

化学量(pH)をイメージングすると何がわかるか？

得られたこと，得られるであろうこと

What was obtained by imaging of pH? and What will be obtained?



アサガオは自然のリトマス試験紙?!

開催日：2000年12月6日
場所：ホリバグループ エクセレントホール（東京）

ご出席者

岩崎 裕先生	大阪大学産業科学研究所	野田 和彦先生	科学技術庁金属材料技術研究所
河野 吉久先生	(財)電力中央研究所	吉信 達夫先生	大阪大学産業科学研究所
北迫 勇一先生	東京医科歯科大学	野村 聡	(株)堀場製作所 分析システム統括部
中山 明先生	(財)地球環境産業技術研究機構	青海 隆	(株)堀場製作所 開発センター [司会]
二階堂 徹先生	東京医科歯科大学		

「新しい道具は新しい世界を切り拓く」。デンマークの生化学者ソーレンセン教授(S.P.L Sorensen)が1909年に水素イオン濃度の指標として $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ と定義して以来、pHは、電気化学はいうにおよばず、金属、生体すべての分野において最も基本的な化学量として幅広く使われています。そして1998年、ホリバはpHの二次元分布を計測し、イメージとして表示する光走査型化学顕微鏡 SCHEM™を開発しました。「pH分布をイメージングすると何がわかるのだろうか?」、「どのような用途があるのだろうか?」、そして「将来はどのような方向に進むのだろうか?」。こんな疑問にお答えしたいと、pHイメージングセンサの研究開発に携わっておられるシーズ側の研究開発者と、これを使って新たな知見を探しておられるユーザ側の研究者の方々にお集まりいただき、研究成果や将来展望をお話し合いいただきました。

"New tools open up a new world." Since Danish biochemist S. P. L. Sorensen defined the index of hydrogen-ion concentrates as $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ in 1909, pH has been used widely as the most fundamental chemical index not only in electrochemistry but also in metal science, life science, and all other fields. In 1998 Horiba had developed the SCHEM™ light-scanning chemical microscope to measure and display two-dimensional pH distribution as image mapping.

"What information do we get by imaging of pH?" "What applications do we have?" "What perspective will be in the future?" To answer these questions, researchers engaged in the R&D of a pH imaging sensor and researchers using the SCHEM™ have been invited to Horiba and discussed their recent findings and future perspectives.

司会 堀場製作所の青海でございます。お忙しいなかをホリバ主催の座談会にご出席いただきありがとうございます。本日は、「化学量 (pH) をイメージングすると何がわかるか？」という非常に大きなテーマですが、岩崎先生はじめ多岐にわたる分野の先生方によるご討議の中から、化学イメージングの潜在能力のようなものが探しだせることを願っております。最初に、pHイメージングセンサの生みの親のお一人である岩崎先生から、ハードについてご紹介をお願いします。

岩崎 大阪大学の岩崎です。私の教室では、量子機能・分子機能を用いた新しいデバイスを目指した研究を行っています (<http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/qmd/homej.html>)。その中の一つとして、化学イメージングセンサの研究を始めたのは今から約8年前。ホリバさんとはその頃からの付き合いです。当時から、私たちが装置開発と並行して、いろいろなアプリケーションを検討してきましたが、必ずしも十分にはフォローできていませんでした。ホリバさんが走査型化学顕微鏡 (SCHEM™) という名で製品を出され、ユーザがたくさん増え用途が広がっていくことは、私たちとしては非常にありがたいと感じております。

原理的な面は、本手法の育ての親とも言える、吉信先生から紹介をしていただきます。

吉信 大阪大学の吉信です。pHイメージングセンサの基本原理は、LAPS (Light Addressable Potentiometric Sensor) と呼ばれる新規なポテンシオメトリックセンサを応用したものです。図1のように、シリコン基板上に絶縁体膜を堆積し、この上にサンプルとなる電解質をのせ、シリコンの反対側から光をあてると、pHに比例した光電流が流れます。そして、光照射の位置を変えてやれば、pHの分布を画像化することができることになります。

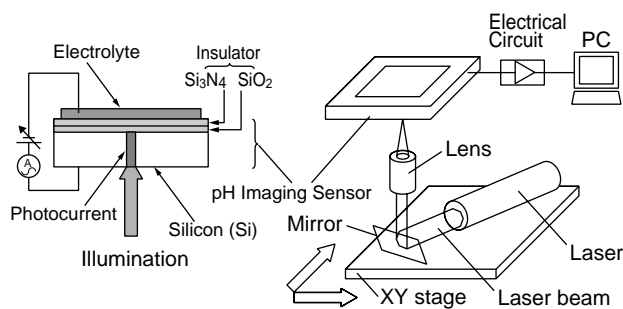


図1 pHイメージングセンサの動作原理

私は電気屋なので、どうして測れるかをもう少しだけ詳しく説明します。センサに外からマイナスのバイアスを加えると、電界の効果で半導体中の電子が移動して、電子が存在しない領域、すなわち空乏層が形成されます (n型半導体の場合。以下同様)。つまり静電容量を持ちます。そして、断続的に光を照射して生じる交流の光電流でこの静電容量を読み取るわけです。

