

令和5年度

ロシア・中央アジア地域等貿易投資促進事業

1. 情報収集・提供事業

(2) ビジネス詳細情報収集提供事業

① ロシア市場環境調査

# 経済制裁のロシア産業への影響

ハリスク・ニッケル社、航空輸送への制裁影響

2024年3月

一般社団法人ロシア NIS 貿易会

ロシア NIS 経済研究所

## 序文

2024年2月、ロシアによるウクライナへの侵略から2年が経過した。残念ながら、戦争終結の様子はなく、国際社会とロシアとの正常な経済関係は困難な状況にある。

戦争の影響によるエネルギー価格の上昇は、我が国の経済に大きな影響を与えている。一方で、金属では心配されたような供給不足は発生せず、2023年の間、むしろ価格は下落する傾向にあるものが多かった。

ロシアは経済制裁の影響を受けつつも、戦争を継続している。経済制裁に効果はあるものの、戦争を著しく困難にするレベルには至っていない。とはいえ、個別の事象を観察する限り、経済制裁による影響は随所に発生している。

本報告書では個別具体的な制裁影響の事例を調査したものである。第一部として、ロシアを代表する非鉄金属メーカーで、資源企業でもあるノリリスク・ニッケル社に対する制裁影響をまとめた。各企業に制裁がどのような事象をもたらすかについて、多くの情報をもたらす。第二部として、ロシアの航空輸送に対する制裁の影響をまとめた。ロシアでは現状、旅客機の運航は維持されているが、今後、困難が深まってくると予想される。制裁の長期的な影響を考える上で、サンプルとなる。これらは、対露経済制裁の調査として価値を持つだけでなく、近年、関心が高まりつつある経済安全保障を検討する上でも、参考になる。

本報告書は、令和5年度ロシア地域貿易投資促進事業ロシア市場環境調査の一環として、経済産業省の助成を得て刊行された。本事業の実施にあたり、多大なご協力を賜った経済産業省、調査の過程で貴重なご助言をいただいた金属産業、航空産業、素形材産業、自動車産業、商社、関連団体、大学、研究機関の方々に改めて御礼申上げたい。

2024年3月

一般社団法人ロシアNIS貿易会

会 長 飯島 彰己

## 目 次

本報告書の概要	3
第一部 ノリリスク・ニッケル社への制裁影響	4
第二部 ロシア航空輸送への制裁影響	51

## 本報告書の概要

### 第一部 ノリリスク・ニッケル社への制裁影響

ノリリスク・ニッケル社は、ニッケル、銅、白金族の世界最大級の供給者である。自動車産業に不可欠なパラジウムの採掘量におけるシェアは40%に達する。また、同社が製造するニッケルやコバルトは、EVに必要な電池金属として注目が集まる。日本を含め世界の産業界が同社に金属の供給を依存する。

ロシア側から見れば、ノリリスク・ニッケル社は優良企業でありロシア経済を支える貴重な存在である。

本報告書では、複雑なノリリスク・ニッケル社の概要や生産の実態を明らかにした上で、制裁が同社の活動にどのような悪影響を及ぼしているか、具体的な事象を報告する。

### 第二部 ロシア航空輸送への制裁影響

ロシアの航空輸送は、制裁により一時的にほぼ停止するほどの大きな打撃を受けた。その後、ロシアの極めて大胆な対抗策により、航空路をほぼ復旧した。

しかし、ロシアの航空輸送は欧米の旅客機に依存してきたが、アフターサポートも受けられず、維持に大きな不安がある状況である。ロシアは航空工業を持つため、自力で航空輸送を支える施策を進めようとしている。しかし、極めて難易度の高い挑戦であり、厳しい状況が予想される。制裁が遅発的に効くことで、時間とともに、ロシアの航空運送は困難になるだろう。

ロシアの航空輸送や航空輸送を支えると期待されているロシアの航空工業の実態を明らかにし、今後の展望も含めた制裁の影響を報告する。

## 第一部

### ノリリスク・ニッケル社への制裁影響

## はじめに

ノリリスク・ニッケル社は、ロシアの金属産業で最大の企業である。同社は偏在が問題になるパラジウムやニッケルの大生産者で、我が国の産業界でも関心の高い企業である。特に自動車産業が必要とするパラジウムでは世界産出量の約40%とシェアが高い。ノリリスク・ニッケル社が非常に重要な金属供給源であることは、広く知られている。

一方、ノリリスク・ニッケル社の具体的中身は極めて分かりにくく、正確に紹介されることは稀であった。生産の内容は、平時には設備業界のビジネスチャンスを探すのに必要な情報であり、金属の供給体制の分析にも有用である。現在は制裁の影響を推定するのに必要な情報である。本稿では、ノリリスク・ニッケル社の中身を明らかにし、生産面での制裁の影響を分析する。

### 1. 複雑なノリリスク・ニッケル社

ノリリスク・ニッケル社の中身を理解することは、容易ではない。硫化銅・ニッケル鉱の精錬は、鉄やアルミの精錬と比べ複雑である。また、ニッケルと銅の生産ラインが並走し、ニッケルの生産ラインの中でも新旧の製法が並走する。さらに、3カ所で精錬を複雑に分担している。ノリリスク・ニッケル社ではソ連崩壊後、生産刷新を進め生産体制は大きく変動してきた。少し古い資料とはまったく変わってしまっている場合がある。

さらに、ただでさえ複雑な上、紛らわしい呼称・用語が多い。報道等を見て、何を表しているか、正確に理解する難易度は極めて高い。例えば、ザポリャルヌイというワードは、ノリリスク本部傘下の支部名、ノリリスク本部の鉱山名、コラMMCの選鉱場がある地名、単に極北部を示す一般名詞とまったく違うものを指して使用される。

本稿では対象を識別できるような日本語名称にするよう心掛けた。しかし、混乱は避けられまい。似たような名前が付けられていても別物である場合も多いことを意識しながら読み進めていただければ幸いである。特に混乱を生むワードについては、表に纏めたので参考にさせていただきたい。

## 紛らわしい用語

混乱要因となる言葉	ロシア語	英語	説明
ザポリアルニー	Заполярный	Zapolyarny	ザポリアルニーとは“極北”を意味する一般名詞である。ザポリアルニーと名の付いたもので、最大勢力はノリリスク本部のザポリアルニー支部である。ザポリアルニー支部は、ノリリスク部門の大半を占める。また、ザポリアルニー支部の下にザポリアルニー鉱山がある。 一方、コラ半島には、ザポリアルニー市があり、セーヴェルニー鉱山のザポリアルニー選鉱場がある。ノリリスク本部のザポリアルニー支部やザポリアルニー鉱山とは、全く別物である。通常、選鉱場は鉱山に併設されているためただでさえ誤解を生みやすいのに、更に混乱させる。
ノリリスク	Норильск	Norilsk	ノリリスク本部、ノリリスク1鉱床、ノリリスク選鉱場とノリリスクの名の付く施設は多い。ノリリスク1鉱床とノリリスク選鉱場はノリリスク部門の一部に過ぎず、ノリリスク部門にはタルナフ鉱床やタルナフ選鉱場など他の鉱床、選鉱場がある。
コラMMC	АО Кольская ГМК	Kola MMC	コラMMCはコラ本部のロシア国内の拠点を統括する子会社である。組織としてのコラMMCにはセーヴェルニー鉱山やザポリアルニー選鉱場も含む。しかし、モンチェゴルスク市のニッケル精製関連設備がある敷地は、独自の呼称がなく、コラMMCと呼ばれることが多い。
冶金	металлургический	Metallurgical	いい加減に使用されるワードのため、何を指しているか常に不明確である。選鉱より後ろの工程はすべて冶金と呼ばれ得る。部門に冶金と入っているものも、まったく別の職責の場合があり、注意が必要である。
ニッケル工場	никелевый завод	Nickel Plant	ノリリスク部門のニッケル精錬後工程の工場、コラ本部のノーケリ村の溶錬部門の双方がNickel Plantと称された。全く別物である。前者は後工程、後者は前工程を担当していたため、内容も違う。例えば、コラMMCには、ニッケル製錬後工程があるため、“コラMMCのニッケル工場閉鎖”とのフレーズには混乱させられた。
精製	Рафинировочный	Refining	ノリリスク・ニッケル社では、転炉マットを純化していく工程以降を精製と呼ぶ。しかし、冶金という単語と混用されるため、具体的に何を指すか分かりにくい。更に、部門名になる場合、精製全体ではなく一部だけを行っていたり、銅やニッケル等の対象金属がパスされたりする。極めて紛らわしい。
精鉱	концентрат	Concentrate	鉱業用語におけるconcentrateは、選鉱により発生する精鉱を指す。しかしながら、ロシアでは特定の成分が濃くなったものをconcentrateと表現することがあり、何を指しているのか不明確になりがち。精鉱ではない中間生成物もconcentrateと呼ばれることがあり、混乱させられる。
セーヴェルニー 鉱山	Рудник «Северный»	Severnny mine	現在、ノリリスク・ニッケル社で稼働しているセーヴェルニー鉱山はコラ本部のセーヴェルニー鉱山である。しかし、ノリリスク地区にもセーヴェルニー鉱山と呼ばれる鉱山が存在したらしい。
ピストリンスキー ピストリンスコエ	Быстринский、 Быстринское	Bystrinsky、 Bystrinskoe	ノリリスク・ニッケル社はザバイカル本部でピストリンスコエ鉱床を開発するピストリンスキーGOKに資本参加する。ほとんどの場合、ピストリンスキーはザバイカルの銅山を指すが、コラMMCのセーヴェルニー鉱山が採掘する鉱床にピストリンスコエ鉱床と名付けられたものが存在する。

出所：ノリリスク・ニッケル社資料等より作成

ノリリスク・ニッケル社の設備、設備、中間生成物には、別のものに対し同一の呼称が使用されている場合が散見される。混同すると、非常に混乱させられるので、特に混乱を生むものを抜き出した。

## II. ノリリスク・ニッケル社概要と特徴

ノリリスク・ニッケル社はニッケル、白金族、銅を中心とした金属の採掘と精錬を行う企業である。金属資源を採掘する資源産業としての性格と、金属を精錬する製造業としての性格を併せもつ。

日本円に換算すると、売上は約2兆円で、ロシアの非鉄金属産業では最大の規模を持つ。ロシアの金属産業と日本企業では、置かれている状況が全く異なるため比較は難しいが、高い利益率を維持してきた。ロシアを代表する優良企業であった。

世界のニッケル産出量の約10%、白金族産出量の約30%がノリリスク・ニッケルの鉱山から採掘される鉱石に含まれる。白金族はプラチナ、パラジウム、ロジウム、ルテニウム、イリジウム、オスミウムの6種類の貴金属の総称で、プラチナ、パラジウム、ロジウムは自動車産業に欠かせない。元々、パラジウムはプラチナの廉価な代替品として採用された。しかし、現在、パラジウムはコールドエミッション規制により、必要不可欠となった。ノリリスク・ニッケル社では特にパラジウムの採掘量が多く、リサイクル分を除く世界シェアの40%を占める。ノリリスク・ニッケル社は世界の産業界にとって、ニッケル、白金族の供給源として欠くことができない。また、ノリリスク・ニッケル社の動向はこれらの金属の市況に大きな影響力をもつ。

本社はモスクワであるが、鉱石採掘と銅精錬の中心地はシベリア北部のノリリスク市に置かれたノリリスク本部である。他フィンランドに近いコラ半島にコラMMC、フィンランドに精錬子会社ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ、極東にザバイカル本部をもつ。ノリリスク・ニッケル社の本流はノリリスク本部とコラMMCで、ハルヤヴァルタは支流、ザバイカル本部は離れ小島である。

### ノリリスク・ニッケル社経営状況

(単位：十億USD)

	2020	2021	2022	2023
売上	15.5	17.9	16.9	14.4
純利益	5.9	7.0	5.9	2.9
有利子負債	4.7	4.9	9.8	8.1
投資額	1.8	2.8	4.3	3.0

出所：ノリリスク・ニッケル社公表の数値より作成

## ノリリスク・ニッケル社生産量

(単位: t)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 部門別内訳は推定	2023	2024 予定
<b>ニッケル生産量</b>	<b>279,150</b>	<b>276,050</b>	<b>271,041</b>	<b>265,495</b>	<b>235,749</b>	<b>217,112</b>	<b>218,770</b>	<b>228,687</b>	<b>235,709</b>	<b>193,006</b>	<b>218,970</b>	<b>208,577</b>	184,000～ 194,000
拠点別内訳	ノリリスク部門	124,000	122,700	122,390	96,916	50,860	*2016年転炉マットより後の工程を廃止						
	コラMMC	109,632	109,098	106,048	125,100	131,235	157,396	158,005	166,265	172,357	145,817	約164,000	不明
	ハルヤヴァルタ	45,518	44,252	42,603	43,479	53,654	59,716	60,765	62,422	63,352	47,189	約55,000	
	ザバイカル部門	生産なし											
<b>銅生産量</b>	<b>353,472</b>	<b>365,651</b>	<b>365,572</b>	<b>368,755</b>	<b>360,217</b>	<b>401,081</b>	<b>473,654</b>	<b>499,119</b>	<b>487,186</b>	<b>406,841</b>	<b>432,985</b>	<b>425,350</b>	334,000～ 354,000
拠点別内訳	ノリリスク	295,610	296,760	297,552	292,632	280,347	306,859	353,131	355,706	351,413	315,511	約351,000	不明
	コラMMC	56,856	62,342	57,391	63,075	70,272	80,781	83,070	86,976	70,618	21,609	約13,000	
	ハルヤヴァルタ	1,006	6,549	10,629	13,048	9,598	13,441	18,036	12,948	2,491	1,923	約2,000	
	ザバイカル	*2018年から生産 19,417 43,489 62,664 67,798 67,240 68,957											
<b>パラジウム生産量</b>	<b>82</b>	<b>81</b>	<b>85</b>	<b>83</b>	<b>81</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>88</b>	<b>81</b>	<b>87</b>	<b>84</b>	71～ 76
拠点別内訳	ノリリスク	62	62	64	60	53	30	31	32	37	33	約33	不明
	コラMMC	20	18	19	21	26	55	52	57	51	48	約53	
	ハルヤヴァルタ	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	約1	
	ザバイカル	生産なし											
<b>プラチナ生産量</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	18～ 19
拠点別内訳	ノリリスク	16	16	16	15	14	8	8	8	9	8	約8	不明
	コラMMC	4	4	4	4	5	12	12	14	12	11	約12	
	ハルヤヴァルタ	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	微量	
	ザバイカル	生産なし											

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年、2021 年アニュアルレポート、2022 年 Brochure、2022 年生産報告、2023 年上期生産報告より作成

\* コラ MMC とハルヤヴァルタはコラ部門の傘下だが、便宜上分けた。

\* 2022 年の各部門の生産内訳は総量からアニュアルレポートの生産数を掛け戻した。銅はノリリスク部門 62%、コラ MMC3%、ハルヤバルタ 1%、ザバイカル 16%と 100%を超えた数値が記載されていた。四捨五入をやりすぎたものと判断し、ノリリスク部門 61%、コラ MMC3%、ハルヤバルタ 0.5%と決めつけ試算し、数値を丸めた。

\* 2022 年の内訳以外でも 1 の位の数字はいい加減である。四捨五入、トロイオンスからの変換による誤差等でズレが発生している。

\* ロシア国内生産とノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタの数値。南ア、ボツワナ、豪州での生産量は省いた。

\* 発表される数値は koz だが、1oz = 31.1035g にて、トンに換算した。なお、貴金属業界で使用するオンスはトロイオンス。

\* 現在、ノリリスク・ニッケル社では、ノリリスク部門、コラ MMC、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ社、ザバイカル部門の合計をノリリスク・ニッケル社生産量としている。

\* 生産量にカウントしている数値は下記のとおりと推定される。

・ニッケル 出荷製品中のニッケル純分。

・銅 出荷製品中の銅純分。ノリリスク部門は銅を精錬し、電気銅を出荷するが、ザバイカル部門は精鉱を販売する。ザバイカル部門は精鉱中の銅純分をカウントしている。コラ部門では銅精製設備を廃止しているため、何をカウントしているか不明。精錬された銅の生産量を産出する場合、ノリリスク・ニッケル社の銅生産量からザバイカル部門の生産量を引く必要がある。

・白金族 白金族は外部の貴金属精錬業者に精錬委託をしている。各拠点からの白金族含有物から生産された白金族製品の重量を、カウントしていると見られる。

以下、同社の特徴を紹介する。バリューチェーンの流れに沿って説明すると、資源、製品、生産、市場の順番になる。しかし、理解しやすさの観点から製品と生産をワザと入れ替えた。

## 1. ノリリスク・ニッケル社の本部と拠点

ノリリスク・ニッケル社には大きく分けて3つの本部がある。なお、Дивизион (Division)は、部門と訳されることが多い。しかし、部門と訳した場合、○×製造部門のような言葉と干渉するので、本稿では本部と訳すことにする。各本部は複数の工場を統括する存在であり、日本語としても“本部”と訳したほうが適切であろう。

3つの本部はノリリスク本部、コラ本部、ザバイカル本部である。このうち、コラ本部は、ロシア国内のコラ MMC とフィンランドのノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタに分かれる。コラ MMC とノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、同一の存在として扱いにくい。実際ノリリスク・ニッケル社の資料でも、分けて扱われることが多い。本稿でも、ノリリスク本部、コラ MMC、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ、ザバイカル本部と拠点を4つに分けて扱う。

ノリリスク・ニッケル社の本流はノリリスク本部とコラ MMC である。ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、フィンランドにあり、ニッケル精錬の限られた部分のみを担う。ザバイカル本部は前述のとおり、本流の工程にほとんど関わらない。かつては、ニッケル生産、銅生産ともノリリスク本部、コラ MMC でそれぞれ完結していた。現在では、ノリリスク本部、コラ本部で複雑な生産分担をしている。ノリリスク本部も、コラ MMC も独立して成り立つような体制になっていない。ザバイカル本部はノリリスク・ニッケル社の本流から遠いところにある。銅という広く存在する金属を扱い、精錬も行わず、本流からほぼ切り離されている。以下、各拠点の詳細を解説する。

ノリリスク・ニッケル社の本部・支部

部門名	主要支部・支社名	地域	担当する工程				説明
			金属	採掘 選鉱	溶錬	精製 電解	
ノリリスク本部 Norilsk Division Норильский Дивизион	ザポリャルニイ支部 Polar Division Заполяный филиал	クラスノヤルスク 地方	ニッケル	○	○	×	シベリアの極北部のノリリスク市周辺の拠点を統括する。ノリリスク市周辺の鉱床は規模も大きく、白金族含有率が高い。ノリリスク・ニッケル社の優良資源はノリリスク部門に属する。 銅精錬の大半とニッケル製錬の前工程を行う。ニッケル製錬の前工程はノリリスク部門にしかないため、ニッケル製錬でも不可欠な存在である。
	メドヴェジイ・ルチエイ Medvezhy Ruchey ООО Медвежий ручей		銅		○	○	
コラ本部 Kola Division Кольский Дивизион	コラ MMC Kola MMC АО Кольская ГМК	ムルマンスク州	ニッケル	○	×	○	フィンランドに近いコラ半島の複数の拠点を統括する。運営する鉱山はノリリスク部門に対し、質・量ともに大きく劣る。一方、ニッケル製錬の後工程（精製）が集約されているため、ニッケル製錬では欠くことができない存在となっている。コラ MMC で発生する白金族含有物がノリリスク・ニッケル社の白金族生産の6～7割を占めることになっている。
	ノリリスク ニッケル ハルヤヴァルタ Norilsk Nickel Harjavalta	フィンランド	ニッケル		×	×	
ザバイカル本部 Trans-Baikal Division Забайкальский Дивизион	ビストリンスキー GOK Bystrinsky GOK Быстринский ГОК	ザバイカル地方	ニッケル	×	×	×	ザバイカル地方のビストリンスコエ鉱床で銅、金、鉄の採掘を行う。ビストリンスコエ鉱床は他のノリリスク・ニッケル社のニッケル鉱床と性質が異なり、ニッケルや白金族は産出しない。ロシア国外から見ると、他のノリリスク・ニッケル社の拠点に対し、産業的重要性は著しく落ちる。
			銅	○	×	×	

出所：ノリリスク・ニッケル社の資料等より作成

ノリリスク・ニッケル社には大きく分けて3つの本部がある。ザポリャルニイ支部とメドヴェジイ・ルチエイはほぼ一体のものと扱えるのに対し、コラ本部のコラ MMC とノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは一体として扱うには無理がある。実際、ノリリスク・ニッケル社の資料でも別扱いされているものが多い。ノリリスク・ニッケル社には、①ノリリスク本部、②コラ MMC、③ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ、④ザバイカル本部の4つの主要拠点があると見るべきであろう。本稿でもヒエラルキー的に正しくないが、コラ MMC とノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタを分けて扱う。

4つの主要拠点とするが、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは規模が限られ、ザバイカル本部はニッケルや白金族の生産はなく重要性は落ちる。ノリリスク本部とコラ MMC がノリリスク・ニッケル社の中心である。

ノリリスク・ニッケル社の主要製品に白金族が含まれ、産業的に重要であるが、白金族はあくまでも副産物として生産される。ノリリスク・ニッケル社の製品は銅、ニッケルの生産を中心に回っている。

ノリリスク・ニッケル社が原料とするノリリスク本部、コラ MMC である。双方とも硫化銅・ニッケル鉱石の鉱山を持つが、ノリリスク本部の鉱石の方が量も多く、質も良い。

ノリリスク・ニッケル社の特色は、硫化銅・ニッケル鉱石を原材料として扱うことであるが、ザバイカル本部はニッケルを含まない銅鉱石を採掘する。また、採掘した銅は、ノリリスク・ニッケル社で精錬をしない。ザバイカル本部のノリリスク・ニッケル社の持分も半分である。ザバイカル本部は異質な存在である。ロシア国外の産業界から見ると、市場への影響が大きいニッケル、白金族を製造してないため、重要度は低い。

## ノリリスク・ニッケル社主要施設

部門	支部 支社	施設名	分類	ノリリスク・ニッケル社呼称		担当する工程						説明	
				英語	ロシア語	金属	採掘	選鉱	溶錬	精製	その他		
ノリリスク本部	ザボリヤルニー支部	タイミルスキー鉱山	鉱山	Taimyrsky	Таймырский	Ni	○						ノリリスク・ニッケル社は、自社で探掘する豊かな資源に依拠する企業である。同社の資源のほぼ9割はノリリスク部門で探掘されている。言い換えると、ノリリスク部門の鉱山がノリリスク・ニッケル社を支えている。 高品位鉱、低ニッケル鉱はタルナフ・オクチャープリスコエ鉱床のみで産出する。 タルナフ・オクチャープリスコエ鉱床 ・タイミルスキー鉱山 ・オクチャープリスコエ鉱山 ・コムソモルスキー鉱山 ・スカリストイ鉱山 ・マヤーク鉱山
		オクチャープリスコエ鉱山		Oktyabrsky	Октябрьский	Ni	○						
		コムソモルスキー鉱山		Komsomolsky	Комсомольский	Ni	○						
		スカリストイ鉱山		Skalisty	Скалистый	Ni	○						
		マヤーク鉱山		Mayak	Маяк	Ni	○						
	メドヴェージェイ	ザボリヤルニー鉱山	選鉱場	Zapolyarny	Заполярный	Ni	○					ノリリスク1 鉱床 ・ザボリヤルニー鉱山	
	ノリリスク選鉱場	Norilsk Concentrator		Норильская обогатительная фабрика (НОФ)	Ni	○					ノリリスク部門の選鉱場。ノリリスク部門の鉱石を選鉱する。この2か所の選鉱場の能力はノリリスク・ニッケル社の金属回収効率に大きく影響する。		
	ザボリヤルニー支部	タルナフ選鉱場	Talnakh Concentrator	Талнахская обогатительная фабрика (ТОФ)	Ni	○							
	ノリリスク本部	メドヴェージェイ	ナデージュダ冶金工場	精錬所	Nadezhda Metallurgical Plant	Надеждинский металлургический завод (НМЗ)	Ni		○				ノリリスク・ニッケル社のニッケル溶錬（ニッケル製錬の前工程）の全てを担う。 ノリリスク・ニッケル社の銅精錬のほぼ全体を担う。銅工場内の冶金部門（Металлургический цех）では、銅電解精製で発生する陽極泥を処理し、白金族原料等を生産する。
			銅工場		Copper Plant	Медный завод (МЗ)	Ni			○	○		
コラ本部	コラMMC	セヴェルニー鉱山	選鉱場	Severnny mine	Рудник «Северный»	Ni	○					ノリリスク部門の鉱山より価値の低い鉱石を採掘。ノリリスク・ニッケル社の資源としては副次的なものに留まる。 セヴェルニー鉱山の鉱石の選鉱を行う。ノリリスク・ニッケル社のフロートを見る限り、ニッケルと銅の分離を行っていない。	
		ザボリヤルニー選鉱場		Zapolyarny Concentrator	Обогатительная фабрика	Ni	○						
		コラMMCモンテェゴルスク地区		Kola MMC	Кольская ГМК	Ni			○	○	転炉マット以降のニッケルの純化、電解を担う。ニッケル精製由来の残渣、陽極泥を化学冶金部門（Химико-металлургический цех）で処理し、白金族原料を生産する。 コラMMCでの銅分離後の転炉マットから、浸出・電解採取にて電気ニッケルを製造。硫酸ニッケル等のニッケル塩、硫酸コバルトの生産も行う。白金族生産は微量。		
	ノリリスク・ニッケルハルヤヴァルタ	Norilsk Nickel Harjavalta		Ni			○						
ザバイカル	ビストリンスキーGOK	選鉱場	Bystrinsky GOK	Быстринский ГОК	Ni						ノリリスク部門、コラ部門とは大きく異なる鉱床を採掘。選鉱後、精鉱を外販するが、比重選鉱で分離した金はナデージュダ冶金工場から製錬フローに載せている。		

