

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1ヶ月	1時間	50分

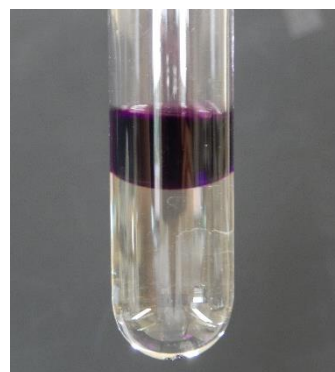
目的と内容

分子の構造と電気陰性度から分子の極性を判断し、 極性の有無による溶解性の違いを理解する

「共有結合を電子配置と関連付けて理解させることや、共有結合でできた物質の性質を理解させること」がこの単元の主なねらいである。また、分子からなる物質については、分子式や構造式を扱う。また、その性質について、融点、沸点、溶解性などを扱い、構成原子の電気陰性度と関連付けて分子の極性について学習する。

ここでは、分子モデルと電気陰性度から分子の極性を考え出し、極性分子と極性分子、無極性分子と無極性分子、極性分子と無極性分子を混ぜ合わせることにより、極性と溶解性について理解する。

3つの透明な液体がそれぞれ水、エタノール、ヘキサン of のいずれであるか、それぞれへの溶解性とヨウ素の溶解性から考える実験である。極性が同じ物質は溶けやすく、極性が異なる物質は溶けにくいことを確認し、エタノールの構造と水、ヘキサン、ヨウ素の溶解からその理解を深める。



既習事項

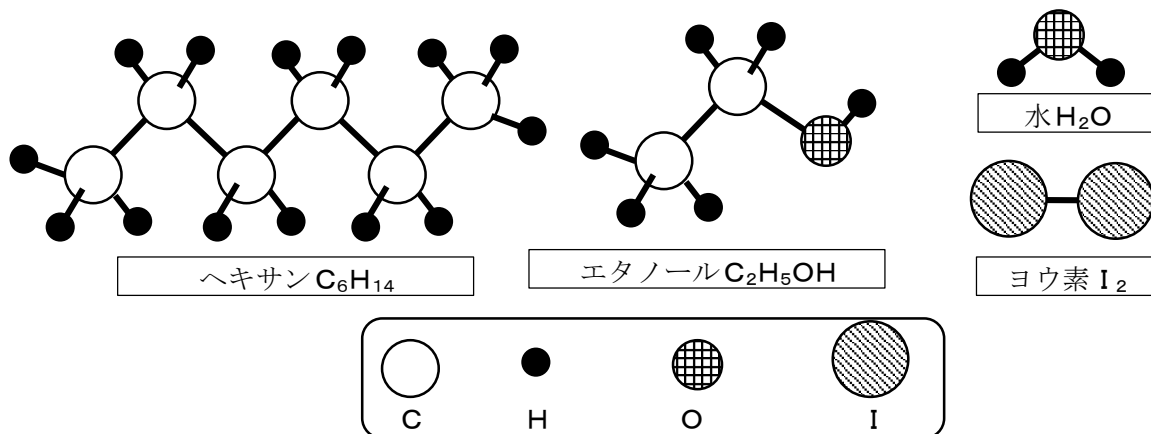
小学校：5年生の「物の溶け方」
中学校：1年生の「物質のすがた」「水溶液」
2年生の「物質の成り立ち」

中学校1年生では「物質のすがた」の「気体の発生と性質」で酸素、二酸化炭素、窒素、水素、アンモニアの発生方法と、その性質の一つとして水に溶けやすいか溶けにくいかを学んでいる。水への溶解と関連して下方置換、上方置換、水上置換を学んでいる。酸素と二酸化炭素に関しては実験を取り扱っている。アンモニアの噴水実験が教科書には掲載されている。また、「水溶液」の「物質の溶解」では、コーヒーシュガー、デンプンを水に入れて溶かす実験を取り扱っている。中学校2年生では「物質の成り立ち」の「原子・分子」において酸素、水素、窒素、水、二酸化炭素、アンモニアの分子のモデルから化学式を作ることを学んでいる。そのため、水分子の折れ線型、二酸化炭素の直線型、アンモニアの三角錐型は目にしている。水分子、二酸化炭素分子に関しては、その後の化学反応のところでも分子のモデルが取り扱われている。

