FUJIFILM
Value from Innovation

ISSN 1347-4804

和光純薬時報

April 2025
Vol.93 No.2

ClearSeeAlphaで透明化したミニトマト

〔総　説〕

「新しい抗体希釈・反応用溶液AbSca/e-Gを用いた3次元免疫染色」　濱　裕、宮脇　敦史…… 2
「第39回Wakoワークショップ見聞録　神経変性疾患の謎を解き明かす」　上野　真一、服部　信孝…… 18

〈テクニカルレポート〉

「植物透明化試薬ClearSeeの実践と改良」　栗原　大輔…… 6
「ライフサイエンス研究の進展にもたらすハイスループットな高画質イメージングの重要性」
遠藤　利朗、居原田　真史、太田　亜紀…… 8

〔化学大家〕

「ヘルマン・コルベ」　根矢　三郎…… 21

〔製品紹介〕

医薬品製造・品質管理
CertiProシリーズ…… 12
環境・分析
元素標準液…… 11
残留農薬試験用標準物質…… 11
陰イオン界面活性剤混合標準液 …… 12
PFAS試験用試薬 …… 13
細胞生物
ラボアッセイ™ ALT（GPT） …… 15
ラボアッセイ™ AST（GOT） …… 15
培　養
F-hiSIEC培養培地AL …… 16
3D-RPTEC® 6 well-Multi …… 17
遺伝子
PAタグ…… 24
病理・イメージング
SCALEVIEW シリーズ …… 5
ClearSee™ …… 7
機　器
横河電機㈱　ハイコンテントアナリシス …… 10

〔お知らせ〕

Find-outのご案内 …… 14
Wako Newsletterのご案内 …… 14

Wako

Research

新しい抗体希釈・反応用溶液AbScaⅠe-Gを用いた3次元免疫染色

国立研究開発法人理化学研究所・脳神経科学研究センター・細胞機能探索技術研究チーム　濱　裕、宮脇　敦史

この度、筆者らは3次元免疫染色技術であるAbScaⅠe法（Hama *et al.*, 2015）における抗体希釈・染色用溶液の改良を行い、新たにAbScaⅠe-G液を開発した。これにより抗体の固定組織内部への浸透性を向上させることが可能になった。

本稿ではその特徴を概説し、蛍光ラベルされた抗体を用いた免疫染色（以下、単に免疫染色と表現する）の例を紹介する。

多くの生体組織は自然な状態では色がついていない。免疫染色は、組織内の特定の生体分子や細胞種の空間分布を知るための強力な手段である。これまで、免疫染色の多くは薄い組織切片を用いて行われ、2次元の画像として描出されてきた。2次元という限られた情報から想像力を膨らませ、組織構造や生体分子の配置について3次元画像を構成することで理解する努力を払ってきた。

こうした免疫染色をリアルな3次元に拡張することで、血管の網目構造や、その裏側に隠れた構造物を、多角的に捉えることができると考えられる。

AbScaⅠe法による3次元免疫染色技術は、数mmの厚さのマウス大脳スライスなど、厚みがある組織標本に蛍光標識抗体を浸透させ、さらにScaⅠe法により透明化して、共焦点レーザー顕微鏡などを使って蛍光シグナルを3次元的に再構成する方法である。光軸方向に沿って、数ミクロン厚の2次元画像情報をおよそ数百～数千枚分積み上げることに相当する。

染色の際に問題になるのが、抗体の標本内部への浸透である。そのパフォーマンスは抗体ごとにかなり異なる。AbScaⅠe-G液は、そうした抗体ごとの浸透性の違いをできるだけ抑え、固定組織内部に抗体を均質に浸透させるための成分を組み合わせた水溶液である。以下にAbScaⅠe-G液による3次元染色例を挙げる。

AbScaⅠe-G液を用いたアダルトマウス（C57BL6/J）由来大脳スライス皮質部の3次元免疫染色（二重染色）の正立型共焦点レーザー顕微鏡による観察例を図1に示す。免疫染色は、いずれも、蛍光標識1次抗体を用いる直接法を採用した。まず、ミクログリアマーカーの抗Iba 1抗体（RF 635標識ウサギポリクローナル抗体、富士フイルム和光純薬 013-26471）（図中、緑）は、スライスの断面画像（図1の左右の抗Iba 1抗体染色画像）からわかるように、約2.5 mmの厚みに関わらず、標本内部への浸透性が良好であることが解る。アストロサイトマーカーの抗GFAP抗体（Cy 3標識）（図中、赤）についても、同様の均一染色が確認されている。抗GFAP抗体（Cy 3標識）については、初期型の抗体希釈·染色用溶液（AbScaⅠe-O）を用いた実験を併せて行ってみたが、スライス断端での抗体の濃縮（スタック）が顕著で組織内部の染色性が不均一であると結論された。

図2に、脳スライス（厚さ1～2 mm）を用いた場合の標準的な染色手順を示す。Step 1.からStep 6.までは、固定された組織構造を柔らかくほぐす過程である。蛍光標識抗体が組織内部に侵入する隙間を作るための前処理である。

本染色法は大脳半球などを対象にすることが可能である。しかしながら、実際には、ⅰ）基本的に観察に多くの時間あるいは特別な顕微鏡が必要であること、ⅱ）観察で得られるデータ量の大きさから解析に多大な時間と労力を要すると予想されること（例えばマウス脳全体の観察を行った場合、観察の仕方によって異なるが、一種類の抗体染色についても、データ量は数十～百GBを下らない）などの問題に直面することが想定される。さらに、またⅲ）脳スライスを対象にする電気整理実験で、実験後の免疫染色で構造を確認するような場合を考慮し、より現実的な労力で3次元画像を得ることが可能な厚み1～2 mm程度のスライスを対象にしたいと考えている。

図3はSaito *et al.*（2014）によって開発されたアルツハイマー病モデルマウスの系統の一つである$App^{NL\text{-}F/NL\text{-}F}$

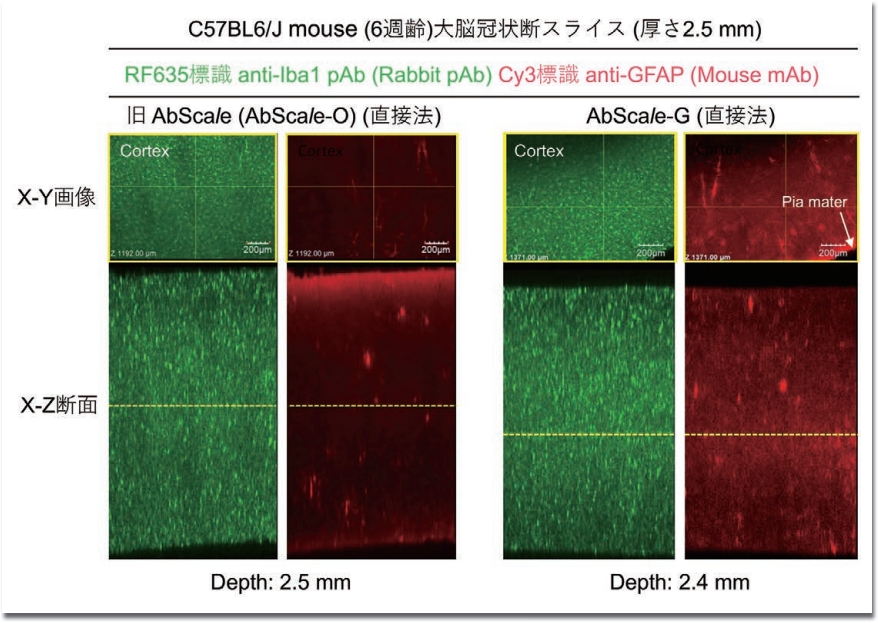


図1.　脳スライス免疫染色における旧AbScaⅠe（AbScaⅠe-O）solutionとAbScaⅠe-G solutionとの比較

マウス（20か月齢）個体から調製した大脳スライス（厚さ2 mm）をAbSca*l*e-G液（間接法）を用いて観察した例である。正立型共焦点レーザー顕微鏡で得られた画像データからVolocity（Parkin Elmer）というsoftwareで3次元再構成を行なった大脳皮質―海馬領域の間接法による二重染色画像を示した。抗Amyloid-β抗体（図中、緑）と抗リン酸化MARCKS（PKC基質タンパク）抗体（図中、赤）のシグナルが描出されている。詳細は割愛するが、特に大脳皮質に多量のamyloid plaqueの存在が認められ、一部にphosphorylated MARCKSシグナルの共局在を立体的に確認することができる。このように、数mmのスライスの3次元免疫染色からでもかなり大ボリュームの組織情報を得ることができる。

また、より簡便な3次元免疫染色として図4に$App^{NL\text{-}F/NL\text{-}F}$マウス（87週齢）由来大脳凍結切片（厚さ60 μm）の皮質部血管周囲のamyloid plaqueについて染色（間接法による三重染色）し、倒立型共焦点レーザー顕微鏡で観察を行った例（間接法）を示す。

アストロサイトのendfeetに発現するwater channel Aquaporin-4（図中、緑）で縁取られた脳微小血管が縁取られる様子、それに近接するペリサイト（CD 13）（図中、青）にamyloid plaque（図中、赤）が取り付いている

Step 1. PFA-fixed Brain Slice (1~2 mm thick)
Step 2. Rinse twice with PBS(-) (8 ml/tube) (in 13 ml tube)
Step 3. Incubate by SCALEVIEW-A2 (Wako, 8 ml/tube) with 6~24 hrs-shaking at 37 °C (in 13 ml tube)
Step 4. Incubate by Sca*l*eB4 (0) solution (8 M urea in water) (8 ml/tube) with 6~24 hrs-shaking at 37 °C (in 13 ml tube)
Step 5. Incubate by SCALEVIEW-A2 (Wako, 8 ml/tube) with 6~24 hrs-shaking at 37 °C (in 13 ml tube)
Step 6. DeSca*l*e by deSca*l*e Solution (Wako, 10 ml/tube) with 6~24 hrs-shaking at room temp. (in 13 ml tube)
Step 7. Dilute of Primary Antibodies (Abs) with AbSca*l*e-G Solution (Wako, 1.5 ml/tube) (in 2 ml microtube)
Step 8. Transfer slice to diluted Abs solution
Step 9. Stain with Abs with shaking for 24~72 hrs at 37 °C (1.5 ml/tube) (in 2 ml microtube)
Step 10. Rinse twice with Original AbSca*l*e (AbSca*l*e-O) solution＊ (10 ml/tube/rinse), 3~4 hrs/rinse at room temp. (in 13 ml tube)
Step 11. Clarify with SCALEVIEW-S4 (Wako, 10 ml/tube) 6~24 hrs-shaking at 37 °C (in 13 ml tube)
Step 12. Mount with agarose and immerse in SCALEVIEW-S4 (Wako)
Step 13. Observation by confocal laser-scanning microscope
＊ AbSca*l*e-O solution: 0.33 M urea/ 0.1% (w/v) Triton X-100/ PBS (–)
＊＊間接法の場合はPrimary Abに次いで、secondary Absを用いてStep 7–Step 10を行う。

図2. 厚さ1～2 mmの大脳スライスについてのAbSca*l*e-Gの標準プロトコール（直接法）

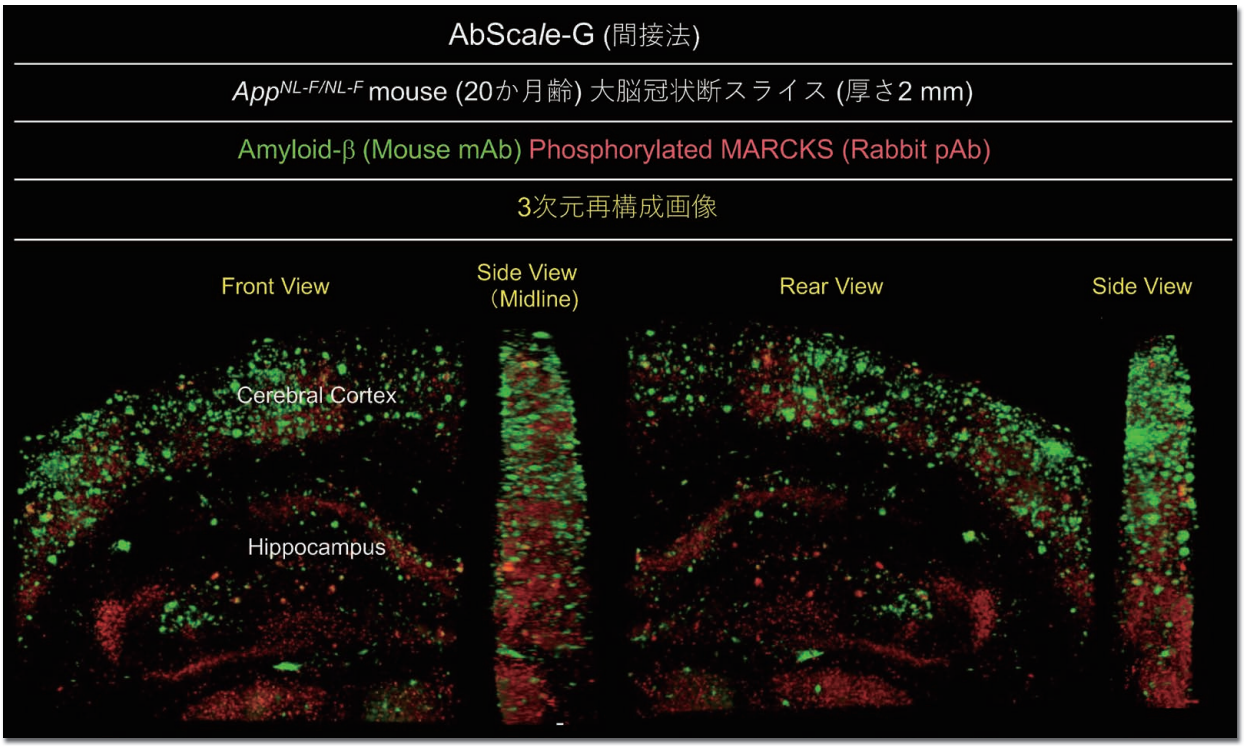


図3. アルツハイマー病モデルマウスにおける脳スライスのAbSca*l*e-G solutionを用いた免疫染色3次元画像（スライスを水平方向に回転させた）

様子が確認される。常用される切片の免疫染色では抗体の浸透が切片表面から十数μm程度にとどまる場合がほとんどであるが、ここでは3つの1次抗体および3つの2次抗体のすべてが組織内部に浸透し染色が実現されていることがわかる。こうした50～100μmの厚みの凍結切片の染色をわれわれはSemi-AbScaleと呼称している。

図5に脳組織についての標準的なSemi-AbScaleの手順を示した。この方法で染色を行った組織は広く使用されている倒立型共焦点レーザー顕微鏡で比較的手軽に観察することが可能である。

今回は脳組織についての使用例を示したが、他の臓器組織にも応用が可能である。特に心・腎などの比較的硬い組織のスライスの場合は前処理の過程にある図2 Step 3.～Step 5.のSCALEVIEW-A 2とScale B 4(0)による処理時間を2倍にするなど、前処理の時間については組織の性質に応じた条件調整を行うことで対応することが可能である。

近年様々な組織透明化法が報告されている（Gómez-Gaviro *et al*., 2020）。本法は基本的にScale法という組織透明化法にリンクした方法であるが、他の組織透明化法との組み合わせも十分可能であると考える。本法を使われた研究者の方々からそうした事例に関するフィードバックをいただけたら幸甚である。

〔参考文献〕

Gómez-Gaviro, MV. *et al*. : *iScience*, **23** (8), 101432 (2020).

