

รายงานวิชาการ

ฉบับที่ สวพ. 1/2553

การกำหนดทราวดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด



B.2

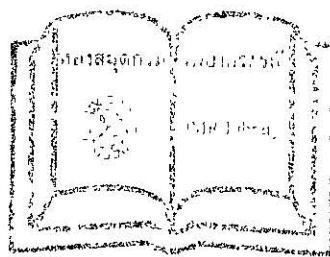
ว 512 ก

ฉ.1

2553

สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา
กรมทรัพยากรธรณี

รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สวพ. 1/2553



การกำเนิดหาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

วิมเนศ ทรงธรรม

เจนจิรา สระทองยั้ง

สุจินตนา ชมพูศรี

Dallas C. Mildenhall

สุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกุล

เสาวนีย์ เสียมไหม

เบญจมา คมวงษ์เทพ

จกกลณี ชันมณี

สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา

ห้องสมุดกรมทรัพยากรธรณี
DMR Library



24302

0000030295

กรมทรัพยากรธรณี



อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายอดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา

นายอัศนี มีสุข

จัดพิมพ์โดย

สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา

กรมทรัพยากรธรณี ถนนพระรามที่ 6

ราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0 2621 9649 โทรสาร 0 2621 9642

พิมพ์ครั้งที่ 2

เมษายน 2553

จำนวน 50 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

วิมเนศ ทรงธรรม.

การกำเนิดหาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด/ โดยวิมเนศ ทรงธรรม
เจนจิรา สระทองยัง สุจินตนา ชมพูศรี Dallas C. Mildenhall สุชาติ ศรีไพโรจน์ธกุล
เสาวนีย์ เสียมไหม เบญจมา คมวงษ์เทพ และจกกลณี ชันมณี. – กรุงเทพฯ :
สำนักวิจัยซากดึกดำบรรพ์และพิพิธภัณฑ์ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2553.

48 หน้า : ภาพประกอบ : ตาราง ;

รายงานวิชาการ ฉบับที่ สวพ. 1/2553.

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	VII
Abstract.....	VIII
คำขอบคุณ.....	IX
1. คำนำ.....	1
2. คณะวิจัย.....	2
3. พื้นที่ศึกษา.....	3
4. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา.....	8
5. ผลการศึกษา.....	8
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	15
7. เอกสารอ้างอิง.....	16
ภาคผนวก.....	17

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่ 1.	แผนที่ภูมิประเทศแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง.....	2
2.	แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดตราด.....	4
3.	หินโผล่ของหินเชิร์ตบริเวณชายฝั่งทะเลใกล้กับร้านอาหารกุ้งหลวง.....	5
4.	หินโผล่ของหินบริเวณนอกชายฝั่งทะเลออกไปที่อาจต่อเนื่องไปจาก หินโผล่ของหินเชิร์ตบริเวณชายฝั่งติดกับร้านอาหารกุ้งหลวง.....	5
5.	หาดทรายดำ บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด..	6
6.	ทรายดำที่สะสมตัวบริเวณป่าชายเลนด้านที่ติดกับทะเล.....	6
7.	เศษตะกอนเหลี่ยมของหินเชิร์ตสะสมตัวบริเวณติดกับ แนวหินเชิร์ตในทะเล.....	7
8.	ตะกอนลูกรังสีน้ำตาลเหลืองโผล่ให้เห็นในช่วงน้ำลง.....	7
9.	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดง ลักษณะเม็ดตะกอนที่มีความกลมมนดี.....	9
10.	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงลักษณะ เม็ดตะกอนทรายจากบริเวณหาดสมบูรณ์ อำเภอบางสะพาน จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมและมีพื้นผิวขรุขระ.....	10
11.	กราฟแสดง diffraction pattern ของแร่เกอไรต์และแร่ควอตซ์ที่เป็น องค์ประกอบของทรายดำแหลมงอบ.....	10
12.	ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์ของแผ่นหินบางของหินต้นกำเนิด.....	11
13.	ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์ของแผ่นหินบางของหินต้นกำเนิด.....	11
14.	ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์ของแผ่นหินบางของหินต้นกำเนิด.....	12
15.	ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์ของแผ่นหินบางของหินต้นกำเนิด.....	12
16.	แผนที่แสดงเส้นทาง ตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และโซน การตกสะสมตัวของตะกอน.....	14
17.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดพันท้าย เขลัตัน เกาะชวา อินโดนีเซีย.....	18
18.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดกูแซมบ้า เกาะบาห์ลี อินโดนีเซีย.....	19
19.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดบาเคย์ ฟิลิปปินส์.....	19
20.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดสโต โดมิงโก ฟิลิปปินส์.....	20
21.	แผนที่เกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์ แสดงชายฝั่งด้านตะวันตก ที่พบหาดทรายดำ.....	20
22.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดกอเฮีย ชายฝั่งตะวันตก เกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์.....	21
23.	หาดทรายดำบริเวณชายหาดนาเปียร์ ชายฝั่งตะวันตก เกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์.....	21

รูปที่ 24. หาดทรายดำบริเวณชายหาดไต้หวัน ประเทศไต้หวัน.....	22
25. การหมกทรายดำของชาวญี่ปุ่น บริเวณชายหาดอิบูซูกิ ประเทศญี่ปุ่น.....	22
26. หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งเกาะเซจู เกาหลีใต้.....	23
27. แผนที่คาบสมุทรแคมชัตก้า สหพันธรัฐรัสเซีย แสดงแนวภูเขาไฟ ที่เป็นแหล่งวัสดุหาดทรายดำ.....	23
28. หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งคาบสมุทรแคมชัตก้า สหพันธรัฐรัสเซีย.....	24
29. หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งฟอร์ตแฮร์แมน อลาสก้า.....	24
30. หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งลอสต์โคสต์ แคลิฟอร์เนีย.....	25
31. แผนที่หมู่เกาะฮาวาย แสดงตำแหน่งภูเขาไฟแหล่งวัสดุหาดทรายดำ.....	26
32. หาดทรายดำบริเวณชายหาดเกเฮน่า ฮาวาย สหรัฐอเมริกา.....	26
33. แผนที่หมู่เกาะตาสิตี ซึ่งเป็นเกาะภูเขาไฟตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก	27
34. หาดทรายดำบริเวณชายหาดแห่งหนึ่งบนเกาะตาสิตี.....	27
35. แผนที่แสดงตำแหน่งหมู่เกาะกาลาปากอส ประเทศเอกวาดอร์ ซึ่งเป็นหมู่เกาะภูเขาไฟในมหาสมุทรแปซิฟิก.....	28
36. หาดทรายดำบริเวณชายหาดแห่งหนึ่ง หมู่เกาะกาลาปากอส.....	28
37. แผนที่แสดงประเทศต่างๆ ในอเมริกากลาง.....	29
38. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศกัวเตมาลา.....	29
39. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศเอลซัลวาดอร์.....	30
40. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศนิการากัว.....	30
41. หาดทรายดำ ชายฝั่งเมืองเปอร์โต เวโจ ในประเทศคอสตาริกา.....	31
42. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศปานามา.....	31
43. แผนที่หมู่เกาะเซนต์คิตต์และเนวิสในทะเลแคริบเบียน.....	32
44. หาดทรายดำแห่งหนึ่งที่เกาะเซนต์คิตต์ในทะเลแคริบเบียน.....	32
45. แผนที่สาธารณรัฐโดมินิกัน ในทะเลแคริบเบียน.....	33
46. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในสาธารณรัฐโดมินิกัน ในทะเลแคริบเบียน.....	33
47. แผนที่ประเทศเปอร์โตริโกในทะเลแคริบเบียน แสดงเกาะเวค ทางด้านตะวันออก.....	34
48. หาดทรายดำ ชายหาดเกาะเวคของประเทศเปอร์โตริโก ในทะเลแคริบเบียน.....	34
49. แผนที่อเมริกาใต้.....	35
50. หาดทรายดำ บริเวณหาดมอมปีเซ ประเทศเอกวาดอร์.....	35
51. หาดทรายดำ บริเวณหาดเอลแคนเดลลาโบร ประเทศเปรู.....	36
52. หาดทรายดำบริเวณหาดปุคอน ประเทศชิลี.....	36
53. แผนที่แสดงหมู่เกาะพอนต้า เดลกาต้า หมู่เกาะแมเดลรา และหมู่เกาะคานารี ในมหาสมุทรแอตแลนติก.....	37

รูปที่ 54. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในบริเวณชายหาดของเกาะอะโซเรส กลางมหาสมุทรแอตแลนติก.....	37
55. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะพอนต้า เดลกาต้า มหาสมุทรแอตแลนติก.....	38
56. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะแมเดรา มหาสมุทรแอตแลนติก.....	38
57. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะแคนารี มหาสมุทรแอตแลนติก.....	39
58. หาดทรายดำบริเวณหาดซารอด ของเกาะแคนารี.....	39
59. แผนที่หมู่เกาะเคป เวอร์ด มหาสมุทรแอตแลนติก.....	40
60. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะเคปเวิร์ด มหาสมุทรแอตแลนติก.....	40
61. แผนที่แสดงตำแหน่งประเทศไอซ์แลนด์ ทะเลเหนือ มหาสมุทรแอตแลนติก.....	41
62. หาดทรายดำที่เมืองวิก ประเทศไอซ์แลนด์.....	41
63. แผนที่ประเทศอิตาลี แสดงหมู่เกาะอีโอเลียน.....	42
64. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในเกาะอีโอเลียน ประเทศอิตาลี.....	42
65. แผนที่ประเทศกรีซ แสดงหมู่เกาะซันตอรีนี.....	43
66. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในบริเวณชายหาดหมู่เกาะซันตอรีนี ประเทศกรีซ....	43
67. แผนที่ทวีปแอฟริกา แสดงหมู่เกาะมาดากัสการ์และเกาะรียูเนียน ทางด้านตะวันออกของเกาะมาดากัสการ์.....	44
68. หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายฝั่งเกาะรียูเนียน ในมหาสมุทรอินเดีย.....	44
69. แผนที่ประเทศมาเลเซีย แสดงเกาะลังกาวิ.....	45
70. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในบริเวณชายฝั่งเกาะลังกาวิ ประเทศมาเลเซีย.....	45
71. แผนที่ทวีปแอนตาร์กติก แสดงหมู่เกาะต่าง ๆ โดยรอบ.....	46
72. หาดทรายดำแห่งหนึ่งในบริเวณชายหาดของหมู่เกาะทริสตัน ดา Cunha.....	46
73. หาดทรายดำแห่งหนึ่งที่เต็มไปด้วยนกเพนกวิน บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะโครเซต.....	47
หาดทรายดำแห่งหนึ่งที่เต็มไปด้วยนกเพนกวิน	
74. บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะเคอร์กูเอลเลน.....	47
75. หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะเฮิร์ด.....	48
76. หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะเฮิร์ด.....	48

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินเชิร์ต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	13
------------	--	----

การกำเนิดหาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

โดย นายวิมเนศ ทรงธรรม นางสาวเจนจิรา สระทองยัง นางสาวสุจินตนา ชมพูศรี
Dallas C. Mildenhall นางสาวสุชาดา ศรีไพโรจน์ธิกุล นางสาวณีย์ เสียมไหม
นางสาวเบญจมา คมวงศ์เทพ และนางสาวจงกลณี ชันมณี

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีความเกี่ยวข้องกับ การสะสมตัวของทรายดำที่อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะหาการกำเนิดและกระบวนการเกิดของทรายดำ การศึกษายังมุ่งที่จะศึกษาทิศทางและขอบเขตของการตกสะสมตะกอน การศึกษาได้ทำการร่อนคัดแยกขนาดของเม็ดตะกอน และศึกษารูปร่างและขนาดเม็ดตะกอนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เม็ดทรายส่วนใหญ่มีขนาดทรายละเอียดและมีรูปร่างทรงกลมถึงรูปทรงไข่ มีพื้นผิวตะกอนเรียบ จากผลการวิเคราะห์ XRD ของตะกอนทรายดำพบว่ามีองค์ประกอบเป็นแร่เกอไรต์และควอตซ์ จากการศึกษาตัวอย่างหินที่คาดว่าจะเป็หินต้นกำเนิดทรายดำจากแผ่นหินบางด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยผลึกของแร่ควอตซ์ขนาดจุลทั้งชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิจึงร้อมรอยของเหล็กออกไซด์ทุติยภูมิ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหินหาคู่ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง XRF พบว่าหินประกอบไปด้วยซิลิกาถึงร้อยละ 96 และมีเหล็กออกไซด์ปะปนอยู่ด้วยร้อยละ 1.93 กล่าวได้ว่าตัวอย่างหินนั้นเป็นหินเชิร์ต

พบรูปแบบการตกสะสมตะกอนในพื้นที่ ระหว่างแนวหินโสโครกกับแนวชายฝั่งทะเล แบ่งออกได้เป็น 4 โซนเรียงลำดับจากแนวหินโสโครกถึงแนวชายฝั่งป่าชายเลนคือ โซนเศษหินแตกหัก โซนตะกอนลูกรังสีน้ำตาลเหลือง โซนทรายดำบนพื้นโคลนชายฝั่ง และโซนทรายดำในป่าชายเลน จากรูปแบบการตกสะสมตะกอนนี้และจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินและตะกอนทรายดำแปรความหมายได้ว่า ในช่วงแรกเหล็กจะละลายออกมาจากหินเชิร์ตก่อน เกิดเป็นผลผลิตจากการผุพังที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ แล้วต่อมาเกิดการตกสะสมตัวเป็นแร่เฟอร์ไรต์และ/หรือวัสไทต์ แล้วท้ายสุดก็เกิดการผุพังกลายเป็นทรายซิลิกาที่มีแร่เหล็กเกอไรต์พอกตัวอยู่เป็นตะกอนรูปทรงกลมจนถึงรูปทรงไข่ การผุพังสลายตัวของแนวหินโสโครกนี้ เกิดจากคลื่นทะเลที่พัดไปในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ ควบคู่ไปกับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงได้พัดเอาตะกอนทรายดำไปตกสะสมตัวเป็นชั้นบาง ๆ บริเวณพื้นโคลนชายฝั่ง แล้วถูกพัดพาต่อเนื่องไปสะสมตัวเป็นชั้นตะกอนทรายดำที่หนากว่าที่บริเวณขอบแนวป่าชายเลนเป็นระยะทางประมาณ 900 เมตร และกว้างประมาณ 2 – 4 เมตร

Provenance of black sand deposit in Laem Ngob district, Trat province, eastern Thailand

**By Wickanet Songtham, Janjira Sratongyung, Sujintana Chompusri,
Dallas C. Mildenhall, Suchada Sriphirojthikul, Saowanee Seammai,
Benjama Khomwongthep, and Chongkolnee Khanmanee**

Abstract

This study is about a black sand deposit in Laem Ngob district, Trat province. Aims of study are to determine the provenance of the black sand and the processes it occurred. The study also attempts to trace the direction and boundary of deposition. Grain size analyses and scanning electron microscopy (SEM) reveal that the sizes of the beach sand sediments are varied within the range of fine sand size and showing smooth surface spheroid to egg shapes. XRD analysis of the black sand shows that the sand is composed of a hydrous iron oxide, goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$) and quartz. Microscopic study for a rock thin section results that the rock is mainly composed of both primary and secondary microcrystalline quartz with significant amount of iron oxide minerals in accordance with XRF analysis that it contains 96% SiO_4 and 1.93% Fe_2O_3 , the rock is regarded as chert.

Sedimentation pattern between a line of uncharted rock of chert and the shoreline is divided into four zones from the uncharted chert to the mangrove shoreline namely rock fragment zone, yellowish brown ferricrete zone, black sand on tidal mud flat zone, and black sand in the mangrove forest zone. The sedimentation zones together with the results of the black sand and rock analyses are led to interpret that iron must firstly be dissolved from the chert to form the Fe-bearing weathering products and subsequently is precipitated as ferrihydrite and/or wustite and eventually transformed into goethite in form of goethite-coated silica sand. Northeasterly sea wave and daily tidal change have carried the tiny black sand to deposit as a thin layer on tidal mud flat and further transported to deposit thicker in the mangrove forest along the shoreline for about 900 meters in distance with about 2 – 4 meters wide.

คำขอบคุณ

คณะวิจัยต้องขอขอบคุณกรมทรัพยากรธรณี ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้านเงินทุนและอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆตลอดการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี สำหรับอุปกรณ์เครื่องมือการวิจัย และขอขอบคุณสถาบัน GNS Science ประเทศนิวซีแลนด์ที่ให้การช่วยเหลือด้านเอกสารอ้างอิงและ Dr. Davis Skinner ที่ได้กรุณาอ่าน ทบทวนบทความวิชาการของผลงานวิจัยนี้ จนทำให้เนื้อหามีความถูกต้องสมบูรณ์จนในที่สุดที่พร้อมจะส่งตีพิมพ์เผยแพร่ในโอกาสต่อไปได้

การกำเนิดหาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด

รายงานฉบับนี้ เป็นรายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการกำเนิดและการสะสมตัวของทรายสีดำ ที่ชายหาดแห่งหนึ่งในอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด ดำเนินการวิจัยร่วมระหว่างกรมทรัพยากรธรณีกับมหาวิทยาลัยมหิดล ในฐานะที่ผู้วิจัยหลักเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมให้กับนางสาวเจนจิรา สระทองยัง นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาธรณีศาสตร์ เพื่อให้ นักศึกษา ได้มีโอกาสได้ฝึกฝนการใช้องค์ความรู้ด้านธรณีวิทยา ที่ได้ศึกษาเล่าเรียนมาจนถึงปีสุดท้ายได้รู้จักการวิจัยในเบื้องต้น เพื่อที่จะได้เรียนรู้การออกแบบงานวิจัย ขั้นตอนการวิจัย การประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆได้อย่างเหมาะสม วิเคราะห์ประมวลผลข้อมูล หาข้อสรุป และรายงานผลทางวิชาการให้เป็นไปตามรูปแบบมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้อย่างถูกต้อง

1. คำนำ

หาดทรายดำ เป็นชายหาดที่มีการสะสมตัวของเม็ดทรายสีดำที่มีความทนทานต่อการผุพังสลายตัว และมีความหนาแน่นมากกว่าแร่ควอตซ์ เป็นชายหาดที่มีกำลังคลื่นมากเพียงพอที่จะพัดพาเอาวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าออกไป โดยที่วัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่ายังคงค้างอยู่กับที่ สะสมตัวจนเกิดเป็นชายหาดที่มีทรายสีดำสะสมตัวเป็นหลัก หาดทรายดำอาจเกิดจากการตกสะสมตะกอนที่แตกหักมาจากหินต้นกำเนิด แล้วถูกพัดพาไปสะสมตัวบริเวณชายหาด (placer deposit) หรืออาจเกิดจากการที่ลาวาร้อนไหลลงไปสัมผัสกับน้ำทะเลอย่างฉับพลัน จนทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง (steam explosion หรือ littoral explosion) ทำให้เกิดเม็ดทราย และถูกพัดพาไปสะสมตัวเป็นหาดทรายสีดำ

หาดทรายดำ พบเห็นได้บริเวณชายฝั่งทะเลที่มีแหล่งวัตถุธรรมาชาติสีดำจำพวกหินภูเขาไฟที่มีองค์ประกอบของแร่เหล็กเป็นสำคัญ และมีความหนาแน่นมากกว่าทรายซิลิกาทั่วไป หินเหล่านี้ถูกกัดเซาะแตกหักและผุพังออกไป บางส่วนที่ผุพังสลายตัวได้ง่ายก็จะละลายหายไป บางส่วนประกอบด้วยแร่เบาก็กก็ถูกคลื่นทะเลพัดพาออกไป โดยยังคงเหลือตกค้างเป็นตะกอนทรายสีดำ ที่ส่วนใหญ่แล้วมีองค์ประกอบของเหล็กออกไซด์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าตะกอนทรายชนิดอื่น เช่น หาดทรายดำตามแนวชายฝั่งด้านตะวันตกของเกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์ ที่หินต้นกำเนิดเป็นหินแอนดีไซต์ของภูเขาไฟทารานากิที่มีแร่ดอก (phenocyst) เป็นแร่แมกเนไทต์และไททาโนแมกเนไทต์ซึ่งเมื่อหินถูกกัดเซาะ แร่อื่นๆก็จะผุพังสลายตัวออกไปและทิ้งไว้ซึ่งเม็ดทรายสีดำของแร่แมกเนไทต์และ/หรือไททาโนแมกเนไทต์ ที่แม่เหล็กดูดติดได้ (Briggs and others, 2009) ซึ่งถือเป็นแหล่งแร่เหล็กที่สำคัญแหล่งหนึ่งในประเทศนิวซีแลนด์

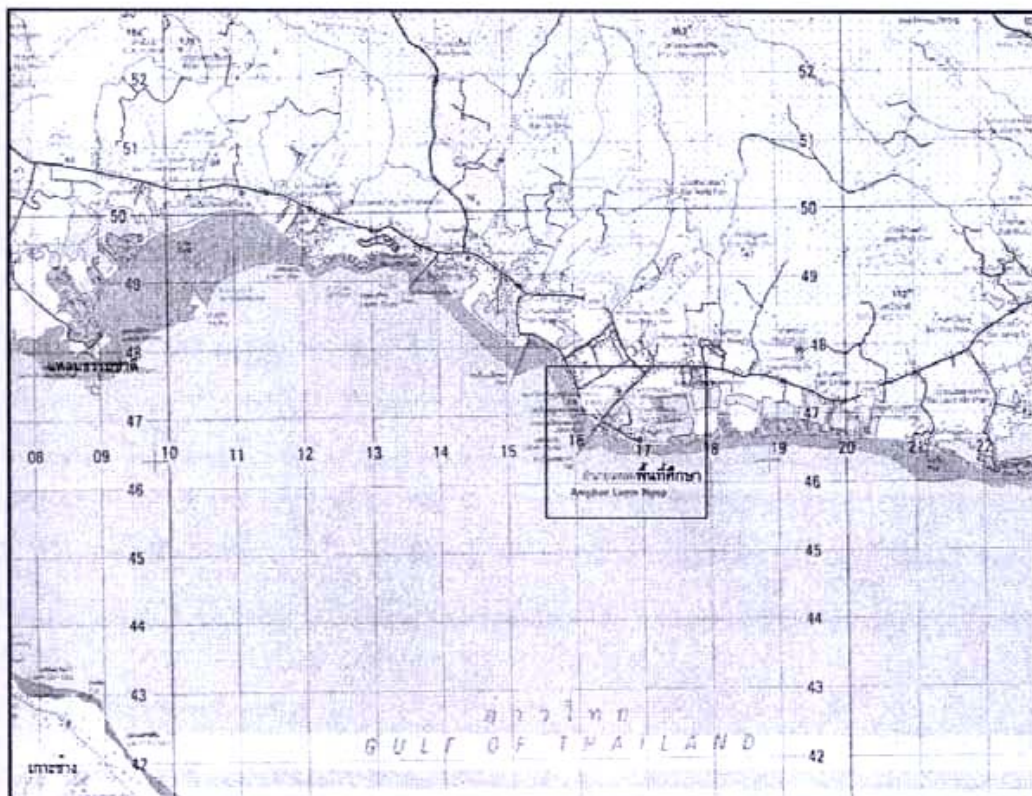
หาดดำมักจะเกิดสัมพันธ์กับบริเวณที่มีหินภูเขาไฟ และบริเวณที่มีการปะทุของภูเขาไฟ ที่มีหินภูเขาไฟและลาวาเป็นวัตถุดิบกำเนิด หาดทรายดำจึงพบเห็นได้ทั่วไปไปบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีการระเบิดของภูเขาไฟปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแนวมุดตัว (convergent plate boundary) และบริเวณแนวที่แผ่นเปลือกโลกมหาสมุทร 2 แผ่นเคลื่อนที่แยกออกจากกัน

(divergent plate boundary) หาดทรายดำจึงมักพบบริเวณชายฝั่งของหมู่เกาะรูปโค้งใกล้ชายฝั่งทะเลและเกาะภูเขาไฟต่างๆกลางมหาสมุทร ทั้งในมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรแอตแลนติก เป็นต้น (ภาคผนวก)

สำหรับหาดทรายดำที่อำเภอแหลมงอบนั้น ยังไม่มีรายงานการศึกษาวิจัยอย่างแท้จริง โดยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มุ่งหวังที่จะให้ได้ทราบถึงหินต้นกำเนิดและกระบวนการต่างๆของการเกิดตะกอนทรายดำนี้ อีกทั้งยังมุ่งหวังที่จะให้สาธารณชนได้ทราบถึงข้อเท็จจริงในธรรมชาติของแหล่ง อันจะนำไปสู่การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทางธรณีวิทยา และจะเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งของจังหวัดตราดต่อไป

2. คณะวิจัย

1.1 นายวิมเนศ ทรงธรรม	นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ
1.2 นางสาวเจนจิรา สระทองยัง	นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหิดล
1.3 นางสาวสุจินตนา ชมภูศรี	อาจารย์สาขาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
1.4 Dr. Dallas C. Mildenhall	GNS Science, New Zealand
1.5 นางสาวสุชาดา ศรีโพธิ์โรจน์ธิกุล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
1.6 นางสาวณีย์ เสียมไหม	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
1.7 นางสาวเบญจมา คมวงษ์เทพ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
1.8 นางสาวจงกลณี ชันมณี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ



รูปที่ 1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง

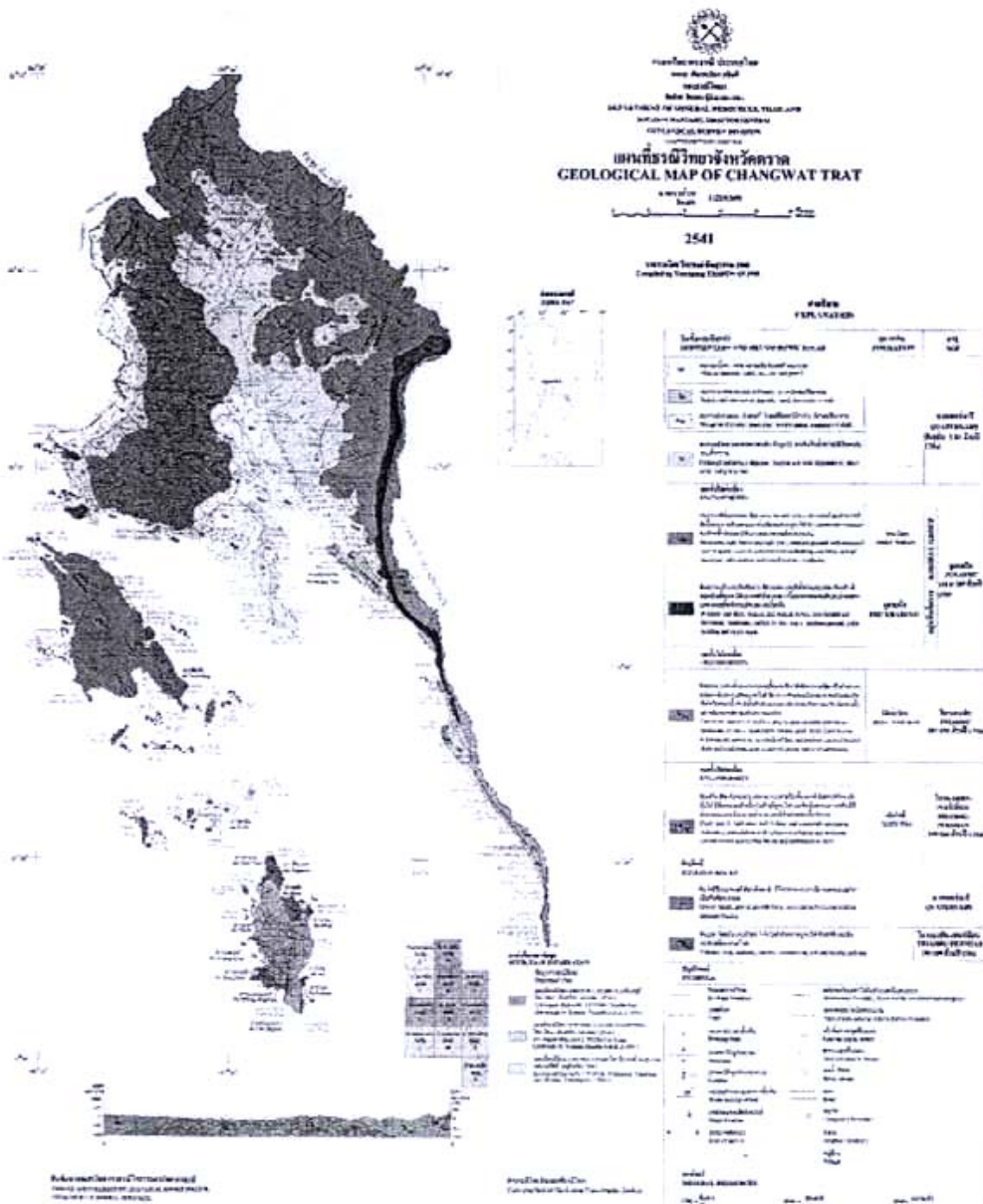
3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลของอำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด (รูปที่ 1) อยู่ห่างจากตัวเมืองตราดไปตามทางหลวงหมายเลข 3148 เป็นระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตรอยู่ในเขตเทศบาลตำบลแหลมงอบต่อเนื่องไปตามแนวชายฝั่งไปทางด้านตะวันออก เป็นระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร ตั้งอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ระวางอำเภอแหลมงอบ หมายเลขแผนที่ 5433 II

โดยทั่วไปพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนด้านเหนือที่เป็นผืนแผ่นดินกับส่วนด้านใต้ที่เป็นพื้นที่ทะเล ส่วนของพื้นที่ด้านเหนือเป็นพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ สลับกันเป็นลักษณะของพื้นที่ราบลูกคลื่น (undulating terrain) ถึงพื้นที่ภูเขา พื้นที่ส่วนที่เป็นเนินเขามีความสูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่างประมาณ 50 ถึง 200 เมตร ส่วนพื้นที่ทางด้านใต้เป็นส่วนหนึ่งของทะเลอ่าวไทย โดยมีเกาะขนาดใหญ่ที่สุดคือเกาะช้าง ซึ่งถือเป็นเกาะที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับที่สองของประเทศไทย โดยมีเกาะขนาดเล็กอยู่รอบเกาะช้าง มีเกาะกูดเป็นเกาะขนาดกลาง อยู่ถัดต่อเนื่องออกไปจากเกาะเล็กเกาะน้อยทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะช้าง (รูปที่ 2)

ระหว่างพื้นที่ทั้งสองส่วนเป็นแนวชายฝั่ง มีลักษณะเป็นหาดเลนที่โดดเด่นไปด้วยป่าชายเลน พบเป็นชายหาดทรายเป็นส่วนน้อยซึ่งอยู่ห่างออกไปทางด้านตะวันตกอย่างเช่นที่อ่าวตาลคู่และอ่าวธรรมชาติ เกาะช้างอยู่ทางด้านใต้ของสะพานท่าเรือประมงแหลมงอบเป็นระยะทางประมาณ 8 กิโลเมตร และช่วงระยะห่างที่แคบที่สุดระหว่างเกาะช้างกับแผ่นดินใหญ่อยู่ระหว่างเกาะช้างกับแหลมธรรมชาติด้วยระยะห่างประมาณ 4.5 กิโลเมตร

เกาะช้างประกอบไปด้วยหินภูเขาไฟยุคเพอร์โมไทรแอสซิก ได้แก่ แอนดีไซต์ ไรโอไลต์ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ ทฟฟ์ และแอนดีไซต์เนื้อบะซอลต์ ขณะที่บนผืนแผ่นดินเป็นหินเชิร์ต (Tansuwan, 1997) พบหินเชิร์ตแผ่กระจายตัวออกไปใต้ทะเลระหว่างเกาะช้างกับแผ่นดินใหญ่บ้างก็โผล่ให้เห็นเป็นหย่อม ๆ บริเวณชายฝั่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงน้ำลง โดยพบเห็นได้อย่างชัดเจนประมาณ 300 เมตรทางด้านตะวันออกของสะพานท่าเรือประมงแหลมงอบ บริเวณร้านอาหารกึ่งหลวง (รูปที่ 3) และยังโผล่ให้เห็นในช่วงน้ำลงบริเวณนอกชายฝั่งออกไปประมาณ 500 เมตรทางด้านใต้ของบ้านยายม่อม (รูปที่ 4) ที่เข้าใจว่าน่าจะต่อเนื่องมาจากหินโผล่ของเชิร์ตที่โผล่บริเวณชายฝั่งทะเลใกล้ร้านอาหารกึ่งหลวงนั่นเอง อย่างไรก็ตามหินเชิร์ตนี้ยังพบแผ่กระจายไปโผล่ให้เห็นทางตอนเหนือบริเวณด้านเหนือของถนนสาย 3148 ไม่ห่างจากเทศบาลแหลมงอบมากนักเป็นเหมือนหินร้าง โดยพบเป็นหินเชิร์ตที่ผุมากและมีสายแร่ควอตซ์เล็ก ๆ ติดผ่านไปมาหลายทิศทาง หินเชิร์ตนี้ได้รับการสำรวจและตีพิมพ์เป็นแผนที่ธรณีวิทยาโดยกรมทรัพยากรธรณีว่า เป็นหินเชิร์ตที่มีลักษณะเป็นชั้นที่ชัดเจน และให้อายุไว้เป็นยุคเพอร์โมไทรแอสซิกที่มีการแผ่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ทั้งในเขตอำเภอแหลมงอบ และอำเภอเขาสมิง (Tansuwan, 1997)



รูปที่ 2 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดตราด (วีระพงษ์ ต้นสุวรรณ 2540)

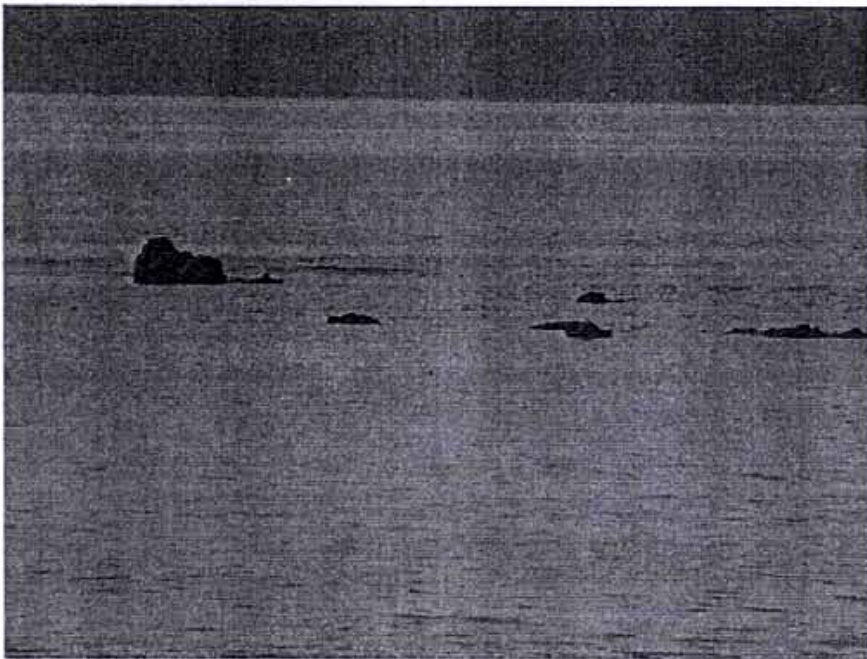
แหล่งสะสมตะกอนทรายดำพบตามแนวชายฝั่งทะเล

ที่วางตัวอยู่ในแนว

ตะวันตก-ตะวันออก ห่างจากสะพานท่าเรือประมงแหลมออบไปทางด้านตะวันออกประมาณ 700 - 800 เมตร พบสะสมตัวตั้งแต่บริเวณชายฝั่งบ้านยายม่อมไปทางทิศตะวันออกเป็นระยะทางประมาณ 900 เมตร พบสะสมตัวเป็นทรายดำชั้นบาง ๆ อยู่บนพื้นโคลนตั้งแต่ขอบป่าชายเลนด้านติดทะเลออกไปในทะเลไม่ไกลมากนัก (รูปที่ 5) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการสะสมตัวของทรายดำหนากว่าบริเวณขอบป่าโกงกางด้านติดกับทะเลขนานไปกับแนวชายฝั่งกว้างประมาณ 2 - 4 เมตร โดยทั่วไปพบสะสมตัวอยู่ใต้รากค้ำยันที่ระเกะระกะของต้นโกงกาง (รูปที่ 6)



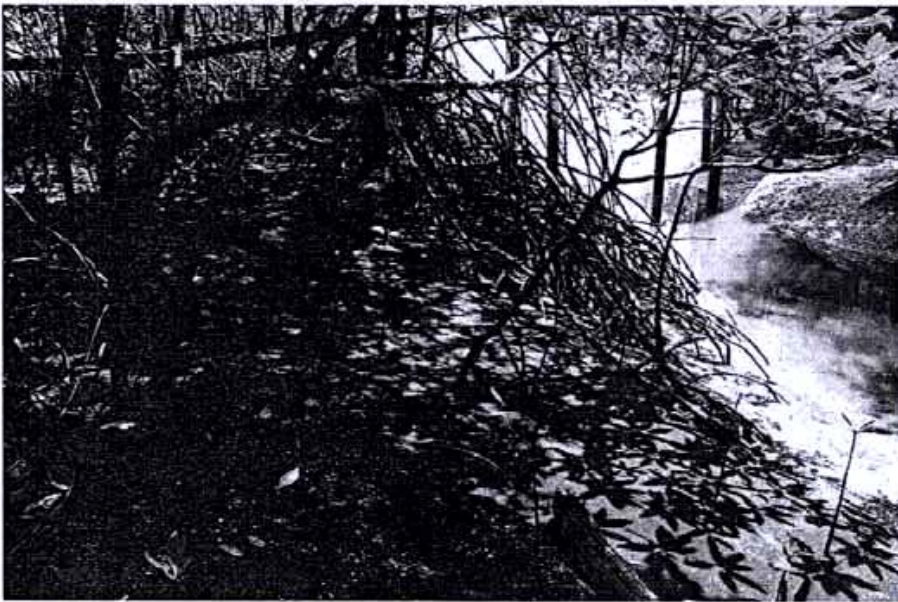
รูปที่ 3 หินโผล่ของหินเชิร์ตบริเวณชายฝั่งทะเลใกล้กับร้านอาหารกุ้งหลวง
ด้านหลังภาพห่างออกไปเป็นสะพานท่าเรือประมงแหลมงอบ



รูปที่ 4 หินโผล่ของหินบริเวณนอกชายฝั่งทะเลออกไปที่อาจต่อเนื่องไปจากหินโผล่
ของหินเชิร์ตบริเวณชายฝั่งติดกับร้านอาหารกุ้งหลวง



รูปที่ 5 หาดทรายดำ บริเวณชายฝั่งป่าชายเลน อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด



รูปที่ 6 ทรายดำที่สะสมตัวบริเวณป่าชายเลนด้านที่ติดกับทะเล

ในช่วงน้ำลง จะพบว่า มีหินโสโครกของหินโคลนขึ้นมาพ้นระดับน้ำทะเลห่างจากชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านยายม่อมออกไปทางทิศใต้ประมาณ 500 เมตร หินโสโครกนี้พิจารณาได้ว่า มีความต่อเนื่องมาจากหินโคลนของหินเชิร์ตบริเวณชายฝั่งติดกับร้านอาหารกุ้งหลวง อย่างไรก็ตามลักษณะที่แท้จริงของแนวหินโสโครกของหินเชิร์ตนี้ยังไม่ได้รับการตรวจสอบโดยละเอียด ซึ่งอาจมีความจำเป็นที่จะต้องมีการสำรวจระดับพื้นผิวของกันทะเล คลื่นทะเลจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ได้พัดกระหน่ำเข้ากับแนวหินโสโครกนี้ ทำให้หินเชิร์ตแตกหักเป็นเศษหินขนาดต่างๆ (รูป

ที่ 7) ซึ่งต่อมาเศษหินเหล่านี้ได้ผุพังเกิดเป็นวัตถุลักษณะของลูกรังสีน้ำตาลเหลือง กระจาย
แผ่ออกไปประมาณขนานไปกับแนวเศษหินเชิร์ตที่แตกหักดังกล่าว (รูปที่ 8) และถัดเข้าไปหา
ชายฝั่ง เป็นพื้นที่ดินโคลนสีดำที่มีทรายดำแกมน้ำตาลสะสมตัวเป็นชั้นบาง ๆ ต่อเนื่องไปจนถึงแนว
ชายฝั่งป่าชายเลน



รูปที่ 7 เศษตะกอนเหลี่ยมของหินเชิร์ตสะสมตัวบริเวณติดกับแนวหินเชิร์ตในทะเล



รูปที่ 8 ตะกอนลูกรังสีน้ำตาลเหลืองโผล่ให้เห็นในช่วงน้ำลง

4. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ ได้เก็บตัวอย่างทรายสีดำนํ้าตาลเพื่อการศึกษาในลักษณะพื้นผิวของเม็ดทรายภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy) และตรวจสอบชนิดของเม็ดทรายดำด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer, XRD) ทั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างทรายดำจำนวนทั้งสิ้น 17 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินเชิร์ต 1 ตัวอย่างที่บริเวณชายฝั่งทะเลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางแร่และทางเคมี ตัวอย่างหินดังกล่าวถูกนำไปตัดทำเป็นแผ่นหินบาง (thin section) เพื่อศึกษาทางองค์ประกอบทางแร่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสง และยังนำไปวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-Ray Fluorescence, XRF) ด้วย

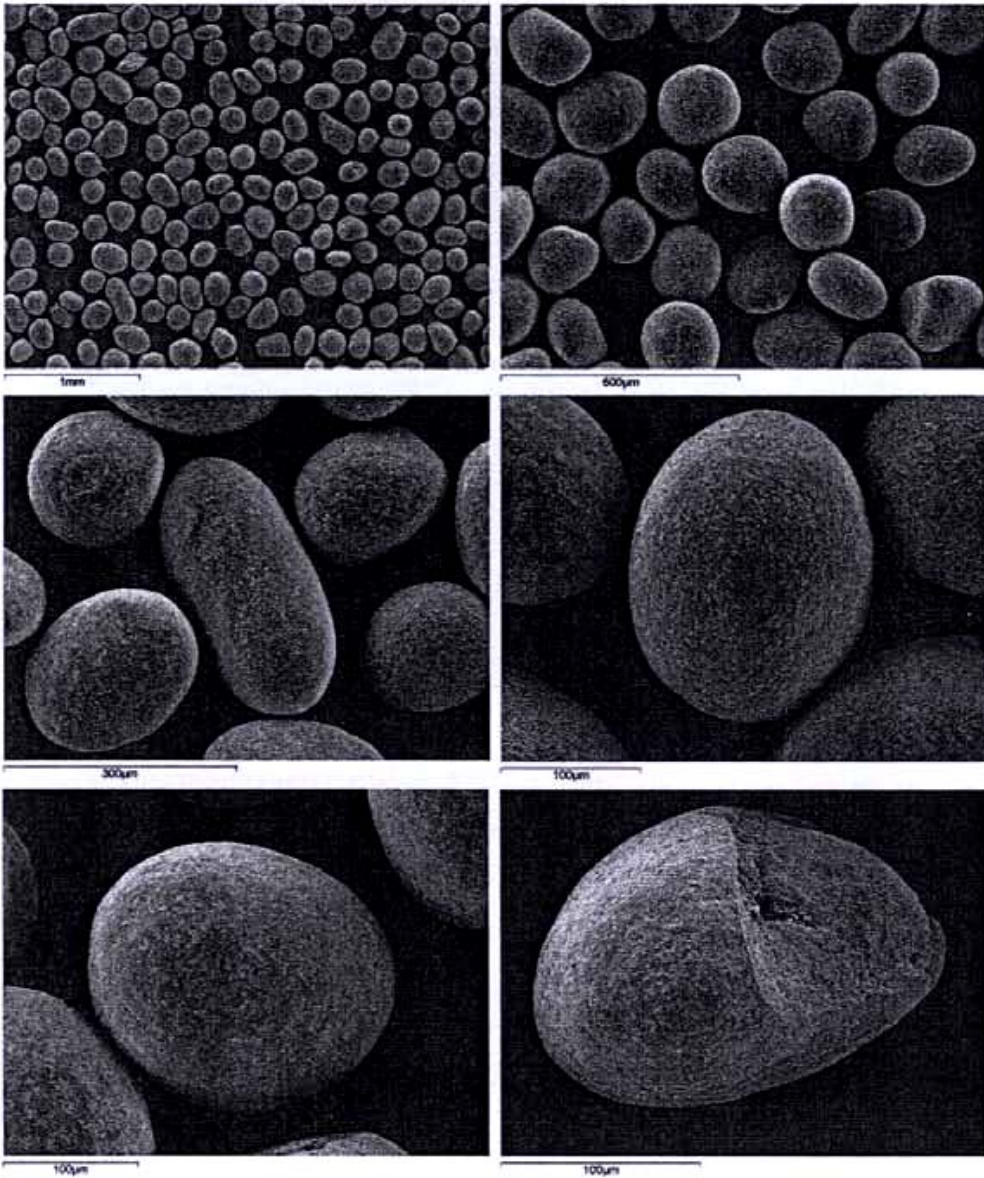
ตัวอย่างทรายดำ 16 ตัวอย่างถูกนำไปทำการวิเคราะห์ร่อนแยกขนาดของตะกอน (grain-sized analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดตะกอนกับระยะทางของการกระจายตัวของตะกอนจากหินต้นกำเนิดซึ่งดำเนินการโดยเจนจิรา สระทองยัง (2553) การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการดังกล่าวทั้งหมดนี้ ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการ 3 แห่ง คือ กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) จังหวัดปทุมธานี

5. ผลการศึกษา

ลักษณะและชนิดของตะกอนทรายดำ จากการร่อนแยกขนาดของตะกอนทรายดำทั้งหมด 16 ตัวอย่าง พบว่าตะกอนทรายดำมีการคัดขนาดดีมาก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 150 – 230 ไมครอนซึ่งเป็นขนาดของทรายละเอียด โดยมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอทั้ง 16 ตัวอย่าง จึงไม่สามารถนำไปพิจารณาหาความสัมพันธ์กับระยะห่างของการแผ่กระจายตัวจากหินต้นกำเนิดได้ ทั้งนี้จากการศึกษาลักษณะของขนาด รูปร่าง และรายละเอียดบนพื้นผิวตะกอนแล้วพบว่า เป็นทรายละเอียด มีรูปร่างเป็นทรงกลมมนมีพื้นผิวราบเรียบดี (รูปที่ 9) ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างไปจากเม็ดทรายชายหาดทั่วไป ลักษณะเม็ดตะกอนทรายดำดังกล่าวเป็นลักษณะพิเศษเฉพาะของตะกอนทรายชายหาดที่กล่าวได้ว่า เป็นตะกอนทรายที่เกิดจากกระบวนการผุพังทางเคมีของหินต้นกำเนิดที่มีการพอกสะสมตัวของแร่ธาตุชนิดหนึ่งโดยรอบวัตถุที่เป็นแกนกลาง (coating reaction) ไม่ใช่เป็นกระบวนการแตกหักออกเป็นเม็ดทรายจากหินต้นกำเนิด ที่พบว่าจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมคมหรือขรุขระ (รูปที่ 10)

จากการวิเคราะห์ตะกอนทรายดำด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอ็กซ์ (รูปที่ 11) พบว่าตะกอนทรายดำมีองค์ประกอบของแร่ควอตซ์และแร่เหล็กออกไซด์ (hydrous iron oxide) ชนิดเกอไรต์ (goethite, $\text{FeO}(\text{OH})$) อันเป็นแร่เหล็กชนิดหนึ่งที่เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินต้นกำเนิดที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก เม็ดตะกอนทรายเกิดจากเม็ดตะกอนซิลิกาที่

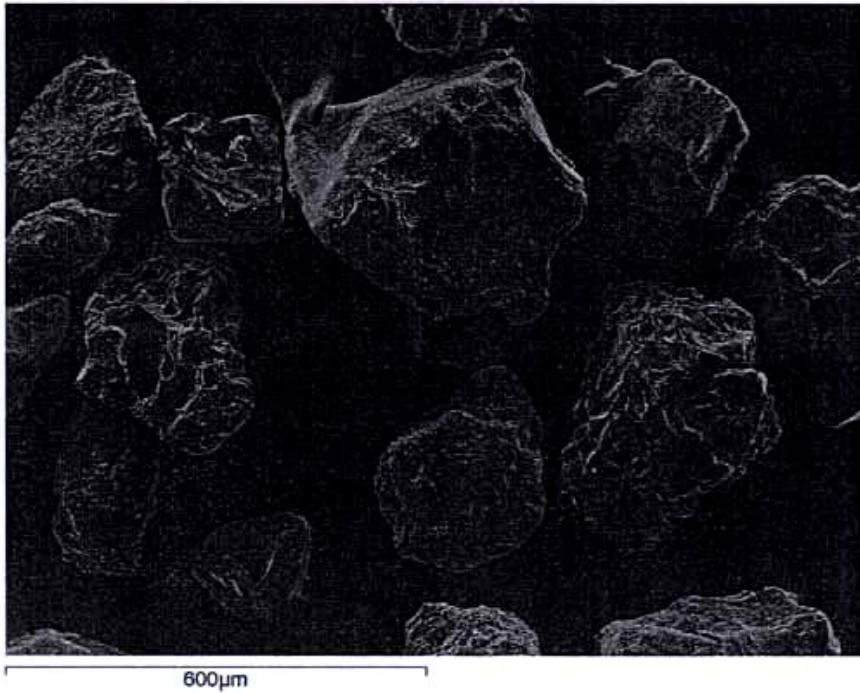
ถูกพอกด้วยแร่เหล็กออกไซด์ชนิดเกอไรต์ (goethite - coated silica sand) ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมมนหรือรูปทรงไข่และมีพื้นผิวเรียบ



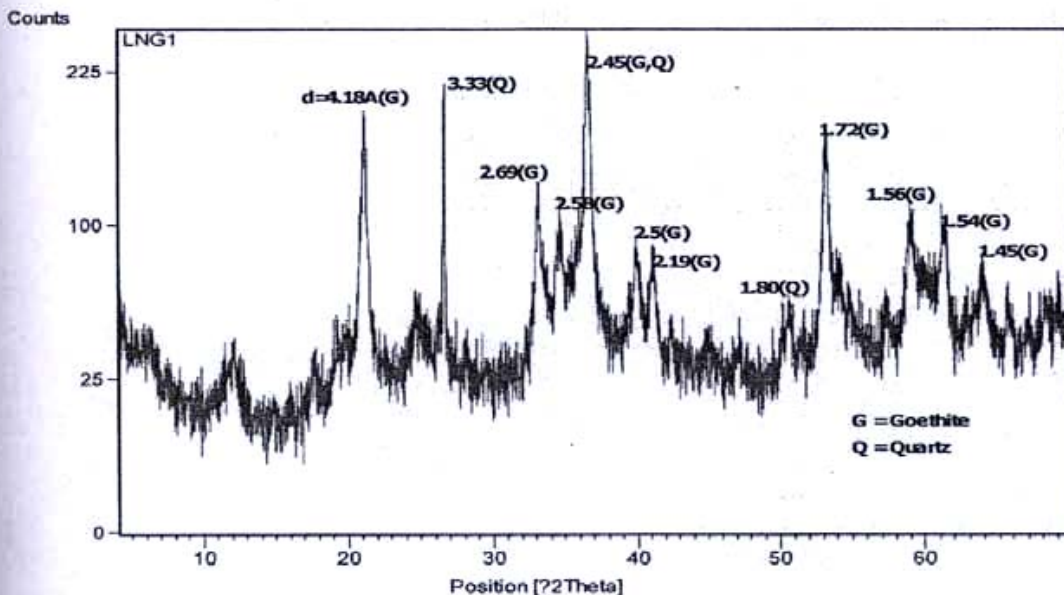
รูปที่ 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงลักษณะเม็ดตะกอนที่มีความกลมมนและมีพื้นผิวตะกอนเรียบ

จากรูปแบบการกระจายตัวของหินโผล่ และการสะสมตะกอนในพื้นที่ศึกษา พิจารณาได้ว่า แนวหินโสโครกในทะเลน่าจะเป็นหินต้นกำเนิดของชุดตะกอนบางชุดรวมถึงตะกอนทรายดำในพื้นที่ศึกษานี้ด้วย ในทางกายภาพแล้วหินดังกล่าวมีลักษณะเนื้อละเอียดแน่น มีสีชมพูแกมน้ำตาล จากการศึกษาแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงพบว่ามีสายแร่สีขาวหนาแน่น พื้นผิวของการผุพังให้สีน้ำตาลแกมเหลือง หินประกอบไปด้วยผลึกของแร่ควอตซ์ขนาดจุล มีสายแร่ควอตซ์เล็กๆ อยู่ในเนื้อหินอย่างหนาแน่น พบแร่เหล็กเป็นแร่ทุติยภูมิเกิดเป็นสายแร่สีดำและสี

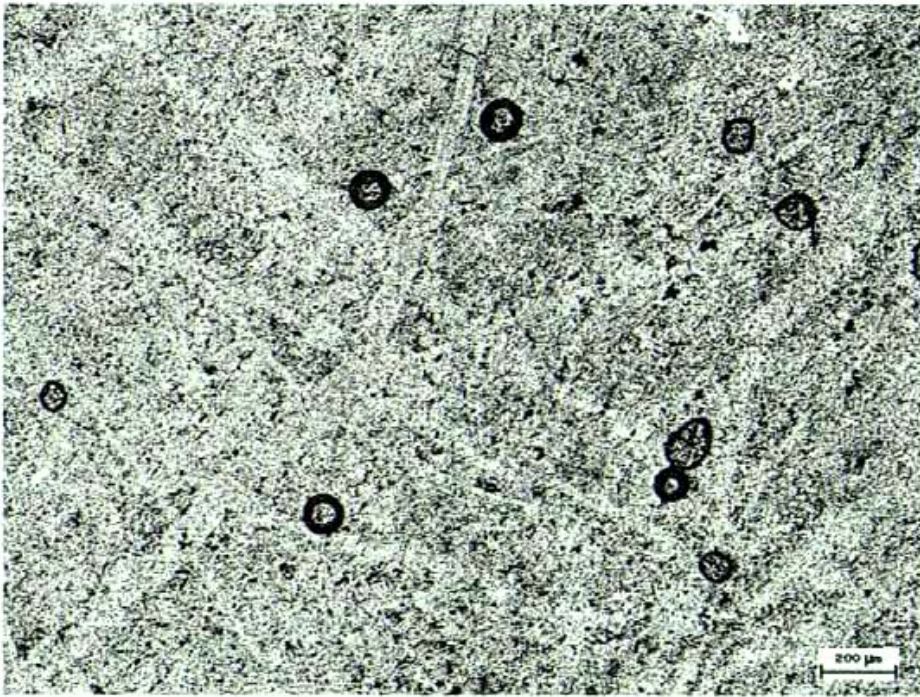
น้ำตาลแดงและอาจเข้าไปแทนที่ในแร่ควอตซ์ด้วย ทั้งนี้แร่ควอตซ์ที่ผนังของโพรงและ/หรือสายแร่จะมีผลึกขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนด้านในซึ่งถือว่าเป็นลักษณะของแร่ทุติยภูมิ (รูปที่ 12 ถึงรูปที่ 15)



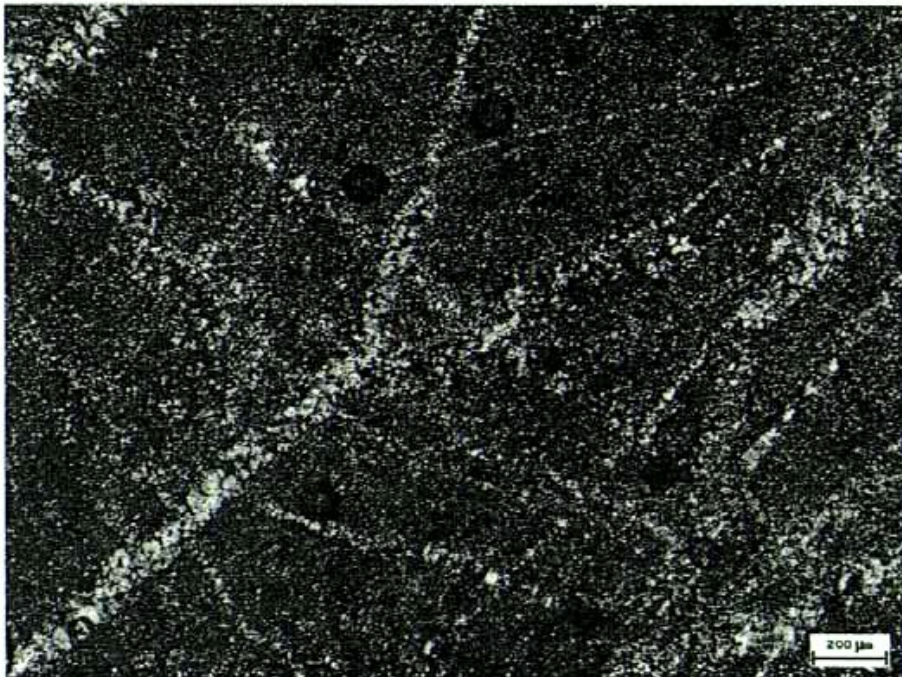
รูปที่ 10 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงลักษณะเม็ดตะกอนทรายจากบริเวณหาดสมิธุร์ อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีลักษณะตะกอนเป็นเหลี่ยมคมและมีพื้นผิวขรุขระ



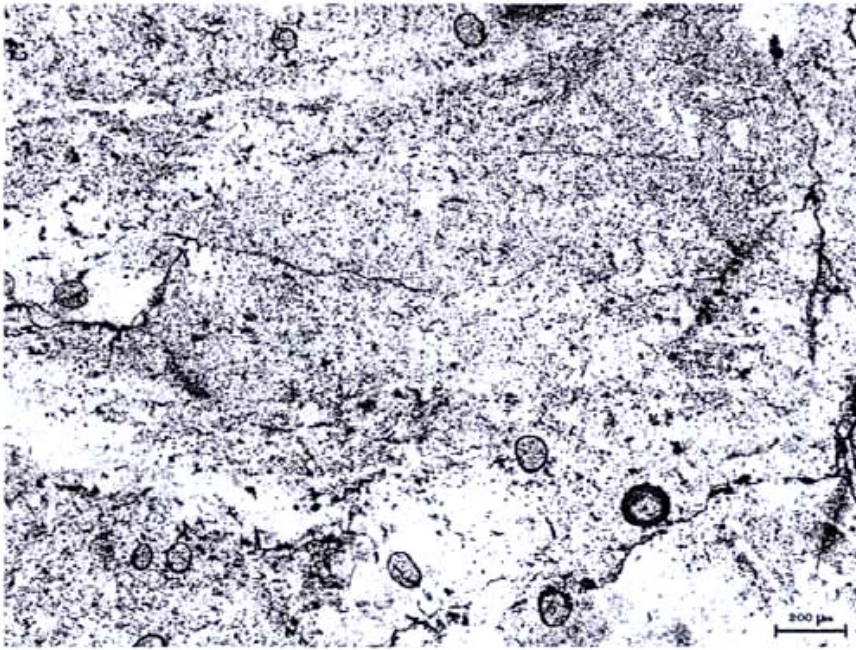
รูปที่ 11 กราฟแสดง diffraction pattern ของแร่เกอไรต์และแร่ซิลิกาที่ได้จากทรายดำแหลมงอบ



รูปที่ 12 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสงของแผ่นหินบางของหินเชิร์ต
ที่เข้าใจว่าเป็นหินต้นกำเนิดของทรายดำ (normal light)



รูปที่ 13 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสงของแผ่นหินบางของหินเชิร์ต
ที่เข้าใจว่าเป็นหินต้นกำเนิดของทรายดำ (cross polar)



รูปที่ 14 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสงของแผ่นฟิล์มบางของหินเชิร์ต
ที่เข้าใจว่าเป็นหินต้นกำเนิดของทรายดำ (normal light)



รูปที่ 15 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แสงของแผ่นฟิล์มบางของหินเชิร์ต
ที่เข้าใจว่าเป็นหินต้นกำเนิดของทรายดำ (cross polar)

จากผลการวิเคราะห์หินต้นกำเนิดในองค์ประกอบทางเคมี ด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนส์พบว่า เป็นหินที่มีค่าซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) สูงถึงร้อยละ 96 ทำให้วินิจฉัยได้ว่าหินต้นกำเนิดนี้เป็นหินเซิร์ต ซึ่งสอดคล้องกับแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณี (Tansuwan, 1997) อีกลักษณะหนึ่งที่น่าสังเกตคือหินเซิร์ตนี้มีปริมาณเหล็กออกไซด์ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหินเซิร์ตทั่วไปคือมีค่าสูงถึงมากกว่าร้อยละ 1.9 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินเซิร์ต
(ร้อยละโดยน้ำหนัก)

SiO_2	96.00
TiO_2	0.02
Al_2O_3	0.78
Fe_2O_3	1.93
FeO	Nil
MnO	0.03
MgO	0.08
CaO	0.05
Na_2O	<0.10
K_2O	0.01
P_2O_5	0.01
$\text{H}_2\text{O} (-)$	0.20

โดยทั่วไปแล้ว ตะกอนที่ตกสะสมตัวระหว่างแนวหินโสโครกกับแนวชายฝั่งทะเลนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โซนที่สังเกตได้อย่างชัดเจน โดยพิจารณาที่ธรรมชาติในองค์ประกอบของวัตถุ ขนาดของเม็ดตะกอน สี และตำแหน่งที่พบ แนวสะสมตะกอนทั้ง 4 แนวดังกล่าวทำให้สามารถสังเกตได้ถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบในกระบวนการกัดเซาะ ผุพัง ทำลาย การพัดพา และการตกสะสมตะกอน โดยโซนดังกล่าวทั้ง 4 โซนมีแนวการวางตัวค่อนข้างขนานซึ่งกันและกันในแนวประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และทำมุมกับแนวชายฝั่งทะเลที่ประมาณ 60 องศาอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของคลื่นทะเลไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 16)

โซนที่อยู่ติดกับแนวหินโสโครกที่สุด เป็นแนวเศษหินแตกหักของหินเซิร์ตที่มีลักษณะมีเหลี่ยมคมทอดตัวเป็นแนวขนานไปกับแนวของหินโสโครกนั้น (รูปที่ 7) ถัดออกไปเข้าหาแนวชายฝั่งเป็นโซนตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่าโซนก่อนหน้านี้ ประกอบไปด้วยเม็ดตะกอนหยาบขนาดกรวดเล็ก (granule) ถึงขนาดกลาง (pebble) เรื่อยไปจนถึงขนาดกรวด (gravel) ตะกอนมีลักษณะกึ่งกลมมนถึงกลมมนดี มีสีน้ำตาลแกมเหลืองและบ้างก็มีตะกอนทรายสีดำปะปนอยู่ด้วย ในปริมาณเพียงเล็กน้อยจนหากไม่สังเกตอาจไม่พบ ตะกอนในโซนนี้เชื่อว่าเกิดจากการผุพังทาง

ประมาณ 900 เมตร โชนี้มีความกว้างประมาณ 2 – 4 เมตร โดยบริเวณที่เป็นปากคลองเล็ก ๆ ทรายดำจะสะสมตัวลึกลงเข้าไปมากกว่าบริเวณอื่น ๆ

ตะกอนทรายดำเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจน เป็นผลผลิตจากการผุพังสลายตัวของแร่ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบที่มืองค์ประกอบหลักเป็นพวกลูกรัง โดยเกิดจากการผุพังสลายตัวของหินต้นกำเนิดเป็นระยะเวลายาวนานอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีช่วงที่ขัดจังหวะ (Gaines and others, 1997) ทรายดำนี้แท้จริงแล้วมีเม็ดแร่ซิลิกาอยู่ด้านในที่ถูกเคลือบพอกด้วยแร่เกอไรต์สีดำแกมสีน้ำตาล อันเป็นผลที่ได้มาจากการผุพังสลายตัวทางเคมีจากหินต้นกำเนิดพวกเฟอริไซต์ไครต์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เทียบเคียงได้กับกระบวนการผุพังสลายตัวทางเคมีจากหินโรโอไลต์ที่ศึกษาโดย Yokoyama and Nakashima (2005); Cudennec and Lecerf (2006) และ Schwertmann and Murad (1983) ที่ศึกษาการแปรรูปจากแร่เฟอริไซต์ไครต์ไปเป็นแร่เกอไรต์

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

แหล่งทรายดำที่แหลมงอบนั้น เกิดขึ้นจากการกัดเซาะและผุพังสลายตัวของหินเชิร์ตตามแนวชายฝั่งทะเล และที่อยู่ใต้น้ำทะเลที่ไหลผ่านน้ำทะเลขึ้นมาในช่วงเวลาที่น้ำลง กระบวนการในรายละเอียดนั้นอาจอธิบายได้ตามผลการทดลองโดย Yokoyama and Nakashima (2005); Cudennec and Lecerf, 2006; Schwertmann and Murad (1983) และ Scheidegger and others (1993) ผู้ได้พบว่าเหล็กจะละลายออกมาจากหินต้นกำเนิดก่อน แล้วเกิดเป็นวัตถุนั้นเป็นผลเนื่องมาจากการผุพังสลายตัวที่มีแร่เหล็กอยู่ หลังจากทีเหล็กละลายออกไปแล้ว Fe^{2+} จะถูกเปลี่ยนไปเป็น Fe^{3+} ในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจน (oxidation) จากนั้น Fe^{3+} จะตกตะกอนเป็นแร่เฟอริไซต์ไครต์หรือแร่ฮีไทต์ นอกจากนี้ Yokoyama และ Nakashima ยังได้อธิบายเพิ่มเติมด้วยว่า เป็นที่เชื่อกันอย่างกว้างขวางว่าเฟอริไซต์ไครต์จะเปลี่ยนไปเป็นแร่เกอไรต์และ/หรือแร่เฮมาไทต์ เนื่องจากในทางเทอร์โมไดนามิคแล้วเฟอริไซต์ไครต์มีความเสถียรน้อยกว่าเกอไรต์และ/หรือเฮมาไทต์ โดยจะขึ้นอยู่กับค่า pH และอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ

เป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่า แร่เหล็กชนิดเกอไรต์ ($FeO(OH)$) นั้นเกิดจากการผุพังสลายตัวทางเคมีของแร่เฟอริไซต์ไครต์ ($Fe_5HO_8 \cdot 4H_2O$) ในสภาพของสารละลายที่มีค่า pH อยู่ระหว่าง 2 – 5 และระหว่าง 10 – 14 (Schwertmann and others, 1983 และ Cudennec and Lecerf, 2006) ซึ่งเป็นสภาพที่อธิบายการเกิดแร่เกอไรต์ที่แหลมงอบไม่ได้ เนื่องจากค่า pH ที่อยู่ระหว่าง 2-5 และระหว่าง 10-14 นั้นไม่ใช่เป็นค่า pH ของน้ำทะเลทั่วไป และหากน้ำทะเลมีค่า pH ที่ค่าดังกล่าวแล้วก็ถือว่าชายฝั่งทะเลแหลมงอบตกอยู่ในสภาวะที่วิกฤตที่จะยังผลให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวง กล่าวคือจะเกิดน้ำเสีย และระบบนิเวศทางทะเลที่เสียหายอย่างรุนแรง ดังนั้นตะกอนแร่เกอไรต์ที่แหลมงอบนี้ จึงน่าจะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีความพิเศษแตกต่างออกไปจากที่กล่าวมานี้

กรณีตัวอย่างของหาดทรายดำที่แหลมงอบนั้น ชี้ชัดได้ว่าเป็นการสะสมตัวของเม็ดทรายซิลิกาที่พื้นผิวตะกอนทรายถูกเคลือบพอกด้วยแร่เกอไรต์ ที่มีกระบวนการเกิดที่แตกต่าง

ออกไปจากที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้ Scheidegger and others (1993) ได้ทำการทดลองถึงอิทธิพลของค่า pH ที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเคลือบพอก (coating reaction) ของแร่โกธต์บนพื้นผิวของเม็ดทรายซิลิกา ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าแร่โกธต์จะมีการเคลือบพอกตัวบนพื้นผิวของเม็ดทรายซิลิกาเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มค่า pH ให้สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แล้วปฏิกิริยาการเคลือบพอกตัวดังกล่าวจะลดลงอย่างฉับพลันเมื่อค่า pH สูงเกินค่าที่ทำให้แร่โกธต์ถึงจุดที่มีประจุเป็นศูนย์ (point of zero charge, PZC) ซึ่งค่า pH ที่จุดดังกล่าวของแร่โกธต์บริสุทธิ์จะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 7.9 ($pH_{PZC} \Rightarrow 7.9$) กล่าวคือเป็นค่า pH ที่แร่โกธต์จะเคลือบพอกบนพื้นผิวเม็ดทรายซิลิกาได้สูงสุดที่ค่า pH ไม่เกิน 7.9 ซึ่งค่อนข้างมีค่าเป็นกลางและเป็นค่า pH ของน้ำทะเลทั่วไป ($pH = 7.5 - 8.4$) ทั้งนี้ยังพบด้วยว่าปฏิกิริยาการเคลือบพอกตัวนี้ยังมีผลมาจากค่าของความแรงของประจุ (ionic strength) ด้วย แต่ก็พบว่าปฏิกิริยาการเคลือบพอกตัวของแร่โกธต์บนผิวของเม็ดทรายซิลิกานั้นจะเกิดขึ้นได้สูงสุดที่ค่า pH ประมาณ 7 – 7.9 แม้ว่าจะปรับเปลี่ยนค่าความแรงของประจุให้แตกต่างออกไปบ้างก็ตาม

การเกิดทรายดำที่แหลมงอบนี้ สามารถอธิบายได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Scheidegger and others (1993) ได้เป็นอย่างดี แม้ว่าคณะผู้ศึกษาจะไม่ได้ศึกษาวัดค่า pH ของน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ที่มีการตกสะสมตัวของตะกอนทรายดำก็ตาม แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำทะเลจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 7.5–8.4 โดยเฉพาะค่า pH ที่ต่ำกว่า 7.9 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเคลือบพอกตัวของแร่โกธต์ (goethite coating reaction) บนพื้นผิวของเม็ดตะกอนทรายซิลิกาได้สูงสุด

7. เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา สระทองยัง (2553) การวิเคราะห์ตะกอนวิทยาและธรณีเคมี เพื่อเปรียบเทียบแหล่งกำเนิดและหาทิศทางการสะสมตะกอนของหาดทรายดำ อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด. โครงการทางธรณีศาสตร์ (วทศ 491) ปีการศึกษา 2552 สาขาวิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Briggs, R.M., Laurent, J.C., Hume, T.M., and Swales, A., 2009. Provenance of black sands on the west coast, North Island, New Zealand. *AusIMM New Zealand Branch Annual Conference 2009*: 41-50.

Clark, J.R.K., 1985. Beaches of the Big Island. *University of Hawaii Press*: 186 p.

Cudennec, Y., and Lecerf, A., 2006. The transformation of ferrihydrite into goethite or hematite, revisited. *Journal of Solid State Chemistry* 179(3): 716-722.

Gaines, R.V., Mason, B., and Rosenzweig, A., 1997. Dana's new mineralogy. 8th edition, John Wiley and Sons, Inc.

Scheidegger, A., Borkovec, M., and Sticher, H., 1993. Coating of silica sand with goethite: preparation and analytical identification. *Geoderma* 58(1-2): 43-65.

- Schwertmann, U., and Murad, E. 1983. Effect of pH on the transformation of goethite and hematite from ferrihydrite. *Clays and Clay Minerals* **31**(4): 277-284.
- Smellie, J.L., and Chapman, M.G., 2002. Volcano-ice interaction on Earth and Mars. *Geological Society of London, Special Publication No. 202*.
- Tansuwan, V., 1997. *Geological map of Changwat Trat, scale 1: 250,000*. Department of Mineral Resources, Geological Survey Division, Bangkok, Thailand.
- Thirunavukkarasu, O.S., Viraraghavan, T., and Subramanian, K.S., 2003. Arsenic removal from drinking water using iron oxide-coated sand. *Water, Air, & Pollution* **142**(1-4): 95-111.
- Yokoyama, T. and Nakashima, S., 2005. Color development of iron oxides during rhyolite weathering over 52,000 years. *Elsevier Chemical Geology* **219**: 309-320.

ภาคผนวก

แหล่งหาดทรายดำของโลก

หาดทรายดำ พบเห็นได้บริเวณชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนชายหาดของ หมู่เกาะภูเขาไฟหลายแห่งในมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรแอตแลนติก และมหาสมุทรอินเดีย ทั้งนี้ยังรวมถึงในทะเลปิดบางแห่ง เช่น ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เป็นต้น สิ่งที่มีความชัดเจนคือเป็น บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากการระเบิดของภูเขาไฟ

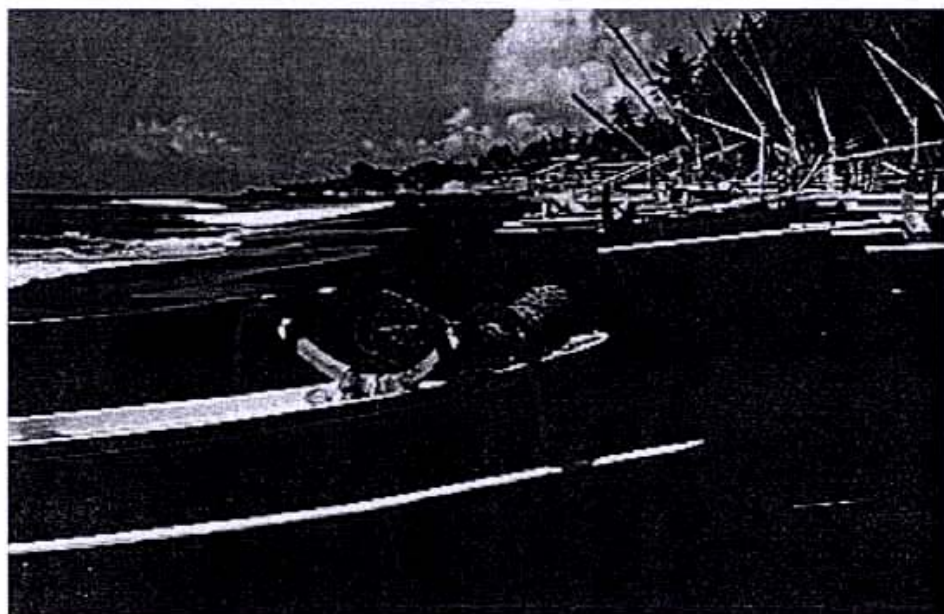
ในมหาสมุทรแปซิฟิก พบได้ตั้งแต่ประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ นิวซีแลนด์ ไต้หวัน ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย อลาสก้า แคลิฟอร์เนีย เอลซัลวาดอร์ กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา เอกวาดอร์ โคลอมเบีย เปรู และชิลี นอกจากนี้ยังพบตามเกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ได้แก่ ฮาวาย ดาฮีติ อีสเตอร์ และกาลาปากอส เป็นต้น

ในมหาสมุทรแอตแลนติก พบตามเกาะหลายแห่ง เช่น สปีตสเบอร์เจน จอง มาเยน ไอซ์แลนด์ แอสเซนชัน อะซอเรส เทเนรีฟ แคนารี เคปเวอร์ด พอนต้า เดลกาต้า แมเดร่า และหลายเกาะในทะเลแคริบเบียน เช่น สาธารณรัฐโดมินิกัน จาไมก้า เซนต์คิตต์และเนวิส และ เปอร์โตริโก ทั้งนี้ยังรวมถึงเกาะในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เช่น ที่อิตาลี และกรีซ เป็นต้น

สำหรับในมหาสมุทรอินเดีย พบที่เกาะลังกาวิ ประเทศมาเลเซีย และเกาะรียูเนียน นอกชายฝั่งด้านตะวันออกของเกาะมาดากัสการ์ และหมู่เกาะภูเขาไฟทางทะเลใต้ เช่น ทริสตัน ดา कुนาฮา ไครเซต แอมสเตอร์ดัม-เซนต์ปอล และบูเวต์ เป็นต้น



รูปที่ 17 หาดทรายดำบริเวณชายหาดพันทาย เซเลตัน เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย



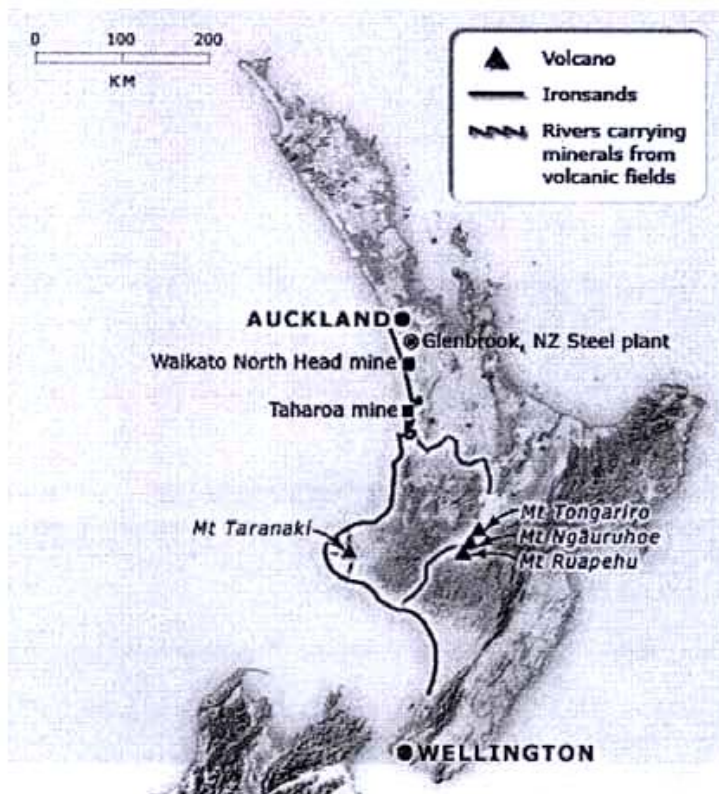
รูปที่ 18 หาดทรายดำบริเวณชายหาดกูแฮมบ้า เกาะบาห์ลี ประเทศอินโดนีเซีย



รูปที่ 19 หาดทรายดำบริเวณชายหาดบาตาเคย์ ประเทศฟิลิปปินส์



รูปที่ 20 หาดทรายดำบริเวณชายหาดสโต โดมิงโก ประเทศฟิลิปปินส์



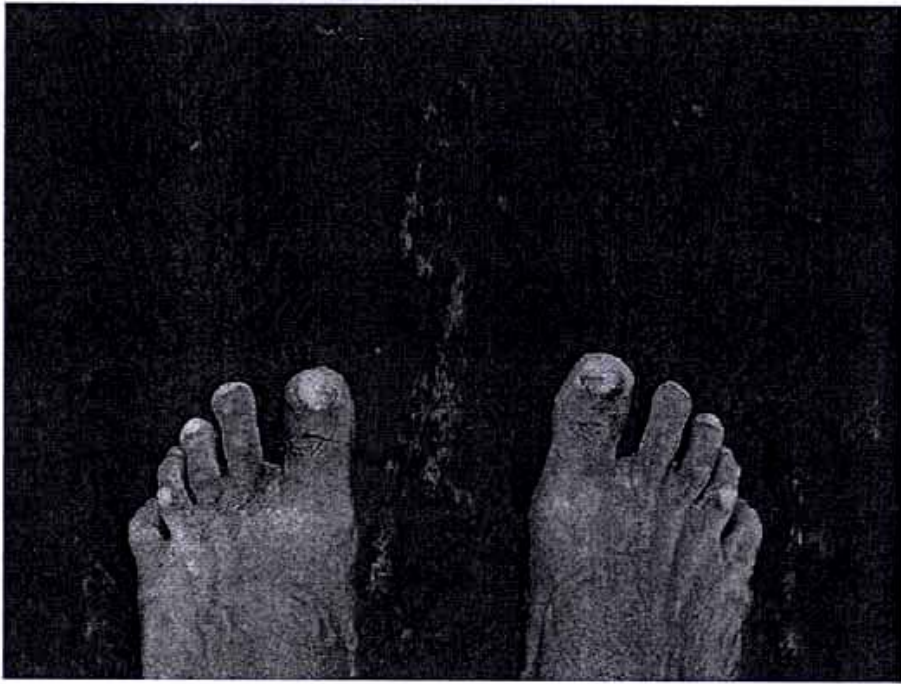
รูปที่ 21 แผนที่เกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์ แสดงชายฝั่งด้านตะวันตกที่พบหาดทรายดำ



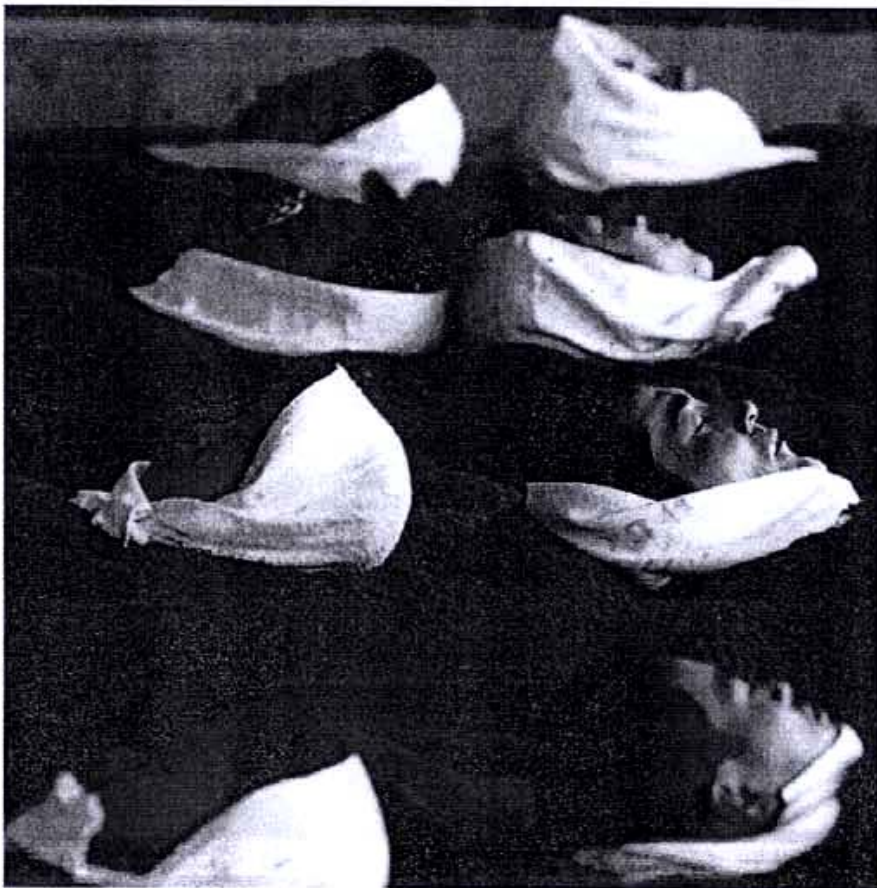
รูปที่ 22 หาดทรายดำบริเวณชายหาดกอเอี๊ย ชายฝั่งตะวันตกของเกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์



รูปที่ 23 หาดทรายดำบริเวณชายหาดเนเปียร์ ชายฝั่งตะวันตกของเกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์



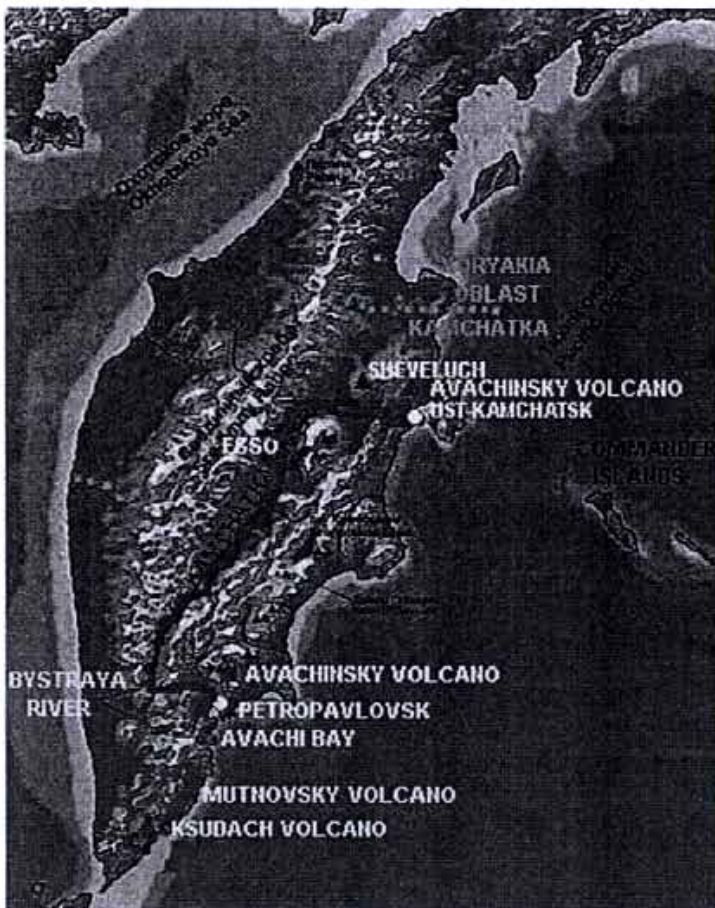
รูปที่ 24 หาดทรายดำบริเวณชายหาดไต้หวัน ประเทศไต้หวัน



รูปที่ 25 การหมกทรายดำของชาวญี่ปุ่น บริเวณชายหาดอิบูซูกิ ประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 26 หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งของเกาะเซจู ประเทศเกาหลีใต้



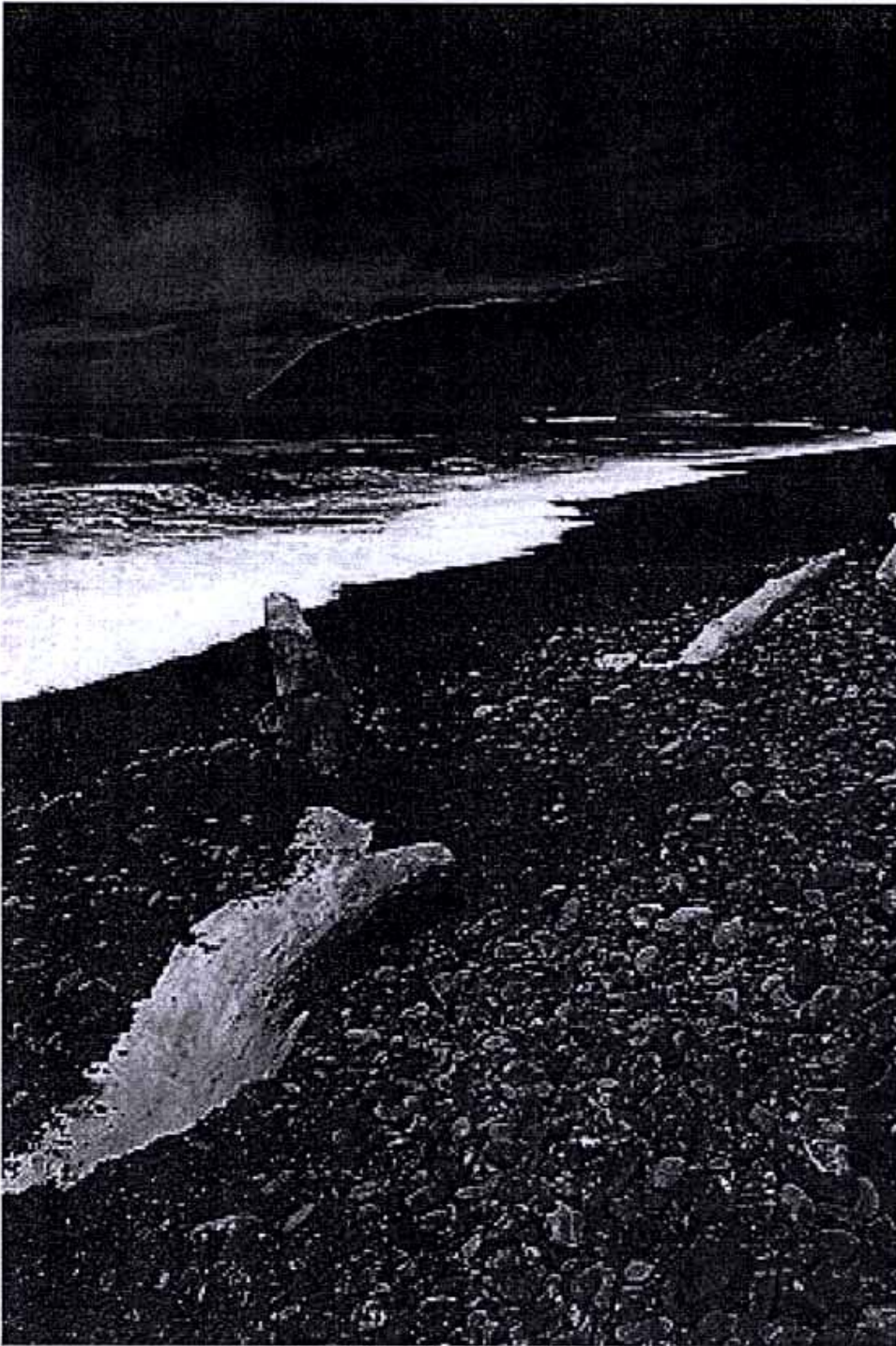
รูปที่ 27 แผนที่คาบสมุทรแคมชัตกา สหพันธรัฐรัสเซีย แสดงแนวภูเขาไฟ
ที่เป็นแหล่งวัสดุหาดทรายดำ



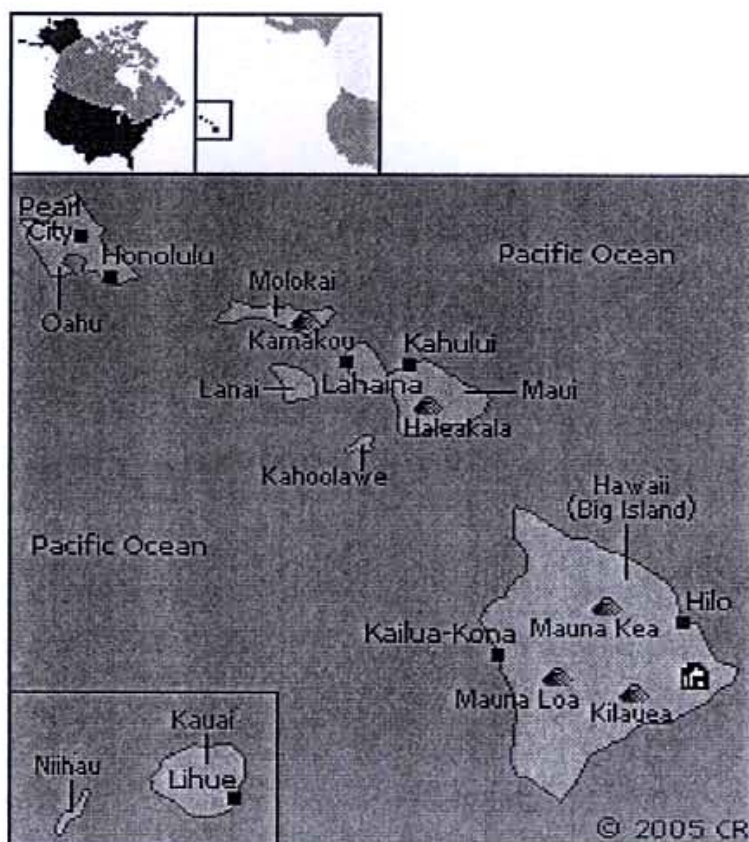
รูปที่ 28 หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งคาบสมุทรแคว้นชัตก้า สหพันธรัฐรัสเซีย



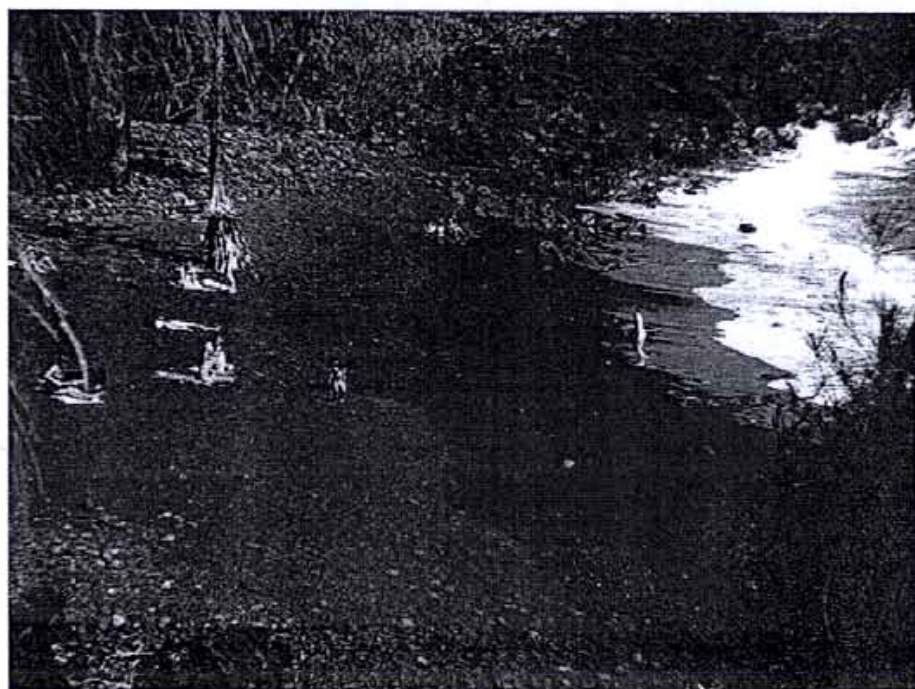
รูปที่ 29 หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งฟอร์ต แฮร์แมน อลาสกา ประเทศสหรัฐอเมริกา



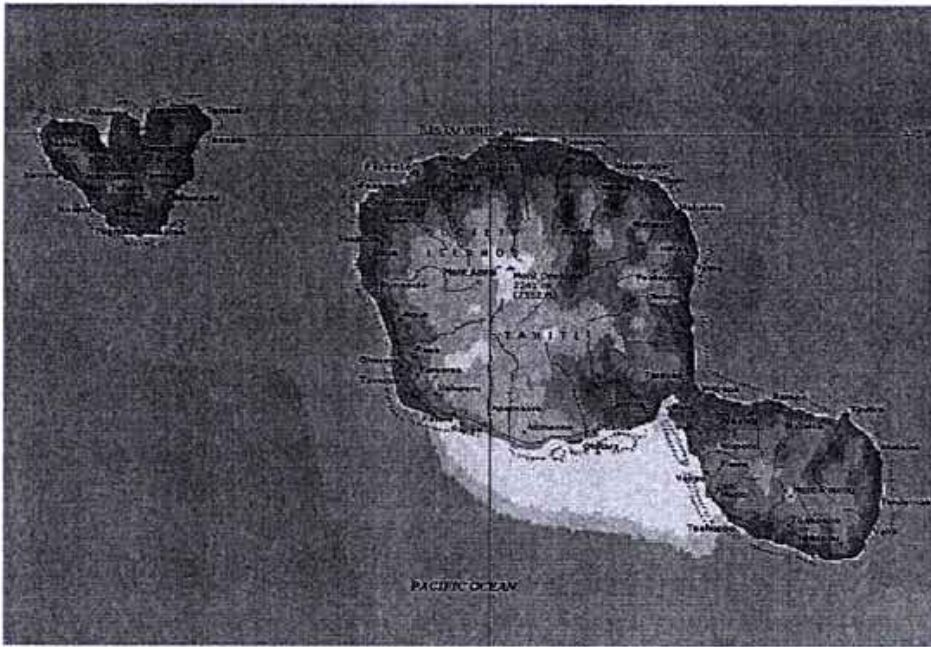
รูปที่ 30 หาดทรายดำบริเวณชายฝั่งลอสต์ โคสต์ แคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 31 แผนที่หมู่เกาะฮาวาย แสดงตำแหน่งภูเขาไฟ แหล่งวัสดุหัดทรายดำ



รูปที่ 32 หาดทรายดำบริเวณชายหาดเกเฮน่า ฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 33 แผนที่หมู่เกาะตาอิตี ซึ่งเป็นเกาะภูเขาไฟทางตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก



รูปที่ 34 หาดทรายดำบริเวณชายหาดแห่งหนึ่ง บนเกาะตาอิตี



รูปที่ 35 แผนที่แสดงตำแหน่งหมู่เกาะกาลาปากอส ประเทศเอกวาดอร์
ซึ่งเป็นหมู่เกาะภูเขาในมหาสมุทรแปซิฟิก



รูปที่ 36 หาดทรายดำบริเวณชายหาดแห่งหนึ่ง หมู่เกาะกาลาปากอส



รูปที่ 37 แผนที่แสดงประเทศต่างๆในอเมริกากลาง



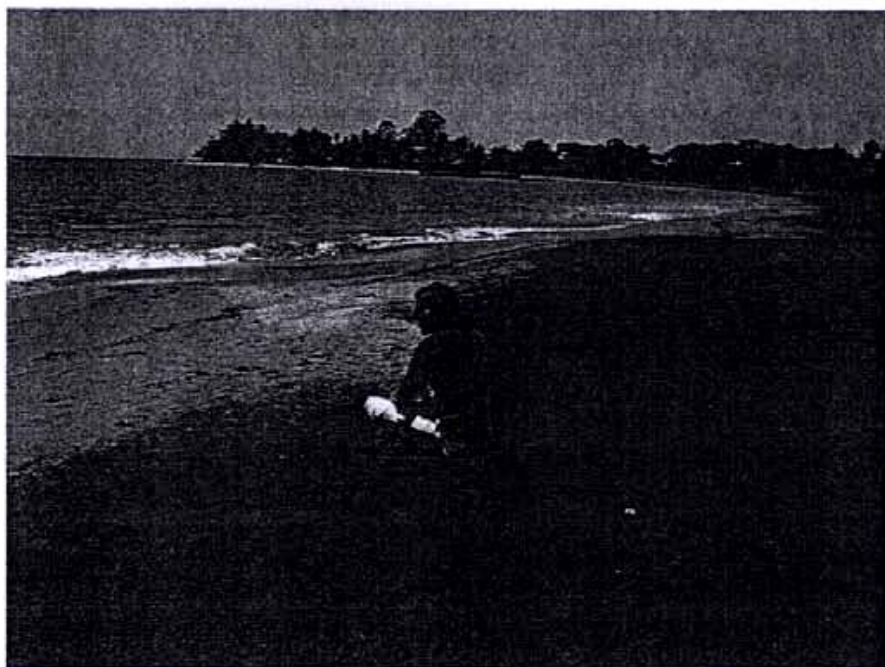
รูปที่ 38 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศกัวเตมาลา



รูปที่ 39 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศเอลซัลวาดอร์



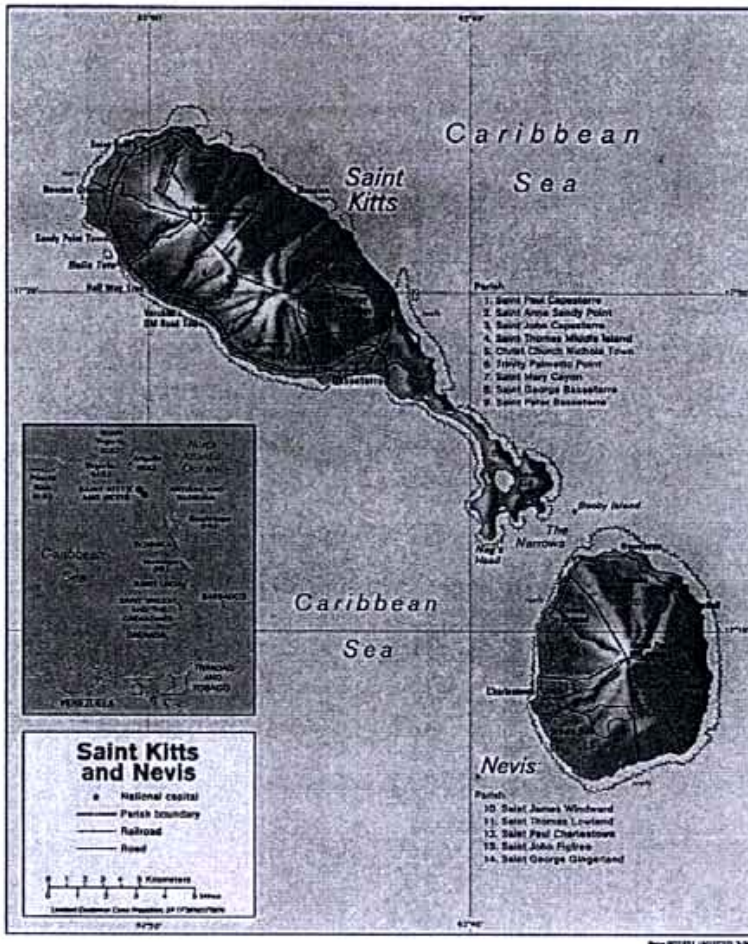
รูปที่ 40 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในประเทศนิการากัว



รูปที่ 41 หาดทรายดำ ชายฝั่งเมืองเปอร์โต เวโจ ในประเทศคอสตา ริกา



รูปที่ 42 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง ในประเทศปานามา



รูปที่ 43 แผนที่หมู่เกาะเซนต์คิตต์และเนวิส ในทะเลแคริบเบียน



รูปที่ 44 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง ที่เกาะเซนต์คิตต์ ในทะเลแคริบเบียน



รูปที่ 45 แผนที่สาธารณรัฐโดมินิกัน ในทะเลแคริบเบียน



รูปที่ 46 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง ในสาธารณรัฐโดมินิกัน ในทะเลแคริบเบียน



รูปที่ 47 แผนที่ประเทศเปอร์โตริโก ในทะเลแคริบเบียน แสดงเกาะเวค ทางด้านตะวันออก



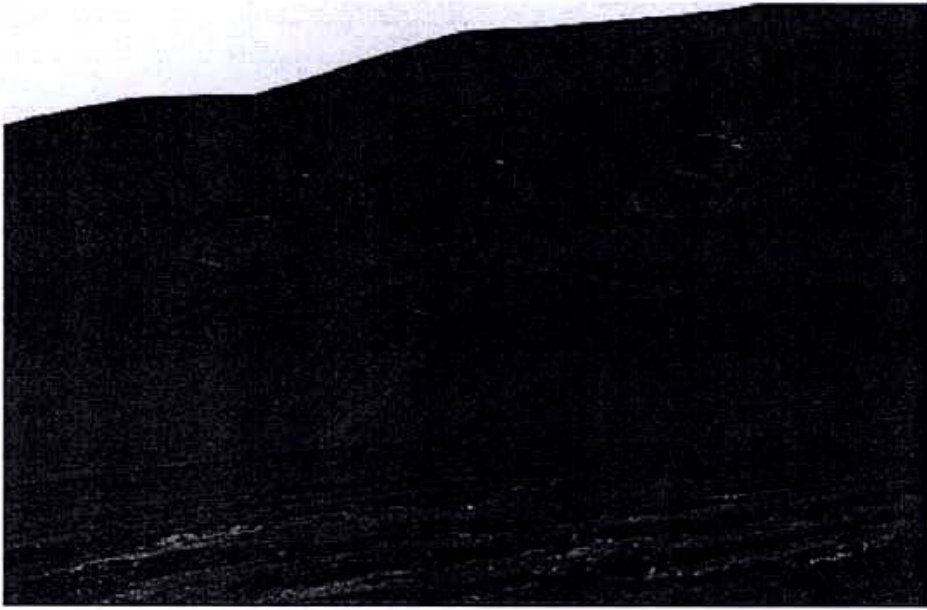
รูปที่ 48 หาดทรายดำ ชายหาดเกาะเวค ของประเทศเปอร์โตริโก ในทะเลแคริบเบียน



รูปที่ 49 แผนที่อเมริกาใต้



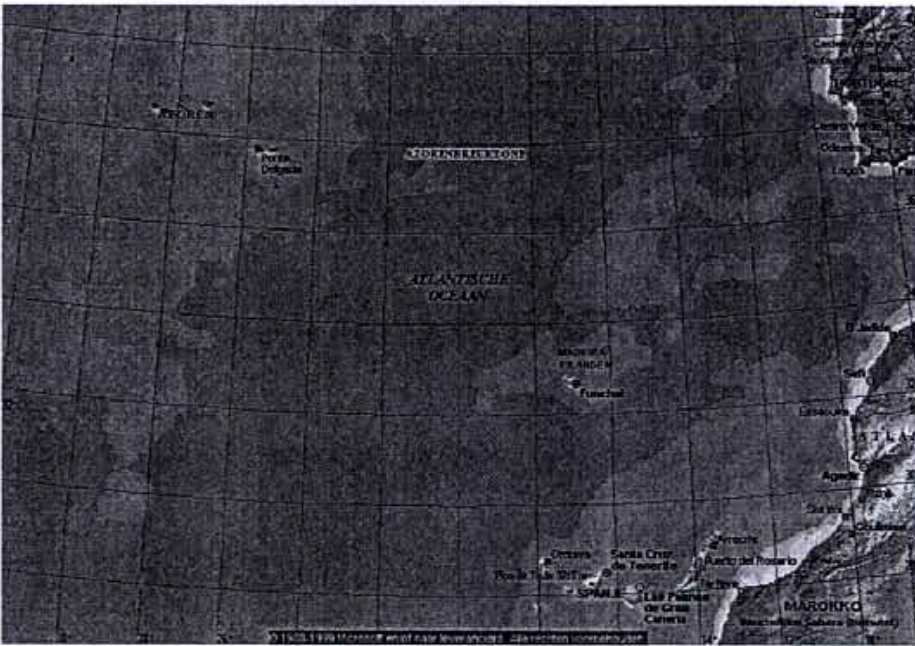
รูปที่ 50 หาดทรายดำ บริเวณหาดมอมปีเซ ประเทศเอกวาดอร์



รูปที่ 51 หาดทรายดำ บริเวณหาดเอลแคนเดลลาโบร ประเทศเปรู



รูปที่ 52 หาดทรายดำ บริเวณหาดปูคอน ประเทศชิลี



รูปที่ 53 แผนที่แสดงหมู่เกาะฟอนต้า เดลกาต้า หมู่เกาะแมเดรา และหมู่เกาะคานารี ในมหาสมุทรแอตแลนติก



รูปที่ 54 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดของเกาะอะโซเรส กลางมหาสมุทรแอตแลนติก



รูปที่ 55 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะพอนด์้า เดลกาต้า มหาสมุทรแอตแลนติก



