さて、等価回路擬きの解説はこの位にして、本来の等価回路の解説に戻りましょう。
１ページの図２及び２ページの図３の解析に移ります。
２ページで２つの式が得られていました。
電流Ｉの式

$$\dot{I}=\frac{E}{\sqrt{\left(r_1+\frac{r_2}{s}\right)^2+\left(x_1+x_2\right)^2}}\angle -\theta \quad ---①式$$

$$\theta=\mathrm{Tan}^{-1}\frac{x_1+x_2}{r_1+\frac{r_2}{s}}$$

軸出力Ｐｍの式

$$Pm=\frac{3E^2(1-s)\frac{r_2}{s}}{\left(r_1+\frac{r_2}{s}\right)^2+(x+x)^2} \quad -------②式$$

トルクの式が得られていませんので計算します。
トルクの計算を行う為には、角速度が必要ですが、角速度は、同期角速度をω_0と置くと下記のようになります。

滑りＳの時の角速度$\omega_S=\omega_0(1-S)$　---③式

この式を使って、トルクを計算します。
トルクＴ＝軸出力Ｐｍ÷角速度ω_S

$$=\frac{3E^2(1-s)\frac{r_2}{s}}{\left(r_1+\frac{r_2}{s}\right)^2+(x+x)^2}\div\omega_0(1-S)$$

$$=\frac{3E^2\frac{r_2}{s}}{\left\{\left(r_1+\frac{r_2}{s}\right)^2+\left(x_1+x_2\right)^2\right\}\omega_0}[N\cdot m] \quad ---④式$$

これらの式は、何回見ても難解な式です。（オヤジギャグをかましている場合では無いが・・・。）
ですから、これらの式の内容を理解するのには別の手法を考えます。

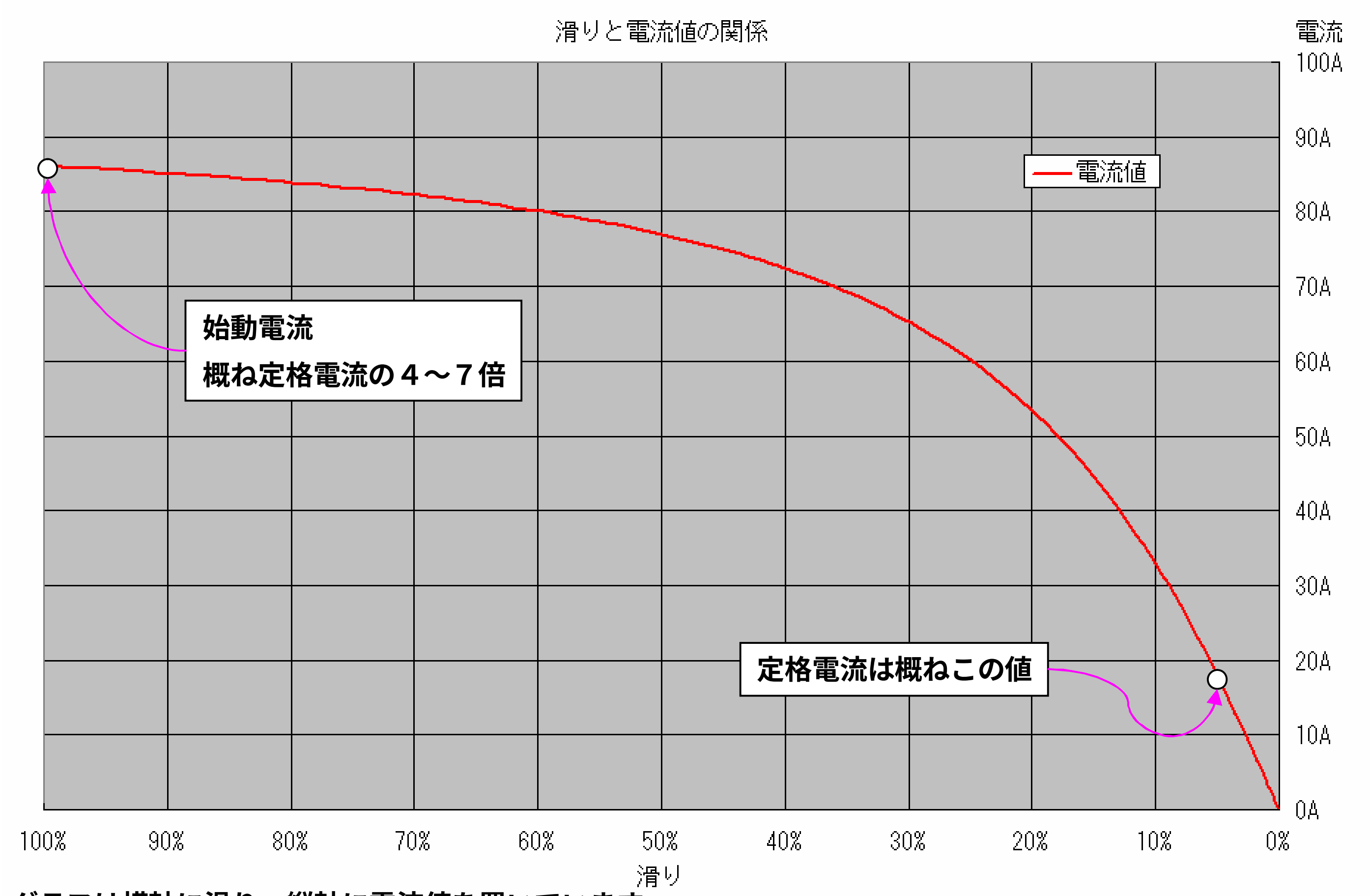
別の解析手法＝＝＞パソコンに計算させ、グラフを書かせる。

①～④式はワケのワカラン式ですが、パソコンに計算させれば、どんなに難しい式でも関係有りません。
パソコンに計算させる時の条件として、**滑りＳだけが変数**で、他は定数とします。
一次導体抵抗 r_1、二次導体抵抗 r_2、一次漏れリアクタンスx_1、二次漏れリアクタンスx_2、電源電圧Ｅ、これらは**全部定数**とします。
滑りは０(同期回転で回転)～１(始動時)の範囲で変化します。
ですから、滑りが０～１の間で変化するときに、電流、出力、トルクがどの様な値になるのかを検討します。
コンピュータは実値を与えないと計算してくれませんから、実値は下記のように設定します。
$r_1=0.3[\Omega]$
$r_2=0.3[\Omega]$
$x_1=0.8[\Omega]$
$x_2=0.4[\Omega]$
$E=200/\sqrt{3}[V]$
Ｅの値以外はハッキリ言って適当な値です。
世の中にこんな値の誘導電動機が有るのか無いのか・・・**知るか！**
まことしやかな数値を入れただけだよょ～ん！！

鹿の骨印

手始めに、コンピュータに「滑りと電流値との関係」をグラフ化させると下図のようなグラフを書いてくれました。

図１３

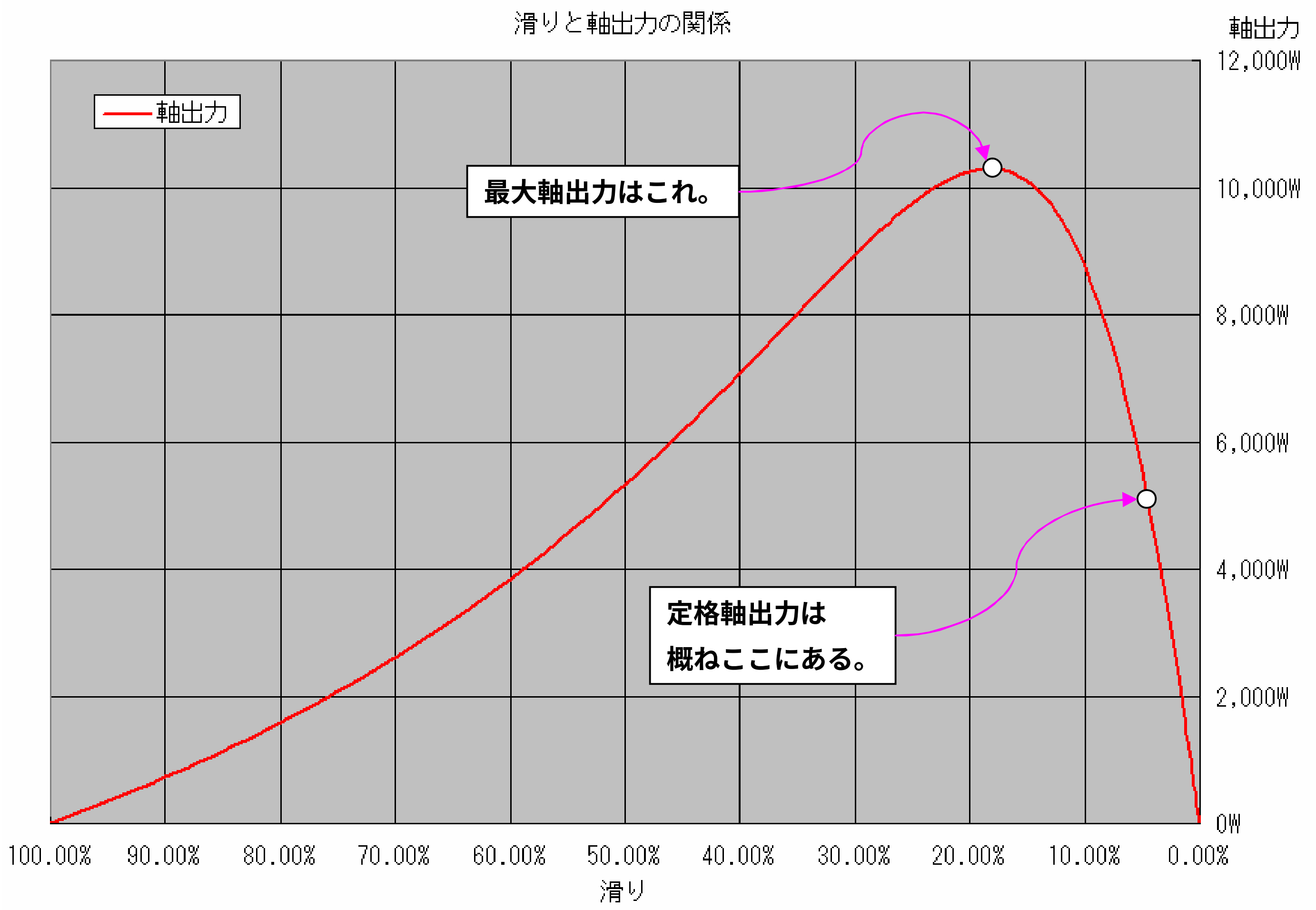


グラフは横軸に滑り、縦軸に電流値を置いています。
滑りの値は右側に行くに従って小さくなります。(回転数は右側に行くに従って大きくなります。)
このグラフを見ると次のような事が解ります。
１．電流値は始動時が最大（滑り＝１００％、回転数＝ゼロ）
２．滑りが小さくなるに従って、電流値は小さくなる。(回転数が上がるに従って電流値は小さくなる。)
３．同期回転数では電流は流れない。

どうしてこの様なグラフになるのかは、コンピュータに聞いて下さい。
S＝1.00、0.99、098・・・0.01 と代入して計算した結果が上記のグラフです。
とにかく「なるからなる。」としか言いようがありません。
尚、グラフの電流値は位相を無視しています。

次ページに今度は軸出力のグラフを記載します。

図１４



グラフは横軸に滑り、縦軸に軸出力値を置いています。
このグラフを見ると次のような事が解ります。

１．軸出力値は始動時にはゼロ。
回っていないので出力＝０は当たり前の事です。

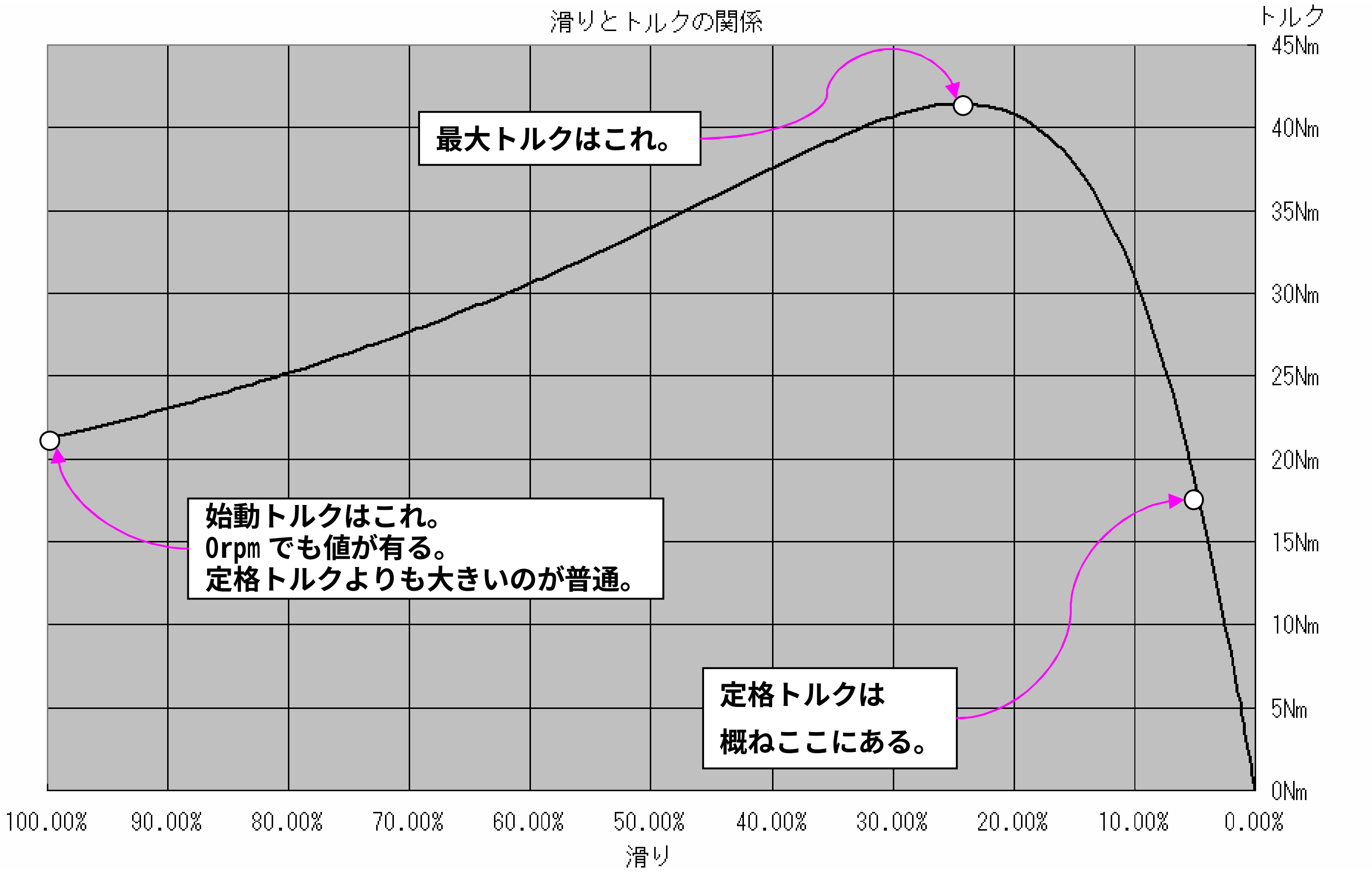
２．滑り＝０％、つまり同期回転の時は、軸出力はゼロになる。
軸出力、トルク、角速度の関係は下記です。
軸出力[W]＝トルク[N・m]×角速度[rad/秒]（<＝＝回転力学の公式です。）
つまり、同期回転時にはトルクがゼロになっていることが解ります。
結果として、誘導電動機は同期回転では絶対に回りません。
必ず滑りを伴って、同期回転数より遅い回転で回ります。

３．最大出力は、始動～同期回転の中間に有る。
この図では概ね、滑り＝２０％付近で最大出力が出ます。
通常の定格滑りは３～６％程度ですから、最大軸出力は概ね定格値の２倍程度であることも解ります。
この値は、回路定数を変化させると大きく変わります。
ですから、何時も２倍と言うわけではありませんし、最大値の発生滑りが２０％付近とも限りません。
後の方で、色々値を変えてやってみます。

