

分析機器解説シリーズ(95)

◆イメージングプレート (IP) 法による
金属・セラミックス中の水素分布の可視化 P1
九州大学大学院総合理工学研究院 大塚 哲平

トピックス

◆ハイブリッドSEMの開発と応用 — SEMと蛍光顕微鏡 — P4
九州大学病院・中央形態分析室 金丸 孝昭
日本電子株式会社 高洲 信一
日本電子データム株式会社 重松 実
久留米大学医学部解剖学講座 中村桂一郎

分析機器解説シリーズ(95)

イメージングプレート (IP) 法による 金属・セラミックス中の水素分布の可視化

九州大学大学院総合理工学研究院 大塚 哲平

1 はじめに

材料中に放射性同位元素 (Radioisotope, RI) を導入し、このRIから放出される放射線 (α 線, β 線, γ 線, X線など) の写真感光作用を利用して材料表面の2次元RI分布を可視化・定量化する手法をオートラジオグラフィ (AutoRadioGraphy, ARG) と呼ぶ^{1, 2)}。1990年代にFUJIFILM社が開発したイメージングプレート (IP) は煩雑な手順と経験の積み重ねとが必要である写真に代わる2次元画像センサーであり、ARG分野の発展に貢献し、急速に広く普及しつつある。この点では、我々の身の回りでも、銀塩カメラがデジタルカメラに取って代わられつつあるという状況によく似ている。ここでは、金属・セラミックス材料中の水素の動きを捉えるために、水素に極微量の放射性水素同位体 (トリチウム) を混入させて行うトリチウムオートラジオグラフィ

(TARG) にIP法を適用した例を紹介し、その測定原理を解説する。

2 イメージングプレート (IP) 法とは?

IP法は、支持板表面に輝尽性発光物質 ($\text{BaFX} : \text{Eu}^{2+}$ ($X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$), バリウムフルオロハライド) を塗布したIPに放射線情報を“記録”し、専用のリーダーにより“読出し”を行うという実に簡素な手順により、放射線の積分強度およびその2次元強度分布画像を得る方法である。可視光を照射すると放射線情報は“消去”されるので、IPを繰り返し使用することも可能である。

放射線情報の“記録”では、図1に示すような輝尽性発光物質層をRI含有試料表面に密着させて放射線に“露光”するため、一般的には試料“表面”の放射線強度分布またはRI濃度分布が得られると表現されること

IP断面構造(BAS-MS)



※磁気吸着層はBAS-システム内部での磁気輸送に必要です。

図1 IPの断面構造模式図³⁾

が多い。後に、少し詳しくこの“表面”を取り扱って、IP法の空間分解能を考えてみたい。

放射線情報の“読出し”については、放射線露光されたIPを精密に搬送し、その表面をレーザーで光走査することにより行う(図2参照)。これにより生じる輝尽発光(PhotoStimulated Luminescence, PSL)を光電子増倍管で計測する。

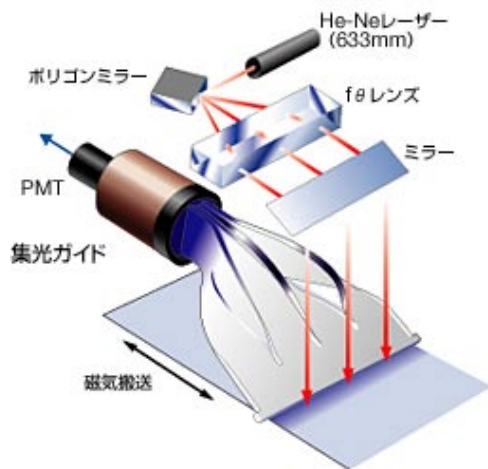


図2 IPリーダーの概略図³⁾

図3に輝尽蛍光物質の発光メカニズムの概念図を示す⁴⁾。放射線量子(光子・電子など)が輝尽蛍光結晶に入射すると電子-正孔対が生成され、電子は結晶中の格子欠陥に捕獲された状態、つまり放射線情報が“記録”された状態となる。“読出し”はHe-Neレーザーの赤色光(633nm)を照射することにより生じる青色光(400nm)の強度すなわちPSL強度を測定するわけである。このPSL強度は、FUJIFILM社が提唱する独自の単位であるが、入射放射線量子数に比例しており、予め既知の放射能を持つ物質でラベルされたスケールに

より検量しておけば、ただちに放射線強度として定量することができる。

IPリーダーの読出しセルサイズは、10~100 μmから選択することができる。金属・セラミックス中に溶解したトリチウムから発せられるβ線(電子線)の飛程は以下の式で表される⁵⁾。

$$x = \log E ; y = \log R_p$$

$$y = -5.100 + 1.358x + 0.215x^2 - 0.043x^3$$

(0.1 < E < 100keV)

