2種の気象指標を用いる空調設計用気象データの作成法に関する研究

A STUDY ON A PRODUCTION METHOD OF DESIGN WEATHER DATA
FOR HEATING AND AIR-CONDITIONING USING TWO WEATHER INDICES

郡 公子*, 石野久彌**

Kimiko KOHRI and Hisaya ISHINO

This study proposed a new production method of design weather data for heating and air-conditioning. In this method, two weather parameters are used as indices for selection of extreme weather days from a weather data source. Through the examination of several combinations of weather indices, the suitable combinations of two weather indices were presented for selection of fine weather and cloudy weather in winter and warm weather and sunny weather in summer.

Keywords: Design weather data, Heating and air-conditioning equipment, Risk level
設計用気象データ、空調装置、危険率

1. 序

空調装置の最大負荷が発生する気象の特徴は、装置の種類や建物特性によって異なる。本研究は、この点に配慮し、2種類の気象指標を用いて過酷気象を選定することにより、気象の特徴が明確で現実的な空調設計用気象データを作成する方法を検討したものである。

現在広く用いられている空調設計用外気温湿度条件は、TAC外気温湿度であり、冷房設計用日射条件は、太陽定数を用い大気透過率を与えて計算されたものが代表的である^{1), 2)}。TAC外気温湿度のように気象要素別に特別に超過確率を適用する考えは、同時生起性、連続生起性を無視しているため、非現実的な気象となっている恐れがある。国内での設計用気象データに関する従来の研究は、気象要素を基準として過酷気象を選定する方法と負荷基準で過酷気象を選定する方法に大別される。気象要素基準の作成法として、千葉は、冷房設計用に午後2時の乾球温度、湿球温度、正午の水平面全日射量、暖房設計用に午前6時の乾球温度、湿球温度のいずれか1つを基準として過酷気象日を選定する方法を提案した³⁾。武田は、TAC法を乾球温度だけでなく、絶対湿度、水平面全日射量にも適用する方法を提案した⁴⁾。滝沢は、TAC法を基本として外気温湿度、水平面拡散日射量、法線面直達日射量、夜間放射量のデータを作成する方法を示した⁵⁾。法線面直達日射量は、ある超過確率の方位別全日射量を用い、各方位への影響を総合して作成する。石野は、方位別日積算日射量を基準に月別方位別設計用日射量を作成する方法を示した⁶⁾。負荷基準の設計用気象データ作成法として、奥田らは、暖房日最大負荷を基準としさらに曇量により晴パターンと曇パターンに気象を分類して、暖房設計用気象データを作成する

方法を提案した⁷⁾。武田らは、東京について気象要素基準法、DM*値基準法、負荷基準法を比較検討し日積算負荷基準が望ましいとの結論を得た⁸⁾。石野らは、負荷基準設計用気象データが、建物モデルや基準とする負荷指標によってどのように異なるかかを解析し、1日24時間データのほかに2週間データを提案した⁹⁾。海外の最近の研究としては、Colliverらによる生の過酷気象をピックアップし設計用気象データとする考え方がある¹⁰⁾。1、3、5、7日の4種のシークエンス長さが提案され、冷房用に乾球温度、露点温度、エンタルピの3種のうちの1つ、暖房用には乾球温度、湿球温度の2種のうちの1つを指標とし、シークエンス長さに応じた期間平均値を使って過酷気象を選ぶものである。

2. 空調設計用気象データの作成法

本研究では、まず1日分の設計用気象データの作成法を検討することとし、検討に当たり、1) 気象の同時生起性と連続生起性を尊重する、2) 気象の特徴を明確にする、3) 空調装置の種類や建物特性によって、最大負荷が発生する気象の特徴と季節が変わることに配慮する、こととした。このような点から表1に示す設計用気象データの作成法を考案した。装置負荷は、外気温、外気エンタルピ、日射量の影響を強く受けるケースが考えられるため、それぞれについて日平均値あるいは日積算日射量を第1指標としてまず過酷気象を選定し、その中からさらに気象の特徴を限定するために第2の気象指標を用いて3日をピックアップし特別に気象要素を平均して、設計用データとする考えである。日射量は方位により大きくなる季節が異なるため、5～10月の各月について方位別日積算日射量を第1指標とする方法とした。直散分離は

本論文は文献14)～15)を加筆・修正したものである。

* 宇都宮大学大学院工学研究科 助教授・工博

** 東京都立大学大学院工学研究科 教授・工博

Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.
Prof., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

