

平成18年度
経済産業省委託調査

3Rシステム化可能性調査 (超硬合金スクラップのリサイクルシステム)

報告書

平成19年3月28日



三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

目 次

1.	背景と目的.....	1
(1)	背景.....	1
(2)	目的.....	1
(3)	本調査におけるリサイクルシステムのイメージ	2
2.	調査概要.....	4
3.	調査結果概要および今後の方向性・課題	7
(1)	調査結果概要.....	7
(2)	今後の方向性・課題	15

本報告書における用語の定義

本報告書で使われる用語の定義は、次のとおり。

用語	定義
超硬工具	高温での硬度、耐摩耗性等に優れた性質を有する機械工具。主に切削加工に使用される。構成部材の一部もしくは全体にタングステンカーバイド（炭化タングステン）を主成分とする超硬合金が使用されているもの。
超硬合金	タングステンカーバイドを主成分とし、コバルトやタンタルなどを副成分として含む焼結合金。超硬工具の素材（刃先部分など）として使用される。
超硬合金スクラップ （スクラップ）	超硬工具の生産時に超硬工具メーカーから発生する「工程内スクラップ（焼結前のこぼれ粉、研削スラッジおよび焼結失敗品など）」および超硬工具の使用後に超硬工具ユーザーから発生する「使用済みの超硬工具」。
チップ	切削加工用の機械工具本体（バイト本体やカッター本体など）に装着して使用される交換可能な刃先部分。「スローアウェイチップ」ともいう。刃先交換工具の一部材となる。
製品工具	刃先交換工具以外の機械工具（刃先と本体が一体になっている機械工具）の総称。ソリッドやろう付けの切削工具（ドリルやエンドミルなど）、鉋山土木用工具、耐摩工具（金型やダイスなど）などを含む。
再生原料	超硬合金スクラップを再度、超硬合金の原料として再生したもの。再生処理方法により、成分が異なる。
再生製品	再生原料を使用した超硬工具。
直接原料	超硬合金の原料となるタングステンカーバイド（一般には粉末状）。
中間原料	タングステンカーバイドの原料となるもの。パラタングステン酸アンモニウム（APT）、三酸化タングステン、タングステン粉など。
超硬工具メーカー （メーカー）	超硬工具を生産する事業者。
超硬工具ユーザー （ユーザー）	自動車や工作機械などの生産に際して、超硬工具を使用する事業者。
回収事業者	超硬工具メーカーや超硬工具ユーザーから排出される超硬合金スクラップを回収する事業者。 回収事業者のうち、超硬合金スクラップなど、主に非鉄金属スクラップの回収を目的とする者を「非鉄専門卸問屋」といい、ステンレス鋼など、主に鉄スクラップの回収を目的とする者を「鉄スクラップ回収業」という。
製精錬事業者	タングステン鉋石からの「製錬」、中間原料や超硬合金スクラップからの「精錬」を行い、中間原料や直接原料を生産する事業者。
リサイクル	超硬合金スクラップの回収から、再生原料の生産、再生製品の生産までの一連の行為。

再生処理	再生原料を生産する行為。
リユース（再研削）	使用中もしくは使用済みの超硬工具について、刃先部分の再研削や再コーティングによって、再び新品同様の超硬工具として使えるようにする行為、あるいはそれを使用する行為。
リサイクル率	「メーカー主体リサイクル率」 国内で回収した超硬合金スクラップを国内で再生処理、使用する場合の進捗を示す指標。 リサイクルシステムの方向性として、超硬工具メーカーが主体となった国内の取り組みが想定されるため、本指標を設定。 算出は、以下の式による。 $\left\{ \text{国内の超硬工具メーカーが主体的に回収し、製精錬事業者（国内）で再生処理され、超硬工具メーカー（国内）で使われるタングステン純分量} \right\} \div \left\{ \left(\text{国内の超硬工具メーカーから出荷される超硬工具のタングステン純分量} \right) + \left(\text{工程内スクラップのタングステン純分量} \right) \right\}$
	「全体リサイクル率」 国内で回収した超硬合金スクラップを国内外で再生処理し、国内に還流され、使用する場合の進捗を示す指標。 国内の超硬工具メーカーが主体となった取り組みに限定しない。 算出は、以下の式による。 $\left(\text{国内で回収し、製精錬事業者（国内外）で再生処理され、超硬工具メーカー（国内）で使われるタングステン純分量} \right) \div \left\{ \left(\text{国内の超硬工具メーカーから出荷される超硬工具のタングステン純分量} \right) + \left(\text{工程内スクラップのタングステン純分量} \right) \right\}$
リサイクルシステム	超硬合金スクラップのリサイクル率を向上させるための体制および行動計画。
関係各主体	リサイクルシステムを稼働させる主体。 国内の超硬工具メーカー、超硬工具ユーザー、回収事業者（非鉄専門卸問屋および鉄スクラップ回収業）、製精錬事業者をいう。
対策	リサイクルシステムを構成する個々の行動計画。 業界内における現状のリソース（労力・資金など）で実施可能と考えられるものを「対策」、中長期的な取り組みが必要なものを「発展対策」としている。

