

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (6)

タングステン資源の現状と将来

Overview of Tungsten Resources

長 原 正 治*

Masaharu Nagahara

1. はじめに

わが国で、稼業できるほど多量のタングステン鉱石が見つかったのは1909年(明治42年)になってからで、山口県の喜和田、玖珂、喜久(現在の藤ヶ谷)鉱山などで相次いで発見された。タングステンは当時すでに、地質学者渡辺博士が明治天皇に「タングステンの重要性について」奏上申し上げるなど、国防上重要な金属であることは認識されていたが、その利用法についてはまだよく分かっておらず、喜和田鉱山から産出された鉱石はすべてドイツへ輸出していた。

第二次世界大戦の中頃、ドイツが初めてタングステンをを使った超硬合金の対戦車砲弾を作り、北アフリカ戦線で華々しい戦果を挙げ、この時から、タングステンは戦争になくはならない重要な戦略物資となり、各国が競って同様の弾丸開発に力を注ぐようになった。以来、朝鮮戦争、スエズ動乱、ベトナム戦争など争いがあるごとに軍需が増加し、価格も急騰或は長期間上昇を続けた。それは大量消費を前提とする戦略物資でありながら、その取りきの多くがディーラの手ゆだねられていたため、専ら投機対象にされたからだという。一方、価格の上昇はその度に鉱山の探鉱、開発を促し、中小タングステン鉱山の操業を活発にした。

このようにタングステンは他のどの鉱物資源よりも動きが激しく、一般には扱いにくい鉱物と敬遠されてきたが、最近では軍需の後退、中国からの安定した供給などで、魔の商品とか鉱石の小豆とか言われていた頃ほどの変動はない。ここでは、このようなタングステンは一体どのような鉱物なのか、一般的な鉱物の種類や産状を説明し、その埋蔵量、生産量、価格、需要、見通しなどについて述べたいと思う。

2. 鉱物と鉱床

タングステンを含む鉱物は20余種類あり、そのうち採掘の対象となる有用なものは鉄マンガング重石、灰重石、マンガング重石、鉄重石などである(表1)。鉄マンガング重石は板状の黒色金属光沢のある結晶だが、灰重石はあめ色で軟らかくて砕けやすく、これを金属とか鉄に混ぜると硬い合金になるとは、とても思えないような鉱物である。色合いから鉄マンガング重石を黒鉱、灰重石を白鉱と呼んで区別することもある。

タングステンは、花崗岩などを造る酸性マグマが貫入品出する際の残液中にタングステン酸イオン、タングステン酸、タングステン酸ナトリウムなどとして濃集し、これが地殻上部に運ばれ沈澱して鉄マンガング重石或は灰重石などになる。どちらの鉱物ができるかは、

表1 タングステン鉱物の種類

項目 鉱物名	化学式	含有量(%) (理論値)	比重	モース 硬度	色	形状
鉄マンガング重石 Wolframite	(Fe, Mn)WO ₄	59.9~60.4	7.0~7.5	5.0~5.5	黒色	板状、柱状
灰重石 Scheelite	CaWO ₄	63.8	6.1	4.5~5.0	灰白色 ~鉛色	八面体
マンガング重石 Huebnerite	MnWO ₄	60.7	7.1~7.3	4.0~4.5	黄褐 ~黒色	晶癖板状 ・粒状
鉄重石 Ferberite	FeWO ₄	60.5	7.5	4.5	黒色	偏平結晶

* 株式会社喜和田鉱山鉱山長

〒740-03 山口県岩国市大字二鹿

主として鉍液が接触する岩石の違いによるもので、その岩石中に含まれている鉄、マンガン、カルシウムなどの相対的な量と関係し、例えば石灰岩を交代してきたような場合には灰重石、それ以外は鉄マンガン重石を生成するのが普通である。世界における鉄マンガン重石と灰重石の産出比率は65：35と推定されている。

鉍床は岩石中の割目とか、石灰岩のような反応しやすい炭酸塩岩のある場所に生成し、鉍脈型鉍床或は鉍染型鉍床（主としてスカルン型鉍床）になる。鉍脈型の含タングステン石英脈鉍床は花崗岩の内部又は上部周辺に生成し、ときにタングステンを多量に含む細い鉍脈が密集して富鉍部をつくる。無尽蔵と世界を驚嘆させた中国のタングステンはこのような鉍床から産出したものである。スカルン型鉍床は単独大規模鉍床を形成することがあり、さらに含タングステン石英脈が鉍床に交叉するときは、その付近が著しく富化しているのが普通である。世界のタングステンの約70%は鉍脈型鉍床から、残りの20~25%はスカルン型鉍床から産出する。

