

# 中世の滑石製石鍋分類の新たな指標： 熱重量・示差熱分析とH<sub>2</sub>O含有量

今岡 照喜<sup>1)</sup>・森 康<sup>2)</sup>・楮原 京子・永嶋真理子<sup>1)</sup>

New Indicators for Classification of Talc Bowl of Medieval Period: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis (TG-DTA) and H<sub>2</sub>O Contents

IMAOKA Teruyoshi<sup>1)</sup>, MORI Yasushi<sup>2)</sup>,  
KAGOHARA Kyoko and NAGASHIMA Mariko<sup>1)</sup>

(Received September 29, 2018)

## はじめに

滑石製石鍋は、滑石のもつ軟らかく（モースの硬度1）、加工しやすいことと保温性に優れているという特性を生かして製作・活用されたものであり、西日本を中心として古代末から中世にかけての遺跡から出土する特徴的な煮炊容器である（下川，1974，1992；森田，1983；木戸，1995など）。図1は西日本における消費遺跡からの滑石製石鍋の出土分布をコンパイルしたものである。滑石製石鍋は誰によってどのような道をたどって運ばれたのであろうか。それを解明することは、中世におけるグローバルな「人・モノ・情報」の交易・交流の実態を明らかにすることに繋がる。滑石製石鍋の製作所遺跡としては、長崎県のホグット遺跡に代表される西彼杵半島の多くの遺跡（長崎県大瀬戸町教育委員会，1980；松尾，2017）や山口県宇部市の下請川南遺跡（藤田，1968；宇部市土地開発公社・山口県教育委員会，1987）が知られている。今岡ほか（2005，2006）は両製作所遺跡出土試料の岩石記載学的特性や化学組成に違いがあることを見出し、製作所の石鍋と消費地における石鍋の比較をすることによって多くの消費遺跡で出土している石鍋の産地推定を行った。

滑石製石鍋は滑石片岩・滑石岩が主に利用され、それらには滑石、緑泥石、直閃石、アクチノ閃石などの多様な含水鉱物が様々な割合で含まれる。そのために全岩の化学分析では多量のH<sub>2</sub>O(+)が検出される。一般に岩石試料中の水は、H<sub>2</sub>O(-)で表される吸着水とH<sub>2</sub>O(+)で表される化合水（構造水ともいう）に区分され、前者は岩石の粉碎中に大気から吸湿された水分、後者はH<sup>+</sup>

イオン、OH<sup>-</sup>イオンの状況で鉱物中に構造的に結合している水分である。通常、岩石中の化合水は105℃から950℃に加熱する間に遊離する水分である（例えば、岩谷ほか：2016）。H<sub>2</sub>O(-)は恒温乾燥機などを用い110℃で脱水した水を測定し、その後、H<sub>2</sub>O(+)は電気マッフル炉等で950 ± 20℃で遊離する水分を定量することができる。最近では岩石中の水などの揮発成分は電気マッフル炉などによって試料を高温で加熱することによる質量の減少率を強熱減量（LOI = Loss on ignitionあるいはignition loss）として表示することが多い。しかし岩石を構成する鉱物中から化合水が離脱する温度はかなり低い温度（110℃以下）から1000℃を越える高温で数時間処理しなければならない場合もあり、また同一鉱物でその離脱する温度が2種類以上の場合もあって厳密な水分子の、あるいはH<sup>+</sup>イオン、OH<sup>-</sup>イオンの定量分析はきわめて困難な問題である。このように鉱物の脱水挙動はそれぞれの鉱物固有の特性であり、これを詳しく検討するためには熱重量・示差熱分析（TG-DTA）などの手法が用いられる（日本鉱物学会編，1966）。

今回さまざまな脱水挙動を示す鉱物の集合体からなる滑石製石鍋の熱重量・示差熱分析を実施し、H<sub>2</sub>Oの脱水挙動を明らかにするとともに、それに基づきH<sub>2</sub>O(+)を正確に定量することによって、ホグット遺跡と下請川南遺跡の違いが明確となったので報告する。併せて、滑石製石鍋試料の化学分析におけるH<sub>2</sub>O測定的重要性についても言及する。

