

山本：ようこそ「アルケミストの実験室」へお越しいただきました。それでは、さっそくナイターを始めたいと思います。トップバッターは、大阪の澤田さんです。よろしくお願いします。

(以下の内容は、当日のナイターのビデオから、雰囲気伝わるように、再現してみたものです。参加できなかった方も、楽しんでいただければ幸いです。)

### 1 コナラによる黒染め (澤田史郎 大阪)

白い布を使うんですが、さらしを使うときには、必ず重曹で洗ってください。布の表面にノリがついているから、ノリを落とさないと染色できません。今回は、ガーゼを使ってやってみます。

ところで、みなさん汚れと染まるの違いがわかりますか。お醤油が服についても洗えば落ちるじゃないですか。あれは染まっていなんです。でもカレーがついた時は、洗っても落ちなくなりますね。あれは、染まっているんです。布の繊維に分子がくっついたのが汚れ。布の繊維に、色素の分子が化学結合したのが染色です。ですから染色は化学変化なんだと科学部の生徒には教えます。

コナラと布を入れてお湯で煮ると、少しだけ黄色っぽくなります。洗ったら、落ちます。



この状態は汚れた状態です。それを塩化鉄(III)溶液に入れます。これ黄色でしょう。これ入れた瞬間に、このように真っ黒になります。これを洗って、コナラの溶液につけて、また塩化鉄(III)水溶液につけていくと、次第

に色が濃くなっていきます。

クヌギとかコナラなどの木に含まれている物質をどのように人間は使ってきたのかを考えようというのがテーマです。

### 2 圧力と平衡移動 (林正幸 愛知)

- (1) 50mL ビーカーに水約 30mL を入れ、BTB 10 滴を加える。
- (2) これに 2%炭酸水素ナトリウム水溶液を 1.5mL 加え、青緑色になることを確認する。



- 3) 「分子量計測用注射器」に二酸化炭素 10mL を注入し、続いて(2)の水溶液 10mL を採り、針穴に「ゴム栓」をしっかり締める。
- (4) もう一つの 50mL 注射器にも、同じように二酸化炭素と水溶液を採る。
- (5) 両者を 1, 2 分振り混ぜ、共に少し緑がかった黄色になることを確認する。

(参考)



- (6) 分子量計測用注射器のシリンダーを引いて、全体を 50mL にして、固定用の針金を差し込んで固定して、1, 2 分振り混ぜる。

(参考) 体積が大きくなり圧力が減少するので、①式の平衡が左に移動して、同時に②式の平衡も左に移動するから

BTBの色が緑色に変化する。  
「ほら、BTBが中性に近づいたでしょ。気体の圧力変化で、平衡移動の確認ができるという実験、あまりないでしょう。だからこれ使えるんじゃないかなと思っ  
ているわけです。」

ふたたび、シリンダーを元の位置まで戻すと、二つの注射器の中の気体の色は同じになって、平衡移動の確認ができました。

もう一つ、二酸化窒素と四酸化二窒素の平衡移動と圧力の実験紹介もありました。

### 3 ちょっとした実験(野中直彦 岐阜)

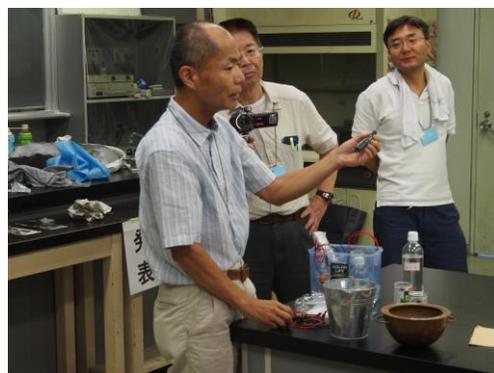
ダイソーで紅茶パックを買います。108円で、20袋入っています。中の紅茶をお茶パックに移して、こちらはあとで飲む。実験には紅茶パックの入れ物を使います。長さが長いので、3等分に切ります。ここからが、口上です。「今日のあなたの運勢を占います。上昇気流にのって、調子よくいく人。上昇気流に乗り切れない人もいますが、今日は我慢してください。でも、きっと明日は、上昇気流にのれると思います。」と言いながら、3等分に切った紅茶パックに火をつけます。紅茶パックが燃え出し、燃え尽きて灰になった瞬間フワフワ浮き上がっていく灰と浮き上がれない灰とが出てきます。思わず、「オオーッ」と歓声が上がりました。



