

都市部の小学校における建物配置と校庭芝生化による暑熱環境緩和との関係

建築環境工学分野 原田恭幸

Abstract

学校の校舎および近隣建物に着目し、校庭を芝生化したときに、それらが形成する流体性状により、暑熱緩和効果を低下させる、もしくは効果を上げる学校建物の配置はどのようなものなのかをCFD解析を用いて検討を行い、さらにOUT_SET*の観点からの総合的な判断を行うことを目的とする。典型的な都市部の小学校とその周辺街区として解析モデルN、Mを作成し、校舎配置として8ケースを挙げて研究したところ1) MODEL_H(高層)は全体的にMODEL_N(低層)に比べ、芝生の暑熱緩和能力が高い。2) 気温差でみた芝生の気温緩和能力において、囲み型が2つのモデルを通して気温緩和能力が高い。3) OUT_SET*でみた芝生の暑熱緩和能力においては、西側に校舎を配置しない東=南型、西空き型が2つのモデルを通して暑熱緩和能力が高いことを明らかにした。

1. 研究の背景と目的

芝生は、物性の特性から暑熱緩和の能力があるとされており、また、校庭を緑化することで暑熱緩和能力という利点だけでなく、校庭環境を良くする、または、校庭における児童の行動に変化を与える^{文1)}などの利点があり、緑化スペースを確保しにくい、都市部の小学校の校庭(または屋上)を緑化(芝生化)することに注目が集まっており、特に大阪市では芝生化事業を推進している。しかし、その芝生の暑熱緩和能力は、生徒に影響を与えるであろう高さ1m上に分布する流体性状によって能力に違いがある可能性がある。実際に、異なる敷地において、一方が砂地で、もう一方が芝生地であり、そこに分布する気温性状を比較したとき、昼間において芝生地の方が砂地よりも高い気温を示しているという結果を得た論文があり^{文2)}、これは、流体性状によって芝生の暑熱緩和能力が違う可能性を示唆している。そこで、本研究は、校庭を囲む学校の校舎、および近隣建物に着目し、芝生化を行う上で、暑熱緩和効果を低下させる、もしくは、効果を上げる、学校建物の配置はどのようなものなのかをCFD解析を用いて検討を行うことが目的であり、また、屋外の暑熱環境を総合的に評価するOUT_SET*の観点からの考察も行い総合的な判断を行うことを目的とする。

主な研究の流れは以下の通りである。

- ①典型的な都市部の小学校の周辺街区にどのような特徴があるかを調べ、それをもとに選定された実在する小学校とその周辺街区を解析モデルで再現する。
- ②校舎配置として、どのようなものが挙げられるか検討しケース化する。

③①でモデル化された周辺街区に対して、②でケース化されたものにおいて、芝生の暑熱緩和効果をa)気温差とb)OUT_SET*の2つの観点から評価する。

2. 実測

2.1 実測の目的と内容

解析モデルに設定する校庭の砂地または芝生地の表面温度設定値を得るために実測を行う。また、表面温度差によって高さ1mにおける気温にどのような影響があるのかを把握するため、表面温度測定地上の高さ1mにおける流体性状(気温・風速・風向・湿度・日射・グローブ温度)を観測する。

実測日または時間は、2011年、7月27日、8月1日、8月12日の12:00~15:59である。

2.2 実測地

芝生地と砂地の両者を保有し、かつ周辺街区がある程度密集していて、小学校の校庭面積とある程度同等な敷地面積(約8000m²)を保有する実測地として、図1に示す場所を実測地として選び、実測を行う。また、この場所は、壁面からの放射の影響をあまり受けない場所に観測地点を設けることができる。



図1 実測地と観測点位置

2.3 実測結果と考察

実測期間中、7月27日と8月12日は西側からの風向を、8月1日は東側からの風向を、砂地・芝生地観測地点で観測した。

日射が雲による遮断がほとんどなかった実測日は8月12日のみであることが図4からも分かる。

[1]図2の風速差(砂地-芝生地)に着目すると、風向を西側とした7月27日、8月12日では、敷地西側寄りに設置した砂地観測地点の方が、敷地東側に設置した芝生地観測地点よりも風速が遅く、一方で、風向を東側とした8月1日では、敷地西側寄りの砂地観測地点の方が、東側の芝生地観測地点よりも風速が速い。

[2]観測地点相互の気温差(砂地-芝生地)と風速差(砂地-芝生地)を図2でみると、観測地点相互の気温差が+のとき、風速差は-となり、高さ1mにおける気温は風速に大きく影響を受けることが分かるが、表面温度差と高さ1mにおける気温差は、必ずしも明確な関係性があるとは判断しにくい(図3)。このことから、シミュレーションで砂地から芝生地に変わっても、高さ1mにおける気温に急激な気温変化はないと予測できる。

