轍

～わだち～

設備屋の足跡

金　田　勝　美

は　じ　め　に

2020年はコロナ禍の中、慌ただしく、そして、寂しい１年になりました。かつて経験したことのない日々を過ごしました。人と人が交流する「当たり前の日常」が喪失し、子供達の大事な入学式・卒業式、人生の節目になる結婚式、そして、大事な人との別れの葬儀など、生きるための大切な営みが、哀しいほどに様相を変えてしまいました。「ステイホーム」が叫ばれ、家庭が中心になり、弊社も「テレワーク」業務に移行しました。必然的に、人との接触機会が少なくなり、県外担当者との打合せを避けるなど、業務遂行上で細部の調整に四苦八苦する日々を過ごしました。

マスク・手洗い・うがいの三原則が習慣となりました。感染抑制の観点では、確かに大きな効果がありました。俯瞰的に見れば、日本人の素晴らしい遺伝子(真面目に三原則を遵守する)が救いになったように思います。一方、コロナ警察など、悲しい現実もありました。人の有り様に、落胆と戦慄さえ覚えました。何かと考え深い１年を過ごす中で、筆者なりに感じることがありました。それは、「伝える」作業の必要性でした。人生の先輩から後輩に手渡す「技術のバトン」であります。

「ステイホーム」中は、急ぎの連絡も少なく、自分の歩みを振り返る貴重な時間になりました。思い起こせば、多くの知識を諸先輩から授かりました。何気ない雑談や酒席での会話が、どれほど有意義であったか。また、同期や後輩とのチーム業務からも、大切な経験を得ることができました。感謝の念しかありません。技術は伝承することが大事です。「受けた恩は返すことが当たり前」、培った設備技術者の知識を次の世代に伝えたい。そんな身の程知らずな思いを抱き、「設計ノート」の執筆作業に挑戦しました。

この「設計ノート」は、今までに積み上げてきた「EE 通信」や勉強会の資料を基に、自分なりの経験を要所に鏤めました。結びになりますが、大分の設備業界を担う若い技術者にとって、些少でも参考になることを願って已みません。

令和３年６月　金田　勝美

目　　次

第１章　給水設備（Water supply equipment）編 ……Page 1

第２章　給湯設備（Hot water supply equipment）編 ……Page 7

第３章　排水設備（Drainage equipment）編 ……Page13

第４章　空調設備（Air conditioning equipment）熱負荷計算（Heat load calculation）編 ……Page21

第５章　空調設備（Air conditioning equipment）配管・ダクト（Plumbing and Duct）編 ……Page32

第６章　換気設備（Ventilating equipment）編 ……Page37

巻末資料　SI 単位換算 ……Page43

第１章　給水設備（Water supply equipment）編

１－１　はじめに　～　給水設備の仕事とは

朝目覚め、当たり前のように「洗顔とうがい」をする。眠気が消え去り、喉越しの水の美味しさは一日の活力になる。何気ない所作の多くで、水の恩恵を受けている。水資源に恵まれた日本に生まれたことに感謝しかない。設備業界に身を置く一員として、「給水設備の設計は人の営みを守り育てること」、この意味を大切にしたいと思う。

給水設備の設計に際しては、衛生器具の技術革新（節水）を理解する必要がある。設計の根幹を成す給水負荷単位は、1940年代に米国のハンター（Roy. B. Hunter）が提案した考え方に基づいている。その後、ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）やSHASE（日本空気調和・衛生工学会）で体系化され、現在に至っている。注意すべき点は、その算定根拠が、近年の節水技術を反映した内容と異なることである。つまり、設備技術者は「日常生活の営み」を第一義に、独自の工夫を加えることが重要となる。この設計ノートには、筆者が検討した設計事例を可能な限り紹介している。些少でも、若い設備技術者の参考となり、筆者の工夫を踏み台に大分の地から新しい知識が育つことを心より願っている。

１－２　給水の供給方式と届出

一般に、給水の供給は水道事業体に依存するが、敷地状況や給水料金（水道事業体毎に異なる）を鑑み、時には井水（自己水源）を使用することもある。この場合の水質は、水道法（第４条に基づく厚生労働省令第69号）の基準に適合することが条件になる。

○上水道（水道事業体）　～　水量・水槽容量など水道事業体の基準に準じる

　受水槽容量　10㎥超（簡易専用水道）・10㎥以下（小規模貯水槽水道）

○井水（自己水源）　～　飲料・シャワー系統の場合、地方自治体への届出・許可が必要

　最大給水量　20㎥超（専用水道）　　給水人口101人以上

　最大給水量　20㎥以下10㎥超（給水施設）　給水人口100人以下

　（届出・許可書類は設計時（図面・水理計算・水質検査など）に提出する）

１－３　給水方式の決定

給水方式は、建物用途及び給水本管口径などの情報を基に決定する。

（１）水道直結方式　～　水道事業体の基準（大分市上下水道局給水装置テキスト）

①直結直圧式　住宅は３階建（年間最小動水圧）0.196MPa（2.0kg f/㎠）

　　その他３階建（年間最小動水圧）0.196MPa（2.0kg f/㎠）

　　４階建（年間最小動水圧）0.245MPa（2.5kg f/㎠）

　　５階建（年間最小動水圧）0.294MPa（3.0kg f/㎠）

※末端器具圧力0.098MPa（0.5kg f/㎠）、給水本管深さ1.2m で水理計算

※直結方式（住宅以外）を採用する場合は事前相談が必須

※直結方式が採用不可な建物

・ホテルなどの一時的使用水量の多い建築物

・病院などの一定量の保有水量が必要な建築物

・24時間営業などの断減水による影響の多い建築物

②直結直圧式（高置水槽式）　５階建以下の建物に適用

※高置水槽までの水理計算（受水槽設置スペースがない場合に採用）

③直結増圧式　建物３階～10階建（年間最小動水圧）0.196MPa（2.0kg f/㎠）

増圧設備分岐管20㎜～50㎜（原則配水管の２口径小）

分岐配水管口径75㎜以上（75㎜の場合は管路網形成が条件）

管内流速2.0m/s 以下、瞬時最大給水量250L/min 程度

④上記方式検討時に採用する参考値（大分市上下水道局給水装置テキスト）

・同時使用率を考慮した給水使用器具数

総使用器具数	1	2～4	5～10	11～15	16～20	21～30	31～40	41～50
同時使用器具	1	2	3	4	5	6	7	8

※以降、総給水器具数10に対して、同時使用器具数１の増加を考慮

・代表的な器具使用水量（水理計算時）

手洗器５L/min　洗面器８L/min　台所・洗濯流し12L/min

大便器（ロータンク）12L/min　小便器（FV）15L/min

（２）受水槽方式　～　通常は加圧給水ポンプ方式（高置水槽なし）の採用が多い

①受水槽有効容量　１日計画使用水量/１日使用時間×４～６（通常５）

※建築設備設計基準　時間最大給水量（時間平均×２）×２

②高置水槽有効容量　１日計画使用水量/１日使用時間×0.5～１（通常１）

※建築設備設計基準　時間最大給水量（時間平均×２）×２

③加圧給水ポンプ　～　圧力変動（シャワー）を考慮すれば、推定末端圧一定型を採用

給水量　瞬時最大給水量（器具負荷単位より算出）

※建築設備設計基準　瞬時最大給水量（時間最大×1.5）/60min

※使用形態が予想できる場合、同時使用率を考慮した水量を採用

④揚水ポンプ　～　通常はユニット型を採用

揚水量　時間最大給水量　※高置水槽有効容量/20min の揚水量も有

⑤上記方式検討時に採用する参考値（大分市上下水道局給水装置テキスト）

・１日計画水量と使用時間の代表例

用途	単位給水量	使用時間	用途	単位給水量	使用時間
集合住宅	270Ｌ/人	15H	事務所	80Ｌ/人	9H
総合病院	45Ｌ/㎡	16H	飲食店	300Ｌ/㎡	10H
スーパー	20Ｌ/㎡	10H	学　校	80Ｌ/人	9H

☆「おじいさんの知恵袋」　～　基準水量と実態水量の比較（筆者検討資料より）

①共同住宅（RC 造９Ｆ建：１Ｆ事務所他・２～９Ｆ共同住宅）

１日計画水量　水道局テキストに準拠

４人/戸×60戸×270L/人＋４人/ヶ所×７ヶ所×80L/人＝67㎥/日

使用実態（入居）を考慮　　67㎥/日×0.8＝54㎥/日

１日計画水量　使用実態を考慮　～　給水使用量測定（２週間）を実施

21～26㎥/日（24㎥の日がほぼ半数）の結果を得る

受水槽有効容量　水槽改修時に反映（水道局担当者と相談）

18㎥/日（基準値準拠）→12㎥/日（実測値26㎥/15H×５H×1.25×1.1）

□結果：約35％の受水槽容量減（設計 VE）で改修工事が完了

②特別養護老人ホーム（RC 造３Ｆ建・延床面積4,521㎡の建替）

定員92人＋ディサービス12人

１日計画水量　水道局テキストに準拠した計画水量と筆者作成資料を比較検討

○計画水量（総合病院）800～1500L/床を採用すると、約73～138㎥/日

○筆者資料（人員及び器具使用水量の予想値：約34㎥/日）で水道局担当者と相談

入所者は共同住宅使用量（270L/人）、職員は事務所使用量（100L/人）の合算値

給水量30㎥/日で決定　～　竣工後に確認した給水使用量は約30㎥/日

受水槽有効容量　約12㎥（建替時の敷地状況から受水槽の設置は無理）

直結直圧式（高置水槽式）の採用　～　高置水槽までを水理計算

高置水槽有効容量　約6.6㎥（時間平均給水量×２H×1.5）

※既存量水器40㎜、引込管以降高置水槽までの配管口径50㎜に変更

□結果：約50％の水槽容量減（設計 VE）で建替工事が完了

③中学校（RC 造３Ｆ建・建替）

将来予測　生徒数468人＋職員数29人＋地域交流利用者40人

１日計画水量　水道局テキストに準拠

（468＋29）人×80L/人＋40人×15L/人＝40㎥/日

１日計画水量　使用実態を考慮　～　測定（４週間）と検針（２年間）データを整理

測定値　11.4～16.2㎥/日　検針値（平均）　16.4㎥/日

単位給水量の推定値　測定時生徒数461人・職員数29人

16,400L/（461＋29）人×1.25＝42L/人　～45L/人

１日計画水量　単位推定値に準拠（水道局担当者と相談：80L/人→45L/人）

（468＋29）人×45L/人＋40人×15L/人＝23㎥/日

受水槽有効容量　約13㎥（基準値準拠の場合約23㎥）

□結果：約45％の水槽容量減（設計 VE）で建替工事を完了

１－４　給水管の口径決定

加圧給水ポンプ及び高置水槽以降の給水管の管径は、①器具負荷単位と等摩擦抵抗法、②均等法（各階で必要圧力が確保されている条件下）で決定する。通常は各平面系統が均等法、それ以外は器具給水負荷単位に基づく選定方法を採用する。

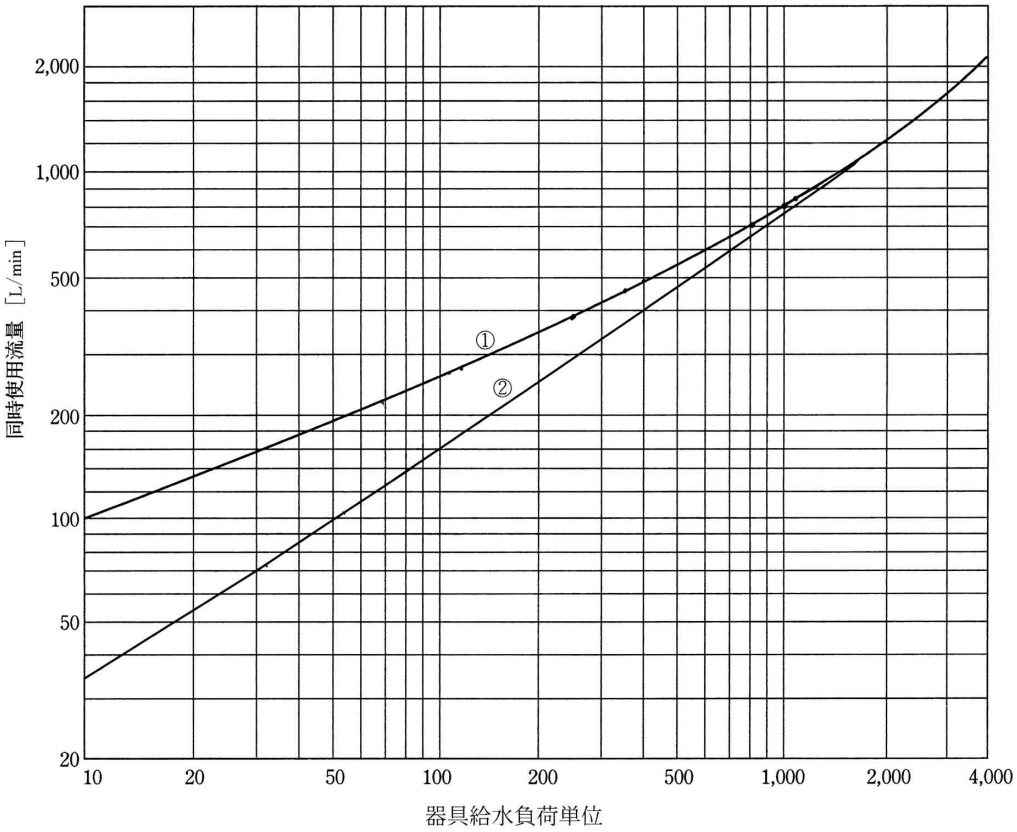
○器具給水負荷単位を用いる給水管口径の決定　～　図１－１・図１－２を参照

・器具給水負荷単位の代表例

器具	水栓	器具給水負荷単位		器具	水栓	器具給水負荷単位	
		公衆用	私室用			公衆用	私室用
大便器	タンク	5	3	台所流し			3
〃	洗浄弁	10	6	料理流し	給水	4	2
小便器	洗浄弁	5		〃	湯水混合	3	
洗面器		2	1	掃除流し		4	3
手洗器		1	0.5	シャワー		4	2

※大便器（FV）接続配管長は短くする（瞬時最大給水量105L/min・接続口径25㎜）

・器具給水負荷単位（合計値）による同時使用水量



①：大便器洗浄弁使用の場合（小便器洗浄弁を除く）

②：洗浄タンク使用の場合

備考　事務庁舎では、曲線②で同時使用流量を求めてよい。

図１－１　給水負荷単位同時使用流量線図　～　建築設備設計基準より抜粋

各系統の給水負荷単位を累計し、同時使用流量線図（図１－１）より、給水同時使用水量を求める。一例として、大便器（タンク方式）採用の場合、曲線②を用いるので、器具給水負荷単位200の給水管では、同時使用水量250L/min と算定する。次に、硬質塩化ビニールライニング鋼管の場合、配管摩擦抵抗線図（図１－２）より給水管口径65A（推奨流速を目安)、管内流速1.3m/s、摩擦抵抗0.3kPa/m（30㎜ Aq/m）を求めることができる。

