

**ARSENIC, CHROMIUM, AND COPPER LEACHING FROM CCA-TREATED
WOOD**

Miss Chuleeporn Veerakajohnsak

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management
(Interdisciplinary Program)**

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

การชะละลายของโครเมียม ทองแดง และสารหนู จากไม้อัดน้ำยาซีซีเอ

นางสาวชุลีพร วีระขจรศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

501041

สุทธิพร วีระขจรศักดิ์ : การชะละลายของโครเมียม ทองแดง และสารหนู จากไม้อัดนํ้ายาซีซีเอ. (ARSENIC, CHROMIUM, AND COPPER LEACHING FROM CCA-TREATED WOOD) อ. ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. สมใจ กาญจนวงศ์, 124 หน้า.

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงของโครเมียม ทองแดง และสารหนู จากการทิ้งไม้อัดนํ้ายาซีซีเอ ในการศึกษาได้แบ่งการทดลองออกเป็น การศึกษาการชะละลายของโลหะหนักจากไม้อัดนํ้ายาซีซีเอและได้จากการเผาไม้อัดนํ้ายาซีซีเอโดยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) และ Waste Extraction test (WET) และการจำลองการทิ้งไม้อัดนํ้ายาซีซีเอในถังจำลอง 3 ชุดการทดลอง โดยใช้ถังจำลองสูง 2 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.32 เซนติเมตร ชุดการทดลองละ 2 ถัง แต่ละถังของชุดการทดลองมีการบรรจุขยะที่มีองค์ประกอบเหมือนกัน ยกเว้นองค์ประกอบไม้ที่ผ่านการอัดนํ้ายาซีซีเอ และไม้ที่ไม่ผ่านการอัดนํ้ายาซีซีเอ มีการเติมนํ้าฝนจำลอง และทำการวัดปริมาตรนํ้าชะละลายวันละ 1 ครั้ง และวิเคราะห์ลักษณะนํ้าชะละลายทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 6 เดือน

ผลการทดลองการชะละลายด้วยวิธี TCLP พบว่า 2 ใน 5 ตัวอย่างของไม้อัดนํ้ายาซีซีเอมีการชะโลหะหนักในปริมาณสูงเกินกว่าค่า Toxicity Characteristic (TC) สำหรับสารหนู (5 มก./ล.) และจากวิธี WET พบว่า 3 ใน 5 ตัวอย่างไม้อัดนํ้ายาซีซีเอค่าสูงเกินกว่า Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) สำหรับสารหนู (5 มก./ล.) และยังพบว่าค่าการชะละลายของได้จากการเผาไม้อัดนํ้ายาซีซีเอ มีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่า TC และ STLC (TC และ STLC กำหนด 5 มก./ล. สำหรับสารหนู และโครเมียม และ STLC กำหนด 25 มก./ล. สำหรับทองแดง) ผลการศึกษาโดยใช้ถังจำลองพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียม ทองแดง และสารหนูในนํ้าชะละลายจากถังจำลองที่บรรจุเฉพาะไม้อัดนํ้ายาซีซีเอค่าความเข้มข้นสูงสุด รองลงมาเป็นถังจำลองที่บรรจุขยะรีไซเคิลจากการก่อสร้างที่มีไม้อัดนํ้ายา และถังจำลองที่บรรจุขยะชุมชนที่มีไม้อัดนํ้ายา ตามลำดับ ยกเว้นสารหนูที่พบความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำที่สุดในถังจำลองที่บรรจุขยะรีไซเคิล ในการศึกษานี้ได้กำหนดเกณฑ์ความเข้มข้นที่จะใช้ประเมินผลกระทบต่อจากการทิ้งไม้อัดนํ้ายาซีซีเอไว้ที่ระดับสิบเท่าของค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานคุณภาพนํ้าใต้ดินเพื่อการบริโภคของกระทรวงอุตสาหกรรม ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารหนู ในนํ้าชะละลายจากถังจำลองที่บรรจุไม้อัดนํ้ายาทั้ง 3 ชุดการทดลอง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (0.5 มก./ล.)ค่อนข้างมาก ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียม และทองแดง ในนํ้าชะจากทุกถังจำลองมีการชะออกมาในปริมาณที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (20 และ 15 มก./ล. ตามลำดับ) ผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า สารหนูเป็นโลหะหนักที่ควรมีการคำนึงถึงในการทิ้งไม้อัดนํ้ายาซีซีเอและการกองไม้ที่ผ่านการอัดนํ้ายาซีซีเอนอกอาคาร การทิ้งขยะที่มีองค์ประกอบของไม้ที่ผ่านการอัดนํ้ายาซีซีเอร่วมกับขยะก่อสร้างและสิ่งรีไซเคิล รวมถึงการทิ้งในขยะชุมชน อาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งนํ้าใต้ดินบริเวณใกล้เคียงได้

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา)
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนิติ.....สุทธิพร วีระขจรศักดิ์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....สมใจ กาญจนวงศ์.....

