

中国におけるクリマアトラスを通じた 都市熱環境配慮型都市開発の実現

平野 加保里¹・秋山 寛²・一ノ瀬 俊明³・陳 宏⁴

¹株式会社タム地域環境研究所 (〒164-0003東京都中野区東中野3-10-12 石川デンタルビル4階)
E-mail:k-hirano@tamken.co.jp

²株式会社タム地域環境研究所 (〒164-0003東京都中野区東中野3-10-12 石川デンタルビル4階)
E-mail:h-akiyama@tamken.co.jp

³正会員 独立行政法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター
(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail:toshiaki@nies.go.jp
⁴華中科技大学建築・都市計画学院
E-mail:chenhong.hust@gmail.com

武漢の長江兩岸地区の再開発予定地域を対象に、夏季と冬季の集中気象観測並びに街区スケールの気流に関する数値計算を行った。観測から、河道上の風速が強まるのと連動し直交する街路上の風速が強まり同期して気温の変動が生じること、河道に空気が引き込まれるケースと河道から空気が吐き出されるケースが存在している可能性等が示唆された。また、それらの結果に基づき、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランを提案した結果、都市熱環境緩和を主眼においたプランでも、快適性や利便性等は概ね確保される事を評価された。さらに、整備プランの実用化について議論した開発関係者間によるワークショップで、事業主体によって重点項目が異なる事が明らかとなり、関係者同士の共同作業が熱環境改善事業に重要なプロセスである事を裏づけた。

Key Words : heat environment, urban planning, China, klimaAtlas, workshop

1. 研究開始当初の背景

昨今、我が国をはじめ世界の様々な都市で、涼しく快適な都市環境の実現し、開発に伴う夏季の暑熱緩和に向けたまちづくりを進めるため、開発の計画段階で都市気候や都市熱環境の知見を取り入れる取り組みがすすめられている。我が国では、これまで日本建築学会やクリマアトラスワーキンググループが中心となり、日本国内の複数の都市を対象としたクリマアトラスワークショップと称する市民参加型の会議を開催し、それぞれの地域に即した都市環境気候図を作成し、それを活用した都市計画について検討を進めてきた。しかしながら、我が国では、経済的なメリットを最大化するための開発が主流であり、実地においてクリマアトラスに基づき、快適な都市環境の実現への効果が検証された機会に極めて乏しく、その実現に向けた合意形成のための説得材料が希求されていた。

2. 研究の目的

中国のように行政トップの判断が民意に優先するような国家では、合意形成のための手続きは、我が国のそれにくらべ格段に簡素なものであり、行政トップが「気候変動影響緩和策」を盛り込んだ市街地の整備プランに対して理解を示した場合、関連研究の成果を反映した都市開発が実現する可能性が高いものと考えられる。

本研究は、実地でのクリマアトラスにもとづく快適な都市環境の実現の成果を、わが国をはじめとする世界各国の都市開発の現場へと還元しようとするものであり、わが国と体制・制度・自然条件の異なる中国の都市において、制度的有利性に依拠した形での新たな都市開発の方向性を模索することを目的とする。本研究において、屋外での現地観測や市街地整備プランの提案等は、華中科技大学建築・都市計画学院との共同で実施した。

3. 研究の方法

本研究においては、夏季に暑熱の著しい武漢市を調査対象都市として選定した。都市熱環境に配慮した都市開発の実現に向け、屋外温熱環境の現地観測等から得られた気温分布や気流等のデータをもとに、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランを立案し、実用化に向けて政策担当者の意向を反映する研究を進めた。



図-1 屋外温熱環境の現地観測地区（武昌と漢口）

4. 研究成果

(1) 屋外温熱環境の現地観測

a) 観測条件

中国・湖北省の武漢市において、ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランを作成するため、プランに活用できる気温分布や気流等の屋外温熱環境データを収集でき、今後再開発が想定される長江两岸に位置する武昌(800(m)×800(m))と漢口(500(m)×500(m))の2地区を選定し、夏季に気温・湿度、風速・風向、黒球温度、地表面温度等の現地観測を行った。

b) 観測結果

観測の結果、河道沿いと周辺の気温分布や気流等について、主に以下の知見が得られた。

①河道上の空気は直交する街路にまで及び

河道上の空気は周辺の市街地よりあきらかに低温で、風速も強い。また河道上の空気は、直交する街路へ200(m)～300(m)ほど侵入する。

②河道上の風速が強まると連動し、直交する街路上の風速が強まる

河道に直交する街路上の地点(地点2)と街区内に位置する地点(地点3)の気温変化を比較すると、図-3に示すとおり、風速の強い地点2では気温の変動が大きく、風速の弱まる地点3では気温の変動が小さい。