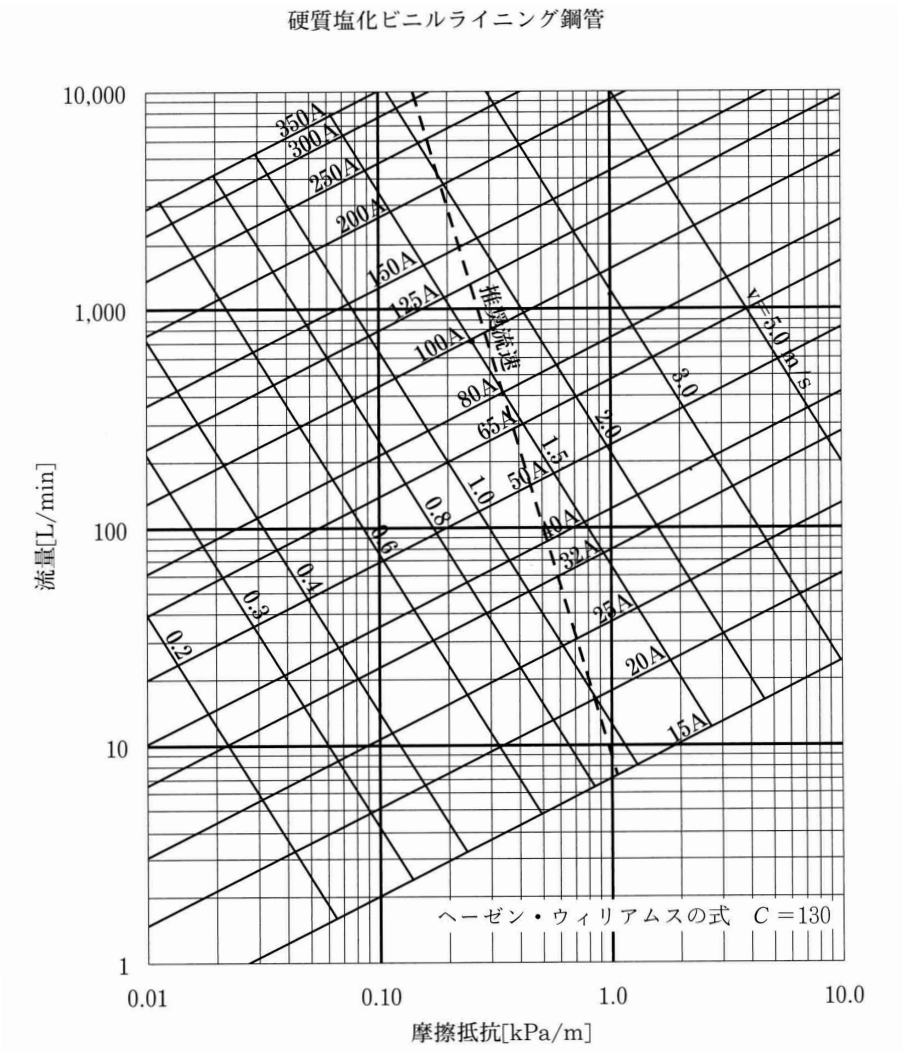


図１－２　配管摩擦抵抗線図　～　建築設備設計基準より抜粋

○均等法を用いる給水管口径の決定

配管の15A 換算値と同時使用率を用いて、給水管の口径を決定する。

・管均等法の代表例（硬質塩化ビニールライニング鋼管）

	15A	20A	25A	32A
15A	1			
20A	2.5	1		
25A	5.2	2.1	1	
32A	11.1	4.4	2.1	1
40A	17.2	6.8	3.3	1.5
50A	33.7	13.9	6.4	3.0
65A	67.3	26.8	12.8	6.1

・器具の同時使用率（%）

	1 個	2 個	4 個	8 個	12個	16個
大便器（FV）	100	50	50	40	30	27
一般器具	100	100	70	55	48	45
	24個	32個	40個	50個	70個	100個
大便器（FV）	23	19	17	15	12	10
一般器具	42	40	39	38	35	33

※大便器（FV）と一般器具に分けて、同時使用率を考慮

・器具の接続口径

大便器（FV）・汚物流し（FV）25A

浴槽バス水栓・掃除流し　　20A　その他器具　13A

１－５　最新の節水型器具と器具給水負荷単位の適用

世界全体の水不足を受け、近年の衛生器具の節水化は著しく、1980年代と比較すると使用水量の減少は顕著である。代表的な器具の節水化として、次の内容がある。

・大便器（タンク式）　13L（～2000年）→８L（～2004）→4.8L

※専用洗浄弁式（タンクレス）の場合3.8L、洗浄弁式（FV）は従来通り約９L

・小便器　　4L（従来品）→2.8L（専用洗浄弁式）→0.8L（マイクロセンサー式）

・シャワー　10L/min（従来品）→6.5L/min（エアーイン節水クリック付）

・混合水栓　　エコシングル機能（水と湯の使い分け）　節湯効果30%（燃料削減効果大）

・自動水栓　　自動感知式による節水化

節水型器具と器具負荷単位との関係性を論じた文献として、「節水型大・小便器への器具負荷単位の適用（第一報）空気調和・衛生工学会学術講演論文集2018.9」がある。

大便器及び小便器の給水特性をハンターの手法に準じ整理し、各瞬時最大流量に対する重み付けを加え、器具給水負荷単位の提言を行っている。主な提言を下記に紹介する。

・大便器（タンク式）　給水負荷単位　5→２　※約60%低減

・大便器（洗浄弁式）　給水負荷単位　10→２　※約80%低減

・小便器（洗浄弁式）　給水負荷単位　5→２　※約60%低減

建物用途に応じて、器具内容が異なり、一概には言えないが、集会施設・学校・事務所などは、上記結果を参考に、低減率を考慮し、実態に近づける工夫が求められる。このことは、弊社の設計事例でも同様な結果になっている。

集会所や学校の場合、トイレの使用時間が集中するため、大便器の選定で給水時間が重要な要素になる。論文集の中から、給水使用時間の測定結果を参考に紹介する。

・大便器（タンク式）　給水時間32～44秒　※専用洗浄弁式14～23秒

※衣服を整え、次の利用者との交代時間は通常１分程度になり、タンク式でも支障は生じない

第２章　給湯設備（Hot water supply equipment）編

２－１　はじめに　～　給湯設備について

「50年に一度の集中豪雨が・・・」テレビ画面から、声高な気象予報士の天気予報が聞こえる。画面が切り替わり、氾濫した河川や崩落した斜面の映像、否応なしに激変した地域の惨状が伝わる。自然はあまりに無慈悲だ。追い打ちを掛けるように、１時間最大降雨量の数値（100㎜）が淡々と予想される。脅威そのものの雨量が。せめて、被害の少ないことを祈るしかない。何かを変えないといけない。微力ではあるが、設備技術者なりの方策を見つけたい。考えつくのは、省エネとCO_2対策、環境問題への取り組みは必須。経済との調和を図り、施主と社会に貢献できる給湯システムを構築することに、微力ながら努力していこう。

一日の疲れを入浴で癒やす、温泉であれば尚更。古来、日本人は入浴が大好きだ。たっぷりの湯に身を浸し、心身を解放する。この入浴習慣は、諸外国に例を見ない、水資源に恵まれた日本独特のスタイルである。その顕著な効能は、高齢者介護の入浴サービスに見られる。「ありがたや、極楽じゃあ～」と、思わず呟く高齢者の心の声が、今にも聞こえてくる。人生の先輩方に喜んで貰える給湯システムを提供できることは、設備技術者冥利に尽きる。ただ、お湯張り時間や浴槽温度の保持など、技術者が乗り越えるべき課題は多い。積年に渡る実務を通し、些少でも解決策の一端に触れることができた。時には思惑が外れ、次回の課題とした内容もある。文章化する難しさを承知の上で、あくまで私見との断りを入れ、給湯設備を設計・施工する道標を綴りたい。地域で頑張る、次代を担う設備技術者に役立つことを願いながら。

２－２　給湯方式

給水を加熱して、所定の給湯温度にする。物理的には、水に熱を加える伝熱作用である。古来は、やかんや鍋などを道具とする直接加熱であったが、その後、ボイラーやガス給湯器での間接加熱になり、技術革新の進んだ昨今は、省エネ性に優れたエコキュートやエコジョーズ(潜熱回収型ガス給湯器)が、給湯機器として開発されている。

給湯方式は中央式と局所式に分類される。従来、大規模施設や浴場施設などでは中央式が採用されていた。一方、近年は給湯機器の熱効率向上や多種類化などもあり、大規模施設においても、省エネルギーの観点から局所式の採用が増加している。局所式の場合、給湯配管の温度低下や給湯温度毎のゾーニング面では利点があるが、給湯箇所の同時使用率を考えると、中央式に比べ給湯機器容量が大きくなる傾向にある。

〇給湯方式の種類と特徴

分類	中央式	局所式
特徴	機械室に機器を設置し、循環配管で供給	給湯使用ゾーン毎に給湯機器を設置
給湯機器	ボイラー・貯湯槽・循環ポンプなど	ガス給湯器・電気温水器・エコキュートなど
適用範囲	大規模施設や浴槽で全館給湯	小規模施設や温度管理体制が異なる場合

２－３　給湯温度と給湯装置

給湯器具の使用温度は、洗面40℃・シャワー42℃、飲料用90℃が目安となる。貯湯槽を設置する場合は、レジオネラ属菌対策で貯湯温度60℃以上とする。エコキュートや電気温水器は、貯湯温度を最大限（90℃）高くできる。貯湯温度が高いと、給水との混合比率が小さく、効率的な給湯使用が可能になる。ただ、外気温度や使用量の予測などの不確定要素も多く、制御性を考えると適宜な（夏冬切り替え）温度設定の変更が望まれる。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　貯湯温度と混合割合

・貯湯温度90℃、給湯温度42℃、給水温度５℃

（90－42）×給湯量Ａ＝（42－５）×（１－Ａ）→給湯45％・給水55％の混合

・貯湯温度60℃、給湯温度42℃、給水温度５℃　※貯湯温度90℃に比べ22％の給湯量増加

（60－42）×給湯量Ａ＝（42－５）×（１－Ａ）→給湯67％・給水33％の混合

給湯装置のカタログを捲る時、隔世の感がある。鋼板製ボイラー（熱効率80～85％）に馴染み、次に、真空式や無圧式ボイラー（熱効率85～90％）が選定の主要機種になった。給湯装置の技術は日進月歩を遂げ、エコジョーズ（潜熱回収型ガス給湯器）やエコキュート（ヒートポンプ型給湯器）など、省エネ性に優れた機器が次々に開発されてきた。代表的な給湯装置の説明を下記に簡単に示す。

□エコジョーズ（潜熱回収型ガス給湯器）　※リモコン設定温度80℃（最大）

燃焼ガスの潜熱を回収し、熱効率を向上したガス給湯器（熱効率95％、従来は最大85％）

マルチ型の組み合わせが可能で、50号×10台セットでは給湯能力872KW となり、大規模施設の中央式にも採用が可能になっている。マルチ型の場合、機器を複数台設置するため、能力制御や故障対応に優れた特性がある。また、給湯循環を考慮したシステム、即出湯ユニットを組み込んだ機種も開発され、設計・施工の利便性が図られている。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　給湯器の号数

・給湯器号数　温度25℃を上昇する水量　～　32号の場合32L/min

32L/min×60min/h×25℃×１kg/L×4.186KJ/kg・℃/3600KJ/KW＝55.8KW（加熱能力）

※必要ガス給湯器能力を算定する場合　号数＝給湯能力（KW）/1.744KW

□エコキュート（ヒートポンプ型給湯器）　※貯湯設定温度90℃（最大）

自然冷媒（CO_2）の特性で、小水量・高温度差のシステム効率に優れた機種。電気料金の安い時間帯（深夜）に高温貯湯できることや、ヒートポンプの成績係数が高いことから、給湯エネルギーコストが安価になる。大気中の熱を回収するため、寒冷地の場合はシステム効率の低減や冬季外気温度条件など、機種選定には注意が必要になる。大規模施設に対応する業務用機種も開発されているが、価格や設置スペースなど、採用には十分な検討が必要になる。

□真空式温水器・無圧式温水器（ボイラー）

真空式の本体は常に大気圧以下の減圧ボイラー、無圧式は大気圧での熱媒水温度が沸点（100℃）未満の開放ボイラーに該当する。どちらも、取扱技術者（資格）が不要で、維持管理費（人件費）を抑制できる。ボイラーの機能は、熱媒水と熱交換器の間接加熱方式で、熱交換器は複数設置できる。通常は２回路型（給湯・浴槽循環など）の採用が多い。

□貯湯槽　※SUS444製を推奨

同時給湯使用量が多い場合に設置。貯湯量を保有する分、給湯装置能力が小さくなる。

□給湯用循環ポンプ　※SUS 製ライン型を推奨

通常は返湯管側に設置し、配管内の温度低下防止を目的にする。ガス給湯器マルチ＋即湯ユニットを選定する場合、循環ポンプ・膨張タンク・安全弁がセットされているので、システム全体の納まりが容易になる。

□膨張タンク

給水の加熱膨張による安全（過圧防止）装置で、給水方式（重力式または加圧式）により、開放式と密閉式がある。加圧給水ポンプの場合は、密閉式膨張タンクを設置する。

２－４　給湯量の算定と給湯管の決定

給湯量を算定するには、給水量算定と同様に、使用人員による方法（例：ホテル75～150L/日・人）と器具使用による方法がある。実務経験からは、器具使用による方法を推奨したい。給湯器具は種類も少なく、使用形態の想定を行えば、給湯量は容易に算出できる。その上で、省エネや使用勝手の良い給湯システムを構築するには、施設職員への聞き取りが肝になる。何よりも、実状にまさる情報はないのだから。ただ、ホテルや温浴施設など、大規模な入浴施設では、不特定多数の使用であることから、使用人員による方法を採用する方が良い場合もある。

２－４－１　器具使用による給湯量の算定

器具使用水量の目安を、シャワー12L/min・流し類12L/min・洗面器８L/min・手洗器５L/min と考え、使用形態から、同時使用率・１回使用時間（min）・回数（回/h）・１日使用時間（h/日）を掛け合わせ、１日の給湯量を算定する。浴槽がある場合、その容量（満水ではなく、H＝500程度の深さ）を加味するが、特別な配慮が必要な施設がある。介護施設の個浴では、必要に応じた湯換えがあり、その給湯量が大きく、算定に際しては施設職員への確認が重要になる。また、浴槽の給湯量は、条件（浴槽容量・湯張り時間・給湯温度）により大きく異なる結果となる。介護・医療施設の個浴などでは、湯張り時間を20min、ホテル・温浴施設の大浴槽では60min とすることが多い。

○時間最大給湯量 Qhm（L/h）

Qhm＝器具数×給湯量（L/min）×同時使用率×１回使用時間（min）×回数（回/h）

※１日給湯量 Qd（L/日）を算定する場合は、１日使用時間（h/日）を加味する

※同時使用率の参考値　～　実際は経験値での補正を推奨

器具数	１～２	３～４	５～８	９～12	13～16	17～20	21～24
使用率　%	100	83	70	62	60	57	54
器具数	24～30	31～35	36～40	41～45	46～50	51～60	61～70
使用率　%	51	49	48	47	47	46	45

○貯湯量 Qs（L）　～　有効容量なので、貯湯係数（立型0.８・横型0.７）を考慮

中央式の給湯システムを採用し、貯湯槽を設置する場合

Qs＝時間最大給湯量 Qhm×1.0～1.3（余裕率）

※余裕率は適宜に判断する。浴槽容量が大きい場合は余裕率を大きく見込む

☆「おじいさんの知恵袋」　～　介護浴室での一例

・個浴×３（最大250L・通常200L）、シャワー付バス水栓×３・洗い場シャワー×３

浴槽（15min で湯張り）200L/10min×３ヶ所×100％（使用形態考慮）＝60L/min

シャワー他（湯張りとの同時はなし）　12L/min×６ヶ所×70％＝50L/min

時間最大給湯量 Qhm　浴槽湯張りで決定　60L/min×60min/h＝3,600L/h

給湯温度42℃・給水温度５℃とすれば、給湯加熱能力 Hhm は

3,600L/h×（42－５）℃×１kg/L×4.186KJ/kg・℃/3600KJ/KW×1.15＝178KW

☆「おじいさんの知恵袋」　～　給水温度の一例

全国主要都市の月平均市水温度（ソーラーシステム振興協会編）を示す。

地点	１月	２月	３月	４月	５月	６月	７月	８月	９月	10月	11月	12月
福岡	9.9	8.5	10.4	14.0	18.3	21.3	22.8	25.5	24.4	21.8	16.9	12.6
札幌	4.0	3.7	3.5	4.0	7.1	10.8	14.8	18.1	17.8	14.8	9.4	6.4

