

การตอบสนองต่อรังสีของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตในตัวอย่าง สัตว์ทะเลชนิดมีเปลือกและกระดอง

สมหมาย ช่างเขียน¹ และ พวงทิพย์ แก้วทับทิม¹

Abstract

Changkian, S. and Kaewtubtim, P.

Radiation dose response of calcium carbonate crystal in marine shells samples

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2002, 24(1) : 117-122

A study of the evolution of element, crystal structure and thermoluminescence signal versus gamma irradiation dose were carried out for calcite shells samples. The composition of element was studied by X-ray fluorescence spectrometer. As identified by X-ray diffraction and SEM/EDS analysis, two polymorphs of calcium-carbonate were extracted: calcite and aragonite. The evolution of TL signal versus gamma irradiation dose using the TL reader (Harshaw 2000) was initially dependent on crystal structure and fading effect of the thermoluminescence signal .

Key words : marine shells, calcium carbonate, dose response

Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Muang, Pattani 94000 Thailand.

¹วทม. (ฟิสิกส์) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

Corresponding e-mail : csommai@bunga.pn.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 18 เมษายน 2544

รับลงพิมพ์ 12 กรกฎาคม 2544

บทคัดย่อ

สมหมาย ช่างเขียน และ พวงทิพย์ แก้วทับทิม

การตอบสนองต่อรังสีของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตในตัวอย่างสัตว์ทะเลชนิดมีเปลือกและกระดอง

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2545 24(1) : 117-122

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ โครงสร้างผลึกและผลการตอบสนองต่อการรับรังสีของโครงสร้างสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือกและกระดองด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคชั่นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพร้อมอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุและเครื่องอ่านแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (Harshaw 2000) ทำให้ทราบปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต โครงสร้างผลึกและทราบความสัมพันธ์ระหว่างแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์กับปริมาณรังสีที่ได้รับในตัวอย่างแต่ละชนิดซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองคือลักษณะโครงสร้างของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตเอง (ผลึกในกลุ่มแคลไซต์และอะลาโกไนท์) และผลของการเลือนล้างของสัญญาณที่ได้ (fading effect of the thermoluminescence signal) เมื่อทำการวัดแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของตัวอย่างอาจรังสีที่ผ่านการเก็บไว้เป็นเวลานาน

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติทั้งในสิ่งมีชีวิต เช่น โครงสร้างประเภทกระดูกและฟัน เปลือกและกระดองต่างๆ และในสิ่งไม่มีชีวิต เช่น หินงอกหินย้อยตามผนังถ้ำต่างๆ จากการศึกษาพบว่าผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตมีสมบัติในการปลดปล่อยแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ออกมาเมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน (Ugumori and Ikeya., 1980; Anderle *et al.*, 1998; Pagonis, 1998; Singh and Ingotombi., 1995; Tatum *et al.*, 1993) ผลการศึกษาแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือกและกระดองซึ่งมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานคือ Na, K, Ca, Si, Al, S, Fe, Mn, Mg, Ti, P ของ Carmichael และคณะ (1994) โดยตรวจวัดสัญญาณได้ที่อุณหภูมิ 100-200 °C และ 240-400 °C Correcher และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาพบว่าการเลือนล้างของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างฟริกที่อาจรังสีแกมมาเมื่อตัวอย่างอาจรังสีที่ศึกษาเก็บไว้เป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ตรวจวัดอาหารทะเลฉายรังสีโดย Pinnioja และ Lindberg (1998) จึงเห็นได้ว่าหากได้พัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจวัดปริมาณรังสีโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างที่มีองค์ประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตให้แพร่หลายก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตในสัตว์ทะเลที่มีเปลือกและกระดองแต่ละชนิดกับปริมาณการรับรังสีและเพื่อหา

ความไวและความสามารถในการรับรังสีของสัตว์ทะเลที่มีเปลือกและกระดองโดยพิจารณาจากธาตุองค์ประกอบและโครงสร้างของผลึกในตัวอย่างแต่ละชนิด

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ตัวอย่างสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือกและกระดองที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน โดยทำการเตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือกและกระดองที่มีจำหน่ายในจังหวัดปัตตานี คือ หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) หอยแครง (*Arca granulosa*) หอยหวาน (*Paphia undulata*) ปลาหมึกกระดอง (*Sepia pharaonis*) กุ้งแชบ๊วยขาว (*Penacus merguensis*) และปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยนำเปลือกและกระดองที่ได้มาล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณความเข้มแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

นำตัวอย่างที่บดจนได้ขนาด 75-175 ไมครอน (โดยการกำหนดเวลาการบด) บรรจุในภาชนะปิดทึบแสงตัวอย่างละ 100 กรัมจำนวน 4 หลอดแล้วจึงนำไปอาบ

