[library stamp]

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, "รายงานเชื้อเพลิงและพลังงานของประเทศไทย 2530," สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงาน, กรุงเทพมหานคร, 2530.

2. ASTM Standards ; D388 "Coal by Rank" American Society for Testing Material, U.S.A., 1986.

3. Meger, R. A., Coal Handbook, 1st ed., pp.1-30, Marcel Dekker Ltd., New York, 1981.

4. Challis, A. A., "The 1982 Robens Coal Science Lecture : Coal fossil and Futer," J. Inst. Energy, 56, 55-60, 1983.

5. Ward, C. R., Coal Geology and Technology, 1st ed, pp.60-65, Black Well Scientific, London, 1984.

6. Gilbert, T., Chemistry of Coal Utilization (Lowry, H.H., ed.) Vol.1, pp.425-435, John Wiley & Sons, New York, 1963.

7. Beer, J. M., "The 1986 British Coal Utilization Research Association Robens Coal Science Lecture : Combustion of Coal; a new look at an old problem," J. Inst. Energy, 60, 143-145, 1987.

8. Unsworth, J. F., D. J. Barratt, D. Park and K. J. Titchener, "Ash Formation during Pulverized Coal Combustion," Fuel, 67, 632-641, 1988.

9. Unuma, H., S.Takeda, T. Tsurue and S. Sayama, "Studies of the Fusibility of Coal Ash" Fuel, 65, 1505-1510, 1986.

10. Warne, S. St. J., "Identification and Evaluation of Minerals in Coal by Differential Thermal Analysis," J. Inst. Fuel, 38, 207-217, 1965.

11. Gorman, J. V. and L. W. Philip, Jr., "Thermal Behaviour of Mineral Fractions Separated from Selected American Coals," Fuel, 52, 71-79, 1973.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. Lowry, H. H., Chemistry of Coal Utilization, Supp. Vol., pp.822-829, John Wiley & Sons Inc., New York, 1963.

13. ASTM Standards ; D1857, "Fusibility of coal ash," American Society for Testing Material, U.S.A., 1985.

14. Huffman, G. P., F. E. Huggins and G. R. Dunmyre, "Investigation of the High Temperature Behaviour of Coal Ash in Reducing and Oxidixing Atmospheres," Fuel, 60, 585-596, 1981.

15. Murray, J. A., Power, 59, 561, 1924 cited in Chemistry of Coal Utilization., Supp Vol., John Wiley & Sons Inc., 513, 1963.

16. Schutze, R., Warme, 54, 81-85, 1931 cited in Chemistry of Coal Utilization., Supp Vol., John Wiley & Sons Inc., 513, 1963.

17. Statemmler, C., Chem-Ztg, 55, 59-60, 1931 cited in Chemistry of Coal Utilization., Supp Vol., John Wiley & Sons Inc., 513, 1963.

18. Meger, R. A., Coal Handbook, 1st ed., pp.396-405, Marcel Dekker Ltd., New York, 1981.

19. Nankervis, J. G. and R. B. Furlong, " Phase changes in mineral matter of North Dakota Lignite caused by heating to 1200 °C," Fuel, 59, 425-430, 1980.

20. Nicholls, P. and W. A. Selvig, U.S. Bureau of Mines Bulletin 364, 1932 cited in N. Z. J. Sci., Bowden, D.N. and H.S. Robert, 18, 129, 1975.

21. Schaefer, R. L., Master's thesis (M5. S2943), The Ohio State University, 1973 cited in N. Z. J. Sci., Bowden, D.N. and H. S. Robert, 18, 129, 1975.

22. Mazumdar, S. K., N. C. Banerjee and A. Lahiri, India Scientific and Industrial Research Technical Reports, 1956-57 cited in N. Z. J. Sci., Bowden, D.N. and H.S. Robert, 18, 129, 1975.

23. Duttal, B. K., B. Rai and K. R. Charvorty, Journal of Industrial Research (India) 21D:44, 1962 cited in N. Z. J. Sci., Bowden, D.N. and H.S. Robert, 18, 129, 1975.

24. Winegartner, E. C. and B. T. Rhodes, "An Empirical Study of the Relation of Chemical Properties to Ash Fusion Temperatures," Trans ASME. J. Eng. Power, 97, 395-405, 1975.

25. Bryers, R. W. and T. E. Taylor, "An Examination of the Relationship between Ash Chemistry and Ash Fusion Temperatures in Various Coal Size Gravity Fractions Using Polynomia Regression Analysis," Trans. ASME J. Eng. Power., 98, 528-539,1976.

26. Bibby, D. M., F. J. Macknight and J. Gainsford, "Fusion Temperatures of PFA from New Zealand Sub-bituminous Coals," Fuel, 57, 727-730, 1978.

27. Vincent, R. G., "Prediction of Ash Fusion Temperature from Ash Composition for some New Zealand Coals," Fuel, 66, 1230-1239, 1987.

28. Huggin, F. E., D. A. Kosmack and G. P. Huffman, "Correlation between Ash Fusion Temperature and Ternary Equilibrium Phase Diagrams," Fuel, 60, 577-584, 1981.

29. Attar, A. A., and Rhinehart, R. R., "A Thermodynamically Based Model For Ash Fusion Temperature," J.Energy Resour Tech. Trans ASME, 109, 124-128, 1987.

30. ASTM Standards ; D3172, "Proximate Analysis of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

31. ASTM Standards ; D3173, "Test for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

32. ASTM Standards ; D3174, "Test for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

33. ASTM Standards ; D3175, "Test for Volatite Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

34. ASTM Standards ; D2015, "Test for Gross Calorific Value of Solid Fuel by the Adiabatic Bomb Calorimeter," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

35. ASTM Standards ; D3177, "Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

36. ASTM Standards ; D2492, "Forms of Sulfur in Coal," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

37. ASTM Standards ; D1757, "Sulfur in Ash from Coal and Coke," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

38. ASTM Standards ; D3682, "Major and Minor Elements in Coal and Coke Ash by the Atomic Absorption Method," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

39. ASTM Standards ; D2795, "Analysis of Coal and Coke Ash," American Society for Testing and Materials, U.S.A., 1987.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

<u>การวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ</u> (proximate analysis) ASTM D3172

ก.1 <u>การหาปริมาณความชื้นในถ่านหิน</u> ASTM D3173

<u>เครื่องมือ</u> ตู้อบ (dry oven) ถาดอลูมิเนียม desiccator

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. อบถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 110 °ซ ประมาณ 30 นาที นำเข้า desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งถ่านหินขนาด 250 ไมครอน ประมาณ 1 กรัม ใส่ในถาดอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก ปิดฝา

3. นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 110 °ซ นาน 1 ชั่วโมง

4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$M = \frac{W_1 - W_2 \times 100}{W}$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาและถ่านหินก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาและถ่านหินหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักถ่านหิน (กรัม)

ก.2 <u>การหาปริมาณสารระเหย</u> ASTM D3175

<u>เครื่องมือ</u> เตาเผา (tube furnace) nickle crucible พร้อมฝาปิด desiccator

วิธีการทดลอง

1. เผา nickle crucible พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 950 °ซ ในเตาเผาประมาณ 30 นาที นำออกจากเตาเผา ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งถ่านหินขนาด 250 ไมครอน ใส่ใน nickle crucible ประมาณ 1 กรัม ปิดฝา

3. นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 300 °ซ นาน 3 นาที และที่อุณหภูมิ 600 °ซ นาน 3 นาที แล้วจึงใส่กลางเตาที่อุณหภูมิ 950 °ซ นาน 6 นาที

4. นำออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$V = \frac{W_3 - W_4}{W} \times 100 - M$$

เมื่อ V = ร้อยละของสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_3 = น้ำหนักของ nickle crucible พร้อมฝาและถ่านหินก่อนเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักของ nickle crucible พร้อมฝาและถ่านหินหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักถ่านหิน (กรัม)

ก.3 การหาปริมาณเถ้าในถ่านหิน ASTM D3174

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องมือ เตาเผา (muffle furnace) crucible พร้อมฝาปิด desiccator

วิธีการทดลอง

1. เผา crucible พร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 825 °ซ ประมาณ 30 นาที ในเตาเผา แล้วนำออกมาทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งถ่านหินขนาด 250 ไมครอน ประมาณ 1 กรัม ใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนัก

3. นำเข้าเตาเผาพร้อมปิดฝาให้มีช่องว่างเล็กน้อยที่ 500 °ซ นาน 30 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 825 °ซ นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากเตา ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$A = \frac{W_5 - W_6}{W} \times 100$$

เมื่อ A = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_5 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝาและเถ้าของถ่านหินหลังเผา (กรัม)

W_6 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝา (กรัม)

W = น้ำหนักของถ่านหิน (กรัม)

ก.4 <u>การหาปริมาณคาร์บอนคงตัวในถ่านหิน</u>

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - (ร้อยละของปริมาณความชื้น)
- (ร้อยละของปริมาณสารระเหย)
- (ร้อยละของปริมาณเถ้า)

ก.5 <u>การหาปริมาณกำมะถันรวมในถ่านหิน</u> (total sulfur) ASTM D3177
โดยวิธี Eschka method

<u>เครื่องมือ</u> เตาเผา (muffle furnace) crucible บีกเกอร์ hot plate กรวยกรองพร้อมกระดาษกรอง

<u>สารเคมี</u> ก. น้ำกลั่น

ข. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ความเข้มข้น 10 %

ค. น้ำโบรมีนอิ่มตัว

ง. Eschka mixture ประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) กับโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2O_3) ในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก

จ. สารละลายกรดเกลือ (1+1)

ฉ. สารละลายกรดเกลือ (1+9)

ช. methyl orange indicator โดยละลาย 0.02 กรัม methyl orange ในน้ำร้อน 100 มล. แล้วกรอง

ฌ. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ชั่ง 60 กรัม ของผลึก $Na_2CO_3.10H_2O$ หรือ 22 กรัมของ anhydrous Na_2CO_3 ละลายในน้ำกลั่นแล้วทำให้มีปริมาตรเป็น 100 มล.

วิธีการทดลอง

1. ชั่งถ่านหินประมาณ 1 กรัม รวมกับ 3 กรัม ของ Eschka mixture ผสมให้เข้ากันใน crucible แล้ว ปิดทับด้วย 1 กรัม ของ Eschka mixture

2. นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 825 °ซ ประมาณ 3 ชั่วโมง (สังเกตสีดำของถ่านหินหมดไป)

3. นำ crucible ออกจากเตาเผา ย่อยด้วยน้ำร้อน 100 มล. นานประมาณ 1/2 ชั่วโมง

4. กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนมีปริมาตร 250 มล.

5. ทำสารละลายให้เป็นกรดเกลือ (1+9) และทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต โดยใช้ methyl orange เป็น indicator

6. เติมกรดเกลือ (1+9) อีก 1 มล. ให้เป็นกรดเล็กน้อย

7. ต้มสารละลายให้เดือด แล้วเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ อย่างช้า ๆ 10 มล. กวนขณะเติมจะเกิดตะกอนขาวขุ่นของแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ทิ้งไว้ค้างคืน

8. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 ล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนหมดคลอไรด์ ซึ่งทดสอบด้วย $AgNO_3$

9. นำตะกอนที่กรองได้ พร้อมกระดาษกรองใส่ crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว เผาที่อุณหภูมิ 925 °ซ นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

10. ทำ blank correction เหมือนข้อ 1-9 แต่ไม่ใส่ตัวอย่างถ่านหิน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณกำมะถันรวมในถ่านหิน} = \frac{(A-B)}{C} \times 13.738$$

เมื่อ A = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ในตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ใน blank (กรัม)

C = น้ำหนักถ่านหินที่ใช้ (กรัม)

ก.6 <u>การวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันซัลเฟต</u>, ASTM D2492

<u>เครื่องมือ</u> เตาเผา (muffle furnace) crucible hot plate บีกเกอร์ กรวยกรองพร้อมกระดาษกรอง

<u>สารเคมี</u> ก. สารละกรดเกลือเข้มข้น

ข. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (10 %)

ค. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น

ง. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (1+10)

จ. สารละลายกรดเกลือ (2+3)

ฉ. น้ำโบรมีนอิ่มตัว

ช. สารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

ซ. methyl orange indicator

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งถ่านหินประมาณ 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดเกลือ (2+3) 50 มล. และสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์ 2 มล. ต้มบน hot plate ปิดด้วยกระจกนาฬิกา นาน 1/2 ชั่วโมง

2. กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำเย็น เก็บตะกอนไว้วิเคราะห์กำมะถันไพไรต์

3. นำสารละลายที่กรองได้มาเติมน้ำโบรมีน 10 มล. ต้มให้เดือด 5 นาที เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จนสารละลายเป็นด่างเล็กน้อย แล้วเติมให้เกินพออีก 5 มล.

4. กรองตะกอนล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (1+10) ที่ร้อน

5. นำสารละลายมาเติม methyl orange indicator 2-3 หยดแล้วเติมกรดเกลือเข้มข้นจนเป็นกรด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ต้มบน hot plate ค่อย ๆ เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ อย่างช้า ๆ 10 มล. ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

7. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนหมดคลอไรด์ ซึ่งทดสอบด้วย $AgNO_3$

8. นำตะกอนพร้อมกระดาษกรองใส่ crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้วเผาที่อุณหภูมิ 925 $^{\circ}$ซ นาน 3 ชั่วโมง นำออกเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

9. ทำ blank correction เหมือนข้อ 1-8 โดยไม่ใส่ถ่านหิน

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{ร้อยละของกำมะถันซัลเฟต} = \frac{A-B \times 13.735}{C}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ในตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ใน blank (กรัม)

C = น้ำหนักถ่านหินที่ใช้ (กรัม)

ก.7 <u>การหาปริมาณกำมะถันไพไรต์</u> ASTM D2492

<u>เครื่องมือ</u> hot plate บีกเกอร์ กรวยกรองพร้อมกระดาษกรอง อ่างน้ำเย็น บิวเรต ปิเปต

<u>สารเคมี</u> ก. สารละลายกรดไนตริก (1+7)

ข. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ค. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (1+10)

ง. สารละลายกรดเกลือ (2+3)

จ. สารละลาย stanous chloride ($SnCl_2$)

ฉ. สารละลาย mecuric chloride ($HgCl_2$)

ช. diphenylamine sulfonate indicator

ซ. สารละลายกรดซัลฟุริก-ฟอสฟอริก (H_2SO_4 . H_3PO_4)

ฌ. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำตะกอนและกระดาษกรองจากการวิเคราะห์หากำมะถันซัลเฟตมาย่อยด้วยกรดไนตริก (1+7) 50 มล. นาน 30 นาที

2. กรองสารละลายและล้างตะกอนด้วยน้ำเย็นจนได้ปริมาตรประมาณ 150 มล.

3. เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มล. ต้มให้เดือด 5 นาที นำมาตกตะกอน $Fe(OH)_3$ โดยเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ให้มากเกินพอ 5 มล.

4. กรองตะกอน $Fe(OH)_3$ ล้างตะกอนด้วย สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (1+10) ที่ร้อน

5. ละลายตะกอนบนกระดาษกรองด้วยกรดเกลือ (2+3) ที่ร้อน 25 มล. ล้างกระดาษกรองด้วยน้ำร้อน จนหมดตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. นำสารละลายที่ได้มาต้มให้เดือด เติมสารละลาย stanous chloride ทีละหยด จนสีเหลืองของ Fe^{3+} หมดไป นำไปแช่ในอ่างน้ำที่เย็นจัด

7. เติมสารละลายmecuric chloride 10 มล. อย่างรวดเร็ว ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที

8. เติมสารละลายกรดซัลฟุริก-ฟอสฟอริก 20 มล. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 200 มล.

9. หยด diphenylamine sulfonate indicator ลงไป 2-3 หยด นำไป ไตเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต จุดยุติเป็นสีม่วง

10. ทำ blank correction เหมือนข้อ 1-9 โดยไม่ใส่ถ่านหิน

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$\text{ร้อยละของกำมะถันไพไรต์} = \frac{[(E-F) N \times 5.585] \times 1.148}{W}$$

เมื่อ E = มล. ของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ไตเตรตกับสารละลาย

F = มล. ของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ไตเตรตกับ blank

N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ (normal)

W = น้ำหนักของถ่านหิน (กรัม)

ก.8 <u>การหาปริมาณกำมะถันอินทรีย์</u>

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

ร้อยละของกำมะถันอินทรีย์ = ร้อยละของกำมะถันรวม - (ร้อยละของกำมะถันไพไรต์) - (ร้อยละของกำมะถันซัลเฟต)

ก.9 <u>การหาค่าความร้อนของถ่านหิน</u>, ASTM D2015

<u>เครื่องมือ</u> adiabatic bomb calorimeter บีกเกอร์ ปิเปต บิวเรต กรวยกรอง พร้อมกระดาษกรอง

<u>สารเคมี</u> ก. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ เข้มข้น 10 %

ข. น้ำโบรมีนอิ่มตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. สารละลายกรดเกลือ (1+9)

ง. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 0.0709 N

จ. methyl orange indicator

<u>วิธีการทดลอง</u>

<u>การหาค่ามาตรฐานของเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์</u> (water equivalent)

1. ชั่งน้ำหนักกรดเบนโซอิค (benzoic acid) ที่อัดเป็นเม็ดแล้ว ใส่ลงในถ้วยเผาไหม้ (combustion capsule)

2. ตัดลวดยาวประมาณ 10 ซม. ผูกที่ปลายทั้งสองของแท่งเหล็กด้านล่างฝาบอมบ์

3. วางถ้วยที่ใส่เม็ดกรดเบนโซอิค บนห่วงปลายเหล็กด้านฝาบอมบ์ จัดลวดให้อยู่เหนือผิวหน้า เติมน้ำกลั่น 1 มล. ลงในตัวบอมบ์

4. ประกอบฝาบอมบ์กับตัวบอมบ์ นำไปอัดออกซิเจนให้ได้ความดันในช่วง 20-22 บรรยากาศ นำไปวางในถังบรรจุบอมบ์

5. ใส่น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 25 °ซ ลงในถังบรรจุบอมบ์ (bucket) เป็นปริมาณ 2 ลิตร เสียบสายไฟที่ใช้ในการจุดระเบิด 2 เส้น เข้ากับตัวบอมบ์ แล้วปิดฝาเครื่อง

6. เปิดสวิทช์ อ่านอุณหภูมิ 2 ค่าของน้ำในถังบรรจุบอมบ์ (bucket) กับน้ำที่อยู่ในตัวหุ้ม (jacket) เมื่อใกล้เคียงกัน กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนคงที่ จึงยุติการทดลอง

7. นำตัวบอมบ์ออก ปล่อยก๊าซออกจากตัวบอมบ์อย่างช้า ๆ

8. ล้างฝาและตัวบอมบ์ และถ้วยที่บรรจุเม็ดเบนโซอิคด้วยน้ำกลั่น เก็บน้ำที่ล้างไว้ เติม methyl orange 2-3 หยด ไตเตรตกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 N

9. วัดความยาวลวดที่เหลือ

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$W = \frac{[(H)g + e_1 + e_3]}{t}$$

เมื่อ W = ค่ามาตรฐานของเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (แคลอรีต่อ°ซ)

H = ค่าความร้อนการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิค (แคลอรีต่อกรัม)

g = น้ำหนักของกรดเบนโซอิค (กรัม)

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก (แคลอรี) = จำนวน

มล. ของ 0.0709 N Na_2CO_3 ที่ใช้ไตเตรต

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของลวด (แคลอรี) = 2.3 x ความยาวลวดที่ใช้ไปเป็นเซนติเมตร

t = อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งได้แก้ค่าเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์แล้ว(°ซ)

<u>การหาค่าความร้อนของถ่านหิน</u>

1. ปูเส้นใย (asbestos) ในถ้วยเผาไหม้ (combustion capsule) ชั่งน้ำหนัก ใส่ถ่านหินประมาณ 1 กรัมในถ้วย ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

2. ทำการทดลองเหมือนการหาค่ามาตรฐานของเครื่องบอมบ์ ข้อ 2-9

<u>การหาปริมาณกำมะถันในถ่านหิน</u>

1. นำน้ำล้างบอมบ์ที่ไตเตรตกับสารละลาย Na_2CO_3 แล้ว มาต้มจนเดือด กรองขณะร้อนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง นำสารละลายมาเติมน้ำโบรมีนอิ่มตัว 1 มล. แล้วทำให้เป็นกรดกรดเกลือ (1+9) 1 มล.

