

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จินตนา สายวรรณ. 2544. การศึกษาการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำทิ้งโรงงานชุบโครเมียมโดยใช้ Polyelectrolyte. รายงานฉบับสมบูรณ์ วิทยาลัยปิโตรเลียม และ ปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เขาวนุช สุจริตธรรม. 2536. การตกผลึกโครเมียมจากน้ำเสียฟอกหนังโดยการบำบัดด้วยค่าंग. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อริชัย นพแก้ว. 2539. การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับโลหะหนักจากน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านบ่อเก็บกัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญชลี จันทวรรณกุล. 2535. การกำจัดโครเมียมโดยการตกผลึกในกระบวนการฟลูอิดไครซ์เบด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Akram H. Md.; David R. Y.. 1998. Modeling contaminant transport in groundwater: an optimized finite element method. Applied Mathematics and Computation (New York), V96 No.1 : 89-100.

American Society for Testing Materials. 1996. Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by Aqueous Phase Isotherm Technique. D3860 – 89a, Annual Book of ASTM Standard, Section 15 V15.01.

- Aoki T., and M. Munemori, (1982), Recovery of Chromium(VI) from Wastewaters with Iron(III)Hydroxide-I: Adsorption Mechanism of Chromium(VI) on Iron(III)Hydroxide, Water Reserch, Vol. 16, pp.793-796.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. 3111B. Direct Air-Acetylene Flame Method. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 19th ed.: 3.13-3.16.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. 3500-Cr D. Colorimetric Method. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 19th ed.: 3.59-3.60.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. 4500-Br B. Phenol Red Colorimetric Method. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 19th ed.: 4.11-4.12.
- APHA, AWWA and WEF. 4500-H⁺ B. Electrometric Method. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. 19th ed.: 4.65-4.69.
- Buerge, I. J. and Hug, S. J. 1999. Influence of Mineral Surfaces on Chromium(VI) Reduction by Iron(II), Environment Science & Technology. V31 No.12: 4285-4291.
- Charoensrisomchit A. 1998. Removal of Chromium in Electroplating Wastewater by Sodium Metabisulfite and Potassium Hydroxide. M.D. Thesis, Department of Science in Environmental Sanitation, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.
- Eary L.E. and Rai D. 1998. Chromate Removal from Aqueous Wastes by Reduction with Ferrous, Environment Science & Technology. V22 No.8: 972-977.
- Khaothiar S. 1997. Removal of Chromium, Copper, and Arsenic from Contaminated Groundwater Using Iron-Oxide Composite Adsorbents. Ph. D. Thesis. Department of Civil Engineering, Oregon State University: Corvallis, OR.

- Khemarath O.. 2001. Multi-Metal Equilibrium Sorption and Transport Modeling for Copper, Chromium, and Arsenic in an Iron Oxide-coated sand, Synthetic Groundwater System. Ph. D. Oregon State University.
- Kim J. I. 1976. Adsorption of Chromium on Activated carbon. Doctoral Degree Dissertation. University of Florida.
- Lawniczak L. S.; Lecomte P.; Ehrhardt J. J.. 2001. Behavior of Hexavalent Chromium in a Polluted Groundwater: Redox Processes and Immobilization in soils. Environment Science and Technology. V35 No.7: 1350-1357.
- Lee S-Z; Chang L.; Ehrlich R. S..1990. Relationship between adsorption of Cr(VI) and soil Properties. Journal of Environment Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. V34 No.4: 809-833.
- Nelson P. O. 1995. Adsorption and Fate of Metals in Wastewater and Soils. A Short Course Presented for Chula Unisearch, Chulalongkorn University.
- Philip B. B.; Hanad S. R.; Charles J. N.. 1994. Groundwater Contamination Transport and Remediation. Prentice-Hall, Inc.
- Quagliano J. V. 1963. Chemistry. Prentice-Hall.
- Rai D. and Zachara J. M. 1986. Geochemical Behavior of Chromium Species. Electric Power Research Institute, Palo Alto. CA.
- Randall J. C.. 2000. Groundwater Hydraulics and Pollutant Transport. Prentice-Hall, Inc.
- Reger D. L., Goode S. R., and Mecer E. E.. 1997. Chemistry Principle & Practice. Sander College Publishing.


- Robert W. P.; Clark D. A.; Paul C. J.; Vardy J..1994. Transport and Transformation of Hexavalent Chromium through soil and into Groundwater. Journal of Soil Contamination. V3 No.2: 203-224.
- Rollinson C. L. 1973. The Chemistry of Chromium, Molybdenum and Tungsten. Pergamon Press.
- Ward N. E.; Bassett R. L..1990. Adsorption of Hexavalent Chromium on Kaolinite and Illite. Trace Substances in Environment Health: Proceeding of University of Missouri's Annual Conference on Trace Substances in Environment Health, 24th Annual Conference on Trace Substances in Environment Health and the Annual Meeting of the Society for Environment Geochemistry and Health-SEGH, Cincinnati, OH, USA: 193-206
- Zachara J.M., Girvin, D.C., Schmidt, R.L., and Resch, C.T., (1987), Chromate Adsorption on Amorphous Iron Oxide in the Presence of Major Groundwater Ions. Environmental Science and Technology, Vol. 21, pp. 589-594.
- Zachara J.M., Ainsworth, C.C., Cowan, C.E., and Resch, C.T., (1989), Adsorption of Chromate by Subsurface Soil Horizons, Soil Science Society of America Journal, Vol. 53, pp. 418-428.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
ผลการศึกษavela สัมผัสที่เหมาะสมในการดูฉบับโครเมียม
ด้วยตัวอย่างดิน


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก. 1 ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียมด้วยตัวอย่างดิน เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	pH 4				
	นน.ดิน(ก.)	Co (มก./ล.)	C (มก./ล.)	x	%Adsorption
1	1.0003	15.00	13.72469139	1.275308607	8.502057383
2	1.0018	15.00	13.70414135	1.295858654	8.639057696
3	1.0029	15.00	13.978827	1.021172998	6.807819989
4	1.0081	15.00	14.05083226	0.949167741	6.327784942
5	1.0041	15.00	14.32383388	0.676166119	4.507774126
6	1.001	15.00	14.07792687	0.922073127	6.147154179
8	1.0075	15.00	13.91500308	1.084996923	7.233312821
10	1.0055	15.00	13.94268086	1.057319145	7.048794298
12	1.002	15.00	13.99138283	1.008617166	6.724114438
16	1.0092	15.00	14.03551724	0.964482759	6.429885057
20	1.0035	15.00	13.97046896	1.029531041	6.863540276
24	1.004	15.00	13.96351155	1.036488446	6.909922975
36	1.003	15.00	14.12227717	0.877722832	5.851485543
48	1.003	15.00	14.26712104	0.732878963	4.885859754
60	1.0024	15.00	14.3481261	0.651873903	4.345826018
72	1.005	15.00	14.09417313	0.905826866	6.038845771
84	1.003	15.00	13.90501137	1.094988634	7.299924227
96	1.0069	15.00	13.70687059	1.293129407	8.620862714
120	1.0076	15.00	13.62525685	1.374743152	9.164954347

ตารางที่ ก. 2 ผลการศึกษาเวลาสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียมด้วยตัวอย่างดิน เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมียมเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 8 ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	pH 8				
	นน.ดิน(ก.)	Co (มก./ล.)	C (มก./ล.)	x	%Adsorption
1	1.0094	15.00	14.03273628	0.967263721	6.448424807
2	1.0065	15.00	14.00099831	0.999001689	6.66001126
3	1.0052	15.00	14.09136888	0.908631118	6.057540788
4	1.003	15.00	14.26712104	0.732878963	4.885859754
5	1.0045	15.00	14.31813001	0.681869985	4.5457999
6	1.0077	15.00	14.34474625	0.655253746	4.368358308
8	1.002	15.00	14.28135968	0.718640319	4.790935462
10	1.0025	15.00	14.1293207	0.870679302	5.804528678
12	1.0041	15.00	14.1068061	0.893193905	5.954626033
16	1.0072	15.00	14.20762748	0.792372518	5.282483452
20	1.0056	15.00	14.23023309	0.769766905	5.131779369
24	1.0052	15.00	14.23589574	0.764104258	5.094028386
36	1.007	15.00	14.21044926	0.789550745	5.263671632
48	1.0002	15.00	14.37968566	0.620314337	4.135428914
60	1.0053	15.00	14.45124838	0.548751616	3.65834411
72	1.0083	15.00	14.33621025	0.663789745	4.425264967
84	1.0071	15.00	14.13691113	0.863088869	5.753925794
96	1.0027	15.00	13.90917164	1.090828363	7.272189089
120	1.0096	15.00	13.81411094	1.185889065	7.9059271



ภาคผนวก ข.

ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมการดูดซับ (Adsorption Isotherm) ของการดูดซับ
โครเมียมด้วยตัวอย่างดิน โดยการทดลองแบบแบตช์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข. 1 ผลการศึกษาดังสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินที่พีเอช 4 เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมง ในการกำจัดโครเมียมในสารละลายโครเมียมสังเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 1, 10, 20 และ 40 กรัม ที่ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 15 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวอย่างดินในปริมาณต่างๆ

m (g)	Co	Ce	Ce Avg	x	Q=(x/m)	Q Avg	1/Ce	1/Q	LogCe	LogQ
1.1349	12.69	10.3777		2.3122	0.1019					
1.1029	12.69	11.8069	11.7684	0.8831	0.0400	0.0416	0.0850	24.0646	1.0707	-1.3814
1.1143	12.69	11.7300		0.9600	0.0431					
10.0046	12.69	3.4182		9.2718	0.0463					
10.0290	12.69	3.3316	3.4500	9.3584	0.0467	0.0461	0.2899	21.6730	0.5378	-1.3360
10.0119	12.69	3.6003		9.0897	0.0454					
20.0256	12.69	0.6568		12.0332	0.0300					
20.0530	12.69	0.3536	0.5371	12.3364	0.0308	0.0303	1.8618	32.9490	-0.2699	-1.5178
20.0170	12.69	0.4174		12.2726	0.0307					
40.1800	12.69	0.1368		12.5532	0.0156					
40.0138	12.69	0.1147	0.1203	12.5753	0.0157	0.0157	8.3137	63.7717	-0.9198	-1.8046
40.0456	12.69	0.1093		12.5807	0.0157					

ตารางที่ ข. 2 ผลการศึกษาดังสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินที่เอช 5 เวลาสัมพัทธ์ 120 ชั่วโมง ในการกำจัดโครเมียมในสารละลายโครเมียมสังเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 1, 10, 20 และ 40 กรัม ที่ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 15 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวอย่างดินในปริมาณต่างๆ

m (g)	Co	Ce	Ce Avg	x	Q=(x/m)	Q Avg	1/Ce	1/Q	LogCe	LogQ
1.0989	12.6365	12.0211		0.6154	0.0280					
1.0934	12.6365	11.9207	11.9504	0.7158	0.0327	0.0312	0.0837	32.0635	1.0774	-1.5060
1.1071	12.6365	11.9095		0.7270	0.0328					
10.0354	12.6365	5.4672		7.1693	0.0357					
10.0533	12.6365	5.5231	5.4453	7.1134	0.0354	0.0358	0.1836	27.8973	0.7360	-1.4456
10.0043	12.6365	5.3456		7.2909	0.0364					
20.0459	12.6365	1.4172		11.2193	0.0280					
20.0458	12.6365	0.8893	1.3334	11.7472	0.0293	0.0282	0.7500	35.4674	0.1249	-1.5498
20.0435	12.6365	1.2495		11.3870	0.0284					
40.0136	12.6365	0.0690		12.5675	0.0157					
40.0388	12.6365	0.1423	0.1399	12.4942	0.0156	0.0156	7.1475	64.0515	-0.8542	-1.8065
40.0037	12.6365	0.1375		12.4990	0.0156					

ตารางที่ ข. 3 ผลการศึกษาดังกล่าวใช้เพื่อประเมินการดูดซับของตัวอย่างดินที่พีเอช 6 เวลาสัมผัส 120 ชั่วโมง ในการกำจัดโครเมียมในสารละลายโครเมียมสังเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 1, 10, 20 และ 40 กรัม ที่ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 15 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวอย่างดินในปริมาณต่างๆ

m (g)	Co	Ce	Ce Avg	x	Q=(x/m)	Q Avg	1/Ce	1/Q	LogCe	LogQ
1.2331	11.5308	11.3256		0.2052	0.0083					
1.2410	11.5308	11.2978	11.3140	0.2330	0.0094	0.0088	0.0884	113.5217	1.0536	-2.0551
1.2170	11.5308	11.3185		0.2123	0.0087					
10.0020	11.5307	9.7185		1.8122	0.0091					
10.0194	11.5307	9.7088	9.7073	1.8219	0.0091	0.0091	0.1030	109.7783	0.9871	-2.0405
10.0030	11.5307	9.6947		1.8360	0.0092					
20.0677	11.5307	8.1025		3.4282	0.0085					
20.0182	11.5307	8.0912	8.0931	3.4395	0.0086	0.0086	0.1236	116.6711	0.9081	-2.0670
20.0745	11.5307	8.0855		3.4452	0.0086					
40.0867	11.5307	5.4012		6.1295	0.0076					
40.0194	11.5307	5.3256	5.3737	6.2051	0.0078	0.0077	0.1861	129.8884	0.7303	-2.1136
40.0949	11.5307	5.3944		6.1363	0.0077					

ตารางที่ ข. 4 ผลการศึกษาถึงสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินที่พีเอช 7 เวลาสัมพัทธ์ 120 ชั่วโมง ในการกำจัดโครเมียมในสารละลายโครเมียมสังเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 1, 10, 20 และ 40 กรัม ที่ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 15 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวอย่างดินใน

ปริมาณต่างๆ

m (g)	Co	Ce	Ce Avg	x	Q=(x/m)	Q Avg	1/Ce	1/Q	LogCe	LogQ
0.9684	10.9587	10.8208		0.1379	0.0071					
0.9481	10.9587	10.7864	10.8036	0.1723	0.0091	0.0081	0.0926	123.4284	1.0336	-2.0914
0.9333	10.9587	10.3123		0.6463	0.0346					
10.0627	10.9587	9.3721		1.5866	0.0079					
10.0049	10.9587	9.3870	9.3796	1.5717	0.0079	0.0079	0.1066	127.0818	0.9722	-2.1041
10.0151	10.9587	9.6162		1.3425	0.0067					
20.0545	10.9587	7.9048		3.0539	0.0076					
20.0156	10.9587	7.8730	7.9150	3.0857	0.0077	0.0076	0.1263	131.6505	0.8985	-2.1194
20.0352	10.9587	7.9672		2.9915	0.0075					
40.0456	10.9587	5.4171		5.5416	0.0069					
40.0536	10.9587	5.5193	5.4162	5.4394	0.0068	0.0069	0.1846	144.5518	0.7337	-2.1600
40.0757	10.9587	5.3123		5.6464	0.0070					

ตารางที่ ข. 5 ผลการศึกษาดังสมการไอโซเทอมของการดูดซับของตัวอย่างดินที่เอช 8 เวลาสัมพัทธ์ 120 ชั่วโมง ในการกำจัดโครเมียมในสารละลายโครเมียมสังเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 1, 10, 20 และ 40 กรัม ที่ความเข้มข้นของสารละลายโครเมียม 15 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ตัวอย่างดินในปริมาณต่างๆ


m (g)	Co	Ce	Ce Avg	x	Q=(x/m)	Q Avg	1/Ce	1/Q	LogCe	LogQ
0.9262	10.8021	10.6775		0.1246	0.0067					
0.9270	10.8021	10.6534	10.6637	0.1487	0.0080	0.0074	0.0938	134.3220	1.0279	-2.1281
0.9359	10.8021	10.6602		0.1420	0.0076					
10.0020	10.8020	9.7526		1.0494	0.0052					
10.0194	10.8020	9.5054	9.5069	1.2966	0.0065	0.0065	0.1052	154.5953	0.9780	-2.1892
10.0030	10.8020	9.5083		1.2937	0.0065					
20.0677	10.8020	8.3147		2.4873	0.0062					
20.0182	10.8020	8.3846	8.2845	2.4174	0.0060	0.0063	0.1207	159.3163	0.9183	-2.2023
20.0745	10.8020	8.1541		2.6479	0.0066					
40.0867	10.8020	6.6458		4.1562	0.0052					
40.0194	10.8020	6.7985	6.7222	4.0035	0.0050	0.0051	0.1488	196.3486	0.8275	-2.2930
40.0949	10.8020	0.0000		10.8020	0.0135					

