บทที่ ๑

บทนำ

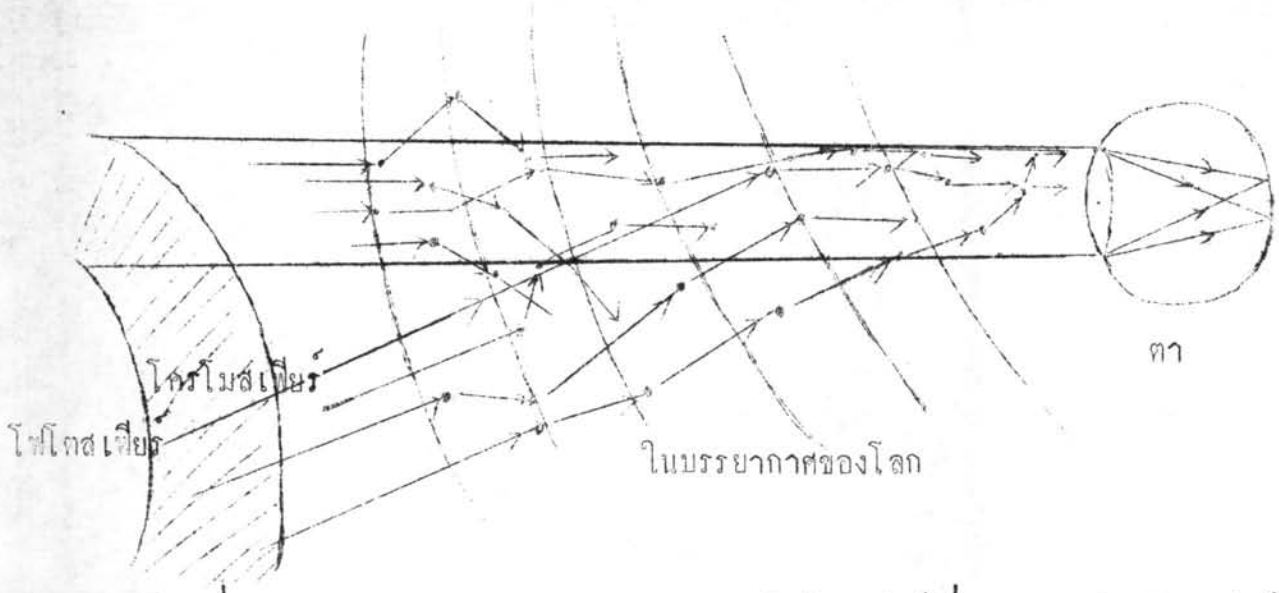
๑.๑ ประวัติการสำรวจ

๑.๑.๑ ประวัติเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

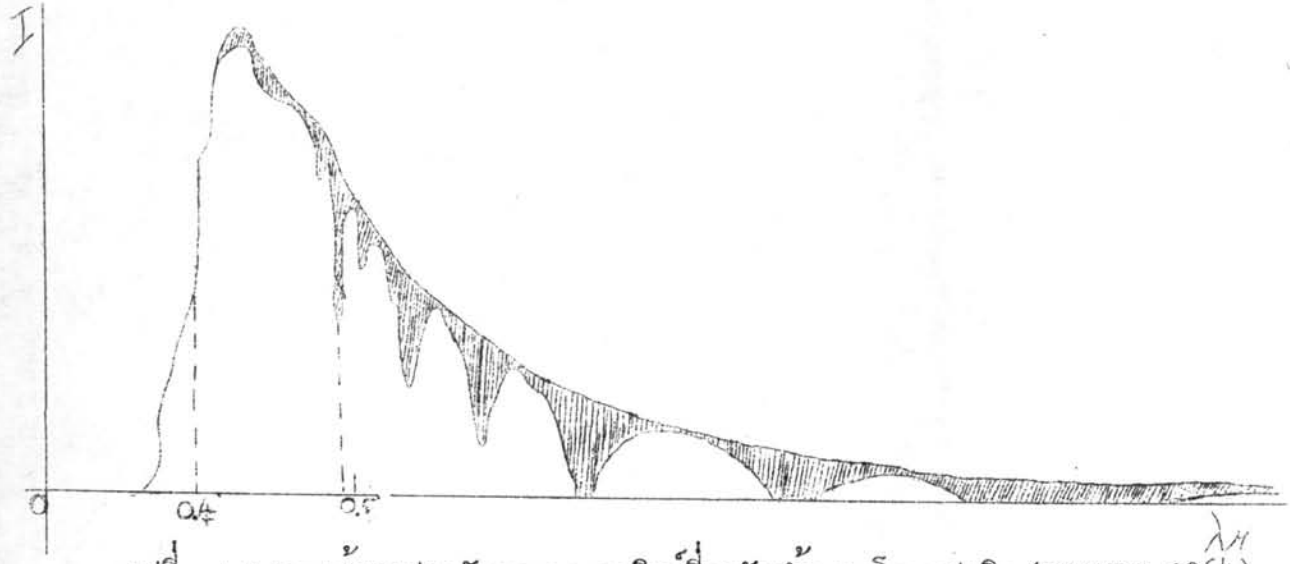
พวยกาซเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งที่เด่นชัดในโครโมสเฟียร์และมีอายุเวลาสั้นมาก มีผู้เห็นครั้งแรก เมื่อ ปี ค.ศ. ๑๘๔๒ ขณะเกิดสุริยุปราคาแต่ผู้สำรวจก็ยังไม่แน่ใจว่าลักษณะเปลวที่เห็นเป็นส่วนหนึ่งของดวงอาทิตย์หรือของดวงจันทร์แน่

ในปี ค.ศ. ๑๘๖๘ แจนเสน และ ลอกเยอร์ ได้ค้นพบว่าพวยกาซอาจเห็นได้ในขณะไม่เกิดสุริยุปราคา โดยใช้สเปกโตรสโคปต่อกับกล้องโทรทรรศน์ ตามธรรมดาแสงจากดวงอาทิตย์ที่กระจัดกระจายในบรรยากาศของโลกสว่างมากจนกลบแสงที่มาจากพวยกาซ ยกเว้นขณะเกิดสุริยุปราคา แสงทุกความยาวคลื่นที่กระจัดกระจายมาจะมีความเข้มน้อยลง นอกขอบโฟโตสเฟียร์ ดังนั้นแสงสีเกียวที่มีมาก เช่น ไรโดรเจนอัลฟาจากพวยกาซจึงสว่างกว่าแสงกระจัดกระจายซึ่งมาจากดวงอาทิตย์ส่วนที่ถูกบังไว้ แต่การสำรวจโครโมสเฟียร์โดยใช้วัตถุอื่นบังโฟโตสเฟียร์ในบรรยากาศของโลก (แทนดวงจันทร์ในขณะเกิดสุริยุปราคา) ไม่สามารถเห็นโครโมสเฟียร์ได้เพราะแสงเข้มจากตัวดวงอาทิตย์ และแสงจางจากโครโมสเฟียร์กระจัดกระจายในบรรยากาศของโลกก่อนที่จะถูกวัตถุบัง ฉะนั้นลำแสงตามแนวทางจากโครโมสเฟียร์มาสู่ตาของเรา จึงประกอบไปด้วยแสงที่กระจัดกระจายจากโฟโตสเฟียร์และโครโมสเฟียร์ ดังแสดงในรูปที่ ๑.๑ ทำให้เราเห็นแสงจากโฟโตสเฟียร์แทนที่จะเป็นของโครโมสเฟียร์ จากรูปที่ ๑.๒ ซึ่งแสดงเส้นสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ที่ระดับน้ำทะเล จะเห็นได้ว่าพลังงานในแสงจากโฟโตสเฟียร์มีมากกว่าของโครโมสเฟียร์ที่ผ่านบรรยากาศมาสู่ตาเรามาก

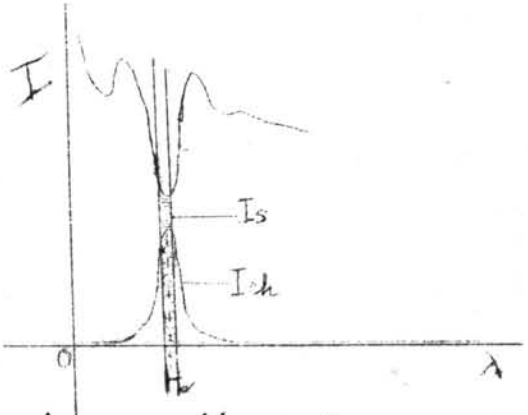
สเปกโตรสโคปที่ใช้ในการสำรวจพวยกาซรอบดวง สมัยแรกนั้นประกอบด้วยชุดปริซึมแกนสเปกโตรสโคปขนานกับกล้องโทรทรรศน์ ดังแสดงในรูปที่ ๑.๔ ให้ช่องแคบของสเปกโตร



