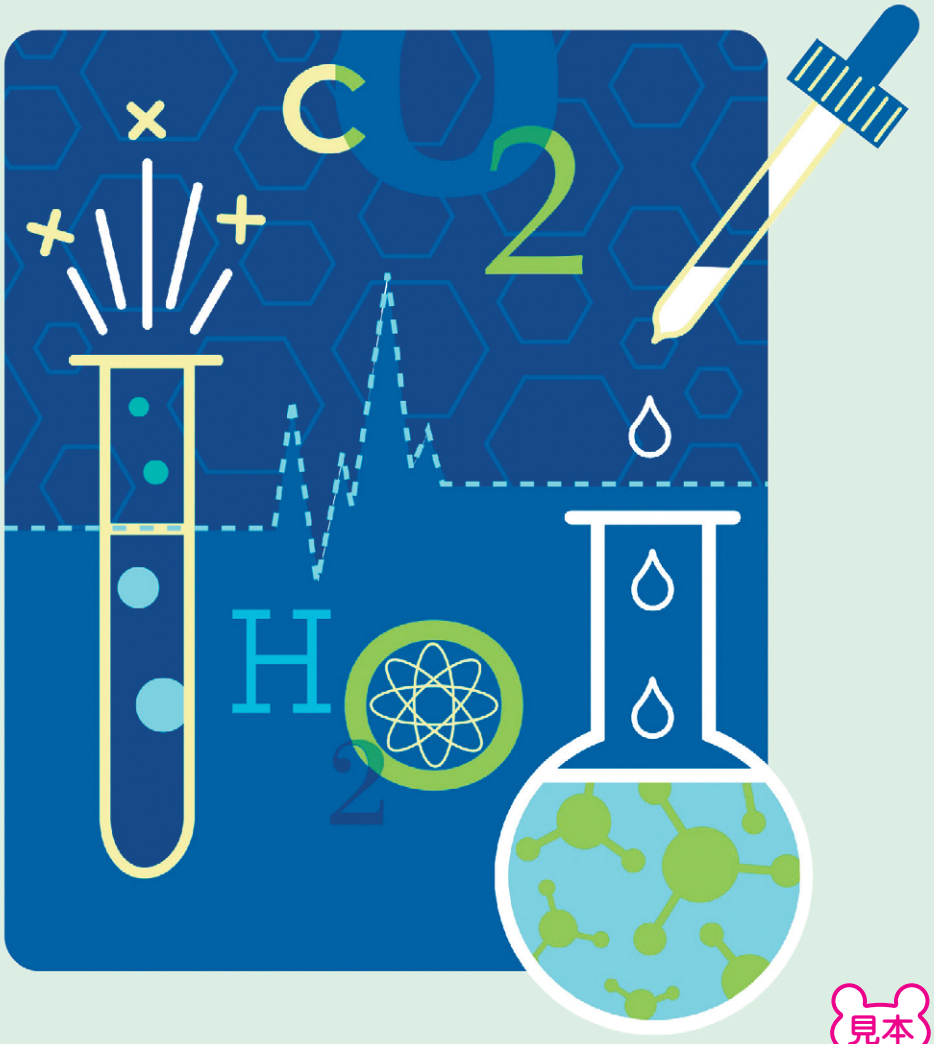
新　版

食品学実験

―実験で学ぶ食品学―

江角彰彦［著］



見本

同文書院

はじめに（新版によせて）

本書の執筆および改訂の意図

「要点集」と「実験操作」を合わせて記載し，「講義内容と実験内容を密接に関連づける実験書」という，これまでの類書にはない特徴を持った本書は，おかげさまで，好評のうちに版を重ねることができ，今日に至りました。これも，さまざまな学校の先生方，学生の皆さんのおかげであると，心よりお礼を申し上げます。本当にありがとうございます。

さて，2020（令和２）年に『日本食品標準成分表2015年版（七訂）』が改訂され，『日本食品標準成分表2020年版（八訂）』となりました。本書も，それに合わせて，内容の変更，追加を行うべく，改訂版を作成する運びとなりました。

講義内容と実験項目を密接に関連づけるべく，本書では，各実験の前に，その実験に関連した食品学（食品学総論，食品学各論，食品加工学）の学習項目の要点を簡潔にまとめ，学生の皆さんが，実験を通して，理解をより深められるように配慮いたしております。今回の改訂にあたり，さらに，「Keywords欄」を設け，より要点を確認しやすいように配慮いたしました。

また，学生の皆さんの中には，高等学校で化学を履修していない方も多数いらっしゃいますので，そのような方々にとっても理解しやすいように，平易な記述を心がけ，見やすい写真，図表を多く収載いたしました。

本書の構成

本書は，以下の10章から構成されています。

第１章，２章は，実験に当たっての注意と基礎知識，第３章は滴定分析を中心とした「基礎的な化学分析実験」について記載しており，第１～３章は，食品学実験に限らず，化学実験，栄養学実験，食品衛生学実験，生化学実験などのすべての実験において利用していただくことができます。

第４章は，「食品成分の定性反応」を中心とした基礎実験で，「1章～4章」だけで，半期（3時間×15回）の実験に対応することが可能です。

第５章以降は，「食品成分の定量分析・成分分析」を中心とした応用実験を収載しております。この中

● 著者プロフィール

江角 彰彦（えすみ あきひこ）

1958年　島根県松江市に生まれる

1980年　京都大学農学部農芸化学科卒業

1982年　京都大学大学院
農学研究科修士課程修了
（発酵生理、応用微生物学専攻）

1985年　京都大学大学院
農学研究科博士課程研究指導認定
（発酵生理、応用微生物学専攻）

1985年　学校法人大和学園
京都栄養医療専門学校　講師

2002年　学校法人大和学園
京都栄養医療専門学校　准教授

現在に至る

資格

食品衛生管理者
毒物劇物取扱者
危険物取扱者
食生活アドバイザー
野菜ソムリエ
発酵検定認定

から，必要と思われる実験を選択していただくことにより，半期（3 時間× 15 回）の実験に対応することができます。

さらに，「第 1 章～ 4 章」，および「5 章以降」を合わせて行っていただくと，通年（3 時間× 15 回× 2 期）の実験に使用していただくことが可能です。

本書の特徴

① 各実験の前に，その実験に関連した食品学（食品学総論，食品学各論，食品加工学）の学習項目の要点を簡潔にまとめ，解説し，学生の皆さんが，実験を通して，理解をより深められるように配慮いたしました。この点は，既存の類書にはない，優れた点であると自負いたしております。

