北朝鮮軍事工業の技術分析
鉄鋼と酸素分離機

安部桂司
（朝鮮技術史家）

1. はじめに

鉄、石油、塩。これらの財は戦争遂行に不可欠で、かつて大日本帝国が対米戦争中、調達に非常に苦労した。経済制裁下、軍事開発に全力を傾ける北朝鮮でも同じである。本稿はこれらのなかでとくに、鉄に焦点を当てる。「鉄は国家なり」というごとく、その生産・調達状況は国家のあり方を象徴的に示すからである。さらに、酸素分離機について調査する。この機械は、製鉄と密接に関連した重要設備である。

戦前から戦後にかけての北朝鮮軍事工業は、木村・安部（2003）にくわしい。しかし同書の対象は朝鮮戦争までである。その後については、各種レポートがあるとはいえ、体系的に論じた学術文献はほとんどない。本稿では部分的に戦前の状況にも言及しながら、戦後とくに近年の北朝鮮の鉄と酸素分離機の実態について、技術的側面を中心に検討する。

2. 鉄

(1) 兵器工業の端緒

軍事力は政治の暴力的手段といわれる。兵器の生産と兵士の徴集がそれを支える。パルチザン出身の金日成はこれを実践した。1961年5月28日に金日成が全国兵器工業部門の党活動者会議でおこなった演説、「兵器工業のいっそうの発展のために」は、北朝鮮の軍需生産体制がこの年から強化されたことを暗示する（金日成　第15巻：119-40）。この演説は2つの重要な発言を含む。第1は以下である：「兵器生産に用いる鋼材を民需生産にまわすならば、それだけトラクターや機械を多く生産できる。しかしトラクターや機械を量産しても、敵が戦争を起こした場合、それを活用できなくなることも考えられる。それゆえ敵が侵攻できないように、数年間力を注いで防衛力を強化しておけば、安心して社会主義建設を力強くおし進めることができる」（金日成　第15巻：129）[(1)]。兵器の生産には鋼材が欠かせない。上記は、社会主義建設に先立つ軍事力の建設、そのための製鉄業の育成、すなわち、民需より軍需を優先した鋼材の供給を命じたものである。第2は、「科学者、技術者と兵器生産の長年の経験をもつ労働者が、力を合わせて品目を増やす研究事業を力強くおし進めていくべきである」という発言である（『著作集』第15巻：130）。これは、北朝鮮の兵器生産に長い歴史があることを示す。北朝鮮は戦前、日本の大陸進出基地であった。そのため、そこには軍事工業が建国当初から存在していた。これは新興独立国家のなかで非常に珍しいケースである。アジアの大半の国家は、火薬の製造設備すら欠いていた。まして特殊鋼の製造工場をもつなど想像できないほどであった。戦後北朝鮮は、植民地期の軍事工業の設備･労働者を継承した。「解放直後、国の事情は非常に困難であったが、われわれは多大の力と資金を投じて65号工場を建設し……祖国解放戦争のとき……自動短銃、迫撃砲、弾薬、砲弾などは少なからず自力で生産供給した」（金日成 第15巻：123）[(2)]。この65号工場はもと、日本陸軍の平壌兵器製造所であった（木村・安部2002）。

このように金日成は初期から、兵器製造につよい関心を寄せていた。しかしそのための資材供給

は容易ではなかった。時代を下った1999年、金正日は「いま一度世界を牛耳って前進せよ」と、城津製鋼連合企業所（下記、第3節参照）の労働者にたいし鋼材増産を命じた（『RP北朝鮮FAXニュース』第5924号、1999年7月30日）。また同年の報道によると、「軍人らが鋼材生産のために屑鉄を収集」、「人民軍将兵らは、屑鉄を1グラムでも多く集めて国の鉄鋼生産に寄与するという一念を胸に一丸となって立ち上がり、短期間に数百トンの屑鉄を収集した」（『RP北朝鮮FAXニュース』第5944号、1999年8月27日）。これは第2次大戦末期の日本を想起させるが、戦後北朝鮮では常態であった。日本統治期、三菱製鋼平壌製鋼所が満洲及び北支からの屑鉄を活用して生産実績を上げた。その伝統が朝鮮戦争後に生かされ、千里馬運動の原点を形成したのである。日本の場合、戦争末期には全国の町村役場に1本の古釘まで回収の指示があった。それは鍬や鎌不足を招き、農業生産に悪影響を与えた。それほどまでに屑鉄の収集にこだわったのは、屑鉄が銑鉄とならぶ製鋼原料であったからである。北朝鮮が屑鉄の収集に人民軍将兵まで動員するのは、資材不足および製鋼法がまさに日本の戦争末期と同程度であるからと考えられる。