我々はメーカーさんと異なり、研究目的に応じて測定装置を随時組み上げます。8年前にスタートしてから数え現在

のものは4号機ですが、装置化する上でいつも問題になるのが、測定速度、pHの測定精度、そして空間分解能です。これらの点は、装置メーカーさんが最も力を入れているところで、粘り強い技術屋魂が必要です。

一方、今後、化学イメージングを発展させていくためには、ハードはもちろん、使い方の方でもいろいろと工夫が必要になります。この点は、ユーザ側の先生方のお話からヒントが得られるのではないかと期待しております。

司会 ありがとうございます。それでは、いよいよ本日の副題の「得られたこと、得られるであろうこと」の前半、得られたことについて各先生方からご紹介をお願いします。中山先生いかがですか。

中山 地球環境産業技術研究機構 (RITE) の中山です。RITEでは地球環境保全に関する産業技術、とりわけCO₂の固定化技術の研究開発を行っています (<http://www.rite.or.jp/>)。なかでも、私は、環境触媒研究室ということで、大きく分けて三つのテーマで研究をしています。

一つは、プラズマ反応を使ってメタンからメタノールを合成しようという研究です。従来の触媒の代りにプラズマを使えないだろうかという試みで、この研究を進める中でカーボンナノ粒子やフラーレンなどの合成とも関連が出てきました。もう一つは、環境にやさしい半導体材料として鉄シリサイド (-FeSi₂) の研究です。ご存知のように、-FeSi₂は資源が豊富でリサイクルができる材料で、太陽電池、熱電材料や光エレクトロニクス素子として注目されています。そして、三つ目が光触媒と太陽エネルギー、とくに可視光を使って水素と酸素を製造しようという大きなテーマで、今回の座談会に直接関係しています。具体的には、触媒活性の評価手段の一つとして、SCHEM™の検出器のゲル膜上に形成した光薄膜触媒に硫酸鉄水溶液をたらし、光照射によりプロトンが生成する様子を観察してやろうというものです。

図2は白金を担持させた酸化チタンに、紫外線照射した場合と、非照射の場合のpHの時間変化を示したものです。一回の走査だけではわかり難いのですが、2回、3回と続けていくと、ダークとライト、照射/非照射の差が歴然としてきます。この差こそが、光触媒の活性で生成したプロトンだろうと解釈しております。

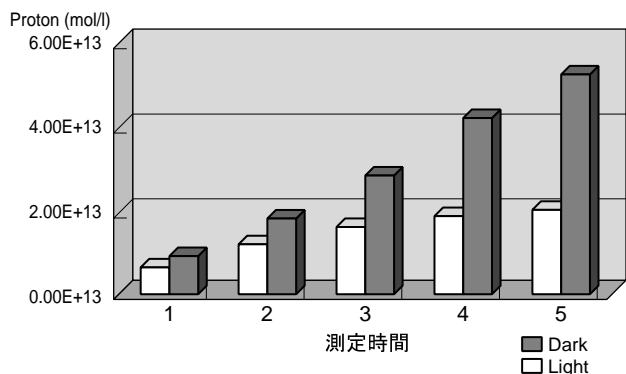


図2 酸化チタン触媒のプロトン発生に対する光照射の効果

我々は、この技術をコンビナトリアルケミストリーとのドッキングへとさらに発展させています。1枚の基板で場所ごとに組成のちがうサンプルを作り、評価しています。出てきた結果の一例が図3です。これはチタニアにコバルトのドーピング量を変えたサンプルを、420nm以上の可視光を

照射しています。赤い色が大きく変化してpHの高いところの光触媒活性が大きいものと思われます。定量的にはまだ十分ではないかもしれませんが、定性的にははっきりとわかってきました。

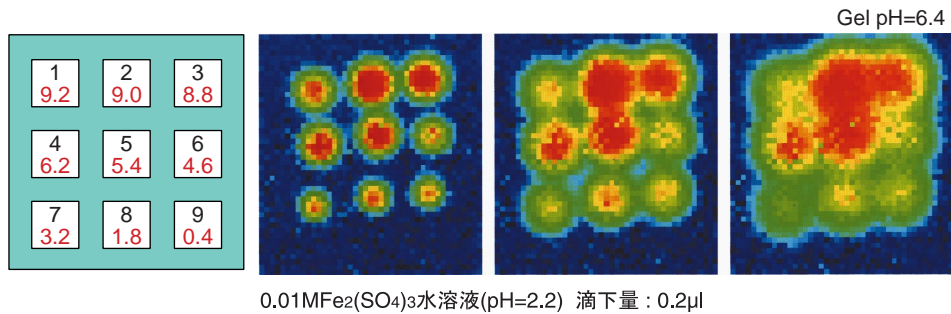


図3 各種のコバル添加酸化チタン薄膜の光照射によるpH分布の変化

司会 どうもありがとうございました。履歴の異なるサンプルを同時に観察してやろうという発想はおもしろいですね。次に、河野先生、よろしくお願ひします。

河野 電力中央研究所の河野です。私どもでは酸性雨の植物におよぼす影響に関する研究をしています(<http://criepi.denken.or.jp/index.html>)。この研究は結構歴史が古く、世界的には1970年代の前半から、酸性雨が植物の成長や生態系に影響を与えているのではないかと議論されています。

