

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：32604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650471

研究課題名(和文)身体起源の臭気および感染を防ぐ機能性衣服と個人対応フィルターの設計と評価

研究課題名(英文)Functional design and evaluation of PPE including clothing and filter for foul smell and secondary infection

研究代表者

水谷 千代美(MIZUTANI, Chiyomi)

大妻女子大学・家政学部・准教授

研究者番号：00261058

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：病院や介護施設では、排泄物臭、体臭などに起因する悪臭が問題であり、部屋全体で悪臭を除去する方法を試みており、コストやエネルギー面で損失である。本研究では、尿臭や体臭のような身体起源の悪臭を、悪臭源近傍で効率よく消臭するシステムの開発を行った。人間、衣服、環境を想定した病院の室内環境をシミュレートした装置を作り、衣服、フィルター、寝具などに対する消臭繊維の適性を評価した。さらに、実物大の病室を模倣した室内環境を作り、消臭繊維を寝具に応用して換気マットレスと組み合わせて室内の悪臭除去効果を調べた。その結果、悪臭源近傍で消臭する有効性が認められ、個人対応型消臭システムの基礎的知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：Foul smell originated from body odor and excretion causes indecent problems in hospitals and nursing facilities. It has been attempted with methods of reducing such odor in the entire room, it is a loss in the cost and energy. In this study, we have developed a system to reduce foul smell from body origin efficiently by installing deodorant nonwoven near the source of odor. First we set up a device which yields similar indoor environment in the hospital by considering the air circulation through human, clothing and room space in order to assess a suitability of deodorant nonwoven for clothes, filter and bedding. In the next step, we adjusted indoor environment to simulate a full-scale hospital room, and applied deodorant nonwoven for bedding in combination with ventilation mattress to evaluate deodorant effect. As the result, satisfactory effectiveness is obtained to deodorize near the source of odor and also obtained basic knowledge of personal correspondence type deodorant system.

研究分野：被服機能設計学

キーワード：消臭繊維 個人対応型消臭システム 動的消臭性評価装置 擬似皮膚装置

1. 研究開始当初の背景

我が国は、2025年には二人に一人が65歳以上という超高齢化社会に突入する。より深刻な問題は、寝たきり高齢者の割合が福祉先進国（デンマークやスウェーデン）よりも圧倒的に多いことである。寝たきりにならないためには、積極的に社会に参画することであるが、年を重ねるに従い身体機能は低下し、失禁などに起因する臭いが気になって外出しにくい人が多く、臭いが高齢者の自立を阻害している原因の一つとなっている。一方、病院・介護施設でも排泄物臭、体臭、消毒液臭などに起因する悪臭は大きな問題であり、換気扇、消臭壁紙、消臭カーテンなどを使用して部屋全体の悪臭除去を試みているが、消臭設備が大規模になり、コスト、エネルギー面で大きな損失となっている。また、集団病室における二次感染も大きな社会問題となっている。このような状況の中で、できるだけ省エネルギーな消臭方法を確立するとともに病院内の二次感染予防も考慮する必要がある。この社会問題を解決する方法として、消臭繊維を使って尿臭や体臭のような身体起源の悪臭を、悪臭源近傍でできるだけ効率よく消臭するシステムの開発が望まれる。

2. 研究の目的

身体起源の悪臭に対して悪臭源近傍で除去するためには、消臭繊維の適性を評価し、適した箇所に設置する必要がある。消臭繊維の消臭機構は、悪臭分子との中和反応などによって化学的に消臭する方法（化学的消臭）とシリカゲルや活性炭素繊維のような微細な孔に悪臭分子が吸着する物理的消臭に大別され、消臭繊維の特性によって悪臭の種類に対する消臭能力、消臭速度などが異なる。また、臭いは、温度、湿度、気流などによって感じ方が異なる。本研究では、これらを勘案して病院や高齢者施設の室内環境をシミュレートした装置を作り、(1)~(3)を目的として実験を行った。

(1) 人間 衣服 環境を想定した評価装置を作成し、消臭繊維の消臭性を評価した。これまでに消臭繊維の消臭性は、検知管法やガスクロマトグラフィ法によって静的に評価されてきた。しかし、本研究では、空気の流れを考慮した動的な消臭性評価を行い、室内の気流、温度、湿度が消臭機構の異なる消臭繊維の消臭効果に与える影響を調べた。

