

© 1987 ISIJ

最近の建設機械と鋼材の動向



池田 宏*

The Recent Trend of Steel for Construction Machine and Earth Moving Equipment

Hiroshi IKEDA

1. 建設機械業界の置かれた環境

建設機械業界を取り巻く経営環境は、今、大きく変わろうとしている。

ここ数年、国内市場は公共投資の抑制による頭打ちが続き、海外市場に活路を見出したが、各社いつせいに輸出ドラブがかかったため、貿易摩擦を引き起こし、課徴金という待つたがかかった上、円高という、これまでに積み上げた経営資源—市場やシェアをすべて無に帰すような状態にある。

業界各社は、生き残りをかけて、必死の戦いを展開し、経営と生産の合理化、効率化を図り、輸出価格の値上げ、製造原価低減、経費削減と円高対策を推進している。

表1に主要建設機械の製品名、概略図、用途を示す。

図1は主要建設機械の総需要の推移を示し、図2は主力6商品の総需要構成比を示す。この図から読み取れるように、建機の総需要は横ばい状態にあり、建機の構成も、昭和50年までは、日本列島改造論に代表されるよ

うに、国土開発型のブルドーザー、ドーザショベルが主力であつたが、50年以降は、工事自体が都市整備型へと移行し、パワーショベルが掘削、積み込み機のドーザショベルに取って代わり、かつ、大きく伸びて建設機械の主力となつた。また、従来は、スコップで掘り、もっこや手押し輪車で運土していた分野…例えば造園業や路地での上下水道工事等…でミニ建機が人手不足や苦汗作業

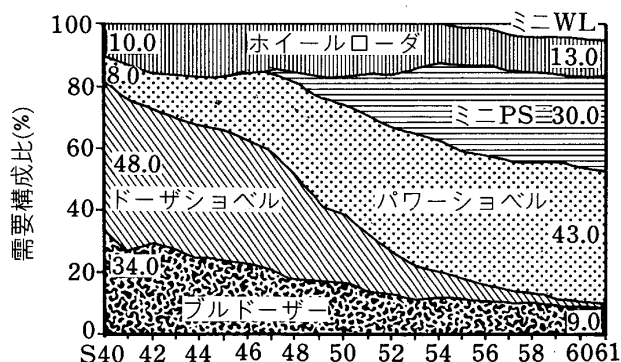


図2 主力6商品総需要(台数ベース)構成比

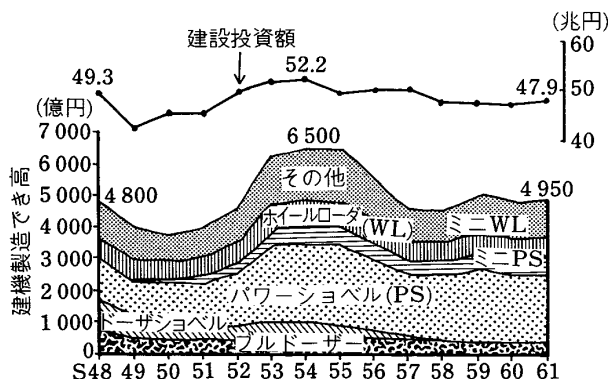


図1 建機総需要(金額ベース)推移

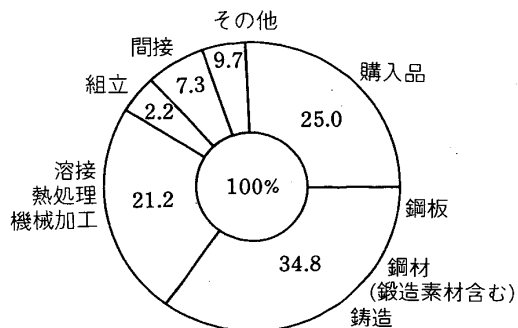


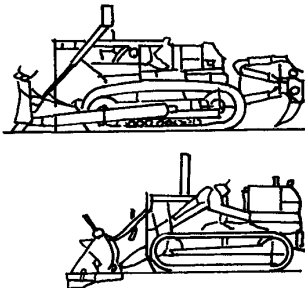
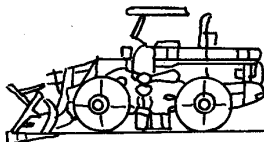
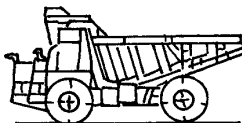
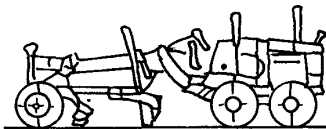
図3 (株)小松製作所の全建機における原価構成

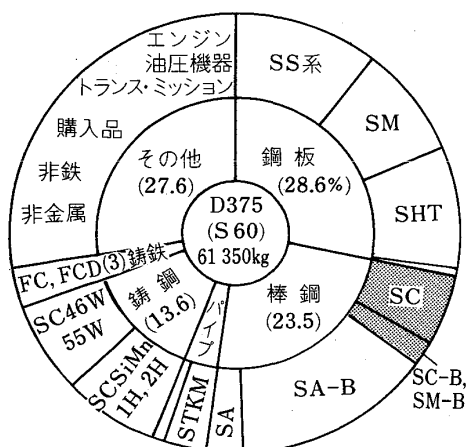
昭和61年11月6日受付 (Received Nov. 6, 1986) (依頼技術資料)

* (株)小松製作所大阪工場工場管理室主査 (Plant Control Department, Osaka Plant, Komatsu Co., Ltd., 3-1-1 Ueno Hirakata Osaka 573)

Key words: construction machine; materials cost; bulldozer; power shovel; mechanical properties joints; heat treatment; rolling; high strength steel; pipe; technological review.

表 1 主要建設機械

製品名	概 略 図	用 途												
ブルドーザー		土砂の掘削および短距離運搬のほか整地、伐開、押上、除雪等多方面に使用。ドーザショベル：掘削、積込み、掘削物の自走運搬等応用範囲が広い <table border="1" data-bbox="853 591 1259 705"><tr><td></td><td>小型</td><td>中型</td><td>大型</td></tr><tr><td>重量 (t)</td><td>3～ 8</td><td>8～ 20</td><td>20～</td></tr><tr><td>馬力 (PS)</td><td>40～70</td><td>70～200</td><td>200～</td></tr></table>		小型	中型	大型	重量 (t)	3～ 8	8～ 20	20～	馬力 (PS)	40～70	70～200	200～
	小型	中型	大型											
重量 (t)	3～ 8	8～ 20	20～											
馬力 (PS)	40～70	70～200	200～											
パ ワ ー ショ ベ ル		掘削、溝掘、積込み、掘り起こし、吊上、排土つかみ取り等の作業に使用でき、汎用性が高い。小回りがきき、サイクルタイムが早い都市型土木工事の主役												
ホイ ロー ダ		軽易な掘削もできるが、主として土砂、碎石、鉱石等の積込みと運搬に使用。機動性に富み、積込み場が移動する場合に有効												
ダ ンプ トラ ック		積載量 20 t 以上のオフロードで使用するダンプトラック。 掘削土砂、骨材等の長距離運搬に使用。ショベル等と組み合わせて使用する												
モ ー タ ー グ レ ー ダ		道路建設工事、道路補修工事に広く使用され、また、平面仕上げ、斜面切取り、溝掘、除雪作業もできる												