植物が酸性雨にさらされると、植物から塩基が流出します。すなわち植物が酸を中和する役割を果たしている結果だと考えられます。私がこの研究を始めたころには、毎朝、葉っぱから液滴が落ちない程度にpH2の硫酸を霧吹きで少

量ふりかけてやりました。やがて表面が白っぽくなってきますが、この部分を電子顕微鏡、いわゆる分析電顕で覗いてみるとCaとSが認められました。まさしく中和反応が生じていたのです。それじゃSCHEM™を使えば、中和反応によって生じるpHの変化を直接観察できるのではないだろうか？これが、我々の研究開始の動機です。

実験は、葉っぱの表面に、pH1~2の硫酸をマイクロピペットで0.1μlくらいの微量を置いて測定しました。液滴は数分で自然乾燥しますから、あらかじめマーキングしておいた15ミリ角くらいの部分を切り取ってゲルの上に乗せてpHイメージを測定します。

測定結果の一例を図4に示します。真ん中にpHの低い領域が残っており、時間とともに消失しています。多分、一定の時間がたつと中和されてしまうのではないかと考え

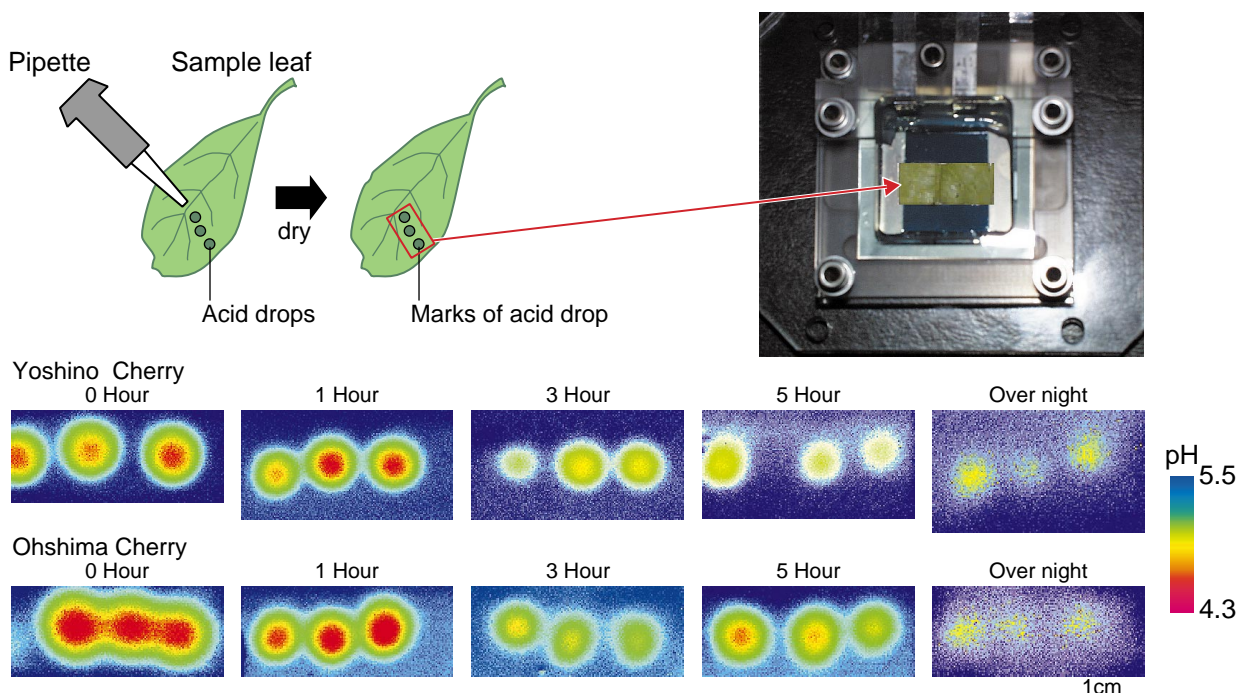


図4 さくらの葉っぱ表面のpH分布の変化

られます。この点が、自己修復ができない金属の腐食と異なる点で、興味深い結果です。また、酸性雨の影響は植物の種類によっても異なります。オオシマザクラはどちらかという硫酸や亜硫酸ガスに対して強い植物ですが、ソメイヨシノは影響が出やすい。この傾向は時間をかけて観察してみるとはっきりしますが、葉っぱの表面構造や物理化学性の差に起因しているようです。イメージ観察という主観的な手段が、豊富な情報をもたらしてくれる好例ではないかと思っています。

