

## 物質の溶解に関するプラグインの開発

日大生産工 (院) ○遠藤 雄大 日大生産工 西 恭一  
日大生産工 星野 和義

### 1. 緒言

近年、環境汚染物質のダイオキシン類の発生が問題となっている。ダイオキシン類は青酸カリの約 1000 倍もの毒性があり、人間が作り出した物質の中で最も毒性が強いといわれている。しかも、ダイオキシン類発生の解決には問題が多く、そこで新たな処理法として、生成、保存が非常に困難である超臨界水を用い、水と無機物に分解する処理法が検討されている<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、角砂糖による溶解実験を行い物質の溶解に関するシミュレータを製作し、超臨界水による腐食、溶解のシミュレータ製作の基礎とする。方法としては、既存の CG アニメーションソフトウェア用の溶解理論を考慮したプラグインを開発し、実験結果と比較検討を行う。

### 2. 実験およびシミュレータ

#### 2.1 実験装置および実験方法

角砂糖の溶解実験装置を図1に示す。ビーカー(高さ105mm,内径10.5mm)に水(1L,25.5°C)を入れ、濃度による溶解時間への影響を少なくするためビーカーの底に台を置く。精密電子天秤を用いて、角砂糖(スクロース,特性を表1に示す<sup>2)</sup>)をそれぞれ1.00g,2.00g,3.00gの質量に加工し、台の上に乗せる。実験の様子は固定したビデオカメラ(日本ビクター社製 GZ-HD7)で撮影し、動画による解析を行う(図2)。図2(a)を実験開始とし、図2(b)が経過、図2(c)のように角砂糖の結晶が全て溶解した時点で実験終了とする。

#### 2.2 理論式による溶解シミュレータ

本シミュレータはUnity Technologies社開発のUnity 4.2.2を用い、JavaScriptを使用したプラグインとして製作する<sup>3)</sup>。なお本研究で用いるコンピュータは、CPU: Intel(R) Core (TM) i7 2.8[GHz], GPU: NVIDIA GeForce GTX\_260, Memory: 4096[MB], OS: Windo

表1 スクロースの特性

化学式	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>
モル質量(g/mol)	342.3
密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.587
水への溶解度(20°C)(g/100ml)	203.9

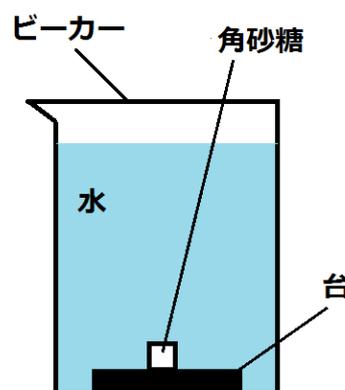


図1 溶解実験に用いる実験装置

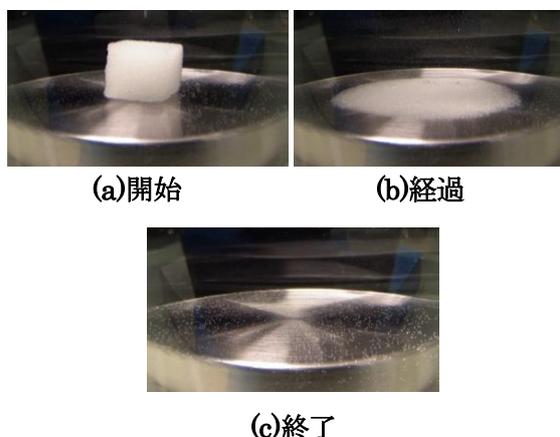


図2 角砂糖の溶解実験

ws\_7\_Professional\_64[bit]とし、シミュレーションはObjectのCubeを10×10×10の立方体状に並べUnity標準の物理エンジンも用いる。

