

粘土矿物

須藤俊男著

科学出版社

粘 土 矿 物

著 者 俊 男
译 者 爽 枝
策 者 李 鈇

科 学 出 版 社

1959

内 容 提 要

賴澤氏从地質矿物科学工作者的角度出發,在本書內主要採用了X射線粉晶像和差熱分析等法,对粘土矿物,尤其是对綠泥石类等做了詳細的研究,並收集了大量的英、美、日等資本主义国家的有关文献。

本書对粘土矿物的研究方法、性質、生成、研究範圍和应用等都作了詳細的論述,同时对粘土矿物也作了分类。

粘 土 矿 物

須藤俊男 著

李 夷 譯

蔡 鉄 校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 J81 号

北京西四印刷厂印刷 新华書店总經售

*

1979年2月第一版

1979年2月第一次印刷

(庫 000₁-8,000

書号: 629 印数: 170,000

开本: 787×1092 1/32

頁数: 7 1/2 插页: 2

定价: (10) 1.10 元

目 录

原序	1
譯序	2
凡例	4
第一章 緒論	5
§ 1. 粘土矿物学的發展	5
§ 2. 粘土和粘土矿物	8
第二章 粘土矿物的研究方法	11
I. 机械分离	11
§ 3. 緒言	11
§ 4. 干式方法	11
§ 5. 溼式方法	12
§ 6. 粒度分佈	17
§ 7. 比重	19
II. 肉眼观察	20
§ 8. 肉眼可見的性質	20
III. 显微镜观察	21
§ 9. 形状和双折射	21
§ 10. 折射率	23
§ 11. 流动双折射和电双折射	26
§ 12. 光軸角	27
IV. 倫琴射線的研究 (X射線粉晶照像法)	28
§ 13. 試样的預备方法	28
§ 14. 照像	30
§ 15. 粉晶照像的測定	31
§ 16. 校正曲線	34

V. 粘土矿物粉晶像的性質	35
§ 17. 粉晶像的位向与其强度的变化	35
§ 18. 粉晶線的数目	41
§ 19. 粉晶線的黑度	42
§ 20. 粉晶線的指數	43
VI. 热譜的研究	47
§ 21. 脫水曲線	48
(A) 差热曲線	50
§ 22. 裝置和实验	50
(B) 粘土矿物的差热曲線的性質	55
§ 23. 热曲線的典型及热峯(谷)的产生原因	55
§ 24. 热峯(谷)的溫度	62
§ 25. 热峯(谷)的形狀	67
§ 26. 热峯(谷)的面积	69
VII. 电子显微鏡的研究	71
(A) 电子显微鏡的試驗	71
§ 27. 原理	71
§ 28. 試样的預备方法	72
§ 29. 照像須知	73
§ 30. 蝕鑄金屬表面法	74
(B) 粘土矿物在电子显微鏡下观察到的性質	76
§ 31. 形狀和粒度	76
VIII. 紅外(線)吸收光譜的研究及其他	77
第三章 粘土矿物的性質	79
I. 晶体構造	79
§ 32. 層狀構造	79
§ 33. 三層構造类型	80
§ 34. 二層構造类型	83
§ 35. 复鎖構造类型	85
§ 36. 粘土矿物的層狀格子的重叠方式	85

II. 構造式	88
§ 37. 叶蜡石誘导体	88
§ 38. 滑石誘导体	93
§ 39. 叶蜡石和滑石的誘导体二層構造类型和复鎖構造类型的粘土 矿物	94
§ 40. 構造式的誘导法	102
III. 热变化	105
§ 41. 研究实例	105
§ 42. 加热变化的机构和應用	106
§ 43. 粘土矿物構造的不規則系統	111
IV. 粘土和液相之間的各种性質	113
§ 44. 吸附和吸收	113
§ 45. 水的問題	114
§ 46. 膨脹	116
§ 47. 有机試剂和粘土矿物的結合	119
§ 48. 膠質	121
§ 49. 电泳和膠团	122
§ 50. 电滲析和粘土酸(交換酸性)	129
§ 51. 粘土矿物的磨蝕 pH	125
§ 52. 凝聚和分散	126
§ 53. 悬浮液的粘性	127
§ 54. 触变性	129
§ 55. 离子交換	130
§ 56. 呈色和染色	133
§ 57. 粘土矿物的催化作用	135
第四章 粘土矿物的生成	137
I. 合成試驗	137
§ 58. 实例	137
II. 产狀和成因	140
§ 59. 粘土的产狀	140