からの開放というニーズのもとで伸びが著しい。

2. 建機における材料費の割合

図3は、(株)小松製作所が製造する建機の製造原価の構成を示す。

この図からみても分かるように、購入品の25%の内、10%は材料費とすれば、鍛造素材を含む鋼材費、鋼板費、鋳造素材費を加えると、45%くらいが材料費となり、建機は動く鋼材と称されても、いいすぎでないことが分かる。

図4、図5に建機のうち、60t級の大型ブルドーザーと、0.7m³のバケットを有するパワーショベルに使われる鋼材の品種別内訳を掲げた。この図の中で、エンジン、トランスミッション、油圧機器等は、(株)小松製作所の他工場で生産を担当しているため、細区分から除いて表示している。以降、大阪工場担当の中・大型ブルドーザー、パワーショベルの車体と履帯の材料について述べていくことにする。

鋼板のうち、SHTは溶接構造用高張力鋼板で50kgf/mm²級が主体であり、耐摩耗用には、110kgf/mm²級と60kgf/mm²級が使われる。60kgf/mm²級は他にボルト座面などのへたり防止や岩石との接触による凹み対策に使われる。

棒鋼の内SC-Bは炭素鋼のボロン処理鋼を、SM-Bはマンガン鋼のボロン処理鋼を、SA-Bは他の合金鋼のボロン処理鋼を表している。このようにブルドーザーに

は、ボロン処理鋼が多く使用されている。パワーショベルでボロン処理鋼の使用が余り多くないのは、この機種が中型であり、部品が余り大きくないためMn鋼で十分焼入性が足りることに起因している。建機にて、ボロン処理鋼が多いのは、HRC50以上で靱性が優れている点を利点と認め積極的に採用しているためである。SBMAは、非調質鋼で、主に直接切削用である。

3. 建機における材料上の特長

建設機械は、図6、図7に示す当社の海外営業拠点及び自然環境条件が物語るように、-60°Cのシベリヤの極寒地帯から+50°Cを超えることもある中東地域等の猛暑地帯までなど、温度だけ取ってみても広い範囲で使われている。温度の他、気圧、砂塵地、草木地、森林地など自然環境だけとつても車両の仕様が異なるため、建機生産に際しては非金属材料は仕様ごとに变えても、鉄鋼材料は永年の輸出実績に基づき極寒地仕様車にてもその低温脆性破壊を防止できる材料特性を把握するに至り、経済性との両立に成功し全仕様統一した鋼材のベース・マシンとなっている。

写真1、2にブルドーザーとパワーショベル、写真3にはこれらの走行部である履帯の構造と部品名を掲げた。

ブルドーザー、パワーショベル共部品名のNo.が○で囲つてある部品は、土砂摩耗部品であることを示している。

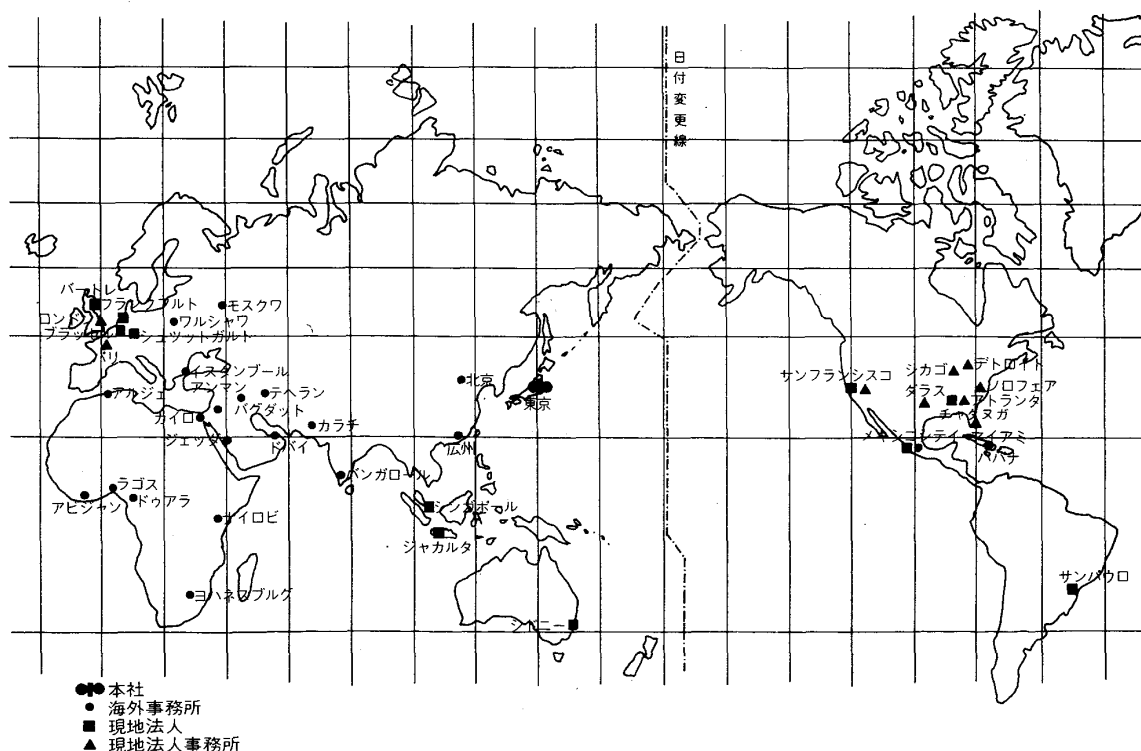
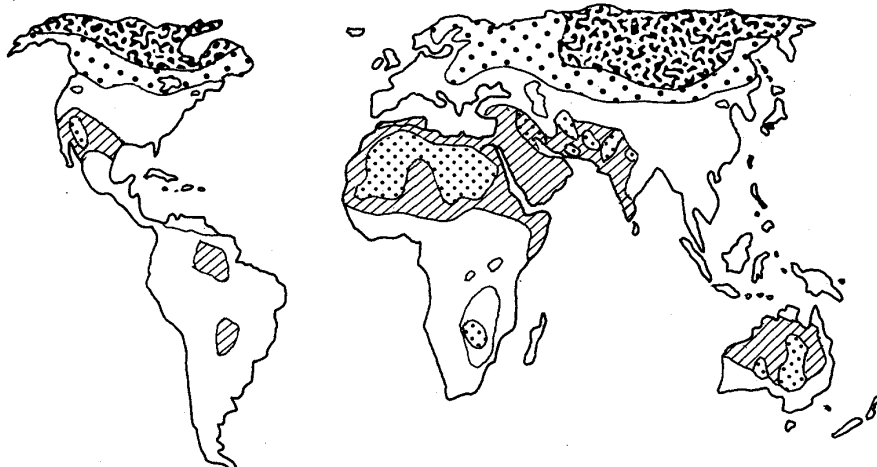


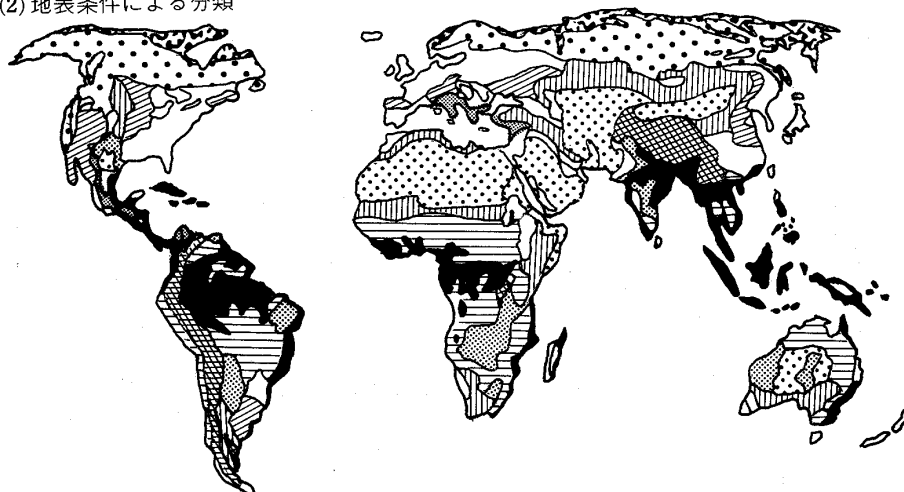
図6 (株)小松製作所の海外拠点

(1) 大気温による分類



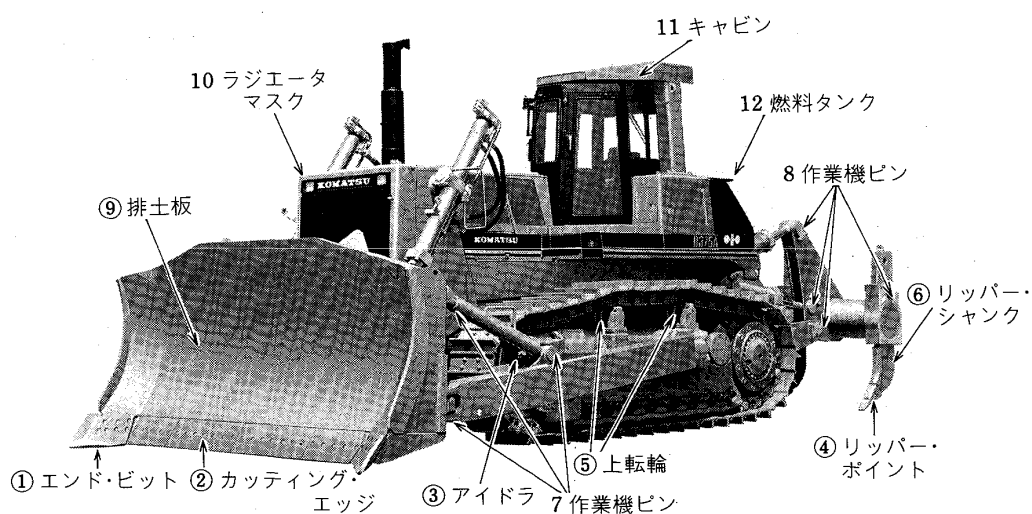
分布記号	気温特性	層 別
	Min-20°C ~ Max+40°C以下	温暖地
	Min-10°C ~ Max+45°C以下	熱帯地 (1)
	Min+5°C ~ Max+50°C以上	熱帯地 (2)
	Min-30°C ~ Max+35°C以下	寒冷地
	Min-50°C以下 ~ Max+35°C	極寒地

(2) 地表条件による分類



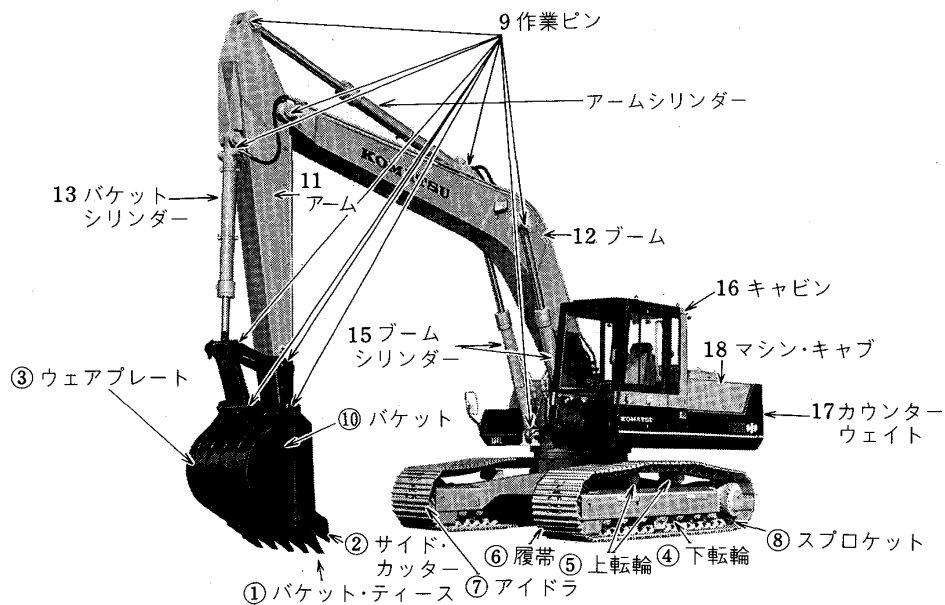
分布記号	地表特性	層 別
	温帯樹林	標準地
	ステップ	
	温帯草原	
	地中海気候帯	森林地
	針葉樹林	
	熱帯降雨林	草木地
	熱帯灌木	
	熱帯草原 (サバンナ)	砂塵地
	砂 漠	
	高 地	高地
	凍 土 帯	

