

学会賞

交久瀬五雄氏 (大阪大学教授)



〔業績〕 質量分析法による金属クラスターの研究

交久瀬五雄氏は1966年大阪大学理学部物理学科を卒業し、引き続き同理学研究科修士、博士課程を経て、1972年理学博士の学位を授与された。1971年に同大学教務職員を皮切りに、助手、助教授を務め、1996年に理学部教授に就任し現在に至っている。同氏はその間、一貫して質量分析に関する研究を行ってきた。1960年代から1970年半ば頃までは原子質量の精密測定に従事していた。1970年後半から1980年にかけては有機物、特にタンパク質の point mutation に関する研究を行ってきた。

当時、FAB (ウェット SIMS) が高分子有機化合物の親イオンを生成する方法として確立しつつあった。同氏はウェット SIMS 用の放電型高イオン電流の1次イオン源を開発し、クラスター生成に応用したのがクラスター研究の出発点である。SIMS には長い歴史があり、原子イオンや小さなクラスターイオンが生成できることはよく知られていたが、大きなクラスターを生成するには適さないと思われていた。

ところが、同氏が開発した1次イオン源では、アルカリハライド CsI のクラスターを当時としては驚異的の大きさである 9 u まで観測することができた。そして、幾何学的形状と安定性に関係があることを確認した。その後、金属クラスターの安定性の研究に移り、金、銀、銅クラスターの安定性は電子の殻模型で理解できることを示した。交久瀬氏の得たスペクトルはマジック数のところでイオン強度が不連続的に減少し、しかもクラスター中のバレンス電子数の奇数・偶数に対してイオン強度が振動するというまさに教科書的スペクトルであった。

つづいて、負イオンクラスターでは、マジック数が異なることを示し、安定性を決める要因が確かに電子数であることを示した。また、2価金属である Zn, Cd, 3価金属である Al なども電子の殻構造をとることを示した。

さらに重要な研究は、金属クラスターと原子核は共に粒子が井戸型ポテンシャル中にトラップされ、性質がよく似ていることに注目し、原子核反応の一つである核分裂に相当するクラスターのクーロン分裂を実験的に確認したことである。約半年後にフランスの Bréchnignac やスイスの Saunders も Na と Au について同様の結果を得ている。この世界最初の Cluster fission がニールスボア研究所の Bjornholm に認められ、コペンハーゲンに招待されセミナーを開き、Mottelson らと議論した。

また、多数の電子をもつクラスターでは1階層上のスーパーシェルという殻効果が理論的に予想されるが、交久瀬氏は試料として水銀を用い、この殻効果を実験的に確認した。その他、Mn クラスターがファンデルワールス的であること、希ガスと Al 複合クラスターの生成法の開発、水銀 $2, 3$ 量体のダブルチャージの存在など、数々の開発、発見をしていて、日本でのクラスター研究の第一人者として認められていて、解説も書いている。

以上のように交久瀬氏は質量分析法をクラスター物性研究へ応用した。これは、質量分析法の有用性を示すもので、質量分析学の発展におおいに寄与しており、日本質量分析学会賞に値するものと認められた。

主要文献リスト

- 1) I. Katakuse, T. Ichihara, H. Nakabushi, T. Matsuo, and H. Matsuda, A Compact Primary Gun for Molecular SIMS. *Mass Spectroscopy*, **31**, 111-114 (1983).
- 2) I. Katakuse, H. Nakabushi, T. Ichihara, T. Sakurai, T. Matsuo, and H. Matsuda, Generation and Detection of Cluster Ions [(CsI)_nCs]⁺ Ranging up to $m/z=90000$. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **57**, 239-242 (1984).
- 3) I. Katakuse, H. Nakabushi, T. Ichihara, T. Sakurai, T. Matsuo, and H. Matsuda, Metastable Decay of

