

R005-05

Zoom meeting C : 11/1 AM1 (9:00-10:30)  
10:00-10:15

## 熱帯対流圏界層における乱流による混合の観測

#橋野 桃子<sup>1)</sup>, 橋口 浩之<sup>1)</sup>, ウィルソン リチャード<sup>2)</sup>, 荻野 慎也<sup>3)</sup>, 鈴木 順子<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>京大・生存圏研,<sup>2)</sup>理,<sup>3)</sup>海洋研究開発機構

## Observations of turbulent mixing in Tropical Tropopause Layer (TTL)

#Momoko Hashino<sup>1)</sup>, Hiroyuki Hashiguchi<sup>1)</sup>, richard Wilson<sup>2)</sup>, Shinya Ogino<sup>3)</sup>, Junko Suzuki<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>RISH, Kyoto Univ.,<sup>2)</sup>Atmospheric sciences,<sup>3)</sup>JAMSTEC

The Tropical Tropopause Layer (TTL) is a transitional region between the troposphere and the stratosphere peculiar to the tropical zone. In recent years, the importance of elucidating the physical and chemical processes in TTL has attracted attention, and the international TTL observation project "STRATEOLE-2" will be carried out in 2021 and 2024. The behavior of atmospheric waves in TTL is considered to affect the mass exchange between the stratosphere and the troposphere. It is said that materials are transported from the stratosphere to the troposphere along with the breaking of equatorial Kelvin wave, which is known to be predominant in the TTL, which suggest a relationship with turbulence due to breaking of the wave [e.g., Fujiwara et al., 2003]. However, no studies have shown this relationship directly from observations, and it can be said that the details of how Kelvin waves influence mass exchange have not yet been clarified. Therefore, in this study, we analyzed turbulence and mass transport near the TTL region using the data of the STRATEOLE-2 pre-observation conducted from the end of 2019 and the observation campaign conducted in synchronization with it.

The observation campaign was conducted from November 21 to December 6, 2019, and ozone/GPS sonde observations were conducted at the Equatorial Atmosphere Observatory in West Sumatra, Indonesia. The observation data from the Equatorial Atmospheric Radar (EAR) at the same station was also analyzed. In addition, from November 12, 2019 to February 28, 2020, part of the STRATEOLE-2 pre-observation data obtained using super pressure long duration balloons was used. Furthermore, analysis using ERA5 re-analysis data was performed.

The analysis results will be described below. From the sonde profile during the observation campaign, a structure thought to be equatorial Kelvin wave was found in the zonal wind field and the temperature field. It was observed that the vertical wind shear increased as the wave amplitude increased, and the shear region also moved downward as the wave phase moved downward with time. The region of increased turbulence intensity obtained from EAR observation during the same period coincides with this shear region, and it is considered that turbulence is generated due to shear instability. At this time, the vertical distribution of ozone changed from a structure with a sharp peak to a structure that spreads vertically, and it is considered that the turbulence caused vertical mixing of ozone. The figure shows the turbulence intensity (contour) calculated from the EAR data from January 23 to February 1, 2020, and the altitude trajectory of a super pressure balloon (blue line) that flew near the EAR during the same period. It is thought that the balloon was entrained in the turbulent layer and transported downward, suggesting that trace substances such as ozone in the atmosphere are also vertically diffused by turbulence. On the other hand, it was suggested from those observations that the turbulent layer is generated when equatorial Kelvin wave transitions rapidly from easterly phase to westerly phase. A similar consideration has been made in the study of equatorial Kelvin waves using re-analysis data [Nishi et al., 2007]. We analysed ERA5 data by the same method and found that the period in which rapid transitions from easterly to westerly detected using ERA5 data was consistent with the period in which the turbulence intensity observed in the EAR increased, at least at the longitude where the EAR was located. Moreover, it was confirmed that the distribution of the rapid transition zone of the zonal wind is related to the structure of equatorial Kelvin wave at all longitudes.

In this study, it was clarified from the direct observation that the turbulent flow caused by equatorial Kelvin wave transports materials. In the future, we would like to quantitatively evaluate the impact of this transportation.

熱帯対流圏界層 (Tropical Tropopause Layer; 以下 TTL) は熱帯域に特有の対流圏と成層圏の遷移的領域である。近年 TTL における物理化学プロセスの解明の重要性が注目されており、2021・2024 年には国際的な TTL 観測プロジェクト「STRATEOLE-2」が実施予定である。TTL における大気波の挙動は成層圏と対流圏間の物質交換に影響すると考えられている。TTL 内で卓越することが知られる赤道ケルビン波の碎波に伴い物質が成層圏から対流圏へ輸送されると言われており、碎波による乱流との関係が示唆されている [e.g., Fujiwara et al., 2003]。しかしこの関係を観測から直接的に示した研究はなく、ケルビン波が物質交換にどのように影響するかの詳細はまだ明らかになっていないと言える。そこで本研究では TTL 領域付近における乱流と物質輸送について、2019 年末から実施された STRATEOLE-2 プレ観測とそれに同期して実施した観測キャンペーンのデータ等を用いて解析した。

観測キャンペーンは 2019 年 11 月 21 日～12 月 6 日に実施し、インドネシア西スマトラ州の赤道大気観測所においてオゾン・GPS ゾンデ観測を行った。同観測所内の赤道大気レーダー (EAR) による観測データも合わせて解析した。また 2019 年 11 月 12 日～2020 年 2 月 28 日の間、スーパープレッシャー気球を用いて行われた STRATEOLE-2 プレ観測データの一部を用いた。さらに ERA5 再解析データを用いた解析を行った。

以下、解析結果について述べる。観測キャンペーン期間中のゾンデプロファイルから東西風場と温度場に赤道ケルビン波と考えられる構造がみられた。波の振幅が増大すると東西風シアも増し、時間とともに位相が下方に進むのに伴ってシア領域も下方に移動していく様子が見られた。同期間の EAR 観測から得た乱流強度の増大領域とこのシア領域は一致しており、シア不安定が起きて乱流が生成していると考えられる。このときオゾンの鉛直分布は鋭いピークを持つ構造から鉛直になだらかに広がった構造に変化しており、乱流がオゾンの鉛直混合を引き起こしたと考えられる。図は 2020 年 1 月 23 日～2 月 1 日の EAR データから算出した乱流強度(コンタ)に、同期間を EAR との水平距離が近い位置を飛行していたスーパープレッシャー気球の高度軌跡(青線)を重ねて示している。気球は乱流層に巻き込まれて下方に輸送されたと考えられ、大気中のオゾンを始めとする微量物質も同様に乱流によって鉛直に拡散されることが示唆される。また、乱流層は赤道ケルビン波が東風から西風へ遷移するときに生成されることが今回の観測から示唆された。再解析データを用いた赤道ケルビン波の研究[Nishi et al., 2007]でも同様の考察がされており、同様の手法で ERA5 再解析データを用いて検出した東風から西風の急速な遷移の起こる期間は、少なくとも EAR の位置する経度においては EAR で観測される乱流強度が増大する期間と一致していた。また全経度において、東西風の急速な遷移域の分布は赤道ケルビン波の構造と関連していることを確認した。このように、本研究では赤道ケルビン波に起因する乱流が物質を輸送する様子を直接観測から明らかにした。今後はこの輸送による影響を定量的に評価していきたい。

