## รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

กัลยา วัฒนากร, มนูวดี หังสพฤกษ์ และอรพินทร์ จันทร์ผ่องแสง. 2521. ปริมาณการสะสมของโลหะบางชนิดในสัตว์ทะเลในอ่าวไทยตอนบน. รายงานสรุปผลซิมโปเซียมการสำรวจและ วิจัยสภาวะน้ำเสียในน่านน้ำไทย. หน้า 141-151, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

กัลยา อำนวย. 2528. ลักษณะสมุทรศาสตร์ของอ่าวไทยตอนบน 2510-2524. กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ หน้า 402.

คงวัฒน์ นีละศรี. 2524. ผลการวิเคราะห์กระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่างเปลี่ยนฤดูมรสุม. รายงานสัมนาครั้งที่ 2 การวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน้ำ.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,สำนักงาน. 2528. รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำ. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

_____ . 2531. การประเมินความเสี่ยงอันตรายจากสารเคมีเบื้องต้น พศ.2528.สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน. 223 หน้า.

_____. 2533. สถิติการได้รับพิษจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช พศ.2530. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน.

_____. 2534. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อม เรื่องสารพิษในประเทศไทย พศ. 2530-2534. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน.

เจริญ วัชระรังษี. 2524. แหล่งความสกปรกตามชายฝั่งทะเลตะวันออก. รายงานการสัมมนาการวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย ครั้งที่ 2. หน้า 101-114. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ชลัญญา ธารบุปฝา. 2523. คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. รายงานวิชาการที่ สจ/26/16, หน้า 16.

ทวีศักดิ์ บุณยโชติมงคล, ประกาย บริบูรณ์, ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์, และศิริ ศิวะรักษ์. 2530. ปริมาณปรอทในสัตว์ทะเล บริเวณน่านน้ำไทย 2516-2525.

ทวีศักดิ์ บุณยโชติมงคล. 2531.โลหะหนักในอาหารไทย โภชนสาร.กรุงเทพฯ หน้า 268-301.

ทองต่อ แย้มประทุม, อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ และธรรมนูญ เพชรยศ. 2523. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมลภาวะของน้ำทะเลชายฝั่งเขตจันทบุรี ชลบุรี บริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งท่องเที่ยวรวมทั้งบริเวณใกล้เคียง. โครงการวิจัยสภาวะแวดล้อมในอ่าวไทย และภาคตะวันออก. มหาวิทยาลัยบูรพา. หน้า 2-1 ถึง 2-30.

ทองต่อ แย้มประทุม และคณะ. 2525. การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณแหลมฉบัง สัตหีบ และระยอง โครงการวิจัยสภาวะแวดล้อมในอ่าวไทยและภาคตะวันออก มหาวิทยาลัยบูรพา. หน้า 1- 21.

ทองต่อ แย้มประทุม ,ยรรยง เพิ่มญาณวรรธนะ, สงวน แซ่จู และทัศนีย์ เอื้อทอง .2526. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบริเวณแหลมฉบัง พัทยา สัตหีบ และระยอง . โครงการวิจัยสภาวะแวดล้อมในอ่าวไทยและภาคตะวันออก. มหาวิทยาลัยบูรพา.หน้า 2-1ถึง2-30.

นลิน ฌานศิริ, เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, และสรจักร เกษมสุวรรณ . 2539. มลพิษทางทะเลในอ่าวไทย. สารศิริราช. 14หน้า.

นวลศรี ทยาพัชร. 2533. ปัญหาสารพิษทางการเกษตรในประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 71หน้า.

ประกาย บริบูรณ์,สมภพ รุ่งสุภา, ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ และสมพร ทัญชีวะ. 2535. โลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน. การประชุมวิชาการเรื่องการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 2 เรื่องการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม น้ำ อากาศและของเสีย . 28-30 เมษยน 2535. 12หน้า.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ ฯ.

ถาวร พงศ์พิพัฒน์. 2521. ลักษณะของกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน. สรุปผลซิมโพเซียมการสำรวจและวิจัยสภาวะน้ำเสียในน่านน้ำไทย 20-23 มีนาคม. หน้า 55-67.

พัชรา เพ็ชร์พิรุณ. 2531. ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในห่วงโซ่อาหารของหมึก และปลากินเนื้อที่พบบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. 2532. ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในอ่าวระยอง เอกสารวิชาการฉบับที่ 15 ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 20หน้า

พัชรา เพ็ชร์พิรุณ, จารุวรรณ สมศิริ, และทัศนีย์ ดิษฐ์กมล .2535. ปริมาณความเข้มข้นและการสะสมโลหะแคดเมียมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย เอกสารวิชาการ. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนใน กองประมงทะเล กรมประมง ธันวาคม 2535. 18หน้า.

มนูวดี หังสพฤกษ์ และสิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย. 2524. ปริมาณการสะสมของโลหะแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสี ในหอยนางรม และหอยตะโกรมจากอ่าวไทย. รายงานการสัมมนา การวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย ครั้งที่ 2. หน้า 188-191.

มหรรณพ บรรพพงศ์ และทวีศักดิ์ ปียะคาญจน์. 2530. แนวโน้มของคุณภาพน้ำทะเลในอ่าวไทยตอนใน. การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย. 7-9 กรกฎาคม 2530. 270.-283.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2522. คุณสมบัติของน้ำในการเพาะเลี้ยง. วารสารประมง. 32: 145-149.

วรรณภา จ่าราช. 2527.ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน. การสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำ และทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 122-129.

_____ . 2530. ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน. การสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 7-9 กรกฎาคม 2530. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 114-118.

วิจารย์ สิมาฉายา. 2533. การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก . ฝ่ายคุณภาพน้ำ กองมาตราฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่ชาติ.

วิฑูรย์ โชคเฉลิมวัฒน์. 2533. การวิเคราะห์ลักษณะกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิโรจน์ พันโยภรณ์. 2529. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของลักษณะมวลน้ำของอ่าวไทยและทะเลจีนใต้. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. จุฬาลากรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไลวรรณ อุทุมพฤกษ์พร, มนูวดี หังสพฤกษ์ และศิริชัย ธรรมวานิชิช. 2530. การพัฒนาปรับปรุงการวิเคราะห์โลหะปริมาณน้อยในน้ำทะเลและแม่น้ำในรอบ 10 ปี. การสัมมนาครั้งที่ 4. การวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 122-129.

แววตา ทองระอา, พรทิพย์ ตัตตะวะศาสตร์, รวิวรรณ สังขศิลา และสุพจน์ ฐิตธรรมโม . 2530. การหาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆของปลาทะเลที่ได้จากสะพานปลาบ้านเพ จังหวัดระยอง. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัย บูรพา. 19 หน้า.

_____. 2535. การหาปริมาณโลหะหนักหนักบางชนิดในเนื้อเยื่อต่าง ๆของปลาทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจที่ได้จากคลองสังเขป จังหวัดชลบุรี. เอกสารวิจัยเลขที่ 36ฝ2535 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 17 หน้า.

_____ . 2530. คุณภาพน้ำบริเวณเกาะสีชัง. การสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำ และทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 7-9 กรกฎาคม 2530. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สมภพ รุ่งสุภา. 2536. ผลการตรวจเฝ้าระวังมลพิษทางน้ำบริเวณฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบน. 2533-2535 การประชุมทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำครั้งที่ 4. 14-15 มกราคม 2530.

สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย. 2523. ปริมาณสะสมของ ดีดีที พีซีบี และโลหะหนักบางชนิดในหอยตะโกรมกราม และหอยนางรมในอ่าวไทย.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย

สุชาดา ศีลพิพัฒน์. 2521. มลพิษชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน. สรุปผลซิมโพเซี่ยมการสำรวจและวิจัยสภาวะน้ำเสียในน่านน้ำไทย.

สุชาดา ศีลพิพัฒน์. 2530. การสำรวจและวิจัยรูปแบบกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนใน.การสัมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย 7-9 กรกฎาคม 2530 หน้า 82-83. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิชัย เตมียวณิชย์. 2527. ผลกระทบของโลหะหนักต่อสัตว์ทะเลโดยการศึกษาทางชีววิเคราะห์. การสัมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.หน้า 490-493.

สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสุวรรณี เฉินบำรุง. 2527. การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำของอ่าวไทยตอนใน.การสัมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำ และทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26-28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 102-128.

สุวรรณี เฉินบำรุง. 2529. คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนในปี 2529. รายงานวิชาการที่ สจ./29/1. รายงานวิชาการและเอกสารเผยแพร่สถานีวิจัยประมงทะเล กองประมงทะเล กรมประมง.

อรพินทร์ จันทร์ผ่องแสง. 2527. การกระจายของโลหะแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดงและสังกะสี จากปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงศรีราชา. การสัมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย.26-28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ หน้า 352-367.

_____. 2533. ระดับโลหะแคดเมียมทองแดงและสังกะสีในหมึกจากอ่าวไทย.กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อัปสรสุดา ศิริพงศ์. 2524. สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์ของเอสทูรี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัธยา กังสุวรรณ, พรรณี ครชาตรี, พลูทรัพย์ วิรุนทกุล. 2536. การปนเปื้อนของแคดเมียมในหมึก เอกสารโรเนียว 12 หน้า เสนอในประชุมวิชาการประจำปี 2536 กองประมงทะเลกรมประมง.

อำไพ อิทธิเกษม, รัชนีกร บำรุงราชหิรัณย์, ไพฑูรย์ วรรณหงษ์ และขันธ์พงศ์ จริงจิตร. 2524. ผลการวิเคราะห์โลหะปริมาณน้อยในน้ำทะเลและตะกอน. รายงานการสัมมนาการวิจัยคุณภาพน้ำและทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย ครั้งที่ 2. หน้า 165-179. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ภาษาอังกฤษ

Amiard-Triquet, C. and Caurant, F.(1995) Cadmium contamination in pilot whales *Globicepala mela* : Source and potential hazard to the species. Mar.Pollut.Bull. 30:207-210.

Andre, J.M., Ribeyre, F. and Boudou, A. 1990. Mercury contamination levels and distribution in tissues and organs of delphimids (*Stenella attennata)* from the Eastern Tropical Pacific in relation to biological and ecological factors. Marine Environ. Res. 30:43-60.

Aronson, A.L. 1971. Biological effect of Lead to Fish. J.Wash. Acad. Sci. 61:124-129.

Ayotte, P., Dewailly, E., Brunean, S., Carean, H. and Vezina, A. 1995. Article air pollution and human health. Sci.Totol.Environ. 1960-161:529-537.

Bacci, E. 1989. Mercury in the Mediterrinean. Mar. Pollut. Bull. 20:59-63.

Bamrungrachirun, R., Jarach, W. and Jringjit, K. 1987a. Heavy metals in seawater and sediments of the eastern coast of the Inner Gulf of Thailand.p. 130-135 in Proceedings 5th Seminar on research in Water Quality of Living Resources in Thai Waters;Nation Research oucil of Thailand.

Bamrungrachirun, R., Jarach, W. and Jringjit, K. 1987b. Heavy metals in seawater and sediments of the Inner Gulf of Thailand. p.114-121, ibid.

Barak, N.A.E. 1990. Mercury cadmium and lead in eels ,the effect of size,season and locality on metal concentration in Flesh. J.Total.Envi. 92:249-256.