- Cesium Iodide Cluster Ions. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **62**, 17–23 (1984).
- 4) I. Katakuse, T. Ichihara, Y. Fujita, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Size Distribution of Cluster Ions, $(\text{Bi})_n^+$, $(\text{Pb})_n^+$ and $(\text{Mo})_n^+$ Produced by Xe Ion Bombardment. *Mass Spectroscopy*, **34**, 21–25 (1985).
 - 5) I. Katakuse, T. Ichihara, Y. Fujita, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Mass Distributions of Copper, Silver and Gold Clusters and Electronic Shell Structure. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **67**, 229–236 (1985).
 - 6) I. Katakuse, T. Ichihara, Y. Fujita, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Correlation between Mass Distribution of Zinc, Cadmium Clusters and Electronic Shell Structure. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **69**, 109–114 (1986).
 - 7) I. Katakuse, T. Ichihara, T. Matsuo, and H. Matsuda, Cluster Ion Mass Distribution of Copper, Silver and Gold. *Advances in Mass Spectrom.*, **10B**, 1073–1074 (1985).
 - 8) I. Katakuse, T. Ichihara, Y. Fujita, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Mass Distributions of Negative Cluster Ions of Copper, Silver and Gold. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **74**, 33–41 (1986).
 - 9) I. Katakuse, "SIMS Experiment on Metal Cluster Ions. Microclusters," ed. by S. Sugano, Y. Nishina, and S. Ohnishi, Springer Verlag (1987), pp. 10–16.
 - 10) I. Katakuse, T. Ichihara, H. Ito, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Ultra-high-mass Spectra of CsI Clusters and Evidence for the Existence of Stable Neutral Cubic-like Structures with Even Number of Atoms. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, **2**, 191–194 (1988).
 - 11) I. Katakuse, T. Ichihara, M. Morris, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Mass Distributions of Positive and Negative Cluster Ions of Zinc and Cadmium. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **91**, 84–91 (1989).
 - 12) I. Katakuse, T. Ichihara, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Secondary Ion Mass Spectra of Silver Clusters $(\text{Ag})_n^+$ up to 26000 Dalton ($n=240$). *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **91**, 99–101 (1989).
 - 13) I. Katakuse, T. Ichihara, H. Ito, T. Matsuo, T. Sakurai, and H. Matsuda, Cluster Abundance Mass Spectra of $(\text{Pb})_n^+$ and $(\text{Pb})_n^-$. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **91**, 93–97 (1989).
 - 14) I. Katakuse, T. Ichihara, H. Ito, T. Matsuo, and T. Sakurai, Mass Distributions and Geometrical Configurations of Gold Clusters $(\text{Au})_n^+$ Obtained in a Hydrodynamic Ion Source. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **93**, 331–336 (1989).
 - 15) Y. Saito, I. Katakuse, and H. Ito, Aluminum Cluster Ions and Aluminum–Xenon Complex Ions Formed by Ion Sputtering. *Chem. Phys. Lett.*, **161**, 332–338 (1989).
 - 16) I. Katakuse, T. Ichihara, H. Ito, and M. Hirai, Cluster-ion Abundances and Geometrical Structures of Magnesium Oxide Clusters Generated by Bombardment with Xenon and Oxygen Ions. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, **4**, 16–18 (1990).
 - 17) I. Katakuse, H. Ito, and T. Ichihara, Fission-like Dissociation of Doubly Charged Silver Clusters. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **97**, 47–54 (1990).
 - 18) I. Katakuse, H. Ito, and T. Ichihara, Generation of Argon and Argon–Aluminum Complex Clusters, $(\text{Ar})_n^+$, $(\text{Ar})_n\text{Al}^+$ from Bubbles in Aluminum Metal by Argon Ion Bombardment. *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, **99**, 207–211 (1990).
 - 19) I. Katakuse, H. Ito, and T. Ichihara, Fragmentation of Doubly Charged Noble Metal Clusters. *Z. Phys. D*, **20**, 101–104 (1991).
 - 20) Y. Saito and I. Katakuse, Magic Numbers in SIMS Mn Similar to Those of Charged Ar Clusters. *Z. Phys. D*, **19**, 189–190 (1991).
 - 21) T. Sakurai, H. Ito, T. Matsuo, and I. Katakuse, The Mass Spectrum of Mercury/Cesium Complex Clusters $(\text{Hg})_n\text{Cs}^+$ Ranging up to $m/z=118000$. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*, **5**, 437–

440 (1991).

- 22) 交久瀬五雄, 金属クラスターの性質, 表面, **29**, 781-792 (1991).
- 23) I. Katakuse and H. Ito, Fission of Metallic Clusters. *Lecture Notes in Physics*, **404**, 107-111 (1992).
- 24) 交久瀬五雄, 固体のクラスター化と分解—イオンスパッター法の紹介とスパッターイオンの性質—, 真空, **35**, 708-718 (1992).
- 25) 交久瀬五雄, 市原敏雄, 伊藤啓行, 水銀クラスターのスーパーシェル, 原子核研究, **39**, 49-62 (1994).
- 26) 交久瀬五雄, スパッター法によるクラスターの研究, 質量分析, **42**, 67-93 (1994).
- 27) 交久瀬五雄, 市原敏雄, 伊藤啓行, 希ガスクラスターの性質, *IONICS*, **20**, 3-8 (1994).
- 28) H. Ito, T. Sakurai, T. Matsuo, T. Ichihara, and I. Katakuse, Detection of Electronic Shell Structure in Divalent Metal Clusters (Hg_n), *Phys. Rev. B*, **48**, 4741-4745 (1993).
- 29) H. Ito, T. Sakurai, T. Matsuo, T. Ichihara, and I. Katakuse, Size Distribution of Zinc-Cesium and Cadmium-Cesium Positive Cluster Ions Using Secondary Ion Mass Spectrometry, 質量分析, **44**, 29-37 (1995).
- 30) 交久瀬五雄, クラスター源としてのスパッターイオン源, 生産と技術, **47**, 43-47 (1995).
- 31) I. Katakuse, T. Ichihara, and H. Ito, A New Approach of the SIMS Method for Metal Clusters, *Surface Review and Letters*, **3**, 551-555 (1996).
- 32) T. Sakurai, H. Ito, T. Matsuo, and I. Katakuse, Metastable Decay of Mercury/Cesium Complex Cluster, *Surface Review and Letters*, **3**, 573-575 (1996).
- 33) H. Ito, T. Sakurai, T. Matsuo, T. Ichihara, and I. Katakuse, Mass Spectra and Dissociation Patterns of Tellurium Clusters Using Positive and Negative Secondary-Ion Mass Spectrometry, *Surface Review and Letters*, **3**, 577-582 (1996).
- 34) 交久瀬五雄, 2 価に帯電したクラスターの分裂, 物性研究, **65**(3), 889-897 (1996).
- 35) H. Ito, T. Sakurai, T. Matsuo, and I. Katakuse, Observation of Doubly Charged Mercury Clusters Ions Hg_n^{2+} ; $n=1-10$ by Secondary Ion Mass Spectrometry, *Z. Phys. D*, **40**, 102-103 (1997).
- 36) I. Katakuse, SIMS Experiment, Mesoscopic Materials and Clusters, Springer Series in Clusters (1998), pp. 259-273.
- 37) 佐藤貴弥, 伊藤啓行, 市原敏雄, 交久瀬五雄, 松尾武清, SIMS による小さいサイズの 2 価テルルクラスターの観測, 質量分析, **46**, 433-436 (1998).
- 38) 交久瀬五雄, 伊藤啓行, 金属クラスターの性質, 日本物理学会誌, **53**, 499-507 (1998).