

造船現場における上向きアシストスーツ導入に係る
安全性評価等の技術的調査研究

報告書

平成 30 年 3 月

一般財団法人日本船舶技術研究協会

目 次

1. 調査研究の目的	1
2. 調査研究委員会の活動報告	2
3. 造船現場での上向き作業用アシストスーツ導入に関する調査	3
4. 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針	25
5. 造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引き	25
6. おわりに	25

【別紙】

別紙 1 プロフィール調査用紙	29
別紙 2 疲労部位調査用紙	31
別紙 3 本調査用紙	33
別紙 4 事後調査用紙	39
別紙 5 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針	41
別紙 6 造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引き	43

【付録】

付録 1 ラチェット式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告	47
付録 2 電磁ブレーキ式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告	59
付録 3 気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告	69

概 要

本調査研究では以下の業務を実施した。

1. 造船現場での上向き作業用アシストスーツ導入に関する調査

造船現場で3種類の上向き作業用アシストスーツをモニター利用することにより、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感について、2017年11月下旬から2018年2月下旬までの延べ約3ヶ月間に亘り調査を実施した。

2. 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針

各モニター企業での現場調査の分析結果、2014年度日本財団助成事業において作成された手引き、全国造船安全衛生対策推進本部が公表している「造船業重大災害100の事例」やJIS B 8456-1:2017「生活支援ロボットー第1部：腰補助用装着型身体アシストロボット」等の文献調査の結果などをもとに、造船作業者が安心して上向き作業用アシストスーツを造船作業に使用するために、上向き作業用アシストスーツを使用した造船作業において考えられるリスクに対し、どうすればそのリスクをなくす、あるいは低減することができるかを考慮し、開発メーカーが満たすことが望ましい要件を整理し、造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針として取りまとめた。

3. 造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引き

各モニター企業での現場調査の分析結果、2014年度日本財団助成事業において作成された手引き、全国造船安全衛生対策推進本部が公表している「造船業重大災害100の事例」やJIS B 8456-1:2017「生活支援ロボットー第1部：腰補助用装着型身体アシストロボット」等の文献調査の結果などをもとに、造船現場で安全に上向き作業用アシストスーツが利用できるよう、利用者に向けた注意事項を作業順に整理し、造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引きとして取りまとめた。

4. 専門家による検討委員会の設置

本調査研究の実施にあたっては、産学官連携した「上向きアシストスーツ導入に係る技術的調査研究委員会」を当協会内に設置し、造船現場での調査手法の決定、調査結果の評価、安全に係る開発指針及び安全の手引きの作成を行った。

1. 調査研究の目的

我が国造船業は、地域に根ざした産業として地方の経済成長と雇用を支えるとともに、典型的な輸出産業として我が国の GDP の向上や貿易収支の改善等に寄与するポテンシャルを有する。日本の造船業が、引き続き高い国際競争力を維持していくためには、造船作業における生産効率の向上が求められる。

近年、介護・農業・建設分野等において、作業者の身体への負担軽減や作業効率化を実現するアシストスーツの開発・導入が始まっており、造船作業における生産性向上の一方策として、アシストスーツの導入が期待されている。造船現場では、NC 切断機、ロボットによる簡単な溶接など最新技術により自動化できる工程が増える一方で、細かな鉄材の仕分けや複雑な溶接工程では自動化や機械化が難しく、作業者に肉体的負担がかかる。このようなことから、造船業においても、アシストスーツの導入により、作業者の肉体的負担の低減や作業の効率化等が期待されている。

様々なタイプのアシストスーツの中でも、造船工程における上向き・立向き作業での溶接や研削等を支援する上向き作業用アシストスーツについて、近年、複数のメーカーが開発・商品化を進めており、今後造船現場の利用が進んでいくものと想定される。造船作業者が安心して上向き作業用アシストスーツを造船作業に使用するとともに、生産性向上に向けて造船会社が良質な造船上向き作業用アシストスーツの採用を進めていくためには、開発メーカーに対して造船用の上向き作業アシストスーツに望まれる安全に係る要件をまとめた安全性に関する指針と利用者に対して安全利用の手引きを提供することが必要となる。

以上を踏まえ、開発・商品化が進んでいる上向き作業用アシストスーツの造船現場での導入効果についての調査及び安全性確保等に資する情報整理を実施するとともに、その結果から造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針と安全利用の手引きを作成することで、今後の造船作業における上向き作業用アシストスーツ導入のための環境整備を促し、我が国における造船業の生産性向上を図ることを目的に調査研究を実施した。

2. 調査研究委員会の活動報告

調査研究の実施にあたっては、産学官連携した「上向きアシストスーツ導入に係る技術的調査研究委員会（以下、「調査研究委員会」という）」を当協会内に設置し、以下の委員構成（敬称略）にて、造船現場での調査手法の決定、調査結果の評価、安全に係る開発指針及び安全の手引きの作成を行った。

- 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 (公財) 大原記念労働科学研究所 鈴木一弥
(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 石村恵以子
(一財) 日本海事協会 小岩敏郎
(一社) 日本船舶電装協会 勝又隆二
(一社) 日本造船協力事業者団体連合会 金井広和
(一社) 日本造船工業会 五十嵐健司
(一社) 日本中小型造船工業会 相本伸幸
(株) ATOUN 小西 真
ナブテスコ (株) 菊谷 功
(株) ニッカリ 保田将史
- 関係者 (一財) 日本海事協会 岸本 衛
(一社) 日本造船協力事業者団体連合会 宮坂広行
(一社) 日本造船協力事業者団体連合会 上村 靖
(株) ニッカリ 井上健治
- 関係官庁 国土交通省 海事局 船舶産業課 奥立耕太
- 事務局 (一財) 日本船舶技術研究協会 竹内智仁、井下 聡

また、調査研究委員会を以下の通り実施した。

■第1回調査研究委員会

日時：2017年11月13日（月）11:00～15:20

場所：(一財) 日本船舶技術研究協会 大会議室

議題：(1)事業計画説明及び調査方法の確定、(2)モニター企業の確定、(3)調査用紙の確定、
(4)調査に使用する上向き作業用アシストスーツの紹介・試着

■第2回調査研究委員会

日時：2018年2月20日（火）13:00～16:00

場所：赤坂インターシティーコンファレンス 402

議題：(1)造船現場での調査結果報告、(2)造船現場での調査結果分析報告、
(3)開発指針及び利用の手引き（案）、(4)報告書骨子（案）

■第3回調査研究委員会（書面審議）

日程：2018年3月9日（金）～2018年3月15日（木）

議題：(1)開発指針及び利用の手引き（修正案）、(2)報告書（案）

3. 造船現場での上向き作業用アシストスーツ導入に関する調査

造船現場で上向き作業用アシストスーツをモニター利用することにより、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感について調査し、その結果を分析することにより造船現場で使用する上向き作業用アシストスーツに必要な要件及び上向き作業用アシストスーツの利用上の注意事項を抽出し、抽出結果等をもとに、開発メーカー向けの造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針及び利用者向けの安全利用の手引きを作成することを目的に、2017年11月下旬から2018年2月下旬までの延べ約3ヶ月間に亘り調査を実施した。

調査は、腕の固定方式が異なるラチェット式、電磁ブレーキ式、気体ブレーキ式の3種類の上向き作業用アシストスーツを対象とし、それらの現場使用を希望するモニター企業を募って実施した。なお、モニター企業の募集は、所属する団体（一般社団法人日本船舶電装協会、一般社団法人日本造船協力事業者団体連合会、一般社団法人日本造船工業会、一般社団法人日本中小型造船工業会）を經由して行い、計11社から申込みがあった。

3.1 ラチェット式上向き作業用アシストスーツの長期調査

ラチェット式上向き作業用アシストスーツの調査を希望したモニター企業には、開発メーカーよりラチェット式上向き作業用アシストスーツを貸与し、2週間から3週間の現場調査を実施した。ただし、現場作業スケジュールの関係から1日だけや短時間の短期調査となった場合もあった。

3.1.1 準備

調査に協力いただく作業者には事前に調査内容を説明し、承諾書及びプロフィール調査用紙（別紙1）への記入をお願いした。

また、開発メーカーはモニター企業を訪問し、作業者へ上向き作業用アシストスーツの装着指導を実施した。

3.1.2 事前調査

上向き作業用アシストスーツを使用した場合の疲労度の変化を確認するため、上向き作業用アシストスーツを使用する予定の作業において、上向き作業用アシストスーツを装着しない通常作業時の疲労度を、通常作業の開始直前及び終了直後に、作業者が疲労部位調査用紙（別紙2）に記入することにより調査した。

3.1.3 本調査

上向き作業用アシストスーツを装着した作業時の疲労度を、作業の開始直前及び終了直後に、作業者が疲労部位調査用紙（別紙2）に記入することにより、最大3週間調査した。

また、上向き作業用アシストスーツを装着した週の最終作業日に、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感を、作業終了直後に、作業者が本調査用紙（別紙3）に記入することにより調査した（最大3回）。

3.1.4 事後調査

上向き作業用アシストスーツを装着し調査を実施した作業者だけでなく、調査を客観的に観察してい

た管理者等にも、事後調査用紙（別紙 4）に記入することにより、上向き作業用アシストスーツを装着した作業の安全性や作業効率・作業品質の変化を調査した。

3.1.5 作業観察及びヒアリング調査

開発メーカーの担当者や各調査用紙の分析を依頼した公益財団法人大原記念労働科学研究所の担当者は、必要に応じて調査時の作業状況を直接観察し、作業員や管理者等にヒアリング調査を実施した。

3.2 電磁ブレーキ式及び気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツの短期調査

電磁ブレーキ式及び気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツの調査を希望したモニター企業には開発メーカーが訪問し、半日から 1 日の短期間の現場調査を実施した。ただし、モニター企業の協力により 1 週間以上モニター利用ができた場合もあった。

3.2.1 準備

調査に協力いただく作業員には事前に調査内容を説明し、承諾書及びプロフィール調査用紙（別紙 1）への記入をお願いした。

3.2.2 事前調査

上向き作業用アシストスーツを使用した場合の疲労度の変化を確認するため、上向き作業用アシストスーツを使用する予定の作業において、上向き作業用アシストスーツを装着しない通常作業時の疲労度を、通常作業の開始直前及び終了直後に、作業員が疲労部位調査用紙（別紙 2）に記入することにより調査した。

3.2.3 本調査

開発メーカーがモニター企業を訪問し、作業員へ上向き作業用アシストスーツの装着指導を実施した後、上向き作業用アシストスーツを装着した作業時の疲労度を、作業の開始直前及び終了直後に、作業員が疲労部位調査用紙（別紙 2）に記入することにより調査した。

また、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感を、作業終了直後に、作業員が本調査用紙（別紙 3）に記入することにより調査した。

3.2.4 事後調査

上向き作業用アシストスーツを装着し調査を実施した作業員だけでなく、調査を客観的に観察していた管理者等にも、事後調査用紙（別紙 4）に記入することにより、上向き作業用アシストスーツを装着した作業の安全性や作業効率・品質の変化を調査した。

3.2.5 ヒアリング調査

開発メーカーの担当者や各調査用紙の分析を依頼した公益財団法人大原記念労働科学研究所の担当者は、必要に応じて調査時の作業状況を直接観察し、作業員や管理者等にヒアリング調査を実施した。

3.3 調査実施状況

調査の実施状況を表 1 に示す。なお、申込みがあったモニター企業でも、現場作業スケジュールの都

合やモニター企業の希望によりデモンストレーションのみとなった場合やスケジュールが合わず訪問できない場合もあった。

表1 調査実施状況

	モニター企業（所属団体） 調査対象上向き作業	ラチェット式	電磁 ブレーキ式	気体 ブレーキ式
1	モニター企業 A（日本造船工業会） ①溶接 ②板継ぎ裏直し	短期調査	—	—
2	モニター企業 B（日本船舶電装協会） ①電気艀装（配線、照明器具取付、電線被覆剥き等）	会議室での 模擬	短期調査	短期調査
3	モニター企業 C（日本中小型造船工業会） ①溶接	短期調査	—	実施できず
4	モニター企業 D（日本造船工業会） ①板継ぎ裏直し ②背焼き	—	—	長期調査
5	モニター企業 E（日本造船工業会） ①板継ぎ裏直し ②グラインダ	—	短期調査	長期調査
6	モニター企業 F（日本造船工業会） ①板継ぎ裏直し ②背焼き	長期調査	実施できず	短期調査
7	モニター企業 G（日本中小型造船工業会） ①グラインダ	短期調査	実施できず	デモのみ
8	モニター企業 H（日本造船工業会） ①溶接	短期調査	—	—
9	モニター企業 I（日本造船工業会） ①溶接 ②グラインダ ③背焼き	—	短期調査	短期調査
10	モニター企業 J（日本中小型造船工業会）	デモのみ	デモのみ	デモのみ
11	モニター企業 K（日本中小型造船工業会）	実施できず	実施できず	—

3.4 調査結果

各モニター企業から提出された調査用紙は労働科学の研究機関に分析を依頼し、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感について取りまとめた。なお、上向き作業用アシストスーツの固定方式ごとの詳細な調査結果は付録として収録した。

3.4.1 本調査用紙及び事後調査用紙による選択回答の集計結果

本調査用紙及び事後調査用紙の回答結果を表形式に整理し、その分析結果を以下に述べる。各表には、調査用紙に回答した延べ人数（同一作業者が複数の上向き作業用アシストスーツについて回答した場合もカウント）に対して何名がその回答を選択したかを示した。

なお、作業者の延べ人数は20名、管理者等は12名であった。長期調査においては、同一回答者により同一の上向き作業用アシストスーツについて複数の時期に回答があるため、最終の時期の回答を採用した。

(1) 安全性

①耐火性・難燃性

耐火性・難燃性に関しては、背負っている機械部分の形状によって溶接のスパッタが滞留してしまうことへの不安の回答が2例あった。スパッタの滞留の防止は、材料の耐火性・難燃性にかかわらず必須の条件と考えられる。

管理者等による耐火性・難燃性に関する要望では、皮革と同程度の耐火性・難燃性を求めるという回答が多かった。緊急時に素早く上向き作業用アシストスーツを取り外すことができないならば、皮革以上に高い難燃性が必要という意見や、耐久性を考えれば皮革よりも高い耐火性・難燃性が欲しいという意見もあった。

②異物の混入による動作不良

異物の混入が原因かわからないが、ロックの解除がうまくいかないことがあったという回答が1例あった。別の例で、稼動部に紐が挟まり動作不良になる不安があるという文章回答もあり、いずれにせよ、スパッタやその他の異物に対する稼動部の保護が必要と考えられる。

③ 故障

上向き作業用アシストスーツを使用した作業中にアシストスーツが故障したという回答は3例あった。

④不意にアシストが解除される不安

上向き作業用アシストスーツの動作の不良等によって腕のアシストが不意になくなった（ロックが外れた）場合には、持っている工具が予想外の方向に向けられる、落下するなどの可能性がある。今回の調査では作業中に不意にロックが外れたという回答はなかった。しかし、管理者等からは安全上の不安として、不意にロックが外れて工具を持った腕が急に落下した場合の危険・不安があると回答された。

不意にロックが外れる原因としては、スパッタや異物が上向き作業用アシストスーツの稼動部に入り込むことによる動作不良や支持部に挟まれて固定されていた腕が外れることによる腕の落下という指摘があった。これらによって生じる危険として、工具の落下による怪我という回答があった。

⑤ 緊急時のアシスト解除のしやすさ

転倒や衝突が生じそうになった時の防御姿勢、手腕の危険が生じたときにすばやく腕を退避させるなど、安全確保のためにすばやく姿勢を変えなければならない状況があり得る。安全確保のために急いでアシストを解除しなければならない事態があったかという質問に対して、「あったが、すぐ解除できた」が2例、「解除に手間取った・不安があった」という回答が2例あった。これら4例のうち2例には状況の簡単な記述があり、「転倒しそうになった時の急な解除が手間取った・不安があった」及び「姿勢を変えるとき解除が手間取った・不安があった」という内容であった。管理者等による安全上の不安としても、「転倒時に腕がとっさに出せないので被害が大きくなる恐れがある」、「緊急時に慌てる心配がある」といった関連する回答があった。

⑥ 安全器具の機能への影響

上向き作業用アシストスーツの腰ベルトと自分の安全帯を重ねて使用したので重くなったという回答があった。上向き作業用アシストスーツを装着することにより作業員自身が身につけている安全器具が使用できなくなることは避けなければならない。また、安全器具と上向き作業用アシストスーツとの組み合わせによって安全器具の効果が減弱しないか、新たな危険が生じないかについての検討も必要である。さらには、フルハーネス式の安全帯への対応も課題である。

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中に、アシストスーツの耐火性・難燃性で気になることはありましたか？

回答	人数	記述
あった	2	スパッタが溜まる
なかった	18	

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中に、スパッタや異物がアシストスーツの稼動部に入り込み動作不良を起こすことはありましたか？

回答	人数
あった	1
なかった	19

事後調査（管理者等）：造船現場で使用するアシストスーツの耐火性・難燃性についてどのようにお考えですか？

回答	人数	記述
皮革の保護具と同程度を求める	10	
皮革の保護具以上を求める	2	耐久性という点で、 体に固定されるので

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中に、アシストスーツが壊れることがありましたか？

回答	人数
あった	3
なかった	17

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中に、不意にアシストがなくなる（ロックが外れる）ことはありましたか？

回答	人数
あった	0
なかった	20

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中に、安全確保のために急いでアシストを解除（ロックを外し）しなければならない事態はありましたか？

回答	人数
あった：解除に手間取った・不安があった	2
あったがすぐ解除できた	2
なかった	16

作業員調査：アシストスーツを装着することにより、安全带、その他あなた自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはありましたか？

回答	人数	記述
あった	2	自分の安全带が使えない、重くなる
なかった	18	

作業員調査：装着したアシストスーツの形状（でっぱりなど）で作業しにくいと感じることはありましたか？

回答	人数
あった	11
なかった	9

事後調査（管理者等）：アシストスーツを使用中の作業員を見て、安全上の不安を感じることはありましたか？

回答	人数	記述
あった	8	ひっかかりによる転倒の不安（複数回答）、 電源コードによる転倒の不安、 転倒したときの被害拡大の不安、 溶接スパッタにより燃える不安、 支持部から腕が外れることによる怪我の不安、 ラチェットが異物をかむことによる動作不良の不安、 急いでアシストを解除できず緊急の際に慌てる不安
なかった	4	

(2) 疲労度の変化

上向き作業用アシストスーツを使用した作業の疲労度の変化に関しては、「疲れが軽減すると感じた」、「少し感じた」という回答が多かった一方で、少数ながら「逆に疲れがとて強くなった」という回答もあった。(4) に示す上向き作業用アシストスーツの仕様等が作業に適合していたかによる影響が大きいと考えられる。

