

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○佐地 泰昭
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 森 信人
 大阪市立大学大学院工学研究科 中尾 正喜
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 矢持 進

1. はじめに

大都市が抱えるヒートアイランド現象を緩和する対策の1つとして、空気に比べて十分に大きい水の熱容量を利用して都市排熱を海域へ放出し、大気へ放出される人工排熱を軽減するということが考えられている¹⁾。また、夏期においては、成層化した海水の温度差を未利用エネルギーとして活用することも提案されている^{2), 3)}。さらに、温排水を媒体として都市排熱を海域へ放出した時の流動が、湾内の海水交換効果を促進し、閉鎖的な湾の水質を改善するという効果も期待できる⁴⁾。このような大規模な環境改善対策の効果を予測するためには、湾内に放出した排熱の熱移動、大気への再放出量、そして海洋と都市気候の相互作用を推定することが必要である。

そこで本研究では、この中でも湾内に放出する都市排熱について、大阪湾を対象として海洋モデルを用い⁵⁾、都市排熱が海域へ放出された場合の影響評価を行う。

2. 排熱拡散予測のための海洋モデル

本研究では、海洋モデルとしてRegional Ocean Modeling System⁶⁾ (ROMS)を用いた。これはオープンソースの海洋モデルであり、以下で述べるように潮汐流、河川水、そして熱の移流拡散および海面における大気との短波および長波放射の交換を考慮した。

(1) 海底地形

大阪湾の海底地形は海上保安庁の深淺測量データを元に作成し、計算対象範囲は北緯34.0~34.85度、東経134.5~135.65度とした。水平方向にはデカルト座標を導入し、格子数104×94、解像度1km×1kmで離散化を行った。鉛直方向には σ 座標を導入し、20層に分割した。

(2) 潮汐を考慮した開境界条件

南側と西側の開境界条件として、自由表面に重力波の伝播を考慮、鉛直積分流速に長波近似、3次元流速に放射条件を用いた。外部境界の水位として、南側、西側境界に主要4大分潮の振幅・遅角を与え、スペクトル解析の結果から、湾内の水位が天文潮位に適合するように外部境界

の逆推定を行った。

(3) 乱流モデル

乱流モデルについてはGeneric Length Scale ModelとMellor-Yamada 2.5 Closure Model (以下MY25)を用いて計算し、DBFレーダーによる沖ノ瀬環流域の小潮時、大潮時における1日平均残差流の流動観測⁷⁾と比較した結果から、表面流のパターンの再現性が優れていたMY25を乱流モデルとして用いることにした。

(4) 河川水流入

大阪湾に流れ込む河川の中でも比較的流量の多い淀川、神崎川、大和川、武庫川の4河川について考慮した。河川流量は平成10~12年、6~8月の平均の値(大阪湾環境データベース)を用い、流速と水温の鉛直分布は鉛直20層に均等に分割するように与えた。河川水の水温は30.0°C、塩分は0.0psuとした。

(5) 海面での熱収支

湾内の熱移動については、水温をスカラー量として、移流拡散させるスキームを用いた。この際、表層ではバルク式を用いて短波及び長波放射の交換を考慮した。

(6) 初期条件

水温の初期条件としてはtanh関数を用いて温度躍層を表し、表層を26.0°C、底層を20.0°Cとした。塩分は32.0psuとして一様に与えた。

3. 都市排熱放出の影響評価

上述した大阪湾の物理環境をシミュレートするモデルを用いて、温排水を媒体として都市排熱を大阪湾へ放出した場合の影響について検討を行った。

(1) 排熱量の算定

既存建物(大阪市都市計画局データベース)を対象として、大阪湾臨海部の海岸線から5000mまでの範囲で発生する8月の時間平均冷房排熱量を原単位法(式(1))を用いて推定した。冷房負荷原単位、月別負荷変動割合、延床面積は表-1, 2の値を用い、対象領域内の全建物用途の冷房排熱量を足し合わせた結果、海岸線から1000m

の場合は 9.3×10^{11} (J/h), 2000mの場合は 1.4×10^{12} (J/h), 5000mの場合は 4.9×10^{12} (J/h)となった。

8月・時間平均冷房排熱量(MJ/h)

$$= \text{冷房負荷原単位}(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}) \times \text{月別負荷変動割合} \\ \times (1 + 1/\text{COP}) / (31 \times 24) \times \text{延床面積}(\text{m}^2) \quad (1)$$

表-1 建物用途別の冷房負荷原単位, 月別負荷変動

建物用途	冷房負荷(MJ/m ² ・年)	月別負荷変動(%)
集合住宅	33.49	47.76
業務施設	293.00	30.72
商業施設	523.25	20.81
宿泊施設	418.60	24.77
医療施設	334.88	45.82

表-2 建物用途別の延床面積

建物用途	延床面積(ha)		
	d=1000m	d=2000m	d=5000m
集合住宅	261	608	3350
業務施設	103	153	475
商業施設	330	450	1390
宿泊施設	13	29	76
医療施設	10	17	107

(2) 排熱量から流量への換算方法

(1) で算定した排熱量を排水流量に換算するために式

(2) を用いた。

$$Q_{\text{bar}} = \frac{H_{\text{urb}}}{C_p \times \Delta T \times \rho \times 3600} \quad (2)$$

ここで, Q_{bar} は流量(m³/s), H_{urb} は都市排熱量(J/h), C_p は比熱(J/g・K), ΔT は温度差(°C), ρ は密度(kg/m³)を表す。比熱, 密度はそれぞれ3.93J/g・K, 1027.0kg/m³とし, 放出点での温度差は平均海水温+7.0°Cとした。この結果, 流量は海岸線から1000mの場合には9.2m³/s, 2000mの場合には13.5m³/s, 5000mの場合には48.2m³/sとなった。

温排水のその他の放出条件として, 塩分は32.0psuとし, 放出地点は水平方向においては東経135° 23', 北緯34° 39', 鉛直方向においては十分に拡散できるように最も底層の格子から温排水を放水した。

(3) 都市排熱拡散の影響評価

図-1は放出開始9日後の大潮時における, 表層の流速と排熱による表層水温差の水平分布を表したものである。放出点付近の水温差は当然高い値となっており, 最大で約1.5°Cの差となった。また, 図-2は排熱による表層の水温上昇が1°C以上になる面積の時間変化, 図-3は排熱による表層の平均水温上昇の時間変化を表したものであり, どちらの図も海岸線から2000mまでの範囲で発生する排熱量では, 影響はほとんどないことを表している。しかし, 海岸線から5000mの範囲で発生する排熱量では, 表層の水温上昇が1°C以上になる面積は最大で約30km², 平均水温は最大で約0.09°C上昇するという結果となった。

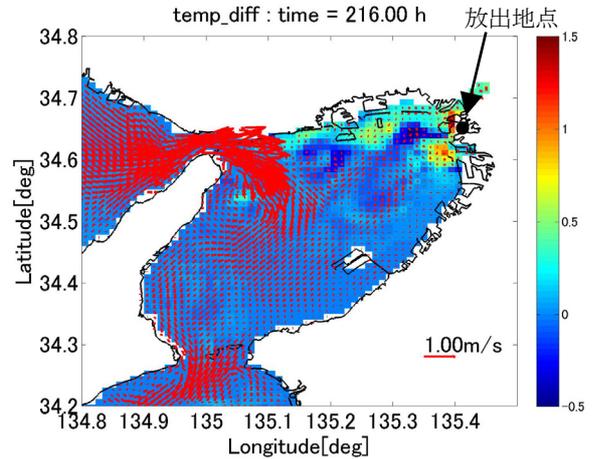


図-1 大潮時における排熱による表層水温差の分布 (濃淡: 排熱あり-排熱なし, ベクトル: 流速)

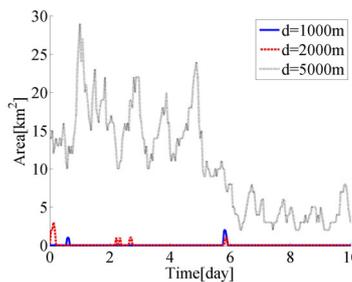


図-2 排熱による表層の水温上昇が1°C以上になる面積の時間変化

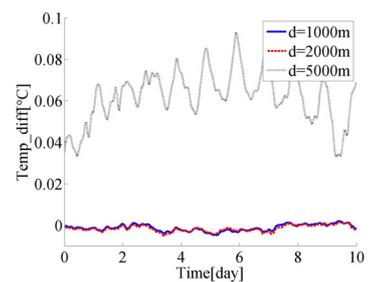


図-3 排熱による表層の平均水温上昇の時間変化

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下のようにまとめられる。

- ・ 海岸線から2000mまでの範囲で発生する排熱量では, 海域への影響はほとんどない。
- ・ 海岸線から5000mの範囲で発生する排熱量では, 表層の水温上昇が大きく, 海域へ悪影響を与える可能性がある。

今後は放出する都市排熱量の時間変化や放出形態についても検討が必要である。

参考文献

1. 中尾正喜ら (2007): 港湾内における夏期底層低温エネルギーの利用, 空気調和・衛生工学会学術講演会, 4p.
2. 道奥康治 (1994): 成層水域からの熱エネルギー抽出に関する試算, 水工学論文集, 第38巻, pp.229-234.
3. 森信人ら (2007), 港湾内未利用エネルギー利用とこれに関連する温度成層の特性把握に関する研究, 海岸工学論文集, 第54巻, pp.1316-1320.
4. 松梨史郎ら (1994): 冷却水取放水を利用した内湾の水質改善効果, 水工学論文集, 第38巻, pp.215-222.
5. 入江政安ら (2004), 大阪湾における貧酸素水塊の挙動に関する数値シミュレーション, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.926-930.
6. Shchepetkin, A.F. and J.C. McWilliams (2005): The regional oceanic modeling system(ROMS), Ocean Modeling, 9, pp.347-404.
7. 坂井伸一ら (2004): DBFレーダーによる沖ノ瀬環流域の広域流動観測, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.1416-1420.