渡辺の式による。各案に従い設計用気象データを作成し、気象の特徴を検討して設計用気象データとして適するものを絞ることとした。第2指標でピックアップする日数が少ないと作成された気象データの時刻変動がスムーズでない、選ばれた日の気象の特殊性が現れやすいという欠点があるが、今回は気象の特徴を明確にもち案による差がはっきり現れることを優先して、3日間として検討を行った。

気象のデータソースは拡張 AMeDAS 気象データとし、地点は東京、

表1 空調設計用気象データの作成法の案

■ソースとなる気象データ

東京1981～1995年 暖房用12～3月、冷房用6～9月(日射量基準の場合5～10月)
(1日の区切りは前日の20時から当日の19時までとする)

■設計用気象データ(1日分)として用意する気象要素

外気温、絶対湿度、水平面全日射量、水平面拡散日射量、水平面夜間放射量

■設計用気象データの作成法(危険率2.5%)

1) 日平均気温を第1指標とする場合

15年間の夏冬各4ヶ月について、日平均気温が超過確率2～3%と判定された19日の気象から、下記のように日を選び、選ばれた日の気象の時刻別平均値を設計用気象データとする。

- ・案1: 19日全て
- ・案2: 日最高気温が低い(冬)あるいは高い(夏)3日
- ・案3: 日平均エンタルピーが低い(冬)あるいは高い(夏)3日
- ・案4: 水平面日積算日射量が小さい(冬)あるいは大きい(夏)3日

2) 日平均エンタルピーを第1指標とする場合

1)と同様の方法で得た19日のデータから作成する。

- ・案1: 19日全て
- ・案2: 日最高エンタルピーが低い(冬)あるいは高い(夏)3日
- ・案3: 日平均気温が低い(冬)あるいは高い(夏)3日
- ・案4: 水平面日積算日射量が小さい(冬)あるいは大きい(夏)3日

3) 月別方位別日積算日射量を第1指標とする場合

15年間の5～10月の各月について、方位別に日積算全日射量が超過確率2～3%と判定された5日のデータから作成する。

- ・案1: 5日全て
- ・案2: 日平均気温の高い3日
- ・案3: 日平均エンタルピーの高い3日

(a) 日平均気温を指標とする場合 (b) 日平均エンタルピーを指標とする場合

図1 冬期に超過確率2～3%と判定された日の気象

危険率は2.5%をまず検討対象とした。また過酷気象を選定するときの1日の区切りは前日の日没後とするのが妥当と考え、前日の20時から24時間分をピックアップした。本論文では1981～1995年の15年分の観測値をもとに検討したが、今後さらに最新の気象観測値を追加して検討を続け、数種類の危険率の設計用気象データを提案する予定である。また、最近の都市気候の変化の傾向を正しく把握することが別に重要であり、それを設計用気象データの危険率の採用法に反映させることも考えられる。

3. 空調設計用気象データ案の気象特性

日平均気温あるいは日平均エンタルピーを第1指標とした場合に、冬期に超過確率2～3%と判定された19日の気象を図1に示す。日平均気温を第1指標とする場合、気温、エンタルピーとも日較差が大きく日射量も大きい日(晴天日)と、気温の日較差が小さくエンタルピーが1日中高く日射量の小さい日(曇天日)の2種の気象がある。これに対し日平均エンタルピーを第1指標として選ぶと、絶対湿度が低く日射量の大きめの晴天日が多い。図2は夏期に超過確率2～3%と判定された気象を示している。日平均気温を第1指標として選定された日は、冬期と異なり気温変動は日によってあまり差がないが、エンタルピーは日によりかなり差がある。日平均エンタルピーを第1指標として選定された