③河道に近接する市街地周辺では2種類の空気の流れが存在する

河道に直交する街路周辺の気温と風向の観測結果によると、河道から冷涼な空気が吹き出されるケースと、市街地からの暖まった空気が河道側に引き込まれるケースの、2種類の空気の流れが存在する可能性が高く、本結果は

都市計画やまちづくり等にかかわるプラン作成にも応用できる。

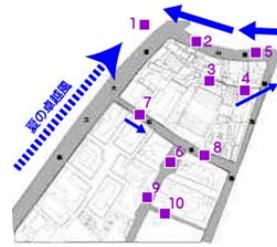


図-2 調査地点(武昌)

(2) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの提案

a) 設計要件

(1)の結果を活かしたヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの作成にあたり、設計要件を表1のとおり設定した。

表-1 設計要件

主旨	<ul style="list-style-type: none"> 武昌と漢口のどちらかにおいて、気候条件を改善する都市デザイン、すなわち、日照と通風等の気候特性に配慮した街区設計を行うこと。 河道上の冷涼な空気を街区に引き込み街区の熱環境改善に資するよう、街区の空間デザインや建物の向き、形態、棟間空地の関係を示すこと。
建築規制等	<ul style="list-style-type: none"> 武昌は「商業・業務地区」、漢口は「商業・住宅地区」の土地利用へ誘導していくことを想定する。 容積率は300(%)以上、緑地率は30(%)以上とする。
気象等	<ul style="list-style-type: none"> 武昌：一般風は南西・南南西、4(m/s) 漢口：一般風は南西、4(m/s)

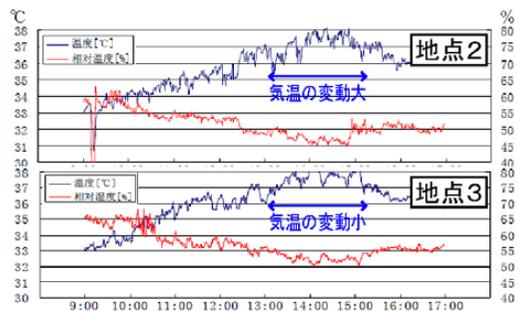


図-3 武昌2地点における気温・湿度(7月30日)

b) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地整備プランの提案

表-1の設計要件を満たしたヒートアイランド緩和策を

盛り込んだ市街地整備プランを以下のとおり提案した。

①提案A (対象地区：武昌)

設計主旨：夏季の卓越風と直交するように建物を配置し、冷涼な空気を街区に取り入れつつ、武昌の古い街並みを活かしたデザインである。商業地域では、歩行者スケールで外部空間の設計を考え、歴史的価値の高い建物と融合させ、住宅地域では緑地空間を設け、換気や日照を確保できるシステムを導入した。



図-4 対象地区の概況図

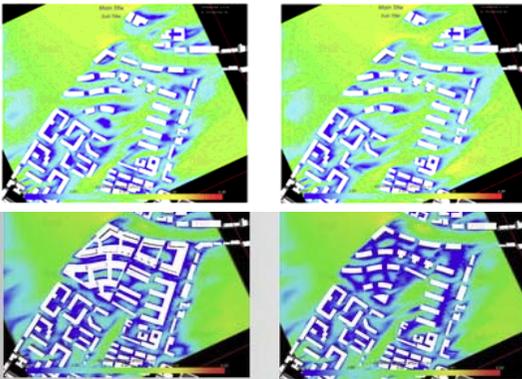


図-5 地上高度別風速のシミュレーション (左上：地上 0(m)、右上：地上 5(m)、左下：地上 10(m)、右下：地上 20(m))



図-6 動線上に四季折々の景観や花を楽しむ緑地空間を創出

②提案B (対象地区：武昌)

設計主旨：夏季の卓越風と直交するように建物を配置することで、冷涼な風を通す外部空間を形成している。建物間は歩行空間を二層にし、建物内部の排熱を逃がすため風筒を設置し、人工的な風の通り道を創出している。

