

論 說 報 告

第21卷第6號 昭和10年6月

建設線に於けるスピード・カーブの應用に就て

准 員 工 學 士 大 石 重 成*

准 員 工 學 士 萩 野 璋 太 郎**

On "Speed Curve" applied to the New Line

By Sigenari Ôisi, C. E., Assoc. Member,
Syôtarô Hagino, C. E., Assoc. Member.

内 容 梗 概

國有鐵道建設線に使用さるゝ標準機關車 C11, C12 型機に付き速度曲線 (speed curve) の書き方を説明し、併せて其の利用法として惰力勾配 (momentum grade) 或は勾配補正 (grade compensation) の要否の決定法並に運轉時分或は燃料消費量の査定法を述べ、更に又ガソリン・カー 40000, 41000, 42000 型の概要及び其の速度曲線、燃料消費量曲線の書き方に言及した。

目 次

	頁
第 1 章 スピード・カーブ	2
1. スピード・カーブの説明	2
(1) スピード・カーブの必要, (2) 機關車の牽引力, (3) 列車抵抗	
(4) 機關車牽引力, (5) 牽引定數, (6) 停車場の有効長に依る牽引重量の制限	
(7) 上り勾配及び停車場有効長の 2 条件により制限される場合の列車牽引荷重表	
(8) 加速力曲線, (9) 減速力曲線, (10) スピード・カーブ及び時間曲線の説明	
(11) スピード・カーブ並に時間曲線の縮尺, (12) 標準機關車	
2. スピード・カーブの書き方	14
(1) スピード・カーブの書き方, (2) 時間曲線の書き方	
(3) 作圖に必要な規定 (4) 實例 (5) 加速力曲線を他の機關車に應用する法,	
(6) スピード・カーブを畫く時の實際上の注意,	
第 2 章 スピード・カーブの利用法	23
1. 線路勾配の決定	23
(1) 線路選定に當り先づ考究すべき事項, (2) 線路勾配の決定	
(3) 勾配補正	
2. 運轉時分の豫定	26
(1) 運轉時間算出の場合の牽引荷重, (2) 運轉時分に對する割増程度	
3. 運轉用炭水消費量の査定	27
(1) 炭水消費量査定上の假定, (2) 炭水消費量曲線の書き方	
(3) 燃料消費量曲線の説明, (4) 計算例, (5) 實例と本法との比較	
4. 附 録	33
(A) 1. 機關車牽引力の彈性, 2. 使用燃料の發熱量及び燃焼率が變化せる場合に於ける	
牽引定數並に燃料消費量の近似的査定法	

* 鐵道技手 鐵道省熊本建設事務所勤務

** 鐵道技手 鐵道省建設局計畫課勤務

	(B) 絶氣運轉中の石炭消費量, (C) 點火, 保火用並に單行入換用石炭使用量	
第 3 章	ガソリン・カー	39
1.	41000 型ガソリン・カー (舊 36900 型)	39
	(1) 41000 型ガソリン・カーの建造, (2) 41000 型ガソリン・カーの概要	
	(3) ガソリン機関及び附屬品, (4) 車輛の牽引力, (5) 走行抵抗, (6) 加速力	
	(7) スピード・カーブの畫き方, (8) 出發時の加速度, (9) 運轉時分の算出法	
	(10) ガソリン消費量, (11) ガソリン消費量曲線の説明, (12) 消費量曲線の縮尺	
	(13) ガソリン・カーのスピード・カーブを畫く時の注意, (14) 實績との比較	
2.	40000 型ガソリン・カー	46
	(1) 概 要, (2) 牽引力, (3) 走行抵抗, (4) 加速力	
	(5) 燃焼率曲線の決定, (6) スピード・カーブを畫く時の注意	
3.	42000 型ガソリン・カー	48
	(1) 概 要, (2) 加速力曲線の計算, (3) 燃焼率曲線の計算	
	(4) スピード・カーブを畫く時の注意	

第 1 章 スピード・カーブ

1. スピード・カーブの説明

(1) スピード・カーブの必要

スピード・カーブとは或荷重を牽引せる列車が停車場を出發してより刻々其の速度を變化して行く状態を示す曲線を云ふのであつて、線路の選定上並に列車の運行計畫上その利用範圍は極めて廣い、例へば線路勾配の決定に當り惰力勾配 (momentum grade) を決定し勾配補正の要否を定め、或は又列車の圓滑なる運轉に支障を及ぼすべき曲線或は勾配部の位置及長さを知る等、線路選定上の資料として利用されるのみならず、或は又これより運轉時分及び燃料消費量を求めて該區間の列車運行表の豫定或は運轉費の算出、停車場構内の行違ひ及び給炭給水の設備の要否決定等に對する重要參考資料とされるのである。以下これ等について二三説明する。

(2) 機關車牽引力

機關車の牽引力は次の 3 つのものによつて制限を受けるものである、故に實際に利用出来る牽引力は次の 3 種類の方の中の最小のものとなるのである。

- 氣筒による制限 (指示氣筒力に依つて示される)
- 罐容量による制限 (指示汽罐力に依つて示される)
- 動輪と軌條との間の摩擦力による制限 (粘着力又は動輪周牽引力に依つて示される)

註: 茲に云ふ牽引力とは指示牽引力のことを云ふのであつて、これは氣筒内に發生せる力が動輪の周圍に傳達するに當り其の途中で少しも力の損失がないものと假定した場合、即ち機械効率を 100% と見做した場合の牽引力を云ふのであつて實際に列車を牽引する力ではない。

▲. 指示氣筒力 氣筒 (cylinder) の大きさに依つて制限される場合の指示牽引力であつて次式から計算される

$$T_a = c \cdot n \cdot p = \frac{d^2 l}{D}$$

茲に T_a : 氣筒力 (kg), n : 氣筒數, p : 汽罐壓力 (kg/cm²), d : 氣筒の直徑 (cm),
 l : ピストンの行程 (cm), D : 動輪の直徑 (cm),
 c : 定數 (過熱機に對し $c=0.42$)

定數 c は氣筒内の蒸氣の平均有効壓力の汽罐壓力に對する比であつて此の値は速度が増加すれば減小するものであるが $V=10$ km/hr 位迄は大體上記の値を採用することが出来る (山内三郎氏著: 機關車運轉論)。

因に飽和機關車を除き最近の過熱機關車の牽引力は速度が低い場合には粘着力によつて制限され或る速度以上になると輪牽引力によつて制限されるのが普通であつて氣筒力に依つて制限を受ける場合は殆ど無い(C-11 及び C-12 型機に付ても然り)。

(B) 指示汽罐力 汽罐容量 (boiler capacity) 即ち汽罐内に發生する蒸氣量に依つて制限を受ける場合の牽引力であつてこれを計算する公式は種々あるが、こゝでは現在鐵道省運轉課で採用せる所謂“運轉課式”なるものを用ゐることとした。蓋しこの式から算出した牽引力は他の種々の公式から算出したものよりも幾分小なる値を與へるのであるが(第 1 圖参照) 建設線の運轉に供せられる機關車は左程好條件のものゝみを期待することが出来ないし、又石炭の品質、乗務員の熟練の程度或は地方的條件等を考慮して、相當の餘裕を見て速度或は運轉時間を考究する方が安全であると思はれるからである。

次に該式を説明しよう(因にこの式はストラールの式を變形したものである)。

$$T_b = \frac{T_m V_m}{V} \cdot \eta$$

但し $T_m = \frac{p_m d^2 l}{D}, \quad \eta = \frac{270 \text{ HP}_m}{T_m}$

$$\text{HP}_m = \frac{Q}{S}, \quad Q = \frac{BGM_e}{h}$$

$$\eta = 0.6 \left(2 - \frac{V}{V_m} \right) \frac{V}{V_m} + 0.4 \dots \dots \dots (V < V_m \text{ の場合})$$

$$= 0.5 \left(3 - \frac{V}{V_m} \right) \sqrt{\frac{V}{V_m}} \dots \dots \dots (V > V_m \text{ の場合})$$

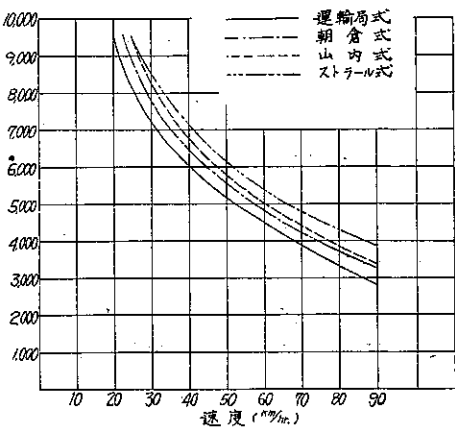
$$e = \frac{1}{1 + B \left\{ 0.0012 + 3 \cdot 300 \left(\frac{G}{H} \right)^4 \right\}} \dots \dots \dots (\text{過熱機に對し})$$

茲に T_b : 汽罐力 (kg), T_m : 連続的最大指示馬力發生時に於ける指示牽引力 (kg)
 V_m : 同上の速度 (km/hr), HP_m : 連続的最大指示馬力,
 p_m : 連続的最大指示馬力發生時に於ける氣筒内蒸氣の平均有效壓力 (kg/cm²),
 d : 氣筒の直徑 (cm), l : ピストンの行程 (cm), D : 動輪の直徑 (cm),
 Q : 汽罐の 1 時間蒸發量 (kg), S : 1 指示馬力時當り最小蒸氣消費量 (kg)
 B : 火床面積 1 m² 當り 1 時間の燃焼量 (kg)
 G : 火床面積 (m²), M : 石炭 1 kg の發熱量 (cal.), e : 汽罐効率 (%)
 h : 水 1 kg. を蒸發するに要する熱量 (cal.)
 η : V なる速度の時發生し得べき指示馬力 HP が連続的最大指示馬力 HP_m に對する比 $= \text{HP} / \text{HP}_m$
 V : 運轉速度 (km/hr)

(a) p_m の値: p_m はストラール氏の提案により汽罐壓力が 12 kg/cm² の時單式機に對し 3.6 kg/cm² とし夫れより 1 氣壓即ち約 1 kg/cm² の増減に對し 3% 宛の増減をなすものとした。従つて汽罐壓力を P kg/cm² とすれば

$$P_m = 0.108 P + 2.304$$

第 1 圖 各種公式に依る C-51 機連續的最大指示牽引力の比較



(b) S の値: ストラール氏の實驗の結果に基く 6.75 kg なる値を採つた。

(c) M の値: 或る線路を運轉すべき機關車の型式が決ると蒸發量 Q の値を左右するものは B と M 即ち燃焼率(投炭量)と石炭の種類によることがわかる。此の M の値は石炭の種類によつて色々の値を示すもので昭和 4 年度より昭和 8 年度までの鐵道省の各鐵道局で使用した運轉用石炭の發熱量を示すと第 1 表の如くであつて、全國平均は 6468 cal. となつてゐるので茲では $M=6500$ cal. を取ることにした。

(d) B の値: 燃焼率の値は假令同一機關車を運轉する場合にも列車の種類とか線路の状態に依つて相當廣い範圍に變化するもので一概に決められないが、その大體の標準としては機關助手の投炭能力並に運轉理論其他を考慮して決定すべきであつて(註參照)此處では鐵道省の標準の値を取り連續して投炭し得る標準的最大の 1 時間當り火床面積每平方米に就き 550 kg と査定した。

註: 燃焼率を大とすると蒸發量は増加するが罐效率は低下し反對に燃焼率を小とすると罐效率は良くなるが牽引力が減少することになる。

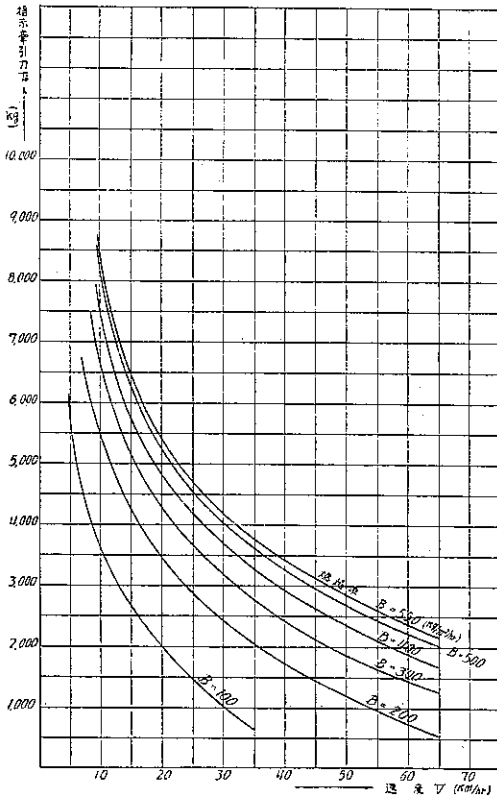
尙燃焼率の變化が指示汽缸力に及ぼす影響を示せば第 2 圖及び第

3 圖の如し。

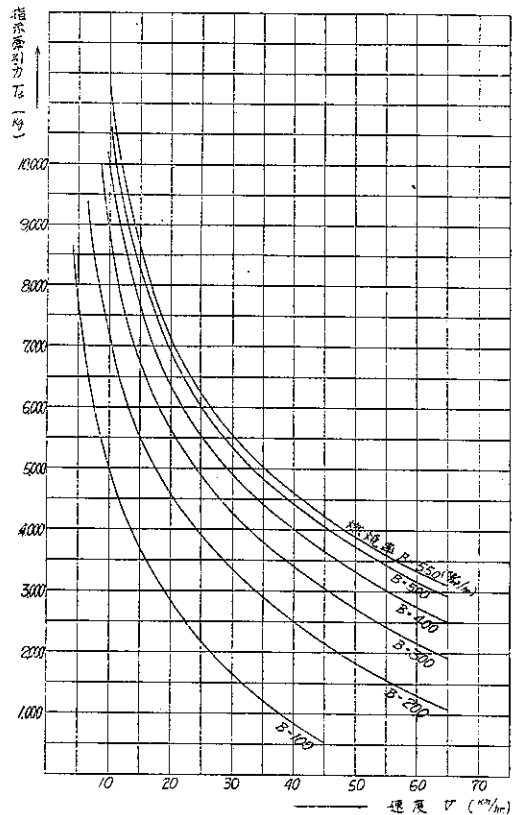
第 1 表
鐵道局別年度別運轉用石炭熱量調

局名	昭和 9 年 5 月					平均
	4	5	6	7	8	
京 東	5,736	5,900	6,013	6,076	6,161	6,012
名古屋	6,374	6,170	6,752	6,875	6,619	6,645
大 阪	6,442	6,218	6,468	6,467	6,224	6,357
門 司	6,006	6,536	6,807	6,625	6,476	6,510
汕 台	6,281	6,419	6,614	6,625	6,937	6,522
札 幌	6,829	6,971	7,122	7,188	7,135	7,037
省平均	6,371	6,410	6,530	6,583	6,614	6,647

第 2 圖
燃焼率の牽引力に及ぼす影響 (C-12 型機關車)



第 3 圖
燃焼率の牽引力に及ぼす影響 (C-11 型機關車)



第 2 表 過熱單式機關車の罐効率 (e)

20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	105	111	117	123	129	135	141
58	62	67	72	77	82	87	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137
55	59	63	67	71	75	79	83	87	91	95	99	103	107	111	115	119
60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108
65	68	71	74	77	80	83	86	89	92	95	98	101	104	107	110	113
70	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	103	106	109	112	115	118
75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123

(e) e の値： 汽罐効率 e の式は米國 ペンシルバニア鐵道の Altoona 試驗所に於ける試驗成績に基いて朝倉希一博士の導いた式を採つた。該式より計算せる燃燒率と汽罐効率との關係を示すと第 2 表及び第 4 圖の如し。

(f) h の値： 通常過熱蒸氣機關車に於ける過熱蒸氣溫度は約 300°C で其の時の全熱量は Hütte の蒸氣表によれば第 3 表の如し。

即ち罐壓力の多少に拘らず、大體 727 kcal/kg 見當で又給水溫度は普通 15°C 位であるから、水 1 kg. を蒸發するに要する熱量は $h=727-15=712$ となるが簡單のため蒸發量の算出には過熱機に對し $h=715$ を採用することとした。給水溫度器裝置付のものでは其の給水溫度は試驗成績によれば 80°~90°C であるから之を平均 85°C と見做せば $h=727-85=642$ である。之を $h=645$ と査定した (因に C-11 型機は過熱給水溫度器付であるから $h=645$, C-12 型機は過熱注水器式であるから $h=715$ とした)。

尙 h の値は罐水補給法に依つても變るもので上の値は連續的罐水補給法 (消費蒸氣量と併行して給水作業をなす方法) に依る時の話であるが實際の焚火作業では運轉經濟上、罐水容量の安全なる範圍内で給氣運轉中に其の消費蒸氣量の一部を給水し残りの大部分は惰力運轉中又は停車中に給水することもあるのであつて、かゝる罐水補給法に依る場合の蒸發量 h は上記の値よりも更に小なる値となるものである。假に消費蒸氣量の 2/3 を給氣運轉中に送水し残りの 1/3 を惰力運轉中又は停車中になすものとすれば過熱機に對し略次の如くなる。

$$h \approx 650 \text{ 注水器, } h \approx 600 \text{ 給水溫度器付}$$

(C) 粘着力 牽引力が動輪と軌條との間の摩擦係数 (動輪周牽引力と云ふ) に依つて制限される場合であつて

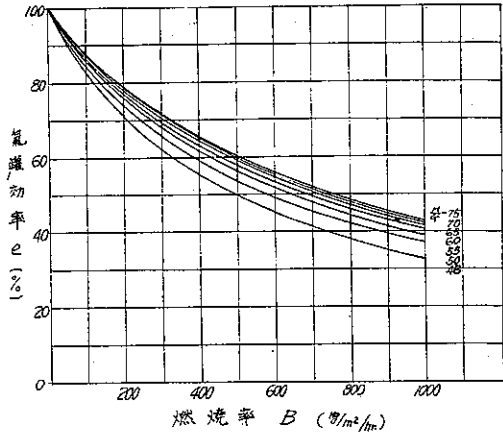
$$T_a = \mu W_a$$

茲に T_a : 動輪と軌條との間の摩擦係数 (kg), W_a : 動輪上の重量 (t), μ : 摩擦係数 = 1/6 ~ 1/4
 μ の値は軌條の乾濕の度、雪霜或は油氣の影響及び列車の速度、撒砂操作等に依つて其の値を變化するもので尙實際運轉に當つてはタンク機關車の如きは炭水の減少と共に粘着力に變化を示すこととなるが、此處には山内三郎氏の提案に基き $\mu=0.23$ と取り、 $T_a=T_e$ なる極限の場合を考へて最大粘着力を最大指示牽引力 (氣筒力) に匹敵せしめるため、この粘着力に機械效率を 90% と見込んで指示牽引力に對する指示粘着力を結局次式に依つて示すこととした。

$$T_a = 250 W_a$$

但し W_a はテンダー機關車では運轉整備の時の重量を取るべきであるが、タンク機關車では安全の爲、炭庫水槽共に空に近づきたる場合の重量を取つて計算すべきである。

第 4 圖



第 3 表

使用圧力 (kg/cm²)	左記の圧力 (kg/cm²)	全熱量 (kcal/kg)
13	14	727.4
14	15	726.8
15	16	726.1

(3) 列車抵抗

(A) 機關車走行抵抗 機關車の走行抵抗は大別して次の 3 要素から成る。

- (1) 動輪上の動搖抵抗及び機關の摩擦抵抗
- (2) 導輪, 從輪及び炭水車の動搖並に其の摩擦抵抗
- (3) 空氣の抵抗

上に關して種々の實驗式があるが, 此處では鐵道省運轉課で使用してゐる次の公式を採用することとした。

$$R_1 = \{9.3 + 0.047(n-1)V\} W_a + (1.8 + 0.015 V) W_t + 0.057 V^2$$

茲に R_1 : 機關車走行抵抗 (kg), V : 速度 (km/hr), W_a : 動輪上重量 (t)

W_t : 動輪上重量を除いた他の車輪上の重量 (t), n : 動輪の軸數

(B) 客貨車走行抵抗 客貨車走行抵抗は主に次の 5 要素より成る即ち

- 1) 車軸, 軸頸の摩擦に基く抵抗, 2) 車輪の回轉摩擦, 3) 動搖に起因する抵抗
- 4) 空氣の抵抗, 5) 客車の發電機に於ける抵抗

是に關しては各種の實驗公式があるが大同小異であつて, 此處では大井試驗所の實驗式で運轉課で使用してゐる次の式を採用することとした。

$$\text{ボギー客車に對し } R = 1.72 + 0.00061 V^2, \quad 4 \text{ 輪貨車に對し } R = 2.07 + 0.00066 V^2$$

茲に R : 列車重量 1 ton 當りの走行抵抗 (kg), V : 速度 (km/hr)

註: 走行抵抗の 5 つの要素の中初めの 3 つは ton 當りの抵抗として表すことが出来るが, 最後の 2 つは編成車輛の種類と軸數に依つて異なるものであるから ton 當りの抵抗として表すのは適當でないが, 其の値の變化は僅であるから之も矢張り ton 當りの抵抗として含めたのである。尙上の公式より得られる抵抗値は實驗成績に基いて最も條件の悪い場合を豫想して 5~10% の餘裕を取つてゐるから充分であると思はれる。

(C) 勾配抵抗 勾配抵抗は次式で表される。

$$R_g = \pm i \quad (\text{上り勾配は正, 下り勾配は負とす})$$

茲に R_g : 勾配抵抗 (kg/t), i : 勾配 (%)

(D) 曲線抵抗 曲線抵抗の主なる原因は曲線にては車輪は方向を變じ乍ら走るから軌條面上にて横迂りを生ずる爲, 及び外側軌條と内側軌條との長さ差がある爲に外側車輪は其の進行方向に迂り乍ら内側軌條と歩調を合すことになる結果であつて, 是等は車輪の廻轉と共に起るから機關車の出力がそれだけ餘分の仕事をなすことになる。曲線抵抗は次式によつて算出することとした。

$$R_c = \frac{600}{r} \quad (\text{國有鐵道建設規程解説による})$$

茲に R_c : 列車重量 1 ton 當り曲線抵抗 (kg), r : 曲線半徑 (m)

(E) 加速度抵抗 列車の速度を増加する爲には餘分の牽引力が必要である。之を加速度抵抗と云ふ。今之の値を求むるに

$$F = m\alpha = \frac{w}{g} \alpha$$

茲に F : 力 (kg), m : 質量 (kg), α : 加速度 (m/sec²), w : 重量 (kg)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/sec²)

今加速度を km/hr/sec の單位で表して之を A とすれば

$$\alpha = \frac{A \times 1000}{3600} = \frac{A}{3.6}$$

之を上式に代入して $F = \frac{w}{g} \cdot \frac{A}{3.6}$

従つて R_a : 列車重量 1 ton 當り加速度抵抗 (kg), W : 列車重量 (t)

$$\text{とすれば} \quad R_a = \frac{F}{W} = \frac{\frac{w}{g} \cdot \frac{A}{3.6}}{\frac{w}{1000}} = \frac{1000}{g} \cdot \frac{A}{3.6} = \frac{1000}{9.8 \times 3.6} A$$

以上は列車全體を直進せしめるための加速度抵抗で其の他に車輪、車軸等の廻轉部分に對する加速度抵抗が加はるわけで之を直進のための加速度抵抗の 0.06 と取れば結局

$$R_a = 1.06 \times \frac{1000}{9.8 \times 3.6} A \doteq 30 A$$

(4) 機關車の桿牽引力

機關車の牽引力は速度に應じて (2) に於て述べた (A), (B), (C) の 3 つの指示牽引力の制限を受けるもので、これ等の内の最小指示牽引力から機關車の機械抵抗、走行抵抗等すべての内部抵抗を引いて實際に連結器に表れて來る力を桿牽引力と云ふ。この力は一般に速度が増加せば減少する。

註: 勾配或は曲線部では走行抵抗の外に勾配或は曲線抵抗が加はるから桿牽引力は減ずることになるが、上記の桿牽引力はこの外部抵抗を含まず平坦直線上に於て引張桿に作用する牽引力を云ふのである。

(5) 牽引定數

牽引定數とは列車が制限勾配を規定の均衡速度で上り得る最大の換算輛數を云ふ。従つて牽引定數は制限勾配と均衡速度が與へらるれば次式で計算される。

$$W = \frac{T_h - R_t - W_e S}{10(R + S)}$$

茲に W : 牽引定數 (輛), R_t : 機關車抵抗 (kg) T_h : 指示牽引力 (kg)

W_e : 機關車重量 (t) S : 勾配 (%), R : 客貨車走行抵抗 (kg/t)

上り勾配に於ける均衡速度は實際の運轉に當つては其の區間に使用する機關車と列車の單位とが決めれば決まるわけであるが、一方其の標準値を如何に決めるかは主として列車の性質と線路の輸送能力に依る。貨物列車の如きは寧ろ低速度運轉をなすを利益とするので、かゝる場合の均衡速度の最低限は上記の事項の他に列車の運轉作業上についても考慮せねばならない。軌條の状態が平常の場合機關車の粘着力と汽缸力との臨界速度は大體 12-17 km/hr 附近にあつて機關車がこの速度附近に達すると空轉を惹起する危険性が増すこと等も考慮して決めねばならない。

第 4 表 均衡速度

茲では上り勾配に於ける均衡速度は運轉課の査定に依ることとし第 4 表の如く採つた。

今上式に従つて C-11, C-12, C-56 の牽引定數を算出すれば第 5 表の如し。

尙機關車重聯の場合の牽引定數は國有鐵道建設規定解説によれば各機關車牽引定數の和の 95% を取ることとしてあるが、短距離間の補機使用に當つて

勾配 (%)	均衡速度 (%)		
	貨物	混合	旅客
10	17	17	22
12	17	12.7	21.6
16	17	12.2	20.9
20	17	11.7	20
25	17	11	17
30	17	11	17
33	17	11	17
35	17	11	17