Berg, H., and Kantsky, N. 1994. Persistent pollution in Lake Kariba ecosystem a tropical. Man-Made Lak. Manuscript Submitted The CIFA Seminar on African Inland Fisheries Department of Systems Ecolojgy. Stockhomes University.Sweden.

Boonyachotmongkol, T., Boriboon, P. and Rojpanthip, L.1987. Total mercury in bivalves of the coastal areas of the upper Gulf of Thailand. p. 245-260 in Proceedings the 5th Seminar on Research in Water Quality and Quality of Living Resources in Thailand Waters.Nation Research Council Thailand.7

Borgmann ,U. 1983. Metal speciation and toxicity of free metal ions to Aquatic biota. in Nriagn, J.O.(ed), Aquatic Toxicity. John ,Wiley and Sons. New York,pp 47-71.

Brix, H. and Lyngby, J.E. 1985. The Influence of size upon the concentration of Cd, Cr, Hg, Pb and Zn in the common musscle (*Mytilus edulis*) System. Biol. Hung. 29:253- 271.

Bryan, G.W. 1971. The effects of heavy metal on marine and estury organisms Proc.Roy.Soc.London. 177:389-410.

Bryan, G.W. 1976. Heavy Matal Contamination in The Sea . Marine Pollution Johnston, eds. New York: Academic Press.

Bryne, R.H., Kump, L.r. and Cantull, K.J .1988. The influence of temperature and pH on trace metal speciation in seawater.Mar. Chem. 25:163-181.

Cabana, G. 1994. Pelagic food chain structure in Ontario lake: A determinant of mercury levels in lake trout (*Salvelinus namaycush*). Can.J.Fish.Aquat.Sci. 51:381-389.

Calabrese, A. and Nelson, D.A. 1974. Inhibition of embryonic development of the hard clam, mercinarir , by Heavy Metal .Bull.Environ. Contam. Toxicol. 11:92-97.

Catsiki, V.A., Papathanassion, E. and Bei.F. 1991. Heavy metal level in characteristic bentric flora and faunna in the central Aegean Sea .J.Mar.Pollut.Bull. 22:566-56.

Charushmchronkul, S. 1988. Oceanographical circuration in the Upper Gult of Thailand. Master's Thesis Asian Institute of Technology Bankok Thailand.

Cheevaparanapiwat,V. and Meansveta, P. 1970. Total and organic mercury in marine fish of the upper Gulf of Thailand. Bull.Environm.Contam.Toxical. 23:291-299.

Child, E.A. and Gaffhe, J.W.1974. Possible interfernce in the measure of lead and cadmium from elements found in fish musscle.J. Anal Chem. 57:365-367.

Clark, K.E., Gobas, F.A.P.C. and Mackay, D. 1990. Model of organic chemical uptake and clearance by fish from food and water. Eviron.Sci.Technol. 24:1203-1213.

Coull, B.C. and Edwards, D. 1987. Autoregressive trend analysis :an Example Using long-term ecological data. Oikos. 50:95-102.

Cossa, D., Bourget, E. and Piuze, J. 1979. Sexual maturiation as a source of variation in the relationship between cadmium concentration and body weight of the *Mytilus edulis*.Mar.Pollut.Bull. 10:174-176.

Evans, M.S., Noguchi, G.E. and Rice, C.P. 1991. The biomagnification of polychlorinated biphenyls , toaphene, and DDT compounds in a lake Michican offshore food web. Arch.Environ.Contan.Toxical. 20:87-93.

Forrester, C.R. and Wong, C.C. 1972. Mercury content of Spiny Dogfish in the Strait of Georgia, British Columbia. J. Fish. Res. Bd.Can. 29:1487-1490.

Fortner, R. F. and Wittman, G.T.W. 1981. Metal pollution in aquatic environment springer and verag, U.S.A.

Fowlow, S.W., Heyraud, M. and Ben, W.C. 1978. Factors affecting Methyl and Inorganic Mercury Dynamics in Mussle and shrimp. Mar. Biol. 46:261-276.

Hakanson, A. 1980. The quantitative impact to pH bioproduction and Hg contamination on the Hg content of fish . Envi. pollute. 1:280-304.

Hakanson, A. 1988. Mercury in fish in Sweden Lake.Environ. pollute. 49:145-162.

Hansen, S. and Riisgard, A. 1990. Biomagnification of mercury in a marine grazing food chain. Mar.Ecol.Prog.Scr. 62:259-270.

Hellon, J., Warren, W.G., Payne, J.F. and Belkhode, S. 1992. Heavy metal and other element in tissue of marine organism from The Northwest Atlantic. Mar. Pollute. Bull. 24:452-458.

Hernandaz, J., Ansuategui, J.and Conesa, M. 1990. Heavy metal concentration in some marine organisms from the Merditerranean. J.Sci.Mar. 54:113-129.

Hillis, T.L., and Parker, G.H. 1993. Age and proximity to load smelts as determinants of tissue metal levels in Beaver *(Castor canadensis)* of Sudburyare .J.Environ Pollute. 46:131-138.

Hungspreuge, M., and Yuangthong, C., 1983. A history of metal pollution in the upper gult of Thailand. Mar.Pollut.Bull. 14:467-469.

Hunter, B.A., and Johnson, M.S. 1981. Food chain relationship of copper and cadmium in contaminated grassland ecosystem. Oikos. 180-117.

Huschenbeth, E. and Harms, U. 1975. On the accumulation of organochlorine pesticides, PCB and shell-fish from Thai coastal and inland water. Arch. Fish. Wiss. 25:109-122.

Ishimori, S.N., Harada, K. and Tsunugai, S. 1985. Removal of trace metals from seawater during a phytoplankton bloom as studied with sediment traps in Funka bay, Japan. Mar. Chem. 17:75-89.

Jarach, W. 1987a. Heavy metals in seawater of the upper Gulf of Thailand. in Proceedings the 5th Seminar on Research in Water Quality and Quality of Living Resources in Thailand Waters.Nation Research Council Thailand.

Jarach, W. 1987b. Heavy metals in seawater of the Pranburyi River estury and the Ban Leam coastal area. p.67-74, ibid.

Jeusen, A. and Cheng, Z. 1989. Statical analysis of trend monitoring data of heavy metals in flounder (*Platichtlys flesus* .Mar.Pollute.Bull. 18:230-338.

Julshamn, K., Braekken,O.K. 1975. Determination of trace element in the tissues by the standard condition method. Absorption News. 57:365-367.

Karez, C.S., Magalhaes ,V.H., Pleiffer, W.C. and Amado Filho, A.M. 1993. Trace metal accumulation by algae in Sepetiba Bay, Brazil. Environ. Pollute. 83:351-356.

Kurland, L. 1960. The outbreak of neuorlogic disorder Japan and its relationship to the ingestion of seafood contaminated by mercuric Compound.Word Neurol .1:370-395.

Kruijf, H.A.M. 1988. Manual on Aquatic Ecotoxicology. New Delhi :Allied Publishers Private Ltd.

Lakshmann, P.T. and Nambisan, P.N.L. 1989. Bioaccumulation and depulation of some trace metal in the Mussel *(Perna viridis)*. J.Bull.Environ.Contam.Toxicol. 43:131-138.

Langston, W.J. 1986. Metals in sediment and benthic organisms in the Mersey estuary. Estuar. Coastal Shelf. Sci. 23:239-261.

Laskowski, R.. 1991. The Top Carnivores Endangered by heavy metal biomagnification. Oikos. 60:387-390.

Leblanc, G.A. 1995. Trophic level differences in the bioconcentration of chemicals: Implications in assessing environmental biomagnification. Environ.Sci.Technol. 29:154-160.

Loring, D.h. and Pros, F. 1986. Cadmium and lead cycling between water sediment and biota in artificially comtaminated mud flat on Borkun. Water.Sci. 8:131-139.

MacInnes, J.R. and Calabrese. 1979. Combined effects of salinity temperature and copper on embryo and early larvae of the American oyster.

Menasveta, P. 1976. Total mercury in the food chain of BangPra coastal Area, Chonbury. J.Sci.Soc.Thailand. 2:117-126.

Menasveta, P. and Sawangwong, P. 1978. Distribution of heavy metal in the Chao Phraya river estuarine:107-145 in pollution problem on heavy metal in the environmental reseach. Chulalongkorn Univerity. Seminar Proceeding.

Menasveta, P. and Cheevaparanapiwat, V. 1981. Heavy metals, organochlorine pesticides, and PCBs in green mussels, mullets,and sediments of river mouths of Thailand. Marine.Pollution Bulletin. 12:19-25.

Manasveta, P. 1990. Total mercury in marine fishes collected from Sichang Island, Mab Tapud, and the Off-shore area of the Gult of Thailand. A Report to Petroleum Autrority of Thailand.

Mcluskey, D.C., Bryant, V. and Cambell, R.1986. The effect of temperature and salinity on the toxicity of heavy metal to marine and esturine invertebrates. Ocean.Mar.Biol.Ann.Rev. 24:481-520.

Newton, I., Pain, D.J. and Sears, J. 1995. Lead contaminations in birds of prey in Britain. Environ.Pollute. 87:173-180.

Odum, E.P. 1971. Fundamentals of Ecology. Philadelphia: Saunders Ins.

Phillips, D.J.H. 1980.Toxicity and accumulation of cadmium in marine and estuarine biota. In Nriagu, J.O. (ed), Cadmium in The Environment Ecological Cycling WilleInterscience, NewYork 438-450.

Paulson, A.J., Feeley, R.A., Curl, H.C. and Gendron, J.F. 1984. Behavior of Fe, Mn, Cu and Cd in the Duwamish river estuary. Water. Res. 18:633-641.

Pinkayan, S.1978. Evalution of environmental change. Study of environmental impact at Nam Pong project Noutheast Thailand. Prepared for Nation Energy Admistration by SEATEC consulting engineer.

Piyakarnchana, T., Watcharangkul, R. and Ithikasem, A.1977. Variation of lead, mercury and cadmium in seawater and sediment of the Inner Gulf of Thailand. in Proceedings the Seminar on Pollution Problems of Heavy Metals in Thai Environment. Institute of Environmntal Research, Chulalongkorn Univ. p.146-154

Pinsm, S.L.and Kitching, R.L. 1982. The determination of food chain lengths. Oikos. 50:302-307.

Polprasert, C., Vongvisessomjai, S., Lohani, B.N., Muttamara, S., Arbhabhirama, A., Traichaiyaporn, S., Khan, P.A. and Wangsuphachart, S. 1979. Heavy metals DDT and PCB in the upprgulf of Thailand Phase I. Research report Division of Environmental Engineering. AIT.

Potter, L., Kidd, D. and Standiford, D. 1975. Mercury levels in lake Powell bioamphification of Mercury in Mam-made desert reservoir. Envir. Sci. Technol. 9:41-44.

Preston, A. 1973. Cadmium in the marine environment of The United Kingdom. Mar.Pollute.Bull. 105-107.

Prosi, F. 1989. Factors controlling biological availability and toxic effects of lead in aquatic organisms. Sci.Total.Environ. 24:1203-1213.

Ray, S. 1984. Bioaccumulation of cadmium in marine organisms. Experientia. 40:14-23.

Reid, G.K. 1961. Ecology of Inland waters and estuaries. Publishing corporation, New York. Chapman and Hall, Ltd., London. 375

Rutter, F. 1973. Fundamental of limnology. Toronto: University Press.

