

# 岐阜県東濃地方における陶土層の化学組成

入江志織<sup>1</sup>, 葉田野 希<sup>2</sup>, 志賀由佳<sup>3</sup>, 足立佳子<sup>4</sup>, 吉田孝紀<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国際石油開発帝石, <sup>2</sup> 信州大学理学部地質科学科, <sup>3</sup> 信州大学大学院工学系研究科, <sup>4</sup> 新潟大学研究推進機構超越学術院

Chemical composition of the Todo Porcelain Clay Formation in the Tono area, Gifu Prefecture, central Japan

S. Irie<sup>1</sup>, N. Hatano<sup>2</sup>, Y. Shiga<sup>3</sup>, Y. Adachi<sup>4</sup> & K. Yoshida<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INPEX Corporation, <sup>2</sup> Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, <sup>3</sup> Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, <sup>4</sup> Center for Transdisciplinary Research, Niigata University

キーワード：瀬戸層群, 中新世, 陶土層, 古土壌, 化学組成, 古風化  
Keywords: Seto Group, Miocene, Porcelain Clay, Geochemistry, Paleoweathering

## 1. はじめに

岐阜県東濃地方には、瀬戸層群とよばれる中新世～鮮新世の地層が広く分布する。瀬戸層群の下部から産出する木節(きぶし)粘土や蛙目(がえろめ)粘土とよばれる粘土は、かつて重要な窯業原料として利用された。そのため、この粘土を産する地層は“陶土層”と呼ばれている。

この粘土を生成した粘土化作用は周辺の地質環境と、原岩の物理的・化学的性質によって規定されると考えられる。粘土鉱床の形成過程については多くの研究があり、これまでの研究では砂や粘土の鉱物組成によって粘土の形成過程が考察されてきた(北崎・荒木, 1952; 野沢, 1953; 種村, 1964; 藤井, 1967 など)。しかし、その化学組成や源岩については検討が不十分であった。そこで本研究では東濃地域の岐阜県恵那市山岡町原の中新統原層を対象として、陶土層の化学分析を行い、その化学的特徴について考察する。

## 2. 研究史

愛知県名古屋市東部から岐阜県東濃地方にかけての中新統・更新統には、陸成層の瀬戸層群(槇山, 1950)が分布している。瀬戸層群下部は粘土層を多く挟み、愛知県では瀬戸陶土層、岐阜県東濃地方では土岐口陶土層と呼ばれる。東海層群は、

岐阜県東濃地域・濃尾平野東縁部・知多半島・伊勢湾西岸部・濃尾平野の地下に分布し、現在の伊勢湾を中心に存在した東海湖(竹原ほか, 1961)あるいはそれに注ぎ込む河川沿いに堆積した陸成層と考えられている。東海層群の年代については、最下部層は最後期中新世、下部層は前期鮮新世、中部層は後期鮮新世と考えられ(牧野内ほか, 1983)、上部層は最後期鮮新世、最上部層は前期更新世と考えられている(横山ほか, 1980)。瀬戸層群はこのうちの上部層から最上部層に相当する。

瀬戸層群の層序についての検討は赤嶺(1954)

