

沖縄県那覇新都心地区における緑地計画と温熱環境シミュレーションに関する研究 -亜熱帯都市を対象としたCFD解析条件の検討-

*琉球大学大学院理工学研究科博士前期過程
**琉球大学 教授 博士(社会学)

○下地陸斗* 小野尋子** 小林志彰

1. 研究の背景と目的

■背景と目的

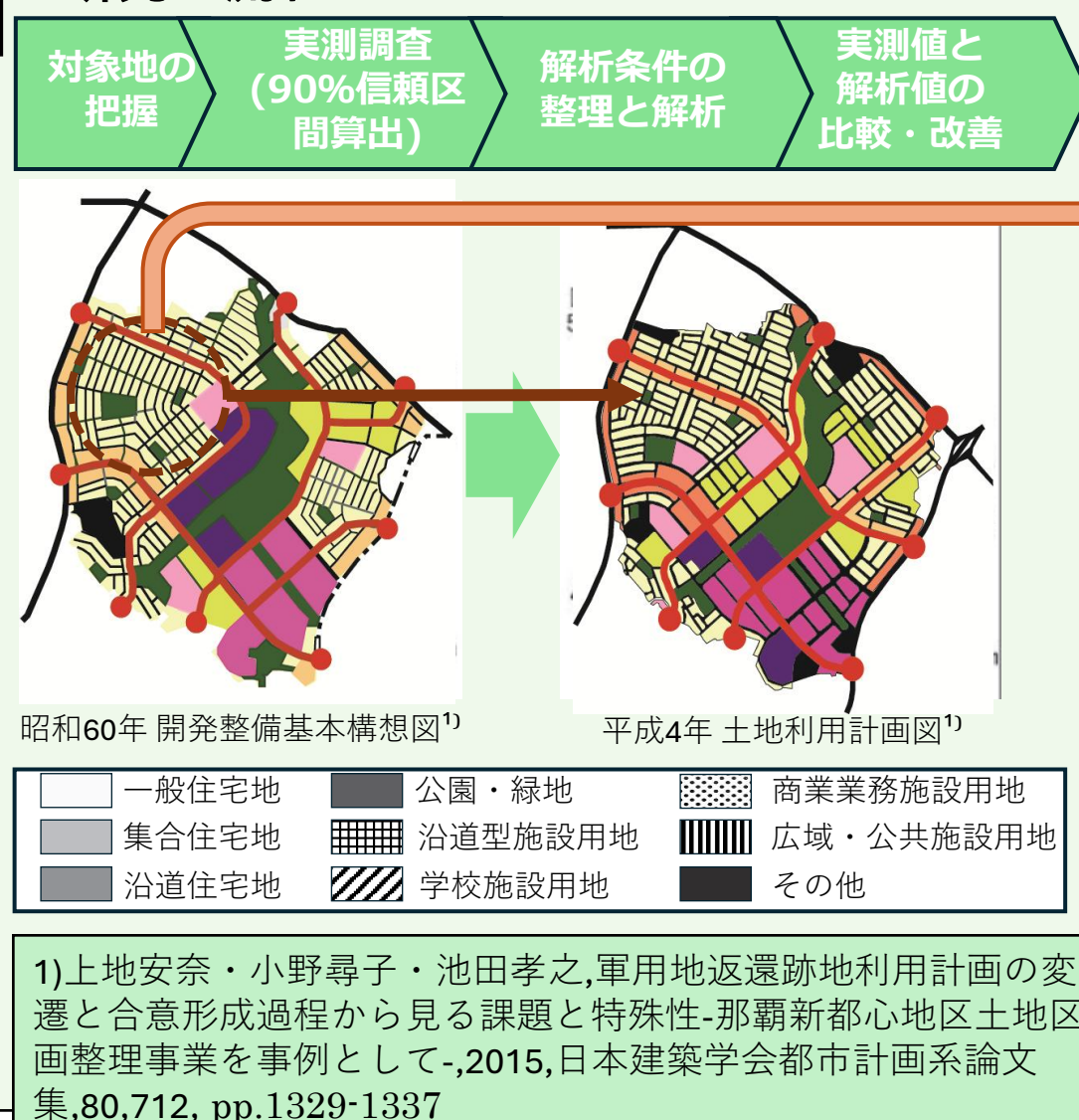
背景 今後の返還で大規模緑地計画「新しい都心地区の形成」を目標に計画された。当初の大規模緑地の面積は減少したものの、通常区画整理を大きく上回る緑地11%で実現した。緑地骨格は総合公園を中心として東西南北に十字の軸を持つ。宅地販売での価格確保から住宅街の長手方向を南北方向(東西入)で計画されていた。季節風は夏季の南風が想定されていた。