(a) 日平均気温を指標とする場合 (b) 日平均エンタルピーを指標とする場合

図2 夏期に超過確率2～3%と判定された日の気象

(a) 日平均気温を第1指標とする場合 (b) 日平均エンタルピを第1指標とする場合

図3 暖房設計用気象データ

表2 各設計気象案の気象要素の日別統計値と超過確率

第1指標	第2指標	日平均気温 (°C)	日平均 エンタルピ(J/g)	日積算水平面全 日射量(MJ/m²)
暖房用	なし(案1)	2.3 (2.5%)	7.7 (4.2%)	10.4 (51.4%)
	日平均気温(案2)	2.3 (2.6%)	8.6 (7.7%)	7.9 (30.8%)
	日平均エンタルピ(案3)	2.3 (2.2%)	5.8 (0.8%)	12.8 (73.6%)
	日積算日射量(案4)	2.4 (2.9%)	10.5 (16.3%)	3.0 (9.1%)
冷房用	なし(案1)	2.8 (4.2%)	7.1 (2.6%)	11.8 (68.1%)
	日平均気温(案2)	2.4 (2.9%)	7.0 (2.4%)	7.7 (30.1%)
	日平均エンタルピ(案3)	2.0 (1.4%)	6.9 (2.1%)	6.5 (24.6%)
	日積算日射量(案4)	2.3 (2.2%)	7.0 (2.5%)	5.7 (21.5%)
冷房用	なし(案1)	30.2 (2.5%)	75.4 (6.2%)	20.3 (21.0%)
	日平均気温(案2)	30.2 (2.5%)	75.9 (5.0%)	18.4 (30.2%)
	日平均エンタルピ(案3)	30.2 (2.4%)	78.7 (1.3%)	18.0 (32.3%)
	日積算日射量(案4)	30.2 (2.4%)	74.2 (9.3%)	24.9 (4.7%)
冷房用	なし(案1)	29.7 (4.9%)	77.4 (2.4%)	18.9 (27.7%)
	日平均気温(案2)	30.0 (3.7%)	77.5 (2.3%)	18.3 (30.8%)
	日平均エンタルピ(案3)	30.8 (1.0%)	77.4 (2.4%)	22.7 (10.7%)
	日積算日射量(案4)	30.2 (2.4%)	77.5 (2.3%)	24.5 (5.4%)

*()内は、各気象要素の日別統計値の超過確率。

日には、日中の気温の高い日と低い日がある。

図1に示した19日の中から3日をピックアップして特別に平均して作成した暖房設計用気象データの案を図3に示す。参考にTAC2.5%の外気温湿度も示した。また、各設計気象案の気象要素の日別統計値と超過確率を表2に示した。図3に示されるように、日平均気温を第1指標とする場合、さらに日平均エンタルピの低い日を選定する案3により、日平均気温、日平均エンタルピともに厳しく、日最低気温も低い晴天日の設計気象を作成できる。ただしこのときの日平均エンタルピの超過確率は2.5%より過酷になった。また絶対湿度はTAC2.5%の値に近く、日中の気温はTAC2.5%より高かった。水平面日積算日射量の小さい日を選定する案4は、日中の気温の低い曇天日を選定できるが、エンタルピは高い気象となる。また1日の区切りの20時で気象の変化が激しくなった。日最高気温の低い日を選定する案2は、日中の気温の低い日を選定することを意図したが、実際には夜間に日最高気温が出現する場合があります、意図通りの選定ができなかった。日平均エンタルピを第1指標とする場合、案2～3はどれも結果的に曇天

(a) 日平均気温を第1指標とする場合 (b) 日平均エンタルピを第1指標とする場合

図4 冷房設計用気象データ

日を選定することになり、晴天日の多い19日から作成するには適さず、案2～3で選定された3日のうち2日はどれも同じ日選ばれた。本研究では、特徴の異なる設計用気象データを数種用意し、装置に応じて選べるようにすることを目指している。暖房設計用には、外調機を併用するインテリア空調機のように外気温が厳しい気象であればよい場合のほか、①外気負荷も受け持つインテリア系統空調機のように外気温とエンタルピが厳しい気象、②スキンロードを受け持つペリメータ機器のように外気温が厳しく日射量が小さい気象、③外気負荷も受け持つペリメータ系統空調機や小部屋の空調機、熱源装置などのように、外気温、エンタルピが厳しく日射量が小さい気象が必要な場合が考えられる。また、④木造住宅などのように外気温でも、特に日最低気温が厳しい気象が必要な場合もある。①、④は晴天、②は曇天の気象で、それぞれ日平均気温を第1指標とする案3、案4が適しているといえる。しかし、外気エンタルピが低い場合は晴れで日射量が多い傾向があるため、③に対応する気象は出現頻度が少なく、今回の検討では設計気象を作成するのは困難という結果となった。