次ページはトルクです。

鹿の骨印

図１５



４ページに記載した軸出力のグラフと似たようなグラフになります。
同期回転数ではトルクはゼロです。軸出力もゼロです。
トルクは０[rpm]つまり、始動時にも値を持ちます。（滑り s＝1 の時）
④式に s＝1 を代入すると**始動トルクの式**を得ることが出来ます。

$$始動トルク＝\frac{3E^2 r_2}{\left\{(r_1+r_2)^2+(x_1+x_2)^2\right\}\omega_0}\ [\mathrm{N \cdot m}] \quad ―――⑤式$$

ついでと言っては何ですが、コンピュータは色々な計算をやってくれます。
ですから、消費電力と力率の計算もやってみました。
結果を下記に示します。

図１６

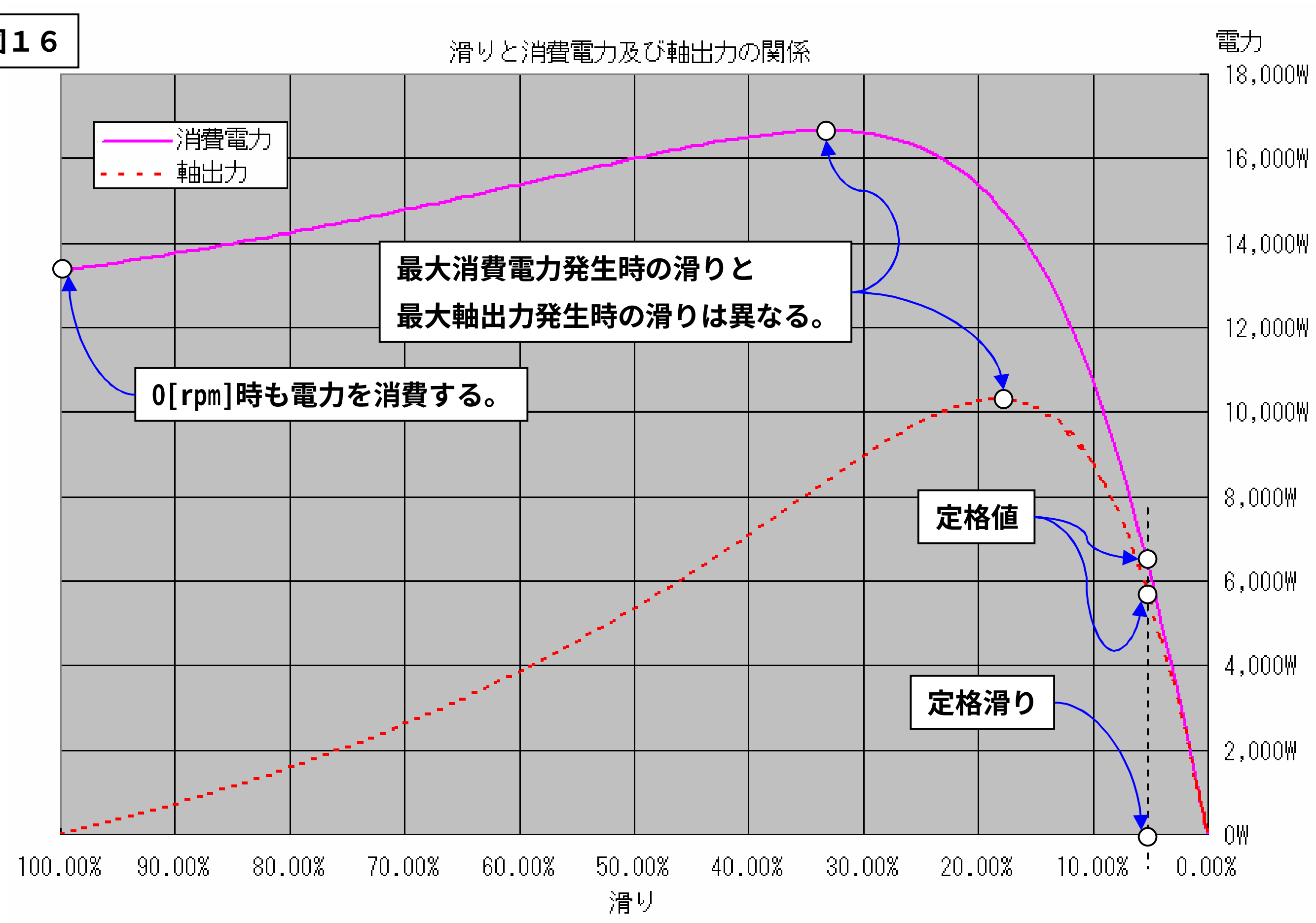
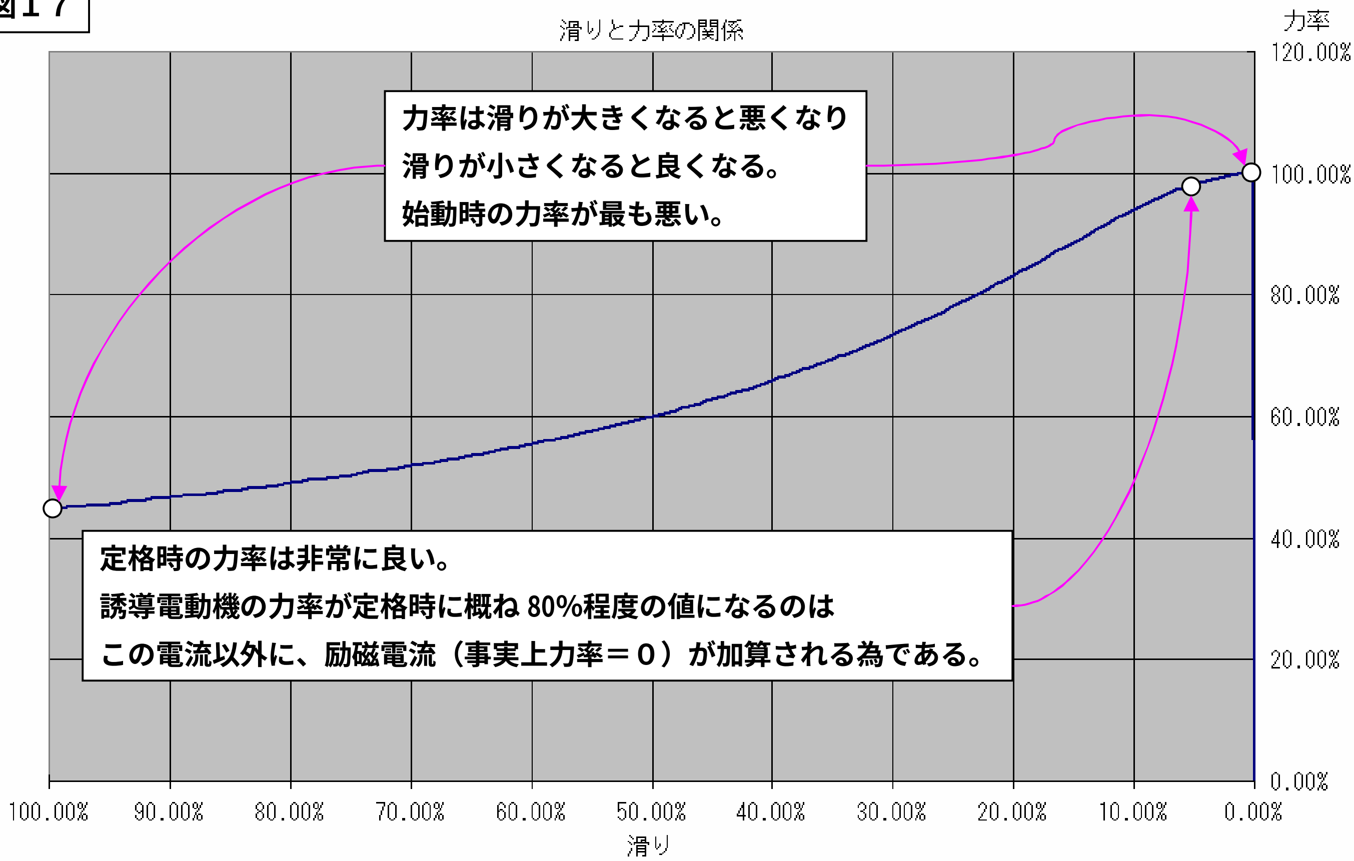
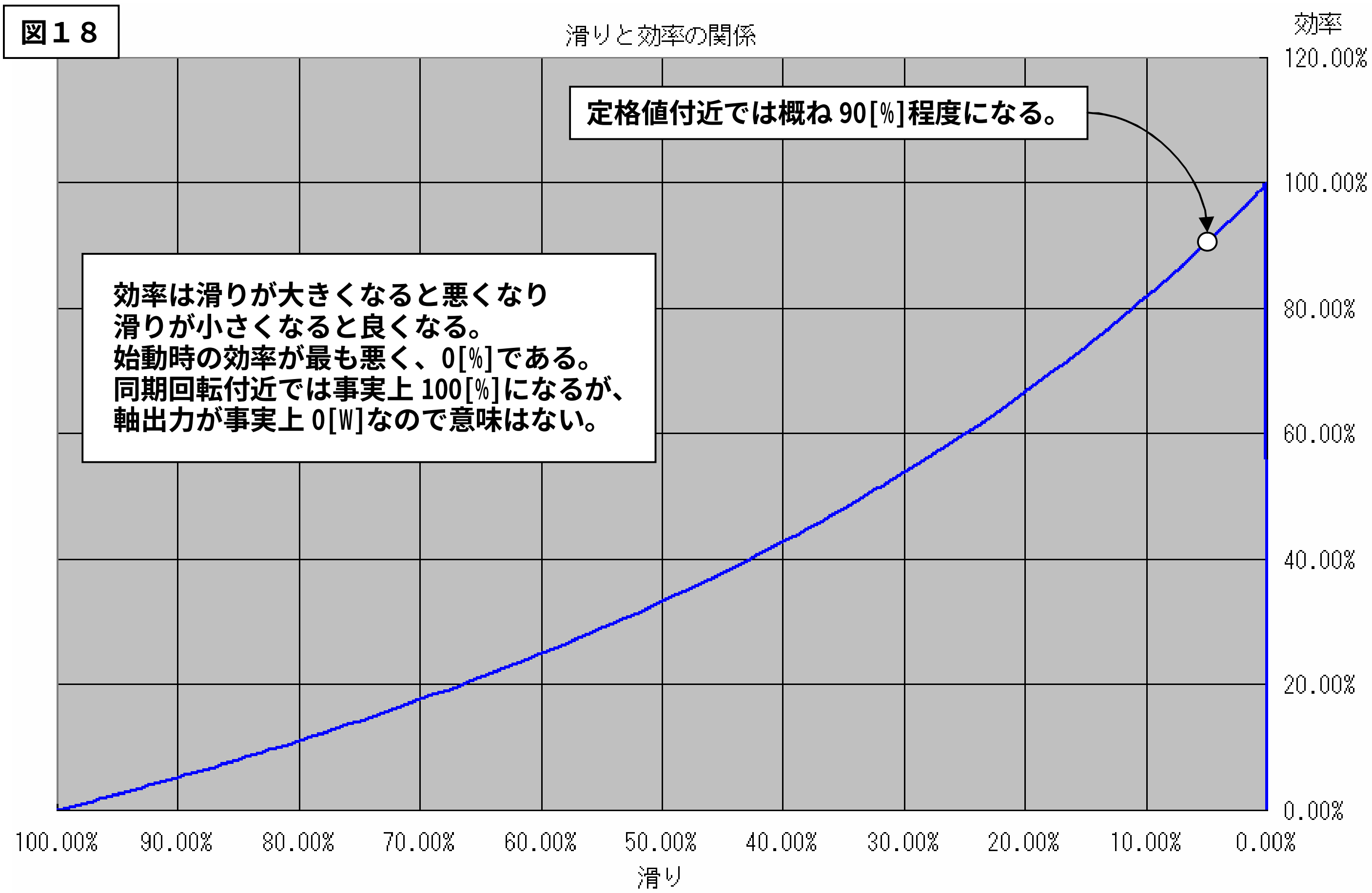


