

大規模建築施設と管路系流体解析

吉岡 逸夫* 秋村 友香*

Large-scale building and Fluid Analysis of Piping System

Itsuo Yoshioka* and Yuka Akimura*

管路系流体解析の対象となる配管には、原油、天然ガス、水道水を輸送する配管、石油化学、電力、製鉄、化学、製薬などのプラント配管のほか、給水、排水、空調など建築設備の配管がある。

本稿では、管路系流体解析の視点から大規模建築施設を構成する主要な設備について概括する。また、建築分野における新技術である BIM についても取り上げる。

Key word: 天然ガス、プラント配管、建築設備、空気調和設備、給排水設備、給湯設備、水系消火設備、ガス系消火設備、BIM(Building Information Modeling)

1. はじめに

世の中で管路系と表現あるいは分類されるものは、実に多岐にわたってわれわれの身の回りに存在する。例えば、天然ガスの輸送配管、石油化学、電力、製鉄などプラント配管、自動車などの配管、水道、ガスなどの配管のほか、空調や給排水など建築設備の配管などである。

ここでは、大規模建築施設を取り上げ、管路系流体解析に関連する設備の概要を解説する。また、建築ビジネスの IT 革命あるいは建設革命と称される BIM についても簡単に紹介し、管路系流体解析との連携の可能性を探る。

ようになった。このような調整設備を空気調和設備と呼んでいる。

図 1 は一般的な空気調和設備の基本構成を示したものである[1]。図(a)は単一ダクト方式と呼ばれ、調整空気をダクトで室内に送る方式であり、図(b)は室内に設置された小型のファンコイルユニットに冷温水を送り、ユニットに内蔵された送風機により室内の空気を調整循環させるもので、ファンコイルユニット方式と呼ばれている。後者の場合は新鮮な外気を別に調整処理して室内に送風する必要がある。

空気調和設備は、その方式により、以下のように分類できる[3]。

2. 空気調和設備

2.1. 空気調和の概要

空気調和設備は建築設備の一部門として発達してきたもので、建物内（室内や特定の場所）の空気をそれぞれの使用目的に適した状態に調整する設備である。昔から冬季の暖房はよく行われていたが、昭和 30 年代から、冷凍機やそのほかの機器の発達普及および技術の進歩に伴い、温度・湿度だけでなく気流の調整と空気の浄化も加えて、これらを総合的に調整することが行われる

・単一ダクト方式

1 台の空調機で調整した空気を 1 本のダクトから分岐させ、各室やゾーンに冷房時は冷風を、暖房時は温風を送風する最も基本的な方式。ただし、個別の温湿度制御などは困難である。

・変風量(VAV)方式

各ゾーンまたは各室の付加の変動に応じて送風量を調節することによって、室内条件を維持する方式。送風温度を一定にして風量を調整する方式と、送風温度と風量を調整する方式がある。

*アドバンスソフト株式会社 第 2 事業部

2nd Computational Science and Engineering
Group, AdvanceSoft Corporation

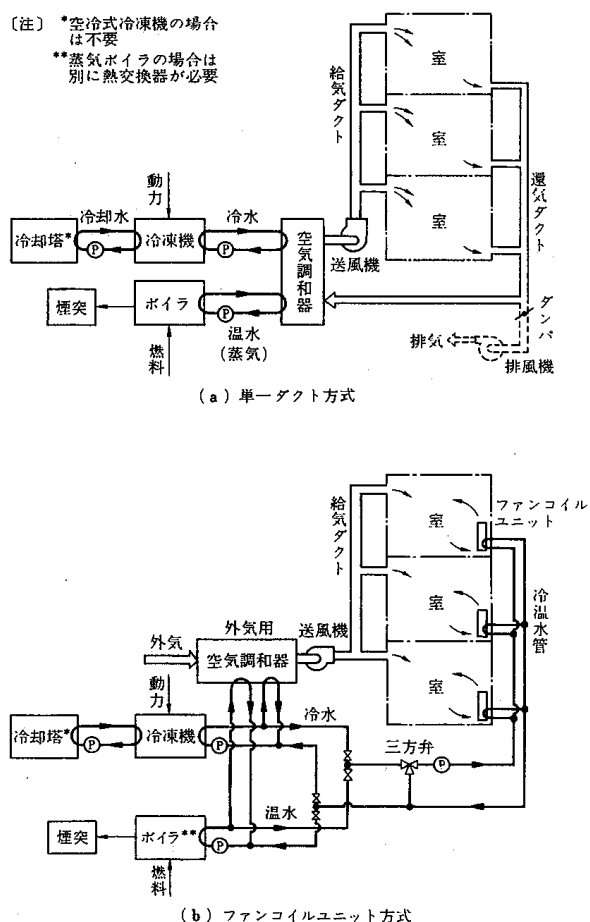


図 1 中央式空気調和設備の構成例[1]

・各階ユニット方式

換気に必要な外気を中央機械室の一次空調機で処理してから、各階・各ゾーンのユニットに送風し、さらに各室内条件に応じて冷温水配管された二次空調機で処理する方式。

・ゾーンユニット方式

負荷変動が共通する部分にゾーニングを行い、各ゾーンに空調機を設置して制御する方式。

・マルチゾーンユニット方式

空調機で冷風と温風を同時に作り、吐出側のゾーンごとに設けた混合ダンパで混合して、室内負荷に応じた空気を吹き出す方式。

・二重ダクト方式

中央機械室にある冷却器と加熱器を並列に配置した空調機から冷風と温風を2本の高速ダクトで送り、さらに各ゾーンまたは各室ごとに設けた

混合箱で負荷に応じて、常に一定風量になるように送風する方式。

・ターミナルレヒート方式

共通の空調機から送風し、各室・各吹き出し口に再熱器を設置する吹き出し口ごとの温度条件まで加熱して、個別制御を行う。

・ファンコイルユニット方式

一般には、中央機械室から冷水または温水をファンコイルに供給し、ダクトから空調機で一次処理した空気を送風する。外気ダクト併用式が多い。建物窓側のペリメータゾーンに生ずる変動の大きな日射・外気温の変化などを処理するのに有効である。

・誘引（インダクション）ユニット方式

一次空調機で処理した一次空気を高速・高圧で送風し、インダクションユニット内のノズルから噴出させて2次（室内）空気を誘引する方式。このとき、各室内の温度条件に合わせ、コイルで二次空気を冷却または加熱する。