ただし、Eはエネルギー (keV)、 R_p は飛程 (gcm^{-2})である。トリチウムβ線は最大エネルギー18.6keV(平均エネルギー5.7keV)の連続スペクトル線であり、例えば鉄(密度7.87 gcm^{-3})中の最大飛程は0.9 μmである。制動X線や特性X線は、透過能が高く、線エネルギー付与が低いので全体のバックグラウンド上昇に寄与する可能性はあるが、トリチウム2次元位置情報に関する限り影響は小さいと考えられる。IPを試料“表面”に理想的に密着させたと仮定すれば、IP法により測定した放射線強度は、“表面”から約1 μm深さからのβ線が寄与した放射線積分強度であるということが出来る。トリチウム専用のIPには、既出の図1中に描かれている表面保護膜(10 μm)がない。これは、トリチウムから発せられるβ線のエネルギーが低く、保護膜といえども感度低下を招くためだけでなく、試料“表面”と輝尽性発光層に隙間があるとトリチウムβ線放出の立体方位角によって空間分解能の低下を招くためでもある。この読出しサイズが、2次元画像情報として十分であるかど

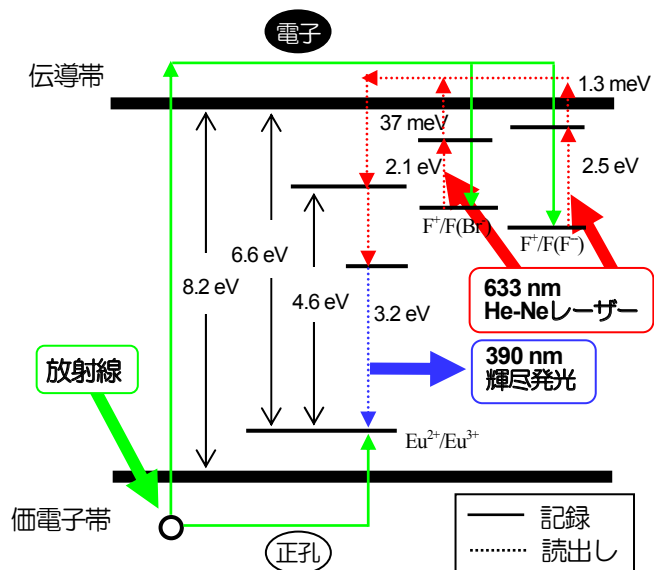


図3 BaFX : Eu²⁺の輝尽発光メカニズム⁴⁾

うかは、研究目的に依るであろう。例えば、医学生物学分野のように数十センチのマウスにトリチウム標識化合物を注入し、ダイナミックなRIの動きを調べる場合には十分である。しかしながら、金属またはセラミックス中の粒界や析出物などの欠陥周辺におけるトリチウム分布を可視化・定量化するには少なくとも数マイクロオーダーの読み出しセルサイズが必要である。

3 IP法により金属中のトリチウムの動きを可視化する！

ジルコニウム金属板の片側端面にトリチウムを導入し、673Kで10時間アニールしてからIP法を適用した例を紹介する⁶⁾(図5(a)参照)。図5(b)は、IP像すなわちPSL強度分布像であり、点線で囲まれた矩形部分が、試料が存在していた領域に相当する。読み出しサイズは50 μm である。また、赤色から青色までのグラデーションは、PSL強度を16ビット階調で示している。ただし、今回はコントラストをつけるために色調とPSL強度の関係は線形でなく指数関数形としている。図中では試料内部(x方向)にPSL強度分布が見られ、x方向に進むにつれて徐々に減少している。これはトリチウム(水素)が試料端面から試料内部へと拡散した様子を明瞭に示すものである。試料が存在しない領域にIPの感光

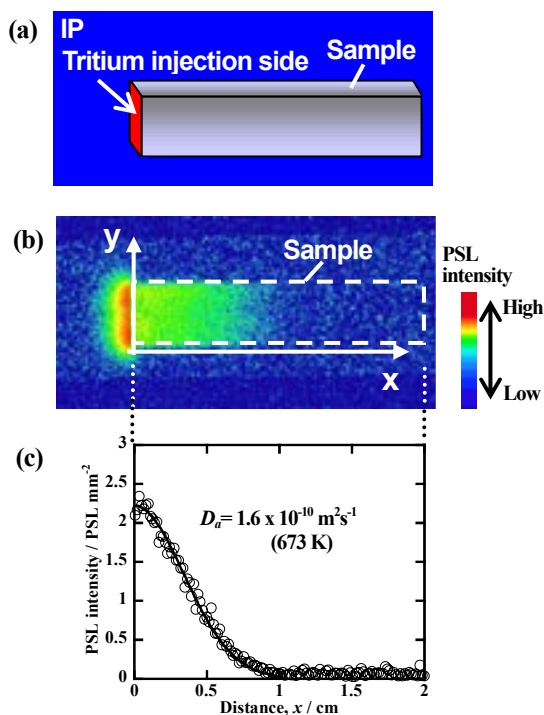


図4 IP法によるジルコニウム中のトリチウム拡散挙動の可視化 (a)トリチウムを導入したジルコニウム板状試料へのIP法適用例, (b)IP像, (c)PSL強度プロファイル

