

---

การคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จากปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศของประเทศไทย  
Calculation of Solar Radiation Absorption from Precipitable Water Vapor  
in the Atmosphere of Thailand

สายันต์ โฟธิ์เกตุ\*

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

Sayan Phokate\*

Applied Physics Program, Khon Kaen Campus, Rajamangala University of Technology Isan.

---

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศของประเทศไทยและวิเคราะห์หาการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จากปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศของประเทศไทยจากข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากการตรวจอากาศชั้นบนซึ่งมีการตรวจวัดที่สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดสงขลา และกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร ซึ่งทำการตรวจวัดต่อเนื่องกันในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2550 เมื่อนำปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนของ 4 สถานีดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศซึ่งเป็นข้อมูลภาคพื้นดินที่สถานีเดียวกันในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผลที่ได้พบว่ามีความสัมพันธ์ที่เชื่อถือได้ค่อนข้างสูง ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากแบบจำลองโดยมีความแตกต่างในรูปของ Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.354 เซนติเมตร จากนั้นผู้วิจัยนำแบบจำลองที่ได้ไปคำนวณปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา 85 สถานีทั่วประเทศ ผลที่ได้พบว่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้มีค่าน้อยในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – มีนาคม) และมีค่ามากในช่วงฤดูฝน (เมษายน – ตุลาคม) โดยมีค่าเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ  $4.571 \pm 0.107$  เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์หาการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศจากแบบจำลองผลที่ได้พบว่าการดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่อปีคิดเป็นร้อยละ 15.49

**คำสำคัญ :** การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ บรรยากาศของประเทศไทย

---

\*Corresponding author. E-mail: syphokate@hotmail.com

This research aims to calculate the amount of precipitable water vapor in the atmosphere of Thailand and provide an analysis of the solar radiation absorption amount of water vapor in the atmosphere. The precipitable water vapor in the atmosphere was calculated, from upper air checking data, relative humidity and temperature. The data were collected at four meteorological monitoring station, namely Chiang Mai, Ubon Ratchathani, Bangkok and Songkhla during 1992-2007. The figures for precipitable water vapor obtained from this investigation were used to formulate a mathematical model relating to the precipitable water from four stations with surface climatological data, relative humidity and temperature at the same stations. The result showed that the relationship has a relatively high level of reliability. The precipitable water vapor obtained from upper air nearly equals the value of the model, that is the difference in the Root Mean Square Error (RMSE) is equal to 0.354 cm. Then, the researcher used a model that calculates the amount of precipitable water vapor at 85 meteorology stations nationwide. The result showed that the precipitable water vapor were less in the dry (November to March) and relative high in the rainy season (April-October). The average per year is  $4.571 \pm 0.107$  cm. When analyzing solar radiation absorption by precipitable water vapor in the atmosphere from the model, the result showed that absorption is more or less depending on the precipitable water vapor in the atmosphere, which has an average annual as 15.49 percent.

**Keywords :** solar radiation absorption, precipitable water vapor, Atmosphere of Thailand

ในการศึกษาพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการวางแผนการใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ จำเป็นต้องทราบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ ณ บริเวณที่ตั้งของระบบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นๆ โดยปกติรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศเข้ามาถึงพื้นโลกจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับรังสีที่อยู่นอกบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากบรรยากาศของโลกมีการดูดกลืนและการกระเจิงรังสีดวงอาทิตย์ ใอน้ำเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ (Exell, 1978; Leckner, 1978; Iqbal, 1983; Christian, 1994) โดยทั่วไปใอน้ำเป็นองค์ประกอบของบรรยากาศที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ การก่อตัวของเมฆ และก่อให้เกิดฝน หมอก หิมะ ลูกเห็บ ฯ นอกจากนี้ปริมาณใอน้ำในบรรยากาศมีอิทธิพลที่สำคัญต่อการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก กล่าวคือใอน้ำในบรรยากาศจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (0.25-4.0  $\mu\text{m}$ ) ซึ่งการดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณใอน้ำในบรรยากาศ (Gautier *et al.*, 1980; Iqbal, 1983; Nunez, 1993) ใอน้ำเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำจึงเป็นตัวพาและกระจายความร้อนแก่บรรยากาศและผิวพื้นมีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนทำให้อุณหภูมิของโลกอบอุ่น โดยปกติเราจะแสดงปริมาณใอน้ำในบรรยากาศในรูปของปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้ (Precipitable Water Vapor) ซึ่งจะบอกได้ในรูปของความสูงของน้ำในคอลัมน์ของบรรยากาศ โดยสมมติว่าใอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในคอลัมน์ของบรรยากาศนั้นกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ

ปริมาณใอน้ำในอากาศโดยทั่วไปมักหาได้ยากและในประเทศไทยยังไม่มี การตรวจวัดปริมาณใอน้ำในอากาศ จากการศึกษาพบว่าปริมาณใอน้ำมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบน (Upper Air Data) และมีการแปรค่าตามละติจูดและฤดูกาล (Exell, 1978; Iqbal, 1983; Christopherson, 1997) สำหรับประเทศไทยมีหน่วยงานที่ตรวจอากาศชั้นบนคือกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งทำการตรวจอากาศโดยปล่อยบอลลูนตรวจอากาศ (Weather Balloon) ทุกวัน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการบินนี้ราคาค่อนข้างแพงในการตรวจวัดแต่ละครั้งต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการตรวจอากาศชั้นบนจึงมีการตรวจเฉพาะสถานีอุตุนิยมวิทยาเพียง 4 แห่งเท่านั้น ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัด

สงขลา และกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลที่มีการตรวจวัดติดต่อกันในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2550 ผลการวิจัยที่ได้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการหาค่าปริมาณใอน้ำสำหรับสถานีที่ไม่มีการตรวจอากาศชั้นบน และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเกี่ยวกับความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้ามาถึงพื้นโลกจากค่าปริมาณใอน้ำรวมทั้งคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของใอน้ำ (Brine & Iqbal, 1983; Nunez, 1993) เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องมือทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ และงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวโลก (Solar Radiation Mapping) จากภาพถ่ายดาวเทียม งานออกแบบอุปกรณ์ทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร หรือใช้ในงานอุตุนิยมวิทยา เช่น การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

### วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยคำนวณปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการตรวจอากาศชั้นบนซึ่งเป็นการคำนวณตามทฤษฎีโดยใช้สมการที่ (1) (Garrison, 1992)

$$w = \frac{1}{g} \int_{p_0}^0 \left( \frac{M_p}{\rho} \right) dp \quad (1)$$

- เมื่อ  $w$  เป็นปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้ (Precipitable Water Vapor) ในหน่วยเซนติเมตร
- $M_p$  เป็น Mixing Ratio ที่ระดับความดัน  $p$  ใดๆ (decimal)
- $g$  เป็นความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $986.665 \text{ cm/s}^2$ )
- $p_0$  เป็นความดันบรรยากาศที่พื้นผิวโลก (mbar)
- $\rho$  เป็นความหนาแน่นของน้ำ ( $\text{g/cm}^3$ )

จากนั้นสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้ ( $w$ ) กับข้อมูลอุณหภูมิ ( $T$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ ( $RH$ ) ของอากาศซึ่งเป็นข้อมูลผิวพื้น (Surface Data) แล้วจึงใช้สมการที่ได้ไปคำนวณปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้ ( $w$ ) จากข้อมูลผิวพื้นอื่นๆ อีก 85 แห่ง สุดท้ายนำสมการที่ได้ไปหาค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณใอน้ำกลั่นตัวได้โดยใช้สมการที่ (2) (Lacis & Hansen, 1974 อ้างถึงใน Iqbal, 1983)

$$\alpha_w = \frac{2.9 \times U}{(1 + 141.5 \times U)^{0.638} + 5.925 \times U} \quad (2)$$

โดยที่  $U = w \times m_r$

- เมื่อ  $\alpha_w$  เป็นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (decimal)  
 $w$  เป็นปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (cm)  
 $m_r$  เป็นมวลอากาศมาตรฐาน (decimal)

