

การเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อบรรเทาความรุนแรง จากพายุลูกเห็บโดยการประยุกต์ใช้ TITAN Efficiency Improvement of Hail Suppression Operation base on TITAN

๑. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในช่วงฤดูร้อนของทุกปีการเกิดพายุฤดูร้อนและลูกเห็บตกได้สร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินของประชาชน กรมฝนหลวงและการบินเกษตรได้มีส่วนเข้าไปช่วยบรรเทาภัยธรรมชาตินี้ด้วยการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บ โดยการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็น ด้วยการยิงพลูซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI Flare) ที่ยอดเมฆซึ่งมีระดับอุณหภูมิตั้งแต่ -4 ถึง -12 องศาเซลเซียส ในปริมาณที่มากกว่าการปฏิบัติการทำฝนเมฆเย็นตามปกติ (Over seeding) เป็นเทคนิคการดัดแปรสภาพอากาศเพื่อทำให้กลุ่มเมฆตกเป็นฝนก่อนที่จะก่อยอดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดลูกเห็บตกมาถึงพื้น สร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สินและชีวิตประชาชน

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร มีภารกิจการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บ ซึ่งดำเนินการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนของทุกปี โดยร่วมมือกับกองทัพอากาศที่สนับสนุนเครื่องบินและเจ้าหน้าที่การบินในการปฏิบัติการ ในปัจจุบัน สถานีเรดาร์ฝนหลวงในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากพายุลูกเห็บ ได้ติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ TITAN (Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Now Casting) ซึ่งสามารถบอกคุณสมบัติกลุ่มฝนและความน่าจะเป็นในการเกิดลูกเห็บได้ รวมถึงสามารถนำข้อมูลการตรวจกลุ่มเมฆมาวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเกิดลูกเห็บ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะนำเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงนี้มาช่วยในการประเมินและบรรเทาผลกระทบที่เกิดจากพายุลูกเห็บ รวมถึงการยืนยันประสิทธิภาพของการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อบรรเทาความรุนแรงจากลูกเห็บอีกด้วย

๒. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ๒.๑) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บด้วยโปรแกรม TITAN (Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Now Casting)
- ๒.๒) เพื่อประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นในการบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ
- ๒.๓) เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและเพิ่มองค์ความรู้ในการดัดแปรสภาพอากาศ

๓. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณพื้นที่ภาคเหนือในรัศมีการตรวจวัดของเรดาร์ ๒๔๐ กิโลเมตร โดยเรดาร์จะทำการตรวจวัดกลุ่มฝนทุกๆ ๖ นาที และใช้โปรแกรมประยุกต์ TITAN ประเมินคุณสมบัติของกลุ่มเมฆและผลการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ

นักวิจัยจะทำการเลือกกลุ่มเมฆเป้าหมายด้วยโปรแกรมประยุกต์ TITAN โดยประเมินคุณสมบัติและคัดเลือกกลุ่มเมฆเป้าหมายที่จะปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ จากนั้นจะแจ้งให้เครื่องบินขึ้นปฏิบัติการ หลังจากบินปฏิบัติการจะทำการประเมินผลจากข้อมูลเรดาร์โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ TITAN เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเมฆที่ยิงพลูซิลเวอร์ไอโอไดด์ (Seeded) และกลุ่มเมฆธรรมชาติ (No-seeded) จะสามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพของการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ

๔. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ในปี ค.ศ. 1993 Dixon and Weiner นักพัฒนาโปรแกรม ได้พัฒนาโปรแกรมที่ชื่อว่า TITAN (Thunderstorm Identification Tracking Analysis and Now Casting) ซึ่งติดตั้งกับระบบเรดาร์ที่เป็นแบบโพลาไรซ์สองแกน (Dual Polarization) ซึ่งเป็นระบบการวัดการสะท้อนกลับของคลื่น (Reflectivity) ที่สามารถบอกคุณสมบัติของเม็ดน้ำและผลึกน้ำแข็งที่อยู่ภายในก้อนเมฆได้ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของเมฆที่กำลังพัฒนาและจะมีลูกเห็บตก ทำให้สามารถวางแผนการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บได้แม่นยำมากขึ้น

นอกจากนี้ ในแง่ของการประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บเปรียบเทียบกับกลุ่มเมฆธรรมชาติที่ไม่ปฏิบัติการ สามารถนำข้อมูลที่ได้มาประเมินประสิทธิผลการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

