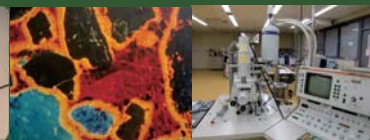


岩石鉱物分析(その1)

-- 貯留層地質の解釈ツールとして



Summary

岩石鉱物分析から得られる貯留岩の化学組成、鉱物組成そして孔隙特性などは、石油および地熱システムを基本的にコントロールしている貯留岩の性状を解明する上で重要です。現在の石油および地熱の貯留岩の解明には、様々な分野の岩石学的分析手法が用意されており、これらの応用がなければそれが達成できません。石油資源開発(株)技術研究所では、様々な岩石学的手法を最大限に活用して、石油および地熱の探査・開発に応用しています。

薄片観察(フルーレジン圧入)



岩石薄片観察は、岩石鉱物分析上まず始めに実施すべき重要な項目です。これにより岩質・岩相判別や続成作用の進行程度、孔隙特性などを観察できます。当研究所では観察時に孔隙が容易に判別できるように、青色に染めた樹脂をあらかじめ岩石に圧入してから薄片を作製し観察しています。

X線回折分析(XRD)



X線回折ゴニオメーター部

X線回折分析法(XRD)は鉱物同定では最も基本的な手法です。この手法は、粉末試料にX線を照射して得られる回折ピークを基に、構成する鉱物組成や結晶の構造解析を行うものです。同定された鉱物の組み合わせから、貯留岩の岩質はもとより続成作用や熱水変質の評価を行います。

蛍光X線分析(XRF)



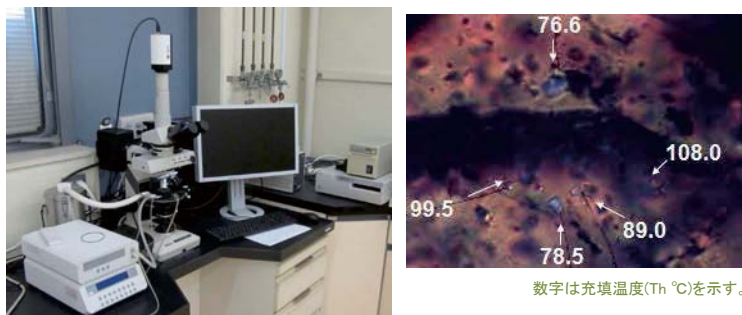
蛍光X線分析はX線を試料に照射した時に発生する蛍光X線のピーク強度から、物質の成分元素や構成比率を分析する方法です。蛍光X線(特性X線のこと)は元素毎にそのエネルギーが決まっており、また、その強度は試料を構成する元素の量に関係しています。当研究所では主成分に加え、微量成分も対象として岩石の対比等を行っています。

走査型電子顕微鏡(エネルギー分散型X線分光装置付属)



走査型電子顕微鏡(SEM)では、電子ビームを試料表面上を走査させて照射し、試料表面から放出される二次電子や反射電子と検出することによって試料表面の形状を観察します。また、付属するエネルギー分散型X線分光装置(EDS)によって、二次電子や反射電子と同時に放出される特性X線を利用して元素分析も行えます。このように本機器は貯留岩試料の孔隙の観察や微小部の化学組成分析などにも広く利用されています。

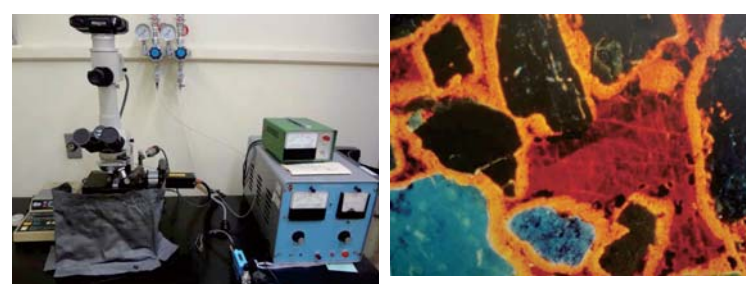
流体包有物マイクロサーモメーター



数字は充填温度(Th °C)を示す。

流体包有物とは鉱物中に取り込まれた液体や気体の総称で、それらが鉱物中に取り込まれた時の物理化学的条件を推定することに用いられています。加熱・冷却時の挙動を顕微鏡下で調べ、昇温によって、それらが取り込まれたときの温度(Th)や、冷却して氷の最終融解温度(Th)を求めることによって取り込まれた流体の塩分濃度(NaClwt%換算)を推定したりすることもできます。

カソードルミネッセンス(CL)分析



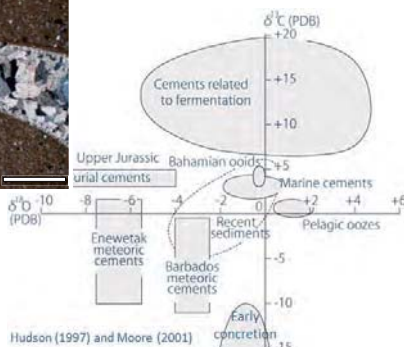
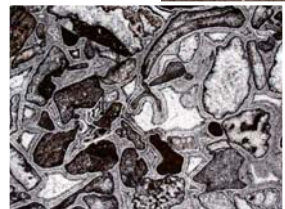
カソードルミネッセンス法(Cathodoluminescence, CL)は試料に電子線を照射した際に放出される光を検出する手法です。顕微鏡下では同じに見える鉱物でも、結晶構造の歪みや不純物混和、格子欠陥などのわずかな違いでカソードルミネッセンスでは発光強度や色調が異なることがあります。この事を利用して続成鉱物(セメントなど)の形成史の解析や応力解析を行うなど、地質学では広い応用範囲を有しています。