§ 60. 粘土矿物生成的一般条件	140
§ 61. 热液作用和气成作用	143
§ 62. 矿床圍岩的变質及其伴生的粘土矿物	147
§ 63. 風化作用所生成的粘土矿物和土壤	152
§ 64. 日本的土壤膠質的矿物組成	156
§ 65. 凝灰岩的風化生成物	159
§ 66. 所謂深層風化	160
§ 67. 海底的粘土矿物的生成	161
§ 68. 沉积岩中的粘土矿物	165
§ 69. 总结	166
III. 粘土矿物的相互轉化	168
§ 70. 两种以上的粘土矿物的混合体	168
§ 71. 混合層矿物的問題	171
第五章 粘土矿物的研究及应用范围	173
§ 72. 粘土矿物的研究范围	173
§ 73. 膨土岩和酸性白土	175
第六章 粘土矿物的分类	178
参考文献	185
索引	193
I. 事項索引	193
II. 物質名称索引	197
III. 人名索引	202
IV. 日本产地索引	205

附表

表 I. 日本产粘土矿物的化学組成

表 II. 日本产粘土矿物的 X 射線粉晶照像

表 III. 主要粘土矿物的性質表(1)

表 III. 主要粘土矿物的性質表(2)

中国有关粘土的研究文献	207
苏联及其他国家有关粘土矿物研究法的文献	221
苏联及其他国家(現代)有关粘土矿物的研究文献	225

原 序

粘土自古以来就被人們所注意和利用在广泛的科学和工業的各方面[例如地質学、矿物学、矿床学、岩石学、土壤化学、土質学、一般無机硅酸鹽工業(窯業), 化学工業和石油工程等]都是重要的試样和原料, 但由於極其难以理解的性質, 直到目前为止, 对粘土的深入研究还是进展的很慢。然而, 在最近 20 年来, 随着各种新的方法(X 射線譜、电子显微鏡、热的研究裝置、紅外線吸收光譜等)的發展, 粘土的研究在全世界各地有了飞躍的發展。但是, 要彻底了解粘土的各种性質, 很显然, 有待於粘土的主要組成矿物——粘土矿物性質的詳細研究, 而在粘土矿物的領域里, 隐藏着用以往的矿物学知識难以逆料的有趣的性質。

著者在 1938 年, 注意到鉄矿層中广泛存在着極微小的蠕虫狀綠泥石, 自对其研究以来, 對於微小矿物世界产生極大的兴趣, 並且在过去 20 来年中, 多少得到了一些研究的机会。在这期間里, 粘土矿物的研究在广泛的科学和工業各方面已被重視, 因而各方面的專家再三鼓励著者把粘土矿物的性質介紹給一般人。現在, 以著者仅有的研究和微薄的經驗为基础整理而成的这本书, 若是能多少供給关心粘土的各位朋友参考, 也就引为荣幸。自然, 在这本小册子里, 不可能对粘土矿物的性質作詳尽的敘述, 另外, 著者不願把仅有的篇幅單純的用来罗列事实和記述研究方法。在可能範圍內, 著者希望尽可能地在这里敘述各种事实所表現出来的粘土矿物的一系列的特性。著者在研究粘土矿物时, 特別着重在地質矿物学的立場上来进行, 此点, 在本书中仍然想努力保持, 但由於著者的淺学非才, 究竟是否表达了著者的意圖, 还是值得怀疑的。好在直到現在世界上还没有所

