การแต่งดินขาวที่อิตาย่าประเทศญี่ปุ่น

ชาญ จรรยาวนิชย์

1. คำนำ

ผู้เขียนได้เคยมีโอกาสไปชมโรงงานแต่งแร่ดินขาว และโรงงานแต่งแร่ซีโอไลท์ Zeeklite Chemical and Mining Co., Ltd. ปริมาณการผลิตดินขาวจากแหล่งต่าง ๆ ของบริษัทนี้มากที่สุดในประเทศญี่ปุ่น คือประมาณ 40% ของปริมาณการผลิตทั้งประเทศ ดินขาวส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ การดำเนินงานของบริษัทเริ่มมาตั้งแต่ปี 1939 ปัจจุบันดำเนินกิจการเหมืองดินขาว 4 แหล่ง เหมืองซีโอไลท์ 1 แห่ง โรงแต่งดินขาว 2 แห่ง และโรงแต่งซีโอไลท์ 1 แห่ง บริเวณเหมืองและโรงแต่งทั้งหมดอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศญี่ปุ่น

สำหรับเหมืองและโรงแต่งแร่ดินขาว และซีโอไลท์ที่ผู้เขียนได้ไปชมอยู่ที่บริเวณเหมืองอิตาย่าใน Yamagata Prefecture การคมนาคมสะดวกทั้งรถยนต์และรถไฟ แหล่งดินขาวอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร บนไหล่ทางตะวันออกของเทือกภูเขาไฟอะซูม่า แหล่งดินขาวเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางไฮโดรเทอมาล ภายหลังการระเบิดของภูเขาไฟอะซูม่า บริเวณแหล่งเป็นชนิดปฐมภูมิ ปัจจุบันโรงแต่งดินขาวที่อิตาย่า เป็นการแต่งแบบใช้น้ำมีกำลังผลิตประมาณเดือนละ 900 ตัน โรงแต่งแร่ซีโอไลท์เป็นการแต่งแบบแห้งมีกำลังผลิตเดือนละ 4,000 ตัน

2. ธรณีวิทยาแหล่งแร่

ธรณีวิทยาบริเวณแหล่งดินขาวที่อิตาย่าประกอบด้วยแอสติทัฟของไมโอซีน อิตายา

ชาญ จรรยาวนิชย์. "การแต่งดินขาวที่อิตาย่าประเทศญี่ปุ่น" *ข่าวสารการธรณี* 24, 9 (ก.ย. 2522) 19-29

ฟอร์เมชั่นเป็นชั้นให้ดินขาวซึ่งถูกปกคลุมอยู่เป็นตอน ๆ ด้วยควอเตอร์นารี แอนดีไซต์ซึ่งเกิดจากเทือกภูเขาไฟอะซูม่า

ชุดหินอิตายา ฟอร์เมชั่น เกิดจากสับแอเรียล แอสิด โวลกานิสซั่ม ในยุคฟูนูกาว่า ตอนเลทโมโอซีน ในบริเวณแหล่งดินขาว ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แอสิดแซนด์ทัฟ และ ลาบิลลี ทัฟ ซึ่งหินทัฟเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ดินสีขาวปนเทา การวางตัวของหินทัฟชั้นต่าง ๆ มีสไตร์คในแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ และดิป 35° โดยเฉลี่ยเหนือทำให้มีรูปร่างเป็นซิมเปิล โฮโมคลีนัลสตรัคเจอร์ ความหนาของชั้นแร่ให้ดินขาวนี้ประมาณ 300 เมตร