1. 背景と目的

(1) 背景

超合金の主たる用途である超硬工具は、切削加工など、モノ作りの基盤となる製造工程において幅広く使用されており、自動車を始めとする輸送機械、一般機械、電気・電子機械、鉄鋼製品などの製造業の生産活動を支えている。多くの超硬工具は、レアメタルの一つであるタングステンを主原料としている。近年、わが国は、タングステンの供給を特定国に集中依存していることから、特定国固有の事情（輸出抑制政策や環境問題による鉱山閉山の影響を受けた価格高騰など）による、供給リスクの高さが懸念されている。わが国の超硬工具メーカーはタングステン鉱山の権益を有していないことや、世界的にみても大口の需要者であることから、原料入手の面では国際的に有利な立場にあるとはいえない状況である。

一方、代表的な超硬工具として使われている超合金のチップは、成分重量比で8割ほどがタングステンでできており、使用済みの超硬工具、すなわち超合金スクラップそれ自体が、わが国の貴重な資源と言えるものである。このため、超合金スクラップのリサイクル（図表 1）は、タングステン調達の安定化や超硬工具の生産を価格・量の両面から安定化させるためにも重要な手段となりうるということが考えられる。更には、超硬工具の安定的な供給を通じて、広くわが国の製造業の発展を支えることともなる。

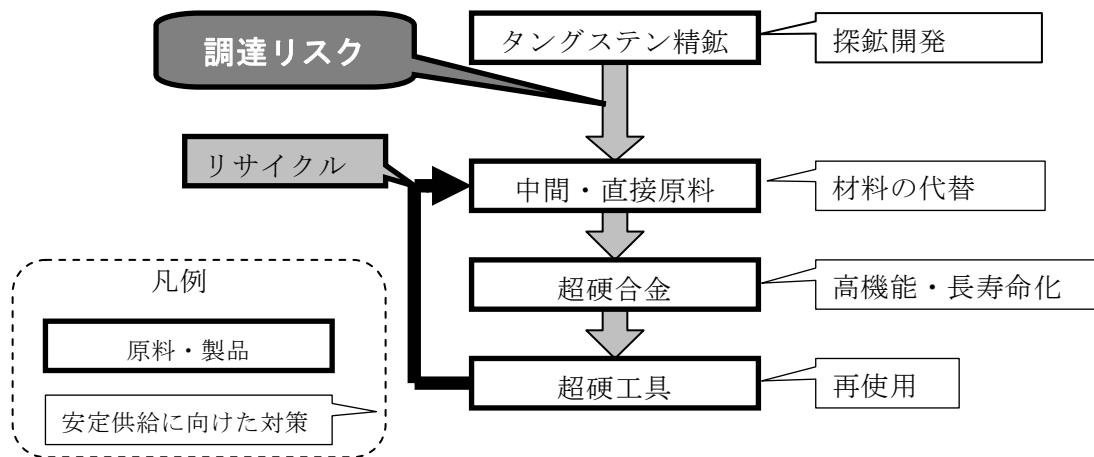
平成18年5月に総合資源エネルギー調査会でとりまとめられた「新・国家エネルギー戦略」においても各種資源の安定供給確保や資源国との関係強化を目的とした「総合資源確保戦略」の一つとして、タングステン等のレアメタルの代替材料の開発やリサイクルなどといった鉱物資源戦略の強化を掲げている。

(2) 目的

上述のような背景を踏まえ、本調査では超合金スクラップのリサイクル率を向上させるための調査および検討を行う。

特に超合金スクラップの発生、回収・運搬、処理については、これまでその全体像の把握がなされていなかったが、これについて実態調査を行うとともに、リサイクル率の向上のための体制および行動計画を検討し、超合金スクラップに関するリサイクルシステムを立案することを目的とする。

図表 1 タングステンの安定供給に向けた対策



(資料) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

(3) 本調査におけるリサイクルシステムのイメージ

本調査で立案を目指すリサイクルシステムは、超硬合金スクラップのリサイクル率を向上するための体制および行動計画から構成されるものである(図表2)。

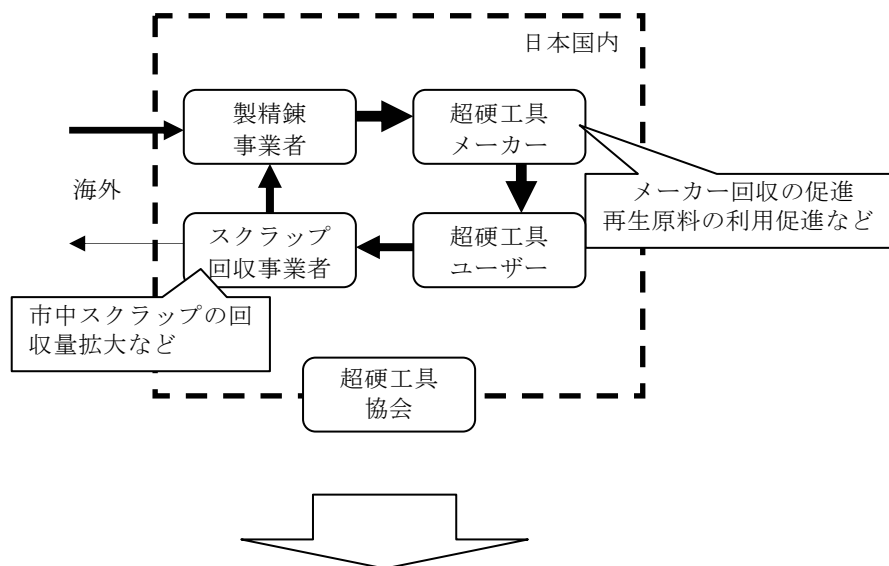
このリサイクルシステムを稼働させる主体としては、超硬工具メーカー、超硬工具ユーザー、回収事業者、製精錬事業者が主なメンバーとなる。また、このリサイクルシステムは、超硬合金スクラップからの再生原料を国内の主要なタングステン需要者である超硬工具メーカーが原材料として使用することが中心となる。このため、リサイクルシステムの実効性を確保するためには、特に超硬工具メーカーの主体的な取り組みが必要不可欠である。このほか、関係各主体相互の調整組織として、上述の各主体が会員となっている超硬工具協会の果たすべき役割も大きい。

リサイクルシステムの目的は、国内における超硬合金スクラップのリサイクル率を高め、わが国における超硬合金スクラップの活用を図りつつ、タングステン供給の安定化を図ることである。このため、主に超硬合金スクラップの回収量拡大のための行動計画、リサイクルコスト削減のための行動計画、ユーザー意識の改善のための行動計画が重要となる。

図表 2 超硬合金スクラップのリサイクルシステムイメージ

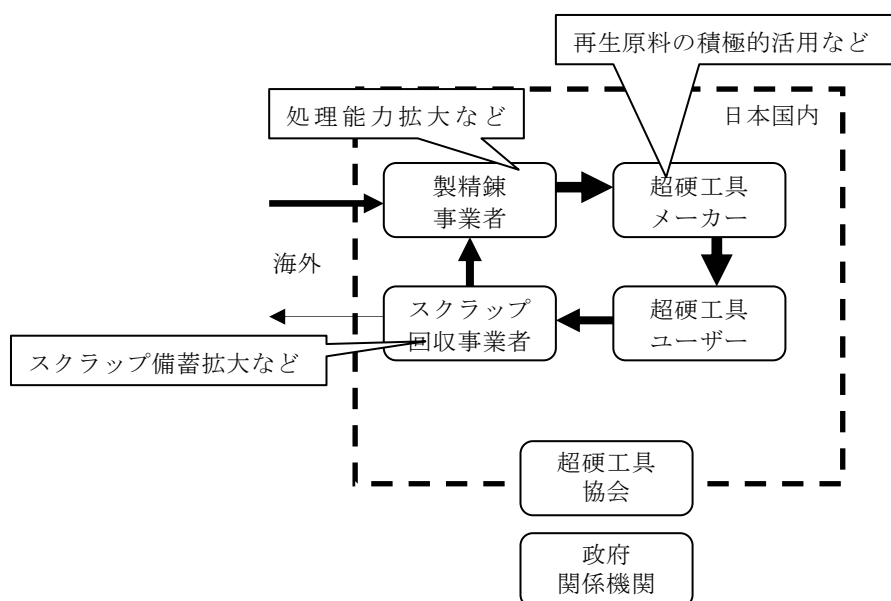
対策

現状のリソース（労力・資金など）で実施できる行動計画



発展対策

中長期的な取り組みが必要な行動計画



2. 調査概要

本調査は、概略、次に示す手順で実施した。

①超硬工具産業の動向調査およびリサイクル技術動向・再生製品の性能調査

超硬工具および超硬工具産業に関する俯瞰、タングステンの国際相場動向・変動要因、国内における超硬合金スクラップのリサイクルの現状に関する整理を行った。これらの調査結果は、国内の超硬工具および超硬合金スクラップに関する現在の需給状況をあらわす超硬合金マテリアルフローの推計および超硬合金スクラップのリサイクルシステムの検討に際しての基本情報として用いた。

また、リサイクル技術の動向を把握するとともに、リサイクル製品の普及に際しては再生原料の投入割合が超硬工具の品質に影響する可能性があることから、これに関する情報収集を行った。調査結果は、超硬合金スクラップのリサイクルシステムの検討に際しての参考とした。

なお、当初、本調査の中で再生製品性能実証試験を実施することを予定していたが、ほぼこれに代替する試験が既に超硬工具協会で実施されていたため、実証試験を行わずにこれを利用することとした。

②主要ユーザーの現況調査（アンケート調査）

超硬工具の大口需要先である自動車部品製造業と事業所あたりの超硬工具使用量が比較的多いと見られる鉄鋼製品製造業を対象として、超硬工具の利用状況、スクラップの保管・処理状況、リサイクルに関する意識・協力意向・課題についてアンケート調査を行った。これらの調査結果は、超硬合金マテリアルフローの推計、並びに超硬合金スクラップのリサイクルシステムの検討に用いた。

具体的には、超硬合金マテリアルフローの推計に際しては、今後の工具需要、再研削状況、スクラップ処理方法に関する調査結果を用いた。また、リサイクルシステムの検討に際しては、スクラップ保管・処理方法、リサイクルの認識状況、協力意向に関する調査結果を用いた。

