中国・四国地域の化学系工業における腐食損失の 経済的評価

(社)腐食防食協会 中国・四国支部 腐食損失調査委員会*

Corrosion Loss in the Chemical Plants of Chugoku-Shikoku District of Japan

The Project Team on Corrosion Loss, Chugoku-Shikoku Branch of JSCE*

An investigation on the corrosion loss has been carried out from the view of industrial economy during the period of 1996 and 1997 fiscal year. Two different approaches, initiated by T. P. Hoar and by H. H. Uhlig respectively, were both adopted for this investigation. Questionnaires based on the Hoar approach were mailed to 111 chemical factories of which 43 factories have responded. The questionnaires composed of 13 independent questions to collect information on several items such as size of total production, investment in plant and equipment and expense for corrosion protection. In the Uhlig approach, which analyzes the production data in the industries related to the corrosion, the survey proceeded for the cost analyses of 8 basic topics. The Uhlig approach underestimated the corrosion loss as compared with that in the Hoar approach. The ratio of indirect over direct corrosion loss was estimated to be in the order of 0.1 irrespective of the character of each individual plant.

Key words : survey of corrosion loss, direct corrosion loss, indirect corrosion loss, Uhlig approach, Hoar approach, chemical plants, Chugoku-Shikoku district in Japan

報告にあたって

腐食防食協会中国・四国支部では、20世紀を終えるに当たっての記念碑的事業として「中国・四国地域における産業界の腐食損失の実態調査」を企画し、2年の歳月をかけてこれを実施した。調査は支部の総意のもとに25名からなる腐食損失調査委員会を設置し、企画、立案、実施を担当した。委員諸氏の長期間にわたる労に対し深く敬意を表する次第である。

調査方法は、慣例により、プラント設備ユーザーにおける腐食損失関連データを直接調査・集計する方法(Hoar方式)と、防食施工関連産業の生産・出荷額から腐食対策費を推計する方法(Uhlig方式)の両方式を採用した。Hoar方式による調査では、調査の対象を中国・四国地域の化学系工業に限定してアンケートを実施し、腐食損失状況に関する情報の収集に努めた。その結果、アンケートを送付した111事業所のうち43の事業所から回答を頂くことができた。ご協力頂いたこれらの事業所に感謝申し上げる。Uhlig方式の調査では、腐食対策費を表面塗装費、表面処理費など8分野に分け、分野別に専門家を配して作業して頂いた。

腐食損失の経済的評価に関する調査は、全国規模でかつ継続的に実施されることが極めて重要と思われ、今回の我々の成果がそうした活動の起爆剤となることを期待している。

調査に当たっては、必要経費の一部を(財)中国電力技術研究財団からの助成に仰いだ。付記して深甚な謝意を表する。

1. 腐食損失に関する経済的評価の目的と意義

防食技術は、そのもたらす経済効果に関する評価の難しさから往々にしてその重要性が過少に評価されがちであるが、その経済効果が莫大な金額に達することは疑いないところであり、何よりもあらゆる分野の産業を支える重要な基盤技術の一つである。21世紀への転換点に当たって、基盤技術の見直しと再構築が必要である。本調査の目的は、このような背景のもとに、現代の産業経済の中に占める腐食損失の総額を可能なかぎり正確に把握すると共に、技術上の問題点を摘出しようとするものである。これにより、防食技術の今日的な重要性を再認識して社会の注意を喚起すると共に、腐食損失の一層の低減が実現できるであろう。

この種の調査は1970年代前後、先進工業8カ国で実施されたが、その結果では腐食損失額は各国のGNPの1~5%にも達すると報告されている^{1)~3)}。極めて莫大な金額であり、広く社会に認識される必要があるが、より注目すべきことは、このような腐食損失の10数%~40%が既存の防食技術の活用で防止可能であるという指摘である^{1)~3)}。防食技術に携わる者としておぎなりにできない指摘である。米国ではこの種の調査が継続して行われており、それによると1975年度の腐食損失700億ドル⁴⁾は1996年には3000億ドル³⁾にまで増大している。一方、我が国では、1974~1976年度実績を対象とする調査(1977年調査報告、腐食損失調査委員会、故岡本剛委員長)¹⁾において、腐食損失が1.5~2.5兆円に達すると報告されたが、それ以来この種の調査はなされていない。この報告以来すでに23年が経過しており、この間多様な技術革新が行われ、産業構造は大幅に変化し、防食技術も格段に進歩した。21世紀を迎えるに当たり、ここで我が国の現状を明らかにすることが必須であると

* 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 (1-4-1, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8527 Japan)

信ずる。

その他、調査結果の実状を広く社会に広報し認識を高めることは、産業動向に新たな指標を提供すると共に、材料産業の方向性を示唆するなど、様々な意義があると思われる。

2. 用語の定義

調査にあたり、各用語について次のように定義した。

① 化学系工業： JIS X 0403 産業区分⁵⁾における次の区分範囲とした。[18] パルプ・紙製造業、[20] 化学工業、[21] 石油・石炭製品製造業、[22] プラスチック製品製造業、[23] ゴム製品製造業、[25] 窯業・土石製品製造業

② 総補修費： 一般補修費(経常的補修費+突発的補修費)+定修費+更新投資額

③ 総補修費に占める腐食損失額割合： 総補修費の内、腐食に関連する額の割合で、設備の開放・検査費、保温解体費、塗装費、足場費などを含む。

④ 補修費に占める腐食損失額： ②×③

⑤ 補修費以外の腐食対策費： 電気防食費・防食薬剤費・防錆油費などの運転費用+総補修費に含まれない腐食対策のための設備投資額

⑥ 新設設備投資額に占める腐食対策費： 新設設備をすべて普通鋼で製作したと仮定した場合に比べた、材料費増加分+腐れ代分+塗装費

⑦ 直接腐食損失額： ④+⑤+⑥

⑧ 間接腐食損失額： 生産性低下損失額+仕掛品・製品不良損失額+他部門への影響による前2項の損失額+工事費以外の復旧人件費(住民対応、補償などの損失は除く)

3. 調査方法

調査対象年度は1996年度と1997年度とし、原則としてその2年間平均値で評価するように努めた。調査方法は、1977年報告¹⁾を参考に、材料使用分野すなわちプラント設備ユーザーにおける腐食損失関連データを直接調査・集計する方法(Hoar方式)と、防食施工関連産業の生産・出荷額から腐食対策費を推計する方法(Uhlig方式)の両方式を採用した。