作業員調査：アシストスーツによって腕の疲れが軽減される効果は全体としてどうでしたか？

回答	人数
疲れが軽減すると感じた	4
少し感じた	7
どちらともいえない・変わらない	6
逆に少し疲れが強くなった	0
逆に疲れがとて強くなった	2
その他：CO ₂ 溶接では疲れが軽減すると感じたが、ガウジング・グラインダでは逆に少し疲れが強くなった	1

(3) 作業効率・品質の変化

上向き作業用アシストスーツの作業効率への効果に関しては回答に幅があった。品質への効果に関しては作業員、管理者等双方の回答で「向上しない」という回答が多かったと言える。作業の連続性の回答にも幅があった。しかし、多数ではないが作業効率や品質の向上があるという回答があったこと、作業の連続性が高まったという回答があったことは、作業や作業環境と上向き作業用アシストスーツの適合性が確保できれば、作業効率や品質にも良好な効果が得られることを示している。

作業員調査：アシストスーツによる作業姿勢の安定によって効率が向上すると感じましたか？

回答	人数
効率が向上する	4
少し向上する	6
向上しない	9
姿勢が安定しなかった	1

作業員調査：アシストスーツによる作業姿勢の安定によって品質が向上すると感じましたか？

回答	人数
品質が向上する	2
少し向上する	3
向上しない	13
姿勢が安定しなかった	1
その他：まだわからないが、疲れが少ないと入念な作業ができるかもしれない	1

作業員調査：アシストスーツを使用した作業中、作業の連続性（中断回数）に変化はありましたか？

回答	人数
アシストスーツを使用しない場合に比べて作業の連続性が高まった（中断回数が減った）	6
アシストスーツを使用しないときと同程度だった	8
アシストスーツを使用しない場合に比べて作業の連続性が下がった（中断回数が増えた）	5
無回答	1

事後調査（管理者等）：アシストスーツを使用した場合、その後の検査によって手直しの指摘（手戻り）回数に変化はありましたか？

回答	人数
アシストスーツを使用しない場合に比べて手直しの指摘（手戻り）回数が減った	1
アシストスーツを使用しない場合と同程度だった	6
アシストスーツを使用しない場合に比べて手直しの指摘（手戻り）回数が増えた	1
その他：短期間のため評価できない、不明など	3

(4) 作業者の姿勢・動作との適合

作業姿勢に上向き作業用アシストスーツが適合しているかどうかは、上向き作業用アシストスーツの有効性に大きな影響を及ぼすと考えられる。上向き作業用アシストスーツが作業姿勢に追従せずに姿勢を制約すれば作業はやりにくくなる。これに関する作業者・管理者等からの記述式による回答には多数の有用な情報があった。それらについては 3.4.3「文章記述で報告された作業のしやすさに影響する要因」でまとめた。また、詳細は付録として収録した固定方式ごとの調査結果を参照していただきたい。

①作業の姿勢・動作との適合

作業者の姿勢・動作に上向き作業用アシストスーツの動きや可動範囲が適合していたかについては、全体としては「まあまああっていた」という回答が多く、上向き作業用アシストスーツのデザインや工夫についてある程度の良い評価がなされていたといえる。しかし、これに関する改善の要望の記述は多数あり、実用性に関して厳しい評価をした回答者の場合、腕の可動範囲が作業姿勢と適合しないことを指摘する例が多かった。（「文章記述で報告された作業のしやすさに影響する要因」を参照）

②付随動作のしやすさ

工具を持ち替えるなどの付随的な動作のしやすさに関しては、「影響なかった」、「あまり影響なかった」が 12 名であり半数以上ではあったが、「少しやりにくかった」、「やりにくかった」が計 8 例であり課題が残されている。上向き作業を含む一連の作業の中で、重量のある廃材を運搬し廃棄する際に腕が伸びないため危険であるという指摘があり、付随動作のしにくさは作業効率だけでなく安全にも影響する。

③アシストを解除しているときの自由な動き

上向き作業用アシストスーツを装着していてもアシストを解除しているときの動きやすさについては、全体として「影響なかった」、「少し影響があった」という回答が多かった。しかし、上記の付随動作のしやすさが関わる安全の問題や、転倒や衝突が生じそうになった時の安全性も考慮した自由な動きの確保の工夫が望まれる。

④作業のやりやすさへの効果

上向き作業用アシストスーツによって作業がやりやすくなったかに関しては「少しやりやすくなった」及び「変わらない」という回答が多かった。

作業者調査：アシストスーツを使用した作業中、アシストできる角度や姿勢（範囲）は作業にあっていましたか？

回答	人数
あっていた	3
まあまああっていた	11
あまりあっていなかった	5
全くあっていなかった	1

作業者調査：アシストスーツを使用している時の、主な作業以外の付随的な動作や作業のしやすさ（工具の持ち替えや作業の切り替え）への影響は？

回答	人数
影響なかった	5
あまり影響なかった	7
少しやりにくかった	4
とてもやりにくかった	4

作業者調査：アシストスーツを装着していても、アシストを解除している時は、普段どおり自由に動くことができましたか？

回答	人数
自由に動くことができた	11
少し影響があった	6
影響があった	3

作業者調査：アシストスーツによって作業がやりやすくなったと感じましたか？

回答	人数
やりやすくなったと感じた	2
少し感じた	6
作業のしやすさは変わらない	6
少し作業がしにくくなった	4
作業がしにくくなった	1
その他：短時間なのでわからない	1

(5) 使用感

① 脱着のしやすさ

脱着が容易できることは上向き作業用アシストスーツの実用性に関わる重要な条件の一つである。脱着のしやすさに関しては、「あまり問題なかった」という回答が 10 例で最も多かったが、「難しかった」、「手間がかかった」が計 8 例であり、課題が残されているといえる。

② サイズ調整のしやすさ

サイズ調整のしやすさに関しては、サイズ調整を自身で経験した人のうち「簡単にできた」が 9 例、「少し難しかったができた」が 5 例であった。十分には慣れていないモニター調査の状況であったことを考えれば全体として好成績といえる。

身体サイズへのフィッティングや、身体への固定を安定させるベルトの締め付けなどの調整は、上向き作業用アシストスーツの有効性に大きく影響する場合がある。できる限り容易に調整ができ、こまめな調整を推奨できる工夫が期待される。

作業員調査：装着したアシストスーツはあなた自身の体型にあったサイズ調整が簡単にできましたか？

回答	人数
簡単にできた	9
少し難しかった（少し面倒だった）ができた	5
難しかった（面倒だった）ができた	1
とても難しくて（とても面倒で）できなかった	0
該当なし（サイズ調整をしなかったなど）	5

作業員調査：アシストスーツの着脱は容易でしたか？

回答	人数
簡単で問題なかった	0
あまり問題なかった	10
手間がかかった	6
とても手間がかかった	2
該当なし（自身で装着しなかった）	2

作業員調査：装着したアシストスーツの重さはどうでしたか？

回答	人数
まったく感じなかった	3
少し感じたが問題ない	11
少し重いと感じた	4
とても重いと感じた	2

(6) 慣れの効果と使用継続の可能性

① 慣れの効果

慣れで作業のしやすさが改善するかどうかを予想して回答を求めた質問では、「慣れれば少し改善する」との回答が多かったが、「慣れれば十分に使いやすくなる」から「慣れても改善しない」まで回答の範囲がある。これも、上向き作業用アシストスーツと作業との適合の良否の影響が大きいと考えられる。

② 使用継続の可能性

上向き作業用アシストスーツの使用継続については、「改良されれば使用したい」との回答が多く、今回のモニター調査を通じて、作業員の多くが少なくとも上向き作業用アシストスーツの狙う疲労軽減効果に関して評価や理解をし、今後のさらなる改善に期待をしていることもうかがわれる。

作業員調査：現時点で、アシストスーツをより長時間使用し続けることで慣れて、作業のしやすさは改善すると感じますか？（予想による）

回答	人数
慣れれば十分に使いやすくなる	2
慣れれば少し改善する	10
慣れてもあまり改善しない	2
慣れても改善しない	5
その他：単純作業ならばすこし改善するが複雑な作業はしない	1

作業員調査：アシストスーツを使用して作業を続けたいと思いましたが？

回答	人数
使用し続けたい	1
改良されれば使用したい	14
使用したくない	4
無記入	1

3.4.2 文章記述による安全性に関する回答の分類

作業員・管理者等への調査用紙に文章で記述された安全性に関する回答を分類して表 2 にまとめた。以下に概要を示す。

(1) 転倒

上向き作業用アシストスーツが関わる転倒の可能性についての回答は大別して以下の 2 種であった。

①上向き作業用アシストスーツ装着時の歩きにくさや転倒リスク

上向き作業用アシストスーツの形状やでっぱりによる歩きにくさの回答があった。歩きにくさは転倒リスクとなる可能性がある。今回使用した上向き作業用アシストスーツの場合、足の動きへの影響は大きくはないと思われるが、腕や手の動きの制約による転倒のリスクも考慮する必要がある。上向き作業用アシストスーツへの給電に使用するケーブルにつまづきそう、という回答があった。今回使用した上向き作業用アシストスーツにはおそらくあてはまらないが、視野を妨げること（首の動きの制約も含む）も転倒リスクとして考慮する必要がある。

②転倒時の被害が大きくなる可能性

上向き作業用アシストスーツを装着したまま転倒した場合に腕の動きが制約されると、防御のための姿勢をとれないために怪我などの被害が大きくなる可能性があるとの回答があった。また、転倒時に上向き作業用アシストスーツを装着していることで骨折などが生じる可能性の指摘があった。上向き作業用アシストスーツが鋭利な形状である場合の転倒時の影響や、転倒の衝撃による上向き作業用アシストスーツの破損による部品の露出による影響なども想定する必要がある。

(2) 衝突

上向き作業用アシストスーツの装着の形状、でっぱりが周囲に衝突した、ロープなどに引っ掛かったという回答があった。また、実際に衝突はしなかったが狭い場所で歩きにくいという回答もあった。衝突は周囲の機器等の破損や物の落下を引き起こし、それが危険につながる可能性がある。衝突や引っ掛かり、あるいは、そうなった際の急な回避が転倒や転落の引き金になる可能性がある。

(3) 工具や運搬物の落下

工具を持って作業をしている時に腕のアシストが不意になくなる、腕の支持部分から腕が外れる等が危険となるとの回答があった。また、アシストを解除した状態での付随作業として、重量のある物を運搬する場合に、腕の動きが制約されるために持ちにくく危険となるとの回答があった。腕の支持を確実に行える構造にする一方、アシストを解除した状態では、上向き作業用アシストスーツを装着していない時と同様に自由に動けることが重要である。

(4) 火災・火傷

溶接作業に使用する場合、背負った上向き作業用アシストスーツや身体と上向き作業用アシストスーツの隙間などにスパッタが溜まる不安があるとの回答があった。また、上向き作業用アシストスーツをすぐに脱げないとすれば、万が一燃えた場合に危険であるとの回答があった。スパッタがかかるだけでなく溜まって燃えることも想定し、上向き作業用アシストスーツに使用する素材を選ぶと共

に、スパッタの滞留を防ぐこと、身体と上向き作業用アシストスーツの間に隙間ができないことが重要である。

(5) 動作不良、誤作動・誤操作による事故・怪我

上向き作業用アシストスーツが動作不良となった場合に、支持部からの急な腕の落下や、アシストを解除しようとしてもロックが外せなくなる不安についての回答があった。動作不良の原因として想定されることとして、スパッタの影響、露出した稼動部への紐などの異物の挟み込み、という指摘があった。稼動部にはカバーをするなど異物の付着や挟み込みを防ぐ対策が必要である。

また、皮革の手袋を脱ごうとしたときや作業着の袖などが接触してアシストのオン・オフのスイッチを誤って押してしまい予想外の動作となったという報告があった。スイッチ式の場合は誤作動・誤操作を防ぐ対策が必要である。

(6) 高所からの転落・台などの踏み外し

高所や台上での作業の危険を考慮する必要がある。上向き作業用アシストスーツの装着によって、転落しそうになった時の回避や防御の姿勢に制約が生じる。上向き作業用アシストスーツを装着していてもとっさの動きができるようにし、上向き作業用アシストスーツを装着していたために被害が大きくなることは避けなければならない。

(7) 感電

水を使用する作業に関して、電気を使用する上向き作業用アシストスーツが水をかぶった場合の感電の不安の回答があった。また、電気を使用の有無にかかわらず、電気式の工具からの漏電が上向き作業用アシストスーツの金属部分を介して感電の原因となる不安の回答があった。防水対策はもちろんのこと、上向き作業用アシストスーツからの感電だけでなく、上向き作業用アシストスーツを介した感電を想定することも重要である。

(8) 手指の挟まれ

上向き作業用アシストスーツの稼動部（ラチェット等）が露出している場合に手指が挟まれる可能性についての回答があった。作業中だけでなく、組み立て・装着／脱着時やメンテナンス、運搬時などの種々の場面において挟まれ事故を防止する対策をすることが望ましい。

(9) 安全器具の適切な使用の障害

上向き作業用アシストスーツを装着するために使用する腰ベルトにより自分の安全帯が使えない、もしくは使えないと認識していることを示す回答があった。安全帯などの安全器具が必要な場面でも使用されることを想定する場合は、確実に安全器具を使用できる道筋を提供することが重要と思われる。

表2 文章記述による安全性に関する回答の分類 (1/2)

	調査結果				対策		
	原因	報告件数	対象スーツ	作業	主な内容	開発メーカー	利用者
転倒	防御姿勢がとれない、回避動作ができない、鋭利な形状	6	全般	全般、移動	<ul style="list-style-type: none"> ・咄嗟に手が出ないと顔面を打つ危険がある ・骨折の恐れがある(アシストスーツの金具などにあたる) ・転倒しそうになったときの急なアシストの解除に不安があった ・緊急時に慌てるのではないかと不安がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・サイズと形状(小型化、形状の工夫:問題となるはみだし領域の最適化) ・転倒時の作業者の保護(例:鋭利な部分を避ける) ・転倒時の作業者の防御動作の保証(例:一定の力によるロックの解除) ・緊急時の素早い回避動作や避難を妨げないようにする(例:緊急時の素早いアシストの解除、素早いアシストスーツからの離脱を可能にする)。 ・歩行を妨げないその他の仕様(歩行動作の制約の最小化、軽量化など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・転倒、衝突の対処を想定した動作を含め、アシストスーツの操作に慣れておく ・アシストスーツの仕様に応じた使用場所の制限 ・作業現場での装着
	姿勢の制約、形状・でっぱり、歩行環境	4	全般	全般、移動	<ul style="list-style-type: none"> ・階段を降りる時、手すりにアシストスーツの一部が引っ掛かりバランスを崩した ・柵やロープに引っ掛かって移動しにくかった ・ピット内では足元のワイヤーにつまずく危険がある ・アシストスーツのでっぱりが何かに引っ掛かる不安がある ・アシストスーツを装着したまま動き回るのは危ないと感じる 		
	アシストスーツのケーブル	1	ケーブルがあるタイプ	全般、移動	<ul style="list-style-type: none"> ・電源コードが絡まり転倒する危険がある 		
衝突	形状、でっぱり、狭い環境	9	全般	特にピットなど狭い場所、障害物の多い場所での作業	<ul style="list-style-type: none"> ・ピットの支柱に衝突、ロープ、高所作業車の安全柵に引っ掛かった ・通路でぶつかると慣れれば問題ないかもしれない 		
工具や運搬物の落下	急なアシストの解除	3	全般	上向きグラインダなど	<ul style="list-style-type: none"> ・安心のためには両手のアシストが欲しい(片手だけは望まない) ・カバーで内部が見えないので素材がわからず耐久性に不安がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・予期できない動作の防止 ・予期できない動作時の作業者の保護 ・腕の支持部の安定 ・破損時の安全確保 ・耐久性の明示、可視化 	<ul style="list-style-type: none"> ・工具や運搬物の落下の対処を想定した動作を含め、アシストスーツの操作に慣れておく ・アシストスーツの仕様に応じた使用場所の制限
	支持部から腕が落ちる	2	腕の固定を容易にしたタイプ	上向きグラインダなど	<ul style="list-style-type: none"> ・腕が支持部から落ちる(外れる)不安がある ・腕の支持部が小さい。作業服の厚さを考慮して欲しい。腕と一緒に工具の落下による怪我の危険がある 		
	重量物の落下(付随作業)	1	全般	廃材の片付け	<ul style="list-style-type: none"> ・廃材を片づけるときに腕が伸びないので危険がある 		
火災・火傷	溶接スパッタ	2	可燃性の材料があるタイプ	溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツを脱ぐのに多少でも時間が掛かるので燃えたら怖い 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐火性・難燃性 ・スパッタが滞留しない形状やカバー 	<ul style="list-style-type: none"> ・火気対策が施されたアシストスーツの使用 ・体と隙間なく装着できるアシストスーツの使用 ・アシストスーツの上から保護具の着用 ・アシストスーツの脱ぎ着に慣れておく
	溶接スパッタ滞留	2	全般	溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・後頭部(襟首)から背中にかけてスパッタなどが溜まらないか心配がある ・体とアシストスーツの間にスパッタなどが入り込んだ場合でも燃えないことが求められる 		
動作不良、誤作動・誤操作による事故・怪我	溶接スパッタ暴露	3	全般	溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・稼動部に溶接のスパッタが付着し動作不良となる不安がある ・原因はわからないがロックの解除がうまくいかないことがあった 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接スパッタからの稼動部の保護 	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具の着用
	稼動部に異物が挟まる	1	稼動部にカバーがないタイプ	グラインダ(動きの激しい作業)	<ul style="list-style-type: none"> ・腕カバーの紐が稼動部に挟まりアシストが解除出来なくなるか、あるいは急にアシストが解除されないか不安がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・稼動部への保護カバー ・紐等の異物の挟み込み防止 	<ul style="list-style-type: none"> ・アシストスーツの上から保護具の着用
	スイッチの誤作動・誤操作	3	スイッチのあるタイプ	全般	<ul style="list-style-type: none"> ・予期しないスイッチの ON/OFF が発生した ・皮革の手袋を脱ごうとしたとき袖口がスイッチに当たって ・スイッチの ON/OFF が工具を持ったままでは困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・誤作動や誤操作への対策 ・スイッチの改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・アシスト不要時は必ずスイッチを切る

表2 文章記述による安全性に関する回答の分類 (2/2)

