



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

การปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติด้านน้ำ

โดย

ดร.เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี

รศ.ดร.สุจิต คุณธนกุลวงศ์

ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2564

พฤษภาคม 2565

(รายงานศึกษาภายใต้โครงการขับเคลื่อน แผนงานวิจัยเข้มมั่งด้านการจัดการน้ำ วช. ปีที่ 2)

คำนำ

รายงานการปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติด้านน้ำ ภายใต้โครงการขับเคลื่อน แผนงานวิจัยเข้ม มุ่งด้านการจัดการน้ำ วช. โดยคณะผู้วิจัย ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการ รวมระยะเวลา 4 เดือน (ก.พ. 65 – พ.ค. 65) ซึ่งประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลในเรื่องแนวคิดการปรับตัวและลดความเสี่ยง และตัวอย่างการปฏิบัติที่ดี เพื่อเสนอแนวทางในการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทางทีมวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานเล่มนี้ จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงาน ทั้งภาคราชการ ภาคเอกชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำผลการศึกษามาใช้ประโยชน์ เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการน้ำให้ บรรลุตามยุทธศาสตร์ชาติและยุทธศาสตร์ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสร้างความยั่งยืนได้ต่อไป

ดร.เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี รศ.ดร.สุจิตร์ คุณธนกุลวงศ์ และ ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

คณะผู้วิจัยโครงการ ฯ

พฤษภาคม 2565

การปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติด้านน้ำ

สารบัญ

หน้า

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแนวคิดการปรับตัวและลดความเสี่ยง)	3
2.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	3
2.2 ภัยพิบัติ และการประเมิน	10
2.3 แนวคิดในการปรับตัว และลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติด้านน้ำ	12
บทที่ 3 ตัวอย่างการปฏิบัติที่ดีในประเทศ และต่างประเทศ	14
3.1 ระบบการพยากรณ์	14
1. Improved seasonal prediction by the SINTEX-F system -past, present, and future โดย Takeshi Doi	14
2. Development of Super Typhoon Damage Prediction System) โดย Prof. Dr. Yasuto Tachikawa	20
3. Drought monitoring in Taiwan using a variable-scale SPI โดย Professor Ke-Sheng Cheng Dept. of Bioenvironmental Systems Engineering/Master Program in Statistics National Taiwan University	22
4. Integration of Water Resources Management for Drought Mitigation โดย Chaiwat Ekkawatpanit, Chanchai Petpongpan, Supattra Visessri, Cholticha Arssiri, Chulalongkorn University	28

3.2 การบริหารจัดการเขื่อน	31
1. Challenges on Flood and Sediment Management of dams under changing climate in Japan โดย Tetsuya SUMI, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University	31
2. Real-Time Reservoir Operarion for Drought Management Considering Operation Ensemble Predictions of Precipitation in Japan โดย Daisuke NOHARA, KaTRIS	35
3.3 การบริหารจัดการน้ำ	39
1. Water Management under Risk Mapping โดย Asst Prof. Pongsak Suttinon, Chulalongkorn University	39
3.4 การจัดการระบบเพาะปลูก	41
1. Optimal irrigation and cropping planning- Taoyuan irrigation area โดย Yu-Pin Lin, Associate Dean, College of Bioresources & Agriculture, National Taiwan University	41
3.5 การบริหารน้ำชุมชน	44
1. Community water management in Taiwan โดย MingDaw SU, Ph.D., Professor, Department of Bioenvironmental Systems Engineering National Taiwan University	44
บทที่ 4 บทสรุป และข้อเสนอแนะ	46
4.1 บทสรุป	46
4.2 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ (ปี 2561 และเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560)	7
3.1 ชุดปฏิบัติการคาดการณ์ฝน EPSW และ EPS1	37
4.1 รูปแบบการปรับตัวและลดความเสี่ยง	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2- 1 เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป้าหมาย13 การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	4
2- 2 กรอบแนวคิดความมั่นคงทางน้ำของ ADB	5
2- 3 กรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558 – 2573	6
2- 4 แผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)	9
2- 5 แผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580)	9
2- 6 ประเภทของภัยแล้ง	10
2- 7 SPI และ SRI และเกณฑ์วัดระดับ	12
3- 1 ปรากฏการณ์ ENSO และปรากฏการณ์ IOD	14
3- 2 ระบบการคาดการณ์ SINTEX-F	15
3- 3 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD ล่วงหน้า 12 เดือน	16
3- 4 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD พ.ศ. 2562	17
3- 5 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki ล่วงหน้า 12 เดือน	18
3- 6 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki พ.ศ. 2562	18
3- 7 การคาดการณ์รายฤดูกาล 1.อุณหภูมิ และ 2.ปริมาณฝน เดือนมิถุนายน-สิงหาคม	19
3- 8 การคาดการณ์อุณหภูมิ และปริมาณฝน พ.ศ. 2564	19
3- 9 กรอบการดำเนินงานวิจัยภายใต้หัวข้อที่ 6 การพัฒนาระบบพยากรณ์	20
3- 10 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (1)	21
3- 11 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (2)	21
3- 12 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (3)	22
3- 13 SPI สำหรับการเฝ้าระวังภัยแล้ง สหรัฐอเมริกา	24
3- 14 SPI สำหรับการเฝ้าระวังภัยแล้ง ไต้หวัน	24
3- 15 Variable-scale SPI	25
3- 16 SPI แบบหลายพื้นที่	25
3- 17 สภาพภูมิอากาศ และลักษณะพื้นที่ ประเทศไต้หวัน	26
3- 18 Webpage การติดตามภัยแล้ง ประเทศไต้หวัน	27
3- 19 การติดตามภัยแล้ง ประเทศไต้หวัน	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3- 20 เหตุการณ์ภัยแล้ง และน้ำท่วม กลุ่มน้ำเจ้าพระยา	28
3- 21 ปริมาณน้ำ เชื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์	28
3- 22 วิธีการศึกษา SPI และ SRI	29
3- 23 SWAT Model calibration results	29
3- 24 SPI และ SRI ราย 3 เดือน พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	30
3- 25 Deep Learning for inflow forecast พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	30
3- 26 เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในภาคตะวันตก ประเทศญี่ปุ่น	32
3- 27 ตัวอย่างกรณีปฏิบัติการควบคุมน้ำท่วม - เชื่อน Nomura ประเทศญี่ปุ่น	32
3- 28 การยกระดับเขื่อน	33
3- 29 เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในภาคตะวันตก ประเทศญี่ปุ่น	34
3- 30 Effect of prediction uncertainty on preliminary release operation	34
3- 31 SIP Integrated Reservoir Operation System	35
3- 32 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน	37
3- 33 กรณีศึกษา Sameura Reservoir, the Yoshino River ประเทศญี่ปุ่น	38
3- 34 ผลการศึกษา Ensemble Inflow Prediction	38
3- 35 ผลการศึกษา Reservoir Operation	39
3- 36 อุทกภัย การประเมินความเสียหาย ภายใต้แผนที่ความเสี่ยง	40
3- 37 นโยบาย แผนยุทธศาสตร์ ภัยพิบัติด้านน้ำ	40
3- 38 เปรียบเทียบผล กรณีพายุ Dianmu	41
3- 39 การจัดการความเสี่ยงด้วยกลยุทธ์ระยะสั้น และระยะยาว	41
3- 40 กรอบการดำเนินงาน	42
3- 41 ระบบการเพาะปลูกที่เหมาะสม	43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ทั่วโลกต่างได้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีระดับความรุนแรงแตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่ จากรายงานความเสี่ยงโลกประจำปี 2565 (Global Risks Report 2022) โดยสภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum: WEF) ระบุว่าความเสี่ยง (global risks) ที่มีความรุนแรงสูงสุด 3 อันดับแรกจาก 10 อันดับในทศวรรษที่ 21 เป็นความเสี่ยงที่เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ (climate-related) ได้แก่ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สภาพอากาศสุดขั้ว และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (sdgmove 2022)

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับการพิสูจน์ว่ามนุษย์เป็นสาเหตุหลัก (AR6 WG1) และหากไม่มีการดำเนินงานเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจัง คาดว่าภายในสิ้นศตวรรษที่ 21 (ปี 2081-2100) อุณหภูมิพื้นผิวโลกจะเพิ่มสูงขึ้นเกิน 1.5°C หรือ 2°C ซึ่งไม่เป็นไปตามเป้าหมายของความตกลงปารีส (Paris Agreement) ส่งผลให้เกิดความรุนแรงจากภัยพิบัติมากยิ่งขึ้น

จากมุมมองที่ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นเหตุการณ์ที่สามารถคาดการณ์ได้ ดังนั้น ภัยพิบัติที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงสามารถวางแผนเพื่อบรรเทาภัยได้ (UNESCO, 2013) ทาง UN กำหนดเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) โดยการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ถูกกำหนดเป็นเป้าหมายที่ 13 จาก 17 เป้าหมายที่ต้องบรรลุในปี 2573

ภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็นผลโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจ สังคมของประเทศ ดังนั้น ภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำจึงเป็นประเด็นสำคัญที่องค์กรในระดับสากล เช่น Worldbank UNESCO ธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) UNwater ได้ศึกษา สำรวจ วิจัยเพื่อกำหนดหลักการ และแนวทางในการจัดการภัยพิบัติเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น ธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) จัดทำดัชนีความมั่นคงทางน้ำ (WSI) โดยมีความยืดหยุ่นต่อภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นมิติสำคัญมิติหนึ่งใน 6 มิติหลัก

สำหรับประเทศไทยประสบภัยพิบัติด้านน้ำเป็นประจำทุกปี และมีแนวโน้มความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2560 – 2564) ประเทศไทยประสบภัยแล้งที่รุนแรง ในปี 2562 จากปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 30 ปี ทำให้ไม่มีน้ำมาเติมลงในอ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำต้นทุน ส่งผลในปี 2562 เกิดการขาดแคลนน้ำมากกว่าค่าเฉลี่ย (TSRI Talk, 2564)

ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างสมดุลและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามโมเดลเศรษฐกิจ BCG โดยในกรอบแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 มีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ climate change 2 ประเด็น ได้แก่ การพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ (หมวดหมู่ที่ 10) และการลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (หมวดหมู่ที่ 11)

ด้วยเหตุนี้ การสร้างความเข้มแข็ง ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัวด้วยการพัฒนางานวิจัย เพื่อช่วยสนับสนุนงานบริหารจัดการน้ำ เพื่อให้มีการจัดการความเสี่ยง การวางแผนเชิงรุก ด้วยการใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจที่มีคุณภาพ เชื่อถือได้ และทันเวลา จึงมีความสำคัญ ในงานศึกษานี้จึงรวบรวมองค์ความรู้ในการปรับตัวและการจัดการความเสี่ยง เช่น ระบบพยากรณ์ การบริหารเขื่อน การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย รวมถึงการใช้มาตรการต่าง ๆ ทั้งในเชิงโครงสร้าง และเชิงนโยบาย เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปประยุกต์ใช้ในการเตรียมความพร้อม การจัดการความเสี่ยง รวมถึงการวางแผนในเชิงรุกให้มีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติที่เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. เพื่อศึกษาแนวทางลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ
3. เพื่อศึกษาตัวอย่าง แนวปฏิบัติที่ดีในการปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- การจัดการข้อมูลสภาพอากาศ อุทกวิทยา
- การเตรียมความพร้อม (เช่น การติดตาม พยากรณ์)
- การสร้างแบบจำลองและการพยากรณ์
- ระบบการพยากรณ์ภัยพิบัติสมัยใหม่
- การบริหารเขื่อนด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในงานศึกษานี้มีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. ทบทวนเอกสาร งานศึกษา วิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์แบ่งกลุ่มรูปแบบการปรับตัว และลดความเสี่ยง
3. สังเคราะห์ประเด็นสำคัญในการจัดการความเสี่ยงจากตัวอย่างแนวปฏิบัติที่ดี
4. สรุปสถานะภาพ
5. จัดทำข้อเสนอแนะในการปรับตัว และลดความเสี่ยง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

แนวทางการวางแผนในการปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติในการบริหารจัดการน้ำของไทย

บทที่ 2

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และแนวทางการปรับตัวและลดความเสี่ยง

2.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่มีความถี่และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น มีสาเหตุสำคัญมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และมีเทน (CH₄) ที่มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์

จากความตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งเป็นตกลงร่วมกัน เพื่อร่วมกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ได้กำหนดเป้าหมายไว้ว่าจะจำกัดไม่ให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มเกินกว่า 2°C จากค่าอุณหภูมิในยุคก่อนอุตสาหกรรม และพยายามจำกัดไม่ให้อุณหภูมิเพิ่มเกิน 1.5°C

สาระสำคัญของความตกลงปารีส (Paris Agreement) ประกอบด้วยการควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก การเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวและฟื้นตัวจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การส่งเสริมการพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหาร และการมีเงินทุนหมุนเวียนเพื่อสนับสนุนแนวทางการพัฒนาแบบคาร์บอนต่ำ มีภูมิทัศน์และสามารถฟื้นตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การประชุมของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งข้อมูลหลักของโลกในเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ออกรายงานฉบับแรกในปี ค.ศ.1990 จนถึงฉบับที่ 6 ค.ศ. 2022

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ประกอบด้วยสมาชิกจากกว่า 42 ประเทศ หน้าที่ของคณะกรรมการ IPCC คือ การสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับผู้กำหนดนโยบายในการตัดสินใจ ในทุก ๆ 5 ปี จะมีการเผยแพร่รายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Assessment Report: AR) เช่น AR3 (2001), AR4 (2007), AR5 (2014), และ AR6 (2021) เนื้อหาของรายงานแบ่งเป็น 3 กลุ่มคณะทำงาน (Working Group: WG) ได้แก่ ด้านการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสภาพภูมิอากาศ (WG1) ด้านผลกระทบการปรับตัวและความเปราะบาง (WG2) และด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (WG3)

Working Group 1 ในหัวข้อ The Physical Science Basis หรือ พื้นฐานวิทยาศาสตร์กายภาพ

Working Group II ในหัวข้อ Impacts, Adaptation, and Vulnerability – ผลกระทบ การปรับตัว และความเปราะบาง

Working Group III ในหัวข้อ Mitigation of Climate Change – การบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

สำหรับรายงานฉบับล่าสุด เป็นรายงานสังเคราะห์ฉบับสมบูรณ์ AR6 Synthesis Report: Climate Change 2022 ในเดือนกันยายน 2022 (sdgmove.com/2021)

เนื้อหาสำคัญในรายงาน AR6 WG1 สรุปว่า มนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น และหากไม่มีโครงการลดการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจัง คาดว่าภายในสิ้นศตวรรษนี้ (ปี 2081-2100) อุณหภูมิพื้นผิวโลกจะเพิ่มสูงขึ้นเกิน 1.5°C หรือ 2°C

การพัฒนาที่ยั่งยืน /เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs)

ประเทศต่างๆทั่วโลก นำแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) นำมาใช้เป็นกรอบในการพัฒนาประเทศ และกำหนดทิศทางในนโยบายสำคัญของประเทศ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ประกอบด้วย 17 เป้าหมายโดยเป้าหมายที่ 13 เป็นการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แรงต้อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบที่เกิดขึ้น (SDG13) มีสาระสำคัญ ได้แก่

13.1 เสริมภูมิคุ้มกันและขีดความสามารถในการปรับตัวต่ออันตรายและภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศในทุกประเทศ

13.2 บูรณาการมาตรการด้าน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในนโยบายยุทธศาสตร์และการวางแผนระดับชาติ

13.3 พัฒนาการศึกษากการสร้างความตระหนักรู้และขีดความสามารถของมนุษย์และของสถาบันในเรื่องการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการปรับตัว การลดผลกระทบ การเตือนภัยล่วงหน้า



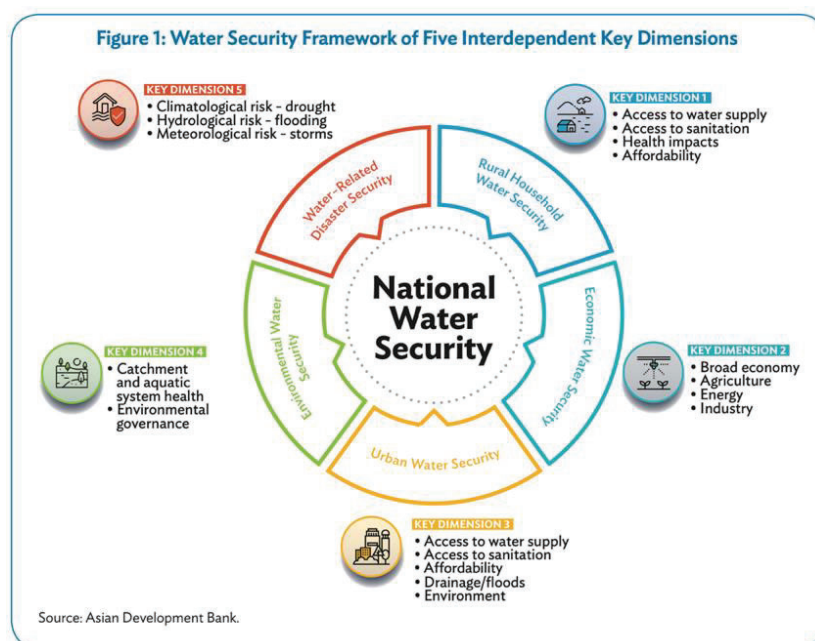
ภาพที่ 2- 1 เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน และเป้าหมาย13 การรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่มา sdgmove. 2021

ข้อมูล¹

การตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูล การเข้าถึงข้อมูลและใช้งานข้อมูลที่มีคุณภาพ เข้าถึงได้ ทันเวลา และเชื่อถือได้ เพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจสามารถวิเคราะห์ วางแผน และดำเนินการตามการดำเนินการข้ามภาคส่วนอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นหนึ่งในแนวทาง 5 แนวทางที่เกิดขึ้นจาก การประชุม Water Dialogues for Results Bonn 2021: Accelerating cross-sectoral SDG 6 Implementation ซึ่งเป็นการหารือเชิงนโยบายเพื่อสนับสนุนประเทศสมาชิกในการเร่งรัดการดำเนินการ เพื่อบรรลุเป้าหมายด้านน้ำภายใต้วาระการพัฒนาที่ยั่งยืน ค.ศ. 2030

