

東京藝術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻
保存科学研究室年報
第2号
 平成14年(2002年度)

第2回 保存科学研究室発表会を開催(11月22日)

第2回保存科学研究室発表会を開催し、6名が下記の内容で研究発表した。これに加えて、今回は藝大美術館所蔵の伎藝天像(竹内久一作)の修理完了に合わせて、岡岩太郎氏(岡墨光堂)にその修理の経過について講演していただいた。(発表内容は挟み込みの要旨集参照)

発表会には文化財関連の研究者や修復技術者をはじめ、科学技術研究者から一般の方々まで82名の参加をいただいた。終了後の懇親会を通じて互いの交流を深めた。



講演される岡岩太郎氏

《プログラム》

日時：2002年11月22日 14:30-17:00
 場所：東京藝大美術学部大会議室

- | | | |
|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|
| 14:30~14:35 | 開会の挨拶 | 美術研究科長 宮田亮平 |
| 14:35~14:40 | 研究室紹介 | 教授 北田正弘 |
| 14:40~14:55 | 「東アジア産青花白磁のコバルト顔料による着色特性」 | 博士3年 張 大石 |
| 14:55~15:10 | 「煮色着色した黄銅の腐食挙動」 | 助教授 桐野文良 |
| 15:10~15:25 | 「縄文時代の黒曜石交換-東関東の事例-」 | 助手 建石 徹 |
| 15:25~15:40 | 「上野忍岡遺跡群(藝大地点)の発掘調査速報」 | 助手 植月 学 |
| 15:40~15:50 | コーヒーブレイク | |
| 15:50~16:20 | 依頼講演 「伎藝天の剥落止めについて」 | 岡墨光堂 岡岩太郎 |
| 16:20~16:35 | 「絵画に用いる鉛丹(Pb ₃ O ₄)の劣化による色と構造の変化」 | 博士1年 高林弘実 |
| 16:35~16:55 | 「江戸期日本刀の微細構造」 | 北田正弘 |
| 16:55~17:00 | 閉会の挨拶 | 助教授 稲葉政尚 |

17:15-18:30 懇親会



討論風景

《発表会雑記》

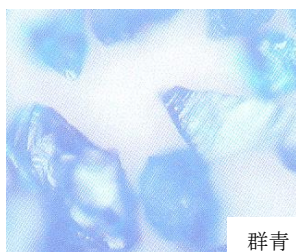
今回の発表会では、青花白磁におけるコバルト顔料、伝統技法で着色した黄銅の腐食挙動、縄文時代に多用された黒曜石の動き、藝大構内の遺跡発掘調査速報、顔料としての鉛丹の色劣化と構造との関係、電子顕微鏡技術を駆使した江戸期の日本刀の微細構造解析など幅広い発表であった。こういった保存科学からの発表と対をなす保存修復の立場から岡氏に講演していただいた。これにより、科学と修復のさらなる深い関係を構築するとともに文化財保存学のあるべき姿を探っていきたいと考える。

現在、第3回発表会に向けて準備を進めている。多くの皆様の参加をお待ちしています。

次回開催予定

第3回保存科学研究室発表会
 平成15年10月17日(予定)
 東京藝術大学 美術学部大会議室

詳細はホームページをご覧ください。



群青

入試日程のお知らせ

大学院美術研究科
 文化財保存学専攻(保存科学分野)

願書受付：2003年8月27日~29日
 (修士課程 郵送のみ)
 2003年12月12日~16日
 (博士課程 郵送のみ)

入試日程
 修士課程*：2003年9月24日
 ~9月26日

2003年10月以降に二次募集を行なうことがあります。(4ページのホームページなどでお知らせします。)

博士課程：2004年2月1日
 (1月30日 修士論文などの提出があります。)

詳細は学生募集要項参照。
 (教務課にお問い合わせください。)

*：平成16年度入学者から修士課程の入学試験が9月に実施されます。

研究室の構成(平成 15 年 4 月現在)

研究室のメンバー

北田 正弘	教授	保存科学、材料科学、 美術工芸材料学
稲葉 政満	助教授	保存科学、製紙科学
桐野 文良	助教授	保存科学、材料化学、 美術工芸材料学
建石 徹	助手	保存科学、考古科学
星 恵理子	非常勤助手	保存科学、有機化学
江原 愛	非常勤助手	保存科学、鍛金
植月 学	非常勤助手	保存科学、動物考古学

客員研究員

范 宇権	敦煌研究院	顔料および染料の科学
------	-------	------------

学 生

陳 剛	D 3	中国書画用紙の保存性
渡邊 憲司	D 2	彩色木造の保存性
高林 弘実	D 2	無機顔料の保存性
渡辺真樹子	D 2	油画の保存性
林 聖 振	D 1	金属文化財の研究
廣野 幸	M 2	紙のインク焼け
山口 佳奈	M 1	—
地村 敦子	M 1	—

新入生の紹介



いん てんしゆん

林 聖 振 (D1)

江戸時代後期の製作された銅鏡の金属学的観点からの研究によりその特徴を明らかにするとともに、朝鮮時代の銅鏡を比較するなど東アジアの銅鏡の特徴を解明していきたい。(東京藝大(院)修士修了)



山口佳奈(M1)

近現代の紙資料を長く遺すことに貢献できるような研究をしたい。(横浜市立大卒)



地村敦子(M1)

染料や繊維の劣化について研究したい。あせらずに頑張ります。(青山学院大卒)

平成 14 年度科学研究費補助金テーマ

- 金属薄膜の光学的機能を用いた新環境評価法の開発
- 人類の材料文明を解き明かす金属古文化財のナノ物性評価
- 文化財紙資料のキャラクタリゼーションのための新規メチル化法の適用

平成 14 年度寄付金

- 技術研究助成金 ((財)川鉄 21 世紀財団)



平成 10-14 年度に導入した主な実験用機器

自動分極システム	科研費(1999年度)
三次元蛍光分光光度計	科研費(1999年度)
画像処理装置	流動研究員促進費
色差計	科研費(2001年度)
加速試験機	科研費(2000年度)
	寄付(日立製作所)
電気炉	流動研究員促進費

走査型電子顕微鏡(分析機能付)	寄付(日立製作所)
引張試験機	科研費(2000年度)
示差熱分析計	寄付(日立製作所)
粉碎機	科研費(2001年度)
紫外可視吸光度計	流動研究員促進費
誘導結合型プラズマ発光分光分析計(ICPS)	寄付(日立製作所)

平成 14 年度大学院修了者と進路

《博士課程》 張 大石：東アジア産青花白磁の釉層における組成と色に関する研究(東北芸工大 助手)

《修士課程》 林 聖振：江戸時代末千鳥銘文銅鏡の金属学的研究(藝大大学院博士課程進学)

高木彰子：挿入法による紙劣化試験-色変化に及ぼす圧力および湿度の影響- (ハタ・ステイティング)

平成 14 年度成果

《学術論文》

- 北田正弘、桐野文良、水流徹、杉本克久、松島朝秀；伝統技法で煮色着色した銅の電気化学特性、
日本金属学会誌 **66**, pp1356 - 1361 (2002).
- 張 大石、北田正弘；朝鮮産青花白磁の釉層における色と組成による製作年代の分類、
日本金属学会誌 **66**, pp1157 - 1162 (2002).
- 張 大石、北田正弘；17 - 19 世紀に製作された有田産青花白磁の釉層の色と組成、日本金属学会誌 **66**, pp47 - 52 (2003).
- Masamitsu INABA, Gang CHEN, Tanya T. UYEDA, Kyoko Saito KATSUMATA and Akinori OKAWA: The Effect of Cooking Agents on the Permanence of Washi (Japanese Paper) Part II”Restaurator, **23**, pp133-144(2002).
- Masamitsu INABA, Motoko IKEDA, Kyoko Saito KATSUMATA, Takayuki OKAYAMA, Osamu NAKANO and Syuji KAMIYA ; Insertion-Accelerated Ageing Test of Paper for Conservation - Increase in Discolouration of Acid and Alkaline Paper Interface – Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, pp104-107 (2002).
- Eriko.HOSHI, Masahiro.KITADA:”Effect of copper on degradation of Japanese painting papers –Wood-block printing paper in the late edo era and modern Japanese paper Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, pp100-103 (2002).
- 陳剛、勝亦京子、稲葉政満:最近の中国書画紙の保存性 -劣化による物理的性質の変化-
文化財保存修復学会誌 **46**, pp14-25 (2002).