Sadiq, M. 1987. Toxi metal chemistry in marine environment. King Fahol University. of

Sadiq, M. and Alam, I. 1992. Bioaccumulation of cadmium by clam dwelling in different salinity regions of Saudi Coast of The Arabian Gulf. Water. Air. Soil.Pollute Petrolieum and Mineral Saudiarabia Marcel NewYork:Dukker,Inc.

Scharenberg, W.,Gramann, P., and Pfeiffer, W.H. 1994. Biomagnification of heavy metal and organochlorine in a lake ecosystem with special reference to bream (*Abramis brama*). Sci.Total.Environ. 155:187-197.

Sidhichichaikasem, S., and Chernbamrung, S. 1983. Contamination of heavy meatl in the esturine environment of the Inner Gulf of Thailand. A report of Marine Fisheries Laboratory,Department of Fisheries, Bangkok 17 p.

Sivarak, S., Boriboon,P., Jangswang, J. and Iswas, A.1981. Mercury in marine fauna. in Proceedings the Symposium on Survey and Reearch of Pollution in Thai Waters, Phuket 20-23 March1987. Nation Research Council of Thailand.

Spehar, R.l. and Fiandt, J.T. 1986. Acute and chornic effects of water quality criteria-based metal mixtures on tree Aquatic Species. Environ. Toxic Chem. 5:917-931.

Stronkhorst. 1992. Trend in pollutants in blue mussel *Mytilus edulis* and flouder *Platichtlys flesus* from two Dutch estuaries.1985-1990.Mar.Pollut.Bull. 24:250-258.

Tessier, A. and Cambell, P.G.C. 1987. Partitioning of trace metals in sediment : relationships with Bioavialability. Hydrobiol. 149:43-52.

UNEP.1982. Determination of total Cd Zn Pb Hg in selected marine organism by Atomic absorbtion Spectrometer.Ret.Meth.for Mar.Pollute. 11:45-55.

UNEP. 1984. List of environmentally dangerous chemical substances and processes of global significance. Report No.2, Scientific Monograph.Geneva. 71p.

Varavit, C. and Menasveta, P .1979. Total and organic mercury in marine fish of the Upper Gult of Thailand. Bull.Environm.Contam.Toxicol. 23:291-299.

Vernberg, W.B., De Coursey, P.J. and O'Harr, J. 1974. Pollution and physiology of marine organisms. Academic Press, NewYork. pp.318-425.

Walker, T.I. 1988. Mercury concentrations in edible tissues of elemobranchs teleosts, crustaceans and mollus from Southeastern Australian.Water Aust.J.Mar.Freshwater.Res. 39:39-40.

Ward, R.C, Loftis, J.C. and McBride C.B. 1990 .Designe of water quality monitoring System.NewYork:Van Nostrand Reinhold.

Watras, C.J. and Blocm, N.S. 1992. Mercury and methlymercury in dividual zooplankton. J.Limnol.Oceano. 37:1313-1318.

World Health Organization (Geneva). 1992. Cadmium-environmental Aspects.

Word Health Organization (Geneva). 1991. Inorganic Mercury.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรอท

ปรอทเป็นโลหะชนิดหนึ่ง ที่พบอยู่ตามธรรมชาติในรูปของแร่อิสระ หรือในรูปของ HgS ปะปนกับเนื้อหินประเภทต่างๆโดยทั่วไป ปรอทสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายรูปแบบ คือ ปรอทในรูปของโลหะปรอทในรูปของสารประกอบอนินทรีย์และปรอทในรูปของสารประกอบอินทรีย์ซึ่งปรอทสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งด้านการแพทย์ วิทยาศาสตร์ การเกษตร การพลังงาน และอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น เป็นตัวเร่งในขบวนการทางเคมีต่าง ๆสารเคมีกำจัดแมลงสารเคมีกำจัดเชื้อราในพืช ตลอดจนอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือ และอุปกรณ์ไฟฟ้า อุตสาหกรรม ชุบโลหะ อุตสาหกรรมผลิตสีทาบ้าน สำหรับกิจกรรมที่มนุษย์ใช้ปรอทเป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิตต่าง ๆ ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม รูปของปรอทที่ถูกปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำมีทั้งหมด 5 รูปดังนี้คือ (Jernelov,1969 อ้างตามเปี่ยมศักดิ์, 2538)

1. divalent mercury, $Hg^{2+}$
2. metallic mercury, $Hg^{0}$
3. phenylmercury, $C_6H_5Hg^{+}$
4. methlymercury, $CH_3Hg^{+}$
5. Alkoxyalklymercury, $CH_3O\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Hg^{+}$

สารปรอทที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ แต่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอนินทรีย์ไปเป็นสารปรอทอินทรีย์ โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ methanogenic bacteria ซึ่งจุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์สารประกอบ methlymercury จากสารประกอบปรอทอนินทรีย์ได้ ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถละลายน้ำได้ดีและมีโอกาสเข้าไปสะสมในสิ่งมีชีวิตได้เป็นอย่างดี (Jernelov, 1969: อ้างตามเปี่ยมศักดิ์, 2538)

Menasveta (1974) รายงานว่า อาหารปลาที่มี methylmercury ผสมอยู่ด้วยจะยังผลให้มีการสะสมของปรอท ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อสูงกว่าเมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณปรอท ในทุกส่วนของร่างกาย และถ้าในอาหารเป็นรูปของปรอทอนินทรีย์ ก็จะทำให้มีปริมาณสะสมในเนื้อเยื่อโครงสร้าง เช่น กระดูก และผิวหนังสูงกว่าเนื้อเยื่อชนิดอื่น ๆ เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณปรอทในทุกส่วนของร่างกาย

ผลกระทบของปรอทต่อมนุษย์

ปรอทแต่ละรูป มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตไม่เท่ากัน ปรอทในรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นกลุ่มที่มีบทบาททางด้านความเป็นพิษที่สุดได้แก่ methylmercury ร่างกายสามารถดูดซึม methylmercury ในทางเดินอาหารได้สูงถึง 95-98 %แต่ขับออกมาในรูปของเสียได้น้อยมาก เนื่องจากเป็นสารที่เสถียรไม่ค่อยแตกตัวเป็นสารอนินทรีย์ ปรอทรูปนี้สามารถยึดติดกับเม็ดเลือดแดง และแพร่กระจายทุกส่วนของร่างกาย และปริมาณ 15 % จะสะสมอยู่ในสมอง ปรอทส่วนที่มีความสำคัญรองลงมาคือ ปรอทในรูปโลหะ เป็นปรอทประเภทที่สามารถถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง และลมหายใจได้ง่าย ปรอทรูปที่อันตรายต่อชีวิตมนุษย์มากที่สุดคือในรูปไอระเหยของธาตุปรอทสามารถเกิดพิษเฉียบพลันถ้าหายใจเข้าไปในช่วง 1,200-8,500 ไมโครกรัม/ลูกบาศเมตรส่วนสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทมีความเป็นพิษน้อยที่สุด เพราะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินอาหารได้น้อยมาก ไม่เกิน 2% และยิ่งกว่านั้นยังถูกขับออกจากร่างกายได้ง่าย

ปรอทที่สะสมอยู่ในร่างกายก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบการทำงานของร่างกาย หลายระบบคือ ผลต่อระบบประสาท ปรอทสามารถแทรกซึมผ่านเยื่อหุ้มสมองเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง ปรอทส่วนใหญ่จะไปสะสมอยู่ในสมอง วนเซเลเบลลัม (cerebellum) และเซเลบรัลคอร์เท็กซ์ (cerebral cortex)ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อสมองส่วนที่ควบคุมการมองเห็น และความรู้สึก ทำให้ผู้รับสารปรอท มีอาการผิดปกติเกี่ยวกับระบบประสาท และการมองเห็น ในเด็กที่เป็นโรคมินามาตะ(Minamata disease) ซึ่งเกิดจากการรับพิษปรอทแบบเรื้อรังจะมีอาการกล้ามเนื้อกระตุกอารมณ์ฉุนเฉียว ปัญญาอ่อน ส่วนเด็กอ่อนที่ได้รับพิษตั้งแต่ตอนอยู่ในครรภ์มารดา จะมีปัญหาในการเคี้ยว และการกลืนอาหาร เพราะการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปรกติ ในคนทั่วไปอาการที่พบคือ ชา อ่อนเพลีย การทรงตัวไม่ดีของเขตการมองเห็นลง มึนงง ความจำเสื่อม การได้ยินเสื่อมลง

ผลต่อระบบเอนไซม์เมื่อปรอทเข้าสู่ร่างกายจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ประเภทที่มีกลุ่มซัลไฮดริลจะมีผล ขัดขวางหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ประเภทนี้ ผลที่เกิดขึ้นตามมาแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหน้าที่ของเอ็มไซม์ชนิดนั้น ๆ เช่น ถ้าเป็นการขัดขวางการทำงานของเอ็นไซม์ 2,3 diphosphoglycerol dehydrogenase ก็จะทำให้ฮีโมโกลบินลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์น้อยลง แต่ถ้าหากเอ็นไซม์ saccinicdehydrogenase และ pyruvate oxidase ถูกยับยั้งการเผาผลาญอาหารในไมโตคอนเดรีย ก็จะไม่เกิดขึ้นนอกจากนี้การที่เอ็นไซม์ขัดขวางการทำงาน ก็จะมีผลทำให้ทารกรองสารและการดูดซึมสารกลับเข้าสู่ไตขาดการควบคุม

ระบบอวัยวะอื่น ๆ พิษจากปรอททำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ที่กระจายไปถึง ทำให้โครงสร้างของอวัยวะนั้นเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อม เช่นทำลายเนื้อเยื่อตับ ไฟเบอร์ของกล้ามเนื้อหัวใจ หลอดไต กระเพาะ และลำไส้ส่วนดูโอดินัม และทำให้การผลิตเซลเม็ดเลือดแดงของไขกระดูดลดลงไอปรอทที่สูดหายใจเข้าไปเป็นอันตรายร้ายแรงต่อเนื้อเยื่อปอด อาจก่อให้เกิดพิษแบบเฉียบพลันทำให้ถึงตายได้ การทำงานของอวัยวะที่ได้รับพิษจากปรอทจึงผิดปกติหรือลดประสิทธิภาพลง

<u>แคดเมียม</u>

แคดเมียม สามารถเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากขบวนการ weathering และจากกิจกรรมของมนุษย์แคดเมียมที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมซึ่งแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการเกษตร อุตสาหกรรมใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสม ผลิตแบตเตอร์รี่ การชุบโลหะ ยาฆ่าเชื้อรา ยาฆ่าแมลง อุตสาหกรรมผลิตเม็ดสี ซึ่งเมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำจะเกิดสารประกอบอย่างรวดเร็วซึ่งรูปแบบที่พบในแหล่งน้ำคือ อยู่ในรูปอิออนอิสระ($Cd^{2+}$) อยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ และสารประกอบอินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารประกอบของแคดเมียมรูปต่าง ๆคือ ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณสารอินทรีย์ที่ปรากฏ เมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นความเป็นกรดเป็นด่างลดลงมีผลทำให้แคดเมียมละลายน้ำเพิ่มขึ้นโดยอยู่ในรูปของ $Cd^{2+}$ และอิออนของ$Cl^-$ และ$SO_4^{2-}$ ในแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะ พบว่า สารอินทรีย์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมแคดเมียมในตะกอนดินซึ่งกระบวนการนี้เป็นมีความสำคัญในการช่วยลดปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำ นอกจากนี้แคดเมียมที่ละลายอยู่ในตะกอนดินจะถูกละลายออกมาเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น