โดยที่

m	น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)
Co	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมต (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Ce	ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตหลังทำการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
x	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้นกับความเข้มข้นหลังทำการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Q	ความสามารถในการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมโครเมตต่อกรัมตัวอย่างดิน)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.
การหาค่าพารามิเตอร์ของการดูดซับ(Adsorption Parameter)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ค่าพารามิเตอร์ของการดูดซับที่หาได้จากสมการไอโซเทอมของการดูดซับ ที่สภาวะพีเอช
ต่างๆ

pH	สมการไอโซเทอมของการดูดซับ	a	b
4	$1/Q = 4.9967(1/C_e) + 22.437$	0.04457	4.4903
5	$1/Q = 4.7592(1/C_e) + 30.156$	0.03316	6.3365
6	$1/Q = 193.15(1/C_e) + 93.271$	0.0107	0.4829
7	$1/Q = 227.49(1/C_e) + 102.66$	0.0097	0.4532
8	$1/Q = 1064.8(1/C_e) + 36.449$	0.02744	0.0342

โดยที่

- Q ความสามารถในการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดิน
(มิลลิกรัม โครเมตต่อกรัมของตัวอย่างดิน)
- Ce ความเข้มข้นของสารละลายโครเมตหลังจากทำการทดลอง
(มิลลิกรัมต่อลิตร)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง.

การศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ผลการทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยแทนค่า
สมการไอโซเทอมด้วยค่า Q และ Ce และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 4

Ce	Q4	1/Ce	1/Q4
0.0000	22.4370	0.0000	0.0446
0.1000	22.9367	10.0000	0.0436
0.2000	23.4363	5.0000	0.0427
0.3000	23.9360	3.3333	0.0418
0.4000	24.4357	2.5000	0.0409
0.5000	24.9354	2.0000	0.0401
0.6000	25.4350	1.6667	0.0393
0.7000	25.9347	1.4286	0.0386
0.8000	26.4344	1.2500	0.0378
0.9000	26.9340	1.1111	0.0371
1.0000	27.4337	1.0000	0.0365
2.0000	32.4304	0.5000	0.0308
3.0000	37.4271	0.3333	0.0267
4.0000	42.4238	0.2500	0.0236
5.0000	47.4205	0.2000	0.0211
6.0000	52.4172	0.1667	0.0191
7.0000	57.4139	0.1429	0.0174
8.0000	62.4106	0.1250	0.0160
9.0000	67.4073	0.1111	0.0148
10.0000	72.4040	0.1000	0.0138
11.0000	77.4007	0.0909	0.0129
12.0000	82.3974	0.0833	0.0121
13.0000	87.3941	0.0769	0.0114
14.0000	92.3908	0.0714	0.0108
15.0000	97.3875	0.0667	0.0103

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

Ce	Q4	1/Ce	1/Q4
16.0000	102.3842	0.0625	0.0098
17.0000	107.3809	0.0588	0.0093
18.0000	112.3776	0.0556	0.0089
19.0000	117.3743	0.0526	0.0085
20.0000	122.3710	0.0500	0.0082
21.0000	127.3677	0.0476	0.0079
22.0000	132.3644	0.0455	0.0076
23.0000	137.3611	0.0435	0.0073
24.0000	142.3578	0.0417	0.0070
25.0000	147.3545	0.0400	0.0068
26.0000	152.3512	0.0385	0.0066
27.0000	157.3479	0.0370	0.0064
28.0000	162.3446	0.0357	0.0062
29.0000	167.3413	0.0345	0.0060
30.0000	172.3380	0.0333	0.0058
31.0000	177.3347	0.0323	0.0056
32.0000	182.3314	0.0313	0.0055
33.0000	187.3281	0.0303	0.0053
34.0000	192.3248	0.0294	0.0052
35.0000	197.3215	0.0286	0.0051
36.0000	202.3182	0.0278	0.0049
37.0000	207.3149	0.0270	0.0048
38.0000	212.3116	0.0263	0.0047
39.0000	217.3083	0.0256	0.0046
40.0000	222.3050	0.0250	0.0045

ตารางที่ ง.2 ผลการทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยแทนค่า
สมการไอโซเทอมด้วยค่า Q และ C_e และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 5

Ce	Q5	1/Ce	1/Q5
0.0000	30.1560	0.0000	0.0332
0.1000	30.6313	10.0000	0.0326
0.2000	31.1066	5.0000	0.0321
0.3000	31.5819	3.3333	0.0317
0.4000	32.0572	2.5000	0.0312
0.5000	32.5325	2.0000	0.0307
0.6000	33.0077	1.6667	0.0303
0.7000	33.4830	1.4286	0.0299
0.8000	33.9583	1.2500	0.0294
0.9000	34.4336	1.1111	0.0290
1.0000	34.9089	1.0000	0.0286
2.0000	39.6618	0.5000	0.0252
3.0000	44.4147	0.3333	0.0225
4.0000	49.1676	0.2500	0.0203
5.0000	53.9205	0.2000	0.0185
6.0000	58.6734	0.1667	0.0170
7.0000	63.4263	0.1429	0.0158
8.0000	68.1792	0.1250	0.0147
9.0000	72.9321	0.1111	0.0137
10.0000	77.6850	0.1000	0.0129
11.0000	82.4379	0.0909	0.0121
12.0000	87.1908	0.0833	0.0115
13.0000	91.9437	0.0769	0.0109
14.0000	96.6966	0.0714	0.0103
15.0000	101.4495	0.0667	0.0099

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

Ce	Q5	1/Ce	1/Q5
16.0000	106.2024	0.0625	0.0094
17.0000	110.9553	0.0588	0.0090
18.0000	115.7082	0.0556	0.0086
19.0000	120.4611	0.0526	0.0083
20.0000	125.2140	0.0500	0.0080
21.0000	129.9669	0.0476	0.0077
22.0000	134.7198	0.0455	0.0074
23.0000	139.4727	0.0435	0.0072
24.0000	144.2256	0.0417	0.0069
25.0000	148.9785	0.0400	0.0067
26.0000	153.7314	0.0385	0.0065
27.0000	158.4843	0.0370	0.0063
28.0000	163.2372	0.0357	0.0061
29.0000	167.9901	0.0345	0.0060
30.0000	172.7430	0.0333	0.0058
31.0000	177.4959	0.0323	0.0056
32.0000	182.2488	0.0313	0.0055
33.0000	187.0017	0.0303	0.0053
34.0000	191.7546	0.0294	0.0052
35.0000	196.5075	0.0286	0.0051
36.0000	201.2604	0.0278	0.0050
37.0000	206.0133	0.0270	0.0049
38.0000	210.7662	0.0263	0.0047
39.0000	215.5191	0.0256	0.0046
40.0000	220.2720	0.0250	0.0045

ตารางที่ ๓.3 ผลการทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยแทนค่า
สมการไอโซเทอมด้วยค่า Q และ C_e และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 6

Ce	Q6	1/Ce	1/Q6
0.0000	93.2710	0.0000	0.0107
0.1000	112.5860	10.0000	0.0089
0.2000	131.9010	5.0000	0.0076
0.3000	151.2160	3.3333	0.0066
0.4000	170.5310	2.5000	0.0059
0.5000	189.8460	2.0000	0.0053
0.6000	209.1610	1.6667	0.0048
0.7000	228.4760	1.4286	0.0044
0.8000	247.7910	1.2500	0.0040
0.9000	267.1060	1.1111	0.0037
1.0000	286.4210	1.0000	0.0035
2.0000	479.5710	0.5000	0.0021
3.0000	672.7210	0.3333	0.0015
4.0000	865.8710	0.2500	0.0012
5.0000	1059.0210	0.2000	0.0009
6.0000	1252.1710	0.1667	0.0008
7.0000	1445.3210	0.1429	0.0007
8.0000	1638.4710	0.1250	0.0006
9.0000	1831.6210	0.1111	0.0005
10.0000	2024.7710	0.1000	0.0005
11.0000	2217.9210	0.0909	0.0005
12.0000	2411.0710	0.0833	0.0004
13.0000	2604.2210	0.0769	0.0004
14.0000	2797.3710	0.0714	0.0004
15.0000	2990.5210	0.0667	0.0003

