

土 木 研 究 所 資 料

建設分野における新素材・新材料の 活用に関する研究報告書 (4) —シーズに関する調査(その1)—

平成2年9月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

Copyright© (1990) by P. W. R. I.

All rights reserved, No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

建設分野における新素材・新材料の活用に関する研究報告書 (4)

—— シーズに関する調査(その1) ——

化学研究室長 片 脇 清
研究員 西 崎 到
元部外研究員 布 藤 誠

要 旨

新素材・新材料の開発とこれらの利用技術の開発は、我が国が将来育成すべき先端技術のひとつに位置づけられている。本報告は、土木分野への新材料の利用技術を開発する過程でとりまとめた、現在までに開発されている新素材に関する資料を、材料分野ごとにまとめたものである。本報告では、鉄系、繊維系、セメント系の3つの材料分野についてとりまとめた。なお、本報告は利用可能性小委員会における検討内容の一部をまとめたものである。

キーワード：新素材，新材料，シーズ，土木分野，建設分野，鉄，鉄鋼，金属，繊維，セメント，コンクリート

は じ め に

新素材・新材料の開発とこれらの利用技術の開発は、我が国が将来育成すべき先端技術分野のひとつと位置づけられている。

建設分野においては、設計の合理化や施工の効率化への対応や耐久性の向上等、多様なニーズに対処することが求められている。

これらの要望に応じることができるもののひとつとして、新しい工法、新しい材料が考えられる。

近年の新素材・新材料の開発は非常に盛んに行われていて、これらの材料を建設分野へ有効利用することにより、建設技術の飛躍的向上が期待される。

以上のことから、建設省総合プロジェクト「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」の一環として、利用可能性小委員会（蒔田實委員長）で、鉄系、化学繊維系、セメント系の3分野の材料について、現時点における新素材・新材料について、各業界団体（日本鉄鋼連盟、鋼材倶楽部、日本化学繊維協会、セメント協会）よりヒアリングを受け、調査を行った。

本資料は、その際、実施された各業界団体からのヒアリング調査の資料をまとめたものである。

目 次

はじめに

鉄系新素材・新材料について

繊維系新素材・新材料について

セメント系新素材・新材料について

ニーズに対する新素材・新材料の対応調査結果

鉄系新素材・新材料

について

目 次

1. 鉄 鋼 業	1
1) 概 況	1
2) 鉄鋼業と需要産業の発展	3
3) 土木用鉄鋼需要について	5
4) 研究開発の動向	8
2. 鉄系新素材・新材料について	9
1) [テーマ総括表] 土木分野で期待される鉄系新素材の機能および用途	11
2) 個別テーマ	12
(1) 熱加工制御鋼 (2) 耐塩性鉄筋 (3) ステンレス鋼 等	
付. 補 足 資 料	27
1. ステンレス鋼及びステンレスクラッド鋼	28
2. 高耐久性鋼材の強度・加工性比較	44
3. 耐久性比較表	45
4. 耐久性評価試験一覧	46
5. 価格比較表	47
6. ファインスティール機能一覧	48

1 . 鉄 鋼 業

1) 概 況

世界の鉄鋼業の中で、日本はソ連に次ぐ生産国である。また最近では中国、韓国、ブラジル等の増加が著しい。

最近のわが国鉄鋼業は円高不況で低迷が続けていたが、政府の内需拡大策の効果が現れはじめた昨年以降、回復基調に転じ、62年度は粗鋼ベースで1億190万tと前年度の9,640万tを上回った。

この傾向は現在も続いているものの、鉄鋼輸出の減少に加え、近年鉄鋼輸入が大幅に増大していることから、長期的には厳しい状況は変わらず、鉄鋼各社では競争力の維持をはかるための抜本的合理化計画（リストラクチャリング）を依然として強化に推し進めているとともに、高品質化・高級化に対応するため技術開発に努力している。

表1-1 わが国鉄鋼業の品質上の優位性

製 品		日本が品質上優位に立つ製品	日本が品質上優位に立つ製品の主な用途
薄 板	熱 延	高張力・高加工性鋼板	自動車用熱延鋼板（足廻り部品、ホイール）等
	冷 延	高張力・高加工性鋼板（特に深絞用）、極薄物、高級電磁鋼板	自動車用高張力鋼板（ボディ、バンパー等）、低鉄損電磁鋼板（電力トランス、モーター等）
	溶融亜鉛	合金亜鉛めっき鋼板（高耐食性・高塗装性）	高性能外装用鋼板（建設材料）、自動車用防錆鋼板（足回り部品）等
	電気亜鉛	合金亜鉛めっき鋼板（高耐食性・高塗装性）	自動車用電気亜鉛めっき鋼板（高防錆性のボディ鋼板） 家庭用電気亜鉛めっき鋼板（冷蔵庫、洗濯機の外板）等
	そ の 他	アルミめっき鋼板、ターンシート（鉛・錫合金めっき）	アルミめっき鋼板（ストーブ、マフラー等）、ターンシート（自動車用燃料タンク等）
鋼 管	継目鋼管 電 縫 管 U O E	高合金鋼管 耐HIC用鋼管	苛酷な環境下（高 H_2S 、 CO_2 等）で使用する油井管、ラインパイプ、ボイラー用鋼管等
そ の 他 鋼 材	厚 中 板	高張力・高靱性・高加工性鋼板	低温高靱性高強度鋼（船舶、海洋構造物、低温タンク）、大入熱溶接用高張力鋼（船舶、鉄骨）
	形 鋼 線 鋼 線 材	特殊鋼等高級材	高級ワイヤーロープ（建設）、スチールコード（自動車）、自動車用ロッド等

出所：新世代の鉄鋼業に向けて

製品の品質については、脱硫・脱磷、脱ガス等の製錬技術、表面処理技術等の生産技術の優位性から、高級材について、わが国は諸外国に比べて品質上特に優位にある。

2) 鉄鋼業と需要産業の発展

鉄鋼業は、自動車、機械、電気・電子、建設等広範な産業に対して素材の供給を行う最大の基礎素材産業として、各需要分野の発展に対応し、それら産業の多様なニーズに応じた良質な鋼材の安定供給源としての役割を果たしている。

特に、新製品の開発等鋼材の高品質化は需要産業に大きなインパクトを与えてきた。表1-2は、そうした鉄鋼材料の開発が各需要産業にいかなるインパクトを与えてきたかを年代別にまとめたものである。例えば、造船業においては、高降伏点強靱鋼の開発が50万トン級の超大型タンカーや6,000メートル級の深海潜水艇の建造を可能としたのを始め、自動車産業では、高加工性高張力鋼板及び合金亜鉛めっき鋼板等の表面処理鋼板の開発が自動車の軽量化・防錆性の向上に大きく貢献し、また、振動騒音の低減のために複合鋼板（制振鋼板）を開発・実用化するなど自動車材料に対する各種ニーズに応える材料を供給し、日本の自動車の優位性を支えている。また、電気機械工業においては、発電機、トランス、モーター等の電気機械の鉄芯として使用される電磁鋼板の電力損失が低減するように高品質化を行ってきたが、最近では、レーザー処理技術、アモルファス金属の利用・実用化により、電力損失の大幅な低減及び軽量化が可能となっている。建設業においても、超高張力鋼等の開発によりビルの超高層化を支えてきた。

こうした製品の開発、改良の過程においては、鉄鋼業と需要産業との間において、緊密な連携が行われ、これが鉄鋼業と需要産業の双方の高度化を促進しており、今後とも鉄鋼業及び需要産業が発展していくためには、双方が技術力を向上させ、競争力を維持向上させることにより発展を続け、相互の良循環関係を維持していくことが必要不可欠な条件である。

表1-2 鉄鋼材料の開発と需要産業へのインパクト

産 業	年 代	材料の性能	材 料 の 開 発	産 業 へ の イ ン パ ク ト
造 船	～30年代 40年代 50年代 現 在	高強度 高加工性 高強度 高強度 高強度	LPGタンク用鋼（低温用鋼） 溶接性高張力鋼 クラックフリー高張力鋼 高降伏点強靱鋼 超高降伏点強靱鋼	LPG船の建造 大型タンカー→日章丸13.2万トン（37年） 大型タンカー→30万トンタンカー（43年） 2,000級潜水調査船、50万トンタンカー 6,000級深海艇
自 動 車	～30年代 40年代 50年代 現 在	高耐食性 高加工性 高耐食性 高耐食性 高加工性 機能性	塗装性亜鉛鉄板 深絞り性鋼板（プレス加工可能） 片面電気亜鉛メッキ鋼板 表面処理鋼板（合金亜鉛メッキ鋼板等） 高加工性高張力鋼板 制振鋼板	自動車産業への素材供給（自動車ボディ） 自動車ボディ用鋼板の対米輸出 自動車ボディの防錆化 自動車ボディの軽量化 自動車騒音の低減
電気機械	～30年代 40年代 50年代 現 在	機能性 機能性 機能性 機能性	電磁鋼板（けい素鋼板） 高性能電磁鋼板（方向性けい素鋼板） 極薄高性能電磁鋼板 アモルファス合金	大型電力トランス（トランスの電力損失の減少） 大型電力トランス 省エネトランス 電力トランス（更に電力損失減少）
建 設	～30年代 40年代 50年代 現 在	高強度 高強度 高耐食性 高強度 高耐食性	高張力鋼 超高張力鋼 LNGタンク用鋼（低温用鋼） 耐海水性鋼矢板 高降伏点強靱鋼 重防蝕鋼（高分子被覆）	大型土木建築工事→ビルの高さ制限撤廃（38年） 霞ヶ関ビル LNGタンクの建造 埋め立て工事 サンシャインビル（53年） 埋め立て工事
そ の 他	～30年代 40年代 50年代 現 在	高強度 高強度 高耐食性 高耐食性 機能性	ティンフリースティール 超高張力鋼（200キロ級） 高強度耐食材料（クラッド鋼板等） 耐蝕性油井管 形状記憶合金	食品缶、飲料缶（ブリキの代替） 宇宙ロケット、高性能機器 化学工業用反応容器、熱交換器等 H ₂ S、COを含む環境下での油田開発 衣料品、歯科材料等

出所：新世代の鉄鋼業に向けて

3) 土木用鉄鋼需要について

土木用鉄鋼需要の具体例としては表1-3に示すように、道路等の土木事業、鉱物採取用等の構築物および橋梁、タンク、鉄塔に使用される鋼材があげられる。

最近5年間の国内向鉄鋼需要量の推移を表1-4（普通鋼）、表1-5（特殊鋼）に、また62年度の用途別需要量を表1-6にそれぞれ示した。

年によって差はあるものの、62年度は普通鋼については内需合計5,600万tのうち50%弱の2,700万tが建設用で、さらに建設用の1/4に当たる690万tが土木用であった。これを品種別にみると、土木用普通鋼として最も使われているものは鉄筋用棒鋼で32%、続いて鋼管（19%）、厚板（12%）のウェイトが高い。その他としてはH形鋼、熱延コイル等もかなり使用されているが、ガードレール等に使われている表面処理鋼板は7万tで、土木用材料の1%にすぎない。現在表面処理鋼板の約4割が自動車用に使われているが、土木用として、例えば道路の防音、防雪構造材の耐食性という観点からさらに開発する要素があろう。

特殊鋼については、同じく62年度でみると、内需合計900万tのうち100万tが建設用で、さらに40万tが土木用であった。同様に品種別にみると、高抗張力鋼が40%、ピアノ線26%、構造用炭素鋼11%となっている。その他としては構造用合金鋼が多く、ステンレス鋼は1%程度にすぎない。ステンレス鋼は美観・耐食性・展圧性が優れていることから、水密・耐久性が要求される地中およびウォーターフロント構造物の構造兼止水材およびストリーファニチャー（ポール、歩廊、歩行者用ガードレール）としての開発が今後考えられる。なお土木用特殊鋼の4割を占める高抗張力鋼は、具体的には溶接性高張力鋼、耐候性鋼、低温用鋼等で、用途として橋梁、タンク、鉄塔等である。土木用特殊鋼は強度、耐食性、加工性、作業性といった機能が要求されているが、今後はゆとりと潤いのある生活空間の創造という観点から、これらの機能に加え美観、景観、ファッション性も重視される傾向にある。

表1-3 主な土木用鉄鋼需要例

土木事業	道路、港湾、鉄道、えん堤、水道等の土木事業として使用される鋼材
構築物	金属、石油、石炭等の鉱物を採取するための試掘、坑掘さく等および高炉、船台等の構築物、ラインパイプ、構内配管工事等に使される鋼材
その他	鉄構物のうち橋梁、タンク、鉄塔に使用される鋼材

表1-4 普通鋼鋼材需要量の推移

(単位: 万 t)

	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度
建 設 用 うち土木用	2,312 639	2,156 613	2,182 602	2,341 635	2,721 694
鉄 鋼 需 要 計	5,033	5,015	5,061	4,887	5,591

出所: 日本鉄鋼連盟、鋼材倶楽部資料

表1-5 特殊鋼鋼材需要量の推移

(単位: 万 t)

	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度
建 設 用 うち土木用	93 38	91 34	96 39	91 32	106 39
鉄 鋼 需 要 計	777	835	849	780	903

出所: 同 上

表1-6 62年度用途別鋼材需要量

(単位: 万 t)

		普 通 鋼 (%)	特 殊 鋼 (%)
建 設 用	建 築 用	1,630 (29.2)	31 (3.4)
	土 木 用	694 (12.4)	39 (4.3)
	そ の 他	397 (7.1)	36 (4.0)
	計	2,721 (48.7)	106 (11.7)
産 業 機 械 用		343 (6.1)	190 (21.1)
電 機 用		378 (6.8)	32 (3.5)
家 庭 ・ 業 務 用		131 (2.3)	40 (4.4)
船 舶 用		217 (3.9)	11 (1.2)
自 動 車 用		1,098 (19.6)	390 (43.2)
鉄 道 車 両 用		30 (0.5)	5 (0.6)
そ の 他 郵 送 用			11 (1.2)
容 器 用		673 (12.1)	4 (0.5)
そ の 他 用			47 (5.2)
中 間 製 品 輸 出 用		—	67 (7.4)
内 需 合 計		5,591 (100.0)	903 (100.0)

出所: 同 上

注) その他建設用とは建築金物、建築用付属資材、仮設材、コンクリート製品等の建材に工場で加工されるもの、建設業者向に出荷されるが、その後の用途が判明しないもの等をいう。

普通鋼

特殊鋼

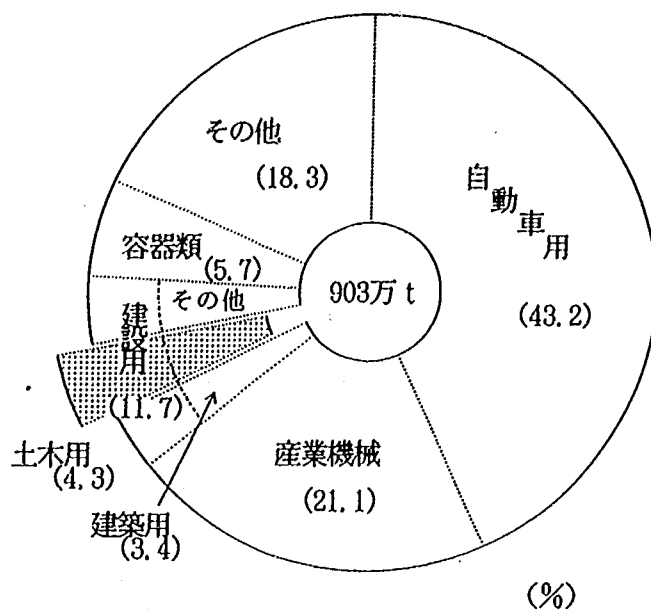
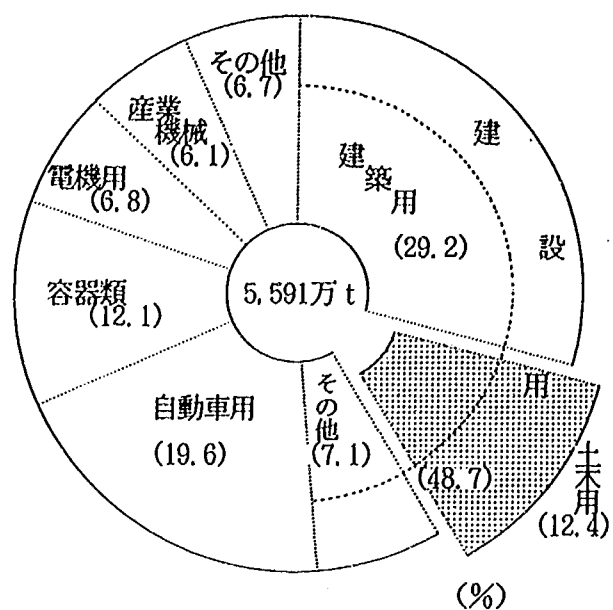


図1-3 用途別鋼材需要比率 (62年度)

普通鋼

特殊鋼

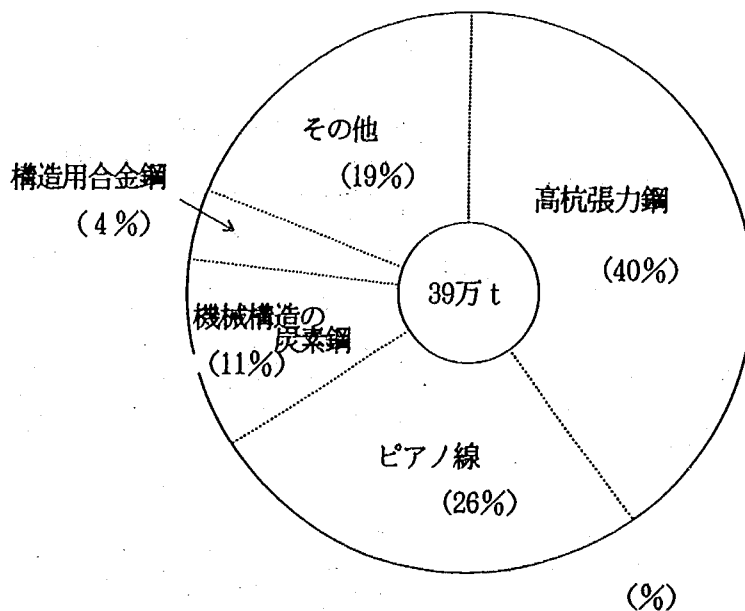
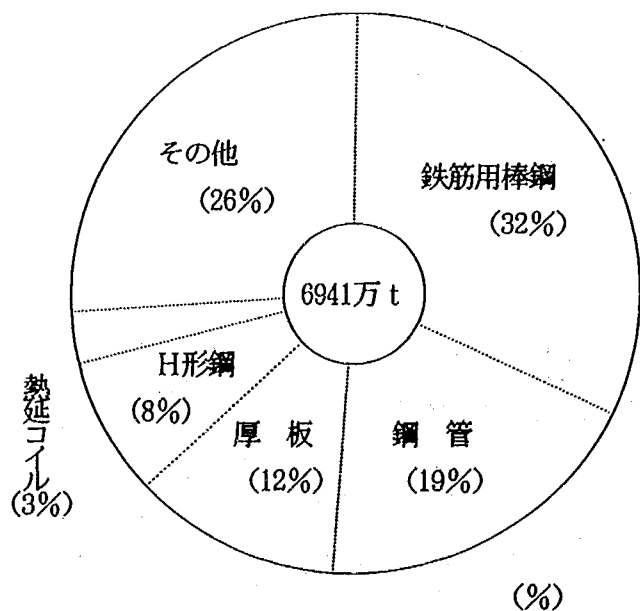
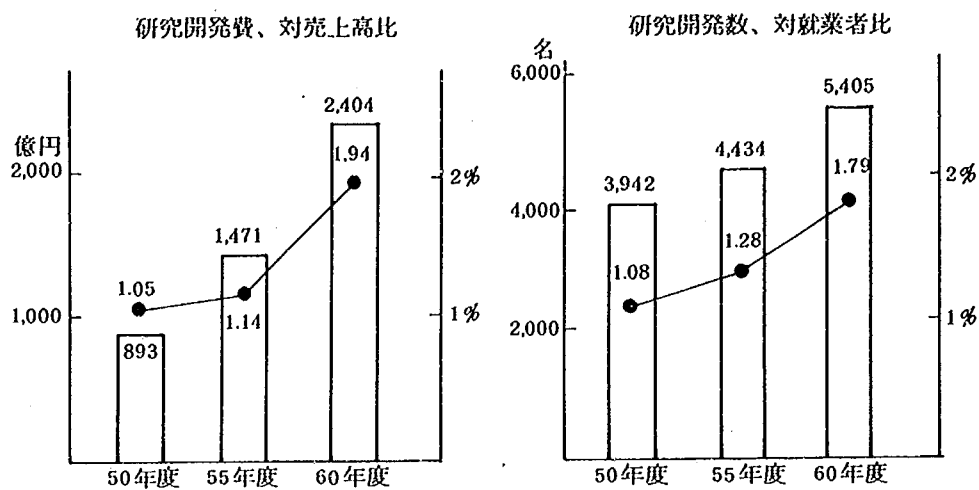


図1-4 土木用鋼材品種別需要比率 (62年度)

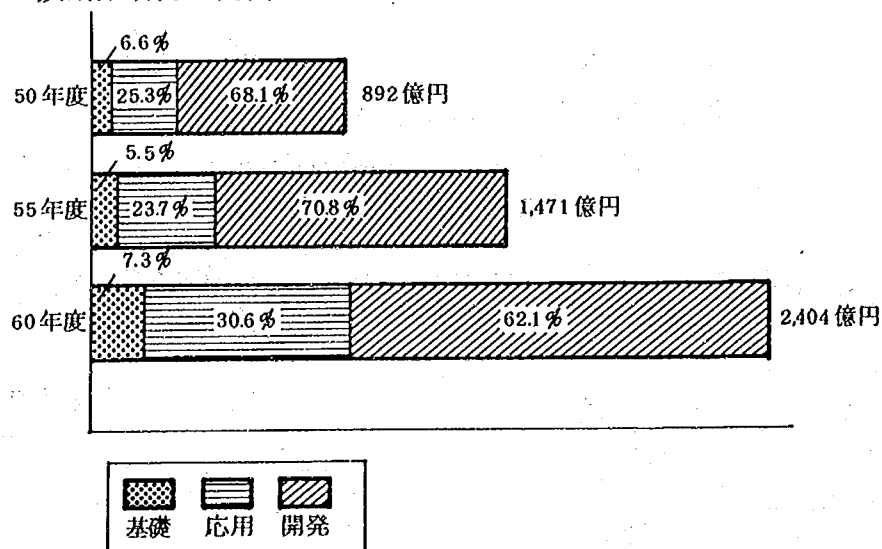
4) 研究開発の動向

わが国鉄鋼業は、研究開発費が過去10年間に、892億円から2,404億円と2.7倍（実質2.0倍）に大幅増加しているように、積極的な技術開発努力を行ってきており、諸外国に比べても研究開発費が高い水準にある。分野別研究開発費をみると、中長期を目指した研究が増加していることから、基礎・応用研究費の割合が、51年度の31%から60年度には38%へと増加している。

鉄鋼業の研究開発費、研究者数の推移（図1-5）



鉄鋼業研究開発費の性格別内訳推移（図1-6）



出所：新世代の鉄鋼業に向けて

2. 鉄系新素材・新材料について

鉄系新素材・新材料を用途面から見ると、二つに大別できると考えられる。

一つは強度上の材料特性を、従来からの延長上の利用技術として活用するものであり、他の一つは美観、快適さ等の観点から材料機能を引き出そうとするものである。

土木分野に限っても美観、快適さ等を狙った鉄系材料の利用が配慮されるケースが出てきた。その例として、吊り橋や斜長橋で高張力ケーブル、高強度鋼の特性も十二分に活かした上に、主塔、高欄、桁下等の形状や色調全体の調和を図ったもの、或いは素材そのものの美しさを活かしたものがある。

2-1 「鉄系新素材・新材料の用途機能」

土木分野の鉄系新素材・新材料として10例ほど挙げ、概略以下の様に用途機能を分類した。

—— 注. [テーマ総括表] では●印で表示 ——

(1) 強度上の特性を活用できそうな素材・材料

…… 熱加工制御鋼、ステンレス鋼、チタン等

(2) 耐久性の特性を活用できそうな素材・材料

…… ステンレス鋼、メッキ鋼板、溶射鋼板等

(3) 美観上の特性を活用できそうな素材・材料

…… ステンレス鋼、メッキ鋼板、溶射鋼板並びにチタン等

(4) その他の特性を活用できそうな素材・材料

…… ステンレス鋼、制振鋼板、アモルファス等

2-2 「各新素材・新材料の概要」

テーマ総括書に沿って述べると、

(1) テーマNo.1)～5)、8)の新材料は他分野でその用途が、かなり普及拡大しているものである。例えば、熱加工制御鋼(TMCP鋼)は造船、海洋構造物分野等で多く使われ、ステンレス鋼は化学、家電、建築等に200万t/yの実績がある。

(2) テーマNo.6)～10)の新材料は他分野で多少の用途は挙げることができるが、土木分野では未開拓に近いものである。

(3) テーマNo.11)～14)は既に土木分野で多くの実績を有するが、更に用途拡大が期

待されるものである。(参考までに挙げた)

2-3 「建設事業への新素材・新材料利用開発」のテーマ候補

- (1) 鋼構造物の大規模、大断面化、保守の低価格化へのニーズが強い。溶接加工性の良い〔熱加工制御鋼〕(50%低 Ceq鋼)の素材、溶接部の性能評価を得て、土木分野の鋼構造物へ社会的ニーズに応えたい。
- (2) 近年、鉄筋コンクリートの劣化対策が不可欠とされ、解決が急がれるが、鉄筋の組成上耐食性能を向上させた〔耐塩性鉄筋〕を挙げたい。鉄筋の腐食許容量の明確化を図り、設計、施工指針策定を行う。
- (3) ステンレス鋼は多くの分野で耐久性、美観、強度材の性能が活用され、土木分野の一部(水道、ダム等)にも既に用途が広がっているが、材料、設計、構造、コスト等の観点から総合的な評価が成されていない。

土木分野での利用技術の確立を計る為には、構造、素材、耐久性、利用技術等の一連の研究が必要である。(今回は素材の特性紹介に止める)

2-4 その他の「建設事業への新素材・新材料利用開発」テーマ候補

- (5) 溶融亜鉛メッキ鋼板～従来の溶融亜鉛メッキ鋼板に比較して、はるかに高耐食性の合金メッキ鋼板が開発された。自動車、家電、建築等の分野で用途は拡大している。
- (6) 制振鋼板～制振性、遮音性に優れ、自動車、家電、建築分野等にかんがりの用途を持つ土木分野でも鋼床板、鉄道線路等への用途が考えられる。
- (7) 溶射鋼板～耐候性、耐海水性、美観に優れ、土木分野の一部にも使用されている。
- (8) チタン～比強度が大で、耐食性に優れる。チタン合金として航空機、化学プラント等での実績があり、今後の用途は広い。
- (9) 形状記憶合金～鉄系の一方向の形状記憶効果を利用した用途開発が待たれる。
- (10) アモルファス～高強度、高耐食性、軟磁性の特性を有し、帯状、線状の材料を製造できるが、今後の用途開発が注目される。

1) [テーマ総括表]