之にボギー車の換算輻數を加へて結局牽引し得る換算輻數は次の如くなる。

$$1.664 \frac{l_E - (L+C) - 17.2a}{7.3} + 3.16a$$

今ボギー客車 2 輛以上連結するものとし上式に於て $a=2$ 以上の場合に對して最大換算輻數を取ることとした。

第 7 表 ボギー客車重量及び最大長調

昭和 7 年度末現在車平均

車種	輻數				一輛平均				
	軸數	自重	定員	最大長	自重	定員	平均長	自重	
雜形	四輪ボギー	553	10,825	1,654	2305	2776	17.57	30	4.6
	六輪ボギー	185	2571	626	577	2649	26.43	43	4.6
ヤ形	四輪ボギー	1,709	66,845	10,271	3,277	37,609	28.54	57	6.7
	六輪ボギー	220	6,227	2344	1093	4,440	21.31	44	4.7
火形	四輪ボギー	3745	100,226	20,177	3,185	42,916	26.74	66	6.9
	六輪ボギー	101	3,425	3,973	326	2,020	24.11	39	2.2
鋼製	四輪ボギー	1079	31,010	45,344	1,970	18,813	27.24	60	6.7
	六輪ボギー	595	18,252	3,993	698	10,700	23.67	71	6.9
合新	四輪ボギー	252	10,279	6,182	150	5,249	24.77	24	2.1
	六輪ボギー	700	24,260	24,926	2,105	10,897	27.22	36	2.9
計		7,559	232,242	50,078	12,260	127,240	27.14	59	5.5

第 8 表

河線 (C-11)

有効長 (m)	最大換算輻數		
	貨物	旅客	混
150	25.5	20.5	24.0
200	37.0	29.5	35.5
250	48.0	39.0	46.5

前易線 (C-12 C-56)

有効長 (m)	最大換算輻數			
	C-12		C-56	
	貨物	混	貨物	混
80	11.0	9.5	10.0	8.5
100	15.5	14.0	15.0	13.0
120	20.0	18.5	19.5	18.0

上式より有効長に依つて制限される場合の最大牽引荷重を計算すれば第 8 表の如し、但し換算輻數は 0.5 輛單位とし端數は切捨てた。

(7) 上り勾配及び停車場有効長の 2 條件により制限される場合の列車牽引荷重表 (第 9 表参照)

旅客、或は混合列車の列車長は貨物列車長より短いのが普通であり又若し有効長一杯に引いても其の重量は貨物列車より小なれば勾配決定には第 9 表貨物列車に對する荷重を用ふれば安全である。

機關車重聯の場合

(イ) 有効長による列車牽引荷重の制限は第 10 表の如し

(ロ) C-11 型の重聯の場合、制限勾配及び有効長による牽引重量の制限 (第 11 表参照)

第 9 表 換算輻數

貨物列車

有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
河線 C-11	150	25.5	25.5	25.5	25.5	21.0	17.0	13.5	12.0
	200	37.0	37.0	35.0	27.5	21.0	17.0	13.5	12.0
	250	48.0	46.5	35.0	27.5	21.0	17.0	13.5	12.0
前易線 C-12	80	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	10.5	10.0	8.5
	100	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.0	14.5	14.0
	120	20.0	20.0	20.0	20.0	15.5	12.0	10.5	10.0

混合列車

有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
河線 C-11	150	24.0	24.0	24.0	21.5	17.0	13.5	12.5	12.0
	200	35.5	35.5	33.0	26.5	21.5	17.0	13.5	12.0
	250	46.5	43.5	33.0	26.5	21.5	17.0	13.5	12.0
前易線 C-12	80	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.0
	100	14.0	14.0	14.0	14.0	12.5	11.0	10.0	9.0
	120	18.5	18.5	18.5	18.5	15.5	12.5	11.0	10.0

河線旅客列車 (C-11)

有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
150	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	17.0	15.0	14.0	12.5
200	27.5	27.5	27.5	24.0	21.5	17.0	15.0	14.0	12.5
250	39.0	39.0	30.0	24.0	21.5	17.0	15.0	14.0	12.5

前易線 C-56 使用する場合 (貨物列車)

有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
80	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	9.0	7.5
100	15.0	15.0	15.0	15.0	14.5	11.0	9.5	9.0	7.5
120	19.5	19.5	19.5	19.0	14.5	11.0	9.5	9.0	7.5

前易線 C-56 使用する場合 (混合列車)

有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
80	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	7.5
100	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	11.0	9.5	9.0	7.5
120	18.0	18.0	18.0	18.0	14.5	11.0	9.5	9.0	7.5

第 10 表

西線 (C-11 亞規)			
有効長 (m)	最大換算車輛數		
	貨物	旅客	混合
150	22.5	18.0	21.0
200	34.0	27.5	32.5
250	45.5	36.5	44.0

南島線				
有効長 (m)	最大換算車輛數			
	C-12 亞規		C-56 亞規	
	貨物	混合	貨物	混合
80	8.5	7.0	7.0	5.5
100	13.0	11.5	11.5	10.0
120	17.5	16.0	16.0	14.5

第 11 表

貨物列車									
有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
150	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
200	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	27.5	26.5
250	45.5	45.5	45.5	46.5	42.5	34.0	30.0	27.5	20.5

混合列車									
有効長 (m)	制限勾配 (%)								
	10	12	16	20	25	30	33	35	38
150	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
200	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	30.0	27.5	24.5
250	44.0	44.0	44.0	44.0	42.5	34.0	30.0	27.5	24.5

(8) 加速力曲線

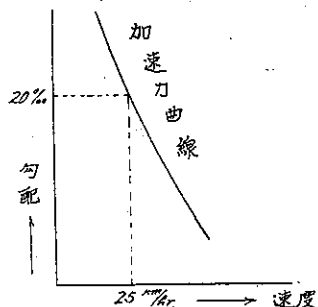
機關車の出力から列車の走行抵抗を引いたものを加速力と云ひ、列車 1 ton 當りの加速力と列車速度との關係を圖示したものを加速力曲線と云ふ。加速力は次式から算出出来る。

$$f = \frac{T_b - R_t - W_c R}{W_a + W_c}$$

茲に f : 列車 1 ton 當りの加速力 (kg), W_e : 機關車重量 (t)
 W_c : 牽引車輛重量 (t), R_t : 機關車走行抵抗 (kg)
 R : 牽引車 1 ton 當り走行抵抗 (kg)

註 この加速力曲線を用ひて或る勾配に於ける均衡速度を求めることが出来る。即ち其の勾配に對する點より横軸に平行線を引き加速力曲線と交らしめるとその點の速度が即ちこの勾配に對する均衡速度であつて、此の勾配上に於ては列車は此の速度よりも大なる速度であつても小なる速度であつても終には此の均衡速度にまで収斂する性質を持つてゐる (第 5 圖では 20% 勾配に於ける均衡速度は 25 km/hr である)。

第 5 圖



(9) 減速力曲線

列車運轉中の總抵抗を減速力と云ひ列車 1 ton 當りの減速力と列車速度との關係を圖示したものを減速力曲線と云ふ。減速力は次式から算出出来る。

$$f' = \frac{R_t + W_c R}{W_e + W_c}, \quad \text{茲に } f': \text{ 減速力 (kg/t)}$$

上式に依つて各型式の機關車に對して加速力曲線及び減速力曲線を計算することが出来る。

然るに一方制限勾配に對する均衡速度が定められて居るから機關車の牽引定數は一定であつて此の定數を牽引する機關車は其の型式の如何を問はず加速力は略々同一であつて、勾配が變化しても略々同一の均衡速度を得るものである。例へば C-12 と C-11 が貨物列車を牽引する場合 33% の制限勾配を 17 km/hr. の均衡速度で運轉し得る牽引定數は C-12 に對し 105 ton, C-11 は 150 ton である。今各機關車が牽引定數一杯を牽引せる場合の加速力曲線を比較すれば第 6 圖の如く、(尙ほ制限勾配 12% の場合に對するものも併記した) 各勾配に對する均衡速度は略一致し、唯平坦線に近くに従つて稍々相違を來すが、常にかゝる高速度のみで運轉するものではなく且つ高速度に於ける均衡速度の多少の差異が及ぼす影響は極めて少いものであるから、此の兩列車の運轉狀態は同一なりと考へても差支へない。

従つてスピード・カーブを書く場合に使用する加速力曲線は何れか 1 つの機關車に付き種々の牽引重量に對す

るものを畫いて置けば他の機關車に之を流用することが出来る。(第1章 2. (5) 参照)。

(10) スピード・カーブ及び時間曲線の説明

(A) スピード・カーブ 或る列車を考ふるに列車重量は一定であるから

$$F = m\alpha$$

と云ふ式から加速力 f は加速度 α に比例すると云ふことが云へる。

又速度變化 ΔV を起す距離を ΔS , 所要時間を Δt とすれば

$$\Delta S = V \Delta t, \quad \Delta V = \alpha \Delta t$$

$$\therefore \frac{\Delta V}{\Delta S} = \frac{\alpha}{V} \propto \frac{f}{V}$$

となる。故に速度曲線 $a'a'$ の傾きは oa に平行になることが分る (第7圖)。

(B) 時間曲線 時間曲線に就ても同様のことが考へられる。即ち第8圖に於て

$$\Delta S = V \Delta t, \quad \therefore \frac{\Delta t}{\Delta S} = \frac{1}{V}$$

即ち $b'b'$ の傾きは b_1b_2 に平行することが分る。

以上の原理に基き speed curve は夫々 oa, b_1b_2 に平行に引いて行けば求められることが分る。

(11) スピード・カーブ並に時間曲線の縮尺

(10) で述べた様な關係があるから勾配表、加速力曲線圖の縮尺を適當にすれば V を km/hr., t を min., S を km. の單位で表すことが出来る。今 (10) の式を上記の單位を使つて書き直すと

$$\Delta V = 60 \alpha \Delta t, \quad (\alpha \text{ の單位は km/hr/sec),$$

$$\therefore \alpha = \frac{\Delta V}{60 \Delta t} \dots\dots (1)$$

$$\Delta S = V \frac{\Delta t}{60}$$

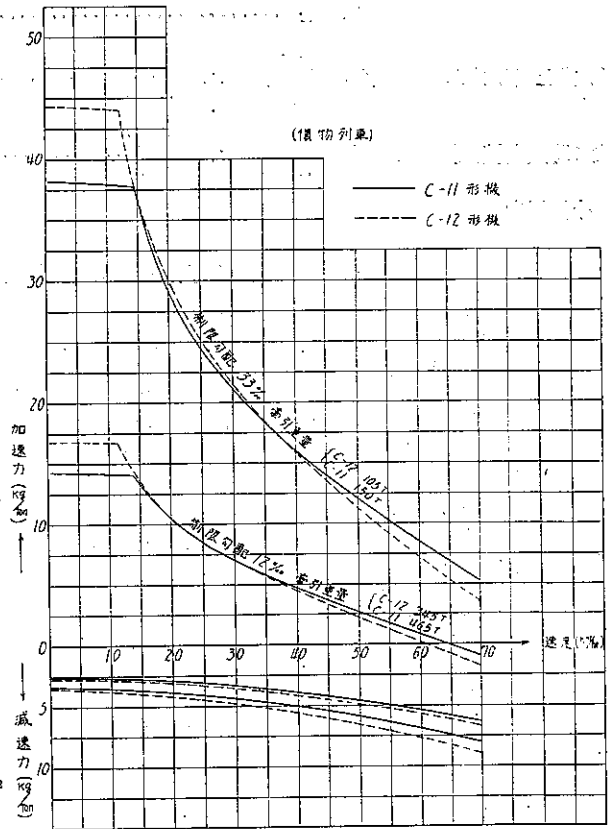
$$\therefore \Delta t = 60 \frac{\Delta S}{V} \dots\dots (2)$$

$$(1), (2) \text{ 兩式から } \alpha = \frac{V \Delta V}{60 \times 60 \Delta S} \dots\dots (3)$$

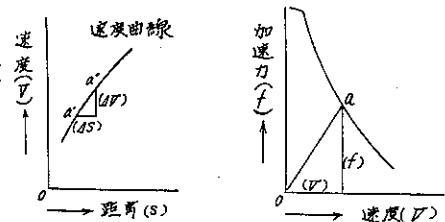
又加速度抵抗は (6 頁) で述べた様に $R\alpha = 30 \alpha$

即ち加速度 α km/hr/sec を出すために必要なる力は 30α kg/t

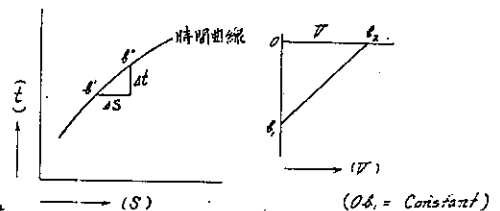
第6圖 加速力及び減速力曲線圖の比較



第7圖



第8圖



であることが分る。即ち

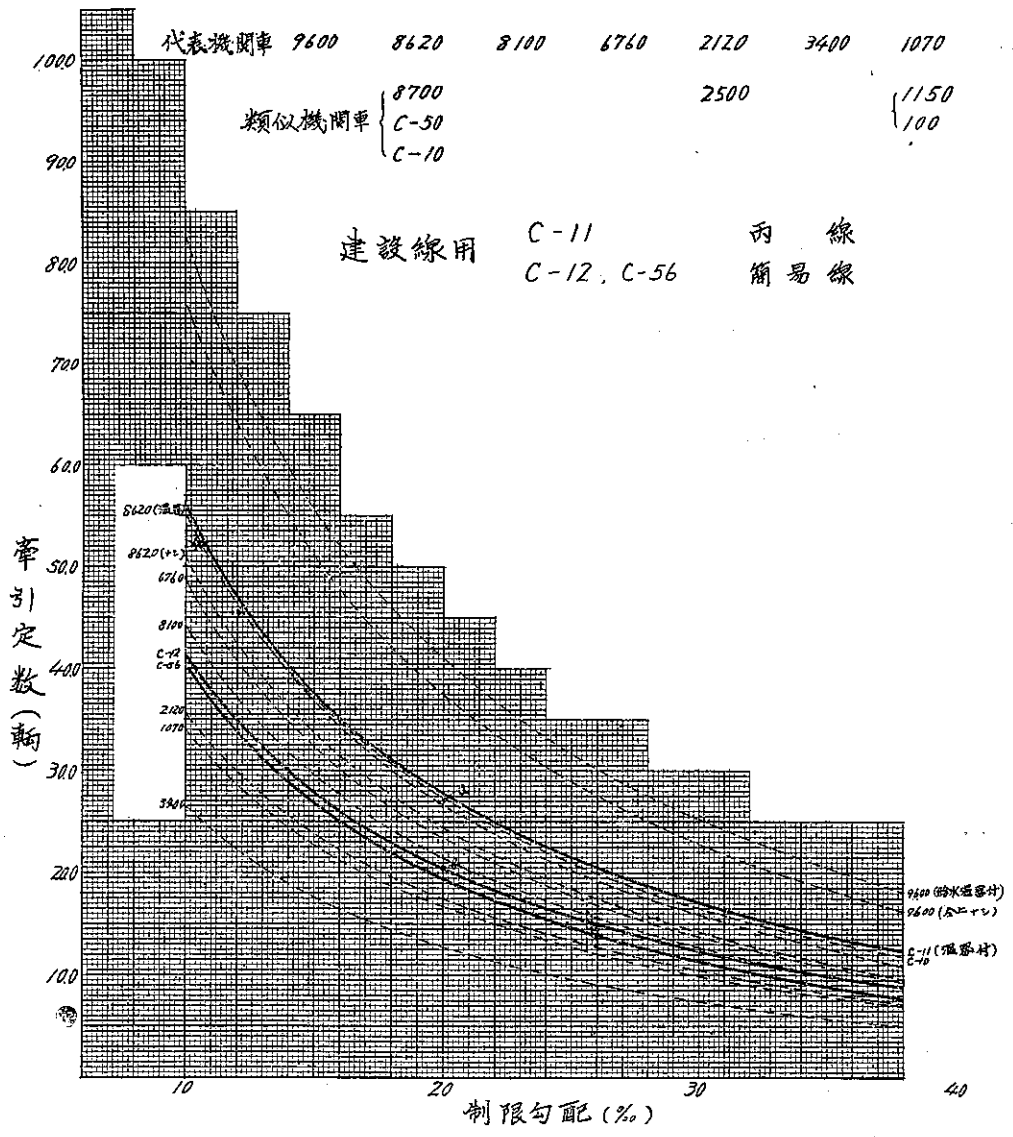
$$f = 30 \alpha \dots\dots\dots(4)$$

(3) 式と (4) 式から $f = \frac{V \Delta V}{120 \Delta S}$, $\therefore \frac{f}{V} = \frac{\Delta V}{120 \Delta S}$ (5)

次に時間曲線に就ては $V = \frac{60 \Delta S}{\Delta t}$, $\therefore \frac{60}{V} = \frac{\Delta t}{\Delta S}$ (6)

今縮尺を

第 9 圖 丙線用機關車牽引定數比較表



加速力曲線の $\begin{cases} f \text{ の目盛を } 1 \text{ kg/t} = \gamma \text{ mm} \\ V \text{ " } 1 \text{ km/hr} = \alpha \text{ mm} \end{cases}$ speed curve 上の $\begin{cases} S \text{ の目盛を } 1 \text{ km} = \beta \text{ mm} \\ V \text{ " } 1 \text{ km/hr} = \epsilon \text{ mm} \\ t \text{ " } 1 \text{ min} = \mu \text{ mm} \\ \text{定数} = \rho \text{ mm} \end{cases}$

とすれば $\frac{f\gamma}{V\alpha} = \frac{\epsilon\Delta V}{\beta\Delta S} \therefore \frac{f}{V} = \frac{\alpha\epsilon\Delta V}{\gamma\beta\Delta S}$ (7)

(5) 及び (7) 式より $\frac{\gamma\beta}{\alpha\epsilon} = 120$ (8)

又 $\frac{\rho}{V\alpha} = \frac{\Delta t\mu}{\Delta S\beta}$ (9)

$\therefore \frac{V\Delta t}{\Delta S} = \frac{\rho\beta}{\alpha\mu}$ (10)

(10), (6) 式から $60 = \frac{\rho\beta}{\alpha\mu}$ (11)

速度曲線に対しては (8) 式, 時間曲線に対しては (11) 式の関係を保つ様に 夫々縮尺を定めれば良いのである。

一例として γ は $1 \text{ kg/ton} = 6 \text{ mm}$, α は $1 \text{ km/hr} = 1 \text{ mm}$

とすれば β は $1 \text{ km} = 20 \text{ mm}$, ϵ は $1 \text{ km/hr} = 1 \text{ mm}$

(8) 式は満足される。

又 $\rho = 30 \text{ mm}$, μ は $1 \text{ min} = 10 \text{ mm}$ とすれば (11) 式は満足される。

縮尺は (8), (11) 式の関係を保つて居れば如何様に換へても差支へないのである。

(12) 標準機關車

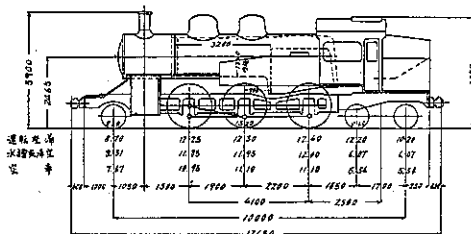
丙線 C-11,

簡易線 C-12 (型式圖は第 10 圖及び 11 圖参照)。

丙線には過度期中は C-11 以外の機關車を用ふることになつてゐるから丙線用の各種機關車の牽引定數を第 9 圖に示した。

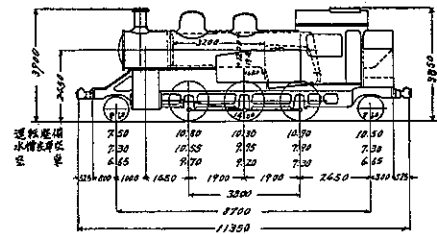
尚 C-12 のタンクを除きテンダーを附けた C-56 が新

第 10 圖 IC2 過熱タンク機關車 型式 C11



蒸気管径×行程	400×110	排煙管径(過熱器後)	66.03
煤田圧力	14.0 7kg/cm ²	(空 缶)	51.90 t
火格子面積	1.60 m ²	排煙管面積(過熱器後)	36.95 t
全排煙面積	105.0 m ²	排煙管容量(過熱器後)	56.30 t
過熱器面積	28.0 m ²	水櫃容量	6.7 m ³
全蒸気機面積	22.2 m ²	過熱器容量	3.00 t
煤倉容量(煤)	45.0 m ³	定数(煤)	74.74 t
火室	12.0 m	製造初年	昭和 7 年
寸法			
煤水容量	30 m ³		
大排煙管(直径×長×枚)	127×3200×24		
小排煙管()	65×3210×27		

第 11 圖 IC1 過熱タンク機關車 型式 C12



蒸気管径×行程	400×110	排煙管径(過熱器後)	58.00
煤田圧力	14.0 7kg/cm ²	(空 缶)	39.50 t
火格子面積	1.50 m ²	排煙管面積(過熱器後)	32.00 t
全排煙面積	73.3 m ²	排煙管容量(過熱器後)	43.00 t
過熱器面積	15.0 m ²	水櫃容量	5.5 m ³
全蒸気機面積	12.0 m ²	過熱器容量	2.00 t
煤倉容量(煤)	45.0 m ³	定数(煤)	74.74 t
火室	12.0 m	製造初年	昭和 7 年
寸法			
煤水容量	30 m ³		
大排煙管(直径×長×枚)	127×3200×24		
小排煙管()	65×3210×27		

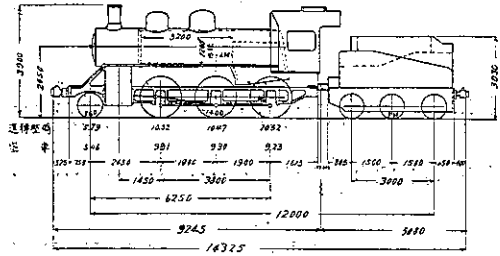
註 (1238 (製造初年 昭和 7 年) 以降、全型換へ排煙管容量及排煙面積、枚、如く変更せり)

全排煙面積	26.2 m ²
全蒸気機面積	32.6 m ²
排煙管容量(煤)	50.0 t
排煙管容量(空)	39.50 t
過熱器面積(過熱器後)	32.00 t
過熱器容量(過熱器後)	43.00 t

造され同く簡易線に使用されることになった。之はテンダーが付てゐるため C-12 に比して長距離運轉をなし得る利益があるが、然し其の牽引定数は C-12 に比し約 10 ton 少い (第 12 圖参照)。

第 12 圖 1G 過熱テンダー機関車

型式 C56



自重(連棒・行線)	400 t	振動車重量(運轉整備)	3730 t
使用圧力	16.0 kg/cm ²	全長	3390 cm
煙突の直径	130 cm	機関車前輪上空室(運轉整備)	31.5 t
全煙熱面積	132 m ²	水車重量(運轉整備)	2730 t
過熱器熱面積	15.8 m ²	(空室)	12.30 m ²
全蒸気機熱面積	36.6 m ²	水筒容量	13.0 m ³
煙管空室運轉面積	26.7 m ²	燃料消費量	5.00 t
火室	7.6 m ²	汽機室・煙筒	14.0 m ²
火室	2.9 m ²	駆逐動車	3500 t
水筒容量	2.2 m ³		
大煙管(直径×長さ)	127×3200×16		
小煙管	65×2200×16		

2. スピード・カーブの書き方

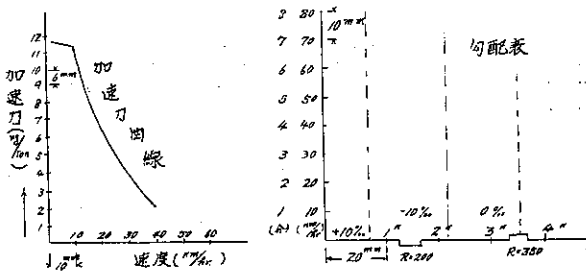
(1) スピード・カーブの書き方

當該線路に使用する機關車型式及び牽引荷重を知り 1 枚のセクション・ペーパーに該機關車のその牽引荷重に對する加速力曲線圖を畫き他の 1 枚のセクション・ペーパーに該線路の勾配表を作る。

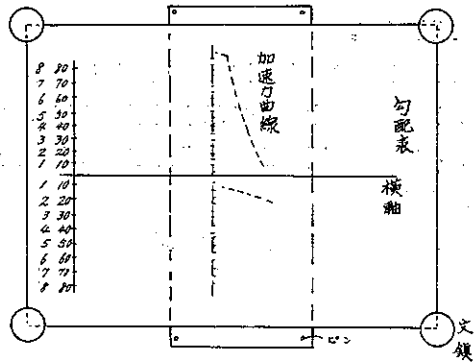
加速力曲線圖の縮尺は列車速度を横軸に取り 10 km/hr を 10 mm とし 1 ton 當り加速力及び % にて

表したる勾配數を同一縦軸に取り 1 kg/t 又は 1% を 6 mm とする。加速力曲線圖は列車種類及び牽引噸數別に附圖第 1 の如き圖面を豫め數多く作成して置くこと便利である。勾配表とは勾配の變更點、曲線終始點を行程順に列記したものであり、距離は 1 km を 20 mm とし横軸上に取る。スピード・カーブは勾配表上に畫き速度及び所要時分を縦軸上に取り速度は 10 km/hr を 10 mm、時分は 1 分を 10 mm とする (第 13 圖参照)。

第 13 圖



第 14 圖



スピード・カーブを引くに當つて先づ上記加速力曲線圖を勾配表上に重ね兩者の横軸を一直線上に置く。此の場合或は又第 14 圖に示すが如く加速力曲線圖を机上にピンで止め其の上に勾配表を置いて順次ずらして畫いても便利である。

此の目的のためには勾配表をトレーシング・ペーパーのセクション・ペーパーに畫かなければならない。加速力曲線、勾配表の縮尺は作圖を平易ならしむるために定めたるものであるから任意に變へることは出来ない。

(A) 發車の際のカーブ 發車の際には列車の種類及び牽引荷重によつて加速速度が規定されてゐるから、この加速速度に相當する値を紙上に移せば良い、(所要加速速度は別圖加速力曲線圖に記入して置けば便利である)。

