การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง

ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาดาราศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พฤษภาคม 2562

การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง

ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาดาราศาสตร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พฤษภาคม 2562

การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง

ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาดาราศาสตร์

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.ศิรามาศ โกมลจินดา)

.....กรรมการ
(ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.สุวิชา วรรณวิเชียร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผศ.ดร.สุวิชา วรรณวิเชียร)

8 พฤษภาคม 2562

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แด่

บิดา มารดา ห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัด ของดาวพื้นหลัง สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กระผมต้องขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้โอกาสในการค้นคว้าวิจัย และขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวิชา วรรณวิเชียร ที่คอยให้คำปรึกษาในทุกขั้นตอนของการศึกษาวิจัย สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนงบประมาณในการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลประกอบการวิจัย ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา ผู้อำนวนการสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ นาวาอากาศเอก ฐากูร เกิดแก้ว และทีมนักเรียนนายร้อย เหล่าทหารอากาศที่ร่วมลงพื้นที่และอำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี อุทยานแห่งชาติไทรโยก ที่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติการค้นหาอุกกาบาต และสุดท้ายต้องขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการค้นคว้าข้อมูลประกอบการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) โดยมีนางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และ ดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ เป็นผู้ช่วยและคอยควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาต

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณกำลังใจจากมิตรภาพทุกท่าน ที่มอบให้ ทำให้กระผม นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ มีกำลังใจในการทำการศึกษาวิจัยการหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัด ของดาวพื้นหลัง สำเร็จลุล่วงไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยการปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง

ผู้เขียน นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ดาราศาสตร์)

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวิชา วรรณวิเชียร

บทคัดย่อ

เหตุการณ์ไฟร์บอล (Fireball) เกิดขึ้นจากการที่วัตถุในอวกาศซึ่งอาจจะเป็นดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง หรือวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก (NEOs) เคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกด้วยความเร็วสูง เกิดการเสียดสี กับ ชั้นบรรยากาศเกิดความร้อนสูงจนลุกไหม้เกิดเป็นลูกไฟและคอนเทรลเป็นทางยาว พาดบนท้องฟ้า นักดาราศาสตร์เรียกชิ้นส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้และตกกระทบพื้นโลกเรียกว่าอุกกาบาต จากเหตุการณ์ไฟร์บอลที่เกิดขึ้น ในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยาย 2558 นักดาราศาสตร์เชื่อว่ามีชิ้นส่วนของวัตถุตกถึงพื้น จึงค้นหาอุกกาบาต ใช้วิธีการถ่ายภาพ คอนเทรลเปรียบเทียบกับตำแหน่งดาวพื้นหลัง พบว่าสามารถวิเคราะห์หาจุดตกของอุกกาบาตตกซึ่งตกในพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี และได้ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต ในงานวิจัยนี้ทีมค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตไม่พบชิ้นส่วนอุกกาบาตในพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากพื้นที่เป้าหมายเป็นป่ารกชัฏเป็นอุปสรรคในการค้นหา จึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์ลูกไฟและแสดงวิธีค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตรวมถึงทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอุกกาบาตหิน เพื่อเป็นแนวทางประกอบการศึกษาเหตุการณ์ลูกไฟและวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาตต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Locating of Meteorite from Fireball in Thailand on the 7th September 2015 by Contrail Calibration with Coordinates of Background Star
Author	Mr. Teerayut Loylip
Degree	Master of Science (Astronomy)
Advisor	Asst.Prof.Dr.Suwicha Wannawichean

ABSTRACT

Fireball is the extremely bright meteor which could be asteroid, comet or near Earth objects (NEOs) falling through the Earth's atmosphere, heated and glowed from collision with particles in the atmosphere. Its contrail appears like a long trail of smoke in the sky. Astronomers call for the remaining parts of the burning and impact on the Earth, called a Meteorite. The residue of burring meteor is called "Meteorite". From fireball which appeared in Thailand in September 7th 2015, Astronomer Astronomers believe there are parts of an object falling to the floor, therefore searching for a meteorite Using the method of photographic content comparison with the background star. Analysis showed that the fall of the meteorite fall, which fall in the area of Sai Yok National Park. Kanchanaburi Province and was carried into space to search for meteorite fragments. However, the target area is in overgrown and dense forest, which causes much difficulty for the search. Therefore, this work reports the meteorite observation and searching procedure. In addition, we present the analysis of chemical composition of rocky meteorite sample. This work could be used as a guideline for the study of fireball phenomena as well as the analysis of meteorite sample in the future.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ง

บทคัดย่อ จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ฉ

สารบัญภาพ ญ

สารบัญตาราง ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 3

2.1 ลูกไฟ (fireball) 3
2.1.1 เหตุการณ์ลูกไฟ (fireball event) เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557 6
2.1.2 ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์ลูกไฟ 8
2.1.3 ความร่วมมือกับหน่วยงานกับภารกิจ การค้นหาข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟ 17
2.2 อุกกาบาต 19
2.2.1 ประเภทของอุกกาบาต 20
2.2.2 ข้อมูลการค้นพบอุกกาบาตในประเทศไทย 22
2.2.3 การค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต 26
2.2.4 วิธีการจำแนกประเภทของอุกกาบาต 30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา 33

3.1 กระบวนการวางแผนการเก็บข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟ 33

1.1 ประชุมวางแผนการปฏิบัติงาน 34

3.1.2 การลงพื้นที่ 38

3.2 วิธีการถ่ายภาพดาวพื้นหลัง 40

3.3 การปรับเทียบคอนเทรลกับดาวพิกัดพื้นหลัง 41

3.4 การคำนวณหาความสูงของลูกไฟ 43

3.5 การคำนวณหาแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ 45

3.6 การลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต 47

3.7 วิธีการศึกษาวิเคราะห์องค์ธาตุประกอบของอุกกาบาต 52

3.7.1 การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วย (SEM) 54

3.7.2 การวิเคราะห์อุกาบาตเทคนิค (EDS) 56

3.7.3 การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี 60

3.7.4 การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิค (XRD) 61

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล 63

4.1 ผลการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟตก เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 63

4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตหิน 66

4.2.1 ผลการศึกษาจากการนำชิ้นส่วนอุกกาบาต (ก่อนขัดผิวหน้า) 66

4.2.2 ผลการศึกษาจากการนำชิ้นส่วนอุกกาบาต (ก่อนขัดผิวหน้า) 69

4.2.3 ผลการวิเคราะห์อุกกาบาตหินเชิงคุณภาพ 71

4.2.4 ผลการวิเคราะห์อุกกาบาตหินเชิงปริมาณ 72

4.2.5 วิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี 73

4.2.6 วิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) 81

บทที่ 5 บทสรุป 83

5.1 สรุปผล 83

5.2 ปัญหาและอุปสรรค 84

5.3 ข้อเสนอแนะ 85

เอกสารอ้างอิง 87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก 90

ภาคผนวก ก ข้อมูลภาพถ่ายคอนเทรล และวีดีโอที่บันทึกเหตุการณ์ลูกไฟตก 91

ภาคผนวก ข ภาพการเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 1และครั้งที่ 2 100

ภาคผนวก ค ภาพกา เก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 3 102

ภาคผนวก ง ภาพการเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 4 104

ภาคผนวก จ ภาพการเก็บข้อมูลอุกกาบาตตก ณ จังหวัดพิษณุโลก 105

ประวัติผู้เขียน 107

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงกลุ่มวัตถุท้องฟ้า ขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศโลก 3
ภาพที่ 2.2 จำนวนหลุมอุกกาบาตบนพื้นผิวโลกที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบแล้ว ณ ปัจจุบัน 4
ภาพที่ 2.3 ภาพเหตุการณ์อุกกาบาตเหนือนครเชเลียบินส์ ในประเทศรัสเซีย 5
ภาพที่ 2.4 ภาพกราฟจะพบว่าพลังงานของวัตถุเทียบกับระเบิด TNT 3.9 กิโลตัน 6
ภาพที่ 2.5 เหตุการณ์ที่ดาวเคราะห์น้อยขนาดเล็กเคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลก 7
ภาพที่ 2.6 กลุ่มคอนเทรล จากโรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม 13
ภาพที่ 2.7 กลุ่มคอนเทรลจากโรงแรมรายาบุรีย์ 14
ภาพที่ 2.8 กลุ่มคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือประตูทางเข้าวัดทุ่งลาดหญ้า ตำบลลาดหญ้า 15
ภาพที่ 2.9 แสดงให้เห็นกลุ่มคอนเทรลจากโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา 16
ภาพที่ 2.10 เป็นภาพที่บันทึกได้จากกล้องติดหน้ารถยนต์ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี 17
ภาพที่ 2.11 หลุมอุกกาบาตแบร์ริงเจอร์ 19
ภาพที่ 2.12 ประเภทของอุกกาบาต 20
ภาพที่ 2.13 อุกกาบาตหิน 21
ภาพที่ 2.14 พื้นที่หน้าตัดของอุกกาบาตเหล็ก 22
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างอุกกาบาตหิน-เหล็ก หลังจากผ่าอุกกาบาตและขัดผิว 22
ภาพที่ 2.16 แสดงจุดตกของอุกกาบาตในประเทศไทย 23
ภาพที่ 2.17 ภาพการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเพิ่มเติมของอุกกาบาต ณ จังหวัดพิษณุโลก 25
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการลงจุดบนแผนที่ หลังจากการปรับเทียบภาพคอนเทรลกับดาวพื้นหลัง 27
ภาพที่ 2.19 แสดงการคำนวณความสูงของตำแหน่งคอนเทรล 28
ภาพที่ 2.20 ภาพการคำนวณระยะทางที่บาตรจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด 28
ภาพที่ 2.21 แสดงวิถีการตกของอุกกาบาตบริเวณทะเลทรายนูเบีย ประเทศซูดาน 29
ภาพที่ 2.22 แสดงวิถีการตกของอุกกาบาต ณ เมืองเชลยาบินส์ ประเทศรัสเซีย 29
ภาพที่ 2.23 แสดงลักษณะของอุกกาบาตหินที่มีร่องรอยเปลือกหลอม 30
ภาพที่ 2.24 อุกกาบาตเหล็กที่มีร่องรอบยุบคล้ายกับรอยนิ้วมือทั่วทั้งก้อน 31
ภาพที่ 2.25 วิธีการตรวจสอบอุกกาบาตโดยการทดสอบความเป็นเหล็กด้วยแม่เหล็ก 31

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.26 แสดงการตรวจสอบสีผงของอุกกาบาต 32

ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่การพบเห็นเหตุการณ์ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี 34
ภาพที่ 3.2 ที่ตั้งสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี 35
ภาพที่ 3.3 ภาพคลื่นไหวสะเทือน ณ ทุ่งก้างย่าง 36
ภาพที่ 3.4 ภาพคลื่นไหวสะเทือน ณ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรีกาญจนบุรี 36
ภาพที่ 3.5 ภาพคลื่นไหวสะเทือน ณ เขื่อนศรีนครินทร์ 37
ภาพที่ 3.6 ตำแหน่งและความสูงของลูกไฟขณะเกิดการระเบิด จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 38
ภาพที่ 3.7 ภาพการเก็บข้อมูลเข้าถึงพื้นที่เป้าหมายในเวลากลางคืน 39
ภาพที่ 3.8 ภาพถ่ายคอนเทรลจากโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา ภาพถ่ายดาวพื้นหลังทำการถ่าย 42
ภาพที่ 3.9 การปรับเทียบภาพถ่ายคอนเทรล ซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวพื้นหลัง 43
ภาพที่ 3.10 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ 45
ภาพที่ 3.11 แสดงแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟและการกระจายตัวชิ้นส่วนอุกกาบาต 46
ภาพที่ 3.12 แสดงจุดตกของชิ้นส่วนอุกกาบาต น้ำหนัก 5 กรัม แล 10 กรัม 47
ภาพที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความเร็วของอลูกไฟ 48
ภาพที่ 3.14 แสดงแผนที่มาตราส่วน 1:50000 49
ภาพที่ 3.15 แสดงการอบรมให้ความรู้เรื่องบาตรให้กับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ 50
ภาพที่ 3.16 ภาพกลุ่มเจ้าหน้าที่ป่าไม้ที่อยู่ในพื้นที่และมีความชำนาญเกี่ยวกับพื้นที่ 51
ภาพที่ 3.17 แสดงตำแหน่งและวิธีการเดินสำรวจพื้นที่เพื่อค้นหาอุกกาบาต 52
ภาพที่ 3.18 แสดงตำแหน่งบ้านของนางบัวล้อม ชโลมไพร 53
ภาพที่ 3.19 แสดงอุกกาบาตที่ ค้นพบ ณ บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก 53
ภาพที่ 3.20 แสดงการวางชิ้นส่วนอุกกาบาตลงบนแผ่นรองรับเคลือบด้วยฟิล์มคาร์บอน 54
ภาพที่ 3.21 ภาพพื้นผิวอุกกาบาตก่อนการขัดผิวหน้า 55
ภาพที่ 3.22 แสดงการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตเข้าสู่ช่องวางชิ้นงานตรงฐานของ SEM 56
ภาพที่ 3.23 แสดงการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตเข้าสู่ช่องวางชิ้นงานตรงฐานของ 57
ภาพที่ 3.24 แสดงภาพโครงสร้างของชิ้นส่วนอุกกาบาต กำลังขยาย 500 เท่า 58
ภาพที่ 3.25 ชิ้นส่วนอุกกาบาตที่วางบนสตับหรือแผนรองรับชิ้นงานหลังจากการขัดผิวหน้า 59
ภาพที่ 3.26 สเปกตรัมของการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ของอุกกาบาต 60
ภาพที่ 3.27 แสดงปริมาณสัมพัทธ์ธาตุที่กระจายตัวในพื้นผิวของบาตร 61
ภาพที่ 3.28 ตัวอย่างรามาน สเปกตรัมที่ได้จากการใช้เทคนิค รามาน สเปกโตรสโคปี 62
ภาพที่ 3.29 แสดงผลการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน 62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.1 แสดงชิ้นส่วนของวัตถุที่ค้นพบเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2558 เวลา 11:40 น 63
ภาพที่ 4.2 การร่วมประชุมเพื่อวิเคราะห์ชิ้นส่วนวัตถุที่ค้นพบ ขณะลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาต 64
ภาพที่ 4.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมหลังจากทำผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่าง 65
ภาพที่ 4.4 ภาพหน้าต่างของโปรแกรมการตรวจวัดอุกกาบาต 65
ภาพที่ 4.5 แสดงภาพถ่ายก้อนอุกกาบาตที่ยังไม่มีการขัดผิวหน้า ที่กำลังขยาย 60 เท่า 66
ภาพที่ 4.6 แสดงข้อมูลธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตที่ได้จากการ mapping ชนิดของธาตุ 67
ภาพที่ 4.7 แสดงสัดส่วนของธาตุองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์เทคนิค EDS 68
ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณสัมพัทธ์ธาตุที่กระจายตัวในพื้นผิวอุกกาบาตที่ได้จาก จ. พิษณุโลก 70
ภาพที่ 4.9 สเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุองค์ประกอบอุกกาบาตด้วยเทคนิค EDS 72
ภาพที่ 4.10 สเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุเหล็ก – นิกเกิล (Fe-Ni) ด้วยเทคนิค EDS 73
ภาพที่ 4.11 สเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุเหล็ก – นิกเกิล (Fe-S) ด้วยเทคนิค EDS 74
ภาพที่ 4.12 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 1 75
ภาพที่ 4.13 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 2 76
ภาพที่ 4.14 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 3 77
ภาพที่ 4.15 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 4 78
ภาพที่ 4.16 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 5 79
ภาพที่ 4.17 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 6 80
ภาพที่ 4.18 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 7 81
ภาพที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน 82
ภาพที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบของอุกกาบาตหินชนิดอครอนไดรท์ กลุ่มออร์ไบรท์ (Aubrite) 84
ภาพที่ 5.2 แสดงวงโคจรดาวเคราะห์น้อย 3103 Eger เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2562 85

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสถานที่ที่ผู้วิจัยลงพื้นที่ถ่ายภาพดาวพื้นหลังและเก็บค่าพิกัดมุมในแนวราบ 44
ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตหินในหน่วยเปอร์เซ็นต์ 74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

วิถีชีวิตมนุษย์มีความผูกพันกับปรากฏการณ์และเหตุการณ์ทางดาราศาสตร์มาช้านานแล้ว ความพยายามสังเกตการณ์ของมนุษย์เกี่ยวกับ วัฏจักรของวัตถุท้องฟ้า ส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พร้อมกับผลักดันให้เกิดเครื่องมือสังเกตการณ์ดาราศาสตร์มากมาย ปัจจุบันองค์ความรู้ด้านดาราศาสตร์พัฒนาอย่างรวดเร็ว เราเข้าใจธรรมชาติของระบบสุริยะมากขึ้น รวมถึงความสัมพันธ์และสาเหตุในการเกิดเหตุการณ์ทางดาราศาสตร์ ที่เรียกว่า เหตุการณ์ลูกไฟ (fireball event)

เหตุการณ์ลูกไฟ เป็นเหตุการณ์ที่มีผู้พบเห็นอยู่บ่อยครั้ง และหลังจากเกิดเหตุการณ์ทุกครั้ง ประชาชนจะนำเหตุการณ์ลูกไฟนี้ไปเชื่อมโยงกับเรื่องของลางร้าย ดวงชะตาบ้านเมือง แต่แท้จริงแล้ว เหตุการณ์ลูกไฟ ที่เห็นว่าตกจากฟ้านี้เป็นดาวตกที่เราสามารถเห็นได้ทั่วไปในยามค่ำคืน เพียงแต่มันจะมีความสว่างมากกว่า สาเหตุเกิดจากการที่วัตถุท้องฟ้าซึ่งอาจจะเป็นดาวเคราะห์น้อย ดาวหางหรือวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก (Near Earth Objects หรือ NEOs) เคลื่อนที่เข้ามายังชั้นบรรยากาศโลก การปะทะกันระหว่างวัตถุเหล่านั้นกับอนุภาคในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดความร้อนสูงจนลุกไหม้และเกิดหางควันหรือคอนเทรล (contrail) ที่ลักษณะคล้ายควันเป็นทางยาวพาดบนท้องฟ้า และสิ่งที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ในชั้นบรรยากาศที่ตกกระทบพื้นโลก เรียกว่า “อุกกาบาต” (meteorite) โดยทั่วไปนักดาราศาสตร์จะเรียกดาวตกที่มีค่าโชติมาตรปรากฏตั้งแต่ -4 (ซึ่งมีความสว่างเทียบเท่ากับดาวศุกร์) ว่าลูกไฟ (fireball)

การพุ่งชนจากวัตถุท้องฟ้าเหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นภัยคุกคามอย่างหนึ่งที่มาจากนอกโลก ซึ่งอาจจะสร้างความเสียหายและความอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นอันตรายที่เกิดจากการปะทะกันระหว่างโลกกับวัตถุขนาดเล็กใกล้โลกซึ่งรวมถึงประชากรดาวเคราะห์น้อย และดาวหางที่เคลื่อนที่เข้ามายังแนวการโคจรของโลก นักดาราศาสตร์จึงเฝ้าสังเกตการณ์และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัตถุเหล่านั้น อาทิเช่น ขนาด รูปร่าง แนวทิศทางในการเคลื่อนที่รวมถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเร็วในการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นจะทำการประเมินระดับความเสี่ยงว่าวัตถุเหล่านั้นจะเข้ามาปะทะกับโลกหรือไม่ หากเข้ามาปะทะกับบรรยากาศโลกและเหลือชิ้นส่วนมาปะทะกับพื้นผิวโลกก็จะทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนของอุกกาบาตเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับอุกกาบาตต่อไป เช่นเดียวกับเหตุการณ์ลูกไฟที่สำรวจได้ในวันที่ 7 กันยายน 2557 ที่มีแนวทางเคลื่อนที่ของวัตถุแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนบนท้องฟ้า และมีผู้พบเห็นเหตุการณ์เป็นจำนวนมาก จึงมีความสำคัญที่ต้องดำเนินการศึกษาเพื่อค้นหาวิถีการเคลื่อนที่และค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต พร้อมทั้งทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟตกไว้เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาและค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตที่เกิดจากการตกของลูกไฟในประเทศไทยในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อค้นหาและรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 ในพื้นที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี
2. เพื่อศึกษาวิถีการตกที่แน่ชัดของวัตถุต้นกำเนิด จากเหตุการณ์ลูกไฟเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558
3. เพื่อการค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาต จากเหตุการณ์ลูกไฟเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558
4. เพื่อสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับการค้นหาอุกกาบาตที่ค้นพบในประเทศไทย
5. เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของชิ้นส่วนอุกกาบาต

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษากระบวนการค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟ และการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของชิ้นส่วนอุกกาบาตจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

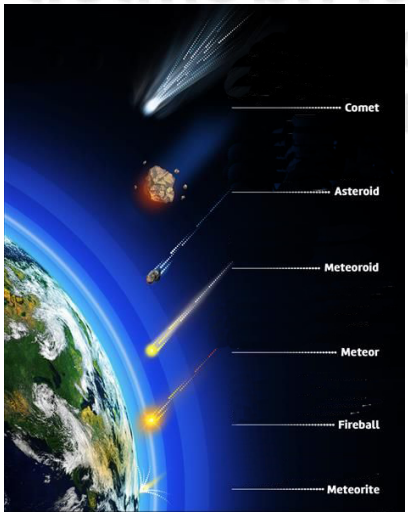
1. สามารถวิเคราะห์หาวิถีการตกของลูกไฟเพื่อค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในพื้นที่เป้าหมายได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิควิธีการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตการณ์ลูกไฟเพื่อนำไปใช้ในการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตการณ์เดียวกันนี้ในอนาคตได้
3. สามารถสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับลูกไฟที่ตกในพื้นที่ประเทศไทย
4. เข้าใจกระบวนการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบจากชิ้นส่วนอุกกาบาต

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลูกไฟ (fireball)

ดาวตก เป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นได้เป็นปกติในเวลากลางคืน เกิดขึ้นจากดาวเคราะห์น้อย ดาวหางหรือวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก เคลื่อนที่เข้ามายังชั้นบรรยากาศโลก การปะทะระหว่างวัตถุกับอนุภาคในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดความร้อนสูงจนลุกไหม้เกิดเป็นแสงสว่างวาบพาดผ่านท้องฟ้าเป็นสีสันต่าง ๆ และเราสามารถเห็นดาวตกได้จำนวนมากในบางเวลา โดยเฉพาะการสังเกตการณ์ท้องฟ้าในเวลากลางคืนในช่วงที่มีปรากฏการณ์ฝนดาวตก นั่นเป็นเพราะโลกโคจรเข้าไปอยู่ในแนวทางการเคลื่อนที่ของดาวหาง (comet) ซึ่งมีการระเหิดอันเนื่องมาจากการเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ ทำให้ฝุ่นหรือเศษชิ้นส่วนของมันกระจายทิ้งไว้เป็นทางในขณะที่เคลื่อนที่เข้ามาในระบบสุริยะ และในกรณีที่เศษชิ้นส่วนของวัตถุท้องฟ้ามีขนาดใหญ่ ความร้อนและแสงสว่างที่เกิดขึ้นก็จะมากขึ้นตามไปด้วย นักวิทยาศาสตร์เรียกปรากฏการณ์ดาวตก (meteor หรือ meteoroid) ที่มีแสงสว่างมากหรือมีค่าโชติมาตรกฎประมาณเท่ากับ -4 (มีความสว่างเทียบเท่าความสว่างของดาวศุกร์) นี้ว่า ลูกไฟ (fireball) และเชื่อว่าเศษชิ้นส่วนของลูกไฟนี้ ที่น่าจะหลงเหลือจากการเผาไหม้ในชั้นบรรยากาศโลกและตกถึงพื้นโลก ซึ่งเราเรียกวัตถุที่หลงเหลือจากการเผาไหม้นี้ว่า “อุกกาบาต” (meteorite) ดังภาพที่ 2.1

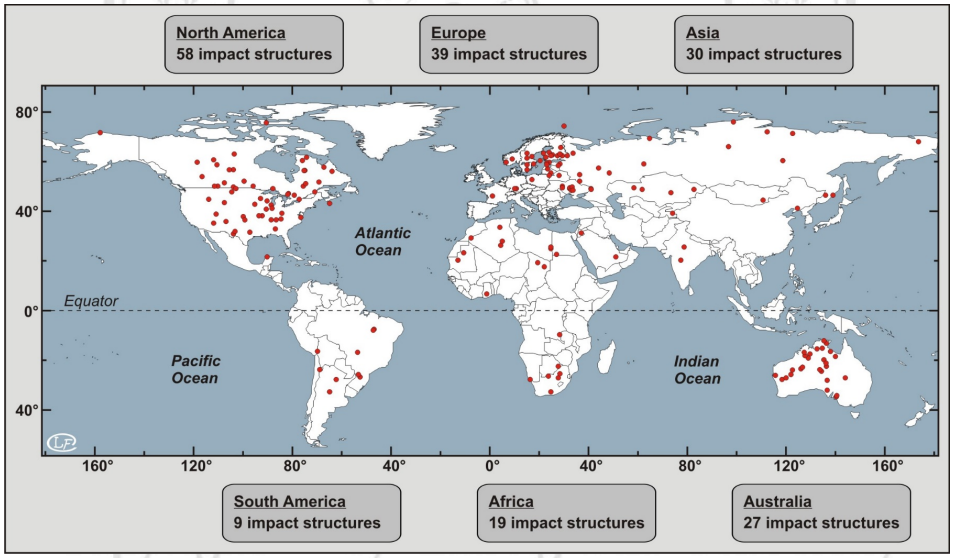


ภาพที่ 2.1 แสดงกลุ่มวัตถุประเภทดาวเคราะห์น้อย หรือดาวหาง ขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศโลกจะเรียกว่า ดาวตก และหากมีความสว่างมากเรียกว่าลูกไฟ และเรียกชิ้นส่วนที่ตกถึงพื้นโลกว่า อุกกาบาต (อ้างอิง: http://amsmeteos.org)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University
rights reserved

จากภาพที่ 2.1 ซึ่งแสดงชื่อเรียกวัตถุท้องฟ้าขณะที่เคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกนั้น ผู้วิจัยจะอภิธานศัพท์ในการเรียก meteor หรือ meteoroid ว่า “ดาวตก” แทนคำว่า “สะเก็ดดาว” ตามพจนานุกรมดาราศาสตร์ เนื่องจากคำว่าสะเก็ดดาวนั้นอาจจะทำให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจผิดว่าเป็นเศษชิ้นส่วนหรือสะเก็ดของดาวฤกษ์ โดยดาวตกนี้จะหมายรวมถึงวัตถุต้นกำเนิดทั้งหมด อาทิ ดาวหาง ดาวเคราะห์น้อย หรือวัตถุขนาดเล็กที่เคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลก

ทั้งนี้ลูกไฟตกที่มีค่าโชติมาตรปรากฏราว ๆ -4 นี้ เราสามารถเห็นได้ในเวลากลางวัน ซึ่งจะทำให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโอกาสที่จะมีผู้พบเห็นเหตุการณ์นั้นมีจำนวนมากขึ้น และอาจจะสร้างความแตกตื่นให้กับผู้คนในวงกว้าง รวมถึงโอกาสที่จะมีชิ้นส่วนของดาวตกหลงเหลือถึงพื้นโลกและสร้างผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตก็จะมีค่ามากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งข้อมูลความเสียหายจากการถูกวัตถุที่มาจากนอกโลกเคลื่อนที่มาปะทะกับพื้นผิวโลกนี้ก็คือปริมาณหลุมอุกกาบาตที่กระจายอยู่ทั่วพื้นผิวโลก ดังภาพที่ 2.2



All rights reserved

ภาพที่ 2.2 แสดงจำนวนหลุมอุกกาบาตบนพื้นผิวโลกที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบแล้ว ณ ปัจจุบัน จากภาพมีหลุมอุกกาบาตทั้งสิ้น 182 หลุม (อ้างอิง: http://www.meteorimpactonearth.com/meteorite.html)

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการศึกษาและเฝ้าระวังภัยคุกคามที่มาจากนอกโลก อันตรายที่เกิดจากการปะทะกันระหว่างโลกกับวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก โดยประชากรในกลุ่ม

วัตถุนี้คือ ดาวเคราะห์น้อย (asteroid) และดาวหาง ที่เคลื่อนที่เข้ามายังแนวการโคจรของโลก แล้วเคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งอาจจะมีชิ้นส่วนตกลงมาถึงพื้นโลก สร้างความเสียหายให้กับพื้นผิวโลกได้ วัตถุขนาดเล็กนี้กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่ขอบในสุดไปจนถึงขอบนอกสุดของระบบสุริยะ แต่จากฐานข้อมูลระบุว่าแหล่งกำเนิดดาวเคราะห์น้อยและดาวหางที่มีความหนาแน่นที่สุดนั้นอยู่ที่บริเวณ เข็มขัดไคเปอร์ (Kuiper belt) และแถบเมฆออร์ท (Oort Cloud) และโดยเฉพาะวัตถุในเข็มขัดดาวเคราะห์น้อยที่ อยู่ระหว่างดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี (asteroid belt) วัตถุท้องฟ้าบางดวงในกลุ่มนี้อาจจะเสียเสถียรภาพของการโคจรเนื่องจาก แรงโน้มถ่วงมหาศาลของดาวพฤหัสบดีในขณะที่เคลื่อนที่เข้าใกล้ดาวพฤหัสบดี ทำให้วิถีการโคจรในวงโคจรเปลี่ยนไป การสำรวจและสังเกตการณ์วัตถุท้องฟ้ากลุ่มนี้อย่างต่อเนื่องจะทำให้นักดาราศาสตร์สามารถคำนวณวงโคจรที่แน่ชัดของวัตถุ และสามารถประเมินความเป็นไปได้ที่วัตถุนั้นมีโอกาสปะทะกับโลกหรือไม่ รวมถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นภายหลังการพุ่งชน ความเสียหายที่เกิดขึ้นหลังจากการพุ่งชนนั้นจะแปรผันตามขนาดของวัตถุ หากวัตถุท้องฟ้าที่พุ่งชนมีขนาดใหญ่ ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็จะเกิดเป็นวงกว้าง ในทางกลับกันหากวัตถุที่พุ่งชนนั้นมีขนาดเล็ก ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกก็จะกินพื้นที่แคบลงมา ยกตัวอย่างเช่นเหตุการณ์อุกกาบาตตกที่เมืองเชลเยียนบินส์ (Chelyabinsk) ประเทศรัสเซีย เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 มีผู้ได้รับบาดเจ็บทั้งสิ้น 1,491 คน อีกทั้งมีอาคารบ้านเรือนเสียหายจำนวนกว่า 7200 แห่ง ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากการพุ่งชนโดยตรง ชิ้นส่วนอุกกาบาตที่ใหญ่ที่สุดนั้นตก อยู่ในบริเวณทะเลสาบเชลบากุล (Cherbarkul Lake) ซึ่งไม่มีอาคารบ้านเรือนและผู้อาศัย แต่ความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด เกิดจากการที่อุกกาบาตเคลื่อนทีผ่านชั้นบรรยากาศมาด้วยความเร็วสูงมาก และด้วยความเร็วที่สูงมากของวัตถุทำให้มันร้อนจัดและเคลื่อนที่กระแทกอากาศอย่างรุนแรงจนเกิดคลื่นกระแทก (shock wave) กระจายออกไป รอบๆ ตลอดแนวทางการเคลื่อนที่จนกว่าวัตถุดังกล่าวจะตกถึงพื้นโลก ส่งผลให้อาคารบ้านเรือนเกิดความเสียหาย และผู้ได้รับบาดเจ็บทั้งหมดนั้นต่างได้รับบาดเจ็บจากผลเสียหายของอาคารบ้านเรือนทั้งสิ้น นอกจากเหตุการณ์อุกกาบาตตก ณ ประเทศรัสเซียข้างต้น ในพื้นที่ประเทศไทยเองก็ได้เกิดเหตุการณ์ลักษณะคล้ายกันขึ้นหลายครั้ง เพียงแต่ไม่ได้สร้างความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สินเช่นเดียวกับเหตุการณ์ในประเทศรัสเซีย ดังภาพที่ 2.3

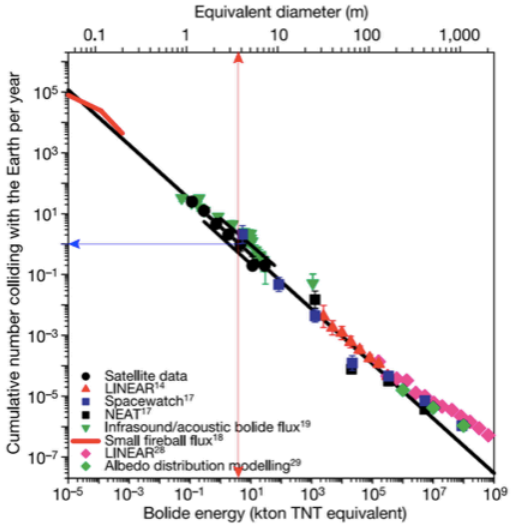
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.3 เป็นภาพเหตุการณ์ขณะที่อุกกาบาตเคลื่อนที่เข้ามาในบรรยากาศโลกเหนือนครเชเลียบินส์ในประเทศรัสเซียเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 (ภาพซ้าย) และภาพของร่องรอยความเสียหาย (ภาพขวา)ที่เกิดขึ้นจากคลื่นกระแทกในขณะที่อุกกาบาตเคลื่อนที่ผ่าน
(อ้างอิง http://en.wikipedia.org/wiki/Chelyabinsk meteor)

2.1.1 เหตุการณ์ลูกไฟ เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557

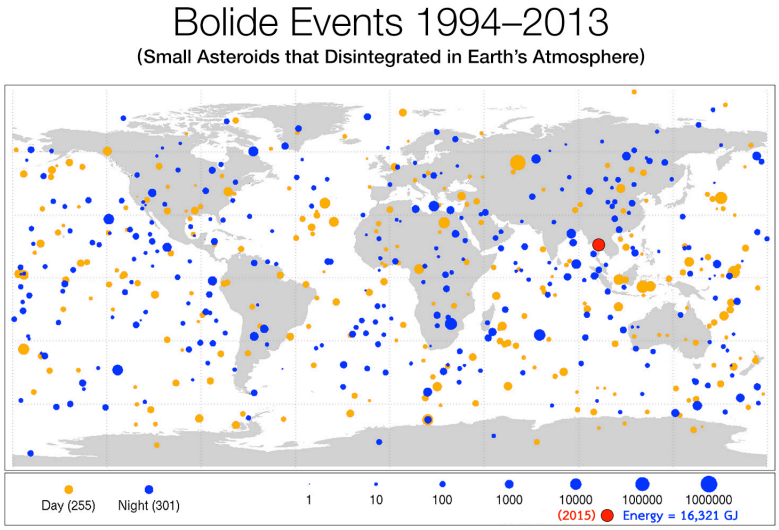
จากเหตุการณ์แสงวาบ ซึ่งเกิดจากเหตุการณ์ลูกไฟตกจากฟ้า เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557 ณ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่วัตถุขนาดใหญ่พุ่งเข้ามาในชั้นบรรยายกาศของโลก ได้มีประชาชนในหลายพื้นที่ของประเทศไทยเช่น กรุงเทพมหานครฯ อุทัยธานี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี และนครราชสีมา สามารถเห็นแสงสว่างวาบบนท้องฟ้าได้ในช่วงเวลาประมาณ 08:41 น. ของวันที่ 7 กันยายน 2558 และมีประชาชนจากหลายพื้นที่สามารถเก็บบันทึกวีดีโอของเหตุการณ์จากกล้องวีดีโอที่ติดตั้งภายในรถยนต์รวมถึงภาพนิ่งของกลุ่มคอนเทรลที่ถูกบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพภายในโทรศัพท์มือถือ กลุ่มคอนเทรลนี้มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มควันที่ลอยอยู่บนท้องฟ้าเป็นเวลานาน อีกทั้งมีการยืนยันข้อมูลจากดาวเทียมของกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา (ข้อมูลอ้างอิงจากนาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว) ทำให้สรุปได้ว่าวัตถุต้นกำเนิดของแสงสว่างวาบที่เห็นนั้นเกิดจากการที่ดาวเคราะห์น้อยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 เมตร เคลื่อนที่เข้ามาในบรรยากาศโลกด้วยความเร็วประมาณ 75,600 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (อ้างอิง : http://www.narit.or.th/index.php/pr-news/2236-fireball-september-2558-narit) ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก ลูกไฟมีความสว่างสูงที่สุดในขณะอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 29.3 กิโลเมตร พลังงานการชนของวัตถุดังกล่าวมีค่าเทียบเท่าการระเบิดของ TNT 3.9 กิโลตัน (หรือ 1 ใน 4 ของระเบิดปรมาณูที่ฮิโรชิมา) ลูกไฟตกครั้งนี้นับเป็นลูกไฟขนาดใหญ่ที่สุดที่พุ่งเข้ามาในบรรยากาศโลกในรอบปี พ.ศ. 2557 ดังภาพที่ 2.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.4 จากกราฟจะพบว่าพลังงานของวัตถุดังกล่าวมีค่าเทียบได้กับระเบิด TNT 3.9 กิโลตัน ขนาดที่สอดคล้องกันดูได้จากแกน x ที่อยู่ด้านบนคือเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 เมตร และมีอัตราการตกเฉลี่ยปีละครั้ง (อ้างอิง: Brown , et al., ปี ค.ศ.2002)