昭和62年~63年 東西入りの住宅敷地は沖縄の伝統集落と異なり違和感があるという地主意向で街区長手を東西向き(南北入)へ45度傾け配置

課題 しかし、当時の計画検討では、大規模緑地の配置、広幅員道路、街区設計が、概念的な環境との調和を実現しうることについて土地利用計画段階での事前検討は難しかった。

目的 本研究では実測とCFD解析で微気象緩和効果を検証し亜熱帯特殊性を考察し、緩和効果と土地利用計画との関係を計画的に考察した。

■研究の流れ



2. 研究対象地

■研究対象地



■実測方法

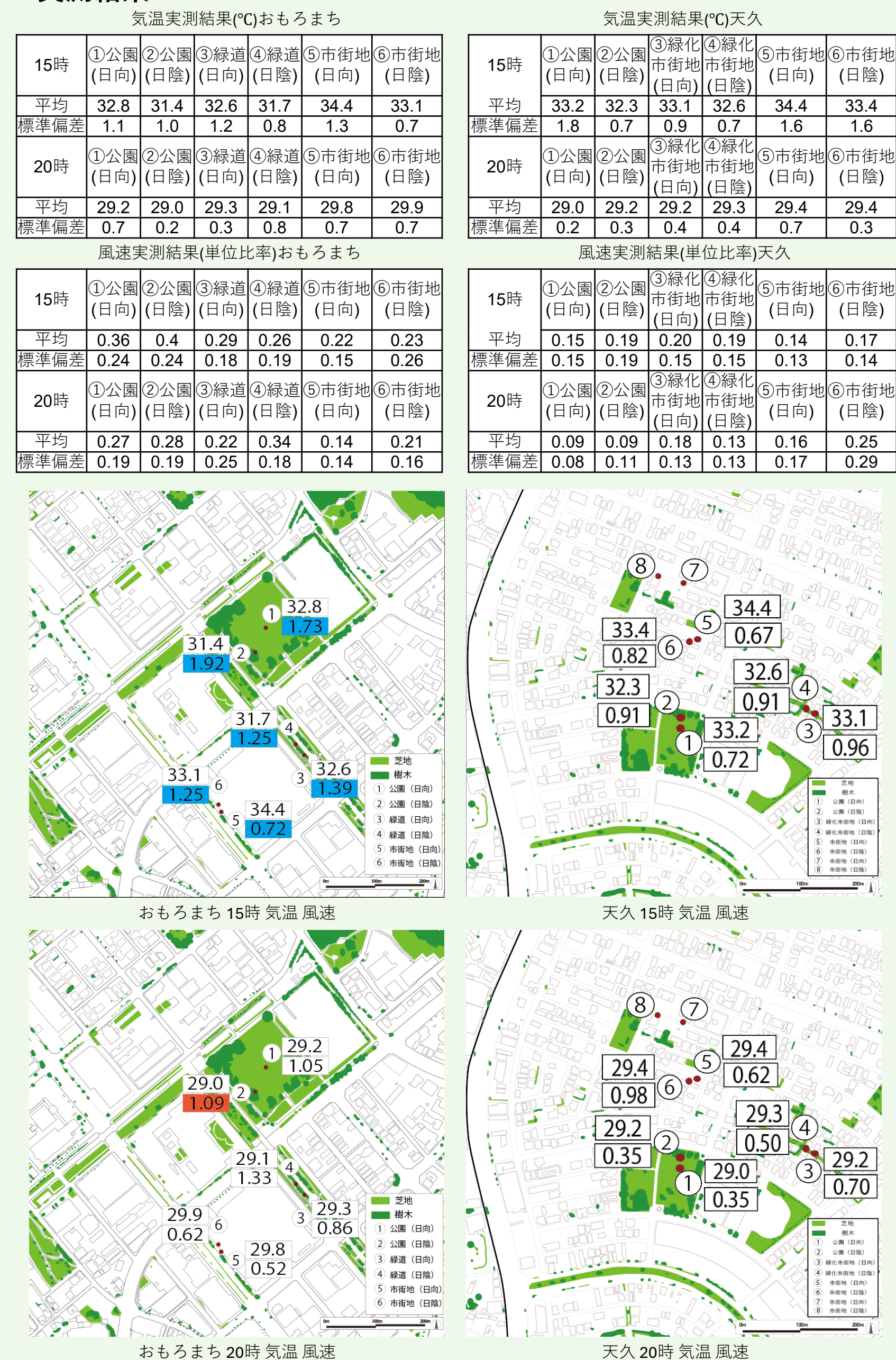
実測内容	
気温	地上1.5m程度の高さ 7分程度経過後の温度
表面温度	実測地点の周辺を3回測定した平均温度
黒球温度	地上1.5m程度の高さ 熱中症指数モニターで7分程度経過後に計測
湿球温度	地上1.5m程度の高さ 7分程度経過後の温度
風速	風速計で3分間計測
風向	各測定者が1分ごとの最頻風向を体感により記録
WBGT (熱中症指数)	地上1.5m程度の高さ 熱中症指数モニターで7分程度経過後に計測