が見られるのは、板の厚さに相当する表面に存在するトリチウム β 線が空气中(飛程約3mm)を通過したためである。x方向にPSL強度の線分析を行った結果を図5(c)に示す。図中の黒線は、半無限媒質中における薄膜拡散源からの拡散の解析解であり、実験データを良く再現していることが分かる。このような方法により、金属中のトリチウムの拡散係数を簡便かつ迅速に測定することが可能となる。また、将来的に空間分解能の向上が達成できれば、トリチウムが金属中の欠陥(粒界、析出物など)に捕獲されたり、局所的に集積したりしながら動く様子が観察されると期待される。

4 おわりに

以上に述べてきたように、IP法により得られる情報は、金属・セラミックス中を動きまわるトリチウム(水素)の言わばスナップショットともいべきものである。空間分解能こそ写真技術によるARG(約1 μm)に及ばないものの、読み出し解像度の向上が計られてきている。ただ、原理的には読み出し赤色レーザーの広がり立体角の寄与を少なくするために輝尽発光層を薄くすれば空間分解能の向上が達成できそうであるが、同時に感度が低下してしまうという問題がある。現状では、マクロでダイナミックな水素の動きおよび濃度分布の定量化はIP法で、マイクロオーダーの局所的な水素集積・捕獲現象は従来の写真ARGで行い、相補的に金属中の水素移動現象を解明していくのが最良である。今後の水素エネルギー社会におけるインフラ構築や水素吸蔵合金開発、プロトン導電体開発分野において、ますますその威力を発揮すると思われる。

参考文献

- 1) 宮原諄二: Radioisotopes, 47, 143 (1998).
- 2) 大塚哲平: 顕微鏡, 39, 59 (2004).
- 3) 富士フイルム株式会社ホームページより許可を得て転載。
<http://fujifilm.jp/business/lifescience/index.html>
- 4) Y. Iwabichi, N. Mori, K. Takahashi, T. Matsuda and S. Shinoya: Jpn. Appl. Phys., 33, 178 (1994).
- 5) J. Gledhill: J. Phys. A, 6, 1420 (1973).
- 6) K. Hashizume, Y. Saruwatari, T. Hirano, T. Otsuka, T. Tanabe, Y. Tsuchiuchi: Proc. 2005 Water Reactor Fuel Performance Meeting, 1119 (2005).

ハイブリッドSEMの開発と応用 — SEMと蛍光顕微鏡 —

金丸 孝昭¹、高洲 信一²、重松 実³、中村 桂一郎⁴

¹九州大学病院・中央形態分析室、²日本電子株式会社、
³日本電子データム株式会社、⁴久留米大学医学部解剖学講座

1. はじめに

医学生物系の微小領域形態観察装置、すなわち顕微鏡として、1960年前後から70年代をピークに、電子顕微鏡（電顕）は、世界の形態学をリードしてきました。ところが、1980年代末頃から、共焦点レーザー光学顕微鏡（光顕）を筆頭に所謂、ニューマイクロスコープと呼ばれている観察装置に中心的立場を譲り、電顕は特に高倍率での構造観察研究へとシフトしています。

その理由としては、カラー情報を持つレーザー光顕の時間・空間分解能が高くなり、同時にGFP（Green Fluorescent Protein）など蛍光物質による標識の応用が時代にマッチし、生物の静的（3D）及び動的（タイムラプス）な観察が可能になって来たことがあげられ、また近年の原子間力顕微鏡（AFM）や近接場顕微鏡等の新型顕微鏡の発達により、分解能も飛躍的に高くなり1分子観察も実用化されて来ました。

一方、高分解能の電顕も免疫電顕法、エネルギーフィルター法、高圧凍結法や低真空走査型電子顕微鏡、蛍光X線分析法など、観察法が発展して来ました。ですが、電顕は光顕に比べると元来モノクロ画像であり、色を持たないという原理的制約が存在し、また遙かに高い分解能であるが故に、試料作製法には多くの制約条件、例えば試料は通常脱水が必須で、作製時間や手順の煩雑性および種々の高価な装置や器具の使用が必要であり、効率的な成果の生産性に乏しく不利な立場にあります。

生物の形態観察は、ポストゲノム研究の発展と共に、今後高分解能観察だけでなく、機能解析をも可能とする多種多様な観察法と試料作製法の開発が必要です。光顕用の多彩で効果的な標識法と電顕レベルでの高分解能観察、この相反する要求が融合した、新しい観察装置と試料作製法の開発が、生物系をはじめ各産業分野における最先端研究の立場から希求されています。その第一歩として、現在、我々は、機能的観察を可能とする蛍光光顕と、高分解能形態観察のための走査型電子顕微鏡（SEM）の特徴を併せ持った、ハイブリッドSEMの開発を目指しています。

2. 電顕と光顕の違いとは

1) 光顕の特徴

生物用光学顕微鏡で一般に用いられる波長域（可視光領域）は、約400 nmから約700 nmに至る300 nm間の狭い範囲です。光顕の分解能もその波長に依存します。紫外線や赤外線は眼で見えることは出来ません。しかし、紫外線または赤外線により、可視光域に励起される蛍光物質により標識された試料を観察する事で、眼に見えない領域も含めて形態解析をする事ができます。また、光顕では生体の動的解析や立体再構築による形態観察が可能になり、微分干渉像や偏光像あるいは、暗視野像などを得る事も出来ます。

