

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05533

研究課題名(和文) プロトン核磁気横緩和時間測定を用いる可塑剤の新規動的・物性評価法の開発

研究課題名(英文) Development of a novel evaluation method for the plasticization by using with proton spin relaxation time measurement

研究代表者

森内 隆代(川上隆代)(Moriuchi-Kawakami, Takayo)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：60288751

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、同一膜成分のPVC電極膜の作製溶媒の種類による物性変化の違いを、パルスシーケンス(Solid Echo法・Hahn Echo法・CPMG法)を駆使し、 $^1\text{H}$ 核磁気横緩和時間 $T_2$ 測定で評価した。Hahn Echo法の平均 $T_2$ 値で、溶媒による可塑化度合いの違いが数値化できた。Solid Echo法とCPMG法の緩和スペクトルから、可塑化状態の差異がより詳細に視覚化できた。同一膜成分の電極膜では、膜全体の横緩和時間 $T_2$ が大きくSolid Echo法とCPMG法の横緩和時間 $T_2$ 測定結果で示される可塑化状態が均一である電極膜ほど、電位応答性・イオン選択性に優れることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

$^1\text{H}$ 核磁気緩和現象の横緩和時間に着目した評価法は、非破壊検査法でありかつ経時変化も含めて容易に観測できることや、どのような形状の複合材料でもそのまま測定可能というこれからの新しい物性評価法に望まれる資質を有している上、分子運動性に対応する成分の測定が可能という他の評価法に例を見ない非常に特徴的な物性評価法としての開発が期待できる。加えて、産業界において、軟質塩ビは、RoHS2.0指令以降可塑剤のしみだし・揮発・移行に関する対応を迫られている。展開している分析手法は一般的な塩ビ材にも適用可能なため、塩ビ可塑剤に関する知見を与える評価法として、果たす役割は大きい。

研究成果の概要(英文)：The proton spin-spin relaxation times ( $T_2$ ) of ion-selective electrode membranes prepared from different solvents were investigated. The solvents applied to the preparation of the potentiometric polymeric membranes were tetrahydrofuran (THF), 1,4-dioxane, acetone, methyl ethyl ketone (MEK) and chloroform.  $T_2$  measurements were performed using the Hahn-Echo, Solid-Echo and Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) pulse sequences. Analyses of the  $T_2$  measurements by Hahn-Echo pulse sequences could provide the average  $T_2$  values of the whole potentiometric polymeric membranes. The average  $T_2$  values will indicate the degree of plasticization for the whole membranes. Moreover, the normalized derivative spectra by  $T_2$  measurements of the Solid-Echo and CPMG pulse sequences could visualize the degree of plasticization for such potentiometric polymeric membranes. The most plasticized ISE membrane by THF exhibited the best EMF response and ion-selectivity.

研究分野：分析化学

キーワード：プロトン核磁気横緩和時間 PVC 可塑剤 パルスシーケンス

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

新規特性や高性能を有する物質材料の開発が著しい近年、創製される物質材料は様々な分野の英知を集結した物質材料になりつつある。それに伴い、それらの物性評価を行う分析技術に対するニーズも、今まで以上に高まっている。例えば、これまでの分析技術では総合的に分析できない複合材料に対する新規な物性評価の開発など、分析技術に対する要求自体も、これまでの感度・精度に対する要求だけでなく、様々な方向に増えている。

