

# 現場・簡易型ビタミン C 測定装置の開発

加藤 健\* 浅野 健治\*\* 浅野 俊之\* 植崎 友佳\*\*\* 関根 誠\*\*\*

## 1. はじめに

近年、産地偽造、賞味期限の改ざん、冷凍食品等、食品に関する様々な問題が日々取り沙汰され、社会問題となっている。食の安全・安心の一端として、食品鮮度の一指標と考えられているのがビタミン C である。これより農業や食品を取り扱う現場で用いる際に、データを取得しやすい、コンパクトなビタミン C 測定装置を目指す。

## 2. 研究開発する手法の優位性

既存方法と本法の比較は以下(表 1)のように示される。既存方法は、

- ・ 装置が高額である
- ・ 装置が大型のため、現場測定に適さない
- ・ 測定に時間を要する
- ・ 呈色試薬や反応に使用する試薬として、有害な化学物質を用いる

等の課題がある。本法はこれらの課題を解決するための、低価格で迅速に測定可能であり、操作性に優れた測定装置の開発を目指す。具体的には、電極を挿入することで、目的成分を電気的に検出する電気化学測定に着目して研究を行なった。これはビタミン C が強い還元作用を持つ水溶性ビタミンであるため、電気化学測定を用いることとした。

表 1 既存方法と本法の比較

	本法	試験紙	酸化還元滴定
分析コスト	◎(目標 10 円 / 1 回)	◎(150 円 / 1 回)	◎(100 円 / 1 回)
現場測定	◎	○(慣れが必要)	×(持ち運び困難)
操作性	◎	○	×(取り扱い困難)
測定時間	◎(5 秒)	○(5 分)	×(30 分)
評価方法	電気化学測定 (デジタル)	比色分析 (見本との比較)	変色点測定 (デジタル)
装置図 (イメージ)			

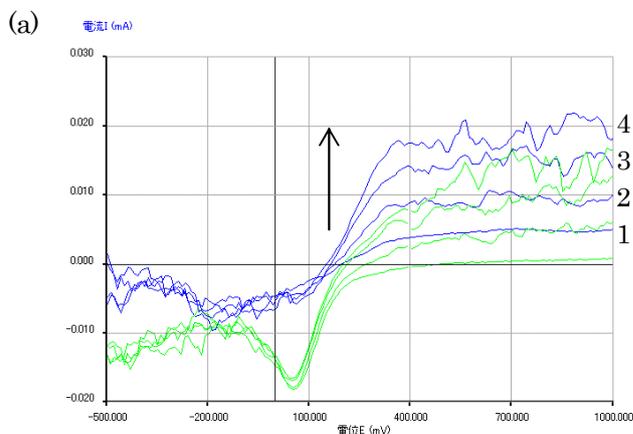
## 3. 実験結果

### 3.1 測定系の検討

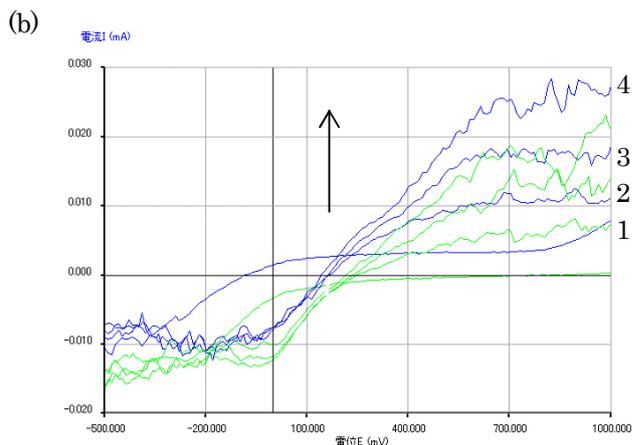
電気化学測定では、ある実験系で注目する一つの電極として作用電極、電位の基準となる参照電極、還元反応を起こさせる対極の三電極系で実験を行なう。また未知の系(新規な物質や電極材料、溶媒など)を取り扱い、全体のおよその姿(電極反応が進む電位など)をつかむためにサイクリックボルタメトリー(以下 CV と記す)が用いられる。