	調査結果					対策	
	原因	報告 件数	対象スーツ	作業	内容	仕様(メーカー)	ユーザー
高所からの 転落・ 台などの踏 み外し	高所	1	全般	高所作業、脚立 や台の使用	アシストスーツの高所や台上での使用の問題	・被害拡大を防ぐ対策	・適用する条件の制限 ・転落・台などの踏み外 しの対処を想定した動 作を含め、アシストス ーツの操作に慣れておく
感電	アシストスーツの 電力、工具の電力、 漏電、水	1	全般及び 電力を使用 するタイプ	上向き背焼き、 電動工具の使用 など	・水滴が落ちて感電の不安がある ・工具の電気ですーツを介して)感電しないか気になる	・感電対策 ・防水対策	・防水や感電防止の対 策が施されたアシスト スーツの使用 ・アシストスーツの上か らの防水コート等の着 用
手指の 挟まれ	稼働部の露出・ 形状	1	稼働部に カバーが ないタイプ	全般	・ロックが外れない時に指で確認し指をはさむ可能性がある	・カバー、形状(例:すきまのサイ ズ)等による挟まれ防止	・アシストスーツの上か ら保護具の着用
安全器具 の適切な使 用の障害	器具等との競合・ 干渉	2	全般	全般	・自分の安全帯が使えない ・影響はなかったが、安全帯をつけると腰ベルトの長さが短い	・安全器具との干渉などをしない 仕様	・適切な器具、器具の組 み合わせの使用

3.4.3 文章記述による作業のしやすさに関する回答の分類

作業者・管理者等への調査用紙に文章で記述された作業のしやすさに関する回答を分類して表3にまとめた。なお、表3は、調査結果を作業のしやすさを中心に再分類したものであり、項目は安全性に関する項目で採用したものと一部重複している。報告数が1例で、分類が難しかった回答については「その他」にまとめた。以下に概要を示す。

(1) 移動のしやすさ

非常に大きな部材などを扱う造船では、工具を使用しながら移動して作業する場合も多い。また、作業の開始時や終了時、作業の切り替え時には移動が必要になる。安全に関する回答でも取り上げた移動のしやすさは、作業のしやすさに影響する。運用上の対策として、上向き作業用アシストスーツを装着する場所やタイミングの改善も考えられる。

(2) 付随動作の挿入、工具の持ち替え

作業中に工具の持ち替え、周囲の整理・整頓、手休めのための姿勢の転換が必要になる場合がある。その際の動作が自由にできるかどうかは作業のしやすさに影響する。工具の持ち替えの頻度を減らし、一つの作業を連続させた方がアシスト効果が高いことから、上向き作業用アシストスーツの使用を前提とした作業順序の最適化（例えば、まずはガウジングのみ、次に溶接のみ、最後にグラインダのみ）が提案された。

(3) 作業の姿勢・力の発揮への適合

作業姿勢や動作に対して上向き作業用アシストスーツがスムーズに追従するかどうかは作業のしやすさに直接的に影響する。作業への適合は上向き作業用アシストスーツの使用による疲労軽減効果をより有効にするための鍵になると思われる。作業の種類ごと、上向き作業用アシストスーツの固定方式ごとに多数の回答・意見があった。詳細は付録を参照していただきたい。

(4) ロックの操作

工具を構えた姿勢でロックをオンにする必要があるため、例えば、両手がふさがった姿勢でのロックのオン/オフ操作の方法は課題である。スイッチの位置やオン/オフの操作方法に関して、さらに改善を望む意見があった。

(5) 装着の容易さ

一人で容易に短時間で装着できることも上向き作業用アシストスーツの実用性に大きく関わる。

(6) 軽さ

軽量化を要望する回答が多くあった。

(7) 上腕支持部の適切な形状、サイズ

上腕に限らず、身体と接触して固定をする部分に関しては、安定性・確実性、圧迫や接触による不快感や負担がないこと、容易に取り付け、取り外しができること、など両立の難しい要求が重なっていると思われる。今回の調査では、特に上腕支持部を適切な形状、サイズにし、固定をより安定させて欲しいという回答があった。

(8) 上向き作業用アシストスーツの使用に伴う負担

① 姿勢が固定されることによる負担の一部への集中

上腕が固定されることによって手首の負担が大きくなったという回答があった。この種の負担増加の原因として、以下が考えられる。もし、最適でない角度で腕が固定されると、それを補償するために手首の大きい曲りやひねりが生じ、負担が大きくなる可能性がある。なお、腕や手首の適切な角度は、長さのある工具の重量バランスの影響を受ける場合がある。また、腕が固定される角度が適切であっても、工具の向きや角度を変化させなければならない場合や、工具の向きや角度を一定に保つためのダイナミックな調整に関して、工具の向きや角度の調整の役割が手首に集中する可能性がある。

② 上向き作業用アシストスーツによる軽減が想定されていない負担の相対的増加

上向き作業用アシストスーツで腕が支えられていても、挙上時間が長時間になると腕を降ろしたくなるという回答があった。上腕を挙上する筋肉の負担が軽減された場合でも、非常に長時間の挙上の場合には腱への圧迫や血流への影響など、他に考えられる生理的負担が顕在化する可能性がある。したがってアシストがある場合に生じる疲労にも配慮する必要がある。

表3 文章記述による作業のしやすさに関する回答の分類 (1/2)

分類	内容	上向き作業	解答例数 (人)	回答内容
移動のしやすさ	でっぱりを減らし、歩きやすくする	背焼き グラインダ 板継ぎ裏直し 配線	12	<ul style="list-style-type: none"> ・でっぱりが長い、通路で当たる、肩のでっぱりがせまいところで気になる ・作業場所が狭いため歩きづらい ・肩のユニットが支柱に当たって邪魔 ・周囲に何もないので問題ない ・ビットのように支柱が多く立っているところでは、歩いていると当たったり動きにくい ・横歩きで移動することになり歩きづらい ・ビットは狭隘であるため更にコンパクトになった方が使い勝手が向上する ・作業場所が狭いため歩きづらい ・狭い場所のうえ、動きは複雑で色々ある ・アシストスーツが移動や使用しない時に邪魔にならないことが求められる
付随動作の挿入、 工具の持ち替え	工具の持ち替えなどの挿入される動作をしやすくする	溶接 背焼き 板継ぎ裏直し	9	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接トーチからハンマーに持ち替える際に動きづらい ・下のものをしゃがんで取る時に動きづらい ・床に置いた道具を取ろうとしたとき、移動するときや使用しないときにアシストスーツが邪魔にならないことが求められる ・上向き作業以外の一連の作業中でも装着しているため、廃材等の片付け作業時に腕が伸びない ・前屈みになると背中が丸くなるが、スーツに背骨があるので身体の丸みに沿わず、屈みにくくなる ・アシストを解除しても腕を自由に動かせない ・腕が自由に動かない ・不意に固定されることがあるので主作業以外はやりにくい ・地面の工具を取りにくい
作業の姿勢、 力の発揮への適合	全般		2	<ul style="list-style-type: none"> ・職種に対応するカスタマイズ ・作業の動作がアシストスーツに合わない
	グラインダ作業への適合	グラインダ	5	<ul style="list-style-type: none"> ・グラインダ作業専用で運用する方法がベスト ・グラインダでは腕が楽になる ・上腕を肩の高さよりも高く上げた姿勢でアシストできないため有用性があまり認められなかった ・アシスト範囲の問題をクリアできれば期待できる ・ある程度腕の上げ下げに追従するものでないと溶接、グラインダ作業などには難しい ・ガウジング、グラインダでは、逆に疲れが強くなった
	背焼き作業への適合	背焼き	1	<ul style="list-style-type: none"> ・上向き背焼きにおいては、腕を下ろした状態でバーナーを持つため、有用性があまり認められなかった
	溶接作業への適合	溶接	5	<ul style="list-style-type: none"> ・上向き吊りピース溶接においては作業負担の軽減が期待できる(作業姿勢とアシスト範囲が合っていた) ・ある程度腕の上げ下げに追従するものでないと溶接、グラインダ作業などには難しい ・CO₂溶接では疲れが軽減すると感じた ・上向き及び水平の溶接で良好だった ・腕を上下に動かすにくい ・より高い位置で固定できるようにしてほしい ・ギヤは自由度を制限するので、他の固定方法はできないか ・より自然に装着できるようにしてほしい(着心地がよくない)
	ガウジング作業への適合	ガウジング	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ガウジング、グラインダでは、逆に疲れが強くなった
	作業姿勢への追従(前後)	背焼き	1	<ul style="list-style-type: none"> ・最初は脇を締めて高さを維持できるが、差が大きくなると肘を上げて高さを保つことになる ・手首が上手く使えない ・バーナーの先が任意の角度に変更できる仕組みになっていれば使用感が変わるかもしれない
	作業姿勢への追従(左右の動き、振り)	背焼き 溶接	5	<ul style="list-style-type: none"> ・台に載る場合、身体を横に移動できないので腕の負担増 ・脚立使用の場合はアシストスーツ装着で腕の振りが制限されるため作業に支障が出る ・腕・肘を広げての作業では使用不可(改良できないか) ・エアガウジングを使用しても上向き開先作業では利き腕を広げるので使用できない ・肩の可動範囲を広げて欲しい
	力を発揮する作業の姿勢への追従	グラインダ	2	<ul style="list-style-type: none"> ・グラインダを横に動かす動作では腕が楽になるが、グラインダを押し付けるときは腕に力を入れなければならない。また、板の端に丸みを付ける工程では、グラインダを色々な方向に向けて押し付けるので、腕に力が必要。 ・グラインダを押し付けるのに力を入れている(支えられていない)
	左右独立のロック	背焼き グラインダ 配線	3	<ul style="list-style-type: none"> ・ロックが左右別で解除したい。左で支えて右で工具をとりたい ・左右別々にアシストした方がよいかもしれない ・ロックは片腕でも良い。右利きなのでグラインダを固定・押し付ける右側だけで良い。左手はグラインダを支えるだけ
ロックの操作	スイッチ等操作のしやすさ	グラインダ	3	<ul style="list-style-type: none"> ・スイッチの取り付け位置の工夫必要 ・リモコンの操作はすぐに慣れた ・スイッチのボタン数や押し方を工夫し、腕の微妙な動きができるようになればよい
	ロックの操作方法	背焼き 板継ぎ裏直し 配線	2	<ul style="list-style-type: none"> ・リモコン無しで任意の所でロックが掛かると良い ・スイッチのON/OFFが工具を持ったままでは困難
	スイッチの誤操作		2	<ul style="list-style-type: none"> ・作業中にロックが外れることはなかったが、皮革の手袋を脱ごうとしたとき、手袋の端がリモコンのスイッチに触れて、ロックがかかってしまったことがあった ・袖口がスイッチに当たり知らない間にロックがかかっていることがあった

表3 文章記述による作業のしやすさに関する回答の分類 (2/2)

分類	内容	上向き作業	解答例数 (人)	回答内容
装着の容易さ		背焼き グラインダ 板継ぎ裏直し	7	<ul style="list-style-type: none"> 腕の支持部を巻き付ける動作がしづらい 脱着が簡単だった もう少し装着しやすい構造に変更した方がよい 腕の固定に時間がかかった 腕の取り付けがもっと簡単にできるように改良して欲しい 腕がもっと簡単に固定できるようにして欲しい いちいち着るのが面倒くさい 脱ぐときは問題ないが、着るときは腕部の締め込みに時間を要した アシストスーツの重量があり一人では装着できない
軽さ		グラインダ 背焼き グラインダ ガウジング	5	<ul style="list-style-type: none"> 軽量化して欲しい より小さく、軽く、コンパクトにならないか 背中ユニットが重いので背中が反る感じがする。もう少し軽くして欲しい
上腕支持部の適切な形状、サイズ		グラインダ 板継ぎ裏直し 溶接 背焼き	4	<ul style="list-style-type: none"> 腕の支持部が小さいのもっと大きくしてほしい(腕が太く、さらに作業服を着ているため) 腕の支持部のカーブをもっと大きくするとともに、支持部の軸方向長さを長くするか長さ調整ができるようにすると腕が安定して預けられると思う 腕の支え部を内の方へ長くすると、今以上に腕が固定できると思う 両わきが安定しない
アシストスーツの使用に伴う負担	手首の負担	背焼き	2	<ul style="list-style-type: none"> 上腕の角度が固定されると手首に負担がかかる 手首が疲れるようになった(手首に負担をかけないような姿勢を取っていたが、それが取りにくくなったため)
	上腕支持部の圧迫	グラインダ	2	<ul style="list-style-type: none"> グラインダを持ったまま腕の支持部に長時間腕を載せていると、グラインダの重さによって支持部の端に当たっている腕の部分が痛くなる 腕を動かしていると、やがて腕の固定部位がずれてきて、支持部に強く当たる箇所ができ、痛く感じることもある
	腰ベルトの圧迫	全般	3	<ul style="list-style-type: none"> 腰ベルトがあるので、腰(お腹)に圧迫感がある 腰ベルトが短い 腰ベルトが短いので、保護具の上からの装着は圧迫がある
	長時間の使用による違和感	グラインダ 溶接 ガウジング	2	<ul style="list-style-type: none"> 腕を長い間挙げていると、何となく腕を降ろしたい気分になって降ろすことがあった 長時間使用の疲労感
	腰の負担	上向き溶接	1	<ul style="list-style-type: none"> 腰の弱い人には負担が大きい
その他	ヘッドレスト	グラインダ	各1	<ul style="list-style-type: none"> ヘッドレストは効果的だった
	ケーブル等のひっかかり			<ul style="list-style-type: none"> ケーブル、ロープがひっかかる
	角度の誤差			<ul style="list-style-type: none"> 腕をロックしてから、高さが少し下がる。
	可視性			<ul style="list-style-type: none"> 防火カバーで覆われていて中が見えないため、腕を支える部分の太さがわからないので、そのうち折れないか(壊さないか)不安があった
	学習・慣れ			<ul style="list-style-type: none"> もっと使いこなせば楽になる
	その他要望			<ul style="list-style-type: none"> 下半身用のアシストスーツが欲しい
	疲労軽減効果			<ul style="list-style-type: none"> 疲れ具合は、アシストスーツを使用すると、使用しない時の7割くらいになったと感じた
	作業の連続性			<ul style="list-style-type: none"> 10数秒のグラインダ掛けごとに腕を下げ休めていたが、スーツを着ると200秒くらい連続して作業できたこともあった
	座位の影響	板継ぎ裏直し	1	<ul style="list-style-type: none"> 椅子に腰掛けての板継ぎ裏直しの上向き作業には向いていない(普通に立てる作業では効果ありか?) 椅子に腰かけて作業しているため、上半身の方に重さを感じ長時間の作業はキツイ
	身長への対応	背焼き	1	<ul style="list-style-type: none"> 身長異なる人への対応(サイズ展開やサイズ調整のしやすさ)
抵抗	背焼き	1	<ul style="list-style-type: none"> ブレーキの摺動抵抗分だけ、腕の動きに抵抗を感じる 	

3.4.4 疲労度の主観評定結果

別紙 2. 疲労部位調査用紙を用いて実施した疲労度の主観評定結果の例を図 1 及び図 2 に示す。現場作業スケジュールにより事前調査（上向き作業用アシストスーツを使用しない普段の作業での疲労度の調査）が実施できなかったもの、上向き作業用アシストスーツを使用した作業直後の調査しか実施されなかった例も多かったが、事前調査と本調査（上向き作業用アシストスーツを使用した調査）の双方で作業前後の疲労度の記入がなされた 2 例があり、その結果を示した。

少数の事例の結果であるが、上向き作業用アシストスーツの使用と調査が予定通りに継続された 2 例においては、作業姿勢・動作と上向き作業用アシストスーツがある程度適合し、上向き作業用アシストスーツの継続的利用が可能であったと考えられ、こうした場合には上向き作業用アシストスーツによる疲労軽減効果が有効となる可能性を示している。

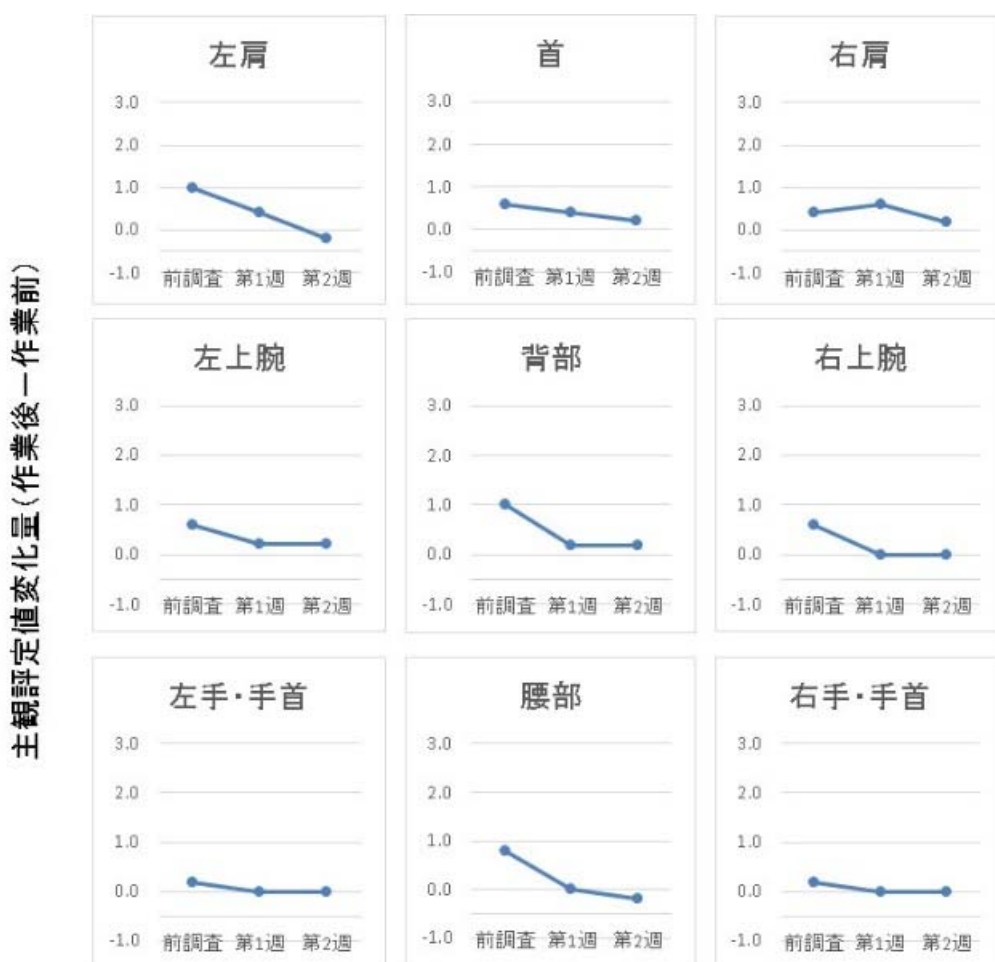


図 1 上向き背焼き作業でのラチェット式上向き作業用アシストスーツ使用における疲労度の主観評定（作業後の評定値から作業前の評定値を減算した値、各週 5 日（5 回）の平均値）