๕. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

เมฆ (Cloud)

เมฆ คือ ไอน้ำที่กลั่นตัวและรวมกันเข้าเป็นกลุ่มก้อน อาจมีสภาพเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของน้ำหรือน้ำแข็ง หรือทั้งสองอย่างปนกันและลอยอยู่ในอากาศ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ในกลุ่มของผสมนี้อาจมีอนุภาคใหญ่ ๆ ของน้ำแข็งปนอยู่ด้วย หรืออาจมีอนุภาคที่ไม่มีน้ำหรืออนุภาคที่เป็นของแข็งตัวอย่างเช่น ก๊าซ ผงฝุ่น หรือควัน ฯลฯ ซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมปนอยู่ด้วย

เมฆเกิดจากอากาศร้อนซึ่งสามารถดูดซับเอาไอน้ำไว้ได้มาก ซึ่งมักจะเรียกว่าอากาศชื้นลอยตัวขึ้นและเย็นลง ไอน้ำในอากาศกลั่นตัวกลายเป็นเมฆเราสามารถมองเห็นได้

เมฆ มีหลายชนิด แต่มีบางชนิดเท่านั้นที่มีฝนตกลงมาโดยจะลอยตัวอยู่ในอากาศเฉยๆแต่มีลักษณะอากาศที่ทำให้ละอองน้ำรวมตัวกันเป็นเม็ดน้ำใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้น กระแสอากาศหรือลมไม่สามารถจะพัดให้เม็ดยังลอยตัวอยู่ในอากาศได้ มันจึงตกลงมาเป็นฝนหรือหิมะขาวๆหรือบางที่เป็นลูกเห็บตกลงมาบนพื้นโลก ละอองน้ำในเมฆจะมีขนาด ๐.๐๑-๐.๐๒ มิลลิเมตรหรือเท่ากับ ๑๐ ถึง ๒๐ ไมครอน สามารถลอยอยู่ในบรรยากาศเป็นเมฆ เมื่อละอองน้ำในเมฆเกิดการรวมตัวกันโต จนมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง ๑ มิลลิเมตร (๑,๐๐๐ ไมครอน) หรือใหญ่กว่า มันจะตกลงมาจากเมฆปกติ แล้วเม็ดฝน ๑ เม็ดจะเกิดจากละอองน้ำในเมฆรวมกันมากกว่า ๑ ล้านเม็ด

กระบวนการเกิดเมฆ

เมฆ (Cloud) คือ มวลอากาศที่ลอยตัวขึ้นจากผิวดินจนถึงระดับความสูงหนึ่ง จึงเกิดการควบแน่นเนื่องจากสภาวะอากาศในขณะนั้นมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ เกิดหยดน้ำ (Water droplets) หรือ ผลึกน้ำแข็ง (Ice crystals) แหวนลอยอยู่ในมวลอากาศนั้น (Wallace and Hobb, ๑๙๗๗) ดังนั้น กระบวนการเกิดเมฆจึงเกิดจากกระบวนการควบแน่น ซึ่งประกอบด้วยปัจจัย ๓ ประการ คือ

- ไอน้ำในอากาศ (Water vapor)
- กลวิธีในการควบแน่น (Mechanism of condensation)
- แกนควบแน่น (Condensation nuclei)

เมฆ แบ่งออกได้เป็น ๔ ประเภท คือ เมฆชั้นสูง เมฆชั้นกลาง เมฆชั้นต่ำ และเมฆที่ก่อตัวตามแนวตั้ง เมฆแต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ โดยมีชื่อเรียกตามลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน (ตารางที่ ๒) สำหรับเมฆที่เกี่ยวข้องในการทำฝนหลวงส่วนใหญ่ คือ เมฆคิวมูลัส (Cumulus)

