

2014 年度
造船所における作業効率向上化を目的とした
パワーアシストサポーターの実証実験
及び指針の策定

—造船所へのパワーアシストスーツ
適用可能性に関する調査研究—
成果報告書

2015 年 6 月



国立大学法人 東京大学

造船所における作業効率向上化を目的とした
パワーアシストサポーターの実証実験及び指針の策定
—造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究—
報告書

目次

はじめに	1
1. 調査研究の背景及び目的	3
2. 調査研究委員会の活動報告	3
3. 調査研究概要	5
3.1 造船所でのパワーアシストスーツのニーズ調査	5
3.2 パワーアシストスーツの実態調査	7
3.3 建造工程へのパワーアシストスーツの適用可能性の検討	11
3.4 パワーアシストスーツの造船所での試行	15
3.5 各建造工程における作業者の労働負荷低減評価	19
3.6 建造工程へパワーアシストスーツを適用した場合の労働安全性評価（リスク評価）	60
3.7 建造工程でのパワーアシストスーツの要件のまとめ及び試用に関する手引きの作成	108
3.8 デモンストレーションによる造船現場の魅力向上	110
おわりに	111
添付資料	
・添付資料 1 造船所に対するパワーアシストスーツのニーズ調査結果	115
・添付資料 2 船殻及び艀装工程における作業姿勢の分析結果	119
・添付資料 3 作業姿勢別の一般的な負担低減対策	121
・添付資料 4 建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き	123
・添付資料 5 デモンストレーション時に配布した資料（プレス発表資料）	131

はじめに

近年、日本の社会は少子高齢化による労働者不足によって国内の産業力が低下し、国家の基礎的な成長力が低下してしまうという深刻な社会問題を抱えている。この問題に対して、高齢化社会における就業人口の構成変化を踏まえ、労働環境の整備、生産性の向上を実現する様々な手立ての検討が必要である。例えば、労働力の不足分をロボットによって補うことや、高齢者や女性などの労働力を効果的に活用するための政策や技術開発などが望まれる。造船業も例外ではなく、労働環境の整備、生産性の向上を実現する技術革新の検討が必要であるとの認識が存在する。

造船業では、これまでも生産性の向上を推し進め、設備化、装置化が進められてきた。しかしながら、無理な姿勢での長時間の溶接作業、重量物の搬送作業など、肉体的負担が大きい仕事は残存し、作業者の高齢化や、女性の労働力を意識した上での労働環境の改善が望まれる。この改善は、単に労働力を確保するだけでなく、生産性を向上させるためにも、重要な鍵となることは言うまでもない。働きやすい環境、作業者に優しい環境を実現し、作業者の負担を低減することは生産性の向上に対して効果がある。ロボットなどの本格的な技術開発、設備投資までいかなくとも、近年話題になっているアシストスーツなどの設備を導入することによって実現化される間接的な作業支援の効果、重要性を議論することは益々重要となると思われる。

このような中で、日本財団の助成金による研究資金の援助を得て、(一財)日本船舶技術研究協会が事務的取り纏め役となり、東京大学と(国研)海上技術安全研究所、(公財)労働科学研究所、主要造船各社であるジャパンマリンユナイテッド(株)、住友重機械マリンエンジニアリング(株)、常石造船(株)、(株)名村造船所、三井造船(株)の協力を受けながら、「造船所における作業効率向上化を目的としたパワーアシストサポーターの実証実験及び指針の策定—造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究—」が2014年度(平成26年度)に実施された。本報告書はこの活動成果を纏めたものである。

(国研)海上技術安全研究所の松尾氏、石村氏からは学術的立場からアシストスーツに関係する多くの課題、技術をご教示いただいた。石村氏からアシストスーツの導入におけるリスク評価を検討いただいた。また、(公財)労働科学研究所の鈴木氏からは、労働負荷低減に関する知識を頂き、アシストスーツの労働負荷低減の効果を議論することができた。心より御礼を申し上げる。

参加して頂いた主要造船各社の方々、篠原氏、乗富氏、磯田氏、牧原氏、桂田氏からは、会議の席で多岐にわたる現場の状況、課題を頂戴し、さらに、現場が欲する魅力的なニーズを数多く紹介して頂いた。これらは調査研究を進める上で貴重な情報源となった。

また、本調査研究を進める中では、(一財)日本船舶技術研究協会には本研究に関する会議、実験、調査等すべての研究活動に対して適切にマネジメントして頂いた。松尾氏、井下氏のサポートが無ければ何も出来なかったことと思われる。特に、井下氏におかれては、取り纏めにおいて、大変にご苦勞をしていただいた。心から御礼を申し上げたい。

本研究は、日本財団の助成を受けて進めさせていただいた。肉体的負担が大きい仕事が多く残る造船現場でのアシストスーツの重要性をご理解いただき、大変に貴重なご支援を頂戴した。深く御礼を申し上げたい。

本研究は、造船所のどのような作業工程にアシストスーツを適用したいか等のニーズ調査を実施するとともに、開発中あるいは商品化されているアシストスーツ等について、その仕様や特徴の実態を把握するシーズ調査を同時に実施した。把握したニーズとシーズをマッチングするために、適用可能

性のあるアシストスーツを着用した。作業を模擬したり、実際に作業を行ったりして、労働負荷の低減効果、リスクなどの観点から評価した。その際に、パワーアシストスーツの適用が可能な作業・工程、適用するパワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業者が注意すべき事項をまとめた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き」を作成した。本調査研究で纏めたパワーアシストスーツの具体的な評価と手引きは、造船で使用できるパワーアシストスーツを開発、導入する上で貴重な情報とすることができたと評価できる。

少子高齢化の問題は造船業界だけでなく、日本の多くの産業において深刻な課題となっている。搬送作業、建設作業、農作業、介護作業などにおける労働者のサポートは重要な技術課題となっている。特に腰痛を防ぐ観点でのアシストスーツの開発に関しては、急激な盛り上がりを示し、多くのアシストスーツが競うように販売されている。このような追い風もあるが、造船業として解決しなければならない課題が存在することは間違いない。他産業における技術革新では解決できない課題を絞り、技術を有効化することは重要である。また、その技術を一般化し、社会に還元することも期待できる。

気がつけば、私たちの生活では、電動アシスト自転車が存在し、爆発的に普及している。ペダルを踏む力や回転数などをセンサーで検出し、搭載しているモーターによりペダルを踏む力を低減させる単純な機能を持った電動アシスト自転車は社会生活を少しずつ変革している。この電動アシスト自転車のように、数年後、日本の造船所にもアシストスーツという言葉が定着し、今回の調査研究で議論した技術が実用化されていることを期待しながら、お世話になった全ての方々に御礼を申し上げたい。

研究実施代表 東京大学 青山 和浩
(2015年6月吉日)

1. 調査研究の背景及び目的

近年、介護、物流、農業、建設業界等で既にロボットスーツの開発・利用が始まっている。少子高齢化が進む我が国にとって、減少する労働力に対するロボットによる補完及び肉体的負担の低減とそれに伴う高齢者や女性の職域拡大支援等が期待されている。

ロボットスーツには、人の出力を2～3倍に高めるパワーエンハンスドスーツと姿勢維持や肉体的負担を低減するための器具としてのパワーアシストスーツに大別できるが、後者については、比較的安価であること、力をアシストするだけなので安全性が高いこと等のメリットがあり、作業現場への導入はより早く進むものと考えられている。

そこで、パワーアシストスーツの造船現場への適用に向けた課題を産官学連携しながら調査・研究し、高齢者や女性等労働力の一層の活用等、労働力人口減少の時代への対応をいち早く図っていくとともに、造船現場をより洗練された魅力ある職場にしていく一助とすることを目的として本調査研究を実施した。

なお、本調査研究の達成目標（ゴール）として以下を設定した。

- ・パワーアシストスーツ試用の際の手引きを策定等することで、世界に先駆けて各造船所がパワーアシストスーツを円滑に試導入できる環境を整える。
- ・パワーアシストスーツによる建造作業のデモンストレーションを行うことで、造船業の魅力向上を図る

2. 調査研究委員会の活動報告

（一財）日本船舶技術研究協会内に「造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究委員会」を設置し、以下の委員構成（敬称略）にて調査研究を実施した。

- 委員長 東京大学 大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 教授 青山和浩
- 委員 (国研) 海上技術安全研究所 松尾宏平
(国研) 海上技術安全研究所 石村恵以子
(公財) 労働科学研究所 鈴木一弥
ジャパンマリンユナイテッド(株) 篠原紀昭
住友重機械マリンエンジニアリング(株) 乗富賢蔵
常石造船(株) 磯田裕秀
(株) 名村造船所 牧原一昭
三井造船(株) 桂田真充
- 関係者 (国研) 海上技術安全研究所 木村新太
(一社) 日本造船工業会 棟近英功
- 関係官庁 国土交通省 海事局 船舶産業課 松本友宏
- 事務局 (一財) 日本船舶技術研究協会

また、「造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究委員会」を以下の通り開催した。

・第1回委員会

日時：2014年7月4日（金）10:30～16:40

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 423会議室

議題：(1)事業計画、(2)造船所のニーズ調査結果、(3)パワーアシストスーツの調査報告、(4)造船現場への適用可能性調査報告、(5)パワーアシストスーツの紹介及び試着、(6)適用作業工程の検討及びパワーアシストスーツの選定、(7)リスク評価、(8)労働負荷低減評価、(9)今後の進め方

・第2回委員会

日時：2014年10月7日（火）13:30～17:20

場所：東京大学 本郷キャンパス 工学部3号館 413会議室

議題：(1)ラクベストの造船現場試着結果、(2)適用作業工程の検討及びパワーアシストスーツの選定、(3)リスク評価、(4)労働負荷低減評価、(5)造船現場でのデモンストレーション、(6)造船用パワーアシストスーツの開発

・第3回委員会

日時：2015年2月17日（火）10:30～17:05

場所：日本船舶技術研究協会 大会議室

議題：(1)パワーアシストスーツ調査報告、(2)パワーアシストスーツの紹介及び試着、(3)造船現場への適用可能性調査結果報告、(4)労働負荷評価結果報告、(5)リスク評価結果報告、(6)適用作業工程の決定、(7)造船用上向き作業用アシストスーツへの要望、(8)報告書の構成、指針の内容、(9)プレス発表及び造船所でのデモンストレーション

・第4回委員会

日時：2015年6月1日（月）13:30～17:30

場所：霞山会館 Room8 青花

議題：(1)調査研究の総括、(2)2015年度事業

3. 調査研究概要

3.1 造船所でのパワーアシストスーツのニーズ調査

建造工程へのパワーアシストスーツの適用可能性を検討するにあたり、まずは造船所のニーズを把握することが重要であることから、委員会へ参加する造船所 5 社に対して、造船所のどのような作業工程にパワーアシストスーツ（姿勢維持や肉体的負担を低減する器具）を適用したいかを問うニーズ調査を実施した。各造船所からの回答をまとめたものを添付資料 1 に示す。

各造船所からの回答を整理するとパワーアシストスーツのニーズがある作業は、上向き姿勢での作業、立向き姿勢での作業、中腰・しゃがみ込み姿勢での作業、重量物の保持・運搬作業の大きく 4 つの姿勢での作業であることがわかった。上向き姿勢での作業の内訳としては溶接、吊りピース溶接、研削、板継ぎ裏直し、艀装工程でのインパクトレンチを使用した作業、立向き姿勢での作業の内訳としては溶接、吊りピース溶接、中腰・しゃがみ込みでの作業の内訳としてはマーキング、切断、溶接、研削、修繕での船底検査、重量物の保持・運搬作業の内訳としては配材、玉掛け、ブラスト及びブラスト後のグリッド回収作業、足場材整備・回収、等との回答があった。これら 4 つの姿勢での主な作業風景を図 3.1 に示す。

また、優先順位を加味し整理すると表 3.1 のようになり、特に上向き姿勢での作業においてパワーアシストスーツの適用ニーズが高いことが判明した。

表 3.1 造船所でのパワーアシストスーツのニーズ

低	←	優先順位	→	高
			上向き・立向き姿勢での作業 (溶接・吊りピース溶接・研削) 上向き姿勢での作業 (板継ぎ裏直し)	
			中腰・しゃがみ込み姿勢での作業 (マーキング・切断・溶接・研削)	
			重量物の保持・運搬作業 (配材・玉掛け)	
			重量物の保持・運搬作業 (ブラスト及びブラスト後の グリッド回収作業) 重量物の保持・運搬作業 (足場材整備・回収)	
				中腰姿勢での作業 (修繕での船底検査)
				上向き姿勢での作業 (艀装工程でインパクトレンチ を使用する作業)

※マーカーの説明

姿勢保持
 重量物ハンドリング

 <p>上向き／吊りピース溶接</p>	 <p>上向き／板継ぎ裏直し</p>
 <p>立向き／吊りピース溶接</p>	 <p>中腰・しゃがみ込み／マーキング</p>
 <p>中腰・しゃがみ込み／切断</p>	 <p>中腰・しゃがみ込み／研削</p>
 <p>中腰・しゃがみ込み／溶接</p>	 <p>重量物保持・運搬／配材</p>

図 3.1 主な作業風景

3.2 パワーアシストスーツの実態調査

パワーアシストスーツとは、電動アクチュエーターや人工筋肉などの動力を用いたものもある外骨格型あるいは衣服型の装置で、これを装着することによって、姿勢維持のサポートや加力の際の力の補助を得るものである。政府は、新成長戦略（2014年6月24日）に、価格が低くて使いやすいロボットを世界に先駆けて普及させることを目指し、介護、農業、インフラ点検・災害、工場を重点4分野として補助金を出すなどして支援すると盛り込んだ。実際、既に、介護現場、農業を中心に導入への取り組みが進んでおり、製造業についても建設現場において、重量物の持ち運びをサポートするパワーアシストスーツの適用事例が報告されている。

現在、様々なパワーアシストスーツが開発・実用化されているが、それらは、下記の図のように、その技術内容、補助内容、想定利用で分類することができる。いわゆるロボットのようなものから、動力源のない器具や衣服を機能拡張したものまで存在する。

技術的な観点

動力型 or 非動力型
 動力方式(モータ、人工筋肉etc.)
 外骨格型 or 衣服型
 操作方式(センサー式、スイッチ式)

補助内容からの観点

エンハンスド型 or アシスト型
 腰・背中 or 足 or 腕
 運動支援 or 姿勢保持 or 体幹強化

想定利用からの観点

汎用型 or 目的特化型
 介護 or 農業 or 産業

本調査では、様々なタイプのパワーアシストスーツをなるべく網羅的に調査するため、表 3.2.1 に示すパワーアシストスーツ等について、その基本性能、操作性、装着性等を確認した。

表 3.2.1 調査したパワーアシストスーツ等の一覧（五十音順）

パワーアシストスーツ等の名称	販売者又は開発者
Iron Man	大宇造船（韓国）
AWN	アクティブリック（株）
腕上げ作業補助器具	農研機構 生研センター／（株）ニッカリ
園芸用快適チェアー	ミツギロン工業（株）
作業支援用 HAL	CYBERDYNE（株）
スマートスーツ	北海道大学 田中孝之研究室
Chairless Chair	noonee 社（スイス）／連邦チューリッヒ工科大学
農作業向けアシストスーツ	和歌山大学 八木栄一研究室
農作業用パワーアシストスーツ (PAS)	東京農工大学 遠山茂樹研究室
パワーローダー	アクティブリック（株）
FORTIS Exoskeleton	Lockheed Martin 社（米国）
Flipstick	Lotec Engineering 社（英国）
マッスルスーツ	東京理科大学 小林宏研究室
ラクベスト	（株）クボタ

また、上記一覧のパワーアシストスーツの中から、以下のスーツについては開発者側とコンタクトを取り、試着まで実施した。なお、下記記載内容は全て公式又は公的機関のホームページから抜粋したものであり、各パワーアシストスーツの詳細については関係のホームページ等を確認いただきたい。

表 3.2.2 開発者側とコンタクトを取り、試着まで実施したパワーアシストスーツ（五十音順）

パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>AWN／アクティブリンク（株）</p> <p>http://activelink.co.jp/wp-content/uploads/2014/12/AWN_leaflet.pdf（2015年6月12日）</p> <p>荷物の持ち上げを補助するモードや、上体を保持して荷物の搬送を補助するモードなど、腰部の位置センサで 検出した姿勢や動きから、自動で動作モードを切り替えるアルゴリズムを新規で開発。使用者がスイッチ操作することなく、作業に追従して AWN のアシストモードが切り替わる。重量は 7kg 台（バッテリーを除く）。</p> <p>アシスト力： 15kgf（モータ 2 個）、稼働時間： 約 150 分（リチウムイオンバッテリー 1 個）、アシストモード： 3 種類（持ち上げ、中腰姿勢保持、アシストオフ（歩行時））。</p>	
<p>腕上げ作業補助器具／農研機構、（株）ニッカリ</p> <p>https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/brain/054447.html（2015年6月12日）</p> <p>作業者の腰に装着する作業ベルト、腕を載せるための腕受け部、それらを接続する連結機構から構成され、モーター等の動力やバネ等の弾性部材を用いない簡易な機構。軽量でコンパクト。腕を上げた状態を保持する作業においては、能率を落とさず作業負担を軽減する。装着方法は、腰に作業ベルトを締め、腕受け部のバンドを留めるだけ。連結機構は腕受け部の回転中心から放射状に広がった溝部材と爪部材を備えており、作業者が肘を体の内側に寄せることで溝と爪が噛み合うため、任意の高さで腕が支えられる。腕を下ろしたいときは、肘を体の外側に開くことで溝と爪が外れ、腕を自由に上げ下げすることができる。重量約 1.5kg。</p>	
<p>ラクベスト／（株）クボタ</p> <p>http://www.inouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist_suit/（2015年6月12日）</p> <p>リュックサック感覚で装着可能。簡単な腕の動きで角度の固定と解除。腕とスーツの重量を胴体で支えるので肩に負担がかからない。</p> <p>重量 3.8kg、アーム保持荷重 4.5kg ※腕の重さ含む、アーム作動角度－90度（下側）～90度（上側）、アーム最大開き角度 180度、ロック設定可能位置－90（下側）～90（上側）任意、上腕長さ調整範囲 60mm、肩幅調整範囲 120mm（左右各 60mm）。</p>	

パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>作業支援用 HAL/CYBERDYNE (株)</p> <p>http://www.cyberdyne.jp/products/Lumbar_LaborSupport.html (2015年6月12日)</p> <p>http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140930_PR.pdf (2015年6月12日)</p> <p>人が体を動かすときに脳から筋肉へ送られる信号、“生体電位信号”を読みとってその信号の通りに動く。物を持ち上げる、動かすなどの重作業で腰椎、椎間板にかかる負荷の軽減を科学的に実証し、より腰部への負担を軽減できる機能を実現。バッテリー駆動であるため、使用場所の制限を受けずに、様々な場所で使用できる。コンパクトな軽量モデル(約 3.0kg)であるため、重作業でない場合でも装着したまま長時間作業を行える。ISO13482 の認証を取得。自力で持てないほどの大きな力はないように制御するので安全。作業現場での労働環境改善や労働災害防止への活用が期待される。</p> <p>適用身長 (目安) 140~180cm 適用体重 (目安) 40~80kg 腹囲 120cm 以下、骨盤幅 39cm 以下、大腿中間囲 80cm 以下 重量 約 3.0kg (バッテリー込) 電源 専用バッテリー (リチウムポリマー) 駆動時間 約 3 時間 充電時間 約 45 分 動作環境 0~30℃</p>	
<p>スマートスーツ/北海道大学田中孝之研究室、(株) スマートサポート</p> <p>http://smartsupport.co.jp/?page_id=424 (2015年6月12日)</p> <p>機械的な動力を用いず、弾性体(ゴム)の張力だけで軽労化効果を生じさせるため、安価で優れた着心地と高い安全性が特徴。つらい中腰姿勢の維持や重量物の持ち上げ等のかみ込み時に弾性体が作用し、上半身を引き起こす筋力補助と腹部を引き締め体幹を安定化させる2つの補助効果が適切に発揮される(アシスト効果+コルセット効果)。現在、試験販売しているスマートスーツは、背筋(脊柱起立筋)の筋発揮力をスマートスーツを着用することで25%軽減するよう設計している。イン型とアウト型の2種類がある。</p>	

パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>農作業向けアシストスーツ／和歌山大学八木栄一研究室、(株)ニッカリ http://www.wakayama-u.ac.jp/~evagi/roboticslab/asist.html (2015年6月12日) http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai3/siryou2-3.pdf (2015年6月12日)</p> <p>持ち上げ・中腰動作時に腰関節をアシスト。電動モータの力で最大 10kg 分をアシスト。歩行動作時に股関節をアシスト。電動モータ使用し装着者が出せる範囲に力を制限。フットスイッチと股関節角度信号を用いて歩行動作意図を推定し歩行動作をアシスト。手袋スイッチと股関節角度信号を用いて持ち上げ・中腰の動作意図を推定し持ち上げ・中腰動作をアシスト。</p> <p>1回の充電で約 2 時間稼働。屋外作業を想定し IP3 相当の防水。 重量 6.2kg、バッテリー 0.8kg。</p>	
<p>マッスルスーツ／東京理科大学小林宏研究室、(株)イノフィス http://innophys.jp/ (2015年6月12日)</p> <p>コンプレッサ、もしくはタンクから圧縮空気を人工筋肉に供給。腰補助では、下半身に対して上半身を起こし、下半身と上半身がまっすぐになるようにする。前傾姿勢からでもしゃがんだ状態からでも、腰を使う作業では大幅に腰への負担が軽減される。(しゃがんだ状態からの場合は、足の筋力補助にもなる)</p> <p>重量：標準モデル：5.5kg 高圧ガスポンベ：1.5kg (1.5 リットル) 駆動源 圧縮空気 (アクチュエータ用)、バッテリー (電気回路用) アクチュエータ McKibben 型人工筋肉：標準モデル：4 本 アシスト力 標準モデル：最大 30kg (120Nm) アシスト部位 腰 使用環境温度 5℃～35℃ 適用身長 150cm～185cm インタフェース 呼気スイッチ、加速度スイッチ、タッチスイッチ</p>	

3.3 建造工程へのパワーアシストスーツの適用可能性の検討

パワーアシストスーツ導入の妥当性や導入効果等を見積もるため、造船所のニーズの高かった以下の4つの姿勢での作業がどのような建造工程に含まれているのかを調査した。

- －上向き作業
- －立向き作業
- －中腰・しゃがみ込み作業
- －重量物の保持・運搬作業

造船工程の分析、作業分析は、実際にいくつかの造船所を訪問し、工程の実態調査、担当者等とのヒアリングを基に実施した。

工程分析、作業分析は、造船工場内の船殻及び艀装の全工程、全作業について、実地での観察を行い、工程及び工程内の作業の項目出し、また、各作業について、上向き作業、立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業が含まれているかを調査した。

工程及び工程内の作業の項目出しとしては、船殻：15 工程、120 作業、艀装：10 工程、119 作業を項目出しし、これらの全 239 作業について、上向き作業、立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業が含まれているかどうかを確認した結果を添付資料 2 に示す。

なお、調査した造船所においては、工程や作業手順の事前検討、作業台・定盤の設置や機械化の促進などで、なるべく安定かつ一定の姿勢で作業ができるように様々な工夫がされていた。しかし、それでも、作業者にとって負担のかかる姿勢を完全に除去、分離することは不可能であり、様々な姿勢の組み合わせで構成される作業は存在している。

添付資料 2 において、上向き作業、立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業のいずれも含まれていない作業については、その作業中にそれらが全く存在しないというわけではなく、その姿勢が一瞬であったり、わずかな時間であったため、記号を付していないことを付記しておく。

以上の分析結果等を踏まえ、建造工程へのパワーアシストスーツの適用可能性について以下の通り考察を行った。

■ 上向き作業及び立向き作業

- ・ 具体的な作業工程としては、溶接（吊りピース、板継ぎ裏直し）、研削（板継ぎ裏直し）、ガウジング（板継ぎ裏直し）、加熱、塗装、が当てはまることが確認された。
- ・ 行っている作業は繰り返しが多く、集中度も高い作業となっているため、パワーアシストスーツ適用の効果（生産性の向上、軽労化）が期待できる。
- ・ 例えば吊りピースの溶接を例にすると、現状 3～5 分上向き溶接をし、30 秒程度休憩という作業の繰り返しで構成されている。
- ・ 上向き作業では肩よりも高い位置に対する作業を行なうため上腕拳上姿勢が取られている。上腕の拳上姿勢は挙上が高いほど腕や肩への負担が大きい。立向き作業では身体の前方に対する作業を行なうため前腕拳上姿勢が取られており、腕や肩への負担が大きい。このため、工具などを持った状態で挙上の姿勢を支援、具体的には腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつパワーアシストスーツ）

の利用が想定される。

- ・ 上向き作業及び立向き作業を支援するパワーアシストスーツについては、農業と造船では使用する工具の重さや火気対策などの作業環境が大きく異なるものの、造船所でのニーズも高いことから、農業関係で市販済又は開発中のものを参考にしつつ、造船用の開発が期待される。

■ 中腰・しゃがみ込み作業

- ・ 具体的な作業工程としては、マーキング、切断、加熱、研削、溶接・仮付け、が当てはまることが確認された。
- ・ 中腰・しゃがみ込み作業は非常に多く、これらを支援するパワーアシストスーツの効果は大きいと思われる。
- ・ 造船は床面を相手に仕事をしていると言え、床面相手の作業は作業の集中度も高い。一方で、この床面相手の仕事を根源的になくすことは難しそうで、対策もほとんどとられていないのが実情である。
- ・ 蹲踞姿勢や中腰姿勢を取っており、腰や膝への負担が大きい（実際、現場のヒアリングからも若い年齢で腰を痛めることが多いとの声が上がっている）。このため、自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつパワーアシストスーツ）の利用が想定されるが、中腰・しゃがみ込み作業は、立ったり、歩いたり、一連の作業の中で繰り返されるため、ここで利用するパワーアシストスーツはあらゆる姿勢に対応できる必要があり、今回調査した動力型・外骨格型のパワーアシストスーツの中からの利用は難しいと思われる。

■ 重量物の保持・運搬作業

- ・ 具体的な作業工程としては、部材仕分け、卓上型機を用いた研削（面取り）、配材、配管（仕分け、加工）、ブラスト、足場材運搬（大組）、が当てはまることが確認された。
- ・ 20～30kg程度の重量物の持ち運びを支援するパワーアシストスーツは、その作業密度の高い工程に導入すると作業効率や軽労化の効果が期待できる。
- ・ 重量物の持ち運びを繰り返す作業が工場内には点在する。例えば、配管仕分け、卓上型機を用いた研削（面取り）作業、一部の足場作業は、その作業がほとんど重量物の持ち運びの繰り返しの構成されており、これらの作業については生産性の向上、作業負担低減が期待できる。重量物の保持・運搬作業の支援については適用工程の見極めが重要となる。
- ・ 重量物の保持・運搬作業の動作自体はあらゆる作業に随所に残っているが、それらは他の作業を含んだ一連の作業の一部であり、そこでのパワーアシストスーツの適用を想定するとかなり万能型のスーツが必要となる。
- ・ 重量物の保持・運搬作業は腰への負担が大きい。特に、部材が低い位置にあるので持ち上げる時の前傾が大きく、腰への負担を大きくする要因となっている。このため、前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ（腰にかかる負担を低減する機能をもつパワーアシストスーツ）の利用が想定されるが、このような動力型のパワーアシストスーツは物流、介護、農業、建設などで開発が進んでおり、近い将来造船現場にも流用できるものが開発されるものと思われる。

■ その他（50kg 超を保持できるパワーアシストスーツの適用）

- ・ パワーアシストスーツ自体の開発もさることながら、そのようなスーツを導入した場合の造船生産システム全体を再検討し、その上で評価する必要がある。
- ・ 部材配材、配管・機器取付、吊りピース取付等への適用が見込まれるが、大型のスーツになることを想定すると、工程を専業に分けるなど、生産システム自体の変更が必要になる。
 - ー例えば、組立工程において、現在は配材→仮付け→溶接の一連の作業を、連続的に同一の作業者が実施するが、これを分離し、パワーアシストスーツを着用した作業者が配材だけを集中的に実施する工程の考案。
 - ークレーン・ホイスト・チェンブロック等の代替、道具揃えが変わってくる。
 - ーパレティングの廃止、JITの実現、ロットで生産しているものが変わるかもしれない。（クレーンという設備上の制限を取り払う）
- ・ パワーアシストスーツを導入する場合の工場のランドデザインを描いたうえで、スーツの有効性を検討すべきである。

ここで、各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプをまとめると表 3.3 のようになる。

なお、当該考え方をベースに、後述のとおり、造船所での試行、労働負荷低減評価、労働安全性評価等を行い、その結果に基づいてパワーアシストスーツ試用の際の手引きを策定した。

表 3.3 各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプ

作業分類	建造工程	パワーアシストスーツのタイプ
上向き作業	溶接（吊りピース、板継ぎ裏直し）※ ガウジング（板継ぎ裏直し）※ 研削（板継ぎ裏直し）※ 加熱 塗装	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの）
立向き作業	溶接（吊りピース）※ 加熱※ 塗装	
中腰・しゃがみ込み作業	マーキング※ 切断※ 加熱※ 研削※ 溶接※・仮付け	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの）
重量物の保持・運搬作業	部材仕分け※ 卓上型機を用いた研削（面取り） 配材 配管（仕分け※、加工、設置※） ブラスト※ 足場材運搬（大組）	前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ（腰にかかる負担を低減する機能をもつもの）

(注) ※のある作業工程については、作業者の労働負荷低減評価（3.5章参照）及び建造工程へのパワーアシストスーツを適用した場合の労働安全性評価（リスク評価）（3.6章参照）を実施した。

3.4 パワーアシストスーツの造船所での試行

実態調査を行ったパワーアシストスーツ等のうち、現在、市販済又は開発の最終段階で造船現場での試行が可能であった上向き・立向き作業用のものについて実地調査を行った。その際、パワーアシストスーツ等を装着し実作業を行なった作業者に対し、装着感や使いやすさなどについてヒアリングや表 3.4.1 に示すアンケートを実施した。ヒアリング及びアンケートの対象者は、計 24 名で全員男性、年齢は 21 才から 60 才、経験年数は半年から 44 年であった。

調査結果としては、サポートする範囲が作業に合わない、安全帯を外さなければ装着できないなどといったネガティブな意見もあったが、肩や腕などへの負担が低減された、使用したい・造船向けに改善されたら使用したいといった声も多く聞かれた。

なお、試行したパワーアシストスーツ等は造船向けに開発されたものではないこと、建造スケジュールへの影響等も考慮し、限られた人数、時間制約のもとでの意見集約であったこと、さらには評価は個人差が大きかったことなどを考慮に入れる必要がある。ちなみにヒアリングやアンケート結果の詳細については協力者の要請等により公表は差し控える。

表 3.4.1 作業者に対して実施したアンケート内容

氏名：	年齢：
作業名：	経験年数（おおよそ）： 年
着用期間： 2015 年 月 日 ～ 月 日、今回の着用は：	回目
今回着用したのは： 日間、1 日の着用時間：約 時間（午前 時間、午後 時間）	
■上腕をサポートする器具をご試用頂き、体を感じる負担や作業中に感じたことについて伺います。該当するものに○をつけて下さい。（複数ある場合は全て）	
1. 普段、作業中や作業後に疲れや痛みを感じる箇所に○をつけて下さい。（特に感じる場所は◎） ・首 ・肩 ・上腕 ・ひじ ・前腕 ・手首 ・胸 ・腹 ・背中 ・腰 ・おしり ・股関節 ・太もも ・膝 ・ふくらはぎ ・足首 ・足の裏 ・その他（ ）	
2. 器具を着用して体が楽になった箇所に○をつけて下さい。（特に感じたところは◎） ・首 ・肩 ・上腕 ・ひじ ・前腕 ・手首 ・胸 ・腹 ・背中 ・腰 ・おしり ・股関節 ・太もも ・膝 ・ふくらはぎ ・足首 ・足の裏 ・その他（ ）	
3. 器具を着用して負担になった（不快に感じた）箇所に○をつけて下さい。（特に感じたところは◎） ・首 ・肩 ・上腕 ・ひじ ・前腕 ・手首 ・胸 ・腹 ・背中 ・腰 ・おしり ・股関節 ・太もも ・膝 ・ふくらはぎ ・足首 ・足の裏 ・その他（ ）	

4. 器具を着用した時の作業中に感じたことに○を付けて下さい。

【着用に関して】

- ・着用は しやすい／しにくい
(しにくい場合-どんな?)
- ・着用にかかった時間 1分以内／1分～3分以内／3分～5分以内／それ以上
- ・着用時にベルト等の調整は しやすい／しにくい
(しにくい場合-どんな?)

【体を感じる負担に関して】

- ・腕の負担が 減った／増えた／変わらない
- ・腰のベルトの締め付けにより痛みや不快感が 無い／少しある／ある／非常にある
- ・腕のベルトの締め付けにより痛みや不快感が 無い／少しある／ある／非常にある
- ・その他締め付けられた場所が ない／ある (その場所)
- ・その他押さえ付けられた場所が ない／ある (その場所)

【作業に関して】

- ・普段と比べて作業が しやすい／変わらない／しにくい
(しにくい場合-どんな?)
- ・工具の持ち替え・交換に 影響ない／しにくい
(しにくい場合-どんな?)
- ・ロックのかけはずしは しやすい／しにくい
(しにくい場合-どんな?)
- ・ロックは思いがけず はずれた／はずれそうだった／はずれなかった
- ・(該当する場合) ロックがはずれる、はずれそうなことに不安や危険を 感じる／感じない
(感じる場合-どんな?)
- ・着用していることによりとっさに腕が 動ける／動けない
(動けない場合-危険が ありそう／少しありそう／なさそう)
- ・その他作業中、 ひやり、はっとした (しそう)／ひやり、はっとしなかった (しなさそう)
(した (しそうな) 場合-どんな?)
- ・(該当する場合) 安全帯をするのに支障が あった／なかった
あった場合の対処 安全帯を一時外した／そのままにした／
補助器具の着用を中止した／その他 ()
- ・(該当する場合) クレーン作業／フォークリフト作業に支障が あった／なかった
(あった場合-どんな?)

5. この器具は実際の作業で利用したい、あるいはできそうと思われませんか

- ① 使用したい・使用できそう
- ② 改良すれば使用したい・使用できそう→ (改良点:)
- ③ 使用の必要をあまり感じない
- ④ まったく必要を感じない

6. その他、お気付きの点があればご記入ください

疲労部位しらべ

(日本産業疲労研究会産業疲労研究会濫定)

氏 名 _____ (男・女 _____ 歳)

記入日・時刻 _____ 月 _____ 日 午前・午後 _____ 時 _____ 分記入

現在、あなたの身体各部位で痛みやだるさをどの程度感じていますか？各部位名横の当てはまる番号に○をつけてください。

例 _____ 左上腕 0 1 ② 3

右膝・下腿 ① 1 2 3

0：全く感じない 1：わずかに感じる 2：かなり感じる 3：強く感じる

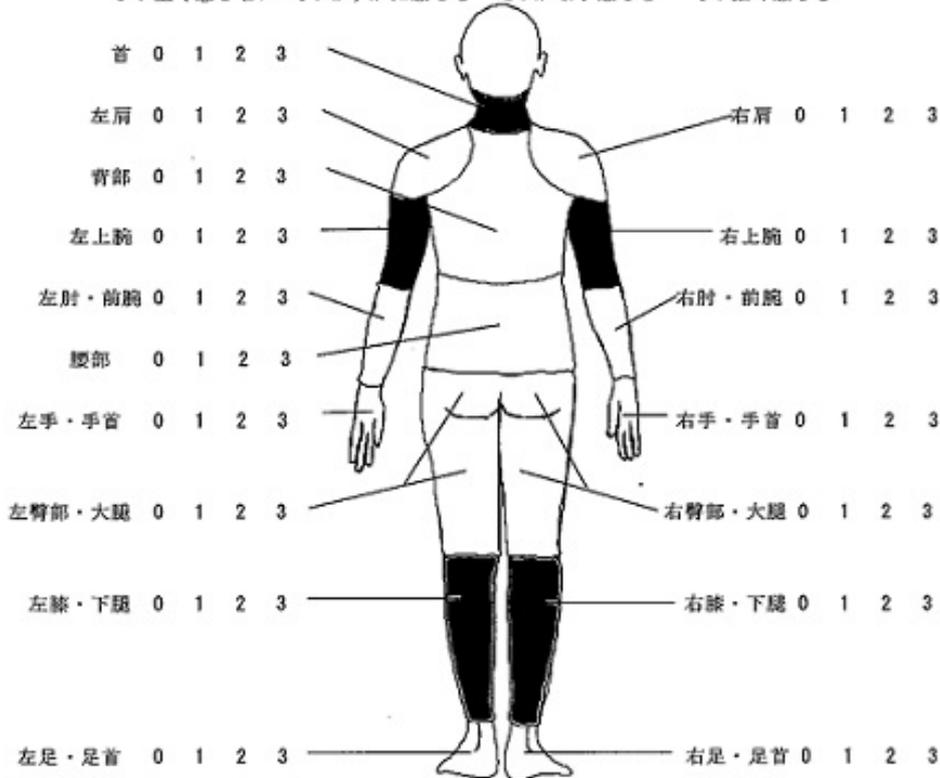


図 3.4.2 作業員に対して実施したアンケート内容 その 2

重量物の保持・運搬作業用のものについても実地調査を行い、パワーアシストスーツを装着し実作業を行なった作業員に対し、装着感や使いやすさなどについてヒアリングを実施した。ヒアリング対象者は、計 2 名で全員男性、年齢は 42 才から 44 才であった。

調査結果としては、重い、体からはみ出す部分が気になるなどといったネガティブな意見もあったが、部材を持ち上げる時に腰がサポートされる感覚があり負担が低減されたという意見も聞かれた。

なお、試行したパワーアシストスーツ等は造船向けに開発されたものではないこと、建造スケジュールへの影響等も考慮し、限られた人数、時間制約のもとでの意見集約であったこと、さらには評価は個人差が大きかったことなどを考慮に入れる必要がある。ちなみにヒアリングの詳細については協力者の要請等により公表は差し控える。

3.5 各建造工程における作業者の労働負荷低減評価

3.5.1 評価の目的

建造工程へのパワーアシストスーツ適用可能性の検討にあたっては、作業者がどのような姿勢で作業をおこなっており、肉体的にどのような負担があるのかを把握する必要がある。

そこで、造船所にてパワーアシストスーツの適用が考えられる建造工程において実地調査を行い、作業姿勢の見学及び作業員へのヒアリングをすることで、建造工程毎の作業員の労働負荷を把握することを目的に評価を行った。

また、把握した労働負荷を低減するためには、どのような負荷低減効果のあるパワーアシストスーツの適用が効果的かを労働科学及び人間工学的観点から提案することにより、建造工程へのパワーアシストスーツ適用を検討する際の一助とする。

なお、評価の対象作業は 3.3 章に記載の「表 3.3 各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプ」の*印の作業工程とした（ただし、ブラストは除く）。

3.5.2 評価結果

3.5.2.1 上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接

(1) 作業姿勢の分析

- ・肩より高い位置の溶接をするために上腕（肩関節）拳上姿勢がとられる。
- ・右手（利き手）は溶接トーチを持ち上げるために常に上腕拳上が生じる。
- ・左手は場合によって異なる。

例：両手で溶接トーチを持つ、左手は溶接用保護面を持つ、左手で他の工具を持つなど

- ・溶接する場所、高さ、向きによっては、前傾や上体のひねりなどのさまざまな姿勢が生じる。

例：座位、中腰姿勢、しゃがみ込み姿勢（蹲踞姿勢）、上体を傾ける・ひねる姿勢

- ・溶接トーチを使用する際には反動はなく、トーチとケーブルの重量のみの負担である。
- ・チップーを使用する際は反動がある。
- ・作業現場の天井が低い場合に、入退場や移動する際に中腰姿勢で歩くことになる。
- ・作業中の大きな姿勢の変化として、溶接する場所の移動、その際の工具箱の移動、溶接ワイヤーの切断、チップーなどの工具の持ち替えなどがある。
- ・一斗缶を椅子として使用している。立てる、ねかせる、という置き方によって高さを調節する場合がある。

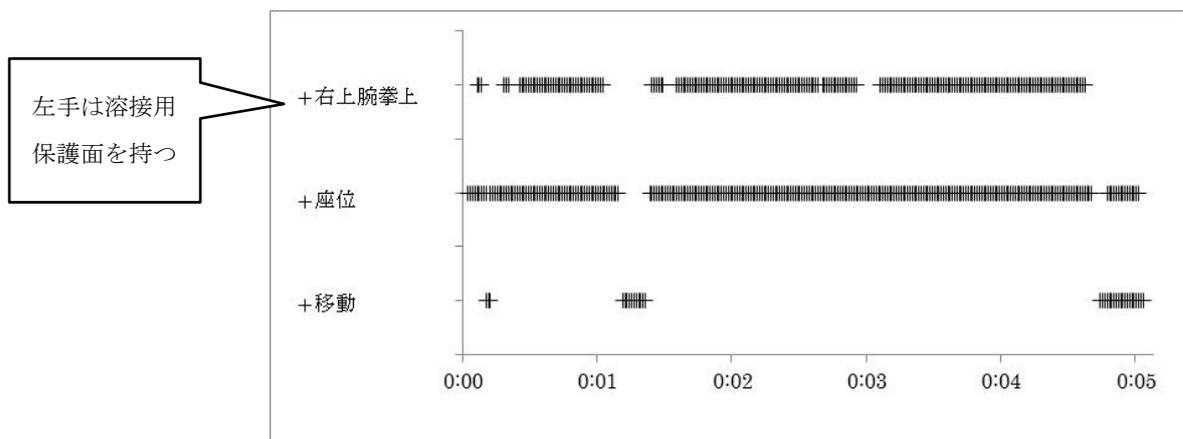


図 3.5.1 上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接の作業姿勢の経過（実施例 1）

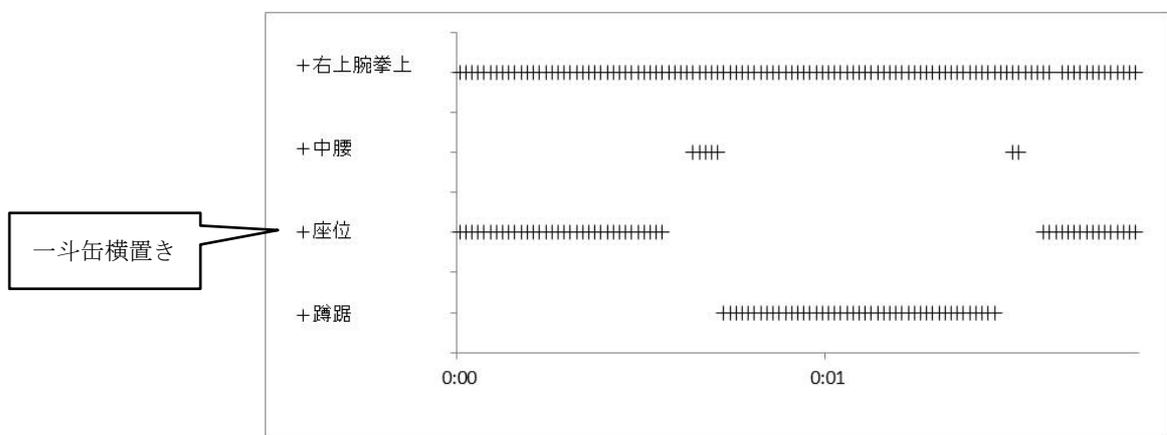


図 3.5.2 上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接の作業姿勢の経過（実施例 2）

< 拳上の角度について >

- ・ 拳上の角度は左右の腕で異なる。
- ・ 拳上の角度は、左右の腕それぞれにおいて、ほぼ体幹につけた低い拳上から、肩の高さ（90度）、肩より上の拳上まで、の範囲がある。
- ・ 保護面を持つ左手の拳上の角度も、溶接する場所の高さ、首の上下の向き（首の屈曲角度）によって変化する。
- ・ 横方向に溶接する場合には同じ拳上角度が続く。縦方向に溶接する場合は拳上角度が連続的に変化する。

<p>34度</p> <p>00:00:09 上向き溶接吊橋MOV014.TOD</p>	<p>41度</p> <p>00:00:20 上向き溶接吊橋MOV016.TOD</p>	<p>95度</p> <p>00:01:40 吊り橋溶接遠景MOV010.TOD</p>
<p>00:03:00 上向き溶接吊橋MOV013.TOD</p>		<p>00:03:00 上向き溶接吊橋MOV013.TOD</p>
<p>54度</p> <p>00:01:10 吊り橋溶接吊橋MOV013</p>	<p>88度</p> <p>00:01:40 吊り橋溶接吊橋MOV013</p>	<p>00:02:51 上向き溶接吊橋MOV013</p>

図 3.5.3 上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担が大きく、かつ多発する姿勢は上腕の拳上である。
- ・上腕の拳上は肩の障害等のリスクであり、拳上が高いと負担が大きい。60度以上の拳上は推奨されず、対策が必要である。全身作業を対象とする評価手法であるOWAS法では、肩より上の拳上を対策すべき姿勢としており、少なくとも肩より上の拳上の対策が必要である。
- ・溶接する場所（高さ、トーチの向きなど）によってさまざまな姿勢が生じ、スタンスを低くする場合には蹲踞や中腰の姿勢をとる。蹲踞姿勢は、膝、腰の障害のリスクであり、足（足指、足首）への負担も大きい。中腰姿勢は下肢の負担がきわめて大きい姿勢であり、長時間維持することはできない。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をとることが特に重要である。
- ・グリップや工具の形状は作業姿勢に影響する。

表 3.5.1 姿勢による負担の発生状況（実施例 1）

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
上腕の拳上	拳上による上腕・肩への負担	4分／5分の観察 (72%)	3~92秒、 平均 32秒	7回／5分の観察

表 3.5.2 姿勢による負担の発生状況（実施例 2 別の作業者を 2 分間観察したもの）

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
上腕の拳上	拳上による上腕・肩への負担	110秒／111秒の観察 (99%)	13~97秒、 平均 55秒	2回／111秒の観察
蹲踞姿勢	蹲踞姿勢による腰、膝への負担		45秒	1回／111秒の観察

【工具の把持、力の発揮による負担】

- ・工具に重量があるほど上腕拳上の負担が大きい。実施例において手で把持しているものは主に溶接トーチ、溶接用保護面である。
- ・工具が軽い場合でも、体重の約5%に相当する片腕を支えている負担がある。
- ・グリップや工具の形状は把持の負担に大きく影響する。（図 3.5.4 参照）
- ・チッパーを使用する際は反動があるため上肢などへの負担が大きい。

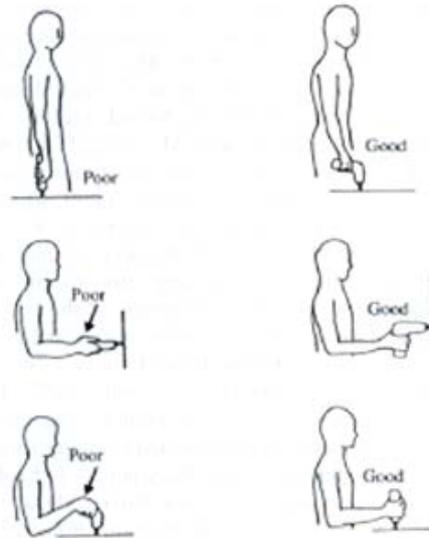


図 3.5.4 グリップの形状の姿勢への影響の例
(Niebel's Methods, Standards, & Work Design より)

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に上腕挙上姿勢及び工具の把持による負担を低減する方法を以下に示す。なお、力の発揮による負担の低減方法については 3.5.2.2 (3)、蹲踞・中腰姿勢による負担の低減方法については 3.5.2.9 (3)、をそれぞれ参照のこと。

【上腕挙上姿勢による負担の低減方法】

- ・腕（前腕、上腕または手首）を支える。
- ・挙上の時間を短くする。
- ・挙上をなくす、または小さくする。

例：工具の柄を長くする

【工具の把持による負担の低減方法】

- ・工具を軽量化する（重量を利用する工具の場合は重量を最適化する）。
- ・グリップや工具の形状を改善する。
- ・工具やその一部（ケーブルなど）を支える。
- ・工具の振動が大きい場合には振動の対策（振動の少ない工具の採用、時間の管理、正しい作業方法、保護具の使用）を実施する。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接作業における主な負担は上腕の挙上によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・溶接のように工具の反動がなく、力の発揮、激しい動きがない静止が長い作業の場合は、利き手あるいは両手の腕を支えるアシストスーツが有効である。
- ・腕の重さに加え工具やケーブルの重量を、安定して、余裕をもって支えることが必要である。
- ・腕の支えは作業をしやすい角度に容易にすばやく調節できることが必要である。

- ・腕を支える角度は、上腕の挙上が小さい場合の負担は少ないので下限は 45 度程度でよい。上限は 90 度以上が必要となる場合がある。
- ・左右の腕の挙上の角度が異なるので、左右別個に挙上角度を調節できる必要がある。
- ・作業中はさまざまな姿勢をとることがあり得るので、腕の支えが必要ない時、腕を挙上しない時に邪魔にならないことが必要である。
- ・溶接トーチ以外の工具に持ち替えたり、工具を移動したりすることがあるので、腕の支えを外して姿勢の制約をなくし、腕を自由に動かすことが容易にできる必要がある。
- ・パワーアシストスーツ装着により他の負担が発生しないよう重量は軽いほどよい。

3.5.2.2 上向き作業：上向き溶接及びガウジング・板継ぎ裏直し

(1) 作業姿勢の分析

- 天井（部材）が低く前後左右に柱があるピット内において、肩より高い位置の溶接の手直しをするために上腕（肩関節）拳上姿勢がとられる。
- 右手（利き手）は溶接トーチやガウジングトーチなどの工具を持ち上げるために常に上腕拳上が生じる。
- 左手は場合によって異なる。

例：左手は溶接用保護面を持つなど

- 天井（部材）が低く立位作業のため、天井（部材）の高さに合わせて、上体を反らせる、足を広げるなどの姿勢が生じる。
- 溶接トーチを使用する際には反動はなく、トーチとケーブルの重量のみの負担である。
- ガウジングトーチやチッパーを使用する際には反動がある。
- 作業現場の天井が低い場合に、入退場や移動する際に中腰姿勢で歩くことになる。
- 作業中の大きな姿勢の変化として、溶接する場所の移動、その際の工具の移動、ガウジングトーチやチッパーなどの工具の持ち替えなどがある。

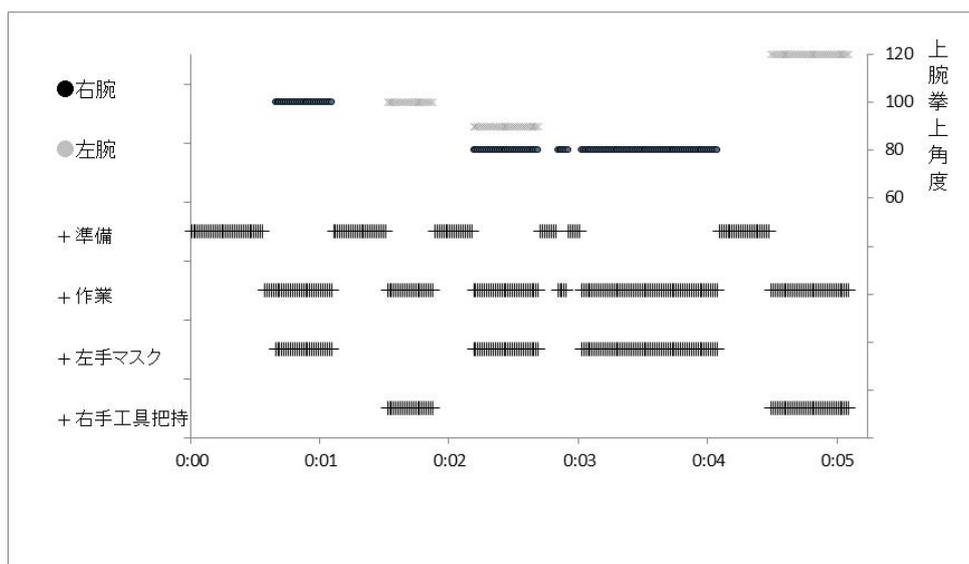


図 3.5.5 上向き作業：上向き溶接及びガウジング・板継ぎ裏直しの作業姿勢の経過

<拳上の角度について>

- 拳上の角度は、左右の腕とも、ほぼ体幹につけた低い拳上から、肩の高さ（90度）、肩より上の拳上まで、の範囲がある。
- 保護面を持つ左手の拳上の角度も、溶接する場所の高さ、首の上下の向き（首の屈曲角度）によって変化する。



右上腕 90 度以上拳上、ガウジングトーチ把持



右上腕拳上、溶接トーチ把持



保護面を保持する左手

図 3.5.6 上向き溶接及びガウジング・板継ぎ裏直しの作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担が大きい姿勢は上腕の拳上及び拳上姿勢での力の発揮である。
- ・上腕の拳上は肩の障害等のリスクであり、拳上が高いと負担が大きい。60 度以上の拳上は推奨されず、対策が必要である。全身作業を対象とする評価手法である OWAS 法では、肩より上の拳上を対策すべき姿勢としており、少なくとも肩より上の拳上の対策が必要である。
- ・天井（部材）の高さに合わせて、上体と首を反らせる、足を広げるなどの姿勢が生じる。首を反らせる姿勢、上体を反らせる姿勢は頸、背、腰の負担となり、上肢の力の発揮やコントロールがしにくく、不安定になる。足を広げる姿勢に関しては、姿勢の制約になる（膝関節が伸びて踏んぱりがきかず、調節ができない）、大きく広げる場合には下肢への負担がある等の問題が考えられる。
- ・作業時間は最長で 1 時間程度とのことである。手直しが必要な時にだけ実施され、多数回連続して繰り返すことのない作業なので、障害のリスクは実際の回数、作業時間によって異なる。
- ・グリップや工具の形状は作業姿勢に影響する。

表 3.5.3 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
右上腕の 90度以上 の拳上	拳上による上腕・肩への負担	27秒／5分の 観察（9%）	27秒（1例のみ）	1回／5分の観察
左上腕の 90度以上 の拳上	拳上による上腕・肩への負担	59秒／5分の 観察（20%）	22～37秒 平均 30秒	2回／5分の観察

【工具の把持、力の発揮による負担】

- ・工具に重量があるほど上腕拳上の負担が大きい。実施例において手で把持しているものは、溶接トーチ、チッパー、ガウジングトーチ、溶接用保護面である。
- ・工具が軽い場合でも、体重の約5%に相当する片腕を支えている負担がある。
- ・グリップや工具の形状は把持の負担や力の発揮のしやすさに大きく影響する。
- ・ガウジングトーチやチッパーを使用する際は反動があるため上肢などへの負担が大きい。

【その他の負担要因】

- ・天井（部材）が低く、前後左右には柱がありスペースが狭いことが、姿勢などの作業のしやすさの制約になる。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に力の発揮による負担を低減する方法を以下に示す。なお、上腕拳上姿勢及び工具の把持による負担の低減方法については3.5.2.1(3)、上体と首を反らせる、足を上げるなどの姿勢による負担の低減方法については3.5.2.3(3)、をそれぞれ参照のこと。

【力の発揮による負担の低減方法】

- ・動力等によって力の発揮が不要になる、あるいは低減される工具や機器を使用する。
- ・工具を軽量化する（重量を利用する工具の場合は重量を最適化する）。
- ・高い位置では力の発揮がしにくい場合があり、力を発揮する作業では作業点を低く調整することが有効な場合がある。
- ・アーム等で工具やケーブルなどをサポートすることによって作業者の力の発揮を不要にする、または低減する。
- ・負担の大きい姿勢は力の発揮による負担や障害の危険性を大きくするので、不自然な屈曲やひねりの姿勢を改善し、力を自然に発揮できる姿勢で作業をすることが重要である。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

上向き作業：上向き溶接及びガウジング・板継ぎ裏直し作業における主な負担は上腕の拳上及び力の発揮によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・溶接のように工具の反動がなく、力の発揮、激しい動きがない静止が長い作業の場合は、利き手あるいは両手の腕を支えるアシストスーツが有効である。

- ・ガウジングやチッパーのように工具の反動がある場合は、上肢を支えて固定するアシストスーツが有効であると考えられるが、作業のしやすさや安全性、振動の影響も考慮する必要がある。
- ・腕の重さに加え工具やケーブルの重量を、安定して、余裕をもって支えることに加え、工具の反動による力の負担にも耐えられることが必要である。
- ・腕の支えは作業をしやすい角度に容易にすばやく調節できることが必要である。
- ・腕を支える角度は、上腕の挙上小さい場合の負担は少ないので下限は 45 度程度でよい。上限は 90 度以上が必要となる場合がある。
- ・左右の腕の挙上の角度が異なるので、左右別個に挙上角度を調節できる必要がある。
- ・場所を移動せず上体を反らせて作業する場合があるので、上腕の挙上角度が徐々に変化できる必要がある。
- ・作業中はさまざまな姿勢をとることがあり得るので、腕の支えが必要ない時、腕を挙上しない時に邪魔にならないことが必要である。
- ・溶接トーチ以外の工具に持ち替えたり、工具を移動したりすることがあるので、腕の支えを外して姿勢の制約をなくし、腕を自由に動かすことが容易にできる必要がある。
- ・天井（部材）が低いため、支えのオン・オフなどのスーツの操作のために腕の挙上が必要なものは好ましくない。
- ・パワーアシストスーツ装着により他の負担が発生しないよう重量は軽いほどよい。

3.5.2.3 上向き作業：研削・板継ぎ裏直し

(1) 作業姿勢の分析

- ・天井（部材）が低く前後左右に柱があるピット内において、肩より高い位置の溶接の手直しをするために上腕（肩関節）拳上姿勢がとられる。
- ・工具（グラインダー）を持ち上げるために常に両腕に上腕拳上が生じる。
- ・天井（部材）が低く立位作業のため、天井（部材）の高さに合わせて、上体をひねる、反らせる、足を広げるなどの姿勢が生じる。
- ・工具とケーブルの重量以外に、工具の押しつけや工具からの反動に対する強い力の発揮を必要としている。
- ・作業現場の天井が低い場合に、入退場や移動する際に中腰姿勢で歩くことになる。
- ・作業中の大きな姿勢の変化として、研削する場所の移動、その際の工具の移動などがある。

<拳上の角度について>

- ・拳上の角度は、左右の腕とも、ほぼ体幹につけた低い拳上から、肩の高さ（90度）、肩より上の拳上まで、の範囲がある。



図 3.5.7 上向き作業：研削・板継ぎ裏直しの作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担が大きい姿勢は上腕の拳上及び拳上姿勢での強い力の発揮である。
- ・上腕の拳上は肩の障害等のリスクであり、拳上が高いと負担が大きい。60度以上の拳上は推奨されず、対策が必要である。全身作業を対象とする評価手法であるOWAS法では、肩より上の拳上を対策すべき姿勢としており、少なくとも肩より上の拳上の対策が必要である。
- ・天井（部材）の高さに合わせて、上体と首を反らせる、上体をひねる、足を広げるなどの姿勢が生じる。首を反らせる姿勢、上体を反らせる姿勢、上体をひねる姿勢は頸、背、腰の負担となり、上肢の力の発揮やコントロールがしにくく、不安定になる。足を広げる姿勢に関しては、姿勢の制約になる（膝関節が伸びて踏んばりがきかず、調節ができない）、大きく広げる場合には下肢への負担がある等の問題が考えられる。

- ・作業時間は最長で1時間程度とのことである。手直しが必要な時にだけ実施され、多数回連続して繰り返すことのない作業なので、障害のリスクは実際の回数、作業時間によって異なる。
- ・グリップや工具の形状は作業姿勢に影響する。

【工具の把持、力の発揮による負担】

- ・工具に重量があるほど上腕拳上の負担が大きい。実施例において手で把持しているものは、グラインダーであるため非常に重く、負担も非常に大きい。
- ・工具の重さに加えて、体重の約5%に相当する片腕を支えている負担がある。
- ・グリップや工具の形状は把持の負担や力の発揮のしやすさに大きく影響する。
- ・グラインダーを使用する際は反動があるため上肢などへの負担が大きい。
- ・強い力の発揮があるため上肢などへの負担が大きい。
- ・拳上などの障害のリスクのある姿勢での強い力の発揮は障害のリスクを高くする。

【その他の負担】

- ・天井（部材）が低く、前後左右には柱がありスペースが狭いことが、姿勢などの作業のしやすさの制約になる。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に上体と首を反らせる、上体をひねる、足を広げるなどの姿勢による負担を低減する方法を以下に示す。なお、上腕拳上姿勢及び工具の把持による負担の低減方法については3.5.2.1(3)、力の発揮による負担の低減方法については3.5.2.2(3)、をそれぞれ参照のこと。

【上体と首を反らせる、上体をひねる、足を広げるなどの姿勢による負担の低減方法】

- ・天井（部材）の低さが原因である負担と考えられるため、その対策としては、作業環境（ピットの深さなど）を改善したり椅子（立作業椅子など）を使用する。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

上向き作業：研削・板継ぎ裏直し作業における主な負担は上腕の拳上及び力の発揮によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・グラインダーのように工具の反動があり、強い力の発揮がある場合は、上肢を支えて固定するパワーアシストスーツが有効である。
- ・腕の重さに加え工具やケーブルの重量を、安定して、余裕をもって支えることに加え、工具の反動による力の負担にも耐えられることが必要である。
- ・パワーのある工具、重量のある工具があるので、腕の支えが不意にはずれることがなく、確実に支えることが必要である。
- ・腕の支えは作業をしやすい角度に容易にすばやく調節できることが必要である。
- ・腕を支える角度は、上腕の拳上が小さい場合の負担は少ないので下限は45度程度でよい。上限は90度以上が必要となる場合がある。
- ・左右の腕の拳上の角度が異なるので、左右別個に拳上角度を調節できる必要がある。

- ・場所を移動せず上体を反らせて作業する場合があるので、上腕の拳上角度が徐々に変化できる必要がある。
- ・作業中はさまざまな姿勢をとることがあり得るので、腕の支えが必要ない時、腕を挙上しない時に邪魔にならないことが必要である。
- ・さまざまな角度での押し付けや、前後方向、左右方向の大きな早い腕の動きにも対応できる必要がある。
- ・天井（部材）が低いため、腕の支えを外すために腕の拳上が必要なものは好ましくない。
- ・パワーアシストスーツ装着により他の負担が発生しないよう重量は軽いほどよい。

3.5.2.4 立向き作業：立向き溶接・吊りピース溶接

(1) 作業姿勢の分析

- ・立位で作業者の胸辺りから目の高さよりも上の位置の溶接をするために上腕の拳上姿勢がとられる。
- ・右手は溶接トーチを持ち上げるために常に上腕の拳上が生じる。下から上に順次溶接をするので、拳上角度は少しずつ変化する。
- ・左手は溶接用保護面を持つために常に上腕拳上が生じる。

<拳上の角度について>

- ・拳上の角度は作業点の移動に伴い変化する。目の高さよりも高い位置に溶接をする場合、90度以上の拳上がある。
- ・保護面を持つ左手の拳上の角度も、溶接する場所の高さ、首の上下の向き（首の屈曲角度）によって変化する。

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は上腕の拳上と立位での作業である。
- ・上腕の拳上は肩の筋肉活動や筋組織への圧迫などの肩の障害等のリスクであり、拳上が高いと負担が大きい。60度以上の拳上は推奨されず対策が必要である。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をとることが特に重要である。
- ・立位での作業は長時間の場合、腰と下肢への負担となる。また、上体の前傾、ひねり、傾斜が頻繁であったり長時間生じる場合には負担が大きくなる。上体の前傾、ひねり、傾斜には腰痛のリスクがある。
- ・グリップや工具の形状は作業姿勢に影響する。

【工具の把持による負担】

- ・工具に重量があるほど上腕拳上の負担が大きい。実施例において手で把持しているものは主に溶接トーチ、溶接用保護面であった。
- ・工具が軽い場合でも、体重の約5%に相当する片腕を支えている負担がある。
- ・グリップや工具の形状は把持の負担に大きく影響する。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に立位姿勢による負担を低減する方法を以下に示す。なお、上腕拳上姿勢及び工具の把持による負担の低減方法については3.5.2.1(3)を参照のこと。

【立位姿勢による負担の低減方法】

- ・自然に直立した立位姿勢を可能にする改善、座位でも作業ができるようにする改善、座位作業の挿入および座位などによる休憩の挿入が対策の基本である。
- ・上腕の拳上が生じる場合には、作業点を低くする、作業者が踏み台に乗るなどし、作業者と作業点の高さの関係を適切にする。

- ・作業対象が低い場合に前傾や中腰姿勢が生じる。作業対象が低く前傾が生じる場合は作業者と作業点の高さの関係を適切にする対策をする。座位で作業ができるようにすることもその一つである。
- ・作業対象の奥行き方向の距離が大きい場合に前傾姿勢が生じる。作業対象に近づけるようにする対策、工具を延長するなどの対策をする。
- ・作業対象の左右の位置によっては上体のひねりや傾斜が生じるため、正面で作業できる適切な位置で作業ができるようにする。
- ・自然に直立した立位姿勢であっても足、腰への負担は大きいので、椅坐位で作業をできるようにする対策が望ましい。立位作業が長時間の場合は休憩を挿入する。

例：部材の高さに応じた作業のしやすい椅子に坐して作業をする。

高い位置の作業の場合、高い椅子（立作業椅子）に立位に近い姿勢で座る方法もある。

- ・立位作業において、必要に応じて片足を踏み台に乗せられるようにする対策が腰部の負担を低減する可能性がある。
- ・小さな前傾の場合、上体や肩、下肢などの前面を支えることによって前傾姿勢の負担をある程度低減できる場合がある。この場合、接触面の圧迫等に配慮する必要がある。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

立向き作業：立向き溶接・吊りピース溶接作業における主な負担は上腕の拳上と立位姿勢によるものであるため、上腕の拳上を支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的な要件は 3.5.2.1 (4) を参照のこと。

3.5.2.5 立向き作業：加熱

(1) 作業姿勢の分析

- ・台に設置された鉄板に対し、主に立位およびしゃがみ込み姿勢（蹲踞姿勢）で上面および下面からの加熱及び冷却を行う。
- ・上面に対する作業は立位（ほぼ直立）の時間が長かった。
- ・長い柄の加熱及び冷却トーチの使用により、上腕の挙上は生じていないが、重量があり柄の長いトーチを把持している。
- ・下面に対する上向きの作業では、部材が低い位置のため上腕の挙上は生じていないが、重量があり柄の長いトーチを把持している。
- ・下面に対する作業（上向き作業）で蹲踞姿勢が生じる。
- ・治具の脚部の調節のために蹲踞姿勢が生じる。
- ・位置の調整・確認をする時に視線を下げるために中腰姿勢や上体を傾斜させる姿勢が生じるが、短時間である。

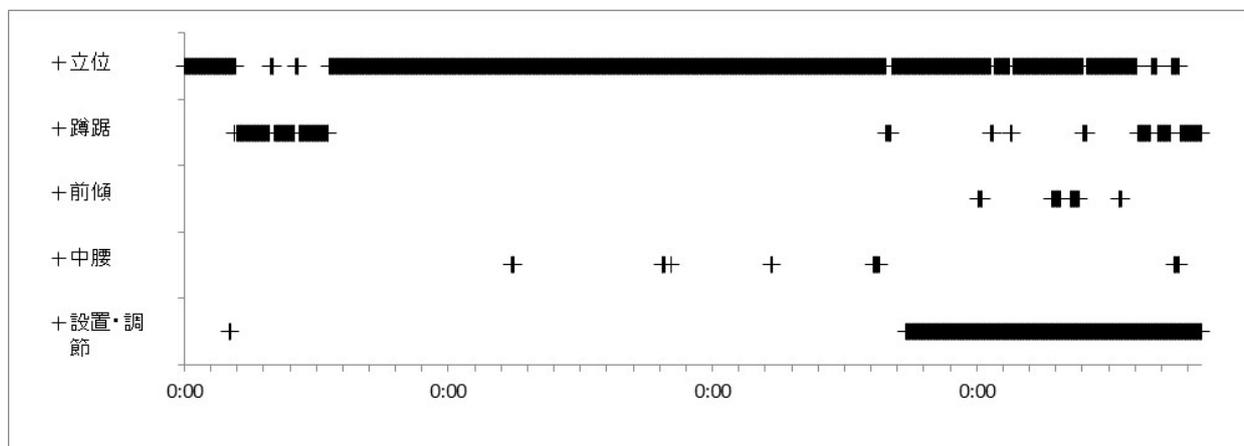


図 3.5.9 立向き作業：加熱の作業姿勢の経過

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・上面への加熱は立位姿勢で行われる。立位での作業は長時間の場合、腰と下肢への負担となる。また、上体の前傾、ひねり、傾斜が頻繁であったり長時間生じる場合には負担が大きくなる。
- ・今回観察した例では、部材の上面を加熱する際に、自然な立位でトーチを把持し、長い柄のトーチの向きによって加熱の場所を調節できていたので不自然な立位姿勢は少ない。
- ・部材の高さや形状が異なる場合には姿勢が異なる可能性もある。たとえば、前傾などの不自然な姿勢でなければ届かない場所の加熱が考えられる。
- ・上腕の挙上は 60 度以下であったが、長時間工具を支える負担がある。上腕の挙上はなく、前腕を水平にして重量のある工具を把持し続ける場合、手、上腕などへの負担となる可能性がある。かつぐ姿勢がとられる場合はある程度低減する。
- ・もっとも負担が大きい姿勢は、下面に対する作業（上向きの作業）における蹲踞姿勢である。今回観察した例では、蹲踞姿勢の持続が比較的短く、合計時間は全体の 15%であった。時間が長い場合には負担が大きくなる。

表 3.5.4 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
蹲踞姿勢	蹲踞姿勢による腰、膝への負担	3分／19分の観察（15%）	1～38秒、平均15秒	11回／19分の観察

【工具の把持による負担】

- ・長時間トーチを持ち続ける負担がある。トーチの重量と長さに伴うモーメントの影響があるので負担は大きい。もし、部材が高い位置にあって、上腕の拳上が生じる場合があれば、負担がさらに大きくなる。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、立位姿勢による負担の低減方法については 3.5.2.4 (3)、工具の把持による負担を低減する方法については 3.5.2.1 (3)、蹲踞姿勢による負担の低減方法については 3.5.2.7 (3)、をそれぞれ参照のこと。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

立向き作業：加熱作業における主な負担は立位姿勢、蹲踞姿勢、工具の把持によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・トーチの重量と長さに伴うモーメントの影響があり、より腕を伸ばして遠方の加熱・冷却をする場合があるとの作業へのヒアリング結果も考慮すると、トーチを持つ腕を支えるパワーアシストスーツが有効である。
- ・上腕を挙上するときに支えるアシストスーツが有効である。
- ・上腕を挙上せずに前腕を水平にして工具を持つ負担が大きい場合には、前腕を支えるアシストスーツの開発・使用も考えられる。
- ・腕の重量プラス工具またはホースの重量を安定して、余裕をもって支えることが必要である。
- ・作業のしやすい角度に調節できることが必要である。
- ・アシストが必要ない時、挙上しない時にじゃまにならないことが必要である。
- ・蹲踞姿勢が長い時間続く場合には、台（低い椅子）によって負担低減ができると思われる。
- ・頻繁な移動の中で、立位の上腕の挙上や鉄板の下面に対する低い姿勢が挿入される作業なので、装着したまま動きやすく、低くしゃがみ込む姿勢（蹲踞姿勢や中腰姿勢）への転換に応じてサポートがなされ、上腕の挙上のサポートもなされるアシストスーツが理想的である。

3.5.2.6 中腰・しゃがみ込み作業：マーキング

(1) 作業姿勢の分析

- ・ 蹲踞姿勢あるいは前傾姿勢で、床にある部材に対し記入や計測を行う。平均 30 秒の蹲踞姿勢が多数回繰り返される。
- ・ 記入の時は蹲踞姿勢が多いが、記入時間が短い場合や、シールを貼る場合には前傾姿勢が生じることがある。
- ・ 書類を片方の手に持って記入や計測をすることもあれば、書類を床や部材の上に置いて参照しながら記入や計測を行うこともある。
- ・ 床は部材や機器のために平たんではなく段差があり、蹲踞姿勢でその段差の境界に足を置くこともある。
- ・ 調査で観られたこの作業のその他の特徴として、書類を参照しながら記入する、電話連絡が頻繁であった点がある。

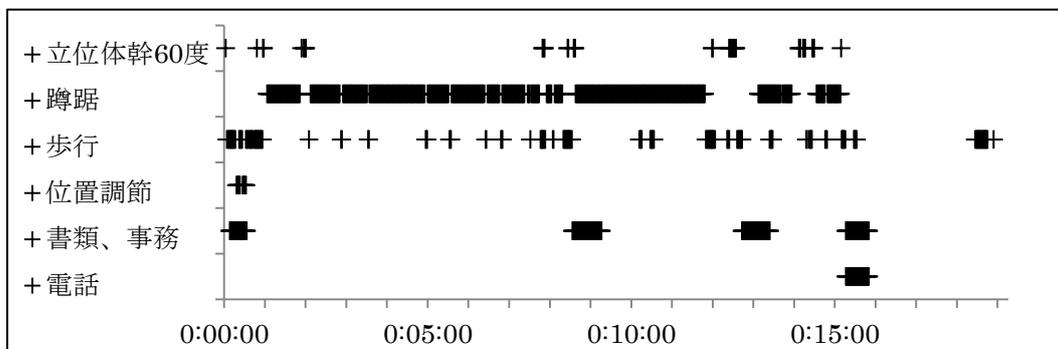


図 3.5.11 中腰・しゃがみ込み作業：マーキングの作業姿勢の経過

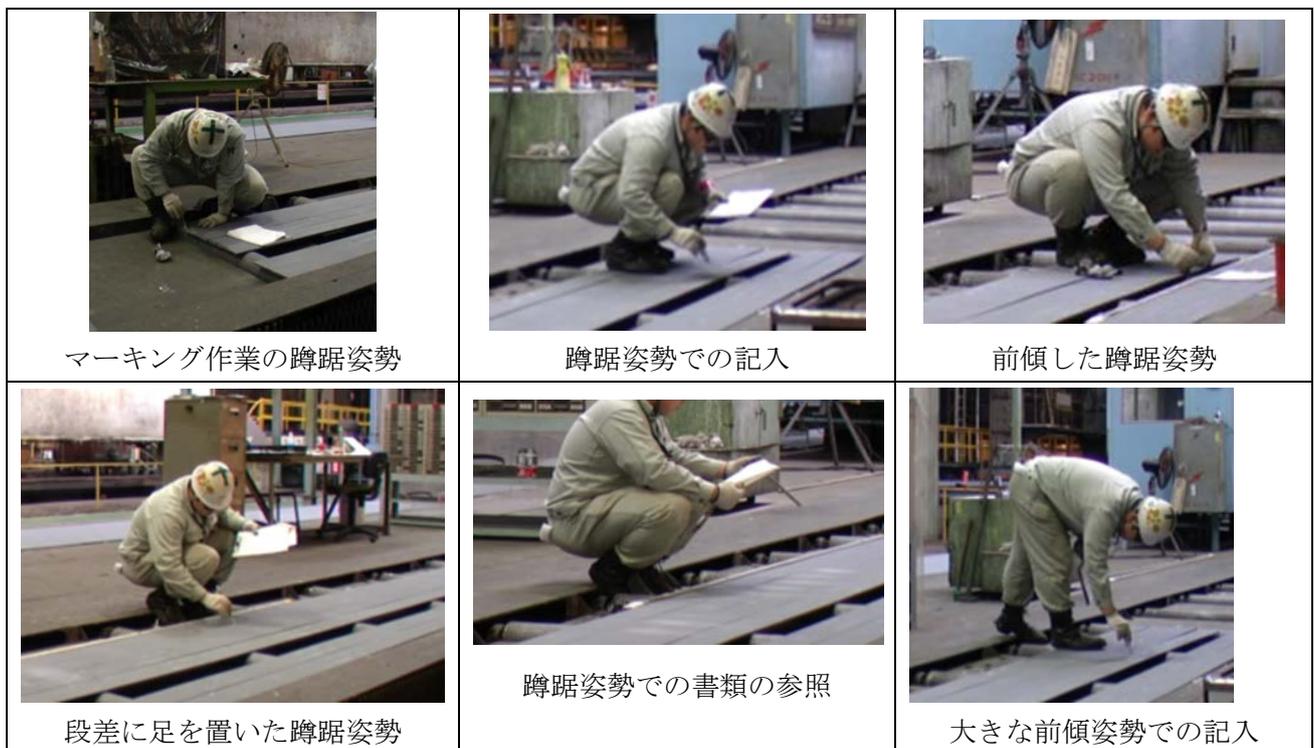


図 3.5.12 中腰・しゃがみ込み作業：マーキングの作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担が大きい姿勢は蹲踞姿勢と立位で上体を前傾する姿勢である。
- ・蹲踞姿勢は高頻度であった。蹲踞姿勢は腰痛や膝の障害のリスクとされている。足（足指や足首）への負担も大きい。
- ・立位での前傾は90度以上（直立のまま床に記入）であり、体が柔軟ではない人には難しい可能性もある。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

表 3.5.5 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
蹲踞姿勢	蹲踞姿勢による腰、膝への負担	10分／19分の観察(56%)	3～191秒、 平均36秒	18回／19分の観察
立位での 60度以上の 上体前傾	前傾姿勢による腰部への負担	42秒／19分の観察(3.6%)	1～11秒、 平均3秒	14回／19分の観察

【その他の負担】

- ・書類や記入する場所（部材）を覗き込むため、前傾姿勢による負担がある。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に立位での前傾姿勢による負担を低減する方法を以下に示す。なお、蹲踞姿勢による負担の低減方法については3.5.2.7(3)を参照のこと。

【立位での前傾姿勢による負担の低減方法】

- ・作業点を高くする、道具を延長する等の対策によって前傾を不要にする、または前傾の角度を小さくする。
- ・前傾姿勢の時間を短くし、回数を減らす。
- ・前傾した際に腰椎にかかる負担（上体の重量や持ち上げた重量物によって腰椎を前方にずらす方向にかかる負担）を低減するために上体を支える器具を使用する。前傾姿勢や重量物運搬をサポートするアシストスーツの多くはこの方法に基づいている。

【その他の負担】

- ・顔を近づけないと書類や記入する場所（部材）が見えない場合には、前傾をさらに大きくする必要が生じることから、加齢により視力が低下したベテラン作業者の書類の表示を大きくして見やすくしたり、記入する場所（部材）を見やすくする対策が負担低減に結びつく可能性もある。明るい照明は高齢者の視力低下の対策として有効な場合がある。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

中腰・しゃがみ込み作業：マーキング作業における主な負担は蹲踞姿勢、立位での前傾によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・機動性があり、臀部を支えるパワーアシストスーツが有効である。容易に移動でき、しゃがみ込む姿勢をとった際にサポートするものが望まれる。
- ・立位の大きな前傾があり、蹲踞姿勢にも前傾の負担があるので、上体を支えて腰への負担を低減するサポートの優先順位が高いと思われる。
- ・現状では手が床につくほどの大きな前傾がとられているので、これに対応するためには、上体を支える角度や強さの調節が広範囲に容易にできることが必要である。
- ・長時間装着しても違和感が生じないために、ベルトによる圧迫や接触の負担が少ないことが必要である。
- ・しゃがみ込みが短時間で中断し、移動が頻繁なので、椅子状の器具の使用は現実的ではないと思われる。

3.5.2.7 中腰・しゃがみ込み作業：切断

(1) 作業姿勢の分析

- ・足元にある板（部材）に対してウィーゼルによる切断作業をする。大きな前傾を伴う蹲踞姿勢が生じる。
- ・部材が床上に置かれているため作業位置が低い。床面に対する作業である。
- ・非常に低い作業点での姿勢維持が続くため、かかとを着けた前傾の蹲踞姿勢で対応している。
- ・かかとを着けた蹲踞姿勢+前傾姿勢のまま少しずつ移動する。
- ・蹲踞姿勢の持続時間は平均 2 分、最長 5 分持続することもあった。
- ・逐次姿勢の調節がなされる。上体の左右の傾きなどでスタンスが調節される。
- ・工具に比較的重量があるが工具に強い力を加えてはいない。工具にはケーブルが付いている。

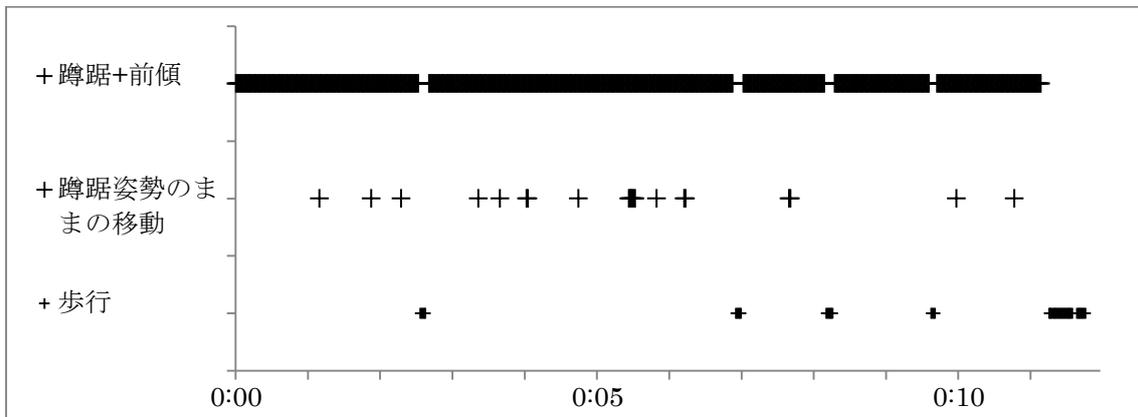


図 3.5.13 中腰・しゃがみ込み作業：切断の作業姿勢の経過



図 3.5.14 中腰・しゃがみ込み作業：切断の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は蹲踞姿勢である。蹲踞姿勢は腰痛や膝の障害のリスクである。
- ・かかとを着けた蹲踞姿勢は大きな前傾に伴う腰への負担があり、不安定であるために、この姿勢を安定して維持できない人もいると思われる。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

【その他の負担要因】

- ・床に部材の運搬機器と部材が置かれているので段差やでっぱりがあり、姿勢が制約されることによる負担がある（今回の観察例では部材は平たん）。
- ・ウィーゼルの重量は5～6kgである。移動の際の運搬がなされるが、動作中の工具に対する強い力の発揮はない。
- ・火気を伴う作業のため作業環境の暑さによる負担がある。夏季は熱中症への注意が特に必要である。

表 3.5.6 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
前傾した 蹲踞姿勢	蹲踞姿勢による腰、膝 への負担	11分／12分 の観察（88%）	68～253秒、 平均128秒	5回／12分の 観察
蹲踞姿勢のまま の移動	下肢への負担			13回／11分の 蹲踞 (50秒に1回)

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に蹲踞姿勢及び火気を伴う作業による負担を低減する方法を以下に示す。

【蹲踞姿勢による負担の低減方法】

- ・可能な限り椅坐位などのより自然な姿勢で作業をできるようにすることが対策の基本である。
- ・蹲踞姿勢の時間を短くする。
- ・膝をつく／つかない、足裏を床につける／つけないなど、低い作業姿勢にはバリエーションがある。一般に同一の姿勢の継続よりは姿勢の転換がある方が負担は低減されるので、少しでも負担の少ない姿勢を選択して転換できるようにすることも対策となる。
- ・低い椅子に座した前傾姿勢は理想的な姿勢ではないが、蹲踞姿勢よりも負担が低減されるという報告がある。
- ・長い柄を付けた工具を用いて、立位や椅坐位で作業ができるようにする。

【その他の負担の低減方法】

- ・火気を伴う作業環境の暑さによる負担に関しては、環境と装備・器具の改善によって作業者に暴露される温熱環境を適切化することと、予防から緊急時対策まで含む多面的な熱中症対策が基本である。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

中腰・しゃがみ込み作業：切断作業における主な負担は蹲踞姿勢によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・蹲踞姿勢が前傾を伴うので、上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが

有効である。

- 低い椅子（台）などで臀部を支える対策が負担低減に有効である可能性がある。しかし、動きがあり、さまざまな形状の部材に乗って作業をするので、通常の床に置く椅子状の器具の使用は難しい。移動が容易で、しゃがみ込み姿勢をとった際にはサポートされるアシストスーツが望まれる。

3.5.2.8 中腰・しゃがみ込み作業：加熱

(1) 作業姿勢の分析

- ・床に置かれた柱材に対するぎょう鉄作業であり、長時間の蹲踞姿勢が生じる。
- ・蹲踞姿勢のまま少しずつ移動する。
- ・10分以上蹲踞姿勢のままの移動が繰り返される。蹲踞姿勢のままの状態が6分持続する場合もあった。
- ・移動は主に左右方向だが、曲げが大きい部材、工具の角度や向ける位置の調節により前後に移動することもある。
- ・1つの曲げ作業で所要時間は60分～90分であり、部材の形状などにより異なる。1日におよそ5～6本の作業をする。
- ・床に置いた機器などを取るために立位の前傾姿勢が生じるが、頻繁ではない。

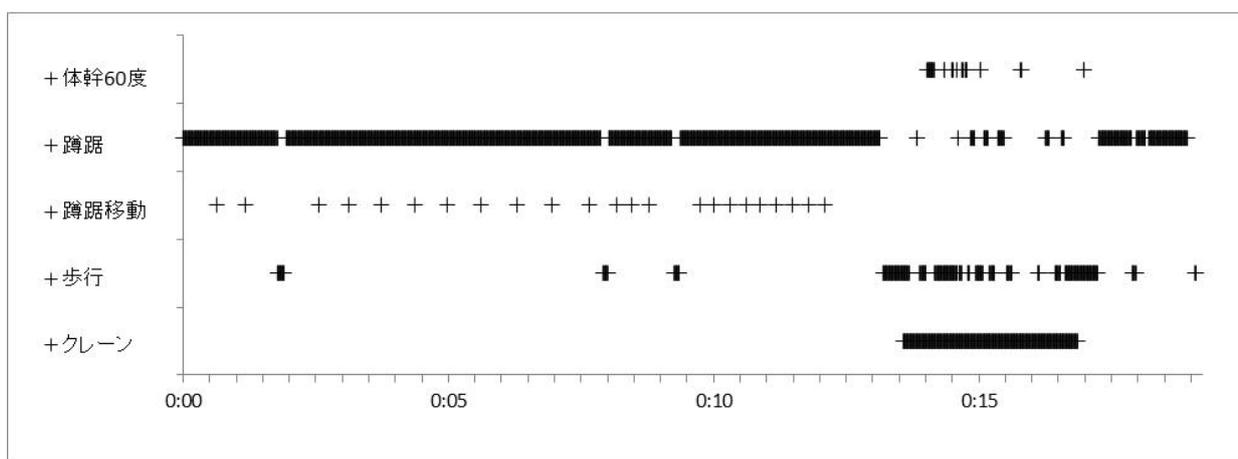


図 3.5.15 中腰・しゃがみ込み作業：加熱の作業姿勢の経過



図 3.5.16 中腰・しゃがみ込み作業：加熱の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は非常に長時間持続する蹲踞姿勢である。

- ・ 蹲踞姿勢は腰痛や膝の障害のリスクである。
- ・ 作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

表 3.5.7 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
蹲踞姿勢	蹲踞姿勢による腰、膝への負担	15分／19分の観察（77%）	最長 357 秒、 1～357 秒、 平均 63 秒	14 回／19 分の 一工程
蹲踞のままの移動	下肢の負担			23 回／15 分の 蹲踞 (40 秒に 1 回)
60 度以上の上体の前傾姿勢	前傾姿勢による腰部への負担	25 秒／19 分の観察（2%）	1 秒～9 秒、 平均 3 秒	9 回／19 分の 観察

【その他の負担】

- ・ 火気を伴う作業のため作業環境の暑さによる負担がある。夏季は熱中症への注意が特に必要である。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、蹲踞姿勢及び火気を伴う作業による負担の低減方法については 3.5.2.7 (3)を参照のこと。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

中腰・しゃがみ込み作業：加熱作業における主な負担は蹲踞姿勢によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・ 上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。
- ・ 蹲踞姿勢の対策として、低い椅子の使用が有効である。なお、椅子は作業に合わせた最適化が必要であるため、高さの調節ができること、座面の形状や傾きが考慮されていること、キャスターなどにより前後左右に容易に移動できること、が望ましい。

3.5.2.9 中腰・しゃがみ込み作業：研削

(1) 作業姿勢の分析

- ・床に置かれたさまざまな形状の部材に対して、蹲踞姿勢、中腰姿勢で研削（面取り）が行われる。
- ・姿勢の変化や移動で中断されるが、蹲踞姿勢類似の姿勢が作業時間のほとんどを占める。
- ・逐次スタンスが調節される。少しずつ移動、足の位置の移動、上体の傾きの調整など。
- ・しゃがんだままスムーズに移動し、かつ工具をしっかりと把持して力を加える必要があり、腰を浮かせる中腰姿勢の負担が生じると思われる。
- ・部材の形状によって下半身の姿勢（座り方）を変える。
例：段差のある場所で片膝を立てた蹲踞、部材に腰掛けるなど
- ・部材の形状によっては中途半端な高さの作業点などがあり、蹲踞より負担の大きい中腰姿勢が長くなると思われる。
- ・1～3分で1か所を終了し、歩行で移動する。
- ・工具の押し付け、工具の重量や反動などに対応する力の発揮を伴う作業である。
- ・今回の調査時には工具の準備（部品の交換）が行われた。この作業自体はデスクの上でも可能なものであるが、おそらく短時間に容易に実施するために蹲踞姿勢のまま行われた。

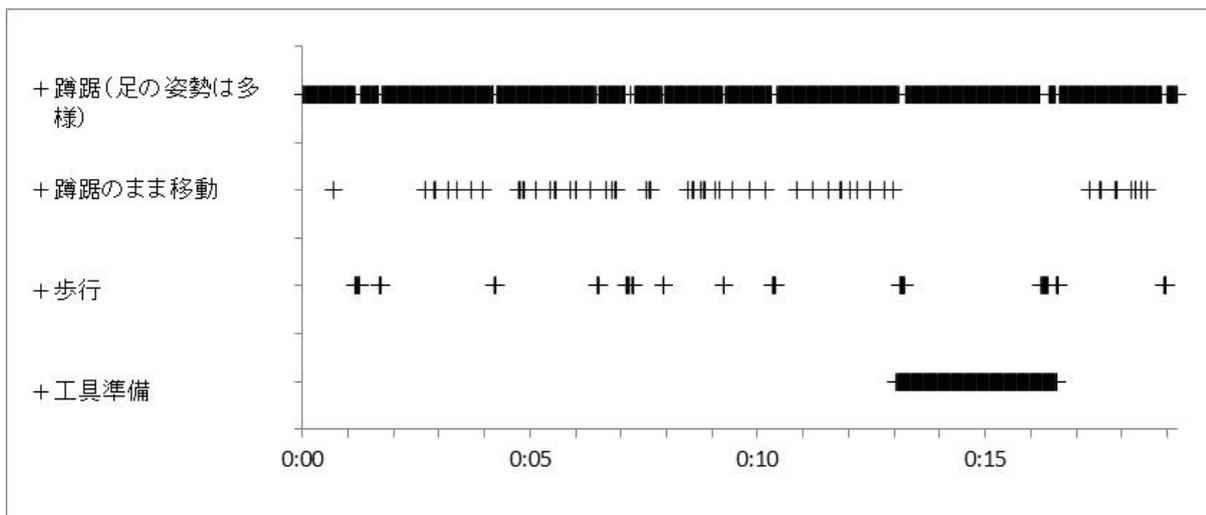


図 3.5.17 中腰・しゃがみ込み作業：研削の作業姿勢の経過



図 3.5.18 中腰・しゃがみ込み作業：研削の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は蹲踞姿勢、中腰姿勢である。作業のほとんどの時間を蹲踞と中腰姿勢が占める。
- ・蹲踞姿勢は腰痛や膝の障害のリスクである。中腰姿勢はきわめて負担の大きい姿勢である。
- ・作業対象がさまざまな形状をしていて、姿勢をそれに合わせる。通常の工作対象のように作業対象の向きは変えられず、作業者の姿勢で対応する。
- ・工具に力を加えたままスムーズに移動するので、腰を浮かせた中腰姿勢によって下半身の負担が大きい可能性がある。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

表 3.5.8 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
蹲踞姿勢 （バリエーションあり）	蹲踞姿勢による腰、膝への負担	18分／19分13秒の観察（93%）	1～178秒、平均82秒	13回／19分
蹲踞のままの移動	下肢への負担	常に位置や姿勢を調節している		46回／18分の蹲踞（23秒に1回）

【力の発揮による負担】

- ・ 工具への力の発揮を伴う。力の発揮は障害のリスクを高くする。
- ・ 重い工具を持ち上げる場合には、前傾姿勢の負担がさらに大きくなる。
- ・ 今回の観察では低い作業点（しゃがみ込む方向にある作業点）が多い。体重をかけて工具を押さえているとすれば低い位置であることは有利であるが、非常に低いので、大きな前傾を伴う蹲踞姿勢になるため負担が大きくなる。

【その他の負担】

- ・ 工具の振動による作業のしにくさの負担がある。強い振動は神経、腱、血管などの振動の原因となり、対策がなされている必要がある。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に蹲踞姿勢・中腰姿勢、工具の振動による負担を低減する方法を以下に示す。なお、力の発揮による負担の低減方法については3.5.2.2(3)を参照のこと。

【蹲踞姿勢・中腰姿勢による負担の低減方法】

- ・ 部材、作業位置を高く調整する。
- ・ 可能な限り椅坐位などのより自然な姿勢で作業をできるようにすることが対策の基本である。
- ・ 蹲踞姿勢・中腰姿勢の時間を短くする。
- ・ 膝をつく／つかない、足裏を床につける／つけないなど、低い作業姿勢にはバリエーションがある。一般に同一の姿勢の継続よりは姿勢の転換がある方が負担は低減されるので、少しでも負担の少ない姿勢を選択して転換できるようにすることも対策となる。
- ・ 低い椅子に座した前傾姿勢は理想的な姿勢ではないが、蹲踞姿勢よりも負担が低減されるという報告がある。
- ・ 長い柄を付けた工具を用いて、立位や椅坐位で作業ができるようにする。

【その他の負担の低減方法】

- ・ 工具の振動が問題となる場合には、振動が少ない工具の採用、パワーの適切な調節などの機器の最適化をおこなうとともに、暴露時間の管理、正しい作業方法の管理をし、防振手袋などの保護具を使用する。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

中腰・しゃがみ込み作業：研削作業における負担は主に蹲踞姿勢・中腰姿勢、工具の振動によるものであるため、これらを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・蹲踞姿勢・中腰姿勢を主とする姿勢の変化が連続する作業であるため、上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。
- ・足元の条件に関わらず蹲踞姿勢や中腰のサポートができるパワーアシストスーツが有効であるが、工具の反動の強い力が加わっても動かない安定性があり、反動や振動の負担から作業者が保護され、かつスムーズに連続的に移動や姿勢の転換ができるものが必要になる。
- ・低い椅子（台）などで臀部を支える対策が負担低減に有効であるが、動きがあり、さまざまな形状の部材に乗って作業をするので、通常の床に置く椅子状の器具の使用は難しい。

3.5.2.10 中腰・しゃがみ込み作業：溶接

(1) 作業姿勢の分析

- ・床に置かれた部材に対する自動溶接及び手持ちの溶接をする。
- ・手持ちの溶接では長時間の蹲踞姿勢がとられる。1~2分持続する蹲踞姿勢が繰り返される。
- ・部材の形状によって下半身の姿勢（座り方）を変える。部材に腰掛けることもある。
- ・部材の形状や溶接の向きによって作業点にアクセスしにくい場合、上半身、手腕の無理な姿勢が生じる可能性もある。
- ・自動溶接では前傾姿勢が生じていた。

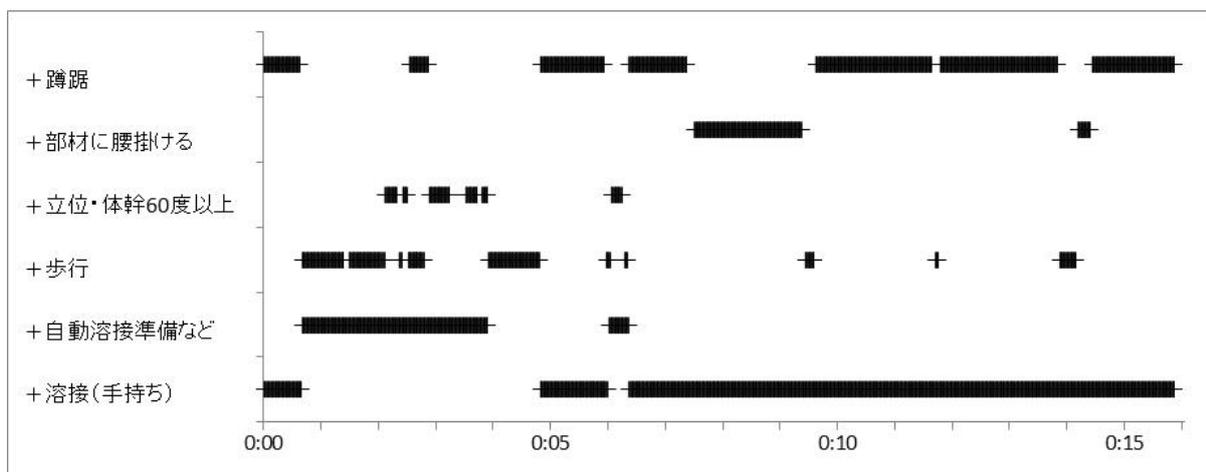


図 3.5.19 中腰・しゃがみ込み作業：溶接の作業姿勢の経過



自動溶接
 蹲踞姿勢

前傾姿勢

蹲踞姿勢

手持ちトーチでの溶接
 部材への椅坐位に近い姿勢

段差での蹲踞姿勢

手持ちトーチでの溶接
 部材上（平たん面）での蹲踞姿勢

図 3.5.20 中腰・しゃがみ込み作業：溶接の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担が大きく時間も長い姿勢は蹲踞姿勢である。
- ・蹲踞姿勢は腰痛や膝の障害のリスクである。
- ・蹲踞姿勢は手持ちでの溶接で長時間生じた。
- ・作業対象がさまざまな形状をしていて、姿勢をそれに合わせる。
- ・立位の前傾姿勢は自動溶接作業で生じたが、短時間である。

- ・部材の形状の制約による不自然な上肢の姿勢や、上体のひねりなどが生じる可能性もある。
- ・今回の観察では低い作業点（しゃがみ込む方向にある作業点）が多いが、もしより高い位置の部材の溶接がある場合や部材の形状によっては、中腰姿勢や立位の前傾姿勢が生じる可能性もある。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

表 3.5.9 姿勢による負担の発生状況

姿勢、動作	障害などのリスク	時間（比率）	一回の持続時間	回数
蹲踞姿勢 （手持ち溶接）	蹲踞姿勢による腰、 膝への負担	8分／16分の 観察（50%）	21～124秒、 平均 74 秒	7回／16分の 観察
60度以上の 上体の前傾姿勢 （自動溶接）	前傾姿勢による腰、 膝への負担	73秒／16分の 観察（8%） 主に自動溶接の場合 （自動溶接作業の 34%）	6秒～22秒、 平均 12 秒	6回／16分の 観察

【その他の負担】

- ・自動溶接機の重量は 7～8kg である。運搬がなされるが、工具に対する強い力の発揮はない。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、蹲踞姿勢による負担の低減方法については 3.5.2.7 (3)を参照のこと。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

中腰・しゃがみ込み作業：溶接作業における主な負担は蹲踞姿勢によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。
- ・足元の条件に関わらず蹲踞姿勢や中腰のサポートができる機動性のあるパワーアシストスーツがあれば有効である。
- ・さまざまな形状の部材に乗って作業をするので通常の椅子状の器具の使用は難しい。

3.5.2.11 重量物保持・運搬作業：部材仕分け

(1) 作業姿勢の分析

- ・さまざまな形状・重さの部材を低い位置から持ち上げて移動する。
- ・重量は管理上 30kg 以下。
- ・20kg 以上の部材の運搬が連続することはないとのことである。
- ・5～10 分単位でホイストクレーンの作業と交代していた。
- ・1 時間の仕分け後フォークリフトを自ら運転し仮置き場へ運搬する。これを 1 日 4 回実施する。

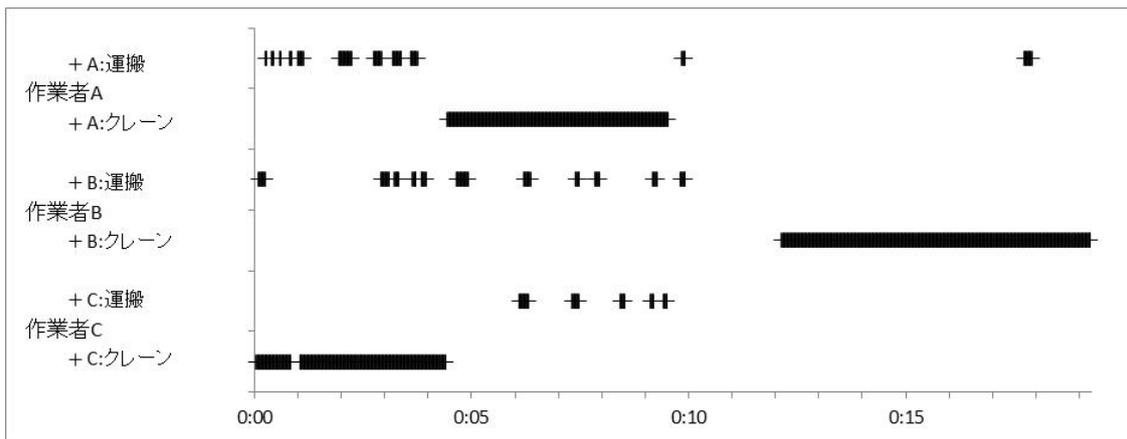


図 3.5.21 重量物保持・運搬作業：部材仕分けの作業姿勢の経過



部材の仕分け（運搬）

部材の仕分け（パレットへ移動）

ホイストクレーンの使用

フォークリフトの運転

図 3.5.22 重量物保持・運搬作業：部材仕分けの作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は重量物の持ち上げ及び運搬である。
- ・重量物の持ち上げ及び運搬作業には腰痛などの障害のリスクがある。
- ・部材が低い位置にあるので持ち上げるときの前傾が大きい。
- ・部材が大きい場合には、部材を持つ位置と作業者の距離が大きくなるため、前傾が大きくなる。
- ・持ち上げる対象が低い位置にあること、持つ部位が身体から遠いこと、持ちにくい形状であることは、それぞれ障害のリスクを大きくする要因である（図 3.5.23 参照）。
- ・部材の形状、大きさがさまざまなので、取り扱う際の姿勢や方法、特に持ち上げる際の姿勢がさまざまになる可能性があるため、方法・手順の管理が重要である。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

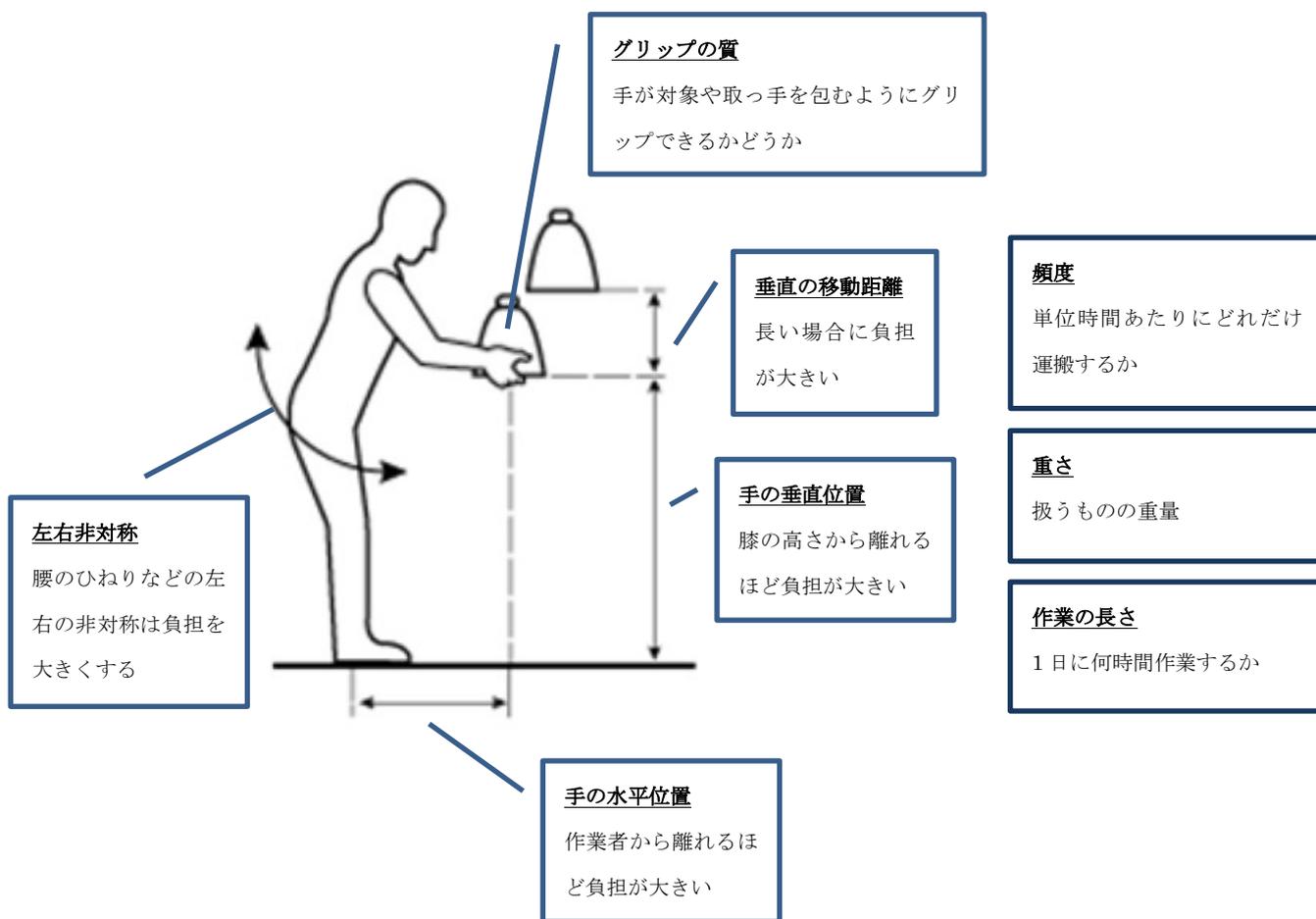


図 3.5.23 重量物の運搬の障害リスクに影響する要因

(“Step-by-Step Guide:NIOSH Lifting Equation Single Task Analysis”より改変)

表 3.5.10 姿勢による負担の発生状況

作業者	運搬（持ち上げ）の回数	一回の持続時間
A	運搬をしていた約 5 分間に 11 回	3~19 秒、平均 9 秒
B	運搬をしていた約 10 分間に 11 回	6~18 秒、平均 9 秒
C	運搬をしていた約 5 分間に 5 回	5~14 秒、平均 9 秒

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、ここでは特に重量物の持ち上げ・運搬姿勢による負担を低減する方法を以下に示す。

【重量物の持ち上げ・運搬姿勢による負担の低減方法】

- ・部材の高さや位置を最適化する。
- ・障害のリスクの少ない作業方法とする。
- ・作業の時間、頻度などのその他のその他の人間工学的対策をとる。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

重量物保持・運搬作業：部材仕分け作業における主な負担は重量物の持ち上げ、運搬によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・重量物の持ち上げ時及び運搬時に上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。
- ・パワーアシストスーツを装着した状態でクレーンの作業が安全に実施できる必要がある。（クレーンやクレーンに吊られた荷に接近したり接触する機会が多い作業である）
- ・観察した現場では、一連の作業としてフォークリフトの運転が行われるので、パワーアシストスーツを装着したままフォークリフトに乗車できないと、繰り返し着脱の時間が必要になる。

3.5.2.12 重量物保持・運搬作業：配管（設置）

(1) 作業姿勢の分析

- ・手による配管の運搬、クレーンによる配管の運搬、手腕による配管設置のサポートをする。
- ・ブロック内の作業では、狭い場所での作業姿勢の制約等の負担要因があると思われる。
- ・長い配管等を複数人で運搬する作業がある。
- ・観察できた作業内容のうち、身体負担が関わると予想されるものについて、図 3.5.24 に示す。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。



図 3.5.24 重量物保持・運搬作業：配管（設置）の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は重量物の持ち上げ及び運搬である。
- ・重量物の持ち上げ及び運搬作業には腰痛などの障害のリスクがある。
- ・配管が低い位置にあるので持ち上げるときの前傾が大きい。
- ・配管が大きい場合には、部材を持つ位置と作業者の距離が大きくなるため、前傾が大きくなる。
- ・持ち上げる配管が低い位置にあること、持つ部位が身体から遠いこと、持ちにくい形状であることは、それぞれ障害のリスクを大きくする要因である。
- ・地面に配管があるので手の位置が低くなりやすい。
- ・大きな板状のものを中心を持つ場合に足からの距離が大きくなる。

【その他の負担】

- ・ブロック内の作業では、狭いスペースの制約があると思われる。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、重量物の持ち上げ・運搬姿勢による負担の低減方法については3.5.2.11 (3)を参照のこと。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

重量物保持・運搬作業：配管（設置）作業における主な負担は重量物の持ち上げ、運搬によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・重量物の持ち上げ時及び運搬時に上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。
- ・狭い場所、高所などさまざまな環境で作業をするので、パワーアシストスーツの装着時に身体からのでっぱりがある、重量がある装備は難しいと思われる。
- ・パワーアシストスーツを装着した状態でクレーンの作業が安全に実施できる必要がある（クレーンやクレーンに吊られた荷に接近したり接触する機会が多い作業である）。
- ・ブロック内の作業では、狭いスペース、高所での作業を安全に実施できる必要がある。

3.5.2.13 重量物保持・運搬作業：配管（仕分け）

(1) 作業姿勢の分析

- ・さまざまな形状の配管を低い位置から持ち上げて移動する。
- ・書類を参照する。



図 3.5.25 重量物保持・運搬作業：配管（仕分け）の作業姿勢

(2) 作業者の負担

【姿勢による負担】

- ・負担の大きい姿勢は重量物の持ち上げ及び運搬である。
- ・重量物の持ち上げ及び運搬作業には腰痛などの障害のリスクがある。
- ・部材が低い位置にあるので持ち上げるときの前傾が大きい。
- ・部材が大きい場合には、部材を持つ位置と作業者の距離が大きくなるため、前傾が大きくなる。
- ・持ち上げる対象が低い位置にあること、持つ部位が身体から遠いこと、持ちにくい形状であることは、それぞれ障害のリスクを大きくする要因である。
- ・部材の形状、大きさがさまざまなので、取り扱う際の姿勢や方法、特に持ち上げる際の姿勢がさまざまになる可能性があるため、方法・手順の管理が重要である。
- ・作業者はもっぱらこの作業に従事するので、負担の大きい作業の繰り返しによる障害を予防する対策をすることが特に重要である。

(3) 作業負担低減の方法

上述した作業者の作業負担のうち、重量物の持ち上げ・運搬姿勢による負担の低減方法については 3.5.2.11 (3)を参照のこと。

(4) この作業に求められるパワーアシストスーツの要件

重量物保持・運搬作業：配管（仕分け）作業における主な負担は重量物の持ち上げ、運搬によるものであるため、これを支援するパワーアシストスーツが有効である。具体的には以下のとおりである。

- ・重量物の持ち上げ時及び運搬時に上体をサポートして腰への負担を低減するパワーアシストスーツが有効である。

3.5.3 各建造工程における作業者の労働負荷低減評価のまとめ

建造工程の作業を観察、分析し、上向き作業、立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業などの作業において、負担が大きい作業姿勢が存在することが確認された。負担が大きいとされた作業に関しては、高頻度または時間の長い作業を優先した負担低減対策の実施が望まれる。高年齢者や女性の就業と活躍を促進するために、建造工程の作業負担の低減が必要である。部材の位置や向きを調節して作業姿勢を適切化する対策が難しい建造工程においては、人に装着する機動性の高いパワーアシストスーツの活用が特に期待される。

(1) 上向き作業

上向き作業は、工具を手で把持し、上肢を挙上した姿勢を一定時間保つ作業である。建造工程では、溶接作業、ガウジング作業、研削作業、板継裏直し作業などがある。

農作業における上腕の挙上をサポートするパワーアシストスーツが市販されているが、このスーツを参考とすれば、造船作業用のスーツの実用化が期待できる。上肢の挙上をサポートする際には、上腕を支える角度の調節の範囲が適切で、調節が左右別々に容易にでき、挙上のない姿勢への転換が容易にできる必要がある。上肢が連続的に滑らかに動く作業をサポートするためには、動きに追従する機能が必要になる。グラインダーなどの工具を使用する際には、強い反動を支える機能が必要であり、上腕のサポートが不意に無くなると危険となる場合も考えられるので、確実に支えられる必要がある。スーツを装着したまま、他の作業や移動が不自由なく実施できることも重要である。短時間で容易に着脱ができることが望ましい。スーツはできる限り軽量であることが望ましい。以下に上向き作業で上肢をサポートするアシストスーツに要望する主な要件を整理する。

- ・サポートする部位：挙上する片手（利き手）あるいは両手の上腕。
- ・主なサポート要件：上腕を支える角度が左右独立して調整できること。すばやく容易に着脱できること。装着したまま他の作業や移動が不自由なくできること。
- ・留意すべき作業環境：狭隘な作業場所。

(2) 立向き作業

立向き作業は、工具を手で把持し、前腕を水平方向に伸ばした姿勢を一定時間保つ作業である。建造工程では、溶接作業、加熱作業などがある。上向き作業と同様に、農作業用のパワーアシストスーツを参考とすれば、造船作業用スーツの実用化が期待できる。水平に伸ばした前腕をサポートする際には、前腕を支える角度の調節の範囲が適切で、調節が左右別々に容易にでき、サポートの必要のない姿勢への転換が容易にできる必要がある。上肢が連続的に滑らかに動く作業をサポートするためには、動きに追従する機能が必要になる。スーツを装着した状態でまま、他の作業や移動が不自由なく実施できることも重要である。短時間で容易に着脱ができることが望ましい。スーツはできる限り軽量なスーツであることが望ましい。

建造工程でのぎょう鉄作業の場合、鉄板の下面からの加熱作業が蹲踞姿勢で行われる場合もあり、蹲踞姿勢のサポートも要望される。アシストスーツを装着した状態でも容易に移動でき、蹲踞姿勢や中腰姿勢をとりながら前腕を水平方向に伸ばした姿勢で立向き作業をサポートできることが望ましい。以下に立向き作業をサポートするアシストスーツに要望する主な要件を整理する。

- ・サポートする部位：水平に伸ばす片手（利き手）あるいは両手の前腕。挙上する片手（利き手）あるいは両手の上腕。
- ・主なサポート要件：前腕及び上腕を支える角度が左右独立して調整できること。すばやく容易に着脱できること。装着したまま他の作業や移動が不自由なくできること。
- ・留意すべき作業環境：狭隘な作業場所。

(3) 中腰・しゃがみ込み作業

中腰・しゃがみ込み作業は、手で工具、筆記具などを把持し、前傾を伴う蹲踞姿勢、および中腰姿勢で行う作業である。マーキング、切断、溶接、加熱、研削などの多くの作業が存在する。蹲踞姿勢、および中腰姿勢は、腰痛などの障害のリスクとなる姿勢であるため、作業環境の改善によって立位や座位、着座の作業姿勢に変更できないかどうか検討することが一般的である。しかしながら作業対象物が大きく作業環境をこれ以上改善することが困難な場合も多い建造工程においては、足や腰への負担を低減するために上体や下肢をサポートするアシストスーツが期待される。サポート機構については、下肢を屈曲した状態で臀部・上腿を支えて蹲踞姿勢の下肢の負担を低減する機構や、上体や下肢を支えて屈曲のないまま前に傾けて、上肢と頭部を床に近づけるサポート機構などが考えられる。ここで、造船においては、床におかれた部材に対する前傾を伴う低い蹲踞姿勢が多く、蹲踞または中腰姿勢のまま移動する作業も多く、また作業する床も平坦でない場合が多いことを留意する必要がある。以下に中腰・しゃがみ込み作業をサポートするアシストスーツに要望する主要要件を整理する。

- ・サポートする部位：前傾を伴う蹲踞姿勢や中腰姿勢での足及び腰。
- ・主なサポート要件：下肢を屈曲した状態での臀部・上腿、前傾する上体をサポートできること。移動や姿勢の転換が連続的にスムーズにできること。
- ・留意すべき作業環境：足元が平坦でない場所。

(4) 重量物の保持・運搬作業

重量物の保持・運搬作業は、部品や機材などの重量物を手で把持し、運搬する作業である。造船では様々な形状の部品や機材を運搬するので、把持する位置が足から遠く離れたり、把持しにくい形状の部品や機材を運搬したりする場合がある。地面に置かれた部品や機材を持ち上げる場合は、把持する位置が膝より低く前傾が大きくなるため、無理な姿勢が生じ腰部への負担が大きくなる。

腰部の負担を低減する方策としては、上体のサポートが考えられ、モータなどの動力を利用するサポート機構や、ゴムの伸縮力を利用するサポート機構などがある。上体をサポートする際には、部品や機材を昇降する動作や、運搬する際の移動がスムーズにできることが要望される。また、アシストスーツを適用する重量や作業の量に関しては、サポートされていない部位（例えば、肩や上腕など）への負担を考慮する必要がある。以下に重量物の保持・運搬作業をサポートするアシストスーツに要望する主要要件を整理する。

- ・サポートする部位：部品や機材などの重量物を手で把持し、運搬する腰・上体。
- ・主なサポート要件：部品や機材を昇降・運搬する際に腰・上体をサポートできること。移動や姿勢の転換が連続的にスムーズにできること。
- ・留意すべき作業環境：狭隘な作業場所。高所の作業場所。足元が平坦でない場所。

(5) 所感

造船の建造工程で観察される作業について、パワーアシストスーツに望まれる作業負担の低減機能について整理した。各作業の内容を考慮した要望は様々となるが、共通した要望も存在する。ここでは、作業負担の低減の観点からパワーアシストスーツに対する共通の要望を整理する。

① パワーアシストスーツの装着によって生じる新たな負担への対応

パワーアシストスーツの重量、スーツが人体に及ぼす圧迫、スーツによる体温上昇などの負担の低減については十分に検討する必要がある。

② 着脱の容易性

全体の作業性を向上させるためには、装着が短時間に容易にできることは重要である。また、トラブルが発生した場合、安全確保のためにパワーアシストスーツを素早く外さなければならない状況の有無やその対策について考慮する必要がある。

③ 複合的作業環境の配慮

多能工化を進めている造船所では、一人の作業者が対応すべき作業の種類は多い。したがって、ある作業に着目したパワーアシストスーツが他の作業に対して悪影響を与えることは避けなければならない。

④ 作業者の技能と慣れ

パワーアシストスーツを装着した作業に対応した技能や慣れが必要となる。正しい使用方法についての情報が重要である。また、長期的な装着によるネガティブな影響がないことも重要である。たとえば、長期間のスーツの装着による慣れによって、非装着時の技能が劣ったり、安全に対する意識が薄れないようにしなければならない。

⑤ 安全性

パワーアシストスーツは、急にサポートがなくなったり動作が停止するようなことがあってはならない。また、万スーツに異常が生じた場合を想定した対応を考えておくことも重要である。

添付資料 3 に、人間工学における作業姿勢別の一般的な負担低減方法を掲載したので参考にさせていただきたい。

3.6 建造工程へパワーアシストスーツを適用した場合の労働安全性評価（リスク評価）

3.6.1 リスク評価の目的

建造工程へのパワーアシストスーツの適用については、作業者がパワーアシストスーツを装着することで肉体的負担が低減される可能性がある一方で、作業者がパワーアシストスーツを装着することにより危険にさらされる可能性がある。

そこで、造船所にてパワーアシストスーツの適用が想定される建造工程において実地調査を行い、作業者がパワーアシストスーツを装着した場合のリスクを洗い出すとともに、リスク低減の観点から、現状において造船以外の業態用に開発されているパワーアシストスーツを造船所に導入する場合を想定し、パワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業者が注意すべき点を取り纏めることを目的にリスク評価を行った。

なお、評価の対象作業は 3.3 章に記載の「表 3.3 各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプ」の*印の作業工程とした。（ブラスト作業については、安全上の問題から実地調査が実施できなかったため、関係者への聞き取り調査から作業内容を把握してリスク評価を行った。）

3.6.2 評価方法

アシストスーツの適用対象とする各建造工程について、アシストスーツを使用した場合のリスクの変化を把握することとした。リスクアセスメント手法は厚生労働省の資料¹⁾に準拠し、以下の手順で行った。評価結果は 3.6.3 に示すリスク評価用のワークシートに記入することとした。

- ・作業内容の分析及び作業環境の把握（作業の見学、作業者及び管理者への聞き取り調査）。
- ・ヒヤリハットと事故事例の収集（文献^{2),3),4)}と作業者及び管理者への聞き取り調査）。
- ・その作業において想定される労災事故（表 3.6.1）を分類・整理。
- ・求められるアシスト機能、期待される効果、リスク評価の対象としたアシストスーツ、を決定。
- ・ハザード（危険性）の変化をアシストスーツ装着前と比べ、増加、新規で区分して評価し、そのハザードの低減策を提案。ハザードは労災事故には至らないが、関連する作業を含め、作業に支障が起きるものについても評価。
- ・想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件を整理。
- ・アシストスーツを造船所に導入する場合の、パワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業者が注意すべき点を記入。

表 3.6.1 労災事故の分類

墜落・転落	転倒	激突	飛来・落下
崩壊・倒壊	激突され	はさまれ・巻き込まれ	切れ・こすれ
踏抜き	おぼれ	高温・低温物との接触	有害物との接触
感電	爆発	破裂	火災
交通事故 (道路)	交通事故 (その他)	動作の反動 無理な動作	その他

複数の造船所で実地調査（作業の見学のみを含む）を行ったところ、作業内容は造船所による違いがない場合でも、作業環境については造船所による違いの他、同一事業所内でも違いがある場合があった。リスクに関わる作業環境としては、例えば、段差や作業台の有無（転倒）、狭隘な作業範囲（壁や障害物へ接触）、屋内か屋外か（風雨の影響）などがある。そのため、作業ごとに作業環境がいくつか想定される場合は、作業環境を列挙し、それらの作業環境で起こりうるリスクについて評価を行った。

また、アシストスーツの装着を行わなかった作業については、アシストスーツの特徴と作業内容からハザードを想定し、リスク評価を行った。

参考資料

評価の手法

- 1) 厚生労働省委託事業 平成 24 年度リスクアセスメント研修事業 受講者用テキスト
一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/130624-1.pdf>

作業ごとのハザード、ヒヤリハット、労働災害

- 2) 金属加工業における リスクアセスメントのすすめ方など 厚生労働省
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/080301a.pdf>

造船所における災害事例、改善事例集

- 3) 災害事例集（平成元年～20 年） 全国造船安全衛生対策推進本部
船舶製造・修理業における中高齢者の安全衛生確保に向けて 一事業所で実施している事例集—
全国造船安全衛生対策推進本部 <http://www.zensenan.org/>刊行物一覧/全船安作成資料-ダウンロード/中高齢者の安全確保に関する資料/

一般的な災害事例、ヒヤリハット事例

- 4) 職場のあんぜんサイト 厚生労働省 など <http://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html>

3.6.3 リスク評価用ワークシート

作業名	作業名、作業姿勢、実地調査の有無を記入
作業の概要	概要を記入
作業環境	考えられる作業環境（特にリスクにかかわる段差や作業台の有無、作業箇所が狭隘（手足が自由に動かさない）かどうか、室内か屋外か）について記入
ヒヤリハット、 事故事例	各種資料、聞き取り調査などにより記入
この作業で想定される労災事故	表 3.6.1 に示した分類で記入
求められるアシスト機能	
期待される効果	
リスク評価の対象としたアシストスーツ	実地調査での装着の有無も記入
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	現状において造船以外の業態用に開発されているパワーアシストスーツを造船所に導入する場合を想定し、その作業において、パワーアシストスーツを装着した際に増加するハザードや新規に発生するハザードを想定される労働事故ごとに記入し、そのハザードを低減するための対策、作業に支障を来さないための機能、を記入
想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件及び理由	リスク低減の観点から、その作業において、パワーアシストスーツを装着した際に想定される労働事故を起こさないためのパワーアシストスーツの要件及びその理由を記入し、対象とするスーツごとに評価
作業者が注意すべき事項	対象とするパワーアシストスーツが要件を全て満たすことは難しいため、また仮に全ての要件を満足するパワーアシストスーツであってもより一層の安全性を確保するため、当該スーツを装着する作業者が注意すべき事項について記入

3.6.4 作業毎のリスク評価

作業名	1 上向き作業：上向き溶接・吊りピース溶接（実地調査あり）
作業の概要	吊りピースなど重量物（数十キロ）を上向きの姿勢で溶接する。まずは数カ所を仮止めし、その後溶接作業に入る。1カ所に止まったの作業。溶接は30秒程連続し、数秒小休止を繰り返す。溶接作業中は溶接ワイヤの切断、チップパーを利用してスラグを除去するため、工具の交換がある。作業時間は1箇所30分程度。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・作業箇所の高さは身長より低く、作業者は低い作業台に座っての作業 ・作業箇所が高く、作業台の上に乗っての作業 ・屋外での作業 ・風除けや火花拡散防止カバーなどがある狭隘な作業範囲
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外で作業中、強風のため仮止めした吊りピースが落下 ・火傷
この作業で想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	腕を支える機能（ただし、反発力は必要ない）
期待される効果	腕の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った、装着し作業姿勢を模擬した）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>激突</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックに激突しアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 →アシストスーツはできるだけ体からはみ出さないよう薄型化する ・アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックに激突しバランスを崩し転倒する

→上記転倒を参照

飛来・落下

- ・仮止めした吊りピースが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する
 - アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする
 - 作業者は作業前に対処を考えておく

高温物との接触、火災

- ・溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが発火する
 - アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる
 - アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・溶接のスパッタがアシストスーツと体の隙間に入り込み火傷する
 - アシストスーツは体と隙間なく装着できるようにする
 - アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・溶接のスパッタやスラグがアシストスーツの稼働部に入り込み、アシストスーツが機能しなくなる
 - アシストスーツは稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する

その他

- ・アシストスーツを着用することにより、夏季の熱中症が増加する
 - アシストスーツは通気性の良い素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする

(2)新規のハザード

その他

- ・アシストスーツの腰部のベルトと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分に固定できない
 - アシストスーツは安全帯と重ならない又は腰部のベルトと安全帯を一体化するなどの工夫が必要
- ・アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する
 - アシストスーツはできるだけ軽量化する
 - アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする
 - 作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する

	<p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される →作業者は事前にアシストスーツに慣れておく
<p>想定される労災事故を 起こさないための アシストスーツの 要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること 【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・可能な限り薄い形状のものであること 【理由】 作業者の転倒及び激突防止のため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・体と隙間なく装着できること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため ・容易に着脱が可能であること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること 【理由】 動作不良防止のため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと 【理由】 安全を優先させなければならないため

	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量であること 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと 【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと 【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること 【理由】火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">作業風景</p>

作業名	2 上向き作業：上向き溶接及びガウジング・板継ぎ裏直し（実地調査あり）
作業の概要	板継ぎ溶接開始部と終了部と溶接不良部分の手直しを上向きの姿勢で行う。作業手順はガウジング、スラグ除去、溶接、研削の順。作業ごとに工具の交換がある。作業時間は開始部と終了部の場合、長さは約 150mm 程度で、各々10分程度。ただし、溶接不良が連続する場合もあり、その場合の作業時間はかなりかかることになる。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> 作業箇所が人間の身長程度の高さ 作業箇所が高く、作業台の上に乗っての作業 狭隘箇所（作業箇所や通路などに支柱）
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> 狭隘箇所での作業のため、頭や体がぶつかる 火傷
この作業で想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	腕を支える機能（ただし、反発力は必要ない）
期待される効果	腕の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った、装着し実作業を行った）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく 転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>激突</u></p> <ul style="list-style-type: none"> アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックや通路に激突しアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 →アシストスーツはできるだけ体からはみ出さないよう薄型化する アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックに激突しバランスを崩し転倒する <ul style="list-style-type: none"> →上記転倒を参照

飛来・落下

- ・ 工具などが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する
 - アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする
 - 作業者は作業前に対処を考えておく

高温物との接触、火災

- ・ 溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが発火する
 - アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・ 溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる
 - アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・ 溶接のスパッタがアシストスーツと体の隙間に入り込み火傷する
 - アシストスーツは体と隙間なく装着できるようにする
 - アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・ 溶接のスパッタやスラグがアシストスーツの稼働部に入り込み、アシストスーツが機能しなくなる
 - アシストスーツは稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する

その他

- ・ アシストスーツを着用することにより、夏季の熱中症が増加する
 - アシストスーツは通気性の良い素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする

(2)新規のハザード

その他

- ・ アシストスーツの腰部のベルトと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分に固定できない
 - アシストスーツは安全帯と重ならない又は腰部のベルトと安全帯を一体化するなどの工夫が必要
- ・ アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する
 - アシストスーツはできるだけ軽量化する
 - アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする
 - 作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する

	<p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・大きな早い動きをする場合など腕を固定する必要がない作業には支障が生ずる →簡単にロックが外れるようにする ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される →作業者は事前にアシストスーツに慣れておく
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること 【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・可能な限り薄い形状のものであること 【理由】 作業者の転倒及び激突防止のため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・体と隙間なく装着できること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため ・容易に着脱が可能であること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として脱ぐため ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること 【理由】 動作不良防止のため ・通気性の良い素材を使用していること

	<p>【理由】熱中症防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと <p>【理由】安全を優先させなければならないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軽量であること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p>
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること <p>【理由】火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】熱中症防止のため</p>
<p>作業風景</p>	<div data-bbox="694 1093 1209 1384" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">作業風景</p>

作業名	3 上向き作業：研削・板継ぎ裏直し（実地調査あり）
作業の概要	板継ぎ溶接開始部と終了部と溶接不良部分の手直しを上向きの姿勢で行う。作業手順はガウジング、スラグ除去、溶接、研削の順。研削は高速で回転し、腕には反動もかかる。作業ごとに工具の交換がある。作業時間は開始部と終了部の場合、長さは約 150mm 程度で、各々10分程度。ただし、溶接不良が連続する場合もあり、その場合の作業時間はかなりかかることになる。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・作業箇所が人間の身長程度の高さ ・作業箇所が高く、作業台の上に乗っての作業 ・狭隘箇所（作業箇所や通路などに支柱）
ヒヤリハット、事事故例	<ul style="list-style-type: none"> ・バランスを崩し、工具を落としそうになる ・空転させたまま手をおろし、足を負傷 ・砥石が外れそうになる ・砥石の破片が作業員に当たる
この作業で想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	腕を支える機能。反発力も必要。
期待される効果	腕の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>激突</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックに激突しアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 →アシストスーツはできるだけ体からはみ出さないよう薄型化する ・アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台やブロックに激突しバランスを崩し転倒する

→上記転倒を参照

飛来・落下

- ・工具などが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する
 - アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする
 - 作業者は作業前に対処を考えておく

高温物との接触、火災

- ・研削の火花によりアシストスーツが発火する
 - アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・研削の火花によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる
 - アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する
- ・研削の鉄粉がアシストスーツの稼働部に入り込み、アシストスーツが機能しなくなる
 - アシストスーツは稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする
 - 作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する

その他

- ・アシストスーツを着用することにより、夏季の熱中症が増加する
 - アシストスーツは通気性の良い素材を使用する
 - アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする

(2)新規のハザード

その他

- ・アシストスーツの腰部のベルトと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分に固定できない
 - アシストスーツは安全帯と重ならない又は腰部のベルトと安全帯を一体化するなどの工夫が必要
- ・アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する
 - アシストスーツはできるだけ軽量化する
 - アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする
 - 作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する

(3)作業上の支障

- ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる
 - アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする
- ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる
 - アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする

	<p>→作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大きな早い動きをする場合など腕を固定する必要がない作業には支障が生ずる →簡単にロックが外れるようにする ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される →作業者は事前にアシストスーツに慣れておく
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること 【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・可能な限り薄い形状のものであること 【理由】 作業者の転倒及び激突防止のため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・体と隙間なく装着できること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため ・容易に着脱が可能であること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること 【理由】 動作不良防止のため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと 【理由】 安全を優先させなければならないため ・軽量であること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <p>【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため</p>
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事前にアシストスーツに慣れておくこと <p>【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと <p>【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること <p>【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】 熱中症防止のため</p>
<p>作業風景</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">作業風景</p>

作業名	4 立向き作業：立向き溶接・吊りピース溶接（実地調査あり）
作業の概要	吊りピースなど重量物（数十キロ）を作業者に対して下から上に向かって溶接する。1カ所に止まった作業。溶接作業中は溶接ワイヤの切断、チップーを利用してスラグを除去するため、工具の交換がある。作業時間は1箇所30分程度。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・立った姿勢での作業 ・作業箇所が高く、作業台の上に乗っての作業 ・屋外での作業
ヒヤリハット、事故事例	・火傷
この作業で想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	腕を支える機能（ただし、反発力は必要ない）
期待される効果	腕の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの）（装着し作業姿勢を模擬した）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>激突</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バランスを崩すなどして作業台やブロックに激突し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>飛来・落下</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・工具などが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが発火する

	<p>→アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する</p> <p>→アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする</p> <p>→作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接のアーカ、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる <p>→アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する</p> <p>→作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接のスパッタがアシストスーツと体の隙間に入り込み火傷する <p>→アシストスーツは体と隙間なく装着できるようにする</p> <p>→アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする</p> <p>→作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接のスパッタやスラグがアシストスーツの稼働部に入り込み、アシストスーツが機能しなくなる <p>→アシストスーツは稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする</p> <p>→作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することにより、夏季の熱中症が増加する <p>→アシストスーツは通気性の良い素材を使用する</p> <p>→アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする</p> <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの腰部のベルトと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分に固定できない <p>→アシストスーツは安全帯と重ならない又は腰部のベルトと安全帯を一体化するなどの工夫が必要</p> <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる <p>→アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる <p>→アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする</p> <p>→作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される <p>→作業者は事前にアシストスーツに慣れておく</p>
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと <p>【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること <p>【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・体と隙間なく装着できること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため ・容易に着脱が可能であること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること 【理由】 動作不良防止のため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと 【理由】 安全を優先させなければならないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと 【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと 【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること 【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】 熱中症防止のため

作業名	5 立向き作業：加熱（実地調査あり）	
作業の概要	部材を加熱・冷却しながら曲げていく。加熱用のバーナーと冷却用のホースを肩にかけての作業。冷却ホースはマグネットで部材に保持したままにする場合もある。表面と裏面を加熱・冷却する作業となるが、表面は立って、裏面はしゃがみ込んでの作業となる。立ったりしゃがんだりを繰り返す、部材にそって移動もする。クレーン作業が入ることもある。作業時間は長時間（時間単位）。	
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・足場は平坦 ・部材はピン治具上に設置されており、部材の高さは腰のあたり ・作業中は常に水を流すため、床は濡れている 	
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスが漏洩、爆発 ・火傷 	
この作業で想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、高温物との接触、火災、感電、爆発、その他	
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える	腕を支える
期待される効果	腰の負担低減	腕の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する →作業者はアシストスーツの上 	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・転倒し、アシストスーツを装着することで体の自由が利かず、手がつけず負傷する →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>激突</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バランスを崩すなどして作業台やプロ

	<p>から保護具を着用して作業する</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし <p>※本作業では溶接のスパッタのようなものは発生しない、安全帯は装着していない想定である</p>	<p>ックに激突し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要</p> <p><u>飛来・落下</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・工具などが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外は着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし <p>(3)作業上の支障</p>
--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる →アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される →作業者は事前にアシストスーツに慣れておく <p>※本作業では溶接のスパッタのようなものは発生しない、安全帯は装着していない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること 【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・容易に着脱が可能であること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・通気性の良い素材を使用していること

	<p>【理由】熱中症防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p>	
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること <p>【理由】火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】熱中症防止のため</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること <p>【理由】火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】熱中症防止のため</p>

作業名	6 中腰・しゃがみ込み作業：マーキング（実地調査あり）
作業の概要	部材にマーキングする。作業姿勢はしゃがみ込み。部材は平坦なもの、アングル、パイプもある。使用する道具は曲尺とマーカ―など。指示書から数値を読み取り、曲尺などで位置を確認し、マーキングしていく。かなり頻繁に立ったり座ったりしながら移動する。作業確認の電話連絡も頻繁。作業はほぼ1日中。常時ではないが、切断作業をすることもある。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・部材がコンベアや定盤上に設置 ・足場は不安定
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> ・部材の段差、コンベア上（定盤上）でつまづく、転倒 ・部材や曲尺に指を挟まれる
この作業で想定される労災事故	転倒、はさまれ、巻き込まれ、その他
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える 膝、足首へのサポート
期待される効果	腰の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業服の上にアシストスーツを装着する場合、作業服の胸ポケットが使えなくなる可能性がある →アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>
想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件及び理由	<ul style="list-style-type: none"> ・容易に着脱が可能であること <p>【理由】休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通気性の良い素材を使用していること <p>【理由】熱中症防止のため</p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p>
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】熱中症防止のため</p>
<p>作業風景</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>平板へのマーキング</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アングル材へのマーキング</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">作業風景</p>

作業名	7 中腰・しゃがみ込み作業：切断（実地調査あり）
作業の概要	部材をガス切断機によって切断する。切断後は切断面にグラインダーをかける。作業姿勢は座り込み、中腰、膝つけなど。作業が終わると重量 5・6kg の切断機を持って次の作業箇所へ移動する。作業箇所が近い場合は座ったまま移動、遠い場合は立ち上がって移動する。立ち座りと移動は頻繁。クレーン作業が入ることもある。1 箇所の作業時間は短い、全体での作業時間は長い（時間単位）。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・部材は定盤上に設置され、定盤上で中腰やしゃがみ込み、膝つけでの作業 ・定盤上のため足元は不安定
ヒヤリハット、事件事例	<ul style="list-style-type: none"> ・定盤上でつまずく、転倒 ・コード類にひっかかる ・火花が飛散し、着火 ・ガス漏れ、逆火 ・火傷
この作業で想定される労災事故	転倒、切れ・こすれ、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える
期待される効果	腰の負担減少
リスク評価の対象としたアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガス切断の火炎、スラグ、放射熱によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・ガス切断の火炎、スラグ、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する

	<p>→作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める</p> <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業服の上にアシストスーツを装着する場合、作業服の胸ポケットが使えなくなる可能性がある <p>→アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する</p> <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> 燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため 熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため 容易に着脱が可能であること 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため、作業者が火傷しないため 通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため 作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること 【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため 夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】 熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	<div data-bbox="740 1594 1163 1910" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">作業風景</p>

作業名	8 中腰・しゃがみ込み作業：加熱（実地調査あり）
作業の概要	部材を加熱・冷却しながら曲げていく。部材が床面に設置してあるため、しゃがみ込みでの作業。使用する道具は溶接トーチと水冷ホース。加熱と冷却にはある程度時間がかかるため、移動はあるがゆっくり。部材の交換や、部材の角度を変更する場合はクレーン作業もある。作業時間は1部材数 10分～数時間で、1日中行う。低いキャスターなしの椅子や台に腰掛け、椅子等を移動しながら作業する場合もある。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・部材は床面に設置 ・足場は平坦 ・作業中は水を常に流すため、床は濡れている。
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスが漏洩、爆発 ・火傷
この作業で想定される労災事故	転倒、感電、爆発、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える
期待される効果	腰の負担減少
リスク評価の対象としたアシストスーツ	キャスター付きの椅子（使用し実作業を行った）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・加熱用バーナーや冷却用のホースにキャスターが引っかかり転倒する →アシストスーツ（器具）は稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする →作業者は作業者は事前に対処を考えておく <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する ・バーナーの火炎、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する <p>(2)新規のハザード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曲げが大きい場合に前後方向への移動ができず作業に支障が生ずる →アシストスーツ（器具）は作業内容（範囲）にあった移動ができる機構にする <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>

<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること 【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること 【理由】 動作不良防止のため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・転倒などの事故への対処を想定しておくこと 【理由】 作業者の怪我防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="text-align: center;">  <p>作業風景</p> </div>

作業名	9 中腰・しゃがみ込み作業：研削（実地調査あり）
作業の概要	切断された部材の面取りを面取り機やグラインダーを用いて行う。面取り部分に工具を押し付けて面取りを行う。面取りする範囲は部材によって様々。工具を持つての移動も頻繁。1箇所での作業時間は10分程度だが、何箇所も連続して行う（時間単位）。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・床面（定盤上）に部材が置いてあり、中腰やしゃがみ込みや膝つけでの作業。定盤上のため、足元は不安定。 ・組み上がった部材に上った状態で中腰やしゃがみ込み姿勢での作業。高さがあり、足元は不安定。
ヒヤリハット、事件事例	<ul style="list-style-type: none"> ・定盤上でつまずく、転倒 ・部材の穴、端から落ちる ・コード類にひっかかる ・グラインダーが跳ね、作業者の体に当たる ・砥石が外れる
この作業で想定される労災事故	転倒、転落、切れ・こすれ、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える。
期待される効果	腰の負担減少
リスク評価の対象としたアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>高温物との接触、火災</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・研削の火花によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・研削の火花によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する

	<p>→作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める</p> <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業服の上にアシストスーツを装着する場合、作業服の胸ポケットが使えなくなる可能性がある →アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> 燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため 熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため 容易に着脱が可能であること 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため、作業者が火傷しないため 通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため 作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること 【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため 夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】 熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>中腰での面取り作業</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>部材に上っでの面取り作業（奥）</p> </div> </div>

作業名	10 中腰・しゃがみ込み作業：溶接（実地調査あり）
作業の概要	自動溶接後の直しや自動溶接できない箇所の溶接作業。作業姿勢は座り込み、中腰、膝つけなど。立ち座りと移動は頻繁。1箇所の作業時間は短い、全体での作業時間は長い（時間単位）。作業箇所が近い場合は座ったまま移動、遠い場合は立ち上がって溶接機を持って移動する。作業環境は定盤上だけでなく、立体的になった部材に座って行う場合もある。縦方向の溶接を行うこともある。
作業環境	<ul style="list-style-type: none"> ・パイプ定盤上に部材が置いてあり、足元は不安定。 ・溶接箇所が部材奥の場合は部材に座って行う場合もある。足元は不安定。
ヒヤリハット、事故事例	<ul style="list-style-type: none"> ・定盤上や部材上でつまづく、転倒 ・コード類にひっかかる ・火花が飛散し、着火 ・ガス漏れ、逆火 ・火傷 ・溶接光による目や皮膚の負傷
この作業で想定される労災事故	転倒、高温物との接触、火災、その他
求められるアシスト機能	姿勢を正し、体重を支える
期待される効果	腰の負担低減
リスク評価の対象としたアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを装着することによるハザードの変化とその対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p>高温物との接触、火災</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが発火する →アシストスーツは燃えない（燃えにくい）素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できる仕組みにする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・溶接のアーク、スパッタ、スラグ、放射熱によりアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくなる →アシストスーツは熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用する →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業服の上にスマートスーツを装着する場合、作業服の胸ポケットが使いえなくなる可能性がある →アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため ・熱により溶けない（溶けにくい）素材を使用していること 【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため ・容易な着脱が可能であること 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する 【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】 熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>しゃがみ込んで溶接</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>部材の上に腰掛けて溶接</p> </div> </div>

作業名	11 重量物保持・運搬作業：部材仕分け（実地調査あり）	
作業の概要	物流整理場にて部材を次の工程ごとに仕分けをする。作業員が持ち上げられる（上限 20kg 程度）部材は作業員が運び、それ以上の部材はホイストクレーンを使って仕分けを行う。床面に置いてある部材の大きさや重量、仕分け先はランダムなため、部材ごとに重さを見積もり、作業員自身が持ち運べる重さの時は床面から部材をしゃがんで持ち上げ、歩いて移動し、しゃがんで床面やパレット、作業台の上に部材を置く。それ以上の重さの部材についてはホイストクレーンを使用する。仕分けが終わったらフォークリフトで次の工程個所に運搬する。1 回の運搬時間と移動距離はそう長くはないが、作業時間全体は長い（時間単位）。	
作業環境	・半屋外。屋根はあるが壁がなく、風雨の影響を受ける。作業面は平坦だが、部材が床面に直接置いてある。	
ヒヤリハット、 事故事例	・運搬する部材が滑り落ち、足に当たり、負傷 ・無理に持ち上げることによる腰への負担	
この作業で 想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、その他	
求められる アシスト機能	部材（上限 20kg 程度）を持ち上げる時に腰を支える 歩行アシストも必要か	
期待される効果	腰の負担低減	
リスク評価の対象と したアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った）	前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ（腰にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着し実作業を行った）
アシストスーツを 装着することによる ハザードの変化と その対応	(1)増加するハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする (2)新規のハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生	(1)増加するハザード <u>転倒</u> ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく <u>激突</u> ・アシストスーツが体からはみ出してい

	<p>→作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める</p> <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太ももの締め付けがきついとフォークリフト作業への支障が生じる →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者はフォークリフト作業時には着用しない ・作業服の上にスマートスーツを装着する場合、作業服のポケットが使えなくなる可能性がある →アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する <p>※本作業では安全帯は装着していない、対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である</p>	<p>るため、作業台や部材に激突しアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する</p> <p>→アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要</p> <p>→アシストスーツはできるだけ体からはみ出さないよう薄型化する</p> <p><u>飛来・落下</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・持っていた部材を落としたり積み上げてあった部材が崩れてきた際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする ・アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する →アシストスーツはできるだけ軽量化する →アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・作業者の動作とアシストのタイミングのズレから違和感や事故が生ずる →アシストスーツは作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること
--	--	---

		<p>→作業者は事前にアシストが入るタイミングに慣れておく</p> <p>→作業者はクレーン作業時やアシスト機能を必要としない時にはアシスト機能を切っておく</p> <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを装着していること又はアシストスーツの不意の作動によりクレーン作業、フォークリフト作業へ支障がでる →アシストスーツは作業に支障を来さないように薄型化する →作業者はクレーン作業、フォークリフト作業前にアシスト機能をオフにする →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は作業に支障を来す場合はアシストスーツを着用しない <p>※本作業では安全帯は装着していない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・可能な限り薄い形状のものであること 【理由】 作業者の転倒及び激突防止のため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること 【理由】 作業者の怪我防止のため ・容易な着脱が可能であること 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・軽量であること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること 【理由】 不要なアシストにより生じる事故及び体への負担防止のため ・作業者の意志によりアシスト機能のオン・オフができること 【理由】 不要なアシストによる事故及び怪我防止のため

<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】熱中症防止のため 	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと 【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため、自分の動作と合わないために生じる事故（重量物の落下等）及び怪我防止のため ・転倒、激突、部材の落下などの事故、火災発生など緊急時への対処を想定しておくこと 【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため ・クレーンやフォークリフト作業時等のスーツ及びその機能が不要の場合には、作業前にアシスト機能を切るかスーツを脱ぐこと 【理由】クレーンやフォークリフト作業等に支障を来さないため、不要なアシストによる事故及び怪我防止のため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	 <p>作業風景</p>	

作業名	12 重量物保持・運搬作業：配管（設置）（実地調査あり）
作業の概要	配管をクレーンを利用してブロック内に設置する作業。ブロックに上り、狭隘なブロック内での作業となる。3人1組で、主に1人がクレーン作業、2人が玉掛けと位置決めを行う。クレーンが使えない場合はチェーンブロックを使つての作業となる。おおまかな位置決めはクレーンを利用するが、微調整は作業員が腕で押し込むことになる。1つの部材を設置するのは10分程度だが、全体の作業時間は時間単位。
作業環境	・屋外でブロックに上つての作業。風雨の影響を受け、足元も不安定。強風の場合は作業中止となる。
ヒヤリハット、 事故事例	・パイプが手から滑り落ちる ・クレーンや配管との接触 ・無理に持ち上げることによる腰への負担
この作業で 想定される労災事故	転倒、激突、飛来・落下、墜落・転落、その他
求められる アシスト機能	重量物を持ち上げる時に腰を支える 重量物を押し込む時に腕をアシストする
期待される効果	腰への負担低減
リスク評価の対象と したアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを 装着することによる ハザードの変化と その対応	(1)増加するハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする ・アシストスーツと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分固定できない →アシストスーツは安全帯と重ならないなどの工夫が必要 (2)新規のハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める (3)作業上の支障 ・作業服の上にスマートスーツを装着する場合、作業服のポケットが使えなくなる可能性がある →アシストスーツは作業着のポケットの使用にできるだけ支障のないデザインにするか、いくつかのポケットを装備する ※対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である

<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・容易に着脱が可能であること 【理由】休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】熱中症防止のため ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと 【理由】安全を優先させなければならないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと 【理由】熱中症防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="text-align: center;">  <p>作業風景</p> </div>

作業名	13 重量物保持・運搬作業：配管（仕分け）（実地調査あり）
作業の概要	作業員が運搬できる（上限 20kg 程度）配管を屋外で仕分け、運搬する。地面に直置きしてある配管をしゃがんで持ち上げ、歩いて移動し、しゃがんで配管をクレーンバスケットに入れる。クレーン作業もある。立ちしゃがみと移動が頻繁。1 回の運搬時間と移動距離はそう長くはないが、作業時間全体は長い（数時間）。
作業環境	・屋外での作業。足元は平坦ではあるが、配管類が地面に直接置いてある。
ヒヤリハット、 事件事例	・配管が手から滑り落ちる ・クレーンや配管との接触 ・無理に持ち上げることによる腰への負担
この作業で 想定される労災事故	転倒、激突、その他
求められる アシスト機能	部材（上限 20kg 程度）を持ち上げる時に腰を支える 歩行アシストも必要か
期待される効果	腰への負担低減
リスク評価の対象と したアシストスーツ	前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ（腰にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを 装着することによる ハザードの変化と その対応	(1)増加するハザード <u>転倒</u> ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく <u>激突</u> ・アシストスーツが体からはみ出しているため、作業台や部材に激突しアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 →アシストスーツはできるだけ体からはみ出さないよう薄型化する <u>飛来・落下</u> ・持っていた部材を落としたり積み上げてあった部材が崩れてきた際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく

	<p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする ・アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツはできるだけ軽量化する →アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・作業者の動作とアシストのタイミングのズレから違和感や事故が生ずる <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること →作業者は事前にアシストが入るタイミングに慣れておく →作業者はクレーン作業時やアシスト機能を必要としない時にはアシスト機能を切っておく <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを装着していること又はアシストスーツの不意の作動によりクレーン作業へ支障がでる <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業に支障を来さないよう薄型化する →作業者はクレーン作業前にアシスト機能をオフにする →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者はクレーン作業に支障を来す場合はアシストスーツを着用しない <p>※本作業では安全帯は装着していない想定である</p>
<p>想定される労災事故を起ささないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため ・可能な限り薄い形状のものであること <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 作業者の転倒及び激突防止のため ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 作業者の怪我防止のため ・容易に着脱が可能であること <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・軽量であること <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・通気性の良い素材を使用していること <ul style="list-style-type: none"> 【理由】 熱中症防止のため

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること 【理由】 不要なアシストにより生じる事故及び体への負担防止のため ・ 作業者の意志によりアシスト機能のオン・オフができること 【理由】 不要なアシストによる事故及び怪我防止のため
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事前にアシストスーツに慣れておくこと 【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため、自分の動作と合わないために生じる事故（重量物の落下等）及び怪我防止のため ・ 転倒、激突、配管の落下などの事故、火災発生など緊急時への対処を想定しておくこと 【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため ・ アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため ・ クレーン作業時等のスーツ及びその機能が不要の場合には、作業前にアシスト機能を切るか、スーツを脱ぐこと 【理由】 クレーン作業等に支障を来さないため、不要なアシストによる事故及び怪我防止のため
<p>作業風景</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>作業風景</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>作業風景</p> </div> </div>

作業名	(参考1) 立向き作業：ブラスト処理（実地調査無し）
作業の概要	ブラスト材をホースから放出し、鋼材の表面処理を行う。作業はブラスト材を噴出するため、反動力がかかり、かつホースにも重量がある。作業者は発生する粉塵から保護するため、全身に保護具を着用しての作業となる。作業時間は長い（時間単位）。安全面の問題で、関係者以外は立ち入れないブラスト工場での作業となる。
作業環境	・ブラスト工場内での作業。足元は安定。粉塵。関係者以外は立ち入れない。
ヒヤリハット、 事故事例	・エアホースをガスヘッダーに接続、窒息。
この作業で 想定される労災事故	転倒、飛来・落下、その他
求められる アシスト機能	長時間重い工具（ホース）を持った作業のため、腕を支える
期待される効果	腕の負担減少
リスク評価の対象と したアシストスーツ	腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの）（装着無し）
アシストスーツを 装着することによる ハザードの変化と その対応	<p>(1)増加するハザード</p> <p><u>転倒</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・転倒し、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず、手がつけず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは腕の固定が簡単に外せる機構にする →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく ・転倒し、アシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 <p><u>飛来・落下</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブラスト材がスマートスーツに強くあたることからアシストスーツが破損し、破損部分が体に当たり負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは破損したら負傷しそうな部分に革などの補強材を貼っておくなどの工夫が必要 ・ブラスト材がアシストスーツの稼働部に入り込み、アシストスーツが機能しなくなる <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造にする →作業者はアシストスーツの上から保護具を着用して作業する ・工具などが落下した際、アシストスーツを装着していることで体の自由が利かず避けられず負傷する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業時以外は自由に動ける機構にする →作業者は作業前に対処を考えておく

	<p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを着用することにより、夏季の熱中症が増加する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツを着用しないようにする <p>(2)新規のハザード</p> <p><u>その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの腰部のベルトと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分に固定できない <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは安全帯と重ならない又は腰部のベルトと安全帯を一体化するなどの工夫が必要 ・アシストスーツの重量により体の他の部位（肩・背中・腰等）への負担が発生する <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツはできるだけ軽量化する →アシストスーツは作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する <p>(3)作業上の支障</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業内容に応じた腕の角度の固定ができないと、作業に支障が生ずる <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業内容にあった腕の角度調整ができる機構にする ・作業者の体格に応じたサイズ調整ができないと、作業に支障が生ずる <ul style="list-style-type: none"> →アシストスーツは作業者の体格にあったサイズ調整ができる機構にする →作業者はアシストスーツを自分の体型にあわせて調整する ・アシストスーツを装着することにより、体の動きが制限される <ul style="list-style-type: none"> →作業者は事前にアシストスーツに慣れておく
<p>想定される労災事故を起こさないためのアシストスーツの要件及び理由</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・腕の固定が簡単に外せる機構をもつこと <p>【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため</p> ・サポートできる範囲が作業内容（範囲）に応じて適切であること <p>【理由】 作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため</p> ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと <p>【理由】 転倒、激突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため</p> ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること <p>【理由】 作業者の怪我防止のため</p> ・容易な着脱が可能であること <p>【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため</p> ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること <p>【理由】 動作不良防止のため</p> ・通気性の良い素材を使用していること

	<p>【理由】熱中症防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと <p>【理由】安全を優先させなければならないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軽量であること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p>
<p>作業者が注意すべき事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前にアシストスーツに慣れておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工具落下などの事故、火災発生などの緊急時への対処を想定しておくこと <p>【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること <p>【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具を着用して作業すること <p>【理由】ブラスト材がアシストスーツに当たって破損することを防ぐため、アシストスーツの動作不良防止のため</p> <ul style="list-style-type: none"> ・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと <p>【理由】熱中症防止のため</p>

作業名	(参考2) 重量物保持・運搬作業：ブラスト処理（実地調査無し）
作業の概要	ブラスト材をホースから放出し、鋼材の表面処理を行う。作業はブラスト材を噴出するため、反動力がかかり、かつホースにも重量がある。作業者は発生する粉塵から保護するため、全身に保護具を着用しての作業となる。作業時間は長い（時間単位）。安全面の問題で、関係者以外は立ち入れないブラスト工場での作業となる。
作業環境	・ブラスト工場内での作業。足元は安定。粉塵。関係者以外は立ち入れない。
ヒヤリハット、 事故事例	・エアホースをガスヘッダーに接続、窒息。
この作業で 想定される労災事故	転倒、飛来・落下、その他
求められる アシスト機能	長時間重い工具（ホース）を持った作業のため、腰を支える
期待される効果	腰の負担減少
リスク評価の対象と したアシストスーツ	自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの） （装着無し）
アシストスーツを 装着することによる ハザードの変化と その対応	(1)増加するハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用することによる夏季の熱中症が増加する →アシストスーツは通気性の良い素材を使用する →アシストスーツは容易に着脱できるようにし、作業者は休憩時間など作業時間外はアシストスーツは着用しないようにする ・アシストスーツと通常作業者が装着している安全帯が干渉し十分固定できない →アシストスーツは安全帯と重ならないなどの工夫が必要 (2)新規のハザード <u>その他</u> ・アシストスーツを着用する時に、ベルトをきつく締めて肩こりが発生する →作業者は合ったサイズのアシストスーツを着用し、ベルトは適切に締める ※対象としたスマートスーツは作業者の動きを制限しない想定である
想定される労災事故 を起こさないための アシストスーツの 要件及び理由	・容易な着脱が可能であること 【理由】 休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため ・通気性の良い素材を使用していること 【理由】 熱中症防止のため ・安全帯の機能に影響を及ぼさないこと 【理由】 安全を優先させなければならないため ・作業者の体型にあったサイズ調整ができる機構をもつこと 【理由】 体の他の部位へ負担を発生させないため

作業者が注意すべき事項	<ul style="list-style-type: none">・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること【理由】体の他の部位へ負担を発生させないため・夏季などの高温多湿時は、休憩時間など作業時間外はアシストスーツを装着しないこと【理由】熱中症防止のため
-------------	--

3.6.5 リスク評価（労働安全評価）のまとめ

造船所にてパワーアシストスーツの適用が想定される建造工程において、現状において造船以外の業態用に開発・販売されているパワーアシストスーツを実際に作業者が装着して作業を行なった場合のリスクを洗い出すとともに、リスク低減の観点から、当該パワーアシストスーツに必要な要件及び当該パワーアシストスーツを装着する作業者が注意すべき点を取り纏めた。

なお、一部の建造工程については、安全上の理由などにより実際にパワーアシストスーツを装着して作業することができなかったため、作業者が当該パワーアシストスーツを装着して作業を行なうところを想像してリスク評価を行ったものもある。

建造工程にパワーアシストスーツを適用した場合に、作業者のリスクを低減するために必要なパワーアシストスーツの要件や作業者が注意すべき点は作業姿勢や作業環境によって少しずつ異なるが、全体としては以下のようにまとめることができる。今後、各種パワーアシストスーツが開発されていくものと思われるが、その建造工程への試用を検討するにあたっては以下の要件を可能な限り満足するものを選択することが望ましい。一方で、現状においてすべてを満足するパワーアシストスーツは存在しないことから、作業者が注意すべき点の徹底、さらには要件を満足するための何らかの代替措置の検討・実施等が極めて重要である。

■建造工程に必要なパワーアシストスーツの要件

- ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること
- ・溶けない（溶けにくい）素材を使用していること
- ・通気性の良い素材を使用していること
- ・可能な限り軽量であること
- ・可能な限り薄型化（コンパクト化）されていること
- ・身体と隙間なく装着できること（火気使用の場合）
- ・作業者の体型にあったサイズ調整ができるものであること
- ・アシストできる角度・姿勢（範囲）が作業内容（範囲）に応じて適切であること
- ・作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること（動力型の場合）
- ・作業者の操作によりアシスト機能のオン・オフができること（動力型の場合）
- ・安全帯その他作業者が身につける安全器具の機能に影響を及ぼさないものであること
- ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）ものであること
- ・アシスト機構の固定が簡単に外せること
- ・着脱が容易であること
- ・作業時以外は自由に動けるものであること
- ・破損時等に作業者を負傷させない対策がとられていること

■作業者が注意すべき点

- ・事前にアシストスーツに慣れておくこと
- ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること
- ・夏季などの高温多湿時は、作業時以外はアシストスーツを装着しないこと

- ・動力型のアシストスーツであってその機能が不要の場合は必要に応じスイッチを切る又はスーツを脱ぐこと
- ・火気を使用する場合など必要な場合にはアシストスーツの上から保護具を着用して作業すること
- ・事故時、緊急時への対処を想定しておくこと

3.7 建造工程でのパワーアシストスーツの要件のまとめ及び試用に関する手引きの作成

3.5 各建造工程における作業者の労働負荷評価に基づいたパワーアシストスーツの要件（使いやすさ、働きやすさなど）及び3.6 建造工程へパワーアシストスーツを適用した場合の労働安全性評価（リスク評価）に基づいたパワーアシストスーツの要件（安全性など）から、造船所におけるパワーアシストスーツの要件は以下のとおり整理することができる。当該要件を満足するパワーアシストスーツの導入により、作業者の負担低減、安全性の向上が期待できる。

■素材についての要件

- ・通気性の良い素材を使用していること

【理由】熱中症防止のため

- ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること

【理由】高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため、作業者が火傷しないため

- ・溶けない（溶けにくい）素材を使用していること

【理由】高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため、作業者が火傷しないため

■構造についての要件

- ・可能な限り軽量であること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため

- ・可能な限り薄型化（コンパクト化）されていること

【理由】作業者の転倒及び衝突防止のため、装着したまま一連の作業に支障をきたさないため、作業等に支障を来さないため

- ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること

【理由】作業者の怪我防止のため

- ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること

【理由】動作不良防止のため

- ・工具の重量、振動、反力等に耐えられる強度や安定性をもったもの（不意にアシストが外れないもの）であること

【理由】作業者の怪我防止のため

■装着性についての要件

- ・着脱が容易であること

【理由】パワーアシストスーツが引火した場合、直ぐに脱衣するため、休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため

- ・作業者の体型にあったサイズ調整ができるものであること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため、作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため

- ・安全帯その他作業者が身につける安全器具の機能に影響を及ぼさないものであること

【理由】安全を優先させなければならないため

- ・身体と隙間なく装着できること（火気使用の場合）

【理由】高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため

- ・可能な限り装着による身体への強い圧迫や締め付けがないものであること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため

■操作性についての要件

- ・ 作業者の操作によりアシスト機能のオン・オフができること（動力型の場合）
【理由】 不要なアシストによる事故および怪我防止のため
- ・ 作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること（動力型の場合）
【理由】 不要なアシストにより生じる事故および体への負担防止のため
- ・ アシストできる角度・姿勢（範囲）が作業内容（範囲）に応じて適切であること
【理由】 作業者が無理な姿勢を取ることを防ぐため
- ・ アシスト機構の固定が簡単に外せること
【理由】 転倒、衝突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため
- ・ 作業時以外は自由に動けるものであること
【理由】 転倒、衝突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため

ただし、対象とするパワーアシストスーツが要件を全て満たすことは難しいため、また仮に全ての要件を満足するパワーアシストスーツであってもより一層の安全性を確保するため、当該スーツを装着する作業者が注意すべき事項は以下のとおりである。

■装着に関する注意事項

- ・ 事前にアシストスーツに慣れておくこと
【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため
- ・ 事故時、緊急時への対処を想定しておくこと
【理由】 アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため
- ・ アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること
【理由】 身体の他の部位へ負担を発生させないため

■リスク回避のための注意事項

- ・ 夏季などの高温多湿時は、作業時以外アシストスーツを装着しないこと
【理由】 熱中症防止のため
- ・ 火気を使用する場合など必要な場合にはアシストスーツの上から保護具を着用して作業すること
【理由】 火災にならないため、作業者が火傷しないため、アシストスーツの動作不良防止のため
- ・ 動力型アシストスーツであってその機能が不要な場合は必要に応じてスイッチを切る又はスーツを脱ぐこと
【理由】 作業時に支障を来さないため、不要なアシストによる事故および怪我防止のため

以上の本調査研究を通じて得られた成果を踏まえ、世界に先駆けて各造船所がパワーアシストスーツを円滑に試導入できるよう、パワーアシストスーツの適用が可能な作業・工程、適用するパワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業者が注意すべき事項をまとめた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き」を添付資料4のとおり作成した。

なお、本手引きは3.8章にて報告する本調査研究のプレス発表の際に配布した。

3.8 デモンストレーションによる造船現場の魅力向上

今年度の研究成果を広く一般に公表すること、さらには造船所におけるパワーアシストスーツ導入促進に向けた公衆認知の浸透を図り、造船業の魅力向上につなげることを目的として、2015年6月22日（月）にプレス発表及び造船所におけるデモンストレーションを実施し、業界紙だけでなく全国紙を含むプレス関係者9名の参加があった。

当日は、造船現場への適用可能性調査結果としてパワーアシストスーツ適用の可能性があると考えられた上向き作業（吊りピース溶接）及び重量物の保持・運搬作業（部材仕分け）の現場において、実際にパワーアシストスーツ（造船用ではない）を着用して建造作業を実演した。

プレス発表及び造船所でのデモンストレーションの様子を図8.1及び8.2にそれぞれ示す。また、当日に配布したプレス発表資料を添付資料5として添付する。



図 8.1 プレス発表の様子



重量物の保持・運搬作業（部材仕分け）現場



上向き作業（吊りピース溶接）現場

図 8.2 デモンストレーションの様子

おわりに

本調査研究では以下の調査研究を実施した。

- (1) 委員会に参加している 5 社の造船所に対し、造船所のどのような作業工程にパワーアシストスーツを適用したいか等のニーズ調査を実施した。
- (2) 現在、開発中あるいは商品化されているパワーアシストスーツ等について、その仕様や特徴の実態を調査した。
- (3) 建造工程へのパワーアシストスーツの適用可能性を検討するため、造船所の実態調査やヒアリングをもとに、造船所へのパワーアシストスーツ導入の妥当性や導入効果等を見積もるため、造船所のニーズの高かった 4 つの姿勢での作業がどのような建造工程に含まれているのかを調査した。
- (4) パワーアシストスーツの造船所での試行として、適用可能性のあるパワーアシストスーツを現場で着用し、作業を模擬したり、実際に作業を行ないながら評価した。
- (5) 造船所にてパワーアシストスーツの適用が考えられる建造工程において実地調査を行い、作業姿勢の見学及び作業員へのヒアリングをすることで、建造工程毎の作業員の労働負荷を評価した。また、把握した労働負荷を低減するためには、どのような負荷低減効果のあるパワーアシストスーツの適用が効果的かを労働科学及び人間工学的観点から提案した。
- (6) 造船所にてパワーアシストスーツの適用が考えられる建造工程において実地調査を行い、作業員がパワーアシストスーツを装着した場合のリスクを洗い出すと共に、リスク低減の観点から、パワーアシストスーツを造船所に導入する場合のパワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業員が注意すべき事項を取り纏めた。
- (7) 本調査研究を通じて得られた成果を踏まえ、世界に先駆けて各造船所がパワーアシストスーツを円滑に試導入できるよう、パワーアシストスーツの適用が可能な作業・工程、適用するパワーアシストスーツに必要な要件及び当該スーツを装着する作業員が注意すべき事項をまとめた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き」を作成した。
- (8) 造船現場の魅力向上のため、今年度の研究成果を広く一般に公表すること、さらには造船所におけるパワーアシストスーツ導入促進に向けた公衆認知の浸透を図り、造船業の魅力向上につながることを目的として、プレス発表及び造船所でのデモンストレーションを実施した。

日本の造船業は厳しいコスト競争に打ち勝つために、船舶建造の合理化、効率化を日々追求し、これまでに多くの機械化、自動化が推進され、資本集約度を高め、労働生産性を高めてきた。具体的には、ブロック建造法を考案し、作業がし易い下向き姿勢が多くなるような工作方法を検討し、作業性を向上する先行艀装なども採用、推進されてきた。小組立や中組立工程で溶接ロボットを導入し、半自動溶接機が大量に導入されるなどして、労働集約型から資本集約型の産業へと着実に移行し、生産性の向上が実現されてきた。

このように造船現場の改善は進められ、世界に誇る生産性を実現すべく可能な限りの設備投資がされてきたが、自動車等の他産業ほど完全な自動化、省力化が実現されてきたとは言い難いことも事実である。多種多様な商船を建造するプロダクトミックスの実現、多品種少量生産型、受注生産型の商品である船舶の建造に効果的に対応するためには、作業員の自由度、柔軟性に強く依存することが効果的である。この作業員依存が造船の自動化、ロボット化の普及を阻む要因であったことは間違いな

い。

パワーアシストスーツは、人がそれを装着することで、人の機能を拡張するものである。造船のようなものづくりにおいては、全自動、ロボット化よりは、むしろ、人とロボットの協調作業と言え、パワーアシストスーツのようなものが向いていると考えられる。

また、将来的にはパワーアシストスーツの開発についても、単にパワーアシストするだけでなく、作業の誘導・案内を行ったり、安全保護機能（落下防止、エアバッグ など）を付属したり、作業快適化機能（空気循環、エアコンなど）を付属したり、通信・モニタリング機能（センサー、ウェアラブル端末、生体情報取得など）を付属したりするなど、次世代型造船用作業着の発想を含めて、拡張型パワーアシストスーツという大きな概念で開発に取り組む必要があるように考える。

なお、造船所での上向き作業については、本調査研究の成果を活かし、造船用パワーアシストスーツの開発が予定されているということであり、その成果が広く普及し、次なる段階につながっていくことを大いに期待する。

添付資料

- ・添付資料 1 造船所に対するパワーアシストスーツのニーズ調査結果
- ・添付資料 2 船殻及び艀装工程における作業姿勢の分析結果
- ・添付資料 3 作業姿勢別の一般的な負担低減対策
- ・添付資料 4 建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き
- ・添付資料 5 デモンストレーション時に配布した資料（プレス発表資料）

造船所に対するパワーアシストスーツのニーズ調査結果

社	優先順位	適用したい作業工程	全工程のうち左記作業が占める割合	左記作業の頻度	アシストスーツを適用したいと思う要因	その要因への現状の対応	アシストスーツ適用により期待できる効果
A社	①	外業・総組での上向き姿勢溶接（吊りピース溶接を含む）	外業・総組での溶接作業の内20%程度	毎日（4H程度）	溶接トーチ、コンジットに加え、吊りピース自体も重く、腕や腰への負担が大きいため	適正な姿勢で作業できるよう作業台を使用と適度な休憩。	負担低減により作業品質が上がることで、生産性と品質の向上が期待できる
	②	小組での人手による配材作業	小組での配材・取付け作業の内、30%程度	毎日（4H程度）	比較的軽量の部材（20kg以下）は人が配材するが、腰への負担が大きいため	台車やクレーンを使用して運ぶ。	作業者の負担低減と、クレーン待ち時間を無くすことによる効率向上
B社	①	切断、マーキング作業（鋼材）	5%	毎日8H×2	床面に向かってしゃがんだ作業が連続する	特に無し	腰痛発症者の削減
	②	屋外におけるブロック吊りピース類の上向き溶接作業	1%	毎日8H	上向きでの溶接は技術を要する上にトーチ等の重さもあり肉体的負担が大きい	現状は特に無し	疲労低減による効率向上
	③	足場材のハンドリング	3%	毎日8H	足場材は重量があり重機作業で連続作業ができない	適宜休憩を取っている	疲労低減による効率向上

社	優先順位	適用したい作業工程	全工程のうち左記作業が占める割合	左記作業の頻度	アシストスーツを適用したいと思う要因	その要因への現状の対応	アシストスーツ適用により期待できる効果
C社	①	ブロックを台上げした状態で下から上向きでピース等を取付・溶接する作業	大組での溶接作業での約5%程度	毎日	ピースを持ち上げ、溶接する際に腕・背中・腰への負担が大きい	休憩をとりながら作業している	負担低減による生産性向上が期待できる
	②	艀装工程でのインパクトレンチを使用した作業	艀装取付作業の5%程度	毎日	インパクトレンチの重さがあるため、腕・背中・腰への負担が大きい	休憩をとりながら作業している	同上
D社	①	組立での上向き溶接作業及び上向きGR作業		毎日作業	上向姿勢での腕、腰への負担が大きい	適度な休憩	負担低減による生産性向上
	②	ブラスト作業及びブラスト後のグリッド回収作業		毎日作業	ブラスト時の圧力(7KG)のホースで長時間投射する為の全身への負担 グリッド回収時には、常に中腰での作業となり腰への負担が大きい	適度な休憩	同上
	③	加工Gでのグラインダー作業		毎日作業	ブラケット類の2R処理のための中腰姿勢での長時間による腰への負担が大きい	適度な休憩	同上
	④	足場板の回収整備作業		毎日作業	足場材(板、腕木)等の回収にて作業者が仕分けを手作業で行っている為、腕、腰への負担が大きい	適度な休憩	同上

社	優先順位	適用したい作業工程	全工程のうち左記作業が占める割合	左記作業の頻度	アシストスーツを適用したいと思う要因	その要因への現状の対応	アシストスーツ適用により期待できる効果
D社	⑤	修繕での船底検査作業		不定期	修繕船での船底作業は、常に中腰で歩行する為に腰への負担大	適度な休憩	同上
E社1	①	大組での縦向き、上向き溶接作業	全工程の4割程度	毎日3~4時間程度	上向き・立向きでの溶接作業は溶接トーチやケーブルの重さもあり、腕・背中・腰への負担が大きい	60分間作業したら数分間の休憩をとっている	腕・背中・腰への負担が低減されれば作業員の疲労が和らぎ、工期短縮、生産性向上が期待できる
	②	大組での小物部材配材作業	全工程の2割程度	毎日1時間程度	腕、腰への負担が大きい	特になし	同上
	③	ブロック移動時太いワイヤー、シャックルを使用している玉掛け作業	全工程の1割程度	1~2日に1度程度	腕、足、腰への負担が大きい	特になし	同上
E社2	①	玉掛け・配材作業	全工程の1割程度	毎日8~9時間	玉掛け用具使用時・部材配材時に手足・腰への負担が大きい	1時間ほど作業をしたら手足・腰を伸ばす	手足・腰への負担が低減されれば疲労も和らぎ生産性向上が期待できる
	②	仮付け作業	全工程の4割程度	毎日8~9時間	部材移動時に手足・腰への負担が大きい	1時間ほど作業をしたら手足・腰を伸ばす	同上
	③	溶接作業	全工程の5割程度	毎日8~9時間	長時間かがみ込む姿勢で足・腰への負担が大きい	1時間ほど作業をしたら足・腰を伸ばす	同上
E社3	①	部材整理での小物仕分け作業	部材整理作業の中で50%以上	毎日6時間以上	小物部材の仕分けを手作業で行っているため作業者への負担が大きい	重いものは時間が掛かるし 怪我のリスクもある	手作業で仕分ける範囲が広いとかなり時間短縮できると考える

社	優先順位	適用したい作業工程	全工程のうち左記作業が占める割合	左記作業の頻度	アシストスーツを適用したいと思う要因	その要因への現状の対応	アシストスーツ適用により期待できる効果
E社4	①	板継ぎ場 RF 手直し	RF 作業の内 30%	毎日 5 時間	裏ビードの手直して上向きでの作業のため腰や首を痛める	休憩時腰を伸ばしている	長い裏ビードの手直し時連続作業ができる
	②	ブロック裏の吊環取り付け作業	ブロック溶接のうち 1%	取り付けありブロックの内 4 時間	上向き溶接で腰、腕、肩等の負担が掛かる	休憩時腰を伸ばしている	腕・背中・腰への負担が低減されれば作業員の疲労が和らぎ取り付け時間短縮になる
	③	一体前のカラープレートの配材	仮付け作業全体の 1%	配材前のブロックで 2 時間	部材を配っている時に疲れて来て手や足を挟む	部材を配りながら腰を伸ばす	腰の負担低減と手や足を挟むリスクが減る
E社5	①	大組での吊環上向き溶接作業	約 7%	2 日に 1 回程度 (8 時間)	疲労低減	椅子等で楽な姿勢	連続作業が可能となる
	②	アングル上向きグラインダー	10%程度	5 日に 1 回	疲労低減	なし	スピードアップと疲労低減

船殻工程における作業姿勢の分析結果

船殻工程						
工程		作業内容	上向き作業	立向き作業	中腰・しゃがみ込み作業	重量物の保持・運搬作業
水切り	鋼船着岸	着岸作業(係船作業)				
	資材陸揚げ	現物照合 ワイヤー玉掛け(型鋼) クレーン作業 バーコード貼り付け			○	
鋼材処理	仕分け	りん木セット クレーン操作 バーコード読み取り			○	
	鋼板投入	指示書(出庫表)との照合、消し込み クレーン作業				
	ショットブラスト プライマー塗布	プラスト装置操作 塗料補給 塗装置操作 膜厚検査(1日1回)				
切断(板材)	搬出	目視検査 帳票確認(自動印字との) クレーン作業				
	鋼板搬入	クレーン作業(現物の払い出し)				
	NC切断	部材の取り込み 鋼板位置決め 切断情報の指定、照合 NC操作 部材送り出し(整理定盤へ)				
	文字マーキング	図面読み マーキング				
	端材処理	ガス切断 スクラップボックス入れ			◎	○
	ブリッジ切断	ガス切断 グラインダー処理			◎	
	開先処理	ガス切断			◎	
	面取り(大物部材)	グラインダー処理			○	
	鋼板搬出	クレーン作業				
	小部材搬出	整理定盤で収集 クレーン作業(パレット上へ)				○
	スクラップ搬出	クレーン作業 トラックへの移し替え				
	パレットの移動・配材	フォークリフト作業				
面取り	面取り機操作	表面のグラインダー処理(1パス) 面取り機にかける			◎	◎
	面取りグラインダー	面取りグラインダーをかける			◎	
切断(型钢)	搬入	クレーン作業			◎	
	マーキング	図面読み、寸法取り、マーキング クレーン作業			◎	
	切断(ガス切断)	ガス切断 グラインダー処理			◎	
	搬出	クレーン作業(小物はパレット上へ)			◎	
ロンジ先付工程	鋼板搬入	クレーン作業				
	ロンジ配材・仮付け	クレーン作業、ホルダーに仮置き 仮付け装置操作 部材の送り出し				
	ロンジ溶接	ラインウェルター操作				
	目視検査	スラグ取り 掃除 目視検査				
パネル工程	歪矯正機	位置合わせ 矯正				
	パネル板継ぎ	クレーン作業(コンベアからの搬入) クレーン作業(ロンジ先付材の搬入) 面合わせ、仮付け 鋼板の位置合わせ、フラックスをまく 電極を開先に合わせる FCB操作 部材送り出し			◎	
	後処理	フラックスの処理 UT検査(終始端部) 手直し 搬出(コンベア)	◎		◎	
プレス曲げ	鋼板搬入	クレーン作業				
	曲げ型準備	木型準備 ユニバーサル治具準備(型取り)				○
	プレス曲げ	鋼板セット プレス機操作 曲りの確認				
線状加熱	鋼板搬出	クレーン作業				
	鋼板搬入	盤木のセット クレーン作業				
	線状加熱	曲げ型のセット、確認 ガス加熱、水冷却 ジャッキ			◎	
	鋼板搬出	クレーン作業				
型鋼曲げ	後処理	罫書きマーキング ガス切断			○	
	鋼板搬出	クレーン操作				
	搬入	クレーン作業				
	曲げ	ベンダー操作				
小組	後処理	ガス切断				
	搬出	クレーン作業				
	ベース板の配材	クレーン作業				
	大物部材の配材	クレーン作業				
	小物部材の配材	クレーン作業(パレットを吊る) パレットから取り出し				○
	仮付け	位置合わせ(クレーン、ハンマー) 仮付け			◎	
	本溶接	簡易自動台車操作 CO2半自動溶接 手直し		○	◎	
	歪取り	クレーン作業 背焼き		○	◎	
大組・総組・集申	検査	エアインジェクションテスト			◎	
	搬出	クレーン作業				
	ベース板の配材	曲り定盤 ビン治具の調整 クレーン作業				
	ベース板の板継ぎ	位置合わせ、仮付け 溶接			◎	
	大物部材の配材	クレーン作業				
	小物部材の配材	クレーン作業(パレットを吊る) パレットから取り出し				○
	仮付け	位置合わせ(クレーン、ハンマー) 仮付け			◎	
	本溶接	裏当て材の貼り付け 簡易自動台車操作 CO2半自動溶接 手直し	◎	◎	◎	
歪取り	線状加熱	◎	◎	◎		
先行艦装	検査	船級・オーナー検査 エアインジェクションテスト			○	
	搬入	クレーン作業 パレット内の配管を床面に拡げる				○
足場	取付		◎		◎	○
	溶接		◎		◎	
	足場材の搬入					○
吊りピース取付	足場の架設					○
	足場の解体	解体 搬出				○
	荷重試験					◎
取付	取付		◎		◎	
	溶接		◎		◎	

◎: 該当作業が繰り返し、集中的に行われる工程
○: 該当作業はあるが、一連の作業の中の一部として行われる工程

艀装工程における作業姿勢の分析結果

艀装工程							
工程		作業内容	上向き作業	立向き作業	中腰・しゃがみ込み作業	重量物の保持・運搬作業	
表面処理(プラスト工場)	ブロック搬入 プラスト準備	ブロック搬入					
		養生					
	プラスト処理	プラストホースの引き直し				◎	
		防護服等着用 プラスト打ち チェック・手直し 掃除(エアブロー、グリッド回収) 床面のグリッド回収				◎	
ブロック搬出	ブロック搬出						
表面処理(屋外、船内) 塗装(塗装工場、屋外)	ディスクサンダー		◎			◎	
	ブロック搬入	ブロック搬入		○	◎	◎	
	塗装準備	養生					
	塗装(1回目)	塗料準備(缶の開缶、攪拌)					
		塗装機準備					
		塗装(塗装機)	◎	○			
	検査	缶の処分					
		塗装機の洗浄					
	検査 塗装(2回目)	検査、手直し(タッチアップ)					
		塗料準備(缶の開缶、攪拌) ストライプコート(刷毛塗り)			○		
塗装(3回目)	塗料準備(缶の開缶、攪拌)						
	塗装機準備						
検査 塗装(4回目)	塗装(塗装機)	◎	○				
	缶の処分						
検査 ブロック搬出	塗装機の洗浄						
	検査、手直し(タッチアップ)						
船装(居住区)	居住区ブロックの層状組立	ブロック搭載					
		位置決め、仮付け				◎	
	歪取り	溶接				◎	
		ガス加熱、水冷却	○	○		◎	
	配管	管搬入、パレットから取り出し				○	
		取付場所へ移動					
	鉄艦	管取り付け					
		資材搬入				○	
	電装	位置決め、仮付け				○	
		溶接		○		○	
デッキコンポジション	電路取付		○				
	電線敷設	○	○				
内装	電装品の据え付け						
	材料持ち込み				○		
仕上げ塗装	床面流し込み				○		
	スタッドピン打ち	○	○				
係船機取付	断熱材張り	○	○				
	壁						
ハッチコーミング取付	家具据え付け						
	装置配材						
ハッチカバー取付	計測、据え付け						
	運転・調整				◎		
その他、鉄艦品取付	ハッチコーミング搭載				◎		
	計測、取り付け				◎		
配管	溶接		○				
	タイティングバー調整						
機装	ハッチカバー搭載						
	運転調整						
機装	運搬調整						
	漏洩テスト						
機装	装置配材				○		
	計測、据え付け						
機装	運転・調整						
	管搬入、パレットから取り出し				○		
機装	取付場所へ移動				○		
	管取り付け	○	○	○	○		
機装	鉄艦	資材搬入			○		
	位置決め、仮付け				○		
機装	溶接	○	○	○			
	機器の据え付け						
機装	機器搬入						
	ボーリング						
機装	据え付け						
	運転調整						
機装	海上公試						
	電路金物の取付	配材	○	○	○		
機装	配線	溶接	○	○	○		
	電装品の取り付け	電線の搬入	○	○	○		
機装	電装品の搬入	取付					
	電線導入						
機装	線端処理、結線						
	調整・試運転	運転調整					
機装	海上公試						
	鋼管搬入	鋼管搬入					
機装	管加工機	その他資材(フランジ、スリーブ等)搬入					
	管の製作(手動)	管加工情報の指定					
機装	パイプベンダーによる曲げ						
	管の玉掛け、セット						
機装	マーキング						
	切断、グラインダー						
機装	仮付け、溶接						
	仕上げ						
機装	目視検査						
	耐圧・気密検査						
機装	X線検査						
	搬出	パレットイング					
機装	表面処理の品出し				◎		
	サポート類の取り付け	資材(サポート、バンド)の搬入	○	○	○		
機装	サポートの位置決め、仮溶接		○	○	○		
	サポートの溶接		○	○	○		
機装	管搬入	クレーン作業(パレットを吊る)			○		
	管取り付け	パレットから取り出し			○		
機装	取付場所へ移動				○		
	管取り付け		○	○	○		
機装	現場合わせ管(ドック内)	計測					
	切断(ガス切断)						
機装	フランジを仮付け						
	管工場へ搬出						
機装	仕上げ						
	船内取り込み						
機装	取付						
	計測管(ドック内)	計測、データ転送					
機装	船内取り込み						
	取付						
機装	検査	耐圧テスト					

◎：該当作業が繰り返し、集中的に行われる工程

○：該当作業はあるが、一連の作業の中の一部として行われる工程

作業姿勢別の一般的な負担低減対策

作業姿勢	姿勢要素	障害リスク	一般的対策
上向き・立向き 姿勢	上腕の拳上姿勢	肩・腕の筋肉、 関節、腱などの 痛みや障害	作業者と作業対象の位置関係 作業対象を低くする 作業者を高くする（踏み台など） 工具・治具の適用、改善 工具の延長 工具の軽量化、サポート グリップ等の改善
	長時間の立位姿 勢	腰痛などの腰の 障害 下肢の血流の障 害 足の痛みや障害	時間、休憩の管理 上体の前傾、ひねり、傾斜、腕の拳上、首の姿 勢等を最適化する。 椅坐位で作業可能にする 姿勢の転換を可能にする
中腰・しゃがみ 込み姿勢	前傾姿勢	腰痛などの腰の 障害	作業者と作業対象の位置関係 作業対象を高くする 作業対象を近づける 椅坐位で作業可能にする 作業者を低くする(ピット) 工具・治具の適用、改善 工具の延長
	蹲踞・中腰姿勢	腰痛などの腰の 障害 膝関節の痛みや 障害 足の痛みや障害	作業者と作業対象の位置関係 作業対象を高くする 作業対象を近づける 椅坐位で作業可能にする 作業者を低くする 工具・治具の適用、改善 工具の延長 姿勢を転換できるようにする
重量物の保持・ 運搬姿勢	重量物の運搬姿 勢	腰痛などの腰の 障害 肩・腕・手の筋 肉、関節、腱な どの障害	重量、頻度の管理 作業者と作業対象の位置関係 作業対象の高さを最適化する 作業対象を近づける 対象物を置く向き の改善 グリップの改善、グリップのための治具運搬の 高さの差（段差など）を小さくする

建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き

国立大学法人東京大学
一般財団法人日本船舶技術研究協会

はじめに

近年、介護、物流、農業、建設業界等で既にロボットスーツの開発・利用が始まっている。少子高齢化が進む我が国にとって、減少する労働力に対するロボットによる補完、肉体的負担の低減とそれに伴う高齢者や女性の職域拡大支援等が期待されている。

ロボットスーツには、人の出力を2～3倍に高めるパワーエンハンスドスーツと姿勢維持や肉体的負担を低減するための器具としてのパワーアシストスーツに大別できるが、後者については、比較的安価であること、力をアシストするだけなので安全性が高いこと等のメリットがあり、作業現場への導入はより早く進むものと考えられている。

造船現場では、NC切断機、自動溶接、クレーンなど機械化された作業がある一方で、溶接、加熱、切断、研削など、人が上向き姿勢、立向き姿勢及び中腰・しゃがみ込み姿勢で行う作業や、部材や配管の仕分けなど人が持てる程度の重量物の保持・運搬作業があるため、これらの作業工程にパワーアシストスーツを適用することにより、作業者の労働負担を低減することはもちろんのこと、作業効率や品質向上につながる可能性があると思われる。

そこで、2014年度日本財団助成事業として「造船所における作業効率向上化を目的としたパワーアシストサポーターの実証実験及び指針の策定—造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究—」を実施し、本調査研究を通して得られた成果を踏まえ、世界に先駆けて各造船所がパワーアシストスーツを円滑に試導入できるよう、パワーアシストスーツの適用が可能と思われる作業姿勢・工程、適用するパワーアシストスーツに必要な要件及び作業者が注意すべき事項等をまとめた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き（本手引き）」を作成することとした。

特にここ数年においては、介護、物流、農業、建設業界等向けに様々なパワーアシストスーツが発表されてきており、我々が調査したなかでは既に商品化済（予定を含む）のものとして、参考に示すようなものがある。今後、これら以外にも各種様々なパワーアシストスーツが発表される可能性が高い。特に、2015年度には日本船舶技術研究協会において造船現場での上向き作業に使用することができるパワーアシストスーツを開発する予定となっているところ。したがって、今後は造船所においてもパワーアシストスーツの試用や導入の検討が進むものと考えられる。そこで、造船所でパワーアシストスーツを試用する際に参照可能な指針を以下のとおりまとめた。

アシスト可能な建造工程

パワーアシストスーツの適用が想定される作業は、上向き・立向き作業、中腰・しゃがみ込み作業、重量物の保持・運搬作業であり、パワーアシストスーツの適用が可能と思われる作業・工程と各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプは次のとおりである。

■上向き・立向き作業

上向き・立向き作業については、上向き溶接（吊りピース、板継ぎ裏直し）、上向き研削（板継ぎ裏直し）、上向きガウジング（板継ぎ裏直し）、上向き加熱、上向き塗装のように、上腕を高く上げることにより腕や肩に負担がかかったり、立向き溶接（吊りピース）や立向きでの加熱や塗装のように、工具を持って立向きで作業することにより腕に負担がかかるため、腕や肩への荷重を体幹に伝達・分散させるようなパワーアシストスーツ（腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつもの）の適用が考えられる。

■中腰・しゃがみ込み作業

中腰・しゃがみ込み作業については、マーキング、切断、加熱、研削、溶接・仮付けのように中腰やしゃがみ込み姿勢が続くことで腰に負担がかかるため、自身の体重を腰や膝に長時間負担させずに、分散させるようなパワーアシストスーツ（腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつもの）の適用が考えられる。なお、現状では作業中の移動の多さや現場の足場環境の悪さなどから機械的なパワーアシストスーツの適用は難しいと思われる。

■重量物の保持・運搬作業

重量物の保持・運搬作業については、部材仕分け、卓上型機を用いた研削、配材、配管（仕分け、加工）、ブラスト、足場材運搬（大組）のような人が持てる程度の重量物を保持したり繰り返し運搬したりすることで腰に負担がかかるため、前屈から起き上がる際に力を補助してくれるパワーアシストスーツ（腰にかかる負担を低減する機能をもつもの）の適用が考えられる。

アシストスーツの要件

上記の作業・工程にパワーアシストスーツを適用する場合、作業者の労働負荷及びリスクを低減するために、当該パワーアシストスーツに必要な要件は次のとおりである。今後、各種パワーアシストスーツが開発されていくものと思われるが、その建造工程への試用を検討するにあたっては以下の要件を可能な限り満足するものを選択することが望ましい。なお、現状において下記全ての要件を満足するパワーアシストスーツは存在しない。したがって下記要件を満足するための何らかの代替措置の検討・実施等が極めて重要である。

■素材についての要件

- ・通気性の良い素材を使用していること

【理由】 熱中症防止のため。

- ・燃えない（燃えにくい）素材を使用していること

【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが発火し火災にならないようにするため。作業者が火傷しないため。

- ・溶けない（溶けにくい）素材を使用していること

【理由】 高温物との接触がある作業で使用する場合にパワーアシストスーツが変形し作業姿勢が保持できなくならないようにするため。作業者が火傷しないため。

■構造についての要件

- ・可能な限り軽量であること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため。

- ・可能な限り薄型化（コンパクト化）されていること

【理由】作業者の転倒及び衝突防止のため。装着したまま一連の作業に支障をきたさないため。作業等に支障を来さないため。

- ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること

【理由】作業者の怪我防止のため。

- ・稼働部に異物が入らない（入りにくい）構造であること

【理由】動作不良防止のため。

- ・工具の重量、振動、反力等に耐えられる強度や安定性をもったもの（不意にアシストが外れないもの）であること

【理由】作業者の怪我防止のため。

■装着性についての要件

- ・着脱が容易であること

【理由】パワーアシストスーツが引火した場合直ぐに脱衣するため。休憩時など作業時間外は熱中症対策として装着しないため。

- ・作業者の体型にあったサイズ調整ができるものであること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため。作業者が無理な姿勢をとることを防ぐため。

- ・安全帯その他作業者が身につける安全器具の機能に影響を及ぼさないものであること

【理由】安全を優先させなければならないため。

- ・身体と隙間なく装着できること（火気使用の場合）

【理由】高温物との接触がある作業で使用する場合に作業者が火傷しないため。

- ・可能な限り装着による身体への強い圧迫や締めつけがないものであること

【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため。

■操作性についての要件

- ・作業者の操作によりアシスト機能のオン・オフができること（動力型の場合）

【理由】不要なアシストによる事故および怪我防止のため。

- ・作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること（動力型の場合）

【理由】不要なアシストにより生じる事故および体への負担防止のため。

- ・アシストできる角度・姿勢（範囲）が作業内容（範囲）に応じて適切であること

【理由】作業者が無理な姿勢を取ることを防ぐため。

- ・アシスト機構の固定が簡単に外せること

【理由】転倒、衝突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため。

- ・作業時以外は自由に動ける機構をもつこと

【理由】転倒、衝突、飛来・落下の際などに作業者がとっさの行動をとれるようにするため。

作業者が注意すべき事項

パワーアシストスーツが上記全ての要件を満たすことは難しいため、また仮に全ての要件を満足するパワーアシストスーツが開発されたとしても、より一層の安全性を確保するために、当該スーツを装着する作業者が注意すべき事項は次のとおりである。

■装着に関する注意事項

- ・ 事前にアシストスーツに慣れておくこと
【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため。
- ・ 事故時・緊急時への対処を想定しておくこと
【理由】アシストスーツを装着することで体の動きが制限されるため。
- ・ アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること
【理由】身体の他の部位へ負担を発生させないため。

■リスク回避のための注意事項

- ・ 夏季などの高温多湿時は作業時以外はアシストスーツを装着しないこと
【理由】熱中症防止のため。
- ・ 火気を使用する場合など必要な場合にはアシストスーツの上から保護具を着用して作業すること
【理由】火災にならないため。作業者が火傷しないため。アシストスーツの動作不良防止のため。
- ・ 動力型アシストスーツであってその機能が不要な場合は必要に応じてスイッチを切る又はスーツを脱ぐこと
【理由】作業時に支障を来たさないため。不要なアシストによる事故および怪我防止のため。

おわりに

本手引きは、2014年度において実施した調査結果に基づいて策定したものである。とりまとめにあたっては、造船現場・工程管理の観点からの評価、労働科学・人間工学的観点からの労働負荷低減評価、船舶海洋工学的観点からのリスク低減評価など、専門家のご意見を踏まえているものであり、造船現場でパワーアシストスーツを試用する際には是非参考としていただきたい。

一方、パワーアシストスーツの開発は日進月歩であり、本指針については、パワーアシストスーツの開発状況を十分踏まえつつ、不断の見直しを行っていくことが必要不可欠であることとともに、パワーアシストスーツの造船現場への試導入にあたっては、作業者の安全確保を大前提に考える必要があることを改めて申し添える。

商品化済（予定を含む）のパワーアシストスーツ

上向き・立向き作業用（五十音順）	
パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>腕上げ作業補助器具／農研機構、(株) ニッカリ</p> <p>https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/brain/054447.html (2015年6月12日)</p> <p>作業者の腰に装着する作業ベルト、腕を載せるための腕受け部、それらを接続する連結機構から構成され、モーター等の動力やバネ等の弾性部材を用いない簡易な機構。軽量でコンパクト。腕を上げた状態を保持する作業においては、能率を落とさず作業負担を軽減する。装着方法は、腰に作業ベルトを締め、腕受け部のバンドを留めるだけ。連結機構は腕受け部の回転中心から放射状に広がった溝部材と爪部材を備えており、作業者が肘を体の内側に寄せることで溝と爪が噛み合うため、任意の高さで腕が支えられる。腕を下ろしたいときは、肘を体の外側に開くことで溝と爪が外れ、腕を自由に上げ下げすることができる。重量約 1.5kg。</p>	
<p>ラクベスト／(株) クボタ</p> <p>http://www.inouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist_suit/ (2015年6月12日)</p> <p>リュックサック感覚で装着可能。簡単な腕の動きで角度の固定と解除。腕とスーツの重量を胴体で支えるので肩に負担がかからない。</p> <p>重量 3.8kg。</p> <p>アーム保持荷重 4.5kg ※腕の重さ含む</p> <p>アーム作動角度 -90度（下側）～90度（上側）</p> <p>アーム最大開き角度 180度</p> <p>ロック設定可能位置 -90（下側）～90（上側）任意</p> <p>上腕長さ調整範囲 60mm</p> <p>肩幅調整範囲 120mm（左右各 60mm）</p>	
中腰・しゃがみ込み作業用	
パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>スマートスーツ／北海道大学田中孝之研究室、(株) スマートサポート</p> <p>http://smartsupport.co.jp/?page_id=424 (2015年6月12日)</p> <p>機械的な動力を用いず、弾性体（ゴム）の張力だけで軽労化効果を発生させるため、安価で優れた着心地と高い安全性が特徴。つらい中腰姿勢の維持や重量物の持ち上げ等のかがみ込み時に弾性体が作用し、上半身を引き起こす筋力補助と腹部を引き締め体幹を安定化させる2つの補助効果が適切に発揮される（アシスト効果+コルセット効果）。現在、試験販売しているスマートスーツは、背筋（脊柱起立筋）の筋発揮力をスマートスーツを着用することで 25%軽減するよう設計している。イン型とアウト型の2種類がある。</p>	

重量物の保持・運搬作業用（五十音順）	
パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>AWN／アクティブリンク（株）</p> <p>http://activelink.co.jp/wp-content/uploads/2014/12/AWN_leaflet.pdf（2015年6月12日）</p> <p>荷物の持ち上げを補助するモードや、上体を保持して荷物の搬送を補助するモードなど、腰部の位置センサで 検出した姿勢や動きから、自動で動作モードを切り替えるアルゴリズムを新規で開発。使用者がスイッチ操作することなく、作業に追従して AWN のアシストモードが切り替わる。重量は 7kg 台（バッテリーを除く）。</p> <p>アシスト力： 15kgf（モータ 2 個） 稼働時間： 約 150 分（リチウムイオンバッテリー 1 個） アシストモード： 3 種類（持ち上げ、中腰姿勢保持、アシストオフ（歩行時）） アシスト力： 15kgf（モータ 2 個）</p>	
<p>作業支援用 HAL／CYBERDYNE（株）</p> <p>http://www.cyberdyne.jp/products/Lumbar_LaborSupport.html（2015年6月12日）</p> <p>http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140930_PR.pdf（2015年6月12日）</p> <p>人が体を動かすときに脳から筋肉へ送られる信号、“生体電位信号”を読みとってその信号の通りに動く。物を持ち上げる、動かすなどの重作業で腰椎、椎間板にかかる負荷の軽減を科学的に実証し、より腰部への負担を軽減できる機能を実現。バッテリー駆動であるため、使用場所の制限を受けずに、様々な場所で使用できる。コンパクトな軽量モデル（約 3.0kg）であるため、重作業でない場合でも装着したまま長時間作業を行える。自力で持てないほどの大きな力はないように制御するので安全。作業現場での労働環境改善や労働災害防止への活用が期待される。重量約 3.0kg（バッテリー込）。</p> <p>適用身長（目安）140~180cm 適用体重（目安）40~80kg 腹囲 120cm 以下、骨盤幅 39cm 以下、大腿中間囲 80cm 以下 電源 専用バッテリー（リチウムポリマー） 駆動時間 約 3 時間 充電時間 約 45 分 動作環境 0~30℃</p>	

重量物の保持・運搬作業用（五十音順）	
パワーアシストスーツ名 及び 主な仕様	写真
<p>農作業向けアシストスーツ／和歌山大学八木栄一研究室、(株)ニッカリ http://www.wakayama-u.ac.jp/~eyagi/roboticslab/asist.html (2015年6月12日) http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai3/siryou2-3.pdf (2015年6月12日)</p> <p>持ち上げ・中腰動作時に腰関節をアシスト。電動モータの力で最大 10kg 分をアシスト。歩行動作時に股関節をアシスト。電動モータ使用し装着者が出せる範囲に力を制限。フットスイッチと股関節角度信号を用いて歩行動作意図を推定し歩行動作をアシスト。手袋スイッチと股関節角度信号を用いて持ち上げ・中腰の動作意図を推定し持ち上げ・中腰動作をアシスト。</p> <p>1回の充電で約 2 時間稼働。屋外作業を想定し IP3 相当の防水。 重量 6.2kg、バッテリー 0.8kg。</p>	
<p>マッスルスーツ／東京理科大学小林宏研究室、(株)イノフィス http://innophys.jp/ (2015年6月12日)</p> <p>コンプレッサ、もしくはタンクから圧縮空気を人工筋肉に供給。腰補助では、下半身に対して上半身を起こし、下半身と上半身がまっすぐになるようにする。前傾姿勢からでもしゃがんだ状態からでも、腰を使う作業では大幅に腰への負担が軽減される。(しゃがんだ状態からの場合は、足の筋力補助にもなる)</p> <p>重量：標準モデル：5.5kg 高圧ガスボンベ：1.5kg (1.5 リットル) 駆動源 圧縮空気 (アクチュエータ用)、バッテリー (電気回路用) アクチュエータ McKibben 型人工筋肉：標準モデル：4 本 アシスト力 標準モデル：最大 30kg (120Nm) アシスト部位 腰 使用環境温度 5℃～35℃ 適用身長 150cm～185cm インタフェース 呼気スイッチ、加速度スイッチ、タッチスイッチ</p>	

注) 上記記載内容は全て公式ホームページ等から抜粋したものであり、各パワーアシストスーツの詳細については関係のホームページ等をご確認下さい。

造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性 に関する調査研究 成果概要



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

／日本船舶技術研究協会



1

調査研究の背景及び概要

【背景】

近年、介護、物流、農業、建設業界等で既にパワーアシストスーツ(ロボットスーツ)の開発・利用が始まっている。少子高齢化が進む我が国にとって、減少する労働力に対するロボットによる補完、肉体的負担の低減とそれに伴う高齢者や女性の職域拡大支援等が期待されている。

そのため、国立大学法人東京大学では、日本財団の助成を受け、パワーアシストスーツの造船現場への適用に向けた課題を産官学連携しながら調査・研究し、高齢者や女性等労働力の一層の活用等、労働力人口減少の時代への対応をいち早く図るとともに、造船現場をより洗練された魅力ある職場にしていこうとすることを目的として本研究を実施した。なお、本研究の推進にあたり、事務局を(一財)日本船舶技術研究協会に置くとともに、協会内に「造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究委員会」を設置した。委員構成(敬称略)は以下のとおり。

- 委員長 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授 青山和浩
- 委員 (国研)海上技術安全研究所 構造基盤技術系 基盤技術研究グループ 主任研究員 松尾宏平
(国研)海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ 主任研究員 石村恵以子
(公財)労働科学研究所 研究部 主任研究員 鈴木一弥
ジャパンマリンユナイテッド(株) 技術研究所 生産技術研究グループ 主幹 篠原紀昭
住友重機械マリンエンジニアリング(株) 製造本部 工作部 計画グループ スタッフ 乗富賢蔵
常石造船(株) 常石工場 建造部 部長 磯田裕秀
(株)名村造船所 執行役員 船舶海洋事業本部 製造本部 本部長 牧原一昭
三井造船(株) 船舶・艦艇事業本部 千葉造船工場 管理部 技術開発グループ 桂田真充
- 関係者 (国研)海上技術安全研究所 海洋リスク評価系 リスク解析研究グループ 主任研究員 木村新太
(一社)日本造船工業会 技術部 課長 棟近英功
- 関係官庁 国土交通省 海事局 船舶産業課 専門官 松本友宏
- 事務局 (一財)日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット長 松尾真治
(一財)日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット チームリーダー 井下 聡

【調査研究の概要】

造船所におけるパワーアシストスーツのニーズ調査、現在開発中・商品化されているスーツの実態調査や造船所での試行、さらには建造工程にスーツを適用した場合における作業者の労働負荷低減評価や安全性評価等を通じ、建造工程へのスーツの適用可能性の検討を行い、最終的には、各作業に適するスーツのタイプを整理するとともに、建造工程で試行することを念頭に、スーツに必要な要件、作業者が注意すべき事項等を取り纏めた「建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き」を作成した。

現在開発中・商品化されている主なパワーアシストスーツ(1)

(※造船用に開発・商品化されたものではないことに留意。以下の記述は関連のホームページ等からの引用)

■上向き・立向き作業用(五十音順)

・腕上げ作業補助器具／農研機構、(株)ニッカリ

作業者の腰に装着する作業ベルト、腕を載せるための腕受け部、それらを接続する連結機構から構成され、モーター等の動力やバネ等の弾性部材を用いない簡易な機構。軽量でコンパクト。腕を上げた状態を保持する作業においては、能率を落とさず作業負担を軽減する。

(出典https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/brain/054447.html (2015年6月12日)より)



・ラクベスト／(株)クボタ

リュックサック感覚で装着可能。簡単な腕の動きで角度の固定と解除。腕とスーツの重量を胴体で支えるので肩に負担がかからない。

(出典http://www.jnouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist_suit/ (2015年6月12日)より)



■中腰・しゃがみ込み作業用

・スマートスーツ／北海道大学 田中孝之研究室、(株)スマートサポート

機械的な動力を用いず、弾性体(ゴム)の張力だけで軽労化効果を生じさせるため、安価で優れた着心地と高い安全性が特徴。つらい中腰姿勢の維持や重量物の持ち上げ等のがみ込み時に弾性体が作用し、上半身を引き起こす筋力補助と腹部を引き締め体幹を安定化させる2つの補助効果が適切に発揮される(アシスト効果+コルセット効果)。現在、試験販売しているスマートスーツは、背筋(脊柱起立筋)の筋発揮力をスマートスーツを着用することで25%軽減するよう設計している。

(出典http://smartsupport.co.jp/?page_id=424 (2015年6月12日)より)



現在開発中・商品化されている主なパワーアシストスーツ(2)

(※造船用に開発・商品化されたものではないことに留意。以下の記述は関連のホームページ等からの引用)

■重量物の保持・運搬作業用(五十音順)

・AWN／アクティプリンク(株)

荷物を持ち上げを補助するモードや、上体を保持して荷物の搬送を補助するモードなど、腰部の位置センサで検出した姿勢や動きから、自動で動作モードを切り替えるアルゴリズムを新規で開発。使用者がスイッチ操作することなく、作業に追従してAWNのアシストモードが切り替わる。重量は7kg台(バッテリーを除く)

(出典http://activeblink.co.jp/wp-content/uploads/2014/12/AWN_leaflet.pdf (2015年6月12日)より)



・作業支援用HAL／CYBERDYNE(株)

人が体を動かすときに脳から筋肉へ送られる信号、“生体電位信号”を読みとってその信号の通りに動く。物を持ち上げる、動かすなどの重作業で腰椎、椎間板にかかる負荷の軽減を科学的に実証し、より腰部への負担を軽減できる機能を実現。バッテリー駆動であるため、使用場所の制限を受けずに、様々な場所で使用できる。コンパクトな軽量モデル(約3.0kg)であるため、重作業でない場合でも装着したまま長時間作業を行える。自力で持てないほどの大きな力を出ないように制御するので安全。

(出典http://www.cyberdyne.jp/products/Lumbar_LaborSupport.html (2015年6月12日)、

http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140930_PR.pdf (2015年6月12日)より)



・農作業向けアシストスーツ／和歌山大学 八木栄一研究室、(株)ニッカリ

持ち上げ・中腰動作時に腰関節をアシスト。電動モータの力で最大10kg分をアシスト。歩行動作時に股関節をアシスト。電動モータ使用し装着者が出せる範囲に力を制限。フットスイッチと股関節角度信号を用いて歩行動作意図を推定し歩行動作をアシスト。手袋スイッチと股関節角度信号を用いて持ち上げ・中腰の動作意図を推定し持ち上げ・中腰動作をアシスト。

(出典<http://www.wakayama-u.ac.jp/~eyagi/roboticslab/asist.html> (2015年6月12日)、

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/dai3/siryou2-3.pdf> (2015年6月12日)より)



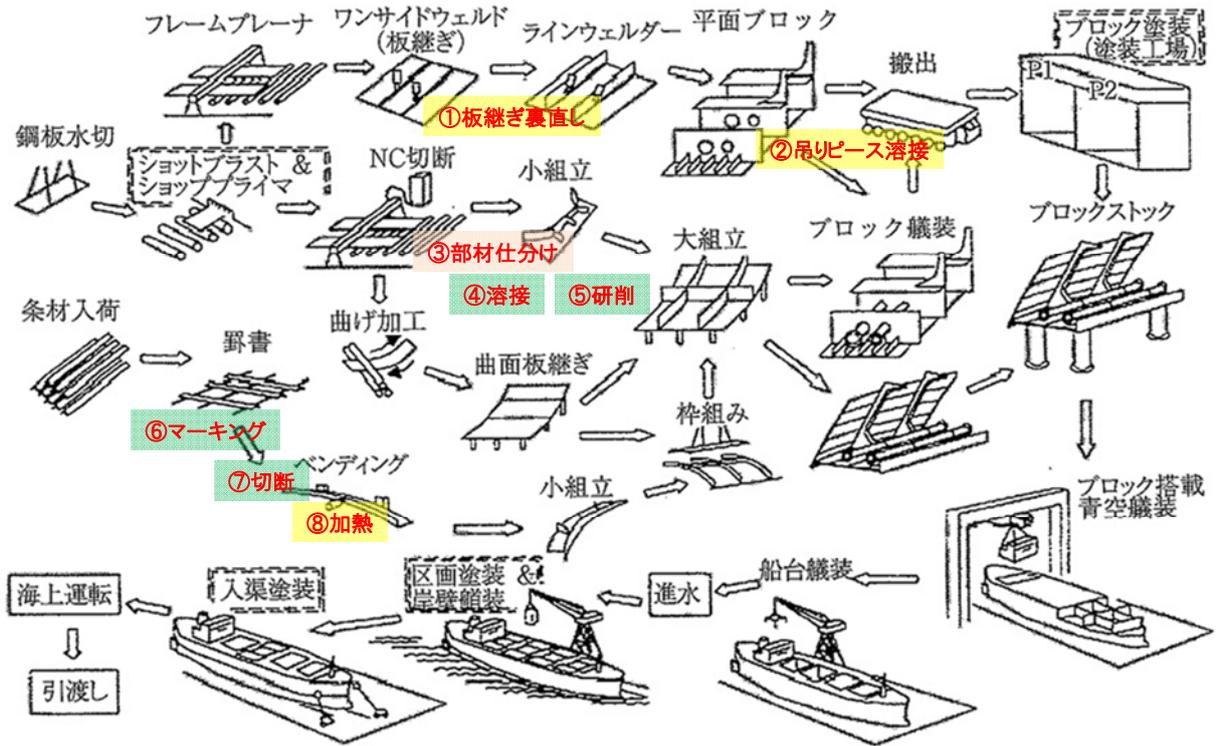
・マッスルスーツ／東京理科大学 小林宏研究室、(株)イノフィス

コンプレッサ、もしくはタンクから圧縮空気を人工筋肉に供給。腰補助では、下半身に対して上半身を起こし、下半身と上半身がまっすぐになるようにする。前傾姿勢からでもしゃがんだ状態からでも、腰を使う作業では大幅に腰への負担が軽減される。(しゃがんだ状態からの場合は、足の筋力補助にもなる)

(出典<http://innophys.jp/> (2015年6月12日)より)



鋼船の建造工程(概略)



(出典：船舶海洋工学シリーズ⑨造船工作法(成山堂書店)より) 5

各作業・工程に適するパワーアシストスーツのタイプ

作業分類	建造工程	パワーアシストスーツのタイプ
上向き作業	溶接(①板継ぎ裏直し、②吊りピース) ガウジング(①板継ぎ裏直し) 研削(①板継ぎ裏直し) 加熱 塗装	①板継ぎ裏直し ②吊りピース溶接
立向き作業	⑧加熱 溶接(吊りピース) 塗装	④溶接 ⑧加熱
中腰・しゃがみ込み作業	④溶接・仮付け ⑤研削 ⑥マーキング ⑦切断 加熱	⑤研削 ⑥マーキング ⑦切断
重量物の保持・運搬作業	③部材仕分け 卓上型機を用いた研削(面取り) 配材 配管(仕分け、加工、設置) プラスト 足場材運搬(大組)	③部材仕分け

建造工程でのパワーアシストスーツ試用に関する手引き(概要)

■パワーアシストスーツに必要な要件

【素材】

- ・通気性の良い素材を使用していること
- ・燃えない(燃えにくい)素材を使用していること
- ・溶けない(溶けにくい)素材を使用していること

【構造】

- ・可能な限り軽量であること
- ・可能な限り薄型化(コンパクト化)されていること
- ・破損時に作業者を負傷させない対策がとられていること
- ・稼働部に異物が入らない(入りにくい)構造であること
- ・工具の重量、振動、反力等に耐えられる強度や安定性をもったもの(不意にアシストが外れないもの)であること

【装着性】

- ・着脱が容易であること
- ・作業者の体型にあったサイズ調整ができるものであること
- ・安全帯その他作業者が身につける安全器具の機能に影響を及ぼさないものであること
- ・身体と隙間なく装着できること(火気使用の場合)
- ・可能な限り装着による身体への強い圧迫や締め付けがないものであること

【操作性】

- ・作業者の操作によりアシスト機能のオン・オフができること(動力型の場合)
- ・作業者の動作とアシストのタイミングが適切であること(動力型の場合)
- ・アシストできる角度・姿勢(範囲)が作業内容(範囲)に応じて適切であること
- ・アシスト機構の固定が簡単に外せること
- ・作業時以外は自由に動けるものであること

■作業者が注意すべき事項

※現状において、左記要件を全て満足するパワーアシストスーツは存在しない。したがって、左記要件の代替措置の検討・実施等に加え、作業者は、以下に示す注意すべき事項を徹底することが重要。

【装着に関する注意事項】

- ・事前にアシストスーツに慣れておくこと
- ・事故時・緊急時への対処を想定しておくこと
- ・アシストスーツを自分の体型にあわせて調整すること

【リスク回避のための注意事項】

- ・夏季などの高温多湿時は作業時以外はアシストスーツを装着しないこと
- ・火気を使用する場合など必要な場合にはアシストスーツの上から保護具を着用して作業すること
- ・動力型アシストスーツであってその機能が不要の場合は必要に応じてスイッチを切る又はスーツを脱ぐこと

7

調査研究のまとめ(今後の対応方針等)

■上向き・立向き作業

腕や肩にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、火気対策、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒上向き・立向き作業の負担低減については、造船所のニーズも高く、農業用に既に市販されているスーツもあること等から、造船用スーツ開発に必要な詳細な技術要件を詰めた上で、短期的に造船現場での上向き作業用アシストスーツの開発が可能。

⇒[2015年度から\(一財\)日本船舶技術研究協会にて開発に取り組む予定。](#)

■中腰・しゃがみ込み作業

腰や膝にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、火気対策、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒現状において、造船所における中腰・しゃがみ込み作業の抜本的解決策となりうるパワーアシストスーツは存在しない。

⇒他分野における関連の研究開発動向も注視しつつ、造船用の中腰等作業用アシストスーツを開発する場合には中長期的な検討が必要。

■重量物の保持・運搬作業

腰にかかる負担を低減する機能をもつスーツの適用が想定される。ただし、造船現場への適用にあたっては、安全器具への影響排除、夏場の暑さ対策等が必要。

⇒現状において、建設現場など造船用以外で重量物(20~30kg)の保持・運搬用のアシストスーツの開発が多方面で進められており、そのまま利用できる可能性も高いことから、短期的に造船に特化した重量物用アシストスーツ開発の必要性は乏しい。

⇒一方で、超重量物(50kg超)を保持・運搬可能な造船用アシストスーツの開発にあたっては、造船工程の抜本的見直しとセットでの検討が必要。

⇒他分野における関連の商品開発・研究開発の動向も注視しつつ、造船用の重量物用アシストスーツを開発する場合には、中長期的な検討が必要。

Supported by  日本財団 THE NIPPON FOUNDATION

この報告書は、日本財団の助成金を受けて作成しました。

造船所における作業効率向上化を目的とした
パワーアシストサポーターの実証実験及び指針の策定
—造船所へのパワーアシストスーツ適用可能性に関する調査研究—
報告書

2015年（平成27年）6月発行

発行者：東京大学大学院 工学系研究科

システム創成学専攻 教授 青山 和浩

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

TEL/FAX: 03-5841-6504 Mail: aoyama@sys.t.u-tokyo.ac.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。