PVC (塩ビ樹脂) は、非結晶性のため様々な物質との混和性が良く、使用時の物性 (柔軟性、弾性、耐衝撃性、防汚染、抗菌、防曇、防災等) を、可塑剤、添加剤、改質剤、着色剤との配合によって自由に調整することができる。この自由度の高さ・耐用年数の長さ・極めて優れたリサイクル性と価格のバランスの良さから、PVC はわずかな品種で多くの用途をカバーしており、上下水道、電線といったライフラインや建材などの基礎産業から日用品、最先端のエレクトロニクス、医療器材まで、多様な分野で利用されている。しかし、多用されているフタル酸エステル系可塑剤は、 $2\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ 程度 (日本食品分析センター (2001年)) 摂取され、健康・環境への有害性の懸念から、成形品への使用に対してより厳しい修正制限案 (REACH 規制(2018年3月28日)) が通達され、さらに 2019年7月22日からは RoHS(II) 指令により電気電子製品を構成する均質材料でも使用制限が開始となったため、日本から欧州へ輸出されるすべての電気電子製品が対応に追われた。この塩ビ製品からのフタル酸エステル系可塑剤の滲み出し・揮発・他物質への移行は、可塑剤の低分子量、低相溶性 (混和性)、量超過などで見受けられるが、製品中の相溶性・滲み出しを事前に評価する方法は未だ確立されていない。今後の度重なる規制に迅速に対応するためにも、製造段階での簡便な物性評価法の確立は不可欠である。

### 2. 研究の目的

$^1\text{H}$  核磁気緩和現象の  $^1\text{H}$  核磁気横緩和時間  $T_2$  に着目したパルス NMR 分光計測法は、1) 成形・調整することなく使用できる非破壊検査法でありかつ 2) 経時変化も含めて容易に観測できることや、固体や液体あるいはゲルや混合状態といった 3) どのような形状の複合材料でもそのまま測定可能というこれからの新しい物性評価法に望まれる資質を有している上、4) 分子運動性に対応する成分の測定が可能という他の評価法に例を見ない非常に特徴的な物性評価法としての開発が期待できる。しかし、横緩和時間  $T_2$  測定には測定手法や数値処理法に未発達なところが多く、これまで様々な分野で試行されたが発展していない。本研究では、横緩和時間  $T_2$  測定の測定手法や数値処理法の新たな開拓に注力し、**分子運動性と相関のある物性変化を鋭敏に観測できる新規物性評価法としての確立を目的とした**。そして、昨今の世界的問題である**塩ビ製品中の可塑剤の動的挙動を評価する汎用性の高い物性評価法としての展開を目指した**。

本研究で用いる  $^1\text{H}$  核磁気緩和現象の横緩和時間  $T_2$  測定は、細かく砕くなど測定用に成形することなく使用できる非破壊法でありかつ 経時変化も含めて容易に観測できるということと、単一成分に限らず固体や液体あるいはゲルや混合状態といったどのような形状の複合材料でも適用可能ということが、他の評価法に例を見ない非常に優れた点である。さらに、通常の物性評価法は、含量の多い成分の評価が主体となるが、本手法は、分子運動性をもつ成分の測定が可能という、非常に特異な特徴を持つ。国内外で、 $^1\text{H}$  核磁気緩和現象を利用する物性評価法は多数試みられているが、高分解能 NMR 装置でパルス磁場勾配を印可して自己拡散係数を測定する PFG-NMR 法と呼ばれる評価法で、塩ビ材のような複合材をそのまま測定することはできない。また、本手法と同じパルス NMR 分光計測法に関する研究もあるが、その殆どが縦緩和時間 ( $T_1$  時間) 測定を用いていて、本研究とは根本的にアプローチが異なる。つまり、本研究で展開する手法は、世界に例を見ない手法であり学術的に価値は高い。

### 3. 研究の方法

$^1\text{H}$  核磁気横緩和時間  $T_2$  測定が様々な分野で試行されたにも関わらず、これまで物性評価法として発展・汎用されなかった理由として、まず、i) 得られる FID シグナルの単純さ、ii) Weibull 関数をフィットさせる数値解析処理、iii) 得られた  $^1\text{H}$  核磁気緩和時間 (数値) の定義付けの 3 点が挙げられる。これまで研究代表者は、環境・医療分野で広く汎用されているイオン選択性電極 (ISE) の感応部である PVC 電極膜の開発を行ってきた。ISE の性能は、イオン感応物質によって主に決まるが、感応部である PVC 電極膜にイオン認識化合物は約 1~7wt% 程度しか含まれていない。従って、多量に存在する他の膜成分である高分子剤・可塑剤あるいは添加塩の性質によっても著しい性能改善が得られることは、多数の研究によって報告されており、これら膜成分の化学的性質がイオン識別能に与える影響については数々の論文で詳細に議論されている。それに対して、PVC 電極膜の物理的性質については、あまり研究されていない。感応部である PVC 電