丸いネオジウム磁石とパチンコ玉を使った、アルミパイプの通過のマジック。ネオジウム磁石を使った、簡単モーターの紹介がありました。

### 4 鉄電池 (峰島不可止 千葉)

酸化剤と還元剤を組み合わせると電池ができますよね。酸化剤に3価の鉄を使います。備長炭が電極です。黒鉛の粉に鉄(III)イオンを湿らせたものをくっつけてあります。セロ



ファン紙は、セパレーターです。電解液は硫酸アンモニウムです。負極はアルミ缶ですが、濃硫酸を入れて、コーティングをとってあります。これをモーターにつなぎます。これはまわらないかもしれないな。(回りませんでした。)では、このバケツに入れてみます。亜鉛メッキしてあるんですが、これがよく回ります。今度は、このスチール缶。(つなぐと回って、オオーッと歓声があがる。)これ、金属の鉄を鉄の3プラスが溶かしている。銅は溶かせると思いますか? 「いけるよ。エッチングやから。」

一番最初にやったのは、ベンガラでやったんですよ。そしたら、 $\text{Fe}^{3+}$ が電子をもらおうと $\text{Fe}^{2+}$ になっちゃうでしょ。 $\text{Fe}^{2+}$ は還元剤だから、正極のまわりたまっちゃうとモーターが止まっちゃうんです。それで、 $\text{Fe}^{2+}$ をつかまえるやつをいれたらうまくいくんじゃないかと思って、最初にやったのがフェリシアン化カリウムなんです。そして、まてよと思って、フェリシアン化カリウムだけでやったら、フェリシアン化カリウム電池ができちゃった。「ああそうか。フェリは3価だから、鉄サビいらんないってわけか。」そうなんです。同僚に話したら、シアンは毒だからよくないといわれまして、代わるものがないかと探してみたらありました。鉄ミョウバンです。 $\text{Fe}^{3+}$ と $\text{NH}_4^+$ と $\text{SO}_4^{2-}$ です。なんでこれがうまくいくかは、わからないんです。これは推測ですけど、 $\text{Fe}^{3+}$ が電子を受け取ると $\text{Fe}^{2+}$ になりますよね。 $\text{Fe}^{2+}$ と $\text{NH}_4^+$ と $\text{SO}_4^{2-}$ という有名な化合物がありますよね。「あー、モール塩か。」モール塩です。モール塩が安定であるために、電池ができちゃうんじゃないかと思うんです。「ウオーッ！すごい勢いいいね。この電池」「負極は鉄ですか。」鉄です。鉄パイプで、鉄ミョウバンを黒鉛でこねているんです。かなり性能が良くて、2時間ずっと回りっぱなしです。課題研究の時間が終わっても、まだ回っているくらい。それでこんなものをつくってみました。



グラファイトシート、黒鉛の粉と鉄ミョウバン

を練ったもの、セパレーターに「ピチット」という商品名で売っている、ポリビニルアルコールのシートでつつむんです。その上から、最後にスチール板をはさむんです。この電池は、負極が $\text{Fe}^{2+}$ になって、アンモニウム塩がありますからモール塩になりますよね。正極も $\text{Fe}^{3+}$ が $\text{Fe}^{2+}$ になりますからモール塩になりますよね。それで思いついて、今度はモール塩モール塩の電池を思いついたんです。グラ

ファイトシートに、黒鉛の粉にモール塩を練ったものをくっつけて、ピチットのシートでつつみます。それを2個つくり重ね合わせます。でも、これにモーターをつないでも回りませんよね、モール塩モール塩だから。ところが、これを充電すると、鉄ミョウバン、鉄になるわけですよ。「電気分解でね。」すると、これが電池になるんですよ。「イヤッ！！素晴らしいな！！」起電力は1,1Vです。「いいね。」ですから、鉛蓄電池(2.1V)にはかなわないですけど、といいながらモーターにつなぐと、モーターが回り始めて、思わず拍手喝采。誰でもつくれるんですよ。レアメタルとかもいらんし。未来の人から賞をいただきたいな。世界が変わらないと面白くないから。「グラファイトシートは市販されているんですか。」教材屋で売っています。グラファイトシートを使えない場合は、備長炭でもやれます。