3.1 Hoar方式による調査方法

Hoar方式による調査では、対象を中国・四国地域の化学系工業に限定し、まず腐食損失に関するアンケート調査を実施した。アンケートは、30人以上を有する111の化学系事業所⁶⁾に配布し、43事業所から回答を得た。ただし、この内の1事業所は調査範囲外の業種であったので集計からは除外した。

調査アンケートの主要部分を抜粋して資料1に示す。業種区分はJIS「産業分類コード」など^{5),7)}により、13区分とした。質問内容は、腐食損失額推計に係わる項目(問1~9)と、腐食問題と課題に係わる項目(問10~13)とした。前者の質問では、業種区分別の売上高・新設投資額・補修費、事業所全体の総補修費に占める腐食損失額割合・補修費以外の腐食対策費などを質問した。そして、各事業所からの回答を業種区分別に集計し、「直接腐食損失額/売上高」比を求めた。なお、業種区分別の「新設投資額に占める腐食対策費の割合」と「補修費に占める腐食損失額割合」については回答困難と考へて質問から除外し、調査委員会で決定した。地域全体の損失額は、アンケート集計で求めた業種区分別の「直接腐食損失額/売上高」比が地域全体でも同じ比率であるとして、全体の業種区分別出荷額^{8),9)}を調べ、同比

[資料1] 腐食損失調査アンケート；質問内容(関係部分の抜粋)

1. 事業所の総売上高と概略事業構成についてお尋ねします。	
事業所総売上高(96,97年度平均)	百万円/年
その業種内訳(該当業種に○印をして%を記入)	比率 (以下、省略)
3. 事業所の新設設備投資額と概略内訳についてお尋ねします。	
事業所総投資額(96,97年度平均)	百万円/年
その業種内訳(該当業種に○印をして%を記入)	比率 (以下、省略)
4. 事業所の総補修費と概略内訳についてお尋ねします。	
事業所総補修費(96,97年度平均)	百万円/年
その業種内訳(該当業種に○印をして%を記入)	比率 (以下、省略)
5. 総補修費に占める「腐食損失額割合」は何%くらいですか？	
6. 事業所での「補修費以外の腐食対策費」はどれくらいですか？	
7. 事業所での「間接的腐食損失額」は、「直接的腐食損失額」の何倍くらいですか？	
9. 可能ならば、間接的腐食損失の事例と、その間接/直接損失倍率についてご紹介下さい。	
11. 同種の腐食原因による損傷の繰り返し件数は、全体の腐食損傷件数の何%を占めていますか。	
12. 現在の防食技術を駆使すれば、直接的腐食損失額が更に何%節約できると思いますか。	
13. 事業所での現在の重要な腐食・材料技術関係の問題、点or課題として、	
下表に出来るだけ具体的に列挙して下さい。	
以上	

表 1 中国・四国地域 化学系 42 事業所のアンケート集計結果 (96, 97 年度平均)

業 種 区 分	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク	ケ	コ	サ	シ
	問1.売上高	問3.新設投資額		新設の腐食対策費			問4.補修費		委員会採用	問5.補修費中の腐食損失額		
*1) 業 種 名 コード	百万円/年	百万円/年	イ/ア %	委員会採用 %	イ×エ 百万円/年	オ/ア %	百万円/年	キ/ア %	キの腐食 損失%	キ×ケ 百万円/年	コのコード 別%	コ/ア %
18 パルプ・紙	90000	1600	1.78	8.4	134	0.15	1850	2.06	36.15	669	1.73	0.74
201 化学肥料	45407	1087	2.39	10.1	110	0.24	2416	5.32	40.26	973	2.51	2.14
2021 ソーダ工業	110615	4007	3.62	22.6	906	0.82	6397	5.78	51.76	3311	8.54	2.99
2022～2029 他の無機化学	56823	2189	3.85	18.9	414	0.73	3051	5.37	46.34	1414	3.65	2.49
203 有機化学	761208	30410	3.99	12.7	3862	0.51	27587	3.62	40.59	11198	28.88	1.47
204 化学繊維	19010	1351	7.11	8.8	119	0.63	1463	7.70	33.68	493	1.27	2.59
205～209 ファインケミカル	90372	5822	6.44	17.5	1019	1.13	4103	4.54	39.44	1618	4.17	1.79
211 石油精製	1184966	18831	1.59	5.9	1111	0.09	31548	2.66	39.44	12443	32.09	1.05
212～219 他の石油・石炭製品	72572	3675	5.06	6.3	232	0.32	5375	7.41	34.51	1855	4.78	2.56
22 プラスチック製品	41336	1307	3.16	5.8	76	0.18	1827	4.42	28.76	525	1.36	1.27
23 ゴム製品	14490	236	1.63	5.5	13	0.09	388	2.68	28.76	112	0.29	0.77
25 窯業・土石製品	78160	2206	2.82	6.9	152	0.19	5711	7.31	32.86	1877	4.84	2.40
(化学系工業範囲) 合 計	2564959	72721	2.84	11.2	8147 ←合計より	0.32	91716	3.58	39.78	*2) 36486 ←合計より	94.11	1.42
そ の 他業種	194233	17377	8.95	10.8	1877	0.97	6056	3.12	37.71	2284	5.89	1.18
総 合 計	2759192	90098	3.27	11.1	10024 ←総合計より	0.36	97772	3.54	39.65	38768 ←総合計より	100.00	1.41

*1) JIS X 0403-1997のコード, *2) 補修費合計の39.78% (コ/キ), *3) 腐食損失合計の12.32%増じ(ス/コ), *4) 補修費合計の53.57%相当 (セ/キ)

率を乗じて推計した。

間接腐食損失に関しては、間接/直接腐食損失額比率および具体的事例について質問し、これらの回答結果をもとに考察した。

3.2 Uhlig 方式による調査方法

Uhlig 方式調査では、次の 8 分野について全国の生産量・出荷額などを調査し、それから中国・四国地域の数値を推定した。全国に関する統計資料は比較的豊富であるが、当地域に関する直接の統計資料は少なく、関連資料からの推定によらざるを得なかった。

(1) 表面塗装費： 塗料の国内出荷量・出荷額と当地域での使用量を調査し^{10)~12)}、化学系工業での使用量は各種資料から推定した。表面塗装による腐食対策費は、防食塗料費と塗装作業費を合計することにより求めた。算出に当たって、塗料使用量のうち美観目的が 3 割で防食目的が 7 割とし、塗装作業費は塗料費の 5 倍とした。