次に、これら鉍床からの産出状況について簡単に述べよう。中国江西省の南嶺山脈にはジュラ紀花崗岩が点在し、その周辺に多数の鉍脈型鉍床があって鉄マンガン重石を産出する。西華山鉍山では、短い鉍脈の雁行配列で鉍床が形成されており、その走向延長は平均250m、最大1,075m、脈幅は平均0.4m、最大3.6mで露頭から100~500mの深部まで連続する¹⁾²⁾³⁾。

ソ連のバイカル湖付近のAntonovogorsk鉍山では、花崗岩とその周辺の堆積岩中に鉍床があり、鉍脈は雁行状の細脈の集合から成っていて鉄マンガン重石を産出する。タイ、ボリビアのタングステン鉍床からは鉄マンガン重石と共に、多量の錫石を産出する。

韓国の上東鉍山は、石灰岩を交代した厚さ平均4m、延長1,500mの緩い傾斜の層状スカルン型鉍床で、多数の石英脈がこれに交叉し広範囲にわたって富化した大規模鉍床である。オーストラリアの南東沖合にあるキングアイランドのDolphin鉍山の鉍床はレンズ状スカルン型で、走向延長500m以上深さ90m以上の規模で露天掘りし、灰重石を産する。不純物としてモリブテンを含む。

カナダのCantung鉍山は灰重石を産出し、西側先進国では最大のもので鉍石の品質も良い。アメリカのPine Creek鉍山の鉍床規模は、露頭の幅45m、走向延長100mで地表から約350mの下部まで続いている。

以上は花崗岩分布と関連の深い普通の鉍脈型、スカルン型鉍床の主なものであるが、このほか変わったものでは、海底の熱水噴気活動と関連して生成した層状鉍床や、川の上流にある鉍床中のタングステンが溶出して下流の塩湖中に濃集沈澱したと考えられている鉍床などもある⁴⁾。

3. 埋蔵量と生産量

世界の主なタングステンの産地はヨーロッパ南部イ

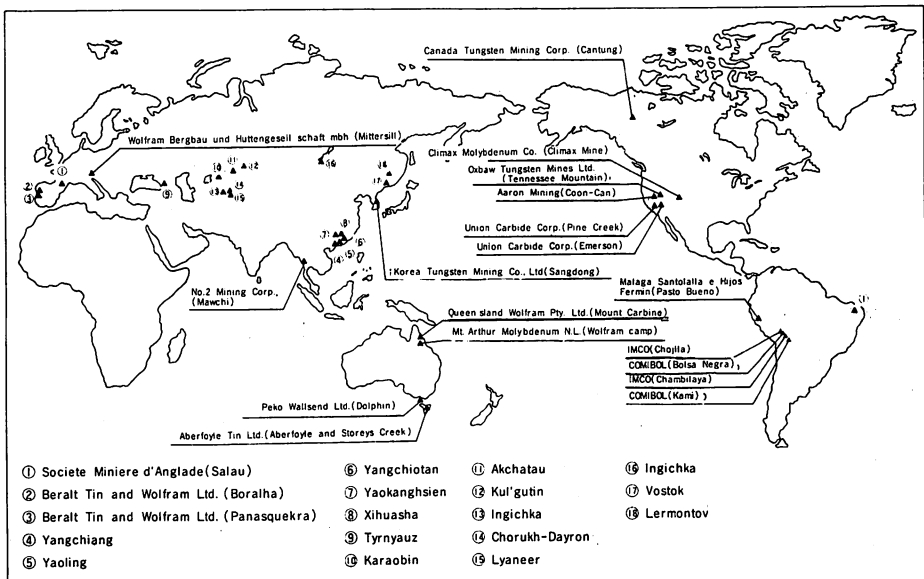


図-1 世界のタングステン鉍山分布 出所 金属鉍事業団

表2 世界のタングステン埋蔵量
1981年調査 単位：W純分千t

	確定鉱量	推定鉱量	合計	品位*
中国	1,400	2,300	3,700	2~3
カナダ	430	320	750	2.18
アメリカ	250	300	550	0.25~0.3
ソ連	210	320	530	1
オーストラリア	100	260	360	1~3
北朝鮮	100	140	240	
韓国	80	70	150	1.7
トルコ	70	10	80	
イギリス	60	5	65	
ポリビア	40	90	130	2
ビルマ	30	70	100	1~1.3
ポルトガル	20	20	40	2
メキシコ	20	5	25	
オーストリア	20	60	80	
ブラジル	20	40	60	1~2
タイ	20	20	40	
その他	40	90	130	
合計	2,910	4,120	7,030	

出所 1982年タングステンシンポジウム

* 米国鉱山局資料を付記 品位はWO₃ %

ベリア半島、中東アラブ海の東部、環太平洋地域の諸国にかけて分布する(図-1)。世界の埋蔵量は1981年の調査ではW純分で確定鉱量2,910,000t、推定鉱量4,120,000t、計7,030,000tと言われている(表2)。このうち中国の鉱量は3,700,000tで世界の半分を占め、次いでカナダ、アメリカ、ソ連などが多い。埋蔵量を共産圏と西側との比率で見ると、59:41で共産圏の方がわずかに多い。

生産量は価格によって可成り変動するが、近年の高価格に支えられて高水準の生産をした1981年を例にとってみると、世界の総生産量はW純分にして48,200tで、その内容は中国が25%強の13,600tを占め、ソ連、オーストラリア、カナダ、韓国などがこれに次ぐ(表3)。共産圏と西側の比率で見ると51:49で相半ばする。なお、西側世界の消費量を表4に示しておいた。

1982年以降は価格が下落したので、各鉱山はそれぞれ採掘箇所の選択や採鉱量の減少などで生産コストの減少に努力してきた。しかし、低価格が長期化したため西側では遂に、全生産量の20%以上を産出していた大手鉱山が25~75%の生産制限又は休山に踏み切った。このため大幅な減産を招いた。鉱物の種類では灰重石の減産が著しい。これに対し共産圏では、低コスト産出の可能な中国が1982年には13,600t、又1983年には

表3 世界のタングステン生産量
単位：W純分t

産出国	鉱種	1980	1981	1982
オーストラリア	W.S	3,300	3,500	2,600
オーストリア	W.S	1,500	1,400	1,400
ポリビア	W	2,600	2,700	2,300
ブラジル	S	1,400	1,400	1,300
カナダ	S	3,200	2,000	3,000
中国	W	15,000	13,600	13,600
フランス	S	600	600	600
日本	S	600	600	600
韓国	S	2,600	2,800	2,100
北朝鮮	W	2,200	2,200	2,200
ペルー	W	500	600	600
ポルトガル	W	1,500	1,400	1,400
アメリカ	W.S	2,700	3,500	1,500
ソ連	W	8,700	8,700	8,700
タイ	W.S	1,600	1,300	700
その他	W.S	2,300	1,900	1,900
合計		50,300	48,200	44,500

鉱種 W:鉄マンガ重石, S:灰重石

出所 1982年 タングステンシンポジウム

表4 西側世界のタングステン消費量
単位：W純分t

	1980	1981
西 欧	10,180	8,770
ア メ リ カ	9,270	9,860
日 本	2,940	2,290
韓 国	1,440	1,830
そ の 他	940	950
合計	24,770	23,700

出所 1982年 タングステンシンポジウム

15,000t(共産圏へ12,700t、西側へ2,300t)⁵⁾、と相変わらず高水準の生産及び輸出を続けた。

国内鉱山では、低価格に見合う採算鉱量の減少から日本の代表的な鉱脈型鉱床である鐘打鉱山(京都府)が1982年に、又その翌年に大谷鉱山(京都府)が閉山し、国内生産量は一挙に20~30%減少している。

4. 価格の変動

価格変動の様子を年代順に拾ってみよう(図-2)。朝鮮戦争で価格は3~3.5倍に急騰した後、戦争終結で旧に復し、1957年アメリカ一般物資調達局(GSA, General Service Administration)の買付け中止で更に下落、1963年ソ連が食糧輸入のためダンピング輸出をして史上最低の価格を記録した。ところが1965年頃にはベトナム戦争が激しくなり、それに中ソ両国