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

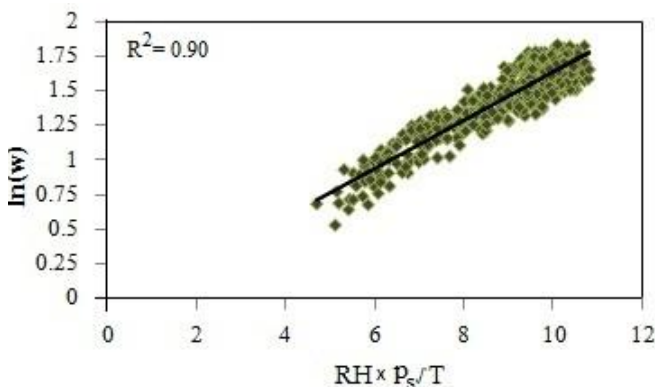
การหาความสัมพันธ์เพื่อคำนวณค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลผิวพื้น โดยนำค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ ( $w$ ) จากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนที่คำนวณได้จากสมการที่ (1) มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ( $T$ ) และความชื้นสัมพัทธ์ ( $RH$ ) ซึ่งเป็นข้อมูลผิวพื้นของอากาศที่สถานีเดียวกัน ผลที่ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1 ได้รับความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3)

$$w = 0.90176 \exp \left[ 0.1738 \times \frac{RH \times p_s}{T} \right] \quad (3)$$

- เมื่อ  $w$  เป็นปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (cm)  
 $RH$  เป็นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (decimal)  
 $T$  เป็นอุณหภูมิของอากาศ (K)  
 $p_s$  เป็นความดันไออิ่มตัวของไอน้ำในอากาศ (mbar)

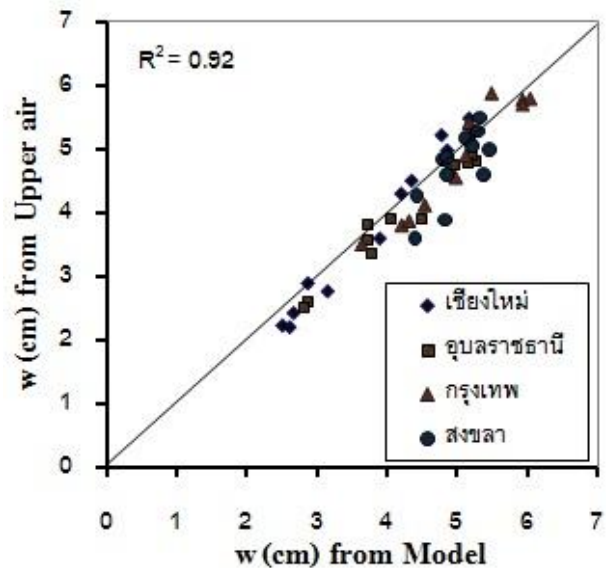
ค่าความดันไออิ่มตัวของไอน้ำในอากาศ หาได้จากสมการ (Iqbal, 1983)

$$p_s = \exp \left( 26.23 - \frac{5416}{T} \right) \quad (4)$$



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำ ( $w$ ) กับอุณหภูมิ ( $T$ ) ความชื้นสัมพัทธ์ ( $RH$ ) และความดันไอน้ำอิ่มตัว ( $p_s$ )

ในการตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ (3) นี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากแบบจำลองสมการที่ (3) และค่าที่ได้จากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนสมการที่ (1) โดยใช้ข้อมูลจาก 4 แห่ง ดังกล่าวข้างต้น ของปี พ.ศ. 2551 ซึ่งเป็นข้อมูลอิสระและไม่ได้ใช้ในการสร้างแบบจำลองมาทดสอบ ดังภาพที่ 2 พบว่าค่าที่ได้จากข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองโดยมีความแตกต่างในรูปของ Root Mean Square Error (RMSE) เท่ากับ 0.354 เซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าสูงกว่า 0.90 ซึ่งถือได้ว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูงผลการคำนวณดังกล่าวมีความละเอียดถูกต้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



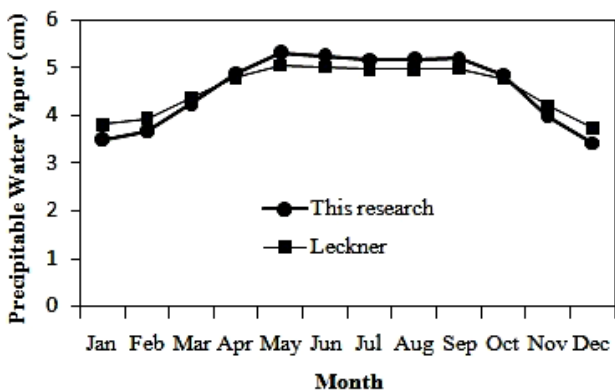
ภาพที่ 2 ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนตามสมการที่ (1) เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองตามสมการที่ (3) โดยใช้ข้อมูลผิวพื้นของปี พ.ศ. 2551