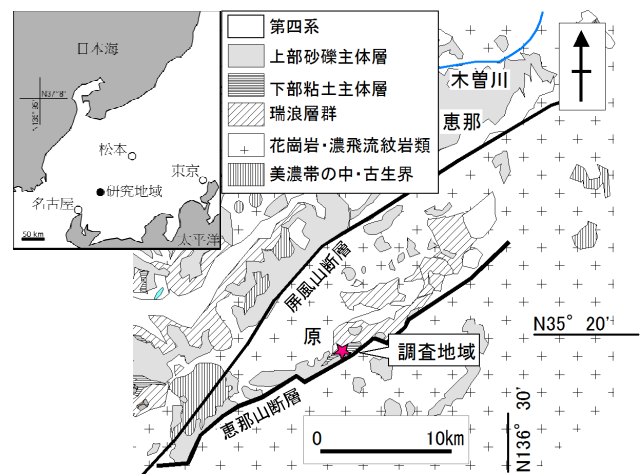


図 1 調査地域位置図と周辺の地質図

にはじまり、各地域で調査が進められた結果、中山・陶土団体研究グループ(1989)によって下部の粘土を主体とする地層と、上部の砂礫を主体とする地層とに分けられた。一般に下部の粘土主体層と上部の砂礫主体層は整合関係で、一部で不整合・断層関係にあることが判明している。下部の粘土主体層はおもに石英粒を含む“蛙目粘土”とよばれる粘土と、炭質物を多く含む“木節粘土”とよばれる粘土、石英粒からなる砂層からなり、不淘汰な礫層・火山灰層などをはさむ場合がある(陶土団体研究グループ, 1982)。上部砂礫層の層相は地域によって異なるが、礫種はチャートや花崗岩類である。

本研究調査地域である岐阜県恵那市山岡町原では陶土団体研究グループ(1982)によって下部粘土主体層は原層、上部砂礫主体層は猿爪層と名付けられている。調査地域の周辺には白亜紀末～第三紀初頭の土岐花崗岩(石原・鈴木,1969; 西本ほか, 2008)や美濃帯の中・古生界が分布する(陶土団体研究グループ, 1982)。

### 3. 研究手法

研究地域において野外調査を行い、岩相記載と柱状図を作成した(図 2)。また、砂、砂質粘土・粘土試料を採取し、全岩化学分析と希土類元素(REE)の検討に供した。

主成分元素の全岩化学分析は、三宅ほか(1996)に則り、四ほう酸リチウム3倍希釈によるガラスビードを作成して、信州大学ヒト環境科学研究支援センター設置の蛍光 X 線分析装置 (PHILIPS PW2400) を用いて行った。希土類元素の分析は、新潟大学理学部設置の ICP-MS 分析装置(Agilent 7500a) を使用した。

### 4. 岩相記載

調査地域に分布する瀬戸層群を、堆積相の特徴によって、細分化したものを含めた a~j の堆積相に区分した。これら a~j の堆積相の岩相を表 1 に、堆積環境の解釈を表 2 にまとめる。

#### A. 砂質河川堆積物

塊状砂層、細礫から極粗粒砂層に級化する砂層、斜交層理のみられる砂層からなる。

頻繁に流速の変化する掃流によって形成されており、砂州堆積物の複合と考えられる。ポイントバー堆積物の発達は乏しく、網状河川堆積物と

考えられる。

#### B. 氾濫原堆積物

不淘汰、塊状の粘土と基質と粘土基質の亜炭層(j-2)からなる。

粘土層は淘汰が悪く、根化石も発達するため、氾濫原堆積物と考えられる。亜炭層は基質が粘土であり、不淘汰塊状粘土に挟まれることから氾濫原中の湿地の堆積物と考えられる。