จากข้อมูลของเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับความสนใจจากหลายองค์กร นักวิทยาศาสตร์ได้บันทึกค่าพลังงานแปรผันตามมวลและความเร็วของวัตถุ ลงในฐานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของดาวตกที่มีการตกทั้งในเวลากลางคืนและเวลากลางวัน และได้พบว่าโดยปกติแล้วโลกที่เราอาศัยอยู่นี้ มีวัตถุขนาดเล็กเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศปริมาณสูงมาก ดังแสดงในภาพที่ 2.5 เพียงแต่ในบางครั้งเหตุการณ์เหล่านั้นไม่สามารถพบเห็นได้ในวงกว้าง เช่นเหตุการณ์ในครั้งนี้



ภาพที่ 2.5 แสดงจำนวนเหตุการณ์ที่ดาวเคราะห์น้อยขนาดเล็กเคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกในช่วงระยะเวลาประมาณ 20 ปี ที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 -2013 (พ.ศ. 2537 – พ.ศ. 2556) โดยมีวัตถุขนาดเล็กเคลื่อนที่พุ่งเข้ามาในบรรยากาศโลกเป็นจำนวนถึง 556 ครั้ง ในขณะที่จุดสีน้ำเงินหมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืนที่มีทั้งหมด 301 ครั้ง ส่วนจุดสีเหลืองหมายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลากลางวันมีทั้งหมด 255 ครั้ง และจุดสีแดงในภาพเป็นเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557 (อ้างอิง: https://earthsky.org)

2.1.2 ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์ลูกไฟตก

จากการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟ เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2557 จากสื่อ และข้อมูลจากฐานข้อมูลออนไลน์ ซึ่งมีข้อถกเถียงและข้อสงสัยเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจำนวนมาก ผู้ทำวิจัยได้เข้าร่วมประชุมกับศูนย์บริการวิชาการและสื่อสารดาราศาสตร์สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในฐานะที่เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบงานทางด้านดาราศาสตร์ของประเทศไทย และผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในวันศุกร์ที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2558 ณ ห้องประชุมสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อสรุปข้อมูลจากทุกหน่วยงานและนำ ไปประกอบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ และใช้ในการศึกษาต่อไป พร้อมทั้งขอสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ และเพื่อใช้เป็นข้อพิสูจน์นำเสนอข้อมูลที่ถูกต้องสู่สาธารณะ โดยมีรายนามผู้เข้าร่วมประชุมหารือดังรายชื่อต่อไปนี้

1. ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา ประธาน
1. นายศุภฤกษ์ คฤหานนท์
2. นายกรกมล ศรีบุญเรือง
3. นาวาอากาศเอก ฐากูร เกิดแก้ว
4. ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ (อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี)
5. นายสุรชัย ท้วมสมบูรณ์ (ที่ปรึกษาสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ)
6. นายมติพล ตั้งมติธรรม (ประชุมทางไกล)
7. นายสิทธิพร เดือนตะคุ
8. นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ (ผู้รับผิดชอบโครงการ)
9. นายธนกฤต สันติคุณาภรต์
10. นายธฤษพงศ์ ศิริบูรณ์
11. นายพิสิฏฐ นิธิยานันท์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12. นายเจษฎา กีรติภารัตน์
13. นายปิยะพงศ์ หิรัญรัตน์
14. นายกฤษณะ ล่ามสมบัติ
15. น.ส. สาวิตรี เดชศรีมนตรี

โดยมีรายละเอียดการประชุมมีดังต่อไปนี้

ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา ซึ่งดำรงตำแหน่งประธานในการแก้ไขข้อถกเถียงเกี่ยวกับเหตุกาณ์ลูกไฟตก โดยแจ้งให้ที่ประชุมทราบ เกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟตกจากฟ้าและปรากฏแสงสว่างวาบบนท้องฟ้าซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย เมื่อช่วงเช้าของวันที่ 7 กันยายน 2558 พร้อมกับชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุดังกล่าวว่า นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ นักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาดาราศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้รวบรวมข้อมูลวีดีโอสั้นๆ ที่บันทึกได้จากบริเวณอำเภอท่าม่วงและภาพถ่ายจากหลายพื้นที่ของประเทศไทย ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมของกระทรวงกลาโหม ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้สรุปได้ว่าวัตถุต้นกำเนิดของแสงสว่างวาบที่เห็นนั้นเกิดจากการที่ดาวเคราะห์น้อยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 เมตร เคลื่อนที่เข้าชนบรรยากาศโลกด้วยความเร็วประมาณ 75,600 กิโลเมตรต่อชั่วโมงซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว กับทิศทางการหมุนรอบตัวเองของโลก และจากข้อมูลที่มี ณ ปัจจุบันเชื่อว่าน่าจะมีชิ้นส่วนของดาวเคราะห์น้อยดวงนี้ หลงเหลือจากการเผาไหม้ในชั้นบรรยากาศและตกลงถึงพื้นโลกหรือที่เรียกว่าอุกกาบาต และจากการคำนวณเบื้องต้น (อ้างอิงจากข้อมูลดาวเทียมของประเทศสหรัฐอเมริกา) คาดว่าชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นคาดว่าจะตกสู่พื้นโลก ณ บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี และเพื่อไขปัญหาดังกล่าว ทางสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ได้ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเพื่อทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในพื้นที่เป้าหมาย โดยได้รับความร่วมมือจากนักวิจัยขององค์การนาซา ซึ่งมีนามว่านายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens) ซึ่งเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการค้นหาอุกกาบาต อีกทั้งเคยคำนวณจุดตกของอุกกาบาตที่ประเทศรัสเซีย เมื่อปี 2012 ซึ่งเป็นเหตุการณ์คล้ายคลึงกันกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทำการติดต่อขอข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดคลื่นสั่นสะเทือนในช่วงเช้าของวันที่ 7 กันยายน 2558 มาวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น ซึ่งจากข้อมูลชี้ชัดว่า ดาวเคราะห์น้อยดวงนี้น่าจะเกิดการระเบิดกลางอากาศถึงสองครั้งที่ระดับความสูงประมาณ 30 เมตรจากพื้นโลก ก่อนที่จะตกลงสู่บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยค อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอยู่ในบริเวณที่มีพื้นที่เป็นวงกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 กิโลเมตร และเพื่อให้ผลการคำนวณออกมาได้แม่นยำขึ้น นักวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควรจะต้องค้นหาข้อมูล หลักฐาน และพยานบุคคลเพื่อเติม เพื่อใช้ประกอบการคำนวณหาจุดตกของอุกกาบาตในครั้งนี้

นอกจากนี้นาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว ได้นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่ โดยรายงานว่า จากการลงพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีและข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลภาพและข้อมูลจากพยานบุคคล ชาวบ้านส่วนใหญ่ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีนั้นเห็นเหตุการณ์ลูกไฟตกจากฟ้าและปรากฏแสงสว่างวาบบนท้องฟ้า หลังจากเห็นแสงวาบดังกล่าวก็ได้ยินเสียงระเบิดตามมา ข้อมูลจากพยานบุคคลที่เห็นเหตุการณ์ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณตำบลไทรโยค จากข้อมูลของชาวบ้านหลายๆ แหล่งการได้ยินจำนวนครั้งของการระเบิดไม่เท่ากัน นั่นเป็นเพราะชาวบ้านเข้าใจผิดคิดว่าเป็นเพียงเครื่องบินขนาดใหญ่ตกในพื้นที่ ทั้งนี้กรณีที่ได้เสียงระเบิดจำนวนครั้งไม่เท่ากันนั้นคาดว่าจะเกิดจากการที่พื้นที่อาศัยของพยานบุคคลกระจายไปในพื้นที่ของป่าและเขา ทำให้อาจจะเป็นไปได้ว่าเกิดการสะท้อนของเสียงทำให้ได้ยินเสียงระเบิดหลายครั้งนอกจากนี้ยังมีชาวบ้านที่เลี้ยงช้างเห็นพฤติกรรมของช้าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม คือมีการส่งเสียงดังสนั่น นอกเหนือจากพยานบุคคล นาวาอากาศเอกฐากูร ยังได้ข้อมูลภาพถ่ายคอนเทรลจากนักเรียนและชาวบ้านหลายจุดซึ่งข้อมูลภาพที่ได้มีประโยชน์ค่อนข้างมาก เนื่องจากคอนเทรลที่ถ่ายได้ในจุดต่างๆ นั้นอยู่เหนือจากพื้นไม่กี่กิโลเมตรทำให้มั่นใจได้ว่าชิ้นส่วนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้นั้นควรจะตกถึงพื้นในเขตอุทยานแห่งชาติไทรโยคอย่างแน่นอนและที่สำคัญมีชาวบ้านที่กำลังประกอบอาชีพอยู่บริเวณท่าแพ (ลุงหม่อง เป็นชาวบ้านในหมู่บ้านท่าสนุ่น) ใกล้อ่างเก็บน้ำอุทยานแห่งชาติศรีนครินทร์นั้นยืนยันว่าเห็นทิศทางของลูกไฟพุ่งข้ามอ่างเก็บน้ำดังกล่าวไป ทำให้มั่นใจได้ว่าชิ้นส่วนของลูกไฟนั้นไม่ได้ตกลงในอ่างเก็บน้ำอุทยานแห่งชาติศรีนครินทร์อย่างแน่นอน จากการลงพื้นที่และลักษณะของการเก็บข้อมูลของนาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว การรวบรวมข้อมูลดังข้างต้นเป็นตัวแปรในการกำหนดทิศทางของอุกกาบาต

ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ (อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ด้านธรณีศาสตร์ที่อยู่ในเหตุการณ์ เล่าว่าจากเสียงระเบิดที่เกิดขึ้นนั้น เบื้องต้นคิดว่าเกิดจากหม้อแปลงไฟฟ้าระเบิด และไม่ได้คิดว่าเป็นอุกกาบาตแต่อย่างใด แต่สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจากมีเสียงระเบิดคือคลื่นกระแทก shockwave ซึ่งส่งผลให้กระจกของอาคารเกิดการแตกร้าวแต่ไม่ได้รุนแรงถึงขั้นแตกกระจายออกมา นอกเหนือจากการเล่าประสบการณ์ดังกล่าว ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ ได้ชี้แจงเกี่ยวกับคลื่นสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยสถานีตรวจวัดดังกล่าวอยู่ในความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ผลที่ได้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าลูกไฟที่พุ่งชนบรรยากาศโลกนั้นเกิดการระเบิดกลางอากาศถึงสองครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจาก ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ มีความเชี่ยวชาญทางด้านธรณีวิทยา อีกทั้งยังเป็นอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับธรณีวิทยา ณ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ท่านได้ขอรับความร่วมมือจากทางมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี เป็นอย่างดี โดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ ได้ให้ความร่วมมือและนำนักศึกษาภาคธรณีวิทยาเข้ามาช่วยเหลือในการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในครั้งนี้ (หลังจากที่ทราบจุดตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตที่แน่นอน)

นายสุรชัย ท้วมสมบูรณ์ ที่ปรึกษาสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับอุทยานสัตว์ป่าและพันธุ์พืช เสนอแนวทางในการออกพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลมาประกอบการคำนวณหาจุดตกของอุกกาบาต โดยเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับเส้นทางการเดินทางไปเก็บข้อมูล และยินดีเป็นผู้ประสานงานกับสำนักงานอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช เพื่ออำนวยความสะดวกและขอกำลังเจ้าหน้าที่อุทยานเพื่อออกพื้นที่สำรวจ และค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต ในพื้นที่เป้าหมาย (จะดำเนินการหลังจากที่ทราบจุดตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตที่แน่นอน)

นายศุภฤกษ์ คฤหานนท์ หัวหน้างานศูนย์บริการวิชาการและสื่อสารดาราศาสตร์ กำหนดแผนการส่งเจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์เพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูล ตามที่นายมติพล ตั้งมติธรรม แจ้งเสนอ โดยแบ่งเจ้าหน้าที่ออกเป็นสี่กลุ่มเพื่อลงพื้นที่เก็บข้อมูลในระยะเวลา สองสัปดาห์ โดยเจ้าหน้าที่ชุดแรกมีรายชื่อดังต่อไปนี้

รายชื่อเจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 1 กำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 21 - 25 กันยายน 2558

1. นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
2. นายสิทธิพร เดือนตะคุ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
3. นายเจษฎา กีรติภารัตน์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์
4. นายกฤษณะล่ามสมบัติ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์

รายชื่อเจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 2 กำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 28 กันยายน - 2 ตุลาคม 2558

1. นายธนกฤต สันติคุณาภรณ์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
2. นายปิยะพงศ์ หิรัญรัตน์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์
3. นายเจษฎา กีรติภารัตน์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์
4. นายกฤษณะล่ามสมบัติ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์

รายชื่อเจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 3 กำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 14 - 18 ตุลาคม 2558

1. นายกรกมล ศรีบุญเรือง นักวิชาการศูนย์บริการสารสนเทศดาราศาสตร์
2. นายสิทธิพร เดือนตะคุ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
3. นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. นายธนกฤต สันติคุณาภรต์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ

รายชื่อเจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 4 กำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 21 - 25 ธันวาคม 2558

1. นายสุรชัย ท้วมสมบูรณ์ ที่ปรึกษาสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ
2. นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
3. นายสิทธิพร เดือนตะคุ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ
4. นายธฤษพงษ์ ศิริบูรณ์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์

โดย นายศุภฤกษ์ คฤหานนท์ ได้มอบหมายให้นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ เป็นหัวหน้าทีมลงพื้นที่เก็บข้อมูลของเหตุการณ์ลูกไฟและได้วางแผนและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นเพื่อใช้ในการออกพื้นที่เก็บข้อมูลในจังหวัดกาญจนบุรี พร้อมกับจัดกลุ่มเจ้าหน้าที่เพื่อคอยสนับสนุน โดยมีหน้าที่ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานและบุคคลที่เกี่ยวข้องที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล

ความก้าวหน้าภายหลังจากการประชุมคือมีการจัดทำหนังสือขอความร่วมมือจาก 3 หน่ายงานที่เกี่ยวข้องเพื่อปฏิบัติการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตได้แก่กองทัพอากาศ,มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ,สำนักงานอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

จากการประชุมวางแผนการออกพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลประกอบการคำนวณหาจุดตกของชิ้นส่วนอุกกาบาต จากเหตุการณ์แสงวาบเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 และจากการศึกษาพบว่านักดาราศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพคอนเทรลเพื่อใช้ค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตได้ โดยวิธีการวัดความสูงของคอนเทรลจากภาพถ่ายดาวพื้นหลัง (star background) ในตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งคอนเทรลที่บันทึกภาพได้เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งคอนเทรลกับดาวบนท้องฟ้า จากนั้นนักวิจัยจะสามารถคำนวณหาจุดตกของอุกกาบาตได้ จากการออกพื้นที่เก็บข้อมูลของเจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 1 ที่มีกำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 21 - 25 กันยายน 2558 เริ่มจากการเดินทางไปสำรวจและค้นหาพื้นที่ที่มีประชาชน ที่สามารถบันทึกภาพตามข้อมูลที่ได้จากนาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้วและข้อมูลที่แพร่หลายอยู่ในอินเตอร์เน็ต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยในระหว่างวันที่ 21 - 25 กันยายน 2558 กลุ่มเจ้าหน้าที่ได้เข้าถึงพื้นที่เป้าหมายทุกพื้นที่พร้อมกับเก็บข้อมูลเพิ่มเติม อาทิ ข้อมูลจากผู้พบเห็นเหตุการณ์ ซึ่งเป็นประชาชนในพื้นที่อำเภอศรีศวัสดิ์ อำเภอไทรโยคและอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลเสียงผู้พบเห็นเหตุการณ์ ทั้งนี้การสัมภาษณ์ผู้เห็นเหตุการณ์จะทำให้เจ้าหน้าที่สามารถวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุดังกล่าวได้คร่าวๆ รวมถึงติดต่อสถานที่ราชการเพื่อขอข้อมูลวีดีโอจากกล้องวงจรปิดด้วย จากการลงพื้นที่ในครั้งนี้กลุ่มเจ้าหน้าที่ได้ข้อมูลภาพถ่ายคอนเทรลเพิ่มเติมมากขึ้น จากนั้นในช่วงเวลากลางคืนกลุ่มเจ้าหน้าที่ได้ทำการเดินทางไปถ่ายภาพดาวพื้นหลังตามสถานที่

ต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสูงของคอนเทรล ซึ่งการสัมภาษณ์ผู้เห็นเหตุการณ์ ผู้วิจัยได้คัดข้อมูลของผู้พบเห็นเหตุการณ์ในจังหวัดอื่นออกไป เหลือไว้เพียงแค่ภาพถ่ายคอนเทรลของผู้พบเห็นเหตุการณ์จากจังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากภาพถ่ายเหตุการณ์ลูกไฟตกที่รวบรวมได้จากจังหวัดกาญจนบุรีนั้นมีกลุ่มคอนเทรลปรากฏอยู่ในภาพถ่ายอย่างชัดเจน ซึ่งกลุ่มคอนเทรลที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ลูกไฟตกนั้นจะปรากฏให้เห็นในช่วงเวลาท้ายๆ ของเหตุการณ์ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนที่วัตถุต้นกำเนิดของลูกไฟตกจะตกถึงพื้นโลก โดยมีข้อมูลจากการบอกเล่าและภาพคอนเทรลของผู้เห็นเหตุการณ์ดังต่อไปนี้

1. นายณัฐกฤต เทิดภูมิ นักเรียนจากโรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม บ้านหม่องกระแทะ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ผู้เห็นเหตุการณ์คนแรกที่ผู้ทำวิจัยสามารถติดต่อได้ นายณัฐกฤตได้ให้ข้อมูลว่าในช่วงเช้าของวันที่ 7 กันยายน 2557 ตนได้ขับรถจักรยานยนต์มารับเพื่อนที่หน้าบ้าน เพื่อเดินทางไปโรงเรียน ขณะนั้นก็เห็นแสงวาบสว่างขึ้นบนท้องฟ้า พร้อมกับเสียงระเบิดตามมา ในตอนแรกนายณัฐกฤตและเพื่อนๆ คิดว่าเป็นเสียงที่เกิดจากเครื่องบินตก และหลังจากเสียงระเบิดดังขึ้นไม่นานนายณัฐกฤตก็หยิบโทรศัพท์มือถือขึ้นมาถ่ายภาพคอนเทรลไว้ เพื่อนำไปสอบถามคุณครูที่โรงเรียน ว่าเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นได้อย่างไร และได้ส่งภาพดังกล่าวให้กับ นายสิทธิกร สัมพันธ์กาญจน์ คุณครูประจำชั้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และได้จัดส่งภาพเหตุการณ์ให้กับผู้วิจัย พร้อมกับอำนวยความสะดวกทุกอย่างในขณะที่ลงพื้นที่เก็บข้อมูลในพื้นที่ ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 (a) แสดงให้เห็นกลุ่มคอนเทรลที่ถูกบันทึกโดย นายณัฐกฤต เทิดภูมิ นักเรียนจากโรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม บ้านหม่องกระแทะ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี, (b) ผู้ทำวิจัยและทีมเดินทางไปพบกับ อาจารย์ นายสิทธิกร สัมพันธ์กาญจน์ และนายณัฐกฤต เทิดภูมิ เพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม และ (c) ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่ถ่ายภาพกลุ่มดาวพื้นหลังในตำแหน่งเดียวกันกับภาพคอนเทรล

2. เด็กหญิงสภาวดี เหง่าง่า นักเรียนจากโรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม บ้านหม่องกระแทะ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์จังหวัดกาญจนบุรี เป็นผู้เห็นเหตุการณ์คนที่สองที่ผู้ทำวิจัยสามารถติดต่อได้ เด็กหญิงสภาวดีให้ข้อมูลว่าในวันที่ 7 กันยายน 2558 เธอได้อยู่ช่วยแม่ทำงานบ้าน ณ บ้านเลขที่ 116 ตำบลแม่แฉลบ บ้านท่าสนุ่น ศรีสวัสดิ์จังหวัดกาญจนบุรี เด็กหญิงสภาวดีให้ข้อมูลเรื่องการเห็นเหตุการณ์ว่าเธอได้ยินเสียงระเบิดสองครั้ง ก่อนที่จะเห็นกลุ่มควันที่ลอยค้างบนท้องฟ้าใกล้ๆ บ้านของเธอแต่ไม่ได้บันทึกภาพไว้

3. นายหม่อง (ไม่มีนามสกุล) เป็นชาวบ้านที่ประกอบอาชีพหาปลาอยู่ริมเขื่อนศรีนครินทร์ ลุงหม่องได้ยินเสียงระเบิดดังขึ้นสองครั้ง และคิดว่าเสียงที่เกิดขึ้นเป็นเสียงของเครื่องบินระเบิด และภายหลังเห็นกลุ่มควันบนท้องฟ้า คล้ายก้อนเมฆลอยอยู่บนท้องฟ้า รวมถึงเห็นแสงวาบก่อนการระเบิดด้วยเช่นกัน โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตก แต่ลุงหม่องไม่สามารถบันทึกภาพเหตุกาณ์ไว้ได้

4. นายชัชชัย เหมือนว้า เป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค ของโรงแรม รายาบุรี รีสอร์ท ซึ่งพบเห็นเหตการณ์ลูกไฟตก คุณชัชชัยเห็นแสงวาบพร้อมกับมีเสียงระเบิดตามมาสองครั้ง เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ที่โรงแรมต่างตกใจ และวิ่งออกมานอกอาคารเพื่อสังเกตการณ์ แต่ตนเองเป็นผู้ที่เห็นเหตุการณ์ได้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวตนได้ออกไปซ่อมเครื่องสูบน้ำของโรงแรมอยู่ข้างๆ โรงแรม หลังจากเกิดเหตุการณ์ระเบิดตนได้หยิบโทรศัพท์มือถือขึ้นมาเพื่อบันทึกภาพกลุ่มควันที่ลอยอยู่บนท้องฟ้าไว้ เพื่อเอาไว้ให้เพื่อนๆ ดู และได้เห็นประกาศที่ผู้วิจัยประกาศผ่านเฟสบุ๊คของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ จึงติดต่อผู้ทำวิจัย เพื่อส่งมอบภาพถ่ายดังกล่าวให้ ดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 แสดงให้เห็นกลุ่มคอนเทรลที่ถูกบันทึกโดย นายชัชชัย เหมือนว้า ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค ของโรงแรมรายาบุรี รีสอร์ท เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ข้อมูลภาพถ่ายคอนเทรลจากข้อมูลออนไลน์ซึ่งไม่สามารถรุบุชื่อผู้ถ่ายได้ โดยภาพนี้แสดงให้เห็นตำแหน่งคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือประตูทางเข้าวัดทุ่งลาดหญ้าหรือ “วัดลาดหญ้า” ตำบลลาดหญ้า อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งผู้วิจัยและกลุ่มผู้ร่วมวิจัยได้เดินทางไปยังสถานที่ดังกล่าว โดยสอบถามจากชาวบ้านในละแวกนั้น พบว่าชาวบ้านส่วนใหญ่เห็นเหตุการณ์แสงสว่างวาบผ่านท้องฟ้าและมีเสียงระเบิดขึ้น ก่อนจะมีกลุ่มควันลอยฟุ้งอยู่บนท้องฟ้า ดังภาพที่ 2.8

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือประตูทางเข้าวัดทุ่งลาดหญ้า ตำบลลาดหญ้า อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ภาพที่ได้เป็นข้อมูลออนไลน์ ไม่สามารถระบุชื่อผู้ถ่ายภาพได้

6. ครูแหวน (นามสมมุติ) จากโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา ต.ท่าเสา อ.ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี คุณครูได้ให้ข้อมูลว่าในขณะที่นักเรียนเข้าแถวเคารพธงชาติ อยู่หน้าเสาธง ได้มีเหตุการณ์แสงสว่างวาบขึ้นบนท้องฟ้า พร้อมกับมีเสียงระเบิดตามมาสองครั้ง และมีกลุ่มควันลอยค้างอยู่บนท้องฟ้า นักเรียนในโรงเรียนพร้อมกับคุณครูหลายท่านคิดว่านี่คือเหตุการณ์เครื่องบินตก ไม่มีใครทราบว่านี่คือคอนเทรล

ที่เกิดจากวัตถุจากนอกโลก แต่คุณครูก็ได้บันทึกภาพกลุ่มควันนี้ไว้ และส่งภาพให้กับทีมผู้ทำวิจัย และนาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 แสดงให้เห็นกลุ่มคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือต้นไม้ หน้าเสาธงของโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา ต.ท่าเสา อ.ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ภาพนี้ถูกบันทึกโดยครูแหวน (นามสมมุติ)

7. นายนิพนธ์ พลอยงาม เจ้าหน้าที่สหกรณ์ออมทรัพย์ชลประทานแม่กลอง จำกัด หมู่ที่ 1 ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ได้ให้ข้อมูลว่าขณะที่ตนกำลังขับรถเพื่อไปทำงาน ณ สหกรณ์ออมทรัพย์ชลประทานแม่กลอง จำกัด ซึ่งในขณะที่ตนขับรถอยู่บริเวณคลองชลประทานนั้น ได้มีแสงสว่างวาบเกิดขึ้น ซึ่งสังเกตได้ว่ามีความสว่างสูงมาก ก่อนที่จะเกิดการระเบิดและทิ้งร่องรอยเอาไว้เป็นกลุ่มควันลอยอยู่บนท้องฟ้าแต่ตนไม่ได้ยินเสียงระเบิดเนื่องจากกำลังขับรถและเปิดวิทยุไปด้วย ตนคิดว่าเหตุการณ์ดังกล่าวน่าจะเป็นเหตุการณ์สำคัญเกี่ยวกับดาราศาสตร์ จึงตัดสินใจนำวีดีโอที่บันทึกด้วยกล้องที่ติดหน้ารถยนต์ลงใน เฟซบุ๊คส่วนตัว และติดต่อผู้ทำการวิจัยเพื่อส่งคลิปต้นฉบับมาให้ ดังภาพที่ 2.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.10 เป็นภาพที่บันทึกได้จากกล้องติดหน้ารถยนต์ ของคุณนิพนธ์ พลอยงาม ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่สหกรณ์ออมทรัพย์ชลประทานแม่กลอง จำกัด หมู่ที่ 1 ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี แสดงให้เห็นเหตุการณ์ลูกไฟตก และวิถีการเคลื่อนที่ของลูกไฟ

จากภาพเหตุการณ์ลูกไฟตกข้างต้น เป็นข้อมูลภาพที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้ร่วมวิจัยตัดสินใจลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อยืนยันข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์และเก็บข้อมูลการถ่ายภาพของดาวพื้นหลังในตำแหน่งเดียวกัน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์แนวทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุต้นกำเนิด โดยการลงพื้นที่ดังกล่าวผู้ทำวิจัยได้รับความร่วมมือจากชาวบ้าน หน่วยงานของรัฐและเอกชนในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีเป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.3 ความร่วมมือกับหน่วยงานกับภารกิจการค้นหาข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟ

ในการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟนี้ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจาก ประชาชน ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี และประชนชนจากทั่วประเทศเป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่ถูกเผยแพร่ในสื่ออย่างกว้างขวาง ประชาชนต่างให้ความสนใจและร่วมกันแชร์ข้อมูลในสื่อออนไลน์ให้กับผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยซึ่งเป็นตัวแทนของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ นอกจากความช่วยเหลือดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยยังดีรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานของภาครัฐ และภาคเอกชนเป็นอย่างดีทั้งนี้หน่วยงานหลักที่ร่วมมือปฏิบัติการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟและ วิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาตในครั้งนี้มีหลายหน่วยงานด้วยกันได้แก่

1. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นหน่วยงานต้นสังกัดที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานอยู่ สถาบันฯ มีภารกิจหลักในการศึกษา วิจัยและให้บริการวิชาการและสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับดาราศาสตร์ ได้สนับสนุสงบประมาณ และยานพาหนะทั้งหมดในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล รวมทั้งสนับสนุนกำลังเจ้าหน้าที่ร่วมออกพื้นที่และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการอนุมัติงบประมาณเร่งด่วน เพื่อใช้ในเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟตก รวมทั้งได้ดำเนินการจัดตั้งศูนย์เฝ้าระวังภัยจากวัตถุขนาดเล็กใกล้โลกด้วย เพื่อเอื้อให้เกิดงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก และอุกกาบาตที่ค้นพบในประเทศไทย

2. กองทัพอากาศไทย นำโดย นาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว ซึ่งมีความชำนาญพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี ได้ร่วมลงพื้นที่และเอื้อเฟื้อกำลังเจ้าหน้าที่ นักเรียนนายร้อยเหล่าทหารอากาศ ร่วมลงพื้นที่กับผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3. อุทยานแห่งชาติไทรโยค ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายของการสำรวจหาชิ้นส่วนอุกกาบาต หัวหน้าอุทยาน เจ้าหน้าที่ประจำอุทยานแห่งชาติไทรโยคทุกนายต่างให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการลงพื้นที่ในเวลากลางคืน และการเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ ในเขตอุทยานแห่งชาติไทรโยค ซึ่งเป็นเขตพื้นที่ที่มีความอันตราย มีสัตว์ดุร้ายจำนวนมากอยู่ในพื้นที่โดยหัวหน้าอุทยานแห่งชาติไทรโยคและเจ้าหน้าที่จากอุทยานแห่งชาติไทรโยค ได้ให้การสนับทุก ๆ ด้าน ในขณะที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยปฏิบัติภารกิจในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี

4. ห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษา ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับลูกไฟและวัตถุขนาดเล็กใกล้โลก พร้อมกับคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ สาขาดาราศาสตร์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและช่วยติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อขออนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษา

5. มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี นำโดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ นักวิทยาศาสตร์ด้านธรณีศาสตร์ที่อยู่ในเหตุการณ์วันที่เกิดเหตุการณ์ลูกไฟตก ได้รวบรวมข้อมูลจากข้อมูลการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว จากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี มอบให้แก่ผู้วิจัยและสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์หาแนวทางการเคลื่อนที่ของอุกกาบาต

6. กลุ่มออฟโรดลิ่นถิ่น เป็นกลุ่มรถออฟโรดที่สนับสนุนยานพาหนะจำนวน 12 คน ให้กับผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัย เดินทางเข้าไปสำรวจหาอุกกาบาตบริเวณเขารวก เขตอำเภอทองผาภูมิ จากเหตุการณ์ที่ชาวบ้านแจ้งว่ามีหินถล่มขนาดใหญ่และคาดว่าน่าจะเกิดจากการโดนชนด้วยอุกกาบาต

7. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ให้การสนับเกี่ยวกับการตรวจสอบตัวอย่างอุกกาบาตที่พบในจังหวัดพิษณุโลก โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ชิ้นงานพร้อมกับอนุเคราะห์เจ้าหน้าที่ในการควบคุมเครื่องมือในการวิเคราะห์ทุกอย่างทำให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างอุกกาบาตเพื่อใช้ประกอบการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟ และสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับการค้นพบอุกกาบาตในประเทศไทยได้

2.2 อุกกาบาต (meteorite)

อุกกาบาตเป็นชิ้นส่วนของ เหล็ก (irons) หิน (stones) หรือ ส่วนประกอบของหินและเหล็กอยู่ในก้อนเดียวกัน (stony - iron) วัตถุเหล่านี้เป็นวัตถุที่อยู่ในระบบสุริยะ เช่น ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ดวงจันทร์ และเศษชิ้นส่วนของดาวเคราะห์ อย่างเช่นดาวอังคาร การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของชิ้นส่วนอุกกาบาตจะช่วยให้นักดาราศาสตร์มีความเข้าใจการก่อกำเนิดและความเป็นมาของระบบสุริยะที่เราอาศัยอยู่ ดังนั้นการค้นหาและศึกษาชิ้นส่วนอุกกาบาตถือเป็นการศึกษาความเป็นมาของระบบสุริยะอีกทางหนึ่ง ในอดีตการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นนักดาราศาสตร์จะเริ่มต้นจากการค้นหาร่องรอยของหลุมอุกกาบาต หากมีวัตถุขนาดใหญ่พุ่งชนจะเกิดหลุมอุกกาบาตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเศษวัสดุที่สาดกระเด็นออก มาจากการพุ่งชนก็จะมีปริมาณมากขึ้นและกินพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง แต่หลุมอุกกาบาตบนโลกมักไม่ค่อยปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน เนื่องจากหลุมอุกกาบาตส่วนใหญ่ถูกกัดกร่อน (erosion) หรือการผุกร่อนเนื่องจากสภาพอากาศ (weathering) และปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา การค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากร่องรอยของหลุมจึงเป็นเรื่องยาก นอกจากนี้ปริมาณพลังงานจลน์ของวัตถุที่เข้ามาพุ่งชนก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ ทั้งนี้หลุมอุกกาบาตทุกหลุมบนโลกที่มีการค้นพบจะมีลักษณะแอ่งขนาดใหญ่บนพื้นดิน มีลักษณะคล้ายก้นของถ้วย ค่อนข้างกลม ซึ่งเกิดจากการที่อุกกาบาตตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร็วสูง ในความเป็นจริงแล้วอุกกาบาตมีโอกาสตกลงสู่ผิวโลกทุกพื้นที่ด้วยโอกาสใกล้เคียงกัน นั่นหมายความว่า มันตกลงสู่มหาสมุทรมากกว่าบนพื้นดิน เพราะพื้นผิวโลกส่วนใหญ่เป็นน้ำ จำนวนหลุมอุกกาบาตที่ค้นพบจึงมีน้อยมากกาลเวลา เหลือไว้แต่เพียงหลุมอุกกาบาตขนาดใหญ่ในทะเลทรายที่แห้งแล้ง เช่น หลุมอุกกาบาตแบริงเจอร์ ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 หลุมอุกกาบาตแบร์ริงเจอร์ ซึ่งเป็นหลุมอุกกาบาตที่มีความสมบูรณ์และเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันกลายเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและเป็นแหล่งเรียนรู้ทางด้านธรณีวิทยา (อ้างอิง : http://meteorwatch.org)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากเนื้อหาข้างต้นที่กล่าวถึงเหตุการณ์ที่เกิดการพุ่งชนด้วยวัตถุขนาดใหญ่ กรณีของการพุ่งชนด้วยวัตถุขนาดเล็กลง เช่น เหตุการณ์ลูกไฟนั้นจะแตกต่างกัน ปริมาณพลังงานจลน์ของวัตถุที่เข้ามาพุ่งชนมีปริมาณน้อย จึงไม่สามารถทำให้เกิดหลุมได้หรือเกิดหลุมที่มีขนาดเล็ก การค้นหาร่องรอยของหลุมจึงทำได้ยากกว่ามาก แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ปัจจุบันมีกล้องถ่ายภาพ กล้องวีดีโอ หรือกล้องวงจรปิดที่สามารถเก็บบันทึกภาพเหตุการณ์ ร่องรอยควันหรือคอนเทรลที่เหลือทิ้งไว้ในอากาศขณะที่ลูกไฟเคลื่อนที่ผ่าน นักดาราศาสตร์จึงสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพคอนเทรลเพื่อใช้ค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตได้ หลากหลายวิธีจึงทำให้มีกลุ่มนักวิจัยและนักล่าอุกกาบาตต่างค้นหาอุกกาบาตกันอย่างแพร่หลาย บ้างก็นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี บ้างก็เพื่อนำ ไปขายในท้องตลาด

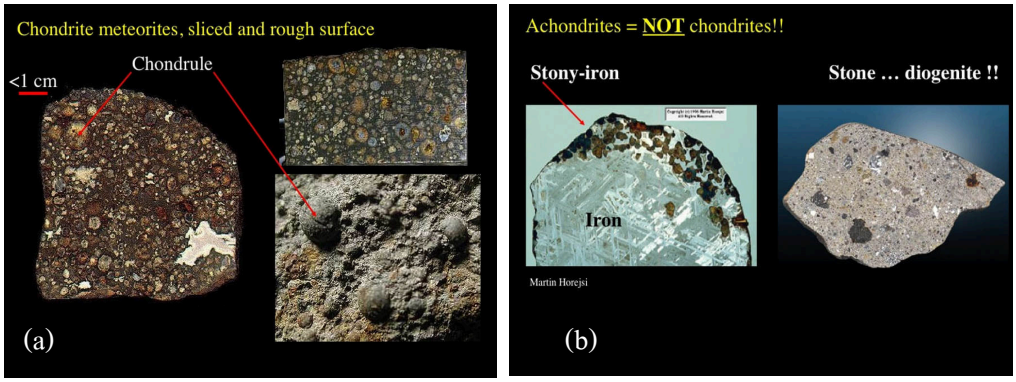
2.2.1 ประเภทของอุกกาบาต

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอุกกาบาต นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาอุกกาบาตทั้งลักษณะทางกายภาพและทางเคมี พบว่า อุกกาบาตนั้นสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ อุกกาบาตหิน (stony meteorite) อุกกาบาตเหล็ก (iron meteorite) และอุกกาบาตหินปนเหล็ก (stony – iron meteorite) โดยแต่ละประเภทก็จะมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 (a) คืออุกกาบาตหิน (b) อุกกาบาตเหล็ก (c) อุกกาบาตหิน – เหล็ก
(อ้างอิง: https://geology.com/meteorites/meteorite-types-and-classification.shtml)

ของร่องรอยที่เรียกว่า “เปลือกหลอม” (fusion crust) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเปลือกบาง ๆ สีดำประกายที่บริเวณผิว ร่องรอยเปลือกหลอมนั้นเกิดจากการเผาไหม้ขณะอยู่ในชั้นบรรยากาศ โดยมีรายละเอียดการแบ่งประเภทอุกกาบาตตามองค์ประกอบดังนี้

อุกกาบาตหิน เป็นอุกกาบาตพวกที่ประกอบด้วยหินแก้วซิลิเกตเป็นส่วนใหญ่ มีความหนาแน่นต่ำและมีมากที่สุด แบ่งย่อย เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดคอนไดร์ท (Chondrites) และ ชนิดอครอนไดรท์ (Achondrites) ดังภาพที่ 2.13