② 各要点の説明部分に，「Keywords 欄」を設け，要点をより確認，復習しやすいよう配慮いたしました。

③ 各実験において使用する実験器具，装置について，必要なものはそのサイズ（容量・重量）に至るまで，すべて記載し，速やかに実験器具の準備ができるように配慮してあります。また，実験に使用する試薬は，その名称だけでなく，調製法まですべて詳しく記載してありますので，他の書籍，文献を調べる必要がなく，すぐに実験に取りかかれるように，意を尽くしました。

④ 実験の手順がひと目でわかるように，実験操作は箇条書きとし，必要に応じてフローチャートでも説明を加えてあります。フローチャートの記載のない実験については，学生の皆さんが，実験を行うにあたって，準備（予習）として各自でプロトコルを作成して，実験に臨んでいただくと，より効果的であると思います。また，実験をイメージするのに役立つ写真や図表を多く載せてありますので，高等学校で化学を履修していなかった学生の皆さんにも，安心して実験に取り組んでいただけると思います。

⑤ 多くの学生の方々は，レポートの書き方に不慣れであるため，本テキストでは各実験ごとの「提出用レポート」のデジタルデータを教育者向けに配布し、それを活用して，より簡単にレポート作成ができるように配慮をいたしました。「提出用レポート」には，実験結果，考察だけでなく，関連する事項についての課題を設け，学生の皆さんが食品学，栄養学の講義で学習した知識を再確認，復習し，さらに理解を深められるようにいたしました。

まとめ

以上のように，本書は，食品学や栄養学を学ぶ大学，短期大学，専門学校における食品学実験のテキストとして執筆したものです。そのなかでも，特に栄養士や管理栄養士を志す学生の皆さんには，最適の内容となっております。さらに，このテキストは，研究所や工場における品質管理部門のスタッフの皆様にとりましても，拙著を現場でお役に立てていただけるのではないかと思います。ご使用をいただけると幸甚です。

お願い

意を尽くしたつもりですが，浅学非才の身ゆえ何かと不備な点や，不適切な表記もあるかと思います。今後さらに改善を加えて，学生の皆さん，そして教員の皆様にとって，親しみやすく，使いやすく，そして，よりわかりやすいテキストにしていく所存ですので，諸先生方のご教示，ご指導，ご叱責を広く賜りますよう，何卒よろしくお願い申し上げます。

謝辞

本書を執筆するにあたっては，多くの諸先生方の実験書，教科書を参考にさせていただきましたことに，心よりお礼を申し上げます。また，実験施設，実験器具の面からご援助をいただきました，学校法人大和学園 田中誠二理事長，学校法人大和学園京都栄養医療専門学校 影山弘典校長，京都栄養医療専門学校 水野裕士副校長に厚くお礼を申し上げます。

終わりに，本書の出版にあたって，企画から編集に至るまで，多大な理解とご尽力を賜りました株式会社同文書院社長 宇野文博氏，企画から編集に至るまで，終始，貴重なご指導，ご助言をいただきました教科書編集部 志水邦朗編集長，総務部 齊藤彰部長に心よりお礼を申し上げます。

2022 年 1 月 20 日

著者　江角彰彦

目次

contents

第1章 食品学実験を始める前に 1

1 食品学実験の目的 1

2 実験にあたっての注意事項 2
- 1）実験室における服装・身だしなみ 2
- 2）実験者として気をつけること（マナー） 2
- 3）実験操作において気をつけること 3

3 廃棄物の処理 3
- 1）破損したガラス器具 3
- 2）使用済みの試薬，廃液 3

4 安全のために 4
- 1）火災を防ぐために 4
- 2）火傷を防ぐために 4
- 3）外傷を防ぐために 5
- 4）薬品による傷害を防ぐために 5

5 実験ノートおよびレポートの書き方 6
- 1）実験ノートの書き方 6
- 2）レポートの書き方 6

第2章 実験にあたっての基礎知識 9

1 実験で用いる単位 9
- 1）主な物理量とその単位 9
- 2）主な化学量とその単位 10
- 3）溶液の濃度とその単位 10

2 数値の取り扱い 11
- 1）測定値の読み方 11
- 2）実験誤差 11
- 3）有効数字と有効桁数 12
- 4）計算 12

3 試薬の取り扱い 13
- 1）試薬の規格 13
- 2）基本的な試薬 13
- 3）試薬の取り扱い 14

4 実験器具 15
- 1）ガラス製の器具 15
- 2）磁製の器具 17
- 3）木製，プラスチック製の器具 17
- 4）金属製の器具 18
- 5）その他の器具 19
- 6）測容器具 20

5 実験器具の洗浄と乾燥 21
- 1）洗浄 21
- 2）乾燥 22

6 実験器具の使い方 22
- 1）試料の採取・調製 22
- 2）試料の保存 23
- 3）秤量 23
- 4）測容器 24
- 5）攪拌 28
- 6）分離（ろ過・遠心分離） 28
- 7）加熱 29
- 8）冷却 31
- 9）乾燥 31
- 10）顕微鏡観察 32