## 5 キップの装置の紹介 (高橋匡之 岩手)

30年以上も前につくったキップの装置を紹介します。一つのコーヒーびんに、 $3\text{mol/LH}_2\text{SO}_4$ を600mL入れます(水500mLに濃硫酸100mL)。もう一方のコーヒーびんには、キップの装置の本体のみを入れておきます。亜鉛入りの本体と硫酸を別々のコーヒーびんに入れて、保管しておいて、使いたいときに、この本体を硫酸入りのコーヒーびんに差し込みます。すると、硫酸の中に亜鉛が入り、反応し始めます。新幹線に乗って、持ち運ぶときにも、別々にして、紙袋に入れて、もってきました。亜鉛と硫酸を別の容器にいれていますから、安心ですよ。この装置は、30年くらい前に作ったもので、それ以来ずっと使い続けているので、愛おしくてたまりません。今回、久しぶりに作ってみました。材料代は27号ゴム栓が520円。500mL洗ビンが270円、そして一番高いのがコーヒーびんで1個780円のコーヒーを買ってきて、一度飲み終えないと使えないんです。ということで、合

計すると 1500 円くらいかな。今回、6 個つくってもってきました。久しぶりにやってみたら、穴あけが大変で、汗だくになりながら作って来ました。あと 2 個残っていますので、



もし良かったら、2000 円で購入して下さい。水素の出口のピンチコックを開くと水素が出て行きます。硫酸が落ちてきて、水素を追い出していく感じですよ。一番最初は、空気と水素が混じっていますから、少し多めに水素を発生させて、逃がしてやります。そしたら、水素のシャボン玉を作って、水素は軽いということを見せます。運動神経の良さそうな生徒を指名して、水素シャボン玉に火をつけさせるんです。水素のシャボン玉は、フワフワと勢いよく上昇していくものだから、なかなか火がつかないんです。それで、結構生徒たちは、「ワーッ!!」と盛り上がる実験です。では、火をつけてみてください。火がつくと、「ポーッ」と静かに燃えます。生徒は、試験管にためた水素がピョンと音をさせて燃えることが、印象深く残っていますから、静かに「ポーッ」というのは、とても意外な燃え方です。

今度は水素と酸素をポリ袋に入れて、混合気体をつくっておいて、シャボン玉を作ります。このシャボン玉は、酸素が混ざっているために、密度が大きくなるから、さっきのような上昇の仕方はしません。火をつけてみてください。「ダーン!!」と大きな音がしますが、シャボン玉であれば、絶対安全ですよ。

「手のひらでやっても面白いですよ。」手のひらですか、やったことないです。

水素だけが燃えるときと水素と酸素の混合気体の燃え方の違いが、よくわかりますね。

## 6 メタノールの爆発 (藤田勲 埼玉)

試験管にメタノールを少しだけ入れて、試験管をくるくるまわして、壁面全体にぬります。そして酸素を試験管のなかに吹き込みます。白金線、炎色反応であまった白金線があるじゃないですか。それを集めてリングにしたものです。その白金線をガスバーナーで加熱して、青い炎で加熱すると良いですよ。



これを試験管にいれると、「バーン」これだけなんです。申し訳ありません。

次は、お話。金鏡でつくった金メッキ。銅鏡反応でつくった銅メッキ。これが銀メッキ。そしてこれらがすべて銀鏡反応なんです。どうしてこんなに色が違うのかということコロイド粒子の大きさなんですよ。コロイド粒子を



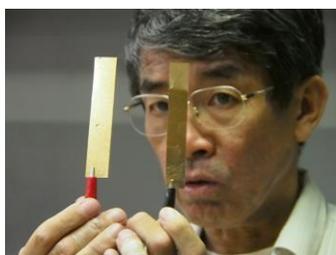
安定化させて、くっつける技術はかなり進んでいるみたいで、車の塗装なんかにも使われているみたいです。還元剤をメタノールアミンなどでやると、たまたまこういうものができるというレベルで、これらが再現性良くできるようになったら、処方もみなさんに紹介したいと思っています。金属コロイドというのは、検索するといっぱい出てきます。そして、メッキしたペットボトルの容器に光をかざして覗くと、透過光が青く見えます。銅鏡の場合は、緑に見えます。

