

Title	Online coupled modeling and investigation of regional meteorology and air quality in the context of future climate and emission changes in Asia
Author(s)	Nguyen, Tran Huong Giang
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/76565
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (Nguyen Giang Tran Huong)

Title

Online coupled modeling and investigation of regional meteorology and air quality in the context of future climate and emission changes in Asia (アジアにおける将来の気候と排出量変動に着目した地域気象大気質のオンライン結合モデリングと解析)

Abstract of Thesis

Air quality in future will change in response to climate change as well as anthropogenic emission change. In this study, an advanced online coupled Weather Research and Forecasting (WRF) and Community Multiscale Air Quality (CMAQ) model was applied. The targets were to investigate the impacts of climate change alone, the impacts of anthropogenic emission change alone, and the combined impacts of changes in both climate and anthropogenic emissions on future air quality in Continental Southeast Asia where the pollutant emissions were estimated to increase in the future. Incidentally, since online model was applied, the study was also aimed to evaluate the impacts of aerosol direct effects on meteorology and air quality for this region and East Asia where aerosol load is high.

In East Asia and Continental Southeast Asia, the aerosol direct effects generally decreased shortwave radiation, temperature, planetary boundary layer (PBL) height, and wind speed. Particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 μm or less ($\text{PM}_{2.5}$), sulfur dioxide (SO_2), and nitrogen dioxide (NO_2) concentrations were found to increase while ozone (O_3) concentration was found to decrease due to direct effects. Analyzing the cause-effect relationships among the responses of the above meteorological variables and air pollutants indicated that the reduction in radiation at ground surface caused directly by aerosol direct effects produced decreases in temperature and PBL height, leading to increase in $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , and NO_2 concentrations. The increase or decrease in O_3 concentration depended on the responses of the atmospheric dynamics and the photolysis rates.

Investigating the impacts of potential climate change alone on meteorology and air quality over Continental Southeast Asia in the decade 2050s revealed the followings. Future atmosphere gets warmer, more humid, rainy and stagnant. Affected by climate change, nitrogen oxides (NO_x) and non-methane volatile organic compounds (NMVOCs) biogenic emissions increase. Subsequently, the changes in meteorology and biogenic emission affect air quality. Under Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 scenario, future atmosphere appears to be reduced in O_3 and $\text{PM}_{2.5}$ concentrations. However, climate change worsens O_3 and $\text{PM}_{2.5}$ air pollution under RCP8.5 scenario. The decrease in O_3 concentration is due to the water vapor increase and the increase in O_3 concentration is affected largely by the temperature increase, stagnant condition, and biogenic emission increase. The responses of $\text{PM}_{2.5}$ to climate change depend on the physical and chemical characteristics of each $\text{PM}_{2.5}$ species. The major climate change effect on $\text{PM}_{2.5}$ is the physical effect, rather than the chemical effect.

Projected anthropogenic emission change alone produces higher $\text{PM}_{2.5}$ and O_3 levels in the decade 2050s over Continental Southeast Asia in general. $\text{PM}_{2.5}$ increase is attributed to the emission growth of primary $\text{PM}_{2.5}$ and $\text{PM}_{2.5}$ precursors. O_3 increase is driven by NO_x emission increase rather than NMVOCs emission increase since NO_x -limited regime mostly dominates in the region. Both future $\text{PM}_{2.5}$ and O_3 air quality in Continental Southeast Asia are also affected more by pollutant emission growth in India. Driven by climate change and emission change in combination, $\text{PM}_{2.5}$ and O_3 concentrations increase. The rise in $\text{PM}_{2.5}$ and O_3 concentrations is larger in RCP8.5 scenario than in RCP4.5 scenario. The simulation results indicated that emission trend is a major factor in the variation in $\text{PM}_{2.5}$ and O_3 concentrations, while the climate change also plays an important role.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Nguyen Giang Tran Huong)	
論文審査担当者	(職) 氏 名
	主 査 教授 近藤 明
	副 査 教授 東海 明宏
	副 査 准教授 嶋寺 光
論文審査の結果の要旨	
<p>本研究では、Two-way 気象 (WRF) /大気質 (CMAQ) モデルを用いて、経済発展に伴い大気汚染物質の排出が増加すると推定される東南アジアを対象に、気候変動、人為的排出変動、および両者の変動に対する将来の大気質の影響を評価している。</p> <p>One-way WRF/CMAQ と Two-way WRF/CMAQ モデルを用いてエアロゾルによる直接影響による気象と大気質の変化を評価し、その結果東南アジアでは、ほぼ全域で短波放射が減少し、その結果地上気温の低下が起り、境界層高さが減少するため、空気力学的直径が $2.5 \mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) と二酸化窒素濃度が増加することを明らかにし、一方オゾン (O_3) 濃度は、乾季ではエアロゾルの直接影響により VOC 制約地域が増加するために減少するが、雨季では反対に NO_x 制約地域が増加するために減少することを明らかにしている。</p> <p>全球気象モデル CESM で予測された 2046 年から 2055 年の平均気象場と 2006 年から 2015 年の平均気象場の差を 2014 年の NCEP FNL の気象場に加算することで作成した 2050 年の疑似地球温暖化気象場を用いて、RCP4.5 および RCP8.5 シナリオによる東南アジアの将来の大気質を評価している。2050 年の大気は 2014 年の大気と比較すると暖かく、湿度が多く、降雨が多く、風速が弱くなり、植物起源の窒素酸化物 (NO_x) および非メタン揮発性有機化合物 (NMVOC) の排出量が増加し、RCP4.5 シナリオでは、将来の O_3 および $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は減少し、RCP8.5 シナリオでは、将来の O_3 および $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は増加することを示し、O_3 濃度の減少は水蒸気の増加によるものであり、O_3 濃度の増加は、気温上昇、植物起源の排出量の増加であることを明らかにし、将来の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度変動は、$\text{PM}_{2.5}$ 成分の物理的および化学的特性に強く依存することを明らかにしている。</p> <p>2010 年の排出インベントリに 2010 年と 2050 年の短寿命汚染物質の排出量比をかけることで、2050 年の大気汚染物質排出インベントリを推測し、東南アジアの将来の大気質を評価している。2050 年の人為起源排出量の増加により東南アジア全体で $\text{PM}_{2.5}$ と O_3 濃度は高くなり、$\text{PM}_{2.5}$ の増加は、$\text{PM}_{2.5}$ および $\text{PM}_{2.5}$ 前駆物質の排出量の増加に起因し、O_3 の増加は、この地域は主に NO_x 制約が支配的であるため、NMVOC の排出量の増加ではなく、NO_x の排出量の増加が原因であることを示し、東南アジアの将来の $\text{PM}_{2.5}$ と O_3 濃度はインドからの汚染物質の排出量増加により強い影響を受けることを明らかにしている。</p> <p>気候変動と排出量変動の両方を考慮すると、$\text{PM}_{2.5}$ と O_3 濃度の増加は、RCP4.5 シナリオよりも RCP8.5 シナリオの方が大きくなり、排出量変動が $\text{PM}_{2.5}$ と O_3 濃度の変動の主要な要因であるが、気候変動も重要な役割を果たすことを明らかにしている。</p> <p>以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に環境科学に寄与するところが大きい。 よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>	