ความมั่นคงด้านน้ำ

สำหรับประเด็นภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ องค์กรระดับสากล เช่นธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) จัดทำดัชนีความมั่นคงทางน้ำ (WSI)² ซึ่งมีมิติที่ 5(KD 5) เป็นความยืดหยุ่นต่อภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (Resilience to Water-Related Disasters) โดยมีดัชนีภัยพิบัติทางน้ำ ประกอบด้วย (1) น้ำท่วมและวาตภัย (2) ภัยแล้งและ (3) พายุชายฝั่งและน้ำท่วมชายฝั่ง



ภาพที่ 2- 2 กรอบแนวคิดความมั่นคงทางน้ำของ ADB

ที่มา AWDO 2020 Framework for Water Security (ADB, 2020)

¹แนวทาง 5 แนวทางที่เกิดขึ้นจาก การประชุม Water Dialogues for Results Bonn 2021: Accelerating cross-sectoral SDG 6 Implementation ได้แก่ 1) เงินทุน 2) ข้อมูล 3) ชีตความสามารถ 4) นวัตกรรม 5) ธรรมาภิบาล

² ความมั่นคงของน้ำ ประกอบด้วยมิติหลัก 6 มิติหลัก ได้แก่ มิติที่ 1 - ความมั่นคงของน้ำในครัวเรือน มิติที่ 2 - ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ มิติที่ 3 - ความมั่นคงของน้ำในเมือง มิติที่ 4 - ความมั่นคงทางน้ำสิ่งแวดล้อม มิติที่ 5 - ความยืดหยุ่นต่อภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ และมิติที่ 6 - ธรรมาภิบาล

การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ - กรอบแผนงานเซนได (2015 - 2030)

การประชุมสหประชาชาติระดับโลกว่าด้วยการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ ครั้งที่ 3 ณ เมืองเซนได ประเทศญี่ปุ่น ได้ให้การรับรองกรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558 – 2573 หรือ “กรอบเซนได” (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030 : The Sendai Framework) โดยมีเป้าหมายในการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติกล่าวคือ การป้องกันไม่ให้เกิดความเสี่ยงใหม่ และลดความเสี่ยงที่มีอยู่เดิม และเน้นมาตรการและวิธีการที่หลากหลายในการป้องกันและลดความเสียหาย ประาะบางและเพิ่มศักยภาพในการเตรียมความพร้อมในการเผชิญเหตุและการฟื้นฟูให้กลับคืนสภาพได้อย่างรวดเร็วและดีขึ้นกว่าเดิม โดยกำหนดภารกิจสำคัญที่ควรปฏิบัติ (Priorities for Action) 4 ประการ ได้แก่

- 1) เข้าใจความเสี่ยงจากภัยพิบัติ
- 2) เสริมสร้างศักยภาพในการบริหารและจัดการความเสี่ยงจากภัยพิบัติ
- 3) ลงทุนในด้านการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติเพื่อให้พร้อมรับมือ และฟื้นคืนกลับได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- 4) พัฒนาศักยภาพการเตรียมความพร้อมเผชิญเหตุภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการฟื้นฟูสภาพและซ่อมสร้างให้ดีกว่าเดิมในช่วงของการบูรณะฟื้นฟูภายหลังเกิดภัยพิบัติ:

กรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ 2558 – 2573 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030)



ภาพที่ 2- 3 กรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558 – 2573
ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเกิดภัยพิบัติ

น้ำท่วม และภัยแล้งส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อประชากรทั่วโลก

ข้อมูลสถิติภัยธรรมชาติของ CRED (2018) ระบุว่า ในปี 2561 ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นสูงสุดคือภัยน้ำท่วม รองลงมาได้แก่ ภัยแล้ง จากสถิติสะสมตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560 พบว่า จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม มี 86.6 ล้านคน และ จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง มี 58.7 ล้านคน ตารางที่ 2.1 จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ (ปี 2561 และเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560)

เหตุการณ์	พ.ศ. 2561	ค่าเฉลี่ย (2543 ถึง 2560)
น้ำท่วม	35,385,178	86,696,923
ภัยแล้ง	9,368,345	58,734,128
พายุ	12,884,845	34,083,106
แผ่นดินไหว	1,517,138	6,783,729
อุณหภูมิต่ำสุด	396,798	6,368,470
แผ่นดินถล่ม	54,908	263,831
ภูเขาไฟ	1,908,770	169,308
ไฟป่า	256,635	19,243
ดิน/หิมะถล่ม	0	286
รวม	61,772,617	193,312,310

ที่มา: EM-DAT (International Disaster Database)

สำหรับสถานการณ์น้ำของประเทศไทย พบว่า ในปี 2564 ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทยมีปริมาณน้อยกว่าค่าเฉลี่ยต่อเนื่อง 2 ปี ทั้งนี้ ในช่วงปี 2547 -2563 ประเทศไทยมีฝนตกมาก /น้อย เกิดสลับกันถี่มากขึ้นมีความแปรปรวนในเชิงปริมาณ และโอกาสเกิดภัยแล้ง ในปี 2564 เป็นผลต่อเนื่องมาจากปี 2562 – 63 ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างน้อย ส่วนสถานการณ์ฝนจะเหมือนกับปี 2551 โดยในปี 2564 ฝนคาดการณ์ในเดือนกรกฎาคม จะอยู่ในเกณฑ์ปกติ ในเดือนกันยายน ตุลาคม ฝนอาจจะมามากกว่าปกติ ทั้งนี้เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า (TSRI Talk, 2564)

สถานการณ์น้ำและการบริหารเขื่อนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ปี 2021 มีรายละเอียด ดังนี้ (TSRI Talk, 2564)

1. ปริมาณน้ำใช้การของ 4 เขื่อนหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่รวมกันเท่ากับ 1,823 ล้าน ลบ.ม. (ข้อมูล ณ วันที่ 12 ก.ค. 2564) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างน้อย

2. สถานการณ์น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตั้งแต่ต้นปีถึงกลางปี 2021 มีแนวโน้มว่าจะเป็นปีน้ำน้อย เนื่องจากปัจจัยปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์รวมกันอยู่ในเกณฑ์ต่ำ หากไม่มีฝนมาเติมในช่วงฤดูฝน อาจทำให้การบริหารเขื่อนเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับปี 2020 ที่ต้องเผชิญกับปัญหาภัยแล้งที่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ

3. ปริมาณฝนของสถานีโทรมาตรเหนือเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์พบว่า ต้นปี 2021 ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 530 และ 621 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4. โอกาสความน่าจะเป็นที่จะบริหารเขื่อนในสถานการณ์น้ำมาก (จากปัจจัยฝนในช่วงฤดูฝนนี้) ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ปริมาตรอ่างว่างของทั้ง 4 เขื่อนหลักยังคงสูง (>90% ของปริมาตรเก็บกักใช้การ)

5. โอกาสความน่าจะเป็นที่จะบริหารเขื่อนในสถานการณ์น้ำน้อยมีแนวโน้มสูงกว่า และสภาพน้ำต้นทุนของเขื่อนภูมิพลและสิริกิติ์ มีแนวโน้มใกล้เคียงปี 2020 ในขณะที่ปัจจัยความต้องการน้ำภาคการเกษตรกรรมยังสูง

นโยบายภาครัฐของประเทศไทย กำหนดยุทธศาสตร์ กลยุทธ์ แผนและนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการลดความเสี่ยงอันเนื่องมาจากภัยพิบัติ ดังนี้

1. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 ที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDG)
2. แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580) ประเด็นที่ 19 การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ (พ.ศ. 2561 – 2580)³
3. แผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580) ประกอบด้วย ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 6 ยุทธศาสตร์⁴ โดยประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยพิบัติด้านน้ำ ได้แก่ แผนแม่บทด้านที่ 3 การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย

³ แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ (๑๙) การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ (พ.ศ. ๒๕๖๑ – ๒๕๘๐) เป็นแผนระดับ ๒ มีเป้าหมายตัวชี้วัดและแนวทางการพัฒนาด้วยแผนย่อย ๓ แผน ดังนี้ ๑. แผนย่อยพัฒนาการจัดการน้ำเชิงลุ่มน้ำทั้งระบบเพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำของประเทศ ๒. แผนย่อยเพิ่มผลผลิตของน้ำทั้งระบบในการใช้น้ำอย่างประหยัด รู้คุณค่าและสร้างมูลค่าเพิ่ม จากการใช้น้ำให้ทัดเทียมกับระดับสากล และ ๓. แผนย่อยอนุรักษ์และฟื้นฟูแม่น้ำ ลำคลองและแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วประเทศ

⁴ ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ๖ ยุทธศาสตร์ ประกอบด้วย แผนแม่บทด้านที่ ๑ การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค แผนแม่บทด้านที่ ๒ การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต แผนแม่บทด้านที่ ๓ การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย แผนแม่บทด้านที่ ๔ การจัดการคุณภาพน้ำ แผนแม่บทด้านที่ ๕ การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน และ แผนแม่บทด้านที่ ๖ การบริหารจัดการ



ภาพที่ 2- 4 แผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561 – 2580)
ที่มา สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2563

4. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 มีจุดหมายที่สำคัญที่ตอบสนองต่อประเด็น climate change โดยตรง คือ จุดหมายที่ 10 การพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียนและสังคมคาร์บอนต่ำ และจุดหมายที่ 11 การลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติและ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
5. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกับกระทรวงพลังงาน ได้จัดทำเป้าหมายการมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในปี ค.ศ. 2065



ภาพที่ 2- 5 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2565—2569)
ที่มา สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565

นอกจากนี้ ประเทศไทยได้เข้าร่วมการประชุมสหประชาชาติระดับโลกว่าด้วยการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ ครั้งที่ 3 ณ เมืองเซนได ประเทศญี่ปุ่น โดยได้ให้การรับรองกรอบการดำเนินงานเซนไดเพื่อลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ. 2558 – 2573

2.2 ภัยพิบัติ และการประเมิน

ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกี่ยวกับด้านน้ำที่สำคัญ ได้แก่ น้ำท่วมและภัยแล้ง

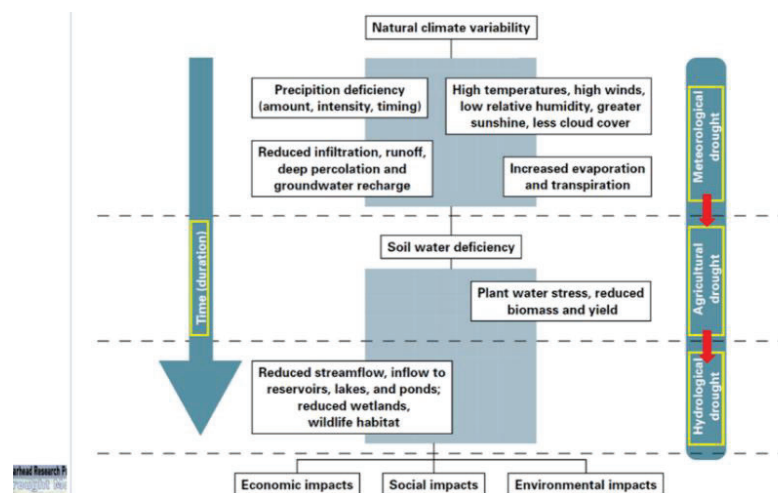
น้ำท่วม (พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ 2561) หมายถึง สภาวะที่ปริมาณน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำ หรือระดับน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หรือไหลหลาก หรือฉับพลันจนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืชที่อยู่ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง แต่ไม่รวมถึงภาวะน้ำขึ้นและน้ำลงซึ่งเป็นปรากฏการณ์ปกติตามธรรมชาติ

ภาวะแล้ง (พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ 2561) หมายถึง สภาวะที่ปริมาณน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำ หรือระดับน้ำลดลง อย่างต่อเนื่องจนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืชที่อยู่ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ภาวะแล้งในภาวะปกติ หมายถึงภาวะน้ำแล้งในระยะเวลาใดระยะเวลาหนึ่งเป็นประจำ ส่วนภาวะแล้งในภาวะวิกฤติ หมายถึงภาวะน้ำแล้งจนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ หรือพืช หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชนหรือของรัฐอย่างรุนแรง

ภัยแล้ง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งทางอุตุนิยมิวิทยา ภัยแล้งด้านการเกษตร และภัยแล้งด้านอุทกวิทยา

ภัยแล้งด้านการเกษตร -สภาวะแห้งแล้งของความชื้นในดิน

ภัยแล้งด้านอุทกวิทยา -โดยทั่วไปหมายถึง ปรากฏการณ์ของการขาดน้ำฝนในช่วงระยะเวลายาวนาน ซึ่งการเกิดฝนมากหรือน้อยจะอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง และสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2- 6 ประเภทของภัยแล้ง

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

การประเมินความแห้งแล้ง

ในการศึกษาภัยแล้งมีดัชนีชี้วัดภัยแล้ง 3 ประเภท ได้แก่

ดัชนีอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought)

- Precipitation anomalies :
- Standardized Precipitation Index (SPI);
- Drought spells (define thresholds of number of days with no rain);

ดัชนีภัยแล้งด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought)

- Soil moisture / discharge / reservoirs:
- Palmer Drought severity Index (PDSI);
- Standardized runoff index (SRI);
- Soil moisture anomalies (SMA);

ดัชนีภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural drought)

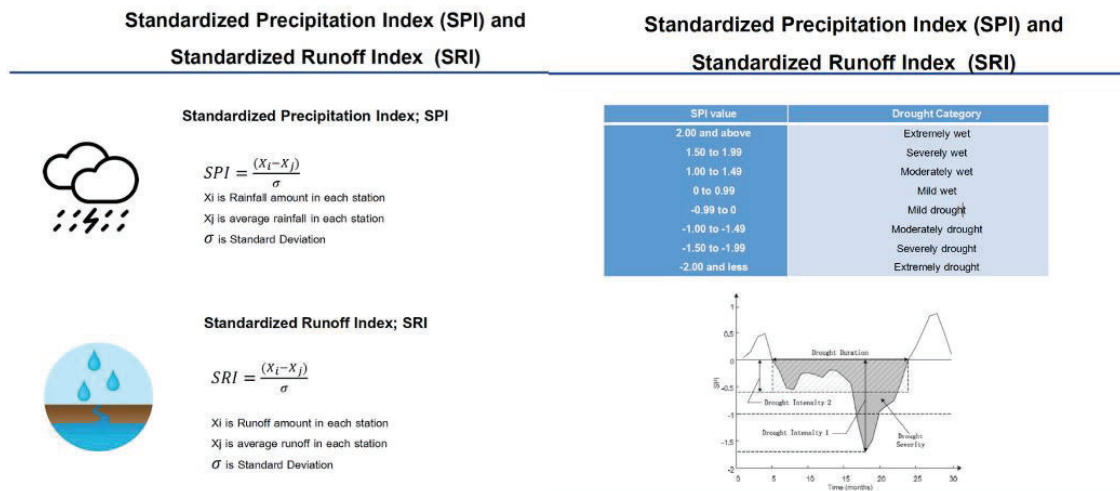
- Crop production / vegetation / available soil moisture:
- Crop moisture index;
- Vegetation indexes (e.g. NDVI);

1. ดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index; SPI)

ปริมาณฝนเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระทบต่อความแล้งโดยตรง ดัชนีฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index; SPI) นำมาใช้ในการติดตามภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า SPI เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ สำหรับประเมินสถานการณ์ภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยปกติ ดัชนี SPI จะแปรตามลักษณะกายภาพของพื้นที่ และการเปลี่ยนแปลงของฝนจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

2. ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน Standardized runoff index (SRI);

ดัชนี SPI และ SRI มีการคำนวณและเกณฑ์การวัด ดังนี้



ภาพที่ 2- 7 SPI และ SRI และเกณฑ์วัดระดับ
ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

2.3 แนวคิดในการปรับตัว และลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติในด้านน้ำ

2.3.1 แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบายลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและวิเคราะห์ลักษณะทางอุทกวิทยา โดยอิงลักษณะพื้นที่ทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นหลัก และเป็นแบบจำลองที่มีความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use data) ข้อมูลดิน (Soil data) ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (Topographic data) และข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Meteorological data)

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา สำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำท่า เป็นแบบจำลองชนิดกึ่งกระจายพื้นที่ สามารถประเมินสภาพลุ่มน้ำที่มีความซับซ้อนทางอุทกวิทยาได้ดี (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2011) โดยมีกระบวนการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ ได้รับการยอมรับและประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในระดับสากล

2.3.2 ระบบการพยากรณ์

- การใช้แบบจำลองในการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศและการทำนายตามฤดูกาล ตัวอย่างเช่น แบบจำลอง JAMSTEC /ระบบการคาดการณ์รายฤดูกาล SINTEX-F system

JAMSTEC เป็นหน่วยงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางทะเลและโลกของญี่ปุ่น มีส่วนร่วมในกิจกรรมการวิจัยและพัฒนาที่หลากหลายในฐานะหนึ่งในสถาบันวิจัยของญี่ปุ่น ซึ่งครอบคลุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางทะเลและบรรยากาศในวงกว้าง นอกเหนือจากการวิจัยสิ่งมีชีวิตในทะเลและวงกลมแห่งชีวิตแล้ว

หน่วยงานฯ ยังจัดทำพยากรณ์อากาศระยะยาวด้วยระบบการสร้างแบบจำลองระยะยาวที่เรียกว่า Sintex-F (severe-weather.eu)

2.3.3 การบริหารจัดการเขื่อน

- การบริหารเขื่อน และปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารน้ำในเขื่อน
- การเพิ่มปริมาณน้ำเก็บกักในเขื่อน

