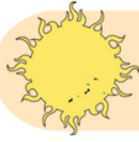


# ความลึกลับระหว่าง ดวงอาทิตย์กับ ภูมิอากาศคืออะไร?

โดย Hyanon

แปลโดย ผศ.ดร.ดุจดาว จารุจิตติพันธ์  
ดร.รุ่งนภา แก้วทองราช





# ศตวรรษแห่งการ

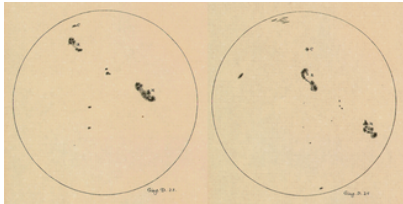
# สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์



Galileo Galilei กาลิเลโอ กาลิเลอี (1564–1642)

ในปี ค.ศ. 1610 เมื่อข้าพเจ้าเล็งกล้องโทรทรรศน์ไปยังดวงอาทิตย์ ข้าพเจ้าเห็นรอยเปื้อนสีดำหรือจุดมืดบนดวงอาทิตย์หลายแห่ง จุดมืดเหล่านี้มีทิศทางการเคลื่อนที่ร่วมกันและไม่มีรูปร่างที่แน่นอน แท้ที่จริงแล้วจุดเหล่านี้อยู่บนตัวดวงอาทิตย์เองและเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ แม้คำสอนของอริสโตเติลจะบอกว่าวัตถุทั้งหมดบนท้องฟ้านั้นสมบูรณ์แบบไร้ที่ติ แต่ดวงอาทิตย์อันงดงามกลับมีรอยมลทิน

เกือบสองร้อยปีต่อมา Schwabe รายงานในปี ค.ศ. 1854 ว่าจุดมืดบนดวงอาทิตย์ที่กาลิเลโอสังเกตเห็นนั้นเกิดขึ้นและหายไปบนผิวดวงอาทิตย์เป็นวัฏจักรอย่างสม่ำเสมอโดยมีทุก ๆ ประมาณ 11 ปี

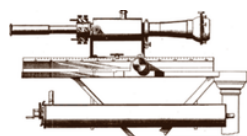


รูปวาด จุดมืดบนดวงอาทิตย์ เมื่อวันที่ 23 มิ.ย. และ 25 มิ.ย. ค.ศ. 1613

Samuel Pierpont Langley

ซามูเอล เพียร์พอนต์ แลงลีย์ (1834–1906)

จุดมืดบนดวงอาทิตย์เกิดขึ้นและหายไปเป็นวัฏจักร ข้าพเจ้าสงสัยว่าสิ่งต่าง ๆ บนโลก เช่น ความอดอยากในอินเดียหรือราคาธัญพืชในกรุงลอนดอนเกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์หรือไม่ การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุดดวงอาทิตย์ส่งผลต่อภูมิอากาศอย่างไร หากการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุดมืดบนดวงอาทิตย์มีผลต่อพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกหรือที่เรียกว่า “ค่าคงที่สุริยะ” การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุดมืดก็มีผลกระทบต่อภูมิอากาศโดยตรง ข้าพเจ้าได้ประดิษฐ์โบลิมิเตอร์ (Bolometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดค่าคงที่สุริยะที่มีความละเอียดและแม่นยำมาก เครื่องมือชิ้นนี้ตรวจวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์จากการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของแผ่นโลหะสีดำซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน



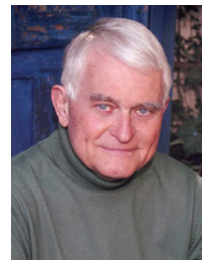
Langley & Bolometer  
โบลิมิเตอร์ (Bolometer) ที่  
แลงลีย์ใช้วัดค่าคงที่สุริยะ

ข้าพเจ้าใช้เครื่องมือนี้วัดปริมาณความร้อนที่ดวงอาทิตย์ส่งมายังโลก เนื่องจากเราเป็นบุตรแห่งดวงอาทิตย์ ข้าพเจ้าจึงเชื่อว่าการเรียนรู้ว่าสิ่งต่าง ๆ บนโลกขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมวันเวลาของเรา (ดวงอาทิตย์) อย่างไร เป็นปัญหาที่ควรค่าแก่การศึกษา

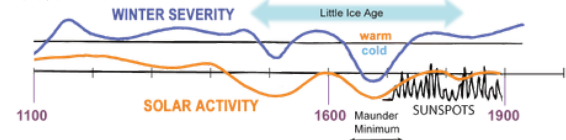
อีกประมาณ 100 ปีต่อมา เครื่องมือที่พัฒนาจากแนวคิดของแลงลีย์ถูกส่งขึ้นไปกับดาวเทียมทีโคเจอร์รอบโลกและเริ่มต้นการบันทึกข้อมูลค่าคงที่สุริยะโดยไม่มี การรบกวนจากบรรยากาศโลก

John A. Eddy จอห์น เอ. เอดดี้ (1931– 2009)

ข้าพเจ้าเคยเรียนรู้ว่าดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงเสมอ แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่สม่ำเสมอ ต่อมาข้าพเจ้าเริ่มศึกษานบันทึกทางประวัติศาสตร์เกี่ยวกับแสงเหนือแสงใต้ (Auroras) จุดมืดบนดวงอาทิตย์ที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ภาพวาดบรรยากาศชั้นนอกของดวงอาทิตย์ขณะเกิดสุริยุปราคา



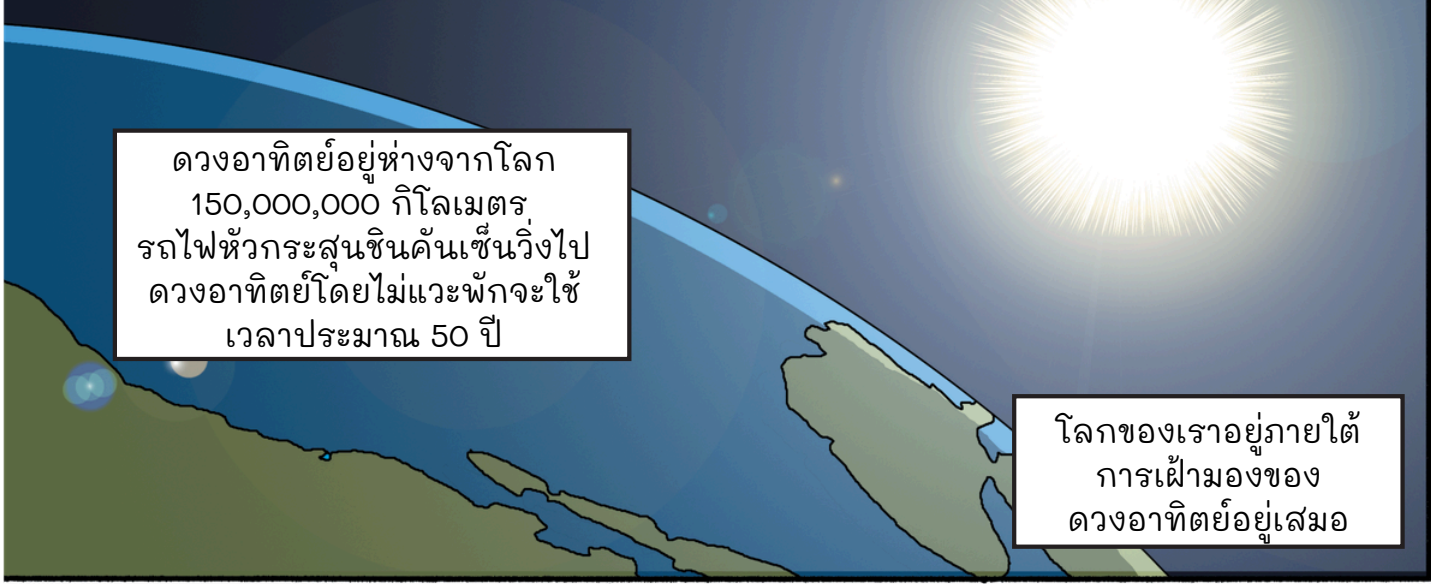
และคาร์บอน-14 ในวงปีต้นไม้ ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 16 - 17 ผู้สังเกตท้องฟ้าบันทึกว่าแทบไม่มีกิจกรรมของจุดมืดบนดวงอาทิตย์เลย ข้าพเจ้าศึกษาภาพวาดและหลักฐานอื่น ๆ จากศตวรรษที่ 17 และค่อย ๆ เชื่อมมากขึ้นว่าความแปรผันที่ไม่ปกติของกิจกรรมดวงอาทิตย์ (solar activity) น่าจะมีความเชื่อมโยงในระยะยาวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศครั้งใหญ่ เช่น ความรุนแรงของฤดูหนาวในกรุงลอนดอนและกรุงปารีส ตอนแรกข้าพเจ้าพยายามปฏิเสธผลลัพธ์นี้เพราะอคติที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์กับภูมิอากาศ และสิ่งที่ข้าพเจ้าเคยคิดว่าเป็นความจริงเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ แต่ภาพวาดต้นฉบับของดวงอาทิตย์ที่พบในหนังสือหายากเหล่านั้น มีความแม่นยำและยอดเยี่ยมมาก จนทำให้ข้าพเจ้าเชื่อว่าเป็นรายงานทางประวัติศาสตร์ที่เชื่อถือได้