แคดเมียมที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ มาจากผ่านทางน้ำโดยตรง โดยผ่านทางเหงือก เข้าสะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ เช่น เหงือก อวัยวะภายใน เปลือกหุ้มร่างกาย กล้ามเนื้อเรียบ และตับ นอกจากนี้ จุลินทรีย์บางชนิด แคดเมียมสามารถเข้าไปสะสมในส่วนของ cytosol แคดเมียมที่อยู่ใน cytosol มักพบในโปรตีนที่มีค่ามวลโมเลกุลต่ำ Olson และHaux (1986) พบว่าการสะสมแคดเมียมใน metallothionein ในตับ เป็นโปรตีนที่สามารถเข้าจับได้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในน้ำ

ผลกระทบของแคดเมียมต่อมนุษย์

อาการพิษเฉียพลันที่เกิดขึ้นคือ คอแห้ง ระคายคอ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ เมื่อได้รับแคดเมียมมากขึ้นจะหายใจไม่ออก อาจถึงตายได้ ส่วนอาการที่เกิดจากการกินอาหาร หรือน้ำที่มีแคดเมียมเจือปน คือ อาเจียร และท้องร่วง การได้รับพิษแบบเรื้อรัง (โรคอิไต-อิไต) ผู้ได้รับพิษจะได้รับความเจ็บปวดทรมานมาก เพราะเกิดอาการกระดูก และไตพิการระยะแรกผู้ป่วยมีอาการปวดบริเวณ สะโพก แขน ขา ต่อมาอาการจะปวดจนเพิ่มมากขึ้น และนานขึ้นบริเวณโดยรอบฟันจะมีลักษณะเป็นแถบเหลือง ต่อจากนั้นผู้ป่วยจะมีอาการปวดร้าวบริเวณกระดูกอย่างรุนแรงโดยเฉพาะบริเวณกระดูกเชิงกราน ในกรณีของผู้ป่วยที่ได้รับแคดเมียมสะสมนาน 20-30 ปี จะมีอาการรุนแรงมาก คือ เจ็บปวดทั่วร่างกาย ความกดของน้ำหนักตัวที่มีต่อกระดูกสันหลัง ทำให้ร่างกายเตี้ยหรือค่อมลง กระดูกเปราะในระยะสุดท้ายผู้ป่วย จะสูญเสียแคลเซียมทางปัสสาวะมากจนกระดูกผุกร่อนและเสียชีวิตไปในที่สุด นอกจากนี้ แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกาย จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น

ผลต่อระบบเอ็นไซม์ ความเป็นพิษของแคดเมียมเกิดจาก แคดเมียมไปแทนที่สังกะสี ในเอ็นไซม์บางชนิดในร่างกายหรือแคดเมียมรวมตัวกับหมู่ซัลไฟดริลในเอ็นไซม์ของเซลล์ต่างๆ เช่นเดียวกับปรอท ทำให้เอ็นไซม์ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

ผลต่อไต ไตเป็นอวัยวะที่ได้รับอันตรายจากพิษของแคดเมียมอย่างรุนแรง แคดเมียมจะรวมตัวกับโปรตีนของเซลล์ในไตที่มีกลุ่มซัลไฮดริล ทำให้หลอดไตทำหน้าที่ผิดปกติทำให้ทารกรองสาร และการดูดซึม สารกลับเข้าสู่ไตเสียหาย และขาดการควบคุมเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียโปรตีน กลูโคส และกรดอะมิโน ออกมากับปัสสาวะผลที่ตามมา คือความดันโลหิตสูงซึ่งชักนให้เกิดอาการกล้ามเนื้อหัวใจขยายใหญ่ขึ้น เส้นเลือดแดงฝอยแข็งตัว และหัวใจวาย

ผลต่อกระดูกอาการอย่างหนึ่งของการได้รับพิษจากแคดเมียมแบบเรื้อรัง คือทำให้กระดูกเปราะ เนื่องจากแคลเซียมละลายออกจากกระดูก กระดูกเกิดการแตก และมีรูปร่างผิดปกติไป

ผลต่อ ปอด ตับ หัวใจ และอวัยวะอื่น ๆ แคดเมียมที่กระจายไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆจะทำให้เกิดอาการบวมโดยยังไม่ทราบกลไกของการออกฤทธิ์ที่แท้จริง โดยเฉพาะการหายใจเอาแคดเมียมเข้าสู่ปอดจะทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่ออย่างรุนแรง อาจมีผลทำให้ถุงลมในปอดอุดตัน ผลแบบเรื้อรังของแคดเมียมทำให้เป็นโรคปอดบวม เกิดแผลเรื้อรังในปอด ถุงลมในปอดบวมพอง แต่ต่อมาผนังถุงลมจะถูกทำลาย และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถุงลมขนาดเล็กจำนวนมาก

จนกลายเป็นถุงลมขนาดใหญ่ ขึ้นแต่มีจำนวนน้อยลง จึงเป็นเหตุให้พื้นที่ผิวสำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซ ในการหายใจลดลง

ตะกั่ว

ตะกั่ว เป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ในขบวนการอุตสาหกรรม ทำโลหะบัดกรี ใช้หล่อเป็นตัวพิมพ์ ฟิวส์ไฟฟ้า หุ้มสายเคเบิล สีทาบ้าน นอกจากนี้ใช้ประโยชน์เป็นสารเพิ่มค่าออคเทน และเป็นสารป้องกันการกระตุก ในน้ำมันเชื้อเพลิง (Demayo *et al.*, 1984) ตะกั่วส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยเข้าสู่บรรยากาศเป็นสัดส่วนกับการ emission แล้วสามารถถูกชะเข้าสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะถูกส่งผ่านเข้าสู่สิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตจะสะสมในปริมาณมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบกายภาพ และทางเคมีของตะกั่ว เพราะเป็นตัวกำหนดการละลายน้ำ และการใช้ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิต ตะกั่วในรูป oxyanion สามารถผ่านเข้าสู่เซลเยื่อบุผิวของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย ที่ระดับความเป็นกรดด่างปกติของน้ำทะเล ตะกั่วมักอยู่ในรูป $PbCl_2$ โดยทั่วไปตะกั่วที่พบในแหล่งน้ำบริเวณปากแม่น้ำและทะเล มีปริมาณตะกั่วรูปแบบต่าง ๆดังนี้ สารประกอบเชิงซ้อน กับคอลลอยด์อนินทรีย์ 40-80%, สารประกอบเชิงซ้อน กับคอลลอยด์อินทรีย์ 10-35%, อิออนอิสระ 0-20%, สารประกอบเชิงซ้อน กับลิแกนอนินทรีย์อื่นๆ 0-30% ตะกั่วในรูปอิออนอิสระ เป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา และตะกั่วในรูปนี้เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งโดยทั่วไปปลาทะเลจะมีการสะสมตะกั่วในตับมากกว่าในกล้ามเนื้อ

ผลของตะกั่วต่อมนุษย์

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือทางจมูก ปาก และผิวหนัง เมื่อตะกั่วเข้าสู่กระแสเลือด ส่วนใหญ่จะสะสมในกระดูกถึง 95% ซึ่งประมาณเท่ากับ 6.00-7.82 ไมโครกรัมต่อกรัม ลิ้นหัวใจ และสมองมีตะกั่ว 0.05 - 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม ต่อมไทรอยด์ กล้ามเนื้อ ปอด กระเพาะและลำไส้มีตะกั่ว 0.14-0.19 ไมโครกรัมต่อกรัม ไต ม้าม ตับ และตับอ่อน มีตะกั่ว 0.65-0.8 ไมโครกรัมต่อกรัม เส้นผมมีตะกั่ว 2-80 ไมโครกรัมต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การขับตะกั่วออกจากร่างกาย ตะกั่วประมาณ 76% ของทั้งหมดจะถูกขับออกทางปัสสาวะ อีก 16% จะถูกขับออกทางผิวหนัง ทางเหงื่อ และทางเส้นขนหรือเส้นผม หากปริมาณตะกั่วในเลือดสูงถึง 0.8 ไมโครกรัมต่อกรัม อาการเป็นพิษจะเริ่มแสดง และถ้ามีมากกว่านี้ สมองและตับ จะพิการถึงแก่ชีวิตได้

ครึ่งชีวิตของตะกั่วในร่างกายเท่ากับ 1,940 วัน หมายความว่า ตะกั่วที่ถูกเก็บไว้ในร่างกาย กระดูก และเนื้อเยื่อจะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกจากร่างกายอย่างช้า ๆ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ตะกั่วถูกปลดปล่อยออกจากกระดูกคือ การลดระดับแคลเซียมในอาหาร หรือระดับแคลเซียมในเลือด ตะกั่วจะหลุดออกจากกระดูดไปเป็นไอออนพร้อมกับแคลเซียมเข้าสู่เลือด การเปลี่ยนระดับของแคลเซียมในร่างกาย หรือปัจจัยใดที่เปลี่ยนแปลงระดับ metabolism ของแคลเซียม ย่อมมีอิทธิพลต่อการปล่อยตะกั่วออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด โดยตะกั่วที่อยู่ในกระแสเลือดนั้นมีโอกาสที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูก

โดยตะกั่วผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ตะกั่วจะทำให้คุณสมบัติของเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนไป และมีผลทำให้อายุของเม็ดเลือดแดงสั้นกว่าปกติ คือ น้อยกว่า 20 วัน

ผลต่อการสร้างฮีม (Heme) และฮีโมโปรตีน (Hemoproteins) ตะกั่วสามารถยับยั้งการสร้างฮีม และฮีโมโปรตีน ซึ่งจำเป็นต่อการนำพาออกซิเจนในเม็ดเลือดแดง และผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสร้างฮีมและฮีโมโปรตีนจะปรากฏให้เห็นก่อนการมีอาการต่อระบบประสาทหรือระบบอื่น ๆ ตะกั่วสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ALAD และHeme synthetase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญมาก 2 ตัว ในขั้นตอนการสังเคราะห์ฮีโมโกลบินในไขกระดูก

ผลต่อการทำงานของไตการได้รับตะกั่วเข้าไปมากๆจนเลือดมีตะกั่วมากกว่า 10 ไมโครกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการทำลายเซลล์ของ renal tubeและส่งผลให้มีการขับกรดอะมิโนออกจากปัสสาวะเพิ่มขึ้น (aminoaciduria) การขับน้ำตาลออกทางปัสสาวะมากขึ้น (glucosuria) การขับเกลือฟอสเฟตมากขึ้น (hyperphosphaturia) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกิดขึ้นชั่วคราว แล้วปรับเข้าสู่สภาพปกติได้ บางครั้งอาการพิษของตะกั่วจะเกิดร่วมกับโรค gout ทำให้มีอาการปวดตามข้อ ตะกั่วทำให้เกิดการแข็งกระด้าง ( sclerosis) และมีเยื่อเหนียวระหว่างเนื้อเยื่อของไต ทำให้ประสิทธิภาพของการกรองลดลงในที่สุด อาจเกิดไตวาย (renal failure)