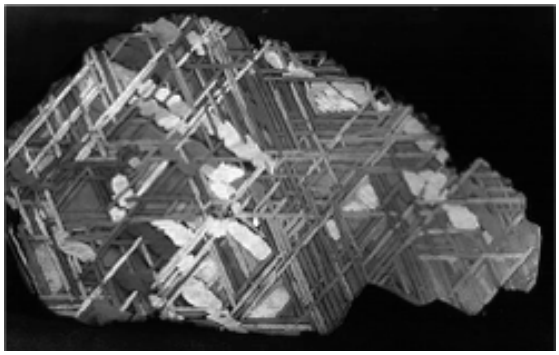


ภาพที่ 2.13 (a) อุกกาบาตหินชนิดชนิดคอนไดร์ท (Chondrites) มีคอนดรูล กระจายอยู่ทั่วทั้งก้อนของอุกกาบาต, (b) อุกกาบาตหินชนิด ออครอนไดรท์ (Achondrites) จะไม่มีคอนดรูล อยู่ภายในเนื้อของก้อนอุกกาบาต (อ้างอิง: https://www.simonhanmer52.ca/achondrites.html)

สิ่งที่บ่งชี้ว่าอุกกาบาตหินจะเป็นชนิดชนิดคอนไดร์ท (Chondrites) หรืออครอนไดรท์ (Achondrites) นั้นคือสิ่งที่เรียกว่า คอนดรูล (Chondrules ซึ่งเป็นเม็ดอนุภาคทรงกลมขนาดไม่กี่มิลลิเมตร กระจายอยู่ทั่วทั้งก้อนของอุกกาบาต โดยคอนดรูลเหล่านี้อุดมไปด้วยแร่ซิลิเกต โอลิวีน (Olivine) และไพรอกซีน (Pyroxene) ส่วนอุกกาบาตหินแบบอครอนไดรท์ เป็นอุกกาบาตที่ไม่มีคอนดรูล มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์หรือหินอัคนีบนโลก ซึ่งเป็นอุกกาบาตที่มีต้นกำเนิดมาจากวัตถุต้นกำเนิดขนาดใหญ่ อย่างเช่นดาวเคราะห์น้อย หรือเศษชิ้นส่วนของดาวเคราะห์ เช่นดาวอังคาร จากข้อมูลนักดาราศาสตร์มีการค้นพบอุกกาบาตชนิดนี้น้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนอุกกาบาตหินชนิดคอนไดร์ท

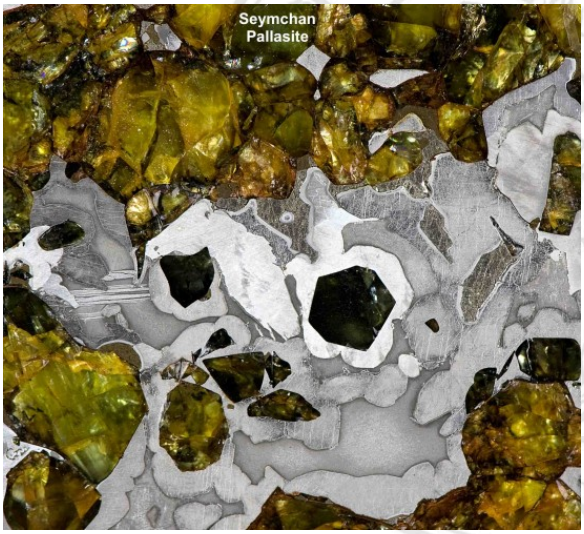
อุกกาบาตเหล็ก ประกอบด้วยโลหะผสม 2 ชนิด คือเหล็กและนิกเกิล ตัวอุกกาบาตมีความหนาแน่นสูง โดยมีเหล็กเป็นส่วนประกอบประมาณ 90 % อุกกาบาตประเภทนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ผลึกหยาบของแร่เหล็กที่ชื่อว่า คามาไซด์ (Kamacite) แร่อื่น ๆ โดยเฉพาะแร่เหล็ก-นิกเกิล แทไนต์ (Taenite) มักจะเกิดตามระนาบแลตทิส (Lattice planes) หากทำการผ่าและขัดพื้นผิวของชิ้นส่วนอุกกาบาตเราจะพบ แนวเส้นตัดกันที่เรียกว่า โครงสร้างวิดแมนสทาแทน (Widmanstatten structure) ผลึกที่มีขนาดใหญ่ของอุกกาบาตประเภทนี้แสดงถึงการเย็นตัวที่มากพออย่างช้า ๆ อุกกาบาตประเภทเหล็กเป็นที่สนใจกันมาก เนื่องจากเชื่อว่ามีส่วนประกอบคล้ายกับแกนโลก ดังภาพที่ 2.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.14 แสดงพื้นที่หน้าตัดของอุกกาบาตเหล็กหลังจากขัดพื้นผิวแล้ว ทำให้เห็นโครงสร้างวิดแมนสทาแทน (อ้างอิง:http://www.daviddarling.info/encyclopedia/W/Widmanstatten_pattern.html)

อุกกาบาตหิน-เหล็ก เป็นพวกที่ประกอบด้วยหินและโลหะ มีส่วนประกอบของหินแทรกอยู่ในเนื้อเหล็กคือ จะเป็นเหล็กครึ่งหนึ่ง และส่วนเหลือเป็นแก้วซิลิเกต ดังภาพที่ 2.15

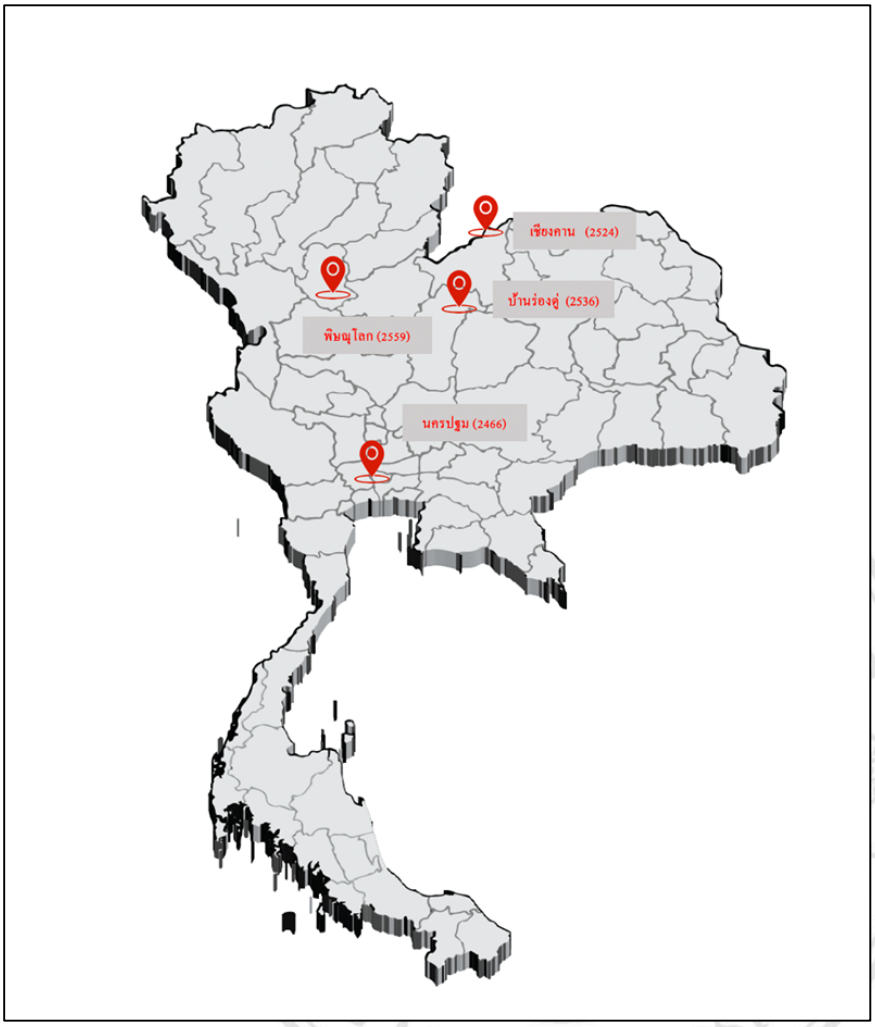


ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างอุกกาบาตหิน-เหล็กหลังจากผ่าอุกกาบาตและขัดผิว จะแสดงลักษณะที่มีทั้งหินและเหล็กอยู่ในก้อนเดียวกัน (อ้างอิง: https://meteorites.asu.edu/meteorites/meteorite-types/stony-iron-meteorites)

2.2.2 ข้อมูลการค้นพบอุกกาบาตในประเทศไทย

อุกกาบาตที่พบบนพื้นโลกนั้นมีอยู่จำนวนมาก หลายพื้นที่ทั่วโลก ทุก ๆ ประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญกับการศึกษาอุกกาบาต รวมถึงการบันทึกประวัติความเป็นมาของอุกาบาตที่พบ หากอุกกาบาตก้อนใดมีการบันทึกเวลาการตก ขนาด น้ำหนัก หรือความหนาแน่นเอาไว้ได้ ก็จะทำให้อุกกาบาตก้อนนั้นมีความน่าสนใจเยอะมากขึ้น รวมในแง่ของราคาซื้อ – ขาย ก็สูงมากขึ้นด้วย ประเทศไทยเองก็มีการพบอุกกาบาตและได้ทำการบันทึกข้อมูลไว้เช่นกัน นับถึงปัจจุบันประเทศไทยมีรายงานการค้นพบก้อนอุกกาบาตที่ได้รับการยืนยันแล้วว่าเป็นอุกกาบาตของจริง 4 ครั้ง ได้แก่ อุกกาบาตนครปฐม อุกกาบาตเชียงคาน อุกกาบาตบ้านร่องดู่และอุกกาบาตบัวล้อม (ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยเป็นคนกำหนดชื่อขึ้นเอง) ซึ่งการตั้งชื่ออุกกาบาตที่พบในประเทศไทยนี้ส่วนมากจะตั้งชื่อตามสถานที่ที่พบ ดังภาพที่ 2.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.16 แสดงจุดตกของอุกกาบาตในประเทศไทย ภาพโดย: ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

อุกกาบาตนครปฐม มีทั้งหมดสองก้อน ก้อนเล็กหนัก 9.6 กิโลกรัม รวมสองก้อนหนักถึง 32.2 กิโลกรัม เป็นเหตุการณ์ที่วัตถุต้นกำเนิดเคลื่อนที่เข้ามาในบรรยากาศโลกเมื่อเวลาประมาณ 21.00 น. ของคืนวันศุกร์ที่ 21 ธันวาคม พ.ศ. 2466 โดยมีชิ้นส่วนอุกกาบบาตทะลุผ่านหลังคายุ้งข้าวของนายยอด ตำบลดอนยายหอม อำเภอเมืองฯ จังหวัดนครปฐม อุกกาบาตก้อนนี้เป็นอุกกาบาตหิน มีเหล็กเป็นส่วนผสมประมาณ 22% รัฐบาลไทยได้อนุญาตให้สหรัฐอเมริกาขอยืมก้อนเล็กไปศึกษา และได้บริจาคชิ้นส่วนหนัก 413 กรัมให้พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติสหรัฐฯ

อุกกาบาตเชียงคานเป็นอุกกาบาตหิน ประกอบด้วยอุกกาบาตก้อนเล็ก ๆ หลายก้อน ค้นพบหลังจากมีลูกไฟขนาดใหญ่สว่างกว่าแสงจันทร์ พุ่งผ่านท้องฟ้าภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเมื่อเวลา 5.30 น. ของเช้ามืดวันอังคารที่ 17 พฤศจิกายน 2524 ลูกไฟนั้นไประเบิดเหนือท้องฟ้าอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ใกล้พรมแดนไทย-ลาว มีเสียงดังกึกก้องได้ยินไปทั่วจังหวัดเลยและจังหวัดที่อยู่ใกล้เคียง อุกกาบาตตกกระจัดกระจายในพื้นที่ประมาณ 24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางกิโลเมตร ทีมสำรวจจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นำโดย ดร.ระวี ภาวิไล เก็บรวบรวมอุกกาบาตได้ 31 ก้อน น้ำหนักรวม 367 กรัม ลูกใหญ่ที่สุดหนัก 51.3 กรัม มีข้อสันนิษฐานว่าหากอุกกาบาตเชียงคานไม่ได้เป็นชิ้นส่วนจากแถบดาวเคราะห์น้อยหลักซึ่งโคจรอยู่ระหว่างวงโคจรของดาวอังคารกับดาวพฤหัสบดี มีความเป็นไปได้ว่ามันอาจจะเป็นชิ้นส่วนของดาวหางเทมเพล-ทัตเทิล ต้นกำเนิดของฝนดาวตกสิงโต ฝนดาวตกที่เกิดเป็นประจำในวันที่ 16-17 พฤศจิกายนของทุกปี ซึ่งประเทศไทยและเอเชียมองเห็นได้มากและชัดเจนเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2544

อุกกาบาตบ้านร่องดู่ เป็นอุกกาบาตที่ตกลงมาในคืนวันอาทิตย์ที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2536 เวลาประมาณ 20.45 น. บริเวณพื้นที่ใกล้บ้านของนายสาลีและนางคำหล้า รักก้อน บ้านร่องดู่ ตำบลลานบ่า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ การตรวจสอบโดยนายสิโรตม์ ศัลยพงษ์ และ ดร.ปริญญา พุทธาภิบาล ฝ่ายวิจัยธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ยืนยันว่าเป็นอุกกาบาตเหล็ก มีประกายโลหะและความถ่วงจำเพาะสูง พบริ้วโลหะเป็นทางบนผิวอุกกาบาตซึ่งเกิดจากการเสียดสีกับบรรยากาศโลก ผิวนอกสุดมีรอยไหม้ ด้านหนึ่งมีรอยยุบบุบแบบก้นหม้อ อีกด้านฉีกขาดเป็นร่องหลืบ ลักษณะทั่วไปคล้ายตะกรันโลหะ ต่างกันที่ไม่มีรูพรุน รูปร่างของอุกกาบาตบ้านร่องดู่ คล้ายลูกสะบ้า กว้าง 7.5 นิ้ว ยาว 10 นิ้ว หนา 4.5 นิ้ว น้ำหนัก 16.7 กิโลกรัม ความถ่วงจำเพาะ 8.08 บริเวณที่พบอุกกาบาตเป็นที่ดอนดินปนทราย เนื้อแน่นปานกลาง ความชื้นต่ำ ลูกอุกกาบาตมุดลงไปในดินขณะไปตรวจสอบซึ่งเป็นเวลาหลังจากเอาลูกอุกกาบาต ออกมาแล้วพบว่าบริเวณนั้นเป็นหลุมลึก 110 เมตร ประเมินได้คร่าว ๆ ว่าอุกกาบาตพุ่งมาจากทิศใต้เฉียงไปทางตะวันตก 15 องศา และพุ่งลงมาโดยทำมุมประมาณ 80 องศากับพื้นราบ (อ้างอิง: พิชิต อิทธิศานต์ นิตยสารอัพเดท ฉบับกรกฎาคม 2536)

อุกกาบาตบัวล้อม (เป็นชื่อที่ผู้ทำวิจัยและกลุ่มวิจัยตั้งขึ้น) เหตุการณ์เกิดขึ้นเมื่อวันที่ เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 เมื่อเวลาประมาณ 07:30 มีอุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้าน นางบัวล้อม ชโลมไพร บ้านเลขที่ 155 หมู่ 3 ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก ขณะที่นางบัวล้อมและสมาชิกในครอบครัวกำลังนั่งรับประทานอาหารเช้า ได้มีเสียงระเบิดดังขึ้นหนึ่งครั้ง จากนั้นก็ได้ยินเสียงเหมือนวัตถุกระทบหลังคาบ้าน ก่อนที่ตนจะวิ่งไปดู และพบว่ากรอบรูปหลวงปู่แหวนที่ตนติดไว้สักการะบูชาบริเวณฝาผนังบ้านตกลงมากระทบกับพื้นบ้าน (พื้นไม้) แตกกระจัดกระจาย และพบรูขนาดกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร ใกล้กับกรอบรูปดังกล่าว ตนได้ลองสำรวจหาสาเหตุพบว่ามีหินตกอยู่ที่พื้นเป็นหินก้อนใหญ่ 1 ก้อน หนักประมาณ 300 กรัม และมีเศษหินก้อนเล็ก ๆ อยู่ในบริเวณนั้นอีก 4 ก้อน ตนได้หยิบหินก้อนใหญ่ขึ้นมาดู พบว่าหินก้อนดังกล่าวมีความร้อนอยู่ และค่อย ๆ เย็นตัวลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นตนได้เรียกสามีและบุตรชายมาดูชิ้นส่วนของก้อนหินดังกล่าว และช่วยกันสำรวจความเสียหายเพิ่มเติม พบชิ้นส่วนของหินดังกล่าวเพิ่มเติมอีกหนึ่งก้อน รวมถึงเศษชิ้นส่วนขนาดเล็กอีกจำนวนหนึ่ง และพบร่องรอยความเสียหายของหลังคาเป็นรูกว้างประมาณ 9 เซนติเมตร ก่อนที่ลูกชายของนางบัวล้อม จะนำข้อมูลดังกล่าวไปโพสต์ลงในเฟซบุ๊คส่วนตัว และแจ้งเรื่องราวดังกล่าวต่อผู้ใหญ่บ้าน หมู่ 3 ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก จนมีนักข่าวในท้องที่เริ่มไปสัมภาษณ์ข้อมูลทำให้ข้อมูลเรื่องอุกกาบาตตกนี้แพร่หลายไปอย่างรวดเร็ว สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ได้ส่งทีมเจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์โดยมีผู้วิจัยและกลุ่มทีมวิจัยได้ลงพื้นที่ไปเก็บข้อมูล ซึ่งนางบัวล้อม ชโลมไพรได้มอบเศษชิ้นส่วนของอุกกาบาตก้อนเล็กให้ให้กับ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เพื่อนำ ไปศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (SEM) ณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าหินอุกกบาตชุดนี้เป็นหินอุกกาบาตหินชนิดอครอนไดรท์ ซึ่งไม่มีคอนดรูล โดยมีรายละเอียดของอุกกาบาตบัวล้อมนี้อยู่ในบทที่ 3

ทั้งนี้จากการติดตามข้อมูลล่าสุด พบว่านางบัวล้อม ชโลมไพร ได้ทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตเพิ่มเติม ทำให้พบชิ้นส่วนอุกกาบาตก้อนใหญ่อีกหนึ่งก้อน มีน้ำหนักประมาณ 200 กรัม โดยไม่ได้แจ้งข่าวนี้ให้กับนักข่าว หรือเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานของรัฐฯ และไม่อนุญาติให้ใครถ่ายรูปอุกกาบาตดังกล่าว ทางผู้วิจัยและกลุ่มวิจัยจึงมีข้อมูลภาพที่ได้จากการลงพื้นที่ในช่วงแรก ๆ เท่านั้น ดังภาพที่ 2.17

ภาพที่ 2.17 (a) ภาพขณะที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลเพิ่มเติมของอุกกาบาต (b) ภาพชิ้นส่วนอุกกาบาตทั้งหมดที่นางบัวล้อม ชโลมไพร เก็บได้ ทั้งหมด 5 ก้อน (c) ความเสียของหลังคาที่เกิดจากการถูกอุกกาบาตพุ่งชน มีความกว้างประมาณ 9 เซนติเมตร (d) ความเสียหายของผนังที่เกิดจากชชิ้นส่วนของอุกกาบาตพุ่งชนหลังจากเดินทางทะลุหลังคาด้วยความเร็วสูง

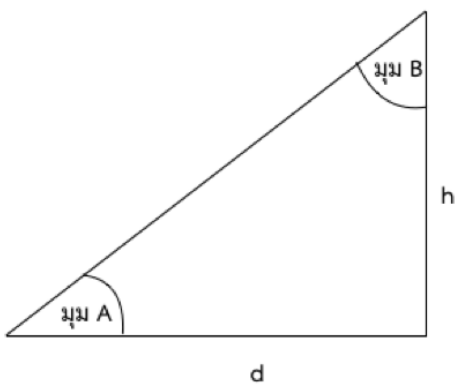
2.2.3 การค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต

การค้นหาและศึกษาชิ้นส่วนอุกกาบาตถือเป็นการศึกษาความเป็นมาของระบบสุริยะอีกทางหนึ่ง ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าวัตถุต้นกำเนิดของอุกกาบาตนี้มีเป็นกลุ่มวัตถุที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับดาวเคราะห์ดวงอื่น ๆ ในระบบสุริยะ ในอดีตการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นนักดาราศาสตร์จะเริ่มต้นจากการค้นหาร่องรอยของหลุมอุกกาบาต หากมีวัตถุขนาดใหญ่พุ่งชนจะเกิดหลุมอุกกาบาตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเศษวัสดุที่สาดกระเด็นจากการพุ่งชนก็จะมีปริมาณมากขึ้น และกินพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง แต่หลุมอุกกาบาตบนโลกนั้นสังเกตยากมากขึ้น ยิ่งมีอายุมากขึ้นความยากในการค้นหาร่องรอยหลุมอุกกาบาตก็จะเพิ่มเป็นทวีคูณ เนื่องจากสภาพอากาศ ฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นตัวกาลในการลบร่องรอยของหลุมอุกกาบาต การค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากร่องรอยของหลุมจึงเป็นเรื่องยากมาก นอกจากนี้ปริมาณพลังงานจลน์ของวัตถุที่เข้ามาพุ่งชนก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ แต่กรณีของการพุ่งชนด้วยวัตถุขนาดเล็กลง เช่น เหตุการณ์ลูกไฟตกนั้นจะแตกต่างกัน ด้วยปริมาณพลังงานจลน์ของวัตถุที่เข้ามาพุ่งชนน้อย จึงไม่สามารถทำให้เกิดหลุมได้หรือเพียงแต่เกิดหลุมที่มีขนาดเล็ก การค้นหาร่องรอยของหลุมจึงทำได้ยากกว่ามาก แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ปัจจุบันมีกล้องถ่ายภาพ กล้องวีดีโอ หรือกล้องวงจรปิดที่สามารถเก็บบันทึกภาพเหตุการณ์ ร่องรอยควันหรือคอนเทรลที่เหลือทิ้งไว้ในอากาศขณะที่ลูกไฟเคลื่อนที่ผ่าน นักดาราศาสตร์จึงสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพคอนเทรลเพื่อใช้ค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตได้ โดยวิธีการวัดความสูงของคอนเทรลจากภาพถ่ายดาวพื้นหลัง (star background) ในตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งคอนเทรลที่บันทึกภาพได้เพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งคอนเทรลกับดาวบนท้องฟ้า ที่รู้ค่ามุมในแนวราบ (Azimuth) อยู่แล้วจากการวัดค่าพิกัดมุมในแนวราบ ณ ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ทำการถ่ายภาพ (ตำแหน่งที่ทำการถ่ายภาพดาวพื้นหลังคือตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งผู้สังเกต) จากนั้นทำการเลือกดาวที่อยู่บริเวณเดียวกันกับคอนเทรล พร้อมกับบันทึกค่าพิกัดขอบฟ้าของดาวในแต่ละจุดไว้ และนำค่าพิกัดค่ามุมในแนวราบที่ได้ไปลงจุดในแผนที่แสดงดังภาพที่ 2.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.18 แสดงตัวอย่างการลงจุดบนแผนที่ หลังจากการปรับเทียบภาพคอนเทรลกับดาวพื้นหลัง

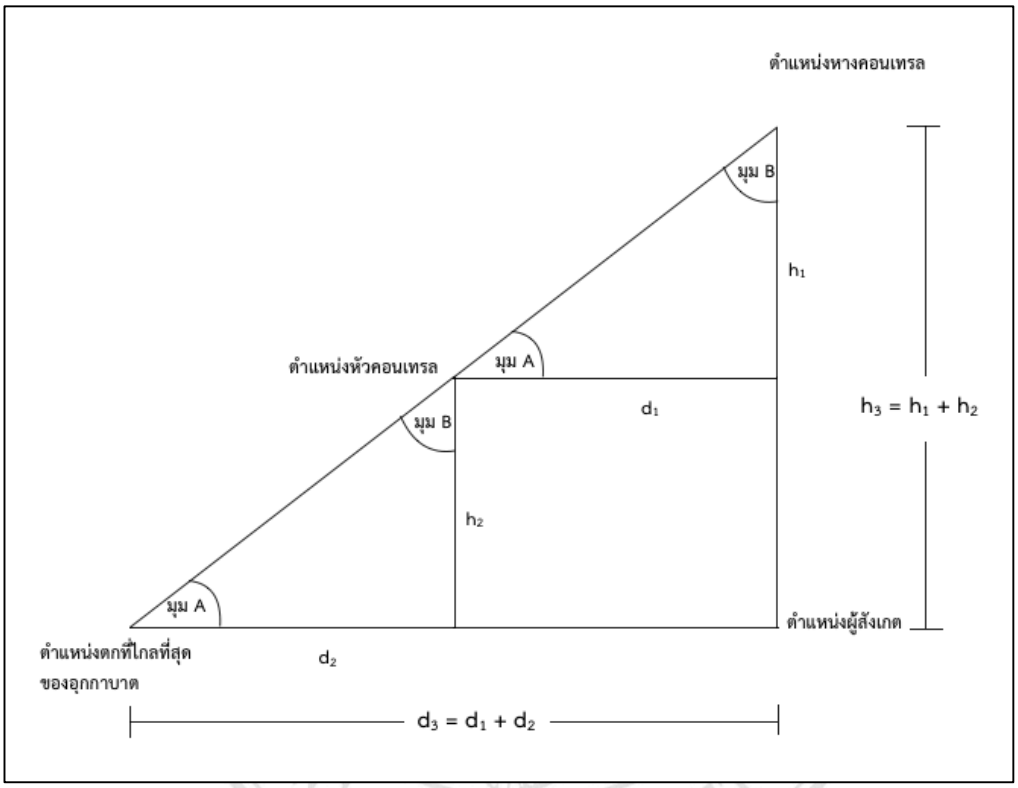
หลังจากการลงจุดในแผนที่นักดาราศาสตร์สามารถเทียบระยะทางจากผู้สังเกตไปจนถึงตำแหน่งของคอนเทรลจากการวัดระยะในแผนที่ จากนั้นทำการวัดความสูงของดาวพื้นหลังซึ่งอยู่ ณ ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งของหัวและหางของคอนเทรลตามหลักตรีโกณมิติได้เช่นเดียวกับการหาความสูงของวัตถุทั่วไป และทำการคำนวณลักษณะเดียวกันนี้กับจุดที่ทำการถ่ายภาพทุก ๆ สถานที่ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถหาค่าความสูงตำแหน่งหัวและตำแหน่งหางของคอนเทรลได้ รวมถึงสามารถหาค่ามุมที่อุกกาบาตตกกระทำกับพื้นโลก (มุม A) ตามสมการ มุม $A = \tan^{-1}(h/d)$ ได้ แสดงดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 แสดงการคำนวณความสูงของตำแหน่งคอนเทรลจากภาพถ่ายหลังจากการถ่ายภาพเปรียบเทียบกับดาวพื้นหลังตามหลักตรีโกณมิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

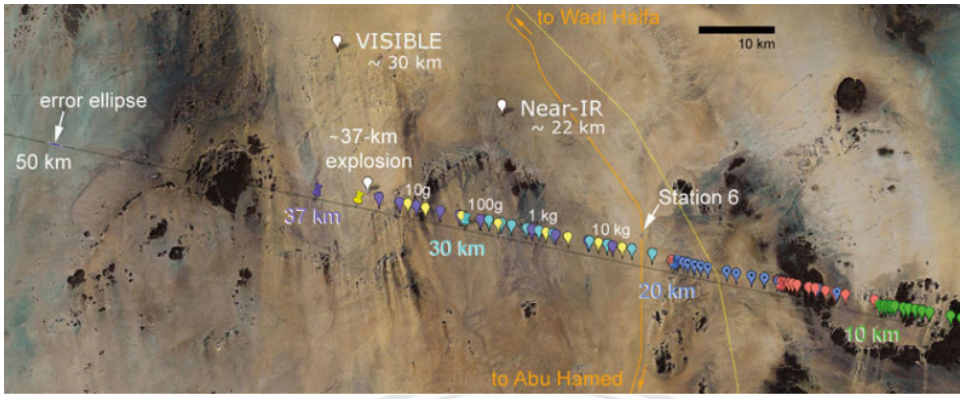
เมื่อได้ค่าความสูงของตำแหน่งหัวและหางของคอนเทรลแล้วสามารถนำค่าความสูงและมุมที่ได้ไปคำนวณหาความสูงที่แน่นอนของคอนเทรลจากพื้นดินพร้อมกับคำนวณหาระยะที่อุกกาบาตจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดได้ด้วยหลักการตรีโกณมิติเช่นได้เดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การคำนวณความสูงของคอนเทรลจากพื้นดิน พร้อมกับการคำนวณระยะทางที่อุกกาบาตจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดนับจากตำแหน่งผู้สังเกต ตามหลักตรีโกณมิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากทำการคำนวณความสูงและระยะทางที่อุกกาบาตเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดเสร็จสิ้น นักดาราศาสตร์สามารถกำหนดวิถีการตก (trajectory) ของอุกกาบาตได้เช่นเดียวกับการค้นหาชิ้นส่วนดาวเคราะห์น้อย 2008TC_3 ซึ่งใช้กระบวนการค้นหาจากการชิ้นส่วนอุกกาบาตจากภาพคอนเทรล เพื่อกำหนดวิถีการตก และทำการค้นหาอุกกาบาตตามแนววิถีการตกมีการค้นพบชิ้นส่วนอุกกาบาตจำนวน 600 ชิ้น ตลอดแนววิถีการตกในทะเลทราย นูเบีย ประเทศซูดาน จากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม ค.ศ. 2551 มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 10.7 กิโลกรัม โดยอุกกาบาตก้อนใหญ่ที่สุดมีน้ำหนัก 378 กรัม โดยทำการค้นหาในพื้นที่ 30 X 7 กิโลเมตร (Shaddad, et al., 2010) แสดงดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 แสดงวิถีการตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตบริเวณทะเลทรายนูเบีย ณ ประเทศซูดานจากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม ค.ศ. 2008 (Shaddad, et al.,2010)

และการค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาตเชลยาบินส์ ประเทศรัสเซีย ณ ทะเลน้ำแข็งเชลบากุล เมืองเชลยาบินส์ ประเทศรัสเซีย จากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2013 พบอุกกาบาตจำนวนทั้งหมด 939 ชิ้น มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 639 กิโลกรัม โดยอุกกาบาตก้อนใหญ่ที่สุดมีน้ำหนักถึง 570 กิโลกรัม ซึ่งทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในพื้นที่รัศมี 30 กิโลเมตร (Popova, et al., 2013) ดังแสดงภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 แสดงวิถีการตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตบริเวณทะเลน้ำแข็งเชลบากุล เมืองเชลยาบินส์ ประเทศรัสเซีย จากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2013 (Popova, et al., 2013)

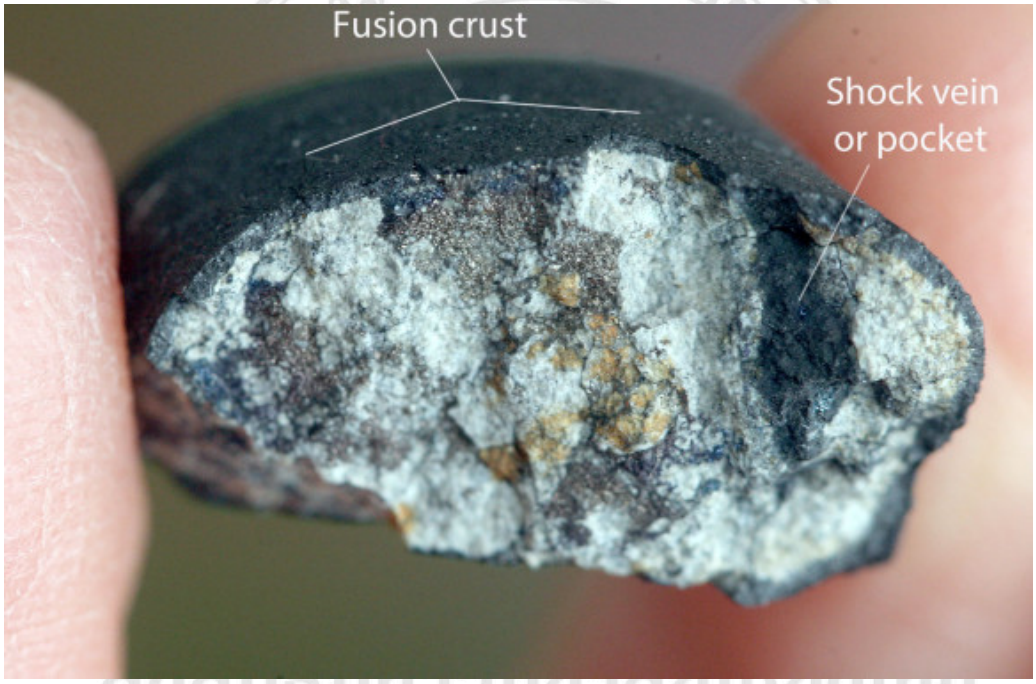
2.2.4 วิธีการจำแนกประเภทของอุกกาบาต

นักดาราศาสตร์แบ่งประเภทของอุกกาบาตที่พบอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ อุกกาบาตหิน อุกกาบาตเหล็ก และอุกกาบาตเหล็กปนหิน สำหรับบุคคลทั่วไปการค้นหาอุกกาบาตทั้ง 3 ประเภทบนพื้นโลกนั้นทำได้ยากพอสมควรเนื่องจากลักษณะของชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นอาจจะ

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีความคล้ายคลึงกับเศษหินหรือกรวดที่กระจายอยู่บนพื้นทั่วไป นักดาราศาสตร์มีวิธีการค้นหาและจำแนกอุกกาบาตออกจากหินและกรวดบนพื้นโลกดังนี้

ขั้นแรกของการจำแนกอุกกาบาตคือการจำแนกด้วยตาเปล่า ด้วยการสังเกตลักษณะพื้นผิวของอุกกาบาต โดยเฉพาะอุกกาบาตหินซึ่งจะมีเอกลักษณ์ที่แตกต่างจากหินทั่วไป คือมี “เปลือกหลอม” (fusion crust) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเปลือกบางๆ สีดำประกายที่บริเวณผิว ร่องรอยเปลือกหลอมนั้นเกิดจากการเผาไหม้ขณะอยู่ในชั้นบรรยากาศ อุกกาบาตประเภทหินที่ตกลงมาใหม่ๆ จะดูคล้ายกับถ่านหินอัดแน่น แต่ก็ยังคงแสดงเปลือกหลอมอยู่ และมักปรากฏเป็นสีเข้มกว่าหินโดยทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 2.23



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.23 แสดงลักษณะของอุกกาบาตหินที่มีร่องรอยเปลือกหลอม (อ้างอิง: https://www.universetoday.com/109376/happy-1st-anniversary-chelyabinsk-the-fireball-that-woke-up-the-world/)

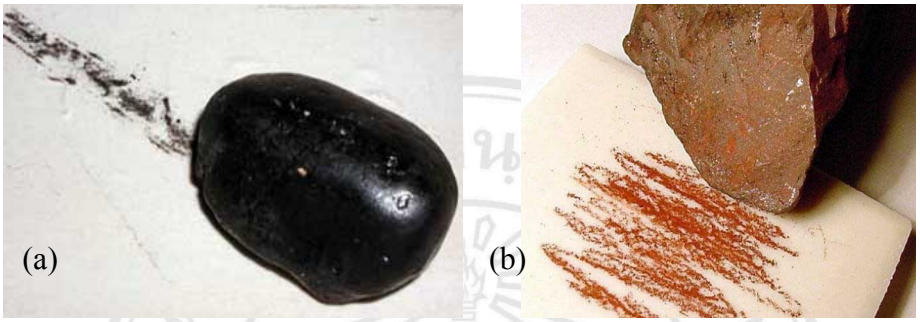
ส่วนกรณีอุกกาบาตเหล็กมักแสดงรอยยุบคล้ายรอยนิ้วมือทั่วทั้งก้อน เกิดขึ้นเนื่องจากผิวเกิดการหลอมเนื่องจากความร้อนในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศโลก ดังแสดงในภาพที่ 2.24

ภาพที่ 2.24 อุกกาบาตเหล็กที่มีร่องรอบยุบคล้ายกับรอยนิ้วมือทั่วทั้งก้อน (อ้างอิง:http://meteorite-identification.com)

ขั้นที่สองของการจำแนกอุกกาบาต คือการตรวจสอบโดยแม่เหล็กซึ่งโดยทั่วไปอุกกาบาตทุกประเภทจะดูดติดกับแม่เหล็กได้ หากอุกกาบาตนั้นไม่ดูดติดกับแม่เหล็กก็ค่อนข้างมั่นใจได้ว่าหินนั้นไม่ใช่อุกกาบาต อย่างไรก็ตามถ้าตัวหินตัวอย่างสามารถดูดติดแม่เหล็กได้ก็ไม่ได้หมายความว่ามันคืออุกกาบาต 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็สามารถสันนิษฐานเบื้องต้นได้ว่าอาจจะเป็นอุกกาบาต ดังแสดงในภาพที่ 2.25

ภาพที่ 2.25 แสดงวิธีการตวจสอบอุกกาบาตโดยการทดสอบความเป็นเหล็กด้วยแม่เหล็ก (อ้างอิง: http://meteorite-identification.com)