ความรุนแรงของฤดูหนาวและกิจกรรมดวงอาทิตย์ในรอบ 1000 ปีที่ผ่านมา

อีกหลายทศวรรษต่อมา นักวิทยาศาสตร์จึงเริ่มยอมรับพิจารณาว่าความแปรผันของกิจกรรมดวงอาทิตย์อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากมีฐานข้อมูลระยะยาวจากอวกาศของดวงอาทิตย์และโลกมากพอที่จะอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างความแปรผันของความสว่างของดวงอาทิตย์กับอุณหภูมิพื้นผิวและบรรยากาศของโลกได้





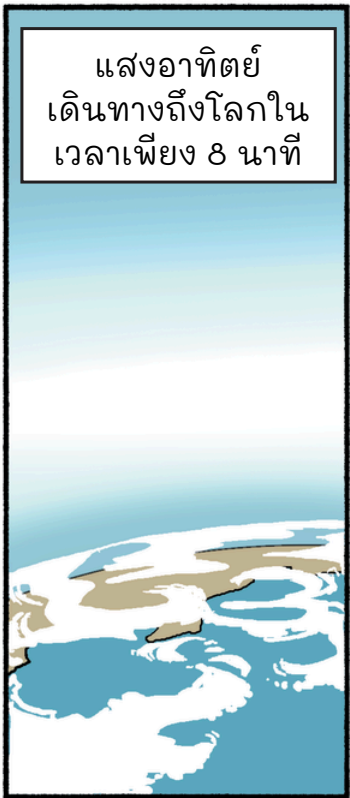
ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลก  
150,000,000 กิโลเมตร  
รถไฟหัวกระสุนจีนคันเซ็นวิ่งไป  
ดวงอาทิตย์โดยไม่แวะพักจะใช้  
เวลาประมาณ 50 ปี

โลกของเราอยู่ภายใต้  
การเฝ้ามองของ  
ดวงอาทิตย์อยู่เสมอ



หนึ่งในสามของดวงอาทิตย์ที่อยู่ด้าน  
ในสุดเป็นเตาปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่มี  
อุณหภูมิมากกว่า 15 ล้านเคลวิน

การถ่ายเทพลังงานจาก  
แก่นกลางไปยังพื้นผิวผ่าน  
การแผ่รังสีและการพาความร้อนใช้เวลาหลายแสนปี



แสงอาทิตย์  
เดินทางถึงโลกใน  
เวลาเพียง 8 นาที



พลังงานที่โลกได้รับ  
จากพื้นผิวดวงอาทิตย์  
ทำให้สิ่งมีชีวิต  
ดำรงอยู่ได้ ...

... โดยการทำให้  
โลกอบอุ่น ...

... เป็นตัวกระตุ้นการ  
สังเคราะห์แสง ...

... เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนอันตรกิริยาระหว่างมหาสมุทรแผ่นดิน และบรรยากาศ..

... ซึ่งก่อให้เกิดสภาพลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ

ผลจากการเฝ้ามองโลก  
ของดวงอาทิตย์คืออะไร ?

Thomas Edison (โทมัส เอดิสัน) บิดาแห่งการประดิษฐ์สมัยใหม่ เคยเสนอแนวคิดเรื่อง "ห้องปฏิบัติการวิจัยขนาดใหญ่" ซึ่งนำไปสู่การก่อตั้ง NRL ในปี ค.ศ. 1923 ปัจจุบัน NRL เป็นศูนย์วิจัยที่มีลักษณะคล้ายมหาวิทยาลัย ที่เพียบพร้อมด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย มีนักวิจัย วิศวกรช่างเทคนิค และบุคลากรสนับสนุนมากกว่า 2,500 คน

ห้องปฏิบัติการวิจัยกองทัพเรือสหรัฐฯ  
(Naval Research Laboratory: NRL)  
กรุงวอชิงตัน ดี.ซี.



เรามาเรียนรู้ด้วยกันว่า ภายใต้อิทธิพล  
ของดวงอาทิตย์ ภูมิอากาศของโลก  
เป็นอย่างไร

ตกลงค่ะ/ครับ!



นักวิทยาศาสตร์จาก NRL ดร. จูดิธ ลีน (Dr. Judith Lean)



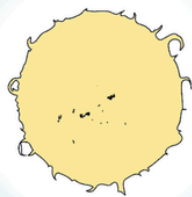
โม ผู้รักวิทยาศาสตร์



น้องหมาหุ่นยนต์  
มิรุโอะ

ระบบสุริยะ-โลกดูเหมือนจะมีเสถียรภาพมาก  
พอที่จะเอื้อให้มีสิ่งมีชีวิตบางรูปแบบมานาน  
หลายพันล้านปี แต่จากการสังเกตดวงอาทิตย์  
อย่างละเอียดและครอบคลุมในช่วงหลาย  
ทศวรรษที่ผ่านมา...

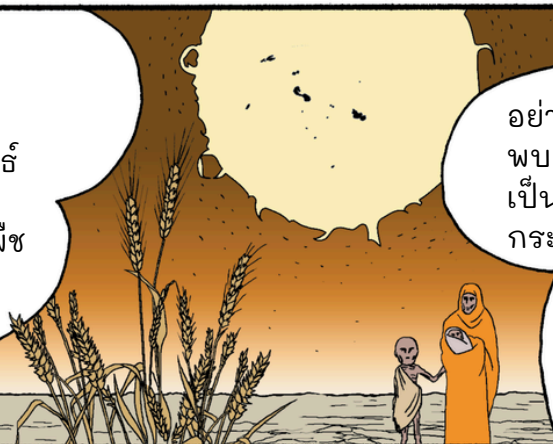
โดยเฉพาะจากอวกาศ  
(นอกโลก) แสดงให้เห็นว่า  
พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อย  
ออกมาเปลี่ยนแปลงอยู่  
ตลอดเวลา



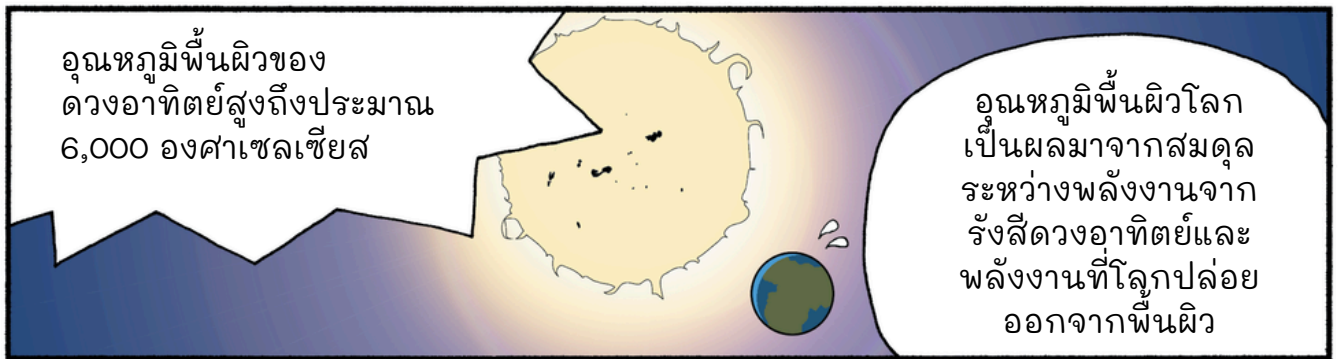
เป็นเวลากว่าหนึ่ง  
ศตวรรษที่มีการ  
รายงานความสัมพันธ์  
ระหว่างจุดมืดดวง  
อาทิตย์กับราคาธัญพืช  
หรือความอดอยาก

อย่างไรก็ตาม ผลการค้น  
พบเหล่านั้นมักถูกมองว่า  
เป็นเพียงเรื่องบังเอิญ จน  
กระทั่งไม่นานมานี้ที่ ...