รังสีแกมมาโดยให้หลอดที่ 1 รับรังสีปริมาณ 10 Gy หลอดที่ 2 รับรังสีปริมาณ 20 Gy และหลอดที่ 3 รับรังสีปริมาณ 30 Gy จากแหล่งกำเนิด Co-60 ส่วนหลอดที่ 4 ไม่ผ่านการอาบรังสี

3. วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือวิจัยทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 นำตัวอย่างในแต่ละกลุ่มไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดวิเคราะห์ธาตุ เพื่อหาตำแหน่งของบริเวณที่มีผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ โดยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ชนิด SEM/EDS ของ OXFORD INS. เปรียบเทียบองค์ประกอบของธาตุที่มีในตัวอย่าง

3.2 วิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักและวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตโดยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ด้วยเครื่อง เอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรมิเตอร์ (PHILIPS PW2400)

3.3 วิเคราะห์โครงสร้างผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคชั่น (PHILIPS X'PERT MPD)

3.4 ศึกษาผลการตอบสนองต่อรังสีของตัวอย่างแต่ละชนิดด้วยเครื่องอ่านเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (Harshaw 2000) ตามขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวอย่างแต่ละชนิดที่เตรียมได้และสารแคลเซียมคาร์บอเนต (Merck 99%) ซึ่งอาบรังสีแกมมาจากเครื่องกำเนิด Co-60 ที่แต่ละระดับและที่ไม่ผ่านการอาบรังสีไปชั่งให้น้ำหนักตัวอย่างละ 20 มก เพื่อนำไปอ่านค่าการปลดปล่อยแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์

2. อ่านผลการเกิดแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของตัวอย่างแต่ละชนิดด้วยเครื่อง TLD READER HARSHAW 2000 โดยอ่านจากอุณหภูมิห้องไปถึงอุณหภูมิ 400 °C ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C/s ในก๊าซไนโตรเจนและศักย์ไฟฟ้าของหลอดทวีคูณแสงเท่ากับ 850 โวลต์

3. บันทึกค่าที่ได้จากการอ่านผลการเกิดแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์จากตัวอย่างแต่ละชนิดที่ระดับการรับรังสีปริมาณต่างๆ

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาโดยเครื่องมือวิเคราะห์แบบต่างๆ ทำให้ได้ทราบถึงโครงสร้างและส่วนประกอบในตัวอย่างแต่ละชนิดดังนี้

1. ภาพโครงสร้างของกระดูกหมึกที่ดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่กำลังขยาย 220 เท่า (Figure 1) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างที่มีรูพรุนซึ่งเป็นส่วนขององค์

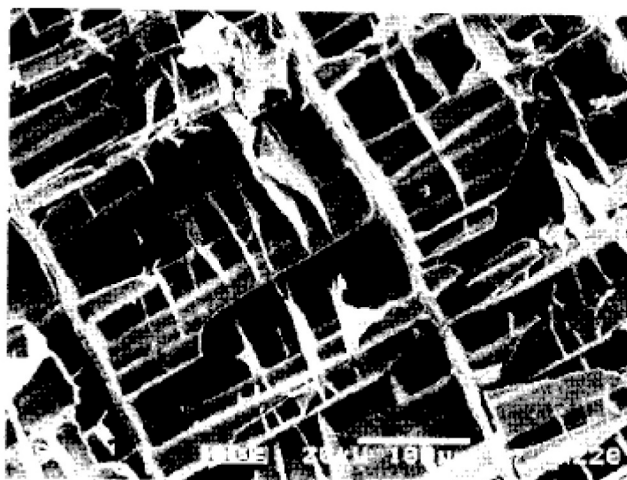


Figure 1. Structure of *Sepia pharaonis* from scanning electron microscope

ประกอบทางอินทรีย์และโครงสร้างแข็งที่เป็นส่วนประกอบของสารอนินทรีย์ และจากการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ SEM/EDS พบว่าประกอบด้วยธาตุหลักคือ C, O, Mg และ Ca (Figure 2)

2. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (PHILIPS PW2400) ให้ผลของธาตุองค์ประกอบและปริมาณ CaCO_3 แตกต่างกัน (Table 1)

3. ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกในตัวอย่างแต่ละชนิดด้วยเครื่อง เอกซเรย์ดิฟแฟรคชั่น (PHILIPS X'PERT MPD) (Table 2)

4. ผลการตอบสนองต่อรังสีของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตในตัวอย่างแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน (Table 3) และเมื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์กับปริมาณรังสีที่ได้กราฟที่มีความแตกต่างกัน (Figure 3)