ขั้นที่สามของการจำแนกอุกกาบาต คือการตรวจสอบสีผงโดยนำตัวอย่างไปขูดกับแผ่นกระเบื้องที่ไม่ผ่านการเคลือบ เช่น หลังแผ่นกระเบื้องห้องน้ำ หรืออาจจะเป็นแก้วกาแฟเซรามิกขูดขีดธรรมดาคล้ายกับเขียนชอล์คบนกระดาน ถ้าเกิดสีผง (streak color) ที่ติดกระเบื้องเป็นน้ำตาลแดงเข้ม หรือสีสนิม ตัวอย่างนั้นน่าจะเป็นฮีมาไทต์ ถ้าสีผงเป็นสีเทาเข้ม ตัวอย่างนั้นอาจจะแมกนีไทต์ ส่วนอุกกาบาตประเภทเหล็กนั้นโดยทั่วไปจะไม่ปรากฏสีผง หรือมีเป็นรอยสีเทาจางๆ เท่านั้น ภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 (a) แสดงสีผงของอุกกาบาตสีเทาเข้ม ที่มีแร่แมกนีไทต์ เป็นส่วนประกอบ (b) แสดงสีผงน้ำตาลแดงเข้ม หรือสีสนิม ที่มีแร่ฮีมาไทต์ เป็นส่วนประกอบ

ขั้นที่สี่ของการจำแนกอุกกาบาต คือการตรวจสอบนิกเกิลด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากอุกกาบาตส่วนใหญ่ประกอบด้วยเหล็กและนิกเกิล หินบนโลกที่ตามธรรมชาติจะไม่มีนิกเกิล ดังนั้นถ้ามีการตรวจพบปริมาณนิกเกิลสูงในตัวอย่างก็อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นอุกกาบาต

ทั้งนี้หากนักวิทยาศาสตร์ต้องการทราบองค์ประกอบทางเคมีที่ชัดเจน ก็สามารถทำได้โดยการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตดังกล่าวไปไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) ซึ่งกล้องจุลทรรศน์ประเภทนี้สามารถแสดงภาพมิติของพื้นผิวของวัตถุได้ ทำให้เราเห็นลักษณะสัณฐานวิทยา เช่น ลักษณะของลวดลาย ลักษณะรูปร่างของแร่องค์ประกอบที่ฝังอยู่ในเนื้อของอุกกาบาต หรือแม้แต่หาปริมาณของแร่องค์ประกอบที่อยู่ในก้อนอุกกาบาตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

3.1 กระบวนการวางแผนการเก็บข้อมูลเหตุการณ์ลูกไฟ

เหตุการณ์ลูกไฟตกจากฟ้านี้ เป็นสิ่งที่นักดาราศาสตร์และนักล่าอุกกาบาตต่างให้ความสำคัญในการ เก็บข้อมูล ด้วยเป้าหมายเดียวกันคือ ต่างต้องการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตเพื่อนำ ไปศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับวัตถุต้นกำเนิด และเพื่อการค้าขาย นักล่าอุกกาบาตหลาย ๆ คน มีรายได้มหาศาลจากการค้นหา อุกกาบาตมาขายในท้องตลาด ทั้งนี้หากมีเหตุการณ์ลูกไฟตกเกิดขึ้น สิ่งแรกที่ผู้ค้นหาจะปฏิบัติคือต้อง รวบรวมข้อมูลภาพจากแหล่งข้อมูลที่ถูกเผยแพร่อยู่ในสื่อออนไลน์ให้ได้มากที่สุดและมีความถูกต้องที่สุด อาทิ ข้อมูลภาพนิ่งที่ถูกบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพในโทรศัพท์มือถือซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นภาพคอนเทรลที่ทิ้งไว้ในอากาศ ข้อมูลวีดีโอเหตุการณ์ที่ได้จากกล้องวิดีโอที่ติดอยู่ภายในรถยนต์ หรือแม้แต่ข้อมูลวิดีโอที่ได้จากกล้องวงจรปิดที่ติดอยู่ตามบ้านเรือนหรืออาคารสำนักงานของทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ข้อมูลเหล่านี้สามารถระบุทิศทางการเคลื่อนที่ ความสูง ข้อมูลจากการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวขณะที่วัตถุเกิดการระเบิด ขึ้นก่อนตกลงสู่พื้นโลก หรือแม้แต่ความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะที่ลูกไฟเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กับพื้นโลกได้ หลังจากการรวบรวมข้อมูลภาพจากแหล่งข้อมูลที่กล่าวมาเบื้องต้น ผู้ศึกษาจะต้องทำการลงพื้นที่เพื่อหาพยานผู้พบเห็นเหตุการณ์และสัมภาษณ์ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลในฐานข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟ

ทั้งนี้หลังจากการรวบรวมข้อมูลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้ที่ต้องการศึกษาข้อมูลจะต้องทำการยืนยันตำแหน่ง ที่เจ้าของภาพ หรือเจ้าของวีดีโอเหตุการณ์ลูกไฟทำการบันทึกภาพได้ และทำการถ่ายภาพดาวพื้นหลังโดยการถ่ายภาพจากจุดเดียวกันกับภาพต้นฉบับ เพื่อนำไปคำนวณหาความสูงของกลุ่มคอนเทรลที่แท้จริงเพื่อหาระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด โดยระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดนี้จะเป็นตัวบ่งบอกสถานที่จุดตกของอุกกาบาต เพื่อประเมินความยากง่ายของการลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต จากนั้นก็ทำการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่เพื่อทำการสำรวจหาชิ้นส่วนอุกกาบาต ตามแนวทางการเคลื่อนที่ หากพบชิ้นส่วน อุกกบาตตามแนวทางการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

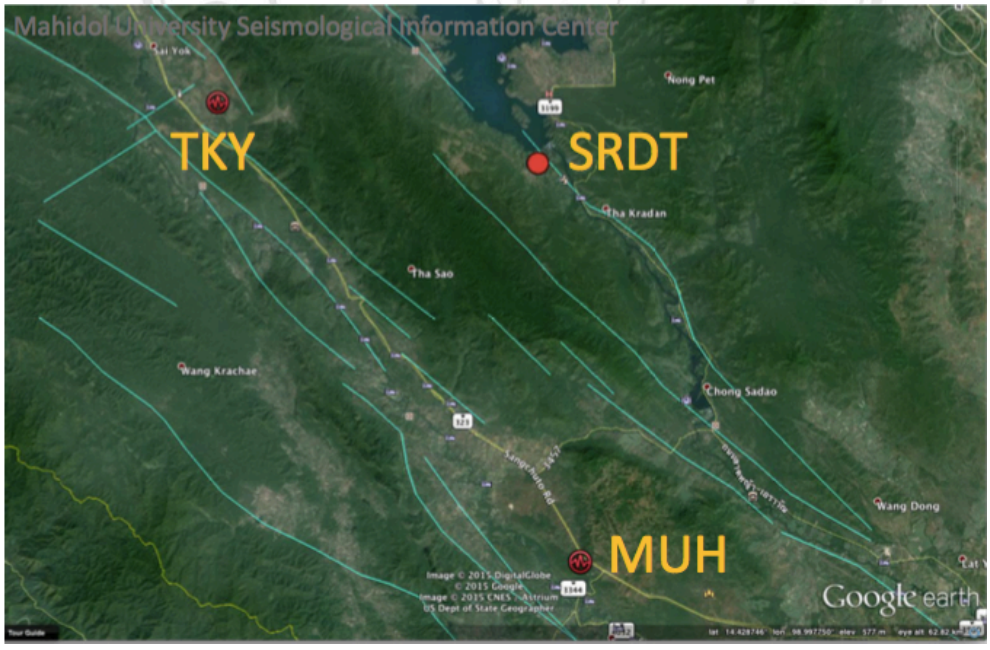
เคลื่อนที่ก็จะสามารถนำอุกกาบาตนั้นไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไปได้ กระบวนการข้างต้นนี้สามารถใช้ประกอบการหาชิ้นส่วนอุกกาบาตได้ทุกครั้งที่เกิดเหตุการณ์ลูกไฟตก นักดาราศาสตร์และนักล่าอุกกาบาตทั่วโลกต่างยอมรับ และใช้กระบวนการค้นหาอุกกาบาตดังกล่าว เช่น เหตุการณ์ลูกไฟที่ประเทศรัสเซีย เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 ก็ใช้วิธีการค้นหาเดียวกันนี้ และจากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 ของประเทศไทยนั้น ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการค้นหาแบบเดียวกันนี้ เพื่อค้นหาชิ้นส่วนของอุกกกาบาต โดยมีกระบวนการการวางแผนการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1.1 ประชุมวางแผนการปฏิบัติงาน

จากเหตุการณ์ลูกไฟตก ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากข้อมูลออนไลน์เพื่อทำโครงการเสนอต่อสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ ชื่อว่า “โครงการค้นหาวัตถุต้นกำเนิดของแสงวาบเหตุการณ์ ลูกไฟตกจากฟ้า (Fireball)” เพื่อของบประมาณสนับสนุนในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล และได้รับความอนุเคราะห์งบประมาณ จากสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการปฏิบัติงานตามโครงการดังกล่าว เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 300,000 บาท (สามแสนบาทถ้วน) เพื่อใช้ในการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการ พร้อมทั้งขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก นาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว ซึ่งท่านมีความสนใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟตกเช่นกัน โดยได้ทำการประชุมหารือเพื่อ กำหนดจุดและข้อมูลที่ได้จากประชาชนผู้พบเห็นเหตุการณ์ และโทรศัพท์หาเจ้าของข้อมูลเพื่อยืนยันว่าได้พบเห็นเหตุการณ์ลูกไฟตกจากบริเวณใดบ้าง และในขณะเกิดเหตุการณ์ได้ยิน เสียงการระเบิดหรือไม่ และได้นำข้อมูลดังกล่าวกำหนดลงบนพื้นที่เพื่อให้เห็นลักษณะของพื้นที่ทั้งหมดที่คาดว่าลูกไฟจะเคลื่อนที่ผ่าน ดังภาพที่ 3.1

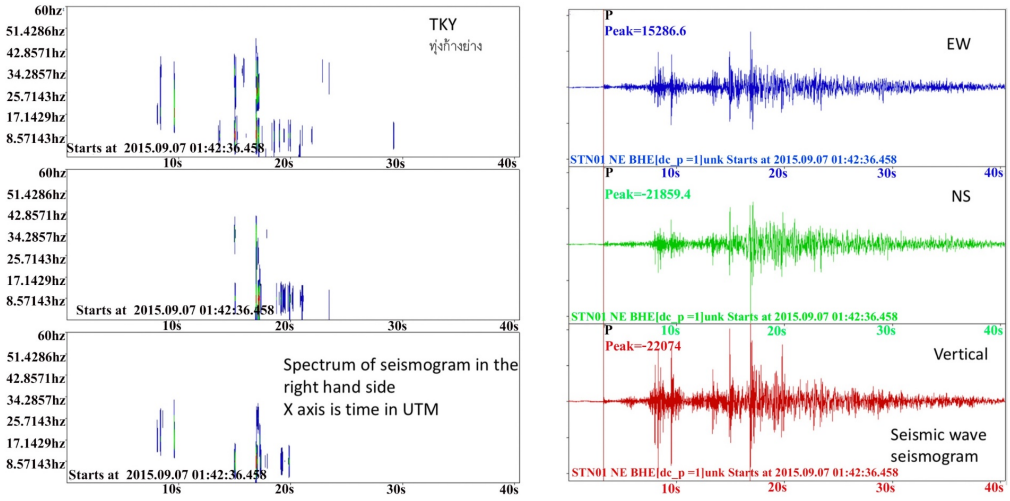
ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่การพบเห็นเหตุการณ์ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์ส่วนใหญ่บ่งชี้ว่าลูกไฟเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยก ผู้พบเห็นเหตุการณ์ในบริเวณที่แสดงสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีแดงได้ยินเสียงระเบิดดัง 5 – 6 ครั้ง ผู้พบเห็นเหตุการณ์ในบริเวณที่แสดงสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีเหลืองได้ยินเสียงระเบิดดัง 4 – 5 ครั้ง และผู้พบเห็นเหตุการณ์ในบริเวณที่แสดงสัญลักษณ์สามเหลี่ยมสีขาวได้ยินเสียงระเบิดดัง 2 ครั้ง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ติดต่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากคลื่นไหวสะเทือน (seismic wave) จาก ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ของสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังกวัดกาญจนบุรี 3 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่บริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ (SRDT) สถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่บริเวณบ้านทุ่งก้างย่าง (TKY) และสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่บริเวณมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี (MUH) โดยสถานีตรวจวัดดังกล่าวอยู่ในความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ดังภาพที่ 3.2

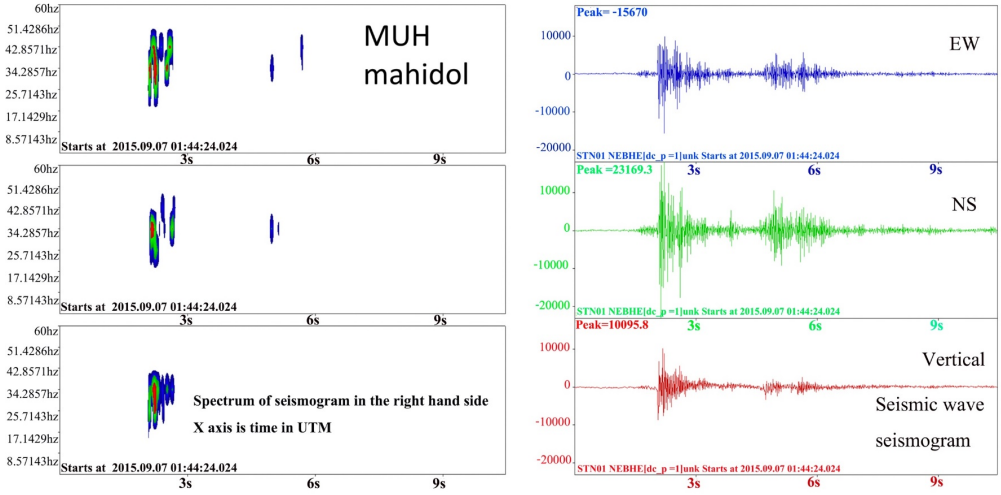


ภาพที่ 3.2 แสดงที่ตั้งสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวทีอยู่ในความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี ภาพโดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี

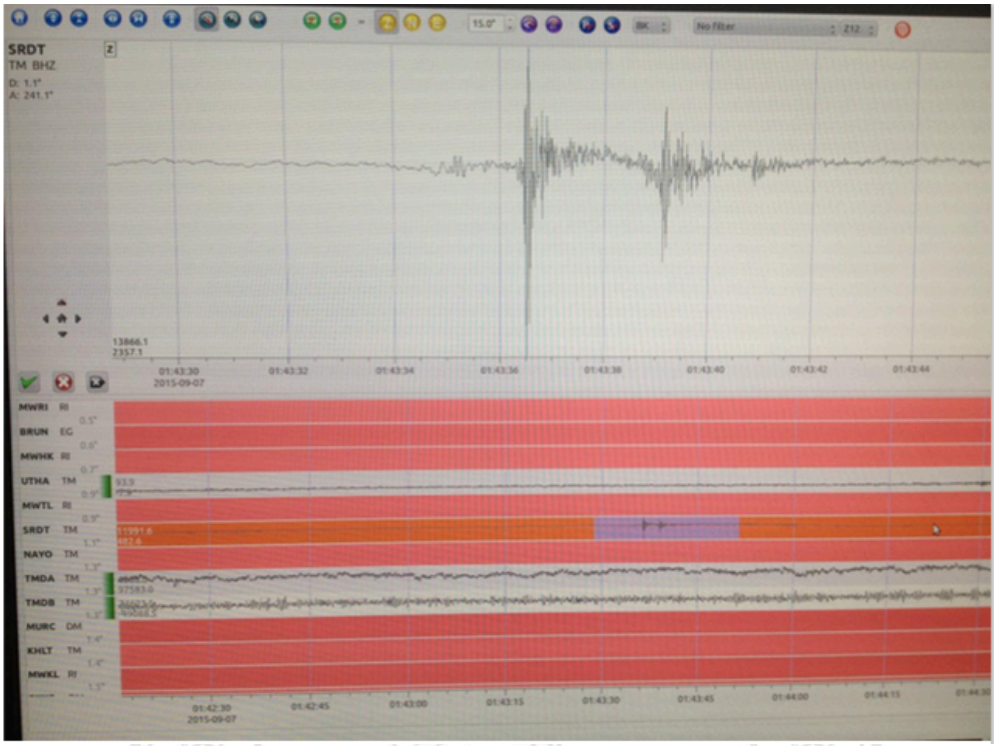
สถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 3 แห่ง สามารถตรวจวัดคลื่นไหวสั่นสะเทือนขณะที่ลูกไฟเกิดการระเบิดขึ้นในอากาศได้ ผลที่ได้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าลูกไฟที่พุ่งชนบรรยากาศโลกนั้นเกิดการระเบิดกลางอากาศ 2 ครั้งก่อนที่จะตกลงสู่พื้นดิน โดยคลื่นไหวสะเทือนที่ตรวจวัดได้แสดงให้เห็นคลื่นตามขวางที่เกิดจากความไหวสะเทือนจากแรงระเบิด 2 ครั้ง ดังภาพที่ 3.3 – 3.5



ภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นคลื่นไหวสะเทือนจากสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ณ ทุ่งก้างย่าง กาญจนบุรี ภาพโดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี



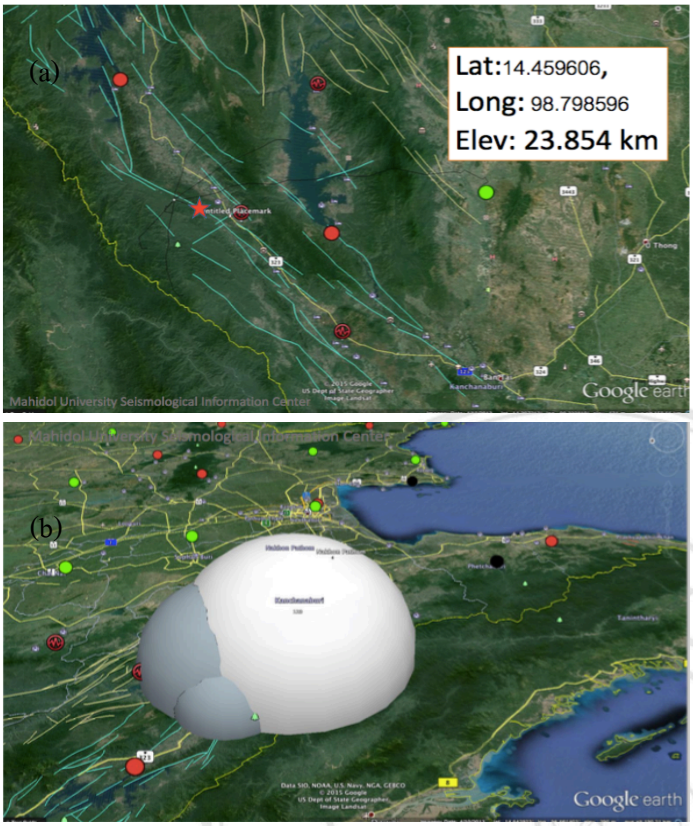
ภาพที่ 3.4 แสดงให้เห็นคลื่นไหวสะเทือนจากสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ณ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรีกาญจนบุรี ภาพโดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี



ภาพที่ 3.5 แสดงให้เห็นคลื่นไหวสะเทือนจากสถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ณ เขื่อนศรีนครินทร์ กาญจนบุรี ภาพโดย ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี

และเมื่อนำค่าที่ได้จากเครื่องวัดความไหวสะเทือนทั้ง 3 ชุด มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา โดยให้แกนนอนเป็นระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว และแกนตั้งเป็นระยะเวลาที่คลื่นไหวสะเทือนต้องใช้ในการเดินทางจากจุดกำเนิด ก็จะได้กราฟเส้นโค้งระยะทาง-เวลา (Time travel curves) นำคาบความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาระยะห่างไปยังจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว และจากเหตุการณ์ลูกไฟตกครั้งนี้ ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ดังกล่าวและระบุตำแหน่งของลูกไฟขณะระเบิด ที่ละติจูด 14.4596 องศา ลองติจูด 98.7986 องศา และความสูงที่ 23.854 กิโลเมตร จากพื้นดิน พร้อมกับระบุพื้นที่ที่คาดว่าจะเป็นจุดตกของอุกกาบาต กินพื้นที่เส้นรอบวงประมาณ 30 กิโลเมตร ดังภาพที่ 3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved



ภาพที่ 3.6 (ภาพบน) แสดงตำแหน่งและความสูงของลูกไฟขณะเกิดการระเบิด โดยใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่วัดได้จาก 3 สถานีตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว (ภาพล่าง) แสดงพื้นที่เป้าหมายที่คาดว่าเป็นจุดตกของอุกกาบาตกินพื้นที่เป็นบริเวณ 30 กิโลเมตรจากจุดศูนย์กลางการระเบิด ภาพโดย: ดร.ธิติ ตุลยาทิตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตกาญจนบุรี

หลังจากการประชุมผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมและเลือกพื้นที่ในการถ่ายภาพให้ติดดาวพื้นหลัง พร้อมกับการเก็บพิกัด ค่าละติจูดและลองติจูด เพื่อนำภาพมาเปรียบเทียบเพื่อหาความสูงของคอนเทรลที่เห็นในภาพ เพื่อนำไปใช้ประกอบการคำนวณหาจุดตก ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณได้แม่นยำขึ้น หรืออย่างน้อยก็จะทำให้กำหนดพื้นที่เป้าหมายในการลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตให้แคบลง โดยกำหนดส่งทีมเก็บข้อมูลลงพื้นที่ทั้งหมด 4 ทีม เพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวพื้นหลังในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยเลือกสถานที่บริเวณอุทยานแห่งชาติไทรโยกและพื้นที่บริเวณเขื่อนศรีนครินทร์เป็นพื้นที่เป้าหมาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 การลงพื้นที่

การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวพื้นหลังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการโทรศัพท์ติดต่อเจ้าของภาพคอนเทรล และวีดีโอเหตุการณ์ลูกไฟตกในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีทั้งหมด เพื่อระบุตำแหน่งที่ตนเองได้ทำการบันทึกภาพและวีดีโอ ขั้นตอนนี้ถือเป็นเรื่องที่มีความยากมาก เนื่องจากเจ้าของข้อมูลภาพส่วนใหญ่จะจำตำแหน่งที่ตนเองยืนถ่ายภาพที่ชัดเจนไม่ได้ ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยจะต้องทำการถ่ายภาพเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากวัตถุอ้างอิงที่อยู่ในภาพ เช่น อาคาร ต้นไม้ หรือเสาไฟฟ้า

เป็นต้น ให้ได้ภาพที่มีลักษณะเหมือนภาพต้นฉบับมากที่สุด และเดินทางกลับไปถ่ายภาพพื้นที่เป้าหมายในเวลากลางคืน ซึ่งขั้นตอนการถ่ายภาพดาวพื้นหลังในเวลากลางคืนนี้จะต้องคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ด้วย หากมีฝนตกหรือมีกลุ่มเมฆหนาแน่นก็ไม่สามารถบันทึกภาพดาวพื้นหลังได้ จึงต้องวางแผนการเดินทางในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี เพื่อจะได้ทำการเปลี่ยนแผนในการออกพื้นที่ใหม่ หากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ในทางกลับกันหากสภาพแวดล้อมทุกอย่างเอื้ออำนวยก็สามารถทำการถ่ายภาพดาวพื้นหลังพร้อมกับ ละติจูด ลองติจูดของผู้สังเกตการณ์ได้ ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 (a) ผู้วิจัยและกลุ่มวิจัยได้ทำการประชุมหารือการหาแนวทางการเข้าถึงพื้นที่เป้าหมายในเวลากลางคืน และศึกษาเส้นทางการเดินทางร่วมกับนาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว (b) ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยลงพื้นที่เพื่อกำหนดจุดถ่ายภาพดาวพื้นหลังในตอนกลางคืน โดยมีเจ้าของข้อมูลภาพคอนเทรลเป็นผู้กำหนดจุดที่ตนเองบันทึกภาพ (c) ผู้วิจัยและกลุ่มวิจัยทำการถ่ายภาพและหามุมภาพที่เหมาะสมเพื่อกำหนดจุดถ่ายภาพดาวพื้นหลังในเวลากลางคืน (d) ผู้วิจัยและกลุ่มวิจัยทำการลงพื้นที่ถ่ายภาพดาวพื้นหลังในเวลากลางคืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการถ่ายภาพดาวพื้นหลัง

แสง เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยสำคัญของการถ่ายภาพ การถ่ายภาพในตอนกลางวันนั้นเป็นสิ่งที่หลายๆ คนทำได้ แต่ในทางกลับกันการถ่ายภาพให้ติดดาวพื้นหลังเป็นองค์ประกอบของภาพนั้น จะมีความยากขึ้นเป็นทวีคูณเนื่องจากต้องทำการถ่ายภาพในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสง หรือสภาพแสงน้อย จะต้องมีการวางแผนการถ่ายภาพที่ดี รวมถึงการเตรียมอุปกรณ์ในการถ่ายภาพให้ครบถ้วน ได้แก่ กล้องถ่ายภาพชนิดดิจิตอล ขาตั้งกล้อง เลนส์ถ่ายภาพที่มีค่ารูรับแสงกว้าง และสายลั่นชัตเตอร์ อุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้ผู้ถ่ายภาพสามารถถ่ายภาพดาวพื้นหลังได้ โดยมีวิธีกระบวนการการถ่ายภาพดังต่อไปนี้

3.2.1 ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอล เข้ากับขาตั้งกล้องถ่ายภาพที่เตรียมไว้ พร้อมกับปรับระดับของขาตั้งกล้องให้มีความสมดุลและมีความสูงที่เหมาะสมกับมุมภาพที่เราต้องการบันทึกภาพ

3.2.2 ปรับระยะโฟกัสของเลนส์ถ่ายภาพ ในการถ่ายภาพเวลากลางคืนนั้นควรปรับค่าของเลนส์ให้อยู่ในโหมดแมนนวล (manual) เพราะกล้องจะไม่สามารถหาโฟกัสแบบอัตโนมัติได้ในตอนกลางคืน และหมุนวงแหวนโฟกัสให้ไปในอยู่ใน ระยะไกลสุด (infinity) หรือระยะอนันต์ หรือสัญลักษณ์ที่มีลักษณะคล้ายเลข 8 เป็นแนวนอนที่ตัวเลนส์ นอกจากนี้จะต้องทำการปิดระบบกันสั่นของเลนส์ด้วย

3.2.3 ปรับค่าความไวแสง (ISO) ให้เหมาะกับสภาพแสงในพื้นที่ที่ทำการถ่ายภาพ ในสภาพแสงน้อย ผู้ถ่ายภาพจะต้องปรับค่าความไวแสงสูงๆ เพื่อให้กล้องดิจิตอลสามารถเก็บภาพดาวพื้นหลังได้ แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกของการปรับค่าความไวแสงนั้นคือ สัญญาณรบกวน (noise) ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ผู้ถ่ายภาพจะต้องปรับค่าความไวแสงให้เหมาะสมกับขีดความสามารถของตัวกล้องถ่ายภาพด้วย

3.2.4 เวลาในการถ่ายภาพ จำเป็นต้องใช้เวลาในการเปิดหน้ากล้องนานขึ้น แต่ไม่ควรเกิน 30 วินาที เนื่องจากที่องศาการรับภาพมุมกว้าง เช่น เลนส์ขนาด 18 mm ซึ่งมีองศาในการรับภาพประมาณ 100 องศา นั้นเวลา 30 วินาทีจะยังคงไม่ทำให้ดาวยืดเป็นเส้น และอาจจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมากเกินไปด้วย

3.2.5 การปรับค่ารูรับแสง สำหรับการถ่ายภาพทางช้างเผือกควรเลือกใช้ค่ารูรับแสงของเลนส์ที่กว้างที่สุด เพื่อให้กล้องมีความไวแสงในการสร้างภาพได้ดีมากที่สุด เนื่องจากเราจะเปิดหน้ากล้องในการถ่ายภาพไม่เกิน 30 วินาที

3.2.6 ปรับตั้งค่าสมดุลสีขาว (white balance) โดยอุณหภูมิสีของท้องฟ้าในช่วงกลางคืนผู้วิจัยเลือกใช้ที่ 4500 เคลวิน หรืออาจเลือกใช้ในโหมดการปรับค่าสมดุลสีขาว เป็นแบบฟลูออเรสเซนต์ก็ได้ เพื่อให้ได้ภาพท้องฟ้าที่ไม่อมสีแดงมากเกินไป

3.2.7 เปิดระบบการลดระดับสัญญาณรบกวนด้วยการเปิดหน้ากล้องเวลานาน (Long exposure noise reduction) การถ่ายภาพในที่ที่สภาพแสงน้อยจำเป็นต้องทำให้ต้องใช้ความไวแสงสูงๆ หรือต้องเปิดม่านชัตเตอร์ให้รับแสงนานขึ้น จะทำให้เกิดจุดรบกวนบนภาพหรือสัญญาณรบกวน (noise) เราสามารถลดสัญญาณรบกวน ด้วยการเปิดระบบลดระดับสัญญาณรบกวนด้วยการเปิดหน้ากล้องเวลานาน เมื่อความเร็วชัตเตอร์ช้าเกินกว่าที่กำหนด ระบบกำจัดสัญญาณรบกวน จะเริ่มทำงาน ซึ่งกล้องจะจัดการประมวลผลระดับสัญญาณรบกวนที่ปรากฏบนภาพ และปรับแก้ไขผลในภาพให้ได้ผลที่ดีที่สุด

3.2.8 การใช้สายลั่นชัตเตอร์ เป็นตัวควบคุมการสั่งการกล้อง จะช่วยลดแรงสั่นไหวที่เกิดขึ้นจากตัวผู้ถ่ายภาพในขณะใช้มือสัมผัสปุ่มกดชัตเตอร์ที่ตัวกล้อง หรืออาจใช้วิธีถ่ายภาพแบบหน่วงเวลาก็จะทำให้ลดความสั่นไหวได้ดีขึ้น

3.2.9 การบันทึกข้อมูลควรเลือกรูปแบบไฟล์เป็นรูปแบบดิบ (raw format) เพื่อความยืดหยุ่นในการปรับภาพแสง สี หรือแม้แต่รายละเอียดของภาพเพิ่มเติมในภายหลังได้

การถ่ายภาพดาวพื้นหลังนั้น เป็นการถ่ายภาพในเวลากลางคืน จะมีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการ อาทิ มลภาวะทางแสง ซึ่งอาจจะเป็นแสงจากบ้านเรือน จากหลอดไฟที่ติดอยู่ตามถนน หรือแม้แต่เมฆ หมอก ฝุ่นและควันไฟ ปัจจัยภายนอกเหล่านี้ต่างมีผลกับการตั้งค่าความไวแสง และเวลาในการเปิดม่านชัตเตอร์ ทำให้ในแต่พื้นที่ ในแต่ละช่วงเวลาของการถ่ายภาพนั้น ผู้ถ่ายภาพจะไม่สามารถตั้งค่าของกล้องดิจิตอลแบบคงที่ได้ จะต้องเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม โดยจะต้องคำนึงถึงข้อมูลภาพที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดเป็นอันดับแรก

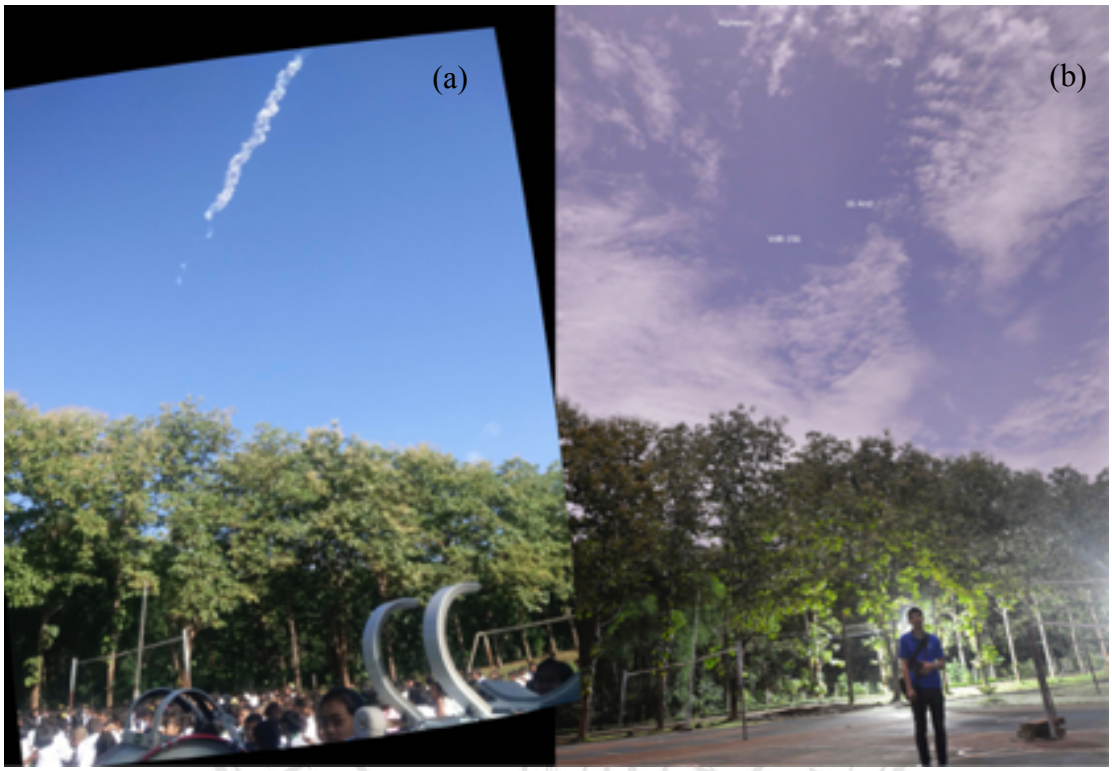
3.3 การปรับเทียบคอนเทรลกับดาวพิกัดพื้นหลัง

ภาพถ่ายคอนเทรลหรือแนวควันที่ปรากฏบนท้องฟ้าหลังจากเกิดเหตุการณ์ลูกไฟตกจากฟ้านั้นถือเป็นหลักฐานสำคัญ นักดาราศาสตร์สามารถใช้ข้อมูลภาพคอนเทรลเพื่อคำนวณหาความสูงของคอนเทรลและวิถีการตกของอุกกาบาตด้วยวิธีการถ่ายภาพปรับเทียบภาพคอนเทรลกับดาวพื้นหลัง ปกติแล้วเราไม่สามารถระบุความสูงของคอนเทรลที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้าอย่างแม่นยำได้ ทำได้เพียงประมาณค่าความสูงอย่างคร่าวๆ แต่นักดาราศาสตร์สามารถใช้เทคนิคทางดาราศาสตร์ที่เรียกว่า การวัดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า (Astrometry) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่นักดาราศาสตร์ใช้ในการวัดตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้ามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาความสูงที่แน่นอนของคอนเทรลได้

การปรับเทียบดาวพื้นหลังกับภาพคอนเทรลนั้น เริ่มต้นจากการค้นหาสถานที่ที่ทำการถ่ายภาพคอนเทรล โดยสถานที่ที่จะทำการถ่ายภาพพื้นหลังนั้นจะต้องเป็นสถานที่เดียว กับสถานที่ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการถ่ายภาพคอนเทรล โดยดำเนินการถ่ายภาพในเวลากลางคืนด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลหลังจาก ดังภาพที่ 3.8 – 3.9



ภาพที่ 3.8 (a) ภาพถ่ายคอนเทรล ณ หน้าเสาธงของโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา ต.ท่าเสา อ.ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ภาพนี้ถูกบันทึกโดยครูแหวน (นามสมมุติ) (b) ภาพถ่ายดาวพื้นหลังทำการถ่ายโดย ผู้วิจัยและกลุ่มวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากทำการถ่ายภาพดาวพื้นหลังเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะสามารถนำภาพที่มีดาวพื้นหลังและภาพถ่ายคอนเทรลมามาปรับเทียบกันด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ โดยทำการปรับตำแหน่งของฉากหน้าของภาพทั้งสองให้ซ้อนทับกันให้สนิท ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 เป็นภาพที่เกิดจากการปรับเทียบภาพถ่ายคอนเทรล ซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวพื้นหลังด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ภาพโดย: ผู้วิจัยและกลุ่มวิจัย

จากการลงพื้นที่ของผู้วิจัยเพื่อเก็บภาพถ่ายดาวพื้นหลัง ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวพื้นหลังที่มีความสมบูรณ์ และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาความสูงและเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟได้จำนวน 5 สถานที่ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝน พื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีมีฝนตกชุกอย่างต่อเนื่อง ทำให้ท้องฟ้ามีเมฆปริมาณมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 การคำนวณหาความสูงของลูกไฟ

หลังจากการลงพื้นที่เพื่อถ่ายภาพดาวพื้นหลัง ผู้วิจัยจะต้องทำการเก็บค่าพิกัดมุมในแนวราบ ณ ตำแหน่งที่ทำการถ่ายภาพดาวพื้นหลังมาด้วย เพื่อนำค่าพิกัดมุมในแนวราบไปลงในแผนที่ จากนั้นทำการปรับเทียบกับภาพถ่ายคอนเทรลซึ่งจะได้ไฟล์ภาพที่มีคอนเทรลซ้อนทับกับดาวพื้นหลังให้ซ้อนกันให้สนิทด้วยวิธีการพิจารณาวัตถุอ้างอิงจากองค์ประกอบของภาพ อาทิ ต้นไม้ สิ่งปลูกสร้าง