第3章 基礎実験 33

1 溶液の調製法 33
- 1）試薬溶液の調製法 33
- 2）標準溶液の調製法 34

2 容量分析 35
- 1）中和滴定 36
  - 実験1 水酸化ナトリウム標準溶液の濃度標定と食酢中の酢酸の定量 37
- 2）沈殿滴定 40

実験 2 0.02M 硝酸銀標準溶液の標定としょうゆ中の食塩の定量（モール法） 40
3）酸化還元滴定 43
実験 3 過マンガン酸カリウム標準溶液の標定とオキシドール中の過酸化水素の定量 44
実験 4 チオ硫酸ナトリウム標準溶液の標定とさらし粉中の有効塩素の定量 47
4）キレート滴定 51
実験 5 水の硬度測定 52

3 溶液の pH 54
1）水素イオン濃度と pH 54
2）緩衝液 55
3）pH の測定法 56
4）中和滴定と滴定曲線 58
実験 6 強酸と強塩基の中和滴定と滴定曲線の作成 59

4 比色分析 61
1）光と色 61
2）比色分析の原理（ランバート - ベール〈Lambert - Beer〉の法則） 62
3）比色分析に用いる機器 63
4）測定方法 63

5 クロマトグラフィー 64
1）クロマトグラフィーとは 64
2）ペーパークロマトグラフィー（PC） 64
3）薄層クロマトグラフィー（TLC） 66
4）カラムクロマトグラフィー 66
5）高速液体クロマトグラフィー 66
6）ガスクロマトグラフィー（GC） 67

6 その他の機器分析法 67
1）蛍光分析法 67
2）原子吸光分析法 68

第 4 章 定性分析 69

1 タンパク質・アミノ酸 69
1）タンパク質の構造とアミノ酸 69
2）タンパク質・アミノ酸の定性反応 70
実験 7 タンパク質・アミノ酸の定性反応 70
3）タンパク質の凝固・沈殿反応 75
実験 8 タンパク質の凝固・沈殿反応 76
4）アミノ酸の分離と同定 78
実験 9 ペーパークロマトグラフィーによるアミノ酸の分離と同定 78

2 脂質 80
1）脂質 80
2）脂肪酸 80
3）油脂 81
4）脂質の定性反応 82
実験 10 脂質の定性反応 82
5）脂質の物理的変化 86
実験 11 脂質の物理的変化 86

3 炭水化物 87
1）糖質 87
2）単糖 88
3）オリゴ糖 89
4）多糖 89
5）糖質の定性反応 90
実験 12 糖質の定性反応 90
6）デンプン 97
実験 13 デンプンの分離と糊化 99
7）デンプンの加水分解（糖化） 101
実験 14 デンプンの加水分解（糖化） 102

4 無機質 103
実験 15 無機質（Ca, P, Fe）の定性反応 105

5 ビタミン 107
1）ビタミン 107

2）脂溶性ビタミン 107
3）水溶性ビタミン 108
実験 16 ビタミンの定性反応 108

第 5 章 食品の一般成分の分析【日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）】 113

1 食品の成分 113

2 一般成分の主な測定法 114
1）食品中の主な成分の測定法 114
2）タンパク質の定量に用いる窒素 - タンパク質換算係数 116
3）食物繊維の測定法 116
4）無機質の測定法 117
5）ビタミンの測定法 118
6）アルコールの測定法 119
7）備考欄収載成分の測定法 119

3 日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）アミノ酸成分表編 119
1）本成分表の概要 119
2）アミノ酸 120
3）水分およびタンパク質（基準窒素によるタンパク質） 122
4）アミノ酸組成によるタンパク質 122
5）アミノ酸組成によるタンパク質に対する窒素換算係数 122

4 日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）脂肪酸成分表編 123
1）本成分表の概要 123
2）収載成分項目とその配列 123
3）脂肪酸の測定法 124
4）水分および脂質の測定法 124
5）脂肪酸のトリアシルグリセロール当量で表した脂質 124

5 日本食品標準成分表 2020 年版（八訂）炭水化物成分表編 124
1）本成分表の概要 124
2）収載食品の概要 125
3）収載成分項目 125

第 6 章 定量分析 129

1 分析試料の調製 129

2 水分の定量 130
1）食品中の水の状態 130
2）水分活性（Aw） 130
3）水分の定量法 131
実験 17 水分の定量（常圧 105℃乾燥法） 131

3 タンパク質の定量 133
1）食品中のタンパク質の定量法 133
2）ケルダール法 134
実験 18 タンパク質の定量 Ⅰ（ケルダール法） 134
3）ローリー法 138
実験 19 タンパク質の定量 Ⅱ（ローリー法） 138

4 脂質の定量 140
1）食品中の脂質の定量法 140
2）ソックスレー抽出法 140
実験 20 脂質の定量（ソックスレー抽出法） 140

5 炭水化物の定量 143
1）食品中の炭水化物の定量法 143
2）全糖の定量 144
実験 21 全糖質の定量（アンスロン硫酸法） 144
3）還元糖の定量 147
実験 22 還元糖の定量（ソモギー・ネルソン法） 147

4）食物繊維の定量 151
実験 23 食物繊維の定量（プロスキー変法；Proskyらの酵素・重量法の変法） 152

6 灰分の定量 157
1）食品中の灰分の定量法 157
2）直接灰化法 157
実験 24 灰分の定量（磁製容器を用いる直接灰化法） 157

7 無機質の定量 160
1）食品中の無機質の定量法 160
2）無機質の定量にあたっての試薬，使用器具 160
3）湿式分解法と乾式灰化法 161
4）カルシウムの定量 161
実験 25 カルシウムの定量（湿式分解法・原子吸光法） 161
5）リンの定量 165
実験 26 リンの定量（直接灰化法・モリブデンブルー比色法） 165
6）鉄の定量 168
実験 27 鉄の定量（直接灰化法・オルトフェナントロリン比色法） 168