例へば C-12 が 200 t を牽く場合の加速速度は附圖第 1 により 0.35 km/hr/sec. で出發より 1 分後の速度は 21 km/hr でその間の走行距離は 175 m であるから勾配表上に 175 m の處に速度 21 km/hr の點を取つて停車場中

心と結べば發車時のカーブが得られる(第15圖参照)。

然し線路勾配が急になつて來ると規定の加速度を出すには牽引力が不足する様な場合が起る。斯る場合には(3)の作圖に必要な規定の(C)の項の註(17頁)を参照してカーブを畫かねばならない。

(B) 給氣運轉時のカーブ 此の圖法は速度の一定量宛を變化させそれに對する速度曲線を求むる方法である。此の速度變化は5km/hrとする。今或る型式の機關車の或る荷重に對する加速力曲線と取り速度を25km/hrより30km/hrに變へる時を考ふるに此の平均速度は27.5km/hrで勾配を上り8%とすれば平均速度27.5km/hrに對する加速力曲線上の點B₁と上り3%に相當する縦軸上の3の點とを結びたるBB₁を引き、これに平行に勾配表に速度曲線AA₁を引く(第16圖参照)。

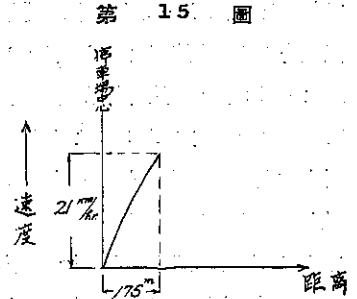
此の時は牽引力に餘力があるからAA₁は上向きとなる。次に上り10%の勾配にかゝつたとすれば麓の速度は30km/hrであり、頂上の速度を豫定するために30km/hrに相當するB₂と10とを結んで見るとB₂10は下向きとなるから牽引力が不足して速度は下ることが分る。従つて頂上の速度を25km/hrと豫定して麓の速度30km/hrとの平均値27.5km/hrに相當するB₁點と縦軸上の10の點とを結んだB₁10に平行に速度曲線A₁A₂を引く。以上の方法を繰り返して行つて行けば良い。

(C) 絶氣運轉時のカーブ 以上説明したのは給氣運轉の場合で絶氣して運轉する場合には加速力曲線の代りに減速力曲線を使はなければならぬ。例へば第16圖で速度25km/hr(A₂點)から絶氣したとすれば下り4%に相當する-4の點と25km/hrに相當するD點とを結ぶときは(D, -4)は上向きとなつてゐるから速度は上がることが分る(第17圖参照)。であるから麓の速度を30km/hrと豫定し25km/hrと30km/hrとの平均27.5km/hrに相當するD₁と(-4)とを結び(D₁, -4)に平行にA₂A₃を引けば絶氣運轉中の速度曲線となる。

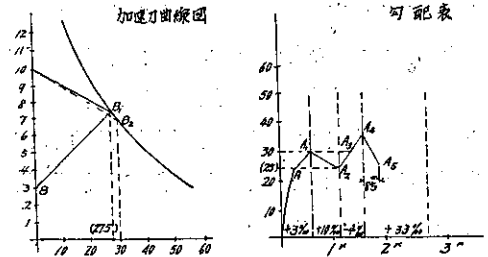
(D) 速度を落すための制動時中のカーブ 制動機を作用させ速度を減ずる時の速度-距離、時間-距離曲線は第22圖に示してあるからこれを用ふれば良い。例へば35km/hrの點よりブレーキをかけて速度を落とし25km/hrとするには35km/hrに相當するP點と25km/hrに相當するQ點との水平距離PQ即ち85mが制動の作用する距離となる(第18圖参照)。

又時間はPQに相當する時間曲線上のpq點の垂直距離から分る即ち第18圖では10秒となる。故に第16圖に於てA₂を35km/hrとしてこの點から制動をかけるものとするときA₂から横軸上に85m行つた點で速度は25km/hrになることが分るからA₃點を定めることが出来る。

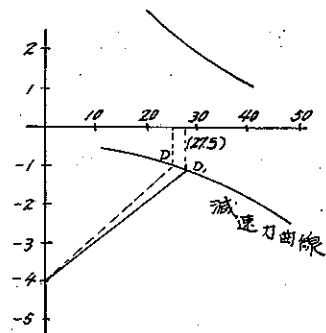
(E) 速度を上げないための制動中のカーブ 今若し第19圖に示した様な地點に達しA點の速度が40km/hr



第 16 圖

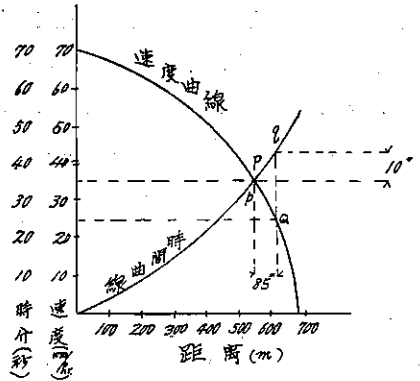


第 17 圖

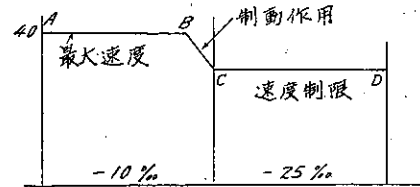


であるとすれば -10% に対する制限速度は 50 km/hr であるが簡易線に於ては最大速度は 40 km/hr と云ふことになつて居るから AB 間は 40 km/hr の速度を保つ様に制動機を作用させて運轉しなければならない。故に AB 間は 40 km/hr に相當する A 點から水平に引く。次に CD 間は下り 25% であるから速度制限を受け 30 km/hr 以上にすることは出来ない。ために B 點に達した時、制動機を作用させて C 點で丁度 30 km/hr に下る様になしなければならない。勿論 CD 間でも速度が 30 km/hr 以上にならない様に制動機を作用させつゝ運轉する。故に CD は AB 同様水平に引かななければならない。速度を落とすための制動開始點 B を見出すには次の様な方法による。第 19 圖に於て C 點の速度は 30 km/hr にならなければならないと云ふことが定つてゐるから C 點は先づ求められる、次に速度を落とすためにブレーキをかけたゞ C 點に来るのであるから逆に C 點から制動の速度曲線に従つて速度を上げて行き速度線 CB を引き AB との交點を B とすれば B 點は制動開始點となる。途中で速度制限を受けるカーブがある時にも同様にして制動開始點を求める。

第 18 圖



第 19 圖



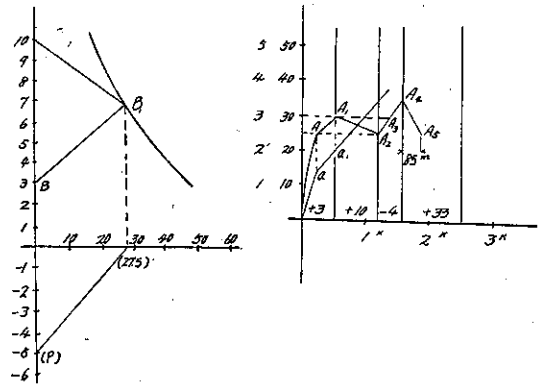
(2) 時間曲線の書き方

第 16 圖にもどり 25 km/hr から 30 km/hr になる迄の時間を求めるには原點から 30 mm 下の -5 點即ち第 20 圖に示してある P 點を取りこれを基點として平均速度 27.5 km/hr の點とを結び P, 27.5 に平行に勾配表上に前に求めたる a 點から aa₁ を引き A₁ よりの垂直線との交點を a₁ とすれば線分 aa₁ は 25-30 km/hr になる間の時間を表す (第 20 圖参照)。

a₁ は次の時間曲線の始點となる。斯くして P と 35 …… と結んで進む時は全區間の運轉時分は時間曲線の終點 a_n 點の 縦座標によつて求められる。

此の方法で求めた 甲乙兩驛間の運轉時間は規定の最大速度例へば簡易線では 40 km/hr に達する迄はどしどし速度を上げて行くことにしてあるから 所要時分として算出したるものは 2 點間を運轉する最少時間と見るべきである。

第 20 圖



(3) 作圖に必要な規定

- (A) 下り 10% 以下の勾配にありては其の勾配の制限速度に達する迄は給氣運轉をする。又 10% 以上の勾配に於ては絶氣して惰力轉走をなすものとする。
- (B) 上り勾配の頂上に於ける速度は第 12 表以下に下ることを許さず
- (C) 出發時の加速度 (α) の標準は第 13 表に示せる値を取り 出發後 1 分時迄の速度曲線を畫くものとす。

註 出發の際の加速度は牽引重量並に操縦方法と相關聯して決定しなければならないが又一方加速度の大小が牽出しの際の衝撃、空轉並に強通風に依る火床攪亂等に影響を及ぼすことも考慮せねばならない。従つて加速力曲線圖から直接求むることは實情より推して合理的ではないので其の大體の標準としては旅客列車は主として運轉時分の短縮を目的とし火床の攪亂及空轉を惹き起さざる範圍内で出来るだけ加速度を大ならしめ、混合及び貨物列車に對しては元來貨車の構造が客車に比し脆弱でありカップラーの強度も比較的低く且又貨物列車は荷積みの状態が不平均で列車の加速による衝撃は旅客列車より一層甚しく感ずるため積載貨物の危険性も増すから牽引重量の軽い時でも旅客列車の様に大なる加速度を用ふることは出来ないので實績より推して適當なる値を採らねばならない。

茲では鐵道省運輸局にて開催せる昭和9年運轉研究會の經過に準據し建設線に適用すべき出發時の加速度を第13表の如く査定した。

加速中の速度距離曲線及び時間距離曲線は第21圖に示した。

(附) 出發時の加速度の標準値は第13表の如く定めたとが線路勾配によつては規定の加速度を出すには蒸發量或は粘着力が不足する様な場合が起る。斯る場合には出發時の速度燃費率曲線附圖第5,6によりその勾配に應ずる速度以上は直接加速力曲線圖を用ひて出發時の速度曲線を描かなければならない。其の限度を示せば第14表の如くである。

(D) 停車に際しての減速度及び制動開始速度は第15表の如し。

註 停車に際しての減速度は制動開始速度、編成車輛の多少制動軸數の割合、列車の種類或は線路勾配の状況等に依り制動管減壓量の變化を來す結果減速度も種々變化するがスピード・カーブを畫く場合には或る標準値を決めて置いた方が便利である。その標準値を如何に取るかは制動機操從の便否、列車の衝撃或は運轉經濟上等の諸見地から決めるべきものではあるが此處では次の數値を採ることとした。

減速度 = 3.0 km/hr/sec. 旅客列車,
 // = 1.0 km/hr/sec. 貨物及び混合列車

尙此の制動開始速度は轉轍器の制限速度、制動開始前の勾配、列車の種類により2回制動を要する場合があるから

第 12 表

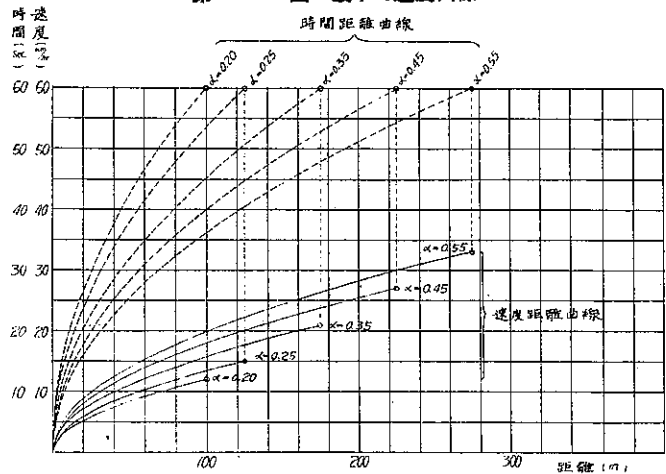
勾配 (%)	速 度 (%/hr)		
	旅 客	混 合	貨 物
10	22	17	17
12	21.6	16.9	17
16	20.8	16.2	17
20	20	15.7	17
25	17	17	17
30	17	17	17
33	17	17	17
35	17	17	17

第 13 表

α (%/km)	牽引重量 (tn)		出發時 / 分毎	
	C-11	C-12	速度 (%/hr)	走行距離 (m)
0.55	200 xT	150 xT	33	275
0.45	250 "	200 "	27	225
0.35	300 "	250 "	21	175
0.25	400 "	350 "	15	125
0.20	500 "	450 "	12	100

組の貨物混合ハ最も 0.35 %/km 也。

第 21 圖 發車時速度曲線



第 14 表

C-11 (貨物及混合)		C-12 (貨物及混合)	
牽引重量 (tn)	限度勾配 (%)	牽引重量 (tn)	限度勾配 (%)
555	+ 5.0	410	+ 7.5
510	+ 4.9	375	+ 8.9
480	+ 4.7	345	+ 5.9
465	+ 8.1	260	+ 16.2
435	+ 9.1	265	+ 3.8
370	+ 9.5	280	+ 6.7
350	+ 10.4	185	+ 8.0
330	+ 11.5	155	+ 10.9
275	+ 6.5	140	+ 12.8
265	+ 7.0	120	+ 15.7
235	+ 7.7	110	+ 17.4
240	+ 8.7	102	+ 19.4
210	+ 11.0	75	+ 20.6
170	+ 13.1	85	+ 22.9
150	+ 17.6		
135	+ 19.9		
125	+ 22.6		

運轉經濟上からは一定しない方がよいのであるがスピード・カーブを畫くに
は一定した方が便利であるから、こゝでは次の如く決定した。

制動開始速度 = 65 km/hr. . . . 旅客列車,
" = 45 km/hr. . . . 貨物及び混合列車

上記の標準値を用ひて制動時の速度曲線を畫けば第 22 圖の如くなる。

(E) 最高速度並に下り勾配及び曲線半径に對する制限速度は國有鐵道運轉取扱心得及び簡易線運轉規定に準じ
第 16~21 表の如く定めた。但し下り勾配に對する制限速度は若しその下り勾配が停車場間の標準下り勾配より
急なる場合には當該標準下り勾配と同一なる下り勾配に對する最大速度まで増加することが出来る。又勾配或は
曲線半径が第 16~19 表の中間にある場合は速度の小なるものに依る。

第 15 表

	減速度 (%/km)	制動開始速度 (km/hr)
旅客列車	2.0	65
貨物及混合列車	1.0	45

第 16 表 簡易線蒸氣列車の制限速度

簡易線運轉規定第 11 條, 第 13 條及び運轉取扱心得第 65 條による

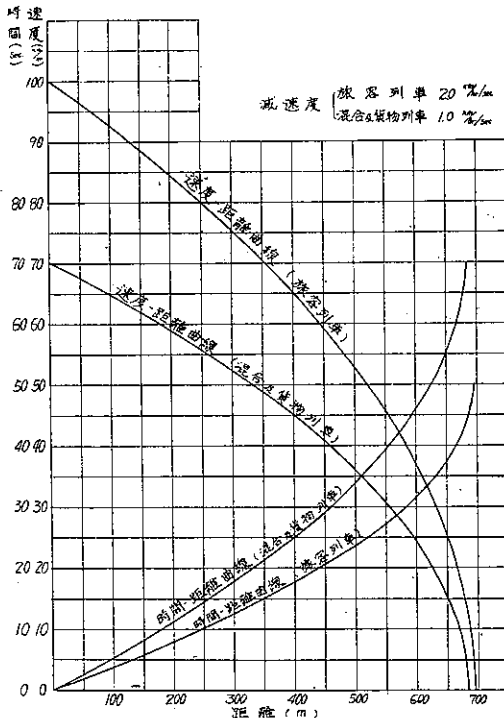
曲線半径 (m)	下り勾配 (%)				
	18 以下	20	25	30	35
300 及以上	40	35	30	25	20
250	35	30	25	20	15
200	30	25	20	15	10
175	25	20	15	10	5
150	20	15	10	5	0
100	15	10	5	0	0

第 17 表 簡易線ガソリン・カーの制限速度

簡易線運轉規定第 11 條, 第 13 條及び運轉取扱心得第 65 條による

半径 (m)	下り勾配 (%)								
	2 以下	6	10	14	18	20	25	30	35
直線 600 以上	60	55	50	45	40	35	30	25	20
600	55	50	45	40	35	30	25	20	15
500	50	45	40	35	30	25	20	15	10
400	45	40	35	30	25	20	15	10	5
300	40	35	30	25	20	15	10	5	0
250	35	30	25	20	15	10	5	0	0
200	30	25	20	15	10	5	0	0	0
175	25	20	15	10	5	0	0	0	0
150	20	15	10	5	0	0	0	0	0
100	15	10	5	0	0	0	0	0	0

第 22 圖 制動の速度曲線



第 18 表 丙線ボギー客車より成る旅客列車の制限速度

運轉取扱心得第 64, 65, 66 條による

曲線半径 (m)	下り勾配 (%)								
	2 以下	6	10	14	18	20	25	30	35
600 以上	70	65	60	55	50	45	40	35	30
600	65	60	55	50	45	40	35	30	25
500	60	55	50	45	40	35	30	25	20
450	55	50	45	40	35	30	25	20	15
400	50	45	40	35	30	25	20	15	10
350	45	40	35	30	25	20	15	10	5
300	40	35	30	25	20	15	10	5	0
250	35	30	25	20	15	10	5	0	0
200	30	25	20	15	10	5	0	0	0
175	25	20	15	10	5	0	0	0	0
150	20	15	10	5	0	0	0	0	0
125	15	10	5	0	0	0	0	0	0
100	10	5	0	0	0	0	0	0	0

但し地方旅客列車は大體貨車を後付し得る列車であるから運轉取扱
心得第 64 條より 5 km 減じ其の最大速度は 70 km/hr. とする

註 運轉取扱心得及び簡易線運轉規程に於て運轉速度の制限に關する規程の内スピード・カーブ畫法に直接關係あるものを摘記すれば大體第 22~26 表の如くであるが、實際の運轉に當つては常に下記の制限速度を保持して運轉することは殆ど不可能で特に下り勾配に於て繰返し制動法による場合は速度の變化が相當大となるものであり又速度計の観測の誤差等を考慮すればスピード・カーブを畫く場合には運轉作業の安全及び餘裕を見積つて制限速度より 5 km 程度の割引きをなすのが適當であると思はれる。依つて此處には下記規程の制限速度より 5 km を減じた速度を以てスピード・カーブを畫く場合の査定速度とした。

(1) 最高速度に關するもの： 固有鐵道運轉取扱心得 第 64 條 列車は其の組成車輛の種類に應じ左の速度を起えて運轉することを得ず。

1. ボギー客車のみを以て組成する列車 95 km/hr.
2. 4 輪客車又は 4 輪客車とボギー客車とを以て組成せる列車 75 km/hr.
3. 前 2 號の列車に特に指定したる貨車を連結せるとき 75 km/hr.
4. 貨車又は貨車と客車とを以て組成せる列車 65 km/hr.

簡易線運轉規程第 11 條 列車は 1 時間 45 km の速度を超えて運轉することを不得、但し軌道及び橋梁に對し其の負擔力より大なる影響を與へざる場合は 1 時間 65 km 迄増すことを得。

(註) 本條但書は氣動車運轉の如き場合を考慮せるものなり。

(2) 曲線半徑に關するもの： 固有鐵道運轉取扱心得第 66 條 半徑 600 m 以下の曲線に於ては列車又は車輛は第 22 表の速度を超えて運轉することを不得。

簡易線運轉規程第 13 條 半徑 600 m 以下の曲線に於ては列車は第 23 表の速度を超えて運轉することを不得。

(3) 下り勾配に對する制限： 固有鐵道運轉取扱心得第 65 條 下り勾配線に於ては列車は第 24 表の速度を超えて運轉することを不得。但し停車場間の標準下り勾配より急なる下り勾配に於ける最大速度は當該標準下り勾配と同一なる下り勾配に對する最大速度迄増加することを不得。

第 23 表

曲線半徑 (m)	速度 (%)	
	分岐・附帯の場合	分岐・附帯以外の場合
600	60	65
500	55	60
400	50	55
300	45	50
200	35	45
100	20	35

曲線半徑が本表に掲ぐるもの、中間にある場合の速度は挿入法に依り算出す

第 19 表 丙線混合及び貨物列車の制限速度

運轉取扱心得第 64, 65, 66 條による

曲線半徑 (m)	下り勾配 (%)						
	2 以下	6	10	14	18	20	25
350 以下	60	55	50	45	40	35	30
300	55	50	45	40	35	30	25
250	50	45	40	35	30	25	20
200	45	40	35	30	25	20	15
175	40	35	30	25	20	15	10
150	35	30	25	20	15	10	5
125	30	25	20	15	10	5	0
100 以下	25	20	15	10	5	0	0

第 20 表 轉轍器通過の場合に於ける査定速度

運轉取扱心得第 66 條による

軌道幅員	軌轍器片側の場合					
	速度 (%)			速度 (%)		
	半徑 (m)	丙線	簡易線	半徑 (m)	丙線	簡易線
8	107.1	20	10	220.8	40	20
10	102.6	30	15	325.4	45	25

第 21 表 其他の制限速度

運轉取扱心得第 70, 72 條による

種	制	速度 (%)
炭水車附帯開車・逆方向列車前部運轉の場合	運轉	40
炭水車附帯開車・逆方向運行運轉する場合	運轉	40
推進運轉の場合	運轉	20

第 22 表

曲線半徑 (m)	速度 (%)	
	分岐・附帯の場合	分岐・附帯以外の場合
600	65	65
500	60	60
450	55	55
400	50	50
350	45	45
300	40	40
250	35	35
200	30	30
175	25	25
150	20	20
125	15	15
100 以下	10	10

曲線半徑が本表に掲ぐるもの、中間にある場合の速度は挿入法に依り算出す

第 24 表

下り勾配 (%)	速度 (%)	
	第 2 時算一項入算の場合	第 2 時算以外の場合
2 以下	95	65
6	90	60
10	85	55
14	80	50
18	75	45
20	70	40
25	65	35
30	60	30
35	55	25

勾配が本表に掲ぐるもの、中間にある場合は急なる勾配の速度に依る

参考： 第 5 條第 1 項及び第 2 項の列車とは

旅客列車及び 1 時間 65 km を超ゆる速度を以て運轉する其の他の列車を云ふ。

或る區間に於ける標準下り勾配とは其の區間に於て 1 km を距つる 2 點を結びつくる直線の勾配中列車に對する最急の下り勾配を謂ふ。但し其の區間の距離が 1 km に満たざる時は兩端を結付くる直線の勾配を謂ふ。

(4) 轍轉器通過の場合に於ける制限速度： 運轉取扱心得第 66 條参考 (第 25 表参照)。

簡易運轉規程第 12 條 列車の行違を爲す場合に於ける停車場進入速度は對向轍轉器通過の際 1 時間 20 km 以下たることを要す。

(5) 其の他の制限速度 (第 26 表参照)

第 25 表

種別番号	重軌敷用の場合		輕軌敷用の場合	
	半径 (m)	速度 (%)	半径 (m)	速度 (%)
8	107.1	25	220.8	45
10	142.6	35	335.4	50
12	233.2	45	501.9	60
16	526.6	60	—	—

本表は直線より分岐する場合を示したもので曲線より分岐する場合は多少之と異なる

第 26 表

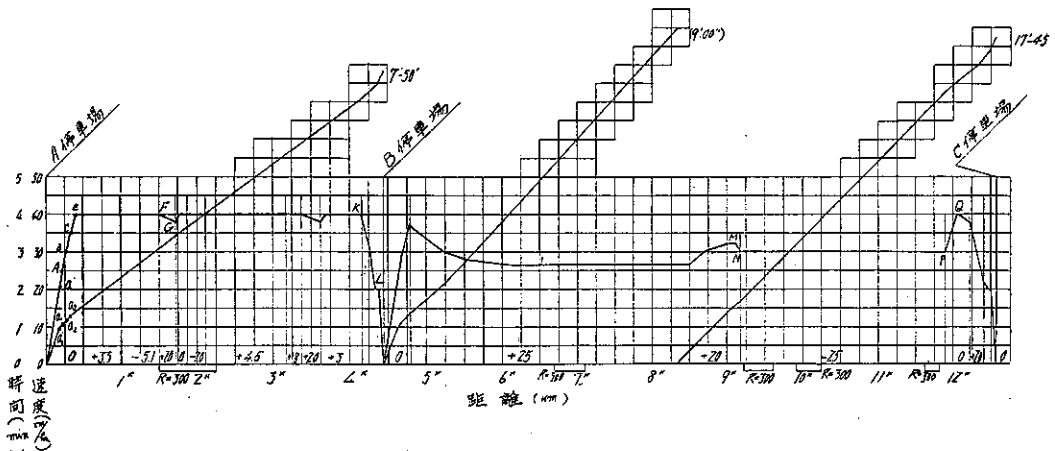
運轉取扱心得	種別	制限速度 (%)
第六十條	普通列車 (後) 前部 或は 700V の線路の敷設の行つていない場合	30
第七十二條	旅客列車 (後) 前部 或は 700V の線路の敷設の行つていない場合	45
第七十一條	旅客列車 (前) 同部 或は 700V の線路の敷設の行つていない場合	45
第七十條	推進運転の場合	25

(4) 實例

今第 23 圖の如き勾配表についてスピード・カーブを畫いて見よう。線路は簡易線で C-12 型機關車を使用するものとし、貨車換算 100 輛を牽引する場合を考へる。

先づ C-12 型機關車が 100 ton を牽く場合の加速力曲線 (附圖第 2) と上記の縮尺で書いた勾配表を作る (第 23 圖)。而して此の 2 つの圖面の横軸を平行に置く。發車當初は規程に従つて第 21 圖に示す様な速度距離曲線、時間距離曲線に従つて運轉しなければならない。即ち此の場合には加速度は 0.35 km/hr/sec. であるから、175 m 行つて 21 km/hr. の速度になる。此の時間が 1 分である。故に第 23 圖に a' 點を (175 m, 21 km/hr.) に取る次に 21-25 km/hr. の平均速度 23 km/hr. に相當する加速力曲線上の a 點を取り原點と結び oa に平行に O'A を勾配表に引く。斯くして E 點に達した時は規程の最高速度 40 km/hr. になるから E-F の間は適當に制動をかけるか或は蒸發量従つて牽引力を減少せしめて 40 km/hr. の等速度運轉をしなければならない。次に上り 20% の勾配に差ししかゝつた時は加速力曲線圖の (20, g) に平行に勾配表に FG を引く次に平坦線であつて最高速度迄