เหนือชั้นดินขาวเป็นหินภูเขาไฟอะซูม่า ซึ่งเกิดจากแอนดีซิติค โวลกานิสซั่มในยุคเลทเตส ไพลสโตซีนครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางตามแนวเทือกภูเขาไฟอะซูมา ในบริเวณแหล่งดินขาวที่อิตายา ชั้นหินประกอบด้วย แอนดีซิติค ไพโรคลาสติค และ โวลกานิค มัด-โฟลว์ ชั้นแอนดีซิติค ไพโรคลาสติค มีความหนาโดยเฉลี่ย 120 เมตร ประกอบด้วย แอนดีซิติค ไวลกานิค เบรคเซีย และทัฟเบรคเซีย โดยมีชั้นโคลนและอินทรียวัตถุชั้นบาง ๆ แทรกเป็นตอน ๆ ในบริเวณเหมือง ชั้นหินนี้มีร่องรอยแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ อย่างมากและมีสภาพต่างกันไปในจุดต่าง ๆ

เหนือชั้นนี้ขึ้นไปเป็นชั้นบนสุด เป็นชั้นโวลกานิค มัด โฟลว์ ซึ่งมีความหนาไม่แน่นอน แต่ประมาณว่าหนาสุดไม่เกิน 100 เมตร ประกอบด้วยชิ้นส่วนของไพรอคซีน แอนดีไซท์ ซึ่งบางก้อนมีขนาดใหญ่ถึง 2 เมตร และมีชั้นโคลนและอินทรียวัตถุเป็นชั้นบางๆ แทรกปนอยู่บริเวณตอนล่างของชั้นนี้ได้รับการเปลี่ยนแปลงและมีสีเขียวเข้ม

ระหว่างชั้นแอนดีซิติค ไพโรคลาสติค และชั้นแร่ให้ดินขาวที่ซิลิเซียส เบรคเซียไดก์แทรกอยู่ ไดก์นี้เชื่อว่าเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟอะซูม่า ดูแผนภาพประกอบที่ (1)

ปริมาณแร่ดินขาวสำรองคาดว่ามีประมาณ 15 ล้านตัน ปริมาณแร่ที่ขุดขึ้นมาแล้วตั้งแต่ต้นถึงปัจจุบันประมาณ 2.8 ล้านตัน

3. ส่วนประกอบและคุณสมบัติของแร่ดินขาว

ดินขาวแหล่งนี้มีลักษณะร่วนมีสีขาวปนเทาน้อย ๆ และมีซิลก้า ลัสเตอร์ แร่สำคัญที่ปะปนในดินขาว คือ ควอท, เคโอลิไนท์, เซริไซท์ และ เซริไซท์/มอนต์โมริลโลไนท์ โดยจะมีไพโรท์ปริมาณเล็กน้อยปะปนอยู่ทั่วไปในบางบริเวณพบแร่ดินที่ไม่มี mica clay-minerals ปนเลยแต่จะมี alunite ปนอยู่แทน