図4に日平均気温、日平均エンタルピを第1指標とする場合の冷房設計用気象データの案を示す。日平均気温を第1指標とする場合、さらに日平均エンタルピの高い日を選定する案3は、気温、絶対湿度ともTAC2.5%に近い値で日射量は他の案よりやや少ない。日積算日射量の大きい日を選定する案4はエンタルピがやや低くなった。日平均エンタルピを第1指標とする場合、さらに日平均気温の高い日を選定する案3は日射量も大きい。日最高エンタルピの高い日を選定する案2は日射量が小さい。日積算日射量の大きい日を選定する案4は、日平均気温の超過確率が2.5%に近かった。冷房設計用の場合、①外気負荷を受け持つ

図5 日積算日射量を第1指標とする場合の気象データ (8月南面)

インテリア系統空調機のように外気エンタルピーが厳しい気象、②スキンロードを受け持つペリメータ機器や住宅のように外気温と日射量が厳しい気象、③ペリメータ系統空調機や小部屋の空調機、熱源装置などのように外気エンタルピー、外気温、日射量が厳しい気象が必要な場合が考えられる。日平均気温を第1指標とするときの案3、日平均エンタルピーを第1指標とするときの案3は、ともに気温、エンタルピーの厳しい気象を選定可能である。日射量もある程度大きく、①～③の気象の特徴を全て備える可能性があることから、日平均エンタルピーを第1指標とする案3の方がよいと判断する。日平均エンタルピーを第1指標とするときの案4も①～③の気象の特徴を備えている。しかし日射量の影響を特に強く受ける装置に対しては方位別日積算日射量を第1指標とする設計気象を用意するので、ここでは気温が厳しいことが保証される案3が最もよいと考えることにする。

図5に、日積算日射量を第1指標とする場合の例として8月南面について、超過確率2～3%と判定された5日間の気象と、その中から3日を選定して作成した設計気象データ3種を示す。太陽位置は8月15日を想定した。日平均気温の高い日を選定する案2と日平均エンタルピーの高い日を選定する案3は同じ日を選ばれ設計用気象データは一致した。他の方位、他の月でも同様の傾向があり、日積算日射量を第1指標とする場合は案2でよいものとする。図6は、案2について、垂直面4方位の各月の設計用気象データを示したものである。日射量と気温の影響を受ける装置の場合、何月に最大負荷が発生するか微妙となる。日積算日射量を第1指標とする設計用気象データを利用する際には、装置に応じて最大負荷の発生する可能性のある月を数ヶ月を選んで負荷計算を行い、得られた負荷の中で最も大きな値を最大負荷とする。

図6 日積算日射量を第1指標とする場合の冷房設計用気象データ (各方位各月・案2)

月により日射量にどの程度差があるかを垂直面日最大日射量で比較すると、最も大きい月に対し最も小さい月は、南面は約5割、他の方位は8割弱の値となった。東面8月の気温はTAC2.5%の値に近いが、他の案の気温はTAC2.5%より低い。従来の設計用気象データでは外気温と日射量を独立して作成することが一般的だが、日射量が多いときに、外気温も日射量と同等に厳しくなるわけではない。

図7 中間階事務室断面図

表3 負荷計算の概要と装置負荷の定義

建物条件	外壁：カーテンウォール、窓：透明単板ガラス 室奥行き：10m(ペリメータ：5m)、すきま風：0.2回/h(ペリメータ容積基準) 内部発熱(最大値)：在室者0.2人/m ² 、照明20W/m ² 、OA機器10W/m ² フラインド操作：直達日射の床面差込長さで透過日射量の強さで開閉調整
空調条件	方式：FCU併用CAV方式、外気取入量：1.1lit/m ² sec(予冷熱時外気カット) 風量：AHU7回/h(各ゾーン容積基準)、FCU12回/h(ペリメータゾーン容積基準) 設定温湿度：冷房25℃ 湿度無制御、暖房23℃ 50% (インテリアゾーンは冬期も冷房可能とし、冷房時設定温湿度は23℃50%とした) 空調時間：8～18時(予冷熱8～9時)
その他条件	15年時別負荷計算では、週休2日とした。日周期定常最大負荷計算では、冬期の人員発熱を約1/3とした
室内熱計算の概要	室内熱計算では対流・放射を分離して扱い、またゾーン間換気量を与え非空調時のペリメータゾーン室温変動がインテリアゾーンへ影響することを考慮できるようにした。冷却コイルの除湿は成り行きとし、除湿時のコイル出口空気は相対湿度95%と仮定した。予冷熱時は、装置負荷一定で予冷熱終了時刻に丁度設定室温となる場合を仮定している。その他の計算法は文献(1)による。
装置負荷定義	インテリアAHU負荷 Q_{IAHU} [W/m ²]、FCU負荷 Q_{FCU} [W/m ²]は次式で表される。 $Q_{IAHU} = Q_I + Q_{OA} \dots (1)$ $Q_{FCU} = (Q_P - Q_I) \times DP \dots (2)$ ペリメータAHU負荷 Q_{PAHU} [W/m ²]は、FCU併用CAV方式での計算結果をもとに求める。 $Q_{PAHU} = Q_P + Q_{OA} \dots (3)$ ただし、 Q_P 、 Q_I ：インテリア、ペリメータ各ゾーンの単位床面積当たり室負荷[W/m ²]、 Q_{OA} ：単位床面積当たり外気負荷[W/m ²]、 DP ：ペリメータ奥行き[m]