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ)

Ce	Q6	1/Ce	1/Q6
16.0000	3183.6710	0.0625	0.0003
17.0000	3376.8210	0.0588	0.0003
18.0000	3569.9710	0.0556	0.0003
19.0000	3763.1210	0.0526	0.0003
20.0000	3956.2710	0.0500	0.0003
21.0000	4149.4210	0.0476	0.0002
22.0000	4342.5710	0.0455	0.0002
23.0000	4535.7210	0.0435	0.0002
24.0000	4728.8710	0.0417	0.0002
25.0000	4922.0210	0.0400	0.0002
26.0000	5115.1710	0.0385	0.0002
27.0000	5308.3210	0.0370	0.0002
28.0000	5501.4710	0.0357	0.0002
29.0000	5694.6210	0.0345	0.0002
30.0000	5887.7710	0.0333	0.0002
31.0000	6080.9210	0.0323	0.0002
32.0000	6274.0710	0.0313	0.0002
33.0000	6467.2210	0.0303	0.0002
34.0000	6660.3710	0.0294	0.0002
35.0000	6853.5210	0.0286	0.0001
36.0000	7046.6710	0.0278	0.0001
37.0000	7239.8210	0.0270	0.0001
38.0000	7432.9710	0.0263	0.0001
39.0000	7626.1210	0.0256	0.0001
40.0000	7819.2710	0.0250	0.0001

ตารางที่ ง.4 ผลการทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยแทนค่าสมการไอโซเทอมด้วยค่า Q และ Ce และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 7

Ce	Q7	1/Ce	1/Q7
0.0000	102.6600	0.0000	0.0097
0.1000	125.4090	10.0000	0.0080
0.2000	148.1580	5.0000	0.0067
0.3000	170.9070	3.3333	0.0059
0.4000	193.6560	2.5000	0.0052
0.5000	216.4050	2.0000	0.0046
0.6000	239.1540	1.6667	0.0042
0.7000	261.9030	1.4286	0.0038
0.8000	284.6520	1.2500	0.0035
0.9000	307.4010	1.1111	0.0033
1.0000	330.1500	1.0000	0.0030
2.0000	557.6400	0.5000	0.0018
3.0000	785.1300	0.3333	0.0013
4.0000	1012.6200	0.2500	0.0010
5.0000	1240.1100	0.2000	0.0008
6.0000	1467.6000	0.1667	0.0007
7.0000	1695.0900	0.1429	0.0006
8.0000	1922.5800	0.1250	0.0005
9.0000	2150.0700	0.1111	0.0005
10.0000	2377.5600	0.1000	0.0004
11.0000	2605.0500	0.0909	0.0004
12.0000	2832.5400	0.0833	0.0004
13.0000	3060.0300	0.0769	0.0003
14.0000	3287.5200	0.0714	0.0003
15.0000	3515.0100	0.0667	0.0003

ตารางที่ ง.4 (ต่อ)

Ce	Q7	1/Ce	1/Q7
16.0000	3742.5000	0.0625	0.0003
17.0000	3969.9900	0.0588	0.0003
18.0000	4197.4800	0.0556	0.0002
19.0000	4424.9700	0.0526	0.0002
20.0000	4652.4600	0.0500	0.0002
21.0000	4879.9500	0.0476	0.0002
22.0000	5107.4400	0.0455	0.0002
23.0000	5334.9300	0.0435	0.0002
24.0000	5562.4200	0.0417	0.0002
25.0000	5789.9100	0.0400	0.0002
26.0000	6017.4000	0.0385	0.0002
27.0000	6244.8900	0.0370	0.0002
28.0000	6472.3800	0.0357	0.0002
29.0000	6699.8700	0.0345	0.0001
30.0000	6927.3600	0.0333	0.0001
31.0000	7154.8500	0.0323	0.0001
32.0000	7382.3400	0.0313	0.0001
33.0000	7609.8300	0.0303	0.0001
34.0000	7837.3200	0.0294	0.0001
35.0000	8064.8100	0.0286	0.0001
36.0000	8292.3000	0.0278	0.0001
37.0000	8519.7900	0.0270	0.0001
38.0000	8747.2800	0.0263	0.0001
39.0000	8974.7700	0.0256	0.0001
40.0000	9202.2600	0.0250	0.0001

ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยแทนค่า
สมการไอโซเทอมด้วยค่า Q และ Ce และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่พีเอช 8

Ce	Q8	1/Ce	1/Q8
0.0000	36.4490	0.0000	0.0274
0.1000	142.9290	10.0000	0.0070
0.2000	249.4090	5.0000	0.0040
0.3000	355.8890	3.3333	0.0028
0.4000	462.3690	2.5000	0.0022
0.5000	568.8490	2.0000	0.0018
0.6000	675.3290	1.6667	0.0015
0.7000	781.8090	1.4286	0.0013
0.8000	888.2890	1.2500	0.0011
0.9000	994.7690	1.1111	0.0010
1.0000	1101.2490	1.0000	0.0009
2.0000	2166.0490	0.5000	0.0005
3.0000	3230.8490	0.3333	0.0003
4.0000	4295.6490	0.2500	0.0002
5.0000	5360.4490	0.2000	0.0002
6.0000	6425.2490	0.1667	0.0002
7.0000	7490.0490	0.1429	0.0001
8.0000	8554.8490	0.1250	0.0001
9.0000	9619.6490	0.1111	0.0001
10.0000	10684.4490	0.1000	0.0001
11.0000	11749.2490	0.0909	0.0001
12.0000	12814.0490	0.0833	0.0001
13.0000	13878.8490	0.0769	0.0001
14.0000	14943.6490	0.0714	0.0001
15.0000	16008.4490	0.0667	0.0001

ตารางที่ ๓.5 (ต่อ)

Ce	Q8	1/Ce	1/Q8
16.0000	17073.2490	0.0625	0.0001
17.0000	18138.0490	0.0588	0.0001
18.0000	19202.8490	0.0556	0.0001
19.0000	20267.6490	0.0526	0.0000
20.0000	21332.4490	0.0500	0.0000
21.0000	22397.2490	0.0476	0.0000
22.0000	23462.0490	0.0455	0.0000
23.0000	24526.8490	0.0435	0.0000
24.0000	25591.6490	0.0417	0.0000
25.0000	26656.4490	0.0400	0.0000
26.0000	27721.2490	0.0385	0.0000
27.0000	28786.0490	0.0370	0.0000
28.0000	29850.8490	0.0357	0.0000
29.0000	30915.6490	0.0345	0.0000
30.0000	31980.4490	0.0333	0.0000
31.0000	33045.2490	0.0323	0.0000
32.0000	34110.0490	0.0313	0.0000
33.0000	35174.8490	0.0303	0.0000
34.0000	36239.6490	0.0294	0.0000
35.0000	37304.4490	0.0286	0.0000
36.0000	38369.2490	0.0278	0.0000
37.0000	39434.0490	0.0270	0.0000
38.0000	40498.8490	0.0263	0.0000
39.0000	41563.6490	0.0256	0.0000
40.0000	42628.4490	0.0250	0.0000

ภาคผนวก จ.

การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient) ของตัวอย่างดิน
ด้วยการทดลองแบบคอลัมน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ผลการศึกษาการทดลองแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายโบรไมด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดคอลัมน์ที่หนึ่ง

เวลาที่เก็บตย. (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์		ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C/Co
	มิลลิลิตร	Pore volume		
0	0	0.0000	0	0.0000
0.5	5.065	0.1562	0	0.0000
1	10.13	0.3124	0.01	0.0010
1.5	15.195	0.4685	2.19	0.2166
2.25	22.7925	0.7028	4.58	0.4530
3	30.39	0.9371	6.21	0.6142
4	40.52	1.2495	7.46	0.7379
5	50.65	1.5618	7.89	0.7804
5.75	58.2475	1.7961	8.39	0.8299
7	70.91	2.1866	8.7	0.8605
8	81.04	2.4989	9.03	0.8932
10.25	103.8325	3.2017	9.47	0.9367
11	111.43	3.4360	9.71	0.9604
13	131.69	4.0607	9.81	0.9703
14.5	146.885	4.5293	10.11	1.0000
20.5	207.665	6.4035	10.12	1.0010
24	243.12	7.4968	10.38	1.0267
25	253.25	7.8091	10.42	1.0307
26	263.38	8.1215	9.39	0.9288
27	273.51	8.4339	5.42	0.5361
28	283.64	8.7462	3.52	0.3482
28.5	288.705	8.9024	2.97	0.2938
29	293.77	9.0586	2.56	0.2532

29.5	298.835	9.2148	2.29	0.2265
30	303.9	9.3710	1.99	0.1968
31	314.03	9.6833	1.57	0.1553
31.75	321.6275	9.9176	1.39	0.1375
32.5	329.225	10.1519	1.25	0.1236
33.5	339.355	10.4642	0.93	0.0920
34.5	349.485	10.7766	0.8	0.0791
36.5	369.745	11.4013	0.52	0.0514
37	374.81	11.5575	0.3	0.0297
37.5	379.875	11.7137	0.28	0.0277
38	384.94	11.8699	0.2	0.0198
38.5	390.005	12.0261	0.16	0.0158
39	395.07	12.1822	0.1	0.0099
39.5	400.135	12.3384	0.05	0.0049
40	405.2	12.4946	0.001	0.0001

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ผลการศึกษาการทดสอบแบบคอลัมน์โดยใช้สารละลายโบรไมด์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในชุดคอลัมน์ที่สอง

เวลาที่เก็บตย. (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์		ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C/Co
	มิลลิลิตร	Pore volume		
0	0	0.0000	0	0.0000
0.25	2.5325	0.0781	0	0.0000
1	10.13	0.3124	0.13	0.0129
2	20.26	0.6247	3.65	0.3610
3	30.39	0.9371	5.9	0.5836
3.75	37.9875	1.1714	6.93	0.6855
5	50.65	1.5618	7.63	0.7547
6	60.78	1.8742	8.08	0.7992
8.25	83.5725	2.5770	8.73	0.8635
9	91.17	2.8113	8.86	0.8764
11	111.43	3.4360	9.15	0.9050
12.5	126.625	3.9046	9.4	0.9298
18.5	187.405	5.7788	9.9	0.9792
22	222.86	6.8720	9.75	0.9644
23	232.99	7.1844	9.84	0.9733
24	243.12	7.4968	9.9	0.9792
25	253.25	7.8091	9.8	0.9693
26	263.38	8.1215	8.96	0.8863
26.5	268.445	8.2777	7.31	0.7230
27	273.51	8.4339	5.37	0.5312
27.5	278.575	8.5900	4.31	0.4263
28.5	288.705	8.9024	3.03	0.2997
29.75	301.3675	9.2929	2.06	0.2038

30.5	308.965	9.5271	1.73	0.1711
31.5	319.095	9.8395	1.33	0.1316
32.5	329.225	10.1519	1.03	0.1019
33.5	339.355	10.4642	0.96	0.0950
34	344.42	10.6204	0.85	0.0841
34.5	349.485	10.7766	0.74	0.0732
35	354.55	10.9328	0.685	0.0678
35.5	359.615	11.0890	0.59	0.0584
36	364.68	11.2451	0.43	0.0425
36.5	369.745	11.4013	0.36	0.0356
37	374.81	11.5575	0.3	0.0297
37.5	379.875	11.7137	0.28	0.0277
38	384.94	11.8699	0.2	0.0198
38.5	390.005	12.0261	0.16	0.0158
39	395.07	12.1822	0.1	0.0099
39.5	400.135	12.3384	0.05	0.0049
40	405.2	12.4946	0.001	0.0001

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient) ด้วย
โปรแกรม STANDMOD/CFITIM จากชุดคอลัมน์ที่หนึ่ง

NON-LINEAR LEAST SQUARES ANALYSIS, FINAL RESULTS

95% CONFIDENCE LIMITS										
VAR NAME	VALUE	S.E.	COEFF.	T-VALUE	LOWER	UPPER				
1 Peclet	3.92439	.7756	5.06	2.3512	5.4975					
<p>—ORDERED BY COMPUTER INPUT— —ORDERED BY RESIDUALS—</p>										
PORE CONCENTRATION RESI-				PORE CONCENTRATION RESI-						
NO VOLUME	OBS.	FITTED	DUAL	NO VOLUME	OBS.	FITTED	DUAL			
1	.156	.000	.001	-.001	4	.703	.453	.275	.178	
2	.312	.001	.027	-.026	5	.937	.614	.439	.175	
3	.469	.217	.108	.109	6	1.249	.738	.614	.124	
4	.703	.453	.275	.178	3	.469	.217	.108	.109	
5	.937	.614	.439	.175	7	1.562	.780	.738	.042	
6	1.249	.738	.614	.124	29	10.777	.079	.045	.034	
7	1.562	.780	.738	.042	17	7.809	1.031	1.000	.031	
8	1.796	.830	.805	.025	30	11.401	.051	.021	.030	
9	2.187	.861	.880	-.020	16	7.497	1.027	1.000	.027	
10	2.499	.893	.919	-.026	27	10.152	.124	.097	.026	
11	3.202	.937	.966	-.029	28	10.464	.092	.066	.026	
12	3.436	.960	.974	-.014	8	1.796	.830	.805	.025	
13	4.061	.970	.988	-.017	32	11.714	.028	.015	.013	
14	4.529	1.000	.993	.007	31	11.557	.030	.017	.012	

15	6.403	1.001	.999	.002	33	11.870	.020	.912	.008
16	7.497	1.027	1.000	.027	14	4.529	1.000	.993	.007
17	7.809	1.031	1.000	.031	26	9.918	.137	.131	.007
18	8.121	.929	.969	-.040	34	12.026	.016	.010	.006
19	8.434	.536	.776	-.240	15	6.403	1.001	.999	.002
20	8.746	.348	.555	-.207	35	12.182	.010	.008	.002
21	8.902	.294	.462	-.168	1	.156	.000	.001	-.001
22	9.059	.253	.382	-.129	36	12.338	.005	.007	-.002
23	9.215	.227	.315	-.088	37	12.495	.000	.006	-.006
24	9.371	.197	.259	-.062	12	3.436	.960	.974	-.014
25	9.683	.155	.175	-.020	13	4.061	.970	.988	-.017
26	9.918	.137	.131	.007	9	2.187	.861	.880	-.020
27	10.152	.124	.097	.026	25	9.683	.155	.175	-.020
28	10.464	.092	.066	.026	10	2.499	.893	.919	-.026
29	10.777	.079	.045	.034	2	.312	.001	.027	-.026
30	11.401	.051	.021	.030	11	3.202	.937	.966	-.029
31	11.557	.030	.017	.012	18	8.121	.929	.969	-.040
32	11.714	.028	.015	.013	24	9.371	.197	.259	-.062
33	11.870	.020	.012	.008	23	9.215	.227	.315	-.088
34	12.026	.016	.010	.006	22	9.059	.253	.382	-.129
35	12.182	.010	.008	.002	21	8.902	.294	.462	-.168
36	12.338	.005	.007	-.002	20	8.746	.348	.555	-.207
37	12.495	.000	.006	-.006	19	8.434	.536	.776	-.240

ตารางที่ ๑.4 ข้อมูลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Dispersion Coefficient) ด้วย
โปรแกรม STANDMOD/CFITIM จากชุดคอลัมน์ที่สอง

