HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Evaluation of the hazard of light emitted during arc welding [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	中島, 均
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	乙第7039号
Issue Date	2017-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68190
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hitoshi_Nakashima_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 中 島 均

学 位 論 文 題 名

Evaluation of the hazard of light emitted during arc welding
（アーク溶接時に放射される光の有害性の評価）

光は人類が生活するうえで不可欠な要素の一つであるが，時として有害性を示すこともある．特に紫外放射と可視光の中でもブルーライトは特に人体に障害を及ぼす．それらの光の光源は太陽をはじめ様々であるが，強い紫外放射とブルーライトを同時に発生させる人工光源としてアーク溶接の際に発生するアークが広く知られている．

アーク溶接は様々な製品を生産する過程で広範に利用される基盤技術の一つとして，多くの分野で重要な役割を果たしている. 日本には約 30万人のアーク溶接を専門とする作業者がいるが，その他にも，仕事の一部としてアーク溶接を行う者，溶接作業の周辺で溶接以外の業務に就く者など，合わせて 100万人以上がアーク溶接に携わっている．そのため，彼らの多くがアークの曝露環境下にあり，実際に溶接作業現場ではアークの曝露による角結膜炎，皮膚炎および光網膜症が発生している．従って，アーク溶接作業の周辺環境改善の基礎のためアーク溶接中に放射される光の有害性の定量評価が急務となっている．

一般に，作業場における光の有害性の評価はThe American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)の勧告に従って行われる．アークの様に様々な波長を含む光が放射される場合，紫外放射は実効照度によって，またブルーライトは実効輝度によって定量評価される．溶接時に発生するアークの有害性に関する研究は行われているが，実際の溶接作業に適合したデータに乏しく，また最近の溶接技術に対応していない．そこで，本研究はアーク溶接中に放射される紫外放射およびブルーライトの有害性の定量評価を目的とし系統的な実験を行った. 実際の溶接作業に適合した条件下で溶接を行い, ACGIHの勧告に従って，紫外放射およびブルーライトの有害性の定量評価を行った．

第1章では序論として, 紫外放射およびブルーライトの有害性とその定量評価について述べている．またアーク溶接概要およびアーク溶接が周辺環境へ放出する紫外放射およびブルーライトの有害性の定量評価の必要性について述べている．

第2章では，従来，アルミニウム合金のアーク溶接において最も多く施工される溶接法であるティグ溶接中に放射される紫外放射を測定し，有害性に影響を及ぼす溶接電流，溶接材料，角度依存性および電極の種類について評価を行った．紫外放射の有害性は溶接電流の増加および溶接材料にマグネシウムが含有する時に高くなる．また，有害性は母材表面からの角度に対する依存性を有し, 純タングステン電極を使用した時に最も低くなる傾向を示した．測定された紫外放射のアーク光源から 500 mm離れた位置における実効照度は 0.10–0.91 mW/cm^{2}であり，これに対応する 1日当たりの許容曝露時間は 3.3－33 sであった．

第3章では，近年，デジタルインバータ溶接機の開発によって急速に広まったアルミニウム合金の半自動溶接中の紫外放射を測定し，有害性の定量評価を行った．実際の作業現場においてアルミニウム合金の半自動溶接ではティグ溶接と比べ角結膜炎や日焼けの発生が経験的に多いと言われており，紫外放射の有害性の評価が急務となっている．測定された実効照

度は 33–10 mW/cm^{2}であり，紫外放射の有害性はアルミニウム合金のティグ溶接と比較し4-10倍高いことが明らかとなった．また，紫外放射の有害性は溶接電流の増加に伴い高くなり，パルス電流およびマグネシウムを含有する溶接ワイヤの使用によって高くなる．また，紫外放射の有害性は溶接進行方向に対する角度依存性を有することが示された．

第4章では，軟鋼の半自動溶接時の紫外放射を測定し，有害性の定量評価を行った．現在，日本国内で最も多く行われる溶接は軟鋼の半自動溶接であり，多くの労働者が紫外放射に曝露していると考えられる．軟鋼のアーク溶接では 2種類のシールドガスが主に使用される．従来，低コストを理由に 100% CO_2 ガスが多く使用された．しかし近年は，溶接の美麗さおよび溶接後処理の簡便さから 80% Ar + 20% CO_2 ガスの使用が増加している．シールドガスが有害性に及ぼす影響は，溶接電流 250 A以下において有意差は無い．しかし，300 A以上では 80% Ar + 20% CO_2ガスの使用時に約 2倍高くなった．その要因は溶滴の移行形態の違いであり，スプレー移行が観察されるときに有害性は高くなった．軟鋼の半自動溶接においても溶接電流の増加およびパルス電流の使用によって有害性は高くなった．測定された紫外放射の 1日当たり許容曝露時間は 0.23－5.9 sであり，1日，8時間当たりの累積の曝露時間としては短いため，軟鋼の半自動溶接中の紫外放射の有害性も高いことが明らかとなった．

第5章では，マグネシウム合金のティグおよび半自動溶接中の紫外放射の有害性の定量評価を行った．近年，難燃性マグネシウム合金が開発され，アルミニウム合金に変わる素材として鉄道車両等への適応が進んでおり，今後マグネシウム合金の溶接施工の増加が予想される．しかし，第2，3章よりマグネシウムは紫外放射の有害性に強い影響を及ぼすことが明確であるため，その有害性評価は不可欠である．紫外放射の有害性はアルミニウム合金と同様にティグ溶接時と比べ半自動溶接時に高くなり，また溶接電流の増加によって高くなる．マグネシウム合金のティグ溶接時に放射される紫外放射の有害性はアルミニウム合金と比較し9－20倍高く，また半自動溶接においても1.1－9倍高いことが明らかとなった．

第6章では，第3章においてアルミニウム合金の半自動溶接中に放射される光の照度の波長分布を測定したところブルーライトの波長範囲に強い発光が観察されたため，ブルーライトの有害性レベルの定量評価を行った．測定されたアーク光源から 300 mmの距離に対応するブルーライトの実効輝度は 2.9–20 W/cm^2· srであり，1日当たりの許容曝露時間は 5.0－34 s であった．累積の曝露時間としては短いため，アルミニウム合金の半自動溶接で放射されるブルーライトの有害性は高い．また，有害性は溶接電流の増加およびパルス電流の使用によって高くなる傾向が示された．

第7章では，本研究で評価された紫外放射およびブルーライトの有害性についてまとめ，またその防護対策に関して考察を行った．

本研究で測定された溶接作業者の作業位置における紫外放射の 1日あたりの許容暴露時間として 0.23－33 sであり，アーク溶接中に放射される紫外放射の有害性が高いことが判明した．また，アーク溶接作業の周辺労働者の有害性レベルを検討するため，光強度の逆二乗則を用いて光源から 5 mにおける 1日あたりの許容暴露時間を算出したところ 23－3300 s であった．従って，アークから 5 m離れても，紫外放射が強い場合には曝露を避ける防護対策が不可欠であり，また紫外放射が弱い場合でも，継続的な曝露は避けなければならない．

同様に，ブルーライトの有害性レベルは，1日あたりの許容暴露時間として5.0－34 sであり，溶接作業者にはブルーライトの曝露に対する保護対策が不可欠である．

本研究では，アーク溶接が周辺環境に放射する光の有害性レベルは高いことを明らかにするとともに，溶接作業者は紫外放射とブルーライトの両方に対する防護対策が必要であり，溶接作業周辺の作業者においても，遮光カーテンを用いるなどの紫外放射に対する防護対策が必要であることが示唆された．