

化学部生徒による千葉県のかん水を使ったヨウ素の研究

－ かん水にはなぜヨウ素が濃縮されたのか －



実施担当者 日本大学習志野高等学校
教諭 井上 みどり

1. はじめに

千葉県の地場産業は温暖な気候を生かした醤油や味噌の醸造業が有名であるが、世界のヨウ素の約4分の1を生産していることはあまり知られていない。千葉県のヨウ素は天然ガスとともに産出する古代海水「かん水」から製造される。ヨウ素は人間の成長に不可欠な元素であり工業的にも重要であることを化学実験を通し生徒が学び、多くの人に周知することを目的として1年間活動した。7月には化学部生徒が、上総一ノ宮のヨウ素工場を訪問しヨウ素製造工程を学び、工場敷地内の井戸から採水したかん水でヨウ素の定量を行い、海水との比較を行った。そのほか、ヨウ素に関連する実験としてチオ硫酸ナトリウム水溶液を使った酸化還元滴定やヨウ素の溶解性、ヨウ素デンプン反応や昇華性などを身近な医薬品のイソジンうがい薬やヨードチンキで行った。化学が親しみやすく、ヨウ素が身近な元素として理解できた。研究成果は文化祭や発表会で発表し、生徒が地域の特性や千葉県の産業を理解し発展させる学びを修得できた。

2. 三ヨウ化物イオンの生成を利用する微量ヨウ化物イオンおよび臭化物イオンの吸光光度定量実験—実試料への適用—

2-1 かん水中のヨウ化物イオンの定量

天然水であるかん水中には塩化物イオンが多量に共存しており、ヨウ化物イオンまたは臭化物イオンの定量を行うためには四塩化炭素層の洗浄など改良が必要であった。また、有害な四塩化炭素からヘキサンに抽出溶媒を変更した。定量方法としては手順が複雑で簡便とはいえないが、多量の塩化物イオンの共存下で妨害イオンもほとんどなく定量することができた。

- (1) かん水を20又は10倍に希釈し試料とする。試料10 mlを分液ロートに取り、4.5 M硫酸1 mlと、3%過酸化水素水1 mlを加えて、5分間放置してヨウ化物イオンをヨウ素に酸化する。
- (2) 四塩化炭素5 mlを加え、振とう機を用いて30秒間振り混ぜる。静置後、水層が混入しないように四塩化炭素層を別の分液ロートに移す。
- (3) (2)の四塩化炭素層に0.05 M硫酸を5 ml加え、30秒間振り混ぜ洗浄する。次に四塩化炭素層を別の分液ロートに取り分ける。

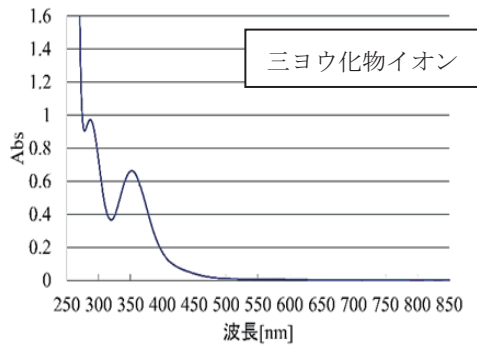


図1 三ヨウ化物イオンの吸収曲線

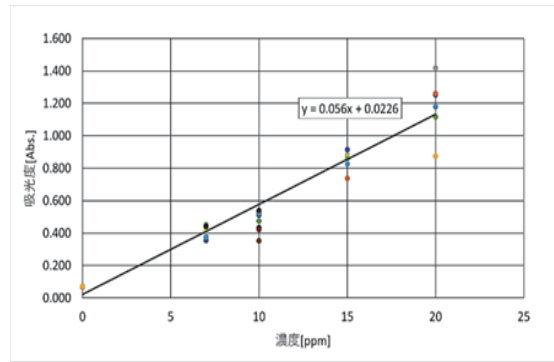
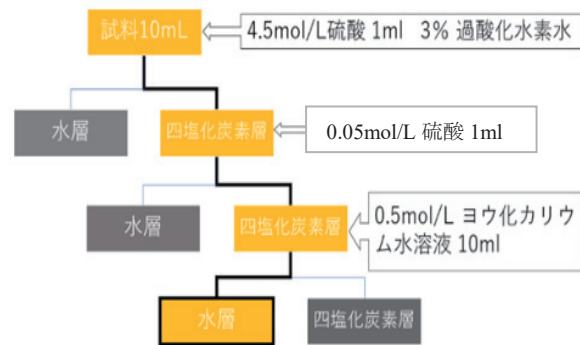


図2 ヨウ化物イオンの検量線

- (4) ヨウ素が溶解した四塩化炭素層に 0.5 M ヨウ化カリウム水溶液 10 ml を加えて 30 秒間振り混ぜ、ヨウ素を三ヨウ化物イオンとして四塩化炭素層から水層に移す。



- (5) 5 分後、四塩化炭素層を分液し、水層を 1 cm の石英セルに入れ、水を対象液として、波長 350 nm で吸光度を測定する。



2-2 かん水中の臭化物イオンの定量

- (1) 10 ppm 以下の臭化物イオンを含む試料溶液を 10 ml 分液ロートにとり、3 M 硫酸 1 ml 及び 0.015 M 過マンガン酸カリウム水溶液 1 ml を加えて混合し 5 分間 (20°C 以下の時は 10 分間) 放置する。臭化物イオンは臭素に、ヨウ化物イオンはヨウ素酸イオンまで酸化される。
- (2) 四塩化炭素 5 ml を加え振とう機を用いて 30 秒間振り混ぜる。静置後、水層が混入しないように四塩化炭素層を別の分液ロートに移す。静置後取り分けた四塩化炭素層に 0.5 M 硫酸を 5 ml 加え、30 秒間振り混ぜ洗浄する。以下はヨウ化物イオンの定量と同様の操作をする。

2-3 結果と考察

	実験結果		文献値	
	かん水(千葉)	海水(千葉)	かん水	海水
ヨウ化物イオン	114 ppm	測定範囲外	100~130 ppm	0.05ppm
臭化物イオン	128 ppm	60 ppm	129~156 ppm	60~65 ppm

千葉のかん水中のヨウ化物イオンは 114 ppm、海水は未検出であった。昇華性のあるヨウ素が地層中に 50 万年から 100 万年の間存在出来た理由はヨウ素分子ではなくヨウ化物イオンとして保存された。これはヨウ化物イオンを酸化し抽出できることで分かった。かん水は海藻やプランクトンが堆積分解してできたと考えられるが、ヨウ化物イオンが海水の約 2000 倍や臭化物イオン 2 倍含有されることから生物濃縮が行われのちに堆積し、分解されメタンガスとともに地下に埋蔵されたと考えられる。千葉県九十九里地域には茂原という地名があり、古代において豊かに海藻が茂っていたことが分かった。

3. 化学部生徒の発表会への参加

3-1 文化祭での研究発表

6月11日12日、高校文化祭で化学部生徒による研究発表会が実施された。千葉県では高濃度のヨウ化物イオンを含むかん水が天然ガスと共に採水される。ヨウ素は、資源少国である日本では数少ない輸出可能な天然資源である。また、微量栄養素として不可欠で、ヨウ素欠乏症を予防するためにヨウ素添加塩の摂取が重要である。千葉県はヨウ素をアジア諸国に寄付し国際貢献を行っている。千葉県の高校生として広くこの事実を周知し、ヨウ素の化学的性質の研究結果を発表した。



文化祭 視聴覚教室での
研究発表

3-2 伊勢化学工業 工場見学

化学部生徒が7月19日千葉県長生郡一宮町にある伊勢化学工業一之宮工場を訪問した。巨大な工場設備に圧倒された。工場内の井戸で採水される水溶性天然ガスかん水からブローイングアウト法でヨウ素を製造し海外に輸出している。千葉県が日本のヨウ素の年間生産量10,000t（世界のヨウ素生産量の30%で世界2位）の80%を占めることやヨウ素含有工場廃液を回収しヨウ素をリサイクルするなど環境に配慮した製造が行われていた。現在の製造法は伊勢化学工業が初めて確立したブローイングアウト法がスタンダードとなり、かん水中のヨウ素の90%が製品となっている。X線造影剤、スマートフォンの液晶用偏光フィルムなど多様な用途に不可欠である。