說有整理粘土矿物全面知識的書籍，因而，冒然出版，懇求各方面的專家們指正。最后，向對於著者的研究經常提出幫助意見的日本、英國和美國的各位同學深表謝意。

著者 1953 年春

譯 序

粘土是化学成分复杂和矿物种类繁多的岩石，其中含有部分起主导作用的粘土矿物。而粘土矿物呈现类質同像和同質異像並構成混晶或不完整的晶体結構，又因其顆粒極小，大部分屬於膠質，致使难以提純做單一矿物的研究。因此，必須綜合几种，甚至於全部 30 年来所發展的物化方法（例如：重液分离、差热分析、脱水曲線、偏光显微鏡、电子显微鏡、紅外線吸收光譜、X 射線譜、化学分析、离子交換、呈色染色反应和膠体化学等方法）才有測定成功的希望。譯者等自 1949 年进行粘土类应用的研究，同时也做了一些膨土岩物化性質的測定并試拟出鑑定粘土的几种方法特別是近年来，有关機構都大力开展以現代物化方法进行粘土的理論和应用上的研究，以滿足社会主义工农业建設的需要。所以譯者就不拘泥於日文、國語程度和專業知識的有限，利用業余時間譯出本書以供这些方面的同志參考。

粘土矿物是年青的学科。目前社会主义国家，特别是苏联、我国等以及資本主义国家的英、美和日本等都有类似的專著出版。須藤氏由地質矿物科学工作者的角度出發，主要採用 X 射線粉晶像和差热分析等方法，對於粘土矿物尤其是綠泥石等的大量工作做为基礎，並收集了大量的英、美、日等資本主义国家

的文獻，關於粘土礦物的研究方法、性質、生成、研究範圍和應用等大部分都詳加敘述，最後進行粘土礦物的分類。使我們可以獲得粘土礦物學的系統知識。但必須指出原文並未收集蘇聯和我國的研究成果，因此對於個別問題的看法是值得商榷的，特別表現在粘土研究史等方面。這些凡屬譯者了解範圍的特別是我國的研究情況都加以補註，並於卷尾增註我國和蘇聯等文獻以便於讀者參考。

最後譯者對於贈送原書的——我的導師織田三郎先生，熱心勘校本譯稿的蘇鈺同志，和熱心幫校版樣的羅丹等同志統此致謝外，並誠懇的希望各方面提出批評性的意見，以供討論和再版時加以釐正。

李 爽 中國科學院地質研究所

凡 例

1. 人名后面附年号的[J. W. Gruner(1944)]; 著者(1949)等,都表示所發表的报告,这些文献都揭示在卷尾,希由人名和年号在卷尾檢索文献。但同一人在同一年發表二篇以上論文时,則在年号名称后面附以a、b、c……以資区别[如J. W. Gruner(1944₁)等]。

2. 在表示研究数据的插圖下方都註明出处。仅註(著者原圖)未註入年号的为編写本書对著者所制成的圖。在插圖里,如1.便於著者說明有的多少加以修改,这些地方也都加以註明。

3. 关于研究試样的来源,研究数据的来源,全部加以註明(某某試样,某某試驗等)。

4. 文献統誌於卷尾,分为总据的和个别的,前者是为了一般讀者,而后者是为了进一步深入研究的各位同志所誌。

第一章 緒論

§1 粘土矿物学的發展

生物界微生物的存在為我們所充分了解。微生物的形体極小，不能為人們所注意，但它的分佈是很廣的，不論有意的或者無意的，人們只搞大的工作。在這裡想敘述的粘土，不僅為微小矿物的集合體，而且在地球的表層部分的分佈極為廣泛，它的性質在學術和應用的各个方面極廣，都出了許多有趣的問題。的確，粘土矿物在矿物界便可以說是相當於微生物的。因而把研究粘土的科學叫粘土矿物学或“粘土学”，或者叫微矿物学也可以認為是恰當的。

在歷史上，粘土被人們注意，首先是從利用的方面開始的。加水捏轉後，能凝固的性質；耐火性質等在古代用火、琢石而居的時候起就被當作有用的東西為人類注意了。在紀元 29 年出版的斯·普利紐斯(S. Plinius)的“自然史”(The natural history)第 35 卷，記載了粘土代替肥皂的使用，這可能是遺留下來利用粘土的最早記載。