第 23 圖 實例



上る。次に下り 20% 勾配があつて其の制限速度は 35 km/hr. であるから速度を落さなければならぬが勾配の長さは短くて兩驛間の標準下り勾配は僅に 2% に過ぎないから規程により最高速度 40 km/hr. で走ることが出来る。同様にして K 點に達する。この K は此處で制動を開始して次の 8 番兩開分岐で制限速度 20 km/hr. に落ちる様に適當に定めねばならぬ、分岐器を通過した後は又制動時の速度距離曲線 (第 22 圖) に従つて B 停車場へ進入するのである。

同様に B 停車場を出て M 點に達すると次の區間に於ける 25% 下り勾配の制限速度 30 km/hr まで速度を下げねばならない。そこで制動曲線を逆に辿つて適當な M 點を見出す。次に P 點で給氣を初めて Q 點に達するとそれからは絶氣運轉とし惰力で 0% → +20% → 0% と轉走し分岐の處で丁度 20 km/hr. となる (これも逆に辿つて Q 點を求める)。

運轉時間は出發時は (175 m, 1 min.) の點を取り之を a_1' とする次に加速力曲線圖 P 點 (-5 點) と各平均速度の點 r, s, t とを結び Pr, Ps, Pt に平行に夫々 a_1', a_1, a_2, a_3, a_4 を順次作圖して行く最後に制動時の時間表 (第 22 圖) に従つて點をプロットすれば AB 間の全所要時間が得られる。

(5) 加速力曲線を他の機關車に應用する法

今若し他の型式の機關車に就てスピード・カーブを引くときには既述の算式によつて一々加速力曲線を引けば良いのであるが仲々面倒な事であるから若し其の機關車の牽引定數が分つて居れば便宜上 C-11 なり C-12 型機關車の既知の加速力曲線を使用することが出来る。例へば C-10 が 270 ton を牽引してあるときのスピード・カーブを畫かうとした時 C-12 の加速力曲線があれば之を使ふことが出来る。第 9 圖で C-10 の牽引定數曲線上の 270 ton に相當する點 a から垂線を下し C-12 の牽引定數曲線との交點を b とすると C-10 が 270 ton 引いた時は C-12 が b に相當する 200 ton を引いた時と同様の運轉状態を示すことが分るから (C-12, 200 ton) といふ加速力曲線を使へば良いことになる。

換言すれば C-10 が制限勾配 20% の牽引定數に相當する荷重を牽引して運轉する時のスピード・カーブは C-12 が制限勾配 20% の牽引定數に相當する荷重を引いて走る時のスピード・カーブと同一になると言ふことである。故に其の時に用ふる加速力曲線は制限勾配 20% に對するものを用ふれば良いことになる。

(6) スピード・カーブを畫く時の實際上の注意

(A) 制動曲線の使用限度 制動の時の減速度が上り勾配による減速度よりも小なる時は單に隋走するだけで所定の減速度より大なる減速度を生ずることになるから 其の場合所定の減速度から計算した減速度曲線を用ふことは誤である (第 24 圖参照)。

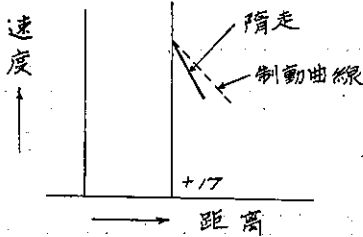
旅客列車は制動の減速度が大きいからこれより大きい減速度を與へる様な上り勾配は實在しないが貨物列車では大體 +23% 以上の上り勾配線で速度を下げ様とする時は制動曲線を使用せずに減速度曲線によらなければならない。

(B) 2 段制動 制動開始速度が定められてあるが線路の状態によつては制動を開始する點の隋走の速度が所定の速度よりも高くなることもある。

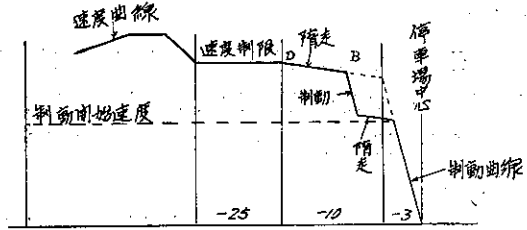
例へば第 25 圖の様に速度制限區間を経てから隋走を用ひて DB を引いても B 點の速度が所定の制動開始速度以上になつて居ることがある (點線)。此の場合には實際で示す様に速度を豫め落して然る後に停止する様になければならない。此の様な制動法を 2 段制動と云ふ。B 點の速度が非常に大きい時には 3 段制法を用ひて速度を 3 回に分つて落すこともある。

(C) 制動開始前の速度 第 26 圖の様に D 點の速度が制動開始速度に一致し、そこから隋走運轉をすると DB の様に速度が上つて制動開始速度 B 點に達しない様な時には實線で示す様に DB 間は速度を上げないために制動を作用し DB を水平に引かなければならない。

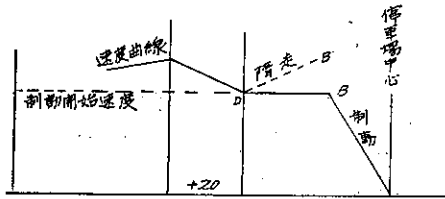
第 24 圖



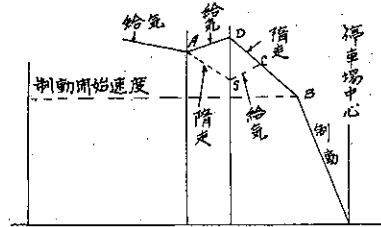
第 25 圖



第 26 圖



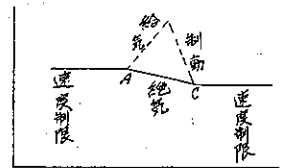
第 27 圖



(D) 給氣方法 成る可く連続的に給氣する方法をとり絶氣運轉中に小區間の給氣部分を挿まない様にする。例へば第 27 圖に於て A 點から B 點に至るのに實線と點線の 2 つの方法がある場合には實線の様に隋走中給氣區間を挿まない様な方法を探る。

然し第 28 圖の様に給氣しても直ちに制動を作用させて速度を落す様な場合には點線を用ひず實線の様な速度曲線を書く。

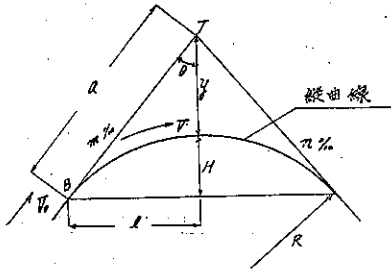
第 28 圖



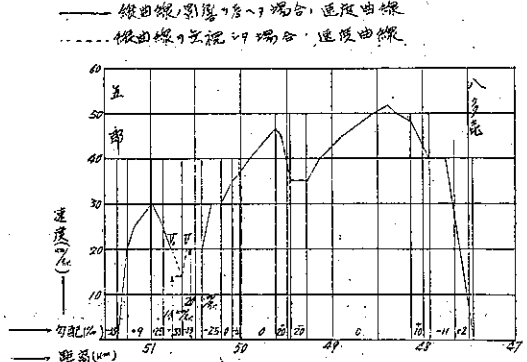
(E) 縦曲線と速度 勾配の頂點に於て本速度曲線圖示法によると速度が規程以下になる事があるが、實際には縦曲線が入るために速度は餘り下らない場合があるから一應次式を用ひて頂點の速度を檢算して見る必要がある。

$$V = \sqrt{V_0^2 + 70(gf - \gamma)} \dots \dots \dots (1)$$

第 29 圖



第 30 圖



V : 縦曲線上の頂上に於ける速度 (km/hr), V_0 : 縦曲線に入る點の速度 (km/hr.)

l : 隣接勾配線の交點 T より B に至る横距 (km), y : 勾配線と縦曲線との間に挟まれた縦距 (km),

f : V_0 に相當する機關車加速力 (t/t)

$$\text{註 勢力の恒等の考から } \frac{1}{2}mV_0^2 + gmfs = \frac{1}{2}mV^2 + mgH.$$

m : 列車の質量, s : 縦曲線の長さ g : 重力の加速度 (km/hr/hr)

今 $\sin \theta = 1$ ならば $s = a = l, H = y$

$$\therefore V = \sqrt{V_0^2 + 2g(lf - y)}$$

となるのである。茲に

$$l = \frac{R}{2000} \left(\frac{m}{1000} \pm \frac{n}{1000} \right), \quad y = \frac{1000 l^2}{2 R} \quad R: \text{縦曲線の半徑 (m)} \quad m, n: \text{勾配 (\%)}$$

今一例として八幡濱線愛媛鐵道改築部分八多喜一五郎間 50 k 560 m 33% の勾配部をとれば (第 30 圖参照)

$$m = n = 33\%, \quad R = 4000 \text{ m}, \quad l = 0.132 \text{ km}$$

$$y = 0.002179 \text{ km}, \quad V_0 = 20 \text{ km/hr}, \quad f = 21 \text{ kg/t} \cdots (0.021 \text{ t/t})$$

となるから $V \approx 20 \text{ km/hr}$.

今 f は V_0 と V との平均に相當するものを取る可きであるが縦曲線の影響によつて V_0 と V との差は餘り大きくないから V_0 に相當する f を採用しても實用上差支へなし。

第 2 章 スピード・カーブの利用法

以上説明せる處によつて或列車のスピード・カーブを容易に作成することが出来るが、次に線路選定或は列車運行計畫に當つて之が如何に利用されるかを述べて見よう。

1. 線路勾配の決定

(1) 線路選定に當り先づ考究すべき事項

新設線路の選定に當つて先づ考究すべき事は線路の使命(新線建設の目的)である、即ち該線が

軍事上必要線, 地方開發線, 改良線
臨港線, 鑛山線, 短絡線

或は夫等の組合せなりや否を考究し又之を國有鐵道建設規程に従つて其の重要程度に依り甲線, 乙線, 丙線或は簡易線の何れに該當するやを決定せねばならない。之に依つて運轉すべき列車種類は自ら定まつて來る。次に沿線の人口密度, 産業状態, 他の交通機關の有無並に其の營業状態を調査し, 經濟事情其の他の變動を豫想して

輸出入豫想貨物量, 通過旅客豫想人數

を概算する。一方建設規程で線路の種類等級に應じて停車場の待避有效長或は列車の最大軸数を定めてあるから無限に長い列車は編成出来ない。従つて其の範圍内で豫想客貨の輸送に適切な

常時運轉列車の客貨車數, 常時運轉列車の回數

を決定する精確な調査が困難であれば類似線の運轉状態に照合して決定することも出来る。

以上の順序で運轉すべき列車種類及び列車單位(牽引輛數)が定まつて來た。

(2) 線路勾配の決定

(A) 制限勾配 列車の牽引輛數は牽引荷重であるから簡易線ならば標準機關車 (C-12) の牽引定數表(丙線な

らば C-11 型 (8620 型) 乙線ならば C-54 型) を見れば該荷重は勾配何 % までは引上げられると云ふことがわかる。この勾配が甲乙 2 地間の制限勾配である。

(B) 均衡速度 今線路の勾配が上の制限勾配より大なる場合には列車は勾配を上るに従つて漸次速度が落ちて規程の許容最小速度以下となる。然しこの勾配に適した荷重を引いて居る時は勾配は無限に續いても速度は或る程度迄落ちて其の後は其のまま等速度で走るのである。此の速度は機關車の牽引力と列車の走行抵抗とが相殺して加速が無くなつた時の列車の速度である。之を均衡速度と言ふ。牽引定数だけの荷重を引いて走る場合の均衡速度は第 4 表に示す如く列車の種類に依つて違つてゐる。同一機關車で同一勾配では貨物列車の荷重が最大である。列車荷重が定数以下ではこの速度はこれより大となる譯である。要するに制限勾配とは一定荷重の列車が或る均衡速度で無限に上り得る勾配であると云ふ事が出来る。

(C) 最急勾配並に惰力勾配 (Momentum grade) 最急勾配とは或る區間中の最急の勾配を云ふのであるが常時運轉する豫定列車荷重に對して最急勾配が制限勾配より緩ならば問題は起らないが、若し急であれば或る距離を走り勾配の途中の或る點で速度が許容の最小速度と等しくなり之以上上れば此の速度以下に落ちるから麓から其の點迄の距離以上の長さの勾配は許されない。従つてこの場合の如く最急勾配には長さの制限があるわけである。併し一定ではないのであつて場所に依つて麓で相當惰力がつく所では最急勾配の長さも増して来る譯である。

惰力で充分突破出来る様な短い最急勾配は制限勾配とはならぬ。斯の如き性質の勾配を惰力勾配 (momentum grade) と云ふ。此の勾配の長さは次の (E) に依つて決定することが出来る。

(D) 勾配決定と常時運轉列車荷重 勾配は常時運轉する列車の牽引荷重を以て定むべきである。臨時の貨物列車が最大列車であると云ふてこれで勾配を決めるのは不利なることがある。此の場合は特別であるから補機を付けた方が多額の建設費を投じて勾配を緩にするよりも利益である場合がある。前の例は列車荷重が相當ある場合であるが機關車が一定して居て常時の牽引荷重が客車 1 輛と云ふ場合には充分の牽引餘力があるから、この場合には規程の許す最急の勾配を用ひて差支へない場合が起るかも知れない。

(E) 惰力勾配の決定法 惰力勾配は麓に於ける速度及び勾配の長さに関係するものであるから、これを判定するには上に述べた方法によつてスピード・カーブを畫いて見るとか或はその他の方法によつて豫め麓に於ける速度が判定できれば附圖第 3, 4 の如き速度距離曲線 (惰力勾配用) を用ひて簡単に惰力勾配が決定される。今附圖第 3 に於て C-11 型機關車が 210 ton の貨物列車を引く場合を考へる (此の場合の制限勾配 25%)。33% の勾配に 40 km/hr の速度を以て差しかゝりたりとすれば 350 m 上つて許容最低速度 17 km/hr になる。此の場合延長 350 m の 33% の勾配が極限のモーメンタム・グレードである。今若しこの勾配が 350 m 以上となれば速度は 17 km/hr 以下となるためこの場合は C-11 型機關車は 210 ton を引いて此の勾配を 350 m 以上は上れぬことゝなるから此のルートはいけなひことになり、別のルートを選ぶか又は勾配を緩にせねばならない。これは 210 ton の荷重を常時引くや否やで定まる。又 C-12 型機が 200 ton の旅客列車を引き 40 km/hr の速度で 25% の勾配に掛る時は (附圖第 4 参照) 400 m 上つた時に速度が 20 km/hr になる。これ以下には低く出来ない規定であるから 25% の勾配上で 400 m がこの場合の極限のモーメンタム・グレードである。

附圖第 3, 4 の如き惰力勾配用速度距離線は豫め各種の牽引荷重に付き作圖して置くことと便利である。

(3) 勾配補正

(A) 列車速度と曲線抵抗との關係 第 1 章 1. (3) (6 頁) に於て説明せる如く曲線は上り勾配と同様の抵抗を與へるもので其の大きさは次式で表される。

$$R_c = \frac{600}{r}$$

茲に R_c : 列車 1ton 當りの曲線抵抗 (kg) (勾配に換算せば % で表せる數値), r : 曲線半径 (m)

註 例へば $r=200$ m ならば $R_c=3$ kg/t となる。之を換算勾配とすれば 3% となる。

従つて列車が曲線上を走る場合には曲線抵抗のために上り勾配に差しかゝつた時と同様な速度變化を來すものである。其の速度變化量は抵抗に相當せる換算勾配を上る 場合のものに等し。故に上り勾配上に曲線の存在する場合には勾配による抵抗と曲線による抵抗との和に等しい抵抗を受ける、即ち上式によつて曲線抵抗を勾配に換算すれば勾配がそれだけ急になつたのと同じ結果になる 此の曲線のために 増加する抵抗は曲線長の區間だけであるから勾配が急になると見做すべき區間は曲線部分だけである。依て勾配の途中に急勾配を挿入した結果となる。此の爲にこの曲線區間は一つの惰力勾配を挿入したと考へてよい。そう考へて來ると列車速度に與へる 影響は惰力勾配と同一に扱つてよから曲線の勾配上に於ける位置と其の長さが問題になる。

勾配にかゝる時の列車速度、曲線の長さ、曲線始點と勾配麓との距離によつては必ずしも 勾配補正を行ふ必要がない。列車惰力に依つて充分突破し得るかも知れない。然し或る距離以上上つた所に 曲線がある場合には 列車の惰力が少くなり曲線のために速度が規程以下になる虞がある、此の場合には 勾配補正をして勾配を 曲線抵抗に相當するだけ緩にせねばならぬ。

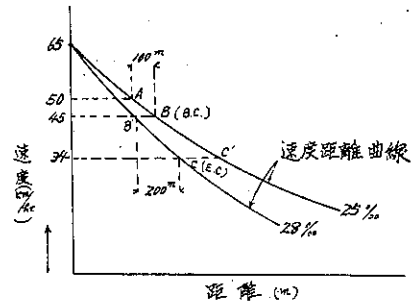
(B) 勾配補正の方法 惰力勾配用の速度距離曲線附圖第 3, 4 を見ると各種の勾配を上つて行く時の速度の落ち方が分る。此の曲線を用ふれば勾配の補正の要不要が分る。例へば制限勾配 25% の線に於て 機關車が牽引定數一杯に引いて居り、制限勾配中に $r=200$ m の曲線がある場合を考へて見る。勾配麓の速度を 50 km/hr とし $r=200$ m の曲線の B.C が麓から 100 m 上つた所にあり曲線長を 200 m とすれば補正の必要の有無を見るには惰力勾配用の速度距離曲線 (附圖第 3) を用ふればよい、 $r=200$ m の曲線抵抗は

$$R_c = \frac{600}{200} = 3(\%)$$

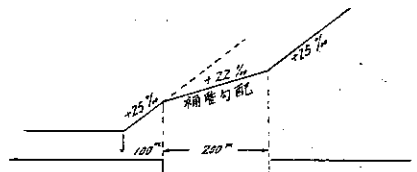
故に合成勾配は $25+3=28(\%)$ となる。

故に +25% の勾配中の曲線部分に +28% の惰力勾配が置き換へられたものと考えられる。第 31 圖から速度 50km に相當の A 點を +25% 勾配の麓の點とす。曲線は之より距離 100 m の所で始まる、この點は B である。この點では速度は 45 km になつて居る。依て速度 45 km で曲線にかゝる譯である。これから勾配は +28% に相當するから +28% の速度曲線を用ふ。B.C の速度と同じ速度の點を +28% の速度曲線に求めれば B 點と同一高さにある B' 點である。此の B' 點から曲線長 200 m に相當する水平距離の點 C を +28% 曲線上に求めれば E.C の速度は 34 km/hr である。曲線を過ぐれば又 +25% の勾配となるのであるから C 點を +25% の曲線上の C' 點に移せば以後の速度は +25% の曲線によつて下つて行く。此の例の様に C 點が規程の最低速度 17 km/hr 以上なればこの曲線は制限勾配には影響を與へないことになるが、若し B' 點と C 點との間に速度が 17 km/hr 以下になつた場合には曲線部だけは勾配 +25% を 3% だけ補正し +22% とすべきである (第 32 圖参照)。

第 31 圖



第 32 圖



前述の如く各點の速度を求めて行ふ場合に問題の勾配に該當する速度距離曲線がない時は挿入法によつて求む。

(C) 勾配補正を要する曲線部分のスピード・カーブの書き方 上り勾配上にある曲線部分はあたかも惰力勾配が其の部分に入つたものと考え得られるのであるから、曲線部分のスピード・カーブは勾配補正を行つた勾配を加速力曲線上の縦座標上にとつて畫けば良い。例へば上述の例の場合には直線部分は +25% とし曲線部分の勾配は +28% として畫くことになる。下り勾配上にある曲線部分は補正勾配だけ下り勾配が緩になつたものと見做してスピード・カーブを畫く。

(D) 勾配麓に於ける速度の簡易査定法 勾配麓の速度は勾配決定上重要な意味を持つものであるから各場合毎に一々スピード・カーブを畫いて求むれば最も確實な値を得られるのであるが、唯見當をつけるだけの目的には少々面倒である。かかる場合には平均勾配と速度距離曲線とを用ひて次に述べる様に簡単に査定することが出来る。茲に平均勾配とは

$$\frac{\text{勾配麓と停車場中心との標高差}}{\text{勾配麓と停車場中心との水平距離}} = \frac{h}{l} \times 1000 = i(\%)$$

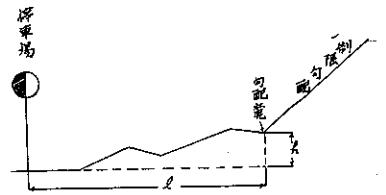
を云ふ。(第 33 圖)。

又此の査定法に用ふる速度距離曲線は或る牽引重量の列車が出發してから速度が段々上つて行く状態と走行距離及び勾配との關係を示したもので附圖第 3, 4 の下段に例示したものがそれである。

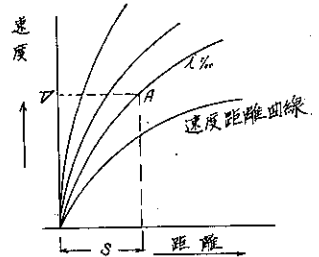
今牽引重量 W 、平均勾配 i 及び麓迄の距離 S が判れば該牽引重量に相當する速度距離曲線中平均勾配 i に該當する速度距離曲線上に距離 S の相當點 A を求むれば A 點の速度 V は勾配麓の速度である(第 34 圖参照)。

若しこの V が制限速度を超過する場合には制限速度を以て勾配麓の速度とする。勾配 i に相當する速度距離曲線がない場合は挿入法によつて求む。

第 33 圖



第 34 圖



2. 運轉時分の豫定

(1) 運轉時間算出の場合の牽引荷重

勾配決定の時に査定する荷重は常時運轉時の荷重をとるか運轉時分の算出の場合の荷重は余裕を見るため停車場の有効長を無視して牽引定數一杯を牽引するものとする。

(2) 運轉時分に對する割増程度

元來スピード・カーブに用ひた機關車の牽引力は使用燃料の發熱量、燃焼率及び蒸發量を或る平均値を用ひて計算したのであるが之等の値は實際に於ては、自然的に或は人爲的に相當の開きがあるのは勿論であり、尙又既述の方法で求めた運轉時分はその列車を兩驛間に運轉するに要する最小の時分を與へるものであるから實際に列車運行表を計畫する場合には機關助手の過勞或は列車遅延の恢復等を豫想して此の運轉時分に相當の余裕を見込むべきである。

然し上述の如く運轉時分算出の場合の牽引荷重を牽引定數一杯にとることにしてあるから地方旅客列車の如く常時短い列車を牽引するものは荷重に對して相當の余裕を有することになるし尙又其の給水は假定の如き連續的

給水法によらず惰力運轉中或は停車中に給水するため此の灌水補給法の差によつて牽引力に相當の余裕を生ずることになるからスピード・カーブから算出した運轉時分には相當の余裕を有してゐることになる。従つて之に更に割増をする必要は認められない。然し貨物列車の如きは牽引定數一杯を牽引する場合は比較的多く且つ貨物列車の性質上頻度の列車遅延を恢復するには荷重に對する余裕がないため時間的の余裕を要求されることになる。此處では従來の運轉課の査定法に倣ひ昭和 9 年の運轉研究會の經過を酌量して次の如き割増率を採用することとした。

旅客列車	0 (但し速度制限を受ける區間長き時は 10% 迄増加することを得)
混合列車	10%,
貨物列車	20%

註 1. 従來の鐵道省運轉課査定の割増率を示せば次の如し。

尙旅客列車で速度制限を受ける區間が長い時は割増を多くする様にしたのはかゝる區間では運轉時間に餘裕が少いと往々制限速度を超過する如き運轉をなす虞があるからである。

列車種類	割増係數	
特別急行旅客(通)	1.02	但し下り勾配等のため制限速度にて運轉する距離長き時は 1.10 迄割増す
急行旅客(通)	1.05	
直 行 旅 客(停)	1.05	
地 方 旅 客(停)	1.00	
混 合(停)	1.15	
急行、直行貨物(通及停)	1.30	
地 方 貨 物	1.30	

註 2. 昭和 9 年の鐵道省運轉研究會の經過によれば“機關車の彈性を考慮し計畫時分に對する割増を施さざることとし寧ろ運轉線路と機關車の能力其の他を吟味して適當なる處理をなすこと”とした。即ち運轉時分の短縮を主眼として計畫時分に對する割増は原則として認めないこととし、唯使用機關車とか線路の狀況による焚火操縦上の難易、地方的天候、氣候の差異、列車の種類及び使用石炭の良否等を考慮し當該線路運轉時分の割増の要否及び其の程度を決定することにしたのであるが、建設線の列車運行表を豫定する場合之等諸種の條件を一々検討吟味して割増率を査定することは困難を伴ふから、上記の如く列車別に割増率を一定したのである。

3. 運轉用炭水消費量の査定

或一つの區間を運轉するに要する石炭量及び水量をスピード・カーブ同様に圖式に依つて求める方法を説明す。此の方法で求めた石炭量は次の假定に依るものであつて實際に使用される石炭量とは必ずしも一致することはないが大差はないから所要石炭量と見做すも差支はない。尙機關車用給水量は石炭消費量に比例して求められる。

(1) 炭水消費量査定上の假定

1. 石炭 1 kg の發熱量を全國平均の 6500 カロリーとす。
2. 投炭量は發車より 1 分時を走行したる後は原則として火床 1 m² 當り 1 時間に 550 kg を燃すものとす (燃燒率 550 kg/m²/h)。
3. 絶汽運轉中は焚火せざるものとす (但し絶氣運轉中の石炭使用量は附録 B 参照)。
4. 發車から 1 分時を走行する間は所定の加速度を與ふるに必要なだけの石炭を消費するものとす。但し 550 kg/m²/h 以上は投炭せざるものとす。

(2) 炭水消費量曲線の畫き方

(A) 出發より 1 分時走行以後の石炭量の求め方 石炭量は石炭 1 kg の圖面上の目盛を 1 mm とし時間曲線と同様にして求められる。只時間曲線の時の P 點 (原點 O から 3 cm 下の點) のかわりに Q 點を用ふるだけの違である。此の Q 點の位置は火床面積及び燃燒率に依つて異なるものであり、C-11 が 550 kg/m²/h で運轉され

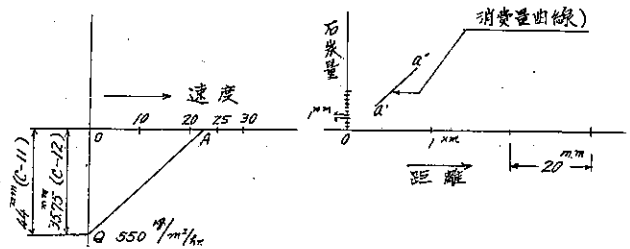
た場合には O 點から Q 點までの距離

$OQ=44\text{mm}$, C-12 の場合には $OQ=35.75\text{mm}$ となる第 35 圖。此の様にして求めた Q 點と平均速度に相當する點 A とを結んだ直線 QA に平行に消費量曲線 $a'a''$ を引けば所要石炭量は a' と a'' の縦座標高の差で表はされる。

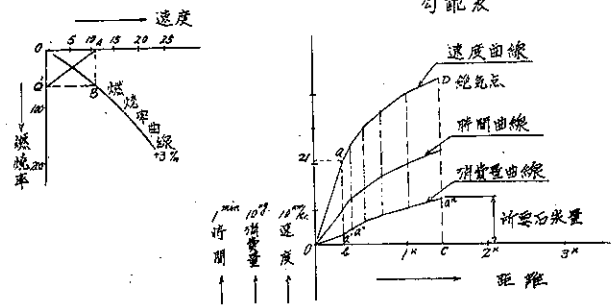
(B) 出發後 1 分時迄の部分に對する石炭量

の求め方 今 C-11 機が貨車 120 ton を牽引して停車場を出發する場合を考へるに線路勾配を +3% とすれば列車の加速度は 0.35 km/hr/sec であるから 1 分間後には 21 km/hr の速度となる。この時迄の石炭量を求めるには出發時の速度燃焼率曲線 (附圖第 5) を見て牽引重量 120 ton, +3% に相當する曲線上にて O と 21 km/hr の平均速度 10.5 km/hr に相當する點 A を求め之から垂線を下し燃焼率曲線との交點を B とすると AB は所要平均燃焼率である。次に之を横に移し O の下に Q' をとり是と平均速度 10.5 km/hr に相當する A 點とを結んだ $O'A$ に平行に勾配表の原點 O から直線を引きこれと速度曲線上の 21 km/hr に相當する點 a からの垂直線との交點を a' とすれば Oa' は消費量曲線となり $a'b$ が出發より 1 分時を走行する間の石炭消費量を表はす。但し此の間の消費量は O と 1 分後の速度との平均速度に相當する點を一つ求めてこれに相當する曲線を畫けば充分である。(第 36 圖)

第 35 圖



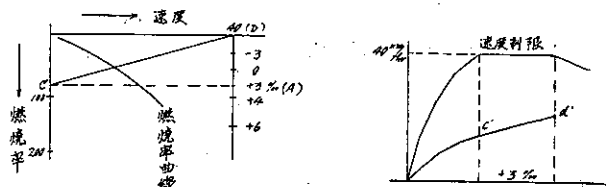
第 36 圖



(C) 速度制限を受けて居る區間の石炭量の求め方 速度制限を受けつゝ等速度運轉をなして居る區間の運轉方法を考ふるに下りの急勾配區間では絶氣制動運轉となるが或る一定勾配以上では、燃焼率を 550 kg/m²/hr に上げる譯にはゆかないが全然石炭を燃やさぬ譯にはゆかない [この限度勾配は附圖第 6 速度燃焼率曲線の最高速度に相當する欄の○内に附記した]。その區間では機關車は勾配抵抗と制限速度に相當する走行抵抗との合計に等しい出力を要する。この出力に相當する石炭消費量を求むるのである。

例へば簡易線で +3% の勾配を最高速度 40 km/hr で運轉して居る場合の消費量を求めんには附圖第 6 の速度燃焼率曲線中の 40 km/hr に相當する點からの垂直線上の (+3%) の點 A に相當する燃焼率 C 點と 40 km/hr の D 點とを結んだ直線 CD に平行に勾配表上に消費量曲線 $c'd'$ を畫けば該區間の石炭量を得るのである。(第 37 圖)

第 37 圖



註 丙線に於て混合及び貨物列車の最高速度は 60 km/hr であるが、下り勾配に依る制限のため 55~50 km/hr で等速度運轉をなす場合があるから此の時はそれに相當する速度燃焼率の關係を使用しなければならぬ。

(D) 使用水量の算出法 石炭 1 kg に対する所要水量 (蒸發力) は次の如く查定する。

C-11 に對し 6.3 立, C-12 に對し 5.5 立

従つて機關車の運轉に使用される水量は次の如くなる

C-11 に對し [使用水量(立)] = 6.3 × [消費石炭量(kg)]

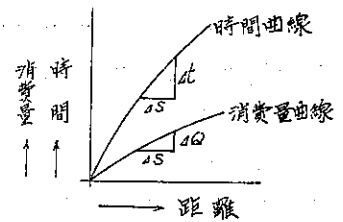
C-12 " ["] = 5.5 × ["]

(3) 燃料消費量曲線の説明

(A) 理論及び縮尺

- V: 速度
- Δs: 極く短き距離 (km)
- Δt: Δs を走る時間 (min.)
- ΔQ: Δs を走るに要する石炭 (kg)
- $\Delta Q = \frac{BG \cdot \Delta t}{60}$
- G: 火床面積 (m²)
- B: 燃焼率 (kg/m²/hr)

第 38 圖



今第 38 圖の様な時間曲線, 消費量曲線が出来上つたものとする

$$\frac{\Delta Q}{\Delta s} = \frac{BG \Delta t}{60 \Delta s} = \frac{BG}{V} \dots (1)$$

又時間曲線の場合に説明した如く

$$\frac{\Delta t}{\Delta s} = \frac{1}{V} \dots (2)$$

(1) 式と (2) 式を比較して見ると全然同じ形になつて居る只だ 1/V の代りに

$$\frac{BG}{60V}$$

となつて居るだけである。故に時間曲線を求むる時の ρ (1 に相當する圖面上の長さ = 30 mm) のかはりに BG/60 を圖面上の長さで測つた點 Q を求めこの點に依つて時間曲線と同様の方法で消費量曲線を畫けばよいことになる。次に OQ の長さを求めんに (第 39 圖)

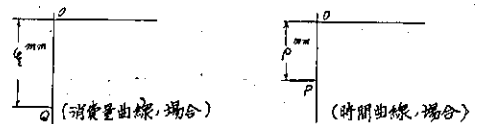
今 ω (mm): 1 kg の石炭量を表はす圖面上の長さとする。

ξ (mm): OQ ($\frac{BG}{60}$) を表はす圖面上の長さとする。

ρ (mm): 時間曲線の OP を表はす圖面上の長さとする = 30 mm

μ (mm): 時間曲線 1 分を表はす圖面上の長さとする = 10 mm

第 39 圖



$$(1)+(2) \quad \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{60}{\Delta t} = \frac{BG}{60}, \quad \therefore \frac{60}{\Delta t \mu} = \frac{\xi}{\rho}, \quad \therefore \frac{BG}{60} \cdot \frac{\omega}{\mu} = \frac{\xi}{\rho}$$

$$\therefore \xi = \frac{BG}{60} \cdot \frac{\omega \rho}{\mu}$$

然るに ρ = 30 mm, μ = 10 mm

$$\text{又 } \omega = 1 \text{ mm とすれば } \xi = \frac{BG}{60} \cdot \frac{1 \times 30}{10} = \frac{BG}{20} \dots (3)$$

C-11 型機關車にあつては $G=1.6 \text{ m}^2$

$$\therefore \xi = \frac{1.6}{20} B = 0.08B$$

$B=550 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ ならば $\xi=OQ'=44 \text{ mm}$ 又 $B=100 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ ならば $\xi=OQ'=8 \text{ mm}$ となる。

C-12 型機關車にあつては $G=1.3 \text{ m}^2$

$$\therefore \xi = \frac{1.3}{20} B = 0.065B$$

$B=550 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ ならば $\xi=35.75 \text{ mm}$

同様に C-11; C-12 以外の機關車に就いても該機關車の火床面積 G を知れば其の機關車の 使用石炭量を出すに必要な OQ の長さは上記 (3) 式から出すことが出来る。今参考のため各種機關車の 火床面積及び 燃焼率を $550 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ としたる場合の OQ の長さ即ち ξ を示せば第 27 表の如し。

第 27 表

機關車型式	火床面積 (m ²)	ξ (mm) @ 550
1070	1.32	36.3
3400	1.32	36.3
2120	1.31	36.0
8620	1.63	44.8
6760	1.13	44.8
8100	1.67	45.9
9600	2.32	63.8
C-10	1.60	44.0
C-56	1.30	35.8
D-50	3.25	89.4

(B) 出發時の燃焼率の計算法 出發より 1 分間は所定の加速度を出すに必要なだけの石炭を消費すると云ふことにしてあるから次の算式が成立する。

$$T_b = R_t + R \cdot W + (W_e + W)(30\alpha \pm i)$$

茲に T_b : 牽引力 (kg) = $f(V \cdot B)$,

R_t : 機關車抵抗 (kg) = $f(V)$

R : 牽引車輛走行抵抗 (kg/ton) = $f(V)$,

α : 加速度 (km/hr/sea) = 一定

W : 牽引重量 (ton) = 一定,

W_e : 機關車重量 (ton) = 一定

i : 勾配 (%) = 一定(上り+, 下り-)

上記中 W_e, W, α, i は一定であるから各速度に對する R_t, R を計算し、これに加速度抵抗及び勾配抵抗を加へて所要の加速度を出すに必要な牽引力 T_b を計算する。而してこの T_b を出すに必要な燃焼率 B の値は次の式から計算される。

$$T_b = \frac{T_m V_m}{V} \cdot \eta, \quad V_m = \frac{270 \text{ HP}_m}{T_m}$$

$$\text{HP}_m = \frac{Q}{S}, \quad Q = \frac{BGM_e}{h} \quad (\text{スピード・カーブの説明参照})$$

上式より各種機關車及び牽引重量に付き 速度と燃焼率との關係を求め附圖第 5, 6 の如き圖を豫め作つて置く。勾配の表記以外のものは挿入法に依つて求めることとする。

(C) 等速度運轉をなす區間の燃焼率の求め方 等速度運轉をなす區間の力の關係式は次の如くである。

$$T_b = R_t + RW + (W_e + W)i$$

此の T_b を出すに必要な燃焼率を上述した公式から算出し、速度燃焼率曲線に附記しておく。即ち簡易線では最高速度 40 km/hr に相當する點の垂直線上に、丙線の混合及び貨物に對しては 60 (55 or 50) km/hr の垂直線上に示した諸點がそれである。

(D) 蒸發力 今燃焼率が $550 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ (constant) なる場合石炭 1 kg で幾何の蒸氣を發生し得るかを計算すれば次の如し。

$$\text{蒸發量に對する公式} \quad Q = \frac{BGM_e}{h}$$

に於て石炭の發熱量 (M) を 6500 cal/kg ととれば
各機關車の蒸發力 (石炭 1kg 當り蒸發水量) E は

$$E = \frac{Q}{BG} = \frac{Mc}{h} \dots \dots \dots (A)$$

なる故 C-12 型機に對して $M=6500$, $h=715$ cal, $e = \frac{1}{1+0.00153E} = 0.544$ であるから

$$E = \frac{6500 \times 0.544}{715} \doteq 5.0 \text{ kg or l}$$

又 C-11 型機に對し $M=6500$, $h=645$ cal (給水溫め器付)

$$e = \frac{1}{1+0.00139E} = 0.566 \text{ なる故, } E = \frac{6500 \times 0.566}{645} \doteq 5.7 \text{ kg or l}$$

上は燃焼率が常に 550 kg/m²/hr の場合であるが出發時及び等速運轉時等にて燃焼率を低下したる時は汽罐効率 e が良くなるから E の値も大となる。従つて上述の石炭消費量曲線から算出した石炭消費量より機關車に積載すべき所要水量を算出する場合には上の E の値に餘裕を與へねばならない。之を 10% と假定すれば

$$C-12 \dots \dots E=5.0 \times 1.1=5.5, \quad C-11 \dots \dots E=5.7 \times 1.1=6.3$$

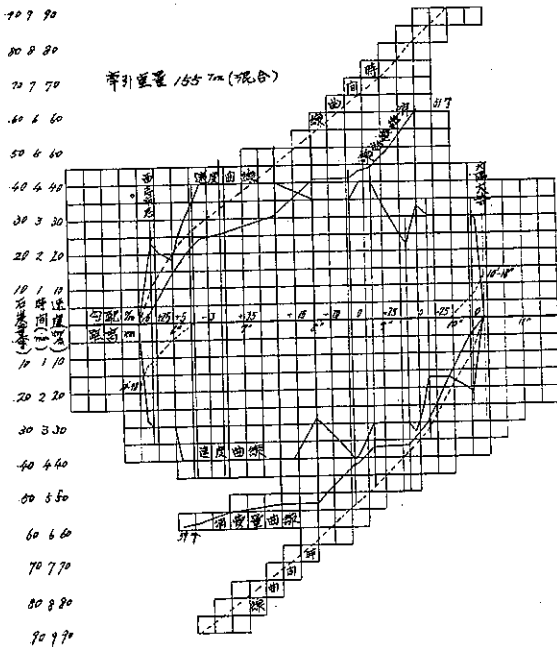
註 (A) 式より分る如く E は機關車の型式に依つて其の値を變ずること少く寧ろ給水溫め器の有無, 石炭の品質, 燃焼率の大小等に依ることが多い。

(4) 計算例

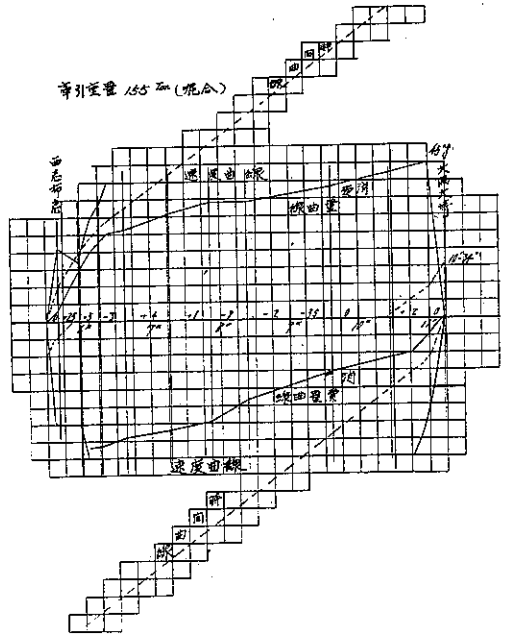
古江線西志布志・大隅大崎間に C-12 が混合列車 (牽引重量 155 ton) を牽引せる場合の石炭消費量を本方法で求めたものが第 40 圖及び第 41 圖に示してある。この圖表より 2 つのルートと比較して見ると

平坦線	西志布志 → 大隅大崎	石炭消費量	45 kg
	大隅大崎 → 西志布志	"	37 "
		計	82 "

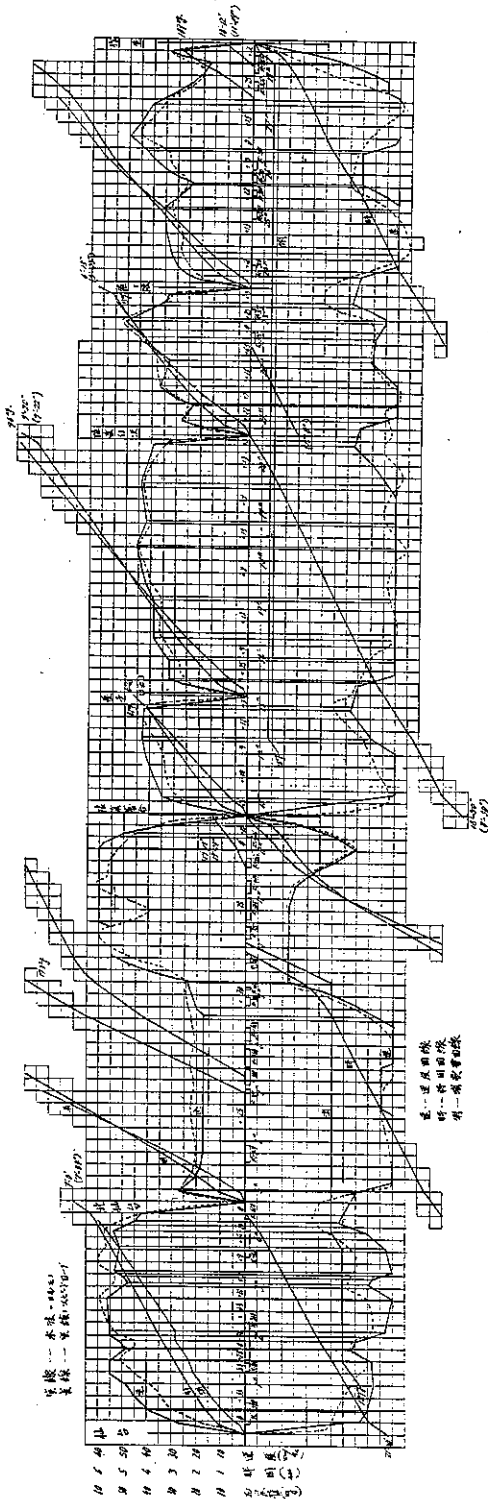
第 40 圖 勾配線



第 41 圖 平坦線



第 42 圖 C-12 155 t 牽引旅客列車



勾配線	西志布志 → 大隈大崎	石炭消費量	61 //
	大隈大崎 → 西志布志	"	59 //
		計	120 //

1 往復につき兩線石炭消費量の差 = 38 kg

石炭 1 ton の單價を給炭水費を含めて 10 圓, 資本利率を 0.04, 列車回数を 7 往復とすれば 1 箇年に付き

$$\text{石炭費} = 365(\text{日}) \times 38(\text{kg}) \times 7 \times 0.01(\text{圓}) = 970 \text{ 圓}$$

資金に換算すれば 970/0.04 = 24 200 圓 となる依つて石炭費だけの立場から見れば勾配線の建設費が平坦線の建設費よりも 24 200 圓以上安くなつて始めて有利となる譯である。

(5) 實例と本法との比較

以上によつて求めたスピード・カーブ, 時間曲線, 燃料消費量, 使用水量等と實績とを比較するため一例として昭和 8 年 4 月仙臺鐵道局運轉課で仙山線仙臺・作並間に於て C-12 型機の性能試験を行つた際の實驗成績を取ることにする。

此の試験列車はボギー客車編成の旅客列車で下りは各驛停車, 上りは陸前落合のみに停車する急行である。

其の主なる基礎數値を比較すれば第 28 表の如し。

第 28 表

制限勾配 %	水 法		實 績	
	25	25		
牽引重量 ton	155	150		
石炭消費量 %	65.00	67.00		
燃 燒 率 %	530	555		
平均給水溫度 °C	15	15	122.0	120.5

速度制限は丙線の規定に依るものとし本法によりスピード・カーブ, 時間曲線, 燃料消費量曲線を畫けば第 42 圖

第 29 表 總 括 表

		下 り		上 り	
		水法=25%	實 績	水法=25%	實 績
運転時分 ('-')	走行	56-51	55-40	60-60	44-16
	給 電	47-54	47-54	12-58	13-16
	割合 (%)	84.5	86.0	31.9	30.0
走行距離 (km)	全 距 離	28.7	28.7	28.7	28.8
	給 電	23.7	24.2	4.9	4.4
	割合 (%)	82.5	84.5	17.0	15.1
平均速度 (km/h) (%)		30.3	31.0	42.7	39.0
石炭消費量	總 量 (T)		578.1		199.6
	力行時石炭消費 (T)	533	548.1	140	118.5
	牽引距離あたり (kg)	9.18	10.13	2.61	2.794
	燃 燒 率	550	555	550	555
炭 火 率	投炭杯数		460		167
	一回投炭量 (g)		1.26		2.755
水消費量	總 量 (T)	2740	2747	770	828
	炭火日 (kg)	5.5	5.10	3.5	5.19

の如し。

之と實績とを比較すれば第 29 表及び第 30 表の如し。

第 30 表を見るに下り列車の石炭消費量の欄に於て始發驛と終端驛に於て甚だしく差異があるがこれは始發驛に於ては蒸氣の不足を補ふため必要以上の投炭をなし終端驛に於ては多量の蒸汽不足を顯ず、投炭量を加減せることによるものである。

本法より求めたる石炭消費量は絶氣運轉中の石炭量を含んでゐない、此の石炭量は附録 B を参照せられたい。

4. 附 録

(A.) 1. 機關車牽引力の彈性

以上述べたスピード・カーブ及び燃焼率曲線は石炭の發熱量を全國平均の 6500 cal/kg、燃焼率の連続的の最大を 550 kg/m²/hr と假定して求めたのであるが實際に使用する石炭の發熱量は炭種により 5000~7500 或は其れ以上の開きがあり、又燃焼率も種々に變化するものであるからそれ従つて蒸發量及び牽引力の値が變つて来る。

今蒸發量の算式 $Q = BGMe/h$ に於て B 及び M の種々の値に對して蒸發量 Q を計算し、之と $B = 550 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ 、 $M = 6500 \text{ cal/kg}$ なる時の蒸發量（之を標準蒸發量と名付く）との比を蒸發量割合と稱し、之を m と置けば C-12 型機に對しては標準蒸發量は 3533 kg/hr であるから $m = Q/3533$ となる。

今 C-12 機に付き B, M, m の關係を圖示すれば第 43 圖の如く、又かゝる蒸發量割合 m に對して各種の速度に對して各種の速度に付き牽引力を求めれば第 44 圖の如し。例へば

	$B = 600 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$	$M = 6000 \text{ cal/kg}$	$m = 0.965$	であるから	$V = 30 \text{ km/hr}$	に對し	$T_b = 5300 \text{ kg}$
又	500	6000	0.875		20		5000
又	500	5500	0.800		20		4700

斯の如く機關車の牽引力は使用燃料の優劣及び燃焼率の多小に依つて可成りの彈性のあるもので牽引重量が一定ならば加速度或は均衡速度に影響を及ぼすべく、従つてスピード・カーブの形即ち運轉速度及び運轉時間に相異を來すことになる。今其の一例として C-12 機が 155 ton 牽引の場合の加速度曲線が蒸發量割合 m に依つて如何に變化するかを第 46 圖に示した。

2. 使用燃料の發熱量及び燃焼率が變化せる場合に於ける牽引定數並に燃料消費量の近似的查定法

上述の様に牽引力は使用石炭の品質及び燃焼率に依つて其の値を變化するものであるが、今若し石炭の品質が變つた場合にもその發熱量に應じて燃焼率を適宜増減すれば發熱量 6500、燃焼率 550 の時の牽引力（之を標準牽引力と名付く）と同大の牽引力を出現せしめることが出来る。即ち此の時はスピード・カーブの形は標準牽引力の場合と同一になり唯燃焼率の値が變つてくることになる。

今之の標準牽引力を發生するに必要な燃焼率と石炭發熱量との關係を求めれば第 47 圖の如くであつて、若し

第 30 表 各停車場間對照表

下り列車

	運轉時分		給炭時分		炭種投炭枚数		石炭消費量		
	水法	炭線	水法	炭線	2行時	1行時	水法	炭線	
仙台	7-10	7-04	5-45	6-18	107	8	61	134.9	10.1
北仙台	19-20	17-19	15-15	12-50	114		173	143.6	
海合	4-40	5-03	4-10	4-30	43	7	41	54.2	8.9
愛子	9-20	9-22	9-40	8-38	85	4	94	107.9	5.1
白根	6-15	5-43	4-28	5-01	40	4	55	50.4	5.1
作並	10-12	11-07	9-40	10-37	46	2	109	59.2	2.5
計	56-51	53-40	47-54	47-54	435	25	535	548.1	31.6
					460			579.7	

上り列車

	運轉時分		給炭時分		炭種投炭枚数		石炭消費量		
	水法	炭線	水法	炭線	2行時	1行時	水法	炭線	
作並	6-30	7-28	1-20	1-14	5	5	9	4.8	4.9
熊ノ根	3-30	3-57				6			5.7
白根	3-44	5-47				12			11.5
愛子	3-10	3-33	0-24			10	4		9.6
海合	15-40	14-35	10-20	11-09	112	7	115	107	6.7
北仙台	6-10	7-10	0-54			7	3		6.7
仙台					124	43	140	119.5	41.2
計	40-40	44-16	12-59	13-16	167			159.7	

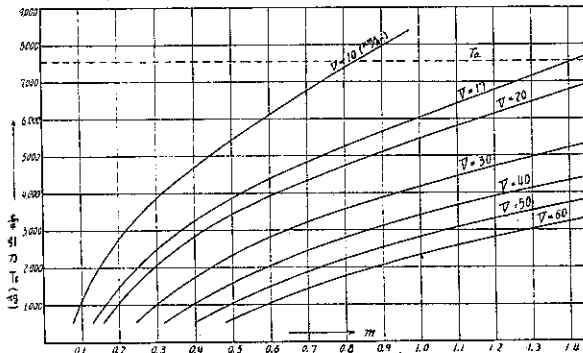
發熱量 6800 なるときは 燃焼率を 510 に
 " 6000 " " 640 に

すれば標準牽引力を發生するから此の場合には本法より算出せるスピード・カーブと同様の運轉状態を示し、從つて運轉時間も同一と見做すことが出来る、而して此の時の石炭消費量は