岩石鉱物分析(その2) -- 貯留層地質の解釈ツールとして



炭酸塩岩の炭素・酸素同位体分析

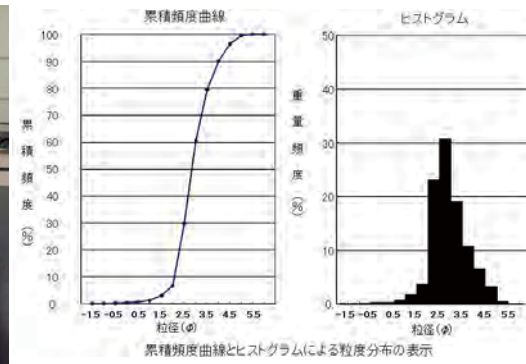
右) 溶脱孔隙を埋める熱水成方解石セメント
下) 粒子間孔隙を埋める淡水成方解石セメント



炭素・酸素同位体分析では、炭酸塩の粉末試料をリン酸と反応させて生成される二酸化炭素の炭素 ($\delta^{13}\text{C}$) および酸素 ($\delta^{18}\text{O}$) を測定します。同位体組成から、堆積環境や続成環境の推察が可能です。

- $\delta^{18}\text{O}$: 堆積時や続成過程における間隙水の水温や塩分を反映
- $\delta^{13}\text{C}$: 堆積時や続成過程における有機物由来の炭素の起源を反映

粒度分析(篩分け法)



堆積岩の評価手法の一つに粒度分析があります。粒度分析には様々な手法がありますが、当研究所では適応範囲が広くかつ扱える試料量が多いことから篩法を用いています。分析結果は累積頻度曲線や重量ヒストグラムなどで表現され、さらに計算で分級度、歪度、尖度を求めることが可能です。これらのことから本手法は、主に堆積環境の推定などに利用されています。

熱伝導率



熱伝導率はフーリエの法則に従った熱移動現象を評価する指標です。温度差のある二つの熱源に接した物体は、しばらくすると温度勾配が定常状態(フラット)になりますが、このときに流れる熱量(熱流量)は温度勾配に比例し(式1)、ここでの定数 λ が熱伝導率と呼ばれます。

$$J = -\lambda \text{ grad}T \quad \dots (1) \quad (J: \text{熱量}, \text{grad}T: \text{温度勾配})$$

帯磁率(磁化率)測定



帯磁率とは磁化と磁場の強さの比を指し、磁化率とも呼ばれます。岩石では、磁鉄鉱などの磁性鉱物を含むか否かによってその値が左右されます。この帯磁率の差を利用することによって岩石の識別や対比、変質の程度の解析などを行なうことができます。

岩鉱分析で分かること

Burial depth (km)	Hydrocarbon product	Temperature (°C)	Diagenetic stage	Vitrinite reflectivity (Maturity)	Ordering of Illite/Smectite (I/S)	Percent illite in I/S mixed layer
1	Biogenic Gas	30	Diagenesis			
2		60		0.5	Onsite	25%
3		90			R=0	
4	Oil	120	Katagenesis	1.2		50%
5	Thermogenic Gas	150	Melagenesis	2.0	R=3	75%

Waples (1980), Tissot and Welte (1984) を改訂

石油や地熱資源の探査および評価作業において、岩石鉱物分析は貯留岩性状を把握する上で必要不可欠です。貯留岩性状は、岩質・岩相で異なることは勿論、粒子径や淘汰度、埋没深度でも変化します。また、初生孔隙は重要ですが、続成作用や熱水変質などでも孔隙性状が大きく変化します。炭酸塩岩では特に、続成作用によって貯留岩性状が大きく変化することが知られています。これらの貯留岩性状に関する解析・議論は岩石鉱物分析結果に立脚しております。当研究所では各種岩石鉱物分析を通じて、石油や地熱システムにおいて重要な貯留岩評価を担っています。



キーポイント

石油資源開発(株)技術研究所は下記の岩石鉱物分析機器を保有して、石油・天然ガスや地熱資源の探査および評価作業を行っています。

- (1) 薄片観察 (ブルーレジンを圧入)
- (2) X線回折分析 (XRD)
- (3) 蛍光X線分析 (XRF)
- (4) 走査型電子顕微鏡 (エネルギー分散型X線分光装置付属)
- (5) 流体包有物マイクロサーモメトリー
- (6) カソードルミネッセンス (CL) 分析
- (7) 炭酸塩岩の炭素・酸素同位体分析
- (8) 粒度分析 (篩分け法)
- (9) 熱伝導率測定
- (10) 帯磁率 (磁化率) 測定

これらのうち比較的頻度の高い分析種目はブルーレジンを圧入薄片作製・観察、X線回折分析、蛍光X線による全岩化学組成分析および流体包有物マイクロサーモメトリーです。また、孔径分布測定も貯留岩性状を把握する上で重要です(別紙リストにて説明)。