土木分野で期待される鉄系新材料の機能および用途

●：最も機能を発揮できる

鉄系新材料例	材 料 の 特 徴		現 存 分 野 (土木分野の一部含む)	土木分野で期待される機能および用途										
	組 成 ・ 製 造 法	材 質		〔設 計 上〕			〔加 工 ・ 施 工 上〕			〔計 画 上〕		美 観	その他	
				材料強度 (比強度)	材料強度 (高靱性)	加工の 容易さ	現場適合 の容易さ	施工の 容易さ	耐久性 (錆)	耐久性 (腐蝕)	活動騒音			
1) 熱加工制御鋼 (50%TMCP)	・制御圧延・冷却 ・低Ceq	・高靱性 ・疲労強度の向上 ・大入熱溶接可	・造船 ・建築 ・海洋構造物	● 耐疲労		●	● (品質バラツキ小)							
2) 耐塩性鉄筋	・特殊合金成分添加	・高耐塩性							●	●				
3) ス テ ン レ ス	・高合金成分 ・7%Ni系・9%Ni系 マルテンサイト系有り	・高耐食性 ・美観性	・化学プラント・家電 ・民生・建築・車両 ・タンク・ダム(取水)等			● 9%Ni系					●		●	● 非磁性
4) ステンレスクラッド	・熱間圧延圧着 ・ステンレス+一般鋼	・高耐食性 機械的特性兼備	・ダム(ゲート)	●		●					●		●	
5) 溶融亜鉛メッキ鋼板	・亜鉛 亜鉛-Al合金メッキ	・高耐食性	・自動車・家電・建築 ・道路等								●		●	
6) 制 振 鋼 板	・鋼板と樹脂等の複合	・制振性 ・遮音性	・自動車・家電・建築等									●		
7) 溶 射 鋼 板	・ガス溶射	・耐熱性・耐海水性 ・美観	・タンク座板(石油) ・海岸・海洋構造物 ・建築(外壁)等								●	●	●	
8) チ タ ン	・鉄とほぼ同様製法	・比強度大 ・耐食性(耐海水)	・航空機 ・化学プラント ・民生等		●						●		●	
9) 形 状 記 憶 合 金	・鉄系・非鉄系有り	・鉄系は一方方向性の 形状記憶効果												● 記憶
10) ア モ ル フ ェ ス (参考)	・超急冷凝固法 (薄帯・塊状製法)	・高強度 ・耐食性 ・軟磁性	・電子機器 ・スポーツ用品等	●							●	●		
11) 高張力ケーブル		・比強度大	・橋梁	●	●									
12) S L 杭			・基礎											● 近海域
13) ネジフシ鉄筋		・比強度大	・RC		●			●						
14) 重 防 食 建 材		・耐食性	・海岸・海洋構造物								●		●	
			用 途 例	鋼構造物 全般	橋梁構造物	橋梁構造物・砂防 ダム等の 構造物	橋梁構造物	鋼構造物 全般	鋼構造物 全般	鋼構造物 RC構造物 全般	海洋構造物 泥砂対策	橋梁・道 路付帯施設	河川構造物・道路 付帯施設	

2) 個別テーマ

(1) 熱加工制御鋼(50キロTMC P鋼)について

<TMC P鋼の冶金的特質>

- ① ミクロ組織の著しい細粒化による強度・靱性の向上がみられる。
- ② 吸収エネルギーが高く、脆性靱性停止性能に優れる。
- ③ 炭素当量が低く、溶接性が優れている。
- ④ 溶接熱影響部の靱性が優れている。

<50キロTMC P鋼の炭素当量 (Ceq)>

JIS規格 (S.63.11.1 改定)
対象: JIS-G 3106、JIS-G 3114
50キロ鋼の熱加工制御 (記号: TMC)

JIS-G 3106 附属表1-1 炭素当量 単位: %

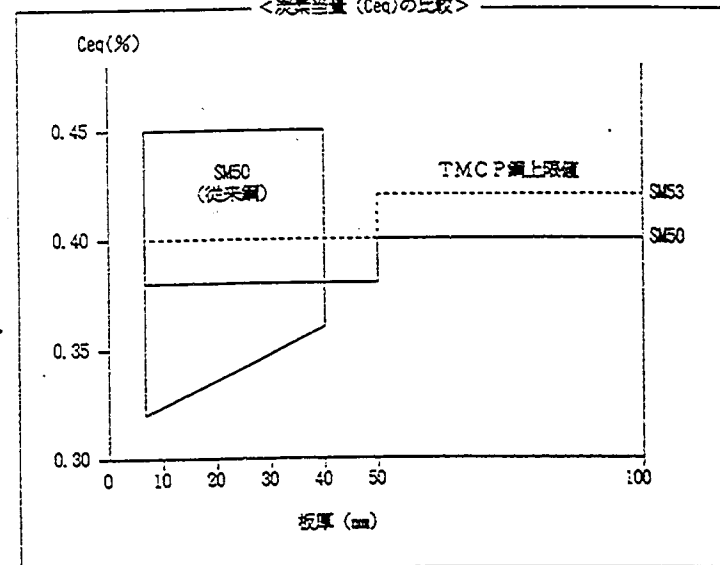
種類の記号	SM50A SM50YA SM50B SM50YB SM50C	SM53B SM53C
通用厚さ	50mm以下	0.38 以下
	50mmを超え 100mm以下	0.40 以下

JIS-G 3114 附属表1-1 炭素当量 単位: %

種類の記号	SMAS0W	SMAS0P
通用厚さ	50mm以下	0.41 以下

$$\text{炭素当量 (\%)} = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/5 + Nb/4 + V/14$$

<炭素当量 (Ceq) の比較>



<橋梁分野への適用メリット>

- ① 鋼製橋脚など高強度・厚肉部材への適用
・使用板厚の規定により断面力が不足する場合、高強度化 (SM53やSM58Q) を余儀無くされる現状に対し、溶接加工性の良い材質で厚肉 (50mm超) の使用が可能となれば、設計自由度が増すと共に施工も含め経済化が図られる。
- ② 耐疲労性を要する上部工・主構造部材への適用
・鉄桁、箱桁など一般橋主桁および鋼床版には活荷重による疲労損傷が発生している。特に、二次部材の接合など手溶接による部位は応力集中を起こしやすい形状となっている。主構造部材をTMC P鋼とすれば当該部に非低水素系溶接棒の使用が可能となり、結果的に疲労靱性が向上し、ディテールが導かれ耐疲労性が向上する。
- ③ コスト削減
・優れた溶接性を生かした加工法の拡大、制限緩和が可能であり、施工・管理の簡素化や工場自動化などコスト削減の糸口となりうる。

<橋梁以外の分野での使用例>

- ① 船舶/船殻材、ロング材
- ② 海洋構造物/石油掘削用ジャケット
- ③ 建築物/柱材

<留意事項>

「道路橋示方書・鋼橋編」(現行)を想定したとき、TMC P鋼の使用により変更(改善)が可能と考えられる事項と内容

1. 使用板厚と区分の想定
1) 使用板厚の拡大: 現行の使用板厚の制限値の50mm以下を100mm以下まで拡大できる。
- 2) 使用区分の集約: 現行のABC区分をグルーピングできる。例: SM50A, SM50B, SM50C → SM50-TMC
2. 基準降伏点
基準降伏点を下表のように設定できる。

種類	板厚	基準降伏点
SM50-TMC	100mm以下	3.300 kg/cm ²
SM50Y-TMC	100mm以下	3.600 "
SM53-TMC	100mm以下	3.600 "
SMAS0-TMC	50mm以下	3.600 "

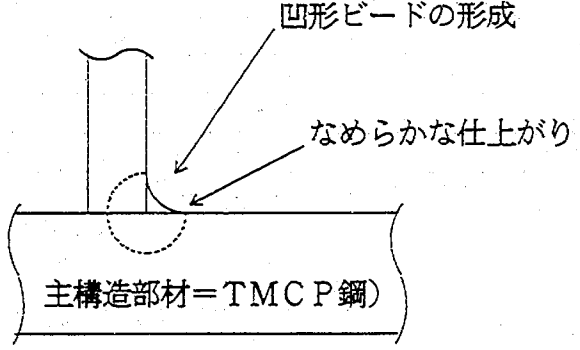
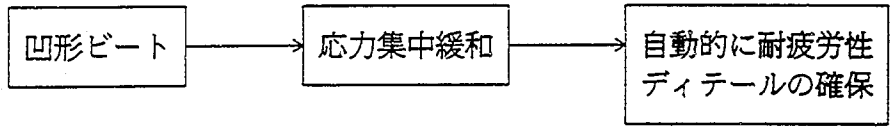
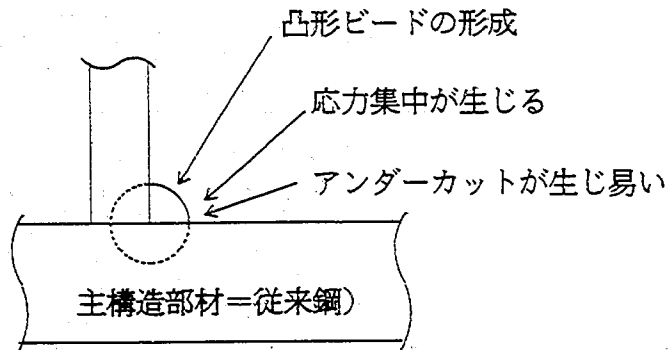
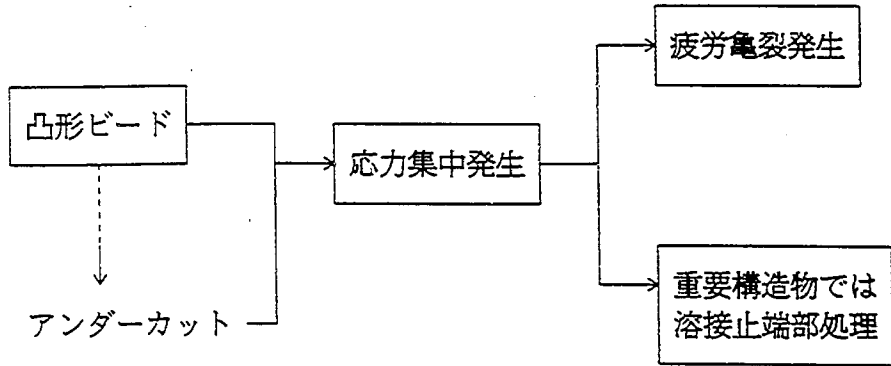
現行規定の例

SM50C	50mm以下	3.200 kg/cm ²
SM50YB	32mm以下	3.600 "
SM53C	50mm以下	3.600 "
SMAS0C	50mm以下	3.600 "

3. 溶接加工条件

- 1) 仮付け溶接長の緩和: 現行ショートビードの最小長80(50)mmを10mmに緩和できる。
- 2) 非低水素系溶接棒の使用: 被覆棒アーク溶接(手溶接)に非低水素系溶接棒(但し、 $<25cc/100g$)の使用が可能である。
[効果] 耐ビット性向上
凹形ビード
Tガット発生小
→ 耐疲労性向上
→ 刃がきつて除去不要
- 3) 予熱条件の緩和: 溶接割れ感受性指標(Pc)が低く、予熱温度の緩和、あるいは省略が可能である。
- 4) 溶接施工試験の省略: 厚肉部材の大入無溶接が可能であり、現行の板厚による規定(SM50, SM53=38mm超, SMAS0=25mm超)の対象外とすることができる。

溶接ビード形状と耐疲労性（TMCP鋼と従来鋼との比較）

	被覆棒アーク溶接による隅肉溶接部の改良	疲 労 性 に 対 す る 向 上
T M C P 鋼	〔非水素系溶接棒の使用〕  凹形ビードの形成 なめらかな仕上がり 主構造部材＝TMCP鋼	 <pre> graph LR A[凹形ビード] --> B[応力集中緩和] B --> C[自動的に耐疲労性 ディテールの確保] </pre>
従 来 鋼	〔低水素系溶接棒の使用〕  凸形ビードの形成 応力集中が生じる アンダーカットが生じ易い 主構造部材＝従来鋼	 <pre> graph LR A[凸形ビード] --> B[応力集中発生] A -.-> C[アンダーカット] B --> D[疲労亀裂発生] B --> E[重要構造物では 溶接止端部処理] </pre>

(2) 耐塩性鉄筋について ― 成分調整系の防食鉄筋 ―

(1) 特 性

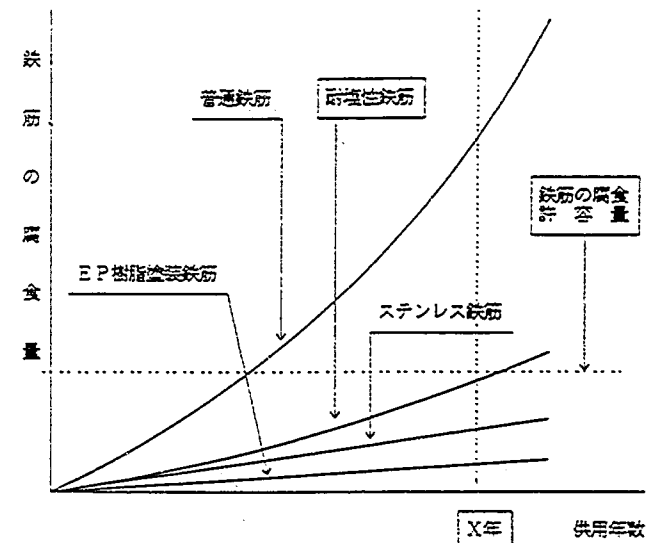
- ① 鋼材の化学成分を調整し防食性能を発揮させたもの
 - ・ 錆の生成反応を抑制するため超高純度化 (S₁、S₂低減)
 - ・ さらに防錆元素 (W、Ni等) を添加
- ② JIS G 3112 に適合
 - ・ 成分はJISの基本化学成分を遵守し、超高純度化
 - ・ 機械的性質、形状・寸法、重量規定を満足
- ③ 輸送、保管、切断、加工、継手等は従来鉄筋と全く同様に扱うことができる

(2) 耐塩性鉄筋の成分例 (SD35) (～x:x以下)

種 別	化 学 成 分 (wt%)								
	C	Si	Mn	P	S	C+Mn/6	Cu	W	Ni
鉄筋の規格 JIS G 3112	～0.27	～0.55	～1.60	～1.40	～0.040	～0.50	規定なし	規定なし	規定なし
Cu-W系	～0.27	～0.03	～1.60	～1.40	～0.003	～0.50	～0.30	～0.30	規定せず
3.5% Ni系	～0.27	～0.03	～1.60	～1.40	～0.003	～0.50	規定せず	0.01 ～0.20	3.50

(3) 防食鉄筋の特性比較

		亜鉛メッキ	E P樹脂塗装	ステンレス	耐塩性鉄筋
防 食 性 能		飛沫著で?	錆 ない	若干の孔食	錆 にくい
設 計	付着強度	制限なし	80%に低減	ヤング率が 普通鉄筋より 小さい	制限なし
	耐火性		200℃で変質		制限なし
	設計指針等	有	有	無	無
施 工	輸 送	メッキを害さない事	キズをつけない配慮		制限なし
	保 管		炎外線を避けて保管		制限なし
	ハンドリング	メッキを害さない事	キズをつけない配慮		制限なし
	切断加工		路面補修要		制限なし
	曲 げ 加 工	メッキを害さない事	曲げ機のコマ保護要		制限なし
	継手加工	重ね継手	重ね以外は要補修		制限なし
	結 束	メッキ鉄線	塗 緑 鉄 線		制限なし
	補 修		補 修 必 要		必要なし
コンクリート打設		メッキを害さない事	振動機のクレン防護要		制限なし



耐塩性鉄筋が経済的に優位となるイメージ

(4) 耐塩性鉄筋の課題

1. 耐塩性鉄筋の性能評価

コンクリート構造物内の鉄筋素材に要求される防食性能の評価

→ 構造物の重要度・耐用年数等に応じた「鉄筋の許容腐食量」の明確化

2. 耐塩性鉄筋を用いたコンクリート構造物の「設計・施工指針」の策定

(3) ステンレス鋼

① 鉄鋼材料と「さび」

鉄鋼材料は近代産業にとって、最も経済的で普遍的な基本構造材料として、広範囲な分野で大量に利用されてきた。しかし、鉄の最大の弱点は「さびる」ということである。「さびる」という現象（腐食）は鉄が使われているあらゆる環境、すなわち大気、水、海水、地中あるいは酸性、アルカリ雰囲気等で発生する。

腐食による鉄の損失については多くの試算例があるが、鉄の生産量の約20%というものや鉄鋼累積保有量の約2%とも言われている。このように、社会的にも大きな経済的損失である鉄の腐食をいかに防止するかは、鉄の生産あるいは利用に係わる人々の重大な関心事である。錆びない鉄を造るのは、鉄鋼技術者、研究者の長年の夢でもあった。「さび」を防ぐ方法は、大きく分けて次の3つがある。

i) 表面処理による方法 …… めっき、被覆、塗装

ii) 電気防食による方法 …… 犠牲陽極、陰極防食

iii) 材質改善による方法 …… 合金元素の添加など

この合金元素添加によって「さびにくい」鉄をつくるのが、ステンレスの誕生につながり、表面処理によって錆を防止する方法として、各種めっき鋼板が生まれ、更には溶射技術のような新しいコーティング技術の開発に繋がっている。

② ステンレス鋼の種類

図3-1は、Fe-Cr合金の大気中での腐食度とCr含有量を示す。Cr含有量が、10%以上になると優れた耐蝕性を示す。Fe-Cr合金は、その表面に安定な不動態皮膜が形成されて、鉄の酸化を防止するが、その効果を安定的にするためには、10%以上のCr含有量が必要である。一般にCrを12%以上含んだ鉄の合金をステンレスと称する。

表3-1は、ステンレスの種類とその特性および特性に応じて現在使われている各分野での用途例を示す。

ステンレス鋼は大きく分けて、マルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系の3種類がある。

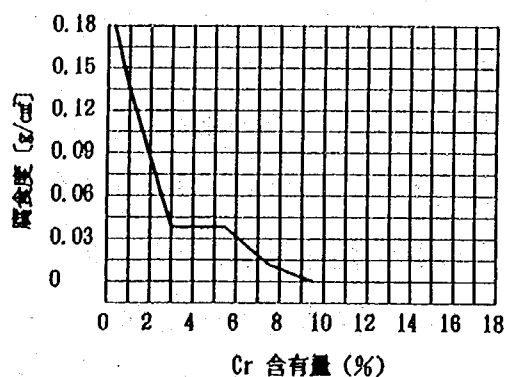


図3-1 大気中における Fe-Cr 鋼の耐さび性
0.1% C 鋼, 工業地帯, 10年間⁽¹⁾

マルテンサイト・ステンレス鋼の代表は、SUS410の13Cr系である。この系は、焼入れによって硬化するので、成分と熱処理の組合せにより、広範囲な強度の鋼が得られる。

High CのSUS420は耐摩耗性にすぐれ、刃物に使われている。Low Cにして溶接性を高めたものは水門戸当りに用いられている。

フェライト・ステンレス鋼の代表的なものは、SUS430のようなCr系である。

この系のステンレスは成形加工性、耐蝕性に優れている他オーステナイト系に比べて経済的であるため、一般耐蝕用として厨房用品、建築内装等に広く用いられている。製品としては、厚板もあるが、殆どは薄板および線の形で使用されている。

一方、極低炭素、窒素にし、更に耐蝕性を向上させる元素であるMoを添加したいわゆる純度フェライトステンレスは、耐蝕性が一段と優れており、またオーステナイト系の弱点である応力腐食われを起こしにくいため、化学プラント等に用途を広げている。

オーステナイト・ステンレス鋼は、ステンレス鋼といえば、この系の18-8ステンレス（SUS304）を指すように、ステンレスの代表的な存在であり、オーステナイトステンレス鋼は全ステンレス生産量の50%を占めている。特に低温靱性にすぐれ、また延性にも富み、冷間加工性に優れている。また耐蝕性、高温特性にも優れており、用途は広範囲にわたっている。

オーステナイトステンレス鋼のもつ高機能特性をベースにし、更に耐海水性、耐応力腐食割れを改善し、強度も高いという性質をもったステンレスが開発されており、これが、二相ステンレス鋼である。オーステナイト（fcc）とフェライト（bcc）の二相の金属組織を有しており、高強度、高耐蝕性のステンレス鋼である。

これらのステンレス鋼の強度と耐蝕性の関係をイメージ的に示したのが図3-2である。

③ ステンレス鋼の課題

ステンレス鋼は、様々な環境下での鉄の腐食を防止するという耐蝕性機能の追求の中で発展してきた。その機能を生かして、多方面に用途が広がってきており、その中には構造用途にも適用されているが、普及はまだまだという段階である。

その一因として、ステンレス鋼が一般構造用鋼材として公認されていないため、

ステンレスを構造材として使用する場合は、個々の施工物件ごとに個別認定を取得しなければ使用できないという点が挙げられている。

ステンレスは、構造用材料として次のような特徴をもっている。

- i) 強度が高く、靱性に優れている。
- ii) 耐蝕性、耐久性に優れている。
- iii) 溶接によって、接合が容易である。

一方、ステンレス鋼を構造材料として見た場合の課題は、図3-3に示すように、

- i) 比例限、弾性限が低い。
- ii) 強度の高さに比して、耐力が低い。

普通鋼とは異なり、ステンレスには明確な降伏点現れないため、通常0.2%歪みに相当する応力を、0.2%耐力として降伏応力に代えている。ステンレスの0.2%耐力と比例限は、引張強さの高さに比して低い。しかし、図3-3の SUS304Nのカーブに示した様に窒素添加のステンレス鋼は、高耐力を保持している。

このような状況を踏まえて、建築分野においては、ステンレス鋼の建築構造への適用研究と一般構造用鋼材としての認定に必要な「設計施工基準」の作成に着手している。

27

表3-1 ステンレス鋼の種類と特徴、及び用途

種類	主な成分の特徴	結晶構造	熱処理	機械的性質				低温 靱性	強度	耐蝕性				冷間 加工性	溶接性	美観性	その他の 特性	主な製品形状	用途
				鋼種 SUS	0.2%耐力 kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %			耐酸化性	孔食	すきり 腐食	応力腐 食われ						
マル テン サイト 系	Fe-13Cr (C≤0.4) Fe-18Cr (C≤0.4)	bcc	焼入れ 焼戻し	410	60	77	23		○	○			○			○	耐酸化性	棒 材 鋼 板	・機械構造用部品 ・刃物 (High C) ・水門戸当り (C ≤ 0.03)
フェ ライ イト 系	Fe-13Cr (C≤0.12) Fe-18Cr (C≤0.12)	bcc	焼なまし	405 430 434	23 35 37	46 53 54	25 30 23			○			○	○	○	○		棒 材	・厨房用品、建築内装 ・自動車部品 ・ガス電気機器部品
	高純度フェライトステンレス Fe-18Cr-2Mo (C≤0.03) Fe-18Cr-1Mo (C≤0.03)									○	○	○	○	○	○	○			・化学プラント (高純度フェライト)
オー ステ ナイト 系	Fe-18Cr-8Ni (C≤0.08)	fcc	固溶化 熱処理	301 304 305 316 321 304N	28 30 27 30 25 49	77 59 60 59 63 83	60 55 50 50 45 63	◎		○	○	○		◎	○	○	耐熱性 非磁性	薄 板 棒 材 管 材 線 材	・化学工業、食品工業 ・家庭、厨房用品 ・建築用、水門戸当り ・自動車部品、鉄道車両 ・原子力発電機器 ・LNGプラント
二 相 ス テ ン レ ス	Fe-22Cr-5Ni-3Mo (C≤0.03)	fcc + bcc	固溶化 熱処理	329J ₁	54	71	26	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	耐熱性	薄 板 棒 材 管 材	・化学プラント ・船舶用海水淡水器 ・熱交換器

注) bcc : 体心立方晶
fcc : 面心立方晶

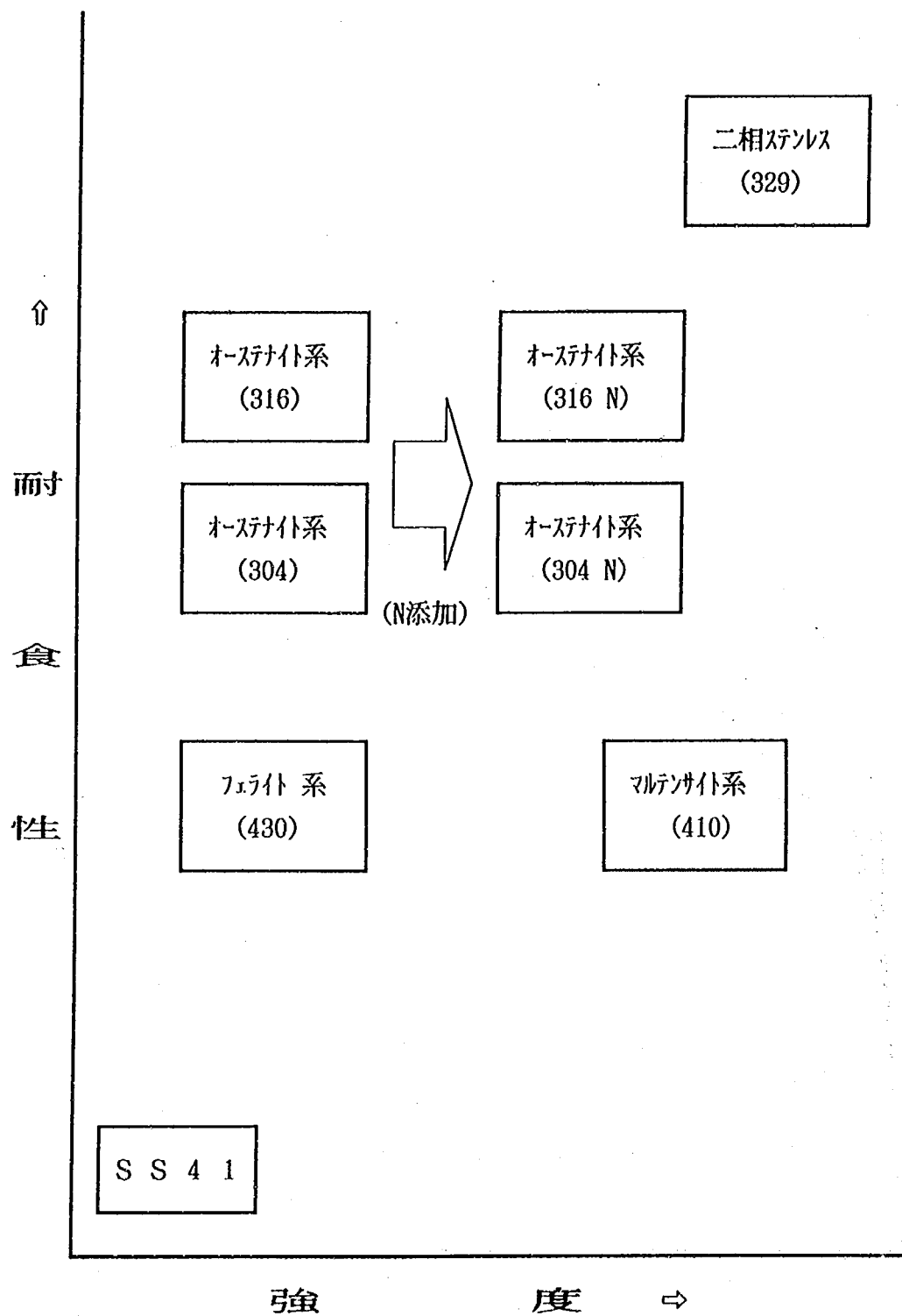
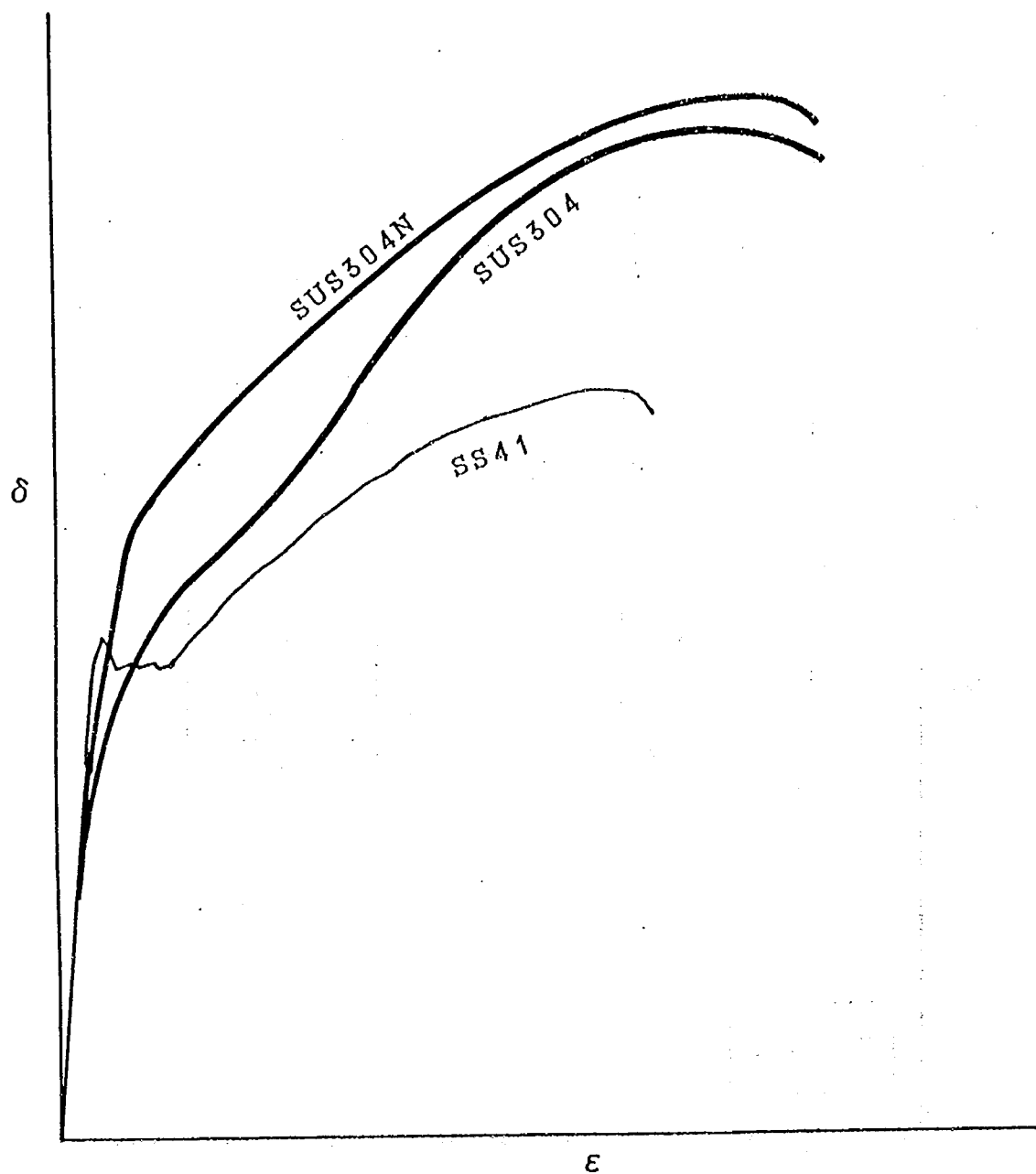


