

# 食品加工技術のベクトル

京都大学大学院農学研究科  
食品生物科学専攻農産製造学分野  
安達修二

## 1. はじめに

たいへん大きなタイトルを付けさせていただいたが、もとより食品加工技術を俯瞰する力量はない。日頃の仕事で感じている雑感に対して付けた点とそのような内容をお許しいただきたい。筆者の研究室の課題の一つに亜臨界水（加圧熱水）の特性や応用に関する研究がある。亜臨界水とは、常圧の沸点である 100°Cから臨界温度である 374°Cまでの範囲で加圧することにより液体状態を保った水のことである。最初に、このような亜臨界水に関する研究を始めた経緯を簡単に紹介する。次に、水の状態図から、亜臨界水処理技術や関連する技術について述べる。化学工学会バイオ部会では分科会ごとにロードマップを作成している。最後に、筆者が関与している食糧・食品生産専門分科会が作成したロードマップ（暫定版）について紹介したい。

## 2. 食べないものを活かす

平成 10 年度～15 年度にかけて、ある研究プロジェクトに参加する機会を得た。これは「ゴミは宝だ！」との考えのもとに、都市ゴミから生分解性プラスチックや石油代替品を作ろうものであった。筆者は生ゴミから石油代替品を作るプロセス（図 1）で、有機廃棄物を亜臨界水で処理した液から触媒毒となるイオンを除去する段階を担当した。これが亜臨界水について知る機会となった。

亜臨界水に関する研究は、当時も現在も応用志向の研究が多く、基礎的な検討は比較的少ない。超臨界水についても同様である。また、亜臨界水では 300°C前後での研究が多いが、もう少し低い温度域でも亜臨界水の特徴が活かせるように思えた。これらが亜臨界水の研究を始める契機となった。

最近、バイオエタノールが話題となっている。エネルギー問題や地球の温暖化は深刻で喫

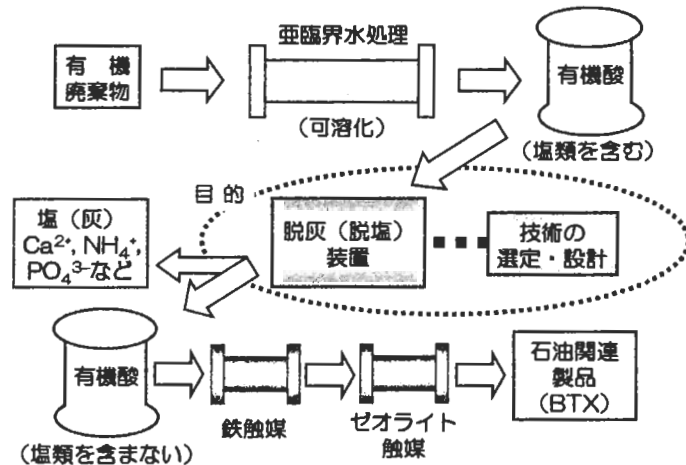


図 1. 有機廃棄物から石油を作る

緊の問題である。しかし、8億人の人々が飢餓に苦しんでいる現実のなかで、食べられるトウモロコシを食べられない燃料に変換して利用することには違和感を覚える。それまで食の量に関する問題にはあまり関心がなかったが、上記プロジェクトに参画して以来、食品工学の立場から何らかの寄与ができないかとの思いで亜臨界水に関する研究を行っている。

### 3. 状態図でみる食の科学と技術

図2は水の状態図である。我々は大気圧（1気圧）のもとで生活しているので、室温付近では液体の水も0℃以下では氷（固体）、100℃以上では水蒸気（気体）となる。水が凍ることは、保存の目的だけではなく、粉碎（凍結粉碎）などの食品加工に利用されている。また、水蒸気はプラントにおける熱源、動力源などのほかに食品加工では「蒸し」操作に利用されている。さらに、水蒸気の温度を高めた過熱水蒸気は最近、調理器（電子レンジ）で関心を集めているが、乾燥などの食品加工分野でも注目されている。液体の水が固体の氷に変わる凝固（固化）や気体になる蒸発（気化）は相の境界線で起こる現象（相転移）であり、いずれも乾燥や濃縮に利用されている。凝固を利用したものには凍結濃縮があり、蒸発を利用したものには熱風乾燥、蒸発濃縮、蒸留がある。以上は状態図の横軸（温度）に沿ってみているが、実際の操作では縦軸（圧力）の変化も取り入れられる。例えば、凍結乾燥は低温で高い真空度を保ちながら行われるので、氷は液体状態を経ることなく気体へと昇華する。

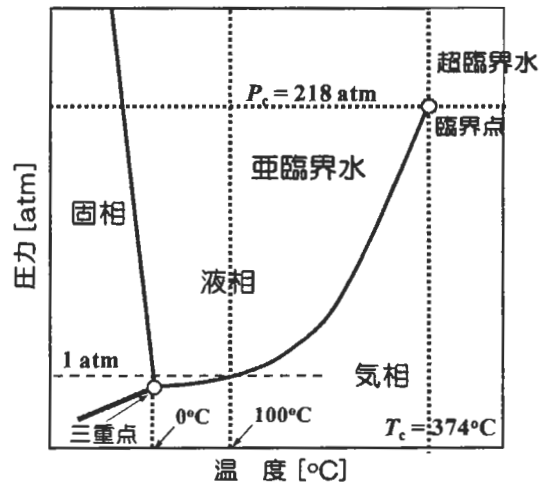


図2. 水の状態図

液体の水が固体の氷に変わる凝固（固化）や気体になる蒸発（気化）は相の境界線で起こる現象（相転移）であり、いずれも乾燥や濃縮に利用されている。凝固を利用したものには凍結濃縮があり、蒸発を利用したものには熱風乾燥、蒸発濃縮、蒸留がある。以上は状態図の横軸（温度）に沿ってみているが、実際の操作では縦軸（圧力）の変化も取り入れられる。例えば、凍結乾燥は低温で高い真空度を保ちながら行われるので、氷は液体状態を経ることなく気体へと昇華する。

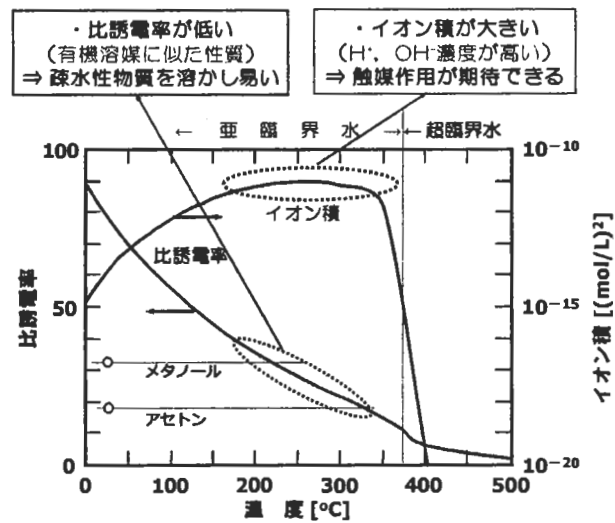


図3. 亜臨界水の特徴

水の臨界点は374℃、218 atmである。これ以上の高温高压の水は超臨界水と呼ばれ、液体と気体の中間的な性質をもつ。木質などの生物資源を超臨界水で処理すると、糖やアミノ酸などの単量体で反応が停止せず、CH<sub>3</sub>やH<sub>2</sub>などの気体成分にまで分解される。このような反応で生成する水性ガスは資源として注目されている。超臨界という別世界のように感じられるが、超臨界二酸化炭素（臨界点は31℃、73 atm）はカフェインの抽出などの食品加工

に以前から使われている。

前述したように、100℃から臨界温度の範囲で加圧することにより液体状態を保った亜臨界水（加圧熱水）には、比誘電率が低く有機溶媒のそれに近いという特徴がある（図3）。この性質は水を用いて疎水性物質を抽出できる可能性を示唆している。もう一つの特徴はイオン積が大きいことである。すなわち、水素イオンおよび水酸化物イオン濃度が高い。高温であることと相俟って、亜臨界水は酸または塩基触媒として作用し、化学反応を加速する。しかし、その詳細は必ずしも十分には分かっていない。そこで、モデル的な系を対象として、亜臨界水の特性を理解するための基礎的な検討を行っている。

亜臨界状態は水だけに限らず、すべての物質に存在する。近年、亜臨界エタノールの利用が検討されている。筆者らは、亜臨界アセトン中での酵素反応による物質生産について報告した。

亜臨界や超臨界状態は以前から知られていたが、実験は容易ではなかった。しかし、最近では装置技術が進み、比較的簡単に意図した実験ができるようになった。ナノテクノロジーにも似たような状況がある。例えば、粒子を微細化すると融点が変化すること（Gibbs-Thomson式）、また溶解度が変化すること（Schröder式）は以前から理論的に予測されていたが、実験的には検証できなかった。最近のナノ粒子化技術の進展がそれを可能としつつある。ナノ・ワールドで起こる事象はマイクロ・ワールドの知識から推論できるのか、それとも固有の特徴をもつのかはこれからの課題であろう。

#### 4. 食品加工技術の道程

前述したように、化学工学会バイオ部会食糧・食品生産専門分科会では、食品化学工学分野の研究のロードマップ（暫定版）を作成した。数年または数十年後の技術とアウトプットを予測することは至難である。既存または現在の技術の延長線でしか考えられない。健康訴求・機能性食品に関するロードマップの概要を図4に示す。こ

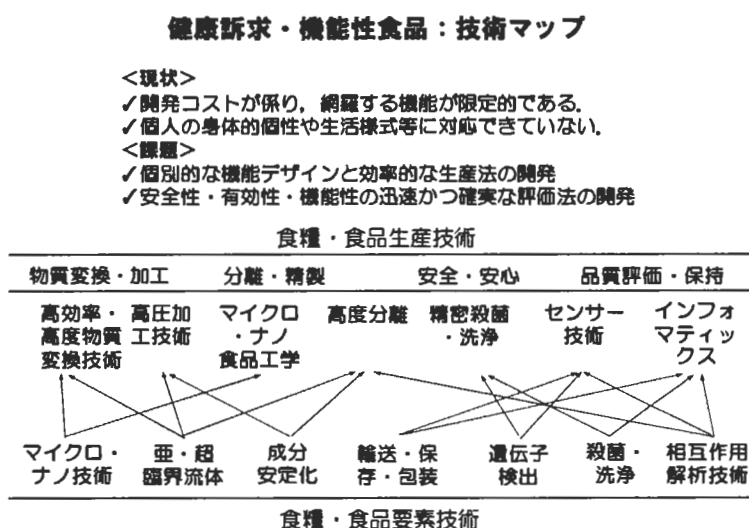


図4. 健康訴求・機能性食品の技術マップ

の作業に携わり数名で議論していると、既に過去のことと知っていることにも不明な点が残されていることが指摘された。これは日頃何となく感じていたことである。すなわち、先端

技術も当然大切であるが、それを円滑に推進するには、実は「後端技術」の足腰をしっかりすることの大切さを示唆している。

## 5. おわりに

研究に限らず、物事はある方向に向かってある速さで変化する。すなわち、研究活動は向きと大きさをもったベクトルである。研究ベクトルの大きさはスカラー量であり、(単語がややこじつけであるが) 3M で決まると思える。すなわち、Money (研究資金)、Machinery (研究機器など)、Man power (人材) である。方向が決まれば 3M に優るところが勝つ。しかし、異なる方向のベクトルがあると、全体の向きは少し変化する性質がある (合成ベクトル)。資金と人材を集中的に投入して、時間との勝負で推進すべき分野もあろうが、食品に関する研究は必ずしも該当しないように思える。食品に関する研究は、健康で豊かな食生活を実現することを目的として総合学である。いろいろな方向を指向した研究が展開され、それらを合成した結果として、ある方向を目指すのが自然であろう。

最初にもお断りしたように、食品加工技術の動向を見極めることはできない。研究ベクトルの向きで少しでもユニークさが出せればとの思いで行っている研究の一端を述べさせていただいた。最後に、本稿に多少なりとも関連する筆者の和文資料を列記させていただく。

## 参考文献

- 1) 松野隆一, 安達修二: 食品工学概説. 化学工学, 61, 315-320 (1997).
- 2) 安達修二: 脂質の高度利用を指向した食品工学的基礎研究. 日本食品工学会誌, 5, 223-233 (2004).
- 3) 安達修二: 亜臨界水ーそのユニークさと有用性ー. ふーま, Vol. 22-4 (88号), 22-25 (2006).