NON-LINEAR LEAST SQUARES ANALYSIS, FINAL RESULTS

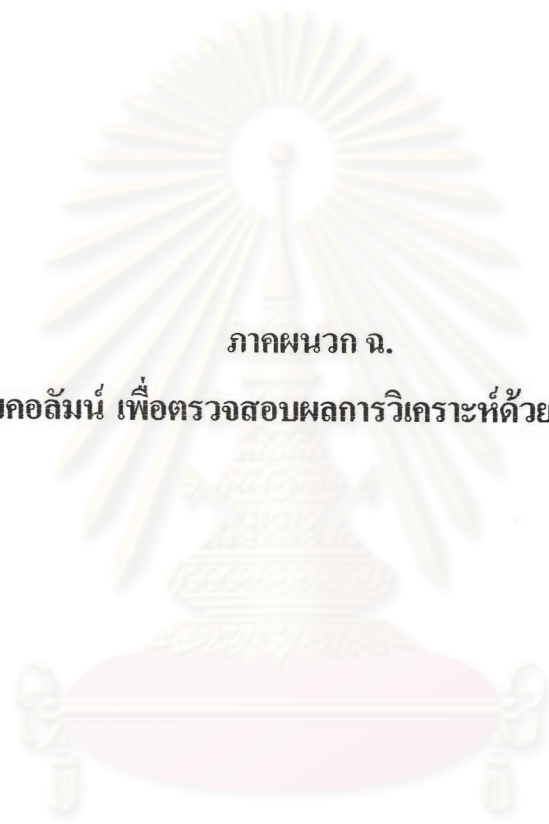
95% CONFIDENCE LIMITS

VAR NAME	VALUE	S.E.COEFF.	T-VALUE	LOWER	UPPER
1 Peclet	2.97780	.5136	5.80	1.9381	4.0175

—ORDERED BY COMPUTER INPUT— —ORDERED BY RESIDUALS—

PORE CONCENTRATION				RESI-				PORE CONCENTRATION				RESI-			
NO	VOLUME	OBS.	FITTED	DUAL	NO	VOLUME	OBS.	FITTED	DUAL	NO	VOLUME	OBS.	FITTED	DUAL	
1	.078	.000	.000	.000	4	.937	.584	.436	.148						
2	.312	.013	.042	-.029	5	1.171	.685	.558	.128						
3	.625	.361	.236	.125	3	.625	.361	.236	.125						
4	.937	.584	.436	.148	6	1.562	.755	.706	.048						
5	1.171	.685	.558	.128	7	1.874	.799	.788	.011						
6	1.562	.755	.706	.048	29	10.933	.068	.059	.009						
7	1.874	.799	.788	.011	30	11.089	.058	.051	.008						
8	2.577	.864	.897	-.034	28	10.777	.073	.069	.004						
9	2.811	.876	.919	-.042	27	10.620	.084	.081	.004						
10	3.436	.905	.956	-.051	26	10.464	.095	.094	.001						
11	3.905	.930	.972	-.042	34	11.714	.028	.028	.000						
12	5.779	.979	.995	-.016	1	.078	.000	.000	.000						
13	6.872	.964	.998	-.034	31	11.245	.043	.043	-.001						
14	7.184	.973	.999	-.025	32	11.401	.036	.037	-.002						
15	7.497	.979	.999	-.020	33	11.557	.030	.032	-.002						

16	7.809	.969	.999	-.030	35	11.870	.020	.024	-.004
17	8.121	.886	.953	-.067	36	12.026	.016	.020	-.005
18	8.278	.723	.863	-.140	37	12.182	.010	.018	-.008
19	8.434	.531	.757	-.226	38	12.338	.005	.015	-.010
20	8.590	.426	.653	-.227	39	12.495	.000	.013	-.013
21	8.902	.300	.475	-.175	12	5.779	.979	.995	-.016
22	9.293	.204	.315	-.112	15	7.497	.979	.999	-.020
23	9.527	.171	.247	-.076	14	7.184	.973	.999	-.025
24	9.839	.132	.178	-.047	25	10.152	.102	.129	-.027
25	10.152	.102	.129	-.027	2	.312	.013	.042	-.029
26	10.464	.095	.094	.001	16	7.809	.969	.999	-.030
27	10.620	.084	.081	.004	8	2.577	.864	.897	-.034
28	10.777	.073	.069	.004	13	6.872	.964	.998	-.034
29	10.933	.068	.059	.009	9	2.811	.876	.919	-.042
30	11.089	.058	.051	.008	11	3.905	.930	.972	-.042
31	11.245	.043	.043	-.001	24	9.839	.132	.178	-.047
32	11.401	.036	.037	-.002	10	3.436	.905	.956	-.051
33	11.557	.030	.032	-.002	17	8.121	.886	.953	-.067
34	11.714	.028	.028	.000	23	9.527	.171	.247	-.076
35	11.870	.020	.024	-.004	22	9.293	.204	.315	-.112
36	12.026	.016	.020	-.005	18	8.278	.723	.863	-.140
37	12.182	.010	.018	-.008	21	8.902	.300	.475	-.175
38	12.338	.005	.015	-.010	19	8.434	.531	.757	-.226
39	12.495	.000	.013	-.013	20	8.590	.426	.653	-.227



ภาคผนวก จ.

ผลการทดลองแบบคอสัมภ์ เพื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ น.1 ข้อมูลการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมตเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 4

เวลาที่เก็บตย. time (h)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์		ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C/Co
	(มิลลิลิตร)	Pore volume		
0.5	5.065	0.1562	0.1207	0.0113
1	10.13	0.3124	0.1015	0.0095
1.5	15.195	0.4685	0.1009	0.0094
2	20.26	0.6247	0.1003	0.0094
2.5	25.325	0.7809	0.0990	0.0092
3	30.39	0.9371	0.1002	0.0094
3.5	35.455	1.0933	0.0982	0.0092
4	40.52	1.2495	0.1002	0.0094
4.5	45.585	1.4056	0.1000	0.0093
5	50.65	1.5618	0.1000	0.0093
5.5	55.715	1.7180	0.0990	0.0092
6	60.78	1.8742	0.0991	0.0093
6.5	65.845	2.0304	0.1006	0.0094
7	70.91	2.1866	0.1010	0.0094
7.5	75.975	2.3427	0.1057	0.0099
8	81.04	2.4989	0.1096	0.0102
9	91.17	2.8113	0.3517	0.0328
10	101.3	3.1237	0.7463	0.0696
11	111.43	3.4360	1.2687	0.1184
12	121.56	3.7484	1.9562	0.1826
14	141.82	4.3731	3.4187	0.3190
16	162.08	4.9978	5.1338	0.4791
18	182.34	5.6226	5.8981	0.5504

22	222.86	6.8720	7.6330	0.7123
26	263.38	8.1215	8.1819	0.7636
30	303.9	9.3710	8.7767	0.8191
46	465.98	14.3688	9.9971	0.9330
72	729.36	22.4903	10.5467	0.9842
94	952.22	29.3623	10.7000	0.9986
118	1195.34	36.8591	10.7134	0.9998
119	1205.47	37.1714	10.7122	0.9997
120	1215.6	37.4838	10.6970	0.9983
121	1225.73	37.7962	10.6190	0.9910
122	1235.86	38.1085	10.4350	0.9738
123	1245.99	38.4209	9.7559	0.9104
124	1256.12	38.7333	9.3425	0.8719
125	1266.25	39.0456	8.8419	0.8252
126	1276.38	39.3580	2.3176	0.2163
127	1286.51	39.6704	0.3461	0.0323
144	1458.72	44.9806	0.0611	0.0057
148	1499.24	46.2300	0.0090	0.0008
152	1539.76	47.4795	0.0108	0.0010
156	1580.28	48.7290	0.0048	0.0005
160	1620.8	49.9784	0.0095	0.0009
168	1701.84	52.4773	0.0000	0.0000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.2 ข้อมูลการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมตเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 6