図 3 - 2 ステンレス各鋼種の強度と耐食性の位置づけ (概略図)

図 3-3 ステンレス鋼の応力-歪み曲線



(4) ステンレスクラッド材

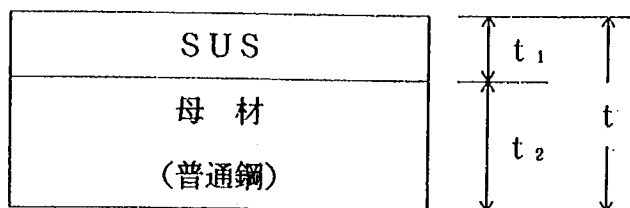
① クラッド材とは

構造材としての普通鋼と耐蝕材としてのステンレスを圧延により圧着、強度と耐蝕性を兼ね備えた材料として、各分野で使用。

② 製造法

ステンレス (304、316)
構造材料 (SS、SM、SB) } — 組立 — 圧延 — 精製

③ 製品の形状



t : 全板厚

t_1 : SUS : 全板厚の30%以下
(通常 2 ~ 3 mm)

t_2 : 母材 (構造材料)

最大寸法 : $t=70\text{mm}$ 、 $W=3,800\text{mm}$ 、 $L=14\text{m}$

④ 特性

- (1) 熱伝導性が大きい
- (2) 許容応力を高く取れる
- (3) 耐蝕性はステンレスと同等
- (4) 応力腐食割れの危険性が少ない 等

⑤ 用途例

水門扉

圧力容器、ケミカルタンカー

熱交換機、淡水化装置

ペンストック

等

(5) 亜鉛 — アルミめっき鋼板

① 亜鉛 — アルミめっき鋼板とは

溶融亜鉛めっき鋼板は、古くから用いられている。

それに対し、亜鉛 — アルミめっき鋼板は、更に耐蝕性を向上させる為に開発された新材料である。

亜鉛 — アルミめっき鋼板は、亜鉛とアルミの合金層の形成で、強い酸化被膜となって鋼板を保護し、耐蝕性を大幅に向上したものの。

② 鋼板の種類

i) Zn — 5%Alめっき鋼板

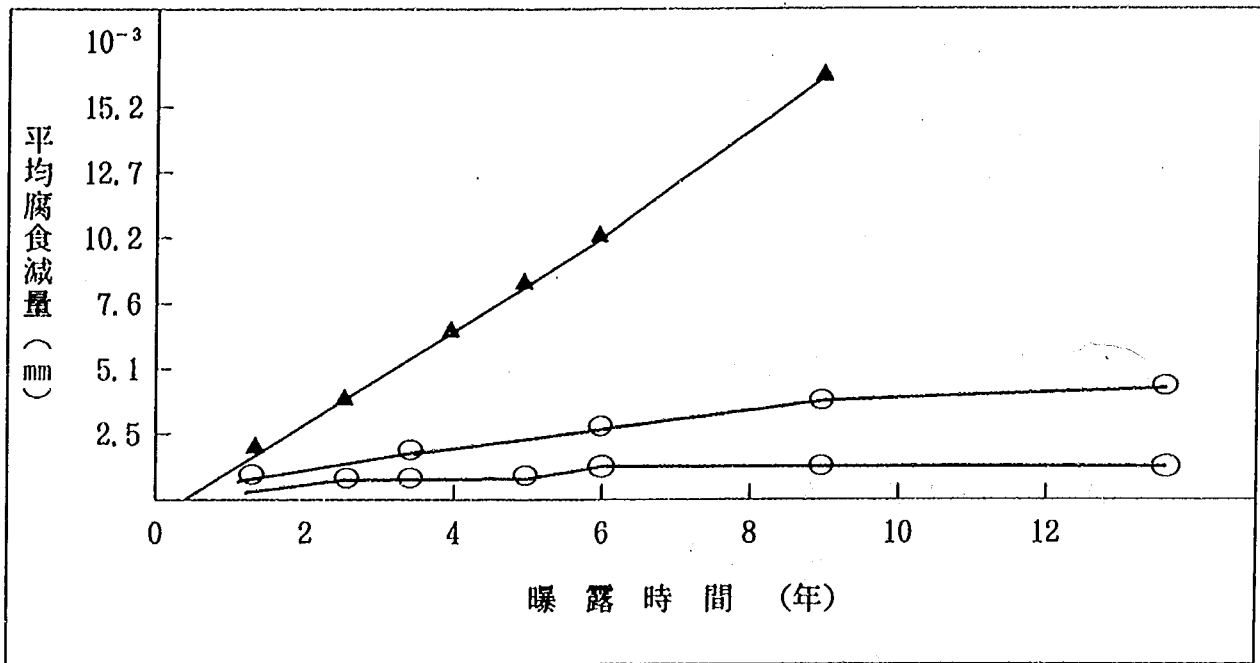
ii) Zn — 55%Alめっき鋼板

③ 耐 蝕 性

従来の亜鉛めっき鋼板の2倍

図2-5-1 亜鉛アルミめっき鋼板の耐食性

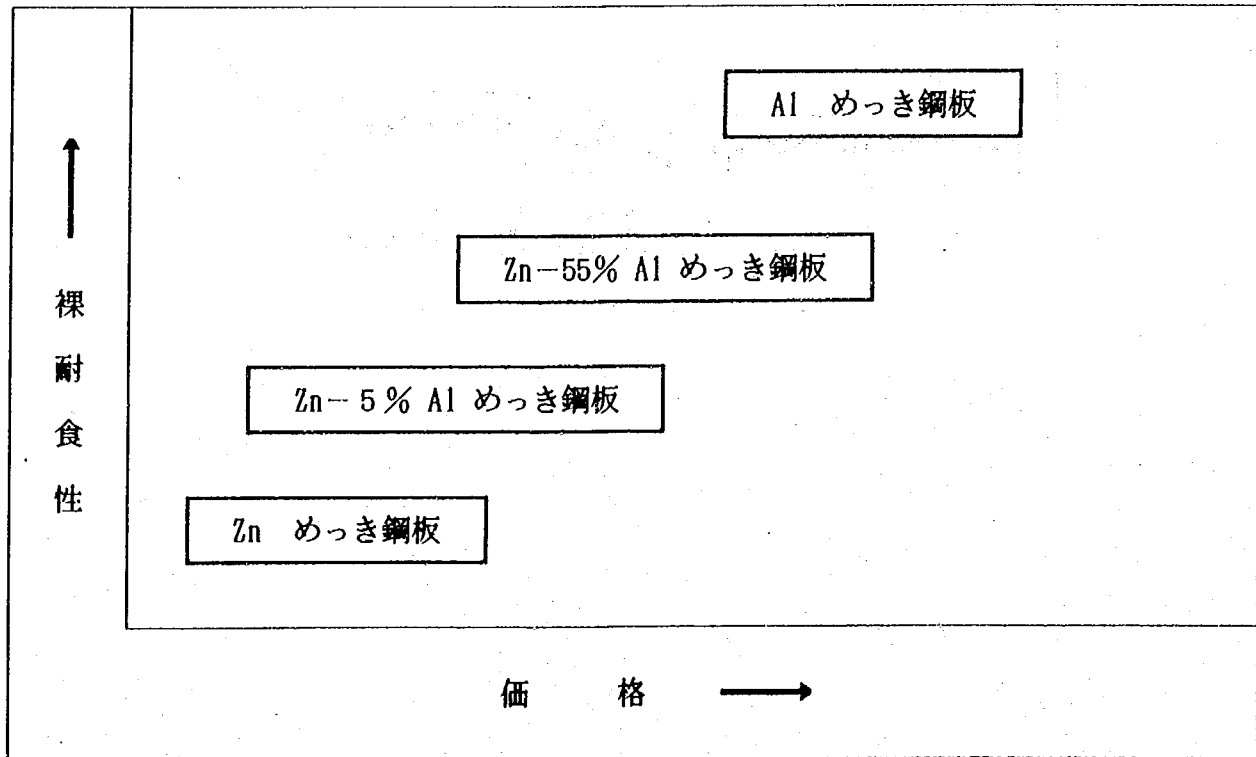
工業地帯 (Bethlehem, Pa.) での各種めっき鋼板の耐食性



() は片面めっき厚

図2-5-2 亜鉛アルミめっき鋼板の耐食性

亜鉛-アルミニウム系溶融めっき鋼板の概念的な位置付け



(6) 制振鋼板

① 制振鋼板は

i) 制振・吸振性

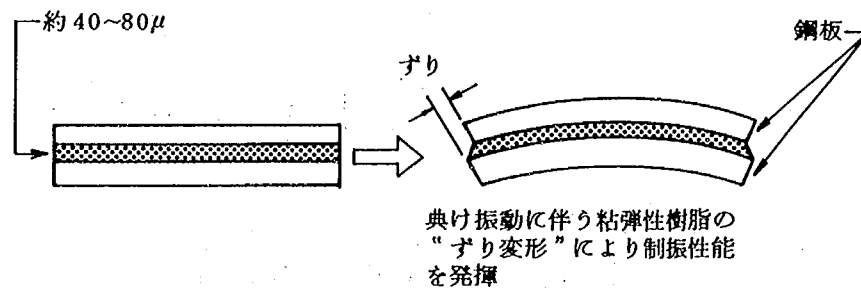
ii) 遮音性

を兼ねそなえた材料

② 2枚の鋼板に40~80 μ の粘弾性樹脂をサンドイッチした構造

③ 接着強度に優れ、超深絞りも可能、スポット溶接も可能

図2.6 制振鋼板の構造説明図



④ 制振鋼板の適用例

分 類	用 途 例
大型構造物	鉄道橋防音工事（下面遮音板）、製鉄所アンローダー用ライナー、ホッパー・シュート部ライナー
建築関係	高層建築物の鋼製階段、ダストシュート、スチールドア、スチールシャッター、鋼製家具、換気用鋼製品
交通関係	自動車エンジン部品、エンジン廻り部品、コクピット回り部品、ダンプカーのベッセル・シュート部、船舶、航空機、二輪車の構造部材
一般工場	コンベア・搬送機器の鋼板構造、輸送用コンテナ、バケット・シュート、ストッパー類のライナー、モーターケース、コンプレッサーケース
音響機器ほか	音響機器シャーシ・ケース、事務用機器・金銭登録機のケース、レーザー装置の防振台
防音カバー	各種機器防音カバー、大型消音器の鋼板構造

⑤ 各種材料の強度と制振性能

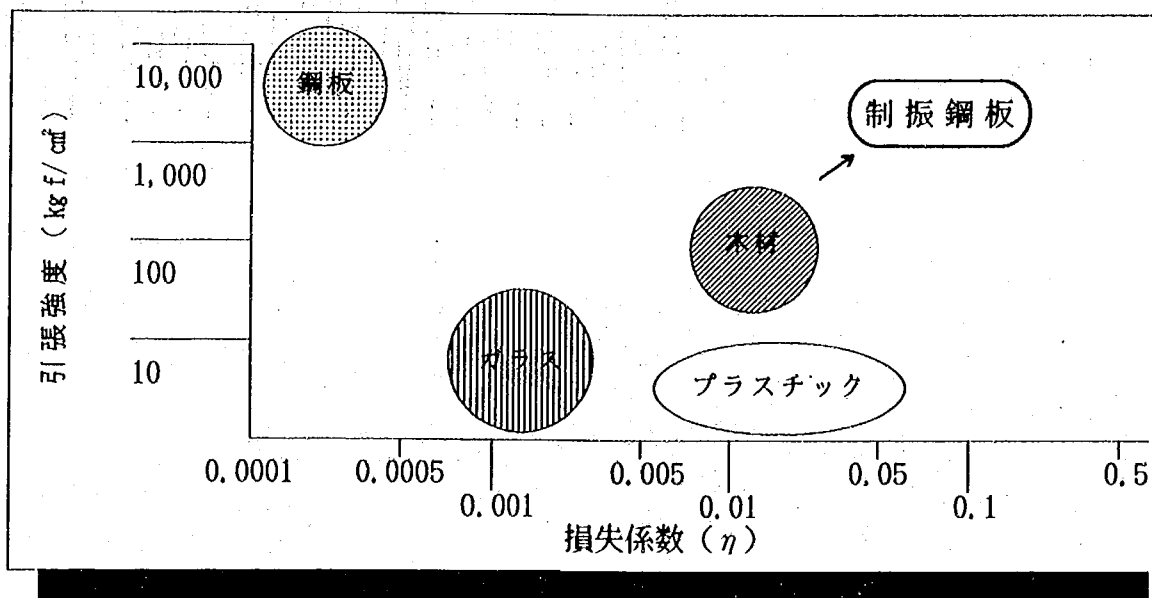
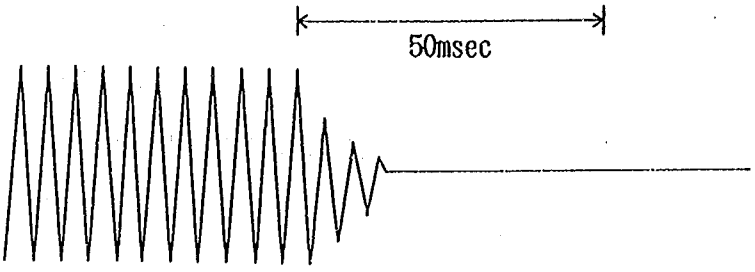
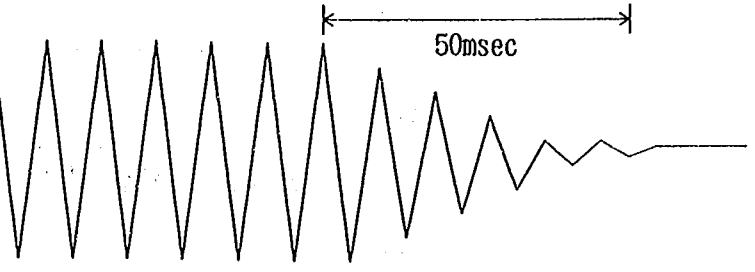
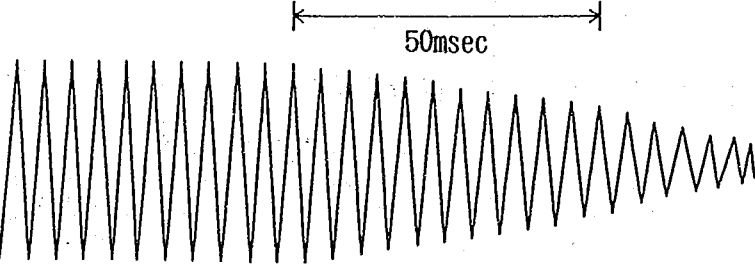
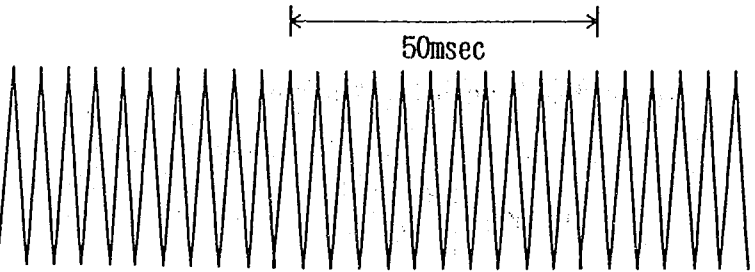


図2-6-1 振動減衰波形の対応

材 料 (板 厚)	振 動 減 衰 波 形
制 振 鋼 板 (0.8 + 0.8 mm)	
(0.8 mm) 鋼板にダンピングシート (2.0 mm) を貼付	
制振合金 (YUS 4 3 0 D) (1.6 mm)	
冷 延 鋼 板 (1.6 mm)	

付． 補 足 資 料

本文中のⅡ－２－３）項の補足資料として、ステンレス鋼及びステンレスクラッド鋼の詳細データを以下の項目について述べる。

１． ステンレス鋼及びステンレスクラッド鋼

１-１ 材料特性

- (1) ステンレス鋼各系の機械的及び物理的性質比較
- (2) ステンレス鋼の衝撃特性
- (3) ステンレス鋼の引張り強さの温度依存性
- (4) クラッド鋼の強度設計上の考え方

１-２ 耐 久 性

- (1) 耐 食 性
- (2) 耐 摩 耗 性
- (3) 耐疲労特性
- (4) 電 食 性

１-３ 加工性・溶接性

- (1) 切 断 特 性
 - 1) ステンレス鋼と軟鋼の比較
 - 2) クラッド鋼の切断
- (2) 溶 接 性
 - 1) 一般的特性
 - 2) 熱変形に関する軟鋼との比較
 - 3) クラッド鋼の溶接条件と継手強度
- (3) 曲 げ 加 工

１-４ 用 途

- (1) 期待される用途
- (2) そ の 他

２． 高耐久性鋼材の強度・加工性比較（別表１）

３． 耐久性比較表（別表２）

４． 耐久性評価試験一覧（別表３）

５． 価格比較表（別表４）

６． ファインステール機能一覧

1. ステンレス鋼及びステンレスクラッド鋼

1-1 材料特性

(1) ステンレス鋼各系の機械的及び物理的性質の比較

表-1 ステンレス鋼各系の機械的および物理的性質

	軟 鋼 SISC (境ならし)	マルテンサイト系 SUS 410	フェライト系 SUS 430	オーステナイト系 SUS 304
硬 さ HB	101-156	焼純 135-165 冷間加工 185 熱処理 360 - 385	焼純 140-170 冷間加工 197-240	150-160
降 伏 点 kg/mm	25-30	焼純 28.1 - 38.1 冷間加工 77.3 熱処理52.7- 52.7 - 112.4	焼純 35.1 冷間加工 61.8-73.8	24.6-28.1
引張強さ kg/mm	38-45	焼純 49.2 - 51.8 冷間加工 61.8 - 81.8 熱処理 66.7 - -151.4	焼純 56.2 冷間加工 64.6-77.3	59.7-73.8
伸 び %	35-38	焼純 26-30 冷間加工 3-20 熱処理 15-25	焼純 25 冷間加工 8-15	50-60
熱膨張係数 $\times 10^6/^{\circ}\text{C}$	10.5-12.6 (0-200 $^{\circ}\text{C}$)	(0-100 $^{\circ}\text{C}$)9.9 0-550 $^{\circ}\text{C}$)11.5	0-100 $^{\circ}\text{C}$)10.3 0-550 $^{\circ}\text{C}$)11.3	0-100 $^{\circ}\text{C}$)17.3 0-550 $^{\circ}\text{C}$)18.4
熱伝導率 $\times 10\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{sec}/\text{cm}$	124	(100 $^{\circ}\text{C}$) 59 (500 $^{\circ}\text{C}$) 69	(100 $^{\circ}\text{C}$) 62.5 (500 $^{\circ}\text{C}$) 62.7	(100 $^{\circ}\text{C}$) 39 (500 $^{\circ}\text{C}$) 52
被削率 M・R 快削鋼を100として	55	焼純 50	焼純 50	50
弾性係数 kg/mm ² (ヤング率)	21,000	20,400	20,400	19,700
比 重 g/cm ³	7.85	7.75	7.75	7.93
磁 性	あ り	あ り	あ り	な し

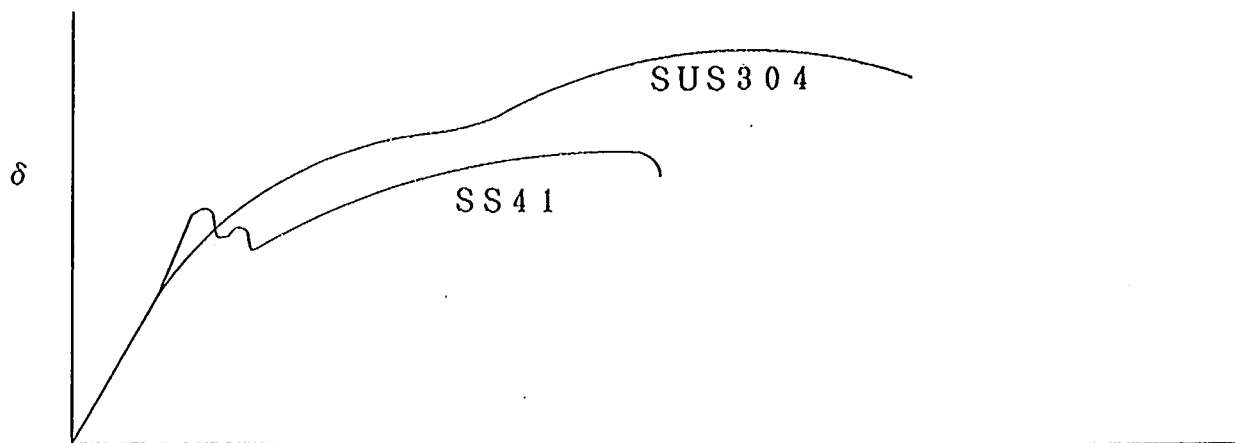


図-1 応力・歪曲線

(2) ステンレス鋼の衝撃特性

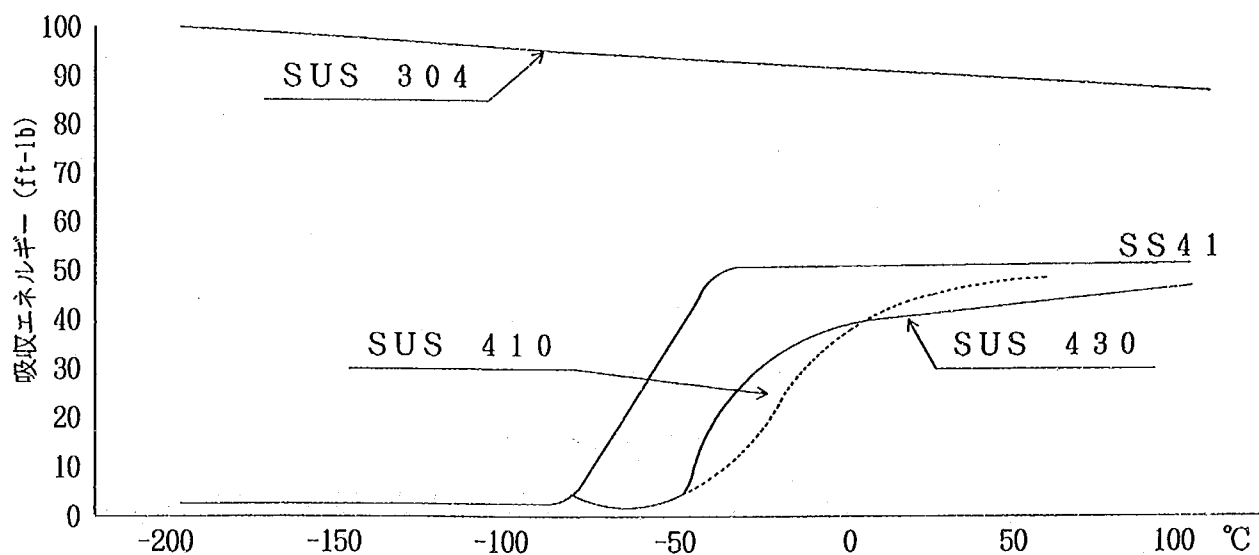


図-2 衝撃特性比較

(3) ステンレス鋼の引張り強さの温度依存性

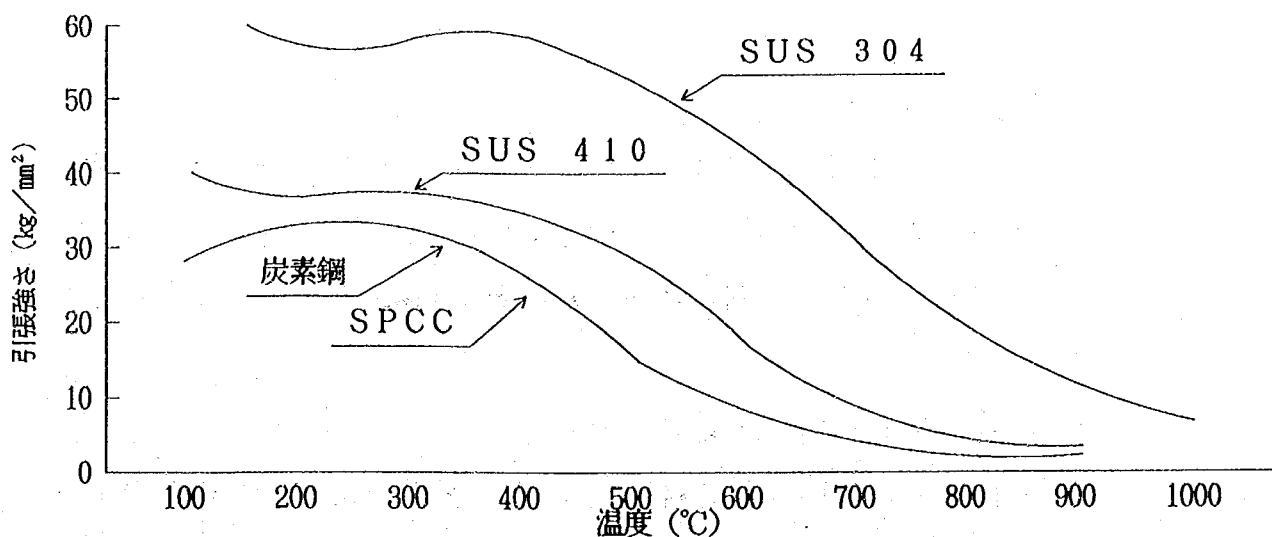


図-3 引張り強さの温度依存性

(4) クラッド鋼の強度設計上の考え方

JISによる考え方を以下に示す。

クラッド鋼の許容応力の規格上の取扱（抜粋）

1. JISB8243 2.3.4 クラッド鋼の許容引張応力

クラッド鋼の許容引張応力は次の算式によって求める。ただし、腐食のおそれのあるものに対しては、クラッド材に適当なくされ代を見込み、その厚さは、次の計算にはいれない。

$$\sigma = \frac{\sigma_1 t_1 + \sigma_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

ここに σ : クラッド鋼の設計温度における許容引張応力 (Kgf/mm²)

σ_1 : 母材の設計温度における許容引張応力 (Kgf/mm²)

σ_2 : クラッド材の設計温度における許容引張応力

t_1 : 母材の厚さ (mm)

t_2 : クラッド材の厚さ (mm)

なお、上式を適用する場合は、クラッド材と母材とが完全に接着され、かつ、クラッド鋼の突合せ継手部で、クラッド材の部分が耐蝕性の溶着金属によって完全に融着されていることを条件とする。この条件が満たされない場合の計算には母材だけの厚さをとる。

2. JISB8250 4.1.3 クラッド

クラッドは次式により合せ材を強度に算入することができる。ただし、次に示す (1)～(4) すべての条件に合致するものに限る。

- (1) 合せ材が3.に限定する材料の表中のいずれかを満足するか、肉盛が行われていること。
- (2) 突合せ溶接継手の合せ材は耐蝕金属であること。
- (3) 設計応力強さの小さい方の材料は、設計応力強さが大きい方の材料の70＝以上の設計応力強さをもつこと。