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポート、その他資料等より作成

### （1）ノリリスク本部

ノリリスク本部は、シベリア中部クラスノヤルスク地方の極北部にある。文字通り草も生えない酷寒の地にある。クラスノヤルスクからは陸路がなく、物流は河川と航空に頼っている。それでも、ノリリスクという都市が成立しているのは、外ならぬノリリスク・ニッケル社を支える世界最優良の硫化銅・ニッケル鉱床の存在による。

ノリリスク本部は、原料となる鉱石供給と選鉱の大半を担う。大雑把なイメージとしては9割をノリリスク本部が担っていると理解してよい。

精錬に関しては、ノリリスク本部で銅精錬のほぼ全量、ニッケル精錬の前工程（溶錬）の全量を担う。銅精錬ではコラ MMC の銅精錬が廃止されているので、ノリリスク本

部の銅工場に集約されている。ノリリスク本部銅工場では、精鉱から電気銅製造に至る銅精錬を一貫して行う。

ノリリスク本部のニッケル精錬の後工程は、設備老朽化で 2016 年に廃止された。現在は、存在しない。現状、ニッケル精錬はノリリスク本部の前工程だけでは完結せず、コラ本部の後工程があって初めて完結する。ノリリスク本部とコラ本部の双方の関与があって成立している。とはいえ、ニッケル精錬前工程である溶錬は、ノリリスク本部のナデーユダ冶金工場で行われていない。ノリリスク本部はニッケル精錬に不可欠である。ナデーユダ冶金工場はノリリスク・ニッケル社生産のニッケルのすべてと、白金族の 6 割以上が通過する。ナデーユダ冶金工場の動向は、ノリリスク・ニッケル社のニッケル、白金族生産に大きく影響する。

ノリリスク本部では、銅工場内の冶金工程（Металлургический цех）において、銅精錬由来の陽極泥から白金族、金、銀、セレン、テルルを生産する。白金族、金、銀の製造を完結できず、最終製品製造はクラスツヴェトメット社等、外部に委託している。

ノリリスク本部では、サウスクラスタープロジェクトと呼ばれる生産量向上プロジェクトを進めている。このプロジェクトのため、メドヴェジイ・ルチェイ社

（Медвежий ручей）という子会社を設立した。どうも、ノリリスク 1 鉱床を採掘するザポリャルヌイ鉱山（コラ MMC のザポリャルヌイ選鉱場とは無関係）、ノリリスク第一選鉱場、計画中のノリリスク第二選鉱場がメドヴェジイ・ルチェイ社に含まれるようだ。しかし、メドヴェジイ・ルチェイ社はノリリスク本部の 100%子会社であり、当事者が会計上どう扱ってようが外から見たらノリリスク本部の一部としか見えない。ただでさえ複雑なものをさらに複雑にするだけで、分けて扱う意味がないため、本稿では同社が別会社になっている点を無視する。

## （2）コラ MMC

コラ MMC はフィンランド国境に近いムルマンスク州に位置する。大きく分けてペチェンガ地区とモンチェゴルスク市に分かれる。モンチェゴルスク市に精錬所、ペチェンガ地区に鉱山と選鉱場がある。

コラ MMC は、ノリリスク本部よりも歴史が古い。ノリリスク本部は 1930 年代から開発されたが、コラ MMC はそれ以前から存在した。第二次世界大戦前、ペチェンガ地区はフィンランド領で、鉱山も精錬所ももともとはフィンランドが開発したものであった。かつて、モンチェゴルスク地区にも鉱山があり、ペチェンガ地区にも精錬所があったが、それらは廃止されている。

結果として、現在では、ペチェンガ地区は鉱山、モンチェゴルスク地区は精錬と役割が分かれている。また、両者はバリューチェーン上、直接つながっていない。ペチェンガ地区で採掘・選鉱した鉱石は、コラ MMC では溶錬できない。ノリリスク本部に送り、溶錬する必要がある。モンチェゴルスク地区では、溶錬後の中間生成物以外は処理できない。

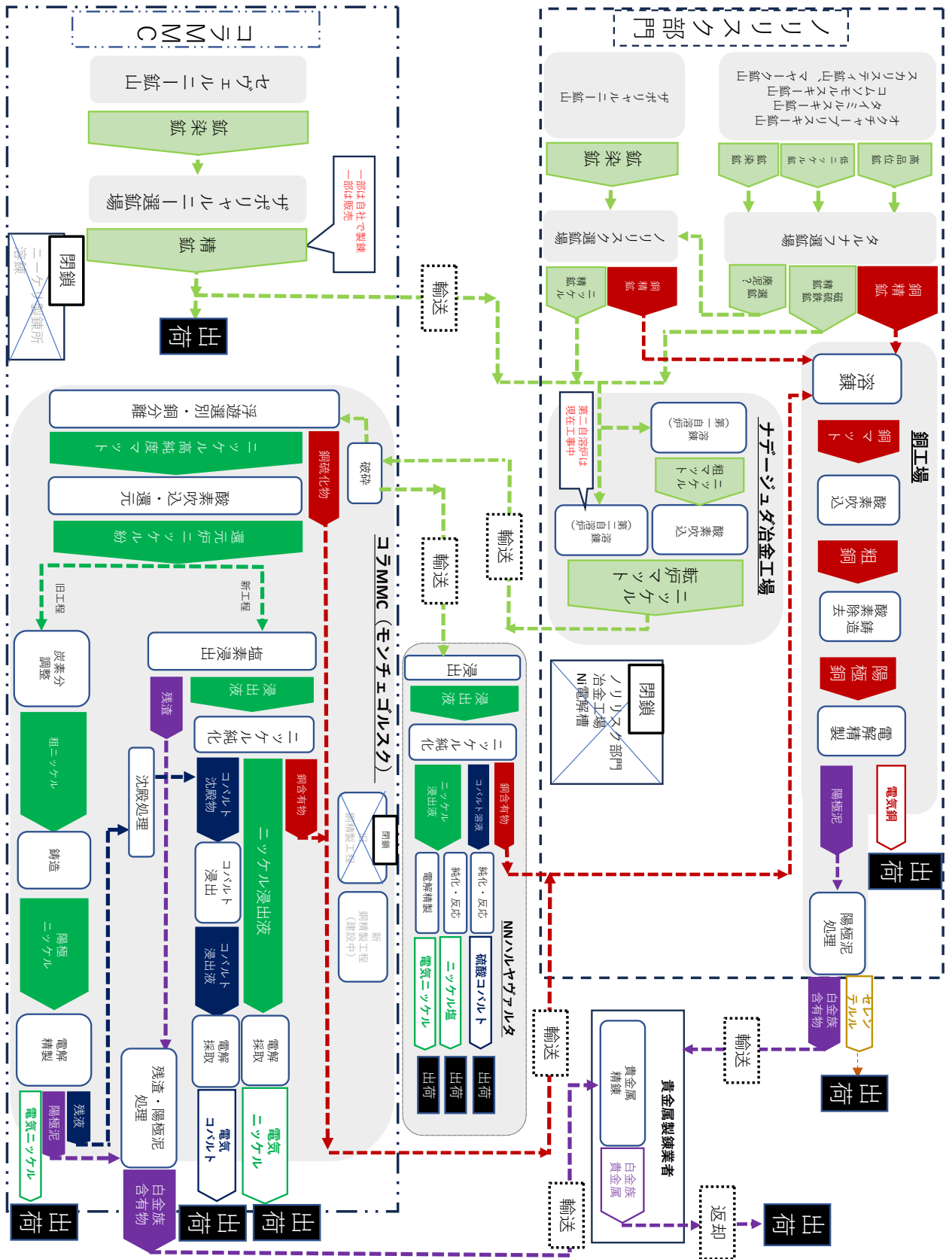
コラ MMC ではペチェンガ地区のセヴェルニー鉱山で硫化銅・ニッケル鉱床の採掘を行っているが、品位でも量でもノリリスク本部の鉱山に劣る。コラ MMC の鉱石に含まれる金属量は、ノリリスク・ニッケル社全体の中でニッケルでは 15%以下、銅では 4%以下、白金族では 1%以下である。ノリリスク・ニッケル社の原料供給という意味では、オマケに過ぎない。

ニーケリの精錬所を廃止したため、コラ MMC では、モンチェゴルスク地区に精錬関連の施設が集中することになった。コラ MMC の組織図では、セヴェルヌイ鉱山やザポリャルニー選鉱場とともに、精錬関係の工程が直属する。モンチェゴルスク地区にある精錬関連工程は同じ敷地に存在するが、統一する組織、呼称が存在しない。本稿では便宜上、コラ MMC モンチェゴルスク地区と呼称する。

コラ MMC モンチェゴルスク地区は、ニッケルの精錬において、不可欠な役割を果たす。ノリリスク本部でニッケル精錬の後工程を廃止した。結果、転炉マットから電気ニッケルの製造までの後工程は、コラ MMC モンチェゴルスク地区に集約されている。なお、前述のとおりコラ MMC の銅精錬の後工程（精製）は廃止になり、新技術での銅精製工程の再構築が計画されている。

コラ MMC には化学冶金工程（Химико-металлургический цех）があり、ニッケル塩素浸出の残渣、ニッケル電解精製の陽極泥から白金族を製造する。白金族の製造を完結できない点ではノリリスク本部銅工場冶金工程と同じであり、白金族中間生成物から各元素への分離や精製は外部に委託している。

ノリリスク・ニッケル社生産の流れ



出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポート等より作成

### (3) ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ

ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、フィンランドにあるノリリスク・ニッケル社の製造子会社である。ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタでは浸出・電解採取によるニッケル精製を行っている。一見するとコラ MMC モンチェゴルスク地区の新製法工程に近い。しかし、原料や浸出の方法に違いがある。製品でも電気ニッケルだけではなく、ニッケルブリケット、ニッケル塩、コバルト塩を製品化している点で、コラ MMC モンチェゴルスク地区とは異なる。

EV化でリチウムイオン電池や、ニッケル水素電池の役割が高まった。双方ともニッケル化合物を電池材料として使用する。例えば、性能が高いとされる三元系リチウムイオン電池には、ニッケル酸リチウムを使用する。電池材料のニッケル化合物は、ニッケル塩を原料として製造される。

ロシアには事実上、二次電池を製造する産業は存在しない（生産計画はあるが成功するかは未知数）。一方で、ドイツ等の欧州の産業界はノリリスク・ニッケルに電池用のニッケルの供給を期待し BASF とノリリスク・ニッケル社の提携も行われていた。市場へのアクセス性という観点からは、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタにニッケル塩製造施設を設けたのは理にかなっていた。

報道を見る限り、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、微妙な状況である。ロシア系ノリリスク・ニッケル社の一部として制裁の影響を受ける。例えば、フィンランドの鉄道会社から原材料の輸入を拒否され、代替輸送手段の確保を迫られた。一方で、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタの生産は継続しており、引き続き電池材料の供給源として扱われているようにも見える。

### (4) ザバイカル本部

ザバイカル本部ザバイカル本部には銅山と選鉱場がある。鉱石には銅を含むが、ノリリスク本部やコラ本部の硫化銅・ニッケル鉱石とは別物である。ニッケルや白金族を含まない。資源としての価値は圧倒的に低い。

ザバイカル本部はノリリスク・ニッケル社の本流のニッケル、銅生産に対し、原材料を供給していない。ザバイカル本部では、純分換算でノリリスク・ニッケル社全体の約 20% に相当する量の銅鉱石を採掘しているが、ノリリスク・ニッケル社の銅精錬の原料として使用せず、選鉱後、社外に販売している。価値が低いザバイカル本部の銅精鉱を、ノリリスク本部まで輸送することに合理性がないからと推測する。ザバイカルから陸路が未発達なノリリスクへの輸送は、コラ MMC からの輸送に比べ長距離に

なる。比重選鉱で分けられた金精鉱のみがナデージュダ冶金工場に投入されている。金は高価な金属であるが、ノリリスク・ニッケル社の製品においては脇役に過ぎない。具体的な生産量ははっきりしないが、ノリリスク・ニッケル社はロシアの金生産者としては、決して有力な存在ではない。ノリリスク本部、コラ MMC の鉱石から回収される金を含めても、ロシアの金生産量全体の中では誤差程度に留まるものと見られる。

ザバイカル本部は、ノリリスク・ニッケル社のバリューチェーンからはほぼ切り離されている。単に、ノリリスク・ニッケル社が他所の銅山に出資しているに過ぎないと見るべきである。重要度が低いため、本稿ではザバイカル本部には簡単に触れるにとどめる。

## 2. 資源

ノリリスク・ニッケル社の最大の特徴は、豊かな資源である。ノリリスク・ニッケル社には大きく分けて3つの資源がある。ノリリスク本部の硫化銅・ニッケル鉱床、コラ MMC の硫化銅・ニッケル鉱床、ザバイカル本部のスカルン銅鉱床である。

### (1) ノリリスク本部の資源

この中で、ノリリスク本部の硫化銅・ニッケル鉱床は突出して、大規模で優良である。ノリリスク本部は、2022年にニッケル 23万 t、銅 40万 t、白金族 122 t を含む鉱石を採掘した。ノリリスク・ニッケル社採掘量の内、ニッケルの 87%、銅の 80%、白金族の 99% に相当する。また、ニッケルでは世界の採掘量の約 10%、白金族では 30% を超える量に相当する。

硫化銅・ニッケル鉱床の鉱石は銅、鉄、ニッケルの硫化物から構成される。ニッケルには不純物としてコバルトが含まれ、微細な粒として白金族鉱物の粒が含まれる。白金族に比べると少ないが金と銀も鉱石に微量含まれる。また、硫化銅の一般的な性質だが、セレン、テルルも含む。硫化銅・ニッケル鉱石からは、銅とニッケルだけでなく、白金族、コバルト、金、銀、セレン、テルルの生産が可能である。

ノリリスク本部の鉱石は、規模が大きいだけでなく、世界的に見ても異様なほど白金族の含有率が高いという特殊性がある。ノリリスク本部の鉱石は、コラ MMC の鉱石の 20~30 倍の白金族を含む。ロシアがパラジウムの世界最大の産出国になっているのは、ノリリスク本部の鉱石の性質による。

## ノリリスク・ニッケル社鉱石採掘量（2022年）

部門	鉱石採掘量		ニッケル	銅	白金族
ノリリスク本部	18.4百万t	平均品位	1.27%	2.18%	0.00066%
		純分	233,680t	401,120t	122t
コラ本部	7.0百万t	平均品位	0.49%	0.21%	0.10t
		純分	34,300t	14,700t	1t
ザバイカル本部	15.0百万t	平均品位	-	0.57%	-
		純分	-	85,500t	-

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポート、その他資料等より作成

\* 純分は産出鉱石量に 2022 年の平均品位とある数値を単純に掛け合わせたもの。中間在庫として滞留するもの、回収しきれないもの等があり、そのまま金属生産量に反映されない。

ノリリスク本部の鉱山は、産出量が多だけでなく品位も高い。コラ本部、ザバイカル本部からの鉱石は脇役に過ぎない。ノリリスク本部で採掘された金属はコラ本部に対し、ニッケル 7 倍、銅 27 倍、白金族 175 倍である。資源供給の観点で、コラ本部は脇役である。世界の産業界が特に重要視する白金族については、事実上、ノリリスク本部の鉱山が全てを供給していると言って良い。言い換えると、ノリリスク本部の鉱石によって、ノリリスク・ニッケル社が国際的に重要視される存在になっている。コラ本部だけでは、世界に数多あるニッケル鉱山の一つに過ぎなかったし、ザバイカル本部だけでは世界にいくらかでもある銅山の一つに過ぎない。

### ノリリスク・ニッケル社の鉱石



\* 博物館の展示を撮影

## ノリリスク・ニッケル社の鉱石を構成する主要な鉱物

鉱物名	英名	組成式	含まれる元素						説明
			Ni	Cu	Pt	Pd	Rh	Co	
磁硫鉄鉱	Pyrrhotite	Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	○					△	硫化銅・ニッケル鉱床中のニッケル鉱物の種類は多いが、磁硫鉄鉱、ペントランド鉱、タルナフ鉱が量の上で多数派に見える。
ペントランド鉱	Pentlandite	(Ni,Fe) <sub>9</sub> S <sub>8</sub>	◎					△	これらの鉱物では、組成式上にニッケルがない場合でも、結晶中の鉄の位置の一部がニッケルに置き換わっている。タルナフ鉱は一般的な鉱物ではないが、ノリリスクの鉱石では多く含まれる。
タルナフ鉱	Talnakhite	Cu <sub>9</sub> Fe <sub>8</sub> S <sub>16</sub>	○	◎				△	ニッケルを含む鉱物には不純物としてコバルトも含まれる。
黄銅鉱	Chalcopyrite	CuFeS <sub>2</sub>		◎					黄銅鉱、キューバ鉱が銅の鉱石の中心。鉱石となる鉱物では多数派になる。双方とも金色であるため、高品位の鉱石は非常に豪華に見える。
キューバ鉱	Cubanite	CuFe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>		◎					
砒白金鉱	Sperrylite	PtAs <sub>2</sub>			◎			△	白金族の鉱物は一般的には顕微鏡サイズ、電子顕微鏡サイズで硫化銅・ニッケル鉱石に含まれる。しかし、ノリリスクの鉱石では、稀に肉眼的な粒として含まれる。白金族の鉱物には不純物等として、ロジウム、イリジウム、オスミウムといった他の白金族も含まれる。
パオロボ鉱	Paolovite	Pd <sub>2</sub> Sn				◎			
カブリ鉱	Cabriite	Pd <sub>2</sub> CuSn				◎			

出所：IMA List of Minerals、Mindat.org 等より作成

\* 主にノリリスク本部の鉱物で各金属元素を量的に代表すると思われる鉱物を並べた。鉱石に含まれる鉱物種は上記に限らない。

\* コラ本部の鉱石でも類似の鉱物で構成されている。

\* 含まれる元素の◎、○、△の基準

◎ 主成分として含まれる元素

○ 主成分ではないが、相当量含まれるもの

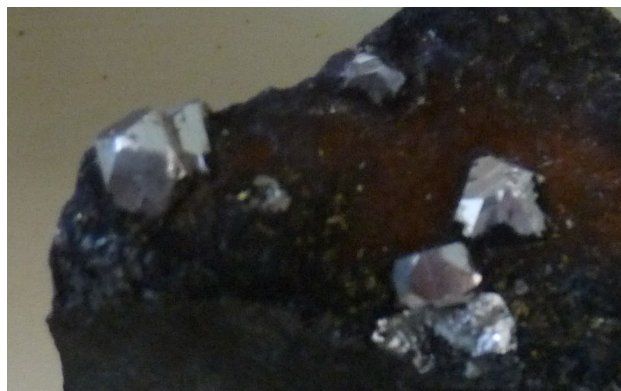
△ 不純物として含まれる元素

\* 組成式は IMA List of Minerals に従う。

\* 鉱物では結晶構造中の特定の位置で最も多い元素で定義を行う。当該位置で少数となる元素は、原則として組成式に出てこない。例えば、磁硫鉄鉱では鉄の一部がニッケルに置き換わっているが、鉄の方が多いため、Ni は化学式には出てこない。しかし、含まれている場合と、量が多い場合はペントランド鉱における鉄のような表現で、組成式上に含める場合もある。

\* ザバイカル本部の鉱物は黄銅鉱、磁鉄鉱、自然金等が鉱石を構成する鉱物である。ノリリスク・ニッケル社の理解に重要なニッケル、白金族を含まないし、特に特殊性がないので省いた。

### ノリリスク本部が採掘するタルナフ鉱床産砒白金鉱



\* 博物館の展示物を撮影したもの

\* 明るい色の結晶が砒白金鉱。通常は顕微鏡サイズだが、1cm 近い結晶となっている

ノリリスク・ニッケル社の鉱床と鉱山

所属本部	鉱山名	鉱山		鉱床名	鉱床		鉱床の種類	産出する金属	説明
		ノリリスク・ニッケル社呼称	英語		ロシア語	ノリリスク・ニッケル社呼称			
ノリリスク本部	タイルミルスキー オクチャヤーズリスキー コソモールスキー スカリスタイ マヤーク	Таймырский	Таймырский	タルナフ オクチャヤーズリスコエ 鉱床	Талнакское	Тарнакское	ニッケル 銅 硫化銅	ニッケル 銅 パラジウム プラチナ ロジウム コバルト セレン テルル 金	タルナフ鉱床、オクチャヤーズリスコエ鉱床は隣接する。現在、5か所の鉱山で坑内採掘が行われている。高品位の鉱石はタルナフ鉱床、オクチャヤーズリスコエ鉱床からもたらされている（鉱染鉱も採掘）。
		Октябрьский	Октябрьский		Октябрьское	Октябрьское			
		Комсомольский	Комсомольский		Октябрьское	Октябрьское			
		Скалистый	Скалистый		Октябрьское	Октябрьское			
ノリリスク本部	ザボリヤルニー	Заполярный	Заполярный	ノリリスク1鉱床	Нориск-1	Норильск-1	ニッケル 銅 正マゼン グリン ク マ ン ゲ ズ ン 銅 金	ノリリスク1鉱床では、鉱染鉱がザボリヤルニー鉱山として露天掘りで採掘されている。坑内採掘も予定されているが、現在の状況は不明。また、別途鉱山名を設定するかも不明。タルナフ鉱床、オクチャヤーズリスコエ鉱床とは離れた場所にある。	
		Северный	Северный		Северное	Северное			
ノリリスク本部	セヴェルニー	Северный mine	Рудник «Северный»	ジュダノフスコエ鉱床 ザボリヤルノエ鉱床 ビストリンスコエ鉱床 トワンポロゾオエ鉱床 スズートニク鉱床 ヴェルナフネエ鉱床	Ждановское Заполярное Быстринское Тундровое Спутник Верхнее	Ждановское Заполярное Быстринское Тундровое Спутник Верхнее	ニッケル 銅 正マゼン グリン ク マ ン ゲ ズ ン 銅 金	コラMMCの採掘する鉱床は、ザボリヤルニー市とニークリ村の間に大きく分けて2ヶ所ある。西部の鉱床は枯渇により閉山。東部の鉱床のみセヴェルニー鉱山として採掘されている。東部の鉱床は6つの鉱床を含むが、この6つの鉱床が地質的に一つの鉱床を分類上6つに扱っているものか、地質的にも別個の鉱床かは判別できない。	
ザバインカール本部	ビストリンスキー GOK	Bystrinsky GOK	Быстринский ГОК	ビストリンスコエ鉱床	Быстринское	Быстринское	スカルン ン 銅 鉄 金	なお、コラ本部のセヴェルニー鉱床とは無関係。	

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022年アニュアルレポート等より作成

## 鉱石の分類

種類	ノリリスク・ニッケル社呼称		品位			説明
	英語	ロシア語	鉱床	金属	品位	
高品位鉱	rich	багатая	タルナフ オクチャープリスコエ	ニッケル	27.6kg/t	ニッケル鉱物を多く含み、岩石成分の少ない鉱石。ニッケルを含む磁硫鉄鉱、タルナフ鉱、ペントランド鉱などを多く含む。一方で、鉱石全体から見ると、黄銅鉱やキューバ鉱など銅を含む鉱物の割合の方が高い。
				銅	31.5kg/t	
				パラジウム	6.1g/t	
				プラチナ	1.3g/t	
低ニッケル鉱	cuprous	медистая	タルナフ オクチャープリスコエ	ニッケル	7.4kg/t	硫化鉱物の割合が多いが、ニッケル鉱物が少ない鉱石。ノリリスク・ニッケル社の表現では、銅に富む鉱石と誤解されるが、高品位鉱に対して、銅の含有率も低い。
				銅	25.1kg/t	
				パラジウム	6.2g/t	
				プラチナ	1.6g/t	
鉱染鉱	disseminated	вкрапленная	タルナフ オクチャープリスコエ	ニッケル	4.3kg/t	岩石に硫化鉱物の粒が点在するような鉱石。岩石成分が多いため、品位は低い。鉱染鉱を製錬する場合、選鉱能力が特に重要になる。ただし、選鉱後は岩石成分が取り除かれるため、選鉱工程以降では品位の低さがそのまま負荷に反映されるわけではない。事実、ノリリスク・ニッケル社では鉱染鉱を産出するノリリスクⅠ鉱床のザポリアルニー鉱山の開発に力を入れている。コラ本部では鉱染鉱のみ採掘するが、白金族の品位がノリリスク部門に対して大きく劣る。
				銅	9.9kg/t	
				パラジウム	2.8g/t	
				プラチナ	0.8g/t	
			ノリリスクⅠ	ニッケル	2.6kg/t	
				銅	3.5kg/t	
				パラジウム	3.2g/t	
			コラ部門鉱床	プラチナ	1.2g/t	
				ニッケル	5.9kg/t	
				銅	2.5kg/t	
	パラジウム	0.03g/t				
	プラチナ	0.02g/t				

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポートより作成

\* 品位はノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポートの埋蔵量のページから、Proven Reserve の数値を使用した。年によって変動の可能性があるが、解説に書いた傾向は変わらない。

ノリリスク・ニッケル社では、ノリリスク本部でもコラ本部でも、硫化銅・ニッケル鉱石を採掘するが、含まれる鉱物の割合により 3 種類に分類している。

ノリリスク本部の鉱石が白金族の品位は世界的に見ても非常に高い。一方、コラ本部の鉱石は白金族の品位が低い。しかし、白金族は副産物として精錬の後のほうの工程で分離される。硫化銅・ニッケル鉱石としては性質が大きくことなるものではないので、ノリリスク本部の鉱石と一緒に流しても特に問題はない。

## (2) コラ MMC の資源

コラ MMC の資源は、地質学的にはノリリスク本部のものに似る。特に見た目は非常に近い。しかし、構成する鉱物の割合から、資源としての価値が大きく異なる。

確かに、コラ MMC の硫化銅・ニッケル鉱床はニッケル資源としては、そこそこ優良だが、白金族に乏しい。ノリリスク本部の鉱床と比較すれば、オマケのような存在である（後述するが、コラ MMC は精錬では重要な役割を果たす）。

## (3) ザバイカル本部の資源

ザバイカル本部の資源は、ありふれたスカルン鉱床に胚胎される黄銅鉱を中心とした鉱石である。ザバイカル本部の鉱床は、ニッケルや白金族を含まず、規模も小さい。ザバイカル本部の鉱山の重要性は低い。世界のどこにでもある銅山に過ぎない。

コラ半島の鉱床だけではノリリスク・ニッケルは決して世界的に目立つ存在にならなかった。また、ザバイカル本部だけでは、世界に星の数ほどある銅山の1つにしかならなかった。

## 3. 製品

ノリリスク・ニッケル社の製品は、ノリリスク・ニッケル社の硫化銅・ニッケル鉱石が原料である。よって、ニッケル、パラジウム、銅、プラチナ、コバルト、ロジウム、ルテニウム、イリジウム、セレン、テルル、金、銀が製品となる。なお、ニッケルにはステンレスの原料となるフェロニッケルと、鉄を含まない一次ニッケルがあるが、ノリリスク・ニッケル社の製品は一次ニッケルである。一次ニッケルのほうが、フェロニッケルよりも価値が高い。近年、重要性が高まっている電池材料用のニッケルも、一次ニッケルである。ノリリスク・ニッケル社の製品は、一次ニッケルである。

ノリリスク・ニッケル社が属する金属産業の製品は、最終的に部品メーカーや機械メーカーで用いられる金属素材の一種である。しかし、金属素材には加工の度合いによって幅が存在する。精錬を終えた段階の金属は、そのままでは部品メーカーや機械メーカーでは使用できない。ノリリスク・ニッケル社の製品は、地金などの金属になったままの状態のものに限定される。金属では、ニッケルは電気ニッケル、銅は電気銅、パラジウム等の白金族は粉末が製品である（報道写真にあるようなパラジウムのインゴットは貯蔵用、写真用のもので、産業界で使用する形態ではない）。

ノリリスク・ニッケル社の製品

元素	主な販売形態	備考
ニッケル	電気ニッケル、ニッケルブリケット 硫酸ニッケル、塩基性炭酸ニッケル等	
銅	電気銅	
パラジウム	パラジウム粉末（スポンジパラジウム） パラジウム地金	工業用に利用しやすいパラジウム粉末が主要製品
プラチナ	プラチナ粉末 プラチナ地金	
ロジウム	ロジウム粉末	
コバルト	電気コバルト、硫酸コバルト コバルト濃縮物（説明参照）	電気コバルトは電気ニッケルと類似。コバルト濃縮物は不純物を10%程度含む金属コバルト粉末が水に濡れたもの
セレン	セレン粉末（単体）	
ルテニウム	ルテニウム粉末	
イリジウム	ルテニウム粉末	
金	金地金、金粒	
銀	銀地金、銀粒	
オスミウム	単体の粉末と思われるが詳細不明	ノリリスク・ニッケル社Websiteで紹介なし 原材料の性質上、回収されていると推定される
テルル	単体の粉末と思われるが詳細不明	ノリリスク・ニッケル社Websiteで紹介なし 原材料の性質上、回収されていると推定される

出所：ノリリスク・ニッケル社 Website 等より作成

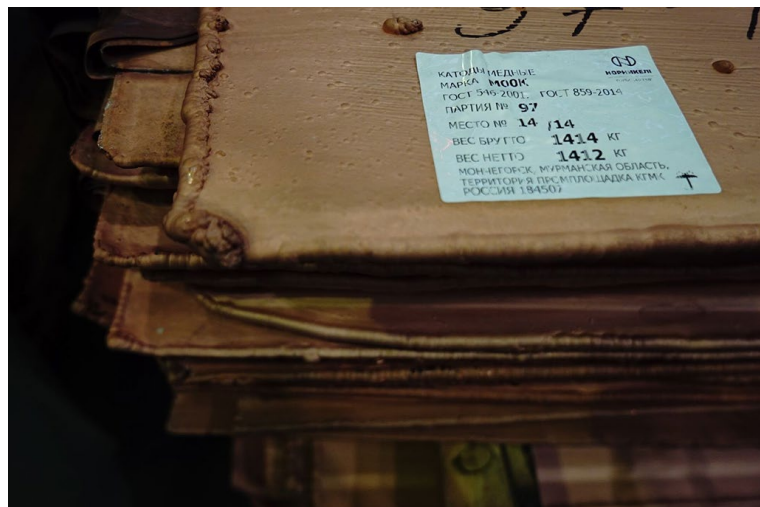
ノリリスク・ニッケル社の製品の写真 出所：ノリリスク・ニッケル社



ノリリスク・ニッケル社製スポンジ・パラジウム



ノリリスク・ニッケル社製電気ニッケル



ノリリスク・ニッケル社製電気銅

一部、化合物も販売するが、不純物の多い中間生成物や硫酸ニッケル等の基礎的な化合物である。

金属材料を構造材料として使用する機械メーカーでは、冶金設備はない場合も多い（一部では鋳造や鍛造の設備を持つ場合もある）。板や塊になった展伸材でなければとして加工を進めていくことができない。地金は、成分や組織の調整を行い、強度や靱性などの必要な物性が与えられる。また、圧延等で加工に適した形状にされる。この段階で初めて使用可能な構造材料となる。

金属は構造材料ではなく、機能性材料として用いる場合もある。形態も金属とは限らず、電池材料のように化合物である場合もある。化合物でも、化学反応を経て、純度を調整し、初めて後工程の部品メーカー等で使用可能になる。

金属産業では、生の金属から使用可能な材料になるまでの後工程で、大きな付加価値が付く。技術力により性能に大きな差をつけることができる。自動車用のハイテン材などはその代表例である。日本の金属メーカーは、後工程も得意で、多くのハイテク製品を製造販売する。付加価値の高い製品も多い日本の金属メーカーと、低付加価値品しかないノリリスク・ニッケル社では、同じ金属産業でも業容にズレがある。

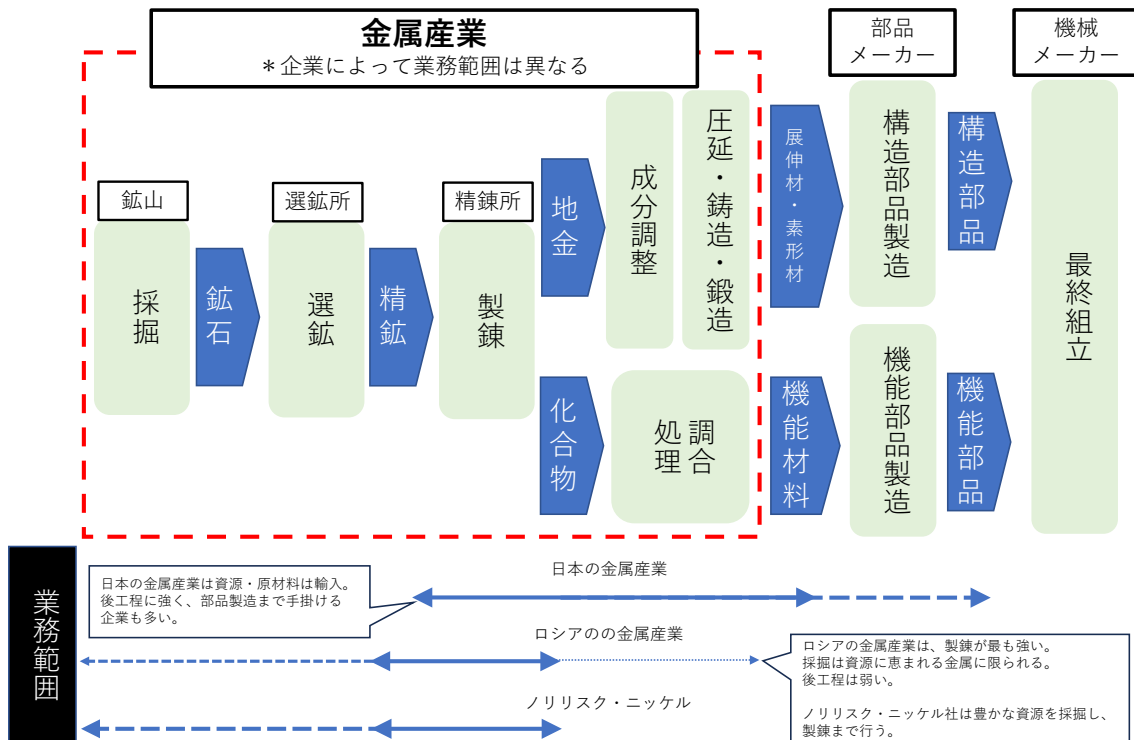
コモディティ商品は、高付加価値化、他社との差別化が困難であり、販売価格が市況に振り回されることになる。一般的には付加価値の低いコモディティ製品の生産・販売には不利が多いとされる。しかし、後述する通り、制裁の結果を見ると、必ずしも不利に働いただけではなかった。

#### 4. 生産

生産概要ノリリスク・ニッケル社の生産活動を端的にまとめると、鉱石を掘り出して基礎的金属素材を製造することである。ニッケルであれば、硫化銅・ニッケル鉱石からニッケルの地金を作ることである。銅であれば、硫化銅・ニッケル鉱石から銅の地金を作ることである。

金属産業は、鉱石採掘から展伸材・鋳造材のような金属材料までを製造する産業である。それより後の工程は、機械産業等の一部として扱われる。ノリリスク・ニッケル社は金属産業に分類される工程の全てを行うわけではなく、途中段階の精錬までを行う。

## 金属産業の流れ



\* 業容は各企業によって異なる。大雑把に一般化したもの。

ノリリスク・ニッケル社の生産活動は、大きく分けて、採掘、選鉱、精錬の3つに分けられる。採掘は鉱石を鉱山で掘り出すこと、選鉱は鉱石から岩石成分を取り除き精錬対象金属の鉱物を分離すること、精錬は鉱物から各種金属を取り出すことである。

原料の硫化銅・ニッケル鉱石は、大雑把に言うと銅、鉄、ニッケルの硫化物と岩石が混じり合ったものである。岩石成分は、乱暴に言うとただの石ころである。更に貴金属の鉱物やコバルトなどの不純物も含まれる。採掘後の工程は、混じり合ったものを分離していく作業である。選鉱では物理的な分離、精錬は化学的な分離とも言える。

ノリリスク・ニッケル社の生産の本流は、ノリリスク本部の硫化銅・ニッケル鉱石に始まり、選鉱後、ニッケル精錬と銅精錬の2つの大きな流れに分かる。2つの本流であるニッケル精錬、銅精錬から、白金族などの支流が分岐していく。

### (1) 選鉱

鉱石は最初に選鉱され、岩石成分の大半が分離される。また、ニッケルと銅の分離もある程度なされる（後述のとおり完全ではない）。選鉱後、銅鉱物を中心とした銅精鉱、ニッケル鉱物を含むニッケル精鉱ができる。銅精鉱はほぼ銅の鉱物から構成され、

鉄や硫黄は数十パーセントのレベルで含むものの、ニッケルは数パーセント以下しか含まない。一方で、ニッケル精鉱には鉄だけでなく、ニッケルに匹敵する量の銅も含む。ニッケル精鉱中のニッケルは、銅精鉱中の銅と比べ、割合が低い。ニッケル精錬が複雑になる要因の1つである。

### 精鉱の種類

精鉱種類	ノリリスク・ニッケル社呼称		説明
	英語	ロシア語	
ニッケル精鉱	Nickel Concentrate	Никелевый концентрат	ベントランド鉱、タルナフ鉱、磁硫鉄鉱など、ニッケルを含む硫化鉱物を濃縮した精鉱と考えられる。選鉱工程で一定のニッケルと銅の分離を行うが、完全な分離はできないため、ニッケル精鉱にはニッケルに匹敵する割合で銅が含まれることがある。タルナフ鉱には銅を含むため、物理選鉱のみで銅を除くことは原理上も不可能である。選鉱時、白金族鉱物の6割以上がニッケル側に行く。
磁硫鉄鉱精鉱	Nickel Pyrrhotite Concentrate	Пирротиновый концентрат	ノリリスク・ニッケル社がニッケル精鉱と磁硫鉄鉱精鉱を分けている理由は不明。磁硫鉄鉱はニッケルを含むため、ニッケル原料として使われていることは確かである。
銅精鉱	Copper Concentrate	Медные концентраты	黄銅鉱、キューバ鉱など銅を含む鉱物を主体とする精鉱。銅の原料となる。ノリリスク・ニッケル社の資料で、銅製錬工程からニッケル製錬工程へのフローは確認できない。銅精鉱にニッケルも含まれるが、ニッケル精鉱に含まれる銅よりは圧倒的に少ない。
選鉱残泥？	Metal Bearing Product	Металлосодержащий	タルナフ選鉱場から発生するもの。詳細は不明ながら、タルナフ選鉱場の選鉱残泥の中でノリリスク選鉱場の選鉱設備では金属を取り出せるものと推定する。タルナフ選鉱場より、ノリリスク選鉱場の方が選鉱能力が高いものに見える。

出所：ノリリスク・ニッケル社 2022 年アニュアルレポート等より作成

解説：

鉱石は選鉱場で岩石成分を取り除かれ、精鉱となる。精鉱は主に硫化鉱物で構成されている。タルナフ、ノリリスクの選鉱場では、一定の銅とニッケルの分離がなされている。

選鉱を経た段階で銅とニッケルの工程に分かれる。双方とも次工程は溶錬である。銅精鉱は銅工場へ、ニッケル精鉱はナデージュダ冶金工場へ送られる（現在、溶錬工程は銅、ニッケル双方ともノリリスク部門のみにある。）。

## (2) 精錬

ニッケル精鉱、銅精鉱を原料として、ニッケル、銅、白金族等の精錬が行われる。精錬では、精鉱に含まれる硫黄や他の金属を主に化学的方法で除去していく。ノリリスク・ニッケル社内では、ニッケル、銅の精錬が分かれ、平行して走る。ニッケルと銅の精錬では、含まれる割合が近く化学的性質が似た金属の分離が必要であるため、鉄やアルミの精錬よりも複雑である。

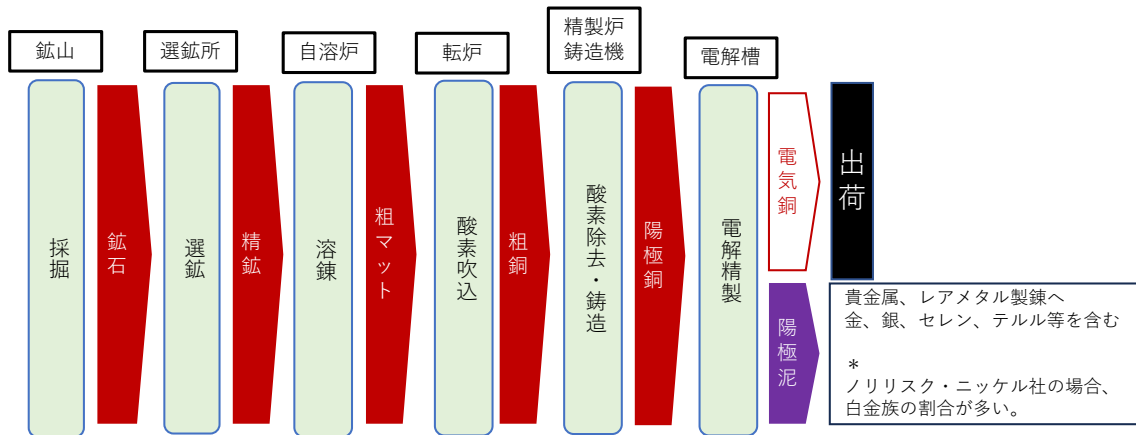
ノリリスク・ニッケル社の場合、ノリリスク本部とコラ本部の2カ所にて、精錬を分担して行う。ノリリスク・ニッケル社は、新製法の採用が盛んなので内容も頻繁に変わる。新旧の製法が平行して走る部分もある。本流であるニッケルと銅以外の金属の精錬は、工程の枝葉となる。複雑さに輪をかける。ただでさえ複雑なものが、複数の工程が複数の事業所に分かれて平行して走るため、ノリリスク・ニッケル社の生産工程は極めて分かりにくい。

### ①銅精錬

銅精錬はノリリスク本部銅工場で行われる。銅精鉱が原料となるが、ニッケル精錬の過程で分離される銅含有物も相当量存在する。銅含有物も銅精錬の原料として使われる。

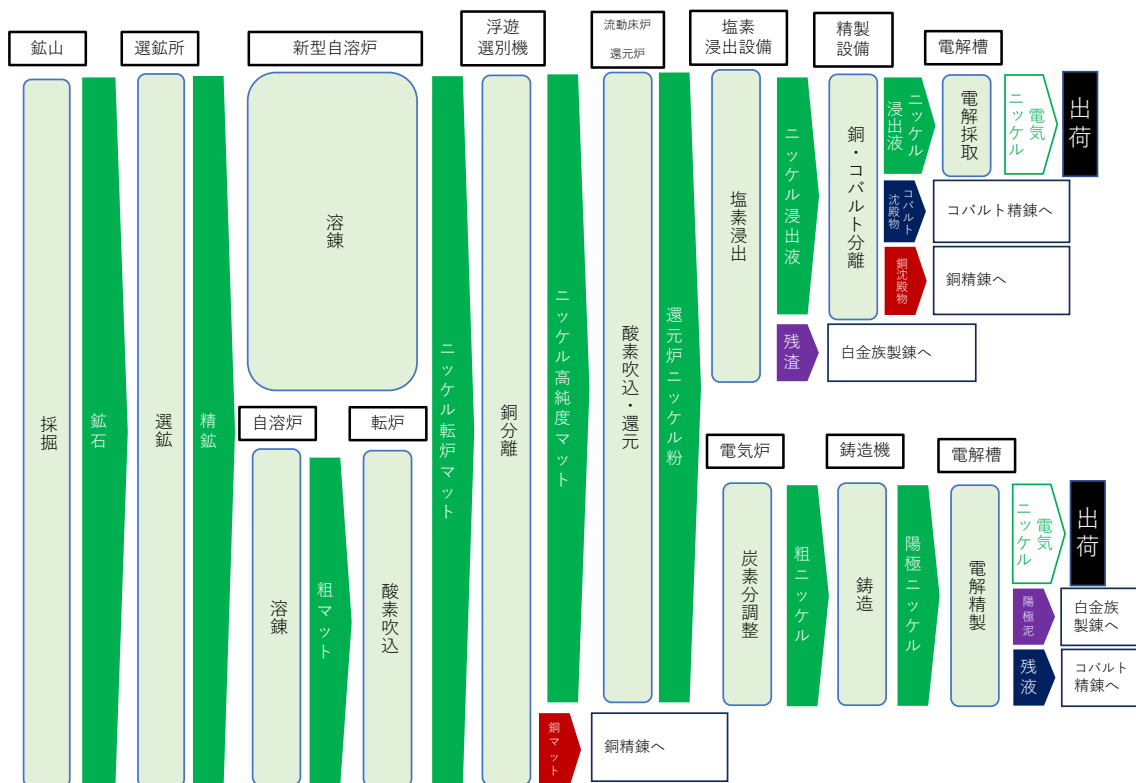
銅精鉱は溶錬炉で鉄を分離され、硫化銅である銅マットとなる。転炉で銅マットから硫黄が取り除かれ、不純物を多く含む粗銅となる。粗銅から酸素を取り除き電極の形状に铸造され陽極銅となる。陽極銅は最大数%のレベルで残る硫黄や鉄とともに、白金族、金、銀、セレン、テルルを含む。陽極銅を陽極、ステンレス板を陰極にして、硫酸銅を中心とする水溶液を介し電解精製をする。陽極銅から銅が溶出し、陰極に純度の高い銅である電気銅が析出する。銅よりイオン化傾向が高い不純物は液中に残り、イオン化傾向が低い不純物は陽極の下に陽極泥として沈殿し、副産物の原料となる。電気銅が製品となる。

## ノリリスク・ニッケル社 銅精錬の流れ



出所：ノリリスク・ニッケル社資料等より作成

## ノリリスク・ニッケル社 ニッケル精錬の流れ



出所：ノリリスク・ニッケル社資料等より作成

- ・ 上が旧製法である電解精製、下が新工程である塩素浸出・電解採取。途中までは共通。
- ・ 塩素浸出・電解採取はコラ MMC の製法を図表化。ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタでは類似の方法を使用するが、若干異なる。