โดยเฉลี่ยแล้วแร่ดินขาวแหล่งนี้ประกอบด้วย

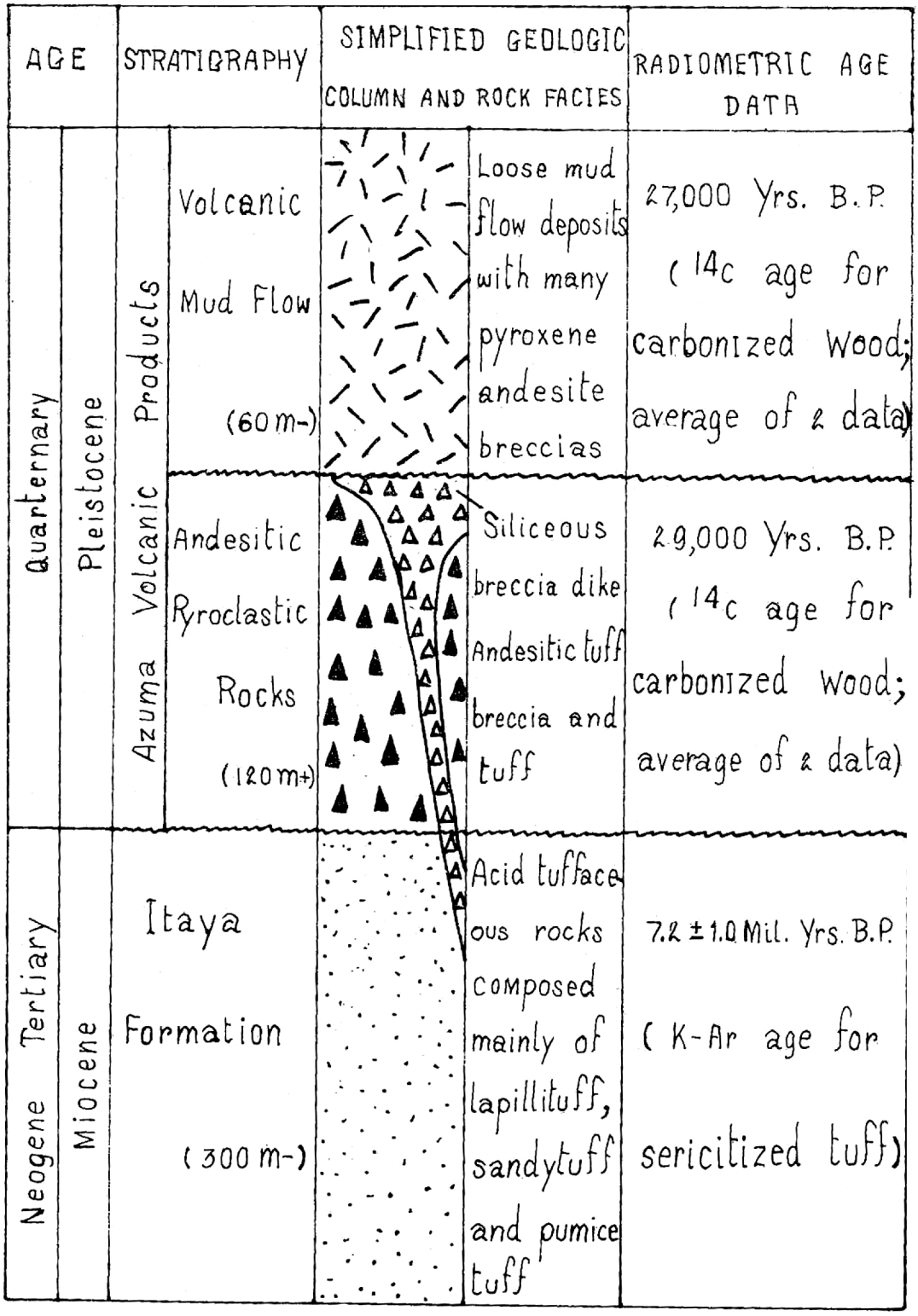
แร่เคโอลิไนท์	20–25 %
เซริไซท์/มอนต์โมริลไนท์	20–25 %
ควอท	50–60 %
แร่ไพโรท์	2.5–3.0 %

ได้มีการหาอายุของเซริซิไตซ์ ลาบี่ลลี ทัฟ จากแหล่งดินขาวนี้ด้วยวิธี K–Ar Age-Determination พบว่าเกิดขึ้นเมื่อ 7.2±1 ล้านปีมาแล้ว ซึ่งใกล้เคียงกับระยะเวลาการเกิดการทับถมของชั้นหินอิตาย่า ฟอร์เมชั่น

ในตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ค่าความถ่วงจำเพาะและส่วนประกอบของแร่ซึ่งคำนวณจากผลวิเคราะห์ดินจุดต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบทางเคมี ความถ่วงจำเพาะ ความพรุนตัว และส่วนประกอบของแร่ซึ่งคำนวณจากผลวิเคราะห์ดินขาว 3 จุด

	1	2	3
SiO_2	78.82 Wt%	81.40 Wt%	77.47
TiO_2	0.12	0.12	0.13



ภาพที่ 1. Stratigraphy and Stratigraphic positions of the alteration zones of the Itaya kaolin deposit

