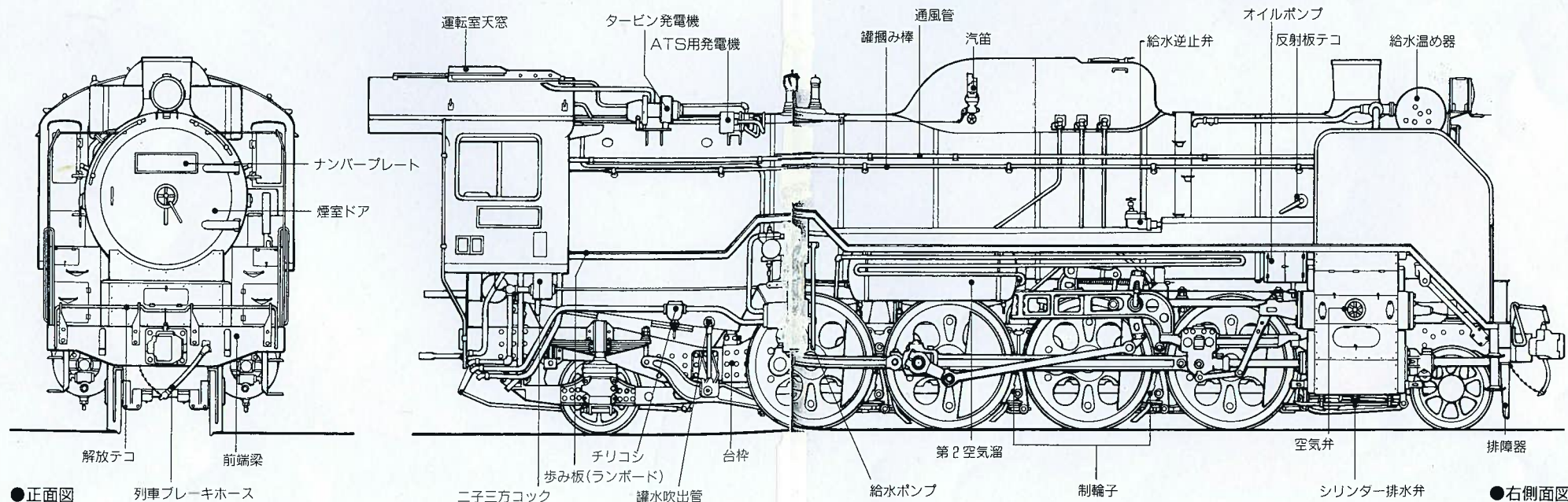
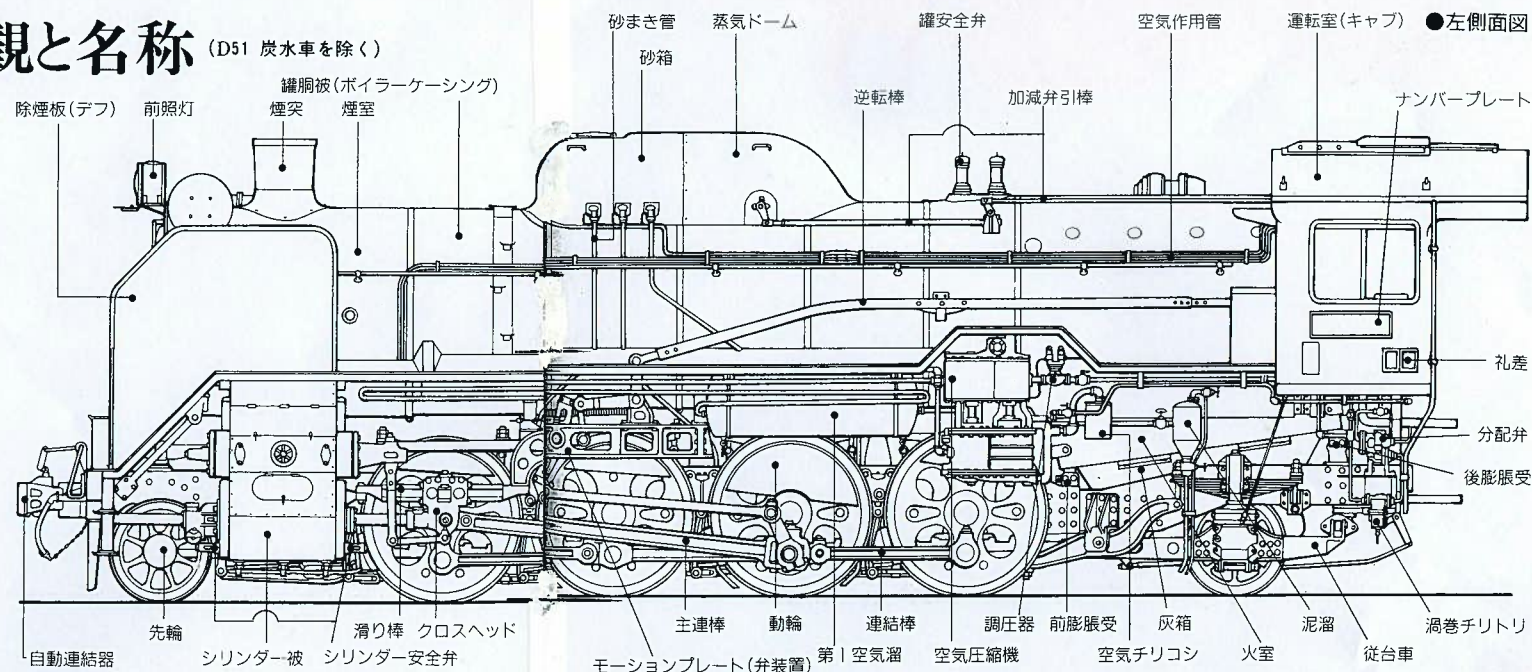


蒸気機関車の外観と名称 (D51 炭水車を除く)

蒸気機関車はその外観が大きな魅力のひとつで、一部の型 (C55のように流線形のカバーを取り付けたもの) を除けば、メカニカルな機器や作動部を露出させている。

走行部分は、シリンダー、弁装置、動輪、従輪等で構成され、すべて台枠に収まる。その上にエンジンのエネルギー発生部であるボイラーが乗る。ボイラー全体は前から煙室、罐胴、火室の順で構成され、その後部に運転室が付く。煙室上部に煙突、罐胴上部に蒸気ドーム、砂箱、安全弁が設置されている。運転室は左側に機関士、右側に助士の席があり、全体に左右対称で機関士側に空気圧縮機、助士側に給水ポンプ等各補器類が重量バランスをとって配置される。なおD51で、煙突と蒸気ドームが一体となった初期の半流線形 (通称ナメクジ) では、給水温め器が煙突の後にボイラーと平行して置かれている。軸配置は1-4-1で日本では1D1という表記をされる。シリンダー内下部にはピストンがあり、上部のピストン弁の給排によって動き、それに連結するクロスヘッドは滑り棒を前後し、主連棒、連結棒を動かして動輪を回転させる。



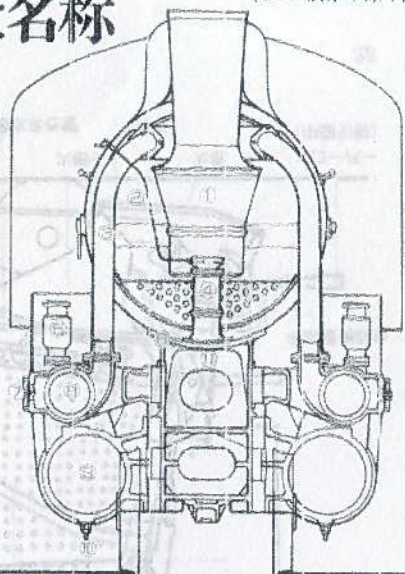
蒸気機関車の内部と名称

(D51 炭水車除く)

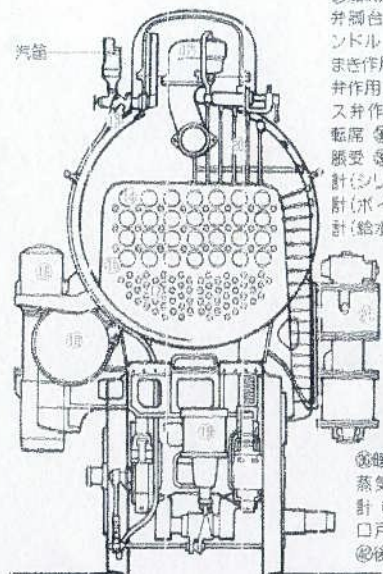
蒸気機関車の断面を見ると、車体容積の大半を、火室とボイラーというエネルギー発生機関が占めている。

火室で石炭を燃やしボイラーに満たした水を熱して高圧蒸気を発生させる。蒸気は蒸気溜から乾燥管、過熱管を通りピストン・シリンダーに導かれる。ピストンを動かした後は煙突から排出される。ピストンの動きは主連棒を介して動輪を回す。

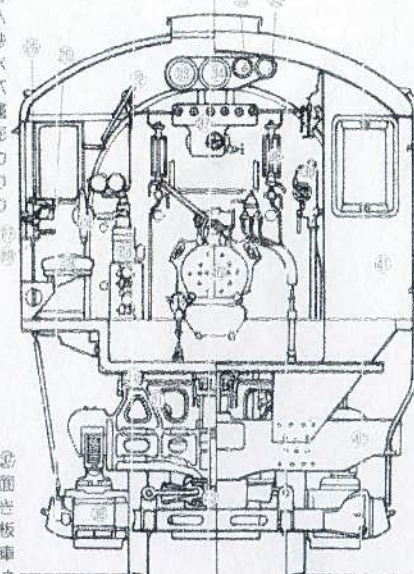
①火の粉止めアミ ②反射板 ③主蒸気管 ④吐出管 ⑤バイパス弁 ⑥煙台 ⑦空気を弁 ⑧蒸気管 ⑨シリンダー ⑩シリンダー排水弁 ⑪排気膨張室 ⑫加減弁 ⑬砂まき管 ⑭大煙管 ⑮火室 ⑯給水ポンプ ⑰小煙管 ⑱元空気管 ⑲ブレーキシリンダー ⑳砂 ㉑空気圧縮機



●正面煙室部断面図



●正面ボイラー部断面図



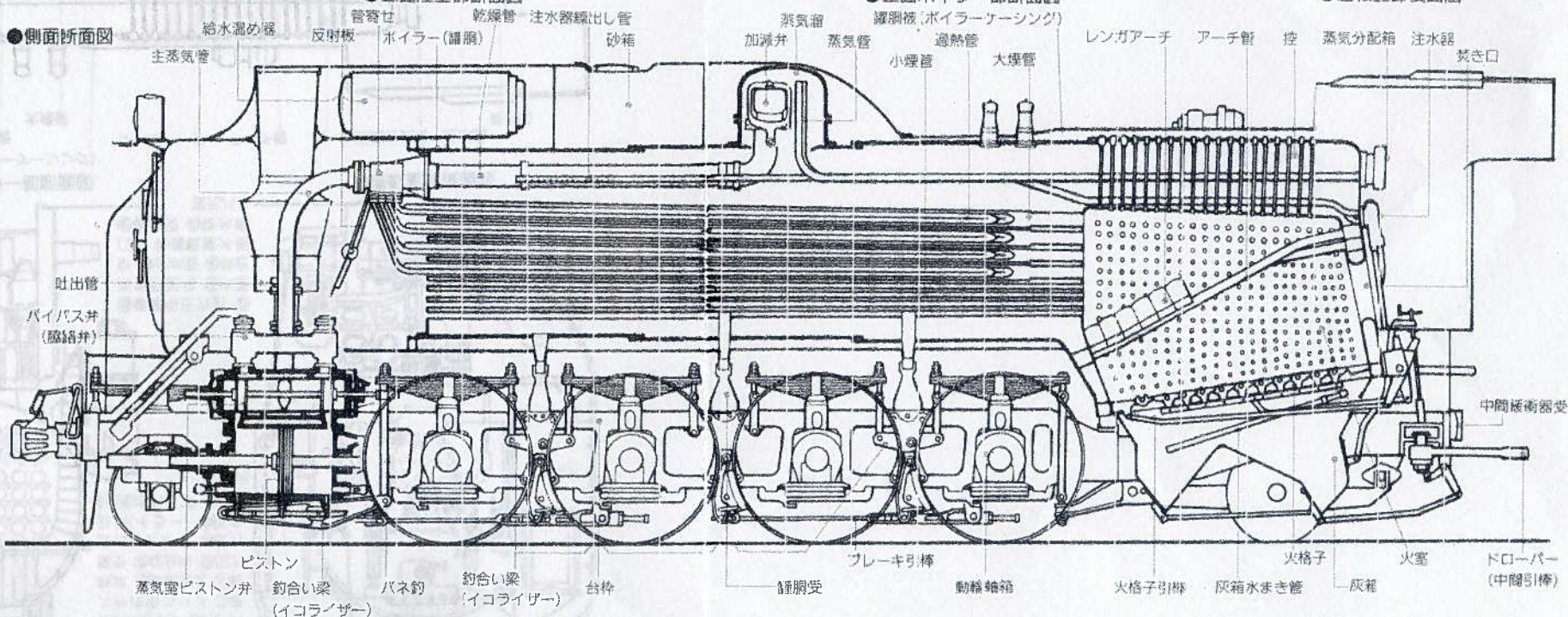
●運転室後面図

①加減弁アミ ②制動弁 ③逆転ハンドル ④速度計 ⑤砂まき作用コック ⑥排水弁作用コック ⑦バイパス弁作用コック ⑧運転席 ⑨膨張室 ⑩膨張室圧力計(シリンダー) ⑪圧力計(ボイラー) ⑫圧力計(給水ポンプ)

⑬鍋筒用圧力計 ⑭蒸気分配箱 ⑮水面計 ⑯注水口 ⑰運転室外板 ⑱後端梁 ⑲従台車復元バネ

ボイラー内部は多数の煙管や各種管類を動かす蒸気管が入り、火室は膨張伸縮による変形に備えて数多くの棒が設置される。火室下部は火格子、その下に灰箱を備えて灰殻を収納する。動輪は軸箱と共に台枠に入り、バネを付けてイコライザーで結び機関車の振動を柔化させる。

●側面断面図



炭水車(テンダー)とタンク式機関車

D51のように幹線を長距離走る機関車では、石炭と水を積載した炭水車(テンダー)を連結する。このテンダー式機関車はその形状からバック運転が苦手で、折り返しなどの小

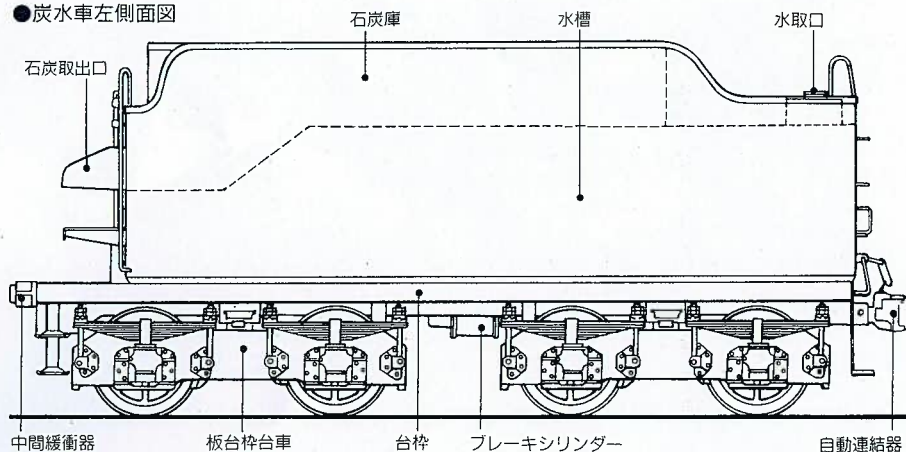
回りのきく運用には向かない。そのため支線などの短距離区間や入れ換え用には、機関車本体に石炭と水を積んだタンク式機関車が使われる。図のC11やC12などが日本の代表

的なタンク式蒸気機関車である。

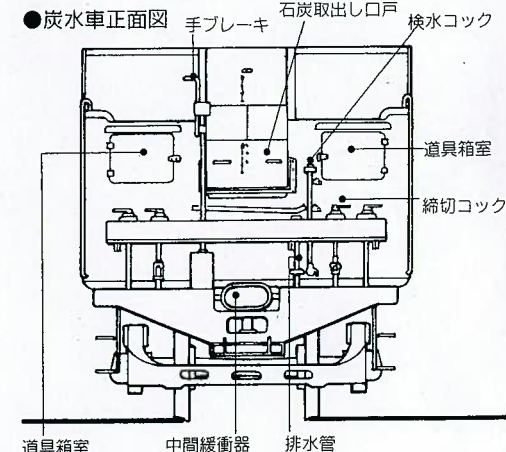
蒸気機関車の運行には意外なほど水の消費量が多く、車種で異なるが重量比で石炭1に対し水は最低でも5以上と言われる。かつての日本の主要駅には必ず給水所が設けられていたが、給炭所は機関区にある程度だった。

□51の炭水車は、石炭を8t、水を20m³(約20t)積み込むことができる。石炭は側面図の点線から上の部分に積載される。タンク式蒸気機関車では、ボイラーの両側が水タンクで、運転室後部のタンクも下部は水である。