ผลต่อสมอง และระบบประสาท เด็ก หรือผู้ใหญ่ที่ ได้รับพิษจาก ตะกั่วอนินทรีย์ ชนิดเตตระเอทธิล (tetraethyl) จะเกิดภาวะอย่างเดียวกัน คือสมองอักเสบจากพิษตะกั่ว (lead encephalitis) เนื่องจาก มีตะกั่วเข้าไปในเนื้อเยื่อของระบบประสาท แล้วทำลายเซลล์ประสาท ทำ

ให้กลายเป็นใบ้หรือตาบอด เพราะระบบประสาทที่รับรู้ความรู้สึกทางหูและตาเสื่อมลง เมื่อคนตายเนื่องจากพิษตะกั่ว การตรวจจะพบว่ามีการบวม และเซลล์จำนวนมากถูกทำลาย ซึ่งอาจเกิดจากพิษตะกั่วที่เข้าไปรบกวนขบวนการเมตาบอลิซึมของสมองโดยตรง หรืออาจเกิดจากการอัดแน่น ของส่วนสมองที่บวมกับกระโหลกศีรษะ

ผลต่อกระดูก มีการสะสมของตะกั่วในกระดูกสูงในเด็ก ซึ่งอยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต จะพบในภาพเอกซ์เรย์ว่า บริเวณ epiohyses ของกระดูกท่อนยาว ได้แก่ แขน ขา รวมทั้งเห็นได้บริเวณ กระโหลกศีรษะ จะปรากฏแถบสีขาว (density) ได้ชัดเจน เชื่อว่าเกิดจากการแทรกของตะกั่วเข้าไปสู่บริเวณที่เจริญงอกของกระดูกนั้น

ผลต่อระบบสืบพันธุ์ ผู้ที่ได้รับสารตะกั่วติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจเป็นหมัน ซึ่งมีรายงานว่าเกิดได้ทั้งชายและหญิง ในชายพบว่าเกิดเนื่องจากมีการสลายของ epithilium ที่ germinal ของอัณฑะ ส่วนในหญิงพบว่า atrophy ของเนื้อเยื่อ chorionic หรือเกิดจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในมดลูก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงการจัดกลุ่มของโลหะตามลักษณะของความเป็นพิษ

| Non - Critical | | | Toxic but very insoluble or very rare | | Very toxic and relatively accessible | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Na | C | F | Ti | Ga | Be | As | Au |
| K | P | Li | Hf | La | Co | Se | Hg |
| Mg | Fe | Rb | Zr | Os | Ni | Te | Tl |
| Ca | S | Sr | W | Rh | Cu | Pd | Pb |
| H | Cl | Al | Nb | Ir | Zn | Ag | Sb |
| O | Br | Si | Ta | Ru | Sn | Cd | Bi |
| | N | | Re | Ba | | Bt | |

แหล่งที่มาของข้อมูล : Bryan (1976)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก (ต่อ)

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปรอท แคดเมียม และตะกั่ว

| ลักษณะสมบัติ | ปรอท | แคดเมียม | ตะกั่ว |
|---|---|---|---|
| หมู่ธาตุ | IIb | IIb | IV |
| Atomic number | 80 | 48 | 82 |
| Atomic weight | 200.59 | 112.4 | 207.2 |
| Physical State | ที่อุณหภูมิปกติมีสถานะเป็นของเหลว สีขาวคล้ายเงิน | โลหะสีเงินแกมขาว เบา อ่อน ดัดงอได้ทนต่อการกัดกร่อน | ลักษณะของแข็งสีเทาเข้ม |
| Specific gravity:gm/cm3 (ที่อุณหภูมิ 20องศาเซลเซียส) | 13.54 | 8.65 | 11.34 |
| จุดเดือด(องศาเซลเซียส) | 356.9 | 1740 | 767 |
| จุดเยือกแข็ง(องศาเซลเซียส) | -38.87 | – | – |
| จุดหลอมเหลว(องศาเซลเซียส) | – | 320.9 | 327.5 |
| การละลาย | ละลายในน้ำได้ต่ำ | ละลายในกรดอ่อน | ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในกรดไนตริก และกรดกำมะถันที่ร้อน |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แสดงบริเวณและชื่อย่อของบริเวณที่ทำการศึกษาในปี 2533-2537
(งานสมุทรศาสตร์และตรวจเฝ้าระวังมลพิษทางทะเล)

| บริเวณ | ชื่อย่อ | ละติจูด | ลองติจูด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| ปากแม่น้ำบางปะกง | BPRM | 13deg25minN | 100deg53.1minE | หน้าปากแม่น้ำบางปะกง |
| บางแสน | BSAN | 13deg16.8minN | 100deg54.8minE | หน้าหาดบางแสน |
| ศรีราชา | SIRA | 13deg9.9minN | 100deg51.05minE | อ่าวศรีราชา |
| เกาะสีชัง(ทิศตะวันออก) | SCIE | 13deg8.9minN | 100deg49.81minE | เกาะสีชังทิศตะวันออก |
| เกาะสีชัง(ทิศตะวันตก) | SCIW | 13deg8.7minN | 100deg47.1minE | เกาะสีชังทิศตะวันตก |
| แหลมฉบัง | LCHH | 13deg5.5minN | 100deg50.07minE | หน้าท่าเรือน้ำลึกแหลมฉบัง |
| พัทยา | PTYA | 13deg57.4minN | 100deg53.1minE | หน้าพัทยา บริเวณเกาะจวง |
| เกาะคราม | KLAI | 12deg38.5minN | 100deg49minE | ใกล้เกาะคราม |
| ปากแม่น้ำท่าจีน | TCRM | 13deg23.8minN | 100deg53.8minE | หน้าปากแม่น้ำท่าจีน |
| ปากแม่น้ำเจ้าพระยา | CPRM | 13deg23.8minN | 100deg53.1minE | หน้าปากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณนำร่อง |
| กลางอ่าวไทย | CTG | 13deg10minN | 100deg30minE | บริเวณกลางอ่าวไทยระหว่างเกาะสีชังกับเพชรบุรี |

ภาคผนวก ข (ต่อ)

ความเค็มของน้ำทะเลที่สถานีต่าง ๆบริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ปี 2533-2537

(หน่วยเป็น ppt.)

| ปี | ระดับความลึก | สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TCRM | | CPRM | | BPRM | | BSAN | | SIRA | | SCIE | | SEIW | | LCHH | | PTYA | | KLAI | | CTG | |
| | | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน |
| 2533 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 27 | ms | 28 | 28 | 30 | 29 | 30 | 29 | 30 | ms | 22 | ms | 28 | 30 | 30 | 30 | 31 | 30.5 | 31 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 27 | ms | 28 | 27.5 | 30 | 29 | 30 | 29.1 | 30 | ms | 25 | ms | 23 | 30 | 30 | 30 | 31 | 30.5 | 31 | ms | ms |
| 2534 | ระดับความที่ผิวหน้า | 27.8 | 30 | 28.5 | 28 | 28 | 30 | 29 | 30 | 29 | 30 | 29.5 | 33 | 29.7 | 34 | 30.5 | 30 | 30.5 | 31 | 24 | 31 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 28 | 30 | 28.5 | 28 | 27.5 | 30 | 29 | 30 | 29.2 | 30 | 29.5 | 33 | 29.8 | 34 | 30 | 29 | 30.2 | 31 | 25.5 | 32 | ms | ms |
| 2535 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 22.5 | ms | 25.1 | 29 | 22.1 | 27 | 25 | 30.5 | 27.2 | 27.5 | 27.1 | 27.5 | 27.5 | 31.05 | 27 | 32.3 | 27.1 | 29.5 | 28.5 | 28.5 | 26.9 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 25.5 | ms | 25.1 | 28.5 | 22.1 | 27 | 25 | 31 | 27.2 | 29 | 27.1 | 29 | 27.5 | 32 | 27.1 | 32 | 27.5 | 31.1 | 28.5 | 28.9 | 27 |
| 2536 | ระดับความที่ผิวหน้า | 27 | 26.9 | 26 | 26.5 | 27 | 23.5 | 27 | 27.5 | 28.2 | 28.5 | 29 | 25 | 28.5 | 25 | 29 | 28.5 | 29.5 | 28.7 | 30 | 27.5 | 28.1 | 28.6 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 27 | 26.8 | 26 | 26.8 | 27 | 23.7 | 27 | 27.5 | 28.2 | 28.5 | 29 | 25 | 28.5 | 25 | 29 | 28.5 | 29.5 | 28.3 | 30 | 29 | 27.5 | 28 |
| 2537 | ระดับความที่ผิวหน้า | 30.1 | 31 | 30 | 32.7 | 31 | 27.9 | 31 | 32.7 | 30 | 32.8 | 30.5 | 32.8 | 32.1 | 28.2 | 32 | 33 | 32 | 32.8 | 32.5 | 33 | 32 | 32.7 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 30 | 31.2 | 30 | 32.8 | 31 | 27.9 | 31 | 32.6 | 31 | 32.8 | 30.5 | 32.8 | 32.9 | 28.2 | 32 | 33 | 32 | 32.8 | 32.5 | 33 | 32 | 32.6 |

เมื่อ ms คือ missing data

ภาคผนวก ข (ต่อ)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่สถานีต่าง ๆบริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ปี 2533-2537

(หน่วยเป็น mg/l)

| ปี | ระดับความลึก | สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TCRM | | CPRM | | BPRM | | BSAN | | SIRA | | SCIE | | SEIW | | LCHH | | PTYA | | KLAI | | CTG | |
| | | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน |
| 2533 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 5.9 | ms | 6.7 | 6.4 | 5.4 | 6.9 | 6.6 | 6.9 | 6.3 | ms | 7.9 | ms | 7.4 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 5.8 | 7.1 | 7.3 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 5.2 | ms | 4.6 | 6.5 | 5.1 | 7 | 6.4 | 6.8 | 6.4 | ms | 6.3 | ms | 6.2 | 7.2 | 6.3 | 7.1 | 5.4 | 6.4 | 7.2 | ms | ms |
| 2534 | ระดับความที่ผิวหน้า | 5.4 | 6.1 | 5.6 | 5.4 | 5.8 | 6.1 | 5.4 | 6 | 6.1 | 5.8 | 6.3 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.9 | 5.6 | 6 | 6 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 5.5 | 6 | 7 | 5.5 | 5.7 | 6.0 | 5.6 | 5.4 | 6 | 5.3 | 5.4 | 6.1 | 6 | 6.2 | 5.7 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 6.1 | 6 | ms | ms |
| 2535 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 7.8 | ms | 8.4 | 5.5 | 7.8 | 4.8 | 7.4 | 6.8 | 7.8 | 6.2 | 7.3 | 9.1 | 7.3 | 6.3 | 7.3 | 6.5 | 7.4 | 6.9 | 8.6 | 6 | 8.7 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 7.2 | ms | 8.4 | 5 | 7.8 | 4.3 | 7.4 | 6.6 | 7.5 | 6 | 6.9 | 6.8 | 7.3 | 6.3 | 7.4 | 6.5 | 7.3 | 4.3 | 8.6 | 7.5 | 7.7 |
| 2536 | ระดับความที่ผิวหน้า | 8.2 | 7.6 | 8.5 | 8 | 7.2 | 7.9 | 7.4 | 8.3 | 7 | 7.9 | 6.2 | 7.6 | 6.9 | 7.6 | 7.4 | 8.1 | 8.6 | 7.3 | 7.7 | 7.4 | 8.6 | 7.6 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 9.1 | 8.6 | 8.6 | 6.5 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 8 | 6.9 | 7.5 | 6.2 | 7.6 | 6.9 | 7.6 | 6.8 | 7.5 | 8.6 | 7.2 | 7.7 | 6.8 | 8.4 | 7.1 |
| 2537 | ระดับความที่ผิวหน้า | 6.8 | 3.8 | 7 | 4.4 | 7.2 | 4.2 | 6.3 | 4.1 | 6.1 | 4.8 | 5.6 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 7.3 | 5.5 | 7 | 5.5 | 6.8 | 5.2 | 6 | 4.4 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 4.3 | 3.3 | 6.9 | 4.6 | 7.2 | 4.6 | 6.6 | 4.4 | 6.8 | 5 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 4.9 | 7 | 6.1 | 7.4 | 6 | 6.9 | 5.8 | 6.2 | 4.6 |