1) 山口大学理学部地球圏システム科学教室

2) 北九州市立自然史・歴史博物館

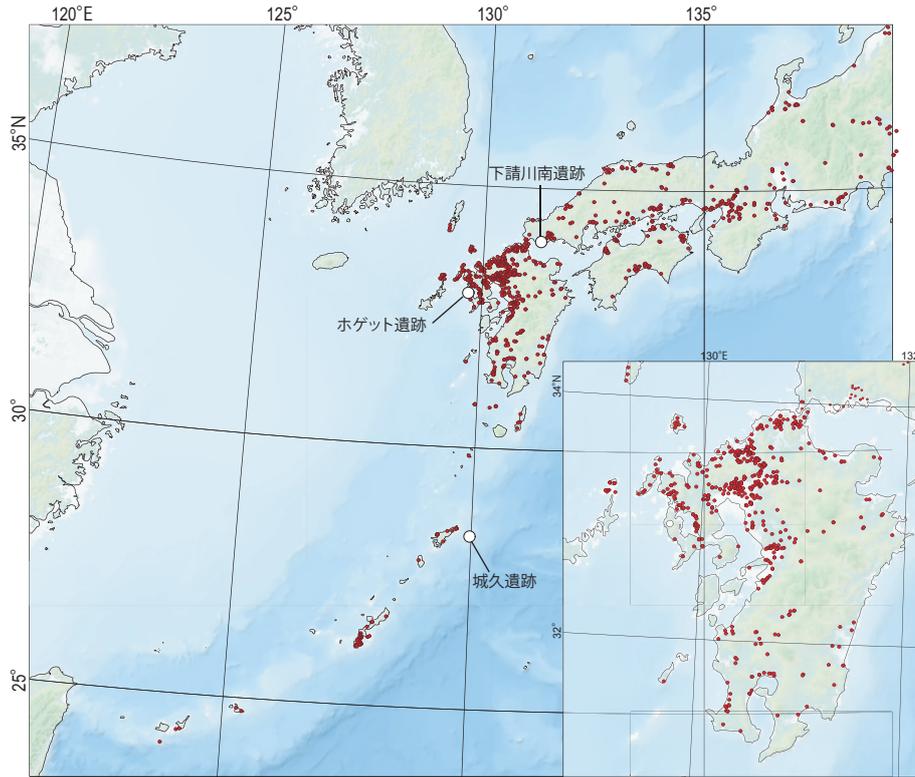


図1 滑石製石鍋の西日本における出土分布図

コンパイルにあたっては、国立文化財機構 奈良文化財研究所のホームページ「全国遺跡報告総覧」、甲斐（2001）、新里（2002）、高橋（2003）、石塚（2005, 2006）、南・白石（2018）を参照した。基図にはGEBCO One Minute Gridデータを用いた。

### 熱重量分析

滑石製石鍋試料の脱水挙動を調べるため、鉱物組み合わせや鉱物容量比の異なる鹿児島県城久遺跡（澄田・野崎，2007；松原ほか，2015；喜界島埋蔵文化財センター，2017）出土の滑石製石鍋片について熱重量・示差熱分析を行った。試料はG-23（滑石>緑泥石）、G-42（滑石>アクチノ閃石>緑泥石）、G-10（緑泥石>>不透明鉱物>滑石）の3試料である。試料の偏光顕微鏡写真を図2に示す。測定試料は岩石を粉末にしたものを用い、およそ10 mgを使用した。

測定には島根県産業技術センターの熱重量・示差熱測定装置（株式会社日立ハイテクサイエンス製，TG-TDA6300）を使用した。昇温条件は室温から1400℃まで10℃/分である。測定は大気中で行い、参照試料としては測定試料とほぼ同量のアルミナ粉末（ $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ），容器は酸化アルミナ製サンプルパンを使用した。G-23とG-42測定結果を図3に示す。

OH基を含むケイ酸塩鉱物である滑石は加熱により850–100℃で脱水反応が起き、滑石の分解に伴いエンスタタイトが再結晶化することが知られている（例えば，Földivári, 2011）。一方、緑泥石族鉱物は水酸化物層（八面体シート）とケイ酸塩層（四面体シート）が積層した構造を持つため、2つの層の熱に対する反

応も異なる（下田，1971）。前者は500–700℃，後者は700–800℃で脱水し、いずれも吸熱反応を伴う。しかし、緑泥石は化学組成が非常に複雑で、化学組成によるDTA曲線の差が著しいことも知られる（下田，1971）。

