

ほんじょう かおる
氏 名 本 城 薫
授 与 学 位 博士 (工学)
学位授与年月日 平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の根拠法規 学位規則第 4 条第 1 項
研究科、専攻の名称 東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 技術社会システム専攻
学 位 論 文 題 目 供給障害リスクに対応したレアメタルの動態的適正備蓄モデルに
関する研究
指 導 教 員 東北大学教授 中島 一郎
論 文 審 査 委 員 主査 東北大学教授 中島 一郎 東北大学教授 井口 泰孝
東北大学教授 須川 成利
客員教授 大見 忠弘 (未来科学技術共同研究センター)

論 文 内 容 要 旨

本論文では、第 2 章で、レアメタルの重要性や供給脆弱性について分析した上で、各種レアメタル安定供給確保策を整理し、突発的な供給障害に対する備えとしての備蓄制度がレアメタル安定供給確保策の中心的対策として位置づけられていることを示した。

レアメタルは 31 種類の金属の総称であり、それぞれのレアメタルが持つ固有の金属特性を活用して幅広い産業分野で使用されているが、中でも、優れた機能を持つ材料や部品の供給を通じて、電子・情報産業等の先端技術産業や環境・エネルギー産業等の社会的・政策的重要な産業の技術基盤や国際競争力を支える必須の鉱物資源となっていることを示した。また、レアメタル資源はその埋蔵・生産・対日輸出のいずれをとっても少数の国に偏在・集中しており、その供給構造はリスクの高い脆弱なものとなっていることを明らかにした。

このような供給構造の脆弱性を背景としてこれまで実際にレアメタルの供給障害が度々発生してきたところであり、供給障害発生時の損失を軽減しその影響を緩和する対策として、1983 年にレアメタル備蓄制度が創設され、制度創設以来レアメタル 31 鉱種のうち 7 鉱種(ニッケル、クロム、タングステン、コバルト、モリブデン、マンガン、バナジウム)を対象に、国内消費量 60 日分を備蓄目標量として実施されてきていることを概観した。

第 3 章では、レアメタル備蓄制度創設以来 20 年以上が経過した今日、再びレアメタルの安定供給に対する関心が高まってきている最近の状況を踏まえて、近年のレアメタルを取り巻く環境変化について需給両面から分析した。

まず、需要構造の変化については、レアメタルの主たる用途が、従来の鋼材の強度・耐熱性・耐食性等の性能向上のための添加原料から個々のレアメタルが持つ固有の金属特性を活用した高機能部材(高度な機能を有する材料や部品)へと変化してきており、このような高機能部材に使用され需要の伸びが相対的に大きいレアメタル(タンタル、インジウム、レアアース等)は現在備蓄されている 7 鉱種以外のレアメタルであることが多いことを明らかにした。

また、供給構造の変化については、1983年のレアメタル備蓄制度創設以降、東西冷戦構造の崩壊、中国の市場経済化と急速な経済成長、南アフリカのアパルトヘイト政策の撤廃等、レアメタルの供給構造の国際的枠組みは大きく変化したことを示し、中国・南アフリカ・ロシア等の主要レアメタル資源国の資源政策の動向を分析した。例えば中国を例にとると、市場経済化や経済の国際化が進展している一方、外資を導入して開発を促進する鉱種と採掘を制限する鉱種とを戦略的に区別している。このような分析結果を踏まえて、レアメタルの供給障害リスクを生来させる要因は、東西冷戦構造を背景とした東西諸国間の戦略物資の禁輸措置や南アフリカへの国際的制裁措置といったマクロ的かつ単層的枠組みから個々のレアメタル資源国ごとの個別政治経済情勢や戦略的資源政策の動向といった個別事情に基づくミクロ的かつ複層的要因へと変化してきていることを明らかにした。