留意点

【指導面】

- この実験では、「分子の極性の有無」と「極性の有無と溶解性」の2点について、生徒が予想を立て、実験の結果から理解を深められるように指導する。
- 原子が共有電子対を引きつける強さを数値で表したものを電気陰性度という。主な原子の電気陰性度はF(最大) > O > Cl > N > C > Hである。二原子分子の場合、この電気陰性度から結合の極性の有無が判断でき、それが分子の極性と一致するが、多原子分子の場合、分子の極性は分子の形が関係する。多原子分子の無極性分子の例としては、直線形の二酸化炭素 CO_2 、正四面体形のメタン CH_4 、四塩化炭素 CCl_4 、極性分子の例としては、折れ線形の水 H_2O 、硫化水素 H_2S 、三角錐形のアンモニア NH_3 などがある。ベンゼン C_6H_6 やヘキサン $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ は無極性分子である。極性の有無を暗記するのではなく、分子の形と電気陰性度から考えられるように指導する。
- 極性と大きく関係するのが溶解性である。基本的には極性分子は極性分子に、無極性分子は無極性分子に溶解しやすい。一方で、エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ や1-プロパノール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ のように極性分子でも、極性分子はもちろん無極性分子にも溶ける物質もある。これは、親油性のアルキル基(無極性)と、親水性のヒドロキシ基(極性)の両方を持つためである。ただし、同じような構造を持つメタノール CH_3OH は水(極性分子)には溶けやすく有機溶媒(無極性分子)には溶けにくいのに対し、1-ブタノール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ は水(極性分子)に溶けにくく有機溶媒(無極性分子)には溶けやすい。これらには極性の大小が関係している。 $\text{CH}_3\text{-}$ 、 $\text{-CH}_2\text{-}$ は無極性の構造と考えてよく、この構造を多く含む分子ほど極性が低くなり、無極性分子に溶け、極性分子には溶けにくくなる。この内容について触れることでさらに生徒の理解を深めることもできる。
- 今回は、エタノールのみ扱い、その構造から極性と溶解性の関係の理解を深める。
- 今回の実験について。
- 水：極性分子、エタノール：極性分子、ヘキサン：無極性分子、ヨウ素：無極性分子である。
- 極性、無極性のみで溶解を考えると水とエタノールが混じり合い、ヨウ素はヘキサンのみに溶けることになる。しかし、エタノールは親油性の炭化水素基と親水性のヒドロキシ基の両方を持つため、無極性であるヘキサンやヨウ素とも、極性分子の水とも溶ける。よって、2つの溶媒と混じった液体がエタノール、混じらず二層になった液体が水とヘキサンとなる。そのうち、ヨウ素が溶けなかった方が水で、溶けた方がエタノールである。極性分子は極性分子に溶けやすく、無極性分子は無極性分子に溶けやすい。エタノールは例外ではなく、エタノールは極性分子の構造と、無極性分子の構造の両方を持つことから、どちらとも混じるという結論に導きたい。



【安全面】

- 保護めがねを着用させる。
- 手袋はした方がよいが、手についたらすぐに洗うよう注意し、手袋なしで行ってもよい。特に、ヨウ素は素手で触らないように注意する。ヨウ素を机に落とした場合は拾わず、申し出るように指示する。
- ベンゼンは特異臭、揮発性があり、発がん性がある。多量に吸入するとめまいや吐き気を生じる場合がある。換気を十分に行うこと。また、引火性の強い薬品なので、実験中は火気を使用しない。

【後処理】

- 水とエタノールを混ぜた溶液以外は、すべて有機廃液として回収する。
- マイクロチューブを洗うのが大変な場合は、ビニールテープを貼ってあるので、内容物を捨てるだけにして、最後のクラスが終わったらすべて洗う。

