「特集」新素材ニオブの新たな可能性

東京大学 生産技術研究所 岡部 徹

わが国の電子機器産業の繁栄は、部品産業の卓越した開発能力に支えられてきたと言っても過言ではない。電荷デバイスの一つであるコンデンサについてもその例外ではなく、高性能コンデンサについてはシェアの大半を占める生産大国である。近年、ITの発達と電子機器の小型化・高性能化が進み、高性能コンデンサの一つであるタンタルコンデンサの需要が急拡大しており、金属タンタルの粉末の重要性が高まっている。

タンタルがコンデンサの素材として重用されるのは、その酸化物 (Ta_2O_5) が高性能な誘電体であり、またタンタルそのものも安定な電極として機能するためである。ミクロンオーダーの粒度のタンタル粉末焼結体から製造するコンデンサは、他のコンデンサに比べ単位体積あたりの容量が大きく小型化が可能であり、熱的にも安定であるため携帯機器の普及に伴いその需要は増大し続けている。近年はタンタル専用の鉱山開発も進み産出量は増大しているものの、表に示すように年間生産量は 1000~2000 トン程度である。資源的に稀少なタンタルは高価であり、鉱山も特定国に偏っているため安定な供給に対する確実性が低い。一昨年は IT 需要に対する供給の先行き不安からメタルの価格が急騰し、関連企業は原料素材の確保に奔走する事態となった。

一方、タンタルと同族のニオブは資源的に豊富で、レアメタルの中では比較的低いコストで生産できる金属の一つである。現在、ニオブの年間生産量は金属ニオブ換算で約 2 万トン程度であるが、このほとんどは約 65%のニオブを含む Fe-Nb 合金 (フェロニオブ) として生産され、高張力鋼などの高級鋼の微量添加材として消費されている。ニオブの埋蔵量については CBMM 社のブラジルの鉱山一つをとっても、可採年数は 500 年を越えており、資源的な制約は少ない。フェロニオブの価格は 1 キロあたり約 10 ドル (純ニオブ換算で 15 ドル) 程度であり、電子ビーム溶解により 3 回精製した純ニオブ(99.8%)でもキロあたり 55 ドル程度と、稀少な金属の中では素材の価格が低い金属である。

高性能電子部品の低コスト化の要請だけではなく、寡少な生産量による供給不安と資源保全上の観点から、タンタルに代わるコンデンサ素材の開発は国内外問わず電子部品メーカーにとって重要な課題である。ニオブの酸化物はタンタルの酸化物と同程度の誘電率を有するが、その皮膜はタンタル酸化物皮膜に比べ緻密ではなく、高い電圧を印加す

ると漏れ電流が増大する。10 年程前までは電子デバイスの動作電圧が高く、要求される耐電圧条件下では漏れ電流が大きくなるため、ニオブ酸化物が誘電体として利用されることはほとんどなかった。しかし最近、電子機器の省電力化が進み、デバイスの動作電圧が大幅に低下したためコンデンサ素子に要求される耐電圧も低下した。さらに、導電性高分子を集電材として利用する技術が発展したため、ニオブ粉末を電荷デバイス素子として利用できるようになった。このような背景から 10 倍以上の生産量があり低いコストで生産できるニオブをタンタルコンデンサの代替材料として利用するための開発競争が国内外で展開されている。最近の一部の電子部品メーカーがニオブコンデンサの実用化に成功し、サンプル出荷を開始している。

タンタルおよびニオブの資源を全く有していない我が国が電荷デバイス市場において今後も大きなシェアを維持してゆくためには、コンデンサ素材の製造プロセスにおいても高い技術力を維持し続ける必要がある。現在、ニオブコンデンサについては実用化研究が着実に進んでいるが、今後はいかに効率良く微細なニオブ粉末を製造するかがキーポイントとなる。資源的に問題がなく、また、素材の価格がタンタルに較べ一桁以上低いニオブを原料とするプロセスが実用化されれば、タンタルコンデンサの市場だけでなく他のコンデンサ市場の一部も凌駕できる可能性があるため、その産業的な意義は大きい。このような背景から、電子材料用ニオブ粉末のプロセス開発が活発になっており、ニオブコンデンサとその製造プロセスの発展が期待される。今回は、これまであまり注目されてこなかったニオブ素材について、最新の製造技術とその応用について特集する。

(「特集」新素材ニオブの新たな可能性 岡部 徹: 金属, vol.72, no.3 (2002) pp. 202-203 より転載)

表1 ニオブとタンタルの比較

	ニオブ		タンタル	
元素記号	Nb		Ta	
原子番号	41		73	
原子量	92.9		180.9	
固体の結晶構造	bcc		bcc	
密度	8.57g/cm ³		16.65g/cm ³	
融点	2,468		2,980	
沸点	4,758		5,534	
抵抗率 (20)	12.5 μ · cm		12.4 μ · cm	
クラーク数	2×10 ⁻³ (34 位)		1×10 ⁻³ (40 位)	
世界生産量 ^{*1}	23,000	ton Nb	2,300	ton Ta
	(21,000) ^{*2}	ton Nb	(1,400) ^{*3}	ton Ta
日本の需要 ^{*1}	3,900	ton Nb	550	ton Ta
	(3,900) ^{*2}	ton Nb	(270) ^{*3}	ton Ta
価格(概数)	55 ^{*4}	\$/kg Nb	700 ^{*5}	\$/kg Ta
	(35) ^{*6}	\$/kg Nb	(700) ^{*3*5}	\$/kg Ta
	(15) ^{*7}	\$/kg Nb		

*1 : 2000 年、純メタル換算

*2 : フェロニオブ (Fe-65%Nb) として使用されるニオブ換算量

*3 : コンデンサ用粉末

*4 : アルミニウム熱還元(ATR) Nb, 電子ビーム (EB) 3 回溶解 : 純度 99.8 %

*5 : 純度や形状によって大きく異なるがキロ 3 万円以上。

*6 : フェロニオブ (Vacuum grade : 超合金用)

*7 : フェロニオブ (標準品) , Fe-65%Nb: 10 \$/kg alloy