乾暑地域におけるヴァナキュラー建築の温熱環境に関する研究

採風塔の採風方法と貯水施設の採風効果の検証

THERMAL ENVIRONMENT OF VERNACULAR ARCHITECTURE IN HOT ARID REGION

Variation of taking in wind, and verification of ventilation effect of a water cistern

菅原 圭子*, 出口 清孝**

Keiko SUGAWARA and Kiyotaka DEGUCHI

This study deals with the environmental of vernacular architecture in a hot and arid region like desert areas in West Asia and North Africa. One of the most characteristics of vernacular architecture in Iran is the wind catcher, domestically called as a Badgeer, which takes air in higher sky inside a building.

In this paper, various wind catchers were classified from the function. Then, the thermal environment of a “Ab Anbar”, a traditional reservoir building, was analyzed under the summer condition by means of CFD. As a result, the amount of inflow at early morning from the wind catcher is more than 2 times of that of daytime. It was shown that the wind catcher has effectively taken the early morning wind with low temperature.

Keywords : Hot arid region, Vernacular Architecture, Natural Ventilation, Numerical Simulation

乾暑地域, ヴァナキュラー建築, 自然換気, 数値シミュレーション

1. はじめに

近年, 地球温暖化に伴い二酸化炭素削減に向けた様々な取り組みが各業界で行われている。たとえば, 建築業界では, 建築と設備一体となった省エネルギー建築について様々な技術開発が行われている。技術が進歩したおかげで, いまや建物のデザインは自由自在となり, 照明・空調など設備機器の省エネルギー化に向けた開発も行われ, 日々躍進的な進歩を遂げている。自治体では, 省エネルギー建築にはアドバンテージを与えるなど, ある規模以上の建物には省エネルギー建築とすることを義務化する動きがある。このような背景もあって, 太陽・風・地熱などの自然エネルギーを用い, 建物全体の省エネルギー化を図った建物を計画することは, 今や必須となってきた。しかし, 自然エネルギーを利用するには, 画一的な計画では十分自然エネルギーの効果を利用できるとは限らない。計画する建物が建てられる土地の特徴をとらえ, これに沿った計画が必要となる。なぜなら, 自然エネルギーの利用は, その土地の地形や気象条件などに依存するためである。自然エネルギーを利用した省エネルギー建築の根源は, その土地の歴史や地形, 気象条件によって培われてきた伝統的な建築スタイルにあると言える。このような建築は, 一般的に「ヴァナキュラー建築(風土建築)」と呼ばれ, 世界各国で自然環境と共存してきた人々の知恵が随所に見られる。そこで, 筆者らはヴァナキュラー建築の風・温熱環境に注目し, 昔から伝えられている風・温熱環境に関する工夫が, 現代にどの程度適用・適応できるのか, 風や日射などが建物内の温熱環境に与える

影響・効果を検討することにした。まず, 風が年間を通して強く, 日射の影響も顕著と思われる暑く乾燥した「乾暑地域」に注目し, 日中の暑さや風に対してどのような工夫が見られるのか, この地域に存在するヴァナキュラー建築を研究の対象とすることにした。主に西アジアや北アフリカなど, 砂漠が広がる地域が「乾暑地域」となる。「乾暑地域」の気象条件は, 人間が生活するには過酷であり, それゆえ人間が生きていくための工夫が建物の随所に見られる。「乾暑地域」にあるヴァナキュラー建築に見られる特徴の一つに, 外部風を採り込む「採風塔」がある。「採風塔」は, 建築的な工夫の一つで, 良好かつ適切な室内環境を形成するために現代では欠くことのできない「空調」の代替といえる。筆者らは, 「採風塔」に注目し, この塔が建物にどの程度貢献しているのか, また塔が存在することによって, 室内の温熱環境がどの程度変わるのか, さらに, 塔が外の風を採り込むほかに担う役割などを検討することにした。

過去の研究事例を見ると, 建築調査は行われても詳細な温熱環境を検討している例は少ない。とはいえ, 乾暑地域のヴァナキュラー建築から省エネルギーのヒントを得ようとする取り組みは, 以前より行われてきている。Fathy¹⁾ や Lari²⁾ および Bahadori³⁾ らは, 「乾暑地域」におけるヴァナキュラー建築について, 「温熱環境」という側面から調査し, 報告している。「採風塔」についてもイラストや写真で紹介し, 実測なども行っている。非常に興味深いこれらの報告は, 近年様々な文献^{4) 5) 6)} に引用されている。しかし, 実測や調査は断片的であり, 屋外環境を含む建物全体の温度や風について詳細

* 法政大学エコ地域デザイン研究所 兼任研究員・工修

** 法政大学デザイン工学部建築学科 教授・工博

Concurrent Researchers, Laboratory of Regional Design with Ecology, HOSEI University, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering and Design, HOSEI University, Dr. Eng.