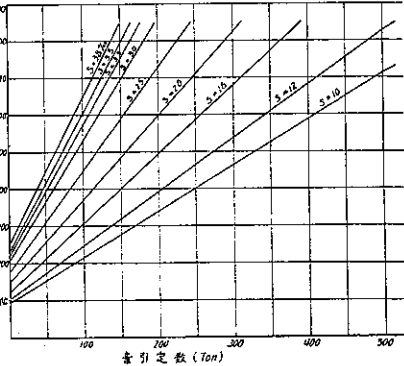
$$[\text{本法より得たる石炭消費量}] \times \frac{[\text{所要燃焼率}]}{550}$$

となる。然し乍ら實際問題として燃焼率は線路の状態、機關助手の疲勞、汽竈効率の低下等を考慮して之を適當なる範圍内に收めねばならないのであつて、假令へ石炭の品質が悪いからと云つて無暗に石炭を澤山燃すわけにはゆかない。然らば此の燃焼率の最大限度を如何に取るかと云ふに嚴格に或一定値を以て決定することは出来ないが上り勾配の長く續かない線路では機關助手の勞力上の點のみから云へば C-11 及び C-12 型に對して夫々 700~800 kg/m²/hr 迄上げても大なる支障はないと云はれてゐるが、それでは汽竈效率が非常に低下するので此の點から燃焼率の最大限度を 600~650 kg/m²/hr とするのが適當である。從つて今若し石炭の發熱量が 5800 cal なる場合には標準牽引力を發生するに約 630 kg/m²/hr の燃焼率としなければならないが、それでは上記の最大限を超過するから燃焼率を適宜下げなければならない。從つて牽引力も低下するため牽引定数を下げねばならないことになる。何となれば列車は上り制限勾配に對して均衡速度が規定されてゐて若し運轉速度が之れ以下に下る場合には牽引重量を減じなければならないからである。而して既述の如く上り制限勾配に對して同一均衡速度にある 2 つの列車は他の勾配に於ても略同様の運轉状態をなすと云ふことから今石炭の發熱量と燃焼率とが豫定されたために蒸發量割合 m が標準値と變つて來ても適宜牽引重量を増減して上り勾配を規定の均衡速度で運轉できる様

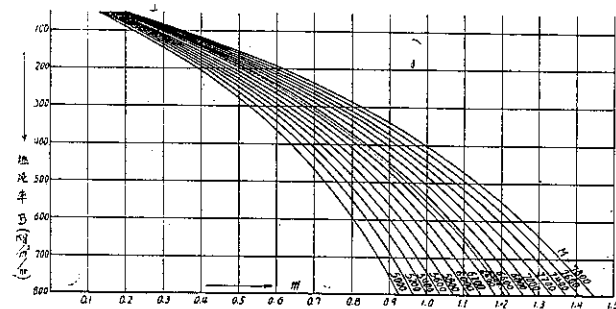
第 44 圖



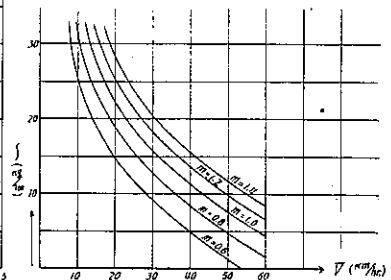
第 45 圖



第 43 圖



第 46 圖



にすれば、その時の運轉速度及び時間は本法による標準の牽引力 ($B=550, M=6500$) から計算した速度及び時間と同一になるから計畫と同一の運行表で列車の運轉ができるわけである。而して此の場合の蒸發量割合 m に應ずる牽引重量を決定するには第 45 圖を使用すれば良い。即ち先づ第 43 圖に於て與へられたる B と M に相當する點を求め、此の點を通る垂直線が第 44 圖に於て均衡速度に相當する曲線と交はる點を横に移して第 45 圖に於て制限勾配に相當する S の線と交はらしめるとその點が牽引定數を示してゐる。而してこの場合の石炭消費量は

$$[\text{本法に依り求められたる石炭消費量}] \times \frac{[\text{所要燃焼率}]}{550}$$

にて與へられる。例へば前例をとつて石炭の發熱量が 5800 cal/kg 、制限勾配 25% なる線路に於て牽引定數を標準の 15.5 輛とすれば燃焼率は $680 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ にしなければならないが、それでは罐効率が非常に悪くなるから之を $600 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ とすれば牽引定數は 14.5 輛に減じなければならないことになる。その時の燃料消費量は

$$[\text{本法より求めたる消費量}] \times \frac{600}{550}$$

となる。C-12 型機以外の機關車に之を應用するには先づ C-12 に對する 所要牽引定數を求め之より第 9 圖を利用して該機關車の牽引定數に換算すれば良い。

(B.) 絶氣運轉中の石炭消費量

燃料消費量算出の場合計算の便宜上絶氣運轉中は焚火せざるものと假定したが、實際では放熱作用及び制動管空氣漏洩並に制動作用による罐壓力の降下を防ぐため所要の石炭量を必要とするもので、此の量は同一列車についても運轉速度、外氣の溫度、制動機の狀態、

制動時間、制動管減壓量、其の他種々の因子によつて其の値を異にするものであるが、概數として茲では次の如き値を査定することとした。

- (1) 放熱作用及び制動機空氣漏洩に對する石炭燃焼率 $25 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ 。
- (2) 制動に要する石炭量は

停車場に進入する場合	1.0 kg
下り急勾配線で等速運轉をなす場合	0.5 kg

茲に (1) は絶氣運轉中絶えず必要なる石炭量(制動作用中をも含む)であり、(2) は制動の都度之を加算すべきである。

註 1. 放熱作用による損失燃料

$$J = A(0.000804V + 0.0409) \{1 + (0.168 - 0.0063t) + (0.0223P - 0.24)\}$$

茲に J : 蒸氣の凝結量 (kg/min), A : 罐の表面積 (m^2),
 t : 外氣の溫度 ($^{\circ}\text{C}$), P : 罐壓力 (kg/cm^2), V : 運轉速度 (km/hr)

(山内三郎: “蒸氣列車運轉に對する燃料消費量の圖式算出法” 業務研究資料第 20 卷第 3 號による。)

今 C-12 型機關車を使用する場合には

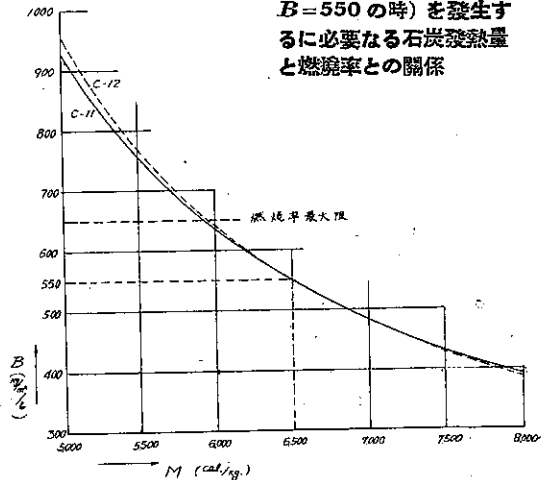
$$A = 17.4 \text{ m}^2, t = 15^{\circ}\text{C}, P = 14 \text{ kg/cm}^2$$

として $J = 0.016129V + 0.82033$

此の蒸氣損失を補ふため必要なる石炭燃焼率は次式から求められる。

$$Q = \frac{BGM_e}{h} \text{ 又は } B = \frac{60 \cdot J \cdot h}{G \cdot M_e}$$

第 47 圖 標準牽引力 ($M=6500, B=550$ の時) を發生するに必要なる石炭發熱量と燃焼率との關係



茲に Q : 蒸發力 (kg/hr)=60 J , G : 火床面積 (m²)=1.3 m²
 M : 石炭發熱量 (cal/kg)=6500, e : 氣罐效率 =0.8 (假定)
 h : 水 1 kg を蒸發するに要する熱量 (cal)=715 cal, B : 所要石炭燃焼率 (kg/m²/hr)
 上式より B を求むれば

速 度 (km/hr)	0	10	20	30	40	50	60	70
燃 焼 率 (kg/m ² /hr)	5.2	6.2	7.3	8.3	9.3	10.3	11.3	12.4
石炭使用量 (kg/hr)	6.8	8.1	9.5	10.8	12.1	13.4	14.7	16.1

又 C-11 型機關車に對しては
 $A=18.8$ m², $P=14.0$ kg/cm², $t=15^{\circ}$ C
 $G=1.6$ m², $e=0.8$ (假定), $h=645$ cal/kg

として上式に依つて所要燃焼率を求めると

速 度 (km/hr)	0	10	20	30	40	50	60	70
燃 焼 率 (kg/m ² /hr)	4.1	4.9	5.7	6.6	7.4	8.3	9.0	9.8
石炭使用量 (kg/hr)	6.5	7.8	9.1	10.6	11.8	13.3	14.4	15.7

註 2. 制動機空氣漏洩による損失燃料 (山内三郎: “蒸氣列車運轉に對する燃料消費量の圖式算出法” 業務研究資料第 20 卷第 3 號による)

客貨車の制動管の漏洩度を 0.3 kg/cm²/min, 補助空氣溜の漏洩度を制動管漏洩空氣量の 90% と見做せば客貨車の漏洩空氣量は 1 分間に付次の如くなる。

$$0.3aN + 0.3a \times 0.9N = 0.57 aN \text{ (cm}^3\text{)}$$

茲に a : 制動管容積 (cm³), N : 牽引車數 (現車輛數)

又機關車の漏洩空氣量は元空氣溜側と制動管とに分けて考へられる。今元空氣溜の漏洩度を 0.2 kg/cm²/min, 制動管の漏洩を客貨車と同様に 0.3 kg/cm²/min と見做せば機關車の漏洩空氣量は次の如くなる。

$$0.2a' + 0.3(b' + c') \text{ (cm}^3\text{)}$$

茲に a' : 線出管, 連結管, 元空氣溜及び元空氣溜管の容積 (cm³)

b' : 制動管の容積 (cm³), c' : 分配瓣壓力空氣室の容積 (cm³)

依て列車の全漏洩空氣量 q (m³/min) は

$$100^3q = 0.57 aN + \{0.2a' + 0.3(b' + c')\}$$

然るに 4 輪貨車に對し $a = 6000$ cm³ C-12 機に對し $a' = 549500$ cm³

ボギー客車に對し $a = 14140$ " " $b' = 8890$ "

" " $c' = 8850$ "

なる値を上式に代入すれば列車の全漏洩空氣量が計算される。この空氣量を補給する爲空氣壓縮機を運轉しなければならぬ。これに要する蒸氣消費量は實驗成績より次の如く査定される。

$$Q_i = cq$$

茲に Q_i : 壓縮機運轉に伴ふ消費蒸氣量 (kg/min), q : 制動機關係消費空氣量 (m³/min)

c : $\begin{cases} 11 \cdots 240 \text{ mm 單式空氣壓縮機に對し (C-11, C-12 機屬之)} \\ 4.5 \cdots 215 \text{ mm 複式壓縮機に對し} \end{cases}$

上式によつて所要蒸氣量 Q_i が算出される。従つて所要燃焼率は前掲の式と同様に

$$B = \frac{Q_i h}{G M e} = \frac{60 Q_i h}{G M e} \text{ (kg/m}^2\text{/hr)}$$

なる式から算出される。以上の式によつて算出せる制動機空氣漏洩に對する所要燃焼率は第 31 表の如し。

以上は C-12 機について求めたのであるが、次に C-11 機につき考ふるに、C-11 機の制動機各部の容積は略々 C-12 機と同様にして空気漏洩度を同様と見做せば所要燃焼率は C-12 機より小となる筈である。以上に依つて絶氣運轉中の燃焼率は

放熱作用に對し 10 kg/m²/hr } 計 23 kg/m²/hr
 制動機の漏洩に對し 13 kg/m²/hr }

と見れば充分であるが、茲では之を 25 kg/m²/hr と取ることにした。

國有鐵道建設規程解説附録によれば絶氣運轉中の石炭消費量を制動の際の消費をも見込み均術速度で給氣運轉中の 7.5% と看做して居る。これを燃焼率に換算すれば 550 × 0.075 = 42 kg/m²/hr となる。

註 3. 列車制動に必要な石炭使用量

今 C-12 型機が貨物列車を運轉する場合初速度 40 km/hr より減速度 1 km/hr/sec にて停車する時の制動に必要な石炭使用量を山内氏“蒸氣列車運轉に對する燃料消費量の圖式算出法”業務研究資料第 20 卷第 3 號によつて計算せる結果を示せば次の如し。

(計算の假定)

1. 制輪子と車輪との間の摩擦係數=0.152 (平常の場合をとる)
2. 空走時間=6秒 (常用制動の場合をとる), 3. 制動中空氣の漏洩はなきものとす
4. 制動に要せる空氣量を補給するため空氣壓縮機を運轉するに要する蒸氣消費量は (2) と同様に査定する

貨物列車 200 ton 牽引の場合

線路勾配 (%)	所要蒸氣量 (kg)	使用石炭量 (kg)
-20	8.69	1.2
-10	7.96	1.1
0	7.23	1.0

貨物列車平坦線運轉の場合

牽引噸數	所要蒸氣量 (kg)	使用石炭量 (kg)
300	10.16	1.4
200	7.22	1.0
100	4.36	0.6

上表より建設線運轉列車に對し停車場に進入する場合の列車制動に必要な石炭量を 1 回平均 1.0 kg と査定した。又下り急勾配線に於て絶氣運轉中列車が速度制限をうけて制動を作用させつゝ等速度運轉をなす場合に於て制動に消費する石炭量を求むれば次の如くである。但し實際の運轉に當つては下り勾配線に於て制動を作用させつゝ等速度運轉をなすことは殆ど不可能であるから、規定の制限速度の範囲内で速度を上下させつゝ走るののであるが、茲では計算の便宜上規定に定むる速度より 5 km/hr 低い速度で等速度運轉をなし得るものとし、C-12 機を以て貨物列車を運轉する場合を考へた。

第 32 表より等速度運轉に伴ふ制動に要する石炭量は 1 回平均 0.5 kg と取れば充分であると認められる。丙線で C-11 機を運轉する場合も略等量の石炭量を見込んで充分である。以上より制動に必要な石炭使用量を次の如く査定することとした。

停車場に進入する場合 1.0 kg
 急下り勾配で等速度運轉をなす場合 0.5 kg

今絶氣運轉中の石炭消費量を上記の如き査定によつて石炭總消費量を求め之と前述の實績と比較すれば次の如し (第 33 表)。

本法による絶氣運轉時間 (制動時間を含む)

下り列車 (56' - 51'') - (47' - 54'') = (8' - 57''), 上り列車 (40' - 40'') - (12' - 58'') = (27' - 42'')

絶氣運轉中の石炭使用量

下り列車 $25 \times \frac{8.95}{60} \times 1.3 = 4.8 \text{ kg}$, 上り列車 $25 \times \frac{27.7}{60} \times 1.3 = 15.0 \text{ kg}$

第 31 表

貨物列車		旅客列車	
現車數	速轉率 (%)	現車數	速轉率 (%)
0	8.0	0	8.0
4	9.0	2	9.2
8	10.0	4	10.3
12	10.9	6	11.5
16	11.7	8	12.6
20	12.5	10	13.8

第 32 表 等速度運轉に伴ふ制動に必要な石炭量 (kg)

牽引重量 (ton)	下り勾配 (%)			
	35	30	20	10
300			0.46	0.32
200		0.41	0.31	0.22
100	0.26	0.22	0.17	0.11

但し制動中空氣漏洩はなきものとす

停車のため制動に使用せる石炭量

下り列車 6.0kg, 上り列車 2.0kg

等速度運轉に必要な石炭量

下り列車 1.5kg, 上り列車 7.5kg

下り列車 7.5kg,
上り列車 9.5kg

第 33 表

	本 法				案 議		
	始先	絶先	制動	計	始先	絶先	計
下り列車	533	4.8	7.5	545.3	568.1	31.6	572.7
上り列車	120	15.0	9.5	144.5	118.5	41.2	139.7
				709.8			732.4

(C.) 點火, 保火用並に單行入換用石炭使用量

運轉費を算出する場合には單に列車運轉用の石炭消費量のみならず點火, 保火用石炭, 單行或は入換用石炭使用量を加算しなければならない。この使用量は列車及び機關車の運行計畫, 配車及び操車の狀況等に依つて左右されるものであるが其の標準値として茲では次の如き値を査定することとした。

1. 機關車點火用石炭量 機關車點火用石炭量は次の標準に依ることとし 10 日間に 1 回洗罐するものとする。

冷罐の場合 火床面積 1m² に付 110kg, 温罐の場合 火床面積 1m² に付 85kg

従つて C-11 機及び C-12 機に對し

C-11: 冷罐の場合 180kg, 温罐の場合 140kg

C-12: 冷罐の場合 145kg, 温罐の場合 110kg

註 機關車點火用石炭量は機關車型式, 気温, 罐の温度, 罐の水量及び壓力等に依り一定ではないが, 東京鐵道局及び仙臺鐵道局の點火用石炭の標準量は 大略機關車の火床面積に比例し 第 48 圖の如くなる。

但し上の値は 1ヶ年中平均気温に近き 4, 5, 10, 11 月に於て 罐水量が水面計の 1/2, 氣壓は常用壓力の 80% 迄騰ぐるに要する標準量を示し燃料の單位は換算 kg である。

即ち點火用石炭は大體機關車の火床面積に比例し, その値は冷罐の場合火床 1m² に付 85kg, 温罐の場合 65kg となる。但し之は標準炭の炭量であるから之を我々の使用する平均の石炭(發熱量 6500 cal/kg) に換算すると(換算率は簡單に石炭發熱量に依ることとした)

$$\text{冷罐の場合 火床 } 1\text{m}^2 \text{ に付 } 85 \times \frac{8200}{6500} = 107\text{kg}$$

$$\text{温罐の場合 火床 } 1\text{m}^2 \text{ に付 } 65 \times \frac{8200}{6500} = 82\text{kg}$$

となる, 従つて之を上記の如く査定したのである。

尙國有鐵道建設規程解説附録(3)によれば點火用石炭量を點火 1 回に付機關車傳熱面積 1m² 當り 252kg としてある。従つてこれによれば C-11 型機に對し 280kg, C-12 型機に對し 185kg を要することとなるが此の値は 1 箇年の平均値としては少し大き過ぎる様である。

2. 保火用石炭使用量 保火用石炭の燃焼率を機關車火床面積 1m² 當り 1 時間 10kg とす。

註 保火用石炭としては機關車の放熱作用に伴ふ蒸氣損失のみを補給すれば良いわけであつて, この場合の燃焼率は計算上 C-12 機に對し停車中に於て 6kg/m²/hr, C-11 機に對し 5kg/m²/hr (前述附録 B 参照) となるが, 一方保火用石炭に對する鐵道局の標準を見るに東鐵及び仙鐵に於ては 1 時間に付點火用石炭量(但温罐の場合)の 10% と見做して居るから之を燃焼率に換算すると

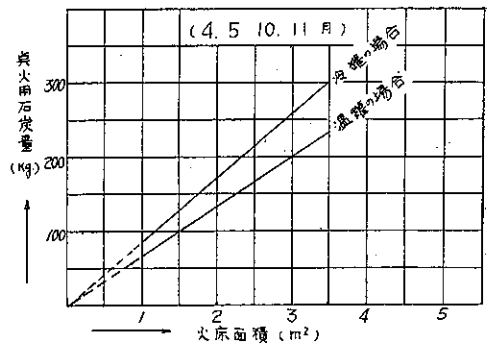
$$85 \times 0.10 = 8.5\text{kg/m}^2/\text{hr}$$

となる。尙國有鐵道建設規程解説によれば 埋火用石炭使用量を均衡速度で給氣運轉中の 1.25% と看做して居るからその燃焼率は

$$550 \times 0.0125 = 7\text{kg/m}^2/\text{hr}$$

となる。故に保火用石炭の燃焼率としては 10kg/m²/hr と取れば充分であると考へられる。

第 48 圖 點火用石炭標準量 (換算 kg)



3. 驛構内走行に要する石炭量 折返驛或は中間驛に於て構内の走行に要する石炭量は次の標準に依つて算出するものとす。

單行の場合 機關車走行 1km に付 8.0kg (實耗)

入換の場合 機關車走行 1km に付 12.0kg (實耗)

註 入換或は單行機關車の使用石炭量は線路の状況、使用石炭の炭種、運轉速度及び牽引噸數其の他によつて異なるわけであるが、今昭和 8 年度機關車運轉成績表より C-11, C-12, 8620, 2120 型機に付き 1km 當り單行入換用石炭量の平均を求めれば第 34 表の如し。

尙全國平均値は第 35 表の如くなつてゐる。

今機關車 1km 當り燃料を單行の場合換算 6.3kg, 入換の場合 9.2kg と査定して其の實數 kg を求めれば

$$6.3 \times \frac{8200}{6500} = 8.0 \text{ kg}, \quad 9.2 \times \frac{8200}{6500} = 12.0 \text{ kg}$$

但し上の單行用石炭使用量は勾配線運轉に對するものをも含む故驛構内走行の如き平坦線運轉に對しては充分の餘裕を有するものと認められる。

尙上記の統計は停車場構内運轉仕業の運轉軒を 1 時間 6.4km の割合で算出したものであるが茲では逆に 1km の走行に要する時間を約 $60/6.4 \approx 10$ 分と考へても差支へないであらう。

例 今或折返驛に於て次の假定の下に C-12 機が待合せ中に使用する石炭量を求めん。折返驛待合時間 1 時間、單行運轉距離 0.8km、入換運轉距離 1.0km とすれば

單行用石炭量 = $8.0 \times 0.8 = 6.4 \text{ kg}$,

同 運轉時間 = $10 \times 0.8 = 8 \text{ 分}$

入換用石炭量 = $12.0 \times 1.0 = 12.0 \text{ kg}$,

同 運轉時間 = $10 \times 1.0 = 10 \text{ 分}$

従つて 保火時間 = $60 - 10 - 8 = 42 \text{ 分}$, 保火用石炭量 = $10 \times \frac{42}{60} \times 1.3 = 9.1 \text{ kg}$

∴ 所要石炭量 = $6.4 + 12.0 + 9.1 = 27.5 \text{ kg}$

尙國有鐵道建設規程では折返驛待合中の石炭使用量を均衡速度で給氣運轉中に要する石炭使用量の 2.5% と見做して居るから、これに依つて上例に於ける石炭使用量を求めると $550 \times 0.025 \times 1.3 \times 1.0 = 15.7 \text{ kg}$ となる。

第 3 章 ガソリン・カー

1. 41000 型ガソリン・カー (舊 36900 型)

(1) 41000 型ガソリン・カーの建造

旅客及び出貨量の少い支線又は幹線及び局部的に輸送量の大きい箇所には單位の大きい蒸氣機關車を運轉することは經濟上策を得たこととは言はれない。此の様な所には單位の小さい然も高速度運轉に適した“ガソリン・カー”を用ひて列車回數を増し旅客交通の便宜を計り同時に運轉費の節約を計らねばならない。

最近“ガソリン・カー”は非常な勢を以て發達し地方鐵道の運轉は殆んど“ガソリン・カー”に置き換へられた様な有様である。

鐵道省に於ても之が趨勢に鑑み大型ガソリン・カー“キハ 36900 型式”を製作し境線、武豊線其の他に使用し且最近其の型式番號を 41000 型と變更して今後益々使用範圍を廣めんとして居る。

(2) 41000 型ガソリン・カーの概要

此のガソリン・カーは鋼製 4 輪ボギー 3 等客車で定員は座席 62 人、立席 47 人、計 109 人；自重は 22 ton；

第 34 表

	機型式	機關車	機關車/併用・燃料	機關車/併用・燃料
單行	C 11	30,000	7.09	6.50
	C 12	73,000	4.99	5.00
	8620	926,000	6.21	8.00
	2120	103,000	7.03	5.00
	平均		6.30	
入換	C 11	46,000	11.10	
	C 12	9,000	6.33	
	3620	1,103,000	10.65	
	2120	5,652,000	9.73	
	平均		9.20	

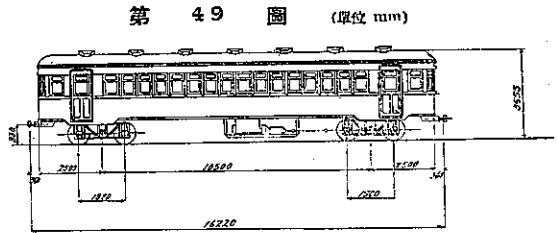
第 35 表

	機關車平均運轉距離	機關車/併用・燃料	機關車/併用・燃料
單行	9.50	6.30	6.65
入換	6.09	10.65	17.08

昭和 8 年度統計資料第 1 編に依る

乗客満載の時の重量を 30 ton と見て居る。車輛の長さ、高さ、固定軸距は第 49 圖に示した通りである。

車輛の兩端左側に機關手室を設け前後何れの方へも全く同様に運轉出来る兩頭式で 100 馬力のガソリン機關を原動機とし 4 段の變速機を使用する機械式傳達裝置を備へて居る。



本ガソリン・カーの特長は次の如くである。

1. 車輛の重量に比し比較的大形機關を裝置してある事。
2. 車輛の重量を極度に減少してあること。
3. 空氣抵抗を減少するため車輛の斷面を縮少し且つ兩端に丸味を附したること。
4. 車軸に轉子軸受を使用したること。

本形式は單車にて高速度運轉をなす目的のために設計されてあるので連結器は弱く其の重さは機關車用の 1/3 となつて居る。

(3) ガソリン機關及び附屬品

(A) ガソリン機關 ガソリン機關は GMF 13 型で特にガソリン用として設計したもので氣筒直徑 130 mm、行程 160 mm、4 サイクル式 6 氣筒機關で標準速度 1300 r.p.m. の時 100 馬力を發生することになつて居る。