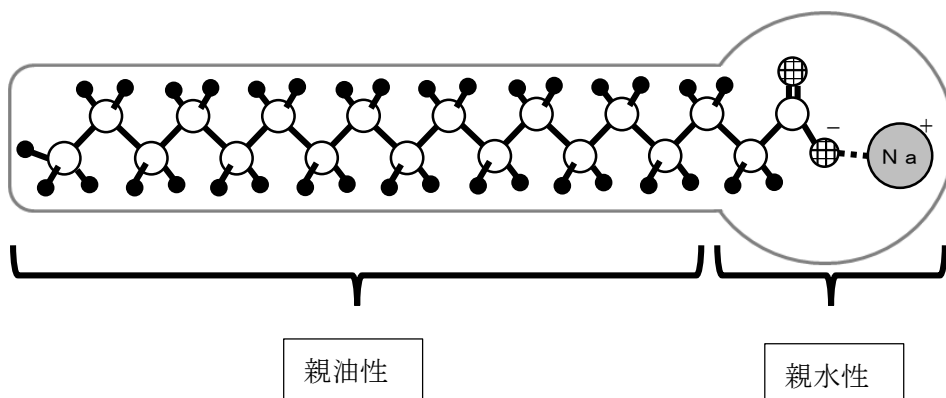
導 入

【ポイント】

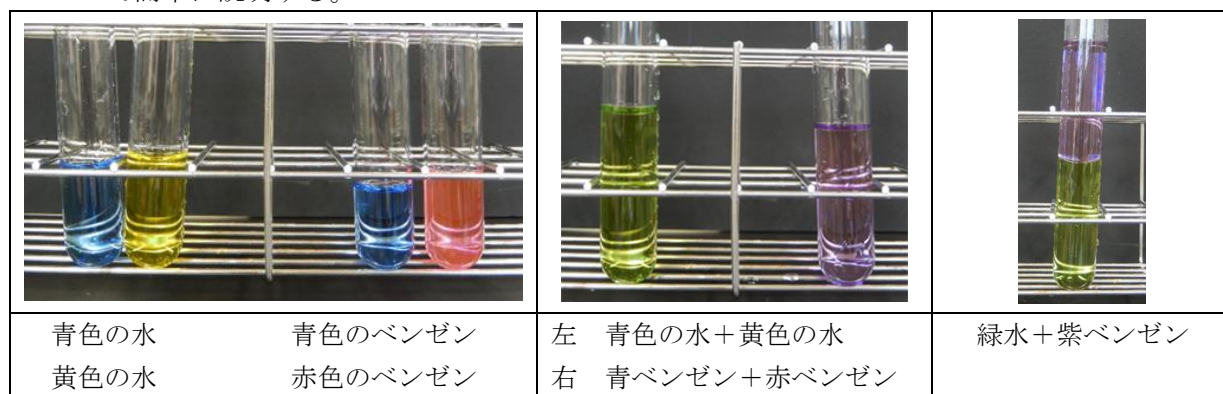
- 分子の極性と溶解との関係に興味・関心を高める。
- 液体と液体の溶ける \equiv 混じり合う、溶けない \equiv 分離するという現象を確認し、なぜその現象が起きるのか疑問を喚起させる。

【導入例】

- 色のついた液体を利用し、「溶ける \equiv 混じる」「溶けない \equiv 混じらない」について演示で見せ、身近な物で水と油の関係について気付かせる。なぜ、水と油は混じり合わないのかを確認する（ \rightarrow 水：極性分子、油：無極性分子）。今日の実験の極性と溶解性について簡単に説明する。
エタノールとヘキサンが混じる現象を考える際のヒントを与えたい場合は、水と油を混ぜるためにはどうしたらよいか発問（ \rightarrow 界面活性剤を加える）し、界面活性剤には親油性（無極性）の部分と、親水性（イオン）の部分があり、ミセルを形成し水と油が混じり合うことを説明してもよい（「化学と人間生活」の「化学と人間生活とのかかわり」の単元で、セッケンなどの洗剤について学習済みである）。



- (1) 色つきの極性分子の液体（水）と無極性分子の液体（ベンゼン等）のを2つずつ準備しておく。
- ① 黄色と青色の水を作る。水性ペンで水に着色する。（ビーカーの底に水性ペンで色を塗り、すぐに水を注ぐと色水ができる。もしくは、水にペン先を浸す。）
 - ② 赤色と青色の無極性分子の液体を作る。油性ペン（ただし、染料インクのものを使用する。顔料は油にも溶けない）で無極性分子の液体（以下ヘキサン）に(1)と同様に着色する。ただし、底に塗った場合は(1)より液体に色が溶けにくいので、ガラス棒で混ぜて溶かす。
- (2) 黄色と青色を混ぜると何色になるか発問→黄色と青色の水を混ぜる→緑色になる。
- (3) 赤色と青色を混ぜると何色になるか発問→赤色と青色のヘキサンを混ぜる→紫色になる。
- (4) (2)と(3)を混ぜると何色になるか発問→緑色の水と紫色のベンゼンを混ぜる→二層になる
- (5) 液体に仕掛けがあることを話し、身近な現象で同じような現象を考えさせる→水と油
- (6) 水と油はどうして混じり合わないか発問する。（水は極性分子で、油は無極性分子なので混じり合わない）
- (7) 今回使用したベンゼンについて構造を示し、無極性であること、 CH_3- 、 $-\text{CH}_2-$ 構造は無極性と考えるよいことを説明する。
- (8) (7)を混ぜ合わせる方法を発問する。セッケンを垂らす→白濁の茶色になる。セッケンの構造について簡単に説明する。



○アンモニアの噴水を演示実験で行い、極性と溶解性の関係について気付かせる。

○水道の蛇口から水を出し、そこに塩化ビニル管を近づけると水の流れが曲がる現象を演示実験で行い、極性について興味・関心を高める。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 材料の準備
- 実験室の備品確認

～前日

- 材料の確認
- マイクロチューブにラベルを貼る
- 器具・教材の分配

当日

- 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

マイクロチューブ, ビニールテープ, はさみ

当日必要なもの

[器具] マイクロチューブ, マイクロプレート, ヨウ素を入れるケース, プラスチック製マドラー, 点眼容器, 油性ペン, 手袋, 保護めがね

マイクロチューブの必要本数 1班6本×()班=()本

[薬品] 蒸留水, エタノール, ヘキサン, ヨウ素

各試料液の必要量 1班 1mL×2=2mL 2mL×()班=()mL

水の特異性

私たちにとって、一番身近な液体として水 H_2O が挙げられる。人の体の約60%は水であり、生命にとって最も重要な物質と言える。実はこの水は、他の多くの液体には見られない多くの特異性をもつ。

例えば、ほとんどの物質は固体の方が液体よりも密度が大きく、その密度は温度上昇とともに減少するが、水は氷の方が水よりも密度が小さく、水の密度は 4°C のときに最大を示す。他にも、同族元素の水素化合物に比べて高い融点や沸点を示す、多くの物質やイオンの優れた溶媒となる、表面張力が大きい、毛細管現象を起こす、比熱が大きいなどの特徴がある。

これらの特徴には水分子の構造が関係している。水分子は、構成元素である酸素と水素の電気陰性度の差が大きく、折れ線形の構造であるため、強い極性分子である。また、電気的に+の水素原子と、電気的に-である別の水分子の酸素原子との間に静電的な結合である、水素結合が生じる。この水素結合は、一般にファンデルワールス力や、極性分子間の静電的な引力よりも強い。水の特異性の多くは、この水素結合が起因する。

この実験でも行った、水とエタノールの混合では、混合する前の2つの体積を足した体積より、混合液の体積は減少する。これは、 $\text{O}-\text{H}$ の構造をもつエタノール分子と水分子との間に、新たな水素結合を生じ、液体中で水分子が形成するすきまの多い構造が崩れ、より密な構造になるためである。

液体の代表のように思える水であるが、科学的にはちょっと変わった液体なのである。

☆教材の入手方法

- ①マイクロチューブ（2mL）ふたつき
インターネットでも購入可能 250本で11,000円程度
- ②マイクロプレート（24穴）
理科消耗品カタログなどで購入可能 1枚で800円程度
- ③マドラー
100円ショップやスーパーマーケットで購入可能
- ④プラスチックカップ
※なくてもよいが、実験の試料配付に便利
インターネットでも購入可能 本体 50個で450円程度
ふた 50個で300円程度
100円ショップなどでも購入可能 ふたつき7個で108円
- ⑤エタノール（99.5%）
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで3,500円程度
- ⑥n-ヘキサン
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで1,500円程度
- ⑦ベンゼン（ベンゾール）
理科消耗品カタログなどで購入可能 500mLで1,500円程度
- ⑧ヨウ素
理科消耗品カタログなどで購入可能 25gで2,400円程度



