神岡鉱山栢洞坑の採鉱法

正 会 員 永 松 勇*

The Stopping Method of Tochibora, Kamioka Mines —Practice of the Sublevel Stopping—

Isamu NAGAMATSU

Since the first start of the Sublevel Stopping at Tochibora mine, several successful progresses could be pointed out as follows:

- (1) Sublevel Stopping Method is now applied to full scale of this mine, even to the small and irregular deposits.
- (2) The heavy drifters were replaced by the air leg drills.
- (3) For drilling tungsten carbide integral steels took the place of the tungsten carbide detachable bits.
- (4) Application of the aggregate ore passes (branch raise of ore pass) is more favourable than any other methods regarding the tramming methods.

1. 緒 言

神岡鉱山栢洞坑の採鉱法としてサブレベル法が採用されて9年を経過した。その第1段階の報告は昭和28年すでに行つたところであるが**，その後も切羽運搬方式の単純化，さく岩機の切換，ビットおよびロッドの改良，採掘方法の改善等によつて採掘能率は逐次向上し，サブレベル法の適用範囲は群小鉱床をも含めて栢洞坑の全部にわたり，栢洞坑の総合能率向上の原動力となつていたので前回に引き続きその現況を報告する。なお参考までに昭和27年上期および昭和31年下期の操業状況の比較を第1表に示す。

第 1 表

項 目	上/27	下/31	下/31/上/27 対比
坑 道 掘 進	2,458.2m	4,611.7m	1.88倍
切 道	841.3m	1,360.3m	1.62%
コアボーリング	2,467.7m	3,421.0m	1.39%
スラッシュボーリング	1,112.8m	4,637.2m	4.17%
採 掘 量	272,797 t	513,422 t	1.88%
出 産 量	357,193 t	437,533 t	1.22%
坑 内 員 数	728	630	0.87%

2. 概 況

2.1 採 掘 法

栢洞坑の鉱床はすでにしばしば述べられた様に，塊状の鉱床であり，鉱床，母岩とも比較的堅硬で大きな空洞を形成出来るのでサブレベル法を主とし，シュリンケージ法をその補助として採鉱を行つている。

栢洞坑の切羽の中，0m 準以下は戦後新設されたサブレベル法およびシュリンケージ法の切羽であるが，他の大半は従来の空洞掘乃至シュリンケージの切羽を途中からサブレベル法に切換え，集約し復活させたものである。採掘法別鉱量比率を第1図に示す。

第1図 採掘法別鉱量比率の概況

2.2 不規則な群小鉱床の採掘

栢洞坑の鉱床は大小数十塊に及ぶが，サブレベル法の第1段階は，集約採鉱に好適の条件を具備した9番鉱床において行われ，その作業の主体となつたのは長孔であつた。しかるに不規則な群小鉱床，特にその鉱床周縁の採掘においては，掘残しを生じない様にすればとかくズリ混入率を増加させるおそれがあり，長孔によるときはますますこの傾向を強めることになる。そこで当初はドリフター（半長孔用1式全重量 84.5kg）による 4~5m の孔深の半長孔をもつて不規則な群小鉱床の採掘が行われたが，レッグドリル（35.7kg）が出現するに及び採掘は極めて容易となつたばかりでなく，シュリンケージ法の長所をサブレベル法の中に織り込むことに成功し，群小鉱床の採掘能率は頓に向上した。

* 三井金属鉱業株式会社神岡鉱業所技師長

** 金子正男：神岡鉱山における長孔掘法と長孔によるサブレベル採掘法，日本鉱業会誌，69巻783号，昭和28年9月，321頁

2.3 工程の推移

(1) 長孔について：起爆鉱石のサイズは切羽運搬の能率と密接な関係があつたので、従来 2.0m 内外であつた最小抵抗線は 1.5m 内外とされるに至つた。従つて長孔作業は採掘工程よりはむしろ穿孔工程の向上に注意が向けられている。

(2) 半長孔採鉱について：ドリフターからレッグドリルに切換えた効果は早くも昭和31年上期に出ているが、内容を検討した結果向上の余地が相当にあることが考えられ、さらに今後の向上が期待されている。なおこれに伴う掻込作業の能率も一段と向上するであろうことが期待される。