(2) 表面処理費： 表面処理の大部分がめっき鋼板であるとみなし、それを対象とした。めっき鋼板の国内出荷量を調査し¹³⁾、当地域向け出荷量は各種資料から推定した。金属の表面処理による腐食対策費は、平均めっき単価と出荷量から算出した。

(3) 耐食材料使用費： 耐食材料として、フェライト系ステンレス鋼 (Cr 系ステンレス鋼と記す)、オーステナイト系ステンレス鋼 (Ni 系ステンレス鋼と記す)、Ni, Ni 合金, Ti, Ti 合金, Cu, Cu 合金を調査対象とした。これらの国内出荷量、当地域向け出荷量などを調査した^{14)~18)}。Cr 系ステンレス鋼は SUS 430, Ni 系ステンレス鋼は SUS 304 の板材価格を使用し、またその

他の材料種についても板材価格を使用し、普通鋼板との材料差額と出荷量から、材料費としてのコスト増加分を求めた。そして、普通鋼で製作した場合とこれらの耐食材料で製作した場合との製作加工差額について検討し、これも含めたコスト増加分はどの材料でも材料差額の 2 倍とみなし、これを耐食材料使用による腐食対策費とした。

(4) 防錆油費、(5) インヒビター費、(6) 電気防食費、(7) 腐食検査診断費および(8) 腐食研究費の調査方法については、4.2 節で述べる。

4. 直接腐食損失額の調査結果と考察

4.1 Hoar 方式による直接腐食損失額の調査結果と考察

4.1.1 アンケートの集計結果

42 事業所からのアンケート回答について、問 1～問 6 に関する金額集計結果と直接腐食損失額算出結果を表 1 に示す。金額集計は回答の総額と内訳より業種区分別に行った。なお、業種区分の [20] 化学工業と [21] 石油・石炭製品製造業については、業種区分をさらに細分化した回答設定としており、より詳細な実態把握に努めた。以下、表 1 の各列について、算出方法と結果などについて述べる。

(1) 売上高[ア列]： 化学系工業範囲の集計売上高の合計は約 25,650 億円あるが、これは同年の中国・四国地域化学系工業の総出荷額 82,661 億円 (表 2 参照) の 31% に相当しており、統計的基礎データとして十分有意であることを示している。

表2 化学系工業の出荷額と, Hoar 方式による直接腐食損失額

ス	セ	ソ
問6.対策費	直接腐食損失額	
総合計×サ 百万円/年	オ+コ+ス 百万円/年	セ/ア %
82	886	0.98
120	1202	2.65
408	4625	4.18
174	2002	3.52
1379	16439	2.16
61	672	3.54
199	2836	3.14
1533	15086	1.27
229	2315	3.19
65	666	1.61
14	138	0.95
231	2260	2.89
*3) 4495	*4) 49128	1.92
281	4442	2.29
4776	53568	1.94

業 種 区 分		中国・四国の化学系工業			全国の化学系工業		
		出荷額	直接腐食損失額		出荷額	直接腐食損失額	
コード	業種名	2年平均	ソ	タ	2年平均	ソ	チ
		億円/年	%	億円/年	億円/年	%	億円/年
18	パルプ・紙	13,197	0.98	129	83,261	0.98	816
201	化学肥料	296	2.65	8	3,222	2.65	85
2021	ソーダ工業	1,082	4.18	45	2,592	4.18	108
2022～2029 他の無機化学		2,776	3.52	98	12,289	3.52	433
203	有機化学	18,857	2.16	407	80,895	2.16	1,747
204	化学繊維	3,043	3.54	108	8,812	3.54	312
205～209 ファインケミカル		8,023	3.14	252	130,375	3.14	4,094
211	石油精製	15,196	1.27	193	75,636	1.27	961
212～219 他の石油・石炭製品		365	3.19	12	8,917	3.19	284
22	プラスチック製品	6,993	1.61	113	100,218	1.61	1,614
23	ゴム製品	3,594	0.95	34	32,085	0.95	305
25	窯業・土石製品	9,238	2.89	267	94,435	2.89	2,729
合計		82,661	2.01	1,665	632,736	2.13	13,488
				←合計より	←合計より		

出荷額：96, 97年度平均。出荷額の統計調査対象は従業員10人以上の事業所。

(2) 新設設備投資額[イ, ウ列]： 各業種別の新設投資額をイ列に, その売上高比率をウ列に示す。設備投資額の合計は727.21億円で, 売上高合計25,650億円に対する比率は2.84%であった。ウ列の比率の高い業種では, 売上高に対する利益率が高いかあるいはこれらの業種へ積極的に事業展開が図られていると見られる。

(3) 新設設備投資額に占める腐食対策費[エ〜カ列]： 普通鋼以外の材料使用分や腐れ代分によるコスト上昇および塗装費を腐食対策費とした。その腐食対策費の各業種別の割合(エ列)は, 委員会で決定した。新設設備投資額に占める腐食対策費(オ列)の合計は81.47億円, その割合は全体として11.2%となった。

(4) 補修費[キ, ク列]： 各業種別の補修費をキ列に, その売上高比率をク列に示す。補修費の合計は917.16億円で, 合計売上高25,650億円に対する比率は3.58%であった。ク列の比率の高い業種では, 設備の苛酷環境下での使用や老朽化の問題があると思われるが, 補修費が製造原価を押し上げているのは間違いなく, 保全技術をさらに向上させる必要がある。

(5) 補修費に占める腐食損失額[ケ〜シ列]： アンケートの問4と問5の回答の積から算出した, 補修費に占める腐食損失額の総合計は387.68億円となった。この総額を各業種区分に割り振るには, 各業種別の補修費に占める腐食損失額の割合(ケ列)を決める必要があり, 委員会で決定したが, 総額が合うように補正した値を採用している。各業種ごとにキ×ケにより算出した腐食損失額をコ列に, コ列の全体構成%をサ列に, また売上高比率コ/アをシ列に示す。補修費に占める腐食損失額の合計は364.86億円, その割合は全体として39.78%と

なった。また, 合計売上高25,650億円に対する比率は1.42%となった。

(6) 補修費以外の腐食対策費[ス列]： アンケート問6の回答から算出した, 補修費以外の腐食対策費の総合計は47.76億円となった。この総額の各業種区分への振り分けは, サ列の全体構成%に比例するものとして振り分けた。補修費以外の腐食対策費の合計は44.95億円となり, これは補修費中の腐食損失額合計364.86億円の12.32%増しに相当する。