な部分までの調査・検討が重ねられていない。一方、近年報告された例^{7) 8)}では、世界各地にあるヴァナキュラー建築の居住環境調査の一環として「採風塔」を取り上げ、「採風塔」を備えた住居の居住域における温熱メカニズムを推測し、イラストや写真などで紹介する一方、建物の測量などを行い、温度・湿度を測定するほか、コンピュータ・シミュレーションによる検討を行っている。これらはいずれも「住居」を対象としており、「採風塔」と「居住環境」を観点にまとめられている。ヴァナキュラー建築は、「住居」に限らず様々な用途の建物で見ることができる。そこで筆者らは、現地にて現存する複数のヴァナキュラー建築を調査し、「採風塔」の使用目的や保存状況などを関係者にヒヤリングを行ったうえで建物内部を測量し、内部環境を検討するための基本的な建物情報のデータを収集した。さらに、収集したデータを活用し、これまで詳細に検討された例が少なかった「貯水施設」を対象に、より詳細に内部の温熱環境を探るため、数値流体力学（CFD）に基づく三次元の総合的な評価手法を用いて、定量的にヴァナキュラー建築の風・温熱環境を探ることにした。

2. 対象地域の気象条件と風土建築

本研究の対象地域は、砂漠が非常に多い。したがって、砂嵐などの被害を少なくし、強い日射の影響を最小限にするため、建物には窓が少なく、街路が狭いことも乾暑地域のヴァナキュラー建築の特徴として挙げられる。しかし、このような建物の造りでは、室内に外から新鮮な風を採り入れることは困難である。そこで、上空に吹く新鮮な風を室内に採り込む「採風塔」は、実に有効な通風手段のひとつであるといえる。また、乾暑地域における気候の特徴のひとつに、一日の外気温の変動が非常に大きいことが挙げられる。東京の外気温日較差が年間平均約7.5℃であるのに対し⁹⁾、検討対象地域内の都市の1つであるハイデラバード（国：パキスタン）の日較差は、年間平均約13.8℃にもなり、年間の最高気温は40℃を上回る¹⁰⁾。同じく検討対象地域内の都市ヤズド（国：イラン）では、日較差の年間平均が約15.2℃と東京の約2倍にもなる¹¹⁾。したがって、この地域にある比較的裕福な家では、地中の恒温性を利用するため地下室を設け、外気温が高温となる夏期の日中は地下室で過ごす。さらに、建物の壁は熱容量が大きい日干し煉瓦や石材・粘土などを用い、極力外部の影響が受けにくい構造にしていることも特徴の一つである。

3. 採風塔の形状と種類

図1に示すように、筆者らは現地調査の前に、採風塔は研究対象地域内に様々な形状のものが多く存在したことを文献などにより確認した^{12) ~17)}。さらに、調査対象地域内の代表的な街における気象を調べ、外部風向の違い^{10), 11)}から採風塔を大きく2つにタイプ分けできることも確認した²⁾。海風など卓越風が顕著に見られるところでは、風を採り入れるための塔の開口が一方（以後「単一風向型」と呼ぶ）であり（図2）、卓越風が様々な方向に分散しているところでは、風を採り入れるため、あらゆる方向に開口を設けている（以後「多風向型」と呼ぶ）（図3）傾向があった。本論文では、主に「多風向型」を中心に現地調査を行い、検討した結果を報告する。

