



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ

การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศ
ไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ
ท้องถิ่น MM5

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.เจียมใจ เครือสุวรรณ และคณะ

มิถุนายน 2553



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศ
ไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ
ท้องถิ่น MM5



โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.เจียมใจ เครือสุวรรณ และคณะ

มิถุนายน 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศท้องถิ่น MMS”

คณะผู้วิจัย		สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ ดร.เจียมใจ	เกรือสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. นายชาคริต	โชติอมรศักดิ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. นางสาวอรรณ	วิรัตน์เวชยันต์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. นายภาคภูมิ	รัตน์จิรานุกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
5. นายธีรชัย	อำนวยการเจริณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. นายปิยะ	ผ่านศึก	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ชุดโครงการ วิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและโลกร้อน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาวิจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญและเป็นที่น่าสนใจ และขอขอบคุณที่ สกว. ให้งานสนับสนุนงานวิจัยประจำปี 2550 จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เล็งเห็นความสำคัญของงานวิจัยและให้การสนับสนุนสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย ณ ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

นอกจากนั้นงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้เพราะความช่วยเหลือของหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดสภาพอากาศ National Center for Atmospheric Research (NCAR) สำหรับแบบจำลอง MM5 และข้อมูล CCSM version 3 ซึ่งใช้เป็นข้อมูลขอบเขตในการนำเข้าแบบจำลอง MM5-RCM

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยพร้อมรับคำแนะนำถึงข้อบกพร่องในงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงงานวิจัยในอนาคตต่อไป

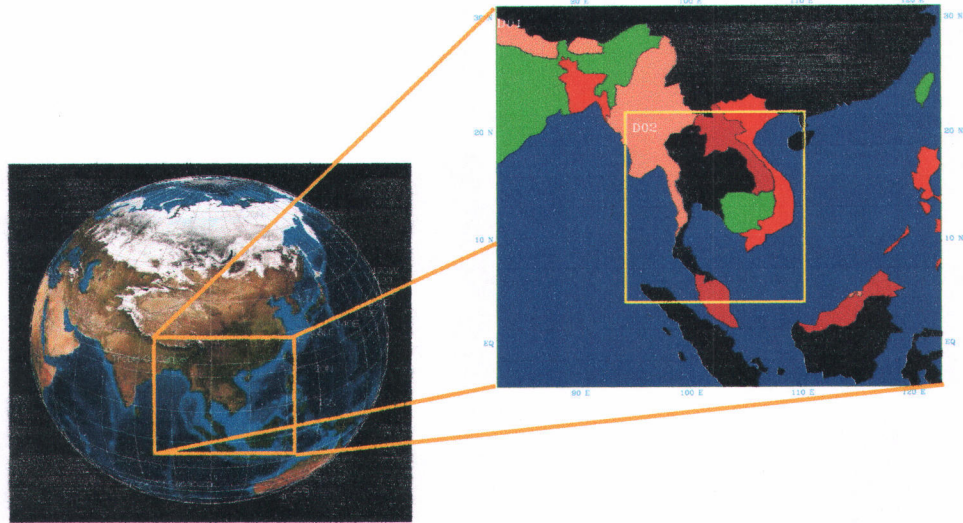
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบโลก-บรรยากาศ และสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันความแปรปรวนของสภาพอากาศได้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นจากผลของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases) ความรุนแรงของพายุมากขึ้น เกิดน้ำท่วม หิมะตกหนักในหลายประเทศ และภูเขาน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อประเทศที่อยู่แถบชายฝั่งทะเล ตลอดจนภัยแล้งในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาวិเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศล่วงหน้าจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญและเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิที่สูงขึ้นเพื่อเตรียมวางแผนจัดการเพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต อาทิเช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรแหล่งน้ำ และผลผลิตทางการเกษตร การดำรงชีวิตประจำวัน เป็นต้น

การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ MM5 Regional Climate Model(MM5-RCM) สามารถวิเคราะห์ขบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ที่เลือกเกินกว่า GCM จะวิเคราะห์ได้ อาทิเช่น ผลกระทบจากลักษณะภูมิประเทศ ข้อแตกต่างของพื้นดิน- พื้นน้ำ ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ การพาความร้อนเหนือพื้นดิน เป็นต้น ซึ่งขบวนการเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อระบบการหมุนเวียนของบรรยากาศทั่วโลก ผลลัพธ์ที่ได้จากการเชื่อม General Climate Model(GCM) และ MM5 ทำให้ผลการพยากรณ์สภาพอากาศล่วงหน้าเป็นเวลาหลายสิบปีมีความแม่นยำ และน่าเชื่อถือมากขึ้นในระดับหนึ่ง ทำให้สามารถคาดคะเนลักษณะภูมิอากาศ ตลอดจนทรัพยากรน้ำสำหรับอนาคตล่วงหน้าของประเทศไทยได้อย่างมั่นใจ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองลักษณะภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยในอดีต 30 ปี ค.ศ.1970-1999 และอนาคต 30 ปี ค.ศ.2010-2039 ตาม Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report on Emission Scenarios – SRES A1B และ A2 ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศท้องถิ่น MM5 RCM ซึ่งได้ดัดแปลงจากแบบจำลองสภาพอากาศ MM5 รุ่นที่ 5 พัฒนาโดย Penn State University และ National Center for Atmospheric Research (NCAR) ประเทศสหรัฐอเมริกา และใช้ข้อมูลนำเข้าแบบจำลองภูมิอากาศโลก Community Climate System Model version 3 (CCSM3) ซึ่งเป็นแบบจำลองคู่ความมหาสมุทร-บรรยากาศ(Coupled Ocean-Atmosphere Model) เป็นข้อมูลขอบเขต (forcing field) ในการนำเข้าแบบจำลอง MM5-RCM โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. พื้นที่ที่ทำการศึกษาในงานวิจัย

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 2 บริเวณสำหรับ บริเวณใหญ่ (coarse domain) มีรายละเอียดเชิงระยะ (resolution) 45 กิโลเมตร และ สำหรับบริเวณเล็ก(nest domain)มีรายละเอียดเชิงระยะ 15 กิโลเมตร



รูปที่ 1 พื้นที่ที่ทำการศึกษารอบคลุมประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านทั้ง 2 บริเวณ

2. การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณฝนจากแบบจำลอง MM5-RCM กับค่าตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา 5 สถานี พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยจากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันสูงสุดประมาณ 5 °C ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) และการจำลองปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองมีความถูกต้องตามฤดูกาล แต่มีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าตรวจวัด ในปัจจุบันยังไม่มีทฤษฎีใดที่สามารถพยากรณ์ปริมาณฝนสำหรับเขตร้อนชื้นได้ถูกต้อง สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลจาก MM5 RCM กับข้อมูลตรวจวัด ใน 5 สถานี ในรูปแบบ Time series เป็นการเสริมเพื่อให้มีความมั่นใจมากขึ้น แบบจำลองสภาพอากาศที่มีใช้ในปัจจุบัน ยังไม่สามารถจำลองสภาพอากาศได้เหมือนจริงตามธรรมชาติ ยังคงต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

3. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสำหรับประเทศไทยในอนาคต 30 ปี ช่วง ค.ศ.2010-2039 ตาม IPCC Special Report on Emission – SRES A1B และ A2 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี ช่วง 1970-1999 ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ MM5-RCMที่ใช้ข้อมูลนำเข้า CCSM3

3.1 ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019

ฤดูหนาว

ผลการจำลองภูมิอากาศจาก MM5-RCM ด้วยข้อมูลนำเข้า CCSM3 ตาม SRES A1B และเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 ทั่วประเทศในฤดูหนาวเพิ่มขึ้น $0.2 - 0.8^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด $0.2 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้นมากที่สุด $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ในภาคใต้ ดังแสดงในรูป 2.ก

