

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：55501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12391

研究課題名(和文) CO₂取込機構を有するフェノール類環状オリゴマーを組み込んだ高性能分離膜の創成研究課題名(英文) Creation of high performance separation membranes incorporating phenolic cyclic oligomers with CO₂ uptake mechanism

研究代表者

山崎 博人 (Yamasaki, Hirohito)

宇部工業高等専門学校・物質工学科・教授

研究者番号：20300618

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：高分子分離膜の創成のため、CO₂分子を捕捉でき、かつ、結晶サイズが1 μm未満と小さく薄膜化が可能なフェノール類の環状オリゴマー(Noria)に着眼し、() N-メチルピロリドンなどの特殊溶媒に溶解後、高分子膜中に均一に分散、() Noria中のフェノール水酸基を化学修飾し、それ自身で薄膜化、を検討した。

() ではポリマー鎖がNoriaの細孔を塞ぎ、気体透過性能の低下が現れた。() では種々のアルキル鎖の導入を試みたが、強靱な自立膜を得られなかった。() -アルミナ管状支持体に化学修飾Noriaを塗布した管状膜を調製したが、未反応化学修飾分子によりNoria空洞が塞がれ、良好なガス分離特性を示さなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球規模の気候変動への対応のため、工場から排出されるCO₂ガスを収集し、これを水素還元して有機原材料のメタノールへと誘導する技術の確立が求められている。これには、排ガスおよび水素・CO₂等の混合ガスからのCO₂ガスの濃縮・単離が必要となる。分離膜によるCO₂ガス分離は多くの利点をもつが、特に、高透過性と高分離性を併せもつ分離膜によるCO₂ガス分離技術は未だ見出されておらず、開発が急務である。

研究成果の概要(英文)：In order to create a polymer separation membrane, we focused on cyclic oligomers (Noria) of phenols, which can capture CO₂ molecules and can be thinned with a crystal size of less than 1 micrometer, and investigated: i) dispersing them uniformly in a polymer membrane after being dissolved in a special solvent such as N-methylpyrrolidone, and ii) chemically modifying the phenolic hydroxyl groups in Noria and thinning them by themselves. i), the polymer chains blocked Noria's pores, showing a decrease in gas permeation performance. In ii), we tried to introduce various alkyl chains, but could not obtain a strong, free-standing membrane. Tubular membranes coated with chemically modified Noria on an alpha-alumina tubular support were prepared, but unreacted chemically modified molecules blocked the Noria cavity and did not show good gas separation properties.

研究分野：高分子化学

キーワード：フェノール類環状オリゴマー ガス分離膜 気体透過性 理想分離係数 CO₂ガス分離

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球規模の気候変動への対応のため、工場から排出される CO₂ ガスを収集し、これを水素還元して有機原材料のメタノールへと誘導する技術の確立が求められている。これには、排ガスおよび水素・CO₂ 等の混合ガスからの CO₂ ガスの濃縮・単離が必要となる。分離膜による CO₂ ガス分離は多くの利点をもつが、特に、高透過性と高分離性を併せもつ分離膜による CO₂ ガス分離技術は未だ見出されておらず、開発が急務である。

2. 研究の目的

目的的高分子分離膜の創成のため、CO₂ 分子を捕捉することができ、かつ、結晶サイズが 1 μ m 未満と小さく薄膜化が可能なフェノール類の環状オリゴマー（ノーリア）を高分子膜体中へ組み込むことを考えた(図 1)。この環状オリゴマーはレゾルシノールとグルタルアルデヒドの縮合反応から得られ、2つの環が連結した立体構造をもつ【J Tian, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **48**, 5492-5495 (2009)】。このオリゴマー、ノーリア (Noria) は水や汎用の有機溶剤に不溶で、かつ、耐熱性が 200 $^{\circ}$ C 以上と高い。従って、i) *N*-メチルピロリドンなどの特殊溶媒に溶解後、高分子膜中に均一に分散させることで、高分離性と高速透過性を有し、しかも高温下のような広い使用環境にも適用できるガス分離膜を創成する。また、ii) 環状オリゴマー-Noria 中のフェノール水酸基を化学修飾して、分子内水素結合を阻害することで、高分子膜を用いることなくそれ自身で薄膜化できる【H Kudo, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **45**, 7948-7952 (2006)】。よって、i) と ii) の分離膜は、図 2 に例示した CO₂ と CH₄ の混合ガスの場合、分離膜の透過速度が捕捉された CO₂ ガスのみ遅くなり、ガス分離が高効率に行える。

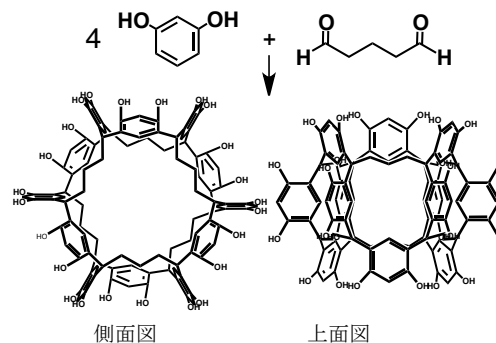


図 1. フェノール類の環状オリゴマー(Noria)の合成反応と分子構造

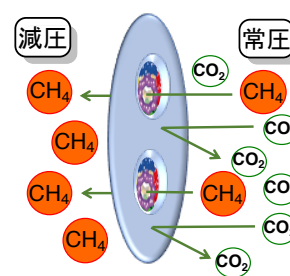


図 2. 分子捕捉による CO₂ ガス分離機構

3. 研究の方法

3.1 Noria の合成

Noria (図 1) は、所定量のレゾルシノールと酸触媒を含んだエタノール溶液に、所定量のグルタルアルデヒド 50%水溶液を加えた後、攪拌しながら 80 $^{\circ}$ C, 48h 保ち、黄色の懸濁溶液を得た。懸濁溶液はメタノールで 3 回ろ過・洗浄後、真空乾燥を経て、粉末状の淡黄色固体 Noria を得た。合成の確認は ¹H NMR (溶媒: DMSO-*d*) および TOF-MAS 測定に供した。

3.2 各種化学修飾 Noria の合成

3.2.1 ブロモ酢酸エチルを用いた Noria 誘導体 (EtAc-Noria) の合成

Noria を NMP に溶かし、触媒として水素化ナトリウム (NaH) を加え、4 h 程度室温で攪拌した。溶液を攪拌しながら、プロ

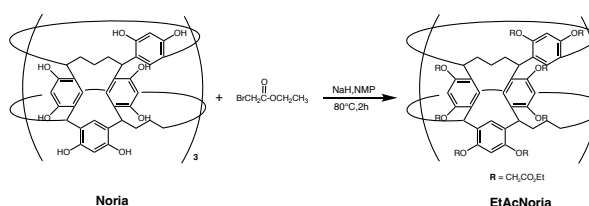


図 3. ブロモ酢酸エチルを用いた EtAc-Noria の合成

モ酢酸エチル(BrEtAc)を含んだ溶液をゆっくり滴下し、窒素下で 2 h 室温で攪拌して (EtAc-Noria)を調製した (図 3)。

3.2.2 イソシアン酸ヘキシルを用いた Noria 誘導体 (HE-Noria) の合成

Noria を NMP に溶かし、触媒としてトリエチルアミン(TEA)を加え、1h 程度室温で攪拌した。イソシアン酸ヘキシル (HE) を溶媒に溶かしたものをゆっくり滴下し、窒素下、24h 室温で攪拌して HE-Noria を調製した (図 4)。

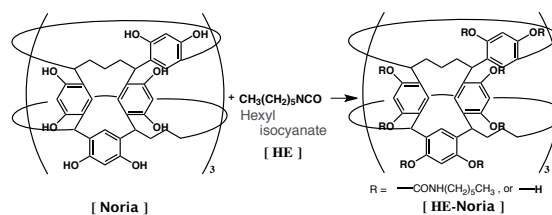


図 4. イソシアン酸ヘキシルを用いた HE-Noria の合成

3.2.3 イソシアン酸オクタデシルを用いたノーリア誘導体 (OD-Noria) の合成

攪拌子の入った 2 方コック付きナス型フラスコに Noria と超脱水テトラヒドロフラン (THF) を秤量し、加えた。次に触媒としてジラウリン酸-*n*-ジブチル錫 (BTL) を加え、室温で攪拌した。フラスコを -4°C に冷却後、イソシアン酸オクタデシル(OD)を添加した。冷却して混合溶液の凍結を確認後、真空ポンプを用いて 3 mmHg まで減圧した。次に N₂ガスを充填し窒素置換した。凍結融解操作を 3 回施した後、反応容器を 50°C で 48h 攪拌して OD-Noria を得た (図 5)。

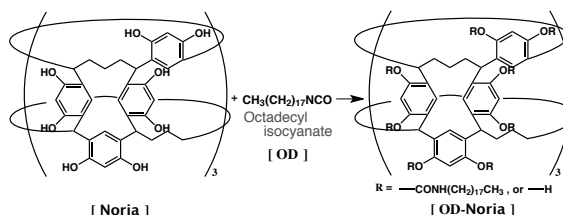


図 5. イソシアン酸オクタデシルを用いた OD-Noria の合成

3.3 複合膜体の作成

Noria 分散膜体を得るため、膜質にはポリエーテルスルホン (PESU, (E200P)は BASF Chemical Co.(独)) および酢酸セルロース (CA, アセチル化度 2.4、 $M_w=4000$ 程度、和光純薬工業(株)) を用いた。また、分散膜体を得るためには、① Noria と膜質の両者を *N*-メチルピロリドン (NMP) 溶媒で均一に溶解後、その溶液を溶媒キャストして膜体を得る方法、および、② Noria を溶解させず、膜質のみが超脱水アセトンに溶解した懸濁液を溶媒キャストして膜体を得る方法の 2 種をそれぞれ検討した。

3.4 管状支持体 α -アルミナを用いた管状膜の作成

3.2.3 で合成した OD-Noria を用いて、脱脂した管状支持体 α -アルミナ[ポアサイズ: 1.0 μ m]にディップコート機構部を用いて、管状膜 (OD-Noria 20%と OD-Noria 50%) を得た。管状膜はガス透過試験に供した。

3.5 膜体のガス透過性能

純ガス透過試験は、真空タイムラグ法透過装置を用いて、35°C の測定温度において上流圧力 2atm で H₂, He, O₂, N₂, CH₄, CO₂ の 6 種類の単ガスで測定を行った。各測定は 10⁻³~10[mmHg]まで圧力範囲をもつ真空圧力計(122AA-00010BB, 日本エム・ケー・エス(株))を用いた。

膜へのガス成分の透過しやすさの指標となる透過係数 P [cm³(STP)cm/(cm²s cmHg)]は、気体透過試験より得られた数値を用いて、次式から算出された。

$$P = R \cdot l / (\Delta P \cdot A) \quad [R: \text{透過速度} \quad l: \text{膜厚} \quad \Delta P: \text{分圧差} \quad A: \text{有効膜面積}]$$

また、二成分ガス(A, B)を分離するとき、分離しやすさの指標となる理想分離係数(α)は、それぞれのガスの P 値の比より算出された。 $\alpha = P_A / P_B$

4. 研究成果

4.1 フェノール類環状オリゴマーNoriaの合成

合成した Noria は ^1H NMR 測定、およびマトリックスに 3-Aminoquinoline を用いて測定した Noria の MALDI-TOF MS 測定より、精度良く合成できていたことがわかった。

4.2 Noria 分散膜体の調製

4.2.1 均一溶液からの膜体調製

PESU の質量に対し、20wt%Noria を分散した膜体を得るため、両者を NMP に溶解させた。ところが、この NMP 溶液に PESU を添加した時点で、攪拌を止めると溶液中で分離が起こった。更に 24h 攪拌後には分離が進行した (図 6)。この分離は Noria が PESU 鎖を包接したことが原因であると推測された。また溶媒に Noria と PESU を溶解するジメチルスルホキシド(DMSO)を溶媒として使用した場合も、同様に分離した。PESU/Noria(20wt%)膜体表面の SEM 像を図 7 に示す。SEM 画像より、ひび割れを起こしていることがわかった。

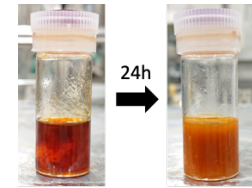


図 6. Noria と PESU 溶解 NMP 溶液の変化

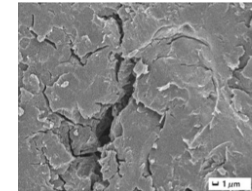


図 7. PESU/Noria (20wt%)膜体の SEM 像

4.2.2 懸濁液からの膜体調製

超脱水アセトンに Noria を添加した混合溶液に、アセトンに可溶性 CA を添加して溶解し、この懸濁液をフラットシャーレに垂らしてキャスト膜とした (図 8)。この手法で Noria の含有率の異なる CA/Noria (20wt%)と CA/Noria(40wt%)複合膜体を調製した。



図 8.キャスト膜体の調製

4.3 Noria 分散膜体のガス透過性

3.3 で製膜した Noria 分散複合膜体の気体透過性能を検討した。SEM 画像より、膜体にひび割れの観察された PESU/Noria(20wt%)膜はガスリークのため、測定が困難であった。一方、Noria を溶解させずに膜体中に分散した CA/Noria 複合膜はガス透過試験で測定できた。気体の動的分子直径と透過係数 P の相関図を図 9 に示す。CA/Noria (20wt%)複合膜は CA 単体の膜とほとんど同じ透過係数を示した。一方、CA/Noria (40wt%)複合膜では、全ての気体において CA 単体の膜よりも透過係数が低くなり、約 50~80% 程度の値を示した。

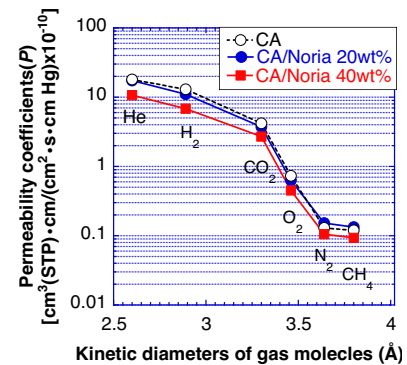


図 9. 各膜体における気体分子の動的分子直径と透過係数の関係

表 1. 35°Cにおける Noria 分散膜体のガス分離性

Membranes	Ideal separation factor (α_p)			
	H ₂ /CH ₄	CO ₂ /CH ₄	O ₂ /N ₂	CO ₂ /N ₂
CA	67	37	5.9	34
PESU/Noria (20wt%)	ND	ND	ND	ND
CA/Noria (20wt%)	83	28	4.1	24
CA/Noria (40wt%)	72	29	4.3	26

分離膜の理想分離係数 α を表 1 に示す。CA/Noria(20wt%)、CA/Noria (40wt%)複合膜は CA 単体膜とほとんど同じ分離係数を示し、CO₂をはじめ、測定した全ての気体において優れた選択性の増加は見られなかった。

CA/Noria(40wt%)複合膜において、分離性能に大きな変化が現れていないにもかかわらず、気体の透過係数 P が減少したことから、膜中のノーリア部分がガス輸送に全く関与していないものと考えられる。これは、ポリマー鎖が添加物の細孔を塞いでしまうことによって起こる気体透過性能の低下という、混合マトリックス膜の代表的な問題が顕著に現れていると言える。

4.4 各種化学修飾 Noria の合成と自立膜の製造

4.3の結果より、Noria 誘導体による自立膜作製の解決法が挙げられる。そこで、プロモ酢酸エチル、イソシアン酸ヘキシル、イソシアン酸オクタデシルを用いた Noria 誘導体 EtAc-Noria、HE-Noria、OD-Noria をそれぞれ合成した。化学修飾 Noria の合成条件と諸性質一覧を表 2 に示した。

表 2. 化学修飾 Noria の合成条件と諸性質一覧

Alkylation noria name	Noria mmol	Alkylating agent (mmol)	Solvent (ml)	Catalyst (mmol)	Temp. °C	Time h	Yield %	M_n x10 ³	M_w/M_n	DS %	T_m °C
EtAc-Noria	0.6	CH ₃ CH ₂ OCOCH ₂ Br (0.02)	NMP (20)	NaH (0.05)	RT	2	18	2.2	1.05	100	301
HE-Noria	0.3	CH ₃ (CH ₂) ₅ NCO (3.0)	NMP (6)	TEA (0.18)	5	24	28	1.8	1.06	27	-
OD-Noria	0.3	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ NCO (7.2)	NMP (30)	TEA (0.18)	5→70	24→24	27	3.0	1.11	29	310

3種類の化学修飾 Noria に対し、THF からの溶媒キャスト法による単独膜作成を試みた。HE-Noria 膜は高置換度であるがアルキル鎖長が短いため、膜化が困難である。一方、OD-Noria 膜は長鎖長のアルキル鎖を導入できたので、膜化の特性は向上した。しかしながら、折り曲げると膜が剥がれてしまい、自立膜薄膜を得られなかった (図 10)。

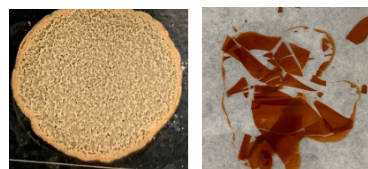


図 10. 化学修飾 Noria 単独膜 (左: HE-Noria, 右: OD-Noria)

4.5 OD-Noria 管状膜のガス透過性

3.4 で調製した管状膜と、比較として酢酸セルロース (CA) 管状膜の気体透過試験の結果を図 11 に示す。

OD-Noria 20%管状膜は、CA 管状膜の様に気体分子サイズの違いによる透過速度の変化は殆ど観測されず、クヌーセン拡散レベルでの欠陥の存在が示唆された。一方、OD-Noria 50%管状膜は、分子サイズ 3.5 Å 未満の O₂ までしか測定できなかった。これは 20%管状膜に比べて膜厚が大きくなったため、分子径の大きな気体の測定が困難になったと考えられる。

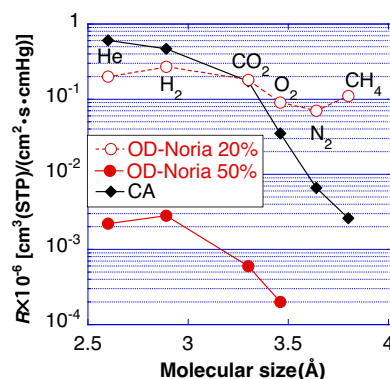


図 11. OD-Noria 管状膜の気体分子の動的分子直径と透過係数の関係

また、気体透過試験から得られた各ガスの R の割合から、分子径の差が大きい H₂/CH₄、分子径の近い O₂/N₂、分子径は近いが分子形状の異なる CO₂/CH₄、CO₂ の選択性を確認するため CO₂/N₂ の組み合わせを取り上げ、分離係数 α を表 3 にまとめた。20%管状膜では CA 管状膜に比べて CO₂ 選択性は見られず良好な気体透過性は得られなかった。この結果を受け、今回管状膜の調製に用いた OD-Noria を GPC 測定に供した処、多くの低分子量のピークの存在が確認された。これは OD の 2 量体や 4 量体であると推察した (図 12)。これらが Noria 空洞内に包接され、Noria 空洞が塞がれ、良好なガス分離特性を示さない原因であると考えられる。以上、包接機能をもつフェノール類の環状オリゴマー Noria の膜成形は、当初我々が想像していたよりも遙かに困難で極まりない挑戦であったことを本研究を通じ痛感した。

表 3. OD-Noria 管状膜の気体分離係数

Membrane	Ideal separation factor (α_p)			
	H ₂ /CH ₄	CO ₂ /CH ₄	O ₂ /N ₂	CO ₂ /N ₂
OD-Noria (20%)	2.54	1.64	1.29	2.57
OD-Noria (50%)	-	-	-	-
CA	156.67	56.67	4.00	17.00

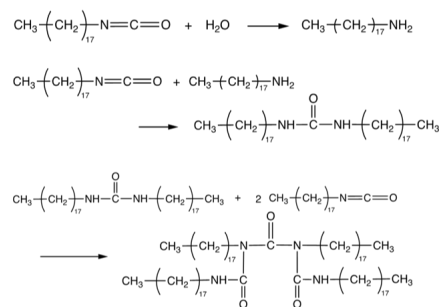


図 12. 予想される OD の複量体化反応

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamasaki Hirohito, Odamura Aya, Makihata Yousuke, Fukunaga Kimitoshi	4. 巻 80
2. 論文標題 Photocrosslinked β -cyclodextrin polymer beads and their use as sorbent for phenol removal from wastewater	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer Bulletin	6. 最初と最後の頁 3265 ~ 3278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00289-022-04206-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 博人、西村 利康	4. 巻 44
2. 論文標題 ビスフェノールBを用いたノボラック樹脂の分子構造の特徴：ビスフェノール類に着眼した柔軟性をもつフォトレジスト材の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 68 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.44.2_68	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎博人, 原田 諭, 宮越昭彦, 福永公寿	4. 巻 52
2. 論文標題 アンモニア過水排水中の過酸化水素の亜臨界水熱反応への影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 環境技術	6. 最初と最後の頁 100 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5956/jriet.52.2_100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Hirohito, Nagasawa Yasu-yuki, Fukunaga Kimitoshi	4. 巻 54
2. 論文標題 Preparation of photocrosslinked spherical hydrogels bearing β -cyclodextrin and application in immobilizing microbes to decompose organic pollutants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 863 ~ 873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00633-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 博人、西村 利康	4. 巻 43
2. 論文標題 ビスフェノールEを用いたノボラック樹脂の合成と性質：ビスフェノール類に着眼した柔軟性をもつフォトレジスト材の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 209～219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.43.5_209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 博人、西村 利康	4. 巻 43
2. 論文標題 ビスフェノールBを用いたノボラック樹脂の合成と性質：ビスフェノール類に着眼した柔軟性をもつフォトレジスト材の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 111～122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.43.3_111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 博人、山崎 椋太、山本 貴文	4. 巻 42
2. 論文標題 イソプロピリデン基を二つもつフェノール類を用いた ノボラック樹脂の合成と性質：	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 51～62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.42.2_51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎博人, 福永公寿	4. 巻 50
2. 論文標題 -CyDポリマービーズによる実工業廃水からのフェノール回収	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 環境技術	6. 最初と最後の頁 93～98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5956/jriet.50.2_93	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎 博人、安部 春菜、藤井 雄大	4. 巻 41
2. 論文標題 ビスフェノールC とビス(メトキシメチル) ビフェニルを用いた ノボラック樹脂の合成と性質	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 148 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.41.4_148	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎博人	4. 巻 41
2. 論文標題 古くて新しいフェノール樹脂を用いた柔軟性をもつフォトレジスト材 クレゾールノボラック樹脂編	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 83-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.41.2_83	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎博人, 異儀田朋美, 古本貴久, 黒岩貞昭, 高林誠一郎	4. 巻 40
2. 論文標題 単糖を用いたクレゾールノボラック樹脂の合成と性質: 柔軟性をもつフォトレジスト材の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 121-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.40.3_121	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎博人, 藤井雄大, 古本貴久, 黒岩貞昭, 高林誠一郎	4. 巻 40
2. 論文標題 ビスフェノールC を用いたノボラック樹脂の合成と性質: ビスフェノール類に着眼した柔軟性をもつフォトレジスト材の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー論文集	6. 最初と最後の頁 70-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11364/networkedpolymer.40.2_70	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Koki Iwamoto, Hirohito Yamasak
2. 発表標題 Preparation of PVA/ α -cyclodextrin Thin Films through a Glutarization Reaction
3. 学会等名 The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuuki Iwamoto, Hirohito Yamasaki, Mitsuyasu Yabe
2. 発表標題 Nitrification of High Concentration NH ₄ -N in Methane Fermentation Digests from Livestock Excreta
3. 学会等名 The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koki Iwamoto, Hirohito Yamasaki
2. 発表標題 Preparation of PVA/ α -cyclodextrin Thin Films through a Glutarization Reaction
3. 学会等名 The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuuki Iwamoto, Hirohito Yamasaki, Mitsuyasu Yabe
2. 発表標題 Nitrification of High Concentration NH ₄ -N in Methane Fermentation Digests from Livestock Excreta
3. 学会等名 The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎博人, 五十部俊介, 河野彩華
2. 発表標題 -CyD導入高架橋度EVOHホルマール化薄膜の調製と性質
3. 学会等名 第70回ネットワークポリマー講演討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirohito YAMASAKI, Keiji TERAO
2. 発表標題 Application of a CyD/PVA spherical hydrogel for use as a grease trap
3. 学会等名 37th Australasian Polymer Symposium (37APS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎博人, 森田優香, 峰松春妃, 神田泰治, 豊栖健太郎
2. 発表標題 -CyDを用いたピニロンネットワーク薄膜の改質
3. 学会等名 第69回ネットワークポリマー講演討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西嶋 遥, 森田優香, 峰松春妃, 山崎博人
2. 発表標題 -CyD導入によるピニロン薄膜の表面改質
3. 学会等名 第36回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎博人, 寺尾 啓二
2. 発表標題 異なるCyD種を導入した生体固定化触媒による厨房油分分解挙動
3. 学会等名 第36回シクロデキストリンシンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	喜多 英敏 (Kita Hidetoshi) (10177826)	山口大学・大学院創成科学研究科・教授(特命) (15501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------