・パッケージユニット方式

エアフィルタ、送風機、冷凍機、自動制御機器などをケーシングに収納した冷房を主とする標準形と、冷凍機に四方弁を備えたヒートポンプ式（冬期に暖房もできる）がある。

・床吹き出し空調方式

配線ルートとして計画された二重床を給気ダクトとして利用し、天井面から還気する方式。

・クリーンルーム

産業用空気調和のうち、空気中の浮遊物質を規定レベル以下に管理する方式。半導体・精密機械・医薬品などの製造工場、医学・生物学研究施設などに利用される。微生物や細菌の量を制御したものはバイオクリーンルームと呼ぶ。フィルタはろ過する粒子に応じて数段階使用し、最終段階はHEPAフィルタやULPA（超高性能）フィルタ

で浄化する。出入口にはエアロック室やエアウォッシャを設置する。

2.2. 空気調和設備の構成[1][2][3]

2.2.1. 空気調和機

エアフィルタ、冷却減湿器、加熱器、加湿器、送風機などで構成され、空気温度、湿度、気流、清浄度を調整する。実際には、室内の顕熱、潜熱負荷の処理、空気のろ過、送風量の調整を行う。

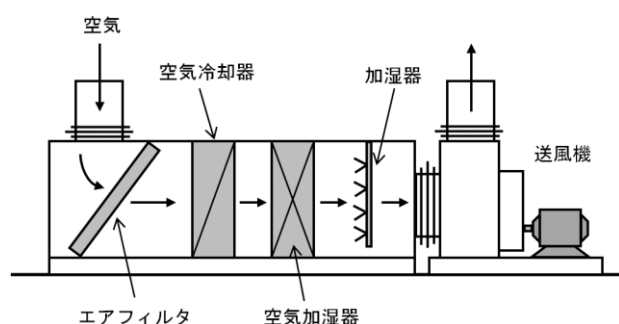


図 2 空気調和機の例 ([3]に基づき作成)

2.2.2. 熱源システム

冷暖房負荷を相殺する冷温熱を発生する設備である。温熱源として蒸気・温水ボイラ、冷熱源として圧縮式・吸収式冷凍機を組み合わせることが一般的だったが、近年ではヒートポンプや冷温水発生器（二重効用吸収式冷凍機）を用いることが多くなった。

2.2.3. 搬送システム

熱源システムで発生した熱媒体を室内まで搬送し回収する設備である。各循環用ポンプ、送風機、給気・還気ダクト、蒸気・冷温水・冷媒配管等がある。

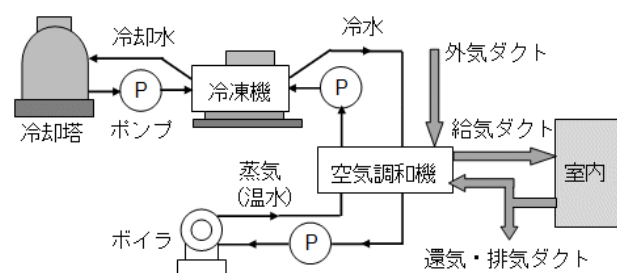


図 3 搬送システムの構成例 ([3]に基づき作成)

3. 給排水設備[2][3]

給排水衛生設備には、給水・給湯・排水・衛生機器などがある。以下では、給水と給湯に絞って解説する。

3.1. 給水設備

給水設備の方式には、水道直結方式、高置水槽方式、圧力水槽方式、ポンプ直送式の 4 方式があり、これらの方式が併用される場合もある。このうち、水道直結方式は、低層小規模な建物に用いられる方式である。

3.1.1. 高置水槽方式

排水管からの水を一度、受水タンクに貯水し、そこから給水ポンプで建物の屋上またはその他の高所に設置した高置タンクに揚水し、高置タンクから立下り管によって建物内の必要な個所に給水する。

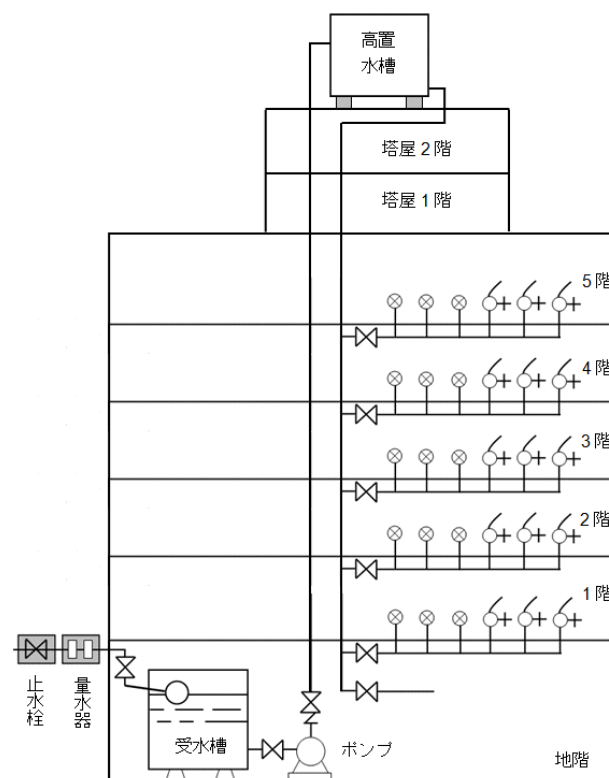


図 4 高置水槽方式の例 ([3]に基づき作成)

3.1.2. 圧力水槽方式

排水管からの水をいったん受水タンクに貯水し、給水ポンプで密閉された圧力タンクに送水してタンク内の空気を圧縮加圧し、その圧力により

建物内の必要な個所へ給水する方式である。

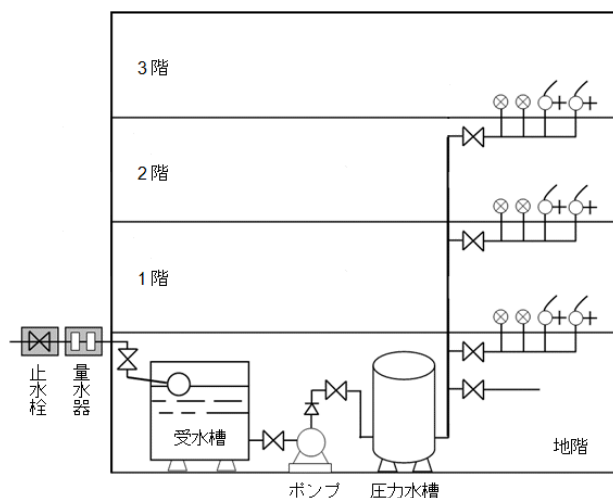


図 5 圧力水槽方式の例 ([3]に基づき作成)