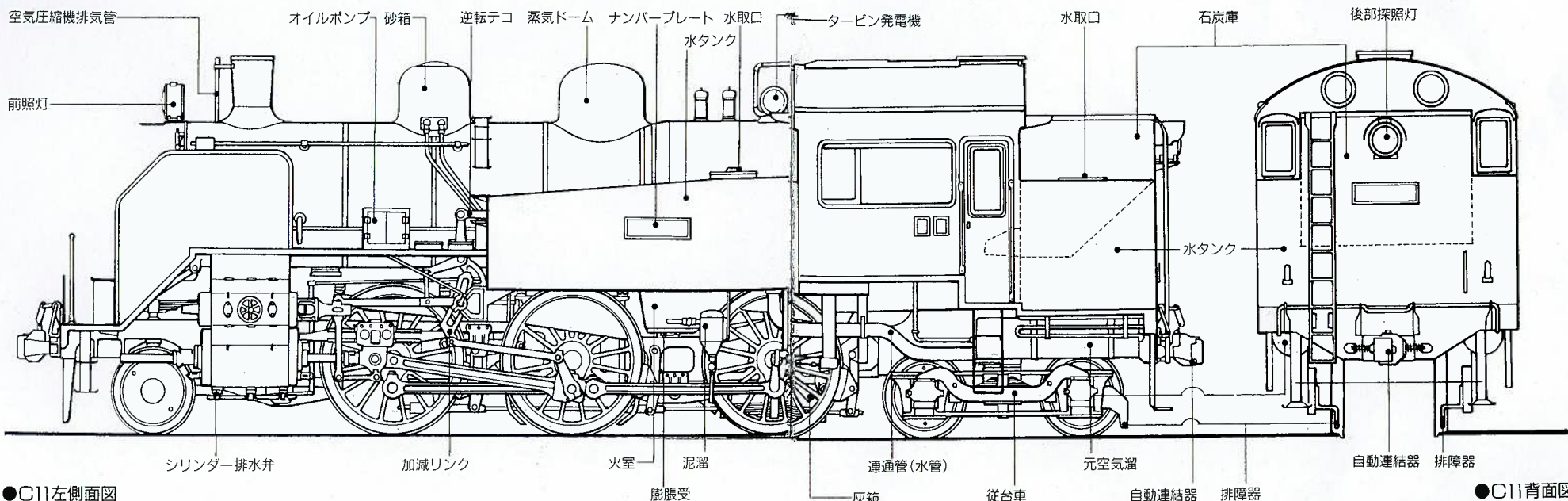
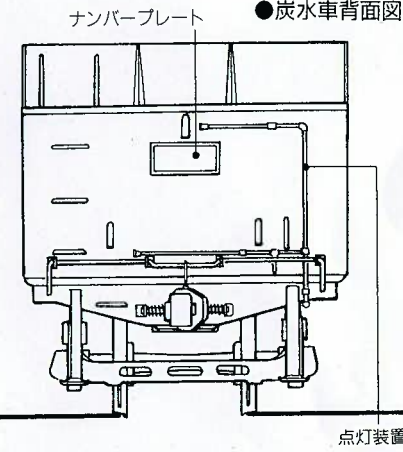
●炭水車左側面図



●炭水車正面図



●炭水車背面図



●C11左側面図

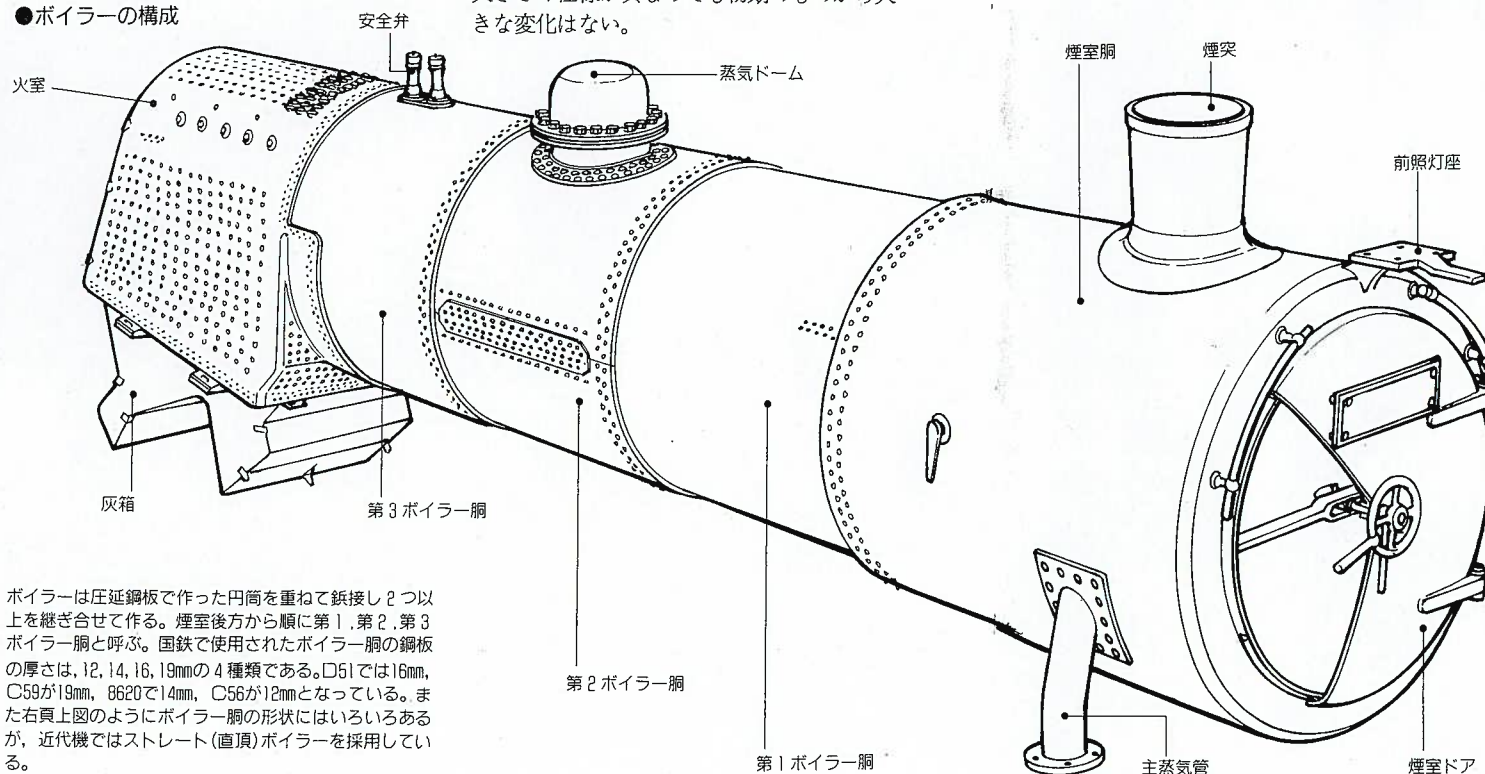
●C11背面図

ボイラー全体の構成

ボイラーのことを蒸機では罐胴と呼ぶ。こ
こは水を張り石炭を燃やして高压蒸気を作り
出す部分で、機関車で最も大きな部分を占め
る。前から煙室、ボイラー、火室という構成
になる。ボイラーには、右頁下図のように水
管式と煙管式とがあり、一般のボイラーでは
水管式が普通だ。しかし蒸気機関車では短時
間に大量の蒸気をより高压にして連続的に取
り出すことが必要で、現在では多数の煙管を
設けて熱伝導面積を大きくし(D51クラスでは
200㎡以上)、高温の燃焼ガスを通す煙管式ボ
イラーを採用している。

水は大気圧と同じ1気圧では、100℃で沸騰
すれば蒸気温度も100℃だから、シリンダーに
届く時には水滴に戻ってしまい圧力が無くな

●ボイラーの構成

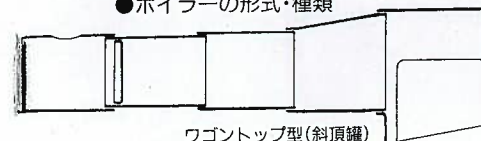


ボイラーは圧延鋼板で作った円筒を重ねて銲接し2つ以
上を継ぎ合せて作る。煙室後方から順に第1、第2、第3
ボイラー胴と呼ぶ。国鉄で使用されたボイラー胴の鋼板
の厚さは、12、14、16、19mmの4種類である。D51では16mm、
C59が19mm、8620で14mm、C56が12mmとなっている。また
右頁上図のようにボイラー胴の形状にはいろいろある
が、近代機ではストレート(直頂)ボイラーを採用してい

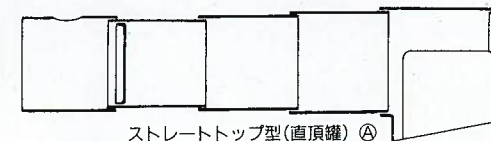
る。そこで密閉した容器で熱すれば沸点が上
がり、高温高压の蒸気が出る。そのためい
かに高压に耐えられるボイラーを作れるかが、
機関車の性能を左右する。初期の「弁慶号」で
7.7kg/cm²(7.7気圧)だったものが、近代機C57
では16気圧となり、沸点は200℃を超える。

煙室から後方はボイラーケーシング(罐胴被)
で覆われ、ボイラー胴との間に断熱用の石綿
布団が入る。火室は燃料を燃やすため下部に
火床、後部に焚き口がある。煙室にはピスト
ン・シリンダーに通じる主蒸気管と吐出管、
煙突及び煙室ドアが付く。この基本構成は、
大きさや仕様が異なっても初期のものから大
きな変化はない。

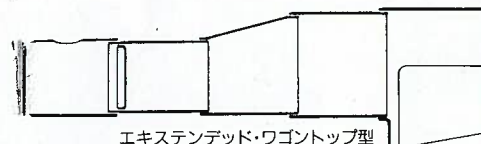
●ボイラーの形式・種類



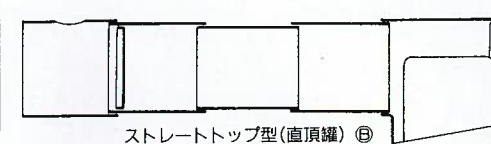
ワゴントップ型(斜頂罐)



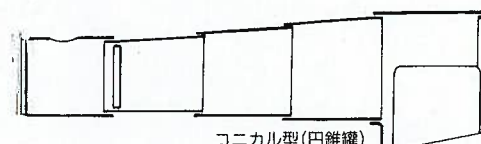
ストレートトップ型(直頂罐) ㉔



エキステンデッド・ワゴントップ型
(延斜頂罐)



ストレートトップ型(直頂罐) ㉕



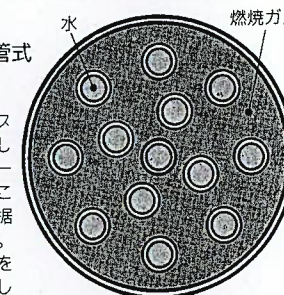
コニカル型(円錐罐)

斜頂、延斜頂型ボイラー及び円錐ボイラーの特徴は、燃
焼ガスが火室から煙室に至る間に徐々にボイラー水に熱
を吸収されるので、火室近くの高圧部分は罐水容量を大
きくして効率化を図っていることだ。また、罐水容量が
直頂型と同じなら重量が軽くできるが、工作は比較的難
かしい。このワゴントップ型はアメリカ型に多く、輸入
された弁慶・義経号などがこのタイプである。

直頂ボイラーは円筒形の鉄板を継ぎ合せるので工作は簡
単だ。㉔では第1、第2、第3ボイラーと板の厚さの分だ
け太くなる。日本ではこの型が多い。㉕では第2ボイ
ラーに第1と第3ボイラーを継いだものだ。

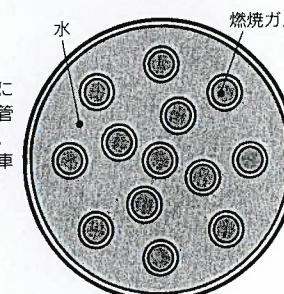
●水管式と煙管式

水管式は燃焼ガス
の中に水管を通し
て蒸気を作る。一
般のボイラーがこ
の型で、通常は据
え置き式である。
その多くが蒸気を
冷やし、水に戻し
て再利用する復
水式である。



(水管式)

煙管式は水の中に
燃焼ガスの通る管
を通したもので、
これが蒸気機関車
に使われる。



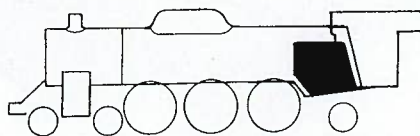
(煙管式)

火室

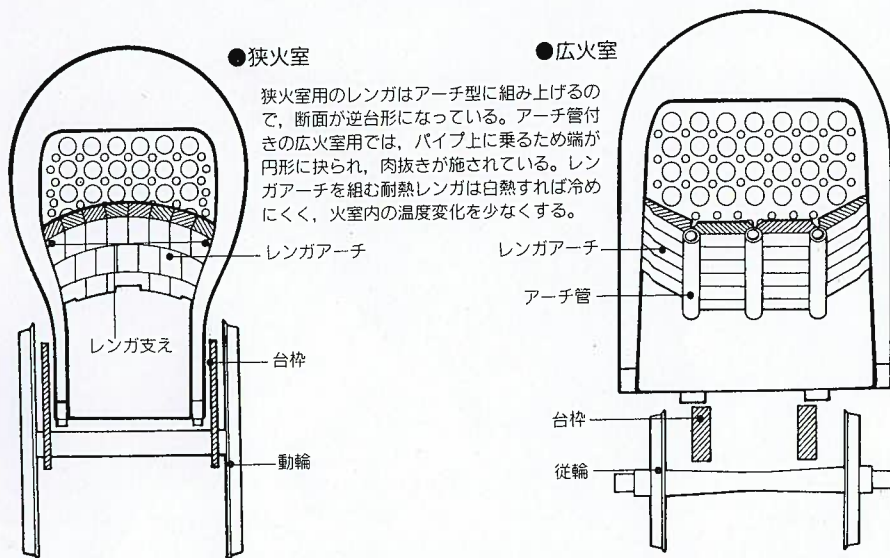
火室の様式には狭火室と広火室とがある。狭火室では、火室が台枠の内側、または上にあり、下すばまりになっていて動輪の幅よりも小さい。このタイプの火格子は台枠の間に入り込むため、前後に延ばすしかない。それでは平均に投炭することが困難なため燃焼効率が悪くなる。主に小型機関車に使用され、火格子面積は1.3~1.6㎡である。

広火室では火室を動輪幅より広くとり、火格子面積は2.32~3.85㎡と広い、大型機はこのタイプである。動輪の上部に置くことで重心が高くなり制約も多いので、それより小径の従輪を設けてその上に置く。

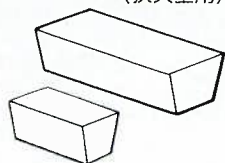
レンガアーチは内火室の幅いっぱいに耐火



レンガを渡しており、これにより火炎を迂回させ、その間に充分燃焼させて上下の煙管すべてに火炎(燃焼ガス)が平均して入る。また火格子上の通風が均一になり燃焼も安定する。さらに焚き口などからの低温の空気が火室管板や煙管に直接当たることがなくなり、破損防止にもなる。広火室では前後に外径76mmの鋼製水管を渡し、アーチ管とする。管の中も水が循環するので罐水の対流を良くし、熱伝導の効率が良くなる。また控(補強)の役目もするので火室の歪みも防止できる。

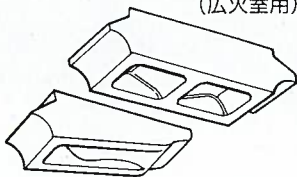


●アーチ用耐火レンガ (狭火室用)



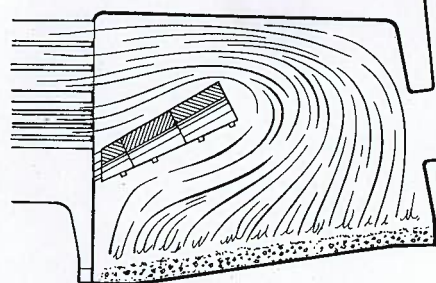
小型の火室ではレンガのみで山型にアーチを組む。火室側板にレンガ支えが付いているのだが、レンガには上下にテーパーが付いているため落ちることはない。

●アーチ管使用の耐火レンガ (広火室用)



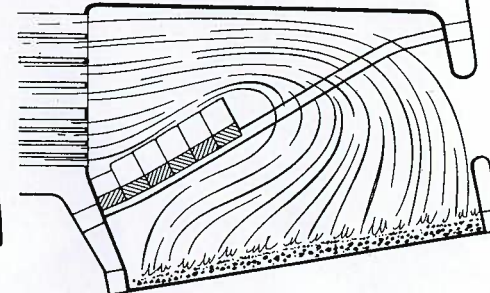
広火室では、前後に渡したアーチ管の上に耐火レンガを逆アーチ型に置く。炎は横に拡がり側板に沿って上りサイドの罐水にも効率良く熱が伝わる。