- 建石徹、小林謙一；宮平遺跡出土縄文土器の胎土分析-胎土分析からみた縄文土器の製作とライフサイクル復原への予察、
民族考古（慶應義塾大学文学部）6（2002）
- 建石徹；練木遺跡採集縄文中期土器の胎土分析ならびに黒曜石の原産地推定、土曜考古（土曜考古学研究会）26（2002）
- 建石徹；縄文土器のライフサイクル、土器から探る縄文社会（山梨県考古学協会編）
- 西野雅人、植月学；動物遺体による縄文時代前期前葉の生業・居住様式の復元、松戸市立博物館紀要 10（2003）

《学会発表》

IIC (Baltimore)

- Kazunari YOSHIDA, Kyoko Saito KATSUMATA, Masamitsu INABA; The Deterioration in Dyed Kozo Paper by Wet-Thermal Ageing or Ultraviolet-Irradiation-Induced Ageing Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, IIC
- Masamitsu INABA, Motoko IKEDA, Kyoko Saito KATSUMATA, Takayuki OKAYAMA, Osamu NAKANO and Syuji KAMIYA; Insertion-Accelerated Ageing Test of Paper for Conservation - Increase in Discolouration of Acid and Alkaline Paper Interface - Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, IIC
- Gang CHEN, Kyoko Saito KATSUMATA, Masamitsu INABA; The Permanence of Traditional Chinese Paper Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, IIC
- Eriko.HOSHI, Masahiro.KITADA; "Effect of copper on degradation of Japanese painting papers -Wood-block printing paper in the late edo era and modern Japanese paper, Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, IIC.

第25回文化財保存修復学会(東京)

- 桐野文良、北田正弘、新山栄；煮色着色した赤銅の腐食挙動
- 星恵理子、北田正弘；和紙の変色に及ぼすCu合金(真鍮箔、銅箔)の影響
- 陳剛、勝亦京子、稲葉政満；中国書画用紙の保存性(III)ーセルロース重合度および酸化度の測定ー
- 張大石、松田泰典；古代玉虫装飾文化財に用いられた玉虫材の劣化による変褪色特性について
- 渡邊憲司、北田正弘、桐野文良、稲葉政満；
東京藝術大学所蔵「伎藝天」(竹内久一作)に用いられた彩色顔料層の構造に関する研究
- 高木彰子、勝亦京子、稲葉政満、岡山隆之、真貝哲夫、中野修、神谷修治；
挿入法による紙の劣化試験ー色変化に及ぼす圧力の影響ー
- 高林弘実、北田正弘、桐野文良、歌田眞介；油画作品の媒剤判定に用いられる染色法の光学的検討

第18回日本文化財科学会(東京)

- 植月学、樋泉岳二；縄文時代における水産資源利用システムの変化ー荒川下流域の中・後期の事例からー
- 建石徹、北田正弘、小林謙一、二宮修治；
縄文土器製作における粘土と混和材の選択性に関する基礎的研究ー阿玉台式土器の事例を中心としてー
- 間淵創、稲葉政満、木川りか、佐野千絵；防黴剤の紙に対する効果と影響
- 張大石、北田正弘、建石徹；東アジア産青花白磁における釉と着色成分による時代分類について

第6回動物考古学研究集会(奈良)

- 植月学；魚類遺体の部位組成解釈のための基礎的研究

マテリアルライフ学会(横浜)

- 間淵創、勝亦京子、稲葉政満；版画制作時における紙の防カビ法の検討、第6回冬季研究発表会
- 稲葉政満、EL-ESSEILY, Abdel-Salam; 和紙のγ線照射(II) 第13回研究発表会

第130回日本金属学会-春季大会-(東京)

- 張大石、北田正弘；陶磁器の染付着色層の釉成分ー特にアルミナによる分光学的な特性について
- 桐野文良、北田正弘、水流徹、杉本克久；煮色着色した赤銅の電気化学特性
- 星恵理子、北田正弘；和紙の変色に及ぼすCu化合物(真鍮箔、銅箔)の影響
- 北田正弘；江戸中期日本刀のナノ組織観察

第131回日本金属学会-秋季大会-(大阪)

- 桐野文良、北田正弘、水流徹、杉本克久；煮色着色した黄銅の電気化学特性
- 高林弘実、北田正弘；絵画に用いられた鉛丹(Pb₃O₄)の変色と構造変化
- 星恵理子、北田正弘；和紙の変色に及ぼすCu化合物(真鍮箔)の影響
- 張大石、北田正弘；青花白磁の遷移金属による釉の着色特性について
- 林聖振、北田正弘、桐野文良；江戸時代千鳥銘文銅鏡の金属組織の検討