การเกิดเมฆคิวมูลัส

ในตอนเช้าเมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ ตกกระทบพื้นผิวโลก พลังงานบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้พื้นโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความแตกต่างของความชื้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบรวมถึงคุณสมบัติในการรับความร้อนที่แตกต่างกันของพื้นผิวโลก ทำให้อุณหภูมิบริเวณต่างๆ เพิ่มขึ้นแตกต่างกัน และเกิดการแผ่พลังงานความร้อนออกสู่อากาศเพิ่มมากขึ้น อากาศที่สัมผัสอยู่กับพื้นผิวที่ร้อนกว่าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศบริเวณข้างเคียง จึงลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเบื้องบนและมีการไหลเข้ามาแทนที่ของอากาศที่แวดล้อมอยู่โดยรอบ ซึ่งกระบวนการนี้มีชื่อเรียกว่า การพาความร้อน (Convection) ในทำนองเดียวกันทะเลในช่วงเวลากลางวัน พื้นดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำก่อให้เกิดกระแสลม (Wind) ในระดับต่ำที่พัดจากทะเลเข้าสู่ทวีป และพาความชื้นและสารแขวนลอยที่เกิดจากการระเหย (Evaporation) ของน้ำทะเลเข้าสู่ทวีป และสะสมอยู่ในบรรยากาศระดับต่ำก่อนที่จะมีการคลุกเคล้า (Mixing) และป้อนเข้าสู่ระบบของการลอยสูงขึ้น (Upward motion) ก่อเกิดเป็นเมฆและอาจตกเป็นฝนในที่สุด

การที่เมฆจะสามารถรักษารูปทรงหรือมีขนาดโตขึ้นต่อไปได้ในบรรยากาศโดยรอบที่แห้งกว่านั้น จะต้องอาศัยกระบวนการพาความร้อนและกระบวนการควบแน่น (Convection and Condensation Process) บริเวณใต้ฐานเมฆที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มก้อนเม็มน้ำ (Cloud droplets) เข้าไปในก้อนเมฆในอัตราที่เท่ากับหรือสูงกว่าการระเหยของเม็มน้ำที่ผิวของก้อนเมฆอันเนื่องมาจากการคลุกเคล้ากับอากาศแห้งโดยรอบ (Entrainment) ดังนั้น ช่วงอายุของเมฆ ขนาดของเมฆ และอัตราการเพิ่มขนาดของเม็มน้ำภายในเมฆ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการตกเป็นฝน เมื่อพิจารณาเมฆคิวมูลัสในบางวันที่ก่อตัวเป็นเมฆในสภาพอากาศทรงตัว ซึ่งไม่มีการเจริญเติบโต และจะสลายตัวไปในตอนบ่ายโดยไม่ตกเป็นฝน จึงเรียกชื่อเมฆนี้ว่าเมฆคิวมูลัสในภาวะอากาศดี (Fair Cumulus)

ตารางที่ ๑ ชนิดของเมฆ จำแนกตามลักษณะการเกิดและความสูง

ชนิดเมฆ	ชื่อเมฆ	ความสูง (กม.)	ลักษณะ
ชั้นสูง	เซอร์รัส (Cirrus, Ci)	๖ - ๑๘	ริ้วขาวบาง
	เซอร์โรสเตรตัส (Cirrostratus, Cs)		แผ่นขาวบาง
	เซอร์โรคิวมูลัส (Circumcumulus, Cc)		ก้อนเล็กคล้ายระลอกทราย
ชั้นกลาง	อัลโตสเตรตัส (Altostratus, As)	๒-๘	แผ่นทึบและต่ำกว่าเซอร์โรสเตรตัส คล้ายฝูงแกะ
	อัลโตคิวมูลัส (Alto cumulus, Ac)		
ชั้นต่ำ	สเตรโตคิวมูลัส (Stratocumulus, Sc)	ผิวพื้น - ๒	อยู่ต่ำ ก้อนกลมเป็นคลื่น
	นิมโบสเตรตัส (Nimbostratus, Ns)		แผ่นหนาพ้ามืดครึ้ม
ก่อตัวแนวตั้ง	คิวมูลัส (Cumulus, Cu)	ผิวพื้น - ๑๘	เมฆก้อนหนา
	คิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus; Cb)		ก้อนหนาที่บยอดแผ่สูง

ที่มา: Ahrens (๑๙๙๘)

กระบวนการเกิดฝนที่สำคัญมี ๒ กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเกิดฝนในเมฆอุ่น และกระบวนการเกิดฝนในเมฆเย็น

๑) กระบวนการเกิดฝนในเมฆอุ่น (Warm rain process)

