

色変化の少ないヨウ素抽出実験の開発

亀井 善之

田中 義靖

東京都立多摩科学技術高等学校 東京都立多摩科学技術高等学校

【要約】抽出実験の代表例であるヨウ素ヨウ化カリウム水溶液からヘキサンへのヨウ素の抽出では、生徒の関心が溶液の色変化に偏ることにより、抽出という現象への実感がもちにくくなっている。そこで、ヨウ素の色変化を最小限に抑え、ホームルーム教室でも安全に行える酢酸エチルを使用した実験を開発した。

【キーワード】抽出 ヨウ素 ヘキサン 酢酸エチル 白濁

1 はじめに

化学基礎の教科書には、抽出の実験の代表例として、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液とヘキサンを用いたヨウ素の分離が掲載されている¹⁾。この実験の目的は、ヨウ素が無機溶媒である水よりも、有機溶媒であるヘキサンに溶けやすい性質を利用し、ヨウ素を分離することにある。しかし、実際に授業でこの実験を行ってみると、生徒は溶液の色の変化にばかり関心をもってしまい、肝心の抽出という現象への理解に繋がらない場合がある。

そこで、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液に加えるヘキサンを、他の有機溶媒に代用することで色の変化を抑えることができないか、様々な有機溶媒で検証したのでここに報告する。

2 実験と結果

2.1 分液ロートの代用品を検証

ホームルーム教室で実験することを想定して、実験手順に工夫を加えた。通常、抽出の実験では分液ロートを使用するが、ホームルーム教室へ持ち運ぶ際に破損してしまう可能性があったり、容器の隙間から溶液が漏れてしまったりする可能性があるため、できるだけコンパクト且つ安全な容器を使用することにした。そこで、スクリー管を用いることにした。実験の手順は以下のとおりである。

- 1) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液 6mL の入ったスクリー管に、ヘキサン約 7mL を注いで蓋をして、二層の色の違いを観察した。

- 2) よく振り混ぜた。

- 3) 静置して二層に分かれたことを確認してから、再び観察した。

当初は、分液ロートの代用品として試験管も候補に挙げていたが、スクリー管は底が平らなので机の上に静置しやすい。また、蓋がついているので、容器を倒して中の溶液をこぼしてしまうといった心配がない。これらの利点を考慮し、スクリー管を代用品として採用することにした。13mL 程度の溶液では、振り混ぜても気体の発生はごく少量であるため、ガス抜きをしなくてもスクリー管の蓋が飛んでしまうことはなく、安全に実験できることも確認できた。



写真1 ヘキサンを用いた抽出（混合前）



写真2 ヘキサンを用いた抽出（混合後）

2. 2 ヘキサンの代用有機溶媒を検証

有機溶媒の選定にあたり，以下の基本方針の下，ホームルーム教室でも安全に実験ができることを重視した。

- 1) ヨウ素の色変化が少ない
- 2) 毒性や臭いが少ない
- 3) 容易に手に入る

これら3つの方針を満たす有機溶媒を候補に挙げ，ヘキサンを比較対象とした対照実験を行った。以下，ヘキサンの代用として用いた有機溶媒と抽出後の溶液（油層）の色を表1にまとめた。

表1 有機溶媒と抽出後の油層の色

seq	有機溶媒	色	備考
1	ヘキサン	紫	比較対象
2	シクロヘキサン	紫	
3	ペンタン	紫	強い臭い
4	ヘプタン	紫	
5	エタノール	褐	完全に混合
6	2-プロパノール	褐	完全に混合
7	グリセリン	褐	完全に混合
8	アセトン	褐	完全に混合
9	ジエチルエーテル	褐	強い臭い，若干白濁
10	酢酸エチル	褐	強く混ぜると白濁

写真3は，左からヘキサン，シクロヘキサン，ペンタン，ヘプタンとのそれぞれの混合後の様子を撮影したものである。ほぼ無極性の炭化水素では，全ての溶液が紫色になり，目的を達成できないことがわかった。