プラグインの製作は角砂糖の水への溶解速度の理論式より行う。角砂糖の水への物質移動に関する理論式を式(1)に示す<sup>4)</sup>。

$$Sh = 0.991 \cdot Pe^{1/3} \quad \dots (1)$$

ここで Sh はシャーウッド数, Pe はペクレ数であり, 式(2)となる.

$$\frac{N_A}{D_{AB} \cdot (\Delta C_A / L)} = 0.991 \cdot \left( \frac{u \cdot L}{D_{AB}} \right)^{1/3} \quad \dots (2)$$

それぞれ, 物質移動速度  $N_A$  [kg/(m<sup>2</sup>·s)], 濃度差  $\Delta C_A$  [kg/m<sup>3</sup>], 拡散係数  $D_{AB}$  [m<sup>2</sup>/s], 平均速度  $u$  [m/s], 代表長さ  $L$  [m] であり,  $N_A$  について解くと式(3)となる.

$$N_A = 0.991 \cdot \left( D_{AB} \cdot \left( \frac{\Delta C_A}{L} \right) \right) \cdot \left( \frac{u \cdot L}{D_{AB}} \right)^{1/3} \quad \dots (3)$$

したがって, 角砂糖の水への溶解量は式(3)で求めた物質移動速度と角砂糖の表面積の積から計算できる. この値を角砂糖の体積と密度の積から差し引き, 時間に対する角砂糖の質量変化とする.

シミュレーションの様子を図3に示す. 図3(a)をシミュレータ開始とし, 図3(b)が経過, 図3(c)のようにObjectの変化が終了した時点でシミュレーションを終了する.

### 3. 実験結果

実験およびシミュレータから得られた角砂糖の溶解時間をそれぞれ表2, 表3に示す. 両者を比較するとシミュレータによる溶解時間は短くなることから式(3)の物質移動速度  $N_A$  以外の角砂糖の結晶同士の接触による影響, 角砂糖が崩れる際の物質移動速度の計算式などを考慮したプラグインの製作を行い, シミュレータを改良する必要がある.

### 4. 結言

角砂糖の溶解実験およびシミュレータを製作し, 比較した結果および今後の課題を以下に列挙する.

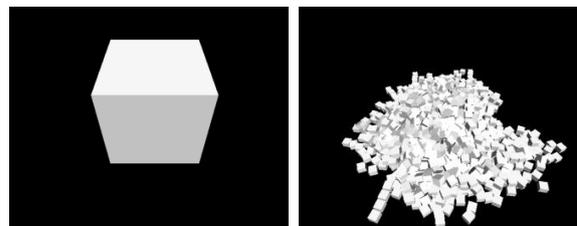
- 今回の溶解実験とシミュレータの溶解時間を比較した結果は大きく異なるため, 理論式を再度検討した, 新たなプラグインを製作する必要がある.
- 実際の角砂糖の結晶数とシミュレータのObject数を比較するとシミュレータでは図3のようにObject数が極めて少ないがObjectを16×16×16の立方体状に並べた時点でシミュレーションに長時間かかるため, 負荷の軽減を検討する必要がある.

表2 角砂糖の質量ごとの溶解時間

質量(g)	1.00	2.00	3.00
時間(s)	770	958	1168
	804	995	1291
	758	1032	1240
	824	946	1156
	769	974	1198
平均時間(s)	790	995	1218

表3 シミュレータの質量ごとの溶解時間

質量(g)	1.00	2.00	3.00
時間(s)	562	699	765



(a)開始

(b)経過

(c)終了

図3 溶解の3Dシミュレータ

### 参考文献

- 1) NEDO 新エネルギー・産業技術総合開発機構, [http://www.nedo.go.jp/activities/ZZ\\_00342.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00342.html)
- 2) Charles Albert Browne, "A Handbook of Sugar Analysis: A Practical and Descriptive Treatise for Use in Research, Technical and Control Laboratories", (1923)
- 3) Unity -Learn-, <http://unity3d.com/learn>
- 4) 流体力学 次元解析と無次元数, <http://chemeng.in.coocan.jp/fl/fl6.html>