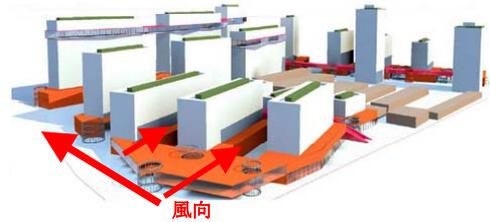


図-7 対象地区の概況図

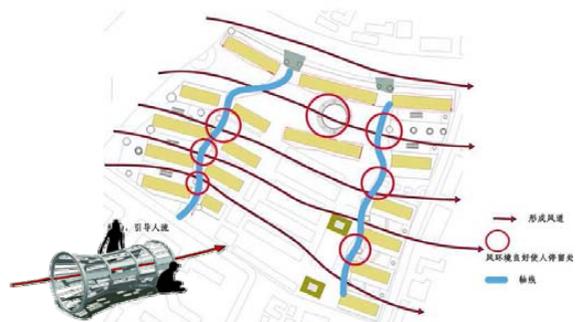


図-8 建物の排熱を意図して水平・鉛直方向に設置した風筒のイメージ図と設置箇所

③提案C (対象地区：漢口)

設計主旨：夏季の卓越風の方向に沿って、低層から高層へ高さを調整しつつ建物を配置したデザインである。河道からの冷涼な空気をよりよく街区内へ運ぶため、風の通り道に水辺・緑地のオープンスペースを設置したり、屋上緑化や駐車場緑化を計画している。