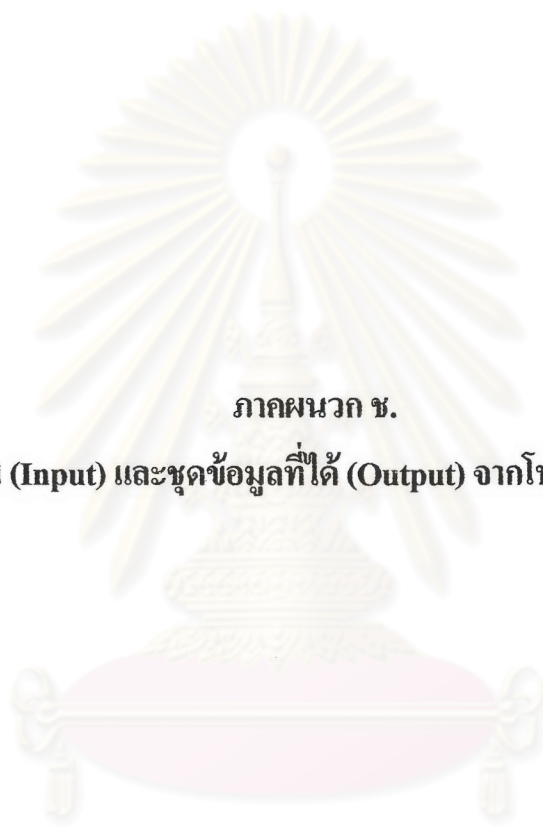
เวลาที่เก็บตย. (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำที่ผ่านคอลัมน์		ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C/Co
	(มิลลิลิตร)	Pore volume		
0.5	5.065	0.1562	0.1088	0.0102
1	10.13	0.3124	0.1225	0.0115
1.5	15.195	0.4685	0.1146	0.0107
2	20.26	0.6247	0.1061	0.0099
2.5	25.325	0.7809	0.0986	0.0092
3	30.39	0.9371	0.0979	0.0092
3.5	35.455	1.0933	0.0971	0.0091
4	40.52	1.2495	0.0973	0.0091
4.5	45.585	1.4056	0.0977	0.0092
5	50.65	1.5618	0.1147	0.0108
5.5	55.715	1.7180	0.2319	0.0217
6	60.78	1.8742	0.5017	0.0470
6.5	65.845	2.0304	0.8089	0.0758
7	70.91	2.1866	1.1422	0.1070
7.5	75.975	2.3427	1.4201	0.1331
8	81.04	2.4989	1.8101	0.1696
9	91.17	2.8113	2.5965	0.2433
10	101.3	3.1237	3.1366	0.2939
11	111.43	3.4360	3.7111	0.3478
12	121.56	3.7484	4.3432	0.4070
14	141.82	4.3731	5.3443	0.5008
16	162.08	4.9978	6.1992	0.5809
18	182.34	5.6226	6.9978	0.6557
20	202.6	6.2473	7.4204	0.6953

24	243.12	7.4968	8.4771	0.7944
28	283.64	8.7462	9.0487	0.8479
32	324.16	9.9957	9.5621	0.8960
48	486.24	14.9935	10.5483	0.9884
64	648.32	19.9914	10.6325	0.9963
74	749.62	23.1150	10.6380	0.9969
75	759.75	23.4274	10.6620	0.9991
76	769.88	23.7397	10.5924	0.9926
77	780.01	24.0521	10.5640	0.9899
78	790.14	24.3645	10.3348	0.9684
79	800.27	24.6768	9.8440	0.9224
80	810.4	24.9892	9.6115	0.9007
81	820.53	25.3016	9.2677	0.8684
82	830.66	25.6139	8.6620	0.8117
83	840.79	25.9263	7.6882	0.7204
84	850.92	26.2387	6.9071	0.6472
85	861.05	26.5510	6.3249	0.5927
86	871.18	26.8634	5.8732	0.5504
87	881.31	27.1758	5.2734	0.4942
95	962.35	29.6747	0.3274	0.0307
103	1043.39	32.1736	0.2654	0.0249
115	1164.95	35.9220	0.1315	0.0123
120	1215.6	37.4838	0.1206	0.0113
124	1256.12	38.7333	0.0915	0.0086
128	1296.64	39.9827	0.0548	0.0051
132	1337.16	41.2322	0.0149	0.0014
136	1377.68	42.4817	0.0099	0.0009
140	1418.2	43.7311	0.0046	0.0004

ตารางที่ ๓.3 ข้อมูลการดูดซับโครเมตด้วยตัวอย่างดินโดยการทดลองแบบคอลัมน์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโครเมตเท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอช 8

เวลาที่เก็บตย. (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำที่ผ่านคอลัมน์		ความเข้มข้นขาออก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	C/Co
	(มิลลิลิตร)	Pore volume		
0.5	5.065	0.1562	0.0000	0.0000
1	10.13	0.3124	0.0000	0.0000
1.5	15.195	0.4685	0.0000	0.0000
2	20.26	0.6247	0.0000	0.0000
2.5	25.325	0.7809	0.0000	0.0000
3	30.39	0.9371	0.0000	0.0000
3.5	35.455	1.0933	0.0000	0.0000
4	40.52	1.2495	0.0000	0.0000
4.5	45.585	1.4056	0.0000	0.0000
5	50.65	1.5618	0.0000	0.0000
5.5	55.715	1.7180	0.0679	0.0055
6	60.78	1.8742	0.7528	0.0611
6.5	65.845	2.0304	1.9681	0.1598
7	70.91	2.1866	3.3920	0.2755
7.5	75.975	2.3427	4.7591	0.3865
8	81.04	2.4989	6.2108	0.5044
9	91.17	2.8113	8.3401	0.6773
10	101.3	3.1237	9.2943	0.7548
11	111.43	3.4360	9.9657	0.8093
12	121.56	3.7484	10.5680	0.8582
14	141.82	4.3731	11.0280	0.8955
16	162.08	4.9978	11.3520	0.9219
18	182.34	5.6226	11.5310	0.9364
20	202.6	6.2473	11.7536	0.9545

24	243.12	7.4968	11.9965	0.9742
28	283.64	8.7462	12.2558	0.9952
32	324.16	9.9957	12.2564	0.9953
40	405.2	12.4946	12.2694	0.9964
48	486.24	14.9935	12.2710	0.9965
52	526.76	16.2430	12.1400	0.9858
53	536.89	16.5553	11.9640	0.9716
54	547.02	16.8677	11.8760	0.9644
55	557.15	17.1801	11.7920	0.9576
56	567.28	17.4924	11.5440	0.9374
57	577.41	17.8048	7.9657	0.6469
58	587.54	18.1172	5.2589	0.4271
59	597.67	18.4295	3.2814	0.2665
60	607.8	18.7419	2.1126	0.1716
61	617.93	19.0543	1.4220	0.1155
67	678.71	20.9285	0.6945	0.0564
74	749.62	23.1150	0.3554	0.0289
78	790.14	24.3645	0.2927	0.0238
83	840.79	25.9263	0.2487	0.0202
87	881.31	27.1758	0.2342	0.0173
91	921.83	28.4252	0.2128	0.0157
96	972.48	29.9870	0.1939	0.0190
100	1013	31.2365	0.1578	0.0173
104	1053.52	32.4860	0.1076	0.0157
108	1094.04	33.7354	0.0084	0.0128
112	1134.56	34.9849	0.0056	0.0087
116	1175.08	36.2344	0.0044	0.0007
120	1215.6	37.4838	0.0023	0.0005



ภาคผนวก ข.

ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) และชุดข้อมูลที่ได้ออก (Output) จากโปรแกรม HYDRUS2D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) เข้าสู่โปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของ
โครเมตที่พีเอช 4

ตัวแปร	ค่าที่ป้อน
Length Units	cm
Time Units	Days
Time Discretization	7 days
Qs	0.32 (Porosity)
Ks	48 (Pore velocity)
Mass Units	g
Pulse Duration	5 days
Bulk. D.	2.6 g/cm ³
Disp. L.	5.91 cm
CBnd1	10.72 x 10 ⁻⁶ g/cm ³
Kd	200.1 (Parameter a x b)
Nu	4.49 x 10 ⁶ (Parameter b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