このような一連の実験を続けていく過程で海外の研究者から問い合わせが増えていきます。例えば、土壌が酸性化するとアルミが溶出してきます。アルミの濃度が高くなると植物の根が影響を受けますので、アルミに対して強い植物が必要となります。アルミに強い植物は自分の根の周辺のpHを上昇させてアルミを不溶化したり、有機酸を積極的に出してアルミと錯体を作り、無毒化するなどの適応戦略を持っています。そこで、植物の根がちょっと出た段階でSCHEM™にかけてやると、強いもの弱いもののスクリーニングができる可能性もあるのではないかと考えています。

司会 ありがとうございます。バイオの分野では大変おもしろい用途がありそうですね。

北迫先生、二階堂先生、医学の分野ではいかがでしょうか。

北迫 東京医科歯科大学の北迫です。私は、臨床に携わる歯医者として、「むし歯の構造と診断ならびに処置法について」というテーマ下で化学イメージングの検討を行っています。

最初に、歯の構造を簡単にご紹介します。歯は歯根膜と呼ばれます薄い膜を介して顎の骨に植わっており、これを歯茎がおおっております。歯の内部には神経が存在し、この神経を象牙質ならびにエナメル質が取り囲んでおります。エナメル質は主にハイドロキシアパタイトを主成分とする無機質で構成され、象牙質では65%の無機質に加えて18%の有機質および12%の水を含みます。また、この象牙質は細管構造を有し、むし歯が発生して細菌侵入が起こった際に、これら細管は内部神経への情報伝達路として重要な役目を担います。つまり、歯の神経というのは、外部からの敵の侵入を素早く察知し、その前縁にて新たに硬組織を形成し、自らの身を守ってゆく、全身的にもユニークな組織なのです。

さて、むし歯の発生に関しては、歯垢の中の微生物により各種の酸類が発生してむし歯ができるという説(化学細菌説)が1973年ミラーによって説明されました。一方、歯垢中のpHは1943年にステファンとミラーによって測られました。むし歯が少ない患者さんの歯垢のpHは5.2~6.7だったのに対し、多数のむし歯をもっている患者さん場合はpH 4.0~5.2でした。

我々は、できてしまったむし歯をどう治そうかと日々努力していますが、ステファンらの研究以後、むし歯の処置

法の立場に立ったpHの分析はあまりありませんでした。そんな中、SCHEM™に初めて出会ってから1年ちょっとの今年、健全部分とむし歯の領域の識別がSCHEM™で可能であることがわかり、分析化学会で報告しました。むし歯が酸によって産生されるということを考えれば当たり前のじゃなの？と、皆様からお叱りを受けそうですが、我々にとっては、ものすごく興奮する出来事でした。

この研究の結果を簡単に説明します。まず健全の象牙質部分では、ゲルフィルム値で6.8~7.3という値が得られました。これに対し、急性のむし歯、夜眠れないぐらいの痛みをとまったものでは、ゲルフィルムの最小pH値5.4~5.8を示し、慢性のむし歯ではゲルフィルムの最小pH値6.3~6.6を示しました。このように、急性むし歯と慢性むし歯、治すべきむし歯とある程度残せるのではないかとむし歯を、SCHEM™を使うことによって識別することができるということが確認されました。

また、我々は検知液でむし歯を赤く染めて治療するのですが、慢性のむし歯の場合、自然着色がすごく強いのでうまく染まりません。そこで、むし歯の状態をpHイメージとしてとらえることを検討しました。

図5は急性むし歯の測定結果です。う蝕検知液でみごとになぐらにむし歯の部分が赤く染まりますが、SCHEM™でも健全の部分とむし歯の部分をくっきりと識別することができます。実際には酸の分布がいろいろあり、中には我々の予想には少し反して、中央あたりで低く、逆に健全部分への移行部で比較的高いpHが得られています。これは、先ほど河野先生からお話がありました中和反応というものが、歯の中でも起きているのではないかと考えています。

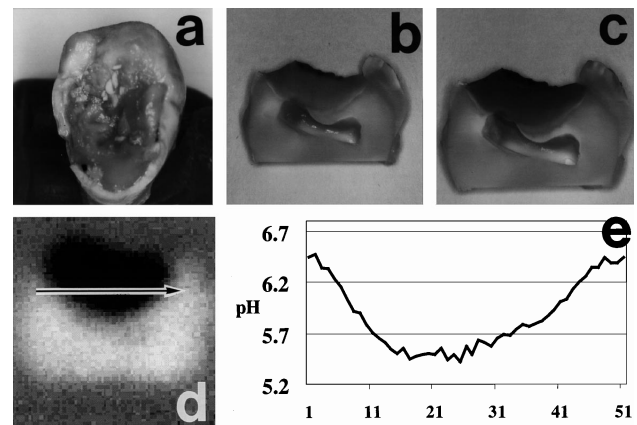


図5 急性むし歯のpH分布の変化

北迫勇一ほか

「半導体シリコンセンサを用いたpHイメージング顕微鏡によるヒト抜去う蝕象牙質の表面観察」

日本歯科保存学雑誌, Vol.44 No.1(2001)より転載

二階堂 東京医科歯科大学の二階堂です。北迫先生と同じ教室にありますが、私の方からは「接着性修復材料の歯への接着性能の向上について」というテーマの下での成果の一部を紹介します。

むし歯に材料を詰めるとき、1回削ったあとに唾液で汚染されてしまった場合は、接着性にどのような影響をおよぼすのだろうか？ 従来、接着性の評価は、歯の表面を切り出してから、いわゆる引っ張り試験をやっていました。また、実際に唾液汚染されたときの評価には、表面の状態を電子顕微鏡で見たりしていました。今回、この部分で生じるpHの変化をイメージとしてとらえたら、また見方が変わってくるのではないかとSCHEM™で観察してみました。

現在、いろいろなタイプの接着剤が市販されており、それぞれ取り扱い方は異なりますが、多くは酸を含んだ材料で前処理します。ここに唾液がつくとpHが変わり、当然接着性も下がり影響を受けます。ところで、唾液は非常に

個人差が大きいので、今回の試験ではテイジンのサリベートという人工唾液を代用しました。

実験には抜歯した奥歯を使い、象牙質をかみ合わせ部分に平行にスライスして、ディスク状のサンプルを作ります。まず、もとの象牙質表面のpHを測定した後、プライマーやエッチャントなどで前処理をします。そこに唾液で汚染させ、さらに汚染の除去のための処理を行うといった手順です。このそれぞれの段階のpHをSCHEM™を用いて測りました。図6に測定結果を示します。健全な象牙質はだいたい中性です。これに対し、リン酸やプライマーでエッチングしてやるとpHが下がりますが、唾液で汚染すると今度は少し中性側にもどっていくという一連の変化を、視覚的にも明瞭に捉えることができました。

現在、SEMなどで形態学的にはいろいろとわかってきましたし、さらにpHイメージからどんな情報が得られるかは楽しみです。一方、さらに微細な部分を、より鮮明に見たいという点で今後に期待しています。

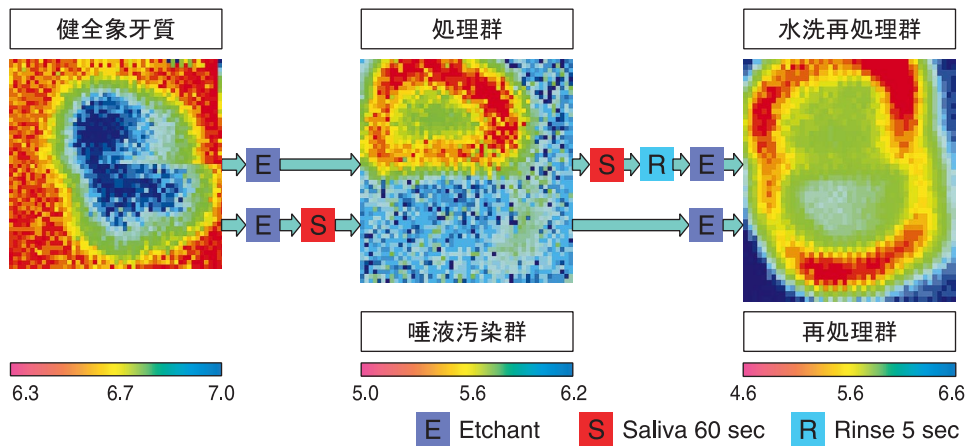


図6 リン酸エッチャント (Single Bond) による象牙質表面のpH分布の変化

司会 ありがとうございます。臨床と直接結びついた例として、異分野方々にも大変ご参考になるかと思えます。次に、ユーザ側の測定例の最後として、野田先生からご紹介をお願いします。

野田 金属材料技術研究所の野田です。当研究所では、ナショナルプロジェクトの一環として強度と寿命の側面から新たな鉄鋼材料の開発というテーマがあり、私自身は腐食の仕事です。

自動車用として広く使われている亜鉛めっき鋼板があります。この鋼板が、何かの拍子で傷ついた場合、どのようなメカニズムで防食作用がはたしているのだろうか？ という、動機からこの仕事に着手しました。

亜鉛めっき部 / 亜鉛・鉄境界部 / 鉄露出部からなる試料が、クロライドを含んだゲルによって腐食がどんどん進行していく様子をとらえたものです。鉄と亜鉛の部分のpHを連続的に測っていくと、鉄の方がだんだんアルカリ性が

ら中性化するのに対し、亜鉛は逆に酸性化していくのが確認できました。亜鉛がどんどん溶けてアノード側の鉄が防食されるのは、カソード反応でできたOH⁻と溶解した亜鉛イオンが移動してきて、鉄露出部上で水酸化化合物ができて、鉄表面を覆うからだということが説明できます。正直、こんなにクリアにとれると思っていませんでした。

最近、腐食や電気化学の分野では「まずマッピングしてみよう！」がキーワードになっています。私は微量元素を添加した鋼材の大気腐食の研究を行っています。SEM(走査型電子顕微鏡)のように真空下で分析するような装置はあまり具合がよくない。かと言って、電気化学的な方法は基本的には溶液を扱うのでこれもよくない。そこでホリバさんの光走査型化学顕微鏡を使っています。

