Solar Storm

www.narit.or.th

Disaster or Natural Phenomenon

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

NATIONAL ASTRONOMICAL RESEARCH INSTITUTE
OF THAILAND (PUBLIC ORGANIZATION)

อาคารศิริพานิช เลขที่ 191 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
191 Siriphanich Bldg, Huaykaew Rd, Suthep, Meung, Chiang Mai 50200
โทรศัพท์ : 0-5322-5569 โทรสาร : 0-5322-5524
E-mail : info@narit.or.th

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute
of Thailand (Public Organization)

พายุสุริยะ

มหันตภัยหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ

Solar Storm

www.narit.or.th

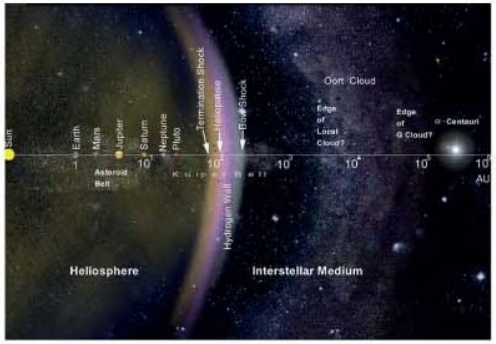
Disaster or Natural Phenomenon

ผู้เรียบเรียง :
นายสมานชาญ จันทร์เอี่ยม, นายคมสันต์ ธุรี, นายรอยาลี มามะ, นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ, นายสุวนิตย์ วุฒสังข์

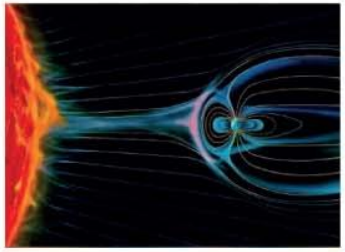
Solar Storm
Disaster or Natural Phenomenon

ลมสุริยะ และพายุสุริยะ

ลมสุริยะ (Solar Wind) คือ กระแสอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งถูกปลดปล่อยจากชั้นโคโรนาของดวงอาทิตย์ อนุภาคเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตอน อิเล็กตรอน หรือ อาจมีไอออนของธาตุหนักรวมอยู่ด้วย การปลดปล่อยลมสุริยะมีระดับพลังงานระหว่าง 10-100 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) และมีความเร็วตั้งแต่ 200 ถึง 889 กิโลเมตรต่อวินาที มีค่าเฉลี่ยประมาณ 400 กิโลเมตรต่อวินาที การพัดพาของลมสุริยะนี้ทำให้เกิดการสูญเสียมวลมากกว่า 1 ล้านตันต่อวินาที (0.01% เมื่อเทียบกับมวลดวงอาทิตย์ทั้งดวง) ลมสุริยะที่เคลื่อนที่มาปะทะกับสนามแม่เหล็กของโลกจะส่งผลให้เส้นแรงแม่เหล็กของโลกถูกบีบและลู่เบนไปตามกระแสลมสุริยะที่เคลื่อนที่ผ่าน ในขณะเดียวกันลมสุริยะก็จะเคลื่อนที่ต่อไปตามพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ ในทิศทางที่ลมสุริยะเคลื่อนที่ไปปะทะกับกระแสอนุภาคที่มาจากดาวฤกษ์ดวงอื่น (Stellar Wind) ก็จะทำให้เกิดแนวปะทะของลมสุริยะเกิดเป็นแนวสุริยมณฑล (Heliosphere) ซึ่งนั่นหมายความว่าลมสุริยะที่ปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ก็มีส่วนช่วยในการป้องกันกระแสอนุภาคพลังงานสูงจากดาวฤกษ์ดวงอื่น (Stellar Wind) ที่มีความรุนแรง มากกว่าลมสุริยะหลายเท่าตัว



สุริยมณฑล (Heliosphere) ซึ่งเป็นแนวปะทะระหว่างลมสุริยะกับกระแสอนุภาคพลังงานสูงจากดาวฤกษ์ดวงอื่น (Stellar Wind) ภาพจาก wikipedia



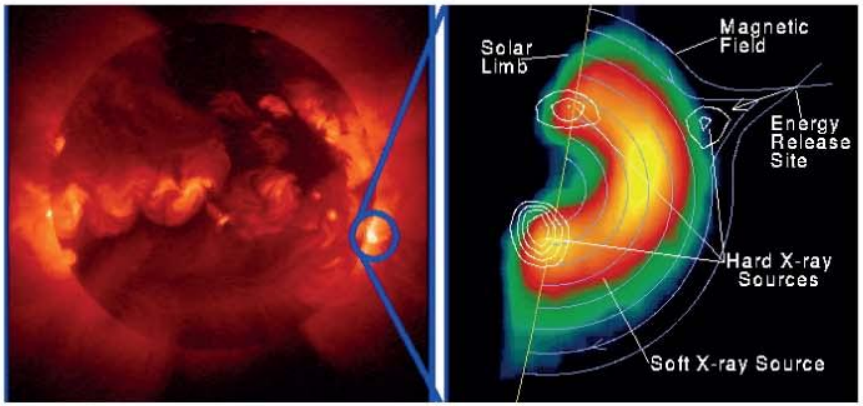
ลมสุริยะที่ออกมาจากดวงอาทิตย์ในทุกทิศทาง และมาปะทะกับสนามแม่เหล็กของโลกทำให้สนามแม่เหล็ก ของโลกลู่เบน ไปตามกระแสลมสุริยะ ภาพจาก National Geographic Data Center วาดโดย K.Endo

พายุสุริยะมีลักษณะการเกิด 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การลุกจ้าของดวงอาทิตย์ (Solar Flares)

การลุกจ้า (Flares) คือการเกิดแสงสว่างวาบขึ้นภายในบรรยากาศชั้นโคโรนาและโครโมสเฟียร์ การลุกจ้าของดวงอาทิตย์ เกิดขึ้นเมื่อพลังงานภายในสนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นภายในบรรยากาศโครโมสเฟียร์ถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็วในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกือบทุกช่วงความยาวคลื่น ตั้งแต่คลื่นวิทยุ (Radio Wave) แสงที่ตามนุษย์มองเห็น (Visible Light) รังสีเอกซ์ (X-rays) และรังสีแกมมา (Gamma rays) ส่วนใหญ่การลุกจ้าจะเกิดในบริเวณกัมมันต์ (Active regions) รอบๆ จุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) ซึ่งมีสนามแม่เหล็กความเข้มสูงออกมาจากผิวดวงอาทิตย์ชั้นโฟโตสเฟียร์สู่บรรยากาศชั้นโคโรนาโดยทั่วไปการลุกจ้าจะปล่อยพลังงานในระดับ 10^{20} จูลต่อวินาที สำหรับการลุกจ้าที่รุนแรงอาจมากถึง 10^{25} จูลต่อวินาที เทียบเท่ากับระเบิดไฮโดรเจนหนัก 100 ล้านตัน ซึ่งระเบิดขึ้นมาพร้อมๆ กัน แต่ก็ยังถือว่าน้อยกว่า 1 ใน 10 ของพลังงานทั้งหมดที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมาในหนึ่งวินาที พลังงานมหาศาลดังกล่าวสามารถทำให้พลาสมา[1] (Plasma) ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิสูงกว่า 10 ล้านองศาเซลเซียส ส่วนอนุภาคอิเล็คตรอน โปรตอน และนิวเคลียส ของธาตุหนักอื่นๆ จะถูกเร่งความเร็วจนเข้าใกล้ความเร็วแสง (ประมาณ 3 แสนกิโลเมตรต่อวินาที) ภายในบรรยากาศชั้นโคโรนาของดวงอาทิตย์

การลุกจ้าของดวงอาทิตย์ (Solar Flare) ภาพจาก ดาวเทียม SOHO



ลักษณะของการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ในย่านรังสีเอกซ์ ซึ่งแสดงถึงเส้นขอบความเข้มของรังสีเอกซ์พลังงานสูง และเส้นแรงแม่เหล็กที่วนเป็นวงขณะที่เกิดการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ ภาพจาก Yohkoh X-ray Telescope

[1] **พลาสมา** (Plasma) คือแก๊สที่มีสภาพเป็นไอออน ซึ่งอะตอมของธาตุเกิดการศูนย์เสียอิเล็กตรอนจนกลายเป็นไอออนของธาตุ โดยทั้งไอออนและอิเล็กตรอนจะอยู่ปะปนกันไป ดังนั้นจึงจัดได้ว่าพลาสมาเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร (สสารโดยทั่วไปมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส)

Solar Storm
Disaster or Natural Phenomenon

ในช่วงที่ดวงอาทิตย์มีจุดบนดวงอาทิตย์จำนวนมาก (Solar Maximum) จะเป็นช่วงที่มีกิจกรรมบนดวงอาทิตย์เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ทำให้ปฏิกิริยาระหว่างพลาสมาซึ่งเคลื่อนที่ไปมาในชั้นบรรยากาศของดวงอาทิตย์เกิดการสะสมพลังงานไว้จำนวนมาก จนบางครั้งพลังงานเหล่านี้ก็มีโอกาสที่จะปลดปล่อยออกมาในรูปแบบที่รุนแรงมากขึ้น มีความเร็วและพลังงานที่มากกว่าลมสุริยะ ซึ่งเรียกว่า **"พายุสุริยะ"** (Solar Storm)

กระบวนการเกิดการลุกจ้าของดวงอาทิตย์

ในกระบวนการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ นักวิทยาศาสตร์สามารถแยกช่วงของการเกิดการลุกจ้าออกได้เป็น 3 ระยะด้วยกัน ได้แก่

ระยะที่ 1 : ระยะก่อนปรากฏการณ์ (Precursor stage) จะมีการกระตุ้นการปลดปล่อยพลังงานของสนามแม่เหล็กออกมา ทำให้รังสีเอกซ์พลังงานต่ำ (soft x-ray) แผ่ออกมาในระยะนี้

ระยะที่ 2 : ระยะกระตุ้น (Impulsive stage) ซึ่งเป็นระยะที่โปรตอนและ อิเล็กตรอนถูกเร่งจนมีพลังงานจลน์มากกว่า 1 เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) ซึ่งทำให้ระยะนี้มีการปลดปล่อยพลังงานออกมาหลาย ช่วงคลื่น เช่น คลื่นวิทยุ รังสีเอกซ์พลังงานสูง (Hard x-ray) และรังสีแกมมา (Gamma ray)

ระยะที่ 3 : ระยะการสลายตัวของรังสี (Decay stage) ในระยะนี้ความเข้มของรังสีเอกซ์พลังงานต่ำจะค่อยๆ ลดลง การลุกจ้าจะขยายตัวสู่บรรยากาศชั้นโคโรนาอันเป็นบรรยากาศชั้นนอกสุดของดวงอาทิตย์ ประกอบด้วยแก๊สที่มีความหนาแน่น ต่ำแต่มีอุณหภูมิสูงนับล้านองศาเซลเซียส ส่วนการลุกจ้ามีอุณหภูมิมากกว่า 100 ล้านองศาเซลเซียส ซึ่งสามารถมองเห็นได้ในช่วงความยาวคลื่นรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ (Soft x-rays)

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)

นักวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษาการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ โดยการสังเกตจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาจากดวงอาทิตย์ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนและมีความเกี่ยวเนื่องตลอดช่วงการเกิดการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ ก็คือ รังสีเอกซ์ และภายหลังนักวิทยาศาสตร์จำแนกผลการสังเกตดังกล่าวมาสร้างเป็นระดับการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ โดยแยกเป็นช่วงระดับของการลุกจ้าดังตารางด้านขวามือ

ระดับการลุกจ้า (Class)	ความเข้มรังสีเอกซ์สูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตร) : W/m^2
A	10^{-8}
B	10^{-7}
C	10^{-6}
M	10^{-5}
X	10^{-4}

ตารางแสดงระดับของการลุกจ้าของดวงอาทิตย์ โดยวัดจากความเข้มรังสีเอกซ์สูงสุด ในหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

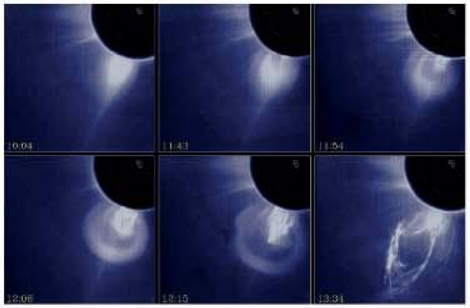
อัตราการเกิดการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับวัฏจักรสุริยะ (Solar Cycle) ที่จะแสดงกิจกรรมเชิงแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดย 1 รอบวัฏจักรสุริยะใช้เวลาประมาณ 11 ปี ดวงอาทิตย์จะเกิดจุดจำนวนมาก ซึ่งมีผลทำให้การลุกจ้าเกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง

www.narit.or.th

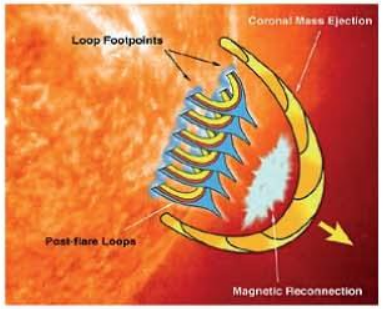
2. การปลดปล่อยมวลโคโรนา (Coronal Mass Ejection : CME)

การปลดปล่อยก้อนมวลจากโคโรนา หรือ Coronal Mass Ejection (CME) เป็นการปลดปล่อยก้อนมวลออกมาจากบรรยากาศชั้นโคโรนาของดวงอาทิตย์ กลุ่มมวลที่ถูกปลดปล่อยออกมานั้นจะอยู่ในรูปของพลาสมา หรือสถานะที่อะตอมของธาตุสูญเสียอิเล็กตรอนออกไปจนอยู่ในสภาพไอออนและอิเล็กตรอนปะปนกัน เช่น ไอออนของธาตุฮีเลียม ออกซิเจน และเหล็ก โดยมีสนามแม่เหล็กที่นำพาอนุภาคที่มีประจุเหล่านั้นเอาไว้เป็นกลุ่ม

การปลดปล่อยก้อนมวลจากโคโรนา แต่ละครั้ง จะมีมวลอย่างน้อย 1.6 พันล้านตัน โดยมีอัตราเร็วระหว่าง 20 กิโลเมตรต่อวินาที จนถึง 2,700 กิโลเมตรต่อวินาที และจากข้อมูลที่สามารถวัดได้จากดาวเทียม SOHO ในช่วง พ.ศ. 2539 – 2546 พบว่า CME มีอัตราเร็วเฉลี่ยประมาณ 489 กิโลเมตรต่อวินาที เมื่อ CME มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ส่งผลให้เกิดแนวปะทะของตัวกลาง (Shock) ขึ้นภายในอวกาศระหว่างดาวเคราะห์ แนวปะทะดังกล่าวทำให้อนุภาคที่อยู่หน้าแนวปะทะถูกเร่งให้มีความเร็วสูงจนกลายเป็นรังสีคอสมิกได้ CME ส่วนใหญ่กำเนิดมาจากบริเวณกัมมันต์ (Active Region) ของดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเส้นสนามแม่เหล็กแบบปิด บนผิวดวงอาทิตย์หรือบริเวณที่เป็นจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspot) สนามแม่เหล็กในบริเวณ



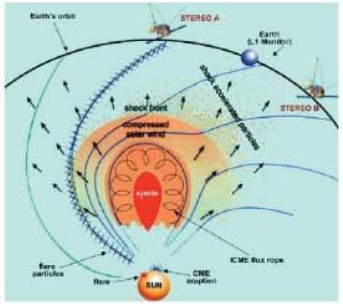
ลำดับการปลดปล่อยก้อนมวลจากโคโรนา เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2543 ตั้งแต่เวลา 10.04 น. ถึง 13.34 น. ตามเวลาสากล (UT) ภาพจาก High Altitude Observatory/Solar Maximum Mission Archives



การปลดปล่อยมวลจากโคโรนา (CME) ที่ถูกกักไว้ในวงสนามแม่เหล็ก ซึ่งเกิดจากการต่อใหม่ของเส้นสนามแม่เหล็ก ภาพจาก Spitzer Space Telescope

ดังกล่าวมีความเข้มมากพอที่จะกักพลาสมาหรืออนุภาคที่มีประจุไว้ภายใน สำหรับแนวคิดที่นิยมในการอธิบายการเกิด CME คือ การเกิดการต่อใหม่ของเส้นสนามแม่เหล็ก (Reconnection) ทำให้เกิดพลังงานปริมาณมหาศาลผลักดันกลุ่มมวลที่ถูกกักเอาไว้ในสนามแม่เหล็กแบบลูปหรือวง (Magnetic Loop) ให้หลุดออกมา ในขณะเดียวกันกลุ่มมวลที่หลุดออกมาก็จะมีพลังงานมากพอที่จะลากเอาสนามแม่เหล็กหลุดตามออกมาด้วย อย่างไรก็ตาม CME สามารถเกิดนอกบริเวณกัมมันต์ได้ก็เนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวอาจเคยเป็นบริเวณกัมมันต์มาก่อนนั่นเอง

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)



การปลดปล่อยมวลจากโคโรนาซึ่งทำให้เกิดแนวปะทะของตัวกลาง (Shock) ในอวกาศระหว่างดาวเคราะห์ ภาพจาก http://sprg.ssl.berkeley.edu/impact/multimedia_images/INSITU_SCIENCE.gif

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)

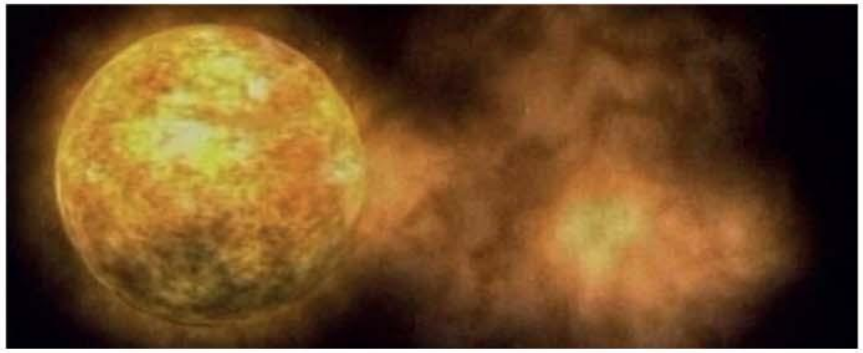
กระบวนการเกิดการปล่อยมวลจากโคโรนา

ระยะที่ 1 : ระยะก่อนเร่งความเร็ว (Initial pre-acceleration) ในระยะนี้ กลุ่มมวลสาร CME จะค่อยๆ ลอยขึ้นออกมาจากผิวดวงอาทิตย์อย่างช้าๆ

ระยะที่ 2 : ระยะเร่งความเร็ว (Rapid acceleration) ในระยะนี้ กลุ่มมวลสาร CME จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งออกมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดแนวปะทะของตัวกลาง ส่งผลให้อนุภาคที่อยู่หน้าแนวปะทะถูกเร่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจนกลายเป็นรังสีคอสมิก

ระยะที่ 3 : ระยะความเร็วเกือบคงที่ (Near-constant velocity) เป็นระยะที่ก้อนมวลทั้งหมดเคลื่อนที่ออกมาจากดวงอาทิตย์แล้วค่อยๆ ลดความเร่งลงแล้วเคลื่อนที่สู่ระหว่างดาวเคราะห์ด้วยความเร็วเกือบคงที่

การปลดปล่อยมวลจนทำให้เกิดพายุสุริยะจะมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีวงจรราว 11 ปี โดยเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในช่วง Solar Maximum หรือมีจุดบนดวงอาทิตย์จำนวนมาก ก็มีโอกาสที่จะเกิดการปลดปล่อยพายุสุริยะที่มีพลังงานมหาศาลเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการปลดปล่อยดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้รอบทิศของดวงอาทิตย์ ไม่เฉพาะในทิศที่ดวงอาทิตย์หันเข้าหาโลกเท่านั้น แต่ถ้าหากเกิดการปลดปล่อยพายุสุริยะในทิศทางที่หันเข้าหาโลก ก็ใช่ว่าจะทำให้พลังงานมหาศาลเหล่านั้นทำลายสิ่งชีวิตและสิ่งก่อสร้างที่อยู่บนโลกได้ นอกจากจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กของโลกที่รับแรงปะทะจากลมสุริยะอยู่ทุกวันเกิดการสู่เบนไปมากกว่าเดิม จนบางครั้งอาจจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าตามเส้นแรงแม่เหล็กที่เบี่ยงเบน ผลลัพท์ก็คือ กระแสไฟฟ้าของโรงงานผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่รวมไปถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นพื้นฐานของกิจกรรมบนโลกในยุคปัจจุบันเกิดความเสียหายได้ ซึ่งถ้าหากพายุสุริยะนั้นผ่านไปการดำเนินกิจกรรมบนโลกของเราก็จะกลับเข้าสู่ภาวะปกติเช่นเดิม

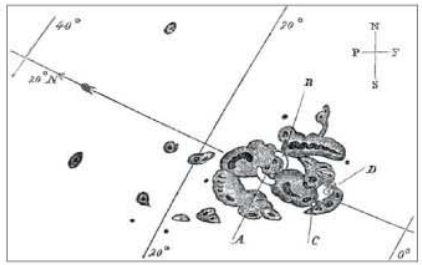


ประวัติกาลแห่งพายุสุริยะอันทรงพลัง

จากความรุนแรงของพายุสุริยะที่ถ่ายทอดผ่านทางภาพยนต์เรื่อง "2012 วันสิ้นโลก" ของโรแลนด์ เอ็มเมอริค ซึ่งเป็นทั้งผู้กำกับและผู้ประพันธ์ ส่งผลให้ประชาชนตื่นตัวเกิดความกลัวต่อภัยของพายุสุริยะกันเป็นวงกว้าง แต่แท้ที่จริงแล้ว พายุสุริยะหาได้ทำอันตรายใดๆ ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งปลูกสร้างได้ ทั้งนี้เพราะโลกมีสนามแม่เหล็กที่เป็นเกราะคอยคุ้มกันภัยจากอนุภาคที่มีประจุซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ทำให้เป็นที่ปลอดภัยต่อผู้คนที่อยู่อาศัยบนโลกใบนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่บนแนวเส้นศูนย์สูตรของแม่เหล็กโลก[2] ยิ่งมีความปลอดภัยมากกว่าบริเวณอื่นๆ

แสงออโรราถ่ายวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2544 ถ่ายภาพโดย Chris VenHaus

ย้อนกลับไปเมื่อปี พ.ศ. 2402 ซึ่งเป็นปีที่มีพายุสุริยะรุนแรงที่สุดเท่าที่เคยบันทึกมา แสงออโรราเริ่มปรากฏให้เห็นในคืนวันที่ 28-29 สิงหาคม ประชาชนในนครนิวยอร์กสามารถเห็นปรากฏการณ์นี้ได้อย่างชัดเจน และถัดมาอีกไม่กี่วัน ในวันที่ 2 กันยายน ปีเดียวกันก็ปรากฏแสงเหนือแสงใต้ให้เห็นอีกครั้งและมีระยะเวลายาวนานจนถึงวันที่ 4 กันยายน ความรุนแรงในครั้งนี้ส่งผลให้ระบบโทรเลขของสหรัฐอเมริกา ยุโรป และอีกหลายประเทศต้องเป็นอัมพาต บางแห่งที่รุนแรงไม่สามารถใช้งานได้นานกว่า 8 ชั่วโมง ประชาชนเกือบทั่วโลกสามารถมองเห็นแสงออโรราบนท้องฟ้าได้อย่างชัดเจน



Richard Carrington นักดาราศาสตร์สมัครเล่นชาวอังกฤษเกิดภาพกลุ่มจุดมืดบนดวงอาทิตย์ เมื่อวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2402 ระหว่างที่กำลังสเก็ตภาพ Carrington ได้พบการลุกจ้าขั้นสองตำแหน่ง (A และ B) และหายไปภายใน 5 นาที หลังจากนั้นอีกหนึ่งวัน ได้ปรากฏแสงออโรราขึ้นทั่วท้องฟ้าครอบคลุมเกือบถึงแนวเส้นศูนย์สูตร เครดิตภาพโดย "สมาคมดาราศาสตร์หลวงของอังกฤษ (ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY)"

ก่อนหน้าเหตุการณ์รุนแรงเพียงหนึ่งวัน วันที่ 1 กันยายน Richard Carrington นักดาราศาสตร์สมัครเล่นชาวอังกฤษได้พบแสงสว่างจ้าสีขาวสองแห่งบนกลุ่มจุดมืดที่อยู่ใจกลางดวงอาทิตย์ ซึ่งต่อมาเรียกแสงจ้านี้ว่า "การลุกจ้า (Solar Flare)" และอาจกล่าวได้ว่า Carrington เป็นนักดาราศาสตร์สมัครเล่นคนแรกที่พบการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้การลุกจ้าขนาดใหญ่บนดวงอาทิตย์บางครั้งจึงเรียกว่า "เหตุการณ์คาร์ริงตัน (Carrington Event)" นอกจากนี้ Richard Hodgson ยังพบการลุกจ้าบนดวงอาทิตย์ในช่วง 5 นาทีสุดท้ายหลังการระเบิด จากกล้องโทรทรรศน์ที่หอดูดาวใกล้บ้านอีกด้วย

[2]เนื่องจากขั้วแม่เหล็กโลกกับขั้วโลกในทางภูมิศาสตร์อยู่คนละจุดกัน แนวเส้นศูนย์สูตรหรือจุดกึ่งกลางระหว่างขั้วโลกทั้งสองกับขั้วแม่เหล็กโลกจึงอยู่คนละตำแหน่งกัน

ข้อมูลจากองค์การนาซาโดย Bruce Tsurutan นักฟิสิกส์พลาสมาจากห้องปฏิบัติการจรวดขับดันของนาซา (NASA's Jet Propulasion Laboratory) ระบุว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2402 เกิดจากเหตุการณ์หลายๆ อย่างบนดวงอาทิตย์รวมกัน ส่งผลให้เกิดความรุนแรงมากที่สุด ประชากรที่อาศัยอยู่เกือบทุกพื้นที่ในโลกได้เห็นเหตุการณ์เดียวกันนี้อย่างถ้วนหน้า และไม่เพียงเฉพาะมวลโคโรนาที่ปลดปล่อยออกมาเท่านั้น ยังรวมไปถึงสนามแม่เหล็กความเข้มสูงพุ่งเข้าชนกับสนามแม่เหล็กของโลกด้วย

ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 ถึง ปี พ.ศ. 2505 ได้เกิดพายุสุริยะขึ้นบ่อยครั้ง มีข่าวปรากฏบนหน้าหนังสือพิมพ์ New York Time ของสหรัฐฯ เฉลี่ยปีละ 2-3 ครั้ง แต่ก็ไม่มีครั้งใดที่รุนแรงเท่าเหตุการณ์เมื่อปี พ.ศ. 2402 เลยสักนิด แต่กระนั้นก็มีเหตุการณ์ที่น่าสนใจแก่ประชาชนทั่วไปที่มีส่วนร่วมในเหตุการณ์ดังนี้

วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2483 พายุสุริยะได้ทำให้สายส่งสัญญาณโทรศัพท์ระหว่างเมือง Fargo รัฐ North Dakota ของสหรัฐอเมริกาไปยังเมือง Winnipag ของแคนนาดาขาดเสียหาย หนังสือพิมพ์ในเมืองนิวยอร์กรายงานว่ากระแสไฟฟ้าขนาด 1,500 โวลต์ ได้ทำลายโรงไฟฟ้าในเมืองนิวยอร์ก 3 แห่งจนเสียหาย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสายโทรศัพท์ของบริษัท AT&T ซึ่งออกแบบให้รองรับกระแสไฟฟ้าเพียง 48 โวลต์ ถูกแรงดันไฟฟ้าขนาด 600 โวลต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างกระทันหันจากพายุสุริยะทำลายเสียหาย รวมทั้งสายเคเบิลในแอตแลนติสที่เชื่อมต่อระหว่างสก๊อตแลนด์และนิวฟันแลนด์ก็พบการเพิ่มขึ้นของศักย์ไฟฟ้าสูงถึง 2,600 โวลต์

ดาวเทียม ADEOS-2 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของญี่ปุ่น ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2545

วันที่ 13 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2532 พายุสุริยะทำให้โรงงานไฟฟ้าขนาด 9,500 เมกะวัตต์ ที่เมือง Hydro-Quebac ของแคนนาดาเสียหาย ประชาชนกว่า 6 ล้านคนไม่มีไฟฟ้าใช้นานกว่า 9 ชั่วโมง มีแสงออโรราครอบคลุมทั่วท้องฟ้าทางซีกโลกเหนือสามารถมองเห็นได้จนถึงทางตอนใต้ของรัฐฟลอริดาและประเทศคิวบา

ในปี พ.ศ. 2537 พายุสุริยะได้ทำลายดาวเทียมสื่อสารของแคนนาดาจำนวน 2 ดวง รวมทั้งระบบเครือข่ายโทรทรรศน์และวิทยุสื่อสาร นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสัญญาณ GPS และการจ่ายกำลังไฟฟ้าในหลายพื้นที่ และล่าสุดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2546 ซึ่งเป็นวันฮาโลวีนของชาวศาสนาคริสต์ พายุสุริยะได้ทำให้ดาวเทียมหลายดวงได้รับความเสียหาย รวมทั้งดาวเทียม ADEOS-2 ของญี่ปุ่น มูลค่า 570 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ต้องกลายเป็นเศษขยะเมื่อระบบจ่ายไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ชำรุด มีรายงานข่าวไฟฟ้าดับในหลายพื้นที่ของสวีเดน นอกจากนี้ข้อมูลจากเวปไซต์ solarstorms.org ระบุว่ามวลโคโรนาที่ปลดปล่อยออกมาจากดวงอาทิตย์ หรือ CME ใช้เวลาเดินทางมาถึงโลกอย่างรวดเร็วเพียง 19 ชั่วโมง ซึ่งช้ากว่าเหตุการณ์เมื่อปี พ.ศ. 2402 เพียงแค่ 2 ชั่วโมง

ผลจากความเกรี้ยวกราดของดวงอาทิตย์ ส่งผลให้โรงจ่ายไฟฟ้าในทวีปอเมริกาเหนือและอีกหลายทวีปทั่วโลกต้องพัฒนาระบบป้องกันผลกระทบจากพายุสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามระบบป้องกันยังรองรับพายุแม่เหล็กในระดับต่ำๆ เท่านั้น นั่นคือมีค่า Dst (Disturbance storm time)[3] ระหว่าง 400-600nT ต่อนาที แต่จากบันทึกของนักดาราศาสตร์ในอดีตพบว่า พายุสนามแม่เหล็กระดับ 2,000 - 5,000 nT ต่อนาที ได้เคยเกิดขึ้นมาแล้ว[4]

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ แม้พายุสุริยะจะมีความรุนแรงและเลวร้ายสักเพียงใด ผลกระทบที่เกิดขึ้นก็เป็นเพียงความเสียหายที่มีต่อเศรษฐกิจและอุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีเท่านั้น แต่เหนือสิ่งอื่นใดอนุภาคที่มีประจุที่โถมกระหน่ำเข้าหาโลกอย่างรุนแรง ก็หาได้ทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งปลูกสร้างบนโลกใบนี้ไม่ เราจึงไม่ควรตะหนกตื่นกลัวต่อภัยดังกล่าวมากนัก หากเกิดพายุสุริยะรุนแรงขึ้น หน่วยงานด้านการ เตือนภัยพายุสุริยะ ก็สามารถเตือนภัยแก่เครื่องบินโดยสาร ศูนย์ควบคุมดาวเทียม และโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ให้เตรียมรับมือล่วงหน้าได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที

ผลกระทบจากพายุสุริยะ

ผู้คนทั่วไปมักมองภาพพายุสุริยะเป็นภัยอันร้ายกาจ แต่บนภัยแห่งความเกรี้ยวกราดจากสุริยะก็ยังคงมอบสิ่งสวยงามให้แก่มนุษย์บนโลกได้เก็บภาพอันประทับใจได้เสมอ กลุ่มอนุภาคที่มีประจุที่หลุดออกจากแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วเหนือความเร็วเสียง เมื่อมาปะทะกับสนามแม่เหล็กโลกจะโดนแรงกระทำจากสนามแม่เหล็กของโลกผลักให้วิ่งวนเป็นเกรียวเข้าหาขั้วโลก ตามกฎของฟาราเดย์ (Michael Faraday) อันตกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสนามแม่เหล็กและอนุภาคที่มีประจุดังกล่าวก่อให้เกิดแสงสีอันสวยงามเหนือท้องฟ้าในแถบใกล้ขั้วโลก นอกจากความงามบนท้องฟ้ายามราตรีแล้วอนุภาคที่มีประจุเหล่านี้กลับส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพอจำแนกผลกระทบที่เกิดขึ้นจากพายุสุริยะดังนี้

ระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสารหลายอย่างในปัจจุบันอาศัยบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ของโลกเป็นตัวสะท้อนสัญญาณวิทยุ เพื่อใช้ในการสื่อสารในระยะไกลเป็นระยะทางหลายๆ ร้อยกิโลเมตร สำหรับสถานีส่งสัญญาณทั้งวิทยุพานิชย์และโทรทัศน์อาจได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย แต่ข้อมูลสื่อสารที่ถูกส่งจากพื้นสู่อากาศ จากเรือในทะเลส่งเข้าหาชายฝั่ง หรือการส่งสัญญาณวิทยุคลื่นสั้น (short wave ; SW) เครือข่ายวิทยุสมัครเล่น ซึ่งส่วนใหญ่ล้วนใช้ความถี่ในการสื่อสาร ต่ำกว่า 30MHz สัญญาณการสื่อสารจะถูกรบกวนจากพายุแม่เหล็กภาคพื้น (geomagnetic storm) ซึ่งเกิด

[3] Disturbance storm time เป็นดัชนีที่ใช้วัดสภาพแวดล้อมของสภาพอวกาศ ซึ่งจะบอกถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มโดยเฉลี่ยของสนามแม่เหล็กโลกในแนวระนาบต่อหน่วยเวลา (นาที) ซึ่งเป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากอนุภาคที่มีประจุที่หลุดออกจากดวงอาทิตย์ในสภาวะปกติของดวงอาทิตย์ ค่า Dst อยู่ระหว่าง -20 ถึง +20nT

[4] ข้อมูลจาก http://www.solarstorms.org

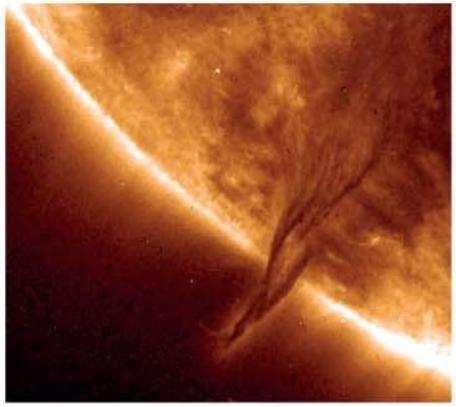
จากอนุภาคที่มีประจุกระทำต่อสนามแม่เหล็กโลก ขณะเดียวกันการติดต่อสื่อสารผ่านโทรศัพท์พื้นฐาน (Telephone line) สายส่งสัญญาณจะถูกรบกวนให้สัญญาณอ่อนลงหรืออาจถูกเหนี่ยวนำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าในสายนำสัญญาณสูงกว่ามาตรฐาน จนทำให้สายร้อนและชำรุดเสียหายได้ นอกจากนี้ระบบเรดาร์ทหารหรือเรดาร์บนหอควบคุมการบิน อาจได้รับผลกระทบจนทำให้การสื่อสารหยุดชะงักชั่วขณะ จนก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจได้

ระบบระบุพิกัด (GPS) อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องมือบนโลกกับดาวเทียม หากความเสียหายเกิดขึ้น ย่อมส่งผลต่อกิจกรรมที่ต้องอาศัยการระบุพิกัด เช่น การกู้ภัย การเดินทางและการขนส่ง ปัจจุบันมีดาวเทียมกว่า 30 ดวง ที่ยังใช้งานได้ดี
ภาพจาก http://www.defenseindustrydaily.com/cat/forces--space/page/2/

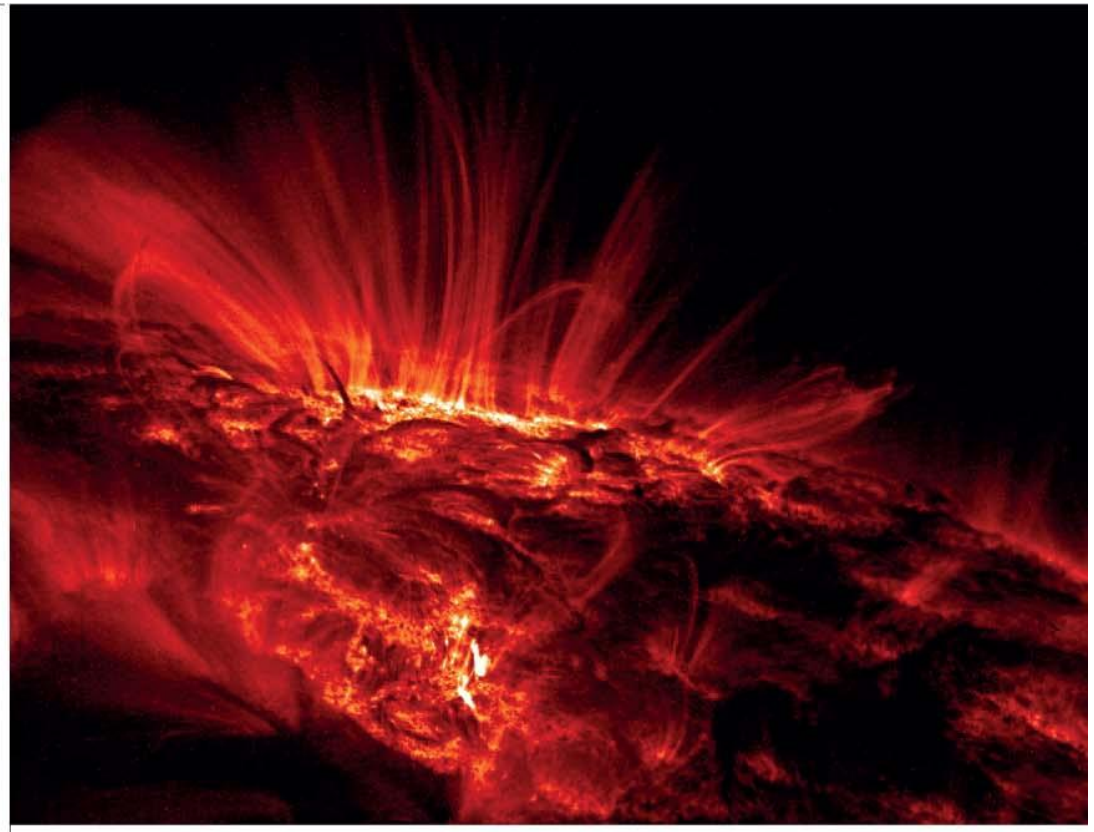
ระบบนำทาง

โทรศัพท์สมาร์ทโฟนเกือบทุกรุ่นในปัจจุบัน ได้ติดตั้งตัวรับสัญญาณระบุพิกัดจากดาวเทียม GPS (Global Positioning System) เพื่อความสะดวกต่อการใช้นำทางร่วมกับโปรแกรมแผนที่นำทางบนโทรศัพท์ สัญญาณจากดาวเทียม GPS จะหยุดทำงานทันทีหากเกิดการพุ่งชนของอนุภาคจากดวงอาทิตย์ ทำให้ผู้เดินทางที่ต้องใช้ GPS เป็นตัวระบุเส้นทาง หรือนักสำรวจอาจต้องเปลี่ยนไปใช้แผนที่ธรรมดาเพื่อนำทางชั่วคราว

สถานีอวกาศ Skylab ของสหรัฐอเมริกา แสดงตำแหน่งอยู่จอดเทียบยานอวกาศ เครดิตภาพโดย NASA



National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)



ความเสียหายต่อดาวเทียม

แม้ว่าดาวเทียมโดยส่วนใหญ่มีวงโคจรอยู่ในระดับที่สนามแม่เหล็กโลกยังมีอิทธิพลอยู่ก็ตาม แต่ด้วยความเข้มของสนามแม่เหล็กที่น้อย จึงอาจเพียงพอต่อการป้องกันอันตรายที่เกิดจากลมสุริยะเท่านั้น แต่หากเกิดการลุกจ้า หรือเกิดการปลดปล่อยมวลโคโรนาจากดวงอาทิตย์ อนุภาคที่มีประจุเหล่านี้ก็จะสามารถผ่านทะลุสนามแม่เหล็กบางๆ เข้าสู่ดาวเทียมได้ไม่ยาก หากดาวเทียมไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ป้องกันรังสีหรืออนุภาคที่มีประจุพลังงานสูง ก็จะเกิดความเสียหายต่อดาวเทียมได้ เช่น อนุภาคอาจทำลายแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แผงโซลาร์เซลล์ ทำให้ดาวเทียมใช้งานไม่ได้ หรืออาจทำลายบิทข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนดาวเทียม ซึ่งทำให้การสื่อสารผิดพลาด ดาวเทียมบางดวงมีระบบความคุมความสูงด้วยสนามแม่เหล็กโลก ก็อาจทำให้ดาวเทียมนั้นหลุดวงโคจร หรือตกลงสู่พื้นโลกได้ ดังเช่นสถานีอวกาศสกายแลป (Skylab space station) ของสหรัฐอเมริกา ได้ตกกลับเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลก เมื่อโดนพายุสุริยะที่มีความรุนแรงเกินกว่าที่คาดไว้ นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2540 ดาวเทียม Telstar 401 ซึ่งเป็นดาวเทียมแพร่ภาพโทรทัศน์ของบริษัท AT&T ของสหรัฐอเมริกาได้รับความเสียหายจากพายุแม่เหล็กจนใช้งานไม่ได้

ปัจจุบันดาวเทียมที่มีวงโคจรอยู่ไม่เกิน 36,000 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้สามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ในระดับ 30,000 rad[5] ซึ่งนั่นก็ทำให้น้ำหนักและราคาของดาวเทียมสูงขึ้นไปด้วย

[5] rad เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสี ย่อมาจาก Radiation absorbed dose โดยกำหนดให้ 1 rad เป็นปริมาณรังสีใดๆ ที่มวล 1 กิโลกรัมดูดซับไว้

โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

ระหว่างที่กลุ่มอนุภาคที่มีประจุความเร็วสูงที่มาจากดวงอาทิตย์ กระทำต่อสนามแม่เหล็กโลกจะเกิดการแปรผันของกระแสไฟฟ้าในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ เหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าภาคพื้นธรณี (geoelectric field) และเกิดความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าขึ้น ณ จุดสองจุดบนพื้นโลก ซึ่งเรียกว่า "กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำบนภาคพื้น" (Geomagnetically induced currents หรือ GIC) จะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากจุดที่ศักย์สูงไปยังจุดที่ศักย์ต่ำกว่า โดยผ่านพื้นดินและตัวนำต่างๆ เช่น สายไฟฟ้า สายโทรศัพท์ หากกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภาคพื้นเกิดขึ้นในบริเวณที่มีสายส่งพลังงานพาดผ่าน กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะทำให้เกิดสภาวะหม้อแปลงไฟฟ้าอิ่มตัว และลดความสามารถในการจ่ายศักย์ไฟฟ้า รวมทั้งหม้อแปลงอาจร้อนขึ้นจนพังเสียหายได้ ปัจจุบันหม้อแปลงไฟฟ้าต่างๆ ได้ถูกออกแบบให้รองรับพายุสนามแม่เหล็กภาคพื้นได้ในระดับหนึ่ง แต่หากเกิดพายุอันรุนแรงก็อาจทำให้หม้อแปลงชำรุดได้

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำบนภาคพื้น จะไหลผ่านสายส่งไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลง ทำให้เกิดสภาวะหม้อแปลงอิ่มตัว อาจทำให้หม้อแปลงร้อนขึ้นจนได้รับความเสียหายได้ ที่มา http://www.earthzine.org/wpcontent/uploads/2010/04/transformers.jpg

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)

ชั้นบรรยากาศโลก

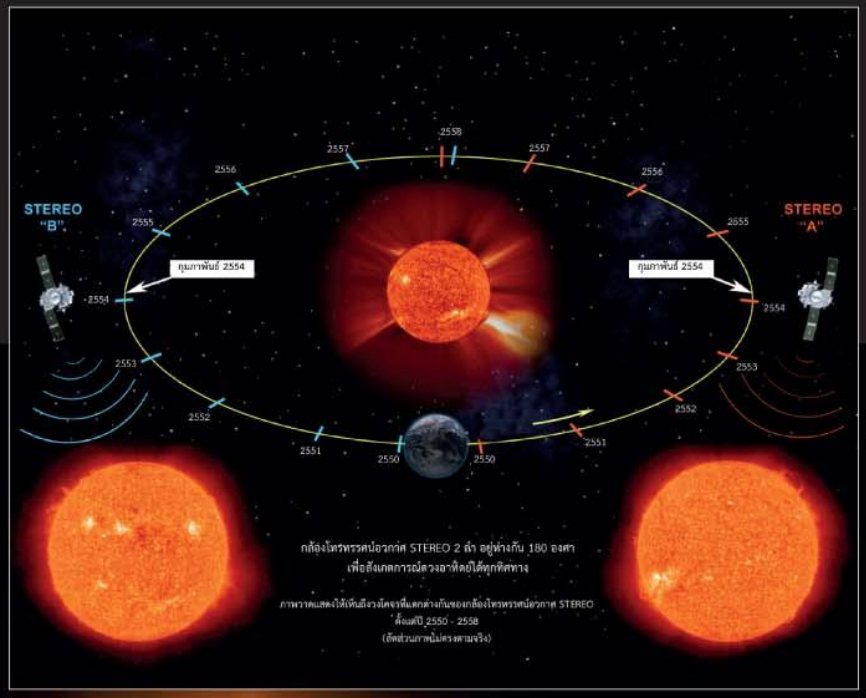
นอกจากความเสียหายต่อระบบไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ การสื่อสารดังที่กล่าวมาแล้ว กลุ่มอนุภาค มีประจุที่มีพลังงานอยู่ระหว่าง 1-15 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ จะชนกับอะตอมของแก๊สในชั้นบรรยากาศโลก อะตอมแก๊สเหล่านี้จะถูกกระตุ้นขึ้นสู่สถานะพลังงานสูง พลังงานส่วนเกินจะถูกปลดปล่อยออกในรูปของแสง ซึ่งเรียกว่า "แสงออโรรา" (aurora)

โดยปกติวัฏจักรสุริยะจะมีรอบทุกๆ 11 ปี (อาจยาวขึ้นหรือสั้นลงได้ประมาณ 1-2 ปี) ในช่วงสูงสุดสุริยะ (solar maximum) มักมีพายุสุริยะเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ภายในปีเดียวอาจมีพายุเกิดขึ้นได้ 2-3 ครั้ง และอาจมีครั้งที่รุนแรงจนทำให้ดาวเทียม และโรงไฟฟ้าได้รับความเสียหาย ในอดีตเคยเกิดพายุสุริยะขนาดรุนแรงมาแล้วแต่โลกและสิ่งมีชีวิตก็ยังรอดพ้นจากภัยดังกล่าวมาได้เสมอ

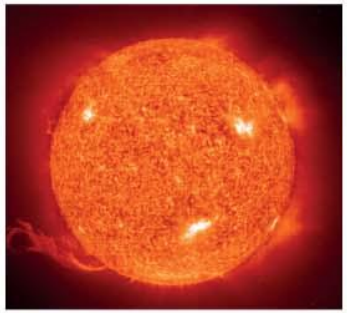
แสงออโรราสว่างไสวเหนือน่านฟ้าของมลรัฐอลาสกา สหรัฐอเมริกา ถ่ายโดย Joshua Strang เมื่อวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2548 เครดิตภาพจาก wikipedia

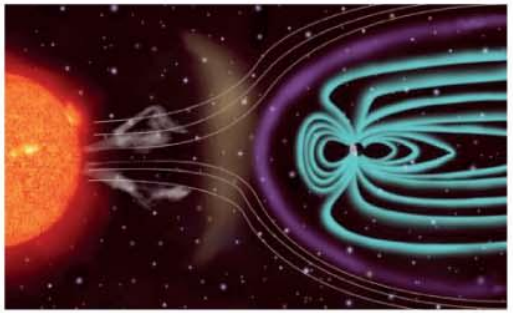
โครงการเฝ้าระวัง และการเตือนภัยพายุสุริยะ

เมื่อใกล้ถึงช่วงสูงสุดสุริยะ ซึ่งเป็นช่วงที่กัมมันตภาพบนดวงอาทิตย์มีความรุนแรง ผู้คนบนโลกมักจะได้ยินข่าวพายุสุริยะเกิดขึ้นบ่อยครั้ง จากการเฝ้าศึกษาจุดมืดบนดวงอาทิตย์ นักวิทยาศาสตร์พบว่าจุดมืดจะมีจำนวนมากที่สุดเมื่อเข้าสู่ช่วงสูงสุดสุริยะ รวมทั้งการปลดปล่อยมวลโคโรนา และอนุภาคที่มีประจุต่างๆ ก็จะมีมากในช่วงนี้ ด้วยเหตุนี้เององค์การบริหารการบินและอวกาศสหรัฐอเมริกา หรือที่รู้จักกันในนาม "องค์การนาซา" ได้ส่งดาวเทียมสำรวจสภาพอวกาศเข้าสู่วงโคจรจำนวน 2 ชุด คือ ดาวเทียมสำรวจอวกาศ STERIO (Solar TErrestrial Relations Observatory) และดาวเทียมสำรวจอวกาศ SDO (Solar Dynamics Observatory) ดาวเทียมทั้งสองดวงนอกจากศึกษาโครงสร้างของดวงอาทิตย์แล้วยังเฝ้าจับตามองกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์เพื่อใช้เตือนภัยและทำนายโอกาสที่โลกจะเผชิญกับภัยจากพายุสุริยะ

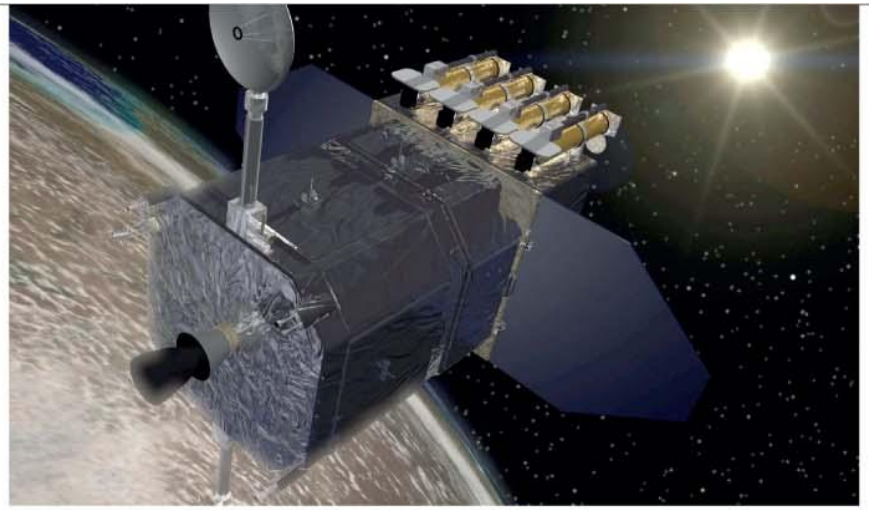


การทำงานและวงโคจรของดาวเทียม STERIO (ภาพจาก NASA)



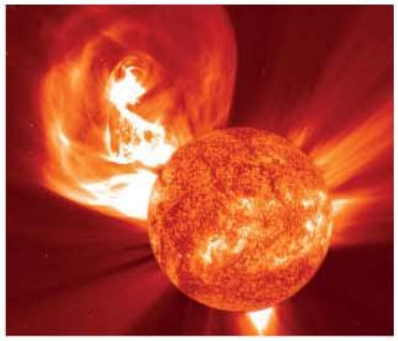


ดาวเทียม STERIO ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2549 เป็นดาวเทียมที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์การนาซา มีคุณสมบัติพิเศษคือ เป็นกล้องที่ทำงานร่วมกัน 2 ตัว ตัวหนึ่งอยู่ด้านหน้าวงโคจรของโลก และอีกตัวอยู่ด้านหลังวงโคจรของโลก มีหน้าที่หลักคือศึกษาโครงสร้างพื้นผิวและเฝ้าจับตามองกิจกรรมที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ เช่น การลุกจ้า การปลดปล่อยมวลโคโรนาและพายุสุริยะที่เกิดขึ้นบน



ดาวเทียม SDO ซึ่งทำหน้าที่เฝ้ามองดวงอาทิตย์ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในและเตือนภัยหากเกิดพายุสุริยะ ภาพจาก NASA

ดวงอาทิตย์ กล้องสองตัวมีมุมรับภาพดวง อาทิตย์ตัวละ 180 องศา ฉะนั้นเมื่อกล้องทั้งสองส่งภาพ กลับมายังโลกก็จะทำให้เราสามารถมองเห็นภาพดวง อาทิตย์ได้ครบทั้ง 360 องศา ดาวเทียม SDO เป็นดาวเทียมชุดที่สองขององค์การนาซาที่มีหน้าที่เฝ้าสังเกตปรากฏการณ์บนดวงอาทิตย์ เช่น การลุกจ้าและพายุสุริยะ นอกจากนี้กล้องบนดาวเทียมยังสามารถศึกษาลึกเข้าไปยังโครงสร้างภายในดวงอาทิตย์ และสามารถบันทึกข้อมูลต่อเนื่องได้ 24 ชั่วโมง ดาวเทียม SDO เป็นความหวังของนาซาที่จะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ศึกษาผลกระทบของพายุสุริยะที่จะมีต่อดาวเทียมสื่อสารและอุปกรณ์ไฟฟ้าบนโลก และเตรียมการป้องกันล่วงหน้าได้ทันท่วงที ดาวเทียม SDO ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 มีภารกิจในการศึกษาดวงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 5 ปี



Solar Storm

Disaster or Natural Phenomenon

จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้ปัจจุบันนักวิทยาศาสร์สามารถทำนายการเกิดพายุ สุริยะล่วงหน้าได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที จนถึงหลายๆ ชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วและความรุนแรงของพายุสุริยะ และนอกจากดาวเทียมทั้ง 2 ชุดที่นาซาส่งขึ้นไปแล้ว บนดาวเทียม SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง ESA และ NASA มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์โคโรนาและลมสุริยะ ยังได้ติดตั้งชุดตรวจจับอิเล็กตรอนหรือ COSTEP (Comprehensive Suprathemal and Energetic Particle Analyzer) ซึ่งอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคแรกที่มาถึงก่อนหากอนุภาคอื่นหากเกิดพายุสุริยะ เนื่องจากอิเล็กตรอนมีน้ำหนักเบาสุดและเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดการตรวจวัดปริมาณของอิเล็กตรอนที่เพิ่มขึ้นจะสามารถคำนวณได้ว่าไอออนชนิดอื่นๆ ที่กำลังตามมามีปริมาณและความเร็วเท่าใด เพื่อจะได้เตือนภัยแก่นักบินอวกาศที่ปฏิบัติงานบนสถานีอวกาศ สายการบินพาณิชย์และศูนย์ควบคุมดาวเทียมบนโลกได้

พายุสุริยะที่ออกมาจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบของการปลดปล่อยมวลจากโคโรนา (CME) จะเกิดแนวปะทะ(Shock) หน้ากลุ่มมวลเหล่านั้น แนวปะทะดังกล่าวจะเป็นตัวเร่งอนุภาคที่อยู่หน้าแนวปะทะจนมีพลังงานและความเร็วสูงเกินกว่าอนุภาคปกติหรือที่เรียกว่า “รังสีคอสมิก” ซึ่งรังสีคอสมิกดังกล่าวจะเดินทางออกจากดวงอาทิตย์ในทุกทิศทาง หากการเกิดพายุสุริยะหันมาทางโลกรังสีคอสมิกก็จะมาถึงโลกภายใน เวลา 8-15 นาที และเมื่อรังสีคอสมิกกระทบกับอะตอมของธาตุในชั้นบรรยากาศของโลกก็จะเกิดการกระเจิงออกเป็นอนุภาคย่อยของรังสีคอสมิก อนุภาคที่มีพลังงานมากพอ (อนุภาคนิวตรอน) ก็จะสามารถทะลุชั้นบรรยากาศของโลกมาสู่พื้นผิวของโลกได้ดังนั้นการตรวจวัดนิวตรอนพลังงานสูงจึงเป็นวิธีการหนึ่งในการแจ้งเตือนพายุสุริยะที่จะมาถึงโลกได้

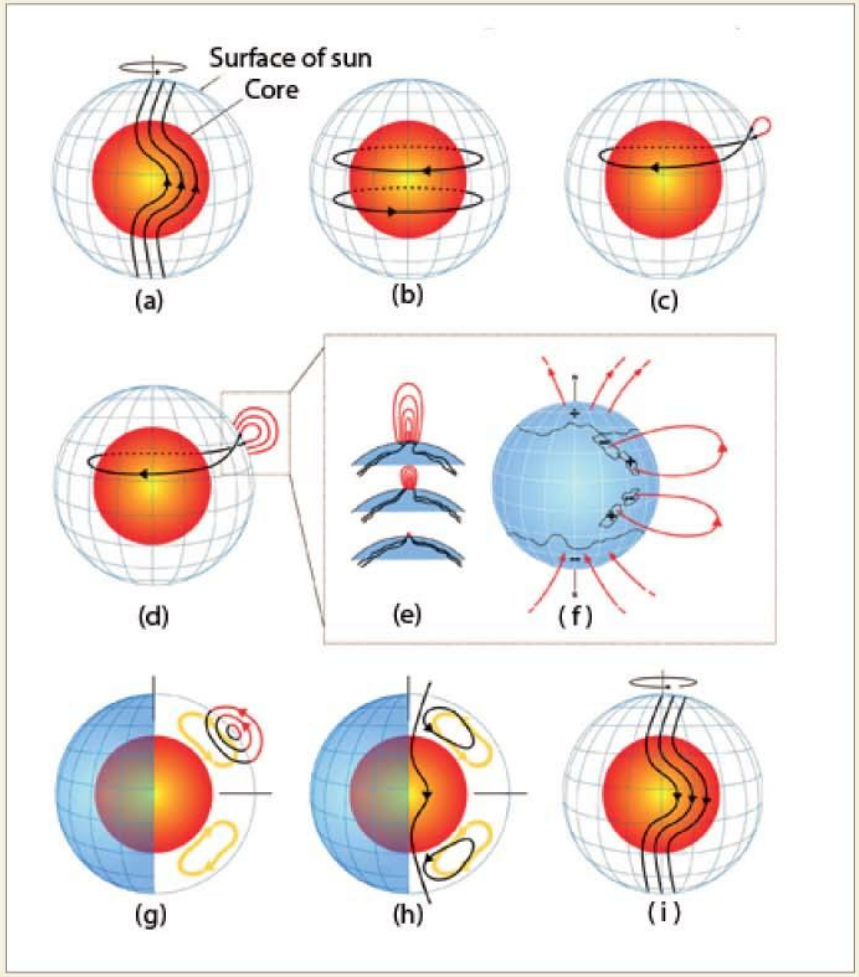
แสดงรังสีคอสมิกที่ปะทะกับอะตอมของธาตุในชั้นบรรยากาศของโลกจนเกิดการกระเจิงกลายเป็นอนุภาคย่อยของรังสีคอสมิก ซึ่งบางส่วนตกลงสู่พื้นโลก

การจัดตั้งสถานีตรวจวัดนิวตรอนสิรินธร บริเวณยอดดอยอินทนนท์เป็นอีกหนึ่งโครงการที่จะตรวจสอบอนุภาคนิวตรอนพลังงานสูงเพื่อเป็นข้อมูลในการเตือนภัยพายุสุริยะที่จะมาถึงโลก ซึ่งมาถึงหลังจากรังสีคอสมิกมาถึง ราว 10 ชั่วโมง

สถานีตรวจวัดนิวตรอนสิรินธร บริเวณยอดดอยอินทนนท์ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดอนุภาคนิวตรอน ซึ่งเป็นอนุภาคย่อยของรังสีคอสมิกที่มาจากดวงอาทิตย์ เพื่อทำการเตือนภัยจากพายุสุริยะ

สนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ (Magnetic Fields of the Sun)

เนื่องจากดวงอาทิตย์เป็นก้อนแก๊สขนาดใหญ่จึงมีโครงสร้างของสนามแม่เหล็กที่ซับซ้อนและแตกต่างจากสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์เกิดจากการเคลื่อนที่แบบหมุนวนของอนุภาคร้อนที่มีประจุหรือ "พลาสมา" จะสร้างสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กขึ้น ลักษณะเส้นแรงของแม่เหล็กจะเป็นเส้นโค้งพุ่งออกจากพื้นผิวของดวงอาทิตย์และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



Solar Storm

Disaster or Natural Phenomenon

ขณะที่ดวงอาทิตย์หมุนรอบตัวเองพลาสมาที่อยู่บริเวณใกล้ขั้วจะมีความเร็วช้ากว่าบริเวณเส้นศูนย์สูตร เป็นผลให้เกิดการบิดของเส้นแรงแม่เหล็กภายในชั้น "การพาความร้อน" ดังรูป (a) และทำให้เกิดแนวเส้นแรงแม่เหล็กใหม่มีทิศทางตามแนวขวาง (longitude) ของดวงอาทิตย์ ดังรูป (b) และเมื่อมีความเข้มมากพอจะเกิดบ่วงเส้นแรงแม่เหล็กลอยตัวขึ้นสู่พื้นผิวดวงอาทิตย์และบิดเป็นเกรียวขึ้นสู่ชั้นโคโรนา ดังรูป (c) และเกิดจุดมืดขึ้นจำนวน 2 จุด ที่บริเวณวงลูปของเส้นแรงแม่เหล็กเชื่อมต่อกับพื้นผิวดวงอาทิตย์ บ่วงเส้นแรงแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเกิดจุดมืดย่อยๆ ตามมาดังรูป (d-f) ภายในชั้นการพาความร้อนจะเกิดการไหลของฟลักซ์แม่เหล็กเข้าหาขั้วทั้งสองของดวงอาทิตย์ (เส้นสีเหลืองในรูป (g)) บางส่วนของฟลักซ์แม่เหล็กจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ภายในและไหลต่อไปยังแนวเส้นศูนย์สูตรดังรูป (h) ซึ่งเป็นสัญญาณของการกลับขั้วของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์ และเมื่อปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไหลผ่านแนวศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์มากขึ้น จะทำให้เกิดการกลับขั้วของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์

การกลับขั้วของสนามแม่เหล็กบนดวงอาทิตย์นั้น เกิดขึ้นตามวัฏจักรของดวงอาทิตย์ (Solar Cycle) ซึ่งมีระยะเวลาเฉลี่ยประมาณ 11 ปี ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่กล่าวไปแล้วข้างต้นทั้งหมดนั้นไม่สามารถทำลายสิ่งปลูกสร้างหรือทำให้เกิดอัตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกได้เนื่องจากโลกของเรามีระบบป้องกันอนุภาคและรังสีต่างๆ ที่สมบูรณ์แบบอย่างยิ่งนั่นก็คือสนามแม่เหล็กของโลกที่คอยปกป้องสิ่งมีชีวิตและสิ่ง ปลูกสร้างให้ปลอดภัยได้จนถึงทุกวันนี้