※資料（全国25地点）、近似的な福岡の年平均市水温度17.2℃

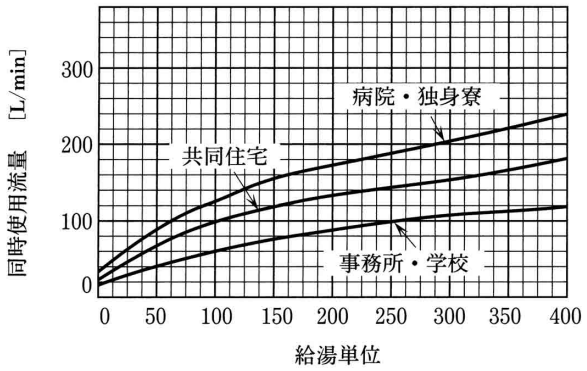
※上記の月平均市水温度の数値から、給湯加熱能力の算定に用いる給水温度５℃は妥当と判断

２－４－２　給湯管の決定

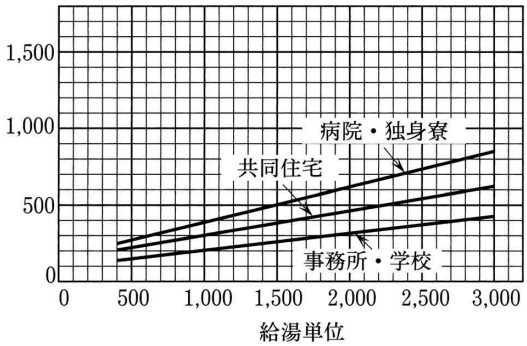
給湯管の口径は、給水管と同様に、小規模（ゾーン毎）の場合は均等表と同時使用率、大規模（系統毎）の場合は、器具の給湯負荷単位と同時使用流量線図から口径を決定する。流速は最大1.5m/s 未満、推奨は1.0m/s とする。

○給湯単位（給湯温度60℃）と同時使用流量線図

	病院（福祉含）	寮（宿泊含）	共同住宅	事務所	学校
洗面器	1.0	1.0	0.75	1.0	1.0
シャワー	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
台所・医療流し	3.0	1.5	0.75	0.75	0.75
洋風浴槽	1.5	1.5	1.5		



(a)



(b)

○給湯管口径の決定

①小規模なゾーン毎　～器具同時使用水量と配管推奨水速（1.0m/s）より算定

器具…シャワーセット（節水）10L/min　管材…耐熱性塩ビライニング鋼管　給湯温度42℃

給湯管（A）	20	25	32	40	50	65
水量（L/min）１m/s	12	25	40	60	110	180
器具数	1	２～３	４～６	７～12	13～25	26～45
同時使用個数	1	2	4	6	11	18

※洗面器８L/min の場合、同時使用個数が大きくなる。給湯温度60℃も同様

②大規模な系統毎　～器具給湯単位と同時使用流量線図より算定

管材…耐熱性塩ビライニング鋼管　給湯温度60℃　推奨水速（1.0m/s）

給湯管（A）	50	65	80	100
水量（L/min）１m/s	110	180	260	320
給湯単位（病院他）	70	220	450	700
給湯単位（事務所他）	300	700	1400	2000
給湯単位（共同住宅）	120	390	700	1700
水量（L/min）1.5m/s	―	―	380	680

※給湯温度42℃の場合、給湯温度60℃に温度補正して考える

③返湯管口径

返湯管は給湯管より２～３口径を小さくする。ただし、循環ポンプ流量からの水速を確認し、1.5 m/s を超える場合は口径を大きくする。

給湯管口径（A）	20～40	50	65	80	100	125	150
返湯管口径（A）	20	25	32	40	50	65	80

○給湯管の伸縮　　※埋設管は極力配管距離を短くする

配管内の温度変化に伴い、配管長さが伸縮する。管径に対する伸縮量は僅少なので、長さ方向の伸縮対策を考慮する。直線配管が長いと、伸縮量による応力が継手や弁類に作用し、配管などの割れが生じる。対策としては、概略の配管伸縮量を想定し、必要に応じてベローズ形または滑り形の伸縮継手を設置する。

・伸縮量Ｒ（㎜）の計算　　※鋼管と比較　SUS 管・銅管約1.7倍、耐熱塩ビ管約７倍

$R = 1000 \times L \times C \times \Delta t$　　L：配管長（m）、C：配管の線膨張係数、Δt：温度変化（℃）

C：鋼管0.00001098、SUS 管0.0000173、銅管0.00001710、耐熱塩ビ管0.00007

・配管種類毎の伸縮量（線膨張量）（㎜/100m）

	温度 0℃	20℃	40℃	60℃	80℃	100℃
鋼管	0	22.0	43.9	65.9	87.8	109.8
SUS 管・銅管	0	34.6	69.2	103.8	138.4	173.0
耐熱塩ビ管	0	140.0	280.0	420.0	560.0	700.0

※伸縮継手の伸縮吸収量約30㎜。目安で鋼管の場合単式で30m、複式で60m に１ヶ所設置

２－５　給湯システムの検討　～　筆者作成資料より抜粋

給湯システムの設計は、経験が増すほどに難しさを実感する。心和む日本の四季、水温や気温が季節毎に変化する。変化する条件下で、省エネ性に取り組む難しさ、技術者の悩みは尽きない。仕事仕舞いを迎える一瞬まで、至らぬ我が身の修業は続く。小さな研鑽の一端を下記に紹介する。

○某施設浴室温泉システムの検討　～　温泉は自然の恵み、ありのままが一番

浴室シャワー・洗面器系統は、ガス給湯器マルチ即湯ユニットタイプを設置

浴槽湯張り温泉及び浴槽循環ろ過装置の加熱熱源の検討

・浴槽　　内湯　　4000×2000×600H　面積8.0㎡・容量4.8㎥×２ヶ所

　　露天風呂　2200×1200×600H　面積2.6㎡・容量1.6㎥×２ヶ所

・温泉湯張り　～　浴槽の清掃・湯張り作業２H（湯張り１H）　※浴槽500H で計算

湯張り量　　（4.0＋1.3）㎥×２×1000L/㎥/60min＝175L/min～10,500L/h

温泉水温度30℃→45℃に加熱　加熱能力 Hhm　余裕係数1.15

10,500L/h×15℃×１kg/L×4.186KJ/kg・℃/3600KJ/KW×1.15＝183KW

□ガス給湯器50号の性能　設定温度60℃以下（50L/min）・65℃以上（25L/min）

加熱能力60℃→45℃　50L/min×60min/h×15℃×4.186/3600＝52.3KW

給湯使用時87.2KW　～　約60％の加熱能力で機器を選定

ガス給湯器　183/52.3＝3.5　～50号×４台マルチを設置

□掛流し湯量15L/min×４ヶ所＜湯張り量175L/min

・昇温能力　～　浴槽放熱量　内湯1.16KW/h·㎡、露天風呂3.48KW/h·㎡

内湯　　8.0㎡×1.16KW/h·㎡×２ヶ所＝18.6KW

露天風呂　　2.6㎡×3.48KW/h·㎡×２ヶ所＝18.1KW

加熱能力 Hhm　余裕係数1.15　（18.6＋18.1）×1.15＝42.2KW　～　50号×１台

浴槽循環ろ過装置に、ガス給湯器50号×１台を組み込み

○住宅用給湯器におけるエネルギーコスト（単価/KW）の検討

住宅の給湯方式を検討。施主相談の上、給湯器は加熱料金単価の安いエコキュートを選択

面積の大きい既存住宅の増改築案件で、電気料金の契約は「従量電灯 C」

・エコキュート　～　460L タイプ　※機器価格970,000円

加熱能力６KW　消費電力（中間期）1.32KW・（冬季）2.0KW

電力量料金　　17.19円/KWh（～120KWh）・22.69円/KWh（～300KWh）

　　25.63円/KWh（300KWh～）

加熱料金単価　　消費電力２KW/加熱能力６KW×25.63円/KWh＝8.5円/KW

・ガス給湯器　～　潜熱回収型24号タイプ　※機器価格450,000円

加熱能力41.8KW　ガス消費量（LPG）3.15kg/h

ガス料金　　200円/kg　※業者聞き取り価格

加熱料金単価　　ガス消費量3.15kg/加熱能力41.8KW×200円/kg＝15.0円/KW

第３章　排水設備（Drainage equipment）編

３－１　はじめに　～　排水設備について

陽が昇り、体内時計が目覚める。窓から差し込む陽光は、四季折々の変化を見せる。当たり前に、いつもの一日が始まる。洗顔・新聞・朝食・歯磨きと、何気ない所作が続く。淡々と時間が過ぎていく。安全安心な生活に喜びを感じる。同時に、かつて体験した大災害の映像が甦ってくる。幸いにも故郷の被害は小さかった。勝手な使命感を抱き、短い期間だったが被災地を訪れた。仕事柄、身をもって体験することの大切さを実践しただけであった。

最初は1995年１月17日「阪神淡路大震災」。知人のネットワークを頼り、数日間の予定で、神戸市内のボランティア活動に参加した。交通機関は寸断され、自分の足だけが頼りの状況で、もはや、私の知っている神戸ではなかった。道路は波打ち、下水桝が隆起し、あちらこちらで破損している。水道管も同様な状況。目にする光景の全てが、大災害の爪痕を物語っていた。公共インフラの脆弱さを目の当たりにし、筆舌に尽くしがたい現実を実感した。「熊本地震」のボランティア活動でも同様な体験をした。普段は優しい自然が、時に過酷な様相を見せる。人智の及ばない領域も自然なのだ。

甚大な被害状況を見て、改めて設備技術者の覚悟を問い直す。「世の中に役に立つ仕事」を念じ、技術の習得を目指した頃の初心を。微力な設備技術者は研鑽を積むしかない。想定外と言い訳しない覚悟と理論に裏付けされた技術。更に、修得した知識と経験を次世代へ継承する努力など、技術者が取り組む課題は山ほどある。山登りに標識が必要なように、拙い道案内にはなるが、今回は「排水設備編」を綴ることにする。公共インフラに結び付く排水設備の重要性は高い。常日頃、施設の運営を黙々と維持する排水設備は縁の下の力持ちである。この道標が次世代の技術者に、些少でも役立つことを願うばかりだ。

３－２　排水と通気

器具排水は汚水と排水系統に分かれる。汚水は読んで字のごとく、トイレの器具（大便器・小便器・汚物流しなど）排水で、アンモニアを含む液状や固形の汚物が流れる。一方、洗面器・台所流し・洗濯機・シャワーは雑排水と呼ばれ、油脂や洗剤などが排水成分になる。

一般的な排水方式は、屋内及び屋外とも重力式の合流方式である。建物内の排水は自然勾配で屋外の桝に接続する。屋外では一部にポンプアップ排水を行う場合もあるが、基本は重力勾配で公共下水や浄化槽に放流する。

３－２－１　排水槽容量と排水ポンプ

建物の地階に排水があり、屋内排水管が自然流下で屋外排水桝に接続できない場合、建物内に排水槽を設置し、排水ポンプを用いてポンプアップ排水をする。排水槽の容量と排水ポンプの能力は、次のように算定する。

排水槽容量　…　時間平均排水量×２～2.5H　　※汚水槽（最小３㎥）、排水槽（最小２㎥）

排水ポンプ　…　排水槽有効容量/10～20min　※10～20分で排出する能力

※ポンプの種類は排水の性質により異なり、詳細はメーカーカタログを参照

３－２－２　屋内排水管と通気管

衛生器具を使用し、自然な動作でその処理（排水）を行う。次の利用者へのマナーでもある。臭気や異音もなく、スムーズに排水される様子を確認すると、職業柄床下で頑張る排水管と通気管が図面化される。通気管なくして、自然な排水の流れはない。通気管の役目は大きく、トラップ（臭気防止）を守り、円滑な排水を支えている。排水設備の管径算定は、通常「排水負荷単位」の表を使用する。代表的な配管の種類と内容を下記に示す。

器具排水管　…　器具から排水横枝管までの排水管（通常１～1.5m）
排水横枝管　…　器具排水管を接続して、排水立て管まで横走りする排水管
排水立て管　…　各階のパイプシャフト内などを通して配置される排水管
排水横主管　…　排水立て管の底部から屋外の桝までの排水管
通気立て管　…　排水立て管の最下階を起点に立ち上げる通気管で、最上部は「伸長通気管」に接続する
伸長通気管　…　排水立て管を延長して大気に開放する通気管
ループ通気管　…　数個（通常７個まで）の器具をカバーする通気管で、排水横枝管に接続する最上流部の器具排水管の下流直近部より取り出す
逃がし通気管　…　排水横枝管に８個以上の器具が接続される場合、最下流の器具接続直後より取り出す通気管

３－３　配管管径の算定

世の中の趨勢として、大便器やシャワーなど節水型器具の普及が著しい。「給水設備編」に記載しているが、大便器の洗浄水量は大きく節水化され、13L→4.8L 以下になっている。

残念ながら、節水化された数値が、管径算定の基になる「器具排水単位」の見直しには至っていない。紹介できる範囲の研究としては、「定常流量法による排水負荷単位法による研究：空気調和衛生工学会論文集 No256・2018.6」がある。

配管管径の算定方法には、「器具排水負荷単位法」と「定常流量法」の２種類がある。技術者が暗黙の内に使用し、馴染み深い手法が「器具排水負荷単位法」になる。各種の表に諸条件を当てはめ、配管の管径を決定する。一方、「定常流量法」は負荷予測の可能とする手法であり、管径決定の自由度は高くなるが、管径決定の過程は難しい傾向にある。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　器具排水負荷単位法

排水管を流れる負荷は、器具の排水特性（排水量・排水時間・使用頻度など）が著しく異なり、個別の計算は非常に煩雑である。そのため、器具の最大排水流量を標準器具（洗面器：排水量28.5L/min）に置き換えた「器具排水負荷単位」を用い、その集計値と配管長さなどから配管口径を算定する。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　定常流量法

「定常流量法」は、最大排水流量のほかに、使用頻度や負荷の重なりの確率を考慮した手法。器具平均排水量や器具平均排水間隔などから定常流量を求め、前提条件に合致する管径を決定する。負荷予測を行う上で、器具排水特性データの重要度が高く、実態に即した器具の負荷特性を知り、その要素を考慮する必要がある。

３－３－１　排水管の管径算定

管径を決定する際には、最低限遵守する基本方針がある。

・排水管の管径最小は30㎜以上とし、トラップ口径より必ず大きくする。

・排水管の流下方向の管径は小さくしない。（たけのこ配管の禁止）

・排水横枝管の大便器接続、器具２個以上は100㎜とする。（２個まで75㎜の文献あり）

・洗面器・手洗器の器具排水管管径は、トラップ口径の１サイズアップとする。

・埋設部の配管管径は50㎜以上とする。

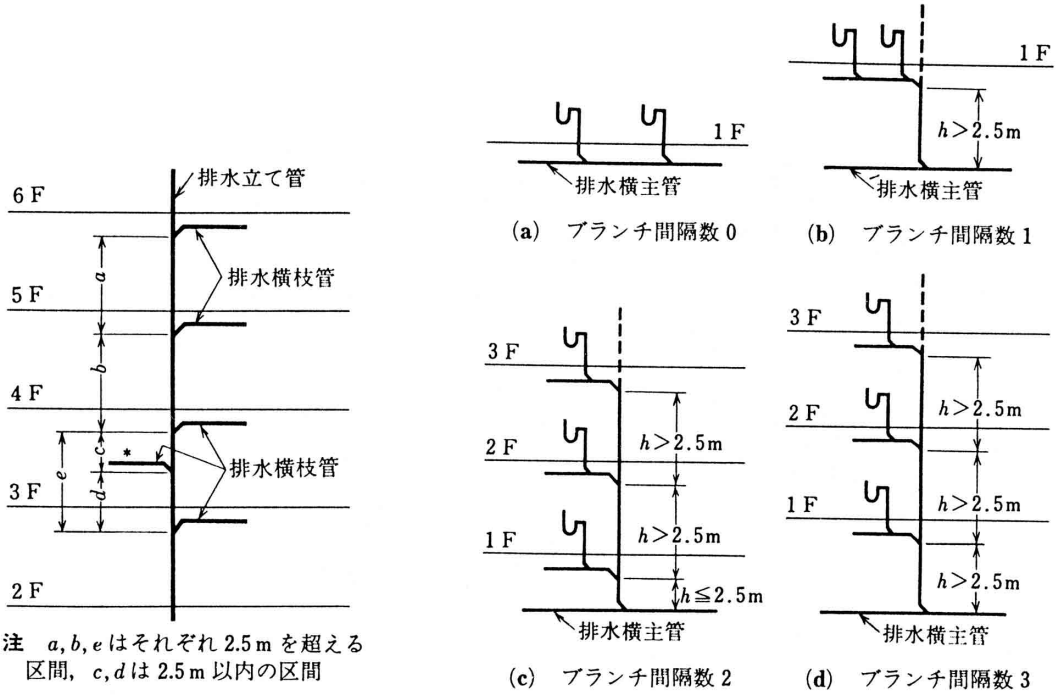
（１）排水横主管と屋外排水管　～　表３－１・表３－２を参照

排水負荷単位と排水管勾配を基に、管径を決定する。系統毎の排水負荷単位を累計し、表中の最大許容排水単位から、該当する管径の数値を読み取る。建築条件（梁成・天井高など）を考えると、一般には勾配１/100の欄を採用することが多い。