## ②ニッケル精錬

ニッケルの精錬は銅よりも複雑である。選鉱段階における銅とニッケルの分離は、銅のみをすくい上げているだけである。原料となるニッケル精鉱には数十%以上の銅を含み、場合によってはニッケル以上に銅が含まれる。また、鉄やコバルトとの分離が必要だが、ニッケルの性質は鉄、コバルトに近い。分離の過程は複雑になる。銅、鉄、ニッケルとも、一発で分離できず、各工程で徐々に分離されていく。最後の電解工程に至るまで、微量の銅、鉄、コバルトが付きまとい続ける。

### ・溶錬

ニッケル精鉱はノリリスク本部のナデージュダ冶金工場で溶錬される。溶錬工程の自溶炉で鉄が取り除かれる。鉄は数十%から数%まで減らされる。従来、自溶炉のみでは鉄分離が不十分で、溶錬後のニッケル粗マットを転炉に投入し、追加で鉄を除去していた。溶錬の結果、ニッケルと銅の混合物であるニッケル転炉マットができる。現在、設置工事中の **Outotec** 社製新型自溶炉では、自溶炉のみで鉄を取り除くことができる。転炉による鉄の除去は不要になり、転炉を廃止できる。ニッケル転炉マットは、コラ **MMC** モンチェゴルスク地区に送られる。

### ・精製

ノリリスク本部から輸送されてきたニッケル転炉マットは、コラ **MMC** 精製部門で処理されていく。なお、部署名は精製部門だが、ニッケルだけを扱い、銅は扱わない。コラ **MMC** 精製部門では流れが3つに分岐する。ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタ、コラ **MMC** モンチェゴルスク地区旧製法工程（ニッケル電解採取）、コラ **MMC** モンチェゴルスク地区新製法工程（ニッケル塩素浸出・電解採取）である。

コラ **MMC** モンチェゴルスク地区精製部門ではニッケル転炉マットを破碎し、粉末状にする。粉末状のニッケルの一部は、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタに送られ、同事業所のニッケル精製原料となる。その後、ニッケル転炉マット中の硫化銅の大部分を除去した後、還元する。還元の結果、純度の低い金属ニッケル粉末である還元炉ニッケル粉を作る。還元炉ニッケル粉は新製法と旧製法に振り分けられる。

ニッケル転炉マットから、コラ **MMC** で硫化物の形態で分離される銅の量は多い。還元炉ニッケル粉中のニッケル量に匹敵する量になる。ノリリスク本部に送り返してノリリスク本部銅工場で精錬を行う。

- ・ ニッケル電解旧製法（コラ MMC）

旧製法は電解精製で、ニッケル電解部門-1 において行われる。精製部門で製造される陽極ニッケルを原料とする。陽極ニッケルを陽極とし、水溶液を介して陰極に純度の高い電気ニッケルを析出させる。電気ニッケルが製品となる。コバルト等、ニッケルよりイオン化傾向が高い元素は残液に残る。残液はコバルト原料になる。ニッケルよりイオン化傾向が低い元素は、陽極泥として沈殿する。陽極泥は白金族の原料となる。

- ・ ニッケル電解新製法（コラ MMC）

新製法は塩素浸出・電解採取で、ニッケル電解精製部門-2 において行われる。精製部門で製造された還元炉ニッケル粉が原料となる。電解を通じて純化を行う電解精製と異なり、電解前に別途純化がされる。また、電解採取では陽極ニッケルの製造が不要になる。

最初に還元炉ニッケル粉に塩素を反応させる塩素浸出を行い、不純物を含むニッケル浸出液を作る。白金族は溶出しないので、残渣が白金族原料となる。

次に浸出液を純化し、銅とコバルトを分離する。そして、純化したニッケル浸出液から電解採取でニッケルを取り出す。電解精製は陽極ニッケルが電解時の原料となるが、電解採取では、陽極は原料とならない。ニッケル浸出液中のニッケルが原料となる。

浸出液から析出した純度の高いニッケルが電気ニッケルとして製品になる。なお、コラ MMC における塩素浸出は、日本の住友金属鉱山による MCLE 法とは差異がある。

- ・ ニッケル電解(ハルヤヴァルタ)

ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタでも浸出・電解採取を行うが、浸出には塩素ではなく硫酸を用いているようだ。浸出液から、溶媒抽出で銅、鉄、コバルトが分離され、純度の高い硫酸ニッケル溶液になる。硫酸ニッケル溶液からは、電解採取によって電気ニッケルが製造されるとともに、金属塩生産工程で硫酸ニッケルと塩基性炭酸ニッケルが製造される。

## ニッケル電解層



出所：ノリリスク・ニッケル社

### ③白金族生産

パラジウム、プラチナ等の白金族は、ニッケル精錬、銅精錬の副産物として製造される。銅電解精錬の陽極泥、ニッケル電解精製の陽極泥、ニッケル塩素浸出の残渣が原料となる。

銅精錬由来の陽極泥は、ノリリスク本部銅工場で処理され、白金族含有物になる。ニッケル精錬由来の陽極泥と残渣は、コラ MMC 化学冶金部門で処理され、白金族含有物になる。

白金族含有物からのパラジウム、プラチナ、ロジウム等の製品化は、ノリリスク・ニッケル社内ではできない。最終工程はクラスツヴェトメット社等の外部に委託している。販売形態はやはり基礎的な製品の粉末状のものである。なお、金、銀、セレン、テルルも陽極泥を原料として生産されるが、詳細は省略する。

## 貴金属生産委託先

社名	生産委託対象貴金属						
	Pd	Pt	Rh	Ir	Ru	Au	Ag
クラスツヴェトメット Krustsvetmet、Красцветмет	○	○	○	○	○	○	○
УИТ (УРАЛИНТЕХ)	○	○	○			○	○
PZCM (ПЗЦМ)				○			

出所：ノリリスク・ニッケル社 Website 等より作成

\*Pdーパラジウム、Ptープラチナ、Rhーロジウム、Irーイリジウム、Ruールテニウム、Auー金、Agー銀

### ④コバルト精錬

#### ・金属コバルト

金属コバルトは、コラ MMC のニッケル精製の副産物として生産される。電解旧製法ではニッケル電解精製の残液にコバルトが残る。電解新製法のニッケル塩素浸出では、ニッケル浸出液の純化の過程でコバルトが分離される。また、電解採取の残液にも若干のコバルトが含まれていると見られる。これらコバルトを含む液体からコバルト沈殿物を作り、塩素浸出を行って塩化コバルト水溶液を作る。この塩化コバルト水溶液から電解採取を行う。陰極に電気コバルトが析出し、製品となる。

#### ・硫酸コバルト

硫酸コバルトは、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタでニッケル精製の副産物として生産される。ニッケル転炉マツトを硫酸で浸出した浸出液から、溶媒抽出でコバルトが分離される。コバルトを純化し、硫酸コバルトを製造し販売する。

### ⑤生産の問題点

ノリリスク・ニッケル社の使用する原材料は、硫化物を主体とする。よって、金属を分離すると硫黄が二酸化硫黄として出てきてしまう。二酸化硫黄は喘息や酸性雨の原因となる大気汚染物質である。ノリリスク・ニッケル社の事業は、その性質上、環境負荷が高いものである。ノリリスク・ニッケル社は世界の他の硫化鉍精錬を行う企業

と同様、宿命的に重い環境対策を背負うことになる。とはいえ、ソ連時代の環境対策は極めて雑なものであった。ノリリスク市は世界で最も汚染された街と言われた。空気が汚いだけでなく、選鉱、精錬技術の低さから金属を流出させており、ノリリスクではその辺の土からも金属が回収できると揶揄された。公害を発生させるだけでなく、生産の効率も悪かった。このままでは、ビジネスの観点からも社会性の観点からも問題であった。

ソ連崩壊後、生産効率の向上と公害対策を進めてきた。ロシアには生産効率向上や公害対策を実現する技術はなく、主に海外の技術や設備の導入で生産改善を実現してきた。特に、選鉱・精錬で高い技術をもつ、フィンランドの **Metso Outotec** 社（以下、**Outotec** 社）からの技術導入が多い。ノリリスク・ニッケル社は、財力があるため、世界最良の技術を購入することができた。ロシアの製造業では、ノリリスク・ニッケル社に限った話ではないかもしれないが、ノリリスク・ニッケル社の生産の海外依存度は高い。

## 5. 市場

開戦前、ロシアでは金属産業は優良セクターであった。制裁の影響で以前と同じような運営は困難になっているものの、外部要因を考慮しない生身の實力は高い。しかし、その姿をよく見ると、素材に付加価値を付ける後工程は弱い。展伸材メーカーや機能性材料メーカーで、国際的な實力のある企業は例外的で、規模も小さい。

また、よく誤解されているがロシアの金属資源は必ずしも豊かではない。金属の種類によっては、輸入に全面的に依存する。世界最良のニッケル資源をもつノリリスク・ニッケル社は、どちらかというところ例外である。ロシアの金属産業は、精錬の部分だけが突出しているが、資源が豊富なのは一部であり、後工程は一部例外を除き未発達である。ロシアでは金属を使用する機械メーカーなども弱い。ロシアでは軍需産業は比較的強いかもしれないが、そもそも戦後の軍需産業は民需の産業に比べ使用する金属量は圧倒的に少ない。

以上を纏めると、ロシアには金属を精錬する能力はあるが、金属の需要には乏しい。豊富な資源を除き、ノリリスク・ニッケル社についても、ロシアの金属産業の一般論が当てはまる。例えば、一次ニッケルであれば耐熱合金や電池材料が用途となる。耐熱合金に関しては、ロシアで製造されるジェットエンジンにニッケルが使用されているはずだが、民間機のエンジン生産の少ないロシアでは使用量が知れている。また、

ニッケル水素電池にしても、ニッケル酸リチウムを使用するリチウムイオン電池にしても、事実上、現状ではロシアでの生産はなされていない。

ロシア国内の需要が乏しいため、ノリリスク・ニッケル社は生産した金属を輸出せざるを得ない。2023年第1四半期の販売先は、アジア45%、欧州24%、米州17%である。開戦後でも、86%が輸出されている。開戦前の2021年には輸出は95%に達していた。実際、ノリリスク・ニッケル社の販売において、ロシア市場について触れられることはほとんどない。ノリリスク・ニッケル社は生産も海外依存だが、市場においても海外依存である。

ロシアの金属産業はほぼ輸出産業で、ノリリスク・ニッケル社も同様である。ロシアの金属産業は、輸出産業であることで、ロシアの激しい景気の変動を受けない。また、国外を相手にするため市場も大きい。これらはロシアの金属産業が比較的優良な理由である。金属を利用する産業が未発達であることで、金属産業が優良セクターになっている。皮肉な状況でもある。

制裁により、これまで最大の販売先だった欧州の企業は、ノリリスク・ニッケル社の製品を避けた。ノリリスク・ニッケル社の販売先の半分は欧州であったが、急速に欧州への販売は減った。代わりに中国への販売が置き換わることになった。比較的速やかに販売先の変更が可能だったのは、製品が基礎的なものだからである。コモディティ商品は、代替がしやすい。日本では付加価値の低いコモディティ商品の販売は、市況に振り回され競争相手も多いことから、発展段階が低いものとみなされる。ロシアでも産業の高付加価値化、多様化は課題になっていた。しかし、ロシアの産業の未成熟さにより、一部に制裁の影響が低減されるという皮肉な効果があったと言える。

### III ノリリスク・ニッケル社への制裁の影響

ノリリスク・ニッケル社における制裁の位置づけと制裁自体の影響を俯瞰した上で、ノリリスク・ニッケル社における生産への制裁の影響について述べる。

#### 1. ノリリスク・ニッケル社とウクライナ戦争

ニッケルは特殊鋼や耐熱合金に欠かせないものである。しかし、ノリリスク・ニッケル社は、軍需産業を直接支える存在と見ることは必ずしも適切ではない。実際に、ニッケルは定性的には軍需産業に必須である。例えば、ジェットエンジンに使用する耐熱合金には、ニッケルは必須である。よって、ノリリスク・ニッケル社の生産は軍事産業にとって重要な存在と誤解し得る。

戦時中、日本はニッケルの確保に苦心した。金属資源に乏しい日本だが、ニッケル資源は特に乏しかった。第二次世界大戦前、日本はニッケル貨を作り市中にニッケルの備蓄をしてみたり、戦時中は通常はとても採掘対象にならないようなニッケル鉱石らしきものを採掘してみたりと涙ぐましい努力をした。結局は、必要量確保には失敗している。

しかし、現在では民需産業で使用するニッケルの量が圧倒的に多い。ノリリスク・ニッケル社の生産する一次ニッケルの用途は、特殊鋼、耐熱合金、二次電池である。これらを製造する産業がロシアでは未発達である結果、ノリリスク・ニッケル社の販売の約9割が輸出である。ロシアに留まるニッケルのうち、民需を引いた量のみ軍需産業で使用する。ノリリスク・ニッケル社にとって、軍需産業の重要性は著しく低い。

ロシアにおいて、ノリリスク・ニッケル社が兵器生産を支えていると意識している人はいないだろう。また、ロシアでは物資としてのニッケルは有り余っているので、ひっ迫感もない。制裁により、ノリリスク・ニッケル社の生産を少し減らしたところでロシアの軍需産業に対する影響は軽微である。また、仮にノリリスク・ニッケルのニッケル生産が停止しても、これまでの在庫や市中のニッケルを使用した部品の在庫で相当長期間、兵器生産を続けられるだろう。ニッケル不足がボトルネックになり兵器生産量が減ったり、代用金属で兵器の生産を落とさざるを得なかったりする可能性はない。軍事産業側から見ても、ニッケルは意識の上に登らないほど存在感は小さい。半導体確保、工作機械の稼働維持等、遥かに重要な課題が数多くある。

ノリリスク・ニッケル社のニッケルがどうなろうと、ウクライナ戦争の戦場に直接的影響を及ぼすことは考えにくい。銅、白金族、コバルトでも事情は大同小異である。

ノリリスク・ニッケル社は戦争を直接支える存在としてはあまりに小さい。しかし、ノリリスク・ニッケル社は、日本円で売上が2兆円を超える大企業である。外貨獲得、ロシア国内への発注、雇用等の経済活動で、ロシア経済を支える。間接的に戦争を支える存在と言える。よって、ノリリスク・ニッケル社に対する制裁は、ロシア経済にダメージを与えることで、間接的にロシアの継戦能力に影響を与えうる。

## 2. ノリリスク・ニッケル社への制裁

制裁の内容 2023年9月末時点において、ノリリスク・ニッケル社自体は制裁の対象になっていない。制裁対象になるとは、ノリリスク・ニッケル社であることを要件として何等かの経済活動の制限を課すことである。具体的には、ノリリスク・ニッケル社を取引禁止の対象にしたり、輸出許可を出さない客先としてノリリスク・ニッケル社を指定したりすることである。ただし、ノリリスク・ニッケル社のオーナーであるポターニン氏は既に制裁対象になっている。

しかし、ノリリスク・ニッケル社は制裁の影響を受けていないわけではない。ロシアを対象とした制裁、品目を要件とした制裁によって、間接的に制裁を受けていると言える。例えば、資金調達や決済が困難になったり、欧米からの設備の輸入できなくなったりしている。

また、国家機関が行ったものではなくても、事実上、業界からの締め出しにつながるものがある。例えば、LPPM（ロンドン・プラチナ・パラジウム市場）はロシア企業の認定を取り消した。元々、ノリリスク・ニッケル社本体は貴金属の精錬を完結せず、LPPMの認定を受けていなかった。よって、ノリリスク・ニッケル社が認定取り消しになったわけではない。しかし、クラスツヴェトメット社等、ノリリスク・ニッケル社の白金族、金、銀の精錬委託先は認定取消対象となった。事実上、ノリリスク・ニッケル社の貴金属が認定を取り消されたようなものだった。銅、ニッケルに関しては、LMEはロシア産金属の取引に制限を課し始めた。

2023年に入ってから、英国がロシア産の金属に対する輸入禁止にすると発表する等、ノリリスク・ニッケル社の製品が制裁対象となる動きも始まっている。純然たる制裁の影響と言えるかは微妙だが、ロシア産品、対ロシアビジネスへの忌避の動きもある。ノリリスク・ニッケル社とのビジネスを避ける企業が現れた。

### 3. 制裁の影響の概要

営業面では主に欧州企業への販売が困難になった。ノリリスク・ニッケル社は販売先をアジアに移すことを強いられた。

調達面でも、欧米や日本からの設備・機器の輸入は困難になった。調達面での影響は、後述するとおり、生産に影響を及ぼしている。

結果、2022年から2023年前半にかけて、ノリリスク・ニッケル社幹部の発言は制裁に対する愚痴のオンパレードとなった。下記のノリリスク・ニッケル社幹部の愚痴を見ると、企業に対し制裁がどう影響するかわかるほどである。

- ・資金調達が難しくなった
- ・欧州での顧客を失った
- ・新規顧客開拓でコストがかかった
- ・物流ルートを変更しコストが上がった
- ・消耗品の調達難で、代替品使用を強要され生産効率が下がった
- ・補修部品の調達難で、設備のダウンタイムが増えた
- ・設備の輸入ができなくなり、将来プロジェクトの延期・再計画を強いられた

制裁は確実にノリリスク・ニッケルの業務を邪魔している。実際、2023年上半期には売上高、利益とも減少した。一方、ノリリスク・ニッケルは、生産停止や倒産レベルの事態には至ってない。利益が減ったとはいえ、他企業と比べればノリリスク・ニッケルの利益は高い（ロシア会計基準では2023年第1四半期に赤字になっている）。

他の金属産業も2023年前半は悲観的で、夏頃から急に楽観的になったが、どうもルーブル安に救われたようだ。また、ノリリスク・ニッケル社に限らず、ロシアの金属産業の製品はコモディティである。高付加価値製品と違い、質的・技術的に代替しやすい。買ったときの噂があったものの、制裁非参加国へ販売先変更が進んだことは事実である。

かつてノリリスク・ニッケル社の売上の半分を占めた欧州企業は、開戦後、ノリリスク・ニッケル社からの調達を代替先に切り替えていった。ノリリスク・ニッケル社の欧州向け販売の割合は、2021年には53%であった。2022年は既契約分の納入があり47%までの減少に留まった。しかし、2023年に入ると急減し、2023年第1四半期に24%まで下落した。

一方、中国を中心としたアジア向け売上の割合は、2021年に27%に対し、2022年には31%で微増にとどまっていたが、2023年第1四半期で45%になり上半期の売上のアジアの割合は50%を超えている。ノリリスク・ニッケル社の販売先は欧州から中国に移行した。

なお、米州は北米と南米で分けられていないが、割合に大きな変化はない。米国はニッケルには制裁関税を課しているが、引き続き、白金族を輸入している。生産への影響は存在するものの、生産不能に陥るほどのレベルではない。

制裁は経営悪化要因の1つではあるものの、コロナ被害や動員による労働力不足、中国の景気動向、金属市況、為替レート等、他の外部要因の1つに過ぎない。ノリリスク・ニッケル社に対し、決定的影響を与えるほどの破壊力はなかったと言える。

制裁影響の定量的評価を行いたいところであるが、他要因との分離が容易ではない。また、ノリリスク・ニッケル社は、ロシア企業の中では情報公開はしっかりやるほうであるものの、経営数値に制裁と他の要因を細かく仕分けられるほどの解像度はない。調達難やプロジェクト延期により、発注がされなければコストが減る。長期的には影響が出るものの、短期的には利益率の上昇要因になる。短期的な経営数値の変化から長期的な体質悪化を読み取るのは困難である。本稿執筆時では、これらの困難を乗り越え、定量化する方法論が思いつけていない。

ノリリスク・ニッケル以外へも、制裁は調達難、販売難、資金調達難等として作用する。しかし、作用の内容と機序は、各企業の経営内容によって異なる。ノリリスク・ニッケルは生産設備で国外依存であるが、原料は自前である。また、設備は国外製であってもサポートが止まるとすぐにまったく動かせなくなるという性質のものではない。製品はコモディティであり、新たな顧客への販売が比較的容易である。同様の条件を満たすロシア企業では影響は似たようなものになるだろう。しかし、製造業で同様の条件を満たす企業は少ない。企業の生産・経営への影響は、業態・業容ごとに検討していく必要がある。

#### 4. 生産への具体的影響

ノリリスク・ニッケルの生産は、述べてきた通り、欧米の技術や設備に依存する。制裁は欧米に依存できなくするものである。

ノリリスク・ニッケル社は営業面でも欧州依存だった。しかし、営業面では前述のとおりコモディティ商品を買っていることが幸いし、比較的短期間に欧米依存から中国依存へシフトすることができた。

一方、生産面では生産技術の再構築を要求される場合も存在し、コモディティ商品の販売先変更よりも難しさがある。特に欧米の機器を前提に計画されていた将来計画の再構築はまだ終わっていない。現在進行形で製品を生んでいる現行生産への影響と、将来プロジェクトへの影響に大別される。

### (1) 現行生産への影響

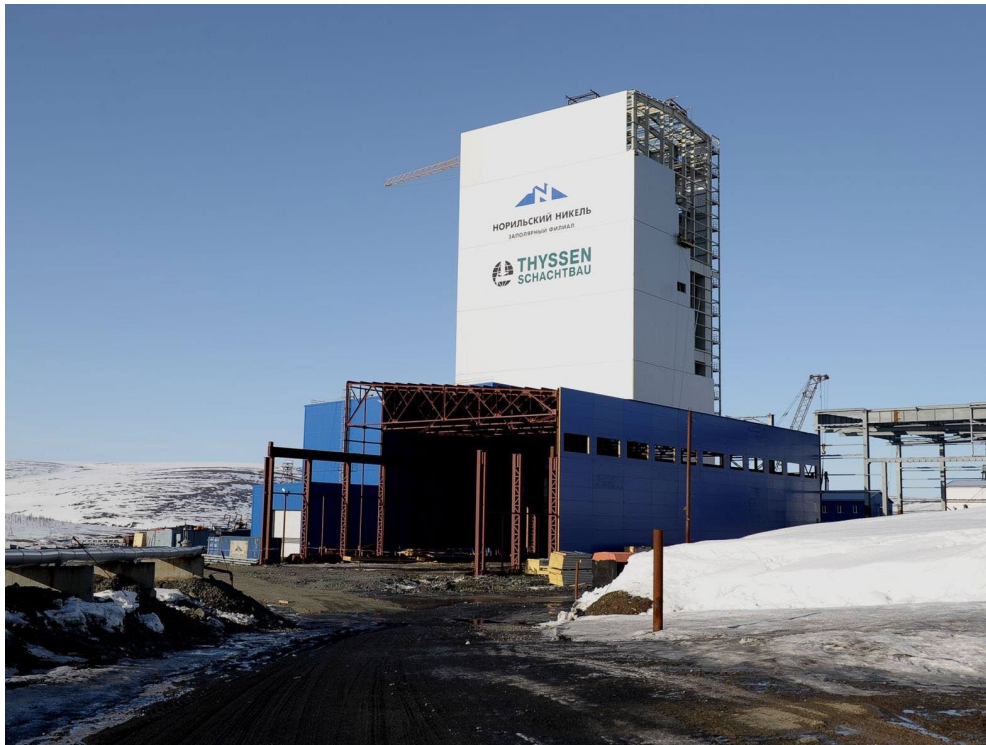
現行生産はすでに設備が稼働しているため、一見すると制裁による設備輸入の影響はなさそうに見える。しかし、機械にはメンテが必要で、正常な可動には設備メーカーのアフターサポートが必要になる。消耗品が存在する機器や、補修部品が必要であり、また、技術指導は技術の輸出に該当する。設備導入後も、設備メーカーからの継続的輸入が必要である。

ノリリスク・ニッケル社の海外調達先

企業名	国	製品
Liebherr	ドイツ	鉱山用ダンプトラック、油圧ショベル、クレーン
コマツ	日本	鉱山用ダンプトラック、油圧ショベル
キャタピラー	米国	油圧ショベル
Terex	米国	油圧ショベル、クレーン
Paus	ドイツ	坑内車両
Normet	フィンランド	鉱山機械、採掘機械
Epiros	スウェーデン	鉱山機械、採掘機械、換気装置
Sandvic	スウェーデン	鉱山機械、採掘機械、換気装置
Siemag Tecberg	ドイツ	巻き上げ機
Semperit	オーストリア	ベルトコンベヤー
オウトテック	フィンランド	冶金設備
Ebner	ドイツ	冶金設備（塩素浸出）
Wilo	ドイツ	ポンプ
Nokian	フィンランド	タイヤ
Bridgestone	日本	タイヤ
Evatherm AG	スイス	環境機器（冶金工場の排水処理）