ต่าง หรือเสาไฟฟ้าที่อยู่ในภาพตามขั้นตอนการการปรับเทียบคอนเทรลกับดาวพิกัดพื้นหลัง ซึ่งขั้นตอนนี้ผู้ทำการถ่ายภาพจะต้องทดลองนำไฟล์ภาพที่ได้มาซ้อนทับกันก่อนเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากที่สุด ก่อนที่จะทำการถ่ายภาพและหาวิธีลดสัญญาณรบกวนในภาพให้ได้มากที่สุด และทำการเก็บค่าพิกัดในแนวราบ จากการลงพื้นที่ถ่ายภาพดาวพื้นหลังนี้ผู้วิจัยและทีมสามารถถ่ายภาพดาวพื้นหลังและบันทึกค่าพิกัดในแนวราบได้จำนวน 6 สถานที่ โดยมีค่ารายละเอียดของตำแหน่งภาพและพิกัดมุมในแนวราบดังตารางที่ 1

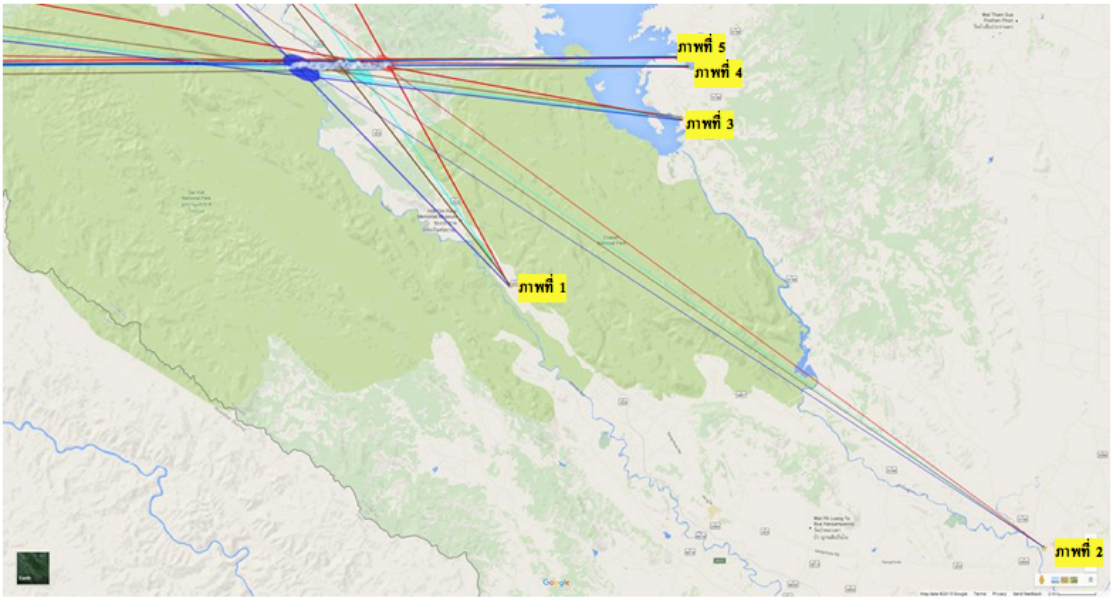
ตารางที่ 1 แสดงสถานที่ที่ผู้วิจัยลงพื้นที่ถ่ายภาพดาวพื้นหลังและเก็บค่าพิกัดมุมในแนวราบเพื่อนำไปใช้ในการปรับเทียบกับภาพถ่ายคอนเทรล เพื่อนำค่าพิกัดมุมในแนวราบไปบันทึกลงในแผนที่

สถานที่	**ชนิดของไฟล์ข้อมูลเหตุการณ์ที่ทำการสังเกต**	**ละติจูดของผู้สังเกต**	**ลองติจูดของผู้สังเกต**
อำเภอไทรโยค (ภาพที่ 1)	รูปภาพคอนเทรล	14.30306	98.99417
อำเภอลาดหญ้า (ภาพที่ 2)	รูปภาพคอนเทรล	14.1011	99.4175
อำเภอศรีสวัสดิ์ 1 (ภาพที่ 3)	รูปภาพคอนเทรล	14.43138	99.12972
อำเภอศรีสวัสดิ์ 2 (ภาพที่ 4)	รูปภาพคอนเทรล	14.47136	99.13536
อำเภอศรีสวัสดิ์ 3 (ภาพที่ 5)	รูปภาพคอนเทรล	14.47833	99.12667
อำเภอท่าม่วง (ภาพที่ 6)	วีดีโอลูกไฟตก	13.89278	99.66056

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการหาความสูงเชิงมุมของดาวอ้างอิงของคอนเทรล ทำได้โดยการพิจารณาค่าพิกัดในแนวราบของสถานที่ตำแหน่งเดียวกับการถ่ายภาพดาวพื้นหลัง และทำการลงจุดตำแหน่งในแผนที่พร้อมกับคำนวณความสูงของคอนเทรล โดยใช้จุดสังเกตระหว่างคอนเทรล เพิ่มเป็น 5 จุด หลังจากการลากเส้นเชื่อมจากจุดสังเกตการณ์แต่ละจุดไปยังตำแหน่งของคอนเทรล รวมถึงการหาค่ามุมที่อุกกาบาตตกกระทำกับพื้นโลก (มุม A) ตามสมการ มุม $A = \tan^{-1}(h/d)$ จะพบว่าคอนเทรลมีความสูงจากพื้นเป็นระยะ 36, 32, 31, และ 27 กิโลเมตร ภายในระยะทางแนวราบ 7 กม. คิดเป็นมุมตกกระทบประมาณ 50 องศา และจะตกถึงพื้นที่ระยะห่างจากตำแหน่งหัวคอนเทรล 30.6 กิโลเมตร

ในแนวราบนับจากจุดหัวของคอนเทรล (จุดสีน้ำเงินในแผนที่) ซึ่งจะอยู่ในทางตอนเหนือของอุทยานแห่งชาติไทยโยค ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟซึ่งมีทิศการเคลื่อนที่อยู่ทางตอนเหนือของอุทยานแห่งชาติไทยโยค โดยพิจารณาจากจุดตัดที่ได้การลงจุดในแผนที่จากภาพถ่ายคอนเทรลทั้ง 5 สถานที่ โดยใช้ค่าพิกัดมุมในแนวราบ ข้อมูลโดย : ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัย

3.5 การคำนวณหาแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ

นักดาราศาสตร์จะกำหนดพื้นที่ในการค้นหาอุกกาบาต โดยการคำนวณหาวิถีการตกของอุกกาบาตเป็นแนวทางยาวตามแนววิถีการตกของลูกไฟที่คำนวณได้จากการหาความสูงของคอนเทรล และทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตโดยการเดินสำรวจพื้นที่เป็นบริเวณกว้างรอบๆ ขนานกับแนววิถีการตก ซึ่งในการค้นหาอุกกาบาตแต่ละสถานที่นั้นจะต้องทำการค้นหาในพื้นที่บริเวณกว้างในหน่วยกิโลเมตร กรณีของการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟตกในประเทศไทยนี้ ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ

จากนายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการค้นหาอุกกาบาตจากเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันนี้ในหลายพื้นที่ เช่น เหตุการณ์ลูกไฟตกที่ประเทศรัสเซีย เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 ซึ่งมีการค้นพบชิ้นส่วนอุกกาบาตจำนวนมาก ซึ่งการช่วยเหลือที่ได้รับเกี่ยวกับการวิเคราะห์เส้นทางวิถีการตกของลูกไฟ โดยนายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ ได้ ขอใช้ข้อมูลจากการลงพื้นที่ของผู้วิจัยและทีมวิจัยไปใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และอัตราการกระจายตัวของชิ้นส่วนอุกกาบาตตามแนวทางการเคลื่อนที่ ซึ่งนายนายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ ได้ดำเนินการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์หาแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟโดยเฉพาะที่ไม่สามารถเผยแพร่ได้ โปรแกรมดังกล่าวจะคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงต้านทานอากาศ (drag force) ในขณะที่อุกกาบาตซึ่งเป็นวัตถุขนาดใหญ่และมีความเร็วสูง ขณะที่อุกกาบาตเคลื่อนที่เข้าสู่บรรยากาศโลกอุกกาบาตจะได้รับอิทธิพลจากแรงต้านอากาศ ต้านการเคลื่อนที่ของอุกกาบาตในการทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ ซึ่งแรงต้านจากอากาศนี้จะไม่ได้แปรผันตามความเร็วเช่นเดียวกับกรณีที่วัตถุขนาดเล็กเคลื่อนที่ในอากาศตามสมการ $\bar{f} = k\bar{v}$ แต่จะแปรผันกับขนาดของความเร็วยกกำลังสอง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$f = \frac{1}{2} c\rho A v^2$$

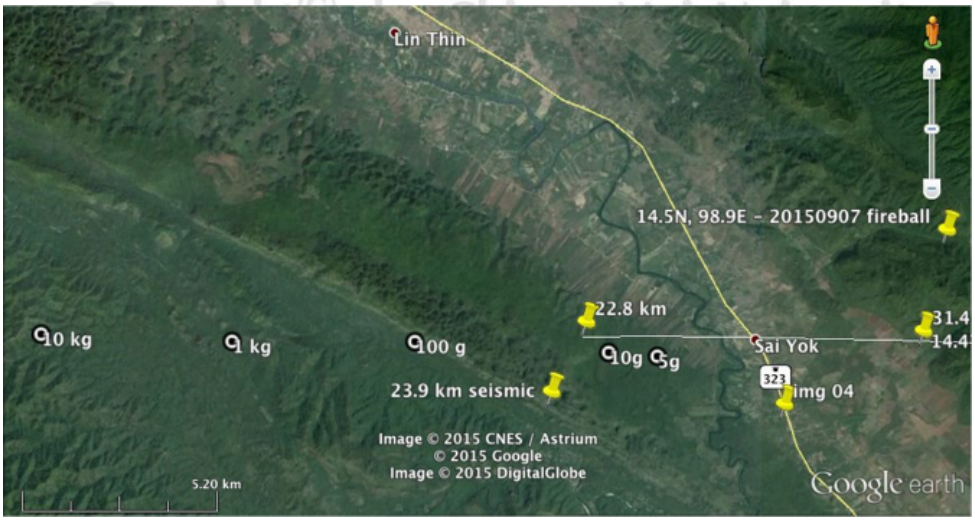
เมื่อ f คือแรงต้านทานอากาศ

ρ คือความหนาแน่นอากาศ

A คือพื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่ตกลงมา

c คือค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทานอากาศ

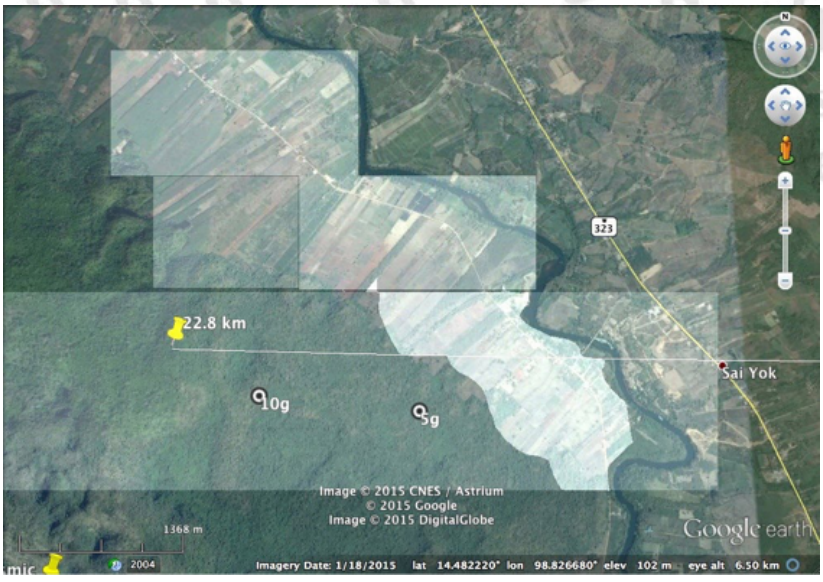
ผลจากแรงต้านอากาศนี้ทำให้จุดตกของอุกกาบาตนั้นอาจจะคลาดเคลื่อนจากแนววิถีการตกที่คำนวณได้ นักดาราศาสตร์จึงใช้วิธีการสำรวจพื้นที่เป็นบริเวณกว้างตามแนววิถีการตกของอุกกาบาตที่คำนวณได้ (http://www.il.mahidol.ac.th) ซึ่งในการกำหนดวิถีการตกของอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 เหนือท้องฟ้าประเทศไทยนี้ นายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ สามารถคำนวณวิถีการตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตได้ พบว่าชิ้นส่วนดังกล่าวตกอยู่ในบริเวณเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 แสดงแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ เมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2558 มีชิ้นส่วนของอุกกาบาตกระจัดการะจายในเขตอุทยานแห่งชาติไทรโยค ตั้งแต่ขนาด 5 กรัม 10 กรัม 100 กรัม 1 กิโลกรัมและก้อนที่ใหญ่ที่สุดคือขนาด 10 กิโลกรัม ข้อมูลโดย นายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens)

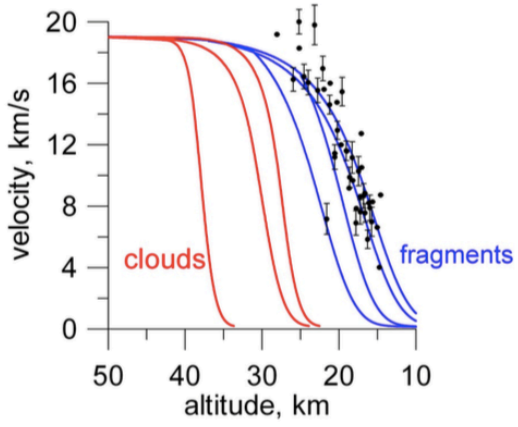
3.6 การลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต

กระบวนการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก หลังจากที่ทราบแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟตกแล้ว จะต้องทำการลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตตามแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ ซึ่งจะมีโอกาสค้นพบชิ้นส่วนอุกกาบาตอยู่ตามเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยจะพบอุกกาบาตขนาดก้อนเล็กๆ อยู่จำนวนมากและจะค่อยๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดตกสุดท้ายที่จะเจออุกกาบาตก้อนที่ใหญ่ที่สุด แต่จำนวนของอุกกาบาตนี้จะค่อยๆ ลดลงเช่นกัน ทั้งนี้จากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2558 ผู้วิจัยและทีมพบว่าจะมีเศษชิ้นส่วนของอุกกาบาตกระจัดกระจายตามแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟใน อยู่เขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี จากมติการประชุมของศูนย์บริการวิชาการฯ นำโดย รองผู้อำนวยการ ด.ร. ศรัณย์ โปษยะจินดา ได้เห็นชอบให้ลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตในพื้นที่ที่คาดว่าจะมีอุกกาบาตที่มีน้ำหนัก 5 กรัม แล 10 กรัม ตกกระจัดกระจายอยู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค โดยพื้นที่เป้าหมายที่คาดว่าจะมีอุกกาบาต น้ำหนัก 5 กรัม แล 10 กรัม นี้เป็นพื้นที่ที่เข้าถึงได้ง่าย มีความชันน้อยเมื่อเทียบกับจุดตกอื่นๆ ซึ่งเป็นพื้นที่เขาสูงชันและยากต่อการเข้าถึงพื้นที่ ดังภาพที่ 3.12



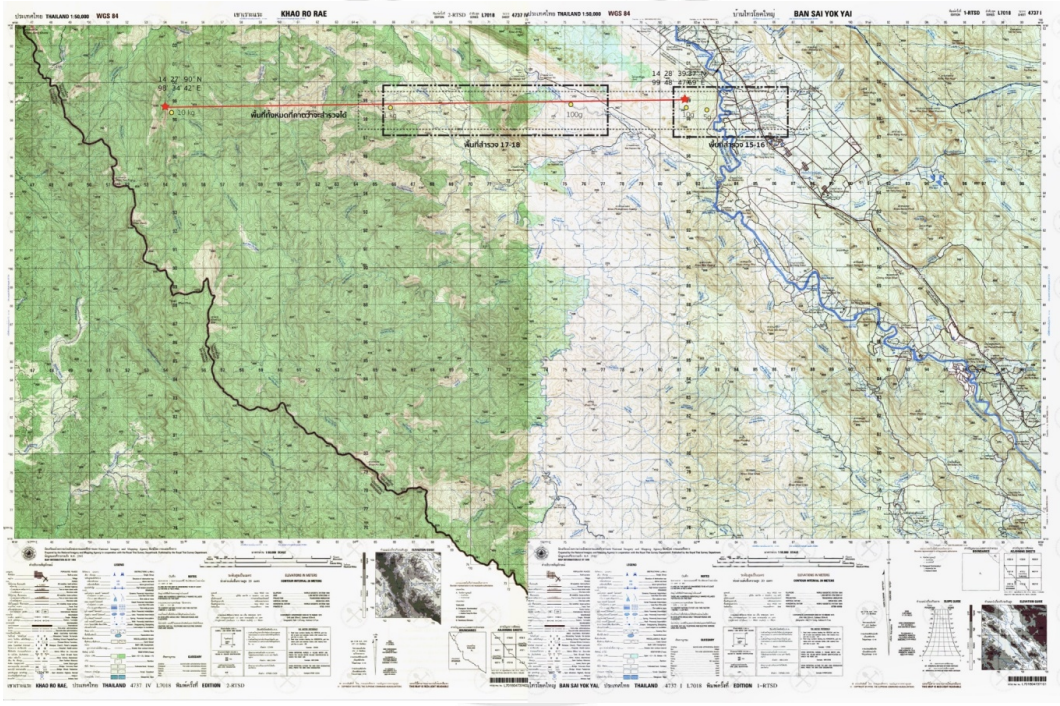
ภาพที่ 3.12 แสดงจุดตกของชิ้นส่วนอุกกาบาต น้ำหนัก 5 กรัม แล 10 กรัม ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายที่ผู้วิจัยและทีมจะลงพื้นที่สำรวจหาอุกกาบาต ขณะที่ลูกไฟอยู่สูงจากพื้น 22.8 กิโลเมตร จากแนวถนนในเขตอุทยานแห่งชาติไทรโยค ข้อมูลโดย นายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens)

โดยปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตบริเวณที่มีอุกกาบาตน้ำหนัก 5 กรัม และ 10 กรัม นั้น นอกจากจะพิจารณาถึงความยากง่ายของการเข้าถึงพื้นที่จากลักษณะภูมิประเทศแล้ว ยังคำนึงถึงโอกาสในการค้นพบชิ้นส่วนอุกกาบาตด้วย โดยสาเหตุที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยตัดสินใจค้นหาอุกกาบาตในพื้นที่ที่แสดงจุดตกของอุกกาบาตขนาด 5 กรัม และ 10 กรัม นั้น เป็นเพราะบริเวณดังกล่าวมีอัตราการตกของชิ้นส่วนอุกกาบาตที่หนาแน่นกว่า โอกาสในการค้นพบชิ้นส่วนอุกกาบาตจึงมีมากกว่า เนื่องจากในขณะที่ลูกไฟเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกนั้น บรรยากาศโลกจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของลูกไฟ หรือเรียกว่า Aero braking ให้มีความเร็วที่ช้าลงเรื่อย ๆ จนมีความเร็วเป็นศูนย์และตกลงสู่พื้นโลก (กรณีที่ลูกไฟไม่ได้เคลื่อนที่ไปชนกับสิ่งกีดขวางบนพื้นโลก) ผลจาก Aero braking นี้จะทำให้เศษชิ้นส่วนของลูกไฟที่มีขนาดเล็กๆ ตกลงสู่พื้นโลกแบบอิสระจำนวนมากตามแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ ส่วนลูกไฟก้อนที่ใหญ่ที่สุดก็จะเคลื่อนที่ต่อไปเรื่อยๆ ดังข้อมูลการคำนวณของนาย นายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ ที่แสดงเก็บข้อมูลไว้ภารกิจการค้นหาอุกกาบาตที่ประเทศรัสเซีย ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของความสูงของลูกไฟกับความเร็วของลูกไฟที่ลดลงเรื่อยๆ เมื่อลูกไฟอยู่ใกล้กับพื้นโลก ที่ระยะประมาณ 27 กิโลเมตร จากพื้นโลกจะเริ่มมีเศษชิ้นส่วนของลูกไฟตกลงสู่พื้นโลก และจะมีจำนวนมากขึ้น เมื่อความเร็วและความสูงลดลง ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความเร็วของอลูกไฟขณะเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศโลก และถูกชะลอความเร็วด้วยชั้นบรรยากาศโลก ข้อมูลโดย นายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens,พ.ศ. 2556))

หลังจากมีการประชุมและวางแผนการปฏิบัติงานเสร็จสิ้น มติที่ประชุมเห็นพ้องว่าให้ส่งเจ้าหน้าที่ทีมปฏิบัติการทีมที่ 4 ลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในพื้นที่เป้าหมาย รวมถึงขอกำลังเจ้าหน้าที่จากอุทยานแห่งชาติไทรโยค จำนวน 30 นาย เพื่อทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการพิมพ์ภาพแผนที่ในมาตราส่วน 1:50000 พร้อมกับกำหนดขอบเขตการสำรวจลงในแผนที่ เพื่อนำให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการสำรวจทุกคน ค่าพิกัดของขอบเขตการสำรวจนี้ได้ถูกนำ ไปบันทึกลงในเครื่องจีพีเอส (Global Positioning System, GPS) เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการเดินสำรวจมากขึ้น ดังภาพที่ 3.14



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.14 แสดงแผนที่มาตราส่วน 1:50000 ที่มีการกำหนดขอบเขตในการสำรวจหาอุกกาบาตในพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค ที่ถูกนำไปมอบให้กับเจ้าหน้าที่ป่าไม้ 30 นาย ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

มาร่วมปฏิบัติภารกิจค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในครั้งนี้ จากการประสานงานกับเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค ทีมผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจาก นายสุรชัย ท้วมสมบูรณ์ ที่ปรึกษาสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ ในการประสานงานเจ้าหน้าที่ที่มีความสามารถและเชียวชาญในการเดินป่าและการใช้อุปกรณ์ในการเดินป่า แต่ทั้งนี้เนื่องจากเจ้าหน้าที่ทั้ง 30 นายไม่มีความรู้เรื่องเทคนิคและวิธีการค้นหาชิ้นส่วนของอุกกาบาต รวมถึงวิธีการแยกชิ้นส่วนอุกกาบาตออกจากหินทั่วไป ทีมผู้วิจัย

จึงได้มีการฝึกอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ก่อนที่จะลงพื้นที่จริง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นวิทยากรในการบรรยายเพื่อปรับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุกกาบาตให้กับทีมเจ้าหน้าที่จากอุทยานแห่งชาติไทรโยคและพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงการนำชิ้นส่วนตัวอย่างอุกกาบาตไปแสดงให้กับผู้เข้าร่วมฟังบรรยายทุกคนพิจารณาก่อนที่จะลงพื้นที่จริง ดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15 แสดงการอบรมให้ความรู้เรื่องอุกกาบาตและการค้นหาอุกกาบาตในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ไทรโยค ในบริเวณที่คาดว่าจะพบอุกกาบาตน้ำหนัก 5 กรัม และ 10 กรัม พร้อมกับกำหนดเส้นทางการเดินสำรวจหาอุกกาบาต และกำหนดตำแหน่งในการลงพื้นที่ของทีมเจ้าหน้าที่
ภาพโดย:ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากการอบรมเพื่อปรับความรู้พื้นฐานให้กับทีมเจ้าหน้าที่เสร็จสิ้น ผู้วิจัยและทีมผู้วิจัยได้จัดเตรียมเครื่องมือ ตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ และลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตในวันรุ่งขึ้น โดยมีเจ้าหน้าที่ป่าไม้ผู้ที่มีความชำนาญทางทั้งสิ้น 30 นาย ร่วมลงพื้นที่ ดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16 เป็นกลุ่มเจ้าหน้าที่ป่าไม้ที่อยู่ในพื้นที่และมีความชำนาญเกี่ยวกับพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค ร่วมถ่ายภาพกับผู้วิจัยและทีมผู้วิจัยหน้าถ้ำดาวดึงส์ซึ่งเป็นจุดเริ่มแรกที่ทำการเดินค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตระหว่างวันที่ 21 – 25 ธันวาคม 2558

วิธีในการเดินสำรวจหาอุกกาบาตที่นักดาราศาสตร์จากหลายองค์กรรวมถึงผู้วิจัยและทีมผู้วิจัยใช้เป็นวิธีที่เรียบง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลาย นั่นคือวิธีการที่ให้เจ้าหน้าที่หรือจำนวนผู้ทีมค้นหาอุกกาบาตทั้งหมดเข้าแถวเป็นหน้ากระดาน โดยมีการเว้นระยะห่างประมาณ 1 เมตร ซึ่งการค้นหาอุกกาบาตครั้งนี้มีทีมผู้สำรวจทั้งสิ้น 30 คน ได้ทำวางตำแหน่งโดยตั้งแถวหน้ากระดาน ซึ่งแต่ละรอบในการสำรวจ การเดินสำรวจจะครอบคลุมพื้นที่เป็นความกว้างประมาณ 30 เมตร และเดินสำรวจพื้นที่เป็นแถวหน้ากระดานเป็นแนวตรงและเดินตรงไปจนสุดทางพร้อมกับเดินกลับมาในแนวเดิมเพื่อทำการค้นหาอุกกาบาตซ้ำอีกรอบหนึ่ง โดยในการเดินสำรวจนี้ผู้วิจัยจะกำชับให้ทีมสำรวจทุกคนเดินสำรวจเป็นแนวตรง และหลีกเลี่ยงการเดินอ้อมสิ่งกีดขวาง หรือหากมีความจำเป็นในการเดินอ้อมสิ่งกีดขวางก็จะต้องเดินอ้อมให้มีระยะทางน้อยที่สุด เพราะอุกกาบาตมีโอกาสตกกระจายทั่วทุกพื้นที่ตามแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ และหลังจากเดินสำรวจครบหนึ่งรอบก็จะทำการจัดแถวของทีมสำรวจใหม่อีกรอบในลักษณะเดิมซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่สำรวจความกว้างอีกประมาณ 30 เมตร การสำรวจจะดำเนินเช่นนี้ไปจนกว่าจะเดินสำรวจครบคลุมพื้นที่เป้าหมาย ดังภาพที่ 3.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.17 แสดงตำแหน่งและวิธีการเดินสำรวจพื้นที่เพื่อค้นหาอุกกาบาตเป็นแถวหน้ากระดาน โดยมีผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมระเบียบในการเดินค้นหาอุกกาบาตในเขตอุทยานแห่งชาติไทรโยค

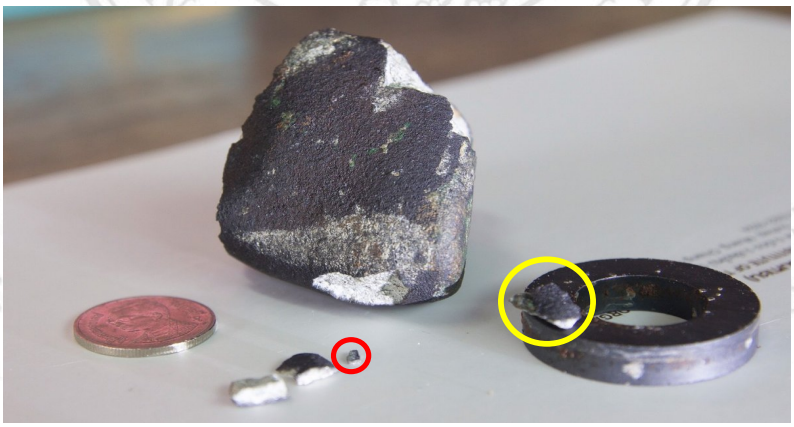
3.7 วิธีการศึกษาวิเคราะห์องค์ธาตุประกอบของอุกกาบาต

นักดาราศาสตร์จำแนกประเภทของอุกกาบาตออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่อุกกาบาตหิน อุกกาบาตเหล็กและอุกกาบาตหิน – เหล็ก วิธีการจำแนกประเภทของอุกกาบาตข้างต้นสามารถจำแนกด้วยการสังเกตทางกายภาพ อาทิ ดูจากลักษณะภายนอกว่ามีลักษณะเปลือกหลอม ดูจากความสามารถในการดูดติดแม่เหล็ก หรือพิจารณาจากวัตถุที่มีขนาดเท่ากันโดยน้ำหนักของอุกกาบาตซึ่งจะมีน้ำหนักมากกว่าหินหรือเหล็กบนโลก เหล่านี้เป็นต้น เพื่อระบุว่าวัตถุเหล่านั้น ๆ คืออุกกาบาตหรือไม่ แต่หากต้องการศึกษาในเชิงลึก จะต้องนำตัวอย่างอุกกาบาตไปศึกษาอย่างละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งผลที่ได้นั้นจะทำให้นักดาราศาสตร์ระบุได้ว่าอุกกาบาตก้อนดังกล่าวมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบบ้าง และมีปริมาณธาตุนั้นๆ อยู่ในปริมาณเท่าไหร่ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เดินทางไปพบกับ นางบัวล้อม ชโลมไพร อายุ 65 ปี บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุกกาบาตก้อนนี้ ที่พิกัด 16°51'12.8"N 100°13'22.8"E ดังภาพที่ 3.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3.18 แสดงตำแหน่งบ้านของนางบัวล้อม ชโลมไพร ซึ่งเกิดเหตุการณ์อุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้าน ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

จากเหตุการณ์อุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้านเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 โดยนางบัวล้อม มอบเศษชิ้นส่วนของอุกกาบาตในนามของ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อุกกาบาตก้อนที่อยู่ในวงกลมสีแดงให้กับสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) และให้ยืมชิ้นส่วนอุกกาบาตก้อนที่อยู่ในวงกลมสีเหลืองมาวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมด้วย โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับมอบชิ้นส่วนอุกกาบาตและนำไปศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม ณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ดังภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.19 แสดงอุกกาบาตที่นางบัวล้อม ชโลมไพร อายุ 65 ปี ค้นพบภายในบ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก ภาพโดย: นายกีรติ คำคงอยู่ นักดาราศาสตร์สมัครเล่น จังหวัดพิษณุโลก

หลังจากผู้วิจัยและทีมผู้วิจัยได้ตรวจสอบเบื้องต้นแล้วว่าอุกกาบาตที่ตกใส่หลังคาบ้าน นางบัวล้อม ชโลมไพร เป็นอุกกาบาตหิน และเพื่อระบุธาตุองค์ประกอบและปริมาณธาตุองค์ประกอบ

ของอุกกาบาต จึงได้ดำเนินการติดต่อเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) โดยมีนางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และ ดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ เป็นผู้รับผิดชอบควบคุมการศึกษาอุกกาบาตก้อนนี้และเป็นผู้ช่วยในการเตรียมตัวอย่างเพื่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาธาตุองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนอุกกาบาต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้เทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy / EDS) และวิเคราะห์ รามาน สเปกโตรสโคปี (Raman spectroscopy) ซึ่งจะได้รามานสเปกตรัมของชิ้นส่วนอุกกาบาตทำให้ผู้วิจัยได้องค์ประหลักทางเคมีของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตก้อนนี้ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับรามานสเปกตรัมของอุกกาบาตก้อนอื่นๆ ที่เคยมีการศึกษาไว้แล้วในอดีต จะทำให้ผู้วิจัยสามารถระบุประเภทของอุกกาบาตได้แม่นยำขึ้น รวมถึงสามารถระบุได้ว่าอุกกาบาตดังกล่าวนั้นเป็นชิ้นส่วนที่หลุดออกมาจากวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง หรือเป็นชิ้นส่วนของวัตถุขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอวกาศ เป็นต้น

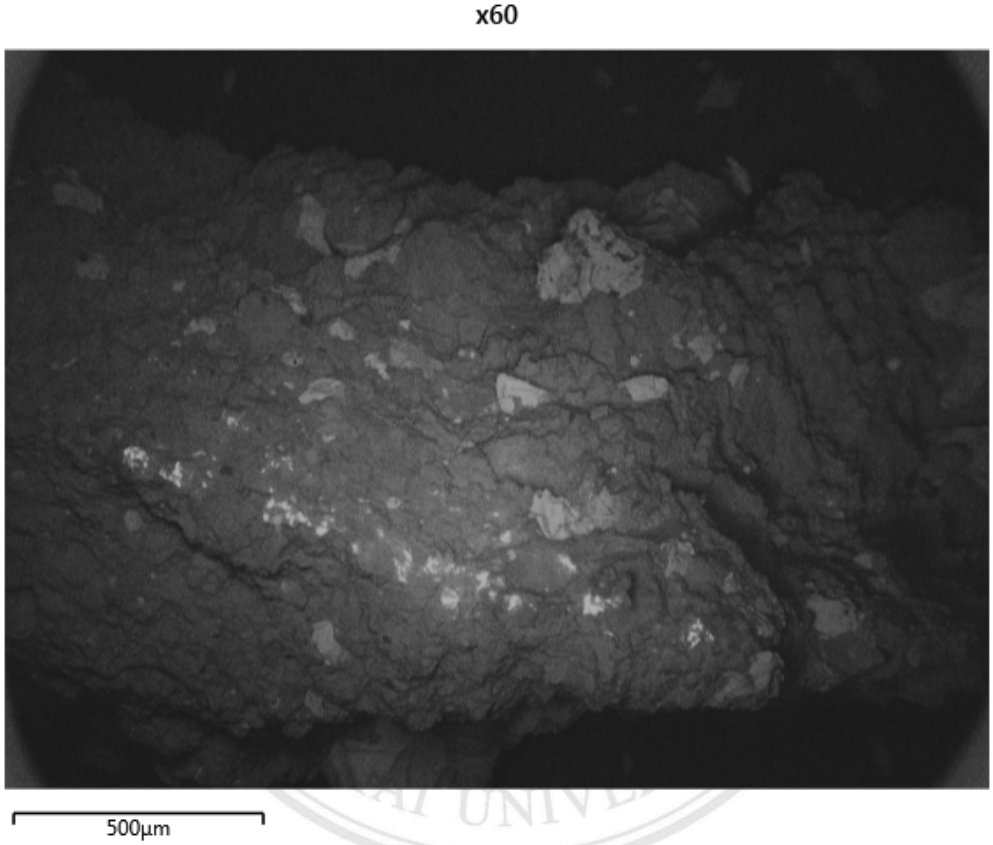
3.7.1 การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การวิเคราะห์อุกกาบาตในขั้นแรกนี้ ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้นำชิ้นส่วนอุกกาบาตที่นางบัวล้อม ชโลมไพร ให้มอบให้กับสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) มาทำการศึกษา ดังภาพที่ 3.20

ภาพที่ 3.20 ตัวอย่างอุกกาบาตที่ได้รับความอนุเคราะห์จากนางบัวล้อม ชโลมไพร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบ

วิธีการคือ นำก้อนอุกกาบาตเข้าไปช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อดูลักษณะพื้นผิวของก้อนอุกกาบาต โดยไม่ต้องทำการขัดผิวหน้าของชิ้นงาน หรือมีการฉาบเคลือบ

เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการนำไฟฟ้าแต่อย่างใดทำให้ชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ผู้วิจัยหรือผู้ที่ทำการวิเคราะห์ได้เห็นลักษณะพื้นผิวโดยรวมของอุกกาบาต โดยจะแสดงเป็นภาพที่เห็นลักษระพื้นผิว แต่มีโทนมืด โทนสว่าง ซึ่งกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนี้จะสามารถระบุชนิดของธาตุองค์ประกอบในแต่ละบริเวณได้ดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 ภาพพื้นผิวของก้อนอุกกาบาตที่ไม่ผ่านการขัดผิวหน้า ที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 60 เท่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะสามารถวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตแต่ละบริเวณได้ ทำให้รู้ว่าอุกกาบาตก้อนนี้มีธาตุอะไรเป็นองค์ประกอบบ้าง และมีอยู่ในปริมาณเท่าไหร่ เป็นต้น

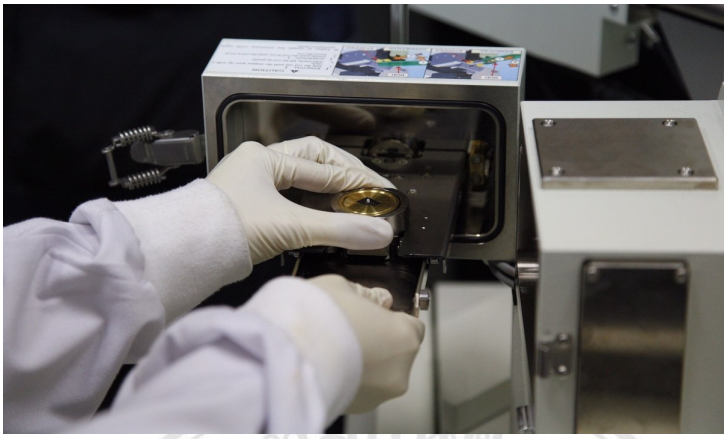
3.7.2 การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy / EDS)

การศึกษาด้วยด้วยเทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์เริ่มต้นจากการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตมีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาตที่ได้รับความอนุเคราะห์จากนางบัวล้อม ชโลมไพรมาศึกษา ในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานนี้ ชิ้นงานจะต้องมีขนาดพอดีกับช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์ หากชิ้นงานมีขนาดใหญ่เกินไป เจ้าหน้าที่จะต้องทำการตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดที่เหมาะสม แต่ในกรณีของการศึกษาอุกกาบาตรครั้งนี้ ตัวชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นมีขนาดค่อนข้างเล็กจึงไม่ต้องทำการตัดชิ้นส่วนอุกกาบาตออกไป สามารถนำอุกกาบาตขึ้นไปวางบนสตับหรือแผนรองรับชิ้นงานซึ่งมีหลายรูปแบบให้เลือกตามความเหมาะสมกับชิ้นงาน กรณีของการวิเคราะห์อุกกาบาตนี้เจ้าหน้าที่ได้เลือกใช้สตับแบบเคลือบด้วยฟิล์มคาร์บอนที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งสามารถใช้ทดสอบโดยใช้ความต่างศักย์ 200 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) ได้ ดังภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.22 แสดงการวางชิ้นส่วนอุกกาบาตลงบนแผ่นรองรับเคลือบด้วยฟิล์มคาร์บอนก่อนที่จะนำชิ้นส่วนอุกกาบาตเข้าสู่ช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ภาพโดย: นาย ธีรยุทธ์ ลอยลิบ