図1 乾暑地域にある主な採風塔^{12) ~17)}

図2 単一風向型の形状例とパキスタン・ハイデラバードの風向

図3 多風向型の形状例とイラン・ヤズドの風向

表1 イランにおける調査対象建物と採風塔の大きさ

No	建物用／建物名	所在地	採風塔の大きさ		
			長辺	短辺	高さ
1	貯水施設	ヤズド	1.4m	1.4m	G.L.+5.6m
2	知事住居など（合同庁舎）	ヤズド	4.4m	4.3m	G.L.+14m
3	個人住居／Lari邸	ヤズド	4.7m	1.7m	G.L.+10m以上
4	個人住居／Eskandar邸	ヤズド	3.5m	2.2m	G.L.+10m以上
5	個人住居／Ameriyan邸	カシャー	2.4m (2.2m)	2.1m (1.2m)	B1F F.L.+21m
6	知事住居など（合同庁舎）	ヤズド	直径:3.7m		G.L.+33m

長辺・短辺において（）内の数値は、採風塔最下部の内寸

図4 調査対象建物の採風塔詳細

4. 現地調査対象地域

文献調査より、「多風向型」の採風塔が確認できた地域を中心に現地調査を行った。現地調査を行った主な都市は、ヤズド、カシャーニなどイラン国内の主要都市である。調査は、まず市街地へ入った後、採風塔を設けている建物を巡り、公共の建物など内部視察が可能な建物であれば、塔の大きさ、塔内部の様子（塔内部の仕切り方法など）、塔直下の部屋や隣接する部屋の規模（大きさ）や用途、建物の開口位置や大きさを調べた。また、個人宅でも家主（または管理者）の了解が得られた建物については、同様の調査を行った。調査した複数の建物の中から、比較的詳細に調査を実施することができ、さらに採風塔の特徴が顕著に見られる建物について、その概要と計測した採風塔の大きさ等を表1に示す。建物用途は個人住居から貯水施設など様々である。貯水施設は街の中のいたるところで確認でき、可能な限り調査を行ったが、この表内で記している貯水施設は、ヤズド郊外にあり、調査を行った中でも建物状態が非常に良いものを挙げている。

5. 採風塔内の分割方法と採風塔を通る風の流れ

図4に表1で示した調査建物の採風塔について詳細を示す。まずは採風塔自体の外観写真、次に採風塔内部の様子がわかるように、建物内部から撮影した採風塔最下部の内観写真、さらに採風塔がどのように内部で仕切られているかが確認できるように内部再現図をそれぞれ示す。外観写真から、風の採り込み口部分についてみると、個人住居の採風塔（3）（4）（5）は装飾が施されており、家主の富裕具合がこのような場所で表現されているようである。一方、内観写真および内部再現図からは、あらゆる方向から風を採り込むために仕切り板を様々な工夫で設けていることがわかる。（3）と（4）は個人住宅であり、採風塔の規模も似ているが、内部の分割方法が異なっている。このように、多風向型の採風塔といっても内部の分割は、四分分割や八分割したものと様々であった。また、採風塔の大きさは建物の規模によって異なり、大規模の建物には大きな採風塔または複数の採風塔を取り付けられている傾向がみられた。

イランの中央に位置する都市、ヤズドでは採風塔が至るところにある。その中でも内部の調査を行なった（2）（3）（4）（6）の建

物は、中庭があり、中庭に面する居室は半戸外空間になっている。採風塔で採り込んだ風は、居室を通りぬけ中庭へ抜けていくと推測される。また、(2)の建物は、採風塔下の床面に一定の開口面積がある格子状の床材が取り付けられており、この床材の開口を通して採り入れた風の一部を地下に送るようになっていた。カシャーンの建物(5)は比較的大規模な邸宅であり、採風塔は地下まで通じていた。(2)(5)のように、採り入れた風を地下へ通すことで地中冷熱によって風を冷やしていたと考えられ、居室へは外気温度より低い温度の風を導く工夫が成されていたことが推測できる。調査全体を通してみると、地下室を有する建物は非常に多く、イランにおいて風と地中熱を併用して使うことは一般的な方法と考えられる。また、(5)(6)のように採風塔から採り入れた風を室内に置かれた池に当ててから中庭に出るように計画されているものもある。加湿冷却の効果を利用したものとも推測されるが、室内に池を置くことは珍しく、主に大規模な建物に見られた。

