

松下幸之助記念志財団 研究助成
研究報告

【氏名】

榊原敬治

【所属】（助成決定時）

京都大学大学院総合生存学館（思修館）

【研究題目】

環境問題に取り組む排ガス浄化触媒 PGM 価格のリスク分析

【研究の目的】（400字程度）

本研究の目的は、排ガス浄化触媒に用いられるロジウム（以下 Rh）の安定的な調達のために、適切なリスクマネジメントについて論じることである。環境問題に取り組む企業にとって、環境規制や供給増減により敏感に価格変動する Rh の安定的な調達は急務である。そのため、Rh をはじめとした触媒貴金属価格のモデル推定とリスク分析を行い、適切なリスクヘッジのために取り得る戦略を提案する。戦略を明確化することで、リスクとリターンを適切に把握することができる。消費と生産を担う企業はこの提案を元に事業戦略に盛り込むことで持続可能な経済活動（SDGs-Goal 12）に貢献する。本研究の出口として、不確実性を考慮した適切なリスクとリターンの関係を示すことで、大気汚染の緩和へとつなげたい。そのため本研究は、排ガス浄化作用を持つ触媒貴金属の触媒機構、浄化効率、素材リサイクル率にも触れた。

【研究の内容・方法】（800字程度）

研究の背景と内容

自動車の排ガス浄化触媒として利用される貴金属は近年激的な価格変動を示す。(Figures 1 to 3 参照[1]) Rh をはじめとする排ガス浄化触媒は主に白金族金属(Au, Pt, Rh, Pd)などがある（以後、これらを総じて触媒貴金属と呼ぶ）。英国をはじめとした欧州諸国を筆頭に、環境規制を設け始めたことによる需要増が背景と考える[2]。我が国でも近年環境省が「自動車排出ガス規制について」を示し、規制がより厳格化されたことを受け、Rh の需要が高まり価格が高騰し、自動車産業等の生産コストの不確実性が増加している。しかし、北川ら(2016)[3]による技術革新的研究により、比較的安価なパラジウム(Pd)とルテニウム(Ru)固溶型ナノ粒子合金（以後 PdRu 合金）の合成に成功し、Rh に変わる代替素材として期待が高まった。さらに PdRu 合金は Rh より NOx 触媒効率が高いことが先行研究[4][5]によって示された。一方で PdRu 合金のリサイクル効率は Rh より下回る。加えて、触媒効率に準じた排出量の環境負荷の評価も必要である。これら材料価格変動・回収率・排出量はそれぞれトレードオフの関係を見せ、不確実性が潜む。これらの不確実性を考慮したリスクマネジメントを試みるのが本研究内容である。



Figure 1. Price of Rhodium (USD/oz/5Y).



Figure 2. Price of Palladium (USD/oz/5Y).



Figure 3. Price of Platinum (USD/oz/5Y).

研究の方法

本研究は実証分析と戦略提案の2ステップで進行した。用いた手法は、触媒貴金属の価格変動の時系列解析であり、一般的なARIMAモデルやVARモデルに加え、MS-GARCHモデル(Markov Switching GARCH model)を採用し、モデル推定を行った。その理由は2つある。1つ目は価格の自己相関性のみならずボラティリティーの時間変化も考慮するためである。2つ目に、コロナ、ウクライナ情勢下ごとの不確実性を考慮するためである。よって、触媒貴金属価格はこれら外生要因の影響を受け、価格変動の構造自体が変化しているという仮定をおき、複数レジームに分けてモデル推定を試みた。このモデルを基に、適切なリスクと調達戦略を提案した。

【結論・考察】(400字程度)

排ガス浄化触媒に用いる材によって、生産・調達コストの変動リスクに応じた調達戦略が取ることの重要性が示された。Figure 4では、触媒貴金属を一定の割合で調達した時のコストと収益を比較した。RhとPdの価格変動を比較すると、パンデミックや地政学的情勢の緊張下に伴いモデル自体の構造変化が起きていることを時系列分析により示した。Rhのボラティリティーが高いレジーム下ではPd割合を増加させ、低いレジーム下ではPd割合を減少させるポートフォリオ戦略を取ることで、価格変動リスクを軽減できる示唆となった。

さらにリサイクルによる収益、環境負荷、環境付加価値を考慮すると、RhとPdRu合金でどちらも有意な差は観測されなかった。一方で、両金属の同額を調達した際に、安定的な収益が見込めるのはPdRu合金で、不確実性を考慮したオプション価値はRhの方が高かった。よって、企業はRhのレジーム推移によって両金属を適切な割合で保有する戦略を練ることでリスクヘッジの効果が期待される結果となった。

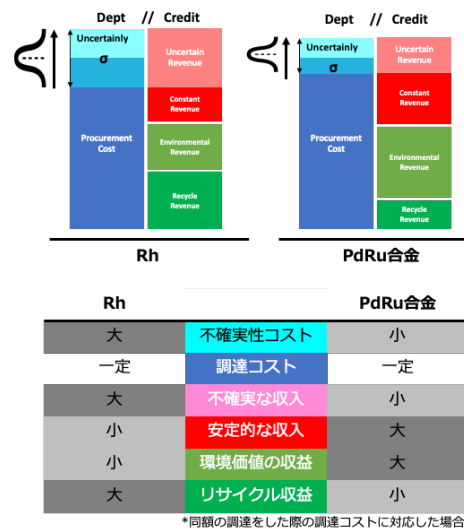


Figure 4. Figure of Balance Sheet and Relationship Table of Income/Expenditure Proportion: The balance sheet shows the percentage of revenues corresponding to the cost of procurement when the same amount is procured. In Rh, uncertainty in procurement is high and risky. Also, while recycling revenues are high, stable revenues are estimated to be small due to small environmental value revenues. In other words, procurement risk is high. While, in PdRu, uncertainty in procurement is low and risk is relatively low, recycling revenues are low, stable revenues are estimated to be high because environmental value revenues are large. To put it another way, procurement risk is low.