（２）排水横枝管と排水立て管　～　表３－１・表３－３を参照

排水負荷単位を基に管径を決定する。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　ブランチ間隔の数え方



※排水横枝管の間隔が2.5m を超える場合は、１ブランチとする

※排水横枝管は各階毎に排水立て管に接続するので、その間隔はほぼ階高と同様になる

（３）排水横枝管と排水横主管の配管勾配

原則として、管径65㎜以下は勾配最小１/50、75㎜及び100㎜は最小１/100、125㎜は最小１/150、150㎜は最小１/200とする。

表３－１　器具排水負荷単位

器具名	付属トラップ口径	器具排水負荷単位
大便器　ロータンク方式	75	4
大便器　ＦＶ方式	75	8
小便器　ＦＶ方式	50	4
洗面器	32	1
手洗器	32	1
シャワー（ヘッド１個当たり）		3
浴槽（洋風・和風共）	50	4
掃除流し	65	2.5
汚物流し	100	8
台所・パントリー流し	50	4
医療流し	40	2

※上記標準器具以外の排水負荷単位は、トラップ口径に応じ、30㎜（１単位）・40㎜（２単位）50㎜（３単位）・65㎜（４単位）・75㎜（５単位）・100㎜（６単位）とする

表３－２　排水横主管と屋外排水管の許容最大排水単位（SHASE−S206）

管径（mm）	排水横主管及び屋外排水管に接続可能な許容排水負荷単位			
	勾　　配			
	1/200	1/100	1/50	1/25
50			21	26
65			24	31
75		20	27	36
100		180	216	250
125		390	480	575
150		700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	2900	4600	5600	6700

※伸長通気管のみを用いる通気方式及び特殊排水継手システムには、上記の表は適用できない
管径75㎜の場合、大便器の接続は２個以内とする

表３－３　排水横枝管と排水立て管の許容最大排水単位（SHASE-S206）

管径（㎜）	受け持つ許容最大排水単位			
	排水横枝管	１立て管 ３階建・３ブランチ	３階建または３ブランチ超の場合	
			１立て管　合計	１階・１ブランチ　計
30	1	2	2	1
40	3	4	8	2
50	6	10	24	6
65	12	20	42	9
75	20	30	60	16
100	160	240	500	90
125	360	540	1100	200
150	620	960	1900	350
200	1400	2300	3600	600
250	2500	3800	5600	1000
300	2900	6000	8400	1500

※伸長通気管のみを用いる通気方式及び特殊排水継手システムには、上記の表は適用できない

３－３－２　通気管の管径算定

管径を決定する際には、最低限遵守する基本指針がある。

・通気管の管径最小は30㎜以上とする。ただし、排水槽の通気管は50㎜以上にする。

・ループ通気管の管径は、接続する排水横枝管と通気立て管のいずれか小さい方の管径の１/２以上とする。

・逃がし通気管の管径は、接続する排水横枝管の管径の１/２以上とする。

・伸長通気管の管径は、排水立て管の管径より小さくしない。

・各個通気管の管径は、接続する排水横枝管の管径の１/２以上とする。

・結合通気管の管径は、通気立て管と排水立て管のうち、いずれか小さい方の管径以上とする。

通気方式はループ通気方式とし、器具接続個数を考慮し、逃がし通気管を設置する。また、衛生器具の設置状況（便器に付随する手洗器など）から、排水トラップの封水保護が難しい場合などは、影響を受けやすい手洗器などに各個通気管（ドルゴ通気弁）を設置すると良い。

（１）ループ通気管　　～　表３－４を参照

器具排水負荷単位数は、ループ通気管が接続される排水横枝管の単位数とする。通気管長さは、排水横枝管との接続部から通気立て管の接続部、または大気開放部までとする。

（２）通気立て管　　～　表３－４を参照

器具排水負荷単位数は、接続する排水立て管の単位数とする。通気管長さは、排水立て管との接続部から伸長通気管の接続部、または大気開放部までとする。

（３）通気主管　　～　表３－４を参照

器具排水負荷単位数は、通気主管に接続する伸長通気管のうち、その通気主管が受け持つ単位数の合計とする。通気管長さは、どの部分の通気立て管も、その始点から大気開放部までの長さとする。

表３－４　通気管の管径と長さ（空気調和衛生工学会編　便覧）

排水管管径（㎜）	排水単位	通気管の管径（㎜）						
		30	40	50	65	75	100	125
		通気管の最長距離（m）						
30	2	9						
40	8	15	45					
40	10	9	30					
50	12	7.8	22.5	60				
50	20		15	45				
65	42		9	30	90			
75	10		9	30	60	180		
75	30			18	60	150		
75	60			15	24	120		
100	100			10.5	30	78	300	
100	200			9	27	75	270	
100	500			6	21	54	210	
125	200				10.5	24	105	300
125	500				9	21	90	270
125	1100				6	15	60	210
150	350				7.5	15	60	120
150	620				4.5	9	37.5	90
150	960					7.2	30	75
150	1900					6	21	60

３－３－３　雨水排水管の管径算定

雨水排水管の管径を算定する基データが、地域毎の最大降水量の数値である。

１時間最大降水量100㎜は甚大な被害をもたらす数値である。近年の極端な環境変化（地球温暖化）に伴い、理科年表の最大降水量データも変化し、最大降水量100㎜以上の観測地が増えている。屋外の雨水排水管を設計・施工する際は、想定外の雨量を考慮し、施設運営の安全面を確保する必要がある。

表３－５　雨水立て管の管径（許容最大屋根面積との関係）

屋根面積(㎡)	67	135	197	425	770	1250	2700
管径（㎜）	50	65	75	100	125	150	200

※屋根面積は水平投影面積とする
※外壁面積を考慮する場合は、面積の１/２を加算して考える
※最大降水量100㎜/h の数値。その他の場合は、補正（100/当該地域の数値）を行うこと

表３－６　雨水横走管の管径（主に敷地内屋外雨水管に適用）

管径(㎜)	許容最大屋根面積（㎡）							
	配管勾配							
	1/50	1/75	1/100	1/125	1/150	1/200	1/300	1/400
65	97	79						
75	141	116	100					
100	306	250	216	193	176			
125	554	454	392	351	320	278		
150	904	738	637	572	552	450		
200		1590	1380	1230	1120	972	792	688
250			2490	2230	2030	1760	1440	1250
300				3640	3310	2870	2340	2030
350					5000	4320	3530	3060
400						6160	5040	4360

※屋根面積は水平投影面積とする
※外壁面積を考慮する場合は、面積の１/２を加算して考える
※最大降水量100㎜/h の数値。その他の場合は、補正（100/当該地域の数値）を行うこと

☆「おじいさんの知恵袋」　～　通気管の大気開放位置

通気管の末端は、窓または扉よりの必要離隔を確保する。上部より600㎜以上、または水平距離で3000㎜以上離して開口する。建築条件から離隔が確保できない場合は、天井裏の空間容積を確認の上、ドルゴ通気弁を設置する。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　排水横枝管の管径アップ

排水管に用いる硬質塩化ビニール管の耐久年数は長い。そのため、経年変化が予想される排水系統は、当初から排水管の管径アップが望ましい。油脂分が付着する厨房（台所）と、毛髪などの付着で管断面が縮小する浴室系統は、特に注意が必要な排水系統になる。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　屋外排水管の耐震化

敷地内の地盤が沈下し、屋外排水管や排水桝に支障が生じる場合がある。地震時は尚更で、継続的な施設運営を考えると、屋外排水管と排水桝の耐震化が重要になる。主に、メーカー対応品になるが、基礎部の貫通キットや耐震排水キットがある。また、排水桝の屋外排水管との接続部に、耐

震コアを設置することも有効な手段になる。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　浄化槽の人槽算定

浄化槽の人槽・容量算定は、JIS 算定基準に沿って計算される。通常はこの基準に基づき浄化槽を決定するが、算定される容量が地域での実態と乖離する場合がある。主な要因は、地域の利用者数や、用途基準に合致し難い使用形態などである。浄化槽の容量は、「大は小を兼ねる」と云う類いではなく、槽内で活躍する微生物には、流入汚濁負荷に見合う容量が一番良い環境である。些少の調整はできるが、維持管理の観点からも実態に即した容量が望まれる。勿論、このことは工事費の削減にも通じることになる。

一例として、筆者が携わった新規案件での検討内容を紹介する。施主様の協力（他店の給水使用量データ）と数度の事前設計協議を経て、店舗の実状に沿った容量が実現した。

□計画案件　店舗（スーパー）　鉄骨造平屋延床面積　約2,800㎡

・処理水量の算定（JIS 算定基準）

スーパー（類似用途５項イ　店舗）2,800㎡×15L/㎡・日　＝42㎥/日

・処理対象人員の算定（JIS 算定基準）

スーパー（類似用途５項イ　店舗）2,800㎡×0.075人/㎡　＝210人

・類似の他店舗の給水使用量を調査・解析

地域と延床面積が類似する３店舗のデータを収集し、１日使用水量の予測値を算定。

給水量には散水や食材に含まれる水量もあるが、便宜上、排水量と給水量は等しいと仮定し、その旨を確認審査期間の事前協議資料に記載した。１日排水量（給水量）の予測値は、月最大使用量の日量換算を単位面積当たりに換算した。

・実績値による処理水量の算定　　※単位排水量9.4L/㎡・日

スーパー　2,800㎡×9.4L/㎡・日×1.14（安全率）　＝30㎥/日

・実績値による処理対象人員の算定

ケース１　JIS 基準算定人員を実績排水量より類推算定

210人槽×30/42㎥・日　　＝150人槽

ケース２　JIS 基準人員排水量200L/人より類推算定

30㎥/日÷0.2㎥/人　　＝150人槽

ケース３　JIS 基準 BOD 負荷30g/人より類推算定

30㎥/日×150mg/L÷30g/人　　＝150人槽

・設計・施工した浄化槽の人槽と容量

最終的に合併処理浄化槽は、設計者の責任として、処理対象人員150人槽、処理水量30㎥/日とした。JIS 算定の場合に比較し、約30％程度の容量縮小ができ、些少でも地域の事情にあう設備になったように思う。実際のところ、衛生器具の節水化もあり、単位排水量の予測値よりも実態排水量は少ないように思っている。

第４章　空調設備（Air conditioning equipment）熱負荷計算（Heat load calculation）編

４－１　はじめに　～　空調設備の仕事とは

新規案件の最初の打合せ、幾分かの緊張感を自覚し、打合せの席に着く。程なく、意匠設計士（勿論馴染みはある）が登場、直立し笑顔で挨拶を交わす。着座し、本題の設計内容の話に入る。施主の人柄や計画の経緯などが、最初に語られる。次に、予算や工程など、徐々に案件の全体像が詳らかになる。卓上には、事前に各階平面図や立面図が拡げられている。詳細な説明資料のパース図も準備されている。この段階に至ると、意匠担当者の本気度が、自然と伝わってくる。どうやら、この案件も熱い思いがあるようだ。そろそろ、設備設計士の「やる気スイッチ」をオンにする頃合いになった。

「実現したい案件ですね」と、先ずは伝える。「次回の打合せには、具体的な設備計画を提案します」と言葉を続け、空調方式のイメージを共有するための聞き取りに移行する。第１回目から密な内容は避けたい。あくまで、雑談の装いが大事。共通認識の手始めは、熱負荷計算の設計外気条件になる。「熱負荷計算」は空調設備設計の重要な第一歩。実際の作業は地道な繰り返しで、計算ソフトに諸条件を入力することが中心になる。ただ、単純な作業にこそ重要なヒントが隠されている。建築プラン（平面図他）の背景には、人々の営みや生産行為がある。施主の条件を満足する基本方針が、地道な単純作業から浮かび上がってくる。設計外気条件を決定するだけでも、設備技術者が考え、悩むことは数多ある。近年は夏季の外気40℃超えの地域が多発している。地球温暖化の影響は深刻で、「昔と違う暑い夏」は、もはや人類の共通認識と云える。厳しい設計外気条件を反映し、人々の日常生活を守ることも、設備技術者に課せられた任務なのかも知れない。

「任せますよ、信頼していますから」、有り難くも責任の重くなる言葉を頂く。「いつも通りに、地道な作業を始めるか」と、決意を新たにする。気象データを調査し、熱負荷計算を始める。この作業が信頼に応える最初の一歩だ。建物外皮の断熱やサッシュの仕様など、意匠担当者の頭脳に描かれた構想の一端を、数度の質疑応答で確認する。概ねのイメージは把握できた。最初にしては、少々長い打合せになってしまった。店仕舞いを告げるアラームが鳴ってきた。挨拶をして、踵を返す。「やる気スイッチ」を確認すると、依然とオンであった。

４－２　空調設備の熱負荷計算法

一般に、「熱負荷計算」はパソコンの計算ソフトを用いて行われる。筆者が設備業界に足を踏み入れた時代は手計算が中心で、業界の一部で大型計算機を用いる「熱負荷計算ソフト」が使用されていた。言語はFORTRAN、入力はパンチカードの様態と記憶している。

現在は、誰もが容易にパソコンで計算を行い、その計算結果を機器選定・各種計算書などの作業に繋げている。「昔日の感」がある。情報技術の進歩は著しい。未来の設備業界は、如何なる様相を示すのであろう。叶うならば、人々の生活に寄り添う、優しい設備技術で満ち溢れている社会であって欲しい。

「熱負荷計算」の手法には、定常計算法・周期定常計算法・非定常計算法がある。定常計算法は、外皮部材両端での室内外温度が常時一定とした場合の計算で、暖房時の最大負荷計算に適用される。周期

定常計算法は、室内外温度・日射熱が周期的に変動することを考慮し、冷房時の最大負荷を計算する手法である。最大負荷計算は、熱源機器容量の決定を目的としている。非定常計算法は、動的熱負荷計算法（レスポンスファクター）と称され、熱負荷のシミュレーションに適用される。年間の気象条件を基に、時刻毎の熱負荷を計算する手法で、熱源機器の運転状態を予想することが可能となる。機器の最適運転の想定やランニングコスト算定に有効な計算法である。

現在、一般的に使用する「熱負荷計算」は、実効温度差法による周期定常計算になる。外気や室内状態（空調運転の有無）など、室内の状態は刻々と変化する。そのため、本来は非定常計算法による時刻毎の負荷計算が望ましいが、計算時間や容量が膨大になるなどの制約もあり、熱源機器の選定に限れば一般的な計算法とは云えない。実効温度差法は、相当外気温度と室内温度との差で生じる応答を組み込んだ計算法で、地域・時刻・部材の壁タイプ（外壁及び屋根）毎に、実効温度差が示されている。実態を反映すると云う観点では、定常計算法（相当温度差法）より一段階進んだ計算法と云える。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　設計外気条件（気象データ）