4. 日周期定常最大負荷の危険率による検討

作成した設計用気象データ案を用いて日周期定常最大負荷を求め、この値が15年間の気象を用いて計算した15年時別負荷に対してどの程度の危険率を有するかを調べ、各設計気象データ案の過酷さを検討した。図7に計算対象室を示す。最大負荷は、図中に示すインテリアAHUとFCUについて求めたほか、ペリメータゾーンを専用に空調する場合のペリメータAHUについても求めた。負荷計算の概要と装置負荷の定義を表3に示す。

図8は、3種類の装置について、東西南北各方位室の15年時別負荷のランキングを示したものである。上位になるにつれ装置負荷の値が大きく変わるケースと、FCU暖房負荷のようにあまり変わらないケース

図8 各装置の15年時別負荷のランキング(4方位各室)

図9 各装置の周期定常装置最大負荷の危険率(4方位各室)

とがある¹²⁾。FCU暖房負荷は曇天日に負荷が大きくなり、主にその時刻の外気温に影響され値が決まる。そのため方位差がほとんどなく順位による負荷の違いも小さい。インテリア、ペリメータAHU暖房負荷の場合上位は予熱負荷であり、休日明けかどうか、休日明けの場合は休日中の天気により蓄熱負荷の値がかなり変わるため、順位による負荷の違いが大きい。また予熱開始前までの室温変動は日射の影響を受けるため蓄熱負荷に方位差が生じ、インテリアAHU暖房負荷においても方位差が認められる。インテリアAHU冷房負荷は、主に外気負荷と内部発熱負荷を受け持ち、暖房負荷に比べると、順位による負荷の違いが小さく方位差もあまりない。図9に、各方位室、各装置の日周期定常最大負荷の危険率を示す。日積算日射量を第1指標とする設計用気象はインテリアAHUには適さないため、この場合の検討を行わなかった。暖房最大負荷では、日平均気温を第1指標とする場合、3種類の装置とも北、西方位室は案3のとき、南、東方位室は案4のときに危険率が小さくなり、方位によって適する案が異なることがわかる。蓄熱負荷の占める割合の大きいインテリアAHU暖房負荷は¹³⁾、最も危険率の小さな案でも危険率4～5%になる方位室が多い。これは休日の影響を考慮できない日周期定常計算の限界が影響したものである。設計気象データの危険率と負荷危険率の関係の詳細は、最大負荷計算法の問題も含め、別途研究する必要があるといえる。日平均気温を第1指標とする場合の案3での北、西方位FCU暖房負荷および案4での南、東方位FCU暖房負荷は危険率1%以内となり過大負荷と判定可能だが、図8における危険率2.5%の負荷値との差が大きいわけではない。冷房最大負荷の場合、日平均エンタルピを第1指標とする案3に着目すると、インテリアAHU負荷は危険率2%前後、ペリメータAHU負荷は2.5%以内となった。FCU負荷は、北方位以外は方位別日積算日射量を第1指標とする場合の8月あるいは9月に危険率が小さくなるが、北方位は日平均気温や日平均エンタルピを第1指標とする案のときに負荷の危険率が小さくなる。日積算日射量を第1指標とする場合の過酷気象の選定では、1ヶ月に対して超過確率2～3%を適用したが、他の案に比べやはり厳し過ぎる可能性がある。また東京での本検討からは、南方位は8～10月、他の方位は7～9月の3ヶ月程度の設計用気象データに絞ることが可能である。

