

# 광물과 암석

Korean J. Mineral. Petrol. Vol. 37, No. 4, p. 283~291, 2024  
<https://doi.org/10.22807/KJMP.2024.37.4.283>

## 일라이트 광물과 광석의 이해: 정의, 등급 및 품위에 대하여

윤소정\*  
한국지질자원연구원

### Definition and Grades of the Illite Mineral and the Ore: A Review

Soh-joung Yoon\*

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 124 Gwahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34132, Korea

**요약:** 일라이트는 단일 점토광물 광상으로 발견되는 경우가 매우 드물며, 광물 정의, 활용 연구, 광상 조사의 역사도 길지 않아서 일라이트 광상에 대한 자원량 조사의 선례를 찾기 힘들다. 또, 오랜 기간 활용되어 온 다른 점토광물에 비해 용도와 특성에 따른 광물의 등급도 체계화 되어있지 않다. 광상의 자원량 예측을 위해서는 광석의 한계품위 선정이 필요하고, 한계품위 선정을 위해서는 광상의 경제성에 대한 합리적 판단이 중요하다. 이에 저자는 광상의 가치 판단에 도움이 될 수 있는 일라이트의 광석 품위, 광물 등급, 제품 가격 등에 대한 정보를 조사하여 일라이트 광상의 자원량 예측에 도움이 되고자 하였다.

**핵심어:** 영동 일라이트, 산업광물, 광물 가치, 세리사이트

**Abstract:** Illite deposits with illite as the main commodity are rare. Illite, though common in sedimentary rocks, has a relatively short history of its mineral definition and utilization compared to other clay minerals, such as kaolinite or smectite. The shortage of feasibility studies of illite deposits and of the illite mineral value information can make an illite resource/reserve estimation challenging. The author collected information, though limited, such as ore grades, mineral grades, and product prices of illite, which can be used for reasonable ore/mineral value predictions and selection of cut-off grades in (pre-)feasibility studies. Some definitions of illite mineral, mineral resource, and mineral/ore grades are also briefly described in this review.

**Keywords:** Yeongdong illite, Industrial mineral, Mineral value, Sericite

## 서 언

우리나라 충북 영동군에는 일라이트(illite)가 매장되어 있는 것으로 알려져 있다(Im, 2022). 영동 일라이트에 대해서는 최근 광물학적 연구와 광석의 처리 및 활용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며(e.g. Cho *et al.*, 2001; Baek *et al.*, 2023a), 한국지질자원연구원에서는 자원량 예측을 위한 광상조사를 실시하고 있다. 일라이트는 퇴적암에서 매우 흔한 광물이지만 다른 점토광물에 비해 비교적 최근에 광물 정의에 대한 합의가 이루어졌으며(Rieder *et al.*, 1998), 전세계적으로 일

라이트가 주 광종인 광상도 매우 드물어(Weaver and Pollard, 1975) 일라이트 광상에 대한 (예비)타당성조사 문헌을 찾기도 어렵다. 또, 카올리나이트(kaolinite)나 스멕타이트(smectite)처럼 오랜 기간 산업에 활용되어 온 점토광물에 비해 그 활용도에 대한 연구 데이터도 많이 축적되어 있지 않고, 용도에 따른 광물/광석의 등급도 체계화 되어있지 않다. 본 논문에서는, 제한적이지만, 일라이트 광상의 자원량 예측에 참고할 수 있는 데이터로 일라이트와 유사광물에 대한 등급 또는 품위와 가격에 관련된 내용을 정리하였다.

## 광물자원과 한계품위

캐나다 광업 제련 석유 연구소(CIM, Canadian Institute

\*Corresponding author  
Tel: +82-42-868-3140  
E-mail: syoon@kigam.re.kr

of Mining, Metallurgy and Petroleum)에서 발간한 「광물자원 용어 표준 정의」에 따르면, ‘광물자원’은 경제적 이익 창출이 가능할 만큼 지각에 농축된 물질로서, 그 형태, 품질, 양이 ‘최종적으로 경제성 있는 산물이라 합리적으로 전망’(RPEEE, reasonable prospects for eventual economic extraction)할 수 있어야 한다 하였고, 광물자원의 양, 등급, 특성 등은 지질학적 증거나 지식에 근거하여 산출, 해석되고 보고되어야 한다고 하였다(CIM, 2014). 따라서, 어떤 광상이 광물자원으로 판명되기 위해서는 지질학적 지식과 경제적 요소를 함께 적용하여 RPEEE 조건을 만족시켜야 한다(CIM, 2023). 일반적으로 광물과 광상에 대한 지식 수준은 시간이 지나면서 높아지므로, 자원량(resource)/매장량(reserve)의 예측은, 현재의 산업공정과 경험·지식에 의한 예측 결과에 새로운 지식을 반영해서 단계적으로 자원량/매장량의 예측치를 개선해 나가는 반복적인 과정이다(CIM, 2023).

국제 광물자원 매장량 보고 기준 위원회(CRIRSCO, Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards)의 「국제 보고서 양식」에 따르면, (예비)타당성조사 보고서에는 RPEEE를 위한 자원량 예측의 지질학적 요소로, 광종을 함유한 지질물질의 부피/톤, 등급과 가치(예측되는 품질), 한계품위, 노천채굴 가능량 등을 자원탐사 결과 내용에 보고하여야 하며, 광상 설계 결과 내용에도 한계품위 결정 기준을 보고해야 한다(CRIRSCO, 2024). 또, 매장량(reserve)을 예측할 경우에는 시장조사 및 경제적 결정요소로 한계품위와 이를 산출하기 위해 사용된 광종의 가격/가치 정보를 추가하여 보고하게 된다(CRIRSCO, 2024).