(7) 直接腐食損失額[セ, ソ列]： 各業種ごとにオ+コ+スにより求めた直接腐食損失額をセ列に, その売上高比率をソ列に示す。直接腐食損失額の合計は491.28億円となり, 合計補修費917.16億円の約54%, 合計売上高25,650億円に対する比率は1.92%に相当する。直接腐食損失額/売上高の比率が高い業種順に, ソーダ工業, 化学繊維工業, 他の無機化学工業, 他の石油・石炭製品製造業, ファインケミカルとなっている。

4.1.2 化学系工業の出荷額と直接腐食損失額

表2は, 1996, 1997年度平均の中国・四国地域および全国の化学系工業の業種別出荷額^{8),9)}と, それから算出した直接腐食損失額を示す。アンケート採取の母集団は中国・四国地域の化学系工業であるが, ここでは全国の化学系工業でも同じ腐食損失状況と仮定して推計した。表2のソ列は, 表1のソ列の%値をそのまま転記しており, この%値に全体の出荷額を乗じて各々の腐食損失額を算出した。表2から, Hoar方式による直接腐食損失額は, 中国・四国地域の化学系工業に対し1,665億円(合計出荷額の2.01%に相当), 全国の化学系工業に対し13,488億円(合計出荷額の2.13%に相当)と推計される。

4.2 Uhlig 方式による腐食対策費の調査結果

Uhlig方式による今回の調査では, 1977年報告¹⁾と次

表3 塗料出荷額と表面塗装費

(96,97年)	全国		中国・四国	
	全産業	化学系工業	全産業	化学系工業
塗料出荷額(億円)	8,287	1,326	829	132.6
防食塗料費(億円)	5,801	928	580	92.8
表面塗装費(億円)	34,805	5,569	3,481	556.9

の点が異なっている。① 耐食材料使用費：耐食材料の調査範囲にNi, Ni合金, Cu, Cu合金を加えた。また、普通鋼との材料費差額に加えて製作加工費差額も考慮した。② 腐食検査診断費：Hoar方式ではこの費用が含まれるので、Uhlig方式でも新たな調査分野として加えた。

(1) 表面塗装費：2年平均の全国塗料使用量は211.1万トン、出荷額は8,287億円であった^{10)~12)}。この全国出荷額と内訳関連資料^{11),14),15)}から各区分向け出荷額を推計した結果と、それを基に算出した防食塗料費および腐食対策としての表面塗装費を、表3に示す。防食塗料費は、塗料出荷額の7割が防食目的であるとして算出した。また、表面塗装費は、塗装作業費が塗料費の5倍とみなし、防食塗料費を6倍して算出した。表3に示すように、表面塗装による腐食対策費は、全国の全産業34,805億円、化学系工業5,569億円、中国・四国地

域の全産業3,481億円、化学系工業556.9億円と推計される。

(2) 表面処理費：1997年度のめっき鋼板の出荷量¹³⁾、およびめっき単価を平均5万円/トンとしてめっき費用すなわち表面処理費を算出した結果を、表4に示す。化学系工業向け出荷量が非常に少ないのは、鉄鋼メーカーから販売業者経由で直接化学系工場に出荷された量のみを採用し、プラント・機器メーカー経由で製品として納入された量は不明につき除外したためである。表4の総額に対する中国・四国地域向けの割合は、製造業出荷額^{8),9)}(表6参照)の割合に比例するとして算出した。その結果、鋼板のめっきによる表面処理費は、全国の全産業5,774.6億円、化学系工業73.5億円、中国・四国地域の全産業555.1億円、化学系工業9.6億円と推計される。なお、その他の表面処理費としてAl, Al合金に対する表面処理費、製品や部品などに対する中小めっき会社での表面処理費、さらには溶射被膜処理費なども加算すべきであろうが、調査上の問題から除外した。

(3) 耐食材料使用費：2年平均の耐食材料使用費の推計結果を表5に示す。材料単価差額には、普通鋼板単価55千円/トンと各材料の板材単価の差額を用いた。各材料区分ごとの受注量は、板材、帯材、条材、管材、棒材、形材、線材の合計量とした。普通鋼使用に比べた材料費上昇分は、各々の材料単価差額に出荷量に乗じて算

表4 めっき鋼板の国内出荷量とめっき費用

	97年度 出荷量(千トン)					めっき費用 総額 (億円)
	ブリキ	ティンフリー スチール	亜鉛めっき 鋼板	他の金属 めっき鋼板	合計	
全国全産業向け	888.3	892.0	8,864.8	904.0	11,549.1	5,774.6
全国化学系向け	0.0	0.9	143.4	2.7	147.0	73.5

表5 耐食材料使用による腐食対策費の推計(96,97年度平均)

材料区分		Cu, Cu合金	Cr系 ステンレス鋼	Ni系 ステンレス鋼	Ni, Ni合金	Ti, Ti合金	合計
①材料単価差額 千円/t		125	120	190	545	3145	
1 全国の全産業							
②受注量 千t/年		1055.85	884.06	2348.40	16.04	6.17	
③材料費上昇分 億円/年		1319.81	1060.87	4461.96	87.42	194.05	7124.1
④製作費込みの上昇分(③×2) 億円/年		2639.63	2121.74	8923.92	174.84	388.09	14248.2
2 全国の化学系							
②受注量 千t/年		158.38	49.51	352.26	2.41	1.03	
③材料費上昇分 億円/年		197.98	59.41	669.29	13.11	32.33	972.1
④製作費込みの上昇分(③×2) 億円/年		395.95	118.82	1338.58	26.23	64.66	1944.2
3 中国・四国の全産業							
②受注量 千t/年		78.66	65.87	174.95	1.20	0.46	
③材料費上昇分 億円/年		98.33	79.04	332.41	6.54	14.47	530.8
④製作費込みの上昇分(③×2) 億円/年		196.65	158.09	664.81	13.08	28.93	1061.6
4 中国・四国の化学系							
②受注量 千t/年		4.87	9.59	49.99	0.07	0.08	
③材料費上昇分 億円/年		6.09	11.51	94.98	0.35	2.52	115.4
④製作費込みの上昇分(③×2) 億円/年		12.18	23.02	189.96	0.71	5.03	230.9

表6 Uhlig方式による腐食対策費のまとめ、および Hoar方式による腐食損失額との比較

1) Uhlig方式

[金額単位；億円]