設計外気温度は、気象データを TAC 処理（指定範囲以上を切り捨て）した数値になっている。気象データの統計処理は膨大な情報を扱うため、近年の温暖化現象を迅速に反映し難い側面がある。設計案件の重要度に応じては、パソコン上の標準外気条件を、設計者自らが修正することが必要になる。筆者の経験で云えば、夏季外気温度 DB・40℃を採用した例もある。

※建築設備設計基準（通称：茶本）の外気温度は　TAC2.5％（上限値2.5％を除外）

☆「おじいさんの知恵袋」　～　相当外気温度

夏季の設計外気温度は日射の影響が大きく、方位・時刻毎に異なる日射熱量を考慮する必要がある。東面は朝方、西面では夕方に、外気温度が高くなる。このように、日射熱を考慮した設計外気温度（TAC 温度）のことを相当外気温度と云う。

４－２－１　計算条件

熱負荷計算は、用途・条件の異なる室毎に行う。入力に必要な構造体寸法の数値と計算に用いる端数処理は、次の通りとする。

①　構造体寸法の拾い方

外壁：幅は壁又は柱芯、高さは階高　　※天井裏の熱負荷を含む高さを計上

内壁：幅は壁又は柱芯、高さは天井高

床　：壁芯　　窓　：サッシュ外法

②　熱負荷計算に用いる端数処理

室面積（㎡）・室容積（㎥）	：小数点以下第２位を四捨五入
構造体各部位面積（㎡）	：小数点以下第２位を四捨五入
熱通過率（W/㎡・K）	：小数点以下第２位を四捨五入
電気容量（W）	：整数、小数点第１位を四捨五入
温度（℃）・比エンタルピー(kJ/kg)	：小数点以下１桁
相対湿度（％）・人数（人）	：整数
絶対湿度（kg/kg）	：小数点以下第４位
熱負荷（W）	：整数

４－２－２　冷房負荷計算

冷房負荷計算は、各取得熱量を顕熱と潜熱に分けて集計する。方位や用途毎の区分（ゾーニング）分けは、負荷計算以降の熱源機器選定に有用な考えである。また、負荷計算値の顕熱比(SHF：顕熱／(顕熱＋潜熱＝全熱)）は、室内の負荷特性を表わす重要な指標で、選定する熱源機器特性との齟齬が生じないことが鍵となる。

①　室内外温湿度条件　～　大分地域（茶本2018年版：14時データ）※2007～2016年気象データ

	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)	相対湿度(%)	絶対湿度(kg/kg)	比エンタルピー(kJ/kg)
室内	26.0	18.7	50	0.0105	52.9
屋外	34.5	26.6	54	0.0187	82.7

※室内条件は一般的な条件を示す。茶本2015年版以前　大分地域・屋外乾球温度34.3℃

※大分市内の気象データ　2018年８月最高温度37.3℃（36℃超え４日間、例年も２・３日あり）

※地球温暖化の傾向を考えれば、今後は屋外条件の補正が必要と考える

②　冷房時の取得熱量　～　冷房負荷計算で計算される熱負荷の種類

夏季の地中温度は室内温度より低いので、土壌に接する床などの熱負荷は見込まない。

・外壁・屋根の構造体負荷 qK１（W）

qK１＝A・K・ETDj

A：構造体面積（㎡）　K：構造体の熱通過率（W/㎡・K）

ETDj：時刻 j 時の実効温度差（℃）　※計算ソフト内に壁タイプ別の数値を組み込み

・ガラス面負荷 qG（W）　qG＝qG１（伝導対流）＋qG２（透過日射）

qG１＝A・K・(toj−ti)

A：ガラス面面積（㎡）　K：ガラスの熱通過率（W/㎡・K）

toj：屋外温度（℃）※相当外気温度　ti：室内温度（℃）

qG２＝qG２n・A　qG２n：単位面積当たりガラス面日射負荷（W/㎡）

qG２n＝（IGD・SG＋IGS）・SC＝｛(IG−IGS)・SG＋IGS｝・SC

IG：ガラス面標準日射熱取得（W/㎡）

IGD：ガラス面標準日射熱取得直達日射成分（W/㎡）

IGS：ガラス面標準日射熱取得天空日射成分（W/㎡）

SC：遮へい係数　SG：ガラス面日射面積率（ガラス面日射面積/ガラス面全面積）

・内壁・天井・中間床の構造体負荷 qK２（W）

qK２＝A・K・Δt

A：構造体面積（㎡）　K：構造体の熱通過率（W/㎡・K）

Δt：内外温度差（℃）　※隣室条件により異なる。一般には温度差×0.5を採用

・室内照明負荷 qE（W）　※照明器具消費電力が既知の場合はその数値

qE＝A・WL

A：室面積（㎡）　WL：単位面積当たりの照明器具の消費電力（W/㎡）

・室内人体負荷 qH（W）　※作業内容・室温によって、人体の発熱量は異なる

qH＝qHS＋qGL＝n・qHSP＋n・qHLP

qHS：人体からの発生顕熱量（W）　qHL：人体からの発生潜熱量（W）

qHSP・qHLP：１人当たりの発生顕熱量・発生潜熱量（W／人）　n：室人数（人）

・室内その他の発熱負荷 qM（W）　※情報機器・医療機器・厨房機器などの発熱量

qM = qm１＋qm２＝P１・A・ϕ＋P２・ϕ

qm１：事務機器・OA 機器の熱負荷（W）　qm２：複写機・大型事務機器などの熱負荷（W）

P１：事務機器・OA 機器の消費電力（W/㎡）　※一般事務室（10～15）、OA 化事務室（15～30）

P２：複写機・大型事務機器などの消費電力（W）A：床面積（㎡）ϕ：負荷率（0.6程度）

・すきま風負荷 qL（W）

外気を導入し、室内を正圧に保持する空調方式の場合は、熱負荷の取得はなしと考える。

qL = qLS + qLL＝0.33・Qi・（toj−ti）＋833・Qi・（xoj−xi）

qLS：すきま風の顕熱負荷（W）　qLL：すきま風の潜熱負荷（W）

toj：屋外温度（℃）※相当外気温度　ti：室内温度（℃）

xoj：屋外絶対湿度（kg/kg）　xi：室内絶対湿度（kg/kg）

Qi：すきま風（㎥/h）　※外気に面した扉や窓で考慮（不確定要素が多い項目）

③　冷房時の外気負荷　qo（W）

外気負荷は外気量に外気と室内空気の比エンタルピー差を乗じて算出する。

qo = Qo・ρ・（hoj−hi）/3.6＝0.33・Qo・（hoj−hi）

Qo：外気量（㎥/h）　Qo = N・Qp　N：人数（人）　Qp：１人当たりの外気量（㎥/h・人）

ρ：空気密度（kg/㎥）～約1.2

hoj：外気の比エンタルピー（kJ/kg）　hi：室内空気の比エンタルピー（kJ/kg）

４－２－３　暖房負荷計算

外皮や内部の構造体負荷は定常状態として計算する。照明・人体・発熱機器などの内部発熱負荷は、安全側として計算項目から除外する。ただし、冷房負荷計算と異なり、地中温度が室内設定温度より低いため、地中床・地中壁の熱負荷を考慮する必要がある。また、冷房時よりも躯体の蓄熱負荷が大きくなるので、大空間の RC 造建築物などでは、空調機の立ち上がり時の予熱負荷を見込むことが必要になる。

①　室内外温湿度条件　～　大分地域（茶本2018年版）※2007～2016年気象データ

	乾球温度(℃)	湿球温度(℃)	相対湿度(%)	絶対湿度(kg/kg)	比エンタルピー(kJ/kg)
室内	22.0	15.4	40	0.0066	38.9
屋外	1.5	−1.2	55	0.0023	7.3

※室内条件は一般的な条件を示す

※大分市内の気象データ　2018年２月最低温度－3.5℃（０℃以下10日間、例年も数日あり）

※地球温暖化の影響で北極圏寒気の傾向を考えれば、今後は屋外条件の補正が必要と考える

☆「おじいさんの知恵袋」　～　地中温度　※EE 通信 No17「地中温度の推定」より抜粋

地下のワイン収蔵庫を計画した資料より、大分市内の地中温度推定値を紹介します。

	地中１m	２m	３m	４m	５m	６m	７m	８m	９m
１月	10.1℃	15.0℃	17.2℃	17.7℃	17.4℃	17.0℃	16.7℃	16.5℃	16.4℃
２月	7.9℃	12.7℃	15.6℃	16.8℃	17.1℃	17.0℃	16.8℃	16.6℃	16.4℃
７月	22.5℃	17.7℃	15.6℃	15.1℃	15.4℃	15.8℃	16.1℃	16.3℃	16.4℃
８月	24.8℃	20.0℃	17.2℃	15.9℃	15.6℃	15.8℃	16.0℃	16.2℃	16.4℃

※地中温度は GL－９m でほぼ年間一定温度

②　暖房時の損失熱量　～　暖房負荷計算で計算される熱負荷の種類

土壌に接する床などの熱負荷は、深さ１m の地中温度で計算する。

・外壁・屋根の構造体負荷 qK１（W）

qK１＝A・K・(ti−to)・δ

A：構造体面積（㎡）　K：構造体の熱通過率（W/㎡・K）

to：屋外温度（℃）　ti：室内温度（℃）　δ：方位係数

・ガラス面負荷 qG（W）

qG１＝A・K・(ti−to)

A：ガラス面面積（㎡）　K：ガラスの熱通過率（W/㎡・K）

to：屋外温度（℃）　ti：室内温度（℃）　δ：方位係数

	方位係数		方位係数
陸屋根・ピロティ・最下階の空隙床	1.20	南東・南西向外壁	1.05
北・北東・北西・東・西向外壁	1.10	南向外壁	1.00

・内壁・天井・中間床の構造体負荷 qK２（W）

qK２＝A・K・Δt

A：構造体面積（㎡）　K：構造体の熱通過率（W/㎡・K）

Δt：内外温度差（℃）　※隣室条件により異なる。一般には温度差×0.5を採用

・地中床・地中壁の構造体負荷 qK３（W）

qK３＝A・K・Δt

A：構造体面積（㎡）　K：構造体の熱通過率（W/㎡・K）

Δt：内外温度差（℃）　※深さ１m の地中温度との差

・すきま風負荷 qL（W）

外気を導入し、室内を正圧に保持する空調方式の場合は、熱負荷の取得はなしと考える。

qL ＝ qLS ＋ qLL＝0.33・Qi・(ti−to)　＋833・Qi・(xi−xo)

qLS：すきま風の顕熱負荷（W）　qLL：すきま風の潜熱負荷（W）

to：屋外温度（℃）　ti：室内温度（℃）

xo：屋外絶対湿度（kg/kg）　xi：室内絶対湿度（kg/kg）

Qi：すきま風（㎥/h）　※外気に面した扉や窓で考慮（不確定要素が多い項目）

③　暖房時の外気負荷　qo（W）

外気負荷は外気量に外気と室内空気の比エンタルピー差を乗じて算出する。

qo = Qo・ρ・(hi−ho) /3.6＝0.33・Qo・(hi−ho)

Qo：外気量（㎥/h）　Qo = N・Qp　N：人数（人）　Qp：１人当たりの外気量（㎥/h・人）

ρ：空気密度（kg/㎥）～約1.2

ho：外気の比エンタルピー（kJ/kg）　hi：室内空気の比エンタルピー（kJ/kg）

☆「おじいさんの知恵袋」　～　室内機器類の発熱量

医療機器の発熱量は納入機器仕様に基づくが、負荷計算時には機器が未定のことが多い。そのため、想定で計算を実施することになる。ただし、後日（現場監理時）機器仕様が決定次第、修正することが必要。下記に、機器発熱の一例を示す。注意したい点は、検査機器の使用時間は短く、使用時間を考えると、負荷率などを考慮することが望ましい。

	Ｘ線関連機器	ＣＴ関連機器	操作室関連	透析機械室関連
病院(消化器・循環器)	1000～2000W	10000W	4700W	2200W
医院（内科・泌尿器）	1100W	3500W	3000W	2000W

※検査機器容量・透析機器容量で発熱量は異なるので、詳細はメーカー確認が必要

☆「おじいさんの知恵袋」　～　OA 機器・電気変圧器などの発熱量

室内設置機器の仕様が未定の場合、下記の値を参考値にすることが多い。

・OA 機器類　PC100～200W/台、CAD 端末500～800W/台、FAX100W/台、複写機300W/台

・電気機器類　トランス単相容量×1.4～1.2%、動力容量×1.8～1.3%

電動機（インバータ）1.5KW 以下容量×7.5%、2.2～15KW 容量×５%

※電気室を室内に設置する施設の場合、トランス発熱量を考慮し、冷却することが望ましい

☆「おじいさんの知恵袋」　～　厨房機器の発熱量と給気負荷

HACCP (ハサップ) の考えに基づき、食品の衛生管理上から、厨房の空調設備が一般的になった。給食共同調理場のような大規模な施設を除き、医療・福祉・保育施設の厨房は空間が小さく、下処理・調理・洗浄などの厨房器具が所狭しと配置される。設備屋さん泣かせの空調と云える。発熱量・換気負荷の想定は難しいが、経験の一部を紹介する。

・ガス調理器具　発熱量・換気風量が大きい。燃焼調整や器具の同時使用などの負荷率を考慮する。また、排気フードでの排熱回収も考慮する。　～　負荷率20～30%

・IH 調理器具　発熱量・換気風量は小さい。負荷率は些少大きめにする

☆「おじいさんの知恵袋」　～　建物用途別最大熱負荷　※EE 通信 No12より抜粋

用途及び室の種類			熱負荷（概略値）		室内熱負荷条件			
			冷房時	暖房時	照明・OA	在室人員	外気量	すきま風
			W/h・㎡	W/h・㎡	W/㎡	人/㎡	㎥/h・㎡	回/h
事務所	最上階	南向	170	160	35	0.2	4	0.5
		西向	200	160	35	0.2	4	0.5
		北向	155	160	35	0.2	4	0.5
		東向	170	160	35	0.2	4	0.5
	中間階	南向	140	140	35	0.2	4	0.5
		西向	175	140	35	0.2	4	0.5
		北向	130	140	35	0.2	4	0.5
		東向	150	140	35	0.2	4	0.5
	会議室	最上階	285	280	25	0.5	10	0.5
		中間階	260	245	25	0.5	10	0.5
	応接室	最上階	195	200	20	0.3	6	0.5
		中間階	175	185	20	0.3	6	0.5
銀行	営業室		255	205	50	0.3	6	1.5
	応接室		205	175	30	0.2	4	0.5
病院	病室	南向	100	95	20	0.1	2	0.5
		西向	125	95	20	0.1	2	0.5
		北向	90	95	20	0.1	2	0.5
		東向	110	95	20	0.1	2	0.5
	診察室		160	95	40	0.1	2	0.5
デパート	売場	１階	360	245	80	0.8	8	2.0
		２階～	210	140	60	0.4	8	0.5
ホテル	宴会場		400	290	80	1.0	20	
	客室	南向	130	95	20	0.1	6	0.5
		西向	140	95	20	0.1	6	0.5
		北向	115	95	20	0.1	6	0.5
		東向	130	95	20	0.1	6	0.5
店舗	飲食		270	90	60	0.6	12	0.5
	物販		210	90	60	0.6	12	0.5
公民館	研修室		240	215	25	0.5	10	0.5
文化施設	客席		460	400	30	1.5	30	
	ロビー		240	210	40	0.3	6	0.5

４－３　空調機器の選定

熱負荷計算が終了し、室及び系統毎の結果を出力する。最初に、各室の単位面積当たりの熱負荷（W/h・㎡）の数値に注目する。構造体・室内条件などの入力情報を通し、熱負荷の概略値と負荷傾向は、事前に想定している。ただ、技術者に「思い込みはご法度」なので、計算結果との検証は欠かせない。指でなぞるように、熱負荷の計算結果を確認する。概ねは想定の範囲内、些少の安堵感を感じ、熱源や空調機器の選定作業に移行する。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　空調システムの今昔

筆者が設備業界に身を投じた教育期間、その終了設計で選択した空調システムは、熱源はターボ冷凍機＋重油焚きボイラー、空調はエアハン（空気調和機）＋単一ダクト方式であった。課題はRC造７F建の事務所ビルの設計。手計算の負荷計算に始まり、計算書、そして、設計図と手書きの作業が続く。何とか期限内に納め、同期の仲間と痛飲したのが、昨日のことのようだ。

熱源や空調機器の仕様は、随分と様変わりをした。特に、空冷ヒートポンプパッケージは顕著な技術革新を遂げている。筆者の教育期間の課題物件で云えば、間違いなくビル用マルチエアコン＋空調換気扇システムを選択している。計算書や図面作成が楽で、検証時間さえ確保できたかも知れない。間違いなく、有益な時間を過ごすことは可能だった筈だ。

熱源や空調機器の説明を行う。当然全ての機種は無理なので、現在採用されている機器類を中心に、筆者なりの解釈を記載する。

４－３－１　熱源機器の選定

空気調和とは、温度・湿度・清浄度・気流を調整すること。調整対象により、一般保健用と産業用に分類される。一般保健用の空調案件の多くでは、空冷ヒートポンプパッケージ方式が採用される。一方、室内環境条件の厳しい文化施設や大空間の施設では、エアハン（空気調和機）を設置したダクト方式が採用される。この違いは、エアハンはハンドメイド(条件に基づく製作品)、ヒートポンプパッケージは既製品（選定を合わせる）と云う側面に起因しているように思う。

空気調和の基本はエアハン（空気調和機）になる。ここでは、ファンコイルユニットを含む空調システムの熱源機器について触れたい。冷却・加熱用の熱源機器の選定は重要で、恒温恒湿、特に湿度制御は冷却＋再熱コイルの設置と、その制御性で所定の条件を達成することができる。

水冷式の熱源では、冷却塔と冷却水ポンプ、油焚きの場合は、オイルタンクとオイルギアポンプなどの付属機器が必要になる。また、配管系統には、冷水・温水ポンプや膨張タンクが付属することも忘れてはならない。

①　冷熱源機器の種類と冷却能力

主な冷熱機器として、圧縮式（電気）・吸収式（ガス・油・蒸気）・冷温水発生機（ガス・油）がある。圧縮式の空冷ヒートポンプチラーユニットには、信頼性や省エネ性能を向上したモジュールタイプが開発され、建物規模の大小に対応する機器となっている。

・冷却能力 Hrc（KW）

Hrc＝Ｋ１・Ｋ２・Ｋ３・Ｋ４・Ｋ５・qm/1000

qm：時刻別冷房負荷集計の最大値（W）

Ｋ１・Ｋ２・Ｋ３：ポンプ負荷・配管損失・装置負荷係数（＝1.00～1.05）

Ｋ４：経年変化（＝1.05）　Ｋ５：能力補償係数（＝1.05）

②　温熱源機器の種類と加熱能力

主な機器として、圧縮式（電気）・冷温水発生機（ガス・油）・ボイラー（ガス・油）がある。

・加熱能力 Hrh（KW）

Hrh = Ｋ２・Ｋ３・Ｋ４・Ｋ５・qh/1000

qh：暖房負荷集計値（W）

Ｋ２：配管損失（＝1.00～1.05）　Ｋ３：装置負荷係数（＝1.00～1.10）

Ｋ４：経年変化（＝1.05）　Ｋ５：能力補償係数（＝1.05）

４－３－２　空調機器の選定

空調設備技術の根幹に、湿り空気線図の理解がある。碧い地球を取り巻く大気は水分を含んでいる。海洋から山脈、気流に沿って、大気の水分が雨や雪となる。大気の循環が、地球上に恵みをもたらすことに感謝し、室内温湿度を調節する難題に取り組みたいと思う。

屋外の空気と室内設定条件を考える。所定の条件を満足するには、冷却・加熱・除湿・加湿などの動作が必要になる。先ずは、室内外の状態値を湿り空気線図上に記入する。更に、負荷計算値に基づく数値を追記する。徐々に、言葉ではない技術の世界が、湿り空気線図上に表現される。特に、温湿度条件が厳しい産業空調の場合は、注意深く線図上の動作を読み取り、機器選定に反映することが求められる。簡単な例で云えば、湿度を下げる目的で冷房温度を下げると、絶対湿度は下がるが相対湿度は上がってくる。一見矛盾するような現象も、湿り空気線図上への諸条件の記入と解析で、容易に理解することができる。

①　空冷ヒートポンプ型パッケージの冷房能力と暖房能力

選定機器能力は、室内吸込空気温度・外気温度・冷媒管距離などの補正を行う。

・冷房能力 Hc（KW）

Hc = Ｋ４・Ｋ５・qm/1000

qm：時刻別冷房負荷集計の最大値（W）

Ｋ４：経年変化（＝1.05）とＫ５：能力補償係数（＝1.05）を考慮

・暖房能力 Hh（KW）

Hh = Ｋ４・Ｋ５・qh/1000

qh：暖房負荷集計値（W）

Ｋ４：経年変化（＝1.05）とＫ５：能力補償係数（＝1.05）を考慮

※ビル用マルチエアコンを選定する場合、室外機容量は室内機容量の合計値以下とする

※医療・福祉施設などのマルチエアコンは、居室系統の故障時を考慮し、廊下とは分離する

※室外機は極力日陰の場所に設置する。日射の影響が強い場所では、散水などの工夫を施す

※室内設定条件が異なる室は別々のマルチエアコン系統にする

②　ファンコイルユニットの冷房全熱能力　qk（KW）

qK = qF・Ｋ４・Ｋ５/N

qF：時刻別冷房負荷の最大値（W）　N：ファンコイルユニットの設置台数

Ｋ４：経年変化（＝1.05）とＫ５：能力補償係数（＝1.05）を考慮

※冷房時の能力で機器を選定。暖房時は機器能力値＞負荷計算値を確認する

※全熱負荷で機器を選定。機器顕熱能力値＞負荷計算顕熱値を確認する

③　エアハンドリングユニット（空気調和機）

エアハンドリングユニットは、送風機・冷却コイル・加熱コイル・加湿器・エアーフィルターなどを１つのケーシング（箱体）に納め、工場で注文生産される空調機器。負荷計算値に基づく冷却・加熱能力、室内顕熱比（SHF）など、湿り空気線図上に描かれた諸条件をメーカー担当者に伝え、メーカー技術者がコイルの列数・送風機電気容量などを決定する。つまり、必要な条件を満足するハンドメイドの空調機器が設置される。勿論、余裕度や制御方式もあり、多少の温湿度条件が相違しても、支障なく使用できることを付け加えないといけない。

・送風量 Qs（㎥/h）

各室の最大熱負荷時刻における室内冷房顕熱負荷（qrs）と冷房吹出温度差（Δtc）に基づき、各室の送風量を決定する。冷房吹出温度差（Δtc）は、室内条件温度とコイル出口空気状態点との温度差を採用する。コイル出口空気状態点は、空気線図での顕熱比線と相対湿度90％の交点になる。コイルのコンタクトファクター値が重要になるので、より温度差を確保したい場合は、メーカーに確認することを推奨する。

Qs = ΣQr　　Qr：各室送風量（㎥/h）

Qr＝3.6・qrs/（Cp・ρ・Δtc）≒qrs/（0.33・Δtc）

qrs：各室の最大冷房負荷時刻における室内顕熱冷房負荷（W）

Cp：空気の定圧比熱（KJ/（kg・K））（≒1.0）　ρ：空気の密度（kg/㎥）（≒1.2）

Δtc：冷房吹出温度差（℃）

・コイル能力　冷却能力 Hc（W）・加熱能力 Hh（W）

Hc = qc・K４＝Qs・ρ・（h３c−h４c）・K４/3.6≒0.33・Qs・（h３c−h４c）・K４

Hh = qh・K４＝Qs・ρ・（h４h−h３h）・K４/3.6≒0.33・Qs・Cp・（t４h−t３h）・K４

h３c：冷却コイル入口空気の比エンタルピー（kJ/kg）

h４c：冷却コイル出口空気の比エンタルピー（kJ/kg）

h３h：加熱コイル入口空気の比エンタルピー（kJ/kg）

h４h：加熱コイル出口空気の比エンタルピー（kJ/kg）

t３h：加熱コイル入口空気温度（℃）　t４h：加熱コイル出口空気温度（℃）

K４：経年変化（＝1.05）

・加湿量 Gs（kg/h）と噴霧量 Gt（kg/h）

Gs＝1.2・Qo・（x１h−x２h）＝1.2・Qo・（x５h−x４h）　Gt = Gs /η

Qo：外気量（㎥/h）　η：加湿効率（蒸気＝1.0、水加湿＝0.4）

x１h：室内空気の絶対湿度（kg/kg）　x２h：設計用外気の絶対湿度（kg/kg）

x４h：加湿器入口空気の絶対湿度（kg/kg）　x５h：加湿器出口空気の絶対湿度（kg/kg）

・冷温水量 Lcw（L/min）

Lcw＝3600・Hc/（60・4.19・Δtw）≒14.3・Hc/Δtw

Hc：コイル冷却能力（W）　Δtw：冷水出入口温度差（一般５℃、７℃・10℃）

☆「おじいさんの知恵袋」　～　空調風量の概算値

意匠・構造担当者を交えた基本設計の打合せで、エアハンドリングユニット（空気調和機）を採用する場合、階高や梁せいなどの基本情報の相互確認が重要になる。その際に、設備技術者の脳内整理項目の抽斗を開け、建築技術者への説明に有用な概略値がある。空調ダクト寸法を決める概算値である。概略の寸法が決まれば、梁下の有効寸法を依頼することができる。少なくとも、持ち帰りの返答内容ではないので、下記に紹介する。概略値の根拠は、室内顕熱冷房負荷（W）と冷房吹出温度差（℃）に基づいて算出されている。

・計画用空調風量概算値　～　事務所ビル・3000㎡程度（全空気方式）

全体15～25㎥/h・㎡　ペリメーター　25～35㎥/h・㎡　インテリア　10～15㎥/h・㎡

☆「おじいさんの知恵袋」　～　コンサートホールの空調設備　※EE 通信 No19より抜粋

サロンのように家庭的な雰囲気を持つコンサートホール。観客と演奏者が同じ目線で音楽を愉しむことをコンセプトにした建物で、縁があってその設備計画の一端に携わった。計画時には、エアハンドリングユニット（空気調和機）を設置する機械室の位置、サロンまでのダクトの納まり、そして、サロン内のダクト経路と消音装置に十分な工夫を施した。静謐なサロン空間ゆえに、一般の事務所の空調と異なる検討事項が盛りだくさんだった。熱源と空調機器の選定に関する小話を、下記に紹介する。

・サロンの室内温湿度条件

当初　（年間）DB22.0±0.5℃・RH40±５％　～　他施設参照（クラッシクホール）

最終　（夏季）DB26.0±1.0℃・RH50±５％　（冬季）DB22.0±1.0℃・RH45±５％

※夏季室内温度と相対湿度の条件を考えれば、エアハンドリングユニットと冷水・温水の熱源機器でのシステム構成と制御方式が必要と判断。数度の概算工事算出を経て、サロンと云う施設基本コンセプトに些少の修正を加え、最終の室内温湿度条件で進めることになった。ただ、実務者としては、少しでも当初の室内条件に近づける工夫を行うことを必須とした

・熱源機器の選定

当初　空冷チラー（冷水・低温用）＋空冷ヒートポンプチラー（温水・再熱）

最終　空冷ヒートポンプ直膨式熱回収空調機

※制御性の優れた冷水・温水の再熱回路から、冷媒の再熱制御が可能な空調機に変更

・空調機器の選定

当初　エアハンドリングユニット（空気調和機）

最終　空冷ヒートポンプ直膨式熱回収空調機

※竣工後の測定値　室内温湿度 DB24・RH45.0％・NC－20以下を確認

・室内騒音の測定

音響に関しては、全国の著名なコンサートホールを監修する技術者の協力があった。引き渡し前に、音響技術者の下で騒音測定を行った。緊張感が漂う中、騒音計の測定値で NC－20以下が確認できた時、施工担当者と二人で思わず小さなガッポーズを交わした。

第５章　空調設備（Air conditioning equipment）配管・ダクト（Plumbing and Duct）編

５－１　はじめに　～　配管やダクト口径の決定

日頃携わる業務内容の変化に驚愕する時がある。いつも通りに、負荷計算・空調機器の選定を行う。この作業は以前と同じ。違いと云えば手書きではなく、パソコンに向かって四苦八苦していることぐらい。ただ、選定機器の内容は、ほぼ空冷ヒートポンプパッケージになっている。個人的には、大規模施設以外は保守管理を考え、基本は単独系統にしている。冷媒管の場合、配管口径はメーカーカタログの範疇になる。単独機器はカタログ仕様表を参照、マルチエアコンの場合は室内機容量を合算し、カタログ配管施工要領に従い口径を決定する。ダクト口径も似たような選定になる。意匠の仕上げを考慮し、ダクトを用いる埋込タイプの場合でも、その接続ダクトは機器接続寸法に合わせるので、参照するのはカタログ仕様表と云うことになる。

第４章「熱負荷計算編」で記述したように、空調の基本は冷水・温水の水配管システムになる。今後も、厳密な恒温恒湿の施設では、従来通りに水配管方式が採用されるであろう。一般の空調条件の施設でも、機械には耐用年数があり、地球温暖化を考えると、省エネルギー機器への更新が必要になる。その際の業務を考えれば、水配管の口径決定やシステムを理解することは、設備技術者にとって必須な知識と云える。ダクト口径も同様で、コンサートホールや大空間の空調には、温度や気流の分布を均一にするダクト設備が必要である。先人達が学んだ知識を身に付け、継続することも、今を生きる設備技術者の役目であろう。

５－２　配管設備

空調設備における配管の種類は、冷媒管・冷温水管・冷却水管・ドレン排水管・膨張管・蒸気管・油管などがある。配管口径や施工要領を考えると、冷媒管はメーカーカタログの参照。油管の使用は、地球温暖化対策の重要施策 CO_2 削減を考えると、設計・施工することが漸減している。一般空調の範囲では、蒸気管の使用も限定され、若い設備技術者から見ると、縁遠い配管になっている現実がある。

５－２－１　冷温水管

空調機器にファンコイルユニットを採用する場合、配管は原則リバースリターン方式とし、往管と還管の配管抵抗値を均一にする。リバースリターン方式では、還管が二重になることから、天井内の配管経路などを考え、機器毎に定流量弁を設置することで代替する方式もある。

管材が配管用炭素鋼鋼管の場合、配管口径の簡易選定表を下記に示す。

20A	25A	32A	40A	50A	65A
12L/min	25L/min	50L/min	75L/min	130L/min	250L/min
80A	100A	125A	150A	200A	250A
420L/min	800L/min	1300L/min	2200L/min	4000L/min	6000L/min

※単位圧力損失0.3kPa/m（30㎜/m）・最大流速2.0m/s

☆「おじいさんの知恵袋」　～　リバースリターン方式（配管抵抗のバランス）

配管抵抗のバランスが悪いと、各空調機器の水量にバラツキが生じる。その対策として、配管長さをほぼ等しくし、配管抵抗を均等にする方法が、リバースリターン方式である。筆者が設計した例で云えば、平面リバースリターンと立管リバースリターンの組み合わせを採用した。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　定流量弁方式（配管抵抗のバランス）

リバースリターン方式の場合、還管が二重になり、配管距離の増加や天井内の納まりを検討する必要が生じる。そのため、金額は増加するが、各空調機器に定流量弁を設置し、所定の流量を確保する利点がある。配管抵抗は増加するが、流量調整が容易な点を考慮し、筆者も多くの案件で採用した方式である。