한계품위(cut-off grade)는 광상 개발이 경제성을 갖기 위한 최소한의 광물 품위인데, 손익분기점 한계품위(Break-even cut-off grade)는 광석의 채굴, 처리 등 모든 비용을 고려했을 때 이득도 손실도 없는 광물의 품위이다(Castanon and Botin, 2009). 상황에 따라 한계품위의 의미에 약간의 차이가 있을 수 있는데, 광산 채굴 현장에서 한계품위는 광석과 맥석을 구분하는 기준이 되는 광물품위이며, 광산 가행 중 단기적 한계품위는 광구에서 채굴된 물질을 파쇄장으로 보낼지 폐석장으로 보낼지를 결정하는 기준으로, 비용을 감당할 수 있는 최소 품위이다(Castanon and Botin, 2009). 또, 자원량 예측을 위한 예비평가에 사용하기 위한 한계품위는 유사한 광상개발 프로젝트에서 얻은 정보를 통해 결정된 대략적인 한계품위이다(Castanon and Botin,

2009). 한계품위의 선정은 수익성과 광산 수명에 크게 영향을 주기 때문에 자원량 예측에서 합리적인 한계품위 선정은 매우 중요하다(Castanon and Botin, 2009; CIM, 2023).

한계품위 선정을 위해서는 광종/광물생산품의 가격, 거래율, 운영비용(채굴, 처리, 일반/행정, 운송/처리, 마케팅), 광종의 추출·회수율, 로열티 등 많은 요소를 고려해야 하는데, RPEEE를 위해서는 생산품의 가치, 즉 시장 가격 정보가 중요하다(CIM, 2023). 일라이트는 산업광물(industrial mineral, 상업적 가치가 있어 채굴된 비금속 비연료 지질물질)(Manning, 1995)이며, 산업광물은 금속광물과 달리 광물 자체의 물리화학적 특성에 따라라도 활용도가 달라지고, 용도에 따라 광물의 가치와 시장 가격이 달라진다(CIM, 2023). 따라서 산업광물 광상의 자원량/매장량 예측을 위해서는 광물과 광석의 물리화학적 특성을 이해해야 하며, 특성 및 용도에 따른 가격과 시장 정보를 파악해야 한다(CIM, 2023).

## 일라이트 광물의 정의

일라이트(illite)는 운모군(mica group)으로 분류되는 층상 규산염 광물이며, 점토질 암석에서 처음 명명되었다(Grim *et al.*, 1937). 가장 흔히 발견되는 일라이트는 백운모(muscovite)와 유사한 광물이다. 구조적으로 Si-사면체판 2개가 마주보며 팔면체판 1개를 샌드위치 처럼 끼고 있는 2:1 층상 점토광물이며 팔면체판에는 주로 3가 알루미늄이 존재하는 이팔면체 광물이고, 층간에는 주로 칼륨이 존재한다(Weaver and Pollard, 1975). 일반적으로 일라이트는 백운모보다 층간에 칼륨 함량이 적고 물(OH<sub>3</sub><sup>+</sup>) 함량이 높아 수화운모(hydromica) 또는 함수운모(hydrous mica)로 기재된 광물과 유사한 개념으로 생각되기도 했다(Gaudette *et al.*, 1964; Srodon and Eberl, 1984). 그러나 수화운모나 함수운모는 일라이트보다 철과 마그네슘 함량이 높거나, 일라이트/스멕타이트 혼합층상광물과 일부 혼합되어 팽윤성을 보이기도 한다(Newman and Brown, 1987).

Srodon and Eberl (1984)이 정의한 일라이트는 4 μm 보다 작은 점토크기로 산출되고 칼륨과 알루미늄 함량이 높아 이팔면체 운모와 유사한 비팽윤성 광물이다. 이 정의에 따르면 일라이트/스멕타이트 혼합층상광물, 삼팔면체 운모, 철/마그네슘 함량이 높은 글로코나이트(glaucosite)/셀라도나이트(celadonite), 나트륨 함량이

높은 브라마라이트(brammallite), 인위적으로 점토 크기로 분쇄한 백운모 등은 일라이트가 아니다. Srodon and Eberl (1984)은 ‘약 10 Å 정도 두께로 반복되는 2:1 비팽윤성 일라이트 층(illite layer)’으로 주로 구성된 점토 크기 물질을 암석학적 용어로 ‘일라이트질 물질(illitic material)’이라 한다 하였고, 일라이트질 물질에는 일부 혼합층상광물이나 팽윤성을 보이는 층이 부분적으로 포함될 수 있다고 하였다.