เมื่อนำสมการที่ (3) คำนวณค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2550 ของ 85 แห่งทั่วประเทศ จะได้ว่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปีโดยจะมีค่ามากในช่วงฤดูฝน (เมษายน-ตุลาคม) และจะมีค่าลดลงในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-มีนาคม) โดยมีค่าเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ  $4.5705 \pm 0.1072$  เซนติเมตร มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error of the Mean) เท่ากับ 0.0547 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Leckner (1978) ที่คำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและ

ความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งเป็นข้อมูลผิวพื้นเช่นเดียวกัน ดังสมการที่ (5) โดยใช้ข้อมูลในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกันผลที่ได้จากงานวิจัย มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปีสอดคล้องกัน ดังภาพที่ 3

$$w = \frac{0.493(RH \times p_s)}{T} \quad (5)$$

เมื่อ  $w$  เป็นปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (cm)  
 $T$  เป็นอุณหภูมิของอากาศ (K)  
 $RH$  เป็นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (decimal)  
 $p_s$  เป็นความดันไออิ่มตัวของไอน้ำในอากาศ (mbar)



ภาพที่ 3 ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ ที่คำนวณจากงานวิจัย เปรียบเทียบกับสมการของ Leckner โดยใช้ข้อมูลผิวพื้นเฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2550

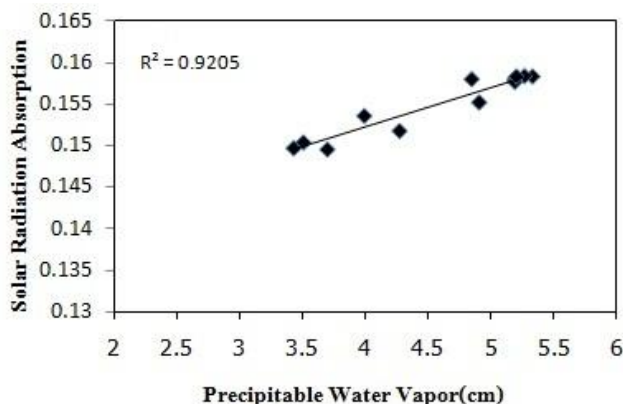
เมื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากสมการที่ (3) ไปคำนวณหาปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศจากข้อมูลผิวพื้นที่มีการตรวจวัดตามสถานีอุตุนิยมวิทยา 85 แห่งทั่วประเทศ เพื่อวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำโดยใช้สมการ Lacis & Hansen (1974 อ้างถึงใน Iqbal, 1983) ดังสมการที่ (2) ผลการวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศโดยใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 15 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2550 ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1

จากการวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยใช้ค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้เฉลี่ยต่อเดือนในรอบ 20 ปี พบว่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศโดยมีค่าการ

ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย เท่ากับ  $0.1549 \pm 0.0035$  และมีความสัมพันธ์กับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ดังภาพที่ 4 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.92 เขียนความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ (6)

$$\alpha_w = 0.0048(w) + 0.1332 \quad (6)$$

เมื่อ  $\alpha_w$  เป็นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (decimal)  
 $w$  เป็นปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (cm)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ เฉลี่ยรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2550

### สรุปผลการวิจัย

จากความสำคัญของปริมาณไอน้ำในอากาศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศและมีอิทธิพลต่อความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ในงานวิจัยนี้ได้คำนวณค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิจากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนที่มีการตรวจวัด 4 สถานี จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จากการตรวจวัดภาคพื้นดินซึ่งวัดได้ที่สถานีเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้มีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับข้อมูลภาคพื้นดินซึ่งสามารถเขียนได้ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้คำนวณค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ของสถานีอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ อีก 85 แห่งทั่วประเทศ ที่มีข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากการตรวจวัดภาคพื้นดิน ผลการคำนวณพบว่าค่าปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จะ

**ตารางที่ 1** การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ และข้อมูลผิวพื้นซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2535 - พ.ศ.2550 ของสถานีอุตุนิยมวิทยา 85 แห่งทั่วประเทศ

เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (cm)	การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์
มกราคม	72.097	26.421	3.5119 ± 0.1499	0.1504 ± 0.0061
กุมภาพันธ์	71.058	27.423	3.7023 ± 0.1568	0.1496 ± 0.0067
มีนาคม	72.560	28.605	4.2748 ± 0.1606	0.1518 ± 0.0065
เมษายน	73.831	29.505	4.9068 ± 0.1364	0.1552 ± 0.0052
พฤษภาคม	77.908	28.973	5.3292 ± 0.0787	0.1583 ± 0.0031
มิถุนายน	78.289	28.547	5.2656 ± 0.0618	0.1583 ± 0.0024
กรกฎาคม	78.928	28.183	5.1873 ± 0.0605	0.1580 ± 0.0023
สิงหาคม	79.910	27.931	5.1890 ± 0.0601	0.1577 ± 0.0021
กันยายน	81.993	27.559	5.2017 ± 0.0520	0.1583 ± 0.0020
ตุลาคม	82.091	27.135	4.8465 ± 0.0792	0.1580 ± 0.0027
พฤศจิกายน	76.773	26.539	3.9948 ± 0.1370	0.1536 ± 0.0048
ธันวาคม	72.572	25.824	3.4357 ± 0.1540	0.1498 ± 0.0060
เฉลี่ย	76.501	27.720	4.5705 ± 0.1072	0.1549 ± 0.0035

เปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบปี ซึ่งจะมีค่าสูงในช่วงเดือนเมษายนถึง ตุลาคม ซึ่งเป็นฤดูฝนและจะมีค่าน้อยในช่วงช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง มีนาคมซึ่งเป็นฤดูแล้ง โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 5.329 เซนติเมตร ในเดือนพฤษภาคม และเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 3.435 เซนติเมตร ในเดือนธันวาคม ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 4.5705 ± 0.1072 เซนติเมตร

เมื่อคำนวณปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลผิวพื้นของ 85 แห่ง นำมาวิเคราะห์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ได้ค่า R<sup>2</sup> สูงกว่า 0.90 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่เชื่อถือได้ค่อนข้างสูง และการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของปริมาณไอน้ำโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าร้อยละ 15.49 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nunez (1993) ที่พบว่าไอน้ำในบรรยากาศจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นกว้าง (0.25-4.0 μm) ได้ถึง 15% และการดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศ

เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้จากข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนซึ่งมีอยู่จำกัดและจากการคำนวณทางทฤษฎีซึ่งเป็นวิธีการศึกษาทางอ้อม ดังนั้นการศึกษาปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้น่าควรที่จะทำการศึกษาโดยใช้เครื่องมือวัดที่ทันสมัยและมีกระจายตามสถานีอุตุนิยมทั่วประเทศเพื่อนำข้อมูลมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศตลอดจนอิทธิพลของปริมาณไอน้ำที่มีต่อการลดลงของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความละเอียดถูกต้องยิ่งขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ต่องานด้านการทำนายสภาพอากาศและการศึกษาข้อมูลระยะไกลโดยใช้ดาวเทียมและงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

#### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่นที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- Brine, D.T. and Iqbal, M. (1983), Diffuse and Global solar spectral irradiance under cloudless skies. *Solar Energy*, 30, 447-456.
- Christian, G. (1994), Analysis of Monthly Average Atmospheric Precipitable Water and Turbidity in Canada and Northern United States. *Solar Energy*, 53, 50-71.
- Christopherson, R. W. (1997), *Geosystem: An Introduction to Physical Geography*. 3<sup>rd</sup> edition. Prentice Hall Inc.
- Exell, R. H. B. (1978), The water content and turbidity of the atmosphere in Thailand. *Solar Energy*, 20, 429-430.
- Garrison, J.D. (1992), Estimation of atmospheric precipitable water over Australia for application to the division of solar radiation into its direct and diffuse components. *Solar energy*, 48, pp. 89-96.
- Gautier, C.; Diak, G.; and Mase, S. (1980), A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. *Journal Applied Meteorology*, 36, 1005-1012.
- Iqbal, M. (1983), *An Introduction to Solar Radiation*. New York: Academic Press.
- Lacis, A.A. and Hansen, J.E. (1974), Parameterization : for the absorption of solar radiation in the Earth's Atmosphere. *Journal Atmospheric Science*, 19, 118-132.
- Leckner, B. (1978), The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface elements of a model. *Solar Energy*, 20, 143-150.
- Nunez, M. (1993), The development of a satellite-based insolation model for the Tropical Pacific Ocean. *Journal of Climatology*, 13, 607-627.