

大気不安定度の抑制を目的とした予防的シーディングの有効性に関する研究

法政大学 デザイン工学部
法政大学 デザイン工学部

○学生会員 中原 一徹
正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景・目的

近年、局地的集中豪雨の多発や旱魃などの異常気象が地球規模で深刻な問題となっている。我が国でも集中豪雨による土砂災害や都市域への浸水被害、交通網のトラブルなど数多くの被害が発生し、防災対策の必要性が高まっている。本研究では、防災策、減災策の一つとして、クラウド・シーディング（以下、シーディング）を用いた人口降雨技術について着目した。シーディングとは、自然の雲にドライアイスや液体炭酸、ヨウ化銀等の物質を散布することにより雲の内部構造を人為的に変化させる気象制御手法のことであり、主に水資源確保を目的として長年研究が行われてきたが、横山ら¹⁾の研究では発生初期や発達期の積雲に対してシーディングを行い、人為的に豪雨が抑制することが可能であることが示唆されている。

本研究では、豪雨発生事例に対して、降雨が起こる前の大気の成層状態に着目し、大気不安定度の抑制を目的として WRF によるシーディングに関する数値実験を行った。大気不安定度を表す指数として今回は CAPE を用い、人為的に豪雨の発生リスクに対するシーディングの影響の評価をした。

2. 使用モデルとその計算条件

領域気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting Model) とは、メソスケールの大気現象を対象とした 3 次元非静力学モデルであり、局所的な豪雨や突風など激しい対流活動を伴う現象の予測および再現に適したモデルである。本研究では、初期値及び境界条件として、大気データ及び海面データは NCEP (アメリカ環境センター) から提供されている解像度 30km の FNL データを使用し、地形標高データには USGS (アメリカ地質調査所) 提供の緯度・経度 30 秒 (約 0.925km) の分解能のデータを用いた。さらに、雲物理過程のスキームとして過冷却水や 0 以上での雪が表現され、霰や氷晶の数濃度の計算を行うことができる Morrison double-moment Scheme を用いた。モデル内でシーディングによる物質散布を直接的に表現するのは難しいため、本研究では WRF の計算スキームにおける氷晶核の数濃度の値に一定の操作倍率をかけることで間接的にシーディングを表現した。操作倍率として、今回は 10^9 倍を採用した。

3. 対象事例とシーディングの設定条件

大気不安定度抑制を目的としたシーディングの有効性を評価するため、本研究では、2 つの降水事例に対してシーディングを行った。8 月末豪雨は、2008 年に広い範囲で大雨をもたらした。岐阜県と福井県周辺をシミュレーション領域²⁾とし、豪雨域全体を含む広範囲を含む領域を解析領域とした。シーディング実施高度は、最下層の気温が 0 以上にならないように 2 パターンの高度を設定した。シーディングの開始時刻は、各事例ごとに CAPE の高い値が算出され始める時間の 4 時間前から 1 時間前までを各 2 時間ずつ、計 4 パターン実施した (以下時刻 4)。シーディング手法

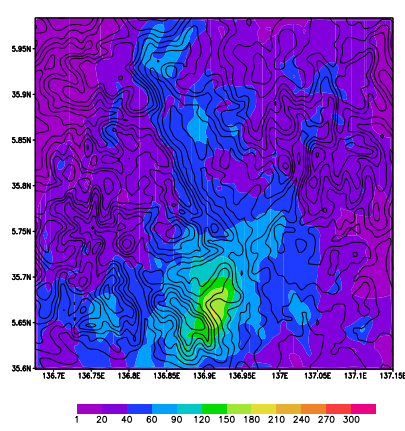


図-1 CASE0 の積算降水量

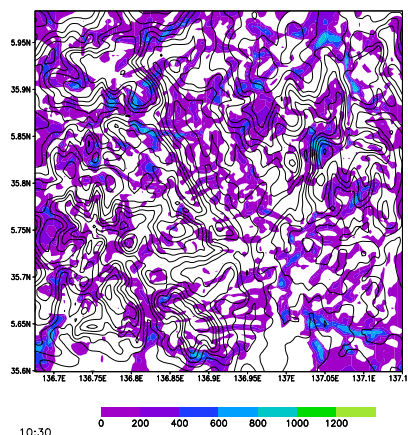
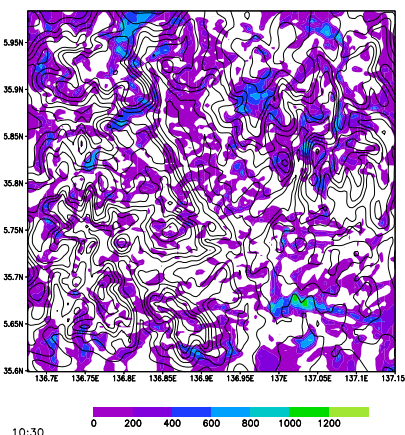


図-2 CASE0(左)CASE5(右) の CAPE 空間分布図

キーワード：大気不安定度，シーディング，気象制御，成層状態，CAPE

〒162-0843 東京都新宿区市谷町田 2-33 法政大学デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 TEL：03-5228-1406

として、既往研究と同様のシーディング実施領域内すべての格子点で氷晶数を変化させる面的シーディングを用いた。各ケースの名称として、シーディングなしを CASE0、4 時間前を CASE1、3 時間前を CASE2、2 時間前を CASE3、1 時間前を CASE4 とする。