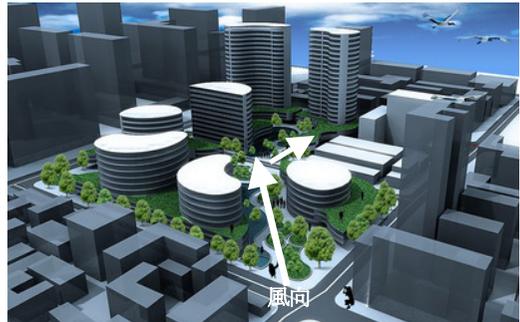


図-9 対象地区の概況図

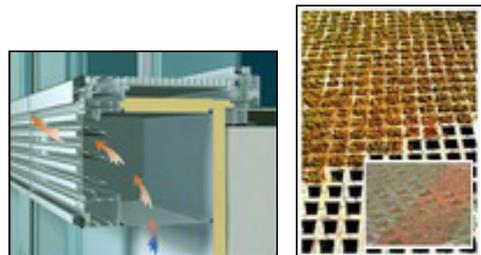


図-10 左：建物内排熱を外に逃がす装置、右：駐車場等の緑化

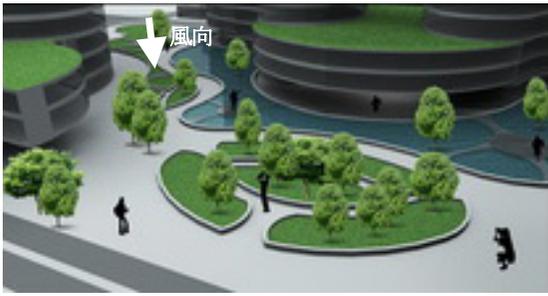


図-11 風の通り道沿いに水辺・屋上緑化・緑地スペース等を創出

(3) ワークショップの開催

提案A～Cのプランに対し、開発にかかわる市政府等の政策関係者・デザイナー・地域住民等の関係者間の合意形成を図るワークショップを開催し、プランの実用化を図った。

表-2 ワークショップの概要・結果

開催日	平成23年3月5日
開催場所	华中科技大学建築・都市計画学院
出席者	関係者約160名 研究者 5名 政策関係者・設計者等 5名 学生、地元住民等 150名
主な意見	<p>地域毎の特性を活かしたまちづくりについて</p> <ul style="list-style-type: none"> ・近年都市の発展に伴うエネルギー消費が増大しており、住まいの快適性を保ちながら省エネにも配慮したまちづくりは社会全体の発展に重大な意義がある。 ・土地毎の気象の特性を活かしたプラン構築は、新たなまちづくりのモデルとして役割を果たしており、他都市の発展にも貢献する。 ・街区・都市レベルで微気象についての科学的理論や、それを活かした設計戦略の既往知見を増やすため、一層研究を深めるべきだ。 <p>都市の熱環境に配慮した都市開発について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱・風・日照等のシミュレーションソフトの精度をあげ、より精緻化されたデータでデザインを検討していくべきである。 ・河道に直交した建物配置は、建物間に大きな間口を創出でき、冷涼な空気を誘引できる。 ・河道から市街地へ徐々に高層化する建物配置は、敷地内の風環境を良好にする。 ・夏季・冬季の両季節の快適性を得るためには、都市の東西方向の建物密度を低くし、南北方面の密度を高くすべきである。 <p>周辺環境との調和について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象地区の南側を低層群、北側を高層群としているプランは、日照や換気的面を十分考慮しているが、周辺には悪影響の生じるエリアもあり、周辺環境もあわせた建物配置を考えていく必要がある。 ・熱環境に配慮したまちづくりの際は、既存の歴史文化性の高い建物等との融合も検討していくべきだ。

(4) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地の整備プランの評価

a) 快適性や利便性からみた評価指標の設定

提案A～Cのプランは、河道からの冷涼な風を活かし、都市熱環境の緩和を主眼においたプランであるが、日常生活における人間の快適性や利便性等も確保されているかを評価するため、表-3の評価指標を設定した。

表-3 快適性・利便性等を評価する評価指標

評価指標	評価の視点
風及び換気環境	風の流れを活かす建物配置や換気装置がデザイン化されているか。
緑地環境	河道沿いからの冷涼な風の効果を一層高めるための地上・屋上・壁面緑化や並木プラン等が意図的に計画されているか。
動線環境	風の通り道として機能しつつ歩行者にわかりやすい動線計画となっているか。風を体感できる憩いの場や公園等が設けられているか。
地区のシンボル性	「風を活かしたまち」が、外部にアピールできるよう、風環境を活かしたデザインが施されているか(例)風の道がメインストリートになっている、風のゆらぎが感じられるオブジェ等

b) ヒートアイランド緩和策を盛り込んだ市街地の整備プランの評価

表-3で設定した4つの評価指標により、提案A～Cの快適性・利便性を評価した。

表-4 快適性・利便性からみた評価指標による評価

	快適性・利便性からみた評価
提案A	<p>特長：風を取りこむ建物配置であり、風の流れと同方向に主要道路が計画されておりわかりやすい。</p> <p>改善点：主要道路沿いの建物が高層であり、休憩スペース等も確保されていないため、歩行者は圧迫・閉塞感を感じやすい。外部へ「武昌の古い街並みを活かした街区」としてアピールするために、ファサードの統一等により個々の建物のデザイン性を高めていく必要もある。</p>
提案B	<p>特長：風を取りこむ建物配置であり、建物間にも換気装置として風筒を設置することにより換気環境も良好であるとともに、風の流れを視覚化しておりアピール性が高い。主要動線は風の流れと直交する形でわかりやすく計画されている。</p> <p>改善点：建物自体のデザイン性が低く、全体的に緑地や人が憩える場が少ないため、画一的な空間となっている。</p>

提案 C	<p>特長：個々の建物が有機的・個性的なデザインであるとともに、街区としてのまとまりがあるため、明確な場所性を持っている。風の流れに沿った主要道路上に緑地・水辺等のオープンスペースを広く確保しており、行き交う人が風を体感しながら憩える場所もあるため、人の動きに配慮したデザインといえる。</p> <p>改善点：一つ一つの建物が大きく、建物内部の利用が難しい。また採光が確保されづらくなるため、日照確保のための建物内部の設計にも検討の余地がある（トップライトの導入等）。</p>
---------	--

c) 総合評価

都市熱環境に配慮した整備プランを実行した際も、人間の生活上の快適性や利便性はおおむね確保できる。しかしながら街区内に風を取り込む建物配置を優先的に検討する必要があるため、建物の設置・向きや形状・デザイン等に制限がかかりやすい。画一的な空間とならないように、敷地内は緑や花等による色彩豊かな空間の確保、風環境をデザインした仕掛け等により、変化に富み個性的な空間形成を進めていく必要がある。

(5) 成果と今後の課題

中国の都市を舞台とした屋外温熱環境の現地観測により、河道沿いの気流と気温分布に関する相互性について新たな科学的知見を蓄積することができた。また、それらの知見を活かし、快適性や利便性も確保しながら、ヒートアイランド対策としての市街地整備プランを立案できることも検証できた。さらに、事業主体によって開発設計にあたり重点と考える項目が異なるため、熱環境改善事業の実用化に向けては、関係者同士の共同作業が重要なプロセスであることを裏づけた。