2) 電顕の特徴

電子顕微鏡の波長は短く、画像はモノクロです。また、分解能は、加速電圧に依存します。透過型電子顕微鏡（TEM）で使う波長は、0.001 nmから0.0038 nm、走査型電子顕微鏡では、0.012 nmから0.007 nmです。一般に、光顕と電顕の使用波長は10の6乗ほどの差があり、分解能が格段に異なります。そのため試料作製法（電顕用は、特に高精度の試料固定が求められる）を含め光顕とは全く別の観察装置として利用されます。

TEMでは、試料を透過した電子からは、弾性散乱する透過電子や非弾性散乱の透過電子等が生じ、試料からの吸収電流も発生します。これらの電子線により得られる情報を利用し位相差電顕像やエネルギー吸収フィルター像も生成できます。また、SEMでは電子線照射により試料からは二次電子、反射電子、オーージェ電子、カソード・ルミネッセンス（CL）、連続X線、特性X線が発生し、SEMに各種検出器を装着することで様々な画像データを得ることが出来ます。

3. 蛍光標識のSEM観察は可能か

生体内の分子の局在と形態の同時観察は、今後さらに発展しなければならない重要な課題です。分子の局在を知る手段の一つである免疫組織化学的観察手法（主に蛍光抗体法）は、光顕における主要な染色標識技術です。これまでも、またこれからも形態学的・生化学的・生理学的研

究分野にとって、大変重要な可視化技法です。ところで、顕微鏡用の蛍光試料を再度、電顕を用い高倍率で観察しようとする、形態学的に一致した領域を特定することは困難です。その理由のひとつには、一般のカラー情報を持つ顕微鏡の（免疫）染色蛍光物質をSEM用に再加工すると、標識された蛍光は消失します。また、たとえカラー情報を維持出来たとしても、顕微鏡による低倍率画像からモノクロの電顕による高倍率画像観察時の移行的、連続的観察がうまく整合しません。各々の装置を分けて利用すると、試料標識点の位置特定確認が基だ難しいのです。

そこで我々は、同一試料・同一顕微鏡鏡体を用いて、顕微鏡用（免疫）染色試料作製法を応用した試料で蛍光標識を確認しつつ、同時にSEMによる電顕レベルの解像度をもち、立体的観察が可能な「ハイブリッドSEM」を開発しました。

4. ハイブリッドSEMの優位性とは

SEM単体では、数十倍から十数万倍までのズーム観察が簡易に行えます。ハイブリッドSEMでは、試料のある1点が標識された蛍光粒子により輝いていることを顕微鏡モードで確認し、試料上の同一点をSEMモードでスムーズに高倍観察に移行できます。つまり、顕微鏡と電顕の光源を同軸上に共存させることにより蛍光標識された同部位を異なる波長で同時観察できるのです。電子線と同軸上に組み込まれた蛍光顕微鏡にて捕捉され、蛍光標識を付けた部位を即座にSEM観察し、形態的特徴から対象物を短時間で同定することが可能になります。このことが、試料内の関心領域における微小構造体を容易に特定できるハイブリッドSEMの持つ優位性です。またSEMの器械装置としての構造的特徴により、試料搭載台周辺に多彩な検知デバイスを付加・設置するスペースも確保できます。