(4) クラッド鋼は、JISC3601-JISC3604に定める1種であること。

$$t_e = t_b + t_c \times (S_c / S_b) \quad (S_c < S_b \text{ の場合})$$

$$t_e = t_b + t_c \quad (S_c > S_b \text{ の場合})$$

ここに、 t_e : クラッド材の肉厚 (mm)

t_b : 母材の肉厚 (mm)

t_c : 合せ材の肉厚 (mm)

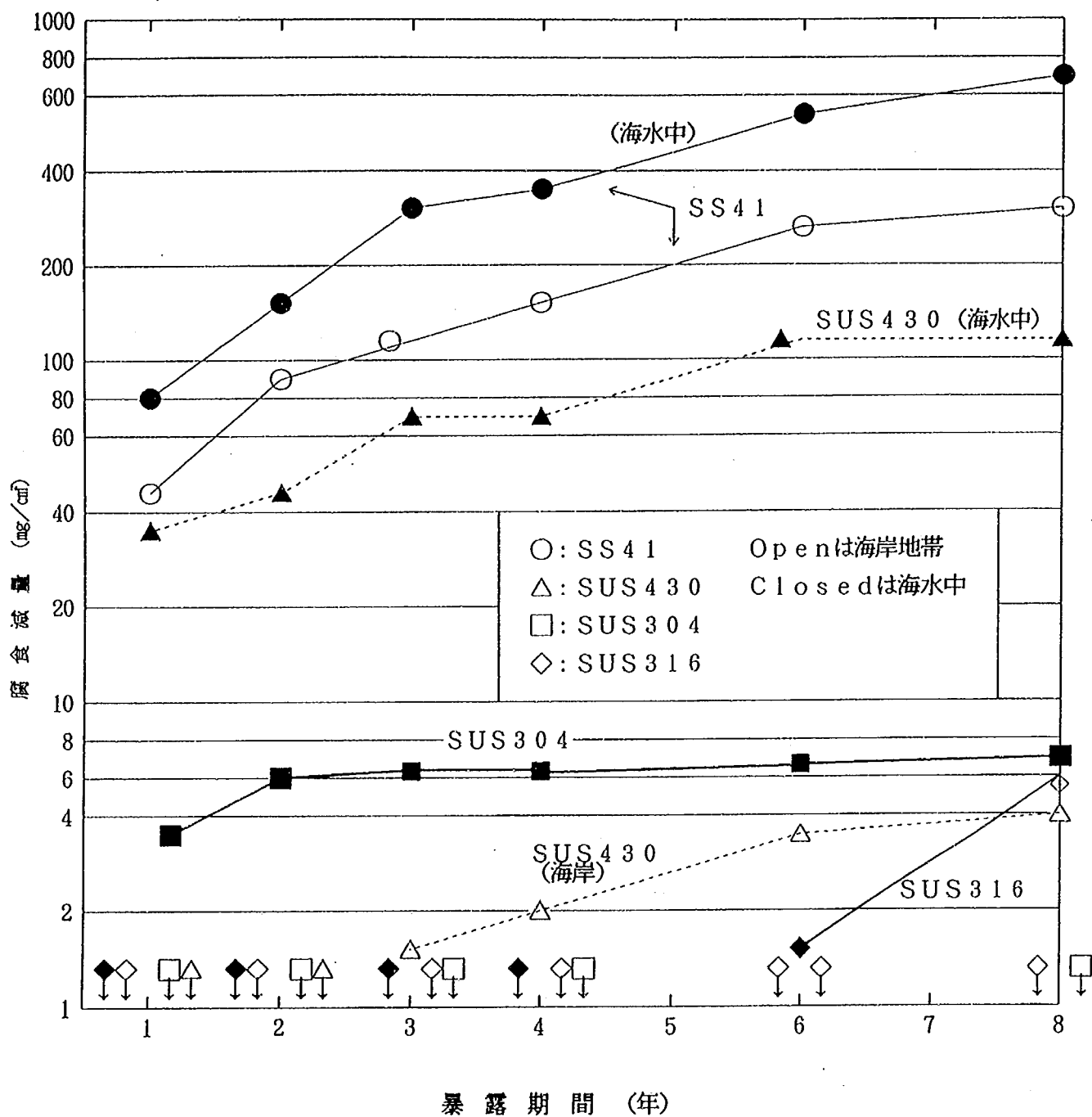
s_c : 合わせ材の設計応力強さで、これが母材の設計応力強さより大きい場合は、母材の設計応力強さの値とする。

(Kgf/mm²)

S_d : 母材の設計応力強さ (Kgf/mm²)

1-4 耐 久 性

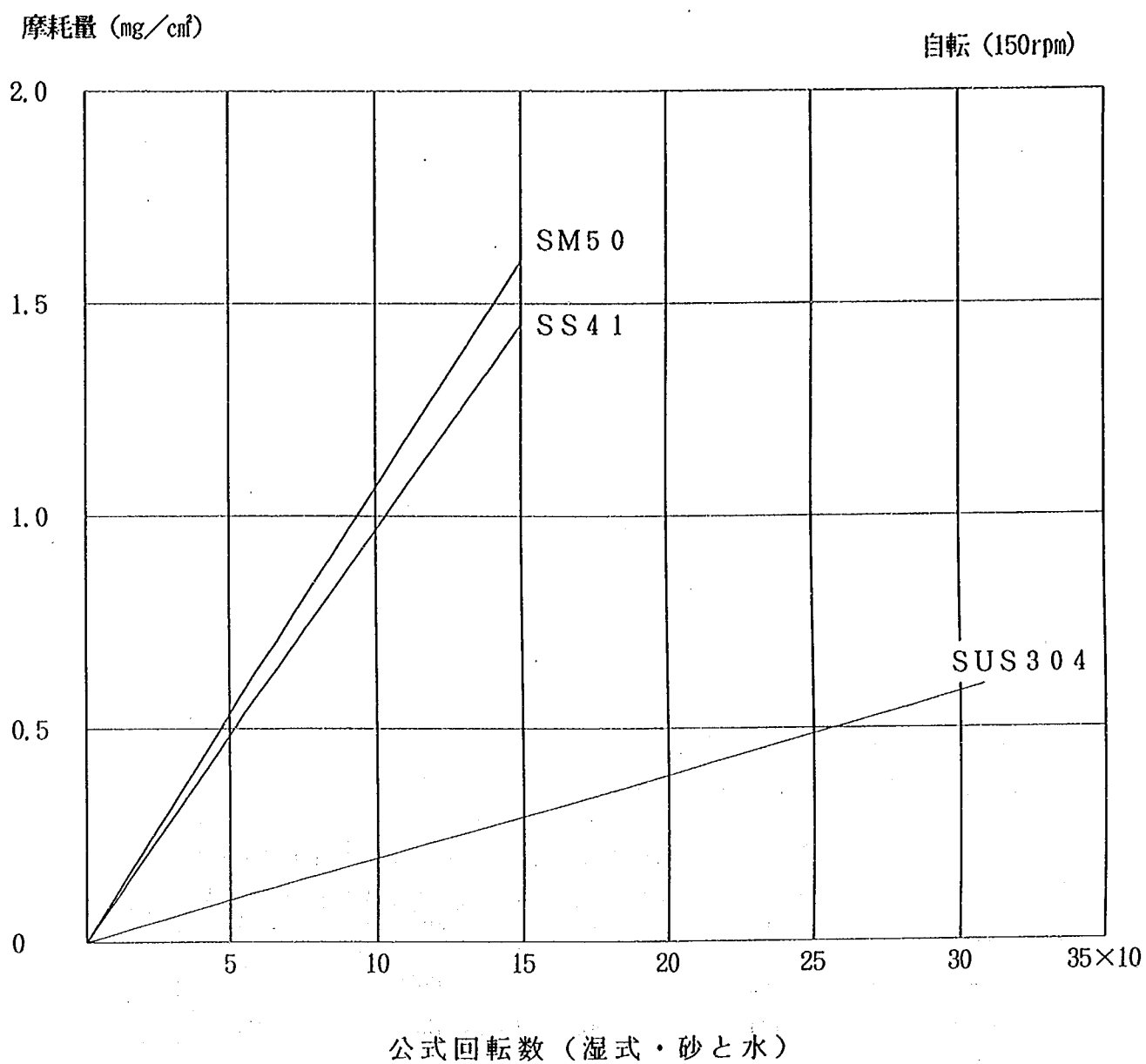
(1) 耐 食 性



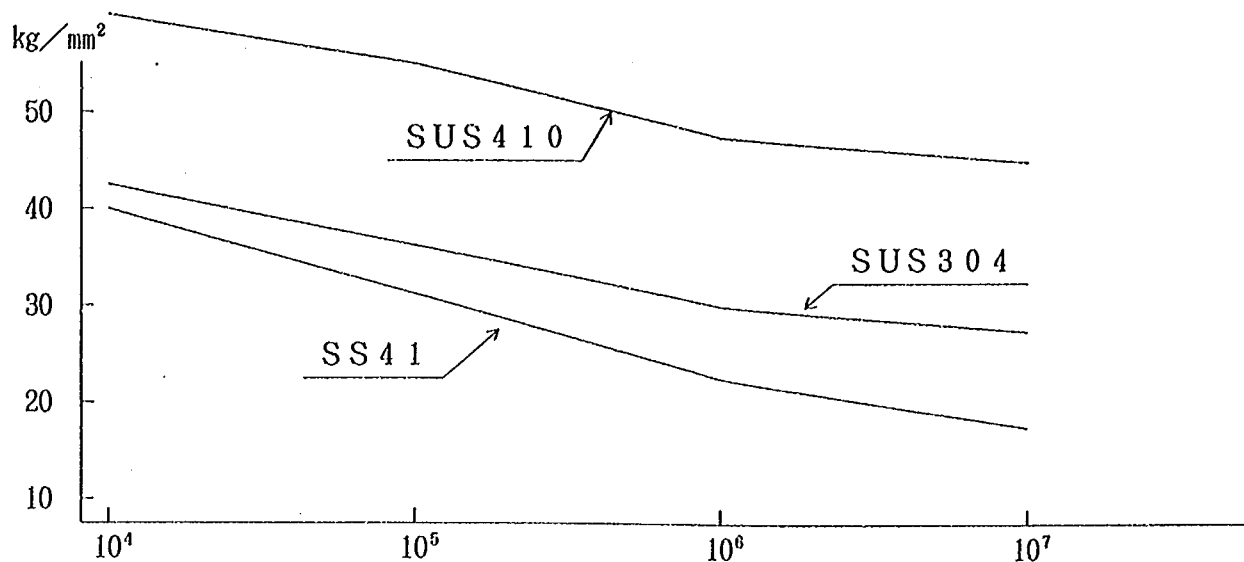
暴露試験における腐食減量の経年変化

暴露地 : 神戸市和田岬

(2) 耐摩耗性



(3) 耐疲労特性



ステンレス鋼の S - N 曲線

(4) 電 食

ガルバニック腐食 (異種金属接触による腐食)

表 海水中の鋼のガルバニック腐食において流速の影響

温 度: 10°C 期 間: 16-19B

組 合 せ	流速 0.15m/s	流速 0.15m/s	流速 2.3 m/s	流速 2.3 m/s
	鋼の腐食速度 mdd	組合せ効果 mdd	鋼の腐食速度 mdd	組合せ効果 mdd
鋼 対 鋼	60°	—	170°	—
鋼対13.8ステンレス	141	81	195	25
鋼 対 チ タ ン	139	79	221	51
鋼 対 銅	119	39	525	355
鋼 対 ニ ッ ケ ル	117	57	607	437

組み合わせた両者の平均値 $\text{mdd} = \text{mg/dm}^2/\text{day}$

1-3 加工性・溶接性

(1) 切断特性

溶融物（スラグ）のキレが悪いため、高温にしてスラグの流動性をよくするかまたは、スラグの生成を少なくする方法を採用することによって、溶融切断が可能になる。

1) ステンレス鋼と軟鋼の比較

表-3

切 断 法	軟 鋼	ス テ ン レ ス 鋼
1. 金属アーク切断 T=250 棒径 4.0	215A×65mm/min 35mm/棒長300mm 切断量 1.3 kg/棒 1 kg	235A×91mm/min 49mm/棒長300mm 切断量 2 kg/棒 1 kg
2. CO ₂ レーザー	t = 2.5 mm 0.3 Kw×167mm/s 切断幅 0.5 mm	t = 6.3 mm 2.0 Kw×35mm/s 切断幅 0.7 mm
3. プラズマ切断 t = 30mm	500A装置 N2 50t /min 800mm/min	500A装置 N2 50l/min
4. パウダー切断		t = 30mm 吹管G1. 火口20mm/10mm 消費 O ₂ : 8 m ³ /h 圧力 (kg/cm ²) 酸素 3.0 7セレン 0.25 切断速度 220mm/min 消費 O ₂ : 8 m ³ /h 7セレン 0.73m ² /h, 鉄粉10

2) クラッド鋼の切断

① 一般

※ ステンレス鋼はガス切断ができないが、クラッド鋼はガス切断を行うことができる。

※ 太めの火口で切断酸素圧を下げて、母材（普通鋼）側から切断するのがコツ。

② ステンレスクラッド鋼の切断条件の例

鋼 種		切 断 条 件		
		火 口 径 (ϕ mm)	酸 素 圧 kg/cm ²	切 断 速 度 mm/min
普通鋼	t=17mm	1.3	1.3	300-400
	t=37mm	1.9	1.5	250-350
ステンレス	普通17 + ステン2mm	1.6	1.7	400-500
クラッド	普通33 + ステン3mm	2.3	2.0	350-400

(2) 溶 接 性

- 1) 一般的特性 : ステンレス鋼の溶接では、溶接金属と熱影響部の性質が母材のそれと著しく異なるため、これによって生ずる問題を理解し、正しい手順の確立を行うことによって普通鋼と同様の溶接を行うことができる。

溶接の難易度の概要は下記の通りである。

ステンレス鋼の溶接難易度表

区分	溶接方法	マルテンサイト 系	フェライト 系	オーステナイト 系	析出硬化	概略適用板厚 mm
		Cr鋼	高Cr鋼	Cr-Ni鋼	Cr-Ni鋼	
溶 融	被膜アーク TIG イットガス MIG イットガス	B~C B B	B B B	A~B A A	A~C A~C A~C	t > 0.8 0.5~3 t > 6
	ガマ-アーク 原子水素アーク ガス	B B C	B B C	B A~B B	B~C A~C B~C	t > 6 0.3~3 t < 1
ろう 接		C	C	B	B	t < 6
抵 抗	スポット	B	A	A	A~C	0.15~3
	シーム	C	B	A	A~C	0.15~3
	フラッシュ	B	A	A	A~C	0.25~15
ガ ス 圧 接		B~C	B~C	B	B~C	—

備考 A…最適、比較的容易にすぐれた溶着部が得られ、広く実用化されている。

B…やや適、いくぶん困難であるが注意して実用化されている。

C : 難、特殊な注意を必要とし、まれにのみ使用されている。

2) 熱変形に関する軟鋼との比較

ステンレス鋼は普通鋼より変形し易い。以下に一例を示す。

表-7 溶接による変形の計算例

(前提条件)

	軟 鋼	ステンレス
線膨張係数 α ($1/^\circ\text{C}$)	15×10^{-6}	20×10^{-6}
比 熱 C ($\text{Cal/g}^\circ\text{C}$)	0.20	0.15
密 度 ρ (g/cm^3)	7.85	7.93
溶 接 入 熱 Q/V (Cal/sec)	7.17×10^3 ($=30\text{KJ/cm}$)	
板 厚 d (mm)	10	
溶 接 長 L (cm)	1000	
板の断面積 A (cm^2)	40	

(計算結果)

	軟 鋼	ステンレス
1. 横 収 縮 $S t f$ (mm)	0.07	0.12
2. 縦 収 縮 ΔL (mm)	6.8	12.1

(1) 横 収 縮

(2) 縦 収 縮

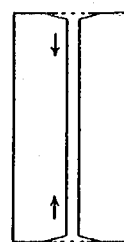
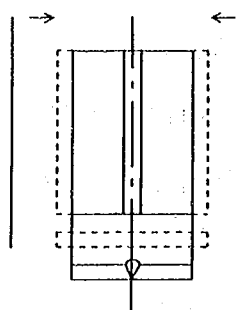


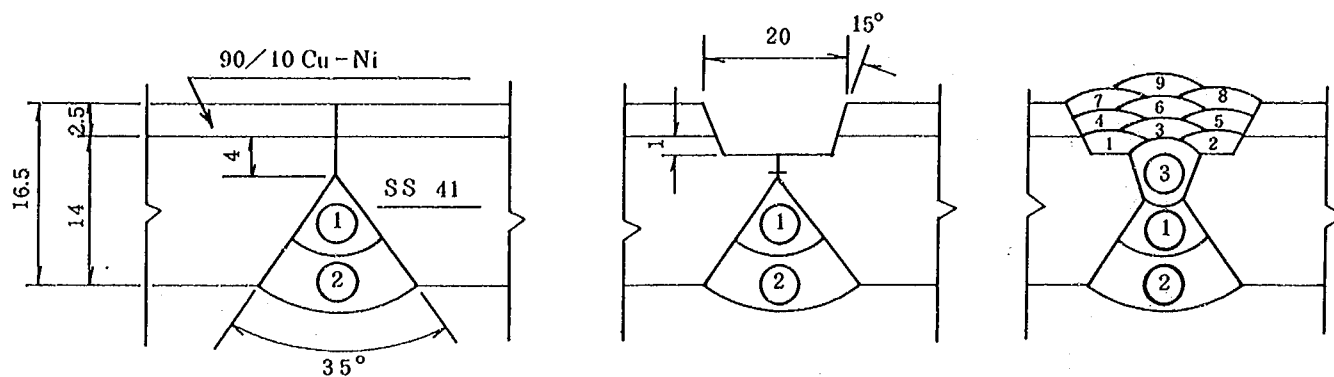
表-8 施工時の現場基準の一例

鋼 種	軟 鋼	ステンレス
縮 み 代	1 mm/M	1.5 - 2.0 mm/M

3) クラッド鋼の溶接条件と継手強度

普通鋼部は普通鋼に対する溶接法をクラッド部はクラッドの材質に対する溶接法を適用することによって、溶接を行うことができる。

クラッド部にキュプロニッケル（Cu-Ni合金）を用いた場合の溶接条件を下記に示す。



①-③：L B26 3.2 φ又は4 φで溶接

1-3：T I G溶接一層目

4-6：T I G溶接二層目

7-9：T I G溶接三層目

図-7 開先形状および積層数

表-9 合せ材側溶接条件（T I G溶接）および結果

記 号	溶加棒（2.4 φ）		電流 (A)	電圧 (V)	予熱/時間 ℃	X線性能	フリ-アイテスト
	一層目	二層目					
TGS-9CuN 5771	TGS-9CuN ⁶ 5771 ⁷	TGS-9CuN	150 -170	11 -12	≤150	無欠陥 無欠陥	良 良

継手引張試験		表面曲げ試験
引張強さ (Kgf/mm ²)	破断位置	2TR, 180° 曲げ
48.0	母材	良
48.6	母材	良

注 6) Ni・10%入りキュプロニッケル

7) 純Ni

(3) 曲げ加工

① 特 性

ステンレス鋼も普通鋼と同様に曲げ加工を行うことができるが、冷間加工によって硬化する度合いが普通鋼より大きいので、これに対する配慮が必要である。

② 加工硬化と加工可能半径

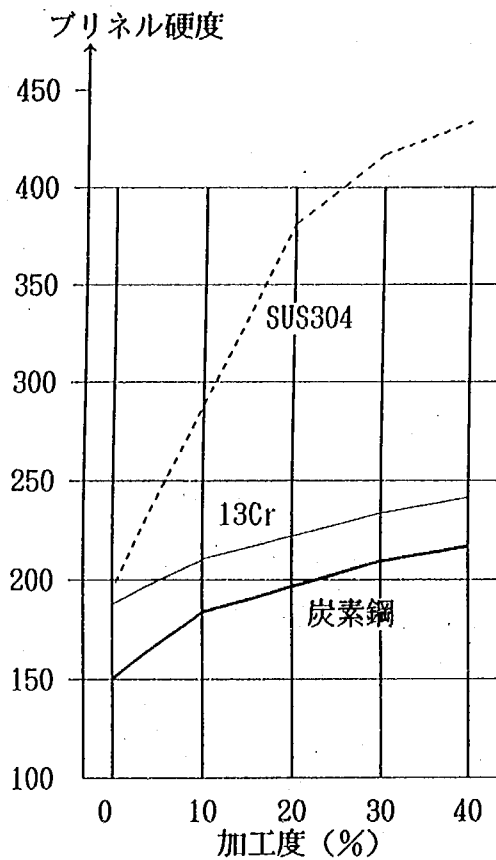


図-8 加工硬化特性

表-10 加工可能半径

最小折り曲げ半径				
板厚	材質	軟鋼板	オーステナイ系ステンレス鋼板	加工方法
3 6 9 14		4 8 14 21	3 5 10 20	冷間加工
16 22 25 28		32 44 50 60	24 35 45 50	
32 38 45 50		50 55 70 80	45 50 60 75 (900°C)	

1-4 用 途

(1) 期待される用途

道 路

1. ステンレス・ボールを用いた道路表示盤、道路標識盤、信号盤
2. メンテナンスフリー・スノーシッド、スノーシェルター
3. 流雪溝

橋 梁

1. RC床板の埋殺し型枠（底板）…………… 水抜き工夫が必要な箇所
2. 特殊環境（特に飛沫帯域など腐食環境）地域でのステンレス・クラッド鋼板を用いた鋼桁橋（箱桁橋を含む）
3. 市街地内高架橋用化粧板
4. 点検歩廊
5. 排水溝
6. 伸縮継手
7. アンカーボルト
8. 海洋環境コンクリート構造物の被覆
9. ステンレス・クラッド鋼管杭、キュプロニッケルクラッド鋼管杭（帯水部、千万部などの部分使用）
10. 橋脚の地中梁へのステンレス・クラッド鋼梁の適用

トンネル

1. 埋殺し支保工
2. 排水設備
3. 各種標識盤

河 川

1. ステンレス・クラッド鋼矢板護岸

2. ステンレス・クラッド系各種ゲート

海岸・海洋・構造物

1. ステンレス・クラッド鋼矢板護岸（部分使用）
2. ステンレス・クラッド系各種ゲート（部分使用）
3. ステンレス・クラッド鋼管を用いたジャケット構造物（部分使用）
4. R C床版下面の保護板（ステンレス鋼板接着）

(2) その他

1) クラッド鋼の土木構造物の使用について

クラッド鋼を橋梁等の土木関係構造物へ適用した例は、各種プラント機器や船舶等の使用実績と比較して、まだかなり少ないと言える。これはステンレス鋼が、建築・土木関係の構造部では非常に適用箇所が限定されるのとはほぼ類似の理由によるものと考えられる。すなわち構造物の防食対策上考慮しなければならない環境は、大気、水分や海塩などであり、しかも使用温度条件も常温近傍に限定されることから、常に他の防食対策である塗装系防食仕様や電気防食仕様との競合関係に直面するといった点である。したがって比較的高価な金属被覆系防食仕様は、主として経済性や施工性の理由から、非常に長時間メンテナンスフリーで使用できるといった特徴がまだ十分活用されていないのが現状であろう。

しかしながら、近年のようにフォーターフロントの開発が活発化し、耐久限も100年を越えるものが期待されてくると、高価なクラッド鋼も活用の機会が拡大するもの考える。

2) キュプロニッケルクラッド鋼について

土木用に用いることが望ましいか、または可能と思われるクラッド鋼としては、鋼にクラッドされる表層材が一般的に次の様な特性を持つことが必要と考えられる。

- (1) 腐食特性（特に海水中での）が優れている。
- (2) 耐エロージョン性が優れている。
- (3) 耐隙間腐食性が優れている。
- (4) 耐デポジットアタック性が優れている。
- (5) 耐バイオハウリング性（海生物汚染防止性）が優れている。

特に土木用でのクラッド鋼使用には、海水中または海岸飛沫域での使用が必要条件と考えられる。性能的にはチタンが最も優れている。その次が、90/10キュプロニッケル・ステンレス鋼と続く。次に、価格面を考慮にいと、チタン》90/10キュプロニッケル》ステンレス鋼となる。

最近、クラッド鋼製造技術が工場し、耐食性を加えて考えると、90/10キュプロニッケルクラッドとステンレス鋼はほぼ同じか、90/10キュプロニッケルクラッドの方が耐久性を含めば価格的にも有利と考えられる場合もでてきている。

さらに、海水がからんでくるとバイオハウリング（海生物汚染）対策が非常に重要となる。

これに対しては、この中では鋼合金である90/10キュプロニッケルクラッドしか対応できない。

例えば、温排水口付近の鋼製橋脚では時間の経過とともに、キュプロ以外の材料ではムラサキ貝や藻などが群塊状に付着し、流速抵抗を増大し最悪の場合には設計変更や補強工事、清掃のメンテナンスをしなければならない事態が生ずる。

キュプロの場合、海水侵食実験では、数年間の経過では全く海生物が付着せず、表面性状も優れており、用途によっては、きわめて効果的に使用することができる。

2. 強度、加工性比較表

機能 材料名	強度関係					加工性関係						
	強度		伸び (%)	衝撃 (kgf・m/cm ²)	その他	最小曲げ半径	切断方法	溶接方法	溶接歪み	溶接以外の 接合方法	その他	
	(0.2%耐力)	(引張強度)										
ステンレス	7-オーステナイト系 (SUS 430)	35	53	30	7以上 (0℃)	(H ₈ B) (硬さ) 77~83	1.0t	ガス、 レーザー、 マグナ-シャ-	SAW, SAW, TIG, MIG**	1	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 35
ステンレス	オーステナイト系 (SUS 304)	30	59	55	13以上 (0℃)	81~87	0.2t	ガス、 レーザー、 マグナ-シャ-	同上	~1.6	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 50
ステンレス	マルテンサイト系 (SUS 410)	60	77	23	7 (0℃)	78~86	1.0t	ガス、 レーザー、 マグナ-シャ-	同上	1	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 50
ステンレス	二相ステンレス系 (329 J1)	54	71	26	25 (0℃)	220	密着 0	ガス、 レーザー、 マグナ-シャ-	同上	<1	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 50
鋼	標準材料 (SS 41 9)	24	41~52	25~35	5~10 (0℃)		1.0t	ガス	同上	1	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 50
クラッド鋼	ステンレスクラッド鋼 SS41 + SUS304 (12 + 3t)	28~30	49~50	37~38	—	せん断強度 JISG0601 34~36	表曲げ: 180℃1.0t 裏曲げ: 180℃1.5t 側曲げ: 180℃1.0t	ガス レーザー、 マグナ-	例 SS41: SAW SUS304: SAW	—	ボルト	—
クラッド鋼	ステンレスクラッド鋼 SM41B + C70600 (13 + 2.5t)	27~28	42~43	30~34	10~11 (SM41B)	23~24	表曲げ: 180℃2.0t 裏曲げ: 180℃1.0t 側曲げ: 180℃1.0t	ガス、 レーザー、 マグナ-	例 SM41B: SAW C70600: TIG JISG3604 の鋼種	—	ボルト	—
鋼	標準材料 (SS 41)	24	41~52	25~35	5~10(0℃)	23~30	1.0t	ガス	SAW, SAW, TIG, MIG	1	ボルト	S 快削鋼を としたとき 100 50
溶融めっき	亜鉛アルミ合金	21 以上	41 以上	18% 以上	—	—	—	せん断 鋸断	スポット溶	—	ボルト カシメ	—
溶融めっき	標準材料 (亜鉛めっき)	21 以上	41 以上	18% 以上	—	—	—	せん断 鋸断	スポット溶	—	ボルト カシメ	—
溶射鋼板	アルミ	母材と同じ		同左	—	—	8t	ウラ面からガス切断	Alを剥離して 溶接	—	ボルト	溶接部、溶具跡 等に接地又は工 場で溶射
溶射鋼板	標準材料 (亜鉛めっき)	母材と同じ		同左	—	—	3t	溶断または鋸による 切断	めっき処理前に 溶接	—	ボルト	高力ボルト溶接 は、溶接大径等 が必要
チタン	チタン合金 (Ti-6Al-4V)	—	95	15	標準材料を20と して 3	—	5.0t	5.1t以上放電、ガス 5.0t以下シャ-	TIG MIG ガス	SUSよりは 小さい	ろう付け	—
チタン	純チタン (TP 35)	—	40	35	標準材料を20と して 21	—	2.0t	8.1t以上鋸、ガス 8.0t以下シャ-	TIG MIG ガス	SUSよりは 小さい	ろう付け	—
チタン	標準材料 (SUS 304)	30	59	55	20	—	0.2t	シャ- および ガス	TIG 7-角溶接			—
アモルファス	アモルファス	—	350	—	—	ヤング係数 1.6 × 10 ⁴ kg/cm ²						—
アモルファス	標準材料 (SUS 304)	30	59	55	13以上 (0℃)	(H ₈ B) (硬さ) 81~87	0.2t	ガス、 レーザー、 マグナ-シャ-	同上	~1.6	ボルト	S 快削鋼を 100 としたとき 50