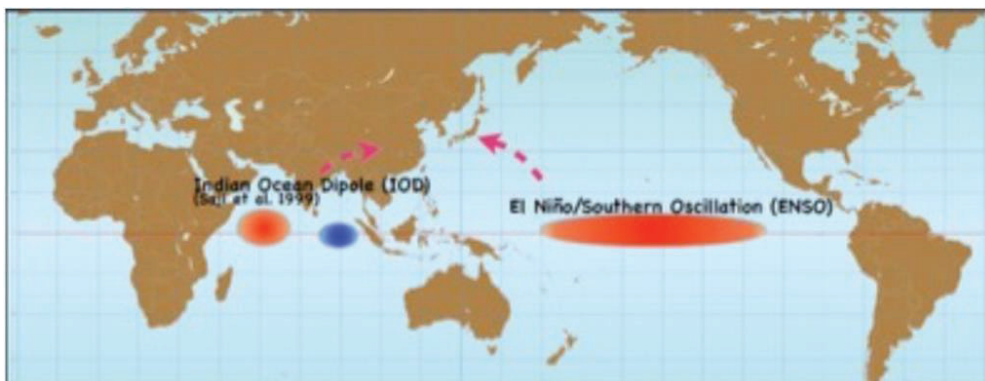
บทที่ 3

ตัวอย่างการปฏิบัติที่ดีในประเทศ และต่างประเทศ

3.1 ระบบการพยากรณ์

1. Improved seasonal prediction by the SINTEX-F system -past, present, and future โดย Takeshi Doi, JAMSTEC/APL

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศรายฤดูกาล โดยอาศัยองค์ความรู้ด้านความเชื่อมโยงระหว่างบรรยากาศและมหาสมุทร (Air-Sea Interaction) ซึ่งพลังงานความร้อน (heat content) จากมหาสมุทรบริเวณเขตร้อน (Tropical ocean) ส่งผลต่อการขับเคลื่อนของบรรยากาศ (remote forcing) ในสเกลใหญ่ (large-scale) โดยส่งผลกระทบไหลเวียนอากาศในเขตร้อน (tropical atmospheric circulation) และความเชื่อมโยงระยะไกล (teleconnection) ของระบบการไหลเวียนอากาศในบริเวณละติจูดกลาง (Mid latitude) โดยเฉพาะปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO; El Nino-Southern Oscillation) ในมหาสมุทรแปซิฟิก และปรากฏการณ์อินเดียนโอเชียนไดโพล (IOD; Indian Ocean Dipole) ในมหาสมุทรอินเดีย โดยลักษณะเด่นของปรากฏการณ์ทั้งสอง คือความผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ดังแสดงในภาพที่ 3- 1 ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนความแปรปรวนในระบบบรรยากาศ มักมีพัฒนาการที่ใช้ระยะเวลานาน (3-6 เดือน) จึงเป็นที่มาของการนำมาใช้ในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในรายฤดูกาล



ภาพที่ 3- 1 ปรากฏการณ์ ENSO และปรากฏการณ์ IOD
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

ระบบการคาดการณ์รายฤดูกาล SINTEX-F เป็นระบบที่พัฒนาโดย Japan Agency for Marine- Earth Science and Technology (JAMSTEC) ภายใต้ความร่วมมือระหว่างสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่น EU-Japan collaboration ระบบการจำลอง SINTEX-F1 เป็นระบบแรกโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Numerical models) ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) ชุดข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์
- 2) ระบบวิเคราะห์ปรับแก้ข้อมูลเพื่อประมาณค่าเริ่มต้นของมหาสมุทร (SST-nudging scheme Initialization) สำหรับสร้างชุดข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองคู่ควบ
- 3) แบบจำลองคู่ควบระหว่างบรรยากาศ และมหาสมุทรในระดับโลก (global coupled ocean-atmosphere general circulation model) และ
- 4) แบบจำลองคู่ควบนี้ไม่ได้รวมระบบการจำลองอิทธิพลจากปริมาณน้ำแข็งปกคลุม (sea-ice cover) ซึ่งใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของปริมาณน้ำแข็งปกคลุม (restoring observation climatology sea-ice cover) ที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งมีทั้งหมด 9 ensemble member model ประกอบด้วย 3 nudging strengths $\times$ 3 physical schemes (wind-ocean current) โดยมีการปรับแก้ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการจำลอง เนื่องจากอิทธิพลระหว่างลมและมหาสมุทรในปัจจุบัน สำหรับการสร้างค่าประมาณที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลเริ่มต้น (initial condition) ในปัจจุบันมีการพัฒนา SNITEX-F ทั้งหมด 5 เวอร์ชัน โดยมีการเพิ่ม ensemble และการทดสอบปรับแก้ค่าของข้อมูลสมุทรศาสตร์โดยใช้ระบบ 3DVAR ocean assimilation และเพิ่มการจำลองคู่ควบกับปัจจัยจากปริมาณน้ำแข็งปกคลุม มาใช้ในการคาดการณ์ รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 3- 2

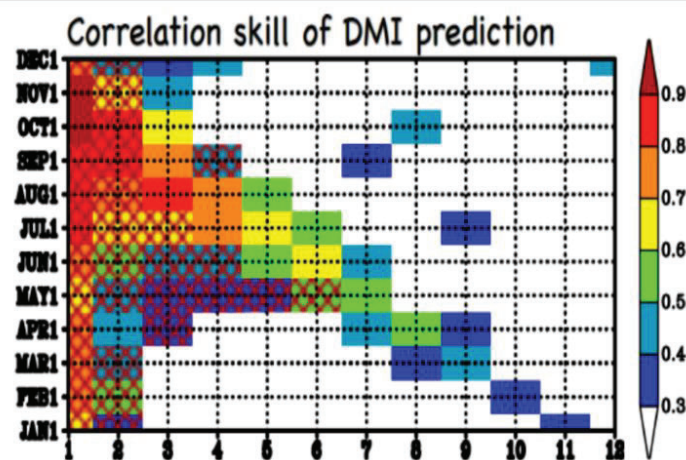
	AGCM	OGCM	Sea Ice model	Ensemble size	Initialization	Rerecast every month, 1983-present
F1 (Luo et al. 2005)	ECHAM4 T106L19	OPA8 2° $\times$ (0.5°-2°) L31	No	9	SST-nudging	24-mo lead
F2 (Doi et al. 2016)	ECHAM5 T106L31	OPA9 0.5° $\times$ 0.5° L31	LIM2	12	Same as F1	12-mo lead
F2-3DVAR (Doi et al. 2017)	ECHAM5 T106L31	OPA9 0.5° $\times$ 0.5° L31	LIM2	12	SST-nudging with 3DVAR ocean assimilation	24-mo lead
108-ensemble with F2-3DVAR (Doi et al. 2019)	ECHAM5 T106L31	OPA9 0.5° $\times$ 0.5° L31	LIM2	108 (12 $\times$ LAF, 9days)	SST-nudging with 3DVAR ocean assimilation	4-mo lead
F2si (Morioka et al. 2019)	ECHAM5 T106L31	OPA9 0.5° $\times$ 0.5° L31	LIM2	12	SST and SIC-nudging	12-mo lead

ภาพที่ 3- 2 ระบบการคาดการณ์ SINTEX-F
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

ประสิทธิภาพการคาดการณ์รายฤดูกาลของระบบ SINTEX-F สำหรับปรากฏการณ์ทางสมุทรศาสตร์

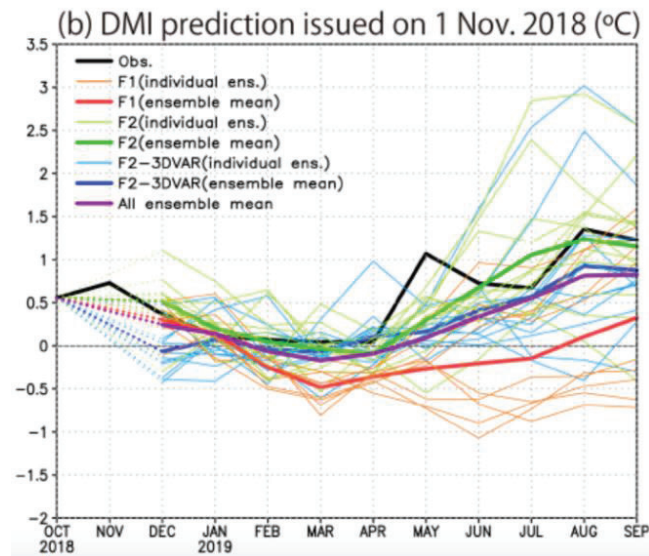
1.1 ปรากฏการณ์ Indian Ocean Dipole (IOD)

ปรากฏการณ์ IOD เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรของมหาสมุทรอินเดียโดยจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะส่งผลกระทบต่อภูมิอากาศของประเทศออสเตรเลีย อินเดียเซีย รวมถึงประเทศอื่น ๆ ที่อยู่รอบ ๆ มหาสมุทรอินเดีย สำหรับการคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD ล่วงหน้า 12 เดือน โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นเดือนกรกฎาคม สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้แม่นยำในช่วงเดือนที่ 2-4 และลดลงเมื่อคาดการณ์ตั้งแต่เดือนที่ 5 ขึ้นไป เมื่อเทียบกับข้อมูลตรวจวัด ซึ่งในช่วงฤดูหนาว การคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นเดือนพฤศจิกายน ความสามารถในการคาดการณ์ล่วงหน้ายังมีความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในภาพที่ 3- 3 ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ปรากฏการณ์ IOD มีกำลังแรง (super IOD) ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศในประเทศแอฟริกาตะวันออก ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น ซึ่งผลการทดสอบระบบ SINTEX-F ในการคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD ในปีนี้ โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นเดือนตุลาคมเดือน พ.ศ. 2561 สามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเมษายน พ.ศ. 2562 โดยในแต่ละระบบมีความคลาดเคลื่อนสูงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป อย่างไรก็ตามแนวโน้มของค่าเฉลี่ยทุกแบบจำลอง (All ensemble mean) ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 มีแนวโน้มเป็น positive IOD สอดคล้องกับข้อมูลตรวจวัด ดังแสดงในภาพที่ 3- 4 เนื่องจากเมื่อใช้ค่าเริ่มต้นในช่วงฤดูหนาว มีความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์สูงเนื่องจาก winter predictability barrier ที่เกิดจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทรอินเดียมีความแปรปรวนสูงในช่วงฤดูหนาว



ภาพที่ 3- 3 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD ล่วงหน้า 12 เดือน

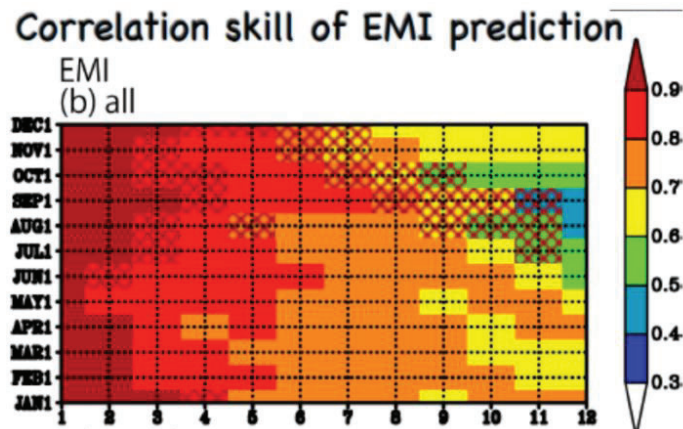
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021



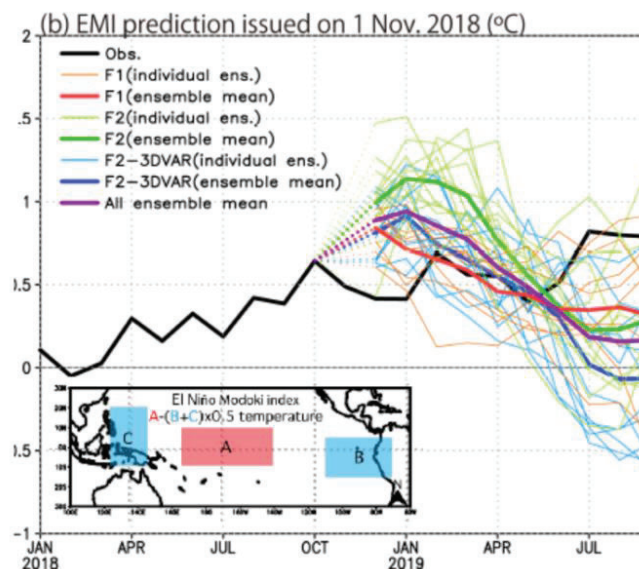
ภาพที่ 3- 4 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD พ.ศ. 2562
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

1.2 ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki

ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิกที่มีการพัฒนาจากปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO) โดยผลจากการคาดการณ์ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki พบว่าในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki มีอิทธิพลต่อการพัฒนาของปรากฏการณ์ positive IOD ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งส่งผลต่อการก่อตัวของความกดอากาศสูง และลมตะวันออกเฉียงใต้ของ Maritime Continent ส่งผลให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลลดลงกว่าปกติ ซึ่งเป็นลักษณะของปรากฏการณ์ positive IOD สำหรับการคาดการณ์ล่วงหน้าของปรากฏการณ์ El-Nino Modoki สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้แม่นยำกว่า และคลาดเคลื่อนน้อยกว่าปรากฏการณ์ IOD ในช่วงเดือนที่ 2-6 เมื่อใช้ข้อมูลเริ่มต้นในช่วงฤดูหนาว ดังแสดงในภาพที่ 3- 5 สำหรับการคาดการณ์ปรากฏการณ์ El-Nino Modoki ในปี พ.ศ. 2562 โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดได้ดีในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ดังแสดงในภาพที่ 3- 6 ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนในการคาดการณ์ปรากฏการณ์ IOD ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ได้



ภาพที่ 3- 5 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ EL-Nino Modoki ล่วงหน้า 12 เดือน
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

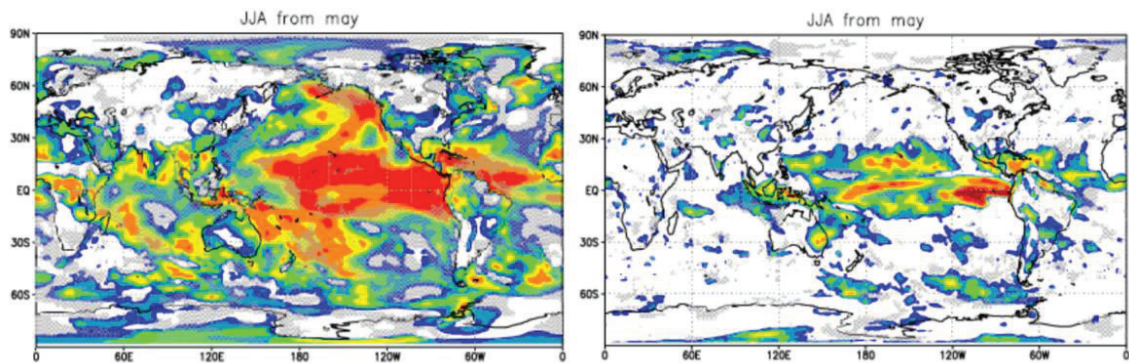


ภาพที่ 3- 6 การคาดการณ์ปรากฏการณ์ EL-Nino Modoki พ.ศ. 2562
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

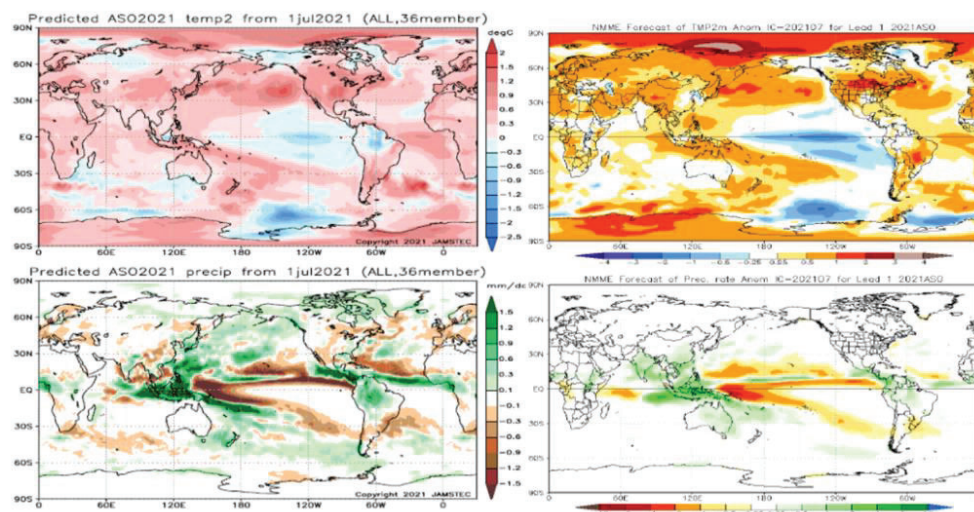
ประสิทธิภาพการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศรายฤดูกาลของระบบ SINTEX-F

การคาดการณ์อุณหภูมิของระบบ SINTEX-F ในช่วงปี พ.ศ. 2526-2563 สามารถคาดการณ์อุณหภูมิได้แม่นยำในช่วงเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ในบริเวณมหาสมุทรอินเดียตะวันตก และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก ส่วนบริเวณพื้นดินมีความคลาดเคลื่อน สำหรับประเทศไทยมีความแม่นยำในบางบริเวณของประเทศไทยช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ดังแสดงในภาพที่ 3- 7.1 สำหรับปริมาณฝนสามารถคาดการณ์ได้แม่นยำน้อยกว่าอุณหภูมิ ส่วนใหญ่จะแม่นยำสูงในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ส่วนประเทศไทยมีความคลาดเคลื่อนในช่วง

เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ดังแสดงในภาพที่ 3- 7.2 สำหรับการคาดการณ์ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ผลการคาดการณ์แสดงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นบริเวณแปซิฟิกตะวันตก และปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นบริเวณ Maritime Continent ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาของปรากฏการณ์ลานีญา (La Nina) ดังแสดงในภาพที่ 3- 8 ภาพรวมระบบ SINTEX-F สามารถคาดการณ์อุณหภูมิ และปริมาณฝนได้ใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดบริเวณมหาสมุทร และครอบคลุมปรากฏการณ์ด้านสมุทรศาสตร์ สำหรับบริเวณพื้นดินคาดการณ์ได้ต่ำกว่าข้อมูลตรวจวัด