(B) 傳達裝置 機關の動力を動輪に傳へる部分の總稱を傳達裝置と言ひ之には種々の方式があるが本形式に採用のものは機械式(齒車式)であつてクラッチ 變速機及び逆轉機の 3 主要部分から成つて居る。機關の發生する動力はクラッチを経て變速機に傳へられ之に依り回轉速度を適當に變へて推進軸に傳へ更に齒車裝置の逆轉機に依り動輪を回轉せしむるのである。

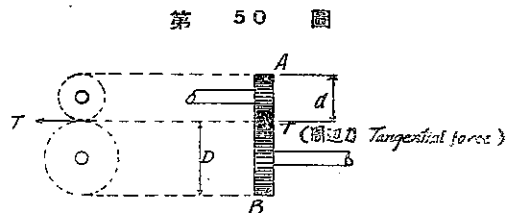
(イ) クラッチ: 機關の速度變化の範圍が狭く且つ回轉速度に關係なく回轉力が略一定であると言ふ特性を有するから大なる力を必要とする時は變速機に依て其の回轉速度を落さねばならぬ。夫發車の際又は變速の際は一たび機關と變速機との間で切離す必要があるクラッチは此の目的のために設けられたものである。

(ロ) 逆轉機: 逆轉機は車輛を前進又は後進させる裝置であると共にクランクの回轉力の方向を直角に換へて車輪を回轉せしむ。其の構造は 2 組の gear に依つて車輪と連結されて居る。

(ハ) 變速機: 内燃機關は速度の變化範圍が狭く且つ速度に關係なく回轉力が略一定であるから車輛の牽引力を加減するためには動輪の回轉速度を變化させ所要の牽引力を得る様にする必要がある。變速機は動輪の回轉速度を變へて牽引力を變化させる裝置であつて本形式に使用のものは常時齒合式 4 段變速機である。即ち速度と牽引力との關係を 4 種類に變へ得るものである。

(ニ) 齒數比 (gear ratio): 2 つの齒車を結び附けて運動を傳へる場合、此の 2 つの齒車 2 齒の數の比を齒數比と言ふ。齒數比と傳へられる力又は速度との關係は次の通りである。

今 2 つの齒車の齒の數を夫々 A, B とし、齒車 A が原動機に直結して居るものとする(第 50 圖參照) A 軸の回轉數 n_A 、回轉力 M_A と B 軸の回轉數 n_B 、回轉力 M_B の關係は



$$n_A A = n_B B, \quad \therefore n_B = \frac{A}{B} n_A$$

又

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{Td}{TD} = \frac{\frac{\pi d}{p}}{\frac{\pi D}{p}} = \frac{A}{B}$$

但し D : B 歯車の直径, d : A 歯車の直径, p : 歯車の pitch

$$\therefore M_B = \frac{B}{A} M_A$$

次に回轉數は齒數に逆比例し回轉力は齒數に正比例す。本形式のガソリン・カーに使用してある變速機及び逆轉機の合成齒數比は次の如し。

	(變速機) (逆轉機)	(變速機) (逆轉機)
第 1 速度	$5.444 \times 3.49 = 19.00$,	第 2 速度 $3.051 \times 3.49 = 10.65$
第 3 速度	$1.784 \times 3.49 = 6.23$,	第 4 速度 $1.000 \times 3.49 = 3.49$

(4) 車輛の牽引力

ガソリン機關の略圖を第 51 圖に示した。牽引力の關係式は次の如し。

M : 機關の回轉力 (kg-m)

P : 全齒數比 第 1 速度 $P_1 = 19.00$,
 第 2 速度 $P_2 = 10.65$
 第 3 速度 $P_3 = 6.23$
 第 4 速度 $P_4 = 3.49$

T : 動輪周の牽引力 (kg), D : 動輪の直径 (m)

n : 機關 1 分當りの回轉數(最小 800 より最大 1800 を許容回轉數とす)。

N : 動輪 1 分當りの回轉數, V : 列車速度 (km/h)

EP: 機關の回轉數 1 分間 n なる時機關の發生する軸馬力

η : 傳達裝置全體の効率

第 1 乃至第 3 速度 $\eta_1 = 75\%$, 第 4 速度 $\eta_2 = 85\%$

M' : 動輪に傳へられた回轉力

$$M' = \eta PM, \quad \text{又} \quad M' = \frac{D}{2} T$$

$$\therefore \frac{D}{2} T = \eta PM, \quad \therefore T = \frac{2\eta PM}{D} \dots\dots\dots (1)$$

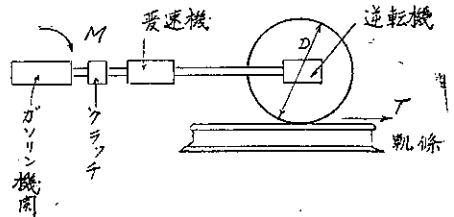
此の式で分る様に牽引力 T は動輪の直径 D に逆比例し全齒數比 P に比例す。故に車輪が磨耗するに従つて T は大きくなり又變速機の齒數比を 4 段に變へれば P の値も又 4 種類に變り、従つて其の各々に對する T も又 4 種類出来るわけである。

然るに齒數比 P は前記の様に $P_1 : P_2 : P_3 : P_4$ と急に變るために各々の P に對する T も齒數比につれて急に變り第 1 速度に對する T と第 2, 第 3, 第 4 速度に對する T とが加速力曲線でも分る様に 4 段に分れてゐる(附圖第 7 参照)。

次に速度 V と回轉數 n の關係は次の如し。

$$V = \frac{60\pi D}{1000} \times \frac{n}{P} \dots\dots\dots (3)$$

第 51 圖



この式で明らかなる様に速度 V が或る程度以上になると同轉數 n が最大同轉數 1800 r. p. m. を超すことになる、この時には變速機の齒數比を變へて P を小さくして n を 1800 r. p. m. 以下に保たなければならぬ。この點を速度の上つて行く場合の變速點と言ふ。反對に V が小になると N が 800 r. p. m. 以下になる。この時も變速機の齒數比を變へて P を大きくし n が 800 r. p. m. 以下にならぬ様にしなければならぬ。此の點を速度の下つて行く場合の變速點と云ふ。同轉力 M の値は實驗によつて第 36 表の様な値が求められる。

第 36 表

同轉數 n (r.p.m.)	同轉力 M (kg-m)
600	56.8
700	57.5
800	57.8
1000	57.6
1200	56.5
1400	54.4
1600	51.8
1700	50.4
1800	49.0

又車輪の直徑 D は新製品と磨耗限度に達したものとの中間を標準とし、

$D=0.819$ m とす (但し新製品の直徑 0.86 m, 磨耗限度の直徑 0.778 m)。以上の

數値を (1) 及び (2) 式に代入して V と n 及び T と M との關係式を計算すれば

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{19.0} = 0.00811 n & T_1 &= \frac{2MP\eta}{D} = \frac{2 \times 19 \times 0.75 M}{0.819} = 34.8 M \\
 V_2 &= \quad \quad \times \frac{n}{10.65} = 0.01449 n & T_2 &= \quad \quad = \frac{2 \times 10.65 \times 0.75 M}{0.819} = 19.5 M \\
 V_3 &= \quad \quad \times \frac{n}{6.23} = 0.02478 n & T_3 &= \quad \quad = \frac{2 \times 6.23 \times 0.75 M}{0.819} = 11.4 M \\
 V_4 &= \quad \quad \times \frac{n}{3.49} = 0.04422 n & T_4 &= \quad \quad = \frac{2 \times 3.49 \times 0.85 M}{0.819} = 7.2 M
 \end{aligned}$$

(5) 走行抵抗

車輛の走行抵抗は次式に依るものとす。

$$R = 2.7 W + 0.005 W V + 0.0042 A (V + 10)^2$$

W : 車輛重量 = 30 ton 満載時, V : 列車速度 (km/hr.)

A : 車輛の横斷面積 = 9 m²

W の値はたとへ満載して居なくても 30 ton を採るものとす。

(6) 加速力

牽引力 T から走行抵抗を引いたものが加速力である。各速度に對する加速力並に車輛 1 ton 當りの加速力を計算して表記したものが第 37

第 73 表 加速力表

($D=0.801$ m)

表である。又 1 ton 當りの加速力を圖示したものが加速力曲線である (附圖第 7 参照)。

(7) スピード・カーブの書き方

加速力曲線を用ひて 蒸氣機關車の場合と同様にしてスピード・カーブを畫くことが出来る。只 41000 形式ガソリ

速度 (km/hr.)	第一速度			第二速度			第三速度			第四速度		
	速度 (km/hr.)	牽引力 (kg)	加速力 (kg)	速度 (km/hr.)	牽引力 (kg)	加速力 (kg)	速度 (km/hr.)	牽引力 (kg)	加速力 (kg)	速度 (km/hr.)	牽引力 (kg)	加速力 (kg)
	全機	一毛	一毛	全機	一毛	一毛	全機	一毛	一毛	全機	一毛	一毛
0	0											
600	56.8	0.7	1779	1389	129							
700	57.5	57	2201	1910	636							
800	57.8	4.5	2012	1920	640	11.6	1127	1027	36.2	19.8	659	541
1000	57.6	3.1	2005	1911	637	16.5	1123	1017	33.9	26.0	636	525
1200	56.5	9.7	1947	1870	626	17.4	1103	991	33.0	29.7	644	499
1400	54.4	11.4	1893	1793	590	20.3	1061	944	31.4	34.7	620	460
1600	51.8	13.0	1804	1701	567	23.2	1010	882	29.4	39.4	590	449
1700	50.4	13.8	1765	1650	550	24.6	983	852	28.4	42.1	574	383
1800	49.0	14.6	1705	1598	532	24.1	946	822	27.4	44.6	558	357

ン・カーの機關の許容同轉數は 800 r. p. m. ~ 1800 r. p. m. と云ふことになつて居るから 機關の同轉數を常にこの間に置く様に變速機を調節する様に注意しなければならぬ。下に掲げた速度は各齒數比に對する 800 r. p. m. と

1800 r. p. m. に相當する速度であるから此の速度に達したならば變速機の齒數比を換へなければならぬ。即ちこの點に達したならば使用する加速力曲線を變へなければならぬ。此の點を變速點と名付け加速力曲線上にも示してある。

速度の上つて行く場合の變速點 (1800 r. p. m. に相當する速度)

第 1 速度	第 2 速度	第 3 速度	第 4 速度
13.9 km/hr.	26.1 km/hr.	44.6 km/hr.	79.6 km/hr.

速度の下つて行く場合の變速點 (800 r. p. m. に相當する速度)

第 1 速度	第 2 速度	第 3 速度	第 4 速度
6.5 km/hr.	11.6 km/hr.	19.8 km/hr.	35.4 km/hr.

一例を取れば第 1 速度の加速力曲線を使つて速度 13.9 km/hr. までスピード・カーブを書いたならば、これ以上は第 2 速度の加速力曲線によつて 26.1 km/hr. まで速度を上げ、次は第 3 速度により 44.6 km/hr. まで上げこれ以上は第 4 速度に對する加速力曲線を使用する。

反對に上り勾配が急で速度が下つて行く様な場合には速度の下つて行く場合の變速點までは同じ加速力曲線を用ひ尚ほ速度が下る時は加速力曲線をかへなければならぬ。

(8) 出發時の加速度

第 1 速度の加速力曲線を用ひてスピード・カーブを書く部分は速度の小さい割合に加速力が大きいため加速力曲線から直接に書くと相當困難でもあり、又正確を缺く處がある。故に第 1 速度の加速力曲線を使用する部分に限り加速度を 1.5 km/hr/sec. と定め此の加速度を以て第 1 速度の變速點まで上つて行くものとする。

此の 1.5 km/hr/sec. と云ふ加速度は直徑 0.778 m の車輪を持つ車 (磨耗限度の車輛) が出發してから機關の回轉數 1800 r. p. m. に相當する速度 13.9 km/hr. になるのに 9 秒 (鐵道省工作局の標準) かゝるものとして算出したものである。車輪が磨耗限度に達しないで直徑 D が大きい時は機關の回轉數 1800 r. p. m. に相當する第 1 速度は 13.9 km/hr よりも大きいが出發時には常に 9 秒で 13.9 km/hr. になるものとし又 13.9 km/hr. になつたならば第 2 速度の加速力曲線を用ふることゝす。

此の外にガソリン・カーでは發車合圖から發車するまでの間に 6 秒を要するものとして所要時間に 6 秒を加へたものを運轉時間とする。1.5 km/hr/sec. の加速度で 9 秒間に走る距離は 17 m である。

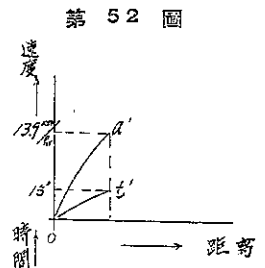
故に出發時のスピード・カーブは距離 17 m ; 速度 13.9 km/hr. の點に a' を取つて oa' を引けば速度曲線となり時間曲線としては 17 m 行く時間と見て t' 點を (17 m ; 15'') の所にとり ot' を引く (第 52 圖参照)。

(9) 運轉時分の算出法

蒸氣機關車の場合と全然同様である。只だ第 1 速度から第 2 速度の加速力曲線に變る速度に達するのに 9 秒を要し、又發車合圖から出發までに 6 秒の餘裕を取り結局第 2 速度の加速力曲線を用ふる點までに 15 秒を要する點が異なるのみである。以下 P 點を取つて時間曲線を求むるのは蒸氣機關車の場合と同様である。

(10) ガソリン消費量

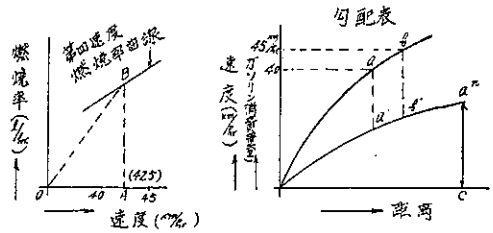
ガソリンの消費量も圖式によつて求められる。附圖第 7 に 1 時間のガソリン消費量 (燃焼率) と列車速度との關係が第 1, 第 2, 第 3, 第 4 速度に對して圖示してある。此の曲線を便宜上燃焼率曲線と云ふ。この曲線は鐵道省工作局の實驗數値より得たものである。此の燃焼率曲線を用ひてガソリン消費量を求める方法は加速力曲線を



用ひてスピード・カーブを畫くと同様である。

例へば第 53 圖に於て第 4 速度で 40~45 km/hr. で運轉されて居る區間のガソリン消費量を求めんには燃焼率曲線上に 40 と 45 の平均 42.5 km/hr. に相當する A 點をとり A 點の相當點 B を燃焼率曲線上にとり OB を結び OB に平行に勾配表上に a'b' を引き 40 km/hr. と 45 km/hr. に夫々相當する速度曲線上の點 a, b からの垂直線との交點を a', b' とすれば a' と b' の縦座標高の差が ab 間を運轉するに要するガソリン量を表はす。斯して a', b'...a^n と消費量曲線を引けば全消費量は a^n の縦座標高 a^nc で表はされる。

第 53 圖



(11) ガソリン消費量曲線の説明

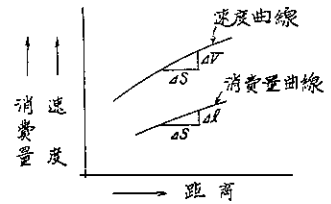
第 54 圖の如きスピード・カーブが出来上つたものと考へる。

- Δs : 極く短い距離
- ΔV : Δs 間の速度變化
- Δl : Δs 間の消費量
- Δt : Δs を走る時間
- K : 1 馬力時を出すに要するガソリン量, H : 速度 V の時の出力 (HP)

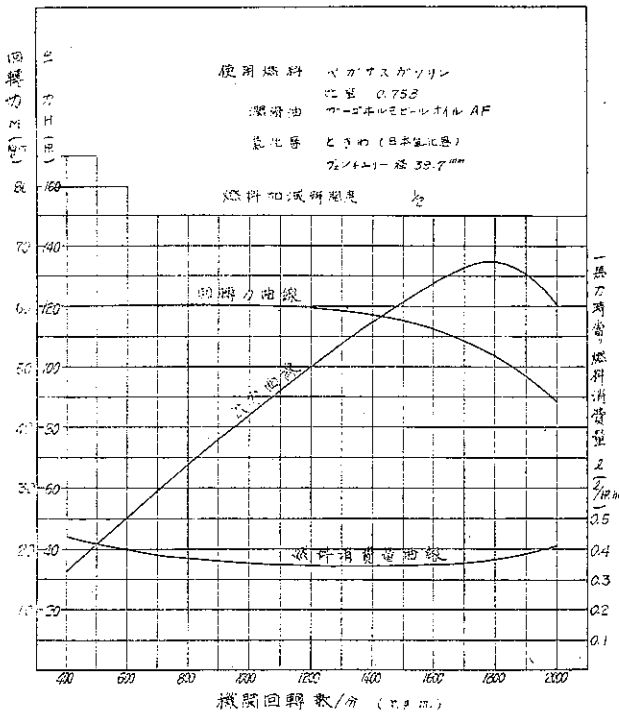
$$\frac{\Delta l}{\Delta s} = \frac{H \Delta t K}{V \Delta t} = \frac{KH}{V} \dots \dots \dots (3)$$

上の關係より消費量曲線の傾き $\frac{\Delta l}{\Delta s}$ は $\frac{KH}{V}$ に等しいことが分る。一方 KH は H 馬力で 1 時間運轉したときの

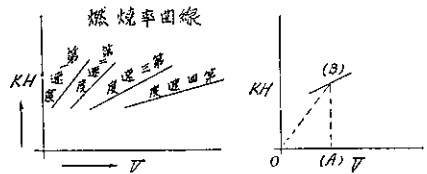
第 54 圖



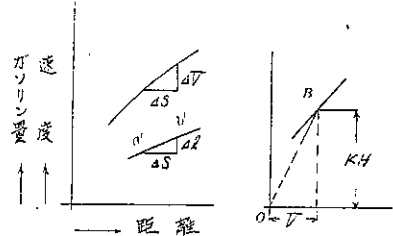
第 55 圖 GMF 13 型ガソリン機弱性能曲線



第 56 圖



第 57 圖



ガソリン量であり立/時と云ふ單位で表はされ、 V と KH との關係は鐵道省工作局で調査した“GMF 13 型ガソリン機關性能曲線”(第 55 圖參照)によつて附圖第 7 に示した様な曲線で表はされる。此の曲線を燃焼率曲線とす。

此の燃焼率曲線によれば KH/V は V に相當する A 點から垂線を立て燃焼率曲線との交點 B と原點 O とを結ぶ直線 \overline{OB} の傾きを表はすから消費量曲線 $a'b'$ は \overline{OB} に平行しなければならぬ故に (10) で述べた様に $a'b'$ は \overline{OB} に平行に引けばよいことになる (第 57 圖)。

(12) 消費量曲線の縮尺

距離 1 km. を表はす圖面上の長さ	$\beta = 20 \text{ mm}$
ガソリン 1 立を	$\delta = 10 \text{ mm}$
速度 1 km/hr. を	$\alpha = 1 \text{ mm}$
燃焼率 1 立/時を	$\xi \text{ (mm)}$

とすれば第 57 圖に於て

$$\frac{d\delta}{ds\beta} = \frac{KH\xi}{V\alpha}$$

又 (11) で求めた (3) 式から $\frac{d\delta}{ds} = \frac{KH}{V}$

$$\therefore \frac{\alpha\delta}{\beta\xi} = 1, \quad \therefore \xi = \frac{1 \times 10}{20} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mm}$$

消費量曲線に於けるガソリン 1 立を 10 mm とすれば燃焼率曲線の燃焼率は 1 立/時を 0.5 mm としなければならぬ。加速力、速度及び時間の目盛は蒸氣機關車の場合と同様にとる。

(13) ガソリン・カーのスピード・カーブを畫く時の注意

目下の状態ではガソリン・カーの運轉ダイヤはガソリン・カーに故障を生じた場合に蒸氣列車が代つて運轉出来る様に組んであるから運轉方法は蒸氣列車と同様にすることにした。下り 10% 以上の勾配では絶氣することにし又制動曲線は蒸氣列車の旅客列車用のものを用ふるものとす。その他の注意は蒸氣列車の場合と全然同様である

(14) 實績との比較

武豊線大府武豊間に現在ガソリン・カーを運轉して居るので一例として同區間のスピード・カーブを引き所要時間と所要ガソリン量を出し、實際の運轉時間とガソリン消費量とを比較對照して次に示す。此の例で見ると計算で出した運轉時間と實際の運轉時間とは多少差異が大きいが (13) で述べた様に實際運轉時間は蒸氣列車を標準にして居るからである。km 當りのガソリン量は實績 0.51 l/km に對し計算が 0.50 l/km (蒸氣列車と同じく 10% 以上の下り勾配に於ては絶氣したときの消費量) となつて居り非常によく一致して居る。

武豊線實績との對照 (ガソリン比較)

使用ガソリン・カー キハ 36900 型式 (新 41000 型に同じ)

本方法によるガソリン消費量 (第 58 圖參照)

	ガソリン消費量 (立)	1 km 當りガソリン量 (立)	運轉距離 (km)
大府發 武豊着	9.55	0.49	19.340
武豊發 大府着	10.11	0.52	19.340

1 往復平均 1 km 當りガソリン量 0.50 立

昭和 8 年 7 月中の武豊線實績 (第 38 表, 第 39 表參照)

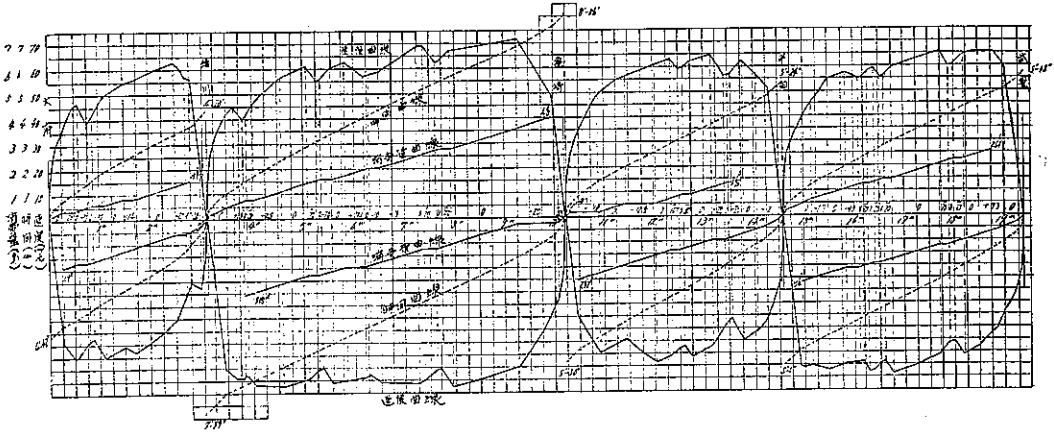
第 38 表

車輛番号	一ガソリン量(立)
36910	0.54
36912	0.51
36914	0.50
36915	0.52
36917	0.53
36918	0.56
36919	0.41
36920	0.48
36921	0.49
平均	0.51

第 39 表 運轉時分比較

區 間	方 向	本往 = コリ 水 = ガル 時分		実運轉時分
		戻州時分	30' 單往 = 17' 時分	
大府 儲川	下り	4' 20"	4' 30"	5' 30"
	上り	4' 42"	4' 30"	6' 00"
儲川 龜崎	下り	8' 06"	8' 00"	8' 00"
	上り	7' 59"	7' 30"	9' 30"
龜崎 半田	下り	5' 24"	5' 30"	6' 00"
	上り	5' 50"	6' 00"	6' 00"
半田 式堂	下り	5' 48"	6' 00"	7' 00"
	上り	6' 00"	6' 00"	7' 00"

第 58 圖



2. 40000 型ガソリン・カー

(1). 概 要

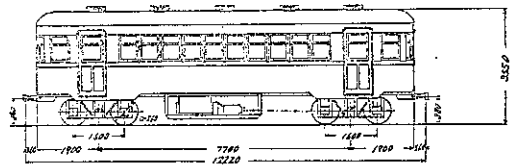
41000 型が單車運轉を主眼とし寧ろ高速運轉に適する様計畫されたものであるに反し此の 40000 型は特に勾配線に用ふる様又は 15 ton 貨車 1 輛を牽引し得る様小型に作られたるものである。其の構造及び作用は殆んど 41000 型(昭和 8 年度新製)と同様であつて、即ち機關の變速機並に推進軸は全く同一で互換性を有し、運轉制御の諸装置も殆ど似てゐる。只異なる點を擧げると

- (1) 車長及び軸距が小となつたこと従つて定員及び重量が減少したこと
- (2) 逆轉機の齒車比が 4.057 となつたこと
- (3) 冷却水装置、排氣管及び暖房装置は配置上多少其の構造が異つてゐること

等である。今其の概要を述べると次の如し(第 59 圖参照)。

車輪の直径	860 mm	機關 GMF 13 型ガソリン機關(41000 と同一)	
臺車軸距	1600 "	傳達方法, 4 段齒車式 (")	
定員座席	42 人	逆轉機齒數比	4.057
立席	33 人	最高許容速度	65 km/hr
計	75 人	許容連結輛數現車 2 輛以内	總重量 25 t 以内
運轉整備重量	19.10 t		

第 59 圖



(2) 牽 引 力

機関及び傳達方法は 41000 型と全く同一であるが唯之より更に引張力を大ならしめる爲、逆轉機の齒數比を變へた。變速機及び逆轉機の合成齒數比は次の如くである。

	(變速機) (逆轉機)		(變速機) (逆轉機)
第 1 速度	5.444 × 4.057 = 22.11	第 2 速度	3.051 × 4.057 = 12.38
第 3 速度	1.784 × 4.057 = 7.24	第 4 速度	1.000 × 4.057 = 4.06

今傳達装置全體の効率 (η) を第 1~第 3 速度 75%, 第 4 速度 85% と假定して既述の公式 (1) 及び (2) より機關の回轉數と列車速度との關係並に機關の回轉力と動輪周牽引力との關係を求めれば次の如し。

$$T = \frac{27PM}{D} \dots\dots\dots (1)$$

$$V = \frac{60\pi D}{1000} \cdot \frac{n}{p} \dots\dots\dots (2)$$

[符號の説明略]