3.1.3. ポンプ直送方式

排水管から水を受水タンクに貯水し、給水ポンプにより加圧し直接給水する方式である。運転制御方式によって定速ポンプ代数制御方式とポンプ容量制御方式がある。タンクなしブースター方式、タンクレス方式、ポンプ加圧式などともいう。

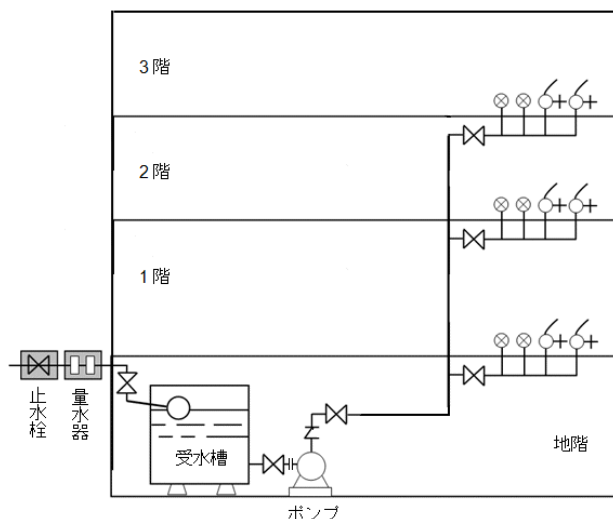


図 6 タンクなしブースター方式 ([3]に基づき作成)

3.1.4. ゾーニング

高層建築の下層階は、給水栓に作用する圧力が大きくなり、ウォータハンマーなどの問題が生じる。これを防ぐため給水系統に中間タンクや減圧タンク、減圧弁を設け、給水区分を2系統以上に分けることをいう。給水圧力は300~500kPa以下

に調整する。

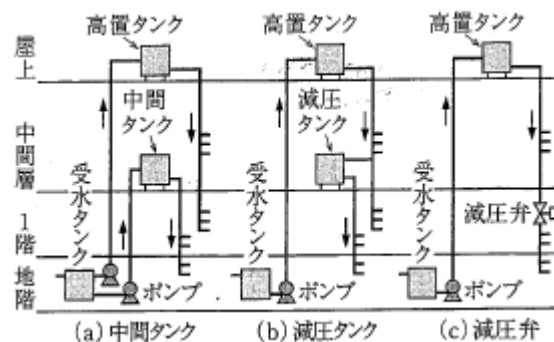


図 7 中間タンクによる給水設備のゾーニング例[3]

3.1.5. ウォータハンマー防止器

ウォータハンマーによる水撃圧を吸収するために、給水配管系に設ける容器をいう。容器内部に窒素ガスを封入し、溶接ベローズを配したベローズ形と空気と膨らませたゴム袋を内蔵したエアバック形がある。

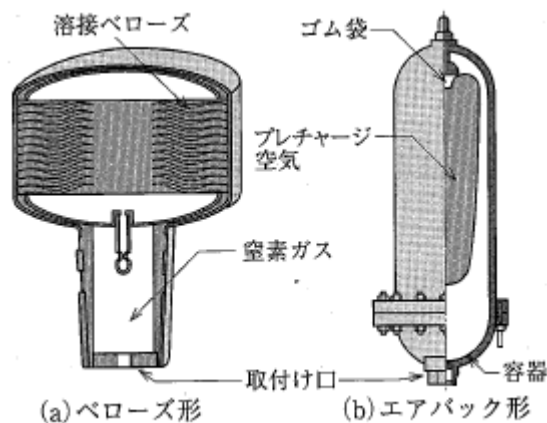


図 8 ウォータハンマー防止器[3]

3.1.6. エアクッションパイプ

ウォータハンマーを防止する装置で、配管の一部に空気だまりを設け、空気の膨張・圧縮性を利用して水撃圧を吸収させる。

3.1.7. 逆止弁

流体を一方向のみ流すが、逆方向には流さない弁である。給排水設備では一般にスイング弁と水平リフト式が用いられ、仕切弁などの開閉弁と組み合わせて使用する。ウォータハンマーを防止するため、揚水ポンプの吐出し口にはスプリングの力で強制的に弁を急閉する急閉形逆止弁を設ける。

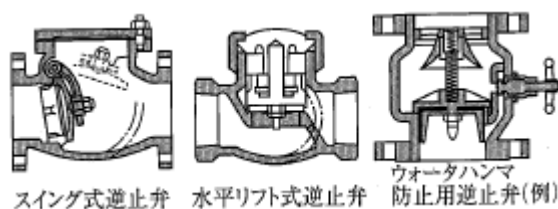


図 9 逆止弁[3]

3.2. 給湯設備[2][3]

給湯とは、上水を加熱した湯を飲料、浴室、厨房、洗面所など必要な個所にその目的に適した量を供給することをいう。ここでは、給湯配管について述べる。

3.2.1. 単管式給湯配管方式

各器具へ給湯するのに、給湯管のみ配管した一管式をいう。配管が短い住宅や小規模の建物に用いられる。

3.2.2. 複管式給湯配管方式

給湯管と返湯管により湯を常時管内に循環させる給湯方式で、給水栓を開けると直ちに適温の湯が得られる。循環方式には、湯の自然循環のみによる自然循環給湯方式と循環ポンプにより強制的に循環させる強制循環方式がある。

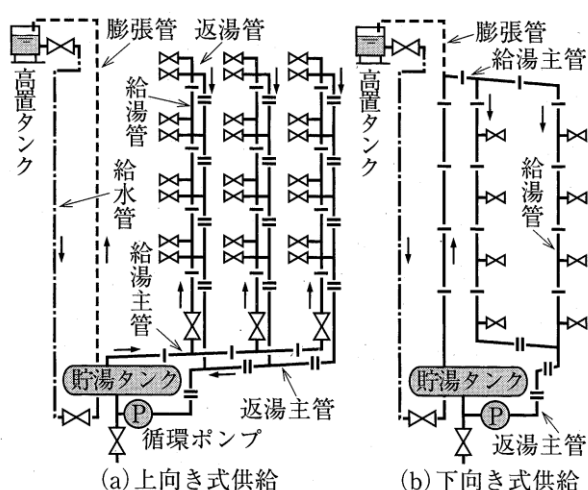


図 10 複管式給湯配管方式[3]