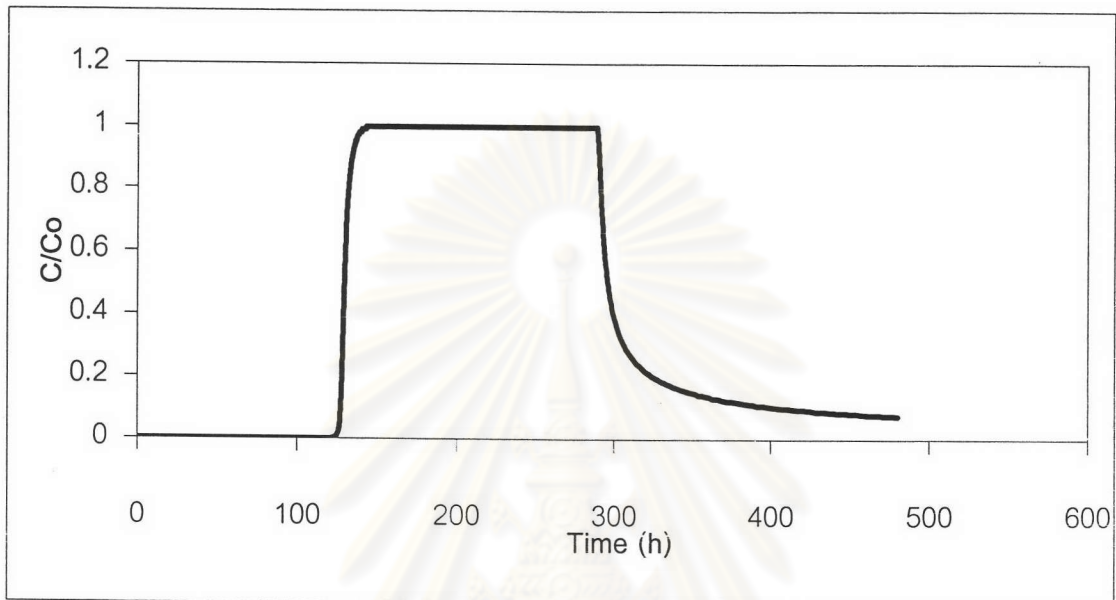
ตารางที่ ข.2 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) เข้าสู่โปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของ
โครเมททีพีเอช 6

ตัวแปร	ค่าที่ป้อน
Length Units	cm
Time Units	Days
Time Discretization	5.83 days
Qs	0.32 (Porosity)
Ks	48 (Pore velocity)
Mass Units	g
Pulse Duration	3.125 days
Bulk. D.	2.6 g/cm ³
Disp. L.	5.91 cm
CBnd1	10.67 x 10 ⁻⁶ g/cm ³
Kd	5.2 (Parameter a x b)
Nu	0.49 x 10 ⁶ (Parameter b)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

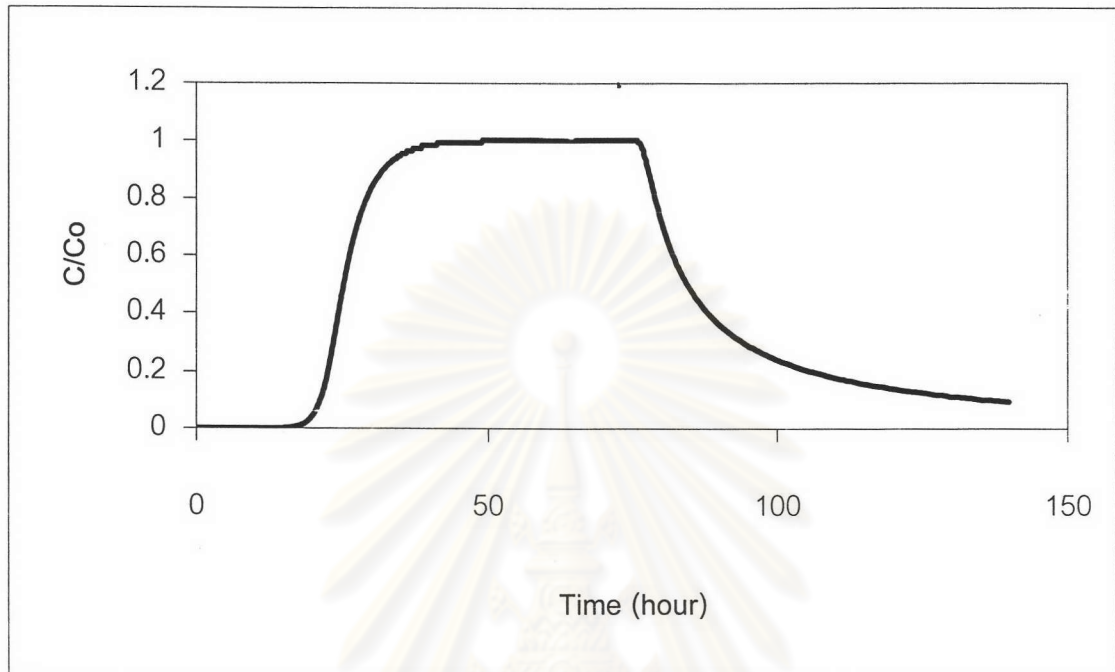
ตารางที่ ข.3 ชุดข้อมูลที่ป้อน (Input) เข้าสู่โปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของ
โครเมตที่พีเอช 8

ตัวแปร	ค่าที่ป้อน
Length Units	cm
Time Units	Days
Time Discretization	5 days
Qs	0.32 (Porosity)
Ks	48 (Pore velocity)
Mass Units	g
Pulse Duration	2.17 days
Bulk. D.	2.6 g/cm ³
Disp. L.	5.91 cm
CBnd1	12.31 x 10 ⁻⁶ g/cm ³
Kd	0.9 (Parameter a x b)
Nu	0.0342 x 10 ⁶ (Parameter b)



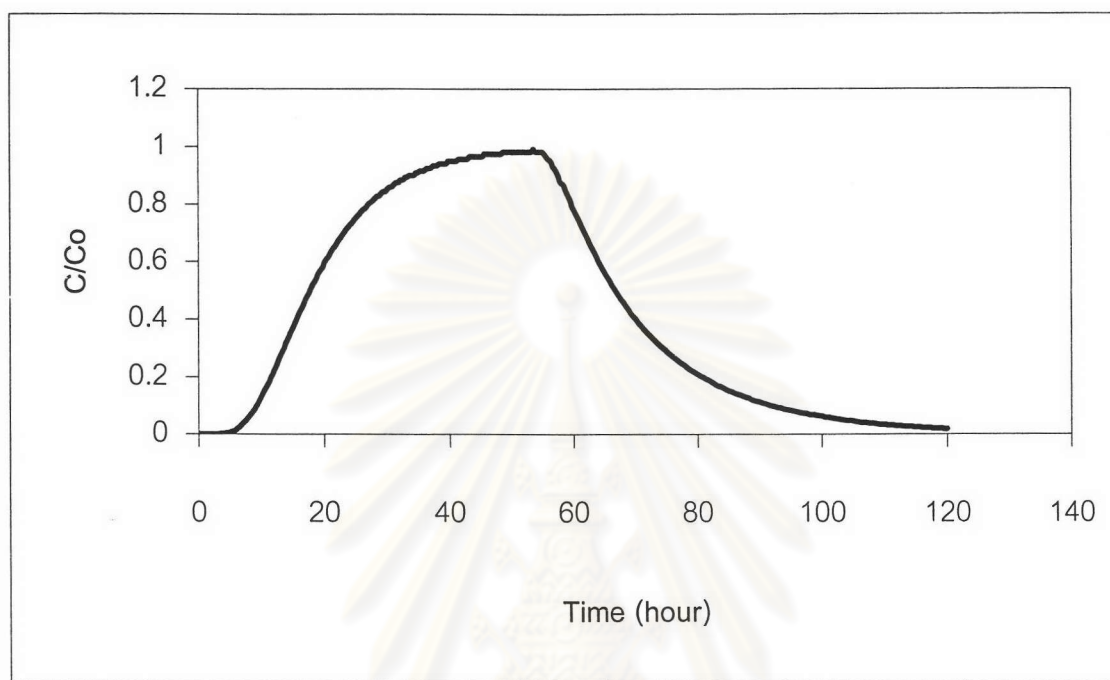
รูปที่ ช.1 Breakthrough curve ที่ได้จากโปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของโครเมตที่พีเอช 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.2 Breakthrough curve ที่ได้จากโปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของโครเมตที่พีเอช 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.3 Breakthrough curve ที่ได้จากโปรแกรม HYDRUS2D ในการประมาณการเคลื่อนที่ของโครเมตที่พีเอช 8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจุฬาทูทธี นาดประทาน เกิดเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี พ.ศ. 2543 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2546



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย