

大阪大学Kanadevia SQUARE協働研究所の紹介

Kanadevia SQUARE協働研究所は、当社の基盤技術の高度化および将来技術の創出を目的として、大阪大学大学院工学研究科に設置された研究室である。大阪大学吹田キャンパス内のIOCプラザに拠点を構え、工学研究科を中心に、接合科学研究所、生物工学国際交流センターなど、学内の多様な研究機関との連携を通じて、先端的な研究開発を推進している。

キーワード

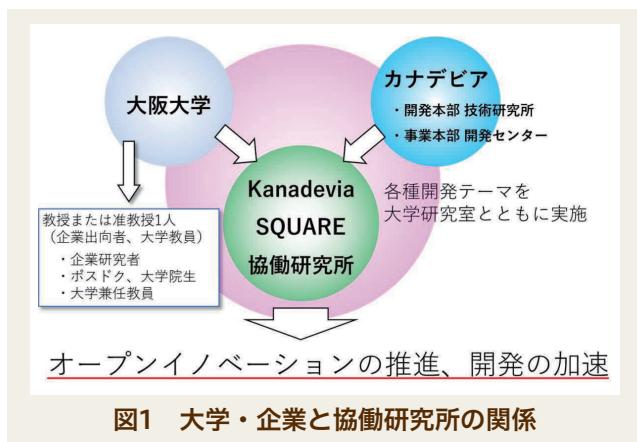
自動溶接、材料シミュレーション、疲労強度、細胞増殖因子

■ Kanadevia SQUARE協働研究所概要

大阪大学の「協働研究所／共同研究講座制度」は、大学と企業がそれぞれの技術・知見・人員を相互に提供し活用することで、研究開発の促進や新規技術開発を行う制度である（図1）。Kanadevia SQUARE協働研究所は上記制度に基づいて設置され、当社の基盤技術の高度化および将来技術の創出に取り組んでいる。

当社と大阪大学との協働の歴史は2010年に始まり、工学研究科にHitZバイオマス開発共同研究講座（後にHitZ協働研究所へ改編）を、また2011年には、附置研究所である接合科学研究所に日立造船先進溶接技術共同研究部門を設けたのが始まりである。これらの研究組織は、2022年に統合し、更に2024年の社名変更に伴って「Kanadevia SQUARE協働研究所」として再編し、運用を続けている。

現在、本研究所は当社からの常勤・非常勤職員14名（うち1名は大阪大学への出向者）および、大阪大学の教員10名（生物工学、溶接・接合工学、機械工学などの専門家）により構成され、総勢24名の体制で研究活動を展開している。



■ 協働研究所の特徴

協働研究所の特徴は、当社の研究開発に対して大学教員からの密接な指導が得られるほか、大学の高度な研究設備・環境を活用できることである。また、大学構内に設置されているため、学内研究者との日常的な交流が可能である。

現在は工学研究科を中心に、接合科学研究所や生物工学国際交流センターとの連携のもと、研究開発を進めているが、過去には薬学部や歯学部、サイバーメディアセンター、微生物病研究所などとも連携し開発を行った実績がある。

また、大阪大学には現在、協働研究所だけでも20を超える組織が存在し、共同研究講座を含めると100以上の研究講座が設置されている（図2）。これらの中の主要な協働研究所とは定期的に交流を続けており、企業間連携にもつながればと期待している。



図2 Kanadevia SQUARE協働研究所の入居施設には他にも多様な企業の協働研究所が入居している

■ 協働研究所の取り組み

Kanadevia SQUARE協働研究所では、現在、材料科学、構造強度、溶接・接合工学、生物工学の分野において研究開発を進めている。これらの活動は、技術革新の加速や技術交流に加え、当社研究員の博士号取得支援といった人材育成にも寄与している。

材料科学、構造強度の分野では、金属組織変化を対象とした材料シミュレーションや溶接構造物の疲労強度向上技術に関する研究に取り組んでいる。また、溶接・接合工学の分野では、裏波溶接などの難易度の高い溶接を自動化するため、溶接現象の可視化や条件制御技術の開発を進めている。さらに生物工学の分野では、近年注目を集める「培養肉」の製造に関わる細胞増殖因子の製造技術開発を実施している。

