

中国の某ステンレス製鋼所における ニッケル・クロムばく露と健康影響

齊藤宏之*1, 伊藤弘明*2, 王 瑞生*3, 三浦伸彦*3, 高橋正也*4, 牧 祥*5,

高川純那*6, 商 恵珍*7, 牛 僑*7, 小川康恭*8

ステンレス鋼製造工場労働者におけるニッケル・クロムへのばく露状況とそれによる健康影響を評価する目的で、中国内陸部にある某ステンレス製鋼所に勤務する男性従業員を対象としたアンケート調査、POMS（気分プロフィール検査）、ならびに尿中金属濃度、尿中 8-OHdG 濃度測定を実施した。その結果、尿中ニッケル・金属濃度についてはばく露によって有意に高かったが、交代勤務による有意な差は見られず、8-OHdG についてはばく露・交代勤務のいずれとの関連も見られなかった。自覚症状に関しては幾つかの項目でばく露群の方が有意に高い傾向が見られたほか、POMS に関してはばく露ならびに交代勤務による影響が見られた。ステンレス鋼製造工場は有害物質へのばく露ならびに交代勤務という側面を持っている職場であることから、作業者の健康影響を適切に把握しながら操業する必要があるものと思われる。

キーワード: ステンレス鋼, ニッケル, クロム, 尿中金属, 自覚症状

1 はじめに

ステンレス鋼製造工程においては大量のニッケルならびにクロムが使用されており、作業者はそれら重金属にばく露されている可能性がある。ニッケル・クロムのばく露については、各々についてはかなりのデータの蓄積がなされており、ニッケル・クロム共に発がん性をはじめとした幾つもの健康影響があることが知られている^{1,2)}。これらの複合ばく露となるステンレス鋼に関連する作業については、ステンレス鋼溶接作業におけるばく露濃度のモニタリングおよび健康影響の調査が実施されており、喘息や肺がんの増加が報告されている³⁻⁸⁾。溶接作業以外についてもステンレス鋼製造業やステンレス鋳物業等における疫学調査もなされている⁹⁻¹⁴⁾。ステンレス鋼の需要は今後も拡大すると考えられることから、ばく露される労働者は世界的レベルでは増加する可能性がある。さらに、大規模なステンレス鋼製造工場では交代勤務を採用しているところが多いと考えられることから、交代勤務による影響も無視できない。このことから、これらの影響を把握する目的で、ステンレス製造工程に勤務する従業員を対象とした調査を実施した。

2 研究方法

1) 対象事業所ならびに対象者

中国内陸部の都市にある大手ステンレス鋼製造工場に勤務する従業員のうち、2011年4月～5月に定期健康診断を受診した男性392名を対象とした。なお、日勤・非ばく露群の人数が9名と少なかったため、日勤・非ばく露群の男性40名の尿検査を2011年12月に追加で調査した（アンケート調査は未実施）。従って、アンケート調査の対象者は392名、尿検査の対象者は432名である。ばく露区分については現地産業医による作業環境、作業内容等による総合評価（0, ±, +, ++, +++の5段階）を用い、ばく露区分0を「非ばく露群」、ばく露区分±～+++を「ばく露群」とした。交代勤務の有無による比較を行う際には、交代勤務の有無によるばく露区分の分布を考慮し、ばく露区分±～+の範囲にて比較した。工程別・ばく露区分別・交代勤務の有無別の対象者数を表1に示す。

2) 尿検査

定期健診時に採尿した尿中ニッケル・クロム濃度、尿中 8-OHdG 濃度ならびに尿中クレアチニン濃度を測定した。ニッケル・クロム濃度は（株）日新環境調査センターに委託し、ICP-MS法にて測定した。尿中 8-OHdG は HPLC-ECD を用いた二段階分離法にて定量した¹⁵⁾。尿中金属、尿中 8-OHdG とともに、クレアチニンにて補正を行った。

3) アンケート調査・聞き取り調査

定期健診時に、職歴、職業性疾患の履歴、睡眠状況、喫煙歴、飲酒歴、自覚症状、交代勤務の状況を中心とした自記式アンケート調査を実施した。既往症については定期健診時に聞き取り調査を行った。

4) POMS（気分プロフィール検査）

定期健診時に POMS 短縮版（中国語版）を実施した。

*1 (独) 労働安全衛生総合研究所 環境計測管理研究グループ (現: 研究企画調整部・有害性評価研究グループ)

*2 (独) 労働安全衛生総合研究所 有害性評価研究グループ (現: 順天堂大学医学部)

*3 (独) 労働安全衛生総合研究所 健康障害予防研究グループ

*4 (独) 労働安全衛生総合研究所 作業条件適応研究グループ

*5 (独) 労働安全衛生総合研究所 有害性評価研究グループ (現: 大阪大谷大学薬学部)

*6 北里大学医療衛生学部 (現: 全薬工業 (株))

*7 山西医科大学公共衛生学院

*8 (独) 労働安全衛生総合研究所 理事

表1：工程別・ばく露区分別・交替制勤務の有無別の対象者内訳

工程	交代勤務あり						交代勤務なし						合計
	0	±	+	++	+++	小計	0	±	+	++	+++	小計	
原料	0	0	2	8	0	10	0	1	0	0	0	1	11
精錬	0	7	2	15	23	47	0	1	0	0	0	1	48
成型	0	0	2	18	0	20	3	0	0	0	0	3	23
鑄造	0	0	0	22	0	22	0	7	0	0	0	7	29
冷間圧延鋼	0	2	0	42	0	44	0	18	0	0	0	18	62
熱延鋼板	0	0	0	9	0	9	0	1	0	0	0	1	10
熱処理	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3
補助	1	0	9	4	0	14	4	0	0	0	0	4	18
酸洗	4	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	5
水処理	71	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	71
車両指揮	64	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	64
ドライバー	26	0	0	0	0	26	1	0	0	0	0	1	27
回収	9	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	1	10
ポンプ	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8
ファン	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
事務	0	0	0	0	0	0	40*	0	0	0	0	40*	40*
合計	186	9	15	122	23	355	49	28	0	0	0	77	432
				169						28			

* 事務の40名は尿検査のみ実施，アンケート調査は未実施。

5)環境調査

ばく露区分++以上の対象者が多い，代表的な作業場所5ヶ所（原料，製錬，成型，鑄造，冷間圧延）の高さ約1.5mの位置にて簡易的な環境調査をn=3で2012年2月に実施した。テフロンバインディングガラス繊維フィルター（T60A20，東京ダイレック）を装着した個人サンプラーヘッド（労研個人サンプラーヘッド PS-33，柴田科学）を用い，流量2L/分にて1~6時間サンプリングを行い，重量法にて粉じん濃度を算出した。

6)統計解析

R 2.15.1 を用いて解析した。2群間の差の比較については正規性が確認されたものについてはt検定，正規性のないものについてはWilcoxonの順位和検定を実施した。多群間の比較についても同様にHolmの補正による多重比較を，t検定またはWilcoxonの順位和検定にて実施した。また，尿中金属濃度ならびに8-OHdG濃度の影響要因を確認するため，ばく露区分，年齢区分（10歳毎に区切った値），交代勤務の有無，喫煙の有無を変数とした重回帰分析を行った。

3 結果

1)ばく露区分別の尿中 Ni, Cr 濃度

ばく露区分(0~+++）別の尿中 Ni, Cr 濃度（クレアチニン補正值）を図1に示す。尿中 Ni, Cr とともにばく露区分0とばく露区分±との間に有意差が見られた。尿中 Cr はばく露区分±~++の範囲ではあまり変化が見られず，+++で再度高くなっていた。尿中 Ni はばく露区分±~+++であまり変化が見られなかった。