เมฆอุ่น คือ เมฆที่มีการเจริญเติบโตและให้ฝนในชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ๐ องศาเซลเซียส โดยมีกระบวนการชนกันและรวมตัวกัน (Collision and Coalescence process) เป็นกระบวนการหลักในการเจริญเติบโตของเม็มน้ำ ซึ่งอธิบายได้ว่า เม็มน้ำภายในเมฆที่เกิดจากกระบวนการควบแน่นของไอน้ำบนแกนกลั่นตัว (CCN) จะมีขนาดเล็กมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะมีการรวมตัวของเม็มน้ำจำนวนหนึ่งทำให้มีขนาดที่แตกต่างกัน จากนั้นเม็มน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเคลื่อนที่ลงด้วยแรง

ดึงดูดของโลกในอัตราที่เร็วกว่าเม็ดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า (ความเร็วในการร่วงหล่นของวัตถุ จะเป็นปฏิกิริยาตรงกับรัศมียกกำลังสองของวัตถุนั้น) ด้วยเหตุนี้เม็ดน้ำขนาดใหญ่กว่า (ตกเร็วกว่า) จึงมีโอกาสชนกับเม็ดน้ำขนาดเล็กกว่า ตามแนวทางที่ร่วงหล่น และรวมตัวกันทำให้เม็ดน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นก่อนที่จะแตกตัวออกเป็นเม็ดน้ำขนาดกลางจำนวนมากขึ้น และวิ่งชนและรวมตัวกับเม็ดน้ำขนาดเล็กกว่าต่อไป หากพฤติกรรมนี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแบบลูกโซ่ (Chain reaction) ในที่สุดเม็ดน้ำภายในเมฆจะมีขนาดใหญ่จำนวนมาก และสามารถตกเป็นฝนได้ ซึ่งกระบวนการชนกันและรวมตัวกันนี้จะมีส่วนสำคัญต่อการเกิดฝนในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย แต่เนื่องจากในบรรยากาศที่มีแกนกลั่นตัวตามธรรมชาติขนาดเล็ก และจำนวนมากเกินไป จะเกิดกระจายตัวของความชื้นในการเกาะแกนกลั่นตัว ทำให้เม็ดน้ำที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กและจำนวนมากตามไปด้วย ทำให้กระบวนการชนกัน และรวมตัวกันของเม็ดน้ำไม่มีประสิทธิภาพซึ่งต้องใช้เวลามากในการเจริญเติบโตไปเป็นเม็ดฝน ดังนั้น เมฆจึงสลายตัวไปก่อนที่จะเม็ดน้ำจะโตพอที่จะตกเป็นฝน

๒) กระบวนการเกิดฝนในเมฆเย็น (cold rain process)

เมฆเย็น คือ เมฆที่มีการเจริญเติบโตและก่อยอดสูงขึ้นไปในชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ๐ องศาเซลเซียส โดยมีกระบวนการผลึกน้ำแข็ง (Ice-crystal process) เกิดขึ้นบริเวณยอดเมฆที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -๓ ถึง -๔ องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิของเม็ดน้ำต่ำกว่าจุดเยือกแข็งแต่ยังไม่กลายเป็นน้ำแข็ง ที่เรียกว่า เม็ดน้ำเย็นยิ่งยวด (Super cooled droplets) อยู่ร่วมกับแกนของการเยือกแข็ง (Ice nuclei) ซึ่งเป็นอนุภาคของสารประเภทแร่ ดินเหนียว สารอินทรีย์ และเกลือทะเล ที่จะทำหน้าที่เป็นแกนของการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal) และการเจริญเติบโตต่อไปของผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น เกิดจากการระเหิดของน้ำจากเม็ดน้ำเย็นยิ่งยวด ซึ่งมีความดันไอ (Vapor pressure) ที่ผิวสูงกว่า ไปจับเกาะและกลายเป็นน้ำแข็ง (Sublimation) บนผิวของผลึกน้ำแข็งซึ่งมีความดันไต่ำกว่า (Burgeon process) อย่างต่อเนื่อง หรือเกิดจากการที่ผลึกน้ำแข็งสัมผัสกับเม็ดน้ำเย็นยิ่งยวดโดยตรง ทำให้กลายเป็นเม็ดน้ำแข็ง (Contact freezing) ในขณะที่ผลึกน้ำแข็งหรือเม็ดน้ำแข็งมีขนาดโตขึ้นก็จะร่วงหล่นลงมา ชนกับผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กกว่า และเกาะติดกันทำให้มีขนาดโตขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อผลึกน้ำแข็งหรือเม็ดน้ำแข็งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ในที่สุดก็จะตกพื้นฐานเมฆลงมาเป็นหิมะหรือลูกเห็บ หรืออาจละลายเป็นน้ำฝนเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ๐ องศาเซลเซียส ก่อนตกลงสู่พื้นดิน