Hama, H. *et al*. : *Nat. Neurosci*., **18** (10), 1518 (2015).

Saito, T. *et al*. : *Nat. Neurosci*., **17** (5), 661 (2014).

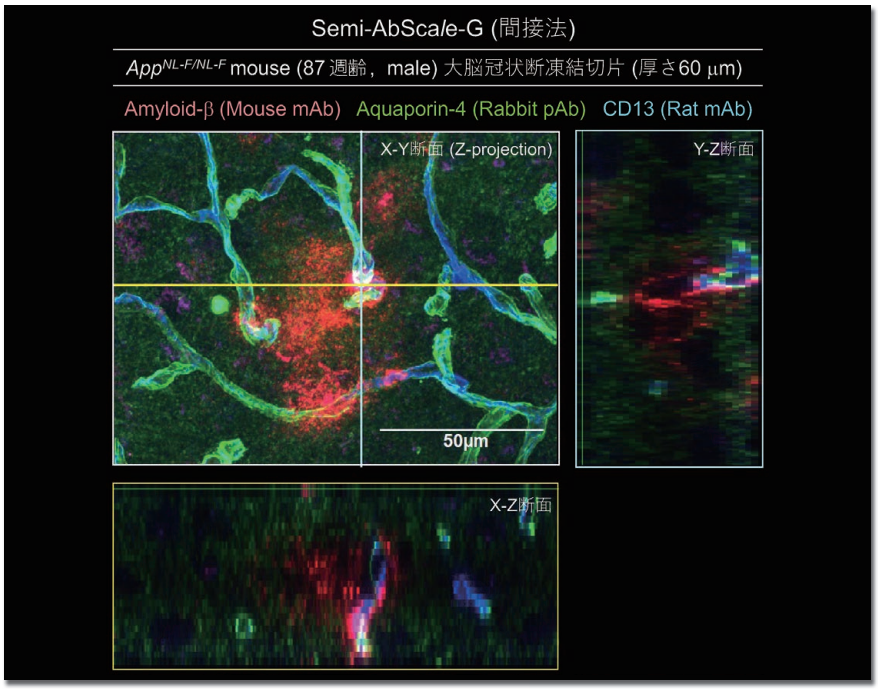


図 4. アルツハイマー病モデルマウス凍結切片の Semi-AbScale-G による染色画像

Step 1. Brain cryosection (50-100 μm thick)
Step 2. Rinse twice with PBS(-) (0.8 ml/well/rinse) (in 24-well plate)
Step 3. Incubate by SCALEVIEW-A2 (Wako, 0.8 ml/well) with 30 min-shaking at room temp. (denaturation)
Step 4. Rinse with PBS(-) (0.8 ml/well/rinse), three times
Step 5. DeScale by deScale Solution (Wako, 0.8 ml/well/rinse) with 60 min-shaking at room temp (renaturation)
Step 6. Incubate by AbScale-G Solution (Wako, 0.8 ml/well) with 15 min-shaking at room temp. (adaptation)
Step 7. Dilute Primary Antibodies (Abs) with AbScale-G Solution (Wako, 0.4 ml/well)
Step 8. Transfer cryosection to diluted Abs solution
Step 9. Stain with Abs with shaking for 3~6 hrs at room temp. or 2~4 hrs at 37 ºC (0.4 ml/well)
Step 10. Rinse three times with Original AbScale (AbScale-O) solution＊(0.8 ml/well/rinse), 5~10 min/rinse at room temp.
Step 11. Treat with 50% glycerol/PBS (–) (0.8 ml/well) by mild-shaking, for 15 min at room temp.
Step 12. Mount with 50% glycerol/PBS (–)
Step 13. Observation by confocal laser-scanning microscope
＊ AbScale-O solution: 0.33 M urea/ 0.1% (w/v) Triton X-100/ PBS(–)
＊＊間接法の場合はPrimary Abに次いで、secondary Absを用いてStep 7–Step 10を行う。

図 5. 厚さ 50 ～ 100 μm の凍結切片の Semi-AbScale-G の標準プロトコール（直接法による浮遊染色）

Scale法をベースにした組織透明化試薬

SCALEVIEW シリーズ

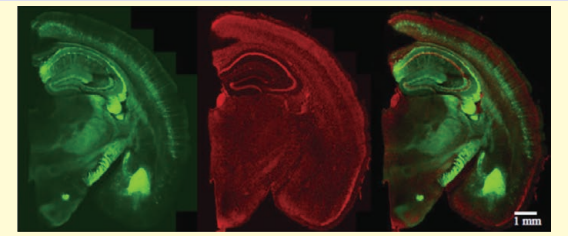
SCALEVIEWシリーズは、Scale法に使用する試薬です。Scale法では尿素と界面活性剤、ソルビトール（ScaleS法）もしくはグリセリン（ScaleA2法）を組み合わせた溶液を光散乱の抑制に使用することで、蛍光タンパク質を褪色させずに組織を透明化することが可能です。さらに、脱脂に必要な界面活性剤の含有量が少ないため、透明化後も超微細構造を良好に保持することが可能です。このように透明度と構造保持のバランスに優れたScale法は、初めて組織透明化にトライする方におすすめです。

SCALEVIEW シリーズの選択

アプリケーション		蛍光タンパク質	蛍光色素	標識抗体（免疫染色）	
手法		ScaleS	ChemScale	AbScale	AbScale-G
必要な試薬	SCALEVIEW-S Trial Kit	✓			
	SCALEVIEW-A2		✓	✓	✓
	SCALEVIEW-S0		✓	✓	✓
	SCALEVIEW-S4		✓	✓	✓
	descale solution	✓	✓	✓	✓
	AbScale-G Solution Kit				✓
所要日数		約 1 日	約 4-7 日	約 4-7 日	約 4-7 日
備考			・蛍光タンパク質との共染色も可能	・蛍光タンパク質との共染色も可能	・蛍光タンパク質との共染色も可能 ・AbScale では浸透が困難な抗体や蛍光色素（Cy3 など）でも適用可能

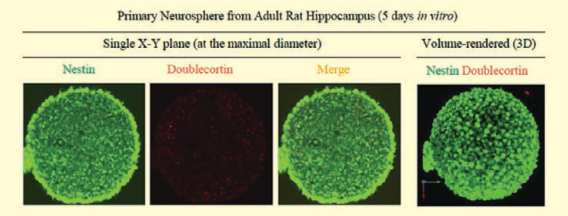
アプリケーションデータ

YFP-H 系統マウス脳半球切片の Propidium iodide（PI）染色と透明化（ChemScale）



動物種：マウス（*Thy*1-YFP-H line，42W，♂）
組織：脳（冠状面切片，2 mm 厚）
顕微鏡：共焦点レーザー走査型顕微鏡（エビデント，FV3000，倒立型）
対物レンズ：UPLSAPO10x2（NA 0.40）
レーザー：488 nm（YFP）/561 nm（PI）

ラット海馬の神経幹細胞由来ニューロスフェアの免疫染色と透明化（AbScale）



サンプル：アダルトラット海馬の神経幹細胞由来ニューロスフェア
顕微鏡：共焦点レーザー走査型顕微鏡（エビデント，FV1000）
対物レンズ：UMPLFLN10XW（NA 0.30）

コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格（円）
299-79901	SCALEVIEW-S Trial Kit Ref	組織透明化用	1キット	56,100
193-18455	SCALEVIEW-A2	組織透明化用	500mL	12,100
196-18521	SCALEVIEW-S0 Ref	組織透明化用	250mL	14,300
194-18561	SCALEVIEW-S4 Ref	組織透明化用	250mL	14,300
041-34425	deScale Solution Ref	組織透明化用	500mL	13,800
293-97001	AbScale-G Solution Kit Ref	組織透明化用	1キット	30,000

SCALEVIEWシリーズの透明化例や製品詳細は当社Webをご覧下さい。
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/00593.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

植物透明化試薬ClearSeeの実践と改良

名古屋大学 WPI-ITbM、名古屋大学 高等研究院　栗原　大輔

1 はじめに

蛍光タンパク質の開発により、目的の対象を蛍光タンパク質で標識することで、観察対象のみを選択的に顕微鏡で観察することが可能となり、形態学はさらに進展している。しかし、生物が持つ物質や構造に由来する自家蛍光が、蛍光タンパク質の観察を妨げるという課題がある。この課題を解決するため、自家蛍光を除去し、生物組織内における屈折率の違いによる光の散乱を抑える技術として、組織透明化技術が開発されてきた。

蛍光タンパク質を変性させることなく組織を透明化する技術は、2011年に発表されたScaIe法[1]を皮切りに、さまざまな透明化技術が開発されている。この技術は当初、主に動物分野での利用が中心であったが、近年では植物分野にも応用が広がっている。2015年、我々は、マウスの透明化技術であるScaIe法およびCUBIC法[2]を参考に、植物特有の自家蛍光発生源であるクロロフィルを除去することを目的として、植物組織に最適化したClearSee法[3]を開発した。ClearSeeの開発および利用については、2016年の和光純薬時報（Vol. 84, No. 4）に寄稿している。本稿では、ClearSeeの開発以降における植物分野での応用の広がりや技術の改良について述べる。

2 広範な生物種へのClearSeeの適用

ClearSeeは、モデル植物であるシロイヌナズナの葉を材料にした化合物スクリーニングによって最適化し、根やめしべにおいても蛍光タンパク質を変性させることなく、三次元蛍光解析を可能にする手法として発表した[3]。2025年1月現在、Web of ScienceでClearSeeを引用している論文を調査した結果、被子植物や裸子植物にとどまらず、シダやコケ、さらには蚊の幼虫やゼブラフィッシュ胚にも使用されており、合計62の生物種でその使用例が確認されている。蛍光タンパク質を植物で発現させるには遺伝子組換えが必要であり、当初は限られたモデル植物においてClearSeeを用いた三次元蛍光解析が行われることを想定していた。しかし、農作物や園芸植物など、遺伝子組換え技術が未確立の植物種にも広く応用されている。これは、ClearSeeが植物組織を簡便に透明化できる特性に加え、蛍光色素染色との高い親和性を持つためである。

細胞壁を染色するCalcofluor White、Direct Fast Scarlet 4BS（セルロース染色）、Direct Yellow 96（キシログリカン染色）、リグニンを染色する塩基性フクシン、リグニン・スベリン・キチンを染色するオーラミンO、スベリンを染色するナイルレッドなど、多様な蛍光色素を使用した染色がClearSeeに適用可能である[4]。農作物に被害を及ぼす寄生性線虫は、植物の根に侵入して栄養を奪うが、感染根をClearSeeで透明化し、DNAや細胞壁を蛍光色素で染色することで、線虫が植物の根を作り変えていく様子を捉えることに成功している[5]。また、80%以上の植物が菌根菌と共生し土壌から栄養を吸収していると考えられるが、菌根菌を蛍光標識WGAで染色することにより、植物の深部における共生の様子を解析することも可能である[6]。さらに、サイズが大きく丸ごとの観察が難しい組織の場合は、組織切片を作成してからClearSeeで透明化することで、自家蛍光を抑えた蛍光顕微鏡観察が可能である。

3 ClearSeeAlphaの開発

このように広範な生物種や組織に利用されているClearSeeであるが、さまざまな植物の葉や組織を透明化する過程で、ひとつの問題点が明らかとなった。それは、シソや菊の葉、さらにはシロイヌナズナやタバコの果実において、透明化を試みても褐変が生じ、どれだけ処理を行っても完全に透