５－２－２　冷却水管

冷温水発生機などの熱源機器を選定した場合、冷却塔を設置し、冷凍サイクルの凝縮熱を放熱する。冷却水ポンプは熱源機器（凝縮器）の押し込み側、冷却塔は熱源機器より上部に設置する。冷却水ポンプは冷却塔より低い位置とするが、同一階に設置する場合は、ポンプ起動時の冷却塔の水位低下対策を施す。

管材が硬質塩化ビニールライニング鋼管の場合、配管口径の簡易選定表を下記に示す。

20A	25A	32A	40A	50A	65A
10L/min	20L/min	40L/min	70L/min	120L/min	250L/min
80A	100A	125A	150A	200A	250A
400L/min	800L/min	1300L/min	2100L/min	3800L/min	5900L/min

※単位圧力損失0.3kPa/m（30㎜/m）・最大流速2.0m/s

☆「おじいさんの知恵袋」　～　冷却塔の補給水系統に量水器設置

排水を公共下水系統に接続する場合、事前に下水道担当部署と相談の上、冷却塔の補給水系統に私設量水器を設置し、下水道料金の減免措置を図る。冷却水量の１～２％は、蒸発または拡散によって補給が必要になる。冷却能力が大きく、運転時間が長い施設は、減免措置の効果も大きくなる。

５－２－３　膨張管

冷温水配管の膨張管は、ポンプ吸込側から立ち上げ、膨張水槽まで管径32A 以上で配管する。開放式膨張水槽は、配管経路の最後部より１m 以上高い位置に設置する。膨張管の接続位置によっては、回路全体の動水勾配が変わり、回路内に負圧が生じる。設備技術者は配管経路全体の圧力変化を知り、適切な位置にポンプ及び膨張管を接続する必要がある。

５－２－４　蒸気管

空調で使用される蒸気は、使用圧力により、低圧蒸気（0.1MPa 未満）と中圧蒸気（0.1～0.7MPa 未満）・高圧蒸気（1.0MPa 以上）に区分される。蒸気管の口径は、管末までの全圧力降下を想定し、許容圧力降下及び蒸気流量に基づき選定する。

（１）低圧蒸気管と低圧還水管

横引き管は、原則１/250の順勾配（先下がり）で、蒸気と凝縮水が同一方向に流れる配管方式とする。蒸気主管の最小口径は40A、還水主管で32A とする。配管には伸縮継手を設置し、配管の収

縮を吸収する。推奨値として、許容圧力降下は100Pa/m 以下とする。

□低圧蒸気管の容量表（順勾配）（kg/h）

圧力降下（Pa/m）	14		28		58		113	
飽和圧力（kPa）	25	84	25	84	25	84	25	84
管径　20A	4	5	6	7	9	11	13	16
25A	8	10	12	14	17	21	24	30
32A	16	20	24	30	35	44	50	63
40A	25	32	38	45	54	67	79	95
50A	49	61	73	88	106	129	152	186
65A	79	98	117	141	209	245	299	308
80A	144	172	211	249	299	367	435	526
100A	290	363	431	526	640	767	898	1090
125A	544	649	762	953	1110	1360	1620	1930
150A	871	1040	1280	1520	1800	2200	2590	2590

□真空式の低圧蒸気の還水管容量表（kg/h）

方式	横走り管				立て管			
圧力降下（Pa/m）	14	28	57	113	14	28	57	113
管径　20A	45	64	91	128	79	113	159	224
25A	79	113	159	224	136	193	272	385
32A	136	193	272	385	215	306	431	608
40A	215	306	431	608	454	644	907	1280
50A	454	644	907	1280	762	1080	1520	2150
65A	762	1080	1520	2150	1220	1720	2430	3430
80A	1220	1720	2430	3430	1810	2580	3630	5130
100A	2490	3540	4990	7030	4390	6210	8800	12400
125A	4350	6210	8800	12400	7030	9980	14100	19900
150A	7030	9980	14100	19900				

（２）高圧蒸気管と高圧還水管

高圧蒸気管の場合、全圧力降下の標準値（ΔP）と管内蒸気制限流速（m/s）を超えない範囲で、流量線図を用いて口径を決定する。順勾配の飽和蒸気の管内蒸気制限流速（m/s）は、管径50A以下10～20m/s、65～150A で15～30m/s が目安になる。

使用圧力（kPa）	200	300	500	700	1000
全圧力降下（kPa）	70	100	170	230	330

５－２－５　空調ドレン管

空調ドレン管の口径を算定する理論的手法はなく、最も近い考え方が、空調機の凝縮ドレン量を排水負荷単位に換算し、排水管と同様に口径を算定する手法になる。ただし、除湿量の計算など、作業時間が長くかかり、また、衛生器具からの排水量と空調機の凝縮量は、成分や使用形態も異なっている。そのため、経験的な意味合いから、空調ドレン管の口径と空調機台数の関係を下記のように考え、設計時に使用している。

空調機台数	１台	２～３台	４～７台	７台～
ドレン管口径	25A	32A	40A	50A

５－３　ダクト設備

エアハンドリングユニットの系統全体の風量と各室毎の風量は、顕熱負荷計算値より算定される。空調ダクトを設計する手順は、室毎の吹出口と吸込口の形状や個数の想定と配置、次に、建築条件（梁せい・天井高・階高）を考慮したダクト経路と寸法を、順々に決定していく。静謐な空間を要求される室内条件では、消音装置の設置や風速を考慮したダクト寸法が重要になる。また、系統毎の風量調整が必要の場合は、ダンパーを設置し設計風量との整合性を図る。ダクト寸法を決定する際には、断面のアスペクト比（長さＬ：高さＨ）４：１以下とする。

５－３－１　ダクトサイズの決定

ダクトサイズの決定法には、定圧法(等摩擦法)と等速法がある。一般に使用される方法は定圧法で、ダクトの単位長さ当たりの摩擦損失を等しく仮定し、ダクトメジャー（メーカー品）やダクト摩擦抵抗線図上から、ダクト内風速やアスペクト比を検証し、最適なダクトサイズを決定する。

空調の場合は低速ダクトで、単位摩擦損失（0.1㎜ Aq/m：1.0Pa/m)、最大風速（13m/s 以下）が選定の目安となる。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　等速法

ダクト内の風速を一定として計算する方法。ダクトサイズの変化区間毎に圧力損失計算が必要になるため、一般に使用頻度は少ない。

５－３－２　制気口（吹出口・吸込口）の選定基準

室内の良好な温度及び気流分布を確保するには、制気口の選定が重要になる。吹出口は種類も豊富で、その特性を理解の上で配置を行い、吸込口との位置関係の視点を付け加え、制気口の選定と全体配置を行う。天井高が高い場合など、気流到達距離に注意することも欠かせない条件である。大空間施設の設計では、メーカー技術者に気流・温度分布の解析を依頼することも、設備技術者業務の一助になる。

吹出口　アネモ	ネック風速　4.0m/s	吸込口　スリット(天井)	面風速2.5m/s　開口率70%
吹出口　VHS	面風速3.0m/s　開口率70%	吸込口　スリット(壁面)	面風速2.0m/s　開口率70%
吹出口　BL(S)	風量150㎥/h　１m 当たり	外気ガラリ	面風速1.0m/s　開口率35%
吹出口　BL(D)	風量300㎥/m　１m 当たり	排気ガラリ	面風速1.4m/s　開口率35%

☆「おじいさんの知恵袋」　～　ダクトの板厚基準（厨房排気ダクト含む）

低速ダクトは風速15m/s 以下、高速ダクトは15m/s 超と考える。

厨房排気ダクトは火災予防条例準則の運用（厨房設備入力値21KW 超の場合）を受け、スパイラルダクトの場合300㎜以下で板厚0.6㎜、矩形ダクトでは長辺450㎜以下で板厚0.6㎜、長辺451～1200㎜以下で板厚0.8㎜となる。

厚さ（㎜）	矩形ダクト（㎜）		スパイラルダクト（㎜）		排煙ダクト（㎜）
	低速ダクト	高速ダクト	空調・換気	厨房排気	
0.5	450以下		200以下		
0.6	451～750		201～600	750以下	
0.8	751～1500	450以下	601～800	751～1000	450以下
1.0	1501～2200	451～1200	801～1000	1001～1250	451～700
1.2	2201以上	1201以上		1251以上	701以上

☆「おじいさんの知恵袋」　～　ダクト系の消音対策　※EE 通信 No19より抜粋

ダクト系騒音の評価は NC 値で行う。許容騒音値の概略を下記に示す。

事務所	事務室	ＮＣ　40	ホテル　客室・宴会場	ＮＣ　35
	会議室	ＮＣ　35	ホール・廊下	ＮＣ　40
病院	病室・診察室	ＮＣ　35	図書館・美術館	ＮＣ　30
	待合・廊下	ＮＣ　40	銀行・郵便局	ＮＣ　40
学校	教室	ＮＣ　35	レストラン	ＮＣ　40
	ホール・廊下	ＮＣ　45	コンサートホール	ＮＣ　20～25

消音計算の原則は“騒音源から受音点までを順番に行う”ことで、計算対象は吹出口及び吸込口の発生騒音と、送風及び還風ダクトよりの透過音になる。最終的な騒音値（NC）は、それぞれの発生騒音と透過音を合成し、NC 曲線より判断することになる。

消音対策の主な注意点として、

① 空調機械室は居室との十分な離隔を確保し、吸音構造（50㎜以上）・防音扉仕様とする。

② 送風機の回転数は1000rpm 以下の機種を選定し、必要以上の静圧は見込まない。

③ ダクト経路は制気口風量が均一となる経路とし、分岐は極力送風機近くで行う。

④ 天井裏のダクトは、透過音計算を行い、必要に応じ遮音外装をする。板厚アップも有効な手段になる。キャンバス継手は短くし、緩みを保持する。吊支持は防振ゴム付とする。

⑤ 渦流音の発生を防止するには、制気口及び近接ダクトの風速を小さくする。ダクト内風速は全ての範囲で５～７m/s 以下にする。制気口の風量調整機能は使用しない。やむを得ない場合は、風速を十分小さくする。

⑥ 消音エルボは連続して設置しない。直管部をダクト対角線の２倍以上は確保する。空気槽を設ける場合は、200㎜以上を確保する。消音エルボの概略設置個数は、クラシックホール（５～８個）、多目的ホール（４～７個）、集会場（３～５個）、ホワイエ（３～５個）、事務室（２～４個）が目安になる。

第６章　換気設備（Ventilating equipment）編

６－１　はじめに　～　地球環境と換気設備

水と大気に恵まれた地球、多種多様な動植物が生存する青い惑星。大気中の成分は、概ね窒素（N_2）78％・酸素（O_2）21％・アルゴン（Ar）0.9％、そして、二酸化炭素（CO_2）が0.04％の割合。金星や火星の二酸化炭素割合（95％）に比べ、恵まれた環境である。その地球も化石燃料の消費上昇に比例し、温暖化が急速に進み、大気中の二酸化炭素濃度が上昇している。地球温暖化対策は喫緊の課題になっている。参考に、気象庁の観測地点・綾里（岩手県大船渡市）のデータを下記に示す。（大分市内での参考値480ppm）

年度	1970	1980	1990	2000	2010	2020
CO_2濃度	330 ppm	340 ppm	360 ppm	380 ppm	400 ppm	420 ppm

換気設備の主たる目的は、健康的な室内環境の形成とも云える。建物用途や使用形態に応じ、局所または全般的な換気方式を選択する。換気設備の考え方は「室内空気と新鮮外気の入れ替え」と「汚染物質の室内からの除去」に分けられる。キーワードは導入する新鮮外気量で、大気中の汚染（CO_2・PM 2.5等）動向に注視する必要がある。室内環境の基準値としては、一般に「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」、通称ビル管法があり、下記に基準値を示す。ウイルス感染の対策上、室内 CO_2 濃度800ppm を推奨する例もあるが、設備技術者はビル管法の基準を遵守し、適宜 CO_2濃度管理を維持することが望まれる。

浮遊粉じん量	空気１㎥につき0.15mg 以下	温度	17℃以上28℃以下
CO 含有率	10ppm 以下	相対湿度	40%以上70%以下
CO_2含有率	1,000ppm 以下	気流	0.5m/s 以下
ホルムアルデヒド	0.08ppm 以下		

６－２　換気方式と換気量

換気方式には自然換気と機械換気があり、その組み合わせにより、機械換気は３種類に分けられ、下記のような特徴がある。

①第一種換気方式　……　機械給気と機械排気（室内圧は正負どちらも可）
②第二種換気方式　……　機械給気と自然排気（室内圧は正圧）
③第三種換気方式　……　自然給気と機械排気（室内圧は負圧）

６－２－１　居室の換気量

居室（居住、作業などのために継続的に使用する室）の換気は、建築基準法第28条第２項に規定されている。換気上有効な窓面積が、床面積の１/20以上に満たない場合、機械換気設備（推奨は第一種換気方式）を設置する。換気量は許容する室内の CO_2濃度・空気清浄度などに基づき計算する。在室人

員が明確な場合、１人当たりの外気量（換気量）30㎥/h・人を目安にすることもできる。決定後の換気量は、換気回数で３～４回/h になることが多い。

換気上無窓居室（有効な窓面積が床面積の１/20未満）の場合、換気量計算式は

V（有効換気量）＝20×Af（床面積）/N（一人当たりの専有面積）

N 値は一律には規定できないが、標準的な値を下記に示す。

建築用途	単位当たり算定人員	一人当たり専有面積 N	備考
事務所		５㎡	事務室の床面積
店舗・マーケート		３㎡	営業の用途部分の床面積
病院・医院		５㎡	居室の床面積
飲食店		３㎡	営業の用途部分の床面積
ホテル・旅館		10㎡	客室に限る
集会場	同時に収容しうる人員	0.5～１㎡	N値は３を超える時は３
作業所・研究所	同時に収容しうる人員		
廊下		10㎡	
ホール		３～５㎡	

また、建築基準法第28条の２には、化学物質などに対する措置（シックハウス対策）があり、住宅の居室で0.5回/h、非住宅の居室で0.3回/h 以上の換気回数が必要になる。シックハウス換気区画は任意に設定できるが、給気と排気は対向する位置などの工夫が必要である。通常、換気機器の選定はメーカーのシックハウス運転（24H）タイプが望ましい。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　シックハウス

シックハウス換気に拘らず、先ずは必要な換気機器を選定することが大事

６－２－２　居室以外の付属室の換気量

居室以外の付属室の換気方式及び換気量は、原則として下記の表を参考に計算する。重要度の高い電気室では、近年の夏季外気温度を考え、冷却装置の設置を推奨する。

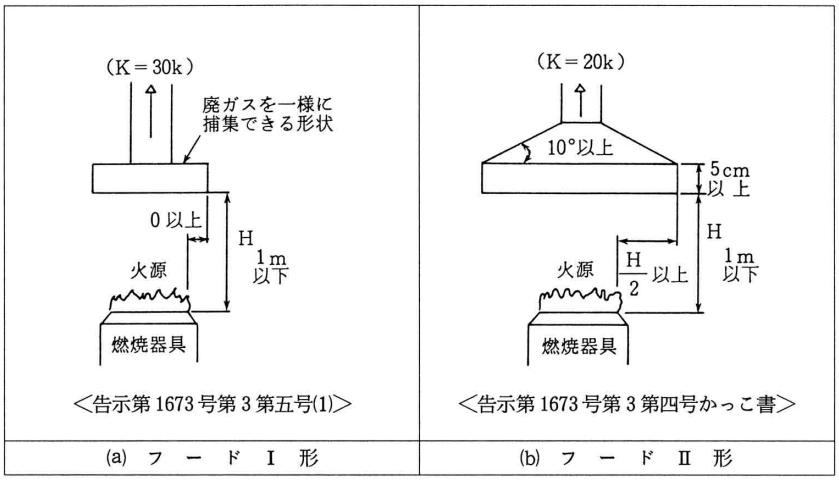
室　名	換気必要要因	換気方式（推奨）	換気回数（回/ｈ）
便所・洗面所	臭気	第３種	10～15（使用頻度大15）
更衣室	臭気	第３種・自然換気	５
書庫・倉庫	臭気・湿気・熱	第３種・自然換気	５
配膳室	臭気・湿気・熱	第３種	８
シャワー室	湿気	第３種・自然換気	５～８
浴室	臭気・湿気	第３種・自然換気	５～８（温泉施設は自然換気）
脱衣室	臭気	第３種・自然換気	５
機械室	熱	第１種・３種	５
ボイラー室	熱・燃焼ガス	第１種・２種	計算（燃焼空気量は確保）
電気室	熱	第１種・３種	計算（発熱量）