伊勢化学工業一之宮工場見学

3-3 千葉大学主催「高校生理科研究発表会」参加発表-ヨウ素学会研究奨励賞受賞-

令和4年9月24日（土）化学部生徒代表4名が千葉大学主催 第16回高校生理科研究発表会に参加した。2年生と3年生の2名が発表した「古代海水 かん水中のヨウ化物イオンの定量—千葉県のかん水にはなぜヨウ素が濃縮したのか—」がヨウ素学会研究奨励賞を受賞した。10月7日（金）の朝日新聞にも掲載され、生徒達の自信と活動の励みになった。研究内容はヨウ素の医療やものづくりへの重要性を含めた発表で、かん水に含有されるヨウ化物イオンの定量を吸光光度法で実施し、10ppm以下の希薄なヨウ化物イオンの濃度が定量できた。



千葉大学西千葉キャンパスにて



口頭発表の様子



ヨウ素学会研究奨励賞

3-4 東京薬科大学 TAMA サイエンスフェスティバルオンライン参加発表

東京薬科大学主催 TAMA サイエンスフェスティバルに参加した。通常の研究発表（スタンダードコース）に2年生と3年生のチームが「日本が世界に誇る、古代海水 かん水におけるヨウ素の

定量実験」を公表し、研究を始めたばかりの生徒を対象とした発表（研究ビキナーコース）に1年生チームが「ヨウ素の溶解性についての研究」を発表した。専門分野の第一線で活躍している大学の先生方、高校生とのディスカッションを行い、研究の問題点や今後の課題についてアドバイスをいただき、研究に磨きをかけた。

3-5 第13回東京理科大学坊っちゃん科学賞研究論文コンテスト-高等学校部門-入賞

応募論文数224点の中から「千葉県のかん水を使ったヨウ化物イオンの研究」が入賞した。研究期間が短いなかで、論文コンクールに初挑戦し生徒はコンパクトに研究成果をまとめた。地域の地場産業に着目した研究が評価された。

3-6 その他

つくばサイエンスエッジサイエンスアイデアコンテスト日本語ポスター2件参加・日本化学会関東支部第40回化学クラブ研究発表会口頭発表とポスター発表に参加した。

4. まとめ

実験の結果からかん水中のヨウ化物イオンの濃度は114 ppmであった。かん水の濃度は採水した地域によって異なるが100 ppm前後であることから今回の実験では期待された値が得られた。海水中のヨウ化物イオンが文献値では0.05 ppmであるので約2,000倍に濃縮されていた。臭化物イオンは海水に60 ppm含まれ、かん水には120 ppm含有され海水の2倍に濃縮されていた。ヨウ素も臭素も生物にとって組織の成長に重要な役割を果たす28必須元素である。生物濃縮によってかん水中に蓄えられた2つのイオンの濃度に差異があるのは生物にとっての必要量の違いだと考えられる。日本での工業的にヨウ素生産が実施されているのは千葉県、新潟県、宮崎県の3県である。今後はこれらの地域別のヨウ素の定量や臭素生産にかん水を利用できないかと研究したい。

発表会参加は、生徒が研究の方法やプレゼンテーション能力を高める良い機会となり、この1年を通して大きく成長することができた。

謝 辞

伊勢化学工業株式会社一宮工場星合様、工場長小林様にはかん水の提供や工場見学に感謝いたします。本研究は中谷医工計測技術振興財団 令和4年度 科学教育振興【個別】助成を受けて行いました。成果発表会参加など多くの経験を通して生徒の深い学びや探求学習につながりました。ご支援に深く感謝いたします。

参考文献

- (1)Global-Scorecard of iodine nutrition in 2021,
https://www.ign.org/cm_data/IGN_Global_Scorecard_MAP_2021_SAC_-_7_May_2021.pdf , (2021-06-09).
- (2)内海 喩 , 小高みどり , 磯崎昭徳 : 分析化学 , 34, 81, (1985).
- (3)ウィキペディア 海水 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E6%B0%B4>.
- (4)ヨウ素学会ホームページ <https://fiu-iodine.org/>.
- (5)竹下敦宣他 : 日経サイエンス , 第52巻10号 , p.117.
- (6)ヨウ素欠乏症への取り組み,
https://www.nestle.co.jp/media/newsandfeatures/p2016219_micronutrient_iodine.
- (7)ヨウ素学会 : 日本にたくさんある資源って何だろう?それはヨウ素, (2020, 2).

以上