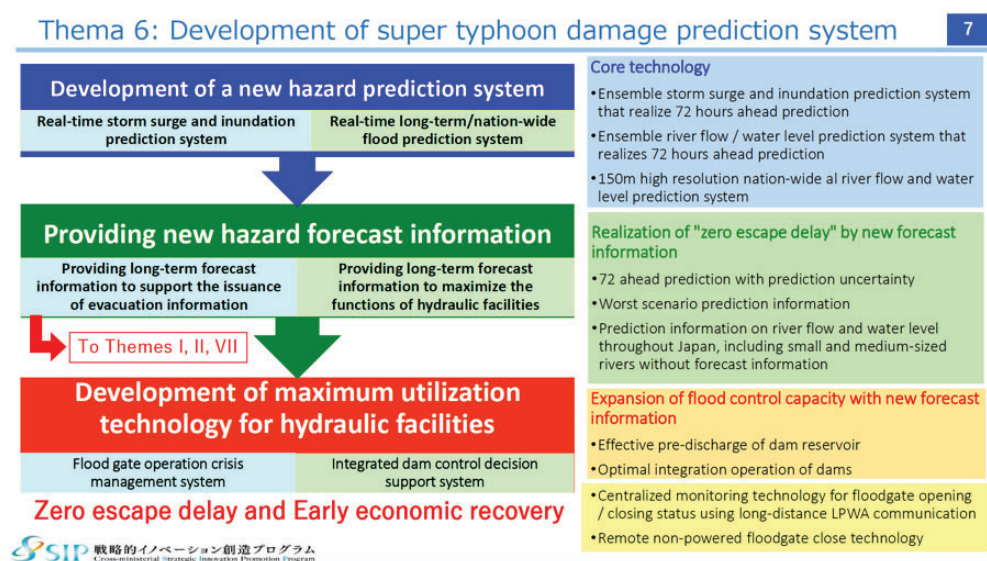
ภาพที่ 3- 7 การคาดการณ์รายฤดูกาล 1.อุณหภูมิ และ 2.ปริมาณฝน เดือนมิถุนายน-สิงหาคม
ช่วงปี พ.ศ. 2526-2563 โดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นเดือน พฤษภาคม
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021



ภาพที่ 3- 8 การคาดการณ์อุณหภูมิ และปริมาณฝน พ.ศ. 2564
ที่มา Takeshi Doi, JAMSTEC/APL, September 2021

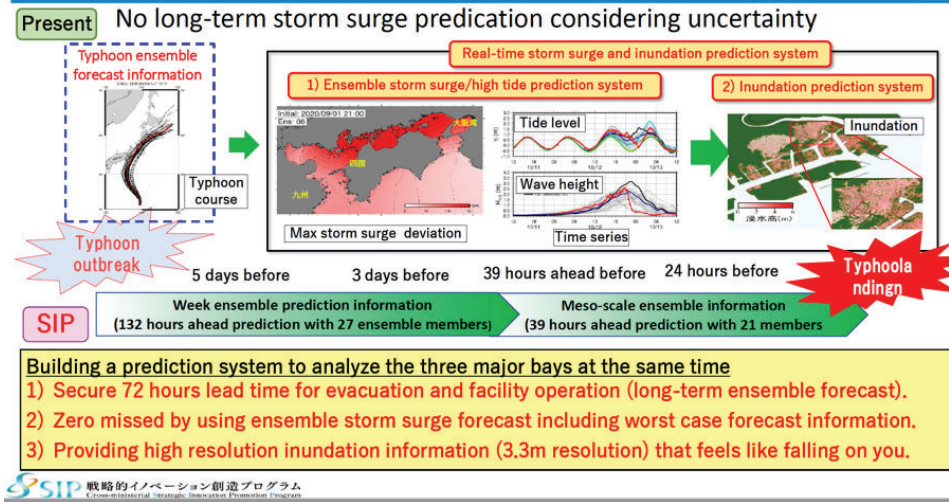
2. การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (Theme 6 Development of Super Typhoon Damage Prediction System) โดย Prof. Dr. Yasuto Tachikawa มหาวิทยาลัยเกียวโตแห่งประเทศญี่ปุ่น

Prof. Dr. Yasuto Tachikawa จากมหาวิทยาลัยเกียวโตแห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นประธานของ Cross Ministerial Strategic Innovation Promotion (SIP) Program ได้นำเสนอกรอบการดำเนินงานวิจัยภายใต้หัวข้อที่ 6 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (Theme 6 Development of Super Typhoon Damage Prediction System) ดังแสดงในภาพที่ 3- 20 ซึ่งเป็นการบูรณาการการทำงานวิจัยในหลากหลายสถาบันในประเทศญี่ปุ่น โดยมุ่งเน้นการลดความเสียหายจากภัยพิบัติด้วยการพัฒนาระบบการพยากรณ์ภัยพิบัติสมัยใหม่ (Development of A New Hazard Prediction System) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าทั้งในระยะสั้นที่เวลาจริงปัจจุบัน (Real Time) และระยะยาว การจัดเตรียมสารสนเทศของข้อมูลพยากรณ์ภัยพิบัติล่วงหน้า (Providing New Hazard Forecast Information) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการเตือนภัยและการเตรียมการอพยพ และการพัฒนาเทคโนโลยีให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดในการควบคุมอาคารทางชลศาสตร์ (Development of Maximum Utilization Technology for Hydraulic Facilities)



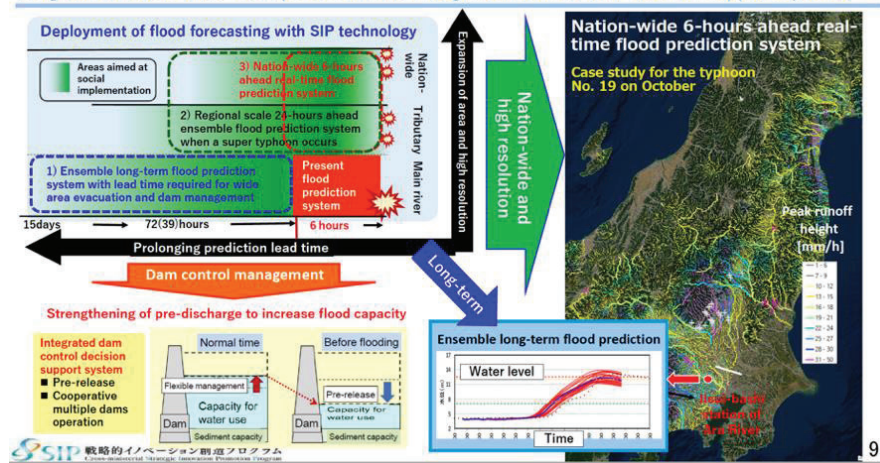
ภาพที่ 3- 9 กรอบการดำเนินงานวิจัยภายใต้หัวข้อที่ 6 การพัฒนาระบบพยากรณ์
ที่ มา Yasuto TACHIKAWA, Tokyo University, September 2021

Development of storm surge/high wave hazard prediction system 8

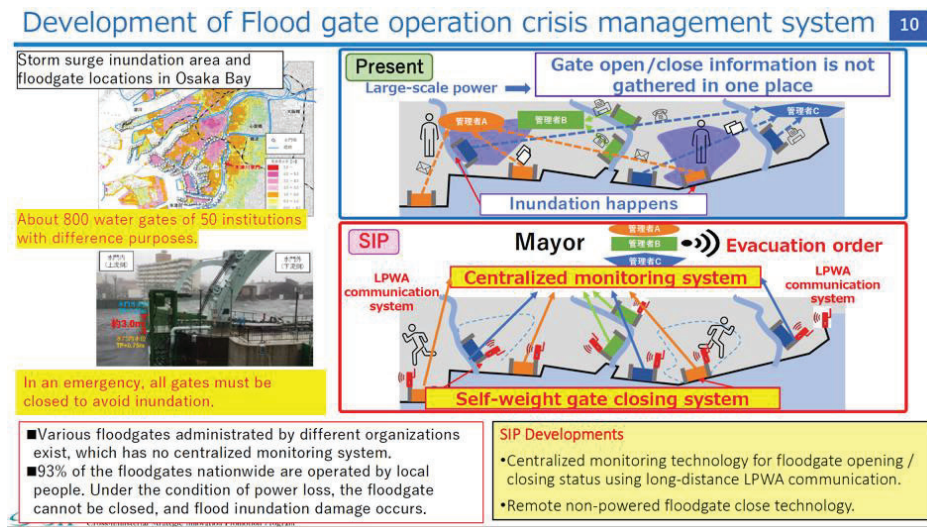


ภาพที่ 3- 10 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (1)
ที่มา Yasuto TACHIKAWA, Tokyo University, September 2021

Long-term/nation-wide flood prediction and Integrated dam control decision support system 9



ภาพที่ 3- 11 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (2)
ที่มา Yasuto TACHIKAWA, Tokyo University, September 2021



ภาพที่ 3- 12 การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ (3)
 ที่มา Yasuto TACHIKAWA, Tokyo University, September 2021

3. Drought monitoring in Taiwan using a variable-scale SPI โดย Professor Ke-Sheng Cheng Dept. of Bioenvironmental Systems Engineering/Master Program in Statistics National Taiwan University

ประเทศไต้หวันประสบปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงในช่วงปี 2020 May - 2021 April เป็นภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในรอบ 100 ปี ส่งผลให้น้ำในอ่างเก็บน้ำหลายแห่งมีระดับที่ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำฝนลดลงจากค่าเฉลี่ย การขาดน้ำฝนโดยทั่วไปมักปรากฏเป็นการขาดน้ำในดิน ดังนั้นภาคเกษตรจึงมักเป็นภาคแรกที่ได้รับผลกระทบ ภัยแล้งใช้ระยะเวลาเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้น จึงสามารถคาดการณ์ได้ ทั้งนี้ ดัชนีฝนมาตรฐาน (The Standardized Precipitation Index, SPI) ถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาเพราะสามารถสรุปความผิดปกติของช่วงเวลาในฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการสำรวจในปี 2010-2014 พบว่า ประเทศ 35 ประเทศจาก 43 ประเทศใช้ดัชนี SPI ในการเฝ้าระวังภัยแล้ง (องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกและความร่วมมือด้านน้ำโลก 2016)

Bachmair et al. (2016) พบว่าดัชนี SPI และดัชนีอื่น ๆ ที่อ้างอิงจากปริมาณฝน มักถูกนำมาใช้ในระบบเฝ้าระวังภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า

WMO อ้างอิงจากการปรึกษาและการประชุมเชิงปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องจำนวน 54 คนจาก 22 ประเทศ แนะนำให้ทุกประเทศใช้ SPI ในการตรวจสอบภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาเนื่องจากใช้งานง่าย และข้อมูลปริมาณฝนที่มีอยู่ทั่วไปเป็นข้อมูลที่จำเป็นเพียงอย่างเดียว (World Meteorological Organization 2012)

ดัชนีภัยแล้ง

- ดัชนีภัยแล้งมีความจำเป็นสำหรับการประเมินสถานการณ์ภัยแล้งในเชิงปริมาณ
- ดัชนีความแห้งแล้งสามารถจัดกลุ่มได้เป็นดัชนีความแห้งแล้งจากอุตุนิยมวิทยา ดัชนีความแห้งแล้งทางการเกษตร และดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกวิทยา

ดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา

• ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI)

- ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน
- ง่ายต่อการคำนวณ
- ระยะเวลาของการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (เช่น 1 เดือน 3 เดือน 12 เดือน)
- ระดับความรุนแรงของภัยแล้งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

SPI range	Severity level
0 ~ -0.99	Near normal or mild
-1 ~ -1.49	Moderate drought
-1.5 ~ -1.99	Severe drought
< -2	Extreme drought

ดัชนี SPI ใช้ในการติดตามสถานการณ์การเกิดภัยแล้ง ระบบติดตามและเตือนภัยล่วงหน้าโดยใช้การเปลี่ยนแปลงของฝนจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจจับสภาพภัยแล้งได้ตั้งแต่เนิ่นๆ และมีมาตรการบรรเทาและรับมือเหตุฉุกเฉินได้ทัน

ตัวอย่างการใช้ ระบบติดตามและเตือนภัยล่วงหน้าในประเทศต่าง ๆ

สหรัฐอเมริกา: USDM อาศัยตัวชี้วัดและดัชนีที่สำคัญหลายตัว เช่น Palmer Drought Severity Index (PDSI), Standardized Precipitation Index (SPI), การไหลของกระแสน้ำ, สุขภาพของพืช ความชื้นในดิน และผลกระทบ

• จีน: CI (Comprehensive index) เป็นฟังก์ชันของ SPI 30 วันและ 90 วัน และการคายระเหยที่อาจเกิดขึ้นที่สอดคล้องกัน

• ออสเตรเลีย: SPI

• นิวซีแลนด์: SPI

• แอฟริกาใต้: SPI

Two time scales

-Operation scale (ts)

ช่วงเวลาสำหรับการใช้งานการดำเนินงานของ SPI ตัวอย่างเช่น การจ่ายน้ำเพื่อการชลประทานในนาข้าว
มีกำหนดระยะเวลา 10 วัน (ten-day-period, TDP) ดังนั้น จึงต้องคำนวณและประเมิน SPI บนพื้นฐาน TDP

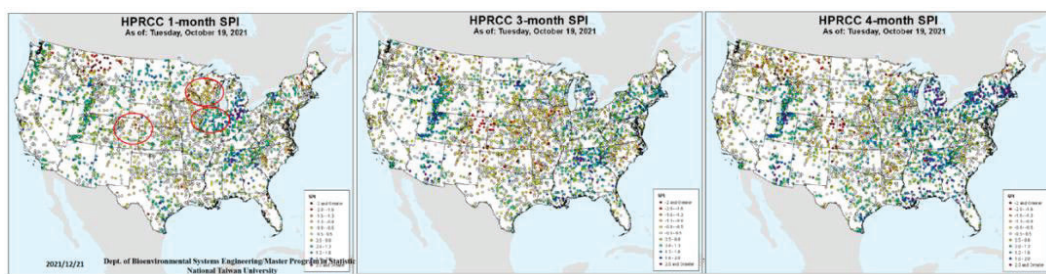
-Temporal resolution (tr) ของดัชนี

ช่วงเวลาสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำฝนสะสม ปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงเวลาที่กำหนดเป็นพื้นฐาน
สำหรับการคำนวณ SPI

-Spatial scale

ตัวอย่าง SPI สำหรับการเฝ้าระวังภัยแล้ง

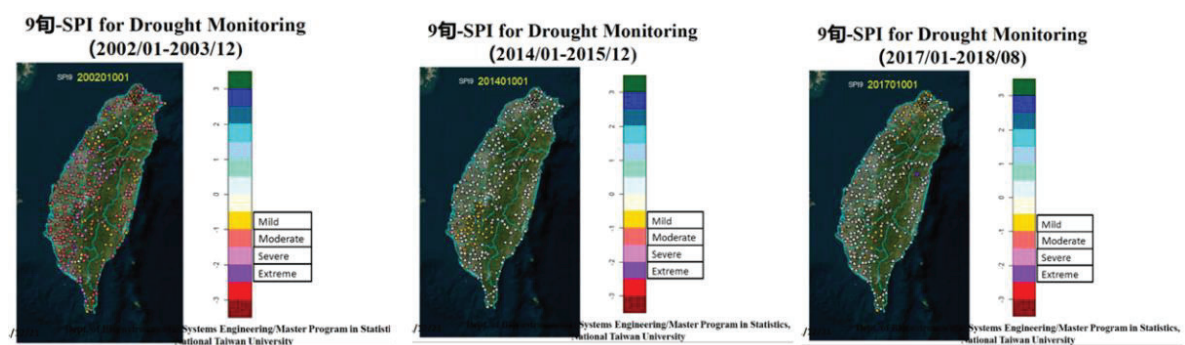
สหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 3- 13 SPI สำหรับการเฝ้าระวังภัยแล้ง สหรัฐอเมริกา

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

ประเทศไต้หวัน



ภาพที่ 3- 14 SPI สำหรับการเฝ้าระวังภัยแล้ง ไต้หวัน

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

Variable-scale SPI

- เริ่มต้นด้วย 1-TDP SPI สำหรับการตรวจจับภัยแล้ง
- ภัยแล้งเริ่มตรวจพบโดย 1-TDP SPI

- $1\text{-TDP SPI} < -0.5$
- temporal resolution จะเพิ่มขึ้นตามลำดับเท่าที่ความแห้งแล้งยังคงดำเนินอยู่

Variable-scale SPI

Drought onset. Drought is first detected at the j -th TDP.

	j	$j+1$	$j+2$	$j+3$
j TDP	■			
$j+1$ TDP	■	■		
$j+2$ TDP	■	■	■	
$j+3$ TDP	■	■	■	■

SPI1
SPI2
SPI3
SPI4

Progressive drought
SPI scale varies from
1 TDP to 4 TDPs.