図 7 自然環境条件分類



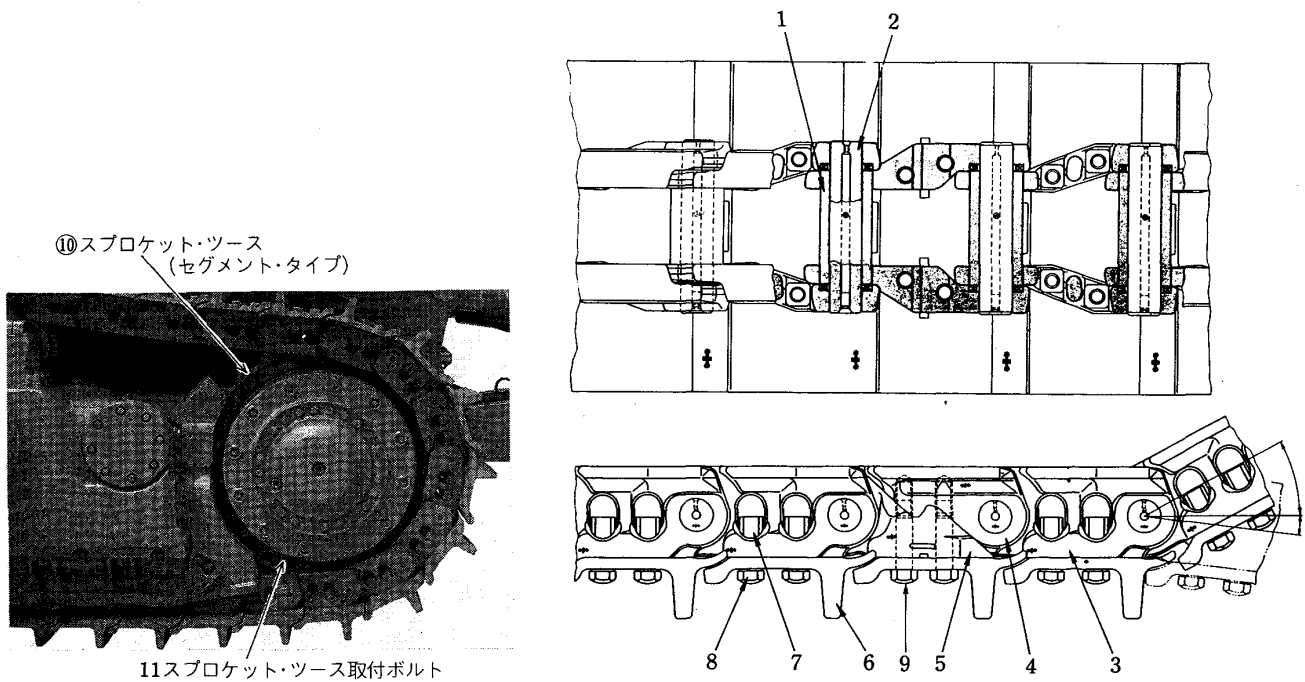
○は土砂摩耗部品を示す

写真 1 大型ブルドーザーの外観と主な部品



○は土砂摩耗部品を示す

写真 2 中型パワーショベルの外観と主な部品



- ① プシュ 2 ピン ③ レギュラーリンク ④ マスターリンク (ピン側) ⑤ マスターリンク (シュー側)
⑥ トラックスシュー ⑦ シューナット ⑧ シューボルト ⑨ マスターリンク・ボルト

○は土砂摩耗部品を示す

写真 3 履帯及び駆動部の外観と主な部品

ブルドーザーの⑨の排土板, パワーショベルの③ウェアプレートは, 110 kgf/mm² 級高張力鋼板を耐摩耗性の上から使用している。これら部品へのユーザー要求は, なお一段の摩耗寿命の向上を望んでおり, さらに上の高張力鋼板 (高硬度材) を使いたいところだが越えなければならない技術課題が多く, たおいつその技術の向上と経済性との両立が待たれる。

ブルドーザーの①エンド・ビット, ②カッティング・エッジ, ④リッパー・ポイント, パワーショベルの①バケット・ティースは建設機械を英名で, Earth-moving-equipment と称されるゆえんの直接地球に働きかける部品であつて, 最も耐土砂摩耗性を求められる部品である。土砂摩耗形態も Gauging-type (のみで削り取るように金属が削り取られる) が主で, 部品の硬さと岩石の硬さの差が摩耗寿命を左右する。したがって硬くかつ岩石との摩耗熱によるかたさの低下 (リッパー・ポイントでは 500~600°C までも昇温することはしばしばである) が少なく, 部品に働く大きな力や衝撃に耐える強度と靱性を併せ持つ材料を必要とし, この条件を満たす材料を選択するのに苦労しており, 開発を続けている。

建設機械の大きな特長の一つに, ピン結合が非常に多いということがある。写真には, ブルドーザー, パワーショベル共外から見ることのできる作業機のピンを示した。これらピンは, 製鋼メーカーでの制御圧延にて強度が保証された直接切削用非調質鋼が採用されており, 私共ユーザーにおいては, 素材の調質処理を省略し, 表面硬化処理として高周波焼入れ, 焼もどしを施す。(株)小松製作所は, 直接切削非調質鋼に 3 強度区分を規格化している。(表 2 参照)

ピン結合が多いという特長と並んでボルト締結が多いことも大きな特長であり, ブルドーザーでは約 4 500 本, パワーショベルでは, 約 3 000 本のボルトが使われている。なお, 乗用車では約 1 500 本くらいとのことであるから, いかにボルトが多く使われているか, 分かつていただけることと思う。しかも, ボルトの強度が 110 kgf/mm² 級のボルトが標準でそれ以下の強度のボルトは, 小型の機種を除けば, 使われていない。(自動車は, 70, 80 kgf/mm² 級が主力と聞いている)。写真 3 の履帯の⑧シュー・ボルトと 11 のスプロケット・ツース取付ボルトは 130 kgf/mm² 級のハイテンボルトを使用している。また⑨マスターリンクボルトは, より高い疲労強度を求められるために, 130 kgf/mm² 級に熱処理をした後にねじの転造を行つている。当然こんな高強度のボルトであるから遅れ破壊が心配されるところであるが, 材質の選定と製造工程の品質監査には十分配慮して採用している。ブルドーザーのパワーアップやパワーショベルの車速アップによる負荷の増加と, 一方部品の共通化, 補給性の確保というニーズにより, ボルトの高強度化はますます増える傾向にあり, 強度も 150 kgf/mm² 以上の要求が出始めている。

2 の履帯ピンは, 従来は素材調質鋼に高周波焼入れしていたが, 製鋼メーカーの成分の精密なコントロールの技術力向上を基盤に表 2 に示すように, ピンのサイズに合わせ, 鋼材の焼入性 (D_I 値) を区分管理し, それを高圧水スプレー焼入れを施すことで部品が必要とする硬化深度を得ている。最も厳しいものでは ±0.15 インチで管理されている。

履帯の①ブシュは, スプロケット・ティースと噛合つ

表 2 非調質鋼と精密コントロール鋼

鋼種区分	材質名	化 学 組 成 (%)										備 考			
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	B	その他				
非調質型 強靱鋼 (直接切削用)	SBMA 65	0.45 以下	0.40 以下	1.10 以下	0.03 以下	0.05 以下	0.20 以下	0.20 以下	—	—	V, Nb 添加可	{ T.S 65 kgf/mm ² 以上 Y.P 38 kgf/mm ² 以上 El 20% 以上 硬さ HB170 以上			
	SBMA 75	0.50 以下	0.40 以下	1.30 以下	0.03 以下	0.05 以下	0.20 以下	0.20 以下	—	—	—	{ T.S 75 kgf/mm ² 以上 Y.P 45 kgf/mm ² 以上 El 17% 以上 硬さ HB192 以上			
	SBMA 90	0.50 以下	0.80 以下	1.60 以下	0.03 以下	0.05 以下	0.20 以下	0.20 以下	—	—	—	{ T.S 90 kgf/mm ² 以上 Y.P 54 kgf/mm ² 以上 El 15% 以上 硬さ HB241 以上			
精密 コントロール鋼	S43CM 1	0.43 ~0.47	0.15 ~0.35	1.00 ~1.50	0.030 以下	0.035 以下	0.10 以下	0.15 ~0.35	0.05 ~0.25	0.02 以下	0.0002 以下	—	寸法 外径	硬化深さ (HRC 45アップ)	D _I 値 (インチ)
	S43CM 2			0.82 ~1.15				φ 72					8.0~13.0	1.75 ~2.30	
	S43CM 3-1			0.70 ~1.15				φ 60 φ 50					5.5~12.0	1.55 ~1.85	
	S43CM 3-2			0.70 ~1.00				φ 40					5.0~10.0	1.30 ~1.60	
	S43CM 4			0.40 ~0.65				φ 30					4.0~ 8.5	1.20 ~1.50	
		0.08 以下	φ 26	3.0~ 5.0	0.70 ~1.00										

て、履帯に駆動力を伝える部品であるが、耐摩耗性と疲労強度の点より、一般には浸炭焼入鋼を用い、大型ブルドーザーでは浸炭深さ 3~4 mm あり、駆動時などは内径面には 100 kgf/mm^2 以上の応力が発生する。したがって、疲労強度の増大やばらつきの低減のために、超清浄度鋼を採用している。中・小型のブルドーザーは浸炭深さ 2~3 mm くらいである。パワーショベルは、ブルドーザーと異なり走行しながら作業するという機械でないことや走行距離が短いということもあり耐摩耗性は余り求められない。小型機種の 10 mm 以下の肉厚のプッシュ素管には、電縫管を使っているが、電縫部の信頼性は十分で、何ら強度上の不安な点はない。電縫管のなおいつその肉厚化を望むところである。

履帯の③レギュラーリンク、④⑤のマスターリンクは、ブルドーザーやパワーショベルの車体重量や作業時の負荷を下転輪やアイドラを介して支える役目を持つている部品である。ブルドーザーは不整地を走行しながら、苛

酷な押土作業や、岩盤の掘削作業をできる点が、その存在理由といえるわけで、リンクには、偏荷重や衝撃荷重が負荷され、さらに下転輪とリンクの間には土砂が常に介在するために土砂摩耗もたいへん激しい部品である。下転輪と接触するリンクの踏面は高周波焼入れされており硬化深度は、大型機種では 15 mm 以上あり、硬さは HRC 52~58 が指定される。さらに欠けや転動疲労による剥離を防ぐため、靱性も確保する必要がある。摩耗が進み、許容摩耗限まで達した場合には、踏面の高周波焼入部に、硬化肉盛溶接がなされるという部品のため、材料選択が難しい。高硬さの踏面高周波焼入部でも靱性が得られる点や、添加量が微量で高い焼入性を示しかつ溶接割れ感受性への影響もわずかであり、コスト的にも有利な点で、ボロン処理鋼を選択するのが一般的である。大型機種ではさらに高硬さ域での靱性を確保するために、P や S を極力低めにし、アルミナ系の介在物をできるだけ少なくするために脱ガスを行うなど、超清浄度鋼の採用がなされている。著者の経験では、Ni 添加の効果は、高硬さ域での靱性の確保には効果を見出せない。

この他には、油圧パワーショベルの昇圧化とそれに応じた配管パイプの高強度化と電縫管の採用がある。図 8 は(株)小松製作所のパワーショベルの油圧力の変遷を示

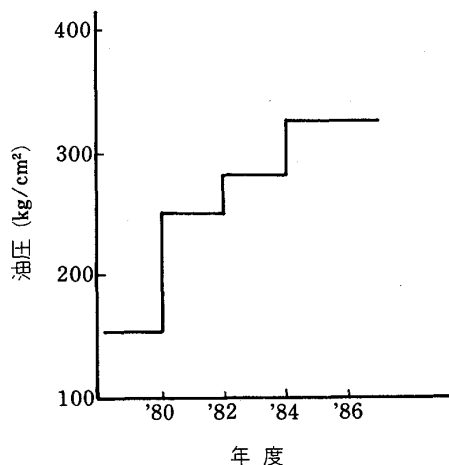


図 8 パワーショベルの油圧力の推移

表 3 油圧配管（電縫管）のインパルステスト結果

	繰返し回数	油漏れの有無	判定
CO ₂ 溶接	56 万回 72 万回	油漏れ ↑	NG
ろう付け	210 万回 (n=6)	すべて油漏れ無し	OK
パルス TIG 溶接	210 万回 (n=12)	すべて油漏れ無し	OK