これらの研究開発の詳細について、次項に紹介する。

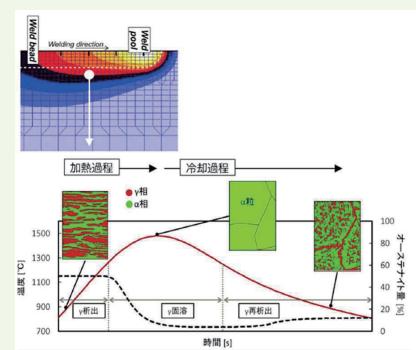
材料シミュレーション技術の開発

当社製品には、社会インフラ・防災設備やプラント機器などの溶接構造物が多い。溶接部の信頼性向上を目的として、マテリアル生産科学専攻 生産科学コース プロセスマタラジー領域の平田弘征教授、山下正太郎准教授と共同研究を行っている。

本稿では、複雑な金属組織変化が生じる二相ステンレス鋼溶接熱影響部を対象とした材料シミュレーションへの取組みを紹介する。

キーワード

材料シミュレーション、二相ステンレス鋼、溶接熱影響部



■ 緒言

当社製品には、社会インフラ・防災設備やプラント機器などの溶接構造物が多い。溶接部は急熱・急冷の熱サイクルを受けることで金属組織が変化し、溶接部の機械的性質や耐食性などの材料特性が低下する懸念がある。そこで、溶接部の信頼性を向上させるため、マテリアル生産科学専攻の平田弘征教授、山下正太郎准教授と共同研究を行っている。

溶接部で懸念される材料特性低下として、二相ステンレス鋼の事例がある。二相ステンレス鋼は社会インフラ設備などへの適用が拡大している鋼種であり、Fe、Cr、NiやMoなどを主元素とし、フェライト相(α相)とオーステナイト相(γ相)の二相組織からなり、その相比はおよそ1:1である。しかしながら、二相ステンレス鋼は、溶接熱サイクルを受けることで相比などが変化すると、材料特性が低下する恐れがあり、溶接推奨事項などがある。二相ステンレス鋼溶接部における溶接熱影響部の金属組織変化を模式的に示したものを図3に示す¹⁾。溶融境界近傍では、溶接熱影響により一旦融点付近のフェライト単相域まで加熱され、冷却過程でオーステナイトが析出する。低入熱による溶接では冷却速度が速く、オーステナイトが十分に析出しないため、フェライト過多となる傾向があり、この支配因子に加えて、フェライト相中のクロム窒化物の析出が助長因子となり耐食性が低下する場合がある。

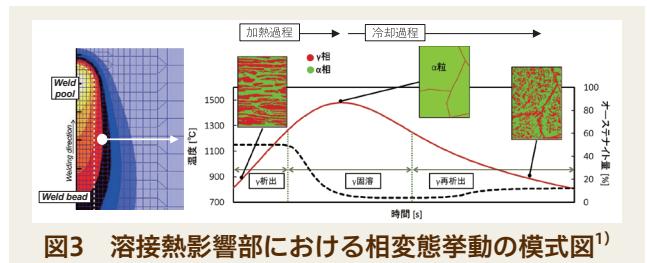


図3 溶接熱影響部における相変態挙動の模式図¹⁾

■ 当社技術の特徴

二相ステンレス鋼溶接熱影響部のクロム窒化物析出挙動および相変態との関連性を検討した結果を図4に示す²⁾。この図は、クロム窒化物(Cr₂N)とオーステ

ナイト相(γ相)の析出に対する温度-時間線図(Time-Temperature-Precipitation curve、以下 TTP 線図)をシミュレーションにより作成したものである。析出ノーズはCr₂Nに比べてγ相が速く、高温側に位置していることがわかる。

溶接条件から溶接部の温度履歴を把握し、温度履歴と図4のようなシミュレーションなどに基づいて金属組織変化を予測し、組織状態と材料特性との関係を明確化できれば、溶接をシミュレーションし材料特性を予測することが可能となる。このような材料シミュレーションを活用することにより、溶接の適正条件を選定するとともに、溶接部の信頼性を向上させることを目指している。