図１７



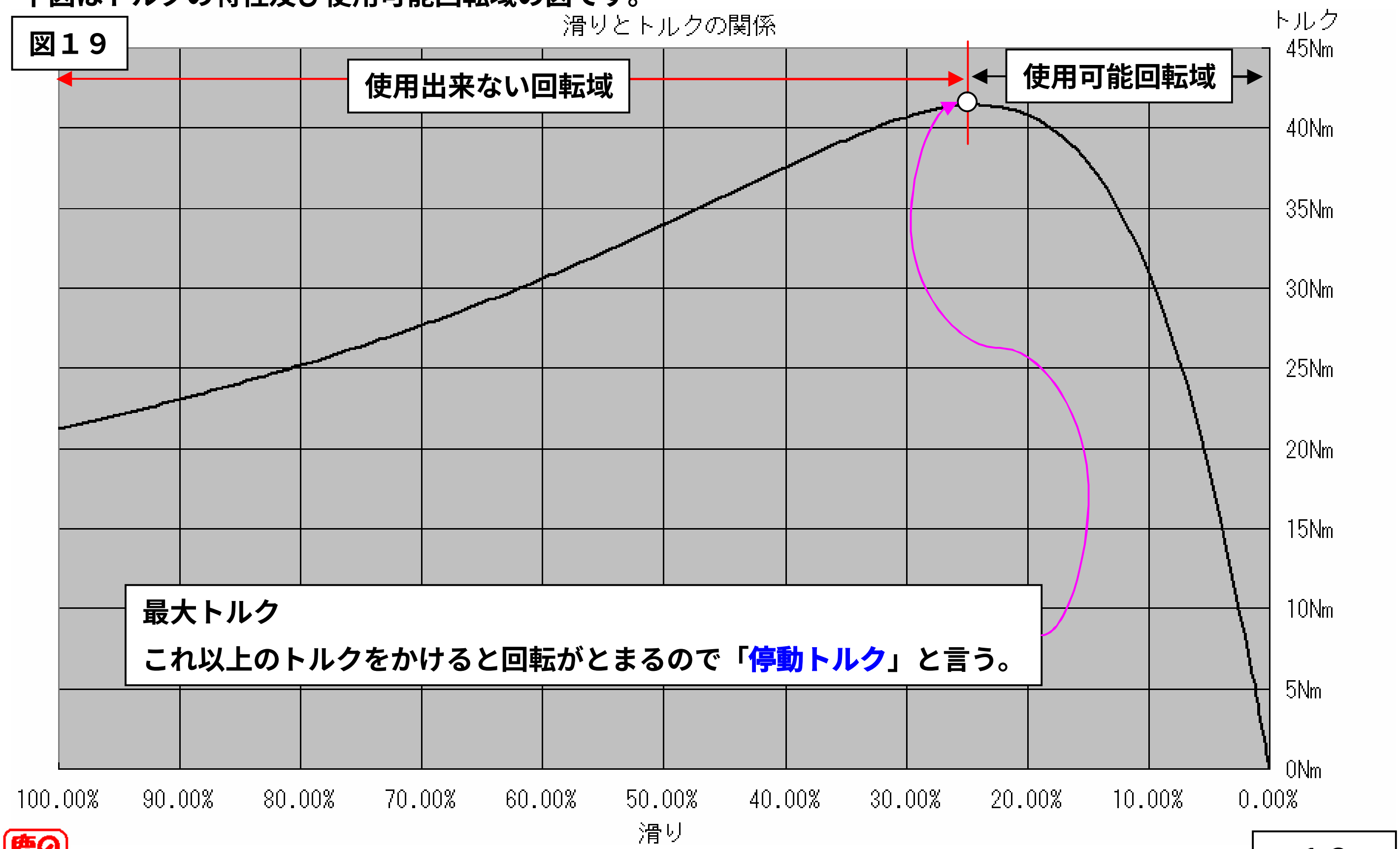
効率の計算もやってみました。
結果を下記に示します。

図１８



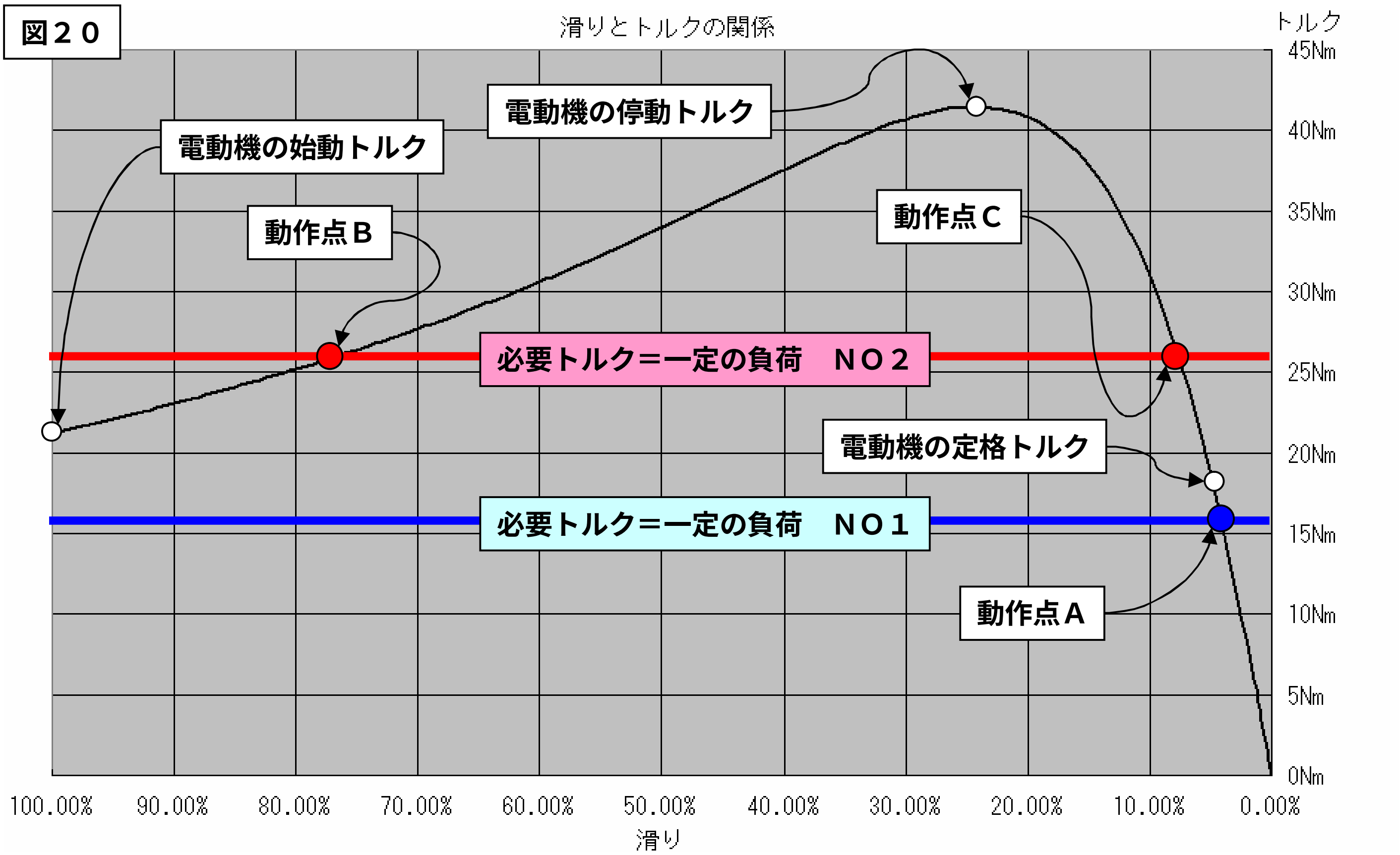
ここで、定格値の話を書きます。
誘導電動機の特性で、説明しなければならないことは沢山ありますが、まず定格値です。
今まで書いてきた各特性の中で「定格値」が出てきますが、**何れもが滑り＝約５%の所の値です**。
滑りは 100%～0%まで変化しますが、**何故５%程度の所で使うのか**と言う話です。
これはトルクを使って説明します。
下図はトルクの特性及び使用可能回転域の図です。

図１９



下図のようなトルク特性を持った負荷が２つ有ったとします。