テスト条件：ベース圧 320 kgf/cm^2 ピーク圧 420 kgf/cm^2
判定基準：繰返し回数 210 万回で油漏れなきこと

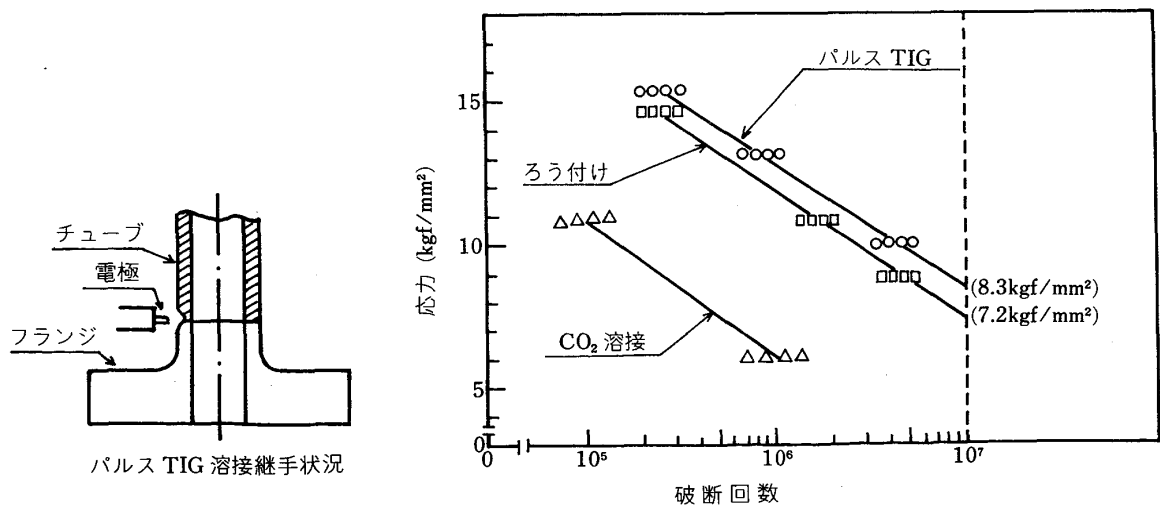


図 9 油圧配管継手の疲労テスト結果

したもので、油圧の上昇につれて油圧機器の耐圧性はもちろん、油圧配管、油圧シリンダーもこれに耐えるものを開発してきた。高強度パイプの開発を製鋼メーカーと協同で実施し、現在は油圧配管用として、電縫管で 55 kgf/mm² 級が使用されている。また、次に備え、60 kgf/mm² 級の開発も終え、出番を待っているところである。シリンダー用パイプも、経済性の上から電縫管の採用が増えており、強度も 60 kgf/mm² 級の採用が間近い。油圧が低い時代は、パイプとフランジの継手も、CO₂ 溶接で十分であつたが、油圧が上昇するにつれて継手の信頼性が低下するため、ろう付けに移行する傾向にあつた。しかし、経済性とさらに一段の信頼性の確保から、パルス TIG 溶接法を開発し採用している。図 9、表 3 は、フランジとパイプの継手の信頼性を示すために、疲労試験と耐衝撃油圧強さの確認のためのインパルス試験結果を示している。

4. 厳しい環境下の建機から製鋼メーカーへの要望

先にも、建機業界の現状について若干述べたように、

表 4 材料コスト低減の方策展開

目 的	目的 (2次)	目的 (1次)	手段 (2次)
材料コストを低減する	歩留りを向上する	形状変更	中間材 (ビレット) 材の活用
		工程変更	
		工程改善	
	材料単価を下げる	材料の低級化	フラットバー材の活用
		工程改善	
		材料の低級化	
	材料の仕様の見直し	過剰特性値の適性化	脱 Ni, 省 Ni 鋼化 脱 Mo, 省 Mo 鋼化 Mn 鋼化 B 鋼化 炭素鋼化
		メーカーの工程能力と仕様要求値の乖離の是正	
		自社の工程能力と仕様要求値の乖離の是正	
		技術の進歩に取り残された仕様値の是正	
		切削加工費低減	
		塑性加工費低減	
部品加工コストの低減	溶接、板金加工費低減		
熱処理技術の改善	熱処理方法の改善	熱処理設備の改善	

生き残りをかけて各社諸手段を打っている。その中での一つの大きな活動として原価低減があり、原価の中で大きな割合を占める材料によつて、VE (Value Engineering) 効果を大きくあげることが期待されている。

表 4 に材料面からの VE を行う時の考え方を示した。

図 10 は材料の歩留りの大略の現状とそのロス分の解析と、その改善方策についての考え方を述べた。なお、この図には、条鋼のうち鍛造されずに直接切削加工される場合の現状解析や、改善方策については触れていない。

直接切削される場合の歩留りについては、部品の形状 (例えばつば状の段付の場合) により、大きく左右されるため、現状の解析が進んでいないためである。しかし、これら直接切削される条鋼の歩留り改善方策を考えてみる。製鋼メーカーにて直径 100 mm 以下の条鋼の場合には、結構細かい区分でロール・カリバーサイズが用意されているが、100 mm を超えた場合には 5 mm ごとになり、150 mm を超えた場合には 10 mm 間隔となる。先にも、建設機械はピンの使用が多いことを述べたが、最近ではブルドーザーもパワーショベルも大型化し直径 150 mm を超えるピンの使用が増えている。このようなピンを作る時外径が 10 mm 大きい素材から切り出すことになるので、歩留りはたいへん悪い。

カリバーサイズが、例えば、図面サイズより +1~2 mm 大きい製品を供給していただければ幸いである。(まとまった数量を購入できれば、当然対応していただけるが、大型機種では数量も余り多くならない。逆にいえば、私共ユーザー側が、現在メーカーが保有するカリバーサイズより 1~2 mm 小さい寸法のピンを強度上問題がなければ、採用することが、コストを考えたうまい設計ということになる。) また、つば状の段付部品の場合には、S43C 相当の機械構造用鋼が使用される場合が多く、熱間鍛造でこれらつば状段付を作り出すまでもないということで、旋盤で削り出すため歩留りが悪くなる。冷間で加工しても、割れなどの発生がない。(球状化焼鈍やポ

表 5 熱処理レベル指標

一次指標	二次指標	三次指標
熱処理比率	熱処理部品費 円/kg (材料費+熱処理費)	炭素鋼化率 %
		水焼入比率 %
		エネルギー比率 kcal/kg

[指標の定義]

$$(A) \text{ 熱処理比率} = \frac{\text{熱処理重量}}{\text{製品重量}} \times 100 = \%$$

$$(B) \text{ 材料費+熱処理費} = \frac{\text{材料費} + \text{熱処理費}}{\text{熱処理重量}} = \text{円/kg}$$

$$(C) \text{ 炭素鋼化率} = \frac{\text{炭素鋼系部品重量}}{\text{熱処理重量}} \times 100 = \%$$

$$(D) \text{ 水焼入比率} = \frac{\text{水焼入対象重量}}{\text{熱処理重量}} \times 100 = \%$$

$$(E) \text{ エネルギー比率} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{熱処理重量}} = \text{kcal/kg}$$