③関係各主体の動向調査（ヒアリング調査）

リサイクルシステムを構築するにあたっての課題や想定される各種行動メニューの実現性・実効性等を確認するため、超硬工具メーカー、超硬工具ユーザー、回収事業者（非鉄専門卸問屋）、製精錬事業者に対してヒアリング調査を行った。調査結果は、超硬合金マテリアルフローの推計、超硬合金スクラップのリサイクルシステムの検討に用いた。

具体的には、超硬合金マテリアルフローの推計に際して、超硬合金スクラップのフローに関する按分値などとして用いた。また、リサイクルシステムの検討に

際しては、リサイクル率を向上させるための課題抽出、行動メニューの検討に用いた。

④先進事例（海外事例）ヒアリング調査

海外における超硬合金スクラップのリサイクル事例を把握し、わが国におけるリサイクルシステムの参考とするため、海外の大手製精錬事業者、超硬工具メーカーおよびリサイクル技術の研究を行っている大学などを対象としてヒアリング調査を行った。調査結果は、超硬合金スクラップのリサイクルシステムの検討に用いた。

⑤超硬合金マテリアルフローの推計

わが国における超硬工具およびその原料や超硬合金スクラップの流通状況を把握し、リサイクル率を高めるための方向性を検討するため、「超硬工具産業の動向およびリサイクル技術動向・再生製品の性能調査」、「主要ユーザーの現況調査」、「関係各主体の動向調査」の結果から、超硬合金に関するタングステンのマテリアルフローを推計した。この結果から、リサイクルシステムの方向性を検討し、対策および発展対策の整理に用いた。

なお、一部（機械統計、貿易統計など）を除き、「関係各主体の動向調査」で得られた情報に基づく按分値などの推計を含むため、今後も引き続き精査を行うことが望ましい。

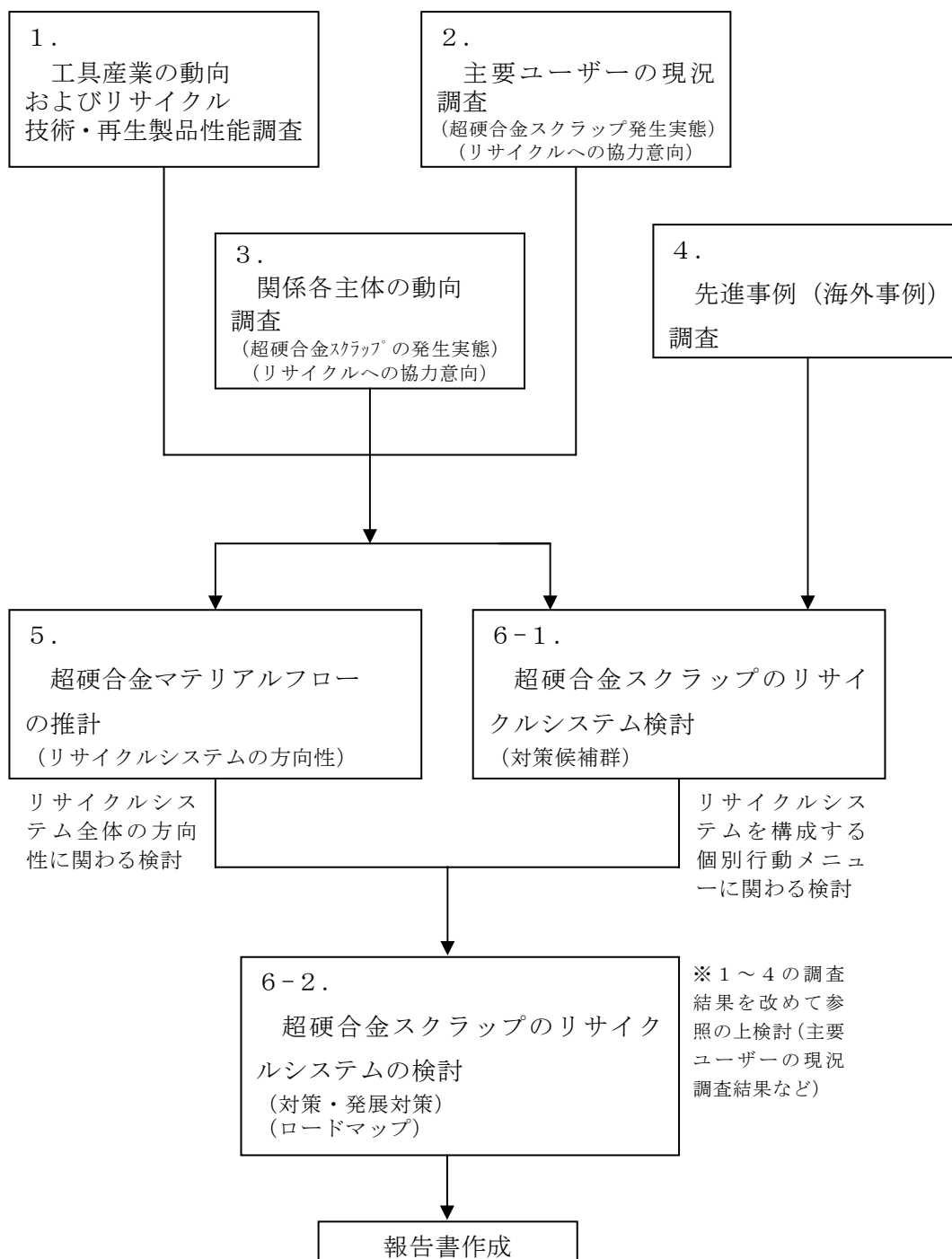
⑥超硬合金スクラップのリサイクルシステム検討

超硬合金スクラップのリサイクルを実施（拡大）するために必要となる対策、発展対策を策定・想定した。

対策の策定・想定にあたっては、「超硬工具産業の動向およびリサイクル技術動向・再生製品の性能調査」、「主要ユーザーの現況調査」、「関係各主体の動向調査」、「先進事例（海外事例）調査」の結果から、最終的な対策の構成要素となりうる可能性がある行動メニューをまず検討し、これを「対策候補群」とした。