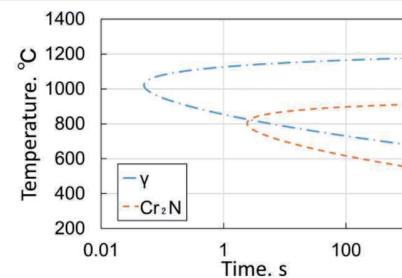


図4 Cr₂Nとγ相のTTP線図²⁾

参考文献

- 1) DC Kim, T Ogura, S Yamashita, Y Oikawa, K Saida, Computer prediction of a/g phase fraction in multi-pass weld of duplex stainless steel and microstructural improvement welding process, Materials and Design 196 (2020)
- 2) 向井陽洋, 山下正太郎, 才田一幸, 田中智大, 大谷俊昭, 二相ステンレス鋼溶接熱影響部のクロム窒化物析出挙動および相変態との関連性の解明, 溶接学会全国大会講演概要, 第111集 (2022-9)

文責者

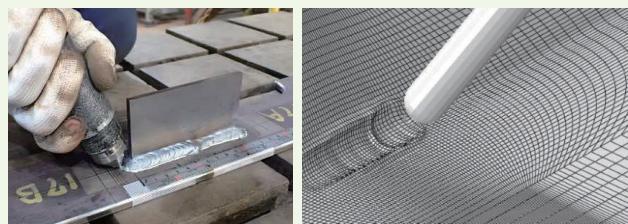
カナデビア株式会社 開発本部 技術研究所
基盤技術研究センター 材料グループ (研究時)
田中智大
E-mail: t_tanaka@kanadevia.com

疲労強度向上技術

溶接構造物の疲労強度向上技術であるニードルピーニングを当社の多様な製品に幅広く適用することで、疲労損傷の懸念がない安全・安心な社会インフラ設備の実現を目指している。本稿では、大阪大学との共同研究を通じて、板厚や継手形式に依存せず、ニードルピーニングの疲労強度向上効果を定量的に評価可能な高精度シミュレーション技術の構築に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード

疲労試験、シミュレーション、疲労強度向上技術、ニードルピーニング



■ 背景・技術の特徴

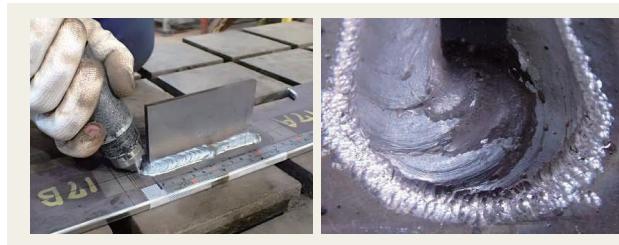
一般に、溶接構造物は、溶接部近傍に発生する引張残留応力および止端部の形状に起因する応力集中などの影響により、疲労強度上の弱点部を有している。溶接部の疲労強度向上を目的として、様々な技術が開発されているが、その一つとしてニードルピーニングが挙げられる。ニードルピーニングは、溶接止端部にニードルによる打撃を与えることで、止端部の応力集中率を低減するとともに、表面の残留応力を引張から圧縮に変換する技術である。疲労試験などの実験的な検討により、特定の溶接継手形式や板厚の条件において、十分な効果を発揮することが確認されている。

疲労検討が必要となる当社の溶接構造物として、洋上風力発電の浮体構造物や橋梁などの社会インフラ設備が挙げられる。これらの製品は、薄板から厚板までの様々な鋼板を溶接して製作されており、多様な溶接継手形式が用いられている。これらの溶接部にニードルピーニングを適用するにあたり、板厚および溶接継手形式に関わらず、その疲労強度向上効果を定量的に評価できるシミュレーション技術の構築が必要な状況にある。