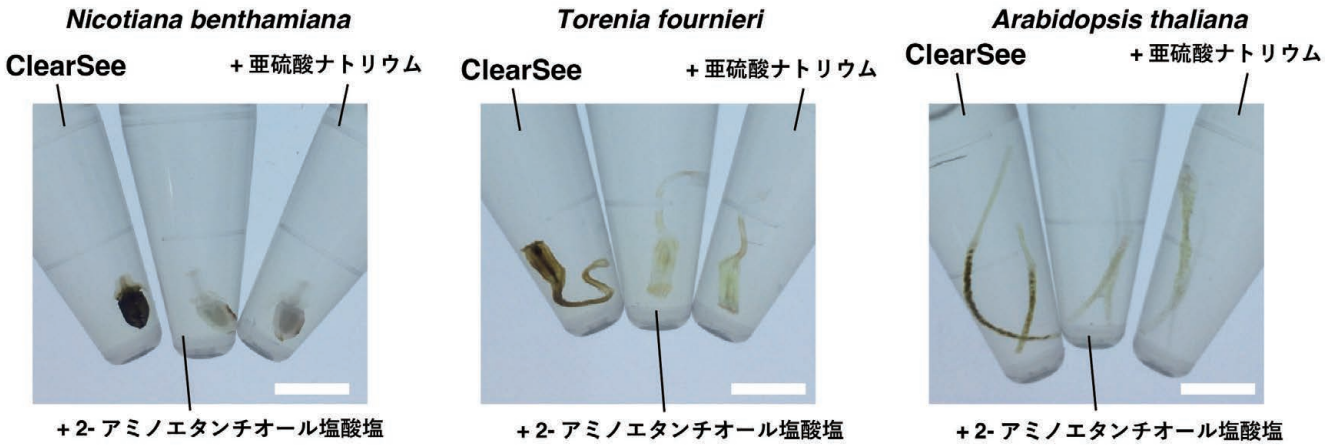


図1. 還元剤を加えることでClearSee処理中の褐変化を抑制できる（スケールバーは5 mm）

明化できないことであった[7]。この褐変の原因を検討した結果、これらの組織に共通して含まれる化合物として、ポリフェノールの一種であるプロアントシアニジンが関与している可能性が示唆された。プロアントシアニジン自体は無色であるが、シロイヌナズナの種皮に含まれるプロアントシアニジンは、種子の成熟過程で酸化し、茶色の色素が沈着することが知られている[8]。そのため、ClearSee処理中に酸化が進むことを抑制できれば、組織の褐変を防げるのではないかと考えた。そこで、研究室に保管されていた数種類の還元剤を最終濃度50 mMでClearSee溶液に添加し、実験を行った。その結果、還元剤の種類によって効果の程度に差はあるものの、褐変を抑制し、透明化することに成功した（図1）。これらの還元剤の中でも、蛍光タンパク質の蛍光強度に影響を与えず、かつ最も安価に入手可能な亜硫酸ナトリウムを採用し、改良版透明化溶液としてClearSeeAlphaを開発した[7]。ClearSeeAlpha 溶液は、還元剤の不安定性を考慮し、透明化処理を行う直前に亜硫酸ナトリウム粉末をClearSee溶液に加えることで調製している。

4 おわりに

ClearSeeによる透明化は、蛍光タンパク質の観察を可能にするだけでなく、蛍光色素染色との組み合わせにより、植物の種類を問わず深部の観察を行うことができる。また、ClearSeeAlphaの開発により、これまで透明化が困難であったミニトマトのような組織においても、高い透明度で処理することが可能となっている（図2）。今後、農作物を含むさまざまな植物を対象に観察を進めることで、環境応答や生物間相互作用の解明に寄与し、植物科学研究のさらなる発展に貢献できることが期待される。

図2. ClearSeeAlpha で透明化したミニトマト

〔参考文献〕

1) Hama, H. *et al.* : *Nat. Neurosci.*, **14** (11), 1481 (2011).
2) Susaki, E. A. *et al.* : *Cell*, **157** (3), 726 (2014).
3) Kurihara, D. *et al.* : *Development*, **142** (23), 4168 (2015).
4) Ursache, R. *et al.* : *Plant J.*, **93** (2), 399 (2018).
5) Ohtsu, M. *et al.* : *Protoplasma*, **254**, 2107 (2017).
6) Tominaga, T. *et al.* : *Front. Plant Sci.*, **12**, 795695 (2021).
7) Kurihara, Mizuta, D. *et al.* : *Plant Cell Physiol.*, **62** (8), 1302 (2021).
8) Debeaujon, I. *et al.* : *Plant Cell*, **15**, 2514 (2003).

植物の組織透明化試薬

ClearSee™

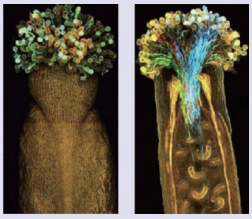
Wako

特　長

- 切片作成の必要がなく、内部構造を丸ごと蛍光観察可能
- 操作は（1）固定（2）洗浄（3）透明化の3ステップ
- 透明化可能組織：根、葉、めしべ、幼植物、成熟組織など

アプリケーションデータ

シロイヌナズナ(めしべ)



透明化前　透明化後

〈データ提供〉
名古屋大学WPI-ITbM
栗原大輔特任准教授・
水多陽子助教

関連製品

コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格（円）
031-25151	ClearSee™	植物透明化用	50mL	23,100
198-03412	亜硫酸ナトリウム	試薬特級	25g	1,150

ClearSee™の透明化例や製品詳細は当社Webをご覧下さい。
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/00808.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

Technical Report

ライフサイエンス研究の進展にもたらすハイスループットな高画質イメージングの重要性

横河電機株式会社　ライフ事業本部　遠藤　利朗、居原田　真史、太田　亜紀

近年、顕微鏡を用いた画像取得および解析技術の急速な進化は、ライフサイエンス研究における生命現象の解明に重要な役割を担っています。特に、サブセルラーレベルでの可視化と詳細な画像解析は、新たな生物学的知見の発見に絶大な威力を発揮しています。ここでは、画像を取得して解析する細胞イメージングの利点と、その発展型であるハイコンテントアナリシス（HCA）やシングルセル解析について解説します。

1 ライフサイエンス研究におけるイメージングの役割について

イメージングは細胞や組織の構造、機能、相互作用などの可視化や定量化に役立っています。特に、細胞や分子の位置関係をリアルタイム観察で追跡するなど、従来の生化学的手法だけでは捉えきれなかった時空間的な情報も得ることができ、生物学的なメカニズムの解明にも役立っています。これらの情報をより多く詳細に得るために、高画質な画像を高分解能かつハイスループットで取得し、解析する手法への期待が高まっています。

2 共焦点観察について

共焦点顕微鏡は、焦点位置に配置したピンホールによって焦点外からの光を排除することで、標本を薄くスライスしたかのように撮影します。光軸方向に焦点位置をずらしながら撮影した多くのスライス像から立体的な画像（3D画像）を構築できます。複数の異なる蛍光色素で細胞、細胞小器官などをラベルし、同時に観察することで、細胞や組織の配置や相互作用などの可視化が可能です。

横河電機の共焦点システムは、多数のピンホールを等ピッチ螺旋配置した円板「ピンホールアレイディスク（ニポウディスク）」と、個々のピンホールに励起レーザを集光する「マイクロレンズアレイディスク」の2枚の円板を連動して高速回転させることで、観察領域を約1000本のレーザビームでマルチスキャンします。

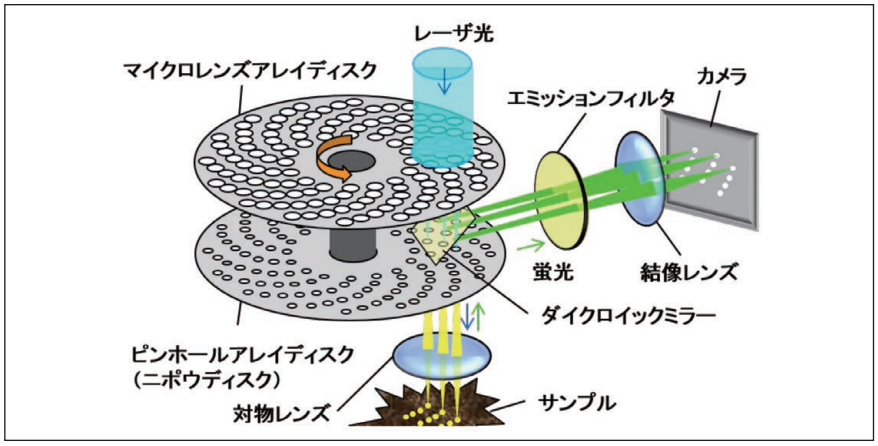


図1．マイクロレンズアレイ付きニポウディスク方式

マルチビームスキャンは、高速であるだけでなく、1ビームあたり非常に低いレーザ強度で高効率に蛍光色素を励起できるので、従来のシングルビームによるスキャン方式に比べ、顕著に光毒性、蛍光退色を抑えられます。この方式は細胞の生きた状態での挙動をリアルタイムで観察するライブセルイメージングに最適であり、細胞分裂や細胞間の相互作用、薬剤の影響の経時変化、時系列の評価を行うために非常に有用です。この技術を活用した共焦点スキャナユニットCSUは世界で4000台以上が研究者に使用されており、横河電機のコアコンピタンスとしてすべてのイメージング装置に搭載されています。

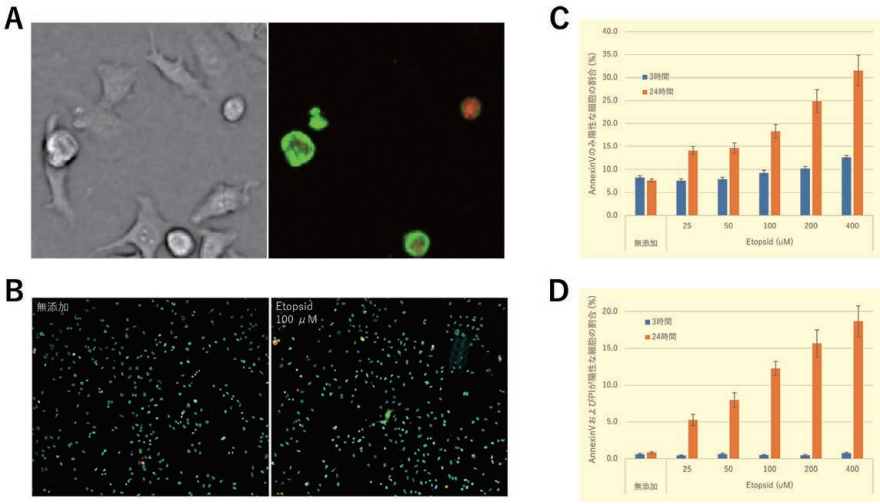
3 画像解析について

画像解析技術の進歩により、取得した画像データをより効率的かつ詳細に解析することが可能となりました。特にAIを活用した解析手法は、膨大かつ複雑な画像データから細胞形態の変化、挙動変化、分子間相互作用などを自動で抽出し、高精度に定量化することを可能にしました。とりわけ再生医療の分野では、細胞の状態を判断する手段が熟練者による目視のみということも多かったところを、AI・画像解析の技術により誰でも再現度高く定量できるようになってきています。

4 ハイコンテントアナリシスについて

ハイコンテントアナリシスとは撮影から解析まで高度に自動化されたシステムを使用することで、多数の細胞から網羅的かつハイスループットにデータを取得、解析する手法です。多条件、多サンプルの実験が容易に出来るだけでなく、自動化することで実験者の主観の介在によるバイアスを排除し、データのばらつきに埋もれてしまう可能性のある微細な変化もとらえたりできます。固定した単層培養の細胞サンプルの他、組織切片や、近年ではスフェロイドやオルガノイドなどの3D評価や、ライブセルの長時間タイムラプスイメージングなどでも、ハイコンテントアナリシスが適用されることが多くなっています。ハイコンテントアナリシスには情報量を多く持つ高解像度画像が有利である一方で、大量の画像を撮影するためには、高速に撮影できる顕微鏡システムが求められます。スピニングディスク方式の共焦点

【アプリケーション事例】アポトーシス測定



Hela 細胞にアポトーシスを誘導しアネキシン V およびヨウ化プロピジウム（PI）にて染色した。蛍光染色した細胞をハイスループット細胞機能探索システム CellVoyagerCV8000 を用いて撮影し、ハイコンテント解析ソフトウェア CellPathfinder を用いてそれぞれの蛍光を発している細胞を検出してカウントした。

（A）20 倍対物レンズで撮影した明視野像（左）と蛍光染色像（右）。緑がアネキシン V、赤が PI。（B-D）抗がん剤の一種エトポシドの効果。

（B）（B 左）エトポシド無添加サンプルの画像。青色は核染色。（B 右）エトポシド 100 μM を添加したサンプルの画像。

（C）（C）アネキシン V のみ陽性の細胞の割合。

（D）（D）アネキシン V および PI 両陽性細胞の割合。（C）（D）ともグラフ横軸はエトポシド濃度、青と橙の棒グラフはそれぞれエトポシド添加から 3 時間後と 24 時間後の結果を示す。

システムは、画質と速度を両立できるため、ハイコンテントアナリシスには適した方式です。

5 シングルセル解析について

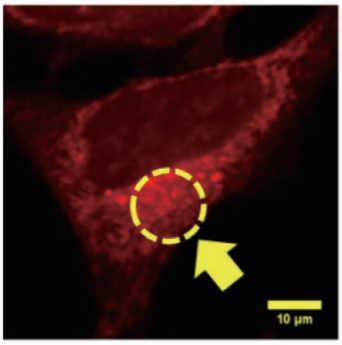
近年、シングルセル解析技術の発展により、個々の細胞レベルでの遺伝子やタンパク質のプロファイル比較が可能となり、集団ではわからなかった細胞のさまざまな機能や多様性が明らかになってきました。シングルセル解析を行ううえで必要不可欠な作業が細胞の単離であり、フローサイトメーターやマイクロ流路等の技術を応用した単離装置が数多く開発されています。またハイコンテントアナリシスのデータを基に特定の細胞や細胞内の特定の部位のみをサンプリングすることで、従来では捉えきれなかった細胞間の違いや、細胞間相互作用、微細な変化を高精度で解析することが可能になります。

6 総括

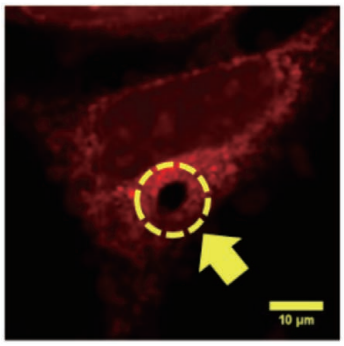
顕微鏡技術の進化は細胞や組織の構造、機能、相互作用を視覚的に把握し、定量化を可能にすることで、ライフサイエンス研究を飛躍的に発展させています。特に、サブセルラーレベルでの詳細な画像解析は、新たな生物学的知見の発見に大きく貢献しています。さらに、高画質な画像を高分解能かつハイスループットで取得し、解析する手法の進化は、研究の効率化と精度向上に繋がると期待されています。これにより、医学生物学の基礎研究や、創薬、再生医療研究などのさらなる発展に貢献しています。