一方で、プラン化に活用する風環境や熱環境のシミュレーション結果は一層精緻化し、快適な都市の実現に資する条件を、可能な限り一般化していくことが必要であることも明らかとなった。また、計画にあたっては周辺地域との調和を図り、デザイン面にも十分配慮した有機的な街区・都市形成を進めていくことも必要である。

1995年に発生した阪神・淡路大震災後に神戸で行ったクリマアトラスワークショップにおいて、市民等の関係者間で合意形成を図りながら実地の環境にもとづく都市計画を進めていくことの有効性を議論できたが、実際の復興には十分活かせなかった。今回、3月11日に発生した東日本大震災にともない、沿岸部の都市は壊滅しており、復興計画に本研究結果が十分に活用されることを希望する。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金B（海外調査）「中国におけるクリマアトラスを通じた都市熱環境配慮型都市開発の実現」（研究課題番号：20404012；研究代表者：一ノ瀬俊明）の成果の一部である。

参考文献

【雑誌論文】（計11件）

- 1) Ichinose, T., O. Matuschek, Y. Jing, *Biometeorology for Tourism/Recreation in Japan*, *Global Environmental Research*, 12, 123-128, 2009,
- 2) Ichinose, T., Y. Shiraki, F. Matsumoto, J. Lu, K. Hanaki, *ATTEMPT TO EVALUATE THERMAL ENVIRONMENT IN THE AREA WITH A LACK OF URBAN SPATIAL INFORMATION DATABASE*, *ICB2008, Proceedings*; (CD), 2008
- 3) 一ノ瀬俊明, 都市と農村の調和した循環システム：未来都市の概念, *ランドスケープデザイン*, 62, 111-111, 2008
- 4) Hsieh, C.M., T. Aramaki, K. Hanaki, *The improvement of building energy use and thermal environment by countermeasures of cooling system*, *Proc. Sustainable Development to Save the Earth*, 2008
- 5) 泉岳樹・齋藤仁, 風の道「都江堰市周辺都市気候図」, *都江堰市震災復興ランドデザイン* (東京大学, 慶應義塾大学, 西南交通大学), 41-41, 2008
- 6) 一ノ瀬俊明・鈴木一令・鈴木高二朗・清野聡子, 東京湾を媒体とした熱循環による暑熱緩和効果に関する研究, *地球環境研究論文集*, 17, 1-9, 2009
- 7) Ichinose, T. and O. Matuschek, *Today's Biometeorology for Tourism/Recreation*, *Global Environmental Research*, 13, 79-85, 2009
- 8) 松本太・一ノ瀬俊明・白木洋平・李龍太, 都市内河川の大規模復元による「風の道」の効果に関する気候学的研究～韓国ソウル市清溪川を事例として～, *日本生気象学会雑誌*, 46, 69-80, 2009
- 9) Matsumoto, F., T. Ichinose, Y. Shiraki, I. Harada, *Climatological study of mitigation on thermal environment by a large restoration of inner-city river - A case of Cheong-Gye Stream in Seoul City*, *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg*, 18, 87-94, 2009
- 10) 一之瀬俊明, 中国環境問題の国際化と日本的学術貢献 (中国語), *ICCS Journal of Modern Chinese Studies*, 2, 240-247, 2010
- 11) 一之瀬俊明, 人と自然和諧相処的城市規劃策略 (中国語), *天地人*, 11, 6-7, 2010

【学会発表】（計11件）

- 12) 一ノ瀬俊明・原田一平・片岡大祐・松本祐・久世宏明・近藤昭彦・浜田崇, 都市環境気候図 (クリマアトラス) の内容充実に向けた大気汚染観測による環境評価, 環境リモートセンシングシンポジウム, 平成21年2月, 千葉
- 13) 一ノ瀬俊明, 城郷和諧循環系統：一個未来城市概念, 2008 中日景観設計交流年重慶論壇招待講演, 平成20年5月, 重慶
- 14) 一ノ瀬俊明, 日本の都市気候・都市熱環境研究のアジア・世界への貢献, 日本気象学会大会シンポジウ