(3) 切羽運搬について：切羽運搬方式の単純化を中心とした合理化の効果は、昭和31年下期に大きく現われ 30t/工を上廻つたが、主要坑井に直接投入の方式に切換えられた 0m 準以下の切羽の工程は 70t/工～100t/工の実績となつているので、今後直接投入切羽の処理鉱量の増加と共に工程の上昇が期待される。

(4) 群小鉱床の採掘および切羽運搬工程 (第2表)

第2表 群小鉱床の採掘及び切羽運搬工程

		単位	上/30	下/30	上/31	下/31
採掘工程	長孔	鉱量	92,056	116,097	100,094	112,645
		工数	1,706.1	1,355.6	1,349.0	1,407.7
	半長孔	工数	53.9	85.6	74.2	80.0
		工数	40,064	49,958	44,087	90,930
工程	半長孔	工数	1,074.7	1,398.8	1,115.2	1,438.3
		工数	37.3	35.7	39.5	63.2
	計	鉱量	132,120	166,055	144,181	203,575
		工数	2,780.8	2,754.5	2,464.5	2,846.0
切羽運搬	計	工数	47.5	60.3	58.5	71.5
	鉱量	工数	141,552	162,836	137,964	182,060
		工数	5,710.6	6,163.0	5,067.3	5,467.2
		工数	24.8	26.4	27.2	33.3
合 計	鉱量	工数	141,552	162,836	137,964	182,060
		工数	8,491.4	8,917.4	7,531.5	8,313.2
	工数	工数	16.7	18.3	18.3	21.9
		工数				

3. サプレベル採掘法の設計の要点

サプレベル法が枋洞坑の全範囲に適用され、種々な岩質や形状に応じ、また作業方式や作業工程の変せんに伴い当初の設計を中心に様々な方法がとられている。かえりみて要点をあげれば次のようである。

3.1 水平扇型 (第2図)

次の場合に限られ採用される。

(1) シュリンケージや空洞掘の切羽をサプレベルに切換える場合

(2) 鉱床の周縁で、シュリンケージによることが困難な場合

いずれの場合でも長孔室は原則として鉱柱の中には設けない。掘場内の切上を利用し掘場の天盤から 2.0～3.0 m の位置に作るのが最もよい。

第2図 鉱床周辺部採掘法の一例
(-209, No. 18)

3.2 垂直平行型 (第3図) (第3表)

単に採掘のみでなく切羽運搬まで含めて最も能率の高い方式であるが、ベンチの欠け落ちるおそれがある場合には、垂直扇型に切換える必要がある。またベンチは保安上の理由と同時に盤返の掻込工数節減の上から 3～4m にとどめる。なお長孔穿孔を行う場合、後列の孔は側盤際から、0.50～1.00m 程離して穿孔する。次のベンチを盤返によつて作る場合、確実にベンチが残る様にするためである。

3.3 垂直扇型 (第4図) (第4表)

一部の鉱床は石目が発達し、ベンチを作ることが困難なのでこの方式による。幅 30m のある切羽においては第4図の様に切羽と鉱柱との境界線に沿つて両側にサプレベルを入れて行う。

3.4 サプレベルの間隔

下向穿孔のみの切羽においては上下のサプレベルの間隔は 12.5m であり、ベンチにおいて下向穿孔と同時に上向穿孔をも行う。ある切羽においては下向孔の長さ

第3表 309 No.20 における垂直平行型サブレベル法

	作業量	工数	工程	爆薬消費量 kg	単位当 kg
スクレーパー坑道掘進	80m	123	0.65	960	12.0
導入口切上	117〃	212	0.55	1,638	14.0
スロット切上	170〃	425	0.40	2,295	13.5
サブレベル切上	480〃	774	0.62	5,760	12.0
スロット切上	104〃	297	0.35	1,456	14.0
鉱石坑掘進	61〃	203	0.30	854	14.0
スロット切上	1,152m ³	165	7	172.8	0.15
導入口切上	414〃	59	7	62.1	0.15
小計	2,578				
小計	6,068 t	*2,258	1.14	*13,197.9	5.12
掘場半長孔掘進	30,000 t	375	80	4,500	0.150
サブレベル掘進	59,400〃	1,320	45	14,256	0.240
スロット掘進	496,900〃	6,901	72	54,659	0.110
小計	586,300 t	*9,256	63	*73,415	0.125
スクレーパー中出(50HP)	592,368 t	6,582	90	32,580	0.055
小計	592,368 t	*6,582	90	*32,580	0.055
合 計	592,368 t	18,096	32.7	119,192.9	0.201