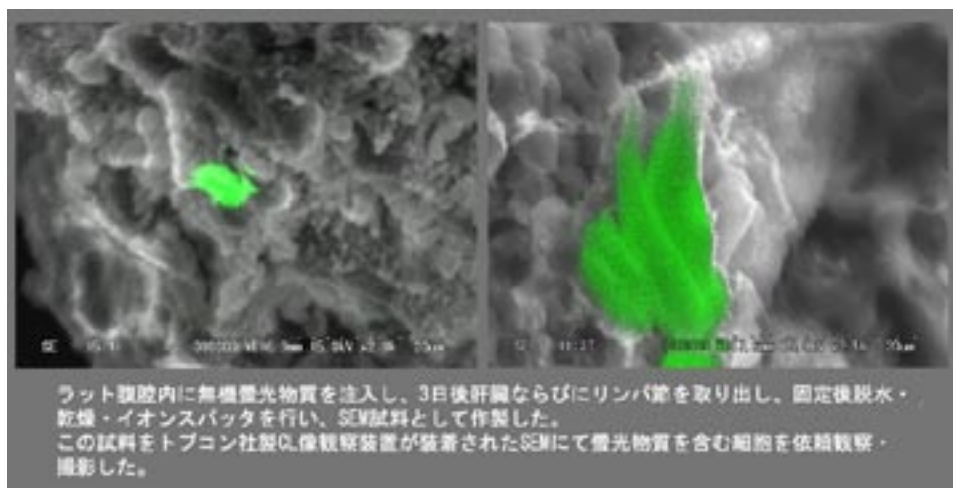


Fig.1 蛍光物質を取り込んだリンパ節

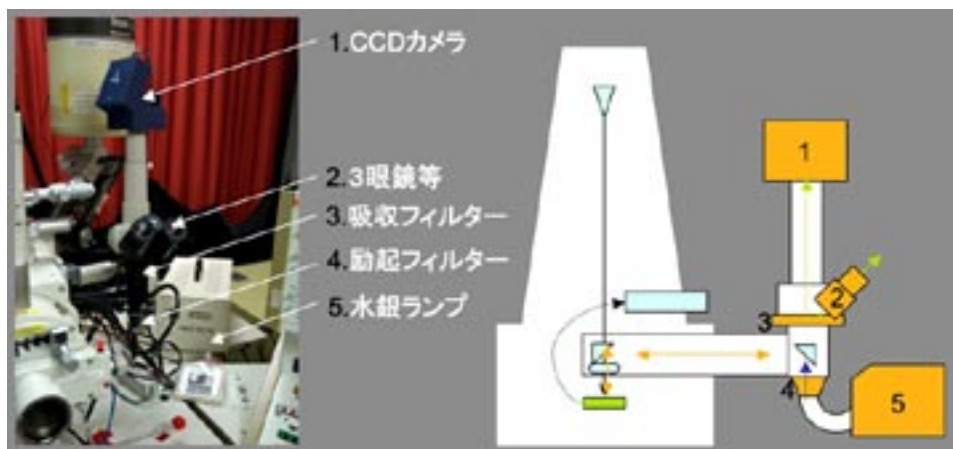


Fig.2 試作1号機

5. ハイブリッドSEMの開発経過

1) 1999年：CL顕微鏡での観察

ラット腹腔内に無機蛍光物質を注入し、3日後肝臓ならびにリンパ節を取り出し、固定後脱水・乾燥・イオンスパッタを行い、SEM試料を作製しました。この試料をトプコン社製CL像観察装置が装着されたSEMにて蛍光物質を含む細胞を依頼観察・撮影しました (Fig.1)。

2) 2004年：ハイブリッドSEM1号機試作

試作機のベースになるSEM (JSM-840) に、挿入可能な（蛍光）光学顕微鏡を装着改良することで、ハイブリッド化しました。光学系は、Zeiss社製水銀ランプを光源とし、ニコン社製3眼鏡筒およびLeica社製フィルターアダプターとJENOPTIK社製冷却CCD撮影装置を取り付け改造、作製しました。(Fig.2)。

3) 2005年：試作2号機作製

波長分散型元素分析装置用のSEM (JXA-8600) には、電子線が通る同軸上に光学レンズ（カセグレンタイプ）が組み込まれています。このタイプのSEMを用い光学系を改造することにより1号機の抱えていた、同軸一致の不安定性問題を解消しました。この同軸型SEMをベー

スとし、2006年春新規に昭和オプトロニクス社製レーザー光源（488 nm）を導入する光学系アダプターを取り付け、Leica社製冷却CCDカメラ、SEM画像取得用データ変換装置である日本電子製SemAfor等をSEM本体へ装着しました。これらの改造の結果、1つのディスプレイ上にSEM像と蛍光光顕像を同時表示することが可能になりました。光学系改良のため、2006年10月にレーザー光源を473nmと交換し、12月レーザー光源用新型アダプターへ交換し、引き続き実証実験を行なっています（Fig.3）。

6. ハイブリッドSEM用試料作製法確立の過程

当初、正常組織内に移植されたGFP陽性細胞をハイブリッドSEMで観察することを目的とした試料作製法の確立を目指しました。

1) 2005年：ハイブリッドSEM1号機試作時代

一般的SEM作製方法では細胞中のGFPは流出してしまいます。また、細胞中のGFP陽性細胞は、ビームダメ

ージにより発光が減弱します。当初、観察試料は、エタノール脱水やt-ブチルアルコールへの置換を短時間に切りつめただけの通常の試料作製法に近い方法で作製しました。わずかに、残存する細胞内GFPタンパクが退色する前にすばやく観察を行いました（Fig.4）。

2) 2006年：2号機作製時代

その後、我々の実験結果と文献による検討を繰り返し、その中でGFP導入試料の脱水にはアセトンが適していることがわかり、さらにアセトンのアセトニトリル等で置換した後、凍結乾燥する方法等を試してきました。また、新たに各種有機溶剤に対応できる凍結乾燥装置（真空デバイス社製：QFD-06）を作製し、比較的安定なGFP陽性細胞の試料作製が可能になりました（Fig.5, 6）。現在、これまでの試料作製法に改良を加えながら新試料作製法を確立するための実験を継続中です。