イランの伝統的な住宅では、採風塔から採り入れた風を地下、水との関係を考えて住宅構成によって自然エネルギーとして活用していることが調査によって推測できた。

6. 採風塔を持つ建物—貯水施設

乾暑地域での「水」の確保は非常に重要である。調査を行ったイランでは、カナート (Ghanat/Qanat) と呼ばれる地下水路を利用している。山の麓から縦穴を掘り、それを横穴でつなぎ街まで地下水路をつなげる。現在でも砂漠地帯で水を得るための伝統的な方法として受け継がれている。地下水路によって街に運ばれた水は農業用水として使われるか、生活用水として街の人に供給される。街の人が地下水路によって運ばれた水を手に入れるために、街中にはアベアンバル (Ab Anbar) と呼ばれる貯水施設がつくられ、運ばれた水が貯蔵され、ここから汲み上げるようになっていた。

筆者らが調査を行った貯水施設はいずれも貯水槽は地下にあり、貯水槽の地上部分にはドーム状の屋根がかかっていた。ドーム状屋根の周囲には採風塔が配置され、風が貯水槽内に入るような仕組みとなっていた。地上部分に出ているドーム屋根には開口が無いため、採風塔より入った風は、採風塔から出て行くことが考えられる。貯水槽内の水を汲むには、地下へ通じる階段を下り、地下部分で水を汲む方法が一般的のようである。また、地下水路が街の地下を通るため、地下を有する住宅では自宅地下の地下水路から直接水を汲み上げるケースもあった。

ヤズド郊外に約380年前の貯水施設がある(表1(1), 図4(1), 写真1)。使用されていないこの貯水施設は、ヤズドの市街地から離れており、周りに建物がなく、貯水池の水を汲むために降りていく階段の入口と貯水槽の位置関係がわかりやすい。貯水槽の直径は約6m、高さは地上面から約4mのドーム状の屋根があり、ドーム屋根の両端に高さ約5.6mの2本の採風塔が立っている。貯水槽から水汲み場入口までは約30mあり、水汲み場までの深さは約7mほどである。水汲み場には蛇口があり貯水槽とはパイプなどでつながっていると考えられる(図5)。

採風塔の寸法、内部分割を図6に示す。採風塔は内部で四分割されている多風向型となっている。採風塔胴部は干し煉瓦で積み重ねられており、開口部は網目のように細かい穴になっている。

貯水槽屋根ドームと採風塔

水汲み場入口および貯水槽屋根ドームと採風塔 周辺の様子

写真1 貯水施設現地写真

図5 貯水施設全体（水汲み場入口と貯水槽の位置関係）

貯水槽と採風塔(断面図) [mm] 採風塔(上:立面図, 下:平面図) [mm]

図6 貯水層および採風塔

ある程度開口面積に制限を設けているのは、貴重な水を外敵（小動物など）から守るような工夫を施していると予想される。また、南側の採風塔下部には点検口のような開口があり、採風塔下部と貯水槽との接合部分を目視により確認することができた。採風塔底部には砂が溜まっていたことから、この開口は貯水槽内を点検・清掃などを行うほかに、採風塔下の溜まった砂を取り除くためのメンテナンス用の開口であると推測される。

7. 貯水施設の採風効果の検証

一般住居の採風塔は、夏期において風を採り込み人間がより快適に過ごすために用いられることが予測できるが、貯水施設の採風塔は、貯水槽内を換気するために使われるであろうと推測はできても、果たしてどの程度効果があるのか詳細検討した例は少ない。Bahadori³⁾の文献では、採風塔とは別にドーム頂部に換気用開口がある貯水施設の例をとりあげ、内部の気流予測を行っているが、これは簡単な机上予測の範囲に留まっており、風速や温度など定量的な評価を行っていない。また、貯水施設内部の実測を行うのは、内部が非常に狭いことや、貯水施設として機能しているところでの測定は非常に難しい。そこで、筆者らは前章で取り上げた貯水施設を対象に、数値流体力学（CFD）に基づく三次元の総合的な評価手法（数値流体解析）を用いて採風塔の効果を定量的に評価することにした。解析は、株式会社ソフトウェアクレイドル社製の3次元熱流体解析システム「STREAM for Windows Ver7」を使用する。