8 ビタミンの定量 171
1）食品中のビタミンの定量法 171
2）ビタミン A の定量 171
実験 28 ビタミン A の定量（HPLC 法） 172
3）ビタミン B1 の定量 176
実験 29 ビタミン B1 の定量（HPLC 法） 176
4）ビタミン C の定量 180
実験 30 ビタミン C の定量（インドフェノール滴定法） 181

9 嗜好成分の定量 184
1）食品中のポリフェノール類 184
2）食品中のタンニン類の定量法 184
実験 31 緑茶葉中のタンニンの定量（酒石酸鉄吸光光度法） 185
3）食品中の有機酸の定量 187
4）食品中の塩分の定量 188

第 7 章 食品の色素成分 189

1 食品中の色素成分 189
2 食品中の色素成分の定性反応 191
実験 32 食品中の色素成分の定性反応 191
3 食品中の色素の分離 194
実験 33 食品中の色素の分離（カラムクロマトグラフィー） 194

第 8 章 食品成分の変化 199

1 褐変 199
1）褐変反応 199
2）酵素的褐変反応 200
実験 34 酵素的褐変反応（リンゴの褐変） 201
3）非酵素的褐変反応 202
実験 35 非酵素的褐変反応（アミノ・カルボニル反応） 204
2 油脂の変化 205
1）油脂の特数と変数 205
2）油脂の酸化（酸価：AV） 206
実験 36 油脂の酸化 I（酸価の測定） 208
3）油脂の酸化（過酸化物価：POV） 210
実験 37 油脂の酸化 II（過酸化物価の測定） 211
3 酵素による変化 213
1）酵素 213
2）ビタミン C の酸化 215
実験 38 ビタミン C の酸化（アスコルビン酸酸化酵素） 215
3）タンパク質の加水分解 217
4）デンプンの加水分解 218

第 9 章 官能評価 219

1 官能評価 219

2 基本味の識別 220
1）基本味（五味） 220
2）味の相互作用 222
実験 39 基本味（五味）の識別試験 223

3 差を識別する方法 224
1）2 点比較法（paired test） 224
実験 40 2 点識別試験法 224
実験 41 2 点嗜好試験法 225
2）3 点比較法（triangle test） 227

4 優劣の順位をつける方法 227
1）順位法（ranking method） 227
2）一対比較法 （paired comparison） 227

5 差を数値化する方法：採点法（評点法） 228

第 10 章 食品の物性 229

1 食品の物性とおいしさ 229

2 コロイド 230
1）コロイド粒子 230
2）コロイド粒子の分散 230

3 レオロジー 231

4 テクスチャー 232

索 引 234

実験レポート（教育者向け CD-ROM 所収）

実験 1 水酸化ナトリウム標準溶液の濃度標定と食酢中の酢酸の定量
実験 2 0.02M 硝酸銀標準溶液の標定としょうゆ中の食塩の定量
実験 3 過マンガン酸カリウム標準溶液の標定とオキシドール中の過酸化水素の定量
実験 4 チオ硫酸ナトリウム標準溶液の標定とさらし粉中の有効塩素の定量
実験 5 水の硬度測定
実験 6 強酸と強塩基中和滴定と滴定曲線の作成
実験 7 タンパク質・アミノ酸の定性反応
実験 8 タンパク質の凝固・沈殿反応
実験 9 ペーパークロマトグラフィーによるアミノ酸の分離と同定
実験 10 脂質の定性反応
実験 11 油脂の物理的変化
実験 12 糖質の定性反応
実験 13 デンプンの分離と糊化
実験 14 デンプンの加水分解（糖化）
実験 15 無機質（Ca，P，Fe）の定性反応
実験 16 ビタミンの定性反応
実験 17 水分の定量（常圧 105℃乾燥法）
実験 18 タンパク質の定量 Ⅰ（ケルダール法）
実験 19 タンパク質の定量 Ⅱ（ローリー法）
実験 20 脂質の定量（ソックスレー抽出法）
実験 21 全糖質の定量（アンスロン硫酸法）
実験 22 還元糖の定量（ソモギー・ネルソン法）
実験 23 食物繊維の定量（プロスキー変法；Prosky らの酵素・重量法の変法）
実験 24 灰分の定量（磁製容器を用いる直接灰化法）
実験 25 カルシウムの定量（湿式分解法・原子吸光法）
実験 26 リンの定量（直接灰化法・モリブデンブルー比色法）
実験 27 鉄の定量（直接灰化法・オルトフェナントロリン比色法）
実験 28 ビタミン A の定量（HPLC 法）
実験 29 ビタミン B_1 の定量（HPLC 法）
実験 30 ビタミン C の定量（インドフェノール滴定法）
実験 31 緑茶葉中のタンニンの定量（酒石酸鉄吸光光度法）
実験 32 食品中の色素成分の定性反応
実験 33 食品中の色素の分離（カラムクロマトグラフィー）
実験 34 酵素的褐変反応（リンゴの褐変）
実験 35 非酵素的褐変反応（アミノ・カルボニル反応）
実験 36 油脂の酸化 Ⅰ（酸価の測定）
実験 37 油脂の酸化 Ⅱ（過酸化物価の測定）
実験 38 ビタミン C の酸化（アスコルビン酸酸化酵素）
実験 39 基本味（五味）の識別試験
実験 40 2 点識別試験法
実験 41 2 点嗜好試験法

第1章

食品学実験を始める前に

学習のポイント

本章では，さまざまな実験に共通するもっとも基礎的で，かつ重要な事項である，実験にあたっての注意事項，安全の確保，レポートの書き方について学ぶ。

1 食品学実験の目的

Keywords　◆「百聞は一見に如(し)かず」　◆「百見は一行に如かず」　◆定性実験　◆定量実験

実験の目的は，講義で学んだことや，文献に記載されている事項，現象を，自分の手で，目の前に再現し，その結果を確認し，より深く，正確な知識として，自分の身につけることにある。**「百聞は一見に如かず」**という言葉があるが，自分で見たことは，深く理解でき，非常に記憶に残る。しかし，実験は，自分の手で行うものであるため，さらに一層深く理解することができ，より正確な記憶にとどめられる。いうなれば，**「百見は一行に如かず」**である。

実験を行う際には，常に「何のためにこの実験を行っているのか」をよく考えて取り組む必要があり，さらに「なぜ，このようになるのだろうか」という探究心を持つことが大切である。

食品中のさまざまな成分に関する**定性実験**，**定量実験**を行うことにより，栄養士，管理栄養士として必要な「食品についての理解」を深めることができる。なお，定性実験とは，その物質，成分が持つ**「性質」**を調べ，確認する実験であり，定量実験は，その物質，成分の**「量」**を調べる実験である。当然，定性実験より，定量実験の方が，より高い技術が必要とされる。

1 マイクロリットル（μL）＝1/1000mL＝100 万分の 1L

（3）質量の単位

1 キログラム（kg）＝1000g

1 グラム（g）＝1/1000kg

1 ミリグラム（mg）＝1/1000 g＝1000 分の 1g

1 マイクログラム（μg）＝1/1000mg＝100 万分の 1g

1 ナノグラム（ng）＝1/1000mg＝100 万分の 1g

（4）温度の単位

摂氏温度（℃）

絶対温度（°K）＝（摂氏温度＋273）

（5）密度・比重の単位

密度（g/mL）＝質量 / 容積

＊標準物質（4℃の水）の密度＝0.99997g/mL

比重＝ある物質の密度 / 標準物質の密度

2）主な化学量とその単位

Keywords ◆原子量 ◆分子量 ◆アボガドロ数 ◆モル（mol）

（1）原子量

原子の平均質量を，^{12}C の原子の質量を 12 として相対的に表した値を，その物質の原子量という。相対値であるので，単位はない。元素の周期律表に詳細な数値が掲載されている。

（2）分子量

分子の平均質量を，^{12}C の原子の質量を 12 として相対的に表した値を，その分子の分子量という。相対値であるので，単位はない。分子の質量は，その分子を構成している原子の質量の和であるから，分子量は構成原子の原子量の和に等しい。

（3）モル

原子，分子，イオンなど同一種類の粒子のアボガドロ数（6.02×10^{23} 個）の集団を 1 モル（1mol）という。

3）溶液の濃度とその単位

Keywords ◆重量パーセント濃度（w/w%） ◆重容パーセント濃度（w/v%） ◆容量パーセント濃度（v/v%） ◆ミリグラムパーセント濃度（mg%） ◆百万分率（ppm） ◆十億分率（ppb） ◆モル濃度（M） ◆規定濃度（N） ◆力価（F）

（1）重量パーセント濃度（w/w%）

溶液 100g 中に含まれる溶質の量を（g）数で表した濃度である。

（2）重容パーセント濃度（w/v%）

溶液 100mL 中に含まれる溶質の量を（mL）数で表した濃度である。

（3）容量パーセント濃度（v/v%）

6）測容器具

Keywords　◆測容器　◆出容器（メスシリンダー，ピペット，ビュレット）
◆入容器（メスフラスコ）

液体の体積を測定したり，試薬を調製する時に用いる。中に入れた体積を示す受用器具（入（受）容器：E：einguss）と，排出した体積を示す出用器具（出容器：A：ausguss）がある。

（1）メスシリンダー（measuring cylinders）

メスシリンダーは出容器であり，目盛りは排出した容量を示している。ガラス製のもの，プラスチック製のものがある。容積は，10mL ～ 2L のものが一般的である（図 2 － 23）。

（2）ピペット（pipet）

ピペットは出容器であり，目盛りは排出した容量を示している。中央がふくらんでいるホールピペット，目盛りを刻んだメスピペットが主なものである。また，10mL 以下の溶液をおおざっぱに採取するのに用いる駒込ピペットがある（図 2 － 24）。

（3）ビュレット（buret）

滴定に用いられる実験器具で，出容器である。25mL のもがよく用いられる。ガラスコック付きのガイスラー型ビュレット，ゴム管とガラス球を用いたモール型ビュレットがある。また，この器具の応用として，自動ビュレットがある（図 2 － 25）。

（4）メスフラスコ（volumetric flask）

入容器（受容器）であり，一定体積の溶液を調製する際に用いる。栓がすり合わせになっており，無色のものと褐色のものがある（図 2 － 26）。

図 2 － 23　メスシリンダー

図 2 － 24
（上から）駒込ピペット，
ホールピペット，メスピペット

図 2 － 25
ガイスラー型ビュレット（左側）
モール型ビュレット（右側）

図 2 － 26　メスフラスコ

実験３　過マンガン酸カリウム標準溶液の標定とオキシドール中の過酸化水素の定量

傷の消毒などに用いる過酸化水素水（オキシドール）は，過酸化水素を約 30％含んでいる。しかし，その含有量は，分解により少しずつ減少している。ここでは，過マンガン酸カリウムを標準溶液として，市販のオキシドール中の過酸化水素を定量する。

過酸化水素は酸化剤としても作用するが，相手がより強力な酸化剤である場合には，還元剤として作用する。硫酸酸性下で，過マンガン酸カリウムと反応する場合，5 モルの過酸化水素が 2 モルの過マンガン酸カリウムと反応する。したがって，1 モルの過酸化水素は 2 当量に相当する。

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

上式より，1N の過マンガン酸カリウム溶液 1L は，過酸化水素の 1/2 分子と反応することになる。過酸化水素の分子量は 34.01 であるから，34.01 × 1/2 ＝ 17.005(g) が，過マンガン酸カリウム溶液 1L と反応する過酸化水素の重量である。したがって，0.1N 過マンガン酸カリウム溶液 1mL は，0.1 × 17.005 × 1/1000 ＝ 0.0017005(g) の過酸化水素と反応することになる。

目　的
① 過マンガン酸カリウム溶液を用いた酸化還元滴定のやり方，およびその原理を理解する。
② 溶液の力価を求める方法（標定）を身につける。
③ 過マンガン酸カリウム滴定により，オキシドール中の過酸化水素を定量する。

1）0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液の調製と標定

試　薬
① 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$；分子量 158.01）
以下「実験操作 (1)」において調整法を述べるが，市販品を用いてもよい。
② 0.1N シュウ酸標準溶液（一次標準溶液）
市販品を用いてもよいが，自分で以下のように調製してもよい。
＜調製法＞
i. 特級シュウ酸結晶（$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$；分子量　1 グラム当量　63.032）約 6.3g を精秤する。
ii. ビーカー（200mL）に入れ，純水約 100mL に溶かす。
iii. 1000mL に定容し，よく混和する。
iv. この溶液の力価は，以下の式で求める。
0.1N シュウ酸標準溶液の力価（F′）＝精秤値（g）/6.3032(g)
③ 6N 硫酸
＜調製法＞
濃硫酸（約 36N）を純水で 6 倍に希釈する。この時，濃硫酸に純水を加えては絶対にいけない（急に発熱し，溶液が飛び散る恐れがあり，とても危険である）。純水を入れたビーカーに，少しずつ濃硫酸を入れていき，よく撹拌しながら希釈する。
注）濃硫酸は劇薬のため，取り扱いに注意すること。

試　料　試薬に同じ

器　具　① ガラス製器具

メスフラスコ（1000mL），時計皿，ガラスフィルター（3G3），ビュレット（褐色のもの），三角フラスコ（100mL），ホールピペット（10mL），駒込ピペット（5mL），メスシリンダー（50mL）

② その他の器具

スパーテル，薬包紙，精密電子天秤，スターラーバー，マグネティックスターラー，褐色びん，湯煎

実験操作　**（1）0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液（二次標準溶液）の調製**

① 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$；分子量 158.01）約 3.2g を精秤する。

② 純水で 1L に定容する。

③ 時計皿でふたをして，約 15 分静かに煮沸する。

④ 室温で一昼夜放置する。この操作により，溶液中の還元性物質が分解される。

⑤ ガラスフィルター（3G3）を用いてろ過し，不純物を除去する。

（ろ紙は，過マンガン酸カリウムを還元するため，使用しない）

⑥ 褐色びんに保存する。

（2）0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液（二次標準溶液）の標定

① 共洗いをした後，褐色ビュレットに 0.1N 過マンガン酸カリウム溶液を入れる。

② 0.1N シュウ酸標準溶液 10mL をホールピペット（10mL）で測り取り，三角フラスコ（100mL）に入れる。

③ 6N 硫酸 5mL を駒込ピペット（5mL）で加える。

④ 純水 30mL をメスシリンダー（50mL）で加える。

⑤ 湯浴上で 60℃～ 70℃に加温する。

⑥ 0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）溶液で滴定を行う。

⑦ 淡紅色が 30 秒間消失しない点を終点とする。

⑧ 5 回滴定を行い，その平均値を求める。

⑨ シュウ酸標準溶液を純水に換えて，同様の滴定を行う。これを**空試験**（くうしけん）という。

結　果　調製した 0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液の力価は，以下の式で求めることができる。

$$0.1 \times F \times (a - b) = 0.1 \times F' \times 10$$

- F　：0.1N 過マンガン酸カリウム標準溶液の力価
- a　：0.1N 過マンガン酸カリウム標準溶液の平均滴定値（mL）
- b　：空試験の平均滴定値（mL）
- F′　：0.1N シュウ酸標準溶液の力価

2）オキシドール中の過酸化水素の定量

試　薬　① 0.1N 過マンガン酸カリウム標準溶液

② 6N 硫酸

試　料　オキシドール（市販のものでよい）→希釈して使用する

器　具

① ガラス製器具

メスフラスコ（100mL），ビュレット（褐色のもの），三角フラスコ（100mL），ホールピペット（10mL），駒込ピペット（10mL），メスシリンダー（50mL）

② その他の器具

湯煎，スターラーバー，マグネティックスターラー，褐色びん，洗浄びん

実験操作

（1）試料溶液の調製

① 市販オキシドール 10mL をホールピペット（10mL）で測り取り，純水でメスフラスコ（100mL）に定容する（オキシドール 10 倍希釈溶液）。

（2）試料溶液の滴定

① 共洗いをした後，褐色ビュレットに 0.1N 過マンガン酸カリウム標準溶液を入れる。

② 希釈オキシドール溶液 10mL をホールピペット（10mL）で測り取り，三角フラスコ（100mL）に入れる。

③ 6N 硫酸 5mL を駒込ピペット（5mL）で加える。

④ 純水 30mL をメスシリンダー（50mL）で加える。

⑤ 湯浴上で 60℃～ 70℃に加温する。

⑥ 0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液で滴定を行う。

⑦ 淡紅色が 30 秒間消失しない点を終点とする。

⑧ 5 回滴定を行い，その平均値を求める。

⑨ 試料溶液を純水に換えて，同様の滴定を行う（空試験）。

＜フローチャート＞

試料溶液（オキシドール 10 倍希釈溶液）10mL（空試験の場合は，純水 10mL）：ホールピペット（10mL）

↓

三角フラスコ（100mL）

↓← 6N 硫酸 5mL：駒込ピペット（5mL）

↓←純水 30mL：メスシリンダー（50mL）

攪拌

↓

湯浴上で 60℃～ 70℃に加温

↓

0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）標準溶液で滴定

↓　　＊溶液が冷めないうちに，手早く滴定する

終点（淡紅色が 30 秒間消失しない点）

↓

計算

注意 1　湯浴の温度は，60℃以下では反応速度が遅く，滴定をやりにくいため，溶液が冷えないうちに手早く滴定を行う。また，80℃以上では過マンガン酸カリウムが分解してしまうため，注意が必要である。