3. 耐久性比較表

材 料 名	耐熱機能	耐 腐 食 性								耐摩耗性	耐疲労性	耐熱性	耐低温性	光沢変化 (褪色)	その他	
		化 学 的 腐 食				環 境 別 腐 食										
		耐酸性	耐アルカリ性	耐塩性	その他	飛沫帯	海水中	土 中	海岸地帯							その他
ステン レス 鋼	7-741系 (430)	1% H_2SO_4 沸騰 30g/m ²	g/m ² ・hr 5.5	R N 10	-	×	g/m ² ・8年 1.100	○	g/m ² ・8年 40	-	g/m ² 土 砂 摩 耗	kg/mm ²	℃ 700	kg・a ≦ 2	8年暴露 △ 0	腐食疲労 kg/mm ²
	オースサイト系 (304)	3	5	10	-	×	70	○	~ 1	-	2	30	700	13.0	△ 30%	25
	マテンサイト系 (410)	-	100	5	-	×	-	△	-	-	-	55	700	≦ 2	△100%	18
	基準材料 (SS 41)	-	40	1	-	×	6.500	△	3.000	-	10	23	500	4.0	△100%	15
クラ ッド 鋼	ステンレス/アルミ ()	5% H_2SO_4 沸騰 4~6g/m ² ・hr	-	-	6% $-FeCl_3$ 室温 1~2g/m ² ・hr	mm/年 <0.0001	mm/年 <0.0001	mm/年 <0.0001	mm/年 <0.0001	淡水 mm/年 <0.001	-	-	-	-	-	-
	フェノニアル/アルミ (SM41+C70600)	SUS 304 め少し劣る	SUS 304 同 じ	SUS 304 よ り 劣 る	-	優れている	0.5mm/年 以下	優れている	優れている	-	1m/sの流速で 0.6mm/年	-	-	衝 撃 値 13kg・a (-196℃)	淡い黄赤色 から 黒 褐 色	耐生物付着性 良好 (バイオ カウリング良好)
	基準材料 (SS 41)	-	-	-	-	mm/年 0.3~0.5	mm/年 0.1~0.2	mm/年 0.01~0.02	mm/年 0.02~0.03	淡水 mm/年 0.05~0.1	-	106回 23	-	-	-	-
亜鉛め っき	亜鉛アルミ合金 wt (5.55% Al)	-	-	赤錆発生 ・ 5Al:1.200hr ・ 55Al:2.500"	めっき厚	-	-	-	腐食減量 ・ 5Al:23g/m ² ・年 ・ 55Al:12	-	腐食減量 ・ 5Al:17g/m ² ・年 ・ 55Al:10	-	-	-	-	-
	基準材料 (亜鉛めっき)	-	-	280hr		18μm ↑ (Zn めっき Z25に相当)	-	-	・ 45g/m ² ・年 勝浦 (千葉)	-	・ 26g/m ² ・年 工業地帯 (尼崎)	-	-	-	-	-
溶射鋼板	アルミ ()	PH≧4	PH≧9	良 好	Alの化学的 性質	0 mm/年	5~7μm/年	-	耐 候 性 良 好	-	-	母材と差なし	Al融点 660℃	母材による	封孔処理剤 の変化有 (試験方法あり)	重量試験で 差異なし
チ タ ン	チタン合金 (Ti-6Al-4V)	優れている	室温:良好 沸騰:不良	1%:良好 10%:良	(酢 酸) 良 好	腐食なし	腐食なし	腐食なし	腐 食 な し	すき間腐食 以下 250℃ OK	-	107回 51kg/mm ²	400℃ 92kg/mm ²	非 常 に 優れている	変化なし	-
	純チタン (TP 35)	"	"	"	"	"	"	"	"	150℃以下 OK	-	22	23	"	"	-
	基準材料 (SUS 304)	"	NaOH 20% 0.02mm/年 (80℃)	1%:良好 10%:不良	やや不良	孔食あり	軽い孔食 あり	軽い孔食 あり	軽い孔食あり	20℃以下 OK	-	10	0.48	"	淡 褐 色	-
アモ ル フ ア ス	アモルファス ()	H_2SO_4 (沸騰) 0.01g/m ² ・h	NaOH 50% (82℃) 0.01g/m ² ・h	良 好	-	-	-	-	-	-	-	-	500℃で 結晶化し 脆化	-	変化なし	-
	基準材料 (SUS 304)	10.25	7.08	"	-	-	-	-	-	-	-	-	強度が下る	非 常 に 優れている	淡 褐 色	-

4. 耐久性評価試験一覧（耐腐食性）

鉄鋼各社で一般的に行われる①～⑤を対象とする耐腐食性試験は下表の通り

	試験名称 (★はJISに規定)	目的	方法	現行試験対象					
				①	②	③	④	⑤	⑥
	1 大気暴露試験	耐候性	大気中に暴露	○	○	○	○	○	○
★	2 塩水噴霧試験	耐候性・耐塩水性	塩水を噴霧 JIS Z 2371 による	○	○	○	○	○	○
	3 乾湿繰返し試験	耐候性・耐塩水性	水車等を利用	○	○	○	○	○	○
★	4 H E U Y 試験	耐粒界腐食性	沸騰硝酸の中に浸漬 JIS G 0573 による	○	△	×	×	△	×
★	5 STRAIKER試験	耐粒界腐食性	沸騰硫酸・硫酸鉄に浸漬 JIS G 0572 による	○	△	×	×	△	×
	6 すきま腐食試験	耐すきま腐食性	すきま付試験片を腐食液 へ浸漬	○	○	×	×	○	○
★	7 孔食電位試験	耐孔食性	JIS G 0577 による	○	○	×	×	○	○
★	8 5 % 硫酸試験	耐食性（適当な表現？）	JIS G 0591 による (316には実施)	○					
★	9 塩化第2鉄孔食試験	耐孔食性	塩化第2鉄溶液へ浸漬 JIS G 0578 による	○	△	×	×	△	△
★	10 F P R 試験	鋭敏化度	JIS G 0580 による	○	△	×	×	×	×
	11 S E R T 試験	耐応力腐食われ性	腐食環境の中で低速度で 引っ張る	○	○	△	△	○	○
	12 U字曲げ応力腐食われ 試験	耐応力腐食われ性	試験片をU字にまげて試 験液に浸漬	○	○	△	△	○	○

注）現行試験対象は下記品種における耐腐食試験の実施を示す。

- ① ステンレス、② ステンレスクラッド、③ 溶融亜鉛めっき鋼板
④ 溶射鋼板、⑤ チタン、⑥ アモルファス

5. 価格比較表

材料名 \ 価格	単位	10	20	30	40	50	60	備考
熱加工制御鋼	万円/ト	—						
耐塩性鉄筋	万円/ト	—						
ステンレス鋼	万円/ト			フェライト系				
				オーステナイト系				
ステンレスクラッド鋼	万円/ト			—				SUS 304 or 316 (2~3mm) + 普通鋼 (20~30mm)
メッキ鋼板	万円/ト	Zn 5%Al-Zn Al						母材 (1mm) + 被覆厚 (Z-25)
制振鋼板	万円/ト		—					厚さ 2~3mm 程度
溶射鋼板	百円/m ²				—			膜厚 100~300μm のエキストラ価格
チタン	千円/m ²			γ=4.5 厚さ 1mm				純チタン 400~500万円 チタン合金 (Ti-6Al-4V) 1,000万円
形状記憶合金	十万円/ト	Fe-Mn-Si-Cr系						Ti-Ni系 10万円/kg、Cu合金 1~2万円/kg
				パイプ継手				
アモルファス	十円/グ	繊維 (30μ)						将来は 1/5~1/10 目標

6. ファインスティール機能一覧

	I. 機械的性質														II. 熱的機能								III. 化学的・生物学的機能					IV. 電気・電子的機能					V. 物理的機能					VI. その他														
	1 強度・靱性・張力	2 延性	3 硬度	4 耐摩耗・耐擦傷	5 耐熱性	6 耐低温性	7 耐熱・耐冷	8 耐腐蝕	9 耐酸・耐碱	10 形状記憶	11 耐熱性	12 耐熱・耐冷	13 加工性	14 その他	1 耐熱性	2 耐熱性	3 耐熱・耐冷	4 耐熱・耐冷	5 耐熱・耐冷	6 耐熱・耐冷	7 耐熱・耐冷	8 耐熱・耐冷	9 耐熱・耐冷	10 耐熱・耐冷	11 耐熱・耐冷	12 耐熱・耐冷	13 耐熱・耐冷	14 耐熱・耐冷	1 耐熱・耐冷	2 耐熱・耐冷	3 耐熱・耐冷	4 耐熱・耐冷	5 耐熱・耐冷	6 耐熱・耐冷	7 耐熱・耐冷	8 耐熱・耐冷	9 耐熱・耐冷	10 耐熱・耐冷	11 耐熱・耐冷	12 耐熱・耐冷	13 耐熱・耐冷	14 耐熱・耐冷										
1 高張力炭素鋼材																																																				
① 高張力冷延鋼板	◎						○				○		◎																																							
② 高張力熱延鋼板	◎										○		○																																							
③ 高張力厚鋼板	◎						○				○		◎	○																																						
④ 高張力炭素鋼材（線・棒）	◎					○							○	○																																						
2 マルニーピング鋼	◎	○									○																																									
3 （超）高張力ステンレス鋼	◎		○	○	○	◎									○																																					
4 強力アルミ合金（Al-Li合金）		◎			○	○																																														
5 強力チタン合金	○	◎												○																																						
6 強力マグネシウム合金		◎																																																		
7 金属間化合物	○	◎			○									◎																																						
8 金属系複合材料	○	◎			○	○								○																																						
9 新工具鋼	○		◎	◎																																																
10 高耐摩耗アルミ合金			◎	◎	○																																															
11 超硬合金	○		◎	◎																																																
12 高応力バネ鋼					◎	◎																																														
13 ピアノ線材	○				◎	◎																																														
14 超弾性合金					◎	◎																																														
15 高成形性アルミ合金	○	○					◎						◎																																							
16 超塑性鋼（次素鋼、ステンレス鋼）							◎						○																																							
17 超快削鋼								◎																																												
18 ラミネート型制振鋼板									◎																																											

[illegible]

[illegible]

纖維系新素材・新材料

について

目 次

1. 化学繊維業界の概要	1
2. 繊維強化コンクリート	1 6
(1) 最近の動向	1 6
(2) 国家プロジェクト「FRC」の提案	1 7
3. 複合材料のその他	3 4
(1) 複合材料	3 4
(2) 膜材料	3 5
(3) 国家プロジェクト「MFP」の提案	3 6
4. ジオテキスタイル	5 4
(1) 定 義	5 4
(2) 用途および使用例	5 4
(3) 機能と特性	5 4
(4) 試験法・設計法	5 5
(5) 使用量	5 5
(6) 今後の課題	5 6

1. 業界の概要

(1) 業界の現状

日本の化学繊維生産量は、米国に次ぎ世界第2位であり、この地位は過去20数年以上変わらない。しかし、そのシェアは近年急速に低下してきている。それは日本の生産がこのところ頭打ちであるのに対して、韓国、中国、台湾などが急速に台頭してきたからである。

日本の化学繊維工業は、原燃料コストで優位に立つ米国、新鋭設備を保有し、労務費の安い近隣諸国の間に立って苦境に立たされているが、原燃料コストの引下げ、製造工程の合理化、製品の高付加価値化、新素材の開発などで世界に一步先んずるよう努力が続けられているのが現状である。将来についてみれば、高強度、吸湿性、制電性、難燃性などの機能を備えた各種の高付加価値化繊維がこれまでも種々開発されてきたが、これらの繊維が高品質へのニーズに積極的に対応していくと共に高品質、高機能を背景に新しいニーズを開拓して行くことが重要である。

(2) 化学繊維

化学繊維は、化学的手段を用いて人工的に製造された繊維で、人造繊維とも呼ばれる。化学繊維は当初、天然高分子であるセルロースなどを化学処理して製造されたが、現在では合成高分子を原料としたものが主力となっている。これらは、旧来の化学繊維と区別する意味で、特に合成繊維と呼ばれている。

化学繊維は合成繊維を含めたすべての化学繊維の呼称であるが、慣用的には、化合繊、合化繊などという呼称が用いられることが多い。現在、製造されている化学繊維とその分類を表1に示す。化学繊維は人工的に造られる繊維であるから天然繊維と異なり原料ポリマーや紡糸技術によって原糸原綿の改質改良が可能である。このため、化学繊維の欠点を補い、本来持っている性質をさらに向上させるため種々の高付加価値製品が作り出されており更に新しい機能をもった繊維の開発も積極的に行われている。(図1参照)

繊維には、木綿のような数cmの長さの短いものと絹のように連続したものがあるが、化学繊維では両方のタイプの繊維が製造されており、前者をステープル、後者をフィラメントと呼んでいる。ステープルは製綿して詰綿とし、また紡績して紡績糸として使用され、フィラメントはそのままフィラメント糸として使用される。

(3) 日本および世界における化学繊維の生産

日本における化学繊維生産の推移を図2に示す。昭和46年までは生産量が年率十数%増加するという目覚ましい発展を続けてきたが、オイルショック以後は一進一退を繰返し、ここ10年間は頭打ち状態となっている。昭和62年における化学繊維の生産量は173万tで、合成繊維が総化学繊維生産量の80%を占めている。フィラメントとステープルの生産比率は42:58とステープルがやや多い。

合成繊維生産量を種類別にみると図3に示す通り、ポリエステル43.7%、アクリル29.3%、ナイロン20.1%と、この三種類で全体の93%を占めている。

昭和62年における世界の繊維生産量は3,653万tで、ここ10数年主として合成繊維の伸びによって増加してきたが、化学繊維の全繊維に占める比率は46%で近年横ばいである。(図4)

化学繊維の生産量を国別にみると、図5に示す如く、米国が20%で第1位を占め、続いて日本が10%、ソ連9%、台湾9%、中国7%、韓国6%などとなっている。日本は米国に次ぎ第2位の化学繊維生産国の地位を過去20数年以上も保持しているが、近年に至りその比率は急速に低下してきている。その傾向は先進国全般に言えることであるが欧州諸国に顕著であり、先進国に代って中進国が化学繊維の製造に進出してきている。特に韓国、台湾、中国の躍進は目覚ましく、日本に匹敵する程になっている。

(4) 化学繊維の製造工程

化学繊維製造の原理は、溶剤に溶解したり、あるいは加熱溶解した高分子材料を、微細な孔から押出し、これを脱溶媒し、あるいは冷却して固化するとともに、適度に延伸して分子を繊維の軸方向に配列させることである。この工程を紡糸といひ、化学繊維製造特有の工程である。

脱溶媒には溶媒の蒸発または希釈による場合と溶解高分子の化学反応による場合があり、蒸発法を乾式紡糸法、希釈法および化学反応法を湿式紡糸法という。加熱溶解による方法は熔融紡糸法と呼ばれる。紡糸された繊維を巻きとったものがフィラメントで、束ねて適当な長さに切断したものがステープルである。

ポリエステル、ナイロン、ポリプロピレンなどは熔融紡糸により、アクリル、ビニロン、レーヨンなどは湿式紡糸法により、またアセテートなどは乾式紡糸法によって

製造される。

合成繊維は一般に、その原料となる高分子材料を、製造する重合工程も化学繊維製造工程の中に含まれている。化学繊維製造工程の例として図6にポリエステル繊維、図7にアクリル繊維の製造工程を示す。

(5) 主な用途分野

化学繊維は、国内全繊維消費量の約半分を占め、衣料、寝装品、インテリア製品、生活用品、産業用資材、医療用品など各分野で、化学繊維 100%の製品として、また天然繊維との混用製品として広く使用されている。

昭和62年における化学繊維の用途別消費量をみると、図8に示す如く、衣料用30.9%、家庭用14.8%、インテリア用16.8%、産業用37.5%となっており、産業用分野の比重は高く、今後も増加の傾向にある。産業用分野のなかでも、自動車タイヤコード、ベルトコードなどの補強材、魚網、ロープなどの網綱類、軟弱地盤処理シート、オイルフェンス、ドレーン材、フィルター材、土のう、コンクリートパック、寒冷紗などの土木・農業用資材などに多く使用されている。産業用資材には、高強力、耐摩耗性、寸法安定性、耐薬品性、耐光性、耐候性、耐腐食性などの各種の性能が要求されるので、ナイロン、ポリエステル、ビニロン、ポリプロピレンなどの化学繊維が主として使用されている。

従来の化学繊維は、衣料用を主体とし産業用にも使用されるという位置づけであったが、産業用をめざした特殊な繊維の開発も盛んとなっている。難燃耐熱にすぐれた、フェノール系、芳香族ポリアミド、ポリイミドなどの繊維、超高強力の、別のタイプの芳香族ポリアミド繊維等がある。また、アクリルを灼熱黒鉛化した炭素繊維は先端複合材料の主原料として活躍している。

(6) 繊維技術の多角的な展開

今後の科学・技術の展開が新素材、エレクトロニクス、バイオテクノロジー分野などを取扱うニューフロンティア分野でのハイテクノロジーを中心として進むであろうことは衆目の一致するところである。

図9は繊維産業にまつわる諸技術とハイテクノロジー分野との係わりをまとめたものである。

ハイテクノロジー分野は一見、繊維と関係が薄いように思われがちであるが、実は「繊維技術」がそのベースとなっているものや、周辺を支えているものが多い。たとえば、FRP、FRC等で代表される繊維強化複合材料、液晶、導電性高分子、生体適合材料、有機オプティカルファイバーなどは繊維産業を培ってきた繊維技術の土壌の中で生まれ発展してきたものである。今後も各企業は繊維産業活性化の一環として多角的な展開を進めていくであろう。

総括表に土木（建築）分野で期待される繊維系新素材をまとめた。今回は、このうち①繊維強化コンクリート、②ジオテキスタイル、③複合材料について以下に詳しく紹介する。

表1 繊維の分類

紡織繊維 Textile Fiber

化学繊維 Chemical Fiber or Man-made Fiber

再生繊維 Regenerated Fiber

セルロース系

- (レーヨン) [ビスコースレーヨン]
 - 普通レーヨン
 - (ポリノジック)
- (キュプラ) [銅アンモニアレーヨン]

半合成繊維 Semi-synthetic Fiber

- セルロース系
 - (アセテート)
 - アセテート
 - (トリアセテート)
- 蛋白質系
 - (プロミックス)

合成繊維 Synthetic Fiber

- ポリアミド系(ナイロン)——ナイロン6, ナイロン66, 芳香族ナイロン[アラミド]
- ポリビニルアルコール系(ビニロン)
- ポリ塩化ビニリデン系(ビニリデン)
- ポリ塩化ビニル系(ポリ塩化ビニル)
- ポリエステル系(ポリエステル)——ポリエステル, PBT
- ポリアクリロニトリル系(アクリル)(アクリル系)
- ポリエチレン系(ポリエチレン)
- ポリプロピレン系(ポリプロピレン)
- ポリウレタン系(ポリウレタン)[スパンデックス]
- ポリアルキレンパラオキシベンゾエート系(ベンゾエート)
- (ポリクラール)
- その他——フェノール系[ノボロイド], ポリフルオロエチレン系[弗素繊維]

無機繊維 Inorganic Fiber——ガラス繊維(ガラス), 炭素繊維

天然繊維 Natural Fiber

- 植物繊維 Vegetable Fiber——綿, 亜麻, 苧麻, 黄麻
- 動物繊維 Animal Fiber——羊毛, 絹
- 鉱物繊維 Mineral Fiber——石棉[アスベスト]

(注) () は品質表示法による呼称
[] は別名

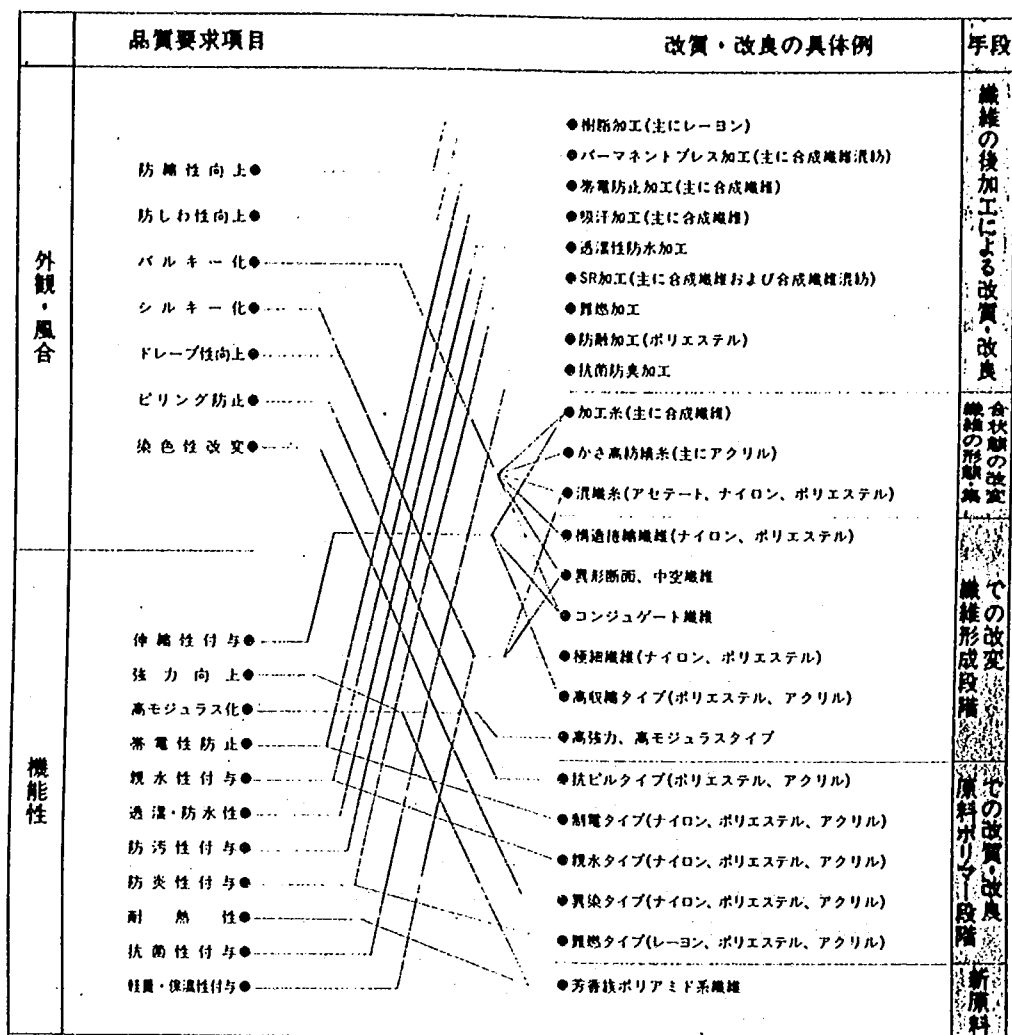
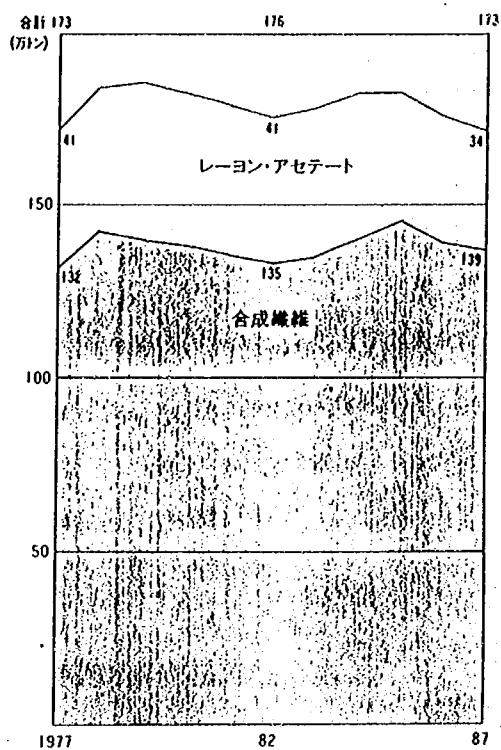
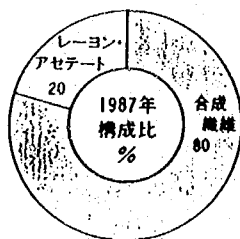
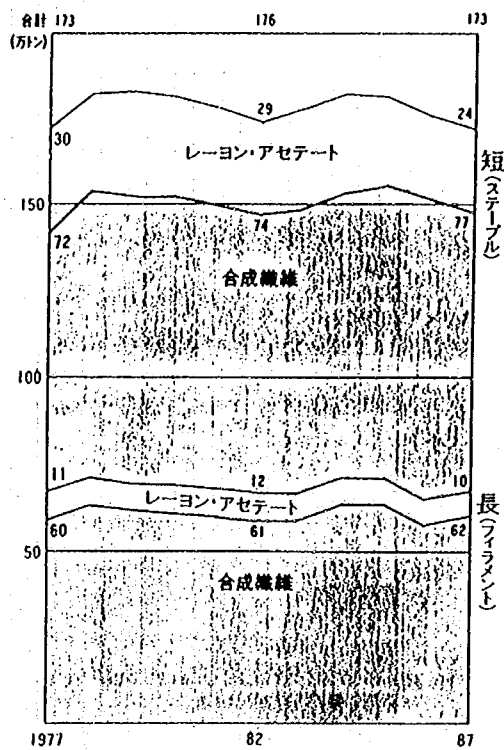


図1 化学繊維の改質・改良

■化学繊維生産量

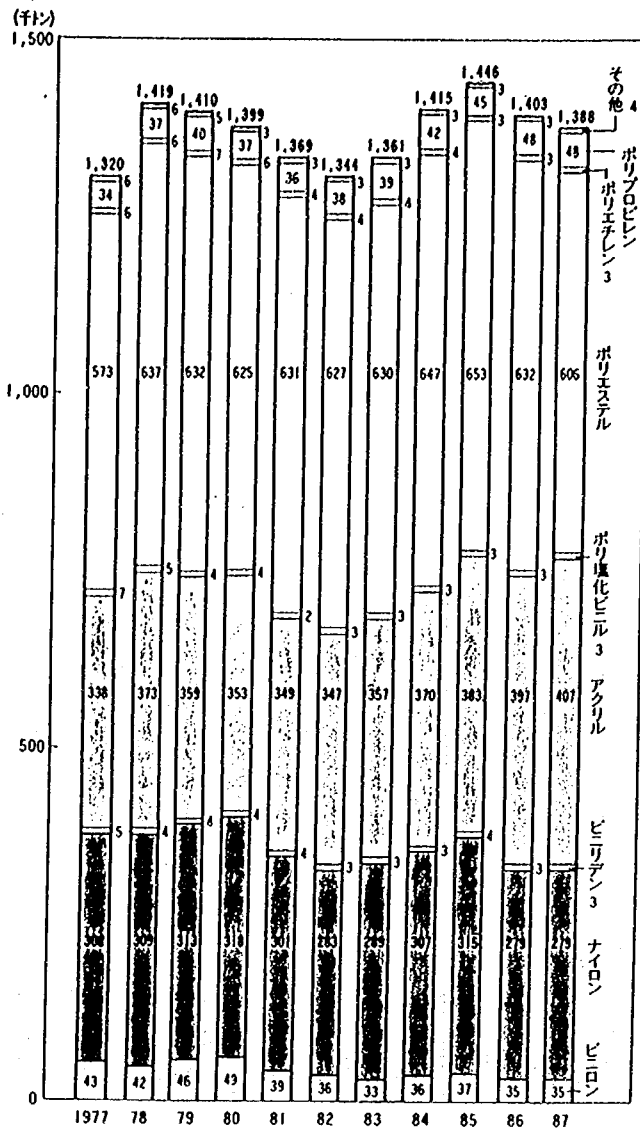


■長短別生産量



(注) レーヨン・アセテートにはキュプラを含む(以下同じ)
(出所) 通産省「繊維統計年報」

図2 日本の化学繊維生産



(出所) 通産省「繊維統計年報」

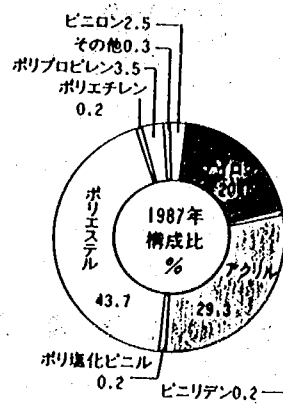


図3 日本の合成繊維生産

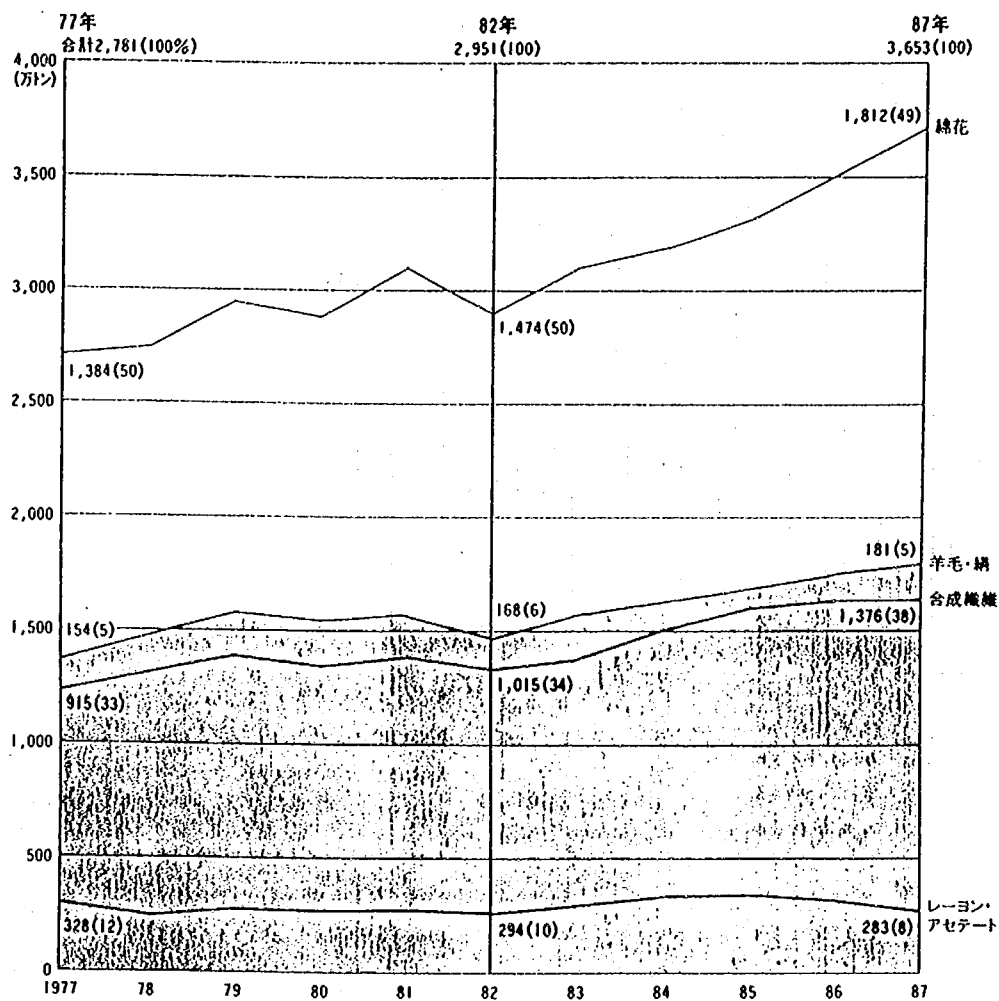
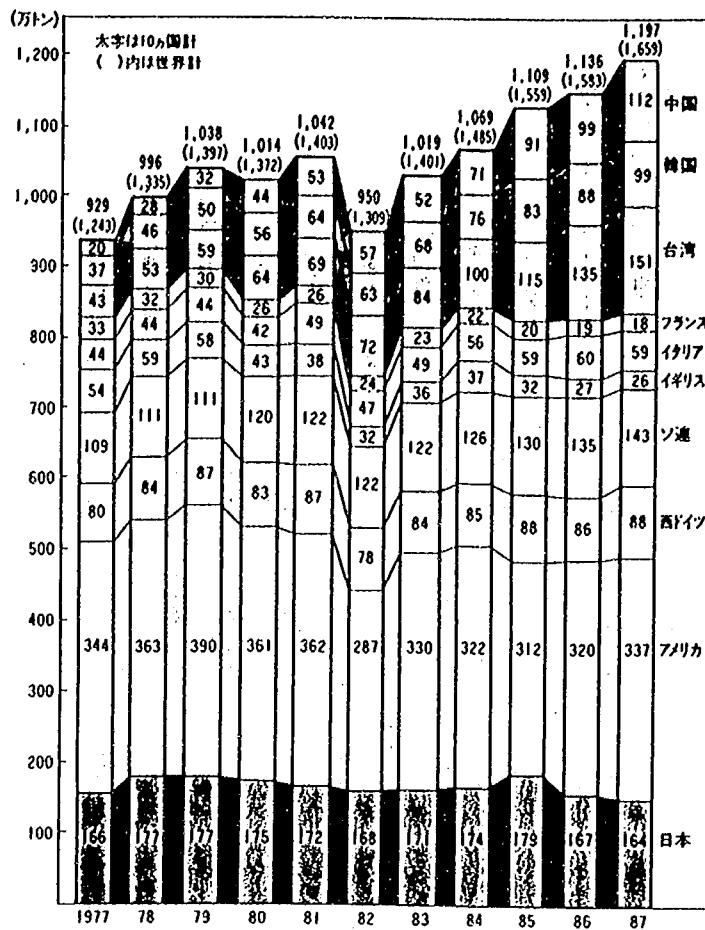


図4 世界の繊維生産の推移



(注)合成繊維にはオレフォン系繊維を除く
 (出所)Textile Organon

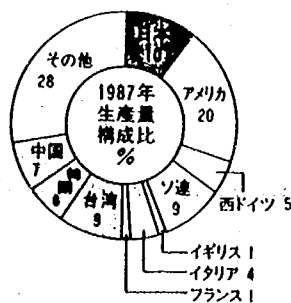


図5 主要国の化学繊維生産

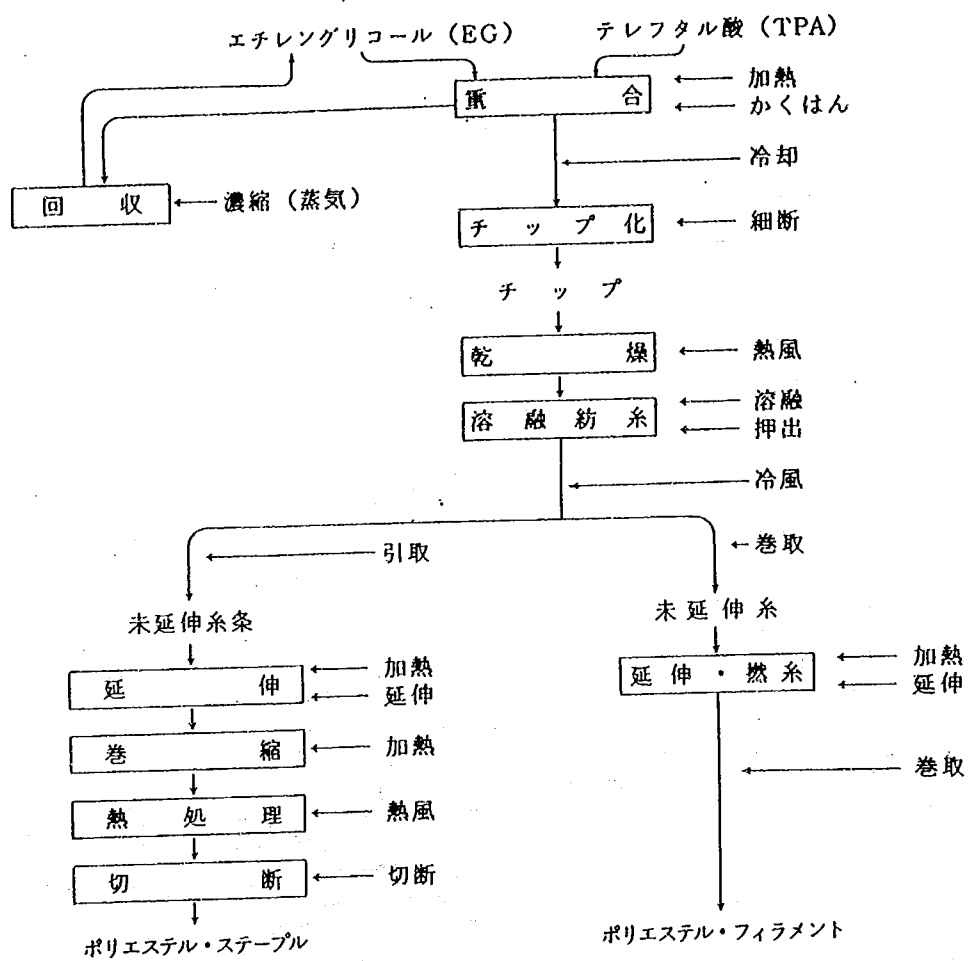


図6 ポリエステル繊維製造工程

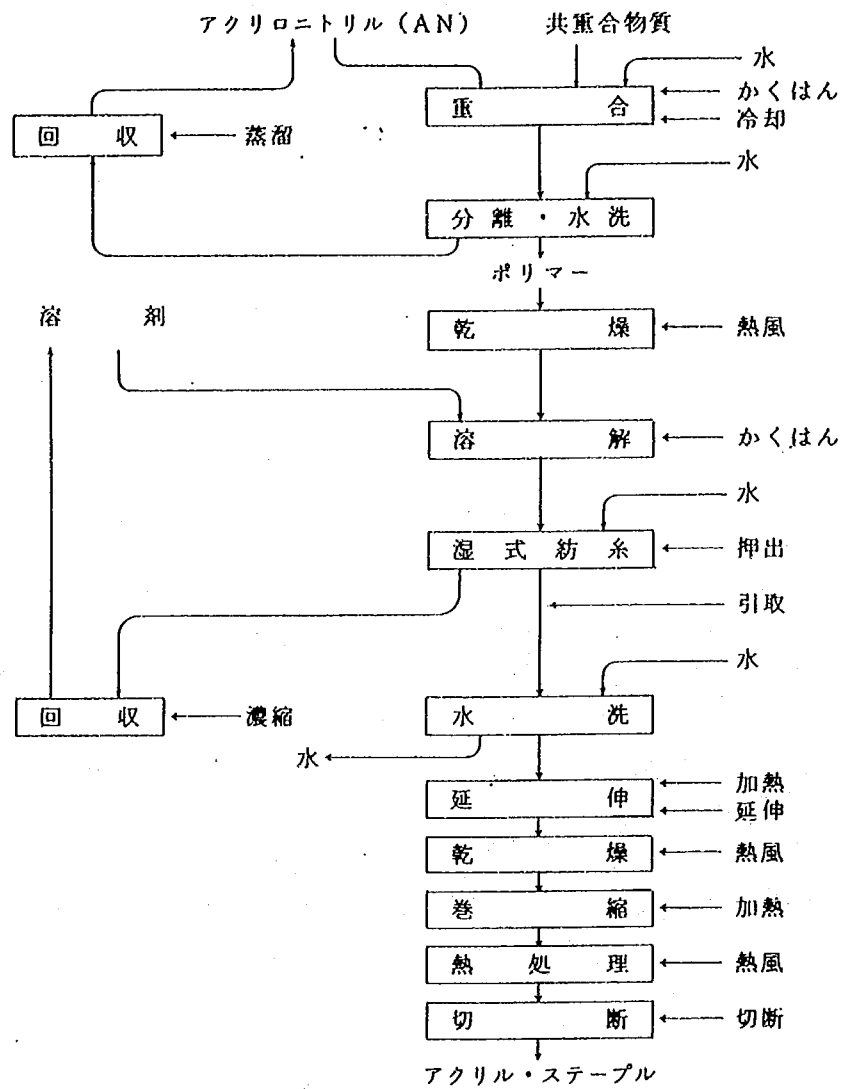
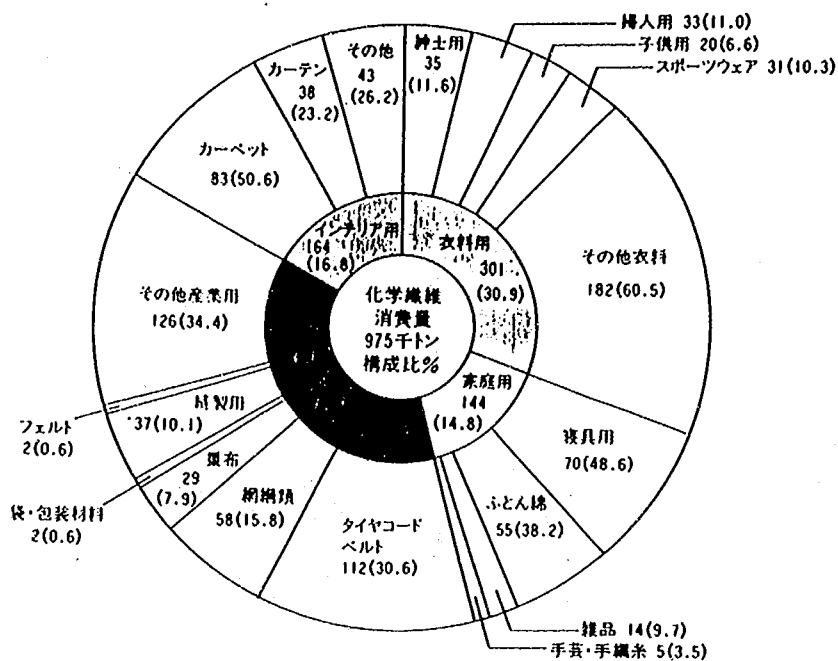
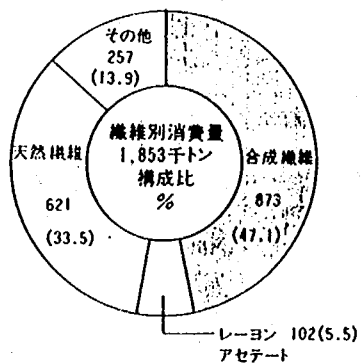


図7 アクリル繊維製造工程



■ 4分野合計の繊維別消費量



(出所)日本化学繊維協会市場調査資料

図8 化学繊維の用途別消費量 (1967)

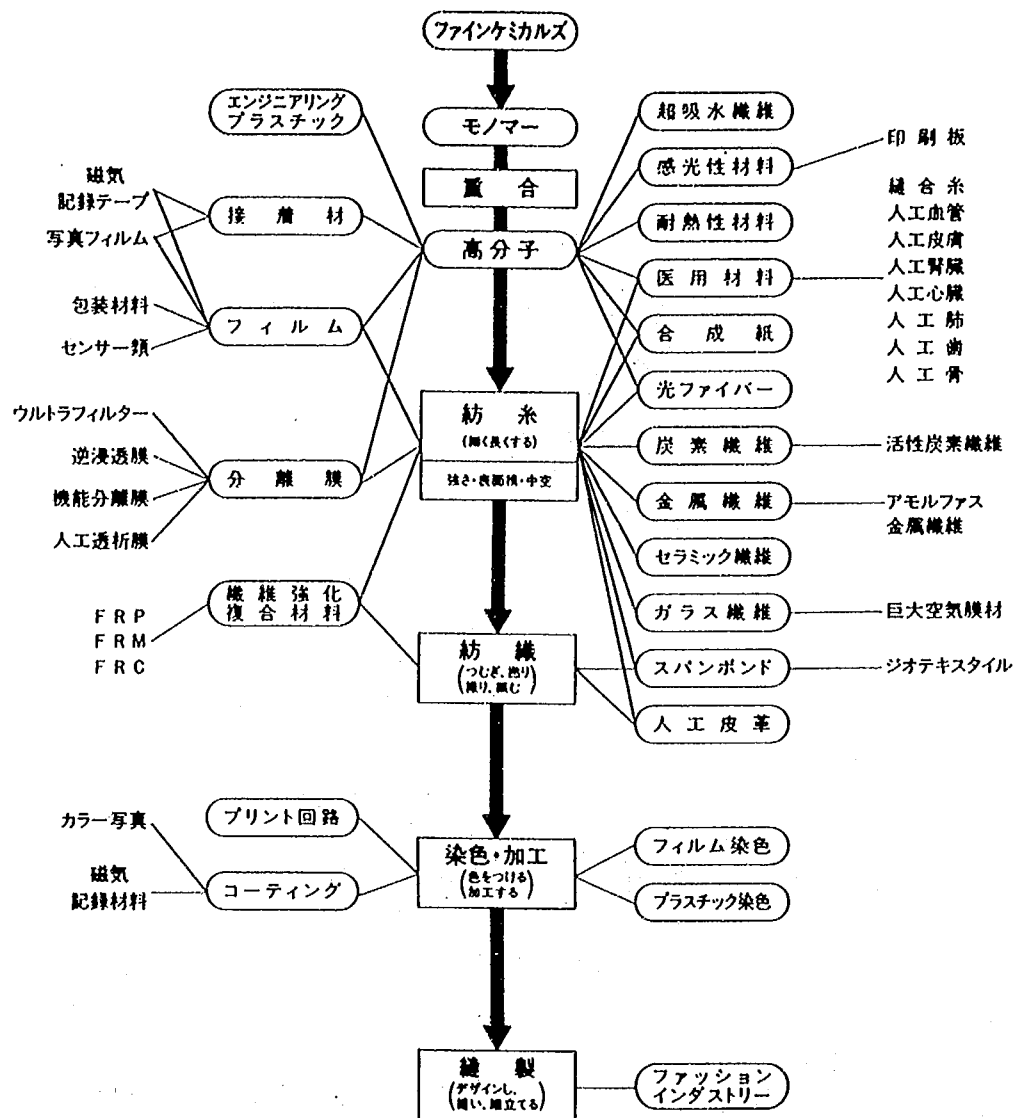


図9 繊維技術の多角的な展開

土木（建築）分野で期待される繊維系新材料

材 料 種	材 料 の 特 徴	既 存 分 野	土木（建築） （性能）	分野で期待される性能と用途 （用途）
1. 繊維強化コンクリート	・モルタルorコンクリート中に繊維（短or長）を分散したもの ・繊維：炭素、ガラス、アラミド、ビニロン、アクリル、銅 ・製法：スプレー法、プレミックス法、ワインディング法	・建築分野 ・土木分野 ・鋼繊維 10,000t/y ・ガラス繊維2,000t/y ・ビニロン 7,000t/y（輸出） ・炭素繊維 160t/y	・引張強度 ・曲げ強度 ・衝撃強度（伸び大） ・ひびわれ防止 ・靱性 ・耐凍害性 ・耐アルカリ性 ・軽量性	・土木関係 ・防音壁、道路標識、ケーブルダクト、側溝、擁壁、橋床板の捨型わく、パイ、浮橋、人口漁礁
2. ジオテキスタイル	・繊維素材：ナイロン、ポリエステル、ビニロン、ポリプロピレン、ポリエチレン ・形態：織物、編物、ロープ、不織布、線状	・土木シート 40百万m²（国内） 200百万m²（USA） 140百万m²（西欧）	・合織の特長：強度、耐久性、耐薬品性、耐水浸性 ・ジオテキスタイルの特長：排水、汚過、分離、補強機能	・軟弱地盤補強 ・盛土補強 ・道路補強 ・排水工事 ・遮水工事
3. 複合材料	・FRP（樹脂系複合材料） ・FRM（金属系複合材料） ・繊維：炭素、ガラス、アラミドセラミック	・分野：航空・宇宙、スポーツ、自動車、その他 ・繊維需要 - ガラス：50万t/y（世界） - 炭素：3,000t/y（世界ACHのみ） - 炭素：3,000t/y	・軽量性 ・比強度 ・比弾性率 ・耐水性 ・防錆性 ・加工性	・海洋構造物 ・浮体波堤 ・浮橋 ・フロート
4. 防水シート	・繊維基布（織物、不織布）に防水主剤（ゴム、樹脂、アスファルトなど）をコーティングしたシート ・繊維：ポリエステル、ガラス、ビニロン、ポリプロピレン ・防水剤：アスファルト、ウレタンゴム、クロロプレンゴム、PVC、EVA	・建築防水 ・プレハブ、木造建築 ・屋根下地防水 ・土木防水 ・アスファルト防水 44百万m²/y ・シート防水 20百万m²/y ・ウレタン塩膜防水 45百万m²/y ・屋根下地用アスファルト 90百万m²/y	・耐久性 ・防水性 ・引張強度（寸法安定性） ・引張弾性率（寸法安定性）	・道路、鉄橋鉄筋コンクリート床板等防水 ・地下鉄・共同溝等防水 ・トンネル防水 ・ダム・貯水池等遮水 ・産業廃棄物廃棄池防水・遮水
5. 膜・テント	・繊維基布（織物）に高分子膜をコーティングしたもの ・繊維：ポリエステル、ガラス、アラミドなど ・高分子：フッ素樹脂、PVC、クロロプレンゴム、シリコーンゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム	・膜構造物（スポーツ、バスターミナル倉庫、その他） ・温室 ・プール ・土木施設 ・建築用膜・テント消費材料 700万m²/y（国内）	・透光性 ・大空間 ・低コスト ・軽量 ・短工期 ・デザイン自由 ・折りたたみ性（施工、運搬容易）	・コンクリート養生 ・建設現場養生 ・ショットブラスト養生 ・コンクリート型枠 ・オイルフェンス
6. その他 （ネット、ロープ等）				

2. 繊維強化コンクリート

(1) 最近の動向

脆いものの中に繊維状の補強材を入れることは、土壁に「すき」を入れてひび割れを防いだり、日干し煉瓦に「稟」を入れて作っていたことからわかるように、古くからの技術である。

最近、繊維業界では、従来の衣料用繊維の分野以外に、商業用繊維として、繊維としての機能の向上を図っており、多くの補強用繊維が開発されてきている。また、所謂高機能繊維も多く出現しており、先端的複合材料（ACM: Advanced Composite Materials）の分野に進出をめざしている。これらの補強用繊維は、表2（補強用繊維の種類）に示すように、多くのものがある。

セメント系複合材料の分野では、従来短繊維としての使用が多くみられたが、最近では長繊維を利用し、より高機能性を狙っている。セメント系複合材料に用いられる繊維で、長繊維の形態で用いられるものの開発例を、表3（長繊維の建設材料への適用に関する研究開発動向）に示しておく。これら長繊維の使用形態は、様々であり、表1（利用形態）に示す通りである。

代表的な繊維の性能を表4（補強繊維の一般的性質）および図1（補強用繊維の応力-ひずみ挙動）に示す。長繊維（連続繊維）としての利用の大きな目的は、耐久性向上、補強・補剛にあるとして、構造体への適用を狙っているものが多い。

このように、種々の繊維が補強用として用いられてきている。また、最近では高機能繊維を一種単独で使用するだけでなく、他の高機能繊維と組合わせて用いることも盛んに行なわれてきている。しかし、残念ながら建設分野への応用は、ガラス繊維を除いて多くなく、今後の開発に期待しているのが現状である。

補強用繊維は、そのままの形で用いられることが殆どなく、何らかの結合材（複合材料の分野では、これをマトリックスと呼んでいる）と複合された形で実用化されている。

図2（複合材料のファミリー）に複合材料の概要を示しておく。

このように複合材料は、古くからある木質系複合材料、ゴム系複合材料、比較的歴史の浅いプラスチック系複合材料のほか、最近では金属系複合材料、コンクリート・セラミック系複合材料の開発が盛んに行なわれてきている。

これら複合材料の建設材料への適応は、プラスチック系複合材料を用いる場合と、

直接セメント・コンクリート系複合材料（F R C）を用いる場合の二つの方法がある。その代表的な成形方法を図3（成形プロセス）に示す。

また、これらの方法によって得られたセメント・コンクリート系複合材料の機械的特性を表5（繊維強化樹脂、セメント系複合材料の機械的特性）および表6（繊維強化樹脂製ロッド、ケーブルの機械的特性）に示す。

残念ながら、これらの複合材料は、研究開発段階のものが多く、実用化には至っていないのが実情であるが、今後の発展が期待される分野の一つとして、精力的に開発が進められつつある。

最近の開発動向を表7（繊維補強コンクリートの開発動向）、表8（繊維素材別特許出願件数）、及び表9（C F R Cを例とした炭素繊維利用形態）に示す。最近では、アラミド繊維、炭素繊維といった高機能繊維の研究開発に重点が移っていることが認められる。

また、これらの開発には、単に繊維メーカーのみでは限界があるため、従来の繊維メーカーとは異業種にあたる建設会社との共同研究が盛んである。その例を最近の新聞発表等から纏めたものを表10（最近の共同開発状況）に示した。

このようなセメント系複合材料が実用化に至った場合、期待される用途は、表11（期待される用途）が考えられるのではなかろうか。

また、これからの開発に際し、化学繊維業界のみで実現させることは困難であって、関係建設業界との共同開発が不可欠であることも間違いのない事実である。

そこで、化学繊維業界からみた要望事項を取り纏めると表12（土木研究所および建設業界への要望事項）のようになるが、これは、単に建設業界のみならず共同して進める必要のあるものと考えている。

(2) 国家プロジェクト「F R C」の提案

日本化学繊維協会合成繊維研究開発懇話会の「F R C」分科会において、今後国家プロジェクトとして提案すべく、高機能繊維を用いた軽量コンクリート複合材料の開発に関する調査研究を行なっている。その報告書の一部を抜粋して添付した。（添付資料2-1、2-2、2-3、2-4）

表1 利用形態

長 繊 維	ストランド、ロービング、糸、網、織物、編織物、組紐
短 繊 維	パルプ、ステープル、チョップド
集 合 体	フェルト、マット、紡績糸、紙、不織布、編織物

表2 補強用繊維の種類

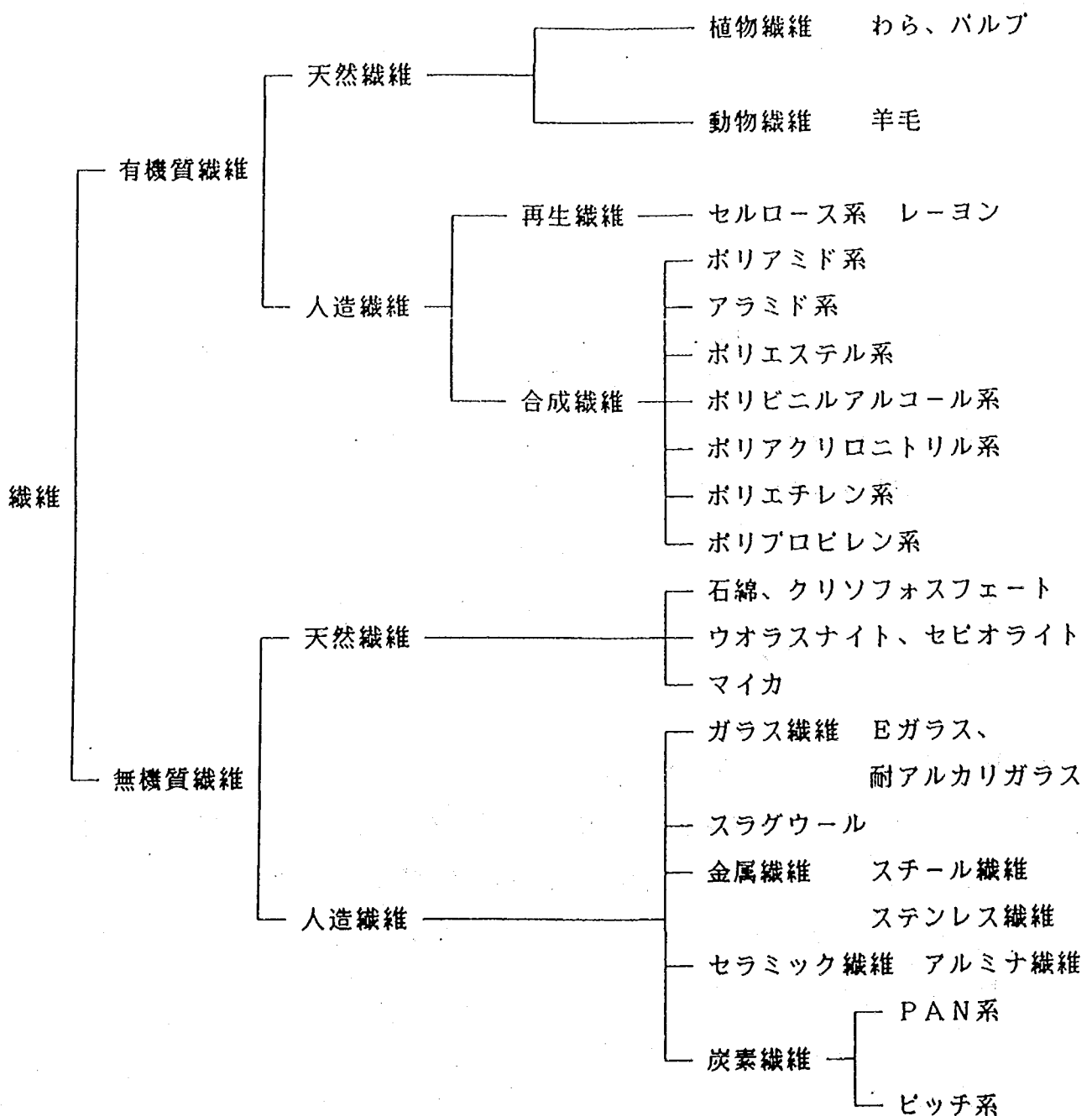


図1 補強用繊維の応力-ひずみ挙動

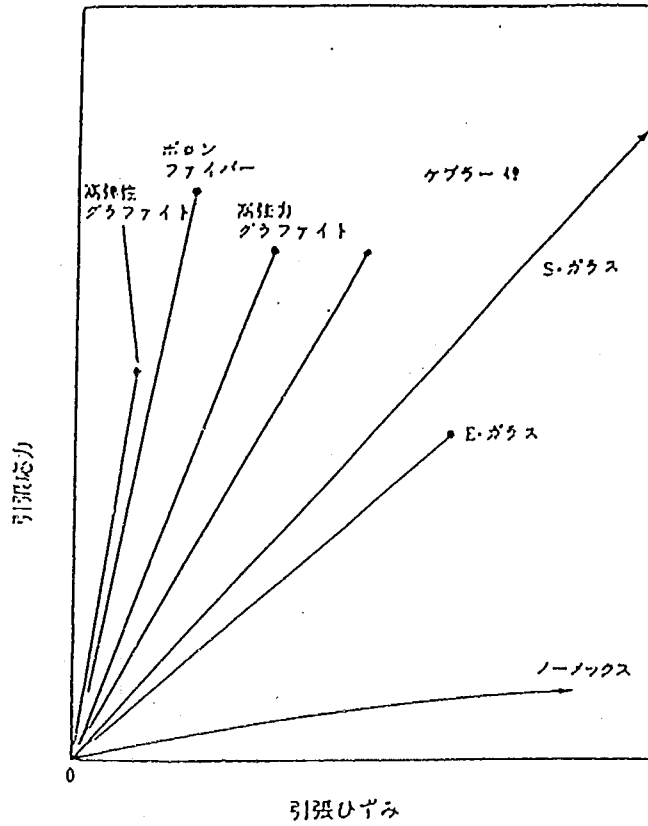


表3 長繊維の建設材料への適用に関する研究開発動向

鉄筋代替 (FRP)	異形	格子状にして付着確保	炭素繊維、ガラス繊維
		ひも巻付け 砂 接 着 組 紐	炭素繊維、アラミド繊維
			炭素繊維
			アラミド繊維
	FRP ロッド	炭素繊維、アラミド繊維	
PC 鋼線代替	FRP スtrand	炭素繊維、アラミド繊維	
鉄筋代替	FRC バー	炭素繊維、アラミド繊維	
既存RC補強・補剛	FRP板接着	炭素繊維、アラミド繊維	
型 枠	繊維巻付け	炭素繊維	
	繊維利用	ポリエチレン繊維	
無機複合材	FRC	炭素繊維	
	FRC	炭素繊維	

表4 初強繊維の一般的性質

特 性		単 位	炭 素 繊 維			ア ラ ミ ド 繊 維		ガ ラ ス 繊 維		ポリエチ レン繊維	炭化珪素 繊維	金属繊維
			GPケレト ビッチ系	HPケレト ビッチ系	HPケレト PAN系	ケブラー49	テクノーラ	E-ガラス	耐アルカリ ガラス	テクミロン	ニカロン	スチール
物理的性質	単繊維直径	μ	7~20	8~14	5~7	12	12	8~12	8~12	50~100	15	13
	密 度	g/cm ³	1.5~1.8	1.8~2.2	1.77~1.8	1.45	1.39	2.6	2.72	0.97	2.55	7.74
	引 張 強 度	MPa	500~1200	2450~3430	2940~4910	2750	3040	3500	1800~3430	1500~3500	300	4400
	引張弾性率	GPa	50~100	177~785	235	131	70	73	69~74	80~100	200	2000
	伸 度	%	2~2.5	0.4~1.5	1.5~2.1	2.3	4.4	4.8	2~3	4	1.5	—
耐化学薬品性	耐酸性											
	塩酸		○	◎	◎	×	○	×	—	◎	—	×
	硫酸		◎	◎	◎	×	○	×	—	◎	—	×
	硝酸		○	◎	◎	×	○	×	—	◎	—	×
	耐アルカリ性											
	水酸化ナトリウム		◎	◎	◎	○	○	△	○	◎	—	◎
	耐海水性		◎	◎	◎	○	○	△	—	◎	—	×
	耐有機溶剤性											
	アセトン		◎	◎	◎	◎	—	◎	—	◎	—	◎
	ベンゼン		◎	◎	◎	◎	○	◎	—	◎	—	◎
	ガソリン		◎	◎	◎	◎	○	◎	—	◎	—	◎

◎； 非常に優れている ○； 比較的良好 △； やや不良 ×； 不良

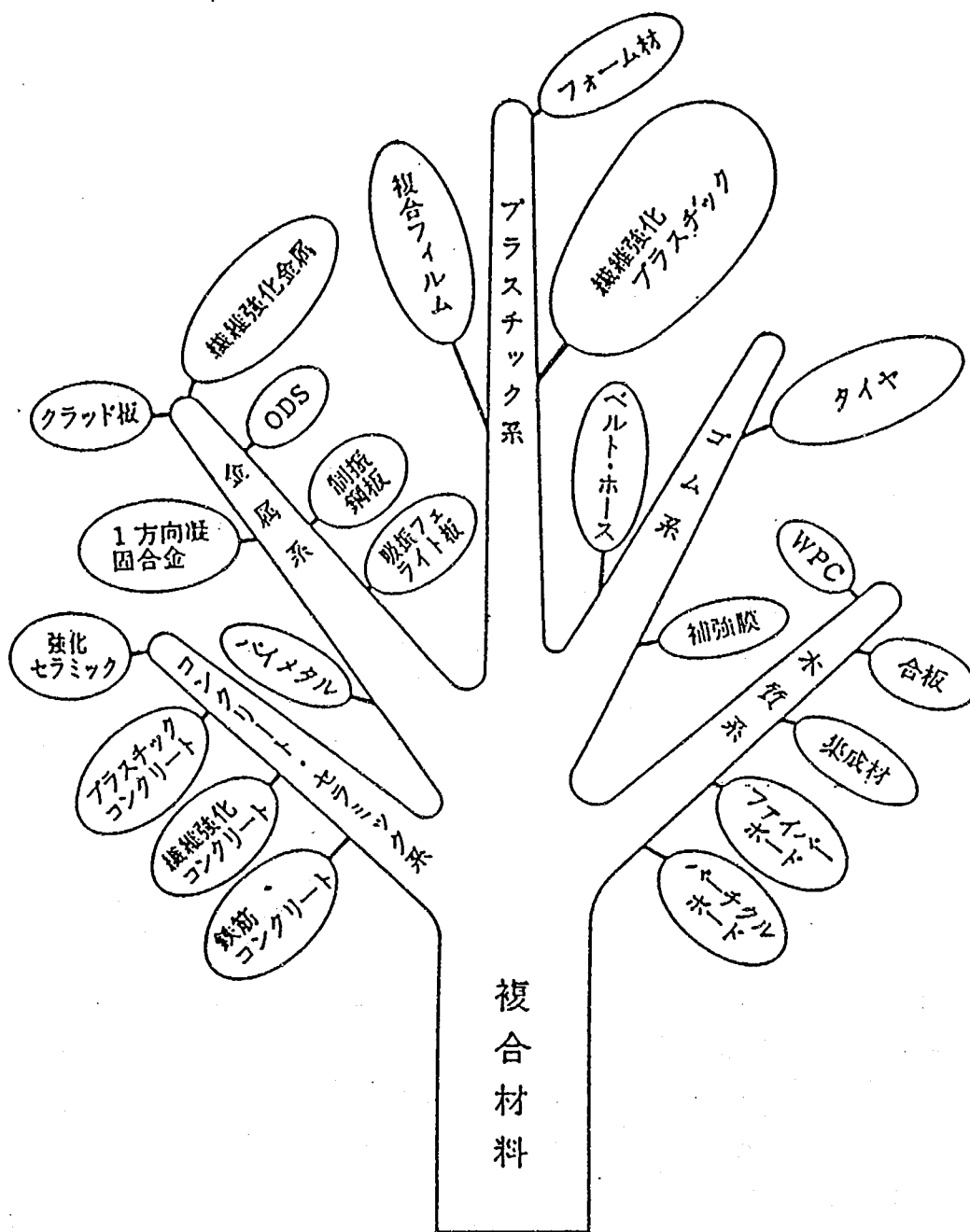
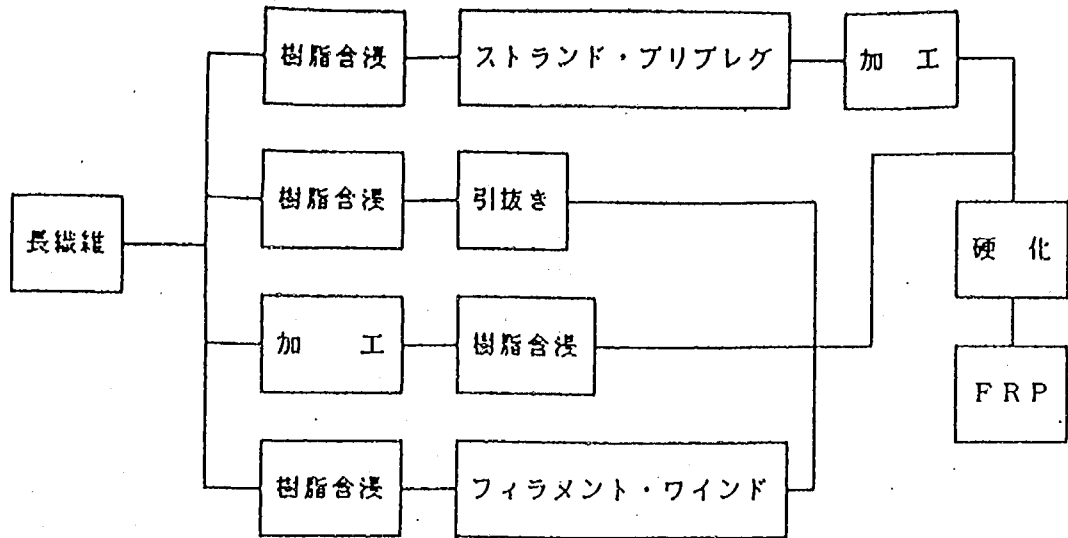


図2 複合材料のファミリー

図3 成形プロセス

FRP



FRC

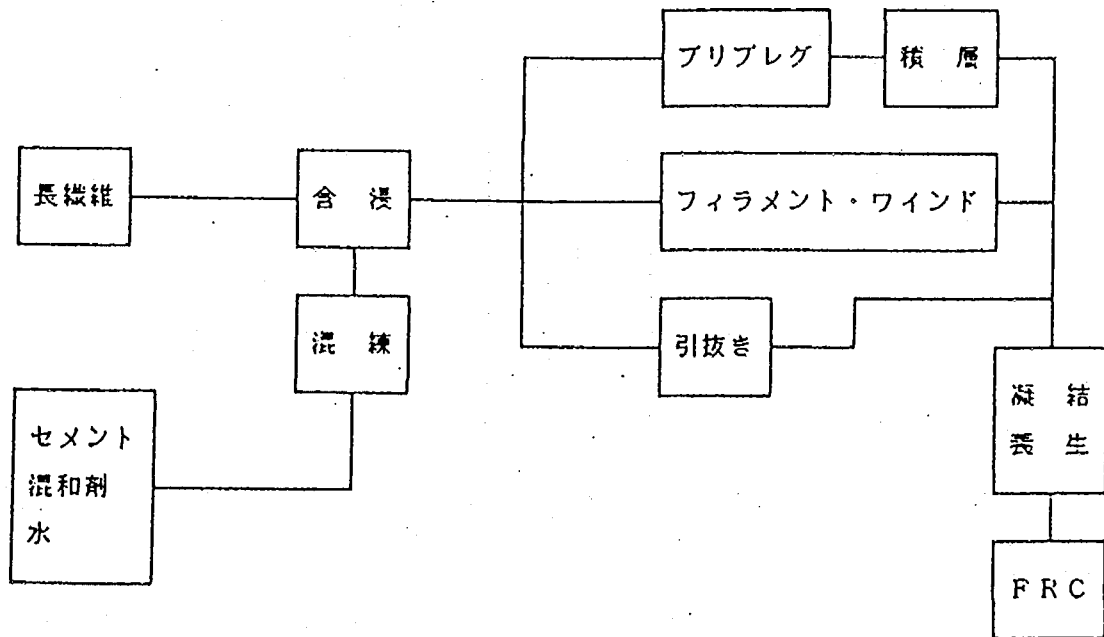


表5 繊維強化樹脂、セメント系複合材料の機械的特性 (一方向強化複合材板)

特 性	単 位	F R P			F R C
		アラミド繊維 (ケブラー49)	炭素繊維 (PAN系)	ガラス繊維 (E-カラス)	炭素繊維 (PAN系)
密 度	g/cm ³	1.38	1.55	2.07	1.9
引張強度	MPa	1,383	1,825	1,099	304
引張弾性率	GPa	76	141	39	—
圧縮強度	MPa	275	1,177	589	—
圧縮弾性率	GPa	76	128	39	—
曲げ強度	Mpa	—	1,648	—	324
曲げ弾性率	GPa	—	131	—	40
層間せん断強度	MPa	69	96	78	—
繊維体積含有率	%	—	62	—	10

表6 繊維強化樹脂製ロッド、ケーブルの機械的特性

	単位	C F R P		A r F R P (アラミド繊維)		G F R P
		ロッド	ケーブル	ロッド	ロッド (組紐状)	ロッド
密度	g/cm ³	1.57	1.53	1.35	1.29	2.2
引張強度	MPa	1,825	1,766	1,560	1,256	981-1,962
引張弾性率	GPa	149	137	75	65	54

表7 繊維強化コンクリートの用途別集計

1 項目別集計

		基礎モデル	炭素繊維	アラミド	ビニロン	アクリル	PP, PE	天然繊維	ガラス繊維	鋼	その他	計
力学的性質・挙動	1983						4		1	3		139
	84	1	5				5		0	14	1	
	85		2	2	2	1	3		1	13		
	86		4	2	2		3	2	3	13		
	87	4	5	6	2	1	4	1	6	22	1	
耐久性	1983							1	2		1	45
	84								2	4		
	85			1			1		0	3	1	
	86								4	3		
	87	1							8	7		
界面、付着	1983								3	2		11
	84		1									
	85	1										
	86								1			
	87			1					2			
繊維形態	1983						2					14
	84		1	1	1	1	1		1	3		
	85									1		
	86											
	87		1						1	1		
断熱・遮音特性	1983											1
	84								1			
	85											
	86											
	87											
合計		7	19	13	7	2	23	4	42	89	4	210

J I C S T 試験結果による（繊維強化コンクリート）（1981.01～1988.07）

その他繊維：ポリエステル、アモルファス金属

2 国別集計

		基礎モデル	炭素繊維	アラミド	ビニロン	アクリル	PP, PE	天然繊維	ガラス繊維	鋼	その他	計
日本	1983						4		1			112
	84		6	1	1		2		5	3	1	
	85	1	2	2	2	2	4		2	12		
	86		4	2	2				3	14	1	
	87	2	6	6	2		2		7	10		
アメリカ	1983											34
	84						1		1			
	85			1					3	3		
	86						1	1	1	4	1	
	87	1	1	1			1		1	11	1	
イギリス	1983						2			1		28
	84	1					3		1	1		
	85								1			
	86								1	4		
	87	1					1		4	7		
ドイツ	1983									1		14
	84									2		
	85								1	1		
	86						1		2	2		
	87								1	3		
ソ連	1983											9
	84											
	85											
	86							1	2	2		
	87								1	4		
その他	1983											12
	84								1			
	85											
	86								2			
	87	1					1	1	1	3		

その他：フランス、ニュージーランド、スウェーデン、インド

表8 繊維素材別特許出願件数

年 度		検索総数	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	計
項目	ガラスAR	1,199	0	1	11	47	52	101	179	152	148	115	77	71	69	46	26	37	39	7	1,180
	炭素繊維	554				1		1	7	1	3	7	5	9	16	20	14	46	92	46	268
	アラミド	32								1	2	1	2	2	1	3		3	9	5	29
	ビニロン	79							4	1	4	1	11	3	5	9	4	1	9	0	52
	アクリル	68					1	1	3	1	1		1	1	1	2	7	9	8	2	38
	スチール	118				1	5	6	10	17	11	11	7	10	5	3	7	10	6	1	110
	PP, PE	66			3				3		2	6	2	5	1	2	3		4		31
	アスベスト	234		1		7		23	42	20	21	15	10	8	7	4	8	5	5	5	181

(検索総数と年度合計との差異は無関係)

表9 CFRCを例とした炭素繊維利用形態

年 度		46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	総計
利用形態	短 繊 維				1		1	1		1	4	3	5	12	13	13	35	74	27	190
	長 繊 維							3	1	2		2	4	2	2	1	9	14	15	55
	ハイブリット							3			3			2	5		2	4	4	23

表10 最近の共同開発状況

開発の狙い	使用繊維	繊維形状	研究開発機関
・補強筋・プレストレス緊張材	CF、AF	直線ロッド	大林組
・鉄筋代替	CF	棒状（無機材で集束）	大成建設
・RCスラブの補修・補強	CF	CFRP板	テクネット、清水建設
・補強筋及びプレストレス緊張材	AF	組紐状ロッド	三井建設
・鉄筋代替	AF	異形棒材	建設省建築研究所
・耐震補強	CF	柱に直接巻付け	大林組
・鉄筋代替	CF、AF、GF	格子状	清水建設
・レジンコンクリートのプレストレス緊張材	CF	直線ロッド	茨城大学
・プレストレス緊張材	CF	直線ロッド	五洋建設
・プレストレス緊張材	AF	直線ロッド	住友建設
・コンクリートパネルの補強	CF（ビッチ）	ネット状	九州大学

表10 (つづき)

・ポリマーコンクリート パネルの補強	A F	フィラメント状 で積層	前田建設工業
・鉄筋代替	C F、G F	立体格子	東 京 大 学
・プレストレス緊張材	C F	直線ロッド	運輸省港湾技研
・コンクリートパネル 補強	C F (P A N、 ビッチ)	フィラメント状 で積層	群馬工業高専
・塩害防止、永久型枠	ビニロン	網目状	東大生産研
・補強筋、プレストレス 緊張材	C F	ケーブル	東邦レーヨン、 東京製綱
・永久型枠	C F、A F	立体織物	鹿島建設、有沢製 作所
・P C 鋼線代替	C F	ケーブル	鈴木金属工業
・ボンツーン用緊張材	C F (ビッチ)	ロッド	三菱化成
・鉄筋代替	C F、G F	ロッド	熊 谷 組
・柱の永久型枠	C F	C F R C 管	東邦レーヨン、 大成建設

表11 期待される用途

- 1 海洋コンクリート構造物補強材
 栈橋、浮栈橋、防潮用水門、防波堤、防波シェッド、人工島
 石油プラットフォーム
- 2 長大橋の補強材（緊張材）、係留策
 橋梁、吊橋
- 3 帯磁防止構造物
 リニアモーターカー用軌道構造物

表12 土木研究所および建設業界への要望事項

- 1 繊維補強の概念は、古くて新しい。特に最近では、高機能繊維の出現により、今後益々発展する可能性がある。
 - （1） 複合材料としての評価方法を早期に確立する必要がある
 - （2） 耐久性能の評価方法を確立する必要がある
 - （3） 実用化にむけて試験施工等の実施に積極的に取り組む必要がある
- 2 複合材料は、補強繊維の他マトリックスの良否が問題であることを充分認識して、実用化に取り組む必要がある。
 - （1） マトリックスとしてのセメントの改良に充分意を用いる必要がある
 - （2） 施工方法の開発について積極的に取り組む必要がある
 - （3） 複合化の周辺技術の確立に積極的に取り組む必要がある

1 テーマ名 高機能繊維を用いた軽量コンクリート複合材料の開発	に際しての周辺技術の開発を平行して進めることが重要である。 (6) さらには、これら新規繊維強化コンクリート・セメントコンボジットの評価方法の開発や、施工方法の開発を行ない、実用化に向けての基本データを集積するとともに、各種法規制の改訂にまで踏み込むことも必要となるものと思われる。
2 試験研究の目的及び必要性 (1) 長繊維を用いての繊維補強セメントあるいはコンクリートは、土木建設分野において開発に取り組んでいる。最近では、高機能繊維といわれるPAN系炭素繊維、アラミド繊維の応用についての研究開発が急ピッチで進められている。 (2) 短繊維を用いての繊維強化セメントあるいは繊維補強コンクリートは、建築分野において既に実用化されつつあるが、その補強材料の大半はアスベストである。特に最近では、アスベストによる健康被害問題が大きくクローズアップされており、アスベストに代替する補強材料が強く求められている。一方、アスベスト以外の補強材料では、鋼繊維、耐アルカリガラス繊維等の無機繊維、高分子系では、ビニロン、ポリエチレン、ポリプロピレン繊維が用いられつつあり、最近ではアクリル繊維もこの分野に参入を図ろうとしている。 (3) しかしながら、これら補強用繊維としての高機能繊維について系統的に開発が進められるには至っていない、高機能材料本来の機能を十分に発揮させるに至っていないのが現状である。 (4) 特に、21世紀を目指して一層の高機能性、快適性、安全性を追求する次世代建築物の要請が強いことを考慮して、コンクリートあるいはセメント強化用高機能繊維の出現と、系統的な開発体制の整備が求められている。 (5) 特にこれら高機能材料とマトリックスの組合せ、あるいはそれらの成形方法の開発は、不可欠となっている。また、成形	3 試験研究の目標 快適性、安全性、高機能性を追求する次世代建築物に適用するため、高機能性繊維をコンクリート補強材とした、軽量、高強力、耐食性に優れた建築材料、土木構造材料を開発するとともに、それら材料の評価方法を確立し、標準的な使用方法を確立する。これらの評価方法、設計方法の適否を判定するために、モデルビルディング等での実証試験を行ないたい。 4 試験研究の基礎となる研究の現状 (1) 高機能高分子素材(スーパーエンブラ、液晶ポリマー等)の開発、およびそれらの繊維化等最近の技術進展は著しい。 (2) 既存の高機能繊維については、その性能の一層の改善、コストダウンが進んできている。 (3) しかしながら、現状において補強用の繊維は、そのほとんどが短繊維として用いられており、高機能繊維本来の性能を減殺した使用方法となっている。また、鋼繊維では表面の錆発生、ガラス繊維では強度に対する信頼性が必ずしもよくない等の問題点を持っているし、迅速多量に混合する技術にも問題を残している。 (4) 高機能繊維の本来の性能を生かした使用方法として、最近、

PAN系炭素繊維、アラミド繊維等の長繊維を使用する方法も開発されつつあるが、高機能、軽量コンクリート複合材料の開発は、現在のところ系統的に進められている訳ではない。

5 技術上のネック

- (1) 補強材料も1種類で要求される全ての性能を満足させられるとは限らない。そのために、高機能補強材料の組合せはもとより、使用者である建設分野、建材分野の開発力をも糾合し、協同して進めることが必要である。
- (2) 実用化に向けての材料の評価方法が充分開発されていない。
- (3) 法規制面（特に建築基準法第38条、および防火性能関係試験）においても、かかる新規素材の取り扱いを検討する。

6 試験研究の具体的な推進方法

(1) コンポジット用各種繊維の開発

- イ 超高強力、超高弾性、高耐熱性等の機能を持つ新規な高機能繊維の開発、また既存繊維についても耐薬品性（耐アルカリ性、耐酸性）、耐クリープ性の改良等によって高機能化を推進する。
- ロ 物理化学性能と繊維設計
繊維表面性能とセメント、コンクリートとの濡れ性等マトリックスとの接着性の改善をはじめ、必要とする繊維表面の物理的、あるいは化学的処理方法の開発を行ない、最適繊維構造の創出を計る。
- ハ 最適加工形態の開発
補強材料としての繊維の形態、つまりファイバー状、ロッ

ド、織物（二次元織物、三次元織物、三軸織物等立体織物）編物、組物といった加工形態に加え、繊維自体の形状と補強効果の関係を明確にし、最適形態を選び出す。

(2) コンクリートとの複合化技術の開発

- イ 構造配置および組合せ
用途との関連において補強材料の形態、補強方法、補強材料の含有率等について最適範囲を選択する。
- ロ 構成、デザインの開発
マトリックスの構成は、複合材料形成にあたって重要な因子である。また、材料としての形状等利用面から要求されるデザイン等について検討を進める。
- ハ 成形技術の開発
高性能ブレキャスト法、繊維とマトリックスとの混練法等、最適成形方法の開発、および成形関連の周辺技術の開発を行ない、機能を最大限に引き出す。

(3) 評価方法の開発

- イ モデル評価試験方法
複合材料のテスト・ピース等による評価を行ない、材料としての基本性能を評価する他、現行の試験方法の問題点を摘出し、最適試験方法の確立を計る。また、耐久性能についての試験方法の開拓を行なう。
- ロ 実用試験方法
実用化に向けての実用試験方法について、現在実施されている試験方法との対比において検討を加える。

(4) 実用化試験

- イ 実用性能の研究
実用化に向けてモデル・ビルディング等の建築物、あるいは土木構造物等により実用化のためのデータ集積、試験を

行なう。

ロ 基本データ・ベースの確立

現状においては、基本的なデータが少なく、また充分でない。このため、まず、基礎的な各種データを取得するとともに、その蓄積を行ない、基準設計手引き、基準工法にむすびつけたい。

ハ 加工・工法に関する試験研究

新規複合材料を有効に利用するにあたっての施工方法について、現在実施されている施工方法との対比において検討を加え施工方法の確立をめざす。

7 内外の類似研究

従来の研究は、コンクリート工学1977年3月号に「繊維補強コンクリート総説」が述べられ、その他「繊維コンクリート」(D. J. ハナント著、植谷栄次訳、森北出版)や、「繊維補強コンクリート」(小林輔著、オーム社)に述べられている。しかしながら、これらは、今回実施しようとする研究開発の目的には、不十分であり、そのままの利用は、難しい。その他、多くの研究が最近なされつつあり、大いに参考にしながら開発を進めてゆく。

8 内外特許との関連

関連する特許も、最近では有機繊維に関するものが数多く出願されてきているが、マトリックスとの混合、接着、界面の技術開発に関しては、まだまだ未開拓の分野であり、新規技術の開拓が期待できる。

9 試験研究対象技術の基盤性

(1) 波及性

本試験研究対象技術の利用されうる応用範囲は、多岐にわたっており、次の様なものが実用化されるものと考えられる。

イ 超高層ビルディングによる国土の高度利用

高機能補強材料の利用によって、軽量化が計られるため、ビルディングの超高層化が可能となり、相対的に国土の高度利用が可能となる。

ロ インテリジェント・ビルディング、次世代住宅への利用

導電性の優れた補強材料の利用によって、電磁波傷害を防止し、快適性のある建築物の実現が可能となる。

ハ 海中、海洋構築物用部材への適用による海面の高度利用

高機能材料の利用により、耐食性が向上し、海洋構築物、海中構築物、沿岸構築物等、洋上都市、海中ワーク・ステーションを中心とする海洋開発、沿岸開発への応用が進展する。

