d_0の値は記載されておらず，ハンマ製作会社の部外秘ということもあって，一応，市販ハンマの平均値らしい値として表1に示したものを用いた。実験と計算の結果を比較すると，ハンマ先端のダイヤモンドは完全な球面に研磨することが難しい点，などを考慮すると，定量的に良く一致していると言える。高いHsの試料で，Rの増大につれ実験値が飽和する傾向を見せるのは，上の原因の他に，たとえば，ハンマ軸とその案内軌道部との摩擦損失等も考えられる。実験と同じく，計算でも，≒0.95<R<≒1.1 mmの時vHs値と一致する結果が得られた。また，vHS19という計算値は，叩び硬さ20と18の平均値ということに対するものである。

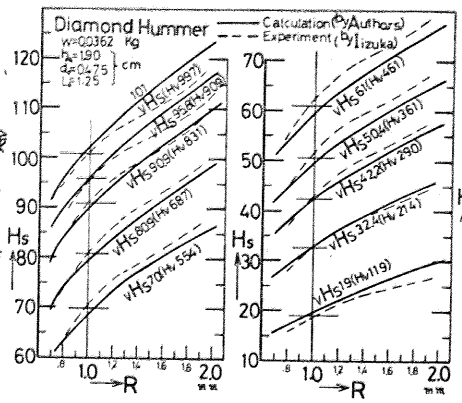

図 1

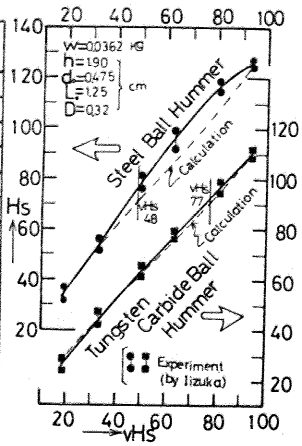

図 2

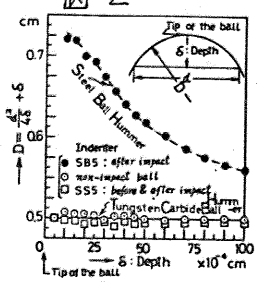

図 3

4・3 超硬合金球・鋼球ハンマの場合　前項は超硬合金球・ベアリング用鋼球を先端に「カシメ」または「ロウ付」したハンマで，先端球材質の違いによる実験も行なっている。図2に示すように，超硬球ハンマの計算値は実験値と全く良く一致しているのに，鋼球ハンマではHsが高くなるほど離れ，また最後で一致するような結果となっている。この原因としては，高硬さ試料との衝突により，鋼球面が変形を起し，計算に用いたDの値よりは実際には大きくなって，Hsが高く現われたことと，最後の点での一致する傾向は，先に述べたハンマ軸等の摩擦によりHsが低く押えられたため　と思われる。図3には筆者等が作成した先端球直径が5 mmの鋼球，超硬球ハンマでの，衝突前後における先端球の変形の度合を観察したものだが，鋼球は大幅に変形しているのに，超硬球には全く変形が見られていない。図2に示す計算結果と今の点からすれば，超硬合金球を先端に保持したハンマは，Hv≒1000位までも変形しないで使用できるといえる。

5. 試作ハンマによる数値的・実験的検討

5・1 ハンマ諸元のHsへの影響度　図4にd_0, L_0, w～Hsの関係を示す。d_0, L_0に関しては過去に僅かな言及があるだけだが[4]，d_0は2次曲線的に，L_0は直線的にHsに対して効果を表わすのが分る。h_{oa}の場合は，1.6 cmから2.1 cmに変えると約1～1.5 Hs変化する（図省略）のに対し，wは仮に2倍にしても数Hsの変化でしかなく，諸元の中で最も鈍い効果しか及ぼさない。使用中の試験機を基準に考えるならば，ハンマ改造の際は，w, h_{oa}, L_0を変えるよりは，Dあるいはd_0を変えるように設計する方が，試験機の枠・筒などの寸法にも影響せず好ましいといえる。

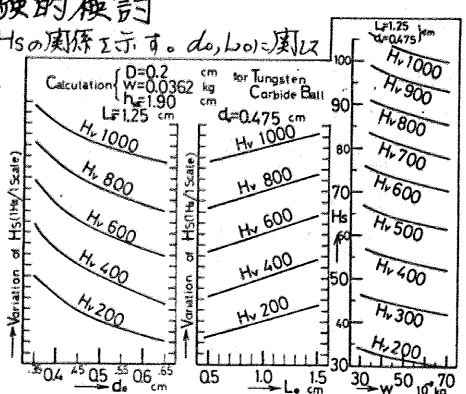

図 4

5・2 試作ハンマによる実験的検討　以上の点を実験的に検討するため，表1上に示すT-1ハンマを作成した。最も顕著にHsに作用しその効果を測定確認できる可能性から，もう1本のハンマは，d_0の径を変える方針にし，T-1ハンマによる全試料への実験後，d_0を削りT-2ハンマとした。使用したD型試験機のKは約141であり，付属ハンマ寸法では，h_{oa}≒1.9 cmに近かったため，作成ハンマもそれに倣った。その結果L_0は表1の市販平均に比べると半分ほどの値となった。図5にT-1, T-2ハンマによる実測値と対応する計算値を示した。HBの場合は20%位の開きがみられるが，その原因は，真のPeより式(4·1·6·3)からの換算Peの方が高く算出されるため[6]，計算値がやや上まわったものといえる。このHB