極膜の物性計測は、電極性能の改善に大きく寄与すると期待されるが、今日までその物性評価手法が開発されていない。そこで、研究代表者は、 $^1\text{H}$ 核磁気緩和現象の横緩和時間  $T_2$  を用いることを着想し、現在、世界に先駆けて新規物性評価法としての開発に取り組んできた。そして、各分子運動性成分の  $T_2$  値とその成分比から算出した膜全体の  $T_2$  値 (total  $T_2 \times F$ ) は PVC 電極膜の相溶性を数値化していることを論証した (*Analyst*, (2011), 136(5), 897-900)。この結果は、得られた横緩和時間  $T_2$  に関連する数値を物性に特徴付けした点でも非常に独創的であり、横緩和時間  $T_2$  測定の欠点の 1 つであった得られた数値の定義付けをした初めての報告例である。その後研究代表者は、その他の欠点を克服するための数値処理手法として、得られた FID シグナルの直接数値微分による緩和スペクトルの作成を試みた結果、単純だった FID シグナルを対数時間  $t$  で微分処理することで、微少な変化の検出が可能となった。この緩和スペクトル作成については、それぞれ異なる分野の国内外の数名の研究者が逆ラプラス変換を用いる数値処理手法で精力的に研究しており、これが主流となっているが、メインピークの緩和運動挙動を単純表現するにとどまっている。一方、研究代表者らが提案する手法は画期的で、FID シグナルでは視覚的には差が識別できない違いをも数値評価および可視化できることを論証しており、逆ラプラス変換法より数値化・可視化できる情報量が多い点でも有用性が高い。既に研究代表者は、H25~H27 年度に展開した科研費基盤研究(C) (課題番号 25410155) 「磁気緩和現象を利用するイオン選択性電極膜の新規な物性評価法の開発」において、この直接数値微分という手法を取り入れ、PVC 電極膜の相溶性の度合いを緩和スペクトルとして視覚化することに成功している (*Talanta* (2014), 127, 146–151)。さらにこの際、PVC の高次構造の隙間に入り切らなかった過剰の可塑剤の検出にも成功している。同様に研究分担者(大阪工業大学 中村吉伸教授)は、横緩和時間  $T_2$  測定による粘着界面評価を世界に先駆けて行っており、ベースポリマーとタッキファイヤの粘着剤界面の密着性あるいは凝集力を向上させる各分子運動性成分を明らかにしている (*Comprehensive Paper*; (2016), 52(8), 236-243)。研究代表者と研究分担者 1 名(大阪工業大学 中村吉伸教授)がそれぞれ異なる分野において取り組んできたノウハウを融合し、分野に限定されないより社会的ニーズが高く汎用性の広い新規物性評価法として開発すべきと考え、本研究では、社会的ニーズの高い塩ビ材料中の可塑剤の分子運動性評価に適した横緩和時間  $T_2$  測定の測定法や数値処理法を開発し、汎用性の高い物性評価法として新規展開を目指した。