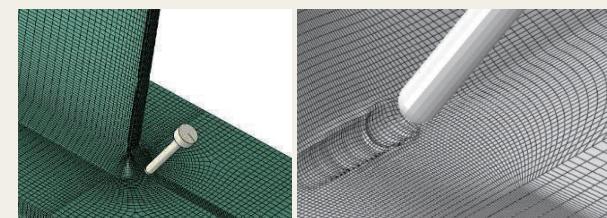
そこで、地球総合工学専攻の大沢直樹教授との共同研究により、様々な溶接継手形式および板厚に適用可能で、かつ、高精度なシミュレーション技術の確立を目指して検討を重ね、その成果の一部は論文としてまとめている^{3), 4)}。検討事例として、図5にニードルピーニングの検証のための疲労試験体の製作状況を、図6にシミュレーション結果の一例を、それぞれ示す。

■ 今後の展望

今後、共同研究で確立したシミュレーション技術をもとに、当社で製作した多様な継手形式および板厚をもつ溶接構造物に対してニードルピーニングの適用範囲を拡大し、疲労に対する品質向上を図ることで、疲労損傷の懸念のない安全・安心な社会インフラ設備を構築することを目指している。



(a)ニードルピーニング処理 (b)圧痕溝
図5 検証のための疲労試験体の製作状況



(a)モデル図 (b)ニードルによる打撃状況
図6 シミュレーション結果の一例

参考文献

- 3) P Dai, PM Kyaw, N Osawa, S Rashed, D Ma, J Okada, M Honnami, Numerical study on local residual stresses induced by high frequency mechanical impact post-weld treatment using the optimized displacement-controlled simulation method, Journal of Manufacturing Processes, 92, 262-271 (2023)
- 4) P Dai, N Osawa, S Rashed, D Ma, J Okada, M Honnami, Local MIL-HDBK-5D equivalent stress based fatigue assessment of the gusset welded joint improved by Portable Pneumatic Needle-Peening treatment, International Journal of Fatigue, 177 (2023)

文責者

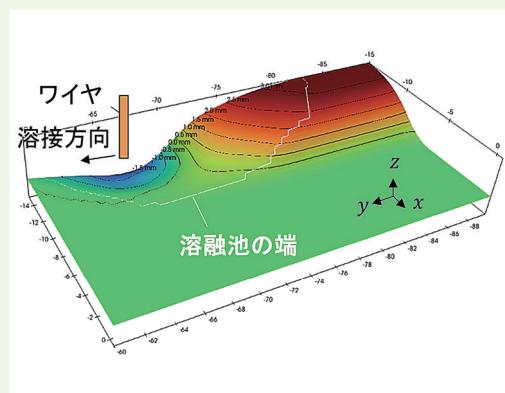
カナデビア株式会社 開発本部 技術研究所
基盤技術研究センター 構造グループ
岡田 潤
E-mail : okada_j@kanadevia.com

自動裏波溶接技術の開発

裏波溶接は鋼構造物を効率的に製作する手法の一つである。しかしながら、溶接欠陥を防止するには、通常の溶接よりも精密な条件制御が必要となり、自動化の難易度は高い。当社では欠陥のひとつである溶落ちを防止するため、原因となる溶接中のアーク力を接合科学研究所の田中学教授と共同で推定した。2台の高速度カメラを用いて、溶接中の溶融池近傍をステレオ撮影し、溶融池の3D形状を取得した。得られた3D形状から溶融池の凹み量を計測することでアーク力を推定した。

キーワード

裏波溶接、自動溶接、溶接現象観察



緒言

裏波溶接は突合せ継手に対し、裏当て材を用いずに裏面側に美しいビードを形成する溶接法であり、鋼構造物を効率的に製作する手法の一つである。裏波溶接は、施工条件が適正であれば図7(a)のように安定した裏波ビードを得ることができる。しかし、溶接中の入熱や溶融した金属(溶融池)の量が過剰になると、溶融池が裏面側に垂れる「溶落ち欠陥」(図7(b))が生じやすい。逆に、溶融金属量が少ないと継手がつながらない「ブリッジ不良欠陥」(図7(c))になる。また、溶接入熱が小さいと溶接部の裏面側まで十分に溶融しない「溶込み不良欠陥」(図7(d))が生じ、これらの欠陥が生じたら補修が必要となる。欠陥を防止するには、入熱と溶接材料の供給量を適正に制御しながら溶接を行う必要があり、高い技能が要求されるため、施工できる溶接士は限られている。