実測日時 (注2)	
2025/8/16	13:00~16:00 19:00~21:00
2025/8/17	○ ×
2025/8/20	○ ○
2025/9/1	○ ○
2025/9/4	○ ○
2025/9/5	○ ○
2025/9/6	○ ○
2025/9/7	○ ×
2025/9/10	○ ○
2025/9/17	○ ×
2025/9/18	× ○
2025/9/19	× ○
2025/9/20	× ○

注1) 風速は毎秒ごとに代わるため、3分間継続して計測し、20分間の測定値を書きとり計測を行った
注2) 2025年8、9月の晴天日に定点観測による実測を行った (×印は雨天のため、実測を行っていない)

3. 実測結果

■実測結果



■亜熱帯性気候におけるCFD解析の精度への考察

・両地区ともに、日中および夜間のいずれにおいても市街地が最も高温、公園が最も低温となった。その中で日向では総合公園で-1.6°C、近隣公園で-1.2°C、日陰では総合公園で-1.7°C、近隣公園で-0.8°Cの差が生じた。
→平均して公園の日中の気温は0.94度低い事より大きな公園で気温が低減する結果³⁾を支持し、かつ亜熱帯都市では潜熱によって気温低減効果が強いことを示している
・夜間は市街地と緑地では低減するものの気温差は少ない
高湿度環境では長波放射冷却が抑制され、夜間の気温低下が小さくなる事が報告されており⁴⁾、本研究においても同様の傾向が確認された

3) Diana E. Bowler, Lisette Buyung-Ali, Teri M. Knight, Andrew S. Pullin(2010); Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence, Landscape and Urban Planning, Volume 97, Issue 3, 15 September 2010, Pages 147-155
4) 近藤純正(2000); 「地表面に近い大気科学」(東京大学出版会)

■地域の卓越風を考慮した緑地や街区設計(土地利用計画)への考察

・おもろまち(15時)：東風設定では、公園および東西方向に開いた緑道で、南面流入時より気温が低い。これは十字にとった線状緑地の計画が有効に効いている事が示された。
・天久(15時)：45度東側に傾けた街区設計では、東風設定の際に、風向と街区長手方向が一致し、地区全体で通風が促される事により、エリアの気温が均一化する事が確認された。計画的には、地主の違和感(沖縄らしくない(沖縄の伝統集落=集落が南側に開き、各戸アクセス道路は東西方向に配置))という発言を受けた計画変更が、微気象上も有効であることが確認された。

■今後の展望

今後返還が予定されている普天間基地跡地を対象として、CFD解析を活用し、ヒートアイランド現象を考慮した街区設計および大規模緑地配置の検討を行う。

4. 解析結果

■解析条件

表7 解析条件		表8 ケース設定									
解析コード	Altair AcuSolve™	ケース設定	解析対象日	時刻	気温(°C)	風速(m/s)	流入面	流出面	直達日射量(W/m ²)	全日射量(W/m ²)	
解析要素	速度・温度・放射(日射を含む)	Case1	2025年8月17日	15:00	31.4	3.16	3.95	東	西	875	868
数値解析法	有限要素法	Case2(東)	2025年8月17日	15:00	31.4	3.16	3.95	南	北	875	868
乱流モデル	1次方程式RANSモデル (Spalart-Allmarasモデル)	Case3(東)	2025年9月5日	20:00	29.6	1.24	1.55	東	西	0	0
放射の設定	形態係数法、灰色体放射	Case4	2025年9月5日	20:00	29.6	1.24	1.55	南	北	0	0
解析範囲	2000m(X) × 2000m(Y) × 400m(Z)	注3) 2016~2025年8月の15時、20時の卓越風向を流入面として設定する (15時→南東 20時→東南東) 注4) 観測所と対象地区で地表面粗度区分および観測高さが異なるため、これらを考慮して補正した値を用いた									
解析対象日時	2025年8月17日 15:00, 2025年9月5日 20:00(非常解析)										
条領域	流入・流出条件	表9 蒸発散条件									
件域	日射量	表10 表面温度の設定									
		境界条件									
		温度(15時)(°C)	温度(20時)(°C)								
長波長放射率	Radiation Surface Finish	Asphalt	0.92	0.92	アスファルト	55.6	36.7				
		Concrete	0.9	0.9	コンクリート	47.1	36.4				
		green	0.95	0.95	緑地	38.7	30.7				
芝地	No slip	Thermal boundary condition	Flux	Flux	RC壁(南)	37.9	33.2				
		Heat flux(w/m ²)	-50	-20	RC壁(北)	34.4	31.4				
		Convective heat coefficient	10	10	RC壁(東西)	36.1	32.3				
樹木	Heat Source [Heat sink]	Value(w/m ²)	-20	0	5) Wang, Xiaoyu, Liu, Peng, Xu, Gongwen (2021); Influence of grass lawns on the summer thermal environment and microclimate of heritage sites: a case study of Fuling mausoleum, China, Heritage Science, Volume 9, Article 7. 6) Blanken, P. D., Black, T. A., Yang, P. C., Neumann, H. H., Nesic, Z., Staebler, R., den Hartog, G., Novak, M. D., Lee, X. (1997); Energy balance and canopy conductance of a boreal aspen forest: Partitioning overstory and understorey components, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 102(D24), 28915-28927.						
	Porous	porosity	0.9	0.9							
		Darcy coefficient	0.0	0.0							
		Forchheimer coefficient	1.0	1.0							
		Direction1 permeability(K1)	1.0	1.0							
		Direction2 permeability (K2)	1.0	1.0							
		Direction3 permeability(K3)	1.0	1.0							