出所：報道、ノリリスク・ニッケル社 Website、各社 Website 等より作成

## 海外技術の使用例 スカリスティ鉱山



出所：ノリリスク・ニッケル社 Website

スカリスティ鉱山は、ノリリスク本部の鉱山で、大深度の鉱脈を採掘する。櫓にドイツ企業の名前が入るが、大深度の坑道の掘削に海外の技術を導入していることが読み取れる。

ノリリスク・ニッケル社では、鉱山機械、精錬設備、輸送設備等で欧米や日本の設備、機械を使用していた。例えば、コマツやドイツの **Liebherr** 社の油圧ショベルや鉱山用ダンプカーを鉱山で使用し、ドイツの **SiemagTeberg** 社の機械で地下から鉱石を運び上げ、オーストリアの **Semperit** 社のベルトコンベヤーで鉱石を搬送し、フィンランドの **Outotec** 社の選鉱機で選鉱し、**Outotec** 社の自溶炉で精錬するといった感じだ。

制裁で輸入に支障が出ると、こうした輸入品の使用には困難が発生していく。性能の低い代替消耗品を使用することや、アフターサポートが受けられないことで、生産効率が落ちる。代替品選定には技術的検討や試験が必要となりコストがかかる。すでに輸入設備・機器が動いている場合でも、制裁による生産への悪影響が発生する。

### ①消耗品

報道されたノリリスク・ニッケル社幹部の発言の中に、消耗品調達難による生産効率の低下というものがあった。詳細は不明であるが、ノリリスク・ニッケル社が使用する機器の顔ぶれから次のようなことが推察できる。

ノリリスク・ニッケル社で使用する機器は、正常な使用の下でも一定の消耗品の交換を前提とする。例えば、固い鉬石との接触にさらされる採掘機のバイトや、ベルトコンベヤーは消耗せざるを得ない。ロシアでは最良のものを選定した結果、欧米からの輸入品を使用している場合がほとんどである。制裁により消耗品を国産品や制裁非参加国の製品に変えた場合、パフォーマンスの低下が避けられない。例えば、硬度や強度が低いバイトを使用すれば採掘の効率は下がる。また、耐久性の低いベルトコンベヤーを使用すれば交換頻度が上がる。交換による手間や設備停止増加などの悪影響が発生する。

## ②アフターパーツ

生産効率を上げるためには、設備の稼働時間を可能な限り長くし、段取りやメンテで設備が停止する時間を短くする。機械である限り故障の発生は避けられないが、なるべく早期に修理を行い製造に復帰させる必要がある。修理には補修部品や設備メーカーの技術者によるサポートが必要になる場合がほとんどである。補修部品の輸入や設備メーカー技術者のサポートは、制裁で困難になっている。結果として、ノリリスク・ニッケル社幹部の発言にあるように、設備の停止時間が増え、生産効率に悪影響を及ぼしている。なお、設備メーカーの技術者によるサポートなしに自力で修理する場合でも、非純正補修部品を調達する場合でも、技術力向上や技術的検討が要求される。これらは、制裁さえなければ存在しなかった余計な仕事である。企業内の人間の一举一動はコストであり、余計な仕事を発生させることもコスト悪化や効率低下に直結する。

## ③ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタへの原料輸送

ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、原料としてノリリスク本部ナデージュダ工場で製造され、コラ MMC で破碎されるニッケル転炉マットを使用する。外部原料も使用するが、原料のほとんどがロシア製造のニッケル転炉マットである。ロシア国境をまたぐ陸上輸送は、制裁で障害が発生した。また、フィンランドの鉄道業者は、輸送を拒否した。ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタは、原料輸送を代替経路に切り替えることを強いられた。

## (2) 生産発展プロジェクトへの影響

ノリリスク・ニッケル社はソ連崩壊後、一貫して生産改善を進めてきた。生産性効率や生産量を上げるとともに、環境負荷を低減してきた。しかし、生産改善は欧米からの技術導入や欧米製機器の使用を前提としていた。欧米からの設備輸入が難しくなっ

たことで、欧米製設備による生産改善、生産量拡大プロジェクトは困難になっている。  
2023年9月時点で、遅延や計画の見直しを迫れているプロジェクトが複数ある。

#### ①近年のノリリスク・ニッケル社の生産改善

ノリリスク・ニッケル社の硫化銅・ニッケル鉱の精錬は、二酸化硫黄を発生させるため、事の性質上、環境負荷が大きい。また、銅、ニッケルは環境中に流出させれば、製品となる金属が無駄になるだけでなく、やはり環境を汚染する。ソ連時代、二酸化硫黄を大量に環境中に放出していただけでなく、金属を回収する効率も悪く、大量の金属を無駄に流出させていた。ソ連崩壊後、現在に至るまでノリリスク・ニッケル社は生産性向上、環境負荷低減、生産性拡大に努めてきた。近年のプロジェクトも、ソ連崩壊後に行われてきた生産改善プロジェクトと一貫性がある。なお、1カ所だけ量的生産能力が拡大しても、前工程と後工程の量的能力拡大が伴わなければノリリスク・ニッケル社の生産量は増えない。1つの工程の量的能力拡大は、他の工程の量的能力拡大とリンクする。また、主に環境対応を目的として、多くの工程が廃止されてきた。廃止された工程がある場合、同様の機能を果たす新しい工程が新設や増強がなされる。

#### ②完了したプロジェクトと効果

最近10年以内に完了したプロジェクトを紹介し、どのような効果を狙ったものかを解説する。プロジェクトの具体的内容を見れば、生産性向上、環境負荷低減、生産性拡大を目指していることが見て取れる。

##### ・コラ MMC ニッケル電解工程-2 改造

コラ MMC のニッケル電解工程-2 は、2017年から2020年にかけて改造された。塩素浸出・電解採取に対応したラインに改造され、電解槽増設で量的生産能力も拡大した。電解採取は電解精製より効率がよいとされる。ノリリスク・ニッケル社が説明するには、陽極ニッケル製造や陽極泥の回収の過程で、金属粉の飛散や電解槽の汚れとして掃除されてしまうことで、金属が失われてしまっていた。金属粉飛散量低減により労働環境も改善する。また、陽極板の設置や陽極泥回収といった作業もなくなることで労働負荷も下がる。

##### ・ノリリスク本部ニッケル工場閉鎖

ノリリスク本部ニッケル工場は2016年に廃止された。ニッケル工場という名称が紛らわしいが、ノリリスク本部のニッケル工場は、ニッケル精錬の後工程（精製）を担っていた工場である。ノリリスク本部の二酸化硫黄の大排出源が一つ始末さ

れたことで、大気汚染を減らすことができた。生産効率も悪かったことが推察されるが、閉鎖により効率の良い MMC のニッケル精製部門へ集約できた。

- ・ コラ MMC 溶錬工場閉鎖

2020 年、コラ半島ペチェンガ地区ニーケリ市にあったコラ MMC 溶錬工場が廃止された。設備が古く、環境負荷が問題となり、廃止となった。コラ MMC ではセヴェルヌイニ鉱山とザポリャルヌイ選鉱場は残ったが、溶錬機能は全廃となった。結果として、コラ MMC では選鉱した精鉱を自前で処理できなくなった。精鉱はノリリスク本部へ送るか、外販することになった。ノリリスク・ニッケル社によると、本精錬所の廃止で、コラ MMC の二酸化硫黄排出は半減したようだ。

- ・ コラ MMC 冶金工程閉鎖

2021 年、モンチェゴルスク市のコラ MMC 工場内にある冶金工程（銅精製の旧ライン）を廃止した。ノリリスク・ニッケル社は、旧銅精製工程の廃止により二酸化硫黄排出量は 7 割減となったとする（ニーケリ市精錬所の廃止で半減した内の 7 割）。後述のとおりコラ MMC では、新技術による新銅精製工程の建設を計画中である。

### ③ 未完のプロジェクト

未完のプロジェクトは、制裁の影響を受ける可能性が高い。欧米製の設備がプロジェクトの中心を構成していた場合、設備輸入困難によりプロジェクトそのものが成り立たなくなる。実際、ノリリスク第二選鉱場やナデーユダ第三自溶炉の増設は、計画が頓挫し、計画の立て直しが強いられている。また、すでに設備が納入済みであっても、設置工事に欧米設備メーカーのサポートが必要な場合もある。工事や試運転も遅れる可能性がある。設備が稼働しても、現行生産と同じく、消耗品の調達に問題が出たり、アフターサポートが受けられなくなったりする可能性が高く、現行生産で発生している問題に苦しむことになる。

- ・ ノリリスク 1 鉱床採掘量拡大

ノリリスク・ニッケル社は現在採掘中の鉱山以外にも鉱山開発を行い、新鉱床の探査を行っている。現行鉱山の枯渇に備えるとともに、採掘量拡大を目指している。現在、開発が進んでいるのはノリリスク 1 鉱床のザポリャルヌイ鉱山である。露天掘りでの採掘を開始しているが、将来的には坑内採掘も行う計画であった。なお、現在、名前が出ている鉱山名はザポリャルヌイ鉱山だけだが、ノリリスク

1 鉱床の開発が進んだ場合、すべての採掘現場がザポリャルヌィ鉱山と呼称されるかは不明確である。

数字の精度が怪しいが、複数の報道を組み合わせると、2022年の年間採掘量は鉱石150万tであったが、2024～2025年に900万t、2027年までに鉱石1,300万tを目指すとしていた。ザポリャルヌィ鉱山の増産、後述のノリリスク第二選鉱場の稼働、ナデージュダ冶金工場第二自溶炉更新・第三自溶炉増設等、選鉱・精錬能力向上との合わせ技で、年間生産量に白金族20t強、ニッケル13,000t、銅20,000t上積みする予定だった。報道によると、資金調達難と設備の輸入困難により上記スケジュールは後ろ倒しとなった。採掘量だけであれば、選鉱・精錬と比べれば技術的には容易であろう。しかし、後述の後工程のプロジェクトの目途が立っていないことから、仮に採掘量を増やしても金属製品の生産量拡大は難しい。

#### ・ノリリスク第二選鉱場建設

ノリリスク選鉱場では、第二選鉱場が計画されていた。Outotec社製の浮遊選鉱機を導入する予定だった。ノリリスク1鉱床のザポリャルヌィ鉱山の採掘量拡大に連動した動きであった。ザポリャルヌィ鉱山の鉱石は鉱染鉱であり、取り除くべき岩石成分が多いため、選鉱負荷が高い。能力の高い選鉱機の使用が望ましい。

制裁により、Outotec社からの輸入が困難になり、計画が頓挫した。現在、計画そのものを見直し中である。2023年中に代替計画が策定されると報道されていたが、2024年2月の原稿執筆時点ではまだ発表されていない。ノリリスク1鉱床の採掘量拡大が遅れることから、計画見直しの間の遅れによる損害は出ないものの計画見直しに伴うコストは発生する。ノリリスク1鉱床の採掘拡大がなされる限り、第二選鉱場建設は必要になると思われる。代替の選鉱機を使用した場合、Outotec社製選鉱機を使用するより効率が下がることが予定される。

#### ・タルナフ選鉱場増設

タルナフ選鉱場ではタルナフ第三選鉱場の建設が進む。選鉱機のメーカーは明確にできていないが、おそらくOutotec社製と推察される。2023年9月時点で、すでに選鉱設備は納入済みらしく、設置工事が行われている。設備が納入済みであれば、制裁による影響は小さいと予想される。しかし、設置工事へのメーカーのサポートが必要であれば、工事遅延の可能性もある。また運転開始後のメンテにも支障が出る可能性がある。

## Outotec 社製浮遊選鉱機



出所：ノリリスク・ニッケル社資料

### ・ナデージュダ冶金工場第二自溶炉更新

ナデージュダ冶金工場はノリリスク・ニッケル社のニッケル溶錬が集約されている。原料のニッケル精鉱にはノリリスク・ニッケル社の白金族の6割以上が含まれる。ナデージュダ冶金工場の生産効率はノリリスク・ニッケル社のニッケル製造、白金族製造の生産効率に影響する。

ナデージュダ冶金工場には、第一自溶炉と第二自溶炉の2基の自溶炉があったが、第二自溶炉を更新する工事が進んでいた。これまでの第一自溶炉と第二自溶炉も Outotec 製であったが、更新用の炉は、Outotec 社の Direct Nickel Smelting という技術を用いる新型炉である。従来のニッケル溶錬工程では、自溶炉だけでは鉄の除去が十分にできなかった。転炉を使用することでさらに鉄を取り除き、ニッケル転炉マットを製造していた。新型炉導入により自溶炉だけでニッケル転炉マットが生産できる。また、二酸化硫黄の回収がよりやりやすくなる。転炉の廃止に

よる工程短縮・エネルギー削減、溶融マットの移動不要による作業量削減・安全性向上・二酸化硫黄放出減少、移動による金属ロスの低下等、メリットは多い。

制裁により **Outotec** 社の設備輸入が困難になる前に、二号炉は炉本体が納入されていた。公式には制裁の影響はないとされる。2023年9月の時点で、設置工事・運転試験が進んでいるとみられる。仮に設置工事に **Outotec** 社の関与が必要な場合、制裁の影響を受ける。スーパーバイザー派遣等に支障が出て、工事遅延の懸念がある。また、運転後に **Outotec** 社のアフターサポートを受けられない可能性があり、非純正部品の使用や停止時間の長期化等による効率低下の恐れもある。

- ・ナデージュダ冶金工場第三自溶炉増設

ナデージュダ冶金工場では第三自溶炉の増設計画が立てられていた。第三自溶炉は第二自溶炉と同じ **Outotec** 社製新型炉を導入する計画だった。制裁で **Outotec** 社からの設備輸入が困難になり、計画が頓挫した。現在、計画そのものを見直し中で、2023年中に代替の炉の検討を含め計画見直しをする予定である。しかし、2024年2月の本原稿執筆時点で、見直された計画は出ていない。現実的には、**Outotec** 社の新型自溶炉に相当する自溶炉の、ロシア国内や制裁非参加国からの調達は、困難と思われる。

計画を見直した結果、長期間延期するのか代替の自溶炉を導入するかは現時点ではわからない。計画延期になれば計画されていた生産拡大が遅れ、中止になれば生産拡大ができなくなる。代替の炉を導入すれば、予定されていた効率でのニッケル溶錬ができなくなる。ニッケル、白金族の生産効率向上や生産量拡大に悪影響が出る。

- ・ナデージュダ冶金工場硫黄プロジェクト

硫黄プロジェクトとは、発生する二酸化硫黄を、硫酸を経て石灰石と中和し、石膏にすることで大気中への放出を削減するプロジェクトである。ノリリスク本部における二酸化硫黄の放出を45%削減できる見通しであった。すでに設備は納入され、試験運転を開始している。2024年には能力一杯での運転に入れるとされる。すでに海外企業の関与が必要とされる段階を過ぎていると推察され、予定どおりに稼働できる可能性が高い。

- ・ノリリスク本部銅工場硫黄プロジェクト

ナデージュダ冶金工場に続き、ノリリスク本部銅工場でも硫黄プロジェクトが実施される予定であった。ナデージュダ冶金工場の硫黄プロジェクトの45%に加え、

もう 45%が銅工場の硫黄プロジェクトで削減される予定だった。硫黄プロジェクト実施前に対し、90%削減できることになる。2023 年中に設計を完了させる予定だったが、欧米からの機器の輸入ができなくなったため、計画は頓挫した。2023 年後半にかけて計画を立て直すとしている。

- ・ コラ MMC 新銅精錬ライン建設

コラ MMC では旧銅精製ラインを廃止した。しかし、2025 年までに新銅精錬ラインを建設する計画がある。

新ラインでは、ノリリスク本部の銅工場で行われている銅電解精製に代わり、浸出・電解採取による銅精製を予定する。

浸出・電解採取の導入により、中間生成物の溶解を必要とせず、二酸化硫黄の放出も抑制できる。陽極泥の回収や電極の設置などの手間も削減できる。金属の回収効率も上がる。

現在ではコラ MMC のニッケル精製の過程で分離される銅は、ノリリスク本部の銅工場に送り精製している。また、ノリリスク・ニッケル・ハルヤヴァルタで分離された銅も、ノリリスク本部に送る必要がある。コラ MMC で銅の精製を復活できれば、銅中間生成物のノリリスクまでの物流を削減できるし、ハルヤヴァルタからの銅中間生成物の物流も短縮することができる。

コラ MMC のニッケル塩素浸出・電解精製では、ノリリスク・ニッケル社開発とされる技術が用いられているが、Ebner 社などの海外企業の設備を使用する。銅の浸出・電解採取でも、類似の設備を多用するのであれば、制裁の影響は避けられない。現在のところ遅れたという報道はなされていないが、制裁により遅れや計画見直しとなる可能性がある。

- ・ コラ MMC ニッケル電解工程-1 改良

ニッケルの電解精製を行うコラ MMC ニッケル電解工程-1 も 2025 年に向けて改良の予定がある。資料から具体的な改修内容を十分に読み取ることができない。海外企業の関与の度合いが不明だが、2025 年を目指したプロジェクトである限り、国外製機器を使用するなら調達難の影響を受けることが予想される。

- ・ チョルノゴルスコエ鋳床開発

ノリリスク・ニッケル社が資本参加はしないが関与はする開発として、ロシア・プラチナ社によるチョルノゴルスコエ鋳床の開発がある。チョルノゴルスコエ鋳

床は、ノリリスク市の近郊にある白金族を伴う硫化銅・ニッケル鉱床である。計画では鉱山開発と選鉱場の建設を予定していた。

もともと、チョルノゴルスコエ鉱床の開発には、ノリリスク・ニッケル社も資本参加を予定していたが、制裁とは関係なく資本参加は取りやめになっていた。一方で、選鉱場で生産された精鉱はノリリスク・ニッケル社の精錬の流れに載せることになっていた。

チョルノゴルスコエ鉱床の開発は紆余曲折があったため、本当に制裁の影響だけかどうかは不明だが、制裁を理由として1年延期になった。仮に選鉱場の設備がOutotec社製で、納入前であればノリリスク第二選鉱場と同じ状況である。1年の遅れで済むかはわからない。

### (3) 製造への制裁影響の評価

現行の生産においても、効率や生産量を落とす方向で、制裁が機能している。また、将来プロジェクトも延期を強いられ、代替設備使用による効率悪化は避けられない。効率低下、生産量減、コストアップ、売上発生遅延等、ノリリスク・ニッケル社の経営に悪影響を与えていることは明らかである。

しかし、ノリリスク・ニッケル社の収益性は非常に高かった。多少、生産効率が落ちても、経営難に陥ることは考えにくい。

余計なコストが発生していても、輸入難によって設備調達の内額は減少している。短期的にはキャッシュフローは改善する。また、会計上、コストが下がったように見える場合もある。生産性が低下し、コストアップが発生していても、経営数値にそのまま反映されるわけではない。

将来の売上の伸び、利益率に悪影響が発生するはずである。しかし、生産量も、売上も、需給や金属価格の影響を大きく受ける。発表される経営数値から、変動の要素を完全に明らかにすることは困難である。

現在、予定されていた将来プロジェクトで、頓挫したものは計画見直し中である。設備更新、新型設備での生産ライン建設が不可能になるのか、代替品で効率を落とせばプロジェクト実施が可能なのかは、現時点では明らかでない。

現状明らかなのは、ノリリスク1鉱床、ノリリスク第二選鉱場、ナデージュダ冶金工場の第三自溶炉増設が遅れたことで、白金族20t強、ニッケル1万t強、銅約2万t程度の増産計画が宙ぶらりんになっていることである。確かに、これら金属の価値分

の売上が打撃を受けたことになる。しかし、生産能力を拡大しても、需給バランスによってその生産能力が必要とされるかはわからない。また、現時点では遅れの程度もわからない。この打撃のノリリスク・ニッケルへのインパクトの定量化は困難である。

影響の定量化が困難であることは、制裁の打撃が他の経営悪化要因と比べ突出して大きくないことの裏返しでもある。ノリリスク・ニッケルの生産活動は邪魔されているが、致命的ではないレベルに留まる。サポート不能で動かなくなると言われる工作機械とは、事情が大きく異なる。ノリリスク・ニッケルの設備は、不便ではあっても制裁下の運転は可能である。将来プロジェクトの影響次第ではしばらくの間、ノリリスク・ニッケル社の成長が止まる可能性がある。しかし、現行の生産は継続中であり、多少の効率の低下を抱えつつも、これまでと大きく変わらない生産は維持できると見られる。

## まとめ

ロシアを代表する企業の1つであるノリリスク・ニッケル社は、他のロシア企業同様、制裁の影響を大きく受けた。ノリリスク・ニッケル社は白金族を伴う優良な硫化銅・ニッケル鉱床を採掘するため、原料はロシア国内で確保できる。しかし、ノリリスク・ニッケル社は単に鉱石を採掘するだけではなく、鉱石を精錬し金属を作る製造業としての側面を持つ。ソ連崩壊後、ノリリスク・ニッケル社は海外からの技術、設備を導入することで、生産を改善してきた。世界最良の技術を用いてきた一方で、他のロシア製造業と同じく海外依存体質になった。

海外依存とは欧米依存ということだが、制裁でこれまで使用してきた消耗品や機器の輸入ができなくなった。生産効率を落とさざるをえないと同時に、将来プロジェクトがお流れになった。営業面での影響もあり、制裁はノリリスク・ニッケル社の経営に悪影響を及ぼした。

しかし、制裁の破壊力は限定的で、ノリリスク・ニッケル社の経営が傾くほどの打撃はない。生産は大きく落ちることなく続いている。制裁によって、他にもある経営の悪化要因が増えたに過ぎない。一方で、将来の生産増が延期になり、質的に劣る代替品の使用を強いられているのも事実である。得られるべき利益が減ったり、先延ばしになったりしたのは明らかである。ノリリスク・ニッケル社に関しては、制裁の打撃を受けているが、対処可能な範囲の打撃に留まっていると言える。しかし、対処可能

な範囲に留まったのは、ノリリスク・ニッケル社の個別事情の結果であり、他業界、他社の場合は事情が異なり、必ずしも同様の状況とは限らない。

制裁は明らかにロシア経済にダメージを与えている。しかし、ノリリスク・ニッケル社は、軍事力を直接的に支えているわけではない。継戦能力への影響は間接的である。継戦能力を損なわせる方向への圧力となっているが、決定的に大きなものではない。

世界の産業界がノリリスク・ニッケル社のパラジウムやニッケルを必要とするように、ノリリスク・ニッケル社も国外での売上を必要とする。ノリリスク・ニッケル社は、戦争が始まらなければ平穩に優良企業でいられた。戦争で戦犯扱いになり、制裁で散々に仕事を邪魔された。本音では戦争など勘弁してほしかったと思っているように見える。

## 第二部

### ロシア航空産業への制裁影響

## はじめに

2022年の開戦により、ロシアの航空産業に対する制裁は桁違いに強化された。旅客機の新規調達だけでなく、アフターサポートや現行リース契約の継続も規制された。普通の国であれば、航空路の維持が不能になるレベルであった。ロシアは、比較的強力な航空産業と航空インフラを持つ。極めて大胆な手段も含め、ロシアは制裁への対抗を試みた。結果として、現在のところは、曲がりなりにも航空路は維持されている。とはいえ、現在の手持ち外国製旅客機による航空路維持は、いずれ限界を迎えることが予想されている。さすがのロシアも、長期間、このまま突っ走るのは困難であろう。これは、ロシアでも共通認識である。

本稿では、2022年以降のロシアの航空産業に対する制裁影響を、ロシアの対応能力とともに検証する。

### 1. 航空産業の定義と制裁分析

航空産業という言葉はいい加減である。航空機を運航する産業を示す場合もあれば、航空機を製造する産業を示す場合もある。また、両方を包括するものとして使用されることもある。本稿では、航空機を製造する産業を航空工業、航空機を運航する産業を航空会社、双方を包括する用語として、航空産業を使用する。

ロシアにおける制裁の影響の理解には、航空会社と航空工業の関係の整理が必要である。航空会社は、航空工業から調達した航空機を使用する。航空工業は航空会社のサプライヤーとなるが、両者の関係は新機材の導入時に留まらない。航空会社による航空機運航には、整備が必要である。整備には、航空工業が供給する部品や技術情報が必要とする。ジェットエンジン整備のように、航空工業と航空会社の双方が実施しているものもある。航空工業と航空会社の連携によって、はじめて航空路は機能する。

制裁は、ロシアの航空会社と海外の航空工業の連携を絶つ機能を果たした。一方で、ロシアには航空工業が存在する。航空関連の制裁分析では、ロシアの航空工業がどれだけロシアの航空会社を支えられるかも、大きな検討課題となる。

なお、軍隊は産業ではないが、軍用機を製造する産業は、航空工業の一部である。本稿では、軍隊や戦闘に対する制裁影響を論じない。基本的に航空工業は旅客機を中心とした民間機製造に関する部分とする。

## II. ロシアの航空産業の状況

### 1. ロシアの航空会社の運航状況

現状のロシアにおけるジェット旅客機運航状況を概説する。数値は、2023年10月13日にフライトレーダー24で拾ったものである。一部、データが拾えないものもあるが、だいたいの状況は把握できる。以下、次ページの図表を参照しながら、読み進めていただきたい。なお、2024年3月の本稿執筆時点においても、状況は大きく異なっていないと推察される。

ジェット旅客機は、機体のサイズにより、広胴機（ワイドボディ機）、単通路機、リージョナルジェット機の3つに分類できる。広胴機は、通路が2本通る大型機で、250～400名を輸送でき、航続距離が長い。ロシアでは、エアバスA330、A350、ボーイング777等が運航されている。単通路機は150～200名の乗客を輸送する。事実上、短通路機はエアバスA320とボーイング737の2機種であるが、若干性格が異なる複数の派生モデルが含まれる。スホーイスーパージェット（SSJ）やエンブラエルE170等のリージョナル機は100名以下の乗客を輸送する（以下、SSJは略称を用い、機種名の中のボーイング等の社名は省略する）。現状のロシアの航空路ではリージョナル機にのみ、ロシア製・ソ連製の機体が残る。

ロシアではアエロフロート、S7航空、Rossiya、UTAir、ウラル航空の5社が大手である。この5社の管理下にあるとされる機体は522機であり、うち444機が輸入である。また、412機は単通路機以上の規模の旅客機で、すべてエアバスかボーイング製である。412機の内、胴体内に2本の通路が通る広胴機は60機である。また、352機の単通路機には新型と旧型があり、後述するように新型は維持体制に不安がある。一方、旧型単通路機には寿命が近い機体も存在する。新型単通路機は59機、旧型の単通路機は293機である。

ざっくりとした座席数に基いた計算では、ロシアの航空会社は8～9割の輸送力をエアバス、ボーイングに依存している。残り2割以下の多くも外国製リージョナル機が担う。また、6～7割の輸送力が単通路機である。広胴機の輸送力は2割程度と見られるが、単通路機の航続距離は短いので、長距離路線は広胴機に依存する。総座席数だけでは広胴機の重要度は分からない。

## 大手 5 社旅客機内訳

機種		エンジン		カテゴリ		整備可否		大手5社 機種毎の機数					
機種名	メーカー	機種名	メーカー	分類	機数	機体 D整備	エンジン 分解整備	アエロ フロート	S8航空	Rossiya	UT Air	Ural	
A330-300	エアバス	Trent700	RR	広胴機	60	×	×	11					
A350-900	エアバス	TrentXWB	RR			×	×	8					
B777-300ER	ボーイング	GE90-115B	GE			×	×	22			4		
B777-300	ボーイング	Trent800	RR			×	×					3	
B767-200	ボーイング	CF6-80	GE			×	×						3
B747-400	ボーイング	CF6-80	GE			×	×					8	
B747-400	ボーイング	PW4000	PW			×	×					1	
A320neo	エアバス	LEAP1A	CFM	新世代 単通路機	59	×	×	6				3	
A320neo	エアバス	PW1100G	PW			×	×		31				
A321neo	エアバス	LEAP1A	CFM			×	×	3					8
A321neo	エアバス	PW1100G	PW			×	×		8				
A319ceo	エアバス	CFM56-5A,B	CFM	旧世代 単通路機	293	△	△		3	18		4	
A320ceo	エアバス	CFM56-5A,B	CFM			△	△	52	16	8			20
A320ceo	エアバス	V2500 *	IAE			△	×						3
A321ceo	エアバス	V2500 *	IAE			△	×						5
A321ceo	エアバス	CFM56-5A,B	CFM			△	△	32	8				9
B737-900	ボーイング	CFM56-7B	CFM			△	△					2	
B737-800	ボーイング	CFM56-7B	CFM			△	△	38	20	11			17
B737-700	ボーイング	CFM56-7B	CFM			△	△						1
B737-600	ボーイング	CFM56-7B	CFM			△	△						
B737-500	ボーイング	CFM56-3	CFM			△	△						20
B737-400	ボーイング	CFM56-3	CFM			△	△						6
SSJ	サコブレフ	SAM146	Power Jet	リージョナル 機	110	△	△ *			78			
E170	エンブラエル	CF34-8E	GE			×	×			17			
ATR72-500 *	ATR	PW127F	PWC			×	×						15

出所：Flightrader 24 より作成

注

\* 2023 年 10 月 13 日のデータ

\* 抜け漏れのある可能性があるが、大きくは外れていないと思われる。

\* ロシアでは V2500 エンジンの分解整備はできない。旧世代単通路機でも、V2500 を搭載する機体は早期に維持困難になっていくと思われる。

\* SSJ のエンジン SAM146 はロシアで最終組立が行われるもので、分解整備そのものはできる。しかし、フランス製の高压部の部品入手が不可能と言われており、実質的に整備不能。なお、SAM146 以外のエンジンはすべて輸入。

\* エンジンメーカーの略称は下記のとおり

GE=GE 米国、RR=ロールスロイス 英国、PW=プラット・アンド・ホイットニー 米国

CFM=CFM インターナショナル 米 GE と仏スネクマの合弁

IAE=International Aero Engine 実質 PW

Power Jet 露サトゥルンと仏スネクマの合弁

PWC=プラット・アンド・ホイットニー・カナダ

\* ATR72 はターボプロップ機。イタリア・フランス共同出資の ATR が製造する。

ロシアの航空輸送力の最大勢力は単通路機である。旧世代の単通路機の中で、V2500 エンジンを使用する 8 機、老朽化が心配される CFM56-3 を使用する 26 機を除く 258 機が比較的維持しやすい。

なお、Yak-42 等のソ連機種やターボプロップ機の大半は大手以外の航空会社で運航される。

ボーイング、エアバスの製造した 412 機のうち、運航データが拾えない機体が航空会社によって 1～3 割存在する。運航データが拾えない機体は、単にデータが拾えなかっただけの可能性があるが、一部は運航できない状況と推察される。現状、筆者では高い精度で休眠している機体を拾い上げる手段がないものの、稼働不能機はせいぜい数十%のレベルに抑えられていることは確かである。言い換えれば、壊滅的状況とか、半減とかいった状況になく、ロシアは概ね航空路を維持できていると言える。

とはいえ、退役した旧型ロシア製旅客機である Tu-214 を復活させた事例もあり、旅客機不足の兆候も見える。

## 2. ロシア航空工業の旅客機生産規模

ロシアはソ連時代に旅客機を自国で生産してきた。ソ連崩壊後、ロシアの旅客機生産は継続したものの、ボーイング社、エアバス社と比較して極めて劣勢である。

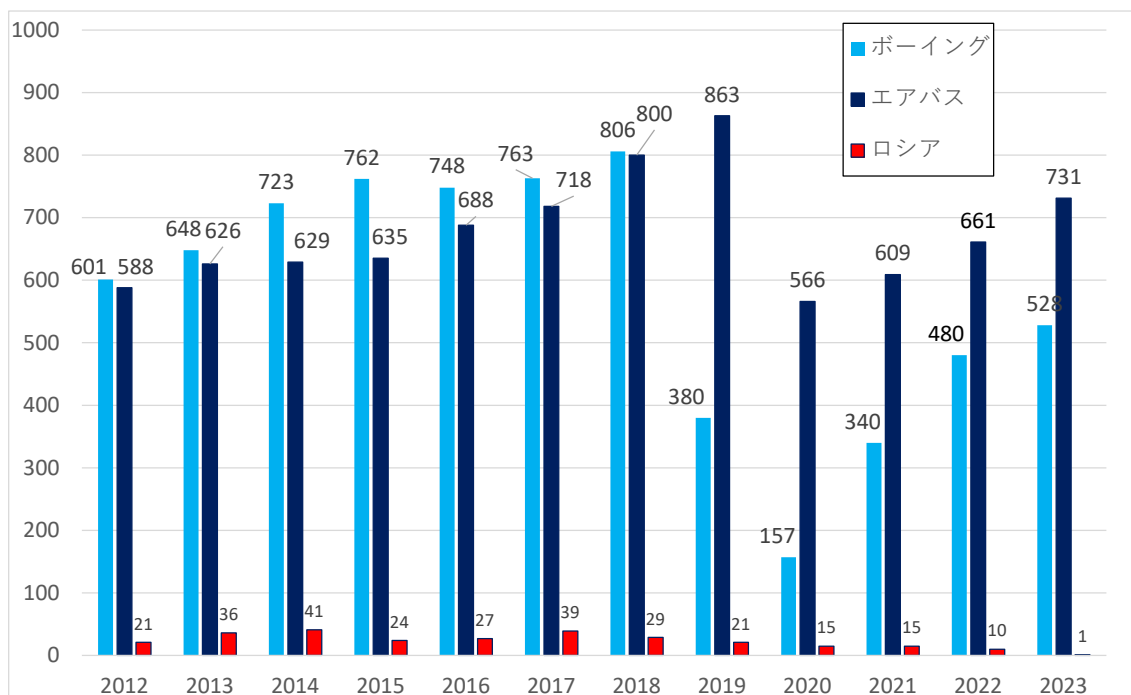
現在、世界の旅客機生産は、ボーイング社、エアバス社が圧倒的な存在である。単通路機から、大型機までラインナップに揃え、生産機数でも 3 位以下を圧倒する。生産する機体が 3 位以下の企業よりも大きいことを併せて考えると、産業としての規模は生産数以上の差がある。3 位以下の生産数をすべて足しても、ボーイング社、エアバス社の前では影の薄い存在となってしまう。

ロシアはソ連時代の旅客機の生き残りとして 2000 年代から開発を始めた旅客機を生産する。生産数はボーイング社、エアバス社と比較すると、圧倒的に少なく、3 位のエンブラエルと比較しても少ない。ソ連崩壊後の最大生産数は 40 機に満たない。また、40 機レベルの生産も維持できていない。開戦前から生産数が乱高下してきたため、どこが実力であるかを見極めるのは困難であるが、仮に開戦がなくても、生産規模は限定的であった。

ロシアの旅客機は、ソ連時代に開発された機種と新世代機種に大別される。ソ連機種は官需用に細々と生産されるのみで、新世代機種が主役であった。しかし、新世代機種の生産は、販売不振や 2018 年から強化された制裁によって、開戦の遙か前から厳しい状況にあった。

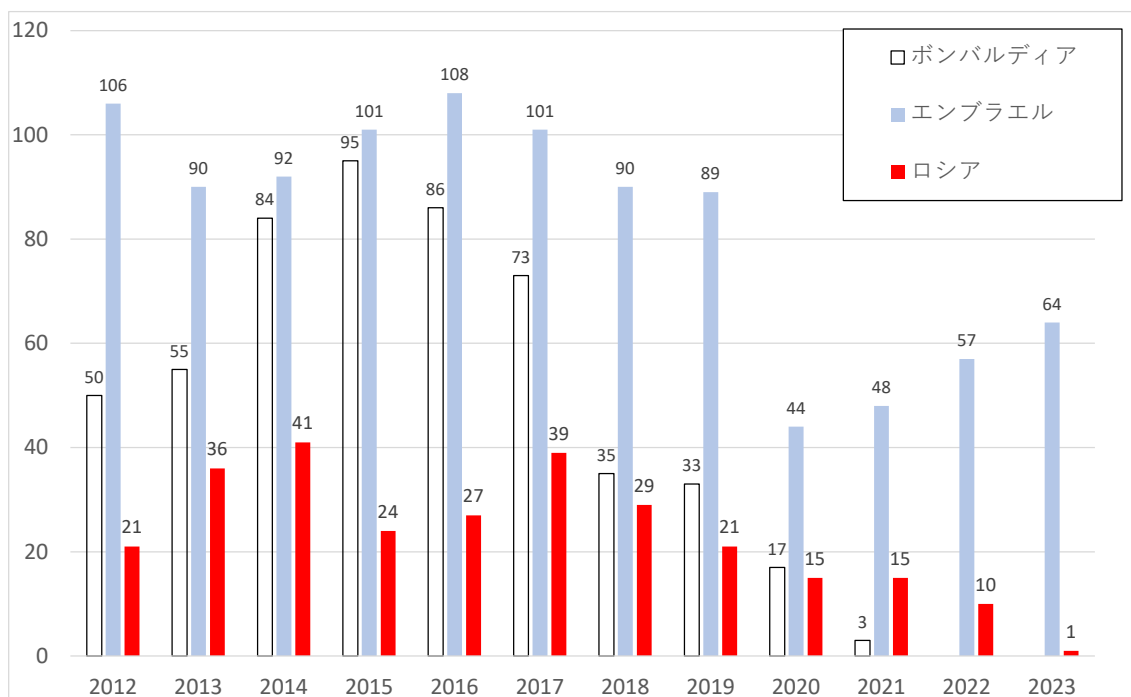
生産数の次に比較表を示すが、ロシアの旅客機が生産規模の小ささが読み取れると思う。

ボーイング社、エアバス社とロシアの旅客機生産数の比較（単位：機）



出所：報道、各社 Website、Взлёт 誌等より作成

3位グループ内でのロシア旅客機生産数（単位：機）



出所：報道、各社 Website、Взлёт 誌等より作成

### Ⅲ. 開戦時までのロシアの航空産業

2022年のロシアの航空産業の状況があつて、制裁影響がある。制裁を受けた2022年のロシアの航空産業の状況は制裁分析に必須である。また2022年に至るまでの経緯が、2022年のロシアの航空産業を作った。よつて、簡単に過去の沿革を説明した上で、2022年のロシア航空産業の状況を説明する。

#### 1. 過去の沿革

##### (1) ソ連時代

ソ連時代、ロシアは航空大国であつた。ソ連末期、ソ連の航空工業は、年間数百機の旅客機をほぼ独自の技術で製造していた。唯一の航空会社であつた国営の旧アエロフロートは、極少数の例外を除き、ソ連製の旅客機だけを運航していた。また、東側諸国もソ連製の旅客機を使用していた。ソ連の航空産業は、海外依存度が極端に低い独自の世界を作り出していた。

しかし、1970年代以降、旧西側に対して技術の遅れが目立つようになった。特に、燃費や電子機器を中心とする装備品が弱かつた。ソ連末期には新型機の開発も進めたが、新型機すら旧西側機に見劣りがした。また、ソ連崩壊前に量産を開始できなかったため、旧型機と比較して新型機は極端に数が少ない。ソ連はロシアに大量の旧式機を引き渡した。

ソ連の航空工業はロシア以外にもウクライナやウズベキスタンに存在したが、8～9割はロシアに継承された。

##### (2) 1990年代

1990年代の経済低迷期も、ロシアの航空路は維持された。旧アエロフロートは解体され、中小の航空会社が乱立した。運航されている旅客機の大半はソ連製である上、旧式機であつた。航空会社の財政は厳しく、機材更新は大きく進まなかつた。しかし、中古機が少なくなつたとはいえ、一部でボーイングやエアバスの機体が導入もなされた。

1990年代、ロシアの旅客機生産は壊滅した。ソ連時代は年間数百機を製造していたが、1993年以降、生産体制が崩壊し、多くても年間10機程度の生産に落ちた。生産と名

乗ってはいるが、実態はソ連時代の仕掛を組立っているだけであった。ソ連末期に開発された新型機も就航したが、生産数は伸びなかった。旧型機の生産も続いた。

旅客機生産は壊滅的だったが、輸出用軍用機生産は一定のレベルで続いた。旧西側の技術を用いたソ連時代の機種改良など、旅客機開発も途絶えなかった。ロシアの航空工業の技術の伝承は、一定レベルで継続できたのは事実である。

### (3) 2000 年以降

2000 年以降、ロシア経済は復興する。航空会社の財政も好転し、ボーイング、エアバスの旅客機導入が増えていく。最初は中古機が中心だったが、次第に新造の新型機を導入するようになる。一方で、ソ連開発の機体は徐々に退役していった。ロシアの旅客機はきれいになり、空港の建て替えも進んだ。ロシアの空の旅は、急速に快適さを増していった。

ロシアの航空工業には、ソ連が開発した旅客機しかラインナップになかった。ソ連末期開発の機種でも、性能で旧西側の新型機には対抗できない。結果として、旅客機生産数は 1990 年代と同レベルに少数であった。ソ連時代の機種改良開発も引き続き行われたが、結果は芳しくなかった。

しかし、一方で、完全に新設計の新世代機種開発も始まった。2001 年から SSJ、2008 年から MC-21 の開発が始まる。

SSJ プロジェクトには、イタリアのアレニア社も参加した（アレニアはターボプロップ旅客機 ATR シリーズを製造・販売し、旅客機ビジネスのノウハウを持つ）。SSJ はリージョナルジェットであり、カナダのボンバルディアやブラジルのエンブラエルでも先行事例があった。一方、MC-21 はより大型の短通路機である。後述のとおり、極めて野心的なプロジェクトであった。

これら新型旅客機では、広範に旧西側の技術を導入した。空力設計や機体構造はロシアの技術で開発したが、装備品はほとんどが輸入となった。SSJ の装備品も、MC-21 の装備品も、コリンズ、サフラン、ターレス等の欧米の大手航空部品メーカーが供給した。なお、エンジンや装備品を欧米企業に依存していたことは、三菱スペースジェットも全く同じであるし、リージョナルジェット製造で成功したブラジルのエンブラエルでも同じである。更に、ボーイングやエアバスでも、米国内、欧州内でサプライヤー網は完結していない。SSJ や MC-21 が海外サプライヤーに依存していることは、業界では通常のことである。SSJ や MC-21 は海外依存ではあるが、ロシアの製造業で広く見られる海外依存と同様に評価するのは公平でない。

スホーイスーパージェット (SSJ)



MC-21



### SSJ 主要装備品と調達先

品目	社名	国籍
エンジン	パワージェット	露仏合弁
操縦システム	ターレス	仏
油圧システム	パーカー・ハネフィン	米
空調システム	リープヘル	独
電源システム	コリンズ	米
燃料システム	サフラン(旧ゾディアック)	仏
APU	ハネウエル	米
内装	コリンズ(旧B/Eエアロスペース)	米
脚	サフラン(旧メシエ・ブガッティ・ダウティ)	仏・伊

出典：GSS 社資料等から作成

### MC-21 主要装備品と調達先

品目	社名	国籍
エンジン	プラット・アンド・ホイットニー	米
	ペルミスキー・モートル	露
アビオニクス	コリンズ(旧ロックウェル・コリンズ)	米
油圧システム	EATON	米
空調システム	コリンズ(旧ハミルトン・サンドストランド)	米
電源システム	コリンズ	米
	サフラン(旧ゾディアック)	仏
操縦システム	コリンズ(旧グッドリッチ)	米
APU	ハネウエル	米
酸素発生機	サフラン(旧ゾディアック)	仏
消火システム	コリンズ	米
脚	ギドロマシュ	露
内装	サフラン(旧ゾディアック)	仏

出典：ヤコブレフ社(旧イルクート) 資料等から作成

新機種開発と同時にロシアの航空機工場では、設備更新が進んだ。ロシアはソ連時代から設備の技術に弱かったため、新型設備の大半は欧州、米国等から輸入することになった。確かにロシアの設備産業は極めて脆弱だが、航空機というハイエンドの分野では、他の国でも自国製設備のみでの製造は厳しい。例えば、欧米の航空関連の工場でも日本製工作機械の使用は、普通のことである。また、日本の航空関連の工場でも、

特に航空に特化した設備が欧米製であることも珍しくない。ロシアの工業の状況を考えれば、合理的な選択であった。

2000年代から2014年まで、ロシアの航空工業では復興と海外依存が進んだ。しかし、ロシア製造業の他の分野と違い、航空工業分野においては海外の技術を上手く使っているという側面も存在した。2014年以降のロシアの侵略的行動がなければ、海外依存ではなく、国際化と肯定的に評価され続けたと思われる。

なお、この15年程度の復興の時期、すでにロシアの航空工業でも国産化の動きがあった。しかし、当時の国産化は制裁対応ではなかった。ロシアではエネルギー資源に依存しないため、航空分野に限らず産業多様化、輸入代替政策が進められていた。航空工業においても、同じ流れで国産化を進めていた。他産業では、ロシアに要素技術は乏しく、要素技術の開発も重視されていなかった。結果、全面的海外依存の産業空洞化の見本のような工場が大量発生した。一方、航空工業においては、一部で技術力があつたため、一定の成果を出していた。例えば、SSJでは輸入していた空調システムを、MC-21では国産化している。また、空調システムに使用するロシア製熱交換器は、輸出競争力があり、ボーイングやエアバスでも採用され、三菱スペースジェットにすら搭載予定だった。

ボーイング 787 で使用したロシア製熱交換機



ロシアのナウカ社と米国のハミルトン・スタンダード社（現コリンズ社）の合併企業、ハミルトンスタンダード・ナウカ社が製造したもの。同社の熱交換器はエアバス社等でも採用され、広く使用されていた。

#### (4) 2014 年の状態

2014 年、ロシアの航空産業は 1990 年代とは見違える姿に進歩していた。航空会社ではボーイングやエアバスの製造した機体が最大勢力となっていた。中古機も多かったものの、アエロフロートのように、2010 年代には新造機が大半を占めるに至った航空会社もある。ソ連時代の旧式機は、2010 年代に急速に淘汰が進んでいった。

航空工業では SSJ が就航し、MC-21 の開発が進んでいた。メキシコのインテルジェット、アイルランドのシティジェットでも採用され、SSJ は輸出に成功した。インテルジェットでは、最盛期に 30 機の SSJ が活躍した。数え方によって多少の前後はあるが、2014 年の SSJ の生産数は、34 機に達している。月産 3 機に達する機種が現れたのは、ソ連崩壊後、初めてであった。

MC-21 の開発も進んだ。旅客機の販売は単に技術的に優れているから売れるというほど、単純ではない。とはいえ、ライバルである 737 や A320 は、1960 年代、1980 年代の機体に改造を重ねたものであった。全面新設計の MC-21 は、外見上は技術的優位性を感じさせた。特に、新製法の炭素繊維複合材製主翼は、ロシアにおける技術移転の数少ない成功例であった。業界では国際的にも高く評価されていた。

2010 年代中頃、SSJ の生産数は伸び、MC-21 の量産立ち上げに向け、採用や設備投資を進めていた。後に、制裁以外にも様々な問題が噴出するロシアの航空産業だが、2014 までは順調に発展・進化していたように見えた。世界の航空工業では、ボーイングとエアバスがトップグループとして君臨しているが、その下に 3 位争いがある。当時はカナダのボンバルディアとブラジルのエンブラエルが 3 位争いをしていて、ロシアも 3 位争いに加わり、ボンバルディアやエンブラエルに次ぐ、3 位の座を獲得するのではないかとの見方もあった。

#### (5) 2014～2018 年の状況

2014 年、ウクライナ紛争により、ロシアは制裁を受けるようになる。制裁初期、実質的に効く制裁は少なかった。徐々に制裁は強化されたものの、政府関係者、軍関係者、クリミア関係者に限定され、民間の産業には大きな影響はなかった。

航空会社では、クリミアへの航路を持っていたパペーダ航空が制裁を受けたくらいであった。大手航空会社の運航には影響がなかった。また、旧西側機への機材の更新も進んでいった。例えば、アエロフロートはソ連開発最後の大型機 II-96-300 の運航を終了し、777-300ER の導入などを行った。更にエアバスの最新鋭機 A350 も導入した。