第3図 垂直平行型サブレベル法の一例
(-309, No.20)

14.00m, 上向孔の長さ 8.00m, 併せて 22.00m とする。

3.5 スロットおよびスロット拡張

従来スロット切上りは上盤側に設け上盤切込坑道を掘進し、これを幅 3m 位に追切りした後、下向長孔でスロット切上を一度に拡張したが、上盤が脆弱な場合や不規則な場合、この方法では適当でなく、またスロット拡張までの作業の能率が低いため、切羽の状況に応じ適当な位置にスロット切上を設け、スロット切上を中心にサブレベルを拡張し、その都度スロットを下向長孔によつて拡大する方式をとつている。

第4表 -138 甲における垂直扇型サブレベル法

	作業量	工数	工程	爆薬消費量 kg	単位当 kg
スクレーパー坑道掘進	290m	439	0.65	3,480	12.0
導入口切上	120〃	171	0.70	1,380	11.5
スロット切上	91〃	227	0.40	1,092	12.0
掘場開坑	150〃	250	0.60	1,800	12.0
サブレベル切上	643〃	1,037	0.62	7,716	12.0
スロット切上	300〃	1,200	0.25	4,200	14.0
小計	1,625〃	*3,402	0.48	20,086.5	12.4
半長孔アンダーカット	47,935 t	399	120	4,793.5	0.100
半長孔アンダーカット側	23,476〃	274	45	5,390.3	0.230
スロット掘進	9,071〃	432	21	3,174.9	0.350
導スロット掘進	17,866〃	357	50	3,751.9	0.210
サブレベル掘進	11,839〃	296	40	2,841.4	0.240
長雑役(掘込)	322,254〃	4,475	72	35,447.9	0.110
小計	(35,275)	(504)	(70)	55,399.9	0.12
スクレーパー中出(50HP)	439,333 t	5,492	80	24,163.3	0.055
小計	439,333 t	*5,492	80	*24,163.3	0.055
合 計	446,264 t	15,631	28.5	99,649.7	0.223

第4図 垂直扇型サブレベル法の一例
(-138 甲)

3.6 サブレベルのすめ方

裏打ちや崩落を極力抑えるため、一番上のサブレベルから掘場まで順次ムラなく後退させる。上の段と下の段は原則として 5m 以上のひらきをつけない。

3.7 アンダーカット

鉱床は最下底より完全回収するという方針によりアンダーカットも鉱床の下盤に合せて行う。アンダーカットの範囲は最小限度にとどめ、垂直鉱柱の下端には必ず R

を残し切込まぬ様にする。或る切羽においては導入口切上を45°の傾斜で4方向に上げ、これを拡大するにとどめている。

3・8 スクレーパー坑道

後に述べる様に切羽の中央もしくは至近距離に主要坑井を設け、スクレーパーによつて直接これに投入し得る様に設計する。導入口の口元は従来2.5~3.0mであつたが保安上、能率上、出来得る限り幅広くとる様にする。なおスクレーパーと坑道のレベルの位置はスラッジボーリング等の手段により慎重に決定されなければならない。

3・9 そ の 他

掘場内の貯鉱を多くしないこと、これはサブレベル法の長所を発揮させる意味から当然であるが、空洞を不必要に拡大することは不利であるからである。

4. 小型さく岩機による半長孔作業

4・1 レッグドリルの採用

昭和31年5月枋洞坑は長孔発破及び切上を除く全さく岩作業にレッグドリルを採用した。レッグドリルの利点は次の様になる。すなわち

- (1) さく岩作業の能率向上が出来る。
- (2) 作業方法を単純化することが出来る。
- (3) 作業者の労力が軽減出来る。
- (4) 機械管理が容易になる。
- (5) 経費及び人員が節減出来る。

レッグドリルの切替は、極めて短期間に行われ、昭和31年下期にはレッグドリル関係の作業能率は全般に向上した。

4・2 レッグドリル及び付属品について

- (1) 機械 全重量 35.7kg 空気消費量 2.5m³/min
- (2) たがね (自家鍛付ダングステンカーバイドチップとビット) (第5表)

第 5 表

用 途	鋼 材	ゲ ー ジ	長 さ
掘 進 用	22mm 6 角中空CR ₂	30mm	1.7m
採 鉱 用	〃	34 〃	1.7〃
1 番	〃	32 〃	3.5〃
2 番	〃	30 〃	5.2〃
3 番	〃		

- (3) 付属品 レッグドリル1台に必要な付属品は、
 ラインオイルー 軽合金製 50cc 入1個
 継ぎ脚 1.0~1.5m 1本 自家製
 エヤーホース 3/4" 15m 以下
 それ以上に長くなる時は1"ホース使用
 ウォーターホース 1/2" 15m 以下
 モンキー、パイプレンチ、油缶、各1個

4・3 現 況

半長孔作業は作業者1名が機械1台を操作し、さく岩、発破を行う。発破は導火線発破とし25mm 径の100g特紫カーリットを使用する。

レッグドリルによる半長孔を昭和31年9月~32年2月の実績ドリフターによる半長孔を昭和30年9月~31年2月の実績、について表示すれば(第6表)(第7表)、レッグドリルの作業能率の向上が認められる。

第 6 表 盤返し工程比較

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	計	対比
レッグドリル	作業量	16,522	20,094	14,759	12,712	18,328	17,620	100.035
工 程		37.9	41.4	39.3	41.1	38.6	41.5	87%
ドリフター	作業量	20,473	19,947	17,089	18,369	20,236	18,895	115.009
工 程		28.8	30.8	30.1	30.1	33.2	34.0	100

第 7 表 天盤打工程比較

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	計	対比
レッグドリル	作業量	18,474	12,979	13,669	8,887	14,174	21,540	89.723
工 程		136.9	80.9	115.1	125.9	133.1	166.8	123.3
ドリフター	作業量	4,650	1,700	2,024	2,150	-	7,920	18,444
工 程		36.9	82.9	58.8	37.9	-	105.6	59.0

しかるに、基礎試験段階においては、ドリフターの性能を100とすればレッグドリルの盤返しは工程152、天盤打は工程405となつており未だ所期の能率には到達していないことがうかがえる。その対策として

1) 盤返しについては播込能率の向上をはかる。これには、スクレーパーの有効な使用、ベンチ作りの際のベンチ巾の制限を行う。

2) 天盤打については機械1台当の作業量に不足を来すことのないよう、掘場を維持すること。
等が考えられる。

5. 長孔穿孔の工程推移 (第8表, 第9表, 第10表)

第 8 表 長孔作業の変遷

	昭和26~27年	昭和28年以降最近まで
ビ ッ ト	46mm×1' タングステンカーバイド デタッチャブルビット (カー及びクロス)	42mm×3/8" タングステンカーバイド チップとビット (カー及びクロス) 自家製及びデタッチャブルビット
ロ ッ ド	1" 6 角中空 4.09kg/m Schoeller Phoenix L.G.	3/8" 6 角中空 3.05kg/m CR ₂ (Ni-Cr-Mo 合金鋼)
作 業 者	1人~2人	1人
最小抵抗線	2m 内外	1.5m内外

第 9 表 ビット及びロッドの使用実績

上/26	実 績	下/31	実 績
ビット	穿孔長 事故数	65m	タンングステンカーバイド デタッチャブルビット 穿孔長 事故数
			118.2m
			穿孔長 事故数
			116.6m
			自家製(再生)インサートビット 穿孔長 事故数
			72.4m
ロッド	穿孔長 事故数	5.4m	ロッド寿命 穿孔長 事故数
			17.7m
スィベルシヤンク	〃	347m	〃
スリージ	〃	22.8m	〃
レデューシング	〃	115m	〃
カップリング	〃		277.9m

6. 切羽運搬の能率化

枋洞坑における採鉱の総合能率は切羽運搬の能率如何に大きく左右される。例えば、主体作業の採鉱作業と切

第10表 工 程 実 績

	単位	上/29	下/29	上/30	下/30	上/31	下/31
鉱 孔	量	t	143,899	158,657	186,737	248,631	264,662
穿 孔	長	m	21,798	25,928	30,335	34,637	43,331
工 程	数	工	3,103.6	3,232.0	3,472.2	3,341.2	3,967.5
穿 孔	t/工		46.4	49.1	53.8	74.4	66.7
工 程	m/工		7.0	8.0	8.7	10.4	10.9
1 日 当 使 用 台 数	台		21	23	25	23	23

