

# 「テルライトガラス・スマート材料 ～光学的応用とその展開～」 ラウフ・エル・マラワニー教授（エジプト・ミヌーフィーヤ大学 名誉教授）

名古屋工業大学大学院 生命・応用化学専攻（環境セラミックス分野）教授

早川 知克

## “Tellurite Glass Smart Materials, Application in Optics and Beyond”, Springer, Ed. by Raouf El-Mallawany (Physics Department, Faculty of Science, Menoufia Univ., Egypt)

本書は、ハンドブック「TELLURITE GLASSES」(CRC 出版)で知られている R.El-Mallawany 教授の編集による、テルライトガラスの応用研究についての最新のレビュー本である。概要が述べられている第 1 章に続き、のべ 11 名の著名な研究者らがテルライトガラスの多彩な特性と応用例について執筆している。El-Mallawany 教授ご自身も第 2 章で放射線防護材としてのテルライトガラスの応用についてまとめられている。テルライトは原子番号 52 番 Te の重金属酸化物で化学的にも機械強度的にも安定な材料である。El-Mallawany 教授は光学特性だけでなく、テルライトガラスの物理化学性質について造詣が深く、テルライトガラスの勉強をしようとすると、まず先のハンドブックを参照される方々も多いと思う。その応用編と呼べるのが本書である。

第 3 章からはレーザー材料や太陽光発電効率向上のための波長変換材料としての応用がまとめられている。Barbosa らは PbTe, CdTe など

のナノ結晶を含むテルライトガラスを作製し、サイズ依存の波長可変発光を報告している。ここでは希土類イオンを添加した可視—近赤外波長変換材料の作製と基礎光学特性の評価についても述べられている。P.S.Prasad らは第 4 章で希土類添加テルライトガラスの Judd-Ofelt (JO) 理論を紹介している。JO 理論は希土類イオンのガラス中での光学特性を理論予測する現在、唯一の手法であり、実験データを元にするため半経験的な理論体系であるが、3つの JO パラメータ— $\Omega_2$ ,  $\Omega_4$ ,  $\Omega_6$  (オメガパラメータともいう) で吸収・発光 (自然放出・誘導放出確率・発光分岐率・発光寿命) 特性を予測できることからレーザーガラスの開発にはなくてはならないものである。TeO<sub>2</sub> と相性のよい成分として WO<sub>3</sub> がよく取り上げられるが、ここでは Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> も含む TeO<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-WO<sub>3</sub> ガラスについて Dy<sup>3+</sup> イオンの発光特性をまとめている。Dy<sup>3+</sup> イオンは可視域に複数の発光線 (黄色・青色) を有し、白色に調整することも可能な発光中心である。色度座標から色温度を算出する方法や発光量子収率、非輻射遷移確率の評価についてはこちらを参照していただけたらと思う。

テルライトガラスはさまざまな成分を含有し

うる化学組成範囲の広いガラス系である。D. Souri らはバナジウム-テルライトガラスについて熱光学特性とその応用についてまとめている(第5章)。遷移金属酸化物含有テルライトガラスはその光学的バンドギャップの挙動に興味深い点があり、材料の半導体的電気特性とも関係が深い。第5章では熱力学的特性だけでなく、Tauc プロットによる光学的バンドギャップの評価方法や、ゼーベック係数の値について解説されている。まだまだ課題は多いに違いないが、この熱電特性を用いた発電についても示唆に富む記述がある。貴金属ナノ粒子を含むテルライトガラスについては Mawlug が報告している(第6章)。プラズモニク材料と呼ばれる材料開発手法で、これに希土類イオンを添加することにより、貴金属ナノ粒子の近接場効果もしくはエネルギー移動により希土類イオンが増強発光を示すことが知られている。テルライトガラスをマトリックスとした系については参考文献欄に最近の報告がまとめられており、本書の第6章では  $\text{Sm}^{3+}$  イオンの増強発光を報告している。フッ素元素を添加した効果は M.Reza Dousti らが報告している(第7章)。 $\text{TeO}_2\text{-ZnO}$  系のガラスを中心に述べられており、希土類イオンの発光や希土類イオン間相互作用についての解説もある。希土類イオンを添加したガラスの温度-光センサーへの応用については第8章にて、その理論的背景と  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$  イオンの発光における実例が述べられている。そして、特に注目したいのは近赤外蛍光体としての希土類添加テルライトガラスの応用例の紹介である(第9章)。ここでは McCumber 分光評価法の記載とともに、利得スペクトル特性の理論的評価についても簡便に紹介されている。太陽電池の発電効率を高めるための波長変換材料の開発についての研究紹介は第10, 11章で述べられている。ブラジルの Kassab らとインドの K.V.Krishnaiah らがそれぞれ報告しており、両者の比較は興味深い。より実践的な取り組みは前者に見られ、数々の希土類イオンの組み合わ

