

一般講演 1

「ゾルーゲル法による低分散分布 radial-GRIN レンズ」

オリンパス光学工業株式会社
森田裕子、木下博章

色収差発生を抑えた低分散分布 r-GRIN レンズの作製には、多価の金属イオンを細孔内で拡散できるゾルーゲル法が有効である。色収差発生を抑えるための組成設計、ゾルーゲル法による作製プロセス、および作製した r-GRIN レンズの評価結果について発表する。

一般講演 2

「シリカゾルの成長挙動解析」

株式会社 KRI ナノ材料研究部
中本順子、和田満久

シリコンアルコキシドが加水分解し、シリカゾルが成長する過程を動的光散乱法、 $^{29}\text{Si-NMR}$ 、Raman、FT-IR により観察した。アルコキシド種、触媒濃度による成長挙動の違いを比較し、膜特性との相関を検討した。

一般講演 3

「ゾルーゲル誘導光感応性 ZrO_2 ゲル膜の微細パターンニング」

株式会社 KRI ナノ材料研究部、*近畿大学
山崎沙織、峠 登*、野間直樹*

金属アルコキシドを β -ジケトンで化学修飾することによって得られる光感応性ゲル膜の分光感度制御を目的として、適切なキレート化剤を選択し、紫外線照射とリーチングにより、 $1\mu\text{m}$ 程度までの微細パターンが得られた。

一般講演 4

「ゾルゲルプロセスによるシリカ系有機-無機ハイブリッド材料の合成」

三洋電機株式会社 マテリアル・デバイスぐ技術開発センターBU
蔵本慶一、中川洋平、松本光晴、林 伸彦、平野 均、庄野昌幸

PVP 及び TEOS を出発材料としたゾルゲル法による有機-無機ハイブリッド材料の合成において、PVP と TEOS を IPA 中で同時に混合した場合、相分離が進行し透明な材料が得られなかった。分析の結果、PVP の存在が TEOS の加水分解を阻害している可能性が考えられ、プロセス条件により相分離を制御し透明材料の合成が可能であることがわかった。さらに、有機-無機ハイブリッド材料の屈折率制御方法として、ポリマー/金属アリコキシド比と出発材料の種類を組み合わせる方法により、屈折率制御幅の拡大を可能とした。

一般講演 5

「アゾベンゼン会合体を利用した有機-無機ハイブリッド薄膜の合成と光機能特性」

株式会社豊田中央研究所
高木秀樹、渡辺 修、土森正昭、井川泰爾

光機能性材料開発の一環としてアゾベンゼンを導入した有機-無機ハイブリッド薄膜の合成及び特性について検討した。ゾルゲル法による薄膜化プロセスにおいて、成分配合比や官能基バリエーションの工夫により、電子吸収スペクトルが尖鋭且つ短波長シフトした薄膜が得られた。効果的な H-会合体の形成が示唆され、さらに光照射により会合が解ける現象も観測された。近接場を利用した光記録などへの応用の可能性が期待される。

一般講演 6

「ゾルゲル法による MgF_2 薄膜の作製」

株式会社ニコン レンズ技術開発部

石沢 均、村田 剛、元山いづみ、田中 彰

紫外光に対し高い透明性を持つフッ化物の薄膜をゾルゲル法で作製することに成功した。得られた MgF_2 薄膜は、真空紫外域においても透過率が高く、反射防止膜として優れた性能を示した。

一般講演 7

「ゾルーゲル法による金ナノ粒子分散ガラスの作製」

大阪工業大学工学部応用化学科

棚橋 一郎

ゾルーゲル法と金イオンの光還元法により、金ナノ粒子（ $\sim 30\text{nm}$ ）をシリカゲルに分散した複合材料を作製した。複合材料のキャラクタリゼーション、光学特性、および金ナノ粒子の成長の温度依存性について検討した。

一般講演 8

「温水処理によるチタニアナノ微結晶分散薄膜の作製」

大阪府立大学大学院工学研究科、*豊橋技術科学大学工学部物質工学系、

**東京大学大学院理学系研究科

小林薫平、松田厚範*、小暮敏博**、忠永清治、南 努、辰巳砂昌弘

ゾルーゲル法により作製したシリカーチタニア系ゲル膜を温水に浸漬すると、アナターゼナノ微結晶が析出することを見出した。また、基板を振動させたり、電場を印加して温水処理をすると、析出する結晶相がアナターゼからチタン酸に変化した。

一般講演 9

「ゾルーゲル法によるプロトン伝導性固体材料の作製と中温作動型燃料電池への応用」

大阪府立大学大学院工学研究科、*豊橋技術科学大学工学部物質工学系
手塚照明、中本直起、吉田 寛、忠永清治、松田厚範*、南 努、辰巳砂昌弘

ゾルーゲル法によって作製したホスホシリケートゲルは、中温・低加湿条件下で高い導電率を示すことがわかった。また、有機官能基を導入して作製した無機-有機ハイブリッド膜は高いプロトン伝導性と柔軟性を示した。これらを電解質膜として用いた燃料電池を作製した。

一般講演 10

「昇温途上にあるシリカゲル膜の内部応力と亀裂発生に及ぼすアルコキシド加水分解条件の効果」

関西大学工学部先端マテリアル工学科
米田昌訓、幸塚広光

種々の条件のもとでアルコキシドを加水分解し、ゾルーゲル法によってシリコン単結晶基板上にシリカゲル膜を作製した。ゲル膜を一定速度で 500°Cまで昇温し、昇温過程での亀裂発生のその場観察と膜応力のその場測定を行った。

一般講演 11

「昇温途上にあるシリカゲル膜の内部応力に及ぼす膜厚の影響」

関西大学工学部先端マテリアル工学科
槇田耕平、幸塚広光

アルコキシドを原料とするゾルーゲル法によって種々の厚さのシリカゲル膜をシリコン単結晶基板上に作製した。ゲル膜を一定速度で 500°Cまで昇温し、昇温過程での膜応力のその場測定を行い、膜厚が応力に及ぼす効果について

検討した。

一般講演 1 2

「ゾル・ゲルガラス中のアゾベンゼンのホトクロミズム」

関東学院大学大学院工学研究科工業化学専攻

関東学院大学工学部工業化学科

井出 忠、斎藤慎也、松本ちさと、内田佳邦、松井和則

アルコキシドを用いて、 SiO_2 系ゲルの環境にホトクロミズムを示すアゾベンゼンを分散させた。紫外光照射によりトランス体からシス体へ、また可視光照射によりシス体からトランス体への可逆的な変化を確認した。

一般講演 1 3

「 Cu^{2+} を用いたポリアニリン-シリカ複合ゲルの作製」

関東学院大学大学院工学研究科工業化学専攻

関東学院大学工学部工業化学科

児玉恵利、小野寺求実、播磨秀亮、内田佳邦、松井和則

Cu^{2+} を触媒としポリアニリン-シリカ複合ゲルの作製を試みた。結果 Cu^{2+} を用いた場合にはペルオキシニ硫酸アンモニウムを用いた場合に比べポリアニリンがゲルに均一に分散した複合ゲルを容易に作製できることが明らかになった。

一般講演 1 4

「表面ゾル・ゲル法を用いたポルフィリン-フラーレン対修飾電極の形成と光電変換機能」

九州大学大学院工学研究院応用化学部門

秋山 毅

光励起電子供与体であるポルフィリンと対応する電子受容体であるフラーレンによる光誘起電荷分離対を表面ゾル・ゲル法を用いて電極上に簡便に形成することに成功した。この修飾電極に可視光を照射することで光電流が発生

した。

一般講演 15

「ゾルーゲル材料のマイクロカプセル型人口すい臓用免疫隔離膜としての利用」

九州大学大学院工学研究院化学工学部門
境 慎司、小野 努、井嶋博之、川上幸衛

すい臓のインスリン分泌組織を包括して生体内へ移植するマイクロカプセル型人工すい臓用免疫隔離膜として、ゾルーゲル法により得られるシリカを利用することを試みた。移植を行ったマウスにおいて平均 60 日程度の血糖値の改善が達成された。

一般講演 16

「ビタミン B12 含有ゾルーゲル修飾電極の作製と電解機能特性」

九州大学大学院工学研究院応用化学部門
寫越 恒、徳永真美、作森恵美子、久枝良雄

ビタミン B12 モデル錯体を合成し、TEOS から作製したゾルーゲル溶液に加え、ディップコーティング法により ITO 電極上に固定化した。作製した修飾電極を用い、ビタミン B12 モデル反応を行った。

一般講演 17

「ステレオコンプレックスを利用したポリメタクリル酸メチルとシリカゲルのハイブリッド」

京都大学大学院工学研究科
足立 馨、ACHIMUTHU Ashok Kumar、中條善樹

ステレオコンプレックスを利用することにより、立体規則性ポリメタクリル酸メチルとシリカゲルとのハイブリッドが得られた。得られたハイブリッド

の物性についても併せて報告する。

一般講演 18

「ポリ塩化ビニルとアルコキシシランの有機-無機ポリマーハイブリッド合成」

京都大学大学院工学研究科

岩村 武、足立 馨、中條善樹

ポリ塩化ビニルとアルコキシシラン類を用いたハイブリッドの合成を行ったところ、フェニル基を有するアルコキシシランを用いた場合にのみ透明なハイブリッドが得られた。

一般講演 19

「マレイミド光二量化反応を利用した有機-無機ポリマーハイブリッドの合成」

京都大学大学院工学研究科

田中康行、ACHIMUTHU Ashok Kumar、足立 馨、中條善樹

アルコキシシランのゾルーゲル反応において、マレイミド環を有する有機高分子の光二量化による架橋反応を行うことにより透明均一なポリマーハイブリッドが得られた。

一般講演 20

「ナノコンポジット *in situ* シリカ充てん天然ゴムの作製と特性化」

¹ 京都大学化学研究所

² 京都工芸繊維大学工芸学部

こうじ谷信三¹、池田裕子²

天然ゴムマトリックスで *in situ* にシリカを生成させてから架橋体に成型加工したゴム系ナノコンポジットについて、その作製方法と得られた架橋体の力

学物性について、二軸引っ張り特性も含めて討論する。

一般講演 2 1

「ゾルーゲル法による Eu^{3+} 添加 ZrO_2 薄膜の作製と微細パターンニング」

近畿大学大学院総合理工学研究物質系工学専攻
木本正臣、野間直樹

Zr-アルコキシドをベンゾイルアセトンで化学修飾して得られるゾルに、 Eu^{3+} をコーティングすることで光感応性蛍光ゲル膜を得た。それらの蛍光特性およびパターンニング特性について報告する。

一般講演 2 2

「ゾルーゲル法による SiO_2 ナノ粒子の作製と表面の機能化」

近畿大学大学院総合理工学研究科物質系工学専攻
丸山敬司、野間直樹

本研究では、 NH_3 水を触媒とし、オルトケイ酸テトラエチルを加水分解して得られる SiO_2 ナノ粒子をメタクリロキシプロピルトリメトキシシランで表面化学修飾し、パターンニング可能なナノ粒子薄膜の作製を検討した。

一般講演 2 3

「フッ化物材料の機能設計とゾルーゲル合成」

慶應義塾大学理工学部
藤原 忍

アルカリ土類・希土類フッ化物をベースとした薄膜材料、ガラスセラミクス、ナノコンポジット等をゾルーゲル法により合成し、それらの光学特性を評価するとともに、新しい光学機能性材料の創製手法を提案する。

一般講演 2 4

「CSD 法によるペロブスカイト型酸化物電極(LaNiO₃)薄膜の形成と電気特性」

静岡大学大学院理工学研究科
直江信成

PZT(Pb(Zr,Ti)O₃)は高い電気特性を持つ代表的な強誘電体材料である。しかし、白金電極上の PZT 薄膜は疲労特性を示す。そこで、白金に代わる電極材料として、酸化物電極である LNO 薄膜を CSD 法により形成し、電気特性を調査した。

一般講演 2 5

「CSD 法 PZT 薄膜の特性に及ぼす組成と配向性の影響」

静岡大学大学院理工学研究科
星 佑介

本研究では PbO シード層を用いたり前熱処理温度を変えることで、種々の組成について(001)方向あるいは(111)方向に選択配向した PZT 薄膜を調整し、電気特性を評価した。

一般講演 2 6

「自己組織化膜を用いた強誘電体薄膜のマイクロパターニング」

静岡大学大学院理工学研究科
森 隆行

安価で容易な PZT 薄膜のパターニング方法として、パターン化した自己組織化膜(SAM)テンプレートを用いた手法を開発した。パターニングしていない薄膜と遜色ない電気特性が得られたことから、PZT 薄膜の新規微細加工として有用な方法といえる。

一般講演 27

「色素を分散したチタニアゲルによる光電変換」

信州大学工学部

錦織広昌、長谷川智彰、北原英俊、橘井 亨、田中伸明、藤井恒男

ゾルーゲル法によりキサンテン系色素を分散したチタニアゲル薄膜を作製し可視光照射を行ったところ、光電流を観測した。焼成していないチタニアゲルでも色素からの電子注入により光電変換がおこることがわかった。

一般講演 28

「縮合安定な高分子量ポリエトキシシルセスキオキサンの合成と性質」

東京理科大学理工学部工業化学科

郡司天博、嶋野亮介、有光晃二、阿部芳首

テトラエトキシシランを窒素気流下で加水分解重縮合することによりポリエトキシシルセスキオキサンの高分子量体を合成した。これは高粘性液体であり、数千～数万の分子量を有し、室温で数ヶ月間保存してもゲル化せず、高い縮合安定性を示した。

一般講演 29

「レーザー干渉法を用いた TiO_2 ハイブリッド周期構造体の作製」

¹PRESTO-JST、²徳島大学、³北海道大学

瀬川浩代¹、松尾繁樹²、三澤弘明³

高屈折率である TiO_2 の周期構造体は可視光領域においても透明なフォトニック結晶として有用である。本研究では第一段階として、レーザー干渉法を用いて TiO_2 ハイブリッド周期構造体の作製を試みた。

一般講演 30

「光照射を利用したセラミックス薄膜のプロセッシング」

名古屋大学工学研究科応用化学専攻

菊田浩一、河野隆太、山口十志明、平野眞一

ゾルゲル法によって合成される前駆体から調整した薄膜に対して、紫外線照射の効果について検討を続けている。いくつかの金属種類について、照射光の波長の効果、前駆体構造との関連などについて検討した点について発表する。

一般講演 31

「金属-有機化合物を用いるニッケルフェライト/有機ハイブリッドの合成」

名古屋大学 理工科学総合研究センター

中村 聖、坂本 渉、余語利信

Fe,Ni 含有金属-有機化合物を溶液中で加水分解することにより、ニッケルフェライト/有機ハイブリッドを合成した。このハイブリッドは有機マトリクス中にナノサイズ磁性粒子が均一分散しており、超常磁性を示した。

一般講演 32

「2-ヒドロキシエチルメタクリレートを主鎖とする有機-無機ハイブリッド材料の力学的性質とアパタイト形成能」

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科、

*九州工業大学大学院生命体工学研究科

内野智裕、大槻主税、上高原理暢、宮崎敏樹*、谷原正夫

メタクリロキシプロピルトリメトキシシランと 2-ヒドロキシエチルメタクリレートをラジカル重合させ、CaCl₂を導入した後、加水分解、重縮合させ、有機-無機ハイブリッド材料を作製した。このハイブリッド材料の力学的性質を引張試験により、また生体適合性を擬似体液中におけるアパタイト形成に

より評価した。

一般講演 3 3

「有機－無機ナノハイブリッド『セラソーム』による組織形成」

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科
片桐清文、橋詰峰雄、池田篤志、菊池純一

脂質二分子膜ベシクルの表面にシロキサンネットワークを有する新規の人工細胞膜「セラソーム」を開発した。構造安定性に優れたセラソームは、従来は困難であった基板上へのベシクル構造の階層的組織化を可能にした。

一般講演 3 4

「リン脂質を構成要素とする有機－無機ハイブリッドナノカプセルの作製」

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科
橋詰峰雄、馬淵将良、池田篤志、菊池純一

生体膜の構成分子として知られるリン脂質に無機成分としてトリエトキシシリル基を共有結合させた新規化合物を合成した。この化合物を用いてベシクル型有機－無機ナノハイブリッド「セラソーム」作製に成功した。

一般講演 3 5

「有機配位子を含むハフニアゲル膜の光照射による硬化」

日本大学工学部
西出利一、矢部貴行、高橋知子、能美成晃

有機配位子を含むハフニアゲル膜に高圧水銀灯を用いて紫外線を照射すると、鉛筆硬度 9H 以上の高硬度で水に対する接触角が約 90° を示す高硬度撥水性ハフニア薄膜を得た。ハフニアゾル液は、ギ酸イオンやシュウ酸イオンなどの有機配位子を添加して作製した。紫外線による硬化プロセスを昇温脱離法などにより調べたところ、Hf イオンに配位している有機配位子や OH 基が紫

外線照射により脱離することが分かった。

一般講演 36

「ゾルゲル法による高度分離機能性を有するセラミック薄膜の作製」

広島大学大学院工学研究科物質化学システム専攻
都留稔了、浅枝正司

ゾルゲル法により、ナノ～サブナノ細孔を有するシリカおよびチタニア薄膜を作製した。製膜条件を制御することで、 H_2/N_2 分離係数 100 以上のシリカ水

素分離膜、細孔径 1nm のチタニア膜（分画分子量 300）を作製した。また、プロトン伝導性セラミック膜の作製についても報告する。

一般講演 37

「単分散磁性酸化チタン光触媒の合成および有機物分解特性」

山形大学工学部物質化学工学科
木俣光正、厚海裕之、長谷川政裕

合成した単分散ヘマタイト微粒子を核とし、これにシリカおよびチタニアを被覆し、水素雰囲気下で熱処理することにより三層構造の磁性酸化チタン光触媒微粒子を合成し、その有機物分解特性に及ぼす種々の影響について調査した。

一般講演 38

「マイクロ相分離によるシリカーポリエーテル系ナノコンポジットの多孔質化」

山形大学工学部物質化学工学科
樋口健志

TEOS からシリカを合成する場に PEG などのポリエーテル系高分子を添加することでスピノーダル分解を誘起させ、多孔質のシリカ・ポリマー複合体と

した。多孔構造の簡便な制御法として、添加ポリマーの分子量を変えることが有効であることを明らかにした。

一般講演 39

「ゾルーゲル法により合成した酸化チタンペレットの光触媒活性」

山口大学理学部

山崎鈴子

チタンアルコキシドのペプチゼーション、透析、濃縮、乾燥、焼成を経て、透明な酸化チタンペレットを合成した。このペレットを用いて、気相中および水中でのトリクロロエチレンの分解あるいは、銅イオンの捕集・回収を行い、光触媒活性について調べた。

一般講演 40

「新規シロキサンオリゴマーの自己組織化によるシリカ系メソ構造体の直接合成」

早稲田大学理工学部応用化学科

下嶋 敦、黒田一幸

アルキルシランに3つの $-\text{Si}(\text{OR})_3$ 基が結合した構造の新規シロキサンオリゴマーを出発物質とし、2次元ヘキサゴナル構造のシリカ系ハイブリッドを合成した。また、焼成によりマイクロポーラスシリカが得られた。

一般講演 41

「アルコキシトリクロロシランからの層状シリカーアルコールナノ複合体の合成」

早稲田大学理工学部応用化学科

藤本泰弘、下嶋 敦、黒田一幸

アルコキシトリクロロシランの加水分解・縮重合反応により、層状シリカーアルコールナノ複合体を合成した。生成物は、層状シリカと all-trans の状態

で配列した長鎖アルコールがナノメートルオーダーで交互に積層した層状組織体であることがわかった。

一般講演 4 2

「カテコールによるチタンアルコキシドの化学修飾」

早稲田大学理工学部応用化学科
永川健太郎、本田英靖、菅原義之

カテコールを用いてチタンアルコキシドの化学修飾を試みた。モル比 1 : 1 の反応では、チタンあたり 2 つのアルコールが脱離してカテコレート基が配位した生成物が得られた。加水分解過程を検討したところ、アルコキシル基の方が加水分解を受けやすいことが分かった。

一般講演 4 3

「真空紫外線励起による酸化物薄膜の低温合成」

大阪市立工業研究所
高橋雅也

ゾル膜に真空紫外線光を照射すると、低温で緻密な酸化物薄膜が得られる。本研究では、酸化チタン及びコバルト含有酸化チタン薄膜の作製プロセスにおいて、照射紫外線の波長や雰囲気ガス等、各種製膜条件が及ぼす膜質への影響を検討した。

一般講演 4 4

「ポリシランを含有する有機-無機ハイブリッド薄膜の作製とその物性」

大阪市立工業研究所、*大阪府立大学大学院工学研究科
松浦幸仁、井上 弘、内藤裕義*、松川公洋

ポリシランを高分子光重合開始剤に用いてポリシラン-メタクリロキシプロピルトリエトキシシランブロック共重合体を合成し、金属アルコキシドとの

ゾルーゲル反応により、ポリシランを含有する有機-無機ハイブリッド薄膜を作製し、その構造と光物性を調べた。

一般講演 4 5

「ペルオキシ金属錯体経由 Nb,V ドープアナターゼゾルの合成」

佐賀県窯業技術センター ファインセラミックス部
一ノ瀬弘道

Nb-Ti と V-Ti のペルオキシ錯体水溶液をそれぞれ合成し、さらに水熱処理することにより Nb 及び V ドープアナターゼ微結晶の分散ゾルを作成した。アナターゼの格子定数や形態の変化について調べた。

一般講演 4 6

「PLZT 積層膜構造体の作製とその光起電力特性」

産業技術総合研究所 機械システム研究部門、*東京電機大学
一木正聡、小林 健、森川 泰、中田 毅*、野中一洋、前田龍太郎

誘電体の光起電力効果は、紫外線の照射により分極方向に電力を発生する現象である。本研究では PLZT 素子の積層型膜構造体を作製し、その特性を評価したので、その結果を報告する。

一般講演 4 7

「化学溶液法による PZT 厚膜の作製と MEMS デバイスへの応用」

産業技術総合研究所 機械システム研究部門
小林 健、Jiunnjye Tsaur、Lulu Zhang、一木正聡、前田龍太郎

化学溶液法により作製した厚さ 1 μm 以上の PZT 厚膜を用いてマイクロ光デバイスを作製した。本発表では、PZT 厚膜の作製とその微細加工法、および作製したマイクロ光デバイスの特性について報告する。

一般講演 4 8

「触媒抗体 38C2 包括カプセル化ゲルの合成とその活性安定性」

産業技術総合研究所 セラミックス研究部門、*三重大工
加藤且也、橘樹淳子、斎藤隆雄、横川義之、富田昌弘*

ゾルーゲル法による、不斉アルドール反応を行う触媒抗体 (Catalytic Antibody 38C2) の包括カプセル化ゲルの作成を行った。このカプセル化抗体は、溶液状のフリー抗体と比較して、溶媒・温度・再利用などの触媒安定性が著しく上昇することが明らかとなった。

一般講演 4 9

「(Y,Yb)MnO₃/Y₂O₃/Si キャパシタの作製と特性評価」

産業技術総合研究所 セラミックス研究部門
鈴木一行、符 徳勝、西澤かおり、三木 健、加藤一実

金属アルコキシドを用いた化学溶液法により Si 基板上に Y₂O₃ および (Y,Yb)MnO₃ 薄膜を作製した。強誘電体メモリ用材料としての特性を調べるため、Pt/(Y,Yb)MnO₃/Y₂O₃/Si(MFIS)キャパシタの電気的特性を評価した。

一般講演 5 0

「光による層状ペロブスカイト SrBi₂Ta₂O₉(SBT)薄膜の結晶性制御」

産業技術総合研究所 セラミックス研究部門
西澤かおり、三木 健、鈴木一行、符 徳勝、田中清高、加藤一実

層状ペロブスカイト SrBi₂Ta₂O₉(SBT)薄膜の結晶化に対する紫外線照射の影響について検討を行った。紫外線照射をせずに作製した薄膜はc軸配向を示したが、結晶化前のゲル膜に 150℃で加熱しながら超高圧水銀灯からの光を

照射して作製すると、(115)回折強度が増大したランダムな結晶方位の膜に結晶化することが分かった。

一般講演 5 1

「ゾルーゲル法により作製した銅含有シリカ膜の耐腐食性及び抗菌性」

名古屋市工業研究所、*岡崎国立共同研究機構アイソトープ実験センター
小野さとみ、柘植弘安、松田淑美*、小川和男*

銅含有シリカ前駆体溶液を用いて、ステンレス、アルミ合金及びガラス基板上にサブミクロンのコーティング膜を作製したところ、加熱処理を要しないサブミクロンの厚さの銅含有シリカコーティングにより、材料表面に耐腐食性及び抗菌性を付与できることが明らかになった。