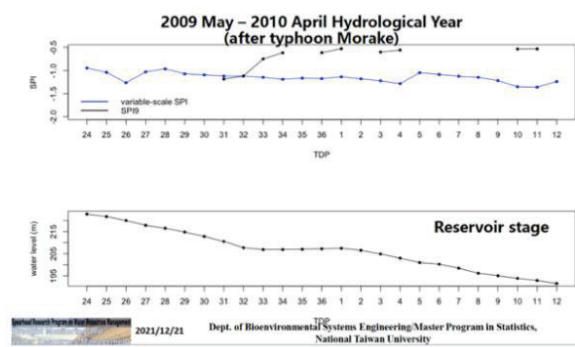
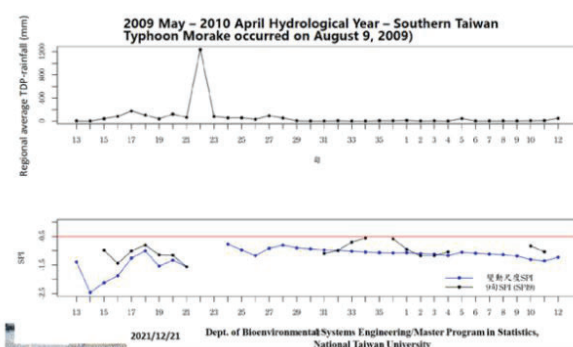
ภาพที่ 3- 15 Variable-scale SPI

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

แรงจูงใจและวัตถุประสงค์

- จัดทำระบบเฝ้าระวังภัยแล้งและเตือนภัยล่วงหน้า
- ใช้แบบจำลอง Markov model
- การจำลองปริมาณน้ำฝน spatiotemporal Stochastic

สร้างปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่จำนวนมาก การรับรู้แต่ละครั้งแสดงถึงปัญหาวิทยาของชุด SPI แบบหลายพื้นที่



ภาพที่ 3- 16 SPI แบบหลายพื้นที่

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

ระบบตรวจสอบภัยแล้งแบบ Variable-Scale SPI

- สถานีฝนอัตโนมัติเกือบ 300 CWB
- การตรวจสอบภัยแล้งสำหรับ 3 ระดับภูมิภาค (regional scales)
 - เขตภูมิอากาศ (Climate regions)
 - พื้นที่ประปา (Water supply regions)
 - ลุ่มน้ำอ่างเก็บน้ำ (Reservoir watersheds)
- สร้างระบบเฝ้าระวังภัยแล้งโดยใช้ R Shiny ทั้งนี้ ระบบมีการปรับปรุงเป็นประจำ

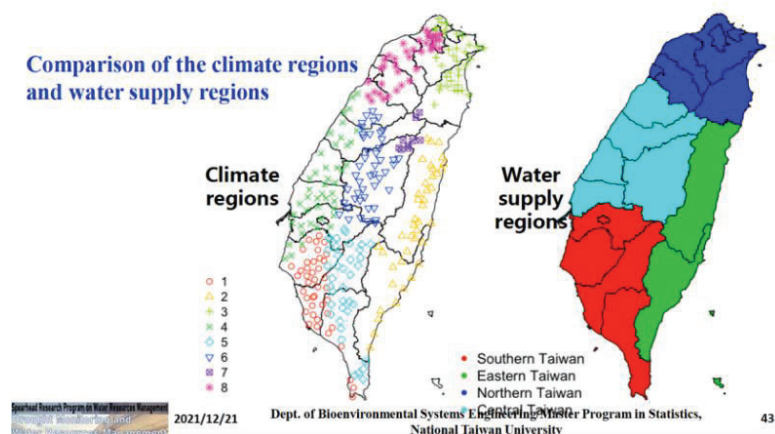
ประเทศไต้หวัน ประกอบด้วยลักษณะ ดังนี้

1 สภาพภูมิอากาศ

- แบ่งเป็น 8 สภาพภูมิอากาศ
- การวิเคราะห์ K-means Cluster
- ปัจจัย: lon, lat, alt,
mean/sd ของปริมาณน้ำฝนรายปี
ค่าเฉลี่ยวันฝนตกในฤดูฝนและฤดูแล้ง

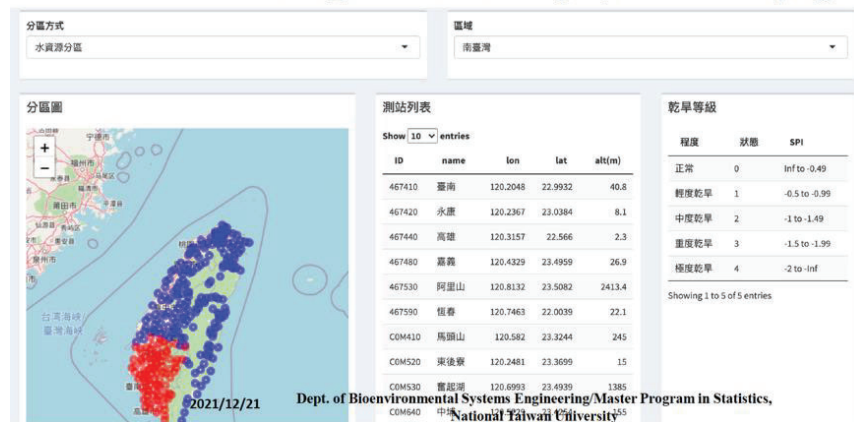
2. ทรพยากรน้ำ

- แบ่งเป็น 4 เขต
- อยู่ภายใต้สำนักงานทรัพยากรน้ำ
- พื้นที่ประกอบด้วย ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ ภาคกลาง



ภาพที่ 3- 17 สภาพภูมิอากาศ และลักษณะพื้นที่ ประเทศไต้หวัน
ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

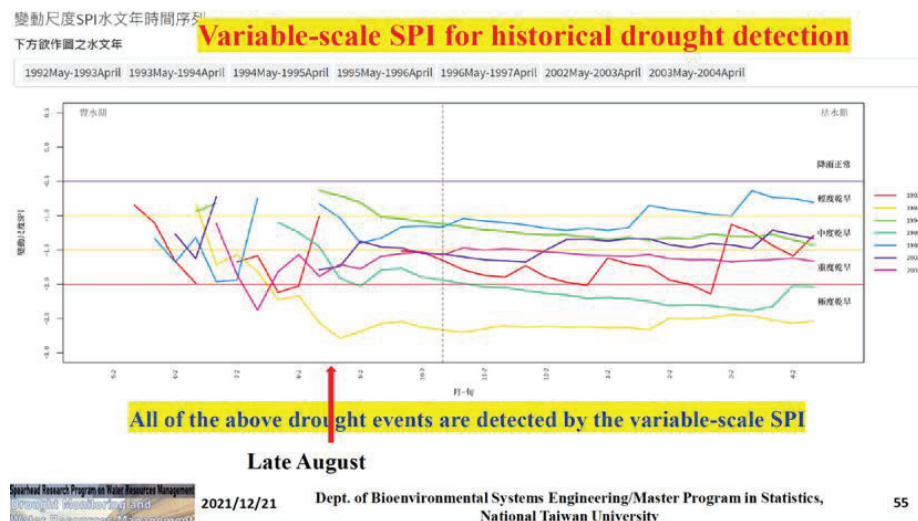
Variable-scale drought monitoring system webpage



ภาพที่ 3- 18 Webpage การติดตามภัยแล้ง ประเทศไต้หวัน

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

เหตุการณ์ภัยแล้งใน เขตชลประทาน Jianan 1992 – 2004 ใช้ Variable-scale SPI for historical drought detection



ภาพที่ 3- 19 การติดตามภัยแล้ง ประเทศไต้หวัน

ที่มา Ke-Sheng Cheng, National Taiwan University, September 2021

สรุป

- Variable-scale SPI สามารถเป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการติดตามภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า
- สามารถทราบระยะเวลาและความรุนแรงของเหตุการณ์ภัยแล้งแต่ละรายการได้

- ทำการจำลองแบบ stochastic spatiotemporal ของปริมาณน้ำฝน TDP แบบหลายพื้นที่เพื่อสร้างการรับรู้ TDP จำนวนมาก ผลที่ได้ สามารถนำไปใช้ในการประเมินความน่าจะเป็นของภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นได้

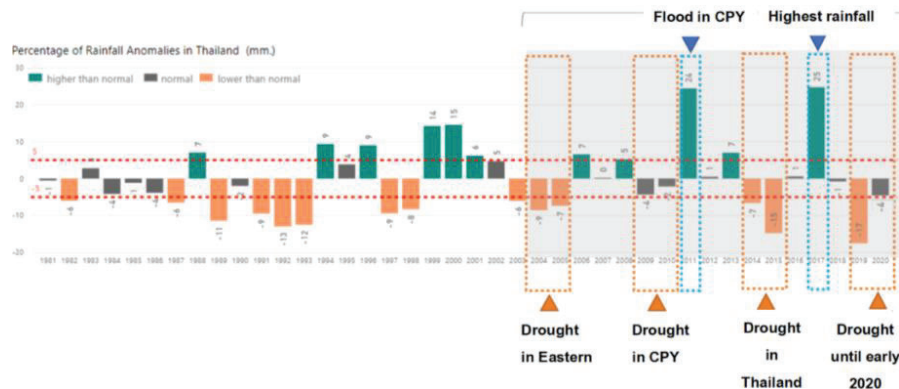
4. Integration of Water Resources Management for Drought Mitigation โดย Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ

1. ความเป็นมา

ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน : ปิง วัง ยม และน่าน ในภาคเหนือของประเทศไทย

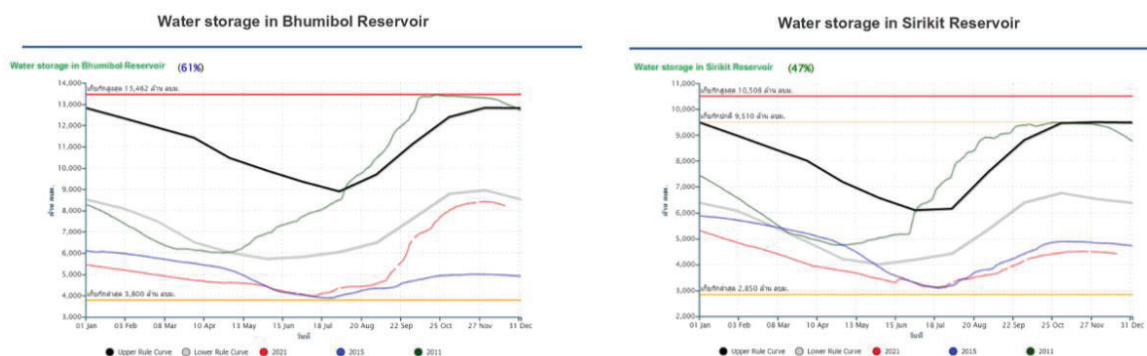
ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง : เจ้าพระยา สะแกกรัง และแม่น้ำป่าสัก

Rainfall Anomalies in Thailand



<http://www.thaiwater.net/uploads/contents/current/YearlyReport2020/highlight.html>

ภาพที่ 3- 20 เหตุการณ์ภัยแล้ง และน้ำท่วม ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021



ภาพที่ 3- 21 ปริมาณน้ำ เขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์
ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

2.วัตถุประสงค์

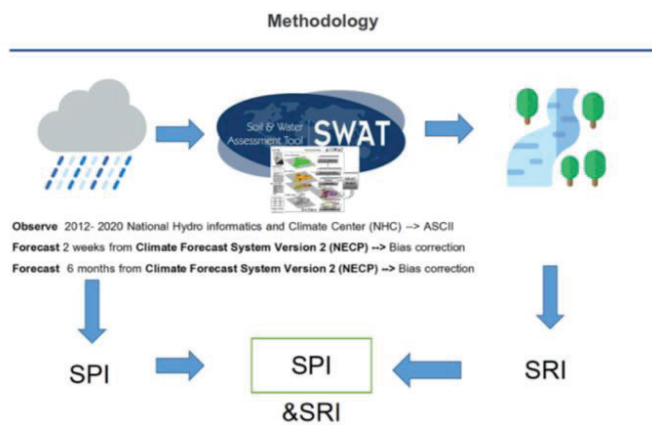
1. เพื่อจัดทำดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมสำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำ
2. เพื่อบูรณาการการลดความเสียหายจากภัยแล้ง

3.วิธีการศึกษา

- การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการจำลองปริมาณน้ำท่า
- การใช้แบบจำลอง SWAT อาศัยการวิเคราะห์ Standardized Precipitation Index (SPI)
- ในงานศึกษาใช้ Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Runoff

Index (SRI)

- ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยราย 3 เดือน

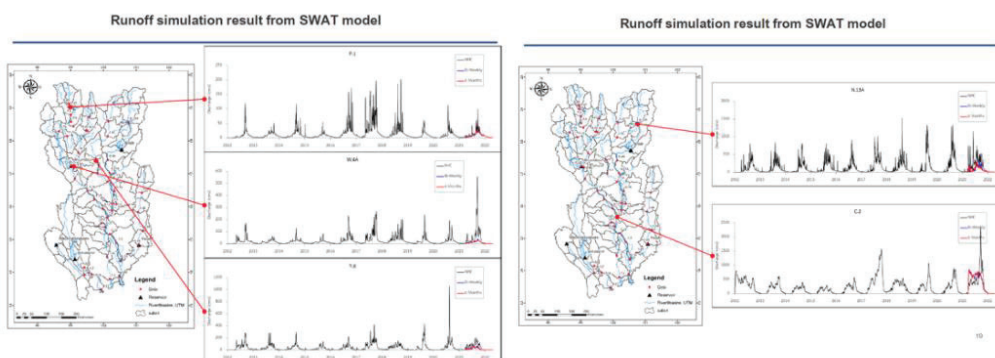


ภาพที่ 3- 22 วิธีการศึกษา SPI และ SRI

ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

4.ผลการศึกษา

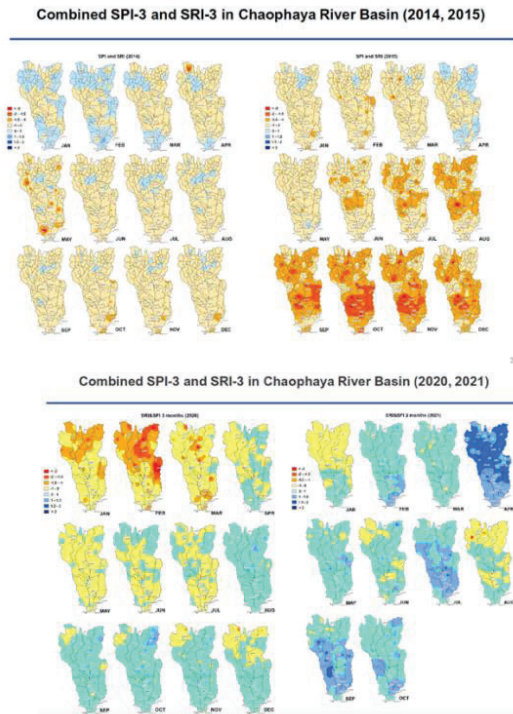
1. ปริมาณน้ำท่าจาก SWAT Model



ภาพที่ 3- 23 SWAT Model calibration results

ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

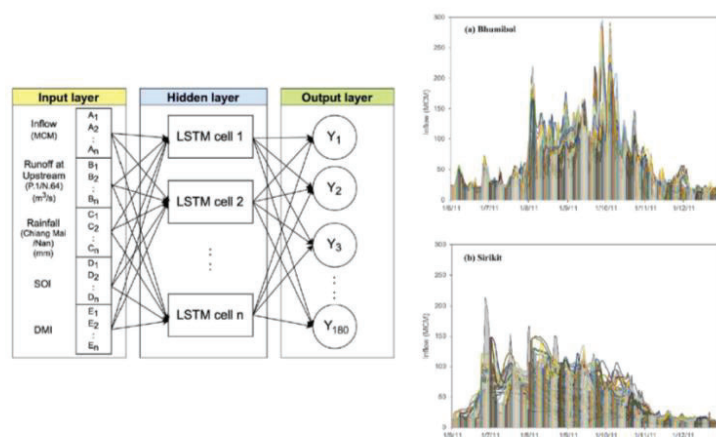
2. SPI ราย 3 เดือน และ SRI ราย 3 เดือน ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปี 2014,2015 และ 2020,2021



ภาพที่ 3- 24 SPI และ SRI ราย 3 เดือน พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

3. Deep Learning for inflow forecast

Deep Learning for inflow forecast



ภาพที่ 3- 25 Deep Learning for inflow forecast พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา
ที่มา Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ, September 2021

5. ข้อสรุป

ภัยแล้งจะรุนแรงขึ้น

- เพิ่มความพร้อม (เช่น การติดตาม พยากรณ์)
- การวิเคราะห์หลายแบบจำลอง (สภาพอากาศ อุทกวิทยา) ที่จำเป็นสำหรับการพยากรณ์
- พิจารณาถึงอันตรายหลายประการของการจัดการทรัพยากรน้ำ

3.2 การบริหารจัดการเขื่อน

1. Challenges on Flood and Sediment Management of dams under changing climate in Japan โดย Tetsuya SUMI หน่วยงาน Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

“ความท้าทายในงานบริหารเขื่อนเพื่อการจัดการอุทกภัยและตะกอนจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอากาศในประเทศญี่ปุ่น (Challenges on Flood and Sediment Management of Dams under Changing Climate in Japan)” มี 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) แผนปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยอย่างเร่งด่วนและการบริหารเขื่อนที่มีประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัยรุนแรง (Urgent Action Plan to Safe and Effective Dam Operation to Cope with Extreme Flood Events) (2) การเพิ่มมาตรการในการบรรเทาอุทกภัยและการจัดการตะกอนในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในอนาคต (Increase Flood Mitigation Function and Sediment Management for Reservoir Sustainability) และ (3) การขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์จากข้อมูลฝนในการบริหารจัดการอุทกภัยและตะกอน (Rainfall Driven Optimization of Flood and Sediment Management)

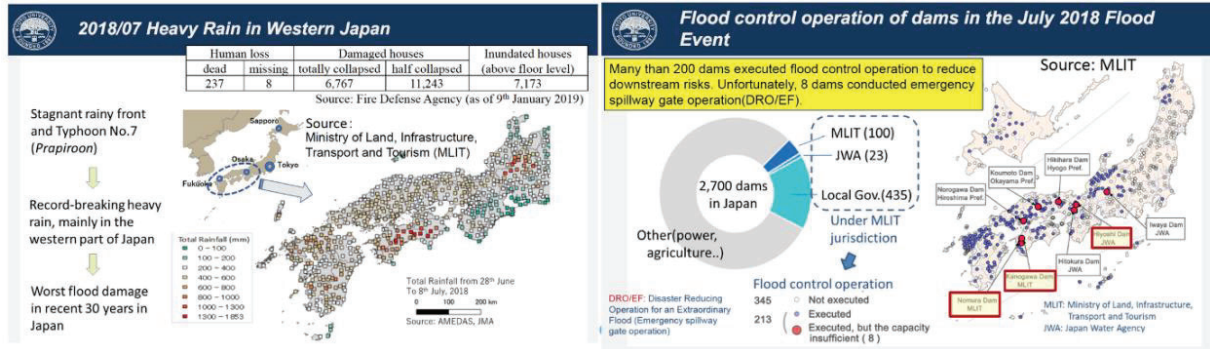
ความท้าทายในงานบริหารเขื่อน แบ่งเป็น 3 ประเด็น ได้แก่

- | | |
|-------------------|---|
| 1. อุทกภัย | แผนปฏิบัติการเร่งด่วนเพื่อดำเนินการสร้างเขื่อนอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัยที่รุนแรง |
| 2. ปรับปรุงเขื่อน | เพิ่มฟังก์ชันการบรรเทาอุทกภัยและการจัดการตะกอนเพื่อความยั่งยืนของอ่างเก็บน้ำ |
| 3. ความท้าทายใหม่ | การเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการปริมาณน้ำฝนในการจัดการน้ำท่วมและตะกอน |

1. อุทกภัย แผนปฏิบัติการเร่งด่วนเพื่อดำเนินการสร้างเขื่อนอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัยที่รุนแรง

ในปี 2018/07 เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในภาคตะวันตกของประเทศญี่ปุ่น สร้างความเสียหายที่รุนแรงที่สุดในรอบ 30 ปี

เขื่อนมากกว่า 200 แห่งได้ดำเนินการควบคุมอุทกภัยเพื่อลดความเสี่ยงภัยน้ำ มีเพียงเขื่อน 8 แห่งที่ดำเนินการประจักษ์บายน้ำฉุกเฉิน (DRO / EF)



ภาพที่ 3- 26 เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในภาคตะวันตก ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