17. 分析方式												
	区 分	96,97年度平均（一部単年度）								前回調査(74～76年)		対前回
		中国・四国地域				全国				全国		倍率
		化学系工業	構成割合	全産業	構成割合	化学系工業	構成割合	全産業(a)	構成割合	全産業(b)	構成割合	a / b(倍)
1	表面塗装費	556.9	61.3%	3,481	63.4%	5,569	67.0%	34,805	59.4%	15,955	62.5%	2.2
2	表面処理費	9.6	1.1%	555	10.1%	74	0.9%	5,775	9.9%	6,476	25.4%	0.9
3	耐食材料使用費	230.9	25.4%	1,062	19.3%	1,944	23.4%	14,248	24.3%	2,388	9.4%	6.0
4	防錆油費	2.2	0.2%	8	0.1%	17	0.2%	83	0.1%	157	0.6%	0.5
5	インヒビター費	30.2	3.3%	80	1.5%	231	2.8%	1,813	3.1%	161	0.6%	11.3
6	電気防食費	4.0	0.4%	28	0.5%	31	0.4%	234	0.4%	158	0.6%	1.5
7	腐食検査診断費	66.6	7.3%	247	4.5%	333	4.0%	1,234	2.1%			
8	腐食研究費	8.5	0.9%	29	0.5%	118	1.4%	417	0.7%	215	0.8%	1.9
合 計		908.9	100.0%	5,490	100.0%	8,317	100.0%	58,607	100.0%	25,509	100.0%	2.3
製造業出荷額		82,661		292,711		632,735		3,045,099		(*1974年) 1,275,743		2.4
GDP（非製造業含）				431,171				5,038,170		1,384,511		3.6
対 製造業出荷額 比		1.10%		1.88%		1.31%		1.92%		2.00%		
対GDP比				1.27%				1.16%		1.84%		

2) Hoar方式+腐食研究費

直接腐食損失額	1,665 +8.5 (Uhlig法の1.84倍)		13,488 +118 (Uhlig法の1.64倍)
対製造業出荷額比	2.01% +0.01%		2.13% +0.02%

出した。また、製作費込みのコスト上昇分は材料費上昇分を2倍して算出し、これを耐食材料使用費とした。表5に示すように、耐食材料使用費は、全国の全産業14,248億円、化学系工業1,944億円、中国・四国地域の全産業1,062億円、化学系工業230.9億円と推計される。なお、有機質材料および無機質材料も耐食材料として使用されており、これらについても調査すべきであろうが、調査上の問題から除外した。

(4) 防錆油費：96年度の国内錆止め油出荷量は33,176klと推定され¹⁹⁾、その平均単価を250円/1として出荷額を算出すると、82.9億円となる。その地域別および化学系工業向け出荷額内訳は不明であったので、製造業出荷額^{8),9)}（表6参照）に比例するとして算出した。その結果、防錆油使用による腐食対策費は、全国の全産業82.9億円（100%）、化学系工業17.2億円（20.78%）、中国・四国地域の全産業8.0億円（9.61%）、化学系工業2.2億円（2.71%）と推計される。

(5) インヒビター費：水処理剤メーカーに調査を依頼し、各区分向けの水処理剤出荷額を調査した。水処理剤には防錆剤のほかにスライム処理剤、pH調整剤などが含まれているが、すべてインヒビターに含めて腐食対策費とした。調査の結果、1997年度のインヒビター使用による腐食対策費は、全国の全産業1,812.8億円、化学系工業230.9億円、中国・四国地域の全産業80.1億円、化学系工業30.2億円と推計される。

(6) 電気防食費：電気防食工業会を通じて会員企業5社へのアンケート調査を実施し、調査年度の各区分向け売上高を調べた。この売上高は、すべて電気防食による腐食対策費とした。5社の売上高を集計した結果、電

気防食による腐食対策費は、全国の全産業233.8億円、化学系工業30.6億円、中国・四国地域の全産業28.1億円、化学系工業4.0億円と推計される。

(7) 腐食検査診断費：調査年度の全国大手非破壊検査会社132社の総売上高1,233.6億円^{20),21)}をそのまま全国全産業の腐食検査診断費とした。この区分別内訳も同資料²¹⁾から推定した。その結果、腐食検査診断費は、全国の全産業1,233.6億円（100%）、化学系工業333.1億円（27%）、中国・四国地域の全産業246.7億円（20%）、化学系工業66.6億円（5.4%）と推計される。

(8) 腐食研究費：腐食研究費は、1997年の(社)腐食防食協会正会員数1570人²²⁾の区分別人数と、1996年度の国内化学系研究者1人当りの平均研究費2,653万円²³⁾から算出した。区分別人数は、大学および公的研究機関所属の正会員もすべて産業界の腐食防食研究に係わっているとして比例補正した。腐食研究費を算出した結果、全国の全産業416.5億円（1570人）、化学系工業118.3億円（446人）、中国・四国地域の全産業29.4億円（111人）、化学系工業8.5億円（32人）と推計される。

4.3 両方式による結果の比較および直接腐食損失の経済的評価

表6に、Uhlig方式による腐食対策費のまとめ、および表2で得られたHoar方式による腐食損失額との比較を示す。また、各区分について、製造業出荷額^{8),9)}並びにGDP²⁴⁾に対する比率も示す。さらに、参考までに1977年報告¹⁾の値も付記した。

4.3.1 腐食損失の経済的評価の指標

GDP には製造業以外に、腐食損失と係わりの薄い非製造業⁵⁾ (情報、リース、卸小売、サービス業など) の寄与も含まれる。1974 年当時は全国全製造業出荷額と GDP の差があまり無かったが、本調査年では製造業出荷額が 2.4 倍に、GDP が 3.6 倍になっており、3 次産業の比率増大に伴って、両者の差が大きく拡大している。したがって、腐食損失の経済的指標として、従来は対 GNP 比率 (または対 GDP 比率) で議論されてきたが、今日ではその指標で防食技術の進歩が測れなくなっている。非製造業の中でも電力、ガス、建設、運輸などの腐食防食と係わりの強い産業は製造業出荷額に比例して伸びる要素が強いので、今後は、対製造業出荷額比を指標とする方がよいと思われる。なお、全産業の腐食損失額の対製造業出荷額比は、製造業のそれよりも当然高い比率になり、両者の比較は出来ない。それぞれ、個別に経年変化を見る指標として意味がある。

4.3.2 Uhlig 方式による腐食対策費のまとめ

表 6 に示すように、Uhlig 方式による腐食対策費は全国全産業 58,606 億円 (対製造業出荷額比 1.92 %、対 GDP 比 1.16 %)、化学系工業 8,317 億円 (対化学系工業出荷額比 1.31 %)、中国・四国地域の全産業 5,490 億円 (対製造業出荷額比 1.88 %、対 GDP 比 1.27 %)、化学系工業 908.9 億円 (対化学系工業出荷額比 1.10 %) と算出される。表 6 において全国全産業の分野別対策費を 1977 年報告値と比べると、表面処理費が減っているが、これは Al、Al 合金に対する表面処理費、中小めっき会社での表面処理費などを今回は除外したことによる。また、耐食材料使用費が 6.0 倍になっているのは、製作加工費差額を考慮して 1977 年報告の算出基準を 2 倍に評価したためである。防錆油費およびインヒビター費は、関連データのどこまでを腐食対策用と見なすかの差が出たものと思われる。

Uhlig 方式による腐食対策費の全産業の総額は、1977 年報告に比べて 2.3 倍に増えているが、全製造業出荷額も 2.4 倍に増えており、上述の算出額の出入りを考慮すれば対製造業出荷額比は約 2 % で変わらないと言える。20 数年前に比べると、防食技術が相当に進歩していることは万人が認めるところであるが、防食技術に対するニーズも呼応して高度化していると見ることができる。たとえば、1970 年代の高度成長期に建設された多くの設備の老朽化、使用環境の苛酷化、高純度製品の製造に伴う不純物問題などへの対応、予防保全の充実など、時代と共に防食技術に対し新たなニーズ、高度なニーズが求められ、売上高に比例して腐食対策費を掛けていていると見られる。

Uhlig 方式による腐食対策費の化学系工業の対出荷額比は、全国の化学系工業では 1.31 %、中国・四国地域の化学系工業では 1.10 % と算出され、平均で約 1.2 % となっている。化学系工業についての独立調査は今回が初めてであるので、今後の継続的な調査に期待したい。

4.3.3 Uhlig 方式の結果と Hoar 方式の結果の比較

表 6 の下段に Hoar 方式による直接腐食損失額を示す。Hoar 方式の損失額には腐食研究費が含まれていないので、ここでは Uhlig 方式で得られた腐食研究費を加算して比較する。

中国・四国地域の化学系工業において、Hoar 方式の合計損失額は腐食研究費を含めると 1,673.5 億円 (対化学系工業出荷額比 2.02 %) になり、Uhlig 方式の合計額の 1.84 倍になる。また、全国の化学系工業においては 13,606 億円 (対化学系工業出荷額比 2.15 %) になり、Uhlig 方式の合計額の 1.64 倍になる。平均すれば、1.74 倍になっている。

Hoar 方式の方が高額になった主な要因として、Uhlig 方式では、① 普通鋼自体の腐食更新に係わる供給側の調査を除外していること、② 耐食材料として有機質材料や無機質材料分野の調査が漏れていること、③ 表面処理費と耐食材料使用費に関しては設備を現場に設置する工事関連費用 (人件費、重機・足場費、設計費、諸経費など) が含まれていないことが挙げられる。Uhlig 方式の総額にこれらの額を加算すれば、Hoar 方式の集計に包含される内容範囲と定性的には一致するはずである。したがって、化学系工業における直接腐食損失額は、Hoar 方式に腐食研究費を加算した上記の金額と見て良いと思われる。

全産業については Uhlig 方式による調査しか行っていないが、上述の ①～③ の要因から Hoar 方式による損失額の方が高額になるはずである。全産業に対するその倍率は未調査であるため、今回の調査の結論では、Uhlig 方式の総額より大きいとしか言えない。

5. 間接腐食損失の調査結果と考察

5.1 間接腐食損失に関するアンケート調査結果

今回の調査では、化学系工業における間接腐食損失に対する経済的評価も試みた。アンケートの問 7 について、42 事業所から回答された間接/直接 腐食損失額比率の分布を表 7 に示す。この質問では、年間総合計でのその比率を尋ねたつもりであったが、回答値は大きくばらつき、1.0 以上と 0.5 以下に大別され、損失額倍率が 1.0 以上が 15 事業所、0 を含めて 0.5 以下が 21 事業所であった。損失額倍率が 1.0 以上と回答した 15 事業所では、おそらく間接損失があった事例についての平均倍率が回答されたものと思われる。損失額倍率 0 を含めて 0.5 以下の 21 事業所の平均値は 0.10 倍であった。

次に、アンケートの問 9 について回答された具体的な間接腐食損失 20 事例に対する間接/直接 腐食損失額倍率の分布を表 8 に示す (事例内容は省略)。これら 20 事例における損失額倍率の平均値は 9.6 倍であった。

表 7 事業所における間接/直接 腐食損失額比率 (問 7 の回答)

倍率範囲	20～10	5～1.0	0.5～0.001	0	無回答
事業所数	2	13	11	10	6
平均倍率	4.1倍		0.10倍		—

表 8 事例における間接/直接 腐食損失額倍率 (問 9 の回答)

倍率範囲	100～10	4.6～1.2	0.5～0.001	0
事例数	4	8	5	3
平均倍率	9.6倍			

表9 減産を伴う故障による損失額比率（1事業所の例）

年度	①	②	③
	減産故障補修費 ／総補修費	生産性低下損失額 ／総補修費	生産性低下損失額 ／減産故障補修費
94	0.0054	0.0626	11.6
95	0.0093	0.0304	3.3
96	0.0074	0.2189	29.5
97	0.0190	0.0593	3.1
4年間の 加重平均	0.0103倍	0.0928倍	9.03倍

なお、間接腐食損失の主要項目である生産性低下損失について、一時的に減産しても取り返しがつく場合の取扱い、各社まちまちである。設備管理指標として捉えるならば、これらの場合も生産性低下損失として取り扱うべきであろう。

5.2 間接損失に関する1事業所の例

1 化学系事業所から間接損失に関する貴重な資料提供を受けた（表9）。この事業所の説明によれば、表9における生産性低下損失の取扱いは、設備故障で一定時間以上減産が発生した場合は取返しができる場合でもすべて減産故障としてカウントし、製造工程ごとに定めた減産損失単価を用いて生産性低下損失額を算出している。また、表9の①～③の各指標は、概略次のように置き換えて見てよいとのことであった。