## 7 金と銀のふしぎ (四ヶ浦弘 石川)

さっきの分科会と同じことをやってもしようがないんですが、復習します。この金箔とこちらの金箔では、どちらが本物でしょうか。こっちだと思うひと。エーッ、どうしてなんでわからないんですか。こっち純金ですよ。こっち透けて見えますからね。さっき寝てたんですよ。これは、ここへ来る3日前に完成した片面コート金箔というやつです。ちょっと前までやっていたのがこれで、ラミネート金箔です。これでも電極などにも使えたんですが、少し弱いので強く接着しました。

この金箔を電極にして、硫酸銅を電気分解します。陰極に銅が析出しますよね、陽極では、酸素が発生しています。では、この銅がついた金極を陽極にして、電気分解しますよ。すると銅が溶けていくのがよく見えるんです。そして、銅が溶けきった瞬間から酸素が出始めるんです。それでは、今度はニセ金箔を陽極にして電気分解してみます。すると、ほら亜鉛が先に溶けだしていきますから、金色から銅色に変わります。さらに、電気分解すると銅が溶けましたね。

次に、銀をやってみましょう。復習。これとこれどっちが銀でしょう。はい、みなさんわかりましたね。



でも、金はわからないんだね。だから金で騙される人たくさんいるんだ。あれ、これ銀と白金どっちだろう。私もだんだん分からなくなって、さっきは銀と白金をかなり間違えて売ってしまっ、回収したくらいですからね。

陽極に銀を使いまして、陰極に白金を使いましょう。せいのドン。速いですね銀電極溶けるのね。この容器の銀が入りましたけど、金で電解したら銀出ますかね。白金じゃわか

らないんですが、金電極だとわかるんですね。やってみますよ。アッやっぱり銅が出ましたね。銅の量が多いからですね。

このあと、白金の触媒で水素を燃やす実験紹介をやって終わりました。

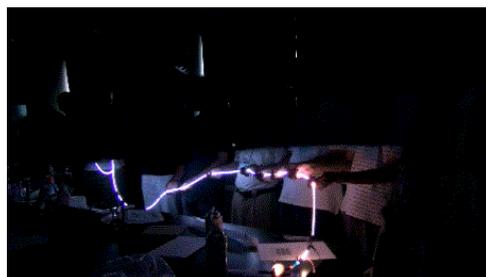


上の写真は、白金箔のプラスチックをバーナーで燃やして、完全にプラスチックが燃えたところで、水素を吹きかけて水素の燃焼(白金の触媒作用)を確認しているところ。

## 8 H<sub>2</sub>の爆轟速度 (山本喜一 千葉)

ビニールチューブに水素と酸素の混合気体をつめます。水素と酸素は爆発範囲が広いので、けっこういい加減にやっても大丈夫です。はいりましたので、いきますよ。では電気を消してください。3, 2, 1バーン!!!

「イヤー!いいね!」



今回は、水素と酸素を2:1にして、そこに二酸化炭素を2いれています。2:1:2です。じゃあ、いきます。3, 2, 1 ジュー ジュー「イヤーいいねえ。全然違う。面白いね。ストロボで見て感じる感じだね。」

もうちょっと二酸化炭素を増やしてみます。2:1:2.5 くらいです。「イヤー!アカデミックだね、この実験は」最初、生徒と一緒にやっ

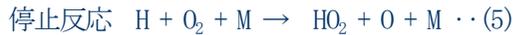
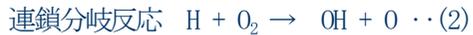
た時には、オオッ、なんじゃこれは！ゆっくり走るぞ！なんか違うんじゃないか？という反応だった。「量はどうやって、入れているの？」傘ぶくろを使って、体積を調節しています。じゃあ、いきますよ。3. 2. 1. ポツポツ……。「エーッ、何が起きているんですか。」

爆発には、2種類あるんですね。最初のやつは音速を超える速さんなんです。1秒間に1000コマとれる高速度カメラで静止画にすると写るんですね。この静止画を計測すると秒速3000mくらいで動いているんです。これ音速を超えるので、爆轟という燃え方なんです。二酸化炭素をどんどん多くしていくと、あるところから急に遅くなるんです。これ音速以下で燃えるんです。これを爆燃というんです。それが、このプリントのグラフです。でも、二酸化炭素を増やさなくてもいいんです。水素を大過剰にしてやる。酸素を大過剰にしてやることによっても、今のように燃えることがわかりました。