#### C. 砂質チャネル堆積物

級化砂層、平行葉理砂層、塊状砂層からなり、薄い不淘汰塊状粘土層を挟みつつ、砂層が卓越する。

連続的な砂堆積物からなり、重力流堆積物が挟まれる。活動的なチャネル堆積物と考えられる。

#### D. 湖沼堆積物

淘汰の良い塊状粘土層やシルト層からなる。薄

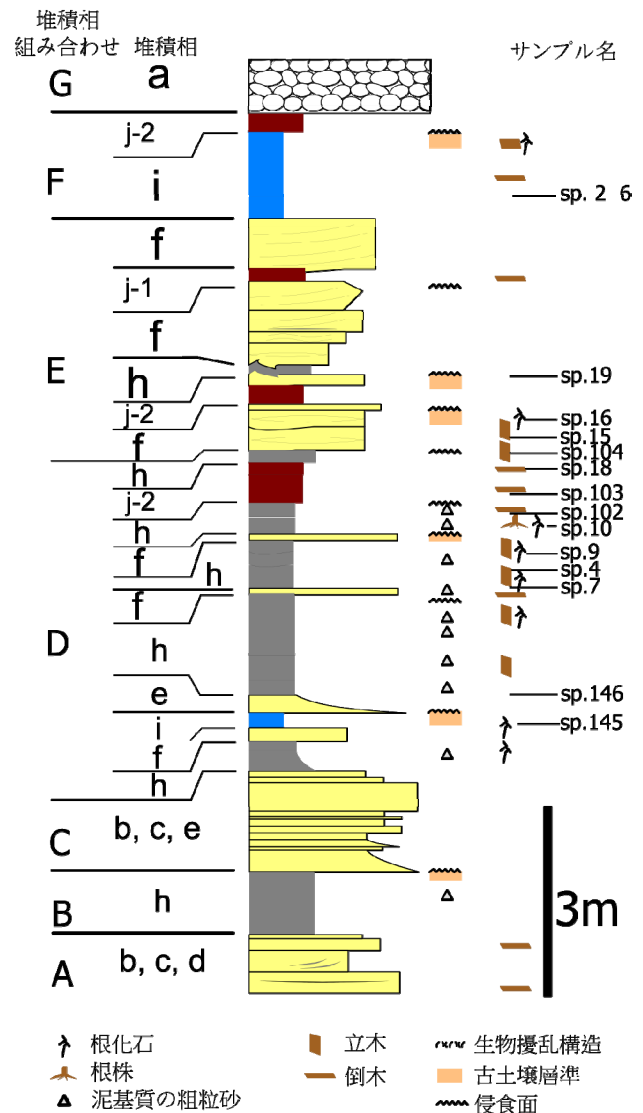


図 2 調査地域の柱状図。Facies code, Facies association は表 1・2 を参照。

表 1 原層の堆積相区分表

Facies code	記載	特徴	解釈	層厚
a	淘汰の悪い礫支持礫層(大礫～巨礫)	基質に乏しく、インブリケーション構造を持つ。一部には斜交層理が発達する	礫質バー堆積物	20cm～8m
b	根構造に乏しい不淘汰塊状砂層	無構造，淘汰不良で泥基質を持つ	粘性の高いデブリフロウ堆積物	10～40cm
c	淘汰の良い細粒～粗粒塊状砂層	無構造	砂質なデブリフロウ堆積物	10～50cm
d	斜交層理を持つ細粒～粗粒砂層	低角度の斜交層理を示す。	バー堆積物	30～70cm
e	級化構造を持つ細粒砂層	級化構造を持つ	混濁流堆積物	10～50cm
f	炭質物・シルトの葉理を持つ細粒～中粒砂層	炭質物の葉理を示し，やや不淘汰	クレバススプレイオーバーバンク堆積物	20～40cm
g	斜交層理を持つ礫質砂層	斜交層理を示す。層理面上には礫が配列する。	バー堆積物，ラグ堆積物	1m程度
h	根構造に乏しい淘汰の悪い塊状粘土・シルト層	無層理，粘土とシルトの混合物からなる	氾濫原堆積物	30～40cm
i	植物細根構造のみられる淘汰の良い塊状粘土・シルト層	塊状の粘土からなり，植物細根構造を持つ	湖沼堆積物	20～50cm
j-1	砂基質亜炭層	材化石，砂基質を持つ	湖沼縁辺部の堆積物	10～40cm
j-2	粘土基質亜炭層	材化石，粘土基質を持つ	湖沼堆積物	10～40cm

い砂層や級化砂層を挟む。

淘汰の良い塊状粘土層は，湖沼などの停滞水域の堆積物である。砂層は薄層かつ細粒であり，停滞水域中に流入してきたものと考えられる。

#### E. クレバススプレイ堆積物

淘汰の悪い塊状粘土層を伴う淘汰の悪い塊状砂層が卓越する。砂層は砂基質の亜炭層を挟む。切り株状の樹幹化石や根化石が発達する層準がある。

粘土層や砂層は淘汰が悪く，側方連続性に乏しい。一部の層準には未固結時変形構造が発達する。砂層には根化石が発達する。

亜炭層に砂層が挟まれること，根化石の発達が著しいことから，砂層は氾濫原に堆積したクレバススプレイ堆積物と考えられる。亜炭層は短命な湖沼周辺の堆積物と考えられる。

#### F. 湖沼堆積物

厚い，淘汰良好な粘土やシルト層からなる。

砂質堆積物をほとんど挟まず，湖沼堆積物と考えられる。

#### G. 網状河川堆積物

インブリケーションや斜交層理の発達した粗粒な礫層を主体とする。

高エネルギー状態の掃流状堆積物からなる。網状河川堆積物と考えられる。

表 2 堆積相組み合わせ(facies association)区分表

Facies association	堆積環境	堆積相組み合わせ
A	砂質チャネル相	b, c, d
B	氾濫原相	h
C	砂質チャネル相	b, c, e
D	小規模な湖沼を含む氾濫原	e, f, h, i
E	クレバススプレイ相	f, h, j-1
F	湖沼相	j-2, i
G	礫質チャネル	a, g

### 5. 陶土層堆積物の鏡下記載

原層の砂層 6 試料，砂質粘土 8 試料，粘土 2 試料の堆積岩岩石学的検討を行った。砂層についてはおもに構成鉱物および含まれる岩片について記載を行った。砂質粘土・粘土層については構成鉱物を記載した。

#### (1) 砂層

原層の砂層には堆積相に関係なく溶解した石英粒子が観察される。長石類はほとんど含まれず，わずかに斜長石，カリ長石がみられるのみである。随伴鉱物として白雲母，黒雲母，緑泥石，ジルコンが確認できる。緑泥石は鏡下では無色，または

淡赤褐色を示す。また、花崗岩片を含む試料もある。

## (2) 砂質粘土・粘土層

砂質粘土層にみられる鉱物粒子は主に石英、黒雲母で、カリ長石をわずかに含む。随伴鉱物として白雲母や緑泥石を含む。緑泥石は砂層で見られるものと同様に、鏡下では無色、淡赤褐色を示す。基質はおもに粘土鉱物である。

## 6. 陶土層堆積物の化学組成

全岩化学分析では、砂層 4 試料、砂質粘土 7 試料、粘土 2 試料の合計 13 試料を用いた。

分析の結果を海成の泥岩である粘板岩標準試料(産総研 JSL-1)で規格化した図を示す(図 3)。

図 3 では、砂層試料 sp. 16,19 では MnO, CaO が, sp. 15,16,19 では MgO が検出されなかった。砂質粘土・粘土層試料では sp. 104,146 で MnO が検出されなかった。

主要元素では SiO<sub>2</sub> は火成岩中に普遍的に含まれる鉱物であり、今回分析した試料中で最も多く存在する元素でもある。そのため、堆積物の多くは SiO<sub>2</sub> の変化によって特徴付けられる。今回の検討では、SiO<sub>2</sub> は砂層中で最大値 96.77wt%, 平均値は 92.06wt% である。粘土質堆積物では最大値 83.77wt%, 最小値 56.77wt%, 平均値 67.70wt% である。また、砂層では SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が, JSL-1 に比べて濃集している。粘土・砂質粘土層では Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が著しく濃集し, K<sub>2</sub>O も高い。

これらをまとめると、残留性元素である Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は陶土層の粘土質堆積物において著しく濃集している。TiO<sub>2</sub> は海成泥岩と同程度であるが、その他の全ての主成分元素は一般的な泥岩よりも低濃度である。

REE については、砂、砂質粘土、粘土のそれぞれの試料を計 4 試料を選び、それぞれの元素濃度をコンドライトで規格化したスパイダーダイアグラムを用いて検討した(図 4)。

コンドライト規格化パターンでは、全ての試料で Eu 負異常が認められる。粘土試料が明瞭な右下がりのパターンを持つ一方、砂試料では Gd から Yb にかけての重希土類に富むことがわかる。砂質泥試料は砂試料と粘土試料の中間的性質を持ち、重希土類はほぼフラットなパターンを示す。

## 7. 考察

### (1) 調査地域の陶土層の堆積環境

調査地域の瀬戸層群の堆積環境をまとめると、下部より網状河川(A)、氾濫原(B)、チャンネル(C)、池・湖(D)、氾濫原(E)、湖沼(F)、網状河川(G)に区分できる。

厚い砂層堆積時には網状河川が発達していたと考えられるが、氾濫原堆積物が頻繁にみられることから、頻繁に洪水が起こっていたと考えられる。また、堆積相 D, E, F には根構造が発達することから堆積後にそれぞれ植生が発達する程度の乾燥した時期があったと考えられる。特に D, E には根構造が発達する層準が複数あることから、頻繁に乾燥した時期が出現したと考えられる。

### (2) 陶土層を構成する堆積物の源岩

薄片観察の結果、砂層中には花崗岩片や他形の石英、カリ長石、緑泥石化した雲母がみられる。このことから調査地域の堆積物の源岩は花崗岩類であると考えられる。コンドライト規格化 REE パターンは粘土の源岩が花崗岩などの珪長質岩であることを示唆しており、砂試料の薄片観察の結果と調和的である。調査地域周辺には土岐花崗岩(石原・鈴木, 1969)が広く分布することから、堆積物の源岩は主に、土岐花崗岩であると考えら

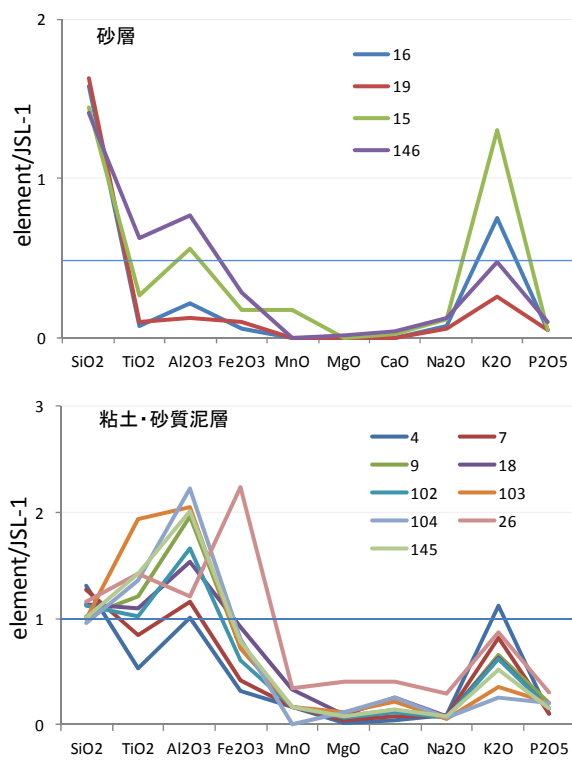


図 3 JSL-1(粘板岩標準試料)で規格化した陶土層の砂層、砂質粘土・粘土層の主要元素濃度比

れる。

また、調査地域周辺には凝灰岩質な堆積物からなる瑞浪層群が分布することから、粘土の源岩の一部は瑞浪層群である可能性が残る。しかし、不溶性とされる  $\text{TiO}_2$  や希土類元素の顕著な濃集は認められないため、瑞浪層群のリサイクルによる寄与は大きくないと考えられる。

### (3) 陶土層を構成する堆積物の化学組成と古風化

全岩化学分析の結果から、調査地域の堆積物は可溶性元素に著しく乏しく、相対的に不溶性な元素  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  や  $\text{Al}_2\text{O}_3$  に富むことがわかる。 $\text{SiO}_2$  に乏しく  $\text{Al}_2\text{O}_3$  に富む泥質な堆積物ではこの傾向が著しい。一方、砂質試料では  $\text{SiO}_2$  比が高く、石英粒子の濃集が考えられる。石英は最も風化作用に対する抵抗性がある鉱物であり (Goldich, 1938)、石英以外の造岩鉱物の多くは溶解してしまっていると考えられる。このことから調査地域の堆積物は強い化学風化を受けていると言える。

薄片観察から、砂層や砂質粘土中から溶食された石英粒子が含まれることがわかる。また、薄片中にみられる長石類はカリ長石が多く、斜長石はわずかであることや、雲母が全て緑泥石化していることも、強い化学風化を被ったことを意味する。

このような強い化学風化が生じた時期は判然としない。しかし、層準に関わらず一様に強い化学風化を被っていることから、源岩が既に強い化学風化にさらされ、可溶性元素が失われていた可能性が高い。更に、堆積物を運搬する作用によって、細粒物質の堆積しやすい氾濫原堆積物においては粘土が、河川堆積物においては石英が濃集するような粒度分別がなされた結果、陶土層と呼ばれる工業材料として稼業可能な程度にまで粘土の濃集がなされたと考えられる。

