

荷役運搬の最近の動向

Recent Trends of Materials Handling

生産システム、輸送システムの規模は、高度成長経済のもとで、大幅な拡大を遂げた。各システム内の結節点での主役を演ずる荷役運搬についても拡大進展するとともに、機械の大形化、高速化及び自動化が進んだ。昭和48年(1973年)のオイルショック以降この上昇カーブも頭打ちとなったが、システム全体としての合理化への努力にはよりいっそう真剣に取り組まれており、「量的拡大から質的充実へ」の転換がなされた。代表例としてコンテナ・クレーンの無人群管理システムなどの大規模なシステムが実現しつつある。今後の荷役運搬の方向を示唆するものである。最近の荷役運搬機械としては、環境改善、メンテナンス・フリー化などへの配慮が重点に置かれ、更に自動化、無人化などのくふうが要求されている。それに伴い、使用する電気品の中心も駆動系から情報伝達系へと変わりつつあり、今まで以上に機械と電気がマッチしたロボットの製品が要求されるようになってきた。

木村 勲* Kimura Isao
並木 浩* Namiki Hiroshi
今井利秀* Imai Toshihide
松川安廣** Matsukawa Yasuhiro

1 緒 言

我が国経済は、戦後長期的な高度成長を遂げ、特に60年代後半は未曾有の加速度的変化の時代となった。しかし、70年代前半からの「高度成長より社会福祉を」という社会的思考の変化とともに、1973年10月に巻き起こったオイルショックを契機として大きな転換期を迎えた。この結果、あらゆる分野において量的成長が減速を余儀なくされ、物的流通の面でも高度成長時代のような量的拡大は終わりを告げ、これからは質的充実を目指した新たな視点に立っての革新が必要となってきた。

本特集号で取り上げた荷役運搬機械についても、こうした変化が顕著に表われてきており、生産量及び質の変化の度合いは極めて大きい。代表的な荷役運搬機械の生産高推移は図1に示すようであり、1960年代後半の加速度的変化の様子が一目でよく分かる。一般に荷役運搬の体系は、輸送体系・生産プロセス体系などにそれぞれ直列的に介入しているため、各体系の変化により影響を受ける。特に質に関しては、輸送システムの変遷や生産プロセスの進展に対して直接的なつながりを持っている。海・陸・空コンテナシステム、大量原料専用輸送システムや生産分野での鉄鋼、自動車などにみられる製造プロセスの発展などにより従来と異なった新しい質の荷役運搬機械が生み出されている。一方、輸送にせよ、生産にせよ、物の流れが計画どおりいくかどうかは結節点での荷役運搬の機能に大きく影響される。この意味から、荷役運搬機械が物流システムの成否を左右するキー・ポイントであると言っても決して過言ではない。荷役運搬機械は一般の産業機械と同様に、機械化→自動化→無人化の変化の中で、より高いレベルを求めて進展していかねばならぬ。技術開発の動向については、戦後の軽量化、高速化から高度成長時代の大形化、専用化、続いて電子計算機を含む自動化、システム化の時代に入ってきており、更に、安全性の向上、環境改善などについても厳しく要求されるに至っている。

以下、輸送、生産両体系における荷役運搬の動向について述べる。

2 国際海上輸送と荷役運搬

全国港湾貨物取扱量の年次別統計を図2に示す。世界貿易量の拡大は著しいものがあり、その中で我が国の占めるウエートも大きく、ここ数年来取扱量で全世界の20%近くのシェアを維持している。品目としては鉱産品(原油、鉄鉱石、石炭など)及び林産品の輸入、金属、機械類の輸出が多い。

一般に貨物は大量、かつ定形的であり、輸送の専用化ができる。前者は大量、かつ定形的であり、輸送の専用化がいち早く進んだが、後者もコンテナシステムの開発と協同一貫輸送の完備とともにかなりのものが専用輸送化されるに至った。我が国輸出入におけるコンテナ化率は図3に示すよう輸出で37.1%、輸入で45.5%(昭和48年)に達している³⁾。こうした物流革新に伴って、それぞれの分野での荷役運搬技術もまた著しい進展を遂げた。