สรุปผล

จากการเก็บข้อมูลและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างแต่ละชนิดสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในตัวอย่างที่ศึกษา

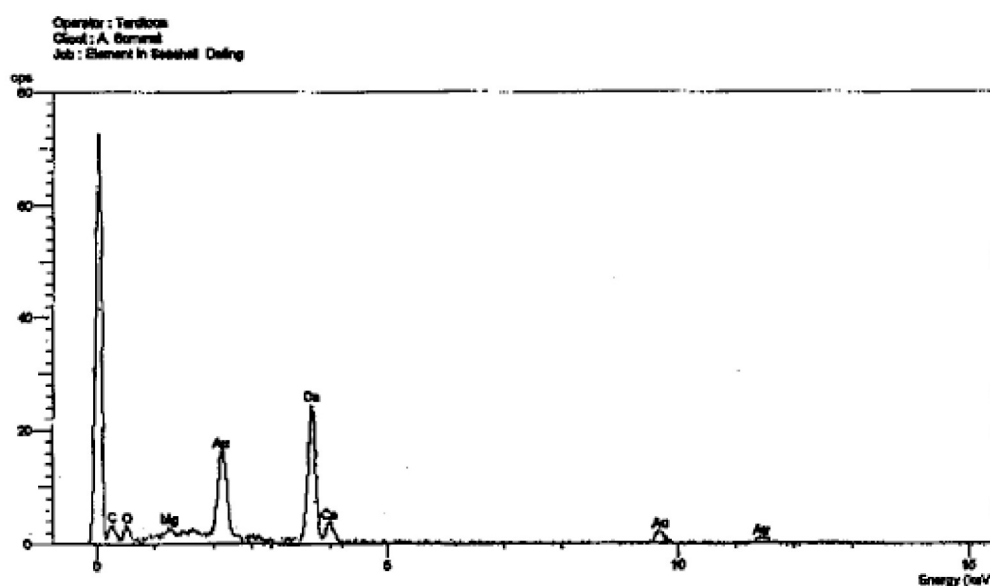


Figure 2. Spectrum from SEM/EDS of *Sepia pharaonis*

Table 1. Elements and quantity of CaCO_3 in marine shell samples

No.	Sample	Element	CaCO_3 (%)
1	<i>Perna viridis</i>	O Na Mg Al Si P S Cl Ca Br Sr	31.31
2	<i>Portunus pelagicus</i>	O Na Mg Al Si P S Cl K Ca Mn Br S	18.77
3	<i>Sepia pharaonis</i>	O Na Mg Al Si P S Cl Ca Zn Br Sr	60.02
4	<i>Penacus merguensis</i>	O Na Mg Al Si P S Ca Br Sr	16.82
5	<i>Arca granulosa</i>	O Na Mg Al Si P S Cl K Ca Fe Sr	67.25
6	<i>Paphia undulata</i>	O Na Mg Al Si P S Cl K Ca Fe Sr	51.08

Table 2. Crystal structure of marine shell samples

No.	Sample	Structure
1	<i>Perna viridis</i>	Aragonite
2	<i>Portunus pelagicus</i>	Calcite
3	<i>Sepia pharaonis</i>	Aragonite
4	<i>Penacus merguensis</i>	Amorphus
5	<i>Arca granulosa</i>	Aragonite
6	<i>Paphia undulata</i>	Aragonite

ไม่เป็นปฏิกิริยาตรงกับความเข้มแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์เสมอไปแสดงว่าธาตุองค์ประกอบอื่นๆ ในตัวอย่างก็มีผลต่อการปลดปล่อยแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ด้วย

2. ความแตกต่างของโครงสร้างผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตไม่ให้เกิดผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลการตอบสนองต่อการรับรังสีของตัวอย่างแต่ละชนิด

3. เกิดผลการเลือนลาง (fading effect of the thermoluminescence signal) ของสัญญาณเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ในตัวอย่างอาบรังสีที่เก็บไว้นานแต่ช่วงเวลา

Table 3. Dose response of CaCO_3 crystal from marine shell samples.

Irradiation Dose (Gy)	TL intensity (nCui)						
	<i>Perna viridis</i>	<i>Portunus pelagicus</i>	<i>Sepia pharaonis</i>	<i>Penacus merguensis</i>	<i>Arca granulosa</i>	<i>Paphia undulata</i>	CaCO_3 (Merck)
0	74.3	219.2	469.2	64.0	588.5	715.8	247.6
10	63.7	237.7	360.0	60.9	914.5	683.0	349.0
20	60.5	254.8	365.4	63.7	1200.0	695.4	446.9
30	61.7	273.0	395.3	67.8	1580.0	730.1	560.6