これより

$$T_1 = \frac{2 \times 0.75 \times 22.11}{0.819} M = 40.5 M$$

$$T_2 = \frac{2 \times 0.75 \times 12.38}{0.819} M = 22.7 M$$

$$T_3 = \frac{2 \times 0.75 \times 7.24}{0.819} M = 13.3 M$$

$$T_4 = \frac{2 \times 0.85 \times 4.06}{0.819} M = 7.4 M$$

$$V_1 = \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{22.11} = 0.00698 n$$

$$V_2 = \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{12.38} = 0.01247 n$$

$$V_3 = \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{7.24} = 0.02132 n$$

$$V_4 = \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{4.06} = 0.03302 n$$

(3) 走行抵抗

走行抵抗の公式は前掲と同式を用ふること

とす。即ち

$$R = 2.7W + 0.005WV + 0.0042A(V + 10)^2$$

單車運轉の場合: 定員の 2 倍乗車するもの

とし, 1 人平均體重 50 kg とすると

$$W = 19.1 + 75 \times 2 \times 0.05 = 26.6 \text{ (t)}$$

$$\therefore R = 71.82 + 0.13V + 0.0378(V + 10)^2$$

15 t 積貨車 1 輛を牽引する場合: 乗客は

定員の 2 倍乗るものとせばガソリン・カーの

重量は W = 26.6 t, 而して貨車の抵抗は (貨

車の自重を 3 ton とし貨物を滿載せる場合を

考ふ)

$$R' = (2.07 + 0.0066V^2)(15 + 8)$$

$$= 47.61 + 0.0152V^2$$

(4) 加速力 (第 40 表参照)

(5) 燃費率曲線の決定

算出法は 41000 型と同様で結果は第 41 表

第 40 表 加速力表

D = 0.819 m

機関 / 回數	單車運轉・場合																			
	第一速度				第二速度				第三速度				第四速度							
	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力				
0																				
600	4.2	2300	30	2270	395															
700	4.9	2329	31	2298	345															
800	5.6	2341	32	2309	285.0	10.9	1312	33	1276	144.1	71.1	74.9	102	1417	25.1	306	425	137	291	10.9
1000	7.0	2333	34	2269	245.5	12.5	1309	33	1218	167	21.3	74.4	112	1417	23.1	310	426	134	282	9.9
1200	8.4	2339	36	2261	205.5	15.6	1283	37	1184	141.6	20.4	70.1	123	1397	23.1	311	418	133	275	8.6
1400	9.8	2303	39	2165	165.5	17.5	1235	10.3	1167	117.4	19.9	72.0	124	1371	22.5	310	411	129	270	7.3
1600	11.2	2289	40	2069	125.3	20.5	1178	10.9	1153	107.7	19.7	69.1	130	1341	21.5	303	403	120	267	6.1
1700	11.9	2261	42	1947	75.2	21.2	1140	11.1	1130	99.7	19.7	67.0	137	1311	19.3	294	393	111	261	5.1
1800	12.6	1985	43	1822	25.1	22.5	1112	11.6	1110	92.3	19.5	65.2	145	1281	18.3	284	383	103	255	4.0

回數	15 噸貨車一輛運轉・場合																			
	第一速度				第二速度				第三速度				第四速度							
	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力	速度	牽引	抵抗	加速力				
0																				
600	4.2	2309	120	2179	433															
700	4.9	2329	129	2200	443															
800	5.6	2341	130	2211	345	10.0	1312	137	1175	237	171	74.9	104	1416	24.6	306	420	139	289	10.6
1000	7.0	2333	132	2209	245.5	12.5	1309	143	1145	223	21.3	74.4	107	1397	22.1	310	421	134	282	9.9
1200	8.4	2339	136	2183	145.6	15.6	1283	14.9	1135	227	20.4	70.1	107	1371	21.5	311	418	133	275	8.6
1400	9.8	2303	137	2165	105.7	17.5	1235	15.5	1130	219	19.9	72.0	107	1341	20.5	310	411	129	270	7.3
1600	11.2	2289	140	2069	65.0	20.5	1178	16.2	1110	210	19.7	69.1	116	1311	19.5	303	403	120	267	6.1
1700	11.9	2261	142	1947	25.2	21.2	1140	16.5	1097	197	19.7	67.0	126	1281	18.5	294	393	111	261	5.1
1800	12.6	1783	143	1822	5.1	22.5	1112	16.2	1073	187	19.5	65.2	136	1251	17.5	284	383	103	255	4.0

に示した(燃料加減錡開度 1/2)。第 40 表及び第 41 表を用ひて 40000 型ガソリン・カーに對し加速力曲線及び燃焼率曲線を描くことが出来る。畫法及び縮尺は 41000 型に對する附圖第 7 と同様にすれば便利である。

(6) スピード・カーブを描く時の注意

(A) 變速點は第 42 表の如し。

(B) 出發時のスピード・カーブ 前の 41000 型と

同様に第 1 速度の加速力曲線を使用する部分に限り其の加速度を 1.5 km/hr/sec と定め、此の加速を以て第

1 速度の變速點即ち 12.6 km/hr まで上つて行くものとする。従つて走行距離は 15 m で時間は 8.4 秒となる。又發車合圖から發車するまでの間に 6 秒を要するものとする。

従つて出發時のスピード・カーブは距離 15 m, 速度 12.6 km/hr の點に a' を取り oa' を引けば速度曲線となり。時間曲線としては 15 m 行く時間を 15 秒と考へ t' 點を (15 m, 15'') に取り ot' を引く(第 60 圖)。

其の他の注意は 41000 型の場合と同じ。

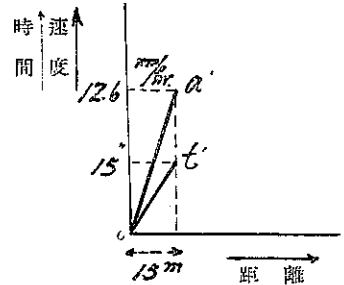
第 42 表 變速點 (單位 km/hr)

	第一速度	第二速度	第三速度	第四速度
速度・上昇する場合	17.2	30.6	52.3	73.2
下降	13.1	23.3	41.4	

第 41 表 燃 燒 率

機関 回転數 (r.p.m.)	一馬力当りの 燃料消費量 (K) /hr.	出力 (HP)	燃焼率 (K/H) 1/k	速 度			
				第一速度	第二速度	第三速度	第四速度
600	0.39	50	18.5	42			
700	0.38	57.5	22.6	49			
800	0.37	68	26.2	56	100	171	30.4
1000	0.355	84	29.8	70	125	213	38.0
1200	0.34	100	34.0	84	150	256	45.6
1400	0.345	115	39.7	98	175	298	53.2
1600	0.35	127.5	44.6	112	200	341	60.8
1700	0.355	132.5	47.0	119	212	362	64.6
1800	0.365	135	52.9	126	224	384	68.4

第 60 圖



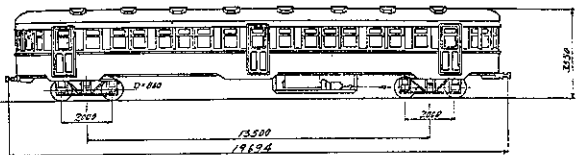
3. 42000 型ガソリン・カー

(1) 概 要

40000 型が乗車人員の少き線路に適する様製作されたのに反し、特に乗車人員の多い線路では従来の 41000 型では、車内が狹隘の爲、より大なる床面積と大なる馬力のものが要求されるに至つた。

此の目的のために設計されたものが 42000 型であつて其の定員は 41000 型に比し 11 人、馬力に於て 3 割 3 分増となつてゐる。第 61 圖に其の主要寸法を示す。

第 61 圖



定 員:	座 席 68 人	馬 力: 150 HP (1500 r. p. m)
	立 席 52 人	傳 達 方法: 4 段齒車式
	計 120 人	變速齒數比: { 第 1 段 5.444, 第 2 段 3.051
自 重:	25 t	{ 第 3 段 1.784, 第 4 段 1.000
機 關 型 式:	GMH 17	逆轉機齒數比: 2.976
氣 筒 數:	直徑×行程 8-130mm×160mm	

(2) 加速力曲線の計算

變速機及び逆轉機の合成齒數比は次の如し。

第 1 速度	變速機 齒數比 × 逆轉機 齒數比 = 5.444 × 2.976 = 16.20	第 2 速度	變速機 齒數比 × 逆轉機 齒數比 = 3.051 × 2.976 = 9.08
--------	---	--------	--

第 3 速度 1.784×2.976= 5.31

第 4 速度 1.000×2.976=2.98

動輪の直徑: $D=0.819$ m (新製 0.86 m と磨耗限度 0.778 m との平均) 機關 1 分當りの回轉數 (n) は最小 800 より最大 1800 を許容回轉數とす。

傳達裝置全體の效率 (η)

第 1 乃至第 3 速度 75%, 第 4 速度 85%

41000 型の機關が 6 氣筒なるに比し, 本機では 8 氣筒となつてゐるから機關の回轉力は 41000 型の 1/3 増となるわけである。従つて

回轉數 n (r.p.m)	回轉力 M (kgm)	回轉數 n (r.p.m)	回轉力 M (kgm)
600	75.7	1400	72.5
700	76.7	1600	69.1
800	77.1	1700	67.2
1000	76.8	1800	65.3
1200	75.3		

機關の回轉數 n と, 列車速度 V との關係及び回轉力と牽引力との關係は次の如し。

$$V_1 = \frac{60 \times \pi \times 0.819}{1000} \times \frac{n}{16.2} = 0.00953 n, \quad T_1 = \frac{2 \times 0.75 \times 16.20}{0.819} M = 29.7 M$$

$$V_2 = \quad \quad \times \frac{n}{9.08} = 0.01700 n, \quad T_2 = \frac{2 \times 0.75 \times 9.08}{0.819} M = 16.6 M$$

$$V_3 = \quad \quad \times \frac{n}{5.31} = 0.02907 n, \quad T_3 = \frac{2 \times 0.75 \times 5.31}{0.819} M = 9.73 M$$

$$V_4 = \quad \quad \times \frac{n}{2.98} = 0.05180 n, \quad T_4 = \frac{2 \times 0.85 \times 2.98}{0.819} M = 6.18 M$$

走行抵抗は前述の公式により

$$R = 2.7W + 0.005WV + 0.0042A(V+10)^2$$

W は定員の 2 倍を滿載するものとして

$$W = 25 + \frac{120 \times 2 \times 50}{1000} = 37 t, \quad A: \text{車輛の斷面積} = 9 m^2$$

とすると $R = 99.9 + 0.185V + 0.0378(V+10)^2$

以上により加速力を計算せる結果を第 43 表に示した。

(3) 燃焼率曲線の計算

燃料加減攤開度 1/2 の時の 1 馬力時當り燃料消費量を 41000 型と同値とし出力は 1/3 増とすると燃焼率は第 44 表の如くなる。

註 42000 は未だ製作が未完了で試験成績が不明であるから上記の値は確定値とは云へないが略々近似値を與へるものと思はれる。

第 43 表及び第 44 表より 42000 型ガソリン・カーの加速力曲線及び燃焼率曲線を畫くことが出来る。

第 43 表 加速力表

回轉數	第一速度		第二速度		第三速度		第四速度	
	速力	抵抗	速力	抵抗	速力	抵抗	速力	抵抗
600	5.7	274.8	11.4	273.8	17.1	272.8	22.8	271.8
700	6.7	217.8	13.4	216.8	20.1	215.8	26.8	214.8
800	7.6	222.8	15.4	221.8	22.1	220.8	28.8	219.8
1000	9.5	228.8	19.0	227.8	27.1	226.8	35.8	225.8
1200	11.4	223.8	22.7	222.8	32.1	221.8	42.8	220.8
1400	13.3	218.8	26.4	217.8	36.1	216.8	48.8	215.8
1600	15.2	213.8	30.1	212.8	40.1	211.8	54.8	210.8
1700	16.2	208.8	32.1	207.8	42.1	206.8	56.8	205.8
1800	17.2	203.8	34.1	202.8	44.1	201.8	58.8	200.8

(4) スピード・カーブを畫く時の注意

(A) 變速點は第 45 表の如し。

第 45 表 變速點
(單位 km/hr)

	第一速度	第二速度	第三速度	第四速度
速度の上昇する場合	12.6	22.4	30.4	38.4
下降		16.0	17.1	30.4

(B) 出發時のカーブ 第一速度の加速力曲線を使用する部分に限り其の變速點即ち 17.2 km/hr に達するまでの加速度を 1.5 km/hr/sec とする。

従つてその走行距離は 27 m で時間は 11.5 秒となる。

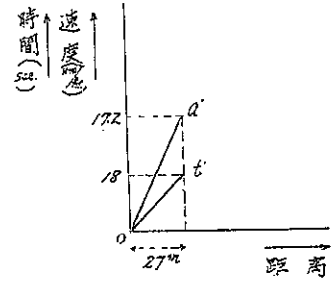
尙發車合圖から發車までに 6 秒を要するものとすれば、結局出發時のスピード・カーブは距離 27 m、速度 17.2 km/hr の點に a' を取り oa' を引けば速度曲線となり。時間曲線としては、27 m 行く時間を 18 秒と考へ b' 點を (27m, 18'') に取り ob' を引けばよい (第 62 圖参照)。

其の他の注意は 41000 型の場合と同じ。

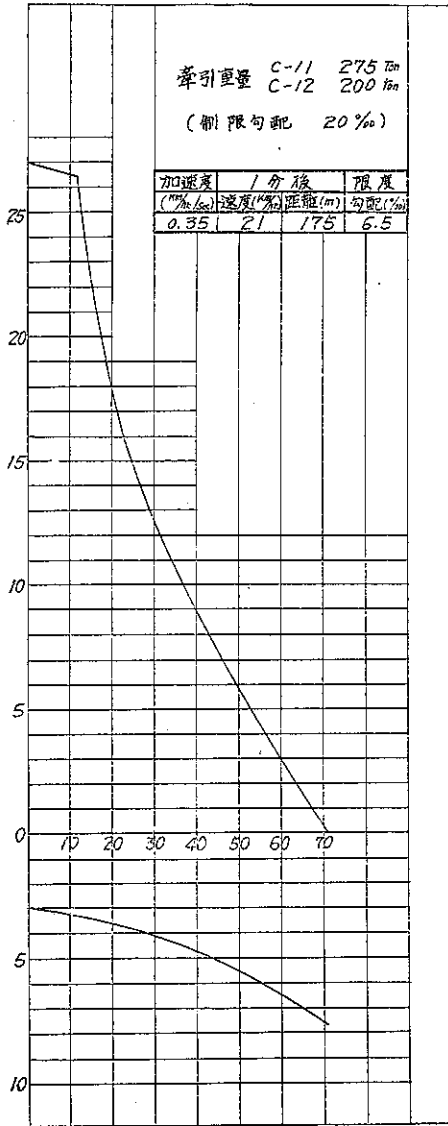
第 44 表 燃 燒 率

機関 回転数	一馬力特効 燃料消費量(K)	出力 (H)	燃 燒 率 (KH)	速 度			
				第一速度	第二速度	第三速度	第四速度
600	0.39	66.7	26.0	5.7			
700	0.39	79.3	30.1	6.7			
800	0.37	90.7	33.5	7.6	13.6	23.3	41.6
1000	0.365	112.0	39.9	7.5	17.0	29.1	51.8
1200	0.34	133.3	45.4	11.6	20.6	34.9	62.2
1400	0.395	153.3	53.0	13.3	23.9	40.7	72.5
1600	0.36	170.0	67.5	15.2	27.2	46.5	82.9
1700	0.355	176.7	62.7	16.2	28.9	49.2	88.1
1800	0.365	180.0	65.7	17.2	30.6	52.3	93.2

第 62 圖

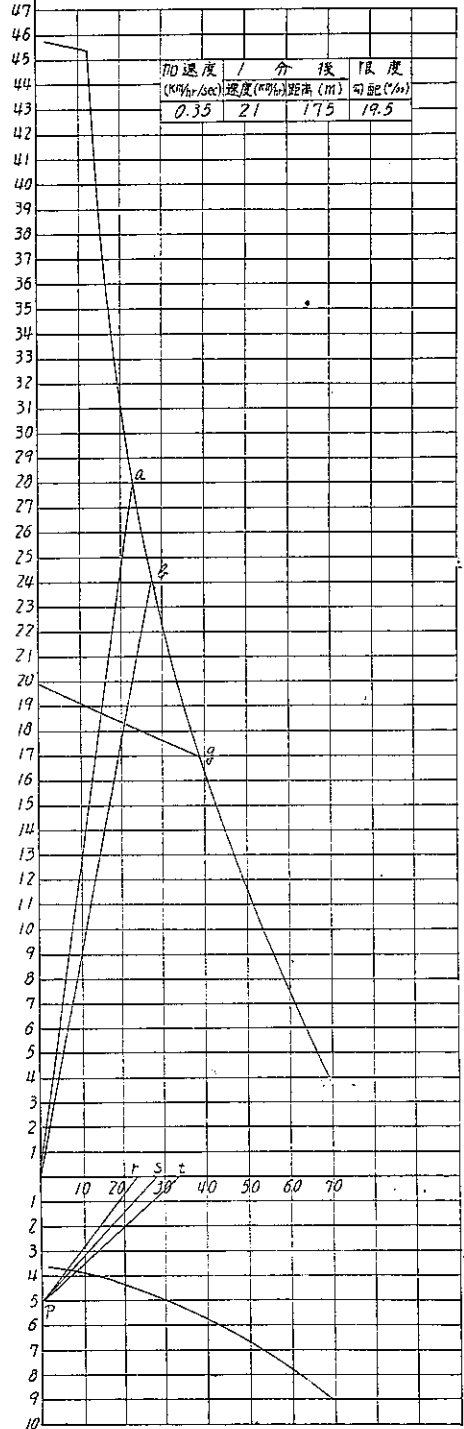


附圖第 1 貨物列車

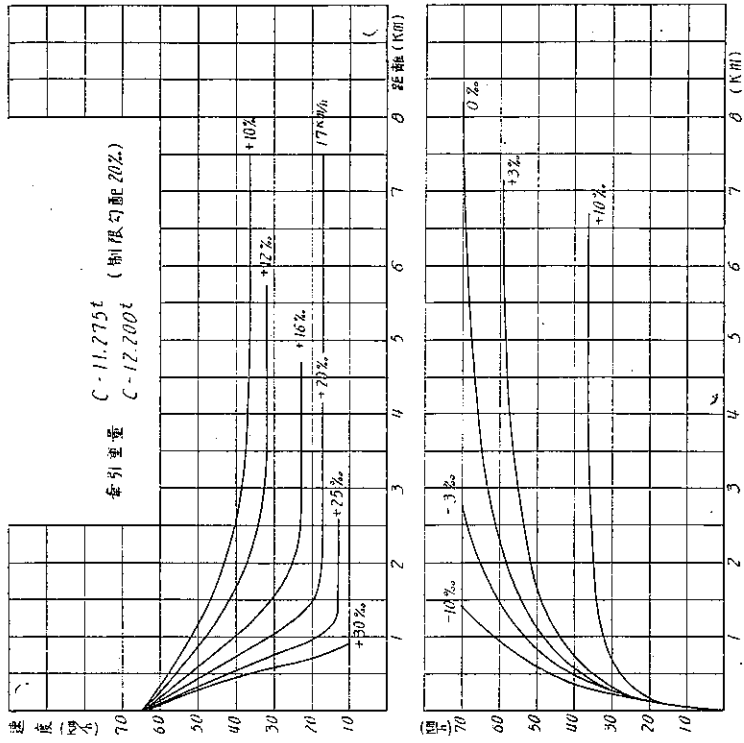


附圖第 2 貨物列車

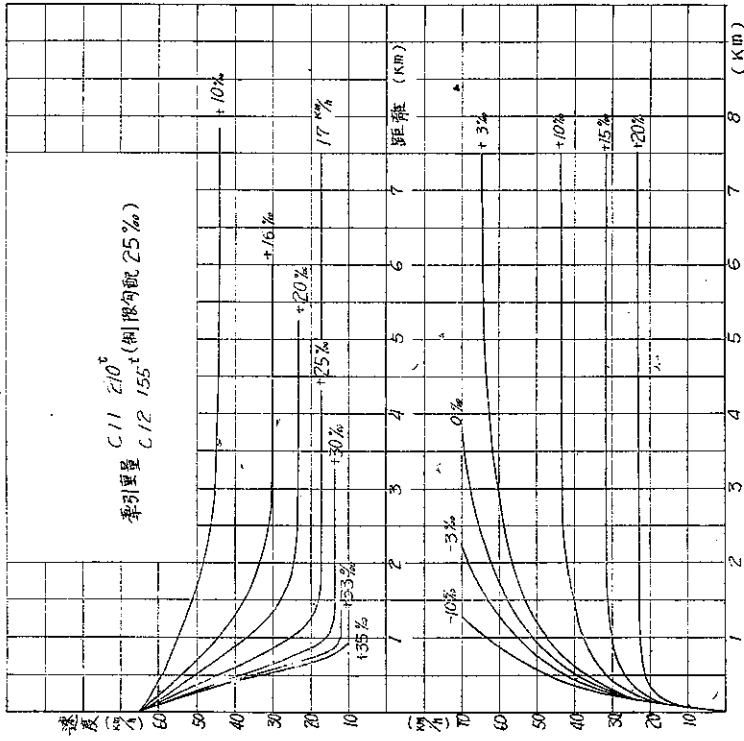
牽引重量 C-11 135 Ton
C-12 100 Ton
制限勾配 35%



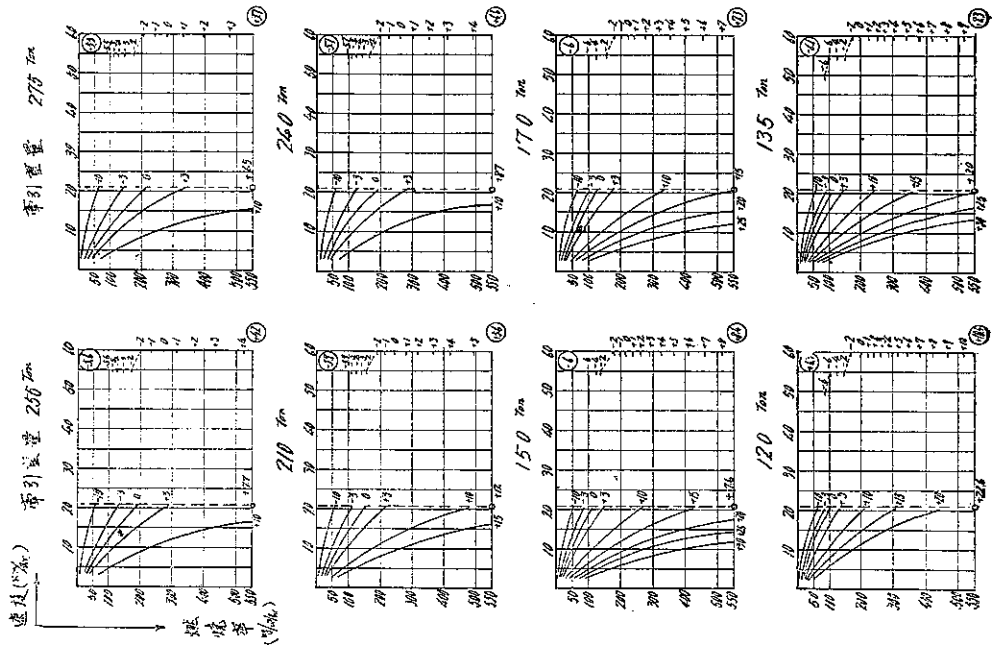
附圖第 4 速度距離曲線 (モーメント・グラム・グレード用)



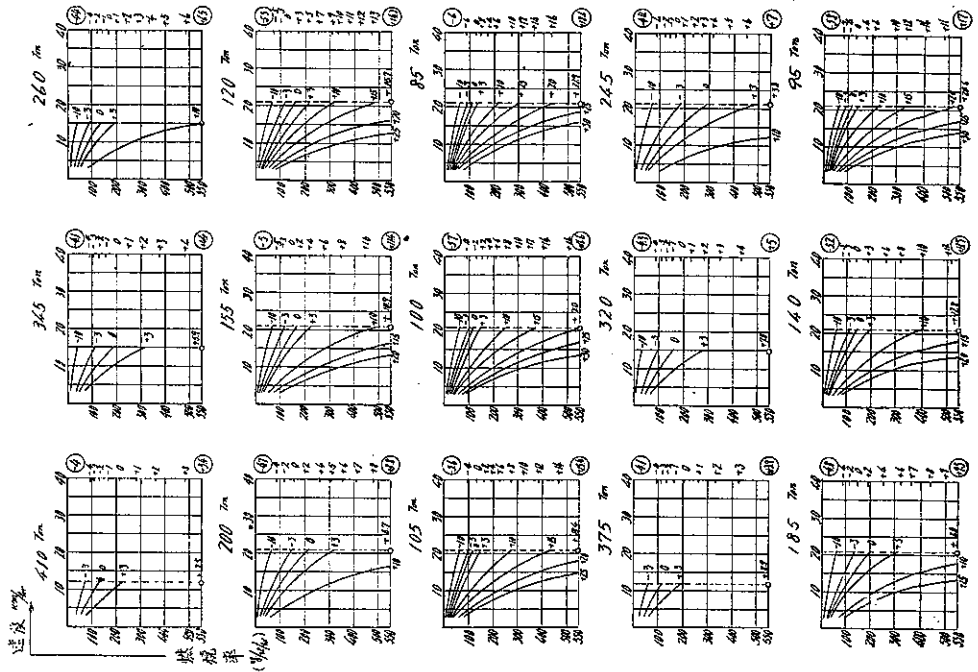
附圖第 3 速度距離曲線 I (モーメント・グラム・グレード用)



附圖第 5 C11 出發時及び等速度運轉時の速度燃費率曲線 (貨物及び混合)



附圖第 6 C12 出發時及び等速度運轉時の速度燃費率曲線 (貨物及び混合)



附圖第 7 41000 型ガソリン・カー加速力曲線及び燃費率曲線