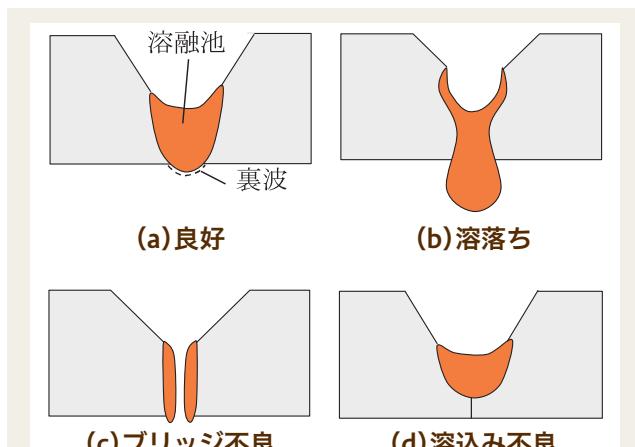


図7 良好的な裏波溶接と欠陥の種類

上記の欠陥の中でも、特に課題となるのは溶落ちである。裏波溶接では、溶融池は重力とプラズマ気流をはじめとしたアークによる力(アーク力)によって押し下げられる(図8)。また一方で、溶融池表面にかかる表面張力と、バックシールド等でかかる圧力により押し上げられ力がバランスし溶融池が保持されると

考えられている(図8)。この力のバランスをモデル化することで、溶融池が保持される溶接条件を選定し、溶落ちの生じない裏波溶接を実現する。この場合、重力、表面張力、裏側からの圧力は比較的容易に求められるが、アーク力は計測手法が限られているため、一般に求めることが困難である。

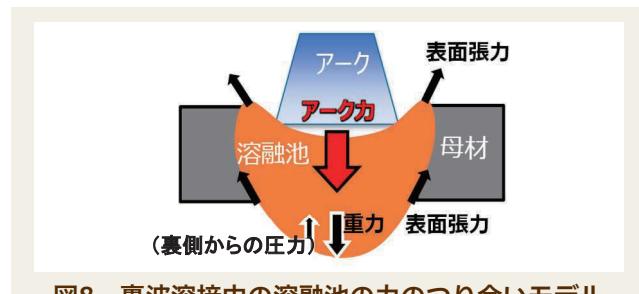


図8 裏波溶接中の溶融池の力のつり合いモデル

当社技術の特徴

当社では、接合科学研究所の田中学教授と共同でアーク力の推定を行った。2台の高速度カメラを用いて、異なる方向から溶接中の溶融池近傍をステレオ撮影する。溶接中のフラックスは溶融池表面にスラグを形成し、これをトレーサとして溶融池表面の形状を取得した(図9)。取得した溶融池の3D形状からアークが発生した箇所で溶融池がアーク力により凹んでいることがわかり(図10)、この凹み量を計測することで、アーク力を推定した。今後、得られた結果を活用し裏波溶接の自動化を進め、より高効率かつ高品質な溶接を目指す。

今後の展望

裏波溶接技術は鋼構造物の製造高効率化に有効なプロセスの一つである。今後は社内の様々な製品へ本技術の適用を進め、当社製品の高効率化、高品質化に貢献する。

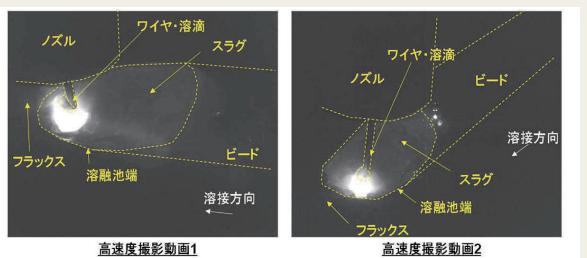
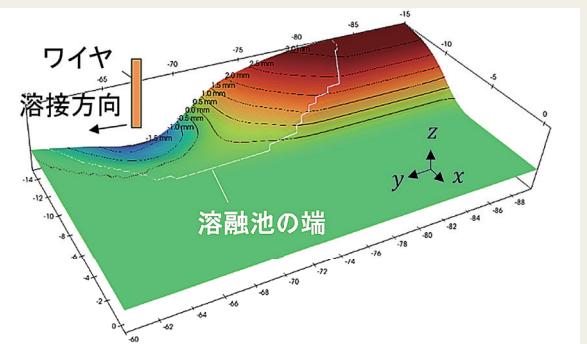
図9 溶融池のステレオ撮影画像⁵⁾