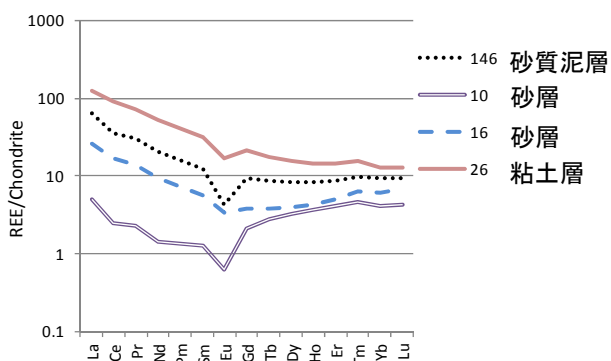


図 4 コンドライトで規格化した陶土層の REE パターン

### 謝辞

信州大学理学部地質科学科の皆様、特に地層解析談話会の保柳康一教授、山田 桂博士には、数多くのご助言を賜った。同教室の三宅康幸教授には蛍光 X 線分析機器の使用に際して便宜を図って頂いた。岩石薄片作成では高橋 康博士にお世話になった。津金達郎氏には分析試料の処理方法についてご助言を頂いた。新潟大学の宮下純夫教授には ICPMS の使用について便宜を図って頂いた。

以上の方々に深く謝意を表し、御礼申し上げます。

### 文献

- 1) 赤嶺秀雄, 1954, 瀬戸市を中心とする陶土地帯の地質, 特に陶土および亜炭を含む地層の堆積状態. 資源科学研究所彙報, 34, 25-39.
- 2) 藤井紀之, 1967, 岐阜県多治見・土岐地方の耐火粘土鉱床の研究-第 1 報小名田木節の産状および組成について-. 地質調査所月報, 18, 1-19.
- 3) Goldich, S.S., 1938, A study in rock weathering. J. Geol., 46, 17-58.
- 4) 石原舜三・鈴木淑夫, 1969, 東濃ウラン鉱床の基盤花崗岩類. 地質調査所報告, 232, 1-178.
- 5) 北崎梅香・荒木春視, 1952, 愛知・岐阜県下の窯業資源の研究(1)-白土と木節粘土-. 資源科学研究所彙報, 27, 80-91.
- 6) 牧野内 猛・壇原 徹・磯田邦俊, 1983, 伊勢湾東岸部の東海層群及び関連層のフィッシュン・トラック年代とその地史的意味. 地質雑, 89, 257-270.
- 7) 中山勝博・陶土団体研究グループ, 1989, 瀬戸層群の堆積盆地. 地球科学, 43, 392-401.
- 8) 野沢和久, 1953, 愛知・岐阜県下の窯業資源の研究-3-. 資源科学研究所彙報, 29, 31-41.
- 9) 小川琢治, 1919-1920, 伊勢の第三紀層について. 島津標本時報, 6-7, 1-6.
- 10) 小瀬知常, 1929, 知多半島の地形及び地質. 地学雑, 41, 338-345.
- 11) Miall, A.D., 1996, The geology of the fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer, 582p.
- 12) 槇山次郎, 1950, 中部地方. 1-233, 朝倉書店,

東京.

- 13) 三宅康幸・津金達郎・金井哲男・池元壮彦, 1996, 珪酸塩岩石試料の主成分の蛍光 X 線分析－低希釈率ガラスビードの作成と迅速分析の精度－. 信州大学理学部紀要, vol.31, 2, 105-117.
- 14) 西本昌司・鶴飼恵美・天野健治・吉田英一, 2008, 地下深部花崗岩の変質プロセス解析～土岐花崗岩を例にして～. 応用地質, 49, 94-104.
- 15) 竹原平一・森下 晶・糸魚川淳二, 1961, 名古屋港の地盤. 名古屋港管理組合, 名古屋.
- 16) 種村光郎, 1964, 愛知県瀬戸地域の粘土および珪砂鉱床も地質学的鉱物学的研究. 地質調査所報告, 203, 1-40.
- 17) 陶土団体研究グループ, 1982, 岐阜県瑞浪市南部の瀬戸層群－瀬戸層群堆積盆地の発生～発展に関する研究(2)－. 地団研専報, no. 24, 143-155.
- 18) 横山卓雄・松田高明・竹村恵二, 1980, 東海層群のフィッショソ・トラック年代(その 1). 第四紀研究, 19, 301-309.

(原稿受付 2013. 3. 11)