(2) 寝たきり高齢者がおむつをしてベッド上で横たわっている状態を想定して、尿を含んだおむつと人体部および室内をシミュレーションした擬似皮膚装置を設計し、下着に消臭繊維を用いた時の消臭効果を評価した。

(3) 実物大の病室を模倣して、ベッドに横たわった寝たきり高齢者と医者がいる状況で悪臭が満ちた室内環境（温度、湿度、換気量）をシミュレーションした。(1),(2)の結果から選定された消臭繊維の適した箇所に設置することを考え、衣服、寝具および

マットレス、ベッド周辺のフィルターなどに対する適性を評価した。最終的には、身体起源の悪臭源近傍で消臭できる個人対応型消臭システムを構築することを目的とした。

3. 研究の方法

フィルター試料として、活性炭素繊維不織布（ACF-15）と ACF-15 に表面に酸処理した ACF-15A を用いた（表1参照）。

表1 活性炭素繊維の物性

試料	比表面積 (m ² /g)	細孔容積 (mL/g)	細孔直径 (nm)	厚さ (μm)
ACF-15	1725	0.8	1.9	15
ACF-15A	1350	0.6	1.9	17

(1) 悪臭モデルとして、尿臭および汗臭の原因物質であるアンモニア（NH₃）を選定し、2種類の活性炭素繊維のアンモニアガスに対する消臭効果を評価した。消臭性評価装置は、円筒管（直径 5.7cm、長さ 298cm）からなり、空気を送る送風部とアンモニアガスを発生する部分と試料を投入する部分に大別される（図1参照）。円筒型消臭性評価装置の

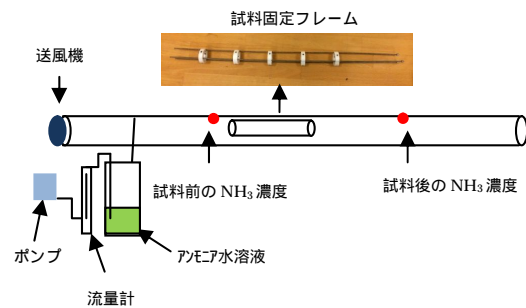


図1 円筒型消臭性評価装置の概略図

円筒管内部に一定速度（1.2m/sec, 0.3m/sec, 0.15m/sec, 0.05m/sec）の風を送った。アンモニアガスは、一定濃度のアンモニア水溶液（NH₄OH）を作成した後、流量計により一定量（0.2m/sec, 0.3m/sec, 0.4m/sec, 0.5m/sec）の空気を送り、アンモニアガス濃度 20ppm に設定した。アンモニアガスが人体に悪影響を与える濃度が 25ppm とされていることから、本実験のアンモニアガス濃度を 20ppm に設定した。アンモニアガス濃度が一定になった後に、試料（37cm × 13cm）を設置したフレームを投入し、一定時間放置後、ガスモニター（INNOVA 社製 1312 型）で試料前と試料後の NH₃ 濃度を連続的に測定した。消臭効果は、次式から算出した。

$$\text{消臭効果} = \frac{\text{試料前の NH}_3 \text{ 濃度} - \text{試料後の NH}_3 \text{ 濃度}}{\text{試料前の NH}_3 \text{ 濃度}}$$

(2) 寝たきり高齢者は、尿の排泄はおむつの中で行わなければならない。尿が体温で温められて、尿臭が室内に拡散する。本実験で

は、排泄された尿が体温で温められて尿臭（アンモニア臭）が発生し、室内への拡散をシミュレーションした装置を作成した。試料として、実験（1）で消臭効果が認められた活性炭素繊維 ACF-15A を用い、消臭効果を調べた。装置は、図2のように皮膚とみなしたホットプレート部、尿を含んだおむつ部分および室内とみなしたボックス部に分かれる。

