

強者の戦略

研伸館化学科, 森 上総です。

先週の問題は以下の通りでした。

【問題】

水とアンモニアの共通点をできるだけ挙げよ。

これを実際に中学生課程の授業で解いてもらったあとの、議論の様子を紹介します。

【議論・解答例】

(A~Dはよく発言する生徒です。)

(**太字**が解答例となります。)

森「はい、では手を止めてください。そこまでにしましょう。」

A「難しいですわ。最初はポンポン出ましたが、だんだん苦し紛れになっていきました。」

森「かもしれないね。けれども、そういった時点で出てきた解答に良いのがあるかも知れない。じゃあ、順に発表してもらいましょう。ではA君。」

A「僕ですか。何でもいいですか？」

森「どうぞ。」

A「**どちらにも水素が含まれている。**」

森「いいね！やはり物質の性質を考えるには、どんな元素からなるのか、どんな風に結合しているのかを考える必要がある。良い答えだよ。」

A「やったー！」

森「ついでに、構成元素について踏み込んでみよう。水もアンモニアも2種類の元素から出来ている。もう一方の元素は……」

B「酸素と窒素」

森「その通り。酸素と窒素に共通することは？」

B「……電子を引き付ける力が強い？」

森「そう、電気陰性度が大きい。他には？」

B「……最外殻がL殻」

C「元素記号が一文字！」

森「確かにね。じゃあ、周期表での位置は？」

B「結構右の方……あ、非金属？」

森「そうですね。ということは、水とアンモニアの**原子間の結合は……**」

B「**共有結合！**」

森「よく覚えていたね。水もアンモニアも、数個の原子が共有結合してできた粒子、つまり**分子からなる物質**だ」

——.——.——.——.——.——.——.——.——.——.——.

まず、元素についての共通点が発言されました。高校生あたりになってくると、反応性とか踏み込んだことを考えるとと思います。しかし、中学生とだけあって根源的な部分が、最初に議論の俎上に。

まだ、周期表をキチンと「表」として捉えることの重要性が充分には染みついていないようです。ですので、水に向けてあげました。基礎的な知識が備わっていないと、それだけではヒントにならなかったかも知れません。しかし答えが出ました。優秀さが伺えます。この辺りは、クラスのレベルに応じて、舵取りしないとイケません。

——.——.——.——.——.——.——.——.——.——.——.

C「じゃあ、**共有電子対をもつ**、とかでも良いですか。」

森「もちろんです。良いじゃないですか。共有結合からの連想ですね。」

C「えへへー。」

森「ところで、せっかく共有電子対が出せたなら、ついでに答えてほしいものがあるな。」

C「え、**不対電子**ですか。」

森「不対電子はもっていないよね。共有結合形成時に使っちゃうんだから。」

C「そっかー。」

D「えっと……**非共有電子対がある？**」

強者の戦略

森「その通り！酸素原子や窒素原子は非共有電子対をもっている。だから、水分子やアンモニア分子も非共有電子対をもつことになるよね」

C「非共有電子対と不対電子って、なんかいつも言い間違えるんですよね。」

森「分からなくはない。どちらも否定の漢字が使われているもんね。意味を考えると間違えにくくなるよ。」

B「えっと、**電子対が4つある**とかはどうですか？」

A「ほんまや。」

森「良いね。1分子中に水分子は非共有電子対2対と共有電子対2対。アンモニアは非共有電子対1対と共有電子対3対。足すとどちらも4対になるね。」

A「やったら、**電子対が四面体**ですね！」

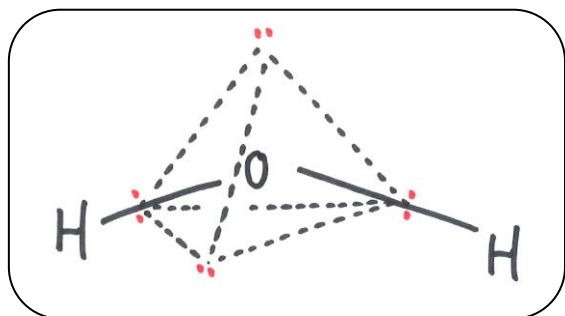
森「賢い！電子対どうしはお互い斥け合って、離れたところに位置する。4対の電子対がある場合、四面体の頂点の位置に行くことになるね。」