	1	2	3
Al_2O_3	12.28	11.16	15.22
Fe_2O_3	0.08	0.21	0.12
FeO	0.14	0.22	0.07
MnO	0.02	0.03	0.01
MgO	0.43	0.77	0.09
CaO	0.08	0.11	0.06
Na_2O	0.39	0.41	0.02
K_2O	1.20	2.18	0.02
P_2O_5	0.01	0.02	0.03
Fe	1.07	0.08	0.08
SO_3	0.19	0.19	0.23
	1.26	0.05	0.06
H_2O+	3.31	2.01	5.61
H_2O-	0.24	0.70	0.62
Total	99.64	99,65	99.83
Lump Sp. gr.	1.87	2.20	1.77
Powder Sp. gr.	7.76	2.75	2.73
Porosity (%)	32	20	35
Mineral Composition Calculated (Wt%)			
Quartz	63.3	70.7	59.9
KAOLINITE	21.1	–	38.7
SERICITE/MONTMORILLONITE	12.6	22.9	–

	1	2	3
ALUNITE	—	—	0.6
Pyrite	2.4	0.1	0.1
Total	99.4	93-7	99.3

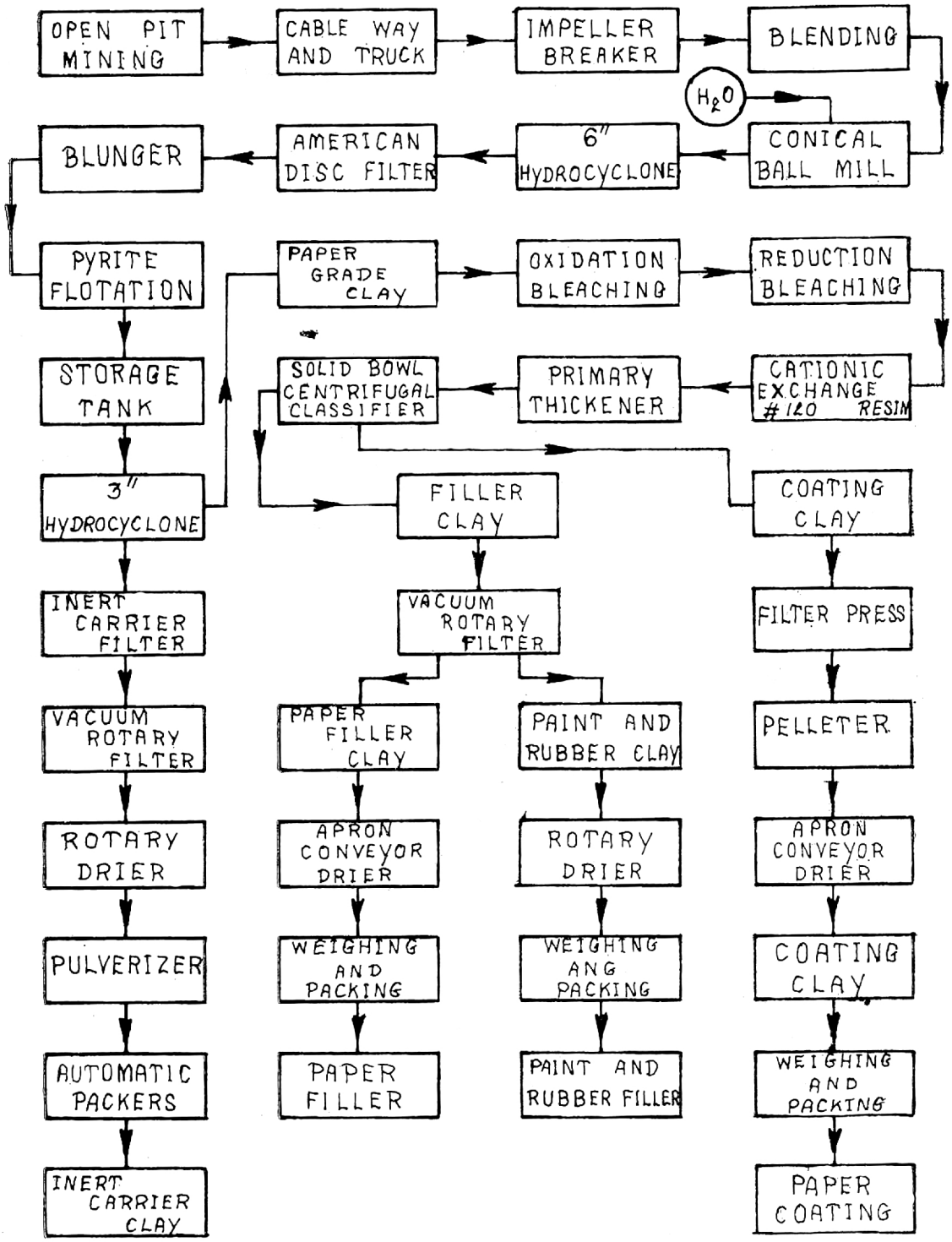
4. การทำเหมืองและการแต่งแร่ดินขาว

การทำเหมืองดินขาวที่อิตาย่าแต่เดิมเป็นเหมืองใต้ดิน เพิ่งจะมาเปลี่ยนเป็นการทำแบบเหมืองหาบ เมื่อปี 1963 โดยมี bench สูงประมาณ 5—30 เมตร

เหมืองดินขาวที่เปิดดำเนินการอยู่มีรูปร่างแบบเกือกม้า หันหน้าไปทางทิศตะวันออก มีความกว้างในแนวตะวันออก – ตะวันตกราว 400 เมตร และความยาวในแนวเหนือ – ใต้ประมาณ 200 เมตร ลึกประมาณ 100 เมตร แหล่งดินขาวเป็นชนิดแมสสีฟ มีรูปร่างแบบดอกเห็ด โดยกว้างออกในแนวตะวันออก–ตะวันตก มีการใช้เครื่องจักรต่าง