7-1 解析概要

解析条件を表2に示す。先に述べたように、この貯水施設の周辺には建物がないため、あらゆる方向から風が吹いてくることをイメージし、風向は8方位検討することにした。解析対象は、2本の採風塔とドーム屋根および貯水槽内部とし、30m離れた場所にある水汲み場への入口建物は含まなかった。貯水槽内の水は約7割程度入っていると仮定し、採風塔の開口は網目のように細かい穴となっていることから、開口部分は50%開口率としてモデル化した。解析モデルを図7に示す。採風塔と貯水槽屋根のドームは点対称の形状・配置であるため、風向は北～南の間を解析し、南～北は置き換えることにした。解析は乾季である夏期とし、日較差が大きいことから、昼間と朝方（一日の外気温度変化のうち最高温度時と最低温度時）についてその違いを比較し、採風塔の役割を検証した。本解析は、昼間と朝方における採風塔からの風通りの確認を目的としているため、解析は定常計算とし、壁面の蓄熱や放射の影響による考慮は行っていない。また、2005年8月6日～8日までヤズドにおいて実測を行っている^{18)～20)}ので、外部の条件（外気温度、風速、日射量など）は実測値を用いた。本実測では、実測期間中の屋外風向は一日を通して変化していることが確認できた。また、外気温度は日中最高温度が40℃を超え、湿度が10%前後と非常に低いことも測定により確認でき、高温で乾燥するこの地域の気候の特徴を把握するデータを得た。

7-2 解析結果

7-2-1 流入流出風量

図8に昼間と朝方の貯水槽内への風の流入・流出量を風向別に示す。流入および流出量は、採風塔と貯水槽の境界面を通過する風速と面積から算出した。いずれの風向でも朝方の流入流出量の方が昼

表2 貯水施設の解析条件

外部条件	天候	快晴 ^{*1}
	外気温度 ^{*2}	昼間:40.6℃(実測最高値参考) ^{*2} 朝方:28.9℃(実測最低値参考) ^{*2}
	風の条件	地上+約9.4mにおける風速2m/s ^{*2} 乱流モデル:標準k-εモデル
		ベキ指数:1/7 ^{*4}
	風向	8方位
計算領域	X[mm]	40,000
	Y[mm]	40,000
	Z[mm]	30,000
計算メッシュ(X×Y×Z)	132×108×99, 総数:1,411,344	
貯水ドーム熱貫流率 ^{*5}	1.86[W/m ² K]	
貯水槽表面熱伝達率	7.5[W/m ² K]	
水面熱伝達率	6[W/m ² K]	

*1: 日射量: 昼の計算は最高温度時(15:00)の日射量とした
*2: 2005年8月6～8日のヤズドにおける実測データに基づく値
外気温度測定点: 地上+約6.8m地点(屋上床+1.3m)
外気温度測定機器: サーミック2300A, 江藤電気(株)
(測定範囲-200～+600℃, 分解能0.1℃)
風速風向測定器: 三杯型風速計AF750 #1402・風向計VF016 #490,
(株)牧野応用測器研究所(風速計: 測定範囲0.4～20.0m/s, 測定誤差±0.1m/s)(風向計: 16方位, 測定誤差±3.0°)
*3: 地中温度・水温: 34.7℃(実測期間中の外気温度の平均温度)
*4: 対象建物周辺は、低層建物が一部建ち並ぶが、ほとんどが田畑の広がる平坦地となっているため1/7とした。
*5: 貯水槽の屋根ドーム熱貫流率: 日干し煉瓦の熱伝導率 1.012[W/m²](実測値)として算出

図7 解析モデル

図8 風向別貯水槽内流入・流出風量

図9 乾季における朝方と昼間の風配図¹¹⁾

間に比べ、2倍以上多いことがわかり、外気温度が低い時間の方が貯水槽内へ外部風が多く流入することがわかった。

図9より、貯水槽内の水を活用する乾季において、朝方（6時）は西風が卓越風であり、昼間（15時）は北西風が卓越風であることが気象データより確認できる¹¹⁾。このことから、朝方の卓越風である西風では、流入流出量が他の風向に比べ多いことがわかる。したがって、外気温度が低い朝方に貯水槽内への流入量が比較的多くなるような採風塔の配置計画が成されていることが推測できる。

