

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03514

研究課題名(和文)近赤外多波長LEDを用いた試薬レス透析液廃液多成分連続モニタシステムの開発

研究課題名(英文) Development of a multi-component continuous monitoring system for reagent-less dialysate waste fluid using near-infrared multi-wavelength LEDs

研究代表者

田中 志信 (TANAKA, Shinobu)

金沢大学・フロンティア工学系・教授

研究者番号：40242218

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：血液透析の効果は透析前後の採血によって決まるため透析終了まで確認できない。そこで本研究では最適な終点を透析中に推定可能とするため、光学式透析液廃液モニタを試作した。自作の透過反射型フローセルに、12種類の近赤外LEDを搭載した市販分光計を組み込み、尿素・尿酸・クレアチニンの3成分混合水溶液を対象に「総当たり法」の重回帰分析により尿素濃度の予測精度を検証した。その結果、妨害物質の濃度が一定の場合、10波長以下の少ない波長数で相関係数0.8以上の良好な結果が得られた。しかし妨害物質の濃度が異なる場合には予測精度が低下したため、今後LEDの光量を増やすなどの改良が必要と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題により、透析廃液中の尿素濃度を近赤外領域のLEDを用いて、それも10波長以下の少ない波長数で推定可能であることが示された。自作の透過反射型フローセルと市販の近赤外簡易スペクトルメータを組み合わせ構築したプロトシステムには改良の余地が多々あるものの、尿素以外の妨害物質(尿酸、クレアチニン)の濃度が一定の3成分水溶液をサンプルとした場合、実測濃度との相関係数が0.8以上の高精度で尿素濃度を推定可能であった。この結果は、廉価で簡易構造の光学式透析液廃液モニタ具現化の端緒を開くものであり、今後の透析治療の効率化、延いては血液浄化療法の理想形である「自宅透析」への貢献が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The effectiveness of hemodialysis cannot be confirmed until the end of dialysis because it is determined by collecting blood before and after dialysis. Therefore, in this study, in order to estimate the optimal end point, an optical dialysate drainage monitor was prototyped. A commercially available spectrometer with 12-different-wavelength near-infrared LED chips was incorporated into a self-made flow cell, and the accuracy of urea concentration prediction was verified by multiple regression analysis. The samples used were three-component mixed aqueous solutions containing urea, uric acid, and creatinine. As a result, when the concentration of interfering substances was constant, good results were obtained with a correlation coefficient of 0.8 or more using less than 10 wavelengths. However, when the concentration of interfering substances is different, the prediction accuracy was decrease, suggesting the requirement of future improvements such as increasing the LED light intensity.

研究分野：生体医工学

キーワード：近赤外分光法 血液浄化療法 適性透析 透析液廃液成分モニタ 近赤外LED

1. 研究開始当初の背景

現在、我が国における慢性透析患者は 32 万人を超えており、その増加速度はこの 10 年間で約 10 万人にも達している。一方、ダイアライザーの性能向上など近年の透析技術の進歩により透析患者の長期生存率は向上しているが、透析治療が長期化することで高リン酸血症や透析アミロイド症等の様々な合併症の問題が顕在化してきた。

合併症予防には個々の患者に応じた「適正透析」により老廃物を十分除去する必要があるが、我が国の透析療法は回数・時間が画一化されている。さらに毎回の透析の良し悪しは透析前・後の血液検査で測定した「血中尿素窒素 (BUN) 濃度」から得られる尿素除去率 (urea reduction ratio: URR) や Kt/V (標準化透析量) により判断されており、要は「透析が終わってから」でないと透析の良し悪しが判らないという大きな問題がある。

この問題を解決するため Argilès ら^[1]は透析液廃液中の尿素濃度に着目し、透析中でも URR や Kt/V を推定可能であることを示した。その後、透析液廃液中の尿素濃度測定法が種々研究され、その中で紫外線 LED を用いて光学的に尿素濃度を測るシステムが本邦企業により実用化 (市販)された。しかしこの装置の最大の欠点は光源の LED にあり、単一の波長 (280nm) で、それも分子中の共役系部分 (二重結合など) でしか吸収されない「紫外領域」の光を使っているため、透析液廃液中に共存する「尿酸」や「タンパク質」など妨害物質の影響を強く受け、尿素的絶対値計測は困難とされている^[2]。

