

活動報告

愛知県陶磁資料館の「復元古窯（薪窯）」による焼成実験について

学芸員 田村 哲

キーワード：復元古窯（薪窯）、大窯と連房式登窯、当時の技術再現、焼成実験、焼成温度、焼成雰囲気

1. 概要

愛知県陶磁資料館には、瀬戸および東濃地域において室町時代に稼働した「大窯」と江戸時代の「連房式登窯」が復元展示されている。これらはいずれも当地域における製陶技術の変遷において重要な位置を占め、広く普及した窯体である。当館では、これら2基の薪窯を1981年（昭和56年）に復元した。「大窯」は昔田窯（瀬戸市穴田町）と妙土窯（多治見市笠原町）の実測図を元に原寸復元したもので、「連房式登窯」は江戸時代に瀬戸で焼かれた本業窯（連房式登窯）を復元したものである（註1）。この2基は、竣工されてから現在まで当館陶芸館の指導員、学芸員と共同で毎年交互に焼成しており、窯体の保存を行っている（註2）。

なお、本論で述べる焼成実験とは、当館の運営委員であり、また資料委員でもある加藤清之氏（陶芸作家）の指導により実施されてきたもので、2000年度から2011年度まで12回にわたり継続している。この復元古窯焼成は、それまで行っていた窯体維持のための焼成に併せ、各窯が稼働した当時のやきものを再現するという目的も掲げた焼成実験である。当時の原料と製法をできる限り再現する学術研究的な実験とすることが出来る。これまでの12回は、大窯では黄瀬戸や志野をテーマとし、連房式登窯では織部や志野織部、御深井をテーマとした（註3）。詳細は3章にて参照されたい。

また、これらの焼成実験全てにおいて窯内全域の温度計測を行い、焼成雰囲気（註4）の把握を試みた。温度計測には、窯内部での計測が可能な温度計測材「ノリタケ火度チップSP-3～SP-6（註5）」を配置し、焼成雰囲気を把握するために各回のテーマである釉薬を施した試験体（註6）を温度計測材と同一の箇所に設置した。なお、このノリタケ火度チップは初回から12回まで全回にわたり、瀬戸製土株式会社・谷口良治郎氏からの提供を受けている。

2. 実験目的、実験内容

12回の焼成実験はいずれも、それぞれの窯が稼働した時代（大窯：室町時代、連房式登窯：江戸時代）に使われていた原料と技法にできる限り近いと考えられるものを用いた。土は、瀬戸市内の粘土採掘場で採取される蛙目系粘土（註7）を用いた。さらに、釉薬に用いる長石や木灰も、できる限り当時の原料に近いものを調達し、焼成に必要な

薪も、地元、豊田市藤岡地区で採取される雑木（ナル：註8）や赤松の割木を用いた。

次に、焼成実験における窯内全域の温度計測について述べる。通常、窯焚きにおいては、窯内それぞれの各所で焼成温度や焼成雰囲気などに必ずバラツキが現れるものである。一般的な窯内の温度計測としては、熱電対（註9）による計測法あるいはゼーゲル錘（註10）による計測法が普及している。しかし、前者は、窯外から測定器を挿入するため測定器の長さに限界があり、後者は、窯外からの目視による温度判定のため、窯壁に近い位置に限定される。つまり、いずれの方法も、計測できる範囲は窯壁から10cm前後の領域に限られ、窯内のあらゆる箇所の温度測定には至らないのである。

そこで本実験では、温度計測材を窯内各所に設置する方法をとり、焼成後の回収で得た結果から温度を計測する事とした。なお、この焼成実験では窯内温度が1000℃～1350℃ぐらいの範囲に分散される事を想定したため、ノリタケ火度チップSP-3～SP-6を選択した。さらに試験体も温度計測材と同一の箇所に設置し、焼成後の試験体の土や釉の発色から焼成雰囲気を判断する事とした。窯内全域のあらゆる箇所に配置した焼成温度と焼成雰囲気の結果は、報告書（図版1～図版12）としてまとめた。

3. 2000年度から2011年度までの焼成テーマ

回数	年度	実験に使用した窯	テーマ（釉薬）	図版
1	2000	大窯	黄瀬戸	図版1
2	2001	連房式登窯	織部	図版2
3	2002	大窯	志野	図版3
4	2003	連房式登窯	志野織部	図版4
5	2004	大窯	志野	図版5
6	2005	連房式登窯	織部、志野織部	図版6
7	2006	連房式登窯	御深井、志野織部	図版7
8	2007	連房式登窯	織部、志野織部	図版8
9	2008	連房式登窯	御深井	図版9
10	2009	連房式登窯	織部	図版10
11	2010	連房式登窯	織部	図版11
12	2011	連房式登窯	織部	図版12

●大窯は2005年の焼成後、窯の亀裂が拡大したため、現在は焼成を休止している。

●各回のテーマとなる釉薬について（註3）

- ・黄瀬戸：灰と長石の釉に鉄を呈色材・黄色
- ・織部（青織部）：長石と灰の釉に銅を呈色材・緑色
- ・志野：長石の釉・白濁色
- ・志野織部：長石に少量の灰を加えた釉・透明色
- ・御深井（おふけ）：灰釉と長石の釉・やや青みがかった透明色

4. 試験体について

(1) 焼成温度の計測

温度計測材を窯内全域に配置する

- ・大窯 窯内奥から手前にかけて、積み上げた列毎に9箇所ずつ設置。
20列前後：総計約180箇所
- ・連房式登窯 一の間：18箇所、二の間：27箇所、三の間：27箇所
への設置を標準とする。：総計74箇所

(2) 焼成雰囲気（註4）の把握

3章に表示したテーマの釉薬を施した試験体（註6）を制作し、（1）とともに配置する。

(3) 温度計1：窯内6箇所の熱電対（註9）

- ・大窯 窯の上部、煙出（けむりだし：煙道ともいう）方向から焚口にかけて直線的に6箇所設置する。
- ・連房式登窯 各焼成室の上下2箇所、3室で計6箇所設置する。
※ 詳細は、図版1,図版2の窯の図面中に記入している。

(4) 温度計2：ゼーゲル鍾（註10）

- ・大窯 合計12箇所（左右壁各3箇所、上下に配置）設置する。
- ・連房式登窯 合計11箇所（各焼成室左右壁面上下に配置、三の間右下には配置せず）に設置する。

(5) 色見：試験体と同一の施釉片（註11）を使用する。

ゼーゲル鍾と同じ箇所に配置。焼成具合を見る指標として使用する。

5. 実験方法

(1) 焼成雰囲気を把握するための試験体を制作する。

(2) 窯詰め時、窯の奥から順に焼くための匣鉢や棚板等を積み上げた一面を壁と見立て（註12）、その壁の上中下、右中左の9地区にわけ、温度計測場所を決定する。

(3) 先に決めた各地区が窯内温度を測定する必要な箇所であり、ここに温度計測材と試験体を配置する。

(4) 熱電対を6本、窯内所定の場所に配置する（詳細は4-(3)）。

(5) 焼成時、毎時0分に熱電対が示した窯内温度ノートに記録し、グラフを作成する（註13）。

(6) 焼成時の薪投入量や投入間隔、さらには焚口（たきぐち）や煙出部分の開口部へのレンガ封入による微調整は、その都度ノートに記録する。

(7) 窯出し時、各列に分けて資料を取り出し、それぞれの様子を写真撮影し、記録する（註14）。

(8) 焼成結果として、温度計測材と試験体を回収する。

(9) 窯出し後、温度計測材を測定用チャート（温度計測紙：註15）に重ね合わせ、

合致した温度を計測し、各箇所の焼成温度を記録する。

(10) 温度計測材とともに回収した試験体の釉や土の色から焼成雰囲気判断する。

(11) 焼成温度をもとに温度分布表を作成する。

(12) 全てのデータを整理し、報告書(図版1～図版12)を作成する。

6. 実験結果

2000年～2011年の報告書は図版1～図版12のとおりである。

なお、これらの報告書は、主に窯出し作業の約一ヶ月後の報告会時に配布したものである(註16)。

7. 考察 ～これまでの焼成実験から～

7-1. 焼成雰囲気の差異について

これまでの焼成実験はいずれも、全作品、全試験体を各回のテーマとなる釉薬に統一したため、焼成雰囲気の差が釉薬の発色にどの様に影響したかを見ることができ、酸化焰焼成か還元焰焼成かについてのたまかな判断ができた。

通常火前(ひまえ)と呼ばれる最前列では還元焰焼成となる。すなわち、試験体が炎に当たる範囲は、燃烧のための酸素が常に必要となることから酸素が欠乏した状態が続き、必然的に試験体の釉や土に含まれる酸素成分が奪われる事でそれ自体が還元される(還元焰焼成)。その範囲は概して富士山形(末広りの台形)の範囲におよび、薪が投げ込まれる量、投げ込まれる方向、さらには燃え残りとなる「オキ」の溜まり具合などにより、その大きさや範囲、傾向などが変わる。

一方、火前から離れた部分、薪の燃烧する部分から離れた奥では十分な酸素が供給されるため試験体は酸化される(酸化焰焼成)。これらの現象は、大窯では焚口に近い火前部分から炎の流れる3列程(約1m)の範囲に顕著に表れており、薪の燃烧による炎の循環なども含め試験体が還元される傾向が強い。さらに薪を燃料とすることで、匣鉢などを用いていない裸の状態では薪の灰が被る(灰被り)現象も生じており、釉の成分である灰の割合が増え、釉の融点降下による釉のガラス化、下方への流れ落ちが検出された。

連房式登窯では、3室どの焼成室とも両側面の焚口から薪投入があり、火前では還元焰焼成、奥(煙出側)では酸化焰焼成の傾向となっている。なお、火前の試験体(作品)は、投入される薪との接触を避けるために匣鉢詰めとなっており、灰被りはなかった。

また、胴木間で大量のナルや赤松の割木を焚くことから、一の間(最下部の焼成室)では温度上昇が早く、焼成雰囲気に差が大きく出るものの、三の間(最上部の焼成室)では、胴木間、一の間、二の間と時間をかけて焚かれるため十分な熱量を受けることで緩やかな温度上昇を得ている事から、焼成雰囲気の差は小さかった。