工 法	生産量 50 40 30 20 10	現 状	改 善 方 策
切 板	(A) 投入 (C) 完 品 歩留り $(C/A)80.0\%$	① ロス解析 (全体) 切断ロス 加工ロス 3.1 16.9 ロス 20.0 80.0 完品	1. CADによる端材活用活動 2. スケッチ・サイズ鋼板の購入 3. フラット・バー板の活用 4. 構想図段階での切板歩留りを考慮した生産性検討 5. レザー切断, プラズマ切断の活用
鋳 造	(A) 投入 (B) 鋳放 (C) 完 品 歩留り $(B/A)57.4\%$ $(C/A)50.4\%$	① ロス解析 (全体) 溶解ロス 鋳入ロス 方案ロス 4.0 3.5 35.1 加工ロス 7.0 49.6 50.4 完品	1. 三次元凝固解析による方案歩留りの向上 2. 型合せ機構改善による寸法精度向上 3. 相込めによる総合歩留り向上 4. Evaporative Pattern Casting 鋳造法の実用化 5. 遠心鋳造法の実用化
鍛 造 (一 般)	(A) 投入 (B) 打上 (C) 完品 歩留り $(B/A)87.8\%$ $(C/A)68.9\%$	① ロス解析 (全体) 鍛造ロス 加熱ロス 加工ロス 1.4 11.7 18.0 ロス 31.1 68.9 完品	1. 密閉鍛造化 2. ニア・ネット・シェーブ鍛造化 3. ドロップ・フォーミング+プレス鍛造の組合せによる駄肉の減少 4. 親子鍛造による総合歩留りの向上 5. インダクションヒータリングの採用

図 10 材料の歩留現状とその改善方策

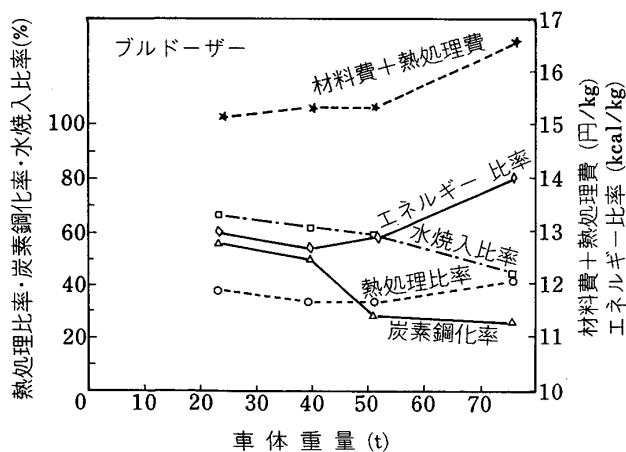


図 11 ブルドーザーの熱処理レベルの現状

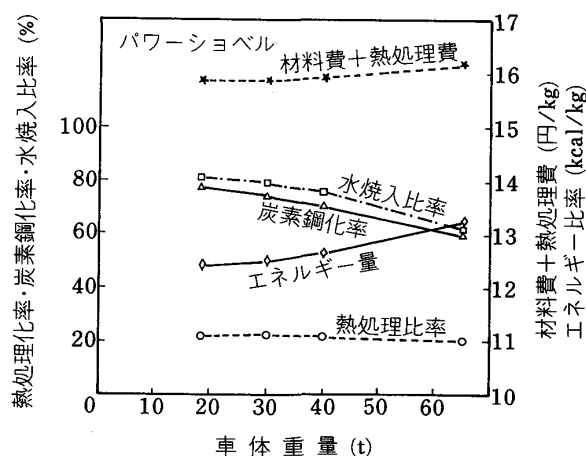


図 12 パワーショベルの熱処理レベルの現状

ンデ処理も不要な) 材料が供給されるなら, 歩留向上が期待できる。

材料単価を下げる活動は, Mo の高騰を期に, いろいろと努力されてきた。(株)小松製作所では, 熱処理部品に対しては, 表 5 に掲げたような, 熱処理レベルの管理指標を設定し, このレベル改善活動を展開している。図 11, 12 にブルドーザーとパワーショベルの熱処理レベルの現状を示した。

図 13 は熱処理レベルの指標の内, 炭素鋼化率(SC 材, SMn 材, SC-B 材, SMn-B 材, SMnCr 材を炭素鋼として扱っている。)の改善例を示した。材料の仕様の見直しは, 部品の設計思想と使われ方からくる材料への要求特性値に対し, 材料仕様及び納入材料が最適となっているか再点検する活動である。

表 6 に切削加工費低減のための方策を示した。[] に示した方策は, 材料面から切削加工費低減のため改

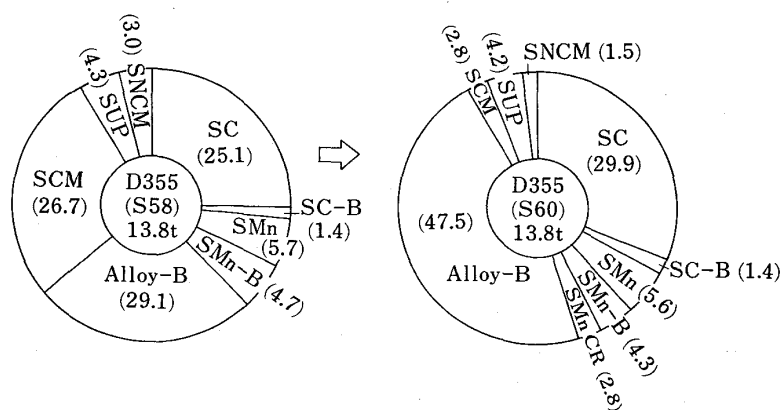
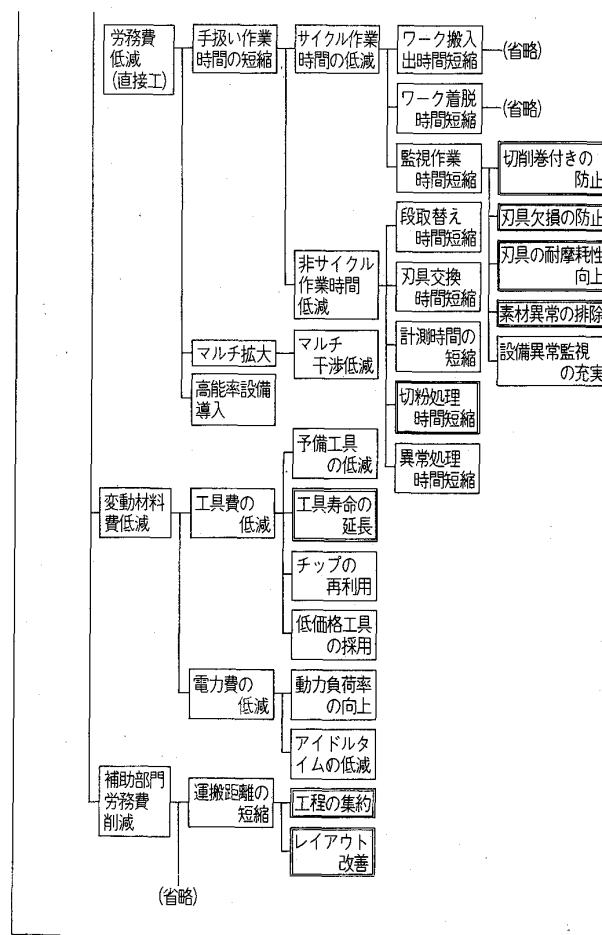


図 13 炭素鋼化率改善事例 (7% アップ)

表 6 切削加工費低減の方策

目 的	目的(2次)	手段(1次)	手段(2次)	手段(3次)	手段(4次)				
切削加工費低減	設備関連費の低減	時間当たりでき高向上	不要設備の廃却	※GT分類ライン統合	高効率設備への変更				
			加工時間の低減	切削時間の低減	無加工化				
					加工手法手順変更				
					切削取代の低減(省略)				
					非切削時間短縮(省略)				
					ワーク着脱時間短縮(省略)				
					計測時間の短縮(省略)				
					ワーク搬入出時間短縮(省略)				
					手扱い作業時間の短縮	切粉処理時間短縮	切削切粉量低減 治具の切粉排出性向上 排出性良好な切粉化		
					刃具交換時間短縮	刃具寿命の延長			
						加工方法変更			
						刃具交換の自動化			
					段取替え時間短縮(省略)	手扱いと自動作業の同期化(省略)			
					むだ停止時間低減		作業待ち時間短縮(省略)		
					材料待ち時間の低減				
					(省略)				

※ GT; Group Technology



善しなければならないものである。それは、快削鋼であつたり、清浄度鋼であつたり、ロール精度向上である。加工費低減という観点からは、冷間鍛造・転造、温間鍛造・転造、ファインブランピング加工などもある。

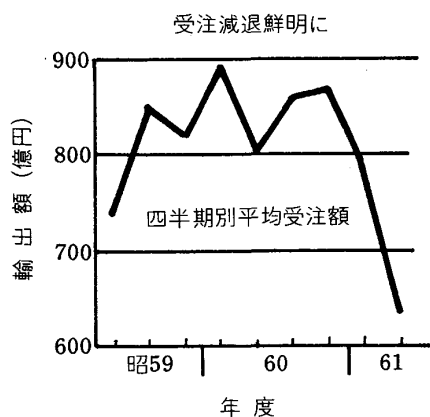
表7は熱処理費低減の方策の一部について示したもので、 は材料面からアプローチすべき項目である。

すでに多くは製鋼メーカーで対応していただいているものが多い。材料のVEのためには、ここで示した方策以外にも他の用途に作られている形鋼(建築用コラム材など)を機械構造用鋼で作ってもらうようなこともやっている。

熱処理の合理化は省エネルギーをいかに図るかと、と

表 7 熱処理費低減の方策の考え方

目 的	目的 (2次)	手段 (1次)	手段 (2次)	手段 (3次)	具 体 的 方 策 例
熱処理費 低減	熱処理方法 の改善	処理時間の 短縮	高温処理化	高温浸炭	① バッチ炉の高温化 ② 連続浸炭炉の高温化
			保持時間の 短縮	焼入れ焼もどし 時間短縮	① ワーク温度検知による ピッチタイムコントロール ② 焼もどし最適保持時間の決定 ③ 誘導加熱焼もどし
				窒化時間短縮	① 迅速窒化
				浸炭時間短縮	① 硬化深さ見直し
			昇温時間の 短縮	製品予熱	① 浸炭予熱炉
		昇温速度の 早い加熱炉	② 素材調質予熱炉	② 素材調質予熱炉	
		工程短縮	熱処理省略	① ソルトバス、流動層炉	① ソルトバス、流動層炉
			付帯準備 工程の省略	前処理廃止	① 高周波焼入れ前の調質の廃止 ② 浸炭前焼ならしの廃止
				後処理廃止	① 自己熱焼もどし
		方法変更	浸炭準備 工程の廃止	① 浸炭防止剤塗布廃止 ② 洗浄の省略	
熱処理廃止	① 非調質鋼採用				
鍛造直接焼入れ	① 適用部品の拡大				
熱処理設備 の改善	省資源型 設備	加熱効率向上	炉壁放熱低減	① セラミックファイバー断熱 ② 外壁放熱の低減	
			炉密閉度向上	① 炉内圧の適正化	
			廃熱回収	① 燃烧空氣予熱 ② 低温廢熱回收	
			加熱方法変更	① 流動層加熱炉採用	
			空燃比改善	① 燃烧自動制御	
		零圧気ガスの 節約	低価格ガス	① N ₂ ベース浸炭	
			導入ガス低減	① キャリアガスの適正化	
		付帯電力の節約	付帯設備見直し	① モーター類小型化間欠運搬	
		副資材の節約	トレイ(耐熱鋼)	① 無トレイ化重量軽減	
		焼入油の代替化	① 水またはソル焼入化		
省人化設備	付帯作業の 低減				
	(省人化の項目は省略する)				



(出所：経企庁「機械受注統計」)

図 14 パワーショベルの輸出実績

もすると複合工順となりやすい工程を改良し、部品の流れがスムーズになるような熱処理方法を採用するかにかかっている。熱処理の内、最もエネルギーを要するのは、浸炭焼入法で、いろいろの面からいかに少ないエネルギーで部品が要求する特性を得るか方策が考えられている。複合工順になると仕掛け量が多くなり、リードタイムも長く、かつ、管理工数、運搬工数など無駄とも思える費用の発生を見る。

5. 結 び

最近の建機業界は、図 14 に見るごとく海外への輸出は、ますます悪くなった。円高対策として、国の内外からの内需拡大の声は高く、予算的には以前から見れば状況は良くなっているとはいわれるものの、高騰した地代に消える分や、すでに国内の建機充足率は飽和状態にあ

り、パイは増えそうにはない。しかし、幸いにも買い換えなどで総需要は横ばいであるので、建機メーカーは生き残りを賭けた競争状態に入り、戦略の優劣、実行のスピードが生き延びていく鍵になつている。すでに何回も述べたとおり材料の VE への期待は大きく、製鋼メーカーに御協力願わねばならない。一方、鋼材や部品の NICS (新興工業国・地域群) および欧米諸国から調達することも大々的に進められている。また、海外に生産拠点を移すことがすでに軌道に乗っている。国内でのシェア争いは激しさを増す一方であり、開発競争も従来

以上の早いスピードで進められるであろう。

原稿を依頼を受けた時点では 1 ドル 180 円であつたものが、脱稿する時には 150 円まで円高が進み、120 円の声も聞かれる昨今、メーカーとして取らねばならない手段は厳しい。この拙文の中で、使用したデータも 1 年以上前のもので、現在は相当変わつているし、日々変更していることを御承知の上で、読んでいただけたら幸いである。

なお書き足りない点も多いが、紙数の関係と筆力に不足があるためでありご容赦願いたい。