「定トルク負荷」と言いますが、ベルトコンベアなどがこれに該当します。

図２０



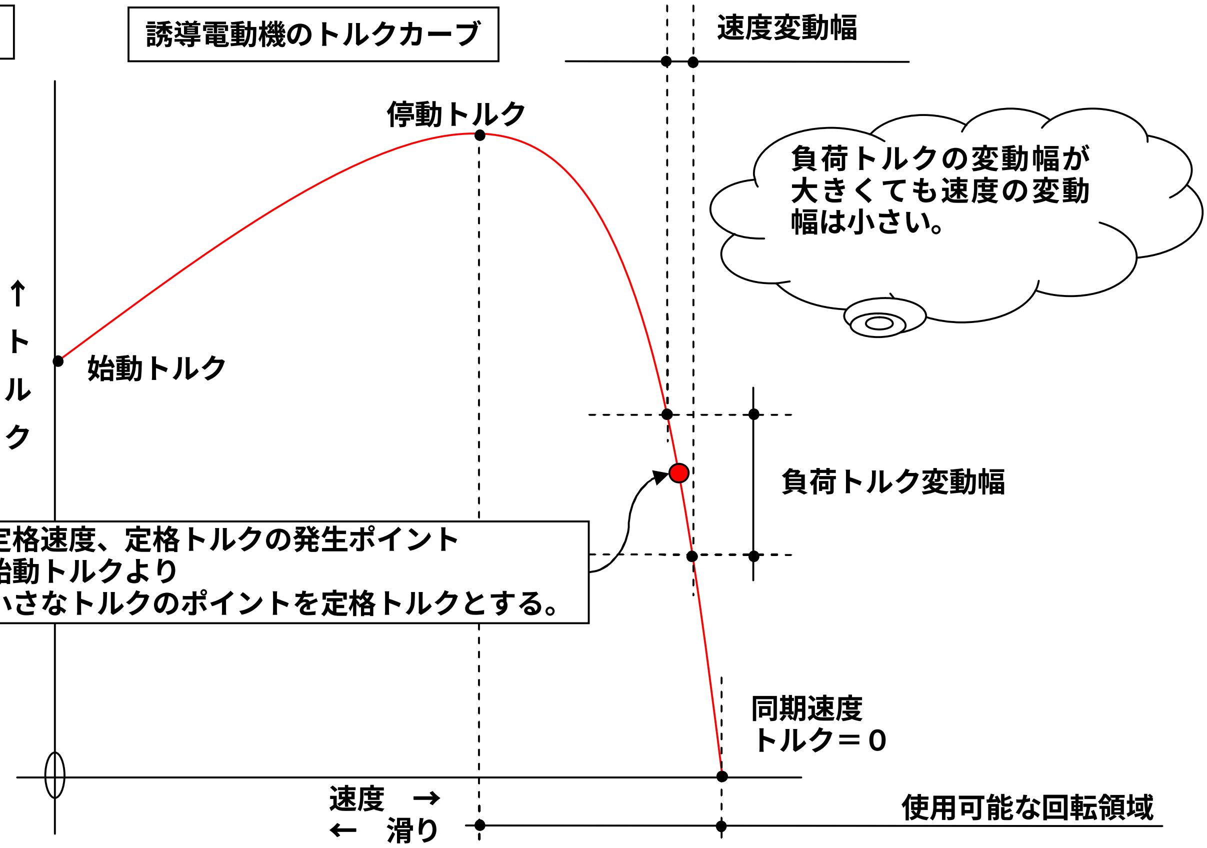
まず電動機が「回る」「回らない」の話から始めます。
電動機が回るか回らないかの判定は下記です。
「負荷トルク＜電動機軸出力トルク」の場合、電動機は加速します。
「負荷トルク＝電動機軸出力トルク」の場合、電動機はその時点での角速度を維持します。
「負荷トルク＞電動機軸出力トルク」の場合、電動機は減速します。
この様に、負荷トルクと電動機軸出力トルクの関係が「＜」、「＝」、「＞」の何れになっているかで判定出来ます。
つまり、電動機が回る条件は「負荷トルク≦電動機軸出力トルク」です。