北朝鮮でも、鉄不足は農機具の不足を引起している。たとえば、稲の刈入れが毎年12月まで延びる一因は鎌の不足にあるといわれる。しかし北朝鮮が戦前日本と違うのは、鉄（製品）を輸出していることである。中国および（経済制裁前には）日本にも輸出していた。不足にもかかわらず輸出があるのは「主体（チュチェ）鉄」増産の結果である。『朝鮮新報』2009年7月8日号は以下のように記した：「［北］朝鮮では回収した屑鉄に依存する従来の脆弱な生産システムは克服されつつある。何故なら企業所の傘下企業である保山製鉄所で生産された『チュチェ鉄』（粒鉄）が供給されだしたからだ」。ここでいう主体鉄とは何か。

（2）主体（チュチェ）鉄

製鉄は通常、つぎの2工程から成る：①製銑―高炉で鉄鉱石から銑鉄を得る、②製鋼―LD転炉、平炉、電気炉などで銑鉄から鉄鋼を得る。製銑工程ではコークスが使われる[3]。ところが北朝鮮はコークス用炭（瀝青炭）を産出しない。そのため戦前は清津の三菱鉱業製錬所が、コークスを使わない製鋼法を導入した。それはドイツのクルップ社で開発された技術で、高炉のかわりに回転炉（ロータリーキルン）を用い、鉱石から直接製鋼する方法であった（クルップ・レン法）[4]。

金在武（2010）は北朝鮮の主体鉄に関して詳細なレポートを発表した。それによれば、北朝鮮では溶鉱炉（高炉）を使わずロータリーキルン方式で行う製鉄法－「直接製鉄法」が開発され、これによって還元鉄（direct reduced iron）を生産する作業が一部実用化された[5]。主体鉄とはこの還元鉄のことを指す。北朝鮮側の報道では、輸入瀝青炭のかわりに（国内に豊富な）無煙炭を使用する新製鉄工程（酸素溶融炉製錬炉）を確立した（『NNA. ASIA北朝鮮フォーカス』2010年12月23日）。それは、酸素注入法（高度純酸素を吹き込む）で鉄鉱石を直接還元して液体状態の銑鉄を製造し、銑鉄と製鋼の両工程を一元化するシステムであるという。高炉法は鉄鉱石を焼き固める焼結設備、コークス炉など大規模な付帯設備を必要とする。いちど火入れしたら止めることができないので、操業の弾力性にも欠ける。そこで設備投資を抑え生産を弾力化するために、上記の新式製鋼法を実用化したというのである。

金在武（2010）は、あくまで写真によると断りながら、降仙製鋼連合企業所、城津製鋼所の設備はロータリーキルン方式で還元鉄を生産していると判断できると述べた。彼が1987年に平壌―南浦間で見た巨大なロータリーキルンについて、案内人が「あれは4.13製鉄所の主体鉄生産設備です」と説明したという。4.13製鉄所とは千里馬製鋼連合企業所を指すが、金在武はこれを保山製鉄所（日本統治期の日本原鉄工場）と記した。のち、この設備の開発者は金在武に、「自国の鉄鉱石、無煙炭、石灰によるオリジナルの製鉄技術だ。三つの自国原料から鉄を作り出すので、主席（金日成）からこれは『三和鉄』であり『主体鉄』と命名された」と述べた。また、千里馬製鋼連合企業所では、保山製鉄所から供給される主体鉄を3、スクラップ（屑鉄）を7の割合で電気炉に装入して鋼を生産

しているという。城津製鋼所について金在武は『朝鮮新報』の報道をもとに、千里馬製鋼連合企業所と同様、管状回転炉を1,200℃程度で稼働し、ルッペ（粒鉄）を得ているとみた。以上の観察から、主体鉄が戦前のクルップ・レン法にもとづいて製造される粒鉄ないし銑鉄であることは明らかである。金在武はさらに、80年代後半、スクラップが比較的潤沢に確保されていたので電気炉に主体鉄を使用する必要がなく、保山製鉄所は休止状態にあったが、その後これが再稼働に至ったと述べた。これはおそらく、日本の経済制裁発動により、屑鉄の対日輸入が停止したためである。これは日本が戦前、米国による経済制裁で屑鉄輸入を止められた事態を想起させる。主体鉄の製造工場は以下の4か所であった：黄海製鉄連合企業所、金策製鉄連合企業所、千里馬製鋼連合企業所、城津製鋼連合企業所（筆者の個人情報）。

主体鉄生産は順調に進行したのか。これについて『聯合ニュース』は、「北朝鮮自慢の『主体鉄』は失敗作　党幹部が認める」と報道した（2012年6月27日）。それによると、「期待していた半分も生産できていない」、「党としても見過ごせず責任を問い、多くの技術者を捕えた」。また別の党幹部は、「昨年小さな炉で主体鉄の生産実験に成功したが、実際の大きさの炉では当然誤差が生じる」とし、そのため鉄を輸入に依存し平壌の10万戸住宅建設完工時期も見通しが立たないほど遅れていると述べたという。

北朝鮮の対日銑鉄・鉄鋼輸出は表1のとおりである。ここでスピーゲル（spiegel）とは鏡鉄―炭素4-5%を含む鉄合金―である。スピーゲルは製造が容易で安価なため、脱酸剤やマンガン鋼の製造に使われる。北朝鮮はこれを主に新日本製鉄向けに輸出した（筆者の個人情報）。おそらくこのスピーゲルが主体鉄である。2007年以降、経済制裁の結果、対日銑鉄・鉄鋼輸出が途絶した。これにかわって増大したのが対中輸出であった（表2）。2011年には、銑鉄・スピーゲルの対中輸出額は1億ドルを突破した。それは主として、通化製鉄所など中国東北地区の製鉄所の原料とみられる。