ความเชื่อมโยงระหว่าง  
ดวงอาทิตย์กับ  
ภูมิอากาศเริ่มปรากฏ  
ชัดในชุดข้อมูลใหม่ ๆ  
จำนวนมาก







เรามาดูผลของพลังงานจาก  
ดวงอาทิตย์ต่อโลกใน  
รายละเอียดที่มากขึ้นกันนะ

แสงบางส่วนจาก  
ดวงอาทิตย์มองไม่เห็น  
ด้วยตาเปล่าของมนุษย์  
ฉันเดาว่าพวกเธอคง  
เคยได้ยินเกี่ยวกับ  
รังสีอัลตราไวโอเลต  
(UV) และรังสี  
อินฟราเรด (IR) นะ

เคยสิคะ

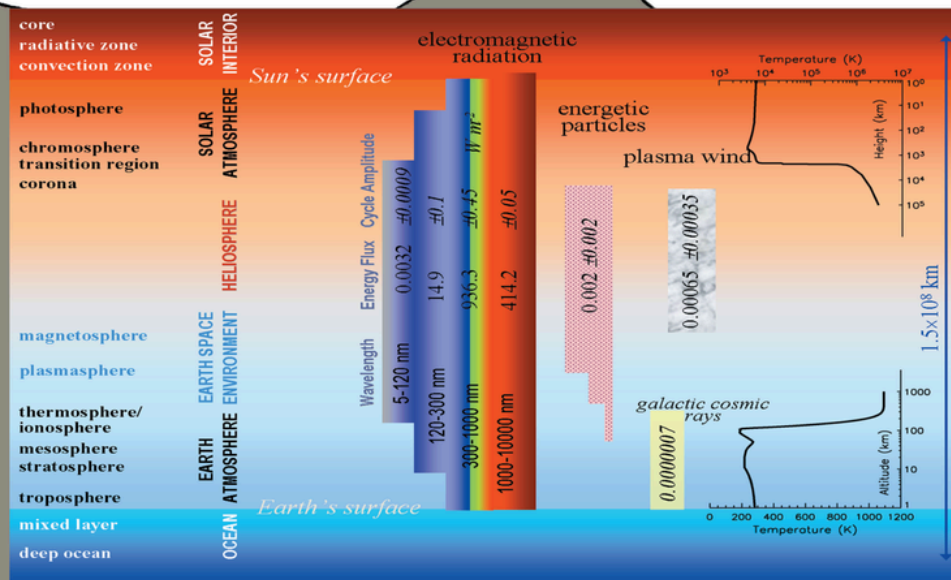
ฉันรู้จัก UV  
แต่มันคือ  
อะไรละ

กินได้มัย

รังสี UV เป็นแสงจากบรรยากาศ  
ชั้นบนของดวงอาทิตย์ที่มีความ  
สำคัญต่อการให้ความร้อนแก่  
ชั้นบรรยากาศโลก  
บรรยากาศชั้นต่างๆบนโลกมีการ  
ดูดกลืนแสงที่แตกต่างกันไปทำให้  
แต่ละชั้นมีการเปลี่ยนแปลง  
อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

แสงจากบรรยากาศชั้นนอกสุดของ  
ดวงอาทิตย์ถูกดูดกลืนที่บรรยากาศ  
ชั้นนอกของโลกทำให้อากาศแตกตัว  
เป็นไอออนอยู่ในชั้นไอโอโนสเฟียร์

แสงจากบรรยากาศชั้นล่างของ  
ดวงอาทิตย์ถูกดูดกลืนที่  
บรรยากาศชั้นกลางของโลกและ  
ทำให้เกิดเป็นชั้นของโอโซน



โอโซนดูดกลืนรังสี UV  
จากดวงอาทิตย์ทำให้  
บรรยากาศบริเวณนั้น  
ร้อนขึ้น

อุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้น ทำให้  
แนวโน้มอุณหภูมิอากาศกับความสูง  
เปลี่ยนจากลดลงเป็นเพิ่มขึ้น  
(อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น)

ชั้นโอโซนช่วยปกป้อง  
พวกเราจากรังสี UV ที่  
สามารถทำลายเซลล์ของพืช  
สัตว์ และมนุษย์ได้



เราอาจคิดว่าระหว่าง  
ดวงอาทิตย์กับโลกนั้นเป็น  
ความว่างเปล่า แต่แท้จริงแล้ว  
มีอนุภาคที่มีประจุและ  
สนามแม่เหล็กอยู่

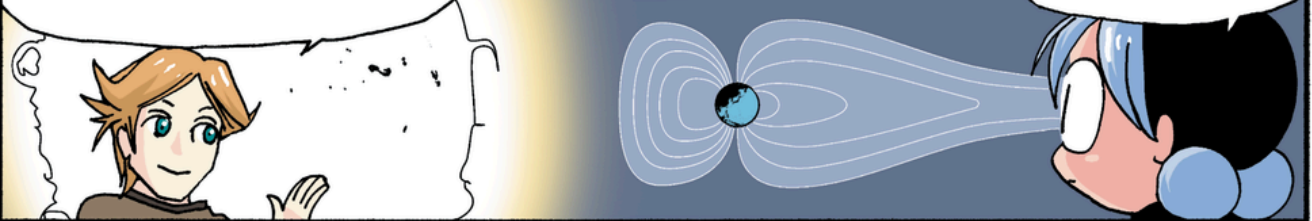


นี่คือเฮลิโอสเฟียร์ !  
(Heliosphere)

ลมสุริยะ คือ กระแสของ  
พลาสมาซึ่งประกอบด้วย  
อนุภาคที่มีประจุไหลออก  
จากดวงอาทิตย์ ...

ซึ่งก็คือบรรยากาศ  
ของดวงอาทิตย์ที่  
ขยายตัวออก  
อย่างต่อเนื่อง

ลมสุริยะมี  
ผลกระทบต่อ  
ภูมิอากาศของ  
เราไหมคะ?