上図のＮＯ１の場合から説明します。
まず始動時ですが、図の様に負荷が必要としているトルクより、始動トルクの方が大きい値を持っています。
従って、この負荷の場合、電動機は始動出来ます。
始動した後は、電動機の発生するトルクが、負荷の要求するトルクを上回っていますから、電動機は加速します。
途中で加速を止めさせたいと思っても、情け容赦なく電動機は加速を続けます。
ドンドン加速して、停動トルクの回転を過ぎても、未だ発生トルクの方が負荷のトルクより大きな値になっていますから加速はとまりません。
定格トルク発生回転数を過ぎて、「動作点Ａ」まで来て、此処で加速が止まり、回転が安定します。
つまり、始動(回転数＝0)～停動トルク発生回転までは使おうと思っても、使えない回転数になります。

ソレジャァと言うことで、今度はＮＯ２の負荷を持ってきます。
始動時は、負荷の要求するトルクより始動トルクの方が小さいので、このままでは電動機は始動出来ません。
仕方が無いので、補助電動機を接続して、始動時のみトルクを加算します。（実務でこんな事はやらない。）
そうすると、取り敢えず始動することができます。
電動機を加速させ、「動作点Ｂ」の回転数まで来た時に、補助電動機を切り離して、この電動機の単独運転に切り換えたとします。
さて、この電動機は「動作点Ｂ」で回転数を一定に保ってくれるでしょうか？
残念ながら、そう旨く話は進みません。
この回転数まで回転が上昇し、電動機の発生トルクが負荷の要求するトルクを上回る事が出来るようになると、電動機は加速してしまいます。
「頼むからそこで加速をヤメテクレ。」と思っても、電動機は加速します。
ドンドン加速して、「動作点Ｃ」まで回転数が上がって、この時点でやっと加速が止まります。

以上の様な話をまとめると下図の様になります。

図２１



動作点Ａ又は動作点Ｃの回転数で回っている時に負荷が暴れてトルクが変動した場合、
「負荷トルクが増えてしまった場合、回転数は落ちるがトルクが増えるので回転落ちは少ない。」
「負荷トルクが減ってしまった場合、回転数は早くなるがトルクが減るので回転上昇は少ない。」
と言う具合に自動的に制御がかかります。
この様に、誘導電動機は停動トルク発生回転数～同期回転数までが使用可能回転域となり、回転特性は「**事実上の定回転電動機**」となります。
この様に「定格値」は同期回転よりもホンの少し遅い回転数で設定することになります。

つまり、**定格滑りは数%です。**　**＜＝＝実はこれが非常に重要！！**

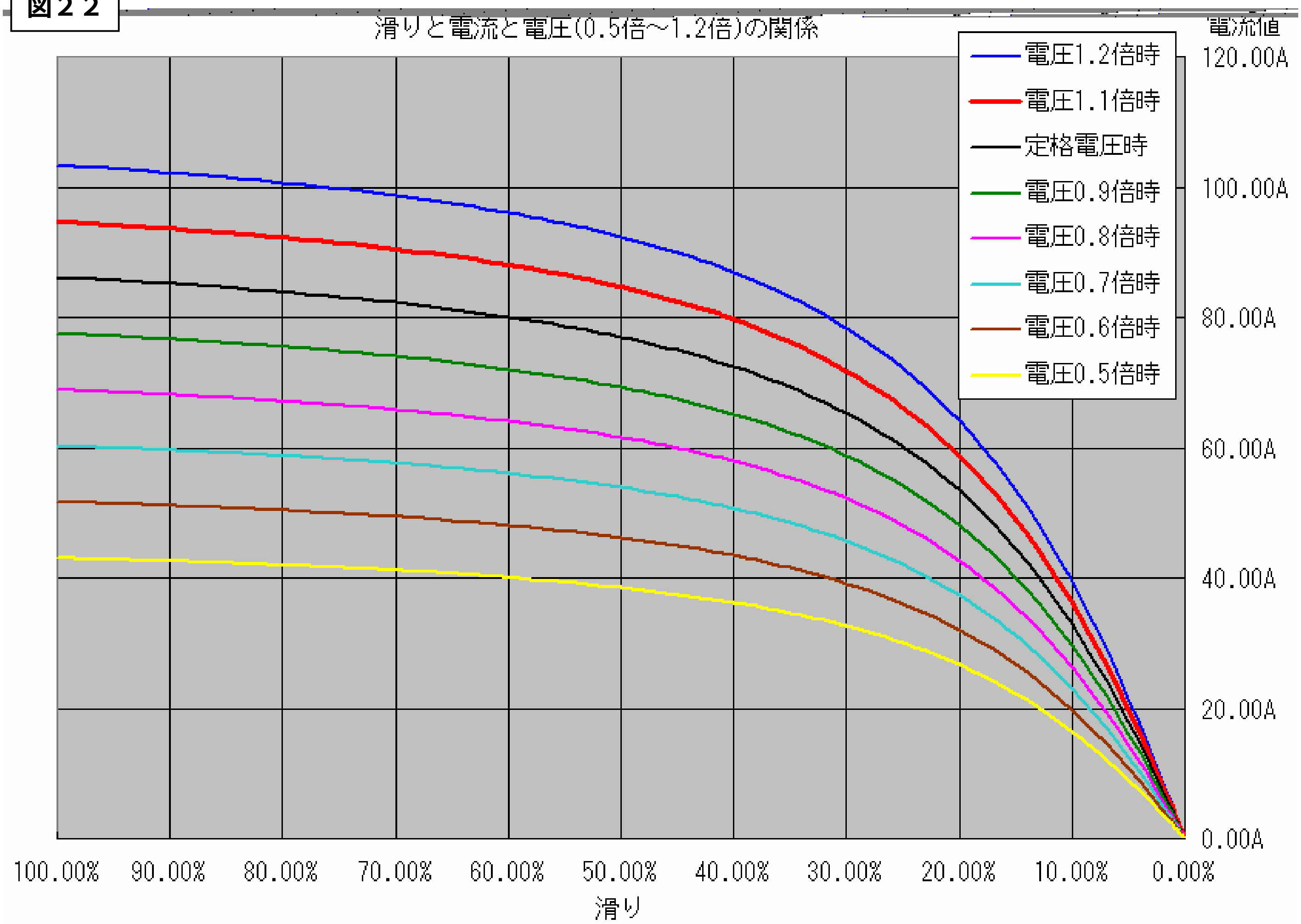
定格の滑りが数十%の電動機もあると思いますが、汎用機の場合３～６%程度で使用するのが普通です。

又、回転数(＝滑り)を決めているのはトルクです。軸出力では有りません。
軸出力トルクと負荷トルクが釣り合った回転数で電動機は回ります。
最初にトルクが決まり、結果として出力が決まります。
誘導電動機の話をするときは**「トルクが要」**となります。

さて、これらの特性が得られましたので今度は、固定だった電圧を変化させた場合、どの様な変化が起きるのかを見てみましょう。

まずは電流値です。

図２２



電圧を色々変えると、上図のような結果が得られました。
このグラフを見ると次のことが言えます。

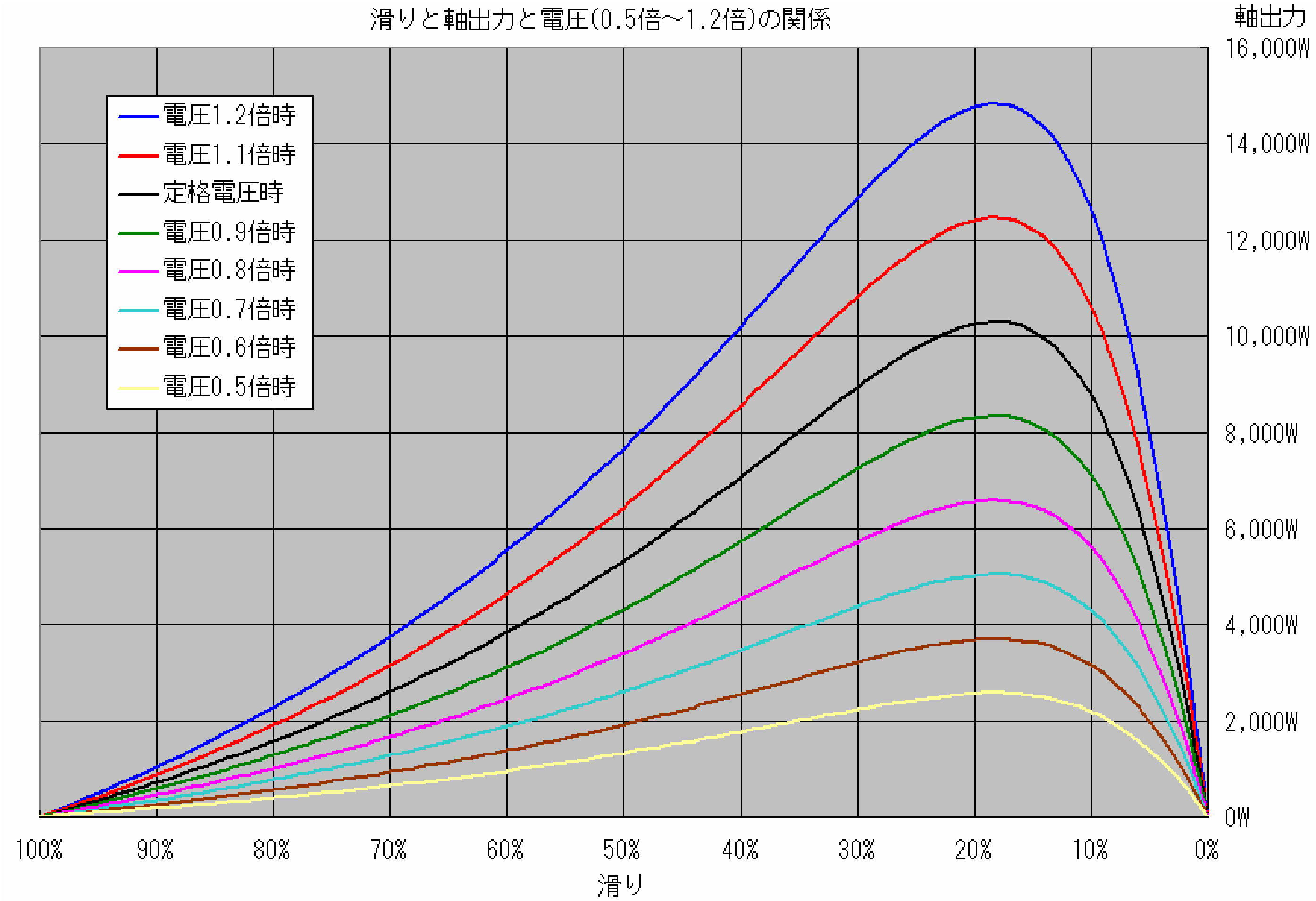
電圧を変化させた場合、滑りが同じであれば、電流は電圧に比例する。

この結論は「**電圧と電流は反比例する。**」という話と全く反対の結論になっています。
実は、この結論に矛盾は無いのです。
滑りが同じで有れば、と言う条件が付いていることに注意して下さい。
負荷を背負って回っている電動機の電圧を下げた場合、下げる前と下げた後では滑りが異なります。
後の方で、この特性は詳しく説明しますが、滑りが変わってしまいますので、滑りが同じという条件が崩れます。
電圧を下げれば電流も下がると単純に考えてはイケマセン。
この電流と電圧の関係は「始動時」に適用することが多いと思います。
始動時は滑り＝１００％ですから、電圧が高い場合と低い場合も滑りが同じです。
従って、始動時に電圧を下げれば、始動電流(滑り＝100%の時の電流)を下げることが出来ます。
これが、スターデルタ始動やリアクトル始動の原理です。
電圧を半分にすれば、始動電流は半分になり、１／３にすれば１／３になります。

