

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 14 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500923

研究課題名(和文)高齢化社会に対応した消臭機能オムツ素材の開発

研究課題名(英文)Development of diaper materials with deodorizing function for an aging society

研究代表者

仲西 正(NAKANISHI, Tadashi)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号：90198143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：消臭機能を持つ、高機能オムツ素材の開発に関する基礎的な研究を行った。オムツ素材モデル物質としてポリビニルアルコール(PVA)を選び、膜状と円柱状のヒドロゲルを調製した。ゲル膜を用いて単純な塩の収着挙動を調べ、膜中水の状態との関係を考察した。また、綿布を直接染料と銅塩を用いて媒染染色し、その消臭特性を速度論的に調べた。また、消臭機能をゲル材料に付与するための基礎となる、銅塩とPVAとの相互作用を、銅塩水溶液中でのゲル膨潤挙動の観察より検討した。

研究成果の概要(英文)：A basic research was carried out for development of the high-performance diaper material with deodorizing abilities. Poly(vinyl alcohol) (PVA) was chosen as a model material of diaper, and the membrane and cylindrical PVA hydrogels were prepared. Sorption for simple salts was examined by using the PVA gel membranes, and the relation between the salt sorption behavior and the state of the water in the membranes was discussed. Cotton fabrics were mordant-dyed with direct dyes and a copper salt, and the kinetics of the deodorization by the obtained mordant-dyed fabrics was investigated. The interaction between copper ions and PVA, which gives the deodorizing function to PVA gels, was examined on the basis of the results for the swelling degrees of the cylindrical PVA gels in the aqueous solutions of copper salts.

研究分野：衣生活材料学

キーワード：オムツ 消臭 高分子ゲル 塩収着 膨潤

1. 研究開始当初の背景

わが国では、急速な高齢化にともなう、高齢者に対応した新たな生活材料の開発や介護環境の改善が、ますます求められるようになってきた。高齢者用オムツ素材の開発は、高齢化社会に向けて生活の質を向上させるための研究方向のひとつとして重要と思われる。高齢者用のオムツ素材の開発には、素材である含水高分子ゲルの物質収着特性に関する基礎的知見の蓄積とその機構解明、消臭機能を付与するための設計指針の追求などが必要である。しかし、含水高分子ゲルに対しての物質収着、特に塩収着挙動に関しては、まだ十分にその機構が明らかになっていないと言いがたい。また、消臭材料に関する研究も、特許などでは多く見られるが、基礎的な研究は不十分な状況である。

2. 研究の目的

高齢者に適したオムツ素材を設計するために必要となる基礎的な知見を集積するとともに、ゲル材料中の水の状態、ゲル材料の塩収着、消臭などに関する物理化学的な視点からの考察を行うことを目的とした。本研究では、消臭機能を持つ含水ゲル材料をモデルオムツ素材として設定し、この素材を調製するために必要な研究として次の3つを設定した。1つめは、含水高分子ゲルにおける塩収着やゲル中の水の状態の解明である。これは、オムツ素材の持つべき重要な性質である尿の吸収をどのように調整し制御するかに関わっている。2つめは、消臭機構に関する研究である。本研究では銅イオンを用いた酸化触媒による化学的消臭を目指して、まずはゲルでなく布に対して消臭機能を付与して、消臭特性とその機構解明を行っている。3つめは、ゲル材料に対して、消臭機能を付与するために必要な知見を得るための研究である。銅イオンをゲル材料中に保持することによって生じるゲルの体積変化に着目する。

本研究成果報告書では、上述した3つの研究から主要な例をひとつずつ示すことにする。研究の個別のテーマは以下の通りである。なお、ゲル構成高分子としてはポリビニルアルコール (PVA) を用いている。

- (1) 鹼化度の異なる PVA 膜の塩収着と膜中水の状態
- (2) Langmuir-Hinshelwood 機構を用いた含銅媒染染色綿布の消臭速度の解析
- (3) 銅塩水溶液中における PVA ゲルの膨潤に対する pH の影響

3. 研究の方法

- (1) 鹼化度の異なる PVA 膜の塩収着と膜中水の状態

①PVA 膜の調製と含水率測定

鹼化度 98.5mol%以上 (重合度約 2000, ナカライテスク, 以下 PVA(99)), 鹼化度 96mol%以上 (重合度約 1000, 和光純薬, 以下 PVA(96)), 鹼化度 86-90mol% (重合度約

3100-3900, 和光純薬, 以下 PVA(86)) の 3 種類の PVA を精製後, 12wt%水溶液を調製した。20 cm 角のガラス板上にキャストし, 室温で乾燥させベース膜とした。3 cm 角 (収着量測定に用いた膜は 4 cm 角) に切ったベース膜をろ紙ではさみ 4 隅をステーブラーで止め, 25wt% NaCl 溶液に 40°C で 0.5 時間浸漬した。架橋剤としてグルタルアルデヒド (GA), 触媒として塩酸を添加し架橋を行った。GA 濃度は 0.2wt%, 塩酸濃度は 0.035wt% とした。架橋温度は室温~60°C とし, 架橋時間は 1~5 時間とした。ホルムアルデヒド (HA) を架橋剤として用い, PVA(99)ベース膜を GA の場合と同様の方法で架橋処理した。HA と塩酸の濃度はそれぞれ, 0.7wt%, 0.035wt%とした。架橋して得られた膜を, 125°C で 2 日間真空乾燥し, 膨潤膜質量 W_w と乾燥膜質量 W_d から (1) 式より含水率 H を求めた。

$$H = (W_w - W_d) / W_w \quad (1)$$

②示差走査熱量 (DSC) 測定

水で膨潤させた膜から質量約 2 mg の試料を切り取り, DSC 測定を行った (DSC-60, 島津製作所)。5°C/min で室温から-100°C まで冷却しその状態を 5 分間保持した後, 5°C/min で 20°C まで昇温した。解析には昇温過程での吸熱ピークを用いた。吸熱ピーク面積から熱量を求め, (2) 式より膜中水の質量を算出した。

$$W_n = Q_n M_w / \Delta H \quad (2)$$

ここで, W_n は膜中水の質量, Q_n は融解ピークの熱量, n は膜中水の状態, M_w は水のモル質量, ΔH は水の融解エンタルピーである。膜中水の状態はバルク水とは異なり, 融解温度が 0°C より低い。ここでは, Higuchi ら¹⁾ の解析方法に従い, 膜中水を過冷却状態と仮定して求められた水の融解エンタルピーを用いた。

③塩収着量測定

同一の膜サンプルについて KCl, KBr, KI, KNO₃ の順で収着量測定を行った。外部塩濃度 C_E は 0.05-0.20 M とした。約 50 mL の塩溶液中に精秤した架橋膜を 25°C で約 6 時間浸漬し塩を収着させた。膜を取り出し, ろ紙でプロットし, 50 mL 蒸留水に浸漬し, 25°C で 18 時間脱着させ, 外部溶液の伝導度を測定した。伝導度-塩濃度検量線から脱着水の塩濃度を求め, 膜中水あたりの塩収着量 C_w を求めた。

- (2) Langmuir-Hinshelwood 機構を用いた含銅媒染染色綿布の消臭速度の解析

①綿布の媒染染色

直接染料として, C.I. Direct Blue 1 (東京化成工業), C.I. Direct Blue 15 (和光純薬工業), C.I. Direct Red 2 (Benzopurpurine 4B,

東京化成工業), C.I. Direct Red 37 (Direct Scarlet B, 東京化成工業) を用いた. 以下それぞれ Blue1, Blue15, Purpurine, Scarlet B と略す. 助剤として無水硫酸ナトリウム, 媒染剤として硫酸銅(II)五水和物を用いた. ヘキサンで精練した綿布を, 浴比 1:30, 染料濃度 1, 5%owf の染料溶液で染色した. 助剤は無水硫酸ナトリウムを用い, 30 g/L とした. 室温で無水硫酸ナトリウムを溶かした染浴に, 綿布を入れ, 30 分間で 85°C に昇温し, その後 30 分間 85°C を保ち, 染色を行った. 染色後, イオン交換水で綿布をすすぎ, 室温で乾燥した. 染色綿布を 2%owf の濃度の硫酸銅(II)水溶液中で, 浴比 1:30, 85°C で 30 分間, 後媒染処理した. 媒染後はイオン交換水で綿布をすすぎ, 室温で乾燥した. これらの試料布を dye(染色濃度/owf)+aft, 染色を行わず媒染処理のみを施した試料布を pre と呼ぶことにする.

染色量は, ピリジン-水混合溶媒 (体積比 1:3) で試料綿布の染料を脱着し, 脱着溶液の吸光度を測定して求めた. また, 含銅量 U_{Cu} は, 80wt%硫酸と 30wt%過酸化水素水を用い加温して試料綿布を完全に溶解し. 試料溶液中の銅量を原子吸光法により決定することにより求めた

②消臭実験

試料布 1.0 g を入れた 1 L テドラーバッグに, 既知量 (10~110ppm) のエタンチオール (和光純薬工業) を含む空気を導入した. テドラー®バッグ内の気体をガスタイトシリンジで 10 μ L 採取し, 炎光光度検出器 (FPD) を持つガスクロマトグラフ (GC-2014 with FPD-2014, 島津製作所) に注入し, テドラーバッグ内の気相中のエタンチオールおよびジエチルジスルフィドの濃度を経時的に測定した.

(3) 銅塩水溶液中における PVA ゲルの膨潤に対する pH の影響

①PVA ゲルの調製

精製した PVA(重合度約 2000, 鹼化度 98.5~100mol%, ナカライテスク)を用いて, 4, 6, 8wt% PVA 水溶液を調製した. 内径約 0.2 mm の 1 μ L ガラスキャピラリーを試験管に入れ, PVA 水溶液を充填し, ^{60}Co の γ 線を 60 kGy 照射することで PVA ゲルを調製した.

②膨潤度測定

スクリー管に, PVA ゲルと外部溶液 2 mL を入れ, 倒立顕微鏡(CKX41, オリンパス)を用いて約 25°C で直径を測定した. 蒸留水中の PVA ゲルの直径を d_w , 外部溶液中の PVA ゲルの直径を d とし, 膨潤度を d/d_w で表した. 外部溶液には, 酢酸銅(II)水溶液, 酢酸銅(II)/水酸化ナトリウム水溶液, 酢酸銅(II)/塩化ナトリウム水溶液を用いた. また, 酢酸銅(II)水溶液に 10 日間以上浸漬させた後, アンモニア水へゲルを移動したときの平衡膨潤度を測定した.

4. 研究成果

(1) 鹼化度の異なる PVA 膜の塩収着と膜中水の状態

①含水率測定

PVA(99)膜について, 含水率 0.35-0.83 の架橋膜, PVA(96)膜について, 含水率 0.37-0.86 の架橋膜, PVA(86)膜について, 含水率 0.38-0.64 の架橋膜が得られた.

②DSC 測定

PVA(99)膜と PVA(86)膜の DSC 昇温曲線を Fig.1 に示す. ピークの現れなかったものを不凍水とした. PVA(86)膜の 0°C 付近のピークは PVA(99)と比較して幅広く非対称な形をしている. このことから, PVA(86)膜中の水の状態は PVA(99)膜よりも不均一な状態であると考えられる. また, 膜中水を基準とした膜中水の質量分率 ϕ_w を Fig.2 に示す. 含水率 0.7 までの範囲で, PVA(99)膜は凍結結合水の割合が大きく, PVA(86)膜は自由水の割合が大きいことがわかった.

PVA(99)膜は OH 基が多く, OH 基同士で水素結合しやすい. 一方, PVA(86)膜は OH 基が少なくアセチル基を持つため, OH 基同士の水素結合が起こりにくいと考えられる. こ

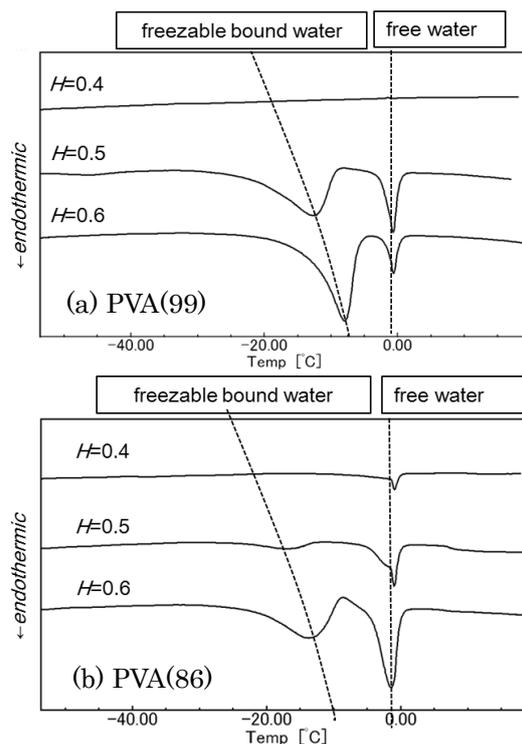


Fig.1 DSC heating curves for melting behavior of water frozen in PVA membranes.

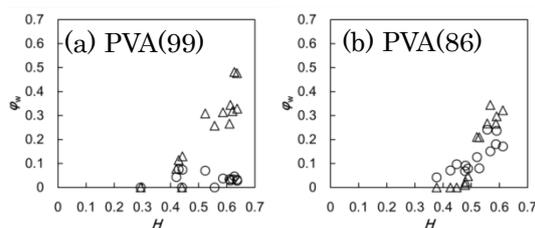


Fig.2 Fraction ϕ_w vs. water content of the membranes. (○)free water, (△)freezable bound water.

のため、膜の非結晶部分の構造が PVA(99)膜と PVA(86)膜では異なり、PVA(86)膜は不均一な構造となっていると考えられる。不均一な非結晶部分を持つことで、自由水の割合が大きくなったと考えられる。

含水率 0.7 までの範囲で、HA で架橋した膜は、GA で架橋した膜よりも不凍水の割合が大きいことがわかった。HA で架橋した場合、PVA 鎖間のアセタール形成は起こらず、PVA 鎖内でアセタール形成されると考えられる。網目構造が形成されないが、OH 基数が減少することで水に不溶となり、膜が形成される。網目構造が形成されないことで、膜中に自由水や凍結結合水として水が保持されにくく、OH 基と強く相互作用する不凍水の割合が大きくなったと考えられる。

③塩収着量測定

KI を除き、いずれの膜、塩についても収着等温線は分配型であった。収着等温線の傾きより塩の分配係数 K_w を求めた。KI については、 C_E が 0–0.15 M の範囲での C_w の傾きを K_w として求め、Table 1 に示す。

K_w は、 $KCl < KBr \approx KNO_3 < KI$ の順に大きくなり、KBr と KNO_3 は同程度であった。カチオンはすべて K^+ であるため、 K_w の差はアニオンによるものである。アニオンの結晶学的半径の大きさは、 $Cl^- < Br^- < I^- < NO_3^-$ であるが、結晶学的半径が小さい程イオン性水和が強い。イオン性水和の強いイオンは自由水のみで溶解し、イオン性水和の弱いイオンは自由水だけでなく凍結結合水や不凍水にも溶解しやすいと考えられる。KI の K_w は 1 を越えているため、膜中水だけでなく、膜基質とも相互作用していると考えられる。PVA(86)膜では、 I^- が膜基質、特にアセチル基と相互作用していることも考えられる。 KNO_3^- は多原子からなるイオンのため、 I^- より収着量が低くなったと考えられる。

含水率が 0.4、0.6 の膜について、 K_w は $PVA(99) < PVA(96) < PVA(86)$ となった。DSC 測定の結果から、鹼化度が低い膜の方が、自由水の割合が大きいことがわかった。自由水の割合が大きいため、PVA(86)膜の K_w が大きくなったと考えられる。

Table 1 Partition coefficients, K_w , of salts for PVA membranes.

saponification	H	K_w			
		KC l	KB r	KI	KNO_3
PVA99	0.6	0.77	0.91	1.1	0.88
	0.5	0.83	0.93	0.87	0.92
	0.4	0.54	0.67	1.1	0.73
PVA96	0.6	0.83	0.97	1.1	0.96
	0.5	0.77	0.92	1.2	0.96
	0.4	0.68	0.76	1.0	0.72
PVA86	0.6	0.83	1.0	1.7	1.1
	0.5	0.75	0.87	1.3	0.94
	0.4	0.86	1.0	1.5	1.3

(2) Langmuir-Hinshelwood 機構を用いた含銅媒染染色綿布の消臭速度の解析

銅はその配位環境によって異なる性質を示す。綿布に含まれる銅を、綿布に直接結合した銅 (pre 型 Cu) と綿布上の染料に結合した銅 (aft 型 Cu) の 2 種類に大別し、考察をすすめることにした。まず横軸を経過時間とし、縦軸をバッグ内のエタンチオール濃度とした消臭曲線の時刻ゼロにおける接線を用いて初期消臭速度を求めた。不均一系触媒反応機構では Langmuir-Hinshelwood 機構 (L-H 型) と, Rideal-Eley 機構がよく知られているが、今回調製した pre および dye+aft のすべてが L-H 型の消臭機構をとることが明らかになった。 \bar{k} をジエチルジスルフィド生成速度定数、 K_A を吸着平衡定数、 P_{A0} をエタンチオール初期濃度、 r_0 をジエチルジスルフィド生成初期速度とすると、L-H 型の式は (3) 式のようになる²⁾。

$$\frac{P_{A0}}{\sqrt{r_0}} = \frac{1}{\sqrt{k}} P_{A0} + \frac{1}{K_A \sqrt{k}} \quad (3)$$

r_0 をエタンチオール減少初期速度の 1/2 として、すべての試料布について、 P_{A0} に対して $P_{A0}/\sqrt{r_0}$ をプロットした。Fig.3 に pre および dye(5%)+aft の結果を示す。また Table 2 に、プロットに対する近似直線の傾きと切片から求めた K_A と \bar{k} 、および \bar{k}/U_{aft-Cu} の値を、含銅量 U_{Cu} とあわせて示す。ここで、全媒染染色布の U_{pre-Cu} は pre の U_{Cu} に等しいと仮定し、 U_{aft-Cu} を $U_{Cu} - U_{pre-Cu}$ として求めた。

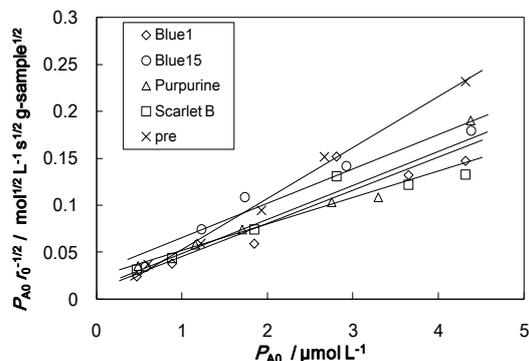


Fig.3 Langmuir-Hinshelwood plots for dye(5%)+aft and pre samples.

Table 2 Copper uptake and parameters obtained from fitting eq (3) to the experimental data of dye+aft and pre samples.

Sample	Dye bath	U_{Cu}	K_A	\bar{k}	(\bar{k}/U_{aft-Cu})
	%o.w.f.	mol g ⁻¹	L mol ⁻¹	mol s ⁻¹ g-sample ⁻¹	(mol-EtSH s ⁻¹ mol-Cu ⁻¹)
Blue1	1	9.0×10 ⁻⁶	1.1×10 ⁷	2.7×10 ⁻¹⁰	5.9×10 ⁻⁵
	5	2.5×10 ⁻⁵	3.4×10 ⁶	8.1×10 ⁻¹⁰	4.0×10 ⁻⁵
Blue15	1	7.7×10 ⁻⁶	2.3×10 ⁶	5.9×10 ⁻¹⁰	1.8×10 ⁻⁴
	5	1.9×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁶	7.5×10 ⁻¹⁰	5.3×10 ⁻⁵
Purpurin	1	8.4×10 ⁻⁶	3.3×10 ⁶	3.3×10 ⁻¹⁰	8.2×10 ⁻⁵
	5	2.0×10 ⁻⁵	3.0×10 ⁶	7.6×10 ⁻¹⁰	4.8×10 ⁻⁵
Scarlet B	1	6.6×10 ⁻⁶	1.7×10 ⁷	3.8×10 ⁻¹⁰	1.7×10 ⁻⁴
	5	1.3×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁶	1.3×10 ⁻⁹	1.5×10 ⁻⁴
pre	0	4.4×10 ⁻⁶	3.6×10 ⁷	3.4×10 ⁻¹⁰	—

吸着平衡定数 K_A は、1つの活性点 σ (銅イオン) あたりのエタンチオール結合の強さの平均値を表す。 K_A の値は、 $\text{pre} \gg \text{dye}(1\%)+\text{aft} > \text{dye}(5\%)+\text{aft}$ となった。このことからエタンチオールの吸着力は、 pre 型 Cu 上の $\sigma > \text{aft}$ 型 Cu 上の σ の関係であることがわかった。

反応速度定数 \vec{k} (試料布 1 g あたり) は、 $\text{pre} \leq \text{dye}+\text{aft}(1\%) < \text{dye}+\text{aft}(5\%)$ となった。このことから、含銅量が大きく σ の密度が高い試料布はジエチルジスルフィド生成速度が高い、すなわち消臭速度が高いといえる。 \vec{k} の染料構造への依存性を調べるために、 aft 型 Cu ひとつあたりの $\vec{k}/U_{\text{aft-Cu}}$ を求めた。 $\vec{k}/U_{\text{aft-Cu}}$ は $\text{Scarlet B} \gg \text{Blue 1} = \text{Blue 15} = \text{Purpurine}$ という関係になったことから、染料 Scarlet B と結合した銅は大きな \vec{k} をもつことがわかる。 Scarlet B は、銅が配位結合したサイトの近くに他の官能基を持たずエタンチオールが銅へ配位する際に障害がない。さらに、6配位である銅が Scarlet B に配位する際、6つの可能な結合のうち2つが染料中のアゾ基とヒドロキシ基との結合に使われ、他4つがエタンチオールと酸素との結合に利用でき、酸化分解反応が有利にすすめられると考えられる。

消臭速度を大きくするには、 K_A , \vec{k} , U_{Cu} を大きくする3つの方法がある。 K_A を大きくするには $U_{\text{pre-Cu}}$ を大きく、 \vec{k} を大きくするには $U_{\text{aft-Cu}}$ を大きくすることがそれぞれ有効であることがわかった。 U_{Cu} を大きくすることはそれらの十分条件となっている。現在の媒染条件ではこれ以上 $U_{\text{pre-Cu}}$ を大きくすることができないため、Scarlet B の構造に類似した大きな \vec{k} をもつ染料を選択し、 $U_{\text{aft-Cu}}$ を大きくする媒染染色濃度で処理することで、現在よりも消臭効果の高い含銅媒染染色綿布が調製できると考えられる。

(3) 銅塩水溶液中における PVA ゲルの膨潤に対する pH の影響

酢酸銅(II)濃度に注目した実験では、酢酸銅(II)濃度 0.5~250 mM の酢酸銅(II)水溶液に PVA ゲルを浸漬させたと、低塩濃度の時は大きく収縮し、高塩濃度の時はあまり収縮しなかった(Fig.4)。ゲル調製に用いた PVA 水溶液の濃度に対する顕著な差は見られなかった。これは同一 γ 線照射量でゲル化することにより PVA の密度差が水溶液時よりも小さくなっているためと推察される。それぞれの塩濃度の水溶液の pH で比較すると、0.5 ~ 10 mM にかけては pH が高くなるにつれて膨潤度が上がり、10~250 mM にかけては pH が高くなるにつれて膨潤度が下がることがわかった(Fig.5)。前者は、溶液中の銅(II)濃度が低すぎるために十分な収縮が起きなかったためであり、後者は、pH の上昇に伴い $\text{Cu}(\text{OH})_2$ の量が増えることで、PVA-Cu 錯体が生成され、ゲルが収縮したためと推察される。

酢酸銅(II)/水酸化ナトリウム水溶液を用い

た実験においては、酢酸銅(II)濃度を 200 mM とし、水酸化ナトリウム濃度を変化させて pH を 5.6 よりも高くした場合、膨潤度はおよそ 0.7 まで低下した(Fig.6)。これは、高酢酸銅(II)濃度であっても高 pH であれば PVA-Cu 錯体が形成され、ゲルの収縮が生じることを示している。すなわち、水酸化ナトリウム水溶液を加えず pH を変化させなかった場合は、高酢酸銅(II)濃度の水溶液の pH が PVA-Cu 錯体の生成に必要な水酸化銅(II)が十分量生成される pH に比べ低かったため、この水溶液中で PVA ゲルがあまり収縮しなかったと考えられる。

酢酸銅(II)/塩化ナトリウム水溶液を外部溶液とした実験では、塩化ナトリウムを添加しない場合と比較して膨潤度が大きくなった。このとき PVA ゲルは、浸漬直後は大きく収縮したが、時間経過につれて膨潤した。その後、酢酸銅(II)/塩化ナトリウム水溶液で平衡に達したのち、PVA ゲルを蒸留水に移したところ、ゲルの膨潤度は 1 に近づいた。初期における大きな収縮は、PVA-Cu 錯体が形成するためと考えられる。

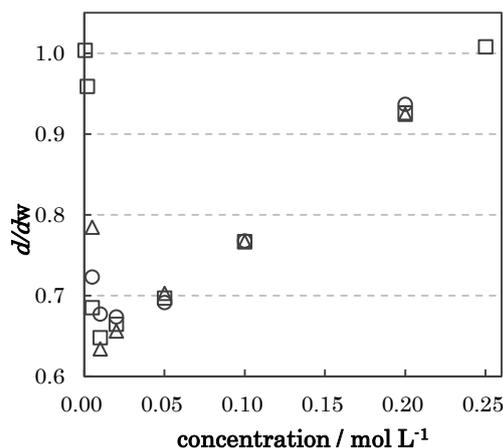


Fig. 4 Equilibrium swelling ratio of PVA gels vs. concentration in copper(II) acetate. PVA concentration : ○4, △6, □8wt%.

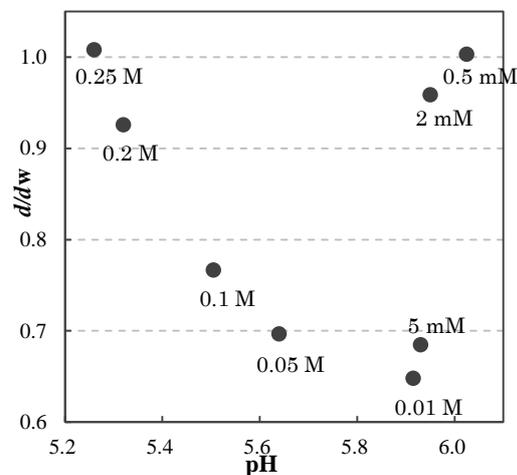


Fig. 5 Equilibrium swelling ratio of PVA gels(8wt%) vs. pH in copper(II) acetate.

PVA ゲルを酢酸銅(II)水溶液に 10 日間以上浸漬させた後、アンモニア水溶液に移動して膨潤度を測定したところ、膨潤度は 1 となった。アンモニアは銅イオンに強く配位し、水酸化銅(II)を溶解させる。したがって、ゲル中においては PVA が配位子として銅に配位していたが、アンモニア水溶液移動後は、配位子がアンモニアに変わったため PVA-Cu 錯体が消失し、膨潤度が 1 に戻ったと考えられる。

高酢酸銅(II)濃度の溶液において PVA ゲルの収縮が起こりにくいのは、pH が低く十分な水酸化銅(II)が生成されないためである。PVA ゲルの収縮には酢酸銅(II)濃度だけでなく溶液の pH も大きく関与していることが明らかとなった。酢酸銅(II)水溶液中における PVA ゲルの収縮、膨潤は、PVA-Cu 錯体の生成、解離によることが示された。

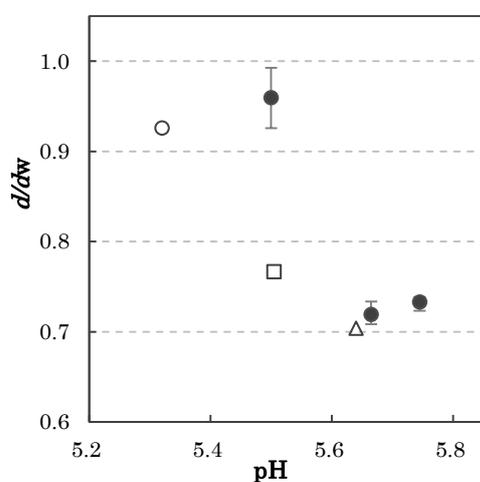


Fig. 6 Equilibrium swelling ratio of PVA gels (8wt%) vs. pH.
 $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ concentration :
 ○0.2, △0.1, □0.05 M,
 ●0.2 M, pH changed by adding NaOH aq.

<引用文献>

- ①A. Higuchi, T. Iijima, D.s.c. investigation of the states of water in poly(vinyl alcohol-co-itaconic acid) membranes, *Polymer*, **26**, 1833-1837 (1985).
- ②葛西 路子, 仲西 正, 小林 泰子, 直接染料と銅塩で媒染した綿布のエタンチオール消臭速度繊維学会誌, **64**(11), 340-343 (2008).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- ①仲西 正, 雨宮敏子, 銅媒染染色布によるアンモニアとエタンチオールからなる複合臭の除去, 日本学術振興会繊維・高分子機能加工第 120 委員会年次報告, 査読無, Vol.65, 2014, pp.54-57.
- ②雨宮敏子, 仲西 正, 媒染染色した綿布と羊毛布のエタンチオール消臭速度, 繊維学会誌, 査読有, Vol.70, No.7, 2014,

pp.145-151.

DOI:10.2115/fiber.70.145

- ③Endang Katmiwati, Tadashi Nakanishi, Dye sorption and swelling of poly(vinyl alcohol) hydrogels in Congo red aqueous solution, *Macromolecular Research*, 査読有, Vol.22, No.7, 2014, pp.731-737. DOI:10.1007/s13233-014-2149-z
- ④雨宮敏子, 仲西 正, 媒染染色した綿布と羊毛布のエタンチオール消臭挙動, 日本繊維製品消費科学会誌, 査読有, Vol.54, Vol.12, 2013, pp.1064-1065.
- ⑤仲西 正, 雨宮敏子, 媒染染色した綿布と羊毛布のエタンチオールに対する消臭性, 日本学術振興会繊維・高分子機能加工第 120 委員会年次報告, 査読無, Vol.64, 2013, pp.45-48.

[学会発表] (計 8 件)

- ①樋田 朋子, 仲西 正, 酸化度の異なる PVA 膜の塩収着と膜中水の状態, 平成 27 年度繊維学会年次大会, 2015 年 6 月 10 日, タワーホール船堀 (東京都江戸川区).
- ②Endang Katmiwati, Tadashi Nakanishi, Swelling of poly(vinyl alcohol) hydrogels accompanying the dye sorption in Congo Red aqueous solution, International Symposium on Fiber Science and Technology 2014 (ISF2014), 2014 年 10 月 1 日, 東京ファッションタウン (東京都江東区).
- ③Endang Katmiwati, 仲西 正, Sorption properties of PVA Hydrogels for Congo Red, 平成 26 年度繊維学会年次大会, 2014 年 6 月 12 日, タワーホール船堀 (東京都江戸川区).
- ④Endang Katmiwati, 仲西 正, Dye Sorption and Swelling of PVA Gels in Aqueous Congo Red Solution, 平成 25 年度繊維学会年次大会, 2013 年 6 月 13 日, タワーホール船堀 (東京都江戸川区).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

仲西 正 (NAKANISHI Tadashi)
 お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授
 研究者番号: 90198143

(2) 研究分担者

なし

(3) 研究協力者

雨宮 敏子 (AMEMIYA Toshiko)
 Endang Katmiwati
 峯村 遥 (MINEMURA Haruka)
 樋田 朋子 (HIDA Tomoko)
 百瀬 淳美 (MOMOSE Atsumi)

以上, お茶の水女子大学・学部および大学院・学生