図10と図11に朝方の卓越風である西風と昼間の卓越風である北西風における採風塔内部の通過風量を示す。ここに示す流入および流出量は、採風塔内部の仕切り下部での通過風速と面積から算出した。正で示した値は採風塔内部への流入を、負で示した値は採風塔外部への流出を意味している。図4（1）および図6からわかるように、対象とした採風塔は、正方形断面に対し「X」字状に仕切りがあり断面形状が二等辺三角形の通風路を4つ形成している。したがって、採風塔のどの開口より流入流出したのか確認できるように、それぞれの開口の流入流出量を示した。また、風下塔の流入量Aと風上塔の流入量Cを足し合わせたTotalの流入量（A+C）と風下塔の流出量Bと風上塔の流出量Dを足し合わせたTotal（B+D）も同グラフ内に示す。図10と図11のグラフから、塔内部に仕切りがあることによって、主にこの仕切りの風上側より風が流入し、風下側から流出していることが確認できる。また、昼間と朝方のTotal流入流出量の関係に大きな差が無いが、図8で示すように貯水槽内部への流入は朝方の方が昼間より2倍以上多い。これらの結果から、風向・風速が同条件である場合、外気温度が高い昼間においては、採風塔から流入した風が、貯水槽内部へ流入するのは全体流入量の約10%以下であり、ほとんどの風は流入した採風塔の開口とは別の開口から流出していることが確認できる。

図10 風向E風（W風）のときの採風塔内風量

図11 風向SE風（NW風）のときの採風塔内風量

図12 貯水施設の解析結果（中央断面における気流ベクトルおよび温度分布[°C]）

7-2-2 温度分布・気流ベクトル図

図12に、前章に示した朝方の卓越風である西風と昼間の卓越風である北西風の貯水槽および採風塔中央断面における温度分布・流速ベクトル図を示す。温度分布は空気温度の分布で、単位は[℃]である。また、矢印は風が流れる方向を示している。朝方の温度分布・流速ベクトル図より、採風塔から流入した外気は貯水槽内部に流入し、水面上を移動したあと反対側の採風塔から流出されている様子がわかる。この流れは、特に西風の場合に顕著であり、図10の「朝方」のグラフからも、採風塔それぞれの流入・流出量が異なることからうかがえる。これらの結果より、朝方の冷えた外気が採風塔より貯水槽内に流入し、貯水槽内の温度、特に水面付近の温度を下げていることが推測できる。一方昼間の結果では、貯水槽屋根部分のドーム内に熱溜りが形成されている様子がわかる。採風塔内に流入した外気はドーム内への流入は朝方ほど顕著ではない。そして、屋根部分のドームを含む貯水槽内の温度分布は、昼間の結果では西風も北西風もほぼ同じであり、図8より昼間の流入流出量は風向別で大きな差が無いことからわかるように、いずれの風向でも昼間はほぼ同様の傾向となった。

8. まとめ

「乾暑地域」において現存する複数のヴァナキュラー建築を調査し、「採風塔」の使用目的や保存状況などを関係者にヒヤリングを行った。また、建物内部を測量し、内部環境を検討するための基本的な建物情報のデータを収集し、数値流体力学(CFD)に基づく三次元の総合的な評価手法を用いて、定量的にヴァナキュラー建築の風・温熱環境を探った結果次のことがわかった。

○多風向型の採風塔は、同じ地区・街の中でも形や大きさが様々であり、採風塔から採りこんだ風を送る空間が広範囲であるほど、採風塔の規模が大きくなるか、複数の採風塔を備えることがわかった。また、住宅など人が出入りする建物では、いずれも採風塔からの風は通路や小部屋から広場を通過して中庭へ通じる構成となっており、風の通過経路を考えた建物構成となっていることが確認できた。

○調査を行った中でも、人が出入りする事のない貯水槽内部における採風塔の役割は(特に一日の温度変化のうち、最低温度となる朝方と最高温度となる昼間の貯水槽と採風塔の関係は)以下の通りであることが推測できた。

①CFD解析の結果、風向によらず朝方の流入流出量の方が昼間に比べ2倍以上多くなった。この結果より、外気温度が低い時間の方が外部風を貯水槽内に多く流入する。

②さらに、朝方の卓越風の西風では、流入流出量が他の風向に比べ多いことから、外気温度が低い朝方に貯水槽内へ新鮮な外気が入りやすいような採風塔の配置計画をしている。

③昼間においては、採風塔の開口から流入した風は、貯水槽内部へはあまり流入せず、採風塔内を通過してそのまま同じ採風塔の別の開口から流出する。したがって、多風向型の採風塔は、風を採り込むと同時に排出する役割を持つ。