2. ต้มให้เดือด เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ 10 มล. ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

3. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนหมดคลอไรด์ ทดสอบได้ด้วย $AgNO_3$

4. นำตะกอนที่ได้พร้อมกระดาษกรองใส่ crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว เผาที่อุณหภูมิ 925 °ซ นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$Q_v = \frac{[t(W) - e_1 - e_2 - e_3 - e_4]}{g}$$

เมื่อ Q_v = ค่าความร้อนของถ่านหินเมื่อปริมาตรคงที่ (แคลอรี/กรัม)

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก (แคลอรี) = จำนวนมล. ของ 0.0709 N Na_2CO_3 ที่ใช้ไตเตรต

e_2 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดซัลฟูริก = 13.16x[%S]x(g)

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของลวด (แคลอรี) = 2.3 x ความยาวลวดที่ใช้ไปเป็นเซนติเมตร

e_4 = การแก้ค่าความร้อนของด้าย = 0

g = น้ำหนักของถ่านหิน (กรัม)

โดยที่

$$\% S = \frac{13.738\ (A-B)}{g}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ในตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ใน blank (กรัม)

g = น้ำหนักถ่านหิน (กรัม)

ก.10 การหาอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน ASTM D1857

เครื่องมือ เตาหลอม (electric fusion furnace) แบบโคน (cone mold) ชามกระเบื้อง (porcelain roasting dish) ฐานทนความร้อน

วิธีการทดลอง

ก.10.1 การเตรียมเถ้าถ่านหิน

1. นำตัวอย่างถ่านหินที่มีขนาด 250 ไมครอน (0.25 มิลลิเมตร) ใส่ในชามกระเบื้องเกลี่ยให้หนาประมาณ 6 มิลลิเมตร

2. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 850 °ซ จนสีดำของคาร์บอนหมด

3. นำเถ้าที่ได้บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200

4. เผาอีกครั้งที่ 825 °ซ นานประมาณ 1.5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ใน desiccator

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.10.2 การเตรียมโคน

1. นำเถ้าถ่านหินประมาณ 3 กรัม หยดน้ำพอเปียกคลุกให้เข้ากัน

2. นำมาบรรจุลงแบบโคน(cone) จนแน่น ทิ้งไว้พอหมาด

3. นำออกจากแบบโคน ตั้งตัวโคนบนฐานทนความร้อนโดยหยดน้ำลงไป 1-2 หยด เพื่อให้ติด ทิ้งไว้ให้แห้ง

ก.10.3 การหาอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน

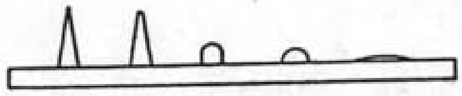
1. นำตัวอย่างโคนที่เตรียมได้ ใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิของเตาไม่เกิน 400 °ซ

2. ปรับอัตราการเพิ่มอุณหภูมิให้คงที่ 10 °ซต่อนาทีตลอดงานทดลอง

3. สังเกตลักษณะของโคนทุก ๆ 10 °ซ บันทึกอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลง

ดังรูปข้างล่าง

4. กำหนดสภาวะในการทดลอง สำหรับเตาหลอมใช้บรรยากาศปกติ



ก.11 <u>การวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักในเถ้าถ่านหินโดยใช้เทคนิคทาง</u> Atomic Absorption Spectrophotometry UV-VIS Absorption Spectrophotometry Titration และ Flame photometry ASTM D 3174 ASTM D 3682 ASTM D 2795

<u>เครื่องมือ</u> เตาเผา (muffle furnace) เบ้าพลาตินัม (platimum crucible) Atomic absorption spectrophotometer UV-VIS absorption spectrophotometer Flame photometer hot plate

<u>สารเคมี</u> ก. ลิเธียมเตตระบอเรต

ข. สารละลายกรดเกลือ (5+95)

ค. สารละลายมาตรฐานซิลิคอน (1000 ppm)

ง. สารละลายมาตรฐานอลูมิเนียม (1000 ppm)

จ. สารละลายมาตรฐานโซเดียม (1000 ppm)

ฉ. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (1000 ppm)

ช. สารละลายมาตรฐานเหล็ก (1000 ppm)

ซ. สารละลายมาตรฐาน EDTA

ฌ. สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น

ญ. สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น

ฎ. สารละลายกรดฟูลออริกเข้มข้น

ฐ. สารละลายไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ 10%

ฑ. สารละลายออโธฟีแนนโธลีน 0.1%

ฒ. สารละลายโซเดียมซิเตรต 10%

ณ. สารละลายโมลิบดิวาเนต

ด. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น

ค. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (224.4 กรัม/ลิตร)

ถ. สารละลายไตรเอทธาโนลามีน

ท. แคลซีนอินดิเคเตอร์

ธ. ซาธาลีนเพอร์เพิลอินดิเคเตอร์

<u>วิธีการทดลอง</u>

ก.11.1 <u>การเตรียมเถ้าถ่านหิน</u>

1. นำตัวอย่างถ่านหินใส่ชามกระเบื้องทนไฟ หนาประมาณ 6 มิลลิเมตร

2. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 °ซ นาน 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 750 °ซ อีก 2 ชั่วโมง นำออกจากเตาทิ้งให้เย็น

3. ร่อนเถ้าถ่านหินที่ได้ให้ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200

4. เผาอีกครั้งที่ 750 °ซ นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator

ก.11.2 <u>การวิเคราะห์ปริมาณของ SiO_2 Al_2O_3</u> โดยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry, ASTM D3682 (ทำการวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

<u>การเตรียมสารละลายตัวอย่าง</u>

1. ชั่งเถ้าถ่านหินประมาณ 0.1000 กรัม ใส่ในเบ้าพลาตินัม เติมลิเธียมเตตระบอเรต 1.00 กรัม นำไปเผาที่ 1000 °ซ นาน 15 นาที

2. นำสารที่หลอมได้ไปละลายในกรดเกลือ (5+95) อุ่นให้ร้อน

3. ถ่ายใส่ขวดมาตรฐาน 250 มล. เจือจางด้วยกรดเกลือ (5+95)

4. แบ่งสารละลายครึ่งหนึ่งทำให้เจือจาง 2 เท่า ด้วยกรดเกลือ (5+95)

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณ SiO_2 และ Al_2O_3</u>

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานซิลิคอนให้มีความเข้มข้นระหว่าง 20-60 มก./มล. และสารละลายมาตรฐานอลูมิเนียม ให้มีความเข้มข้นระหว่าง 10-30 ppm โดยปรับปริมาตรด้วย blank ที่เตรียมจากลิเธียมเตตระบอเรต 2.00 กรัม ละลายในกรดเกลือ (5+95) ทำให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตรในขวดมาตรฐาน

2. นำสารละลายที่ได้ในข้อ1ไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

3. นำผลการวัดที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน ระหว่างค่า absorbance และความ

เข้มข้นของ SiO_2 และ Al_2O_3

4. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวัดค่า absorbance เช่นกัน

5. จากค่า absorbance ที่วัดได้ นำไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานเป็น ppm แล้วคำนวณกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ SiO_2 และ Al_2O_3

ก.11.3 <u>การวิเคราะห์ปริมาณของ Fe_2O_3 CaO MgO Na_2O K_2O P_2O_5 และ TiO_2</u> โดยเทคนิคทาง Spectrophotometry และ Volumetric Titration ASTM D2795

<u>การเตรียมสารละลายตัวอย่าง</u>

1. ชั่งเถ้าถ่านหิน 0.4000 กรัม ใส่เบ้าพลาตินัม เติมกรดกำมะถัน (H_2SO_4) 3 มล. และ กรดไฮโดรฟลูออริก 10 มล. ต้มบน hot plate จนกรดไฮโดรฟลูออริกระเหยหมด

2. เติมกรดไนตริก อีก 1 มล. ต้มไล่ควันสีขาวของ SO_3 จนหมด

3. เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มล. เพื่อละลายตะกอน ทิ้งให้เย็น

4. ถ่ายใส่ขวดมาตรฐาน 250 มล. เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มล. เก็บไว้เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณ Fe_2O_3</u>

1. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 10 มล. ทำให้มีปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยน้ำกลั่นแล้วปิเปตมา 10 มล. ใส่ในขวดมาตรฐาน 100 มล. เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มล.

2. นำสารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 100 ppm ใส่ในขวดมาตรฐาน 100 มล.

3. เติมสารละลายไฮดรอกซิลามีนไฮโดรคลอไรด์ 5 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเติมสารละลายออโธฟีแนนโธลีน 10 มล. และสารละลายโซเดียมซิเตรต 10 มล. แล้วทำให้มีปริมาตรครบ 10 มล. ด้วยน้ำกลั่น เขย่าทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

4. นำไปวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร

5. จากค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างมาเปรียบเทียบกัน หาความเข้มข้น Fe_2O_3 ของสารตัวอย่างได้

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณ P_2O_5</u>

1. นำสารละลายตัวอย่างมา 25 มล. ใส่ในขวดมาตรฐาน 50 มล. เติมน้ำกลั่น

จนได้ปริมาตร 50 มล.

2. เติมสารละลายโมลิบดิวานาเดต 10 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 50 มล. เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 นาที

3. นำไปวัด absorbance ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร

4. จากค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างเปรียบเทียบกัน โดยสารละลายมาตรฐานที่ใช้เตรียมจากโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ P_2O_5

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณ CaO โดยใช้เทคนิค Titration</u>

1. นำสารละลายตัวอย่างมา 25 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่นพอประมาณแล้วปรับ pH ให้เป็นกรดเล็กน้อยด้วยกรดเกลือเจือจาง

2. เติมไตรเอทธาโนลามีน 5 มล. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 5 มล.และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมแคลซีนอินดิเคเตอร์

3. นำไปไตเตรท กับสารละลายมาตรฐาน EDTA เข้มข้น 0.01 โมลาร์ จุดยุติเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง ปริมาณ CaO คำนวณจากสูตร

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวน</u>

$$\% \, CaO = \frac{V_1 \times F(250/A)*100}{W}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน EDTA เมื่อหักค่า blank แล้ว ในการไตเตรทกับตัวอย่าง (มล.)

F = น้ำหนักของ CaO = 0.0056 กรัม ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับEDTA 1 มล.

W = น้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

A = ปริมาตรของตัวอย่างที่นำมาไตเตรท (มล.)

<u>การวิเคราะห์หาปริมาณ MgO โดยใช้ Titration method</u>

1. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 25 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่เติมน้ำพอประมาณแล้วปรับ pH ให้เป็นกรดเล็กน้อย ด้วยกรดเกลือเจือจาง

2. เติมไตรเอทธาโนลามีน 20 มล. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 25 มล. เติมสาร

ละลายมาตรฐาน EDTA ที่รู้ปริมาตรแน่นอนลงไป น้อยกว่าปริมาตรที่ใช้ไตเตรทหา CaO เล็กน้อย

3. เติมพาธาลีนเพอร์เพิลอินดิเคเตอร์ 40 มิลลิกรัม แล้วนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน EDTA จุดยุติเปลี่ยนจากสีม่วงอ่อนเป็นไม่มีสี

4. ปริมาตรของ EDTA ที่ใช้ไตเตรทให้เป็น B และที่เติมลงไปก่อนไตเตรทเป็น A ปริมาตรทั้งหมดของ EDTA = (A+B) ปริมาณ MgO คำนวณจากสูตร

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$\% MgO = \frac{(V2-V1)(0.719\ F)(250/A) \times 100}{W}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน EDTA ที่ใช้ไตเตรทหาปริมาณ CaO เมื่อหักค่า blank แล้ว

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน EDTA ที่ใช้ไตเตรทของตัวอย่าง เมื่อหักค่า blank แล้ว (A+B มล.)

0.719F = น้ำหนักของ MgO ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ EDTA 1 มล.

F,W,A = เป็นสัญลักษณ์เหมือนกับที่ใช้คำนวณหา %CaO

<u>การวิเคราะห์ปริมาณ Na_2O และ K_2O</u> โดยเทคนิคทาง Flame Photometry (ทำการวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมให้มีความเข้มข้น 10-50 ppm และสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมให้มีความเข้มข้น 1-5, 10-50 ppm

2. นำไปวัดค่า flame intensity ด้วยเครื่อง flame photometer

3. เขียนกราฟมาตรฐาน ระหว่างค่าความเข้มข้นกับค่า flame intensity

4. นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ นำไปหาปริมาณ Na และ k โดยวัดค่า flame intensity

5. นำค่าที่ได้ไปอ่านกราฟจะทราบความเข้มข้นเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ต่อไป

ก.12 <u>การหาปริมาณกำมะถันในเถ้าถ่านหิน</u> ASTM D1757 โดยวิธี Eschka method

<u>เครื่องมือ</u> เตาเผา crucible บีกเกอร์ กรวยกรอง และกระดาษกรอง

<u>สารเคมี</u> ก. น้ำกลั่น

ข. น้ำโบรมีนอิ่มตัว

ค. สารละลายกรดเกลือ (1+1) และ (1+9)

ง. Eschka mixture

จ. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (10%)

ฉ. methyl orange indicator

ช. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งเถ้าถ่านหินประมาณ 0.5 กรัม ผสมกับ 3 กรัม ของ Eschka mixture ให้เข้ากันใน crucible แล้วปิดทับด้วย 1 กรัม ของ Eschka mixture

2. นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 825 °ซ นาน 1 ชั่วโมง

3. นำ crucible ออกจากเตาเผา ย่อยสารที่ได้ด้วยน้ำร้อน 100 มล. นาน 1/2 ชั่วโมง

4. กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง

5. ทำสารละลายที่ได้ให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือ (1+1) 10 มล. และ 4 มล. ของน้ำโบรมีน

6. ต้มไล่โบรมีน ปรับ pH ของสารละลายด้วยโซเดียมคาร์บอเนต และเติมกรดเกลือ (1+9) จนสารละลายเป็นกรดเล็กน้อย

7. ต้มสารละลายให้เดือด เติมแบเรียมคลอไรด์ อย่างช้า ๆ 10 มล. คนสม่ำเสมอ แล้วทิ้งไว้ค้างคืน

8. กรองตะกอนด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 ล้างตะกอนจนหมดคลอไรด์ ทดสอบด้วย $AgNO_3$

9. นำตะกอนที่กรองได้พร้อมกระดาษกรองใส่ crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว เผาที่ 925 °ซ นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

10. ทำ blank correction เหมือนข้อ 1-9 แต่ไม่ใส่ตัวอย่างถ่านหิน

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$\text{ร้อยละของ } SO_3 \text{ ในเถ้าถ่านหิน} = \frac{[(A-B) \times 34.3]}{g}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ในตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ ใน blank (กรัม)

g = น้ำหนักเถ้าถ่านหินที่ใช้ (กรัม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากหน่วยงานภายนอก

ได้รับจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จำนวน 285 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ประกอบด้วย

- การวิเคราะห์อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน ในสภาวะออกซิไดส์
- การวิเคราะห์องค์ประกอบเถ้าถ่านหิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

