

災害時をみすえた単糖類電池の開発

兵庫県立加古川東高校

目的・動機

燃料電池について調べる中で、グルコース電池というものを知った。非常に身近な物質であるグルコースを用いていることから、電気の供給が乏しい災害時での利用が見込めるのではないかと注目した。グルコースは単糖類であることから、ほかの単糖類にグルコース電池の仕組みを応用させることで、災害時の利用範囲をより広げられるのではないかと考えた。

実験1：糖の種類による電圧の違いの比較

【仮説】

グルコース電池の仕組みを利用して、フルクトースやガラクトースでも発電が可能である。

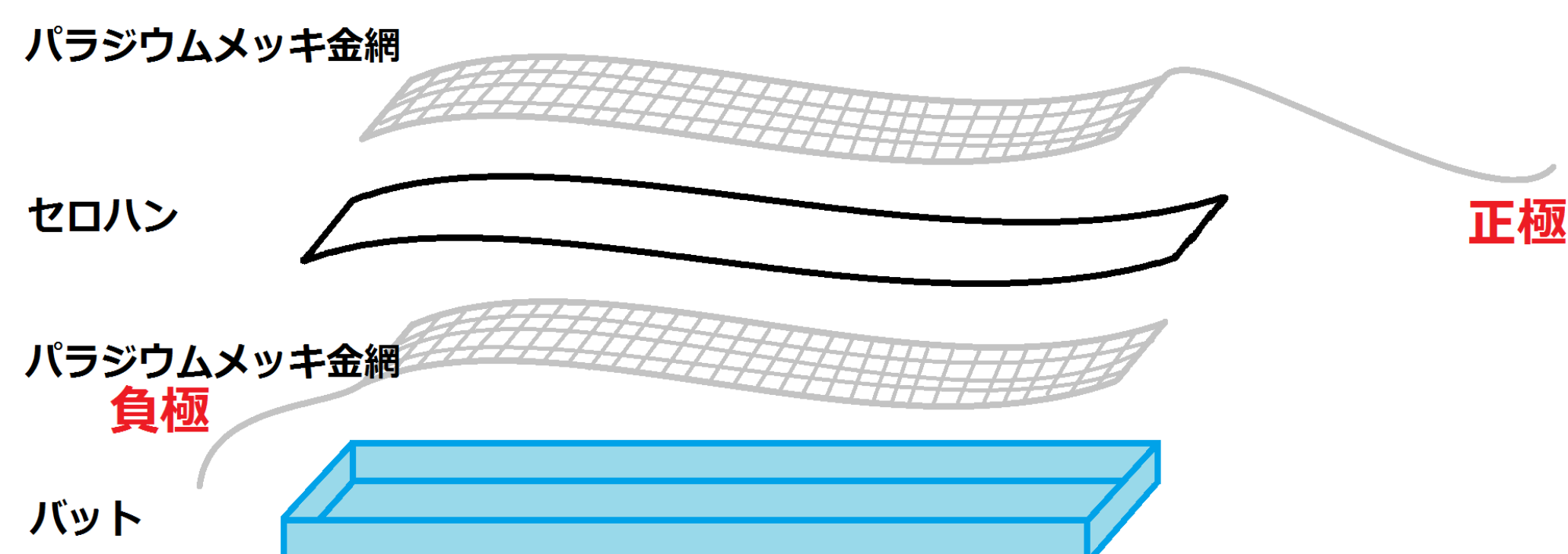
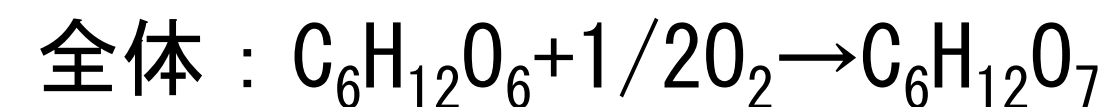
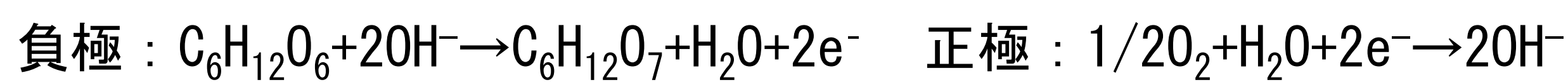


