九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

# Roles of Moisture and Heat Supply from Warm Currents in the Rapid Development of Extratropical Cyclones

平田，英隆

https://hdl.handle.net/2324/1806821

出版情報：九州大学，2016，博士（理学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

KYUSHU UNIVERSITY

（様式６－２）

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 平田　英隆 |
| 論　文　名 | Roles of Moisture and Heat Supply from Warm Currents in the Rapid Development of Extratropical Cyclones<br>（温帯低気圧の急発達における暖流からの水蒸気と熱供給の働き） |
| 論文調査委員 | 主　査　　九州大学　　教授　　川村 隆一<br>副　査　　九州大学　　教授　　廣岡 俊彦<br>副　査　　九州大学応用力学研究所　准教授　　山本　勝 |

# 論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

急発達する温帯低気圧（通称、爆弾低気圧）と台風は、突風・暴風波浪・高潮や局地的豪雨等の気象・海象災害をもたらす双璧をなす総観規模擾乱である。爆弾低気圧は日本海沿岸や北海道・東北の太平洋沿岸の高波被害や局地的大雪の発生要因として非常に重要な擾乱であり、また、海難事故（船舶の座礁や転覆など）の原因ともなっている。最近では東日本（特に関東）の南岸低気圧による大雪・暴風被害等が記憶に新しい。温帯低気圧は中緯度傾圧帯で発生・発達する擾乱で傾圧不安定が重要であることは言うまでもない。日本付近の地表傾圧帯の形成には黒潮・黒潮続流などの暖流の存在が寄与している。実際に、領域気象モデルを用いて、暖流がもたらす海面水温（SST）の強い水平温度勾配を平滑化した数値実験を行うと、南岸低気圧や日本海低気圧の発達経路の集中が不明瞭になり、冬季の日本近海の爆弾低気圧活動が地理的に分散化してしまうことが明らかになっている。また、黒潮が大蛇行すると南岸低気圧の活動が大きく変調することが報告されている。しかしながら、黒潮・黒潮続流からの熱・水蒸気供給の重要性が指摘されているにも関わらず、海面からの乱流顕熱・潜熱フラックスがどのような具体的な力学・熱力学過程を経て低気圧の急発達に寄与しているのかについては、未解明な部分が依然として多く残されている。

本研究では、低気圧中心近傍のメソスケール構造と低気圧周辺の気流系に着目して、最新の非静水圧・雲解像領域気象モデルを用いた水平解像度約 5km の高解像度シミュレーションを実施し、乱流顕熱・潜熱フラックスの除去や SST 改変等の各種感度実験を併用して、さらに詳細な力学解析・熱収支解析を行うことで上記のプロセス解明に取り組んだ。本研究の具体的な研究成果は以下のようにまとめられる。

モデルで再現された低気圧の前線構造の時間発展はシャピロ・カイザー・モデルに酷似していることを見出した。最大発達率に達した時に、後屈前線と低気圧中心東側の温暖前線上にメソスケールの強い非断熱加熱域が出現した。後屈前線の非断熱加熱は主に寒冷コンベアベルト（CCB）によって流入した水蒸気の凝結によって生じており、一方、東側の温暖前線上の非断熱加熱は、温暖コンベアベルト（WCB）によって輸送された水蒸気の凝結によるものであった。CCB によって輸送される乾燥空気塊は暖流からの多量の水蒸気供給によって強い変質を受けるが、WCB に沿って流入する暖湿空気塊はとても湿潤なため、暖流による変質をほとんど受けない。CCB の組織化と発達は暖流上の海面蒸発を強化するのみならず、その蒸発した多量の水蒸気を後屈前線へ流入させる重要な役割を担っている。流入した水蒸気は後屈前線で水平収束し潜熱を放出する。潜熱は、対流圏下層の正の渦位の生成を通して、低気圧の発達を促進する。そして、低気圧の中心気圧の低下は逆に CCB を

強化させることになる。総観スケールの好適な環境条件下で、 上記の正のフィードバック過程は暖流上の温帯低気圧の急発達をもたらす重要なプロセスであると結論付けた。

本研究で構築されたフィードバック仮説では、当初、暖流からの顕熱供給は副次的なものであるとされていたが、乱流顕熱・潜熱フラックスの除去実験を実施し、低気圧応答の定量的評価を行った。その結果、顕熱供給は主に大気境界層の静的安定度の低下をもたらすことで後屈前線近傍の上昇流強化に寄与すること、また境界層内の水蒸気の飽和混合比の増加を通して CCB に沿って流入する水蒸気量の増加に寄与することが明らかになり、上記の正のフィードバックを促進する働きがあることを見出した。同様な数値実験をメキシコ湾流上で急発達する低気圧についても行っており、黒潮・黒潮続流のみならず他の暖流域でも適用可能であることを確認している。

また修正されたフィードバック仮説をさらに検証するために、黒潮・親潮混合水域の SST 変動の感度実験を実施した。黒潮続流の流れが不安定な時には暖水渦が切離し、黒潮－親潮混合水域の SST が大きく変化することが知られている。典型的な南岸低気圧について、その SST 変動のインパクトを調べたところ、低気圧中心北側の CCB が続流域に重なってくると、海面潜熱フラックスが急増し、対応して低気圧中心西側の後屈前線付近で急速な地表気圧の低下が生じることを示し、改めて仮説の妥当性を確認した。また後屈前線近傍の気圧低下は低気圧中心核構造の非対称性を強めるため、低気圧中心の西側の気圧勾配が大きくなり、地表付近の風速が増加することになる。SST 変動が潜熱加熱を通して低気圧中心の構造変化をもたらすことで、地表付近の強風分布も強い変調を受けるという新しい知見を得ることに成功した。

温帯低気圧の微視的描像の観点から、低気圧中心近傍のメソスケール構造を解像可能とする高解像度数値シミュレーションを実施することによって、寒冷コンベアベルトを介した潜熱加熱のフィードバック仮説を構築し検証した本研究は、総観気象学の主要課題の一つである温帯低気圧の発達理論に新たな知見を与える学術的価値の高い業績であるのみならず、中緯度大気海洋相互作用の研究や温帯低気圧起源の暴風・異常波浪等の気象・海象災害の減災・防災研究の発展にも大きく資するものである。

よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。