7. ハイブリッドSEMの今後

これまでの目標は、細胞レベル（約10 μ m）までの観察

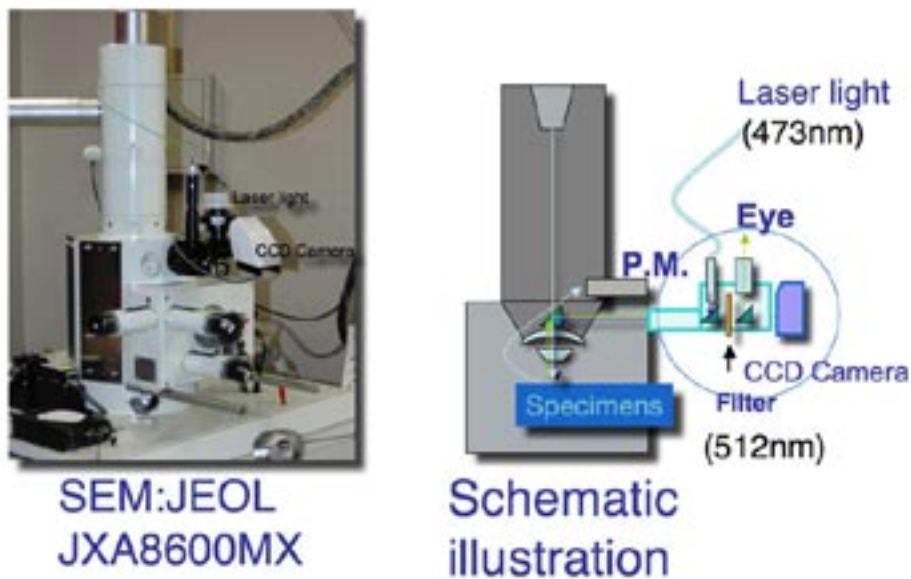


Fig.3 試作2号機

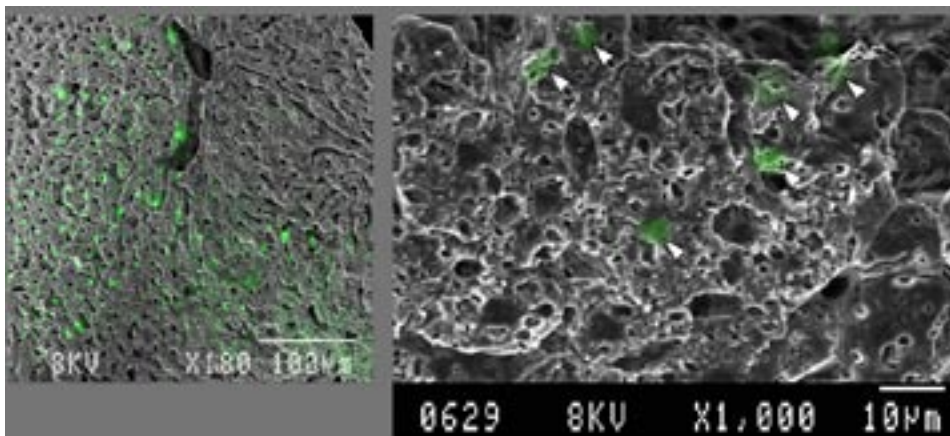


Fig.4 GFP陽性細胞を持つ肝臓

でした。しかし、今後は細胞内小器官（オルガネラ：数 μm ）や1分子観察（nanoオーダー）に移行していきます。そのためのソフトやハードが現在のままではその目標を達成し得ないために、更なる改良発展を必要としています。具体的な目標の一つは、特定の分子1個を標識し確認することです。

1) 試料作製法の改良

オルガネラ等を免疫染色した生物試料をハイブリッドSEMで観察する場合、有機蛍光物質による染色を行なった試料をレーザー光源で励起して観察する事が主になります。しかし、有機蛍光物質は電子線により多少とも

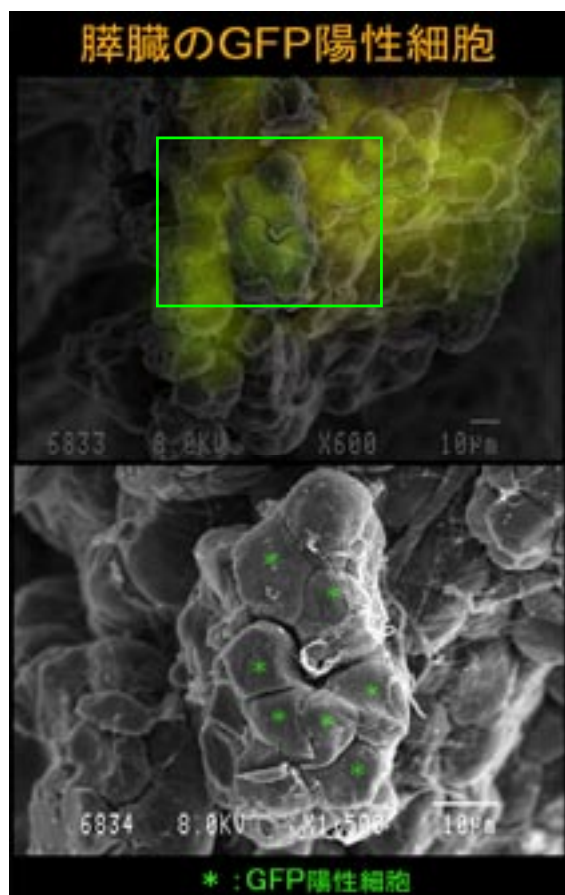


Fig.5 GFP陽性の脾島様細胞が観察されたマウスの脾臓

ダメージを受けます。それを回避するためには、新機軸の蛍光物質の導入が考えられます。また、有機系の蛍光標識だけでなく、電子線ダメージへの耐性が高い無機系の蛍光標識を導入することもあり得ます。その結果、ハイブリッドSEM内に組み込まれた光学系対物レンズにより、無機蛍光体で標識された試料から、電子線励起されたCL画像を取得する事も可能となります (Fig.7)。