羽運搬作業を昭和31年下期の実績により比較するに工程面では、68.3t : 32.3t, 工数では7,522工 : 13,560.7工となつていて、切羽運搬は採掘の半分の能率にしか達していない。採掘の合理化と共に切羽運搬の能率向上の意義は極めて重い。

6・1 切羽運搬方式の検討

現在当坑で採用されている切羽運搬方式は、切羽に主要坑井を設け、それにスクレーパで直接鉱石を投入する方式と、破碎室で破碎した鉱石を中段中出坑道において蓄電池機関車によつて中出を行う方式である。前者は比較的単純で高能率であるが、通常比較の長くかつ低能率の切上作業が増加するため、全面的な採用にまで至っていないがさらにその利点をあげれば、

(1) 他の破碎室十中段蓄電車中出等の運搬方式に比べ開坑、作業方法、設備等が簡単になる。

(2) グリズリー作業や、電車中出等の工程が、スクレーパ中出一つに集約されるので、当然、切羽運搬工程が上昇する。

(3) 中段坑道運搬を行わないので、1.5t漏斗及び蓄電池機関車を必要としない。従来、漏斗口と関連してグリズリの間隙は45cmとなつていたが、坑井頭のグリズリの間隙は60cmとしてよい。グリズリ間隙45cmと60cmについて行つた比較試験によれば、工程は1.5倍、火薬量は0.45倍となつている。

(4) 切羽の設計が単純化され、開坑が簡単となり、開坑費が低下する。同時に採掘高さが増加するので第一次の可採鉱量は大きくなる。

(5) 設備費、補修費等が低下する。

等となる。そこで切羽運搬を計画する場合には、種々の切羽について両者の能率比較を行わなくてはならない。その検討は原則的に次のようにしてなされている。すなわち

(1) 切羽の条件として、可採粗鉱量及び設けるべき坑井の長さ。

(2) 坑井切上作業の所要工数とスクレーパ作業の所要工数の計。

(3) グリズリー破碎作業の所要工数と蓄電車中出作業の所要工数の計。

(2), (3) は何れも標準工程により算出し、可採粗鉱量と併せて何れの方式によるべきかを第5図のような図表から求めている。

P : Gr 70t/工 143工/10,000t
Q : Ba 80t/工 125工/10,000t
S : Ba 120t/工 83工/10,000t

第5図 スクレーパ工程 60t の場合

第5図はスクレーパ作業の工程を60t/工とした場合である。いま、掘場の可採鉱量を150,000tとし、スクレーパで直接鉱石を投入するとして100mの坑井を新設しなければならぬ場合、これをグリズリー破碎と蓄電車中出の方式と比較し、いずれが優るかを判定して見よう。

100mの坑井新設の所要工数とスクレーパ作業の所要工数の合計から割出した工程は第5図から49.3t/工と出る。

また、グリズリー破碎の最高能率70t/工と蓄電車中出の最高能率120t/工とからこの方式による工程は44.2t/工であり、切羽運搬の方式としてはスクレーパによる直接投入方式がよいということが図で示されている。

6・2 切羽運搬方式の切換

以上のようにして蓄電車中出をスクレーパ中出に切換えると如何に経費が低下するかを

(1) 分岐坑井を設けることによつて現存坑井を利用できる掘場で現在稼行中の切羽の改修についての検討、未開坑切羽についての検討。

(2) 新規に主要坑井を設ける必要のある未開発鉱床についての検討

を行つたところ、総合的に

(1) 一次の回収鉱量の増加分	770,920t
(2) 節減 t 当費, 新設 (分岐坑井)	50.2円
新設 (新規に開坑)	53.8円
稼行中の切羽の改修	33.1円

(3) 節減工数(1,000t当)新設(分岐坑井) 28.8工

新設(新規に開坑) 29.6工

稼行中の切羽の改修 25.4工

のような結果を得たので、取あえず昭和31年より切替えの第一段階として0m準以下の現在稼行中の切羽の改修に着手し、0m準以下の日産鉱量1,600t中1,200tを目標としている。なお鹿間選鉱もこれに呼応してブレーキクラッシャーを900mm×600mmから1,220mm×910mmに、又鉱石が濡れてくるので、乾式から湿式に切換え受入態勢を整えた。0m準以下の出鉱状況は第11表に示す通りであるが、直接投入の切羽の工程は他の方式に比べ著しく高く、以後その鉱量割合が大きくなるに従って切羽運搬の総合工程は、逐次向上することが窺われる。

なお、蓄電車中出とスクレーパ中出の比較を第6図に示した。

第6図 蓄電車中出およびスクレーパ中出比較

6・3 二次破碎の能率向上

(1) 起爆鉱石のサイズを小さくするため、長孔においては穿孔配置や、発破の裏打ち、崩落の防止が肝要である。半長孔天盤打では、天盤穿孔と同時に塊鉱破碎が出来るので、この点特に有利である。

(2) 導入口の口許は出来るだけ広い方がよい。切羽運搬に使用される竹3号及び藤ダイナマイトの中、せん孔した孔に使われた火薬と、導入口から鉱石を採ますのに使われた火薬の使用比率は、25%：75% (32.6実績)で、採まし発破を少なくすることは能率上保安上当然必要とされる。

(3) 破碎用さく岩機：従来使用された破碎さく岩機

第11表 0m準以下の出鉱状況

	下部切羽運搬				直接投入		
	鉱量	工数	工程	g/t	鉱量	全鉱量に対する比率	工程
下/30	189,953	7,808.0	24.3	83	23,468	12.4	44.6
上/31	214,483	8,436.6	25.4	101	32,006	14.9	58.0
下/31	223,501	7,411.1	30.2	98	57,408	25.7	54.8
32年4月	37,053	1,036.3	35.8	79	18,013	48.6	75.5
5月	40,343	1,067.2	37.8	74	18,916	46.9	71.5
6月	39,754	1,058.1	37.6	73	21,353	53.7	71.9

は重量24.5kgであつたが、昭和28年より重量10.5kgの新機種に切換えた。なお穿孔方向は下向き以外に横乃至斜上向きも多いのでこれにエヤーレッグを取付け、破碎作業の能率を向上させている。破碎用インサートビットは自家鑲付で、ビットゲージ24mm、鋼材CR-2,19mm ϕ 、長さは60cm(さく岩機のみ)、100cm、150cm、200cm(レッグ取付けの場合)である。

(4) 発破後のスプレ：各切羽に必ず備え付けられ、発破後の煙と粉塵を短時間に除去することに効果をあげている。

6・4 切羽運搬の実績

昭和29年以降の切羽運搬の作業能率を第12表に示す。

第12表 切羽運搬作業能率

		単位	上/29	下/29	上/30	下/30	上/31	下/31
切羽運搬作業能率	スプレ	鉱量 t	187,935	173,013	138,844	184,195	222,461	295,259
	工程	t/工	26.5	26.8	28.0	31.9	32.0	39.1
	ローリー	鉱量 t	55,896	55,999	62,735	66,797	61,242	44,477
	工程	t/工	22.8	24.5	26.3	26.1	26.3	28.8
	グリーズ	鉱量 t	77,653	86,237	97,234	123,574	118,302	94,510
	工程	t/工	35.7	38.7	39.4	40.7	41.7	38.6
計	その他	鉱量 t	30,161	4,492	4,424	2,265	709	3,287
	工程	t/工	20.1	19.0	23.5	25.3	26.4	32.3

7. 当面の研究課題

当面する最大の課題は起爆鉱石のサイズを如何にして小さくするかということである。長孔発破採用当初、ミリセコンド遅発発破法の研究によりその破碎効果が認められ、その後30ミリセコンドの電気雷管を長孔及び半長孔に使用してきているが、塊鉱は依然として発生しており、当坑の岩質に最も適した発破時差は未だ明かにされていないので、これを究明するため特に切羽を指定し、10ミリセコンド、30ミリセコンド、100ミリセコンド、及び導火線、等の4種類に亘り半長孔による天盤打を行い、破碎効果を起爆鉱石の寸法を測ることによつて表わそうとしている。切羽運搬の能率、ひいては採鉱の総合能率も每期増進しているが、上記の試験を基礎として現在これを左右する最も大きな因子は一次発破の破碎度であり、上記の試験を基礎として破碎度が改善されればこれを契機として飛躍的な向上が期待される。