3.2.3. リバースリターン配管方式

大規模な建物において、分岐配管の湯の循環量を均一にするため給湯管と返湯管の長さを等し

くする配管方式。

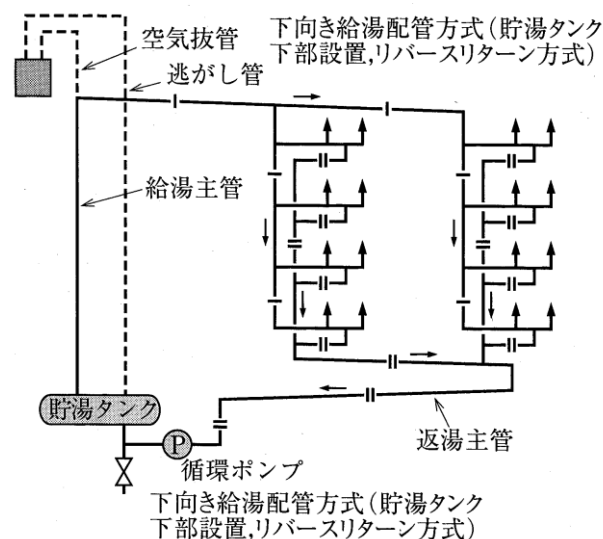


図 11 リバースリターン配管方式[3]

3.2.4. ゾーニング

高層建築物において、給水設備と同様に給湯設備も過大な水圧を避けるために垂直方向に対していくつかの区域に分け給湯圧力を調整することをいう。建物の再下階の機械室などに全ゾーンの機器を集中して配置する機器集中式と、各ゾーンに機器を設置する機器分散式がある。また、減圧弁で圧力を調整する方法もある。

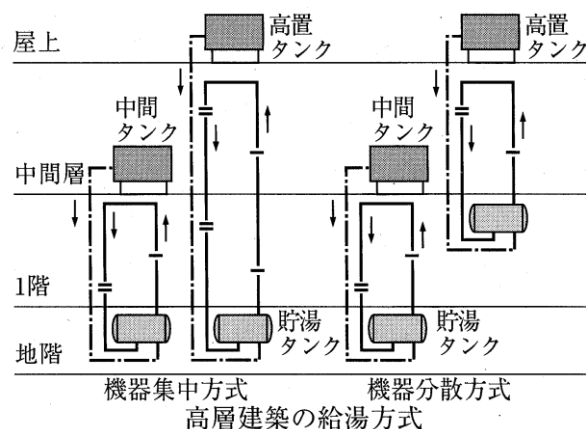


図 12 高層建築のゾーニングの例[3]

4. 水系消火設備[2][3][4][5]

消防設備のうち、水で火を消す設備にスプリンクラー設備(図 13)と屋内消火栓設備(図 14)がある。いずれの設備も、水圧、放水量、配管口

径などが消防法により定められている。

スプリンクラー設備は大規模な建物、例えば劇場、デパート、ホテル、病院などに原則設置される。

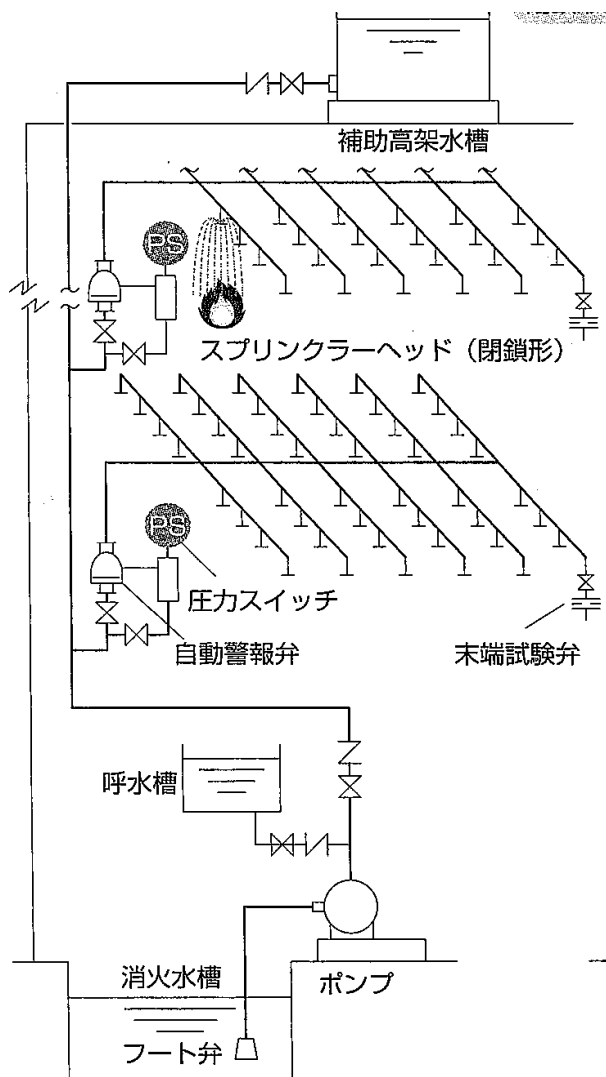


図 13 スプリンクラー設備（閉鎖形）[2]

スプリンクラー設備の配管は、各階において消火本管から枝管を出し、各枝管には最大 5 個のスプレーヘッド（スプレー上に放水する口）が付けられる。ヘッドには閉鎖形（平常時、放水口は閉じている）と開放形（平常時も口が開いている）の 2 種類がある。

閉鎖形は熱を感知したヘッドのヒューズブルリンクが溶け、レバーを開放、屋上の補助高架水槽からの水圧で栓が外れ放水する。本管に水が流れると、本管に設置してある自動警報弁が開き、それにより圧力スイッチが作動、警報を鳴らし、消火ポンプを起動する。このタイプは熱を感知し

たヘッドだけが作動する（図 15）。

開放形は高架水槽から水がきているのは、本管の一斉開放弁までで、並置されている閉鎖形ヘッドが熱を受け放水することで水圧低下を検知、あるいは火災報知機により、一斉開放弁を開き一斉に放水する。手動で一斉放水弁を開けることもできる。