一方、研究代表者らは尿中の多成分 (グルコース、尿素、クレアチニン、NaCl) を近赤外領域の光を使って高精度で計測する方法を独自開発してきた^[3]。そこで代表者らが培ってきた近赤外光による多成分水溶液系の高精度計測技術を用いて、透析液廃液中の尿素濃度を他の妨害物質の影響を除去しつつ、現状の紫外線利用のシステムよりも高精度で連続モニタリング可能なシステムを開発するという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は「透析廃液中の尿素濃度を高精度でオンラインモニタ可能な手法を確立する」ことである。上述したようにこれまで様々な方法が検討されてきた透析液廃液中の尿素的オンラインモニタリングシステムについて、近赤外光を用いることで現在実用化されている紫外線 LED 型のシステムの欠点である妨害物質の影響を除去し、高精度の濃度推定を可能とすること、さら実用化への移行を考慮して使用波長数を 10 個以下として「近赤外多波長 LED」を光源としたプロトタイプシステムを構築する。なお透析液廃液中の尿素濃度を近赤外光で計測する試みは既に報告されているが^[4]、肝心の「実用化に向けての波長削減」の検討は一切なされておらず、あくまでも「原理確認」の域を出ていない。

なお透析液廃液中の尿素濃度は透析開始時の最高値でも数十 mg/dl 程度であり、尿中の生理的尿素濃度 (数千 mg/dl) に比べると 2 ケタ低い。従って尿成分計測用の測定条件がそのまま透析液廃液用に適用可能とは限らないが、既報^[3]で報告した近赤外領域特有の「陰性吸光度」を示す波長領域の情報を積極的に利用するなどして ± 10% 以内の計測精度を目標とする。

3. 研究の方法

(1) 尿素水溶液における近赤外吸収スペクトルの確認：水溶液中の尿素濃度推定実験に先立ち、測定対象である尿素的の吸光スペクトルを確認するため、尿素単一水溶液 (尿素濃度：100 ~ 500mg/dl、5 段階) を調製しスペクトル計測を行った。計測に使用した FT-IR 型分光計 (Spectrum One, パーキンエルマー) 及び実験概要図を図 1 に示す。なお、計測波長範囲は 700-2500 nm、波長分解能は 1.667 nm、計 1081 波長である。セルには光路長 0.5 mm のフローセル (GS2058, Specac) を使用し、加熱ジャケット (P/N20730, Specac) を取り付け恒温水を循環することでフローセルの温度を一定 (25) に保った。スペクトル計測の手順は以下のとおりである。フローセルに溶媒 (水) と尿素溶液を交互に充填し、入射光 I_0 を照射し、セルを通過した透過光 I_r と I_s を計測した後、下式(1)より差分吸光度 ΔAbs を算出した。なお、スペクトルの前処理として、濃度依存性のない 1060 nm のデータを用いてベースライン補正を行い、Savitzky-Golay 法により平滑化した。

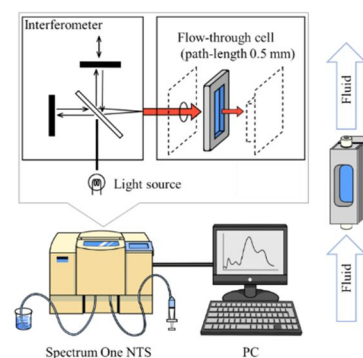


図 1 FT-IR 型分光器の概要図

$$\Delta Abs = \log_{10} \frac{I_0}{I_s} - \log_{10} \frac{I_0}{I_r} = \log_{10} \frac{I_r}{I_s} \quad (1)$$

(2)尿素水溶液における尿素濃度推定の可能性検討：前述したように透析廃液中の尿素濃度は尿中に比べ 1/100 以下と非常に稀薄であるため、まず FT-IR 装置を用いて数十 mg/dl レベルの低濃度の尿素が推定可能か確認した。尿素の濃度範囲は文献値を参考に 10～30mg/dl とし、5mg/dl 刻みの 5 段階とした。尿素水溶液の調製にはイオン交換水と JIS 特級尿素（和光純薬）を用いて 30mg/dl の溶液を作成し、希釈法により所定濃度の溶液を triplicate で調製した。FT-IR の計測条件（波長範囲や波長分解能等）は 3-(1)と同様で、計 15 サンプル（5 濃度×triplicate）を無作為順に計測した。