城久遺跡で最も一般的な滑石片岩（G-23）は、100℃付近から徐々に脱水が起こり、600℃付近に変曲点が見られ、その後も減量する（図3）。これは緑泥石の脱水反応によるものと考えられる。一方、主成分である滑石の脱水反応は約850℃で起き、発熱反応がみられる約1000℃でエンスタタイトの再結晶化が起こったと解釈できる。滑石と緑泥石に加えてアクチノ閃石を含むG-42はG-23同様、約800℃までは緑泥石の脱水反応に由来すると考えられる漸移的な減量がみられ、約825℃で滑石の脱水反応が起こる。一般に角閃石の脱水は850℃以上で起こるため（Földivári, 2011），850℃以降の減量にはアクチノ閃石由来のものも含まれる（図3）。いずれの試料も図3からTGの安定した1200℃で $\text{H}_2\text{O}(+)$ を見積るのが良いと考えられる。見積もられた $\text{H}_2\text{O}(+)$ は、G-23=5.44 wt%，G-42=3.95 wt%であり、さらに緑泥石の量比の多いサンプルG-10では11.35 wt%であったことから、鉱物組み合わせやその量比と調和的である。

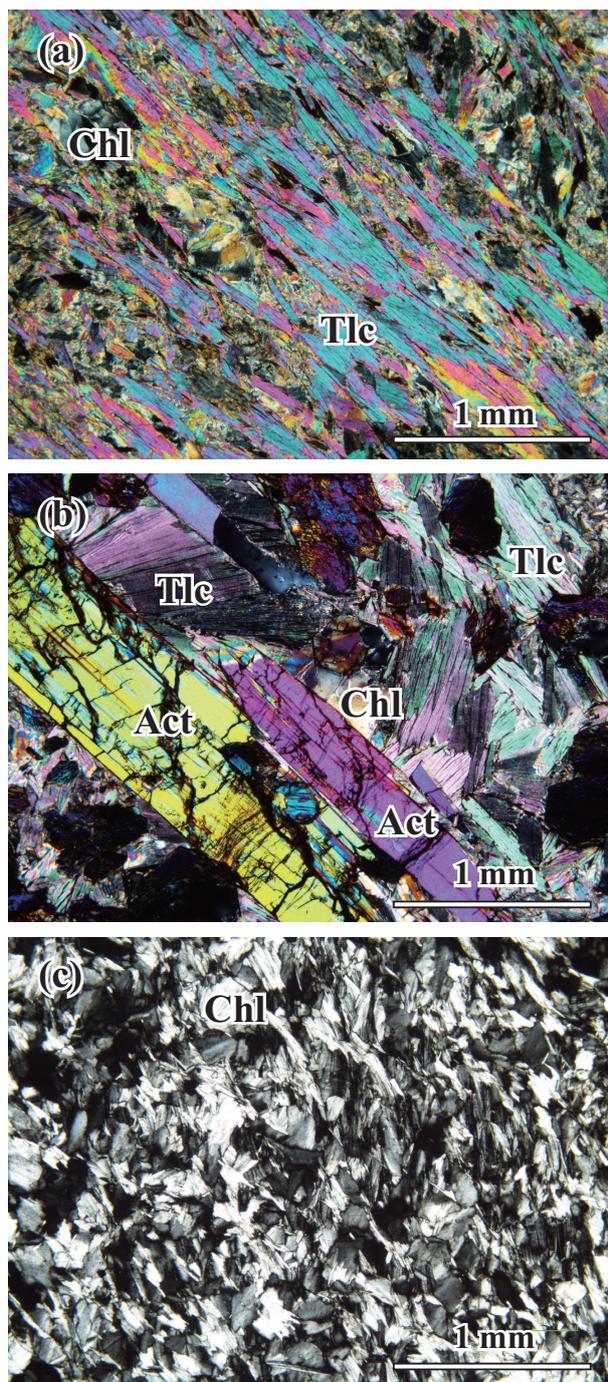


図2 熱重量・示差熱分析を行った試料の偏光顕微鏡写真。(a) 滑石に富み、少量の緑泥石を含む滑石片岩試料(no. G-23), (b) 滑石に加えアクチノ閃石と緑泥石を含む滑石片岩試料(no. G-42), (c) ほとんど緑泥石からなる緑泥石岩試料(no. G-10). 鉱物名の略号: Tlc: 滑石, Act: アクチノ閃石, Chl: 緑泥石