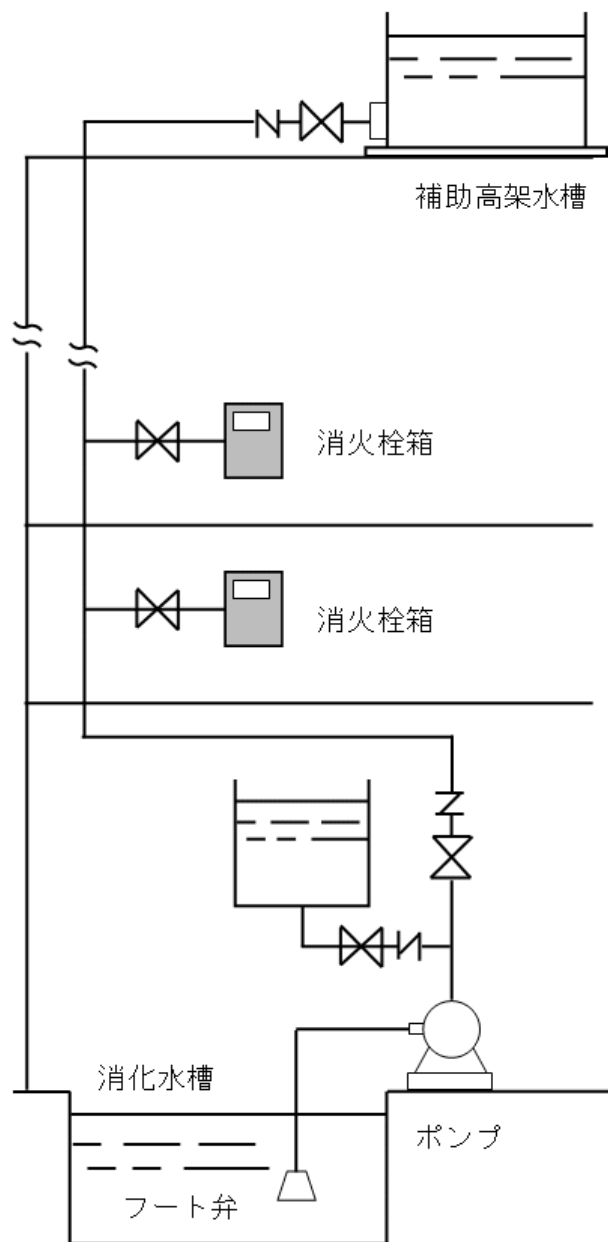


図 14 屋内消火栓設備（[2]に基づき作成）

屋内消火設備のポンプ設備はスプリンクラー設備のものと同様に、ポンプから本管を経て各階の消火栓箱内の開閉弁まで配管されている。ノズルの付いた消火用ホースは開閉弁に接続された状態で箱の中に収納されている。使用するとき

消火栓箱、表の上部にある発信機の起動ボタンを押し、消火ポンプを起動し、ホースノズルを火元の方へ引っ張っていく。放水準備ができたなら消火栓箱にいる人に消火栓開放弁を全開してもらい、ノズルを火元に向け放水する。

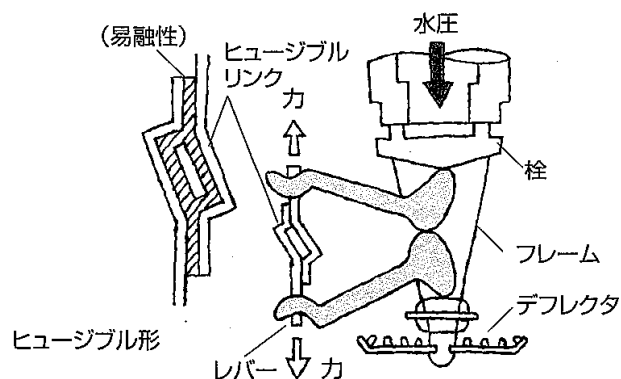


図 15 閉鎖形スプリンクラーヘッド[2]

5. ガス系消火設備[4][5][6]

ホテル、病院、デパート等の防火対象物に設置される消火設備は、消火器のほか、屋内・屋外消火栓設備、スプリンクラー設備、水噴霧消火設備あるいは動力消防ポンプ設備など水を消火剤として用いるものが一般的である。そのほかに水を使用しても効果がないか、あるいはかえって支障があるような防火対象物、例えばコンピューターや電気通信機器あるいは美術品などに対する二酸化炭素消火設備およびハロゲン化物消火設備、ハロン代替ガス消火設備、駐車場やヘリポートなどに対する泡消火設備など特殊な消火設備がある。このうち、二酸化炭素消火設備は、密閉された場所での使用時に高濃度になった場合の人体の窒息危険に注意を要する。1995 年 12 月には、東京池袋の立体駐車場に設けられた二酸化炭素消火設備の誤放出により、3名の死傷者を出す事故が発生した[6]。

また、ハロゲン化物消火剤は、オゾン層破壊物質として 1994 年に生産等が全廃され、その代替消火剤の開発が米国を中心に行われ 10 種類以上の物質が提案された。それらを大別すると、不活性ガス（イナート系）とハロゲン炭素化合物（ハロカーボン系）に二分される。

不活性ガス消火剤は、単体または複数のガスの

混合物である。現在わが国においてシステム評価を受けたものは、窒素（IG-100）、窒素・アルゴンの混合物（IG-55、Argonite）および窒素・アルゴン・二酸化炭素の混合物（IG-541、Inergen）の 3 種類である。これらの消火剤の消火原理は、空気中の酸素希釈作用と不活性ガスの炎からの吸熱作用によるものである。窒素およびアルゴンは、その気体のみの作用では二酸化炭素のような人体に愛する危険性はないとされている。表 1 に、不活性ガス消火剤の種類と物性について示した。

不活性ガス消火設備は、ガス圧によって消火剤をそのまま放出するものであり、消火剤貯蔵容器、起動用ガス容器、消火剤の放出口（噴射ヘッド）およびこれらを接続する配管と各種制御弁から構成されている（図 16 参照）。

消火剤の所要量は、種類に応じて、窒素の場合、防護区画容積[m³]の 0.52 倍、窒素・アルゴンの混合物の場合 0.4766 倍、窒素・アルゴン・二酸化炭素の混合物の場合 0.472 倍を乗じた量以上である。不活性ガス消火設備に求められる性能の 1 つに、「容器に貯蔵されている消火剤量の 90%を 1 分以内に放射できること」がある。消火設備は、上述の通り、各種流体機器から構成されているが、消火剤の流路の大部分を占めるのは配管系である。すなわち、管路系流体解析手法を不活性ガス消火設備に適用することで、その性能評価を行うことができる。