●火室内燃焼ガスの流れ <レンガアーチのみ>

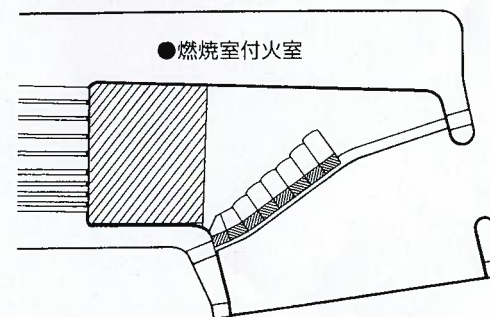


燃焼をさらに充分にするために考えられたのが燃焼室である。構造は簡単に煙管を取り付ける火室管板をボイラー胴内に前進させ空間を作る。従来型の火室に比べ炎(燃焼ガス)が煙管に入るまで余分に時間がかかるだけ燃焼が良くなる理屈だ。そのスペースの分だけ煙管の長さが短くなるが(燃焼室の無い戦前型C59で煙管の長さは600cm、戦後型C59で550cm)、逆に火室板の面積が増加した分、熱伝導の方は効率が良い。戦後型C59、C62、D52、D62、E10などの大型機に設けてある。

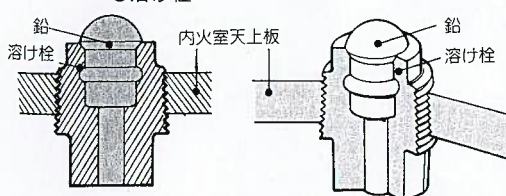
<アーチ管付レンガアーチ>



●燃焼室付火室



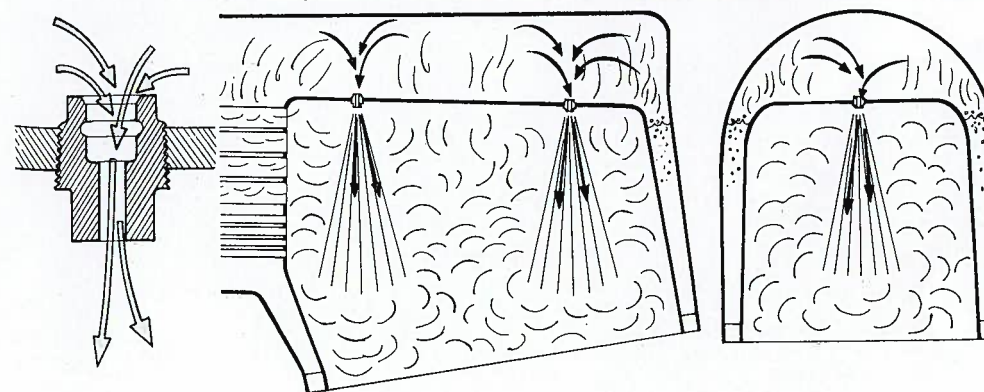
●溶け栓



俗称「へそ」と呼ばれ、カラ焚き防止のため砲金製の本体内部に鉛を詰めたものだ。通常内火室天井板の前後に2個(C62、D52、D62は3個)ねじ込んである。火室内温度は1500℃にも達するため、内火室周囲に満たされた罐水が何らかの事故で水位が下がり天井板が露出すると、カラ焚き状態で重大な破損につながる。

溶け栓内の鉛の溶解温度は327℃で、異常の時はこれが溶けてボイラー内気水が火室内に噴出して音響を発する。これで乗務員が異常を知る仕組みだ。また溶け栓からの気水では良く燃えている時の火は消せない。

●溶け栓の作用



ボイラー(罐胴)内部・煙管

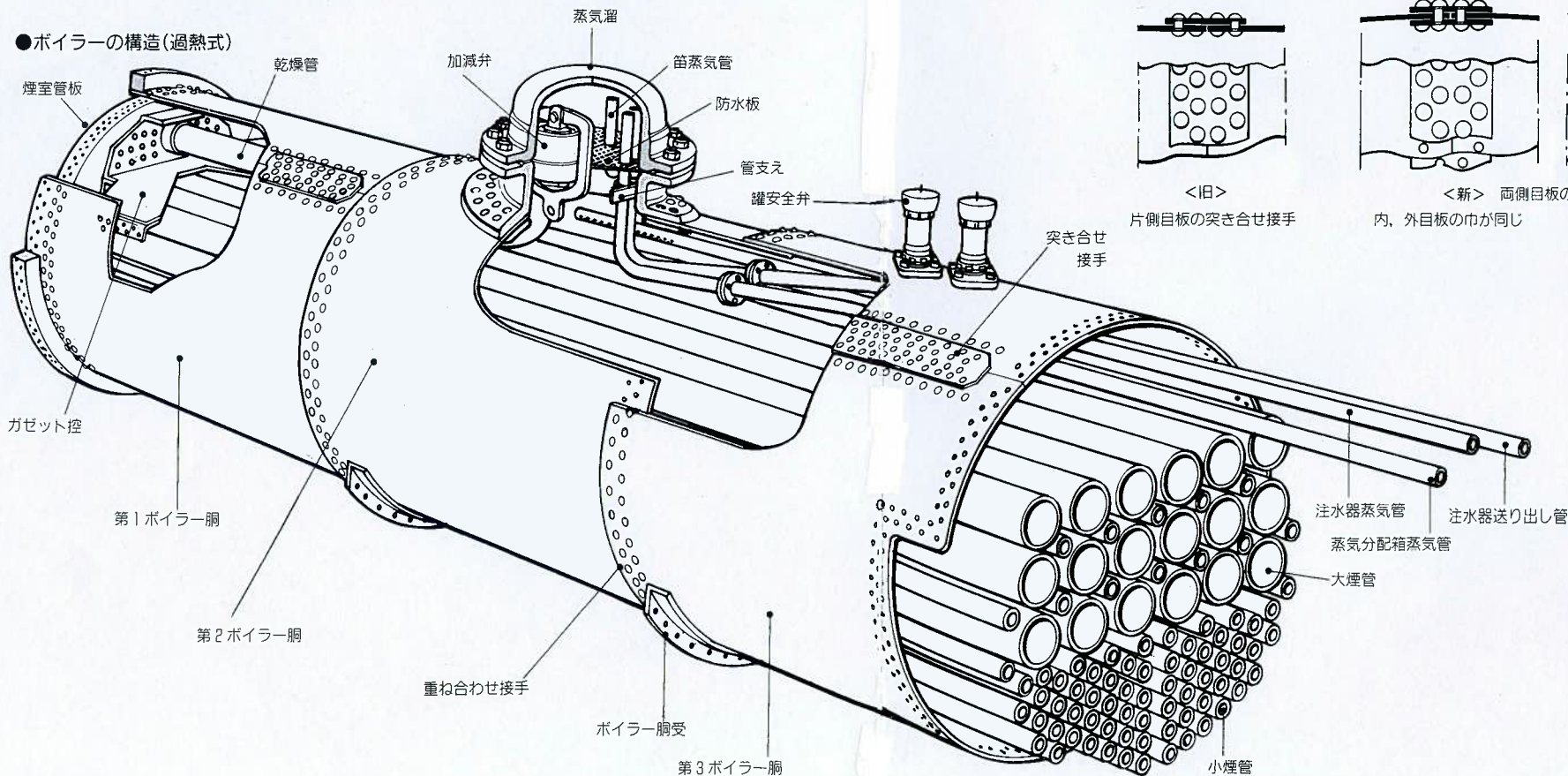
ボイラーは蒸気機関車で最も大きな容積を占め、その性能を左右する重要な部分だ。機関車は煙管式ボイラーで、後ろの火室管板から前の煙室管板の間に高温の燃焼ガスを通す煙管を多数配置し罐水の中を通す。動力用の蒸気は大量且つ連続的に発生させなければならず、この部分は大型機では5mを超える。上部には蒸気ドームを設け、蒸気をシリンダーに送る加減弁体や各種機器類への蒸気管が配置される。煙管は飽和式蒸気機関車では小煙管のみだが、過熱式蒸気機関車では上部に大煙管、下部に小煙管が配置される。大煙管



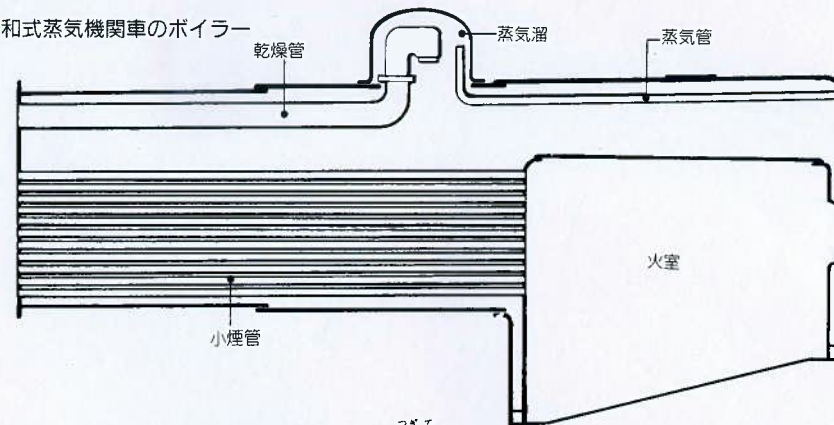
の内部には過熱管が入る。

ボイラー胴は一枚の鋼板を円筒形に巻いて、付き合せ接手を取り付け鉚接し、溶接ではない。第1,第2,第3ボイラーを継ぎ合わせるのも鉚接で、これは重ね合せ接手で行う。各煙管は50kg/cm²の水圧に耐えられるのが基準で、大・小とも継目なし鋼管で作る。

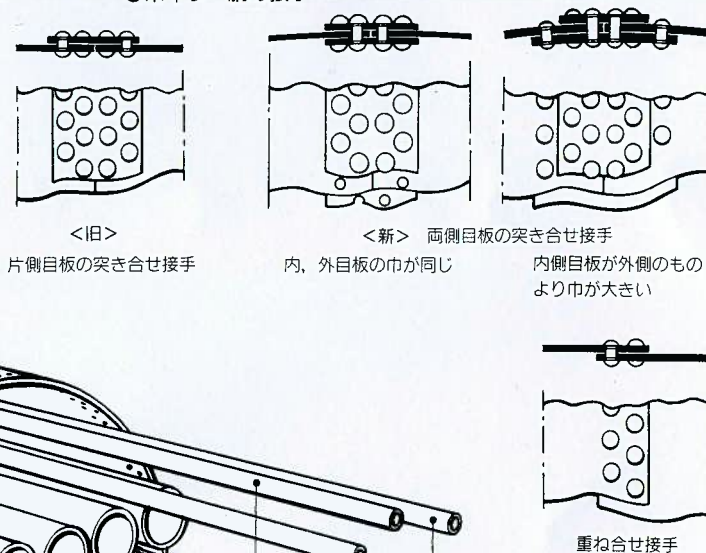
●ボイラーの構造(過熱式)



●飽和式蒸気機関車のボイラー



●ボイラー胴の接手



●大煙管と小煙管

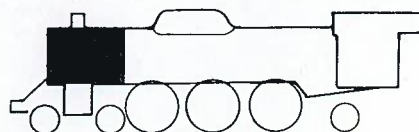
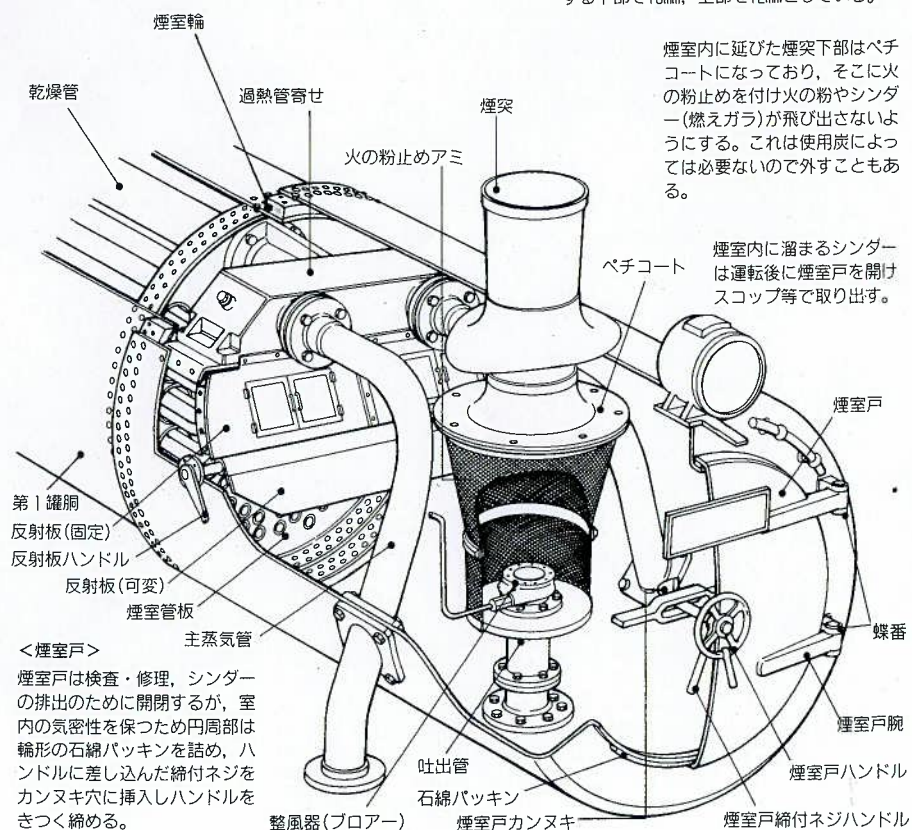
図では左が煙室側、右が火室側、過熱管の入る大煙管は、□51の場合中央部で径140mm、小煙管は57mmで、長さは5570mm。

煙室

蒸気機関車はボイラーを横置きにするので、火室からの燃焼ガスを横に流す必要がある。加えて瞬時に大量の蒸気を作り出すために火室での石炭の燃焼は強力で効率良くなければならない。このため燃焼用空気の流入と排煙に関する通風は、出力性能上の重要な要素で、煙室の構造がそれに関わっている。

煙室はボイラー前部の煙室管板で仕切れ、外観では上に煙突、前に煙室ドアとヘッドライトが付き、内部は過熱式では上に過熱管寄せとそこからシリンダーへの主蒸気管、煙管前に反射板、そして下に蒸気吐出管が設置さ

●煙室(過熱式蒸機)の構成



れる。吐出管からの気筒(シリンダー)排蒸気は霧吹きと同じ理屈で煙室内の空気を誘い出し部分真空をつくる。因って煙管から燃焼ガスが吸い出されて強制的に通風し、煙突から放出される。反対に火室側には新鮮な空気が流入する(次の吐出管の項も参照)。これはボイラー自ら作った蒸気の排出を利用し、自身の通風を行うという巧妙な仕組みである。

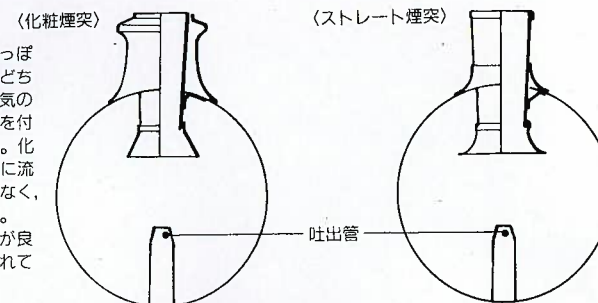
煙室は普通厚さ13mm程度の鋼板で円筒形に作るが、近代機口51ではこの厚さが罐台に接続する下部で19mm、上部を12mmとしている。

煙室内に延びた煙突下部はベチコートになっており、そこに火の粉止めを付け火の粉やシンダー(燃えガラ)が飛び出さないようにする。これは使用炭によっては必要ないので外すこともある。

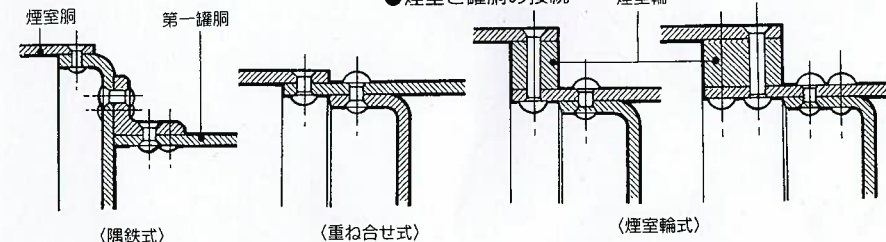
煙室内に溜まるシンダーは運転後に煙室戸を開けスコップ等で取り出す。

●煙突

外観は、ストレート煙突とそれにすっぽり化粧煙突を被せたものがあるが、どちらでも下部に約2/10径を絞り、排気の拡がりに対応する。下にベチコートを付けて排気を取り込みやすくしている。化粧煙突は走行中空気の流れて煙を上になくすように考えられたがあまり効果はなく、後にすべてストレート煙突になった。自然通風上煙突はできるだけ長い方が良く、車両限界いっぱいの高さに作られている。

