、フランス語のRのように鼻に抜けるように、かつのどを使った音で、未熟な僕には無理だった・・・</p>
	<p>実験室は大空間で、その中に種々の実験装置を作っている。</p>		<p>構造実験も同じようなところで行っているが、大空間で余裕あり。</p>
	<p>熱特性の試験用の、部材を挟む2つのチャンバー。 日本でも見かけるが、こちらは木製で自作。</p>		<p>以前、外壁性能試験のためにつくったという、同性能の屋外設置チャンバー。 現在は気密であることを利用して、家具や書類の吸放湿実験中。</p>
	<p>太陽熱利用装置の実験のための実大住宅。 スペースがもったいないので、中は院生室の様に使っているとのこと。</p>		<p>窓性能の違いのプレゼン用装置。 左手前の半透明な窓は、二重ガラスの間に硬化ジェルを挟んだもので、熱的に高性能。</p>
	<p>太陽光模擬装置。 スウェーデンのルンド大学にも同じものがあつたが、外壁の熱性能、日射遮蔽性能の実験用。</p>		<p>お土産だと言ってもらった、二重ガラスに挟んでいたジェル。 これ単体での耐火試験や耐久試験も行っていて、半透明のスタイロのようだが、詳細は聞き損ねた。</p>
	<p>約10年前に実験用に作った「ゼロエナジーハウス」。 研究は終了して、現在は訪問者用のゲストハウスとなっているとのこと。</p>		

1. 置換換気ディフューザ

北欧が元祖と言う噂に違わず、置換換気ディフューザは多く見られる。じゃまになるくらい大きなディフューザが設置されており、写真1ではレストランの客席のすぐ側に設置されており、ドラフトを感じるので不評だという（研究所の行きつけのレストランであり、研究所のメンバー談）。ただし、右写真にあるようにこのレストランではアネモスタットによる天井吸気も併用されている。排気は確認していないものの、おそらく厨房のレンジフードである。



写真1 Gävle (イエブレ) 市内のレストラン

写真2に小学校における設置例を示す。教室後方に設置されているものの、やはり巨大である（左写真は教室前方からのもの）。排気は廊下で集中排気されており、各教室と廊下の間に換気口が設置されている。



写真2 Gävle (イエブレ) 郊外の小学校

写真3は、スウェーデン最古の大学があり大学都市として有名な Uppsala (ウプサラ) のレストランにおける設置例である。左写真の左奥にディフューザが見え、側に座って見たものの、これだけ大きいとかなりの低風速であり、ドラフトは感じなかった。



写真3 Uppsala (ウプサラ) 市内のレストラン

写真4は、フィンランド・ヘルシンキでハイテクモダンスタイルの現代建築としても秀逸であった Biomedicum 内のアトリウムに設置されたディフューザ。人間の身長ほどのものが等間隔で並び、アトリウムにおける通路と中央部のラウンジのように使われる空間の敷居として、うまくデザインされている。以前デンマーク・コペンハーゲンの空港 (Kastrup 空港) で、スパンの中央にほぼ同径のディフューザが等間隔で配置されていて、うまくデザインされていると感じたを思い出す (写真4)。



写真3 フィンランド・ヘルシンキ Biomedicum



写真4 Denmark-Copenhagen 空港

大空間の例として、イエブレ市内に建設中の床面積約 13000m² の工場での設置状況を写真5に示す。空気を考慮して置換換気型にしたわけだけでなく、大空間なのでダクトを柱に沿わせて居住域まで持ってくることで、結果的に置換換気方式になっている。排気はスパンの短辺方向 (左写真の右手前から左奥の方向) の中央部に通しているダクトから行う。



写真5 Gävle (イエブレ) 市内に建設中の工場

柱の様な形状を持ち、よりデザインされた製品を写真6に示す。現在滞在している Mats Sandberg 研究室の実験風景であり、長年置換換気における空気質や温熱環境に関する検討を行っており、現在は被験者の作業効率やディフューザからの騒音に関する検討を行っている。面白いテーマとして、換気装置の間欠運転に気が付かないように、運転にシンクロさせた暗騒音を発生させるという研究が行われている。

