

地球温暖化対策の電気分解

福島県立福島西高等学校 科学部

舟山 海斗 瀬川 悠太 大内希良人 大久保 旭
松川 隼士 後藤 健太 先崎 拓哉

(2021年9月1日 発表)

地球温暖化が進行する中、温室効果ガスの二酸化炭素 CO₂ の削減を目的として、水酸化ナトリウム水溶液が二酸化炭素を吸収することに注目し、日本周辺に豊富に存在する海水を太陽光発電による電気分解によって、水酸化ナトリウム水溶液を生成した。

その結果、商業電力を使用せずに、二酸化炭素を吸収することができた。また電気分解時に陰極で発生する水素ガスを燃料電池の電力を利用して走る水素自動車のエネルギーに、陽極で発生する塩素ガスから次亜塩素酸水を作製し、コロナウイルス除去の消毒液として利用することもできた。

さらに、実験結果を企業や他の高校生へ向けてプレゼンテーションを実施し、実現の可能性や更なる発展実験へのヒントを得た。

1 研究の背景

今年は桜前線が観測史上最速で北上していった。大雨と洪水の被害が国内外で相次ぎ、地球温暖化が原因であることが指摘されている。

日本政府は 2030 年度までに温室効果ガス削減目標を 2013 年度比で 26% から 46% まで引き上げたが、具体的な方法は示されておらず、さらに 2050 年の目標である実質ゼロの目標を達成するためには 60% 以上の削減が必要となる。温暖化に 76.7% 寄与している二酸化炭素 CO₂ の削減が急務である。

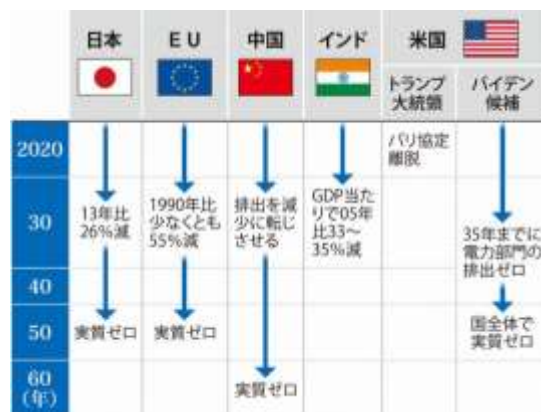
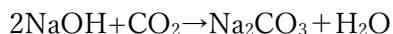


図1 主要排出国が表明した温室効果ガスの削減目標

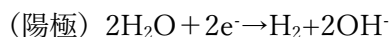
2 研究の目的

化学の授業で、水酸化ナトリウム水溶液は、二酸化炭素をよく吸収して炭酸塩を生じることを学習した。

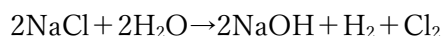


上記の反応により、温室効果ガスの二酸化炭素を吸収できる。生成物である炭酸ナトリウムは、ガラスの製造や洗剤などに用いることができる。

水酸化ナトリウムは、塩化ナトリウム水溶液の電気分解から得ている。



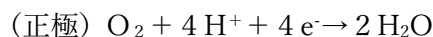
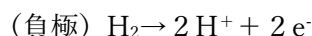
(全体の反応)



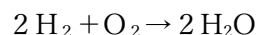
日本列島は四方を海水で囲まれており、原料となる塩化ナトリウム水溶液の確保は容易である。

しかし、上記の電気分解を火力発電由来の電気を使用すれば、発電時に二酸化炭素を排出してしまうこととなる。そこで、ソーラーパネルを利用し、太陽光から発電をすれば、二酸化炭素排出がないと考えた。

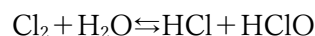
さらに電気分解時に陰極で発生する水素は燃料電池負極の活物質となり、燃料電池自動車を走らせることができる。