ตัวอย่างกรณีปฏิบัติการควบคุมน้ำท่วม - เขื่อน Nomura

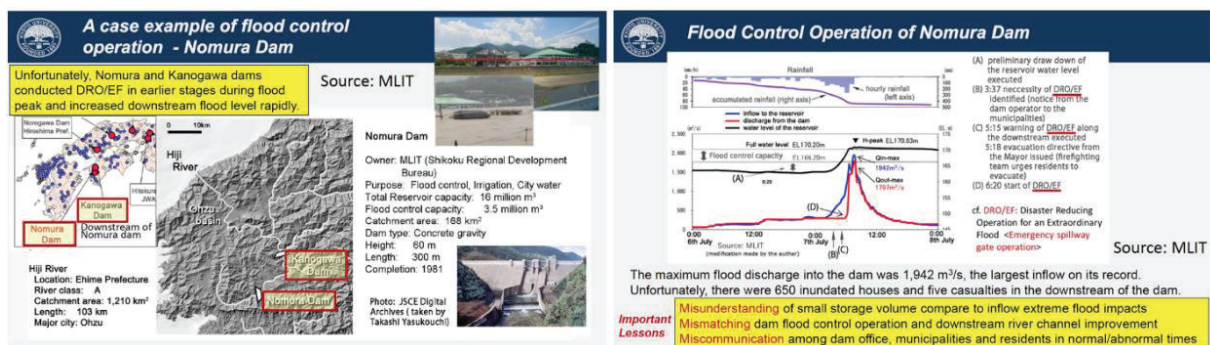
เขื่อน Nomura และเขื่อน Kanogawa ได้ดำเนินการ DRO/EF ในระยะแรกๆ ในช่วงที่น้ำท่วมสูงสุดและระดับน้ำท่วมด้านท้ายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ปฏิบัติการควบคุมน้ำท่วมของเขื่อน Nomura

ปริมาณน้ำท่วมเขื่อนสูงสุด 1,942 m³/s ซึ่งเป็นปริมาณน้ำไหลเข้ามากที่สุดในประวัติศาสตร์ โดยมีบ้านที่ถูกน้ำท่วม 650 หลังและมีคนเสียชีวิต 5 คนในช่วงปลายน้ำของเขื่อน

บทเรียนสำคัญ

- ความเข้าใจคลาดเคลื่อน เกี่ยวกับปริมาณการจัดเก็บขนาดเล็กเมื่อเทียบกับผลกระทบน้ำท่วมที่รุนแรง
- ปฏิบัติการควบคุมน้ำท่วมเขื่อนที่ไม่ตรงกันและการปรับปรุงช่องแม่น้ำปลายน้ำ
- การสื่อสารที่ผิดพลาดระหว่างสำนักงานเขื่อน เทศบาล และผู้อยู่อาศัยในช่วงเวลาปกติ/ผิดปกติ



ภาพที่ 3- 27 ตัวอย่างกรณีปฏิบัติการควบคุมน้ำท่วม - เขื่อน Nomura ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

2. ปรับปรุงเขื่อน เพิ่มฟังก์ชันการบรรเทาอุทกภัยและการจัดการตะกอนเพื่อความยั่งยืนของอ่างเก็บน้ำ

วิธีป้องกัน DRO/EF (การทำงานของประตูระบายน้ำฉุกเฉิน)

- ใช้การพยากรณ์สภาพอากาศ/ปริมาณน้ำฝนเพื่อควบคุมอุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- เพิ่มความสามารถในการควบคุมน้ำท่วมโดยการปล่อยเบี่ยงต้นจากอ่างเก็บน้ำ
- เปลี่ยนกฎการดำเนินการควบคุมน้ำท่วมเพื่อประหยัดปริมาณการจัดเก็บ

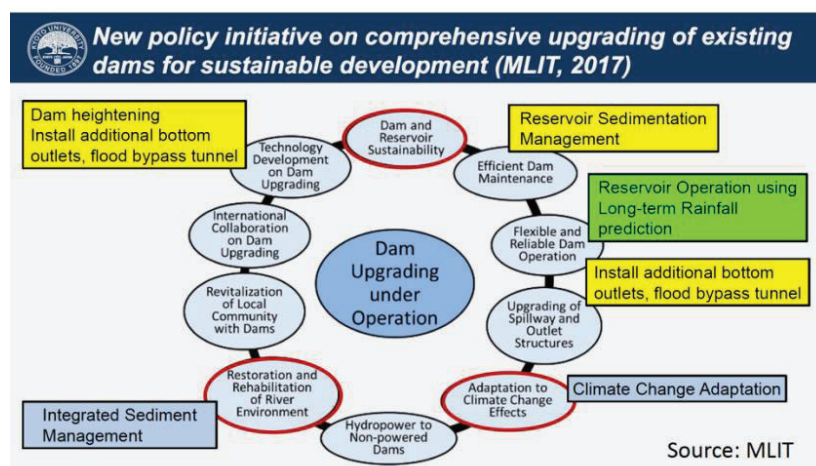
วิธีปรับปรุงการรับรู้ของประชาชนต่อความเสี่ยงจากน้ำท่วมรุนแรง

- ให้ระดับน้ำท่วมที่เป็นไปได้ในกรณีของ DRO/EF
- ปรับปรุงการสื่อสารความเสี่ยงระหว่างสำนักงานเขื่อนและเทศบาล

DRO/EF: Disaster Reducing Operation for an Extraordinary Flood (Emergency spillway gate operation)

หลักการดำเนินงาน 3 ประการ โดย MLIT

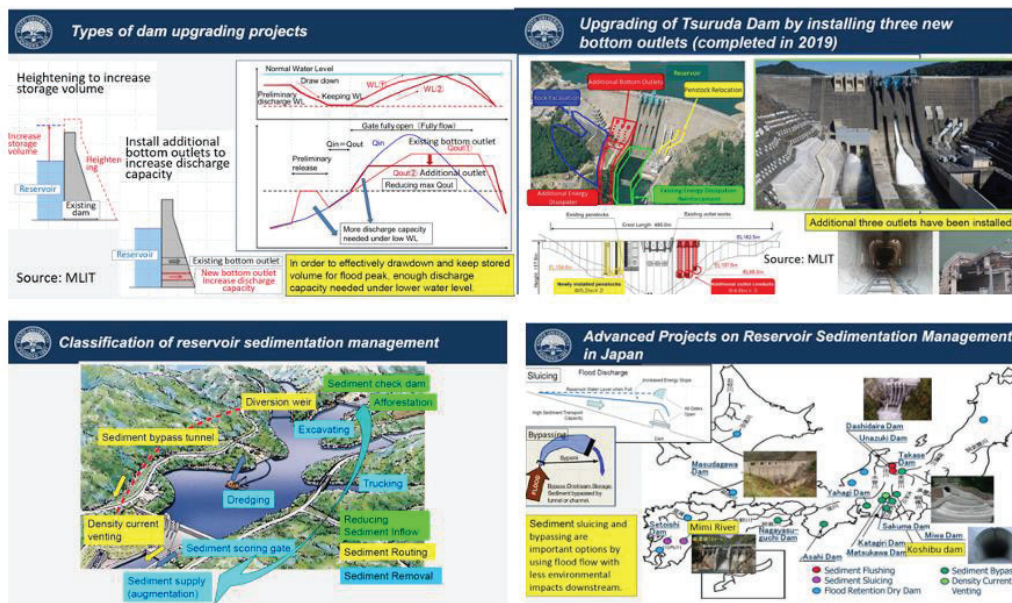
- ส่งเสริมทั้งมาตรการเชิงโครงสร้าง เช่น การยกระดับเขื่อนที่มีอยู่ และมาตรการที่ไม่ใช่เชิงโครงสร้าง เช่น การดำเนินการปล่อยน้ำทิ้งเบี่ยงต้นเพื่อใช้ความสามารถในการใช้น้ำเพื่อควบคุมอุทกภัย
- ส่งเสริมมาตรการในวงกว้างและครอบคลุม รวมทั้งงานปรับปรุงแม่น้ำบริเวณปลายน้ำเขื่อน การจัดการการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำ
- ส่งเสริมกิจกรรมการอพยพด้วยตนเองตามข้อมูลความเสี่ยงที่ได้รับจากสำนักงานปฏิบัติการเขื่อน



ภาพที่ 3- 28 การยกระดับเขื่อน

ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

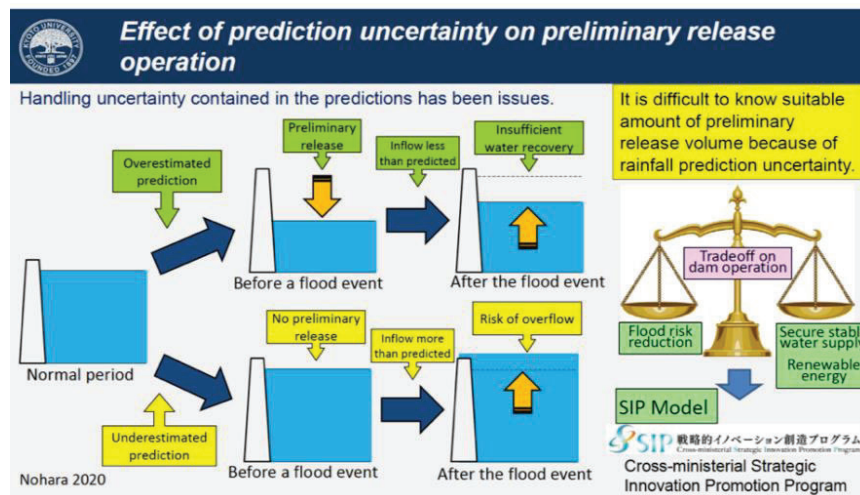
การจัดการการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 3- 29 เหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในภาคตะวันตก ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

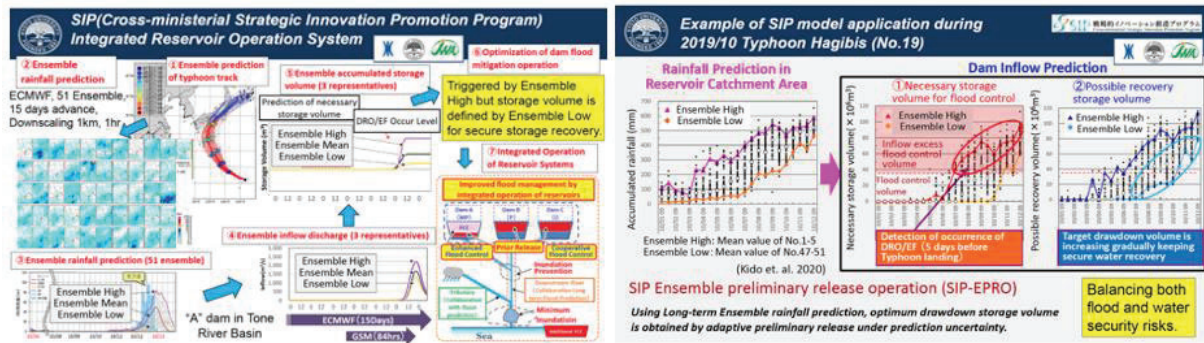
3. ความท้าทายใหม่

1. Effect of prediction uncertainty on preliminary release operation



ภาพที่ 3- 30 Effect of prediction uncertainty on preliminary release operation
ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

2. SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) Integrated Reservoir Operation System



ภาพที่ 3- 31 SIP Integrated Reservoir Operation System
ที่มา Tetsuya SUMI, Kyoto University, September 2021

สรุป

ปริมาณฝนตก ทำลายสถิติ โดยฝนที่รุนแรงซึ่งมีเขตฝนเป็นเส้นตรง (extreme rainy front with linear precipitation zone) และซูเปอร์ไต้ฝุ่น ทำให้เกิดความเสียหายจากอุทกภัยร้ายแรงในญี่ปุ่น

- เนื่องจากปริมาณการจัดเก็บที่จำกัด การปรับปรุงเขื่อนและการจัดการแบบบูรณาการจึงควรดำเนินการเพื่อรักษาฟังก์ชันการบรรเทาอุทกภัยโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำเพื่อความยั่งยืนของอ่างเก็บน้ำ

- ในโครงการ JASTIP เราได้เริ่มความร่วมมือด้านการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการอุทกภัยและตะกอน เพื่อปรับปรุงการทำงานของเขื่อน รวมถึงการใช้ประโยชน์จากการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับการปรับปรุง

2.3 Real-Time Reservoir Operation for Drought Management Considering Operation Ensemble Predictions of Precipitation in Japan, KaTRIS โดย Daisuke NOHARA, September 14, 2021

Dr. Daisuke Nohara วิทยาการและนักวิจัยจากสถาบันการวิจัยเชิงเทคนิค ประเทศญี่ปุ่น ได้นำเสนอในหัวข้อ “การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เวลาจริงปัจจุบันเพื่อการจัดการภัยแล้ง โดยพิจารณาจากข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าในประเทศญี่ปุ่น (Real-Time Reservoir Operation for Drought Management Considering Operational Ensembles Predictions of Precipitation in Japan)” โดยเนื้อหาการนำเสนอได้กล่าวถึงความสำคัญของการบริหารเขื่อนและอ่างเก็บน้ำที่เวลาจริงปัจจุบัน และการนำข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้าทั้งระยะกลางและระยะยาว (Mid-Term and Long-Term Operational Ensemble Predictions of Precipitation) มาประกอบการพิจารณาในงานบริหารเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ รวมทั้งได้นำเสนอถึงแนวทางการนำข้อมูลฝนพยากรณ์ล่วงหน้ามาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยได้ทำการพัฒนาแบบจำลองฝน-น้ำท่า Hydro-

BEAM (Hydrological River Basin Environment Assessment Model) ซึ่งเป็นลักษณะ Distributed Model ตลอดจนทำการพัฒนาแบบจำลองการหาค่าที่ดีที่สุด เพื่อกำหนดการระบายน้ำที่เหมาะสมรายวันที่ยังเน้นการลดความเสียหายจากภัยแล้งให้น้อยที่สุดด้วยเทคนิค Stochastic Dynamic Programming (SDP) และเทคนิค Sampling Stochastic Dynamic Programming (SSDP) ในการนำเสนอได้ยกตัวอย่างกรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำ Sameura แม่น้ำ Yohino ในประเทศญี่ปุ่น และประสิทธิผลในการบริหารจัดการน้ำ

1. ข้อมูลทั่วไป

ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำแบบเรียลไทม์

- มีบทบาทสำคัญในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการควบคุมความผันผวนของการปล่อยน้ำในแม่น้ำ

- ข้อมูลล่าสุดเกี่ยวกับสภาพอุทกวิทยาในอนาคตที่คาดหวังของกลุ่มน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการตัดสินใจในแต่ละวันอย่างมีประสิทธิภาพในการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ แม้ว่าแนว seasonal operation มักจะกำหนดโดย operation rules

- การคาดการณ์อุทกวิทยาตามเวลาจริง
- การจัดการความไม่แน่นอนที่มีอยู่ในการพยากรณ์

ชุดปฏิบัติการพยากรณ์อุทกวิทยา (Operational ensemble hydrological forecasts)

- หน่วยงานมีการคาดการณ์อุทกวิทยาในการปฏิบัติงานต่างๆ ซึ่งรวมถึงการคาดการณ์อุทกวิทยา (ensemble hydrological predictions, EHPs)

- EHP ประกอบด้วยลำดับที่คาดการณ์ไว้หลายชุดโดยมีเงื่อนไขเริ่มต้นต่างกันเพื่อพิจารณาผลของการเติบโตของข้อผิดพลาดเริ่มต้นในขอบเวลา

- รวมข้อมูลเกี่ยวกับความไม่แน่นอนซึ่งสามารถประมาณได้ โดยพิจารณาการแพร่กระจายของการพยากรณ์ในแต่ละภาคตัดขวางเวลาที่คาดการณ์

- พิจารณานำการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำ

2. วัตถุประสงค์

การดำเนินงานอ่างเก็บน้ำตามเวลาจริงโดยพิจารณาจากการคาดการณ์ชุดปฏิบัติการระยะยาวและระยะกลางของปริมาณน้ำฝนในญี่ปุ่น

พิจารณาการปฏิบัติการด้านปริมาณน้ำ (การจัดการภัยแล้ง)

- สำหรับอ่างเก็บน้ำในญี่ปุ่น
- การทำนายปริมาณน้ำฝนในการปฏิบัติงาน 2 ช่วง ได้แก่:

One-week Ensemble Prediction (EPSW)

One-month Ensemble Prediction (EPS1) โดย Japan Meteorological Agency (JMA)

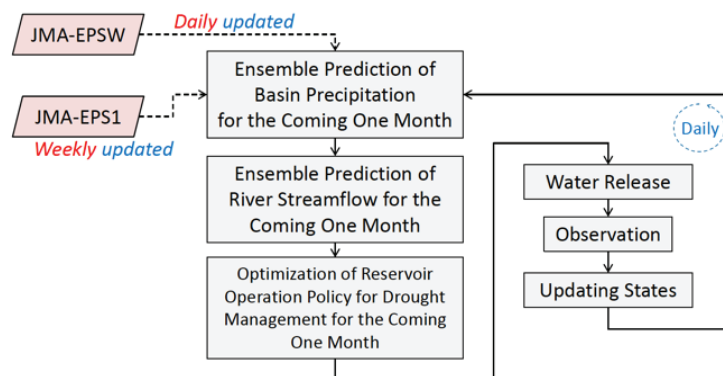
- การปรับปรุงการปฏิบัติการรายวันของอ่างเก็บน้ำสำหรับการจัดการภัยแล้ง โดยพิจารณาจากทั้งสถานการณ์ทางอุทกวิทยาที่คาดการณ์ไว้โดย EPSW และ EPS1

EPS สำนักอุตุนิยมวิทยาญี่ปุ่น (JMA) จัดทำชุดปฏิบัติการคาดการณ์ฝนสองชุด

ตารางที่ 3.1 ชุดปฏิบัติการคาดการณ์ฝน EPSW และ EPS1

	One-month Ensemble Forecast (EPS1)	One-week Ensemble Forecast (EPSW)
Lead time	33 days	192 hours (8 days) (264 hours since March 2013)
Spatial Coverage	Global	Japan Area
Spatial Resolution	2.5 degrees grid	1.25 degrees grid
Temporal Resolution	1 day	6 hours
Frequency of prediction	7 days	1 day
Number of ensemble members	50	51

3. กรอบแนวคิด



4. กรณีศึกษา Sameura Reservoir, the Yoshino River, ประเทศญี่ปุ่น

CASE STUDY

Sameura Reservoir, the Yoshino River, Japan

Assumed Operation : Water supply (Daily operation)