主観評定値変化量(作業後－作業前)

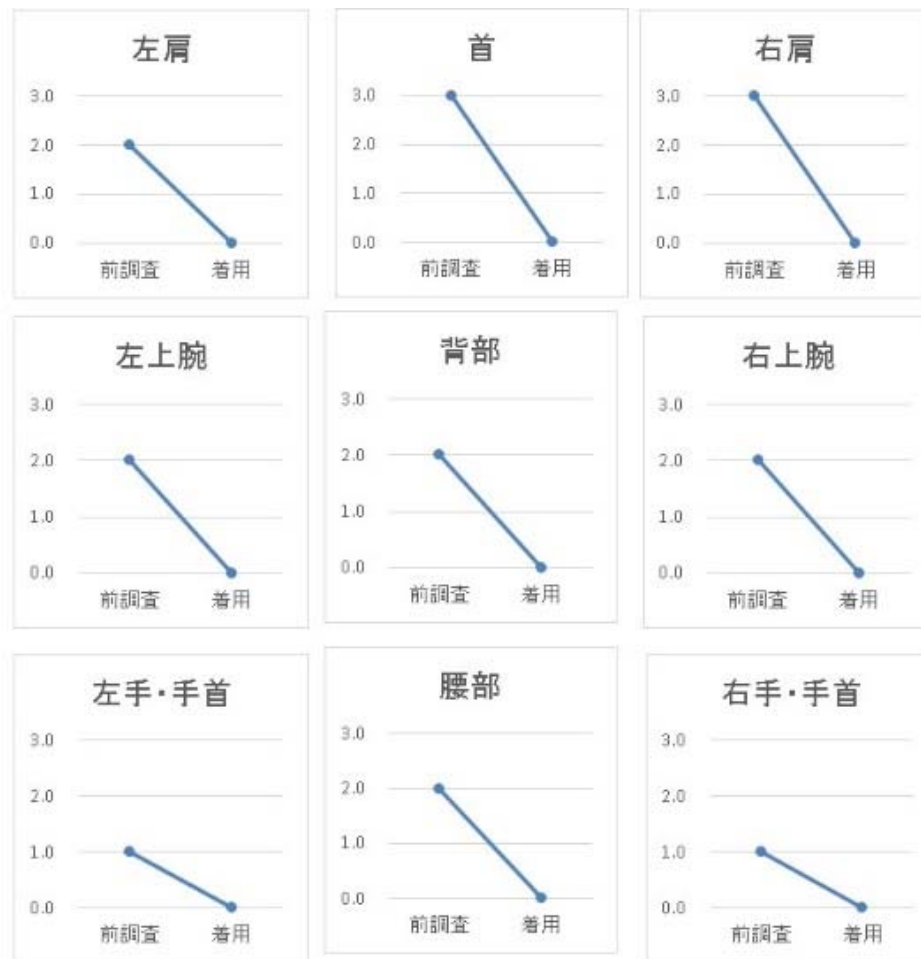


図2 電気艀装作業での気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツ使用における疲労度の主観評定(作業後の評定値から作業前の評定値を減算した値、1回のみ測定)

3.4.5 まとめ

複数のモニター企業の協力を得て、上向き作業用アシストスーツを使用した様々な造船作業における調査により、作業者と管理者等から、上向き作業用アシストスーツの開発及び利用に際して安全上留意すべき事項に関する多様な情報を収集することができた。

造船現場において、実際に上向き作業用アシストスーツを使用して実施した調査であったこともあり、上向き作業用アシストスーツと造船所の作業環境との適合にかかわる回答が特徴的であった。上向き作業用アシストスーツを装着したまま転倒した時の被害への影響の危険予知、緊急時の退避や防御の制約の危険予知、狭いピット環境での使用感に関する回答が複数見られた。

今後、上向き作業用アシストスーツが造船作業に導入され、長期的に使用される状況となった場合には、上向き作業用アシストスーツの長期間使用による慣れから生じた場合の安全性や、筋骨格系障害などの健康への長期的、蓄積的な影響についても検討が必要になる。

4. 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針

各モニター企業での現場調査の分析結果、2014年度日本財団助成事業において作成された手引き、全国造船安全衛生対策推進本部が公表している「造船業重大災害100の事例」やJIS B 8456-1:2017「生活支援ロボット-第1部：腰補助用装着型身体アシストロボット」等の文献調査の結果などをもとに、造船作業者が安心して上向き作業用アシストスーツを造船作業に使用するために、上向き作業用アシストスーツを使用した造船作業において考えられるリスクに対し、どうすればそのリスクをなくす、あるいは低減することができるかを考慮し、開発メーカーが満たすことが望ましい要件を整理し、造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針として取りまとめた（別紙5参照）。

開発メーカーはこれらの要件を取捨選択することは可能であるが、これらの要件を可能な限り満たした造船上向き作業用アシストスーツを開発することにより、造船作業者が安心して上向き作業用アシストスーツを使用でき、造船現場への上向き作業用アシストスーツの更なる普及が促進されるものと思われる。

5. 造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引き

各モニター企業での現場調査の分析結果、2014年度日本財団助成事業において作成された手引き、全国造船安全衛生対策推進本部が公表している「造船業重大災害100の事例」やJIS B 8456-1:2017「生活支援ロボット-第1部：腰補助用装着型身体アシストロボット」等の文献調査の結果などをもとに、造船現場で安全に上向き作業用アシストスーツが利用できるよう、利用者に向けた注意事項を作業順に整理し、造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引きとして取りまとめた（別紙6参照）。

開発メーカーは本手引きを参考に、利用者向けの注意事項を取扱説明書に記載することで、更に安全な利用が進むものと思われる。

6. おわりに

今回の調査研究は、開発・商品化が進んでいる上向き作業用アシストスーツの造船現場での導入効果についての調査及び安全性確保等に資する情報整理を実施するとともに、その結果から造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針と安全利用の手引きを作成することで、今後の造船作業における上向き作業用アシストスーツ導入のための環境整備を促し、我が国における造船業の生産性向上を図ることを目的に実施した。

造船現場での上向き作業用アシストスーツ導入に関する調査に使用したアシストスーツは、昨年4月に初めて販売されたものや現在開発中のものであるため、安全性、疲労度・作業効率・品質の変化、使用感については作業員や管理者等の方々から大変有用なご意見をいただいた。調査に協力いただいたモニター企業の作業員・管理者等の方々にはこの場を借りて御礼を申し上げたい。

安全性については、造船作業員が安心して上向き作業用アシストスーツを造船作業に使用するために、上向き作業用アシストスーツを使用した造船作業において考えられるリスクに対し、どうすればそのリスクをなくす、あるいは低減することができるかを考慮し、開発メーカーが満たすことが望ましい造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針を作成した。開発メーカーには、指針に示した要件を可能な限り満たした安全性の高い造船上向き作業用アシストスーツの開発を期待する。

また、利用者が造船現場で安全に上向き作業用アシストスーツが利用できるよう、利用者に向けた注意事項を作業順に整理した造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引きを作成した。造船現場に上向き作業用アシストスーツを導入する場合には是非活用していただき、安全な利用に努めていただきたい。

疲労度・作業効率・品質の変化、使用感などの導入効果については、導入する造船作業の姿勢・動作にどれだけ造船上向き作業用アシストスーツが適合しているかが重要である。造船現場での上向き作業は、溶接、ガウジング、グラインダ、背焼き（歪取り）など様々な作業姿勢・動作があり、同じ作業であっても作業者によって作業姿勢・動作が異なる場合もあるため、造船上向き作業用アシストスーツを開発するメーカーは工夫が必要である。今回の調査結果をもとに疲労度・作業効率・品質の変化、使用感などの導入効果が高い、作業者がどうしても欲しくなるような造船上向き作業用アシストスーツの開発が期待される。

【別紙】

別紙 1 プロフィール調査用紙

別紙 2 疲労部位調査用紙

別紙 3 本調査用紙

別紙 4 事後調査用紙

別紙 5 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針

別紙 6 造船上向き作業用アシストスーツの安全利用の手引き

【別紙1 プロフィール調査用紙】

①作業していただく方自身についてご記入をお願いします。

企業名：

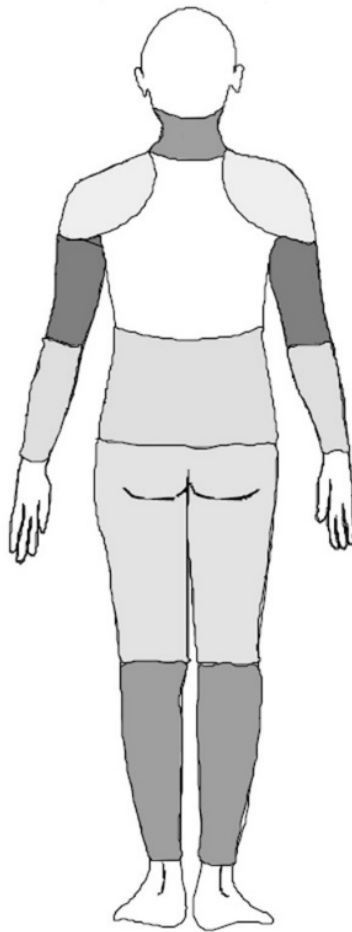
お名前： 年齢： 歳

性別： 男 ・ 女 身長： cm 体重： kg

②アシストスーツを使用する予定の作業に○を付けてください。

- 1. 上向き溶接 2. 上向き吊りピース溶接 3. 上向きブロック継手溶接
- 4. 上向き背焼き 5. 上向き板継ぎ裏直し 6. 上向きグラインダー
- 7. 上向きガウジング
- 8. その他 []

③普段から痛みや違和感のある身体部位がありましたら、下の図のあてはまる場所に○を付けてください。



(背中側から見た場合)

【別紙2 疲労部位調査用紙】

企業名：

お名前：

記入日： 年 月 日

記入時刻：該当するものに○を付けて時間を記入してください

午前 ・ 午後 時 分、 作業直前 ・ 作業直後

作業名：該当する作業に○を付けてください。

1. 上向き溶接
2. 上向き吊りピース溶接
3. 上向きブロック継手溶接
4. 上向き背焼き
5. 上向き板継ぎ裏直し
6. 上向きグラインダー
7. 上向きガウジング
8. その他 []

アシストスーツを使用した場合は、該当するものに○を付けてください

1. ニッカリ
2. ATOUN
3. ナブテスコ

この調査用紙では作業の方の今の疲労度についてお聞きします。あてはまるものに○を付けてください。

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

(日本産業衛生学会産業疲労研究会の「疲労部位しらべ」)

【別紙3 本調査用紙】

企業名：

お名前：

記入日： 年 月 日

使用したアシストスーツに○を付けてください

1. ニッカリ 2. ATOUN 3. ナブテスコ

アシストスーツを使用した作業に○を付けてください。

1. 上向き溶接 2. 上向き吊りピース溶接 3. 上向きブロック継手溶接
4. 上向き背焼き 5. 上向き板継ぎ裏直し 6. 上向きグラインダー
7. 上向きガウジング
8. その他 []

アシストスーツを使用した頻度：

- ・本日、合計およそ（ ）時間（ ）分使用した
- ・本日、使用を開始してから（ ）日勤務していて、アシストスーツを使用した日が計（ ）日だった

- ・この調査用紙は、アシストスーツを使用した直後に、安全性、疲労感、作業効率・品質、使用感を作業の方にお聞きするものです。これまでにアシストスーツを使用したときの状況についてお答えください。なお、特に説明がない限り、あてはまるもの一つに○を付けてください。
- ・長期調査の対象の方には繰り返しお聞きすることになりますが、ご協力をお願いします。

■安全性について

①アシストスーツを使用した作業中に、アシストスーツの耐火性・難燃性で気になるところがありましたか？

1. あった 2. なかった

あったとお答えの方におききします。どのような点が気になりましたか？

[]

②アシストスーツを使用した作業中に、スパッタや異物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動作不良を起こすことはありましたか？

1. あった 2. なかった

あったとお答えの方におききします。どのような動作不良ですか？

[]

③アシストスーツを使用した作業中に、アシストスーツが壊れることがありましたか？

1. あった 2. なかった

壊れたとお答えの方におききします。アシストスーツの壊れた場所や状況をご記入ください。

[]

(裏面へ続く)

④アシストスーツを使用した作業中に、不意にアシストがなくなる（ロックが外れる）ことはありましたか？

1. あった 2. なかった

⑤アシストスーツを使用した作業中に、安全確保のために急いでアシストを解除（ロックを外し）しなければならぬ事態はありましたか？

1. なかった 2. あったが、すぐ解除できた 3. 解除に手間取った・不安があった

2 又は 3 とお答えの方におききします。その事態の原因は何でしたか？（複数回答可）

- a. 転倒・転倒しそう b. 衝突・衝突の回避 c. 飛来・落下物をよける
d. 周囲にぶつめた・ぶつけそう e. その他[]

そのときの状況やすぐに解除できなかつた場合はその理由を具体的にお書きください。

[]

⑥アシストスーツを装着することにより、安全带、その他あなた自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはありましたか？

1. あった 2. なかった

あつたとお答えの方におききします。どのような影響がありましたか？

[]

⑦アシストスーツを装着していても、アシストを解除している（ロックを外している）時は、普段どおり自由に動くことができましたか？

1. 自由に動くことができた 2. 少し影響があつた 3. 影響があつた

2 又は 3 とお答えの方におききします。どのような影響がありましたか？

[]

⑧アシストスーツの脱着は容易でしたか？

1. 簡単で問題なかつた 2. あまり問題なかつた
3. 手間がかかつた 4. とても手間がかかつた

⑨上記以外に安全性についてお気づきの点があれば自由にお書きください。

[]

（裏面へ続く）

■疲労感について

①アシストスーツによって腕の疲れが軽減される効果は全体としてどうでしたか？

1. 疲れが軽減すると感じた
2. 少し感じた
3. どちらともいえない・変わらない
4. 逆に少し疲れが強くなった
5. 逆に疲れがとても強くなった

■作業効率・品質について

①アシストスーツによる作業姿勢の安定によって効率が向上すると感じましたか？

1. 効率が向上する
2. 少し向上する
3. 向上しない
4. 姿勢が安定しなかった

②アシストスーツによる作業姿勢の安定によって品質が向上すると感じましたか？

1. 品質が向上する
2. 少し向上する
3. 向上しない
4. 姿勢が安定しなかった

③アシストスーツを使用した作業中、作業の連続性（中断回数）に変化はありましたか？

1. アシストスーツを使用しない場合に比べて作業の連続性が高まった（中断回数が減った）
2. アシストスーツを使用しないときと同程度だった
3. アシストスーツを使用しない場合に比べて作業の連続性が下がった（中断回数が増えた）

1. とお答えの方におききします。この影響で作業効率が向上すると思いますか？

- a. 効率が向上する
- b. 少し向上する
- c. 向上しない

1. とお答えの方におききします。この影響で品質が向上すると思いますか？

- a. 品質が向上する
- b. 少し向上する
- c. 向上しない

■使用感

①装着したアシストスーツの重さはどうでしたか？

1. まったく感じなかった
2. 少し感じたが問題ない
3. 少し重いと感じた
4. とても重いと感じた

②アシストスーツを使用した作業中、アシストできる角度や姿勢（範囲）は作業にあっていましたか？

1. あっていた
2. まあまああっていた
3. あまりあっていなかった
4. 全くあっていなかった

③装着したアシストスーツはあなた自身の体型にあったサイズ調整が簡単にできましたか？

1. 簡単にできた
2. 少し難しかった（少し面倒だった）ができた
3. 難しかった（面倒だった）ができた
4. とても難しくて（とても面倒で）できなかった

④装着したアシストスーツの形状（でっぱりなど）で作業がしにくいと感じることはありましたか？

1. あった
2. なかった

あったとお答えの方におききします。状況を具体的にお書きください。

（裏面へ続く）

⑤アシストスーツを使用している時の、主な作業以外の付随的な動作や作業のしやすさについてお答えください。工具の持ち替えや作業の切り替えなどについて、あてはまるもの一つに○をご記入ください。

1. 影響なかった
2. あまり影響なかった
3. 少しやりにくかった
4. とてもやりにくかった

3又は4とお答えの方におききします。やりにくかった付随的な動作をご記入ください。

[]

⑥アシストスーツを使用しながらの作業自体についておききします。アシストスーツによって作業がやりやすくなったと感じましたか？

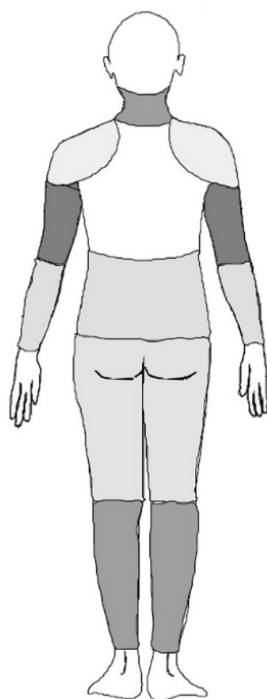
1. やりやすくなったと感じた
2. 少し感じた
3. 作業のしやすさは変わらない
4. 少し作業がしにくくなった
5. 作業がしにくくなった

4. 又は 5. とお答えの方におききします。やりにくくなった原因としてあてはまるものすべてに✓をご記入ください。その他の理由があれば教えてください。

- 腕が左右に動かしにくい 腕を上下に動かしにくい 重い
その他

[]

⑦アシストスーツを使用していて動きにくさや作業のしにくさを感じた部位があれば○を付けて簡単に状況を記入して下さい。



[]

(裏面へ続く)

⑧現時点で、アシストスーツをより長期間使用し続けることで慣れて、作業のしやすさは改善する
と感じますか？

- 1. 慣れれば十分に使いやすくなる
- 2. 慣れれば少し改善する
- 3. 慣れてもあまり改善しない
- 4. 慣れても改善しない

⑨アシストスーツを使用して作業を続けたいと思いましたが？

- 1. 使用し続けたい
- 2. 改良されれば使用したい
- 3. 使用したくない

2. 又は3. とお答えの方は、以下に改良の要望や使用したくない理由をお書きください

■その他

お気づきになられたことがあればご自由にお書きください。

【別紙4 事後調査用紙】

企業名：

お名前：

記入日： 年 月 日

使用したアシストスーツに○を付けてください

1. ニッカリ 2. ATOUN 3. ナブテスコ

アシストスーツを使用した作業に○を付けてください。

1. 上向き溶接 2. 上向き吊りピース溶接 3. 上向きブロック継手溶接
4. 上向き背焼き 5. 上向き板継ぎ裏直し 6. 上向きグラインダー
7. 上向きガウジング
8. その他 []