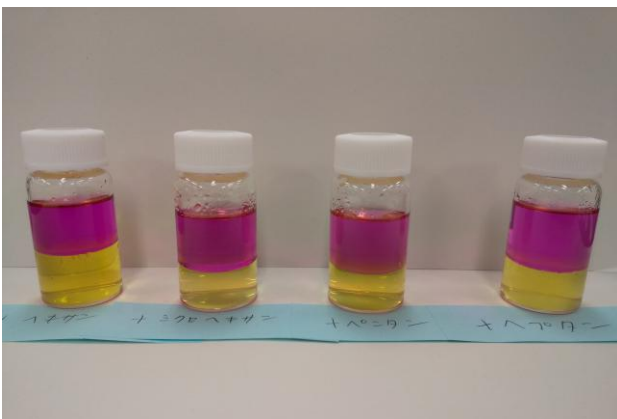


写真3 無極性有機溶媒による検証

極性が比較的大きいアルコールやケトンを混合させた場合，写真4のように溶液の色は褐色になったが，2層に分かれることなく完全に水層と混ざってしまい，やはり目的を達成できないことがわかった。



写真4 エタールを用いた検証

ジエチルエーテルを混合させると，写真5のように2層に分かれ，溶液の色も褐色になった。しかし，今回の検証時にスクリー管の蓋が飛ぶことはなかったものの，ジエチルエーテルの揮発性の高さを考えると，スクリー管を使用する際の安全性に不安が残った。また，ジエチルエーテルには強い臭いがあり，麻酔作用もある。実験をホームルーム教室で行うことを想定した場合には，生徒の安全を確保して実施することが難しい。このことから，ジエチルエーテルでは今回の目的が達成できないと判断した。



写真5 ジエチルエーテルを用いた検証

酢酸エチルを混合させると，写真6のように白濁してしまうことがわかった。数十分間静置すると，再び2層に分かれるが，授業中に生徒が変化前と変化後の様子を観察することを考えると，タイムラグがあり過ぎて現実的ではない。

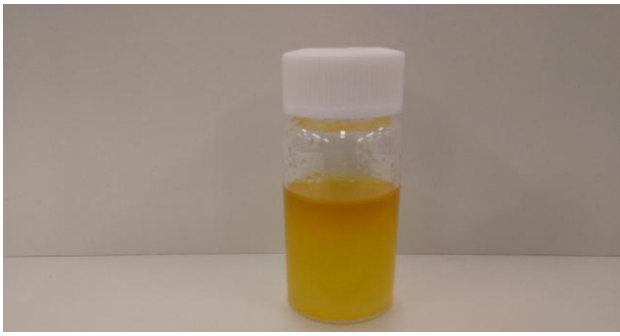


写真6 酢酸エチルを用いたときの白濁

試しに、ジエチルエーテルと酢酸エチルを同時に振り混ぜてみると、写真7のように酢酸エチルが白濁しやすいことが明らかである。

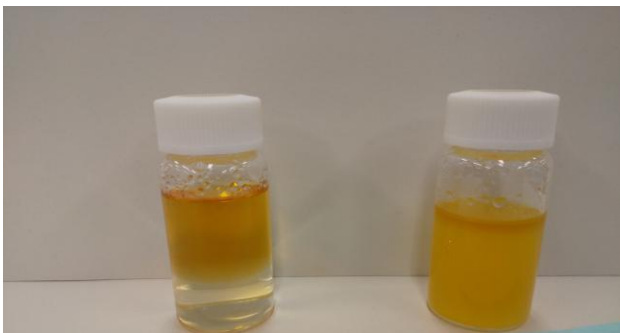


写真7 ジエチルエーテルと酢酸エチルの白濁の比較

この時点で、3つの方針を満たす有機溶媒は酢酸エチルであるが、授業内で再び二層に分かれるまで生徒を待たせておくのは現実的ではない。そこで、酢酸エチルの白濁を防ぐ方法がないか検証することにした。

2. 3 酢酸エチルの白濁を防ぐ方法の検証

2. 3. 1 実験操作の工夫

まずは、実験操作を工夫してみることにした。酢酸エチルを強く振り混ぜるのではなく、試験管の溶液を混ぜるように、スクリュウ管を左右に振って液面を波立たせて穏やかに混合してみることにした。すると、写真8のように、ほとんど白濁することなく水層から油層に褐色の状態を移動させることができた。



写真8 酢酸エチルを穏やかに混合

この混合操作に慣れることができれば、授業内で変化前と変化後の様子を生徒に記録させることが可能であり、今回の目的を全て達成することができる。しかし、この操作を高等学校に入学したばかりの生徒にさせた場合、白濁を100%防ぐことは難しい。そのため、酢酸エチルに添加剤を加え、白濁を防止することができれば、誰が操作しても成功率が上がるのではないかと考え、酢酸エチルの白濁防止剤を検証することにした。