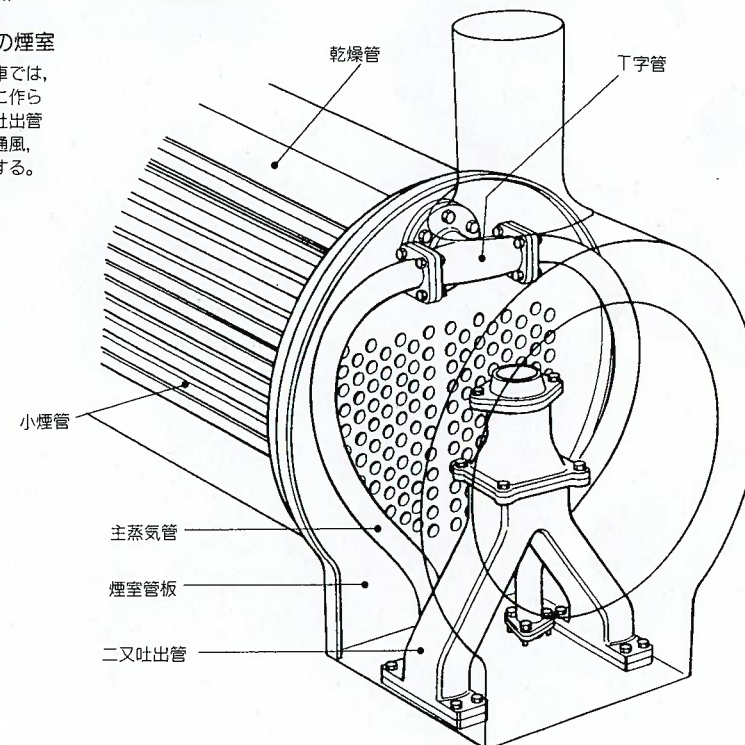


●煙室と罐胴の接続



●飽和式蒸機の煙室

飽和式蒸気機関車では、構造もシンプルに作られて、ここでも吐出管からの排蒸気を通風、及び排煙に利用する。



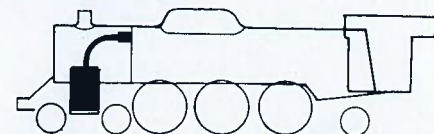
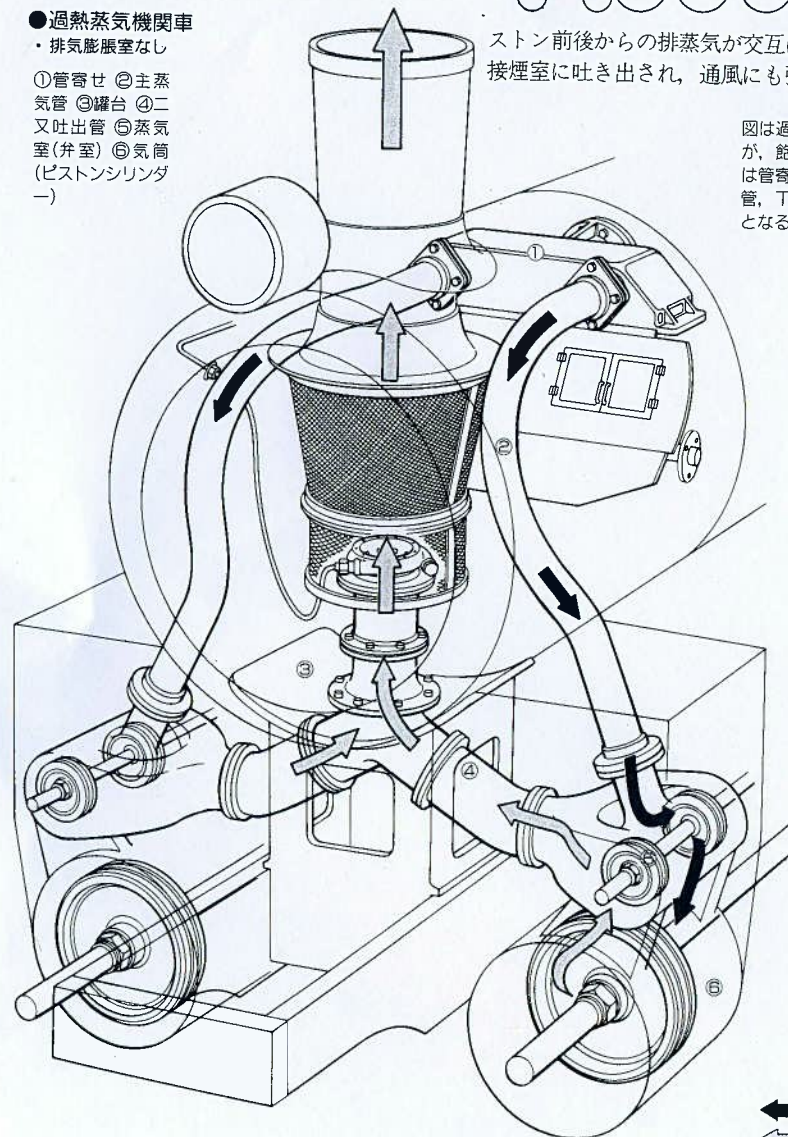
シリンダーへの給気と排気

ここでは管寄せから煙突までの動力蒸気の流れの概略をみる。吐出管の項でみたように、排蒸気は通風に利用する。そのため左右のシリンダー排気口と二又吐出管を直に結ぶとピ

●過熱蒸気機関車

・排気膨脹室なし

①管寄せ ②主蒸気管 ③罐台 ④二又吐出管 ⑤蒸気室(弁室) ⑥気筒(ピストンシリンダー)



ストン前後からの排蒸気が交互に断続して直接煙室に吐き出され、通風にも強弱が起きる。

図は過熱蒸気機関車だが、飽和蒸気機関車では管寄せがなく、乾燥管、丁字管→主蒸気管となる。

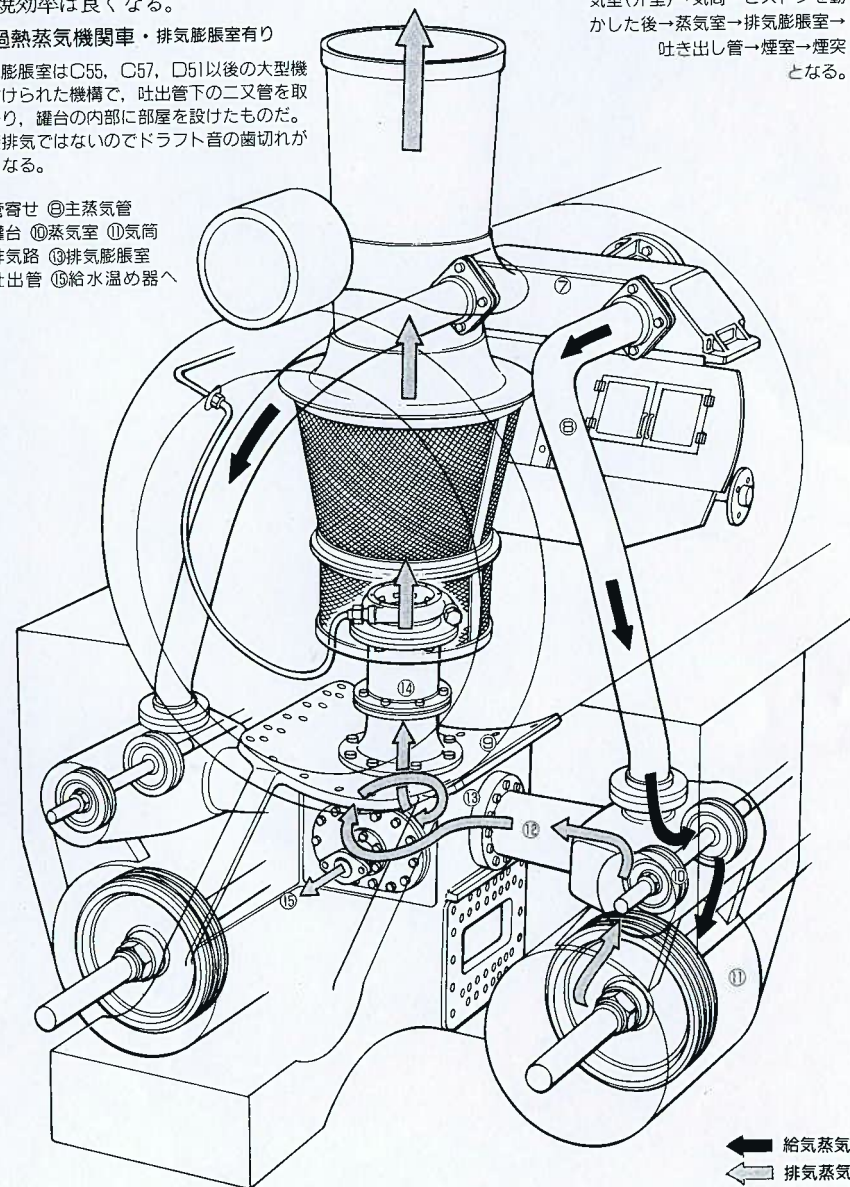
← 給気蒸気
→ 排気蒸気

そこで日本の蒸気機関車にみに独自に開発された機構が排気膨脹室である。これはシリンダー排蒸気を一度集めた後に吐出管に送るもので、間接的な排気により通風は均一化し燃焼効率は良くなる。

●過熱蒸気機関車・排気膨脹室有り

排気膨脹室はC55、C57、D51以後の大型機に設けられた機構で、吐出管下の二又管を取り去り、罐台の内部に部屋を設けたものだ。直接排気ではないのでドラフト音の歯切れが悪くなる。

⑦管寄せ ⑧主蒸気管 ⑨罐台 ⑩蒸気室 ⑪気筒 ⑫排気路 ⑬排気膨脹室 ⑭吐出管 ⑮給水温め器へ



(過熱蒸気機関車の蒸気の流れ)
加減弁→加減弁取付管→乾燥管→管寄せ(飽和蒸気室)→過熱管→管寄せ(過熱蒸気室)→主蒸気管→蒸気室(弁室)→気筒→ピストンを動かした後→蒸気室→排気膨脹室→吐き出し管→煙室→煙突となる。

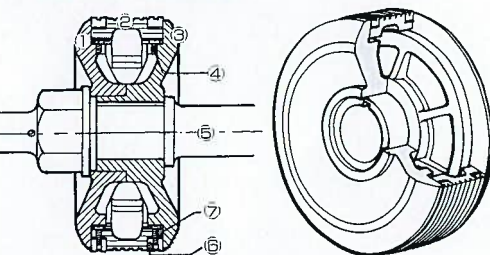
← 給気蒸気
→ 排気蒸気

ピストン弁① 単式と ブッシュ

ピストン弁は一本の弁棒に前後2個のピストンを付けたものである。

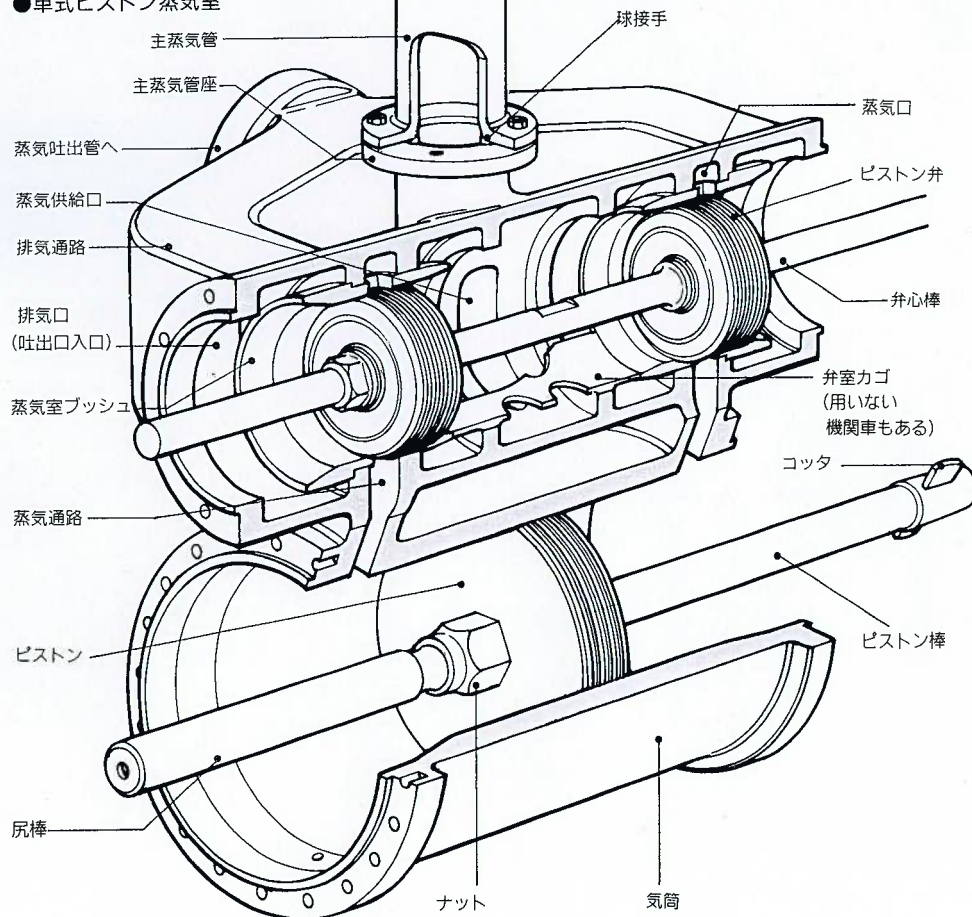
ピストン弁には単式と複式がある。蒸気室(弁室)前後のブッシュにそれぞれ1列の蒸気口を設けたものを単式給気式、2列設けたものを複式給気式と呼ぶ。前者のものに単式ピストン弁、後者に複式ピストン弁を使用する。通常2つの弁の内側でシリンダーに給気をし、外側で排気(内側給気)を行い、その動きは動輪の回転から採る。

●単式ピストン弁の構造

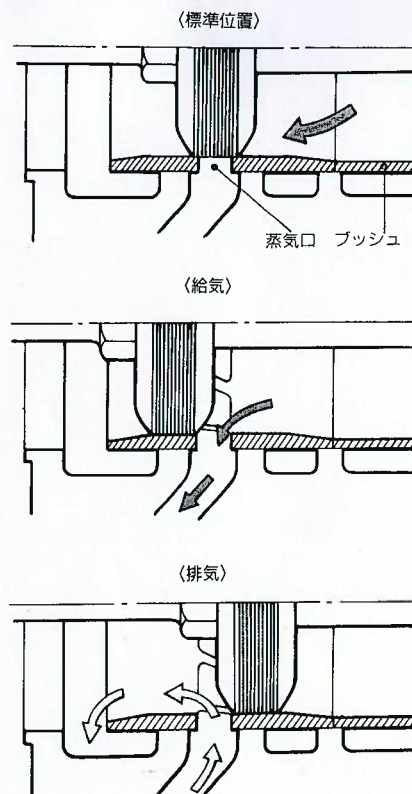


①外ピストン弁体 ②中ピストン弁体 ③内ピストン弁体
④止めピン ⑤弁心棒 ⑥パッキンリング ⑦止めピン

●単式ピストン蒸気室



●単式ピストン弁の作動



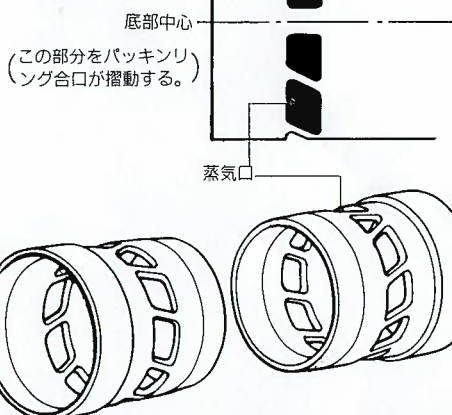
ピストン弁は滑り弁(スライドバルブ)に較べると、弁体への蒸気圧力が均一なので摺動が容易である。

単式ピストン弁は硬鉄製で、内・外・中ピストン弁体の三つを組み合わせ、止めネジで固定する組立式だ。中は中空になっており、そのため高温の給気蒸気が排蒸気によって冷やされるのを防止している。

中ピストン弁体の外周に4条の溝を彫り、その両側にパッキンリングをはめて止めネジで固定する。4条の溝は蒸気パッキンの役目をし、リングも蒸気漏洩を防止するので、構造が簡単な割に蒸気漏洩がなく、複式に較べて蒸気消費量が少い。

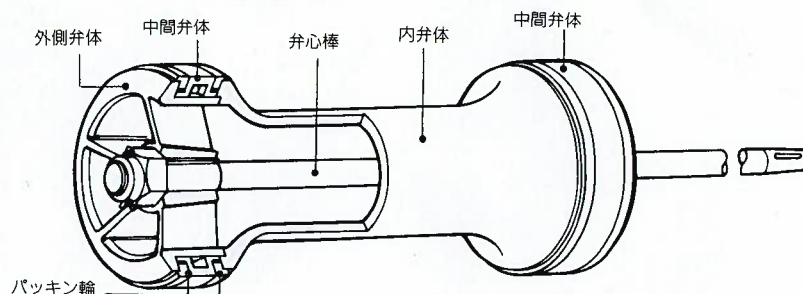
●ブッシュ

(単式用ブッシュ)



●筒ピストン弁

空洞の円筒の両端の径を太くし、そこに弁を付け中心に弁棒を通した筒ピストンもある。ピストン弁と作用は同じだが、筒ピストンは大型になり重量も嵩ばる。マレー機9850形が使用。