일라이트의 광물학적 정의에 대해서는 오랫동안 합의가 이루어지지 않았고, 일라이트와 다른 유사광물과의 구분도 모호하였다(Bailey, 1980). 1998년 ‘일라이트’는 국제광물 학회(IMA, International Mineralogical Association) 신종광물 및 광물명 위원회(CNMMN, The Commission on New Minerals and Mineral Names)에서 임명한 운모분과위원회(Mica Subcommittee)를 통해 계열명(series name)으로 정의되었다고 보고된다(Rieder *et al.*, 1998). 운모분과위원회에서는 ‘계열명’이란 불완전하게 연구된 광물에 대해 관용적으로 사용되는 이름을 정식 명칭으로 승인하는 것으로, 완전한 연구가 이루어지면 단종(end member)명으로 표기되어야 한다고 명시하였다(Rieder *et al.*, 1998). 계열명으로 정의된 일라이트는  $K_{0.65}Al_{2.0}□Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}(OH)_2$ 의 구조식으로 표현되는 광물로, 광물 내 팔면체판에 2가 양이온의 비율은 0.25 이하이고 팔면체판 3가 양이온 중 알루미늄의 비율은 0.6 이상이어야 한다(Rieder *et al.*, 1998). 일라이트는 정의된 기준 안에서 비교적 다양한 원소를 함유할 수 있으나, 전형적인 일라이트의 경우 팔면체판에 1/8 정도는 철이나 마그네슘 같은 2가 양이온이 자리하고 있어 약 0.75의 충전하를 띤다(Weaver and Pollard, 1975).

세리사이트(sericite)는 정식 광물명은 아니며, 야외 조사 기재 용어로 사용되기 시작했고, 주로 열수변질 산물로 형성된 판상의 흰색 미세입자 덩어리를 일컫는 용어인데, 이 덩어리를 이루는 광물이 일라이트나 백운모처럼 언제나 칼륨을 함유하는 것은 아니다(Newman and Brown, 1987). 일반적으로 세리사이트는 일라이트보다 더 큰 입자의 광물로 산출된다(Weaver and Pollard, 1975). 치밀한 미세 침상 백운모를 ‘견운모(세리사이트)’라 부르기도 하고, 상업적으로 일라이트 또는 일라이트와 유사광물의 혼합물을 견운모라고 부르기도 한다(Park and Jang, 2007). 또, 일부 견운모를 원료로 한 제품이 일라이트 제품으로 판매되기도 한다(Choo, 2001). 미국 일리노이 주 Grundy 카운티 Goose Lake

에서 산출되는 일라이트질 물질이 ‘Grundite’라는 상품명으로 유통되면서 일라이트 광물이나 일라이트질 물질이 그룬다이트(grundite)로 불리기도 한다(Grim and Bradley, 1939; Gaudette *et al.*, 1964).

## 일라이트/점토 광물 성분과 충전하에 따른 등급 수치화 가능성

위에 언급한 바와 같이 일라이트는 광물의 계열명으로 정의되었으므로, ‘일라이트’라는 명칭이 고정적인 광물의 화학성분을 지시하지는 않는다. 일라이트가 퇴적층 내에서 수십 cm 두께로 일정 성분 단일 광물로 산출된다 해도 점토광물 구조 내부에서의 성분은 부분적으로 다양할 수 있고, 층간 양이온이 일라이트 층마다 다르게 나타나기도 한다(Weaver and Pollard, 1975). 이 절에서는 점토광물의 용도에 따라 충전하 또는 층간 양이온 같은 광물학적 특성이 일정한 범위 내에 있어야 하는 경우, 이를 수치로 표현하여 광물의 등급을 부여할 수 있는 방법을 기술한 연구가 있어 소개하고자 한다.

Mukherjee *et al.* (2006)은 층상 규산염 광물에서 단위 격자 당 충전하 뿐 아니라 일라이트에서 단위 격자 당 층간 칼륨의 양, 팔면체판 내 특정 양이온의 양, 사면체판 내 특정 양이온의 양 등의 중앙값을 설정하고, 시료 광물에서의 값과 중앙값의 차이를 절대값으로 나타내어 이를 ‘일라이트 다움(illiteness)’을 나타내는 수치로 표현하였다. 이 방법에서 중앙값을 특정 용도에 알맞은 일라이트 구조 내 원소함량이나 충전하로 설정하면 시료 광물이 얼마나 해당 용도에 적합한 일라이트인지 수치로 표현하여 등급 구분에 활용할 수 있겠다. 또, 점토의 광물학적 구분과 상관없이 어떤 용도를 위해 충전하 또는 일정 원소의 함량만이 중요한 경우, 유사 점토광물과의 혼합물에 대해서도 이 방법을 통해 수치로 나타낸 등급화가 가능할 것으로 사료된다.

## 산업광물 광석의 정의

미국지질조사소(USGS)에서는 광석(ore)을 경제적 가치가 있는 광물 또는 가치 있는 광물들을 얻어낼 수 있는 자연 산출 물질로 정의하며, 금속 등을 함유한 광물은 광석의 형태로 채굴되고 이후 제련된다고 하였다(USGS, 2016). 즉, 광물질의 채굴이 경제적 이익 창출에 기여해야 광석으로 보며, 광석을 정의하기 위해서는 시장, 가격, 비용 등을 고려한 경제적 판단이 필요하다

(Lane, 1997). 따라서 이러한 모든 요소를 고려하여 광종의 함량이 한계품위 이상이면 광석으로 정의할 수 있겠다.

일반적으로 광석 정의의 가장 중요한 지표는 광물/광종의 함량이지만(Lane, 1997), 산업광물의 경우 단순 함량뿐 아니라 물리화학적 특성에 따라 달라지는 광물/광석의 등급, 그리고 최종 용도에 따라 달라지는 가격과 시장 수요도 광석의 정의에 영향을 준다(CIM, 2023). 공개시장에서 거래되는 금속광물과는 달리, 산업광물의 가격은 관련 잡지나 컨설팅회사 웹사이트 등에 정기적으로 게시되기도 하지만, 등급에 따라 산업광물의 공시가격과 실제 거래가격이 크게 다를 수도 있고, 약간의 광물 특성 차이에도 가격이 크게 달라질 수 있으며, 특정 성질을 갖는 광물의 가격은 생산자와 소비자와의 직접계약 협상을 통해 결정되기도 한다(CIM, 2023). 따라서, 산업광물의 공시가격도 광물자원의 가치를 측정하는 지표로 활용될 수는 있겠으나 광종의 잠재가치 결정을 위해 추가적인 가격 조사가 필요할 수 있다(CIM, 2023).