この調査用紙では、作業者の方ではわかりにくい事項について管理者の方等にお伺いします。

■安全性について

①アシストスーツを使用中の作業者を見て、安全上の不安を感じることはありましたか？あてはまるもの一つに○を付けてください。

1. あった 2. なかった

あったとお答えの方におききします。どのような安全上の不安でしたか？

[]

②造船現場で使用するアシストスーツの耐火性・難燃性についてどのようにお考えですか？あてはまるもの一つに○を付けてください。

1. 革の保護具と同程度の耐火性・難燃性を求める
2. 革の保護具以上の耐火性・難燃性を求める

2. とお答えの方におききします。具体的な基準等がありましたらお教えてください。

[]

■作業効率・品質について

①アシストスーツを使用した場合、その後の検査によって手直しの指摘（手戻り）回数に変化はありましたか？あてはまるもの一つに○を付けてください。

1. アシストスーツを使用しない場合に比べて手直しの指摘（手戻り）回数が減った
2. アシストスーツを使用しない場合と同程度だった
3. アシストスーツを使用しない場合に比べて手直しの指摘（手戻り）回数が増えた

（裏面へ続く）

■その他（ご意見、ご感想など）

[]

別紙 5 造船上向き作業用アシストスーツの安全性に関する指針

(一財) 日本船舶技術研究協会

この指針は、造船作業者が安心して上向き作業用アシストスーツを造船作業に使用するために、上向き作業用アシストスーツを使用した造船作業において考えられるリスクに対し、どうすればそのリスクをなくす、あるいは低減することができるかを考慮し、開発メーカーが満たすことが望ましい造船上向き作業用アシストスーツの安全に係る要件をまとめたものである。

造船作業において考えられるリスク	リスクをなくす、あるいは低減するために造船上向き作業用アシストスーツに望まれる要件
衝突 転倒 台などの踏み外し 飛来物・落下物	<p>狭隘な場所での使用中に作業者が何かにぶつかったり、引っかかったりしないよう、また、それが原因で転倒しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■可能な限り薄型化（コンパクト化）する <p>電源やスイッチのケーブルに引っかかり転倒しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ケーブルレスにする <p>作業中に歩行を妨げられ転倒しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■歩行動作を妨げない構造・仕様にする <p>衝突、転倒、台などの踏み外しの際や飛来物・落下物を避ける際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"> ■アシスト機構の固定が簡単に外せる ■アシスト時以外は自由に動ける（アシスト時でも可能な限り自由に動けることが望ましい） ■ある程度の力が加わったらアシストが解除されるなどの工夫をする <p>万が一転倒した場合でもその影響を可能な限り小さくするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■実験やシミュレーションなどのリスク評価を実施する
高所からの転落	<p>高所での使用中に作業者が万が一転落しても安全器具が機能するようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■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構造にする
火傷	<p>上向き溶接作業での使用中にスパッタにより作業者が火傷しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■スパッタがかかるだけでなく溜まることも想定し、燃えない（燃えにくい）、溶けない（溶けにくい）素材を使用する（造船所で使用している皮革の保護具と同等以上の火気対策が望まれる） ■スパッタがアシストスーツと作業着などの隙間に入り込み溜まることのないように、身体と隙間なく装着できるようにする <p>万が一アシストスーツに着火した場合に直ちに脱げるようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■着脱を容易にする
構造による怪我	<p>稼働部への身体の一部の挟み込みなどにより作業者が怪我をしないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■稼働部にはカバーをするなど指などの身体の一部の挟み込みが起こらない（起きにくい）構造にする

不要なアシストによる怪我	<p>不要なアシストによる作業者の怪我を防止するために</p> <ul style="list-style-type: none"> ■作業が必要なおきのみ、作業者の操作によりアシストされる
強度不足による怪我	<p>強度不足によりアシストスーツが壊れ、突然アシストが効かなくなることがないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■工具の重量、振動、反力などに耐えられる強度や安定性をもったものにする（不意にアシストが外れない） ■強度は実際に工具を使用した作業において確認する ■万が一アシストスーツが破損しても作業者を負傷させない対策を施す
感電	<p>アシストスーツの稼働に電気を使用する場合に作業者が感電しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■アシストスーツから作業者への感電を想定した対策を施す ■水を使用する作業や雨天の屋外で使用することを想定し防水対策を施す <p>電気式の工具を使用する際にアシストスーツを経由して感電しないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■アシストスーツへの感電を想定した対策を施す
熱中症	<p>高温多湿時に使用することにより熱中症にならないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■通気を妨げない対策を施す
動作不良	<p>溶接時のスパッタなどの異物の付着・混入、作業着の挟み込みなどにより動作不良を起こさないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■稼働部にはカバーをするなど異物の付着・混入や作業着の挟み込みが起こらない（起きにくい）構造にする
誤作動・誤操作	<p>作業者が予期していない動作をしないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■スイッチ式の場合などは誤操作を防ぐ対策を施す
新たな負担	<p>身体の新たな部位への負担や装着による不快感がないようにするため</p> <ul style="list-style-type: none"> ■作業者の体型にあったサイズ調整が簡単にできるものにする ■可能な限り軽量にする ■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ようにする ■アシストできる角度や動きを作業内容（姿勢・範囲）に応じて適切にする

この手引きは、造船現場で安全に上向き作業用アシストスーツが利用できるよう、利用者に向けた注意事項を作業順に整理しまとめたものである。

なお、メーカーは本手引きを参考に、利用者向けの注意事項を取扱説明書に記載することが望ましい。

1. 準備
<ul style="list-style-type: none"> ■ 作業姿勢、作業環境に合ったアシストスーツを使用すること ■ 取扱説明書を必ず読み、禁止事項や注意事項を確認すること ■ 自分の体型に合わせたサイズ調整を必ず行うこと（購入した状態のまま使用しない） ■ 事故時（衝突、転倒、台などの踏み外し、高所からの転落、飛来物・落下物からの退避など）の対処を想定した動作を含め、アシストスーツの操作に慣れておくこと ■ 緊急時（火災や地震発生時など）の対処を想定した動作を含め、アシストスーツの脱ぎ着に慣れておくこと
2. 作業開始前
<p><u>怪我や事故を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 稼動部が正常に動作するか確認すること ■ アシストスーツは必ず作業現場で装着し、休憩所などで装着し作業現場まで移動しないこと ■ 稼動部が露出している場合はアシストスーツの上から保護具を着用すること
3. 作業中
<p><u>誤動作による怪我を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ スイッチ式のアシストスーツの場合はアシストが不要な時は必ずスイッチを切ること <p><u>感電を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 電気を使用するアシストスーツを装着する場合やアシストスーツを装着して電気式の工具を使用する場合は感電防止の対策が施されたアシストスーツを使用すること <p>3.1 火気を使用する場合</p> <p><u>火傷を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 溶接作業など火気を伴う場合は火気対策が施されたアシストスーツを使用すること ■ スパッタが入り込まないように身体と隙間なく装着できるアシストスーツを使用すること ■ これらが満たされない場合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 <p>3.2 水がかかる可能性がある場合</p> <p><u>感電を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 雨天時の屋外使用や水を使用する作業の場合は防水や感電防止の対策が施されたアシストスーツを使用すること ■ これが満たされない場合にはアシストスーツの上から防水のための保護具を着用して作業すること <p>3.3 高温多湿の場合</p> <p><u>熱中症を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 梅雨や夏季の高温多湿時は通気に注意すること（通気を妨げないアシストスーツの使用が望ましい）
4. 休憩中
<p><u>怪我や事故を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 作業時以外はアシストスーツを装着しないこと（脱ぎ着が面倒だからといって装着したまま休憩したりしない）
5. 作業後
<p><u>動作不良を防止するため</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ アシストスーツを使用後は適切に保管すること

【付録】

付録 1 ラチェット式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告

付録 2 電磁ブレーキ式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告

付録 3 気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告

付録1 ラチェット式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告

1. はじめに

調査に使用したラチェット式のアシストスーツは2017年4月に販売開始しており、造船所に預けることができるため、長期間のモニター貸与が可能である。そのためモニター申込があった造船所には、2～3週間の長期モニター調査を依頼した。これにより半日や1日装着では難しい、長期装着時の安全に関する注意点等の発見に繋がると推測された。

また、モニター申込があったのは計7社であった。しかしながら、本来であれば申込全造船所にて調査を実施したいところではあるが、「造船所の作業予定と調査のスケジュールが合わない」、「モニター調査ではなく、これを機に『見てみる、触ってみる、着けてみる、動いてみる』というレベル」という造船所もあった。

そのためモニター調査が完了したのは5社となった。他の造船所の状況は、デモンストレーションと試着のみ（モニター調査未実施）：2社となっている。

2. モニター調査完了

●モニター方法

第1週目はアシストスーツを装着しない通常作業時の開始直前および終了直後（その日のうちで、当該作業が完了した時点）に疲労度を調査し、作業者の疲労ベースを把握する。これを月曜日から金曜日までの5日間の毎日行う。

第2週目はアシストスーツを装着し、第1週目と同様に月曜日から金曜日までの5日間の毎日、通常作業の開始直前および終了直後に疲労部位調査を行う。また5日目の金曜日またはその週の作業の最終日のみ、アシストスーツを装着した作業の終了後に別の調査用紙（本調査）に記入する。これはアシストスーツを使用した直後に、安全性、疲労感、作業効率・品質、使用感に関する項目を調査し、メーカー向けの造船用開発指針及び造船ユーザー向けの利用の手引きの参考とする。

第3～4週目はアシストスーツを装着して作業を行うが、疲労部位調査と本調査については、金曜日または調査可能な最終日のみ行う。

また、作業者のみではなく、現場管理者にもアシストスーツを装着した作業の安全性や作業効率・品質への効果等を調査する。

1) モニター企業 F

●モニター作業者

A：65歳 男性。身長172cm、体重63kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。

アシストスーツを使用する予定作業：上向き溶接、上向きグラインダ、上向きガウジング

作業対象物の高さ：145cm

B：64歳 男性。身長160cm、体重61kg。ラチェット式アシストスーツの使用経験有。

アシストスーツを使用する予定作業：上向き背焼き

作業対象物の高さ：180cm

●モニター調査期間

・装着指導：2017年11月28日

- ・事前調査：2017年11月27日～12月1日
- ・本調査：2017年12月4日～8日、11日～15日（作業者A）
：2017年12月4日～8日、11日～15日、18日～22日（作業者B）

※作業者Aは作業や姿勢にアシストスーツが合わないことから、本調査は第2週目までとした。

●モニター使用中の様子

作業者A



作業者B



●本調査結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。（作業者A,B）
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。（作業者A,B）
- ・自身の安全帯とアシストスーツを同時に装着すると重たくなったため、自身の安全帯を外さなければならなかった。（作業者A,B）
- ・ロックを解除していても、手と腕が自由に動かせられないため、違和感がある。（作業者A）
- ・ロックを解除している時は普段通り自由に動くことも出来るが、手の自由がないこともある。（作業者B）
- ・廃材を片付ける時、腕が伸ばせられなかった。（作業者A）
- ・転倒した時に金具等が接触し、骨折の恐れがある。（作業者A）
- ・前回作業でアシストスーツを腰ベルトから外すと重さで下がってしまい、次回装着時に1人では装着できない。（作業者A）
- ・アシストスーツの脱着は問題ない。（作業者B）

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、逆に疲れが強くなった。（作業者A）
- ・第2週目は腕の疲れが軽減されると少し感じたが、第3～4週目では変わらなかった。（作業者B）

○作業効率・品質について

- ・姿勢が安定せず、作業の連続性が下がった。(作業者 A)
- ・第 2 週目は姿勢が安定によって効率が少し向上し、作業の連続性が高まった。
しかし第 3～4 週目では、作業の連続性はアシストスーツ非装着時と変わらなかった。(作業者 B)

○使用感

- ・少し重い、時間経過と共にとても重く感じた。(作業者 A)
- ・アシストできる角度や姿勢があまりあっておらず、またサイズ調整ができなかった。(作業者 A)
- ・工具のケーブルやロープをくぐる時に、アシストスーツのでっぱりが引っ掛かる。(作業者 A)
- ・腕が自由に動かないため、工具の持ち替え等が少しやりにくかった。(作業者 A)
- ・アシストスーツが重たく、また腕を上下左右に動かすことができないため、装着すると作業がしにくくなった。(作業者 A)
- ・少し重量を感じたが、問題ない。(作業者 B)
- ・アシストできる角度や姿勢はまあまああっており、サイズ調整は簡単にできた。(作業者 B)
- ・腕の下の棒が少し長い。(作業者 B)
- ・工具の持ち替え等はあまり影響がなかった。(作業者 B)
- ・アシストスーツを装着しても作業のしやすさは変わらないが、腕を上下に動かすにくいことがある。(作業者 B)
- ・腰への負担を感じるので、改良してほしい。(作業者 B)

○その他

- ・工具の電気等が漏電し、感電しないか気になる。(作業者 A)
- ・ロックが外れない時に指を挟む可能性があるため、カバー等で覆ってほしい。(作業者 B)

●現場管理者への調査結果

○安全性について

- ・上向き作業以外でも作業者 A はアシストスーツを装着しているので、廃材等の片付け作業時に腕が伸びない。
- ・つまずいて転倒しそうな時、とっさに手が出ないため顔面を打つ恐れがある。
- ・作業者が着ている腕カバーの紐が機械に悪影響を及ぼさないか。

○作業効率・品質について

- ・両名ともに、アシストスーツを使用しない場合と同程度であった。

○その他

- ・椅子に腰掛けた状態での、板継ぎ上向き作業には向いていない。
- ・椅子に腰掛けて作業をしているため、上半身のみに重さを感じ、長時間の作業には不向き。
- ・溶接スパッタが付着して、ロック機構に悪影響を及ぼさないか。
- ・作業者 B は身長が低いため、補助アーム（腕の下の棒？）が邪魔そうに見えた。
小改造によって背丈に合わせられるようになれば、使い勝手が良くなると思います。

2) モニター企業 H

本来であれば第1週目の事前調査と第2～4週目の本調査を行いたいところであるが、現場スケジュールの都合により、1週間限定の本調査のみとなった。

●モニター作業者

44歳 男性。身長 163cm、体重 70kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。
アシストスーツを使用する予定作業：上向き溶接

●モニター調査期間

- ・装着指導：2017年12月18日
- ・事前調査：未実施
- ・本調査：2018年2月12日～14日、16日

●本調査結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。
- ・異物の混入が原因かどうかは分からないが、固定の解除がうまくいかないことがあった。
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。
- ・安全帯等 自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはなかった。
- ・ロックを解除していても、装着することに慣れていないため違和感があり、動きがぎこちなくなった。
- ・アシストスーツの脱着に手間がかかった。

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、腕の疲れの軽減を少し感じた。

○作業効率・品質について

- ・作業効率・品質ともに向上はしない。

○使用感

- ・アシストスーツの重さは、少し重いと感じた。
- ・アシストできる角度や姿勢はまあまああっていた。
- ・アシストスーツのサイズ調整は少し難しかったができた。
- ・アシストスーツの形状により、作業がしにくいということは感じなかった。
- ・腕固定用のギヤが不意に入る（ロックされる）ことがあるため、工具の持ち替え等の主作業以外は行にくい。
- ・アシストスーツを装着すると、腕が上下に動かなくなる（腕の自由度が低下する）ため、少し作業がしにくくなった。
- ・アシストスーツが改良されれば使用したい。特に、腕の固定範囲の改善、ロックの方法、着心地が良くかつ簡単に装着できるようにしてほしい。また腰への負担を軽減してほしい。

- ・バランスを崩した時や転倒時に、腕が固定されていることが無いようにしてほしい。

3) モニター企業 A

本来であれば第1週目の事前調査と第2～4週目の本調査を行いたいところであるが、現場スケジュールの都合により、1日限定の本調査のみとなってしまった。

●モニター作業者

A：35歳 男性。身長 165cm、体重 60kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。

アシストスーツを使用する予定作業：上向きブロック継手溶接

B：24歳 男性。身長 170cm、体重 80kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。

アシストスーツを使用する予定作業：上向き板継ぎ裏直し、上向きグラインダ

●モニター調査期間

- ・装着指導：2018年2月13日
- ・事前調査：未実施
- ・本調査：2018年2月23日（用紙記入日）

●本調査結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。（作業者 A,B）
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。（作業者 A,B）
- ・アシストスーツ装着時に転倒・転倒しそうなことがあり、アシスト解除に手間取った・不安があった。（作業者 A）
- ・作業姿勢変更時に、アシスト解除に手間取った・不安があった。（作業者 B）
- ・安全帯等 自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはなかった。（作業者 A,B）
- ・ロックを解除している時は普段通り自由に動くこともできた。（作業者 A）
- ・ロックを解除していても、手と腕が自由に動かせられないため、少し影響がある。（作業者 B）
- ・背後に置いてある道具類を取ろうとしたとき、不自由さを感じた。（作業者 B）
- ・アシストスーツの脱着は問題ない。（作業者 A,B）

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、腕の疲れの軽減を感じた。（作業者 A,B）

○作業効率・品質について

- ・作業効率・品質ともに少し向上する。（作業者 A）
- ・作業効率・品質ともに向上しない。（作業者 B）
- ・アシストスーツを使用しない場合に比べて、作業の連続性が下がった。（作業者 A,B）

○使用感

- ・アシストスーツの重さはまったく感じなかった。（作業者 A,B）

- ・アシストできる角度や姿勢はまあまああっていた。(作業者 A,B)
- ・アシストスーツのサイズ調整は簡単にできた。(作業者 A,B)
- ・アシストスーツの形状により、作業がしにくいことがあった。(作業者 A,B)
特に地面においてある道具類を取るときに不便さを感じた。(作業者 A)
特に椅子に座っての作業となっていたことから、ロック時に肩部分の可動範囲が限定されていた。(作業者 B)
- ・工具の持ち替えの時、地面に置いてある道具類を取る度に毎回ロックを解除しなければならなく、不便さを感じた。(作業者 A)
- ・工具の持ち替え等はあまり影響がなかった。(作業者 B)
- ・アシストスーツを装着すると、作業はやりやすく感じた。(作業者 A,B)
- ・アシストスーツに慣れれば、作業のしやすさは少し改善する。(作業者 A,B)
- ・アシストスーツが改良されれば使用したい。(作業者 A,B)
特にロック解除が現状より容易になれば使用しやすい。(作業者 A)
特にロック後の肩部分の可動範囲を広げてほしい。(作業者 B)

●現場管理者への調査結果

○安全性について

- ・身動きが制限されるので、有事の際にいつも以上に慌てる恐れがある。
- ・体に固定しているものなので、絶対的に燃えないようにする必要があり、そのため革の保護具以上の耐火性・難燃性を求める。

○作業効率・品質について

- ・両名ともに、アシストスーツを使用しない場合と同程度であった。

○その他

- ・腕の動きをかなり制限されていたため、もう少し柔軟性がほしい。
- ・作業姿勢や内容に応じて、作業効率の改善を見込める作業があることがわかった。
- ・道具類の持ち替え等の1人作業が多いため、作業以外の時間に工数が掛かりそう。
(慣れれば改善される?)

4) モニター企業 G

本来であれば第1週目の事前調査と第2～4週目の本調査を行いたいところであるが、現場スケジュールの都合により、1日限定の本調査のみとなってしまった。

●モニター作業者

48歳 男性。身長 177cm、体重 80kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。
アシストスーツを使用する予定作業：上向きグラインダ

●モニター調査期間

- ・装着指導：2017年12月19日

- ・事前調査：未実施
- ・本調査：2018年1月22日（用紙記入日）

●本調査結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。
- ・アシストスーツ装着時に転倒・転倒しそうなことはあったが、すぐ解除できた。
- ・安全帯等 自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはなかった。
- ・ロックを解除していても、アシストスーツの影響が少しあり、普段通り自由に動けなかった。
- ・アシストスーツの脱着に手間がかかった。

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、腕の疲れの軽減を少し感じた。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツによる作業効率・品質は向上しない。

○使用感

- ・アシストスーツの重さは少し感じたが、問題ない。
- ・アシストできる角度や姿勢はまあまああっていた。
- ・体型に合わせたサイズ調整は少し難しかった（少し面倒だった）ができた。
- ・アシストスーツの形状により、作業がしにくいということは感じなかった。
- ・工具の持ち替え等はあまり影響がなかった。
- ・アシストスーツを装着すると、作業は少しやりやすく感じた。
- ・アシストスーツに慣れれば、作業のしやすさは少し改善する。

○その他

- ・造船所内では腕を固定して行う作業は少なく、絶え間なく上下に動かすことが多いので、その改善がされれば使いやすくなる。

●現場管理者への調査結果

○安全性について

- ・アシストスーツを使用中の作業者を見て、もし災害など緊急事態が発生した場合に、すぐ外すことが出来るか不安。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツを使用しない場合と同程度だった。

○その他

- ・作業者がこれを着用しないと仕事にならない という製品開発を期待しています。

5) モニター企業 C

本来であれば第1週目の事前調査と第2～4週目の本調査を行いたいところであるが、こちらも現場スケジュールの都合により、1日限定の本調査のみとなってしまった。

●モニター作業者

38歳 男性。身長170cm、体重72kg。ラチェット式アシストスーツを初めて使用。

アシストスーツを使用する予定作業：上向き溶接、上向きガウジング

●モニター調査期間

- ・装着指導：2017年12月26日
- ・事前調査：未実施
- ・本調査：2018年1月30日（用紙記入日）

●本調査結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。
- ・アシストスーツ装着時に衝突・衝突の回避が必要なことはあったが、すぐ解除できた。
- ・安全带等 自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはなかった。
- ・ロックを解除していても、自由に動くことができた。
- ・アシストスーツの脱着はあまり問題なかった。

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、腕の疲れが軽減すると感じた。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツによる作業効率は少し向上し、品質は向上する。
- ・アシストスーツを使用すると中断回数が減り、作業の連続性が高まった。

○使用感

- ・アシストスーツの重さは少し感じたが、問題ない。
- ・アシストできる角度や姿勢はあっていた。
- ・体型に合わせたサイズ調整は簡単にできた。
- ・アシストスーツの形状により、作業がしにくいということは感じなかった。
- ・工具の持ち替え等は影響がなかった。
- ・アシストスーツを装着すると、作業は少しやりやすく感じた。
- ・アシストスーツに慣れれば、十分に使いやすくなる。

○その他

- ・エアガウジングを使用して上向きにて開先加工（裏掘り）作業では、利き腕を広げる姿勢になるので、アシストスーツが使用できなかった。

●現場管理者への調査結果

○安全性について

- ・アシストスーツを使用中の作業を見て、安全上の不安を感じることはなかった。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツを使用しない場合に比べ、手直し回数が減った。

○その他

- ・アシストスーツを装着するのが簡単で、短時間で作業を開始できる。（脱着が簡単）
- ・上向き、水平の溶接作業では良好に思えたが、腕を広げる（肘を広げる）作業姿勢では使用不可で、改良を求める。

6) モニター調査 まとめ

○安全性について

アシストスーツには、革の保護具と同程度の耐火性や難燃性が求められるが、アシストスーツ分の重量増を嫌がり、自身の安全帯を外して作業を行うことがあった。しかしながら自身の安全帯を外す行為は、造船所・作業現場によっては禁止事項となっているため、装着時の重量負担等を軽減したアシストスーツが求められる。

またアシストスーツを装着したまま他の作業を行うことがあるため、ロックを解除していても手や腕が自由に動かされる必要があり、かつ転倒や衝突しそうな時には直ぐにロックが解除でき、反射的に受け身姿勢が取れる構造が求められる。また万が一、受け身姿勢が取れない場合（転倒した場合）でも、アシストスーツが装着者に危害を加えない（ケガを負わせない）必要がある。

○疲労感について

「アシストスーツを使用することで、腕の疲れが軽減される」という意見もある一方で、「逆に疲れが強くなった」という意見もある。これはアシストスーツを使用した作業環境や、装着者のアシストスーツへの順応性の違いによるものと推測される。そのため装着時に出来るだけ違和感のない、アシストスーツが求められる。

○作業効率・品質について

作業場所の環境や姿勢により作業の連続性には変動があるため、作業効率・品質の向上に繋がる有意義な情報を得ることはできなかった。しかしながら、アシストスーツ装着による作業効率や品質の低下は避ける必要がある。

○使用感

造船所によっては、作業員数>アシストスーツ数が想定される。その場合はアシストスーツを

シェアすることになるため、サイズ調整が容易にできる必要がある。また工具の持ち替え、アシストスーツを装着したままの移動等についても、何の支障もなく行える必要がある。

またアシストスーツが作業者に触れる箇所を極力少なくし、かつ通気性の確保や腕以外への身体負担を軽減する必要がある。

○その他

作業現場では様々な工具が使用されており、電動工具もその 1 つである。しかしながら電気を使用=漏電の可能性が必ずあるため、万が一に備えて感電対策を講じておく必要がある。またアシストスーツをカバー等で覆い、作業員や部材・部品等に損害を与えない配慮も必要である。

また造船所内では腕を絶え間なく上下左右に動かし、利き腕を広げる姿勢になることがある。そのため容易にアシスト角度が変更でき、角度を保持したまま腕を広げられる機能が求められる。

また装着時に悩むことが無くかつ簡単に装着できるアシストスーツが求められる。

3. デモンストレーションと試着のみ

1) モニター企業 J

●モニター調査期間

・装着指導：2017年12月18日

現場班長を交えて装着指導と実演を行ったが、今回の事業に応募された時点で調査等を行う予定はなく、まずは「見てみる、触ってみる、着けてみる、動いてみる」を目的とされていた。4~5人に装着してもらったが、社内ではアシストスーツを使用する該当作業がないと判断された。しかしながらまだアシストスーツを知らない方もいるので、実機を預け、事業所内でのアシストスーツの紹介をお願いした。

2) モニター企業 B

本来であれば作業現場での調査を行いたいところであるが、現場スケジュールの都合により、会議室での模擬動作のみとなってしまった。そのため、デモンストレーションと試着の結果として報告する。

●試着期間

・装着指導：2017年12月19日

・用紙記入日：2018年2月17日

●試着結果

○安全性について

- ・耐火性、難燃性に気になるところはなし。
- ・不意にアシストがなくなることはなかった。
- ・安全带等 自身が身につけている安全器具の機能に影響を及ぼすことはなかった。
- ・ロックを解除していても、自由に動くことができた。
- ・アシストスーツの脱着はあまり問題なかった。

○疲労感について

- ・アシストスーツを使用することで、腕の疲れが軽減すると感じた。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツによる作業効率は向上しないが、品質は少し向上する。

○使用感

- ・アシストスーツの重さはまったく感じなかった。
- ・アシストできる角度や姿勢はあっていた。
- ・体型に合わせたサイズ調整は簡単にできた。
- ・アシストスーツの形状により、作業がしにくいということは感じなかった。
- ・工具の持ち替え等は影響がなかった。
- ・アシストスーツを装着しても、作業のしやすさは変わらない。
- ・アシストスーツに慣れれば、十分に使いやすくなる。

○その他

- ・アシストスーツを使用できる場面が少なく、1日中装着していると邪魔になる。

●現場管理者への調査結果（※モニター作業者と同一人物）

○安全性について

- ・アシストスーツを使用中の作業者を見て、安全上の不安を感じることはなかった。

○作業効率・品質について

- ・アシストスーツを使用しない場合と同程度であった。

○その他

- ・使用できる場面と、アシストスーツを現場へ持って行き装着する（装着したままにする）ことを比べると、使用しないと思います。工具箱に入るような大きさであれば、常時現場へ持って行くと思います。

以上

付録2 電磁ブレーキ式上向き作業用アシストスーツを使用した調査報告

1. はじめに

日本船舶技術研究協会からの依頼により、モニター企業の造船現場において、電磁ブレーキ式の上向き作業用アシストスーツを使用してもらい、安全性、疲労感、作業効率・品質への効果、使用感等について調査を行った。

※母集団：日本船舶電装協会、日本造船工業会、日本中小型造船工業会内において、上向き作業用アシストスーツに興味をもっている担当者が所属している企業における作業員

※標本抽出法：有意抽出(応募法)

2. 電磁ブレーキ式アシストスーツについて

電磁ブレーキ式のアシストスーツは、両腕を電磁クラッチにより固定するものである。(図1)



電磁ブレーキ式のアシストスーツ(図1)

3. 調査内容

① モニター企業E【実施日：2017/12/13 終日】

- ・上向き板継ぎ裏直し作業(グラインダー作業、ガウジング作業、溶接作業)

実際に作業現場にて実施。

被験者の情報は「性別：男性、年齢：23歳、身長：169cm、体重：68kg」である。

まず、被験者に上向き板継ぎ裏直し作業を実施してもらい、その後、作業前の状況を思い出してもらいながら、疲労部位調査用紙を記載してもらい、さらに、作業後の状態について疲労部位調査用紙及び、本調査用紙を記載してもらった。

② モニター企業 I 【実施日：2017/12/14 終日、2017/12/15 午前】

- ・上向き溶接作業及び、上向きグラインダー作業

実際に作業現場にて実施。

被験者の情報は「性別：男性、年齢：44 歳、身長：167cm、体重：58kg」である。

まず、被験者に上向き溶接作業(写真 1)及び、上向きグラインダー作業(写真 2)を実施してもらい、その後、作業前の状況を思い出してもらいながら、疲労部位調査用紙を記載してもらい、さらに、作業後の状態について疲労部位調査用紙及び、本調査用紙を記載してもらった。



上向き溶接作業(写真 1)



上向きグラインダー作業(写真 2)

③ モニター企業 B その 1 【実施日：2017/12/20 午前】

- ・配線持ち上げ作業、配線を持ち上げて送る作業、配線のバンド止め作業

実際に作業現場にて実施。

被験者の情報は「性別：男性、年齢：66 歳、身長：167cm、体重：71kg」である。

まず、被験者に配線持ち上げ作業(写真 3)、配線を持ち上げて送る作業及び、配線のバンド止め作業(写真 4)を実施してもらい、その後、作業後の状態について疲労部位調査用紙及び、本調査用紙を記載してもらった。(作業前の疲労部位調査はスケジュールの関係上実施していない)



配線持ち上げ作業(写真 3)



配線のバンド止め作業(写真 4)

④ モニター企業B その2【実施日：2017/12/20 午後】

- ・器具付け作業、配線の被覆剥ぎ作業

実際に作業現場にて実施。

被験者の情報は「性別：男性、年齢：30歳、身長：179cm、体重：77kg」である。

まず、被験者に器具付け作業(写真5)及び、配線の被覆剥ぎ作業(写真6)を実施してもらい、その後、作業後の状態について疲労部位調査用紙及び、本調査用紙を記載してもらった。(作業前の疲労部位調査はスケジュールの関係上実施していない)



器具付け作業(写真5)



配線の被覆剥ぎ作業(写真6)

⑤ モニター企業J 【実施日：2018/1/26 午後】

- ・試着

会議室にて試着。被験者の情報は正確には得られず、見た目では「30代後半かつ、中肉中背の男性作業員」と「30代後半かつ、中肉長身の男性作業員」である。

4. 調査結果

4-1. 意見のまとめ

以下に、各造船所における作業者及び、管理者の意見をまとめる。

なお種別には、意見の内容ごとに分類したその分類名を示す。

分類名	内容
安全	安全面に関する意見
品質	作業後の作業対象の品質に関する意見
作業効率	作業の効率に関する意見
疲労	作業した際の疲労に関する意見
装着	機器の装着の仕方に関する意見
本体強度	機器の強度に関する意見
本体構造	機器の構造に関する意見
重量	機器の重量に関する意見
機能	機器の機能に関する意見
動作	機器を装着した際の作業動作に関する意見
将来性	機器についての今後の期待等に関する意見

① モニター企業E

意見者	プラス意見	種別	マイナス意見	種別
作業員	-	-	スーツにひっかかったスパッタで着ている物に火がつきそうに感じた。	安全
			アシストを解除して動くと、狭いところが多いのでかなり気をつけなければならない。	安全
			配線関係がすぐに燃えそう。	安全
			工具を持っている時のスイッチを入れる時、アークが出そうで危ない。	安全
			アシストスーツによって、作業効率は向上しないと感じた。	作業効率
			長時間使用し続けて慣れても、あまり作業は改善しないと思う。	作業効率
			アシストスーツを使用して作業を続けたくない。	動作
			少し重たく感じた。	重量
			保護具の着脱が大変だった。	装着
			脱着は手間がかかった。	装着
			サイズ調整は少し難しかった。	装着
			アシストできる範囲や角度は、作業にあまりあっていなかった。	動作
			腕を横に広げられずに作業しにくかった。	動作
			工具の持ち替えが多いので、スイッチの切り替えがめんどろで、とてもやりにくかった。	動作
			アシストスーツ装着時、腕を左右・上下に動かしにくく、作業がしにくくなった。	動作
			移動だけでも他にぶつけてしまい、かなり邪魔になった。	動作
			アシストスーツにより、逆に腕の疲れが少し強くなった。	疲労
			手を固定した分、腰を使って作業をしなくてはいけないので、腰がかなりしんどかった。	疲労
			アシストスーツによって、品質は向上しないと感じた。	品質
アシストスーツのでっぱり部分をぶつけることが多かった。	本体構造			
管理者	-	-	電源コードが絡まり、転倒のリスクがあり、安全に不安を感じた。	安全
			狭い場所で機械がぶつかるので、安全に不安を感じた。	安全
			可動部のスパッター保護に不安がある。	安全
			機体の火気保護に不安がある。	安全
			転倒時の腕保持部分のワイヤー破損対策に不安がある。	安全
			アシストスーツを使用しない場合に比べて手直しの指摘（手戻り）回数が増えた。	作業効率
			まだ、未完成な部分が多く、現場で起用には課題が多いと感じた。	将来性
			スイッチのON,OFFが工具を持ったままでは困難と感じた。	機能
上向き作業には有効であるが、ある程度、腕の上げ下げに追従するものでないと溶接、グラインダー作業などには難しいと感じた。	動作			

② モニター企業 I

意見者	プラス意見	種別	マイナス意見	種別
作業者	作業姿勢の安定により、作業効率が向上すると感じた。	作業効率	問題無いが、少し重たく感じた。	重量
	長時間使用し続けて慣れれば、作業のし易さは少し改善する。	動作		
	改良されれば、使用したい。	将来性		
	脱着はあまり問題が無かった。	装着		
	サイズ調整が簡単にできた。	装着		
	アシストを解除している際は、自由に動くことができた。	動作		
	アシストできる範囲や角度は、作業にまあまああった。	動作		
	総じて、少しだけ疲労感が軽減された。	疲労		
	作業姿勢の安定により、品質が少し向上すると感じた。	品質		
管理者	-	-	100Vの電線が有線で繋がれており、躓きの危険があり、安全上の不安を感じた。	安全
			グラインダー、溶接トーチを持ったままの転倒で怪我をする可能性があり、安全上の不安を感じた。	安全
			上向き姿勢に対して、当初は肘の部分を下から支えるものとイメージしていたが当該アシストスーツは上腕を横から支えるものであり、スーツ本体に過度な負荷が掛かる様に感じた。	本体構造

③ モニター企業 B その1

意見者	プラス意見	種別	マイナス意見	種別
作業者	作業姿勢の安定により、作業効率が少し向上すると感じた。	作業効率	ロックされている際に、転倒した場合、不安を感じる。	安全
	装着することで、作業がやり易くなった。	動作	作業途中にアシスト力が急になくなった。	本体強度
	長時間使用し続けて慣れれば、十分に使い易くなる。	動作	問題無いが、少し重たく感じた。	重量
	改良されれば、使用したい。	将来性	脱着に手間がかかった。	装着
	サイズ調整が簡単にできた。	装着	腕の固定が甘かった。	装着
	アシストを解除している際は、自由に動くことができた。	動作	腕の固定を紐で行った場合、取り付けるのに面倒だった。	装着
	アシストできる範囲や角度は、作業にまあまああっていた。	動作	背中の板バネが固く、肩が広げにくい。	動作
	総じて、少しだけ疲労感が軽減された。	疲労	柔軟性が足りないと感じる。	動作
	作業姿勢の安定により、作業品質がほんの少し向上すると感じた。	品質	スイッチ及び、電源のケーブルが邪魔を感じる。	動作
	—	—	右腕側のワイヤーが切れた。	本体強度
		強度が足りないと感じる。	本体強度	
管理者	装着感は軽い。	重量	腕の保持部品のバネが弱く、形状も適していない。	本体構造
	重量を保持する動作としては好印象。	機能	人の手の力で破損するので、強度を上げる必要がある。	本体強度