「超硬合金マテリアルフロー」で検討されたりサイクルシステムの方向性に「対策候補群」を照らし合わせ、業界内における現状のリソース（労力・資金など）で実施可能と考えられるものを「対策」として、中長期的な取り組みが必要なものを「発展対策」として、策定・想定した。

図表 3 調査の流れ



3. 調査結果概要および今後の方向性・課題

(1) 調査結果概要

①超硬工具産業の動向調査およびリサイクル技術・再生製品の性能調査

○機械工具の中で超硬工具は主要な位置を占める

高温硬度および一定の靱性を有する硬質材料としては、タングステンカーバイドが最も優れており、現在のところ完全に代替できる材料は存在しない。超硬工具は、輸送機械をはじめさまざまな製造業で使われており、材料であるタングステンの供給に大きな支障が生じる場合、超硬工具メーカーをはじめ、超硬工具ユーザーに大きな影響を与える可能性がある。

○輸送機械製造業等の活況に伴い、超硬工具の供給量は増加傾向

輸送機械製造業等の海外生産が活況を呈するに伴い、超硬工具の供給は、近年増加傾向にあり、平成17年度の出荷金額は3,028億円となっている。また、こうした超硬工具の供給増加に伴い、主原料であるタングステンカーバイドの消費も増加傾向にあり、平成17年度は5,072トンとなっている。タングステンについては超硬合金向けの需要が最大であり（89%）、超硬合金スクラップのリサイクルを資源供給リスクへの対策として捉えるならば、供給リスクに対応する有力な手段となりうる。

○リサイクルを除き、タングステンの供給は海外からの輸入に依存

タングステンの供給は、国内における超硬合金スクラップ等のリサイクルを除けば、海外からの輸入に頼っており、輸入量の8割近く（平成17年：81%）は中国からの輸入である。さらに世界におけるタングステンの供給動向をみると、供給量の8割近く（平成17年：81%）が中国からの供給である。このため、タングステンには、供給国偏在による潜在的な供給リスクが存在する。

○当面、相場を下げる要因は小さい

近年のタングステンの相場動向をみると、上述のような需要増に加え、主要輸出国における輸出規制などの事情が加わり、しばらくの間、相場を下げる要因は小さいと向きがある。また、このことから、リサイクル事業の採算性を相対的に向上させる環境が、しばらくの間、継続するものと見られている。

○処理コスト面では亜鉛処理法、再生原料の汎用性では化学処理法が相対的に有利

わが国における現状での超硬合金スクラップのリサイクルの状況をみると、主要なリサイクル技術として、「亜鉛処理法」と「化学処理法」とが存在し、処理コスト面では亜鉛処理法が、再生原料の汎用性という点では化学処理法が相対的に優れている。

超硬工具協会では、過去に亜鉛処理法による再生原料（粉末）の評価を会員である超硬工具メーカーに依頼したことがあり、そこでは一定の投入率までは使用可能との評価を得ている。しかし、それ以上では抗折力などの面で問題を生じる可能性があるとの報告されている。

②主要ユーザーの現況調査（アンケート調査）

○超硬工具の需要は今後も堅調

超硬合金チップ（バイト、カッターなどの刃先）、また製品工具（エンドミル・ドリルなど）ともに今後の需要は、アンケート対象となった事業者の約9割が現状維持～増加傾向にあるとみている。このことから、超硬合金スクラップのリサイクルの重要性は今後も引き続き高いと考えられる。

○超硬工具ユーザーの7割近くが一定量までスクラップ保管

調査開始前には、超硬工具ユーザーにおけるスクラップ保管はあまりなされていないとの見方が関係者間で多かったが、今回の調査では、回答のあった事業所のうち、7割程度が一定量まで超硬合金スクラップを保管しているとの回答を寄せている。また、超硬合金チップについては、おおよそ半数、製品工具については、6割以上の事業所が再研削を実施している。

○現状ではリサイクルに関する認識が低い、協力の意向あり

超硬合金スクラップのリサイクルに関して、「くわしく知っている」との回答が2割弱にとどまり、逆に「知らない」との回答が2割を上回っている。現状では、超硬工具ユーザーにおけるリサイクルに関する認識は高いとはいえない状況にある。一方で「回収条件などを考慮してもらえれば（スクラップを）提供しても良い」との回答が5割近くに上るが、高値での買い取り、定期的な回収／引き取り、回収事業者の信用などが協力条件として挙げられている。