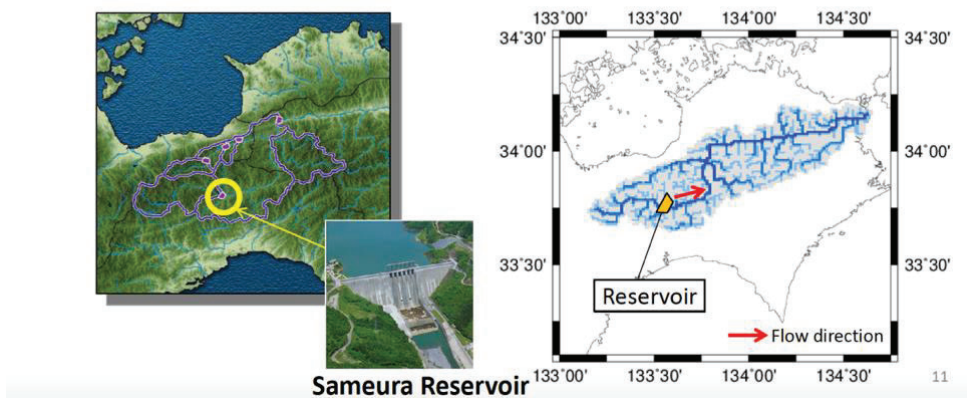
Objective: Water use (Minimization of water deficit at assessed point)

Applied Period: 2007-2010 (Severe droughts observed in 2007, 2008 and 2009)

Storage (for water use): 173,000,000 m³

Catchment area: 472 km²

It was assumed that the assessed point of river flow located just downstream the reservoir → Only the inflow prediction was considered



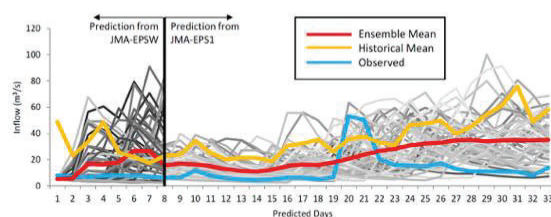
ภาพที่ 3- 33 กรณีศึกษา Sameura Reservoir, the Yoshino River ประเทศญี่ปุ่น
ที่มา Daisuke NOHARA, September 2021

5. ผลการศึกษา

1. Ensemble Inflow Prediction

RESULTS: ENSEMBLE INFLOW PREDICTION

Example of ensemble inflow prediction (estimated on 31st May 2007)

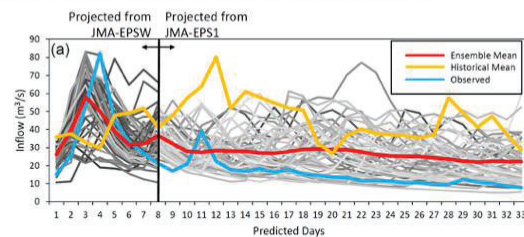


- Ensemble inflow prediction could estimate the tendency of low inflow condition
- Ensemble mean prediction tended to provide better estimation of inflow than historical mean inflow

KAJIMA

RESULTS: ENSEMBLE INFLOW PREDICTION

Example of ensemble inflow prediction (estimated on 19th June 2008)

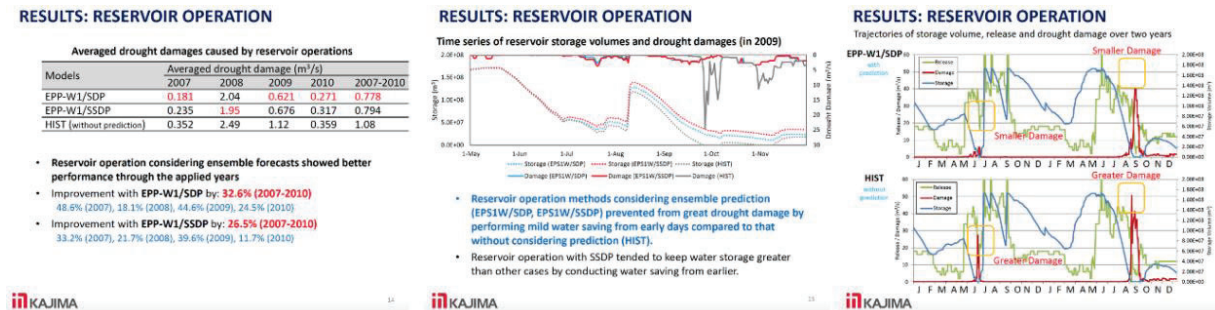


- One-week Ensemble Forecast could estimate high inflow in the coming week in some cases

KAJIMA

ภาพที่ 3- 34 ผลการศึกษา Ensemble Inflow Prediction
ที่มา Daisuke NOHARA, September 2021

2. Reservoir Operation



ภาพที่ 3- 35 ผลการศึกษา Reservoir Operation

ที่มา Daisuke NOHARA, September 2021

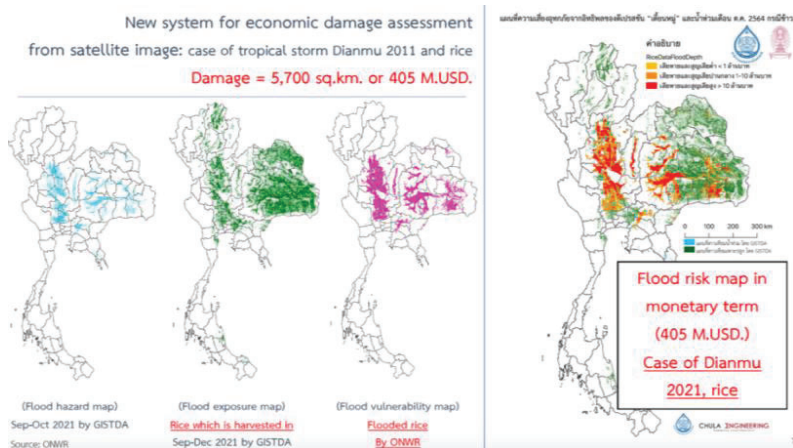
6. ข้อสรุป

- การคาดการณ์ชุดปฏิบัติการ 1 เดือนและ 1 สัปดาห์ของ JMA เกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนถูกนำมาใช้กับการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำแบบเรียลไทม์สำหรับการจัดการภัยแล้ง
- การพยากรณ์การไหลเข้าของน้ำในเดือนหน้า ประเมินโดยใช้ Hydro-BEAM ซึ่งเป็นแบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า
- การพิจารณาการคาดการณ์อุทกวิทยาทั้งระยะยาวและระยะกลางปรับปรุงการปฏิบัติการของอ่างเก็บน้ำสำหรับการจัดการภัยแล้ง

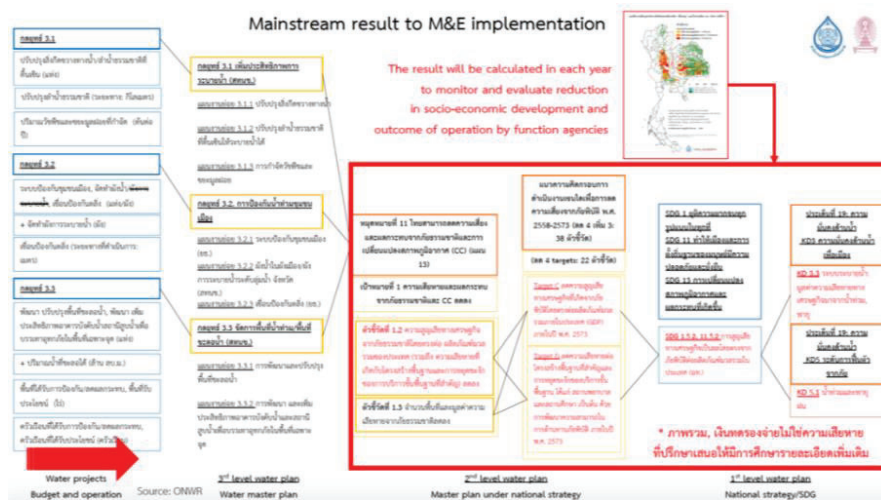
3.3 การบริหารจัดการน้ำ

3. Water Management under Risk Mapping โดย Asst. Prof. Pongsak Suttinon, Chulalongkorn University

การจัดการน้ำภายใต้แผนที่ความเสี่ยง (Risk Mapping) กรณีศึกษา ประเทศไทย



ภาพที่ 3- 36 อุทกภัย การประเมินความเสียหาย ภายใต้แผนที่ความเสี่ยง
ที่มา Pongsak SUTTINON, Chulalongkorn University, September 2021



ภาพที่ 3- 37 นโยบาย แผนยุทธศาสตร์ ภัยพิบัติด้านน้ำ
ที่มา Pongsak SUTTINON, Chulalongkorn University, September 2021



Issue	FPO: Fiscal Policy Office (survey)	ONWR (satellite image)
Source of input data	Survey report: disaster impact in agriculture sector: Ministry of Agriculture and Cooperatives (MOAC)	Model result: satellite image (flooded area and rice cropped area) from GISTDA
Flooded-rice area	3,284,092 rai or 5,255 sq.km.	3,542,285 rai or 5,668 sq.km.
Damage	10,222 M.TH.B. or 307 M.USD.	13,662 ล้านบาท or 410 M.USD.
Period	1 Sep - 5 Dec 2021	1 Sep - 23 Dec 2021
Data	Average rice price: 7500 THB./ton or 225 USD./ton Per ton (OAE)	Actual rice price classified by each rice type (White, Sticky, Hommali rice), each province (OAE)
tropical storm	Dianmu	Lion Rock, heavy rainfall

ที่มา: รายงานผลกระทบสถานการณ์น้ำท่วมปี 2564 ต่อเศรษฐกิจไทย ณ วันที่ 8 ตุลาคม 2564 โดย สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง กระทรวงการคลัง
Source: ONWR

ภาพที่ 3- 38 เปรียบเทียบผล กรณีพายุ Dianmu

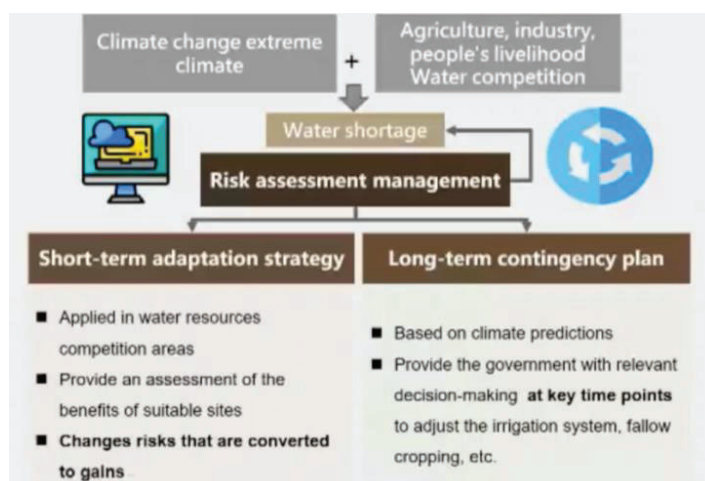
ที่มา Pongsak SUTTINON, Chulalongkorn University, September 2021

3.4 การเพาะปลูก

1. Optimal irrigation and cropping planning- Taoyuan irrigation area โดย Yu-Pin Lin, Associate Dean, College of Bioresources & Agriculture, National Taiwan University

1) ความเป็นมา

ไต้หวัน เผชิญกับสภาวะแล้งในช่วงสองสามปีที่ผ่านมา ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร และการผลิต ผลผลิตทางเกษตร จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และมาตรการจาก cop26 ไต้หวัน จำเป็นต้องมีนโยบายรองรับต่อผลกระทบ การปรับตัวในเชิงนโยบายและแผนด้านเกษตร

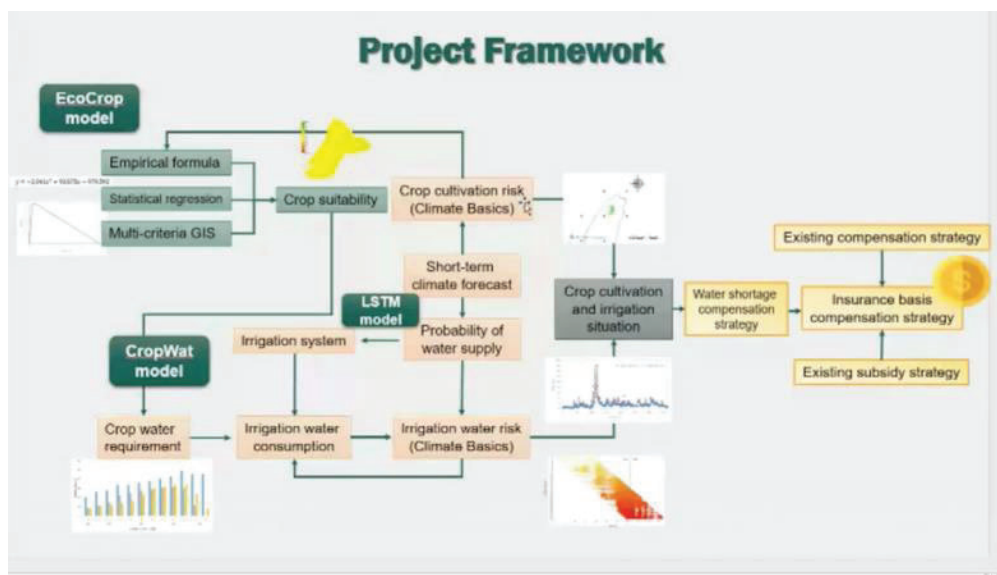


ภาพที่ 3- 39 การจัดการความเสี่ยงด้วยกลยุทธ์ระยะสั้น และระยะยาว

ที่มา Yu-Pin Lin, National Taiwan University, September 2021

2) การดำเนินงาน

ในการศึกษาใช้โมเดล EcoCrop เพื่อศึกษาความเสี่ยงของพืชแต่ละชนิด และใช้โมเดล CropWat เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ ในงานศึกษาประกอบด้วยพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว ถั่วเหลือง มันฝรั่ง และมันเทศ ใช้การคำนวณใช้ข้อมูลในอดีต ปี 2004, 2015, 2020 ในงานศึกษาได้มีการคำนวณความเสี่ยงของพืช (Crop risk) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และมีการทดลองนำระบบ sensor/iot ไปใช้ในโครงการชลประทานร่วมกับบริษัทเอกชน



ภาพที่ 3- 40 กรอบการดำเนินงาน

ที่มา Yu-Pin Lin, National Taiwan University, September 2021

3) ผลการศึกษา

จากการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า

- ชนิดพืช /ระบบการเพาะปลูกที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ มันเทศ และถั่วเหลือง
- มันเทศมีความเหมาะสมในการเพาะปลูก สามารถลดความเสี่ยงจากปริมาณน้ำ และในกรณีปลูกข้าวสลับกับถั่วเหลือง โดยปรับปริมาณน้ำให้เหลือเพียง 65 % จะเห็นได้ว่าความเสี่ยงลดลง สามารถลดความเสี่ยงจากการใช้น้ำชลประทาน
- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตของการเกษตร โดยเฉพาะข้าว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน มีความจำเป็นต้องทบทวนระบบการปลูกพืช เพื่อลดผลกระทบและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรในเวลาเดียวกัน

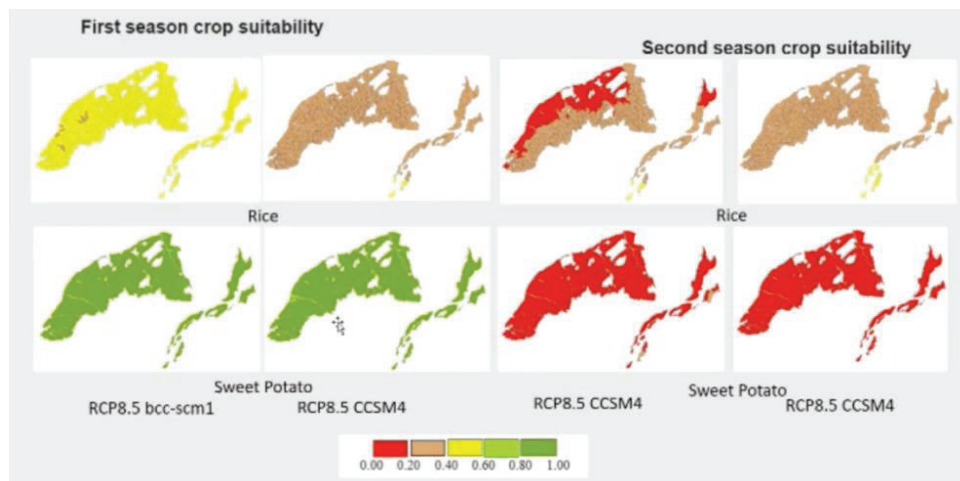
-การศึกษาได้นำข้อมูลสภาพอากาศ อุณหภูมิ (สูง เฉลี่ย ต่ำ) ระเหย (สูง เฉลี่ย ต่ำ) ฝน (สูง เฉลี่ย ต่ำ) มาจำลอง การปลูกพืช (ข้าว) และปริมาณน้ำที่มี พบว่า จะเกิดพื้นที่ประสบภัยเพิ่มขึ้น

-การศึกษาได้พิจารณา หาพืชทดแทนที่เหมาะสม กับปริมาณน้ำ อุณหภูมิ การระเหย ดิน และราคาพืชผล พบว่า นอกจากข้าวแล้ว จะมีถั่ว และมันเทศ สามารถปลูกได้ในสภาพอากาศในอนาคต จึงได้จำลองการปลูกพืชในอนาคต พบว่า ทั้งประเทศในหน้าฝนควรปลูกข้าว 84 % และปลูกถั่ว 16 % หน้าแล้งควรปลูกเป็นมันเทศทั้งหมด เพื่อรองรับกับสภาพน้ำและรายได้ของเกษตรกรในอนาคตได้ จึงเสนอนโยบายการให้ปรับปรุงระบบประกันให้ครอบคลุมพืชแซมและทดแทนต่อการแกว่งตัวของสภาพอากาศจากค่าเฉลี่ย และเงินชดเชยในกรณีสภาพอากาศรุนแรง

- จากกรอบแนวทางของโมเดล EcoCrop แสดงให้เห็นถึงพืชที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาจากสภาพภูมิอากาศในอดีต เช่น อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน นอกจากนี้ ในงานศึกษานี้ยังตรงกับระบบการเพาะปลูก และกลยุทธ์ที่ใช้ในท้องถิ่น