次ページは軸出力です。

軸出力です。

図２３



このグラフを見ると次のことが言えます。

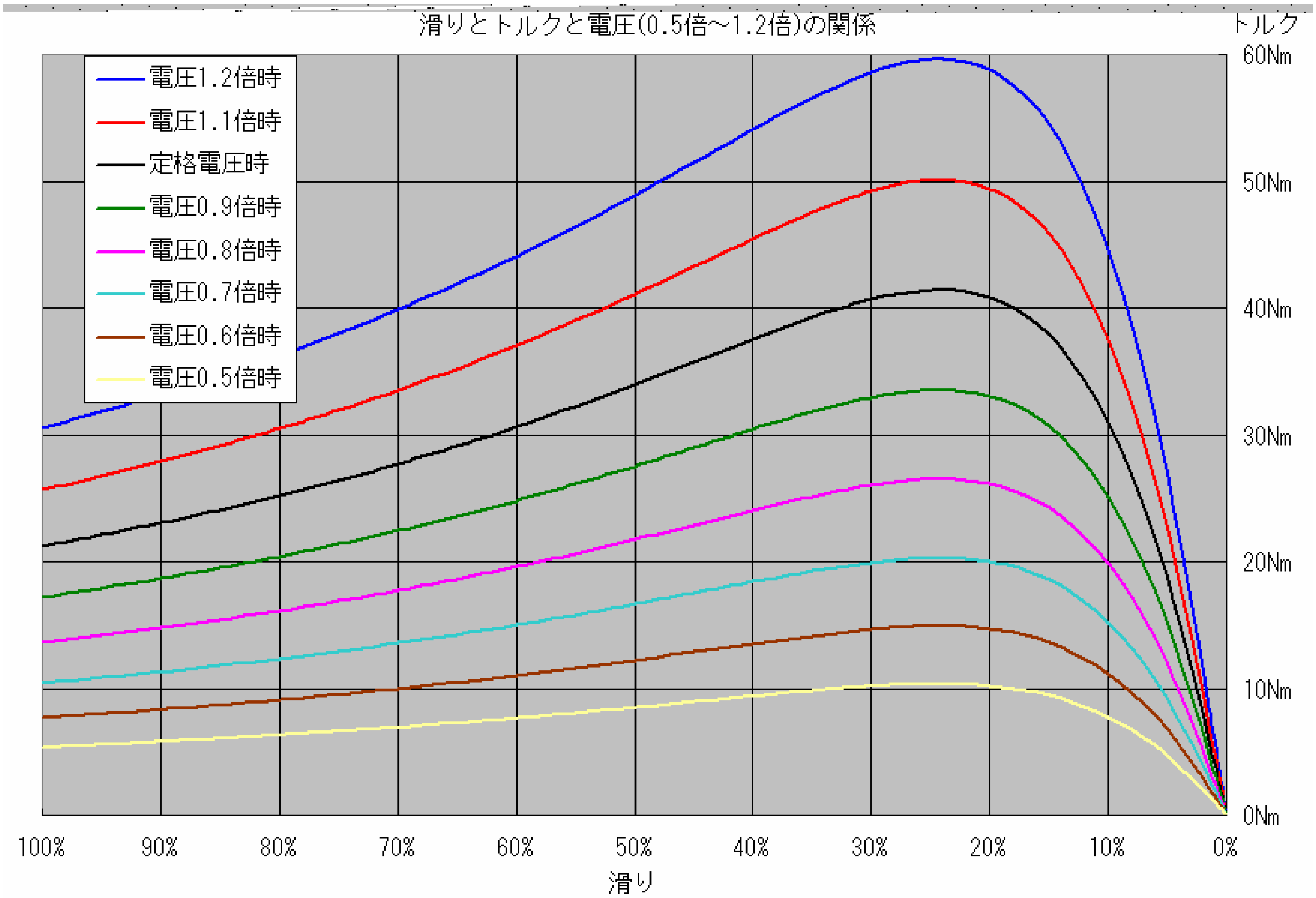
電圧を変化させた場合、滑りが同じであれば、軸出力は電圧の２乗に比例する。

このグラフを読むときの注意点は電流の場合と同じです。
「滑りが同じで有れば」という所に注意して下さい。

次ページはトルクです。

トルクです。

図２４



このグラフを見ると次のことが言えます。

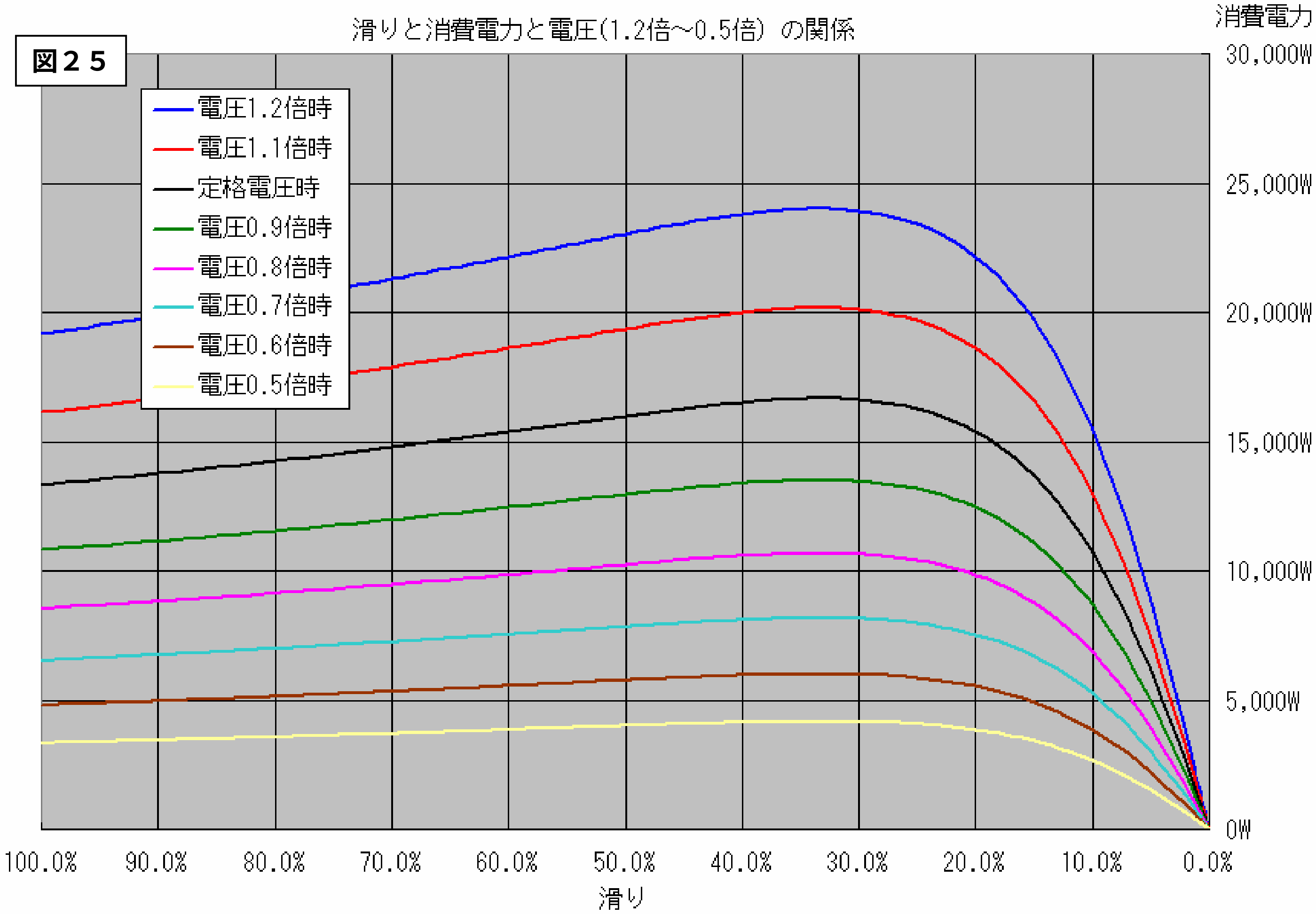
電圧を変化させた場合、滑りが同じであれば、トルクは電圧の２乗に比例する。

このグラフを読むときの注意点は前の場合と同じです。
「滑りが同じで有れば」という所に注意して下さい。

次ページは消費電力と力率と効率です。

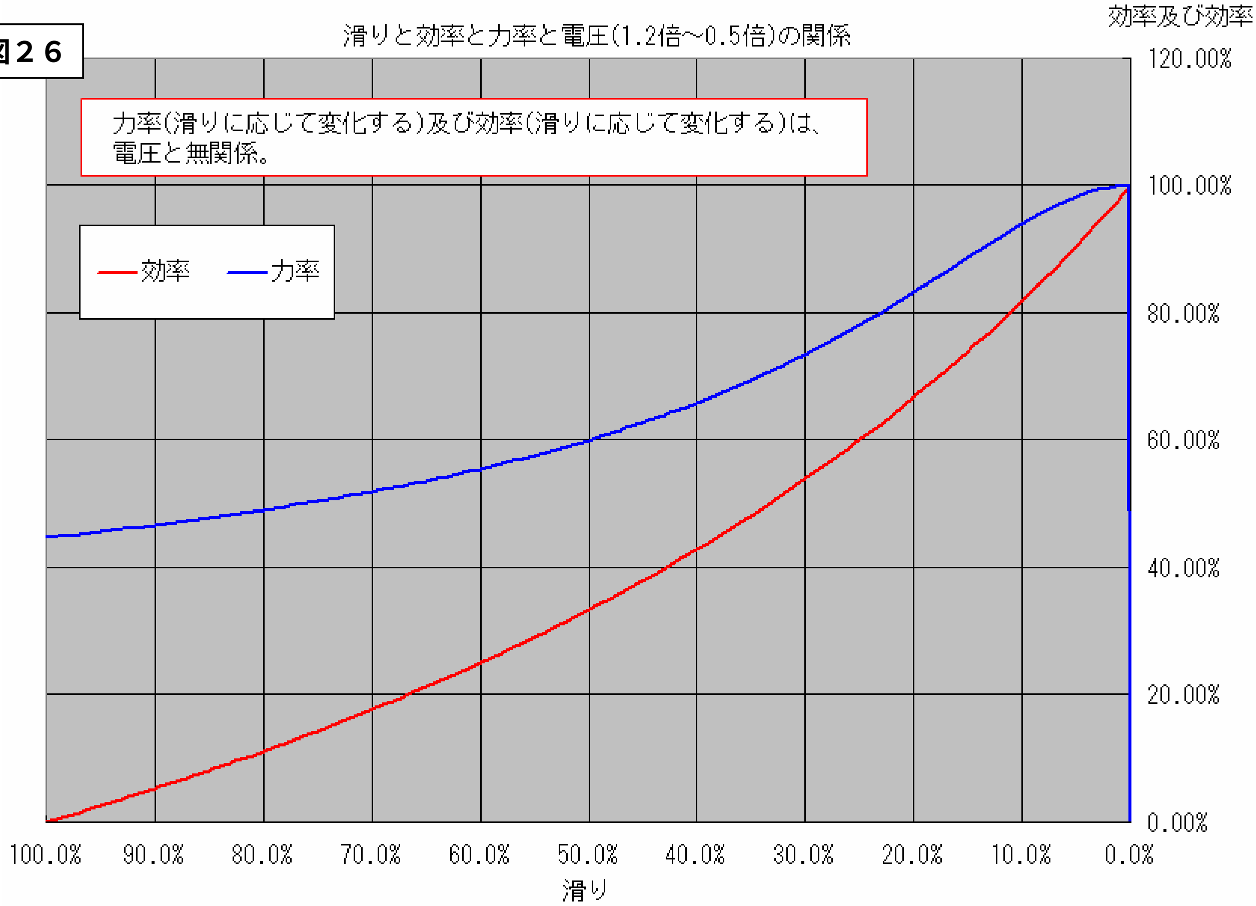
消費電力です。

図２５



電圧を変化させた場合、滑りが同じであれば、消費電力は電圧の２乗に比例する。

図２６



以上で取り敢えず電圧を変化させた場合の説明は終わりです。