การเปลี่ยนสถานะของเม็ดน้ำกลายเป็นเม็ดน้ำแข็งจะมีการคายความร้อนแฝงออกมาเป็นพลังงานเสริมในการเจริญเติบโตของยอดเมฆ ทำให้เมฆมีขนาดใหญ่ขึ้นและมียอดสูงขึ้น และกลายเป็นเมฆฝนฟ้าคะนอง (Cumulonimbus) ฝนที่เกิดจากเมฆชนิดนี้จึงมักจะมีปริมาณน้ำฝนมากกว่าฝนเมฆอุ่น และอาจมีฟ้าแลบฟ้าร้อง ฟ้าผ่า และลูกเห็บตามมา ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะพบฝนเมฆเย็นในช่วงเปลี่ยนฤดูหรือบริเวณที่มีตัวการที่ทำให้เกิดการยกตัวของมวลอากาศที่รวดเร็ว เช่น แนวปะทะอากาศ ร่องความกดอากาศต่ำ หรือ บริเวณพายุหมุน

วงจรชีวิตของ THUNDERSTORM มี ๓ ขั้น

๑. ขั้นคิวมูลัส (Cumulus Stage) กินเวลาประมาณ ๑๐-๑๕ นาที ในเมฆคิวมูลัสที่จะขยายตัวเป็นพายุฟ้าคะนองควรมีขนาดกว้าง ๑๒ กิโลเมตรขึ้นไป มีอากาศอุ่นและชื้นที่ป้อนป่วน และมีกระแสลมพัดขึ้นทางแนวตั้งตลอดตั้งแต่ฐานจนถึงยอดเมฆ (Updraft) บางครั้งมีความรุนแรงถึง ๕๐ กิโลเมตรต่อชั่วโมง ภายในก้อนเมฆจะมีความปั่นป่วนรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ภายนอกจะเจ็บบสบบ แม้นในบริเวณฐานเมฆจะมีกระแสอากาศเบาๆพอที่เครื่องบินจะบินผ่านไปได้ อุณหภูมิในก้อนเมฆจะสูงกว่าอากาศบริเวณใกล้เคียง และความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกภายในยิ่งนานจะยิ่งเพิ่มขึ้น เม็ดน้ำในก้อนเมฆมีขนาดเล็กในระยะแรก และจะโตขึ้นเรื่อยๆตามขนาดของก้อนเมฆ

๒. ขั้นเจริญเติบโตเต็มที่ (Mature Stage) กินเวลาประมาณ ๑๕-๓๐ นาที เป็นช่วงที่เมฆก้อนใหญ่นี้เติบโตเต็มที่ พลังงานความปั่นป่วนที่อยู่ภายในมีกำลังแรงขยายใหญ่สุดจนไม่มีที่ไป ต้องปลดปล่อย

พลังงานนี้ออกมาแล้ว ช่วงนี้แหละที่เป็นอันตรายที่สุดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางการบินมากมาย เพราะเป็นช่วงที่รุนแรงสุดของพายุฝนฟ้าคะนอง จุดเริ่มต้นของ Mature Stageนี้จะสังเกตเห็นฝนเริ่มโปรยลงมาตามด้วยลมกระโชกที่รุนแรงและไร้ทิศทาง ซึ่งเกิดจากเม็ดน้ำและเม็ดน้ำแข็งจำนวนมากภายในเมฆ ซึ่งมีขนาดโตขึ้นจนเกินกว่ากระแสอากาศพัดขึ้นจะต้านไว้ได้ จึงตกลงมาเป็นฝน ในขณะที่เดียวกันจะเริ่มมีกระแสอากาศพัดลงตามแนวดิ่ง จนเกิดเป็นกระแสอากาศพัดขึ้น-ลงตามแนวดิ่ง โดยกระแสอากาศพัดลง เมื่อไหลลงกระทบพื้นดินก็จะแผ่ออกไปข้างๆทำให้เกิดลมกระโชกที่รุนแรง และไร้ทิศทาง อากาศจะเย็นลง แต่ฝนที่เริ่มตกลงมานั้นยังไม่ทำให้ทัศนวิสัยลดต่ำลงมากแต่อย่างไร ซึ่งนักบินที่กำลังจะนำเครื่องบินลงในขณะนั้นจะยังคงมองเห็นภาพของสนามบินอยู่ตลอดเวลา เปรียบเสมือนเป็นกับดักล่อให้นักบินตายใจ ยังคงนำเครื่องบินบินผ่านใกล้ฐานเมฆ แต่อีกสักครู่เดียวฝนก็จะกระหน่ำลงมาอย่างหนักตามด้วยฟ้าผ่า ลมกระโชก และกระแสอากาศพัดในแนวดิ่งที่รุนแรงและไร้ทิศทาง ท้องฟ้ามืดมัวมีฝนตกหนัก ทัศนวิสัยเลว บางครั้งมีลูกเห็บด้วย มีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง เครื่องบินที่บินเข้าไปในเมฆพายุฟ้าคะนองจะได้รับอันตรายจากความกระแทกกระเทือนจากกระแสอากาศพัด ขึ้น-ลง ในแนวดิ่ง ลมกระโชกแรงมีลูกเห็บซึ่งอาจได้รับอันตรายถึงกับเป็นอุบัติเหตุตกได้