①



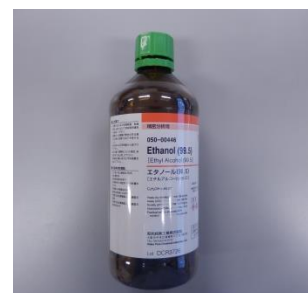
②



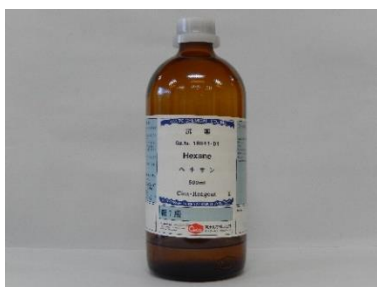
③



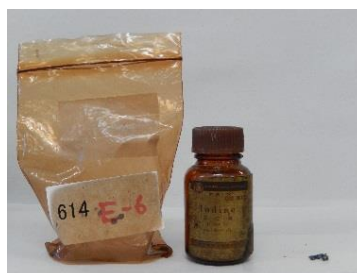
④



⑤



⑥



⑧ヨウ素 (容器)



⑧ヨウ素

当日のセット

☆生徒用

[器具]

<input type="checkbox"/> マイクロチューブ	6本
<input type="checkbox"/> マイクロプレート	1枚
<input type="checkbox"/> マドラー	1本
<input type="checkbox"/> 点眼瓶 (各試料)	3本
<input type="checkbox"/> 手袋	1～人数分
<input type="checkbox"/> 保護めがね	人数分

[薬品]

<input type="checkbox"/> 蒸留水	点眼瓶 1本
<input type="checkbox"/> エタノール	点眼瓶 1本
<input type="checkbox"/> ヘキサン	点眼瓶 1本
<input type="checkbox"/> ヨウ素	耳かき 1杯程度

□ヘキサンやヨウ素は簡単には処理できないため、マイクロスケールで行い廃液を少なくする。マイクロチューブ等がない場合は試験管で行う。その際、試験管は配布する試料を入れるものも必要になるため、各班9本必要になる。試験管を使用する場合はマイクロプレートではなく試験管立てを使用する。

□ヨウ素を量り取る時はステンレス製の薬さじではなく、プラスチックの薬さじまたはプラスチックのスプーン等を使うこと。マクロスケールで行うのでマドラーでもよい。ステンレスの薬さじはすぐに腐食してしまう。また、ヨウ素は昇華してしまうので、できるだけ直前にふたつきのケースに取り分けて配付する。

□分類できればよいので、いろいろな代用品がある。エタノールはプロパノールでもよい。ベンゼンは、ヘキサンやシクロヘキサンでもよい。ヨウ素はナフタレンでもよいが、ナフタレンは色につかない。また、極性溶媒に溶ける物として、イオンからなる物質を使用してもよい。過マンガン酸カリウムは有色なので分かりやすい。

★教員用

生徒用と同じもの



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○マイクロチューブにビニールテープを貼る。

水、ヘキサン、エタノールをそれぞれ色分けし、混ぜ合わせる色のビニールテープを貼ったものと、ヨウ素用に1本ずつ用意する。



(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。ヘキサンは揮発性があり、点眼瓶に長時間入れると揮発してしまう。また、ヘキサンはポリエチレンを腐食することもあるので、長期間保存には使用しない。当日もしくは前日に準備する。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

□導入（5分）

- *導入のポイント及び例を参照
- *目的を理解させる

□観察，実験（25分）

*手順を指導する

- ・水，ヘキサン，エタノール，ヨウ素の極性を，発問しながら確認する
- ・溶解性について個人→グループで予想させる
- ・溶解性を調べる実験の手順を指導する
- ・液体同士の溶解性を調べる
- ・ヨウ素の溶解性を調べる

*安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

*操作は必ず全員で行うように指導する

*机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

□結果のまとめ

□考察，授業のまとめ（15分）

個人

□後片付け（5分）

手順

時間のめど（およそ20分）

(1) ヘキサン，エタノール，ヨウ素の極性を，発問し確認する。

水 H_2O ，エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，ヘキサン C_6H_{14} ，ヨウ素 I_2 の分子モデルを示し，極性の有無を確認する。生徒の実態に応じて分子の形の対称性で判断させたり，電気陰性度（C，H，O，Iを板書もしくは教科書によって確認）と分子モデルから判断させたりする。後者は時間がかかるので実験時間も考慮する必要がある。プリントに記入させる。

(2) 溶解性の予想をする。

極性の分子の有無を基に，それぞれの溶解性についてグループごとに予想させ，プリントに記入させる。

		H_2O	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	C_6H_{14}	I_2
極性の有無					
溶解性 予想	H_2O				
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$				
	C_6H_6				
	I_2				