(3)解析方法：統計分析ソフト・R を用いて目的変数を尿素濃度、説明変数を各波長における Abs とし重回帰分析により濃度予測を行った。その際、モデル構築には「1 つ抜き交差検証 (Leave-One-Out Cross Validation: LOOCV)」を用いた。なお本研究では光源として近赤外 LED を用いた簡易システム構築を目指しており、使用する波長データは市販で入手可能な近赤外 LED 光源の使用波長 12 波長（1310, 1450, 1510, 1550, 1660, 1760, 1840, 1940, 2060, 2160, 2210, 2360 nm）を用いることとし、すべての波長組み合わせ（4095 通り）において総当たりで重回帰分析を行った。そして各波長組み合わせにおける標準予測誤差 (Standard Error of Prediction: SEP) を比較することにより濃度予測における至適波長数とその組み合わせを選定した。

(4)妨害物質を含む多成分水溶液における尿素濃度推定：実際の透析液廃液には尿素だけでなくそれ以外の水溶性物質が含まれるため、それらが尿素濃度の予測精度に及ぼす影響を検討した。具体的には透析廃液中の代表的な溶存物質として尿酸およびクレアチンを取り上げ、これら妨害物質と尿素を含む 3 成分の混合水溶液（表 1 参照）を調製し、尿素濃度の予測精度を検証した。

表 1 混合水溶液の濃度範囲

mixed aqueous solution	concentration [mg/dl]			
Urea	10, 15, 20, 25, 30			
Uric acid	0.7	0.7	2.0	2.0
Creatinine	1.0	4.0	1.0	4.0

(5)市販簡易スペクトルメータを用いた光学式尿素濃度モニタの試作：図 2 は市販の近赤外 LED ミニスペクトルメータ (LMS-R, LED MicrosensorNT) を利用した光学式簡易透析液廃液成分モニタの構造概要を示したもので、LMS-R とノート PC 及び独自開発した透過反射型のフローセルから成る。LMS-R の底部には 12 種類の近赤外 LED (中心波長：1310, 1450, 1550, 1660, 1760, 1840, 1940, 2060, 2160, 2210, 2360 nm) が円形に配

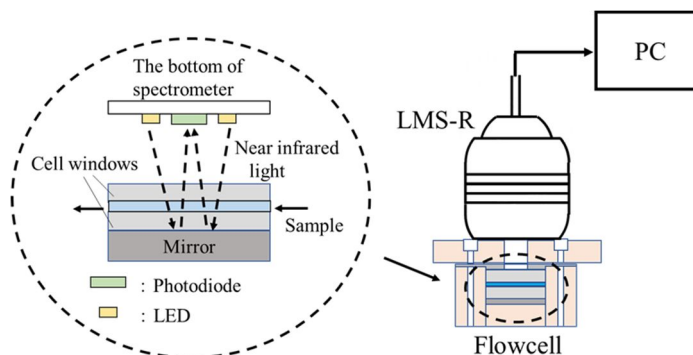


図 2 市販スペクトルメータを用いた試作システム概要

列されており、その中心には近赤外領域に感度を有するフォトダイオード (PD) が設置されている。フローセルには加熱ジャケット (P/N20730, Specac) を装着し、恒温水を灌流することでフローセルの温度を 25 一定に保った。フローセル窓材には近赤外光の透過率が良好な CaF₂ (厚み；4mm) を使用し、反射ミラーには 1100nm 付近より長波長側で 90%以上の反射率を持つ特注品を使用した。なおセル長は予備実験の結果から 0.25mm とした。

(6)試作システムの性能評価 -尿素単一水溶液における濃度推定精度検証-：試作システムを用いた基礎的検討として、まず尿素単一水溶液の濃度予測を試みた。なおセル長は前述したように 0.25mm であるが、試料配置としては反射ミラーを用いた「透過反射型」であり、実質的な光路長はセル長の 2 倍の 0.5mm となる。溶液の調製手順は 3-(2)と同様で、10, 15, 20, 25, 30 mg/dl の尿素単一水溶液を調製した。計測手順は以下の通りである。セルに純水を充填し、キャリブレーションを行う。サンプルを充填し、計測する。この時、12 中心波長それぞれにおいて、純水の反射光を 100%とした場合のサンプルの反射光の反射率が%デジタルデータで出力される。なお、純水によるキャリブレーションはサンプルごとに行った。