๓. ขั้นสลายตัว (DISSIPATING STAGE) ใช้เวลาประมาณ ๓๐ นาที ในขั้นสลายตัวนี้เมื่อพลังงานถูกปลดปล่อยออกมาแล้ว สภาพอากาศภายในกับภายนอกเมฆก็จะค่อยๆปรับสมดุลเข้าหากัน ภายในก้อนเมฆจะมีแต่กระแสอากาศพัดลงอย่างเดียว ฝนที่ตกจะค่อยลดน้อยลงและหยุดในที่สุด อุณหภูมิในก้อนเมฆจะเปลี่ยนไปจนเท่ากับบริเวณข้างเคียงทิศและความเร็วลมจะเปลี่ยน ไปจนเท่ากับบริเวณใกล้เคียง เมฆก้อนนี้ก็เลยสลายตัวไปในที่สุด จุดสังเกตของขั้นตอนนี้ คือที่ยอดเมฆจะเป็นรูปทรงแปดเหลี่ยมเนื่องจากอากาศที่ปั่นป่วนนั้นหมดแรงที่ยกตัวเองให้สูงกว่านี้อีก ยอดเมฆจึงกระจายออกด้านหน้าของการเคลื่อนที่ วงจรชีวิตของ Thunderstorm โดยทั่วไปจะไม่เกิน ๑-๒ ชั่วโมง ช่วงที่มีอันตรายและน่ากลัวที่สุดคือ Mature Stage

เมฆพายุฟ้าคะนอง เริ่มก่อตัวขึ้นจากเมฆก่อนธรรมดาก่อน จากนั้นมีการขยายตัวขึ้นด้วยภาวะที่พอเหมาะของอากาศร้อนชื้นที่ไร้เสถียรภาพและมีกลไกที่ทำให้มวลอากาศชั้นลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เมฆก่อนขยายตัวขึ้นมีกระแสลมแนวดิ่งแรงขึ้น เมฆก่อนขยายตัวสูงใหญ่เป็นเมฆพายุฟ้าคะนองมีฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าและมีกระแสอากาศไหลขึ้นและลง มีลมกระโชกรุนแรงอากาศจะเย็นลงมีฝนเกิดในบริเวณระดับต่ำของเมฆ ในระดับสูงอาจมีทั้งหิมะ ลูกเห็บและฝนปะปนกัน เมฆพายุฝนฟ้าคะนองเป็นเมฆที่เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อกิจการบิน

การปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ

การปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นด้วยการยิงฟลูออไรด์ไอโอไดด์ (AgI Flare) ที่ยอดเมฆที่ระดับอุณหภูมิ -4 ถึง -12 องศาเซลเซียส ในปริมาณที่มากกว่าการปฏิบัติการทำฝนเมฆเย็นตามปกติ (Over seeding) ซึ่งเป็นเทคนิคการดัดแปรสภาพอากาศเพื่อทำให้กลุ่มเมฆตกเป็นฝนก่อนที่จะก่อยอดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดลูกเห็บตกมาถึงพื้นสร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน

๖. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

๖.๑ วิธีดำเนินการวิจัย

๖.๑.๑ ทบทวนเอกสารและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

๖.๑.๒ ออกแบบและวางแผนงานวิจัย ประชุมร่วม และขออนุมัติโครงการ

๖.๑.๓ เตรียมความพร้อมเครื่องมือ/อุปกรณ์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