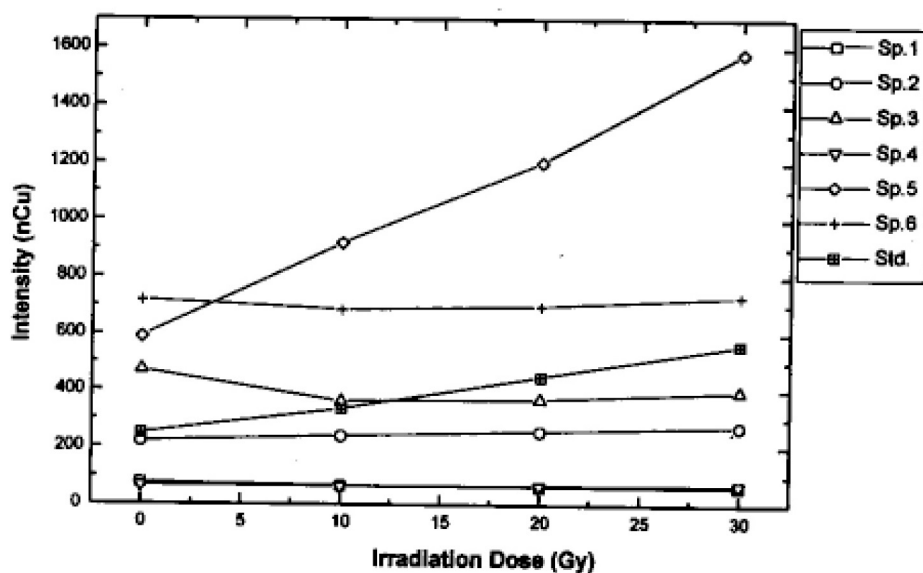


Figure 3. Irradiation dose versus TL intensity of research samples

(Sp.1 = *Perna viridis* ; Sp.2 = *Portunus pelagicus* ; Sp.3 = *Sepia pharaonis* ;
Sp.4 = *Penacus merguensis*; Sp.5 = *Arca granulosa* ; Sp.6 = *Paphia undulata* ;
Std. = CaCO_3 (Merck))

จะไม่เกิดผลดังกล่าวอยู่ในระยะเวลาเท่าไรจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือหลักในหน่วยงานอื่นจึงทำการตรวจวัดหลังจากอาบรังสีผ่านไปหลายเดือน

4. ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเปลือกและกระดูกของสัตว์ทะเลสามารถใช้ตรวจวัดปริมาณรังสีในธรรมชาติได้และใช้ในการบ่งบอกอายุของซากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นในแหล่งโบราณคดีได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณพูลสุข พงษ์พัฒน์ ผู้อำนวยการกองการวัด สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และคุณวราภรณ์ วานิชสุขสมบัติ นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ ดร.ยุพดี ชัยสุขสันต์ ที่ช่วยตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ดร. กริชณี ศักดิ์ทวีกุลกิจ ที่ช่วยเหลือในด้านการค้นคว้าวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างที่ใช้วิจัยซึ่งมีส่วนให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Anderle, H., Steffan, I., Wild, E., Hille, P., Bermanec, V. and Sovegarto, F. 1998. Detection and Dosimetry of Irradiated Biominerals with Thermoluminescence, Radioluminescence and

Electron Spin Resonance Measurements: Comparison of Methods, *Radia. Meas.* 29(5) : 531-551.

Carmichael, L.A., Sanderson, D.C.W. and Ni Riain, N. 1994. Thermoluminescence Measurement of Calcite Shells, *Radia. Meas.* 23 (2/3) : 455-463.

Correcher, V., Muniz, J.L. and Gomez-Ros, J.M. 1998. Dose Dependence and Fading Effect of the Thermoluminescence Signals in Gamma-Irradiated Paprika, *J. of Sc. Food Agr.* 76: 149-155.

Pagonis, V. 1998. The Effect of Annealing Atmosphere on the Thermoluminescence of Synthetic Calcite, *Radia.Meas.* 29 (1): 45-52.

Pinioja, S. and Lindberg, A. 1998. Effect of Mineral composition on Thermoluminescence detection of irradiated seafood, *Radia. Meas.* 29 (6): 651-661.

Singh, S.D. and Ingotombi, S. 1995. Thermoluminescence glow curve of irradiated calcite, *J. of Phy. D:App. Phy.* 28:1509-1516.

Tatumi, S.H., Nagatomo, T., Matsuoka, M. and Watanabe, S. 1993. Thermoluminescence and esr in an arogonite speleothem, *J. of Phy. D: App. Phy.* 26:1482-1486.

Ujamori, T. and Ikeya, M. 1980. Luminescence of CaCO_3 under N_2 Laser Excitation and Application to Archaeological Dating, *Jap. J. of App. Phy.* 19(3) :459-465.