表1　北朝鮮からの銑鉄・鉄鋼類の対日輸出

	銑鉄及びスピーゲル		鉄鋼製のくず及びインゴット	
	MT	千円	MT	千円
2000	94,700	1,208,699	6,287	60,937
2002	36,558	501,488	—	—
2003	28,457	486,632	7,540	80,942
2004	36,443	936,510	—	—
2005	31,762	914,158	—	—
2006	20,008	610,158	—	—
2007	—	—	—	—

（出所）『東アジア経済情報』各年、2月号。

表2　中国の対北朝鮮輸入　（千ドル）

	銑鉄・スピーゲル	鉄・非合金鋼の半製品	フェロアロイ	鉄・非合金鋼のインゴット他
2008	40,200	7,562	30,998	692
2009	37,051	19,547	5,309	1,805
2010	64,422	18,405	10,763	8,544
2011	105,753	17,632	16,734	8,024

（出所）日本貿易振興機構（2012: 104）。

（3）特殊鋼

通常兵器による戦争は莫大な特殊鋼需要を喚起する。特殊鋼の一般的定義は以下のとおりである：(i) 一般普通鋼より高度の品質の鋼、とくに燐・硫黄等不純物の少ない高級炭素鋼、(ii) 炭素鋼に1種または2種以上の合金元素を添加して、特別の性質を付与した合金鋼。戦前、日本の特殊鋼メーカーは軍需によって発展した。例えば、神戸製鋼所は軍艦の砲塔生産が得意な特殊鋼メーカーで、明治期から海軍と結びついて成長した。1931年に満洲事変が起ると、軍需増大により新規特殊鋼メーカーの設立が続いた。1936年設立の日本高周波重工業はそのひとつであった。同社の城津工場が現北朝鮮の「城津製鋼連合企業所」（城津は今の金策市）である。

金日成の死亡前後、韓国側が北朝鮮の金属工業をどのように捉えていたかは、韓国産業銀行（1995）の第1章「金属」にみえる。同書は、第1章の金属から第12章の輸送部門まで、北朝鮮の産業を支える各部門の詳細な分析を含む。さらに各章ごとに、直面する問題点を列挙している。例えば金属部門については、「第1に投資財源が不足で施設交換および補修がなされていない。第

2に原料鉱物の生産不振により原料供給不足と資源調達が円滑にできない。第3に電力供給が不足している。第4に先進技術から隔離した経済性の低い生産方法が利用されている」と述べた。これらの問題点は、金属に限らず北朝鮮のすべての産業に共通した。じっさい当時から、運輸、例えば茂山鉱山からの鉱石輸送がうまくいっていないこと、電力不足が深刻なことが、訪朝した在日朝鮮人を通じて伝わっていた。これを解決するため、日本企業の投資にたいする強い要望もあった。一方、韓国統一院（1994）は、特殊鋼の生産比重の引上げと多種類の鋼材生産の増大に金日成が強い意欲をみせたと指摘した。この指摘は25年前の金日成の演説「経済指導における革命的規律と秩序の確立について」と対照すると皮肉に響く。同演説は、党中央委員会政治委員会と内閣合同会議で行なわれたものである（1968年10月12日）。金日成はそこで「現在、珪素鋼板、ステンレス鋼管、絶縁材などは輸入しているが、こういうものは少し努力すれば自力で十分に生産することができる」と主張していた（金日成 第23巻：114）。金日成が自力で生産できると述べたのは、前述の旧日本高周波重工業城津工場が存在したからである。

特殊鋼には、ミサイルや核開発に欠かせない高張力鋼、ステンレス鋼、軸受鋼も含まれる。それゆえ金日成は特殊鋼の生産にこだわり、兵器生産の第1歩から次のように発言していた：「現在兵器工業で用いる鋼材をみても『スチール』何号などと外国名の鋼種のみで、朝鮮の科学者、技術者が発明して命名した鋼種は1つもない。わが国に大学が数十もあり、技術者、専門家が10余万名もいながら、自力で鋼種の1つもつくりだせないのは恥ずべきことである。」（「兵器工業のいっそうの発展のために」1961年5月28日）（金日成　第15巻：131）。金日成はさらに、第3次7か年計画の開始前年、次のように述べた：「外国との製鋼工場の合弁問題が確定すれば、そのときに新たな展望計画の鋼鉄生産目標を定めるべきである。金属工業部門では規格鋼材の生産を増やし、珪素鋼板工場、ステンレス鋼板工場、高圧管工場、ワイヤロープ工場を新設［すべきである］」（「技術革命の促進と金属工業の発展について」1986年2月5-8日）（金日成 第39巻：335）。