水素燃焼の素反応と書きました。水素の燃焼が始まる、ラジカルが起る反応とラジカルが増える反応があるんですね。ラジカルが増える反応が起こるとどんどん燃え広がります。もう一つ、停止反応っていうのがあって、ラジカルが減ってくる反応、もしくは不活性なラジカルができて、水ができて終息に向かうんですね。停止反応にはMが関係してくるんですね。Mは、第三体、ラジカルのエネルギーを奪っちゃうんですね。エネルギーを奪われたラジカルは違う反応を起こす。

これでいうと(2)と(5)は、HとO<sub>2</sub>の反応なんです。



(2)には、第3体がないので、燃え広がる反応。(5)には、Mがあるので不活性なHO<sub>2</sub>ができるので、反応が止まっちゃうんです。青山学院大学の林先生の研究室で、二酸化炭素を入れるとなぜ、遅くなるのかということにシュミレーションしてくれて、やはりこの(5)の反応が、優先的に起こるんだよということがわかっています。なんで二酸化炭素がそんな働きをするかという、三原子分子なんです。自由度が大きいので、回転だけでなく、振動もするので、Mとしての働きがすばい。だったら、水分子だっていんじゃないかと思って、水蒸気を入れてみた。苦労したんですけど、水を入れて、2階から引っ張り上げて水を抜いてみたんですけど、低いところに水滴がたまる部分があって、つまっちゃうんですね。そこで、濡れた麻ひも30mをいれたんです。これも大変でしたが、乾いている麻ひもと濡れている麻ひもでやると確かに遅くなる。

二酸化炭素を入れると、爆轟速度そのものも遅くなる。グラフを書いていくと、理論値から外れるんです。東京大学の名誉教授の先生にメールを送って、何回かやり取りしたんですが、その先生もわからなかった。その先生が青山学院の先生にシュミレーションしてもらったら、さっきの第三体とかの考えが出てきました。福島第一原子力発電所で、水が分解されて水素がでているので、窒素を入れているんですね。でも、窒素より二酸化炭素を入れた方が、爆発を抑えるためには効果があるんですね。

「CO<sub>2</sub>と水素が反応しているというわけではないんですね。」3000°Cくらいの温度になるので、CO<sub>2</sub>が分解してCOになるとか、窒素を入れた場合、N<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>が反応してNOになるとか考えなくていいのですかと質問したら、それ

らの反応は、遅いのでこの一瞬では考えなくてもよいだろうということでした。

「パイプの径も影響あるんですか。」パイプを細くしていくと、パイプそのものもM1になるんですね。パイプの径を2mmにしてやったら水素と酸素が2:1でも反応が起こりませんでした。「メタンとかいれたら、どうなるんですか。」メタンと酸素が反応してしまうと思いますが、怖くてやったことはありません。フロンCF<sub>4</sub>を入れたら、速くなるんですね。CF<sub>4</sub>が熱で分解するからかなと考えて、東大の先生に相談したら、シュミレーションしてくれて熱で分解するから速くなると話してくれた。それだけシュミレーション計算というのは、正しいんですね。そのシュミレーションと実験事実がいつもあうから、二酸化炭素をいれたらどうなるかなんて、そんな実験やらないんですよ、といわれましたが、我々は全く知らないから、やったら見つけちゃったというわけです。

## 8 「老化・火星・テンジロー」DVD 紹介

(長野 健彦 長野)

私はDVDの紹介です。先週報道特集でやっていた、「陸軍の島田実験場」で殺人光線を研究していたというビデオです。



次のビデオは、去年のはじめの全体会のものです。去年の岩手大会に参加されていない方に説明しますと、はじめの全体会で、100mのチューブに水素と酸素をつめて、そこにいらっしゃる菅原さんが実験したんですね。そのビデオです。



岩手大会はじめの全体会

100mのビニールチューブに点火した瞬間



会場からは、「ウォー！！」という歓声が湧いた

あとは、後ろにたくさんビデオがあります。火星に旅行するときは、500日以上隔離された環境で生活しなくてははいけませんけど、その実験を行ったら60%の人がおかしくなったというビデオです。「免疫」の話などいろいろありますので、ご覧になってください。

山本：ちょうど7時、終了の時刻になりましたので、以上でアルケミストの化学実験室のナイターを終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。

### 《キーワード》

染色、圧力と平衡移動、鉄電池、モール塩、キップの装置、白金触媒、金コロイド、銀コロイド、透過光、金箔、銀箔、白金箔、真鍮箔、金電極、銀電極、水素の爆轟速度、爆燃、