本システムで計測される反射率 [%] は以下で定義される。 I_s , I_w はそれぞれサンプル、純水の反射光強度である。

$$Ref = \frac{I_s}{I_w} \times 100 \quad (2)$$

この反射率 Ref [%] を計測後、次式により試作システムによる Abs を算出した。

$$\Delta Abs = \log_{10} \frac{100}{Ref} = \log_{10} \frac{100}{\frac{I_s}{I_w} \times 100} = \log_{10} \frac{I_w}{I_s} \quad (3)$$

なお解析方法については3-(3)と同様にRを用いて目的変数を尿素濃度、説明変数を12種類のLED波長で得られたAbsとし、計4095通りのすべての波長組み合わせにおいて総当たりで重回帰分析を行った。そして各波長組み合わせにおける標準予測誤差SEPを比較することにより濃度予測における至適波長数とその組み合わせを選定し、SEPの値および実測濃度と予測濃度の相関係数()から予測精度を検討した。

(7)試作システムの性能評価 -多成分水溶液における尿素濃度推定精度検証- : 上記3-(4)と同様に、透析廃液中の妨害物質として尿酸とクレアチンを含む3成分の混合水溶液をサンプルとし、試作システムの尿素濃度予測精度を検証した。各成分の濃度範囲は表1と同様で、実験装置、計測手順は3-(7)に示したとおり(セル長:0.25mm)である。解析に際しては、混合水溶液を用いた基礎的な検討として、妨害物質濃度が一定の15サンプルについてLOOCVにより尿素濃度予測を試みた。

4. 研究成果

(1)尿素水溶液における近赤外吸収スペクトルの確認 : 上記3-(1)の実験の結果、尿素濃度変化に感度のある波長域が2か所、具体的には1430nm付近及び2200nm付近に観察された。後者は尿素濃度増加と共にAbsが増加したが、前者では尿素濃度の増加に伴いAbsが減少する、すなわち透過光量が増加するという結果が得られた。これは水を溶媒とした近赤外スペクトル計測で生じる特有の現象で、溶媒である水自体が近赤外領域の光を吸収することに起因する。すなわち溶質濃度が増加すると水分子は溶質分子と置き換わることになり、もし溶質のモル吸光係数が水のモル吸光係数より小さい場合、溶質濃度の増加に伴い透過光強度が増加することが知られている^[5]。そこで本研究ではこの様ないわゆる「陰性吸光度」を示す波長領域のデータも積極的に使用することとした。

(2)尿素水溶液における尿素濃度推定の可能性検討 : 上記結果より近赤外領域に尿素濃度の感度波長を確認したので、3-(2)に示す方法で尿素濃度の推定を試みた。総当たり解析の結果、使用波長数:6の時にSEPが約2mg/dlと他の波長に比べて最小となった。そこで当該波長数でSEPが最小となった時の波長組合せ(詳細・非開示)においてLOOCVにより濃度推定精度を検証したところ、予測濃度と実測濃度に非常に高い相関(=0.960, SEP:2.01mg/dl)が確認され、10以下の少ない波長数で尿素濃度を高精度予測可能であることが確認された。

(3)妨害物質を含む多成分水溶液における尿素濃度推定 : 3-(4)に示した3成分混合水溶液に対して3-(2)の方法で尿素濃度の推定を試みた。なお実験に使用したサンプル数は、表1に示す「5×4=20通り」の濃度サンプルに対してtriplicateで計測したので総サンプル数は60である。これらのサンプルに対してLOOCVにより尿素濃度の予測精度を検証した。その結果、SEPが最小値となったのは7波長使用時(SEP:3.54mg/dl)であり、使用波長数:6~8においても3.6mg/dl以下と良好な値を示した。そこでこれら3種類の波長数使用時における相関分析を行ったところ、7波長時は6波長と比較するとSEPが1.42%減少、相関係数は0.484%向上した。同様に8波長との比較においても7波長の方がSEP、相関係数共に改善したため、この条件下においては波長数:7(組合せ非開示)が最適と考えられた。