4989420620 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORDS: CCA-TREATED WOOD / CHROMATE / COPPER / ARSENIC / LANDFILL

CHULEEPORN VEERAKAJOHNSAK: ARSENIC, CHROMIUM, AND COPPER

LEACHING FROM CCA-TREATED WOOD. THESIS PRINCIPAL ADVISOR:

ASSOC.PROF. SOMJAI KARNCHANAWONG, 124 pp.

This study was conducted to determine the potential risks of arsenic, chromium, and copper from the disposal of chromated copper arsenate (CCA)-treated wood when its service life ends. The study consisted of batch leaching tests and lysimeter tests. The TCLP and WET were conducted in batch tests of CCA-treated wood and ash burned from CCA-treated wood. A total of six 2-meter high and 20.32-cm in diameter lysimeters were prepared for the lysimeter test: two lysimeters simulated wood monofills, two simulated construction and demolition (C&D debris landfills, and two simulated MSW landfills. Each set of two lysimeters was identical except for the wood components, which were CCA-treated wood and untreated wood. All lysimeters were fed with simulated rainfall during the rainy season. The quantity of leachate generated from each lysimeter was measured daily and the leachate characteristics were analyzed weekly. The experiment was conducted over a period of six months.

The results from the batch leaching tests showed that two of the five wood samples from the TCLP test and three of five wood samples from the WET test leached out arsenic in levels that exceeded the TC and STLC concentration of 5 mg/L. In addition, the leaching of all metals found in ash from burned CCA-treated wood exceeded the TC and STLC limits (i.e., the TC and STLC limits are 5 mg/L for As and Cr, and the STLC limit for Cu is 25 mg/L). The lysimeter study results showed that leachates generated from the CCA-treated wood monofill lysimeters contained significantly high concentrations of Cr, Cu, and As, compared with those of the other lysimeters. The highest average concentrations of Cr, Cu, and As were investigated in the monofill of the CCA-treated wood lysimeter, followed by C&D debris with CCA-treated wood lysimeter and MSW with CCA-treated wood lysimeter, respectively (except for As, for which the concentration in the C&D debris lysimeter was lower than that of the MSW lysimeter). In this study, amounts equal to 10 times the regulated limits listed in the Groundwater Standards for Drinking Purposes in Thailand from the Notification of the Ministry of Industry were used as the criteria to evaluate the potential risks to humans and the environment. It was found that the As concentrations in the generated leachate from all three experimental lysimeters were higher than the criterion of 0.5 mg/L. On the other hand, the average concentrations of Cr and Cu in the leachates from all lysimeter were less than the criteria of 20 and 15 mg/L, respectively. These results clearly illustrate that the appropriate disposal of CCA-treated woods necessitates the appropriate handling of arsenic. It can be concluded that the disposal of CCA-treated wood in a wood monofill, an unlined C&D landfill, or a MSW landfill could result in groundwater contamination.

Field of Study: Environmental Management
(Interdisciplinary Program)
Academic Year: 2007

Student's Signature... *Chuleeporn V.*.....

Principal Advisor's Signature... *Somjai Karnchanawong*.....

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been a very memorable and valuable experience to the author. It would not have been succeeded without the assistance of a number of individuals including organization. The author would like to acknowledge all of them who are an essential part of the accomplishment.

First of all, I do wish to express my grateful appreciation and gratitude to Associate Professor Somjai Karnchanawong, my advisor for her supports including of providing useful information, guidance, a great encouragement, developing my technical writing style and extending my experience to the conference.

I do would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Manaskorn Rachakornkij, Chairman of the committee, Dr. Chantra Tongcumpou, Associate Professor Dr. Jin Anotai, and Mr. Rangsang Pinthong, the committees, for their for their many valuable comments.

I would like to thank to the National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM) Program for the scholarship and all staffs at NCE-EHWM for their great help.

I would like to express my sincere gratitude to Mister Witaya Tala and all staffs at the Department of Environmental Engineering and Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, for the knowledge and laboratory facilities technique that I have learnt from them as well as their help to facilitate all my work. Moreover, a great thankfulness is forward to Miss Akiko Uyada for her valuated guidance and help with fixing my thesis report.

Lastly, I would like to express my deep appreciation and gratitude to my family and all my friends for their love, caring and supporting me as my inspiration and my encouragement throughout my work.

CONTENTS

	page
Abstract (Thai).....	iv
Abstract (English).....	v
Acknowledgements.....	vi
Contents.....	vii
List of Tables.....	xi
List of Figures.....	xiii
Nomenclatures.....	xiv

CHAPTER

I	INTRODUCTION.....	1
	1.1 Objective of the study.....	2
	1.2 Hypotheses.....	3
	1.3 Scope of the study.....	3
II	THEORETICAL BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW.....	4
	2.1 General information on chromated copper arsenate (CCA).....	4
	2.1.1 General information on treating process.....	5
	2.1.2 General information on arsenic.....	7
	2.1.3 General information on chromium.....	8
	2.1.4 General information on copper.....	9
	2.2 General information on hardwood and softwood.....	9
	2.3 Leaching tests.....	11
	2.3.1 Toxicity Characteristic Leaching Procedure.....	11
	2.3.2 Waste Extraction Test.....	11
	2.3.3 Interpretation of leachate test result.....	12
	2.4 Landfill leachate quality.....	14

CHAPTER

	2.4.1 Construction and Demolition (C&D) Landfill.....	15
	2.4.2 Municipal Solid Waste Landfill.....	17
	2.5 Arsenic, Chromium and Copper standards from the Soil Quality, Ground Water, Groundwater Standard for Drinking Water Propose, and Drinking Water Standards.....	18
	2.6 Related research.....	19
III	METHODOLOGY.....	24
	3.1 Leaching tests.....	24
	3.1.1 Sample description and pre-processing.....	24
	3.1.2 Total metal concentration.....	25
	3.1.3 Leaching and analytical procedures.....	26
	3.2 Lysimeter tests.....	27
	3.2.1 Lysimeter preparation.....	27
	3.2.2 Operation and monitoring of lysimeters.....	35
	3.2.3 Sampling and analysis.....	36
	3.3 Statistical Analyses.....	37
IV	RESULTS AND DISCUSSIONS.....	38
	4.1 Leaching test.....	38
	4.1.1 Total metal concentrations.....	38
	4.1.2 TCLP and WET results.....	40
	4.1.3 Evaluating potential impacts on landfills.....	44
	4.2 Lysimeter tests.....	46
	4.2.1 Simulated added rainfall.....	46
	4.2.2 Leachate generation.....	47

CHAPTER	page
4.2.3 Leachate characteristics.....	55
4.2.3.1 Monofill lysimeter (Lysimeter Nos. 1 and 2).....	55
4.4.3.2 C&D debris lysimeters (Lysimeter Nos. 3 and 4).....	61
4.4.3.3 Municipal solid waste lysimeters (Lysimeter Nos. 5 and 6).....	68
4.2.4 Metal mass leached out.....	76
4.2.4.1 Monthly metal mass leached out.....	76
4.2.4.2 Total metal mass of pollution.....	77
4.2.5 Evaluation of the potential impact of CCA-treated wood disposal on groundwater quality.....	82
4.2.6 Comparison between the batch leaching test and column test.....	85
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	87
5.1 Conclusions.....	87
5.2 Recommendations for proper management of CCA-treated wood.....	88
5.3 Recommendations for future researches.....	89
REFERENCES.....	90
APPENDICES.....	96
APPENDIX A.....	97
APPENDIX B.....	102
APPENDIX C.....	104
APPENDIX D.....	109
APPENDIX E.....	114
BIOGRAPHY	124

LIST OF TABLES

Table		page
2.1	Composition of CCA-type A, B, and C.....	5
2.2	Retention requirement for CCA-treated wood.....	5
2.3	Comparison of TCLP and California WET.....	12
2.4	TCLP Toxicity Characteristic Regulatory Levels.....	13
2.4	WET toxicity characteristic regulatory levels.....	11
2.5	Soluble threshold limit concentrations.....	14
2.6	Stages of Degradation in a C&D Landfill.....	15
2.7	Soil quality standards for residential and agriculture propose in Thailand.....	18
2.8	Groundwater standards in Thailand.....	18
2.9	Groundwater standards for drinking propose in Thailand.....	19
2.10	Drinking water standards in Thailand.....	19
3.1	A listing of the samples used in the leaching test.....	25
3.2	Summary of the lysimeter contents.....	28
3.3	Compositions of the C&D lysimeters.....	29
3.4	Composition of the MSW lysimeters.....	31
3.5	Moisture content of each component.....	34
3.6	Daily rainfall data (mm) between May-October 2005 in Chiang Mai province from the Meteorological Department, under the Ministry of Information and Communication Technology of Thailand.....	35
3.7	Monitoring parameters and analytical methods used in the lysimeter tests.....	36
4.1	Metal content of the samples used in the leaching tests.....	39
4.2	Summary of the TCLP and WET results.....	41

4.3	Fractions of arsenic, chromium, and copper extracted from CCA-treated wood and ash from burning CCA-treated wood samples using the TCLP and WET.....	45
4.4	Summary of each metal's mass from each lysimeter.....	81
4.5	Fraction of arsenic, chromium, and copper leached from the wood samples added into each lysimeter.....	82
4.6	Ranges and averages of the leachate characteristics from Lysimeter Nos. 1 – 6.....	83
4.7	Metal concentrations in the leachate from the lysimeter and batch leaching tests.....	86

LIST OF FIGURES

Figure		page
1.1	Overview of a study.....	3
2.1	CCA pressure treating processes.....	6
2.2	SEM images showing the presence of pores in hardwoods.....	10
3.1	Overview of a study.....	24
3.2	Rotary agitator used in the leaching test.....	27
3.3	Cross-section of a lysimeter.....	29
3.4	C&D waste components in Lysimeter Nos. 3 and 4.....	30
3.5	Waste compositions in Lysimeter Nos. 5 and 6.....	32
3.6	An overall view of the six lysimeters.....	34
4.1	TCLP and WET arsenic results of the eleven wood and ash samples.....	42
4.2	TCLP and WET chromium results of the eleven wood and ash samples.....	42
4.3	TCLP and WET copper results of the eleven wood and ash Samples.....	43
4.4	Daily amount of water added to the lysimeter.....	47
4.5	Leachate amount generate from each lysimeter.....	48
4.6	Cumulative water added and leachate quantities (mL).....	52
4.7	Color of leachate generated each month.....	53
4.8	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos. 1 and 2.....	57
4.9	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos. 3 and 4.....	64
4.10	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos.5 and 6.....	71
4.11	Monthly mass values of leached arsenic, chromium, and copper....	77
4.12	Cumulative percentage of arsenic, chromium, and copper leached from Lysimeter No. 2 at different LS ratio.....	86

NOMENCLATURES

AAS	Atomic absorption spectrophotometer
APVMA	Australian Pesticides and Veterinary Medicine Authority
As	Arsenic
As(III)	Arsenite
As(V)	Arsenate
As ₂ O ₅	Arsenic pentoxide
AWPA	American Wood Preservers' Association
C&D	construction and demolition
CCA	Chromated copper arsenate
Cr	Chromium
Cr(III)	Trivalent chromium
Cr(VI)	Hexavalent chromium
CRF	Code of Federal Regulations
CrO ₃	chromium trioxide
Cu	Copper
CuO	cupric oxide
DMAA	Dimethylarsinic acid
DOC	Dissolved organic carbon
EPA	Environmental Protection Agency
ER TOX	Extraction Procedure Toxicity Test
GWCTLs	Groundwater Cleanup Target Levels
IPCS	International Programme on Chemical Safety
MMAA	Monomethylarsonia acid
MSW	Municipal solid waste
ORP	Oxidation Reduction Potential
PCD	Pollution Control Department
pcf	pound per cubic foot
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
STLC	Soluble Threshold Limit Concentration
TA	Total alkalinity

TCLP	Toxicity Characteristic Leaching Procedure
TDS	Total dissolved solid
TOC	Total organic carbon
TTLC	Total Threshold Limit Concentration
US EPA	United State Environment Protection Agency
VA	Volatile acid
WET	Waste Extraction Test

LIST OF FIGURES

Figure		page
1.1	Overview of a study.....	3
2.1	CCA pressure treating processes.....	6
2.2	SEM images showing the presence of pores in hardwoods.....	10
3.1	Overview of a study.....	24
3.2	Rotary agitator used in the leaching test.....	27
3.3	Cross-section of a lysimeter.....	29
3.4	C&D waste components in Lysimeter Nos. 3 and 4.....	30
3.5	Waste compositions in Lysimeter Nos. 5 and 6.....	32
3.6	An overall view of the six lysimeters.....	34
4.1	TCLP and WET arsenic results of the eleven wood and ash samples.....	42
4.2	TCLP and WET chromium results of the eleven wood and ash samples.....	42
4.3	TCLP and WET copper results of the eleven wood and ash Samples.....	43
4.4	Daily amount of water added to the lysimeter.....	47
4.5	Leachate amount generate from each lysimeter.....	48
4.6	Cumulative water added and leachate quantities (mL).....	52
4.7	Color of leachate generated each month.....	53
4.8	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos. 1 and 2.....	57
4.9	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos. 3 and 4.....	64
4.10	Leachate characteristic variations over time from Lysimeter Nos.5 and 6.....	71
4.11	Monthly mass values of leached arsenic, chromium, and copper....	77
4.12	Cumulative percentage of arsenic, chromium, and copper leached from Lysimeter No. 2 at different LS ratio.....	86