2)工程別の尿中 Cr, Ni 濃度

工程別の尿中 Ni, Cr 濃度（クレアチニン補正值）を図2に示す。いずれも原料，整形，製錬，鑄造，熱延鋼板，冷間圧延鋼といった工程にて比較的高い濃度を示した。

3)非ばく露群とばく露群の尿中 Ni, Cr 濃度

非ばく露群（ばく露区分0）とばく露群（ばく露区分±~+++）の尿中 Cr 濃度，尿中 Ni 濃度の比較を図3に示す。Cr, Ni 共にばく露群の方が有意に高い結果であった。

4)交代勤務の有無による尿中 Ni, Cr 濃度

交代勤務の有無と尿中ニッケル，クロム濃度について，ばく露区分±~+の範囲にて比較した結果，いずれも統計的有意差は認められなかった。

5)非ばく露群・ばく露群ならびに交代勤務の有無による尿中 8-OHdG 濃度

非ばく露群とばく露群，ならびにばく露区分±~+の範囲における交代勤務の有無による尿中 8-OHdG 濃度の比較を行ったところ，いずれも統計的有意差は認められなかった。

6)尿中金属濃度および尿中 8-OHdG 濃度への影響因子

尿中 Cr, Ni および尿中 8-OHdG 濃度（いずれもクレアチニン補正值）に対して，ばく露区分（0~+++），年齢区分（10歳ごと），交代勤務の有無，現在喫煙の有無を変数とした重回帰分析を行った結果のp値を表2に示す。尿中 Ni はばく露強度との間に強い相関が見られ，他，尿中 Ni は曝露強度との間に強い相関が，年齢との間に弱い相関が見られた。8-OHdG は年齢との弱い相関が確認された。いずれにおいても交代勤務および喫煙との関連性は見られなかった。

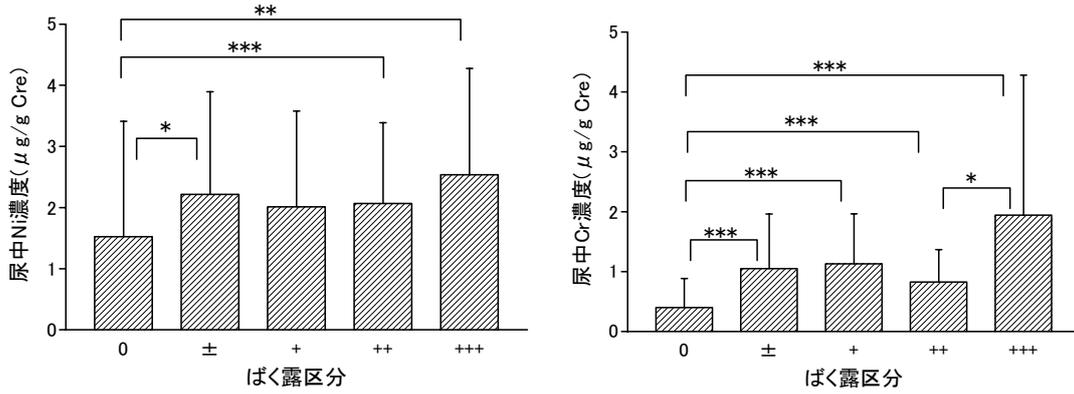


図1：ばく露区分別の尿中 Ni, Cr 濃度

(*** : p<0.001, ** : p<0.01, * p<0.05, いずれも多重 wilcoxon の順位和検定による)

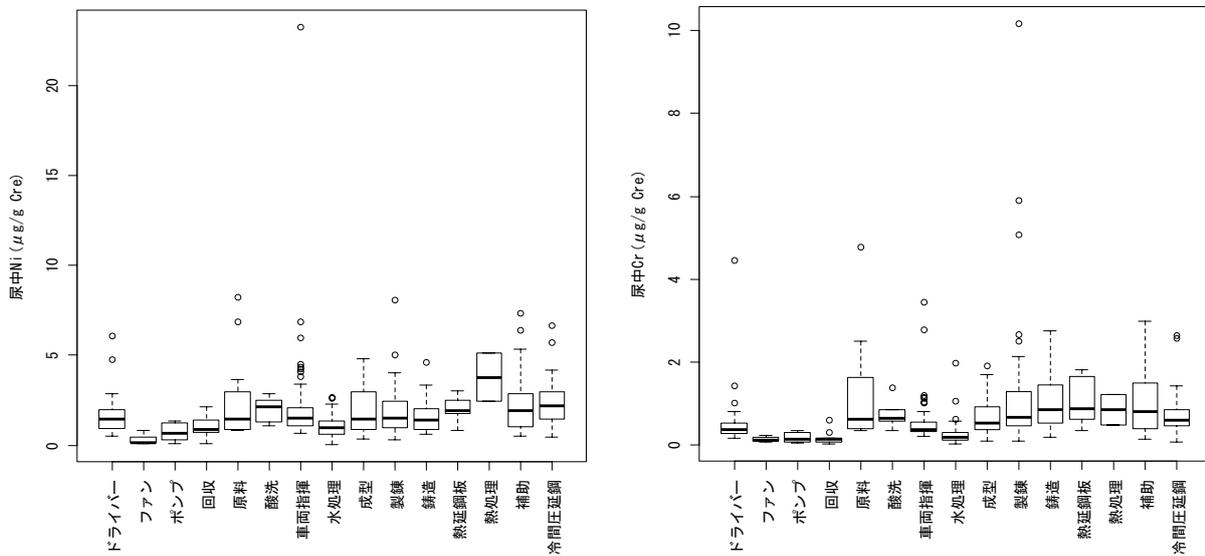


図2：工程別の尿中 Ni, Cr 濃度

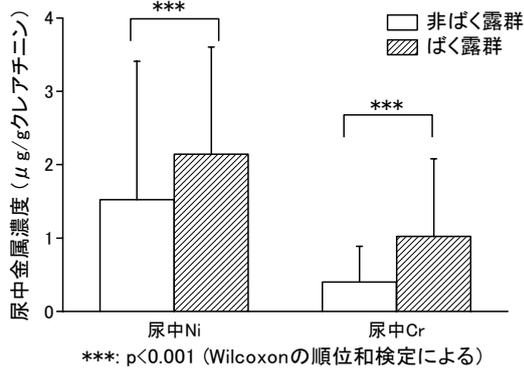


図3：ばく露群・非ばく露群の尿中 Ni, Cr 濃度

表2：尿中金属濃度および8-OHdG (いずれもクレアチニン補正值) に及ぼす影響についての重回帰分析結果 (p 値)

	尿中 Ni 濃度	尿中 Cr 濃度	尿中 8-OHdG
ばく露区分	< 0.001 ***	< 0.001 ***	0.30
年齢区分	0.07	0.03*	0.04 *
交代勤務の有無	0.07	0.07	0.90
喫煙の有無	0.65	0.88	0.99

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

有意に高く、それ以外の症状についても有意ではないものの、交代勤務あり群の方が高い傾向が見られた(表4)。

8)POMS (気分プロフィール検査) 結果

非ばく露群とばく露群における POMS 短縮版のスコア値の比較結果を図4に示した。V (活気) ならびに F (疲労) のスコアがばく露群の方が有意に高かった。ばく露 ±~+ 群における交代勤務の有無によるスコア値の比較結果(図5)では C (混乱) のスコアが交代勤務あり群の方が有意に高かった。年齢区分、喫煙状況も含めた重回帰結果においても、T-A (緊張・不安) にてばく露と交代勤務が有意、F (疲労) がばく露と年齢区分が有意、

7)アンケート調査結果

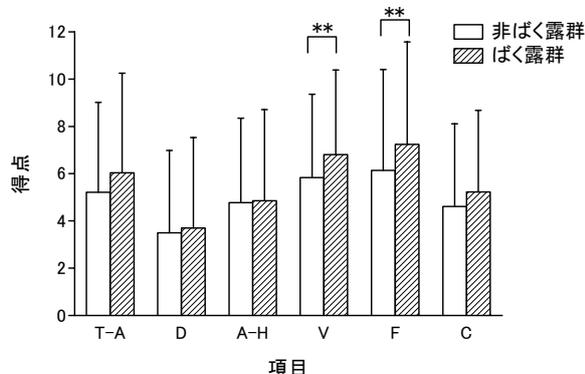
非ばく露群とばく露群における自覚症状の有無についての比較を表3に示す。ばく露群における症状が有意に多かったのは「皮膚が赤くなり痒くなった」、「くしゃみ、鼻水、鼻づまり」であった。ばく露区分 ±~+ 群における交代勤務の有無による比較では、「ゼーゼー・ヒューヒュー息苦しい」において有意に交代勤務あり群の症状が

表 3：非ばく露群・ばく露群における自覚症状の比較

自覚症状	ばく露	症状あり	症状なし	オッズ比	95% 信頼区間
ゼーゼー、ヒューヒュー息苦しい	あり	35 (17.8%)	162	1.40	0.81—2.43
	なし	26 (13.3%)	169		
皮膚が赤くなり、痒くなった	あり	35 (17.8%)	162	1.89	1.05—3.39
	なし	20 (10.3%)	175		
ゴム手袋使用時に湿疹ができた	あり	12 (6.1%)	185	2.04	0.78—5.39
	なし	6 (3.1%)	189		
金属アレルギー	あり	5 (2.6%)	186	0.72	0.23—2.20
	なし	7 (3.6%)	187		
化粧品、シャンプー、石鹸等アレルギー	あり	8 (4.1%)	188	1.12	0.41—3.07
	なし	7 (3.6%)	185		
くしゃみ、鼻水、鼻づまり	あり	54 (27.6%)	142	1.68	1.04—2.70
	なし	36 (18.5%)	159		
眼が痒い、赤い、涙出やすい	あり	59 (30.3%)	136	1.53	0.97—2.43
	なし	41 (21.9%)	145		

表 4：交代勤務の有無における自覚症状の比較（ばく露±～+群）

自覚症状	交代勤務	症状あり	症状なし	オッズ比	95% 信頼区間
ゼーゼー、ヒューヒュー息苦しい	あり	7 (29.2%)	17	5.35	1.13—25.3
	なし	2 (7.1%)	26		
皮膚が赤くなり、痒くなった	あり	5 (20.8%)	19	3.42	0.68—17.0
	なし	2 (7.1%)	26		
ゴム手袋使用時に湿疹ができた	あり	2 (8.3%)	22	6.33	0.29—138.7
	なし	0 (0.0%)	28		
金属アレルギー	あり	2 (8.7%)	21	6.40	0.29—140.3
	なし	0 (0.0%)	27		
化粧品、シャンプー、石鹸等アレルギー	あり	2 (8.3%)	22	6.33	0.29—138.7
	なし	0 (0.0%)	28		
くしゃみ、鼻水、鼻づまり	あり	10 (41.7%)	14	2.62	0.80—8.52
	なし	6 (21.4%)	22		
眼が痒い、赤い、涙出やすい	あり	10 (43.5%)	13	2.31	0.72—7.35
	なし	7 (25.0%)	21		

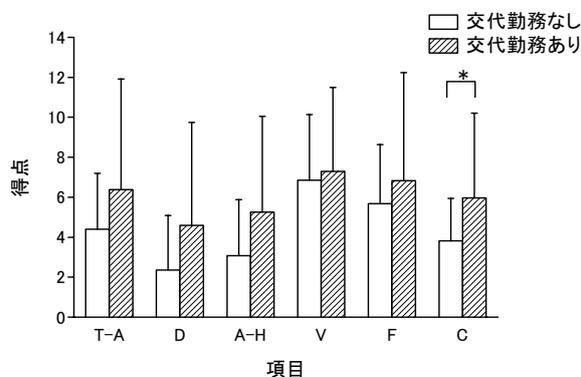


**... p<0.01 (Wilcoxonの順位和検定による)

図 4：ばく露群と非ばく露群における

POMS 得点の比較

(T-A：緊張・不安，D：抑うつ・落ち込み，A-H：怒り・敵意，V：活気，F：疲労，C：混乱)