図10 取得した溶融池の3D形状

参考文献

- 5) 藤本貴大, 阿部洋平, 山崎洋輔, 田中学, GMAW のアーク力推定手法およびバックングレス裏波溶接への適用に関する基礎的検討, 溶接学会溶接法研究委員会第263回溶接法資料 (2023-10)

文責者

カナデビア株式会社 開発本部 技術研究所
基盤技術研究センター 溶接グループ
阿部洋平
E-mail : y_abe@kanadevia.com

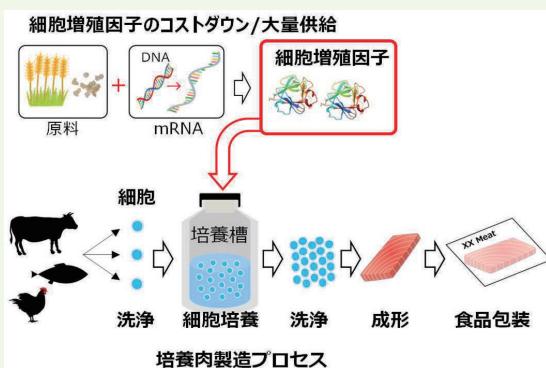
細胞増殖因子の製造技術開発

細胞増殖因子は、細胞の分裂や増殖に機能するタンパク質であり、近年注目される培養肉の製造に必要な材料である。これらの因子は本来、動物体内に極微量しか存在せず、現在はウシ胎児から抽出した血清や、遺伝子組換えバクテリアを用いた方法により供給されている。

当社およびカナデビアバイオ株式会社では、遺伝子組換え技術を用い、食品由来原料を用いた安全かつ低コストな細胞増殖因子の製造技術を開発し、細胞増殖因子の製造・販売事業を開始した。さらに、大阪大学生物工学国際交流センターとの共同研究を通じ、技術の高度化と製品化の加速に取り組んでいる。

キーワード

培養肉、細胞増殖因子、細胞培養



緒言

世界的な人口増加と食生活の変化に伴い、食肉需要は今後も増加すると予測されている。一方、従来の畜産業は環境負荷、資源の多用、動物倫理など多くの課題を抱えている。

これに対し、近年「細胞農業」と呼ばれる新たな食肉生産技術が注目されるようになった。これは動物由来の細胞を体外で培養し、食肉として利用可能な組織を製造する技術である。こうして製造された製品は「培養肉」として知られている。

培養肉の製造には、細胞増殖因子の供給が必要となる。細胞増殖因子としては、ウシ胎児血清 (FBS) が

広く用いられている、しかしFBSは牛肉産業・酪農の副産物であり、価格高騰や品質のばらつきに加え、狂牛病関連タンパク質やウイルスの混入リスクなど、生物学的安全性に関する懸念が伴う。このことから、近年では遺伝子組換え技術を用いた細胞増殖因子の製造も行われているが、食品用途に用いる場合、社会的な忌避感や安全性への懸念が根強く残る。

これらの懸念に対し当社およびカナデビアバイオ株式会社では、遺伝子組換えを用い、食品由来原料を基盤とした細胞増殖因子の製造技術を開発した⁶⁾。

■当社技術の特徴

本技術は、細胞内のタンパク質合成機構を試験管内で再現する無細胞タンパク質合成系に基づいている。化学合成したDNAからmRNAを作成し、独自に調整した反応液中で反応させ目的タンパク質を合成するものである（図11）。