### H<sub>2</sub>O(+)<sup>さいかい</sup>・CO<sub>2</sub>の定量

長崎県西海市のホグット遺跡と山口県宇部市の下請川南遺跡出土の滑石製石鍋片についてH<sub>2</sub>O(+)<sup>さいかい</sup>とCO<sub>2</sub>の定量分析を行った。試料は今岡ほか(2006)で報告したものと同じで、各20試料である。H<sub>2</sub>O(+)<sup>さいかい</sup>の測定には山口大学理学部物理学教室の電気炉(NHK-170型)を使

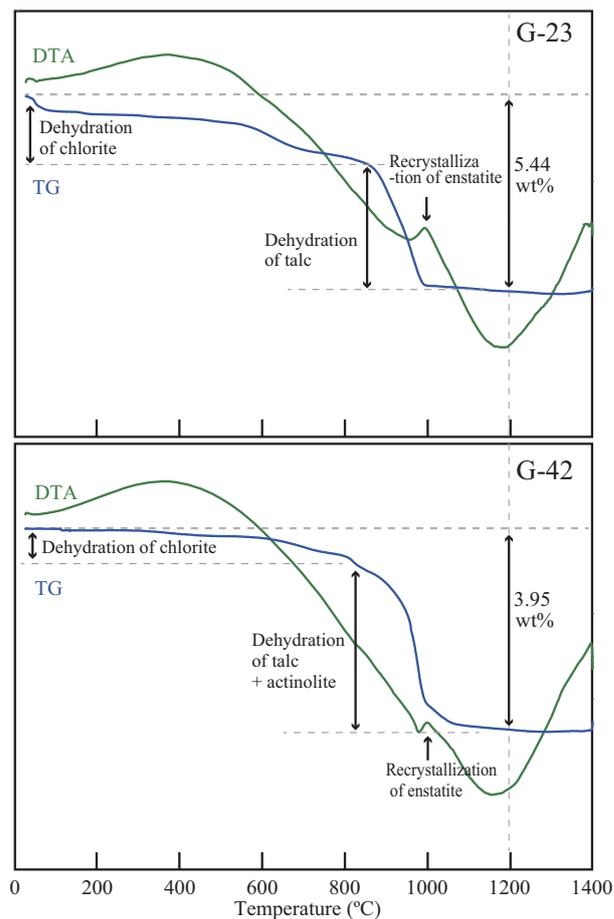


図3 城久遺跡群の滑石製石鍋片の熱重量・示差熱分析(TG-DTA)結果

用した。熱重量分析の結果から滑石の脱水が約830 °Cから始まり、約1010 °Cで終了することがわかったので、電気炉の温度は1200 °Cに設定し、3-4時間加熱した。CO<sub>2</sub>含有量の測定は北九州自然史・歴史博物館のCHN分析装置(Perkin-Elmer 2400 II)を使用した。得られた結果を他の主成分を含めて100%になるように再計算したものを表1に示す。

### 議 論

#### 1. 滑石製石鍋(滑石片岩・滑石岩)試料におけるH<sub>2</sub>O(±)の測定

既述のように滑石製石鍋には滑石、緑泥石、直閃石、アクチノ閃石などの多様な含水鉱物が様々な割合で含まれる。それらの鉱物組み合わせの多様性は石鍋製作所付近の地質履歴や滑石片岩・滑石岩の形成条件を反映している。例えば、ホグット遺跡は長崎変成岩中に位置し、蛇紋岩と泥質砂質片岩ならびに蛇紋岩と苦鉄質岩類との間に形成された反応帯の構成岩石(西山, 1989)であるために、緑泥石やアクチノ閃石を含むし、山口県宇部市の下請川南遺跡出土の石鍋には、周防変成岩が白亜紀花崗岩によって接触変成作用を受けたために直閃石が生

表 1 山口県下請川南遺跡 (YUシリーズ) および長崎県ホゲツト遺跡 (NHシリーズ) 出土の滑石製石鍋の主成分化学組成, H<sub>2</sub>O(±)を含めて合計を100 wt.%にした。