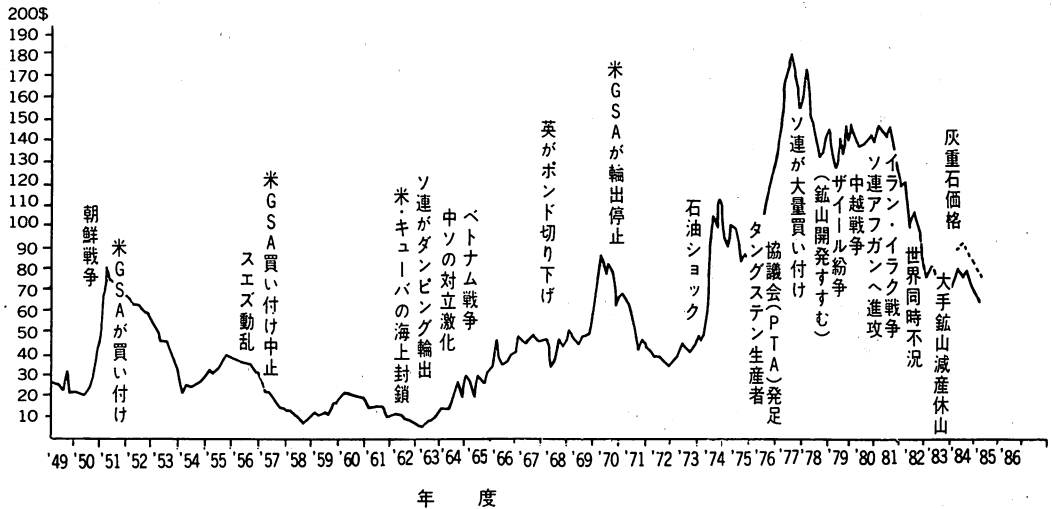
(WO₃ 1%トン当り)

図-2 タングステン価格の変動とその背景 (著書一部加筆)
出所 1次産品委員会・商品分科会「タングステン」

の対立が表面化してきて、中国産ソ連経由のタングステン販売が停止するなど価格は反転上昇し始めた。更に当時在庫調整のためにタングステンを放出していたG S Aが、1970年に放出品の輸出を禁止したことから価格は再び急騰を招き、その後東西緊張緩和の兆しがあって1972年には落ち着きを取りもどしたものの、1973年には石油ショックで急騰した。1975年には大手生産者による生産者協議会(PTA, Primary Tungsten Association)の発足を契機に大手生産者が消費者と直接長期契約を結ぶようになり、ディーラの介入余地が少なくなっていたが、それでも1977年には7,000t⁶⁾とも言われるソ連の大量買付けと、中国の出荷制限が重なり価格は史上最高に暴騰した。当然のことながら鉱山開発が急テンポで進んだ。

しかし、やがてタングステン消費の大分野である戦車装甲板に、複合材の形でシリコンセラミックが使われ始めたことや、対戦車砲弾の弾頭に廃ウランの使用が本格化したことで軍需に陰りが見えてきた。一方では、ソ連の農作物が慢性的不作で、穀物の偏在構造が東西の覇権争いに加わりつつあるとささやかれ、これがタングステンの需要後退に拍車をかけていたところへ、1981年の世界同時不況が起こり価格が一挙に暴落した。以後小刻みな動き程度で推移し反転しないのは、中国の輸出量に影響されているためとみられる。資源国の抬頭によってメジャーの支配力が弱まってきているというのが現状である。

タングステンの価格はLMB (London Metal Bulletin)の発表する価格が基準になっていて、従来は鉄マンガ重石の価格のみ表示されていた。しかし最近では製錬技術の向上によって、灰重石の方が鉄マンガ重石よりも高く評価されるようになり、そのため1984年5月からそれぞれの鉱物に対する価格が発表されることになった。現在灰重石の方が5~10ドル/WO₃ MTU高い。

5. わが国のタングステン需給とその対策

近年の景気回復に伴い工作機械、自動車向け需要、海外市場の拡大などで、高速度鋼や超硬合金の消費分野が極めて好調に推移し、1984年における需要はW純分で4,221t⁷⁾に達した。これに対し国内生産量は373t⁷⁾で、自給率はわずか9%に過ぎない。当然不足分は精鉱、中間製品及び製品の形で輸入して需要を満たしたわけだが、その輸入の主な相手国は韓国、ポルトガル、ボリビア、オーストラリア、ペルー、フランス、カナダ、中国などであった。