※管理者は、その1及びその2における調査を見て、まとめて意見を述べている。

④ モニター企業 B その2

意見者	プラス意見	種別	マイナス意見	種別
作業者	作業姿勢の安定により、作業効率が少し向上すると感じた。	作業効率	転倒・転落の際に、咄嗟に手が出せないと思う。	安全
	作業の連続性が高まり、作業効率が少し向上するよう感じた。	作業効率	充電器のケーブルが引っかかりそうで不安。	安全
	アシストスーツによって、作業が少しやり易くなった。	動作	ロックをしている際に、腕部に負荷がかかった場合、安全面で不安が残る。	安全
	長時間使用し続けて慣れれば、作業のし易さは少し改善する。	動作	左右、同時にロックがかかるのは不便。	機能
	改良されれば、使用したい。	将来性	問題無いが、少し重たく感じた。	重量
	サイズ調整が簡単にできた。	装着	脱着は少し手間がかかった。	装着
	アシストできる範囲や角度は、作業にまあまああっていた。	動作	アシストを解除している際、普段通りに動くことが少しできなかった。	動作
	総じて、腕の疲れが少し軽減されたように感じた。	疲労	ポケットに入れているものが取れない。	動作
	—	—	腕部の動きがスムーズでない。	動作
		安全帯につけている道具が少しとりにくかった。	動作	
管理者	装着感は軽い。	重量	腕の保持部品のバネが弱く、形状も適していない。	本体構造
	重量を保持する動作としては好印象。	機能	人の手の力で破損するので、強度を上げる必要がある。	本体強度

※管理者は、その1及びその2における調査を見て、まとめて意見を述べている。

⑤ モニター企業J

意見者	プラス意見	種別	マイナス意見	種別
作業者	—	—	機体が重く感じる。	重量
			腕を横方向に広げにくい。	動作
			しゃがむと背中に力がかかる。	本体構造
			動かすと、背中、肩ベルトに力がかかり、肩が凝りそう。	本体構造
管理者	—	—	—	—

4-2. 意見の集計結果

以下に意見の集計結果(数値は各種別における意見の数)を示す。

なお、モニター企業Bのその1及びその2における管理者は、両方の調査を見て感想を述べているため、両方の調査に対して同じ意見を述べているとみなして集計した。

種別	マイナス意見(作業者)	プラス意見(作業者)	マイナス意見(管理者)	プラス意見(管理者)
安全	8	0	7	0
品質	1	2	0	0
作業効率	2	4	1	0
疲労	2	3	0	0
装着	7	4	0	0
本体強度	3	0	2	0
本体構造	3	0	3	0
重量	5	0	0	2
機能	1	0	1	2
動作	14	10	1	0
将来性	0	3	1	0

5. まとめ

総じて、モニター企業Eにおける「上向き板継ぎ裏直し作業」以外では、ある程度の評価を得た。以下、意見に関する詳細な考察を示す。

- ・安全に関する意見としては、配線等による転倒リスクおよび配線や機器の耐熱性への懸念事項が多かった。また、管理者の意見としてはこのような安全に関する意見が多かった。今後、コードレスによる転倒リスクの低減や、難燃性の高い材料の利用等、上記の懸念事項を払拭できるような設計を行う必要性を感じた。
- ・モニター企業Bにおいて実施した「配線作業」では、作業効率・品質の面で、ある程度の評価を得た。また、モニター企業Iにおける「上向き溶接作業及びグラインダー作業」に対しても、同様の評価を得た。逆に、モニター企業Eにおける「上向き板継ぎ裏直し作業」については低評価であった。さらに、疲労に関しても、「上向き板継ぎ裏直し作業」のみマイナス意見であった。機器を装着した作業の種類によって、作業効率や作業品質さらに疲労の仕方に違いが出る理由を、今後詳細に調査して、新設計に生かしていきたいと考えている。
- ・装着に関しては、サイズ調整については簡単にできるという評価が多かった。また、機器の脱着及び、腕の固定方法についてはマイナス意見が多かった。今後、容易に装着できる設計を行う必要性を感じた。
- ・本体強度に関する意見から、腕と工具を支えるだけでは不足ということが分かった。今後、どれ程の重量を支える必要があるかについて、詳細な調査が必要だと感じた。
- ・本体構造に関しては、肩部のどっぴり及び腕の挟み込み方についてのマイナス意見が多かったの
で、その点について今後の設計で注意を払う必要があると感じた。
- ・重量に関しては、少し重く感じるという意見が多く、重量を感じにくい構造、または、実際に重量を軽くすることが必要だと感じた。
- ・機能に関しては、スイッチによる両腕の同時固定についてマイナスの意見があり、アシスト機能を見直す必要があると感じた。
- ・動作に関しては、作業動作にまあまああっているという意見が多かったが、「上向き板継ぎ裏直し作業」のみ、あっていないという意見だった。また、腕を横に広げにくいという意見等の腕の可動域に関するマイナス意見も多かった。今後、腕の可動域を広げるような設計を行う必要性を感じた。
- ・機器の将来性について、作業者に関しては比較的良好な意見が多かった。今回得た意見を、今後の開発に生かしていきたいと考えている。

以上

1. はじめに

本調査の目的は、複数の造船所などで上向きアシストスーツのモニター調査を実施し、造船所が安心して導入できるための安全指針(メーカー向けの造船用開発指針及び造船ユーザー向けの利用の手引き)を作成するための基礎的なデータを「上向きアシストスーツ導入に係る技術的調査研究委員会」へ提供することである。

本報告書では、まず、各事業所で実施したモニター調査及びデモの結果を別紙3及び別紙4を基に記述する。次に、現場作業の観察や別紙3,4の結果から考察したアシスト効果が発揮しにくい作業や姿勢を明らかにする。続いて、ユーザーがアシストスーツを使用する際の留意点を述べ、最後にメーカーとしての改善点をまとめる。

2. 調査方法

気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツに対してモニター申込みのあった造船所など(申込み8社、ただし、調査とデモは7社で実施)でモニター調査を実施する。モニター調査は次の3ステップで進めた。まず、調査実施前に、作業員へ装着方法や使用方法を十分に指導し、アシスト効果が最大限発揮されるように学習してもらった。次に、調査本番ではアシストスーツを着用したまま作業を一定時間実施してもらった。最後に、造船所担当者と協力のうへ、事前に定められた手順と調査用紙に基づいて作業員による調査用紙への記入、及び、必要に応じて作業員へヒアリングを実施した。

この調査の実施期間は、2017年11月13日から2018年2月28日までであった。

3. 気体ブレーキ式上向き作業用アシストスーツの概要

モニター調査に用いたアシストスーツの外観を写真1に示す。機器の概要は以下のとおりである。

- 気体式ブレーキによりロックし上腕を支える
- 重量:約 4 kg(防火カバーを含む)
- アシストスーツを装着したまま、腕を自由に大きく動かせる(写真2, 3, 4)
- 左右それぞれの腕を任意の高さに無段階で保持できる
- 腕の高さを保持したまま、腕を内外に大きく動かせる(写真4)
- 配管・配線がないので、作業場を自由に歩き回れる



写真1 アシストスーツの外観



写真2 屈曲・伸展可動域



写真3 内転・外転可動域



写真4 内旋・外旋可動域

4. モニター調査先と調査対象作業

表 1 にモニター調査先と調査対象作業を示す。造船所に加え、電気艤装会社も調査先に含まれている。

現場作業での調査は 5 社、デモは 2 社で実施した。1 社については、ドック入りスケジュールのタイミングが調査期間と一致しなかったため、実施できなかった。

対象作業としては、板継溶接裏手直し作業、吊ピースの取付／除去作業、背焼き(歪取り)作業、結線・配線作業である。

表 1 モニター調査先と調査対象作業

対象作業		調査先								
		モニター企業 I	モニター企業 D	モニター企業 B	モニター企業 E	モニター企業 F	モニター企業 G	モニター企業 J	モニター企業 C	
ピット	ガウジング	-	-	-	●	-	試着デモのみ実施		ドック入りスケジュールの都合により実施しない	
	溶接	-	●	-	●	●				
	グラインダー	-	●	-	●	●				
吊りピース取付	溶接	●	-	-	-	-				
	グラインダー	●	-	-	-	-				
吊りピース除去	溶接	-	-	-	●	-				
	グラインダー	-	-	-	●	-				
背焼き		●	●	-	-	●				
結線・配線		-	-	●	-	-				

5. 各モニター先の調査結果

以下、モニター開始月日順に記述する。

5-1. モニター企業 D

- モニター : 2017 年 12 月 18 日から 2018 年 1 月 11 日まで
- 調査日 : 2017 年 12 月 22 日, 2018 年 1 月 11 日
- ピット内作業 : 25 歳, 男性, 身長 170cm, 体重 70kg. アシストスーツを十分使い慣れたと考えられる 2018 年 1 月 11 日に調査を実施した。その他に, モニター期間中に本アシストスーツを使用したことがある現場リーダー(41 歳, 男性, 身長 168cm, 体重 70kg)から自由意見をヒアリングした。なお, この現場のピット高さは 1780mm. 2 名の 1 チームで作業しており, ガウジングと溶接で 1 名, グラインダーで 1 名と, 作業を分けている。
- 背焼き作業 : 31 歳, 男性, 身長 169cm, 体重 59 kg. 背焼き作業経験約 2 年. ブロック高さは 2100mm. 右手にバーナー, 左手に水用ノズルを持ち, 加熱しつつ冷却を並行実施する作業である。ブロック高さがさらに高い現場もあり, その時は踏み台に載って作業をする。アシストスーツを十分使い慣れたと考えられる 2018 年 1 月 11 日の調査を実施した。ただし, 調査当日は作業がなかった。



写真 5 背焼き作業

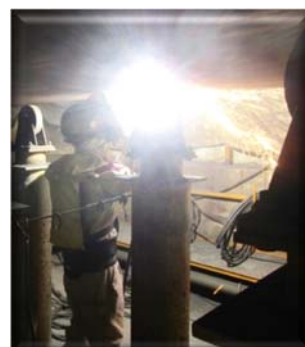


写真 6 ガウジング



写真7 グラインダ



写真8 溶接

■本調査結果(別紙3)の回答内容について

●安全性について

- 両者とも、耐火性・難燃性、異物による動作不良、不意のアシスト損失、アシスト緊急解除については「なかった」との回答
- ピット内作業では、肩部ベルトの根元で破損発生。アシストスーツを着脱するとき一方に大きな荷重が作用するためと考えられる
- 着脱の容易さでは、ピット内作業者は「あまり問題なし」との回答に対し、背焼き作業者は「とても手間」と、意見が分かれた
- 背焼き作業は、水をかけながらの作業であるため、感電の心配が挙げられた

●疲労感について

- ピット内グラインダでは少しの疲労軽減効果を感じられたが、背焼きでは軽減効果は感じられなかった

●作業効率・品質について

- 両者とも、作業効率と品質については「向上しない」との感想となった

●使用感について

- 重量については、両者とも重く感じており、より軽量化が望まれる
- 角度や姿勢については、作業によって意見が分かれた。背焼きについては、作業自体がアシストスーツの機能と一致していないとのコメントであった
- でっぴりの影響については、狭隘な場所での使用となるピット内では支柱にアシストスーツが接触するため、影響あるとの回答であった。一方、背焼きは広い作業エリアでの作業となるため、問題はなかった
- 背焼きでは「腕は楽になっても手首が次第に疲労を感じるようになった」との感想があった

●自由記述(ピット内グラインダ)

- グラインダを横に動かす動作では腕が楽になるが、グラインダを押し付けるときは腕に力をいれなければならない
- 気体プレーキ式のアシストスーツに限らず、作業性の面でピット内での作業ではアシストスーツは不向きと考えられる。歩いていると当たったりして、動きにくい。横歩きで移動することになり、歩きづらい
- グラインダを持ったままで腕載せ台部(皿)に長時間腕を載せていると、グラインダの重さによって、皿の端に当たる腕の部分が痛くなる

- アシストスーツを装着しても、歩くこと自体については問題ない
- リモコンの操作は、すぐに慣れた
- 腕のロックは片腕でも良い。右利きなのでグラインダを固定・押し付ける右側だけで良い。左手はグラインダを支えるだけ
- 腕を長い間挙げていると、何となく腕を下したい気分になって、下すことがあった
- アシストスーツの腰ベルトで締め付けるので、腰(お腹)に圧迫感がある
- アシストスーツを着た状態で、転倒すると怖いと思う(ただし、実際に転倒したことはない)

●自由記述(背焼き)

- バーナーと水かけは動かすスピードが異なる。最初は脇を締めて高さを維持できるが、差が大きくなると肘を上げて高さを保つことになる。台に載る場合、身体を横に移動できないので腕の負担増、これはアシストスーツを着ても肘を上げるのは同じなので、アシストスーツを着ても効果を感じない
- 逆に、手首が疲れるようになった(手首に負担をかけないような姿勢を取っていたが、それが取りにくくなったため)
- 手首に力を入れているので、急にアンロックになっても問題ない
- 左右別々にアシストした方がよいかもしれない

■作業管理者による評価(別紙4)の回答内容について

「5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果」に各造船所での結果を集約して掲載する。

5-2. モニター企業J

- 調査日 2017年12月21日
- 会議室内での試着(男性7名, 30~50歳代)
- 上向き作業自体が少ないことから、今回は試着・デモを通して、アシストスーツの機能・効果・メリット・デメリットを実感してみたい、というのが申し込みの趣旨であった
- 意見
 - ・ アシストスーツと身体との隙間にスパッタや火の粉が溜まらないことが望ましい
 - ・ もっと軽量化を望む
 - ・ 腕を固定したままで左右に腕を動かす作業に適している

5-3. モニター企業B

- 調査日 2017年12月25日
- 作業者 : 30歳, 男性, 身長179cm, 体重77kg. 配線・結線作業の現場責任者
- 会議室内での操作講習の後、檜垣造船へ移動し、レーダーマストでの配線作業と、船内居室の結線作業で調査
- レーダーマスト : マストを横に寝かした状態で、信号ケーブルを横に渡し、結束ベルトで締める付け、固定する
- 居住区内個室の結線作業 : 天井から下げられた電線の被覆を剥く作業。作業者の身長が低い場合は脚立に載っての作業となる。個室から個室へ移動する
- 配電盤結線作業 : 多数の電線を端子台に固定する



写真9
レーダーマストの結線作業



写真10
天井灯結線作業



写真11
配電盤結線作業

■本調査結果(別紙3)の回答内容について

●安全性について

- 耐火性・難燃性, 異物による動作不良, 故障, 不意のアシスト損失, アシスト緊急解除については「なかった」との回答
- 自由な動きについては, 船内通路でアシストスーツが壁に当たる点で影響ありと回答
- 着脱の容易さについては「あまり問題なかった」

●疲労感について

- 疲労の軽減効果を少し感じている

●作業効率・品質について

- 作業効率は「少し向上する」が, 品質については「向上しない」との感想となった

●使用感について

- 重量については「少し重いが問題なし」
- でっばりの影響としては, 船内通路を通るとき, 壁にスーツが当たる点が気になったと回答
- 工具の持ち替えや作業の切り替えについてはアシストスーツを着用しても影響はなかった
- アシストスーツの着用で, 作業のしやすさは少し改善されると感じた
- 改良されれば使用したいとの感想であった

●自由記述

- スイッチの位置に工夫が必要
- 腕のロック/アンロックを左右独立にして欲しい. 左手で物品を支えて, 右手で工具を取りたい

■作業管理者による評価(別紙4)の回答内容について

「5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果」に各造船所での結果を集約して掲載する。

5-4. モニター企業 E

- モニター : 2018年1月9日から2018年1月19日まで実施
- 調査日 : 2018年1月12日, 1月19日
- ピット内作業 : 23歳, 男性, 身長169cm, 体重68kg. 作業高さが1500mmのため, 椅子に座って作業. 一旦, 椅子に座ると, 一連の作業(ガウジング, 溶接, グラインダ)を連続して実施. 作業が終わると, 椅子を後方に移して, 同様の作業を実行. この作業のモニタ

一期間は2018年1月9日～12日。調査は2018年1月12日に実施

- 吊ピース除去作業：53歳，男性，身長164cm，体重63kg。高所作業車に載って，吊ピースの除去(ガス溶断，グラインダ)を実施。ここでは，十分使い慣れたと考えられる2018年1月19日調査の別紙3を集計に使用した

■本調査結果(別紙3)の回答内容について

●安全性について

- 耐火性・難燃性については，吊ピース除去において，スパッタが背中側に溜まらないか気になるとの懸念が挙げられた
- 両者とも，異物による動作不良，不意のアシスト損失，アシスト緊急解除については「なかった」との回答であった
- 吊ピース除去作業では高所作業車に載るため，安全柵に背中ユニットが引っ掛かり，乗りにくいとの感想があった
- 吊ピース除去作業に置いて，スイッチのボタンが取れたことと，ブレーキが掛かったままになる故障が発生した
- ピット内ではアシストスーツが支柱に当たる点が「動きにくさ」につながった
- アシストスーツの着脱に時間を要していた

●疲労感について

- ピット内においては，溶接では疲れは軽減したが，グラインダでは逆に少し疲労するとの感想であった
- 吊ピース除去作業では，疲れが軽減するとの感想であった

●作業効率・品質について

- 両者とも，作業効率と品質については「向上しない」との感想となった
- 作業の連続性についても，両者とも，アシストスーツを着用していない時と同程度であった

●使用感について

- 重量については，両者とも少し重さを感じるものの，問題なしであった
- 高さ制限と狭隘な場所で作業するピットでは姿勢や角度は「あまり合わない」との感想であったが，高さ制限のない吊ピース除去では「まあまあ合っている」と，意見が分かれた
- でっぱりの影響については，ピット内では肩が支柱に当たる点で影響があったが，背中ユニットの厚みについては影響がなかった。肩からの飛び出し量が課題といえる。一方，吊ピース除去では，高所作業車の乗り降りでは背中ユニットが安全柵に引っ掛かることがあった。でっぱりの影響は作業によって異なることがわかった
- ピット内作業では，床に置いたツールを取り，持ち替えることが必要となるため，ロック/アンロックの動作が煩わしく感じられたとの感想であった
- 動きにくさを感じる部位は両作業ともなかった
- ピット内作業ではアシストスーツの効果を得られ難く，また，アシストスーツの着脱が面倒との理由から，第2週目からはアシストスーツを使用しなかった

●自由記述(ピット内グラインダ)

- ユニットの大きさの分，身体の幅が大きくなるため，狭い所には適さない

●自由記述(吊ピース除去作業)

- このアシストスーツのポイントは、いかに腕をアシストスーツに取り付けられるかにあると思う
- アシストスーツを使用すると、疲れ具合が使用しない時の7割くらいになったと感じた
- 10数秒のグラインダ掛けごとに腕を下げて休めていたが、アシストスーツを着ると200秒くらい連続して作業できたこともあった

■作業管理者による評価(別紙4)の回答内容について

「5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果」に各造船所での結果を集約して掲載する。

5-5. モニター企業I

- 調査日 2018年1月25日
- 吊ピース溶接作業 : 44歳, 男性, 身長167cm, 体重58kg. ブロック高さ1800mm. 高さ調整のため, 高さ50mm程度の台に載っての作業をしている
- 背焼き作業 : 26歳, 男性, 身長179cm, 体重75kg. ブロック高さは2000mm程度



写真12
操作講習の様子

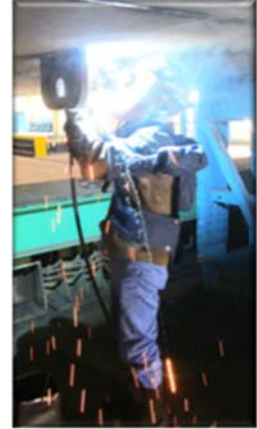


写真13
吊ピース溶接

■本調査結果(別紙3)の回答内容について

●安全性について

- 耐火性・難燃性, 異物による動作不良, 故障, 不意のアシスト損失, アシスト緊急解除, 安全器具への影響, 自由な動きについては, 両者とも「なかった」との回答であった
- 着脱の容易さについては, 吊ピース溶接では「あまり問題なし」, 一方, 背焼き作業では「少し手間」と, 意見が分かれた

●疲労感について

- 両作業とも「どちらでもない」であった

●作業効率・品質について

- 背焼き作業については, 作業効率と品質ともに「向上しない」との感想となった
- 作業の連続性については, 背焼きではアシストスーツを着用していない時と「同程度」であったが, 吊ピース溶接では「少し向上」となった



写真14
操作講習の様子



写真15
背焼き作業

●使用感について

- 重量については「少し重さを感じるが問題なし」であった
- 角度や姿勢については両作業とも「あまり合わない」であった
- でっぱりの影響については, 両作業とも周囲に障害物なる支柱や機器・装置がないため,

影響は感じられなかった

- 工具の持ち替えについては、頻繁にツールを持ち替える吊ピース溶接では煩わしさを感じるようであった
- 背焼き作業では、次第に手首に疲労を感じるようになったとあり、モニター企業 D での感想と同じとなった
- 作業のしやすさは両作業とも「少し改善」となり、継続使用の意志についても前向きであった

■作業管理者による評価(別紙 4)の回答内容について

「5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果」に各造船所での結果を集約して掲載する。

5-6. モニター企業 G

- 調査日 2018 年 1 月 31 日
- 短期調査を実施予定であったが、天候上の理由から作業スケジュールが変更となったため、急遽、会議室内での試着(男性 2 名. 課長, 現場監督者)に変更した
- 意見
 - ・ 腕が自由に動かせる点は良い
 - ・ アシストスーツが周囲の物に当たる恐れがある
 - ・ 冬は厚着をするので、腰ベルト長さをもっと長くした方が良い

5-7. モニター企業 F

- 調査日 2018 年 2 月 6 日
- 背焼き作業 : 64 歳, 男性, 身長 160cm, 体重 61kg. 終日, 背焼き作業を実施(バーナーは片手で持つが, 交互に持ち替える). ブロック高さ 1800mm. 周囲に障害物なし
- ピット内作業 : 65 歳, 男性, 身長 172cm. 体重 63kg. ピット高さが 1450mm のため, 椅子に座ってガウジング・溶接・グラインダを実施. 一連の作業が終わると, 座ったまま足で蹴って, 後方へ移動する(作業エリア幅は 1000mm)



写真 16 背焼きの様子



写真 17 ピット内作業

■本調査結果(別紙 3)の回答内容について

●安全性について

- 耐火性・難燃性, 異物による動作不良, 故障, 不意のアシスト損失, アシスト緊急解除, 安全器具への影響, 自由な動きについては, 両者とも「なかった」との回答であった
- 自由な動きは, 両作業とも「自由に動けた」との回答であった

●疲労感について

- 両作業とも「どちらでもない」であった

●作業効率・品質について

- 背焼き作業については、作業効率と品質ともに「向上する」との感想となった。一方、ピット内作業については「向上しない」の結果となった
- 連続性については、「背焼き作業」ではツールの持ち替えがないため、アシストスーツなしと同程度であった。一方、ピット内作業ではアシストスーツ重量が重いために連続性は低下するとの評価であった

●使用感について

- 重量については「少し重さを感じるが問題なし」と「重い」であり、軽量化が望まれることがわかった
- 角度や姿勢については、両者とも合っている／概ね合っているとの感想であった
- でっぱりの影響については、狭隘なピット内では影響が大きく、背中ユニットがロープに引っ掛かったり、肩が手すりに当たったりした。一方、周囲に障害物がない背焼きでは影響なしの結果であった
- 工具の持ち替え／作業の切り替えについては、両作業とも問題なかった
- 動きにくくなった部位については、背焼き作業ではブレーキの摺動抵抗分だけ腕の動きに対してアシストスーツの腕の動きが遅れることの違和感が挙げられた。一方、ピット内作業では、アシストスーツの重さのために背中が後方に反るので、背筋が伸びて楽になるとの感想が得られた
- 作業のしやすさについては、一つ一つの作業を切り取ってみれば「少し改善」するが、複合動作では「改善しない」との評価となった
- 継続使用の意志については、軽量化が重要課題であることがわかった

●自由記述(ピット内作業)

- でっぱりがロープや柵や手摺に引っ掛かるので、アシストスーツを着用したままであちらこちらを動き回るの危険ではないか

●自由記述(背焼き作業)

- 微妙な腕の動きができるように、スイッチの数や機能を検討した方が良いのではないか
- アシストスーツを使用して作業したからと言って、手首が辛くなることはなかった

■作業管理者による評価(別紙4)の回答内容について

「5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果」に各造船所での結果を集約して掲載する。

5-8. 作業管理者による評価(別紙4)の集約結果

別紙4の内容を表2に集約して記載する。個々の内容は以下のとおりである。

■安全性について

●安全上の不安

- ピット内作業のように狭隘な作業エリアでアシストスーツを使用する場合は、支柱への衝突やロープや安全柵との引っ掛かりが不安な点として挙げられている。一方、背焼き作業では、周囲に障害物はなく、特に不安を感じていない

●耐火性・難燃性

- 耐火性については、革保護具と同程度で良いことが明らかになった。耐久性の面で革製品以上を求める要望も挙げられた

表 2 作業管理者による評価（別紙 4）の集約結果

■モニター調査先	モニター企業A	モニター企業D	モニター企業B	モニター企業E	モニター企業F	
■対象作業	・吊りピース溶接 ・上向き背焼き ・上向きグラインダ	・上向き溶接 ・上向き背焼き ・上向きグラインダ	・結線 ・配線(レーダーマスト)	・上向きグラインダー	・上向き溶接 ・上向きグラインダ	・背焼き
■安全性	①安全上の不安を感じる こと ・あった	・あった	・なかった	・あった	・あった	・なかった
	記述 ・アシストスーツの上腕を支える部分が小さく、上腕が作業中に外れる(落ちる)可能性があり、手に持ったトーチやグラインダーで怪我する恐れがある	・スーツが引っ掛かって転倒するリスク ・船内でスーツを着たまの移動は難しいと思われる ・身体とスーツの間に火の粉が入り込んだ場合でも燃えないことが求められる	-	・狭隘な現場で干渉 ・高所作業車の乗り降り	・アシストスーツの出っ張りが引っ掛かってバランスを崩し転倒の心配がある(モニター中、階段を降りる時、手すりにスーツの一部が引っ掛かりバランスを崩した)	-
	②耐火性・難燃性 記述	・同程度	・保護具以上 ・安全面では同程度 ・耐久性の面で保護具以上	・同程度	・同程度	・同程度
■作業効率・品質	①手直しの指摘(手戻り)回数変化	・同程度	・同程度	・同程度	・不明(着用時間短時間のため)	-
■その他	・上向き吊りピース溶接においては、作業負担の軽減が期待できる。(作業姿勢とアシスト範囲が合っていた) ・上向きグラインダーにおいては、上腕を肩の高さよりも高く上げた姿勢でアシストできないため有用性があまり認められなかった。 ・上向き背焼きにおいては、腕を下ろした状態でパーナーを持つため、有用性があまり認められなかった。 ・安全性、上向きグラインダー時のアシスト範囲の問題をクリアできれば、期待できる。 ・より小さく、軽く、コンパクトにならないか。	・色々な作業で複数の作業者に試用させたが、アシストスーツはグラインダ作業専用で運用する方法がベスト ・溶接作業で用いる場合、ハンマーやチャッパに持ち替える動作が発生するので、動作を阻害されることが作業者に「もどかしさ」を感じさせることになり、結果的にスーツを使いたくないという評価になってしまったと考える。 グラインダ作業では工具を使い分けることもないため作業者は持ち替えのデメリットを感じることが少なく、前向きな評価をしてくれた感じる ・ピットは狭隘であるため、更にコンパクトになった方が使い勝手が向上する ・防火クロスはグラインダ作業専用とすれば不要	・スーツの動作、カバーの仕上がりなど、製品としての完成度が高く、あとは職種に対応するカスタマイズが課題と思う ・電装に関しては軽荷重の作業が多く、作業場所移動や作業の種類も次々に変化するため、スーツが移動やスーツを使用しない時に邪魔にならないことが求められる。 一方で、電力線などの配線では重荷重への対応も求められる	・特になし	・軽量化して下さい ・腰ベルトが短い為、保護具の上から装着は圧迫が有ります ・リモコン無しで任意の所でロックが掛かると良いと思います	・特になし

■作業効率・品質について

- 手戻り回数は、アシストスーツの有無にかかわらず同程度であるとの評価であった

■自由記述

- ピット内作業では、狭隘な作業エリアでの使用となるため、極力、小型化が望まれる
- ピット内作業では、頻繁なツールの持ち替えがあるため、アシストスーツを着ることによる動き辛さが否定的意見につながっているのではないかと、との意見があった
- そこでツールの持ち替えが少ないグラインダ作業で主に使用する案が挙げられ、実際にそのような運用をしたところ、前向きな評価が得られた、とのことである
- グラインダでの使用に特化した場合、耐火性の面では防火クロスは不要との見解であった
- 小型化(コンパクト化)・軽量化の要望が高い

6. アシスト効果を得にくい体勢と作業について

各造船所でのモニター調査での観察から、アシスト効果を得にくい体勢と作業が存在することが明らかになった。ユーザーがアシストスーツを使用するのに当たり、注意すべき点として以下に解説する。

図 1 にアシスト効果が得られなくなる原因を示す。身体に位置を固定したままで、ツール(溶接トーチなど)の高さを一定に維持しつつ腕を前に出すと、作業高さを一定に保つためには肘を上げなければならない。このため、アシストスーツに腕を預けることができなくなり、筋力を使うことになる。このような「身体を前後に動かすににくい体勢」は、現場では蹲踞、膝付き(写真 18)、座位、台上(写真 19)が挙げられる。

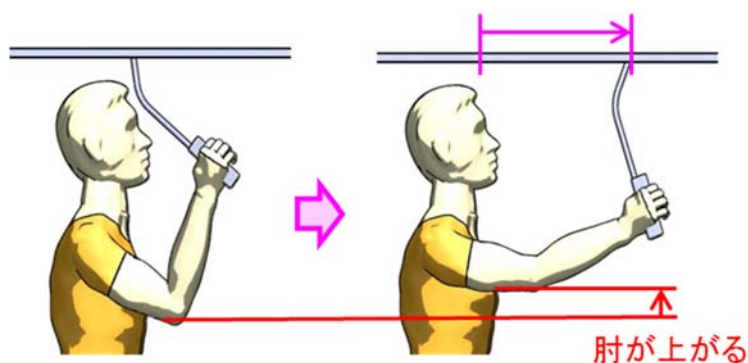


図 1 アシスト効果が得られなくなる原因



写真 18 片膝付き作業



写真 19 台上作業

また、背焼き作業についても肘を上げざるを得ない状況となることがある。図 2 に、背焼きにおける腕の動きを示す。バーナー高さと炙り面との距離を一定に維持したまま腕を動かすと肘が上に上がることがわかる。

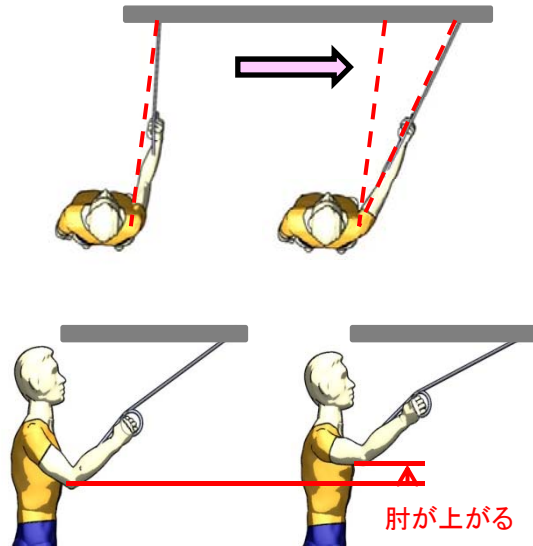


図2 背焼き作業における腕の動き

写真 20 は片手にバーナーを、もう一方の手に水ノズルを持つての背焼き作業の例である。この例では、バーナーと水ノズルの動かす速度は異なるため、両手間の距離はやがて広がっていくことになるが、身体を中心はどちらかの腕位置に合わせて立っているため随時移動できず、一方の手を伸ばさざるを得なくなる。

なお、アシスト効果が得にくい機器もあることが今回の観察で判明した。具体的には「溶接棒を用いたアーク溶接」である。溶接の進行にしたがって溶接棒は短くなるため、溶接面と溶接棒先端との距離を一定に維持するためには、肘を上げざるを得なくなる。このように、使用する機器の種類によってもアシスト効果が得られない現象が発生することをユーザーは理解しておく必要がある。



写真 20 両手使いの背焼き作業

7. モニター調査のまとめ

7-1. 作業者による評価(別紙 3)、及び、作業管理者による評価(別紙 4)のまとめ

以下に、別紙 3 と別紙 4 に記載された造船所からの全体的な意見・感想を、1)安全性(転倒、衝突など)、2)耐火性・難燃性、3)アシスト感、4)装着性・着心地、5)作業性の観点から総括する。

1)安全性(転倒、衝突など)について

●ピット内作業

- アシストスーツが引っかかって作業者が転倒するリスク
- 出っ張りが引っ掛かってバランスを崩し、転倒の心配が有る

●吊ピース除去作業

- 高所作業車に乗り込もうとしたとき、安全柵に背中が引っ掛かって入りづらい。アシストスーツの大きさに十分に慣れれば問題はなくなると思う

●背焼き作業

- 周囲に何もないので、これを着たからと言って何かに衝突したり、転び易くなることはない

●配線・結線作業

- 船内通路の壁にアシストスーツが当たる

2)耐火性・難燃性について

●安全上の不安点

- 襟首に火の粉やスパッタが溜まらないか心配した
- アシストスーツ自体は防火性繊維で守られているので燃えないだろうが、作業服の方が心配になる
- 身体とアシストスーツの間に火の粉が入り込んだ場合でも燃えないことが求められる

●アシストスーツに求められる耐火性・難燃性

- 革の保護具と同程度の耐火性・難燃性 …… 5社
- 革の保護具以上の耐火性・難燃性 …… 1社

(ただし、耐久性の観点から同等以上を求めたものである)

3)アシスト感について

●ピット内作業：全体的に言えば、アシストスーツを使用しても、あまり楽にならない、との意見

- 狭隘なエリアのため、身体全体を自由に移動できない。ピット高さが低い場合が多く、このため、椅子に座っての作業となるため、腕の前後の動きで届く範囲でガウジング／溶接／グラインダを実施することがある。この際、腕を前に出すと肘が浮くことになり、腕をアシストスーツに預けられなくなる

●背焼き作業：腕は楽になっても、手首が辛くなる

- 手首に負担のかからないように、独自に考案した持ち方ができなくなる
- 腕が楽になると、次に負担が掛かっていた手首の疲労が目立つようになる

4)装着性・着心地について

- 腰ベルトの長さが短い為、保護具・作業服の上から装着は圧迫が有る
⇒ 冬の厚着にも対応できるようにベルト長さを検討
- ブレーキに摺動抵抗があるので、腕の動きが遅れる
⇒ 摺動抵抗を減少させるための構造的改良
- 腕を動かしていると、やがて腕の固定部位がずれてきて、受け皿に強く当たる箇所ができ、痛く感じることもある
- 腕がもっと簡単に固定できるようにしてほしい
⇒ 腕固定方法の改良
- 前屈みになると背中が丸くなるが、アシストスーツに背骨があるので身体の丸みに沿わず、屈みにくくなる
⇒ 背骨を柔軟にするとロック時の「腕下がり量」が大きくなる現象が発生
(屈み易さと作業性とのトレードオフ)

5) 作業性について

●ピット内作業：(気体ブレーキ式のアシストスーツに限らず)作業性の面でアシストスーツは不向き,との意見

- ガウジング/溶接/グラインダの逐次繰り返してあり,一つひとつの作業時間が短く,頻繁な道具・器具の持ち替え(トーチ,ハンマー,チッパーなど)が生じる.その結果,持ち替えに伴うスイッチ ON/OFF に煩わしさ・もどかしさを感じる
- アシストスーツが支柱に当たるため,動きづらさ・歩きづらさを感じる

7-2. アシストスーツを使用するうえでのユーザーの認識事項

アシストスーツを着用した作業のうち,以下の体勢や作業,機器はアシスト効果を得にくいため,導入に当たっては事前に理解するとともに,使用者への周知徹底が必要である.

●適さない体勢

- 蹲踞または膝付き
- 座位
- 台上
- 上記体勢で適さない作業
 - ・ ガウジング・溶接・グラインダ
 - ・ 両手を使った背焼き作業

●適さない機器

- 溶接棒を使用するアーク溶接機

7-3. アシストスーツ普及に向けたメーカーの検討事項

モニター調査を通して明らかになったアシストスーツの改良点は以下のとおりである.

●顕在化した検討事項

- 軽量化
- 寸法の最適化
 - ・ 背中ユニットの厚み,肩突出長さ調整の要否
 - ・ 装着の容易化(腕固定方法,腰ベルト長さなど)

●造船所と協力して検討する事項

- 耐火性・難燃性
 - ・ 革保護具と同等の耐火性・難燃性
 - ・ スパッタや火の粉の堆積防止に対する造船所作業者からの改善提案

●今後の動向に留意すべき事項

- 造船業におけるフルハーネス化の動き

以上

