

石燃料を多量に使うコンテナ船で輸出されていますが、それに比べれば実に微々たるものであり、高級品に限られていました。

白磁の焼成では1000度過ぎまでは酸化雰囲気です。肝心な点は釉薬が溶ける直前で還元雰囲気にする事です。還元雰囲気下でないと釉薬が溶けて通気性が無くなり、生地が還元状態の白色になりません。それ以降は還元雰囲気を保ちつつ温度を上げて行きますが、煙道の引きと燃料の投入を調節しながら、最高温度まで上げます。窯焚き職人の勘、こつ、経験が必要な作業です。

ここで日本における窯の推移を簡単に説明します。穴窯は5世紀古墳時代に百済からの帰化人と共に轆轤、須恵器等と一緒に伝わったものです。それらはまず大阪府に伝わり、その後500年間ぐらい、平安時代までは大阪地域が陶業の中心地で、その後、名古屋の東山に伝わり、猿投、美濃、常滑に拡がりました。地中に造り薪で1200℃を得る当時のハイテク窯でした。当初は茶碗100個ぐらいでしたが、6000個ぐらいまで大型化します。猿投で発明された分焰柱という構造は炎を左右に分けてより均等に加熱しようという工夫で、窯の進化にはその時代の社会や燃料事情を背景にして、絶えずより効率のよい焼成を目指した人間の知恵が凝縮されています。七世紀から11世紀にかけて使用された平窯は平地に造られ、ロストル構造で下から空気を入れて燃焼を促進する工夫がされています。16世紀初頭室町時代に登場した大窯は湿気を避けて地上に造り、分焰柱に加えて斜面部を使った段差を付けて火を立てるという工夫がされています。これでは茶碗30000個程度までの大型化ができたと言われています。17世紀初頭になり、日本における磁器焼成の主力となった登り窯に移行をしてゆきます。登り窯は、10世紀頃に中国で考案されて宋時代に発達し、日本には17世紀に唐津に最初に入り全国に拡がりました。燃料は薪で、一週間から一ヶ月焚き続けます。登り窯は全国に普及し、戦後石炭窯やトンネル窯が浸透し始めた昭和31年においても全国で600基ほど稼働しており、東南アジアでは現在でも稼働しています。

磁器の歴史 欧州

「白磁」

マルコポーロらにより伝わる
バスコダガマが持ち帰る・・・

- * 白磁は東インド会社により
明・日本から輸入(1600年頃)
- * 貴重品=白い黄金として珍重

- * 1602と1604にオランダがポルトガル船を拿捕、
白磁の白さ透明さが欧州に知れ渡る
- * ザクセン王アウグスト二世がプロイセンの錬金術師
ベドガーをマイセン城に監禁、金の製造を厳命
錬金術：当時の先端科学、賢者の石が目的
賢者の石：どんな金属も金に変える石
(アリストテレス以来ニュートン、ボイルも信仰、
全ての物質は空気、火、水、石から成立)



磁器の再発明 欧州

錬金術師ベドガー、16weeksで金を作ると言う国王との約束
果たせず科学者チルンハウスの擁護で
彼のテーマ、「白磁」を手伝い、首打ちを免れる
実際にはドレスデン・フライベルグ(鉱物の町)の科学者集団
が開発・発明に貢献(マイセンの工場長殿)

1709年に完成 Meissen

1712年と1722年
フランス人宣教師
ダントルコールが景徳鎮の
磁器の詳細な製法を報告
(東洋文庫 中国陶磁見聞録)



次に欧州における白磁の歴史を見てみますと、白磁に対する認識は、マルコポーロらによって話が伝わり、バスコダガマが持ち帰った辺りから始まります。東インド会社によって明や肥前から輸入された白磁は当時白い黄金として珍重されました。1602年と1604年にオランダがポルトガル船を拿捕した時、積荷の白磁がその白さと共に欧州に知れ渡りました。ザクセン王、アウグスト二世はプロイセン(ベルリン)からの逃亡者、錬金術師ベドガーをマイセン城に監禁し、金の製造を厳命します。錬金術は当時の先端科学で究極の目的は賢者の石を作る事が目的でした。賢者の石とはあらゆる金属を金に変える石で、当時全ての物質は空気、火、水、石から成立していると考えられていました。その様な時代背景の中で先端科学の錬金術師ベドガーは16週間で金を作る約束を王としましたが果たせず、それを科学者チルンハウスが擁護し、チルンハウスのテーマだった白磁製造を手伝うという名目で首打ちを免れます。その様な経緯のあとベドガーは白磁を完成しますが、マイセン

の元工場長に聞いた話では実際にはドレスデンや近くの鉱物の町として有名なフライベルグの科学者集団が発明に貢献したそうです。このようにマイセンで磁器の再発明が為される訳ですが、同じ頃、1712年と1722年にはフランス人の宣教師ダントルコールが、景德鎮に滞在して、磁器の詳細な製法を欧州に報告しています。

■ マイセン以前・・・いきなりマイセンで白磁が出来た訳ではない

- 陶器(吸水有り)～軟質磁器(吸水無し)～硬質磁器へと進歩した。
- 白磁(白い黄金)への憧れ、迷信 ヒ素・トリカブト・水銀毒から逃れられる・・・
- ソフトペーストポーセレン Soft Paste Porcelain ガラスフリット、ライムを混合
- イタリア Medici Porcelain 1575-1587 軟質磁器 (既に、か焼骨灰を使用)
- 英国 エリザベス一世 東洋の宝物を積んだスペイン船襲撃を指示 メアリー女王 陶磁器狂 1660 磁器製法特許、バッキンガム公爵が製造着手不成功
- フランス Rouen 1673-1696 Saint-Cloud 1693-1766 これらは軟質磁器
- オランダ デルフト焼 錫釉(白色)陶器 白色釉上に絵付け



しかし、白磁はいきなりマイセンで出来た訳ではなく、それ以前にも白磁を目指した種々の研究が有りました。陶器から軟質磁器へ、そして硬質磁器へ進歩した過程が有ります。白い黄金への憧れは根強く、白磁によってヒ素・トリカブト・水銀などの当時の毒から逃れられるという迷信さへ有ったほどです。軟質磁器はソフトペーストポーセレンと言われるものでガラスフリットやライムを含んでいます。イタリアのメディチ・ポーセレンはメディチ家が造った軟質磁器ですが後にイギリスでボーンチャイナの発明に使用したか焼骨灰を既に使っています。白磁への欲求は英国でも強く、エリザベス一世が東洋の宝物を積んだスペイン船の襲撃を指示し、メアリー女王は陶磁器狂で手当たり次第集めたとされています。イギリスでは1660年に磁器製法の特許があり、バッキンガム公爵が製造に着手して失敗したという記録もあります。フランスではRouen、Saint-Cloud等が軟質磁器として造られました。オランダではデルフトが有名ですが、陶器に不透明な白色釉を掛けて白い磁器に模した物を作ろうとした努力の結果です。ドイツではマイセンにおける磁器の発明を「再発明」と言います。資料もデータも無い中で発明したが中国では以前に発明されていた、

だからReinventionだと彼らは言っています。

欧州における磁器製法の伝播

マイセン以降・・・アルカニスト(秘法師)暗躍

- 1709 マイセン 磁器の再発明 (Reinvention)
- 秘法は暗号化、1719ベドガー死、職長 Stoeppzel がウィーン窯に逃亡 磁器土と窯を伝授、Augarten は欧州 2 番目の磁器製造に成功
- ロシアのピョートル大帝はマイセンにスパイ
- 1747 AugartenのRingler (秘法師17才)工場支配人の娘(恋人)を騙し、ベドガー窯の設計図をヘキスト Hoechst に売る。(Hoechstは1746創業、ドイツ 2 番目に磁器製造成功、マイセンからの脱走者レーベンフィンクらが創業)
- Ringler から秘法を学んだベンクグラフがフリードリッヒ大王設立のベルリン窯KPM(1763)に伝授

マイセンのベドガーはもともとベルリンからの逃亡者後にベルリンのフリードリッヒ大王がマイセンを攻め、技術者・職人を連行、KPM=ベルリン官窯を設立、最高品質の磁器を確立

マイセンでは磁器を完成したベドガーの死後、職長のStoeppzelがウィーンの窯Augartenに逃亡し、土、調合、窯を伝授して欧州2番目の磁器製造に成功します。ロシアのピョートル大帝もマイセンにスパイを送っています。Augartenの若い技師Ringlerは工場支配人の娘の恋人で、娘を騙してベドガー窯の設計図を手しヘキストに売り、ヘキストは、ドイツでマイセンに次ぐ二番目の磁器製造に成功します。ヘキストにはマイセンからの脱走者レーベンフィンクも居て、この頃は窯の秘密を持った人間、即ち秘法師が暗躍した時代であり、各国がそれほどまでに白磁製法を求めていました。技師Ringlerはベンクグラフに秘法を教え、ベンクグラフがプロイセンのフリードリッヒ大王に伝授をします。元々ベドガーはベルリンからの逃亡者であり、白磁を自製したかったフリードリッヒ大王は後にマイセンを攻めて、技術者、職人をマイセンから連行し、ベルリンに最高品質の磁器を実現し今に続くKPM=ベルリン官窯の基礎が確立されました。

フランスは軟質磁器から硬磁器に切り替え

セーブル Sevres リモージュ Limoges

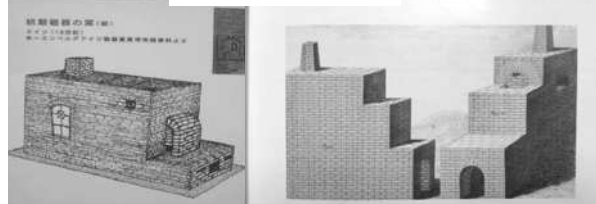
カオリンの無かった英国は軟磁器を推進

⇒ 1748 ボウ窯のトーマス・フライがBone China考案

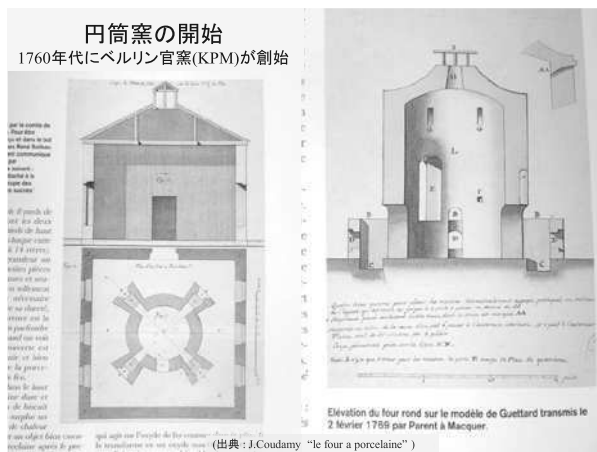
1799 Spode が製品化

1812 Wedgwood 製造開始 (Bone China 軟釉)

当時の欧州の磁器窯

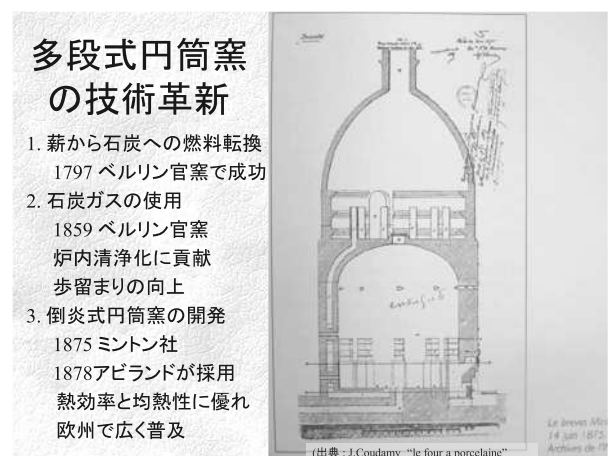
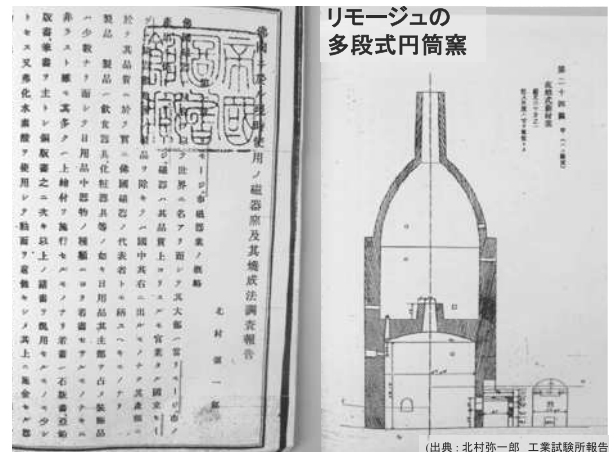


フランスでは、いち早く軟質磁器から硬質磁器に切り替えセーブル、リモージュ等に受け継がれて白磁が発達します。カオリンを産出しない英国は軟磁器を推進する中でボウ窯のトーマス・フライが骨灰を使ったBone Chinaを考案し、Spodeにより製品化され、1812年にはWedgwoodが製造を開始します。



白磁製法が欧州各地に普及し始めた頃、産業革命が始まり欧州で窯の発達が始まります。最初は円筒窯で塔のような形で、以前の角窯では一方から焚いて反対側の煙突に導く窯構造でしたが、円筒窯では四方或いは六方から焚いて上の煙突に導きます。この頃はワットの蒸気機関、トレビシクの蒸気機関車、フルトンの蒸気船が出現する産業革命の真只中です。円筒窯は産業革命の進行と共に発達し、先ず二階式の円筒窯が考案され二階部分で熱の有効利用が始まります。更に薪から石炭への燃料転換が行なわれ、1800年代にはマイセン、セーブルやボヘミアの磁器量産基地などで石炭が使用され普及します。また1859年にベルリン官窯で発生炉瓦斯による焼成が開始されます。発生炉瓦斯は乾留ガスを燃焼させるので石炭の粉塵が飛び散らず清浄な炉内が保たれ、美しさを求める白磁の焼成に適しています。この頃日本では、わが国窯業界の大恩人であるワグネルが来日し、石炭窯の試作指導等を行なっております。

多段式円筒窯の技術革新は、第一が薪から石炭への燃料転換、第二が石炭ガスの利用ですが、続く重要な技術革新がダウンドラフト(倒炎式)構造の開発です。これは現在の窯構造においても非常に大きな意味を持つ開発で1875年にイギ



リスのミントンによって開発されました。一階部分の燃焼ガスは加熱されて一旦上昇し、その後煙道の引きによって強制的に床下経由で二階部屋に導かれる構造です。右の図はミントンの図面です。ミントンが倒炎式構造を考案し3年後にはアビランドが採用しますが盗用だったらしく、その後和解をしたという経緯がフランスの本に載っています。倒炎式の円筒窯は燃焼ガスが窯内を均一に加熱する為の優れた考案で、熱効率が良く急速に普及しました。

- 1875 ミントン社、倒炎式円筒窯を開発
- 1878 アビランド社、ミントンの倒炎式を採用(盗用⇒和解)
- 1878(明治11年) 竹本隼太、納富介次郎に仏式円筒窯造らせる。二年で停止。
- 1883(明治22年) 小野田セメント、英国式ボルトオープン(徳利窯)六基建造
- 1886 ゼーゲル博士ゼーゲルコーン考案 熱履歴測定の指標
1891 ワグネルが国内紹介⇒1898 いち早く国産化
- 1887 佐藤友太郎「京都陶器」設立、フランス式円筒窯 建設
- 1889 小野田セメント ホフマン輪窯採用

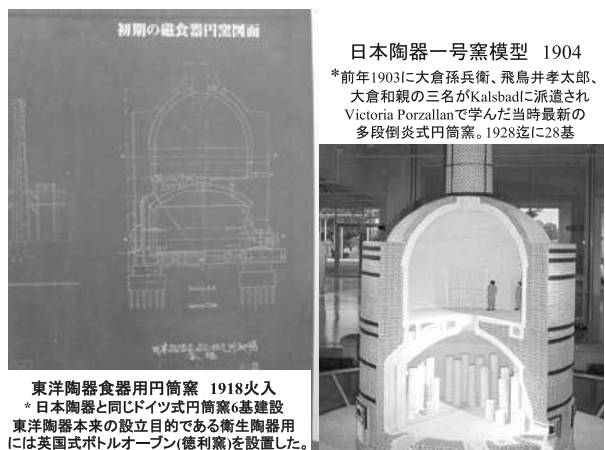


フローレンスでは5層の窯まで造られていたようです。初期の円筒窯から多段式円筒窯への発達は欧州独自のもので、高層建築を石で積み上げた欧州の石造技術や石の文化が根底に有ったのかも知れません。彼らにとっては普通の着想ですが、異文化の日本や中国ではこのような窯はととても着想出来なかったと思います。

この頃になると日本でも、円筒窯を作ったという記録があり、小野田セメントが徳利窯を6基建造したという記録が残っています。ゼーゲル博士が熱履歴を測定するゼーゲルコーンを考案し、これがワグネルによっていち早く国内に紹介され国産化されて、わが国の熱管理技術上、重要な指標となりました。



1899年にFaugeronがトンネル窯を改良して食器の焼成に成功します。19世紀後半は円筒窯の全盛期でリモージュでは120本余りの本焼窯があったと北村弥一郎が報告しています。1904年には日本陶器が創業しますが、その前年に大倉孫兵衛、大倉和親の親子と技師の飛鳥井孝太郎の3人が、KarlsbadのVictoria Porzellanへ行



き欧州の最新技術を研修し、ドイツ式の倒炎式二階円筒窯や機械を購入して帰りますが、途中にロンドンに寄った際に大倉和親はこの時すでにトンネル窯の知見を得ています。

そしてトンネル窯に移行してゆく訳ですが、トンネル窯の発想自体は非常に古く、硬質磁器に移る前のフランスVincennes（セーブルの前身の窯、1740年開窯）で既にそのアイデアの記録が残っています。発想自体は非常に優れていて、間歇焼成・単発生産が連続焼成・連続生産になり、毎回加熱冷却を要したものが定温維持になり、窯内の過酷な作業が窯外作業になる。従って量産が可能で燃料節減が出来て、歩留まりが向上し作業も軽減し生産性も上がります。良い所ばかりですが技術的な困難が多くて失敗が続きました。当時の社会背景として産業革命で生活様式が変化し、ホテルでも家庭でも陶磁器が欲しいと言うニーズがあり、欧州でトンネル窯に関する考案や特許が数多く出されますが、窯内の燃焼ガスの制御、焼成ヒートパターンの確立、台車金属部分の断熱といった技術的困難に直面していました。

トンネル窯の実用化

Otto Bock(1850-1913)
50以上の試行・失敗
最初の使用可能な
トンネル窯 (1874)

サンドシール = 砂封
(1873プロシヤ特許)

イノベーション

Faugeron 式 (仏 1899)
Dressler 式 (英 1910)
の両方式が成功

大倉和親
いち早く着目
(1903)

技術導入
(1920)

大倉和親
日本陶器(1904)設立・社長
東洋陶器(1917)設立・社長
日本碍子(1919)設立・社長

東洋陶器 Dressler(1920)
国内初導入
日本碍子 Harrop(1928)
日本陶器 Kerabedarf (1933)

石炭窯と近代トンネル窯の比較			
	項目	間歇焼成 倒炎式石炭窯	連続焼成 トンネル窯
		Sege coneで 3~4番 (70-100℃)	Sege coneで 1.5~2番程度 (20-40℃) 歩留まり改善
ゼーゲルコーン Sege Cone Sege Cone 熔倒温度 SK 9 1280 SK10 1300 SK11 1320 SK12 1350 SK13 1380 SK14 1410	熱効果 ばらつき		
	燃料節約	1 100 100	1/7 (米国 universal) 36 (東陶 百木) 15~30 (C.B.Harrop)