コンパクトな置換換気ディフューザも、時折見られる。6月中旬に、国際会議で面識の会った Göteborg (イエテボリ) の Chalmers (シャルメッシュ) 工科大学の Per Falén 教授を訪問した。彼は以前 SP (Swedish National Testing and Research Institute) に所属していたが、最近 Chalmers 大学に呼ばれた、システムシミュレーションや制御が専門の先生で、最近ではデマンドコントロールの研究で日本のにおいセンサーに興味を持っているらしい。写真7は教授室のディフューザであるが、非常にコンパクトなものである。



写真6 Sandberg 研究室における実験風景

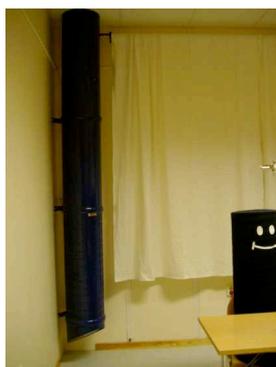


写真7 Göteborg・Chalmers 工科大学の Falén 教授室



2. 天井設置ディフューザ

置換換気が多く見られると言いながらも、やはり数から言うと天井設置型が多い。置換換気は多少じゃまになっても良い個室で多く見られる他、なぜかレストランで見られる。公共施設や商業施設では圧倒的に天井設置型が多い。

写真8は市庁舎のロビー、写真9は商業施設の店舗内の設置例である。パンチングメタルと言うよりも、単なる金網に近い程度の「透け透け」のカバーが付いているのみでダクトの孔が見え、美しくない。

写真10は、同商業施設であるが天井を張っていない通路に設置されている状況である。左写真はディフューザの周囲1m程度のみ天井版を設置し、実験室を思わせるような設置の仕方に少なからず驚いた。



写真8 Gävle (イエブレ) 市庁舎のロビー

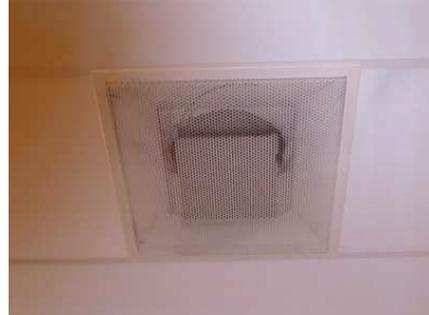


写真9 Gävle (イエブレ) 市内の商業施設 (店舗内)



写真10 Gävle (イエブレ) 市内の商業施設 (通路)



写真11と12は、パンチングメタルでなく、多くの小孔を持つ吹き出し口であり、このタイプはIEA (国際エネルギー機構) Annex20「数値手法による室内気流・空気汚染の評価」の研究においても複雑気流を形成する典型例として多く検討され、研究者の間では「IEA ディフューザ」と呼ばれている。



写真11 Göteborg・Chalmers 工科大学談話室



写真12 Gävle (イエブレ) 市内に建設中の工場のオフィス棟



北欧ではまだ見かけていないが、写真 13 に示すドイツ・フランクフルト空港の例のように、ライン状で多数の小孔があるタイプは、ヨーロッパでは良くあると聞く。なお、右写真は、天井埋め込み式ではなく、間接照明がされている天井面近くに中写真の様な多数の小孔を持つライン状の水平吹き出しチャンバーが設置されている。

先の IEA の研究（主に、Aalborg 大学の P.V.Nielsen と当時 MIT・現 Purdue 大学の Q.Chen）では、水平吹き出しのこのタイプの IEA ディフューザが主に用いられ、Box 法、PV 法、Momentum 法など境界条件として与える物理量を簡易化する手法を検討しており、結果として、各タイプのディフューザに対して推奨する手法及び境界条件を与える位置を提案している。