No.	Code	Ash composition (% Wt) SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	Ash fusion temperature (°c) IDT	ST	HT	FT
1	1453ACH2	27.30	15.73	11.78	11.20	2.95	0.43	1.60	21.45	0.00	0.00	1248	1259	1279	1303
2	1465ACH2	35.85	13.48	11.04	14.84	2.42	0.46	1.51	23.81	0.00	0.00	1219	1227	1233	1242
3	1466ACH2	31.03	17.06	13.36	10.08	2.30	0.49	1.72	20.95	0.00	0.00	1254	1278	1294	1311
4	1467ACH2	28.11	12.88	10.35	13.72	2.33	0.37	1.46	24.13	0.00	0.00	1232	1243	1249	1280
5	1476ACH2	22.91	11.63	10.73	18.48	3.56	0.76	1.47	26.28	0.00	0.00	1216	1240	1243	1246
6	WA1462U4	38.95	22.45	11.44	12.04	2.97	0.33	2.25	2.83	0.00	0.00	1284	1293	1304	1335
7	DA1469U4	27.45	14.93	12.30	23.52	3.85	0.08	1.81	9.35	0.00	0.00	1245	1250	1255	1262
8	WA1470U5	36.13	19.40	12.53	16.80	3.86	0.43	2.20	1.63	0.00	0.00	1234	1242	1255	1278
9	WA1472U6	32.10	19.23	13.10	18.20	3.56	0.49	2.13	3.11	0.00	0.00	1229	1236	1249	1274
10	WA1474U7	26.80	14.90	13.28	23.80	3.95	0.51	1.55	8.05	0.00	0.00	1230	1240	1245	1249
11	SLAG1491AU5	40.93	23.53	11.36	11.20	2.98	0.44	2.42	0.60	0.00	0.00	1285	1305	1319	1335
12	WA1420U4	40.68	19.37	14.59	15.32	3.88	0.40	2.06	4.14	0.00	0.00	1236	1247	1266	1292
13	DA1421U4	34.45	18.05	14.37	14.14	3.11	0.55	2.32	6.03	0.00	0.00	1222	1239	1249	1274
14	WA1422U5	36.81	18.47	14.44	15.65	3.68	0.40	2.21	4.35	0.00	0.00	1226	1250	1261	1286
15	DA1423U5	33.46	18.29	14.53	15.30	3.32	0.55	2.35	5.37	0.00	0.00	1232	1246	1266	1293
16	WA1424U6	36.71	19.49	14.12	16.66	2.96	0.46	2.30	3.60	0.00	0.00	1227	1247	1262	1277
17	DA1425U6	32.80	17.29	14.30	17.26	3.19	0.53	2.13	5.66	0.00	0.00	1220	1236	1242	1252
18	WA1426U7	37.99	20.08	15.16	15.86	3.09	0.39	2.42	2.41	0.00	0.00	1227	1249	1268	1290
19	DA1427U7	31.57	17.96	15.22	16.32	2.99	0.51	2.36	6.41	0.00	0.00	1210	1225	1238	1266
20	S 1458U5	38.42	22.21	14.58	12.93	2.98	0.44	2.37	0.31	0.00	0.00	1250	1291	1314	1345
21	S 1464U5	39.06	20.79	14.30	14.59	3.11	0.26	2.29	1.67	0.00	0.00	1245	1263	1275	1296
22	1284A CH2	25.95	19.16	12.53	12.60	2.46	0.39	1.79	19.03	0.00	0.00	1238	1252	1267	1295
23	1293A CH2	25.84	13.13	13.30	15.57	2.62	0.26	1.55	24.40	0.00	0.00	1219	1230	1240	1257
24	1328A CH2	35.36	21.25	11.04	6.02	1.89	0.22	2.18	13.15	0.00	0.00	1297	1326	1336	1360
25	1334A CH2	30.67	15.87	11.07	10.30	2.16	0.21	2.16	20.18	0.00	0.00	1267	1282	1300	1322
26	WA1285 U4	28.09	15.26	14.21	20.52	3.98	0.31	1.82	5.52	0.00	0.00	1223	1236	1243	1249
27	DA1286 U4	26.59	15.98	14.30	20.94	3.88	0.44	2.38	8.32	0.00	0.00	1225	1240	1246	1252
28	WA1287 U5	33.49	18.11	14.59	15.92	2.94	0.36	2.14	2.67	0.00	0.00	1228	1244	1254	1265
29	DA1288 U5	26.75	14.24	14.30	18.74	3.75	0.51	1.83	7.58	0.00	0.00	1225	1237	1246	1250
30	WA1289 U6	30.50	14.37	15.44	17.81	3.50	0.36	1.92	2.15	0.00	0.00	1219	1221	1229	1243
31	DA1290 U6	27.76	16.93	14.61	18.70	3.74	0.43	2.40	6.80	0.00	0.00	1208	1212	1218	1230
32	WA1291 U7	30.75	14.90	15.16	20.16	3.84	0.27	1.55	6.45	0.00	0.00	1210	1221	1225	1230
33	DA1292 U7	28.57	14.05	15.15	17.53	3.95	0.49	1.86	8.20	0.00	0.00	1210	1232	1236	1240
34	410S	13.54	9.72	12.10	20.22	3.96	0.35	1.01	28.68	0.00	0.00	1258	1266	1269	1273
35	411S	35.68	20.43	9.18	6.89	2.17	0.21	2.11	15.42	0.00	0.00	1232	1253	1266	1300
36	1219A CH2	16.37	7.26	13.73	21.81	2.89	0.34	1.28	34.78	0.00	0.00	1250	1260	1266	1271
37	1225A CH2	19.78	10.91	11.95	19.32	3.56	0.64	0.89	27.23	0.00	0.00	1226	1224	1249	1253
38	1234A CH2	34.18	14.18	11.94	12.74	2.11	0.51	1.35	22.97	0.00	0.00	1227	1231	1235	1250
39	1239A CH2	26.48	14.79	13.04	13.72	2.20	0.55	1.60	23.38	0.00	0.00	1221	1228	1232	1242
40	WA1207A U4	26.75	12.15	18.02	26.04	3.58	0.32	1.15	6.75	0.00	0.00	1237	1248	1254	1259
41	DA1208A U4	23.22	12.25	15.73	27.33	3.72	0.32	1.72	9.72	0.00	0.00	1246	1260	1265	1270
42	WA1209A U5	27.93	13.64	18.79	24.86	3.64	0.25	1.65	2.00	0.00	0.00	1206	1221	1230	1255
43	DA1210A U5	21.35	11.80	17.05	26.48	3.48	0.30	1.84	10.24	0.00	0.00	1230	1240	1246	1250
44	WA1211A U6	12.98	14.00	18.59	24.08	3.42	0.21	1.64	1.12	0.00	0.00	1220	1226	1226	1234
45	DA1212A U6	28.62	11.55	17.52	27.88	3.77	0.40	1.36	8.88	0.00	0.00	1248	1254	1254	1262
46	WA1213A U7	25.41	12.33	16.75	22.68	3.61	0.30	1.31	7.62	0.00	0.00	1204	1214	1214	1225
47	DA1214A U7	38.56	15.77	13.71	18.44	3.44	0.55	1.65	7.86	0.00	0.00	1212	1220	1220	1230
48	1244A CH2	24.61	15.88	12.84	13.72	2.48	0.44	9.58	20.86	0.00	0.00	1232	1242	1246	1260

No.	Code	Ash composition (% Wt)										Ash fusion temperature (°c)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	IDT	ST	HT	FT
49	1245A CH2	31.03	17.72	12.58	12.10	2.08	0.34	1.88	19.75	0.00	0.00	1238	1251	1264	1275
50	1259A CH2	22.26	15.83	12.98	15.04	2.64	0.44	1.89	22.94	0.00	0.00	1224	1234	1241	1246
51	1264A CH2	17.29	12.24	12.84	16.58	3.03	0.46	1.38	30.35	0.00	0.00	1230	1243	1254	1256
52	1273A CH2	21.24	12.62	11.73	16.20	3.07	0.44	1.50	26.00	0.00	0.00	1236	1248	1252	1257
53	1282A CH2	25.68	17.20	13.90	11.28	2.46	0.47	2.38	17.63	0.00	0.00	1254	1274	1298	1328
54	396S	11.76	8.40	12.27	28.48	2.29	1.72	0.75	39.60	0.00	0.00	1293	1307	1314	1318
55	397S	12.68	7.07	11.04	19.65	4.32	1.81	0.63	35.45	0.00	0.00	1246	1262	1270	1280
56	WA1322A U4	34.42	13.70	11.91	19.01	3.44	0.26	1.38	6.48	0.00	0.00	1205	1216	1222	1227
57	DA1323A U4	31.57	14.23	12.13	17.44	3.58	0.37	2.13	6.51	0.00	0.00	1216	1230	1351	1241
58	WA1324A U5	32.90	15.38	12.47	17.78	3.50	0.17	1.48	3.70	0.00	0.00	1215	1228	1234	1238
59	DA1325A U5	29.05	13.68	12.70	21.48	3.10	0.32	1.69	7.05	0.00	0.00	1213	1225	1231	1235
60	WA1326A U7	40.92	16.29	12.24	12.96	2.99	0.22	2.09	2.25	0.00	0.00	1260	1279	1279	1378
61	DA1327A U7	33.01	14.88	12.60	18.42	2.89	0.33	1.91	6.45	0.00	0.00	1211	1223	1230	1235
62	1283A CH2	33.22	18.64	9.72	10.58	2.51	0.30	2.23	15.59	0.00	0.00	1284	1307	1322	1348
63	1307A CH2	19.74	10.14	12.87	19.04	2.89	0.29	1.67	26.50	0.00	0.00	1225	1235	1241	1244
64	1314A CH2	17.82	12.77	13.15	19.12	3.66	0.39	1.45	28.73	0.00	0.00	1228	1240	1244	1247
65	1318A CH2	22.47	13.90	14.07	18.48	2.74	0.27	1.70	24.91	0.00	0.00	1212	1219	1224	1236
66	1319A CH2	23.43	13.67	12.21	11.76	2.76	0.22	2.01	21.65	0.00	0.00	1232	1238	1277	1296
67	WA1246 U4	39.32	17.36	14.64	18.96	3.34	0.32	1.65	5.18	0.00	0.00	1206	1215	1221	1232
68	DA1247 U4	25.31	17.01	14.87	20.14	3.25	0.36	2.03	6.65	0.00	0.00	1210	1218	1224	1235
69	WA1248 U5	32.90	17.52	15.38	17.92	3.25	0.41	2.06	4.31	0.00	0.00	1213	1220	1226	1235
70	DA1249 U5	31.35	19.42	15.73	14.85	2.63	0.43	2.41	5.76	0.00	0.00	1233	1238	1245	1253
71	WA1250 U6	28.35	16.60	18.30	22.68	3.52	0.30	3.00	2.23	0.00	0.00	1224	1232	1238	1248
72	DA1251 U6	20.33	12.81	15.44	24.93	3.07	0.52	1.09	7.84	0.00	0.00	1250	1255	1262	1270
73	WA1252 U7	29.69	16.21	13.73	19.40	2.25	0.24	1.54	5.36	0.00	0.00	1211	1220	1230	1242
74	DA1250 U7	27.34	14.60	15.73	18.20	3.30	0.55	1.96	6.63	0.00	0.00	1223	1235	1243	1249
75	402S	13.32	7.16	11.81	29.40	3.67	0.64	0.58	28.65	0.00	0.00	1260	1285	1290	1324
76	1163A CH2	23.33	14.56	17.82	17.08	3.01	1.94	1.83	22.72	0.00	0.00	1188	1205	1212	1230
77	1164A CH2	24.61	9.97	12.07	12.60	1.69	1.41	1.41	21.57	0.00	0.00	1200	1206	1217	1239
78	DA1168A U4	27.79	19.85	18.02	15.79	3.45	1.98	3.64	5.23	0.00	0.00	1248	1260	1279	1296
79	WA1169A U5	35.31	21.54	13.13	10.92	3.42	1.92	3.93	1.10	0.00	0.00	1290	1299	1310	1320
80	DA1171A U6	34.35	21.26	13.13	12.68	2.59	2.43	2.90	4.23	0.00	0.00	1275	1283	1304	1329
81	WA1172A U7	34.24	20.32	10.87	13.97	2.92	3.73	2.57	2.87	0.00	0.00	1252	1266	1292	1326
82	DA1173A U7	32.10	19.66	11.30	15.76	2.99	2.81	2.64	5.54	0.00	0.00	1192	1214	1229	1250
83	1194A CH2	27.82	16.48	13.16	14.17	2.32	0.33	1.61	21.15	0.00	0.00	1233	1252	1260	1267
84	1199A CH2	29.96	28.98	10.58	12.29	2.19	0.27	1.79	15.21	0.00	0.00	1230	1242	1250	1282
85	1204A CH2	27.77	17.05	10.01	12.46	2.02	0.45	1.81	20.31	0.00	0.00	1241	1259	1265	1287
86	1205A CH2	27.18	16.11	9.73	15.20	2.03	0.30	1.71	22.08	0.00	0.00	1225	1245	1253	1278
87	1206A CH2	20.86	11.81	13.16	21.19	2.39	0.20	1.24	26.58	0.00	0.00	1228	1247	1252	1258
88	361S	17.49	10.71	10.58	26.38	3.12	0.45	1.40	23.26	0.00	0.00	1230	1252	1261	1275
89	362S	29.15	16.09	18.96	7.78	5.23	2.41	2.25	17.91	0.00	0.00	1264	1307	1320	1339
90	363S	10.49	3.63	10.01	29.54	4.12	0.00	0.24	42.55	0.00	0.00	1256	1293	1322	1311
91	364S	35.84	19.61	14.30	6.08	2.12	2.54	2.47	13.10	0.00	0.00	1275	1321	1333	1360
92	365S	18.73	12.76	11.44	19.60	4.12	3.83	1.48	32.60	0.00	0.00	1220	1238	1243	1251
93	366S	18.03	14.17	13.07	14.56	3.65	3.02	1.62	26.15	0.00	0.00	1227	1242	1256	1280
94	1126A CH2	32.10	15.43	17.93	12.88	2.77	1.91	1.69	16.98	0.00	0.00	1243	1263	1276	1304
95	1140A CH2	25.15	14.64	14.97	20.42	2.78	1.29	1.23	23.32	0.00	0.00	1205	1214	1223	1257
96	1146A CH2	27.02	16.27	17.16	14.01	2.92	2.02	1.89	19.54	0.00	0.00	1225	1252	1269	1290

No.	Code	Ash composition (% Wt)										Ash fusion temperature (°c)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	IDT	ST	HT	FT
97	1154A CH2	26.75	14.08	15.16	14.84	2.86	1.72	1.72	20.94	0.00	0.00	1180	1228	1252	1280
98	1158A CH2	28.62	16.60	15.96	12.88	2.46	1.21	2.29	17.32	0.00	0.00	1255	1278	1295	1320
99	S1166A U4	25.52	15.15	14.87	36.00	2.02	3.15	1.51	3.68	0.00	0.00	1222	1224	1229	1238
100	S1166A U4	22.47	11.80	16.10	38.92	2.26	1.36	0.88	4.59	0.00	0.00	1270	1288	1291	1295
101	LRC358S	27.18	11.15	13.67	13.97	2.79	1.45	1.45	27.43	0.00	0.00	1204	1214	1221	1235
102	LRC359S	30.50	17.39	15.16	7.95	2.59	1.34	1.71	18.61	0.00	0.00	1268	1286	1296	1315
103	WA1095A U4	42.63	22.02	13.45	10.38	2.71	1.71	2.46	1.51	0.00	0.00	1271	1276	1282	1294
104	DA1096A U4	37.98	18.99	14.59	12.18	2.65	1.52	2.07	4.90	0.00	0.00	1252	1261	1269	1286
105	WA1097A U5	37.76	19.09	12.87	15.17	2.61	0.81	1.91	1.30	0.00	0.00	1215	1232	1238	1267
106	DA1098A U5	33.72	19.51	14.30	16.53	2.60	1.41	2.37	4.82	0.00	0.00	1227	1254	1264	1284
107	WA1099A U6	40.12	20.32	11.80	14.73	2.41	6.61	2.49	1.60	0.00	0.00	1235	1256	1270	1292
108	DA1100A U6	31.57	19.14	12.64	14.34	2.69	0.80	2.30	4.54	0.00	0.00	1247	1264	1282	1292
109	WA1101A U7	41.33	20.68	11.56	13.44	2.45	1.00	2.41	1.81	0.00	0.00	1227	1242	1257	1289
110	DA1102A U7	36.54	19.16	13.19	14.11	2.66	1.00	2.43	4.28	0.00	0.00	1231	1250	1268	1282
111	1103A CH2	34.51	16.34	13.87	8.96	2.46	2.27	1.92	19.20	0.00	0.00	1264	1270	1294	1319
112	1118A CH2	39.58	19.67	11.86	7.56	2.07	1.08	2.01	16.22	0.00	0.00	1285	1288	1292	1300
113	1123A CH2	33.70	19.43	11.73	6.43	2.10	0.60	2.04	12.56	0.00	0.00	1271	1295	1304	1320
114	1124A CH2	31.58	17.96	14.56	9.15	2.40	1.73	2.05	15.08	0.00	0.00	1252	1265	1280	1306
115	1125A CH2	37.43	21.63	14.87	9.24	2.79	1.45	2.47	14.78	0.00	0.00	1267	1301	1315	1336
116	WA1132A U4	28.68	16.63	18.02	14.67	3.32	1.55	2.44	5.12	0.00	0.00	1240	1251	1266	1291
117	DA1133A U4	28.67	19.13	22.91	15.20	3.95	2.61	2.90	3.91	0.00	0.00	1255	1268	1283	1300
118	WA1134A U5	23.86	19.86	19.25	18.87	4.65	1.57	2.95	3.00	0.00	0.00	1230	1246	1267	1297
119	DA1135A U5	30.71	20.04	22.16	15.28	4.52	1.87	3.02	4.48	0.00	0.00	1270	1279	1291	1309
120	WA1136A U6	32.58	20.16	18.01	16.91	3.56	1.34	2.68	2.32	0.00	0.00	1257	1266	1282	1296
121	DA1137A U6	32.63	17.40	20.59	18.54	4.24	1.78	2.63	4.27	0.00	0.00	1242	1252	1269	1288
122	WA1138A U7	35.31	19.89	19.31	16.52	3.61	1.28	2.68	3.23	0.00	0.00	1253	1265	1280	1300
123	DA1139A U7	33.65	19.51	18.59	15.32	3.41	1.82	2.52	4.50	0.00	0.00	1268	1275	1291	1311
124	1078A CH2	31.62	17.40	12.01	12.04	1.99	0.68	2.34	17.03	0.00	0.00	1234	1253	1270	1290
125	1079A CH2	34.76	16.92	12.90	12.87	2.30	0.86	2.27	18.76	0.00	0.00	1230	1246	1257	1300
126	1079A CH2	31.69	16.58	12.01	11.76	2.13	0.97	2.60	18.87	0.00	0.00	1243	1254	1265	1307
127	1081A CH2	23.15	11.07	13.10	17.89	2.60	0.96	1.87	25.38	0.00	0.00	1203	1242	1248	1259
128	WA1053A U4	42.75	23.12	11.48	9.28	2.30	0.57	3.12	1.10	0.00	0.00	1313	1322	1330	1340
129	DA1054A U4	38.51	21.64	14.59	9.10	2.19	0.66	2.85	3.60	0.00	0.00	1309	1336	1342	1354
130	WA1055A U5	43.30	23.10	12.87	9.52	2.22	0.72	2.81	0.84	0.00	0.00	1312	1334	1348	1358
131	DA1056A U5	40.66	22.85	13.73	8.63	2.17	0.67	2.83	3.24	0.00	0.00	1301	1320	1331	1343
132	WA1057A U6	41.71	21.95	11.85	13.38	2.58	0.78	2.81	1.63	0.00	0.00	1294	1305	1320	1335
133	DA1058A U6	35.74	18.49	12.58	16.60	2.66	0.88	2.26	6.54	0.00	0.00	1220	1244	1258	1267
134	WA1059A U7	39.06	21.22	14.52	8.40	2.09	1.07	2.37	3.35	0.00	0.00	1305	1332	1342	1354
135	DA1060A U7	42.00	22.16	12.81	9.25	2.07	0.62	2.36	1.41	0.00	0.00	1307	1324	1336	1348
136	LRC351S	17.12	10.50	19.45	12.68	3.03	1.72	1.66	26.67	0.00	0.00	1225	1230	1238	1260
137	LRC352S	40.66	22.81	14.87	2.66	2.06	1.46	3.15	8.67	0.00	0.00	1230	1343	1351	1375
138	LRC353S	39.06	21.20	17.25	3.92	3.23	1.22	2.67	11.77	0.00	0.00	1237	1300	1310	1336
139	LRC354S	42.58	20.32	14.93	2.56	4.20	1.49	2.42	10.53	0.00	0.00	1255	1318	1332	1360
140	LRC355S	34.78	18.88	16.51	7.02	2.72	2.08	2.43	15.72	0.00	0.00	1268	1300	1320	1344
141	LRC356S	41.20	21.23	14.59	3.70	2.13	3.50	2.45	10.40	0.00	0.00	1248	1330	1350	1365
142	CH2 (1044A)	28.36	14.56	15.39	14.84	2.95	0.48	2.06	20.41	0.00	0.00	1212	1233	1238	1250
143	CH2(1045A)	33.70	19.89	12.58	9.82	2.55	0.40	2.41	11.20	0.00	0.00	1278	1289	1297	1313
144	CH2 (1046A)	34.13	19.42	10.46	8.60	2.18	0.35	2.13	15.60	0.00	0.00	1285	1293	1301	1320

No.	Code	Ash composition (% Wt) SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	Ash fusion temperature (°c) IDT	ST	HT	FT
145	CH2 (1047A)	35.31	19.09	11.04	7.98	2.11	0.68	2.35	15.64	0.00	0.00	1287	1299	1305	1322
146	WA(978A) U4	23.47	15.65	16.85	21.22	5.05	0.63	1.67	5.66	0.00	0.00	1196	1215	1232	1243
147	DA(979A) U4	22.47	14.15	14.16	22.95	5.31	1.40	1.72	7.98	0.00	0.00	1243	1260	1281	1297
148	DA(981A) U5	29.13	15.13	14.78	20.72	5.77	0.98	2.28	6.29	0.00	0.00	1238	1250	1257	1266
149	WA(982A) U6	26.57	14.78	15.16	19.88	5.20	0.55	1.89	9.08	0.00	0.00	1230	1246	1250	1263
150	DA(983A) U6	26.97	14.90	14.30	21.57	5,87	1.04	2.13	7.26	0.00	0.00	1233	1247	1251	1265
151	WA(984A) U7	24.62	14.25	14.87	20.44	7.24	0.58	1.75	6.48	0.00	0.00	1223	1236	1244	1256
152	DA(985A) U8	26.05	13.89	15.23	21.28	6.83	1.61	1.93	7.32	0.00	0.00	1228	1247	1263	1278
153	340S	17.54	5.08	11.14	21.08	4.93	2.05	0.83	24.79	0.00	0.00	1255	1267	1273	1275
154	341S	21.45	9.89	14.01	26.49	1.40	0.45	1.49	14.33	0.00	0.00	1187	1206	1216	1233
155	343S	12.05	7.91	13.36	22.40	2.03	1.12	1.52	30.88	0.00	0.00	1243	1256	1272	1286
156	LRC 300S	43.23	23.15	12.01	5.18	2.59	0.00	2.28	7.95	0.00	0.00	1280	1299	1332	1344
157	LRC 301S	27.30	15.01	10.47	14.28	4.02	0.00	1.71	22.72	0.00	0.00	1228	1244	1256	1266
158	LRC 293S	36.81	17.86	14.04	8.17	1.80	0.00	2.40	13.95	0.00	0.00	1270	1293	1310	1327
159	LRC 294S	40.34	18.04	12.98	6.85	1.57	0.00	2.66	13.38	0.00	0.00	1279	1296	1316	1328
160	LRC 295S	43.33	20.32	14.21	7.20	1.76	0.00	2.87	10.38	0.00	0.00	1268	1290	1308	1316
161	LRC 296S	46.71	25.70	10.41	4.76	2.19	0.00	2.25	5.73	0.00	0.00	1300	1334	1374	1387
162	LRC 297S	46.01	26.97	10.18	3.98	2.14	0.00	2.35	5.46	0.00	0.00	1353	1392	1414	1426
163	LRC 302S	14.90	7.94	13.50	23.72	4.80	0.00	0.98	32.65	0.00	0.00	1264	1280	1289	1298
164	LRC 304S	6.43	3.52	10.93	33.20	3.45	0.00	0.31	44.65	0.00	0.00	1302	1320	1334	1345
165	LRC 305S	26.21	12.05	12.01	18.47	2.52	0.00	1.46	24.75	0.00	0.00	1229	1247	1254	1267
166	LRC 306S	41.20	21.22	16.79	4.00	1.96	0.00	2.20	9.68	0.00	0.00	1290	1333	1350	1362
167	LRC 308S	38.58	20.50	12.64	3.91	2.03	0.00	2.21	1.98	0.00	0.00	1297	1321	1348	1370
168	LRC 309S	35.80	18.57	13.01	6.50	2.44	0.00	1.98	15.80	0.00	0.00	1304	1323	1336	1345
169	DA889A U4	31.14	17.39	15.74	13.41	3.38	0.92	2.67	4.82	0.00	0.00	1215	1225	1230	1241
170	DA891A U5	31.83	19.71	16.28	11.74	3.71	1.07	2.72	4.53	0.00	0.00	1228	1235	1244	1257
171	WA892A U6	33.86	20.94	14.70	11.20	3.68	0.57	2.57	2.42	0.00	0.00	1247	1254	1260	1275
172	DA892A U6	32.38	17.71	12.73	9.32	2.62	0.67	2.49	4.17	0.00	0.00	1256	1263	1269	1280
173	WA894A U7	26.25	16.69	15.44	15.68	3.41	0.46	2.13	5.52	0.00	0.00	1199	1211	1216	1225
174	DA895A U7	35.74	20.89	16.83	9.35	3.13	0.80	2.72	3.80	0.00	0.00	1276	1286	1290	1300
175	CH2(993A)	27.26	11.48	12.93	19.04	2.82	1.32	1.37	25.73	0.00	0.00	1201	1226	1237	1243
176	CH2(1002A)	26.48	13.56	13.16	15.40	2.79	1.26	2.27	21.63	0.00	0.00	1188	1219	1227	1231
177	CH2(1007A)	24.13	14.80	11.76	14.18	2.99	7.07	2.18	21.28	0.00	0.00	1215	1230	1245	1260
178	CH2(1012A)	25.54	14.92	10.87	15.74	3.05	1.06	2.35	19.48	0.00	0.00	1219	1227	1232	1250
179	CH2(1013A)	31.03	17.62	13.74	11.64	2.97	4.89	2.20	17.02	0.00	0.00	1235	1249	1260	1286
180	CH2(1024A)	32.61	17.40	12.30	10.08	2.95	1.30	2.45	16.56	0.00	0.00	1264	1286	1305	1320
181	CH2(1029A)	28.84	18.61	11.44	7.56	2.17	0.58	2.30	14.75	0.00	0.00	1277	1291	1302	1316
182	CH2(1034A)	26.21	11.53	14.10	14.56	2.67	0.62	1.58	23.33	0.00	0.00	1196	1220	1220	1240
183	CH2 945A	15.03	6.25	12.01	27.16	3.31	1.30	1.07	37.75	0.00	0.00	1292	1303	1318	1325
184	CH2 959A	30.60	16.82	16.40	12.66	3.02	1.12	2.31	17.69	0.00	0.00	1228	1239	1250	1260
185	CH2 965A	33.22	17.81	15.16	9.80	2.65	1.32	2.40	17.32	0.00	0.00	1266	1275	1282	1302
186	CH2 970A	26.15	14.87	11.73	12.94	2.59	1.89	2.05	22.97	0.00	0.00	1190	1207	1217	1225
187	CH2 971A	28.20	16.91	11.30	14.06	3.18	1.84	1.57	23.07	0.00	0.00	1194	1209	1215	1222
188	CH2 972A	29.42	15.78	11.64	11.48	2.60	1.32	2.23	21.05	0.00	0.00	1236	1248	1274	1283
189	CH2 986A	27.28	11.58	12.72	16.24	3.59	1.98	1.74	27.05	0.00	0.00	1185	1220	1230	1239
190	CH2 944A	13.80	7.00	11.90	25.20	3.57	1.16	1.40	39.55	0.00	0.00	1299	1305	1312	1320
191	CH2 947A	6.05	2.79	11.61	33.04	4.04	0.74	0.38	40.52	0.00	0.00	1295	1323	1331	1342
192	CH2 960A	18.54	12.56	11.73	18.76	3.65	1.22	1.77	26.35	0.00	0.00	1210	1227	1233	1240

No.	Code	Ash composition (% Wt)										Ash fusion temperature (°c)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	IDT	ST	HT	FT
193	310S	30.87	17.86	16.70	10.36	2.50	2.13	2.42	16.80	0.00	0.00	1225	1244	1267	1298
194	313S	19.85	9.83	14.41	23.60	3.41	2.11	1.75	27.93	0.00	0.00	1202	1224	1248	1265
195	314S	17.81	9.50	19.13	17.53	3.19	1.31	1.53	31.95	0.00	0.00	1205	1229	1254	1271
196	315S	37.02	21.69	14.99	6.16	2.05	1.13	2.80	14.66	0.00	0.00	1250	1277	1308	1332
197	316S	32.15	20.55	14.30	8.18	2.20	1.24	2.57	18.42	0.00	0.00	1257	1283	1310	1336
198	317S	24.02	14.22	15.62	12.88	2.64	1.10	1.98	25.28	0.00	0.00	1230	1248	1265	1286
199	1086A CH2	29.43	18.12	14.10	9.25	2.49	1.14	2.35	17.21	0.00	0.00	1266	1275	1297	1330
200	1087A CH2	31.08	18.44	12.87	7.90	2.32	1.70	2.30	16.20	0.00	0.00	1275	1295	1314	1336
201	1088A CH2	26.21	14.46	11.30	10.47	2.13	1.14	1.87	21.27	0.00	0.00	1233	1245	1262	1310
202	1089A SLAG U4	32.74	19.18	12.58	15.32	2.50	1.14	2.41	1.50	0.00	0.00	1215	1226	1231	1242
203	467S	3.94	2.18	9.43	33.68	3.80	0.17	0.20	48.05	0.00	0.00	1290	1326	1331	1342
204	416S	21.97	9.63	18.68	13.52	3.18	0.16	1.46	20.47	0.00	0.00	1266	1284	1307	1324
205	417S	29.78	18.24	15.38	7.06	3.48	0.26	2.06	16.78	0.00	0.00	1288	1308	1319	1330
206	414S *	20.33	13.79	19.97	10.39	3.11	0.56	1.38	0.00	0.00	0.00	1260	1272	1282	1302
207	417S *	29.43	17.26	15.33	7.58	3.74	0.21	2.01	0.00	0.00	0.00	1290	1303	1311	1335
208	442S	19.35	10.51	13.44	16.04	4.08	0.70	1.35	30.23	0.00	0.00	1228	1237	1241	1245
209	443S	18.84	8.09	12.58	22.51	3.59	0.46	1.14	28.95	0.00	0.00	1244	1251	1253	1264
210	1345A CH2	30.92	15.86	10.04	12.24	3.02	0.32	1.75	20.95	0.00	0.00	1218	1232	1256	1280
211	1350A CH2	35.31	19.28	9.87	8.96	2.13	0.51	2.12	18.37	0.00	0.00	1299	1313	1325	1351
212	1351A CH2	28.89	16.33	10.07	11.88	3.58	0.38	1.74	21.21	0.00	0.00	1232	1248	1270	1325
213	1352A CH2	25.58	13.09	10.44	15.04	3.39	0.38	1.45	28.88	0.00	0.00	1207	1214	1220	1298
214	1366A CH2	21.30	13.28	11.73	16.32	3.13	0.27	1.43	24.61	0.00	0.00	1220	1233	1253	1278
215	1373A CH2	28.35	16.07	9.72	14.70	2.92	0.27	1.57	22.93	0.00	0.00	1256	1267	1271	1274
216	1382A CH2	23.01	12.80	10.58	19.55	3.14	0.29	1.34	22.53	0.00	0.00	1223	1240	1251	1254
217	1404A CH2	23.75	11.88	10.56	15.29	3.29	0.30	1.41	26.28	0.00	0.00	1212	1230	1235	1245
218	1395A CH2	30.22	15.07	11.27	16.02	2.63	0.32	1.73	18.74	0.00	0.00	1228	1230	1261	1280
219	1405A CH2	28.68	14.17	9.75	13.97	2.24	0.27	1.54	22.65	0.00	0.00	1223	1233	1241	1270
220	1406A CH2	29.32	14.22	10.11	14.94	3.09	0.32	1.40	21.71	0.00	0.00	1208	1222	1229	1260
221	1428A CH2	27.71	15.02	13.16	12.01	2.99	0.26	1.38	23.47	0.00	0.00	1238	1251	1270	1290
222	WA1353 U4	41.36	23.11	11.46	8.96	3.22	0.28	2.27	0.80	0.00	0.00	1310	1324	1341	1375
223	DA1354 U4	46.17	21.22	11.41	10.33	3.18	0.45	2.44	4.11	0.00	0.00	1308	1319	1338	1365
224	WA1355 U5	40.13	23.91	11.07	7.98	3.33	0.28	2.40	0.59	0.00	0.00	1293	1322	1345	1382
225	DA1356 U5	41.20	23.77	10.38	8.12	2.71	0.31	2.32	3.43	0.00	0.00	1300	1327	1338	1374
226	WA1357 U6	41.25	21.00	11.38	10.81	3.79	0.37	2.37	0.74	0.00	0.00	1296	1325	1338	1380
227	DA1358 U6	40.02	19.89	11.84	14.28	3.59	0.28	1.87	1.93	0.00	0.00	1286	1300	1324	1371
228	WA1359 U7	42.27	23.29	10.01	9.24	3.29	0.29	2.35	1.96	0.00	0.00	1314	1336	1343	1370
229	DA1360 U7	42.43	21.05	10.90	11.82	3.37	0.38	2.49	4.33	0.00	0.00	1299	1313	1334	1366
230	S1317A U4	44.50	20.34	11.36	13.38	3.31	0.28	1.94	4.84	0.00	0.00	1236	1280	1303	1340
231	S1368A U6	31.03	17.06	13.59	22.12	3.48	0.27	1.38	0.73	0.00	0.00	1230	1229	1243	1282
232	413S	8.19	3.45	9.96	34.92	3.40	0.16	0.23	39.93	0.00	0.00	1316	1330	1335	1342
233	406S	23.63	12.20	12.86	16.84	2.75	0.14	1.71	29.85	0.00	0.00	1231	1246	1251	1256
234	357S	25.56	14.00	24.65	12.40	2.52	1.40	2.47	17.02	0.00	0.00	1217	1284	1295	1306
235	319S	18.73	14.51	24.74	10.22	2.35	0.16	2.63	20.47	0.00	0.00	1245	1264	1279	1300
236	347S	32.64	17.72	17.16	6.67	1.89	0.21	3.27	15.81	0.00	0.00	1252	1299	1309	1325
237	348S	7.33	7.29	9.80	35.66	2.68	0.31	1.10	33.03	0.00	0.00	1274	1293	1315	1324
238	349S	35.58	19.65	17.73	5.07	1.93	0.30	3.21	11.24	0.00	0.00	1266	1305	1318	1328
239	LRC 265S	4.55	2.70	11.44	35.23	2.99	0.00	0.29	42.28	0.00	0.00	1272	1287	1304	1312
240	LRC 266S	5.35	2.70	10.35	37.64	2.89	0.00	0.28	35.83	0.00	0.00	1307	1317	1325	1330

No.	Code	Ash composition (% Wt)										Ash fusion temperature (°c)			
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	TiO_2	IDT	ST	HT	FT
241	LRC 275S	43.71	21.26	17.44	2.63	2.03	0.78	4.40	7.65	0.00	0.00	1240	1374	1381	1387
242	LRC 276S	42.80	24.14	15.33	3.64	2.04	0.51	3.82	9.86	0.00	0.00	1228	1350	1361	1370
243	LRC 277S	9.15	4.90	10.64	27.58	4.08	0.53	1.00	45.12	0.00	0.00	1301	1318	1327	1340
244	LRC 279S	27.87	14.05	17.96	11.06	1.56	0.61	2.38	21.36	0.00	0.00	1243	1267	1296	1320
245	LRC 282S	4.55	2.27	6.33	56.70	2.51	1.20	0.70	25.17	0.00	0.00	1270	1297	1305	1313
246	LRC 284S	18.46	8.41	11.42	22.12	3.16	0.48	1.86	35.43	0.00	0.00	1225	1233	1237	1240
247	LRC 285S	3.75	2.14	9.79	38.20	3.05	4.86	0.27	41.93	0.00	0.00	1300	1310	1313	1319
248	LRC 286S	28.46	13.52	10.81	13.83	3.04	0.38	2.26	24.30	0.00	0.00	1210	1227	1241	1245
249	LRC 290S	42.80	24.00	15.13	3.20	2.04	0.91	2.62	8.38	0.00	0.00	1237	1357	1383	1398
250	LRC 291S	6.52	3.65	10.87	35.90	2.73	0.62	0.41	39.93	0.00	0.00	1248	1270	1330	1337
251	LRC 292S	5.66	2.77	10.85	35.84	2.89	0.98	0.30	40.25	0.00	0.00	1265	1277	1333	1343
252	LRC 946S	10.06	5.50	11.44	31.08	3.32	1.38	0.97	39.20	0.00	0.00	1291	1301	1313	1324
253	LRC 268S	23.94	13.01	21.75	12.52	2.34	0.00	1.71	22.04	0.00	0.00	1253	1263	1276	1286
254	LRC 269S	23.70	12.80	22.88	13.02	2.35	0.00	1.66	21.32	0.00	0.00	1258	1266	1280	1291
255	LRC 270S	19.36	11.31	24.02	14.98	2.30	0.00	1.36	24.41	0.00	0.00	1262	1282	1287	1296
256	LRC 271S	22.20	12.81	20.94	12.60	2.39	0.00	2.36	22.93	0.00	0.00	1277	1280	1283	1290
257	LRC 272S	20.33	11.56	19.45	13.38	2.30	0.00	2.19	24.15	0.00	0.00	1257	1267	1272	1280
258	LRC 273S	23.40	13.13	20.30	11.73	2.20	0.00	2.46	22.05	0.00	0.00	1256	1259	1262	1270
259	DA852 U6	35.04	18.31	13.56	16.52	4.07	0.67	2.05	4.26	0.00	0.00	1182	1203	1220	1216
260	WA853 U7	31.07	15.73	13.16	19.74	4.17	0.00	1.61	6.48	0.00	0.00	1180	1192	1198	1230
261	DA854 U7	34.40	17.62	14.30	17.42	4.20	0.00	2.09	5.91	0.00	0.00	1176	1202	1214	1240
262	253S	5.96	2.64	9.67	38.64	2.91	0.53	0.30	41.15	0.00	0.00	1327	1331	1338	1360
263	254S	4.82	2.24	8.35	38.22	3.24	1.10	0.28	42.93	0.00	0.00	1344	1352	1363	1394
264	255S	5.83	2.48	8.40	38.36	3.12	1.43	0.26	41.65	0.00	0.00	1343	1347	1359	1389
265	249S	3.88	5.43	18.37	21.19	12.49	0.00	0.00	34.08	0.00	0.00	1308	1316	1323	1349
266	231S	5.72	4.02	14.07	22.82	12.10	0.00	0.00	31.25	0.00	0.00	1287	1300	1329	1336
267	232S	1.42	3.00	10.74	27.72	12.50	0.00	0.00	32.20	0.00	0.00	1275	1279	1285	1298
268	233S	1.20	2.62	11.84	26.63	12.50	0.00	0.00	33.72	0.00	0.00	1278	1280	1287	1304
269	234S	1.00	2.42	10.44	26.08	12.08	0.00	0.00	32.78	0.00	0.00	1246	1253	1265	1321
270	235S	1.09	3.69	11.81	25.54	12.88	0.00	0.00	33.38	0.00	0.00	1277	1283	1299	1319
271	236S	1.29	2.91	12.22	29.34	13.28	0.00	0.00	30.90	0.00	0.00	1267	1272	1280	1311
272	237S	1.23	3.26	13.76	30.43	12.88	0.00	0.00	31.58	0.00	0.00	1264	1270	1277	1315
273	238S	1.15	4.75	13.03	26.63	13.28	0.00	0.00	30.88	0.00	0.00	1308	1313	1320	1337
274	228S	0.58	3.55	8.84	30.97	12.10	0.00	0.00	33.15	0.00	0.00	1238	1263	1287	1313
275	230S	2.27	3.19	14.01	12.89	23.91	0.00	0.00	35.05	0.00	0.00	1292	1299	1311	1330
276	158S	1.16	6.76	11.37	28.08	12.92	0.00	0.00	37.55	0.00	0.00	1295	1311	1322	1331
277	159S	1.21	5.77	12.11	27.52	12.11	0.00	0.00	35.37	0.00	0.00	1257	1265	1273	1281
278	160S	4.17	0.91	18.25	21.34	11.30	0.00	0.00	42.50	0.00	0.00	1299	1302	1316	1336
279	164S	13.58	1.93	20.77	16.85	8.07	0.00	0.00	38.05	0.00	0.00	1299	1300	1302	1306
280	156S	0.56	5.19	13.26	27.52	12.52	0.00	0.00	39.67	0.00	0.00	1287	1298	1302	1316
281	157S	2.17	0.47	14.63	23.59	12.11	0.00	0.00	45.05	0.00	0.00	1290	1300	1309	1315
282	239S	7.19	1.05	45.02	13.04	8.20	0.00	0.00	16.30	0.00	0.00	1314	1317	1320	1324
283	242S	59.32	10.15	10.37	3.80	1.95	0.00	0.00	5.42	0.00	0.00	1393	1402	1428	1448
284	102S	3.02	2.98	17.79	31.08	3.07	0.33	0.37	39.60	0.00	0.00	1290	1298	1308	1327
285	103S	21.73	6.90	18.29	18.76	2.66	0.70	0.99	30.40	0.00	0.18	1249	1261	1270	1276

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการประมาณค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหิน

1) <u>โดยใช้ไดอะแกรมกราฟสามเหลี่ยม</u>

<u>หลักการ</u> อุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินถูกเขียนลงในไดอะแกรมกราฟสามเหลี่ยมที่มีแกนทั้งสามเป็นร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ การประมาณค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินหาได้จากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโดยรอบจุดที่ต้องการ

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> จากเถ้าหมายเลข 1453 ACH2 ที่มีร้อยละโดยน้ำหนักของออกไซด์ต่าง ๆ ในเถ้า ดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	P_2O_5
27.30	15.73	11.78	11.20	2.95	0.43	1.60	0	21.45	0

และมีอุณหภูมิอ่อนตัว (ST) 1259 °ซ นำมาคำนวณตามหลักการข้างต้นมีขั้นตอน ดังนี้

1.1 ทำร้อยละโดยน้ำหนักของออกไซด์ทุกตัวให้มีผลรวมเป็น 100 ยกตัวอย่าง เช่น SiO_2 มีค่าเท่ากับ

$$\frac{(\text{ร้อยละ } SiO_2)(100)}{(\text{ผลรวมของออกไซด์ทุกตัว})} = \frac{27.30\text{x}100}{(92.44)} = 29.53$$

สำหรับออกไซด์ที่เหลือคำนวณแบบเดียวกัน ได้ผลดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	P_2O_5
29.53	17.02	12.74	12.12	3.19	0.46	1.73	0	23.21	0

1.2 จัดเทอมร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์

เบส $= \text{ร้อยละ}(CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$

$= (12.12 + 3.19 + 0.46 + 1.73) = 17.50$

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ = ร้อยละ(SiO_2 + TiO_2 + P_2O_5 + SO_3)

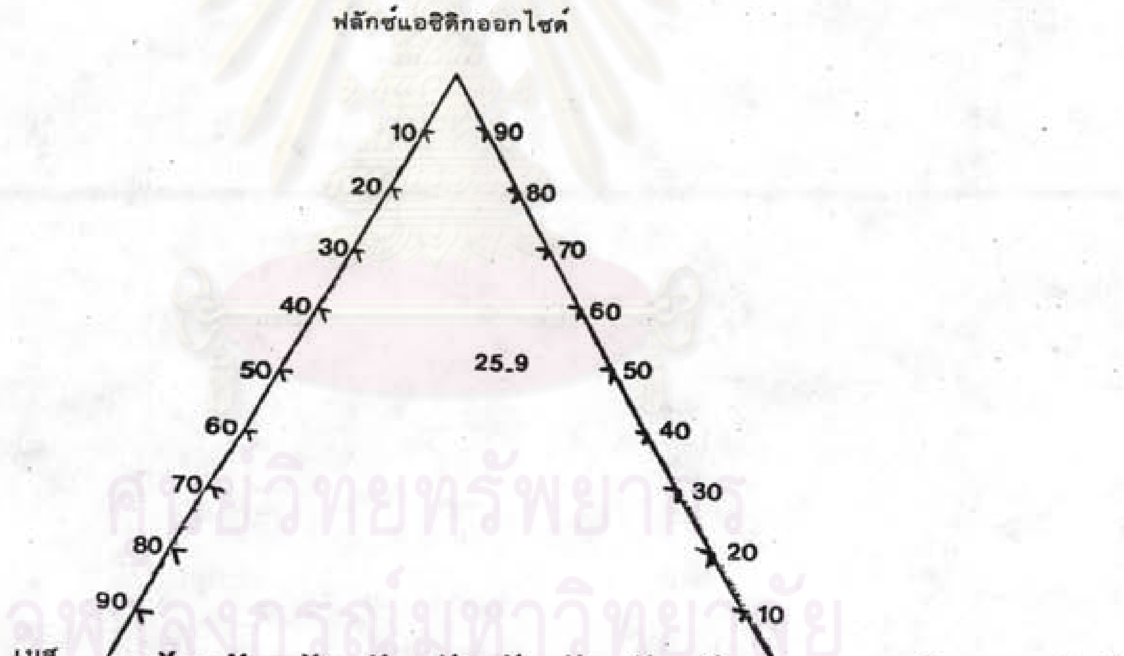
= (29.53 + 0 + 0 + 23.21) = 52.74

นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ = ร้อยละ(Al_2O_3 + Fe_2O_3)

= (17.02 + 12.74) = 29.76

1.3 เนื่องจากตัวเลขของอุณหภูมิอ่อนตัวมีถึง 4 หลักจึงได้แปลงตัวเลขอุณหภูมิอ่อนตัวให้อยู่ในรูปที่ง่ายเมื่อนำไปเขียนกราฟ เช่น อุณหภูมิอ่อนตัวในที่นี้คือ 1259 °ซ แปลงเป็นตัวเลขใหม่ดังนี้ (1259/10) - 100 = 25.9

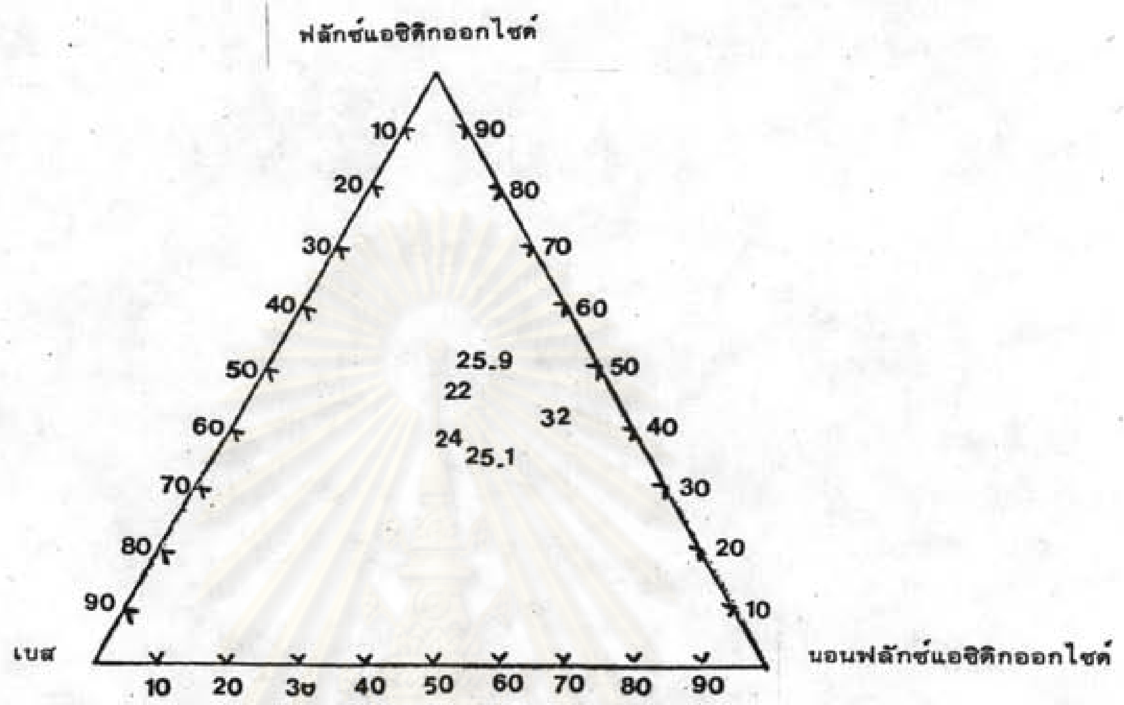
1.4 นำผลที่ได้ในข้อ 1.2 และข้อ 1.3 เขียนลงในกราฟสามเหลี่ยมที่มีแกนเป็นร้อยละเบส ฟลักแอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ โดยให้จุดนั้นเขียนแทนด้วยตัวเลขในข้อ 1.3 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1

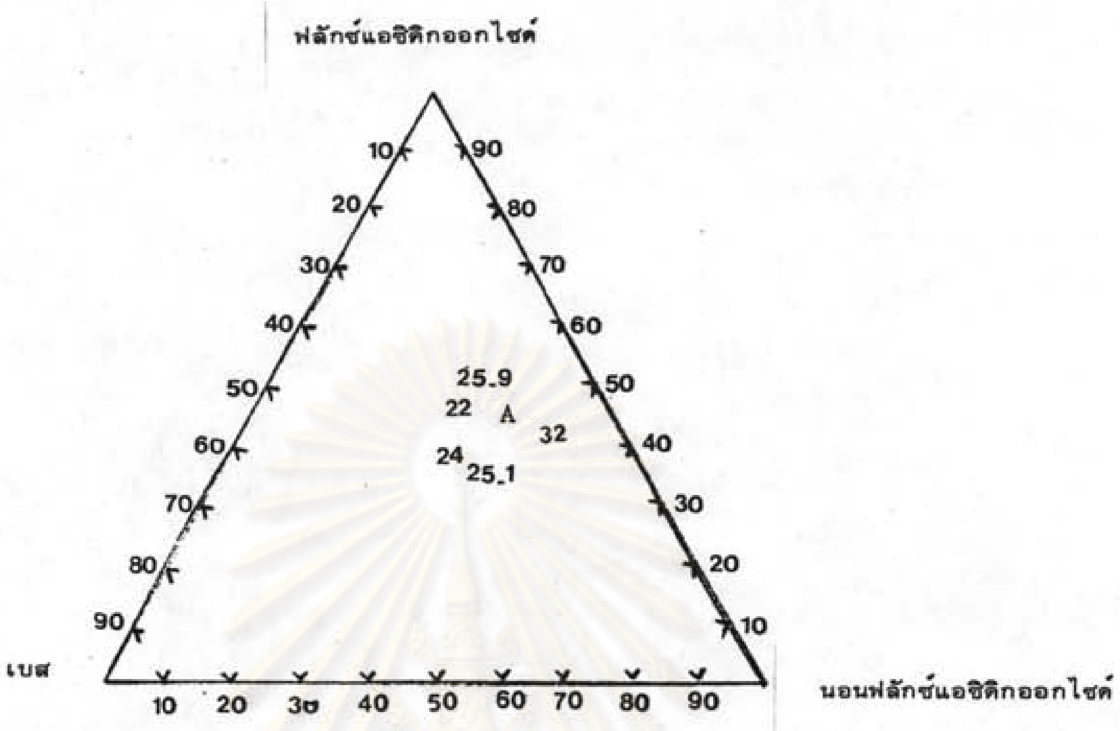
1.5 สำหรับตัวอย่างเถ้าถ่านหินที่ทราบองค์ประกอบ และอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าตัวอื่น ๆ ทำได้ในลักษณะเช่นเดียวกันตามข้อ 1.1-1.4 กราฟสามเหลี่ยมที่ได้จึงมีตัวเลขของอุณหภูมิอ่อนตัวเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2

1.6 ผลของไดอะแกรมการผสามเหลี่ยมที่ได้จากข้อ 1.5 นำมาประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินได้ โดยต้องคำนวณหาร้อยละเบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิออกไซด์ ตามข้อ 1.1-1.3 แล้วเขียนจุดนั้นลงในไดอะแกรมที่สร้างขึ้น อุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้า ประมาณจากค่าเฉลี่ยของตัวเลขโดยรอบจุดนั้นแล้วเปลี่ยนกลับเป็น อุณหภูมิอ่อนตัว ดังนี้ อุณหภูมิอ่อนตัว (°ซ) = (ตัวเลข+100)x10 เช่น เถ้า MM11 ที่วิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าได้ตามตารางที่ 4.2 เมื่อนำมาคำนวณตามข้อ 1.1-1.3 ได้ค่าร้อยละเบส 21.21, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ 43.51 และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ 35.29 เขียนจุดที่ได้ลงในไดอะแกรม(จุดA) ดังรูปที่3 อุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าหาได้จากผลเฉลี่ยของตัวเลขรอบจุด ดังนี้ (25.1+32+25.9+22+24)/5 = 25.8 คิดเป็นอุณหภูมิอ่อนตัว 1258 °ซ เทียบกับค่าที่ทดลองได้ คือ 1230 °ซ จึงมีค่าผลต่าง 28 °ซ



รูปที่ 3

2) <u>โดยใช้หลักของสมการถดถอยเชิงซ้อน</u>

<u>หลักการ</u> สมการถดถอยต้องมีการกำหนดตัวแปรอิสระที่ใช้คือ อุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหิน และตัวแปรตาม ได้แก่ องค์ประกอบออกไซด์ในเถ้าที่จัดให้อยู่ในรูปของกลุ่มออกไซด์ที่มีในเถ้า อาทิเช่น ร้อยละเบส เบสกำลังสอง แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์ เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ และค่าลอกาลิทึมของตัวแปรต่าง ๆ เป็นต้น จากตัวแปรตามต่าง ๆ ถูกคัดเลือกเพื่อให้ได้สมการที่มีค่า R^2 ใกล้เคียง 1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STD) ต่ำ และผลต่างของอุณหภูมิที่ประมาณได้มีค่าไม่ควรเกินค่าที่กำหนดไว้ใน ASTM D1857 ซึ่งในการคำนวณการถดถอยนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้สมการที่อยู่ในรูป $Y = c + aX_1 + bX_2 + dX_3 + ...$
เมื่อ Y เป็นอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้า (°ซ)

X_1, X_2, X_3 ... เป็นตัวแปรตามที่อยู่ในรูปกลุ่มออกไซด์ดังกล่าวข้างต้น

c,a,b,d ... เป็นค่าคงที่

ตัวอย่างการคำนวณ ตามหลักการข้างต้น

2.1 จากตัวอย่างเถ้าหมายเลข 1453 ACH2 เช่นเดิมทำการคำนวณร้อยละโดยน้ำหนักใหม่เหมือนข้อ 1.1 ผลที่ได้นำมาจัดเทอมตัวแปรตามต่าง ๆ ดังนี้

เบส (B) $= \text{ร้อยละ}(CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$

$= (12.12+3.19+0.46+1.73) = 17.50$

เบสกำลังสอง (B^2) $= (17.50)^2 = 306.36$

แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์ (F_A) $= \dfrac{\text{ร้อยละ}(SiO_2 + TiO_2 + P_2O_5 + SO_3)}{\text{ร้อยละ}(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}$

$= \dfrac{(29.53+0+0+23.21)}{(17.02+12.74)} = 1.77$

เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ (F_B) $= \dfrac{\text{ร้อยละ}(Na_2O + K_2O)}{\text{ร้อยละ}(CaO + MgO)}$

$= \dfrac{(0.46+1.73)}{(12.12+3.19)} = 0.14$

นอกนี้ยังนี้มี $\log F_A$, $\log F_B$, $F_A x F_B$, F_A/F_B เป็นต้น และเปลี่ยนอุณหภูมิอ่อนตัวจาก °ซ เป็นเคลวิน เช่น อุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้านี้ 1259 °ซ เท่ากับ 1259+273 = 1532 เคลวิน

2.2 เถ้าตัวอื่น ๆ ที่ทราบอุณหภูมิอ่อนตัวและองค์ประกอบเถ้าทำเช่นเดียวกับข้อ 2.1 ทำให้มีผลของอุณหภูมิอ่อนตัวที่เปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของเถ้ามากขึ้น

2.3 ผลที่ได้ในข้อ 2.2 นำมาคำนวณการถดถอยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปโลตัส 123 โดยเลือกใช้ตัวแปรต่าง ๆ ได้ตามข้อ 2.1 เพื่อให้ได้ผลการถดถอยที่มี R^2 ใกล้ 1 มากที่สุด และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ โดยใช้หลักการเพิ่มหรือลดตัวแปรตามจนเป็นที่พอใจ ตัวอย่างของการถดถอยที่ได้ เมื่อใช้ข้อมูลของถ่านหิน 211 ตัวอย่าง ทำการถดถอยระหว่างอุณหภูมิอ่อนตัวกับตัวแปรตาม B, B^2 และ F_A ให้ผลดังนี้

Regression Output:

Constant		1777.93	
Std Err of Y Est		23.26920	
R Squared		0.646291	
No. of Observations		211	
Degrees of Freedom		207	
X Coefficient(s)	-16.1000	0.267150	-22.3948
Std Err of Coef.	2.261352	0.059642	4.106748
	B	B^2	F_A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 จากผลการถดถอยที่ได้สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$Y = 1777.93 - 16.11B + 0.27B^2 - 22.39F_A$ .... (1)

จากผลของสมการถดถอยที่ได้สามารถใช้ประมาณค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินได้จากค่า B, B^2 และ F_A ที่คำนวณได้ตามข้อ 2.1 ตัวอย่างเช่น เถ้า MM11 ของตาราง 4.2 นำมาคำนวณตามข้อ 2.1 ได้ค่า B = 21.21 , B^2 = 449.86 และ F_A = 1.23 แทนค่าในสมการ (1) ได้อุณหภูมิอ่อนตัว (ST) เท่ากับ

1777.93-16.11(21.21)+0.27(449.86)-22.39(1.23) = 1529 เคลวิน (1256 °ซ)

เทียบกับอุณหภูมิที่ทดลองได้ 1230 °ซ จึงมีค่าผลต่างถึง 26 °ซ

3) โดยใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์

<u>หลักการ</u> จากสมการ (2.34) ของ ATTAR ที่ได้เสนอไว้ คือ

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_o} + \sum_{i=1}^{n} \frac{R}{A_i} \ln(1-\Delta X_i)$$

เพื่อประมาณค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้า ต้องทราบถึงผลต่างของสัดส่วนโมลจากค่าเฉลี่ยของออกไซด์แต่ละตัวที่มีอยู่ในเถ้าถ่านหิน (X_i) อุณหภูมิสัมบูรณ์ของเถ้า (To) และความร้อนการหลอมของออกไซด์ต่าง ๆ ในเถ้า (A_i) เมื่อ R เป็นค่าคงที่ของก๊าซ โดยอาศัยหลักของการถดถอยที่มีอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าเป็นตัวแปรอิสระ และผลต่างของสัดส่วนโมลของออกไซด์ในเถ้ากับค่าเฉลี่ย (X_i) เป็นตัวแปรตาม จากผลการคำนวณการถดถอยที่ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ทำให้ทราบถึง T_o และ R/A_i ซึ่งสามารถใช้ประมาณอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าได้

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหา T_o และ R/A_i ใช้ตัวอย่างเถ้า หมายเลข 1453 ACH2 เช่นเดิม นำมาคำนวณตามหลักการข้างต้น ดังนี้

3.1 ทำร้อยละโดยน้ำหนักของออกไซด์ทุกตัวให้มีผลรวมเป็น 100 เหมือนข้อ 1.1

3.2 ในที่นี้ใช้สัดส่วนโมลจึงต้องมีการเปลี่ยนจากร้อยละโดยน้ำหนักในข้อ 3.1 ให้เป็นโมลโดยหารด้วยน้ำหนักโมเลกุลของออกไซด์ ยกตัวอย่าง SiO_2 ร้อยละ 29.53 มีน้ำหนักโมเลกุล 60.08 คิดเป็นโมล $\frac{29.53}{60.08} = 0.4915$

สำหรับออกไซด์ตัวอื่นคำนวณในแบบเดียวกัน ได้ผลดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	P_2O_5
0.4915	0.1669	0.0798	0.1261	0.0792	0.0075	0.0184	0	0.2898	0

3.3 เปลี่ยนจากโมลเป็นสัดส่วนโมลโดยหารโมลด้วยผลรวมของโมลของออกไซด์ทุกตัว เช่น SiO_2 0.4915 โมล คิดเป็นสัดส่วนโมล

$$\frac{0.4915}{(0.4915+0.1669+...+0)} = \frac{0.4915}{1.3492} = 0.3643$$

ทำเช่นเดียวกันกับออกไซด์ตัวอื่น ได้ผลดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	P_2O_5
0.3643	0.1237	0.0591	0.1601	0.0587	0.0056	0.0136	0	0.2148	0

3.4 รวมสัดส่วนโมลของ Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5 เป็นเทอมของ others ดังนี้ others = ผลรวมของ (Na_2O + K_2O + TiO_2 + P_2O_5)

= (0.0056+0.0136+0+0) = 0.0192

3.5 หาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนโมลของ SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 และ others จาก ผลรวมของสัดส่วนโมลทั้งหมดของสารนั้นหารด้วย จำนวนของสารนั้น (ในที่นี้285ตัวอย่าง) เช่น SiO_2 มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนโมล (0.3643 + ...)/285 = 0.3460 กรณีสารประกอบตัวอื่นก็ทำในลักษณะเดียวกัน ได้ผลดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	others
0.3460	0.119	0.0671	0.2237	0.0686	0.1579	0.0248

3.6 เพราะต้องทำการถดถอยระหว่างเทอมอุณหภูมิอ่อนตัว และ $\ln(1-\Delta X_i)$ เมื่อ i เป็นออกไซด์ต่าง ๆ ในเถ้า จึงต้องหา ΔX_i จากค่าผลต่าง (สัดส่วนโมลเฉลี่ยสาร i − สัดส่วนโมลสาร i) แล้วจัดให้เป็น $\ln(1-\Delta X_i)$ ยกตัวอย่างของ SiO_2 มีสัดส่วนโมลเฉลี่ย 0.3460 จึงมีผลต่างสัดส่วนโมล = 0.3460-0.3643 = -0.0183 ทำเป็น $\ln(1-\Delta X)$ ได้ ln(1-0.0183) = 0.0182 ส่วนออกไซด์ที่เหลือก็ทำได้โดยวิธีเดียวกัน ให้ผลดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	others(Na_2O+K_2O+...)
0.0182	0.0117	-0.0080	-0.0657	-0.0100	0.0054	-0.0056

และเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ทำการถดถอยใช้เป็น 1/เคลวิน เช่นอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้านี้คือ 1259 °ซ

ทำเป็น $\frac{1}{(1259+273)}$ = 0.000653 เคลวิน$^{-1}$

ทำเช่นเดียวกับเถ้าตัวอื่นที่ทราบอุณหภูมิอ่อนตัวและองค์ประกอบก็ทำเหมือนกันตามข้อ 3.1-3.4

3.7 คำนวณการถดถอยระหว่างอุณหภูมิอ่อนตัวและ $\ln(1-\Delta X_i)$ ที่ได้ในข้อ 3.4 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปโลตัส 123 พยายามตัดหรือเพิ่มเทอมตัวแปรตามให้เหมาะสมตามหลักสถิติเพื่อให้มี R^2 ใกล้ 1 ตัวอย่างเช่น ผลการถดถอยที่ได้เมื่อใช้ตัวแปร i เป็น SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, SO_3 และ others จากตัวอย่างเถ้า 285 ตัวอย่างได้ผลดังนี้

Regression Output:

Constant	0.000664
Std Err of Y Est	0.000009
R Squared	0.683987
No. of Observations	285
Degrees of Freedom	277

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Others
X Coefficient(s)	0.000564	0.000533	0.000462	0.000651	0.000698	0.000561	0.000602
Std Err of Coef.	0.000026	0.000041	0.000033	0.000027	0.000036	0.000026	0.000049

3.8 ผลการถดถอยที่ได้ทำให้สามารถหาค่า T_o และ R/A_i ได้ เพราะ T_o เป็นค่าคงที่ (constant) ที่ได้จากการถดถอยและ R/A_i เป็นสัมประสิทธิ์ตัวแปรที่ทำการถดถอยได้ ในที่นี้ T_o คือ 0.000664 และ R/A ของ SiO_2 คือ 0.00564 เป็นต้น

3.9 ผลในข้อ 3.6 สามารถประมาณค่าอุณหภูมิอ่อนตัวของเถ้าถ่านหินอื่นได้โดยการคำนวณตามข้อ 3.1-3.3 แล้วแทนค่า T_o R/A ที่ได้จากข้อ 3.6 ในสมการ (2.34) ยกตัวอย่างจากเถ้า MM11 เช่นกัน คำนวณตามข้อ 3.1-3.3 ได้เทอม $\ln(1-\Delta X_i)$ ดังนี้

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	others
-0.1752	0.0431	0.0017	-0.0347	0.0435	0.1072	-0.0086

แทนค่า T_o และ R/A ในสมการ (2.34) ได้ดังนี้

6.64x10-4+5.64x10-4(-0.1752)+5.33x10-4(0.0431)+4.62x10-4(0.0017)+6.51x 10-4(0.0347)+6.98x10-4(0.0435)+5.61x10-4(0.1072)+6.02x10-4(0.0086) = 0.00651

คิดเป็นเคลวิน $\frac{1}{0.00651}$ = 1534 เคลวิน (1261 °ซ)

เทียบกับค่าที่ทดลองได้ 1230 °ซ ซึ่งมีค่าผลต่าง 31 °ซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตารางผลการวิเคราะห์ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.)

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละ เบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และ บอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.)

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์ และ เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละ เบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหิน
เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.)

No.	Code	(%)			C/10-100			
		Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	IDT	ST	HT	FT
1	1453ACH2	17.50	52.74	29.76	24.8	25.9	27.9	30.3
2	1465ACH2	18.60	57.69	23.71	21.9	22.7	23.3	24.2
3	1466ACH2	15.04	53.59	31.36	25.4	27.8	29.4	31.1
4	1467ACH2	19.15	55.96	24.88	23.2	24.3	24.9	28
5	1476ACH2	25.33	51.34	23.34	21.6	24	24.3	24.6
6	WA1462U4	18.86	44.80	36.34	28.4	29.3	30.4	33.5
7	DA1469U4	31.36	39.45	29.19	24.5	25	25.5	26.2
8	WA1470U5	25.05	40.61	34.34	23.4	24.2	25.5	27.8
9	WA1472U6	26.52	38.31	35.17	22.9	23.6	24.9	27.4
10	WA1474U7	32.11	37.54	30.35	23	24	24.5	24.9
11	SLAG1491AU5	18.23	44.44	37.33	28.5	30.5	31.9	33.5
12	WA1420U4	21.57	44.62	33.81	23.6	24.7	26.6	29.2
13	DA1421U4	21.63	43.52	34.85	22.2	23.9	24.9	27.4
14	WA1422U5	22.85	42.87	34.28	22.6	25	26.1	28.6
15	DA1423U5	23.10	41.68	35.23	23.2	24.6	26.6	29.3
16	WA1424U6	23.24	41.86	34.90	22.7	24.7	26.2	27.7
17	DA1425U6	24.81	41.28	33.91	22	23.6	24.2	25.2
18	WA1426U7	22.34	41.48	36.18	22.7	24.9	26.8	29
19	DA1427U7	23.76	40.69	35.55	21	22.5	23.8	26.6
20	S 1458U5	19.86	41.10	39.04	25	29.1	31.4	34.5
21	S 1464U5	21.08	42.40	36.53	24.5	26.3	27.5	29.6
22	1284A CH2	18.36	47.90	33.75	23.8	25.2	26.7	29.5
23	1293A CH2	20.69	51.97	27.34	21.9	23	24	25.7
24	1328A CH2	11.32	53.24	35.44	29.7	32.6	33.6	36
25	1334A CH2	16.01	54.90	29.09	26.7	28.2	30	32.2
26	WA1285 U4	29.68	37.47	32.85	22.3	23.6	24.3	24.9
27	DA1286 U4	29.77	37.61	32.62	22.5	24	24.6	25.2
28	WA1287 U5	23.68	40.08	36.24	22.8	24.4	25.4	26.5
29	DA1288 U5	28.31	39.14	32.54	22.5	23.7	24.6	25
30	WA1289 U6	27.41	37.94	34.64	21.9	22.1	22.9	24.3
31	DA1290 U6	27.66	37.82	34.52	20.8	21.2	21.8	23
32	WA1291 U7	27.74	39.97	32.29	21	22.1	22.5	23
33	DA1292 U7	26.54	40.95	32.52	21	23.2	23.6	24
34	410S	28.51	47.13	24.36	25.8	26.6	26.9	27.3
35	411S	12.36	55.49	32.15	23.2	25.3	26.6	30
36	1219A CH2	26.73	51.95	21.32	25	26	26.6	27.1
37	1225A CH2	25.89	49.86	24.25	22.6	22.4	24.9	25.3
38	1234A CH2	16.71	57.16	26.13	22.7	23.1	23.5	25
39	1239A CH2	18.87	52.07	29.06	22.1	22.8	23.2	24.2
40	WA1207A U4	32.81	35.35	31.84	23.7	24.8	25.4	25.9
41	DA1208A U4	35.20	35.04	29.76	24.6	26	26.5	27
42	WA1209A U5	32.77	32.27	34.96	20.6	22.1	23	25.5
43	DA1210A U5	34.69	34.14	31.18	23	24	24.6	25
44	WA1211A U6	38.60	18.54	42.86	22	22.6	22.6	23.4
45	DA1212A U6	33.42	37.51	29.08	24.8	25.4	25.4	26.2
46	WA1213A U7	31.00	36.70	32.31	20.4	21.4	21.4	22.5
47	DA1214A U7	24.08	46.43	29.49	21.2	22	22	23
48	1244A CH2	26.11	45.28	28.60	23.2	24.2	24.6	26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละเบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	(%) Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	C/10-100 IDT	ST	HT	FT
49	1245A CH2	16.82	52.09	31.08	23.8	25.1	26.4	27.5
50	1259A CH2	21.28	48.07	30.64	22.4	23.4	24.1	24.6
51	1264A CH2	22.78	50.59	26.63	23	24.3	25.4	25.6
52	1273A CH2	22.86	50.91	26.24	23.6	24.8	25.2	25.7
53	1282A CH2	18.23	47.59	34.18	25.4	27.4	29.8	32.8
54	396S	31.58	48.79	19.64	29.3	30.7	31.4	31.8
55	397S	28.51	51.95	19.55	24.6	26.2	27	28
56	WA1322A U4	26.59	45.14	28.27	20.5	21.6	22.2	22.7
57	DA1323A U4	26.74	43.29	29.97	21.6	23	35.1	24.1
58	WA1324A U5	26.24	41.89	31.87	21.5	22.8	23.4	23.8
59	DA1325A U5	29.85	40.53	29.62	21.3	22.5	23.1	23.5
60	WA1326A U7	20.30	47.99	31.71	26	27.9	27.9	37.8
61	DA1327A U7	26.02	43.61	30.37	21.1	22.3	23	23.5
62	1283A CH2	16.83	52.60	30.56	28.4	30.7	32.2	34.8
63	1307A CH2	25.65	49.65	24.70	22.5	23.5	24.1	24.4
64	1314A CH2	25.36	47.95	26.70	22.8	24	24.4	24.7
65	1318A CH2	23.53	48.08	28.38	21.2	21.9	22.4	23.6
66	1319A CH2	19.10	51.40	29.51	23.2	23.8	27.7	29.6
67	WA1246 U4	24.08	44.16	31.76	20.6	21.5	22.1	23.2
68	DA1247 U4	28.77	35.66	35.57	21	21.8	22.4	23.5
69	WA1248 U5	25.22	39.69	35.09	21.3	22	22.6	23.5
70	DA1249 U5	21.95	40.08	37.97	23.3	23.8	24.5	25.3
71	WA1250 U6	31.06	32.20	36.74	22.4	23.2	23.8	24.8
72	DA1251 U6	34.42	32.74	32.84	25	25.5	26.2	27
73	WA1252 U7	26.50	39.64	33.86	21.1	22	23	24.2
74	DA1250 U7	27.19	38.47	34.34	22.3	23.5	24.3	24.9
75	402S	36.01	44.07	19.92	26	28.5	29	32.4
76	1163A CH2	23.33	45.02	31.66	18.8	20.5	21.2	23
77	1164A CH2	20.05	54.12	25.83	20	20.6	21.7	23.9
78	DA1168A U4	25.96	34.49	39.55	24.8	26	27.9	29.6
79	WA1169A U5	22.12	39.89	37.99	29	29.9	31	32
80	DA1171A U6	22.02	41.23	36.75	27.5	28.3	30.4	32.9
81	WA1172A U7	25.35	40.56	34.09	25.2	26.6	29.2	32.6
82	DA1173A U7	26.08	40.56	33.36	19.2	21.4	22.9	25
83	1194A CH2	18.99	50.47	30.55	23.3	25.2	26	26.7
84	1199A CH2	16.33	44.60	39.06	23	24.2	25	28.2
85	1204A CH2	18.22	52.33	29.45	24.1	25.9	26.5	28.7
86	1205A CH2	20.39	52.22	27.39	22.5	24.5	25.3	27.8
87	1206A CH2	25.68	48.69	25.63	22.8	24.7	25.2	25.8
88	361S	33.57	43.63	22.80	23	25.2	26.1	27.5
89	362S	17.71	47.16	35.13	26.4	30.7	32	33.9
90	363S	33.70	52.73	13.56	25.6	29.3	32.2	31.1
91	364S	13.75	50.95	35.30	27.5	32.1	33.3	36
92	365S	27.76	49.09	23.14	22	23.8	24.3	25.1
93	366S	24.24	46.87	28.90	22.7	24.2	25.6	28
94	1126A CH2	18.93	48.26	32.81	24.3	26.3	27.6	30.4
95	1140A CH2	24.78	46.70	28.53	20.5	21.4	22.3	25.7
96	1146A CH2	20.67	46.18	33.15	22.5	25.2	26.9	29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละเบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	(%) Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	C/10-100 IDT	ST	HT	FT
97	1154A CH2	21.56	48.63	29.82	18	22.8	25.2	28
98	1158A CH2	19.35	47.20	33.45	25.5	27.8	29.5	32
99	S1166A U4	41.88	28.66	29.46	22.2	22.4	22.9	23.8
100	S1166A U4	44.13	27.51	28.36	27	28.8	29.1	29.5
101	LRC358S	19.84	55.11	25.05	20.4	21.4	22.1	23.5
102	LRC359S	14.27	51.56	34.17	26.8	28.6	29.6	31.5
103	WA1095A U4	17.82	45.57	36.62	27.1	27.6	28.2	29.4
104	DA1096A U4	19.41	45.19	35.39	25.2	26.1	26.9	28.6
105	WA1097A U5	22.40	42.68	34.92	21.5	23.2	23.8	26.7
106	DA1098A U5	24.05	40.46	35.49	22.7	25.4	26.4	28.4
107	WA1099A U6	26.22	41.69	32.09	23.5	25.6	27	29.2
108	DA1100A U6	22.87	41.02	36.11	24.7	26.4	28.2	29.2
109	WA1101A U7	20.38	45.56	34.05	22.7	24.2	25.7	28.9
110	DA1102A U7	21.63	43.72	34.65	23.1	25	26.8	28.2
111	1103A CH2	15.68	53.96	30.35	26.4	27	29.4	31.9
112	1118A CH2	12.71	55.77	31.51	28.5	28.8	29.2	30
113	1123A CH2	12.61	52.22	35.17	27.1	29.5	30.4	32
114	1124A CH2	16.22	49.37	34.41	25.2	26.5	28	30.6
115	1125A CH2	15.24	49.89	34.87	26.7	30.1	31.5	33.6
116	WA1132A U4	24.31	37.38	38.32	24	25.1	26.6	29.1
117	DA1133A U4	24.84	32.82	42.34	25.5	26.8	28.3	30
118	WA1134A U5	29.83	28.57	41.60	23	24.6	26.7	29.7
119	DA1135A U5	24.19	34.47	41.34	27	27.9	29.1	30.9
120	WA1136A U6	25.10	35.77	39.12	25.7	26.6	28.2	29.6
121	DA1137A U6	26.64	36.15	37.22	24.2	25.2	26.9	28.8
122	WA1138A U7	23.66	37.85	38.50	25.3	26.5	28	30
123	DA1139A U7	23.23	38.41	38.36	26.8	27.5	29.1	31.1
124	1078A CH2	17.93	51.15	30.92	23.4	25.3	27	29
125	1079A CH2	18.00	52.66	29.34	23	24.6	25.7	30
126	1079A CH2	18.07	52.33	29.59	24.3	25.4	26.5	30.7
127	1081A CH2	24.29	50.54	25.17	20.3	24.2	24.8	25.9
128	WA1053A U4	16.29	46.79	36.92	31.3	32.2	33	34
129	DA1054A U4	15.89	45.21	38.90	30.9	33.6	34.2	35.4
130	WA1055A U5	16.01	46.28	37.71	31.2	33.4	34.8	35.8
131	DA1056A U5	15.09	46.32	38.59	30.1	32	33.1	34.3
132	WA1057A U6	20.22	44.82	34.96	29.4	30.5	32	33.5
133	DA1058A U6	23.39	44.16	32.45	22	24.4	25.8	26.7
134	WA1059A U7	15.13	46.06	38.81	30.5	33.2	34.2	35.4
135	DA1060A U7	15.43	46.84	37.73	30.7	32.4	33.6	34.8
136	LRC351S	20.56	47.17	32.26	22.5	23	23.8	26
137	LRC352S	9.68	51.20	39.11	23	34.3	35.1	37.5
138	LRC353S	11.00	50.67	38.33	23.7	30	31	33.6
139	LRC354S	10.77	53.63	35.60	25.5	31.8	33.2	36
140	LRC355S	14.23	50.43	35.34	26.8	30	32	34.4
141	LRC356S	11.88	52.02	36.11	24.8	33	35	36.5
142	CH2 (1044A)	20.52	49.24	30.24	21.2	23.3	23.8	25
143	CH2 (1045A)	16.40	48.51	35.08	27.8	28.9	29.7	31.3
144	CH2 (1046A)	14.28	53.55	32.17	28.5	29.3	30.1	32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละ เบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของ เถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	(%) Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	C/10-100 IDT	ST	HT	FT
145	CH2 (1047A)	13.93	54.09	31.99	28.7	29.9	30.5	32.2
146	WA(978A) U4	31.67	32.29	36.03	19.6	21.5	23.2	24.3
147	DA(979A) U4	34.81	33.78	31.41	24.3	26	28.1	29.7
148	DA(981A) U5	31.29	37.25	31.46	23.8	25	25.7	26.6
149	WA(982A) U6	29.56	38.29	32.16	23	24.6	25	26.3
150	DA(983A) U6	32.55	36.40	31.05	23.3	24.7	25.1	26.5
151	WA(984A) U7	33.26	34.47	32.27	22.3	23.6	24.4	25.6
152	DA(985A) U8	33.62	35.45	30.93	22.8	24.7	26.3	27.8
153	340S	33.04	48.41	18.55	25.5	26.7	27.3	27.5
154	341S	33.33	39.97	26.70	18.7	20.6	21.6	23.3
155	343S	29.66	47.04	23.30	24.3	25.6	27.2	28.6
156	LRC 300S	10.43	53.10	36.48	28	29.9	33.2	34.4
157	LRC 301S	20.95	52.37	26.68	22.8	24.4	25.6	26.6
158	LRC 293S	13.02	53.41	33.57	27	29.3	31	32.7
159	LRC 294S	11.56	56.06	32.37	27.9	29.6	31.6	32.8
160	LRC 295S	11.82	53.67	34.51	26.8	29	30.8	31.6
161	LRC 296S	9.41	53.65	36.94	30	33.4	37.4	38.7
162	LRC 297S	8.72	53.01	38.26	35.3	39.2	41.4	42.6
163	LRC 302S	29.95	48.28	21.77	26.4	28	28.9	29.8
164	LRC 304S	36.06	49.84	14.10	30.2	32	33.4	34.5
165	LRC 305S	23.03	52.28	24.68	22.9	24.7	25.4	26.7
166	LRC 306S	8.41	52.43	39.17	29	33.3	35	36.2
167	LRC 308S	9.96	49.55	40.49	29.7	32.1	34.8	37
168	LRC 309S	11.60	54.84	33.56	30.4	32.3	33.6	34.5
169	DA889A U4	22.78	40.19	37.03	21.5	22.5	23	24.1
170	DA891A U5	21.01	39.70	39.29	22.8	23.5	24.4	25.7
171	WA892A U6	20.04	40.34	39.63	24.7	25.4	26	27.5
172	DA892A U6	18.39	44.52	37.08	25.6	26.3	26.9	28
173	WA894A U7	25.33	37.12	37.54	19.9	21.1	21.6	22.5
174	DA895A U7	17.16	42.40	40.45	27.6	28.6	29	30
175	CH2(993A)	24.08	51.98	23.94	20.1	22.6	23.7	24.3
176	CH2(1002A)	22.50	49.83	27.67	18.8	21.9	22.7	23.1
177	CH2(1007A)	26.85	46.15	26.99	21.5	23	24.5	26
178	CH2(1012A)	23.87	48.40	27.73	21.9	22.7	23.2	25
179	CH2(1013A)	21.46	47.52	31.02	23.5	24.9	26	28.6
180	CH2(1024A)	17.54	51.41	31.05	26.4	28.6	30.5	32
181	CH2(1029A)	14.62	50.54	34.84	27.7	29.1	30.2	31.6
182	CH2(1034A)	20.54	52.37	27.09	19.6	22	22	24
183	CH2 945A	31.61	50.81	17.58	29.2	30.3	31.8	32.5
184	CH2 959A	18.99	47.99	33.02	22.8	23.9	25	26
185	CH2 965A	16.22	50.70	33.08	26.6	27.5	28.2	30.2
186	CH2 970A	20.45	51.60	27.94	19	20.7	21.7	22.5
187	CH2 971A	20.62	51.20	28.17	19.4	20.9	21.5	22.2
188	CH2 972A	18.46	52.84	28.71	23.6	24.8	27.4	28.3
189	CH2 986A	23.05	53.17	23.78	18.5	22	23	23.9
190	CH2 944A	30.25	51.51	18.25	29.9	30.5	31.2	32
191	CH2 947A	38.52	46.96	14.52	29.5	32.3	33.1	34.2
192	CH2 960A	26.86	47.46	25.68	21	22.7	23.3	24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละเบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	(%) Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	C/10-100 IDT	ST	HT	FT
193	310S	17.47	47.84	34.68	22.5	24.4	26.7	29.8
194	313S	30.00	46.44	23.56	20.2	22.4	24.8	26.5
195	314S	23.11	48.81	28.08	20.5	22.9	25.4	27.1
196	315S	12.08	51.42	36.50	25	27.7	30.8	33.2
197	316S	14.25	50.77	34.99	25.7	28.3	31	33.6
198	317S	19.03	50.44	30.53	23	24.8	26.5	28.6
199	1086A CH2	16.19	49.57	34.24	26.6	27.5	29.7	33
200	1087A CH2	15.32	50.94	33.74	27.5	29.5	31.4	33.6
201	1088A CH2	17.57	53.44	28.99	23.3	24.5	26.2	31
202	1089A SLAG	24.46	39.19	36.35	21.5	22.6	23.1	24.2
203	467S	37.31	51.25	11.44	29	32.6	33.1	34.2
204	416S	20.57	47.65	31.78	26.6	28.4	30.7	32.4
205	417S	13.82	50.04	36.13	28.8	30.8	31.9	33
206	414S *	22.21	29.24	48.55	26	27.2	28.2	30.2
207	417S *	17.92	38.95	43.13	29	30.3	31.1	33.5
208	442S	23.17	51.81	25.03	22.8	23.7	24.1	24.5
209	443S	28.81	49.70	21.50	24.4	25.1	25.3	26.4
210	1345A CH2	18.22	54.54	27.23	21.8	23.2	25.6	28
211	1350A CH2	14.21	55.60	30.19	29.9	31.3	32.5	35.1
212	1351A CH2	18.69	53.25	28.06	23.2	24.8	27	32.5
213	1352A CH2	20.62	55.43	23.95	20.7	21.4	22	29.8
214	1366A CH2	22.97	49.86	27.16	22	23.3	25.3	27.8
215	1373A CH2	20.16	53.12	26.72	25.6	26.7	27.1	27.4
216	1382A CH2	26.08	48.84	25.08	22.3	24	25.1	25.4
217	1404A CH2	21.87	53.93	24.19	21.2	23	23.5	24.5
218	1395A CH2	21.56	51.00	27.44	22.8	23	26.1	28
219	1405A CH2	19.32	55.03	25.65	22.3	23.3	24.1	27
220	1406A CH2	20.77	53.65	25.58	20.8	22.2	22.9	26
221	1428A CH2	17.33	53.31	29.35	23.8	25.1	27	29
222	WA1353 U4	16.11	46.10	37.80	31	32.4	34.1	37.5
223	DA1354 U4	16.51	50.63	32.86	30.8	31.9	33.8	36.5
224	WA1355 U5	15.60	45.40	39.00	29.3	32.2	34.5	38.2
225	DA1356 U5	14.59	48.38	37.02	30	32.7	33.8	37.4
226	WA1357 U6	18.91	45.79	35.31	29.6	32.5	33.8	38
227	DA1358 U6	21.37	44.77	33.86	28.6	30	32.4	37.1
228	WA1359 U7	16.36	47.71	35.92	31.4	33.6	34.3	37
229	DA1360 U7	18.66	48.32	33.02	29.9	31.3	33.4	36.6
230	S1317A U4	18.92	49.36	31.72	23.6	28	30.3	34
231	S1368A U6	30.39	35.42	34.18	23	22.9	24.3	28.2
232	413S	38.62	48.00	13.38	31.6	33	33.5	34.2
233	406S	21.44	53.49	25.07	23.1	24.6	25.1	25.6
234	357S	18.79	42.57	38.64	21.7	28.4	29.5	30.6
235	319S	16.37	41.79	41.84	24.5	26.4	27.9	30
236	347S	12.62	50.80	36.57	25.2	29.9	30.9	32.5
237	348S	40.90	41.52	17.58	27.4	29.3	31.5	32.4
238	349S	11.10	49.44	39.47	26.6	30.5	31.8	32.8
239	LRC 265S	38.71	47.07	14.21	27.2	28.7	30.4	31.2
240	LRC 266S	42.94	43.33	13.73	30.7	31.7	32.5	33

ตารางที่ ง.1 แสดงร้อยละ เบส, ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์, นอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	(%) Base	Fluxing acidic oxides	Non fluxing acidic oxides	C/10-100 IDT	ST	HT	FT
241	LRC 275S	9.85	51.41	38.74	24	37.4	38.1	38.7
242	LRC 276S	9.80	51.56	38.64	22.8	35	36.1	37
243	LRC 277S	32.22	52.69	15.09	30.1	31.8	32.7	34
244	LRC 279S	16.12	50.83	33.05	24.3	26.7	29.6	32
245	LRC 282S	61.46	29.89	8.65	27	29.7	30.5	31.3
246	LRC 284S	27.25	53.18	19.57	22.5	23.3	23.7	24
247	LRC 285S	44.60	43.93	11.47	30	31	31.3	31.9
248	LRC 286S	20.20	54.62	25.19	21	22.7	24.1	24.5
249	LRC 290S	8.85	51.66	39.49	23.7	35.7	38.3	39.8
250	LRC 291S	39.41	46.16	14.43	24.8	27	33	33.7
251	LRC 292S	40.19	46.12	13.68	26.5	27.7	33.3	34.3
252	LRC 946S	35.70	47.85	16.45	29.1	30.1	31.3	32.4
253	LRC 268S	17.03	47.25	35.72	25.3	26.3	27.6	28.6
254	LRC 269S	17.43	46.07	36.51	25.8	26.6	28	29.1
255	LRC 270S	19.07	44.78	36.15	26.2	28.2	28.7	29.6
256	LRC 271S	18.03	46.90	35.07	27.7	28	28.3	29
257	LRC 272S	19.14	47.64	33.22	25.7	26.7	27.2	28
258	LRC 273S	17.20	47.71	35.09	25.6	25.9	26.2	27
259	DA852 U6	24.67	41.60	33.73	18.2	20.3	22	21.6
260	WA853 U7	27.75	40.83	31.42	18	19.2	19.8	23
261	DA854 U7	24.71	42.02	33.27	17.6	20.2	21.4	24
262	253S	41.63	46.28	12.09	32.7	33.1	33.8	36
263	254S	42.34	47.19	10.47	34.4	35.2	36.3	39.4
264	255S	42.52	46.76	10.72	34.3	34.7	35.9	38.9
265	249S	35.29	39.77	24.94	30.8	31.6	32.3	34.9
266	231S	38.81	41.09	20.10	28.7	30	32.9	33.6
267	232S	45.92	38.39	15.69	27.5	27.9	28.5	29.8
268	233S	44.21	39.45	16.34	27.8	28	28.7	30.4
269	234S	45.00	39.83	15.17	24.6	25.3	26.5	32.1
270	235S	43.47	39.00	17.54	27.7	28.3	29.9	31.9
271	236S	47.39	35.79	16.82	26.7	27.2	28	31.1
272	237S	46.50	35.23	18.27	26.4	27	27.7	31.5
273	238S	44.48	35.70	19.82	30.8	31.3	32	33.7
274	228S	48.29	37.82	13.89	23.8	26.3	28.7	31.3
275	230S	40.30	40.87	18.83	29.2	29.9	31.1	33
276	158S	41.91	39.56	18.53	29.5	31.1	32.2	33.1
277	159S	42.12	38.88	19.00	25.7	26.5	27.3	28.1
278	160S	33.15	47.40	19.46	29.9	30.2	31.6	33.6
279	164S	25.11	52.02	22.87	29.9	30	30.2	30.6
280	156S	40.56	40.75	18.69	28.7	29.8	30.2	31.6
281	157S	36.42	48.17	15.41	29	30	30.9	31.5
282	239S	23.39	25.87	50.74	31.4	31.7	32	32.4
283	242S	6.32	71.14	22.55	39.3	40.2	42.8	44.8
284	102S	35.47	43.38	21.14	29	29.8	30.8	32.7
285	103S	22.97	51.99	25.04	24.9	26.1	27	27.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.)

No.	Code	% Base	F_A	F_B	อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (° ซ) IDT	ST	HT	FT
1	1453ACH2	17.50	1.77	0.14	1248	1259	1279	1303
2	1465ACH2	18.60	2.43	0.11	1219	1227	1233	1242
3	1466ACH2	15.04	1.71	0.18	1254	1278	1294	1311
4	1467ACH2	19.15	2.25	0.11	1232	1243	1249	1280
5	1476ACH2	25.33	2.20	0.10	1216	1240	1243	1246
6	WA1462U4	18.86	1.23	0.17	1284	1293	1304	1335
7	DA1469U4	31.36	1.35	0.07	1245	1250	1255	1262
8	WA1470U5	25.05	1.18	0.13	1234	1242	1255	1278
9	WA1472U6	26.52	1.09	0.12	1229	1236	1249	1274
10	WA1474U7	32.11	1.24	0.07	1230	1240	1245	1249
11	SLAG1491AU5	18.23	1.19	0.20	1285	1305	1319	1335
12	WA1420U4	21.57	1.32	0.13	1236	1247	1266	1292
13	DA1421U4	21.63	1.25	0.17	1222	1239	1249	1274
14	WA1422U5	22.85	1.25	0.14	1226	1250	1261	1286
15	DA1423U5	23.10	1.18	0.16	1232	1246	1266	1293
16	WA1424U6	23.24	1.20	0.14	1227	1247	1262	1277
17	DA1425U6	24.81	1.22	0.13	1220	1236	1242	1252
18	WA1426U7	22.34	1.15	0.15	1227	1249	1268	1290
19	DA1427U7	23.76	1.14	0.15	1210	1225	1238	1266
20	S 1458U5	19.86	1.05	0.18	1250	1291	1314	1345
21	S 1464U5	21.08	1.16	0.14	1245	1263	1275	1296
22	1284A CH2	18.36	1.42	0.14	1238	1252	1267	1295
23	1293A CH2	20.69	1.90	0.10	1219	1230	1240	1257
24	1328A CH2	11.32	1.50	0.30	1297	1326	1336	1360
25	1334A CH2	16.01	1.89	0.19	1267	1282	1300	1322
26	WA1285 U4	29.68	1.14	0.09	1223	1236	1243	1249
27	DA1286 U4	29.77	1.15	0.11	1225	1240	1246	1252
28	WA1287 U5	23.68	1.11	0.13	1228	1244	1254	1265
29	DA1288 U5	28.31	1.20	0.10	1225	1237	1246	1250
30	WA1289 U6	27.41	1.10	0.11	1219	1221	1229	1243
31	DA1290 U6	27.66	1.10	0.13	1208	1212	1218	1230
32	WA1291 U7	27.74	1.24	0.08	1210	1221	1225	1230
33	DA1292 U7	26.54	1.26	0.11	1210	1232	1236	1240
34	410S	28.51	1.93	0.06	1258	1266	1269	1273
35	411S	12.36	1.73	0.26	1232	1253	1266	1300
36	1219A CH2	26.73	2.44	0.07	1250	1260	1266	1271
37	1225A CH2	25.89	2.06	0.07	1226	1224	1249	1253
38	1234A CH2	16.71	2.19	0.13	1227	1231	1235	1250
39	1239A CH2	18.87	1.79	0.14	1221	1228	1232	1242
40	WA1207A U4	32.81	1.11	0.05	1237	1248	1254	1259
41	DA1208A U4	35.20	1.18	0.07	1246	1260	1265	1270
42	WA1209A U5	32.77	0.92	0.07	1206	1221	1230	1255
43	DA1210A U5	34.69	1.09	0.07	1230	1240	1246	1250
44	WA1211A U6	38.60	0.43	0.07	1220	1226	1226	1234
45	DA1212A U6	33.42	1.29	0.06	1248	1254	1254	1262
46	WA1213A U7	31.00	1.14	0.06	1204	1214	1214	1225
47	DA1214A U7	24.08	1.57	0.10	1212	1220	1220	1230
48	1244A CH2	26.11	1.58	0.62	1232	1242	1246	1260