【アプリケーション事例】
プロテオーム解析

サンプリング前



サンプリング後



赤：ミトコンドリア

細胞内サンプリングシステム Single Cellome™ System SS2000 を用いて細胞からミトコンドリアを含む領域を採取し、timsTOF Ultra（Bruker 社）による LC/MS によりプロテオーム解析を実施しました。細胞の一部を採取したサンプルから 1500ID を超えるタンパク質を検出することができ、サブセルラーレベルでのプロテオミクスが可能であることが示唆されました。生命現象の解明、疾患メカニズム解析、バイオマーカー探索などの研究へ貢献します。

横河電機㈱　ハイコンテントアナリシス

YOKOGAWA

■CellVoyager™

横河電機社のCellVoyager™ CV8000、CQ3000、CQ1は、ハイスループットに高解像度の共焦点画像を取得します。低光毒性・低退色であることから多くのZスライスを撮影する3Dイメージングやライブセルの長時間タイムラプスイメージングに最適です。カルシウム発光などの高速な反応をとらえることができる毎秒100フレームの高速イメージングにも対応します。実験規模やアプリケーションに応じて、最適なソリューションを提供することが可能です。また、専用解析ソフトウェアCellPathfinderは大量の画像データを多角的に解析し、グラフ表示にまで導いてくれます。マシンラーニング、ディープラーニング機能で解析対象の認識力を格段に向上、3D培養系やライブセルイメージング等、より複雑で難易度の高い解析にも対応します。

多くの情報を持つ高精細な画像と最先端の解析技術との組み合わせで、細胞内におけるターゲット分子の増減、局在の変化、細胞の運動性、形態情報などを、直感的な操作で高速に数値化できます。これまで顕微鏡で熟練者が数十時間、数日かけて撮影、解析、統計をおこなってきた膨大な量のイメージングを誰にでも極めて容易かつ短時間で自動化することが可能です。

特　長

業界最高峰の画質と解析を、更に手軽に

- 独自のマイクロレンズアレイ付きニポウディスクが、高速に、明るい共焦点画像を撮影
- DX時代をリードする定量性と数値化を提供
- ムービー出力やスナップショットなどユーザ視点での機能搭載
- 高速スクリーニングや長時間ライブなどの拡張性を備え、次世代アプリにも適用
- 国産ならではの信頼性と充実したサポート

■1 細胞解析ソリューション Single Cellome™ System SS2000

共焦点顕微鏡で培養中の細胞を撮像解析しながら、1細胞レベルで細胞内の特定の部位や領域、あるいは1細胞丸ごとを全自動で直接サンプリングします。細胞を懸濁液にする必要がなく、位置情報や形態情報が保持されるため、従来では捉えきれなかった細胞間の違いや、細胞間相互作用、微細な変化を高精度で解析することが可能になります。

特　長

1 細胞レベルで自由自在にハンドリング

- 空間情報を持った細胞内成分1細胞のサンプリング
- 全自動操作＆高精度位置決め
- 共焦点顕微鏡によるライブセルイメージングハイコンテントアナリシス
- インキュベータ機能によりサンプリング直前まで細胞の活性を維持

メーカー名	製造元コード	製品コード	製品名	容量	希望納入価格（円）
横河電機（株）	CellVoyager CQ1	—	CellVoyager™ CQ1	1台	照会
横河電機（株）	CellVoyager CQ3000	—	CellVoyager High-Content Analysis System CQ3000	1台	照会
横河電機（株）	CellVoyager CV8000	—	CellVoyager™ CV8000	1台	照会
横河電機（株）	SS2000	—	細胞内サンプリングシステム SS2000	1台	照会

詳細は当社Webをご覧下さい。
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/equipment/index.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025年4月時点での情報です。最新情報は、当社Webをご参照下さい。

New Products

フレキシブル認定を活用したCRM品目追加 元素標準液

Wako

ICP 分析用元素標準液規格の比較

当社規格	ICP分析用[CRM]※1	ICP分析用[non-CRM]※1
認定制度	ASNITE	−
計量参照	NIST SRM 等	−
MRA 対応	○	−
認証書	IAJapan認証書	−
SIトレーサブル	○	−
濃度単位※2	mg/Kg	mg/L

※1 CRM として販売している「ICP 分析用」製品は、品名に「CRM」と記載しています。
※2 CRM の濃度単位を mg/Kg に変更しました。体積は温度依存的に変化するため正確な数値が求められる認証標準物質としては、より正確な数値を報告するために［mg/Kg］へ変更しました。従来の mg/L への換算は検査成績書記載の密度を用いて計算できます。

例）セリウム標準液　CRM、non-CRM のロット比較

	CRM	non-CRM
品名	Cerium Standard Solution (Ce 1000) [CRM]	Cerium Standard Solution (Ce 1000)
規格名	ICP分析用	ICP分析用
Lot	KSN4987	ACR0193
濃度	975mg/Kg（密度（20℃）1.0282g/cm^3 → 1,002mg/L）	1,001mg/L

ICP 分析用元素標準液（CRM）新製品

	コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
NEW	017-28711	Arsenic Standard Solution (As 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	9,000
NEW	077-06911	Gold Standard Solution (Au 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	12,000
NEW	024-19971	Boron Standard Solution (B 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	8,000
NEW	025-19881	Barium Standard Solution (Ba 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	11,000
NEW	021-19981	Bismuth Standard Solution (Bi 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	9,000
NEW	033-26211	Chromium Standard Solution (Cr 100) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000
NEW	055-09531	Europium Standard Solution (Eu 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	16,500
NEW	078-06941	Gallium Standard Solution (Ga 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000
NEW	132-19541	Mercury Standard Solution (Hg 1000) [CRM] 毒-II	ICP分析用	100mL	17,000
NEW	095-07531	Indium Standard Solution (In 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000
NEW	164-29651	Potassium Standard Solution (K 100) [CRM]	ICP分析用	100mL	6,500
NEW	120-06971	Lanthanum Standard Solution (La 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	18,200
NEW	195-19331	Sodium Standard Solution (Na 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	7,000
NEW	160-29631	Phosphorus Standard Solution (P 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	7,000
NEW	162-29691	Platinum Standard Solution (Pt 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000
NEW	198-19321	Selenium Standard Solution (Se 1000) [CRM] 毒-II	ICP分析用	100mL	17,000
NEW	191-19431	Strontium Standard Solution (Sr 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000
NEW	256-00721	Ytterbium Standard Solution (Yb 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	35,000
NEW	263-02351	Zirconium Standard Solution (Zr 1000) [CRM]	ICP分析用	100mL	10,000

詳細は、当社Webをご確認下さい。
当社試薬トップ→分析→ICP→単元素分析→ICP分析用元素標準液
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/00442.html

フレキシブル認定を活用したCRM品目追加 残留農薬試験用標準物質

Wako

当社では、2023 年に国内で初めて取得した標準物質生産者の包括的認定（フレキシブル認定）を活用し、残留農薬試験用 CRM を取り揃えています。

農薬標準品規格の比較

当社規格	残留農薬試験用[CRM]※1	TraceSure®	Traceable Reference Material（TRM）	残留農薬試験用[non-CRM]※1
認定制度	ASNITE		−	−
計量参照	NIST SRM等	NMIJまたは CERIによる校正		−
MRA 対応	○		−	−
認証書	IAJapan 認証書		−	−
SIトレーサブル	○			−

※1 CRM として販売している「残留農薬試験用」製品は、品名に「Reference Material［CRM］」と記載。

例）イマゾスルフロン
［CRM］　品名：Imazosulfuron Reference Material［CRM］　規格：残留農薬試験用
［non-CRM］　品名：Imazosulfuron Standard　規格：残留農薬試験用

農薬標準品（CRM）新製品

	コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
NEW	014-28601	Acephate Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	11,000
NEW	011-28611	Acetamiprid Reference Material [CRM] 劇-III Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	018-28621	Alachlor Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	057-09591	EPN Reference Material [CRM] 毒-I Ref	残留農薬試験用	100mg	18,000
NEW	050-09581	Etofenprox Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	064-07101	Fthalide Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	25,000
NEW	099-07551	Imazalil Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	15,000
NEW	096-07561	Iprodione Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	16,000
NEW	163-29481	*cis*-Permethrin Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	17,000
NEW	166-29471	*trans*-Permethrin Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	163-29501	Probenazole Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	25,000
NEW	160-29511	Procymidone Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	203-21611	Thiuram Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	12,000
NEW	229-02491	Vinclozolin Reference Material [CRM] Ref	残留農薬試験用	100mg	16,000

動物用医薬品標準品（non-CRM）新製品

当社が定めた分析条件で含量規格値を設定した標準品です。

	コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
NEW	121-04723	Lufenuron Standard Ref	残留農薬試験用	100mg	照　会
NEW	209-21711	Tylvalosin Tartrate F	高速液体クロマトグラフ用	100mg	23,000

詳細は、当社Webをご確認下さい。
当社試薬トップ→分析→農薬・動物用医薬品混合標準液検索
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/product/search/pesticides.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

New Products

医薬品製造用原料
CertiPro シリーズ

Wako

当社では、医薬品の製造工程に使用可能な「医薬品製造用原料」を提供しております。日本薬局方および日本薬局方外医薬品規格（局外規）、医薬品添加物規格（薬添規）等公定書収載品目の他、公定書に収載のない（non-conpendial な）成分では当社の自主規格品を取り揃え、管理基準により、CertiPro（GMP 管理品）と CertiPro-L（ISO9001 管理品※）に区分しています。

一部品目では、日本薬局方、局外規、薬添規への適合に加え、USP-NF（米国薬局方 - 国民医薬品集）、Ph.Eur.（欧州薬局方）規格項目への適合、エンドトキシン試験を実施しています。

※製造・品質管理などの一部を GMP 管理しています。

製品概要

CertiPro

コード No.	品　名	規格	適合規格 USP-NF	適合規格 Ph.Eur.	容量	CAS RN®	エンドトキシン
NEW 013-28757	アセチルシステイン「製造専用」	日本薬局方	√	√	10kg	616-91-1	10EU/g 未満
NEW 075-06875	グリシン「製造専用」	日本薬局方	√	√	500g	56-40-6	1.2EU/g 未満
037-26035 033-26037	グルコン酸カルシウム水和物「製造専用」	日本薬局方	–	–	500g 10kg	299-28-5	1.5EU/g 未満

CertiPro-L

コード No.	品　名	規格	適合規格 USP-NF	適合規格 Ph.Eur.	容量	CAS RN®	エンドトキシン
NEW 018-28545	L-アスコルビン酸りん酸エステルマグネシウム塩n水和物	–	–	–	500g	1713265-25-8	10EU/g 未満
NEW 021-19925 NEW 027-19927	パラオキシ安息香酸ブチル「製造専用」	日本薬局方	(NF)	√	500g 10kg	94-26-8	10EU/g 未満
NEW 027-19905	Bis-Tris	–	–	–	500g	6976-37-0	10EU/g 未満
NEW 086-10755	HEPES	–	–	–	500g	7365-45-9	10EU/g 未満
NEW 138-19565	MES	–	–	–	500g	145224-94-8	10EU/g 未満
NEW 139-19615	MOPS	–	–	–	500g	1132-61-2	10EU/g 未満

※詳細及びCertiProシリーズの製品一覧は当社Webをご覧下さい。

https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/pharmaceutical-raw-materials/index.html

JCSS 標準液発売！
陰イオン界面活性剤混合標準液

Wako

陰イオン界面活性剤は、工場排水や家庭下水からの混入により、水中に存在すると泡立ちの原因となるため、水質汚濁の重要な指標とされています。陰イオン界面活性剤の一種である直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムは、最も使用量が多く、水道水質基準で炭素 10 ～ 14 について 0.2mg/L 以下の基準値が設定されています。当社では、水道水質基準の告示法（固相抽出 - HPLC 法（別表第 24）、LC-MS 法（別表第 24 の 2））に使用可能な陰イオン界面活性剤の混合標準液、内部標準液、HPLC カラムを取り揃えています。この度、JCSS の混合標準液を発売しました。

※ m=10 ～ 14, n=21 ～ 29

JCSS の仕組み

JCSS は、計量法に基づく計量法トレーサビリティ制度です。JCSS 標準液は、計量法のもと、経済産業大臣の指定校正機関である CERI が製造した特定標準液にトレーサビリティを確保することで、SI トレーサブル（CRM）であることを表明しています。また、JCSS 標準液の濃度は国際的な相互承認協定 MRA によって証明するものとして、JCSS 標章の証明書を製品に添付しています。水質基準の規定に定める検査方法の総則的事項では、試薬の標準原液、標準液又は混合標準液は、計量法の規定に基づく証明書又はこれらに相当する証明書が添付されたものを使用できると定められており、JCSS 証明書はこれに該当します。

混合標準液

コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
NEW 018-28861	Anionic Surfactants Mixture Standard Solution (each 100mg/L Methanol Solution) 危 Ref	JCSS	1mL×5A	35,000

内部標準液

本品は、水道水質基準の LC-MS 法（別表第 24 の 2）に使用可能な内部標準液です [1]。

コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
191-19171	Sodium 4-Dodecylbenzenesulfonate-$^{13}C_6$ Standard Solution (10μg/mL Methanol Solution) 危 Ref	水質試験用	1mL×5A	49,500

1）国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 小林 憲弘 様に本告示法検討に関する記事をご執筆いただきました。

詳細は当社Webをご覧下さい。

当社試薬トップ→siyaku blog→【総説】水道水質検査における陰イオン界面活性剤（LAS）のLC-MS/MS分析法の開発

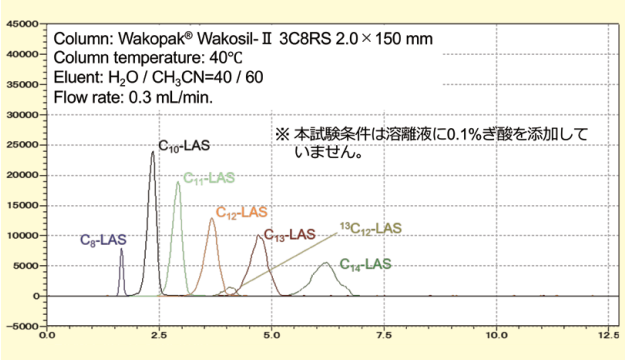
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/siyaku-blog/036670.html

Ref…2 ～ 10℃保存　F…－ 20℃保存　-80…－ 80℃保存　-150…－ 150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