5. 結

本研究により得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 暖房設計用気象データに関しては、日平均気温を第1指標とし、さらに日平均エンタルピを第2指標として過酷気象を選定すると、日平均気温、日平均エンタルピが低いほか日最低気温も低い晴天日の設計用気象データを作成できる。また水平面日積算日射量を第2指標とすると、エンタルピはやや高いが日中の気温が低い曇天日の設計用気象データを作成できる。
- 2) 冷房設計用気象データに関しては、日平均エンタルピを第1指標とし、さらに日平均気温を第2指標として過酷気象を選定すると、日平均気温、日平均エンタルピとも高いほか、日射量もある程度大きい設計用気象データを作成できる。月別方位別日積算日射量を第1指標と

し、さらに日平均気温を第2指標とすると、日平均エンタルピも高い設計用気象データとなる。

3) ある事務室について日周期定常最大負荷の危険率を検討したところ、上記の設計用気象データを用いると負荷危険率は2.5%以内となる場合が多かった。日積算日射量を第1指標とする場合は、1ヶ月に対し超過確率2～3%を適用したため、他の気象データに比べ過酷となった。気象の危険率と負荷の危険率の関係については、建物や空調装置の違い、日周期定常最大負荷計算法の問題も含め、別途検討が必要である。日積算日射量を第1指標とする場合、各方位3ヶ月程度の設計用データを用意すればよい可能性がある。

4) 本論では3日の過酷気象をピックアップする方法とした。この結果、第1指標の気象要素に対し第2指標の気象要素の方が過酷となる傾向がある、1日の区切りで気象の変化が激しい場合がある、特異な日を選定したときの影響が大きいなどの問題があり、ピックアップする日数を増やすなどの改良が今後考えられる。

謝辞

本研究にあたり、日本建築学会建築設備小委員会設計用気象データWG(主査:赤坂裕)の委員各位より助言を頂いた。記して謝意を表す。また、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(B)(1)15360311により実施したものである。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生工学便覧第13版
- 2) 空気調和・衛生工学会: 空調設計用最大熱負荷計算法、1989
- 3) 千葉孝男: 空気調和の設計外気条件、空気調和・衛生工学会Vol.40、No.6、pp.25-36、昭和41年6月
- 4) 武田仁: 空気調和のための東京気象データに関する研究 第1報 TAC法による設計外気条件、空気調和・衛生工学会論文集No.41、pp.105-115、1989.10
- 5) 滝沢博: マイクロビークプログラム: 空気調和衛生工学会熱負荷算法小委員会シンポジウム「熱負荷とソフトウエア」、pp.13-24、1989.2
- 6) 石野久彌: 日本各地の方位別設計用日射量と設計用大気透過率の提案、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.125-128、1992.10など
- 7) 奥田泰一・池沢広和: モデル計算による暖房設計用外界条件の検討、空気調和・衛生工学会論文集No.8、pp.11-22、1978.10
- 8) 武田仁・大西健一: 空気調和のための東京気象データに関する研究 第2報 各種設計用外界条件の検討と期間負荷簡易計算法、空気調和・衛生工学会論文集No.51、pp.29-41、1993.2
- 9) H. Ishino, T. Ogawa, K. Kohri, T. Nagata: Reserach on the Characteristics of Design Weather Data Derived from 15 Years of Thermal Load Simulations, Proc Int. Conf. on CCEB, Paper No.135
- 10) D. G. Colliver, et al.: Sequences of Extreme Temperature and Humidity for Design Calculations, ASHRAE Transactions 104(1a), 133-44, 1998
- 11) 郡公子・石野久彌: 温熱環境とエネルギー消費量の同時評価法に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集No.365、pp.40-48、1986.7
- 12) 石野久彌・郡公子: 設計用空調最大負荷の精度に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集No.43、pp.87-96、1990.6
- 13) 郡公子・石野久彌: 設計に用いる暖房蓄熱負荷算法の提案、空気調和・衛生工学会論文集No.31、pp.95-104、1986.6
- 14) 平川仁士・郡公子・石野久彌: 2種の気象指標に基づく空調設計用気象データの作成法に関する研究 第1報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.77-80、2003.9
- 15) 北原悦史・郡公子・石野久彌: 2種の気象指標に基づく空調設計用気象データの作成法に関する研究 第2報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.81-84、2003.9

(2003年5月7日原稿受理、2003年10月9日採用決定)