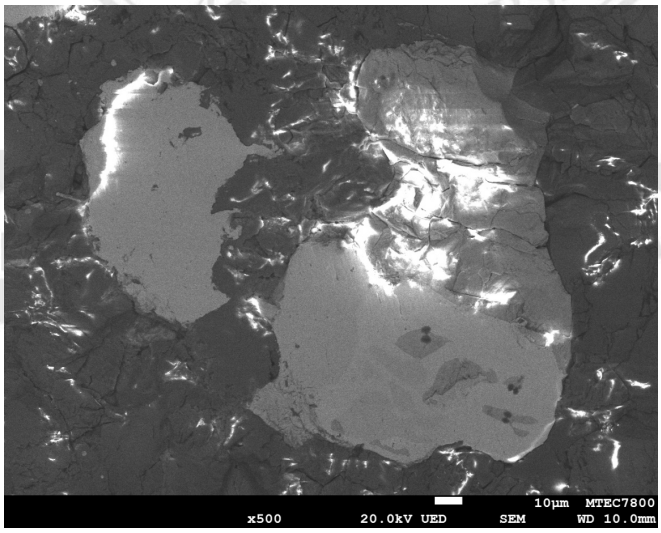
จากนั้นเจ้าหน้าที่ได้นำชิ้นส่วนอุกกาบาตดังกล่าวเข้าไปวางในช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อดูลักษณะโครงสร้างของอุกกาบาตเบื้องต้นดังภาพที่ 3.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.23 แสดงการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตเข้าสู่ช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

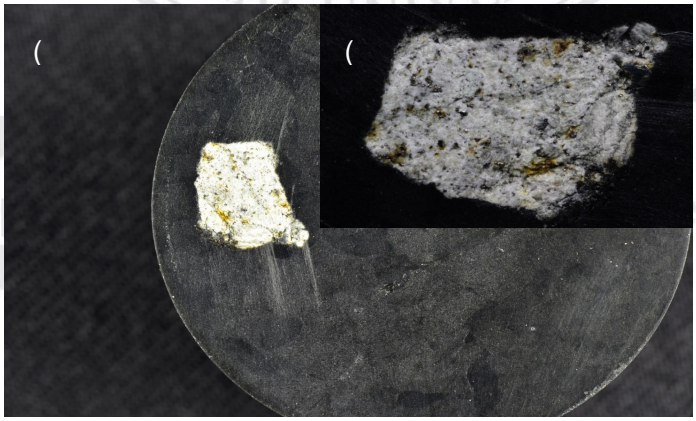
โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) สามารถถ่ายภาพอุกกาบาตโดยอาศัยหลักการกราด ลำอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงที่ถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิด (Electron gun) ไปบนพื้นผิวตัวอย่างอุกกาบาต เมื่อ อิเล็กตรอนดังกล่าวกระทบกับผิวของอุกกาบาตที่ประกอบไปด้วยอะตอมต่าง ๆ ก็จะปล่อยสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผลและให้ข้อมูลเป็นภาพพื้นผิวของวัตถุและองค์ประกอบของพื้นผิว ดังภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 แสดงภาพโครงสร้างของชิ้นส่วนอุกกาบาตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 500 เท่า

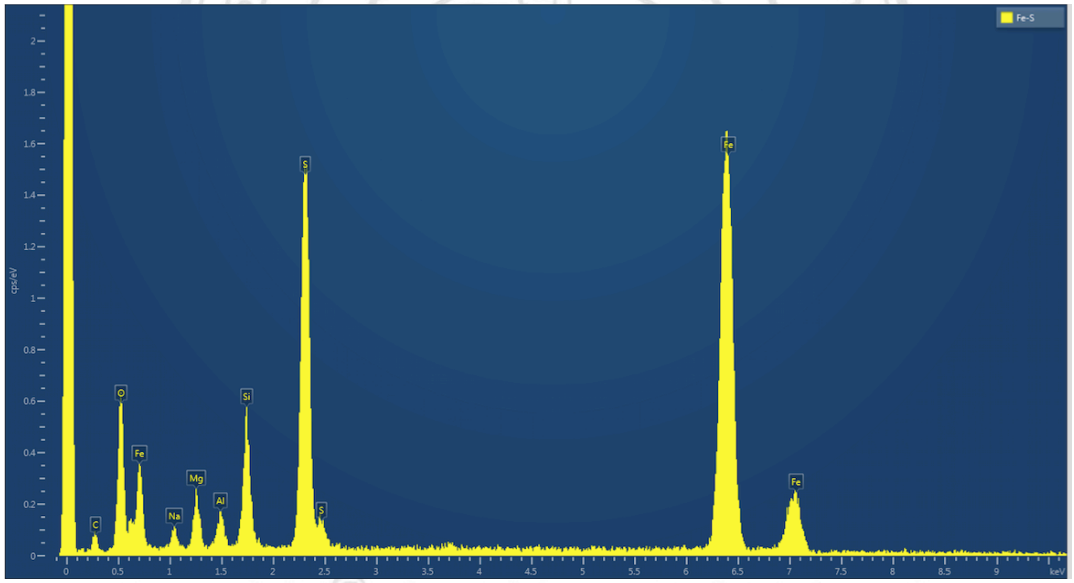
และเพื่อระบุปริมาณธาตุองค์ประกอบและสัดส่วนปริมาณของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาต ในการศึกษาอุกกาบาตครั้งนี้เจ้าหน้าที่และผู้วิจัย รวมถึง ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา ได้ใช้เทคนิคการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy / EDS) โดยอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงานสูงที่ถูกปล่อยออก มาจากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray tube) จะถูกเร่งให้เคลื่อนที่มาอย่างรวดเร็วมีพลังงานจลน์สูง เมื่ออนุภาคอิเล็กตรอนนี้ผ่านเข้ามาในอะตอมของธาตุองค์ประกอบในอุกาบาต ซึ่งจะมีการถ่ายทอดพลังงานให้แก่อิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนมี พลังงานสูงขึ้นกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระได้ พฤติกรรมดังกล่าวทำให้อะตอมของธาตุไม่เสถียร และเพื่อปรับสภาวะให้เกิดความเสถียรของอะตอม อิเล็กตรอนอิสระดังกล่าวจำเป็นต้องปลดปล่อยพลังงานออกมาค่าหนึ่ง พลังงานที่ปลดปล่อยออกมานี้จะอยู่ในรูปของรังสีเอ็กซ์ เฉพาะ (characteristic x-ray) ซึ่งจะนำไปตีความได้ว่าอุกกาบาตนั้นประกอบด้วยธาตุใด และมีอยู่ในปริมาณเท่าใด เนื่องจากแต่ละธาตุมีรังสีเอ็กซ์เฉพาะที่แตกต่างกันออกไป

แต่เนื่องจากชิ้นส่วนอุกกาบาตมีความขรุขระ และมีความหยาบที่ผิวจึงเป็นต้องนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปเจียรนัยผิวเพื่อลบรอยขรุขระและความหยาบออกไป ทำให้ชิ้นส่วนอุกกาบาตมีความเงาและสะท้อนแสงได้ดีขึ้น และเมื่อเจ้าหน้าที่พิจารณาแล้วว่าตัวอย่างอุกกาบาตมีความเหมาะสมที่จะนำเข้าไปวิเคราะห์ในช่องวางชิ้นงานตรงฐานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จึงจะทำการความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและเช็ดด้วยแอลกอฮอล์เพื่อช่วยขจัดคราบต่าง ๆ บนตัวอย่างอุกกาบาตออกไป และสุดท้ายจะได้ชิ้นงานที่พร้อมจะนำ ไปวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการต่อไปดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 (a)ชิ้นส่วนอุกกาบาตที่วางบนสตับหรือแผนรองรับชิ้นงานหลังจากการขัดผิวเพื่อนำ ไปเข้ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค การวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) (b) ชิ้นส่วนอุกกาบาตระยะใกล้แสดงให้เห็นเหล็กนิกเกิลที่แทรกอยู่ในเนื้อของอุกกาบาต ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

จากนั้นนำชิ้นส่วนอุกกาบาตที่ทำการขัดพื้นผิวเรียบร้อยแล้ว ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุองค์ประกอบโดยพิจารณาจากความเปรียบต่างของแสงสว่างแต่ละบริเวณ ซึ่งสามารถเลือกพื้นที่ในการศึกษาได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน หลักการคืออุปกรณ์จะตรวจจับสัญญาณรังสีเอ็กซ์ ของธาตุแต่ละธาตุที่แตกต่างกันด้วยสเปกตรัมเชิงพลังงาน ควบคู่กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลสัญญาณที่ได้ สามารถหาธาตุที่เป็นส่วนประกอบของอุกกาบาตได้ สเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณรังสีเอ็กซ์ที่ตรวจจับได้ (X – ray counts) ทางแกน Y กับพลังงานที่ใช้ในการวิเคราะห์ในหน่วย keV ทางแกน X โดยพีคหรือสัญญาณรังสีเอ็กซ์สูงสุดที่เกิดขึ้นในสเปกตรัมจะสอดคล้องกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบของพื้นที่ขนาดเล็กบนตัวอย่างอุกกาบาตที่ใช้ทดสอบ (อ้างอิง: วิยภรณ์ กรองทอง นิตยสาร Materials Characterization ฉบับตุลาคม – ธันวาคม 2559) ดังภาพที่ 3.25

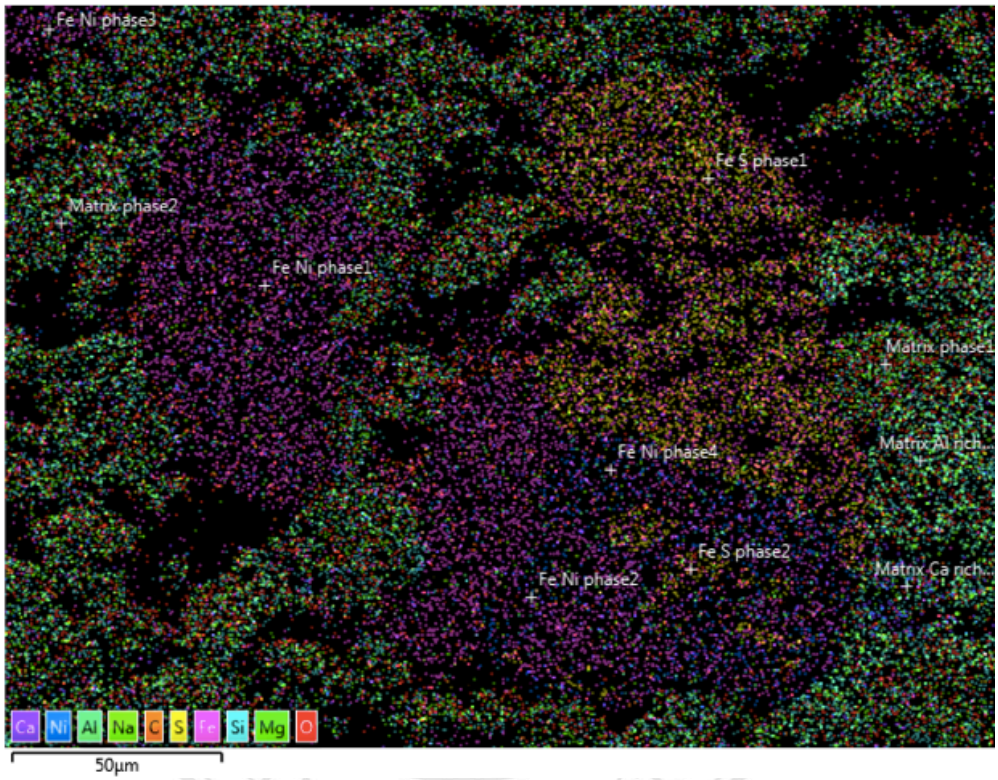


ภาพที่ 3.25 สเปกตรัมของการวัดการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ของอุกกาบาต

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพถ่ายของอุกกาบาตที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะแสดงให้เห็นรายละเอียดทางกายภาพ ลักษณะของขนาด (Grain size) ซึ่งจะช่วยให้สามารถหาการกระจายตัวของธาตุได้รวดเร็วมากขึ้น นั่นคือการวิเคราะห์แบบการทำแผนที่ (Mapping) ซึ่งนอกจากเทคนิค EDS จะสามารถวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพ (qualitative element analysis) แล้วยังสามารถวิเคราะห์ธาตุเชิงกึ่งปริมาณ (Semi - quantitative element analysis) ได้อีกด้วย โดยความแม่นยำนั้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการและตัวอย่างชิ้นงานที่นำมาวิเคราะห์ด้วย ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภาพเข้ามาร่วมกับ

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณเอกซ์เรย์เกิดเป็นสัญญาณภาพที่แสดงให้เห็นการกระจายตัวของธาตุต่าง ๆ ที่เทคนิค EDS สามารถตรวจพบ (อ้างอิง: วิยภรณ์ กรองทอง นิตยสาร Materials Characterization ฉบับตุลาคม – ธันวาคม 2559) ดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 แสดงปริมาณสัมพัทธ์ธาตุที่กระจายตัวในพื้นผิวของอุกกาบาตที่ผู้วิจัยกำหนดพื้นที่ ภาพโดย: นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และ ดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

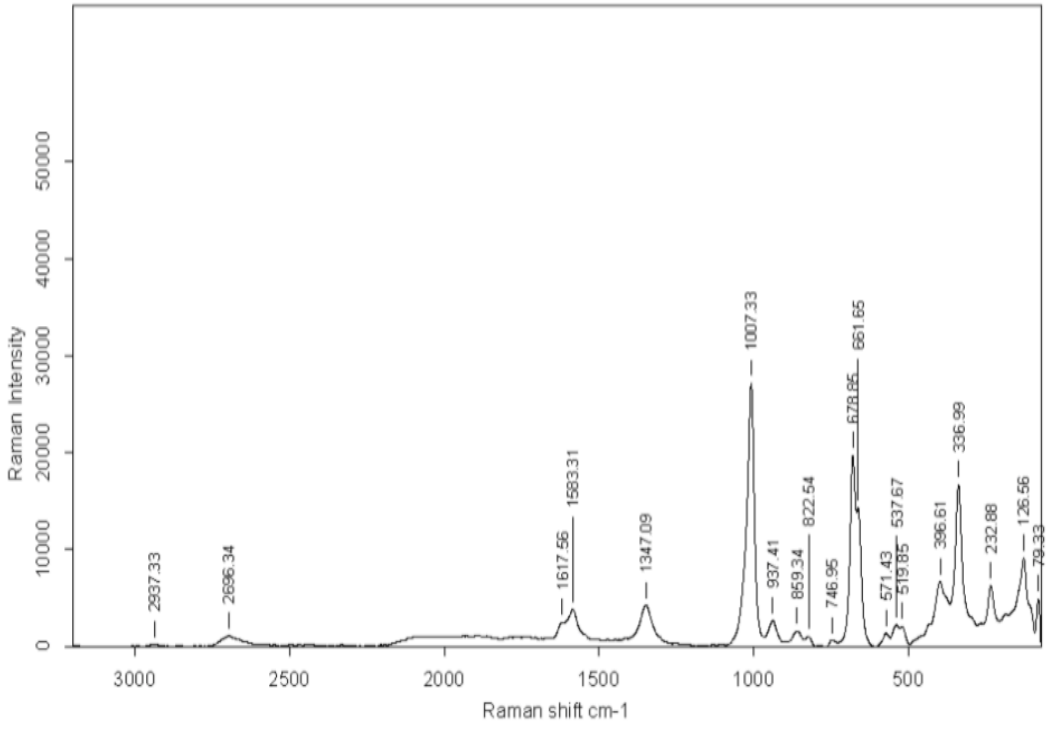
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้กระบวนการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะช่วยให้นักดาราศาสตร์ นักล่าอุกกาบาต หรือผู้ที่มีความสนใจศึกษาด้านอุกกาบาตนี้สามารถระบุธาตุองค์ประกอบทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ ผลที่ได้คือจะทำให้สามารถระบุได้ว่าอุกกาบาตที่ได้ค้นพบนั้นมาจากวัตถุต้นกำเนิดชนิดใด อาทิ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง หรือเศษชิ้นส่วนของดาวเคราะห์ดวงใดดวงหนึ่งในระบบสุริยะ ซึ่งถือเป็นการศึกษาระบบสุริยะได้อีกทางหนึ่ง

3.7.3 **การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี**

เทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี นี้จะอาศัยหลักการการกระเจิงของอนุภาค เมื่อเคลื่อนที่ไปชนกับโมเลกุลของสาร ด้วยการยิงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นสูงเข้าไปยังชิ้นส่วนของอุกกาบาต โมเลกุล

ของธาตุองค์ประกอบในอุกกาบาตจะเกิดการกระเจิงแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างออกไป ทั้งนี้ กระบวนการตรวจวัดด้วยเทคนิครามานสเปกโตรสโคปี นี้จะทำให้ผู้วิจัยได้ผลสัญญาณสเปกตรัมของอุกกาบาตออกมา แล้วนำไปเทียบกับรามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน จะทำให้ทราบองค์ประกอบหลักทางเคมีของตัวอย่างอุกกาบาตได้ เช่นเดียวตัวอย่างรามาน สเปกตรัม ดังภาพที่ 3.27

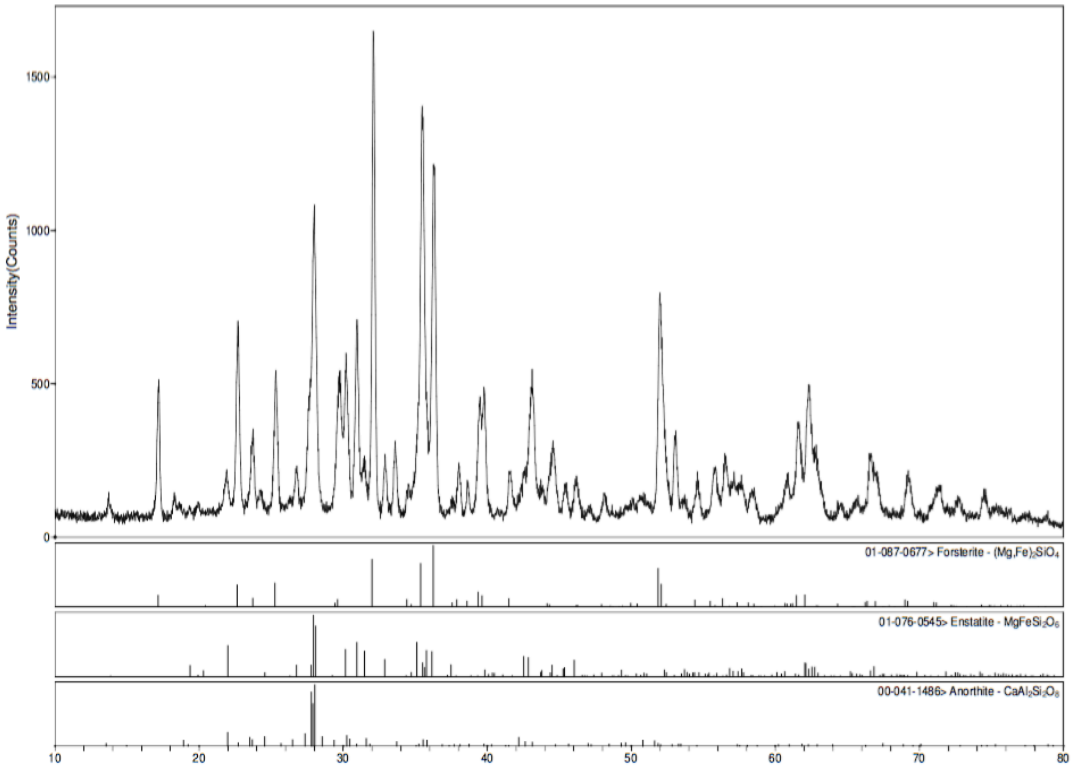


ภาพที่ 3.27 ตัวอย่างรามาน สเปกตรัมที่ได้จากการใช้เทคนิค รามาน สเปกโตรสโคปี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7.4 **การวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray Diffractometer: XRD)**

เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตโดยที่ไม่จำเป็นต้องทำลายตัวอย่างอุกกาบาต อาศัยหลักการยิงรังสีเอ็กซ์ที่ทราบช่วงความยาวคลื่น ไปกระทบกับชิ้นอุกกาบาตและเกิดการเลี้ยวเบนของรังสีที่มุมตกกระทบต่างกัน โดยมุมตกกระทบนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและโครงสร้างของสารที่มีอยู่ในอุกกาบาต ผลที่ได้จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถบ่งชี้บอกชนิดของสารประกอบที่มีอยู่ในตัวอย่างอุกกาบาต ดังภาพที่ 3.28



ภาพที่ 3.28 แสดงผลการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray Diffractometer: XRD) ภาพโดย:นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และ ดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

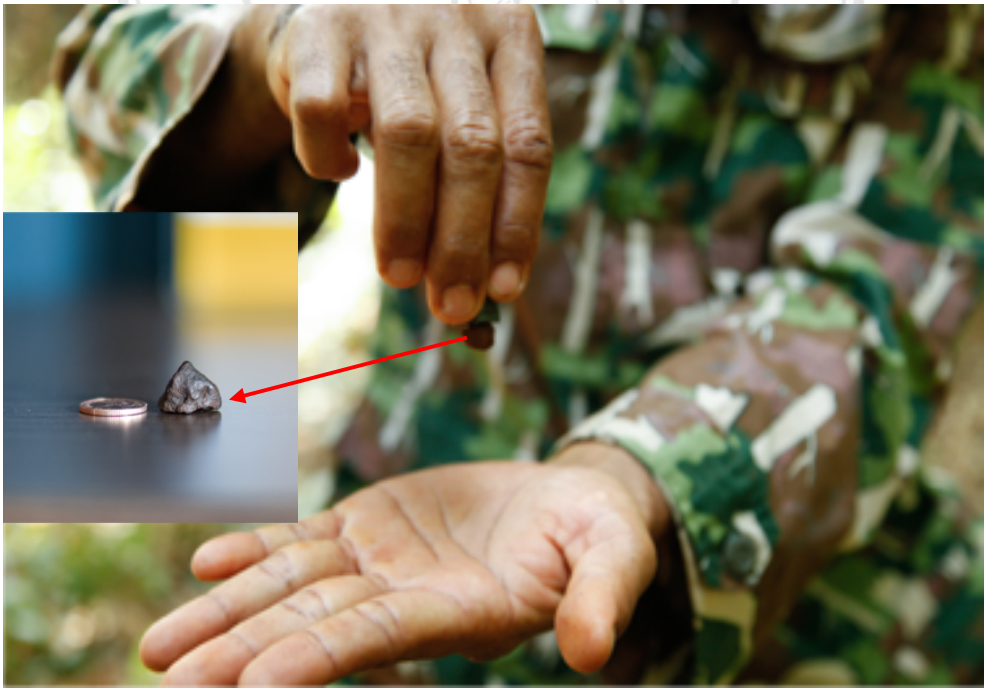
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟตก เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558

การลงพื้นที่ค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค หมู่ที่ 7 ตำบลไทรโยคอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ตามแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ ระหว่างวันที่ 21 – 25 ธันวาคม 2558 ครอบคลุมพื้นที่สำรวจความกว้างประมาณ 20 กิโลเมตร ผู้วิจัยและทีมผู้วิจัยได้ค้นพบชิ้นส่วนที่คาดว่าเป็นชิ้นส่วนอุกกาบาต มีน้ำหนัก 60 กรัม ในวันที่ 25 ธันวาคม 2558 โดยชิ้นส่วนดังกล่าวมีความสามารถในการดูดติดกับแม่เหล็ก ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงชิ้นส่วนของวัตถุที่ค้นพบเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2558 เวลา 11:40 น. ค้นพบโดยนายกรกมล ศรีบุญเรือง นักวิชาการประจำศูนย์บริการวิชาการและสื่อสารดาราศาสตร์สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ และนายสิทธิพร เดือนตะคุ

หลังจากพบชิ้นส่วนวัตถุขนาด 60 กรัม โดยนายกรกมล ศรีบุญเรือง ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้นำชิ้นส่วนดังกล่าวกลับมายังสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์ว่าชิ้นส่วนวัตถุก้อนนี้เป็นอุกกาบาตหรือไม่ ในการวิเคราะห์ครั้งได้ผู้วิจัยได้เชิญ ดร.ศรัณย์ โปษยะจินดา ซึ่งดำรงตำแหน่งรองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ในขณะนั้น ร่วมกับทีมเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์บริการวิชาการและสื่อสารดาราศาสตร์ และ นาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว โดยได้เชิญ รองศาสตราจารย์เวน ออร์ชิสตัน (Associate Professor Wayne Orchiston) นักวิจัยของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้เชียวชาญด้านการศึกษาอุกกาบาตมาให้คำแนะนำและเกี่ยวกับการวิเคราะห์วัตถุดังกล่าว ดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.2 การร่วมประชุมเพื่อวิเคราะห์ชิ้นส่วนวัตถุที่ค้นพบ ขณะลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาต ณ ห้องประชุม ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ภาพโดย: นายธีรยุทธ ลอยลิบ และนายสิทธิพร เดือนตะคุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

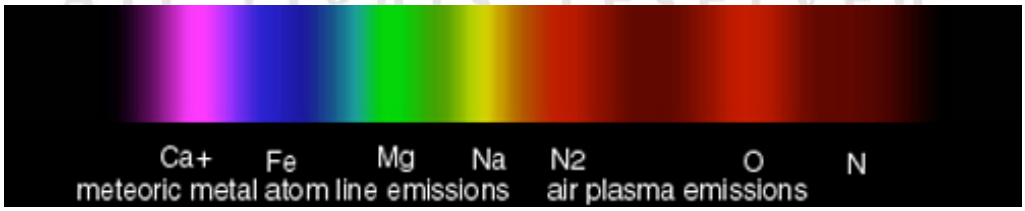
จากการวิเคราะห์โดยผู้วิจัยและกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาอุกกาบาต พบว่าชิ้นส่วนที่ค้นพบนั้นเป็นหินที่พบตามธรรมชาติไม่ใช่อุกกาบาตเนื่องจากวัตถุก้อนนี้ไม่มีลักษณะเปลือกหลอมที่เกิดจากการเผาไหม้ในชั้นบรรยายกาศโลก ซึ่งอุกกาบาตทุกชนิดจะมีลักษณะเปลือกหลอมเกิดขึ้นเมื่อได้รับความร้อนสูงขณะที่เคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลก ส่วนกรณีที่ก้อนหินก้อนนี้สามารถดูดติดแม่เหล็กได้นั้นเป็นเพราะมีองค์ประกอบของแร่เหล็กอยู่มาก ซึ่งพบได้ในหินหลายชนิดบนพื้นโลก

โดยผู้วิจัยสันนิษฐานว่าอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 น่าจะเป็นอุกกาบาตหิน หากพิจารณาจากหลักฐานคลิปวีดีโอที่ได้จากกการรวบรวมข้อมูล ซึ่งแสงวาบที่เกิดขึ้นขณะลูกไฟเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศโลกนั้น เป็นแสงวาบสีเหลือง ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 แสดงตัวอย่างแสงวาบสีเหลือง ที่สามารถสังเกตเห็นได้จากวีดีโอเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558

การที่ลูกไฟเคลื่อนที่เข้ามาในชั้นบรรยากาศโลกแล้วเกิดแสงวาบสีเหลืองนั้น แสดงว่าลูกไฟนั้นมีองค์ประกอบของธาตุโซเดียม (Na) เป็นจำนวนมากสันนิษฐานได้ว่าเป็นอุกกาบาตหินซึ่งเป็นองค์ประกอบธาตุที่อยู่ในอุกกาบาตหิน ตามข้อมูลการศึกษาพิจารณาจากการแผ่รังสีของลูกไฟ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นขณะที่ลูกไฟเดินทางมาปะทะกับบรรยากาศโลกนี้ จะไปทำการกระตุ้นอะตอมของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตและเกิดการคายพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานที่ปลดปล่อยออกมานั้นจะสามารถระบุได้ว่าลูกไฟนั้นมีธาตุองค์ประกอบหลักเป็นธาตุอะไรและเป็นอุกกาบาตชนิดไหน ดังภาพที่ 4.4

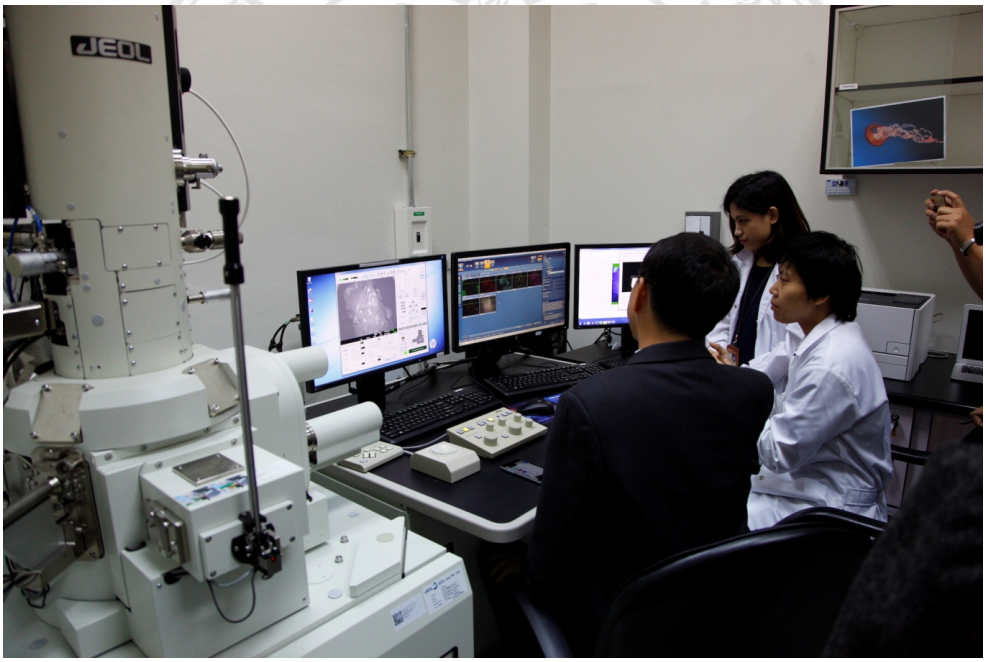
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.4 สเปกตรัมระบุชนิดขององค์ธาตุองค์ประกอบของลูกไฟขณะเปล่งแสงวาบในชั้นบรรยากาศโลก ภาพจาก: https://leonid.arc.nasa.gov/meteor.html

4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตหิน

ในการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตจากเหตุการณ์ลูกไฟตกนี้ ถึงแม้ผู้วิจัยไม่พบชิ้นส่วนอุกกาบาตตามแนวการเคลื่อนที่ของลูกไฟในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค พบเพียงหินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับอุกกาบาตมาก การพัฒนาแนวทางการวิเคราะห์องค์ประกอบตัวอย่างอุกกาบาตหินสามารถดำเนินการได้โดยการนำชิ้นส่วนอุกกาบาตหินที่ตกใส่หลังคาบ้านของนางบัวล้อม ชโลมไพร ณ บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก จากเหตุการณ์อุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้านเมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 ไปทำการศึกษากระบวนการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาต ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (SEM) ณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ดังภาพที่ 4.5



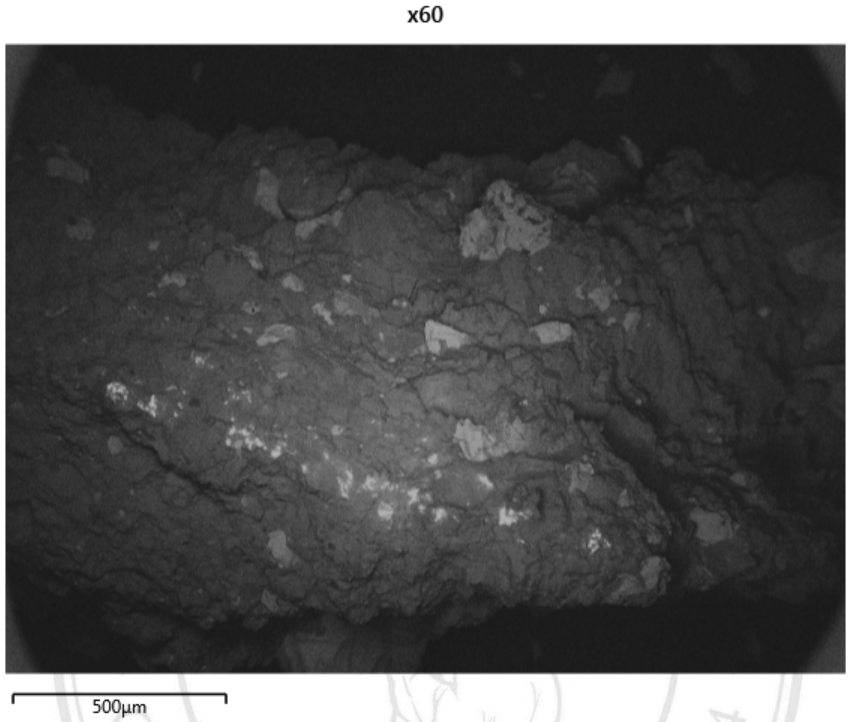
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมหลังจากทำผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำชิ้นงานเข้าสู่กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภาพโดย: นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ และนายสิทธิพร เดือนตะคุ

4.2.1 ผลการศึกษาจากการนำชิ้นส่วนอุกกาบาต (ก่อนทำการขัดผิวหน้าของชิ้นงานตัวอย่าง)

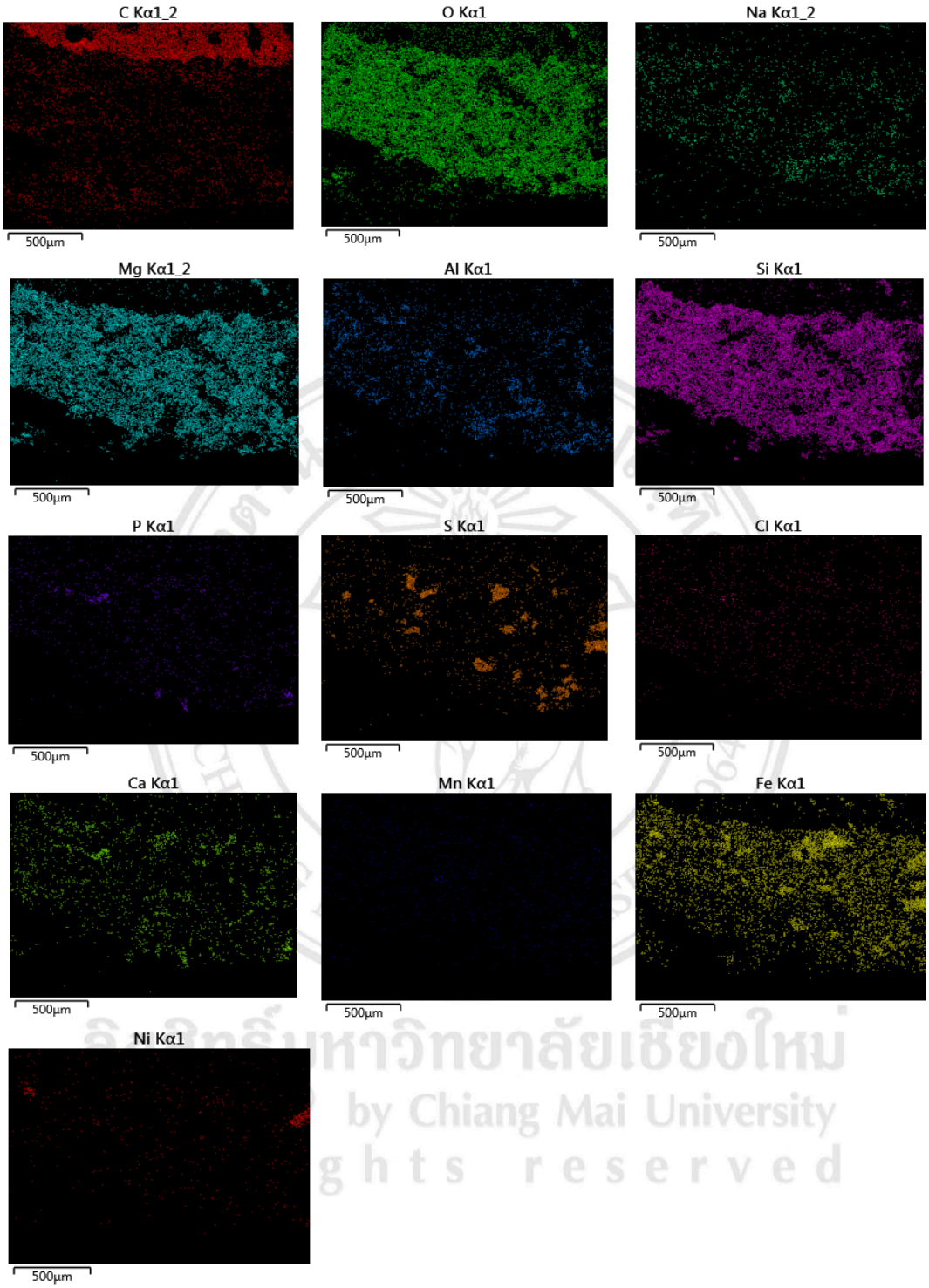
ผลการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาตโดยไม่ทำการขัดผิวหน้าของชิ้นงานตัวอย่างนี้ ทำให้เราทราบธาตุองค์ประกอบที่อยู่ในก้อนอุกกาบาต โดยทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนอุกกาบาตด้วยการถ่ายภาพที่กำลังขยาย 60 เท่า สเกล 500 ไมครอน ถ่ายในโหมด High vacum จะสังเกตเห็นเกรนของ