例えば、鋼材の表面に腐食性の液体をまいてやると、液滴のあるところの電位が下がり、どんどん腐食して、さびが出てきます。ここのマクロ電位分布をケルビン法で測ったり、原子間力顕微鏡 (AFM) で非常にミクロに測ったりしています。これらの手法でかなり腐食のメカニズムに迫

ことはできるのですが、さびの直下で同じ形状の腐食ができていのかどうかはよくわかりません。さびを剥がしてレーザー顕微鏡で表面の凹凸を見てやると、ニッケルを含むものは全面的な腐食が進んでいるのに対し、クロムを含むものでは局部的な腐食が起きています。一方、SCHEM™で測ってやると、ニッケルを含む鋼材では、pHの局所的な低下は認められないが、クロムを含むところは局所的にpHの低いところが出ています。このように、添加元素と防食効果を検討する上で非常に重要な知見が、この装置から得ることができた例です。

司会 ありがとうございます。これで、ユーザ側の先生方から一通りお話を伺ったのですが、最後に、ホリバのSCHEM™を開発した張本人、野村君。最近、マーケティングと称し精力的にお客様を訪問しているようですが、おもしろい話があればいくつか紹介願います。もちろん良い話ばかりではないでしょうが(笑)。

野村 堀場製作所の野村です。お客様のところに直接訪問しますと、思ってもみなかったおもしろいお話を伺えることが多々あります。一つ目は化粧品会社さんからの毛髪測定の話です。図7a)はA, B, C 3種類の薬剤で処理し、洗髪後の毛髪のpHイメージです。毛髪を置いた部分にアルカリ領域形成されており、A, B, Cで明らかに違いが確認できます。ヘアカラーの安全性評価、あるいはヘアカラー開発に役立つことがわかりました。図7b)は紙あるいは布のサンプルです。衛生用のナプキンやワイパーですが、表面処理の違いによってやはりpHに差が出ています。

良くない話の方は一杯ありますが、より良いものを生み出すための叱咤激励とありがたく感謝しております(笑)。

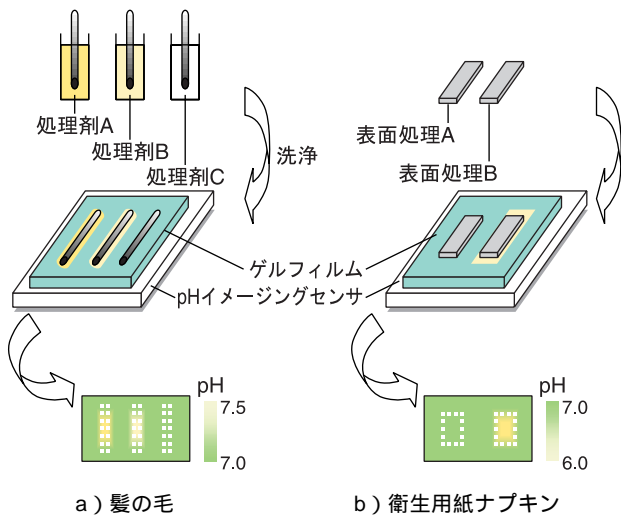


図7 洗髪後の毛髪と衛生用のナプキンのpHイメージ

司会 頑張ってください！「得られたこと」を進展させ、次に「得られるであろうこと」に話題を移したいと思います。岩崎先生、化学イメージングの今後の方向性をどのようにお考えでしょうか？

岩崎 一つは、pH以外のものを測れないか？ 具体的には、酵素などを使って特定の分子を検出する方向や、プロトン以外のイオンを測る方向への展開です。もう一つは時間分解能を上げてやることです。この装置は、結局、イオンの拡散する様子を見ているのだから、速くすればするほど、トランジェントな現象を把握できることになります。例えば、まずpHイメージを粗くとっておいて興味ある領域を特定しておき、精度の高いpH計測を連続的にするのも一つの方法です。もともとのLAPSにかえて、時間変化を測るというアプローチも当然あると思います。そのためには、つねに同じ出力が得られるように外部から適当なバイアスをかけてやる、我々はコンスタント・カレント・モードと呼んでいますが、そういう方式もあるのではないかと考えています。吉信先生はこの4月まで海外で勉強してこられましたか、最近のトピックスを紹介してもらえませんか。

吉信 ドイツのチューリッヒ研究センターで、1年間、主に薄膜を使ったセンサの研究をしてきました。当初は、生理的情報を得る手段としてアメリカで開発されたLAPSですが、その後は、阪大やホリバさんなど日本国内の大学、企業での研究・開発が最も盛んなようです。最近の国際学会でのトピックスを図8にまとめましたが、なかでも、ドイツではFAPSなど新しい化学イメージセンサの研究を積極的に進めていることを実感しました。私が個人的に一番興味を持って見ているのはISFETのアレイ化です。マイクロエレクトロニクスをベースとするイオンセンサですが、パッシベーション法をクリアできれば、化学イメージセンサとして有望だと思っています。それから、STM(走査型トンネル顕微鏡)やAFM(原子間力顕微鏡)の流れを汲んだSECM(走査型電気化学顕微鏡)を用いたマイクロとかナノ領域のイオンの解析もあり得ると思います。