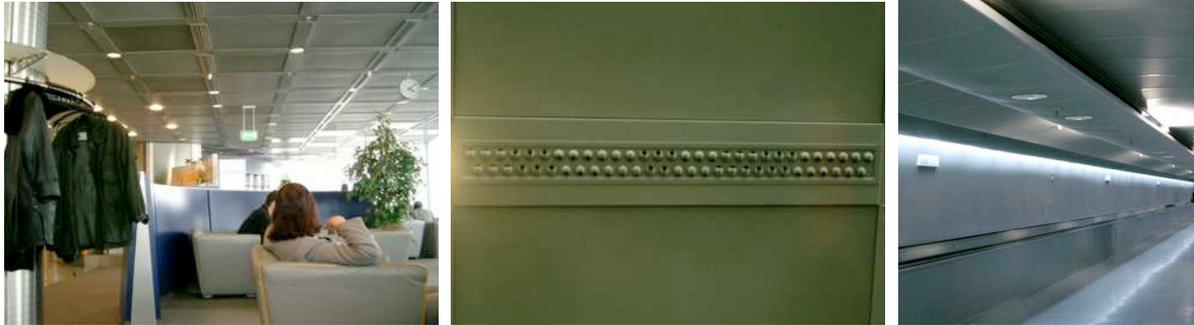


写真 13 Frankfurt（フランクフルト）空港（左・ラウンジ 右・通路）

同じ天井設置型でも、天井に埋め込まずに張り出しているものもある。写真 14 は天井設置でありながら水平吹きだしとなっている。湾曲した天井の隙間に照明器具が埋め込まれ、所々に円形のディフューザがあり、美しいデザインとなっている。



写真 14 Gävle（イエブレ）市内の銀行ロビー

写真 15 は同様の円形ディフューザが張り出しているものの、これは鉛直吹き出しである。各孔はランダムな方向を向いており、気流の拡散を意図しているようである。ダクト自身も室内に張り出しており、追加で設置したものかもしれないが、いずれにしても迫力を感じさせる程の存在感がある。



写真 15 Gävle（イエブレ）市内のレストラン

3. 水平吹き出しディフューザ

写真 16 はいわゆるソックダクトであるが、取り外して洗濯しなければならないことの面倒さを多くの人が指摘していた。写真 2 に示した小学校と同じであるが、教室によって換気設備が異なり、理由は不明とのことであった。



写真 16 Gävle (イエブレ) 郊外の小学校 (写真 2 と同じ小学校で異なる教室)

写真 12 と同じオフィスでも、違う室では写真 17 のディフューザが設置されていた。多角形の水平ダクトにランダムな方向を向いた多数の小孔があり、パンチングメタルのビームディフューザと同じく、無指向性の気流となる。ビームの中心に吸気ダクトが設置され左右にダクトが伸びているが、先のソックダクトしかり、均一に吹き出すだけの抵抗があるのかどうかよく分からない。なお、設計者も同席して見学したのだが、色んなデザインの部屋を作りたかったので、ちょっと変わったものを入れてみたとの事であった。

これと同様の意図で、連続せずに分散させたのが写真 18 のタイプである。



写真 17 Gävle 市内に建設中の工場のオフィス棟



写真 18 Göteborg 市内のユースホテルの食堂



これまでのほとんどのケースでは、暖房は窓下に設置したラジエータが行っており (冷房はほとんど使用されない)、これらのディフューザは純粋に換気設備であることが多いと思われる。

写真 19 は冷暖房にも使用している可能性が高いが、通常の水平吹き出しも見られる。大空間での例であるが、暖房もこれでを行うのかどうかについては不明である。

4. 座席空調

現在までのところ、座席空調を見たのは写真 20 の 1 例だけである。各座席の座面の下にディフューザがあり、これ以外には換気設備らしきものもなく、空調と換気の両者をこれで賄っているものと考えられる。



写真 19 ヘルシンキ空港カウンタ



写真 20 Göteborg (イエテボリ)・市立博物館のホール

5. その他

面白い換気設備として、更衣室のロッカー内の換気を行う写真 22 があつた。排気ファンに接続されたダクトが各ロッカーを通っている。設計者も面白いアイデアだと自画自賛していた。



写真 22 Gävle (イエブレ) 市内に建設中の工場・更衣室

6. おまけ

スウェーデンでは、エコロジカル・サニテーションやコンポスト・トイレと呼ばれる尿尿分離型のトイレを用いて、尿尿を肥料化することがなされていると以前から聞いており、大変興味を持っていた。これまでどこでも見るができなかったが、Göteborg で写真 23 の様にやっと出会えた。これがあった Universium というのは University と Museum を組み合わせた造語で、水族館・植物園・科学館などが一体になった施設であり、建物自体も集成材とガラスの組み合わせが絶妙な美しいものであった。

このトイレは、スウェーデン各地にあるエコ・ビレッジと呼ばれるサステイナブルであることを目的として住宅建設をしている地区などでは用いられているもの、やはり一般生活では用いられることはほとんど無いとのことで、詳細は後日調べてみたいと思う。



写真 23 Göteborg (イエテボリ)・Universium

(北歐見聞記・ディフューザ編 終了)