อุกกาบาตเป็นโทนมืดและโทนสว่าง เป็นภาพถ่ายทางกายภาพ ได้รายละเอียดของลักษณะขนาดของเกรน (Grain size) รวมถึงจะแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างอุกกาบาตนี้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงภาพถ่ายก้อนอุกกาบาตที่ยังไม่มีการขัดผิวหน้า ที่กำลังขยาย 60 เท่า สเกล 500 ไมครอน ภาพโดย: นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ภาพถ่ายที่แสดงให้เห็นโทนมือและโทนสว่างนี้ ไม่สามารถบอกรายละเอียดว่าแต่ละบริเวณมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบบ้าง จึงต้องทำการถ่ายด้วย BEI Detector ที่เพิ่ม Shadows หรือเงาเข้าไปในภาพ ทำให้เราได้รายละเอียดของตัวอย่างบาตรเพิ่มเติม ซึ่งจะแยกความต่างของธาตุจากจากมวลของตะตอม แสดงเป็นโทนสีที่แตกต่างกัน โดยธาตุที่มีมวลอะตอมน้อยๆ จะจะแสดงเป็นสีโทนมืด ส่วนธาตุที่มีมวลอะตอมมากจะแสดงเป็นสีโทนสว่าง แต่ในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นธาตุอะไร จึงต้องวิเคราะห์ต่อด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยเลือกธาตุในตารางธาตุมาทำการ Mapping ผลที่ได้จะทำให้พบว่าอุกกาบาตก้อนนี้มีธาตุองค์ประกอบดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แสดงข้อมูลธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตที่ได้จากการ mapping ชนิดของธาตุโดยเทียบกับโทนสีต่างๆ จากฐานข้อมูลภาพโดย: นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และ ดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
by Chiang Mai University
All rights reserved

การแปรผลจากข้อมูลภาพที่แสดงในรูปแบบโทนมืดและโทนสว่างนี้ จะแสดงให้เห็นธาตุองค์ประกอบของแต่ละบริเวณของก้อนอุกกาบาต ข้อมูลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ซึ่งจะแสดงสัดส่วนของปริมาณธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตทั้งก้อน โดยอุกกาบาตที่ได้รับบริจาคจากนางบัวล้อม ชโลมไพร นี้มีธาตุองค์ประกอบได้แก่ ธาตุคาร์บอน (C), ออกซิเจน (O), โซเดียม(Na), แมกนีเซียม(Mg), อะลูมิเนียม(Al), ซิลิคอน (Si), ฟอสฟอรัส (P), ซัลเฟอร์ (S), คลอรีน (Cl) แคลเซียม (Ca), แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe), และนิกเกิล (Ni) ดังภาพที่ 4.8

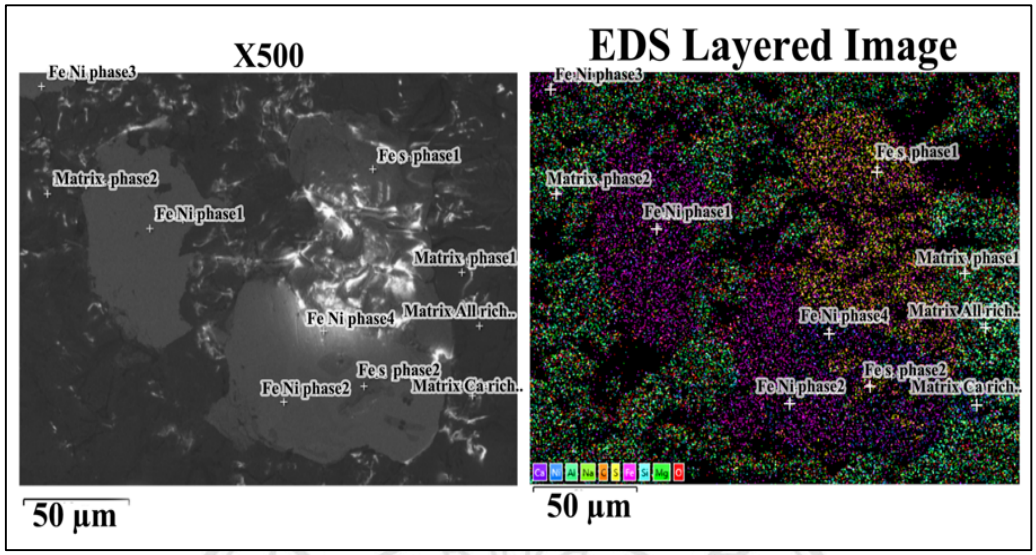
Area→	Overallx60		Black area		White area (Fe-Ni)		White area (Fe-S)	
Element ↓	Wt%	Wt% Sigma	Wt%	Wt% Sigma	Wt%	Wt% Sigma	Wt%	Wt% Sigma
C	17.86	0.95	15.68	0.84	17.95	0.87	9.43	1.5
O	51.59	0.71	50.32	0.66	4.62	0.45	18.78	0.75
Na	1	0.12	0.22	0.1			1.63	0.27
Mg	10.44	0.21	12.41	0.23	1.1	0.19	3.03	0.22
Al	1.09	0.08	0.45	0.07			1.45	0.15
Si	9.31	0.18	11.41	0.21	0.59	0.11	4.23	0.2
P	0.16	0.05						
S	1.19	0.06					13.81	0.37
Cl	0.09	0.04						
Ca	0.6	0.05	3.02	0.1				
Mn	0.15	0.07	0.18	0.08				
Fe	6.51	0.19	6.32	0.2	37	0.53	47.64	0.99
Ni					38.74	0.57		
Total:	100		100		100		100	

ภาพที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตที่ได้จากการวิเคราะห์เทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ภาพโดย:นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 ผลการศึกษาจากการนำชิ้นส่วนอุกกาบาต (หลังทำการขัดผิวหน้าของชิ้นงานตัวอย่าง)

จากการศึกษาพบว่าอุกกาบาตก้อนนี้เป็นอุกกาบาตหิน พบว่าอุกกาบาตนี้เป็นอุกกาบาตหินชนิดอครอนไดรท์ (Achondrites) เนื่องจากอุกกาบาตก้อนนี้ไม่มีคอนดรูลกระจายแทรกอยู่ในเนื้อของอุกกาบาต ถือเป็นอุกกาบาตที่มีการค้นพบได้น้อย วัตถุต้นกำเนิดของอุกกาบาตก้อนนี้เป็นวัตถุท้องฟ้าขนาดใหญ่ อย่างเช่นดาวเคราะห์น้อย หรือเศษชิ้นส่วนของดาวเคราะห์เช่นดาวอังคาร ผลจากการกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นการกระจายตัวของธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างอุกกาบาตหินก้อนนี้อย่างชัดเจน โดยตัวอย่างอุกกาบาตมีเหล็กนิกเกิลกระจายอยู่ทั่วทั้งก้อน บริเวณที่เป็นสีชมพูและสีส้มจะหมายถึงบริเวณที่มีแร่เหล็กปะปนอยู่ ดังภาพที่ 4.9



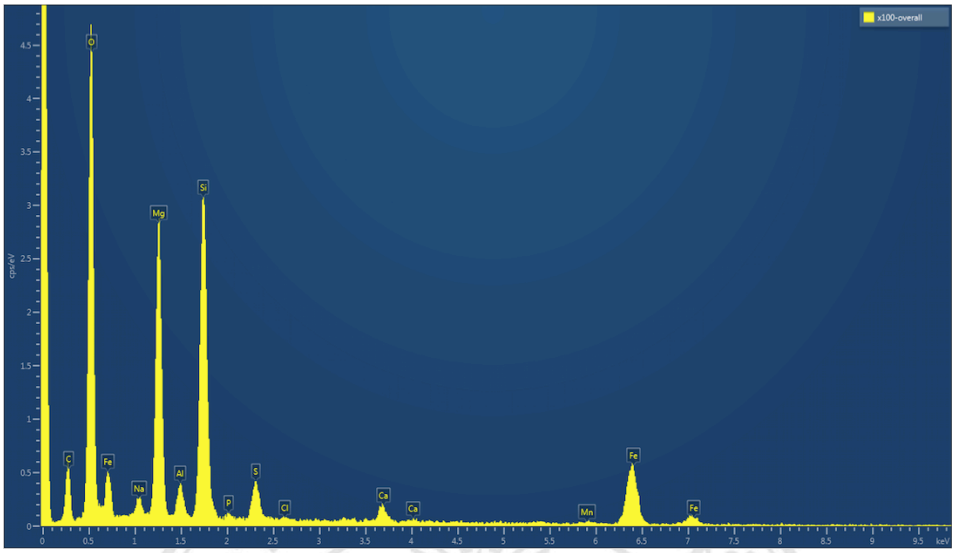
ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณสัมพัทธ์ธาตุที่กระจายตัวในพื้นผิวของอุกกาบาตที่ได้จากจังหวัดพิษณุโลก ที่ 20 กิโลโวลต์ กำลังขยาย 500 เท่า สเกล 50 ไมครอน ภาพโดย: นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพและซึ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ แบบ Pure Element จะให้ผลลัพธ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของธาตุ ดังผลการวิเคราะห์ต่อไปนี้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์อุกกาบาตหินเชิงคุณภาพ

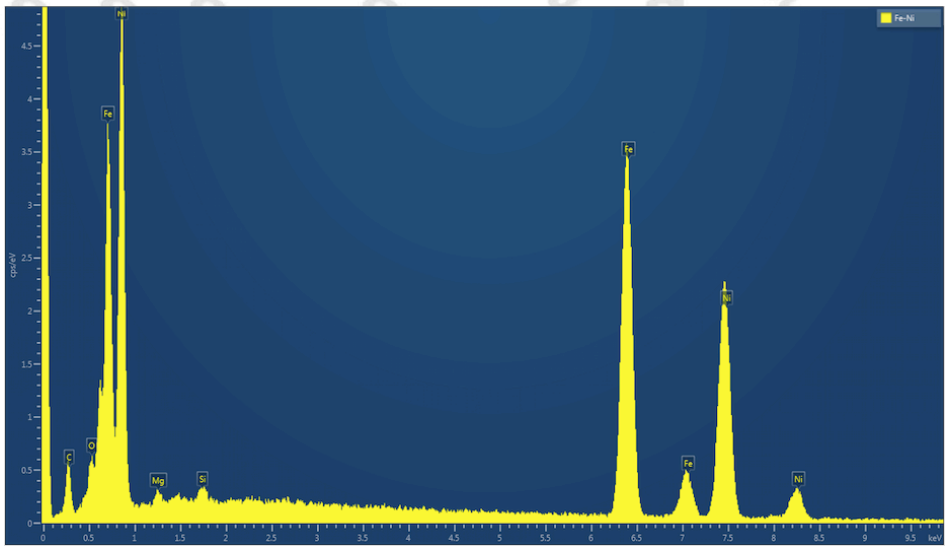
การวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตเชิงคุณภาพ จะบ่งบอกว่าตัวอย่างอุกกาบาตชิ้นนี้มีธาตุอะไรเป็นองค์ประกอบบ้าง ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมีความสามารถในการวิเคราะห์หาธาตุตั้งแต่ธาตุโบรอน (B) – ธาตุยูเรเนียม (U) โดยผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตหินในครั้งนี้พบว่าอุกกาบาตหินชิ้นนี้มีธาตุองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O), โซเดียม (Na), แมกนีเซียม (Mg) ,อะลูมิเนียม (Al), ซิลิคอน (Si), ฟอสฟอรัส (P), ซัลเฟอร์ (S), ครอรีน (Cl), แคลเซียม (Ca) , แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe) และนิกเกิล (Ni) ดังภาพที่ 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

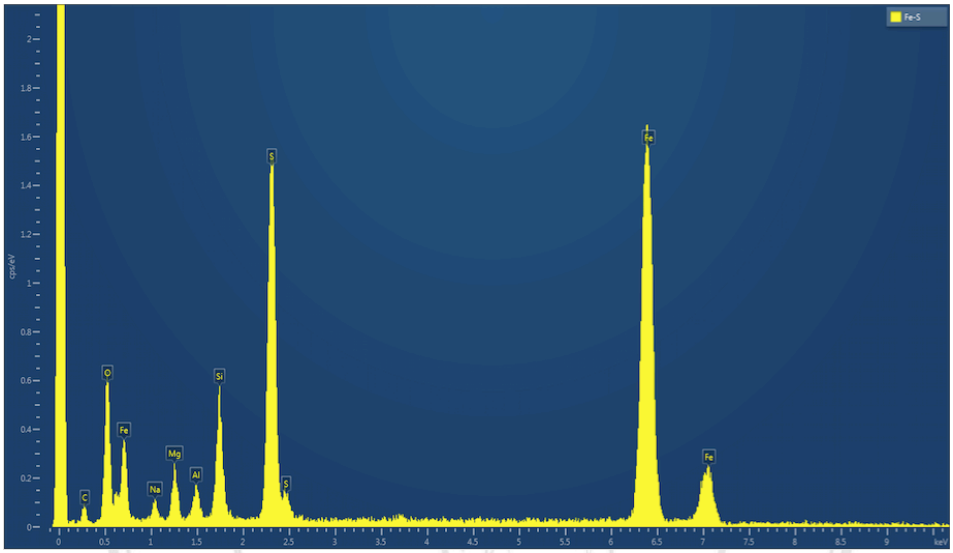


ภาพที่ 4.10 แสดงสเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภาพโดย:นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

หากพิจารณาองค์ประกอบธาตุในเนื้อของอุกกาบาตที่น่าสนใจ นักดาราศาสตร์จะพิจารณาเลือกพิจารณาสเปกตรัมของเหล็ก นิกเกิล และ ซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นธาตุองค์ประกอบหลัก ๆ ที่พบในอุกกาบาต พบว่าอุกกาบาตก้อนนี้มีพีคของ เหล็ก - นิกเกิล และเหล็ก – ซัลเฟอร์ สูงมากกว่าธาตุอื่น ๆ ดังภาพที่ 4.11 – 4.12



ภาพที่ 4.11 แสดงสเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุเหล็ก – นิกเกิล (Fe-Ni) ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภาพโดย:นางสาววิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ



ภาพที่ 4.12 แสดงสเปกตรัมแถบสเปกตรัมของธาตุเหล็ก – นิกเกิล (Fe-S) ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภาพโดย:นางสาว วิยภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

4.2.4 ผลการวิเคราะห์อุกกาบาตหินเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตเชิงปริมาณด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตัวอย่างอุกกาบาตหินจะถูกวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุออกมาเป็นอัตราส่วนร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์เพื่อความสะดวกในการอ่านค่าปริมาณ ซึ่งจะทำให้ทราบว่าธาตุที่แทรกอยู่ในเนื้ออุกกาบาตก้อนนี้มีปริมาณเท่าใด ดังตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ **2** แสดงปริมาณของธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างอุกกาบาตหินในหน่วยเปอร์เซ็นต์

Spectrum	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Total (%)
Map Sum Spectrum	12.78	41.99	1.04	7.54	1.10	10.91	4.32		0.33		18.00	2.00	100
Fe Ni phase1											95.34	4.66	100
Fe Ni phase2											64.83	35.17	100
Fe S phase1							50.79				49.21		100
Fe S phase2							49.17				50.83		100
Matrix Al rich phase	7.34	56.58	6.81		8.00	20.29		0.32	0.67				100
Fe Ni phase3											95.17	4.83	100
Matrix phase1	6.42	61.88		13.44		15.55			0.18		2.54		100
Matrix Ca rich phase	8.40	61.39	0.71	7.57	0.42	15.58			4.56	0.20	1.16		100
Fe Ni phase4											50.02	49.98	100
Matrix phase2	6.10	58.24	0.50	13.23		17.79			0.31		3.83		100

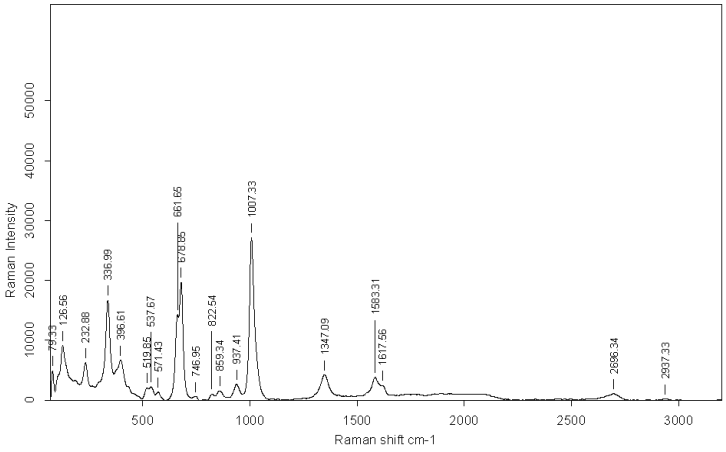
จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์พบว่าอุกกาบาตหินก้อนนี้มีธาตุเหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) และ ซัลเฟอร์ (S) ในอัตราส่วนที่สูง และพบได้ในพื้นผิวของอุกกาบาตที่ทำการการตรวจวัด เช่น Fe Ni phase1 มีปริมาณ เหล็ก (Fe) เท่ากับ 95.34% และ นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 4.66% , Fe Ni phase2 มีปริมาณ เหล็ก (Fe) เท่ากับ 64.83% และ นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 35.17% , Fe S phase1 มีปริมาณ เหล็ก (Fe) เท่ากับ 49.21% และ ซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 50.79% และ Fe S phase2 มีปริมาณ เหล็ก (Fe) เท่ากับ 50.83% และ ซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 49.17% เป็นต้น

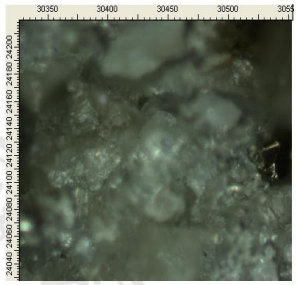
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

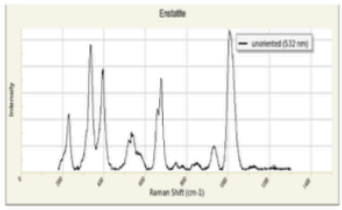
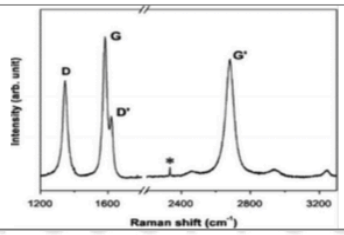
4.2.5 วิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี

เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี มาร่วมพิจารณาด้วย ผลจากการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคนี้จะแสดงให้เห็นสัณญาณสเปกตรัมของอุกกาบาตที่แต่ละตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่างที่ทำการตรวจวัดด้วยเทคนิคนี้ และนำไปเปรียบเทียบกับรามานสเปกตรัมมาตรฐาน ทั้งนี้ ผู้วิจัยและ

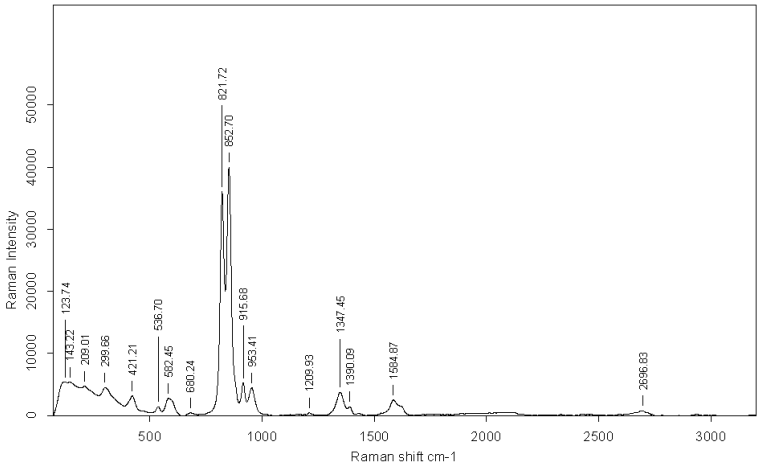
เจ้าหน้าที่เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เชิงฟิสิกส์ หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ได้ทำการพิจารณาตัวอย่างอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานทั้งหมด 7 บริเวณ ดังผลการวิเคราะห์ในแต่ละบริเวณซึ่งแดงผลกราฟจากการตรวจวัดและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมีของอุกกาบาตทั้ง 7 บริเวณ ดังภาพที่ 4.13 – 4.19

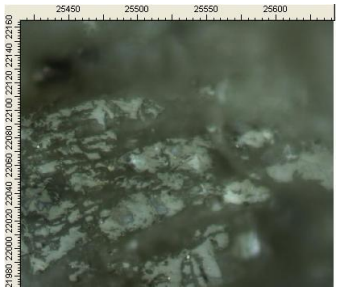


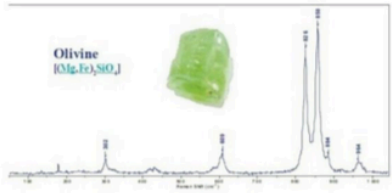
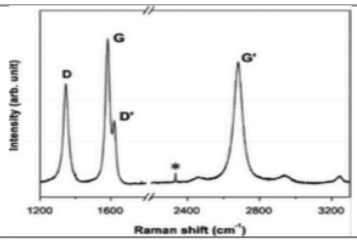


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Enstatite	1007, 937, 859, 822, 746, 678, 661, 571, 537, 519, 396, 336, 232, 126	
Carbon เช่น graphite	1347, 1583, 1617, 2696	

ภาพที่ 4.13 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมีบริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 1

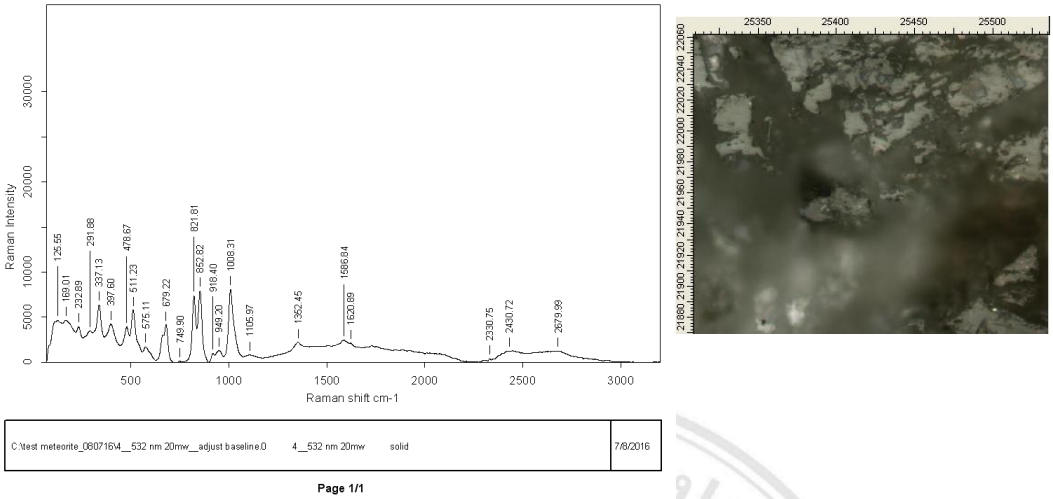


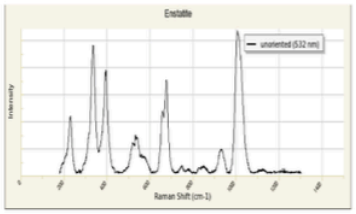
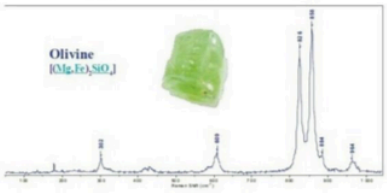
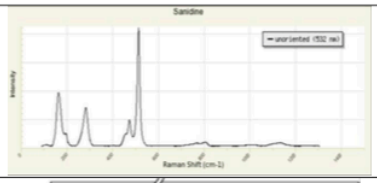
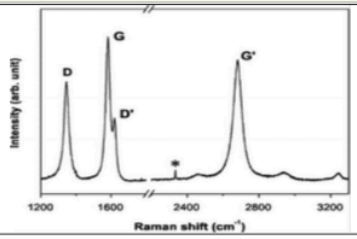


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Olivine	953, 915, 852, 821, 680, 582, 536, 421, 299, 209, 123	
Carbon เช่น graphite	1347, 1584, 2696	

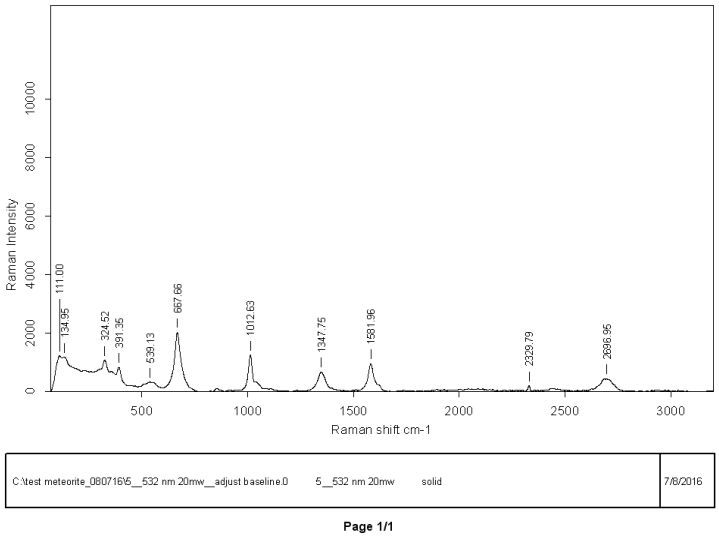
ภาพที่ 4.14 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมี บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 2

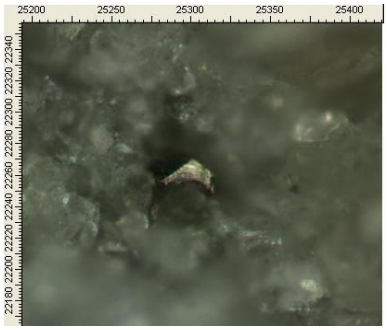
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

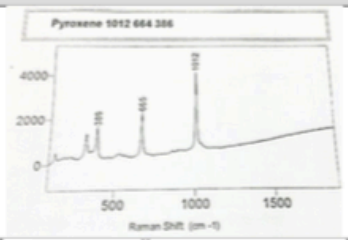
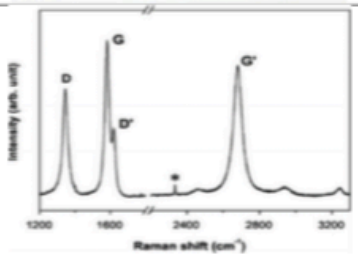


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Enstatite	1008, 949, 852, 821, 749, 679, 661, 575, 537, 511, 397, 337, 232, 125	
Olivine	949, 918, 852, 821, 679, 575, 537, 421, 291, 209, 125	
Sanidine	1105, 511, 478, 291, 169	
Carbon เช่น graphite (ปริมาณน้อยมาก)	1352, 1586, 1620, 2679	

ภาพที่ 4.15 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมี บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่3

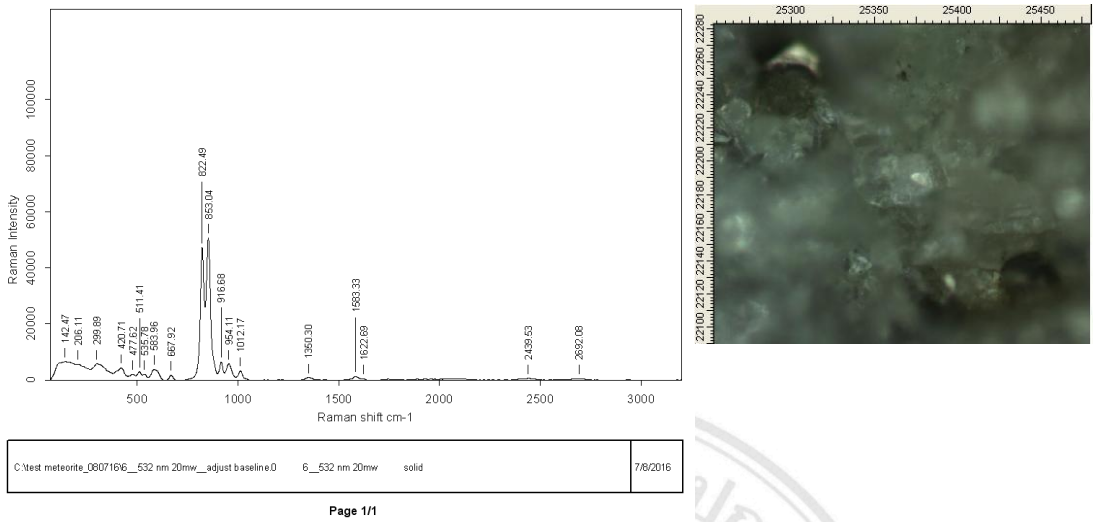


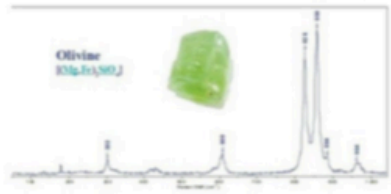
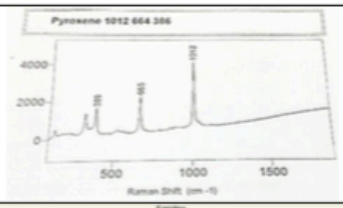
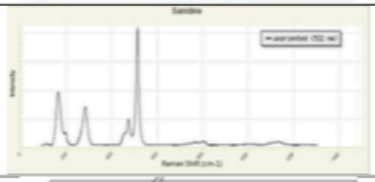
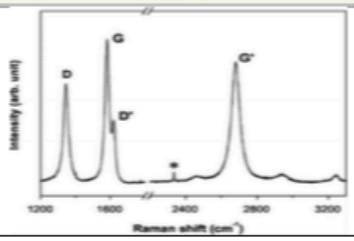


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Pyroxene	1012, 667, 539, 391, 324, 134, 111	
Carbon เช่น graphite	1347, 1581, 2696	

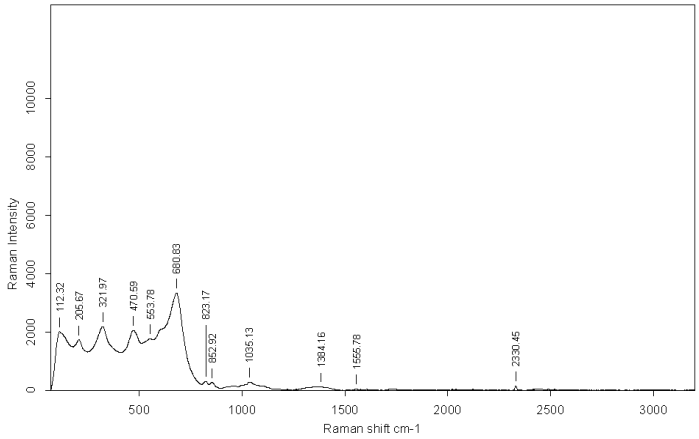
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

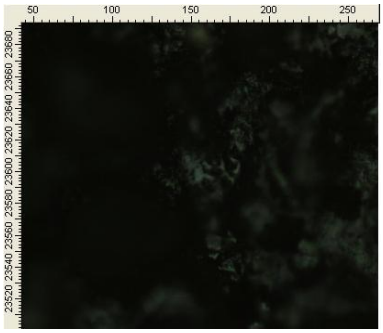
ภาพที่ 4.16 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมี บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 4

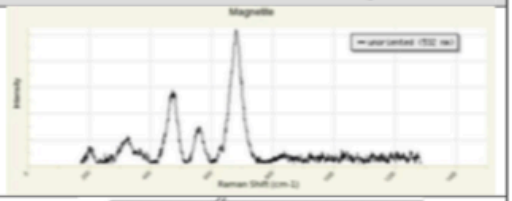
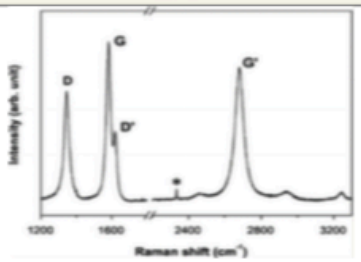


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Olivine	954, 916, 853, 822, 667, 583, 535, 420, 299, 206	
Pyroxene (ปริมาณน้อยมาก)	1012, 667, 535, 391, 324	
Sanidine (ปริมาณน้อยมาก)	1105, 511, 477, 299, 142	
Carbon เช่น graphite (ปริมาณน้อยมาก)	1350, 1583, 1622, 2692	

ภาพที่ 4.17 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมี บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 5

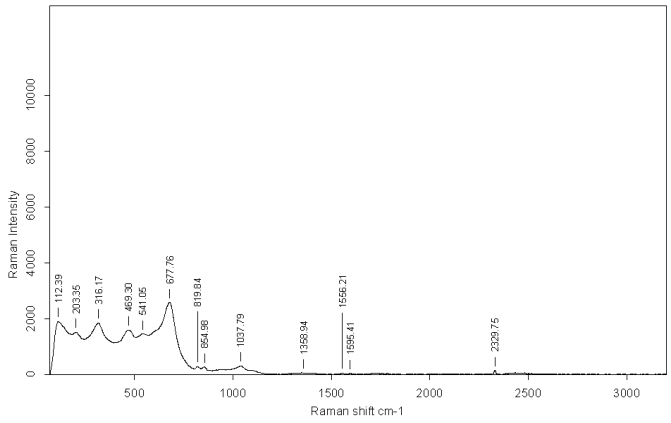


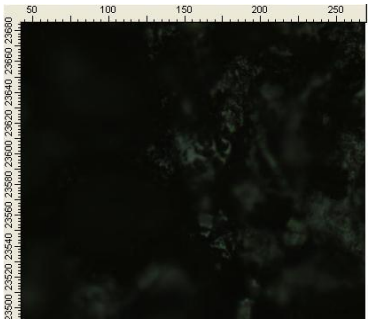


องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Magnetite	1035, 852, 823, 680, 553, 470, 321, 205, 112	
Carbon เช่น graphite (ปริมาณน้อยมาก)	1384, 1555	

ภาพที่ 4.18 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมี บริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 6

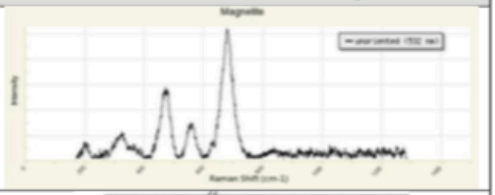
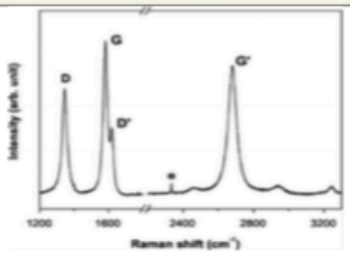
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved





C:\test meteorite_080716\8__532 nm 20mw__adjust baseline.0 8__532 nm 20mw solid 7/8/2016

Page 1/1

องค์ประกอบหลักทางเคมี	ตำแหน่งแบนด์ของตัวอย่าง (cm^{-1})	รามานสเปกตรัมของสารมาตรฐาน
Magnetite	1037, 854, 819, 677, 541, 469, 316, 203, 112	
Carbon เช่น graphite (ปริมาณน้อยมาก)	1358, 1556, 1595	

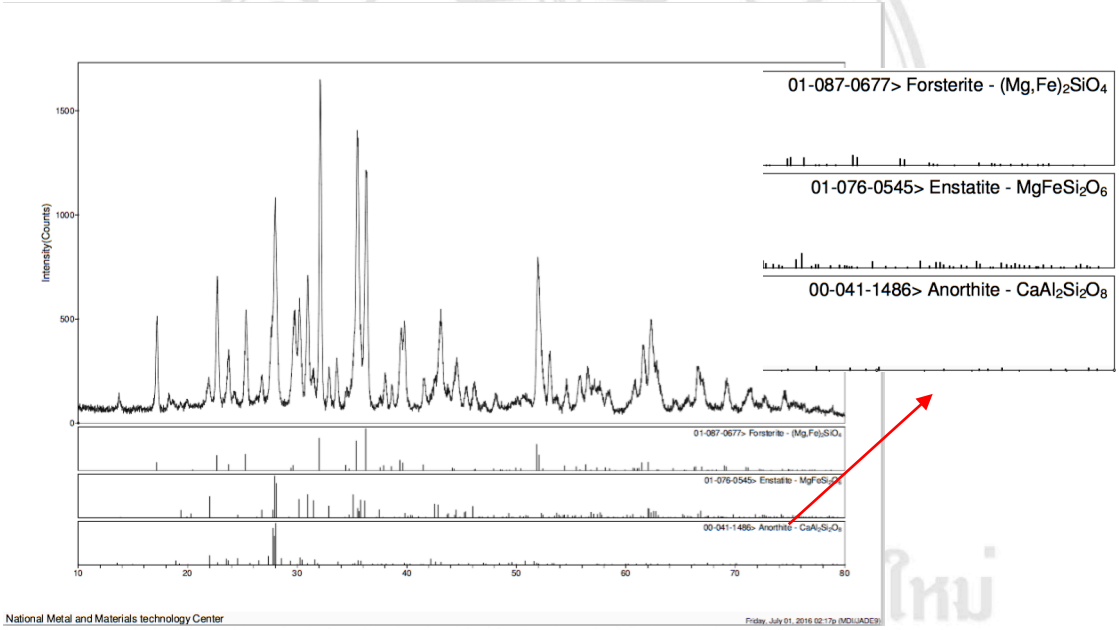
ภาพที่ 4.19 ผลการตรวจวัดอุกกาบาตด้วยเทคนิครามานและแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมีบริเวณพื้นที่ตรวจวัดที่ 7