C「これ、なんか化学と関係ありますか？」

森「たとえばね。正四面体の頂点の2か所に水素が結合したものが水。だから水分子の形は？」

C「折れ線形。」

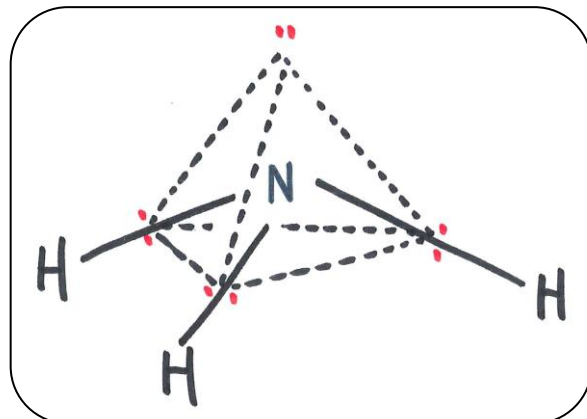
森「そうだね。」



森「また、正四面体の頂点の3か所に水素が結合したものがアンモニア。アンモニア分子の形は？」

C「あれ何て言うんですしたっけ。四面体形？」

森「確かに、間違っただけじゃないけど。三角錐形と言われるね。」



森「さて、水もアンモニアも、結合している原子どうしの電気陰性度に差があった。つまり、**結合に極性があった**わけだ。この極性が分子全体で打ち消し合うかどうかという……」

C「あー、打ち消し合いませんね。」

B「**どちらも極性分子**なんですね。」

森「そう。分子の極性を考える上で、電子対どうしの位置関係、電子どうしの反発を考える必要がある。」

分子の話が出ましたので、流れで分子の構造や極性に関する話になりました。高校生でも意外と、分子の構造や極性の有無を暗記している人がいます。代表的なものは触れすぎて覚えた。これなら良いと思います。しかし、判断の仕方は理解しておきたいものです。

森「D君は他に何か考えていた？」

D「**どちらも気体の状態をとる**、とかどうでしょう。」

森「良いねー。分子と分子の間に働く力、分子間力は弱いから、簡単に離れるんだよね。」

D「そこまでは考えていませんでした。」

森「うん。今後は、何か共通点を見つけた時に『なんでかな』って考えるようにしたらいいね。」

ところで水やアンモニアは、**同族元素の水素化合物と比べると沸点が特異的に高い**。つまり、分子どうしが離れにくい。」

強者の戦略

A「あー、なんか聞いたことがありますわー。」

森「さて、なぜでしょう？」

A「それは、他より分子どうしを引き付ける力が強い。」

森「良いね！ それを説明するためのキーワードが出せれば完璧。」

A「えっと……」

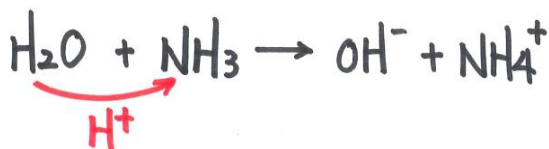
C「水素結合！」

森「その通り。**分子間で水素結合を形成可能だ**。結合の極性が極めて大きいから、水素結合可能なわけだね。」

A「なるほど。」

D「水素結合で強く引き付けあうから、水にアンモニアはよく溶けるのですか？」

森「良いところに気が付いた。それも大いに関係している。あと、実は水とアンモニアが反応するのも関係している。溶けたアンモニアが、アンモニウムイオンに変わるから、水中でアンモニアが増えにくく、なかなか飽和しないんだ。」



分子の話からさらに発展して、沸点の話となりました。この辺りも入試によく登場する内容です。水素化合物の沸点のグラフを示されて、どれが何族の沸点のグラフか選ぶといった選択問題。あるいは、なぜ第2周期の水素化合物の沸点が高いか述べさせる論述問題。暗記ではなく、このようにキチンと考えた経験があれば、記憶が抜けにくいのではないでしょうか。

B「……もしかして**水もアンモニアみたいに水素イオンを受け取りますか？**」

森「うわ！ 鳥肌立った！ なんでそう思った？」

B「アンモニアが、アンモニウムイオンになるのは配位結合ですよ。」

森「そうでしたね。」

B「水も非共有電子対をもっているから配位結合できるかな、って。」

森「素晴らしい！ これまだ習ってなかったよね！ **水もアンモニアも配位結合可能だ。**」

B「なんか、こう、なんとなく分かりました。」

森「やっぱり優秀ですねー！」

A「ま、僕らは優秀なんですよ。」

C「任せてください。」

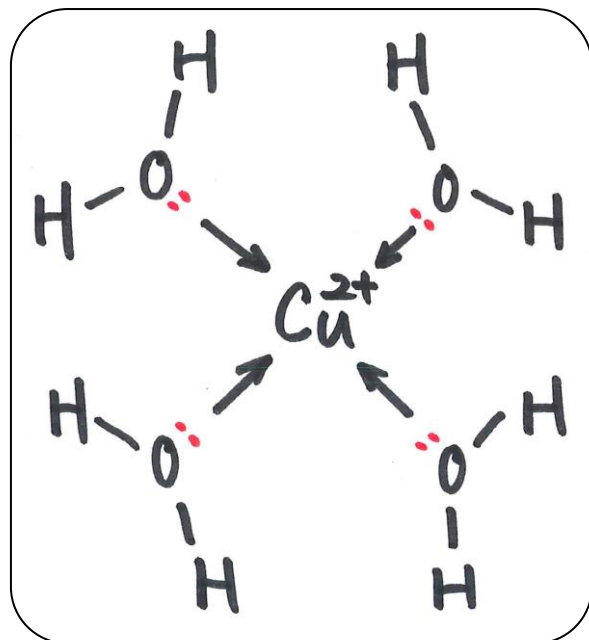
森「そうですね。では、優秀なみなさんに配位結合について配位子を教えてください。銅(II)イオンって何色？」

A「青じゃないんですか。」

森「確かに硫酸銅(II)水溶液は青い。けれども、あれは銅(II)イオンの色じゃない。」

C「なんなんですか。」

森「実は、銅(II)イオンの回りに、このように水が配位結合している。」



強者の戦略

森「これが、青い。」

C「へえ。」

森「銅(II)イオンは電子対を受け入れることができる。そのため、水分子と配位結合して大きなイオンを作る。こういうものを錯イオンという。」

C「じゃあ、アンモニアも銅(II)イオンと結合して、その、錯イオンというのを作るんですか？」

森「そういうこと。このとき、金属イオンに配位結合するものを配位子という。**水もアンモニアも配位子となるわけだ。**」

C「へえー。」

森「これは、いずれまた登場するから、頭の隅に置いておいてほしい。では、本日はここまでにしよう。」

— . — . — . — . — . — . — . — . — . — .

毎年、どのクラスの授業からも、私自身刺激を受け、成長させてもらっています。ですが、今年はとりわけ「面白い」クラスが多いです。このクラスは本当に優秀。上述のやり取りも、雑談になってしまった部分は省略しましたが、脚色はありません。有態な表現ですが、スポンジのように吸収し、なおかつ自分の力に変える生徒たちばかり集まったクラスです。

さて、授業は水とアンモニアの反応で、アンモニアが水素イオンを受け取るという話を受けて、配位結合の話になりました。そこから、授業終了まで時間が無かったのもあり、やり取りはあまりせず、錯イオンを軽く紹介しました。水が配位子として結合した錯イオンは、アクア錯イオンと言います。これは、難関大入試でたびたび取り上げられます。例えば、銅(II)イオンを含む水溶液の液性は酸性です。これは、次のような反応が起こっているからです。



将来、このような踏み込んだ内容を扱う時に、この授業が理解の一助になるのではと思います。

授業では時間の都合上、ここで切りました。しかし、水とアンモニアの共通点なんてまだまだありま

す。真面目に考えるなら、**いずれも空気より軽い**、とか。柔軟に考えるなら、**いずれもアンモニア水に含まれている**、とか。みなさんも、他に共通点が無いか考えてみてください。そして化学に必要な「思考力」を身に付けましょう。