### 일라이트의 용도와 생산물의 광물 함량 및 가격

일라이트는 타일, 도기, 벽돌 등 세라믹과 종이, 고무, 플라스틱, 시멘트 등의 제조에 사용될 뿐 아니라 비료 및 사료 보조제, 섬유, 비누, 의약품, 화장품 등의 원료, 시추 점토, 정수 및 폐수처리제 등 그 용도가 다양하다(Kim *et al.*, 2006; Park and Jang, 2007; Baek *et al.*, 2023a). 온라인 상에서 ‘일라이트’로 판매되는 최종 상품 중 일라이트 광물 함량을 게시한 경우는 매우 드물다. 화장품 원료상인 Lotioncrafter.com에서는 99.9% 이상 순도의 산화물을 포함한 스페인산 일라이트를 천연 발색 화장품 원료 점토로 판매하고 있으며(색깔에 따라 3.95-4.95 USD/oz., 즉, 139-175 USD/kg), Praannaturals.com에서 화장품 원료로 판매중인 ‘Red illite clay’의 일라이트 함량은 100%이다(가격 미 게시). Glidewerk.com에서 비누 발색제로 판매하고 있는 ‘Green clay’는 65-75%의 일라이트 함량과 5-15%의 카올리나이트 함량을 갖는다(€ 11.95/kg). 또 Goose Lake 일라이트의 결합 특성으로 주물사(molding sand) 등에 활용하기 위해 ‘Illinois Clay Products Company’가 20세기 초 생산했던 Grundite™는 일라이트 65-75%, 카올리나이트 10-20%, 석영(quartz) 5-15%의 함량을 갖는다(현재 폐광

(Leighton, 1948; Trabalka *et al.*, 1983). 일라이트 함량은 게시되어 있지 않지만 Alibaba.com에서 토양개선헌용 백색도 70-80% 일라이트는 \$100-365/ton에, 페인트, 고무, 플라스틱 제조 및 코팅용 고순도 일라이트는 \$450-600/ton에, 화장품, 도자기, 페인트, 고무 제조와 코팅용 Green clay 일라이트는 \$2.2-2.3/kg에 판매되고 있다.

글로코나이트를 포함한 비고결 사질 퇴적물을 ‘greensand’라 하는데, 주로 토양개선헌제와 수처리제로 쓰이고, 이들 용도로 사용되는 greensand는 약 90%의 글로코나이트 함량을 가지며, 이 외 광물은 석영이 주를 이룬다(Ashley, 1917; Dooley, 2006; CIM, 2023). 2004년 기준 Inversand Co.에서 Mn-greensand를 \$915-\$990/m<sup>3</sup>에, Agrolith A/S에서 글로코나이트 95%, 석영 2%, 기타 점토 3% 함량의 glauconite sand를 300 USD/ton에 판매하였다(Dooley, 2006). Echemi.com에서 산업 등급(industrial grade) 세리사이트로 판매되는 상품 중 특정 기업 맞춤형으로 생산된 제품은 44%의 세리사이트 함량을 갖는 것으로 게시되어 있다(가격 미 게시). 2018년 기준 세리사이트의 전체 생산(340,000톤)에 대한 가격은 500 USD/kg이고, 2013년 기준 세리사이트 분말의 시장 가격은 품질에 따라 다르나 약 600-2000 USD/t이며 고품질 가공품은 15,000 USD/t에서 40,000 USD/t 이상의 가치를 가지기도 한다(Xuan *et al.*, 2014; Yushina *et al.*, 2022a).

화장품 등급 세리사이트로 99% 이상 함량을 게시한 경우 ‘세리사이트/운모 분말’로 판매되는 경우가 많아 일라이트와는 물리화학적으로 차이가 있을 수도 있다. 온라인에서 판매되는 대부분의 일라이트와 세리사이트는 함량 정보 없이 물리화학적 특성을 게시하고 있는데, 현재의 주 용도에서 소비자에게 특정 광물의 함량보다는 물리화학적 특성이 더 중요한 것으로 유추된다. 판매용 일라이트나 세리사이트에 게시된 물리화학적 특성은 백색도, 입도, 밀도, 색상, 경도, 조직, 형상, 함수량, pH, 용해도, 용융점, 굴절률, 반응성(물, 공기), SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O 또는 (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO의 함량, 중금속 함량, 미생물 함량 등이다. 일반적으로 산업광물의 품질을 결정하는 특성에는 경도, 색, 결정도, 밀도, 입자크기 및 분포와 등급, 입자 모양, 연마도, 주요 원소 또는 화합물의 최소 함량, 불순물의 최대 함량 등이 있으며, 한 가지 특성으로 제품을 차별화하거나 여러 특성을 일정한 범위로 유지시켜 상품가치를 높일 수도 있다(CIM, 2023).

