Ⅳ～10

製鉄所における貯鉱場の規模決定法に関する研究

京都大学工学部　正員　工博　吉川和広
京都大学大学院　学生員　○柏村正樹

1．まえがき　原材料が種々の工程（施設）を連続的に経て製品となるような工場の施設の配置・規模を計画する場合に，各施設を個々別々に考えていたのでは，適切な配置および規模を決定することはできない。工場全体を経営科学的に考察することにより，工場内の物の流れのなかに各施設を関係づけてとらえることが必要である。同一の工場敷地内で製銑・製鋼・圧延の全工程を連続的におこなういわゆる銑鋼一貫の製鉄所においてもそのことはいえる。特に製鉄所においては，原材料である鉄鉱石・石炭等の輸送を，主として船舶に依存している関係から，工場を生産活動の場と考えた場合，工場の概念をひろげて，原材料の輸送の段階をも工場の一部であると考え，それを含めた計画を策定することが必要である。本研究では製鉄所における貯鉱場の規模決定について，上述のような立場から考究することとする。

2．貯鉱場の規模決定に関する基礎的な考え方　製鉄所において貯鉱場のはたす役割はつぎのとおりである。

(1) 船舶によって製鉄所に運ばれてきた鉄鉱石を高炉における製銑に供するまで一時的に，鉄鉱石の種類別に貯蔵しておく。

(2) 高炉における製銑に必要な鉄鉱石の量を常に確保しておく。

このような役割は鉄鉱石を陸揚げする岸壁と鉄鉱石を銑鉄にする高炉の中間に貯鉱場が位置していることによるものである。いまある一定期間を考え，

k；初期貯鉱量

x；その期間内に貯鉱場に到着する鉱石量

y；その期間内に高炉における製銑のため貯鉱場からでていく鉱石量

とすれば，期末貯鉱量 z は，

$$z = k + x - y \qquad (1)$$

とあらわされる。つぎに，$f(x)$；x の確率密度関数，$f(y)$；y の確率密度関数，$f(z)$；z の確率密度関数とすれば，$f(z)$ は k，$f(x)$ および $f(y)$ によって変化する関数となる。ここで貯鉱に関する総費用の期待値を $E(C)$ とすれば，これはつぎのような2種の期待値の和と考えられる。

$$E(C) = \int_{-\infty}^{0} R_1 f(z)\,dz + \int_{0}^{\infty} R_2 z f(z)\,dz \qquad (2)$$

ここに，R_1；貯鉱鉱石量が不足して，そのため通常の鉄鉱石購入経路とはことなった経路から鉄鉱石を求めなければならないために生ずる損失費用

R_2；その期間中単位鉱石量を貯鉱しておくに要する維持管理費用

$f(x)$ および $f(y)$ が既知のとき，式-(2)であらわされる総費用の期待値が最小になるような $f(z)$ を求めることができる。そのときの k の値が求まれば，貯鉱場の第2の役割をはたす規模が決定できるわけである。また $f(z)$ は $f(x)$ および $f(y)$ によってきまってくるわけであり，$f(z)$ を検討することにより，第1の役割をも考慮した適正規模の決定が可能となる。また多数期間を

考えた場合，期末貯鉱量はつぎの期間の初期貯鉱量と考えることができ，期間番号をつけた k, x, y の間には，

$$k_{i+1} = k_i + x_i - y_i \qquad (3)$$

の関係が成立する。したがって，式-(2)の計算に必要な $f(x)$, $f(y)$ および $f(z)$ は図-1および図-2のブロックダイヤグラムに示すシミュレーションをおこなうことにより求め得る。

3. 貯鉱場規模決定の計算例　いま，$f(x)$ を求める図-1のフローチャートにおいて鉱石運搬船の到着はポアッソン分布に従がい，一船あたりの積載量は図-3に示すような非対称分布に従うと仮定する。また図-2における $f(y)$ は正規分布に従うと仮定する。ここで実際の場合は，R_1, R_2 の値を知ることは困難である。一般の製鉄所においては鉄鉱石の品切れ確率は1%以下におさえるべきだといわれているので，われわれはこの関係を用いることとし，式-(2)のモデルのかわりに以下のモデルを提案することとする。初期貯鉱量 k を定数とみなせば，

$$f(x) = f(x+k) \qquad (4)$$

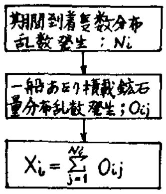


図-1

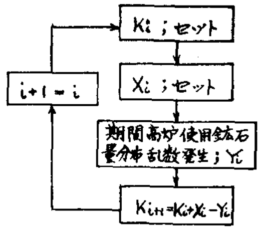


図-2

i；期間
j；到着船番号
N_i；i 期間の到着隻数
S_{ij}；i 期間における j 番目の到着船
O_{ij}；S_{ij} の鉱石積載量

X_i；i 期間の到着鉱石量
K_i；i 期間の期末貯鉱量
Y_i；i 期間の高炉使用鉱石量

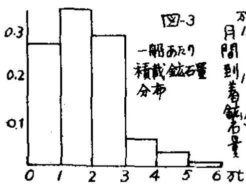
さらに，x と y の間には図-4に示すように相関関係がないと仮定してさしつかえないので，x が m 以上すなわち $k+x$ が $k+m$ 以上である確率は $\int_m^\infty f(x)dx$，y が n 以下である確率は $\int_0^n f(y)dy$ であるから z が $k+m-n$ 以上存在する確率は，同時確率として，

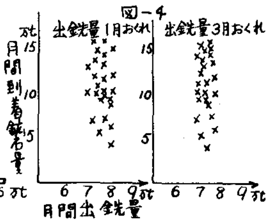
$$\int_{k+m-n}^{\infty} f(z)dz = \int_m^\infty f(x)dx \int_0^n f(y)dy \qquad (5)$$

とあらわされる。同様に，z が $k+m-n$ 以下になる確率は，

$$\int_{-\infty}^{k+m-n} f(z)dz = \int_0^m f(x)dx \int_n^\infty f(y)dy \qquad (6)$$

となる。m, n の値を適当な間隔で変えていくことにより，計算に必要な $f(z)$ の累加関数が得られる。





本研究においては，式-(2)の総費用の期待値が最小になるときの鉄鉱石の不足確率が1%以下であるとして，公称能力1000屯の高炉一基を保有する製鉄所における貯鉱場の最適規模を求める計算をおこなった。その結果は表-1に示す通りであり，k の値として8万tを得た。しかしこれは初期貯鉱量であり，期間は月単位にとっている。したがって，期間内における x, y の変動を考慮すれば，少な目の数値といえる。これは日単位にとって検討すれば，よりよい結果を得るし，また，最適保有貯鉱量が政策的に何ヶ月かといったこと，あるいは輸送の実体を加味してモデルを策定すればより実際に即した方法論を確立することができるが，それは今後の研究課題としたい。

表-1. $f(z)=f(k+x-y)$ の算出表

	x	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20
$k+x$	$k=0$	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20
	4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	20~22	22~24
	8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20	20~22	22~24	24~26	26~28
	12	12~14	14~16	16~18	18~20	20~22	22~24	24~26	26~28	28~30	30~32
y	$f(y)$ ＼ $f(x)$	778	1778	1444	1889	1722	1000	778	444	111	56
0~5	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
5~6.7	111	9	20	16	21	19	11	9	5	1	1
6.7~7.1	1158	90	206	167	219	199	116	90	51	13	6
7.1~7.5	3729	290	663	538	704	642	373	290	166	41	21
7.5~7.9	3729	290	663	538	704	642	373	290	166	41	21
7.9~8.3	1158	90	206	167	219	199	116	90	51	13	6
8.3~10.0	111	9	20	16	21	19	11	9	5	1	1
10.0~12.0	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—

(注) 表中の x, y および k の単位は(万トン)であり，$f(x)$, $f(y)$，および $f(z)$ は表中の数値に 10^{-4} 倍した確率である。