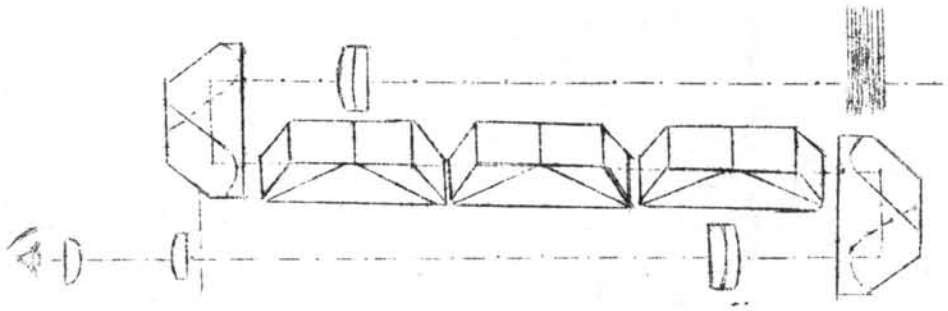
รูปที่๑.๑ แสดงการกระจัดกระจายของแสงจากโฟโตสเฟียร์ สู่ลำแสงของโครโมสเฟียร์ในบรรยากาศของโลก



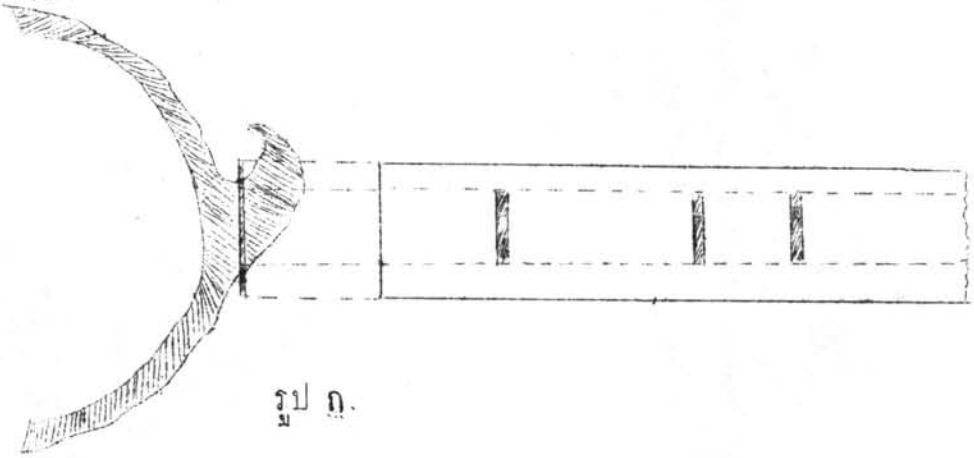
รูปที่ ๑.๒ แสดงเส้นสเปคตรัมของดวงอาทิตย์ที่ระดับน้ำทะเลโดยเปตศิต (BRANDT, 1964)



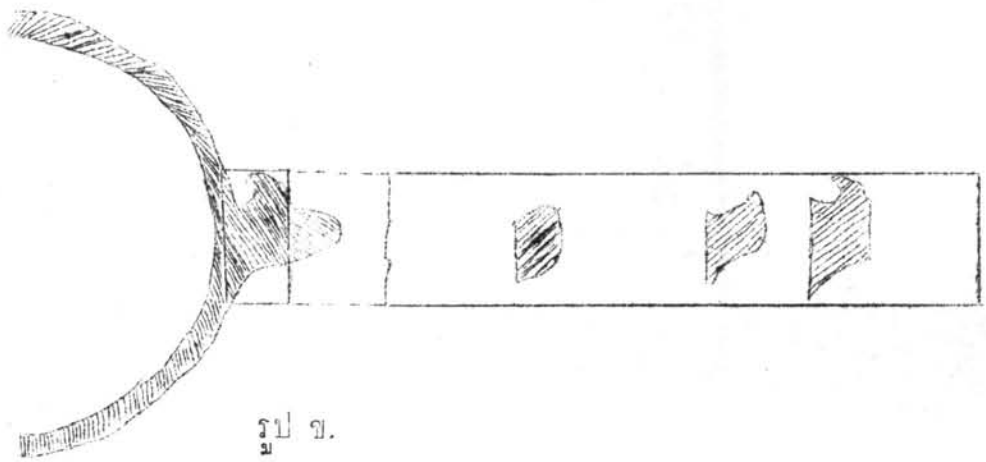
รูปที่ ๑.๓ ตัวอย่างแสดงส่วนของแสงที่ผ่านมาเข้าตาในตัวกรองไฮโดรเจนอัลฟา



รูปที่ ๑.๔ แสดงการจัดปริซึมในสเปคโตรสโคปสมัยแรก ใช้ในการสังเกตุการณ์ดวงอาทิตย์ (ABETTI,1955)



รูป ก.



รูป ข.

รูปที่ ๑.๕ แสดงการวางช่องแคบของสเปคโตรสโคปสัมผัสกับขอบดวงอาทิตย์ ด้วยความกว้างของช่องแคบที่ต่างกัน รูป ก มีช่องแคบที่แคบกว่ารูป ข ลักษณะของดวงอาทิตย์ที่เห็นจะต่างกัน (ABETTI,1955)

สโคปวางสัมผัสกับขอบดวงอาทิตย์ตลอดเวลา เมื่อหมุนสเปคโตรสโคปจะเห็นเส้นสเปคตรัมแผ่รังสี ซึ่งความเข้มและจำนวนขึ้นกับคุณลักษณะของพวยกาซแต่ละอัน เมื่อช่องแคบเลื่อนขึ้นจากขอบจะเห็นขนาดและรูปร่างของพวยกาซ ปี ค.ศ. ๑๘๙๖ ธักกินส์ ได้แนะวิธีที่จะเห็นรูปร่างสัมพันธ์ของพวยกาซโดยการเปิดช่องแคบให้กว้างขึ้นเพื่อให้เห็นภาพในแสงสีเดียวแทนที่จะเป็นเส้น ดังแสดงในรูปที่ ๑.๕

ด้วยวิธีการง่าย ๆ ที่จะมองเห็นพวยกาซที่ขอบดวงอย่างนี้ ทำให้นักสังเกตการณ์ดวงอาทิตย์กระตือรือร้นที่จะทำการสำรวจบันทึก ตำแหน่ง รูปร่าง การระเบิดที่น่าสนใจ ซึ่งเริ่มทำการสำรวจโดยนักดาราศาสตร์ชาวอิตาลี ชื่อ เซคกิและ เรสพิจิ เริ่มตั้งแต่ ค.ศ. ๑๘๖๙ ที่หอสังเกตุการณ์อาร์เซทรี

ปี ค.ศ. ๑๙๔๑ เดสแลนเดอร์ และ เฮล ประดิษฐ์สเปคโตรเฮลิโอกราฟ เพื่อมองภาพในแสงสีเดียวโดยดัดแปลงสเปคโตรกราฟด้วยการวางช่องแคบที่ ๒ ที่เส้นสเปคตรัมที่ต้องการในระนาบโฟกัสของสเปคโตรกราฟ รายละเอียดในการสร้างสเปคโตรเฮลิโอกราฟแตกต่างกันไป จากเครื่องมือนี้จะแสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโครงสร้างดวงอาทิตย์ในแสงสีเดียว ทั้งบนขอบและตัวดวงอาทิตย์ ปี ค.ศ. ๑๙๒๒ เฮลถ่ายภาพพวยกาซบนขอบดวงได้เป็นครั้งแรก โดยวางแผ่นฟิล์มไว้หลังช่องแคบที่ ๒ เครื่องมือจะเคลื่อนไปเพื่อให้แกนในทางเดินแสงขวางกับภาพดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของช่องแคบที่เลื่อนไปจะขนานกัน การเคลื่อนที่ของภาพดวงอาทิตย์สัมพันธ์ต่อช่องแคบแรก และแผ่นฟิล์มสัมพันธ์ต่อช่องแคบที่ ๒ ด้วยวิธีการนี้ ปี ค.ศ. ๑๙๐๓ เฮลและเอลเลอร์แมน ค้นพบว่าฟิลาเม้นต์ดำเป็นพวยกาซที่ปรากฏบนตัวดวง