具体的には、30MPa に至る高圧力で消火剤を充填している貯蔵容器から、容器弁、オリフィス、選択弁、噴射ヘッドまで、配管を流れるガスの熱流動を計算する。その場合、消火設備の起動初期には、容器弁、オリフィス、噴射ヘッド等で臨界流れの状態であり、起動から数十秒後には低速流れの状態となっていることが想定される。さらに、容器弁の圧力制御機能や噴射ヘッドおよびオリフィスの流動特性を考慮する必要がある。また、計算結果から噴射ヘッドやオリフィスを自動的に選定するしくみも構築できる。

表 1 不活性ガス消火剤の種類と物性[7]

消火剤	化学式	分子量	定圧比熱 (kJ/(mol・℃))	消炎濃度 n-ヘプタン (vol%)
IG-100 (窒素ガス)	N ₂	28.0	29.1 (16℃)	33.6
IG-541 (Inergen)	N ₂ : 52% Ar : 40% CO ₂ : 8%	34.4	26.6 (16℃)	35.6
IG-55 (Algonite)	N ₂ : 50% Ar : 50%	34.0	19.5 (16℃)	37.8

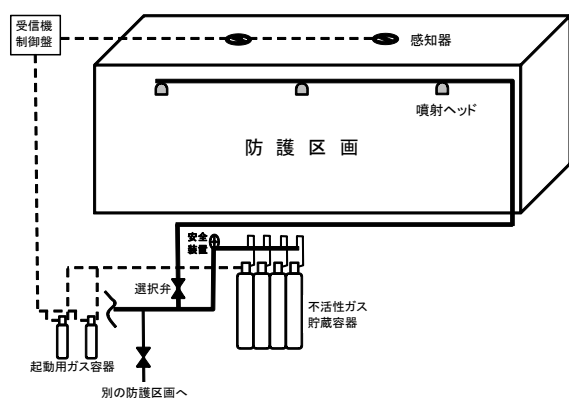


図 16 不活性ガス消火設備の例

6. BIM (Building Information Modeling)

本章では、主に建築設計の分野で注目されている BIM について紹介する[8][9]。

6.1. BIM とは

BIM とは、Building Information Modeling の略称であり、コンピューター上に作成した 3 次元の形状情報に加え、室などの名称や仕上げ、材料・部材の仕様・性能、コスト情報等、建物の属性情報を併せもつ建物情報モデルを構築することである。

構造情報のほか、さまざまな情報を 3 次元建物モデルに集約・統合した「3 次元の建築情報データベース」である。

6.2. BIM の特徴

図面上に建物の形や大きさ、材質などの設計情報を表現していた従来の方法に対し、BIM は建物の 3 次元モデルの中にこれらの設計情報を属性情

報として統合している点が特徴である。BIM モデルはエネルギー解析や構造解析などに幅広く適用できる。

いわゆる CG (コンピューターグラフィックス) は見える部分だけをモデル化するのに対し、BIM では柱や梁、鉄骨、配管、空調ダクトといった壁や天井の裏に隠れたところまで忠実に 3 次元でモデル化する点が大きく異なる。

BIM モデルを用いると、ある階で水平方向に切断すると外壁や仕切り壁、柱、エレベーターなどの断面が現れ、「平面図」になる。BIM モデルを外から見ると「立体図」、鉛直方向に切断すると「断面図」になる。これらの図面は、1 つの BIM モデルから切り出すため、従来の図面のような不整合が起こらない。

6.3. 建物データベース

建物の形や構造などを 3 次元でモデル化することは、従来の 3 次元 CAD でも可能である。BIM の特徴は、壁やサッシ、ドアなど、建物を構成する部材ひとつひとつに「属性情報」(プロパティ)というデータが入力されていることである。

このため、BIM モデルはエネルギー解析や構造解析用のソフトウェアの入力データとして使用することができる。例えば、エネルギー解析に必要な建物の大きさや熱伝導率などの情報を BIM モデルから直接読み取ることが可能である。

6.4. BIM をめぐる動き

2007 年米国連邦調達庁 (The General Services Administration:GSA) が BIM による納品を要求し始めたことから、BIM が注目されるようになった。さらに、米国建築科学機構 (National Institute of Building Sciences:NIBS) も BIM 活用のためのガイドラインを策定した。

わが国でも、2010 年度から国土交通省により、官庁営繕事業で BIM を用いた設計が試験的に導入されており、ゼネコン各社も積極的に導入を図っている。

BIM により建築物の竣工後も建物データベースを更新・管理することで、設計から解体まで、

ビルのライフサイクルをとらえて効率的に管理・修繕ができるようになる。

6.5. BIM を利用したソフトウェア

意匠設計の分野において、多数の BIM ソフトウェアが開発されている。意匠設計以外では、設計図書の作成など建築確認申請に係わる業務で幅広く利用されている。

より数値計算分野に近い領域に目を向けると、構造設計、構造解析、設備設計、気流解析、エネルギー解析用の BIM 関連ソフトウェアが開発されている。

例えば、気流解析ソフトウェアは、意匠設計用 BIM ソフトウェアで設計した建物の外形や間取り、開口部の位置・大きさなどを 3 次元のまま読み込み、通風や換気などの解析を行う。BIM ソフトウェアとのデータのやりとりは、IFC 形式や DXF 形式などを用いている。

エネルギー解析ソフトウェアは、建物の形状や向き、開口部の位置、断熱性能などが入った BIM モデルを読み込み、月ごとの空調負荷や消費エネルギーの量、光熱費などを計算する。

そのほか BIM 関連ソフトウェアとしては、火災時にビル内の人が避難する経路や時間などを解析する避難解析ソフトウェアや、さまざまな BIM モデルや地形モデルを読み込んで車や人の動きを再現するバーチャルリアリティソフト、積算ソフトなどがある。

これまでは、気流解析ソフトウェアにより、建物の空調性能を確かめる 3 次元熱流体解析を行うことは、データ作成や解析条件設定の手間を考えると一部の専門家に限られる作業だった。

このような解析をより手軽に行えるようにするため、空気調和・衛生工学会の換気設備委員会 BIM・CFD パーツ化小委員会では、2010 年から 3 年間の計画で、吹き出し口などのパーツ化の基準策定作業を進めている。吹き出し口などのパーツには、CFD 解析に必要なデータが既にインプットされている。