航空工業では、テフノダイナミカ社等、軍用機に部品を供給する企業が制裁を受けた。しかし、スホーイ社やイルクート社そのものは制裁の対象にならず、SSJの量産やMC-21の開発には、大きな影響を及ぼさなかった。MC-21の開発は、海外企業の参加の下、従来通り進んだ。MC-21は、2016年にロールアウトを行い、2017年に初飛行を行った。ロールアウト式典には、海外企業も招待され、海外企業との協力をアピールしていた。

しかし、この頃からSSJプロジェクトには暗雲が漂い始める。暗雲は制裁に関係なく、純粋にビジネス上の理由であった。補修部品の供給が悪く、SSJに稼働率が低いとの悪評が立つ。ロシアの航空工業は、アフターサポート体制の構築に失敗しており、SSJはサービス部品の不足で飛行不能時間が長かった。不具合の発生率から、現場での評判も良くなかったようだ。ロシアの航空工業にとって、SSJは事実上、最初のプロジェクトであった。初期に問題が発生したのは当然と言える。しかし、航空会社にとって、旅客機の稼働率は死活問題であり、迅速に稼働率の改善を行わない場合、経営は悪化する。結果的にロシアの航空工業は、上手く対応することができなかった。本件はロシア特有の問題だけとは言えず、旅客機への新規参入の難しさを語る事例でもある。

また、ロシアの航空工業の責任ではないが、ルーブル安に振れたことにより、輸入部品の多いSSJの生産コストは悪化した（輸出する機体だけでなく、国内向けの機体もある）。2014年をピークにSSJの生産数は低迷した。プロジェクトに参加していたアレニア社は、持分をスホーイに売却し、SSJプロジェクトから手を引くことになった。

当時、SSJはスホーイ社のプロジェクトであり、MC-21はイルクート社のプロジェクトであったため、別の企業の機種であった。しかし、両社ともUAC社の傘下の企業であり、他のロシアの民間機でもアフターサポートは不評な事例があった。MC-21でも同様の問題が発生するのではとの懸念が発生した。なお、現在は双方ともUAC社の下でヤコブレフ社（イルクート社から名前を変更）が管轄している。

## （6）2018年からの制裁強化

2014年以降、ロシアに対する制裁が行われていたが、総じてみれば軍用機生産を除く航空産業は平穏だった。しかし、当初、民間航空工業には影響が少なかった制裁が、2018年から急速に強化された。特にMC-21は狙い撃ちされたかのように制裁の直撃を受けた。

一方、航空会社に対する制裁強化はなされず、ほとんどのロシアの航空会社は平穩に運航を続けた。

### ①MC-21 開発への影響

前述のとおり、MC-21 はボーイング 737、エアバス A320 と同サイズの短通路機である。短通路機は最盛期には年間 1,000 機も生産され、航空産業で最大の市場を形成する。成功すれば、大きな利益が見込める。一方、開発・製造面での困難さだけでなく、ボーイング、エアバスが寡占する市場への参入というビジネス面での難しさがある。リージョナルジェットよりも一段階上の遥かに困難な挑戦となる。

MC-21 のキャパシティは 737-800 に近く、中距離・近距離を約 180 名の乗客を乗せて飛行できる。737 も A320 も、2010 年代に大きな改造がなされているが、ベースは 20 年以上前の機体である。一方で MC-21 は複合材主翼等、最新の技術で機体設計を行い、燃費で優位性があるとしていた。胴体の広さ、機体価格の安さも売りにしていた。

### MC-21 と類似機種の比較

機種 派生	ヤコブレフ MC-21	ボーイング 737		エアバス A320		Comac C919	
	MC-21-310	737-800 (旧型 第三世代)	737MAX8 (新型 第四世代)	A320 (旧型)	A320neo (新型)	C919ER	
乗客数 (人)	163 (2クラス)	162 (2クラス)		150 (2クラス)		130 (2クラス)	
航続距離 (km)	6000	5440	6510	6100	6850	5555	
価格	リスト価格 (百万USD)	91.00	98.1	112.4	99.00	108.40	不明
	キャビン幅 (m)	3.81	3.54		3.70		不明
快適性	エコノミークラス 座席配置	6列配置	6列配置		6列配置		6列配置
	キャビン幅/席 (m)	0.64	0.59		0.62		不明
機体仕様	最大離陸重量 (t)	79.3	79.0	82.2	73.5	73.5	78.9
	全長 (m)	42.3	39.5		37.6		38.9
	全幅 (m)	35.9	35.7	35.9	35.8	35.8 (シャークレット含む)	35.8
	全高 (m)	11.5	11.9		11.8		12.0
	胴体素材	アルミ合金	アルミ合金		アルミ合金 (一部複合材)		アルミ合金
	主翼素材	炭素繊維 複合材	アルミ合金		アルミ合金		アルミ合金
	尾翼素材	炭素繊維 複合材	アルミ合金		炭素繊維 複合材		炭素繊維 複合材
エンジン	PD-14	CFM56-7B	LEAP-1B	CFM56-5A/B or V2500	PW1100G or LEAP-1A	LEAP-1C	

出典：各社資料から作成

MC-21 はロシアだけでなく、欧州の EASA の型式証明の取得も目指したものであった。EASA の型式証明は、米国の FAA の型式証明とともに、国際的に通用する旅客機との証明になる。

MC-21 の機体設計と製造はロシアの手によるものだが、材料・部品・生産設備の多くを海外に依存していた。

売りとなる炭素繊維複合材製主翼の材料は、ソルヴェイ社（旧サイテック社）米国工場の炭素繊維テープと樹脂であった。尾翼の材料は米国のヘクセル社のものであった。複合材成型設備も、ほとんどが輸入品であった（金属材料は KUMZ 社や VSMPO 社等のロシアの展伸材メーカーが供給している）。

装備品と呼ばれる搭載機器は、ギドロマシュ社製の脚や、ヴォスホート社製のエアコン等、一部は国産化されていたものの、コリンズ社、ハネウェル社、サフラン社等、世界で広く使われている欧米製の機器が幅を利かせていた。エンジンはロシア製 PD-14 も選択できるが、米国製 PW1400G 搭載機の開発が先行した。

製造設備も欧米製が中心であった。複合材成型設備、工作機械、オートマチックリベッター、組立治具等、ほとんどが輸入品であった。

一部、ロシア製がある上、取り纏めはロシアである。しかし、見方によっては、輸入材料を輸入設備で加工して、輸入設備で組み立てていたとも言える。MC-21 は極めて海外依存度の高い航空機であった。

なお、制裁下では弱点であるが、航空機開発の最大の難関は取り纏めである。繰り返すが、海外製品を多用するのは、ボーイングやエアバスでも変わらない。通常であれば、MC-21 の海外依存は国際化と肯定的に解釈すべきものである。ソ連製の旅客機では、同時代の米国製旅客機と比べても辛い評価を受けることが多い。対して、MC-21 は世界最先端の要素も含む旅客機であった。

2018 年、米商務省の制裁リストに、MC-21 の主翼を生産するアエロコンポジット・ウリヤノフスク社、尾翼を生産するテフノロギヤ社、エンジンを生産するペルミスキー・モートル社が載せられた。

米商務省の制裁リストは米財務省の制裁リストと異なり、ありとあらゆるビジネスを禁止するものではない。しかし、輸出管理の対象となるハイテク製品の輸出を許可しないものであり、航空機に使用する材料、部品、設備の大半が販売不能になる。前述のとおり、MC-21 の炭素繊維複合材の素材は米国製である。輸出許可が出ないため、販売不能になった。

当時、MC-21の試作機は完成し、飛行試験が始まっていた。しかし、主翼と尾翼の材料が入手できなくなったことで、同じ仕様では量産ができなくなった。

主翼と尾翼は、材料変更を強いられた。航空機材料の変更は右から左と行かない複雑なものであるが、特に複合材は製法と材料の結びつきが強く、変更には大きな手間がかかる。また、材料変更後、変更前とまったく同じ物性を出しにくい。

当初、難しいと思われた材料変更を、ロシアは成し遂げた。しかし、2019年就航だったはずが2022年2月になっても就航できないほど開発が遅れることになる。結局、2022年からの更なる制裁に追撃され、本報告書を執筆する2024年3月初頭の時点では、早くても2025年と報道されている。仮に量産まで漕ぎ着けても、ロシア製材料が元の輸入材料と同等のコストや量産性を実現できるかどうかは、厳しいように見える。

2000年の経済復興以降、ロシアは海外技術を上手く使用し、旅客機の開発をしてきた。しかし、2018年の制裁により、すでに2000年代以降の海外企業と組んだ開発手法が不可能になっていた。

## ②航空工業向け輸入品への影響

国によって温度差はあろうが、2018年以降、所謂“該当品目”の輸出審査は厳しくなったようだ。民需であっても材料・部品や工作機械等をロシアの航空産業に販売することは、面倒になった。

ロシアの旅客機開発関連のビジネスは、海外企業からの忌避が発生した（欧米では忌避しなかった企業もある。）。MC-21のサプライヤーのように、直接的な制裁の対象にならなくても、調達困難は発生したと見られる。ロシアの航空工業は国産化せざるを得ないよう追い込まれた。

軍用機や官需機を中心に、ロシアでも国産装備品を搭載した機体の製造は続いていた。性能やブランド力の低下を甘受すれば、ロシアは装備品を開発・生産をする能力があった（ただし、十分かどうかは不明）。よって、2022年を待たずして、国産化推進が強化されるようになった。

一方、調達済みの設備は直ちに稼働停止になるような状態ではなかった。また、ロシアの製造設備の技術は装備品より弱い。例えば、ロシアの工作機械メーカーであるスタン社の不調等、製造設備の代替は限界があった。2018年以降も海外製製造設備の使用は続いた。

## 2. 2022年開戦直前の状況

### (1) 航空会社の状況

開戦時、ロシアの航空会社の大半は制裁の影響を受けずに運航していた。ロシアで運航される旅客機の大半は欧米製であった。広胴機から短通路機までの旅客機は、すべてボーイング製かエアバス製であった。リージョナル機では、一部ソ連機種の生き残りとして SSJ が運航されていたが、そもそもリージョナル機は輸送量が少ないので少数勢力である。ロシアの航空会社は欧米に大きく依存している大勢に影響はない。

一方、欧米依存度は高いものの、ロシアの大手航空会社が運航に支障を来すような制裁はなかった。ロシアでは平穏に旅客機が運航されていた。

### (2) 航空工業の状況

航空会社への制裁影響が限られていたのに対し、航空工業は制裁の影響を大きく受けていた。

ロシアの航空工業は、2000年以降、欧米の技術を用いて新型機の開発・生産を行ってきた。材料、部品、生産設備の多方面で、欧米への依存を深めていた。特に、生産設備では、新型機に限らず、ソ連時代の機種でも依存している場合があったと推察される。

しかし、2018年以降、航空工業は制裁により欧米の材料・部品の調達が困難になっていた。開発・生産に支障を来す状況で、2022年に至る前に国産化が差し迫った課題になっていた。

一方で、低稼働率による SSJ の客離れにより、ロシアの旅客機生産は制裁に関係なく暗雲が漂う状況であった。2015年、2016年と SSJ は生産を減らした。2017年に一旦は持ち直し、33機の SSJ を生産した。しかし、2018年24機、2019年19機とコロナ前から生産数を減少させていた。メキシコ、アイルランドの大口顧客は SSJ の運航を止め、事実上、輸出機種としては失敗していた。ソ連時代からの機種は官需機として細々と残るだけであった。

旧世代官需機を含めても 2021年のロシアの旅客機生産数は、15機しかなかった。SSJ は販売不振、MC-21 は開発が大幅遅延で生産不能、ソ連機種はそもそも通常の商品になり得ないという状態だった。

## IV. 開戦後の制裁の影響

開戦後、ロシアの航空産業に対する制裁は異次元に強化された。開戦前、実質的に深刻な制裁影響を受けていたのは、航空機工業に限られた。制裁対象となる航空会社は限定されていたため、大手航空会社は普通に運航し、普通に旧西側からの調達を行っていた。開戦後の制裁強化によって、航空会社の運航に重大な支障が出るような制裁がなされた。

手持ちの航空機工業や航空関連インフラで、どのようにロシアの航空路を維持するかという緊急の課題が発生した。

### 1. ロシア航空産業が受けた制裁

ロシアの航空産業をターゲットにした制裁は、制度と技術の双方の側面から、最大限のダメージを与えることを狙ったものであった。ロシアの航空産業は、前述のとおり海外依存体質を強めていた。航空産業における海外とは事実上、欧米である。ロシアに打撃を与える制裁のネタはいくらでもあった。

#### (1) 欧州上空の飛行禁止

欧州はロシアの航空会社の旅客機に対し、欧州の空域の飛行を禁止した。影響は欧州行の便だけではなかった。ロシアの西側は欧州に塞がれているため、ロシアの旅客機は方角によっては、大回りを強いられることになる。

#### (2) 耐空証明の取消し

英領バミューダ諸島とアイルランドの航空局は、ロシアの航空会社が運航する旅客機の耐空証明を停止した。民間機は耐空証明がなければ、合法的に飛ぶことができない。自動車というナンバープレートなし状態である。ロシアの旅客機の大半が制度的に飛行不能になった。

耐空証明は航空機の登録国が発行するが、ロシアの運航する欧米製の旅客機の大半はバミューダ諸島の耐空証明を受けていた。それに次ぐ数の機体がアイルランドで耐空証明を取得していた。ロシアでは、外国製旅客機はロシアで登録できないというルールがあったようだ。

なお、バミューダ諸島登録の場合、VQまたはVPで始まる識別記号（広くレジ番と呼ばれる）を持ち、アイルランドの場合はEIで始まる識別記号を持つ。ロシア登録の場合はRAで始まる識別記号を持つ。

ロシア製旅客機はロシアで登録しているため影響はなかった。また、制裁非参加国の中国等で登録している機体も状況が異なった可能性がある。少数ではあるが、一部の機体は生き残った。

### （3）リース契約解除

主に制裁参加国の企業である航空機リース会社は、ロシアの航空会社に対するリース契約を解除した。ロシアの航空会社が運航する旅客機のほとんどは、制裁参加国からリースされている機体である。本来であれば、返却が必要となる状態となった。ロシアや中国のリース会社所有の少数の機体を除き、大半の旅客機が不法占有状態となった。

常識的には、不法占有する機体を運航はしない。様々な不具合により、国外への飛行は困難である。仮に、外国に飛行した場合も、差し押さえられる可能性がある。

### （4）新機材販売・アフターサポート禁止

ロシアは欧米の旅客機を購入できなくなった。旅客機の調達はリースが主体であるが、多くのリース会社がリースに応じない状態では、事実上、新規の旅客機の導入は難しい。

新機材の販売に加え、既存の旅客機のアフターサポートも禁止されたため、メンテも困難になった。

旅客機はメンテをしなければ飛び続けることはできない。また、旅客機には各種メンテの期限が定められており、一定時間飛行すれば飛行時間に応じた整備が必要になる。メンテができない場合、いつか飛行不能になる。しかし、制裁参加国の企業はロシアの航空会社の機体のメンテを受け付けないし、ロシア国内でのメンテに手を貸さなくなった。

航空産業は、米国なしでは成り立たない。中国やインドの企業であっても米国の制裁を受けることを恐れる。ロシアのために米国と正面から喧嘩するのは、割に合わない業界である。中国等、制裁非参加国によるメンテも受けられない状態になった。

本来であれば、アフターサポートを受けられない状態になった場合、即飛行不能である。実際は、純粋に技術的には、ある程度の期間は運航を継続できるものの、いつか

は危なくて飛ばせられない状態に陥っていく。アフターサポート拒否によって、ロシアの旅客機は技術的にも徐々に飛べなくなっていくことを運命づけられた。

## 2. ロシア側対応

制裁に対し、ロシアは航空会社、航空産業、航空局の総力を挙げて対抗を試みる。上記の制裁を受ければ、“真面目な”日本の航空業界であれば、おしまいであろう。しかし、ロシアはいろいろな意味で日本とは違い、航空業界でも独自性を発揮可能であった。メンタリティ上の違いだけでなく、航空局に強い自主性・独自性を発揮できる実力があつた。結果、常識的にはあり得ない乱暴な施策により、短期的な航空路の維持には成功した。

しかし、航空路を長期的に維持するには現実の旅客機を質的・量的に維持することが必要となる。航空工業の具体的実力が問われることになる。

### (1) 制度的・法的対応

ロシアは不法占有状態のリース機を運航するという暴挙に出た。返却を禁止して、運航を継続した。ロシアの航空局は、バミューダやアイルランドに代わる耐空証明を交付した。国際的に広く通用する正統な認定・認証は全滅している中、耐空証明に関するロシア独自ルールを立ち上げた。結果、短期的にはロシアの国内線や、特殊な国への国際線は一定程度は維持できるようになった。

2022年以降、リース会社としてはたまったものではない状況が続いていたが、制裁を回避しつつ代金を回収する方法が生み出されたようだ。ロシア側が不法占有している航空機の所有権を得て、リース会社も被害の補償を受ける形で、民事上は解決されるケースが増えている。

やっている内容は違法行為そのものなので、絶対に褒められない。しかし、短期間で暴挙をやり遂げた航空局の実力は立派なものである。

国際的には通用しないという前提ではあるが、制度的・法的な側面からの航空路維持は、ロシア航空局の実力と蛮勇を以て、なんとかしていくものと思われる。

ただし、航空輸送に関する制度的・法的ルールは、安全の確保のために作られたものが多い。必ずしも、技術的な問題と制度的な問題がはっきり分けられるわけではない。ロシア国内限定ローカルルールでの運航は、安全上の問題を発生させ得る危うさがある。

## （２）技術的対応

制度的・法的対応は、知恵と工夫と蛮勇でなんとかなる場合もあるが、技術的問題の解決にはごまかしは効かない。航空路維持には、必要な輸送力を物理的に揃えなければならぬ。運航できる旅客機を一定数揃える必要がある。

ロシアの航空産業は、制裁の最初の衝撃は制度的・法的対応で乗り切った感がある。正しいメンテがされる体制がなくても、旅客機はいきなり飛行不能にはならない。しばらくは、運航を継続できる。よって、制裁によって発生した技術的問題は、すぐに破壊的效果をもたらさない。しかし、旅客機は、運航を続ける内に徐々にメンテや修理が必要な状態になっていく。2024年のロシアの航空産業は、時間が経てば運航できる旅客機が減っていくという現実を突きつけられている。言わば、後からジワジワ効いてくる制裁効果である。

既存の旅客機の延命と、飛べなくなった旅客機の代替機製造を、ロシアの航空機工業がやり遂げなければならない。ロシアは消耗・補修部品の製造、国産旅客機の増産により対応するとしている。時間とともに結果が出るものであり、2024年3月の時点ではまだロシアが対応できたかどうかは定まっていない。しかし、世界の航空産業の大勢と2022年以前のロシアの航空産業の現状を見る限り、法的・制度的対応と比べ、圧倒的に難易度が高いと言えるだろう。また、思い描いた通りに技術的対応が進んでいるようにも見えない。

## V. 長期的な航空路維持の可能性

ロシアが制裁によって発生する旅客機の減勢に対し、技術的困難を克服し、長期的に航空路を維持できるかについて検討する。

結論を言うと、ロシアの航空産業がウクライナ侵攻前と同じレベルの経済性、安全性、量を維持することは絶対に不可能である。常識で考えれば分かることだが、現在の航空産業は全世界の分業で支えている。ロシアだけで支えようとしても、仕事量的にこなせるわけがない。確かに生産量はロシア分のみとなるが、開発等の作業はロシア分だけに限定しても減るわけではない。更に、ロシアの航空産業は一部を除き欧米の水準に劣る点が多く、前述のとおり欧米依存に陥っていた。劣化した位置から少ないリソースで欧米の航空産業に追い付くのは、明らかに非現実的である。

経済性、安全性、量をどこまで妥協できるか、また、妥協した上で必要量を確保できるかというゲームになる。具体的には既存の旅客機をできるだけ延命し、不足分の旅客機をロシアで製造できるかという問題になる。

航空産業は特殊な分野であり、現在でも欧米の産業である。他の産業分野では大きく力をつけつつあるが中国やインドでは、欧米の代わりになり得ない。自動車産業と異なり、制裁に参加しない中国の力を借りることは困難である。

## 1. 参考：イラン

イランは 40 年以上も欧米からの制裁を受けつつ航空路を維持する。イランの状況はロシアの航空路の将来を占う上で参考になる。

イランは 1980 年代から制裁を受けていた。新規の旅客機の購入は不可能で、メーカーの正規のサポートも得られない状況であった。革命前の 1970 年代に導入した古い機体をなんとか飛ばしているような状況だった。旧世代のボーイング 747 やエアバス A300 等、40 年以上前の顔ぶれで、航空路を維持していた。2010 年代の一時期、制裁が緩和され、一部でエアバス A320 やエアバス A330 等の新型機が導入されたものの、2018 年以降は制裁が再び強化された。現在、正規のサポートが受けられない状態で、革命前の旧型機、2010 年代に導入した新型機、非正規的な方法で入手した一部比較的新しい機材等が運航されている。

燃費が悪い旧機種が運航され、正規のサポートを得られない状況であることから、経済性・安全性は犠牲になっていると見られる。事実、イランの航空会社では、安全上の理由から乗り入れを拒否されている場合もある。所有機材に対する稼働機材の割合は少ないようだ。

イランの航空業界は、これ以上、制裁を受けようがないほど制裁されていると言える。もはや、乗り入れ禁止、認定取消、アフターサポート停止など痛くも痒くもない。言い換えれば、蛮勇を發揮して非正規的な方法をいくらでもできる“無敵の人”である。恐らくは、日本では絶対に考えられないような、非常手段を多用しつつ維持をしているのだろう。現在の状況が続く限り、ロシアもイラン化していくものと思われる。

ロシアでは、制裁の大先輩であるイランに依存する動きもある。しかし、常識で考えればロシアが真っ当な航空技術でイランに劣るわけがない。ロシアはいろいろ言われているにしても、MC-21 や第五世代戦闘機 Su-57 を開発している。また、Su-27 系列の戦闘機を量産してきた。一方、イランではリージョナル機の開発もなく、軍用機の

開発もロシアにほど遠い。緊急避難的にイランのインフラを利用するとか、制裁下でサバイバルするための大胆なノウハウを教えてもらう等、通常の技術支援とは違った部分での協力になるだろう。

なお、中国やインドでは国際的な常識の範囲内で旅客機の運航をしている。言い換えれば、米国の航空産業がなければ旅客機の運航が困難になる。米国の制裁を受けると、航空関連企業はまともに業務が回らなくなる可能性が高い。よって、正常な業務を続ける限り、イランのような大胆さを発揮することはない。米国の制裁による不利益と、“対露制裁破りビジネス”での利益を比べれば、とても見合うものでない。他の産業と異なり、航空産業で中国依存は困難である。

## 2. 航空機延命

前述のとおり、旅客機に限らず、機械はメンテが必要である。メンテには整備技術の他、交換部品、技術情報が必要である。ロシアの旅客機は、ボーイングやエアバスの正規のサポートが受けられない状態である。現在のロシアでは、メンテに必要なものを完全に揃えることはできない。

成り行きに任せた場合、現在飛行中の旅客機が何年で飛行不能になるかの分析はとてもやりきれない。具体的な予測を出すには、航空会社の協力を経て運用の実態を調べた上で分析する必要がある。更に、どこまでロシアが大胆なことを行うかによって、ブレるので、完全に当てるのは難しいだろう。しかし、時間が経つに従って飛行不能機は増えていくのは確かである。

なお、旅客機メンテでは、“できるか、できないか”という定性的問題だけでなく、量をこなせるかという定量的な問題も発生する。何等かの方法で定性的な問題をクリアしても、航空路維持に必要な量をこなせるかはまた別の問題である。

下記のボトルネックになりそうな要素を見る限り、旧世代の短通路機は共食い整備等で比較的長く維持できる。最後まで生き残るのは、旧世代単通路機の 737NG、A320ceo の比較的新しい機体となろう。一方で、新世代機や広胴機は比較的早く脱落することが予想される。広胴機と新世代の短通路機の維持は苦しくなっていくだろう。旧世代機は燃費等に目をつぶれば、十分に使える。一方、広胴機は短通路機で置き換えられない場合もある。広胴機維持が徐々に緊急の課題になっていくだろう。以下、具体的に説明する。