概して、焼成雰囲気の分布等についてはたまかな傾向として把握できたが、焼成方法、条件の変化に応じて試験体の還元される範囲(還元焰焼成の領域)に変化が生じる事から、今後、更なる検討が必要である。酸化焰焼成、還元焰焼成された部分の分布等、焼

成雰囲気としての傾向は次回の論としたい。

7-2. 焼成温度の分布について

温度計測材に用いたノリタケ火度チップの計測結果から、窯内の温度分布に一定の傾向を見出すことができた。

大窯は、最前部の窯内最高地点が2mとなる半円形で、窯内の全長が約6m、傾斜角が約30°という斜面により構成される一室のみの芋虫形の窯体で、直線的に炎が流れる直焰式窯体であることから炎の量に粗密が生じる。これにより窯内の上下では200℃前後の差となり、さらには火前では1350℃強であるが、窯の奥部、煙出方面に進むほど炎との接触量も減り、1000℃を下回る箇所も検出され、前後で約400℃の温度差が生じていた。この様な不均質な窯内環境となる直焰式窯体は、焚口の吸気口や煙出開口部等を塞ぐなどの技術的な調整でも温度分散の緩和は難しい事から、2002年度以降は障壁を立てる事で炎の停滞を促す半倒焰式の焼成を試みた(図版4)。

連房式登窯は、窯内を複数の焼成室に分割し、それぞれの焼成室毎に効率的な焼成ができる様に工夫されたもので、炎を窯内に循環させる倒焰式窯体である。これは、各焼成室の火前下方で薪を燃やし、その炎は火前の上部に流れ、さらに炎はアーチ天井に沿うことで奥の下方へと流され、奥下方の吸気口から吸い込まれる構造となっており、一部の炎は火前下方へと循環されることで窯内に炎の対流が起こっている。吸気口から吸い取られた一部の炎は次の焼成室の温度上昇に供され、火前下部から薪とともに燃やされ、次の焼成室で炎を流すという効率的な炎の循環をねらった窯構造である。この事により、窯内前後、上下ともに焼成温度の差は100℃以下に抑えることができる。ただし、緩やかな温度上昇により、最終段階に焼かれる三の間では容積が大きく、炎の循環とともに熱量が減り、十分な熱量を得ない奥の下方では100℃以上低くなるが、連房式登窯全体として見る限りは大窯とは違い、ほぼ均質な焼成温度の分布傾向であった。

なお、初回の焼成実験を行った2000年度(図版1)や2回目の2001年度焼成(図版2)では、設置すべき火度チップの配置場所などが適切でなかったため、十分な温度計測を得ることができなかった。この経験は以降の実験に活かされ、その後は十分な成果を得る事ができた(図版3～図版12)。

温度分布の一覧については、焼成雰囲気との相関性も含め、試験体に与えた影響を客観的に捉えられるよう、今後、更に検討を深めていきたい。

7-3. これからの課題 ～今後の展開について～

7-2の焼成温度の計測の項では、測定のために用いた温度計測材が示した温度(単位℃)を適用したが、焼成時に計測した熱電対が示した温度との間に差異が生じていた。今回の測定値とは、温度計測材が受けた被熱量に相当した温度であり、被熱量(単位Kcal)とは、計上する場合において、熱電対等で計測した温度と時間による累積値であることから、今後はこれらを勘案して詳しく検証する必要があると考える。さらに、焼成雰囲気の分布について、窯内の温度分布と各試験体に残された発色による分布との相

関性などについて、十分な考察を深めていきたいと考えている。

本論では、12回にわたる焼成実験により得た窯内温度分布と測定記録の掲載に重点を置いたが、今回は上記の課題を考慮して、深く掘り下げる事としたい。

謝 辞

焼成実験でのご指導、ご協力をいただきました加藤清之様には、本論をまとめるにあたり丁寧なご教示をいただきました。また、全ての焼成実験において、温度計測材「ノリタケ火度チップ」のご提供をくださった瀬戸製土株式会社取締役会長の谷口良治郎様からもご助言をいただきました。さらに、加藤惇様（陶芸作家）をはじめ、実験焼成の実施にあたり御協力くださった多くの皆様に心よりお礼を申し上げます。

<註>

(註1)：当館研究紀要1：1982年 愛知県陶磁資料館

●大窯：全長約8m、窯内全長6m、最大高：2m、半円形の断面、床面の傾斜角約30°(28~32°)、焚口(たきぐち)部分から約50cmの段差と分煙柱有り。円形の煙出(けむりだし)には煙突無し。煙出は、棚板による開口部調整。窯内、最前部は半径2mの半円形で、約5m地点で約1m半径の半円形となる一室のみの芋虫形窯体。試験体の焼成部分は窯内下方から約2/3の範囲まで(参照、図版1窯詰め図)

●連房式登窯：胴木間と3室からなる焼成室で構成：一の間(約4立米)、二の間(約6立米)、三の間(約8立米)。煙出は9箇所に分かれ、開口部はレンガによる調整。煙突無し。試験体は、3箇所の各焼成室全域で焼成される。

(註2)：大窯については、焼成による窯体の亀裂がすすみ、これを修復するため、2005年度以降は休止中である。

(註3)：各焼成のテーマとなる釉薬は、黄瀬戸釉、志野釉、青織部釉、御深井釉、志野織部釉である。広義の織部、志野、御深井などは様式を指して呼ぶが、今回は釉薬に限定して呼ぶこととした。

(註4)：ここで言う焼成雰囲気とは、窯内の空気量の多少により酸化焰焼成または還元焰焼成となる焼成空間ができる。これにより、鉄を呈色材として重量比2~3%を含ませたものは、(酸化)黄褐色 - (還元)淡青緑色と変化する。銅が2~3%の呈色材だと、(酸化)緑 - (還元)赤血色。

(註5)：温度計測材の正式名称は「ノリタケ火度チップ」。販売・ノリタケカンパニー。製造元・瀬戸製土株式会社(取締役会長 谷口良治郎氏)はこの温度計測材の開発者である。

この火度チップSP-3~SP-6の測定可能範囲は、SP-3が900~1020℃、SP-4が980~1200℃、SP-5が1200~1320℃で、SP-6が1300~1460℃であり、これらの全ては20~30℃間隔の精度での温度計測が可能である。

(註6)：毎年の焼成実験では、大窯では黄瀬戸、志野などの、連房式登窯では織部、志野織部、御深井などのテーマが設定され、これに用いる同一の土や釉を施した湯呑み

形、または小皿形の試験体を作成し、焼成に供した。

(註7)：瀬戸市品野地区、道の駅しなの周辺の鉾山から採取された蛙目系の白色粘土を実験に供してきた。

(註8)：ナルとは、胴木(どうぎ)ともいい、1m長にカットされた檜や樫、椎などの硬木の薪をさす。赤松は、脂を多く含んでいるため、熱効率が高く、日本各地の陶産地で多く植えられてきた。

(註9) 熱電対：温度計測部分に白金(Pt)を用いた電対、白金が熱を受けることで抵抗値が変化し、これに電流を加えた時の抵抗値を熱換算することで窯内温度を計測できるというもの。

(註10) ゼーゲル鍾：SK-7：1230、SK-8：1250、SK-9：1280を使用。ドイツ人化学者、ヘルマン・ゼーゲルにより開発された温度計測材で、アルカリ金属：珪酸塩：アルミナの成分値の調整比(ゼーゲル式)を各温度帯に適用させ、80°傾斜の三角錐が傾くことでその先端が、地面についた時の温度により分布されるものである。

(註11) 色見：焼成の具合を見るための、窯内に詰めたものと同じ施釉片。これを焼成中に窯内から取り出しで見ることで、釉の熔け具合などの観察ができ、この結果から焼成継続等の判断をするための指標物ともなる。

(註12) ここで言う壁とは、大窯ではカマボコの横断面(20枚前後の皿鉢、棚板積みによる半円形の壁)、連房式登窯ではカマボコの縦断面(各部屋2～3枚の長方形の壁)となる。この面を、縦横各3箇所、計9箇所の地区に分ける。

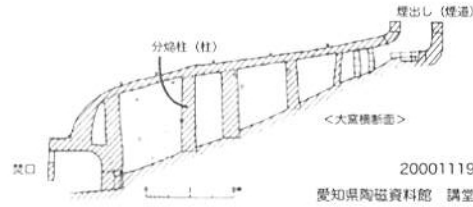
(註13) 記録ノート、グラフの作成：本研究では、この焼成実験の再現性を高めるため、薪の投入量、投入間隔(時間)、投入方向、焚口の空気穴の大きさ、煙出部分の開口部に詰めるレンガの大きさ、量の変化など、詳細を掲載し、記録としてのこしている。グラフについても、毎時0分に熱電対の示した窯内温度6箇所を計測し、数値はノートに、グラフ用紙にプロットし、その時の操作もグラフ余白に掲載している。

(註14) 記録写真：おもに、窯詰め時、窯出し時の記録として活用している。窯詰め時の記録は、記録用紙に描いているが、試験体の配置箇所、配置状態など、写真で記録している。窯出し時は、壁(註12)ごとに試験体を取り出し、各面で一枚ずつ写真におさめている。

(註15) 温度計測のためのチャートは、ノリタケカンパニーが発行しているもの。温度が高くなるについて、円柱形のラムネ状計測材が溶融し、ドーム状から同心円状に広がる状態を、20～30℃毎にチャートとして表されたものである。これと実物を重ね合わせることで拡がり具合を照合させ、温度を計測することができる。

(註16) 報告書には、焼成雰囲気分布図を掲載していない。

平成12年度
復元古窯（大窯）焼成結果



20001119
愛知県陶磁資料館 講堂

実験目的

室町時代末期から桃山時代にかけて焚かれていた大窯を復元し、当時の焼成技術を知る上で焼成実験し、これらのデータから当時の焼成状況を把握する。
特に今年度は、大窯で多く焼かれていた「黄瀬戸」について、それが作られていた釉薬、陶土、燃料、焼成雰囲気等をできる限り忠実に再現し、どの様にして焼かれたかを究明する。よって、窯内各所に黄瀬戸試験体を配置し、これらを焼成したものを回収し、整理・分析するものである。

1. 焼成資料黄瀬戸釉を施した陶胎試験体
2. 使用原料

<胎土>

・品野陶土周辺の山の原土（白土：薄赤土（※1）=700Kg：300Kg）
<原土：珪砂=1000Kg：200Kg>

<釉>

・下石陶磁器協同組合製 混合灰（楮灰：檜灰：栗灰=3：1：1）
・大平長石2級 60メッシュ
<混合灰：長石=35Kg：35Kg> + 鬼板2%（※2）を添加（1.4Kg）

<胆礬：たんぱん>

・黄瀬戸釉の下層に施した銅質緑色の斑点。今回は炭酸銅を使用。
・鬼板（※2）を水で溶いた褐色斑も胆礬と併用した。

3. 焼成日程

平成12年10月16日（月）午前10時10分～21日（土）午前6時25分
<総焼成時間：116時間15分>

4. 焼成燃料

赤松の割木 <総使用薪量：1298束>
（ただし、初期26時間40分は製材屋からの端材（※3）を用いた）

5. 焼成条件

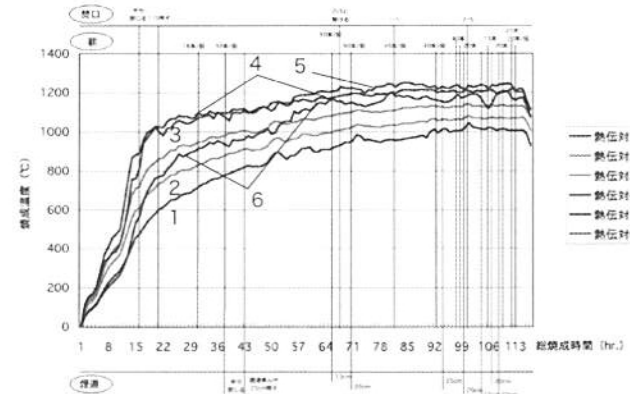
窯内の焼成雰囲気は、薪投入量、投入間隔、煙出し先端部と焚口下部のダンパー2カ所の開閉で調節した。

6. 記録計測

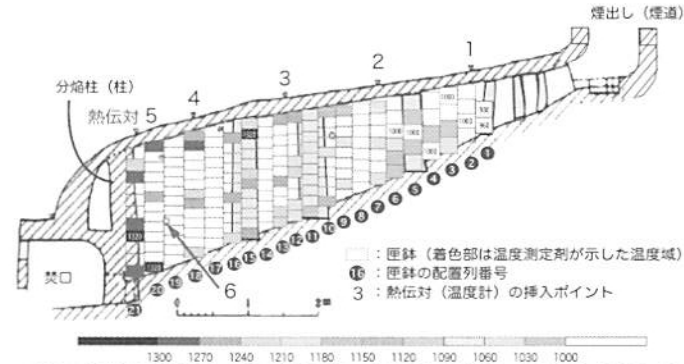
炉内6カ所に白金ロジウム熱伝対を挿入、6チャンネル記録計を用いて記録した。また、連続的な炉内の雰囲気把握のために熱伝対%に温度計測器を併設した。
炉内の資料焼成状況および焼成結果を把握するために、黄瀬戸釉を施したテストピースと、3種のゼーグルコーン（SK6a, SK7, SK8）、およびノリタケコーンSP-3, SP-4, SP-5を併用した。

<註>

- ※1 薄赤土：鉄分を少量含んだ白土。白土
- ※2 鬼板：鉄と粘土成分の混ざった鉱物。今回は、鉄分がやや少なく、水打に近い鬼板を使用。
- ※3 端材：米松、檜、杉、米樺、桐などの自然木。

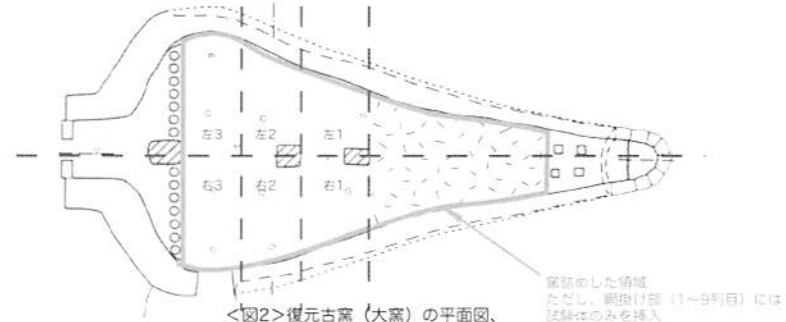


<図1> 焼成条件と窯内各熱伝対が示した温度



<図2> 温度測定剤が示した温度領域（注：上昇温度と時間による若干の誤差はあり）

<図1> 復元古窯（大窯）の横断面図



<図2> 復元古窯（大窯）の平面図、および色見本採取状態による地域区分

平成13年度

復元古窯（登窯）焼成結果

20011118

実験目的

桃山時代から江戸時代にかけて、瀬戸、美濃地方で焚かれていた連房式登窯を復元し、この窯の性能を正確に知るために焼成実験を行う。また、このデータから、当時の焼成技術を把握する。

特に今年度は、登窯で多く焼かれた「織部（※）」について、それが作られていた釉薬、陶土、燃料、焼成雰囲気ができる限り忠実に再現し、当時の制作技術を究明する。よって、窯内各所に織部の試験体を配置し、これらを焼成したものを回収し、整理、分析するものである。また、熱電対が届かない部分を含めて、窯内各所の焼成温度を正確に把握するために、温度計測体（ゼーゲルコーン、ノリタケSPチップ等）も併用する。

（※）織部：一般に、桃山時代の茶人、古田織部が愛した茶の湯の器。

1. 焼成資料：銅緑釉を施した陶胎の試験体
鉄釉を施した陶胎（引出し黒）の試験体

2. 使用原料

<胎土>

- ・瀬戸市品野地区（品野鉱山）の原土
- 白土（蛙目系の粘土：珪砂=10：1）
- 赤土（上記の白土：黄土=10：2）

<釉薬>

- ・織部緑釉（福島長石：楳灰：カオリン：銅ヘゲ* = 50：45：5：3）
（*銅ヘゲ、銅剥げ：金属銅の削りくず。現在は取焼した金属銅の粉末）
- ・透明釉（福島長石：楳灰=90：10）
楳灰：下石陶器協同組合、黄土：愛陶工製粉末

3. 焼成日程

平成13年10月9日（火）10：00am～ 12日（金）9：15am

<総焼成時間：71時間15分>

4. 焼成燃料

赤松の割木 <総使用薪量：672束>

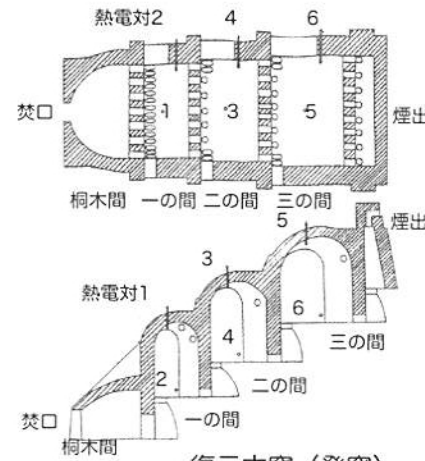
5. 焼成条件

窯内の焼成雰囲気は、薪投入量、投入間隔、煙出と焚口をレンガ積みで開閉調節、空気をコントロールした。なお、銅緑釉を得るためには酸化焙焼を維持することが不可欠である。

6. 記録計測

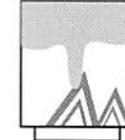
各焼成室内2箇所、計6箇所に白金ロジウム熱電対を挿入。6チャンネル記録計に接続して記録集計を行った。また、連続的な温度変化を確認するために、熱電対1、#、%のそれぞれに温度計測器を併設した。

さらに、窯内各箇所の焼成温度（被熱量）を把握するために、織部緑釉を施した試験体と3種類のゼーゲルコーン（SK6a,SK7,SK8）、4種類のノリタケSPチップ（SP-3～SP-6）を設置した。



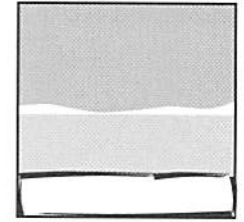
復元古窯（登窯）

織部緑釉の試験体



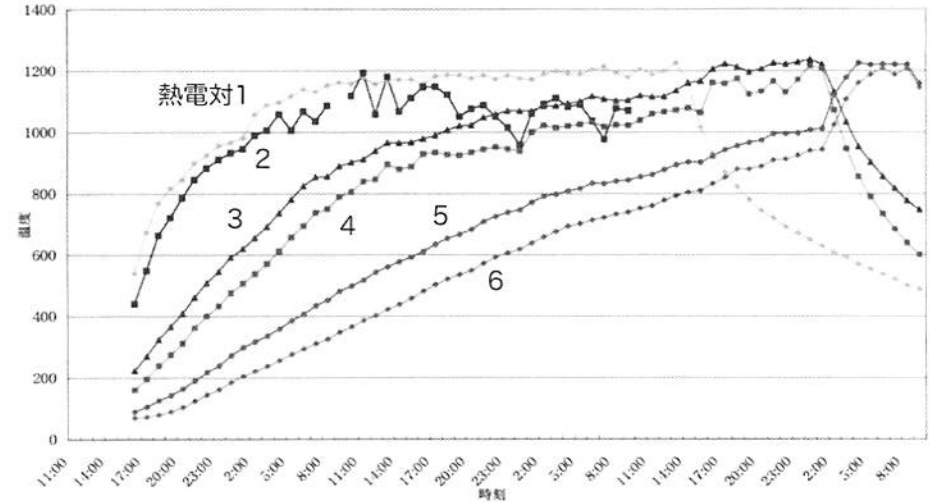
湯呑み形の試験体
（織部緑釉）

大きさ、口径8.5cm、高さ10cm



皿形の試験体
（鳴海織部）

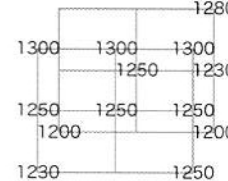
大きさ：20cm平方



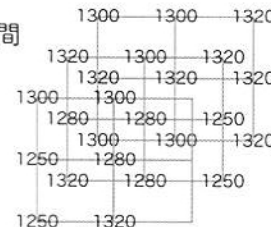
焼成時間と温度変移

◆窯内の温度分布（空白の部分は計測できず）◆

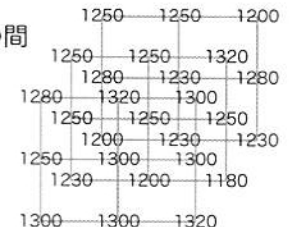
1の間



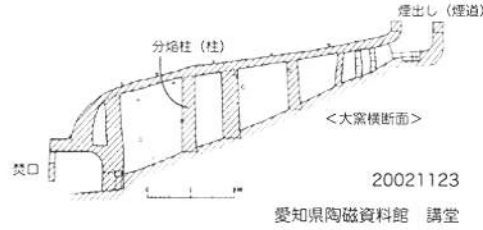
2の間



3の間



平成14年度 復元古窯（大窯）焼成 結果報告会



1. 実験目的：

当館では、室町時代末期から桃山時代に焚かれていた大窯を復元し、当時の焼成技術を知るための焼成実験を行ってきた。しかし、一昨年より、窯内の熱伝対などが届かない部分（窯の中央部分など）における焼成温度等の把握を試みるため、窯内に詰める試験体を同一の原料とした。また、これら試験体を詰めるときには温度計測剤※1も添付し、焼成後に試験体、温度計測剤両方を回収することで、窯内全域に亘る焼成温度や、焼成雰囲気をも具体的に把握できる画期的な実験を試みている。

今年度はその第三弾であり、一昨年の「黄瀬戸」同様に、当時多く焼かれていた「志野」を実験焼成するもので、志野の釉、胎土、燃料、焼成雰囲気等をできる限り忠実に再現しようとした。

2. 焼成資料

長石を主体とする釉を施した「志野」試験体

3. 使用原料

- <胎土> ・下野地区の原土（蛙目粘土）：珪砂=10：1（重量比）
+黄土0.5%（重量比）を混合
- <釉> ・平津長石（スタンパー加工60メッシュ）のみ
【平津長石（スタンパー加工60メッシュ）：朝鮮カオリン=9：1（重量比）】
【 】内の釉は、火前用に調製したものである。

<鼠志野下地用鉄泥>

- ・鬼板※2：朝鮮カオリン=7：3（重量比）

4. 焼成日程

平成14年10月16日（水）午前10時00分～21日（月）午後5時05分
＜総焼成時間：127時間05分＞

5. 焼成燃料

赤松の割木 <総使用薪量：1581束>
（ただし、はじめの41時間40分間は雑木※3を使用）

6. 焼成条件

窯内の焼成雰囲気は還元焰焼成を目指した。薪投入量、投入間隔、煙出し先端部や焚口、焚口下部の蓋を開閉調節することで、焼成条件を整えた。

7. 記録計測

窯内5カ所に白金ロジウム熱伝対を挿入し、6チャンネル記録計の内5チャンネルを用いて記録した。さらに、焚き手が交代しても客観的な実験焼成が行えるように、熱伝対にデジタル式連続温度計測器を併設し、温度変化をリアルタイムに把握し、薪投入のタイミング等の目安にした。

また、窯内の焼成状況を把握するために、色見穴から取り出せる位置には、志野釉を施した色見（施釉した2cm四方の陶片）と3種のゼーゲルコーン（SK7, SK8, SK9）を封入した。さらに、焼成結果を具体的に把握するために、鬼板を半分掛け付けた15cm径の丸皿（志野試験体）を詰め、これと同位置には温度計測剤を添付、焼成後に回収した。

※1 ノリタケSPチップのSP-3～SP-6（測定温度域：900℃～1430℃、段階別）

※2 鬼板：鉄と粘土成分の混ざった鉱物。今回は、粘土分がやや多い鬼板を使用。

※3 雑木：ナラ、コナラ、クヌギ、クリ、カシなど

8. 焼成結果（窯出し記録の観察から）：

今年は、一昨年と同じ大窯を用いた実験焼成であり、前回の焼成で得た課題を実行することにした。前回の焼成では、窯体性能の把握を試みたため、概略的な温度分布を予想することができ、全体的には極めて良い焼成結果であった。

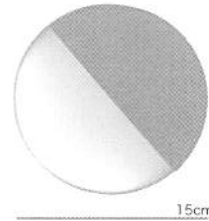
前回の焼成で行った温度計測と、焚き方の変化による温度上昇の変化などの記録（図2）は、今回の焼成条件の設定に大いに役立ち、今回の結果にも反映されたと考える。

また、立体的な温度分布を把握するために窯内左右にも計測ポイントを増やすことで、窯内隅々までの焼成温度分布を把握することができた（図3）。温度上昇が著しいほど長石釉はよく熔けるため、試験体の鉄の発色が強くなっていた。一方、列番号が若くなるほど焚き口から離れ、熱量は順に少なくなるために、同一の釉、胎土で調製した資料の焼成結果は、段階的な色調変化を示していた。釉呈色等の変化は微妙かつ多彩であり、極めて良い結果であった。

前回の窯詰め時では、左右に用いた匣鉢（えんごる）の形状も異なっていたなど、焰の通り方に相違点が生じ、温度上昇に影響が出ていたが、今回の実験では、左右の温度分布に大きな違いは出ず、安定した焼成結果であったと推測できる。

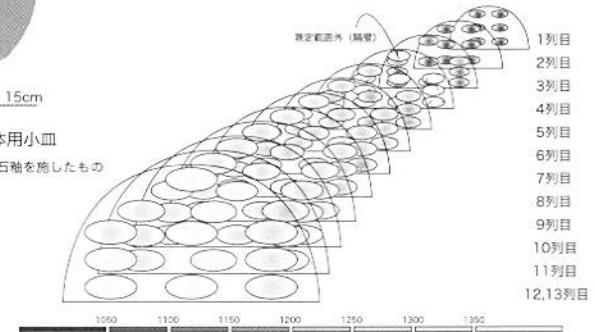


（図2）焼成温度の時間経緯と焼成条件の変化



（図1）「志野」試験体用小皿

鼠志野用鉄泥を半分掛けし、全体に長石釉を施したもの



（図3）ノリタケSPチップによる温度測定結果

平成15年度
復元古窯（登窯）焼成
結果報告会

平成15年11月22日（土）

1. 概要：

当館では、室町時代末から桃山時代にかけて焚かれていた大窯と、桃山時代から江戸時代にかけて焚かれていた連房式登窯を再現し、当時の焼成技術を把握することを目的に毎年それぞれの窯で実験焼成を行い、データを回収してきた。今回はその4回目、連房式登窯を用いた「志野織部」について、それが作られた当時に用いられた原料（釉、陶土）、燃料等をできる限り忠実に再現し、どの様に焼成されたかを究明するものである。

2. 焼成資料：「志野織部（※1）」釉を施した陶胎試験体

および「青織部（※1）」釉を施した陶胎試験体

<注> ※1：志野織部：長石と灰を原料とした釉、青織部：銅を呈色剤とした緑釉

3. 使用原料：

<胎土> 【白土（しろつち）】下品野地区の原土（蛙目粘土）：珪砂=10：1（重量比）

【赤土（鴨海嶺部用）】【白土】+黄土（※2）0.5%（重量比）を混合

<釉> 【志野織部（透明釉）】福島長石（スタンパー加工60メッシュ）：ナラ灰=9：1

【織部緑釉】福島長石：50%、ナラ灰（※2）：45%、カオリン：5%、銅：

3%

<注> ※2：黄土：愛知県陶磁器工業協同組合製、ナラ灰：下石陶磁器協同組合製

4. 焼成日程：平成15年10月11日（土）午前10時00分～13日（月）午後4時00分

<総焼成時間：54時間00分>

5. 焼成燃料：赤松の割木 <総使用薪量：計522束（赤松割木461束+雑木（※3）61束）>

（ただし、はじめの10時間20分間は雑木（※3）を使用し、桐木間焼成）

<注> ※3雑木：ナラ、クヌギなどの自然木を長さ90cmぐらいにカットしたものを。

6. 焼成条件：

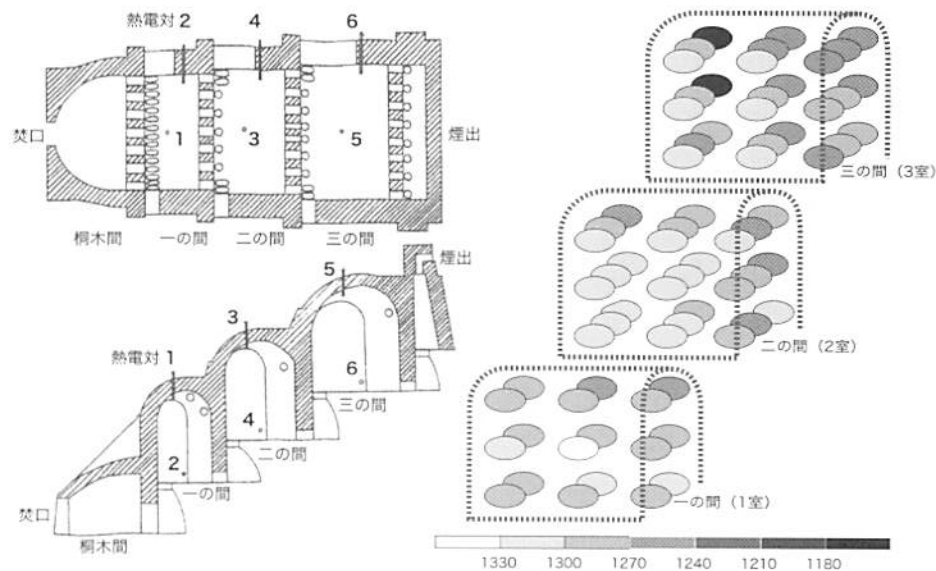
窯内の焼成雰囲気は酸化焰焼成を目指して行った。薪投入量、投入間隔、煙出しや桐木間の焚口を開閉調節することで焼成条件を整えた。

7. 記録計測：

この焼成は、焼成中に取り出した色見の発色結果（焙け具合、呈色等）をもとに、随時薪投入量、投入間隔、焼成条件を決定して行った。

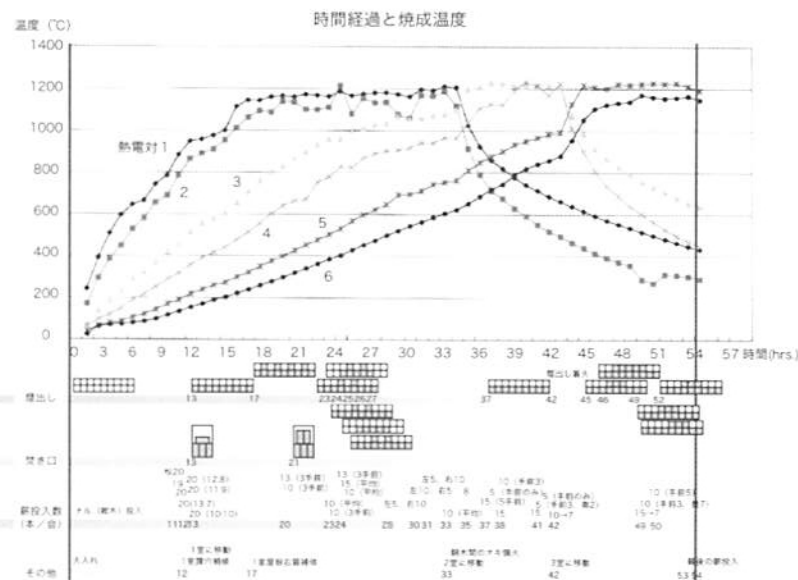
この焼成に関する温度記録は、各室内2か所、3室計6か所に白金ロジウム熱電対を挿入し、6チャンネル記録計を用いて数値化させ、随時記録させた。そして、焚き手が交代しても客観的な実験焼成が行えるよう、計測したい熱電対にデジタル式連続温度計測器を併設し温度変化をリアルタイムに把握することで薪投入のタイミング等の参考とした。

また、窯内の焼成状況を把握するため、色見穴から取り出せる位置に色見と3種のゼーゲルコーン（SK6a, SK7, SK8）を封入した。さらに、焼成結果を具体的に把握するために15cm径の丸皿（織部試験体）を詰め、これと同位置には温度計測剤（ノリタケSPチップ3～6）を添付、焼成後に回収することで、ほぼ窯内全域の焼成温度を把握できた。

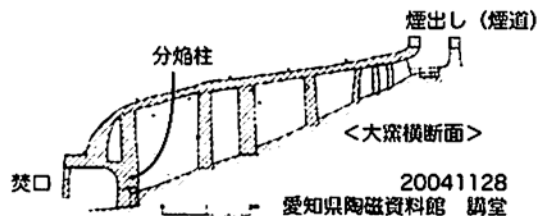


復元古窯（登窯）

温度計測剤による窯内の温度分布について
（使用計測剤：ノリタケSPチップ3～6）



平成16年度
復元古窯（大窯）焼成
結果報告会



1. 実験概要

当館では、室町時代末期から桃山時代に焚かれていた大窯を復元し、窯体維持と当時の焼成技術を知ることを中心に、焼成実験を行ってきた。窯内全域を「黄瀬戸」や「志野」といった具体的なテーマに限定し、窯内に詰める試験体を同一の原料としたテーマ別焼成は今年で5回目を数え、この実験による結果等はさらに深化している。特に、窯内中央部等、熱電対（温度計）が届かない部分における焼成温度等を把握する温度計測剤（※1）等を試験体として用いることで、窯内全域の焼成温度を測定した。加えて今年度は、一昨年の「志野」の焼成を再び行うものであり、前回と同じ軸、胎土を用いた。これらによって得ることができる試験体の釉の溶け具合、呈色等から把握できる焼成雰囲気等に関するデータの収集によって、前回までに行ってきた窯の性能等に関する把握をさらに深めるものである。

2. 焼成資料 長石単味の釉を施した「志野」の試験体

3. 使用原料

- <胎土> ・下品野地区の原土（珪目系粘土）：珪砂=10：1（重量比）
+黄土0.5%（重量比）を混合
- <釉> ・平津長石（スタンパー加工60メッシュ）のみ
- <鼠志野、下絵用鉄泥>
・鬼板（※2）：朝鮮カオリン=7：3（重量比）

4. 焼成日程 平成16年10月7日（木）午前10時10分～12日（月）午後2時00分

<総焼成時間：123時間50分>

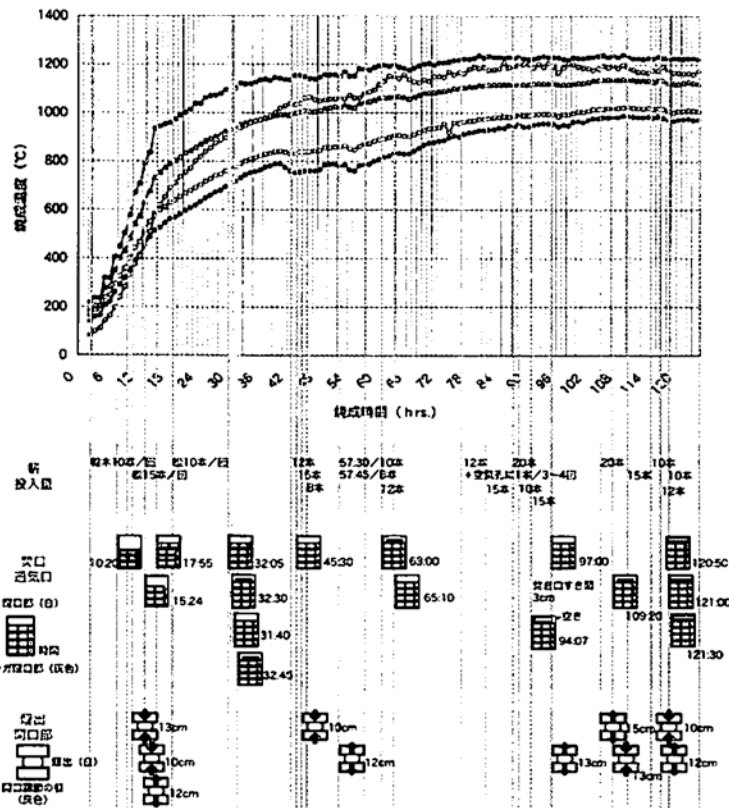
5. 焼成燃料 雑木（※3）（100束）+赤松の割木（1125束）

6. 焼成条件

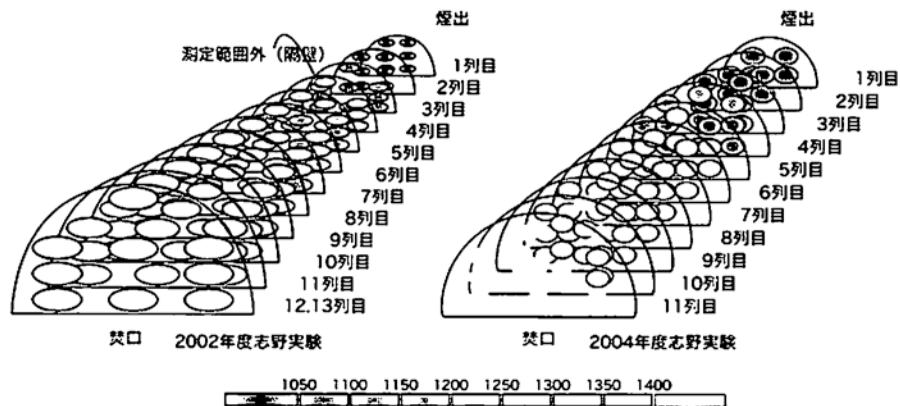
窯内の焼成雰囲気は還元焼成を目指した。薪投入量、投入間隔、煙出し（煙道）や焚口、焚口下部にある通気口の蓋を開閉調節して炎の流量、焼成条件を整えた。

※1 温度計測剤：ノリタケSPチップのSP-3～SP-6（測定温度域：900℃～1430℃、段階別）

※2 鬼板：鉄と粘土成分の混ざった鉱物。今回は、粘土分がやや多い鬼板を使用。



（図2）焼成時間と焼成温度の推移



（図3）ノリタケSPチップによる温度測定結果

復元古窯焼成（連房式登窯）の焼成結果について

<平成17年12月5日報告>

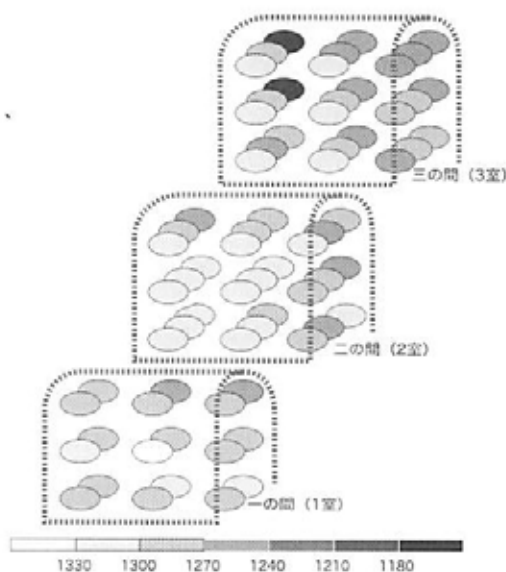
- 焼成実験のテーマ
連房式登窯による織部、志野織部の再現

- 実験概要
江戸時代に瀬戸周辺で焼かれた連房式登窯を用いて、当時に焼かれていた織部、志野織部の土や釉と言った原料、焼成方法をできる限り忠実に再現し、焼成実験を行うとともに、登窯における窯内各所の焼成温度、焼成雰囲気等、窯体に関する性能を把握する。

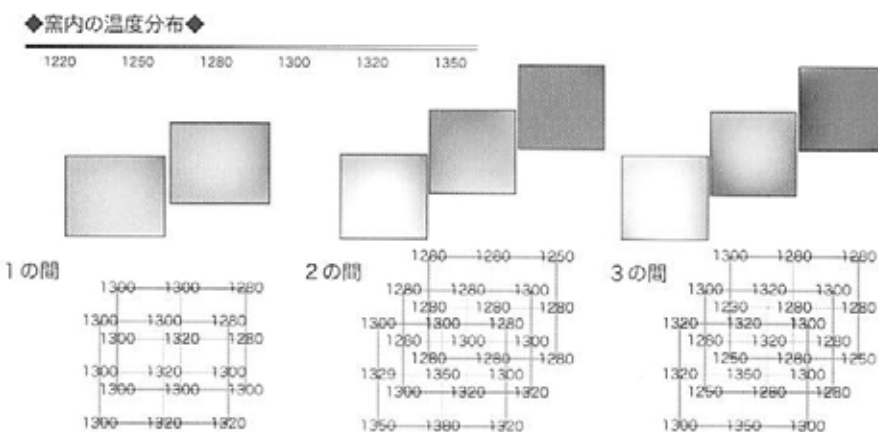
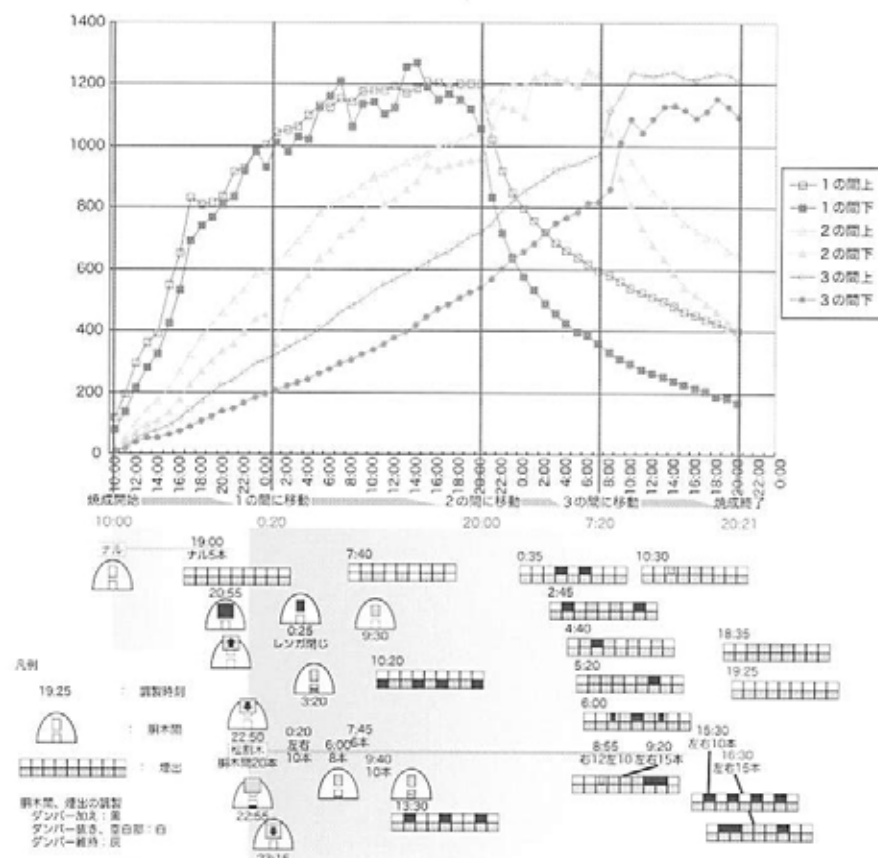
- 焼成期間
平成17年11月19日（土）10:00
～21日（月）20:21
<58時間21分>

- 使用燃料
ナル（60cm長の雑木：95束）、
赤松の細割木（割木の太さは
大窯時の半分：463束）

- 実験焼成に供した試験体
20cm径の鳴海織部、志野織
部に調製した皿。
色味（織部緑釉と銕絵を施し
た粘土片）
ノリタケ火度チップ（SP-
3, 4, 5, 6：計測領域
900°C～1430°C）
ゼーゲル鍾（SK-7, 8,
9：1230°C、1250°C、
1280°C）



温度計測刺による窯内の温度分布について
(使用計測刺：ノリタケSPチップ3～6)



図版6 「織部、志野織部の焼成」(2005年、連房式登窯)

復古窯焼成（連房式登窯）の焼成結果について

<平成18年12月6日報告>

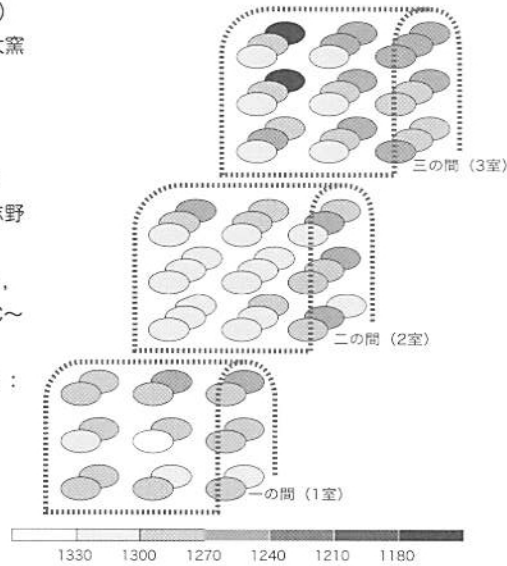
- 焼成実験のテーマ
連房式登窯を用いた御深井戸、志野織部の再現

- 実験概要
江戸時代に瀬戸周辺で焼かれた連房式登窯を用いて、当時に焼かれていた御深井、志野織部の土や釉と言った原料、焼成方法をできる限り忠実に再現し、焼成実験を行うとともに、登窯における窯内各所の焼成温度、焼成雰囲気等、窯体に関する性能を把握する。

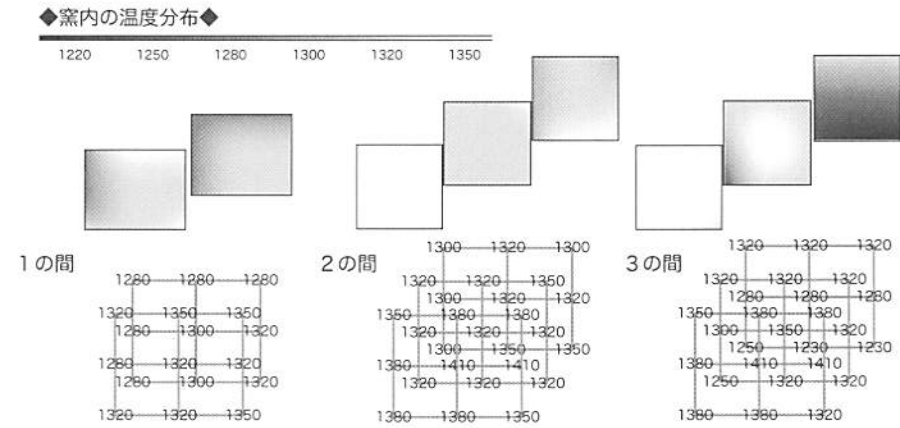
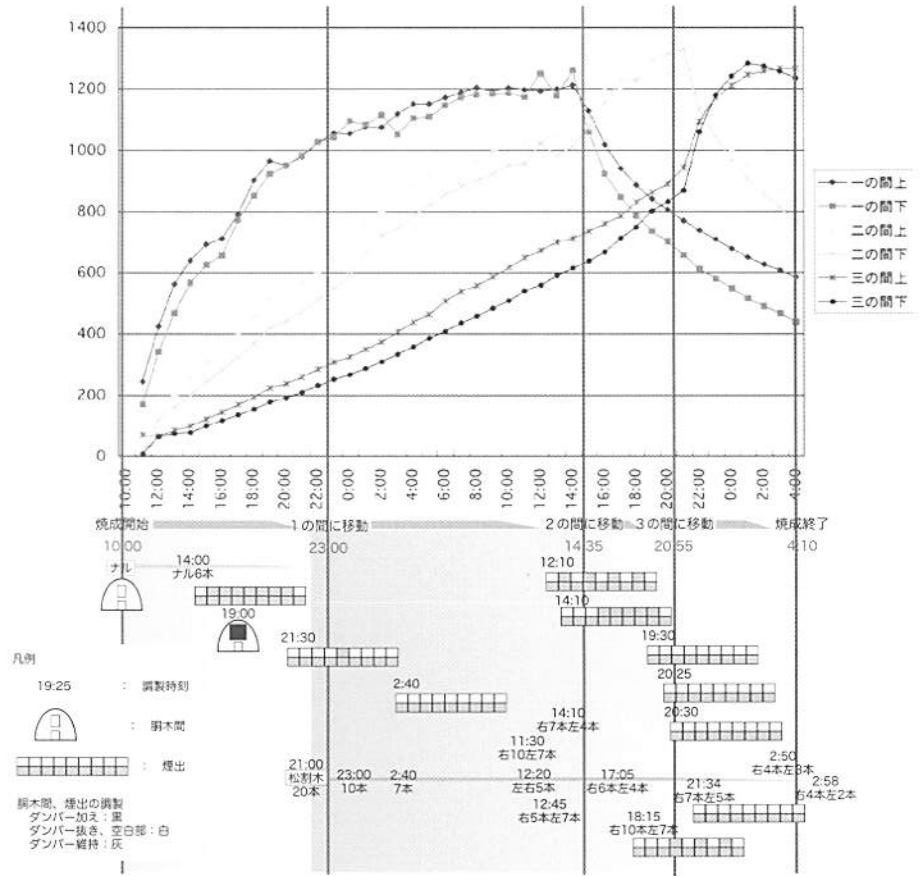
- 焼成期間
平成18年11月27日（金）10:00
～ 29日（日）4:10 <42時間10分>

- 使用燃料
ナル（60cm長の雑木：100束）
赤松の細割木（割木の太さは大窯時の半分：372束）

- 実験焼成に供した試験体
20cm径の御深井、志野織部に調製した皿。色見（御深井と志野織部釉を施した粘土片）
ノリタケ火度チップ（SP-3, 4, 5, 6：計測領域 900℃～1430℃）
ゼーゲル鍾（SK-7, 8, 9：1230℃、1250℃、1280℃）



温度計測剤による窯内の温度分布について
(使用計測剤：ノリタケSPチップ3～6)



実験目的

桃山時代から江戸時代にかけて、瀬戸、美濃地方で焚かれていた連房式登窯を復元し、当時の製作、焼成作業一連をできる限り忠実に再現することで、当時の製作技術を究明することを目的とした。さらに、窯内各所に試験体（図1）や温度計測剤を配置することで、その窯自体の性能を正確に知る事を目的に行った。

今年度は、登窯で多く焼かれた「織部および志野織部（※）」について実験焼成を行った。

（※）織部：ここでは、銅緑釉を施した織部様式の試験体。

志野織部：織部様式の一つ、鉄絵を施した表面に透明釉を施した。

1. 焼成資料：織部、志野織部の試験体（図1）

2. 使用原料

<胎土>

・瀬戸市品野地区（品野鉱山）の原土

白土（蛙目系の粘土：珪砂=10：1）

赤土（上記の白土：黄土* =10：2）、*黄土：愛陶工製粉末

<釉薬>

・織部緑釉（福島長石：楳灰：カオリン：酸化銅* =50：45：5：3）

*酸化銅：梶田絵具

・透明釉（福島長石：楳灰* =90：10）

*楳灰：下石陶器協同組合

3. 焼成日程

平成19年11月11日（日）10：00am～ 13日（火）13：25pm

<総焼成時間：51時間25分>

4. 焼成燃料

雑木（ナル）<使用薪総量 100束：胴木間焼成に使用>

赤松の割木 <使用薪総量 419束：各焼成室に使用>

5. 焼成条件

窯内の焼成雰囲気は、薪投入量とその投入間隔、煙出と焚口についてはレンガ積みにより開口部を調節し、空気量をコントロールした。

6. 記録計測

各焼成室内2箇所、計6箇所に白金ロジウム熱電対を挿入。6チャンネル記録計に接続して記録集計を行った。また、3種類のゼーゲルコーン（SK7, SK8, SK9）、および色見の採取により試験体の焼き上がりを把握、焼成作業の目安とした。

そして、熱電対の届かない窯内各所における焼成温度（被熱量）を把握するために、織部緑釉を施した試験体および4種類のノリタケSPチップ（SP-3～SP-6）を設置（図2）、焼成後に回収したものを計測し、温度の判定をした。



図1 試験体
（織部緑釉、鉄絵）

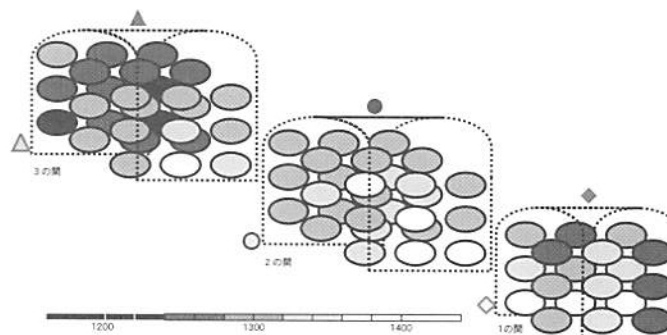


図2 窯内の温度分布（図1の試験体も窯内に分布）

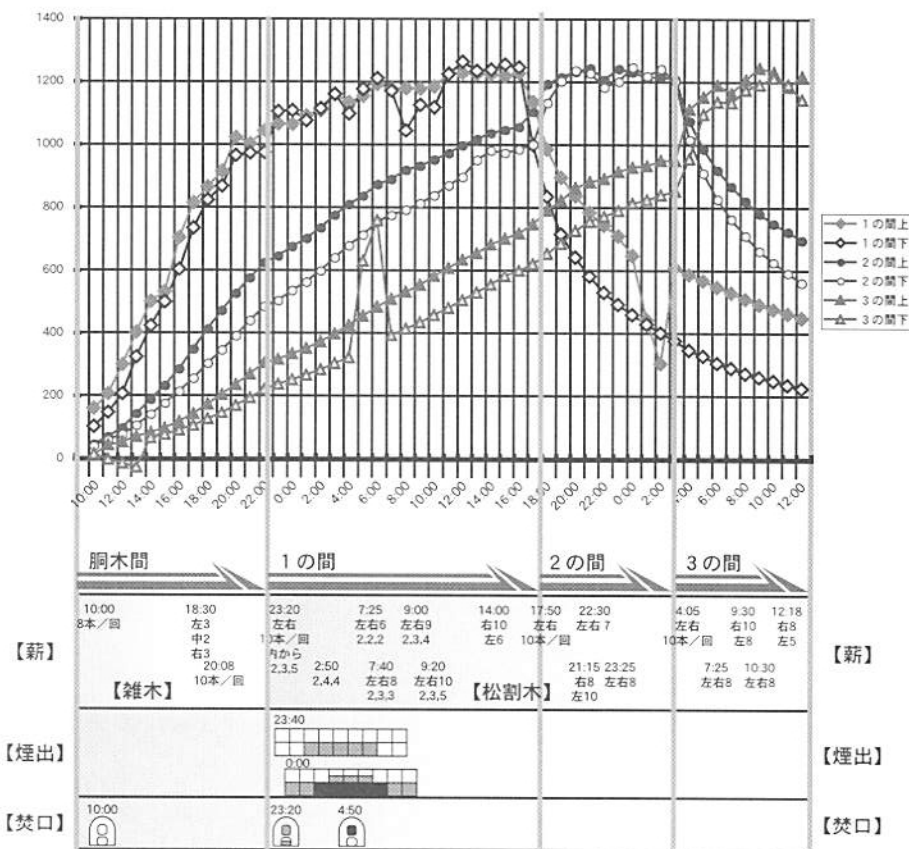


図3 古窯焼成の経緯（計測温度の変遷）

平成20年度復元古窯焼成

◆テーマ 連房式登窯を用いた御深井（おふけ）の再現

◆概要

資料館内には、2種類の復元古窯（新窯）があります。一つは、桃山時代に焼かれた大窯で、もう一つは江戸時代に焼かれていた連房式登窯です。今回は、後者、連房式登窯を用いた実験焼成で、当時に焼かれていた御深井を再現しました。この実験焼成に用いた作品の土や釉薬、焼成に用いる薪も含めた全ての原料を、できる限り当時のものを再現しました。

今回も、焼かれた温度、焼かれた状態を把握するために、試験体（湯呑み型の作品）と温度計（ノリタケ製SP火度チップSP-3～SP-6）を窯内各所に配置し、窯出し時に回収、記録に遺しました。皆さんの目の前にある作品全てがその試験体です。

◆試験体 御深井釉を施した湯呑み型試験体

◆成分 粘土：瀬戸市品野地区鉱山産蛙目（がいろめ）系粘土に、黄土を1%（重量比）加える

釉薬：御深井釉（福島長石：ナラ灰＝6：4）

絵付顔料：古代呉須（青）、鬼板（褐色）

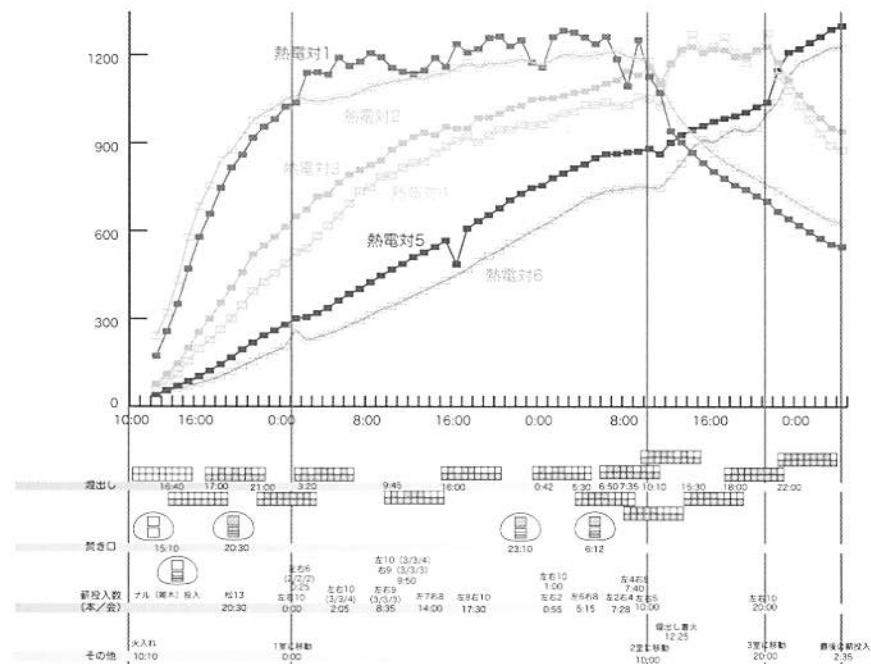
薪：ナル（雑木）100束

赤松の割木 546束

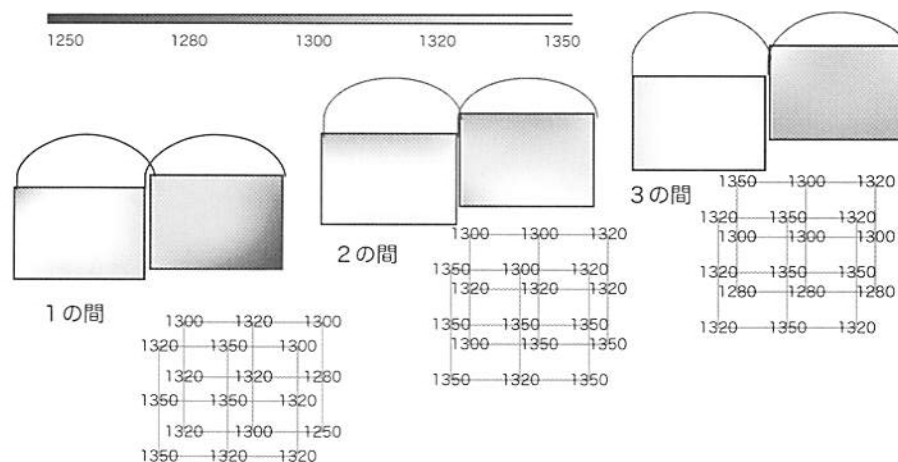
◆作業期間

1. 作陶 平成20年10月10日（金）～12日（日）
2. 施釉・画付 平成20年10月24日（金）～26日（日）
3. 窯詰め 平成20年10月28日（火）～30日（木）
4. 焼成 平成20年11月5日（火）午前10時10分～8日（金）午前2時35分 <64時間25分>
5. 窯出し、報告会 平成20年11月17日（月）

◆焼成の経過記録◆



◆窯内の温度分布◆



平成21年度復元古窯焼成 「織部（おりべ）」を焼こう」連房式登窯による再現 報告会資料

20091019

◆概要

資料館内には2種類の復元古窯（薪窯）があり、一つは桃山時代に焼かれた大窯、もう一つは江戸時代に焼かれた連房式登窯です。

今回は連房式登窯を用いた実験焼成で、当時に焼かれていた織部を再現しました。この実験焼成に用いた作品の土や釉薬、焼成に用いる薪も含めた全ての原料は、できる限り当時のものを再現しました。

さらに、窯内各所の焼かれた温度、焼かれた状態を把握するために、試験体（湯呑み型）と温度計（※ノリタケ製SP火度チップSP-3～SP-6）を窯内各所に配置し、窯出し時に回収、記録として遺していきます。（※協力：瀬戸製土株式会社）

◆試験体 織部緑釉を施した湯呑み型試験体

◆成分 <粘土>

・白土 蛙目（がいろめ）系粘土*：珪砂=10：1
*蛙目系粘土（瀬戸市品野地区鉱山産）

・赤土 白土：黄土（愛陶工製）=10：2

<釉薬>

・織部緑釉 福島長石：楷灰*：カオリン=50：45：5
*楷灰（下石陶器協同組合製）
+ 呈色材：酸化銅3%（梶田絵具製）

・絵付顔料 鬼板（褐色）

・化粧泥 天草陶石：蛙目粘土=70：30

<薪>

・ナル（雑木） 計100束

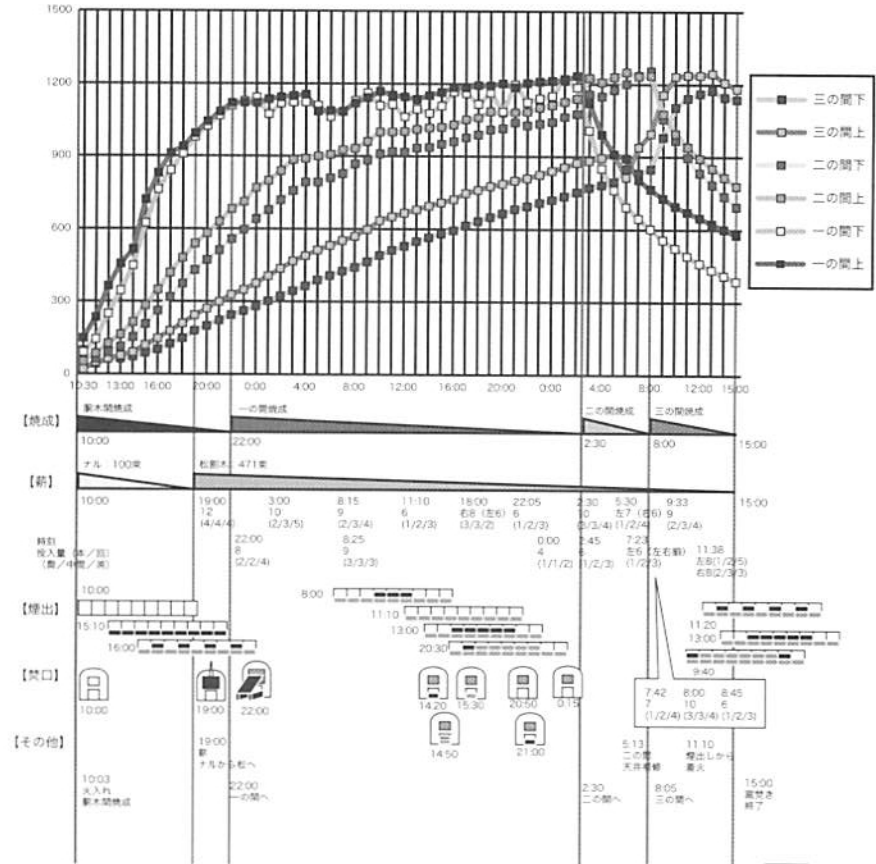
・赤松の割木 計471束

◆作業期間

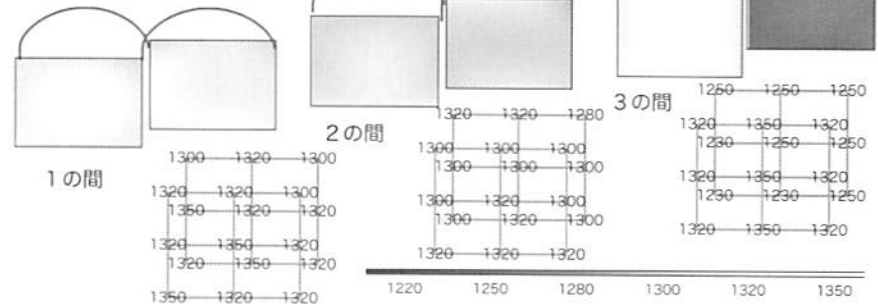
1. 作陶 平成21年 9月18日（金）～20日（日）
2. 施釉・画付 平成21年10月 2日（金）～ 4日（日）
3. 窯詰め 平成21年10月 5日（月）～ 7日（水）
<10月8日早朝、大型の台風18号通過>
4. 焼成 平成21年10月10日（土）午前10時03分
～12日（月）午後 3時00分
<総所要時間：52時間57分>
5. 窯出し、報告会 平成21年10月19日（月）



試験体（織部）



◆窯内の温度分布◆



平成23年度復元古窯焼成 「織部（おりべ）を焼こう」 報告会資料

20111204

◆概要

陶磁資料館には2つの復元古窯（薪窯）があり、1つは桃山時代に焼かれた大窯で、もう1つは江戸時代に焼かれた連房式登窯です。これらは、窯体の保存のために、毎年秋にどちらかを焼成しています。

今回は連房式登窯を用いた焼成で、当時に焼かれた織部を再現する実験として開催しました。この実験に用いる作品や試験体の全ての土や釉薬、燃料用いる薪も含めた原料に至るまで、できる限り当時のものを再現しています。

さらに、窯内各所のあらゆる部分の焼成温度や状態などを把握するために、試験体や温度計測材（※ノリタケ製SP火度チップ：SP-3～6）を配置し、窯出し時に回収したものから記録としてのこしています。（※協力：瀬戸製土株式会社）

◆試験体 織部緑釉を施した湯呑み型試験体（陶芸館制作）

◆成分 <粘土>

・白土 蛙目（がいろめ）系粘土*：珪砂=10：1
*蛙目系粘土（瀬戸市品野地区鉱山産）

・赤土 白土：黄土（愛陶工製）=10：2

<釉薬>

・織部緑釉 福島長石：楷灰*：カオリン：珪石=55：30：5：10（%）
+ 呈色材：酸化銅3%

・透明釉 福島長石：楷灰* =90：10（%）

*楷灰（下石陶器協同組合製）

・絵付顔料 鬼板（褐色）・赤

・化粧泥 天草陶石：蛙目粘土=70：30

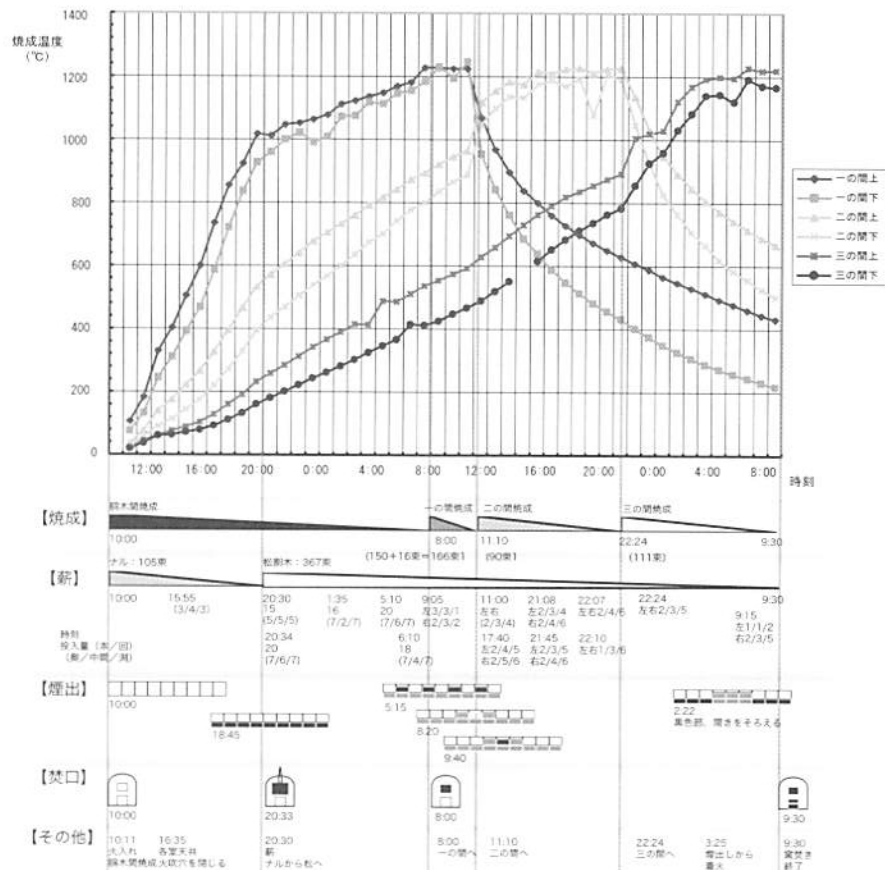
<薪>

・ナル（雑木） 計105束

・赤松の割木 計367束

◆作業期間

1. 作陶 平成23年10月 7日（金）～ 9日（日）
2. 施釉・絵付 平成23年10月28日（金）～30日（日）
3. 窯詰め 平成23年11月 1日（火）～ 4日（金）
4. 焼成 平成23年11月5日（土）午前10時00分
～12日（月）午前 9時30分
～総所要時間：47時間30分>



◆窯内の温度分布◆