1988年、城津工場にかんして、金日成は以下のように述べた：「城津製鋼連合企業所では、各種の特殊鋼をいくらでも生産することができる。ところが、幹部は特殊鋼を生産するための具体的な仕事の手配はせず、ただ特殊鋼を生産せよと城津製鋼連合企業所に押しつけているだけだ。これでは、軸受鋼をはじめ各種の特殊鋼が満足に生産されるはずがない」（「工作機械工業と電子・自動化工業の発展に転換をもたらすために―朝鮮労働党中央委員会第6期第14回総会での結語」1988年11月30日）（金日成 第41巻：288）。これを読めば、93年の韓国統一院の「強い意欲をみせた」という皮肉な言葉が理解できる。すなわち、意欲はあっても生産不能なものが多かったのである。くわえて世界では80年代、特殊鋼のなかでも、新たなステンレス鋼が開発されていた。北朝鮮はその進歩の埒外に置かれていた。

1986年2月28日、金日成は在日朝鮮商工人代表に、合弁設立を通ずる第3次7か年計画への協力を呼びかけた（筆者の個人情報）。北朝鮮が日本の先進的鉄鋼技術の導入を企図したことは、康忠熙（1995）からも知りうる[(6)]。この論文の意図は、韓国鉄鋼業の発展過程を分析し、参考にする点にあった。この中で康は、日本からの「技術導入は総合製鉄所の基本計画から建設工事、設備設置、操業指導はもちろんのこと、コンピュータ制御システム、鋼種の選定に及ぶまで包括的なもので、製鉄所の全技術をワンセットまるごと移植するような形で行われた」と指摘し、日本の進んだ技術の導入があったから、韓国は1980年に鉄鋼生産性でEC諸国、米国を抜いて日本に次ぐ水準に達したと述べた（康 1995: 23）[(7)]。康はさらに、「世界の鉄鋼業とその技術との交わりが少ない現在の状況のもとでは、北で蓄積された鉄鋼技術の力は十分に発揮されていない」と指摘した（同上）。こうした認識は、前掲、韓国産業銀行（1995）のそれ―「先進技術から隔離した経済性の低い生産方法が利用されている」―と一致する。

1992年、第3次7か年計画終了予定の前年、朝鮮国際貿易促進委員会のジョン・ヨンジョンは、「われわれは今後、ステンレス鋼、珪素鋼板や各

種の合金鋼生産、そして特に金属2次加工部門に力を傾注することを予定している」（日朝貿易会 1992: 12）と述べた。これは、北朝鮮金属工業がステンレス、アルミニウム合金の生産もできない状態にあったことを示唆する。そこで科協（注(5)参照）は、1995・96年に北朝鮮の鉄鋼技術調査団（城津製鋼連合企業所の関係者を含む）を日本に招待し、日本の先進的鉄鋼技術の対北導入可能性を探った。主たる狙いは名古屋の大同特殊鋼との接触であり、調査団は同工場見学と技術交流を申し込んだ。大同特殊鋼は1916年創立の電気製鋼所に起源をもち、日本を代表する特殊鋼メーカーであった（同社は技術交流を拒否した）（筆者の個人情報）。

(4) ステンレス鋼の輸入

武器調達にかんする金日成の基本的考えを知るうえで、次のエピソードは示唆的である。「わたしは……『民生団』の嫌疑を受けていた隊員たちに、これからは敵と戦わねばならないのに銃と弾丸がなくてどうするのか、君たちが10名、または15名ずつ組んで敵背に潜入し銃と銃弾を奪い取り、1か月後にこの場所にまた集まれと指示した。するとかれらは、1か月どころか半月足らずのうちにみな奪取した銃をにない、弾帯に銃弾をいっぱい詰めてもどってきた」（「社会主義農村問題にかんするテーゼを確実しよう」1990年5月28日）（金日成　第42巻：342）。兵器は在るところから調達する―これを金日成は「自力更生の革命精神」だと自賛したといえよう。北朝鮮式の自力更生の革命精神―「パルチザン精神」とは必要に応じて、在るところから調達することである。

この精神にしたがい、北朝鮮は主として、北朝鮮の指定商社といわれた東海商事をはじめとする6社を通じて、ステンレス鋼を日本から輸入した。表3は第3次7か年計画中（1987-93年）の鉄鋼対日輸入を示す。1987年はすべて「鉄鋼製品」で表示され、約2万トンであった。88年から「鉄鋼」と「鉄鋼製品」が別掲され、90年を除き鉄鋼製品より鉄鋼の輸入が多かった。詳細には、88年にステンレス鋼の輸入量は2千トン、ミサイル用鋼材とみられる「構造用合金鋼」は22トンであった。88年は、北朝鮮が核とミサイルの製造に大きく踏み出したとみられる年である。第3次7か年計画中、鉄鋼輸入量の3分の1、約7千トンはステンレス鋼であった。

表3　日本からの鉄鋼・同製品の対北輸出　（MT）

	鉄鋼（72類）	鉄鋼製品（73類）	ステンレス鋼（72.18類）	構造用合金類（72.24類）
1987	19,196	—	—	—
1988	4,764	3,308	2,216	22
1989	2,692	1,601	789	—
1990	2,880	3,599	1,462	—
1991	5,395	3,833	812	—
1992	3,595	686	811	—
1993	1,798	716	799	—