## (1) 重整備

旅客機の整備は運航の合間に行うライン整備と、運航から外して行うドック整備がある。航空会社や機種によって細部は異なるようだが、ドック整備には二段階あり、5～10日程度のC整備と、1カ月以上を要するD整備がある。

部品や技術情報の入手の問題を度外視すれば、ロシアでもC整備ができる機種は多い。しかし、D整備はS7航空の整備会社が認定を持つ旧型の短通路機（NG以前のボーイング737とエアバスA320ceoシリーズ）に対してしかできないようだ。ロシアにとって幸運なのは、このグループが最大勢力である。しかし、新型の短通路機や輸送力の大きい広胴機のD整備はできないし、体制を立ち上げるのは容易ではないのは確かである。

アエロフロートは、2023年4月に広胴機のエアバスA330を整備のため、イランに送った。イランによる整備の内容は不明だが、どうもD整備に相当するものらしい。整備の詳細や技術レベルも不明だが、イランもエアバスから正規のサポートを得られない。極めて大胆な整備にならざるをえない。また、戻ってくるのは2024年という。安全性だけでなく、それで間に合うのかという問題がある。また、イランで運行されていないボーイング777やエアバスA350は恐らく対応不能であろう。イランでの整備だけで、大型機のD整備をやり遂げることは困難と見られる。

## (2) ショップ整備

ショップ整備とは、エンジンのような複雑な機器を対象とした専門工場での整備である。

機体の整備とは違った技術が必要となる。航空機そのものの整備ができて、ショップ整備ができない場合は多い。ショップ整備が不能な機器は、一種類や二種類ではないものと推察される。特に足を引っ張る可能性の高いエンジンと、すでに報道されている脚について述べる。

### ①エンジン

エンジンが正常に機能しなければ、飛行そのものが不可能である。エンジンには、高温の部分、高速で回転する部分があり、消耗も激しい。異常の発生でメンテを要求されることもあるが、仮に異常がなくても定期的に分解整備をすることが必要である。エンジンの複雑さや、高温、高速回転という要素を考えれば、機体を維持するよりもハードルが高いと思われる。

分解整備は誰もができるわけではなく、エンジンメーカーの認定のある企業が行う。この認定がない場合、ルール上、分解整備ができない。更に、整備マニュアルがメーカーから提供されず、整備用の治具もないため、仮に交換用部品をなんとか入手しても整備体制構築は困難である。無理やりやっても、危なっかしいものになる。前述のとおり、イランではD整備らしきこともやるようだが、エンジンの分解整備を行っているという情報はない。

ボーイング、エアバスの旅客機に搭載されるエンジンの中で、ロシアが分解整備の認定を持っているのはCFM56のみである。CFM56の延命は比較的長くできる可能性が高い。

CFM56は旧型のボーイング737、エアバスA320に搭載されている。機体のD整備と同じく、最大勢力の旅客機のエンジンを分解整備できることは、ロシアにとって有利な状況である。一方で、新型機や広胴機に関しては、エンジンがないという事態が最初に発生する可能性が高いと思われる。

なお、SSJのエンジンであるSaM146もロシアで最終組立を行うエンジンである。分解整備はできるはずである。しかし、高圧部の部品がフランス製であり、部品入手が困難と報道される。実質、整備不能であろう。SSJはロシア製エンジン搭載のSJ-100に改造するしか延命の方法はない。前述のCFM56も米仏共同開発・生産のエンジンであり、同様に部品調達問題が発生しそうである。しかし、CFM56は現状では最も普及しているジェットエンジンである。中古部品、解体部品などに使用対象を広げ、イラン的な部品入手方法まで考えれば、SaM146の部品よりも遥かに部品の入手性が良い。

## ②脚

航空機の脚は飛行そのものには関係なく、航空機の中では地味な部分である。しかし、着陸時に脚が機能しない場合、大事故につながり得るものである。

脚は着陸時の衝撃を受けるため、頑丈でなければならない。一方で、折りたたみが必要であるため、ただ頑丈に機体に取り付けられれば良いというものではない。折りたたみ、着陸の衝撃吸収、ブレーキ等の機能が要求され、油圧機構を含み、複雑である。脚が技術的に難しいため、航空機の大型化で陸上機より飛行艇が先行したという歴史があるほどだ。

旅客機の脚の製造では、コリンズ社（米）とサフラン・ランディング・ギア・システムズ社（仏）が大手である。ボーイングやエアバスの旅客機は、この2社のどちらか

の脚を装備する。一方、ロシアでもギドロマシュ社等の脚メーカーがある。しかし、同種の部品を製造していれば、ロシア国内で整備ができるわけではないようだ。

8月に **Vedmosti** 紙に掲載されたアエロフロート社長のインタビューによると、ロシア国内では広胴機の脚整備ができないとのことである。**A330** の整備をイランに委託したことが報道されているが、ロシアでは脚の整備ができないことが理由とされる。もっとも、イランも正規のメーカーサポートを受けられるような状態にないため、イランであれば脚整備ができる理由はよく分からないところがある。

### (3) 技術情報入手

正規のサポートが受けられない場合、メーカーから技術情報を得られない。これは、安全性を維持する上で、極めて問題である。

旅客機は就航した後も様々なトラブルを発生させる。例えば、トレント 1000 型エンジンで発生したタービブレードの硫黄腐食問題や、現在進行形の PW1100G 型エンジンの粉末冶金ディスク問題等、危険なものもある。問題が発覚次第、再発防止のため、様々な改修が行われる。サービスブリティン等により、メーカーから修理方法や交換部品の部品番号等が提供され、改修を続けることで旅客機の安全性を維持する。また、修理の際も、メーカーの支援が必要になる場合もある。技術情報が得られないということは、改修手段だけでなく、不具合の危険性すら知らされない。ロシアは危ない状態で旅客機を飛ばすことになる。

### (4) 部品入手

人が乗る輸送機械では、通常の使用でも部品の交換が必要になる。旅客機では、例えば、エンジンの部品やブレーキディスクなどの交換が必要である。部品は必ずしも航空機メーカーやエンジンメーカーが販売するものではないが、制裁でロシアへの販売がブロックされている場合が多い。ロシアでは他の旅客機から部品を外して整備対象の機体に載せる“共食い整備”がなされているようだ。いずれ、限界が来るものと予想される。

#### ① 部品調達

各国の制裁内容によって仕組みが異なるが、これまでの正規ルートでの部品調達は困難になったと思われる。制裁非参加国の部品サプライヤーでも、自身が制裁対象となっては困るので、ロシアへの部品販売をしり込みするケースが多いだろう。技術情報がないので、不具合対応で部品が切り替わった場合、部品番号すら分からないという事態も発生しているだろう。

あまりお行儀のよくない部品サプライヤーからの調達や、機体解体で発生した部品など、通常であれば使わない部品が使われていく可能性を予想する。事故原因が怪しい解体材だったという事故事例も過去あったが、安全性は損なわれていくだろう。

## ②部品製造

ロシアが表向きに対応策としているのは、部品製造である。しかし、制裁が始まる以前に、UAC社はSSJの補修部品の供給に失敗し、客離れした。過去の実績を見る限り、ロシアの航空工業が、SSJよりも多彩な機種に補修部品を供給できるとは思えない。

確かに、電子部品等を除き、ボーイングやエアバスの旅客機で使用される部品と類似の部品を、ロシアでも製造しているように見える。交換頻度の高いものとして指摘されるエンジン高圧部の部品や、カーボンカーボン製ブレーキディスクも、機種は違えどもロシアで製造可能されていた実績がある。また、一部の要素技術では、優れた技術開発を行う場合もあった。例えば、エンジン高圧部の単結晶鋳造によるタービンプレードは、航空機の部品で最も高度な部品の一つである。MC-21に搭載予定のロシア国産PD-14エンジンでは、第四世代の単結晶合金を使用したタービンプレードを採用する。一部の例外を除き、第二世代単結晶合金の使用に留まる現行機種のタービンプレードより、外見上は先進的なものである。品目によって、技術レベルは優劣あろうが、ロシアで飛行する旅客機が必ずしも最新の機種でない。技術的になんとかかなりそうだという勘違いを誘発し得るものと思われる。

しかし、同等のものを開発・製造できれば、まったく同じ部品をコピーできるわけではない。設計要件が不明である中、代替品を開発することはリスクである。

外見的には同等であったり、むしろ優れていたりするものが、本当に同レベルで高度かという問題もある。前述の第四世代単結晶合金は、一見すると進んだものを作ったかのように見えるが、本当に長期的に使用に耐えるのかは、何年も運航をしないと分からない。西側でもボーイング787用トレント1000において、第四世代単結晶合金を採用したが、就航5年後に硫黄腐食問題が発生した後、材質を変更されている。

また、仮に定性的に技術的成立性を確保できたとしても、多種多様な部品を短期間でコピー、再設計、生産立ち上げをする必要がある。安全性に目をつぶるとしても、ワークロード的にやりきれないと予想される。ボーイングやエアバスでも全世界で分担していた。ロシア国内のみで、仕事量分の“できる”技術者を確保するのは不可能である。なお、もともとロシアの製造業は技術者層が薄いのが、コロナで被害を受け、戦争で更に人が抜かれる。対応できる人が減っている中、制裁で今までにない仕事が発生しているという状況である。技術者に限らず、人手不足は深刻である。

加えて、ロシアの航空工業の生産技術は海外依存体質である。制裁前よりも、質的にも量的にも生産力も落ちている。

設計要件が不明な中、蛮勇を発揮してコピー生産や類似品開発をする部品もあるかもしれないが、ロシアの航空路を支え切るだけの部品を揃えるのは極めてハードルが高い。

### 3. 旅客機製造

通常のメンテをしていても、旅客機はいつか使えなくなる。仮にロシアが現有の旅客機を上手く維持したとしても、新造機によって補充が必要となる。実際は、ロシアでは現行の旅客機の寿命が不安な状態である。ロシアとしては、航空工業の旅客機生産に期待したくなるし、実際、ロシアで製造した旅客機でボーイング、エアバス製の旅客機を代替していく計画である。

日本が同様の立場に置かれれば、“無理”の一言で終わるのだろう。しかし、ロシアの航空工業は、商品性や量は足りないものの、国産旅客機を製造し就航させている。

しかし、ロシアの航空会社の輸送力を維持できるほど、旅客機を製造するのは厳しいと見られる。最低でも年間 50 機以上の旅客機生産を立ち上げる必要があるが、その旅客機も SSJ では足りず、より大型の機体でなければならない。

#### (1) 手持ちの機種

ロシアの旅客機の中で、近年、開発・生産実績がある機種の現状を纏める。

##### ① SSJ、SJ-100

SSJ は、ソ連崩壊後に年間 30 機を超える生産を成し遂げた唯一の機種である。しかし、SSJ はリージョナルジェットであり、定員は 100 名以下で旅客機としては小型である。述べてきた通り、2019 年の時点で、すでに生産・販売は不調であった。小型である上、稼働率問題は解決できていない。仮に量産ができてても輸送力への貢献は限定的である。

一見すると、すでに量産実績があるので、需要さえあれば増産ができそうに見える。しかし、SSJ には、前述のとおり、多くの輸入装備品が使用されてきた。輸入装備品は制裁により入手困難なので、元の仕様では量産不能である。現在、完全国産化版である SJ-100 (旧名称 SSJ-New) の開発を進めている。SJ-100 は、2023 年 8 月に初飛行を行った。しかし、この機体のエンジンは半分フランス製の現行エンジン SaM146 であり、純国産には程遠い。また、UAC 社長の発言によると、エンジン以外

でも輸入部品の完全排除はできていないようだ。本報告書執筆時点においても、順調に純国産化が進んでいる様子はない。

仮に、完全なる国産化ができたとして、型式証明が取得できるか、就航できるか、生産数を増やせるか等、ハードルは多くある。更に、仮に生産数を増やせたとして、安定して運航できるかには多いに不安がある。

## ②MC-21

MC-21 はボーイング 737、エアバス A320 サイズの旅客機である。このサイズの旅客機はロシアにおいても多数派で、仮に MC-21 の供給に成功すれば 6～7 割の輸送力は維持できるのではと推測する。

前述のとおり、MC-21 は 2018 年の制裁で打撃を受けていたが、2022 年の制裁でますます苦しくなった。SSJ 同様、制裁の影響を回避する上で、完全国産化が要求されている。

2018 年の制裁への対抗で、MC-21 の機体構造の国産化は成し遂げていた。開戦前、純国産機体と輸入装備品・輸入エンジンの組み合わせで就航させるつもりだった。しかし、2022 年の制裁強化で輸入装備品・輸入エンジンも調達困難となった。現在、ロシア国産主翼機にロシア製エンジン PD-14 を搭載して、飛行試験中である。ただし、装備品の国産化を進めているとしているが、その程度については明らかではない。

一応、現状では 2024 年末までに完全国産 MC-21 の開発を完了させる予定とされる。また、2024 年に飛行試験と並行して 6 機、2025 年に 12 機を生産し、2030 年までには年 72 機まで生産を増やす計画であった。しかし、2024 年 3 月初旬の段階で、就航は 2025 年以降と報道されている。

本当に完全国産化 MC-21 が完成し、言っていると通りの量産ができればある程度の航空路維持は可能であろう。しかし、完全国産化の成否が怪しい上、ソ連崩壊後、一度もなし得ていないレベルの量産を実行することになる。極めてハードルが高く見える。

## ③Tu-214

Tu-214 はソ連時代に開発された MC-21 と類似の規模の旅客機である。旅客機としては、一度は退役していたが、官需機として生産が続いていた。MC-21 の開発が終わらず、SSJ が制裁で量産できなくなった中、Tu-214 は貴重な生産可能機種として急に脚光を浴びることになった。

## Tu-214



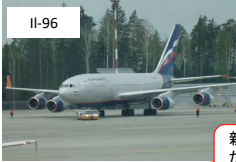








MC-21 の量産を始められるまで、Tu-214 を増産し、当面の旅客機需要に応えることが目論まれている。しかし、Tu-214 で 2022 年の内に完成した機体はない。また、2023 年に 2 機納入されたが、官需機（SLORussia 向け）である。Red Wings 航空に 1 機納入されているが、廃棄されていた機体を復活させたものである。

Tu-214 の生産拡大が順調に進んでいる様子はなく、MC-21 の量産立ち上げ計画が計画どおりであれば、Tu-214 よりも MC-21 の生産増のほうが早そうだ。Tu-214 の生産は、年間 1 機に満たなかった。急速に生産を増やすことは、そもそも現実的でなく見える。すでに量産中の機体にも拘わらず、工場新設が報道されている。実態は、新機種 of 立ち上げと変わらないのだろう。

Tu-214 は確かに、ソ連時代に開発されたので、純国産と見えてしまう。しかし、実際に設計変更で輸入部品が採用されているようだ。海外製部品の使用も報道されている。MC-21 と同じく、純国産化のための開発が必要に見える。

Tu-214 は手っ取り早く手に入る手持ちの機種のはずだった。しかし、状況を見るに、目論見は外れたと言えるだろう。早期に需要に応えるのは厳しそうだ。

## ロシア製の旅客機と主流の旅客機

	ロシア製の旅客機		世界標準の旅客機 (制裁前のロシアでも主流)
	旧世代(ソ連世代)	新世代	
<b>広胴機</b> 乗客 200名以上	 II-96	 CR929	 A330, 777 → A350, 787 等
<b>単通路機</b> 乗客 130~200名	 Tu-214	 MC-21(開発中)	 A320ceo, 737NG → A320neo, 737MAX
<b>リージョナル機</b> 乗客 100名以下	 SSJ	 SJ-100(開発中)	 E170, E195, CRJ等

出典：各社資料等から作成

### ④II-96

Tu-214 と同じく、II-96 もソ連時代から生産が続いている機体である。従来の II-96-300 に加え、より大型の II-96-400M の開発が進み 2023 年 11 月に初飛行に成功した。II-96 はボーイング 767 に近い広胴機である。諸問題を度外視すれば、これだけの大型機を開発するロシアの航空産業は、やはり相対的には高い実力を持つとも言える。日本では絶対に無理である。

機体規模だけを見れば、II-96-400M にロシアの航空会社からの期待が集まってよいはずだ。しかし、ロシアの航空会社の期待は低いようだ。II-96-400M のエンジンは、改良されているとはいえソ連時代に開発されたエンジンである。また、近年の大型機は大型エンジンを 2 基搭載して飛行するが、II-96-400M ではエンジン 4 基を搭載する。一般的にエンジンが多い場合、コストが増え歓迎されない傾向にある。西側機でもエンジン 2 基の A330 の生産が製造中なのに対し、エンジン 4 基の A340 は A330 との高い共通性にも拘わらず 10 年以上前に製造が打ち切られている。II-96-400M は輸送力、航続距離等から長距離路線を支える能力はあるものの、経済性には大きく劣る。

II-96 のエンジンを新開発の PD-35 二基に変更する構想があるようだが、翼の下のクリアランスも主翼の強度も足りないだろう。PD-35 搭載のための改造は、もはや別の機種の開発である。現実的には今後5年以内に入手可能な広胴機は、II-96-300 や II-96-400M だけであろう。

状況によってはロシアの航空会社も贅沢を言えなくなってくると思われる。II-96-400M を経済性度外視で飛ばす方向になるかもしれない。一方、II-96 も Tu-214 と同じく、急に生産を増やせない。明らかに Tu-214 より生産のハードルは高いので、仮に II-96-400M で広胴機不足をなんとかすると決めても、計画倒れになる可能性は少ない。

II-96-400M の生産が順調に立ち上がるかも不透明、政府の支援等で航空会社が低い経済性に納得するかも不透明、ロシアが広胴機を長期的にどう確保するかも不透明というのが現状であろう。

#### ⑤CR-929

ロシアと中国の共同開発で、CR-929 という A350 と同サイズの大型広胴機を開発する予定だった。しかし、開発は必ずしも順調でなかったようだ。更に、制裁強化によってロシアの参加による開発継続は非現実的となった。ロシアはプロジェクトから降り、中国のプロジェクト C-929 として継続されることになった。

仮に中国で C-929 の開発が成功し量産が始まったとしても、エンジンや装備品では欧米に依存する。他の産業分野と異なり、欧米の影響力を逃れられない。結局、ボーイングやエアバスの旅客機と似たような状況に陥る。中国がその気になったとして、C-929 から欧米を完全排除するには、10年以上のレベルでの時間を要するだろう。C-929 をロシアが購入し、運用するのは困難と見られる。

### (2) 現状での見通し

現状、ロシアは SJ-100 と MC-21 の開発促進により、欧米製旅客機の代替機を確保する方向に見える。しかし、手持ちの機種の状況から察しがつくとおり、需要を満たすことは厳しいと思われる。一部、重複するが課題は下記のとおりである。結論としては、ロシアが現状のレベルで航空路を維持することは不可能ではないだろうか。

#### ①広胴機の補充

広胴機は輸送力が大きいというだけでなく、航続距離も長い。広胴機を確保できない場合、輸送量への影響だけでなく、長距離路線の運航への支障が発生し得る。

現状、航空会社と航空工業でロシア国産機使用のコンセンサスがあるのは、単通路機以下のサイズの機体である。仮に SJ-100 や MC-21 が予定通りに量産できても、広胴機についての具体的構想は固まっていない。恐らく、最初に大問題になる。

## ②完全なる国産化

ロシアは、SJ-100、MC-21 は完全国産化の上で量産され、実際に国産化率を高める開発がされている。しかし、Tier1 レベルで国産化されているとしても、末端の部品まで完全に国産化できるのかは、微妙なところである。SJ-100 や MC-21 は海外技術の活用を前提と機種であった。しかし、ロシアに限らず、そもそも旅客機ほど複雑な製品では、サプライチェーンの末端まで、完全に把握することは困難である。

元々ソ連が開発した Tu-214 や Il-96 にしても、維持設計の過程でサプライヤーの変更があったことが推察され、程度の問題はあれ、輸入部品を完全に排除できるかは疑問が残る。ロシアによる旅客機の完全国産化は、やりきれないのではと予想する。

## ③生産技術の海外依存

ロシアの航空産業は 2000 年代以降、工作機械等の輸入設備を入れてきた。これは SJ-100 や MC-21 だけでなく、一部の軍用機やソ連時代の旅客機にも共通する。

SJ-100 や MC-21 は部品製造から組立治具に至るまで、輸入設備全面依存の生産体制を組んでいた。また、Tu-214 や Il-96 でも生産に輸入設備を使用していないことは考えにくい。

輸入設備のどこまでが運転できているかは明らかではないが、稼働不能になっている設備は一定数存在することが強く推察される。SJ-100 や MC-21 では、生産工程の大幅な組み直しが必要であろう。ラインから航空機が出てくる場合、一見、製造が続いているように見えるが、最終組立ラインは仕掛在庫で一定期間は回すことができる。よって、試作機が飛行しても、製造が続いているとか、生産が立ち上がったと断言することはできない。

仮に輸入調達部品をすべて代替できたとしても、ロシア製の構造部品の製造ができるかは別の問題である。末端の構造部品から最終組立まで、つながった状態で生産が回るかは、現時点ではよく分からない。

仮に制裁対応の生産体制を組めたとしても、遅発性の問題が発生し得る。設備のサービスが受けられないことを考えれば、途中で脱落する設備も必ず発生する。安定して効率よく旅客機の生産を続けることはかなりハードルが高いと推察する。

## まとめ

ロシアは航空大国ではあったが、ソ連崩壊時、ソ連の航空工業は西側に遅れていた。結果、ロシアの航空会社は航空路改善のために西側の航空機を導入し、その割合は年々増えていた。また、ロシアの航空工業も、新世代旅客機を開発したが、海外の技術を導入した。通常であれば、国際化によって近代化したのだから、進歩したとポジティブに評価されるべきである。

しかし、国際化には海外依存という側面がある。戦争により海外との正常な経済関係が崩壊したことで、海外に依存する部分が制裁の直撃を受けることになった。ただし、航空産業だけに関しては、相対的に海外依存度が低いことは指摘しておく必要がある。日本の航空産業のほうが、海外依存度が高い。

制裁には即発性のダメージと、遅発性のダメージがある。即発性のダメージについては、ロシアは、常識にとらわれない蛮勇と航空局の実力で乗り切った感がある。結果、2023年11月の段階では、航空路はおおむね維持されている。

しかし、旅客機の新規導入も、旅客機が正規のアフターサポートを受けることもできない中、現有の旅客機を長期間維持することは困難である。時間とともに減勢は避けられない。それを埋めるべくロシアの航空工業が十分な旅客機を供給できるかは、厳しい点が多々ある。2023年の段階では、結果は出ていないが、徐々に苦しくなってくると思われる。具体的には安全性低下や、旅客機不足が発生することが予想される。また、経済性は確実に損なわれる。

他のロシアの産業分野では、欧米依存から中国依存に切り替わったに過ぎないことも多いように見える。しかし、航空産業ではまだまだ欧米が圧倒的に優勢で、中国依存は困難である。10年くらいのスパンで考えれば、ロシアの航空産業は衰退するしかないだろう。

しかし、中国に依存できない分、ロシアは自力での旅客機開発を行っていく可能性がある。日本の航空工業の弱さの原因の一つは、開発機会を十分に作れてこなかったことである。日本では世界市場で売れる見通しが無い限り、絶対に旅客機の開発はできない。技術の蓄積が乏しい中、非現実的な要求である。言い換えれば、よほど状況が変わらない限り、日本で旅客機の開発が復活する可能性は極めて低い。一方で、ロシアはボーイングやエアバスに質的に劣っていても、国産機であれば開発できる状況である。20年以上のスパンで航空工業の発展を考えればいい経験を積めるとも言えないもない。

---

---

令和5年度ロシア地域貿易投資促進事業  
ロシア市場環境調査

## 経済制裁のロシア産業への影響

ノリリスク・ニッケル社、航空産業の制裁影響分析

2024年3月発行

---

編集・発行

一般社団法人ロシアNIS貿易会  
ロシアNIS経済研究所  
東京都中央区新川1-2-12  
電話 (03) 3551-6218

---

©禁無断転載

---

---