(4)市販簡易スペクトルメータを用いた光学式尿素濃度モニタの試作 : 図3にLMS-Rを組み込んだ試作システムの外觀写真を示した。フローセル部分は加熱ジャケットに囲まれて見えないが、溶媒または溶液はサンプルラインからフローセル内に陰圧充填される。その際、気泡の有無はサンプルライン横の小孔から工業用の細径斜視鏡を挿入して確認した。波長の異なる12種類の近赤外LEDは時分割でパルス駆動され(パルス幅:約50msec、パルス間隔:6~7msec、繰返し回数:12回)PDで検出した平均値が一つの波長における計測値として出力される。

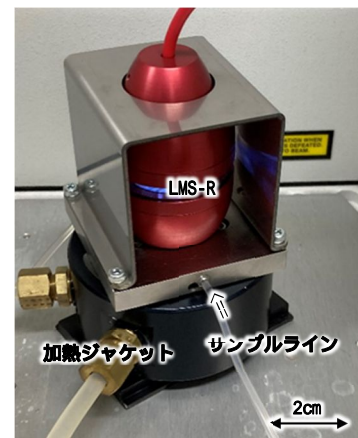


図3 試作システム概観写真

(5)試作システムの性能評価 -尿素単一水溶液における濃度推定精度検証- : 試作システムの性能評価として、まず尿素単一水溶液の濃度予測を試みた。尿素水溶液の濃度、調製手順は3-(2)と同様で、10, 15, 20, 25, 30 mg/dlの尿素単一水溶液をtriplicateで調製した。3-(6)に示す手順に従って1サンプルあたり10回計測し、その平均値を計測値とした。まず総当たり解析の結果について、SEPが最小であったのは7波長使用時(3.54mg/dl)であり、4~6波長使用時においても4.0

mg/dl を下回る同等の水準であった。また 4~7 波長使用時の相関分析を行ったところ、7 波長使用時の相関係数： $r=0.885$ と最も良好であり、目標誤差範囲内のプロット数も 8 プロットと全体の 50%以上という良好な推定精度が得られた。

(6) 試作システムの性能評価 -多成分水溶液における尿素濃度推定精度検証-：尿酸、クレアチニンを妨害物質として、3 成分の混合水溶液の尿素濃度予測を試みた。各成分の濃度範囲は表 1 と同様で、尿酸およびクレアチニンの濃度別に A 群(0.7 mg/dl、1.0 mg/dl)、B 群(0.7 mg/dl、4.0 mg/dl)、C 群(2.0 mg/dl、1.0 mg/dl)、D 群(2.0 mg/dl、4.0 mg/dl)とした。解析に際しては、混合水溶液を用いた基礎的な検討として妨害物質濃度が一定の 15 サンプルにおいて、LOOCV により尿素濃度予測を試みた。その結果をまとめたのが表 2 であり、比較のために尿素単一水溶液の結果も併せて示した。SEP が最少となった波長数は A 群：8 波長、B 群：9 波長、C 群：7 波長、D 群：5 波長で、各群における SEP の値はいずれの群においても 5mg/dl 以下であった。

表 2 試作システムによる 3 成分混合水溶液の尿素濃度予測結果

concentration of Uric Acid and Creatinine[mg/dl]	SEP [mg/dl]	γ	the number of plots with broken line	the number of wavelengths
UA 0.0 cre 0.0 (urea single solution)	3.54	0.885	8	7
GroupA(UA 0.7 cre 1.0)	4.29	0.845	3	8
GroupB(UA 0.7 cre 4.0)	3.26	0.898	4	9
GroupC(UA 2.0 cre 1.0)	2.38	0.945	7	7
GroupD(UA 2.0 cre 4.0)	3.89	0.839	6	5

またこれらの波長数と組合せを用いた時の相関分析の結果は 4 群のいずれにおいても >0.8 と良好な推定精度が得られた。なお目標誤差範囲内のプロット数については尿素単一溶液が最も多かった(8 プロット)が、B 及び C 群の SEP および相関係数は尿素単一溶液の結果よりも良くなっている。以上より、ある濃度の妨害物質存在下においても、尿素単一溶液と同等の精度で尿素濃度予測が可能であることが確認された。一方で妨害物質濃度が異なる 15×4 サンプル(A-D 群全 60 サンプル)の全データを用いて LOOCV により濃度予測したところ、このような良好な予測精度は得られず、その原因として以下が考えられた。