<p>pHイメージセンサ/化学イメージセンサ/SCHEM™</p> <p>LAPSという半導体センサをレーザー走査することで画像を得る。センサ表面に構造が無いため測定の実験自由度が大きい。日本国内にいくつかの研究グループがある。堀場製作所が1998年にSCHEM™として製品化した。海外での研究はまだ少ないが、近年ドイツのいくつかのグループが動き出している。</p>
<p>ISFET アレイ</p> <p>ISFETという半導体センサの配列を1枚のシリコン基板上に作製したもの。配線の絶縁が技術的に困難であると言われてきたが、徐々に画素数の多いものが試作され始めている。測定ポイントが固定されているため、SCHEM™のように解像度を変えたりすることは出来ないが、高速測定には向いている。</p>
<p>微小電極アレイ</p> <p>微小な電極を基板上に配列したもの。化学センサではないのでpH測定はできないが、神経培養実験の電位測定などに使われている。</p>
<p>FAPS</p> <p>ごく最近になってドイツのグループが提案した。LAPSのようにレーザー光でpH値を読み出すかわりに、あらかじめセンサ内部に埋め込まれた信号線を使って各ポイントでのpH値を読み出す。性能はいまのところ未知数。</p>
<p>CCD型化学イメージセンサ</p> <p>デジタルカメラに使われているCCDの技術と化学センサの技術を組み合わせさせたデバイス。</p>

図8 化学イメージセンサ開発の最近のトピックス

司会 やはり、測定技術のハード面の研究は進んでいるようですが、アプリケーション面はいかがでしょう？

吉信 基本的にはバイオというか、生物とセンサを組み合わせようという話が多いようです。そこで問題になるのが空間分解能です。とりあえずはミクロンですが、イオンチャンネルとかに興味をもっている人が多いので、究極的には細胞一つ一つのレベルが云々されると思います。

岩崎 一方、実用という面からは、現状の装置を幅広く活用し改良していくことが、結局は新しい技術開発につながると思いますよ。

北迫 私が学会で発表したときには、「歯の表面のpHを測っているとはいえ、やはりゲルを通しての値だから“ゲル表面のpH”との表現が適切ではないか？」という指摘もありました。もっとも、これはpH値の本質を十分に理解されていない方からの質問ですが、いずれにしても、歯科の世界で私たちの仕事は珍しく臨床的にも有効な情報だという評価をいただき、フランスやアメリカから、インターネットを介して資料の請求が相次いでいます。

河野 私たちが初めて報告してから1年経ちますが、国内では今一つですが、ピッツコン(PITTCON®2000)で発表以来海外からの問い合わせが増えていきます。ただ、実際に使ってみた感想としては、絶対値の保証という点で疑問を感じます。例えば、pH2.0の非常に小さい液滴をpH5.5～6.0のゲルに落としたときに、本当にゲルを通してpH2.0という値が正確に反映されているのか？という点に疑問を感じます。

野村 標準の問題は我々にとって大変重要な課題です。ただ、ここでもう一度考える必要があるのはpHの定義そのものです。ご存知のように、pHはあくまでも溶液に対する定義ですから、「表面のpH」という単位はあり得ず、お肌のpHなんかも考えてみればおかしな表現です。SCHEM™で測ったpHは、あくまで、ある標準に対して信号値がどれだけ高いか、低いかの相対値です。

最近、いろいろな分野でお使いいただいて非常に強く感じていることは、それぞれの用途に応じた最適の指標作りが重要で、メーカーの責任でもありと感じております。

中山 現在、燃料電池の電極触媒を中心とした研究をしていますが、ここで使う触媒の活性評価にもプロトンの発生状況を知ることは大変重要です。現在は指示薬を使って蛍光で評価する研究が行われていますが、SCHEM™のようなもので直接観察できればおもしろいだろうと思っています。

野田 指示薬では定性的にならざるを得ないと思います。極端な話、三次元をガラス電極の精度で定量的に把握できるものができれば理想的です。私は、以前ホリバさんに「100本ぐらいの細い電極をたばねてサンプルの直上のpH

を測ったものと、SCHEM™とはどっちがうまくとれるんですか？」と問いかけたことがあります。もちろん、溶液の量的な問題が別に残るでしょうが。

吉信 そういう需要はたぶん潜在的に大きいと思います。我々のところでは電気分解で生じたプロトンの発生状況をイメージ化しています。現在はゲルを使っていますが、電気分解と測定周期をうまく同期させてやれば、溶液でも可能だと思っています。

司会 お話が詳細に入ってきましたが、予定時間をだいぶこえています。最後に、岩崎先生から、化学イメージングの今後の方向性についてコメントをお願いします。

岩崎 先ほどからの論議をお聞きし、化学イメージングの潜在的な需要は大変多いと再認識しました。また、吉信先生が紹介したように、化学量をイメージングする方法は、現在いろいろなものが開発途上にあります。と同時に、それぞれに一長一短があります。