New Products

HPLC 用カラム

本カラムは、ODS カラムと比較して保持が弱いオクチルシリカゲルカラムで、LC-MS 法（別表第 24 の 2）を参考にした試験条件で LAS の複数の異性体ピークを炭素鎖数ごとに 1 ピークとして検出することができ、定量しやすい特長があります。



コード No.	品　　名	規格	容量	希望納入価格(円)
235-52243	Wakopak® Wakosil-II 3C8RS 2.0×150mm	–	1本	56,900

詳細は当社Webをご覧下さい。
当社試薬トップ→分析→水質→水道法・飲料水→陰イオン界面活性剤（LAS）
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/00343.html

新製品追加！ PFAS 試験用試薬

Wako

PFAS（有機ふっ素化合物）は難分解性、高蓄積性を有するため、POPs 条約を始め、国内外でさまざまな規制の対象となっています。国内の水道水質基準においては PFOS、PFOA が水質管理目標設定項目、PFHxS が要検討項目に設定されています。当社では PFAS 分析に使用できる溶媒、標準品、分析用カラム等を取り揃えています。この度、下記製品を発売いたしました。さらに、溶媒（PFAS 分析用）の保証 PFAS に PFHxS が追加されました！

PFAS 試験用試薬※1

コード No.	品　　名	略号	炭素鎖長	規格	容量	希望納入価格(円)
NEW 161-29301	Perfluorobutanoic Acid Standard※2 Ref	PFBA	4	環境分析用	100mg	照 会
NEW 163-29361	Perfluoropentanoic Acid Standard※2 Ref	PFPeA	5	環境分析用	100mg	照 会
NEW 168-29431	Perfluoropentanesulfonic Acid Hydrate※2 F	PFPeS	5	環境分析用	50mg	照 会
NEW 168-29311	Perfluorohexanoic Acid Standard※2 F	PFHxA	6	環境分析用	100mg	照 会
168-28951	Perfluorohexanesulfonic Acid Potassium Salt※3 毒-1 Ref	PFHxS	6	環境分析用	100mg	14,300
NEW 169-29601	1*H*, 1*H*, 2*H*, 2*H*-Perfluorohexanesulfonic Acid Standard※2 Ref	4:2 FTS	6	環境分析用	100mg	37,000
NEW 160-29371	Perfluoroheptanoic Acid Standard※2 Ref	PFHpA	7	環境分析用	100mg	照 会
NEW 165-29441	Perfluoroheptanesulfonic Acid※2 Ref	PFHpS	7	環境分析用	50mg	照 会
161-28941	Perfluorooctanoic Acid Standard※3 毒-1 Ref	PFOA	8	環境分析用	100mg	14,300
NEW 166-29611	1*H*, 1*H*, 2*H*, 2*H*-Perfluorooctanesulfonic Acid Standard※2 Ref	6:2 FTS	8	環境分析用	100mg	25,000
NEW 164-29531	Perfluorooctanesulfonamide※2 Ref	PFOSA	8	環境分析用	100mg	照 会
NEW 138-19521	*N*-Methylperfluoro-1-octanesulfonamide※2 Ref	*N*-MeFOSA	8	環境分析用	50mg	30,000
NEW 051-09631	*N*-Ethylperfluoro-1-octanesulfonamidoacetic Acid Standard※2 Ref	*N*-EtFOSAA	8	環境分析用	50mg	照 会
NEW 165-29321	Perfluorononanoic Acid Standard※2 Ref	PFNA	9	環境分析用	100mg	照 会
NEW 167-29381	Perfluorodecanoic Acid Standard※2 Ref	PFDA	10	環境分析用	100mg	11,000
NEW 162-29451	Perfluorodecanesulfonic Acid Standard※2 Ref	PFDS	10	環境分析用	50mg	照 会
NEW 164-29391	1*H*, 1*H*, 2*H*, 2*H*-Perfluorodecanesulfonic Acid※3 毒-1 Ref	8:2 FTS	10	環境分析用	100mg	30,000
NEW 161-29661	(*Z*)-2*H*-Perfluoro-2-decenoic Acid Standard※2 Ref	8:2 FTUCA	10	環境分析用	50mg	32,000
NEW 162-29331	Perfluoroundecanoic Acid※2 Ref	PFUnDA	11	環境分析用	100mg	9,000
NEW 169-29341	Perfluorododecanoic Acid※2 Ref	PFDoDA	12	環境分析用	100mg	15,000
NEW 165-29561	Perfluorotridecanoic Acid※2 Ref	PFTrDA	13	環境分析用	100mg	照 会
NEW 166-29351	Perfluorotetradecanoic Acid※2 Ref	PFTeDA	14	環境分析用	100mg	16,000
NEW 168-29551	Perfluorohexadecanoic Acid※2 Ref	PFHxDA	16	環境分析用	100mg	照 会
NEW 169-29581	Perfluorooctadecanoic Acid Standard※2 Ref	PFODA	18	環境分析用	100mg	照 会
NEW 148-10161	Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic Acid Standard※2 Ref	NFDHA	–	環境分析用	100mg	25,000
NEW 161-29421	Perfluoro-4-methoxybutanoic Acid Standard※2 Ref	PFMBA	–	環境分析用	100mg	照 会
NEW 163-29621	Perfluoro-3-methoxypropanoic Acid Standard※2 Ref	PFMPA	–	環境分析用	100mg	20,000
NEW 166-29591	Perfluoro(2-methyl-3-oxahexanoic) Acid Standard※2 危 Ref	GenX	–	環境分析用	100mg	16,000

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

New Products

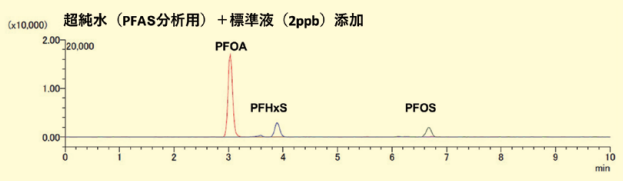
混合標準液・混合内部標準液※1

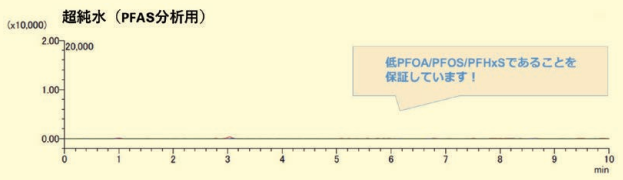
コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格(円)
162-29071	3 PFCs Mixture Standard Solution (PFHxS, PFOS, PFOA each 2μg/mL Methanol Solution)※3 審-1 危 F°	水質試験用	1mL×5A	33,000
169-29123	3 PFC Internal Standards Mixture Solution (PFHxS-$^{13}C_6$, PFOS-$^{13}C_8$, PFOA-$^{13}C_8$ each 2μg/mL Methanol Solution)※3 審-1 危 F°	水質試験用	1mL	49,500
163-29121			1mL×5A	209,000

※1 直鎖化合物の含量または濃度が明確な標準液です。
※2 本品の使用に関しましては、特に法的な規制はございませんが、「化審法第一種特定化学物質」が不純物として微量含有している可能性がありますので、購入の際は「1,2,4-トリクロロベンゼン等を試験・研究用に使用することを確認する証」が必要です。
※3 第1種特定化学物質を含むためご購入の際は、「確約書」が必要です。

溶媒

✓保証PFASにPFHxSを追加！（溶媒中のPFOA、PFOS、PFHxSが低値であることを保証！）
✓HPLC用規格の保証項目（吸光度、過酸化物等）を保証！





コード No.	品　名	規格※	容量	希望納入価格(円)
011-22251	Acetonitrile 劇-II 危	PFAS分析用	1L	8,050
130-15941	Methanol 劇-III 危	PFAS分析用	1L	3,900
NEW 136-15943			3L	6,200
216-01361	Ultrapure Water	PFAS分析用	1L	2,850
212-01363			3L	8,900

※規格が従来の「PFOS・PFOA分析用」から「PFAS分析用」に変更となりました。

詳細は当社Webをご覧下さい。
当社試薬トップ→分析→水質→有機ふっ素化合物（PFAS）分析→PFAS（PFOS, PFOA, PFHxS等）分析用試薬
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/00353.html

毎月対象品目を更新！ Find-out

Wako

Find-out

Find-outでは特別価格で提供している試薬・消耗品を掲載しています。最大70%OFFとお買い得な製品も掲載しています。

富士フイルム和光純薬の指定代理店・特約店にFind-out適用希望の旨を伝え、ご注文いただくと、特別価格が適用されます。

条　件

・特別価格の適用は、製品が本Find-outのページに掲載されている期間に限ります。掲載期間が終わると特別価格は適用されません。
・一時的に売切商品が表示され続ける場合があります。
・特別価格の対象製品は予告なく変更されます。
・こちらに掲載の製品はロット指定で購入いただくことはできません。
・希望納入価格、キャンペーン価格には消費税等が含まれておりません。
・本キャンペーンは富士フイルム和光純薬の指定代理店・特約店から購入した場合のみ適用されます。

対　象

対象製品やキャンペーン価格は以下URLよりご確認下さい。
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/find-out

Wako Newsletter

先端技術分野のさまざまな研究ニーズに応えうる試薬メーカーを目指し、高品位の製品を提供し続けてきた試薬事業が、各種キャンペーンや新製品をはじめ、最新情報満載のニュースレターをお届けします。

新製品・新サービス情報　各種キャンペーン情報　セミナー・展示会情報
法規制改正情報　受託サービス情報　お役立ちコンテンツ

ご購読登録はこちらから→
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/newsletter/signup.html

Ref°…2～10℃保存　F°…－20℃保存　-80°…－80℃保存　-150°…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025年4月時点での情報です。最新情報は、当社Webをご参照下さい。

New Products

血中 ALT を短時間かつ簡便に測定

Wako

ラボアッセイ ™ ALT（GPT）

アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALTもしくはGPT）は、アミノ酸転移酵素の一種であり、アラニンのアミノ基を2-オキソグルタル酸に転移させてグルタミン酸を生成します。主に肝臓に存在し、臓器障害によって血液中に逸脱することから、肝機能障害の主要マーカーとして利用されています。

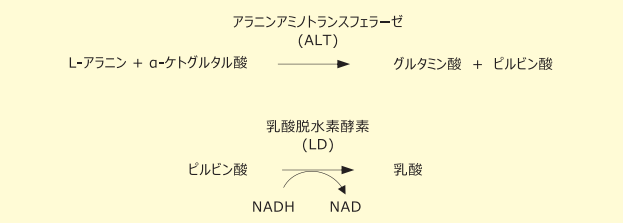
ラボアッセイ™ ALT（GPT）は、血液（血清・血漿）中のALTを測定するキットです。マイクロプレートを用いて短時間かつ簡便に検体中のALTを測定することができます。

製品概要

測定対象	ALT（GPT）
動物種	ヒト、マウス、ラット、イヌ、ネコ
検体	血清、血漿
検量線範囲	0-405U/L
必要検体量	7 μL
測定時間	約 40 分
検出法	発色系（主 340nm/副 405nm）

測定原理

試料中のALTの作用により、L-アラニンとα-ケトグルタル酸（α-KG）は、グルタミン酸とピルビン酸に変化します。ピルビン酸は、β-ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド還元型（NADH）の存在下で乳酸脱水素酵素（LD）の作用により、乳酸に変化します。このときNADHは、β-ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド酸化型（NAD）に酸化され、340nmの吸光度が減少します。最後に反応停止液で反応を止め、吸光度を測定することにより試料中のALT活性値を求めます。



コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格（円）
293-97501	LabAssay™ ALT（GPT） Ref	細胞生物学用	100回用	49,000

詳細は当社 Web をご覧下さい。
試薬事業トップ→ライフサイエンス→代謝→ ELISA/アッセイキット（肝機能）→アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALT/GPT）測定キット
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/03399.html

血中 AST を短時間かつ簡便に測定

Wako

ラボアッセイ ™ AST（GOT）

アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（ASTもしくはGOT）は、アミノ酸転移酵素の一種であり、L-アスパラギン酸とα-ケトグルタル酸からグルタミン酸とオキザロ酢酸を生成します。肝臓や心筋、骨格筋などに多く存在しており、臓器障害によって血液中に逸脱することから、肝障害をはじめとする臓器障害のマーカーとして利用されています。

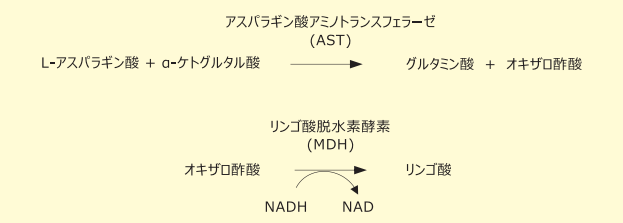
ラボアッセイ™ AST（GOT）は、血液（血清・血漿）中のASTを測定するキットです。マイクロプレートを用いて短時間かつ簡便に検体中のASTを測定することができます。

製品概要

測定対象	AST（GOT）
動物種	ヒト、マウス、ラット、イヌ、ネコ
検体	血清、血漿
検量線範囲	0-405U/L
必要検体量	7 μL
測定時間	約 40 分
検出法	発色系（主 340nm/副 405nm）

測定原理

試料中のASTの作用により、L-アスパラギン酸とα-ケトグルタル酸（α-KG）は、グルタミン酸とオキザロ酢酸に変化します。オキザロ酢酸は、β-ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド還元型（NADH）の存在下でリンゴ酸脱水素酵素（MDH）の作用により、リンゴ酸に変化します。このときNADHは、β-ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド酸化型（NAD）に酸化され、340nmの吸光度が減少します。最後に反応停止液で反応を止め、吸光度を測定することにより試料中のAST活性を求めます。



コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格（円）
299-97601	LabAssay™ AST（GOT） Ref	細胞生物学用	100回用	49,000

詳細は当社 Web をご覧下さい。
試薬事業トップ→ライフサイエンス→代謝→ ELISA/アッセイキット（肝機能）→アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（AST/GOT）測定キット
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/03397.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

New Products

ヒト iPS 細胞由来分化細胞

FUJIFILM

F-hiSIEC 培養培地 AL

F-hiSIEC（ヒトiPS細胞由来腸管上皮細胞）をF-hiSIEC培養培地ALで気相液相界面培養（気液培養）することにより、ヒトと同程度のCYP3A4基質のFg予測精度が示され、化合物の腸管代謝評価において、臨床外挿性が高いデータが期待できます。

特　長

- 新規培養法として、F-hiSIEC培養培地ALを用いた気液培養を開発
- 小腸マーカー、トランスポーターおよび代謝酵素の遺伝子発現の向上とバリア機能の維持
- 培養11日目がFg評価に最適なタイミング

■ F-hiSIEC 新規培養法の構築

(A)

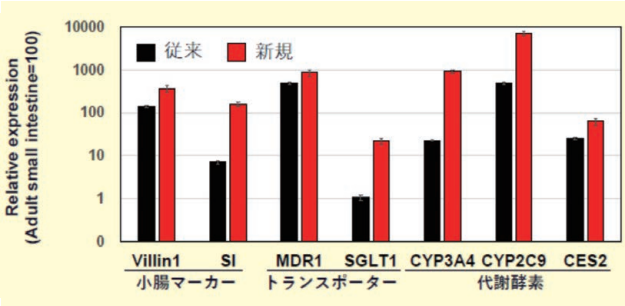
(A) F-hiSIEC の新規培養法（気液培養法）と従来培養法（液液培養）の比較

(B)

(B) 新規培養法では、Day4 より液液培養から気液培養に変更して実施

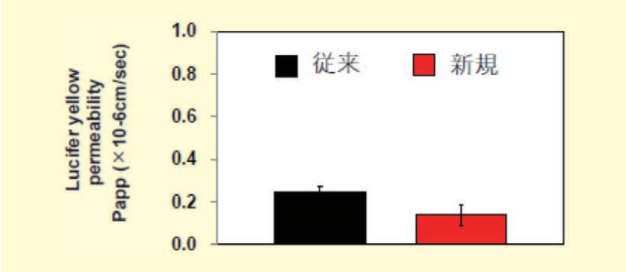
■ F-hiSIEC 新規培養法の遺伝子発現・バリア機能に対する影響

(C)



(C) 新規培養法により、F-hiSIEC の小腸マーカー、トランスポーターおよび各種代謝酵素の遺伝子発現は、亢進した。

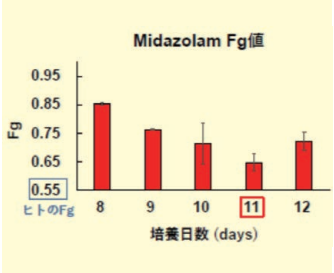
(D)



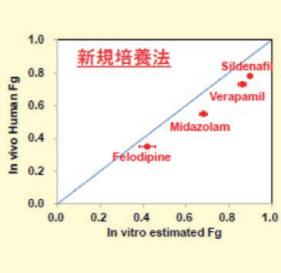
(D) 新規培養法で培養した F-hiSIEC の透過性は従来培養法 F-hiSIEC と同程度を示した。

■新規培養法 F-hiSIEC における各種 CYP3A4 基質の Fg 評価

(E)



(F)



(E) Day11 の新規培養法 F-hiSIEC の midazaolam Fg 値が、ヒトの midazolam Fg 値（0.55）に近いことが示された。
(F) 新規培養法 F-hiSIEC における各種 CYP3A4 基質の Fg 値とヒト Fg 値に良好な相関性が確認された。

※Fg値の算出は、以下文献を参考に算出しました。
Michiba et al., *Drug Metab. Dispos.*, 50 : 204-213（2022）

コード No.	メーカーコード	品　名	容量	希望納入価格(円)
638-61101	16921505	F-hiSIEC™ 培養培地AL	10mL	12,500

関連製品

■ F-hiSIEC および専用培地

コード No.	メーカーコード	品　名	容量	希望納入価格(円)
637-57261	16804719	F-hiSIEC™ 凍結細胞	1Vial	96,000
635-53384	16804800	F-hiSIEC™ Culture Medium 培養培地	10mL	10,000
637-53361	16804795	F-hiSIEC™ Seeding Medium 播種培地	20mL	15,000
634-57271	16804771	F-hiSIEC™ Assay Medium CYP3A4活性測定培地	15mL	10,000

詳細は当社 Web をご覧下さい。
試薬事業トップ→ライフサイエンス→薬剤探索→ iPS 細胞由来分化細胞→富士フイルム F-hiSIEC™
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/02229.html

Ref…2～10℃保存　F…－20℃保存　-80…－80℃保存　-150…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

New Products

創薬研究用ヒト腎細胞

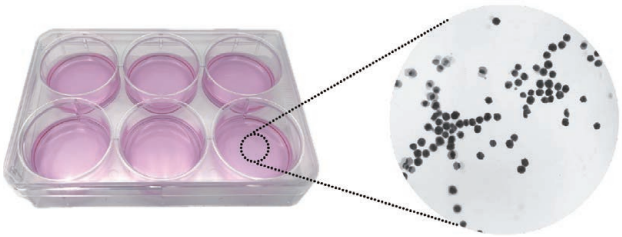
NIKKISO

3D-RPTEC® 6 well-Multi

日機装社のヒト初代近位尿細管上皮細胞スフェロイド・3D-RPTEC® から、大容量パッケージの3D-RPTEC（6well-Multi）を発売しました。ウエスタンブロッティングやトランズウェル上への再播種など、細胞数が必要な試験・評価に最適な製品です。

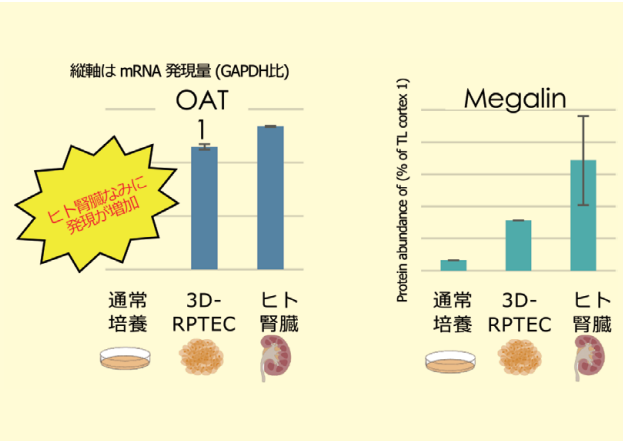
特　長

- ヒト腎臓に近い薬物トランスポーターを発現したスフェロイド
- 1well中にスフェロイド約500個を集約
- 6ウェルプレート入りでそのまま使用可能なReady-to-use品（凍結ではなく常温輸送）
- 1ヵ月間の長期培養が可能



アプリケーションデータ

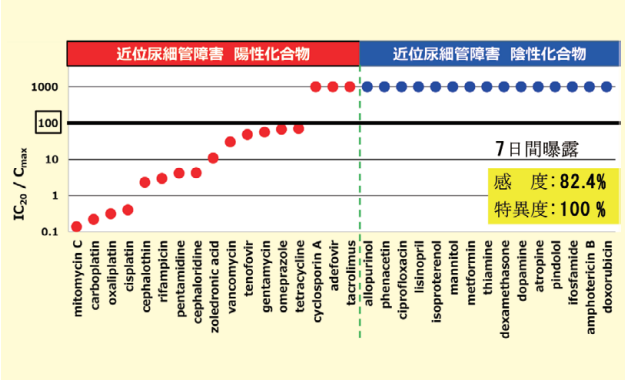
●遺伝子 / タンパク質発現



従来の平面培養 RPTEC と 3D-RPTEC の遺伝子発現量またはタンパク質発現量をヒト腎皮質と比較。3D-RPTEC では、腎臓の主要なトランスポーター OAT1 の mRNA 発現量やエンドサイトーシスを担う Megalin のタンパク質発現量が顕著に向上した。

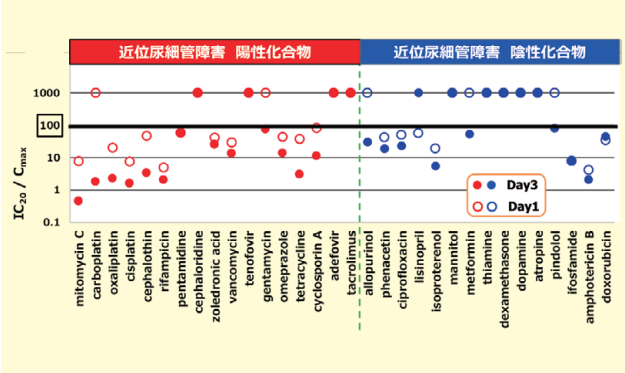
●腎毒性の安全性予測

3D-RPTEC



3D-RPTEC は腎毒性を誘発する多くの薬物で ATP 量の低下を示した。有効濃度と ATP 低下濃度（IC20 値）の乖離から安全域を算出、7 日間曝露において高い感度で腎毒性（近位尿細管障害）を検出した。

HK-2 細胞



HK-2 細胞は長期曝露で細胞が剥離するため、最長 3 日間で実施、HK-2 細胞では 3D-RPTEC と比較して、偽陽性や偽陰性の薬物が多い結果となった。

メーカーコード	品　　名	容量	希望納入価格 (円)
NCP04SP	3D-RPTEC (6well-Multi)・専用培地セット	1セット	照 会
NCP05RP	3D-RPTEC (6well-Multi)	1セット	照 会
NCP03CM	3D-RPTEC専用培地	100mL	照 会

詳細は当社 Web をご覧下さい。
試薬事業トップ→ライフサイエンス→薬剤探索→ 創薬支援用ヒト細胞→ 3D-RPTEC®
https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/category/03232.html

Ref…2 ～ 10℃保存　F…－ 20℃保存　-80…－ 80℃保存　-150…－ 150℃保存　表示がない場合は室温保存です。その他の略号は、巻末をご参照下さい。
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

第39回 Wakoワークショップ 見聞録

「神経変性疾患の謎を解き明かす」

順天堂大学脳神経内科　上野　真一、服部　信孝

2024年12月21日、「神経変性疾患の謎を解き明かす」をテーマに、第39回Wakoワークショップが秋葉原コンベンションホールで現地参加およびオンライン参加のハイブリッド形式で開催された。今回のワークショップは順天堂大学脳神経内科主任教授の服部信孝をオーガナイザーとして、日本の脳神経疾患研究をリードする6名の講師が登壇し、最新の研究成果と今後の展望が発表された。服部は冒頭において、神経変性疾患研究の現状を振り返り、従来の対症療法にとどまらず、根本的な疾患修飾療法の実現を目指した新たな研究の必要性を強調した。

最初に登壇した渡辺宏久先生は、エネルギー代謝障害がパーキンソン病（PD）の病態形成に与える影響について詳細に説明し、最新の研究動向を発表した。冒頭、加齢がPDの主要なリスク因子であることに言及し、安静時機能的MRIでは五感を司る情報処理ネットワークが特に加齢とともに機能低下し、脳のハブ機能を有するコントロールネットワークに過負荷が掛かることを示した。それと関連してPDでは五感に関わる嗅覚や視覚などの感覚系に関連する神経障害を発症初期から認め、さらにPD病態に関わる黒質や大脳皮質、脳幹部などの神経細胞は長い軸索を持つためエネルギー需要が高いとされる。よって加齢やミトコンドリア機能の低下によってATPの供給が不足すると、神経細胞はエネルギー不足により興奮と抑制のバランスが崩れ、AS凝集の引き金になるとともに神経変性が引き起こされることを提唱した。さらに、PDの血液および髄液を用いた解析により、エネルギー代謝経路における変化を示した。具体的には、解糖系からβ酸化系へのエネルギーシフトや、髄液中の遊離ミトコンドリアDNAが増加していることなどを明らかにした。また、エネルギー代謝の中心的役割を担うヒポキサンチンがPDの血液および髄液で低下し、病態進行と関連していることを示唆した。これに基づき、ヒポキサンチンの増加を目的とした、XOR阻害薬であるフェブキソスタットとイノシンを組み合わせた臨床試験の結果を紹介し、ATP供給の活性化を図る新たなアプローチが有望である可能性を提示した。

オーガナイザーの服部　信孝 先生

2番目に登壇した波田野琢先生は、α-シヌクレイン（AS）の構造変化と凝集特性に焦点を当てた講演を行った。これまでのPD遺伝学的研究において、家族性PDに関わる*SNCA*遺伝子、*LRRK2*遺伝子や、リスク遺伝子の*GBA*遺伝子などの重要性を説明し、これらの遺伝的背景がASの過剰産生や凝集を引き起こし、病態形成に寄与しうることを述べた。そして正常なASは主にシナプス小胞形成に関わるとされ生理的な機能を果たしているが、異常構造型のASシードは神経細胞膜や細胞内小器官を巻き込みAS凝集を引き起こし、神経変性につながるというASシード仮説を提示した。そして波田野先生らのグループは、ASシード検出法であるReal-time Quaking-Induced Conversion（RT-QuIC）法を用いたASシード増幅法（SAA）を応用し、血液から微量ASシードの検出を可能にし、α-シヌクレイノパチーにおけるASシード凝集特性の違いを明らかにした。今後はSAAの欠点を改良し、治療法の選択や進行予測が精密化されることが期待される。α-シヌクレイノパチーでは病理学的進展が異なることから、現在AS-PET技術の開発や、レビー小体型認知症におけるASとアミロイドβの混合病理による病態形成メカニズムについても解析していることを述べた。さらに、PDの発症に関与する腸内細菌叢の変化に着目した、抗生剤投与後の便移植療法を新たな治験として開始したことを発表し、このアプローチが新たな疾患修飾療法となる可能性を示唆した。

3番目に登壇した山中宏二先生は、RNA結合タンパク質のTDP-43の異常が筋萎縮性側索硬化症（ALS）の発症および進行に与える影響について詳細に解説した。TDP-43は通常、核内に存在し、RNAスプライシングやRNA代謝に関与している。しかし、ALSにおいては、TDP-43が細胞質に異常移行し核内機能が失われ、細胞質に凝集体を形成する。この異常凝集はALSの患者脳に特徴的な病理所見であり、skein-like inclusionと呼ばれる糸状の封入体として確認される。そこでiPS細胞由来運動ニューロンや培養細胞モデルを用いて、細胞ストレスによりTDP-43が多量体から単量体化し、核内でのRNA結合機能を失い、スプライシング異常が生じることで蛋白合成とRNA代謝が破綻する様子を示した。さらに家族性ALS遺伝子として*SIGMAR1*に言及し、この遺伝子異常がミトコンドリア関連膜（MAM）と