เมื่อ ms คือ missing data

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข (ต่อ)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเลที่สถานีต่าง ๆบริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ปี 2533-2537

| ปี | ระดับความลึก | สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TCRM | | CPRM | | BPRM | | BSAN | | SIRA | | SCIE | | SEIW | | LCHH | | PTYA | | KLAI | | CTG | |
| | | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน |
| 2533 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 8.6 | ms | 8.1 | 8.6 | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 8.2 | 8.6 | ms | 8.5 | ms | 8.3 | 8.3 | 8.6 | 8.4 | 8.6 | 9.1 | 8.1 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 8.6 | ms | 8 | 8.6 | 8.4 | 8.6 | 8.2 | 8.3 | 8.3 | ms | 8.2 | ms | 8.2 | 8.4 | 8.5 | 9.1 | 8.2 | 8.6 | 8 | ms | ms |
| 2534 | ระดับความที่ผิวหน้า | 8.2 | 8.4 | 8 | 8 | 8.2 | 8 | 8 | 8.5 | 8 | 8.4 | 8 | 8 | 8.3 | 8 | 8.4 | 8.3 | 8.2 | 8 | 8.2 | 8 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 8 | 8 | 8.1 | 8 | 8.2 | 8 | 8.3 | 8.3 | 8.2 | 8.4 | 8 | 8 | 8.6 | 8 | 8.3 | 8.1 | 8.3 | 8 | 8.1 | 8 | ms | ms |
| 2535 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 8.9 | ms | 8.9 | 8.9 | 8.8 | 9 | 9 | 8.9 | 9 | 8.7 | 8.2 | 8.9 | 8.1 | 8.9 | 9 | 8.9 | 8.7 | 8.2 | 8.7 | 8.8 | 8.4 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 8.9 | ms | 8.9 | 8.9 | 8.8 | 9.1 | 9 | 8.9 | 9 | 7.4 | 8.4 | 8.9 | 9 | 9.1 | 8.9 | 6.2 | 8.5 | 8.6 | 8.7 | 8.8 | 8.9 |
| 2536 | ระดับความที่ผิวหน้า | 8.8 | 8.1 | 8.7 | 8.1 | 9 | 8.3 | 8.8 | 8.3 | 8.8 | 8.4 | 8.8 | 8 | 8.8 | 8.3 | 8.7 | 8.4 | 8.1 | 8.3 | 8.7 | 8.3 | 8.4 | 8.4 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 8.6 | 8.1 | 8.8 | 8.2 | 9 | 8.3 | 8.7 | 8.3 | 9 | 8.4 | 8.8 | 8 | 8.9 | 8.3 | 8.8 | 8.4 | 8.1 | 8.3 | 8.7 | 8.3 | 8.7 | 8.4 |
| 2537 | ระดับความที่ผิวหน้า | 8.1 | 8.3 | 8 | 8.5 | 8.2 | 8.7 | 8.2 | 8.4 | 8.1 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.1 | 8.5 | 8.5 | 8 | 8.2 | 8.6 | 8.4 | 8.5 | 8.2 | 8.3 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 7.9 | 8.3 | 8 | 8.6 | 8.2 | 8.7 | 8.4 | 8.5 | 8 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.2 | 8.5 | 8.5 | 8.2 | 8.2 | 8.7 | 8.2 | 8.6 | 8.2 | 8.4 |

เมื่อ ms คือ missing data

ภาคผนวกข (ต่อ)

อุณหภูมิของน้ำทะเลที่สถานีต่าง ๆบริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ปี 2533-2537

(หน่วยเป็น องศาเซลเซียส)

| ปี | ระดับความลึก | สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TCRM | | CPRM | | BPRM | | BSAN | | SIRA | | SCIE | | SEIW | | LCHH | | PTYA | | KLAI | | CTG | |
| | | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน |
| 2533 | ระดับความที่ผิวหน้า | ms | 32.1 | ms | 33.9 | 30.8 | 31.6 | 32.2 | 30.7 | 32 | 30.9 | ms | 29.8 | ms | 29.6 | 31.9 | 30.9 | 32 | 30.7 | 31 | 30.7 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | ms | 31.6 | ms | 30.7 | 30.6 | 30.9 | 32.4 | 30.2 | 32.2 | 29.9 | ms | 29.3 | ms | 28.7 | 32 | 30.3 | 32.1 | 30.7 | 31 | 30.4 | ms | ms |
| 2534 | ระดับความที่ผิวหน้า | 31 | 28.9 | 30 | 27.8 | 29 | 27 | 30 | 28.4 | 30 | 28.4 | 31 | 27.7 | 31 | 27.7 | 30.5 | 28.4 | 30.5 | 28.2 | 32 | 28.1 | ms | ms |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 31 | 28.8 | 30 | 27.9 | 29 | 26.9 | 30 | 28.3 | 30 | 28.2 | 30.5 | 27.2 | 31 | 27.7 | 31 | 28.4 | 31 | 28.1 | 30 | 28.2 | ms | ms |
| 2535 | ระดับความที่ผิวหน้า | 27 | ms | 27 | ms | 31.4 | 28 | 31.5 | 26 | 31 | 26.5 | 31.2 | 27.5 | 30.7 | 28 | 31 | 27.5 | 30.9 | 26.5 | 30.9 | 28.3 | 30.8 | 28 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 27 | ms | 27 | ms | 31.7 | 28 | 31.6 | 26 | 31 | 26 | 30.6 | 27 | 31 | 27.7 | 30.9 | 26.5 | 30.7 | 27 | 30.5 | 28.3 | 30.8 | 27 |
| 2536 | ระดับความที่ผิวหน้า | 30.7 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.2 | 29.6 | 29.9 | 30.7 | 30.4 | 30.9 | 30.4 | 29.7 | 30.1 | 30.2 | 30.2 | 30.4 | 30 | 30.1 | 30.3 | 30.5 | 30.9 | 30.6 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 30.7 | 30.7 | 30.3 | 30.3 | 30.2 | 29.9 | 30.3 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 29.7 | 29.9 | 29 | 30 | 30 | 30 | 31.1 | 30.1 | 30.8 | 30.9 | 30.4 |
| 2537 | ระดับความที่ผิวหน้า | 30.1 | 28.9 | 30.4 | 28.2 | 29.4 | 27.9 | 29 | 27.6 | 30.4 | 28.3 | 30.2 | 28.4 | 30.1 | 28.2 | 30.2 | 28.3 | 29.7 | 28.3 | 30.2 | 28.3 | 30 | 28.5 |
| | ระดับความลึกที่ระดับล่าง | 30 | 28.3 | 30.9 | 28.1 | 29.2 | 27.9 | 28.7 | 27.5 | 30.5 | 28.3 | 30.1 | 28.3 | 30.1 | 28.2 | 30 | 28.3 | 29 | 28.3 | 30.1 | 28.3 | 29.9 | 28.2 |

เมื่อ ms คือ missing data

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข (ต่อ)

ความโปร่งใสของน้ำทะเลที่สถานีต่าง ๆบริเวณอ่าวไทยตอนในตั้งแต่ปี 2533-2537

| ปี | สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TCRM | | CPRM | | BPRM | | BSAN | | SIRA | | SCIE | | SEIW | | LCHH | | PTYA | | KLAI | | CTG | |
| | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน | ฤดูร้อน | ฤดูฝน |
| 2533 | ms | 0.5 | ms | 1 | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 4.5 | 2 | 4 | ms | 4.5 | ms | 5 | 7 | 7 | 3.5 | 5 | 4 | 6 | ms | ms |
| 2534 | 3 | 3 | 4 | 3.5 | 1 | 2 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 4 | 4.5 | 3.5 | 3 | 4 | 3.5 | 3 | 6 | 4 | ms | ms |
| 2535 | ms | 4 | ms | 3.5 | 1 | 3 | 2 | 2.5 | 2 | 3 | 3 | 7 | 5 | 12 | 3 | 5 | 3 | 4 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 2536 | 2.5 | 3 | 3 | 6 | 1 | 3 | 1.5 | 2.5 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 4 | 3 | 5 | 3 | 7 | 8 | 5 | 8 |
| 2537 | 5 | 4 | 1 | 4 | 0.8 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 3 | 6 | 7 | 11 | 8 | 5 | 7 | 3.5 | 6 | 10 | 9 | 4 | 7 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดง เปอร์เซ็นต์ Recovery ของปรอทในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต

% Recovery = [ปริมาณปรอทที่วัดได้ (3) * 100]/[ปริมาณปรอทใน(1)+ปริมาณปรอทที่เติมลงไป(2)]

| ปริมาณปรอทในตัวอย่าง (1) (ppm.) | ปริมาณปรอทที่เติมลงไป (2) (ppm.) | ปริมาณปรอทที่วัดได้ (3) (ppm.) | % Recovery |
|---|---|---|---|
| 0.0157 | 0.1 | 0.1159 | 100.18 |
| 0.015 | 0.1 | 0.1162 | 101.2 |
| 0.0144 | 0.1 | 0.1123 | 98.2 |
| 0.0538 | 0.1 | 0.143 | 93.4 |
| 0.0538 | 0.1 | 0.1464 | 95.32 |
| 0.055 | 0.1 | 0.1436 | 92.67 |

%Recovery เฉลี่ย = 96.82%

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.565

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดง เปอร์เซ็นต์ Recovery ของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต

% Recovery = [ปริมาณแคดเมียมที่วัดได้ (3) * 100]/[ปริมาณแคดเมียมใน(1)+ปริมาณแคดเมียมที่เติมลงไป(2)]

| ริมาณแคดเมียมในตัวอย่าง (1) (ppm.) | ปริมาณแคดเมียมที่เติมลงไป (2) (ppm.) | ปริมาณแคดเมียมที่วัดได้(3) (ppm.) | % Recovery |
|---|---|---|---|
| 0.0022 | 0.2 | 0.166 | 82.37 |
| 0.002 | 0.2 | 0.173 | 85.66 |
| 0.0028 | 0.2 | 0.1733 | 85.8 |
| 0.0023 | 0.2 | 0.176 | 87 |
| 0.0051 | 0.2 | 0.1805 | 87.98 |
| 0.0049 | 0.2 | 0.1765 | 86.14 |

%Recovery เฉลี่ย = 85.025%

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.902

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดง เปอร์เซ็นต์ Recovery ของตะกั่วในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต

% Recovery = [ปริมาณตะกั่วที่วัดได้ (3) * 100]/[ปริมาณตะกั่วใน(1)+ปริมาณตะกั่วที่เติมลงไป(2)]

| ริมาณตะกั่วในตัวอย่าง (1) (ppm.) | ปริมาณตะกั่วที่เติมลงไป (2) (ppm.) | ปริมาณตะกั่วที่วัดได้ (3) (ppm.) | % Recovery |
|---|---|---|---|
| 0.0168 | 0.2 | 0.1906 | 87.96 |
| 0.0172 | 0.2 | 0.2078 | 93.41 |
| 0.0172 | 0.2 | 0.1854 | 85.39 |
| 0.0166 | 0.2 | 0.1879 | 86.78 |
| 0.0138 | 0.2 | 0.1817 | 85 |
| 0.013 | 0.2 | 0.1921 | 90.2 |

%Recovery เฉลี่ย =88.12%

่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.203

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข (ต่อ)

แสดงการวัดความแม่นยำของปรอทในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

| จำนวนซ้ำ | ค่าที่วัดได้ (ppm.) |
|---|---|
| 1 | 0.078 |
| 2 | 0.045 |
| 3 | 0.044 |
| 4 | 0.045 |

ค่าเฉลี่ย = 0.045

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน = 0.0016

ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานสัมพัทธ์ = 0.0352

แสดงการวัดความแม่นยำของแคดเมียมในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

| จำนวนซ้ำ | ค่าที่วัดได้ (ppm.) |
|---|---|
| 1 | 0.364 |
| 2 | 0.302 |
| 3 | 0.347 |
| 4 | 0.333 |

ค่าเฉลี่ย = 0.336

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน = 0.026

ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานสัมพัทธ์ = 0.077

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข (ต่อ)

แสดงการวัดความแม่นยำของตะกั่วในตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

| จำนวนซ้ำ | ค่าที่วัดได้ (ppm.) |
|---|---|
| 1 | 0.56 |
| 2 | 0.512 |
| 3 | 0.524 |
| 4 | 0.537 |

ค่าเฉลี่ย = 0.533

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน = 0.02

ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานสัมพัทธ์ = 0.0375

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ Analysis of Variance ของดัชนีคุณภาพน้ำในระยะเวลา ฤดูกาล สถานี เก็บตัวอย่าง ระดับความลึก

DEP VAR: TEMP N: 204 MULTIPLE R: 0.534 SQUARED MULTIPLE R: 0.285

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 123.98 | 4 | 30.196 | 30.022 | 0.000 |
| STATION | 9.53 | 10 | 0.954 | 0.924 | 0.512 |
| STATUS | 130.993 | 1 | 130.993 | 129.879 | 0.000 |
| DEPTH | 1.351 | 1 | 1.351 | 1.308 | 0.254 |
| ERROR | | 187 | | | |

16 CASES DELETED DUE TO MISSING DATA.

DEP VAR: SAL N: 204 MULTIPLE R: 0.712 SQUARED MULTIPLE R: 0.507

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 494.532 | 4 | 123.633 | 39.575 | 0.000 |
| STATION | 107.225 | 10 | 10.722 | 3.432 | 0.000 |
| STATUS | 0.438 | 1 | 0.438 | 0.140 | 0.709 |
| DEPTH | 0.279 | 1 | 0.279 | 0.089 | 0.765 |
| ERROR | 584.195 | 187 | 3.124 | | |

16 CASES DELETED DUE TO MISSING DATA.

Press ENTER <-' or RETURN DEP VAR: DO N: 204 MULTIPLE R: 0.705 S

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 127.118 | 4 | 31.780 | 40.726 | 0.000 |
| STATION | 9.798 | 10 | 0.980 | 1.256 | 0.259 |
| STATUS | 2.193 | 1 | 2.193 | 2.810 | 0.095 |
| DEPTH | 2.000 | 1 | 2.000 | 2.563 | 0.111 |
| ERROR | 145.922 | 187 | 0.780 | | |

16 CASES DELETED DUE TO MISSING DATA.

DEP VAR: PH N: 204 MULTIPLE R: 0.493 SQUARED MULTIPLE R: 0.243

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 2.802 | 4 | 0.700 | 12.031 | 0.000 |
| STATION | 0.622 | 10 | 0.062 | 1.068 | 0.389 |
| STATUS | 0.005 | 1 | 0.005 | 0.094 | 0.760 |
| DEPTH | 0.005 | 1 | 0.005 | 0.084 | 0.772 |
| ERROR | 10.887 | 187 | 0.058 | | |

ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: TRAN N: 110 MULTIPLE R: 0.720 SQUARED MULTIPLE R: 0.518

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 115.984 | 4 | 28.996 | 7.953 | 0.000 |
| STATION | 233.446 | 10 | 23.345 | 6.403 | 0.000 |
| STATUS | 23.317 | 1 | 23.317 | 6.395 | 0.013 |
| ERROR | 342.722 | 94 | 3.646 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: TEMP N: 204 MULTIPLE R: 0.577 SQUARED MULTIPLE R: 0.333
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .326 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 1.206

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T | P(2 TAIL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSTANT | 32.954 | 0.342 | 0.000 | . | 96.383 | 0.000 |
| YEAR | -0.295 | 0.062 | -0.276 | 0.996 | -4.791 | 0.000 |
| STATUS | -1.537 | 0.169 | -0.524 | 0.996 | -9.077 | 0.000 |

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| REGRESSION | 146.135 | 2 | 73.067 | 50.202 | 0.000 |
| RESIDUAL | 292.549 | 201 | 1.455 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: SAL N: 204 MULTIPLE R: 0.272 SQUARED MULTIPLE R: 0.074
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .065 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 2.337

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T | P(2 TAIL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSTANT | 27.888 | 0.483 | 0.000 | . | 57.680 | 0.000 |
| YEAR | 0.480 | 0.120 | 0.274 | 0.984 | 3.998 | 0.000 |
| STATION | -0.020 | 0.054 | -0.025 | 0.984 | -0.370 | 0.712 |

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| REGRESSION | 87.366 | 2 | 43.683 | 8.000 | 0.000 |
| RESIDUAL | 1097.478 | 201 | 5.460 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: DO N: 204 MULTIPLE R: 0.021 SQUARED MULTIPLE R: 0.000
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .000 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 1.198

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T | P(2 TAIL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSTANT | 6.635 | 0.209 | 0.000 | . | 31.701 | 0.000 |
| YEAR | -0.018 | 0.061 | -0.021 | 1.000 | -0.294 | 0.769 |

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| REGRESSION | 0.124 | 1 | 0.124 | 0.086 | 0.769 |
| RESIDUAL | 289.881 | 202 | 1.435 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEP VAR: PH N: 204 MULTIPLE R: 0.125 SQUARED MULTIPLE R: 0.016
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .011 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.265

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T | P(2 TAIL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSTANT | 8.270 | 0.046 | 0.000 | . | 178.781 | 0.000 |
| YEAR | 0.024 | 0.014 | 0.125 | 1.000 | 1.794 | 0.074 |

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| REGRESSION | 0.226 | 1 | 0.226 | 3.218 | 0.074 |
| RESIDUAL | 14.161 | 202 | 0.070 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: PH N: 204 MULTIPLE R: 0.447 SQUARED MULTIPLE R: 0.200

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 2.872 | 4 | 0.718 | 12.410 | 0.000 |
| ERROR | 11.515 | 199 | 0.058 | | |

ess ENTER <-' or RETURN

EP VAR: TRAN N: 110 MULTIPLE R: 0.398 SQUARED MULTIPLE R: 0.158

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 112.638 | 4 | 28.159 | 4.943 | 0.001 |
| ERROR | 598.174 | 105 | 5.697 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: TEMP N: 204 MULTIPLE R: 0.487 SQUARED MULTIPLE R: 0.237

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 104.088 | 4 | 26.022 | 15.477 | 0.000 |
| ERROR | 334.596 | 199 | 1.681 | | |

DEP VAR: SAL N: 204 MULTIPLE R: 0.645 SQUARED MULTIPLE R: 0.415

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| YEAR | 492.245 | 4 | 123.061 | 35.358 | 0.000 |
| ERROR | 692.599 | 199 | 3.480 | | |

ess ENTER <-' or RETURN DEP VAR: DO N: 204 MULTIPLE R: 0.670 SQUARED MULTIPLE
0.449

ANALYSIS OF VARIANCE

| OURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| EAR | 130.096 | 4 | 32.524 | 40.475 | 0.000 |
| RROR | 159.909 | 199 | 0.804 | | |

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

DEP VAR: TRAN N: 110 MULTIPLE R: 0.425 SQUARED MULTIPLE R: 0.181
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .157 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 2.344

| VARIABLE | COEFFICIENT | STD ERROR | STD COEF | TOLERANCE | T | P(2 TAIL) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONSTANT | 0.088 | 0.951 | 0.000 | . | 0.093 | 0.926 |
| YEAR | 0.647 | 0.158 | 0.360 | 1.000 | 4.094 | 0.000 |
| STATUS | 0.897 | 0.447 | 0.176 | 1.000 | 2.006 | 0.047 |
| STATION | 0.115 | 0.070 | 0.143 | 1.000 | 1.631 | 0.106 |

ANALYSIS OF VARIANCE

| SOURCE | SUM-OF-SQUARES | DF | MEAN-SQUARE | F-RATIO | P |
|---|---|---|---|---|---|
| REGRESSION | 128.401 | 3 | 42.800 | 7.790 | 0.000 |
| RESIDUAL | 582.411 | 106 | 5.494 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

## การวิเคราะห์ผลทางสถิติ Analysis of Variance ของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต

Anova: Single Factor

SUMMARY

| *Groups* | *Count* | *Sum* | *Average* | *Variance* |
|---|---|---|---|---|
| ระดับของการบริโภค | 4 | 10 | 2.5 | 1.666666667 |
| ปรอท (ug/g) | 4 | 0.6423 | 0.160575 | 0.052757149 |

ANOVA

| *Source of Variation* | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *P-value* | *F crit* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ระหว่างtropic | 10.94581866 | 1 | 10.94581866 | 12.73196121 | 0.011809957 | 5.987374152 |
| Within Groups | 5.158271448 | 6 | 0.859711908 | | | |
| Total | 16.10409011 | 7 | | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

Anova: Single Factor

SUMMARY

| *Groups* | *Count* | *Sum* | *Average* | *Varianoe* |
|---|---|---|---|---|
| ระดับของการบริโภค | 4 | 10 | 2.5 | 1.666666667 |
| แคดเมียม (ug/g) | 4 | 33.887 | 8.47175 | 95.05168425 |

ANOVA

| *Source of Variation* | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *P-value* | *F crit* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 71.32359612 | 1 | 71.32359612 | 1.474872048 | 0.270202221 | 5.987374152 |
| Within Groups | 290.1550528 | 6 | 48.35917546 | | | |
| Total | 361.4786489 | 7 | | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค (ต่อ)

Anova: Single Factor

SUMMARY

| *Groups* | *Count* | *Sum* | *Average* | *Variance* |
|---|---|---|---|---|
| ระดับของการบริโภค | 4 | 10 | 2.5 | 1.666666667 |
| ตะกั่ว (ug/g) | 4 | 105.2567 | 26.314175 | 887.8191048 |