④朝方の冷えた新鮮な外気は、採風塔より貯水槽内に流入し、貯水槽内、特に水面近傍の温度を下げる効果に寄与している。また、水面上を風が移動することにより、水面付近の水温も低下

することが予想される。

以上のように、「採風塔」の効果は温度や風向など外部気象条件と密接な関係があることをあらためて確認することができた。

「採風塔」は本論文で取り上げた形状や大きさ以外にも無数存在し、「採風塔」が備わる建物の構成や用途も多岐にわたる。また、「採風塔」以外にもヴァナキュラー建築には温熱環境に寄与する工夫が数多く存在する。今後も筆者らは、これらヴァナキュラー建築を環境工学的な観点から検証を継続していく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、法政大学デザイン工学部建築学科教授陣内秀信氏に多大なる協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

本研究は、2004～2006年文部科学省科学研究補助金(基盤研究B)海外学術研究(研究代表者:出口清孝)(16404016)研究課題「東南アジアおよび中近東における伝統的住居の温熱環境に関する研究」、ならびに平成16年度私立大学学術研究高度化推進事業「学術フロンティア推進事業」による研究の一部である。

参考文献

- 1) Hassan Fathy : Natural Energy and Vernacular Architecture, The United Nations University, 1986
- 2) Yasmeen Lari : Traditional Architecture of Thatta, The Heritage Foundation, 1989
- 3) Mehdi N. Bahadori : Natural Cooling in Hot Arid Regions, Solar Energy Application in Building, Academic Press, 1979
- 4) Battle McCarthy : Wind Towers Detail in Building, Academy Editions, pp.19～27, 1999
- 5) Allen G. Noble : Traditional Buildings -A Global Survey of Structural Forms and Cultural Functions, I.B.Tauris, 2007
- 6) Roya Taheri : Vernacular House of Middle East, 日本建築学会環境工学委員会, 熱環境運営委員会第22回熱シンポジウム, pp.93～100, 1992
- 7) 村上周三 : ヴァナキュラー建築の居住環境性能 CASBEE 評価によりサステナブル建築の原点を探る, 慶応義塾大学出版会, 2008
- 8) 益子義弘+東京芸術大学益子研究室 : 湖上の家 土中の家 世界の住まい環境を測る, 農文協, 2006
- 9) 国立天文台 : 理科年表 平成13年, 丸善株式会社, 1961～1990年東京気象データ, 2001
- 10) Pakistan : Pakistan Weather Review Monthly, The Authority of the Government of Pakistan, 1956～1962
- 11) Iran : Monthly Weather Summary Iran, Iranian Meteorological Department, 1961～1973
- 12) George Michell : Architecture of the Islamic World, Hudson, 1978
- 13) 小松義夫 : 地球生活記, 福音館書店, 1999
- 14) Jassem Ghazban-pour : Iranian House, Tass Publication, 2001
- 15) George Michell : Traditional Building in Iran, Hudson, 1978
- 16) Rainer Roland : Traditional House in Iran, Akademische Druck, 1977
- 17) デュバイ政府観光事務局 : Dubai 観光パンフレット
- 18) 出口清孝, 細江いずみ, 村上周三, 小野剛司 : ヴァナキュラー建築の環境工学的研究(その4)採風塔を持つ住居(イラン)の屋内環境Ⅰ. 実測概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 環境工学 2, pp.603-604, 2006
- 19) 細江いずみ, 出口清孝, 村上周三, 小野剛司 : ヴァナキュラー建築の環境工学的研究(その5)採風塔を持つ住居(イラン)の屋内環境Ⅱ. 実測結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 環境工学 2, pp.605-606, 2006
- 20) 細江いずみ, 村上周三, 出口清孝, 大森敏明, 早乙女強 : ヴァナキュラー建築の環境工学的研究(その6)採風塔を持つ住居(イラン)の屋内環境の実測と数値解析, 空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集, No.3, pp.2273-2276, 2006

(2010年5月6日原稿受理, 2010年8月16日採用決定)