ๆ คือ รถบุลโดเซอร์ power shovel และรถดัมพ์ในการทำงาน ปัจจุบันสามารถผลิตดินดิบได้ประมาณเดือนละ 15,000 ตัน แร่ดินดิบที่ขุดออกมาได้ ถูกขนส่งไปยังโรงแต่ง ซึ่งอยู่ห่างออกไป 4.6 กม. ทางกระเช้าแขวน (Cable way) เป็นส่วนใหญ่ อีกส่วนหนึ่งขนส่งไปโดยรถบรรทุก

5. การแต่งแร่ดินขาว (ดูแผนภาพที่ 2)

แร่ดินขาวที่ขนมายังโรงแต่งแร่โดยกระเช้าแขวน (Cable way) และโดยรถบรรทุกจะถูกบดด้วยเครื่องตีดิน ให้มีขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร จากนั้นจะใช้รถ Front-end loader ตักมาผสมคลุกเคล้ากันทีละกองใหญ่ ๆ แล้วจึงป้อนเข้าสู่ Conical ball mill เพื่อกวนให้ดินแตกยุ่ยเป็นน้ำดินขาว น้ำดินขาวจะผ่านการคัดขนาดด้วยไฮโดรไซโคลนขนาด 6 นิ้ว เพื่อแยกทรายหยาบออก น้ำดินที่ผ่านไฮโดรไซโคลน 6 นิ้วนี้ซึ่งทางโรงงานเขาว่าผ่าน 300 เมช จะผ่านไปกรองยังเครื่องกรองผ้าใบแบบใช้สูญญากาศ เรียกกันว่า American-Disc Filter เพื่อกรองเอาพวก Soluble Salts ต่าง ๆ เช่นพวกซัลเฟต, คลอไรด์ และสารละลายพวกเหล็กออกเสียขั้นหนึ่งก่อน ดินที่ผ่านเครื่องกรองมีลักษณะเหนียวเละ จะถูกกวนเป็นน้ำดินอีกครั้งหนึ่งให้มีความเข้มข้นประมาณ 14—20 % Solid แล้วส่งไปยังเครื่องลอยแร่เพื่อลอยแร่ไพไรท์ซึ่งมีปนอยู่ออก