2) 新型観察装置作製

細胞内の微小器官やタンパク1分子を観察するには、高倍率・低加速で観察可能な装置が必要です。これまでに製作してきたハイブリッドSEMの光学顕微鏡部は、現在確認した性能によると約40 nmの大きさの蛍光粒子を検出することができました。蛍光強度が、今以上であれば10nm粒子サイズの検出も可能と思われます。ですが、現状の有機蛍光標識では、これ以上蛍光強度を引き上げる事は無理と判断し、新機軸の蛍光物質の導入と共に、今以上明るい光学系（対物レンズ）を考案中です。

また内蔵する光学システムは、共焦点型レーザー光頭を導入することで、さらなる高倍率観察が可能になります。従来型のレーザー光頭をSEMに組み込むと、電子線と同軸上でのレーザースキャンが難しく、試料台が走査するマッピング型共焦点蛍光タイプの光頭が有利です。これと高感度カメラの組合せにより、オルガネラレベルや1分子タンパクレベルの観察が可能になると予想します。光学系で特に大切なことは、十分な光量の確保と収差のない像を作ることの2点です。収差の無い像の為には、精度を求める高度の加工技術を要しますが、最終画像に強く影響するので殊更に重要です。

電子顕微鏡側には、加速電圧1kV以下でも観察可能な、電子銃部にフィールド・エミッション型のFE-SEM等を用いることで、出来るだけ試料ダメージを与えない高倍率観察が可能になります。さらに、SEM画像と光頭蛍光像、両画像の高速表示を行い、その重ね合わせ画像の同時表示が出来るソフトも必要です。

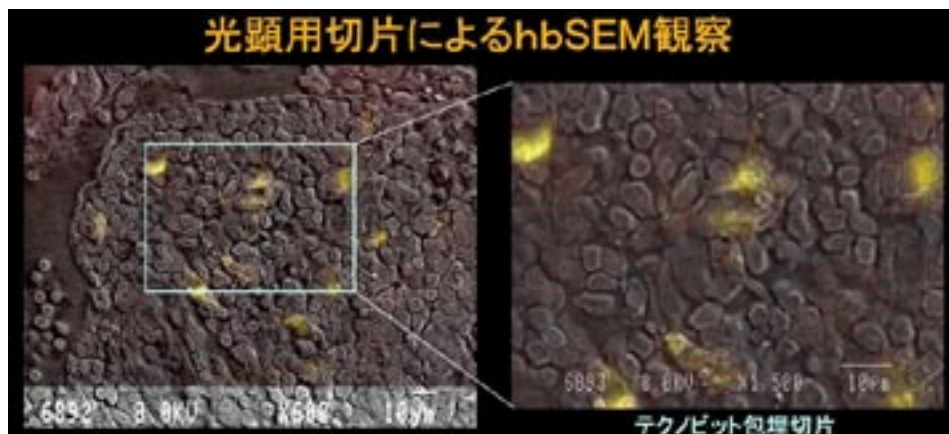


Fig.6 自家蛍光を持つマクロファージを含むリンパ節試料をプラスチック包埋、切片にした後イオンエッチングを行い観察

3) 拡張性

本装置の拡張性を利用した例として、機械的に各種デバイスとの接続性に優れていることから、低真空鏡筒や低温凍結試料台の設置により、通常の、顕微鏡用蛍光試料作製法で作製された試料を観察できる可能性もあげられます。また、これまでのX線分析装置などによる試料分析法だけではなく、鏡筒内に試料加工用マニピュレーターを設置することにより、例えば細胞膜を取り除きながら目的の蛍光標識された細胞内小器官を見つけて出すことも可能になります。さらにレーザー光で試料を励起した際に出るラマン光を高感度カメラにて取得することにより、分子の構造解析に威力を発揮するラマン分光分析装置としても機能することが予想できます。

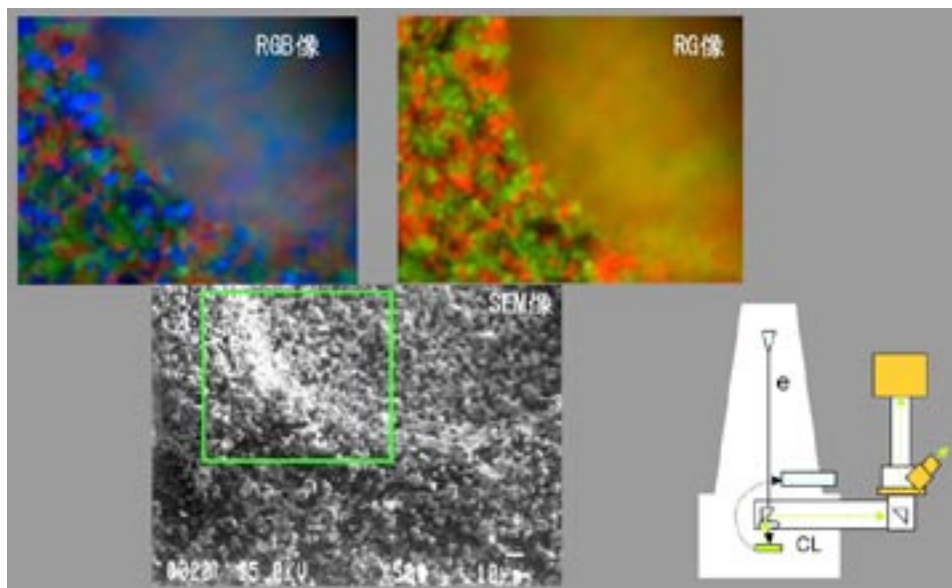


Fig.7 蛍光体CL像

PhD ; T. Ishibashi, MD, PhD *Cellular Migration Associated With Macular Hole A New Method for Comprehensive Bird's-Eye Analysis of the Internal Limiting Membrane LABORATORY SCIENCES ARCH OPHTHALMOL vol. 124, p1005-p1011, July 2006*

【2006年 発表】

- T. Kanemaru, S. Takasu, M. Shigematu, and K. Nakamura *Development of a hybrid SEM with a fluorescence microscope unit* 第16回国際顕微鏡学会 (IMC16札幌) 2006.9.3-8
K. Hirata, T. Kanemaru, M. Minohara, J. Kira *Expression of nestin in glial cells of the rat olfactory system after olfactory epithelium lesion* 第29回日本神経科学大会 (国立京都国際会館) 2006. 7. 19-21

【2005年 論文】

- S. Yoshida, F. Ishikawa, N. Kawano, K. Shimoda, S. Nagafuchi, S. Shimoda, M. Yasukawa, T. Kanemaru, H. Ishibashi, L. D. Shultz, M. Harada *Human Cord Blood-Derived Cells Generate Insulin-Producing Cells In Vivo Stem Cells Original Article vol. 23 P. 1409-1416 2005*
中村桂一郎, 近藤照義, 太田啓介, 小林正利, 石橋義広, 当間宏樹, 金丸孝昭 特集: カハールの介在細胞 ICCと免疫応答細胞顕微鏡 vol. 40, No. 3 別冊 P153-161 2005

【2005年 発表】

- 金丸孝昭, 高洲信一, 重松 実, 近藤照義, 中村桂一郎 ハイブリッドSEMの開発と応用 —SEMと蛍光顕微鏡— 日本顕微鏡学会 第50回シンポジウム福岡 (九大医学部百年記念講堂) 2005/11/1-2

8. まとめ

「ハイブリッドSEM」は、「多機能・多波長・同時・観察型分析装置」であります。しかしそればかりでなく、将来目的に合わせた各種バイオイメージングへの対応が十分に考慮され、広範囲で多目的なイメージング分析型SEMとして高度に機能する事が期待されます。このような、同一試料の多角的観察により得られた画像を詳細に解析する事により、これまで得る事の出来なかった重要な情報を解読する事が可能になります。これまで述べてきたように、この「ハイブリッドSEM」は、医学生物学的研究のみならず、多方面の研究に大きく貢献する事が期待される、将来に向けた先端技術バイオイメージング装置なのです。

謝 辞

本研究に使用しました、GFP陽性骨髄幹細胞移植マウスは、現横浜理研ユニットリーダーの石川文彦先生からご提供いただきました。

参考文献

【2006年 論文】

- F. Ishikawa, H. Shimazu, L. D. Shultz, M. Fukata, R. Nakamura, B. Lyons, K. Shimoda, S. Shimoda, T. Kanemaru, K. Nakamura, H. Ito, Y. Kaji, *Purified human hematopoietic stem cells contribute to the generation of cardiomyocytes through cell fusion The FASEB Journal, vol. 20 E11-E17, May 2006*
T. Hisatomi, MD, PhD ; H. Enaida, MD, PhD ; T. Sakamoto, MD, PhD ; T. Kanemaru, Mr. ; T. Kagimoto, MD ; I. Yamanaka, MD, PhD ; A. Ueno, MD ; T. Nakamura, MD, PhD ; Y. i Hata, MD,

九州大学中央分析センターニュース

第95号 平成19年1月30日発行

九州大学中央分析センター (筑紫地区)

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6丁目1番地
TEL 092-583-7870/FAX 092-593-8421

九州大学中央分析センター伊都分室 (伊都地区)

〒819-0395 福岡市西区元岡744番地
TEL 092-802-2857/FAX 092-802-2858

ホームページアドレス

<http://www.bunseki.cstm.kyushu-u.ac.jp>