No.	YU-01	YU-02	YU-03	YU-04	YU-05	YU-06	YU-07	YU-08	YU-09	YU-10	YU-11	YU-12	YU-13	YU-14	YU-15	YU-16	YU-17	YU-18	YU-19	YU-20	平均値	組成範囲
SiO <sub>2</sub> wt.%	61.68	61.12	59.67	61.14	60.57	60.84	61.21	60.94	61.48	61.87	59.72	60.82	60.72	60.77	59.82	60.92	60.84	60.30	60.03	61.06	60.78	59.67-61.87
ThO <sub>2</sub>	0.01	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01-0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48	0.90	2.05	0.85	0.87	0.71	0.77	0.56	0.72	0.32	0.80	0.69	0.68	0.74	0.98	0.78	0.52	0.73	0.75	0.76	0.78	0.32-2.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.60	5.08	7.31	4.51	6.14	5.09	5.01	5.57	5.73	5.50	5.97	5.66	6.36	6.09	5.90	4.56	5.85	5.79	6.25	4.52	5.57	4.51-7.31
MnO	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.09	0.04	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03-0.09
MgO	28.51	27.89	25.60	28.54	27.71	28.36	28.26	28.24	27.43	27.90	28.48	28.09	27.56	27.75	28.58	28.74	28.11	28.59	28.07	28.67	28.05	25.67-28.74
CaO	0.02	0.02	0.20	0.01	0.08	0.26	0.02	0.04	0.03	0.03	0.13	0.05	0.03	0.14	0.08	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.07	0.01-0.26
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03	0.23	0.06	0.25	0.03	0.00-0.25	
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00-0.02	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O(+)	4.45	4.80	4.76	4.74	4.41	4.50	4.55	4.19	4.27	4.24	4.78	4.54	4.52	4.35	4.40	4.82	4.31	4.31	4.43	4.75	4.51	4.19-4.82
H <sub>2</sub> O(-)	0.16	0.04	0.22	0.12	0.10	0.06	0.11	0.12	0.11	0.04	0.06	0.10	0.06	0.11	0.10	0.08	0.05	0.12	0.12	0.12	0.10	0.04-0.22
CO <sub>2</sub>	0.06	0.08	0.11	0.03	0.04	0.07	0.02	0.28	0.17	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.02-0.28

No.	NH-01	NH-02	NH-03	NH-04	NH-05	NH-06	NH-07	NH-08	NH-09	NH-10	NH-11	NH-12	NH-13	NH-14	NH-15	NH-16	NH-17	NH-18	NH-19	NH-20	平均値	組成範囲
SiO <sub>2</sub> wt.%	58.09	59.68	59.29	59.33	58.81	58.70	57.58	58.19	58.55	60.35	58.46	60.27	56.97	57.64	58.86	59.39	58.33	56.44	58.33	57.48	58.54	56.44-60.35
ThO <sub>2</sub>	0.03	0.22	0.02	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01-0.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.99	1.56	1.46	1.43	3.42	1.60	2.93	2.12	2.75	1.61	2.37	1.14	3.05	0.84	3.53	1.45	1.76	3.29	2.63	2.81	2.29	0.84-3.99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	6.11	5.68	5.20	5.36	6.50	5.65	5.27	5.67	7.38	4.83	5.02	5.18	5.25	8.09	5.68	5.78	5.39	6.00	5.69	5.60	5.77	4.83-8.09
MnO	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.14	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.02-0.14
MgO	25.48	27.66	28.54	28.57	25.01	28.35	28.08	28.33	25.11	27.87	28.35	28.23	27.92	27.36	25.87	27.74	28.75	27.92	27.54	28.56	27.56	25.01-28.75
CaO	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.00-0.07
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00-0.06	
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H <sub>2</sub> O(+)	5.85	4.95	5.27	5.15	5.78	5.36	5.91	5.52	5.78	5.14	5.69	4.98	6.51	5.68	5.82	5.47	5.61	6.12	5.62	5.28	5.57	4.95-6.51
H <sub>2</sub> O(-)	0.25	0.09	0.09	0.06	0.18	0.18	0.08	0.05	0.23	0.09	0.05	0.12	0.20	0.23	0.16	0.09	0.10	0.15	0.13	0.14	0.13	0.05-0.25
CO <sub>2</sub>	0.15	0.10	0.09	0.06	0.20	0.09	0.08	0.06	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.09	0.04-0.20

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*: total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

じている（今岡ほか，2006）。

滑石製石鍋の主成分鉱物である滑石の理想化学式は  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  で表され、その場合の各成分の含有量は、 $SiO_2 = 63.37 \text{ wt\%}$ 、 $MgO = 31.88 \text{ wt\%}$ 、 $H_2O = 4.75 \text{ wt\%}$  である。緑泥石族鉱物は多様であるが、そのうち Mg に富むものはクリノクロアと呼ばれ、その理想化学式は  $(Mg, Fe^{2+})_5Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$  で表され、それぞれ各成分の含有量は、 $SiO_2 = 30.28 \text{ wt\%}$ 、 $Al_2O_3 = 17.13 \text{ wt\%}$ 、 $MgO = 25.39 \text{ wt\%}$ 、 $FeO = 15.09 \text{ wt\%}$ 、 $H_2O = 12.11 \text{ wt\%}$  である。直閃石の理想化学式は  $Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$  で表され、 $SiO_2 = 61.56 \text{ wt\%}$ 、 $MgO = 36.13 \text{ wt\%}$ 、 $H_2O = 2.31 \text{ wt\%}$  である。アクチノ閃石の理想化学式は  $Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$  で、 $SiO_2 = 49.55 \text{ wt\%}$ 、 $FeO = 37.03 \text{ wt\%}$ 、 $CaO = 11.56 \text{ wt\%}$ 、 $H_2O = 2.11 \text{ wt\%}$  である。このように滑石に比較し緑泥石は  $SiO_2$  に乏しく、 $Al_2O_3$  に富むので、緑泥石を含むと全岩組成は  $SiO_2$  が減少し、 $Al_2O_3$  が増加する。同様にアクチノ閃石を含むと  $CaO$  が増加する。さらに滑石や緑泥石は多量の  $H_2O$  を含むのに対して直閃石やアクチノ閃石など角閃石族鉱物では  $H_2O(+)$  含有量が比較的少ないので、滑石製石鍋の鉱物組み合わせやそのモード比の違いによって  $H_2O$  含有量に違いがでることが予想される。したがって、滑石製石鍋の化学分析では、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $FeO$ 、 $MgO$ 、 $CaO$  などの主成分と同様に、 $H_2O(\pm)$  も正確に分析することが望ましい。

熱重量分析による測定結果では、滑石からの脱水は約  $830 \text{ }^\circ\text{C}$  から始まり、約  $1030 \text{ }^\circ\text{C}$  まで継続することが報告されている（清浦ほか，1952）。緑泥石は  $610 \text{ }^\circ\text{C}$  でほとんどの  $OH$  が脱水し、それ以上の温度での減量は  $1 \text{ wt\%}$  以下である（下田，1971）。筆者らによる測定結果（図3）では、城久遺跡群の滑石製石鍋試料では脱水は約  $830 \text{ }^\circ\text{C}$  から始まり、約  $1010 \text{ }^\circ\text{C}$  で終了し、 $950 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$  では脱水が完全に行われていないことが分かった。このようなことから、滑石片岩・滑石岩の場合は、通常の岩石の分析のように、電気炉で  $950 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$  で遊離する水分を  $H_2O(+)$  含有量とすることには問題があり、さらに高温で脱水させる必要がある。そのため、筆者らは  $H_2O(+)$  の定量には白金坩堝に精秤した試料を電気炉（NHK-170型）によって  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  で加熱し定量した。図4は今回の電気炉による測定結果と今岡ほか（2006）による  $H_2O(+)$  の定量結果を比較したものである。後者ではブンゼンバーナーを使用し、白金坩堝に精秤した試料を外炎（酸化炎： $1400\text{--}1500 \text{ }^\circ\text{C}$ ）で加熱し定量している。両者の差異は  $0.2 \text{ wt\%}$  以下のものが多いが、 $1 \text{ wt\%}$  程度のもも見られた。これはブンゼンバーナーを使用した場合のバーナーの炎と試料の距離が異なるために温度設定が一定でなかったことを示しているもの

と思われる。今回、強熱減量から吸着水を差し引いて  $H_2O(+)$  とした。この方法では水以外の揮発性成分のある場合にはそれも合算されるので水の値が過大となる恐れがある。そこで  $CO_2$  も測定したが、ほとんどの試料は  $0.1 \text{ wt\%}$  以下であったので、大きな影響はないと思われる。また、加熱により第一鉄が第二鉄に酸化されて重量が増加し、水が過小になっている可能性もあるが、その問題は残されている。

## 2. ホゲット遺跡と下請川遺跡の $H_2O$ 量の比較

電気炉（NHK-170型）によって  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  で加熱し定量し得られたデータを図5に示す。 $H_2O(+)$  の測定上の問題はあるものの、鉱物組み合わせの異なる試料について、有意の差が見られた。すなわち、ホゲット遺跡の試料は  $5.0\text{--}6.5 \text{ wt\%}$  であるのに対して、下請川南遺跡の試料は  $4.3\text{--}4.8 \text{ wt\%}$  で両者は明瞭に区別できる（図5）。両者の違いはホゲット遺跡の試料は  $H_2O(+)$  の多い緑泥石を含むが、下請川南遺跡の試料はそれを含まず、比較的  $H_2O(+)$  の少ない直閃石を含むことによる。したがって、今岡ほか（2005，2006）で提案された  $SiO_2\text{--}Al_2O_3$  wt% 識別図に加え、今回滑石製石鍋試料の  $H_2O(+)$  は両遺跡を識別できる新たな指標となることがわかった。

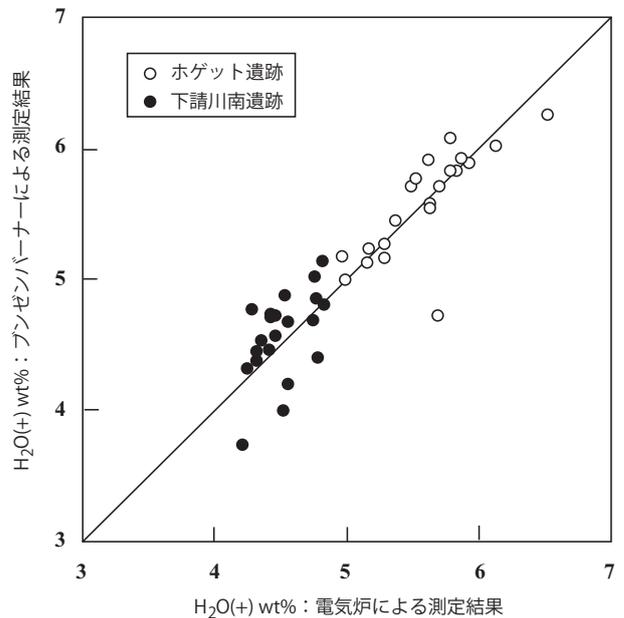


図4 電気炉とブンゼンバーナーによる  $H_2O(+)$  含有量 (wt%) 測定結果の比較

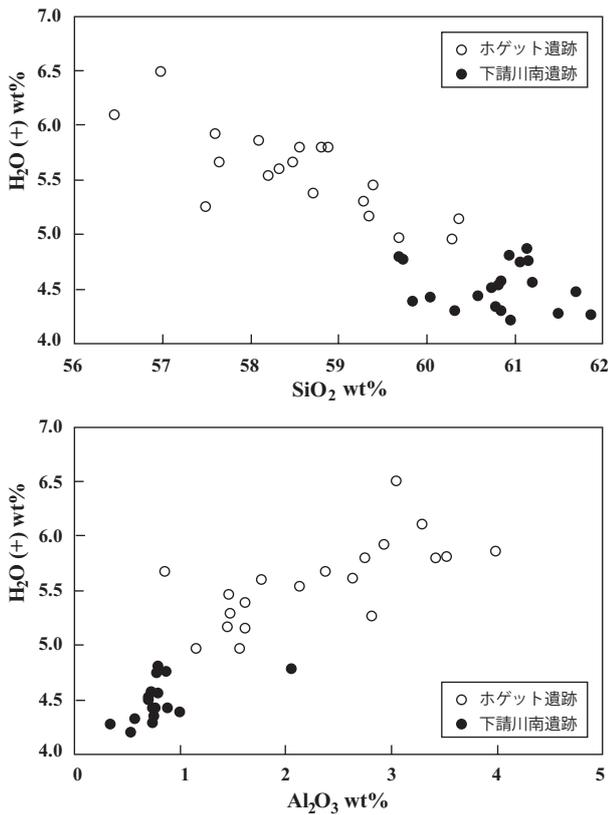


図5 ホゲット遺跡と下請川南遺跡出土の滑石製石鍋のH<sub>2</sub>O(+)含有量(wt%)の比較

**謝辞** 本研究は山口大学が推進する文理融合の視点を重視した山口学研究プロジェクトの一環として行い、同プロジェクト経費を使用した。滑石製石鍋破片の試料収集にあたり、鹿児島県喜界島埋蔵文化財センターの壽満夫氏、澄田直敏氏、松原信之氏、岩元さつき氏、野崎拓司氏、安栖祐樹氏に御協力いただいた。H<sub>2</sub>O(+)の定量にあたっては、山口大学理学部物理学教室の電気炉を使用させていただくとともに、藤原哲也講師にお世話になった。記して感謝の意を表します。

## 文 献

Földvári, M, 2011. Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice. Occasional Paper of the Geological Institute of Hungary, vol. 213, 180p.

藤田 等, 1968. 上宇部北迫石鍋製造址出土の石鍋. 宇部市教育委員会編, 宇部の遺跡 宇部市域遺跡群 学術調査研究報告, pp.202-203.

今岡照喜・中村徹也・早坂康隆・鈴木康之, 2005. 滑石製石鍋の産地同定と流通. 柴垣勇夫(編), 中世瀬戸内の流通と交流, pp.223-248, 塙書房.

今岡照喜・中村徹也・早坂康隆・鈴木康之, 2006. 滑石製石鍋原材料の比較研究. 考古学と自然科学, 第

52号, pp.1-17.

石塚宇紀, 2005. 石鍋の研究—生産・流通・用途について. 駒沢考古, 30号, pp.141-155.

石塚宇紀, 2006. 東日本における石鍋の流通に関する研究. 駒沢史学, 67号, pp.93-128.

岩谷和夫・葉佐井博巳・静岡清・星正治・遠藤暁・岡隆光・今中哲二, 2016. 花崗岩中水分の測定. 広島・長崎原爆放射線新評価システムDS02に関する専門研究会報告書, 京都大学原子炉実験所, pp.113-119.

甲斐昭光, 2001. 兵庫県出土の中世滑石製品. 兵庫県埋蔵文化財研究紀要, 創刊号, pp.93-102.

木戸雅寿, 1995. 13. 石鍋. 日本中世土器研究会編, 概説 中世の土器・陶磁器, pp.511-521. 真陽社.

喜界島埋蔵文化財センター, 2017. 城久遺跡群—発掘調査開始15周年記念資料集—, 13p.

清浦雷作・伊藤善高・升水政幸, 1952. 珪酸塩の水熱反応(2) 滑石と蛇紋石の水熱合成. 窯協, 60, pp.264-266.

長崎県大瀬戸町教育委員会, 1980. 大瀬戸町文化財調査報告書 第1集, 大瀬戸町石鍋製作所遺跡, 83p

松原信之・野崎拓司・澄田直敏・早田晴樹, 2015. 城久遺跡群 総括報告書, 喜界町教育委員会.

松尾秀昭, 2017. 石鍋が語る中世 ホゲット石鍋製作所跡 シリーズ「遺跡を学ぶ」122, 新泉社, 93p.

南健太郎・白石 純, 2018. 鳥取県下の「滑石」製石鍋について. 岡山大学埋蔵文化財調査研究センター紀要2016, pp.42-46.

森田 勉, 1983. 滑石製容器—特に石鍋を中心として—. 佛教芸術, 148号, pp.135-148.

日本鉱物学会(編), 1966. 実験鉱物学, 共立出版, 587p.

下田 右, 1971. 粘土鉱物の示差熱分析. 粘土科学, 11, pp.174-187.

下川達彌, 1974. 滑石製石鍋考. 長崎県立美術博物館研究紀要, 2号, pp.19-36.

下川達彌, 1992. 西北九州の石鍋とその伝播. 海と列島文化4, 東シナ海と西海文化, pp.397-410, 小学館.

新里亮人, 2002. 滑石製石鍋の基礎的研究. 一付九州・沖縄における滑石製石鍋出土遺跡集成—. 先史琉球の生業と交易—奄美・沖縄の発掘調査から, 平成11年~平成13年度科学研究費補助金研究成果報告書, pp.163-190.

澄田直敏・野崎拓司, 2007. 喜界島城久遺跡群の調査. 東アジアの古代文化, 130, pp.46-52, 大和書房.

高橋 学, 2003. 滑石製石鍋と山茶碗—雄勝町館堀城

出土の事例から一. 秋田県埋蔵文化財センター, 第  
17号, pp.69-81.

宇部市土地開発公社・山口県教育委員会, 1987. 下請  
川南遺跡. 山口県埋蔵文化財調査報告第104集,  
16p.