講演の様子

渡辺　宏久 先生

波田野　琢 先生

山中　宏二 先生

勝野　雅央 先生

小野　賢二郎 先生

矢部　一郎 先生

関連することに着目した。*SIGMAR1*欠損マウスでは、MAM機能障害によりカルシウムシグナル伝達の異常を引き起こすことを示した。加えて、免疫応答を調節する分子であるTBK1活性低下も見出し、MAM障害がALS病態に寄与することを明らかにした。これらの研究成果は、TDP-43単量体化を防ぐことや運動神経ストレス応答不全の解明が今後の治療法開発において重要であることを示した。

4番目に登壇した勝野雅央先生は、ALSにおける代謝異常と非運動症状に焦点を当てた発表を行った。ALSは運動ニューロン疾患であるが、認知機能障害、自律神経障害、代謝亢進、耐糖能異常、骨格筋異常などの多様な非運動症状も伴うことを示した。そこでALSの代謝変化を詳細に解析するため、患者血液から縦断的に代謝産物を測定し、代謝異常が病態進行に与える影響を調査した。その結果、エンドカンナビノイド系代謝物であるN-アシルタウリンなどが病態進行と相関していることを明らかにした。N-アシルタウリンはCB1およびCB2受容体を介して神経炎症を抑制し、ミクログリアの活性化バランスを調整することで、炎症性サイトカインの産生を抑制する効果を確認した。さらに、培養細胞モデルを用いて、エンドカンナビノイドの代謝を抑制する化合物PF-04457845を投与した際の効果を検証した。この化合物はエンドカンナビノイド分解酵素であるFAAHを阻害し、N-アシルタウリンの濃度を上昇させることで神経保護作用を発揮することを確認した。ALSモデルマウスにこの化合物を投与した実験では、体重増加や運動機能改善がみられ、脊髄のリピドーム解析においてもN-アシルタウリンの増加を実証した。これらの成果から、エンドカンナビノイド経路を標的とした新たな疾患修飾療法の開発が期待される。

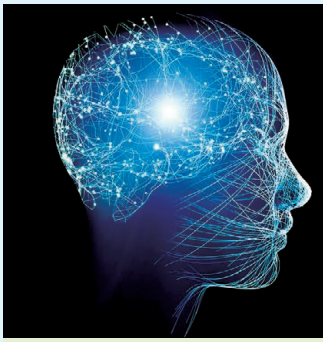
5番目に登壇した小野賢二郎先生は、認知症に関する全国規模の疫学調査結果と最新の治療動向について発表した。まず全国における認知症の有病率は男女とも75歳を境に減少するものの80歳を超えると再び増加し、石川県七尾町における詳細な地域調査では、65歳以上の住民のうち3～4人に1人が認知症または軽度認知障害（MCI）であり、その約7割がアルツハイマー型認知症（AD）の診断を受けていることを示した。ADの病理学的特徴として、老人斑の主要成分であるアミロイドβ（Aβ）の蓄積が挙げられ、近年のPETプローブ技術によるAβ可視化について紹介した。また、神経細胞膜の損傷を引き起こすAβプロトフィブリルを標的とした抗体である、レカネマ

展示の様子

ブに関する臨床試験結果も提示し、18か月間の投与によって認知機能低下の抑制効果を有意に認めた。そして、ピログルタミル化Aβが AD病態形成に与える影響についても触れ、ピログルタミル化Aβを認識する抗体であるドナネマブの開発も示した。加えてトランスフェリン受容体抗体シャトル技術を活用した脳血液関門を効率的に通過する抗体輸送システムの開発が進められており、新たな可能性として紹介された。

6番目に登壇された矢部一郎先生は、シナプス機能に関与するBassoon（*BSN*）遺伝子変異が神経変性疾患に及ぼす影響について発表した。まず、生殖細胞系の網羅的遺伝子解析の重要性に触れた上で、倫理的課題を含む臨床遺伝学の現状を説明し、その中で家族性の非典型的な進行性核上性麻痺（PSP）患者から*BSN*遺伝子のミスセンス変異を同定した。BSN蛋白は、通常シナプスのアクティブゾーンに存在し小胞放出を調整するが、変異BSN蛋白はタウ蛋白凝集を促進することが示唆された。*BSN*遺伝子変異患者剖検脳では、海馬の神経細胞脱落が顕著で、3リピートおよび4リピートタウの蓄積が確認されたが、tufted astrocyteの形成は認められなかった。そして、*BSN*遺伝子変異マウスモデルの解析結果も示し、記憶力低下、運動機能障害、TH陽性細胞の脱落、VMAT2染色性減少を報告した。*BSN*遺伝子変異はPD、MSA、ADなど他の神経変性疾患とも関連している可能性があり、単なるシナプス関連蛋白ではなく、蛋白分解系や軸索形成など多機能な役割を担うことが示唆された。最後に未診断疾患イニシアチブを通じた新規遺伝子変異研究についても言及し、遺伝子解析に基づく精密医療・先進医療の可能性を提示した。

最後に、服部信孝は講演を総括し、日本の脳神経疾患研究における基礎研究と臨床応用のさらなる連携の必要性を強調した。講演にもあったようにエネルギー代謝研究、バイオマーカー技術の進展、抗体治療の革新が、国際的な研究連携の推進を通じて次世代の治療開発を牽引するためには重要であると述べた。本会は、研究者間の活発な議論を通じ、次なる研究フェーズへ向かうための貴重な一歩となった。最後に本ワークショップの開催にご尽力いただいた富士フイルム和光純薬株式会社の皆様に深く御礼を申し上げる。



第39回 Wakoワークショップ

神経変性疾患の謎を解き明かす

2024年12月21日（土）10:00～17:00

秋葉原コンベンションホール ＋ ウェビナー

■開催要項

開 催 日：2024年12月21日（土）
会　　場：秋葉原コンベンションホール＋ウェビナー（ハイブリッド開催）
総合企画：**服部　信孝**（順天堂大学　学長補佐、大学院医学研究科神経学　教授）
主　　催：富士フイルム和光純薬株式会社

■講演プログラム

〈第1部：パーキンソン病の分子機構〉
●**「エネルギーに着目したパーキンソン病の病態解明と創薬開発」**　藤田医科大学 医学部 脳神経内科学 主任教授　渡辺　宏久
●**「パーキンソン病の病態解明とバイオマーカー開発」**　順天堂大学大学院 医学研究科 神経学 先任准教授　波田野　琢

〈第2部：筋萎縮性側索硬化症の分子機構〉
●**「ALSにおけるTDP-43病理形成と制御の分子機構」**
名古屋大学 副総長、環境医学研究所 病態神経科学分野 大学院医学系研究科 病態神経科学 教授　山中　宏二
●**「リバーストランスレーションで読み解く筋萎縮性側索硬化症の病態機序」**
名古屋大学 大学院医学系研究科 神経内科学 教授　勝野　雅央

〈第3部：認知症の分子機構〉
●**「アルツハイマー病の抗体療法の現状と展望」**
金沢大学医薬保健研究域医学系 脳神経内科学 金沢大学附属病院 脳神経内科 教授　小野　賢二郎
●**「Bassoon proteinopathyという病態は存在するのか？」**
北海道大学大学院医学研究院 研究院長補佐 神経内科学教室 教授　矢部　一郎

ヘルマン・コルベ（1818. 9. 27～1884. 11. 25）

千葉大学名誉教授　根矢　三郎

1．はじめに

地球上のあらゆる生物は炭素原子をもつ有機化合物を含んでいる。炭素は特定の発見者がいない元素で、純粋な炭素でできた物質としてはダイヤモンドや黒鉛、フラーレンなどがよく知られている。アメリカ化学会のデータには2021年の時点で2.5億種類以上の化学物質が登録され、その67%が炭素を含む有機化合物である。2025年現在、元素は118種が知られ、自然界にある元素としては、ウランが最大の原子番号92をもつ。その中で、炭素が「生命の元素」となる理由は、炭素原子が4本の結合手を通じて、千差万別の形と大きさの膨大な物質をつくるためである。植物が光合成をする、動植物が栄養源を吸収して成長して子孫を残すなどの生命経過の背後には、炭素がもつ構造の特異性と多様性が潜んでいる。

とはいえ、長い歴史を見れば、人類が炭素化合物を比較的自由に取り扱えるようになったのは、さほど昔ではない。それまでは自然界にある資源をそのまま採取し活用してきた。私たちが生命体にある炭素化合物の正体を知り、人工的に天然物や類似物をつくり出す「有機化学」にたどり着いたのはようやく200年ほど前と思っていただきたい。多彩な化学反応を見つけ、医薬品やプラスチックなどの有用物をつくる「合成有機化学」が展開し始めたのは、まだ記憶に新しい出来事だ。ヘルマン・コルベ（図１）は、合成有機化学の基礎を築いたドイツの傑人である。では、彼がいかに近代有機化学の誕生に貢献したか、当時の時代背景を交えて紹介しよう。

2．生い立ちから逝去まで

コルベはアドルフ・ヴィルヘルム・ヘルマン・コルベ（Adolph Wilhelm Hermann Kolbe）の戸籍名をもつ。1818年にドイツ連邦共和国ニーダーザクセン州（州都ハノーファー）の都市ゲッティンゲンの近郊エリーハウゼンで生まれた（図２）。生涯の活動を通じて簡易な名前であるヘルマン・コルベを名乗った。父親は革新的キリスト教であるルーテル派の教会牧師で、母親は名門ゲッティンゲン大学の解剖学教授A. F. ヘンペルの娘だった。コルベは15人兄弟の長男として誕生した。13歳でゲッティンゲンのギムナジウム（ドイツ式の10－18歳用学校）に入学した。そこを巣立つと、1838年に有名な化学者フリードリヒ・ヴェーラー（1800－1882）がいたゲッティンゲン大学に進んだ。ゲッティンゲン大学を卒業後、1842年にフィリップ大学マールブルク校（1527年創立）で、高名な有機化学者ロベルト・ブンゼン（1811－1899）の助手となり、彼の下で博士号を取得した。1845－1847年に、イギリスのロンドンで過ごし、イギリス王立鉱山学校にいた化学者ライアン・プレイフェア男爵（1818－1898）の助手として、ユストゥス・フォン・リービッヒ（1803－1873、ドイツ人化学者）らとともに「純正および応用化学の辞典」の出版に編著者として参加した。1851年になると、ドイツのフィリップ大学マールブルク校に招かれて帰国した。やがて1865年にライプツィヒ大学に招聘された。家庭生活では、1853年にドイツ軍司令官ヴィルヘルム・フォン・バルデレーベンの娘シャルロッテと結婚し、23年間の幸せな家庭生活の中で4人の子供たちに恵まれた。残念ながら、妻が永眠した6年後、コルベは1884年に66歳で心臓発作のためライプツィヒで逝去した。

図１．ヘルマン・コルベの肖像。参考文献１より。

図２．コルベが活躍したドイツの都市。ドイツの国土面積（35.7km^2）は日本（37.8km^2）よりもやや小さい。

3．生気論を超えて

コルベが活躍する以前のドイツの社会背景を概観してみよう。有機化学の父とよばれたドイツ人化学者フリードリヒ・ヴェーラーは、シアン酸アンモニウム（高価な化学物質）の分解過程で、1828年に尿素$CO(NH_2)_2$を偶然発見していた。尿素は生体でタンパク質が分解されできる皮膚の保湿因子で、不用部分は尿中に排泄される。一方で、一部の化学者は尿素が人工合成された後も依然として「生気（せいき）論」（vitalism）を信じ続けていた。生気論の背後には、古代ギリシャの哲人アリストテレスが唱えた伝統的な霊魂（れいこん）説（soul theory）「霊魂が生命現象の背後に宿る」への執着があったようだ。アリストテレス以降も流布していた霊魂説を発展させたのが、ドイツ人化学者ゲオルク・エルンスト・シュタール（1659－1734）の生気論である。生気論は「有機物質を合成できるのは生物

だけで、その合成には生物がもつ生命固有の活力が必要」とする説である。

コルベは生命体を特別視せず、物質が人為的操作により別物質になるというアイデアを推し進めた。特筆すべきことに、彼は二硫化炭素CS_2（工業的に容易に得られる物質）が複数の非生命的反応を経由して、発酵で得られる食酢の成分である酢酸CH_3COOHになる結果を1844年頃に自らの実験で示したのだ。この過程で結合ができて炭素原子が1つ増えていることに注目しよう。酢酸という有機化合物が、生命体がつくる特別な物質ではないと確証したのである。二硫化炭素は炭素を含む劇薬の液体で、二硫化炭素からの酢酸合成を知った「生気論」の信奉者たちは驚いた。

また、コルベは1884年に、ドイツ人弟子のルドルフ・シュミット（1830－1898）とともに、フェノールをナトリウム塩に変えて二酸化炭素CO_2雰囲気下に8メガパスカルに加圧して125℃で加熱すると、高収率でサリチル酸が得られることも発見した（図３A）。

コルベはさらに、カルボン酸塩RCOOKやRCOONa（Rはアルキル基）を水中やアルコール中で電気分解すると、陽極で$2RCOO^- \rightarrow 2CO_2 + R-R + 2e^-$の反応が起こり、カルボン酸中のR基は二量化して二酸化炭素（人間や動物が出す）が放出される現象をみつけた（図３B）。一方で、この反応を酢酸ナトリウムの水溶液中で行うとエタンが発生する。R基が異なる2種類のカルボン酸を用いると、3種類の生成物ができる。2つのカルボキシ基が長鎖分子両末端に位置する場合は、分子内環化反応に適用できる。