本実験は、ホットプレート（ 0.04m^2 ）上にプレート（ 0.04m^2 ）を設置し、脱脂綿（11g）に 0.03% アンモニア水溶液（ NH_4OH ）200ml 加えた。この際、プレートの表面温度が平均皮膚を示す 34 になるように調整した。扇風機によって、室内とみなしたボックスの中に空気 $0.5\text{L}/\text{sec}$ を供給し続け、初期のアンモニアガス濃度 $20 \pm 2\text{ppm}$ を発生させた。試料がアンモニア水溶液に浸漬しないようにメッシュと試料を乗せた。ボックス中のアンモニアガス濃度は、ガスモニタ（INNOVA 社製 1312 型）で連続的に測定した。室温 20、25、湿度 25%、80% の条件下で 1 時間実験を行った。室内のアンモニア濃度は次式から算出した。

$$\text{アンモニア濃度} = Ci/Cmax$$

ここで、 Ci は一定時間のアンモニア濃度、 $Cmax$ は最大アンモニア濃度を示す。

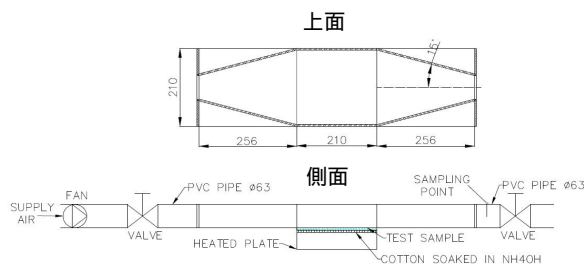


図2 消臭性評価装置の概要

（3）病室を模倣した人工気候室（面積 22.5m^3 換気量 $10\text{L}/\text{sec}$ ：換気回数 1.6ACH）に立位の医者（身長 170cm）とベッド上に横たわった寝たきり高齢者（身長 170cm）が在室した状態をシミュレーションし、室内の悪臭を除去する方法を検討した。医者と寝たきり高齢者として、サーマルダミーマネキンを使用した。悪臭は、寝たきり高齢者の股間から実験（1）と同様な方法でアンモニアガスを継続して発生させた（図3参照）。アンモニアガス濃度は、図4のように、立位の医者の口、寝たきり高齢者の口、排気口および床から 1.7m 上でガスモニタ（INNOVA 社製 1312 型）により連続的に測定した。室内の悪臭を除去するために、ベッド上に換気するマットレス（図3参照）と活性炭素繊維 ACF-15A を掛布団力バーとして用い、7 時間継続して実験し、それぞれの消臭効果を調べた。室内のアンモニア濃度は、次式から算出した。

$$\text{アンモニア濃度} = Ci / C_{iref}$$

ここで、 Ci はそれぞれの点で測定したアンモニアガス濃度の平均値、 C_{iref} は換気量 $10\text{L}/\text{sec}$ ：換気回数 1.6ACH 時のアンモニアガス濃度とした。

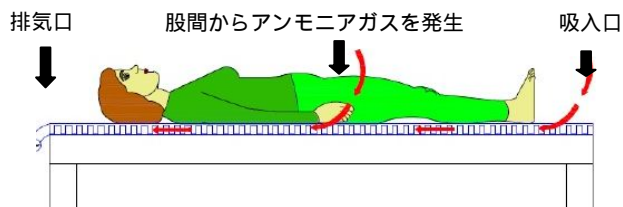


図3 ベッド上の換気マットレスと空気の流れ

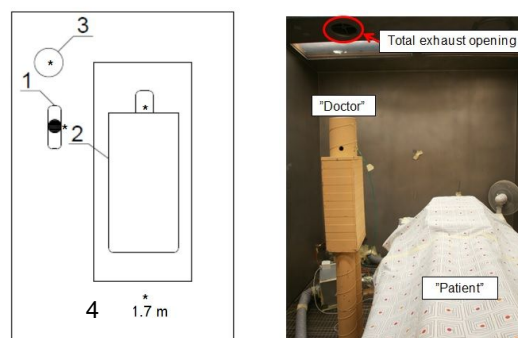


図4 実験室内と測定位置

- 1: 医者の口, 2: 寝たきり高齢者の口, 3: 排気口
4: 床から 1.7m 上

4. 研究成果

（1）円筒型消臭性評価装置でアンモニアガス濃度と風速との関係を調べた。送風機と流量計から空気を送った。空気の流れ速度（ Q ）は、円筒につけた送風機の風速（ Q_{Fan} ）とアンモニア水溶液に空気を送る量（ Q_{NH_3} ）で決定する。

$$Q = Q_{Fan} + Q_{NH_3}$$

ここで、 Q_{Fan} は一定とし、 Q_{NH_3} を変えて Q_{NH_3} が Q に与える影響を調べた。その結果、 Q_{NH_3} が $0.2\text{L}/\text{min} \sim 0.5\text{L}/\text{min}$ の範囲内では Q は変わらなかった。次に、 Q を変えて Q_{NH_3} を $0.2\text{L}/\text{min}$ として、アンモニアガス濃度 20ppm に調整するために、アンモニア水溶液濃度と Q との関係を調べた。図5のように