（注）項目の下欄は商品分類番号（HS）。
（出所）『通関統計』。

第3次7か年計画終了後の調整期、94年7月6日、「社会主義経済建設に新たな革命的転換をもたらすために―経済部門の責任幹部協議会での結語」の中で、金日成は次のようにステンレス輸入の必要性を強調した：「肥料工場の設備はすべてステンレスで補修し10年ぐらいはもつようにすべきである。興南肥料連合企業所ではステンレス管がなくて普通の鉄管で設備を補修するので、毎年補修工事をしているが、鉄管は1年使うと腐食してすぐ使えなくなる……。ステンレスは国産化できるものは国産化し、輸入しなければならないものは外貨をかけてでも輸入すべきである。興南肥料連合企業所の設備補修に必要なステンレスは、金属工業部門で合金元素を輸入して生産することにし、それに要する外貨は自力で稼いでまかなうべきである。」（金日成　第44巻：453）。この発言から、このときまでステンレス鋼材が肥料工場の設備に使用されていなかった事実が明白である。これ以上に重要な使用目的は、核・ミサイル関連の設備以外には考えられない。付言すれば、肥料と火薬の製造工程はほぼ同一であるから、肥料工場の設備も軍事関連である。

1998年8月31日、北朝鮮は弾道ミサイルを発射した。日本政府は、ミサイル製造に欠かせないステンレス鋼が日本から輸出されている実態を認識し、同年11月に輸出貿易管理令を一部改正した。その趣旨は、チタンにより安定化されたオー

ステナイト・フェライト系ステンレス鋼の輸出管理の強化であった（木村・安部 2008: 168）。同鋼はステンレス鋼の中でもっとも耐食性に優れ、酸化剤を使うロケットエンジンに欠かせない資材である。1998年、ステンレス鋼の対北輸出量は大きく減少した。これは、輸出規制強化の影響であろう。

北朝鮮が採りうる対抗措置は、対中輸入による代替であった。しかし中国製のステンレス鋼は品質面で日本製に劣った。そこで北朝鮮は日本の放置自転車に注目し、その大量輸入を図った。放置自転車はステンレス鋼の塊であったからである。同時に非合法調達を試みた。密輸のいくつかのケースは日本警察が察知し、摘発、報道された。経済産業省の担当部局も在日朝鮮人貿易商の帳簿を調べるなど、在日商社からの軍需資材の輸出に厳しい目を張り巡らせた。そのなかで北朝鮮は第3国経由の調達を推進した。当初は大連経由であったが、金大中政権下で韓国経由が一般化したといわれる。ルートは、新潟港積み出し、釜山港陸揚げ、陸路仁川へ、仁川港積み出し、南浦港受取りであった。これに関わったとみられる貿易商の証言によると、新潟港から万景峰号で直接元山港へ陸揚げされる場合に比べ、このルートでは費用が3割高になったという。外貨不足の北朝鮮は、これによって少なからぬ影響を受けたとみるべきであろう。ある論者は、日本は軍需資材の流出を止められないのであるから、経済制裁をおこなっても効果がないと主張する。しかし経済制裁が北朝鮮経済に打撃を与えるかぎり、その効果を否定することはできない。それが実際、北朝鮮軍需工場の操業を困難に陥れたことは、『労働新聞』など北朝鮮メディアの対日非難が示唆する（『協会通信』2012: 19-22）。

3. 酸素分離機

(1) 酸素分離機とは何か

「酸素分離機」は北朝鮮の文献にかなりの頻度で登場し、最終的に国産化されたと発表された。それは1つの機械ではなく、遠心空気圧縮機、蓄冷式熱交換機、膨張タービン、分離機、低温液体貯蔵槽、低温液化ガスポンプなど種々の機械の組合せである。日本では液体酸素製造装置と呼ばれる。酸素分離は以下の2工程から成る：①空気の圧縮・冷却、②沸点の差を利用した酸素と窒素の分溜。第2次大戦中、酸素ガスは軍事用として重視された。日本軍はそれを海軍の酸素魚雷製造や戦地での溶接・溶断に使用した。窒素ガスも軍事用―火炎放射機の燃料圧出―に使った。敗戦後は日本の肥料製造（とくにアンモニア合成用の水素製造）を支え、1950年頃からは酸素製鋼（平炉に酸素を吹込む）に活用された。液体酸素自体は、液体推進ロケットエンジンの酸化剤として重要である。ほぼすべての炭化水素と反応し（明るい白黄色の炎を出して）燃えるので、酸化剤として広く使われる。ロケットには、アルコール、ジェット燃料（ケロシンの一種）、ガソリンおよび水素と混合して使われる。液体酸素の難点は、蒸発し易いので長時間貯蔵できないことである。そのためこれを大量に使用するときは、使用地の近傍に製造装置を設けなければならない[(8)]。

日本では、酸素分離技術は高度経済成長期に発展した。それは鉄鋼業、化学工業の大型プラント化と密接に関係していた。その装置の主素材は当初、銅、真鍮であったが、1955年以降、ステンレス鋼の市場価格が低下すると、同鋼が装置の一部に使われるようになった。とくに、低温における強靱な性質が評価され、圧力を受ける部分を中心に使われた。1960年代には銅に代わってアルミニウムが使われるようになり、酸素製造装置の材料は大きく転換した（日本産業機械工業会 1978: 319）。

(2)『金日成著作集』にみる酸素分離機

『金日成著作集』にもっとも早く酸素分離機が登場するのは1968年である：「金属工業省の幹部は具体的な見積りもなく降仙製鋼所に3千m^3能力の酸素分離機を設置したため、現在それはほとんど操業していないありさまである。これを降仙製鋼所にではなく黄海製鉄所に設置していたならば、いまごろは大いに有効に利用されているはずである」（「経済指導における革命的規律と秩序の確立について」1968年10月21日）（金日成 第23巻：99-100）。これは、技術導入にかんし見通し

を誤った幹部にたいする叱責である。酸素製鋼法を北朝鮮でも試みようと降仙製鋼所に酸素分離機を導入したが、それを使いこなせなかった実状を反映する。

北朝鮮は、第1次7か年計画を予定期間中（1961-67年）に完了できず、3年間の延長を余儀なくされた。1968年は延長1年目であった。第1次7か年計画は、多くの兵器工場の新設・拡張、また地下化を予定していた。携帯用ロケット・化学兵器工場の整備も図った。こうした事業に要する鉄鋼需要に応えるために、新たな製鋼法の導入が課題となったとみられる。上記の酸素分離機が、当時の社会主義諸国からの援助によるものであったならば、旧来のリンデ・フレンゲル式であろう。日本からの輸入品だとすれば、新式であった可能性がある。いずれにせよ、上記の金日成の言葉は、世界の兵器工業の進歩に遅れまいとする焦りを示している。

金日成は80年代―第2次7か年計画（1978-84年）・第3次7か年計画（87-93年）期、核・ミサイル開発に力を注いだ。80年以後、酸素分離機に言及した彼の発言は以下のとおりである。

(1)「酸素分離機の製作も力こぶを入れておし進めなければならない」（「平安北道の各機械工場に提起される当面の課題」1980年6月22日）（金日成 第35巻：173）。

(2)「酸素熱法によってカーバイドを生産するためには、機械工業部門で酸素分離機をたくさんつくってやらなければならない」（「化学工業部門の課題について」1982年2月9日）（金日成 第37巻：24）。

(3)「ただ、ビナロン工場と合成ゴム工場に設置する酸素分離機をどうするかが問題になるが、それはどうみても輸入しなければならないようだ」（「朝鮮労働党中央委員会第6期第7回総会での結語」1983年6月16-17日）（金日成 第38巻：37）。

(4)「楽元機械連合企業所では自力で近代的な大型酸素分離機をりっぱに製作した」（「技術革命の促進と金属工業の発展について」1986年2月5-8日）（金日成 第39巻：305）。

(5)「2・8ビナロン連合企業所の設備現代化の第2段階工事に必要な酸素分離機は、国内で生産されるので、問題になることはない」（「興南肥料連合企業所の設備の大型化、現代化工事竣工の祝賀宴でおこなった演説」1991年12月1日）（金日成 第43巻：236）。

(1) では、平安北道の工場の問題が取上げられている点が注目される。平安北道は機械工業が集中する地域である。1980年、第1次7か年計画の3年目の時点で、金日成は酸素分離機を製作しろと言い、1982年には (2) で、1歩進んだかのようにたくさん作れと命じている。もしこの段階で「製作」していたのなら、機械毎に輸入して繋ぎ合わせたものではなかっただろうか。ところが83年に入ると (3) で、しびれを切らしたごとく「それはどうみても輸入しなければならない」と述べた。ここでビナロン工場と合成ゴム工場に設置とあるのは、酸素分離機で分離した酸素は、カーバイド（ビナロン原料）、窒素はアンモニア（火薬原料）の製造用だったからである。アンモニアは窒素肥料（硫安、塩安、尿素）や合成繊維（レーヨン）の原料であるばかりでなく、ロケット燃料ヒドラジンの原料でもある。

第2次7か年計画後の調整期間中の1986年、(4) で金日成は「立派に製作した」と誇らしげに語った。これによって、翌年開始の第3次7か年計画に目処をつけたごとくである。しかし、日本の液体酸素製造装置の大型化が素材産業とくにステンレスとアルミ合金製造の発展を基礎にしていたことを考えると、そうした発展を欠いた北朝鮮で「立派に製作した」というのは奇妙である。第3次7か年計画の半ばを過ぎた91年、(5) で「国内で生産されているから問題にならない」と演説したとき、金日成は裸の王様のごとく、下部からの虚偽報告に惑わされていた可能性がある。

第3次7か年計画期、金日成は平安南道順川に一大化学コンビナートの建設を企てた。そのさい金日成は、「わたしはすでに朝鮮労働党第4回大会で、酸素熱法によるカーバイド生産方法を研究開発する課題を示した。酸素熱法によるカーバイド生産方法を導入すれば、電力を多く節約しながらもカーバイド生産をいちじるしく増大させ」ることができると、自立工業の発展に自信を示した

(「ビナロン工業をいっそう発展させるために」1986年4月27日)(金日成　第39巻:381)。「酸素熱法」とは、酸素とコークスの燃焼熱でカーバイドを生産する方法で、日本でいう「酸素法」に相当する。北朝鮮では、コークスの代わりに無煙炭を用いたのであろう。酸素法は東洋高圧などが1955年頃に実験したが、工業的見込みが立たず採用を諦めた技術である。国際的にも、電炉法以外の製造技術として西ドイツやオランダなどで開発されたが、カーバイド量産技術として確立に至らなかった。このように、先進諸国が工業化を断念した技術だけに、遅れた北朝鮮での工業化はより困難であったに相違ない。1989年6月、労働党中央委員会総会で金日成は次のように述べた:「重要プロジェクトの建設でもっとも重要なのは,順川ビナロン連合企業所の建設を早く完成することである。第一段階でビナロン5万トンとメタノール7万トンの生産能力を造成し、第二段階ではビナロン10万トンと塩化ビニール25万トン、苛性ソーダ25万トン、窒素肥料90万トン、メタノール15万トンの生産能力を造成し、第3段階ではカーバイド100万トンの生産能力を造成すべきである。」(金日成　第42巻:11). その後、技術導入の責任者であったウ・スハン博士が処罰され(筆者の個人情報)、順川の酸素熱法の失敗が明らかとなった。

この間の液体酸素の対日輸入をみると、1992年の突出が目立つ(表4)。この数字は、順川ビナロン連合企業所に液体酸素を運び、酸素熱法の実現を図ったことを示唆する。すなわち、液体酸素の生産の失敗—酸素分離機の国産化の失敗が読み取れる。順川ビナロン連合企業所のカーバイド工場が実際に稼働するのは、第3次7か年計画の終了から5年後、1998年の秋であった。これには在日朝鮮商工人の支援と日本から運んだ廃電炉が大きな役割を果した。これは、酸素分離機を使わず、従来の電炉法によるカーバイド製造が行われたことを意味する。

北朝鮮では近年にいたっても酸素分離機の製造努力を継続している。それを示す2009年7-8月の報道を以下のとおりである。

『朝鮮新報』7月21日:楽元機械連合企業所、年内に大型酸素分離機2台生産。

同7月24日:「昨年の11月に続いて今年2月8日、再び総書記が現地指導した楽元機械連合企業所は10月に完成予定だった酸素分離機を6月に完成させた。この酸素分離機は11の企業所が提供する部品を使用するため、同企業所だけが意気込んでも生産はできない。あらゆる関連部門が奮起し共同歩調をとった結果だ。」

『労働新聞』7月29日:楽元機械連合企業所で酸素分離機生産。

同8月9日:楽元機械連合企業所、対象機械生産に拍車、楽元酸素分離機工場、油圧機械など酸素分離機の生産に励む。

「朝鮮中央テレビ」8月23日:楽元酸素分離機工場の紹介。

表4　日本からの液体酸素の対北輸出　(kg)

1987	160
1988	1,017
1989	—
1990	—
1991	—
1992	45,747
1993	—
1994	418
1995	800

(出所)『通関統計』。

4. おわりに

金正日の晩年の産業視察は、酸素分離機に関わる工場に重点を置いていた。彼は同機の国内製造を図ったが、けっきょく成功しなかった。他方、北朝鮮の鉄鋼関連資材の対中輸出増大の背景には、日本からの屑鉄原料の輸入があったと考えられる。それは膨大な放置自転車、中古自動車であった。しかし2006年の核実験の結果、経済制裁を受け、日本からのその輸入が途絶した。北朝鮮にとってステンレス屑の対中輸出は魅力的なビジネスであったが、それが不可能になった。そこで日本へ輸出していた銑鉄・スピーゲルを対中輸出に転換した。この背後には、輸入した酸素分離機による「主体鉄」の生産拡大があったと考えられる。

〈参考文献〉
『協会通信』（朝鮮経済交流協会）。
『朝鮮新報』。
『東アジア経済情報』（東アジア貿易研究会）。
『労働新聞』。
『NNA．ASIA 北朝鮮フォーカス』。
『RP 北朝鮮 FAX ニュース』。
韓国産業銀行　1995.『北韓の産業』同行、ソウル。
韓国統一院　1994.『93 年度下半期北韓経済動向』同院、ソウル。
木村光彦・安部桂司　2002.「北朝鮮兵器廠の発展：平壌兵器製造所から第六十五工場へ」『軍事史学』第 37 巻第 4 号、pp. 47-59。
木村光彦・安部桂司　2003.『北朝鮮の軍事工業化』知泉書館。
木村光彦・安部桂司　2008.『戦後日朝関係の研究』知泉書館。
金在武　2010.「チュチェ鉄」『科学技術』第 59 号、pp. 26-32。
金日成　1983-99.『金日成著作集』第 15、23-44 巻、平壌、外国文出版社。
康忠熙　1995.「南朝鮮の鉄鋼業とその技術」『科学技術』第 29 号、pp. 23-30。
国際関係共同研究所　1979.『北朝鮮の工業』同所。
サットン、ジョージ・P．1995.『ロケット推進工学』山海堂。
ダイヤモンド社編　1974.『鉄鋼』同社。
日朝貿易会　1992.『朝鮮民主主義人民共和国の対日経済政策、主要産業部門　現状と展望』同会。
日本産業機械工業会　1978.『日本産業機械工業三十年史』同会。
日本貿易振興会　1973.『朝鮮民主主義人民共和国』同会。
日本貿易振興機構　2012.『中国と北朝鮮の経済関係に関する調査』同会。
東アジア貿易研究会　1993.『朝鮮主要産業分析』同会。
東アジア貿易研究会　1998.『北朝鮮の経済・貿易動向』同会。
堀川一男　2005.『海軍製鋼技術物語』アグネ技術センター。

(1) 引用では、演説の「です、ます」を「である」体で記す。以下、同様。

(2) この「自動短銃」は、『金日成著作集』からの引用である。これは「ソ連製 42 年式機関銃」―ソ連兵が所持していたマンドリンと呼ばれるものであろう。そうならば「自動小銃」が妥当である。このように『金日成著作集』には不適当と思われる訳が多い。

(3) 高炉でつくられた銑鉄には炭素、珪素、マンガン、燐、硫黄などの成分が多く含まれており、圧延・鍛造などの加工に適しない。加工に有害な燐、硫黄などの元素を除くか、その量を少なくするか、加工に必要な元素を加えることによって圧延・鍛造ができる粘り強い鉄すなわち鋼に変える。この圧延・鍛造に有害な元素を取り除くか、または減少させる作業が製鋼作業である。そのために、溶銑に酸素を供給して、化学反応によって溶銑中の不純分を酸素と化合させて除く。現在、日本、中国、韓国で行われている一般的な製鋼法では、転炉、平炉、電気炉で鋼をつくる。コークスを用いない製鉄法は、すなわち高炉を用いない製鉄法である。日本古来の製鉄法、砂鉄による玉鋼の製造がそうであった。高炉を用いる製鉄の歴史はわずか 300 年にすぎない。

(4) 回転炉で粒鉄（ルッペ）を造る方法であり、三菱鉱業がドイツの特許を購入し、1937 年から北朝鮮の清津で生産を始めた。清津にはその後、本格的な製鉄所（日本製鉄清津製鉄所）が建設された。それは、背後の茂山鉄山の鉄鉱石と、東満・密山で埋蔵が確認された強粘結炭を利用するものであった（木村・安部 2003: 31）。

回転炉は大体直径 3.6 m、長さが 70 m あり、2～3%傾斜させ、1 ～ 2 分に 1 回転した。装入側は予熱帯であり、続く 60%が還元帯、最後の 20%がルッペ帯である。ルッペ帯の温度が 1,100℃なら製品は海綿鉄、1,200 ～ 1,400℃ならルッペ、1,450℃なら銑鉄ができる。ここで生産されたルッペとは、ロータリーキルンで低温還元したとき、半溶融状態の鉄が接着してできる。径 15-50 mm の粒状で、製鋼原料として活用された。海綿鉄（Sponge iron）は、酸化鉄を 1,000 度以下の温度で炭素、一酸化炭素、水素、炭化水素などによって（溶融させずに）還元すると生成する（多孔質の固相鉄）。屑鉄の代用を目的とした電気炉製鋼用原料である（ダイヤモンド社編 1974）。

回転炉を使う他の製鋼法にバッセー法がある。これは回転炉で銑鉄とセメントを同時に造る方法で 1935 年フランスのバッセーが発明した。日本では八幡製鉄所が 1938 年に、次いで秩父セメントが運用試験を行った。浅野セメントなどもこれに加わったが、経費の問題で 1941 年に中止した。1937 年から日本特殊鋼管が大湊で砂鉄を原料に研究をすすめ、1943 年までに銑鉄を 72,000 トン、ルッペを 48,000 トン生産した。1943 年設備を解体・輸送を試みるが空襲で輸送が困難になり、生産が中断した（堀川一男 2005）。

(5) 金在武は朝鮮総連傘下の組織、科協（在日本朝鮮人科学技術協会）の東海支部顧問であった。

(6) 康は当時，朝鮮大学校教員で科協会員であった．

(7) 80 年代の前半、浦項から電話があれば、新日鉄の技術者がただちに飛行機で駆けつけたという。溶鉱炉の扱い方で韓国が自立できたのは 1990 年前後と考えられる。

(8) アトラス、ジュピター、タイタン-1 などはジェット燃料と組み合わせても使われている。水素との混合ではスペースシャトルが知られている（サットン 1995: 223）。