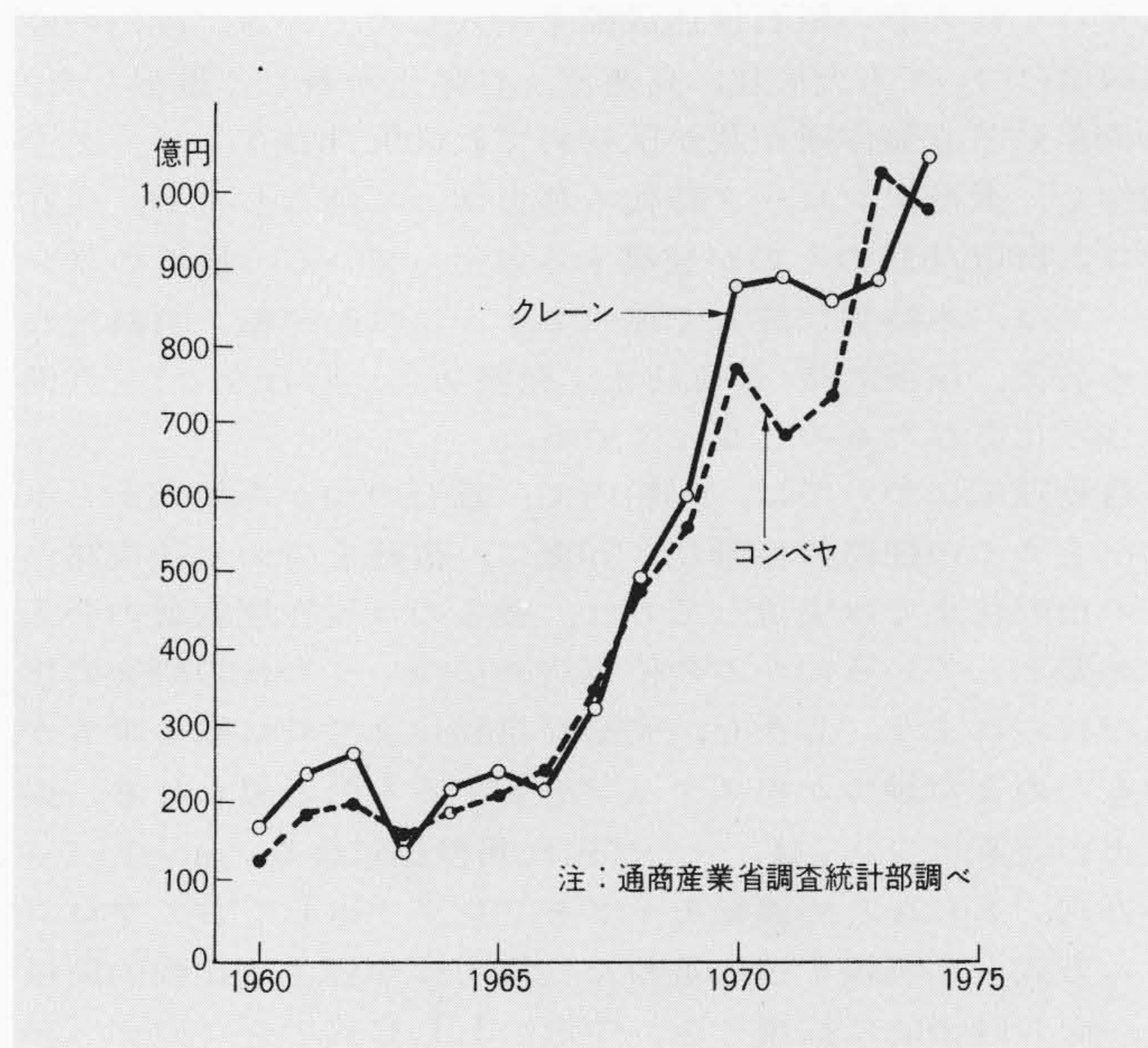


図1 クレーン及びコンベヤの生産実績 1960年代後半における加速度的変化が目立っている。

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所笠戸工場

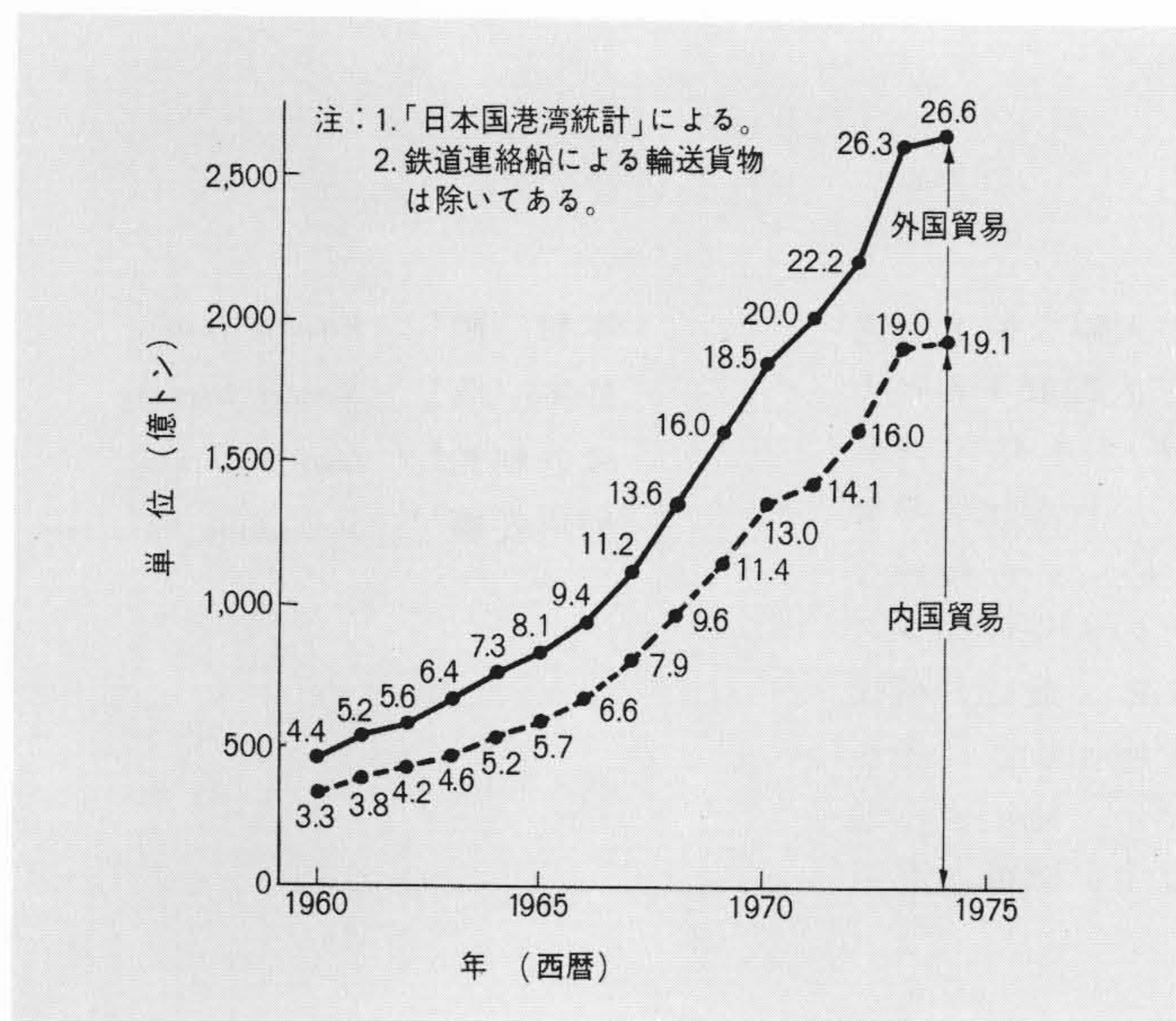


図2 全国港湾貨物取扱量の推移 1973年まで加速度的な伸びが見られる。

(1) ばら物荷役

非資源国である我が国は、原材料、食糧品などの大部分を輸入に頼っている。特に鉄鉱石に至っては世界のその海上荷動量の50%近くを占める輸入を行なっている。したがって、生産地からいかに効率よく大量かつ経済的に輸送するかが重要な課題であり、まず船舶の大形化、専用化、高速化などが促進された。これに伴って、専用埠頭の整備、拡充が急速に進められ、また、近年土木技術の進歩により、経済的なデタッチドピアが登場するに及んで最大27万DWt(重量トン)の船舶が接岸できるまでになっている。全世界での対象船及び積込み積出し設備の変化の推移を図4⁴⁾に示す。こうした船舶の大形化に対処するため、積出港では連続積込方式が採用され、大形のシップローダが建設された。日立製作所ではオーストラリア、ハマスレ鉱山ダンピア港及びコマルコ社ウェイバ港にそれぞれ大形の鉱石積込設備を納入した。一方、国内の陸揚設備についても大形化、高速化、自動化が著しく進展した。1958年に日立製作所が我が国初めて1,000t/h級アンローダを製作し、大形アンローダ時代の幕を切って落としたが、現在では2,500t/h級のものが登場するに至っている。最近のアンローダは、本特集に詳しく述べるように自動運転、自動振れ止め装置、環境対策(落鉱防止、発塵防止、防音など)を具備し合理化されたものとなっている。

自動運転については、(a)船内での鉱石のつかみ始めからホッパ上までの往路の自動化、(b)更に、復路を含めた往復路ともの自動化までは実現しており、残るのは現在運転者の介入を必要としているつかみの位置決めについて今後の研究の焦点が絞られよう。しかし、完全な自動化までには船の動きがあるためまだ幾つかのステップを要するものと思われる。振れ止め装置については、ロープ振れ角検出によるフィードバック方式、あらかじめ運転モードをプログラムしておくプログラム方式とも実績を積み重ねた。後者については比較的簡単に、かつ経済的に採用でき、中形のLLC式アンローダへの適用結果も良好で普及段階に入った。ホッパについては、(a)反転板だけ(b)反転板+散水、(c)反転板+集塵装置など、と取扱物に応じてそれぞれ最適な方式を検討してきた。特に(c)についてはアルミナ、りん鉱石など相当発塵が考えられる取扱物に対しても非常に有効であることを実機から確かめた。今

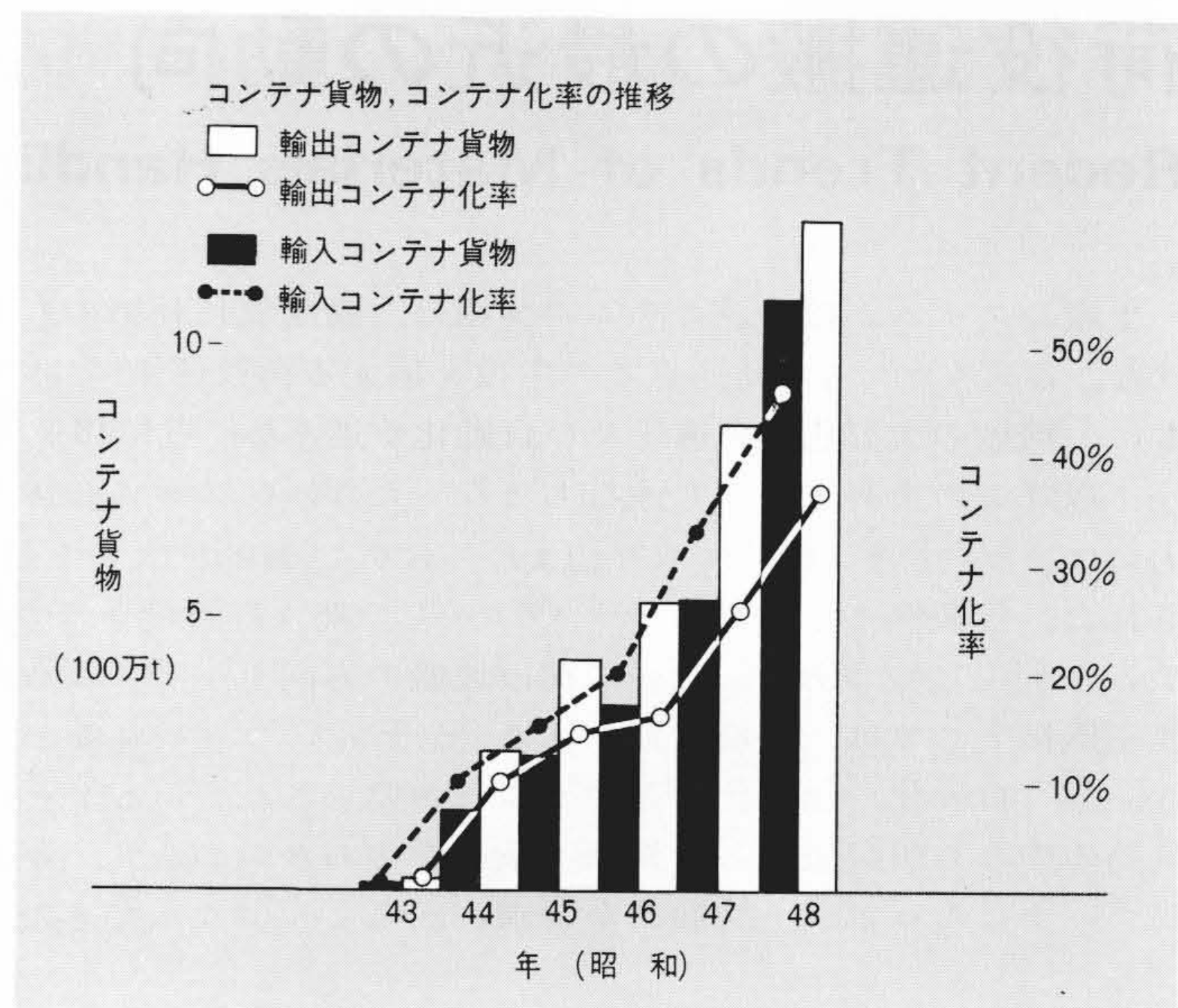


図3 コンテナ貨物、コンテナ化率の推移 ライナー貨物に対するコンテナ化率を示す。

後の動向としては、積込設備については大規模高能率積込システムの開発、陸揚設備については連続化の問題がクローズアップされてこよう。

(2) ユニットロード荷役

1967年9月第二の黒船と騒がれたコンテナ船が我が国に初めて来航以来、我が国を中心とする主要航路は急速にコンテナ化された。国際間の物的流通の動向の中で質的高度化の最も顕著であったのがこの海上コンテナリゼーションであり、大形高速コンテナ船や専用ヤードの登場により著しく発展し、更に機械化荷役の大幅な導入により荷役の形態も一変した。1973年の我が国商船隊のコンテナ船による輸出入実績は、輸出187万t(669億円)、輸入294万t(535億円)、三国間17万t(52億円)、合計498万t(1,257億円)であった。国内でのコンテナクレーンの総台数も60余台を数えるに至った。その間、コンテナ船の大形化、高速化に伴いクレーンは数々の技術的改良を重ねている。仕様上も巻上げ30/60m/min→50/125m/min、横行120m/min→150m/min、ワードレオナード→サイリスタレオナードなどと変わってきている。更に、無人化を試行する前段階として、また、運転手の巧拙にかかわらず荷役能率を向上させるための自動振れ止め装置の研究開発がなされた。最新のものでは、「トリップ停止後5秒以内に±5cm以内」というレベルまで実用化されるに至っている。これら技術を背景に、アメリカをはじめとして、東南アジア諸国、中近東諸国などへ多数のコンテナクレーンを輸出した。

コンテナ輸送の目的とするところは「ドアツードア」の複合一貫輸送であり、コンテナターミナルの果たす役割は重要である。現在、コンテナヤード設備に関しては、(1)ストラドルキャリヤ方式、(2)シャーシ方式、(3)ガントリクレーン+トレーラシャーシ方式などが採用されている。特に情報システムとの関連において現段階ではまだ完全自動化の段階には達していないが、日本国有鉄道(以下、国鉄と略す)(大井)のフレートターミナルにみられるように完全自動化への基礎はでき上がりつつある。海上コンテナの内陸運送については、セミトレーラ、トラクタ、内航フルコンテナ船カーフェリー、デッキバージなどが利用されており、一貫輸送の行なわれているのは20%前後である。なお、ヨーロッパではRO/RO(Roll On-Roll Off)方式のコンテナ船が、特別のターミナルが必要でな

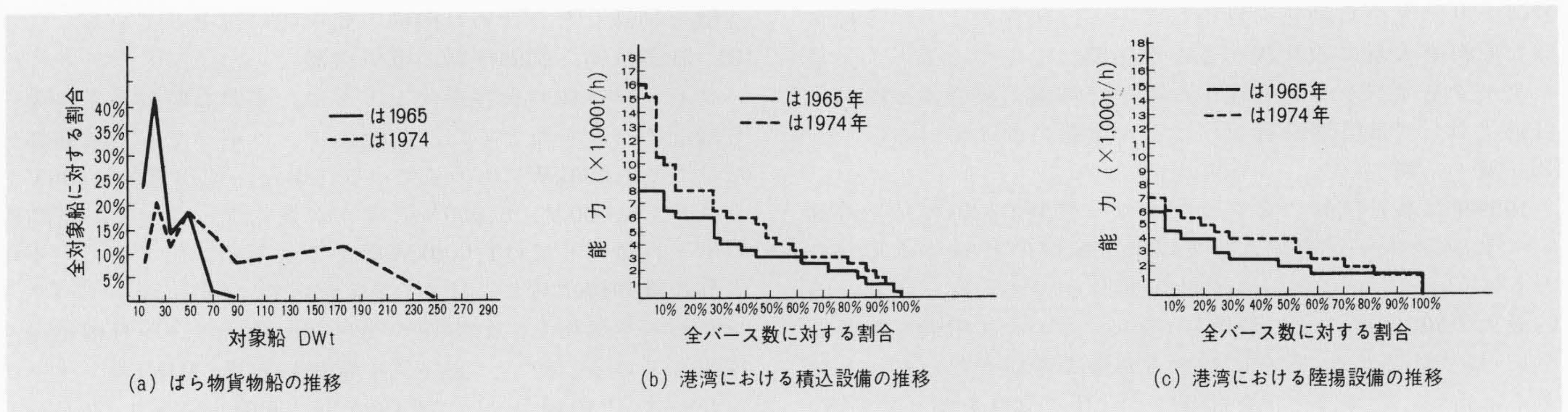


図4 ばら物貨物船及び港湾設備の推移 過去10年間における変化の度合いを示した。(a)→(b)→(c)の順に適用している。

いという融通性が買われ、過去10年間の荷役革命の中で支配的な位置を占めており、遠洋航路にも進出してきている。また、1973年横浜港に初めて来航したLASH船やアメリカで使われているSEE BEE方式のように相当の省力化が行なえるシステムも現われており、今後もしろいろな方式が試行されよう。いずれにせよ、ばら物以外のコンテナ化はまだ進展する余地がある。

3 国内輸送と荷役運搬

表1に1974年度の国内輸送機関別分担率を示す。

同表から自動車輸送の占める割合が多いが、インフラストラクチャーの限界、省エネルギー、環境対策などとの関連により輸送体系は変化していくものと思われる。

現在、荷役の近代化対策として、協同一貫輸送の推進が行なわれているが、推進にはユニットロードシステムの開発がまず絶対の条件である。現在、協同一貫輸送が行なわれているもののうち主なものを紹介する。

(1) フレートライナ

1969年から特定の基地間での輸送に使われ始め、コンテナ専用の高速列車と自動車輸送とを連絡することにより「ドアツードア」の輸送を行なっている。1959年から始まっている国鉄のコンテナ輸送は、フレートライナの設置により輸送量の大幅な伸びがみられた。更に、増大するコンテナ輸送推進のため、電子計算機によるオペレーションと複合施設の整備を前提とした近代的なターミナルの建設が進められている。並行して、クレーン荷役が可能な新形式コンテナ及び新形式の高速性能コンテナ貨車の増備が進められた。日立製作所は数年前から国鉄指導のもとに完全自動化クレーンの開発を進め、今回その先行システムの一部が完成し(本誌9ページ参照)、国鉄東京貨物ターミナルに納入した。本システムは、自動的にコンテナをつかむスプレッドを持った橋形クレーンをベースに、荷役の自動化はもとよりターミナル内のコンテナ、トラック及びクレーンを電子計算機で総合管理するようになっている。クレーンは、取扱い対象物の探索装置、電動油圧制御装置、番地制御装置、信号電送装置及び電子計算機によ

る総合管理制御システムなど、自動化に必要なすべての基礎技術を装備している。クレーンのロボット化に最も近づいたもので今後あらゆる分野の自動化に対し有効な示唆を与えるものである。

(2) 一貫パレチゼーション

1970年に一貫輸送用平パレットのJISが制定された。1974年末のパレットの枚数は1億枚を超えるまでになっている。使用後のパレットの回収、輸送中の荷崩れなどまだ問題は残っているが、フォークリフトや適合貨車の開発が進められている。この方式の荷受人から荷受人までの間を一貫してパレットに載せて行なう効果は非常に大きく、システム的な取り組みが必要である。フォークリフトの側からみると1973年で国内史上初めて7万台を突破している。これは、概略蓄電池式1万台、内燃機関式6万台という内訳で、環境改善に関連し蓄電池式の増加が目立っている。

4 生産工場と荷役運搬

ここで生産工場に目を転じてみよう。最も早くコンベヤによるオートメーション方式が採り入れられた自動車工業、家庭電気工業、機械工業などでは、その後生産ラインにコンベヤ、ロボット、NC(数値制御)機械などの導入が図られた。それとともに、生産機械と荷役運搬機械とが、その分岐点を明確にすることができないほど、また、する必要がないほど一体化されてきている。高能率化、自動化、及び省力化に対し、計算機制御も採り入れられている。今後は更に全般にいきわたるとともに、より高度化の方向に進むであろう。荷役運搬の代表的市場である造船業に関しては、短期間のうちに20~50~100万tドックの建設が進められた。これに伴い大形の設備投資が行なわれ大形ガントリークレーンも急速に記録の更新が進んだ。

この章では生産工場のうち、その変化が最も激しくまた、我が国産業の基盤をなす鉄鋼業に焦点を当て、その荷役運搬の動向につき述べる。陸揚げされた原料が最終的に製品として積み出されるまでの過程で荷役運搬が果たす役割は重要である。一般に、工場レイアウトの単純化による構内輸送の合理化がまず最重点に取り上げられる。

(1) 原料

専用埠頭で陸揚げされた原料は、横持ちコンベヤを経てスタックによりヤードに積付けされる。最近では高炉操業法が大幅に改善され、高炉用の原料も大部分が事前処理されたうえ装入される。原料ヤードでの大量、多種類の鉄鉱石の均質化のため、また運転者の省力のため、自動運転が大幅に採り入れられている。本誌25ページの論文で取り上げた例では将来(2~3年先)中央電子計算機、制御用電子計算機からの信

表1 国内輸送の機関別輸送分担率 自動車輸送の占める割合が多い。

項 目	国鉄・私鉄 (R)		自動車(C)	内航海運(S)	合 計
輸 送 ト ン 数 (億トン)	1.6	0.5	43.8	5.0	50.9
分 担 率 (%)	3.1	0.9	86.1	9.9	100
輸送トンキロ(億トンキロ)	516	9	1,308	1,924	3,757
分 担 率 (%)	13.7	0.2	34.8	51.3	100

号により、完全自動化を目指している。現在のように多種多様な原料を大量に取り扱うことが必要になってくると、大量のデータをオンライン処理する電子計算機の媒介及び機械の自動化なしでは管理を行なうことが困難になっている。

(2) 製 鋼

1959年に我が国初の2クラブ4ガーダ型の120t転炉用高速レードル クレーンを納入して以来、転炉の容量の大形化とともに、レードル クレーンの大容量化が進められ、現在、国内最大の500tのものまで製作している。プロセス中最も重要なクレーンであるため、安全に対する万全な考慮が払われ、またメンテナンス フリー化を目指して設計に改良を加えている。信頼性の高さが評価のポイントである。最近UHP電気炉の普及が目覚ましく、電気炉用としては補巻移動装置付の単クラブ形が多くなっている。今後、他のクレーン同様より工程にマッチした自動化が進められ、ロボット化されることになるであろう。

(3) 製 品

日立製作所として最も実績の多い製品積込機では国内最大の63tまでの製作を行なった。現在、積出しサイドとしては主として橋形式が多く使用され、陸揚げサイド(鉄鋼埠頭、流通センターなど)では橋形式、引込式がほぼ半数ずつとなっている。省力化のため、リフティング マグネットの使用はごく一般的になっており、厚板の枚数制御、コイルのアップエンド、ダウンエンドつり、形鋼用などが実用化されているこの分野での自動化は、生産部門に比べ遅れているが、近年大型鋼材用大型自動倉庫の登場と相まって合理化のニーズが最も高まってきており、今後の開発の焦点となろう。

5 荷役運搬機械の技術動向

物流システムの中での荷役運搬と関連して、各種機械の動向を述べてきたが、ここでは、機械本体としての進歩の様子をクレーンを例に挙げて述べる。

(1) 鋼構造部分

既に1960年代初めよりトラス構造から板構造への移行がみられた。塗装の保守、継手の減少、メンテナンスの容易さが買われたものであるが、現在では、一部建築用のジブ クレーン、ケーブル クレーンなどを除いて完全に板構造になっている。構造力学、材料力学などの進歩、計測機器の進歩による風の影響や実働応力の測定、電子計算機による構造部分の計算、高張力鋼の使用などにより薄板による大形構造物が出現した。JSMEはがね構造計算基準の参考にされていたDIN、FEMなどが最近の技術を採用し入れ改正を行なったが、我が国でも最近JISとして異色の計算基準ができ上がった。今後の問題としては、地震に対する安全性が大きな課題であり、現在港湾荷役機械化協会を中心にその調査、研究が進められている。

(2) 機械部分

メンテナンス フリー、環境改善、省エネルギーなどに絡み、細部にわたる改良が行なわれた。効率の向上、保守性の向上を目指し減速機は全オイル バス式とするとともに軸受部分には、ドラム軸、車輪軸など重負荷部分に至るまで、全面的にころがり軸受が採用された。旋回ボール レースの場合は、構造部分、機械部分全体にわたっての簡素化に有効であった。各部分とも、標準化に重点が置かれモジュール化、ユニット化が図られた。

車輪、ロープ車などは鍛造圧延鋼の使用が一般的になり、調質及び表面硬化により寿命が大幅に延びるとともに、自動給油による保守の省力化も徹底されてきた。また、油圧駆動の採用は制御性の良さとともに、低速高トルク モータによる減

速機の削減などを含めた機構の簡単化に役立っている。

(3) 制御技術、制御機器、電気機器

クレーン本体の大容量化とともに、必要な駆動エネルギーも増加の一途をたどった。前記のアンローダでも主制御部分だけで約3,000kWにも及んでいる。また、使用電源は400Vクラスから3,000V、6,000Vのほうが多くなっている。電動機の単一容量としては1,000kW級までの実績が出てきているが、大形の電動機に対してはメンテナンス フリーのハイパクトシリーズを適用し、耐湿性の優れた長寿命の高圧H種絶縁を採用している。更に、高圧気中電磁接触器(MINIコンタクタシリーズ)との組合せにより(例えば、500t レードル クレーンの主巻上げについては3,000Vクラスの発電制動方式を採用)高性能な制御を得ている。制御は、全般的に静止化の方向にあり、直流では、ワード レオナードからサイリスタ レオナードの使用が一般的になっている。交流では現在、CF制御、IB制御、ダイナミック ブレーキ制御などが一般的に使用されているが、制御の高度化に伴い、サイリスタ レオナードへの代替や、サイリスタ モータの採用も考慮され始めている。また、無線操作、部分自動運転、振れ止め、高精度の揃速など、クレーン内での制御をはじめとして、中央電子計算機、制御用電子計算機などと結びついた高精度位置決め、全自動運転、作業管理など、クレーン作業の高度化が実用化されている。荷役運搬機械に対する一般のニーズを実現させるためには、電気制御、機器や最新のエレクトロニクス技術が占める割合、及びその果たす役割は非常に大きく、信頼性と安全性とを含め機械とバランスのとれた制御が必要とされる。

6 結 言

以上、荷役運搬の最近の動向について概要を述べたが、輸送システム、あるいは生産システムの変化が、荷役運搬の方式に及ぼす影響は大であり、かつ発展の原動力ともなっている。現在、荷役運搬機械は、従来のハード一辺倒からソフト面を加えての「流通設備」への脱皮を必要とする時期に立ち至っている。新しい物流体系の確立や現行システムの合理化などと対応して、フレキシブルなマテリアル ハンドリング システム、高い信頼性と高度な機能を持つ優れたハードが要請されてきている。これからの荷役運搬機械は、「自動化」から「ロボット化」への時代に入ると思われるが、これを支える判断機能、感覚機能、つかみ機能などの高度な技術の開発が必要であり、また、コスト パフォーマンス、信頼性の向上なども取り組まねばならぬ重要な課題である。

また、見のがしてならぬ問題として、過去における拡大成長のひずみを是正し、省資源、省エネルギー、人間性尊重、環境保全など、現代社会の共通的な課題とどのように調和させながら運搬荷役の合理化を進めていくかを慎重に考えねばならない。今後のこの分野での考え方については、単なる荷役運搬から脱却し、物流概念に立脚した幅広い考え方に進んでいき、Integration Controlのための総合化手法が地につき、従来のマテリアル ハンドリングからマテリアル マネジメントの思想へと脱皮していくものと考ええる。

参考文献

- 1) 運輸省：運輸白書(1975)
- 2) 運輸省：日本物流年鑑(1975)
- 3) 運輸省港湾局：港湾要覧(1976)
- 4) 港湾荷役機械化協会 技術情報センター：技術情報No. 69 (1975)