近代矿物学發展以後，開展粘土科學研究的希望雖然很高，但進展並不迅速，不僅如此，而且停止於多數錯誤的研究結果上，其原因，首先是由於粘土矿物的形体極為微小，因而顯微鏡的觀察也無能為力，從而不容易確認粘土的構成物質，因此也就無法從事分離。關於研究方法，僅以化學分析為主，而且通常僅就原土進行化學分析，因而分析的結果，多半是氧化鋁、氧化硅和水份三種主要成分，把這三種成分看成粘土的一般成份，就產生了按 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比進行粘土分類的趨勢。另外，當時想像微小的粘土的大部分本是結晶物質。此外，化合物的概念也勉強地適

用於粘土，而沒有充分深入的考慮到不純物的存在等事實（的確，當時確認不純物的存在是很困難的）。把 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 之比近似整數的物質，使其整數化以後就看作做粘土之構成物質的化學組成，於是，多數被稱為粘土化合物的就被“亂造”出來了。這種趨勢，雖然是歷史上的事實，然而就是在現在，對有些不經心的研究者來說，仍然是常犯的錯誤。

1912年，M. V. 勞埃發現用倫琴射線分析結晶構造以後不久，A. 哈丁(1923)、F. 林涅(1924)*應用 X 射線於粘土的研究。其後，連續不斷的用 X 射線進行粘土的研究結果說明粘土是由大部份結晶質礦物組成的，同時認識了以前“亂造”的各種粘土，認為是屬於同一 X 射線粉晶象，從而明確了以前的許多所謂粘土的東西不過是具有不同的不純物質混入狀態，外觀上不同的同一物質而已。通過 X 射線研究還明確了有許多種類的粘土系類質同象離子取代的結果，因而可歸納為一類。這樣才把以前同堅定錯誤的各種粘土礦物整理歸納為少數已經確定了的粘土礦物。

再進一步，法國的 H. 勒·查茨樂提出的差熱分析廣泛應用於粘土礦物，以及 W. 愛忒爾等把電子顯微鏡應用於粘土的研究以來，粘土礦物的研究呈現飛躍的發展。這是最近 20 年來的事情。

另外，以粘土為主要研究材料的科學和工業不僅限於地質學和礦物學，還包括土壤學、一般無機硅酸鹽工業、土質學和石油工程等廣泛的科學技術。在這些科學領域里存在着很多需待粘土本質的根本解決的研究問題。於此，粘土的研究在上述各個科學和工業的領域里相競地開始了，現在全世界，在廣泛的科學技術領域里都盛行着粘土的研究。

* 蘇聯有 A. B. 斯特魯丁斯基(1926)。

随着粘土研究的进展，粘土矿物的性质——新的有趣的性质连续不断的被揭示出来了。例如，结晶的不规则性问题，有机化合物和粘土矿物相结合的问题等等。的确，微小矿物的神秘世界相继地展开在我们的眼前。

提到各国粘土研究的主要情况*时，首先应提到美国石油学会[American Petroleum Institute (A. P. I.)]，这个学会收集了美洲和欧洲的典型的粘土矿物产地的试样，研究了它们所有的矿物学性质，在1949至1950年共发行了8卷预报。关于预报的内容虽有值得讨论的地方，但仍不失为战后最大的文献。预

- * 关于粘土的研究，瑞典有 E. Fossling，波兰有 J. Hosking，印度有 J. N. Mukherjee 等和 B. Chatterjee 等，意大利有 P. Gallitelli 以及西班牙有 A. Hoyos de Castro 等。在苏联有 П. А. 泽米钦斯基，B. И. 维尔纳茨基，Д. С. 别涅金，B. И. 彼得罗夫，Н. Н. 金兹堡，Н. С. 康尔纳克夫，Ф. В. 丘赫罗夫，И. Н. 安齐波夫-卡拉塔也夫等，И. Д. 谢德列茨基，Н. И. 戈尔布诺夫，И. И. 阿弗杜辛，S. Г. Пинкерт 和 M. Ф. 维康洛娃等。

