

強結合系イオン性ソフトマター

Ionic Soft Condensed Matter

田中 基彦 [1]

Motohiko Tanaka[1]

[1] 核融合研・連携研究センター

[1] Coordinated Research Center, NIFS

<http://dphysique.nifs.ac.jp/>

イオン性ソフトマターは、強い静電相互作用が構造形成を促進するクーロン強結合系の一部である [1-6]。白色矮星やダストプラズマなど「ハードな」クーロン強結合系は高温ないし高密度で特徴づけられる。グラファイトの水素吸着によるエッチング過程では、分子間力で水素原子が炭素原子に引き寄せられ、平面構造が崩れるため C-C 結合が切断され C-H 結合に置きかわることでグラファイトの破壊が自然に進行する [1]。室温において適度な硬さをもつ分子系であるイオン性ソフトマターでは、静電相互作用に基づく電荷間の引力・斥力が、高分子、DNA やタンパク質など生体系の構造形成で重要な役割を担っている [2,3]。また化学反応を媒介する溶液であり生命の揺りかごである「水」もイオン性ソフトマターである。実際に DNA や水（氷）では、水素結合による特定分子間の引力が安定な 2 重らせんや 6 員環から成る結晶かご構造の原因である。ところで、イオン性ソフトマターでは、高温プラズマではありえない特異な現象が見られる。たとえば、（溶液中での）同符号電荷をもつイオンどうしの融合、マクロイオンが反対符号に帯電する電荷反転現象 [4,5] などである。また、生体膜は細胞液（水）に比べて低い誘電率をもつため、細胞内で膜孔を通り抜ける DNA やイオンは濃縮された強い静電力を受けつつ移動する [6]。生体における強い静電効果の研究はこれからの分野である。

参考文献：

[1] T. Koga and M. Tanaka, First-principles molecular dynamics studies of plasma- surface interaction, Korean J. Phys., Suppl., in press (2006).

[2] M. Tanaka, A.Yu. Grosberg, V.S. Pande, and T. Tanaka, Molecular dynamics study of structure organization in strongly-coupled chain of charged particles, Phys.Rev. E 56, 5798 (1997).

[3] M. Tanaka, and T. Tanaka, Clumps of randomly charged polymers: Molecular dynamics simulations of condensation, crystallization and swelling, Phys.Rev. E 62, 3803 (2000).

[4] M. Tanaka and A.Yu. Grosberg, Giant charge inversion of a macroion due to multivalent counterions and monovalent coions: Molecular dynamics study, J.Chem.Phys. 115, 567 (2001).

[5] M. Tanaka, Electrophoresis of a rod macroion under polyelectrolyte salt: Is DNA charge inverted? J. Phys.: Condensed Matter 16, S2127 (2004).

[6] Y. Rabin and M. Tanaka, DNA in nanopores: Counterion condensation and coion depletion, Phys. Rev. Lett. 94, 148103 (2005).