○ユーザーへの普及啓発等が今後の課題

スクラップ回収の課題としては、超硬工具ユーザーにおけるスクラップの分別・仕分けに関する意識徹底が必要である、またろう付け工具の分離が必要であ

るとの意見、リサイクル技術の課題としては、不純物を低減する必要があるとの意見が挙げられている。

③関係各主体の動向調査（ヒアリング調査）

○ユーザーにおけるスクラップの処理方法は3方法

超硬工具ユーザーにおけるスクラップの処理方法には、鉄スクラップと一緒に鉄スクラップ回収業者に引き渡す場合（分別なし）、他の金属と分別し非鉄専門卸問屋に引き渡す場合（分別あり）、超硬工具メーカーもしくは工具販売店に引き渡す場合（分別あり）の主に3方法が存在する。中小事業者の多くは、鉄スクラップなどと一緒に鉄スクラップ回収業者に引き渡している場合が多いと想定される。

○回収事業者におけるスクラップの回収パターンは主に3パターン

回収事業者における回収パターンには、超硬工具メーカーからの依頼回収（工程内スクラップなど）、回収事業者間や工具販売店からの転売（超硬工具ユーザーから出される市中スクラップや工具販売店におけるデッドストックなど）、超硬工具ユーザーからの直接回収の3パターンが存在する。調査開始前には、地域を限定して回収しているとの見方もあったが、これらは、特に地域的な制限を設けずに行われている。

○回収された超硬合金スクラップの行き先は多様（海外、特殊鋼メーカーなど）

回収した超硬合金スクラップのうち、一部は国内の製精錬事業者で処理されているが、海外の製精錬事業者に処理委託されるものもある。このほか、超硬工具ユーザーで十分分別されず、鉄スクラップなどと一緒に鉄スクラップ事業者に引き渡される超硬合金スクラップがあり、管理の手間から廃棄物として処理されている可能性がある。また、雑スクラップとしてインゴット化され、特殊鋼メーカーに販売されているもの、再研削されてそのままアジア諸国に輸出されているものがあると思われる。

○リサイクル率の向上にはさまざまな対策が必要

回収事業者からは、リサイクル率を向上させるため、限度見本や専用の回収箱の貸与、宅配便によるスクラップ回収、一定量のスクラップ備蓄、超硬工具メーカーの販売網を活用した回収、海外の製精錬事業者への処理委託（わが国は欧州や米国に比して、バージン原料に対する輸入関税が低いので、国内のリサイクル

設備拡大は欧米よりも相対的に採算確保が難しく、慎重にすべきとの理由)などの必要性が意見として挙げられている。

○相場高止まりの予測から製精錬事業者の多くはスクラップの備蓄に前向き

製精錬事業者においては、タングステン相場の高騰および今後も高止まりの傾向にあるとの見込みから、スクラップの備蓄には前向きな姿勢である。現状、化学処理法、亜鉛処理法ともにタングステン相場の高騰により、採算性が向上している。

○化学処理法・亜鉛処理法によるリサイクルそれぞれにコスト的・技術的課題

化学処理法のリサイクルでは、歩留まり向上や、工程省略によるコストダウンが必要とされており、このため、イオン交換法の採用が検討されているところである。また、コバルト滓やタンタル滓などといった有価金属の回収が今後必要である。一方、亜鉛処理法のリサイクルでは、成分調整をより一層正確に行うため、処理前のスクラップのきめ細かい選別を効率的に行うことが求められている。また、再生原料の需要を拡大する必要がある。

○メーカーと工具販売店・製精錬事業者などとの連携が重要

超硬工具メーカーにおける製品販売網を活用した超硬合金スクラップの回収が、すでに一部では行われており、工具販売店への協力手数料支払いや専用のスクラップ回収箱の貸与などが行われる場合もある。今後、こうした取り組みの拡大が望まれている。

このほか、リサイクル率を向上させるため、工具の識別記号、一定期間の固定価格・定量販売・買取制度（スクラップの販売・再生原料の買取）の必要性が指摘されている。

④先進事例（海外事例）ヒアリング調査

○選別されたものを亜鉛処理法、それ以外を化学処理法で再生するのが理想的

欧州における超硬合金スクラップのリサイクルは、主に回収事業者が主体となっており行われている。品質の良いスクラップ（汚れていない、十分に選別された通常スクラップ：Hard Scrap）をリサイクルコストの面で有利な亜鉛処理法に回し、品質の悪いスクラップ（スラッジ、油脂などが付着したスクラップなど：Soft Scrap）を化学処理法に回していることが多い（リサイクルコストの面では不利だが、バージン原料と同様の再生原料を得ることができる）。また、欧州

においてリサイクルが比較的盛んである要因としては、域内保護政策のために中国製品に対する高率関税の設定を行っていることが挙げられる。

○近年はリサイクル技術に関する大きな技術革新は特にならない

今後、どのリサイクル技術が伸展するかは、各企業の経営判断によるところが多であり、想定は困難である。過去数十年は、技術動向に大きな変化がなく、今後も新たな技術開発は現在のところ考えにくい。亜鉛処理法においては、事前にスクラップを成分構成別に選別する必要があるが、現在のように安価な人手によるか、あるいはコイン選別機を応用した手段が考えられる。化学処理法におけるコバルト、タンタルの回収は、企業の経済合理性によって異なり、製精錬事業者自らで処理するよりもコバルトやタンタルを専門に取り扱っている事業者に引き渡すほうが効率的であると指摘されている。