แผนภาพที่ 2 แสดงการแต่งดินขาวโรงงานซีตาย่า

บริษัท ZEEKLITE CHEMICAL AND MINING จำกัด

ในการลอยไพไรท์เขาใช้แอมีน แซนเทท และน้ำมันสนเป็นน้ำยาในการลอย โดยกระทำที่ PH ไม่เกิน 5 น้ำดินขาวที่แยกไพไรท์ออกแล้วจะถูกคัดขนาดด้วยไฮโดรไซโคลนขนาด 3" ด้วยความดันประมาณ 2.5 กก./ซม^2 เพื่อแยกดินขาวขนาด 15–16 ไมโครเมตร เพื่อใช้ทำพวก Inert Carrier พวกหนึ่งและดินขาวละเอียดขนาด 5–15 ไมโครเมตร เพื่อใช้ทำ Paper Coating และ paper Filler อีกพวกหนึ่ง

น้ำดินขาวที่มีดินขนาดละเอียด 15 – 46 ไมโครเมตร จะถูกกรองด้วย Drum filte-แบบที่เขาเรียกว่า Vacuum Rotary Filter ชนิด String type ดินที่ผ่านเครื่องกรองมีความชื้นประมาณ 30% จะถูกส่งโดยสายพานไปยังเตาอบชนิด Rotary Drier ดินแห้งออกมาจากเตาอบมีความชื้นน้อยกว่า 1% จะถูกส่งไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Pulverizer แล้วเข้าเครื่องบรรจุถุง Automatic Packers ออกจำหน่ายเป็น Inert Carrier Grade

น้ำดินขาวที่มีเม็ดดินขนาดละเอียด 5 -- 15 ไมโครเมตร ซึ่งจะถูกแต่งให้ใช้กับอุตสาหกรรมผลิตกระดาษนั้น ผ่านเครื่องไฮโดรไซโคลนออกมามีความเข้มแข็งประมาณ 10% Solid จะถูกนำมาฟอกเพื่อให้มีความขาวเพิ่มขึ้น การฟอกสีของดิน ที่โรงงานนี้เขาทำเป็นสองขั้นตอน ขั้นแรกเขาใช้กรดกำมะถันและผงฟอก $CaOCl_2$ กับ $Na_2S_2O_3$ ซึ่งเป็นตัวเพิ่มอ๊อกซิเจนในปริมาณ 10 – 15 กิโลเมตรต่อแร่ 1 ตัน กระทำที่ PH = 3 ใน Oxidation bleaching เพื่อให้สารประกอบของเหล็กโดยเฉพาะไพไรท์ ที่เหลือปนอยู่ อยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ แล้วเขาฟอกต่อด้วยการให้น้ำดินผ่าน Reduction bleachiong อีกโดยที่ใช้ Zinc hydrosulfite (ZnS_2O_2) ในปริมาณ 5 กิโลกรัมต่อแร่ 1 ตัน ทำการฟอกที่ PH = 3 เพื่อให้เปลี่ยน Fe^{+3} ซึ่งมีสีแดงเปลี่ยนเป็น Fe^{+2} มีสีจางลงและอยู่ในสภาพละลายน้ำ

น้ำดินขาวที่ฟอกแล้วจะผ่านไปยัง ion Exchange Tower ซึ่งภายในบรรจุ Cationic exchange Resin เบอร์ 120 เพื่อทำการจับ Fe^{+2} และ Fe^{+3} ไว้ที่ Resin น้ำดินที่ผ่านขบวนการแลกเปลี่ยนไอออน แล้วถูกส่งไปยังเครื่อง thickener เพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำดินให้ได้ประมาณ 20% แล้วจึงส่งต่อไปยังเครื่อง High – Solid Classifier ชนิด Solid – bowl Centrifuge เพื่อทำการคัดขนาดและแยกน้ำดินข้นออกเป็น 2 พวก คือน้ำดินที่มีเม็ดดิน