《講 演》

- 植月学、建石徹、北田正弘；台東区上野忍岡遺跡群、第28回東京都遺跡調査・研究発表会(2003.1)
- 坂上直嗣・植月学；北区西ヶ原貝塚、第28回東京都遺跡調査・研究発表会(2003.1)

《調査報告》

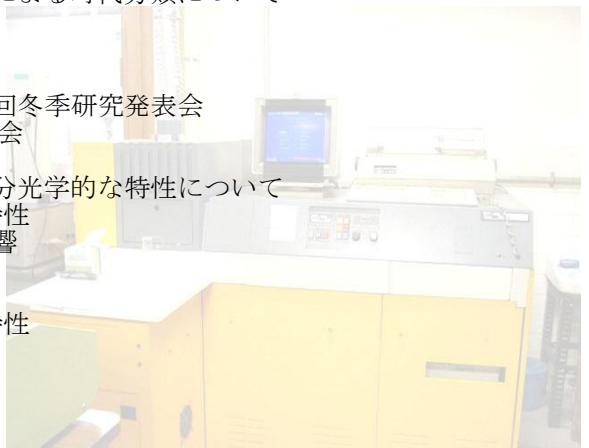
- 植月学；松戸市紙敷遺跡出土の骨角製品と脊椎動物遺体、紙敷遺跡発掘調査報告書(松戸市教育委員会)(2003.3)
- 植月学；岩名貝塚の脊椎動物遺体、岩名立山遺跡(野田市教育委員会)(2003.3)
- 坂上直嗣、植月学；西ヶ原貝塚発掘調査の成果、文化財研究紀要(北区教育委員会)16(2003.3)

《工業所有権(特許)》

- 北田正弘、桐野文良；特願2002-133333「環境評価方式およびそれを用いた環境評価装置」

《著書・監修》

- 齋藤安俊、北田正弘編；「金属学のルーツ」 内田老鶴圃
- 北田正弘他監修；「材料学シリーズ」「人工格子入門」、「入門結晶化学」、「入門表面分析」 内田老鶴圃
- 稲葉政満(京都造形芸術大学編、分担執筆)；保存科学入門、pp60-73 角川書店



ICP分析装置

【編集後記】

保存科学研究室の年報の第2号を発行した。第1号をつい最近発行したような気がする。光陰矢のごとし、時間がすぎるのは早い。今日という日を大切に精一杯研究をおこなっていかねばならないことを痛感した。(F.K)

東京藝術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻
保存科学教室年報
第2号

発行：2003年6月20日 発行人：北田正弘
発行所：東京藝術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻 保存科学研究室
〒110-8714 東京都台東区上野公園12-8 TEL：03-5685-7656 FAX：03-5685-7780
HP：<http://www.geidai.ac.jp/labs/hozon/Laboratory/Conservation%20science.html>

第2回保存科学研究室発表会の内容梗概

2002. 11. 22 開催(於: 東京藝術大学 美術学部大会議室)

東アジア産青花白磁せいかはくじのコバルト顔料による着色特性

東京藝術大学美術研究科 ○張 大石(D3)、北田正弘

青花白磁(染付)は1250°C以上の高温および還元焰焼成により見出される素地の磁器化と絵付け部のガラス着色を特徴とする。とりわけ、絵付け部はシルクロード経由の西アジア産のコバルト顔料が珍重され、時代による色の違いを示す。この青花白磁の絵付け部における組成および着色特性の検討は用いられたコバルト顔料並びに、コバルト利用の歴史や青色系ガラス着色技術の変遷を知る上で重要である。本研究の目的は青花白磁の絵付け部における着色を組成から検討し、東アジア産青花白磁の時代による釉の着色特性を明らかにすることである。このため、青花白磁試料の絵付け部をガラスビードに成形し、波長分散型蛍光X線分析装置を用いて測定(40kV,100mA,径30mm,200min)した。遷移金属成分による釉の着色試料を作製し、分光測定を行った。着色特性は可視部のエネルギー域で色を表す主波長(λ_d)と着色濃度(Pe)で検討した。

結果、青花白磁の生産初期を示す中国の14、15世紀試料は青色の主波長である $\lambda_d=476\text{nm}$ より短波長傾向があり、Peも高い。これに対して朝鮮および日本の初期試料は $\lambda_d=476\text{nm}$ より長波長域に分布し、Peが低い。このことから朝鮮と日本産青花白磁の生産初期における着色特性は類似関係を示す。また、東アジア産青花白磁の後期試料はいずれも $\lambda_d=476\text{nm}$ 付近に分布するなど、時代による着色技術の変遷が示された。さらに、この時代による着色特性の違いはCo含有量およびCoに対するMn,Fe,Ni比が主な組成要因であることが分かった。

煮色着色にいろちやくしよくした黄銅の腐食挙動

東京藝術大学美術研究科 ○桐野文良、北田正弘

東京工業大学理工学研究科 水流徹、東北大学工学研究科 杉本克久

【目的】わが国の伝統的金属工芸では銅および銅合金の着色法として煮色着色法を用いている。表面に形成された着色層の役割は、色彩の付与の他に防食や表面硬化作用などがあるといわれている。本研究の目的は、煮色着色した黄銅の防食効果を電気化学的に評価し、加速試験を行ない、腐食挙動を調べることである。

【実験方法】黄銅(Znを30%含有)の表面を研磨および脱脂処理した後に、人工緑青、硫酸銅、明礬を主成分とする煮色液を用いて着色した。着色温度は60°Cである。定電位走査法によりpHを変化させて測定した電流-電位曲線の波形を解析するとともに、クロノポテンシオメトリーにより着色層の化学的な状態を調べた。加速試験は80°C-90%RHの環境に試料を放置し、表面の反射率の経時変化により腐食挙動を調べた。

【結果および考察】煮色着色した黄銅の電流-電位特性のpH依存性を調べた。pHが11以下では、着色層の形成により酸化電流が流れ始める電位が高電位側へ移動し、耐食性の向上が認められる。この変化は煮色着色した銅の場合と同様である。pH=14では着色層の溶解ならびに酸素発生が生ずる。クロノポテンシオメトリーによる測定から煮色着色により形成した着色層は亜酸化銅[Cu(I)]であり、X線回折などのデータとも一致する。また、80°C-90%RH中に220時間放置した地金の色は著しく変化したが、煮色着色した試料では皮膜に防食効果があるのでほとんど変化しなかった。さらに、孔食を促進するCl⁻などのハロゲンイオンを含む溶液中でも、着色層の形成により耐食性の向上がみられる。ただし、Cl⁻を含まない溶液中より耐食性向上の効果は少ない。

縄文時代の黒曜石交換-東関東の事例- こくようせき

東京藝術大学美術研究科 ○建石 徹、総合研究大学院大学 津村宏臣

東京学芸大学 二宮修治、東京藝術大学美術研究科 北田正弘

黒曜石は縄文時代の代表的な石器石材である。産出地が限定されるにも関わらず全国各地での出土が確認されており、遺跡出土黒曜石資料の原産地を特定することは当時の地域間交流、社会関係を考察する重要な情報となる。

本発表では、黒曜石原産地の遠隔にあたる千葉県内の縄文時代遺跡より出土した黒曜石資料の原産地推定分析を行なった。蛍光X線分析の結果をもとに黒曜石原産地分類の示標元素となるMn、Fe、Sr、Ca、Rb、Kの含有量比を算出し、その結果と原産地試料の分析結果との類似度をクラスター分析法により検討し遺跡出土黒曜石の原産地を推定した。

原産地推定分析の結果、千葉県内のほぼ全域で縄文時代中期阿玉台式期から加曾利E3式(前半)期には主に神津島産、加曾利E3式(後半)期以降は主に信州星ヶ塔産の黒曜石が卓越して出土することが分かった。また、後晩期の北部地域(印旛沼周辺地域)では、栃木高原山産が卓越することが分かった。

さらに、これらの結果を地理情報システム(GIS)を用いて作成した黒曜石原産地からの移動コスト地図と比較し、移動コストパフォーマンスを直接的には反映しない当時の地域間交流、社会関係の実体を予測した。

上野忍岡遺跡群(藝大地点)の発掘調査速報

東京藝術大学 発掘調査団 ○植月 学、建石 徹、北田正弘

東京藝術大学上野キャンパスが立地する上野公園一帯には、旧石器時代から近代にかけての広大な遺跡が存在する(上野忍岡遺跡群)。東京藝術大学では1993年以来、校舎建設等に伴う埋蔵文化財の発掘調査を実施してきており、奏楽堂地点では旧東京音楽学校関連の建物基礎や、全国的にも大変珍しいガラス製瓦などが、美術館地点では旧東京美術学校関連の建物基礎や近世寛永寺関連の遺構群が検出されている。

本報告では2002年3月から7月に実施した総合芸術棟地点等の発掘調査成果を速報する。総合芸術棟地点では近世の遺構として、礎石建物跡2棟以上、地下室3基、井戸2基の他、多数の遺構群を検出した。近代以降では、煉瓦造りの建物基礎を検出した。このうち、礎石建物跡や地下室・井戸等は寛永寺の子院である覚成院に関わる可能性が高い。

また、約1万5千年以上前の地層(立川ロームV層~IX層)より旧石器時代の石器群を検出した。藝大校地内ではこの時期の遺物の出土は初めてであり、重要である。

【依頼講演】

伎藝天の剥落止めについて

岡墨光堂 岡岩太郎

絵画に用いられた鉛丹(Pb₃O₄)の劣化による色と構造の変化

東京藝術大学美術研究科 ○高林 弘実(D1)、北田正弘

【目的】彩色文化財に用いられた顔料の変色とその機構を知ることは、保存や修復を考える上で非常に重要である。本研究では古くから顔料として用いられているPb顔料、特に鉛丹(Pb₃O₄)における変色と酸化数及び結晶構造の変化の関係を明らかにし、保存技術の基礎的知見を得ることを目的としている。

【実験方法】実験に用いた絵画資料は、京都祇園祭の山鉾行列の案内紙で、木版・彩色の『祇園會御祭例御行列』(北田蔵)である。この資料には赤色系顔料によって彩色が施されているが、その一部は黒褐色に変色している。これらについて、光学顕微鏡と電子顕微鏡による観察、EPMAによる元素分析、X線回折による顔料の同定、X線光電子分光法(XPS)による顔料の表面分析をおこなった。

【結果および考察】EPMAで顔料の元素分析をした結果、主成分元素は劣化の程度によらずPbとOであった。Pb/O比は黒変部の方が高く、Pbの酸化数は大きくなっている。X線回折では、劣化の程度の低い橙色部分からは minium (Pb₃O₄) 及び massicot (β-PbO:黄色) の回折パターンが検出された。β-PbOは鉛丹の合成の際に混入する顔料の元からの成分である。劣化の程度が大きな黒色部分からは minium (Pb₃O₄) のパターンは検出されたが、massicotピークはほとんど検出されなかった。劣化生成物質のピークも検出されず、アモルファスまたはごく微細な結晶である。XPSでは、Pbの4fの束縛エネルギーは劣化により低エネルギー側にシフトした。黒色のPb酸化物であるPbO₂の束縛エネルギーはPb₃O₄やPbOよりも低い。劣化生成物はPbO₂、またはこれに近いものと推定される。

顔料の変色が激しい部分では、劣化の少ない部分や彩色が施されていない部分と比較して和紙が褐色に変色しており、Pb顔料の変化の影響を受けている。

江戸中期日本刀の微細組織

東京藝術大学美術研究科 北田 正弘

【目的】わが国の伝統的な金属工芸の中で、日本刀は江戸初期に実用刀から美術刀へと転換した。しかし、これによって江戸時代以前の高水準の作刀技術は失われたといわれる。日本刀については近重、俵、菊田らの研究が良く知られているが、光学顕微鏡により研究が主である。本研究の目的は日本刀のナノ構造を中心に検討して技術の時代技術の時代的変遷を明らかにするとともに、他の性質も評価し、わが国が誇る伝統的な金属材料技術の本質を明らかにすることである。

【方法】試料とした日本刀は江戸時代前期から中期(元禄期:西暦1700年頃)の筑前の刀工、信國吉包作の脇差しである。全長約60cm、最大幅は2.8cm、最大厚6.1cmである。錆びた状態であるため、研師に依頼して刃紋を現わし、断面を光顕で組織観察し、次にSEMで夾雑物の成分を分析した。さらに、刃先から1~2mmの刃金部分を透過電子顕微鏡で観察した。

【結果】刃先近傍の炭素量は0.5mass%で中炭素鋼である。得られた主な結果を以下にまとめる。

- (1) 主な介在物はSiを主成分とするガラス構造体で、その中に六角形の微小な結晶が分散している。
- (2) ガラスに付随してTiを多く含む結晶性介在物があり、灰チタン石に近い部分である。
- (3) 刃先の組織は典型的なラスマルテンサイトで、多数の転位が存在する。格子像の解析では、残留γ、炭化物は見当たらなかった。この他、従来の研究、関連する観察結果について述べる。

本研究の一部は文科省科学研究費による。