### 일라이트와 유사광물 광석의 등급

일라이트는 캐나다 Eldorado나 헝가리 Tokaj Mt. 지역 점토광상처럼 일라이트가 유일한 점토광물인 광상에서도 다른 비점토광물과 함께 산출되는 경우가 대부분이어서 비점토광물을 분리하는 과정이 필요할 수 있다 (Weaver and Pollard, 1975; Komada and Dean, 1980; Pecskay *et al.*, 2005). 이전 절에 언급된 일라이트 최종 상품은 일라이트 함량이 높은 편이나(>65%) 일라이트의 등급을 구분할 때는 순도보다 용도에 따른 등급을 주로 사용한다. 산업광물은 한가지 광물의 순도 외에도 혼합광물이 나타내는 물리화학적 특성이 경제적 가치의 척도가 될 수도 있으므로, 연구를 통해 활용도가 발견되면 혼합광물도 가치 있는 상품이 될 수 있다(Leighton, 1948; CIM, 2023).

일라이트가 현재까지 주로 사용되는 용도는 대부분 카올리나이트와 같이 오랜 기간 활용되어 온 광물들을 대체하는 용도이다. 1975년 미국환경보호국에서 발행한 「점토, 세라믹, 내화물질 등에 대한 유출 기준 임시 지침 및 성능 기준」에서는 “일라이트에는 아직 처리법에 따라 구분된 등급은 없고, 가끔 활용도에 따른 등급이 사용되기도 하는데, 물리화학적 특성 분석을 통해 벽돌용, 이수관용, 타일용 점토로 구분된다”고 하였고(Train *et al.*, 1975), 최근에는 산업용, 고무용, 화장

**Table 2.** Industrial applications of pyrophyllite and impurity limits for each grade. Reproduced from Ali and Ahmed (2021)

Pyrophyllite grades	Impurity limits	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
Refractory grade	< 1%	1% Max
Ceramic grade	1% Max	1% Max
Fiber glass grade	< 0.5%	< 1%
Cosmetic grade	< 0.5%	< 0.5%
Filler grade (Paper, plastic, paint)	< 1.5% Max	< 1%
Carrier grade (Insecticides)	1.5% Max	< 1%

품용, 사료용의 등급으로 유통되고 있다(Maia Research, 2023). 비팽윤성 1:1 점토광물인 카올리나이트의 물리화학적 특성에 대한 활용도는 비교적 잘 구분되어 있으므로 일라이트의 활용도 구분에도 참고가 될 수 있겠다(Table 1) (Pruett, 2016). 비팽윤성 2:1 점토광물인 납석(pyrophyllite)의 경우 높은 알루미늄 함량과 낮은 알칼리 원소 함량으로 장석(feldspar) 또는 카올리나이트의 대체광물로 사용되면서 불순물인 티타늄과 철의 함량에 따라 등급을 구분한 예도 있다(Table 2) (Ali and Amed, 2021). 글로코나이트의 경우 주로 수처리용이나 토양개선편제로 사용되어 왔고, 이들 용도로는 광물 순도도 높아야 하지만(글로코나이트 90% 이상) 토양개선편제 용도에서는 칼륨의 양도 중요하므로 칼륨 함

**Table 1.** Physico-chemical properties important for each usage of kaolin minerals. Reproduced from Pruett (2016)

	Refractory	Fiberglass	Ceramic	Rubber	Plastic	Pigment, coating	Pigment, filling
Chemistry, major oxide	○	○	○				
White or near-white			○			○	○
Refractive index						○	○
Particle size, fineness and range			○	○	○	○	○
Particle shape, platy or delaminated					○	○	○
Surface area (5 to 25 m <sup>2</sup> /g)				○		○	○
Abrasivity, soft						○	○
Hydrophilic, readily make-down			○			○	○
Insoluble, wide pH range						○	○
Surface charge, low (meq/g)			○	○		○	○
Low viscosity, clay-water slurry						○	○
Plasticity			○				
Conductivity, low (heat, electrical)	○				○		
Refractory, high melting temperature	○		○				
Stability, form (heat, chemical)			○			○	○
Calcined/sintered mineral content	○		○	○	○	○	○

량에 따라 등급을 나누기도 하였다(Ashley, 1917). 세리사이트는 물리화학적 특성과 단일성으로 활용도가 높아 생산량이 증가하는 추세인데, 다양한 용도가 생기면서 광상으로서의 가치도 이전보다 더 높게 평가되고 있다(Yushina, 2022b). 세리사이트는 현재 운모와 마찬가지로 산업용과 화장품용 등급으로 구분되어 판매되고 있다(Introspective Market Research, 2024).

### 일라이트와 세리사이트 광석의 광물 조성 및 함량

일라이트는 단일 점토로 산출되는 일이 드물기 때문에 일라이트 단일 점토 광상 발견 초기에는 광물학적 연구가 주로 진행되었고 광석의 광물 조성 및 함량은 이후 활용 연구에서 주로 보고되고 있다. 프랑스 Puy-en-Velay 분지 중심부에 농축된 일라이트(IDP, Illite du Puy)의 경우, 황록색 계열 점토는 일라이트 52-69%, 카올리나이트 13-20%, 스�멕타이트 0-17%, 탄산염광물 6-30%로 구성되어 있고, 적갈색 계열 점토는 일라이트 28-57%, 카올리나이트 8-33%, 장석 11-21%, 석영 3-19%의 함량을 갖는다(Buscail, 2022). 헝가리 Sarospatak 지역 Tokaj Mt. Fuzerradvany/Zempleni 일라이트 광석은 일라이트 80%, 몬모릴로나이트(montmorillonite) 4%, 석영 12%, 정장석(orthoclase) 4%로 구성된 것으로 보고된다(Knappek, 2016). 중국 Pingdingshan 일라이트 광상은 평균적으로 일라이트 66.5%, 석영 28.2%, 장석 3.9%, 아