ตาม SRES A2 อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 ทั่วประเทศคาดว่าในฤดูหนาวเพิ่มขึ้น $0.2 - 0.6^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี โดยที่ภาคเหนือตอนบน และภาคกลางมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด $0.2 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ตามรูป 2.ข

ฤดูร้อน

ตาม SRES A1B อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 คาดว่าในฤดูร้อนทั่วประเทศเพิ่มขึ้น $0.1 - 0.6^{\circ}\text{C}$ พื้นที่ส่วนใหญ่ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.1 - 0.2^{\circ}\text{C}$ และ เพิ่มขึ้น $0.2 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ในภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ตอนบน ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้นมากที่สุด $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ในภาคใต้ตอนล่าง เทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต 30 ปี ตามรูป 2.ค

ตาม SRES A2 อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 คาดการณ์ว่าในฤดูร้อนทั่วประเทศเพิ่มขึ้น $0.1 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ประเทศไทยตอนบนมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.1 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ขณะที่ภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ลงไป อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต 30 ปี ตามรูป 2.ง

ฤดูฝน

ตาม SRES A1B คาดว่าประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.4 - 0.8^{\circ}\text{C}$ โดยที่ภาคเหนือตอนบนมี อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ตามรูป 2.จ

ตาม SRES A2 อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2010-2019 เพิ่มขึ้น $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ทุกภาคทั่วประเทศ ตามรูป 2.ฉ

3.2 ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029

ฤดูหนาว

ตาม SRES A1B ผลการจำลองภูมิอากาศจาก MM5-RCM คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตทั่วประเทศเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.8^{\circ}\text{C}$ บริเวณบางพื้นที่ของจังหวัดมุกดาหาร และพื้นที่ใกล้เคียงมีอุณหภูมิในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 3.ก

ตาม SRES A2 อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตทั่วประเทศคาดว่าเพิ่มขึ้น $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ยกเว้นบริเวณกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 3.ข

ฤดูร้อน

ตาม SRES A1B คาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตทั่วประเทศมีค่าเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในอดีต ดังรูป 3.ค

ตาม SRES A2 คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตทั่วประเทศมีค่าเพิ่มขึ้น $0.1 - 1.0^{\circ}\text{C}$ โดยการเพิ่มอุณหภูมิแตกต่างกันไปในแต่ละภาค อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตมีค่าเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ในภาคเหนือ $0.2 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ในภาคกลาง $0.1 - 0.2^{\circ}\text{C}$ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ในภาคใต้ อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มมากที่สุดภาคใต้ฝั่งตะวันออก $0.8 - 1.0^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 3.ง

ฤดูฝน

ตาม SRES A1B คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ ทุกภาคทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด $1.0 - 1.2^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 3.ง

ตาม SRES A2 คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต มีค่าเพิ่มขึ้น $0.4 - 1.0^{\circ}\text{C}$ ในอนาคตโดยเฉพาะภาคเหนือ ภาคใต้ และบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.0^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 3.จ

3.3 ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039

ฤดูหนาว

SRES A1B ผลการจำลองภูมิอากาศจาก MM5-RCM คาดว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต เพิ่มขึ้น $0.1 - 0.4^{\circ}\text{C}$ เกือบทั่วทุกภาคของประเทศ ยกเว้น บริเวณ กรุงเทพฯ และปริมณฑล ที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนภาคใต้ตอนล่างมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 4.ก

ตาม SRES A2 อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 คาดการณ์ว่าทั่วประเทศไทยมีค่าเพิ่มขึ้น $0.6 - 1.2^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าในอดีต ในภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคตะวันออก, และภาคใต้ ฝั่ง

ตะวันออก มีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตสูงขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าในอดีต 30 ปี ขณะที่ภาคกลางและบางพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 4.๖

ฤดูร้อน

ตาม SRES A1B มีแนวโน้มที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต เพิ่มขึ้นทุกภาคทั่วประเทศประมาณ $0.2-1.0^{\circ}\text{C}$ โดยมี อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในฤดูร้อนเพิ่มสูงสุด $0.8 - 1.0^{\circ}\text{C}$ ในภาคใต้ตอนล่างตั้งแต่จังหวัดสุราษฎร์ธานีลงไป ขณะที่ภาคเหนือ และภาคใต้ตอนบนมีค่า อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.6 - 0.8^{\circ}\text{C}$ ภาคกลาง และภาคตะวันออกมีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.6^{\circ}\text{C}$ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด $0.2 - 0.4^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 4.๗

ตาม SRES A2 คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในทุกภาคของประเทศไทยเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้นสูงสุดบริเวณ ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน, และบางส่วนของภาคใต้ตอนล่าง ดังรูป 4.๗

ฤดูฝน

ตาม SRES A1B คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในฤดูฝนทั่วประเทศเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มมากที่สุด $1.0 - 1.2^{\circ}\text{C}$ ในบริเวณตั้งแต่ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคกลางลงไปถึงภาคใต้ ดังรูป 4.๘

ตาม SRES A2 8kfjk อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตในฤดูฝน ทั่วทุกภาคในประเทศไทย มีค่าเพิ่มขึ้น $0.8 - 1.2^{\circ}\text{C}$ โดยเฉพาะบางพื้นที่ของภาคเหนือตอนบน มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตเพิ่มขึ้น $1.0 - 1.4^{\circ}\text{C}$ ดังรูป 4.๘

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสำหรับประเทศไทยในอนาคต 30 ปี ค.ศ. 2010-2039 เทียบกับค่าในอดีต 30 ปี

ค.ศ. 1970-1999 ตาม SRES A1B และ A2 ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ MM5-RCM

ปริมาณน้ำฝนในอนาคตจากการจำลองภูมิอากาศด้วย MM5-RCM สอดคล้องกันทั้ง SRES A1B และ A2 ในฤดูแล้ง ค.ศ. 2010-2039 คาดว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศแห้งแล้ง ในอนาคตฝนตกเพิ่มขึ้นในภาคใต้ บริเวณที่ฝนตกมีแนวโน้มที่จะเลือนลงทางใต้มากขึ้น ดังแสดงในรูป 5 รูป 6 และ รูป 7

ในฤดูฝน ตาม SRES A1B ค.ศ. 2010-2039 คาดว่าในอนาคตพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝนลดลง มีฝนตกเพิ่มบ้างบริเวณเทือกเขา และเพิ่มมากบริเวณภาคใต้ สำหรับ SRES A2 ค.ศ. 2010-2029 ในอนาคตพื้นที่ส่วนใหญ่มีฝนลดลง มีฝนตกเพิ่มที่ภาคใต้ และในอนาคตในค.ศ. 2030-2039พบว่า มีฝนตกเพิ่มบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ดังแสดงในรูป 8 รูป 9 และ รูป 10

5. บทสรุป

ผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค MM5 RCM ขึ้นอยู่กับข้อมูลภูมิอากาศโลก CCSM3 ที่เป็นข้อมูลนำเข้า เงื่อนไขเริ่มต้น เงื่อนไขขอบเขต และ mesoscale process จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศเพื่อนบ้าน มหาสมุทร และลักษณะภูมิประเทศเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งบ่งชี้ได้จากในขนาดตอนภูมิอากาศของพื้นที่ภาคต่างๆ ที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นตามลักษณะภูมิประเทศและภาคใต้ที่มีค่าอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้น นอกจากนี้การเคลื่อนที่ขึ้นของอากาศตามไหล่เขาช่วยให้ฝนตกเพิ่มขึ้นในบริเวณภูเขา ขณะที่พื้นที่ราบส่วนใหญ่ของประเทศมีฝนลดลง