○リサイクル事業の経済性、環境保護、メーカー責任、顧客サービスの観点が必要

リサイクルの推進で重要な点として、リサイクル事業の経済性、環境保護、メーカー責任、顧客サービスを考える必要性が指摘されている。一例として、生産者である超硬工具メーカーが、スクラップ回収を自主的に行うことを社会的に表明・遵守する必要もあると指摘されており、超硬工具ユーザーに対する普及啓発や、政府による環境保護政策の強化なども必要とされている。

⑤超硬合金マテリアルフローの推計

○国内の製精錬事業者を経て国内の超硬工具メーカーに還流する量は9%程度

各種統計およびヒアリング調査結果などにに基づき、わが国における超硬工具およびその原料や超硬合金スクラップの流通状況を推計した結果、国内で超硬工具向けにリサイクルされる超硬合金スクラップ量は、国内で発生する超硬合金スクラップ量のおおよそ9%程度となっている（国内で発生する超硬合金スクラップ量は、輸入品を含む国内販売量と工程内スクラップの合計としている）。

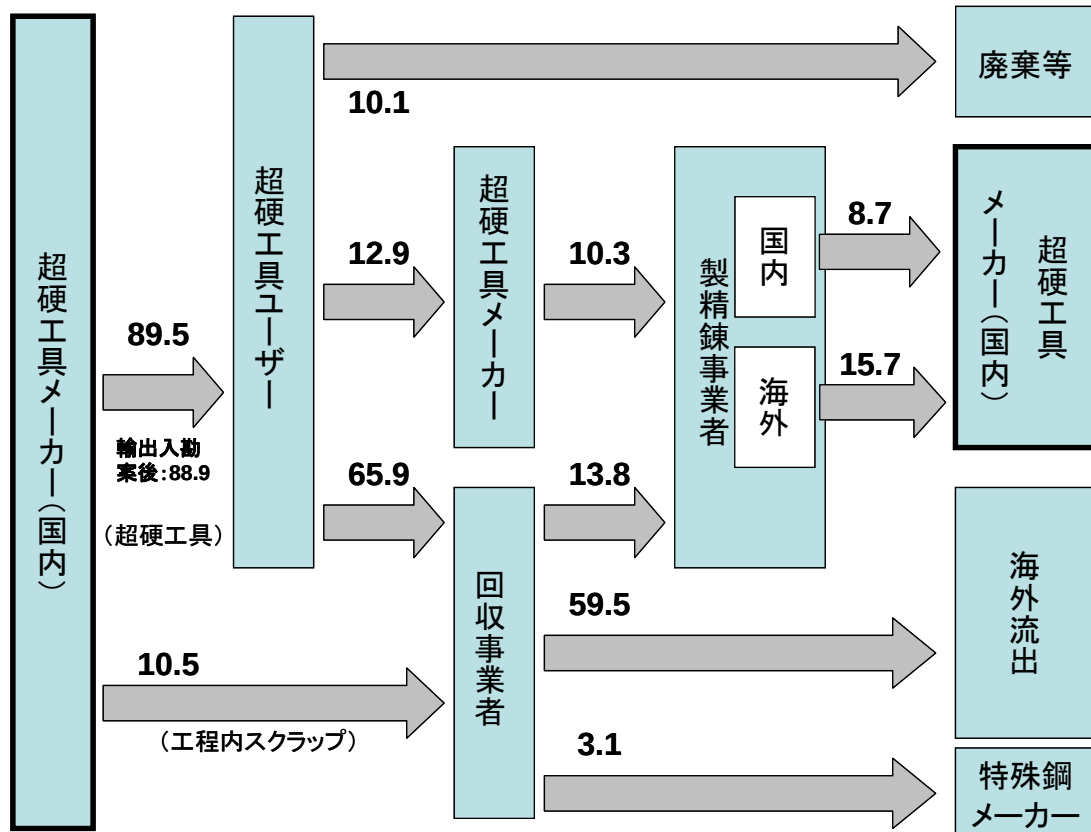
○国内外の製精錬事業者を経て国内の超硬工具メーカーに還流する量は24%程度

海外の製精錬事業者を経て国内に還流する再生原料は、国内で再生されるよりも多く、国内で再生されるものと合わせると、国内で発生する超硬合金スクラップ量のおおよそ24%程度となっている。

○回収されたスクラップのうち、相当程度は海外へ輸出

国内で発生するスクラップの大半は、何らかの形で回収されているが、そのうち市中スクラップは海外に売り切りで流出していると想定される。また、国内外の製精錬事業者でリサイクルされず、また海外にも輸出されないスクラップは、国内における再研削向けや特殊鋼原料向け、その他最終処分・土木資材向けとなる。

図表 4 超硬合金マテリアルフローの概要



（注1）数字は、平成17年における超硬工具メーカーの製品販売量と工程内スクラップ量（共にタングステン換算）の合計を100（=5,044 t）とした場合の相対値。

（注2）在庫を考慮していないため、各主体へ入る量と各主体から出る量は必ずしも一致しない
（資料）三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