[1]と[2]の事項は、シミュレーションの再現性に用いる。

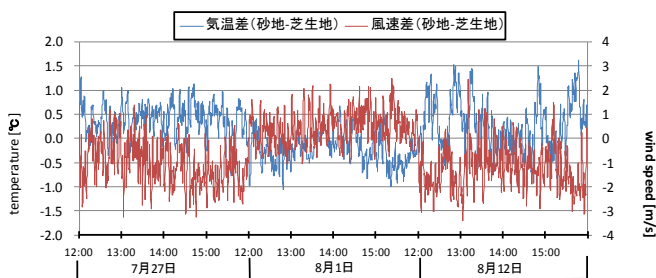


図2 観測地点における気温差と風速差の比較

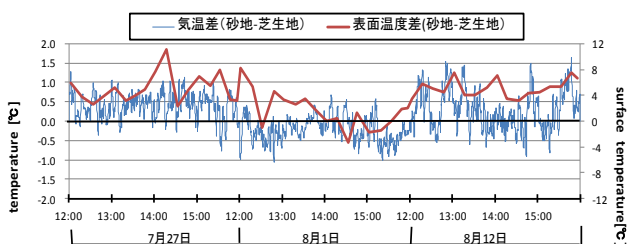


図3 観測地点における気温差と表面温度差の比較

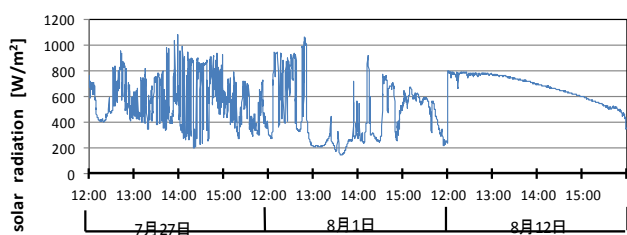


図4 実測日全日程における日射量の比較

3. 解析対象の決定

仲永ら^{文3)}が大阪市の小学校を対象にして、アンケートを実施した小学校の内、小学校周辺において自然が「やや少ない」～「少ない」と回答していた72校のうち62校の小学校とそれを含む400m×400mの領域における周辺街区を住宅地図で調べ、大阪市の典型的な都市部の小学校とその周辺街区には1) 小学校を含む400m×400mの領域において、幅20mを超える幹線道路・鉄道線路・河川を有する、2) 区画別平均建ぺい率の平均±標準偏差から32.36%～49.00%、3) Total容積率では、Total容積率550%～1600%が60校中41校、Total容積率1850%が1校、Total容積率2200%が1校の3パターンがあり、Total容積率550%～1600%のもので限定すると平均±標準偏差で923.06%～1381.36%、4) 小学校の敷地面積は平均±標準偏差で5915.3m²～11242.7m²、5) 小学校の敷地形状は頂点を4つとする、という特徴をもつ。

1)、2)、3)、4)、5)を満たすものは、Total容積率550%～1600%が14校、Total容積率1850%は該当校なし、Total容積率2200%は1校中1校が該当。

これらの選定により残った14校と1校を典型的な都市部の小学校とその周辺とし、Total容積率550%～1600%パターンは14校の中から最も代表的な1校を選び、計2校の周辺街区を解析モデルで再現する。

区画別平均建ぺい率 ρ_{mean} の定義を以下に示す。

$$\rho_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^8 \rho_i}{8} \text{-----} (3.1)$$

ρ_i (%) : i区画における建ぺい率

Total容積率 (C_{total}) の定義を以下に示す。

$$C_{total} = \sum_{i=1}^8 C_i \text{-----} (3.2)$$

ここに、

$$C_i = 3\rho_{i,3} + 5\rho_{i,5} + 7\rho_{i,7} + 9\rho_{i,9} + 11\rho_{i,11} + 13\rho_{i,13} + 15\rho_{i,15}$$

ρ_{ij} : i区画におけるj-1またはjの階高を持った建物の密度

区画の作成の方法を図5に示す。小学校の敷地境界線を道路に沿って延長して、8区画を作成する。道路に沿って分割することにより、周辺街区の特徴をより反映させる。

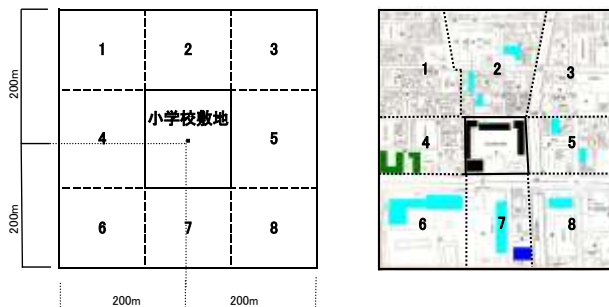


図5 区画の作成の例

4. 解析モデルの作成

実測において、雲による日射の遮断が無く、また、大阪市特有の夏季における西側からの流入風^{文4)}を得た8月12日の14:00を解析対象日時とし、大阪市立大学屋上で観測した気温・風速を利用する。