ไม่มีผลต่อภูมิอากาศที่พื้นผิวโลก  
แต่ลมสุริยะสามารถส่งผลอย่างมาก  
ต่อบริเวณภูมิอวกาศ (geospace)  
รอบ ๆ โลกออกไปไกลหลาย  
พันกิโลเมตร และมีความสำคัญ  
ต่อการทำความเข้าใจความสัมพันธ์  
ระหว่างดวงอาทิตย์กับภูมิอวกาศ

ไม่ใช่การให้  
ความร้อนแก่  
พื้นผิวโลก  
โดยตรง



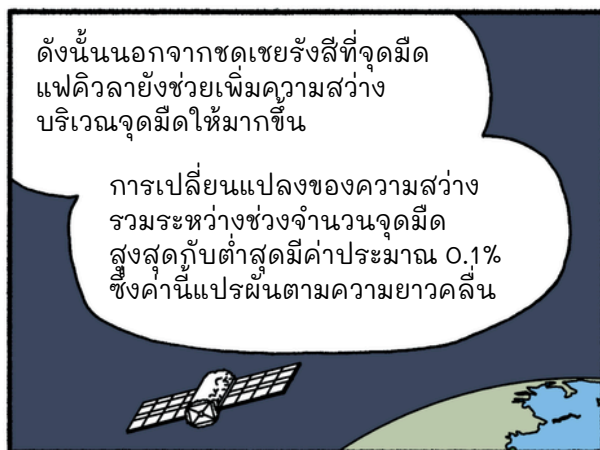
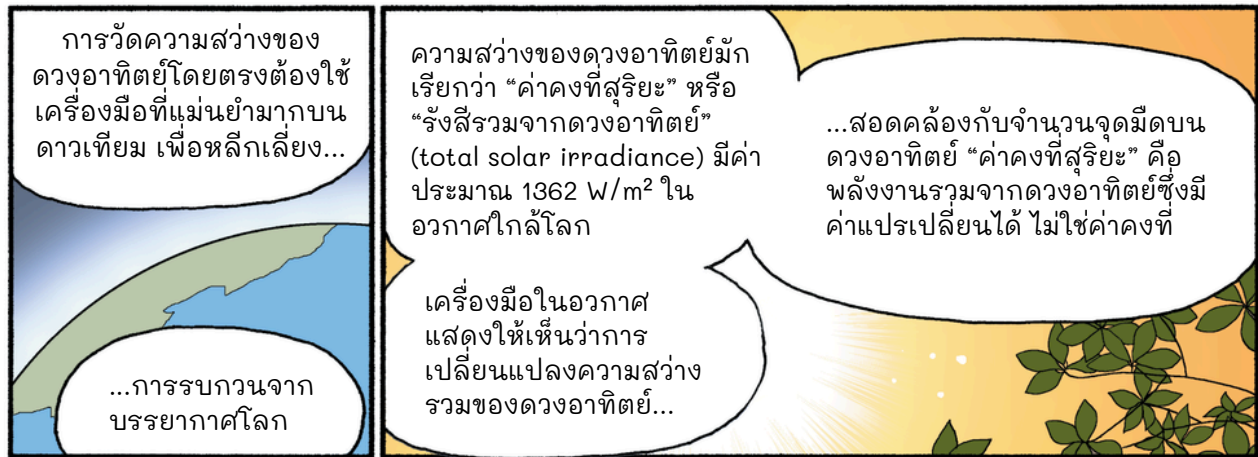
ผลกระทบทางอ้อมลิเน  
แล้วนักวิทยาศาสตร์ได้  
ทำการศึกษาอย่าง  
ละเอียดถี่ถ้วนแล้ว  
หรือยังคะ

บางครั้งลมสุริยะทำให้ภูมิอวกาศ  
ซับซ้อนมากขึ้น จนอนุภาคจาก  
กาแล็กซีอื่นเดินทางมาถึงโลกได้  
น้อยลง ซึ่งยืนยันได้ด้วยร่องรอยของ  
อนุภาคเหล่านี้ในวงปีต้นไม้และ  
แกนน้ำแข็ง...

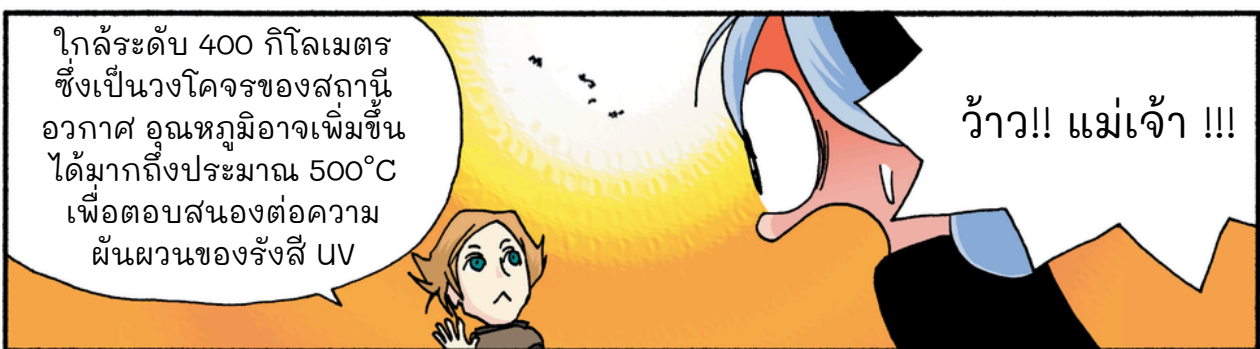
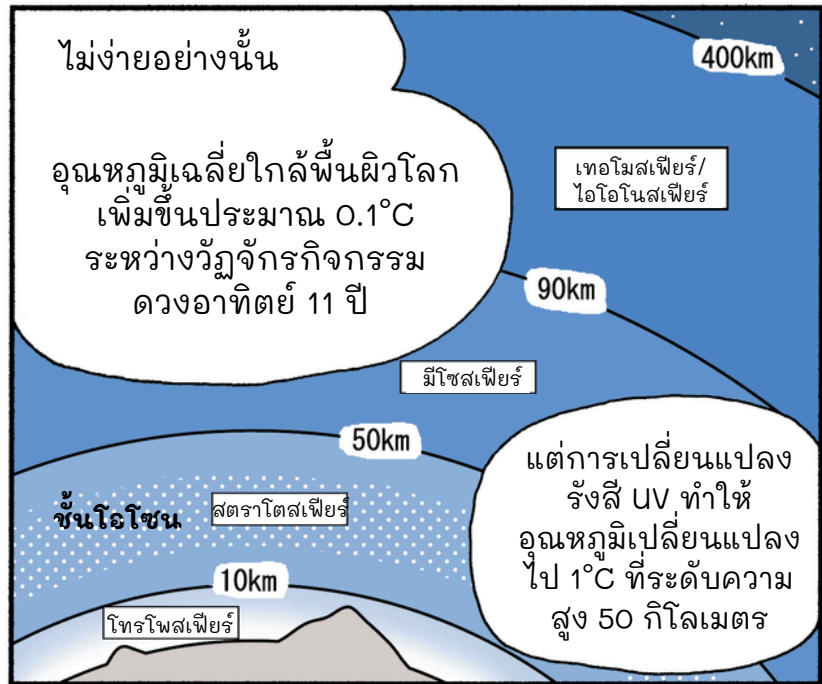
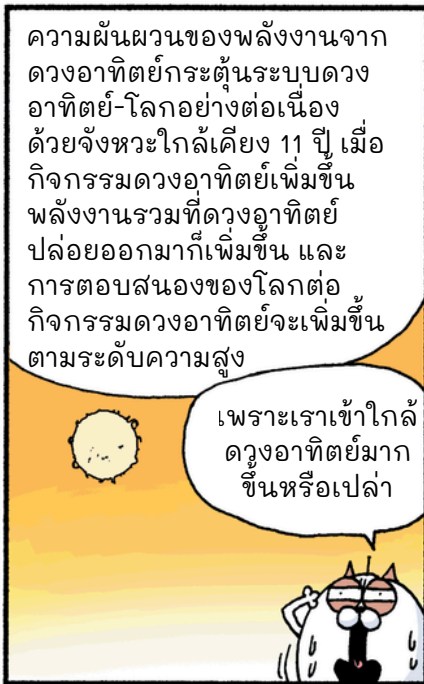
ยอดเยี่ยมจริงๆ