第4章では、第3章で明らかにしたレアメタル需給構造の変化に対応した新たなレアメタル備蓄モデルの必要性について考察し、「動的適正備蓄モデル」を提示した。

備蓄の目的は突発的な供給障害発生というリスクに備えることであり、備蓄すべき量はこのリスクの大きさに対応して決定されるべきである。そして、この供給障害リスクの大きさは供給障害の発生し易さおよび発生した際の影響の度合いによって決まる。

レアメタルの供給障害というリスクが経済産業活動に及ぼす影響・損失の大きさは、「リスク値＝リスクの発生確率×リスクの影響度」の形で表すことができる。これはリスクの期待値とも言えるものであり、リスクに備えて講ずべき対応策の大きさはこの期待値の大きさに応じて決定することが妥当である。

供給障害の発生し易さは、レアメタルの偏在・集中の度合いやレアメタル資源国の政治経済情勢や資源政策の動向等によって個々のレアメタルごとに異なり、また時間の経過とともに変化していく。

また、実際に発生した際の影響・損失の度合いについても、レアメタルの需要構造（どのような用途に使用されているか）によって個々のレアメタルごとに異なり、また需要構造の変化に応じて変化していく。

一方、現行備蓄制度においては、備蓄対象鉱種および備蓄目標は制度発足以来変更されず、1997年以降新たな積み増しも行われていない。

以上の状況を踏まえ、本論文においては、個々のレアメタルごとの供給障害の発生し易さおよび供給障害発生による影響の度合いを数値化し、これらの数値(供給障害発生確率係数及び戦略的重要度係数)から算定される動的適正備蓄規模算定係数を用いて個々のレアメタルごとの適正な備蓄規模を算出する新たな備蓄モデル(動的適正備蓄モデル)を提示した。

提示した動的適正備蓄モデルは次の3つの条件を満たすモデルである。

①リスクへの対応性

供給障害リスクの大きさは、供給障害の発生し易さと供給障害が実際に発生した場合の影響度によって決まり、備蓄規模はこのリスクの大きさに対応して決定する。

②定量性

個々のレアメタルごとの適正な備蓄規模を、定量的に算定する。

③変化への追従性

需給構造の変化によって、供給障害リスクの大きさは変化し、個々のレアメタルごとの適正備蓄規模

はこの変化に追隨して動的に変化する。

第5章では、第4章で提示した動的適正備蓄モデルの有効性の検証を行った。

まず、本モデルを用いて、31 鉱種すべてのレアメタルについて定量的な動的適正備蓄規模を算出し、本モデルの条件 (②定量性) を証明した。

次に、動的適正備蓄規模算定係数が5 (5段階表示の最上位) と算定されたレアメタル (備蓄の必要性が最も大きいレアメタル) はすべて現行備蓄対象鉱種以外のレアメタルであった一方、最近実際に供給障害が発生し関連産業に大きな影響を与えたレアメタル4 鉱種については全体として見て適正備蓄規模は大きく算定された。これは、本モデルの条件 (①リスクへの対応性) を証明している。

また、有力なレアメタル資源国の資源政策が変化する3つのケースを想定し、各々のケースについて供給障害発生確率係数や動的適正備蓄規模算定係数が動的に変化することを確認した。これは、本モデルの条件 (③変化への追隨性) を証明している。

さらに、本モデルで算出された供給障害発生確率係数および戦略的重要度係数を縦軸・横軸にとったレアメタル・リスクマップを作成し、レアメタル 31 鉱種すべてをこのマップにプロットした。個々のレアメタルがこのリスクマップ上のどの位置にプロットされるかによって、当該レアメタルについてどのような対策が有効であるかを示唆することができた。これは、本モデルが、単に適正備蓄規模を算定するためだけのモデルではなく、備蓄を含めた各種レアメタル対策を総合的に進めていく上で有効なモデルであることを示している。

第6章では、動的適正備蓄モデルの応用発展について提案した。

有効なレアメタル安定供給確保策を講ずるためには、備蓄という受動的対応策に止まらず、能動的対応策としての国際的連携スキームへの発展を図ることが重要であり、中国をはじめとするレアメタル資源国との交流会議の拡大やレアメタル産消国間対話の促進が有意義であることを示した。