4. シミュレーション結果と考察

大気が不安定であるとき、激しい降水をもたらす対流性の降水が発生しやすいことを表す。大気不安定性を数値化し表す指数を、大気不安定度指数といい、本研究では、CAPE(Convective Available Potential Energy)を用いた。CAPE は、地上付近の空気塊を断熱的に持ち上げた時に浮力が空気塊に為す仕事を指し、値が大きければより大気は不安定であることを指す。

CASE0 の積算降水量を図-1 に、CAPE 空間分布図を図-2 に、領域平均 CAPE と領域時間降水量の時間変化を図-4 に、CASE5 の CAPE 空間分布図を図-3 に示す。図-2、図-3 から、シーディングの実施により CAPE の空間分布が変化していることが確認できる。定量的な評価をするため、解析領域の最大 CAPE の時間変化、平均 CAPE の時間変化の CASE0 と各時刻における変化率を用いて、比較した。また、図-1 より、降水に対応して CAPE が高まったと考えられる時刻 7 から時刻 10 を対象として比較した。閾値は 5 % とした。

抑制効果が顕著であった、CASE4 について説明する。図-5 に CASE4 の領域最大 CAPE と領域平均 CAPE、図-6 に領域最大 CAPE の変化率、図-7 に領域平均 CAPE の変化率を示す。対象である時刻 7 から時刻 10 の間において、領域最大 CAPE は 10 % 近くの抑制効果がみられた。領域平均 CAPE では、対象時刻範囲内に閾値を超える促進・抑制効果はどちらもみられなかった。領域内の最大を示した高い CAPE の値に関しては抑制効果が得られ、領域内の小さな値も含めた CAPE の平均に対しては抑制効果がみられなかったことから、大気が不安定であることを示す CAPE の抑制に対してはシーディングは有効であると考えた。また、他の CASE の結果より、CASE1 から CASE4 ヘシーディング実施時間が CAPE の高い時間帯に近づくほど抑制効果が高いという結果であった。

結果より、シーディングが CAPE の高い領域に対して有効である可能性が示唆された。また、CAPE の高まる時間帯に近いほどより有効である傾向であった。シーディングにより CAPE の不安定性抑制の効果が得られたが、促進ケースや時間帯、高度によっても異なり、今後さらに有効性に関する検討が必要である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、大気不安定度の抑制を目的とした予防的シーディングの有効性を検討するために、豪雨が発生した 2 事例でシミュレーションを行った。その結果、時間、高度などの条件を変化させることで大気不安定度指数の CAPE に対して抑制効果が得られることがわかった。しかし、CAPE と降水の関係性と、シーディングによる降水への影響は詳しい傾向が得られなかった。今後の課題として、最大の抑制効果が得られる条件の検証と、抑制メカニズムの解析、さらには他の大気不安定度指数も用いて、総合的に大気の成層状態を評価していく必要がある。

参考文献

- 1) 横山一博・尾中俊之・鈴木善晴：積雲発生初期のクラウド・シーディングによる豪雨抑制効果とそのメカニズムに関する研究，土木学会論文集 B1（水工学）Vol71，No.4，I499-I504，2015。

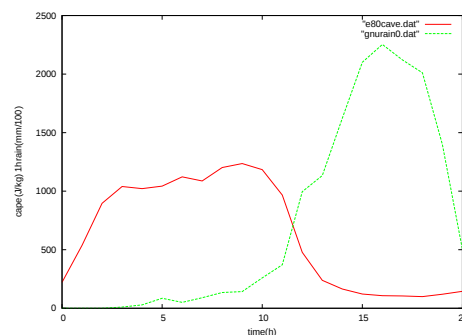


図-3 CASE0 の CAPE，領域時間降水量時間変化

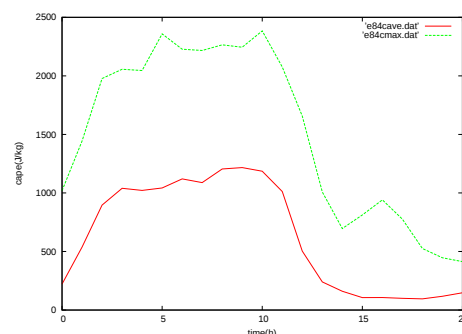


図-4 CASE4 の領域最大 CAPE と領域平均 CAPE 時間変化

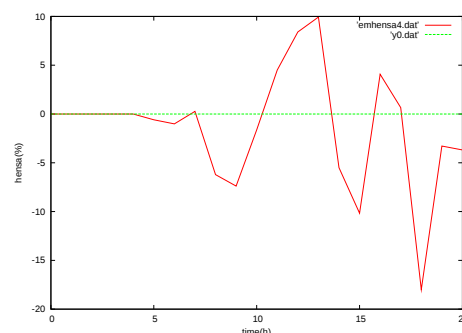


図-5 CASE4 の領域最大 CAPE 変化率

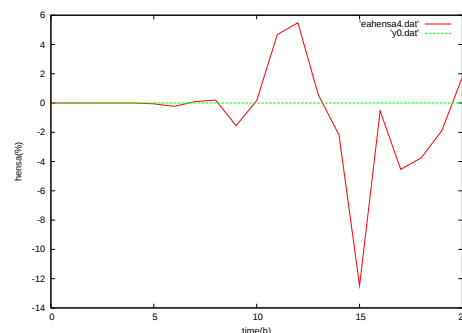


図-6 CASE4 の領域平均 CAPE 変化率