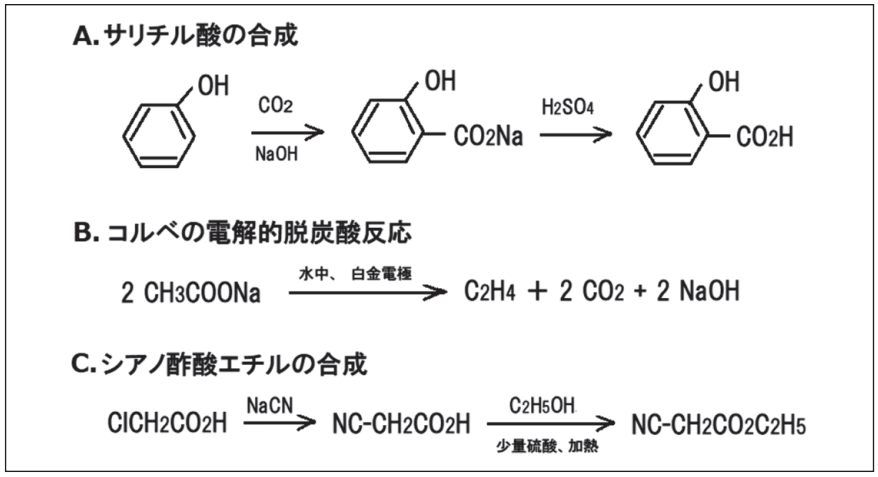


図３．ヘルマン・コルベに関連する有機化学反応。

４．化学産業の草分け

コルベは友人の化学者アウグスト・ヴィルヘルム・ホフマン（1818－1892）とともに1873年に、金属ナトリウムではなく、安全な水酸化ナトリウムを使い、フェノールからサリチル酸を製造するより安価な方法を開発した。コルベはこの方法を産業規模に拡大するためドレスデン北西部近郊のラーデボイルに生産工場を建設した。市場に向けた積極的開発によりサリチル酸（２－ヒドロキシ安息香酸）とそのメチルエステル（天然物はツツジ科植物より採取される貴重品、冬緑油（とうりょくゆ））を併用した歯磨き粉、マウスウォッシュ、入浴剤、防腐剤、食品保存料を製造した。人工製造できるサリチル酸は香水、香料、染料やアスピリンなどの医薬品に広く適用される化合物となった。サリチル酸合成はコルベに莫大な収益をもたらした。コルベはさらに、イギリスの化学者のエドワード・フランクランド（1825－1899）と共同で、クロロ酢酸$ClCH_2COOH$とシアン化ナトリウムNaCNからニトリル化合物であるシアノ酢酸エチル（$NCCH_2COOC_2H_5$）ができることを1849年に報告した（図３C）。シアノ酢酸エチルは複数の官能基をもち化学反応性が高く、多様な物質の原料になるため今なお有用である。こうして、コルベは19世紀後半のドイツの精密化学産業の成長基盤を築き上げた。

５．研究者の養成と学術出版

コルベは約40年間の研究過程で総勢2,000名近くの学生を指導し、数十名の博士号取得者らを育てた。彼の研究室からは、ペーター・グリース（合成染料の開発者）、アレクサンドル・ミハイロヴィチ・ザイツェフ（ザイツェフ則の創案者）、テオドール・クルチウス（クルチウス転位の発見者）、エルンスト・オットー・ベックマン（ベックマン転位の発見者）、カール・グレーベ（アリザリンの発見者）、ウラジミール・マルコフニコフ（マルコフニコフ則の発見者）、アレクサンダー・クラム・ブラウン（エチレンの二重結合の発見者）など、化学に大きな影響を与えた優秀な次世代若手研究者らが巣立った。コルベはまた、イギリスのロンドンでの研究を通じて、多くの研究者と知り合い、欧米の有機化学の初期発展に貢献した。コルベは1864年にスウェーデン王立科学アカデミーの外国人会員に、1874年にアメリカ哲学者協会会員に選出され、1884年（逝去年）にはロンドン王立協会のデービー賞を受賞した。コルベは、教科書や化学雑誌の編集者としても活躍した。多忙の中、ドイツ最古の化学雑誌である*Journal für Praktische Chemie*誌の編集主任を1870年から1884年に務めた。この雑誌は元々1828年にO. L. エルドマン（1804－1869）が発刊し、1953年までは旧東ドイツ共和国の*Journal für Praktische Chemie/Chemiker*

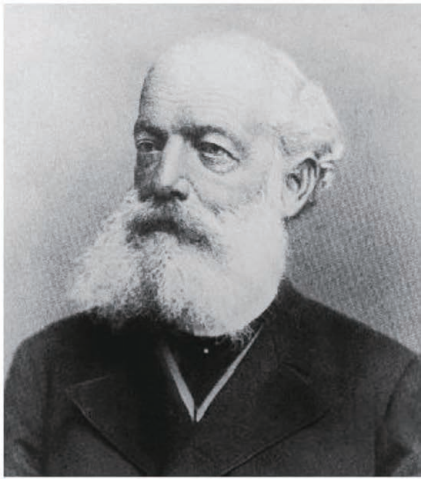


図４．ファント・ホフ（左）とケクレ（右）の肖像。それぞれ参考文献２と３より。

*Zeitung*だった。さらに、コルベは1854年から1860年に、有機化合物の製造方法をまとめた有名な教科書、*Lehrbuch der Organischen Chemie*（全3巻）を執筆した。

６．研究者としての個性

コルベは草分け期の有機化学を発展させた傑物で、多くの弟子たちを育成した。一方で、有機化学の創始期にあって理論を本流視せず、ドイツ人化学者アウグスト･ケクレ（図４）（1829－1896）が提唱したベンゼンの構造式（単結合と二重結合が交互に並ぶ六角形）をきっぱり否定した。また、ケクレの教え子であったオランダ人化学者J. H. ファント・ホフ（図４）（1852－1911、1901年に第1回ノーベル化学賞受賞）が唱えた「立体化学」の受け入れにも否定的だった。ファント・ホフは1874年に「化学構造式を空間的に拡大する試み」の標題で、炭素原子の正四面体説を発表していた。これは、炭素原子を三次元的な四面体中心に置くと、4本の化学結合は頂点に向くとする説である。根拠となったのは炭素化合物の異性体数だった。もし炭素原子が平面構造をもち、異なる置換基4つがある場合、それらが同じ平面内にあれば異性体は3つになるが、現実の異性体は2つしかない。ファント・ホフは当時実験的に分かっていた異性体数2に着目して、「炭素原子の正四面体説」として発表した。ところが、発表当初、若きファント・ホフの正四面体説はほとんど注目されなかった。

コルベは*Journal für Praktische Chemie*誌において、編集長として一連の若手研究者たちにしばしば警告を呈した。彼が若い構造化学者らに気を揉んだのは野心や悪意のためではない。初期の有機化学において、高い研究水準と発展過程を維持する上で、新規な理論はむしろ混乱を招くと過度に懸念したためである。確かに分子構造が見えない場合には、信頼できる結論を下すには洗練された実験根拠が必要だろう。合成有機化学の創始期にいたコルベは、まだ経歴が浅い理論化学者らの提案を余計な試みと見なし、地道な有機合成の領域で彼らの想い入れにつき合う暇はないとしてしまった。残念ながら、コルベの憂慮の対象となったのが、最も優れた若手研究者たちだった。やがて、立体化学、芳香族化学、構造化学が発展し、若手らの新規理論が積極的に受け入れられていった。逆に、コルベの化学への影響力には、容赦のない若者批判のため徐々に陰りが出てきた。

コルベは研究の過程で、化学反応に寄与する化学種に対して「根（こん）の説」または「基（き）の説」の理論に強く引きつけられた。根や基の説とは、有機物質の構造に関する考え方である。有機反応には「根」や「基」という不活性で変化しない構造要素があるという主張は、もともとユストゥス・フォン・リービッヒ（1803－1873）が唱えたものだった。コルベはこれらを「ラジカル」とも呼んだ。「コルベのラジカル」は、化合物中にある原子集団で、今でいう「官能基」の概念に近いものだった。コルベのラジカルは、不対電子をもつ分子や原子を指す現在のラジカル（＝有離基）とは意味が異なる。彼はさらに、ギリシャ語が起源で、当時あまり使われていなかった「合成」という言葉を有機化学に導入して一般化した。

７．社会に貢献した有機化学者

コルベの研究姿勢の一徹さを揶揄する声が一部にあったようだ。しかし、コルベは天然有機物の合成の仕組みを自ら追究して、多くの人に利益をもたらしたのは事実である。19世紀の研究者として、独自の合成有機化学を開発して化学産業を発展させ、次世代の化学者を育てた功績は認めざるを得ない。彼が開発した有機化学反応は現在でも大学生向けの多数の教科書に掲載されている。彼の意気込みは、自然にはない素材や医薬品などをつくる有機化学工業の現場を今も照らし続けて止まない。

〔参考文献〕

1) Wikipedia : https:/en.m.wikipedia.org>wiki>Hermann Kolbe（最終閲覧日2024年12月10日）.
2) Wikipedia : https://en.m.wikipedia.org>wiki>Jacobus Henricus van't Hoff（最終閲覧日2024年12月10日）.
3) Wikipedia : https://en.m.wikipedia.org>wiki>August Kekule（最終閲覧日2024年12月10日）.

高い親和性・特異性と低コストを実現、ループ構造にも適用可能な新規アフィニティータグ

PAタグ

Wako

PAタグはヒトポドプラニンのPLAG配列を利用したペプチドタグ（GVAMPGAEDDVV）による日本発のアフィニティータグシステムです。

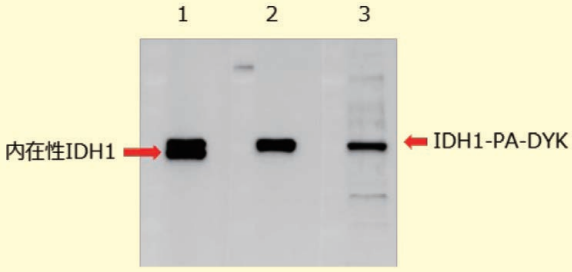
特　長

- PAタグと抗PAタグ抗体の高い親和性と特異性
- 抗体結合ビーズの再生が可能で、ランニングコストを軽減
- 抗PAタグ抗体はPAタグのループ構造を認識でき、膜タンパクの精製・検出にも適用可能

アプリケーションデータ

ウエスタンブロッティング

DYKDDDDK タグと PA タグを C 末端側に融合させた IDH1 を発現する骨肉種細胞のライセートをサンプルにウエスタンブロッティングを行った。



Lane 1　一次抗体：抗 IDH1 抗体（RcMab-1），1 μg/mL
　　二次抗体：抗ラット IgG-HRP 標識，1,000 倍希釈
Lane 2　一次抗体：抗 PA タグ抗体，1 μg/mL
　　二次抗体：抗ラット IgG-HRP 標識，1,000 倍希釈
Lane 3　一次抗体：抗 DYKDDDDK タグ抗体（他社製品），3.5 μg/mL
　　二次抗体：抗マウス IgG-HRP 標識，1,000 倍希釈

抗PAタグ抗体は抗DYKDDDDKタグ抗体よりも特異的にタグ融合タンパク質を認識していた。

<データ提供>
東北大学大学院医学系研究科 地域イノベーション分野 加藤幸成 先生、金子美華 先生

関連製品

コード No.	品　名	規格	容量	希望納入価格（円）
抗PAタグ, ラットモノクローナル抗体（NZ-1）				
016-25861	Anti PA tag, Rat Monoclonal Antibody Ref	免疫化学用	200μL	36,300
012-25863			1mL	118,600
015-25951	Anti PA tag, Rat Monoclonal Antibody, Peroxidase Conjugated Ref	免疫化学用	200μL	49,500
抗PAタグ抗体ビーズ				
012-25841	Anti PA tag Antibody Beads Ref	免疫化学用	2mL（Net 1mL）	78,700
018-25843			10mL（Net 5mL）	302,500
137-18751	MagCapture™ HP Anti PA tag Antibody Magnetic Beads Ref	免疫化学用	2mL	78,700
PAタグペプチド				
161-28681	PA tag Peptide F°	遺伝子研究用	5mg	24,200
PAタグ洗浄溶液				
169-27261	PA tag Washing Solution	遺伝子研究用	50mL	14,500

Ref°…2～10℃保存　F°…－20℃保存　-80°…－80℃保存　-150°…－150℃保存　表示がない場合は室温保存です。
特定 毒-I…特定毒物　毒-I 毒-II…毒物　劇-I 劇-II 劇-III…劇物　毒…毒薬　(劇)…劇薬　危…危険物　(向)…向精神薬　特麻原…特定麻薬向精神薬原料
審-1…化審法 第一種特定化学物質　審-2…化審法 第二種特定化学物質　化兵1…化学兵器禁止法 第一種指定物質　化兵2…化学兵器禁止法 第二種指定物質　カルタヘナ…カルタヘナ法
覚…覚せい剤取締法　毒素等…国民保護法
掲載内容は、2025 年 4 月時点での情報です。上記以外の法律及び最新情報は、当社 Web をご参照下さい。

【試薬】
試験・研究の目的のみに使用されるものであり、「医薬品」、「食品」、「家庭用品」などとしては使用できません。
試験研究用以外にご使用された場合、いかなる保証も致しかねます。試験研究用以外の用途や原料にご使用希望の場合、弊社営業部門にお問合せ下さい。

記載希望納入価格は本体価格であり消費税などが含まれておりません。

和光純薬時報 Vol. 93 No. 2
2025 年 4 月 15 日 発行
発行責任者　岡本訓明
編集責任者　加藤晃裕，宇治葉子
発　行　所　富士フイルム和光純薬株式会社
〒 540-8605　大阪市中央区道修町三丁目 1 番 2 号
URL https://fujifilm.com/ffwk
印　刷　所　共進社印刷株式会社
●和光純薬時報に対するご意見・ご感想・送付先変更・配信停止等はこちらまでお寄せ下さい。
E-mail　ffwk-siyakuinfo@fujifilm.com

●製品に対するお問合せはこちらまでお寄せ下さい。
Please contact us to get detailed information on products in this journal.
■富士フイルム和光純薬株式会社（Japan）
試薬 URL　https://labchem-wako.fujifilm.com
フリーダイヤル（日本のみ）0120-052-099
E-mail ffwk-labchem-tec@fujifilm.com
■Wako Overseas Offices :
・FUJIFILM Irvine Scientific
Tel +1-949-261-7800 / Fax +1-949-261-6522
・FUJIFILM Wako Chemicals Europe GmbH　https://www.wako-chemicals.de
European Office（Neuss, Germany）: Tel +49-2131-311-0 / Fax +49-2131-311-100