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปีนี้แสดงให้เห็นแนวโน้มองค์ประกอบหลักทางเคมีของอุกกาบาตได้ชัดเจน โดยอุกกาบาตที่ได้รับบริจาคจากนางบัวล้อม ชโลมไพร นั้นมีแร่ธาตุองค์ประกอบที่สามารถตรวจวัดได้ชัดเจนคือ เอนสตาไตต์ (Enstatite), โอลีวีน (Olivine), ซานิดีน (Sanidine), ไพรอกซีน (Pyroxene) คาร์บอน (Carbon เช่น graphite) และแมกนีไทต์ (Magnetite) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.6 วิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray Diffractometer: XRD)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงให้เห็นการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ขณะกระทบกับธาตุองค์ประกอบในมุมตกกระทบที่แตกต่างกันนี้ สามารถแปลงข้อมูลดังกล่าวออกมาในรูปของกราฟที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ออกมาได้ พบว่าอุกกาบาตก้อนนี้มีธาตุองค์ประกอบได้แก่ ธาตุในกลุ่มฟอสเตอไรต์ (Forsterite : $(Mg,Si)_2\ SiO_4$) , เอนสตาไตต์ (Enstatite : $(Mg,Si)_2\ SiO_6$) ที่อยู่ในตระกูลแร่โอลีวีน เป็นกลุ่มแร่ที่มีโครงสร้างเป็นซิลิเกต มีองค์ประกอบทางเคมีเป็น แมกนีเซียม เหล็กและซิลิเกต และแร่อะนอร์ไทท์ (Anorthite : $CaAl_2Si_2O_8$) ที่จัดอยู่ในกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์ หรือแร่ฟันม้า หรือเรียกว่าแคลเซียมเฟลด์สปาร์ ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์อุกกาบาตด้วยเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน ภาพโดย: นางสาววิภรณ์ กรองทอง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการอาวุโส และดร. บราลี ชยสมบัติ นักวิจัยประจำศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผล

การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟโดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง นั้นเป็นวิธีการที่นักดาราศาสตร์และนักล่าอุกกาบาตทั่วโลกยอมรับและใช้กระบวนการเดียวกันนี้ในการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในทั่วโลก กรณีของการหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลภาพถ่ายดาวพื้นหลังในตำแหน่งเดียว กับภาพถ่ายคอนเทรลที่ได้รับจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำภาพไปปรับเทียบกันเพื่อหาความสูงของคอนเทรลในแต่ละจุดและโดยขั้นตอนการคำนวณหาแนวทางการเคลื่อนที่นี้ได้รับความร่วมมือจากนายปีเตอร์ เจนนิสเคนส์ (Peter Jenniskens) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการค้นหาอุกกาบาต และนายมติพล ตั้งมติธรรม ตำแหน่งผู้เชียวชาญ ประจำสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ สามารถหาแนวการเคลื่อนที่ของลูกไฟซึ่งอยู่ในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติไทรโยคนั้น ผลการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตตามแนวการเคลื่อนที่ของลูกไฟจากเหตุการณ์ลูกไฟตก เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 นั้น ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยไม่พบชิ้นส่วนอุกกาบาต สืบเนื่องจากหลายปัจจัย อาทิช่วงระยะเวลาในการสำรวจเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้ร่องรอยต่าง ๆ นั้นถูกลบเลือนหายไปด้วยกระบวนการทางธรณีวิทยา พื้นที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค นั้นเป็นป่าดิบชื้นมีพืชพันธุ์หนาแน่น ทำให้ยากต่อการเข้าถึงพื้นที่ รวมทั้งพื้นที่บางจุดเป็นพื้นที่การเกษตรซึ่งมีการไถเปิดหน้าดิน การไถพื้นที่เหล่านี้อาจจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นถูกไถกลบไปด้วย

ในส่วนของกระบวนการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ตัวอย่างอุกกาบาตนั้นเป็นขั้นตอนสำคัญของภารกิจการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาต ซึ่งเมื่อมีการค้นพบชิ้นส่วนที่คาดว่าจะเป็นอุกกาบาตจำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนดังกล่าวเพื่อยืนยันว่าเป็นอุกกาบาตชนิดใด ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างชิ้นส่วนที่ตกใส่หลังคาบ้านนางบัวล้อม ชโลมไพร ณ บ้านเลขที่ 155 ม.3

ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 โดยนางบัวล้อม ชโลมไพร ได้บริจาคชิ้นส่วนของวัตถุที่ตกใส่หลังคาบ้านตนให้กับสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นสถานที่ปฏิบัติงานของผู้วิจัย จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDS) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าชิ้นส่วนดังกล่าวคืออุกกาบาตหินชนิดอคอรอนไดรท์ ที่มีธาตุเหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) และ ซัลเฟอร์ (S) ในอัตราส่วนที่สูงมากกว่าหินที่ค้นพบบนพื้นโลก และมีลักษณะทางกายภาพทางเคมีตรงกับอุกกาบาตหินที่มีการค้นพบกันทั่วโลก จึงยืนยันได้ว่าชิ้นส่วนที่ตกใส่หลังคาบ้านนางบัวล้อม ชโลมไพร นั้นเป็นอุกกาบาตหินอย่างแน่นอน รวมทั้งผลการวิเคราะห์จากเทคนิครามาน สเปกโตรสโคปี และเทคนิคเอกเรย์ดิฟแฟรกชัน ที่บ่งชี้ถึง ธาตุองค์ประกอบ เอนสตาไตต์ (Enstatite), โอลีวีน (Olivine), ซานิดีน (Sanidine), ไพรอกซีน (Pyroxene) คาร์บอน (Carbon เช่น graphite) แมกนีไทต์ (Magnetite) และธาตุในกลุ่มฟอสเตอไรต์ (Forsterite : $(Mg,Si)_2\ SiO_4$) , เอนสตาไตต์ (Enstatite : $(Mg,Si)_2\ SiO_6$) ที่อยู่ในตระกูลแร่โอลีวีน เป็นกลุ่มแร่ที่มีโครงสร้างเป็นซิลิเกต มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นแมกนีเซียม เหล็กและซิลิเกต และแร่อะนอร์ไทท์ (Anorthite : $CaAl_2Si_2O_8$) ซึ่งธาตุองค์ประกอบเหล่านี้นักดาราศาสตร์พบในอุกกาบาตหินชนิดอคอรอนไดรท์ กลุ่มออร์ไบรท์ (Aubrite) โดยเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบจากฐานข้อมูลของอุกาบาตหินชนิดเดียวกันดังภาพที่ 5.1

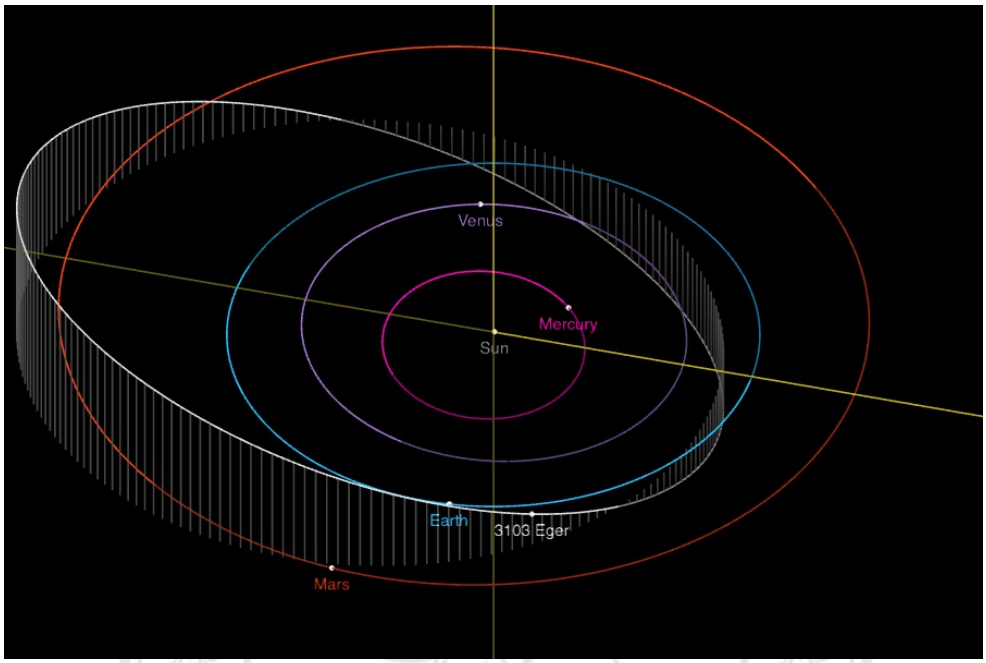
Essential minerals - these are minerals that are required within the classification of this rock:	
Pyroxene > Orthopyroxene > Enstatite	$MgSiO_3$
Non-essential minerals - these minerals are common, sometimes major components, but are not always present:	
Feldspar > Alkali Feldspar > Albite	$Na(AlSi_3O_8)$
Kamacite	(Fe,Ni)
Olivine > Forsterite	Mg_2SiO_4
Pyroxene > Clinopyroxene > Diopside	$CaMgSi_2O_6$
Troilite	FeS

All rights reserved

ภาพที่ 5.1 แสดงแร่องค์ประกอบของอุกกาบาตหินชนิดอคอรอนไดรท์ กลุ่มออร์ไบรท์ (Aubrite)
อ้างอิง: https://www.mindat.org/min-49873.html

จากเหตุการณ์อุกกาบาตตกใส่บ้านนางบัวล้อม ชโลมไพร อายุ 65 ปี บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 เวลาประมาณ 07:26 น. นั้น ผู้วิจัยสันนิษฐานว่า ชิ้นส่วนอุกกาบาตที่ตกมานี้น่าจะมาจากวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นดาวเคราะห์น้อยชื่อว่า 3103 Eger ซึ่งโคจรเข้าใกล้โลกเป็นระยะทางประมาณ 0.407 AU (60 886 333.4 กิโลเมตร) พิจารณา

จากภาพวิถีการโคจรของโลก (วงกลมสีฟ้า) และดาวเคราะห์น้อย 3103 Eger (วงกลมสีขาว) ดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 แสดงวงโคจรของโลก ดาวพุธ ดาวศุกร์ ดาวอังคารและ ดาวเคราะห์น้อย 3103 Eger เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2562 ช่วงเวลาประมาณ 07:26 น.
อ้างอิง: https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=Eger;old=0;orb=1;cov=0;log=0;cad=1#orb

ทั้งนี้หากพิจารณาจากธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างอุกกาบาตจาก ดาวเคราะห์น้อย 3103 Eger ที่มีการศึกษาก่อนหน้าพบว่า เป็นอุกกาบาตชนิดอครอนไดรท์ กลุ่มออร์ไบรท์ (Aubrite) ที่มีธาตุในกลุ่มฟอสเตอไรต์ (Forsterite : $(Mg,Si)_2\ SiO_4$) , เอนสตาไตต์ (Enstatite : $(Mg,Si)_2\ SiO_6$) ที่อยู่ในตระกูลแร่โอลีวีน เป็นกลุ่มแร่ที่มีโครงสร้างเป็นซิลิเกต มีองค์ประกอบทางเคมีเป็น แมกนีเซียมเหล็กและซิลิเกต และแร่อะนอร์ไทท์ (Anorthite : $CaAl_2Si_2O_8$) เช่นเดียวกันกับอุกกาบาตที่พบจากบ้านนางบัวล้อม ชโลมไพร อายุ 65 ปี บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 จึงสันนิษฐานว่า ดาวเคราะห์น้อย 3103 Eger เป็นวัตถุต้นกำเนิดของอุกกาบาตก้อนนี้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

การหาตำแหน่งอุกกาบาตจากลูกไฟในประเทศไทย เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 โดยปรับเทียบคอนเทรลกับพิกัดของดาวพื้นหลัง ผู้วิจัยเจอปัญหาและอุปสรรคในการศึกษาดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.1 ปัญหาเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ ซึ่งมีประชนชนจำนวนมากนำข้อมูลภาพจากเหตุการณ์อื่นมาเผยแพร่ในอินเตอร์เน็ต เพื่อสารสืบค้นข้อมูลที่ถูกต้องและตามกระแสข่าวในสังคมทำให้ต้องใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลภาพมากกว่าเดิม

5.2.2 ชาวบ้านในพื้นที่มีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับราคาของอุกกาบาต ส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่าชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นมีราคาแพง ขณะที่เจ้าหน้าที่ลงพื้นที่เพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมนั้นจึงมีการปกปิดข้อมูลบางส่วน โดยคิดว่าตนเองจะทำการค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตเองเพื่อนำชิ้นส่วนอุกกาบาตนั้นไปจำหน่ายต่อไป

5.2.3 แหล่งข้อมูลภาพนั้นมีจำนวนน้อย ผู้วิจัยสามารถรวบรวมภาพข้อมูลจากถ่ายภาพด้วยโทรศัพท์มือถือเท่านั้น ซึ่งแท้จริงแล้วภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งอยู่ตามหน่วยงานของรัฐและเอกชนสามารถใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามกล้องวงจรปิดส่วนใหญ่ชำรุดและขาดการซ่อมแซมมาเป็นมาเวลานาน จึงไม่สามารถรวบรวมภาพจากกล้องวงจรปิดในพื้นที่ได้

5.2.4 พื้นที่ในการค้นหาอุกกาบาตเป็นพื้นที่ป่ารกชัฏ ทำให้ยากต่อการค้นหา อีกทั้งเป็นเขตอุทยานแห่งชาติ ที่มีสัตว์ดุร้ายอาศัยจำนวนมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 วิธีการรวบรวมภาพถ่ายคอนเทรล หรือวีดีโอที่บันทึกเหตุการณ์ลูกไฟตก ที่คาดว่าจะได้ผลดีที่สุดคือใช้วิธีประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อทางอินเตอร์เน็ต และหนังสือพิมพ์ โดยให้ข้อมูลการติดต่อกลับไว้ ณ สื่อดังกล่าว พร้อมกับวางหน้าที่ให้กลุ่มนักวิจัยผู้รับผิดชอบเพื่อติดต่อสอบถามข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์และร่วมกันพิจารณาข้อมูล เพื่อคัดเลือกข้อมูลเท็จออกไป จะเป็นการตีกรอบข้อมูลสำหรับการลงพื้นที่เพื่อถ่ายภาพดาวพื้นหลังให้แคบลงได้

5.3.2 ในการลงพื้นที่เพื่อสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมนั้น ผู้ทำการวิจัยควรจะต้องทำการศึกษาเส้นทางล่วงหน้า และติดต่อนัดหมายกับเจ้าของข้อมูล หรือผู้นำท้องถิ่นผู้ซึ่งสามารถติดต่อกับชาวบ้านได้ดีกว่าเจ้าหน้าที่หรือผู้ทำวิจัย พร้อมกับเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุกกาบาตเพื่อทำความเข้าใจกับประชาชนในพื้นที่ เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจผิดเรื่องสิทธิในการครอบครองอุกกาบาตและเกณฑ์ราคาการซื้อขายอุกกาบาตในท้องตลาด

5.3.3 ก่อนการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล ผู้ทำการวิจัยควรจะต้องติดต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเพื่อขออนุญาตเข้าตรวจเช็คบันทึกกล้องวงจรปิด ว่าใช้งานได้หรือไม่ หากกล้องวงจรปิดดังกล่าวมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ผู้ศึกษาจึงควรจะดำเนินการยื่นหนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลวีดีโอจากกล้องวงจรปิดไปด้วย เพื่อความรวดเร็วในการรวบรวมข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3.4 ในการลงพื้นที่เพื่อค้นหาชิ้นส่วนอุกกาบาตในเขตพื้นที่อุทยานนั้นจำเป็นจะต้องติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ หรือเจ้าหน้าที่ที่ประจำอยู่ในอุทยาน ให้เป็นผู้นำทาง ทั้งนี้เนื่องจากเจ้าหน้าที่จากมีความชำนาญพื้นที่เป็นอย่างดี และด้วยมีข้อห้ามผู้ศึกษาฝ่าฝืนกฎของอุทยานเด็ดขาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

Shaddad, H., Jenniskens, P., et al., The recovery of asteroid 2008TC3, Metoritics & Planetary Science, 45, 1557-1589, 2010

Popova, P., Jeniskens, P., et al., Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment ,Meteorite Recovery, and Characterization, Science 342, 1069-1073 ,2013

Richard, O., and Chitwood, A., Field Guide to Meteors and Meteorites,Springer,Verlag London, 2008

Tatum, J.P., Tracking a fireball from eyewitness,The royal astronomical society of Canada 182, 99-177, 2005

Hunnu, H., Fundamental astronomy, springer, Verlag London, 2006

วิภู รุโจปการ,เอกภพเพื่อความเข้าใจในธรรมชาติและจักรวาล, นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์, กรุงเทพมหานคร, พ.ศ 2547

นิพนธ์ ทรายเพชร, มหาหัศจรรย์มนุษย์กับดวงดาว, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,กรุงเทพมหานคร, พ.ศ. 2555

สมาคมดาราศาสตร์ไทย,รอบรู้ดูดาว คู่มือชมฟ้าสำหรับคนไทย, อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิง จำกัด (มหาชน), พ.ศ. 2557

ศสิพันธุ์ คะวีรัตน์ และคณะ, การศึกษาเบื้องต้นในอุกกาบาตและเทคไทต์โดยวิธีนิวเคลียร์, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 8, พ.ศ. 2544

ระวิ สงวนทรัพย์, ปริทรรศน์แห่งเอกภพ เล่ม 2, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร, พ.ศ. 2532

ระวิ สงวนทรัพย์, ปริทรรศน์แห่งเอกภพ เล่ม 3, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2532

Chodas, P., and Baalke, R., Website: http://neo.jpl.nasa.gov/torino_scale, 20 September 2015.

Greicius, T., Dunbar, B., and Website: http://www.nasa.gov/jpl/meteorite, 10 September 2015.

เชิญโชค ศรขวัญ, และคณะ, เว็บไซต์: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media, 12 พฤศจิกายน 2015.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Notkin, G., Website: http://www.aerolite.org/found-a-meteorite, 12 November 2015.
วิยภรณ์ กรองทอง นิตยสาร Materials Characterization ฉบับตุลาคม – ธันวาคม 2559

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลภาพถ่ายคอนเทรล และวีดีโอที่บันทึกเหตุการณ์ลูกไฟตก วันที่ 7 กันยายน 2558 ที่ได้จากการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อทางอินเตอร์เน็ต และหนังสือพิมพ์จากการประชาสัมพันธ์เพื่อขอรับข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์ลูกไฟตก เมื่อวันที่ 7 กันยายน2557ผู้วิจัยและกลุ่มของผู้วิจัยได้รับข้อมูลจนวนมากจากประชาชนในภูมิภาคต่าง ๆของประเทศไทย

สถานที่ที่ 1

จาก : https://www.youtube.com/watch?v=i2gBlpBmzrI

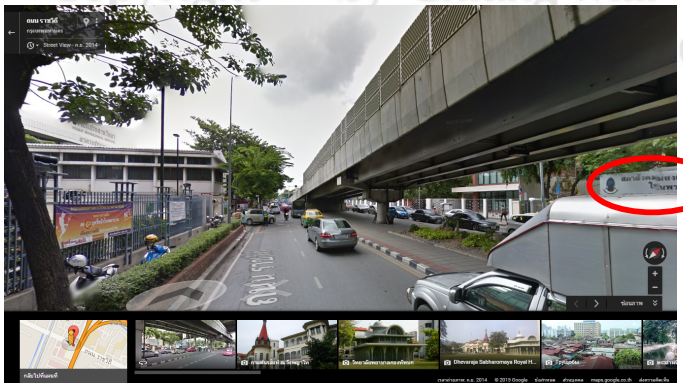
สถานที่ at 13.769344, 100.528288 or 13°46'09.6" N 100°31'41.8' E

ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ: NW เวลา: 08:50 AM (กรุงเทพ)

(ข้างบน) ข้อมูลจาก youtube โดย"Pornthep Makornkhan"

เปรียบเทียบภาพจาก Google map (ข้างล่าง)

จุดอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบ



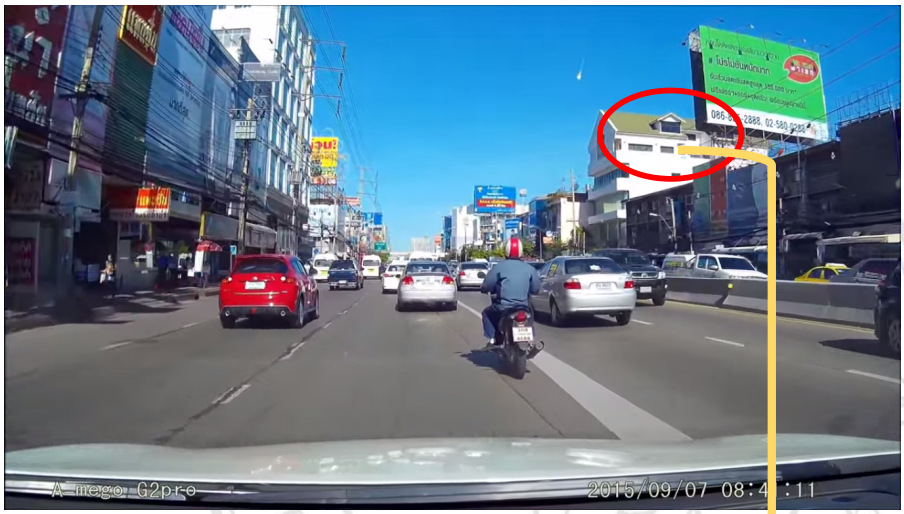
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถานที่ที่ 2

ข้อมูลจาก : https://www.youtube.com/watch?v=rOoKv2OMpOw&feature=youtu.be

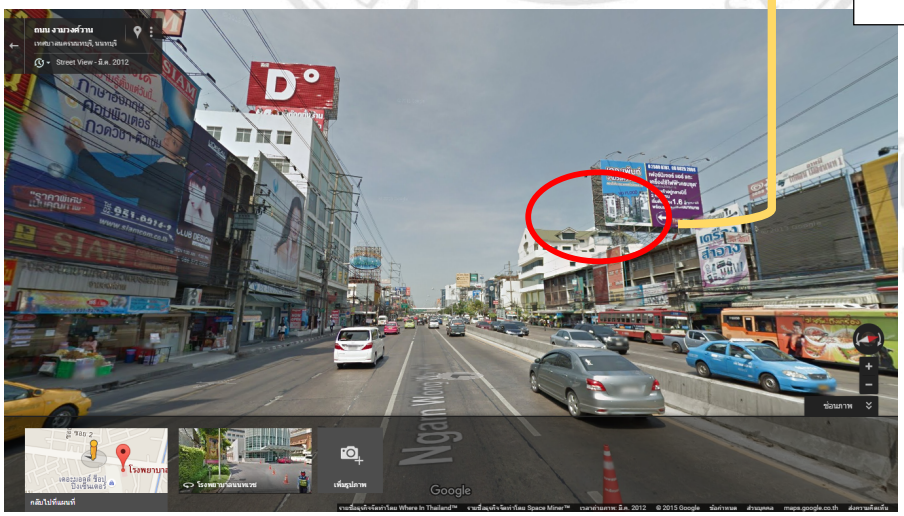
สถานที่ 13.8566325,100.5408929 or 13°51’23.9” N 100°32’27.2’ E

ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ : NW เวลา : 08:41 AM (กรุงเทพฯ)



ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์จาก youtube

จุดอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบ



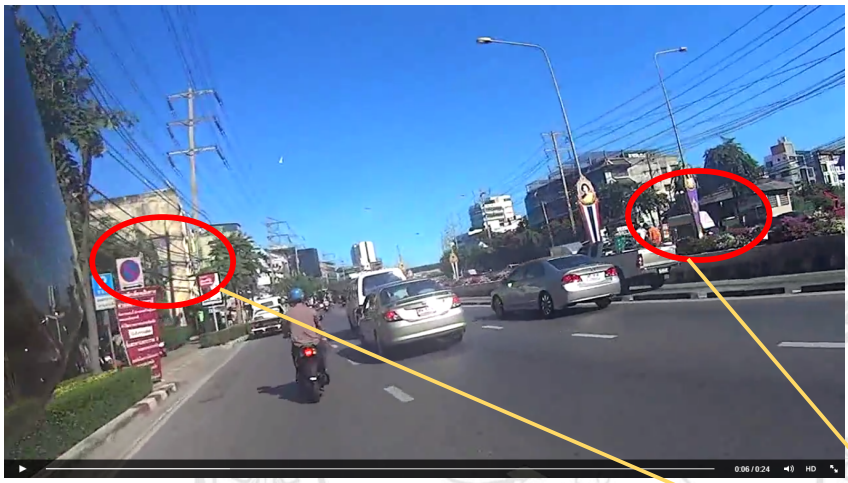
ภาพจาก Google maps

สถานที่ที่ 3

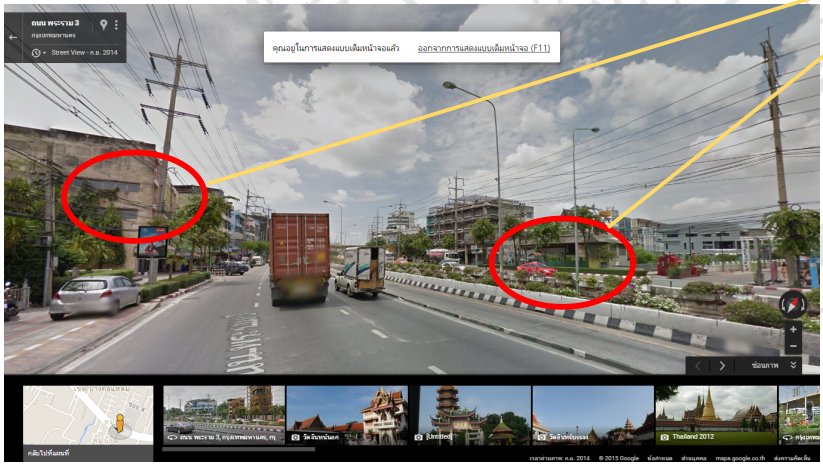
ข้อมูลจาก:https://www.facebook.com/Giants.er/videos/1695520657364939/?hc_location=ufi

สถานที่ at 13.6904131, 100.5035685 or 13°41’25.5” N 100°30’12.8’ E

ทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกไฟ : NW เวลา : -



ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์จาก facebook “Giants Er”



จุดอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

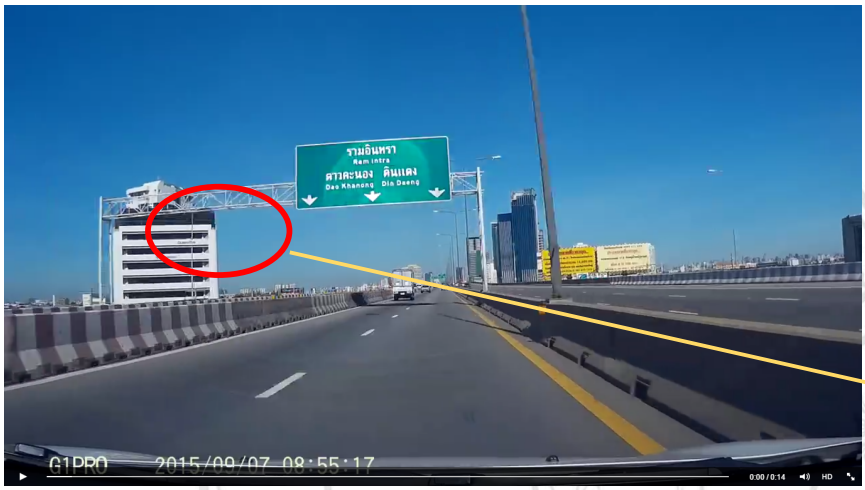
ภาพจาก Google maps

สถานที่ที่ 4

ข้อมูลจาก : https://www.facebook.com/iamheart/videos/10155987742000484/?pnref=story

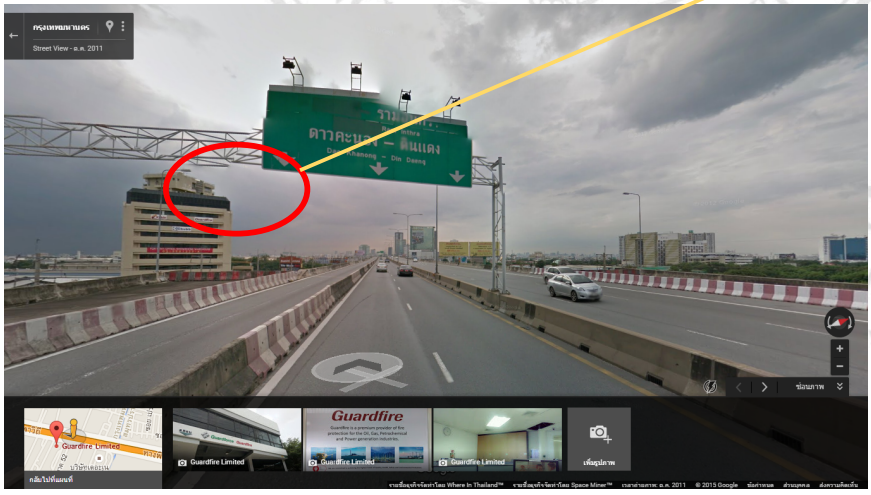
location at 13.6647848,100.6494266 or 13°39’53.2” N 100°38’57.9’ E

ทิศทางการเคลื่อนที่ลูกไฟ : NW Time: 08:55 AM (กรุงเทพ)



จุดอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ข้อมูลการพบเห็นเหตุการณ์จาก facebook “Heart Narongrit Kanhanoi”



ภาพจาก Google maps

ข้อมูลจาก 4 สถานที่ข้างต้น เป็นชุดข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมวีดีโอจากกล้องหน้ารถยนต์ของประชาชนที่เผยแพร่ในอินเตอร์เน็ต ซึ่งทีมเจ้าหน้าที่ได้ทำการปรับเทียบเพื่อหาตำแหน่งอ้างอิงเพื่อใช้ประกอบการถ่ายภาพดาวพื้นหลัง แต่จากการลงพื้นที่พบว่าทั้ง 4 สถานที่ข้างต้นนั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากมีรถยนต์สัญจรไปมาจำนวนมาก ยากต่อการเก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพดาวพื้นหลัง เพราะการถ่ายภาพเพื่อให้ติดดาวพื้นหลังนั้นจำเป็นจะต้องเปิดหน้ากล้องเป็นเวลานาน และประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ นั่นคือมลภาวะทางแสง ซึ่งทั้ง 4 สถานที่นั้นมีเยอะไปจึงยากต่อการเก็บข้อมูลมาก ทีมเจ้าหน้าที่จึงตัดสินใจลงพื้นที่เก็บข้อมูลในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีแทน โดยมีเป้าหมายลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลใน 5 สถานที่ด้วยกัน ดังภาพต่อไปนี้

สถานที่ 1 ภาพถ่ายคอนเทรล บันทึกโดย นายณัฐกฤต เทิดภูมิ นักเรียนจากโรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม บ้านหม่องกระแทะ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

ลิขสิ
Copyr
All

สถานที่ที่ 2 ภาพถ่ายคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือประตูทางเข้าวัดทุ่งลาดหญ้า ตำบลลาดหญ้า อำเภอเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ภาพที่ได้เป็นข้อมูลออนไลน์ ไม่สามารถระบุชื่อผู้ถ่ายภาพได้

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถานที่ที่ 3 ภาพถ่ายกลุ่มคอนเทรลที่ลอยอยู่เหนือต้นไม้ หน้าเสาธงของโรงเรียนพุทธวิมุติวิทยา ต. ท่าเสา อ.ไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ภาพนี้ถูกบันทึกโดยครูแหวน (นามสมมุติ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถานที่ที่ 4 ภาพถ่ายกลุ่มคอนเทรลที่ถูกบันทึกโดย นายชัชชัย เหมือนว้า ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิคของโรงแรมรายาบุรี รีสอร์ท เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558

สถานที่ที่ 5 คลิปวีดีโอเหตุการณ์ลูกไฟตก บริเวณคลองชลประทาน อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี
ภาพโดย : นายนิพนธ์ พลอยงาม

ภาพข้างต้นคือพื้นที่เป้าหมายในการเก็บข้อมูลของเจ้าหน้าที่ ซึ่งมีการสำรวจพื้นที่ในตอนกลางวันพร้อมกับวิเคราะห์ข้อมูลและติดต่อเจ้าหน้าที่ในแต่ละพื้นที่เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่ในตอนกลางคืน ซึ่งได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี อาทิ สถานีตำรวจ สำนักงานเทศบาล องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น และสถานศึกษาในพื้นที่ และจากข้อมูลภาพที่ได้เมื่อวิเคราะห์และเทียบระยะทางจากแผนที่แล้ว พบว่าแต่ละสถานที่นั้นห่างกันไม่มากมาก สามารถขับรถสำรวจย้ายสถานที่ได้ในระยะเวลาไม่นาน ดังนั้นทำให้ในแต่ละคืนเจ้าหน้าที่สามารถเดินทางสำรวจพื้นที่ได้หลายพื้นที่ (ในกรณีที่ทัศนวิสัยท้องฟ้าไม่เอื้อต่อการเก็บข้อมูลเจ้าหน้าที่สามารถเปลี่ยนสถานที่ได้) จากการออกพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ทีมที่ 1 นั้นเจ้าหน้าที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนเนื่องจาก ทัศนวิสัยท้องฟ้าบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและพื้นที่ใกล้เคียงนั้นไม่เอื้อต่อการเก็บข้อมูล มีฝนตกชุกทั่วทุกพื้นที่ ทำได้แค่เพียงเข้าถึงพื้นที่เป้าหมายและและติดต่อเจ้าหน้าที่เพื่ออำนวยความสะดวกไว้ในทุกๆ พื้นที่เป้าหมายเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกพื้นที่เก็บข้อมูลครั้งต่อ ๆ ไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข.

ภาพการเดินทางเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง

ภาพการเดินทางเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค.

ภาพการเดินทางเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 3

การลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 3 ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยได้ร่วมมือกับเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติไทรโยค และนักเรียนนายร้อยเหล่าทหารอากาศ กองทัพอากาศไทย นำโดย นาวาอากาศเอกฐากูร เกิดแก้ว ลงพื้นที่ค้นหาอุกกาบาตในเขตพื้นที่เขารวก อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยมีเจ้าหน้าที่ป่าไม้และชาวบ้านติดต่อหาผู้วิจัยละกลุ่มผู้วิจัย เรื่องการพบเห็นหินถล่มในช่วงวันที่ 7 กันยายน 2558 สาเหตุการถล่มของหินคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่อุกกาบาตพุ่งชน ผู้วิจัยและทีมจึงตัดสินใจลงพื้นที่เพื่อสำรวจ แต่เนื่องจากเส้นทางการเข้าถึงพื้นที่นั้นมีความลำบาก จึงต้องติดต่อกลุ่มรถวิบาก นั่นคือกลุ่มออฟโรดลิ่นถิ่น ซึ่งอาสาบรรทุกเครื่องมือและเจ้าหน้าที่พร้อมสัมภาระ เข้าไปสำรวจพื้นที่ ซึ่งผลการสำรวจพื้นที่พบว่า หินที่ถล่มนี้เป็นเหตุการณ์การถล่มโดยธรรมชาติ ไม่มีร่องรอยของการถูกชนด้วยอุกกาบาต และร่องรอยการถล่มนั้นน่าจะเกิดขึ้นก่อนที่จะเกดเหตุการณ์ลูกไฟตกเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีต้นไม้งอกขึ้นมาเป็นระยะหนึ่งแล้ว โดยสังเกตจากพืชคลุมดินที่งอกคลุมพื้นที่มาเป็นระยะเวลานานพอสมควร โดยมีภาพขณะลงพื้นที่สำรวจดังต่อไปนี้

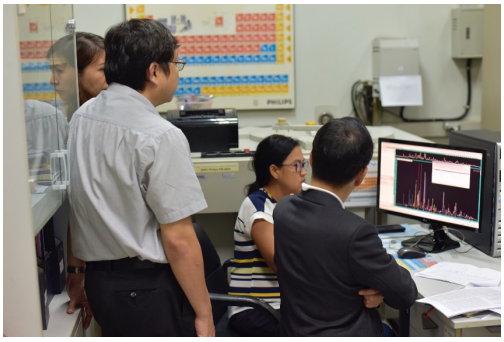
ภาคผนวก ง.

ภาพการเดินทางเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีครั้งที่ 4

ถ้ำดาวดึงส์
1,000เมตร

ภาคผนวก จ.

ภาพการเดินทางเก็บข้อมูลอุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้านชาวบ้าน ณ จังหวัดพิษณุโลก จากเหตุการณ์อุกกาบาตตกใส่หลังคาบ้านนางบัวล้อม ชโลมไพร บ้านเลขที่ 155 ม.3 ต.พลายชุมพล อ.เมืองพิษณุโลก เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2559 โดยมีผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัย ได้แก่นายสิทธิพร เดือนตะคุ และนายธนกฤต สันติคุณาภรต์ และนายกีรติ คำคงอยู่ นักดาราศาสตร์สมัครเล่นจังหวัดพิษณุโลก ได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลและขอความอนุเคราะห์รับบริจาคชิ้นส่วนอุกกาบาตจากนางบัวล้อม ชโลมไพร มาวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบของอุกกาบาตเพื่อระบุประเภทของอุกกาบาต ณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้เพื่อบันทึกเหตุการณ์ค้นพบอุกกาบาตในประเทศไทย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายธีรยุทธ์ ลอยลิบ

วัน เดือน ปีเกิด 27 มีนาคม 2530

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพนางตุง
ปีการศึกษา 2548
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์แลวิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ปีการศึกษา 2552

ประวัติการทำงาน ปฏิบัติงาน ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่เทคนิค ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ปีการศึกษา 2552
ปฏิบัติงาน ตำแหน่งเจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์
ณ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ปีการศึกษา 2555
ปฏิบัติงานตำแหน่ง เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved