

生きている産業考古学の証人 貨車用K三動弁

白井 昭*1・橋本英樹*2

はじめに

今や技術の進歩は速く輸送機器も移り変わって行くが、この中であって100年前から変わらず、世界各国の鉄道でマイナーにはなったが今もなお実用されているものに空気ブレーキ用のK三動弁がある。丁度100年ほど前にウエスチングハウス社で開発された、生きた産業考古学の見本とも言うべきものである。

開発100年を迎え、しかもまだ第一線で使われているこの機にその技術的、技術史的評価を試み、従来ある単なる動作の説明ではなく自動制御としての位置付け、その歴史的評価につき解析してみたい。

1. 三動弁とは

現在世界の貨物列車の過半は「自動空気ブレーキ」を常用している。これは「制動管」と称する1本の管を列車の全長に引通し、機関車のブレーキ弁を扱ってその空気圧力を減らすと各貨車（主として床下）に付いている「三動弁」(triple valve) が動いて、各車の空気溜に貯えた圧力空気をそのブレーキシリンダに送り、全列車に同時に空気ブレーキがかかるものである。

機関車で制動管の圧力を急排出するか、列車分離では非常ブレーキがかかる。

次に機関車より制動管に十分な空気を送ると三動弁の働きで各貨車のブレーキシリンダの空気を排気すると同時に各車の空気溜に空気を補充する。

これらの機能の主役が三動弁で色々な形式があり、そのひとつがウエスチングハウスの貨車用K



写真1 K三動弁付きのワム80000形貨車



写真2 東海道本線金谷駅を通過するワム80000の列車

三動弁である。現在日本ではワム車(有蓋貨車)の代表であるワム80000形やホキ800形などに使われている。通称ワム8の床下には大した機器はないので、下を覗けばすぐにK三動弁とそのシステムを見い出すことができる。

2. 自動空気ブレーキの歴史

ウエスチングハウス・トラクションブレーキ会

*1 白井 昭：しらい あきら 名古屋レールアーカイブス会員・元大井川鉄道株式会社

*2 橋本英樹：はしもと ひでき 名古屋工業大学鉄道研究会OB

社(社名は変遷)の創立者、ジョージ・ウエスチングハウスは1860年代に列車用空気ブレーキを発明したが、単に機関車の空気を貨車に送るシステムのためホースの破損や列車分離でブレーキ不能となる欠陥商品であった。そこで彼はすぐさま1869年(異説あり)に自動ブレーキを発明したが、これも多くの問題を抱え各鉄道に普及しなかった。



図1 当時のウエスチングハウス・トラクションブレーキ会社のトレードマーク

しかし当時のアメリカの貨物列車は長大、重量化を続けていて、彼は改良を重ねて実用品に仕上げ、1887(明治20)年にボギー貨車50両のデモ列車を率いて全米を回り、実験を重ねて安全性を実証した。その結果政府は自動ブレーキを義務化するに至り全米に普及した^{1) 2)}。

この頃、彼は多くの特許を取ったがその経過は一つのドラマのようで、開発に携わる人には興味尽きないものがあるし、現代でも十分学ぶべきものがある。

3. K三動弁の歴史

その後も三動弁を含む自動ブレーキの機能は発展を続けたが1905(明治38)年(異説あり)にはその集大成というべき、ボギー貨車50両(約2000トン)の貨物列車用の決定版としてK三動弁を完成させ、標準品として世界に売り出した。

K三動弁はたちまち全米から世界に普及し、その後、1932年にボギー貨車100両(約5000トン)用のAB制御弁が標準化されるまで世界の標準となった。

日本の鉄道技術全般的に世界に遅れ、列車用空

気ブレーキの普及は1928年頃からとなったが、貨物列車はすべてウエスチングハウスのK三動弁を採用、同時にライセンス生産で国産化した。

1932年から世界がAB弁化した後も日本など小規模鉄道はK三動弁を使い続け、日本では戦後、1970年頃に至るまでK三動弁の新造が続いている。

戦前の日本の貨車は国鉄、私鉄とも2軸車主体の50~60両限りでK三動弁の機能は必要充分であった。

台湾の阿里山鉄道では連続急勾配のため、日本国内より早く1913年頃より客貨ともK三動弁の自動ブレーキ(ウエスチングハウス社製)を使った結果、長年無事故を保つことができた。

4. K三動弁の特長

ブレーキを制御する信号は前頭の機関車のみから発信されるので、これを迅速均等に全体に伝達する機能が必要となる。

そこでK三動弁では長編成において後部への信号の早期かつ均等な伝達、ショックの防止に重点を置いた設計となっている。

信号の遅れはショックを生じ、重量列車では連結器の破損、列車分離、脱線など大きな支障をまねく。

4. 1. 常用ブレーキの迅速、均等な伝達

ブレーキ作用の初期に、自車のブレーキ作用を押さえる一方、K三動弁で制動管の減圧を行い、信号(減圧)の後部への伝達を促進する。

4. 2. 非常ブレーキの迅速伝達

急減圧時にはK三動弁は自動的に管圧力を急減圧し(quick action、急動作用と呼ぶ)、近隣のK三動弁に同じ動作を波及させ、遠くまで急速に信号を伝達する。

4. 3. 均等な込め

弛めの際、列車前部で制動管圧力が急上昇すると、自車の空気溜への貯えを制限して空気を後部へ回す。



写真3 K-1三動弁

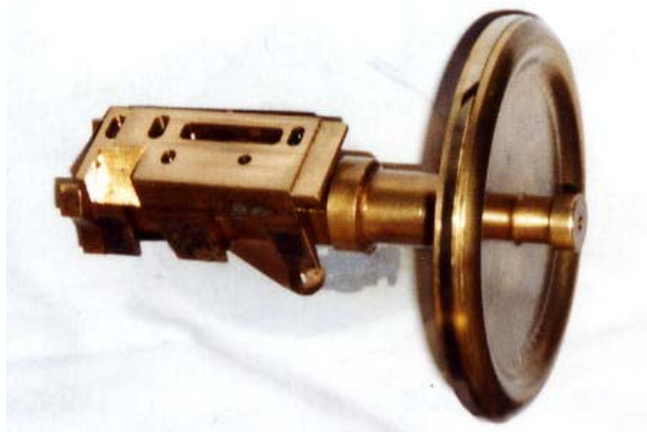


写真4 K-1三動弁の釣合ピストンと滑弁

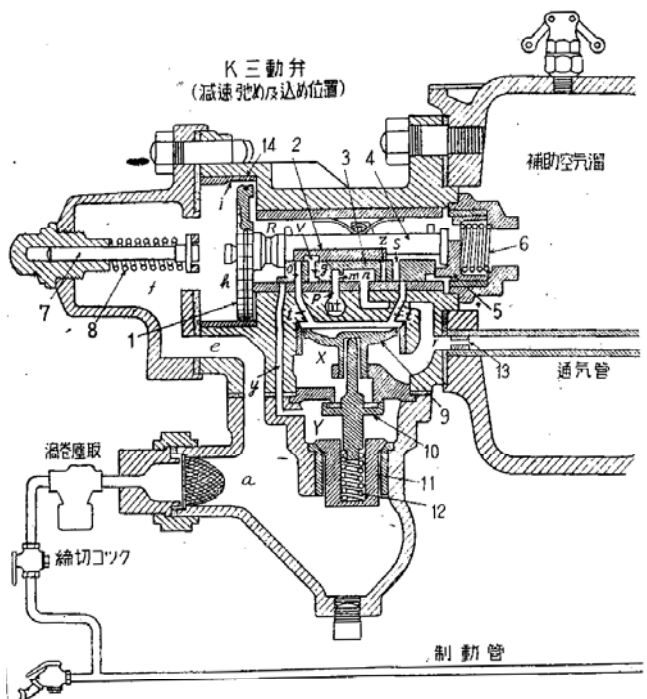


図2 K三動弁作用図³⁾

4. 4. 弛めの均等化

ブレーキを弛める際には上記作用より列車後部の弛めを早めるとともに、ブレーキシリンダの

排気通路に絞りを付け排気を遅くして列車前後の均等化を図る。

ワム80000の列車が停車直後、各車から絞りによる排気音が長く尾を引いているのを聞くことができる。

以上、K三動弁は小さな部品ではあるが与えられた空気を後部へ譲ったり、その機能は生物的、芸術的でもある。しかしそれは実はウエスチングハウスの1860年代からK三動弁までの30余年の技術的蓄積の成果なのである。

なおK三動弁自体は世界共通だが長大勾配線ではシリンダ排気口を手動で閉じる保ち弁を使い、日本では木造貨車が多かったため非常ブレーキの立上りを押さえたり、貨物の積空によりブレーキ力を制御するなどシステムとしては多くのバリエーションが生まれた。

5. 空気による自動制御

これらのK三動弁の機能は自動制御の一種をなすものであるがリンク、ギヤなど機械的なものを用いず、電磁弁や無線など電氣的制御もなく、すべて空気圧とその変化速度の信号によりピストンとバルブなどにより複雑なブレーキ作用が空気学的に制御される。

これら空気制御はその後、様々な分野で利用されているが、空気ブレーキは歴史的最も早い方に属している。この点、空気ブレーキは重い列車を減速するパワーシステムだけでなく、古い制御系の歴史の一つとして見直すべきである。

わずか直径1インチの制動管1本で50輛の制御系とパワー系を併存させた空気ブレーキは、当時として優れた技術開発であった。

1925年頃より日本の鉄道省がウエスチングハウス空気ブレーキ導入にあたり、システム一式を客車室内にセットした「教習車」を全国に巡回させて教育に当たったが、果たして当時の鉄道技術者(当時は日本では一流のエンジニアであったが小卒が主体)や機関士はどのように受け止めたか興味ある所である。

ウエスチングハウス社自体としても製品の売込みのために教育を重視し、空気系統別に色分けした分かり易い作用図を付けた分厚いインストラク

ションブックを形式毎に作り、配布した。私自身(白井)も長年にわたり運転車両現場の空制教育に携わってきただけに感慨深い。

6. 長編成化への歩み

経済原則からアメリカの貨物列車の長大化は限りなく、早くからマイルトレインの常態化、500トン級SLの出現へと進んだが、やがて後部を無線制御で同期化するものも現れた。アメリカの電車では1910年代より10両編成化して自動空気ブレーキを電磁制御で同期化、日本でも最近の電車は電空併用ブレーキを電気制御するものが多い。

しかしK三動弁と次代のAB弁などは全く空制的に制御して長編成に対応したことがユニークである。

長大重量編成の貨物列車では低速での非常ブレーキで連結器の破損、車両の破損、脱線などで輸送を支障することが散発し、ヤードなど低速での

非常ブレーキを禁止する所もあった。これは戦前の日本では老朽木造貨車、戦後の中国では貨物列車の重量化と空制システムの立遅れにも一因があった。

7. KC、KD、KEシステム

三動弁付き空気ブレーキシステムでは三動弁、空気溜、ブレーキシリンダを一体化した方がコスト、スペースとも有利のため、K三動弁より遙か以前の1879(明治12)年よりこれを一体化する手法が生まれ特許化した。

K三動弁では一体のKCシステムを標準とし、これを取付けるスペースが無い時はシリンダを分散したKDシステムとした。アメリカではほとんどKCシステムだったが、日本では小形の2軸貨車(ト、ワ車)が多かったので大形(15トン)のトム、ワム車はKCシステム10トン車はKDシステムが多かった。ボギー貨車でもホキ800など構造上KDシステムの貨車もある。さらに戦後は積空切替



写真5 中央本線の長大貨物列車もすべてK三動弁付きであった



写真7 KCブレーキシステム
(左からBC、補助空気溜、K三動弁)



写真6 東海道本線も同様に長大貨物列車も全てK三動弁付きであった。



写真8 KDブレーキ装置(三動弁側)

付きのKEシステムが増加した。

またシステムとは別にK三動弁自体にK-1とK-2の2種類があり、K-1は2軸車など軽量用、K-2はボギーなど重量用で空気通路の容量が違うだけで動作原理すべて同じである。当然アメリカではK-1弁は稀である。

ブレーキシリンダのサイズは軽使用の内径6インチから大形貨車の14インチまで幅広くK-1、K-2三動弁で対応した。

K三動弁は長年にわたり、各国でライセンス生産されたので設計に僅かずつの変化があるが基本となる構造、設計は変化していない。

8. 付属装置

装置の補助空気溜には車側より1両ごとに手でブレーキを弛める「弛め弁」がある。排気系統に阿里山鉄道などでは保ち弁(リテーナバルブ)を設け、閉じたり制限をする。

大井川鐵道の井川線では排気系に電磁弁を付し階段弛めを可能にしている。

9. 編成と運転

本線運転や急勾配区間では列車の編成中に空制の取付けのない車両が多いと危険なため、その割合を制限していた。日本では空制のない貨車には+印を標記して区別したが、戦後は私鉄貨車にも取付けを進め、1955年頃には+印の貨車はほとんど無くなった。台湾鉄道でも+印を使用した。

写真5、写真6は1955年頃の長大貨物列車で、全てK三動弁を使っていた。

貨物列車や混合列車にA動作弁付き客車を少数連結した場合、客車の付加空気溜を締切ってK三動弁に近い性能として運転していた。

10. アメリカの貨車

アメリカ大陸の貨車は米、カナダ、メキシコなどの多数の鉄道会社の貨車が各国の鉄道に直通するため、車体に空制や緩衝器の容量などを標記しており、AB制御弁以上のシステムの空制(AC弁など)を備えないと高速、長大編成の本線に入

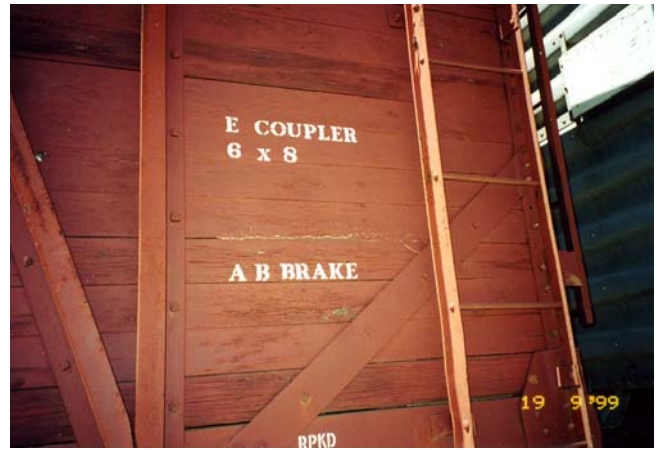


写真9 貨車の表記



写真10 AB制御弁

ることができない。

11. K三動弁の退潮と保存

重量貨物用にAB制御弁の標準化以来アメリカ本土ではK三動弁はあまり見られなくなった。しかし小編成の日本などでは長らくK三動弁を主力としてきた。

日本では戦後も30年程は2軸車主体の60両編成、1200トン以下と小スケールで速度も100km/h以下と低速だったため、AB弁は必要なく、ボギー貨車を含めすべてK三動弁を用い戦後も当分はK三動弁の大量新造が続いた。

しかし1970年頃からの貨物の高速化により客車用A制御弁や、新形のCLシステムの使用、電磁制御などが導入される一方、鉄道貨物載送の縮小に伴い在来貨車(すべてK三動弁)の大量廃車が進み、今やK三動弁付きの貨車は数千両に減少、さらに廃車が続けている。

特に各国でK三動弁の生産中止が大きく響き、各鉄道とも保守に困っているが、韓国産は推奨できない。現在はK三動弁が実用で働く最後の時代である。

しかし米本土を除く世界各地にはまだ多数のK三動弁付き客貨車が残され、今後長く使う所もあるだろう。

このように出現以来100年、日本でも80年近く第一線で実用されてきたのは、技術の凍結によるものではなく、開発当初のウエスチングハウス社の設計の完成度の高さと、日本では長らく小規模低速輸送が続いていることがあった。

K三動弁は鉄道界、工業界にあってもさして高名ではなかったが、外形サイズは小さく、比較的安価で世界中で鉄道の安全のために寄与してきたK三動弁は産業界において歴史に残るべき一つの名作とすることができる。

名古屋レール・アーカイブス会員の皆様もワム80000などの床下にK三動弁を見出した時にはこのような産業考古学的意義を考えつつ注目して戴きたい。

このように長年の功績あるK三動弁も今や貨物列車の高速化と摺合わせ件業など保守技術の伝承途絶により減少をたどっている。

KC、KDシステムの歴史的保存についても貨物博物館を始めとし、各所でのご配慮を期待している。アメリカの保存貨車は殆どAB制御弁付きであり、K三動弁の担当は日本である。

なお100年の歴史を持つK三動弁ではあるが日本で現用中のものは多くが戦後日本で製造されたものである。

現在、日本でK三動弁を実用中の貨車はワム80



写真11 K三動弁を使用の貨車、ホキ800形



写真12 K三動弁を使用の貨車、チキ300形
(広軌車軸、バッファー穴付き)



写真13 K三動弁を使用のタキ1900形
(三岐鉄道にて)

000、セメント用タキ1900、新型を除くタキ車、ホキ800、ホキ10000などがある。大井川鐵道井川線、台湾の阿里山鐵道の客貨車の大部分と世界各国の貨車、時には客車の一部にも現用されている。

なお戦後日本国鉄ではK三動弁をK制御弁と言い換えたが、これは日本限りのことで世界では今も「K triple valve」である。

空気ブレーキ全般の歴史的知識については参考文献2を参照願いたい。

終わりに本稿件成にあたりご支援戴いた諸彦に心より御礼を申し上げます。

[参考文献]

- 1) 『AIR BRAKE TECHNOLOGY』、Instruction ETR、1988年
- 2) 白井昭『電車用空気ブレーキの系譜』、産業遺産研究第9号、pp89-130、中部産業遺産研

究会、2002年5月26日

- 3) 『空気ブレーキ解説』、客貨車図典、鉄道科学社、1950年
- 4) 『貨車の知識』、交通図書、1952年
- 5) 『略図の客貨車ブレーキ』、交友社、1948年
- 6) 『CAR AIR BREAKES』、SIMMONS BOADMAN PUBLISHING、1972年