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	% Base	F_A	F_B	อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (° ซ) IDT	ST	HT	FT
49	1245A CH2	16.82	1.68	0.16	1238	1251	1264	1275
50	1259A CH2	21.28	1.57	0.13	1224	1234	1241	1246
51	1264A CH2	22.78	1.90	0.09	1230	1243	1254	1256
52	1273A CH2	22.86	1.94	0.10	1236	1248	1252	1257
53	1282A CH2	18.23	1.39	0.21	1254	1274	1298	1328
54	396S	31.58	2.48	0.08	1293	1307	1314	1318
55	397S	28.51	2.66	0.10	1246	1262	1270	1280
56	WA1322A U4	26.59	1.60	0.07	1205	1216	1222	1227
57	DA1323A U4	26.74	1.44	0.12	1216	1230	1351	1241
58	WA1324A U5	26.24	1.31	0.08	1215	1228	1234	1238
59	DA1325A U5	29.85	1.37	0.08	1213	1225	1231	1235
60	WA1326A U7	20.30	1.51	0.14	1260	1279	1279	1378
61	DA1327A U7	26.02	1.44	0.11	1211	1223	1230	1235
62	1283A CH2	16.83	1.72	0.19	1284	1307	1322	1348
63	1307A CH2	25.65	2.01	0.09	1225	1235	1241	1244
64	1314A CH2	25.36	1.80	0.08	1228	1240	1244	1247
65	1318A CH2	23.53	1.69	0.09	1212	1219	1224	1236
66	1319A CH2	19.10	1.74	0.15	1232	1238	1277	1296
67	WA1246 U4	24.08	1.39	0.09	1206	1215	1221	1232
68	DA1247 U4	28.77	1.00	0.10	1210	1218	1224	1235
69	WA1248 U5	25.22	1.13	0.12	1213	1220	1226	1235
70	DA1249 U5	21.95	1.06	0.16	1233	1238	1245	1253
71	WA1250 U6	31.06	0.88	0.13	1224	1232	1238	1248
72	DA1251 U6	34.42	1.00	0.06	1250	1255	1262	1270
73	WA1252 U7	26.50	1.17	0.08	1211	1220	1230	1242
74	DA1250 U7	27.19	1.12	0.12	1223	1235	1243	1249
75	402S	36.01	2.21	0.04	1260	1285	1290	1324
76	1163A CH2	23.33	1.42	0.19	1188	1205	1212	1230
77	1164A CH2	20.05	2.10	0.20	1200	1206	1217	1239
78	DA1168A U4	25.96	0.87	0.29	1248	1260	1279	1296
79	WA1169A U5	22.12	1.05	0.41	1290	1299	1310	1320
80	DA1171A U6	22.02	1.12	0.35	1275	1283	1304	1329
81	WA1172A U7	25.35	1.19	0.37	1252	1266	1292	1326
82	DA1173A U7	26.08	1.22	0.29	1192	1214	1229	1250
83	1194A CH2	18.99	1.65	0.12	1233	1252	1260	1267
84	1199A CH2	16.33	1.14	0.14	1230	1242	1250	1282
85	1204A CH2	18.22	1.78	0.16	1241	1259	1265	1287
86	1205A CH2	20.39	1.91	0.12	1225	1245	1253	1278
87	1206A CH2	25.68	1.90	0.06	1228	1247	1252	1258
88	361S	33.57	1.91	0.06	1230	1252	1261	1275
89	362S	17.71	1.34	0.36	1264	1307	1320	1339
90	363S	33.70	3.89	0.01	1256	1293	1322	1311
91	364S	13.75	1.44	0.61	1275	1321	1333	1360
92	365S	27.76	2.12	0.22	1220	1238	1243	1251
93	366S	24.24	1.62	0.25	1227	1242	1256	1280
94	1126A CH2	18.93	1.47	0.23	1243	1263	1276	1304
95	1140A CH2	24.78	1.64	0.11	1205	1214	1223	1257
96	1146A CH2	20.67	1.39	0.23	1225	1252	1269	1290

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

		%			อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (° ซ)			
No.	Code	Base	F_A	F_B	IDT	ST	HT	FT
97	1154A CH2	21.56	1.63	0.19	1180	1228	1252	1280
98	1158A CH2	19.35	1.41	0.23	1255	1278	1295	1320
99	S1166A U4	41.88	0.97	0.12	1222	1224	1229	1238
100	S1166A U4	44.13	0.97	0.05	1270	1288	1291	1295
101	LRC358S	19.84	2.20	0.17	1204	1214	1221	1235
102	LRC359S	14.27	1.51	0.29	1268	1286	1296	1315
103	WA1095A U4	17.82	1.24	0.32	1271	1276	1282	1294
104	DA1096A U4	19.41	1.28	0.24	1252	1261	1269	1286
105	WA1097A U5	22.40	1.22	0.15	1215	1232	1238	1267
106	DA1098A U5	24.05	1.14	0.20	1227	1254	1264	1284
107	WA1099A U6	26.22	1.30	0.53	1235	1256	1270	1292
108	DA1100A U6	22.87	1.14	0.18	1247	1264	1282	1292
109	WA1101A U7	20.38	1.34	0.21	1227	1242	1257	1289
110	DA1102A U7	21.63	1.26	0.20	1231	1250	1268	1282
111	1103A CH2	15.68	1.78	0.37	1264	1270	1294	1319
112	1118A CH2	12.71	1.77	0.32	1285	1288	1292	1300
113	1123A CH2	12.61	1.48	0.31	1271	1295	1304	1320
114	1124A CH2	16.22	1.43	0.33	1252	1265	1280	1306
115	1125A CH2	15.24	1.43	0.33	1267	1301	1315	1336
116	WA1132A U4	24.31	0.98	0.22	1240	1251	1266	1291
117	DA1133A U4	24.84	0.77	0.29	1255	1268	1283	1300
118	WA1134A U5	29.83	0.69	0.19	1230	1246	1267	1297
119	DA1135A U5	24.19	0.83	0.25	1270	1279	1291	1309
120	WA1136A U6	25.10	0.91	0.20	1257	1266	1282	1296
121	DA1137A U6	26.64	0.97	0.19	1242	1252	1269	1288
122	WA1138A U7	23.66	0.98	0.20	1253	1265	1280	1300
123	DA1139A U7	23.23	1.00	0.23	1268	1275	1291	1311
124	1078A CH2	17.93	1.65	0.22	1234	1253	1270	1290
125	1079A CH2	18.00	1.79	0.21	1230	1246	1257	1300
126	1079A CH2	18.07	1.77	0.26	1243	1254	1265	1307
127	1081A CH2	24.29	2.01	0.14	1203	1242	1248	1259
128	WA1053A U4	16.29	1.27	0.32	1313	1322	1330	1340
129	DA1054A U4	15.89	1.16	0.31	1309	1336	1342	1354
130	WA1055A U5	16.01	1.23	0.30	1312	1334	1348	1358
131	DA1056A U5	15.09	1.20	0.32	1301	1320	1331	1343
132	WA1057A U6	20.22	1.28	0.22	1294	1305	1320	1335
133	DA1058A U6	23.39	1.36	0.16	1220	1244	1258	1267
134	WA1059A U7	15.13	1.19	0.33	1305	1332	1342	1354
135	DA1060A U7	15.43	1.24	0.26	1307	1324	1336	1348
136	LRC351S	20.56	1.46	0.22	1225	1230	1238	1260
137	LRC352S	9.68	1.31	0.98	1230	1343	1351	1375
138	LRC353S	11.00	1.32	0.54	1237	1300	1310	1336
139	LRC354S	10.77	1.51	0.58	1255	1318	1332	1360
140	LRC355S	14.23	1.43	0.46	1268	1300	1320	1344
141	LRC356S	11.88	1.44	1.02	1248	1330	1350	1365
142	CH2 (1044A)	20.52	1.63	0.14	1212	1233	1238	1250
143	CH2(1045A)	16.40	1.38	0.23	1278	1289	1297	1313
144	CH2 (1046A)	14.28	1.66	0.23	1285	1293	1301	1320

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	% Base	F_A	F_B	อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (°ซ) IDT	ST	HT	FT
145	CH2 (1047A)	13.93	1.69	0.30	1287	1299	1305	1322
146	WA(978A) U4	31.67	0.90	0.09	1196	1215	1232	1243
147	DA(979A) U4	34.81	1.08	0.11	1243	1260	1281	1297
148	DA(981A) U5	31.29	1.18	0.12	1238	1250	1257	1266
149	WA(982A) U6	29.56	1.19	0.10	1230	1246	1250	1263
150	DA(983A) U6	32.55	1.17	0.12	1233	1247	1251	1265
151	WA(984A) U7	33.26	1.07	0.08	1223	1236	1244	1256
152	DA(985A) U8	33.62	1.15	0.13	1228	1247	1263	1278
153	340S	33.04	2.61	0.11	1255	1267	1273	1275
154	341S	33.33	1.50	0.07	1187	1206	1216	1233
155	343S	29.66	2.02	0.11	1243	1256	1272	1286
156	LRC 300S	10.43	1.46	0.29	1280	1299	1332	1344
157	LRC 301S	20.95	1.96	0.09	1228	1244	1256	1266
158	LRC 293S	13.02	1.59	0.24	1270	1293	1310	1327
159	LRC 294S	11.56	1.73	0.32	1279	1296	1316	1328
160	LRC 295S	11.82	1.56	0.32	1268	1290	1308	1316
161	LRC 296S	9.41	1.45	0.32	1300	1334	1374	1387
162	LRC 297S	8.72	1.39	0.38	1353	1392	1414	1426
163	LRC 302S	29.95	2.22	0.03	1264	1280	1289	1298
164	LRC 304S	36.06	3.53	0.01	1302	1320	1334	1345
165	LRC 305S	23.03	2.12	0.07	1229	1247	1254	1267
166	LRC 306S	8.41	1.34	0.37	1290	1333	1350	1362
167	LRC 308S	9.96	1.22	0.37	1297	1321	1348	1370
168	LRC 309S	11.60	1.63	0.22	1304	1323	1336	1345
169	DA889A U4	22.78	1.09	0.21	1215	1225	1230	1241
170	DA891A U5	21.01	1.01	0.25	1228	1235	1244	1257
171	WA892A U6	20.04	1.02	0.21	1247	1254	1260	1275
172	DA892A U6	18.39	1.20	0.26	1256	1263	1269	1280
173	WA894A U7	25.33	0.99	0.14	1199	1211	1216	1225
174	DA895A U7	17.16	1.05	0.28	1276	1286	1290	1300
175	CH2(993A)	24.08	2.17	0.12	1201	1226	1237	1243
176	CH2(1002A)	22.50	1.80	0.19	1188	1219	1227	1231
177	CH2(1007A)	26.85	1.71	0.54	1215	1230	1245	1260
178	CH2(1012A)	23.87	1.75	0.18	1219	1227	1232	1250
179	CH2(1013A)	21.46	1.53	0.49	1235	1249	1260	1286
180	CH2(1024A)	17.54	1.66	0.29	1264	1286	1305	1320
181	CH2(1029A)	14.62	1.45	0.30	1277	1291	1302	1316
182	CH2(1034A)	20.54	1.93	0.13	1196	1220	1220	1240
183	CH2 945A	31.61	2.89	0.08	1292	1303	1318	1325
184	CH2 959A	18.99	1.45	0.22	1228	1239	1250	1260
185	CH2 965A	16.22	1.53	0.30	1266	1275	1282	1302
186	CH2 970A	20.45	1.85	0.25	1190	1207	1217	1225
187	CH2 971A	20.62	1.82	0.20	1194	1209	1215	1222
188	CH2 972A	18.46	1.84	0.25	1236	1248	1274	1283
189	CH2 986A	23.05	2.24	0.19	1185	1220	1230	1239
190	CH2 944A	30.25	2.82	0.09	1299	1305	1312	1320
191	CH2 947A	38.52	3.23	0.03	1295	1323	1331	1342
192	CH2 960A	26.86	1.85	0.13	1210	1227	1233	1240
193	310S	17.47	1.38	0.35	1225	1244	1267	1298

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	% Base	F_A	F_B	อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (°ซ) IDT	ST	HT	FT
194	313S	30.00	1.97	0.14	1202	1224	1248	1265
195	314S	23.11	1.74	0.14	1205	1229	1254	1271
196	315S	12.08	1.41	0.48	1250	1277	1308	1332
197	316S	14.25	1.45	0.37	1257	1283	1310	1336
198	317S	19.03	1.65	0.20	1230	1248	1265	1286
199	1086A CH2	16.19	1.45	0.30	1266	1275	1297	1330
200	1087A CH2	15.32	1.51	0.39	1275	1295	1314	1336
201	1088A CH2	17.57	1.84	0.24	1233	1245	1262	1310
202	1089A SLAG U4	24.46	1.08	0.20	1215	1226	1231	1242
203	467S	37.31	4.48	0.01	1290	1326	1331	1342
204	416S	20.57	1.50	0.10	1266	1284	1307	1324
205	417S	13.82	1.38	0.22	1288	1308	1319	1330
206	414S *	22.21	0.60	0.14	1260	1272	1282	1302
207	417S *	17.92	0.90	0.20	1290	1303	1311	1335
208	442S	23.17	2.07	0.10	1228	1237	1241	1245
209	443S	28.81	2.31	0.06	1244	1251	1253	1264
210	1345A CH2	18.22	2.00	0.14	1218	1232	1256	1280
211	1350A CH2	14.21	1.84	0.24	1299	1313	1325	1351
212	1351A CH2	18.69	1.90	0.14	1232	1248	1270	1325
213	1352A CH2	20.62	2.31	0.10	1207	1214	1220	1298
214	1366A CH2	22.97	1.84	0.09	1220	1233	1253	1278
215	1373A CH2	20.16	1.99	0.10	1256	1267	1271	1274
216	1382A CH2	26.08	1.95	0.07	1223	1240	1251	1254
217	1404A CH2	21.87	2.23	0.09	1212	1230	1235	1245
218	1395A CH2	21.56	1.86	0.11	1228	1230	1261	1280
219	1405A CH2	19.32	2.15	0.11	1223	1233	1241	1270
220	1406A CH2	20.77	2.10	0.10	1208	1222	1229	1260
221	1428A CH2	17.33	1.82	0.11	1238	1251	1270	1290
222	WA1353 U4	16.11	1.22	0.21	1310	1324	1341	1375
223	DA1354 U4	16.51	1.54	0.21	1308	1319	1338	1365
224	WA1355 U5	15.60	1.16	0.24	1293	1322	1345	1382
225	DA1356 U5	14.59	1.31	0.24	1300	1327	1338	1374
226	WA1357 U6	18.91	1.30	0.19	1296	1325	1338	1380
227	DA1358 U6	21.37	1.32	0.12	1286	1300	1324	1371
228	WA1359 U7	16.36	1.33	0.21	1314	1336	1343	1370
229	DA1360 U7	18.66	1.46	0.19	1299	1313	1334	1366
230	S1317A U4	18.92	1.56	0.13	1236	1280	1303	1340
231	S1368A U6	30.39	1.04	0.06	1230	1229	1243	1282
232	413S	38.62	3.59	0.01	1316	1330	1335	1342
233	406S	21.44	2.13	0.09	1231	1246	1251	1256
234	357S	18.79	1.10	0.26	1217	1284	1295	1306
235	319S	16.37	1.00	0.22	1245	1264	1279	1300
236	347S	12.62	1.39	0.41	1252	1299	1309	1325
237	348S	40.90	2.36	0.04	1274	1293	1315	1324
238	349S	11.10	1.25	0.50	1266	1305	1318	1328
239	LRC 265S	38.71	3.31	0.01	1272	1287	1304	1312
240	LRC 266S	42.94	3.16	0.01	1307	1317	1325	1330
241	LRC 275S	9.85	1.33	1.11	1240	1374	1381	1387
242	LRC 276S	9.80	1.33	0.76	1228	1350	1361	1370

ตารางที่ ง.2 แสดงร้อยละเบส, แอซิดฟลักซ์แฟกเตอร์, เบสิกฟลักซ์แฟกเตอร์ ของเถ้าถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) (ต่อ)

No.	Code	% Base	F_A	F_B	อุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหิน (°ซ) IDT	ST	HT	FT
243	LRC 277S	32.22	3.49	0.05	1301	1318	1327	1340
244	LRC 279S	16.12	1.54	0.24	1243	1267	1296	1320
245	LRC 282S	61.46	3.46	0.03	1270	1297	1305	1313
246	LRC 284S	27.25	2.72	0.09	1225	1233	1237	1240
247	LRC 285S	44.60	3.83	0.12	1300	1310	1313	1319
248	LRC 286S	20.20	2.17	0.16	1210	1227	1241	1245
249	LRC 290S	8.85	1.31	0.67	1237	1357	1383	1398
250	LRC 291S	39.41	3.20	0.03	1248	1270	1330	1337
251	LRC 292S	40.19	3.37	0.03	1265	1277	1333	1343
252	LRC 946S	35.70	2.91	0.07	1291	1301	1313	1324
253	LRC 268S	17.03	1.32	0.12	1253	1263	1276	1286
254	LRC 269S	17.43	1.26	0.11	1258	1266	1280	1291
255	LRC 270S	19.07	1.24	0.08	1262	1282	1287	1296
256	LRC 271S	18.03	1.34	0.16	1277	1280	1283	1290
257	LRC 272S	19.14	1.43	0.14	1257	1267	1272	1280
258	LRC 273S	17.20	1.36	0.18	1256	1259	1262	1270
259	DA852 U6	24.67	1.23	0.13	1182	1203	1220	1216
260	WA853 U7	27.75	1.30	0.07	1180	1192	1198	1230
261	DA854 U7	24.71	1.26	0.10	1176	1202	1214	1240
262	253S	41.63	3.83	0.02	1327	1331	1338	1360
263	254S	42.34	4.51	0.03	1344	1352	1363	1394
264	255S	42.52	4.36	0.04	1343	1347	1359	1389
265	249S	35.29	1.59	0.00	1308	1316	1323	1349
266	231S	38.81	2.04	0.00	1287	1300	1329	1336
267	232S	45.92	2.45	0.00	1275	1279	1285	1298
268	233S	44.21	2.41	0.00	1278	1280	1287	1304
269	234S	45.00	2.63	0.00	1246	1253	1265	1321
270	235S	43.47	2.22	0.00	1277	1283	1299	1319
271	236S	47.39	2.13	0.00	1267	1272	1280	1311
272	237S	46.50	1.93	0.00	1264	1270	1277	1315
273	238S	44.48	1.80	0.00	1308	1313	1320	1337
274	228S	48.29	2.72	0.00	1238	1263	1287	1313
275	230S	40.30	2.17	0.00	1292	1299	1311	1330
276	158S	41.91	2.14	0.00	1295	1311	1322	1331
277	159S	42.12	2.05	0.00	1257	1265	1273	1281
278	160S	33.15	2.44	0.00	1299	1302	1316	1336
279	164S	25.11	2.27	0.00	1299	1300	1302	1306
280	156S	40.56	2.18	0.00	1287	1298	1302	1316
281	157S	36.42	3.13	0.00	1290	1300	1309	1315
282	239S	23.39	0.51	0.00	1314	1317	1320	1324
283	242S	6.32	3.15	0.00	1393	1402	1428	1448
284	102S	35.47	2.05	0.02	1290	1298	1308	1327
285	103S	22.97	2.08	0.08	1249	1261	1270	1276

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชุติมา ลิมปิจักร์ เกิดวันที่ 21 ธันวาคม 2506 จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา เคมี (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี 2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย