

製品紹介

エンジン式4t系フォークリフト用CLSSシステムの開発 Development of CLSS System for 4t-class Engine Type Forklift

福島 純一
Junichi Fukushima
川上 拓史
Takushi Kawakami
片岡 豊美
Toyomi Kataoka
吉田 伸実
Nobumi Yoshida

エンジン式4t系フォークリフト用油圧システムとして、燃費低減や安全基準への対応を目的とした可変ポンプCLSS (Closed-center Load Sensing system) システムを開発・量産化したので、そのシステムの特長と技術内容について紹介する。

A variable pump CLSS (closed-center load sensing system) to reduce fuel consumption and to meet the safety standard has been developed as a hydraulic system for 4-ton class engine type forklifts and high volume production of the system has been started. The features and technologies of the system are described.

Key Words: フォークリフト, クローズドセンタロードセンシングシステム, コントロールバルブ, 可変ポンプ

1. はじめに

昨今の産業車両や建設機械においては、燃費の向上や安全基準への対応、環境対応排ガス規制への対応が急務の対応として求められている。フォークリフトにおいても開発・製造を行うにあたって、上記への対応が重要な要素となっている。

フォークリフトの作業機やステアリングを動かすシステムには油圧システムが用いられているため、油圧システムとして燃費の向上や安全基準への対応が必要である。

従来、フォークリフトの油圧システムには、主に固定容量型ポンプを用いたシステムが使用されてきたが、油圧ロスという観点からは必ずしも最適なシステムではなかった。そこで、油圧ロス低減を目的としてフォークリフト用可変ポンプCLSS (Closed-center Load Sensing System) システムを開発した。本システムの採用により、

エンジン低速時の馬力を抑えることができるのでエンジンの小型化が可能となり、大幅な燃費の低減を達成できた。

また、フォークリフトの安全基準として提案されているISO規格を満足するための機能を、システムから見直すことで最小の部品構成でバルブに内蔵することができた。

以上のような特長を持ったエンジン式4t系フォークリフト用可変ポンプCLSSシステムを開発・量産化したので、その概要について紹介する。

2. フォークリフトの特長

1) フォークリフトの種類

フォークリフトは外観形状によってカウンタバランス型とリーチ型に、動力によってエンジン式とバッテリー式に大別される。図1にフォークリフトの外観写真を示す。作業機は、フォークを上昇・下降させるリフトシリンダ、マストを前傾・後傾させるティルトシリンダが標準装備されており、アタッチメントとして、フォークを左右に移動させるサイドシフトや、ロール紙・故紙をつかむクランプなどが用意されている。



図1 フォークリフトの外観写真

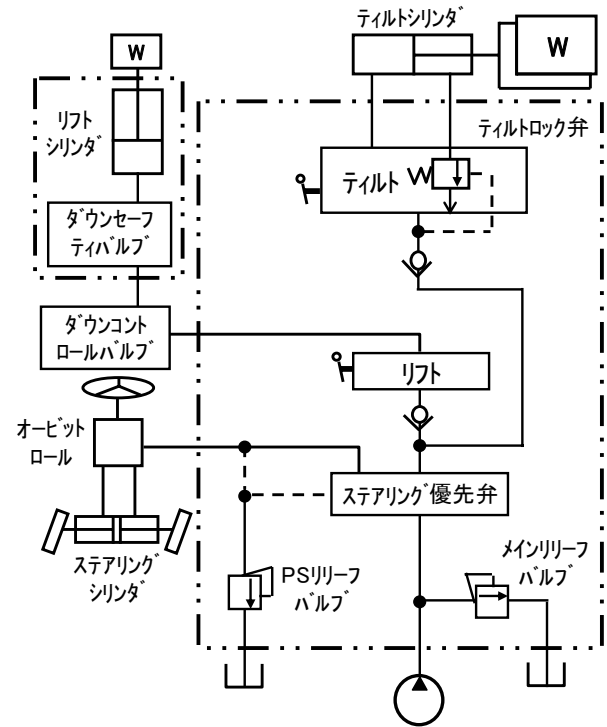


図2 フォークリフトの一般的な油圧回路の構成図

2) フォークリフトの油圧システム

図2にフォークリフトの一般的な作業機・ステアリング系の油圧回路の構成図を示す。油圧ポンプは主に固定容量型ポンプを使用し、吐出流量はステアリング優先弁によってステアリング回路に優先して供給される。ステアリングはオービットロールを使用し、ステアリングシリンダを駆動する。

リフトシリンダは単動形シリンダを使用し、リフト下降時は自重を利用してシリンダを伸縮させるが、負荷によらず一定の下降速度を得るために、ダウンコントロールバルブと呼ばれる流量制御弁が設けられている。また、リフト回路破損時の安全確保のため、ダウンセーフティバルブと呼ばれる落下防止弁が設けられている。

また、一般的にフォークリフトのレバー作動方式は直引き構造のため、エンジン停止時でも荷を積んだままレバーを操作するとシリンダが作動してしまうが、それを防止するためにティルト回路にはティルトロック弁が設けられている。

3. 可変ポンプ CLSS の適用

今回、エンジン式4t系フォークリフトに採用した可変ポンプCLSSの適用効果及びCLSSの回路構成について説明する。

1) 可変ポンプCLSS化による効果

①油圧ロス低減

本システムの採用により、一般的な固定ポンプシステムと比較してリリーフ時ロス、中立時ロス、ファインコントロール時ロスを低減した。図3に油圧ロスの低減効果を示す。燃費低減の効果としては、次項で説明するエンジンの小型化と合わせて、従来機比で Δ 20%以上を達成した(図4参照)。

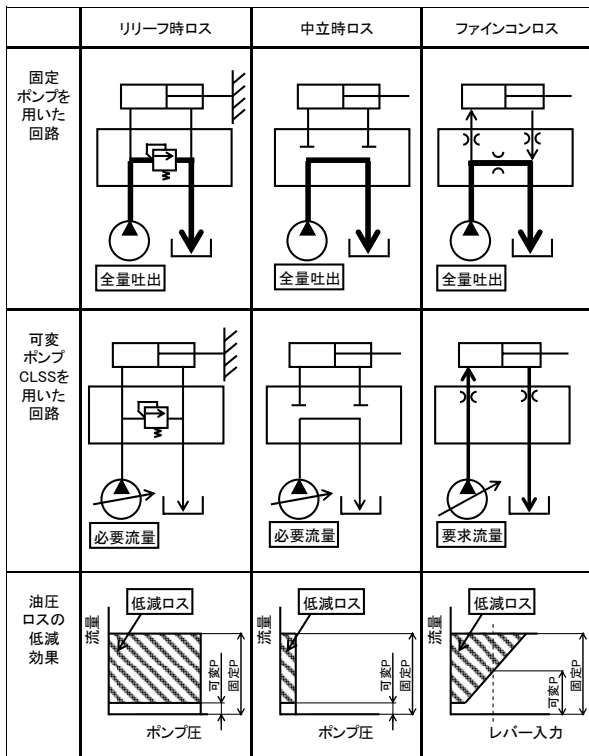


図3 油圧ロスの低減効果

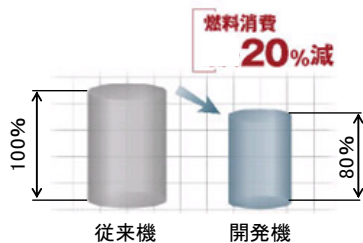


図4 燃費低減効果

②エンジンの小型化

固定ポンプシステムでは、エンジンを小型化するとエンジン低速時にリリーフ時のポンプトルクがエンジントルクを上回りエンストが発生してしまう。可変ポンプ化することでリリーフ時のポンプトルクを下げ、エンジンの小型化を可能にした。図5にエンジントルクとリリーフ時のポンプトルクの関係を示す。エンジンは、従来機では排気量 5.9L を使用していたが、開発機においては 3.3L にすることができた (図6 参照)。

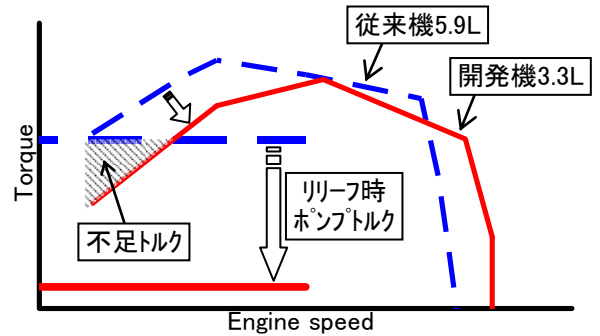


図5 エンジントルクとポンプトルクの関係

	開発機	従来機	他社同クラス
排気量	3.3L	5.9L	4.6~5.0L

図6 他社エンジン排気量横にらみ

③操作性の向上

本 CLSS システムではオープンセンタ回路のシステムと比較して、負荷の影響を受けない一定のファインコントロールが可能である。図7にオープンセンタ回路との比較を示す。従来機では、重荷を積むとローアイドルではファインコントロール範囲が狭くフォーク高さの微調整が困難であった。開発機では、ローアイドルでも同範囲が変わらないので、フォーク高さの微調整を容易にすることができた。

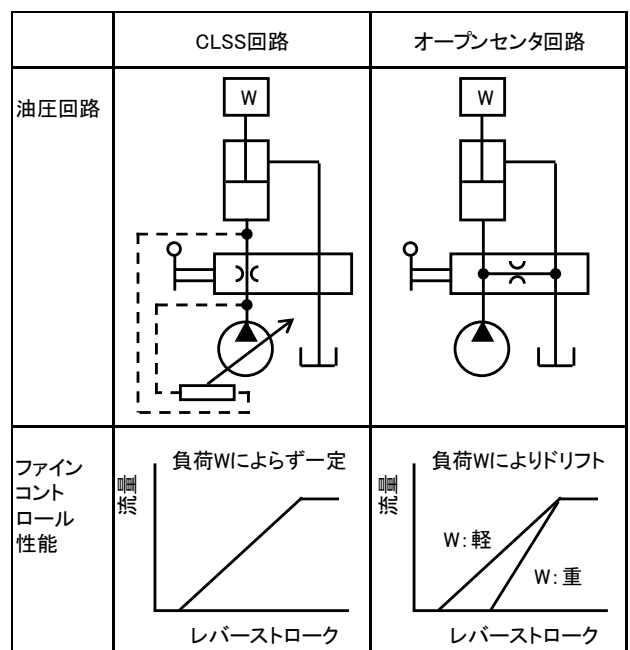


図7 オープンセンタ回路との比較

2) CLSSの回路構成

図8に新開発したフォークリフト用可変ポンプ CLSSの油圧回路の構成図を示す。

作業機バルブは、各作業機の負荷圧の最高圧をシャトル弁で検出し、LS (Load Sensing) 圧として可変ポンプの容量制御弁 (LS 弁) へ出力する。可変ポンプは、LS 弁にポンプ吐出圧と作業機バルブからの LS 圧を作用させ、その差圧 (LS 差圧) が LS 弁の設定圧になるように斜板角を制御することで、作業機バルブが要求した流量のみを吐出する。

また、油圧ショベルなどの建設機械では、同時操作性が重要な要求品質の一つである。そのため、その品質を満足させるために圧力補償弁が装着されている。フォークリフトにおいても同時操作の作業はあるが高精度の品質は要求されず、また従来から圧力補償機能を有していないため、本開発においても圧力補償弁は廃止した。

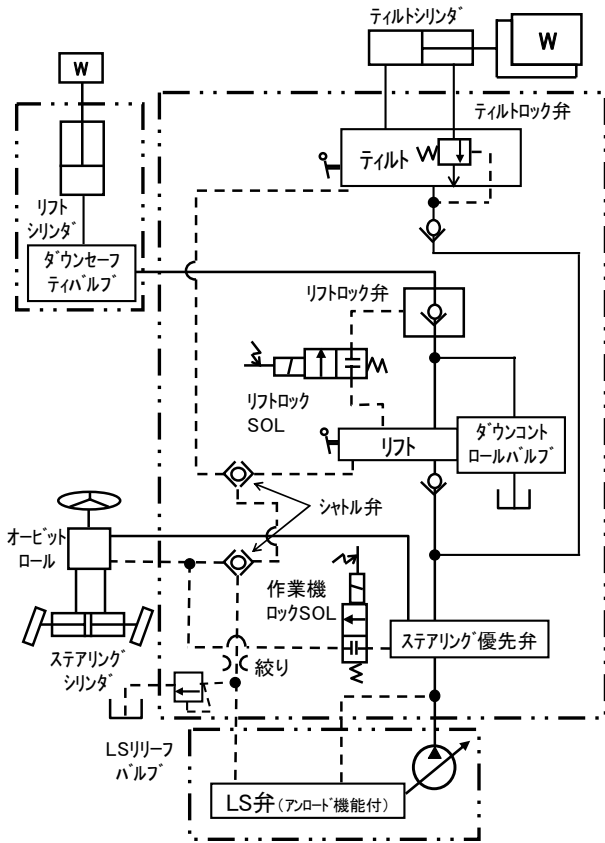


図8 可変ポンプ CLSS の回路構成

4. フォークリフト専用油圧機器の開発

フォークリフトの油圧システムは、厳しい価格競争の中で作られてきたが、冒頭でも述べたように昨今においては、安全・環境対応が急務となっている。フォークリフト専用 CLSS バルブ・ポンプを新規開発するにあたり、安全・環境に対応しながら最適構成を狙うことで、5tクラスの従来機と比べて場積 Δ 60%、重量 Δ 40%を達成した。主な達成手段は下記の5項目である。

- ①リフトシリンダ回路ポート数1ヶ \leftarrow 2ヶ
- ②ダウンコントロールバルブ内蔵
- ③LS 弁アンロード機能一体化により
アンロード弁廃止
- ④ポンプゼロ斜板構造により
メインリリーフ弁廃止
- ⑤ステアリング優先弁に
荷役インターロック機能追加

図9に作業機バルブの外観写真を、図10に作業機ポンプの外観写真を示す。以下に、作業機バルブ、作業機ポンプそれぞれの代表的な機能の構成について説明する。

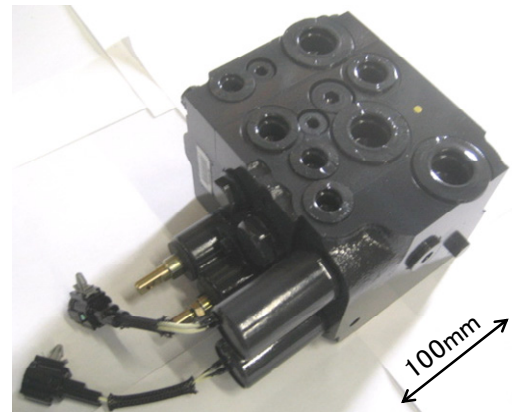


図9 作業機バルブの外観写真

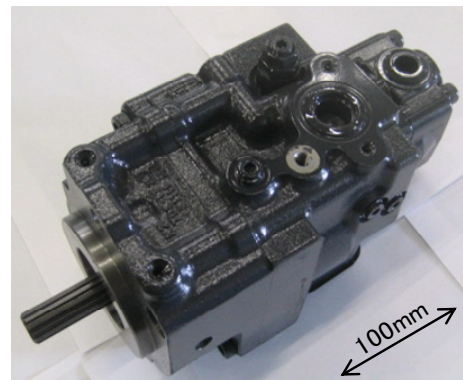


図10 作業機ポンプの外観写真

1) 作業機バルブの構成

①ステアリング優先弁

ステアリングと作業機を1ポンプで構成するシステムにおいては、ステアリング回路に優先的にポンプ吐出流量を供給するためにステアリング優先弁が設けられている。図11にステアリング優先弁の構成図を示す。ステアリング優先弁は、ステアリングシリンダの負荷圧を検出しフィードバックをかけることで、ステアリング回路に優先的に油を供給する。

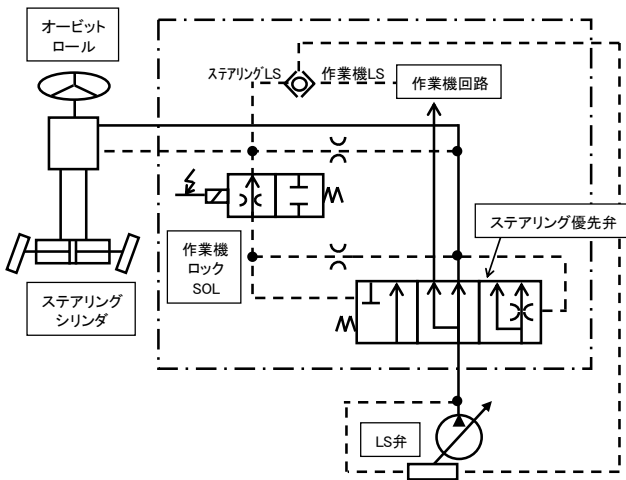


図11 ステアリング優先弁の構成図
(ステアリング+作業機複合操作時)

②ダウンコントロールバルブ

リフト下降時は負荷によらず一定の下降速度を得るために、ダウンコントロールバルブと呼ばれる流量制御弁が設けられている。本開発において、従来別置きだったダウンコントロールバルブを作業機バルブに内蔵した。リフトスプールとダウンコンスプールは、同軸上に配置することで、コンパクトな構造とした。図12にダウンコントロールバルブの構成図を、図13にダウンコントロールバルブの流量特性を示す。リフトスプール側の流量(Q1)は、リフトスピールのストロークが決まると開口面積が決まるため、負荷圧が高いと流量が増加する。ダウンコンスプールは絞りの前後差圧が作用する自動制御弁となっており、ダウンコンスプール側の流量(Q2)は、負荷圧が高いと流量を抑えるようにフィードバック制御がかかっている。よって合計流量(Q)すなわちリフト下降速度は、負荷によらずほぼ一定の下降速度となるように制御される。

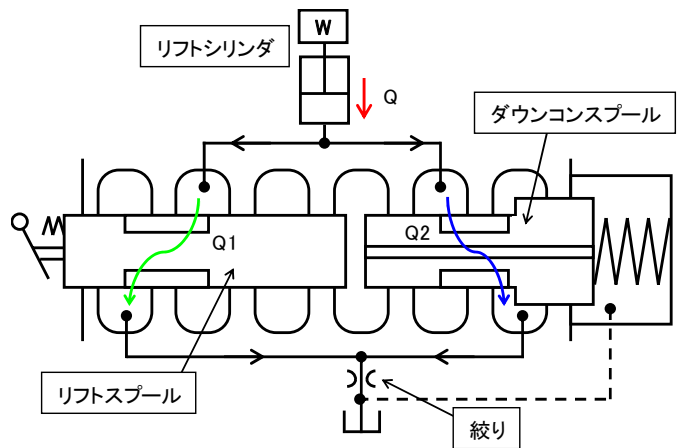


図12 ダウンコントロールバルブの構成図
(リフト下降操作時)

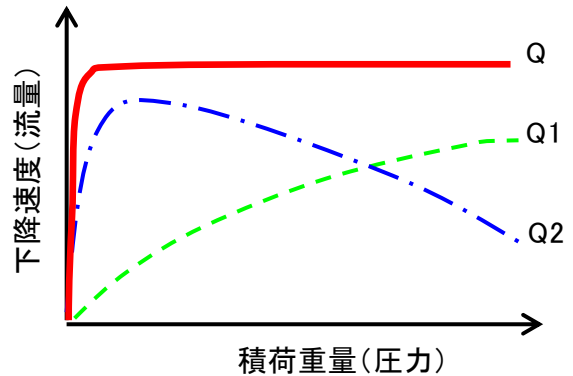


図13 ダウンコントロールバルブの特性

③安全機能

現在フォークリフトの安全基準は、ISO/DIS3691-1にて改訂中である。図14に代表的な安全基準への対応状況を示す。

項目	開発機	従来機
荷役インターロック	★ステアリング優先弁 ・ ティルトロック弁 ★リフトロック弁	・ ティルトロック弁
リフト下降速度	・ ダウンセーフバルブ ・ ダウンコントロールバルブ (内蔵)	・ ダウンセーフバルブ ・ ダウンコントロールバルブ (別置)
リフト自然降下	★リフトロック弁	・ 中立もれ管理
	★: 本開発にて追加	

図14 代表的な安全基準への対応状況

i) 作業機ロック機能 (荷役インターロック)

ISO/DIS3691-1の中で、「オペレータが通常の運転操作位置にいない時、主となる制御部品を操作することによって、マスト傾斜及びキャリッジ下降が可能であってはならない」と義務付けられようとしている。従来は別に設けられたアンロード弁で対応していたが、本開発においては、ステアリング優先弁を利用することで、本基準に対応した。図15に作業機ロック機能の構成図を示す。運転席シート部には電気スイッチが設置されており、オペレータが着席すると作業機ロックソレノイドが通電される。オペレータ離席時には作業機ロックソレノイドバルブが閉じられ、ステアリング優先弁はA位置となり作業機回路への供給を遮断する。これにより、オペレータ離席時にポンプ供給による作業機の作動を防止することができる。また、作業機ロックソレノイド断線時にもステアリングが動かせるように、冗長性を考慮してバイパス回路を設けている。

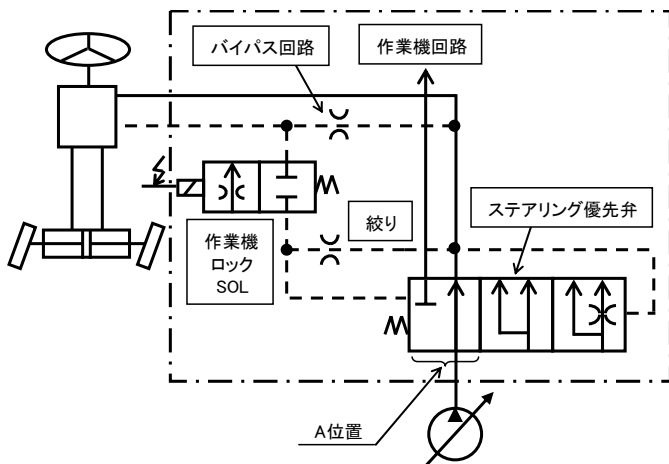


図15 作業機ロック機能 (オペレータ離席時)

ii) ティルトロック弁

フォークリフトにおけるティルト前傾操作は、自重落下方向であるため、前述した作業機ロック機能では、マストの前傾を防止することはできない。そのため、別途ロック機構を設ける必要がある。図16にティルトロック弁の構成図を示す。ティルトロック弁は、ポンプ圧をパイロット圧として作動し、ティルトシリンダ戻り回路とタンク回路を開閉するバルブで、チルトスプール内に内蔵されている。オペレータ離席時には、前述した作業機ロック機能によって作業機ポンプ回路は遮断されティルトロック弁は作動しないため、ティルト前傾操作をしてもマストは前傾しない。

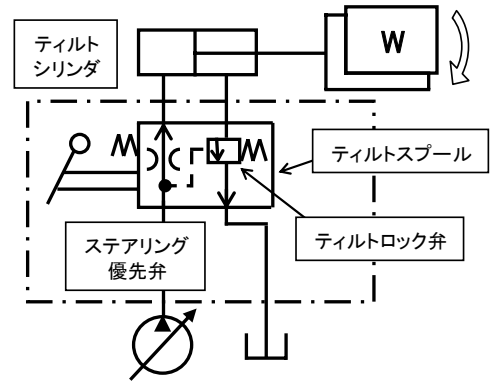


図16 ティルトロック機能 (ティルト前傾操作時)

iii) リフトロック弁

前述したティルト前傾同様リフト下降も自重落下方向のため、ロック機構を設ける必要がある。図17にリフトロック弁の構成図を示す。リフトロック弁は、作業機ロック機能と同様に、オペレータ離席時にはリフトロックソレノイドバルブが閉じられ、リフトシリンダとタンク回路を遮断できる。これにより、オペレータ離席時には、作業機レバーを操作してもリフト下降は作動しない。

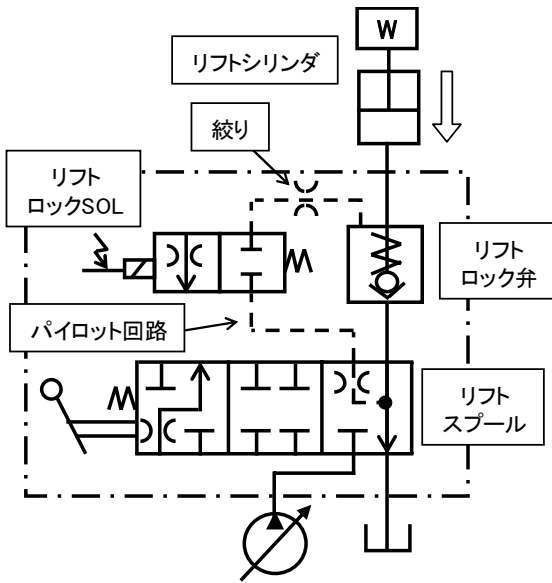


図17 リフトロック機能 (リフト下降操作時)

またレバー中立時のリフト自然降下について、オペレータ離席時は、リフトロック弁がコーンシート構造のため、ゼロリーク構造となる。オペレータ着座時もパイロット回路はリフトスプールで閉じるため、リフト自然降下量は非常に少ない。

2) 作業機ポンプの構成

①アンロード機能付LS弁

一般的なCLSS用可変ポンプは、最小斜板容量を持っており、その流量を逃がすためのアンロード弁を作業機バルブに内蔵している。本開発においては、LS弁とアンロード弁がともにポンプ圧とLS圧の差圧で作動する構造であることに着目し、アンロード機能をLS弁に付加することで、作業機バルブのアンロード弁を不要とした。図18にアンロード機能付LS弁の構成図を、図19にフォークリフト用可変ポンプの流量特性を示す。