ขนาดละเอียด – 5 ไมโครเมตร สำหรับทำ paper Coating พวกหนึ่ง และน้ำดินที่มีเม็ดดิน ขนาดละเอียด – 15 ไมโครเมตร สำหรับทำ Filler clay อีกพวกหนึ่ง

น้ำดินขาวชนิด Coating clay จะถูกกรองโดยเครื่อง Filter press ให้มีความชื้นเหลือประมาณ 30% แล้วผ่านไปยังเครื่อง pelletizer เพื่อรีดให้ดินเป็นเส้นคือมีเส้นผ่าศูนย์-กลางไม่เกิน 1 เซนติเมตร การรีดเพื่อให้มีพื้นผิวเพิ่มขึ้นสะดวกในการอบแห้ง ดินขาวชนิดนี้จะถูกอบแห้งบนเตาอบชนิดสายพานลวดฉาก (Apron Conveyor drier) ใช้ความร้อนจากไอน้ำ ภายในเตาอบมีอุณหภูมิประมาณ 180°C ดินขาวที่อบแล้วมีความชื้นไม่เกิน 3% ไม่ต้องบดให้ละเอียดต่อ จะถูกส่งไปยังเครื่องชั่งและบรรจุถุงกระดาษหรือถุงคอนเทนเน่อร์ใหญ่ ขนาดบรรจุ 1 ตัน ส่งไปจำหน่ายเป็น Coating Clay สำหรับโรงงานกระดาษต่อไป

น้ำดินขาวชนิด Filler clay จะถูกปรับความเข้มข้นให้ได้ 24–30 % Solid ในแท้งค์แล้วกรองให้แห้งด้วย Vacuum Rotary Filter ชนิด string type ดินชนิด Filler นี้ถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทแล้ว แต่การนำไปใช้งานและคุณภาพของดินขาวจากแหล่งโดยแบ่งเป็นประเภทนำไปใช้เป็น filler ในกระดาษ (Paper Filler) ประเภทหนึ่งกับนำไปใช้เป็น filler ในอุตสาหกรรมสี หรืออุตสาหกรรมยางอีกประเภทหนึ่งซึ่งจะทำการอบแห้งแตกต่างกัน

ดินขาวที่ใช้ทำ paper filler จะอบให้แห้งด้วยเตาอบชนิดสายพานลวดฉากคล้ายดินชนิด paper Coating แต่มีความชื้นไม่เกิน 2% ส่วนดินขาวชนิด Paint and Rubber Clay จะถูกอบให้แห้งด้วยเตาอบ Rotary Drier ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง อบแห้งมีความชื้นไม่เกิน 1% แล้วส่งไปยังเครื่องชั่งและบรรจุถุงจำหน่าย

อนึ่งในการแต่งดินขาวด้วยการแต่งแบบใช้น้ำของโรงงานที่อิตาย่านี้เจ้าหน้าที่ของโรงงานกล่าวว่าอยากใช้วิธีอื่นแทนวิธีแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ผลพลอยได้จากโรงแต่งแร่คือทรายควอท ซึ่งจะนำมาบดออกจำหน่าย และแร่ไพโรท์ซึ่งได้จากการลอยแร่

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะถูกส่งไปจำหน่ายยังโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั่วประเทศญี่ปุ่น โดยทางรถไฟซึ่งมีรางมาเทียบถึงโรงงานและทางรถบรรทุก