*...p<0.05 (Wilcoxonの順位和検定による)

図 5：ばく露区分±～+群における、

交代勤務の有無による POMS 得点の比較

表 5 : POMS の単純スコアに対して各要因が及ぼす影響についての重回帰分析結果 (p 値)

	T-A	D	A-H	V	F	C
ばく露区分	0.047 *	0.680	0.587	0.009 **	0.011 *	0.165
年齢区分	0.105	0.377	0.216	0.461	0.021 *	0.063
交代勤務の有無	0.015 *	0.017 *	0.004 **	0.155	0.084	0.052
喫煙の有無	0.450	0.821	0.092	0.650	0.356	0.062

***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05

(T-A : 緊張・不安, D : 抑うつ・落ち込み, A-H : 怒り・敵意, V : 活気, F : 疲労, C : 混乱)

(怒り・敵意)において交代勤務が有意な結果であった。

9)環境調査結果

代表的な作業場所における粉じん濃度を図 6 に示す。多くの作業場所での粉じん濃度はそれほど高くはなかったが、原料工程では平均で 7.55 mg/m³ という高い濃度であった。

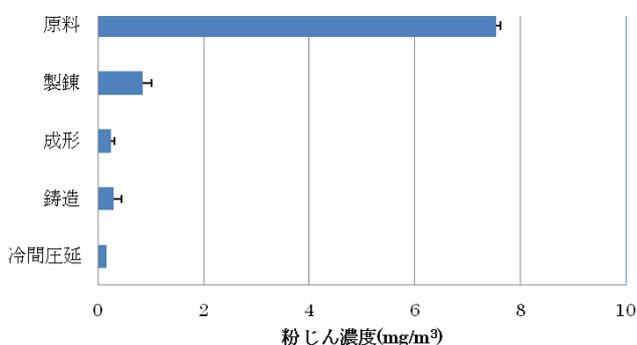


図 6 : 代表的な作業場における粉じん濃度

4 考察

ステンレス鋼を製造する工場に勤務する従業員を対象とした尿中ニッケル濃度およびクロム濃度を測定したところ、いずれもばく露強度との間に強い相関が認められ、作業中に吸入ばく露していることが明らかとなった。

その一方で尿中 8-OHdG はばく露との関連性が認められず、尿中ニッケル、尿中クロム、尿中 8-OHdG ともに交代勤務との関連性は認められなかった。8-OHdG は酸化ストレスマーカーとして知られており、金属を含む微粒子や揮発性有機化合物(VOCs)等によって増加することが報告されている¹⁷⁻²⁰⁾。また、交代勤務などの精神的・肉体的ストレスによっても増加することも報告されている²¹⁾。しかしながら、今回の調査においてはこれらの影響が認められなかったことから、今回の作業者の有害物質ばく露レベルならびに精神的・肉体的ストレスのレベルは 8-OHdG を増加するまでのものではなかったと考えられる。

また、自覚症状のうち「皮膚が赤くなり痒くなった」、「くしゃみ、鼻水、鼻づまり」についてはばく露の有無との間に有意な相関が見られ、ニッケル・クロムを含む粉塵へのばく露の影響が示唆された。前者については、六価クロム、三価クロム、ニッケルにおいて金属アレルギーが惹起され、且つこれらが交互に作用することが指摘されており、ばく露の影響が疑われる²²⁾。後者につい