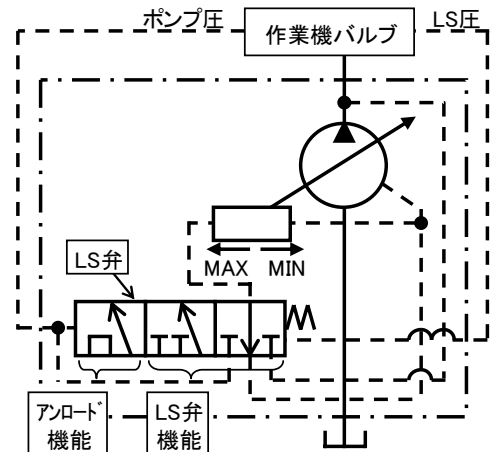


図18 アンロード機能付LS弁の構成図

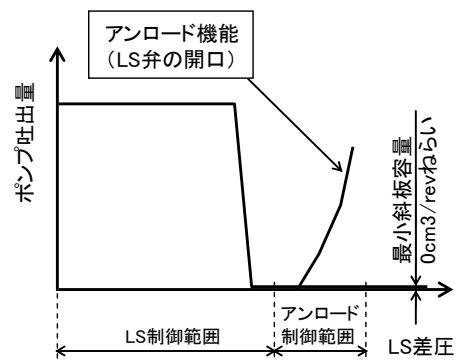


図19 フォークリフト用可変ポンプの流量特性

②LSリリーフシステム

一般的な油圧回路の場合、ポンプ吐出流量全量をリリーフする必要があるため、メインリリーフ弁はポンプ吐出流量に応じた大きさのものが必要である。開発機は、作業機ポンプがゼロ斜板構造であり、またLSリリーフシステムを採用することで、メインリリーフ弁を廃止し、小型のLSリリーフ弁のみの構成とした。また、リリーフ時のポンプ吐出流量をほぼ“0”とすることで、リリーフ時ロス低減も可能とした。図20にLSリリーフシステムの構成図を、図21にリリーフ時ロス低減効果を示す。

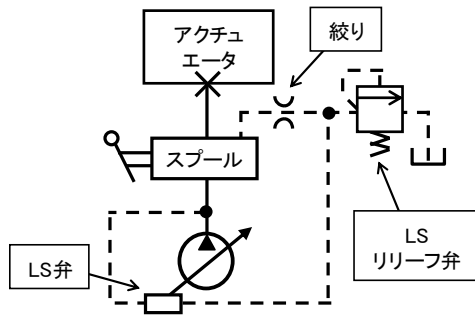


図20 LSリリーフシステムの構成図

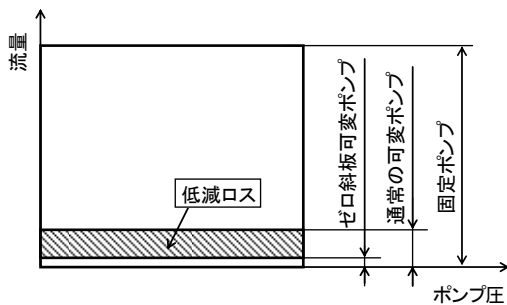


図21 リリーフ時ロス低減効果

5. 終わりに

今回紹介したフォークリフト用可変ポンプ CLSS システムは、油圧ロスを低減することでエンジンを小型化し、大幅な燃費の低減及びコスト低減を達成することができた。また、車体設計と油機開発センタが一体となって開発を進めることで、商品力のある車体を開発できた。

また次の段階として、走行系のシステムのロス低減をどうしていくかということが挙げられる。走行系のシステムについて既に HST (Hydro Static Transmission) を採用しているメーカーもあるが、これも考慮しながら検討

していく必要があると考えている。

今後も、車体設計とのシナジー効果を高めながら、システム改善により、お客様にとって魅力のある車体の開発に寄与していきたいと考えている。

筆者紹介



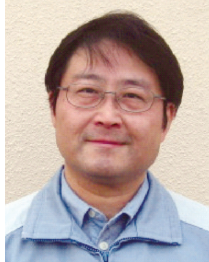
Junichi Fukushima
福島 純一 2003年、コマツ入社。
現在、エンジン油機事業本部 油機開発センタ所属。



Takushi Kawakami
川上 拓史 2001年、コマツユーティリティ入社。現在、コマツユーティリティ開発本部 開発センタ所属。



Toyomi Kataoka
片岡 豊美 1990年、コマツ入社。
現在、エンジン油機事業本部 油機開発センタ所属。



Nobumi Yoshida
吉田 伸実 1984年、コマツ入社。
現在、エンジン油機事業本部 油機開発センタ所属。

【筆者からのひと言】

油開セとして未経験の機種、新系列のバルブということで、先行研究から量産化までに多くの問題がありましたが、各部門の協力により、最終的にはよい製品が出来上がったと思います。

この紙面をお借りして、ご協力頂いた方々、特に KU から油開セに來られて尽力頂いた小澤一颯氏、新橋毅仁氏、川上拓史氏に厚くお礼申し上げます。