(3) 実験の内容の確認を行う。

- ① 3つの無色透明の液体は，水 H_2O ，エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，ヘキサン C_6H_{14} のいずれかの液体である。それぞれがどれに当たるか，溶解性から考え出す。

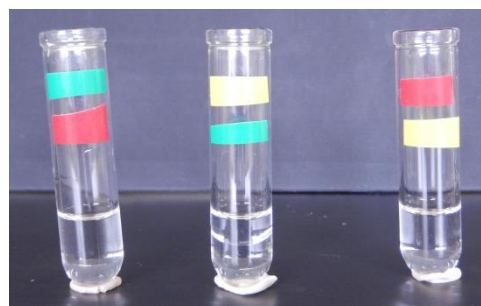
- ② (5)の手順を説明する。このとき、無色透明の液体同士の混合なので、混じり合ったかどうかよく見て確認するよう注意する。
- ③ 留意点の安全面について注意する。
- ④ 操作は必ず全員で行うように指導する。

(4) 2種類の液体の溶解性を調べる。

緑、黄、赤を組み合わせで（緑と黄、黄と赤、赤と緑）混ぜ、混じり合うかどうか確認する。ラベルと同じ色のラベルの点眼瓶の液を 10 滴ずつ垂らし、混じり合うか層になるか観察する。

注意！一人が一つの試験管を持ち、それに別の人が液体を加えるということは絶対に行わない。手にかかる危険性が高くなる。

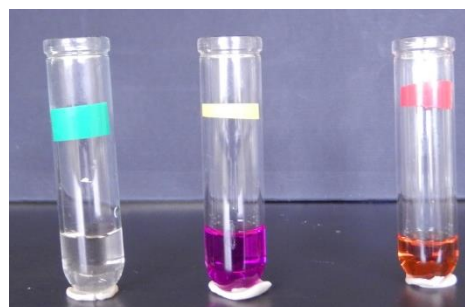
注意！ヘキサンは揮発性が有り、多量に吸い込むと気分が悪くなるなど有毒なので、注意する。また、手袋、保護めがねをかける。手についたらすぐによく手を洗わせる。



水とヘキサンのみ層になる

(5) ヨウ素の溶解性を調べる。

3つの液体をそれぞれマイクロチューブに10滴ずつとり、ヨウ素を、マドラーを用いて極少量とって加え、溶けるかどうか調べる。溶けた場合は色も記入する。



左から水、ヘキサン、エタノール

	緑	赤	黄	I ₂
緑	/			
赤		/		
黄			/	
I ₂				/

結果のまとめ

それぞれの結果を確認する。

考 察

3つの液体がそれぞれ何か、根拠（なぜ溶けたか、なぜ溶けなかったか）などについて考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 分子モデル（と電気陰性度）から分子の極性の有無を判断できた。
- ② 極性の有無から溶解性を判断できた。
- ③ エタノールが極性分子とも無極性分子とも溶ける現象を理解できた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- 水とアルコールの混合液（「緑と赤テープの試験管」のように指示する）は流しに、それ以外の液は廃液容器に回収する。
- その他はそのまま回収し、全クラスが終了したら洗う。

失敗例

●状態1 水とヘキサンを合わせたら、少し白濁した。

原因 エタノールが少し混じっていた（使用した試験管の洗浄が不十分だった）。

水とベンゼンにエタノールも混じると、その量によって少し混じり合い濁ったようになる。試験管は乾いたものか、よく洗って使用する。

●状態2 水にヨウ素が溶けて少し茶色い水溶液になった。

原因 エタノールやヨウ化カリウムが少し混じっていた。

ヨウ素は水に難溶だが、少しは溶けて薄い黄色い溶液に（使用した試験管の洗浄が不十分だった）なる。明らかに茶色になった場合は、エタノールまたはヨウ化カリウムの混入が原因と考えられる。試験管はよく洗浄したものを使用する。

別 法

別法① 試料を別のものを使用する。「当日のセット」参照。

別法② 見分けさせるのではなく、試料を明示し、それぞれが溶けるかどうかを予測させる。

別法③ 極性分子の気体と水（アンモニアと水、塩化水素と水）、無極性分子の気体と液体（メタンとヘキサン）で噴水を作る。