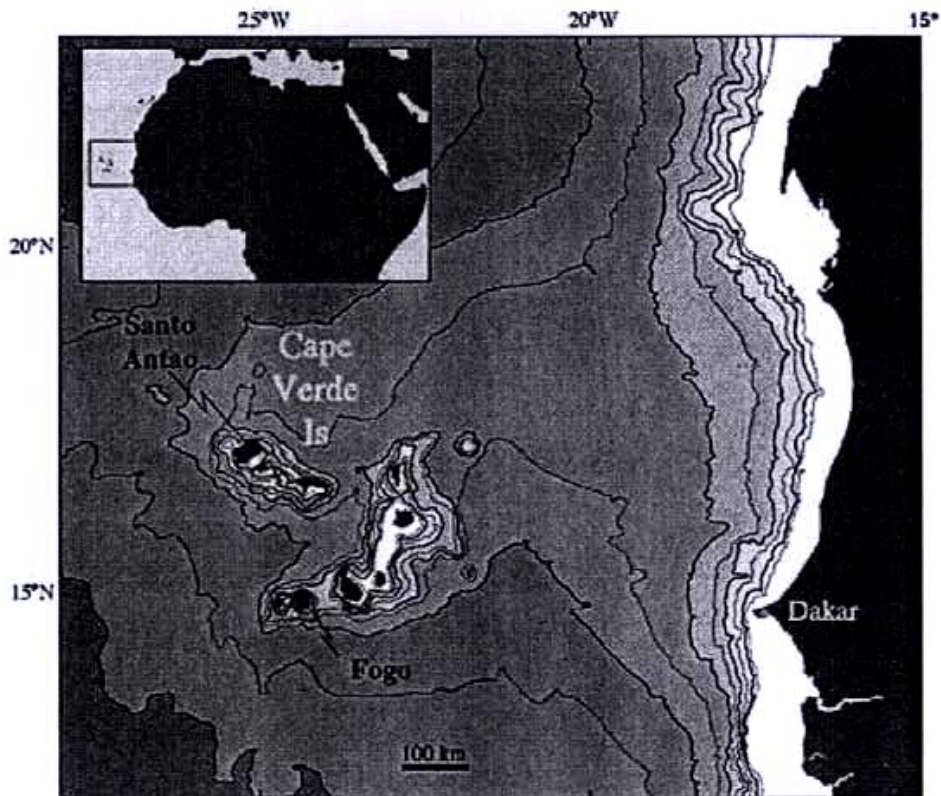
รูปที่ 56 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะแมเดรา มหาสมุทรแอตแลนติก



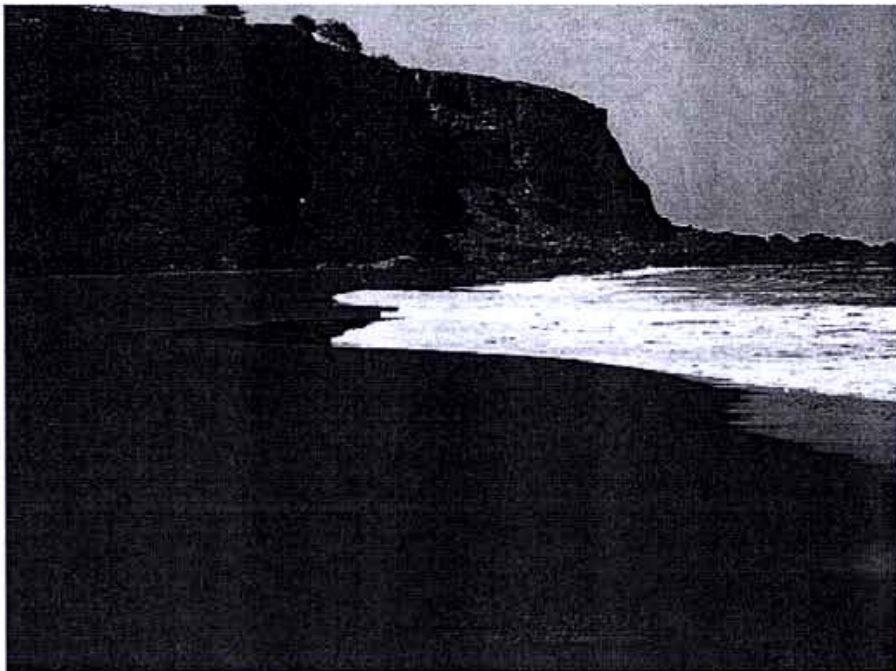
รูปที่ 57 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะแคนารี มหาสมุทรแอตแลนติก



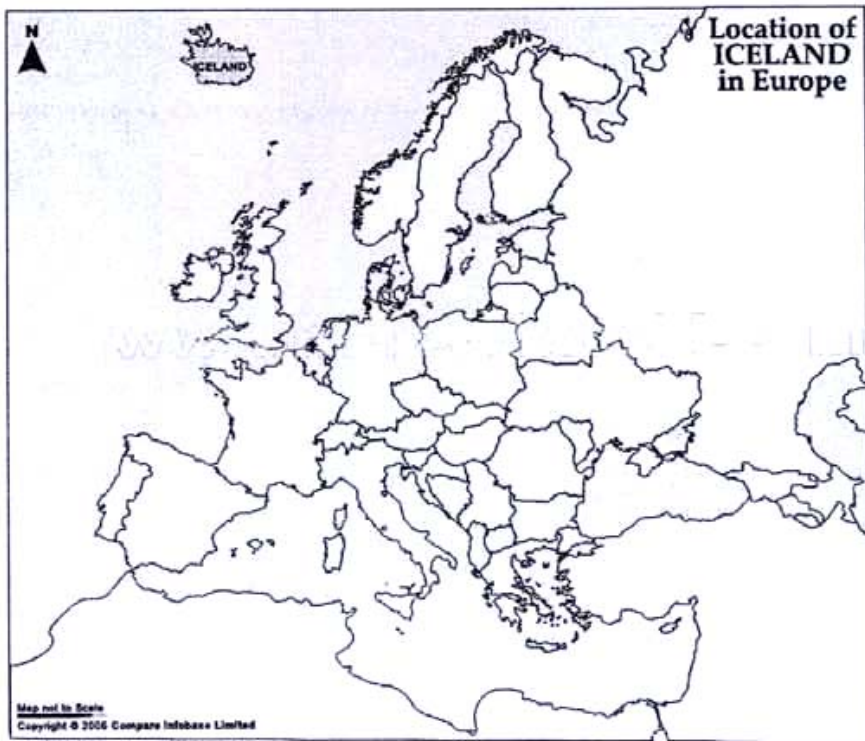
รูปที่ 58 หาดทรายดำบริเวณหาดแลนซารอต ของเกาะแคนารี



รูปที่ 59 แผนที่หมู่เกาะเคป เวอร์ต มหาสมุทรแอตแลนติก นอกชายฝั่งตะวันตกของทวีปแอฟริกา



รูปที่ 60 หาดทรายดำแห่งหนึ่งในหมู่เกาะเคป เวอร์ต มหาสมุทรแอตแลนติก



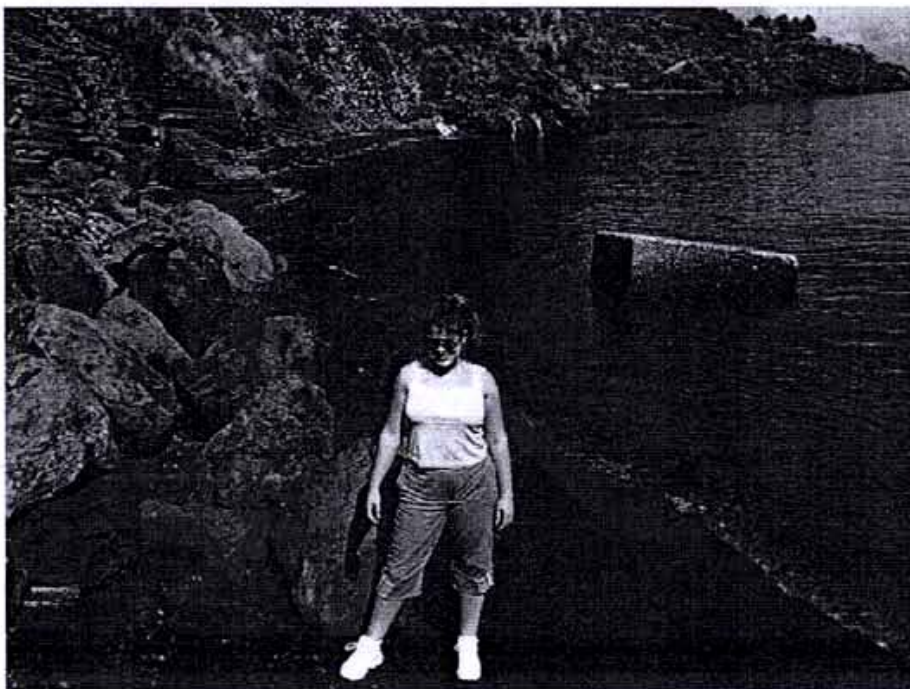
รูปที่ 61 แผนที่แสดงตำแหน่งประเทศไอซ์แลนด์ ทะเลเหนือ มหาสมุทรแอตแลนติก



รูปที่ 62 หาดทรายดำที่เมืองวิก ประเทศไอซ์แลนด์ ถือเป็นชายหาดที่สวยงามเป็นหนึ่งในสิบของโลก
ตามการจัดอันดับของ Island Magazine ในปี ค.ศ. 1991



รูปที่ 63 แผนที่ประเทศอิตาลี แสดงหมู่เกาะอีโอเลียน



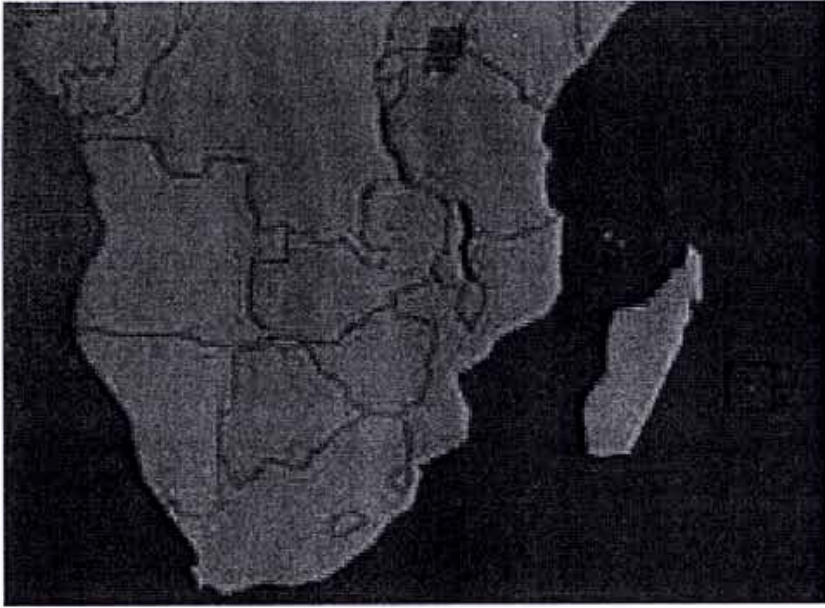
รูปที่ 64 หาดทรายดำแห่งหนึ่งบนหมู่เกาะอีโอเลียน ประเทศอิตาลี



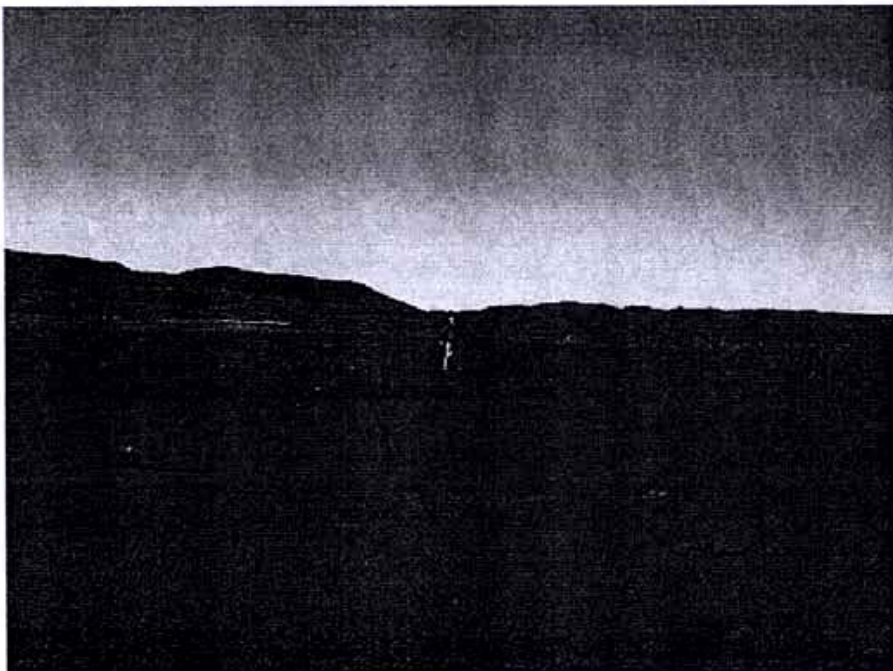
รูปที่ 65 แผนที่ประเทศกรีซ แสดงตำแหน่งหมู่เกาะซันตอรีนี



รูปที่ 66 หาดทรายดำแห่งหนึ่งบริเวณชายหาดหมู่เกาะซันตอรีนี ประเทศกรีซ



รูปที่ 67 แผนที่ทวีปแอฟริกา แสดงตำแหน่งเกาะมาดากัสการ์ และเกาะริยูเนียน
ทางด้านตะวันออกของเกาะมาดากัสการ์



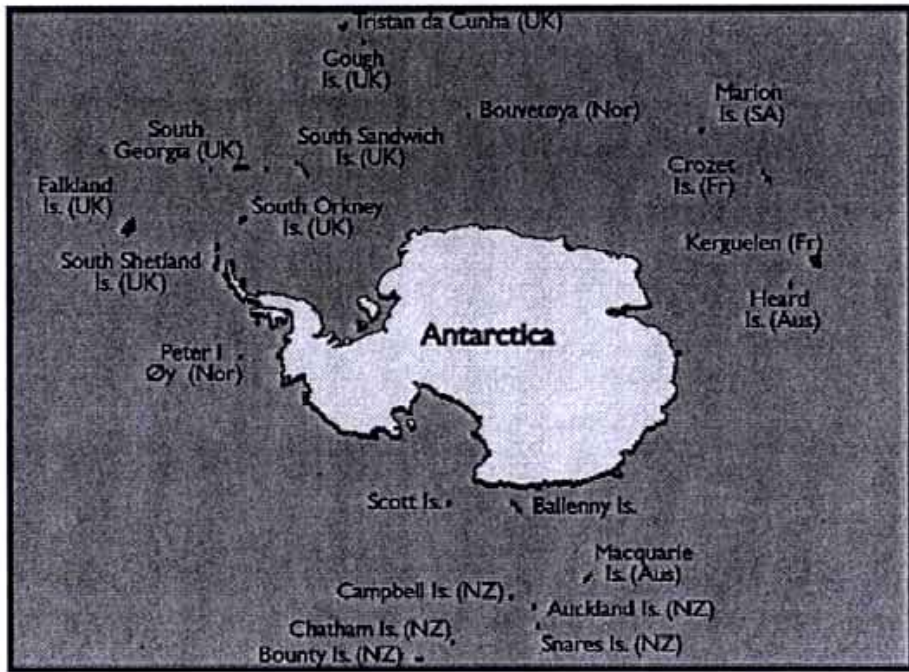
รูปที่ 68 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายฝั่งเกาะริยูเนียน ในมหาสมุทรอินเดีย



รูปที่ 69 แผนที่ประเทศมาเลเซีย แสดงตำแหน่งเกาะลังกาวิ



รูปที่ 70 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายฝั่งเกาะลังกาวิ ประเทศมาเลเซีย



รูปที่ 71 แผนที่ทวีปแอนตาร์กติก แสดงหมู่เกาะต่างๆโดยรอบ



รูปที่ 72 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดของหมู่เกาะทริสตัน ดา Cunha



รูปที่ 73 หาดทรายดำแห่งหนึ่งที่เต็มไปด้วยนกเพนกวิน บริเวณชายหาดแห่งนี้
ของหมู่เกาะโครเซต



รูปที่ 74 หาดทรายดำแห่งหนึ่งที่เต็มไปด้วยนกเพนกวิน บริเวณชายหาดแห่งนี้
ของหมู่เกาะเคอร์ญูเอลเลน



รูปที่ 75 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะเฮอร์ด



รูปที่ 76 หาดทรายดำแห่งหนึ่ง บริเวณชายหาดแห่งหนึ่งของหมู่เกาะเฮอร์ด