注意 2　0.1N 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$）溶液で滴定する時，液の色が濃く，ビュレットの目盛りが読みにくいため，メニスカスは溶液の下端ではなく，上端を読む。

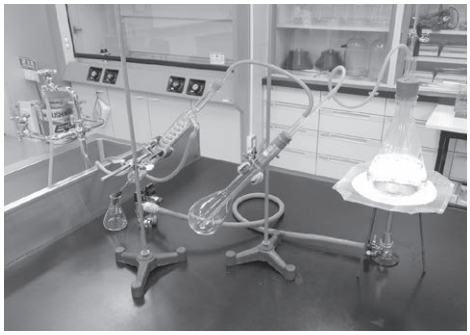
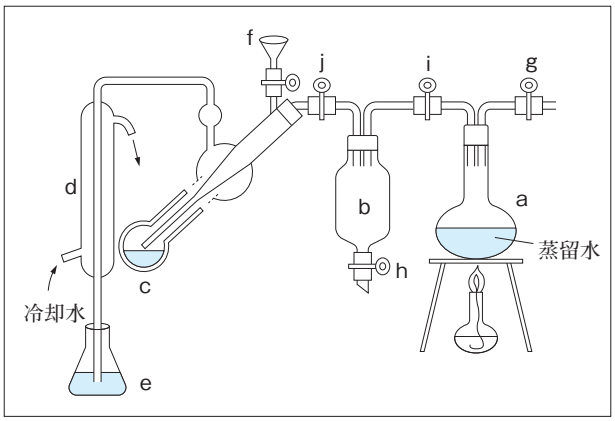


図６－３　ケルダール窒素蒸留装置



資料）藤田修三・山田和彦他『食品学実験書第2版』医歯薬出版,p.48,2002

図6−4　ケルダール窒素蒸留装置

ガスバーナー，沸騰石，安全ピペッター，洗浄びん

③ 装置

ケルダール窒素蒸留装置（図６－３）

実験操作

① ケルダール窒素蒸留装置を作製する（図６－４）。

② a のフラスコに約 2/3 水を入れ，沸騰石を入れる。ピンチコック f，h，i，j を閉め，ピンチコック g を開き，ガスバーナーで加熱し，沸騰させる。

③ 0.1N 硫酸（H_2SO_4）標準溶液 10mL をホールピペット（10mL）で採取し，三角フラスコ（100mL）に入れ，さらに混合指示薬を駒込ピペット（2mL）で５～６滴加え，図の e に取りつける。三角フラスコを傾け，先端が十分に溶液につかるようにする。

④ 希釈分解液 10mL をホールピペットで採取し，f から蒸留用フラスコ（c）に入れ，さらに少量の純水で洗う。

⑤ 40％水酸化ナトリウム（NaOH）溶液 10mL をメスシリンダー（50mL）で採取し，④と同じく，f から蒸留用フラスコ（c）に入れ，少量の純水で洗う。

注）劇薬のため，取り扱いに注意すること。

⑥ ピンチコック f を閉じ，すばやくピンチコック i，j を開く。

⑦ ピンチコック g を閉じ，蒸留用フラスコ（c）に蒸気を送る。蒸気は，a → b → c と流れ，蒸留用フラスコ（c）でアンモニアを発生させる。

⑧ 15 ～ 20 分間蒸留を行い，e の三角フラスコ内の溶液量が約 2 倍になった時点で，冷却管の先端を 0.1N 硫酸標準溶液から離し，この状態で約 2 分間蒸留を続ける。

⑨ 冷却管の先端を純水で洗い，三角フラスコ内に洗いこむ。

⑩ ピンチコック g を開き，ピンチコック i を閉じると蒸留フラスコ（c）内の反応液が b に逆流する。

⑪ ピンチコック f を開いて，純水約 10mL をメスピペット（10mL）で入れ，f を閉めて，h を開き，b まで逆流させて排出する。これで，蒸留の 1 行程が終了する。

⑫ ①～⑨までの操作を 5 ～ 6 回行った後，試料溶液の代わりに純水 10mL を用いて，**空試験**を行う。

電子天秤，試験管立て，洗浄びん

実験操作
① 茶葉約 2g を採取し，ビーカー（50mL）に入れる。
② 熱湯約 20mL をメスシリンダー（50mL）で加え，タンニンを抽出する。
③ ②の抽出液から 2mL をメスピペット（2mL）で採取し，2 本の試験管（(1)，(2)）に入れる。
④ 試験管（1）は，そのまま室温に放置する（ブランク）。試験管（2）に 1％硫酸第二鉄溶液を駒込ピペット（2mL）で滴下していき，色の変化を観察する。

4）ヘム色素（ミオグロビン）の定性反応

ヘムは，ポルフィリン環に鉄が配位した構造を持っている。食肉や血色素の赤色は，それぞれヘムを持ったミオグロビンとヘモグロビンというタンパク質に起因する。

食肉中にはヘモグロビンも存在するが，その量はミオグロビンの約 1/5 程度であり，食肉の色はミオグロビンによるものと考えてよい。ミオグロビンの色調変化を示す（図 7 － 1）。

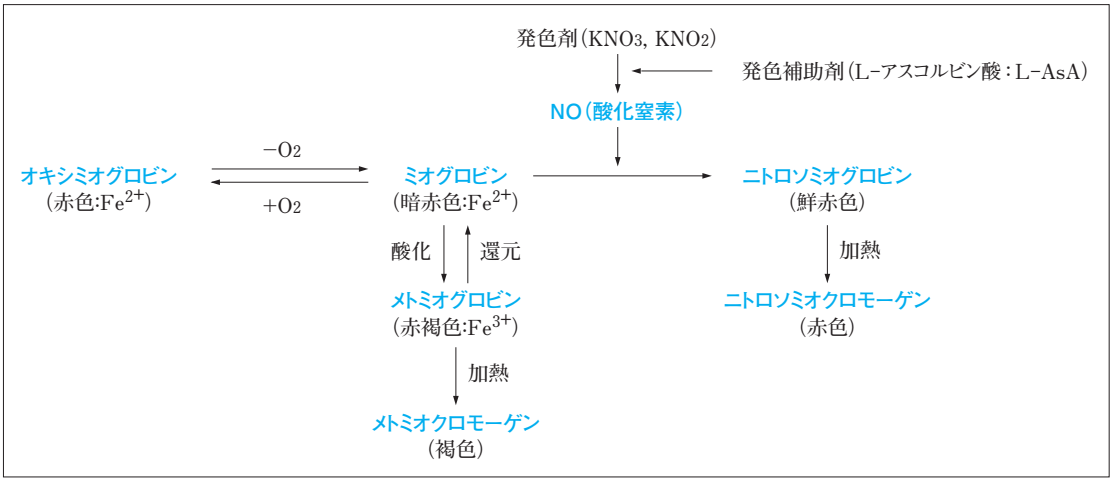


図7−1　ミオグロビンの色調変化

試　料　食肉

試　薬
① 亜硝酸カリウム（固体試薬）
② L－アスコルビン酸（L－AsA）（固体試薬）

器　具
① ガラス製器具
試験管，メスピペット（10mL）
② その他の器具
まな板，包丁，スパーテル，薬包紙，電子天秤，乳鉢，乳棒，試験管立て，三脚，湯煎，ガスバーナー，洗浄びん

実験操作
① 肉 10g を採取し，乳鉢に入れる。
② 純水 10mL をメスピペット（10mL）で加え，乳棒で圧搾して肉汁を採取し，3 等分して，3 本の試験管（(1)，(2)，(3) に入れる。
③ 試験管（1）はそのまま放置し（ブランク），試験管（2）は沸騰湯浴中で加熱し，試験

食品学実験レポート

実験 38　ビタミン C の酸化（アスコルビン酸酸化酵素）

実験日：　年　月　日		天候：	気温：
：　年　月　日		天候：	気温：
学科：		専攻コース：	
学籍番号：		氏名：	
提出日：　年　月　日		共同実験者氏名：	

結　果

①試料名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

②試料名：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1）アスコルビン酸標準溶液の標定

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1/6000M ヨウ素酸カリウム標準溶液滴定値（mL）					

1/6000M ヨウ素酸カリウム標準溶液の平均滴定値 A（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）

アスコルビン酸標準溶液濃度 B（mg/%）　＝ A × 1/5 × 8.8

＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（mg/%）

2）2,6-ジクロルフェノールインドフェノール溶液の検定

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
アスコルビン酸標準溶液滴定値（mL）					

アスコルビン酸標準溶液の平均滴定値 C（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）

インドフェノール溶液 1mL に対するアスコルビン酸量（mg）＝ C/5 × B × 1/100

3）試料溶液の調製

試料（だいこん）重量 S（g）＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（g）

にんじんの添加量（g）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（g）

反応温度（℃）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（℃）

反応時間（分）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿（分）

©Akihiko Esumi 2022

4）試料溶液の滴定

① 試料溶液Ⓐ（だいこんおろし）の滴定（インドフェノール 5mL で滴定）

	１回目	２回目	３回目	４回目	５回目
だいこんおろし試料溶液Ⓐ 滴定値（mL）					

だいこんおろし試料溶液Ⓐの平均滴定値 D_1（mL）＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）

平均滴定値（mL）を以下の式に代入して，試料溶液中の還元型ビタミン C 含量（mg/100g）を求めることができる。

試料Ⓐ中の還元型ビタミン C 含量（mg/100g）$= B \times \frac{C}{D_1} \times \frac{100}{S}$

- B：アスコルビン酸標準溶液濃度（mg/100g）
- C：アスコルビン酸標準溶液の平均滴定値（mL）
- S：試料（だいこん）重量　S（g）（ここでは，5（g））
- D_1：だいこんおろし試料溶液の平均滴定値（mL）

B（mg/100g）＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mg/100g）
C（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）
S（g）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（g）
D_1（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）
VC-Ⓐ：だいこんおろし中の還元型ビタミン C 含量（mg/100g）
＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mg/100g）

② 試料溶液Ⓑ（もみじおろし）の滴定（インドフェノール 1mL で滴定）

	１回目	２回目	３回目	４回目	５回目
もみじおろし試料溶液Ⓑ 滴定値（mL）					

もみじおろし試料溶液Ⓑの平均滴定値 D_2（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）

平均滴定値（mL）を以下の式に代入して，試料溶液中の還元型ビタミン C 含量（mg/100g）を求めることができる。

試料Ⓑ中の還元型ビタミン C 含量（mg/100g）$= B \times \frac{C}{D_2} \times \frac{100}{S} \times 1/5$

- B：アスコルビン酸標準溶液濃度（mg/100g）
- C：アスコルビン酸標準溶液の平均滴定値（mL）
- S：試料（だいこん）重量　S（g）（ここでは，5（g））
- D_2：もみじおろし試料溶液の平均滴定値（mL）

B（mg/100g）＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mg/100g）
C（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）
S（g）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（g）
D_2（mL）　＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mL）

©Akihiko Esumi 2022

VC-Ⓑ：もみじおろし中の還元型ビタミンＣ含量（mg/100g）

＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（mg/100g）

以上により，アスコルビン酸酸化酵素による酸化率（%）は以下の式により求めることができる。

$$\text{アスコルビン酸酸化酵素による酸化率（\%）} = \frac{\text{VC-Ⓐ} - \text{VC-Ⓑ}}{\text{VC-Ⓐ}} \times 100$$

＝ ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（%）

考　察

だいこんとにんじんを混ぜたもみじおろしで，還元型ビタミンＣが酸化されないようにするためには，どのような方法があるか。

▶

感　想

▶

©Akihiko Esumi 2022