

令和6年4月17日

静岡県社会部記者室 御中

国立大学法人静岡大学

### 3-クロロ安息香酸分解細菌の全ゲノム配列の解読

#### — 市民科学：静岡大学 2023 年度公開講座に参加した高校生 10 名との共同研究 —

静岡大学静岡共同利用機器センターの森内良太技術専門職員、兼崎友特任助教、道羅英夫教授、静岡大学農学部の小川直人教授、および本学公開講座「ゲノム解析の最前線へようこそ！」に参加した静岡県内の高校生 10 名らの研究グループは、3-クロロ安息香酸分解細菌 *Paraburkholderia* sp. strain 22B1P 株の全ゲノム配列の解読に成功しました。

#### 【研究のポイント】

- ・ 3-クロロ安息香酸分解細菌の全ゲノム配列の解読に成功
- ・ 3-クロロ安息香酸及び 3-クロロカテコール分解遺伝子クラスターの推定に成功
- ・ 静岡大学の公開講座に参加した高校生 10 名との共同研究の成果

本研究では、静岡県静岡市内の土壌から新規単離した土壌細菌 *Paraburkholderia* sp. strain 22B1P 株の全ゲノム情報を解読しました。この細菌は 3-クロロ安息香酸 (3-CB) を単一炭素源として利用することが可能な細菌で、3-CB 及びその中間代謝産物である 3-クロロカテコールを分解するのに必要な遺伝子クラスターを染色体 DNA 上に保持していることを見出しました。

本研究で得られた研究成果は特に、芳香族塩素化合物 3-CB 分解細菌の発見とそのゲノム情報の整備という意味で価値があり、将来的には微生物を用いて土壌汚染物質の除去をおこなうバイオレメディエーションの効率を高める技術に貢献することが期待できます。

なお、本研究成果は、2024 年 4 月 11 日に、アメリカ微生物学会の発行する国際オンライン雑誌「Microbiology Resource Announcements」(Volume 13, Number 4) に掲載されました。

#### 研究者コメント

##### 静岡大学静岡共同利用機器センター 特任助教・兼崎友 (かねさき ゆう)

高校の教科書には DNA についての様々な知識や実験技法が載っていますが、それらが大学の研究活動の場でどのように用いられ、新たな発見に繋がるのかを直に体験できる実験公開講座として企画しました。細菌の環状ゲノムが完成した際の生徒の皆様の表情が印象的でした。

##### 静岡大学静岡共同利用機器センター 技術専門職員・森内良太 (もりうち りょうた)

県内の高校生と共著で論文が出せたことは、とても感慨深いです。さらにこの 22B1P 株では、分解遺伝子群の構造の一部がこれまでに単離されている 3-CB 分解細菌のものとは異なっていることが判明しており、今後、さらにこの菌の特徴について明らかにしたいと考えています。

## 【研究概要】

芳香族塩素化合物は難分解性の化合物として環境中に蓄積されており、生物への悪影響が懸念されています。そのため、これら化合物の分解や除去は重要な社会課題です。本研究では、静岡県静岡市内の土壌から3-クロロ安息香酸分解細菌である *Paraburkholderia* sp. 22B1P 株を単離し、全ゲノム配列情報の取得に成功しました。本研究の成果は、微生物を用いた汚染物質の除去であるバイオレメディエーションの効率を高める技術に貢献することが期待されます。

近年、高校と大学の連携プロジェクトや市民科学プロジェクトなど、専門家ではなくとも科学的プロトコルに則ったデータ収集やデータ解析に参加するという、参加型アクション・リサーチが盛んになってきています。本プロジェクトでは、2023年度静岡大学公開講座「ゲノム解析の最前線へようこそ！」に参加した静岡県内の高校生10名が微生物からのDNA抽出実験や断片的なDNA配列データから全ゲノムDNA配列を再構築する解析を実施し（写真1）、その解析結果を大学の研究者らと一緒に論文化することができました。



写真1 公開講座の様子

## 【研究背景】

環境中には芳香族化合物と呼ばれる、主にベンゼン環を含む有機化合物が広範囲に存在しています。芳香族化合物は化学的・構造的に安定であるがゆえに、環境中に残存しやすいという特徴があり、特に毒性の高い物質が多い芳香族塩素化合物（例えば、人工的に作られたポリ塩化ビフェニル（PCB）など）による汚染は、世界的な環境問題になっています。3-クロロ安息香酸（3-CB）はPCBの中間代謝産物であり、シンプルな構造やそれ自体に毒性がないことから、芳香族塩素化合物のモデル化合物として研究に広く利用されています。これまでに、数多くの芳香族塩素化合物分解細菌が単離されてきました。また近年では、次世代シーケンサーを使用して全ゲノム情報を取得することが容易になってきたため、芳香族塩素化合物（特にクロロ安息香酸）分解細菌についても、次々と全ゲノム情報が明らかになってきています。

静岡大学ではこれまでも高校生にDNA抽出実験を体験できる公開講座をおこなっていましたが、アンケートの結果や近年の高校教科書の改訂内容等を反映し、一昨年度より公開講座の内容をさらに高度化し、高校生参加型の市民科学プログラムとして新たな形式の公開講座を企画いたしました。高精度なゲノム配列や新規の知見を得ることができれば、データの論文化も可能な内容を盛り込んだ、挑戦的な公開講座という位置付けです。

## 【研究の成果】

本研究では、静岡県静岡市内の土壌から集積培養法（写真2）により新規単離した土壌細菌 *Paraburkholderia* sp. strain 22B1P 株の全ゲノム情報を解読しました。この細菌は3-CBを単一炭素源として利用することが可能な細菌で、3-CB及びその中間代謝産物である3-クロロカテコールの分解に必要な遺伝子クラスターを染色体DNA上に保持していました。特に3-クロロカテコールの分解遺伝子群（*tfd* 遺伝子群）は、可動性遺伝因子ICE（Integrative and Conjugative Element）である可能性が高い領域内に位置していることを見出しました（図1）。