๖.๑.๔ การดำเนินการวิจัยจะดำเนินการร่วมเข้าไปในขั้นตอนการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ ซึ่งอยู่ในแผนการปฏิบัติการประจำปีแล้ว มีขั้นตอน ดังนี้

- ๑) วิเคราะห์สภาพอากาศประจำวัน
- ๒) วางแผนการปฏิบัติการประจำวันและใช้โปรแกรม TITAN มาช่วย
- ๓) ปฏิบัติการวิจัยยิงพลุ AgI เพื่อบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บใน
- ๔) เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น โดยรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศจากกรมฝนหลวงและการบินเกษตรและหน่วยงานภายนอก เช่น ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบน (Upper air observation) และข้อมูลเรดาร์ สถานีเรดาร์ฝนหลวงอมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ กรมฝนหลวงและการบินเกษตร และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง

๕) บันทึกข้อมูลการปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บ จากโครงการความร่วมมือกับกองทัพอากาศ โดยใช้เครื่องบินโจมตีแบบที่ ๒ (อัลฟาเจท)

๖) คัดเลือกข้อมูล (Data selection) โดยนำข้อมูลที่รวบรวมทั้งหมดผ่านกระบวนการคัดเลือก คัดกรองและจัดเตรียมข้อมูล จากโปรแกรมประยุกต์ TITAN เพื่อประมวลผล และข้อมูลผลผลิตเกิดขึ้นภายในโครงการ รวมถึงข้อมูลที่สามารถหาได้จากปีที่เคยปฏิบัติการในอดีต

๗) ตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วน (Completeness) โดยตรวจสอบส่วนประกอบ ความครบถ้วน ความเรียบร้อยและความสมบูรณ์ ของข้อมูลและสารสนเทศ ตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) โดยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและรายละเอียดของข้อมูล ตรวจสอบความสอดคล้อง (Consistency) โดยตรวจสอบแนวโน้ม หรือทิศทางความสอดคล้องของข้อมูล

๖.๑.๕ วิเคราะห์ข้อมูล และประเมินผลการปฏิบัติการฝนหลวงเมฆเย็นเพื่อบรรเทาความรุนแรงของพายุลูกเห็บ ตามขั้นตอนดังนี้

๑) คัดเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเกิดเหตุการณ์ลูกเห็บ จากโปรแกรมประยุกต์ TITAN

๒) วิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์และสถิติ โดยวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีนัยสำคัญ (Significant) และจัดลำดับความสำคัญ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุนาม (Multivariate Regression Analysis) โดยการเปรียบเทียบและสร้างกราฟ หาค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean Difference: MD) หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square: RMS) หรือผลจากการคำนวณอื่น

๖.๑.๖ สรุปผลการวิจัยและรายงานเบื้องต้น

๖.๑.๗ จัดทำเอกสารและรายงานฉบับสมบูรณ์

๖.๒ เครื่องมือและอุปกรณ์หลักที่ใช้ในโครงการวิจัย

เรดาร์ฝนหลวง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ พร้อมโปรแกรม TITAN

๖.๓ สถานที่ทำการทดลอง: ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่เป้าหมายบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ในรัศมีการตรวจวัดเรดาร์อมก๋อย ๒๔๐ กิโลเมตร

๘. งบประมาณของโครงการวิจัย

๑๖.๑) รายละเอียดงบประมาณการวิจัย จำแนกตามงบประมาณต่าง ๆ
 งบประมาณที่กรมฝนหลวงและการบินเกษตร ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๙ เสนอขอเป็นเงิน
 จำนวน ๗๔๐,๐๐๐.๐๐ บาท (เจ็ดแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) ขออภัยทุกรายการ
 ดังแสดงรายละเอียดในตารางแสดงรายการและจำนวนเงิน