妨害物質の影響：A-D 各群 15 サンプルの LOOCV による濃度予測では尿酸およびクレアチニンの濃度は一定である。一方、全サンプルの濃度予測ではこれら妨害物質濃度は各 2 通り存在するため濃度の組合せは様々となる。具体的には「尿素濃度が低く妨害物質濃度が高い」サンプルと「尿素濃度が高く妨害物質濃度が低い」サンプルが混在することになり、妨害物質濃度変化により反射率が微小に変化し尿素濃度予測を妨害した可能性がある。

光源と受光器の配置による影響：試料配置が透過型の FT-IR に比べ、試作システムは前述のとおり透過反射型で光が試料を 2 回透過するため、透過型に比べ光路上の固液界面の数も実質 2 倍となる。さらに試作システムではセル窓及び試料層への光の入射角度が垂直ではなく、ある角度をもって入射していると考えられる。従って界面における反射もしくは散乱の状況が測定ごとに微小変化することで尿素濃度予測精度に悪影響を及ぼしている可能性がある。

LED 光量の不足：LMS-R の LED 光源は各波長に対し 1 チップであり、光量が不足している可能性がある。特に 1840nm~2360nm の長波長側の LED の光出力はパルス駆動時でも 10mW 以下であり、溶液層だけでなく窓材による吸収も S/N を悪くしている可能性がある。一方、総当たり解析の結果からは現状の 12 波長全てが必要なわけではなく不要な波長もあるため、将来的には不要波長のチップは外し、必要波長のチップ数を増やすなどの改良により尿素濃度の予測精度を向上可能と考えられる。