2. 3. 2 酢酸エチルの白濁防止剤の検証

同じ条件の下、ヘキサンをはじめとした紫色を示す有機溶媒では、白濁がみられなかった。そのため、酢酸エチルにヘキサンを添加することで白濁を防止できないか検証した。

検証過程において、先にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液に酢酸エチルを加え、後から添加剤としてヘキサンを加えてしまうと、振り混ぜる前から油層が白濁してしまうことがわかった。しかし、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液にヘキサンを加え、後から酢酸エチルを加えた場合には、振り混ぜる前から油層が白濁してしまわなかった。

以下、酢酸エチルとヘキサンの混合比（体積比）と、抽出後の溶液（油層）の色、白濁の有無を表2にまとめた。

表2 ヘキサンの混合比による比較(体積比)

酢酸エチル	ヘキサン	色	白濁の有無
4	3	褐	有
3	4	褐	有
2	5	赤褐	若干有
1	6	桃	無

写真 9 は、左から混合比（体積比）を

酢酸エチル：ヘキサン

4 : 3

3 : 4

2 : 5

1 : 6

にして、混合後の様子を撮影したものである。

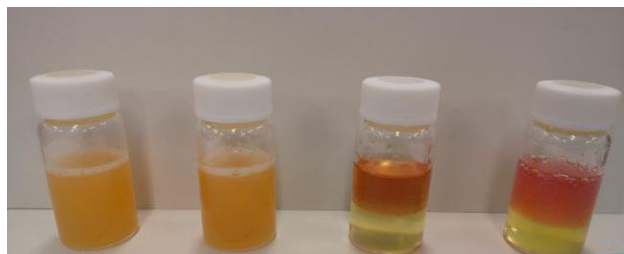


写真 9 ヘキサンの混合比による比較

色の変化をある程度抑えつつ、白濁もある程度防止することができる酢酸エチルとヘキサンの混合比は、体積比で 2 : 5 であることがわかった。この混合比であれば、数十秒待てば、水層と油層がほぼ分離する。これ以上酢酸エチルの割合を多くしてしまうと、1分以上静置しないと水層と油層が分離しない。逆にこれ以上ヘキサンの割合を多くしてしまうと、溶液の色が桃色を示すようになってしまうことがわかった。

また、ナフタレンも酢酸エチルと同様に、抽出後に褐色を呈し²⁾、且つ無極性分子である。ナフタレンは固体の有機化合物であり、毒性もあるため現実的ではないが、酢酸エチルの白濁防止剤として利用することができないか、酢酸エチルのナフタレン飽和溶液を作って同様に検証した。しかし、写真 10 のように、強く振り混ぜたときの白濁を防ぐことはできなかった。



写真 10 ナフタレンの添加

3 結論と考察

今回の検証により、ヘキサンの代用品として最も適しているのは、酢酸エチルであると結論付けることができた。酢酸エチルは、強く振り混ぜたときに白濁してしまうことが欠点ではあるが、以下の二通りの方法で回避することができる。

- 1) 試験管の溶液を混ぜるように、スクリー管を左右に振って液面を波立たせて穏やかに混ぜる（強く振り混ぜない）。
- 2) 添加剤として、酢酸エチルに対してヘキサンを 2 : 5 の混合比（体積比）で加える。

1) の操作には多少の慣れが必要であるため、授業内で教員が演示実験として行う場合に適している。2) は、準備に多少の手間がかかるものの、誰が操作しても成功率をあげることができるため、生徒が実験する場合に適している。どちらの方法でも、有機溶媒の臭いや毒性が小さいため、ホームルーム教室で行っても、生徒の安全性を確保することができる。

4 今後の展望

ヘキサンの代用品を検証するにあたり、今回の方針である

- 1) ヨウ素の色変化が少ない
- 2) 毒性や臭いが少ない
- 3) 容易に手に入る

の 3 つに加え、混合時に白濁しない有機溶媒を検証することは困難であった。しかし、安価で安全性が高いものを考えた場合、日常生活における身の回りのものも利用することができるかもしれない。

今後、酢酸エチルのように安全でありながら、容易に抽出が行える溶媒を検証していきたい。

5 文献

- 1) 例えば“数研出版改訂版化学基礎”，p. 24 (2019)
- 2) 早川 久雄，“ヨウ素溶液の色”，化学教育 18(3), p. 230-234 (1970)