室　名	換気必要要因	換気方式（推奨）	換気回数（回/ｈ）
発電機室	熱・燃焼ガス	第１種・３種	計算（燃焼量と発熱量）
厨房	臭気・湿気・熱・燃焼ガス	第１種・３種	40（目安：発熱量を計算）

※換気回数10回/h 以上を採用する場合、ガラリは十分な大きさを確保する

６－３　火気使用室の換気

火気使用室の有効換気量は、「昭和45年建設省告示第1826号」に基づき計算する。計算式中の定数は、厨房器具とフードの距離及びフード形状により異なるので、給排気バランス、ダクト納まりを考慮し、最適な計算式を選択する。火気使用室の換気は原則として第１種換気とし、排気及び給気機器の選定は、作業形態の理解と系統分け、空調負荷軽減などを考慮することが求められる。下記に排気フード廻り概略図と有効換気量の関係を示す。



有効換気量 V＝定数×K（理論廃ガス量）×Q（厨房器具発熱量）

＝定数20～40×0.93㎥/KWh×Q KW

定数：フードなし、または距離１m 超40、フードⅠ型30、フードⅡ型20

フードの有効換気量計算は、上記（基準法）だけでなく、フードの面風速を確保する必要がある。面風速の目安は0.3m/s、器具の種類（自動洗浄機など）によっては、0.2m/s 以上とする場合もある。経験的に、有効換気量は面風速で決定することが多い。

次に、フード設置高さについて考える。厨房器具（ガステーブル）の高さ H＝800の場合、フード下面が FL＋1800になり、調理作業に支障が生じることがある。対応策としては、

①‥定数を40で計算し（換気量が大）、フード下面を高くする

②‥1.2m 以下の距離、かつ、フードの覆いを距離×h/６以上に拡げる

調理室の室内環境面と調理器具の制御性を考え、電化調理器具を採用することがある。

電磁調理器（IH ヒーター）は火気使用器具（燃焼ガス）に該当しないので、法的な適用は受けないが、臭気・湿気などの換気要素を除去することは必要になる。業務用電化厨房施設の換気設備指針（2017）では、有効換気量を次のように推奨している。電化調理器具の場合もフードが必要で、面風速の目安はガス調理器具と同様である。

有効換気量 V＝30×0.93㎥/KWh×Q KW

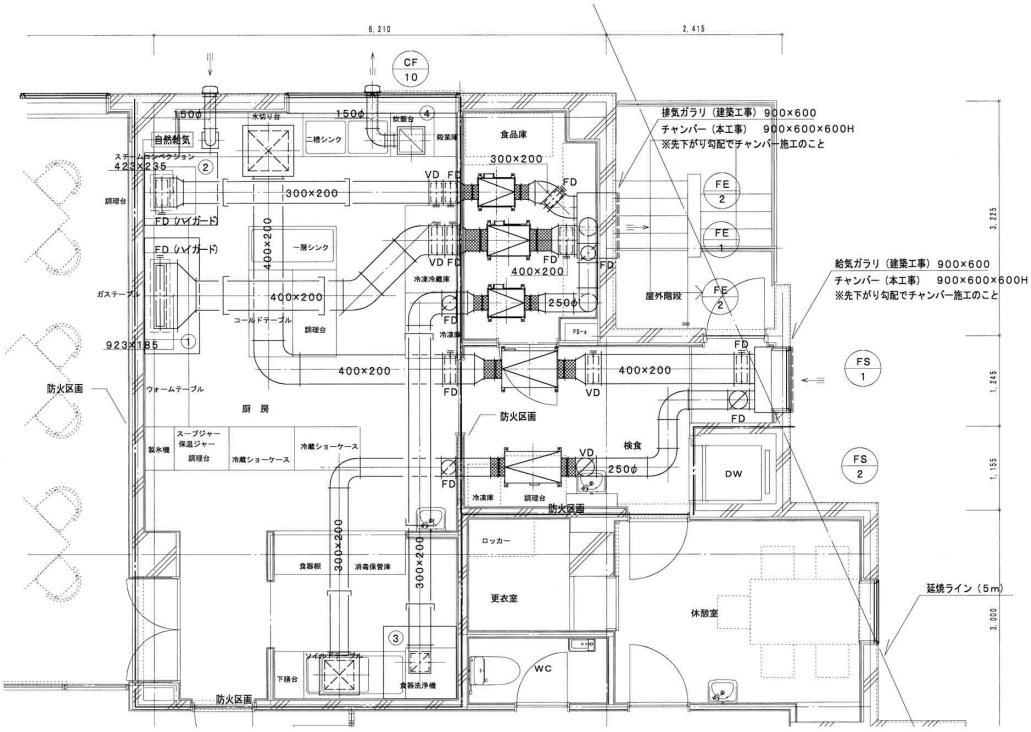
厨房内の給排気量は、排気量＞給気量の関係とする。その割合は厨房の平面プラン、特に調理の搬出

入エリアの開口に左右される。一般的な目安としては、排気量が給気量を15％程度上まわることが望まれる。

○某クリニックの厨房内換気設備の例　～　筆者設計例より抜粋

入院患者様（最大20名）の院内調理を行う厨房の例を下記に示す。調理器具の使用勝手、階高（建築条件）による天井裏有効高さなど、諸条件を踏まえての設計例です。

【２階厨房換気平面図：建物はRC造３階建】



・フードが必要な調理器具

①ガステーブル　　1200W×600D×800H　ガス38.4KW GF付

②スチームコンベクション　680W×560D×685H　電気5.4KW GF付

同上専用架台　　653W×560D×700H　　※FL＋1385H（器具上面）

・フードが必要な洗浄器具

③食器洗浄機　　640W×670D×1485H　電気4.299KW

【フードの換気量計算の例　V=KQまたは面風速】

火気使用室の換気量計算書（建基令・第２０条の３）

番号	ガス・電力消費量 (KW)	理論排気量 V= m³/h	排気フード寸法 mm（幅） × mm（奥行） × mm（高さ）	面風速による排気量 風速 m/sec	面風速による排気量 排気量 m³/h	採用排気量 m³/h	換気機器番号
①	ガステーブル 38.4KW ×1台	V= 30 × 0.93 × 38.4	1,600×750×720H	0.25	1,080	1,100	FE−1
		= 1,072m3/h	「SUS製・箱形・コレクターカップ・ドレンコック付」				
②	スチームコンベクション 5.4KW ×1台	V= 30 × 0.93 × 5.4	1,000×1,000×500H	0.20	720	800	FE−2
	（電気式）	= 151m3/h	「SUS製・箱形・コレクターカップ・ドレンコック付」				
③	食器洗浄機 4.299KW ×1台	V= 30 × 0.93 × 4.299	1,100×950×900H	0.20	720	800	FE−2
	（電気式）	= 120m3/h	「SUS製・箱形・コレクターカップ・ドレンコック付」				
④	ガス炊飯器 4.88KW ×1台	V= 40 × 0.93 × 4.88	――	−	−	200	CF−10
		= 182m3/h	――				

※注記　排気フードは本工事とする（共通：SUS製・箱形・t＝1.0）

☆「おじいさんの知恵袋」　～　某クリニック設計で悩んだこと

・給排気機器の系統分け

飲食店とは異なり、院内調理の厨房作業なので、調理と洗浄の同時使用は考えにくい。また、ガステーブルとスチームコンベクションの同時使用（最大能力）の可能性も低い。経済的な運用を考慮し、排気は３系統、給気は２系統の機器を選定した。

FE－１排気用ファン（ガステーブル用）	200φ×1100㎥/h×220Pa×300W	速度調節器付
FE－２排気用ファン（ｽﾁｰﾑｺﾝﾍﾞｸｼｮﾝ用）	200φ× 800㎥/h×220Pa×200W	速度調節器付
FE－２排気用ファン（自動洗浄機用）	200φ× 800㎥/h×220Pa×200W	速度調節器付
FS－１給気用ファン	200φ×1200㎥/h×160Pa×280W	強弱 SW 付
FS－２給気用ファン	200φ× 800㎥/h×140Pa×210W	強弱 SW 付

・換気量の調整

調理器具の燃焼量を全開にする調理工程は少なく、計算値通りの換気量は不要になることが多い。そのため、竣工後の風量調整を依頼されることがある。主な要因は、調理の実作業と厨房器具の仕様（発熱量）との乖離で、機器及びダクト系の騒音が支障になる場合もある。実状を考え、機器は速度調節器・風量強弱 SW 付、ダクトは風量調整ダンパーを設置した。

・給排気量のバランス

調理工程で機器（FE－１＋FE－２、FS－１）の同時運転時、給気量は排気量の63％となり、風量バランス面で負圧が大きくなる。扉の開閉などに支障が生じる場合、洗浄作業用 FS－１の運転を行い、厨房全体の給排気バランスを確保することが可能になる。洗浄作業時は FE－２と FS－２の運転で良く、作業工程毎に随意運転を可能にすることで、空調負荷を含めた省エネに多少でも貢献できると考えた。

・給気口の位置と仕様

衛生管理面から給気口はフィルター付とし、排気フード近くに設置する。排気側への空気の流れを促進することで、空調負荷への軽減が可能になる。また、労働環境面から、作業員への直接風を避ける配慮で、給気口の仕様（バッフルプレート）を考慮する。

☆「おじいさんの知恵袋」　～　過去の経験を通して

給排気の効率良い置換を考え、オープン厨房で二重フードを採用したことがある。工事費は高いが、空調効率（給気量の軽減）を優先した。二重フードの給気量は、スロット１ｍ当たりの風速0.2～0.3m/s を目安とした。給気流と調理器具の上昇排気流が近いこともあり、「温度調整の勝手が違う」など、改善点を竣工後に頂き、給気量をダンパーにて調整した。技術者は結果責任を負う。素直に反省し、原因と対策は記憶に留めておくことにした。

従前より興味を持っていた給排気方式に、「置換換気方式」の技術がある。簡単に触れたいと思う。天井全面と一部壁面を用いた空間を対象とする置換換気方式である。天井面に給気ユニット、排気ユニット（GF 付）、照明や空調ユニットを設け、調理器具近くの給気流が上昇排気流を押し出し、空気が置換することで換気が行われる。未経験なので、換気量計算などは不明だが、ランニングコストの観点では十分検討に値する方式だと思う。

６－４　必要換気量の算定

（１）CO_2濃度を基準とした必要換気量Ｑ（㎥/h）

Q＝M/（K−Ko）×A×n

M：１人当たりのCO_2発生量（㎥/h・人）

成人男子の労働時間（８H）平均のCO_2呼出量0.0129〜0.0184

K：定常状態における室内CO_2許容濃度　0.001（㎥/㎥）※1000ppm

Ko：外気中のCO_2濃度　推奨0.0004（㎥/㎥）※400ppm

A：床面積（㎡）

N：人員密度（人/㎡）

○計算例　事務室40㎡・人員密度0.2人/㎡・作業状態は安静時

Q＝0.013/（0.001－0.0004）×40×0.2＝174㎥/h

（２）ホルムアルデヒド発散に対する必要換気量Ｑ（㎥/h）

Q＝En/Ci×Sm

Em：ホルムアルデヒド発散速度（μg/㎡・h）＝５　※F☆☆☆☆

Ci：ホルムアルデヒド基準濃度（μg/㎥）＝100

Si：材料面積（㎡）

（３）電気室（発熱量）の必要換気量Ｑ（㎥/h）

Q＝1000×H/0.33×（t１－t２）

H：変圧器の発熱量（KW）　※概略値変圧器容量×１〜２％

t１：電気室許容温度（℃）＝40

t２：夏季設計外気温度（℃）＝34.5（大分）

※冷却設備を併設の場合、中間期外気温度（設計外気温度×0.8）

○計算例　受変電設備 変圧器100KVA＋100KVA　※200KW×0.02＝４KW

Q＝1000×４/0.33×（40－34.5）＝2,200㎥/h

※大分の８月夏季外気温度36.4℃　Q＝3,400㎥/h

（４）給排気口の推奨風速と開口率

給排気口の大きさＡは、有効開口面風速ν（m/s）と有効開口率αから

A＝換気風量Ｑ（㎥/h）/3,600×ν×α　※外気ガラリ3,600㎥/h　A＝1.1㎡

種別	取付位置	有効開口面風速　ν（m/s）	有効開口率　α
制気口（ＧＶＳ）	居室天井	2.0	0.7
〃	便所天井	3.0	0.7
ドア･ガラリ	室内	2.0	0.35
ドア･アンダーカット	室内	1.5	1.0
外気ガラリ	屋外	3.0	0.3
排気ガラリ	屋外	3.0〜4.0	0.3

巻末資料　　ＳＩ単位換算

□設備分野における基本単位（ＳＩ単位系）

量	名称	記号	量	名称	記号
力	ニュートン	N(m・kg・s−2)	熱力学的温度	ケルビン	K
圧力・応力	パスカル	Pa(N/㎡)	粘度	パスカル秒	Pa・s
仕事・熱量・エネルギー	ジュール	J(N・m)	熱容量・エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
仕事率・放射束	ワット	W(J/s)	比熱・比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg・K)

□熱量関係単位の SI 単位への換算

名称	従来単位	ＳＩ単位	備考
熱量・仕事・エネルギー・エンタルピー	1 kcal	4.1868 kJ 4,186.8 N・m	1N = 1/9.80665kg
動力・仕事率・出力・熱流	1 PS = 75 kg・m/s 1 kg・m/s 1 kcal/h	735.4988 W 9.80665 W 1.163　W	1N・m/s = 1J/s = 1W 1kW = 860kcal/h 1BTU/h = 0.293W
冷凍能力	1 USRT 1 JRT	3.517 kW 3.861 kW	
比エンタルピー	1 kcal/kg	4.1868 kJ/kg	
比エントロピー・比熱	1 kcal/kg・℃	4.1868 kJ/(kg・K)	
熱容量・エントロピー	1 kcal/℃	4.1868 kJ/K	
熱抵抗	1 ㎡・h・℃/kcal	1/1.163 ㎡・K/W	
熱伝導率	1 kcal/m・h・℃	1.163 W/(m・K)	
熱伝達率・熱通過率	1 kcal/㎡・h・℃	1.163 W/(㎡・K)	

□圧力関係単位の SI 単位への換算

従来単位	ＳＩ単位
1 kgf/㎠ =　10 mH_2O	98,066.5 Pa = 0.1 MPa
1 atm = 760 ㎜ Hg	101,325 Pa 大気圧
1　mH_2O	9,806.65 Pa
1 ㎜ H_2O = 1 ㎜ Aq	9.81 Pa

〈著者紹介〉

金田　勝美（かなだ・かつみ）

経歴：

1973年３月　大分県立臼杵高等学校理数科卒業
1980年３月　東京商船大学商船学研究科修了
1980年４月　三建設備工業㈱入社
1988年12月　㈲EE 設計　創立　取締役就任
1990年８月　㈱EE 設計　商号変更
1994年８月　㈱EE 設計　代表取締役社長就任
2002年８月　㈱EE 設計　代表取締役会長就任
2013年８月　㈱EE 設計　相談役就任　現在に至る

資格：

設備設計一級建築士　第3882号
一級建築士　第339120号
建築設備士　第62G1-0119M 号
エネルギー管理士　第17039号

主な所属団体：

1997年８月　JIA（日本建築家協会）入会
2010年～2011年　大分地域会会長
九州支部副支部長
2020年３月　同会退会

轍 ～わだち～

発　行　2021年６月16日
著　者　金　田　勝　美
印刷・製本　佐伯印刷株式会社
〒870-0847　大分市広瀬町２丁目３番21号
TEL 097-543-1211　FAX 097-554-4028