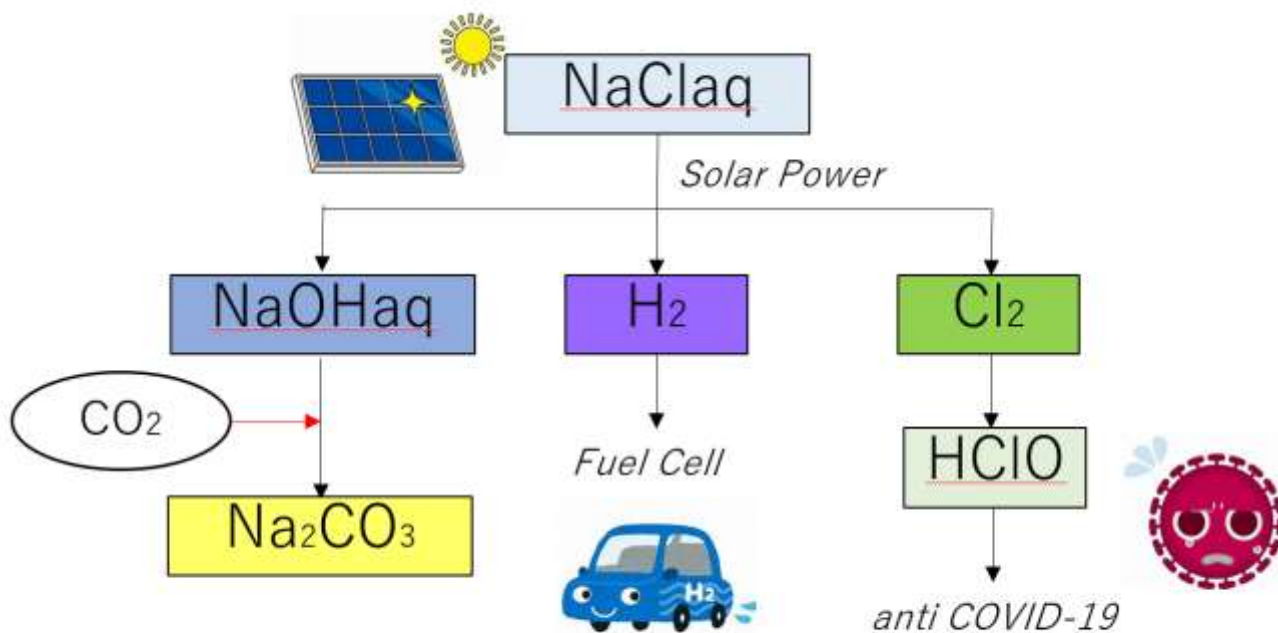
(全体の反応)



そのうえ、電気分解時に陽極で発生する塩素の一部は、水と反応して塩化水素と次亜塩素酸となる。



次亜塩素酸は酸化力が強く、殺菌剤として利用されていることから、現在流行が危惧されているコロナウイルスの消毒剤に使用できると考えた。



3 実験方法

3・1 水酸化ナトリウム水溶液による二酸化炭素の吸収

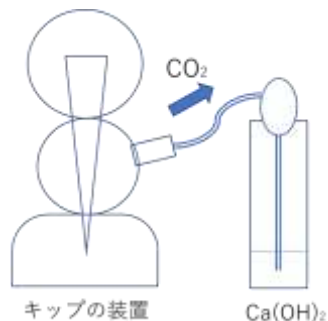


NaOHaq がどの程度 CO_2 を吸収するの
かを確認する実験を行った。

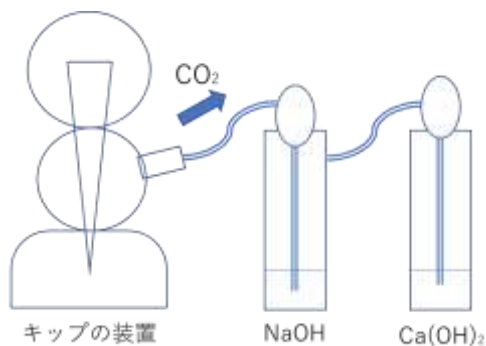
キップの装置に集気びんを連結させ、対
照実験を行った。

<実験 3-1-1>

CO_2 を発生させ、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の飽和水溶液に
通す。



<実験 3-1-2>



0.1mol/L の NaOHaq を通過させてから
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に通す。



<結果 3-1-1>右側

CaCO_3 の白い沈殿が発生している。

<結果 3-1-2>左側

透明度が高く、NaOHaq がフローしてくる
 CO_2 を吸収することがわかった。

3・2 水素の発生と利用

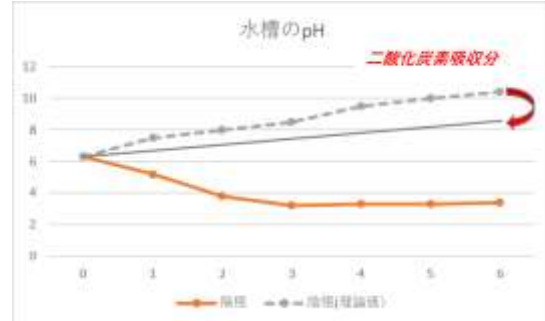


海水と同じ 3.49% の塩分濃度にした
 NaCl aq をソーラーパネルにより発電した
電気で、電気分解した。実験場所は、晴れた
日の学校の渡り廊下で行った。実験開始時
から連続的に水素および塩素の発生があっ
た。電圧は 3.0V、電流は 250mA で安定し
ていた。

また NaCl aq を電気分解装置に入れ、3.0V
の電圧で、発生した陰極側にフェノールフ
タレイン溶液を滴下したところ、赤く呈色
したことから陰極槽での水素の発生およ
び水酸化ナトリウム水溶液の生成が確認さ
れた。



NaClaq を電気分解した。陽極槽から発生する塩素臭と pH 濃度の低下から塩素の発生が確認された。

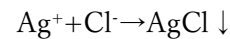


電気分解で発生した水素を燃料電池が搭載してある水素自動車に注入し、走行させた。0~5 分の日光照射で 3.5~5m 走行することができた。



また、5.5g の重りを糸と滑車で水素自動車に接続し、2 分の日光照射による電気分解で発生した水素を利用して、実験したところ 0.12 J の仕事をする事ができた。

また、硝酸銀水溶液の滴下、ろ過による塩化銀の質量により塩化物イオンの存在を確認した。



陽極槽の溶液を調整し、次亜塩素酸濃度 500ppm の消毒液を作製し、各教室のコロナウイルス対策の消毒として使用した。

3・3 塩素の発生と利用



ソーラーパネル（最大出力 12V30W）を使用して、2つの水槽に 8.0L ずつ入れた

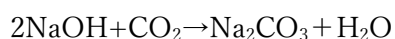


さらに、次亜塩素水の殺菌能力を検証するために、学校近くの側溝から採取した水の中に生息している微生物を顕微鏡で観察した後に次亜塩素酸を吹きかけ、動きが鈍くなることを観察し、殺菌の作用を確認した。

4 結果と考察

4・1 水酸化ナトリウム

<実験 3-3>の陰極の pH の上昇が抑えられていることから、下記の反応により、大気中の二酸化炭素を相当量吸収していると考えられる。



生成した NaOH がすべて二酸化炭素と反応したとすると、

$$8000[\text{cm}^3] \times 1.025[\text{g}/\text{cm}^3] = 8200[\text{g}]$$

$$8200[\text{g}] \times 3.49/100 = 286.18[\text{g}]$$

$$286.18[\text{g}] / 58.5[\text{g}/\text{mol}] = 4.89[\text{mol}]$$

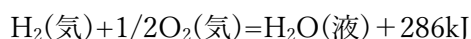
$$4.89[\text{mol}] \times 1/2 \times 22.4[\text{L}/\text{mol}] = 55[\text{L}]$$

55L の二酸化炭素を吸収することになる。

量的関係の実験と吸収効率を上昇させる仕組みを今後考えていきたい。

4・2 水素

水素が酸素と反応して、水になるときにエネルギーを発生する。



燃料電池水素自動車は、ガソリン自動車よりエネルギー効率が上がるが、実験結果からは多くの仕事を稼ぐことができなかった。

水素の有効利用を引き続き、創造していく。

4・3 塩素

陽極槽の溶液から次亜塩素酸を調整することができた。pH が 2.0 前後であるため、手指消毒には適していない。手指にも使用できる消毒液に改良していきたい。

5 結論

地球上に存在する水のうち、97.5%は海水である。日本は海水に囲まれており、海水を資源と考えた場合、ほぼ無限にあると言える。

2050 年までに温室効果ガス排出ゼロの目標を実現するためには、再生可能エネルギーや水素エネルギーの更なる利用するとともに、排出した CO₂ を吸収する必要がある。

本実験では、それらの課題をすべて解決できる可能性がある。さらに塩素を利用したコロナウイルスの殺菌にも利用できる無駄のないシステムであるといえる。

CO₂ 吸収量または H₂ の発生量がまだまだ少ないことから、今後さらに改良していく必要がある。普段の授業から考えを発展させ、ヒントを得ていきたい。

6 参考文献

『改訂版 化学基礎』数研出版

『改訂版 化学』数研出版