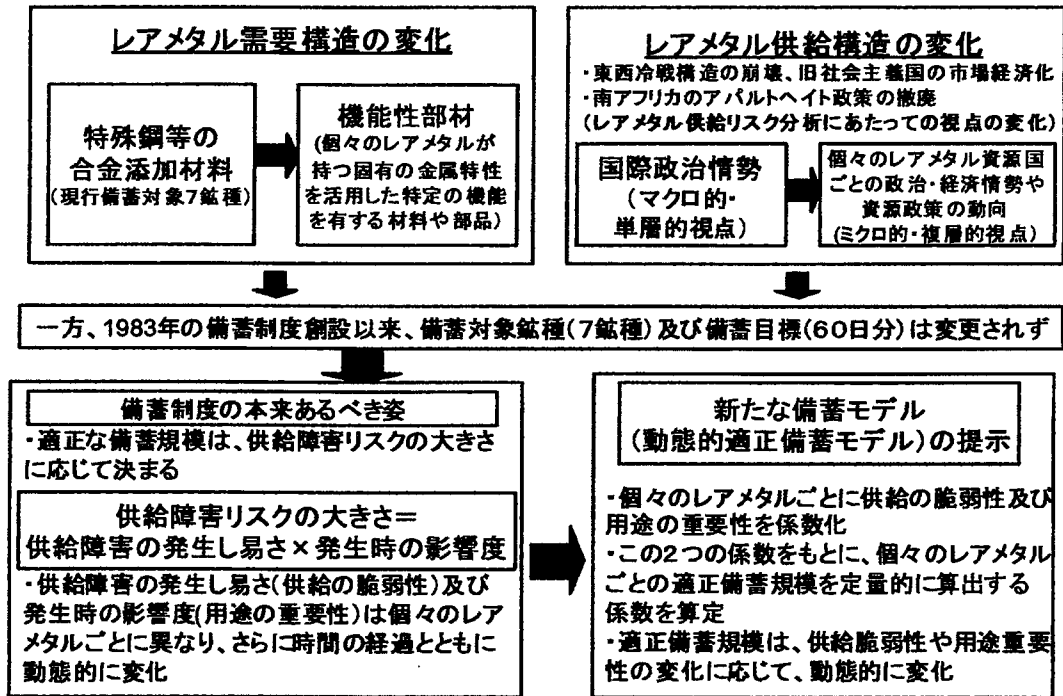
また、持続的・自律的なレアメタル安定供給を確保するためには、リサイクルや生産性向上によるレアメタル資源の有効利用を促進することが必要であることを明らかにした。

備蓄は供給障害リスクに対し一種の保険機能を有する言わば最後の手段とも言うべき対策であるが、最後の手段に頼る前に、国際連携スキームの構築やレアメタル資源の有効利用の促進等多様な対策を総合的に推進していくことが必要であることを提案した。

以上、本論文では、我が国製造業の強みである高機能部材に使用されるレアメタルに対する産業界の関心が高まっている状況の中で、近年のレアメタルの需給両面に亘る構造変化に対応した新たな備蓄モデルの必要性について考察した上で、「動的適正備蓄モデル」を提示しその有効性を検証した。

適正な備蓄規模は、供給障害の発生し易さと発生時の影響度によって決まる供給障害リスクの大きさに対応して算定すべきであり、さらにこの供給障害リスクの大きさは、需要動向 (技術革新等によるレアメタルの重要用途の新規出現) や供給動向 (レアメタル資源国の資源政策等の動き) の変化に追隨して動的に変化していくものであることを明らかにした上で、新たな備蓄モデルとして、動的に変化する供給障害リスクの大きさに対応した適正備蓄規模を定量的に算出する「動的適正備蓄モデル」を提示した。

また、本モデルの実施にあたっては、レアメタル需給動向の動態的変化についての情報の収集・分析・評価体制を強化し、需給動向の動態的変化に対応した機動的な運用が必要であることを示した。



(参考)図. 新たな備蓄モデル(動態的適正備蓄モデル)の必要性及びその内容

論文審査結果の要旨

レアメタルは 31 種類の金属の総称であり、優れた機能を持つ材料や部品の供給を通じて、電子・情報産業等の先端技術産業や環境・エネルギー産業等の社会的・政策的重要な産業にとって必須の鉱物資源となっている。1983 年にレアメタル備蓄制度が創設され、31 鉱種のうち 7 鉱種を対象に国内消費量 60 日分を備蓄目標量として実施されてきている。しかしながら、制度創設以来 20 年以上が経過した今日、個々のレアメタルごとの重要性や供給脆弱性は大きく変化してきており、このため平成 17 年度、経済産業省においてレアメタル備蓄制度のあり方についての本格的検討が行われることとなっている。本論文は、このような現状認識を踏まえて、新たな備蓄モデルとして「供給障害リスクに対応したレアメタルの動態的適正備蓄モデル」に関する研究結果をまとめたものであり、全文 7 章よりなる。

第 1 章は序論である。

第 2 章では、レアメタルの我が国経済にとっての重要性及び供給の脆弱性について考察した上で、突発的な供給障害に対する備えとしての備蓄制度を含む各種レアメタル安定供給確保策を概観している。

第 3 章では、レアメタルを取り巻く環境変化を需給両面から分析し、需要についてはレアメタルの主たる用途が特殊鋼等への添加原料から個々のレアメタルが持つ固有の金属特性を活用する高機能部材へと変化していること、また供給についてはレアメタル供給障害を発生させる主たる要因が従来の東西冷戦構造等のマクロ的・単層的枠組みから個別レアメタル資源国ごとの資源政策の動向等のミクロ的・複層的要因へと変化していることを明らかにしている。これは第 4 章で提示された新たな備蓄モデルを導く重要な成果である。

第 4 章では、レアメタル需給構造の変化を踏まえて新たな備蓄モデルの必要性について考察し、「レアメタル動態的適正備蓄モデル」を提示している。

このモデルは、以下の 3 つの条件を満たし、供給障害発生確率係数及び戦略的重要度係数から算定される動態的適正備蓄規模算定係数を用いて個々のレアメタルごとの適正な備蓄規模を算出するものであり、極めて斬新なモデルである。

①リスクへの対応性：供給障害リスクの大きさは供給障害の発生し易さと供給障害が実際に発生した場合の影響度によって決まり、備蓄規模はこの供給障害リスクの大きさに対応して決定する。

②定量性：個々のレアメタルごとの適正な備蓄規模を、定量的に算定する。

③変化への追従性：需給構造の変化によって供給障害リスクの大きさは変化し、個々のレアメタルごとの適正備蓄規模はこの変化に追従して動的に変化する。

第 5 章では、提示した動態的適正備蓄モデルの有効性を検証している。まず、すべてのレアメタルについて定量的な適正備蓄規模を算出し、本モデルの条件（①リスクへの対応性、②定量性）を証明している。また、有力なレアメタル資源国の資源政策が変化する 3 つのケースを想定・試算し、本モデルの条件（③変化への追従性）を証明している。さらに、レアメタル・リスクマップの活用により、個々のレアメタルごとに備蓄以外の有効対策を示唆可能であることを明らかにしている。これらは本モデルの有効性についての説得力のある証明である。

第 6 章では、このモデルの応用発展について考察しており、これは、レアメタル安定供給確保策の国際的展開及びレアメタル資源の有効利用を図る上で有益な提案である。

第 7 章は結論である。

以上要するに本論文は、我が国製造業の強みである高機能部材に使用されるレアメタルについて、近年の需給両面に亘る構造変化を踏まえて、新たなレアメタル備蓄モデルとして「動態的適正備蓄モデル」を提示し、その有効性を検証したものであり、極めて画期的かつ有意義な成果である

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認める。