○リサイクルシステムとして6つの方向性

マテリアルフローの推計結果を踏まえると、リサイクルシステムの方向性として次の6つの点が挙げられる。

- ① 国内の超硬工具メーカー向けに再生処理される超硬工具ユーザーからのスクラップ量を増やす（回収事業者経由と販売店・メーカー経由）
- ② 超硬工具の原料備蓄（タングステンカーバイドやAPTの備蓄）ばかりではなく、スクラップの備蓄も充実させ、リサイクル事業の安定化を図るとともに短期的な供給障害に備える。

- ③ 製精錬事業者（海外）との連携を強め、わが国への再生原料の還流を拡大する。
- ④ 超硬工具のリユース（再研削）を促進し、国内におけるタングステン使用量を縮小する（スクラップ発生量を小さくすることで相対的なリサイクル率の向上、タングステン供給障害リスクの低減を図る）
- ⑤ 国内におけるスクラップ再生処理能力をさらに高めるため、事業採算性を向上するための技術開発（リサイクル技術）を行う。
- ⑥ リサイクル事業の安定化を図るため、再生原料（特に亜鉛処理法）の汎用性を高めるための技術開発（製品技術）を行う。

なお、一部（機械統計、貿易統計など）を除き、「関係各主体の動向調査」で得られた情報に基づく按分値などの推計を含むため、今後も引き続き精査を行うことが望ましい。

⑥超硬合金スクラップのリサイクルシステム検討

○リサイクルシステムは4つの「対策」と3つの「発展対策」から構成

超硬合金マテリアルフローの推計結果、関係各社の動向調査結果、先進事例ヒアリング調査結果および既往調査を踏まえ、以下に示す4つの対策（業界内で実施可能）を策定、3つの発展対策（中長期的な取り組みが必要なもの）を想定している。

<対策>

対策1：超硬工具メーカーによる超硬合金スクラップの回収の拡大
（リサイクルシステムの方向性①に対応）

対策2：回収事業者による超硬合金スクラップの回収の拡大
（リサイクルシステムの方向性①に対応）

対策3：超硬合金スクラップのストック拡大・海外との連携
（リサイクルシステムの方向性③に対応）

対策4：再利用・スラッジ回収の拡大
（リサイクルシステムの方向性④に対応）

<発展対策>

発展対策1：超硬合金スクラップのリサイクルを効率化する技術開発・導入

(化学処理法を想定した技術開発・導入)
(リサイクルシステムの方向性⑤に対応)

発展対策2：再生原料を活用した超硬工具の開発（亜鉛処理法を想定した技術開発・導入）
(リサイクルシステムの方向性⑥に対応)

発展対策3：原料・スクラップの備蓄支援
(リサイクルシステムの方向性②に対応)

○超硬工具メーカーによる回収を最優先としつつ海外との連携を視野に

超硬工具メーカーが主体的にスクラップ回収に取り組むことが重要であるが、超硬合金スクラップを再生原料とするための国内の再生処理設備の処理能力には限界がある。このため、対策1を最優先対策とし、これを補完するものとして、海外の製精錬事業者との連携も含めた対策3を位置づけている。また、回収事業者による市中スクラップの回収も引き続き重要であることから、対策2をこれに次ぐ対策として位置づけている。

なお、国内における再生処理施設の処理能力を現状可能な範囲で拡大することを前提として、国内のメーカー主体リサイクル率¹の目安は、11%程度（現状9%程度）と考えることができる。また、発展対策では、上記対策の実施に加え、メーカー主体で回収可能な超硬合金スクラップの量をアンケート調査結果から見積もり、さらに技術開発で国内の再生処理施設の処理能力が、国内で回収されるスクラップを全量処理できるまで拡大できる²とすれば、全体リサイクル率の目安を50%（現状24%程度）と考えることができる。

○「発展対策」としてリサイクルコストを抑えるための改善・再生原料の用途拡大

国内の再生処理設備の処理能力を高めるためには、リサイクルコストを抑えるための改善が必要であり、様々な超硬合金スクラップのリサイクルを可能とする化学処理法の改善が特に望まれる。また、化学処理法に比べて相対的な事業採算性に優れる亜鉛処理法について、再生原料の用途拡大が望まれる。

¹ メーカー主体リサイクル率（国内）＝（製精錬事業者（国内）で再生処理され超硬工具メーカー（国内）で使用するタングステン純分量）／（超硬工具メーカーから出荷される超硬工具のタングステン純分量）

² 技術開発により、バージン原料と相対的に価格競争力のある再生原料を生産できるようになること（化学処理法の場合）、多様な超硬工具用途に再生原料を使用できるようになること（亜鉛処理法の場合）が前提

（２）今後の方向性・課題

以上の調査結果を踏まえ、平成19年度以降、超硬工具協会「資材ワーキンググループ」では、対策１を最優先対策としつつ、これを補完するものとして、対策３の実施に努めることが重要である。

一方、上記のような当面の対策と並行して、関係者においては、リサイクルコストの低減、再生原料の需要拡大を目指した発展対策１および２の実施にも努めることが重要である。

今後の課題としては、以下が考えられる。

- 超硬合金マテリアルフローのフォローアップ
- 輸出入に係る規制・関税制度がリサイクルに与える影響の分析
- 長期備蓄によるスクラップ品質・備蓄コスト・リサイクルコストへの影響に関する検証・備蓄支援に関する分析

（以上）