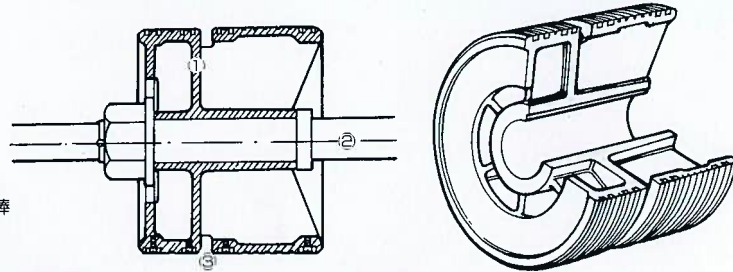


ピストン弁② 複式と ブッシュ

複式ピストンは、外観上二つに分かれているように見えるが、軟鉄製の単体である。弁体外側縁から1/3位の位置に円周に沿って補

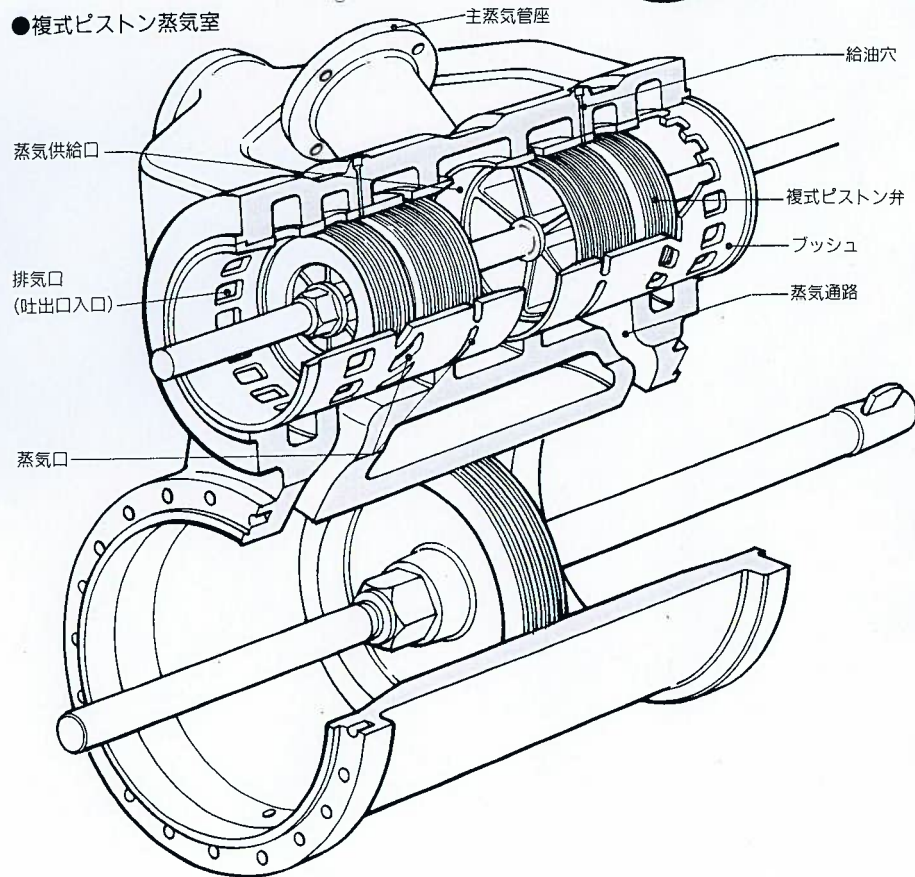
助給気口を設け、弁内側縁の給気口と2ヶ所から同時に給気する。

単式・複式ピストンとも、気筒に通じる蒸気通路の左右に移動して給・排気を切り換えるのは同じである。しかし複式の場合、補助給気口があり蒸気通路が2ヶ所あることになる。



①弁体 ②弁心棒
③補助給気口

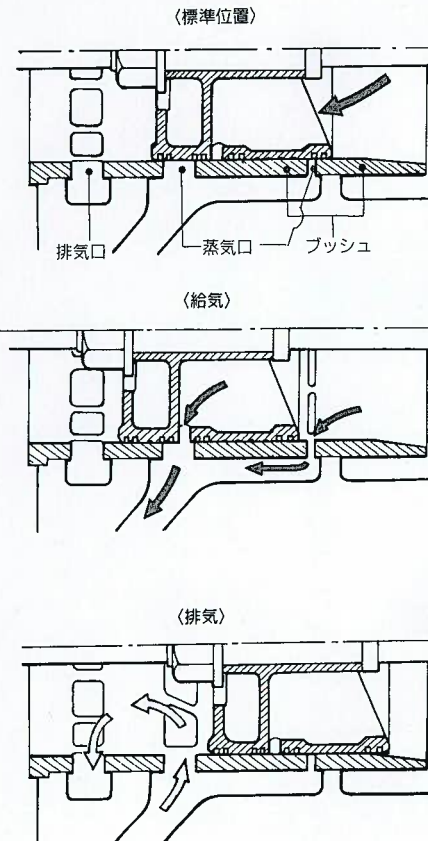
●複式ピストン蒸気室



●複式ピストン弁の構造

単式に較べ同じ動きでも素早く大量の蒸気が給送されるので、ピストン行程の初圧力を大きくできる。縮切り速度(弁が蒸気口を塞ぐ速さ)も速くなるので蒸気の無駄がない。弁には蒸気パッキンの役目をする4条の溝とパッキンリング8本をはめて固定する。理論的には優れているが、高温に晒される面積が広いので油アカの焦げつきでパッキンリングが固着して弾力性がなくなり蒸気漏洩が多くなる。B620、9600、C51、D50型の一部などに使われたが、保守も面倒で順次単式ピストンに取り換えられた。

●複式ピストン弁の作動

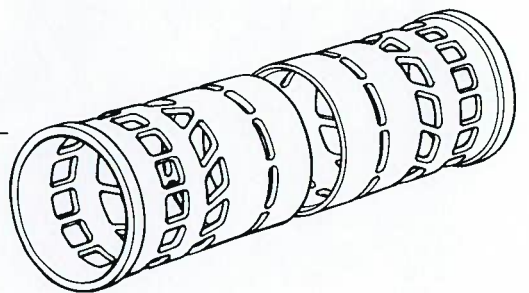
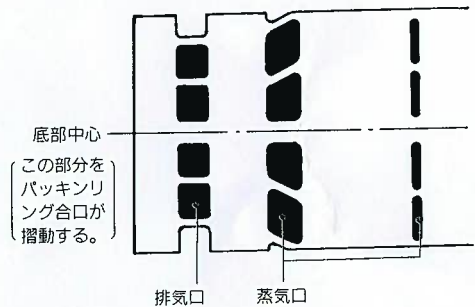


〈蒸気室ブッシュ〉

蒸気室内側にブッシュを圧入して、弁のスライドによる摩耗に対処している。摩耗した場合ブッシュのみを取り換えれば良い。ピストン弁は蒸気口の上を常にスライドしているが、内壁を一周している蒸気口には何本もの橋部分を斜めに渡して菱形の窓状にしてある。これによりパッキンリングが窓に引っかかるのや偏摩耗するのを防止している。しかし底部中心線にある窓と窓の間の橋のみは、リング合口が外に張り出した場合に窓から飛び出して損傷の恐れがあるため、弁のスライド方向と並行させている。リング合口が移動しないように、パッキンリングは弁体に止めピンで固定しており、常に底部中心線部分を摺動するようになっている。

複式ピストンの場合、ブッシュが吐出口まで延びている。

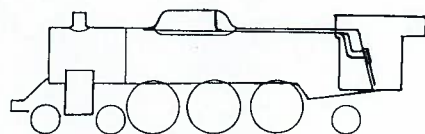
〈複式用ブッシュ〉



注水器

水槽からボイラーに水を送る給水装置は、注水器（インジェクター）と給水ポンプとがあるが、必ず2系統が装備される。注水器2基か、注水器1基と給水ポンプ1基という組み合わせが一般的だ。蒸気機関車は大量に水を消費するので、この装置は重要である。

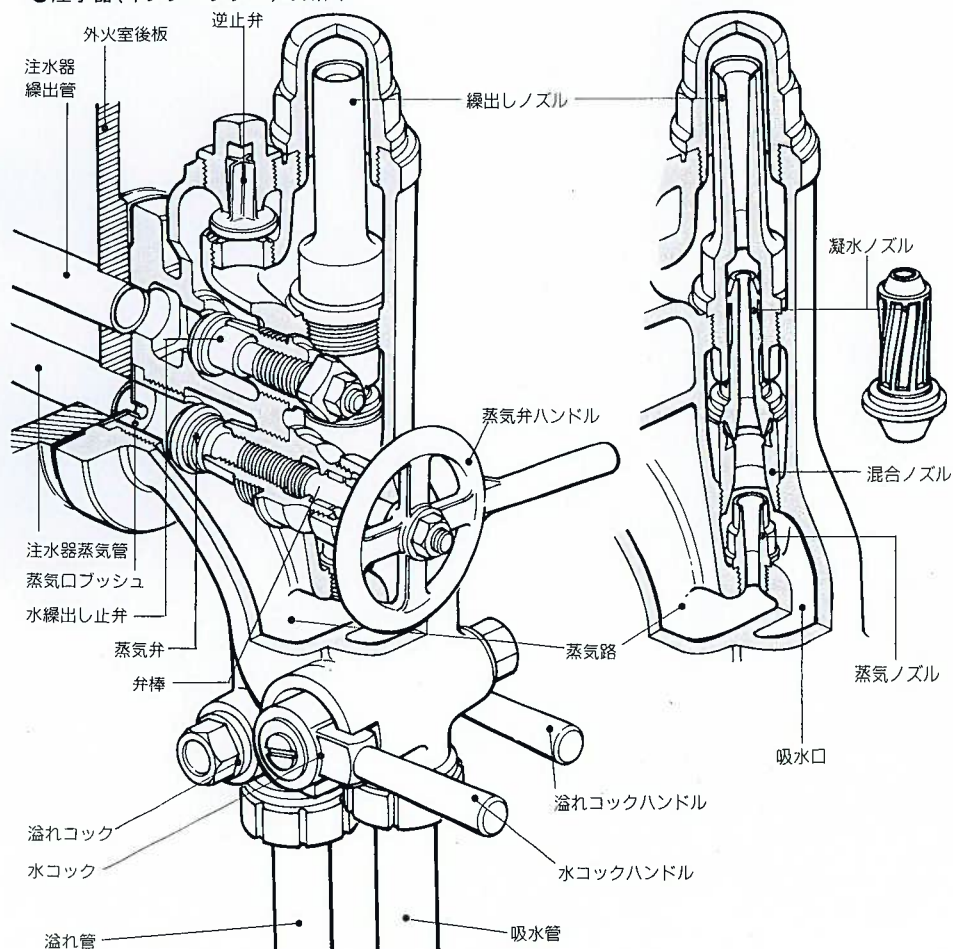
国鉄蒸機の注水器はグresham式といわれるものを使用。運転室内の外火室後板に左右2基、給水ポンプ付の場合は助手側（右）に1



基設置し直接ボイラーに水を送る。

注水器体の内部は、下から蒸気ノズル、混合ノズル、凝水ノズル、繰出しノズル、横に逆止弁という構成になっている。繰出しノズルの内径には7mm、8mm、9mmの3種類がある。

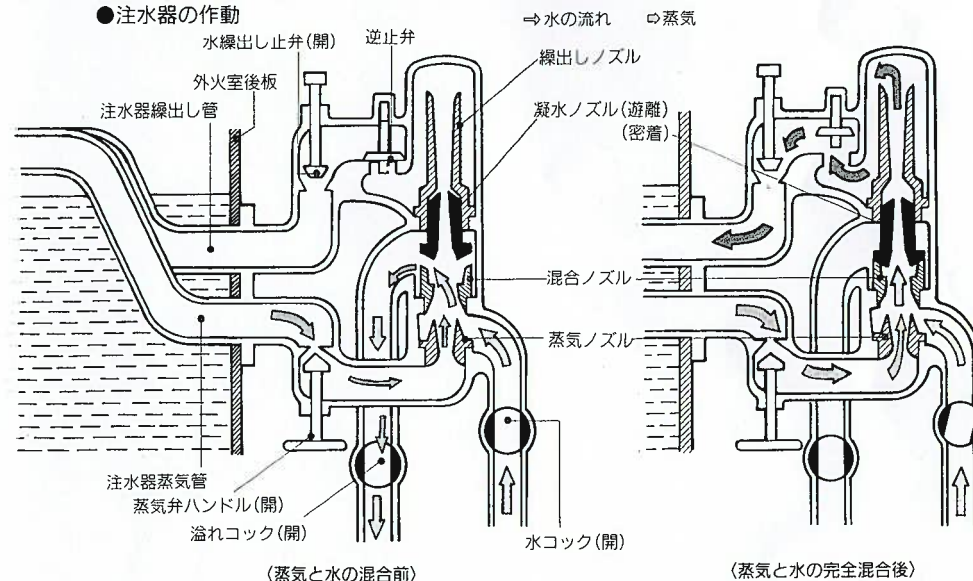
●注水器（インジェクター）の断面



水繰出し止弁、水コック及び溢れコックを開き、蒸気ハンドルを回して徐々に蒸気弁を開く。蒸気溜からの蒸気が蒸気ノズルから混合ノズルに向け噴射される。この蒸気はボイラー圧力によって押さえられている逆止弁を押し開くほどの圧力はないので、凝水ノズルを押し上げるだけで溢れ管から大気中に噴出してしまおう、この時混合ノズル付近の空気も吸い出す。それでこの近辺は低圧状態になり、水槽からの吸水管より水が吸い出される。その水が混合ノズルで蒸気に混じると蒸気は一気に冷えて水になり、蒸気の容積分は真空になる（熱い汁物椀が冷えると蓋が取れなくなるのもこのせいだ）。この部分を埋めるために、また吸水管から水が入り、この水が噴射してくる蒸気を冷やし、また真空になって水が入る。注水器の中でこの一連の過程が繰り返され続ける。蒸気と水が混合

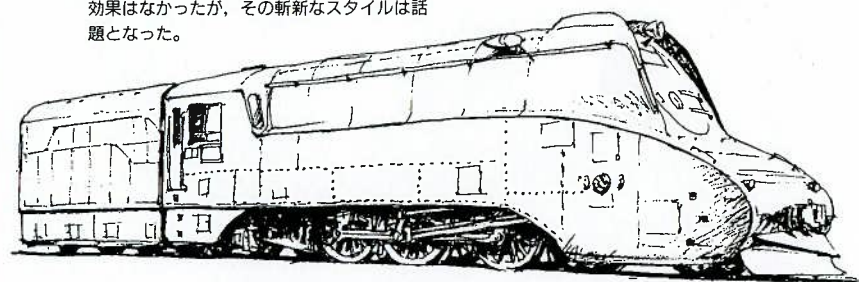
する前は凝水ノズルを繰出しノズルに押しつけるだけで、溢れ管から外へ出るが、完全に混合すると凝水ノズルは混合ノズルと一体となり、水は繰出しノズルを経て圧力を増しボイラー圧力より勝って逆止弁を押し上げる。そこで水は繰出し管に進入しボイラーに注ぎ込まれる。こうして装置内部の圧力が均一となると凝水ノズルは自重で混合ノズルに落ち着き、水は溢れ管には行かなくなる。水コックの開き加減により水温60℃～90℃程度になり、送水量は毎分120～150リットル位である。その他の使用法では、冬期にテンダーにつなげる中継ホース内の凍結防止のため、溢れコックを開き水コックを開いて少し蒸気弁を開いて、蒸気を吸水管に逆流させて暖めることもある。注水器を使用しない時は、水コックと蒸気弁は必ず閉めておく。

●注水器の作動



97両の内C5343が昭和9年世界の流行に合わせて、試験的に改装された。性能面では余り効果はなかったが、その新しきスタイルは話題となった。

●C53（流線形）



水面計と内火室最高部表示板

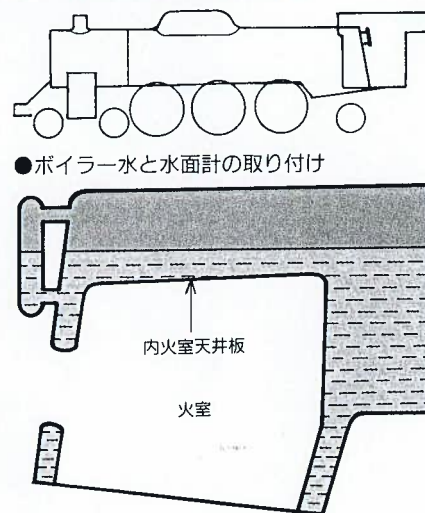
蒸気機関車は高温の火室で大量の水を消費しながら、熱エネルギーを蒸気に換えて運転される。そのためボイラー内の水位を常に確認し、適切な水の量を補充していかないと、ボイラー破損などの重大な事故につながり、運転にも支障が起こる。

水面計はボイラー内水位を表示するために、外火室後板に左右2個それぞれ独立して設置される。右頁図は通常使用時の状態を示し、蒸気コックと水コックは開、排水コックは閉の状態である。ボイラーの蒸気部分に通じさせて上水面計体を、ボイラー水部分に下水面計体をネジ込む。それぞれにコック栓を付け、上下の水面計体を外径14mmのガラス管で連絡している。

双方のコック栓を開くとガラス管に蒸気と水が導かれ、図のようにその水位はボイラー内の水位を表示している。

上水面計体の蒸気通路に弁、下水面計体の水路には玉弁が入っている。ガラス管が破損した時には上部から蒸気が出てくるが、弁が蒸気圧で弁座に押し付けられその小穴から蒸気が圧力を絞られて噴出する。下部からのボイラー水は玉弁が水圧で上座に密着して水路を遮断する。

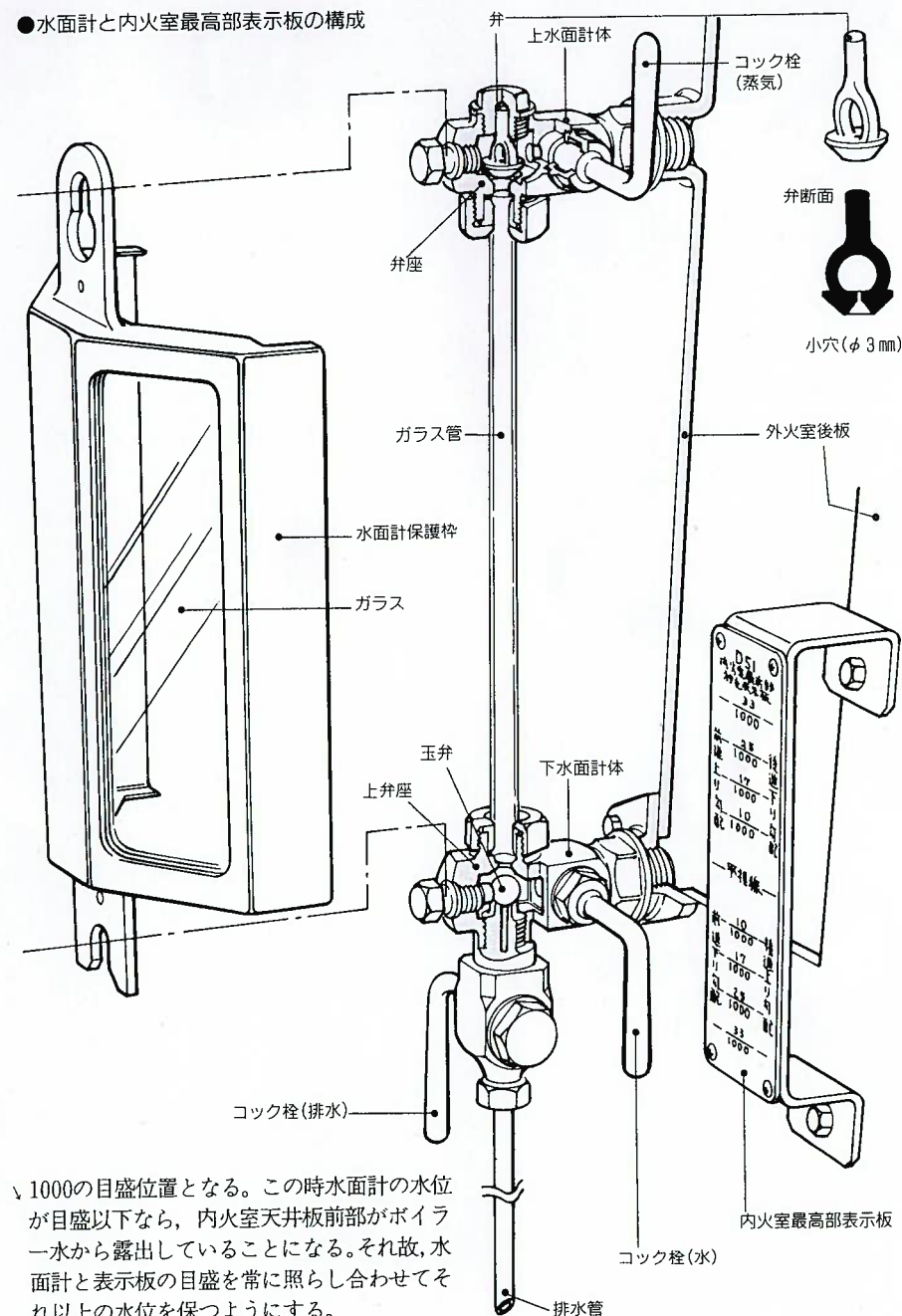
この水面計のガラス管の破損等で乗務員が負傷するのを防ぐため、水面計保護枠を取り



付ける。保護枠には透明な分厚いガラス板を使用して、水位の確認に支障はない。

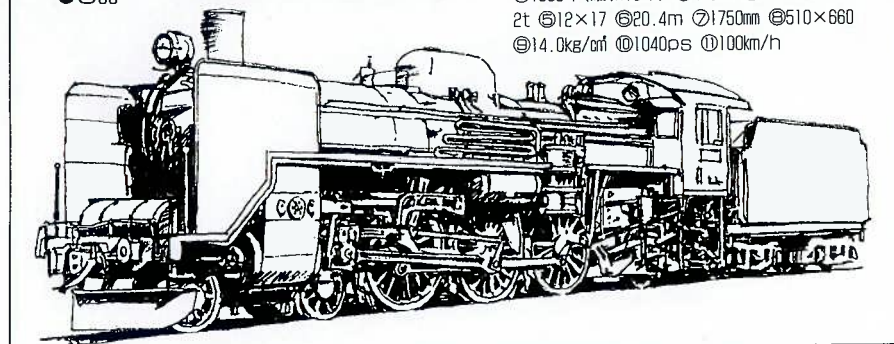
内火室最高部表示板は、から焼き防止のため内火室最高部位とボイラー内水位を確認するために水面計の脇に設ける。表示板には上り勾配と下り勾配時の内火室の最高部位が表示されている。例えば前進で17/1000の上り勾配を走行している場合、内火室天井板の前部が最高部位となり、それが表示板の上り勾配17/1000の目盛位置となる。この時水面計の水位が目盛以下なら、内火室天井板前部がボイラー水から露出していることになる。それ故、水面計と表示板の目盛を常に照らし合わせてそれ以上の水位を保つようにする。

●水面計と内火室最高部表示板の構成



、1000の目盛位置となる。この時水面計の水位が目盛以下なら、内火室天井板前部がボイラー水から露出していることになる。それ故、水面計と表示板の目盛を常に照らし合わせてそれ以上の水位を保つようにする。

●C55 水かき動輪をもつ近代型標準機先の先駆け。

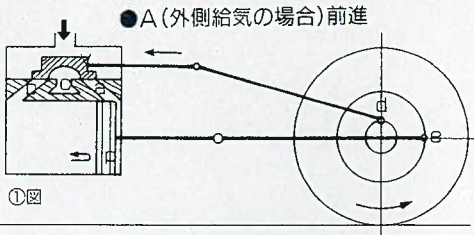


①1935年(昭和10年) ②4-6-2 ③66.0t ④47.2t ⑤12×17 ⑥20.4m ⑦1750mm ⑧510×660 ⑨14.0kg/cm² ⑩1040ps ⑪100km/h

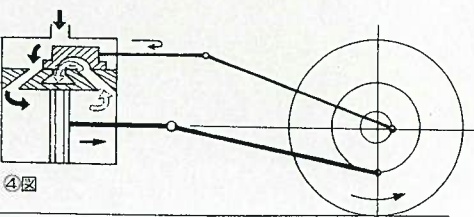
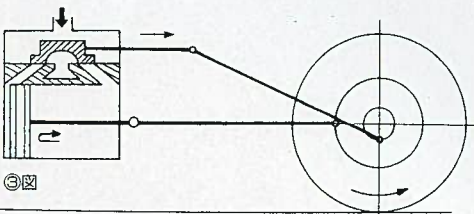
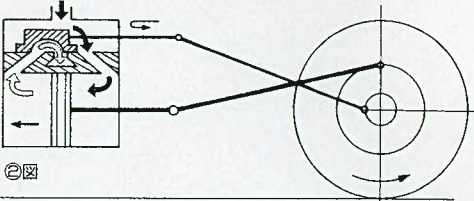
走り装置

蒸気機関車はピストン両側に蒸気を交互に送って動かす。そのメカニズムを簡単に述べると以下の様になる。説明は外側給気(滑り弁) Aの場合で、弁の動きが解りやすい標準弁としてある。

外側給気(滑り弁)と内側給気(ピストン弁)



a: 蒸気口 b: 蒸気口 c: 吐出口 d: 偏心
e: クランクピン p: ピストン v: 滑り弁



①図 前進している動輪のクランクピン(e)が右死点に来たところ。ピストン(p)も同位置で右端にあり、偏心(d)はeより90°進んで車軸真上にある。弁(v)は弁座中央にあり、左右の蒸気口(a, b)は閉じられている。又、ピストン左側には直前までピストンを押ししていた蒸気がある。

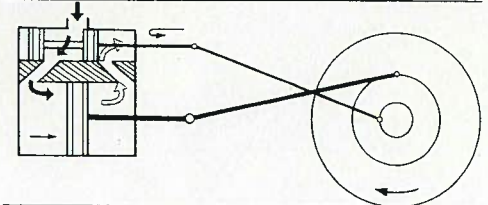
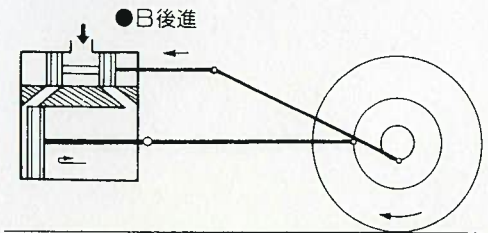
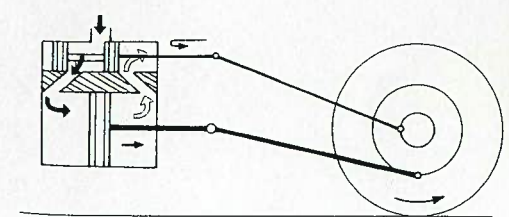
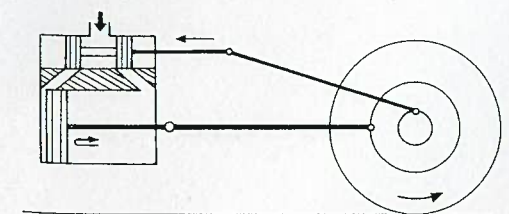
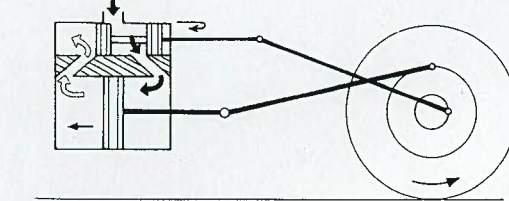
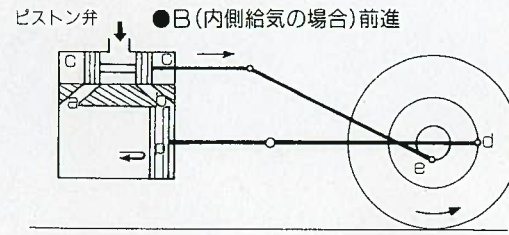
②図 さらに動輪が回転すると、弁は偏心棒により左に移動して徐々に蒸気口(a)を開く。ピストン左側の蒸気はbから弁の凹みを通して吐出口cより排出されて大気中に出る。aからはピストン右側に給気されてピストンを押し、偏心が左死点になると蒸気口は全開となって給・排気続ける。

③図 尚もピストンは左に移動して動輪を回し、クランクピンが左死点になるとピストンも左端に達する。給・排気続けていた左右の蒸気口は、偏心の移動で弁も中央に戻る。やがて蒸気口は閉じられて給・排気の切換えが行われ、ピストンの動きも反転する。

④図 動輪の回転で偏心は右に移動し、弁も同様に動いて左右の蒸気口を開き、aから今までピストンを押ししていた右側蒸気をcに排出し大気中に出す。bからは蒸気が入りピストンを右に押し主連棒を介して動輪を回す。やがて蒸気口は全開となり給・排気は続き、偏心が右死点になると弁は左に移動を始める。徐々に蒸気口を閉じてゆき、ピストンは右端に押されて①図に戻る。この弁及びピストンの往復(2行程)で動輪は1回転する。

以上は前進回転だが、後進の場合でもピストンと弁は前進の時と同じ方向に動くので、偏心位置を180°移動する。因って1つの動輪に前進と後進の偏心位置があり、2本の偏心棒が必要となる。

B図は内側給気(ピストン弁)で外側給気とは弁作用は同じだが、給・排気ポイントが逆になるので弁も逆方向に動く。だから外側給気とは偏心位置も前・後進共180°逆となる。

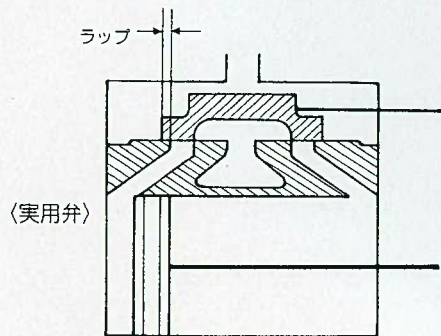
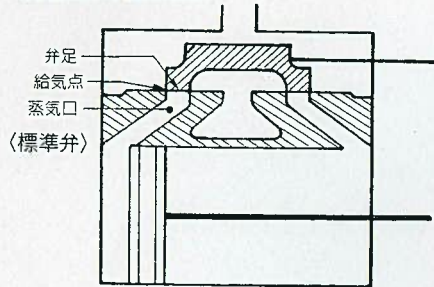


弁装置の概念 ラップとリード・用語解説

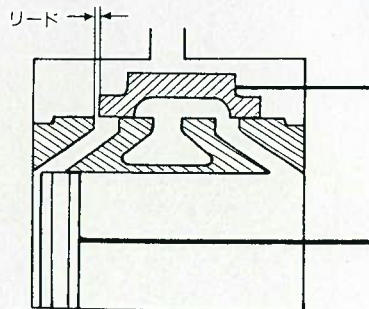
〈弁装置〉

ピストンの往復運動によって車輪を動かし、そのピストン両側に、交互に圧縮蒸気を送る蒸気通路を開閉するものが弁である。給排気を促し、内側給気と外側給気の2種類がある。日本では前者がピストン弁、後者に滑り弁が用いられ、その作用の多くは、動輪の回転から採る。

●外側給気(滑り弁)



〈実用弁〉

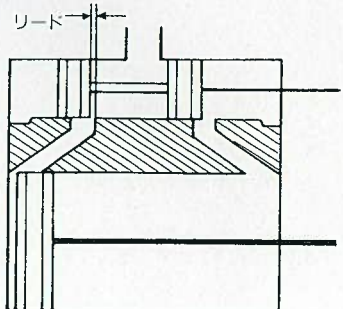
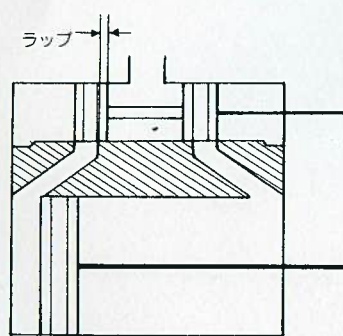
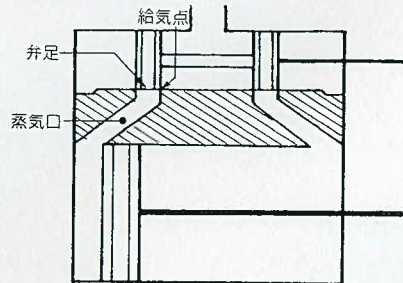


〈ラップとリード〉

標準弁は弁足と蒸気口の径が同じなので、給気口、排気口の開閉が同時に行われる。それではピストンが給気行程の終端に達するまで給気続ける事になり、蒸気の膨脹を利用する事もないので蒸気の消費量も多くなる。又、排気側も終端まで蒸気が全て出てしまうので、反転時点でのピストンの緩衝作用が少なくなり、シリンダー等に衝撃を与えて悪影響を及ぼす。

そこで弁の給気側を延ばして蒸気口よりも大きくする(こ

●内側給気(ピストン弁)

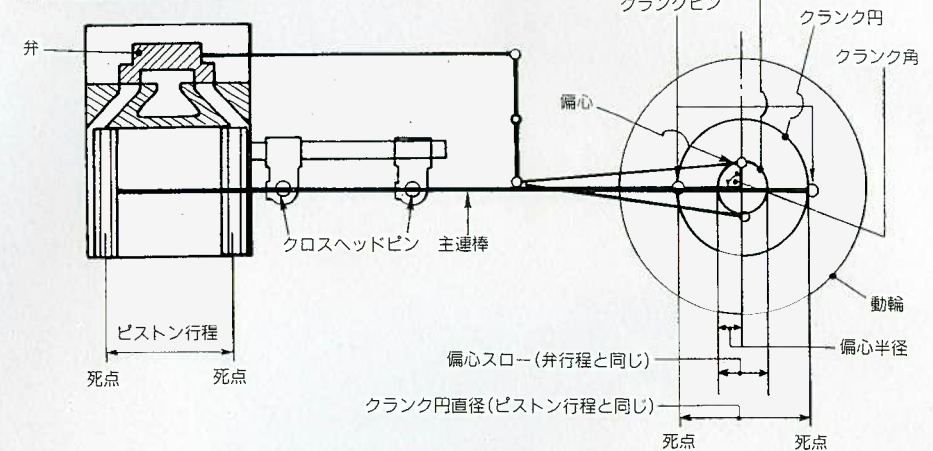


の延ばした部分をラップと言う)。それによってピストンの給気行程途中で給気口を締切り、シリンダー内の蒸気の膨脹で残りの行程を動かす。排気側も行程終端に達する前に排気口を閉じ、ピストンとシリンダー蓋の間に残った蒸気は圧縮され、ピストンを乗かく受け止めてピストン反転時の緩衝作用となる。そして給気側も終端前に蒸気口(今までの給気口)が開き、蒸気が吐出されるのでピストン背圧が減少され、反転が