■解析結果

表10 おもろまち 8/17 15:00							表11 天久 8/17 15:00						
単位(°C)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地	単位(°C)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地
実測値	32.8	31.4	32.6	31.7	33.1	34.4	実測値	33.0	32.0	33.0	32.0	34.0	32.5
95%信頼区間	32.04~33.51	30.70~32.06	31.77~33.37	31.12~33.57	32.59~35.29	33.57	95%信頼区間	31.86~34.48	31.83~32.83	32.40~33.82	32.06~33.16	32.96~35.90	31.93~34.90
CFD解析値 case1(東)	32.06	31.79	32.24	31.95	33.26	33.99	CFD解析値 case1(東)	31.95	31.83	32.06	32.04	32.23	32.24
CFD解析値 case2(南)	32.24	32.28	32.66	32.35	32.43	33.16	CFD解析値 case2(南)	31.57	31.55	32.13	32.39	32.23	32.38
単位(m/s)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地	単位(m/s)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地
実測値	1.73	1.92	1.39	1.25	0.72	1.25	実測値	0.75	0.85	1.08	1.24	0.43	1.21
95%信頼区間	1.97~3.53	2.07~4.03	1.66~3.08	1.41~2.75	1.08~2.35	1.47~2.41	95%信頼区間	0.30~2.03	0.41~2.53	0.67~2.52	0.56~2.41	0.13~2.04	0.33~2.34
CFD解析値 case1(東)	0.14	0.73	0.62	0.26	0.29	0.18	CFD解析値 case1(東)	1.09	0.07	0.51	0.58	0.60	0.72
CFD解析値 case2(南)	0.22	0.91	0.28	0.17	1.18	1.10	CFD解析値 case2(南)	0.87	0.77	0.44	0.53	0.77	0.47

表12 おもろまち 9/5 20:00							表13 天久 9/5 20:00						
単位(°C)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地	単位(°C)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地
実測値	29.2	29.0	29.3	29.1	29.8	29.9	実測値	29.0	29.2	29.2	29.3	29.4	29.4
95%信頼区間	28.74~29.66	28.87~29.09	29.03~29.49	28.58~29.70	29.34~30.22	29.45~30.33	95%信頼区間	28.88~29.14	28.93~29.41	28.88~29.42	29.08~29.60	28.65~30.08	29.07~29.73
CFD解析値 case3(東)	29.36	29.42	29.83	29.92	30.22	30.52	CFD解析値 case3(東)	29.64	29.68	29.67	29.70	29.83	29.82
CFD解析値 case4(南)	29.43	29.71	30.17	29.95	29.73	30.12	CFD解析値 case4(南)	29.46	29.45	29.78	29.79	29.79	29.9
単位(m/s)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地	単位(m/s)	①公園	②公園	③緑道	④緑道	⑤市街地	⑥市街地
実測値	1.05	1.09	0.86	1.33	0.52	0.62	実測値	0.35	0.35	0.70	0.50	0.62	0.98
95%信頼区間	0.75~1.21	0.56~1.06	0.72~0.92	0.73~1.35	0.26~0.65	0.37~0.93	95%信頼区間	0.10~0.45	0.04~0.54	0.25~0.84	0.12~0.71	0.00~1.15	0.00~1.90
CFD解析値 case3(東)	0.06	0.29	0.24	0.09	0.10	0.05	CFD解析値 case3(東)	0.48	0.11	0.21	0.21	0.23	0.28
CFD解析値 case4(南)	0.08	0.34	0.08	0.03	0.45	0.41	CFD解析値 case4(南)	0.29	0.21	0.17	0.23	0.30	0.18