我国粘土在医药，特别是在陶瓷工艺的应用很早，先后传给日本和欧洲等（见吕伯攸的著作）。迄今中国陶瓷在世界上仍具有其特点。这成为我国和苏联和各人民民主国家技术交流的一个项目。而关于土壤的知识在纪元前三世纪就有了经验的总结（见马熔之），那时依土壤的颜色分为三等九级。黄河流域的黄土地区是我国民族的发源地。几千年来我国人民不断地向黄河水害进行了斗争。现在党号召我们根治黄河，对于黄土展开了大量的研究工作，不久将使“黄河流碧水，赤地化青山”。

我国粘土资源早为各帝国主义所注意。帝国主义的各别学者进行了个别方法的研究。我国个别学者自从1930年就开始了有关的研究工作，但由于旧中国反动政府不重视地质矿物，致使发展很慢。新中国成立后，才使粘土的研究有了发展。如在地质矿物方面有李学清，侯德封，杨经健，章人骢，王嘉蔭，梁治鏗，章元龙，刘东生，张宗祜，田经烈和唐衡楚等。在土壤化学和粘土矿物方面有熊毅，余皓，李庆远，于天仁，宋达泉，许冀泉，蒋剑敏，张绍德和张鸿恩等。在矿方面有张承隆，董汲清，阮洪仪和鄧元璋、彭瑞瑞等。在膨土岩的应用和粘土矿物方面有邵等等，李毓芳，刘毅珉和萧光琰等。研究国外粘土的有蓝梦九和涂光熾等（详见译者于卷尾所编的文献目录）。现在以中国科学院地质所为首，土壤所、金属所、石油所、土建所、冶金陶瓷所和高等学校及产业部门的研究机关等，都开展了粘土和粘土矿物的研究工作。（此处警察余皓先生提供宝贵意见）——译者注。

报是在哥伦比亚大学的 P. F. 克尔教授的指导下，综合了各公司粘土矿物研究者的研究成果。其次，在美国的地質調查所的 C. S. 罗斯及其共同研究者們經常进行創造性的研究，他們計劃提出总括性的报告，最近出版了关于蒙脫石族的报告。还有伊利諾埃大学 R. E. 格里姆教授也当仁不讓的在广泛的范围里进行粘土矿物的研究。米諾苏达大学的 J. W. 格魯納尔教授从事着有色粘土矿物的研究，他也是值得提出的世界先驅者之一。另外，在英国也有粘土矿物研究的小組 J. W. 布令德里教授，發展了粘土矿物格子不整的研究，在这方面可以說是独树一帜的。原来这一问题是美国的 S. B. 亨得利克开始研究的，但现在这舞台有移到美国的趋势。还有在法国，奥賽尔领导的粘土矿物研究小組的活动，在有色粘土矿物的研究方面也可称为世界先驅。

在日本，很早神津俣祐先生就开始了粘土的差热分析和 X 射線的研究。另外，小林久平氏在 1899 年就迈出了酸性白土研究的第一步，献身於無机、有机、工業各个化学領域中的酸性白土的利用与其特性的研究工作。现在他的后繼者們仍在繼續关于酸性白土利用的研究。然而，粘土的地質矿物方面的研究却迟迟不进。著者自 1936 年开始粘土矿物的研究当时，在地質矿物学者中間关心粘土的研究的还不多，然而战后在日本粘土矿物的研究得到了令人惊異的重视。其原因主要是受了世界粘土矿物研究趋势的影响，另一原因是日本工業对粘土提出了开展从所未有的深入的基礎的研究的需要，因而促进粘土的研究就成为不可避免的任务了。山内俊吉教授、永井彰一郎教授所领导的鑛業原料协会和日本学术振兴会設置的矿物新活用小委員会就是促进这项研究的有力組織。