容易で円滑になる。

しかしピストン反転の時に圧縮作用だけでは、ピストンを押し返す力は弱いので、それにプラスして蒸気口(今までの排気口)を開いて、給気をすれば反転作用がよりスムーズになる。この終端直前に蒸気口を開く位置を弁の給気点と言い、ピストンが終端(死点)にある時に蒸気口が開いている量をリードと呼ぶ。

●弁装置の概念図(滑り弁)



〈弁装置用語〉

- クランク位置：動輪のクランクピン中心の位置。
- クランク円：クランクピン中心が車軸の中心を中心として描く円。
- 偏心：クランクあるいは偏心輪の中心。
- クランク角：クランクピン、車軸中心、偏心を結んだ角度。
- 偏心半径：偏心から車軸中心までの距離。
- 偏心スロー：偏心半径の2倍でエキセントリックスローとも言う。
- 偏心円：偏心が車軸中心を中心として描く円で、直径は偏心半径の2倍である。
- バルブ・トラベル：弁が弁座を移動する距離。弁行程とも言い、偏心円直径と同じ長さである。
- オーバートラベル：弁が蒸気口を全開した後もなお進んだ距離。
- ピストン行程：ピストンがシリンダーの両極端を移動する距離。動輪1回転で1往復(2行程)する。クロスヘッドピン移動距離やクランク円直径と同じ長さである。
- 死点：ピストンがシリンダーの両極端にありクロスヘッドピン、クランクピン、動輪中心が一直線上に位置して力が全然作用しない状況。

- 標準弁：弁座の中心にある時、両端の蒸気口を塞ぎ、且つ蒸気口径と弁足の幅が同じ。だから少しでも動くと蒸気口が開き始める。
- 重なり(ラップ)：弁が標準位置(弁座の中心)にある時に蒸気口から生蒸気(ボイラーからの給気蒸気)側にはみ出している弁足の部分。外側給気は外側、内側給気は内側に設ける。
- 実用弁：ラップを設けた弁。これにより締切を自由に变えて蒸気の膨脹を利用する。
- 先開き(リード)：ピストンが死点にある場合に弁がその側の蒸気口を開いている大きさ。
- 給気(アドミッション)：シリンダーへ蒸気を送るために蒸気口(給気口)を開いた時から閉じるまでの間。
- 締切(カットオフ)：給気口を閉塞して(この弁位置が締切点)蒸気の進入を遮断する事。
- 膨脹(エキスパンション)：シリンダー内で蒸気が膨脹作用をする期間。締切から蒸気口(今までの給気口)が開くまで。
- 圧縮(コンプレッション)：ピストン排気行程の終端(死点)に至る手前で弁がその側の蒸気口(排気口)を閉じて排気を遮断し(この弁位置が圧縮点)、シリンダー内に残った蒸気をピストンが圧縮する。

- 吐出(リリース)：ピストン給気行程の終端に到る前に弁が蒸気口(今までの給気口)を開く(この弁位置が吐出点)。蒸気を先に吐出してピストンの背圧を減らし、反転作用を容易にする。
- 前給気(アドミッション)：ピストンが排気行程の終端直前に蒸気口(今までの排気口)を開いて給気を始める(この弁位置が給気点となる)。ピストンが終端(死点)に達すると蒸気口はリード分だけ開く。

■先進角の求め方

弁にラップとリードを与えた場合の、クランクと偏心の位置関係を示す。A、Bはクランク及びピストン行程でa、bは弁行程、及び偏心スロー。Oは車軸中心で弁座の中心と一致する。そして、ピストンが死点にある時、弁の進行方向は前進、後進に関係なく同じである。I図(外側給気)で説明するとピストンが死点A(クランクピンも同位置)にあれば、標準弁(赤アミ部)の場合、弁足は蒸気口を開かんとする位置(給気点)で弁座中心にあり、偏心円のcやd点に偏心位置がくるのでクランク角(A、O、C)、(A、O、d)は 90° である。

(ラップを設ける)

弁は蒸気口を全開にするため必ず口径分の距離を移動するので、ラップを設ければ、蒸気口の径+ラップの距離を移動(偏心半径)する事になる。

A点(前死点)にピストンがあれば弁足は給気点にあるため、ラップ分だけ右に寄せて弁中央Sはa、b線上のeと同一位置になる。そこから垂直に偏心円と結んだe₁、e₂がラップを設けた弁の偏心位置となる。因ってC、O、e₁及びd、O、e₂がラップ角 α となり、クランク角は $90^\circ + \alpha$ になる。

(リードを与える)

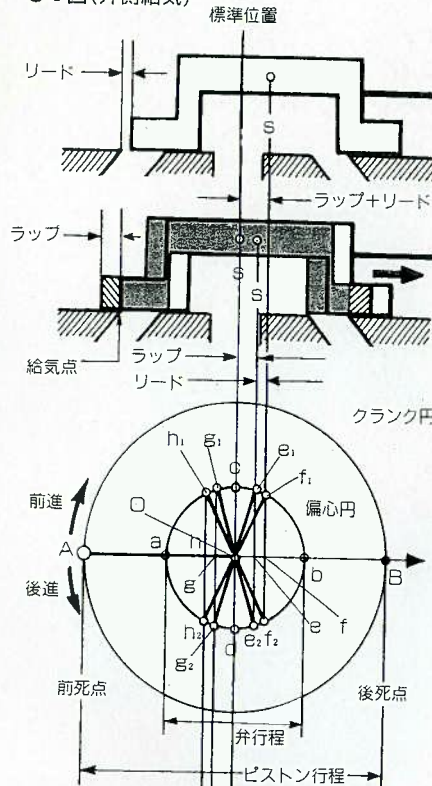
それにリードを与えるには弁をなおも右に寄せる。Sはf点に移り、偏心円上のf₁、f₂が偏心位置となる。e₁、O、f₁及びe₂、O、f₂がリード角 β で、ラップ角度(α)とリード角度(β)の和を先進角と言い、 $90^\circ + \text{先進角}$ がクランク角になる。

以上は外側給気の場合で偏心f₁は後進に、f₂は前進に作用するので、スチープソン式ではこの位置に後進偏心棒及び前進偏心棒を付ける事になる。尚、c、O、f₁は後進角、d、O、f₂を前進角と云う。

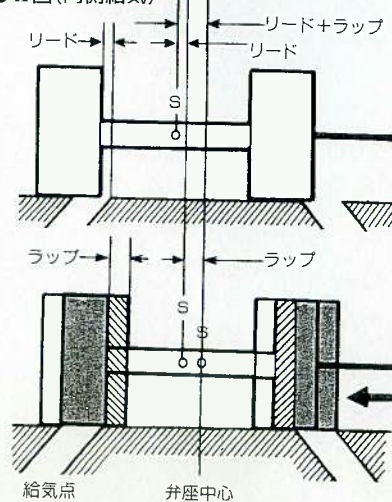
内側給気II図も同じ要領で先進角を得る事が出来る。ピストンがA(前死点)にある時、弁は外側給気とは逆に左に移動し、e₁、g₂がラップ角、h₁、h₂がリード角を付けた偏心位置になる。h₁は前進にh₂は後進に作用する。

ワルシャート式の場合は、偏心棒で加減リンク下部と偏心(h₁あるいはh₂)を結ぶ。加減リンクは中央を中心に回転するので、上半分と下半分の動きは逆運動になる。そこで心向棒を入れて、それが下半分にある時は偏心棒の運動方向をそのまま弁に伝え、上半分に移すと、偏心棒の運動は逆転して心向棒より弁に伝わる。この為偏心棒は1本で前、後進を司る。

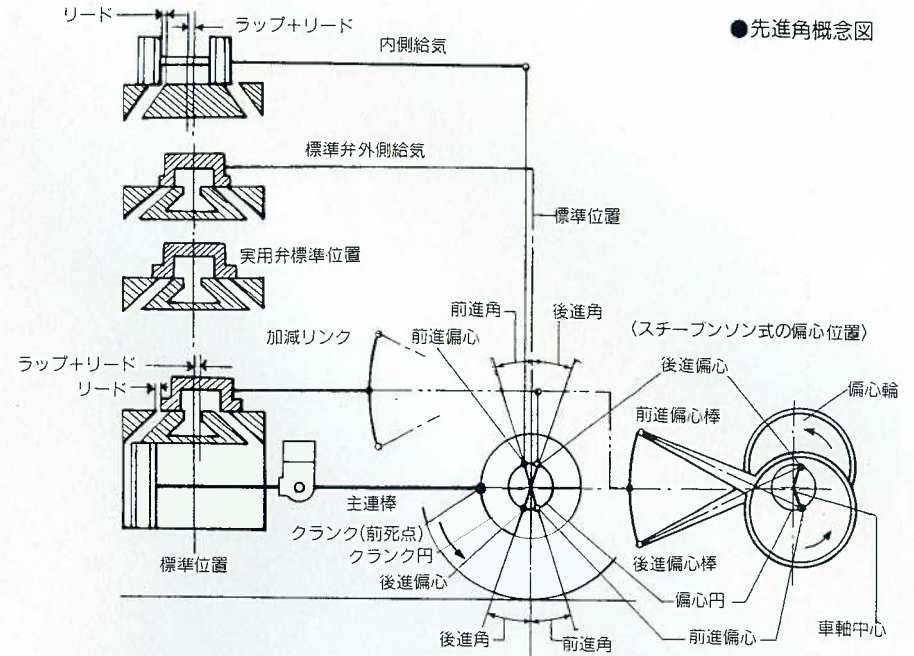
●I図(外側給気)



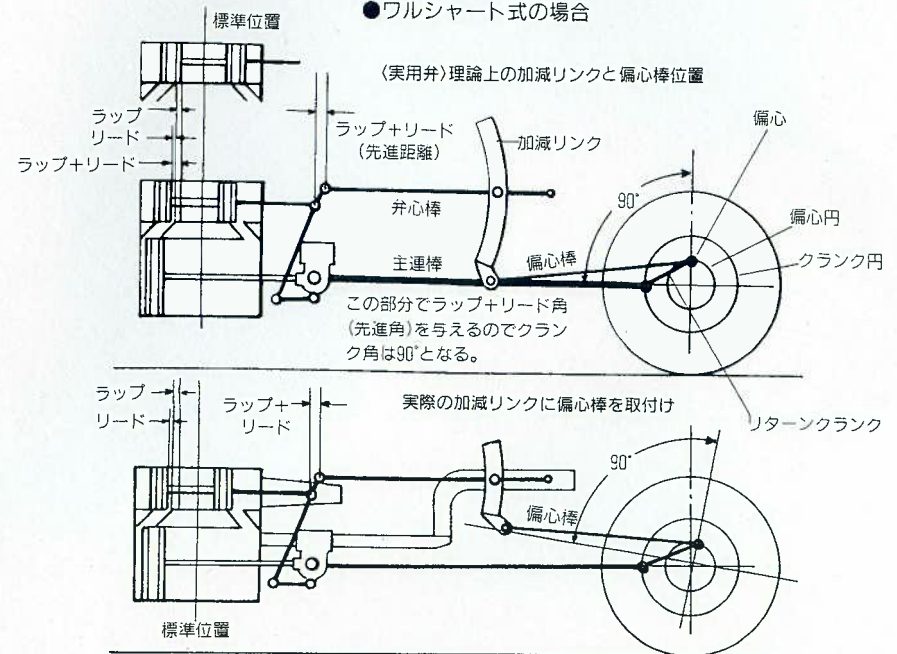
●II図(内側給気)



●先進角概念図



●ワルシャート式の場合



蒸気機関車の走行① ワルシャート式弁装置の走行時作用

走行の基本メカニズムは前記したが、実用に即してラップとリードを設けた走行メカニズムは以下の通りである。日本ではポピュラーなワルシャート式、内側給気を例にする。

①先開き

逆転器は前進フルギアとし、動輪が回ってクランクピン(j)は左死点にある。同時にピストンも左端死点にある。左ピストン弁は蒸気口(a)にリードを与えているので、ピストン左側には給気が始まって給気行程に入る。ピストン右側で今まで押していた蒸気は蒸気口(b)が開かれて排気が吐出し、この側は排気行程に変わる。

②全開

蒸気口(a)からの給気でピストンは右に押されて動輪を回し、同時にリターンクランク(m)も回ってクランク(偏心)(k)は左死点に

向う。それで弁は左に移動し、蒸気口(a)は全開となって給気を続けピストンを押し続ける。排気側の蒸気口(b)も全開となるのでピストン背圧抵抗はない。

③締切

ピストンに押されて尚も動輪が回ると、クランクは左死点を越えて弁を右に戻し、やがて蒸気口(a)を閉じて(締切点)蒸気の供給を止める。この状態を締切と言い、後はシリンダーに残った蒸気の膨脹を利用してピストンを押し続ける。

④吐出

ピストンの行程も終りに近づき動輪、クランクピン及びクランクは回って、弁は尚も右に移動し左ピストン弁は蒸気口(a)の端を開かんとしている。右ピストン弁は蒸気口(b)の端を閉めんとしている。(b)を閉める(圧縮点)と同時に(a)が開き始める(吐出点)。ピス

トンが蒸気に押されるのはこの時点までで、残り右終端までは惰性で働く。(b)を閉めた事でピストン右側に残った蒸気は、ピストンとシリンダー後蓋との間で圧縮されてクッションの役目をする。(a)は開いているので左側の蒸気はそこから逃げてしまいピストン左側には力が全くかかっていない。

⑤給気

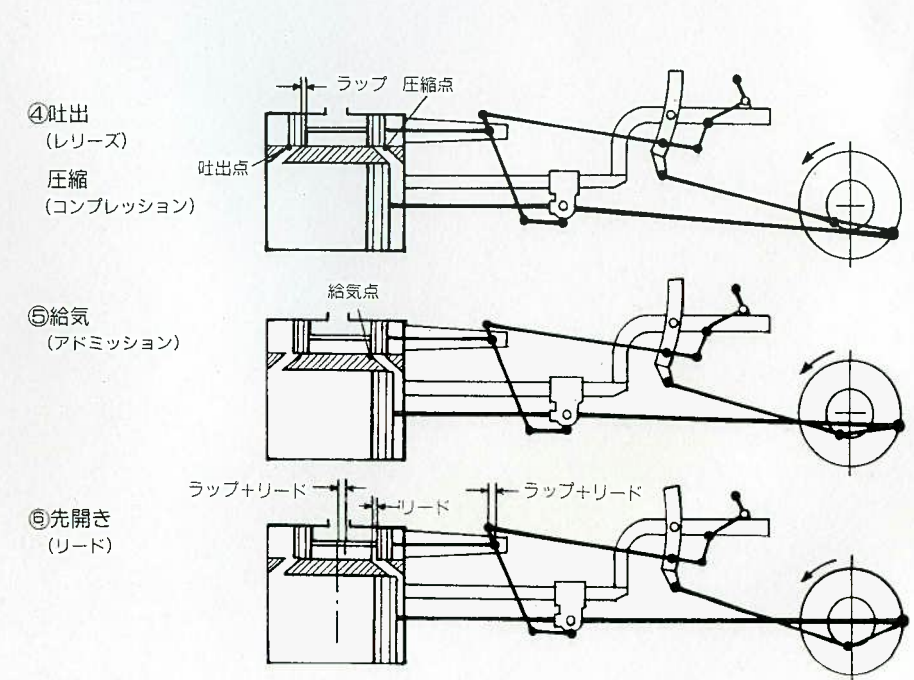
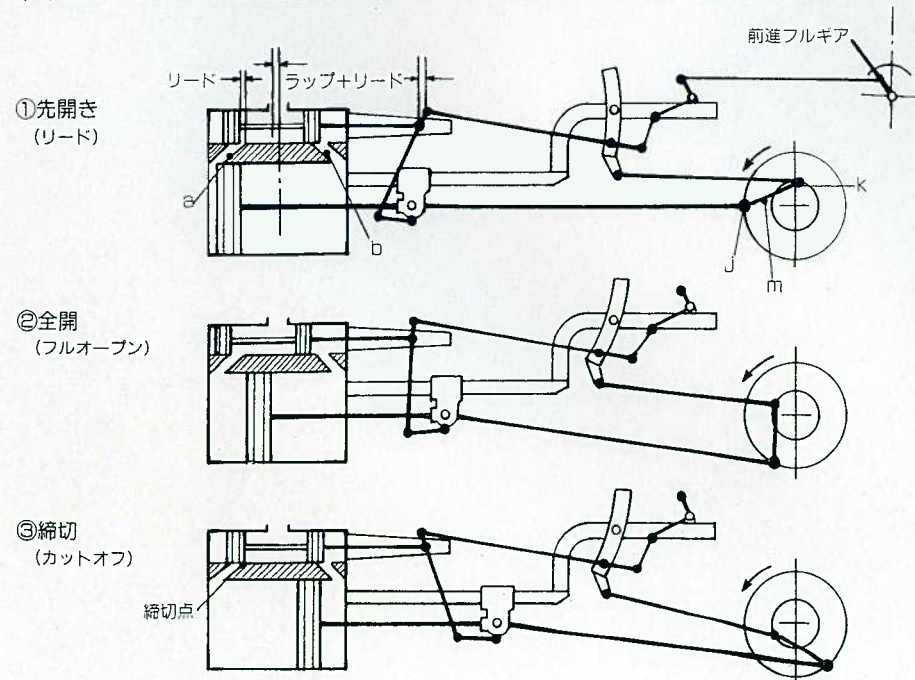
ピストン行程も終端手前となり、右側に圧縮された蒸気だけではピストンの惰性を受けとめるだけの力はない。そこで蒸気口(b)が開いて(給気点)、給気と蒸気圧縮の反発力で緩衝してピストン反転を円滑にする。