การจำลองภูมิอากาศในประเทศไทย ในอดีต 30 ปี ด้วยแบบจำลอง MM5 RCM ด้วยการใช้ข้อมูลนำเข้า CCSM3 ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับภูมิอากาศตามความเป็นจริงในระดับหนึ่ง ผลลัพธ์ ของ MM5 RCM สำหรับอุณหภูมิและปริมาณฝนในอนาคต แสดงค่าอุณหภูมิที่น้อยกว่าค่าตรวจวัด (cold bias) และค่าคะเนค่าปริมาณฝนได้น้อยกว่าค่าตรวจวัด

ตามปกติ ค่าตัวแปรทางอากาศที่ได้จากแบบจำลองมักจะแตกต่างไปบ้างจากค่าตรวจวัด เนื่องจากค่าตัวแปรจากแบบจำลอง MM5 RCM เป็นค่าเฉลี่ยใน grid box (15 km x 15 km x 10 m) ขณะที่ค่าตรวจวัดเป็นค่าที่วัดได้ที่จุดใดจุดหนึ่ง (point measurement) ข้อสำคัญตัวแปรในอากาศแปรผันได้รวดเร็วในตำแหน่งที่ใกล้กัน โดยเฉพาะในบริเวณที่ภูมิประเทศแตกต่างกัน เช่น บริเวณใกล้ภูเขา แม่น้ำตลอดจนทะเล มหาสมุทร

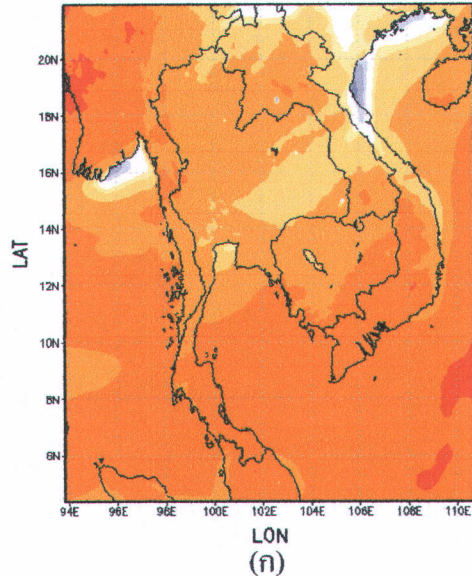
ผลลัพธ์ของแบบจำลอง MM5 RCM มีแนวทางที่จะปรับปรุงให้มีความแม่นยำมากขึ้น โดยทดลองใช้กับข้อมูลนำเข้าจาก แบบจำลองโลกอื่น เช่น ข้อมูลจากแบบจำลองโลก ECHAM5 HadAM3 CGSM ฯลฯ และการเชื่อม MM5 RCM เข้ากับ NOAH land surface model เพื่อพิจารณาขบวนการต่างที่พื้นผิวตลอดจน การระเหยน้ำ ปริมาณน้ำในดิน น้ำท่า (runoff) ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์หาทรัพยากรแหล่งน้ำในประเทศในอนาคต

การศึกษาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง MM5 RCM ทำให้ทราบถึงศักยภาพแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการลดของปริมาณฝนในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศชัดเจนในระดับหนึ่ง เรื่องที่ควรพิจารณาคือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนในอนาคตของพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย ที่อาจเกิดปัญหาภัยแล้งเป็นบริเวณกว้าง หรือเกิดน้ำท่วมโดยเฉพาะในภาคใต้ตอนล่าง ตลอดจนผลกระทบต่อ

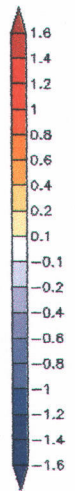
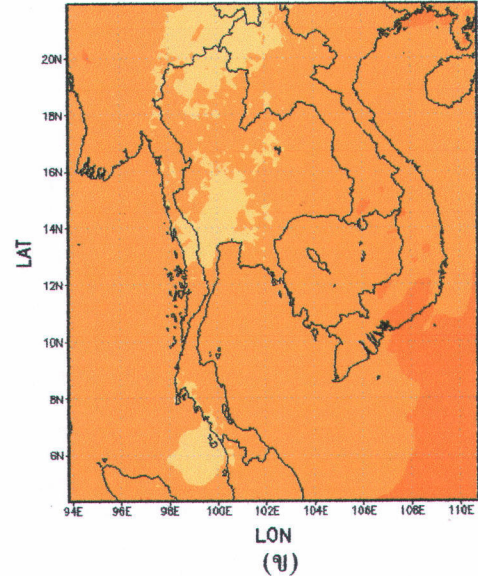
ผลผลิตทางการเกษตรและทรัพยากรแหล่งน้ำ ควรวางแผนจัดการและประเมินผลกระทบที่จะเกิดในอนาคต
อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด

การจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต 30 ปี จากแบบจำลอง MM5

CCSM3-MM5, SRES A1B, 2010s
Changes Tmean (deg C) in cool season

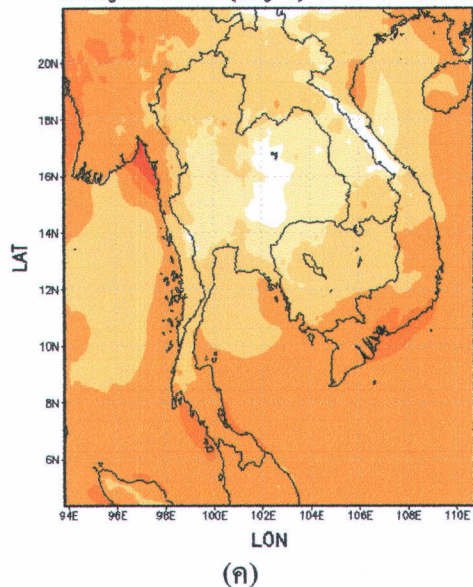


CCSM3-MM5, SRES A2, 2010s
Changes Tmean (deg C) in cool season

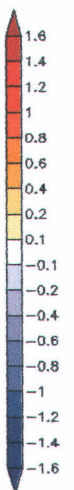
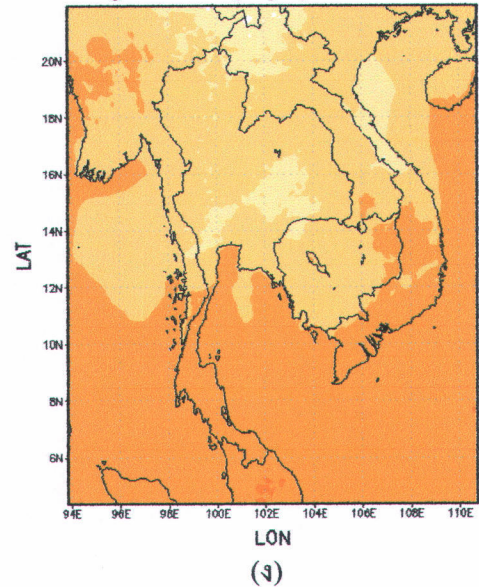


2009-10-28-17:46

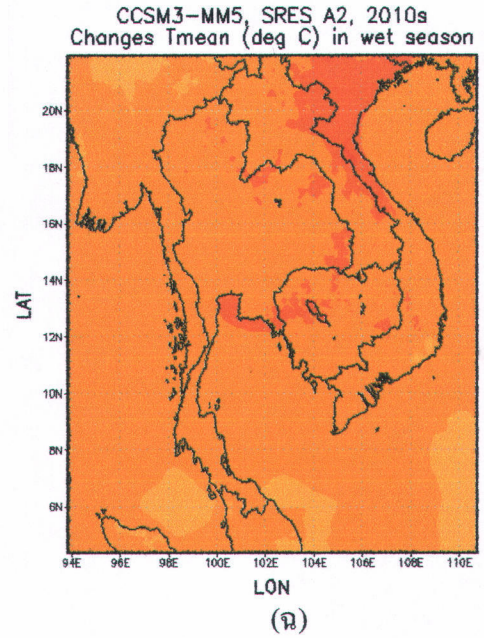
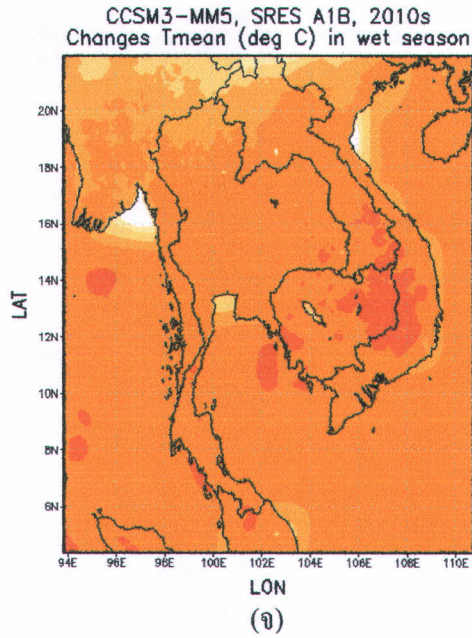
CCSM3-MM5, SRES A1B, 2010s
Changes Tmean (deg C) in warm season



CCSM3-MM5, SRES A2, 2010s
Changes Tmean (deg C) in warm season



2009-10-28-17:45

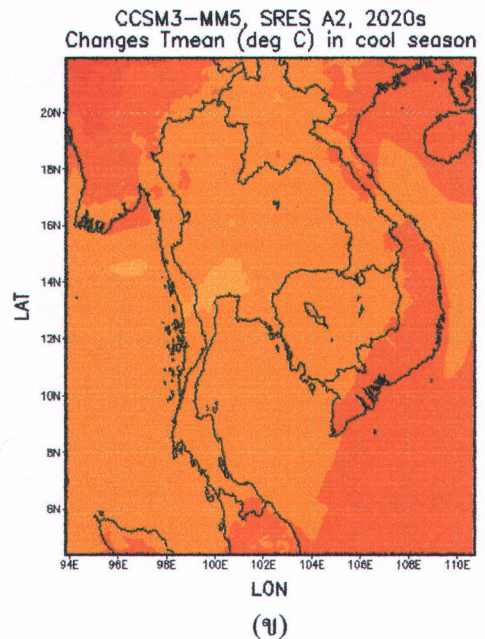
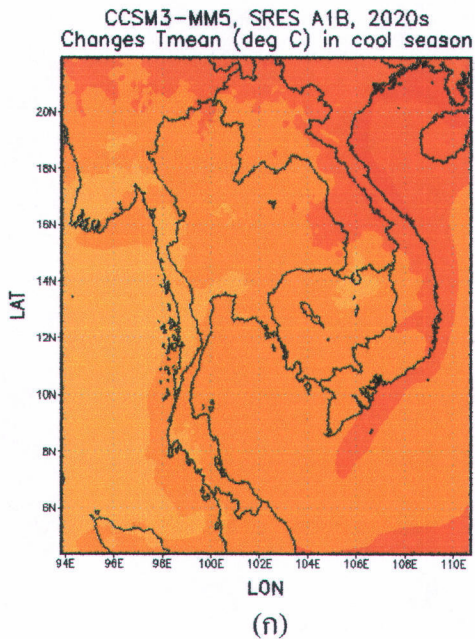


2008-10-28-17:46

รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคในช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ในอดีต 30

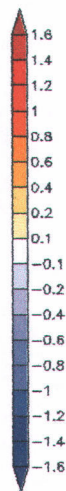
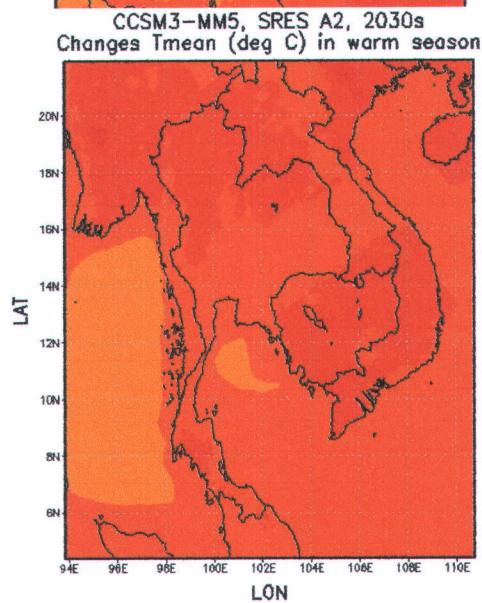
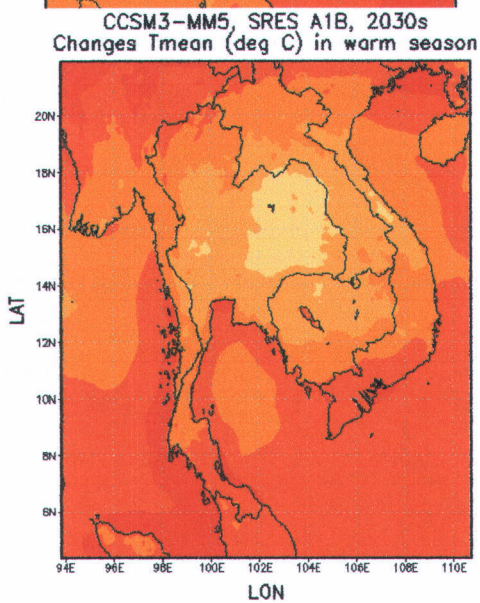
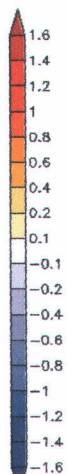
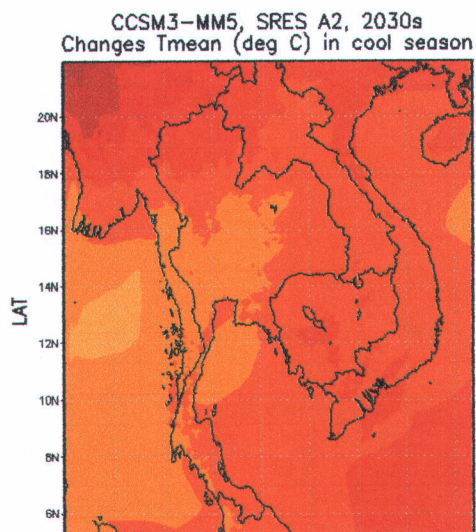
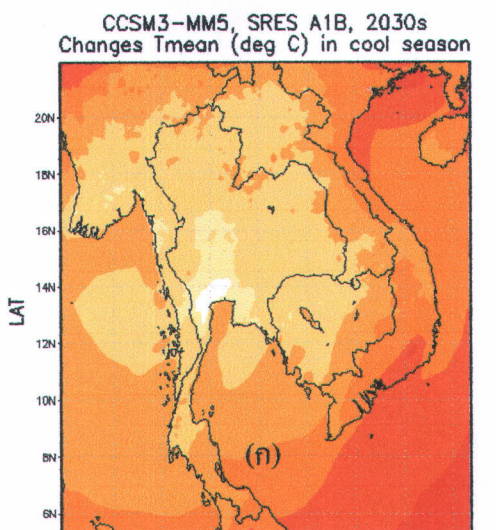
ปี ช่วงปี1970-1999 ทั้ง SRES A1B และ SRES A2

ฤดูหนาว(กและข) ฤดูร้อน(ค และ ง) ฤดูฝน(จ และ ฉ)



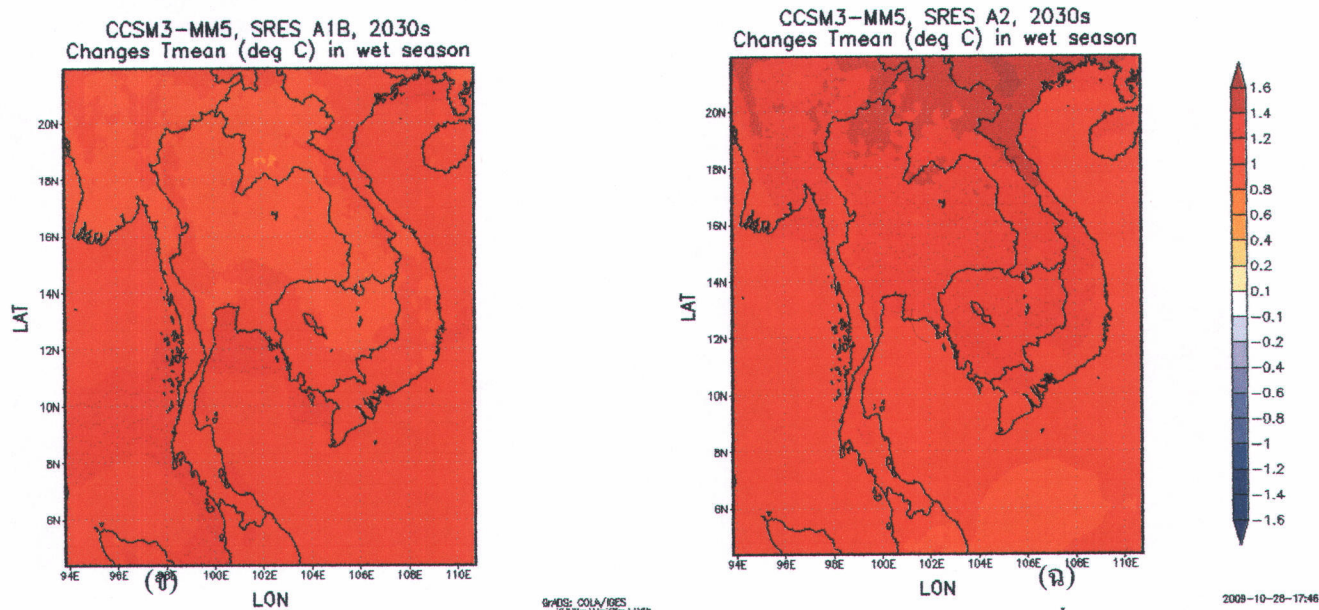
2008-10-28-17:46

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ในอดีต 30 ปี ช่วงปี1970-1999 ทั้ง SRES A1B และ SRES A2
ฤดูหนาว(กและข) ฤดูร้อน(ค และ ฉ) ฤดูฝน(ง และ จ)



(n)

(j)

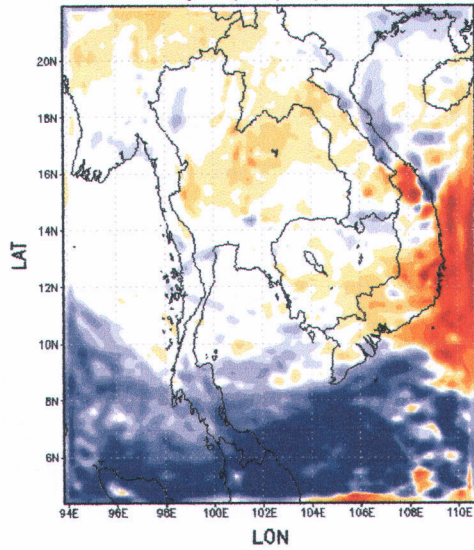


รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคตช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ในอดีต 30

ปี ช่วงปี1970-1999 ทั้ง SRES A1B และ SRES A2

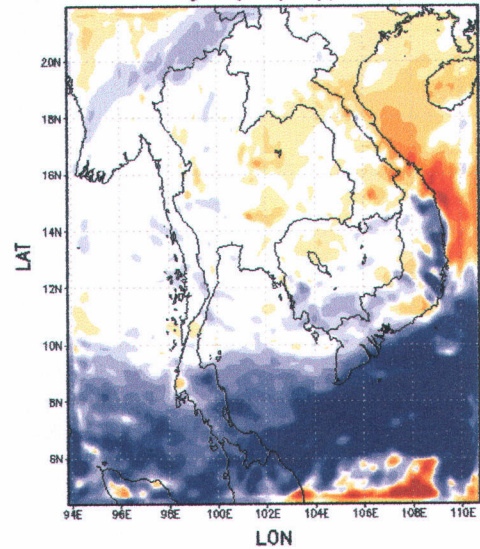
ฤดูหนาว(กและข) ฤดูร้อน(ค และ ฉ) ฤดูฝน(ง และ จ)

การจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคต จากแบบจำลอง MM5
CCSM3-MM5, SRES A1B, 2010s
Rainfall changes (mm/day) in dry season



(ก)

CCSM3-MM5, SRES A2, 2010s
Rainfall changes (mm/day) in dry season

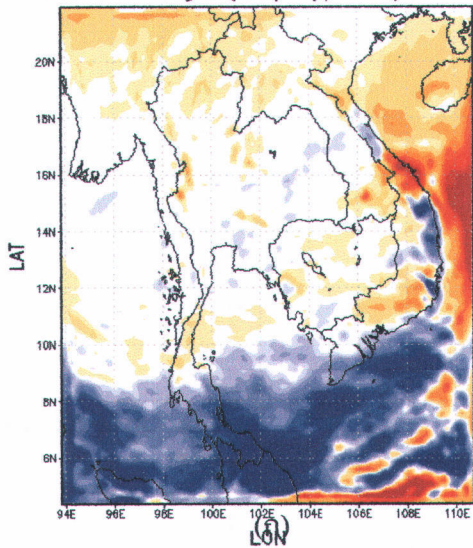


(ข)

รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ในอนาคตช่วง ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าในอดีต
ค.ศ. 1970-1999

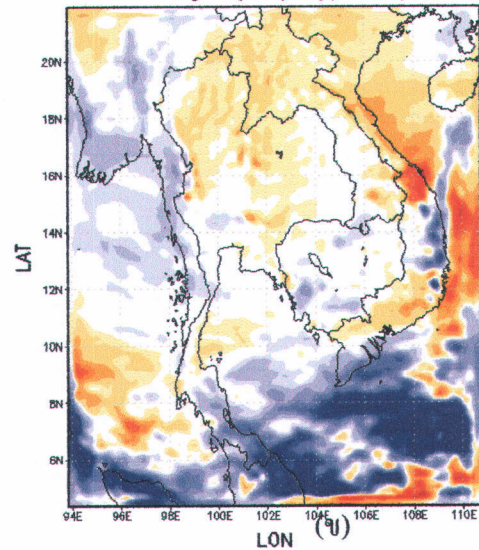
(ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

CCSM3-MM5, SRES A1B, 2020s
Rainfall changes (mm/day) in dry season



(ก)

CCSM3-MM5, SRES A2, 2020s
Rainfall changes (mm/day) in dry season

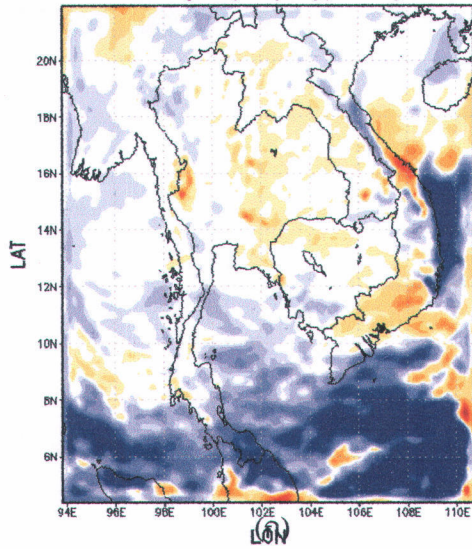


(ข)

รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ในอนาคตช่วง ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าในอดีตช่วง
ค.ศ. 1970-1999

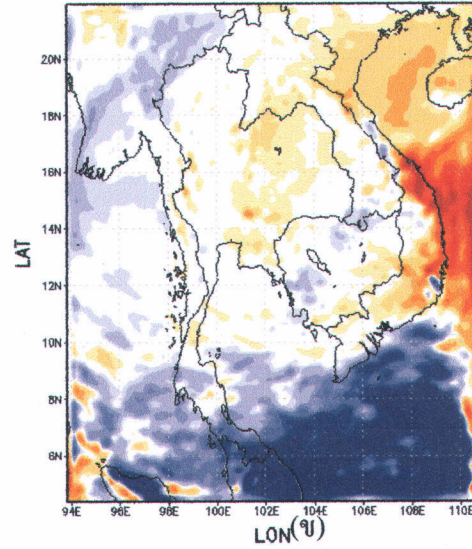
(ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

CCSM3-MM5, SRES A1B, 2030s
Rainfall changes (mm/day) in dry season



GrADS: COJA/IGES

CCSM3-MM5, SRES A2, 2030s
Rainfall changes (mm/day) in dry season



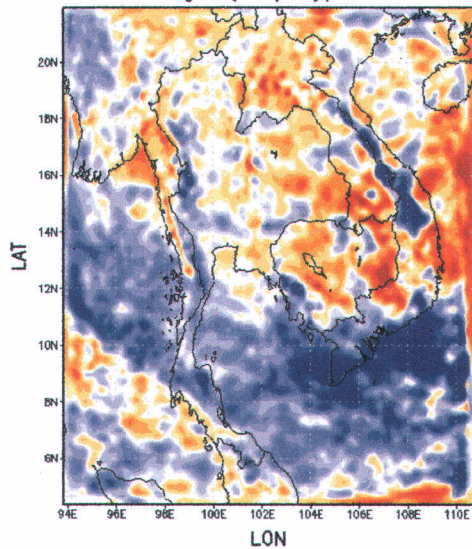
GrADS: COJA/IGES

2009-11-17-11:38

รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ในอนาคตช่วง ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าในอดีตช่วง

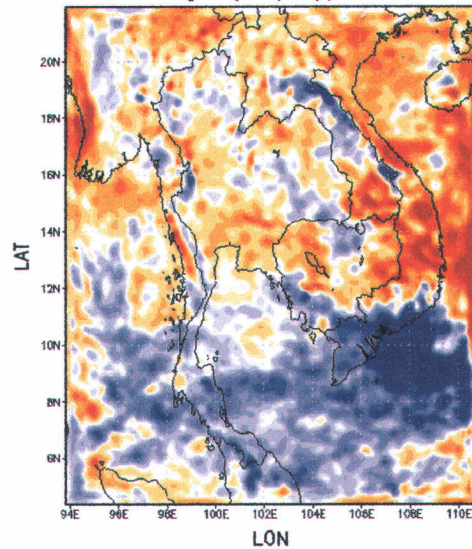
ค.ศ. 1970-1999 (ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

CCSM3-MM5, SRES A1B, 2010s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



GrADS: COJA/IGES

CCSM3-MM5, SRES A2, 2010s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



GrADS: COJA/IGES

2009-11-17-11:37

(ก)

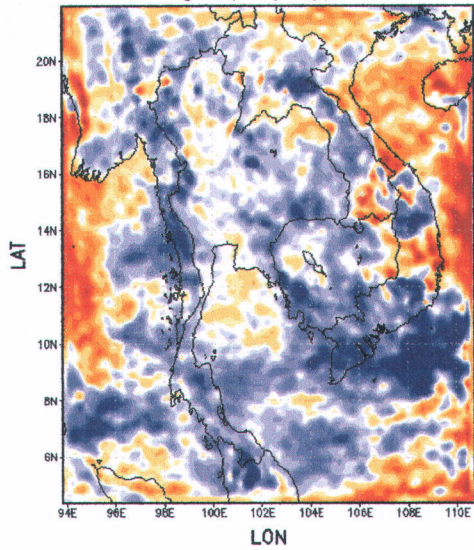
(ข)

รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน ในช่วง ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าในอดีต

ค.ศ. 1970-1999

(ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

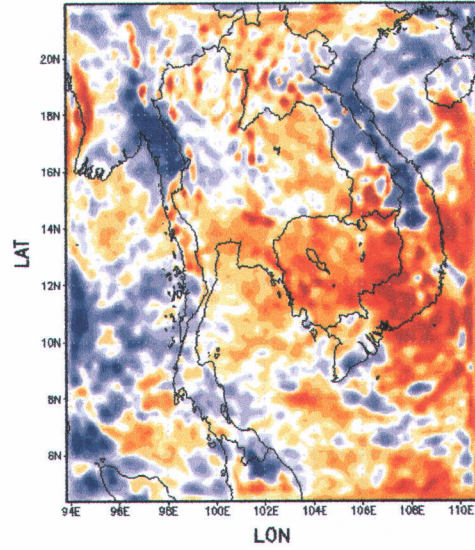
CCSM3-MM5, SRES A1B, 2020s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



GrADS: OOLA/IBES

GrADS: OOLA/IBES

CCSM3-MM5, SRES A2, 2020s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



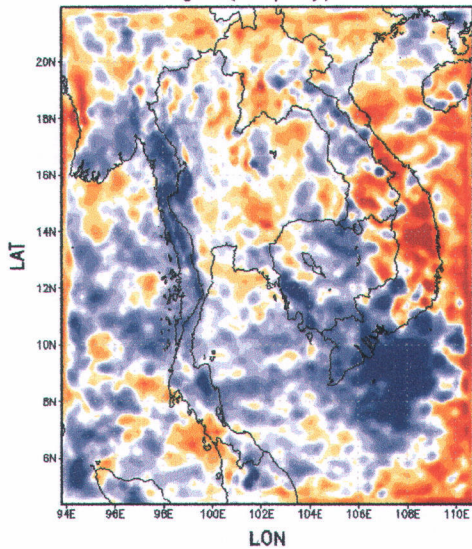
2009-11-17-11:37

(ก)

(ข)

รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน ในอนาคตช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าในอดีต
ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999 (ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

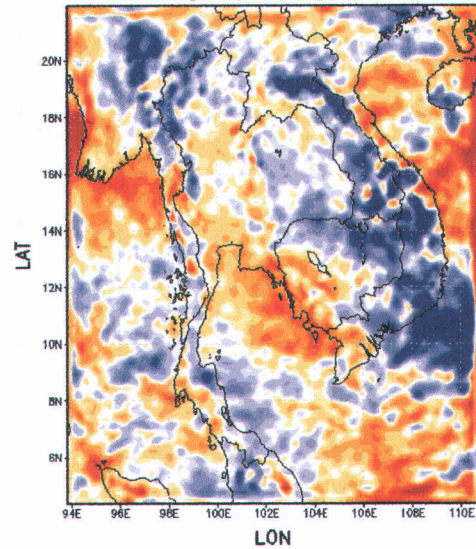
CCSM3-MM5, SRES A1B, 2030s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



GrADS: OOLA/IBES

GrADS: OOLA/IBES

CCSM3-MM5, SRES A2, 2030s
Rainfall changes (mm/day) in wet season



2009-11-17-11:37

(ก)

(ข)

รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน ในอนาคตช่วง ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าในอดีต
ช่วง ค.ศ. 1970-1999 (ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2

บทคัดย่อ

247608

รหัสโครงการ : RDG5030045

ชื่อโครงการ : การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ
ท้องถิ่น MM5 RCM

ชื่อนักวิจัย : เจียมใจ เครือสุวรรณ¹, ชาศิต โชติอมรศักดิ์², ภาณุภูมิ รัตนจิราณกุล³,

อรรรรณ วิรัชท์เวชยัน¹, ชีรชัย อำนวยล้อเจริญ¹, ปิยะ ผ่านศึก⁴

¹ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ² คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,

³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, ⁴ มหาวิทยาลัยสงขล
วิทยาเขต ปัตตานี

E-mail: scphi016@chiangmai.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 15 กันยายน พ.ศ. 2550 ถึง 14 กันยายน พ.ศ. 2552

การจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคสำหรับประเทศไทย ในช่วงปีฐาน 30 ปี ค.ศ.1970-1999 และ
ในอนาคต 30 ปี ค.ศ.2010-2039 ได้ดำเนินการตามหลักการ การย่อส่วนเชิงพลวัตด้วยการใช้
แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค MM5 (MM5-RCM) โดยนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ
โลก CCSM3 รายละเอียดทุก 6 ชั่วโมงเป็นข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขต

อุณหภูมิและฝนทั่วประเทศจากแบบจำลอง MM5-RCM ในช่วงปีฐานสอดคล้องกับข้อมูล
CCSM3และค่าตรวจวัดจากCRU

อุณหภูมิสูงสุดในอนาคตช่วง ค.ศ. 2010-2019 เกือบทั่วประเทศไทยในฤดูหนาว ฤดูร้อน และ
ฤดูฝนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น $0.4 - 0.8^{\circ}\text{C}$ $0.2 - 0.6^{\circ}\text{C}$ และ $0.4 - 1.0^{\circ}\text{C}$ เทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต 30
ปี ทั้ง SRES A1B และ SRES A2

อุณหภูมิในอนาคต ช่วง ค.ศ. 2020-2029 ทั้ง SRES A1B และ SRES A2 ทั่วประเทศไทยในฤดู
หนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนคาดว่าจะเพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.8°C 1.2°C และ 1.2°C ตามลำดับ

อุณหภูมิในอนาคต ช่วง ค.ศ. 2030-2039 ทั้ง SRES A1B และ SRES A2 ทั่วประเทศไทยในฤดู
หนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนคาดว่าจะเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1.2°C 1.0°C และ 1.2°C ตามลำดับ

สำหรับปริมาณฝนในอนาคตปี ค.ศ. 2010-2039 จากแบบจำลอง MM5-RCM ทั้ง SRES A1B
และ A2 คาดคะเนได้ว่าปริมาณฝนในอนาคตจะลดลงทั่วทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นบริเวณภาคใต้
และพื้นที่ในแถบภูเขา

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการหมุนเวียนอากาศรอบโลก
ตามข้อมูลนำเข้า CCSM3 และกระบวนการ mesoscale process ที่เกิดจากลักษณะภูมิประเทศและ
ความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำ

คำหลัก :แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค MM5 RCM การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การจำลอง
ภูมิอากาศระดับภูมิภาคในอนาคต การมีส่วนร่วมเชิงพลวัต ประเทศไทย

Project Title : Climate Change Simulations for Thailand by the MM5-Regional Climate Model

Investigators : Jiemjai Kreasuwun¹, Chakrit Chodamornsuk², Pakpook Ratjiranukool³,

Orawan Wirunvedchayan¹, Teerachai Amnauylawjarurn¹, Piya Phansuke⁴

¹ Faculty of Science, Chiang Mai University, ² Faculty of Social Science,
Chiang Mai University, ³ Faculty of Science and Technology, Chiang Mai

Rajabhat University, ⁴ Prince of Songkhla University Pattani Campus

E-mail: scphi016@chiangmai.ac.th

Project Duration: September 15th, 2007 - September 14th, 2009

Regional climate simulations for Thailand during both the past three decades from 1970 to 1999 and the 30-year future projection from 2010 to 2039 have been performed by dynamical downscaling approach using the MM5 Regional Climate Model (MM5 RCM) at the high resolution of 15 km forced with the 6-hourly Community Climate System Model version3 (CCSM3) according to IPCC SRES A2 and A1B.

Simulated temperature and rainfall throughout Thailand remarkably follow the same patterns as the CCSM3 and the Climatic Research Unit (CRU) data during the past.

The maximum temperatures during 2010-2019 in most part of Thailand in the cool, warm, and rainy seasons will potentially increase 0.4 – 0.8 °C, 0.2 – 0.6 °C and 0.4 – 1.0 °C respectively relative to the past on both SRESs. The maximum temperatures during 2020-2029 on both SRESs throughout Thailand in the cool, warm, and rainy seasons will likely be warmer up to 0.8 °C, 1.2 °C and 1.2 °C respectively. The maximum temperatures during 2030-2039 on both SRESs throughout Thailand in the cool, warm, and rainy seasons will possibly be higher up to 1.2 °C, 1.0 °C and 1.2 °C respectively.

During the future projections 2010-2039, rainfall amounts will be relatively less in most part of Thailand except the South and mountainous areas throughout the country.

Climate change in Thailand is much influenced by large scale circulation from the driving CCSM3 as well as mesoscale processes due to the country topography and land-water contrasts.

.....

Keyword : MM5 RCM, Climate Change, Projected Regional Climate Simulation,
Dynamical Downscaling, Thailand

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	5
2.1 วิธีการวิจัย	5
2.1.1 การจำลองภูมิอากาศด้วยแบบจำลอง MM5 RCM	5
2.1.2 การดัดแปลง MM5 เป็น MM5 Regional Climate Model (MM5 RCM)	7
2.1.3 Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC) Special Report on Emission (SRES)	8
2.1.4 การดำเนินการวิจัย	8
บทที่ 3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยโดยแบบจำลอง MM5-RCM	11
3.1 การจำลองภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (CCSM3) แบบจำลอง MM5-RCM และข้อมูลตรวจวัด CRU เฉลี่ย 30 ปี	11
3.2 การเปรียบเทียบข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง MM5-RCM กับ ข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	14
3.2.1 Time series ของ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง MM5 -RCM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	14
3.2.2 Time series อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีตจากแบบจำลอง MM5-RCM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	17
3.2.3 Time series อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง MM5-RCM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	19
3.2.4 Time series ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง MM5-RCM เปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	22

สารบัญ(ต่อ)

3.3	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตช่วง ค.ศ. 2010-2039 เทียบกับปีฐานช่วง ค.ศ.1970-1999	24
3.3.1	Time series อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง CCSM3-MM5 –RCM	24
3.3.2	Time series อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง CCSM3-MM5-RCM	32
3.3.3	Time series อุณหภูมิต่ำสุดในอนาคตเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง CCSM3-MM5-RCM	40
3.3.4	Time series ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง CCSM3-MM5 –RCM	48
3.3.5	Time series อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง CCSM3-MM5 -RCM	55
3.3.6	ความถี่ของการเกิดลมแรงและพายุจากแบบจำลอง CCSM3-MM5 –RCM	63
3.4	การจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีต 30 ปี ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5 –RCM	65
3.5	การจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในอดีต 30 ปี จากแบบจำลอง MM5 –RCM	66
3.5.1	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยจากแบบจำลอง MM5-RCM ค.ศ.2010-2039 เทียบกับ ค.ศ.1970-1999	67
3.5.2	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยจากแบบจำลอง MM5-RCM ค.ศ.2010-2039 เทียบกับ ค.ศ.1970-1999	76
3.5.3	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยจากแบบจำลอง MM5-RCM ค.ศ.2010-2039 เทียบกับค.ศ.1970-1999	85
3.6	การจำลองการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคต จากแบบจำลอง MM5-RCM	94
บทที่ 4	สรุปผล	100
4.1	อุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต 2010-2039 เทียบกับอดีต 30 ปี ตาม IPCC SRES A1B และ A2	100
4.2	อุณหภูมิสูงสุดในอนาคต 2010-2039 เทียบกับอดีต 30 ปี ตาม IPCC SRES A1B และ A2	101

สารบัญ(ต่อ)

4.3	อุณหภูมิต่ำสุดในอนาคต 2010-2039 เทียบกับอดีต 30 ปี ตาม IPCC SRES A1B และ A2	102
4.4	ลักษณะปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ตาม SRES A1B	102
4.5	ลักษณะปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ตาม SRES A2	103
4.6	ลักษณะปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน ตาม SRES A1B	103
4.7	ลักษณะปริมาณน้ำฝนในฤดูฝน ตาม SRES A2	103
4.8	ความรุนแรงและความถี่ของลมพายุ	103
4.9	ปัญหาและข้อเสนอแนะ	104
	เอกสารอ้างอิง	107
	ภาคผนวก	108

สารบัญภาพ

		หน้าที่
รูปที่ 2-1	แผนภูมิการทำงานของแบบจำลอง MM5	5
รูปที่ 2-2	พื้นที่ที่ทำการศึกษาจากแบบจำลอง MM5	9
รูปที่ 3-1	อุณหภูมิอากาศพื้นผิวเฉลี่ย 30 ปี (ค.ศ.1970-1999) จาก CCSM3 CCSM-MM5-RCM และ ข้อมูลตรวจวัด CRU	12
รูปที่ 3-2	ปริมาณฝนเฉลี่ย 30 ปี (ค.ศ.1970-1999) จาก CCSM3 CCSM-MM5-RCM และ ข้อมูลตรวจวัด CRU	13
รูปที่ 3-3	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีตช่วง ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	14
รูปที่ 3-4	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีตช่วง ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	15
รูปที่ 3-5	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีต ช่วงค.ศ. 1970-1999 ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	15
รูปที่ 3-6	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีตช่วง ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	16
รูปที่ 3-7	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีตช่วง ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	16
รูปที่ 3-8	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	17
รูปที่ 3-9	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	17
รูปที่ 3-10	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	18
รูปที่ 3-11	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	18
รูปที่ 3-12	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	19

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้าที่
รูปที่ 3-13	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	19
รูปที่ 3-14	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	20
รูปที่ 3-15	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	20
รูปที่ 3-16	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	21
รูปที่ 3-17	อุณหภูมิค่าสุด เฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	21
รูปที่ 3-18	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	22
รูปที่ 3-19	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	22
รูปที่ 3-20	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกรุงเทพฯ	23
รูปที่ 3-21	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	23
รูปที่ 3-22	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอดีต ค.ศ. 1970-1999 ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	24
รูปที่ 3-23	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999	25
รูปที่ 3-24	จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	25

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-25	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	26
รูปที่ 3-26	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	26
รูปที่ 3-27	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	27
รูปที่ 3-28	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	27
รูปที่ 3-29	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	28
รูปที่ 3-30	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	28
รูปที่ 3-31	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	29
รูปที่ 3-32	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	29

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 3-33 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	30
รูปที่ 3-34 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	30
รูปที่ 3-35 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	31
รูปที่ 3-36 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	31
รูปที่ 3-37 อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	32
รูปที่ 3-38 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ.1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	32
รูปที่ 3-39 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ.1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	33
รูปที่ 3-40 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ.1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	33
รูปที่ 3-41 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	34

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-42	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	34
รูปที่ 3-43	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	35
รูปที่ 3-44	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	35
รูปที่ 3-45	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	36
รูปที่ 3-46	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	36
รูปที่ 3-47	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	37
รูปที่ 3-48	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	37
รูปที่ 3-49	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	38

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้าที่
รูปที่ 3-50	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	38
รูปที่ 3-51	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	39
รูปที่ 3-52	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	39
รูปที่ 3-53	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	40
รูปที่ 3-54	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	41
รูปที่ 3-55	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	41
รูปที่ 3-56	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	42
รูปที่ 3-57	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	42

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-58	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	43
รูปที่ 3-59	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	43
รูปที่ 3-60	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	44
รูปที่ 3-61	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	44
รูปที่ 3-62	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	45
รูปที่ 3-63	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	45
รูปที่ 3-64	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	46
รูปที่ 3-65	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	46

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-66	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	47
รูปที่ 3-67	อุณหภูมิค่าสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	47
รูปที่ 3-68	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	48
รูปที่ 3-69	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	48
รูปที่ 3-70	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	49
รูปที่ 3-71	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	49
รูปที่ 3-72	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	50
รูปที่ 3-73	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	50

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-74	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	51
รูปที่ 3-75	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	51
รูปที่ 3-76	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ	51
รูปที่ 3-77	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	52
รูปที่ 3-78	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	52
รูปที่ 3-79	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	53
รูปที่ 3-80	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	53
รูปที่ 3-81	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	54

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-82	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	54
รูปที่ 3-83	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	55
รูปที่ 3-84	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	56
รูปที่ 3-85	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดเชียงใหม่	56
รูปที่ 3-86	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	57
รูปที่ 3-87	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	58
รูปที่ 3-88	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดพิษณุโลก	58
รูปที่ 3-89	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดกรุงเทพฯ	59

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-90	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดกรุงเทพฯ	59
รูปที่ 3-91	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดกรุงเทพฯ	60
รูปที่ 3-92	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	60
รูปที่ 3-93	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	61
รูปที่ 3-94	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดอุบลราชธานี	61
รูปที่ 3-95	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	62
รูปที่ 3-96	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	62
รูปที่ 3-97	อัตราเร็วลมสูงสุดเฉลี่ยรายวันในอนาคตตาม SRES A2 และ A1B ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5-RCM ณ สถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลา	63

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-98	อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในอดีต 30 ปี ค.ศ. 1970-1999 จากแบบจำลอง MM5 –RCM	65
รูปที่ 3-99	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	67
รูปที่ 3-100	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	68
รูปที่ 3-101	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูหนาวในอดีตช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	69
รูปที่ 3-102	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนในอดีตช่วง ค.ศ.1970-1999	70
รูปที่ 3-103	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วง ค.ศ. 1970-1999	71
รูปที่ 3-104	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	72
รูป 3-105	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-	73
รูป 3-106	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนในอดีต 30 ปีช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	74
รูป 3-107	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	75
รูป 3-108	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูหนาว ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	76
รูปที่ 3-109	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูหนาว ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	77

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-110	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูหนาว ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูหนาวเฉลี่ยในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	78
รูปที่ 3-111	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	79
รูปที่ 3-112	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	80
รูปที่ 3-113	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	81
รูปที่ 3-114	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	82
รูปที่ 3-115	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	83
รูปที่ 3-116	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในฤดูฝนเฉลี่ยในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	84
รูปที่ 3-117	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ช่วง ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	85

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-118	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	86
รูปที่ 3-119	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูหนาวในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	87
รูปที่ 3-120	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่า อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	88
รูปที่ 3-121	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	89
รูปที่ 3-122	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูร้อน ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูร้อนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	90
รูปที่ 3-123	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	91
รูปที่ 3-124	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูฝน ในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	92
รูปที่ 3-125	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูฝน ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ในฤดูฝนในอดีต 30 ปี ช่วงปี ค.ศ. 1970-1999	93

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-126 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต ในฤดูฝน ช่วง ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ย ในอดีตช่วงค.ศ. 1970-1999	94
รูปที่ 3-127 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต ในฤดูฝน ช่วง ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ย ในอดีตช่วงค.ศ. 1970-1999	95
รูปที่ 3-128 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต ในฤดูฝน ช่วง ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ย ในอดีตช่วงค.ศ. 1970-1999	96
รูปที่ 3-129 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคต ในฤดูแล้ง ช่วง ค.ศ. 2010-2019 เทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ย ในอดีตช่วงค.ศ. 1970-1999 ตาม (ก) SRES A1B และ (ข) SRES A2--97	97
รูปที่ 3-130 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ช่วง ค.ศ. 2020-2029 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999	98
รูปที่ 3-131 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในฤดูแล้ง ช่วง ค.ศ. 2030-2039 เทียบกับ ค.ศ. 1970-1999	99

สารบัญตาราง

		หน้าที่
ตารางที่ 2.1	รายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลอง CCSM3 ที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง MM5-RCM	10
ตารางที่ 2.2	Option ต่างๆของแบบจำลอง MM5-RCM ที่ทีมงานวิจัยเลือกใช้	10
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบความถี่ของการเกิดลมแรงและพายุ ในอนาคต 30 ปี ค.ศ.2010-2039 ตาม SRES A1B และ SRES A2 เทียบกับปีฐาน 30 ปี ค.ศ.1970-1999	63