しかし、一方で製品として市販されていることは、ユーザのすそ野を広げ、さらに新たな発展をする上では大変重要です。今のところ、光を走査したり照射したりゲルを使うということで、足の裏から搔くようなもどかさもありますが、センサが平板で、光も裏側から照射し影響しない点はかなりの利点だと思います。

世の中には、分解能は高いけれども狭いところしか見えないというのではなくて、むしろ、拡散がともなうようなある程度広い領域の化学的な分布を画像化するニーズは確実にあるものと思います。そういう意味で、今回の座談会のように、シーズ側の人とニーズ側の人があいつでも情報交換できる「化学イメージングネット」のようなものが大変役立つものと期待しています。

司会 はからずも岩崎先生から嬉しいご提案がありましたが、これを機会に皆様方とのご交流を深めさせていただきたいと願っております。本日はどうもありがとうございました。

ディスカッションを終えて

岩崎・吉信先生

私たちは装置開発とアプリケーションの両面から研究を行ってきましたが、SCHEM™が製品化されたことにより 私たちが考えもしなかったような様々な分野での利用が進むことを期待しています。

pH測定が空間分解能を持ったことにより、pHは「数値」から「画像」へと進化したわけですが、次の段階ではさらに時間分解能を持たせることにより「動画」が得られる装置の開発を目指しています。



岩崎 裕
Dr. Hiroshi IWASAKI
大阪大学
産業科学研究所 教授
工学博士



吉信 達夫
Dr. Tatsuo YOSHINOBU
大阪大学
産業科学研究所 講師
工学博士

河野先生



河野 吉久
Dr. Yoshihisa KOHNO
財団法人 電力中央研究所
応用生物部長
農学博士

酸に対する植物の反応を見るためには、微小なガラス電極を組織や細胞に挿入するなどのテクニックが必要でした。しかし、SCHEM™では経時変化の観察も可能であることや、固体表面でのpH変化を二次元で可視化できるという点で非常に興味のある結果が得られると考えています。

今回、異分野の研究者の方々と交流をもつことができましたが、SCHEM™はまだいろいろな分野に適用が可能ではないかと考えます。また、いろいろな分野に適用することによって、さらに新しい発想・装置が生まれてくるのではないかと期待しています。

中山先生



中山 明
Mr. Akira NAKAYAMA
財団法人 地球環境産業技術研究所
主任研究員

光触媒の活性評価に使える目処が付き、ありがたく思っております。燃料電池の電極触媒への応用などにもSCHEM™の可能性が広がっているように感じております。今回の座談会を通じ、異なる分野の研究者の方と交流をもつことができました。このような場を定期的にもっていただけることを掘場製作所をお願いします。

野田先生



野田 和彦
Dr. Kazuhiko NODA
文部科学省 金属材料技術研究所
工学博士

今回の座談会のような開発者、創作者と利用者の議論・討論は、利用者の一人として学ぶべきことが多く、装置の新しい利用や新しい装置の開発に関するアイデアの創造に有効であると思います。このような機会をご提供いただくという向上の姿勢に敬服致すとともに、感謝申し上げます。



二階堂先生

歯科領域でのユーザとして、触媒、バイオ、金属など様々な分野のお話を伺え、大変参考になりました。また、測定装置の研究開発の最先端を歩まれる先生方のお話を伺い、SCHEM™がより一層身近に感じられました。ご出席の先生方とは、今後とも情報交換をさせていただければと願う次第です。このような機会を与えていただき、感謝致します。

二階堂 徹

Dr. Toru NIKAIDO DDS, Ph.D.
東京医科歯科大学
大学院医歯学総合研究科 講師
歯学博士



北迫先生

今回の座談会は、SCHEM™分析における、ひとつの応用例として歯科研究の立場から参加させていただきました。SCHEM™の開発に携われた先生や、個々の分野にてSCHEM™をご活用されておられる先生方との交流を通じて、自分では気付かなかったSCHEM™分析の可能性にふれられて、大変勉強になりました。

北迫 勇一

Dr. Yuichi KITASAKO DDS, Ph.D.
東京医科歯科大学
大学院医歯学総合研究科
歯学博士

野村

シーズ志向で取り組んできた装置ですが、熱心なご討議を通して具体的なアプリケーションが見いだされるように感じました。1年後、2年後にはアプリケーションの輪が一層広がるように努力を続けたいと思います。



野村 聡

Dr. Satoshi NOMURA
株式会社堀場製作所
分析システム統括部
工学博士

青海(司会)

SCHEM™というキーワードのもとに、広い分野の先生方に集まっただき深く感謝しております。とくに、本装置へのご期待と要望をストレートにお聞きできたのは最高でした。これを機会に、シーズ側とニーズ側、両方の先生方のご交流に少しでもお役に立ちたいと願っております。



青海 隆

Dr. Takashi AOMI
株式会社堀場製作所
開発センター 副センター長
工学博士