⑥先開き

ピストンが右終端に達して左への復行程に移る。蒸気口はリード分だけ開いており、既にピストン右側には蒸気が供給されて復行程の立ち上がりを早くする。

今度はピストン右側が給気行程、左側が排気行程になって①と同じ作用に戻り、これをくり返して進行する。

- ピストン反転時の衝撃がシリンダー、ピストン棒、主連棒、動輪やレール等に伝わって亀裂、損傷等の原因になるので、④⑤の緩衝作用は重要である。
- 蒸気の膨脹とは、圧力をかけられた蒸気(約14気圧)はその圧力を解くと大気圧(1気圧)に戻ろうとしてその体積を増やす作用の事。
- 締切を変える意味は、弁の行程を長くすれば蒸気口を開いている期間が長いので、締切は遅くなり、蒸気の供給量が増えてピストンを強い力で長く押せる。逆に行程を短くすれば締切が早くなって給気量は減り、シリンダー内に残った蒸気の膨脹を利用する時間が長くなるので力は強くない。そこでスタート時や上り勾配等で、最も力が必要時は締切を遅くし、平坦線ではスピードが上がるにつれて惰力がつくので余力を必要としなくなる。そこで締切を早くしてやれば少ない蒸気で効率良く走る。自動車はスピードや重量、勾配等でローからトップまでギア・チェンジを行うが、同じ事が蒸気機関車では締切を変える事で行われる。カットオフ何%という言い方をするが、これは締切率の事でピストン行程の何%の時点で締切するかという意味。スタート時では約80%、スピードが上れば10~30%位(加減弁は全開)にする。これは牽引重量、線路勾配や機関士の技量等により同じスピードでも決まっている訳ではない。



蒸気機関車の走行② ワルシャート式・逆転装置の作用

加減リンクは取付点を中心に前後に揺動し、その運動量は常に一定である。上半分と下半分の運動は逆となり、取付点に近づくにつれて運動量は小さくなる。そこで加減リンク内に滑り子を入れ、その位置を変えるとそれに連なる弁の移動で前後進の切り換えが行われたり、弁の運動量により締切位置が変わる。

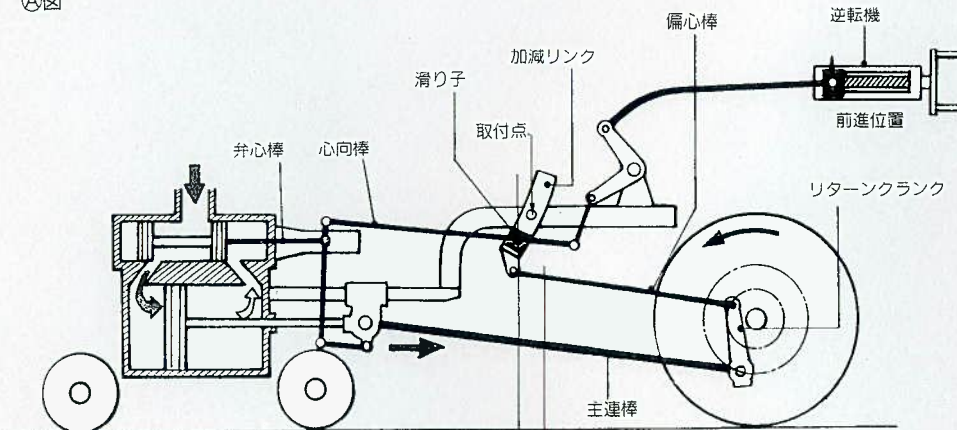
〈前後進逆転〉

①②図共ピストン及びクランク位置は同じである。

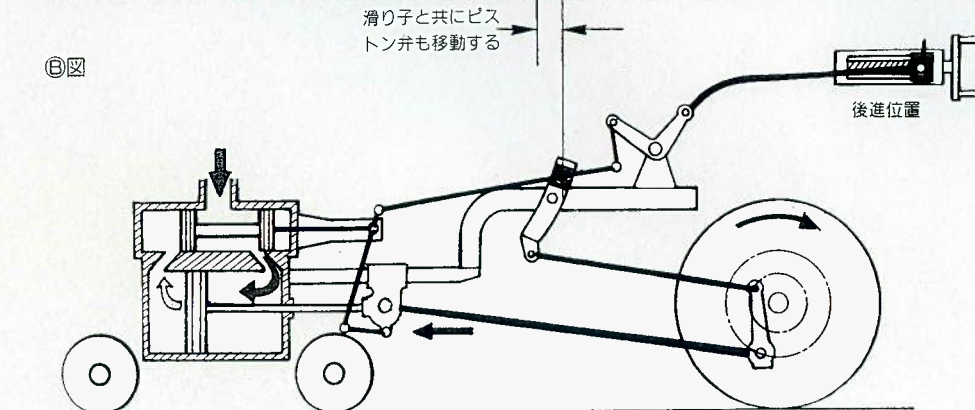
①図 加減リンク滑り子を逆転器により下端位置（前進フルギア）に置くと、心向棒及弁心棒によりピストン弁は前に押されて前方給気口が開き、蒸気が気筒に進入してピストンを後方に押し、動輪を前に回転する。

②図 加減リンク滑り子を逆転器により引き上げて上端位置（後進フルギア）に置くと、ピストン弁も後に引かれる。すると後方給気口が開き、給気蒸気の流れが逆転して動輪は後に回転する。

①図



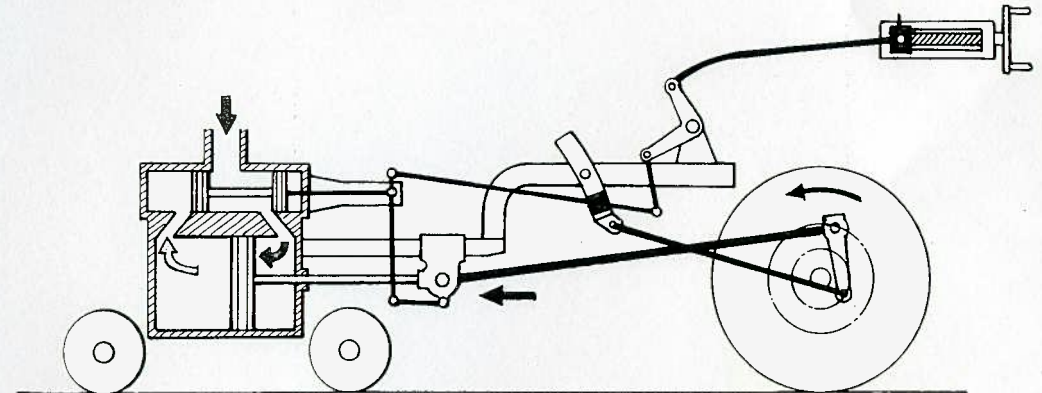
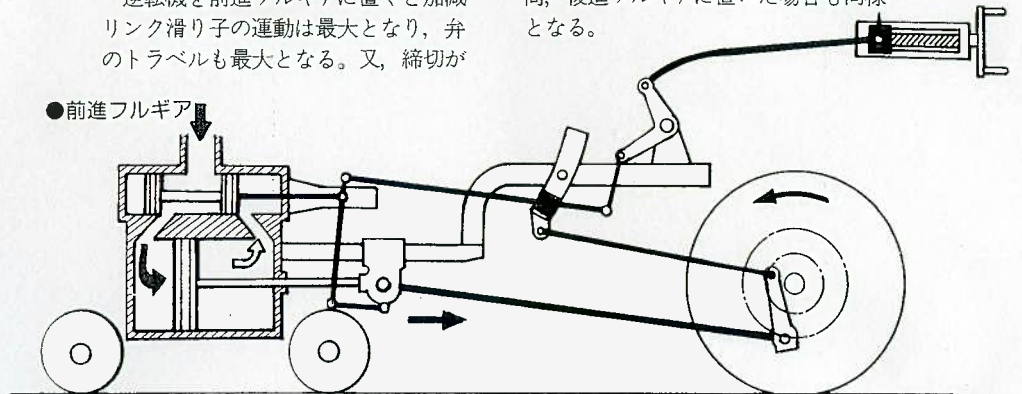
②図



〈逆転機位置と弁のトラベル〉

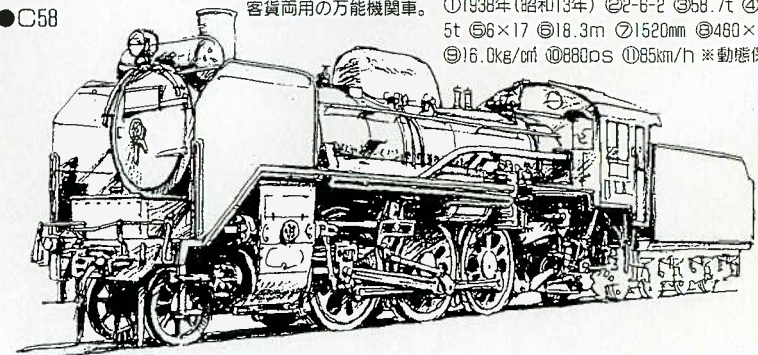
・前進フルギア

逆転機を前進フルギアに置くと加減リンク滑り子の運動は最大となり、弁のトラベルも最大となる。又、締切が遅いので気筒への給気量も最も多い。尚、後進フルギアに置いた場合も同様となる。



●C58

客貨両用の万能機関車。①1938年(昭和13年) ②2-6-2 ③58.7t ④41.5t ⑤6×17 ⑥18.3m ⑦1520mm ⑧480×610 ⑨16.0kg/cm² ⑩880ps ⑪85km/h ※動態保存

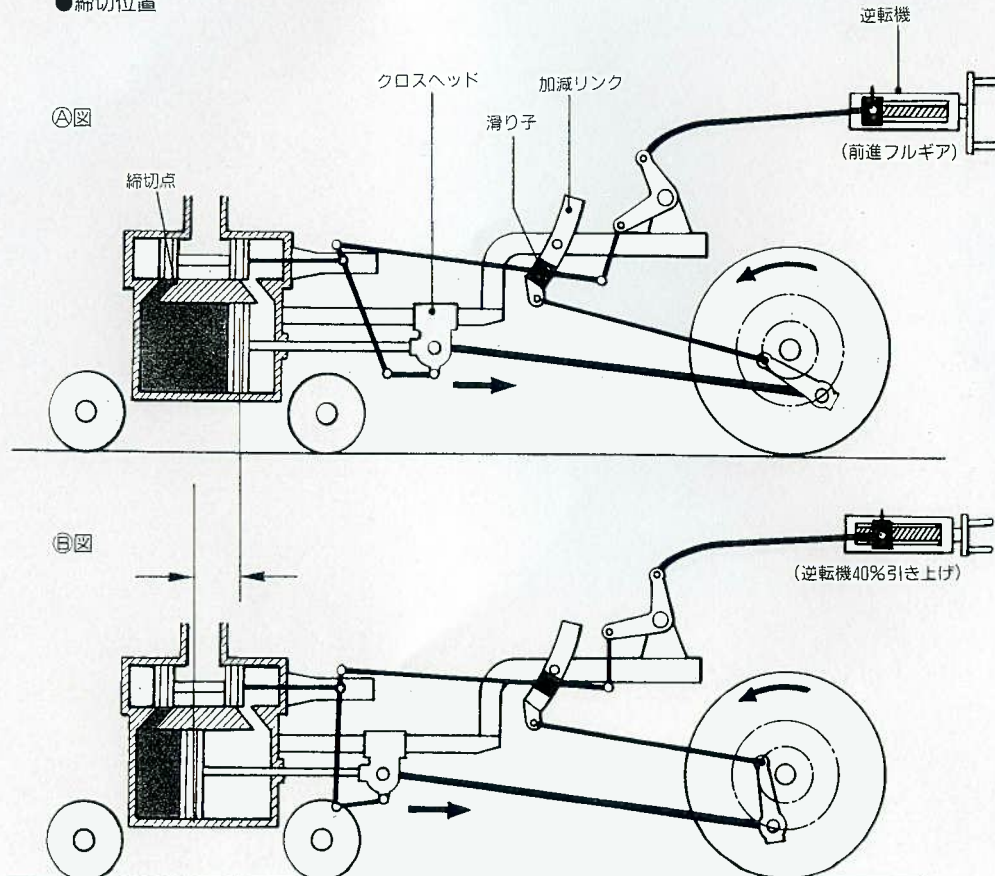


蒸気機関車の走行③ 締切位置とミッドギア

〈締切位置〉

前進フルギアからミッドギアに近づけるにつれて滑り子の動きは小さくなり、弁のトラベルも小さくなる。前進フルギアの④図では弁の締切点でピストン位置は後方にあるが、逆転器を40%引き上げた⑤図では弁の締切点でピストンは④図よりも前の位置にあり、ここからは蒸気の膨脹を利用してピストンを押し続ける。この様に滑り子が加減リンクの中央に近づくにつれて締切が早くなる。

●締切位置



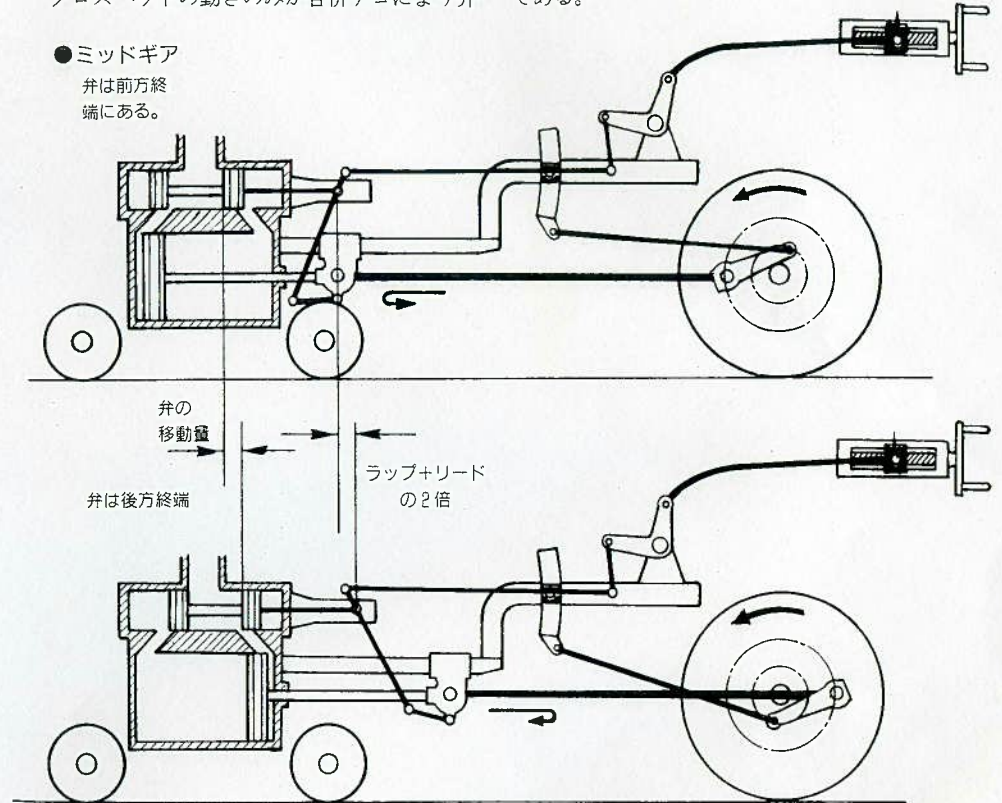
〈ミッドギア〉

加減リンクの中間点に滑り子がある場合を言う。加減リンクの動きは弁には伝わらず、クロスヘッドの動きのみが合併テコにより弁

に伝わるので、弁のトラベル(移動)は最小となり、そのトラベルはラップ+リードの2倍である。

●ミッドギア

弁は前方終端にある。



●C59

最大の軸重をもつ完成された美しさの幹線用急客機。

①1941年(昭和16年) ②4-6-2 ③80.3t ④56.9t ⑤10×25 ⑥21.4m ⑦1750mm ⑧520×660 ⑨16.0kg/cm² ⑩1290ps ⑪100km/h