① 年間の減産故障に係わる直接腐食損失額/年間の全直接腐食損失額の比率

② 年間総合計での間接/直接 腐食損失額の比率

③ 間接腐食損失が発生した事例のみを対象に年間集計した場合の間接/直接 腐食損失額の比率

表9の4年間の実績を見ると、①は平均値0.010倍（0.005～0.019）であった。②は平均値0.093倍（0.03～0.22）で、表7の損失額倍率0.5以下の21事業所の平均値0.10倍と良く一致している。また、③は平均値9.0倍（3.1～30）で、表8の20事例における損失額倍率の平均値9.6倍と良く一致している。

5.3 間接腐食損失に関する経済的評価のまとめ

以上のことから、間接腐食損失については、次のようにまとめることができる。間接/直接 腐食損失額比率は、個別の事例では桁違いの差があるが、事業所規模あるいは業種別に多くの事例を集計することにより、グループの実績値として次第に収束して行く値が見えてくる。今回の調査から、化学系工業全体としては、年間総合計としての間接/直接 腐食損失額比率は概略0.1倍、間接腐食損失が発生した事例のみを対象に年間集計した

場合のその比率は概略10倍と見てよさそうである。

これまで、「間接/直接 腐食損失額比率は何倍にもなる」とよく言われてきたが、それは間接腐食損失が発生した場合の個々の事例に対するイメージであったように思われる。製造業においては、重要度の高い機器では検査を充実させると共に、予防センサーや予備機、予備ラインなどを設けて生産性低下損失を極力防止する対策を取っている。その成果が、年間総合計での間接/直接 損失比率≒0.1倍という調査結果に現れていると言えよう。言い換えれば、その損失比率を0.1倍程度以下に抑えなければ経営的に成り立たないとも言えるであろう。

6. 化学系事業所における節約可能割合と腐食・材料技術上の問題点

6.1 同種の損傷の繰返し件数率および現在の防食技術による節約可能割合

アンケートの問11、問12に対する回答の集計結果のみを表10に示す。いずれも業種の特徴は無く回答値は大きくばらついていた。問11「同種の腐食損傷の繰返し件数率」について、全回答値の範囲は5～90％、39事業所の平均値は52％であった。管理された状態の下で計画的に保全対応がなされ、最適経済性に基づく選択であるならばやむを得ない。その要素を考慮しても、平均が52％とは、見過ごせない数字である。

また、問12の回答について、全回答値の範囲は5～90％、38事業所の平均値は39％であった。すなわち、問11の回答と関連づけて考えると、アンケート回答からは、化学系工業全体として同種の腐食損傷の繰返しによる損失が約50％、既存の防食技術を有効に活用すれば直接腐食損失額の約40％が節約可能という結果になっている。

6.2 現在の重要な腐食・材料技術上の問題と課題の整理

アンケート問13の現在の重要な腐食・材料技術上の問題点と課題に関しては、75件の回答が寄せられた（内容は省略）。その個々の回答について、まず、指摘されている問題の対象（材料・設備・腐食事象など）を、表11の12項目の内容別にメインテーマとして分類した。そして、その問題に対処するための今後の検討課題項目を、同じく12項目の中からいくつか選び（重複あり）それをサブテーマとして別に分類した。これらの分類した結果を、件数としてまとめて表11に示す。

表11から、現在の重要な腐食・材料技術上の問題点として挙げられた75件の内の31件が、既に検討されそれに関する文献や情報あるいは技術資料としてまとめられている事象と関係しており、これは41％に相当する。

表10 同種の損傷の繰返し件数率、現在の防食技術による節約可能割合

	問11.繰返し件数率			問12.節約可能割合		
	回答数	回答値範囲	平均	回答数	回答値範囲	平均
アンケート結果	39事業所	5～90％	0.52％	38事業所	5～90％	0.39％

表 11 事業所で問題視している腐食・材料技術課題の傾向

分 類 項 目	メインテーマの 該当件数	サブテーマの 該当件数	備 考
1. ステンレス関連	8	0	*データベース化された既存 知見を活用すれば良い件数 を分けて () 内に示す。 合計=31件
2. 高温環境下の腐食	9	0	
3. ボイラー、熱交換器	12	0	
4. 腐食データベース	8	36(+31*)	
5. 腐食防食知見 (腐食の基礎知識)	16	33	
6. 塗装、表面処理	5	0	・全回答数(75件)に 対する比率 31件/75件=41%
7. ライニング、コーティング	3	0	
8. 疲労、機械的損傷	1	0	
9. プラスチック、複合材料関連	1	0	
10. 非鉄金属関連	1	0	
11. 検査、寿命予測	10	12	
12. オペレーション関連	1	15	
合 計	75	127	

この数字は、6.1 節の「現在の防食技術による節約可能割合」の回答平均値 39 % と良く一致している。すなわち、今回の調査結果から、「化学系工業全体として既存の防食技術が有効に活用されれば、腐食損失の約 40 % が節約可能である」という、一つの結論が導かれる。

腐食による経済的損失の試算は、今までも多くの国で行われているが、これらの調査を通じて明らかにされた重要な結論の一つは、既存の防食技術が有効に活用されておれば、このような腐食損失の多くが防げたであろうという指摘である。その節減額は、Hoar (英国, 1971)^{25),26)} によれば全腐食損失の 23 %, また、米国での試算 (Battelle 研究所, 1975)³⁾ によれば同 40 % と報告されているので、今回の調査結果 (40 %) は、これらの予測を裏付けていると考えてよい。

7. ま と め

中国・四国地域の化学系工業を中心とする腐食損失の経済的評価を目的として、1996, 1997 年度を対象に、Hoar 方式と Uhlig 方式により腐食損失額に関する綿密な調査を行った。調査・解析の結果と、それから導かれる結論の主要点を以下にまとめた。

(1) Hoar 方式による直接腐食損失額は、腐食研究費を含めると、中国・四国地域の化学系工業において 1,673.5 億円 (対化学系工業出荷額比 2.02 %), 全国の化学系工業において 13,606 億円 (対化学系工業出荷額比 2.15 %) と見積もられた。

(2) Uhlig 方式による腐食対策費は、全国的全産業において 58,606 億円 (対製造業出荷額比 1.92 %, 対 GDP 比 1.16 %), 全国の化学系工業において 8,317 億円 (対化学系工業出荷額比 1.31 %), 中国・四国地域の全産業において 5,490 億円 (対製造業出荷額比 1.88 %, 対 GDP 比 1.27 %), 中国・四国地域の化学系工業において 908.9 億円 (対化学系工業出荷額比 1.10 %) と算出された。