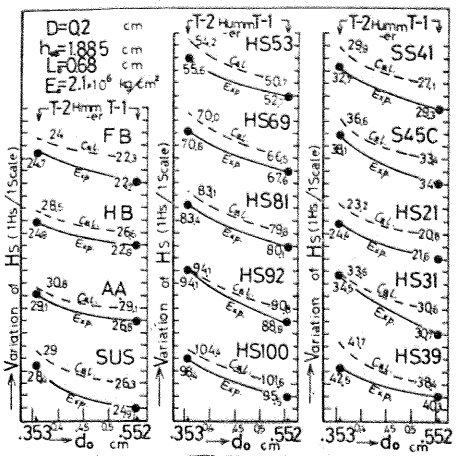

図5

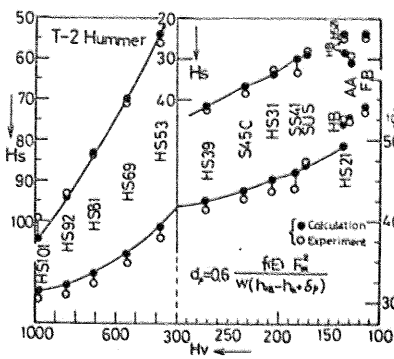

図6

を除けば，実測・計算とも良く一致しており，d_0のHsに及ぼす顕著な効果も確認された。図6には T-2 ハンマによる Hv～d_p，Hsを示すが，vHS100 に対して5Hs程度実測値が下るのは，多分にハンマ自由等の摩擦が原因と考えられる。

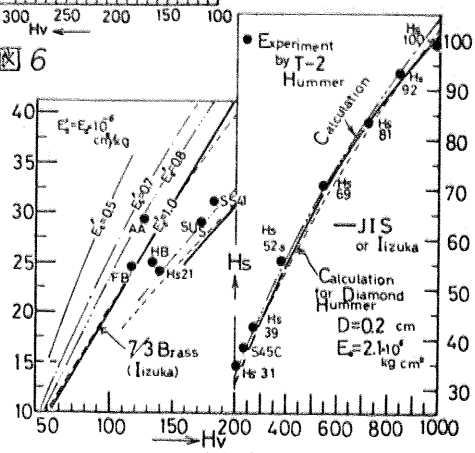

図7

5・3 JISのHv～Hsについて　図7の実線はJIS(飯塚)による換算曲線である。今，超硬球を用いたハンマにより，この曲線に一致せしめる簡単な方法を示す。筆者等の試験機は，$h_{0a}\simeq1.9$cmとするには$L_0\simeq0.7$cmにする必要があったのでまずその寸法を前提とし，先端球直径は0.2cmのものを選択した。次にd_pを約0.55cmにし基準片に対する実験を行なってみると，JIS曲線よりは低目の値が得られた。そこで，図4のd_0～Hsの図を参考に，d_0を約0.35cmとした結果，実測値はほぼ一致していることが分る。基本的には，図1，図4を参考にすればよく，各寸法を多元に変化させる場合は「4・1」での電子計算機による数値計算で設計が可能である。

6. 結　論

以上の結果を総合すると，次に示すようにまとめることができる。

(1) 前報迄に得られた，衝突時の力学的諸量の関係式(4・1・1)～(4・1・7)を基にすれば，D型ショアハンマ諸元のショア硬さ数に及ぼす影響の度合を数値的に検討することができる。飯塚によるR～Hsの実験に対する数値計算の結果は定量的に良い一致をみせ，JIS曲線に一致するRの値は約1mmに近く，実験結果を確認した。

(2) 先端に超硬球・鋼球を「カシメ」または「ロウ付」したハンマでの飯塚による実験に対しては，超硬球は良く一致したが鋼球では高Hsになるほど不一致を呈した。筆者等の先端に超硬球・鋼球を用いたハンマによる衝突前後の先端球直径の測定によれば，鋼球は大きく変形するが超硬球には変形がみられないことから，上述の不一致の原因はこの点にあろう。また，超硬球ハンマはHv≃1000まで使用可能であることが分った。

(3) ハンマ諸元のHsへの影響度に対する数値的検討によれば，d_0は2次曲線的に，L_0は直線的にHsを変化させるが，h_{0a}，Wは鈍い効果しか期待できない。d_0の効果が顕著なことから，実験的検討にはd_0の径を変えた2本のハンマを作成し，これ等による全試料への実験結果は，数値的結果とも良い一致をみせた。

(4) 以上のことから，現在使用中のD型ショア試験機に対して，先端に超硬球を有するハンマのHv～Hs特性曲線をJISの換算曲線に一致せしめるようなハンマ諸元の設計が容易に行なえることになり，また，ダイヤモンドハンマ作成にあたっても，これらの実験式・図を利用すれば比較的容易な調整が可能となる。

参考文献

(1) Tabor.D, The Hardness of Metals, OXFORD, 1951
(2) 本多・田中，東北理科報告，15
(3) 飯塚，計量研究所報告 Vol.20, NO.4 (1971)
(4) 吉沢編，硬さ試験法とその応用，裳華房
(5) 石橋・下田，校講論集 No.797-2, 61 (1979 風谷)
(6) 石橋，下田，校講論集 (1980 長岡)