せにより効果的なエネルギー移動を引出し、可視光をシリコンなどの太陽電池の高感度波長帯に波長シフトさせることで、1.1%程の発電効率上昇が見られたとされている。最後の第12章ではテルライトや希土類イオンを添加したハイドロキシアパタイト複合体の生体材料としての応用について S.H.Nandyala らが報告している。

第1章に戻るが、3ページを使ってテルライトガラスの写真が記載されており、テルライトガラスとしてどのようなものが得られるのか、直感的で分かりやすい。今後テルライトガラスの応用としてどのようなものが模索されていくかは、図1.3にまとめられている。本書の概要を示すものでもあり、数々の応用が検討されている研究状況がまとめられている。

最後に本書の索引を以下にまとめた。テルライトガラスをこれから作製してみよう、どのような新しい応用があるのか検討したい、という方々に本書が役に立てば幸いである。最近、El-Mallawany 教授とメール連絡する機会があり、本書を日本の研究者・技術者に紹介することを伝えたと、大変喜ばれていた。エジプトのミヌーフィーヤ大学の名誉教授であり、これまで数多くの学生を指導されてきた。基礎物性を中心に研究・教育活動を行われてきたが光学的応用にも注目されており、テルライトガラスがさらに広い分野で応用されることを期待されている。

本書に関する情報は、下記のウェブサイトを確認できる。(アクセス確認日: 2019年9月27日)  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-76568-6>

“Tellurite Glass Smart Materials, Application s in Optics and Beyond”, Raouf El-Mallawany Editor, Springer, ISBN 978-3-319-76567-9, ISBN 978-3-319-76568-6 (e-Book)

1. Some Physical Properties of Tellurite Glasses, by R.El-Mallawany
2. Radiation Shielding Properties of Tellurite Glasses, by R.El-Mallawany
3. Tellurite Glass Materials for Energy Conversion Technology and Laser Devices, by L.C.Barbosa et al.
4. Structural and Luminescence Properties of Tellurite Glasses for Laser Applications, by P.S.Prasad, et al.
5. Optothermal Properties of Vanadate-Tellurite Oxide Glasses and Some Suggested Applications, by D.Souri
6. Optical Properties of Tellurite Glasses Embedded with Gold Nanoparticles, by S.Q. Mawlud
7. Lanthanide-Doped Zinc Oxyfluorotellurite Glasses, by M.R.Dousti
8. Optical Sensing Based on Rare-Earth-Doped Tellurite Glasses, by M.R.Dousti
9. NIR Emission Properties of RE<sup>3+</sup> Ions in Multicomponent Tellurite Glasses, M.S.Sajna et al.
10. Tellurite Glasses: Solar Cell, Laser, and Luminescent Displays Applications, L.R.P.Kassab, et al.
11. Lanthanide-Doped Tellurite Glasses for Solar Energy Harvesting, by V. Krishnaiah et al.
12. Development of Bioactive Tellurite-Lanthanide Ions-Reinforced Hydroxyapatite Composites for Biomedical and Luminescence Applications, S.H. Nandyala et al.