(3) 化学系工業について(1)と(2)の金額を比較すると、Hoar 方式損失額/Uhlig 方式対策費の倍率は、中

国・四国地域では 1.84 倍に、全国では 1.64 倍になった。

(4) Hoar 方式の方が高額になったのは、Uhlig 方式の調査において、① 普通鋼自体の腐食更新に係わる供給側の調査を除外していること、② 耐食材料として有機質材料や無機質材料分野の調査が漏れていること、③ 表面処理費と耐食材料使用費に関しては設備を現場に設置する工事関連費用が含まれていないことが主な要因と思われる。したがって、化学系工業における直接腐食損失額は、Hoar 方式に腐食研究費を加算した(1)の金額と見て良いと思われる。

(5) 全産業については Uhlig 方式による調査しか行っていないが、同じ要因から Hoar 方式による損失額の方が高額になるはずである。全産業に対するその倍率は未調査であるので、今回の調査の結論では、Uhlig 方式の総額より大きいとしか言えない。

(6) Uhlig 方式による全国全産業の腐食対策費の対製造業出荷額比は、20 数年前と変わらず約 2 % になっていた。防食技術の進歩に呼応してその技術に対するニーズも高度化しており、売上高に見合った一定比の腐食対策費を掛けていると見ることができる。

(7) 腐食損失は対 GDP 比で議論されることが多いが、時代と共に非製造業分野からの GDP への寄与が増していることを考慮すると、腐食損失の経済的評価には対製造業出荷額比を指標とする方が良いと思われる。

(8) 間接腐食損失に関して、化学系工業全体としては、年間総合計としての間接/直接 腐食損失額比率は概略 0.1 倍、間接腐食損失が発生した事例のみを対象に年間集計した場合のその比率は概略 10 倍と見てよさそうである。

(9) 今回の調査結果から、「化学系工業全体として既存の防食技術が有効に活用されれば、腐食損失の約 40 % が節約可能である」という一つの結論が導かれる。この数値は、腐食防食技術に携わる研究者、現場技術者のもとより、経営者にとっても看過できない極めて重大な意味を持っている。

これらの調査結果を広く公表することによって、腐食

防食技術者はもとより一般技術者や経営者も腐食防食技術の重要性を再認識すると共に、それぞれの立場で資産の遺失を最小限に食い止める努力をする、そのきっかけとなることを期待している。さらに、(社)腐食防食協会中国・四国支部として、来たる21世紀における事業活動の重要性を再認識し、新たな取組みを考える上での、貴重な資料としたい。

参考文献・資料

- 1) 腐食調査委員会 (委員長 岡本剛)；防食技術 [Boshoku Gijutsu (corros. Eng.)], 26, 401 (1977).
- 2) 大久保勝夫：1997年腐食防食協会中国・四国支部「材料と環境研究発表会」, p.11, 腐食防食協会中国・四国支部 (JSCE Chugoku-Shikoku Branch) (1997).
- 3) 佐々木英次 (E. Sasaki)：材料と環境 '97講演集 (Proc. JSCE Materials and Environments 1997), p.211, 腐食防食協会 (JSCE) (1997).
- 4) *Materials Performance* : 17 [4], 53 (1978).
- 5) JIS X 0403-1997, 「産業分類コード」
- 6) 例えば, 通商産業省：生産動態統計調査月報, [7] (1998).
- 7) 通商産業省：「工業統計調査 商品分類表」(1983).
- 8) 通商産業大臣官房調査統計部：「平成8年工業統計調査」(1998).
- 9) 通商産業大臣官房調査統計部：「平成9年工業統計速報」(1999).
- 10) 日本塗料工業会：「平成9年塗料製造業実態調査 (平成8年度事業分)」(1997).
- 11) 日本塗料工業会：「日本の塗料工業」(1998).
- 12) 例えば, 日本塗料工業会：塗装と塗料, No.572, 23 (1998).
- 13) 例えば, 通商産業大臣官房調査統計部：「鉄鋼統計月報」(1997).
- 14) ステンレス協会需要調査委員会：「ステンレス鋼板の用

途別受注統計年報 H 8 年度」(1997).

- 15) ステンレス協会需要調査委員会：「ステンレス鋼板の用途別受注統計年報 H 9 年度」(1998).
- 16) 通商産業省基礎産業局 非鉄金属課：「工業統計資料」
- 17) 日本チタン協会：チタン, 46 [2], (1998).
- 18) 日本伸銅協会：「伸銅工業の概要 (1998 年度版)」, p.60 (1999).
- 19) ファインケミカル；27 [6], 5 (1998).
- 20) 非破壊検査振興協会：「非破壊検査業の経営実態調査報告書」(1997).
- 21) 産報出版株式会社：検査機器ニュース, No.896 (1998).
- 22) 腐食防食協会：「平成10年通常総会資料 (平成9年事業報告)」(1998).
- 23) 科学技術庁：「科学技術白書 (平成10年版)」, p.149 (1998).
- 24) 経済企画庁：「経済白書 (平成10年版), 長期経済統計資料」, p.14 (1998).
- 25) T. P. Hoar : "Report of the Committee on Corrosion and Protection", Department of Trade and industry, Her Majesty's Stationery Office, London (1971).
- 26) 田島 栄 (S. Tajima)：防食技術 [Boshoku Gijutsu (corros. Eng.)], 24, 303 (1975).

[腐食損失調査委員会名簿]

委員長；佐々木和夫 (放送大学広島学習センター)

委員 (順不同)；広沢和夫, 山本真治 (以上, (株)トクヤマ), 松村昌信, 磯本良則 (以上, 広島大学工学部), 榊孝 (東ソー(株)), 工藤清勝 (元山口県産業技術開発機構), 大久保勝夫 (元住友化学工業(株)), 熊田誠 (山口大学工学部), 江原隆一郎 (香川大学工学部), 田里伊佐雄 (岡山大学工学部), 所和彦 (中国工業技術研究所), 河野健二, 鈴木敏雄 (以上, 日本防蝕工業(株)), 渡辺正泰 (中国塗料(株)), 藤田和夫 (住友化学工業(株)), 赤司澄夫 (三新化学工業(株)), 中田潮雄 (新日本製鐵(株)), 山田義和 (三菱重工業(株)), 足立俊郎 (日新製鋼(株)), 竹村誠洋, 藤田栄 (NKK), 宮澤正純 (三菱化学(株)), 梅津国昭 (出光石油化学(株)), 竹島正幸 (興亜石油(株))

計 25 名

(2000 年 4 月 9 日受理)