ては粉じんを吸入したことによるものと考えられる。交代勤務との関連性はいずれの症状においても確認されなかった。

POMS の結果では、活気(V)、疲労(F)、怒り・敵意(A-H)においてばく露群の方が高く、混乱(C)が交代勤務群の方が高い結果であった。交代勤務によってこれらのスコアが有意に高くなるのは、交代勤務による精神的・肉体的ストレスによるものと考えられる²³⁾。ばく露群においても同様の傾向があると考えられるが、疲労(V)活気(F)が高くなっている点が異なる。本来、活気と疲労は相反するものであるが、重要な仕事を任されていることによる気分の高揚が背景にあるのかもしれない。

なお、ばく露強度として現地の産業医の総合評価による区分(5段階)を用いたが、各区分毎の尿中 Ni, Cr 濃度(図 1)を見る限りにおいてはこの産業医の評価にはある程度の妥当性があると考えられる。さらに、非ばく露群とばく露群の定義として、非ばく露群(ばく露区分 0)、ばく露群(ばく露区分 0 ± ~++)を採用したが、尿中 Ni, Cr ともにばく露区分 0 と ± の間に有意差が見られ、さらに ± ~++ の範囲で大きな差が見られないことと、非ばく露群・ばく露群の人数のバランスが適当であることからこの区分は妥当であると考えられる。

一方、中国では「工作場所有害因素职业接触限值(OEL)」として作業場の許容濃度が定められており、Ni については不溶性 Ni で 0.5mg/m³、水溶性 Ni で 0.1mg/m³、六価 Cr で 0.05mg/m³ となっている²⁴⁾。六価 Cr の値が日産衛許容濃度・管理濃度と同等である一方で金属 Cr や三価 Cr の許容濃度は規定されておらず、Ni については、日本の産衛許容濃度に比べて高い値が採用されている。我が国における作業環境測定や特殊健康診断等と同様の対策が講じられているかどうかについては未確認であるが、作業環境における管理状況が異なる可能性は否定できない。さらに調査対象事業所における具体的な管理状況については現時点では確認できていないため、この点についての評価は現時点では差し控える。

これらの結果より、ステンレス鋼製造工場に勤務する作業員における、ニッケル・クロムへのばく露状況と、交代勤務を含めた勤務状況による健康影響の一端を把握することが出来たと考えられる。今回の集団ではばく露区分と交代勤務の分布が偏っていることや、中国と日本との作業環境や作業時間等の管理状況の差異を考慮するとこのまま一般化は難しいが、作業内容そのものはほぼ同一であり、ある程度の応用は可能であると考えられる。

国際的なステンレス鋼の需要は今後も続くと考えられることから、ばく露状況や健康影響の有無について今後も注視していく必要があると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日本産業衛生学会 許容濃度等に関する委員会, 許容濃度の暫定値 (2009 年度) の提案理由: ニッケルおよびニッケル無機化合物 (ニッケルカルボニルは除く). 産業衛生学雑誌 51(5) 128-136 (2009).
- 2) 日本産業衛生学会 許容濃度等に関する委員会, 許容濃度の暫定値 (1989 年度) の提案理由: クロムおよびクロム化合物. 産業衛生学雑誌 31, p.280-283 (1989).
- 3) Stridsklev IC, Schaller KH, Langård S. Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of stainless steel welders using the flux-cored-wire (FCW) welding method. *Int Arch Occup Environ Health*. 2004 Nov;77(8):587-91.
- 4) Stridsklev IC, Schaller KH, Langård S. Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of grinders grinding stainless steel. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007 Apr;80(5):450-4.
- 5) Welinder H, Littorin M, Gullberg B, Skerfving S. Elimination of chromium in urine after stainless steel welding. *Scand J Work Environ Health*. 1983 Oct;9(5):397-403.
- 6) Sjögren B, Hansen KS, Kjuus H, Persson PG. Exposure to stainless steel welding fumes and lung cancer: a meta-analysis. *Occup Environ Med*. 1994 May;51(5):335-6.
- 7) Hannu T, Piipari R, Tuppurainen M, Nordman H, Tuomi T. Occupational asthma caused by stainless steel welding fumes: a clinical study. *Eur Respir J*. 2007 Jan;29(1):85-90.
- 8) Stridsklev IC, Schaller KH, Langård S. Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of stainless steel welders using the flux-cored-wire (FCW) welding method. *Int Arch Occup Environ Health*. 2004 Nov;77(8):587-91.
- 9) Stridsklev IC, Schaller KH, Langård S. Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of grinders grinding stainless steel. *Int Arch Occup Environ Health*. 2007 Apr;80(5):450-4.
- 10) Huvinen M, Oksanen L, Kalliomäki K, Kalliomäki PL, Moilanen M. Estimation of individual dust exposure by magnetopneumography in stainless steel production. *Sci Total Environ*. 1997 Jun 20;199(1-2):133-9.
- 11) Moulin JJ, Clavel T, Roy D, Dananché B, Marquis N, Févotte J, Fontana JM. Risk of lung cancer in workers producing stainless steel and metallic alloys. *Int Arch Occup Environ Health*. 2000 Apr;73(3):171-80.
- 12) Moulin JJ, Portefaix P, Wild P, Mur JM, Smaghe G, Mantout B. Mortality study among workers producing ferroalloys and stainless steel in France. *Br J Ind Med*. 1990 Aug;47(8):537-43.
- 13) Tossavainen A. Estimated risk of lung cancer attributable to occupational exposures in iron and steel foundries. *IARC Sci Publ*. 1990;(104):363-7.
- 14) Tola S. Epidemiology of lung cancer in foundries. *J Toxicol Environ Health*. 1980 Sep-Nov;6(5-6):1195-200.
- 15) Kasai H. A new automated method to analyze urinary 8-hydroxydeoxyguanosine by a high-performance liquid chromatography-electrochemical detector system. *J Radiat Res* (2003) .
- 16) 横山和仁:POMS 短縮版 手引と事例解説. 金子書房, 2005.
- 17) Kim JY, Mukherjee S, Ngo LC, Christiani DC. Urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine as a biomarker of oxidative DNA damage in workers exposed to fine particulates. *Environ Health Perspect*. 2004 May;112(6):666-71.
- 18) Zhang XH, Zhang X, Wang XC, Jin LF, Yang ZP, Jiang CX, Chen Q, Ren XB, Cao JZ, Wang Q, Zhu YM. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. *BMC Public Health*. 2011 Apr 12;11:224.
- 19) Zhang J, Ichiba M, Hanaoka T, Pan G, Yamano Y, Hara K, Takahashi K, Tomokuni K. Leukocyte 8-hydroxydeoxyguanosine and aromatic DNA adduct in coke-oven workers with polycyclic aromatic hydrocarbon exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 2003 Sep;76(7):499-504.
- 20) Kim JH, Moon JY, Park EY, Lee KH, Hong YC. Changes in oxidative stress biomarker and gene expression levels in workers exposed to volatile organic compounds. *Ind Health*. 2011;49(1):8-14.
- 21) 松本 由紀, 小川 康恭, 吉田 吏江, 中田 光紀, 葛西 宏, 大場 謙一, 太田 久吉: 睡眠時間と酸化ストレスマーカー, 尿中 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine. *日本衛生学雑誌* 61(3), 357-365, 2006.
- 22) 斉藤 文雄. 六価, 三価クロムとニッケルの交叉感作: 特に皮内試験との関係(皮膚疾患とアレルギー(1)). *アレルギー* 18(臨時増刊), 71-72, 1969.
- 23) 諏訪園 靖, 原田 秀人, 坂田 晃一 [他]. 交代勤務が自覚的疲労度に与える影響. *産業医学ジャーナル* 27(6), 49-57, 2004.
- 24) 中国衛生部: 工作场所有害因素职业接触限值 GBZ2-2002, <http://eptec.cn/uploadfile/GBZ2-2002.pdf>