写真2 土壌細菌の集積培養

2023年度の静岡大学公開講座「ゲノム解析の最前線へようこそ！」には、静岡県内の6つの高校

から 10 名の高校生が参加しました。この 10 名が土壌細菌の全ゲノム配列の 1 次構築 (短い DNA 配列データを繋ぎ合わせて長い DNA 配列を作っていく *de novo assembly* と呼ばれる解析、プログラムを活用した遺伝子機能情報の注釈付け、及び出来上がったゲノム配列が環状化しているかどうかのチェック) を担当しました。その結果は非常に良好でしたので、研究者が校正を施した後、完成したゲノム配列を高校生たちとの共同研究成果として国際的なデータベースに登録し、論文文化しました。

### 【今後の展望と波及効果】

本研究で得られた研究成果は特に、芳香族塩素化合物 3-CB 分解細菌の発見とゲノム情報の整備という意味で価値があり、将来的には微生物を用いて土壌汚染物質の除去をおこなうバイオレメディエーションの効率を高める技術に貢献することが期待できます。

本研究は 2023 年度静岡大学公開講座 ( <https://www.lc.shizuoka.ac.jp/event003762.html> ) で得られた成果を基にしています。高校生参加型の市民科学は若者を効果的に自然科学とつながらせ、多くの人々を大学における研究活動に引き入れることができる魅力的なプログラムとして今後も発展する可能性を秘めています。高校・大学の生物学の教科書に出てくる知識や最新の実験技法を実際に体験でき、様々な実験機器にも触れることができる点でも高い教育効果があると思われます。静岡大学が提供する教育プログラムの一環としての公開講座が今後さらに認知されることを期待しています。

### 【論文情報】

掲載誌名: Microbiology Resource Announcements

論文タイトル: Complete genome sequence of *Paraburkholderia* sp. strain 22B1P capable of utilizing 3-chlorobenzoate as a carbon source.

著者: Ryota Moriuchi, Rion Sano, Shuma Fujii, Yuito Suzuki, Miyune Makita, Yo Kawashima, Takumi Shirakawa, Renki Shindo, Tatsumi Shinkai, Kaede Miura, Moka Hirose, Momiji Nakajima, Asahi Kurokawa, Rituparna Chetia, Chiharu Hirokawa, Tomoko Suzuki, Yukiko Ito, Hiroki Murano, Hideo Dohra, Naoto Ogawa, and Yu Kanesaki

DOI: <https://doi.org/10.1128/mra.01235-23>

論文 URL : <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mra.01235-23>

### 【研究助成】

静岡大学公開講座  
日本土壌微生物学会

### 【用語説明】

#### PCB

ポリ塩化ビフェニル (PolyChlorinated Biphenyl) という化合物の略称。電気絶縁性が高く、また熱に対して安定かつ、耐薬品性に優れていることから、変圧器やコンデンサ、冷却用熱媒体、塗料、溶剤など幅広い分野に用いられてきた。その一方で、生物に対する毒性が高く、発がん性があるこ

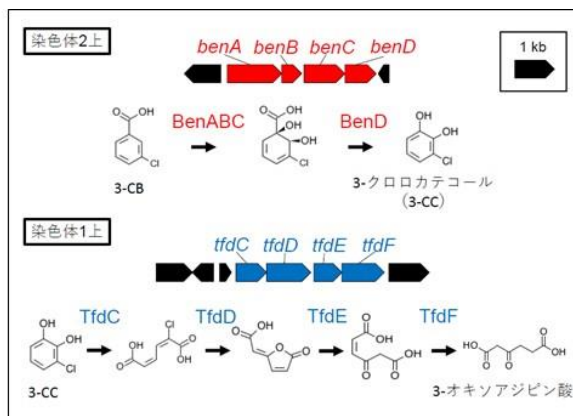


図 1 3-CB分解遺伝子クラスター (*benABCD*) と 3-クロロカテコール分解遺伝子クラスター (*tfdCDEF*)、及びそれらにコードされた酵素が触媒する化学反応

とやホルモン異常などを引き起こすことが報告され、使用が禁止になっている。保管 PCB の漏出等による環境汚染が懸念されている。

### 3-クロロ安息香酸

環境汚染物質として知られる PCB が生物分解される際の間接代謝産物の 1 つ。芳香族塩素化合物の分解細菌を新規探索する際のモデル化合物としてよく用いられる。

### バイオレメディエーション

微生物や植物が持つ、化学物質の分解能力や蓄積能力などを利用して土壌や地下水などに含まれる汚染物質を浄化あるいは排除することを目的とする技術のこと。自然界には難分解性の人工化学物質をも分解できる微生物が存在するので、それらを新規に発見してその代謝系を活性化することで浄化を促進するなどの手法がある。

### 【問い合わせ先】

(研究に関すること)

静岡大学 静岡共同利用機器センター

特任助教・兼崎 友 (かねさき ゆう)

TEL : 054-238-4385 E-mail : kanesaki.yuh@shizuoka.ac.jp

静岡大学 農学部

教授・小川 直人 (おがわ なおと)

TEL : 054-238-4875 E-mail : ogawa.naoto@shizuoka.ac.jp

2024 年度静岡大学公開講座のご案内 ( <https://www.lc.shizuoka.ac.jp/event003922.html> )

(報道に関すること)

静岡大学 広報・基金課

TEL : 054-238-5179 E-mail : koho\_all@adb.shizuoka.ac.jp