もともとわが国でタングステン鉱床と名のつくものは過去に110箇所発見され、多少とも産額のあったものは45箇所ある。しかし、現在タングステンを主体鉱種として採掘している鉱山は新八茎(福島:灰重石)、高取(茨城:鉄マンガ重石)、玖珂、藤ヶ谷、喜和田(以上山口、錦川地域:灰重石)の5鉱山に過ぎない。上述したおう盛な需要、低い自給率という現実から、

国内タングステン資源の再開発有効利用が採り上げられ、1975年金属鉱業事業団が国の委託を受けて錦川地域に広域調査を開始した。更に1981年から国の補助金による精密調査（都道府県及び鉱業権者も一部費用負担）も平行して実施している。本来、調査の対象鉱種は銅・鉛・亜鉛・マンガンの4鉱種に限られたものであったが、タングステンはその開発の重要性から後に対象鉱種に追加されたものである。この地域の鉱床はやや小規模ではあるが、高品位の鉱床が多数胚胎しているタングステンの宝庫で、現地質構造の解明、有望な鉱床の発見など数多くの成果が挙げつつある。

わが国の経済が著しく成熟拡大し、タングステンの消費量はアメリカに次いで第二位という大消費国になっている現在、もし戦争その他で輸入途絶が起こると経済不安を起し兼ねないことは、2回にわたる石油ショックの経験から容易に想像できる。従ってタングステンなどのレアメタルは欠かすことのできない長期安定確保資源で、備蓄をして万一に備えることも又大切である。

朝鮮戦争がぼつ発して中国がタングステンの輸出を停止したとき、G S Aがタングステンを急きょ戦略備蓄品目に指定し、8年間に世界中から約100,000t⁹⁾の鉱石を買い集めたという備蓄の歴史がある。わが国では、1983年になって、これまで行われていた政府による民間助成方式の備蓄を改め、国家備蓄制度を導入し、更に官民合同による共同備蓄、民間備蓄も併せて設け、三方式の備蓄をすることが政府予算案において認められた。供給不安緩和へ一歩前進したわけで、その計画⁹⁾と実績の概要を示せば次の通りである。

(1) 備蓄対象物資：7 鉱種

既存5 鉱種（ニッケル、クロム、タングステン、コバルト、モリブデン）

新規2 鉱種（マンガン、バナジウム）

(2) 備蓄目標：60日分

(3) 備蓄計画

① 備蓄の種類及び実施主体

民間備蓄：10日分、特殊金属備蓄協会

共同備蓄：25日分、金属鉱業事業団

国家備蓄：25日分、金属鉱業事業団

② 備蓄日数

年度	58	59	60	61	62	計
民間備蓄	2(2)	2(0.8)	2(0.8)	2	2	10
共同備蓄	5(5)	5(2)	5(2)	5	5	25
国家備蓄	5(5)	5(2)	5(2)	5	5	25
計	12(5)	12(4.8)	12(4.8)	12	12	60
累計	12(12)	24(16.8)	36(21.6)	48	60	

() 昭和58・59年度実績、60年度予定

(4) 予 算

58年度：107億3,400万円

59年度：50億9,900万円

60年度：62億4,300万円

備蓄は60日分計画されており、アメリカの国内有率3年分の充足目標に比べると大きな隔たりがあるとはいえ、資源輸入国のわが国にとって、レアメタルとしてのタングステンの重要性が改めて見直されたものと言えよう。

6. 将来の見通し

最近のタングステン需要は先にも述べたように活況を呈し、中間原料であるタングステンカーバイドや金属タングステンの供給に不安がでる程である。にもかかわらず、原料の鉱石を採掘し供給する側の鉱山殊に西側の先進国鉱山では、価格が、120ドルと言われる生産コストを下回ったため、操業を続けることができない鉱山も出てきて、鉱石生産量が減少するという奇妙な需給構造が生じている。

カナダ、韓国、オーストラリアなど大手鉱山の大幅な生産減でも、この不自然な低価格が解消できない要因には、発展途上国が外貨獲得のため生産コストにとられないで、輸出を拡大していることがあると思われる。殊に近代化を旨とする中国が、数年前から新たな経済活性化目標を持って、過剰とも言える多量のタングステンを輸出してきたのも理由の一つだろう。この価格が続く限り——その可能性が強いと思われるが——先進国タングステン鉱山経営は極めて難しいものと言わざるを得ない。鉱山が希望するような価格への復帰は、中国の出荷姿勢の変化、にポイントがあると言える。

次に、タングステンの利用という点からその見通しについて考えてみる。タングステンは金属中最も融点（約3400℃）が高く、硬度に富み且つ電気伝導性が良いという性質から照明器具、電気接点、切削・耐摩耗工具、耐熱鋼、永久磁石、石油精製の触媒などに広く使

われてきた。又酸、アルカリ溶液と比較的反応し難い性質をもっているため、天然ガス・石油資源開発の深井戸掘り用ドリルやパイプにも使われ、可成り大きな需要を占めていた。又電子管や半導体として電子工業に不可欠な原料であり、高温容器や原子炉など核熱工業にも必須となっている。そして将来は高温強度が大という物理特性を生かして、原子力ロケットエンジンのノズル材など、高温操業領域に挑戦する構造材料として期待がかけられている。その外脱硝や脱硫用触媒としてNO_xやSO_xといった公害物質の分解処理、コンピュータ用プリントのドットピン、歯科用マイクロドリルなど、身近なところにも用途が開いている。

しかし、反対にタングステンの使用が減るような研究開発も進んでいる。廃ガス規制に関連してIC使用による自動車点火システムの無接点化、機械刃物の表面に耐摩耗性の高い硬化膜を薄く形成させる技術の改善、各方面におけるセラミックによる代替などがそれである。しかし、電球フィラメント用ワイヤなど代替品のない用途もある。このような状況下でアメリカ合衆国鉱山局¹⁰⁾は、2000年までの長期使用見通しとして、世界の平均確率伸び率を3.5%と算出している。

今後わが国のタングステン資源の開発は他の鉱物資源と同様、次第に鉱床の深部化、低品位化の方面に進

み、探鉱リスクの増大、採掘コストの上昇が問題になってくる。しかし国際商品である以上、他生産国の生産状況にも影響されるので、わが国の資源開発力を維持するためには、探鉱、採掘のみならず選鉱、製錬など関係各方面の技術改善が必要とされる。

参 考 文 献

- 1) 金属鉱業事業団；希少金属データブック，タングステン (1983)
- 2) 佐藤興平；中国のタングステン鉱床，地質ニュース，333号，(1982) 31-44
- 3) 石原舜三；中国の鉱物資源④—タングステン鉱床，地質ニュース，346号，(1983) 39-51
- 4) 金属鉱業事業団；昭和57年度地質解析委員会報告書。
- 5) William C. Thurber；Tungsten, Engineering and Mining Journal, (1985) 83-84
- 6) 橋本揮夫；最近におけるタングステン鉱石の動向，鉱山，337号，(1978) 17-31
- 7) 金属鉱業事業団；昭和59年度希少金属鉱物備蓄業務に関する調査報告書，(1985)
- 8) 金属鉱業事業団；昭和58年度希少金属鉱物備蓄業務に関する調査報告書，(1984)
- 9) 日本鉱業協会；希少金属備蓄をめぐる最近の海外の動向，鉱山，385号，(1983) 17-30
- 10) U. S. Bureau of Mines；Metal Facts and Problems, (1980)

新刊図書

プロジェクト革命

柳下 和夫 著

(三菱電機㈱情勢グループマネージャー)

全く新しい仕事に取り組む時、あるいは、単独の部門だけでは解決できないような問題にぶつかった時にはプロジェクトチームを組む。経営環境の細かい変化にも自由自在について行ける柔軟な組織——それがプロジェクトチームである。

著者は三菱電機で、技術予測、マーケティングなどの調査研究に携わってきた技術と経営のわかるテクノエコノミストとして、多くの新製品開発プロジェクトに参画されてきた。本書はいわばこの間に培われたプロジェクト運営のノウハウをわかり易く図表などを使い、1冊にまとめたものと言えるであろう。プロジェクトマネジメントの手法は、プロジェクトの構成メンバーのみならず、広く応用できるものであり、プロフェッショナルな企業人をめざす多くの読者に一読の価値がある。

- (内容)
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. プロジェクト手法を生かせ | 3. プロジェクトをどう運営するか |
| 2. プロジェクトを編成してみよう | 4. 成果をあげる管理のノウハウ |

(かんき出版、四六判 190頁、定価1,000円)