- การประเมินความเสี่ยงสำหรับกลยุทธ์ในการเพาะปลูกพืชและการใช้น้ำประสบผลสำเร็จในการหาความเสี่ยงเพื่อการชลประทาน ในการศึกษาไม่เพียงแต่ลดปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก แต่ยังช่วยลดความเสี่ยงจากการใช้น้ำชลประทาน

นอกจากนี้ ในงานศึกษานี้ได้วิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับการกำหนดกลยุทธ์ในการปลูกพืชในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องหรือมีอำนาจในการตัดสินใจ



ภาพที่ 3- 41 ระบบการเพาะปลูกที่เหมาะสม

ที่มา Yu-Pin Lin, National Taiwan University, September 2021

3.5 การปรับตัวของกลุ่มผู้ใช้น้ำชุมชนในไต้หวัน (Community water management in Taiwan)

โดย MingDaw SU, Ph.D., Professor, Department of Bioenvironmental Systems Engineering
National Taiwan University

ได้บรรยายถึงระบบบริหารจัดการน้ำของประเทศไต้หวัน ภายใต้กลุ่มผู้ใช้น้ำ (สมาคม) โครงสร้างระเบียบกฎหมาย เชื่อมโยงหน่วยงานต่างๆ ภารกิจศึกษาและผลการปฏิบัติงาน วิธีจัดการ รวมถึงปัจจัยแห่งความสำเร็จ ปัญหาและแนวโน้มในอนาคตของกลุ่มผู้ใช้น้ำเพื่อรับมือกับผลกระทบที่รุนแรงและ CC โดยโครงสร้างการบริหารจัดการน้ำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มการใช้น้ำและกลุ่มภัยพิบัติจากน้ำ ซึ่งกลุ่มการใช้น้ำ ถ้าเป็นในส่วนน้ำเกษตรจะอยู่ในสภาการเกษตรกรรม นอกจากนั้นจะอยู่ในกรมเศรษฐกิจ ส่วนด้านภัยพิบัติจากน้ำจะอยู่ EPA ซึ่งทั้งหมดนี้จะอยู่ภายใต้คณะรัฐมนตรี และกล่าวถึงสภาพทั่วไปของไต้หวันของพัฒนาการกลุ่มผู้ใช้น้ำในประเทศไต้หวันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในแง่โครงสร้างและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ด้านสมาคมชลประทานที่มีการใช้น้ำ 12 พันล้าน ลบ.ม (~65% ของปริมาณน้ำจัดสรร) มีสมาชิก 1.5 ล้านคน กฎหมายด้านน้ำของไต้หวัน มี 17 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำ กลุ่มผู้ใช้น้ำในเขตชลประทานจะมีพื้นที่ประมาณ 150 เฮกเตอร์ต่อกลุ่ม โดยตัวแทนกลุ่มจะถูกคัดเลือกโดยเกษตรกรในเขตนั่น ๆ ในพันธกิจของสมาคมผู้ใช้น้ำภายใต้กฎหมายต่าง ๆ ที่สำคัญในปัจจุบันคือ Farmland water law 2020 ที่มีการเปลี่ยนแปลงก็คือ 1) การพยายามที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำ โดยการดูแลโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ 2) ไม่ได้จำกัดบทบาทเฉพาะพื้นที่ในเขตชลประทานโดยเกษตรกรทั้งหมด จะต้องได้รับการดูแลอย่างทั่วถึง และ 3) มีการดูแลถึงคุณภาพน้ำมีการติดตามคุณภาพน้ำ สารพิษต่าง ๆ ที่ระบายออกมาจากพื้นที่เกษตรกรรม นี้ ระบบชลประทานของประเทศไต้หวันมีการปรับใหญ่อยู่ 2 รูปแบบ การจัดสรรน้ำในเขตชลประทานมี 2 รูปแบบคือรูปแบบการจัดสรรน้ำแบบรอบเวรโดยจ่ายน้ำจากซ้ายไปขวาให้น้ำไปยังท้ายน้ำค่อยจ่ายมายังต้นน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำที่ต้องส่งเข้าพื้นที่เพาะปลูกและรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนในปีที่ปริมาณฝนน้อยน้ำไม่เพียงพอต่อการปลูกแบบในปีปกติ โดยปลูกข้าวสลับปลูกพืชชนิดอื่นเพื่อลดปริมาณน้ำ

นอกจากนี้กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความสำเร็จด้านการจัดการน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยเรื่องคนเป็นหลักเช่น สมาชิกมาจากเกษตรกรการให้ความร่วมมือรวมถึงการวิจัยและเทคโนโลยีที่มีความร่วมมือกับสถาบันการศึกษา การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเป็นต้น สำหรับความท้าทายของประเทศไต้หวันก็เหมือนกับหลายประเทศในภูมิภาคนี้ เช่น เรื่องการเงิน สิทธิในน้ำของภาคส่วนต่างๆ ที่อาจจะก่อให้เกิดความขัดแย้งในน้ำใช้ การแข่งขันในเรื่องการจัดการน้ำรวมถึงเกษตรกรที่เข้าสู่วัยสูงอายุเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นประเด็นที่คล้ายคลึงกันในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย

สำหรับมาตรการต่าง ๆ ของประเทศไต้หวัน เช่น เรื่องการปลูกพืชใช้น้ำน้อยมูลค่าสูงสลับการปลูกข้าว การประหยัดน้ำในระบบชลประทานโดยการปรับปรุงคลองส่งน้ำ การใช้ระบบน้ำหยด การใช้ IoT เข้ามาช่วยการจัดการน้ำ มีแผนการส่งน้ำในหน้าแล้งแบบ regional fallow เพื่อให้สามารถดำเนินการเพาะปลูกได้ในพื้นที่ขนาดเล็ก โดยช่วงกลางวันส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกส่วนในช่วงกลางคืนนำน้ำกลับไปเก็บในพื้นที่ได้ รวมถึงการใช้สระน้ำ

ขนาดเล็กกระจายทั่วพื้นที่ช่วยในการเก็บน้ำในช่วงปริมาณน้ำมีมากเกินไปความต้องการและนำมาใช้สำรองได้ในช่วงที่ฝนขาดแคลน ทั้งนี้ทางประเทศไต้หวันได้พยายามใช้เทคโนโลยีมากขึ้นอย่างระมัดระวังเพราะเทคโนโลยีมีราคาลงทุนค่อนข้างสูง สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องอาศัย sensors เป็นจำนวนมากให้ครอบคลุมพื้นที่เพื่อให้ข้อมูลแม่นยำเพื่อให้เกิดการลงทุนที่คุ้มค่าเป็นต้น

บทที่ 4
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

การดำเนินการปรับตัว และลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติมีการพัฒนาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระบบการพยากรณ์ การบริหารจัดการเขื่อน การบริหารจัดการน้ำ และการจัดการระบบการเพาะปลูก ดังนี้

ตาราง 4.1 รูปแบบการปรับตัวและลดความเสี่ยง

รูปแบบ	การดำเนินการ	ประเทศ
1. ระบบการพยากรณ์	Improved seasonal prediction by the SINTEX-F system -past, present, and future โดย Takeshi Doi, JAMSTEC/APL ระบบการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศรายฤดูกาล SINTEX-F พัฒนาโดย JAMSTEC - มีการพัฒนา 5 เวอร์ชัน - ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ (เช่น ชุดข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศ และสมุทรศาสตร์ ระบบวิเคราะห์ปรับแก้ข้อมูลเพื่อประมาณค่าเริ่มต้นของมหาสมุทร แบบจำลองคู่ควบระหว่างบรรยากาศ และมหาสมุทรในระดับโลก - ประสิทธิภาพการคาดการณ์รายฤดูกาลของ SINTEX-F --ด้านสมุทรศาสตร์ ได้แก่ ปรากฏการณ์ IOD และ EL-Nino Modoki --ด้านสภาพภูมิอากาศรายฤดูกาล ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณฝน	Japan
	Development of Super Typhoon Damage Prediction System โดย Yasuto Tachikawa การพัฒนาระบบพยากรณ์ความเสียหายจากพายุไต้ฝุ่นขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นการลดความเสียหายจากภัยพิบัติด้วยการพัฒนาระบบการพยากรณ์ภัยพิบัติสมัยใหม่ เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าทั้งในระยะสั้นที่เวลาจริงปัจจุบัน (Real Time) และระยะยาว การจัดเตรียมสารสนเทศของข้อมูลพยากรณ์ภัยพิบัติล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการเตือนภัย และการเตรียมการอพยพ และการพัฒนาเทคโนโลยีให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดในด้านการควบคุมอาคารทางชลศาสตร์	Japan
	Drought monitoring in Taiwan using a variable-scale SPI โดย Ke-Sheng Cheng ไต้หวัน ใช้ Variable-Scale SPI ในการติดตามภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าในเขตชลประทาน Jianan 1992 – 2004 สามารถทราบระยะเวลาและความรุนแรงของภัยแล้งได้ ทำการจำลองแบบ stochastic spatiotemporal ของปริมาณน้ำฝน ten-day-period (TDP) แบบหลายพื้นที่ ทำให้สามารถประเมินความน่าจะเป็นของภัยแล้งที่อาจเกิดขึ้นได้	Taiwan
	Integration of Water Resources Management for Drought Mitigation โดย Chaiwat Ekkawatpanit และคณะ ไทย ใช้ดัชนีชี้วัดภัยแล้ง SPI และ SRI ศึกษาในพื้นที่ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	Thailand

2. บริหารจัดการ เขื่อน	Challenges on Flood and Sediment Management of dams under changing climate in Japan โดย Tetsuya SUMI ความท้าทายมี 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) แผนปฏิบัติการเพื่อความปลอดภัยอย่างเร่งด่วน และการบริหารเขื่อนที่มีประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับเหตุการณ์อุทกภัยรุนแรง (Urgent Action Plan to Safe and Effective Dam Operation to Cope with Extreme Flood Events) (2) การเพิ่มมาตรการในการบรรเทาอุทกภัยและการจัดการตะกอนในอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในอนาคต (Increase Flood Mitigation Function and Sediment Management for Reservoir Sustainability) และ (3) การขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์จาก ข้อมูลฝนในการบริหารจัดการอุทกภัยและตะกอน (Rainfall Driven Optimization of Flood and Sediment Management)	Japan
	Real-Time Reservoir Operarion for Drought Management Considering Operation Ensemble Predictions of Precipitation in Japan โดย Daisuke Nohara การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เวลาจริงปัจจุบันเพื่อการจัดการภัยแล้ง โดยพิจารณาจากข้อมูล ฝนพยากรณ์ล่วงหน้าในประเทศญี่ปุ่น	Japan
3. บริหารจัดการ น้ำ	Water Management under Risk Mapping Mapping โดย Pongsak SUTTINON การจัดการน้ำภายใต้แผนที่ความเสี่ยง (Risk Mapping) กรณีศึกษา ประเทศไทย	Thailand
4. การจัดการ ระบบเพาะปลูก	Optimal irrigation and cropping planning- Taoyuan irrigation area โดย Yu-Pin Lin การศึกษาใช้โมเดล EcoCrop เพื่อศึกษาความเสี่ยงของพืชแต่ละชนิด และใช้โมเดล CropWat เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ ในงานศึกษาประกอบด้วยพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว ถั่ว เหลือง มันฝรั่ง และมันเทศ ผลการศึกษาพบว่า มันเทศมีความเหมาะสมในการเพาะปลูก สามารถลดความเสี่ยงจากปริมาณน้ำ และในกรณีปลูกข้าวสลับกับถั่วเหลือง โดยปรับปริมาณ น้ำให้เหลือเพียง 65 % จะเห็นได้ว่า สามารถลดความเสี่ยงจากการใช้น้ำชลประทาน	Taiwan
5.การจัดการน้ำ ชุมชน	การปรับตัวของกลุ่มผู้ใช้น้ำชุมชนในไต้หวัน (Community water management in Taiwan) โดย MingDaw SU, Ph.D., Professor(Retired) Department of Bioenvironmental Systems Engineering National Taiwan University เรื่องการปลูกพืชใช้น้ำน้อยมูลค่าสูงสลับการปลูกข้าว การประหยัดน้ำในระบบชลประทาน โดยการปรับปรุงคลองส่งน้ำ การใช้ระบบน้ำหยด การใช้ tot เข้ามาช่วยการจัดการน้ำ มี แผนการส่งน้ำในหน้าแล้งแบบ regional fallow เพื่อให้สามารถดำเนินการเพาะปลูกได้ใน พื้นที่ขนาดเล็กลง โดยช่วงกลางวันส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกส่วนในช่วงกลางคืนนำน้ำกลับไป เก็บในพื้นที่ได้ รวมถึงการใช้สระน้ำขนาดเล็กกระจายทั่วพื้นที่ช่วยในการเก็บน้ำในช่วง ปริมาณน้ำมีมากเกินความต้องการและนำมาใช้สำรองได้ในช่วงที่ฝนขาดแคลน	Taiwan

4.2 ข้อเสนอแนะ

เมื่อสรุปจากภาพรวม จะเห็นว่ากลุ่มประเทศที่มีรายได้สูง และมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน ไต้หวัน ได้นำนวัตกรรม และเทคโนโลยีเข้ามาบริหารจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากภัยพิบัติ การปรับตัวของชุมชน ทั้งในเชิงการจัดการ (ประหยัลดน้ำ ปลุกสลับเวลา ปลุกสลับพืช ฯลฯ) และใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศกับเซนเซอร์ประกอบการตัดสินใจ วางแผนปลูกพืช ภายใต้การสนับสนุนด้านวิชาการจากหน่วยงานราชการและสถาบันการศึกษา จึงสมควรที่จะศึกษาทบทวนและนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการน้ำของไทย และเพิ่มบทบาทด้านวิชาการ จากหน่วยราชการ และสถาบันการศึกษาสู่ชุมชน เพื่อลดความเสี่ยงและความเสียหายจากภัยธรรมชาติโดยเฉพาะด้านน้ำ ที่มีแนวโน้มจะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตอันใกล้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่องการปรับตัวและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติด้านน้ำ ภายใต้โครงการขับเคลื่อน แผนงานวิจัยเข้มแข็งด้านการจัดการน้ำ วช. ดำเนินการสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดีจากความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งในด้าน บุคลากร และการสนับสนุนข้อมูลในงานวิจัย ทางโครงการฯ ขอขอบคุณทุกฝ่าย ประกอบด้วย ผศ. ดร. สุภัทรา วิเศษศรี หัวหน้าโครงการขับเคลื่อน คุณเดือนเพ็ญ ปุณยงกูร ผู้ช่วยวิจัยจากหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการ แหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคุณวิภารัตน์ ตีอ่อง ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยเข้มแข็ง ด้านการบริหารจัดการน้ำ วช. รวมถึงขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช) สำหรับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย มา ณ โอกาสนี้

ดร.เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี รศ.ดร.สุจิต คุณธนกุลวงศ์ และ ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

คณะผู้วิจัยโครงการ ฯ

พฤษภาคม 2565

บรรณานุกรม

1. Improved seasonal prediction by the SINTEX-F system -past, present, and future โดย Takeshi Doi
2. Drought monitoring in Taiwan using a variable-scale SPI โดย Professor Ke-Sheng Cheng Dept. of Bioenvironmental Systems Engineering/Master Program in Statistics National Taiwan University
3. Integration of Water Resources Management for Drought Mitigation โดย Chaiwat Ekkawatpanit, Chanchai Petpongpan, Supattra Visessri, Cholticha Arssiri, Chulalongkorn University
4. Development of Super Typhoon Damage Prediction System) โดย Prof. Dr. Yasuto Tachikawa
5. Challenges on Flood and Sediment Management of dams under changing climate in Japan โดย Tetsuya SUMI, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University
6. Real-Time Reservoir Operation for Drought Management Considering Operation Ensemble Predictions of Precipitation in Japan โดย Daisuke NOHARA, KaTRIS
7. Water Management under Risk Mapping โดย Asst. Prof. Pongsak Suttinon, Chulalongkorn University
8. Optimal irrigation and cropping planning- Taoyuan irrigation area โดย Yu-Pin Lin, Associate Dean, College of Bioresources & Agriculture, National Taiwan University
9. SDG Updates | Climate Change ไม่ใช่เรื่องเล่น ๆ – สิ่งที่รัฐต้องตระหนักจากรายงาน IPCC ล่าสุด <https://www.sdgmove.com/2021/08/26/sdg-updates-climate-change-and-what-government-need-to-aware-ipcc-2021/>
10. เป้าหมายที่-13 <https://sdgs.nesdc.go.th/เกี่ยวกับ-sdgs/เป้าหมายที่-13-การรับมือ/>
11. ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: ความเสี่ยงระยะยาวของโลกในทศวรรษต่อจากนี้ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย <http://www.disaster.go.th/th/download-7-2/>
12. SDG Updates | เมื่อความเสี่ยงหลักของทศวรรษคือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ – สรุปประเด็นสำคัญในรายงาน Global Risks Report 2022 (<https://www.sdgmove.com/2022/04/16/sdg-updates-global-risks-report-2022/>)
13. Marathe K. and S. Demuth จาก Hydrological Systems and Global Change Section, Division of Water Sciences, Natural Sciences Sector, UNESCO, Paris, France

- https://www.wrmjournal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=172&Itemid=195
14. National Drought Policy Guidebook,
https://www.wrmjournal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=172&Itemid=195&limitstart=1
 15. The Asian Water Development Outlook AWDO, 2020
 16. Sucharit Koontanakulvong (2019) Thailand Recent Drought Counter Measure Program Assessment Internet Journal of Society for Social Management Systems
 17. MingDaw SU, Ph.D., Professor(Retired), Community Water Management in Taiwan, Department of Bioenvironmental Systems Engineering National Taiwan University, Special Lecture Note under Spearhead Research Program Year 2, March 2022.
 18. เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) และเป้าหมายที่ 13 เป็นการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สืบค้นจาก <https://www.sdgmove.com/intro-to-sdgs/>
 19. รายงานความก้าวหน้า (Progress Report) โครงการการวิจัยเพื่อการขับเคลื่อนแผนงานวิจัยเข้มแข็งด้านการจัดการน้ำ ปีที่ 2 โดย ผศ.ดร.สุภัทรา วิเศษศรี และคณะ เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 2 ปี 2565