รายการ	จำนวนเงิน
๑ ค่าตอบแทน	
๑.๑ ค่าตอบแทนปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ (ชุดวิชาการ ๕ คน จำนวน ๙๐ วัน วันละ ๔ ชั่วโมง ๆ ละ ๕๐)	๙๐,๐๐๐
๒ ค่าใช้สอย	
๒.๑ ค่าเบี้ยเลี้ยงคณะวิจัย ชุดวิชาการ จำนวน ๖ คน รวม ๘๐ วัน ๆ ละ ๒๔๐ บาท	๑๑๕,๒๐๐
๒.๒ ค่าที่พัก ชุดวิชาการ จำนวน ๖ คน รวม ๘๐ วัน ๆ ละ ๕๐๐ บาท	๒๔๐,๐๐๐
๒.๓ ค่าพาหนะ ชุดวิชาการ จำนวน ๖ คนๆ ละ ๕,๐๐๐ บาท	๓๐,๐๐๐
๒.๔ ค่าซ่อมแซมยานพาหนะ รถยนต์ ๑ คัน ชุดวิชาการ รวม ๒ เดือน ๆ ละ ๕,๐๐๐ บาท	๑๐,๐๐๐
๒.๕ ค่าซ่อมแซมครุภัณฑ์ เครื่องคอมพิวเตอร์/เครื่องพิมพ์/เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ รวม ๒ เดือน ๆ ละ ๓,๐๐๐	๖,๐๐๐
๒.๖ ค่าจ้างเหมาบริการ - ผู้ช่วยนักวิจัยระดับปริญญาตรี จำนวน ๒ อัตรา จ้าง ๖ เดือน เดือนละ ๑๕,๐๐๐ บาท	๑๘๐,๐๐๐
- ค่าจ้างถ่ายเอกสาร / จัดทำเอกสารและคู่มือ จ้าง ๒ เดือน เดือนละ ๑,๕๐๐ บาท	๓,๐๐๐
๓ ค่าวัสดุอุปกรณ์	
๓.๑ ค่าวัสดุสำนักงาน ๖,๐๐๐ บาท	๖,๐๐๐
๓.๒ ค่าครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์	๒๔,๐๐๐
๓.๓ ค่าหนังสือ วารสาร และตำรา ๑๑,๘๐๐ บาท	๑๑,๘๐๐
๓.๔ ค่าวัสดุเชื้อเพลิงและหล่อลื่น - ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เดือนละ ๑๒,๐๐๐ บาท ๒ เดือน	๒๔,๐๐๐
รวมงบประมาณ	๗๔๐,๐๐๐

๙. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

๑๑.๑) เผยแพร่ประสิทธิผลของการปฏิบัติการฝนหลวงบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บให้นักวิชาการและประชาชนทั่วไปได้รับทราบ

๑๑.๒) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติการฝนหลวงบรรเทาความรุนแรงจากพายุลูกเห็บ

๑๐. เอกสารอ้างอิงโครงการวิจัย

- สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร, ๒๕๕๒. การประเมินปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย. กรุงเทพฯ. สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร.
- Ahrens, C.D. 1988. **Meteorology Today**. 3rd ed. West Publishing Company 582 p.
- Han, L., Fu, S., Yang, G., Wang, H., Zheng, Y. and Lin, Y. 2008. A stochastic method for convective storm identification, tracking and nowcasting. *Pro. Natur. Sci.*, 18, 1557-1563.
- Silverman, B.A., S.A. Changnon., J.A.Flueck and S.F. Lintner. 1986. **Weather Modification Assessment: Kingdom of Thailand**. Bureau of Reclamation, United Stated Department of Interior, Denver, Colorado, USA.
- Wallace, J. M., and P. V. Hobbs. 1977. **Atmospheric Science: An Introductory Survey**. San Diego, CA: Academic Press, p. 52
- Rogers, R. R., 1979: **A short course in cloud physics**. 2nd Edition, *International Series in National Philosophy*, 96, 235p.
- Dixon, M. and G. Weiner. 1993: TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting–A Radar-based Meteorology. *J. of Atmos. and Ocean. Tech.*, Vol.10, No. 6, 785-797.
- Okumura, K., T. Satomura, T. Oki, and W. Khantiyanan, 2003: Diurnal Variation of Precipitation by Moving Mesoscale Systems: Radar Observation in Northern Thailand. *Geophysical Union*, 5p.
- Segal, Y., A. Khain, M. Pinsky and D. Rosenfeld. 2004: Effects of hygroscopic seeding on raindrop formation as seen from simulations using a 2000-bin spectral cloud parcel model. *Atmospheric Research*, 71, 3-34.
- Piman, T., M.S. Babel, A. Das Gupta and S. Weesakul. 2007: Development of a window correlation matching method for improved radar rainfall estimation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1361-1372.