§2 粘土和粘土矿物

粘土是由希臘文“γλοιός”(glutinous substance: 膠質)而

素。它的科学定义* 是由国际报告評議会的沉积委员会和美国
鑛業协会(Committee of Sedimentation of National Research
council and American Ceramic Society)制定的,这个定义现
在被广泛的使用着。定义:粘土是(1)有粘性的;(2)微小顆粒的
集合体;(3)主要以硅、鋁、鉄、鎂碱金屬、碱土金屬和水份等的化
学成分組成的自然物質。

以前認为硅、鋁和水份三者为粘土的主要化学成分,但在最近
明确了粘土具有更广泛的化学成分的变化。还有以前認为粘
土是非晶質,但是最近明确了粘土的大部分为結晶物質。粘土
的粘性是很小顆粒的集合体有多量水份的必然特性。所以上
述(1)、(2)和(3)項密切相关的性質。構成粘土的主体是1种或
2种以上的結晶矿物,構成粘土主体的矿物叫粘土矿物(为方
便起見通常在粘土矿物中,也包含非晶質物質)。

很明显,粘土所有性質应归於構成粘土的粘土矿物的种类,
組成成分的量的比率,以及各种矿物的性質等条件。因而粘土
的研究应从粘土矿物的研究开始,甚至可以認为:充分的研究粘
土矿物就可以了解粘土。

粘土是岩石或矿物分解生成的微小的自然物質中的重要
一員,關於其分解機構如后所述虽然有各种各样的原因,但在其
分解生成物中,一般把复盖在地球表面的軟弱的气化生成物(由
於气候条件,生物条件产生的机械的和化学的分解生成物)叫作
土壤。所謂土壤是由砂、粉砂和粘土混合組成的。土壤中的以
粘土成分为主的矿物称为土壤粘土矿物。在土壤的下層逐漸接

* 粘土的定义仍未确定,按 1955 年 M. Ф. 維庫洛娃(Викуллова)的定义是:粘
土是多成分多分散相岩,有可塑性,5%以上的顆粒小於 0.001 公厘,其中含
有 3% 以上的粘土矿物、各种矿物(石英、長石、云母和附生矿物)和碎屑岩
(各种火成和沉积岩,石英和結晶片岩)、非粘土矿物(黄鉄矿,碳酸鹽,石膏和
可溶性岩)、分散的有机物(瀝青、腐植質、碳質)和有机矿物、不能准确鑑定的
膠体矿物、动植物殘骸和吸收陽离子等——譯者註。

近机械分解的基岩，以至轉化为坚硬的基岩，这些物質都是形成土壤的原始物質(母質)。很明显，除了不毛之地以外，土壤的最上層总是含有有机物質的，这种有机物显著的促进了土壤的生成。这种含有有机物的層(当然是接近地表的最上層)很容易和别的層区别开，因而称为表土。表土在农业上有主要意义，因而成为农业科学的一个研究对象。形成表土的原始物質(母質)部分为心土以資与表土区别。

另外土壤学把形成土壤的顆粒的大小分为几个类别。而第1表 A 是国际土壤学会的分类法，同表 B 是日本农学会的分类法。在此可以看到粘土顆粒大小分类的一般标准。土壤中粘土的極为微小的部分(例如 0.002 毫米以下)特命名为土壤膠質。

表 1

A		B		C*	
粒徑(毫米)	名称	粒徑(毫米)	名称	粒徑	名称
2~0.2	粗砂	>2	砾	>3	石
0.2~0.02	細砂	2~0.25	粗砂	3~1	粗砂
0.02~0.002	粉砂	0.25~0.05	細砂	1~0.25	中砂
<0.002	粘土	0.05~0.01	粉砂	0.25~0.05	細砂
		<0.01	粘土	0.05~0.01	粗粉砂
				0.01~0.05	中粉砂
				0.05~0.001	細粉砂
				<.0001	粘土

* C 为苏联的土壤粒級 [詳見: Сердобольский, П. П., Химия почвы, 1 (1925)] —— 譯者註。