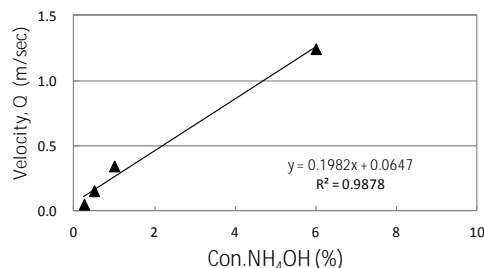


図5 アンモニアガス濃度 20ppm に調整するための風速とアンモニア水溶液濃度との関係

Qとアンモニア水溶液濃度は直線関係になり、アンモニアガス濃度を20ppmにするには、アンモニア水溶液の濃度を変化させることにより可能であることがわかった。アンモニアガスは、測定時間(20時間)約20ppmに安定し、標準偏差0.353で非常に精度よく調整することができた。

次に活性炭素繊維 ACF-15A を試料として、アンモニアガスの流速を変化させて消臭繊維 ACF-15A の消臭性に与える影響を調べた。流速と消臭効果は、図6のような関係にあり、ACF-15A は歩く速度に相当する0.05m/secの場合80%消臭されるに対して風速が最も速い1.2m/secの場合は30%程度しか消臭されないことがわかった。本来、消臭はACF-15Aの表面に存在する酸とアンモニアとの中和反応によるが、風速が速いと中和反応が行われるのに十分な時間がなかったことが影響していると考えられる。

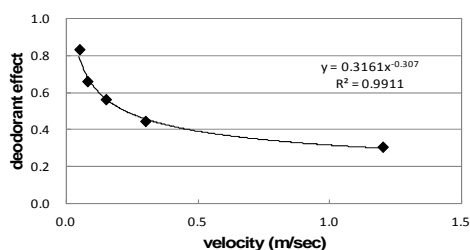


図6 アンモニアガス流速が活性炭素繊維の消臭性に与える影響

次に、活性炭素繊維 ACF-15 の消臭効果を調べた。風速が遅いときは少しの消臭効果が見られるが、風速が速くなるにしたがって消臭効果は見られなかった。ACF-15 は、繊維表面にある微細な孔にアンモニア分子が吸着する消臭機構であるが、風速が速くなるとアンモニア分子は微細孔に吸着することができなかつたことが原因と考えられる。さらに、同様な実験を温度20~28、湿度30~80%の範囲で行ったが、消臭効果に変化が見られなかった。

(2) 擬似皮膚装置は、皮膚温度34を精度よく制御することができた。室内温度20、湿度25%、風速0.5L/minの環境条件下で活性炭素繊維 ACF-15A の消臭効果を調べた。活性炭素繊維 ACF-15A は、約5分経過後、アンモニア濃度は0ppmになり、高い消臭効果を示した(図7参照)。次に、室内の温度と湿度を変化させて、消臭効果に与える影響を調べた。日本の夏のエアコンの設定温度28を最大温度として、20と28、湿度25%と80%で消臭効果を比較した。その結果、20~28の温度範囲では、ACF-15Aの消臭挙動に変化がなく、消臭速度が速く100%消臭するのにに対して、湿度80%では消臭速度が遅いことがわかった。これは、湿度80%の空気中の水分とアンモニアが反応して消臭速度が遅

くなったと考えられる。しかし、活性炭素繊維 ACF-15A はアンモニア臭に対して優れた消臭効果を発揮し、比較的脆いという欠陥はあるものの下着の部材や低風速の場合フィルター素材として適していることがわかった。