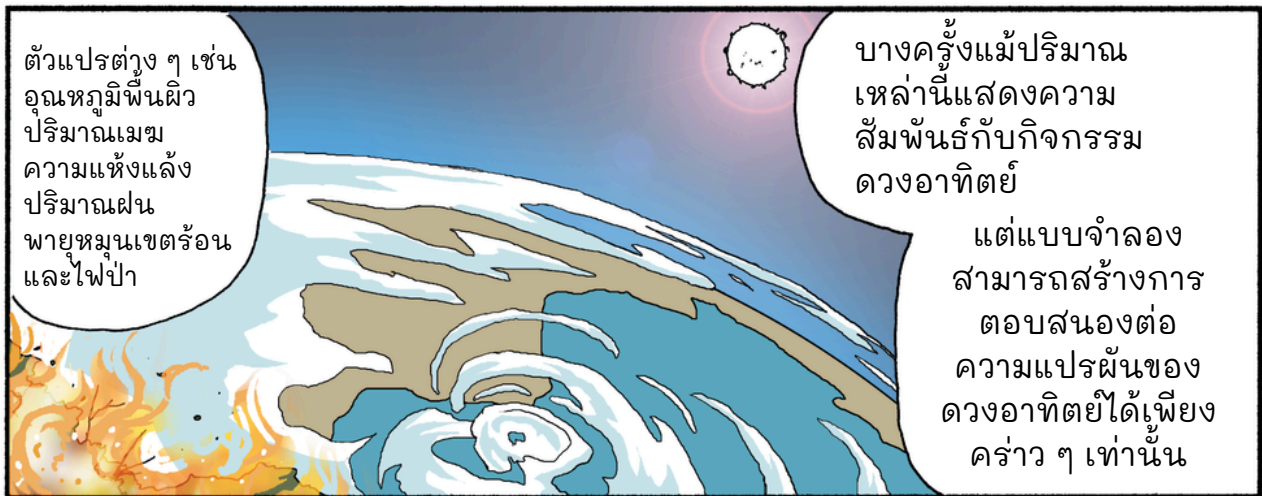
หลักฐานเหล่านี้ทำให้เราทราบว่า  
ดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง  
อย่างไรในช่วง 10,000 ปีที่ผ่านมา  
ก่อนที่จะมีการวัดค่าต่างๆจาก  
ดาวเทียม















มีหลักฐานหรือเปล่าว่า  
ภูมิอากาศโลกในอดีต  
เปลี่ยนแปลงเพื่อตอบ-  
สนองต่อความแปรผัน  
ของดวงอาทิตย์

มีสิ นับตั้งแต่ระบบสุริยะ-  
โลกก่อตัวเมื่อประมาณ  
4.5 พันล้านปีก่อน ระบบ  
นี้ได้วิวัฒนาการผ่านช่วงเวลา  
ที่ทั้งอบอุ่นกว่าและหนาว  
เย็นกว่าปัจจุบัน



บันทึกภูมิอากาศบรรพกาล (ภูมิอากาศ  
ในอดีต) หลากหลายชนิด เช่น แก่นน้ำ  
แข็ง วงปีต้นไม้ ตะกอนของทะเลสาบ  
และมหาสมุทร รวมถึงปะการัง ซึ่ให้  
เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน..



...จากดวงอาทิตย์อาจมี  
ส่วนต่อความแปรผันของ  
ระบบ

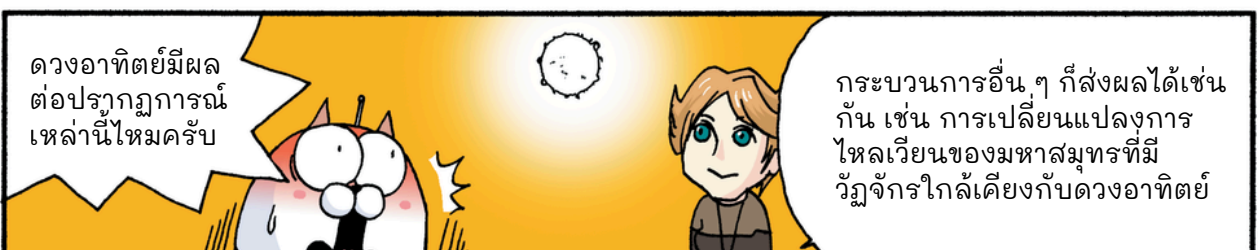
กิจกรรมของดวงอาทิตย์และ  
ภูเขาไฟสามารถทำให้อุณหภูมิ  
พื้นผิวโลก เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน  
0.5 องศา การเปลี่ยนแปลง  
อุณหภูมิเหล่านี้ถูกบันทึกไว้ในช่วง  
ก่อนยุคอุตสาหกรรม ถือได้ว่าเป็น  
ผลจากธรรมชาติล้วนๆ เลย



ความแห้งแล้งและ  
ปริมาณฝนกึ่งฤดูเหมือน  
เกี่ยวข้องกับความ  
แปรผันของ  
ดวงอาทิตย์เช่นกัน

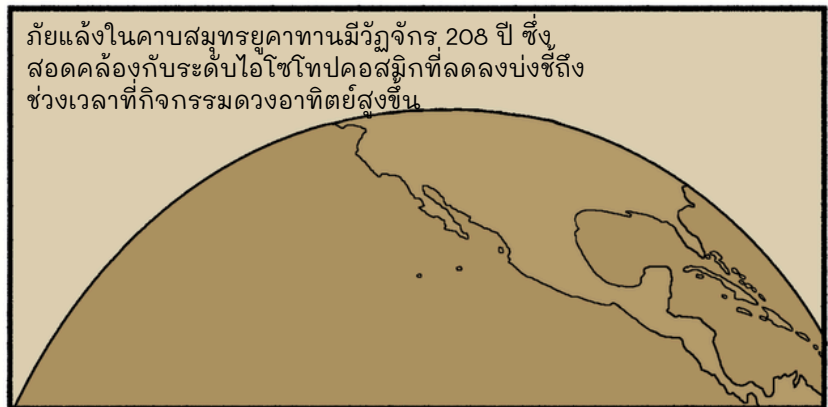
ในยูคาทาน (Yucatan) และบริเวณ  
เส้นศูนย์สูตรของแอฟริกาตะวันออก  
กิจกรรมดวงอาทิตย์สูงสัมพันธ์กับ  
สภาพแห้งแล้งมากขึ้น ...

... และทำให้ปริมาณน้ำ  
ฝนในภูมิภาคนี้เพิ่มขึ้น  
ซึ่งอาจจะมาจากมรสุม  
เป็นต้น



ดวงอาทิตย์มีผล  
ต่อปรากฏการณ์  
เหล่านี้ไหมครับ

กระบวนการอื่น ๆ ก็ส่งผลได้เช่น  
กัน เช่น การเปลี่ยนแปลงการ  
ไหลเวียนของมหาสมุทรที่มี  
วัฏจักรใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์

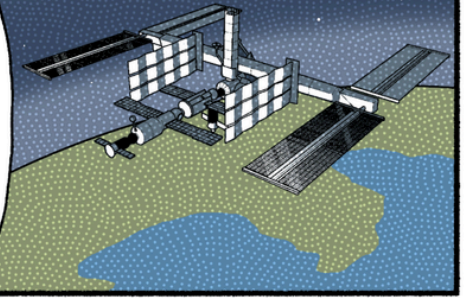




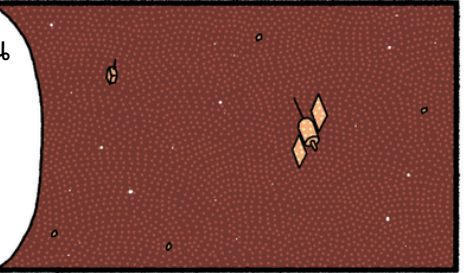
จนถึงตอนนี้เราได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวในระบบดวงอาทิตย์-ภูมิอากาศแล้วต่อไปมาดูว่าในช่วงเวลาที่สั้นกว่า ดวงอาทิตย์ส่งผลต่อเราอย่างไร

ชั้นบรรยากาศส่วนบนของโลกมีความอ่อนไหวต่อผลกระทบอย่างฉับพลันซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของระบบสุริยะ-โลก

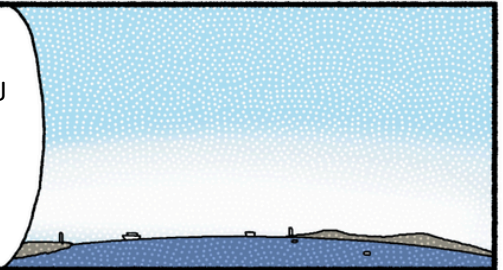
หลังการปะทุของเปลวสุริยะอนุภาคพลังงานสูงที่เกิดขึ้นอาจทำลายระบบเทคโนโลยีในอวกาศ และคุกคามสุขภาพของนักบินอวกาศ รวมทั้งผู้โดยสารบนเครื่องบินที่บินผ่านบริเวณขั้วโลก



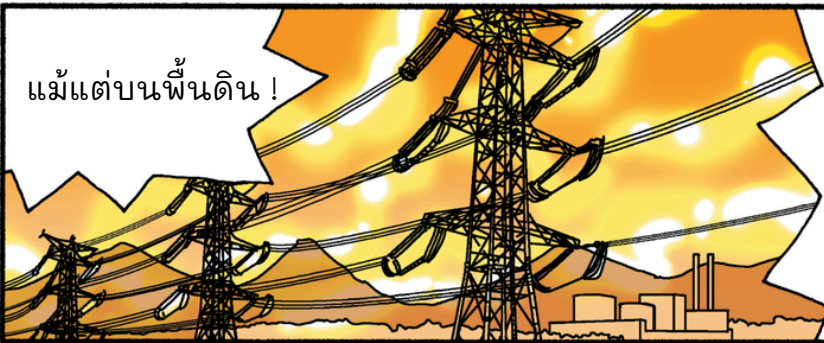
ความผันผวนของความหนาแน่นบรรยากาศที่เกิดจากดวงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนวงโคจรของดาวเทียมในวงโคจรระดับต่ำได้



เปลวสุริยะยังรบกวนระบบนำทางและการสื่อสารไร้สายโดยเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นอิเล็กตรอนในชั้นไอโอโนสเฟียร์



แม้แต่บนพื้นดิน !



กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในพื้นดินอาจทำให้โครงข่ายไฟฟ้าและท่อส่งน้ำมันเสื่อมสภาพลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความขัดข้องอย่างร้ายแรงได้

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้เราต้องพัฒนาความเข้าใจและยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม

การทำความเข้าใจระบบสุริยะ-โลกนั้น เปรียบเสมือนการทำความเข้าใจบ้านของเราในอวกาศ ซึ่งกว้างไกลไปกว่าเพียงแค่พื้นผิวโลกที่เราอาศัยอยู่ในปัจจุบัน

นั่นคือเหตุผลที่นักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างหนัก

อ้อ !

โมลและมิรุโบะจึงรับรู้ถึงความเชื่อมโยงอันใกล้ชิดระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก

## ความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์กับภูมิอากาศคืออะไร?



เห็นได้ชัดว่าอากาศอุ่นขึ้นเมื่อมีแสงอาทิตย์ทำไมความเชื่อมโยงระหว่างดวงอาทิตย์กับภูมิอากาศจึงยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่?



เป็นคำถามที่ดีมาก! การที่โลกหมุนรอบตัวเองและโคจรรอบดวงอาทิตย์ทำให้มีรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบไปยังตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน เป็นผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืน หรือระหว่างฤดูร้อนและฤดูหนาว เมื่อทำการเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดทั้งโลกในช่วงหนึ่งปี อุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้ค่อนข้างคงที่ แต่ถ้าความสว่างของดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลง พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปก็จะทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยและภูมิอากาศเปลี่ยนไป



ความสว่างรวมของดวงอาทิตย์เรียกว่า “ค่าคงที่สุริยะ” มีการเปลี่ยนแปลงจริง ๆ ไหมคะ



ใช่! ความสว่างรวมของดวงอาทิตย์เป็นผลรวมของรังสีจากทุกความยาวคลื่น มีการเปลี่ยนแปลงเป็นวัฏจักรด้วยคาบการเปลี่ยนแปลง 11 ปี จากข้อมูลเมื่อไม่นานมานี้ พบว่าการเปลี่ยนแปลงมีแอมพลิจูดประมาณ 0.1% (จากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุด) รังสี UV มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแสงที่ตามองเห็น และรังสีอินฟราเรด การวัดการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ได้อย่างแม่นยำทำได้โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า เรดิโอมิเตอร์ ที่ติดตั้งบนยานอวกาศที่บินอยู่เหนือชั้นบรรยากาศโลก



น่าสนใจมาก แล้วจุดมืดบนดวงอาทิตย์เกี่ยวข้องกับแสงสว่างของดวงอาทิตย์อย่างไร



เป็นอีกคำถามที่ดีมาก! เมื่อดวงอาทิตย์มีกิจกรรมสูง เช่น ใกล้เคียงสูงสุดของวัฏจักร 11 ปี จำนวนจุดมืดบนดวงอาทิตย์จะมากขึ้น รังสีดวงอาทิตย์ที่ปล่อยจากจุดมืดจะน้อยกว่าผิวปกติ ทำให้ความสว่างรวมของดวงอาทิตย์ลดลง แต่ในขณะเดียวกันกิจกรรมของดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฟาคุลา (facula) ซึ่งเป็นบริเวณที่ปล่อยรังสีดวงอาทิตย์ออกมามากกว่าส่วนที่ลดลงไปในจุดมืด ทำให้ความสว่างรวมสุทธิเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1% ระหว่างวัฏจักรสุริยะ



การเปลี่ยนแปลงความสว่างดูน้อยมากๆ แล้วมีผลต่อภูมิอากาศมากเพียงใด



การเปลี่ยนแปลง 0.1% ดูเล็กน้อยในการเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์ พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างค่าสูงสุดถึงค่าต่ำสุดของวัฏจักร 11 ปี ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนทางภูมิอากาศ เทียบเท่ากับ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาเดียวกัน อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.1°C ระหว่างวัฏจักรสุริยะ บางภูมิภาคอุ่นกว่าในขณะที่บางภูมิภาคเย็นลง เพราะการเคลื่อนที่เชิงพลวัตของบรรยากาศและมหาสมุทรเปลี่ยนไป หลักฐานจากอดีตชี้ว่าฝนและภัยแล้งอาจเป็นพิษต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของรังสีดวงอาทิตย์



การเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์อธิบายภาวะโลกร้อนในศตวรรษที่ผ่านมาได้หรือไม่



รายงานการประเมินของ IPCC ปี 2007 ระบุว่า การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่ปี 1750 มีอิทธิพลต่อภูมิอากาศมากกว่าการเปลี่ยนแปลงความสว่างของดวงอาทิตย์ ประมาณสิบเท่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ตั้งแต่ปี 1880 อยู่ในระดับประมาณ 0.1°C ในขณะที่ภาวะโลกร้อนจากกิจกรรมมนุษย์ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มขึ้นมากกว่า 0.65°C



หากดวงอาทิตย์เข้าสู่ช่วงกิจกรรมต่ำอีกครั้ง คล้ายกับที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 17 ความสว่างที่ลดลงจะช่วยทำให้อุณหภูมิพื้นผิวของโลกเย็นลงเพื่อต้านภาวะโลกร้อนในอนาคตได้หรือไม่



การเปลี่ยนแปลงความสว่างของดวงอาทิตย์มีแนวโน้มจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 5 % ซึ่งทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.5°C ซึ่งเล็กน้อยมากเมื่อเทียบผลจากการก๊าซเรือนกระจก เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเป็นสองเท่าอุณหภูมิของพื้นผิวโลกจะเพิ่มขึ้นอยู่ราว 4°C ดังนั้น การลดลงของความสว่างแบบ Maunder Minimum จะชดเชยภาวะโลกร้อนจากมนุษย์ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ไม่กี่เปอร์เซ็นต์)



ไม่ว่าสิ่งใดกำลังส่งผลต่อภูมิอากาศของเรา ก็ขอให้มันไม่เปลี่ยนแปลงมากเกินไป

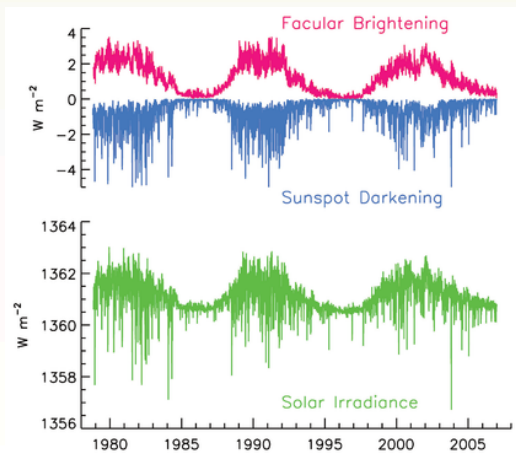


# ความเข้าใจเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และภูมิอากาศ

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์วัยกลางคน และโลกเป็นดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ที่ระยะห่างประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร นักวิทยาศาสตร์สงสัยมานานว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาจะส่งผลต่อโลกหรือไม่ ปัจจุบัน ความกังวลเรื่องภาวะโลกร้อนทำให้การศึกษาลักษณะตามธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความจำเป็นมากขึ้น เพื่อแยกผลเหล่านี้ออกจากผลของก๊าซที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมมนุษย์

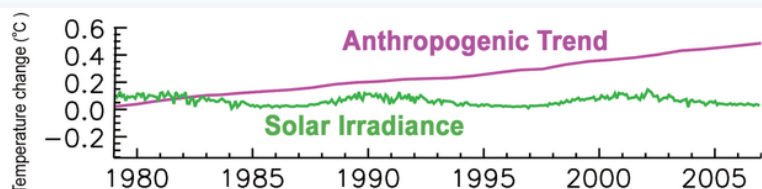
พลังงานของดวงอาทิตย์มาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันภายในแก่นกลางดวงอาทิตย์ พื้นผิวของดวงอาทิตย์แผ่พลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสเปกตรัมมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นแสงช่วงที่ตามองเห็น (visible light) รังสีดวงอาทิตย์นี้ทำให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิประมาณ  $-18^{\circ}\text{C}$  แต่ค่าเฉลี่ยจริงทั่วโลกสูงกว่า  $33^{\circ}\text{C}$  เพราะก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศกักเก็บรังสีอินฟราเรดที่พื้นผิวโลกแผ่กลับสู่อวกาศเอาไว้ สมดุลพลังงานระหว่างรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้ามาและรังสีอินฟราเรดที่โลกปล่อยออกไปเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิสมดุลของพื้นผิวโลก การเปลี่ยนแปลงพลังงานนี้ ไม่ว่าจะเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์หรือความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ล้วนทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง

เรดิโอมิเตอร์ความแม่นยำสูงบนยานอวกาศที่โคจรรอบโลกเริ่มวัดความสว่างของดวงอาทิตย์ในช่วงปลายทศวรรษ 1970 และหลังจากนั้นไม่นานพบว่าความสว่างของดวงอาทิตย์แปรผันอย่างต่อเนื่อง ความสว่างที่เพิ่มขึ้นในช่วงกิจกรรมดวงอาทิตย์สูงสัมพันธ์กับการสะสมของฟลักซ์ที่สว่างซึ่งแปรไปตามการบ่งชี้ดวงอาทิตย์ของจุดมืดดวงอาทิตย์ แบบจำลองที่รวมผลจากจุดมืดดวงอาทิตย์ซึ่งทำให้มีลดลงกับผลจากฟลักซ์ที่ทำให้สว่างขึ้นสามารถอธิบายความแปรผันที่วัดได้ประมาณ 85% แต่ข้อมูลการวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่มีอยู่ยังสั้นเกินไปที่จะระบุได้ว่าการเปลี่ยนแปลงจำกัดอยู่ในวัฏจักร 11 ปี หรือมีการเปลี่ยนแปลงระยะยาวกว่านั้นด้วยหรือไม่ จึงจำเป็นต้องดำเนินการเก็บข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์เหนือชั้นบรรยากาศโลกอย่างต่อเนื่องให้ยาวนานกว่านี้



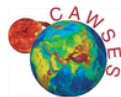
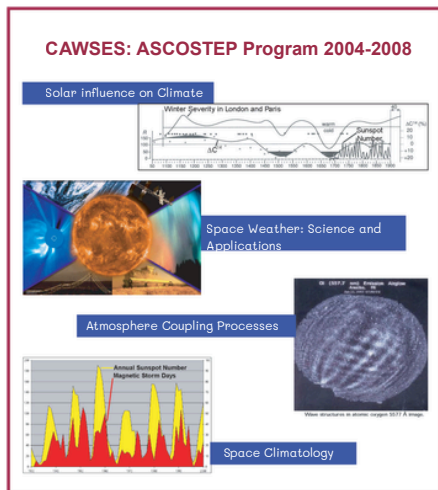
วัฏจักรของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ (solar irradiance cycle) เกิดจากผลกระทบที่หักล้างกันระหว่างจุดมืดบนดวงอาทิตย์ (sunspots) และบริเวณสว่าง (faculae)

การเปลี่ยนแปลงความสว่างของดวงอาทิตย์เป็นเพียงหนึ่งในหลายสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปะทุของภูเขาไฟ เอลนีโญ-ลานีญา ปฏิสัมพันธ์อื่นระหว่างมหาสมุทรกับบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของละอองลอยในโทรโพสเฟียร์และก๊าซเรือนกระจก ล้วนส่งผลต่อภูมิอากาศได้ ข้อมูลภูมิอากาศบรรพกาลและแบบจำลองภูมิอากาศโดยทั่วไปเห็นพ้องกันว่า ในช่วงพันปีก่อนยุคอุตสาหกรรม การปะทุของภูเขาไฟและการเปลี่ยนแปลงความสว่างของดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส ข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบันชี้ว่าวัฏจักรอุตสาหกรรม ได้แก่ ฝนและภัยแล้งตอบสนองไวเป็นพิเศษต่อการเปลี่ยนแปลงความสว่างของดวงอาทิตย์ และอาจเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรกับบรรยากาศคล้ายกับที่ก่อให้เกิดเอลนีโญ-ลานีญา ผลลัพธ์เหล่านี้กระตุ้นให้มีการปรับปรุงและขยายแบบจำลองภูมิอากาศแบบการไหลเวียนทั่วไป เพื่อช่วยพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้น่าเชื่อถือมากขึ้น



ทั้งความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และสาเหตุที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ต่างส่งผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้งสองนี้ ซึ่งประมาณค่าจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยเส้นโค้งทั้งสองถูกปรับให้มีค่าเป็นศูนย์ที่ปี ค.ศ. 1976 (ช่วงกิจกรรมสุริยะต่ำสุด)





## ภูมิอากาศและสภาพอวกาศของระบบ สุริยะ-โลก (Climate and Weather of the Sun-Earth System; CAWSES)

CAWSES คือ โปรแกรมระหว่างประเทศที่ได้รับการสนับสนุนโดย SCOSTEP (Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics) คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับฟิสิกส์โลก-ดวงอาทิตย์ และก่อตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในอวกาศและผลกระทบต่อชีวิตและสังคม หน้าที่หลักของ CAWSES จะช่วยประสานงานกิจกรรมระหว่างประเทศในการสังเกต การสร้างแบบจำลอง และทฤษฎีที่สำคัญต่อการทำความเข้าใจ เพื่อ นักวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา และเพื่อ มอบโอกาสทางการศึกษาสำหรับนักเรียนในทุกๆระดับ สำนักงาน CASES ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยบอสตัน รัฐแมสซาชูเซตส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา อิมวิทยาลัยศาสตร์สึประการของ CAWSES แสดงดังรูป

เว็บไซต์ : <http://www.bu.edu/cawses/>  
<http://www.scostep.ucar.edu/>



## ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมสุริยะ-โลก (STEL) มหาวิทยาลัยนาโกยา (Solar-Terrestrial Environment Laboratory; STEL), Nagoya U.

STEL ดำเนินการภายใต้ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยในญี่ปุ่น วัตถุประสงค์คือ การส่งเสริม "การวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างและการขับเคลื่อน งานวิจัยทางด้านระบบสุริยะ-โลก" โดยร่วมมือกับ มหาวิทยาลัยและสถาบันหลายแห่งทั้งในญี่ปุ่นและต่างประเทศ ห้องปฏิบัติการประกอบด้วยแผนกวิจัย 4 แผนก : สภาพแวดล้อม ในชั้นบรรยากาศ สภาพแวดล้อมไอโอโนสเฟียร์และแมกนีโตสเฟียร์ สภาพแวดล้อมเฮลิโอสเฟียร์ และการศึกษาแบบบูรณาการ ศูนย์วิจัย Geospace ยังเป็นพันธมิตรกับห้องปฏิบัติการ เพื่อประสานงานและ ส่งเสริมโครงการวิจัยร่วมกัน มีการเก็บข้อมูลภาคพื้นดินทั้ง 7 แห่ง

เว็บไซต์ : <http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/>

## はやのん

ฮายานอน (ผู้เขียน)

จบการศึกษาจากภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยริวกิว ฮายานอน นักเขียน และนักวาดการ์ตูน ได้มีส่วนร่วมในซีรีส์ หลายเรื่องในนิตยสารยอดนิยมบน พื้นฐานภูมิหลังที่แข็งแกร่งของเธอใน ด้านวิทยาศาสตร์ และเกมคอมพิวเตอร์ การเขียนที่ลื่นไหล แสดงออกถึงความรัก ในวิทยาศาสตร์

## 子供の科学

โคโดโมะ โนะ คากากุ (วิทยาศาสตร์สำหรับเด็ก)

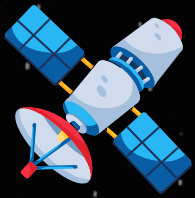
โคโดโมะ โนะ คากากุ เผยแพร่โดย Seibundo Shinkosha Publishing Co., Ltd. เป็นนิตยสาร รายเดือนสำหรับเด็ก ตั้งแต่ฉบับเปิดตัวในปี 1924 นิตยสารได้ ส่งเสริมการศึกษาวิทยาศาสตร์ อย่างต่อเนื่องโดยนำเสนอแง่มุมต่าง ๆ ของ วิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ในชีวิตประจำวันไปจนถึงหัวข้อการวิจัยที่ทันสมัย

เว็บไซต์ : <http://www.seibundo.net/>

"ความสัมพันธ์ระหว่างดวงอาทิตย์กับภูมิอากาศคืออะไร?" ตีพิมพ์โดยความร่วมมือของ "โคโดโมะ โนะ คากากุ" โมะ, มิรุโอะ ขอขอบคุณ Casper Ammann และ Art Richmond สำหรับความช่วยเหลือในการแปลเรื่องราวของเราในเวอร์ชันภาษาอังกฤษ

จัดทำโดย ห้องปฏิบัติการ ระบบนิเวศโลก-สุริยะ มหาวิทยาลัยนาโกยา และคณะกรรมการ วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์โลกสุริยะร่วมกับโครงการ CAWSES





# Research Centers, Laboratories, and Space-Related Projects from 7 Institutions in Thailand



Geo-Informatics and Space Technology Development Agency



## Space Technology Research Center (S-TREC)

Space Technology Research Center (S-TREC) is GISTDA's advanced R&D and operational center for space technology. Its key missions include space safety (SSA, STM and SW), and support, Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM), and advanced space technology R&D, supported by capabilities in orbital mechanics, embedded system, GNC, AI, SAR and High-Performance Computing (HPC). S-TREC also promotes national and international collaboration to support joint research, technology development, space experiments, and operational activities.



Chiang Mai University (CMU)



## Earth-Space Ecology Research Group, Chiang Mai University (ESE)

Earth-Space Ecology Research Group (ESE), Chiang Mai University, established in 2023, conducts research on space and its impacts on human life. Its activities include space weather monitoring and warning, extreme-environment biology, and human readiness for future space exploration. The group collaborates with national and international organizations to advance research, develop students, and create innovations supporting Thailand's space economy. It also promotes public space education to inspire youth, strengthen scientific awareness, and prepare society for the future space era.



Khon Kaen University (KKU)



## Khon Kaen Artificial Intelligence for Next-generation Astro-Environment (KAINAE)

Khon Kaen Artificial Intelligence for Next-generation Astro-Environment, Khon Kaen University, advances space science through artificial intelligence. Its core work encompasses space weather forecasting, ionospheric monitoring, and advanced space-environment data analytics. Driving the future of space tech and AI integration, the group collaborates nationally and internationally to advance cutting-edge research, train future scientific leaders, and support Thailand space sector.



King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)



## Center of Excellence in GNSS and Space Weather (CEGS)

The Center of Excellence in GNSS and Space Weather (CEGS), KMITL, established in 2020, conducts research on GNSS, the ionosphere, and space weather. The center operates observation networks across Thailand and neighboring countries using GNSS receivers, ionosondes, and VHF radar. Its research focuses on ionospheric disturbances, GNSS positioning errors, and aviation navigation technologies such as GBAS/SBAS. CEGS also collaborates with international research organizations and promotes public understanding of GNSS, space weather, and space science.



ขอขอบคุณทุกสถาบันที่ร่วม  
สร้างสรรค์ ความรู้ด้าน  
อวกาศเพื่ออนาคตของไทย





# Research Centers, Laboratories, and Space-Related Projects from 7 Institutions in Thailand



Amnatcharoen  
Campus



Kanchanaburi  
Campus

RESEARCH CENTER  
LABORATORY BUILDING

## Mahidol University (MU)



### Water and Food Quality Analysis Service Amnatcharoen Campus & Postgraduate Studies Division, School of Interdisciplinary Studies at Kanchanaburi Campus

Mahidol University promotes interdisciplinary education, research, and academic services through its Amnatcharoen and Kanchanaburi Campuses. **The Water and Food Quality Analysis Service Unit** provides standardized analytical services for water and food quality while supporting education, research, and innovation in food safety and environmental health. **The Postgraduate Studies Division, School of Interdisciplinary Studies**, serves as a multidisciplinary hub for graduate education and research covering food resources, ecosystem sustainability, Earth and space sciences, environmental and climate change, natural hazards, geophysics, and cosmology. These units contribute to interdisciplinary research, innovation, and sustainable development.



COCC  
Coastal Oceanography  
Climate Change  
Research Center

## Prince of Songkla University (PSU)



### Coastal Oceanography and Climate Change Research Center (COCC)

This research center focuses on advancing knowledge of coastal and marine ecosystems, climate change, and sustainable ocean management. Its research covers coral reefs, seagrass ecosystems, blue carbon, marine biodiversity, marine debris, and environmental monitoring. The center aims to support evidence-based conservation and management strategies while promoting sustainable development and climate resilience in coastal communities.



GGUS  
GREENHOUSE GAS UNIT  
FOR SUSTAINABILITY

## Silpakorn University (SU)



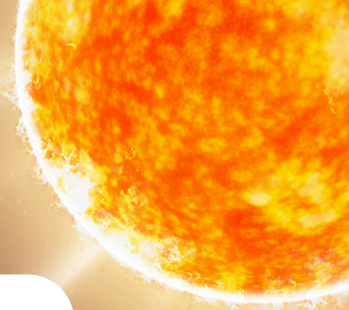
### Department of Environmental Science & Department of Physics

**The Greenhouse Gas Unit for Sustainability (GGUS)**, under the **Department of Environmental Science**, provides academic services, professional consultancy, and capacity-building in carbon footprint assessment, greenhouse gas management, and sustainability, supporting the transition toward a low-carbon society in line with national priorities and international sustainability agendas. Meanwhile, **the Department of Physics** conducts research and academic services in solar energy, atmospheric physics, materials science, engineering physics, and theoretical physics, with expertise in solar radiation and atmospheric monitoring, solar energy technologies, functional materials, sensors, and wind energy. Supported by specialized facilities, including an ISO/IEC 17025-accredited solar-radiation calibration laboratory. The Department also organizes STEM outreach activities for youth, aiming to inspire interest in physics and science among the next generation.



ขอขอบคุณทุกสถาบันที่ร่วม  
สร้างสรรค์ ความรู้ด้าน  
อวกาศเพื่ออนาคตของไทย





Thai translation by



Chiang Mai  
University  
(CMU)



Khon Kaen  
University (KKU)



King Mongkut's  
Institute of  
Technology  
Ladkrabang (KMITL)



Mahidol  
University  
(MU)



Prince of Songkla  
University  
(PSU)



Silpakorn  
University  
(SU)



อ่านเพิ่มเติมได้ที่  
<http://scostep.org/space-science-comic-books/>