6.6. BIM を利用した管路系流体解析

6.5 では、建物の空調性能を確かめる 3 次元熱流体解析において BIM が活用されている例を示した。ここでは、これまで実現していなかった BIM の管路系流体解析分野への応用の可能性について言及する。建物内の気流解析のためには、空調機器から吹き出す気流の方向や速度、圧力、温度などのデータを設定する必要がある。BIM データを利用することによりそれらが簡単に設定可能になるということは、管路系流体解析に必要な入力データも容易に設定できることになる。

筆者らが考える、BIM が適応可能な建築施設における配管系と評価項目を表 2 に示した。

表 2 管路系流体解析ニーズ

適用配管	評価検討項目の例
空調用ダクト	空調方式の検討
給水管	末端水圧の検討
給湯管	末端水圧、末端温度の検討
ガス管	末端ガス圧の検討
排水管	通気管設置の検討
消火管	加圧送水装置の検討
ガス消火系配管	消火ガス送出性能の検討

7. 実際の建築施設の管路系流体解析事例

実際の大規模建築施設を対象にした管路系流体解析のイメージをつかんでもらうため、空気調和設備と給水系設備の解析事例を紹介する。

6.6 節で述べたように、BIM と連携することで、将来はこのような解析がワンタッチで行えるようになるだろう。

7.1. 空気調和の管路系流体解析

空調用配管系を対象にした管路系流体解析の例を示す。このような事例は、BIM と 3 次元熱流体解析の組合せでは膨大な計算時間を要するため、管路系流体解析が適している例である。

管路系モデルの模式図を図 17 に示す。図の左上に水槽とポンプがあり、ここから空調用の温冷水が各フロアに回り、図では楕円で示した空調機

に達した後、再び左上へと循環する。

空調機は、管路系の流れに対して抵抗として作用し、各所に分布した抵抗により流量分布が決まる。この抵抗はバルブ操作で変更できるため、各部のバルブの開度設定によって、意図した流量分布に調整できる。

このようなビルの空調用配管系を対象に、図面等のデータに基づいて入力データを作成し、ポンプ流量条件を設定して圧力・流量分布を求める。

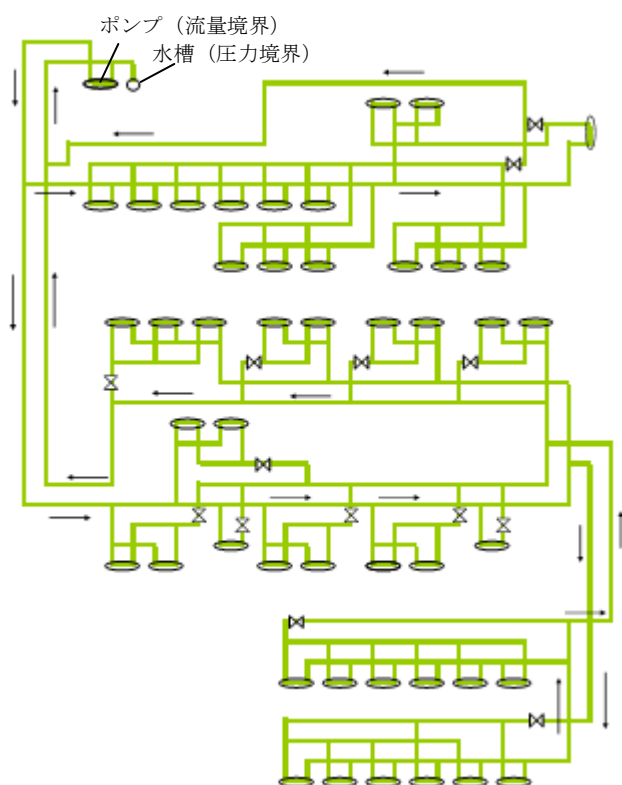


図 17 空調用配管の例の模式図

・配管

図面データに基づいて配管の接続状態を整理し、各部の長さを調整したうえで、流量係数を設定する。

・送水ポンプ

流量境界で模擬する。

・水槽

圧力境界で模擬する。

・空調機の冷温水弁

バルブを設定し、バルブの CV 値に基づいて、損失係数に変換して設定する。空調機の圧損特性（流量・圧損グラフ）は、損失係数に変換して設定

する。

この事例では、空調機の冷温水弁の開度を変更した場合の末端流量分布が得られる。また、各弁の開度設定パターンによって、末端流量分布がどう変わるかの検討に利用できる。

7.2. 給水管の管路系流体解析

商業施設の給水系設備を模擬した計算シミュレーション例である。図 18 に示す 3 階建ての商業施設を想定する。給水はポンプにより圧送されている。このような体系を管路系定常解析ソフトウェア Advance/FrontNet/Λ を用いて計算するために図 19 のようにモデル化した。

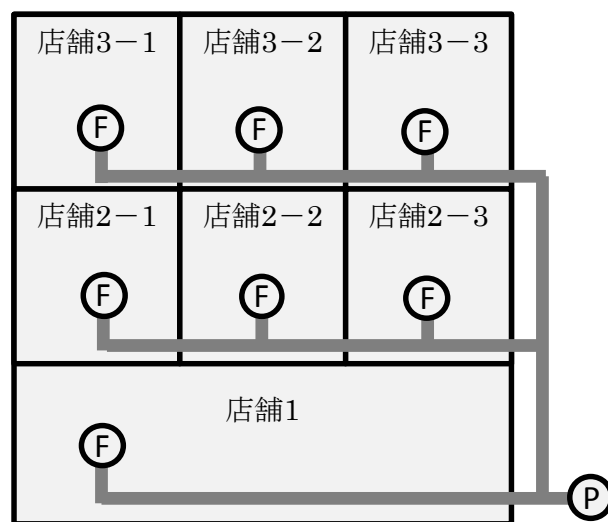


図 18 適用対象の商業施設

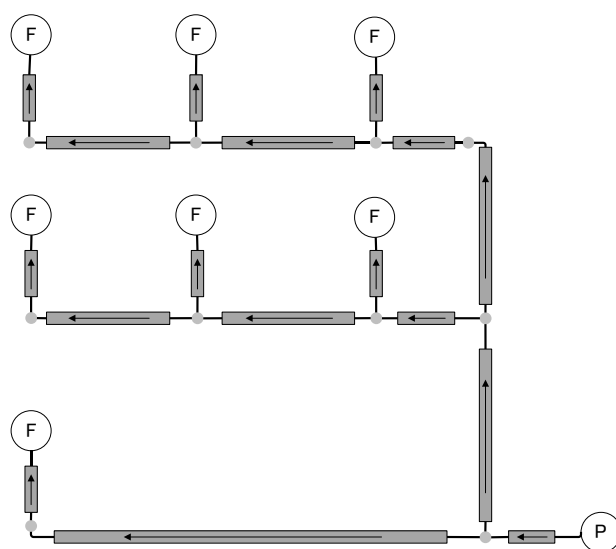


図 19 管路系計算のモデル

計算条件を表 3 に示す。ポンプ性能の検討のため、入口圧力（ポンプ吐出圧）は固定値を与え配管の末端圧が負圧にならないか調べる。ここでは、水道使用量について大消費型と小消費型の 2 タイプに分け、図 20、図 21 に示す日変化を仮定した。計算は、3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 時に対して行った。