ANOVA

| *Source of Variation* | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *P-value* | *F crit* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1134.229862 | 1 | 1134.229862 | 2.550304678 | 0.161386646 | 5.987374152 |
| Within Groups | 2668.457314 | 6 | 444.7428857 | | | |
| Total | 3802.687176 | 7 | | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำทะเลปกติ และมาตราฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล เสนอแนะโดย EPA (1972)

| โลหะหนัก | ปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลปกติ (ug/l) | มาตราฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเล (ug/l) |
|---|---|---|
| Hg | 0.10 | 0.10 |
| Cu | 1.00 | 50 |
| Cd | 0.02 | 10 |
| Mn | 2 | 100 |
| Pb | 0.02 | 50 |
| Zn | 2.00 | 100 |

แหล่งที่มาของข้อมูล : คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง (ต่อ)

ระดับโลหะที่อนุญาติให้มีได้ในสัตว์ทะเล (ไมโครกรัมต่อกรัม)

| โลหะ | ซาอุดิอาระเบีย | ญี่ปุ่น | ออสเตรีย | ประชาคมยุโรป | ไทย |
|---|---|---|---|---|---|
| ปรอท (Hg) | 0.5 | 0.4** | 0.5 | | 0.5 |
| แคดเมียม (Cd) | | | 0.2*** | | |
| | | | 2**** | | |
| | | | 0.2***** | คิดเป็นน้ำหนัก | |
| ตะกั่ว (Pb) | 5 | | 1.5 | บริโภคต่อวัน | 1 |
| ทองแดง(Cu) | 10 | | 70****** | | 2 |
| สังกะสี (Zn) | 50 | | 10******* | | 100 |
| ดีบุก (Sn) | 250 | | | | 250 |
| อาซีนิก (As) | | | | | 2 |

หมายเหตุ * = มาตราฐานสำหรับอาหารนำเข้าและส่งออกอาหารทะเล

** = ยกเว้นฉนำและ sturgeon

*** = ปลาและผลิตภัณฑ์ปลา

**** = กุ้ง, กั้ง,ปู และผลิตภัณฑ์

***** = หมึกและหอย

******* = ผลิตภัณฑ์ประมงอื่น ๆ

แหล่งที่มาของข้อมูล : Permitted Additives แฟ้มข้อมูลสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง (ต่อ)

วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

| คุณภาพน้ำ (Parameter) | วิธีการตรวจสอบ |
|---|---|
| 1. วัตถุที่ลอยน้ำ (Floatable Oil and Grease) และสี (Colour) | สังเกตุบริเวณผิวน้ำ |
| 2. กลิ่น (Odour) | ดมกลิ่น |
| 3. อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature) | เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) วัดขณะเก็บตัวอย่าง |
| 4. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | เครื่อง pH-meter แบบ Eletrometric |
| 5. ความเค็ม (Salinity) | ใช้ Refractometer |
| 6. ความโปร่งใส (Transparency) | ใช้ Secchi Disc สีขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร |
| 7. ออกซิเจนละลาย (DO) | ใช้ Azide Modification |
| 8. ค่ารวมของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และโคลิฟอร์มแบคทีเรียชนิดฟีคอล | วิธี Multiple Tube Fermentation Technique |
| 9. ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO3-N) | วิธี Cadmium Reducetion |
| 10. ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO4-P) | วิธี Ascorbic Acid |
| 11. แคดเมียม, โครเมียม, และตะกั่ว | วิธี Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Flamless Technique |
| 12. ทองแดง, แมงกานีส, และเหล็ก | วิธี Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Flam Technique |
| 13. ค่ารวมของปรอท (Total Hg) | วิธี Atomic Absorption Cold Vapour Technique |

ภาคผนวก ง (ต่อ)

| คุณภาพน้ำ (Parameter) | วิธีการตรวจสอบ |
|---|---|
| 14. ฟลูออไรด์ (F) | วิธี Colorimetric SPADNS with Distillation Method |
| 15. คลอรีนตกค้าง (Residual Chlorine) | วิธี Iodometric |
| 16. ฟีนอล | วิธี Distillation, 4-Aminoantipyrene |
| 17. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3-N) | วิธี Distillation Nesslerization |
| 18. ซัลไฟด์ (Sulfide) | วิธี Colorimetric Methylene Blue |
| 19. ไซยาไนด์ (Cyanide) | วิธี Pyridine-Barbituric Acid |
| 20. ค่าพีซีบี (PCB) และค่าสารศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีนทั้งหมด | วิธี Gass Chromatrography |
| 21. กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) | วิธี Low Background Propotional Counter |

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ 2537)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง (ต่อ)

| ประเภทคุณภาพน้ำ | การใช้ประโยชน์ |
|---|---|
| ประเภทที่ 1 | คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการสงวนรักษาธรรมชาติ ได้แก่ น้ำทะเลซึ่งมีสภาพธรรมชาติ และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ<br>(ก) การศึกษาวิจัยหรือการสาธิตทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อม<br>(ข) การใช้ประโยชน์จากทัศนียภาพและธรรมชาติ หรือ<br>(ค) การจัดการและการอนุรักษ์ที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่สภาพแวดล้อม |
| ประเภทที่ 2 | คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง |
| ประเภทที่ 3 | คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่น ๆ นอกจากแหล่งปะการัง |
| ประเภทที่ 4 | คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง |
| ประเภทที่ 5 | คุณภาพน้ำเพื่อการว่ายน้ำ |
| ประเภทที่ 6 | คุณภาพน้ำเพื่อการกีฬาทางน้ำอย่างอื่นนอกจากการว่ายน้ำ |
| ประเภทที่ 7 | คุณภาพน้ำทะเลบริเวณแหล่งอุตสาหกรรม |

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ 2537)

ภาคผนวก ง (ต่อ)

## ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

| คุณภาพน้ำ | หน่วย | ประเภทที่ 1 เพื่อการสงวนรักษาธรรมชาติ | ประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง | ประเภทที่ 3 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่น ๆ | ประเภทที่ 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง | ประเภทที่ 5 เพื่อการว่ายน้ำ | ประเภทที่ 6 เพื่อการกีฬาทางน้ำอื่น ๆ | ประเภทที่ 7 บริเวณแหล่งอุตสาหกรรม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วัตถุที่ลอยน้ำ* (Floatable Solids) | - | ธ | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น |
| น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ (Floatable Oil & Grease) | - | ธ | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจมองไม่เห็น |
| สีและกลิ่น (Colour & Odour) | - | ธ | - | - | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ |
| อุณหภูมิ (Water Temp) | ซ (C°) | ธ | ≯ 33 | ≯ 33 | ≯ 33 | - | - | Δ ≯ 3 |
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH) | - | ธ | 7.5-8.9 | 7.0-8.5 | 7.0-8.5 | - | - | ** |
| ความเค็ม (Salinity) | ส่วนในพันส่วน (ppt) | ธ | 29-35 | Δ ≯ 10 % | Δ ≯ 10 % | - | | ** |
| ความโปร่งใส (Transparency) | เมตร (m) | ธ | Δ ≯ 10 % | Δ ≯ 10 % | Δ ≯ 10 % | Δ ≯ 10% | - | ** |
| ออกซิเจนละลาย (DO) | มก./ล. (mg/l) | ธ | ≮ 4 | ≮ 4 | ≮ 4 | - | - | ** |
| ค่ารวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (Total Coliform Bacteria) | เอ็มพีเอ็น / 100 มล. | ธ | - | - | ≯ 1000 | ≯ 1000 | - | - |
| โคลิฟอร์มแบคทีเรียชนิดพิคอล (Feacal Coliform Bacteria) | " | ธ | - | - | ธ | - | - | - |
| ไนเตรต-ไนโตรเจน ($NO_3$-N) | มก./ล. | ธ | ธ | ธ | - | - | - | ** |
| ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($PO_4$-P) | " | ธ | ธ | ธ | - | - | - | ** |
| ค่ารวมของปรอท (Total Hg) | " | ธ | ≯ 0.0001 | ≯ 0.0001 | ≯ 0.0001 | - | - | ≯ 0.0001 |
| แคดเมียม (Cd) | " | ธ | ≯ 0.005 | ≯ 0.005 | ≯ 0.005 | - | - | ≯ 0.005 |
| โครเมียม (Cr) | " | ธ | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | - | - | ** |
| โครเมียมเฮกซาวาเลนซ์ (Cr Hexavalent) | " | ธ | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | - | - | 0.1 |
| ตะกั่ว (Pb) | " | ธ | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | - | - | ** |
| ทองแดง (Cu) | " | ธ | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | - | - | ** |
| แมงกานีส (Mn) | " | ธ | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | - | - | ** |

ภาคผนวก ง (ต่อ)

| คุณภาพน้ำ | หน่วย | ประเภทที่ 1 เพื่อการสงวนรักษาธรรมชาติ | ประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง | ประเภทที่ 3 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่น ๆ | ประเภทที่ 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง | ประเภทที่ 5 เพื่อการว่ายน้ำ | ประเภทที่ 6 เพื่อการกีฬาทางน้ำอื่น ๆ | ประเภทที่ 7 บริเวณแหล่งอุตสาหกรรม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| สังกะสี (Zn) | มก./ล. | ธ | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | - | - | ** |
| เหล็ก (Fe) | " | ธ | ≯ 0.3 | ≯ 0.3 | ≯ 0.3 | - | - | ** |
| ฟลูออไรด์ (F) | " | ธ | ≯ 1.5 | ≯ 1.5 | ≯ 1.5 | - | - | ** |
| คลอรีนตกค้าง (Residual Chlorine) | " | ธ | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | - | - | ** |
| ฟีนอล (Phenol) | " | ธ | ≯ 0.03 | ≯ 0.03 | ≯ 0.03 | - | - | ** |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($NH_3$-N) | " | ธ | ≯ 0.4 | ≯ 0.4 | ≯ 0.4 | - | - | ** |
| ซัลไฟด์ (Sulfide) | " | ธ | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | - | - | ** |
| ไซยาไนด์ (CN) | " | ธ | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | ≯ 0.01 | - | - | ** |
| พีซีบี (PCB) | " | ธ | ธ | ธ | ธ | - | - | ** |
| ค่ารวมของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีน (Total Organochlorine Pesticides) | ไมโครกรัม/ล. (ug/l) | ธ | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | ≯ 0.05 | - | - | ** |
| กัมมันตภาพรังสี Radioactivity) | เบคเคอเรล/ล. (Becquerel /l) | | | | | | | |
| ค่าความแรงรังสีรวมแบบแอลฟา (∝-Gross) | | ธ | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | ≯ 0.1 | - | - | ** |
| ค่าความแรงรังสีรวมแบบเบตา*** (β-Gross) | | ธ | ≯ 1.0 | ≯ 1.0 | ≯ 1.0 | - | - | ** |

หมายเหตุ △ =เปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ
** =จะกำหนดตามความจำเป็น
≯ =ไม่มากกว่า
*** =ไม่รวมค่าโปตัสเซียม 40 ตามธรรมชาติ
• =ไม่รวมวัตถุลอยน้ำที่เกิดตามธรรมชาติ
ธ =ธรรมชาติ
≮ =ไม่น้อยกว่า

**แหล่งที่มาของข้อมูล** : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน เรื่องการกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล ลงวันที่ 7 มิถุนายน 2534

# ประวัติผู้เขียน

นางสาว ปิยะนารถ ตุ้มวอน เกิดวันที่ 19 มีนาคม 2515 ที่ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่ ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ในปีการศึกษา 2537

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย