สารบัญ

หัวข้อ			หน้า
บทคัดย่อ			5
ABSTRACT			6
กิตติกรรมประกาศ			7
สารบัญ			8
รายการตาราง			12
รายการรูป			14
บทที่ 1	**บทนำ**		
	1.1	ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	19
	1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	23
	1.3	ขอบเขตของงานวิจัย	24
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	24
บทที่ 2	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**		
	2.1	ปรากฏการณ์การเรืองแสง	25
		2.1.1 เวลาเฉพาะน้อยกว่า 10^{-8}	25
		2.1.2 เวลาเฉพาะมากกว่า 10^{-8}	25
	2.2	แบบจำลองที่ใช้อธิบายการเกิดเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	26
	2.3	เครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	27
		2.3.1 ส่วนควบคุมความร้อน	27
		2.3.2 ส่วนวัดปริมาณแสง	28
		2.3.3 ส่วนแปลงสัญญาณ	28
		2.3.4 ระบบแสดงผล	28
	2.4	โกลว์เคิร์ฟของเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	30
		2.4.1 อัตราการให้ความร้อน	31
		2.4.2 ขนาดรูปร่างลักษณะของโกลว์เคิร์ฟ	31
		2.4.3 ระดับของโดสรังสี (Level of exposure)	32
		2.4.4 ชนิดของรังสี (Type of radiation)	32
		2.4.5 เครื่องมือที่ใช้บันทึกโกลว์เคิร์ฟ (Recording instrument)	32
	2.5	การจางหายของสัญญาณ (Fading)	34
	2.6	การฉายรังสีแบบวิธีแบ่งย่อยตัวอย่างหลาย ๆ ชุด (Additive dose method)	34

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ			หน้า
	2.7	กราฟปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)	36
	2.8	กฎการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	37
	2.9	ปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose or Dose rate)	39
		2.9.1 การปรับเทียบปริมาณและหน่วย	39
		2.9.2 กัมมันตภาพรังสีตามธรรมชาติ	40
		2.9.3 พิสัยและสมบัติของรังสีแอลฟา เบต้า และแกมมา	43
		2.9.4 การวิเคราะห์ปริมาณรังสีต่อปี	45
		2.9.5 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการลดทอนรังสี	46
		2.9.6 ปริมาณรังสีภายใน (Internal dose) และปริมาณรังสีภายนอก (External dose)	48
		2.9.7 ปริมาณรังสีต่อปีสำหรับการกำหนดอายุตัวอย่างซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ	49
	2.10	การวิเคราะห์โดยการอาบรังสีนิวตรอน	50
		2.10.1 การเกิดและการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี	51
		2.10.2 เทคนิคการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน	53
		2.10.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน	55
		2.10.4 พลังงานของนิวตรอน	56
		2.10.5 ระบบวัดรังสีแกมมา (Gamma spectrometry)	56
	2.11	การประยุกต์ใช้เทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	64
		2.11.1 ซากของสิ่งมีชีวิตในอดีต (Fossil)	65
		2.11.2 วัสดุที่ได้รับความร้อน (Flint)	67
	2.12	การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลื้ยวเบนรังสีเอกซ์	69
	2.13	พื้นที่การศึกษา	70
	2.14	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	72
บทที่ 3	**วิธีการวิจัย**		
	3.1	การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาอายุ	75
	3.2	การวิเคราะห์ปริมาณรังสีสะสมต่อปี (Accumulated dose)	80
		3.2.1 สารเคมี วัสดุ และอุปกรณ์	80
		3.2.2 การเตรียมผลึกที่เป็นองค์ประกอบในซากหอยน้ำจืด	80
		3.2.3 การเตรียมผลึกที่เป็นองค์ประกอบในดินเผาไฟ	81
		3.2.4 การฉายรังสีแกมมาผลึกซากหอยน้ำจืด และผลึกดินเผาไฟ	82