- ム招待講演, 平成 20 年 5 月, 横浜
- 15) 一之瀬俊明, 中国環境問題の国際化と日本の学術貢献 (中国語講演), 愛知大学国際シンポジウム「現代中国の国際的影響力拡大に関する総合的研究」招聘講演, 平成 21 年 12 月, 名古屋
 - 16) Ichinose, T., L.-T. Lee, F. Matsumoto, Y. Shiraki, I. Harada, Mechanism of mitigation of atmospheric environment by a large restoration of inner-city river (Cheong-Gye Stream in Seoul), ICUC-7, 平成 21 年 6 月, Yokohama
 - 17) 泉岳樹・齋藤仁・中山悠・中村和彦・福本壘・佐々木龍郎・ヨコミヅマコト・片桐由希子・石川幹子, FOSS4G を活用した新たな都市計画支援ツールの開発と実践的利用に関する研究—ランドスケープデザイナーと建築家の協働を目指して—, 日本地理学会春季学術大会, 平成 22 年 3 月, 東京
 - 18) 一ノ瀬俊明・陳宏, 中国における都市熱環境配慮型都市開発の実現, 日本地理学会学術大会, 平成 23 年 3 月, 東京
 - 19) 一之瀬俊明, 「中国城市は“環境政策実験性基地”」(中国語), 自然生態系統と都市設計研討会招聘講演, 平成 23 年 3 月, 武漢
 - 20) Lei, L., T. Ichinose, H. Imura, Study on the Strategic Urban Planning and Assessment of Low-Carbon Cities; Part 4 Energy implications due to shading effect from nearby buildings and trees, 日本建築学会大会, 平成 22 年 9 月, 富山
 - 21) Ichinose, T., Urban warming and low carbon cities, International Workshop on “Impact of Asian Megacity Development on Local to Global Climate Change” (1st MOST-JST Project Meeting)招待講演, 平成 22 年 10 月, 北京
 - 22) 中川秀治・中谷隼・栗栖聖・花木啓祐, コンジョイント分析を用いた暑熱緩和事業の多側面効用の評価, 土木学会第 47 回環境工学研究フォーラム, 平成 22 年 11 月, 高知
- 〔図書〕 (計3件)
- 23) Ichinose, T, Springer, Urban heat islands: IN Japan Environmental Council (Eds.), The State of the Environment in Asia 2006/2007, 327, 2009
 - 24) Grubler, A., X. Bai, T. Buettner, S. Dhakal, D.J. Fisk, T. Ichinose, J. Keirstead, G. Sammer, D. Satterthwaite, N.B. Schulz, N. Shah, J. Steinberger, H. Weisz, Cambridge University Press, Urban Energy Systems: IN The Global Energy Assessment, 2011
 - 25) Blake, R., A. Grimm, T. Ichinose, R. Horton, S. Gaffin, J. Shu, D. Bader, C. DeWayne, Cambridge University Press, Urban climate: Processes, trends, and projections, pp. 43-81: IN Rosenzweig, C., W.D. Solecki, S.A. Hammer, S. Mehrotra (Eds.), Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, 286, 2011

(2011. 8. 8受付)

REALIZATION OF URBAN DEVELOPMENT CONSIDERING URBAN THERMAL ENVIRONMENT BASED ON KLIMAATLAS IN CHINA

Kahori HIRANO, Hiroshi AKIYAMA, Toshiaki ICHINOSE and Chen HONG

Numerical simulation of air flow and intensive meteorological observation in summer and winter were performed in cooperation with Huazhong University of Science & Technology, for blocks where the redevelopment was estimated in the riversides of Yangze River in Wuhan. In the observation, temperature fluctuations and synchronized wind speed variability on orthogonal streets for the river channel clarified the fact that cool and fresh air mass penetrated to riverside blocks in synchronizing with increase of wind speed on the river channel. Moreover, the observation indicated the presence of following two cases of the air flow pattern synchronized with increase of wind speed on the river channel: 1) vomited from the river channel and 2) drawn to it. Secondary, "Urban redevelopment plan including the outdoor thermal mitigation plan" based on the meteorological observation and the numerical simulation was proposed. On view points of amenity and convenience, etc. they were appreciable to be secured roughly in the plan with a main objective of the consideration on the urban thermal environment. Finally, the KlimaAtlas workshop clarified that each stakeholder showed different priorities and discussing feasibility etc. of the redevelopment plans is an important process to realize urban development considering thermal environment.