図1 平置き型電池セル

【実験方法】

- ① 図1のように電池セルを組み立てる。
- ② 水酸化カリウムKOH 4.50gを純水30.0mLに溶解したものを3つ用意し、それぞれにグルコース、フルクトース、ガラクトースを1.44gずつ加える。その後、さらに純水を加え最終的な体積を40.0mLとする。
- ③ ①で用意した電池セルにおいて、セラハンの下側に②の3種類の燃料のうちの1つを流し込み、上側には水酸化カリウム水溶液をかける。いずれの糖もこの時の化学反応式は以下のとおりである。



【結果】

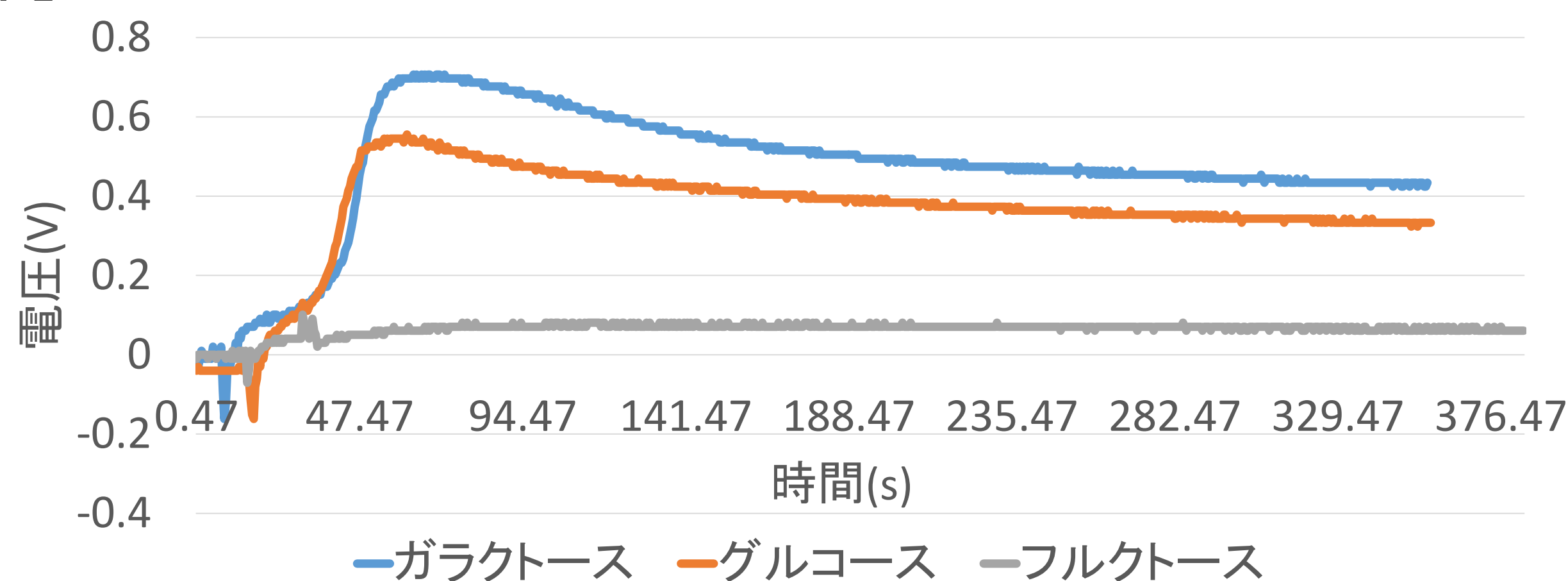


図2 実験1で得られた電圧

【考察】

- ・ガラクトース、グルコース、フルクトースの順に高い電圧が得られることが分かった。
- ・ガラクトースの電圧が高い→ガラクトースはほかの糖に比べて環が崩れやすく、反応が起こりやすい性質があることと関係している可能性がある。
- ・フルクトースの電圧が低い→フルクトース水溶液はほかの糖に比べて粘性が大きいという性質と関係している可能性がある。

実験2：セルを直列につないだ時の電圧上昇の確認

【仮説】

電池セルを2組直列につなぐことで、乾電池程度の電圧が得られる。

【実験方法】

実験1において、最も高い電圧が得られたガラクトース燃料を用いて、実験1と同じ電池セルを2組直列につなぎ、電子オルゴールに流れる電圧を測定する。

【結果】



図3 実験2で得られた電圧

【考察】

セルを直列につなぐことで電圧が上昇することが確認できたことから、実用化が期待できる。

まとめ

- ・グルコース電池の理論を、ガラクトース、フルクトースに応用することに成功した。この時、ガラクトース、グルコース、フルクトースの順に高い電圧が得られた。
- ・本研究で扱う電池セルは温度に左右されるため、温度条件をそろえて実験を行う必要がある。
- ・グルコース電池の仕組み、単糖を高い割合で含む食品に応用できる。

実験3：温度変化による電圧差の確認

【仮説】

温度を上げると化学反応が進みやすくなるため、電圧は大きくなる。

【実験方法】

- ① ガラクトース燃料を用いて、実験1と同じ電池セルを2組用意する。
- ② 一方は常温(10°C)のまま、他方はホットプレート(40°C)上にセルを乗せて、それぞれ電圧を測定する。

【結果】

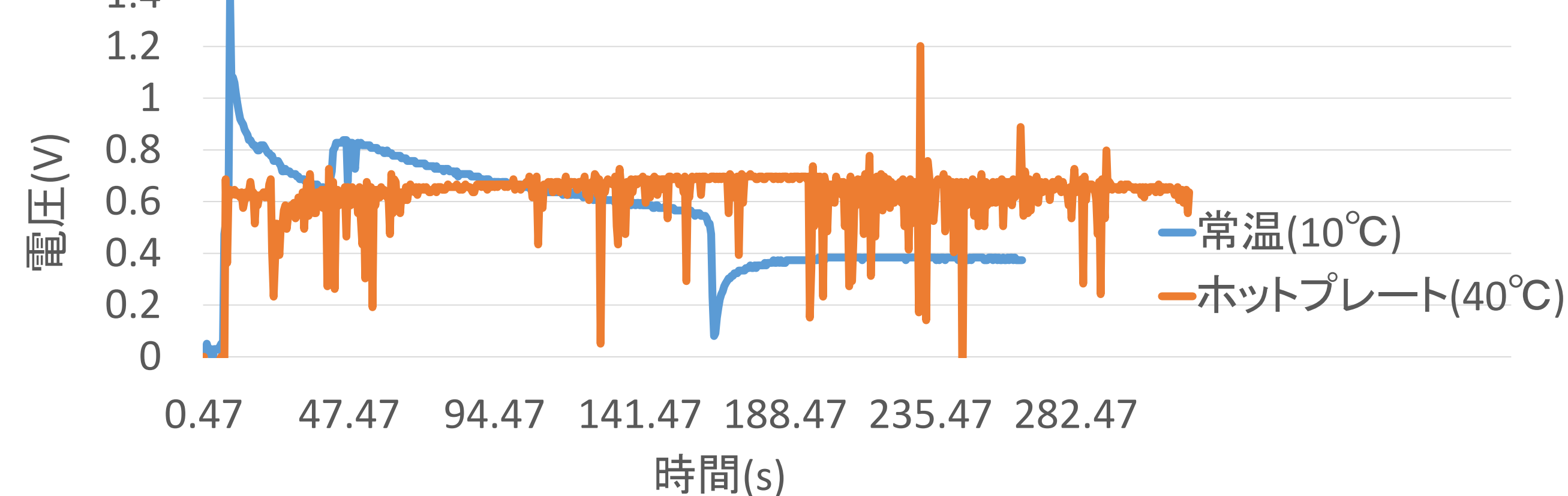


図4 実験3で得られた電圧

【考察】

- ・温度が低ければ電圧値が下がる速度が上昇する。

実験4：食品を用いた電池の作成

【仮説】

グルコース、ガラクトース、フルクトースから電圧が得られることがわかったことから、単糖を多く含む食品であれば電圧が得られる。

【実験方法】

- ① 実験1と同じ電池セルを3組用意する。
- ② 水酸化カリウムKOH 4.50gを純水30.0mLに溶解したものを4つ用意し、それぞれコーラ、牛乳、ハチミツ、トマトジュースを10.0mL混ぜる。
- ③ 正極には実験1と同じ水酸化カリウム水溶液を、負極には②の溶液をそれぞれ注ぎ、回路をつないで電圧を計測する。

【結果】

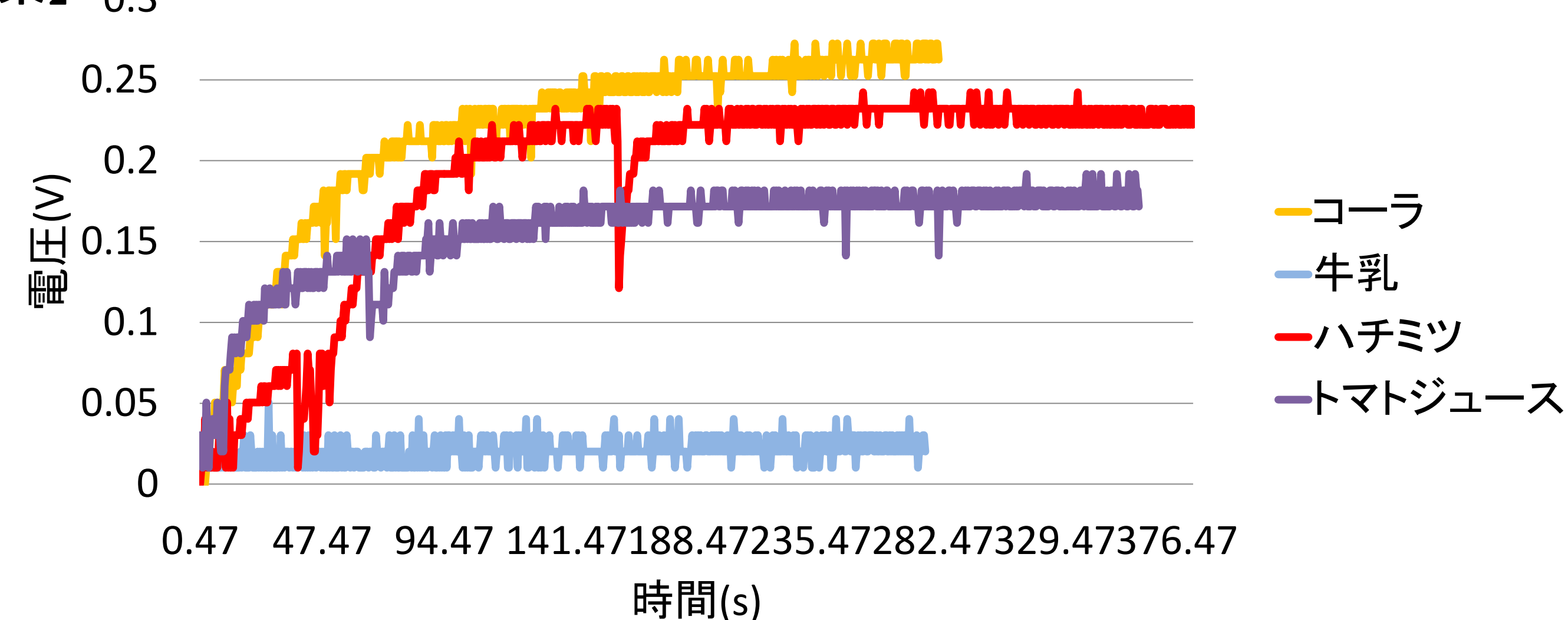


図5 実験4で得られた電圧

【考察】

- ・牛乳の電圧値が低かった→変性したたんぱく質が沈殿して電池セルを阻害し、反応を滞らせたからであると考えられる。
- ・コーラとハチミツの電圧差→コーラにはグルコースが多く含まれ、ハチミツにはフルクトースが多く含まれているためと考える。
- ・トマトジュースの電圧が糖の濃度にかかわらず高く得られたのは、ビタミンが含まれていたからではないかと考える。

今後の課題

- ・糖の種類によって電圧に差が見られたことについて、さらに検証する。
- ・溶液に含まれる糖の濃度と電圧の関係を確認する。

参考文献

- (1) 野曾原友行『高効率・簡易燃料電池の開発』東レ理科教育賞 2007年
- (2) 芦田実・大向隆三・近藤一史・清水誠・鈴木崇広・山田暢司 2015年『色素増感太陽電池およびグルコース型燃料電池を中心とした化学教材の開発と実用化』平成25年度～平成26年度 科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究) 報告書
- (3) 山田暢司『グルコース形燃料電池(チューブ式供給モデル)の開発:製作の工夫と活用実践報告』