特に、本研究では、パルスシーケンスを駆使した新たな観点での横緩和時間  $T_2$  測定法を詳細に検討した。横緩和時間  $T_2$  の測定に用いられるパルスシーケンスには、 $90^\circ$  パルス法、Solid Echo 法、Hahn Echo 法、CPMG (Carr-Purcell-Meiboom-Gill) 法があるが、研究代表者は最近、用いるパルスシーケンスによって観測している対象が全く異なっているという事実気づいた。パルスシーケンスは通常 メインとなる分子運動性成分の緩和時間領域によって選定するが、観測しようとする物性変化の測定に適しているかどうかを検討する余地が大いにあり、今後、新たな物性変化の検出を模索するに当たって非常に重要な鍵となることが明らかとなった。このような観点でパルスシーケンスを研究した報告例は未だない。この手法が成功すれば、異なるパルスシーケンスを使い分けることで横緩和時間  $T_2$  測定から様々な物性変化の検出が可能となり、パルス NMR 法を用いる新たな物質材料の物性評価法が確立できると期待した。

#### 4. 研究成果

本研究では、血中  $\text{Na}^+$ イオン濃度測定に使用されるビス(12-クラウン-4)化合物をイオノフォアとして含有する PVC 電極膜を測定対象とし、可塑化の違いを  $^1\text{H}$ 核磁気横緩和時間  $T_2$  で評価できるか検討した。ポリ塩化ビニル (poly(vinyl chloride, PVC) 膜電極に代表される高分子液膜型イオン選択性電極 (ion-selective electrode, ISE) は、簡便かつ迅速に目的イオン濃度を測定できるため、医療・環境分野で広く汎用されている化学センサーである。高分子液膜型 ISE の性能は、特定のイオンの電極膜への透過性を増加させる能力を持つ認識化合物=イオノフォアによって主に決まるが、イオノフォアは感応膜と呼ばれるセンシング膜中に約 1 ~ 7 wt% 程度しか含まれていない。PVC 感応膜は、高分子剤・可塑剤・イオノフォア・添加塩の 4 種の膜成分から構成され、主成分は高分子剤と可塑剤 (例えば 28 wt%と 69 wt%) である。つまり、PVC 感応膜は、軟質塩ビ材である。本研究では、電極膜作製溶媒の種類による PVC 電極膜の可塑化変化の有無について、パルス NMR で測定した横緩和時間  $T_2$  で評価できるかを検証した。そして、横緩和時間  $T_2$  で定時に用いるパルスシーケンス (Solid Echo 法・Hahn Echo 法・CPMG 法) の検討も同時に行った。本研究では、同じ膜組成の PVC 電極膜を下記 5 種類の異なる溶媒を使って準備した。膜作製溶媒として使用したのは、テトラヒドロフラン (tetrahydrofuran, THF), 1,4-ジオキサン (dioxane), アセトン (acetone), メチルエチルケトン (methyl ethyl ketone, MEK), クロロホルム (chloroform) である。なお、可塑化への影響を考慮し、各 PVC 膜中の溶媒残量は 2.6 ~ 3.4 wt%とした。すなわち、作製した 5 種の PVC 電極膜の膜成分の組成 (質量) は同一で、溶媒残量は  $3 \pm 0.5 \text{ wt\%}$  になるように制御した。試薬はすべて、入手可能な最高グレードの市販品を

用いた。高分子剤としての PVC は、和光純薬工業株式会社の重合度 1100 をテトラヒドロフラン/メタノールで精製して使用した。イオノフォア・可塑剤・添加塩には、株式会社同仁化学研究所のビス(12-クラウン-4) ( bis[(12-crown-4)methyl]-20dodecyl-2-methylmalonate, bis(12-crown-4) ), オルト-ニトロフェニルオクチルエーテル ( 2-nitrophenyl octyl ether, *o*-NPOE ), テトラキス [3,5-ビス(トリフルオロメチル)フェニル] ほう酸ナトリウム ( tetrakis[3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl]borate sodium salt, NaTFPB ) を用いた。bis(12-crown-4)を含有する PVC 電極膜の膜組成は、PVC 28.1 wt%, *o*-NPOE 68.9 wt%, bis(12-crown-4) 2.5 wt%, NaTFPB 0.5 wt% であった。すべての膜成分 ( 282.17 mg ) を 5 mL サンプル管に入れ、3 mL の膜作製溶媒を加えて完全に溶解した。1 ~ 3 日掛けて膜作製溶媒を蒸散させ、1 枚の PVC 電極膜を得た。

5 つのサンプルを、Solid Echo 法・Hahn Echo 法・CPMG 法の 3 つのパルスシーケンスでそれぞれ測定した。パルス NMR は、日本分光社製 JEOL JNM-MU-25 ( 25 MHz ) を 25 °C で使用した。<sup>1</sup>H 核磁気横緩和時間  $T_2$  の FID シグナルは、Hahn Echo 法・Solid Echo 法・CPMG 法のパルスシーケンスを利用して観測した。作製した PVC 電極膜は、外径 10 mmφ の NMR 試料管に入れた。PVC 粉末や可塑剤単体も測定した。

Hahn Echo 法のパルスシーケンスから得られた FID データ ( Fig.1 ) は、通常の Weibull 関数を

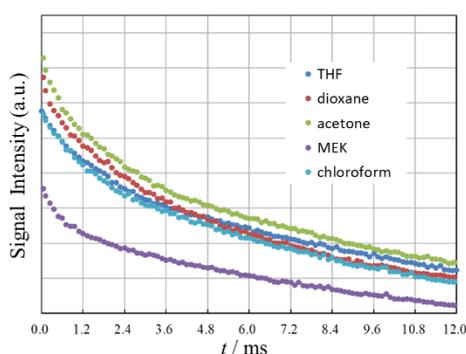


Fig.1 Hahn Echo 法を用いた FID シグナル

フィッティングさせる数値解析を行い、分子運動性の異なる成分の横緩和時間  $T_2$  とそれらの成分比  $F$  を算出した。PVC 電極膜は柔らかい固体であるので、一般的に考えると <sup>1</sup>H 核磁気横緩和時間  $T_2$  値取得のための最も適したパルスシーケンスは Hahn Echo 法である。得られた FID データから算出した 5 種の PVC 電極膜の <sup>1</sup>H 核磁気横緩和時間  $T_2$  を、Table 1 に示した。いずれの PVC 電極膜も、比較的分子運動性の高い横緩和時間を 2 種 ( $T_{2L}$  と  $T'_{2L}$ ) ずつ有しており、さらに、より分子運動性が高い方 ( $T'_{2L}$ ) が 68.4 ~ 80.5% を占める主となる成分であった。分子運動性の高い成分は、柔らかい成分とも言える。よって、測定した PVC 電極膜は大別すると硬さの異なる 2 種の柔らかい成分から構成されており、より柔らかい成分が主であると理解できた。

Table 1 Hahn Echo 法の FID から得られた  $T_2$  値

utilized solvent	FID analyses				average $T_2$ (ms)
	$T_{2L}$ (ms)	$F_L$ (%)	$T'_{2L}$ (ms)	$F'_L$ (%)	
THF	1.41	22.8	17.02	77.2	13.46
dioxane	2.05	31.2	15.26	68.8	11.14
acetone	1.71	31.6	16.15	68.4	11.59
MEK	0.67	23.9	14.63	77.2	11.45
chloroform	1.23	19.5	13.53	80.5	11.13

また、得られた  $T_2$  とその成分比  $F$  から、平均  $T_2$  値を計算した。すなわち、平均  $T_2$  値 =  $T_{2L} \times F_L + T'_{2L} \times F'_L$  であり、平均  $T_2$  値は PVC 電極膜全体の横緩和時間  $T_2$  を意味する。Table 1 の平均  $T_2$  値を比較すると、THF > acetone > MEK > dioxane > chloroform の順になってお

り、この順に PVC 電極膜全体の可塑化度合いが高いことが示唆された。測定した PVC 電極膜の膜組成はいずれも同じであるので、平均  $T_2$  値の違いは電極膜作製過程で用いた溶媒によって導かれた可塑化度合いの差となる。よって、膜作製溶媒によって可塑化度合いが異なり、THF > acetone > MEK > dioxane > chloroform の順に可塑化が大きいことが分かった。しかし、その可塑化度合いの差異は小さく、可塑剤の種類・含量の違いほど大きくなかった。

ここで、高分子剤との相溶性を考える指標として溶解度パラメータ ( Solubility Parameter: SP 値 ) が提唱されており、PVC の SP 値は 9.6、そして本研究で用いた溶媒の SP 値は THF 9.2, dioxane 9.8, acetone 10.0, MEK 9.3, chloroform 9.4 である。一般的に SP 値は高分子剤と可塑剤の相溶性を考える際に用いられるが、溶媒に適用すると、値の近い dioxane が最も PVC に適した溶媒となる。しかし、平均  $T_2$  値の結果とは一致しなかった。これは、PVC は容易に溶解できない高密度の結晶領域を部分的にもっており、可塑剤で結晶性が著しく低下したとは言え、THF が特に PVC の結晶領域の溶解に有効だったためと推測される。

PVC 電極膜全体の分子運動性を数値評価するには Hahn Echo 法は最適であるが、測定時間が Solid Echo 法および CPMG 法と比べて非常に長くデータポイント数も少ないため、分子運動性の違いを詳細に観察するには向いていない。本研究では、分子運動性の低い成分領域観察のために Solid Echo 法、そして、分子運動性の高い成分領域観察のために CPMG 法を使用した。Solid Echo 法や CPMG 法のパルスシーケンスから得られた FID スペクトルは、対数時間で一次微分し、緩和スペクトル  $S(t)$  を作成した。すなわち、緩和スペクトルの 1.5 - 100  $\mu$ s の領域は Solid Echo 法、そして、100 - 2,000,000  $\mu$ s の領域は CPMG 法の FID データから算出した。膜作製溶媒の異な

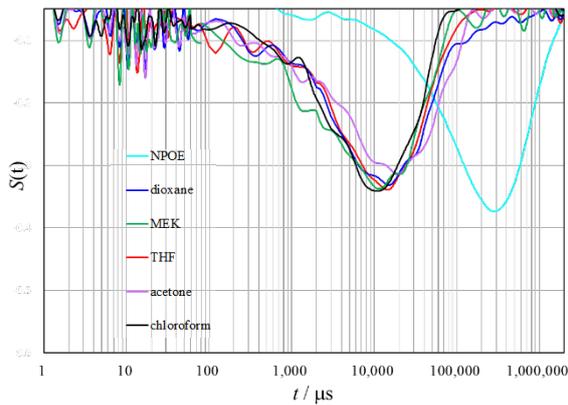


Fig.2 Solid Echo 法および CPMG 法を用いた FID シグナル

ている結果と言える。すなわち、 $100 - 200,000 \mu s$  の時間領域の幅広いピークは、膜中の可塑剤を主とする分子運動性の高い成分の差異を観測できたことになる。以上のように、Solid Echo 法と CPMG 法を使用した測定では、異なる膜作製溶媒で作製した PVC 電極膜内の可塑化の差異を視覚化することができた。

以上のように、膜成分の組成(質量)が同一な電極膜において残量を制御した作製溶媒の種類による PVC 電極膜の可塑化の違いは、Hahn Echo 法・Solid Echo 法・CPMG 法のパルスシーケンスをうまく使い分けることにより横緩和時間  $T_2$  で評価できることを見出した。