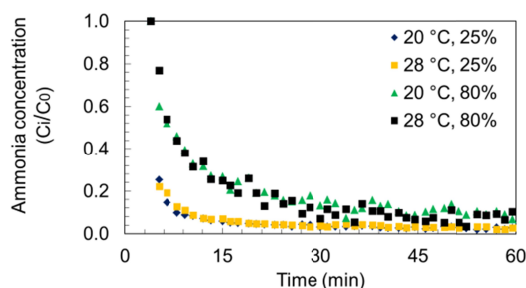


図7 室内温湿度が活性炭素繊維の消臭効果に与える影響

(3) 活性炭素繊維 ACF-15A の適性および実用性を評価した。まず、最初に人工気候室の空気移動量を換気回数1.6ACHと一定して、サーマルダミーマネキンの股間からアンモニアガスを継続的に発生させ、室内にアンモニア臭を充満させた。アンモニアガス濃度は立位の医者、寝たきり高齢者の口、人工気候室内の排気口、床から1.7m上の位置で測定した。寝たきり高齢者からの身体起源の悪臭を感じるの、医者や介護者であり、医者の口の位置が病院での臭気評価の目安となっている。本実験では、4か所のアンモニアガス濃度を測定した結果、平均4.6ppmであった。換気マットレスのアンモニア臭除去効果、活性炭素繊維 ACF-15A を掛布団カバーとした時の消臭効果、両者を組み合わせたときの相乗効果を示した結果を図8に示す。

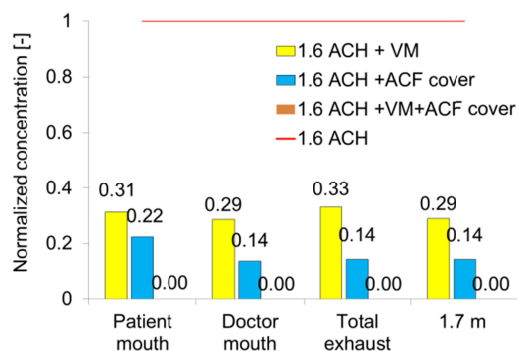


図8 3種類の消臭方法の消臭効果

1.6 ACF: 人工気候室の換気量 VM: 換気マットレス ACFcover: 活性炭素繊維 ACF-15 掛ふとんカバー

換気するマットレスをベッド上とサーマルダミーマネキンの間に設置し、その効果を調べた。換気するマットレスは、足の部分に吸入口からあり、アンモニアガスを吸って

マットレス中を通して外へ排出される。マットレス中の空気の流量は、これまでの結果を参考に1.5L/secに調整した。換気マットレスを作動させて7時間後、人工気候室内のアンモニアガス濃度は、平均1.4ppmに下がり、アンモニアガス濃度は0.31で約70%アンモニアガスが除去された。人がアンモニア臭を嗅いで臭気を感じる濃度が1.5ppmとされており¹⁾、明らかに臭いと感じていたアンモニア濃度から臭気を感じる程度まで低下したと考えられる。

次にマットレスを作動させずに活性炭素繊維 ACF-15A を掛布団カバーとして使った場合、アンモニアガス濃度は4か所の平均0.6ppmまで下がった。アンモニアガス濃度0.16で84%消臭され、活性炭素繊維 ACF-15A の消臭効果が実証された。さらに、換気マットレスと活性炭素繊維を組み合わせるとアンモニア濃度は0ppmになり、100%消臭され優れた相乗効果が得られた。

本実験では、実物大のサーマルマネキンの耐アンモニアガスに問題があり実際の実験には使用できなかったために、消臭衣服総体の評価ができなかった。しかし、上記の結果より、身体起源の悪臭を悪臭源近傍で効率よく消臭することができたことから、本研究の当初の目的は達成できた。さらに、個人対応型消臭システムの基礎的知見が得られたので実用化への第一歩が踏み出せたと考える。本実験は、デンマーク工科大学との共同研究であり、日本とヨーロッパ諸国の病院や高齢者施設の悪臭除去に有効なシステム開発につながると思われる。また、この消臭方法を、さらに工業分野や農業分野へ展開することを計画している。