Total容積率550%~1600%の周辺街区パターンをMODEL_N (図7) とし、Total容積率2200%の周辺街区パターンをMODEL_H (図8) とする。

解析モデルは、典型的な小学校とその周辺街区の選定で400m×400mを調べて選定をしていることから、小学校を含む400m×400mを再現する。

表面温度は、日陰を考慮して与え、校庭の砂地と芝生地の表面温度は、8月12日の13:00~14:59の平均値を与え、壁面の表面温度は、文5) 文6) の表面温度を用いる。表面温度設定値を表1に示す。

4.1 解析領域

解析モデルの領域が400m×400mであるのに対応し、これの2倍の領域である800m×800mとする。これは文7)を参考にして与え、開境界となる部分を、解析対象物からある程度離れた位置となるようにし、その様子を図6に示す。解析領域の高さは、街区が作る境界層高さを550mとし、この高さとした。

4.2 境界条件

乱流の扱いには標準 $k-\epsilon$ 方程式モデルを使用した。壁面、地表面における応力境界条件には対数則を用い、解析領域上端及び側面の応力境界条件にはfree-slip条件を適用した。壁面、地表面の熱移動境界条件は、表面温度指定境界条件とする。

流入風速は、べき乗則をMODEL_Nは0.2、MODEL_Hでは0.27とし、高さごとに変えて与え、流入方向を西側とした。

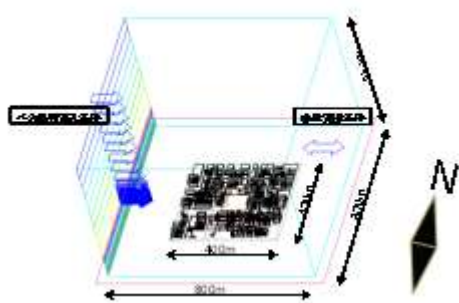


図6 解析領域と解析モデルの鳥瞰図

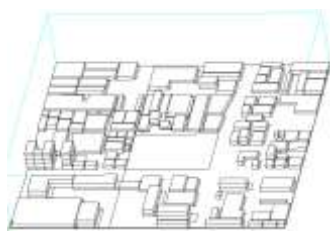


図7 MODEL_N



図8 MODEL_H

5. 解析モデルの再現性

校舎を配置予定の敷地に学校を配置せず、その敷地を砂地から、芝生地に変わったところ、敷地に分布する流速の大きさに変化はない。

敷地内において、両者のMODELとも西側から東側へといくほど流速を回復していることが分かる(図9)。これは、実測より得た[1]の事項を上手く再現している。事項[1]は、角柱壁体の後流域は、壁体の抵抗を受け、風速は遅くなるという当然の現象である^{文8)}。

敷地に分布する気温は、両者のMODELとも砂地から芝生地に変わっても、その変化は1K程度となっており、実測より予測した[2]の事項に当てはまると判断する(図10と図11)。

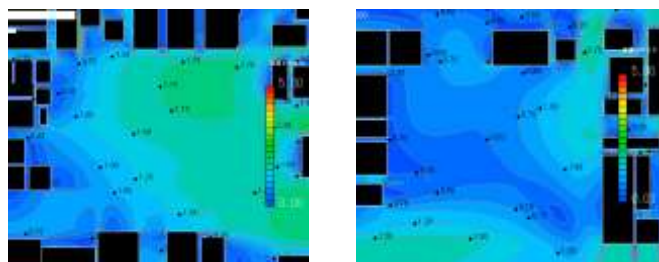


図9 MODEL_N (左図) とMODEL_H (右図) の風速の大きさ

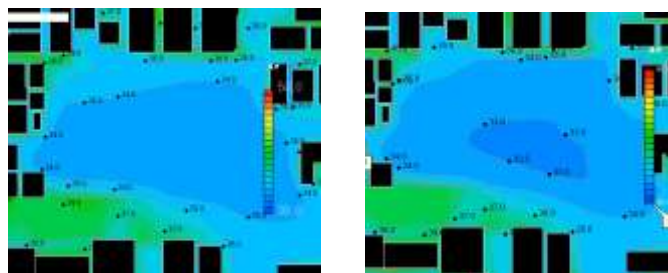


図10 MODEL_Nの敷地が砂地 (左図) と芝生地 (右図) のときの気温

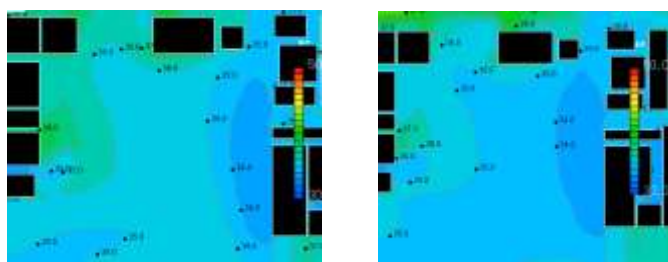


図11 MODEL_Hの敷地が砂地 (左図) と芝生地 (右図) のときの気温

表1 表面温度設定値

単位[°C]	壁面					
	北向き面	東向き面	南向き面	西向き面	内向き面	
1.2.3階	35.84	35.79	39.95	38.48	36.58	
4.5階	36.84	36.79	40.95	39.48	37.58	
6.7階	37.54	37.49	41.65	40.18	38.28	
8.9階	38.24	38.19	42.35	40.88	38.98	
10.11階	38.94	38.89	43.05	41.58	39.68	
12.13階	39.64	39.59	43.75	42.28	40.38	
14.15階	40.34	40.29	44.45	42.98	41.08	
街区水平面		校庭				
水平	陰	砂	砂(陰)	芝	芝(陰)	
	51.80	37.60	51.2	37.94	46.73	34.64

6. 解析結果

6.1 検討点の作成

気温、風速の検討点は line1~5 と lineA~E で構成される計 25 点を図 12 のように作成する。学校敷地の形状は矩形となっていて、それぞれの辺長の 10 分の 1 の長さだけ校庭の隅角部から入って、そこから等間隔に、辺長の 10 分の 2 に相当する長さで校庭を分割する直線の交点を検討点として与える。

図 12 の黒丸番号は OUT_SET*指標の評価を行う検討点である。

検討点の高さは、小学生の腹部から胸部に相当する高さ 1m とする。

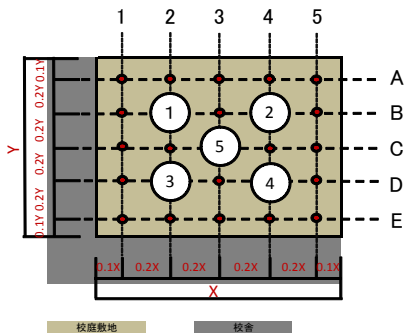


図12 検討点の位置

6.2 ケースの作成

計8つのケースを与える。62校中49校の学校配置がL字型、コの字型、囲み型に大別されるとし、場合分けをしたものを表2に示す。図中のL字型の○=○は、校舎を配置している方向で、コの字型の○空き型の○は学校を配置していない方向を示す。

囲み型は、校庭の全周が全て囲われていることは、非現実的であったので南北校舎の一部を開放して、その様子を図13に示す。

敷地境界線に沿って校舎を配置した。それぞれのケースの校庭面積は表3となり、存在しうる校庭面積であると文2) で確認した。

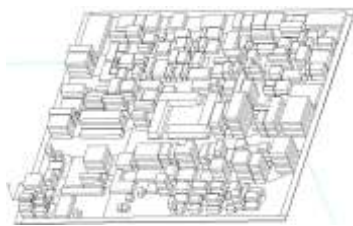


図13 MODEL_Nの囲み型

表2 学校配置の場合分けとケース

L字型			コの字型				囲み型	その他
西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み	その他
3	12	8	12	5	5	2	8	8

表3 ケースの校庭面積

MODEL N							単位(m ²)	
西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み	その他
6800	6800	6800	5525	5300	5300	5525	4505	
MODEL H							単位(m ²)	
西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み	その他
4725	4725	4725	3780	3600	3600	3780	2880	

6.3 MODEL_Nの気温緩和効果(表4)

芝生の気温緩和効果を、校庭を砂地としたときと芝生地としたときの気温差とすると、気温緩和効果は壁体が流体に対して抵抗する、例えば、西側からの流入風に対して抵抗することで生じる後流域、流体が剥離し、循環が見られる領域、または壁面からの抵抗を受けて存在する境界層の部分で大きくなる(全ケースにおいて見られたこと)。これを西=北型を例に出して、検討点における芝生の気温緩和効果を示した図14の右図で、壁面近くにおいて、効果が高いことが確認できる(壁面近く以外の検討点では0.4K~0.6Kの範囲に収まる)。後流域に含まれる領域の風速ベクトルは、東~西へ、それ以外の部分では西から東の風速ベクトルが校庭を支配する(図15)。

検討点における風速(図14左図)と検討点における気温緩和効果(図14右図)については明確な関係性はない。

また、MODEL_Nでは、校庭に分布する西側建物が作る後流域(風速0.75m/s以下の領域)は、西側校舎に大きく影響を受ける(図18と図19との比較)。これは、校舎の高さが12mであるのに対して、周辺街区の建物高さは6mのものがほとんどであることが原因である。

より囲まれているケースでは気温緩和効果が大きく、囲み型で0.78Kと最大となっている(表4)。

[m/s]	1	2	3	4	5
A	0.39	0.24	0.57	0.93	1.11
B	0.41	0.41	0.76	1.05	1.21
C	0.51	0.48	0.80	1.09	1.21
D	0.56	0.55	0.84	1.05	1.24
E	0.48	0.88	0.98	1.15	1.30

[K]	1	2	3	4	5
A	1.09	0.66	0.62	0.66	0.69
B	0.82	0.54	0.54	0.56	0.58
C	0.61	0.46	0.49	0.52	0.55
D	0.53	0.44	0.48	0.51	0.54
E	0.50	0.45	0.51	0.53	0.55

図14 検討点における風速(左図)と気温緩和効果(右図)(西=北型)

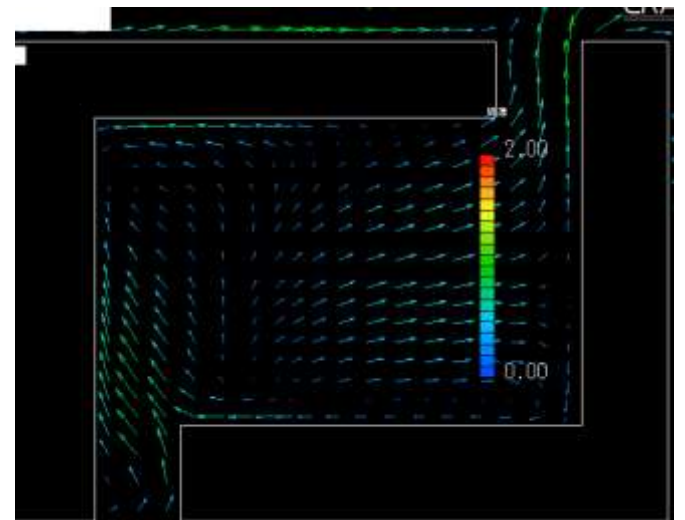


図15 MODEL_Nの囲み型の風速ベクトル(GL+1m)

6.4 MODEL_Hの気温緩和効果（表5）

MODEL_Nでは、校庭に分布する西側建物を作る後流域（風速0.75m/s以下）の大きさは、ある程度西側校舎に左右されたが、MODEL_Hでは、校舎高さ12mに対して、周辺街区の建物の高さが30mを超えるものが多いことで、西側校舎の配置の有無に関わらず、校庭全体に周辺街区の影響を受けた後流域が分布することとなっている（図20と図21）。そのため、検討点において全体的にMODEL_Nよりも芝生の気温緩和効果が高いことが図16（西=北型）またはケースごとの検討点における解析結果を平均した結果を示した表5からも理解できる。

MODEL_N同様に、芝生の気温緩和効果と風速との明確な関係はなく、これを図16でも確認できる（西=北型）。

後流域が校庭全体に及んでいることから、全ケースの校庭の大部分において、校庭には東から西へと向かうベクトルに支配されていることが図17（囲み型）から分かる（断面的に後流域では渦が生じていることから）。

MODEL_H同様、囲み型では、芝生の気温緩和能力を0.93Kとし比較的高い値を取っていることが表5から理解できる。

[m/s]	1	2	3	4	5
A	0.69	0.86	0.72	0.60	0.64
B	0.31	0.44	0.41	0.57	0.97
C	0.28	0.29	0.28	0.48	0.87
D	0.34	0.18	0.16	0.24	0.65
E	0.27	0.12	0.16	0.13	0.48

[K]	1	2	3	4	5
A	1.48	1.15	1.09	0.94	0.70
B	1.11	0.83	0.77	0.69	0.45
C	1.12	0.82	0.75	0.67	0.51
D	1.10	0.80	0.74	0.69	0.42
E	1.23	0.85	0.55	0.72	0.49

図16 検討点における風速（左図）と気温緩和効果（右図）（西=北型）

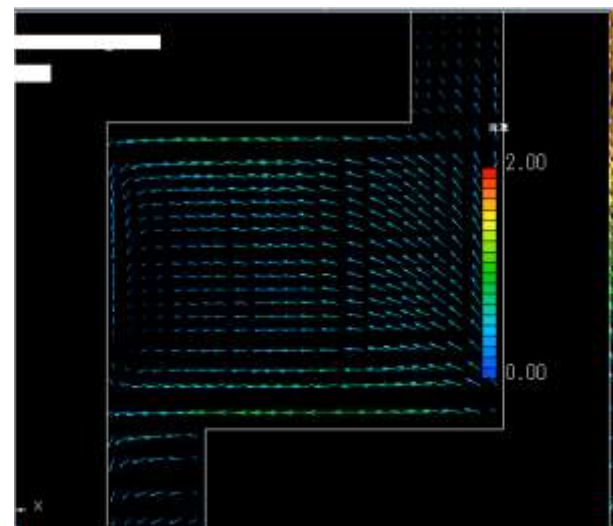


図17 MODEL_Hの囲み型の風速ベクトル（GL+1m）

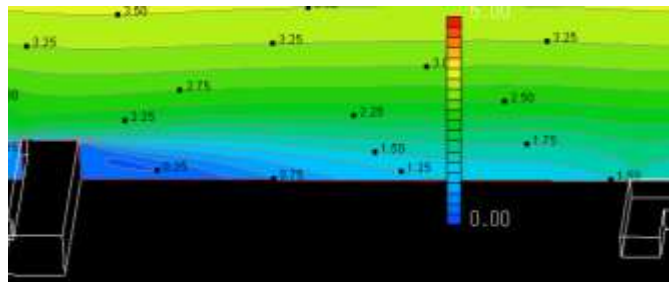


図18 MODEL_Nの西=南型のLineCの断面における風速の大きさ

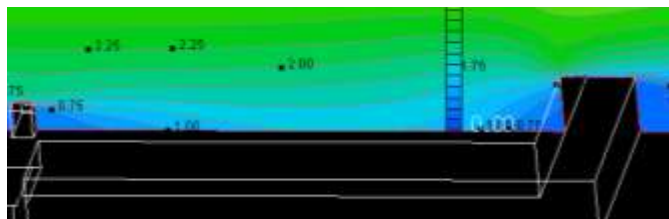


図19 MODEL_Nの東=南型のlineCの断面における風速の大きさ

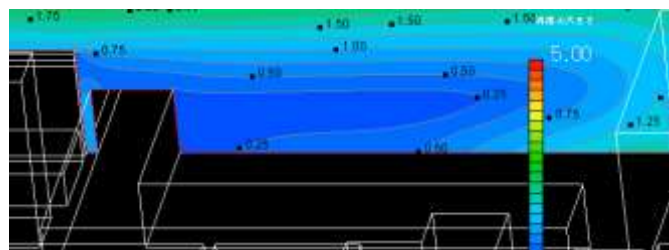


図20 MODEL_Hの西=南型のlineCの断面における風速の大きさ

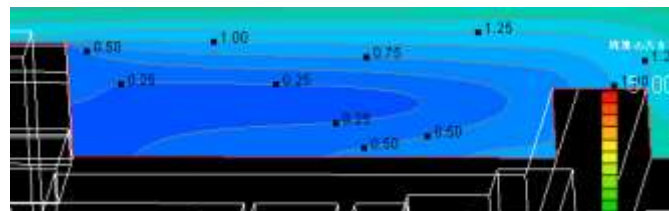


図21 MODEL_Hの東=南型のlineCの断面における風速の大きさ

表4 MODEL_Nの解析結果のケースごとの比較

	単位	MODEL_N							
		西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み
気温差	K	0.56	0.58	0.55	0.74	0.60	0.71	0.67	0.78
風速	m/s	0.81	0.81	1.02	0.41	0.77	0.87	0.41	0.38
気温(砂)	°C	34.08	34.60	34.25	35.30	34.34	34.88	34.59	35.32
気温(芝)	°C	33.52	34.02	33.70	34.56	33.74	34.17	33.92	34.54

表5 MODEL_Hの解析結果のケースごとの比較

	単位	MODEL_H							
		西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み
気温差	K	0.73	0.83	0.94	0.89	0.90	0.91	0.82	0.93
風速	m/s	0.70	0.45	0.50	0.37	0.78	0.66	0.44	0.54
気温(砂)	k	35.55	35.82	36.62	36.25	36.26	36.63	36.12	36.42
気温(芝)	k	34.82	34.99	35.68	35.36	35.36	35.72	35.30	35.49

7. 暑熱環境評価指標

本研究では、都市キャニオンの建物壁面からの長波長放射を考慮し OUT_MRT と OUT_SET^* を用いる。 OUT_MRT は、広い屋外空間における日射の影響を考慮した平均放射温度を周囲の建物からの長波長放射を考慮して拡張した式 (7.1) から求める。 OUT_SET^* は、人体 2 ノードモデルを用いた暑熱環境評価指標 SET^* において MRT の代わりに OUT_MRT を入力した値。日射量は 2012 年 8 月 12 日の大阪市立大学棟屋上での測定における $D\downarrow$ (直達日射) と $S\downarrow$ (天空日射) を用いて拡散分離をおこなう。また、 α_a (着衣の反射率) は 0.45、有効放射面積率は 0.85 とする。

$$OUT_MRT = \left[\left(\frac{f_r(1-\alpha_a)S\downarrow}{F_{eff} \cdot \sigma} \right) + \frac{(1-\alpha)(D\downarrow + (D\downarrow + S\downarrow)\alpha_a)}{\sigma} + F_{RL} \right]^{\frac{1}{4}} \dots (7.1)$$

$$F_{eff} \cdot \sigma(out_MRT) = D_s + D_d + R + F_{eff} \cdot \alpha \cdot F_{RL}$$

D_s : 人体が吸収する直達日射

D_d : 人体が吸収する拡散日射

R : 人体が吸収する地面が反射する日射

$F_{eff} \cdot \alpha \cdot F_{RL}$: 人体が吸収する長波放射

$D\downarrow$: 直達日射

$S\downarrow$: 天空日射

気温差でみた芝生の気温緩和能力同様に、全体的に $MODEL_H$ の方が、 $MODEL_N$ よりも暑熱緩和能力があるという結果である (表6)。

検討点における気温差による芝生の気温緩和能力では囲み型が2つのMODELを通して効果が大きかったが、 OUT_SET^* 指標による評価では、 $MODEL_H$ では囲み型が0.78Kと非常に高い暑熱緩和能力を示したが、 $MODEL_N$ では0.58Kと低い暑熱緩和能力を示している。

OUT_SET^* 指標による評価では、2つのMODELを通して西側に校舎を配置しないケースにおいて比較的暑熱緩和能力を示しているが、気温差による芝生の気温緩和能力では、これが顕著に見られるということはない。

表6 芝生の気温差でみた気温緩和能力または OUT_SET^* 指標の観点で見た暑熱緩和効果の結果

[K]	MODEL_N							
CASE	西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み
気温差	0.56	0.58	0.55	0.74	0.60	0.71	0.67	0.78
OUT_SET^*	0.70	0.58	0.68	0.62	0.64	0.70	0.58	0.58
単位[K]	MODEL_H							
CASE	西=南	西=北	東=南	南空き	東空き	西空き	北空き	囲み
気温差	0.73	0.83	0.94	0.89	0.90	0.91	0.82	0.93
OUT_SET^*	0.66	0.66	0.74	0.64	0.70	0.74	0.74	0.78

8. まとめ

本研究の概要と結論は以下のとおりである。

①Total容積率を定義し、それにより典型的な都市部の小学校とその周辺街区には $MODEL_N$ と $MODEL_H$ の2つのパターンがあり、モデル化した。

②実態の分析により、校舎配置には、L字型の西=南型、西=北型、東=南型、コの字型の南空き型、東空き型、西空き型、北空き型、そして囲み型の計8つのケースがあることを明らかにした。

③ $MODEL_N$ 、 $MODEL_H$ において、8つの校舎配置を与えてCFD解析を行ったところ以下のことを明らかにした。

a) 気温差でみた芝生の気温緩和効果について

- ・西側からの流入風に対して抵抗することで生じる後流域、流体が剥離し、循環が見られる領域、または壁面からの抵抗を受けて存在する境界層の部分で大きい。
- ・ $MODEL_N$ では、校庭に分布する西側建物を作る後流域は、西側校舎に大きく影響を受け、その領域は校舎の一部にしか及ばないが、 $MODEL_H$ では、西側校舎の有無に関わらず、西側建物を作る後流域は、校庭の大部分に及び、これが原因で、 $MODEL_H$ は、 $MODEL_N$ に比べて、芝生の気温緩和効果が高い。
- ・ 2つのモデルとも囲み型が、高い気温緩和効果を示す。

b) OUT_SET^* 指標による芝生の暑熱緩和効果について

- ・ 気温差でみた芝生の気温緩和能力同様に、全体的に $MODEL_H$ の方が、 $MODEL_N$ よりも暑熱緩和能力がある。
- ・ OUT_SET^* 指標による評価では、 $MODEL_H$ では囲み型が比較的高い暑熱緩和能力を示したが、 $MODEL_N$ では低い暑熱緩和能力を示す。
- ・ OUT_SET^* 指標による評価では、2つのMODELを通して西側に校舎を配置しないケースにおいて比較的高い暑熱緩和能力を示す。

本研究では、結果より高層建物において、囲み型を芝生化することが有効であることが明らかにした。

参考文献

- 1) 田邊祐介ほか、造園、大、943-946、2005、2) 阪井雅洋ほか、住宅地内に近接する裸地・芝生地熱環境評価 (その1 観測概要ならびに各気象要素の観測結果)、建・大・梗概集、2004年、3) 仲永明未ほか、空衛、近、論文集、239-242、2010、4) 平山嵩ほか、建・報告集 (55)、77-83、1957年、3月25日、5) 川本真史ほか：平成19年度、建・近・報告集環境、(47)、185-188、2007、6) 櫻井雄太ほか、空衛・近・論文集、61-64、2011年、3月17日、7) 富永禎秀ほか、建・大、梗概集、769-770、2003、8) J.C.R.Hunt, C.J.Abell, Kinematical studies of the flows around free or surface-mounted obstacles; Applying topology to flow visualization, J.Fluid Mech, vol.86, 1978, pp.179-200

討論等

◆討議[谷池義人先生]

大阪市特有の西風とはどういうものですか。

◆回答：解析対象としている夏季に該当する 8 月 12 日の 14:00 において、大阪市は、西側に大阪湾を有することで、海風の影響をうけた風向を観測するという特徴があり、これは、既往研究または、自身の実測でも確認しています。

夏季を対象としているのですよね。

◆回答：はい。

風速と関係がないのは緩和効果ですか。

◆回答：はい。但し、校庭を砂地または芝生としたときの気温分布は、風速の影響を大きく受けますが、砂地から芝生地に校庭を変化させたときの気温変化は、検討点において、明確な関係性はないと判断しました。

◆討議[宮本佳明先生]

高さ 30m を超える小学校は存在するのですか。

◆回答：校舎高さはすべてのケースにおいて 12m であり、高さが高層であるのは周辺街区であります (MODEL_H)。

現実的に、この研究がどのような目的に対して、どのように参考になるのですか。

◆回答：これからは少子化または経費削減のため小学校が新たに新設されるということは少なくなっていく、小学校の合併または統合に伴う校舎の増築などが大阪市では多くなっていくと考えます。そこで、現在は南空き型の校舎配置である小学校が合併のため、校舎の増築が必要となり、南空き型から囲み型と校舎配置が変化するとき、校庭を芝生化することを提案し、すすめることができるなどを想定した研究です。

◆討議[西岡真稔先生]

暑熱緩和効果を SET*指標を用い、ケースごとの効果を 0.5~0.8K の範囲で比較しているが、この範囲でケースごとを比較して、例えば、囲み型で暑熱緩和効果

が高いと判断づけても良いものであるのですか。

◆回答：研究を始める当初から、校庭を芝生化することで校庭の高さ 1m に分布する気温が急激に変化することはなく、変化があったとしても 1℃程度であるという考えがあり、実際、研究をおこなったところ、そのような結果となっています。0.5K~0.8K の範囲において、この中で効果の大小を求めることに意味があるのかということにおいては、この研究をどのような観点で参考とするかによると考えます。

◆討議[鍋島美奈子先生]

囲み型は、芝生化において暑熱緩和効果が比較的高いということであるが、囲み型は、他の学校配置と比べて校庭に陰が大部分に及ぶことで暑熱環境的に芝生化を行わなくてもよい環境なのではないか

◆回答：校舎の高さは 12m であり、それが作る陰は、6m 程度であり、校庭の大部分に陰が及ぶことはありません。また、気温・風速または OUT_SET*を求めた検討点において、陰に該当する部分に含まれる検討点はありません。

日陰に該当する部分では、芝生は育たないのではないか。

◆回答：解析対象時間である 14:00 では、校庭の大部分において、陰が存在することはありません。ただ陰が当たらないことで芝生の育成が困難になるという事項については考慮したことがなく、大変参考になります。考慮した内容を論文内で掲載します。

芝生の蒸発散率を考慮したシミュレーションであるのか。

◆回答：自身の研究では、芝生の表面温度が砂地よりも低く、その表面温度を設定する時、校庭の高さ 1m の暑熱環境がどのようになるのか把握する研究です。蒸発散効果により、表面温度が低くなった芝生の表面温度を実測から得ています。よって、蒸発散効果を含んだ表面温度を設定しているということになります。ただし、設定した表面温度がどの程度の蒸発散効果を発揮した表面温度であるのか、また、芝の根がどれだけ水分を含んでいるのかということを検討して与えた表面温度ではありません。

◆討議[矢持進先生]

研究の題が「都市部の」となっているが、この研究は、風向を西側としていて、また、街区選定を大阪市のみに限定している解析結果であり、大阪市のみにいえる研究結果であると言える。たとえば、東京では、湾を南側に保有していることから、夏季における 14:00 においては、西側でない風向である可能性がある。題に「大阪市」とつけないと、都市部全般に言える研究結果を求めたと勘違いする。

◆回答：そのとおりだと思います。