本研究では、まず CV 法を用い、ビタミン C に対する電氣的応答の確認を行なった。また電気化学測定

は、一般的に三電極形で測定を行なうが、コストおよび操作性等の観点から、二電極系で測定が可能か比較検討した。りん酸緩衝液中において、三電極系(図 1 a)および二電極系(図 1 b)でビタミン C を測定した結果を以下に示す。15 mL のりん酸緩衝液(pH 7)にてビタミン C 濃度を变化させた際の CV 変化である。図 1 の 300 mV 以上の電位で、ビタミン C の濃度増加に応じて電流値が上昇した。図からもわかるように三電極系と二電極系では、同様な CV 曲線であった。これより二電極系でもビタミン C の測定が可能であることがわかった。



参照電極 : Ag / AgCl 電極, 作用電極 : Pt  
対極 : Pt 線



参照電極および対極 : Pt 線, 作用電極 : Pt

図 1 ビタミン C 濃度を变化させた際の CV 曲線変化

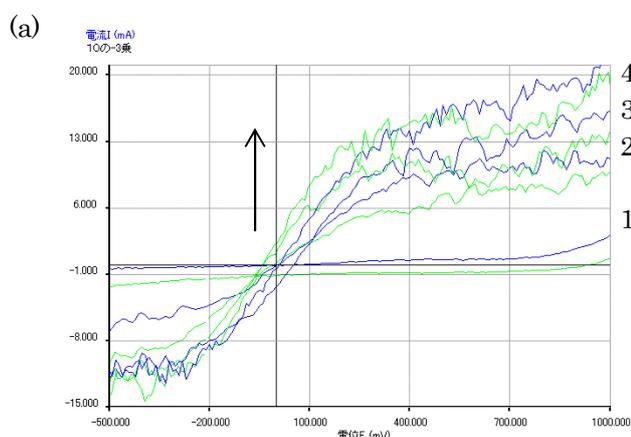
1. [ビタミン C]<sub>T</sub> = 0 (mg L<sup>-1</sup>)
2. [ビタミン C]<sub>T</sub> = 117 (mg L<sup>-1</sup>)
3. [ビタミン C]<sub>T</sub> = 232 (mg L<sup>-1</sup>)
4. [ビタミン C]<sub>T</sub> = 345 (mg L<sup>-1</sup>)

印加電圧 -0.8 V ~ +1.2 V (スキャン速度 0.1 V / s)

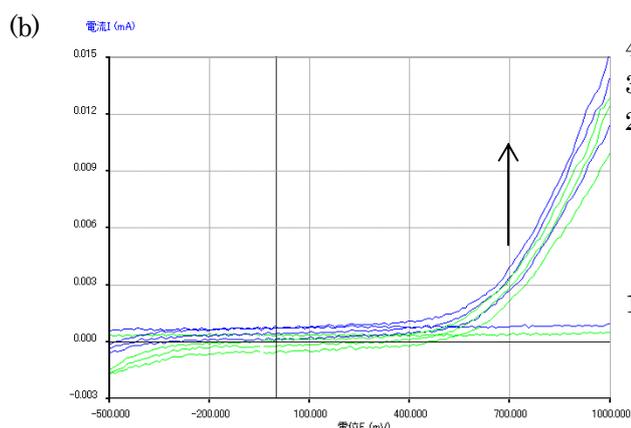
### 3.2 電極による影響

電解液に溶かした化学物質の酸化還元反応を調べるとき、作用電極の選択が必要になってくる。これは電極によって、測定可能である電位範囲が異なるためである。作用電極には、①貴金属電極、②炭素電極、③水銀電極等が用いられる。

本研究では、農業や食品を取り扱う現場で簡易に測定することを目的としているため、より安価で安定した結果が得られる電極を選定する必要がある。測定するにあたり、取り扱いやすい貴金属電極ではなく、測定に最適で、安価に対応可能な手法を検討した。一般的に広く用いられる貴金属電極の白金電極 (a) とグラッシーカーボン電極 (以下GCと示す) (b) を測定比較した場合、ビタミンCの濃度増加に対して、電流値が増加するという類似したCV曲線となった(図2)。これより、貴金属電極に比べると安価な炭素電極でビタミンCを測定することが可能であることがわかった。



参照電極および対極：Pt, 作用電極：Pt



参照電極および対極：GC, 作用電極：GC

図2 ビタミンCを加えた際のCV曲線変化

1. [ビタミンC]<sub>T</sub> = 0 (mg L<sup>-1</sup>)
2. [ビタミンC]<sub>T</sub> = 117 (mg L<sup>-1</sup>)
3. [ビタミンC]<sub>T</sub> = 232 (mg L<sup>-1</sup>)
4. [ビタミンC]<sub>T</sub> = 345 (mg L<sup>-1</sup>)

印加電圧 - 0.8 V ~ + 1.2 V (スキャン速度 0.1 V / s)

### 3.3 検量線

3.2にてGCによりビタミンCを測定することが可能であったため、GCを用いてビタミンCの濃度を変化させた際のCV測定を行なった。測定結果を以下(図3)に示す。ビタミンC濃度が、66 (mg L<sup>-1</sup>) ~ 264 (mg L<sup>-1</sup>) の範囲で良好な直線性が得られた。

食品サンプルの例として、食品データベース<sup>1)</sup>を参照すると、いちご1粒(20g)にはビタミンCが12.4mg含まれていると報告されている。いちご1粒をつぶし、50mLに定容するとビタミンC濃度が248 (mg L<sup>-1</sup>)である。これより、実際のサンプルを処理した溶液に含まれるビタミンC濃度以下のレベルまで本法にて測定可能であると考えられる。

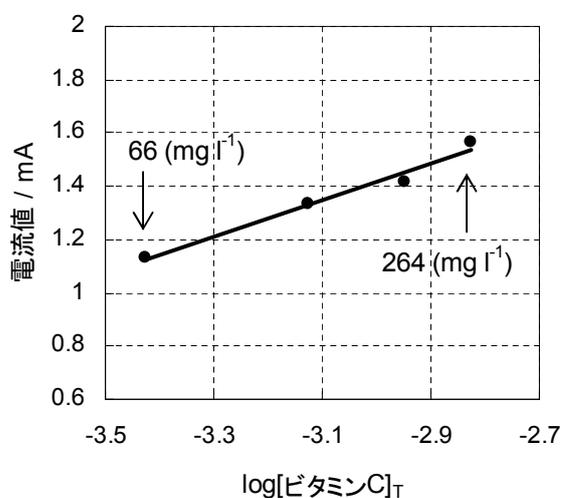


図3 ビタミンC濃度と電流値

参照電極および対極：GC, 作用電極：GC

印加電圧 0.7 V

### 4. まとめ

- ・電気化学測定では一般的な三電極系ではなく、二電極系でビタミンCを測定可能であった。
- ・GC電極により、食品分析で必要とされる濃度レベルのビタミンC検出が確認された。
- ・電気化学測定で、従来使用される貴金属電極ではなく、より安価なGC電極により、ビタミンCの測定が可能であった。
- ・現在広く用いられている比色分析と比べ、電極を入れることで迅速に測定可能であり、検討を進めることでより安価に簡単に測定結果が得られると期待される。
- ・今後は、従来法による測定結果と本法の測定結果に相関が取れるかどうか確認する。
- ・実際の食品へ本法が適用可能かどうか検討する。

### 5. 参考文献

- 1) <http://fooddb.jp/>