나타제(anatase) 1%의 함량을 가지며 미량의 몬모릴로나이트와 방해석을 함유한다(Ji, 1999). 인도의 Mujjur 지역 일라이트 광상 시료는 일라이트 32-35%, 녹니석(chlorite) 4.5%, 석영 62-64%, 금홍석(rutile) 0.1%의 광물 조성을 갖는다(Khoshroo and Devaraju, 1990). 일리노이 주 Goose Lake 일라이트(그린다이트)는 일라이트 80%, 기타 주로 석영인 쇠설성 물질 20%로 구성되어 있다(Trask *et al.*, 1962) (Table 3). 미국 오클라호마 주 Ouachita Mt. Blaylock층에서 발견되는 Beavers bend 일라이트와 위스콘신 주 Fond du Lac 카운티 Marblehead에서 산출되는 일라이트의 경우, 전체 광석의 광물 조성을 찾을 수 없었으나, 2  $\mu\text{m}$  미만 크기 입자에서는 일라이트 외 다른 점토광물과 비점토광물이 거의 없는 것으로 알려져 있다(Mankin and Dodd, 1961; Gaudette *et al.*, 1964; Gaudette, 1965).

우리나라 영동 일라이트 광상에서, 지질도상 영동단층 위에 위치한 가동리 광체의 일라이트/백운모 함량은 50.7-74.9%이고, 기타 석영 22.6-40.7%, 사장석(plagioclase) 0.3-4.7%, 미사장석(microcline) 0.2-7.5%의 함량을 갖는다(Baek *et al.*, 2023b). 영동단층에서 700-800 m 떨어진 곳에 위치한 주곡리 광체는 일라이트/백운모 47.4-51.2%, 석영 40.3-48.0%, 사장석 1.2-8.7%, 미사장석 0.1-3.4%로 구성되어 있으며, 주곡리 광체 주변으로 운모편암의 특징을 보이는 변질대 시료는 일라이트/백운모 8.7-37.5%, 석영 22.1-42.9%, 사장석 20.5-53.7%, 미사장석 1.3-27.9%의 광물 조성을 보인다(Baek *et al.*, 2023b).

**Table 3.** Mineralogical composition of foreign illite and sericite ores (references noted in the text)

		Illite/ sericite	kaolinite	smectite	pyrop- hyllite	chlorite	quartz	feldspar	carbonate minerals	anat- ase	rut- ile	pyr- ite	goeth- ite
		wt.%											
France	Illite du Puy (IDP)	Yellow/ Green	52-69	13-20	0-17				6-30				
		Red/Brown	28-57	8-33			3-19	11-21					
Hungary	Fuzerradvany/ Zempleni illite		80		4		12	4					
China	Pingdingshan illite	Average	66.5		detectable		28.2	3.9	detectable	1			
India	Mujjur illite		32-35			4.5	62-64				0.1		
USA	Goose Lake illite		80				~20						
Taiwan	Hsianyang sericite	Ore defined as	40			12	42					6	
Vietnam	Son Binh sericite		32-43	3-5 (Kln+Chl)		10-13	41-49	4					0-3

세리사이트 광상의 경우 타당성조사 연구를 수행한 예가 있는데, 대만의 Hsiyang 세리사이트 광상에 대해 광석으로 정의한 물질의 광물 함량은 세리사이트 40%, 납석 12%, 석영 42%, 황철석(pyrite) 6%이다(Hsu, 1989) (Table 3). 베트남 Son Binh 지역 세리사이트 광산 광석 시료의 광물 함량은 세리사이트 32-43%, 납석 10-13%, 석영 41-49%, 카올리나이트+녹니석 3-5%, 침철석(goethite) 0-3% 이며(Nguyen, 2019), 이 광산의 원광을 입도분리했을 때, 5  $\mu\text{m}$  미만 입자는 세리사이트 70%, 납석 10%, 석영 10%, 카올리나이트 6%, 장석 4%의 광물 조성을 갖는다. 5-10  $\mu\text{m}$  입자의 광물 함량은 세리사이트 58%, 납석 15%, 석영 16%, 카올리나이트 5%, 장석 4%이지만, 10-20  $\mu\text{m}$  입자는 세리사이트 21%, 납석 22%, 석영 46%, 카올리나이트 4%, 장석 4%로, 두 입도에서 세리사이트 함량 차이가 크며, 10-20  $\mu\text{m}$  입자는 100  $\mu\text{m}$  이상 입자(세리사이트 20%, 납석 15%, 석영 56%, 카올리나이트 4%, 장석 3%)와 세리사이트 함량이 크게 다르지 않다(Yushina *et al.*, 2020).

이상 일라이트의 현재까지 용도와 가격, 일라이트와 유사광물의 용도에 따른 구분, 일라이트와 세리사이트 광석의 광물 조성과 함량에 대해 알아보았다. 산업광물의 가치를 평가할 때는 품질과 가격 외에도 대체광물의 가용성, 기술장벽, 생산자 수 대비 시장 규모, 광산개발 프로젝트의 견고성 등 여러 요소를 고려해야 하며, 조사과정에도 시료 채취와 분석에 대한 여러 결정이 필요하다(CIM, 2023), 여기에 조사된 일라이트 광상과 광물 가치에 대한 정보가 일라이트의 자원량 예측 과정에 유용한 참고 자료가 되길 바란다.