๖. การจำแนกการผลิตและนำไปใช้ประโยชน์

โรงแต่งดินขาวที่อิตาย่าส่วนใหญ่ผลิตดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ เพราะได้ราคาสูงกว่าดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิคส์ เมื่อตอนระยะแรก ๆ โรงงานผลิตดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมสีและยาง และต่อมาอุตสาหกรรมได้ขยายตัวใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบมากขึ้น ได้มีการนำดินขาวมาใช้ทำ back sizing ของผ้าฝ้าย อุตสาหกรรมกระดาษและยาฆ่าแมลง ในสมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง ครั้นปี 1950 ได้มีการใช้ FAST SPEED COATING MACHINE ในการผลิตกระดาษ ดินขาวที่จะใช้จึงต้องมีคุณสมบัติพิเศษหลายชนิดในด้านความละเอียดหยาบ ความขาวสว่าง คุณสมบัติด้านการลอยตัว และการไหลตัวเมื่อทำเป็นน้ำดินข้นระหว่างการ Coating ผิวกระดาษ การมีคุณสมบัติ CHEMICAL STABLE ของดินขาวทำให้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเป็น inert carrier ของยาฆ่าแมลง

อาจจำแนกการผลิตของโรงงานดินขาวที่อิตาย่า ระหว่างเดือนเมษายน 2518 ถึงเดือนมีนาคม 2519 ได้ดังนี้

1.	MC CLAY	14,032 ตัน
2.	AT CLAY	3,056
3.	PF CRAY	15,743
4.	NG CLAY	40,096
5.	Silica Powder	15,578
6.	Pyrite	2,374
	รวมทั้งสิ้น	90,880

หมายเลข 1 และ 2 เป็นดินชนิด coating clay ใช้กับ High–Speed coating machine เช่นกระดาษมวนบุหรี่ และกระดาษอาร์ต เป็นต้น ดินชนิดนี้มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร มีค่าความขาวสว่าง 87–90 ค่าความคม 40–60 มิลลิกรัม และมีความหนืดไม่เกิน 35 เซนติปอยส์ สำหรับน้ำดินข้น 50 % Solid ดิน Coating Clay มีราคาประมาณตันละ 3600–3400 บาท

หมายเลข 3 เป็น Filler clay ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ยาง และสี ปกติมีความละเอียด – 15 ไมโครเมตร มีค่าความขาวสว่าง 86–87 และมีค่าความคม 150–200 มิลลิกรัม มีราคาตันละประมาณ 1,800 บาท

หมายเลข 4 เป็นดินที่ใช้ทำพวก Inert Carrier มีขนาดความละเอียดหยาบในช่วง 15–45 ไมโครเมตร จำแนกได้เป็นพวกมีถพ.ต่ำและถพ.สูง พวกที่มีถพ. ต่ำมักใช้ผสมเป็น diluent ของยาฆ่าแมลงทั่วไปเช่น ยาฆ่าแมลง Insecticide ยาฆ่ารา Fungicide และและยาฆ่าวัชพืช (Herbicide) พวกที่มีถพ. สูงใช้ทำเป็น carrier ในผงขัด และยาฆ่าแมลงชนิดโปรยจากเครื่องบิน ดินขาวเกรดนี้จำหน่ายในราคา 1,270–1,450 บาท ต่อตัน ส่วนแร่ไพโรท์ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกรดซัลฟูริค

ตั้งแต่เดือนกันยายน 2519 โรงงานนี้ได้เปลี่ยนมาผลิตดินขาวชนิด Coatiug grade เพิ่มขึ้น โดยแบ่งการผลิตต่อเดือนดังนี้

ดินขาวชนิด Coating	2,500	ตัน
ดินขาวชนิด Filler	700	,,
ดินขาวชนิด Inert carrier	2,500	,,
ดินขาวชนิดอื่น ๆ	2,000	,,

เอกสารอ้างอิง

1. Geology of the Seto, Shokozan and Itaya Kaolin Deposits A guide to the Field Investigations of the 7th Symposium on Genesis of Kaolin, Tokyo, 1976. pp 16–31 by Y. TOGASHI, Geological Survey of Japan.

2. Zeeklitc Products Guide. Zeeklite chemical & Mining Co., Ltd. OSAKA, Japan.