ต่อมาปีชาวฝรั่งเศส ชื่อ ไลโอต เสนอการประดิษฐ์และหลักการสร้างเครื่องมือใหม่ที่ใช้ในการศึกษาดวงอาทิตย์ คือ ตัวกรองไบรีฟริงเจนต์ เมื่อ ปี ค.ศ. ๑๙๓๓ โอห์มแมนได้ประดิษฐ์ตัวตัวกรองขึ้นและ ปี ค.ศ. ๑๙๓๘ ได้สร้างอันแรกที่ใช้สำรวจดวงอาทิตย์โดยมีแถบผ่านสมัยเดียว ประมาณ ๔๐ อังสตรอม มีศูนย์กลางที่เส้นไฮโดรเจนอัลฟา เขาสามารถเห็นและถ่ายภาพพวยกาซที่สว่างไว้ ในกรณีของตัวกรองไบรีฟริงเจนต์ เช่นตัวกรองไฮโดรเจนอัลฟา เรายอมให้แสงสีเดียวไฮโดรเจนอัลฟาผ่านเท่านั้น เทียบได้กับวางช่องแคบตามยาว

เส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนอัลฟา พลังงานแสงที่ผ่านเข้าตาจึงมีจากเส้นแผ่รังสีของโครโมสเฟียร์ และจากตัวกวงที่กระจัดกระจายมา ในกรณีนี้แสงหรือความเข้มของโครโมสเฟียร์ จึงมีมากกว่าแสงที่กระจัดกระจายจากตัวดวง จากรูปที่ ๑.๒ จะเห็นความเข้มของแสงจากตัวดวงลดลงมาก และตัวกรองชนิดสอดแทรก (interference filter) ที่เพิ่มเติมเข้ามา จะช่วยกำจัดการแผ่รังสีในขนาดคลื่นที่ไม่ต้องการ

การประดิษฐ์ตัวกรองไบรีฟรินเจนต์ขึ้นทำให้สามารถถ่ายบันทึกภาพโครโมสเฟียร์ได้รวดเร็ว จึงมีการนำเอาเทคนิคถ่ายภาพยนต์เว้นช่วงเวลา (time-lapse cinematography) เข้ามาใช้ในการศึกษาพวยกาซ ซึ่งทำให้สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนไหวอย่างสับสน ซึ่งแม้แต่พวยกาซที่เสถียรก็แสดงการเคลื่อนที่ภายใน นอกจากการสำรวจพวยกาซด้วยการถ่ายภาพ, เส้นสเปกตรัมของพวยกาซจากสเปกโตรกราฟ, พวยกาซในแสงสีเดียวจากตัวกรอง และของสเปกโตรเฮลิโอแกรมแล้ว ข้อมูลที่สำคัญยังได้รับจากการศึกษาเรื่องสนามแม่เหล็ก ซึ่งแบบคอดเริ่มใช้โฟโตอิเลกตริกแมกนีโตกราฟสำรวจพวยกาซ และในปี ๑๙๖๑ เฮอเวอร์นีและซีริน ได้ใช้แมกนีโตกราฟที่มีประสิทธิภาพพอที่จะวัดสนามแม่เหล็กโดยตรงในพวยกาซ ต่อมาก็ได้มีการวิวัฒนาการและปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อยมา ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาเรื่องพวยกาซควบคู่กับการถ่ายภาพบันทึกไปด้วย

๑.๑.๒ ประวัติการศึกษาเรื่องพวยกาซตามลำดับ ค.ศ.

ตั้งแต่มีการค้นพบพวยกาซเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๔๒ ก็ได้มีผู้สนใจศึกษาค้นคว้าอยู่ตลอดมาจนถึงปัจจุบัน ในหัวข้อนี้ได้รวบรวมหัวข้อผลงานที่ได้มีผู้ทำมาตามลำดับ ค.ศ. เท่าที่จะสามารถรวบรวมได้ เพื่อเป็นแนวทางพอที่จะทราบว่าได้มีการศึกษาเรื่องพวยกาซไปแล้วแค่ไหน อย่างไรบ้าง :-ราวปลายศตวรรษ ๑๙๐๐ เซคกิ เทนูจิและยัง สำรวจการหายไปทันทีทันใดของพวยกาซ เคสแลนเคอร์ถ่ายภาพพวยกาซขอบดวงที่หายไปทันทีทันใดได้ เมื่อวันที่ ๓๑ พฤษภาคม ๑๙๔๙ (KIEPENHEUER, 1952)

๑๙๐๓ ลอกเยอร์ค้นพบว่าพวยกาซมีความสัมพันธ์กับโคโรนา (KIEPENHEUER, 1952)

๑๙๑๐ เคสแลนเคอร์ถ่ายภาพพวยกาซบนตัวดวงที่หายไปทันทีทันใด (KIEPENHEUER,1952)

๑๙๒๕, ๑๙๓๘ เดดและวาลด์ไมเออร์ ศึกษาการพุ่งขึ้นของพวยกาซว่าความเร็วไม่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (KIEPENHEUER, 1952)

๑๙๔๓ อซามบูจาและเปตติตได้จัดแบ่งชนิดของพวยกาซ (KIEPENHEUER, 1952)

๑๙๔๘ อซามบูจาพบว่าการวางตัวของพวยกาซสัมพันธ์กับการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์และอายุของพวยกาซ, แฟลกิวลี จุดดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับพวยกาซ และเขาอธิบายลักษณะของพวยกาซที่เจริญเต็มที่ ซึ่งก็คือพวยกาซสงัดยาว, ใหญ่, สูง (AZAMBUJA, 1955; KIEPENHEUER, 1952)

๑๙๕๓ เมนเซลและอีวานส์แบ่งพวยกาซตามแหล่งกำเนิดจากข้างบนหรือข้างล่าง (DE JAGER, 1959; KLECZEK, 1965)

๑๙๕๕ แบบลอกพบว่าสนามแม่เหล็กของพวยกาซมาจากสนามของโฟโตสเฟียร์(KLECZEK, 1965) เซอเวอร์นี่จัดแบ่งพวยกาซตามการเคลื่อนไหว (SEVERNY, 1955)

๑๙๕๗ คิปเปนฮานและชลูเทอร์ ศึกษาความสำคัญของสนามแม่เหล็กที่มีบทบาทต่อความเสถียรภาพ (KLECZEK, 1965; HANSSEN,1971)

๑๙๖๑ ออแรลและเซอร์เกอร์ แสดงหลักฐานว่าพวยกาซสงัดมีกัมมันตภาพและการเคลื่อนที่น้อยที่สุดในบรรดาพวยกาซทุกชนิด ประกอบด้วยโครงเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ๙๕๐ ก.ม. (ALLER,1962)

๑๙๖๕ เจฟเฟอร์และออแรล ศึกษาการพุ่งของพวยก๊าซจากโครโมสเฟียร์ชั้นล่างสัมพันธ์กับสนามแม่เหล็ก (BRUZEK, 1972)

๑๙๖๖ รัสท์ ศึกษาสนามแม่เหล็กในพวยก๊าซสงัด (RUST, 1966)

๑๙๖๗ คูเปอรัสและแฮนเซนพบการเกิดพวยก๊าซสงัดบนแผ่นสะเทิน (BRUZEK, 1972)

๑๙๖๘ บาร์วิลล์ พบความเร็วสัมพันธ์ในพวยก๊าซเพิ่มขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กลดลง สมิทซ์และซีริน ศึกษาคุณสมบัติของเซอร์จและสเปร์ที่เกิดจากแฟลร์ ไอโอซบากล่าวว่าสนามแม่เหล็กอาจขนานกับพวยก๊าซในส่วนล่างและตั้งฉากเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น (BRUZEK, 1972)

๑๙๖๙ ฮาร์วี ศึกษาสนามแม่เหล็กในพวยก๊าซกัมมันต์ พบว่ามีค่าสนามสูงกว่าพวยก๊าซสงัด (HARVEY, 1969)

คลีเซกและคูเปอรัส ศึกษาการเคลื่อนที่แบบดวงพบว่ามันมีการเคลื่อนที่ทางแนวระนาบมากกว่าแนวดิ่ง

มากากาวา แสดงว่าความเสถียรภาพของพวยก๊าซขึ้นกับมุมระหว่างสนามภายในพวยก๊าซและสนามภายนอกที่ค้ำจุนอยู่ (BRUZEK, 1972)

๑๙๗๐ นากากาวา ศึกษาความเสถียรภาพของโครงร่างรอยต่อสนามแม่เหล็กทางจลศาสตร์ (NAKAGAWA, 1971)

๑๙๗๑ ฮิริยามาพบอุณหภูมิในบริเวณกลางพวยก๊าซประมาณ ๖๐๐๐° เคลวิน และปลายพวยก๊าซ ๑๒๐๐๐° เคลวิน และความหนาแน่นอิเลคตรอนในพวยก๊าซ (BRUZEK, 1972)

ลิฟวิงสตัน ค้นพบการเคลื่อนที่ของพวยก๊าซจากอิทธิพลของลมทางตะวันตก (LIVINGSTON, 1971)

ฟูเคอล์ ศึกษาความสัมพันธ์ของฟิลาเม้นต์ (พวยก๊าซ) เส้นใย, สปิคูล เทรค ในบริเวณใกล้จุดกวงอาทิตย์ (FOUKAL, 1971)

นากากาวา ศึกษาความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างโครโมสเฟียร์ที่ใกล้จุดกวงอาทิตย์และสนามแม่เหล็กแรงอิสระ (NAKAGAWA, 1971)

๑๙๖๒ พราเซียร์พบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างโครโมสเฟียร์และสนามแม่เหล็กไม่ตรงไปตรงมาอย่างที่เชื่อกัน

วาลด์ไมเออร์ เสนอเส้นทะเทิน ๓ แบบ

เอนโวลด์ โอห์ม แมน รอมโพลท์ ศึกษาการเคลื่อนที่ภายในแบบควงของพวยกาซ

รัสท์พบการกลับตัวเกิดขึ้นที่ขาของบ่วงด้าย (BRUZEK, 1972)

ทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ศึกษาเรื่องพวยกาซ ยังมีงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวกับพวยกาซแต่ไม่ได้กล่าวมาอีก ซึ่งจะเห็นว่าปัจจุบันนักสำรวจได้เพิ่มความสนใจศึกษาเรื่องพวยกาซโดยเฉพาะเรื่องของสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่แบบควงและฟิลาเมนต์ในบริเวณจุดควงอาทิตย์

๑.๒ คุณสมบัติของพวยกาซ

การบันทึกภาพของพวยกาซที่ปรากฏอยู่บนขอบควงและที่บนตัวควงโดยอาศัยสเปคโตรเฮลิโอกราฟ และตัวกรองพิเศษให้ผลแสดงว่าพวยกาซซึ่งปรากฏที่ขอบควงเป็นโครงสร้างสว่างนั้น ปรากฏเป็นฟิลาเมนต์มืดบนตัวควง การเห็นพวยกาซนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการแผ่รังสีของไฮโดรเจนอัลฟา หรือธีเลียมหรือไอโอไนซ์คัลเซียมที่มีมากในพวยกาซเพียงพอที่แผ่รังสีมาให้เห็นผ่านตัวกรองไบรีฟริเจนท์ และขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของมวลสาร พวยกาซส่วนใหญ่จะมีความสูงประมาณ ๓๐,๐๐๐-๕๐,๐๐๐ ก.ม. แต่พวยกาซระเบิดบางอันอาจมีความสูงมากกว่านี้ ความยาวของพวยกาซมีต่าง ๆ พวยกาซสงบมีขนาดยาวอาจถึง ๒๐๐,๐๐๐ ก.ม. ความหนา ประมาณ ๕,๐๐๐-๑๐,๐๐๐ ก.ม. พวยกาซไม่กระจายอยู่ทั่วทุกแห่งบนตัวควงอาทิตย์ ปรากฏว่ามีมากในโซนของจุดควงอาทิตย์ พวยกาซมีทั้งในบริเวณจุดควงอาทิตย์และนอกจุดควงอาทิตย์ รูปร่างของมันก็มีต่าง ๆ กันมากมาย จึงทำให้นักดาราศาสตร์จัดจำแนกพวยกาซเป็นสองกลุ่ม นอกจากนี้ยังจัดจำแนกพวยกาซได้ตามวิวัฒนาการ สเปคตรัมการเคลื่อนไหว แหล่งกำเนิดและอื่น ๆ(DE JAGER, 1959)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจลน์ของกาซ ความหนาแน่นและการแผ่รังสีในเส้นสเปคตรัม ไม่มีวิธีตรงไปตรงมาที่จะหาความสัมพันธ์นี้ได้ ต้องประมาณด้วยวิธีการที่ไม่คลุมเครือ

(DE JAGER, 1959) เช่น อุณหภูมิจลน์อาจหาได้จากความกว้างของรูปลักษณะเส้น (สเปกตรัม) หมายว่า พวยกาซกับมันต์มีอุณหภูมิจลน์มากกว่าพวยกาซสงัก อุณหภูมิการแผ่รังสีในพวยกาซหาได้จากความเข้มกลางเส้นสเปกตรัมของแสงไฮโดรเจนอัลฟา ความเข้มตรงกลางแถบสเปกตรัมของพวยกาซที่ขอบดวงและบนตัวดวงควรมีค่าเท่ากัน อุณหภูมิจลน์มีค่ามากกว่าอุณหภูมิการแผ่รังสีประมาณ ๓ เท่า (DE JAGER, 1959)

อุณหภูมิของพวยกาซเฉลี่ย $๑๐^{๔}$ องศาเคลวิน ล้อมรอบด้วยโคโรนาที่มีอุณหภูมิ $๑๐^{๖}$ องศาเคลวิน พวยกาซมีความสมดุลย์ความดันทางแนวระนาบกับโคโรนา แต่ทางแนวดิ่งความสมดุลย์ทางอุทกสถิตย์ไม่มี เพราะมันหนาแน่นกว่าโคโรนา ๑๐๐ เท่า ถ้าความหนาแน่นของพวยกาซ $๑๐^{๑๐}$ ซ.ม.$^{-๓}$ อุณหภูมิ $๑๐^{๔}$ องศาเคลวิน จะมีจุดสมดุลย์ ถ้าพวยกาซมีความหนา $๑๐^{๔}$ ก.ม. แต่ถ้าพวยกาซมีความหนาแน่นน้อยกว่านี้ การดูดกลืนมีมากกว่าการแผ่รังสี (BRANDT, 1964) พวยกาซเป็นมวลสารเย็นซึ่งหนาแน่นด้วยกาซที่แตกตัวเป็นไอออนที่ถูกค้ำจุนให้คงตัวอยู่ในบรรยากาศต้านกับแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ พวยกาซคงตัวอยู่ได้ในโคโรนา โดยเส้นสนามแม่เหล็กขนานกับผิวดวงอาทิตย์ โดยการใช้แมกนีโตกราฟแบบดอก (HANSEN, 1971) รายงานว่า พวยกาซสงัดวางตัวไปตามเส้นสะเทินระหว่างสนามแม่เหล็กตามแนวเส้นกากระหว่างจุดที่ทำการวัดกับผู้สำรวจ (longitudinal field) ที่มีความเป็นขั้วตรงกันข้าม อิออนของโคโรนามีพลังงานจลน์ประมาณ ๑๐๐ อิเล็คตรอนโวลต์/อนุภาค พวยกาซมี ๑ อิเล็คตรอนโวลต์/อนุภาค ประมาณ $๑๐^{๖}$ อิเลคตรอนโวลต์/อนุภาค สูญเสียระหว่างวัฏภาคก่อนที่จะเป็นพวยกาซ (preeprominence phase) ไม่มีการสำรวจโดยตรงในวัฏภาคเบื้องต้นของพวยกาซซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากและแผ่รังสีด้วยความยาวคลื่นอุลตราไวโอเล็ต เราสามารถสำรวจเฉพาะผลของการกดันตัวซึ่งเย็นพอที่จะแผ่รังสีในอนุกรม บาล์เมอร์ (Balmer series) (KLECZEK, 1965)

๑.๓ อิทธิพลของการลุกจ้าต่อพวยกาซ

อิทธิพลของแฟลร์หรือการลุกจ้าที่เกิดขึ้นทันทีทันใดต่อพวยกาซมีมากมายต่าง ๆ บางครั้งพวยกาซเคลื่อนที่อย่างรุนแรง เมื่อเกิดแฟลร์เล็ก ๆ แต่บางครั้งก็ไม่สามารถสำรวจได้ว่าเกิดมีการเคลื่อนที่ของมวลใกล้แฟลร์ใหญ่ บางครั้งพวยกาซที่อยู่ใกล้ ๆ ยังคงเสถียร ขณะที่พวยกาซที่อยู่ห่างไกลอาจถูกรบกวนอย่างแรง พวยกาซอาจเริ่มการเคลื่อนที่ภายในหรือเปลี่ยนรูปร่างหรืออาจหายไป พวยกาซที่อายุมากแล้วจะหายไปยากกว่าพวยกาซใหม่ หลังจากแฟลร์สิ้นสุดลงไป ๑-๖ ชั่วโมง พวยกาซที่หายไปอาจกลับมาอีกและมีรูปร่างคงเดิมและคงเสถียรเหมือนเดิม มวลที่ถูกพ่นออกจากดวงอาทิตย์ใกล้แฟลร์เรียกแฟลร์เซอร์จ แต่เซอร์จอาจเกิดขึ้นได้โดยไม่มีแฟลร์ (KIEPENHEUER, 1952) แฟลร์มักปรากฏไม่บ่อยนัก และมีอิทธิพลต่อพวยกาซจำนวนน้อย ตำแหน่งของพวยกาซมีทั้งในบริเวณสงบและกัมมันต์ อิทธิพลของกัมมันตภาพจากบริเวณศูนย์ดึงดูด (centres of attraction), จุดดวงอาทิตย์, เฟลจ ก็มีส่วนที่เกิดผลกระเทือนต่อโครงสร้างและความเสถียรภาพของพวยกาซได้เหมือนกัน แต่สิ่งที่มีอิทธิพลสำคัญต่อการเคลื่อนที่ รูปร่าง ความคงเสถียรภาพการหายไปทันทีทันใดของพวยกาซ ฯลฯ คือสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มแตกต่างกันในแต่ละพวยกาซและบริเวณข้างเคียง

๑.๔ สนามแม่เหล็ก

พวยกาซเป็นโครงสร้างใหญ่เสมอ กลุ่มไฮโดรเจนที่มีอุณหภูมิสูงที่หนาแน่นในบรรยากาศถูกกระทำโดยแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ สิ่งที่ทำให้มันลอยตัวอยู่ได้คือ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เมนเซลเป็นคนแรกที่เสนอแบบของสนามแม่เหล็กที่พยุงพวยกาซไว้ได้ คือ บริเวณที่เส้นแรงสนามแม่เหล็กขนานกับผิวดวงอาทิตย์ โฮเรและ ฮาโรลด์ แบบดอก พบว่าพวยกาซสงบวางตัวไปบนตัวดวงอาทิตย์ตามเส้นสะเทิน (Neutral line) ดีเปนฮานและชลูเตอร์แสดงทฤษฎีว่าพวยกาซจะถูกค้ำจุนให้คงเสถียรกับความถ่วงด้วยสนามแม่เหล็กจากโฟโตสเฟียร์ เส้นสนามแม่เหล็กพุ่งขึ้นจากโฟโตสเฟียร์ทางข้างหนึ่งของพวยกาซ ล้อมพวยกาซและพุ่งลงไปอีกข้าง

หนึ่งเหมือนอย่างเปลญวน และรัสท์พบว่าสนามแม่เหล็กคล้อนข้างเข้มในส่วนบนของพวยกาฬ (RUST, 1966) แอนเซอร์ (ANZER , 1972) แสดงว่าสนามแม่เหล็กของพวยกาฬสงบมีอยู่สองส่วนคือ สนามแม่เหล็กที่พยุงไว้และสนามแม่เหล็กภายใน ฮาร์วี (HARVEY, 1969) พบว่าสนามแม่เหล็กส่วนนอก ๆ บริเวณกัมมันต์ไกลจากจุดกวงอาทิตย์ สอดคล้องกับการคำนวณจากทฤษฎีศักย์แม่เหล็ก (Magnetic Potential Fields)

สนามแม่เหล็กในพวยกาฬกัมมันต์มีระบบซ้อนมากกว่าพวยกาฬสงบและมีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงถึง ๕๐ - ๓๐๐ เกาส์ ในขณะที่พวยกาฬสงบมีความเข้มไม่เกิน ๓๐ เกาส์ ความเข้มของสนามแม่เหล็กกัมมันต์ลดลงตามความสูง (BRUZEK, 1972)

นอกจากการวัดสนามแม่เหล็กในพวยกาฬแล้ว การสำรวจสนามแม่เหล็กในโครโมสเฟียร์โคโรนา และบริเวณกัมมันต์ก็มีความสำคัญ (HARVEY, 1969) พวยกาฬเล็ก ๆ หรือเส้นใย (fibrils) ในบริเวณกัมมันต์อาจวางตัวไปตามเส้นสนามแม่เหล็กที่อยู่บริเวณเข้มมากไม่เกิดขอบเขตของบริเวณที่มีความเข้มต่างกัน โครงสร้างเส้นใยในโครโมสเฟียร์ใกล้พวยกาฬอาจให้ข้อมูลเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กในพวยกาฬได้

๑.๕ การแจกแจงพวยกาฬตามเส้นรุ้งและพฤติกรรม

เซคกิและอัมบูจา ค้นพบว่า การปรากฏตัวของพวยกาฬคล้ายกับของจุดดวงอาทิตย์ ซึ่งมันไม่กระจายเท่ากันไปทั่วดวงอาทิตย์ มันมีมากระหว่างเส้นรุ้งที่ ๑๐ องศาและ ๔๐ องศาเหนือและใต้ และมีกัมมันตภาพที่เพิ่มและลดลงคล้ายกับของจุดดวงอาทิตย์ พวยกาฬขั้วมีจำนวนน้อยและมักวางตัวขนานกับเส้นศูนย์สูตร วิวัฒนาการของพวยกาฬขั้วจะติดตามยากกว่าพวยกาฬที่เส้นรุ้งต่ำ โดยที่มันอาจเป็นพวยกาฬที่มีกำเนิดบนขั้วหรือเป็นพวยกาฬจากเส้นรุ้งต่ำที่เคลื่อนสู่โซนขั้ว (KIEPENHEUER, 1952; AZAMBUJA, 1955)

พวยกาฬมักเกิดใกล้จุดดวงอาทิตย์หรือกลุ่มจุดกวงอาทิตย์ พวยกาฬแทบทุกอันอยู่ภายในแฟคคิวลี ดังนั้นจุดดวงอาทิตย์, แฟคคิวลีและพวยกาฬมักจะมีความสัมพันธ์กัน (KIEPENHEUER, 1952; DE JAGER, 1959; BRANDT , 1964)

พวยกาสงัดมีทั้งที่เกิดในบริเวณจุดดวงอาทิตย์และนอกจุดดวงอาทิตย์ ซึ่งมันจะมีความแตกต่างกันน้อยมาก พวยกาสงัดที่เกิดนอกจุดดวงอาทิตย์มีขนาดเล็ก เคลื่อนที่ช้ากว่าพวยกาจุดดวงอาทิตย์ พวยกาสงัดมีความยาวเพิ่มขึ้นประมาณ ๑๐๕ ก.ม. ต่อการหมุนรอบตัวเอง ๑ รอบ (DE JAGER, 1959) ฟิลาเมนต์อาจยาวขึ้นโดยไม่เพิ่มความหนา มันอาจยาวขึ้นและลดลง ช่วงชีวิตโดยเฉลี่ยประมาณ ๒-๓ รอบดวงอาทิตย์หมุน มันจะวางตัวค่อนข้างไปตามแนวทิศตะวันออก-ตก เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ ซึ่งพวยกาสขั้วเกือบจะขนานกับเส้นรุ้งมากกว่าที่เส้นศูนย์สูตร พวยกาส ๒ อันอาจเชื่อมต่อกัน (KIEPENHEUER, 1952; AZAMBUJA, 1955) หรือมีเหตุการณ์ที่รบกวนเกิดขึ้นในช่วงชีวิตของมัน มันมีการเคลื่อนเข้าหาขั้วประมาณ ๒ องศาทางเส้นรุ้งต่อการหมุนรอบตัวในเส้นรุ้งต่ำและน้อยกว่า ๒ องศาที่เส้นรุ้งสูง มันจะสลายตัวเมื่อดวงอาทิตย์หมุนรอบตัวเองไปได้ประมาณ ๕-๖ รอบโดยเริ่มสลายตัวที่ใกล้เส้นศูนย์สูตรก่อน ในระยะปลายชีวิตพวยกามักจะม้วนตัวล้อมรอบยอดขั้วดวงอาทิตย์ (AZAMBUJA, 1955)

พวยกาที่พบในบริเวณจุดดวงอาทิตย์หรือในบริเวณแฟกคิวลี่ของจุดดวงอาทิตย์ มักเป็นพวยกาสัมพันธ์อายุสั้น โครงสร้างสั้น, เล็กและมักปรากฏเป็นรูปบ่วง, ปม บนขอบดวงอาทิตย์ (PETTIT, 1951; DE JAGER, 1959; ALLER, 1962)

การศึกษาวิจัยเรื่องพฤติกรรมของพวยกาสหรือฟิลาเมนต์ที่ปรากฏตามเส้นรุ้งต่าง ๆ อยู่ในบทที่ ๓ ซึ่งเป็นการวิจัยข้อมูลของพวยกาสติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ ๔๐ วัน

๑.๖ การจัดจำแนกพวยกาสโดยพิจารณาการเคลื่อนไหวของมัน

เนื่องจากรูปร่างและโครงสร้างของพวยกาสมีแปลกแตกต่างกัน ทำให้นักดาราศาสตร์หลายคนจัดแบ่งจำแนกพวยกาสต่าง ๆ กัน ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้หลักการเคลื่อนไหว (เปตติต, อีวานส์-เมนเซล และเซอเวอร์นี) นอกจากนี้ก็มีการจัดโดยใช้หลักการกระจัดกระจายตามเส้นรุ้ง (เรคกิและอามบูจา) ตามวิวัฒนาการและอื่น ๆ

ปี ค.ศ. ๑๙๕๓ อซามบูจาและเปตติต เริ่มจัดแบ่งพวยกาซโดยอซามบูจาแบ่งตามการกระจายทั่วตัวดวง ดังกล่าวไว้ในข้อ ๑.๕ ส่วนเปตติต จัดตามการเคลื่อนไหวและรูปร่างของมัน ปีค.ศ. ๑๙๕๓ เมนเซล-อีวานส์ จัดแบ่งพวยกาซตามแหล่งกำเนิดจากโคโรนาหรือจากโครโมสเฟียร์ ปี ค.ศ. ๑๙๕๕ เซอเวอร์นี จัดแบ่งพวยกาซโดยการเคลื่อนไหว ซึ่งการจัดจำพวกเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันดังแสดงในตารางที่ ๑.๑

พวยกาซแบ่งเป็น ๒ พวกใหญ่ ๆ คือ พวยกาซสงัด และพวยกาซเคลื่อนไหว (DE JAGER, 1959)

๑.๖.๑ <u>พวยกาซสงัด</u> เป็นพวยกาซที่ค่อนข้างสถิตย์เกือบไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือความสว่างเป็นเวลานาน มันมีกัมมันตภาพต่ำสุด และการเคลื่อนที่ช้าที่สุด ซึ่งเปตติตและอซามบูจา (PETTIT, 1951; AZAMBUJA, 1955) กล่าวว่าเป็นพวยกาซขนาดใหญ่ ยาว สูง กล้ายกับแผ่นกาซบาง ๆ และมักเจอในบริเวณสงบไม่มีจุดดวงอาทิตย์ เมนเซล-อีวานส์กล่าวว่าพวยกาซสงัดมีรูปร่างต่าง ๆ เช่นอาจเป็นรูปลำต้นไม้ (b) ต้นไม้ (c) รั้ว (d) กองหิน, ดิน (m) เป็นพวยกาซที่ไม่สัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ (N) และเป็นพวยกาซที่มีกำเนิดจากโคโรนาเคลื่อนสู่ตัวดวง (A) และเมนเซลรวมพวยกาซขั้วเป็นพวยกาซสงัด เช่นเดียวกับ อซามบูจา ส่วนเซอเวอร์นีไม่ได้กล่าวถึงพวยกาซสงัดไว้ในการจัดจำพวกพวยกาซของเขา

๑.๖.๒ <u>พวยกาซเคลื่อนไหว</u> มีอยู่หลายแบบเช่น

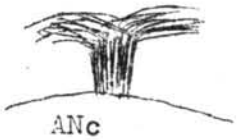
๑.๖.๒.๑ <u>พวยกาซกัมมันต์</u> ของเปตติต แบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ พวยกาซที่ทำปฏิกิริยากัน (Ia) เป็นพวยกาซ ๒ อันที่อยู่ใกล้กันแลกเปลี่ยนมวลสารซึ่งกันและกัน, พวยกาซกัมมันต์ธรรมดา (Ib) พบบ่อยที่สุดและปรากฏอยู่ทั่วดวง มันเป็นโครงสร้างหยาบที่มีมวลสารไหลเป็นกระแสลงบนศูนย์ของการดึงดูด เมื่อมีกัมมันตภาพเพิ่มขึ้น มวลสารจะไหลเป็นแถบใหญ่สู่ศูนย์ดึงดูด และโคโรนา จะถูกดึงดูดสู่ศูนย์นั้น เช่นนั้นกรณีนี้เรียกว่า พวยกาซกัมมันต์โคโรนา (Ic) ส่วนเมนเซล-อีวานส์จัดพวยกาซกัมมันต์เป็นพวยกาซที่ไม่สัมพันธ์กับจุดดวงอาทิตย์ และมีกำเนิดจากโคโรนา (AN) พวยกาซกัมมันต์อาจแปลงมาจากพวย

	บริเวณที่ปรากฏ	เปตติต	เมนเซล-อีวานส์	เซอเวอร์นี	วิวัฒนาการ	อซามบูจา
๑.b.๑พวยกาซสงัก (Quiescent Prominences)	ส่วนสงบของโซนจุดดวงอาทิตย์ (นอกศูนย์กัมมันต์)					
๑.b.๑.๑พวยกาซสงัดธรรมดา (Normal Quiescent Prominences)		V	N AMb,c,d,m	—	2	α, β
๑.b.๑.๒พวยกาซขั้ว (Polar Prominences)	ขั้วดวงอาทิตย์	—		—	4	—
๑.b.๑.๓พวยกาซเคลื่อนสู่ขั้ว (Poleward Migration)		—	—	—	3	γ
๑.b.๒พวยกาซเคลื่อนไหว (Moving Prominences)	พวยกาซบริเวณที่ไม่มีจุดดวงอาทิตย์สวนใหญ่ในโซนจุดดวงอาทิตย์ แต่พวยกาซระเบิดบางอันเกิดในบริเวณขั้วหรือใกล้จุดอาทิตย์	Ia,Ib,Ic				
๑.b.๒.๑พวยกาซกัมมันต์ (Active Prominences)			AN	—	2,3	—
๑.b.๒.๒พวยกาซระเบิด (Eruptive Prominences)		IIa,IIb$_1$, IIb$_2$	BN	a	2,3	—
๑.b.๒.๓พวยกาซจุดดวงอาทิตย์ (Spot Prominences) ปม, บวง, ปล่อง (Knots, Loops, Funnels)	ศูนย์กัมมันต์ใกล้แฟลร์	IIIc,IIIa, IIIb,IIIc, IIIg,VI	AS	b	1	—
๑.b.๒.๔เซอร์จ (Surges)	ศูนย์กลางกัมมันต์เกิดพร้อมกับแฟลร์	IIId$_1$, IIId$_2$, III$_e$, III$_f$	BSs	—	1	—
๑.b.๒.๕พวยกาซทอร์นาโด (Tornado Prominences)		IV	—	—	—	—
๑.b.๒.๖พวยกาซปั่นป่วน (Turbulent Prominences)		—	—	c	—	—
๑.b.๒.๗สปิคูล (Spicules)	ทั่วดวง	—	BNs	—	—	—

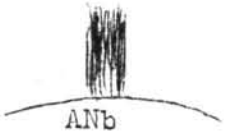
ตารางที่ ๑.๑การจัดจำพวกพวยกาซของเปตติต (PETTIT, 1951) เมนเซล-อีวานส์ (DE JAGER, 1959) เซอเวอร์นี (SEVERNY, 1955) อซามบูจา (DEJAGER, 1959; AZAMBUJA, 1955) และตามวิวัฒนาการ (DE JAGER, 1959)

V,ANc,ANd

V,ANm



ANc



ANb

๑ พวยกาซสงัด (Quiescent)

๒ พวยกาซทำปฏิกิริยากัน
(Interactive Ia)

พวยกาซกัมมันต์ธรรมดา
(Common Active Ib)

พวยกาซกัมมันต์โคโรนา
(Coronal Active Ic)

๓ พวยกาซกึ่งระเบิด
(Quasi Eruptive IIa)

พวยกาซระเบิดธรรมดา
(Common Eruptive IIb_1)

พวยกาซระเบิดโค้ง
(Eruptive Arch IIb_2)

๔ พวยกาซทอร์นาโดเสา
(Columnar Tornado IVa)

พวยกาซทอร์นาโดโครงกระดูก
(Skeleton Tornado IVb)

แถวที่ ๑ พวยกาซสงัด (Quiescent Class)

๒ พวยกาซกัมมันต์ (Active Class)

๓ พวยกาซระเบิด (Eruptive Class)

๔ พวยกาซทอร์นาโด (Tornado Class)

รูปที่ ๑.๖ แสดงรูปร่างและการเคลื่อนไหวของพวยกาซตามเปตติต และ เมนเซลบางอัน
(PETTIT,1951)

002465

พวยกาซโคโรนา
(Coronal VI)

เซอร์จธรรมดา
(Common Surge $IIId_1$)

พวยกาซหมวก
(Cap IIIc)

เซอร์จขยายตัว
(Expanding Surge $IIId_2$)

พวยกาซจุดดวงอาทิตย์จากโคโรนาธรรมดา
(Common Coronal Sunspot IIIa)

อีเจคชัน
(Ejection IIIe)

พวยกาซบวง (โค้ง)
(Looped Coronal Sunspot IIIb)

พวยกาซทุติยภูมิ
(Secondary IIIf)

พวยกาซจุดดวงอาทิตย์
(Active Sunspot IIIc)

พวยกาซกลุมโคโรนา
(Coronal Cloud IIIg)

พวยกาซจุดดวงอาทิตย์
(Sunspot Class)

รูปที่ ๑.๖ แสดงรูปร่างและการเคลื่อนไหวของพวยกาซตามเปตติต และ เมนเซลบางอัน(ต่อ)
(PETTIT, 1951)

กาซสงัด หรือ เป็น ภาคหนึ่งของพวยกาซสงัด ซึ่งอาจเปลี่ยนไปเป็นพวยกาซระเบิดในที่สุด (ALLER, 1962) และพวยกาซอาจกลับมาเป็นรูปเดิมอีก (AZAMBUJA, 1955; DE JAGER, 1959)

๑.๖.๒.๒ พวยกาซระเบิด ของเปตติต แบ่งออกเป็น ๓ ชนิด คือ พวยกาซที่เปลี่ยนมาจากพวยกาซกัมมันต์ในขณะที่กัมมันตภาพเพิ่มขึ้นมาก พวยกาซทั้งนี้อาจพุ่งขึ้นสูงเคลื่อนเป็นทางโค้งตกลงสู่ศูนย์ดึงดูดและหายไป กรณีนี้เรียกว่าแบบกึ่งระเบิด (IIa) ส่วนพวยกาซระเบิดธรรมดาและโค้ง (IIb_1, IIb_2) พุ่งขึ้นและจางหายไปเหมือนกับไม่มีทิศทางของการเคลื่อนที่ที่แน่นอน บริเวณที่มันเกิดเหมือนกับพวยกาซกัมมันต์ ส่วนเมนเซล-อีวานส์ จัดพวยกาซระเบิดเป็นพวยกาซที่พุ่งจากโครโมสเฟียร์ ในบริเวณที่ไหลจากจุดดวงอาทิตย์ (BN) เวอเวอร์นี่จัดแบ่งพวยกาซระเบิดเป็นชนิดแรก (a) ซึ่งเป็นพวยกาซที่มีความสว่างพุ่งขึ้นทันทีทันใดในเวลาสั้น

๑.๖.๒.๓ พวยกาซจุดดวงอาทิตย์ ของเปตติต แบ่งเป็น ๔ ชนิด คือ พวยกาซหมวก (III o) ปรากฏเหนือจุดดวงอาทิตย์สูง ๒,๐๐๐-๓,๐๐๐ ก.ม. เส้นผ่าศูนย์กลาง ๒๐,๐๐๐-๔๐,๐๐๐ ก.ม. อาจมีเซอร์พุ่งจากปลายหมวกพวยกาซ พวยกาซจุดดวงอาทิตย์จากโคโรนา (IIIa) ประกอบด้วยส่วนโคโรนาที่เคลื่อนสู่พื้นที่จุดดวงอาทิตย์จากหลายทิศทาง รูปร่างคล้ายใบพัด พวยกาซนี้มักเกิดกับจุดดวงอาทิตย์ที่มีกัมมันตภาพน้อย พวยกาซบ่วงหรือโค้ง (III b) เกิดในบริเวณกลุ่มจุดที่มีกัมมันตภาพสูง ซึ่งมักเกิดจากโคโรนากลั่นตัวเป็นพวยกาซ ซึ่งมีปลายข้างหนึ่งในบริเวณจุดดวงอาทิตย์ อีกข้างหนึ่งในบริเวณที่มีกัมมันตภาพน้อยกว่า พวยกาซจุดกัมมันต์ (IIIc) เป็นพวยกาซชนิด IIIa เกิดพร้อมกับพวยกาซที่คล้ายกัย Ib หรือ IIIg ข้างหนึ่งหรือ ๒ ข้างของพื้นที่จุดดวงอาทิตย์ พวยกาซโคโรนา (VI) เกิดจากโคโรนาแอกพุ่งเข้ามาบังจุดดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วสูง พวยกาซกลุ่มโคโรนา (IIIg) เป็นพวยกาซที่เกิดเนื่องกลุ่มจุด รวมเป็นกลุ่มที่เกิดจากโคโรนาหมาและไหลเป็นสายลงมาบังพื้นที่จุดดวงอาทิตย์ที่มีกัมมันตภาพสูงมาก สำหรับพวยกาซจุดดวงอาทิตย์เมนเซล-อีวานส์จัดเป็นพวยกาซที่เกิดจากโคโรนา (AS) ส่วนเวอเวอร์นี่จัดไว้ในชนิด b คือ พวยกาซแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนไหวสม่ำเสมอไปตามแนวทางคล้ายกับเส้นแรงแม่เหล็ก

๑.๖.๒.๔ เซอร์จ เป็นพวยกาซที่มีกัมมันตภาพสูงมาก เปตติต จัดเซอร์จไว้ในพวยกาซ จุดดวงอาทิตย์พวก IIId ซึ่งเป็นพวยกาซที่พุ่งออกและกลับไปยังตัวดวงอาทิตย์ต่อเนื่องกัน เซอร์จเกือบทั้งหมดพุ่งจากกลุ่มจุดดวงอาทิตย์ แต่ทั้งหมดเกิดในโซนจุดดวงอาทิตย์ เซอร์จอาจเป็นเพียงกลุ่มปลาสมาเล็ก ๆ ที่พุ่งขึ้นและตกกลับหรืออาจเจริญเป็นปลาสมายาวถึง ๑๐๐,๐๐๐ ก.ม. และหดกลับ ช่วงชีวิตของมันมีตั้งแต่ ๑๐ นาที- ๑ ชั่วโมง เซอร์จแบ่งเป็น ๒ ลักษณะ คือ เซอร์จธรรมดา ($IIId_1$) และเซอร์จที่ขยายตัว ($IIId_2$) นอกจากนี้มีพวยกาซเป็นก้อนโครโมสเฟียร์จางกว่าปรกติพุ่งจากพื้นที่จุดดวงอาทิตย์ คือ อีเจคต้า (IIIe) ส่วนพวยกาซทุติยภูมิ (IIIf) เป็นพวยกาซมีลักษณะคล้ายกลุ่มโคโรนา (IIIg) และมีบางส่วนของก้อนปลาสมาที่พุ่งขึ้นข้างบน ส่วนเมนเซลจัดเซอร์จไว้ในพวยกาซที่เคลื่อนจากข้างล่างสู่ข้างบนในบริเวณจุดดวงอาทิตย์

๑.๖.๒.๕ พวยกาซทอร์นาโด เป็นพวยกาซที่ปรากฏให้เห็นน้อยมาก ข้อมูลของมันยังน้อย แต่เปตติตก็จัดไว้เป็นพวกที่ IV ซึ่งได้อธิบายลักษณะว่าเป็นโครงสร้างเล็กสูง ๒๕,๐๐๐- ๑๐๐,๐๐๐ ก.ม. เส้นผ่าศูนย์กลาง ๕,๐๐๐-๒๐,๐๐๐ ก.ม. บนยอดพวยกาซจะมีลำกาซบางคล้ายควันพุ่งและเอียงลงเกือบถึงโครโมสเฟียร์ มันมีการเคลื่อนที่คล้ายกับการควง เปตติตแบ่งทอร์นาโดเป็น ๒ ชนิดย่อยคือ ทอร์นาโดเสา (IV_a) และทอร์นาโดโครงกระดูก (IV_b) ส่วนเมนเซล-อีวานส์ และเซอเวอร์นี ไม่ได้รวมทอร์นาโดไว้ในการจัดจำพวก อาจเป็นเพราะมันปรากฏตัวน้อยแทบไม่มีให้สำรวจได้

๑.๖.๒.๖ พวยกาซโน่ปวน เป็นพวก c ของเซอเวอร์นี ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวที่สม่ำเสมอ มันเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมฆหรือควัน มันมีการเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้นตามความสูง ไม่ปรากฏในการจัดจำพวกของเปตติตและเมนเซล-อีวานส์

นอกจากนี้เมนเซล-อีวานส์ยังจัด ซปิคูลไว้เป็นพวยกาซชนิดหนึ่ง (BNa)

ในตำราเรื่องพวยกาซสมัยต่อมามักนิยมการจัดจำพวกของเปตติต และเมนเซล-อีวานส์ แต่การจัดจำพวกของเปตติตออกจะละเอียดละออมากเกินไป นักดาราศาสตร์ส่วนใหญ่จึงแยกเพียงหัวข้อใหญ่ ๆ มากกว่าที่จะอธิบายลักษณะย่อย ๆ เช่น เขานิยมแยกเป็น พวยกาซสงัด ,

พวยกาซกัมมันต์, พวยกาซระเบิด พวยกาซจุดดวงอาทิตย์ มีรูปร่างเป็น บ่วงและปม เฮอร์จ และทอร์นาโด และปี ค.ศ. ๑๙๗๑ บรูเซก (BRUZEK, 1971) ได้รวบรวมการจัดจำพวกของพวยกาซตามการเคลื่อนเป็น ๒ แบบใหญ่ คือ

๑) พวยกาซจำนวนมากเกิดจากการกลั่นตัวของโคโรนาและเคลื่อนลงสู่โครโมสเฟียร์ การเคลื่อนที่ลงไปตามทางเดินที่มีอยู่ก่อนแล้ว และพวยกาซที่เคลื่อนที่ขึ้นจากโครโมสเฟียร์

๒) พวยกาซแบ่งเป็น พวยกาซสงัดและกัมมันต์ โดยพิจารณาจากความแตกต่างของความเร็วและอายุของมัน พวยกาซกัมมันต์ของบรูเซกในที่นี้ หมายถึงพวยกาซที่เคลื่อนไหวของเดอจาเกอร์ ที่หมายถึงพวยกาซทุกชนิดยกเว้นพวยกาซสงัด

๑.๗ การจัดจำพวกพวยกาซตามวิวัฒนาการ

นอกจากการจัดจำพวกตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการจัดจำพวกอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งกล่าวถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตหรือวิวัฒนาการของพวยกาซสงัด และวิวัฒนาการของพวยกาซในศูนย์กัมมันต์ ซึ่งอันแรกเป็นของ อธามบูจา (DE JAGER, 1959)

๑.๗.๑ การจัดจำพวกพวยกาซทั่วไปตามวิวัฒนาการของศูนย์กัมมันต์

โดยจัดแบ่งออกเป็นดังนี้

๑.๗.๑.๑ ในวัฏภาคแรกของศูนย์กัมมันต์ ซึ่งมีการเกิดของพวยกาซ จุดดวงอาทิตย์ เฮอร์จ และการกลั่นตัวจากโคโรนา ในบริเวณจุดดวงอาทิตย์ พวยกาซที่เกิดในระยะนี้ กำหนดให้เป็นพวก ๑

๑.๗.๑.๒ ในวัฏภาคหลังของศูนย์กัมมันต์ ซึ่งจุดดวงอาทิตย์ได้หายไปมีพวยกาซสงัดเกิดขึ้นที่ลงเสถียรในระยะนี้เป็นพวก ๒

๑.๗.๑.๓ พวยกาซซึ่งกำลังสลายตัว และเคลื่อนสู่ขั้วเป็นพวก ๓

๑.๗.๑.๔ พวยกาซขั้ว (๔) อาจเป็นพวยกาซสงัดที่เคลื่อนหาขั้ว หรือพวยกาซขั้วจริง

ระหว่างวัฏภาคที่ ๑,๓ พวยกาซสงัดอาจเกิดการเคลื่อนที่รุนแรงและหายไป แต่สำหรับพวยกาซขั้วแล้ว มักไม่เกิดการเคลื่อนที่รุนแรงหรือหายไป

๑.๗.๒ การจัดจำพวกของอสามบูจากตำแหน่งเส้นรุ้งและวิวัฒนาการของพวยกาสงัด

๑.๗.๒.๑ พวยกาสงัดมีกำเนิดในกลุ่มจุดควงอาทิตย์ (ประมาณ $\frac{1}{3}$) (α) และพวยกาสงัดกำเนิดนอกจุดควงอาทิตย์ (ประมาณ $\frac{2}{3}$)(β) ทั้งสองมีกำเนิดที่เส้นรุ้งต่ำ

๑.๗.๒.๒ พวยกาสงัดที่เคลื่อนสู่ขั้ว (γ)

ได้อธิบายและแจกแจงพฤติกรรมของพวยกาทั้ง ๒ พวกนี้แล้วในข้อ ๑.๕

๑.๘ การเคลื่อนที่กายในของพวยกา

ในปัจจุบันการเคลื่อนที่กายในแบบควงของพวยกาได้รับความสนใจมาก โดยการใช้วิธีวิเคราะห์หลักกอปเปอร์ ในภาพแสงสีเดียวและเส้นสเปกตรัมของมันซึ่งเป็นวิธีหาการเคลื่อนที่กายใน

รอมโพลท์ตีความหมายของเส้นซึกแซกในเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนอัลฟาของพวยกา ว่าเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบควง เมื่อปี ก.ศ. ๑๙๕๒ นอกจากนี้ก็มีการยอมรับการเคลื่อนที่ควงโดยผู้สำรวจคนอื่น ๆ ด้วย แต่ ปีค.ศ. ๑๙๗๒ เอนโวลต์ (BRUZEK, 1972) รายงานการสังเกตุการณ์ในเส้นคัลเซี่ยมและไฮโดรเจนอัลฟาว่าธรรมชาติของการเคลื่อนที่เหล่านี้ยังทราบน้อยมาก ซึ่งอาจเป็นการควง การขยายตัว การเคลื่อนแหน่หรือการแกว่ง นอกจากนี้ยังมีผู้ค้นพบการเคลื่อนที่แบบอื่นในพวยกาแต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร ~~จากการสำรวจดังกล่าวนี้ในวิทยานิพนธ์นี้ พบการเคลื่อนที่กายในคล้ายกับผลงานของลิฟวิงสตัน~~

ลิฟวิงสตัน (LIVINGSTON, 1971) ได้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของพวยกาในเส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจนอัลฟาและเส้นเคของคัลเซี่ยมไอออนในพวยกาสงัด พบว่ามันมีการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยแล้วเป็นทางเดียวและเขาได้ให้สมมุติฐานของลมตะวันออก-ตะวันตกของการเคลื่อนที่ของพวยกาบนควงอาทิตย์ เช่นกับบนโลกของเรา ลมตะวันออก-ตะวันตกเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีอยู่ทิศเดียวคือ การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์จากตะวันออก-ตะวันตก ทำให้เหมือนกับมีลมพัด ซึ่งเรียกว่าลมตะวันตก

จากการใช้สเปคโตรสโคป โดยวางช่องแคบตั้งฉากกับขอบดวงอาทิตย์ ที่นอกขอบโฟโตสเฟียร์ จะได้เส้นสเปคตรัมสว่างของก๊าซที่มีอยู่ในบริเวณโครโมสเฟียร์ที่ช่องแคบบาง ซึ่งมักประกอบไปด้วย เส้นไฮโดรเจนอัลฟา เส้นแคลเซียมที่แตกตัว ฯลฯ เส้นสเปคตรัมเหล่านี้จะเป็นเส้นยาวมีความสูงมากน้อยตามความสูงของธาตุนั้น ๆ ในโครโมสเฟียร์ ความกว้างและความเข้มของเส้นสเปคตรัมขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอม, อิเลคตรอน, อุณหภูมิ, อนุภาคที่วิ่ง การชนกันของอนุภาค หรือความปั่นป่วนอื่น ๆ ถ้ามีอนุภาคที่วิ่งเข้าหาผู้สำรวจ บางส่วนของเส้นสเปคตรัมจะเลื่อน (shift) ไปทางความยาวคลื่นน้อยลง ถ้าอนุภาควิ่งออกจากผู้สำรวจ จะมีส่วนของเส้นสเปคตรัมที่เลื่อนไปทางความยาวคลื่นมากขึ้น และถ้าหากเลื่อนช่องแคบตำลงมาภายในขอบดวงโฟโตสเฟียร์ จะเห็นเส้นสเปคตรัมที่ต่อเนื่องของโฟโตสเฟียร์แทน

ด้วยวิธีการเช่นนี้ จิฟวิงสตันพบว่าเส้นสเปคตรัมสว่างหรือเส้นแผ่รังสีมีส่วนบนหรือยอดพวยก๊าซบางอันเกิดการเลื่อนจากเส้นสเปคตรัม ดังแสดงในรูปที่ ๑.๗, ๑.๘ (LIVINGSTON, 1971) แสดงว่ามีก๊าซไหลเข้าหรือออกจากพวยก๊าซ ก๊าซไหลนี้ได้รับอิทธิพลจากลมตะวันตก ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วการเคลื่อนที่ดอปเปลอร์ (Doppler displacement)จะเลื่อนหรือเลื่อนไปทางความยาวคลื่นน้อยลงของเส้นสเปคตรัม ก๊าซพวยก๊าซอยู่ทางขอบตะวันออก และเลื่อนไปทางความยาวคลื่นมากขึ้น เมื่อพวยก๊าซอยู่ทางขอบตะวันตกแต่หลักฐานก็ยังไม่พอที่จะพิสูจน์ว่าเป็นลมตะวันตกจริง ๆ หรือไม่