参考文献

- [1] Argilés, Àngel, *et al.* "Precise quantification of dialysis using continuous sampling of spent dialysate and total dialysate volume measurement." *Kidney international* 52.2 (1997): 530-537.
- [2] 平川晋也, 石森勇, 安部貴之. "日機装社製透析液排液モニタにおいて各溶質が吸光値に及ぼす影響の検討." *日本血液浄化技術学会会誌*, 22.2 (2014): 173-176
- [3] Suzuki, Ikuto, *et al.* "Reagentless estimation of urea and creatinine concentrations using near-infrared spectroscopy for spot urine test of urea-to-creatinine ratio." *Advanced Biomedical Engineering* 7 (2018): 72-81.
- [4] Eddy, Christopher V., and Mark A. Arnold. "Near-infrared spectroscopy for measuring urea in hemodialysis fluids." *Clinical chemistry* 47.7 (2001): 1279-1286.
- [5] He, Zhong Hai, and Guang Shuai Zhu. "Variation of Absorption Coefficient of Glucose Water in Consideration of Water Displacement." *Advanced Materials Research* (2010), <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.159.358>.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Suzuki Ikuto, Ogawa Mitsuhiro, Seino Kimihiro, Nogawa Masamichi, Naito Hisashi, Yamakoshi Ken-ichi, Tanaka Shinobu	4. 巻 58
2. 論文標題 NIR spectroscopic determination of urine components in spot urine: preliminary investigation towards optical point-of-care test	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Medical & Biological Engineering & Computing	6. 最初と最後の頁 67～74
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11517-019-02063-1	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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 1件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 I. Suzuki, Y. Hatanaka, K. Sanai, M. Nogawa, Y. Nishikawa, H. Naito, A. Ikarashi, M. Ogawa, K. Yamakoshi and S. Tanaka
2. 発表標題 Near-Infrared Spectroscopic Estimation of Urea Concentration for Determining Appropriate Duration of Hemodialysis Treatment
3. 学会等名 The 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐内佳太, 鈴木郁斗, 野川雅道, 内藤尚, 西川裕一, 畑中由佳, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 田中志信
2. 発表標題 透析液排液成分の光学的モニタリングに関する基礎的検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Hatanaka, I. Suzuki, K. Sanai, M. Nogawa, Y. Nishikawa, H. Naito, A. Ikarashi, M. Ogawa, K. Yamakoshi, S. Tanaka
2. 発表標題 Simulated analysis assuming a near-infrared LED light source for monitoring components in waste dialysate.
3. 学会等名 The 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐内佳太, 鈴木郁斗, 内藤 尚, 西川裕一, 田中志信
2. 発表標題 近赤外LEDを用いた透析液排液モニタシステムの開発
3. 学会等名 日本設計工学会2022年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐内佳太, 鈴木郁斗, 野川雅道, 内藤尚, 西川裕一, 畑中由佳, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 田中志信
2. 発表標題 近赤外LEDを用いた透析液排液成分のモニタリングに関する基礎的検討
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 I. Suzuki, Y. Hatanaka, T. Tsuruda, M. Nogawa, H. Naito, A. Ikarashi, M. Ogawa, K. Yamakoshi, S. Tanaka
2. 発表標題 Preliminary Experiments for Realizing NIR Spectroscopic Prediction System of Multi-Components in Waste Dialysate
3. 学会等名 42nd Annual International Conferences of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴田貴大, 鈴木郁斗, 野川雅道, 内藤尚, 畑中由佳, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 田中志信
2. 発表標題 近赤外光を用いた簡易光学式透析液排液成分モニタシステムの開発
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴田貴大, 佐内佳太, 鈴木郁斗, 野川雅道, 内藤尚, 畑中由佳, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 田中志信
2. 発表標題 透析液排液成分の光学式モニタリングシステムの開発 混合水溶液を用いた尿素濃度推定精度と至適波長組み合わせの検討
3. 学会等名 令和2年度 日本生体医工学会 北陸支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki I.*, Seino K., Nogawa M., Naito H., Ogawa M., Yamakoshi K., and Tanaka S.
2. 発表標題 NIR spectroscopic prediction of urinary components for management of protein and salt intake
3. 学会等名 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鶴田 貴大, 鈴木 郁斗, 清野 公宏, 野川 雅道, 内藤 尚, 畑中 由佳, 五十嵐 朗, 小川 充洋, 山越 憲一, 高田 重男, 田中 志信
2. 発表標題 近赤外分光法を用いた光学式尿成分分析システムの開発 尿中成分のクレアチニン比推定の試み
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 志信, 鈴木 郁斗, 清野 公宏, 野川 雅道, 内藤 尚, 五十嵐 朗, 小川 充洋, 高田 重男, 山越 憲一
2. 発表標題 近赤外分光法による尿成分濃度推定と使用波長数削減の試み
3. 学会等名 日本分光学会近赤外分光部会 第14回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鶴田貴大, 鈴木郁斗, 野川雅道, 内藤尚, 畑中由佳, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 田中志信
2. 発表標題 透析液排液成分の光学的濃度推定に関する基礎的検討
3. 学会等名 令和元年度日本生体医工学会北陸支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 I. Suzuki, K. Seino, M. Nogawa, H. Naito, M. Ogawa, K. Yamakoshi, S. Tanaka
2. 発表標題 A reagent-less system for monitoring Urinary multi-components using near infrared spectroscopy
3. 学会等名 40th Annual International Conference of The IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木郁斗, 清野公宏, 野川雅道, 内藤尚, 五十嵐朗, 小川充洋, 山越憲一, 高田重男, 田中志信
2. 発表標題 近赤外分光法を用いた光学式尿成分分析システムの開発 総当たり解析による至適波長と組み合わせの選定
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清野公宏, 鈴木郁斗, 野川雅道, 五十嵐朗, 内藤尚, 小川充洋, 山越憲一, 高田重男, 田中志信
2. 発表標題 光学式簡易尿成分計測システムの開発—LED光源化を目指した最適波長組合せの検討—
3. 学会等名 日本生体医工学会北陸支部大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

金沢大学理工研究域 人間適応制御研究室
<http://biomed.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

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	小川 充洋 (OGAWA Mitsuhiro) (30322085)	帝京大学・理工学部・准教授 (32643)	
研究分担者	野川 雅道 (NOGAWA Masamichi) (40292445)	公立小松大学・保健医療学部・准教授 (23304)	
研究分担者	五十嵐 朗 (IKARASHI Akira) (10570632)	藍野大学・医療保健学部・教授 (34441)	
研究分担者	鈴木 郁斗 (SUZUKI Ikuto) (10880768)	公立小松大学・保健医療学部・助教 (23304)	
研究分担者	畑中 由佳 (HATANAKA Yuka) (30622120)	藍野大学・医療保健学部・助教 (34441)	

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