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ		หน้า
	3.2.5 การอาบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ	82
	3.2.6 การวัดความเข้มแสง (TL intensity) ในซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ	83
	3.2.7 ปริมาณรังสีสะสม (Accumulated dose)	83
	3.3 ปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose) จากการวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียมโดยการอาบนิวตรอน (Neutron Activation Analysis, NAA)	85
	3.3.1 สารเคมี วัสดุและอุปกรณ์	85
	3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง	85
	3.3.3 การอาบรังสี	86
	3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในตัวอย่าง	87
บทที่ 4	**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**	
	4.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชั่น	90
	4.2 ผลการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสียูเรเนียม ทอเรียม และโพเทสเซียมในตัวอย่าง	90
	4.3 ผลการวัดปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจากการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน	93
	4.4 ผลการคำนวณปริมาณรังสีต่อปี (Annual dose หรือ Dose rate, D)	95
	4.4.1 ปริมาณรังสีต่อปีสำหรับตัวอย่างซากหอยน้ำจืด	95
	4.4.2 ปริมาณรังสีต่อปีสำหรับตัวอย่างดินเผาไฟ	96
	4.5 ผลการตอบสนองต่อการรับรังสีของตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างกัน	96
	4.5.1 ตัวอย่างซากหอยน้ำจืด	96
	4.5.2 ตัวอย่างดินเผาไฟ	98
	4.6 ผลการตอบสนองต่อการรับรังสีของสัญญาณ TL intensity ในตัวอย่างต่างชนิดกัน	100
	4.6.1 การตอบสนองของสัญญาณ TL Intensity ของซากหอยน้ำจืด	100
	4.6.2 การตอบสนองของสัญญาณ TL Intensity ของดินเผาไฟ	104
	4.6.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมโกลว์ฟิต	105
	4.7 กราฟปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)	107
	4.8 ผลการกำหนดอายุซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ บริเวณแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน จังหวัดสตูล ด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	134

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	135
บรรณานุกรม	138
ภาคผนวก	143
ประวัติผู้เขียน	200

Prince of Songkla University
Pattani Campus

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้เทคนิคการกำหนดอายุกับตัวอย่างทางธรณีวิทยาและโบราณคดีชนิดต่าง ๆ	22
2.1	อนุกรมการสลายตัว พลังงานเฉลี่ยของรังสีแอลฟา เบต้า และแกมมา และครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีในอนุกรมยูเรเนียม	41
2.2	อนุกรมการสลายตัว พลังงานเฉลี่ยของรังสีแอลฟา เบต้า และแกมมา และครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสีในอนุกรมทอเรียม	42
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างเข้มข้นของธาตุกัมมันตรังสี และอัตราการแผ่รังสีต่อปี	46
2.4	สมบัติทางนิวเคลียร์และข้อมูลเกี่ยวกับการอาบด้วยนิวตรอนของไอโซโทปยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม	54
3.1	การขุดค้นทางโบราณคดีถ้ำเขาหาน จังหวัดสตูล	78
3.2	รายละเอียดตัวอย่างที่นำมากำหนดอายุโดยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	79
3.3	ความเข้มแสงขณะอาบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืด และตัวอย่างดินเผาไฟ	83
4.1	ปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียมในซากหอยน้ำจืด	93
4.2	ปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม ในสิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืด	93
4.3	ปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียมในดินเผาไฟ	94
4.4	ผลการคำนวณค่า Internal Dose Rate ในตัวอย่างซากหอยน้ำจืด	95
4.5	ผลการคำนวณค่า External Dose Rate ในสิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืด	95
4.6	ปริมาณรังสีต่อปีสำหรับตัวอย่างซากหอยน้ำจืด	96
4.7	ปริมาณรังสีต่อปีสำหรับตัวอย่างดินเผาไฟ	96
4.8	โครงสร้างผลึกและการตอบสนองต่อรังสีของซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน	100
4.9	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH1 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	109
4.10	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH2 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	112
4.11	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH3 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	115
4.12	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH4 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	118
4.13	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH5 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	121
4.14	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH6 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	124
4.15	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง SH7 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	127
4.16	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง F1 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ระดับโดสต่าง ๆ	130

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.17	ค่า TL Intensity ในตัวอย่าง F2 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณต่าง ๆ	133
4.18	อายุของซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ บริเวณแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน	134

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ช่วงอายุโดยประมาณในแต่ละเทคนิคการกำหนดอายุ ที่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ	21
1.2	ค่าความผิดพลาดโดยประมาณในแต่ละเทคนิคการกำหนดอายุที่สามารถกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ	22
2.1	การเกิดเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ตามแบบจำลองแถบพลังงาน โดยวงกลมทึบแทนอิเล็กตรอน และวงกลมกลวงแทนโฮล	26
2.2	ลักษณะทั่วไปของ (a) เครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ รุ่น Harshow-3500 (b) ส่วนประกอบของเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	29
2.3	โกลว์เคิร์ฟเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของตัวอย่างดินเผาไฟที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ	31
2.4	การเปลี่ยนแปลงอัตราการให้ความร้อนที่มีผลต่อรูปร่างของโกลว์เคิร์ฟ	32
2.5	ผลของระดับโดสรังสีที่มีผลต่อโกลว์เคิร์ฟของตัวอย่างดินเผาไฟ	34
2.6	โกลว์เคิร์ฟของลิเธียมฟลูออไรด์ ซึ่งนำไปฉายรังสีนิวตรอน และรังสีแกมมา	34
2.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์กับโดสรังสีแกมมาแบบวิธีแบ่งย่อยตัวอย่างหลาย ๆ ชุด (a) เมื่อแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น (b) เมื่อแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นแบบอิ่มตัว	35
2.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง TL Intensity กับระดับโดสรังสี (Dose) จากกระบวนการ Additive Dose และ Residual จากการอาบแสงแดด	36
2.9	การลดจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลาต่าง ๆ	38
2.10	แผนภาพอนุกรมการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโพแทสเซียม	42
2.11	ตัวอย่างแผนผัง (a) พิสัยของรังสีแอลฟา เบต้าและแกมาซึ่งเป็นฟังชันกับพลังงานในหน่วย MeV ของรังสีตามธรรมชาติ (b) พิสัยของรังสีแอลฟา เบต้า และแกมมาจากการฉายรังสีภายใน (ลูกศรทึบ) และและภายนอก (ลูกศรประ) ของกระดูกที่ถูกฝังอยู่ในดิน	44
2.12	การลดทอนความสามารถในการทะลุทะลวงของอนุภาคกัมมันตภาพรังสีเนื่องจากความชื้นในตัวอย่าง (a) ประสิทธิภาพการทะลุทะลวงของอนุภาค เมื่อไม่ผ่านตัวกลางที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (b) ประสิทธิภาพการทะลุทะลวงของอนุภาค เมื่อผ่านตัวกลางที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ	47
2.13	ปฏิกิริยานิวตรอน – แกมมา (n, γ) จากการวิเคราะห์โดยการอาบรังสีนิวตรอน	51
2.14	ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีกับเวลาในการอาบรังสี	55
2.15	โอกาสของการเกิดปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กทริก ปรากฏการณ์ผลิตผลคู่อิเล็กตรอน และปรากฏการณ์การกระเจิงแบบคอมพ์ตัน	58

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.16	ปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กทริก (a) ลักษณะของปรากฏการณ์และ (b) พีคที่ได้จากการดูดกลืน	59
2.17	ปรากฏการณ์ผลิตผลคู่อิเล็กตรอน (a) ลักษณะของปรากฏการณ์และ (b) พีคที่ได้จากอันตรกิริยาการผลิตผลคู่อิเล็กตรอน	60
2.18	ปรากฏการณ์การกระเจิงแบบคอมพ์ตัน (a) ทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีแกมมา (b) การกระจายพลังงานของคอมป์ตันอิเล็กตรอน	61
2.19	สเปกตรัมรังสีแกมมาของ ^{137}Cs (a) สเปกตรัมที่เกิดตามทฤษฎี (b) สเปกตรัมที่เกิดตามจริงในห้องปฏิบัติการ	62
2.20	หัววัดสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง	63
2.21	ระบบการวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาและอุปกรณ์ที่สำคัญ	64
2.22	โครงสร้างผลึก Calcite ที่มีรูปผลึก (a) แบบรอมโบฮีดรอล (Rhombohedral) (b) แบบออร์โธรอมบิก (Orthorhombic)	66
2.23	โครงสร้างผลึก Aragonite ที่มีรูปผลึก (a) แบบออร์โธรอมบิก (Orthorhombic) (b) เมื่อนำระนาบมาต่อกันเป็นทรงแปดหน้า	66
2.24	การเปลี่ยนแปลงของผลึกอะราโกไนต์และแคลไซต์ โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน	67
2.25	การประยุกต์หลักการเรืองแสงความร้อนกับการกำหนดอายุของตัวอย่าง โดยแสดงอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอิเล็กตรอนที่ฝังตัวในหลุมกักเก็บและเวลา	68
2.26	ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity, g/cm^3) ของควอทซ์	69
2.27	โครงสร้างที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระนาบของอะตอมอย่างมีระเบียบ	66
2.28	เกิดการเลี้ยวเบนของรังสีผ่านชั้นอิเล็กตรอนในผลึกตามกฎของแบรก	70
2.29	แผนผังการขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน จังหวัดสตูล	71
2.30	ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน จังหวัดสตูล	72
3.1	แผนผังตำแหน่งหลุมขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหานจังหวัดสตูล	75
3.2	รายละเอียดการทำงานพื้นที่ขุดค้นแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน (a) แหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน (b) แหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหานก่อนทำการขุดค้นทางโบราณคดี (c) การตีเส้นกำหนดขอบเขตตำแหน่งการขุดค้น (d) นักโบราณคดีชำนาญการสำนักศิลปากรที่ 13 กรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม ทำการขุดค้น และเก็บตัวอย่าง	76

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.3	ลักษณะตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน (a) ซากหอยน้ำจืดที่ระดับต่าง ๆ (b) สิ่งแวดล้อมรอบซากหอยน้ำจืด (c) ดินเผาไฟที่ระดับความลึก 100 – 110 cm (d) ดินเผาไฟระดับความลึก 140 – 150 cm	77
3.4	รายละเอียดการเก็บตัวอย่างซากหอยน้ำจืดและตัวอย่างดินเผาไฟแหล่งโบราณคดีถ้ำเขาหาน	79
3.5	เครื่องวัดแสง (Lux Meters) ยี่ห้อ DIGICON รุ่น LX – 50 ใช้วัดความเข้มแสงขณะอาบแสงแดดตัวอย่างซากหอยน้ำจืด และดินเผาไฟ	82
3.6	สเปกตรัมที่ปรากฏในส่วนแสดงผลของโกลว์ฟิต ซึ่งมีสเปคตรัมที่แต่ละอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบ	84
3.7	การเตรียมตัวอย่างเพื่ออาบนิวตรอน (a) การชั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุภาชนะบรรจุตัวอย่างทำด้วย polyethylene (b) ลักษณะการเรียงวางตัวอย่าง (Sample, Sam) และสารมาตรฐาน (Standard, Std) (c) และการบรรจุตัวอย่างก่อนนำเข้าอาบนิวตรอนในหลอดอาบนิวตรอน (d) เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ของประเทศไทย	86
3.8	กระบวนการเตรียมตัวอย่างซากหอยน้ำจืดเพื่อวิเคราะห์อายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์	88
3.9	กระบวนการเตรียมตัวอย่างดินเผาไฟเพื่อวิเคราะห์อายุด้วยเทคนิคเทอร์โมลูมิเนเซนซ์	89
4.1	โครงสร้างผลึกอราโกไนท์–แคลไซต์ในตัวอย่างซากหอยเจดีย์ (A, Aragonite; C, Calcite)	90
4.2	สเปกตรัมรังสีแกมมาของซากเปลือกหอยน้ำจืดหอย (a) ธาตุยูเรเนียม และทอเรียม (b) โพแทสเซียม	91
4.3	สเปกตรัมรังสีแกมมาของธาตุยูเรเนียมและทอเรียมในตะกอนดิน (a) ธาตุยูเรเนียมและทอเรียม (b) โพแทสเซียม	92
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง (a) ปริมาณยูเรเนียมและทอเรียม (b) ปริมาณโพแทสเซียมกับตัวอย่าง	94
4.5	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของผลึกอราโกไนท์–แคลไซต์ในตัวอย่างซากหอยน้ำจืดความลึก 70 – 80 cm ที่ปริมาณรังสี 0 Gy และ 80 Gy	97
4.6	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของผลึกอราโกไนท์–แคลไซต์ในตัวอย่างซากหอยน้ำจืดความลึก 80 – 90 cm ที่ปริมาณรังสี 0 Gy และ 80 Gy	97

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของผลึกอราโกไนท์–แคลไซต์ในตัวอย่างซากหอยน้ำจืดความลึก 90 – 100 cm ที่ปริมาณรังสี 0 Gy และ 80 Gy	98
4.8	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของผลึกควอทซ์ในตัวอย่างดินเผาไฟความลึก 100 – 110 cm ที่ระดับโดสรังสี 0 Gy และ 80 Gy	99
4.9	เปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของผลึกควอทซ์ในตัวอย่างดินเผาไฟความลึก 150 – 160 cm ที่ระดับโดสรังสี 0 Gy และ 60 Gy	99
4.10	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH1	101
4.11	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH2	101
4.12	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH3	102
4.13	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH4	102
4.14	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH5	103
4.15	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH6	103
4.16	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง SH7	104
4.17	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง F1	104
4.18	โกลว์เคิร์ฟของ TL Intensity เมื่อได้รับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ในตัวอย่าง F2	105
4.19	สเปกตรัมที่ปรากฏในส่วนแสดงผลของโกลว์เคิร์ฟ ซึ่งมีสเปคตรัมที่แต่ละอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบของตัวอย่างซากหอยน้ำจืด	106
4.20	สเปกตรัมที่ปรากฏในส่วนแสดงผลของโกลว์เคิร์ฟ ซึ่งมีสเปคตรัมที่แต่ละอุณหภูมิเป็นส่วนประกอบของตัวอย่างดินเผาไฟ	106
4.21	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH1	107
4.22	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH1 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	108
4.23	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH1 ที่อุณหภูมิ 325°C	109
4.24	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH2	110
4.25	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH2 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	111
4.26	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH2 ที่อุณหภูมิ 325°C	112
4.27	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH3	113
4.28	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH3 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	114

Prince of Songkla University Pattani Campus

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.29	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH3 ที่อุณหภูมิ 325°C	115
4.30	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH4	116
4.31	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH4 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	117
4.32	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH4 ที่อุณหภูมิ 325°C	118
4.33	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH5	119
4.34	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH5 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	120
4.35	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH5 ที่อุณหภูมิ 325°C	121
4.36	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH6	122
4.37	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง SH6 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	123
4.38	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH6 ที่อุณหภูมิ 325°C	124
4.39	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง SH7	125
4.40	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของ SH7 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	126
4.41	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง SH7 ที่อุณหภูมิ 325°C	127
4.42	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง F1	128
4.43	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง F1 เมื่อ (a) 175°C (b) 250°C (c) 300°C (d) 325°C (e) 350°C	129
4.44	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง F1 ที่อุณหภูมิ 325°C	130
4.45	การตอบสนองต่อการรับรังสีที่ระดับโดสต่าง ๆ ของตัวอย่าง F2	131
4.46	ค่า TL Intensity (a.u) ที่แต่ละอุณหภูมิการตอบสนองของตัวอย่าง F2 เมื่อ (a) 165°C (b) 250°C (c) 325°C (d) 375°C	132
4.47	ค่า AD ของตัวอย่างตัวอย่าง F2 ที่อุณหภูมิ 325°C	133

Prince of Songkla University Pattani Campus