引用文献

1) 阿部康二, 森川英明, 梶原莞爾, 高機能性繊維の最前線～医療, 介護, ヘルスケアへの応用～, シーエムシー出版, 2014 p.179

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Kazuaki Uryu, Megumi Kokatsu, Satoshi Hosoya, Chiyomi Mizutani, Designing Trousers to Limit the Burden on Upper Limbs of Non-professional Care Givers while Providing Nursing Care, Japan Society of Kansei Engineering, International Journal of Affective Engineering, 査読有、12巻、2014、56-63

Mariya P BIVOLAROVA, Chiyomi MIZUTANI, Arsen K MELIKOV, Zhecho D BOLASHIKOV, Tomonori SAKOI, Kanji KAJIWARA, EFFICIENCY OF DEODORANT MATERIALS FOR AMMONIA REDUCTION IN INDOOR AIR, Indoor air,

査読有、Proceedings full paper、2014、1-8

Chiyomi MIZUTANI, Mariya P BIVOLAROVA, Arsen K MELIKOV, Zhecho D BOLASHIKOV, Tomonori SAKOI, Kanji KAJIWARA, AIR CLEANING EFFICIENCY OF DEODORANT MATERIALS UNDER DYNAMIC CONDITIONS: EFFECT OF AIR FLOW RATE, Indoor air 2014, 査読有、Proceedings full paper、2014、1-5

〔学会発表〕(計6件)

Mariya P BIVOLAROVA, Arsen K MELIKOV, Monika Kokora, Chiyomi Mizutani, Zhecho D BOLASHIKOV, Novel Bed Integrated Ventilation Method for Hospital Patient Rooms, Room Vent2014, 13th Scanvac International Conference on Air Distribution in Rooms, 2014年10月19日～2014年10月22日、Cidade University (Brazil)

Chiyomi Mizutani, Mariya P BIVOLAROVA, Arsen K MELIKOV, Zhecho D BOLASHIKOV, Tomonori SAKOI, Kanji KAJIWARA, INFLUENCE OF AMBIENT CONDITIONS ON DEODORANT PROPERTY OF ACTIVATED CARBON FIBER, International Symposium on Fiber Science and Technology 2014, 2014年9月29日～2014年10月1日、東京ファッションタウンビル(東京)

Chiyomi Mizutani, Mariya P BIVOLAROVA, Arsen K MELIKOV, Zhecho D BOLASHIKOV, Tomonori SAKOI, Kanji KAJIWARA, AIR CLEANING EFFICIENCY OF DEODORANT MATERIALS UNDER DYNAMIC CONDITIONS: EFFECT OF AIR FLOW RATE, Indoor air 2014, 2014年7月7日～2014年7月12日、香港大学(中国)

Mariya P BIVOLAROVA, Chiyomi Mizutani, Arsen K MELIKOV, Zhecho D BOLASHIKOV, Tomonori SAKOI, Kanji KAJIWARA, EFFICIENCY OF DEODORANT MATERIALS FOR AMMONIA REDUCTION IN INDOOR AIR, Indoor air 2014, 2014年7月7日～2014年7月12日、香港大学(中国)

水谷千代美, 佐古井智紀, 梶原莞爾
消臭繊維の動的評価、繊維学会年次大会、2014年6月11日～2014年6月13日、タワーホール船堀(東京)

水谷千代美、消臭抗菌繊維を目的とした繊維加工とその応用 2、平成 24 年度繊維学会年次大会、2012 年 6 月 6 日～2012 年 6 月 8 日、タワーホール船掘（東京）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水谷 千代美 (MIZUTANI, Chiyomi)
大妻女子大学・家政学部・准教授
研究者番号：00261058

(2) 研究分担者

森川 英明 (MORIKAWA, Hideaki)
信州大学・繊維学部・教授
研究者番号：10230103

佐古井 智紀 (SAKOI, Tomonori)
信州大学・繊維学部・講師
研究者番号：70371044

梶原 莞爾 (KAJIWARA, Kanji)
信州大学・繊維学部・特任教授
研究者番号：10133133

(3) 研究協力者

アーセン メディコフ (Arsen K MELIKOV)
デンマーク工科大学・室内環境・エネルギー
国際研究所・教授

ゼッチョ ボラシコフ (Zhecho D
BOLASHIKOV)
デンマーク工科大学・室内環境・エネルギー
国際研究所・准教授

マリヤ ビボワロヴァ (Mariya P
BIVOLAROVA)
デンマーク工科大学・博士後期課程学生