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_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

環境起学専攻　博士（環境科学）　氏 名　中 島 均

審査委員　主査　特任教授　田 中 俊 逸
副査　教　授　神 谷 裕 一
副査　准教授　蔵 崎 正 明
副査　教　授　斉 藤　健（大学院保健科学研究院）
副査　特任教授　奥 野　勉（首都大学東京大学院理工学研究科）

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。特に紫外線や可視光の中でもブルーライトは，生態系や人の健康に影響を与える重要な環境因子であり，その有害性の評価は，それらの光に対する対策を考える上でも重要なものである。申請者の研究は，生産過程で広範に利用されている基盤技術の一つであるアーク溶接において放出される紫外線とブルーライトを対象とし，実際の溶接作業に適合した条件下でアーク溶接を行い，溶接の際に放出される紫外線，ブルーライトの強度や波長分布，角度分布などについて測定している。同時に溶接材料，アーク放電条件を変化させ，その際に放出される紫外線とブルーライトの有害性をThe American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)の勧告に従って評価し，許容暴露時間等を算出している。また，溶接作業者への影響はもちろん，作業周辺労働者への影響についても考察を行ない，それらの研究成果を現場の作業環境改善に向けた提言へとつなげている。

紫外線の有害性の評価について本研究では，以下の4つの溶接条件において行っている。１）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，２）アルミニウム合金の半自動溶接，３）軟鋼の半自動溶接，そして４）マグネシウム合金のティグ及び半自動溶接である。このうちアルミニウム合金のティグ溶接中に放射される紫外放射の有害性は溶接電流を増加させた時や溶接材料にマグネシウムが含有する時に高く，また，その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。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に相当することを示した。

次に，アルミニウム合金の半自動溶接中の紫外放射の有害性に関する実効照度は 33–10 mW/cm^{2}であり，紫外放射の有害性はティグ溶接と比較し4 - 10倍高いことを明らかにしている。また，紫外放射の有害性は溶接電流の増加や，パルス電流及びマグネシウムを含有する溶接ワイヤの使用によって増加することを見出している。

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ことから，軟鋼の半自動溶接時の紫外放射を測定し，その有害性

の評価を行っている。軟鋼の半自動溶接においても溶接電流の増加及びパルス電流の使用によって有害性は高くなる。また，軟鋼のアーク溶接では シールドガスの有無，及びその種類が紫外線の放射量や有害性にどのように影響するかについても詳細に検討している。その結果，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が無いのに対し，300 A以上では 80% Ar + 20% CO_2ガスの使用時に約 2倍高くなることを示した。また，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は高いことを明らかにしている。

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ことから，マグネシウム合金溶接時における紫外線の有害性の評価も行われている。この時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とともに高くなる。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倍高いことを明らかにしている。

ブルーライトの有害性については，アルミニウム合金の半自動溶接の条件において評価が行われ，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 $W/cm^2 \cdot sr$，1日当たりの許容曝露時間は 5.0－34 sと求められた。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ことを明らかにしている。

さらに本論文では，評価された紫外放射及びブルーライトの有害性に基づいて，それらの光に対する防護対策についても考察が行なわれている。その結果，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は 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，また，光源から 5 m 離れたところにいる周辺労働者の 1日あたりの許容暴露時間は 23－3300 sであり，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ることを明らかにしている。同様に，ブルーライトの1日あたりの許容暴露時間は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ことを示した。これらの結果から，申請者はアーク溶接においては，溶接作業者は，アークの点灯以前から確実に溶接マスクを着用すること，またアーク溶接の周辺労働者おいても，遮光カーテンを用いるなどの紫外線放射に対する防護対策が必要であることを示唆している。

以上により，申請者は，アーク溶接時に発生する紫外線及びブルーライトの有害性について，幾つかの典型的な溶接母材と溶接ワイヤの組み合わせを用いて，実際の溶接環境に近い状態での紫外線の強さやその角度分布について新たな知見を得ている。また，光の有害性の評価をACGIHの勧告に従って行い，その対策についての提言もなされており，本研究は今後の溶接環境の改善につながる大きな貢献をしたものと評価できる。

審査委員一同は，これらの成果を高く評価し，申請者が北海道大学博士（環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。