る 5 種類の PVC 電極膜の緩和スペクトルを、Fig. 2 に示した。いずれの PVC 電極膜も、PVC 本来のピークは著しく減少し、 $100 - 200,000 \mu s$  の時間領域に大きな幅広いピークを認めた。その中でも、MEK は短い時間領域側に、一方 acetone は長い時間領域側に幅広ピークが寄っていた。また、それらのピークの約  $10,000 \mu s$  付近にある底値の緩和時間を比較すると、chloroform < MEK < THF < dioxane < acetone の順に長くなっていた。これらの結果は、先の Hahn Echo 法で得られた平均  $T_2$  値からの可塑化の順番とは違っている。これは、Hahn Echo 法が PVC 電極膜全体を観察しているのに対して、比較した CPMG 法は分子運動性の高い成分を観測し

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Moriuchi-Kawakami Takayo, Sekiguchi Yuria, Hattori Shintaro, Otsuki Takahiro, Fujimori Keiichi, Moriuchi Toshiyuki, Urahama Yoshiaki	4. 巻 145
2. 論文標題 Proton spin relaxation study with pulsed NMR on the plasticization of Na <sup>+</sup> ion-selective electrode membranes prepared from PVCs with different degrees of polymerization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Analyst	6. 最初と最後の頁 3832 ~ 3838
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c9an02355k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 SEKIGUCHI Yuria, KUWAOKA Ukyo, HATTORI Shintaro, FUJIMORI Keiichi, URAHAMA Yoshiaki, MORIUCHI-KAWAKAMI Takayo	4. 巻 70
2. 論文標題 Evaluation for Plasticization of Ion-selective Electrode Membranes Prepared from Different Solvents Using Proton Spin Relaxation Time	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 191 ~ 197
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/bunsekikagaku.70.191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森内 隆代・ 関口 ゆりあ・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 異なる溶媒で作製したイオン選択性電極膜の核磁気緩和時間を用いる可塑化評価
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野 徹祥・ 浦濱 圭彬・ 平原 将也・ 藤森 啓一・ 森内 隆代
2. 発表標題 プロトン核磁気緩和時間を用いた異種結晶構造を持つPVDFの評価法の検討
3. 学会等名 日本分析化学会70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森内 隆代・ 関口 ゆりあ・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 異なる可塑剤で作製した軟質塩ビのパルス法NMRを用いた物性評価
3. 学会等名 日本分析化学会70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森内 隆代・ 関口 ゆりあ ・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 パルスNMRを用いたDINPおよびDEHP含量の異なるPVC膜の物性評価法の開発
3. 学会等名 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂田航・ 森内隆代・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 プロトン核磁気共鳴緩和時間を用いたPVDFの物性評価法の開発
3. 学会等名 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森内隆代・ 坂田 航・ 藤森 啓一・ 浦濱 圭彬
2. 発表標題 パルスNMR を用いたPVDF 樹脂フィルムの物性評価法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森内 隆代・関口 ゆりあ・藤森 啓一・浦濱 圭彬
2. 発表標題 パルス法NMRを用いた可塑剤含量の異なるPVC膜の新規物性評価法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森内 隆代 ・ 阪口 雄一 ・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 含水量を変化させた燃料電池用固体高分子膜NafionのパルスNMRを用いる評価法の開発
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森内 隆代 ・ 阪口 雄一 ・ 浦濱圭彬
2. 発表標題 燃料電池用固体高分子膜Nafionのパルス法NMRを用いる物性評価法におけるパルスシーケンス調整法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森内 隆代・関口 ゆりあ・浦濱圭彬
2. 発表標題 PVC-NPOE系イオン選択性電極膜のパルスNMRを用いた重合度による物性評価
3. 学会等名 日本分析化学会68年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

可塑性軟質塩ビの新規物性評価法 -RoHS2指令やSDSsに向けた取り組み- (大阪工業大学 研究シーズ)  
<https://www.research.oit.ac.jp/oitid/archive/2021/seeds/seeds/seeds-10974/>

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	中村 吉伸  (Nakamura Yoshinobu)  (70298800)	大阪工業大学・工学部・教授    (34406)	
研究分担者	藤森 啓一  (Fujimori Keiichi)  (70319573)	大阪工業大学・工学部・准教授    (34406)	

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
---------	---------