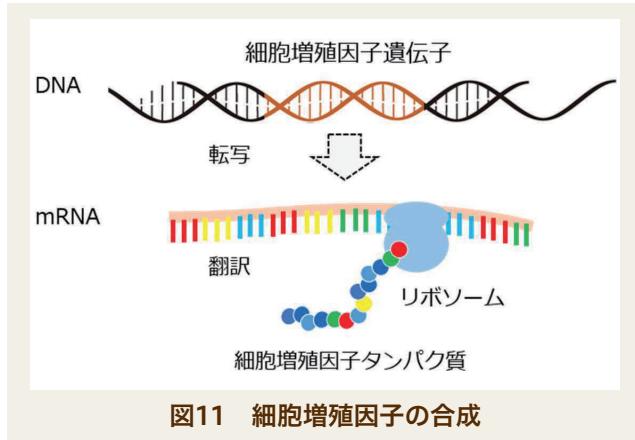


図11 細胞増殖因子の合成

通常、細胞増殖因子は、細胞内で長鎖の高分子として合成され、分子鎖の折り畳みによって複雑な立体構造を形成する⁷⁾。この構造を細胞表面の受容体が認識することで、細胞増殖が誘導される。構造の安定性は周囲の水分子との配位によって保たれるが、分子構造のゆらぎにより時間とともに変性が進行する。従って、本技術により合成された細胞増殖因子が、細胞内で合成されたものと同等の機能を有するかを評価する必要があり、また、分子構造の揺らぎによる変性を抑制する技術的工夫も求められる。

そこで、生物工学国際交流センターの藤山和仁教授、梶浦裕之助教と細胞増殖因子の機能評価および安定性向上に関する研究を進めている。ヒトおよびマウス細胞の培養系を構築し、当該細胞を用いた細胞増殖因子の活性評価系を確立した。これにより、当社製造の細胞増殖因子が、遺伝子組換え技術により製造された市販品と同等の細胞増殖能を有することを実証した⁸⁾（図12）。

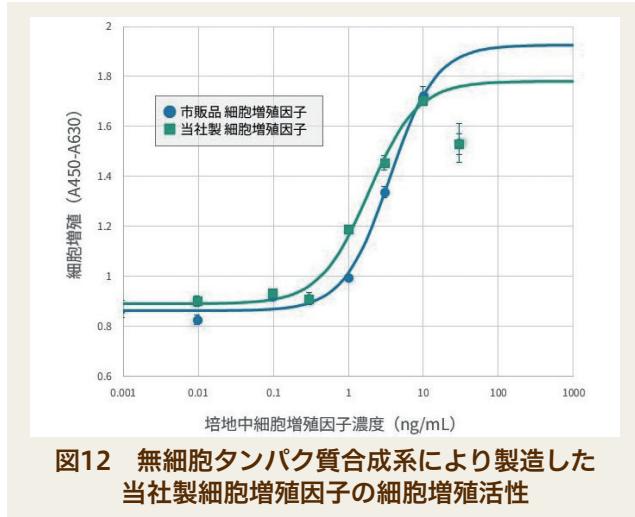


図12 無細胞タンパク質合成系により製造した当社製細胞増殖因子の細胞増殖活性

■今後の展望

今後は、カナデビアバイオ株式会社との連携を強化しつつ、製品化の加速と技術の高度化を通じて、持続可能な食料供給の実現に貢献することを目指している。

参考文献

- 6) 培養肉コスト9割減、日立造船、材料たんぱく質販売へ、日本経済新聞（2023-9-30）
- 7) JS Kastrup, ES Eriksson, H Dalbøge, H Flodgaard, X-ray Structure of the 154-Amino-Acid Form of Recombinant Human Basic Fibroblast Growth Factor. Comparison with the Truncated 146-Amino-Acid Form, Acta Crystallographica Section D, 53, 160-168 (1997)
- 8) https://kv-bio.kanadevia.com/kv-bio_technology.html?_gl=1*1hcvd35*_gcl_au*MTgwNzg1ODAzOC4xNzYxMjA3OTQ0
(確認日：2025.11.11)

文責者

カナデビア株式会社 開発本部 技術研究所
地球環境・エネルギー研究センター 生物グループ
鈴木伸昭
E-mail: suzuki_n@kanadevia.com