## 사 사

본 논평은 한국지질자원연구원에서 수행하고 있는 공공수탁사업 “영동군 일라이트 광산 매장량조사”(IP2024-002)의 지원을 받아 작성되었습니다. 심사를 맡아 주신 익명의 심사위원분들께 감사드립니다.

## REFERENCES

- Ali, M.A. and Ahmed, H.A.M., 2021, Review of low-grade pyrophyllite ore upgrading techniques. *Arab Journal of Scientific Publishing*, 37, 19-31.
- Ashley, G.H., 1917, Notes on the Greensand deposits of the eastern United States. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 660-B, 27-50.
- Baek, E.J., Lee, Y.N., Kim, E.J., Keehm, Y. and Kim, H.N., 2023a, Particle size characteristics with the specification of Yeongdong illite powder products. *Korean Journal of Minerals and Petrology*, 36, 345-353. <https://doi.org/10.22807/KJMP.2023.36.4.345>
- Baek, E.J., Lee, Y.N., Yu, B., Shin, D., Keehm, Y., Park, S.Y. and Kim, H.N., 2023b, Study on constituent minerals and illitization characteristics of Yeongdong illite ore. *Korean Journal of Minerals and Petrology*, 36, 41-54. <https://doi.org/10.22807/KJMP.2023.36.1.41>
- Bailey, S.W., 1980, Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *American Mineralogist*, 65, 1-7.
- Buscaill, H., 2022, Geographical Indication, Clay from Velay, Specifications. 67p. [Report available at <https://base-indications-geographiques.inpi.fr/sites/default/files/CDC%20Argiles%20du%20Velay%20soumis%20%C3%A0%20enqu%C3%AAte%20publique.pdf>]
- Castanon, C. and Botin, J.A., 2009, Mine planning and grade control, Chapter 9. Mine planning and production management (by Botin, J.A. and Mojtabei, N.). In *Sustainable Management of Mining Operations* (ed. Botin, J.A.), Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, 381p.
- Cho, H.G., Kim, E.Y. and Jeong, G.Y., 2001, Surface chemical properties of the Yeongdong illite ore: the pH of the zero proton charge and surface site density. *Journal of the Mineralogical Society of Korea*, 14, 12-20.
- Choo, C.O., 2001, Mineralogical characteristics and the application of illite, *Journal of Mineralogical Society of Korea (Mineral and Industry)*, 14, 29-37.
- CIM, 2014, CIM Definition Standards for Mineral Resources and Mineral Reserves, Prepared by the Standing Committee on Reserve Definitions. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Quebec, 9p. [https://mrmr.cim.org/media/1128/cim-definition-standards\\_2014.pdf](https://mrmr.cim.org/media/1128/cim-definition-standards_2014.pdf). [Accessed on 22 November, 2024]
- CIM, 2023, CIM Industrial Minerals Leading Practice Guidelines, Prepared by the Mineral Resource and Mineral Reserve Committee. Canadian Institute of Mining, Metallurgy, and Petroleum, Quebec, 23p. <https://mrmr.cim.org/media/1174/cim-industrial-minerals-leading-practice-guidelines.pdf>. [Accessed on 22 November, 2024]
- CRIRSCO, 2024, International Reporting Template for the Public Reporting on Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. International Council on Mining and Metals, 78p. <https://crirSCO.com/documentation/crirSCO-international-reporting-template/>. [Accessed on 29 November, 2024]
- Dooley, J.H., 2006, Glauconite. In *Industrial Minerals and Rocks, Commodities, Markets and Uses* (eds. Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M. and Krukowski, S.T.), Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, 1548p.

- Gaudette, H.E., 1965, Illite from Fond du Lac County, Wisconsin. *American Mineralogist*, 50, 411-417.
- Gaudette, H.E., Eades, J.L. and Grim, R.E., 1964, The nature of illite. *Clays and Clay Minerals*, 13, 33-48. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1964.0130105>
- Grim, R.E. and Bradley, W.F., 1939, The unique clay from the Goose Lake, Illinois, area. *Journal of the American Ceramic Society*, 22, 157-164. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1939.tb19442.x>
- Grim, R.E., Bray, R.H. and Bradley, W.F., 1937, The mica in argillaceous sediments. *American Mineralogist*, 22, 813-829.
- Hsu, H.J., 1989, Feasibility study of a sericite-pyrophyllite processing plant in Taiwan. M.S. Thesis, Colorado School of Mines, 68p.
- Im, D.-Y., 2022, Current status of illite industry in Chungbuk Yeongdong. *Proceedings of the Annual Joint Conference, the Petrological Society of Korea and the Mineralogical Society of Korea*, 60.
- Introspective Market Research, 2024, Mica and Sericite Market 2024 - Global Analysis and Forecasts by Type, Application, Regions, Trends, Growth and Market Size. [Summary available at <https://www.imrmarketreports.com/reports/mica-sericite-market>]
- Ji, Q., 1999, Study on application of Pingdingshan illite ores to rubbers, *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 3, 25-27.
- Khoshroo, A. and Devaraju, T.C., 1990, A study of the rare illite deposits around Mujjur, near Gadag, Karnataka State. *Journal of Geological Society of India*, 35, 91-98.
- Kim, Y.-J., Cho, H.-H. and Kim, S.-B., 2006, Removal of iron bearing minerals from illite. *Korean Journal of Materials Research*, 16, 497-502.
- Knapek, M., Hulan, T., Minarik, P., Dobron, P., Stubna, I., Straska, J. and Chmelik, F., 2016, Study of microcracking in illite-based ceramics during firing. *Journal of the European Ceramic Society*, 36, 221-226. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.09.004>
- Komada, H. and Dean, R.S., 1980, Illite from Eldorado, Saskatchewan. *The Canadian Mineralogist*, 18, 109-118.
- Lane, K.F., 1997, *The Economic Definition of Ore, Cut-Off Grades in Theory and Practice*. Mining Journal Books, London, 147p.
- Leighton, M.M., 1948, Operation of the Illinois State Geological Survey. Illinois State Geological Survey, Circular No. 126, Urbana, 56p.
- Maia Research, 2023, Global Illite Market Research Report 2023-Competitive Analysis, Status and Outlook by Type, Downstream Industry, and Geography, Forecast to 2029. 108 p. [Summary available at <https://www.marketresearch.com/Maia-Research-v4212/Global-Illite-Research-Competitive-Status-33786642/>]
- Mankin, C.J. and Dodd, C.G., 1961, Proposed reference illite from the Ouachita Mountains of southeastern Oklahoma. *Clays Clay Minerals*, 10, 372-379. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1961.0100133>
- Manning, D.A.C., 1995, *Industrial Minerals*. Chapman and Hall, London, 276p.
- Mukherjee, G., Varadachari, C. and Ghosh, K., 2006, Grading clay minerals. *Clay Research*, 25, 129-140.
- Newman, A.C.D. and Brown, G., 1987, The chemical constitution of clays. In *Chemistry of Clays and Clay Minerals* (ed. Newman, A.C.D.), Mineralogical Society, London, 1-128.
- Nguyen, T.T.T., 2019, Study on quality characteristics of raw and fine sericite ores in Son Binh area, Ha Tinh province. *Journal of Mining and Earth Sciences*, 60, 42-50.
- Park, C.W. and Jang, Y.S., 2007, Illite. *Soil Science and Fertilizer*, 29, 15-18.
- Pecskay, Z., Molnar, F., Itaya, T. and Zelenka, T., 2005, Geology and K-Ar geochronology of illite from the clay deposit at Fuzerradvany, Tokaj Mt., Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica*, 46, 1-7.
- Pruett, R.J., 2016, Kaolin deposits and their uses: Northern Brazil and Georgia, USA. *Applied Clay Science*, 131, 3-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2016.01.048>
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'yakonov, Y.S., Frank-Kamenetskii, V.A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval', P.V., Muller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J.-L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z. and Wones, D.R., 1998, Nomenclature of the micas. *The Canadian Mineralogist*, 36, 905-912.
- Srodon, J. and Eberl, D.D., 1984, Illite. In *Mica* (ed. Bailey, S.W.), *Reviews in Mineralogy*, Volume 13, Mineralogical Society of America, Blacksburg, 495-544.
- Trabalka, J.R., Bogle, M.A. and Scott, T.G., 1983, Actinide Behavior in a Freshwater Pond. Publication No. CONF-8311110-6, Environmental Sciences Division, ORNL, 54p.
- Train, R.E., Breidenbach, A.W., Beck, E.C., Cywin, A. and Kosakowski, M.W., 1975, Development Document for Interim Final Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for the Clay, Ceramic, Refractory, and Miscellaneous minerals. *Mineral Mining and Processing Industry*, Vol. III, EPA 440/1-75/059d, 228p.
- Trask, P.D., Snow, D.T. and others, 1962, Pressure Sinkage Tests on Synthetic and Natural Clay Soils. Project No. DA-04-200-ORD-726, Technical Report, Issue 75, U.S. Army Tank-Automotive Command, Detroit, 87p.
- USGS 2016, EarthWord-ore. Communications and Publishing. <https://www.usgs.gov/communications-and-publishing/news/earthword-ore#:~:text=Definition:,ore%20form%2C%20then%20refined%20later.> [Accessed on 25 November, 2024]
- Weaver, C.E. and Pollard, L.D., 1975, *The Chemistry of Clay Minerals*. *Developments in Sedimentology* 15. Elsevier, Amsterdam, 213p.
- Xuan, P.T., Pho, N.V., Tra, D.T., Nga, H.T., Dang, P.T., Lien, N.T. and Thao, N.T.T., 2014, Sericite ore prospects in Huong



- Son - Ky Anh region (Ha Tinh Province). Vietnam Journal of Earth Sciences, 35, 97-106.
- Yushina, T.I., Dumov, A.M., Chon, N.V. and Thuy, N.T., 2020, Mineral composition and commercial application feasibility of sericite ore in Ha Tinh province. Eurasian Mining, 2, 32-38. <https://doi.org/10.17580/EM.2020.02.08>
- Yushina, T.I., Trong, N.V., Dumov, A.M. and Thuy, N.T., 2022a, Technology for processing quartz-sericite ore by selective grinding and flotation. Eurasian Mining, 2, 44-49. <https://doi.org/10.17580/em.2022.02.11>
- Yushina, T.I., Trong, N.V., Dumov, A.M. and Thuy, N.T., 2022b, A study on the possibility of processing quartz-sericite ore of the Ha Tinh deposit in Vietnam. Mineral Processing Journal, 1, 8-13. <https://doi.org/10.17580/or.2022.01.02>
- 
- Received** December 10, 2024  
**Review started** December 13, 2024  
**Accepted** December 19, 2024
- [ 저자 정보 ]
- 윤소정 : 한국지질자원연구원 광물자원연구본부/선임 연구원