

# カトマンズ渓谷における大気汚染メカニズムの推定

## Estimation of the Air Pollution Mechanism at Katmandu Valley in Nepal

(大阪大院工) 井上義雄, Manohar Lal Shrestha, 加賀昭和, 近藤明, 杉沢正彦

### Abstract

Katmandu valley metropolitan city (28° N, 85° E) in Nepal is 1300m above the sea level, and is surrounded by high mountains. The atmosphere of the Katmandu valley is polluted by the automobile exhaust gas as other Asian countries. We observed Total Suspended Particulates (TSP) concentration in the Katmandu valley in February 2001, May 2002, and January 2003 for the period of 1 to 2 weeks. Consequently, the following things were confirmed: (1) TSP concentration in the atmosphere during the winter season shows a tendency higher than the summer season. (2) TSP concentration shows diurnal variation clearly. (3) The maximum TSP concentration in a day appears between 6:00 and 9:00 LST. The deposition of chill air from night to early morning in Katmandu valley was guessed as a cause of the air pollution. The objective of this study solves the mechanism of the high concentration contamination generated in the Katmandu valley in the winter season by tank model experiment, and is to verify the validity of the estimation. In this paper, the result which measured the flow field in a tank model experiment by the PIV method as part of verification is described.

### 1. はじめに

ネパールの首都カトマンズは北緯28度東経85度、標高1300mの高地に位置し、周囲を盆地よりも1000m以上高い山に囲まれた渓谷内の都市である。他のアジア諸国と同様に、自動車排ガス等による大気汚染が著しく、特に冬季は夏季に比べて高い汚染濃度を示す。著者らは2001年2月、2002年5月、2003年1月に1~2週間にわたって現地観測を実施した結果、大気中の浮遊粉じんの濃度が明確な日変化を示し、一日の最高濃度が6時~9時の間に出現することを確認した(Fig.1)。また、渓谷内の山の斜面を利用して観測した高度別気温変化からは、約20の気温の日較差のため夜間に強い接地逆転が生じ、夜間から早朝にかけて渓谷内に冷気が滞留する汚染のメカニズムが推測された[1]。本研究は、冬季にカトマンズ渓谷内に発生する高濃度汚染のメカニズムを水槽模型実験[2]により解明し、その推定の妥当性を検証することにある。本報では、検証の一環として水槽模型実験内の流れ場をPIV[3]により測定したので報告する。

### 2. 水槽模型実験及び実験手順

Fig.2 に水槽模型の概略を示す。水槽模型は上・中・下部の3つの水槽から構成されており、中間の水槽が渓谷の大気境界層に対応し、幅約20km、深さ約1kmのカトマンズ渓谷を模擬している。上部水槽は境界層上面を一定温度に保つ目的で、下部水槽は地表面温度に日変化を与える目的で設置されている。

実験を開始する前に、予め上部水槽の水温を40一定に、下部水槽の水温を35一定に保って3時間程度放置

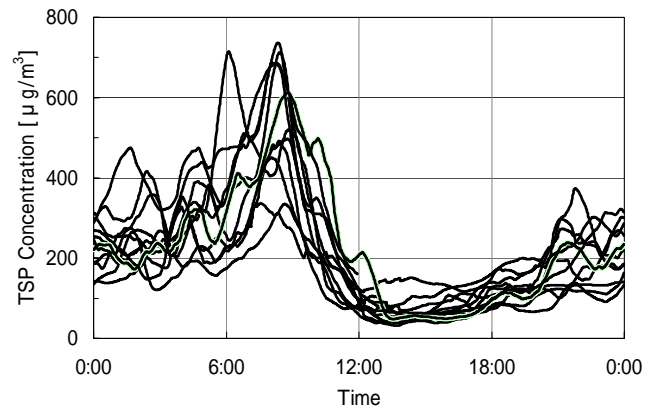


Fig.1.TSP Concentration in Atmosphere at Katmandu Valley in February 2001.

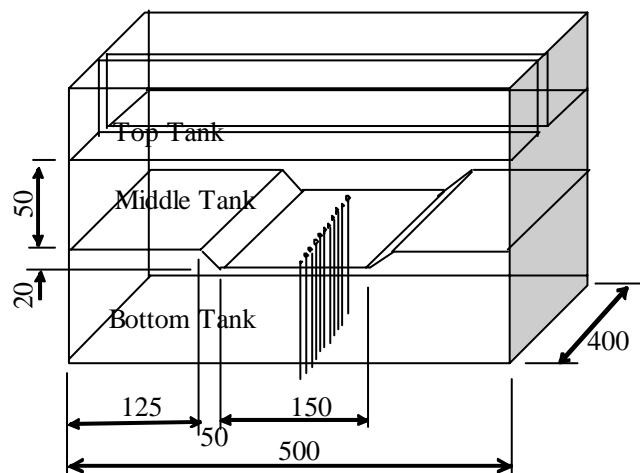


Fig.2 Water Tank Model of Katmandu Valley

し、境界層に温度勾配一定の成層を形成する．その後、底部水槽にフィールドの気温の日変化に相似する温度振幅を周期 12 分、振幅 7 で与え、2 周期を経過した後諸量の測定を開始した．底面からの各高さにおける水温は熱電対によりモニターする．PIV トレーサは発砲スチロールをミキサにより粉碎し懸濁液にして放置することにより、水に近い密度をもつものだけを選別して使用した．照明は 1 w Ar レーザのスリット光、撮影にはプログレッシブカメラを用い、1.5 秒間隔で 15 分間、連続 600 枚のフレーム画像を 640 × 400 の解像度で AD 変換し、パソコンに直接入力した．

### 3. 相似則

Ueda の提案した相似則[4]に基づいて、水槽模型内の現象と実際のフィールドでの現象との間での距離及び速度の関係を Table 1 のように算出した．

Table 1 Correspondence of the Distance and Wind Velocity between Water Tank Model and the Field.

	Experiment	Field
Horizontal length	1 mm	90 m
Vertical length	1 mm	56 m
Wind velocity	1 mm/s	6.3 m/s

### 4. 実験結果

Fig.3 に速度分布の解析結果を示す．6 時では斜面下部は弱い下降流となっているが 8 時頃にかけて上昇流に転じる．9 時頃から峡谷底面で上下方向の混合が現れ、混合層が発達を始め、14 時頃にその高さが最大となる．17 時には混合層の高さは低くなり、斜面に沿って上昇流が観察される．上昇流は 22 時頃には弱まり、23 時には下降流に変わる．2 時頃からは下降流も徐々に弱まる．以上の観察結果から、夜間に峡谷内に冷気が滞留して高濃度大気汚染を出現させ、それが 9 時頃からの混合層の発達に伴って解消に向かうという汚染メカニズムが確認され、現地での濃度観測結果と完全に附合している．

### 5. まとめ

カトマンズ渓谷における TSP 濃度は夏季より冬季に高濃度を示し、1 日の最高濃度が午前 6 時から 9 時の間に出現することを観測により確認した．カトマンズ渓谷を模擬した水槽模型内の流れ場を PIV により観察し、夜間の強い接地逆転による汚染メカニズムを説明できる結果を得た．今後、温度場、拡散場の汚染メカニズムをさらに詳細に解明し、現地の大気環境管理に役立てたい．

### References

[1] Shrestha, M. et al.: *The Proceedings of the 42th Sympo. on Japan Soci. for Atmospheric Environment (JSAE)*, p.521 (2001)

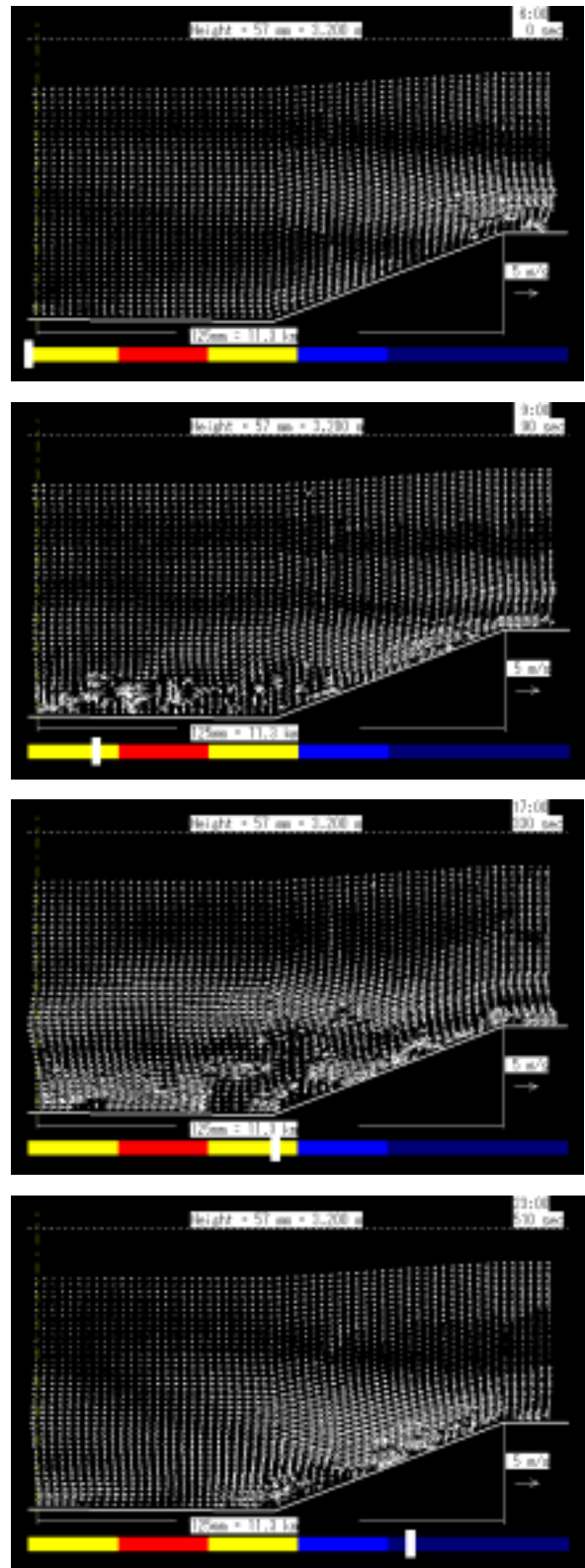


Fig.3 Flow Field in Water Tank Measured by Image Conversion PIV.

[2] Kondo, A. et al.: *J. of JSAE*, **35**, pp.355-367 (2000)  
 [3] Kaga, A. et al.: *Trans. of the Soci. of Heating, Air-Cond. and Sanitary Eng. of Japan*, **39**, pp.77-85 (1989), **44**, pp.47-54 (1990)  
 [4] Ueda, H.: *J. of Climate and Appl. Meteor.*, **22**, pp.312-321 (1962)