表 3 計算条件

項目	数値
管径	13~500 mm
管長	10~50 m
2 階高さ	6 m
3 階高さ	12 m
入口圧力	400 kPaG (G はゲージ圧)
入口温度	15 °C
消費流量	大消費型 (1, 2-2, 3-1) 小消費型 (2-1, 2-3, 3-2, 3-3)

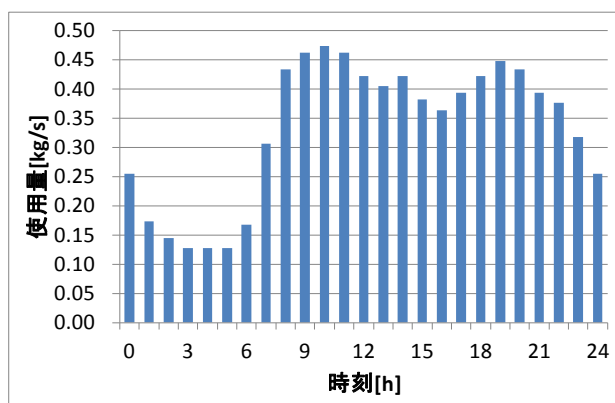


図 20 消費流量(大消費型)

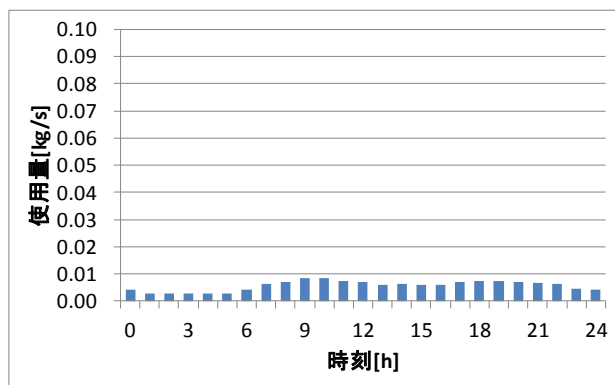


図 21 消費流量(小消費型)

各時刻に対する計算結果を表 4 に示す。ここで、表の位置は図 18 の位置と対応する（例として表中に‘店舗 3-1’を示した）。各店舗における水圧は 9 時に最低圧力を示した。店舗 3-1 は最上階で大流量の消費をする店舗のため、他の店舗に比べ最も低い圧力になった（表 5）。

表 4 計算結果（末端圧力[kPaG]）

3 時			
店舗 3-1	273.2	286.7	289.7
	345.5	334.8	348.5
391.1			
6 時			
	262.0	283.9	288.6
	342.7	325.4	347.4
380.0			
9 時			
	117.9	248.1	275.5
	307.0	203.3	334.4
237.7			
12 時			
	144.0	254.7	277.9
	313.5	225.5	336.8
263.3			
15 時			
	168.1	260.7	280.1
	319.5	245.9	339
287.1			
18 時			
	143.9	254.6	277.8
	313.4	225.4	336.7
263.3			
21 時			
	161.3	259	279.5
	317.8	240.1	338.3
280.5			
24 時			
	230.9	276.3	285.8
	335.1	299.1	344.7
349.2			

表 5 各店舗の最低圧力[kPaG]

117.9	248.1	275.5
307.0	203.3	334.4
237.7		

給水管を対象とした事例では、上記の定常解析により、ポンプの吐出圧の検討に役立てることができる。管路系流体解析は、さらに複雑な管路系やループが存在する管路網を扱う場合に威力を発揮する。

8. おわりに

LNG パイプラインや水道管網など公共インフラを対象とした管路系流体解析については、本誌“天然ガスと管路系流体解析”や“管路系流体過渡解析ソフトウェアの紹介”で紹介したように、多数の適用事例がある。

本稿で紹介した大規模建築施設の配管系を対象とした管路系流体解析は、今後の発展が期待できる分野である。特に、現在急速に普及しつつある BIM を利用することで、管路系流体解析ソフトウェアがより適用しやすい環境が整いつつある。

アドバンスソフトでは、今後、大規模建築施設を対象とした管路系流体解析の分野に積極的に取り組んでいく。

参考文献

- [1] 空気調和・衛生工学会(編), “空気調和設備の実務の知識 (改訂第 3 版)”, オーム社, (1987)
- [2] 西野悠司, “トコトンやさしい配管の本”, 日刊工業新聞社, (2013)
- [3] 設備と管理編集部(編), “ビル設備百科早わかり”, オーム社, (2006)
- [4] オーム社(編), “消防設備のしくみ”, オーム社, (2007)
- [5] 消防科学総合センター, “改訂 消防用設備のしくみとはたらき (消火設備編)”, (財)消防科学総合センター, (2000)

- [6] 自治省消防庁予防課長通知, 消防予第 193 号, 消防危第 117 号, “二酸化炭素消火設備の安全対策について (通知)”, 平成 8 年 9 月 20 日, (1996)
- [7] 岡田潤, “新しい消化設備(3)ガス系消化設備”, 空気調和・衛生工学, 第 75 巻, 第 8 号, (2001)
- [8] 山梨知彦, “BIM 建設革命”, 日本実業出版社, (2009)
- [9] 家入龍太, “最新 BIM の基本と仕組み”, 秀和システム, (2012)

※技術情報誌アドバンスシミュレーションは、アドバンスソフト株式会社 ホームページのシミュレーション図書館から、PDF ファイルがダウンロードできます。(ダウンロードしていただくには、アドバンス/シミュレーションフォーラム会員登録が必要です。)