ニ 地中構築物への応用

高機能補強材料の高強度、高弾性等の機能を生かし、ジオトピア構想への適用等、地中空間補強部材としての利用が期待される。

ホ 運輸通信分野への応用

耐食性、非磁性、高強力、高弾性等の高機能を利用したりニアーマータカー用軌道、トンネル構造物、道路、橋脚、橋梁等への応用が期待される。

ヘ 原子炉等の構築物部材への利用

プレストレストコンクリート材料として応用が期待される。

(2) 影響度

波及性の項目でも述べたごとく、今後早急に解決する必要がある国土利用の問題、快適性、安全性を重視する次世代ビルディング、次世代住宅等への応用をはじめ、近未来に実現が予想される海洋開発関係、高速運輸体系整備への適応が予想され、建設業界、建材業界はもとより、素材を提供する繊維業界、その他多くの関連業界にも強いインパクトを与えるものである。

3. 複合材料その他

(1) 複合材料

土木分野とくに海洋構造物、例えばデッキ、フロート、アンカー、消波構造物等にも今後複合材料（FRP、FRM等）が増々使用されてゆくものと思われる。複合材料の性能を左右するのは、それに用いる強化繊維の性能である。

複合材料用強化繊維として用いられている主な繊維を表2にまとめて示した。この中で、FRP（樹脂マトリックス複合材料）用強化繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維等が、FRM（金属マトリックス複合材料）用強化繊維としては、炭化ケイ素繊維、ボロン繊維、炭素繊維等が多く用いられている。とくに炭素繊維、アラミド繊維が将来の高性能複合材料の主要強化繊維として期待されている。

複合材料の最大の特徴は、軽量性すなわち単位重量当たりの強度（比強度）、弾性率（比弾性率）が高いことである。図1に各種繊維の比強度／比弾性率を、図2にこれらの複合材料の比強度／比弾性率を示した。斜線の範囲内のものは、とくに最近先進複合材料（ACM）として注目されているものである。

表3に、先進複合材料の材料構成を示した。

FRPにおいては、熱硬化性樹脂（エポキシが主）／炭素繊維系複合材料が、またFRMにおいては、金属（アルミニウム、チタン等が主）／炭素繊維（または炭化ケイ素繊維）系複合材料が中心材料構成になっている。

図3に、強化繊維の引張強度の進歩の経過を示した。炭素繊維は、最近著しく進歩していることが明らかである。

図4に、強化繊維の引張強度と引張弾性率の理論値に対する実測値の達成率を示した。

弾性率は、アラミド繊維やポリエチレン繊維は理論値の70%以上を達成している。しかし、引張強度はいずれの繊維も10%以下の達成率であり、今後まだまだ改善の余地があることがわかる。

図5に、3次元繊維のいくつかの例を示した。これらは、従来の平面に配列した強化繊維からなる複合材料と異なり、新しい性能の複合材料が創り出される期待がある。

図6に、複合材料用炭素繊維の需要動向と複合材料への要求特性を示した。今後は航空機一次構造用途に大きな期待がよせられている。また遠い将来には自動車への応用が実現すれば、さらに需要が飛躍的に伸びるものと予想されている。

表4に、複合材料の各種用途別の軽量化することによる経済効果を示した。

表5で、各種材料の機能別価格を比較した。炭素繊維は比強度換算価格では、金属材料と同等になる。

図7に、PAN系CFの世界の需要量、生産能力および価格の推移を示した。炭素繊維は今後大幅な価格低下が期待できない。

表6に、複合材料の今後の技術課題を示した。

(2) 膜材料

膜材は、織物（基布）に軟質の熱可塑性樹脂またはゴムを被覆したもので、補強膜、コーティング織物（布）、時には単にキャンバス、ターポリン、ゴム引布など、様々な名称で呼ばれている。

織物の基本的組織は平織であり、その他引張、引裂強度など機械的特性を改善するために、マット織りなどの変化組織も使われている。

基布は膜材の引張強度、引裂強度などの機械的特性を受け持ち、被覆材は耐候性、防水性、防カビ性、着色の他、接合加工性などを付与する。表7に現在わが国で使用されている膜材の素材の一例を示した。一般に、引張強度30kg/cm～150kg/cmの基布が用いられる。

今後、注目される被覆材として、ガラス繊維との接着性能が良く、耐寒性、透明性などの優れたシリコンゴムがある。表8に各素材の特長を示した。

その中で現在、一般的に用いられている代表的な素材の組み合わせの例を次に示す。

PVC-PET	一般膜構造物（汎用）
PVC-ガラス繊維	一般膜構造物（難燃）
CSM-PET	大型膜構造物
PTFE-ガラス繊維	恒久巨大膜構造物
PVC-PET（フッ素フィルム貼り合わせ）	防汚性

1) 基 布

膜材の機械特性を担う基布は、遮蔽性を付与するため被覆材との積層体として使われる。そのため直接海水中に暴露されることはないが、シートの端面、縫製部、あるいは被覆材の損傷などから海水がシート内部へ侵入するから、海水中での物性変化の少ない材料が望ましい。

ナイロン、ポリエステル、ビニロンなどの汎用繊維について、長期にわたる海中侵漬試験が実施されている。国内各地で2年間侵漬した結果は、ビニロンの強度（引張および引裂）低下が大きく耐久性の点で問題がある。その次に低下があるのがポリエステルで、ナイロンは、相対的に強度低下が少ない。また、海中備蓄用の柔構造材としての検討もなされており、この場合もナイロン、ポリエステルが有力な候補とされている。

アラミドは、軽量高強力の基布が得られるという点で魅力ある素材であるが、耐水性に問題がありそうである。テフロンをコーティングした場合でも、海水侵漬1年で強力が低下し、特に、と水面付近（スプラッシュゾーン）では半分以下になるとの報告もある。

その他の素材として、耐久性のデータが不足しているが、高分子量ポリオレフィン系、超延伸ポリアセタールなども高強度材料として対象になるものと思われる。

2) 被覆材

膜材の表面特性は、被覆材の性質に左右される。海洋構造物の被覆材としては、金属へのランニングも含めて多種類の材料が使われている。例えば、鋼管のライニング材としてクロロプレングムの耐久性は、12年間良好であった。

膜材は被覆材によって、波浪による揉み作用、付着生物や浮遊物による損傷などから保護されており、概して基布単独の場合より海中侵漬による物性低下は少ない。

被覆材としては、これまでに実績のある、クロロプレングム、ハイパロングム（クロルスルホン化ポリエチレン）ウレタンゴム、フッ素系ゴムなどのゴム類；ポリ塩化ビニール（PVC）、塩素化ポリオレフィン、エチレン／酢酸ビニール共重合体（EVA）、ポリウレタンなどの樹脂類が候補となろう。しかし、浮魚礁に使用したPVCコーティングのポリエステル膜材は、5年間で引裂強力が半分以下に低下した例もあり、可塑剤などの添加剤を多く配合する場合は、材料物性の経時変化を考慮する必要がある。

(3) 国家プロジェクト「MF P」の提案

日本化学繊維協会、合成繊維研究開発懇話会の「MF P」分科会において、今後国家プロジェクトとして提案すべく、海洋大型浮構造物に関する調査研究を行っている。

その報告書の一部を抜粋して添付した。(添付資料3-1、3-2、3-3、3-4)

最後に、本プロジェクトに関して、土木研究所および関係業界への要望を以下にまとめた。

《土木研究所および関係業界への要望》

- ① 「MF P」は、化繊業界だけでは表現できない大型プロジェクトであり、土木研究所および関係業界のご協力をお願いしたい。
- ② 「MF P」の化繊協会としての調査報告書を近くまとめるので、その時点で種々ご意見をうかがいたい。
- ③ 具体的には次の点についてご協力をお願いする予定。
 - i) 「MF P」の基本設計に関するアドバイス
 - ii) 有機材料(FRP、合成繊維、膜材料など)の海洋構造物としての適性評価方法の研究
 - iii) 「MF P」の施工技術の研究
 - iv) 「MF P」の実証テスト方法に関するアドバイス

表2 主な複合材料用繊維の特性

材 質	商 品 名 (メーカ)	密 度 g/cm ³	繊維径 μm	引張強度 kg/mm ²	弾性率 kg/mm ²	伸度 %	組 成 ・ 製 法 ・ 特 徴 など
【長繊維・無機系】							
炭素繊維 (PAN系)	トレカ T300 (東レ)	1.76	7	360	24,000	1.5	SiC、ポリカルボシラン繊維の焼成 SiC/W、CVD法、多相繊維 B/W、CVD法、多相繊維 Al ₂ O ₃ 、α-アルミナ、単結晶、連続糸 Al ₂ O ₃ (95)/SiO ₂ (5)、θ-アルミナ、多結晶 Al ₂ O ₃ (62)/SiO ₂ (24)/B ₂ O ₃ (14)、非晶質 Al ₂ O ₃ (99.5)/MgO(0.5)、α-アルミナ、多結晶 Al ₂ O ₃ (85)/SiO ₂ (15)、γ-アルミナ、多結晶 SiO ₂ (54)/Al ₂ O ₃ (15)/CaO(17)/MgO(5)/B ₂ O ₃ (8)/Na ₂ O(1) SiO ₂ (65)/Al ₂ O ₃ (25)/MgO(10) SiO ₂ (65)/Al ₂ O ₃ (23)/MgO(11)
	トレカ T800 (東レ)	1.80	7	570	30,000	1.9	
	トレカ M050 (東レ)	1.91	7	250	50,000	0.5	
炭素繊維 (ピッチ系)	Thornei P55 (UCC)	2.00	11	200	38,000	0.5	
	Thornei P100 (UCC)	2.10	10	210	72,000	—	
炭化ケイ素繊維	ニカロン (日本カーボン)	2.55	10~15	300	20,000	1.5	
	— (AVCO)	3.5	100	350	45,000		
ボロン繊維	AVCO Borm (AVCO)	2.6	100	400	42,000		
アルミナ繊維	Saphicon (TYCO)	3.99	250	240	46,000		
	Saffil (ICI)	3.4	3	100	10,000		
	Nextel (3M)	2.5	10~12	152	15,000		
	Fiber FP (Du Pont)	3.9	20	142	39,000	0.35	
ガラス繊維	住化アルミナ (住友化学)	3.2	9	260	25,000	0.85	
	E-ガラス	2.6	8~12	357	7,440		
	S-ガラス	2.55	8~12	459	8,870		
	T-ガラス	2.49	9~13	475	8,600		

表2 (つづき) 主な複合材料用繊維の特性

材 質	商 品 名 (メーカ)	密度 g/cm ³	繊維径 μm	引張強度 Kg/mm ²	弾性率 Kg/mm ²	伸度 %	組成・製法・特徴など
【長繊維・有機系】							
アラミド繊維	Kevlar 29 (Du Pont)	1.44	12	280	5,350	4.4	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NHOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{H}$ 湿式紡糸
	Kevlar 49 (Du Pont)	1.45	12	280	13,300	2.8	
	テクノーラ (帝人)	1.39	12	310	7,000	4.4	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NHOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{H}$ 湿式紡糸 + $\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NHOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-\text{H}$
ポリアリレート繊維	エコノール (住友化学/日本エクスラン)	1.40	17.4	388	13,608	2.9	液晶ポリマー、熔融紡糸
	Vectran (Celanese)	1.40	22	290	7,055	3.7	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO} \right]_m \left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{CO} \right]_n$ 液晶ポリマー 熔融紡糸
ポリエチレン繊維	Spectra 900 (Allied)	0.97	38	264	12,200	3.5	ゲル紡糸、超延伸
	Spectra 1000 (Allied)	0.97	28	306	17,500	2.7	
【ウイスキー】							
炭化ケイ素	トーカウイスキー (東海カーボン)	3.19	0.1~1.0	306~1,430	40,800 ~71,400	—	$\beta\text{-SiC}$ 、長さ = 50~200 μm
窒化ケイ素	SNW (タテホ化学)	3.18	0.1~0.6	1,400	38,600	—	$\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ 、長さ = 50~200 μm
炭 素	グラスカー (日機装)	2.25	0.1~1.0	700~2,100	70,000 ~80,000	—	C、長さ = 10~200 μm

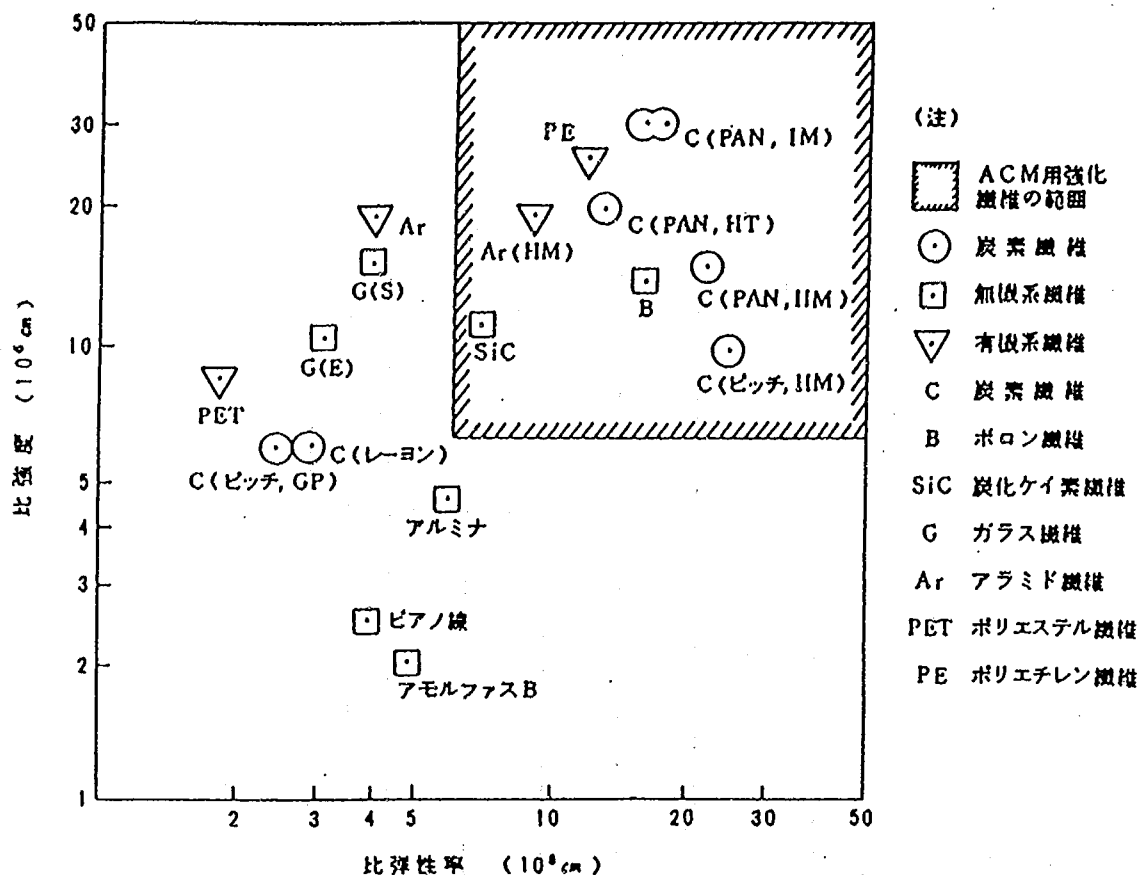


図1 各種繊維の引張特性とACM強化繊維の範囲

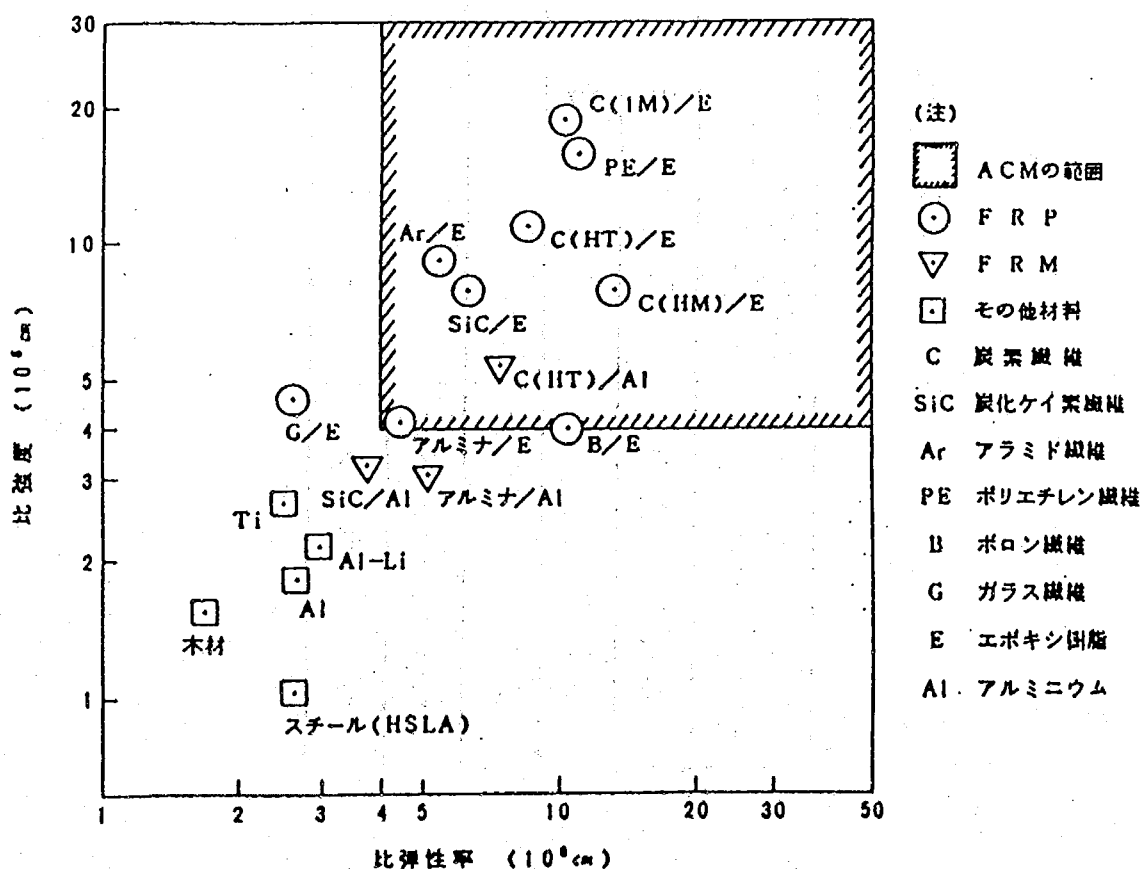
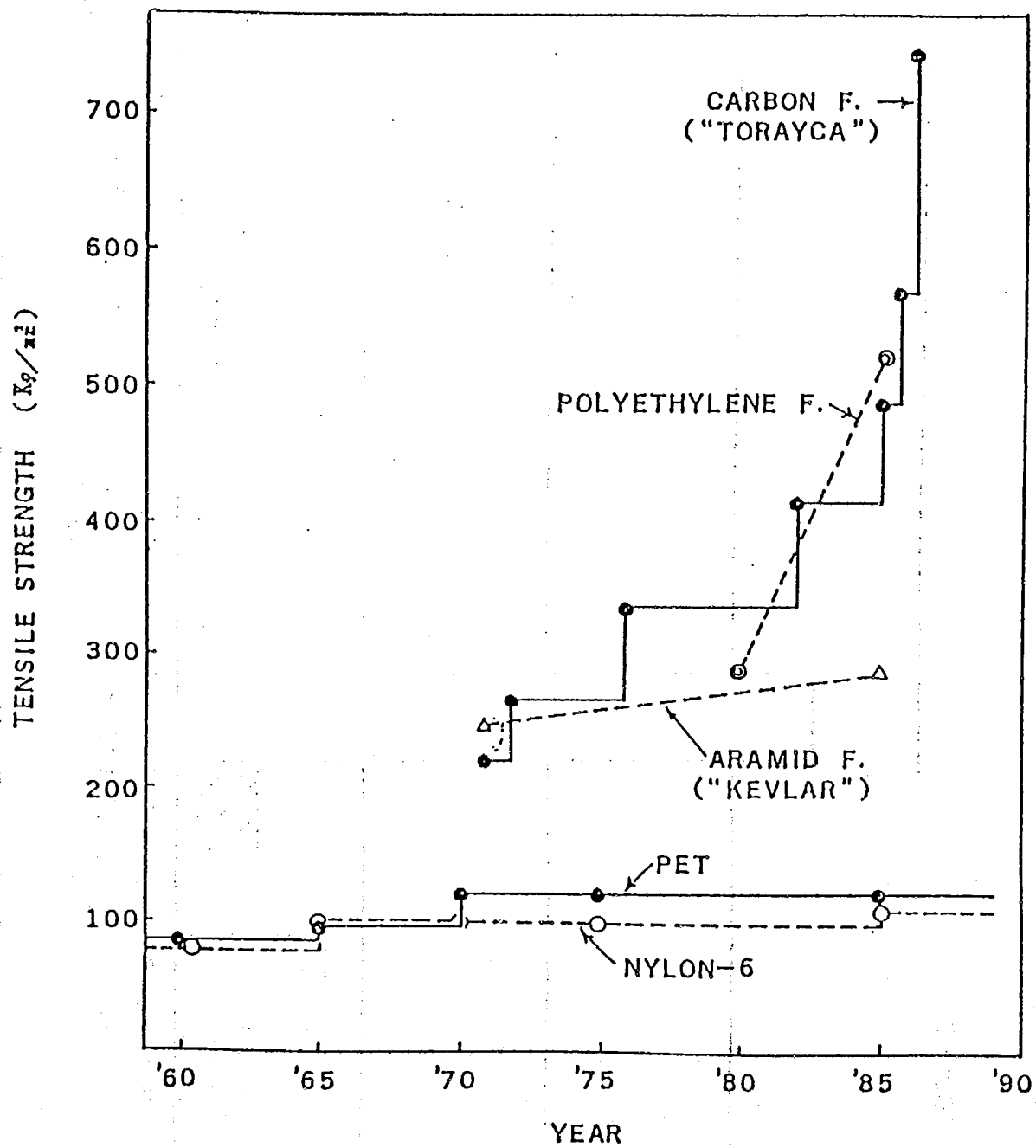


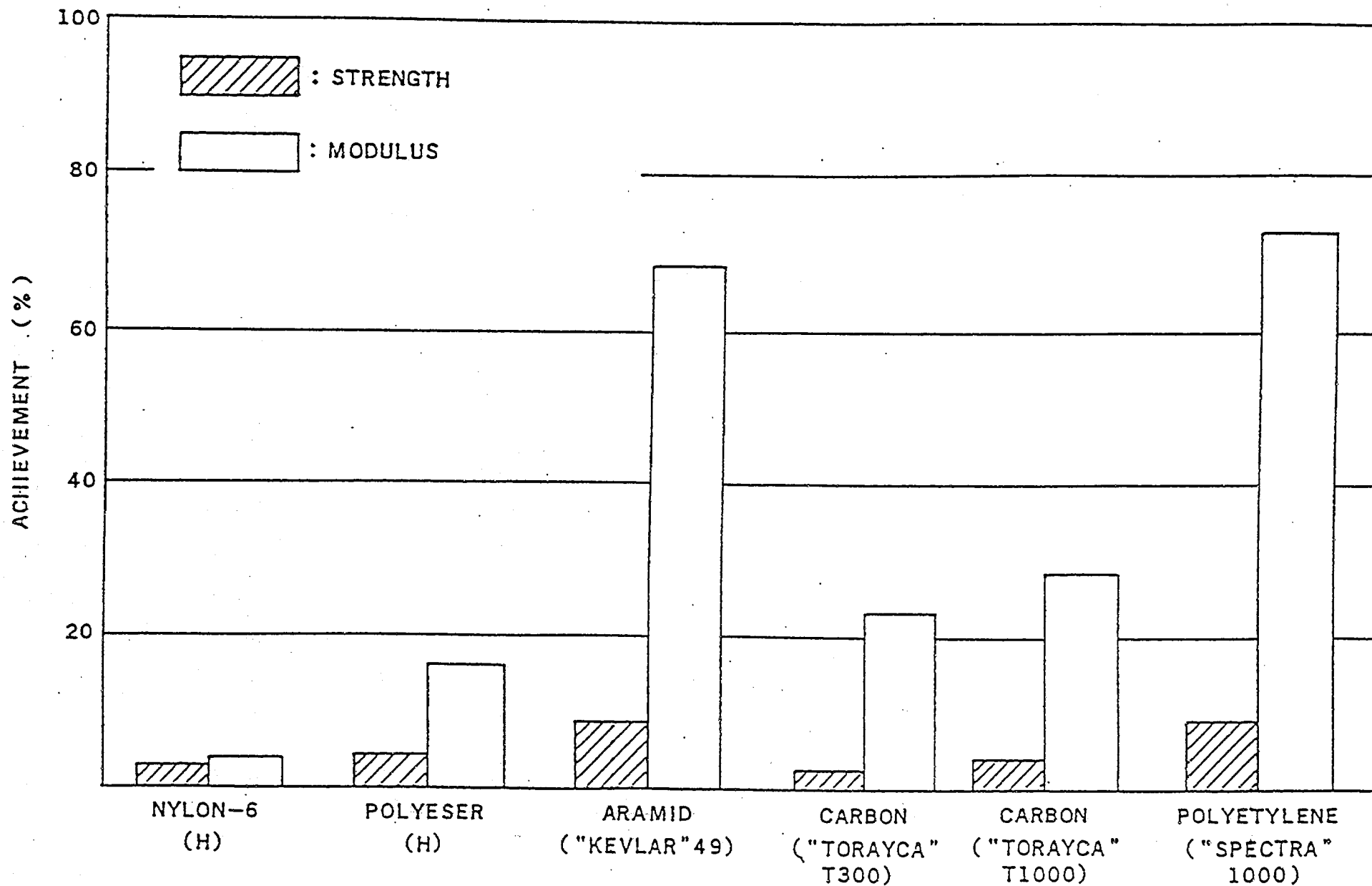
図2 各種複合材料の引張特性とACMの範囲

表3 先進複合材料の材料構成

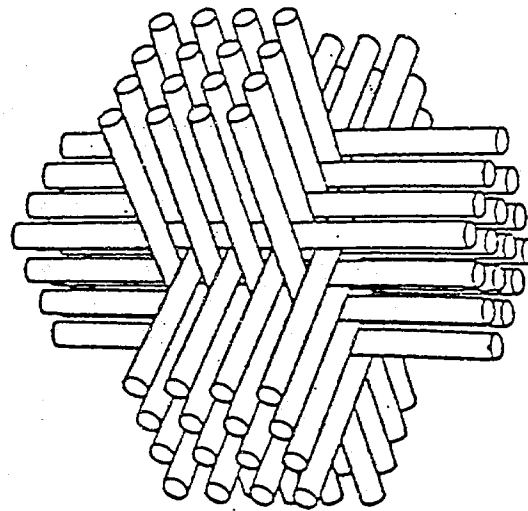
強化繊維 マトリックス	高強度ガ ラス繊維	炭素繊維	アラミド 繊維	ボロン 繊維	アルミナ 繊維	炭化ケイ 素繊維
熱硬化性樹脂	○	●	⊙	○	○	○
熱可塑性樹脂	○	●	⊙	—	—	—
金 属	—	●	—	○	●	●
セラミックス	—	—	—	○	●	●
カーボン	—	●	—	—	—	—



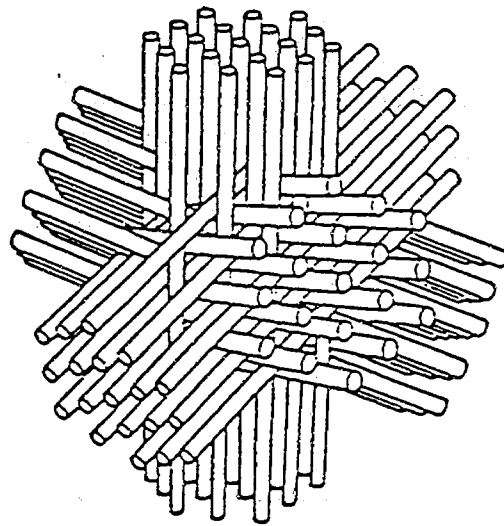
3 ADVANCE IN TENSILE STRENGTH OF FIBERS



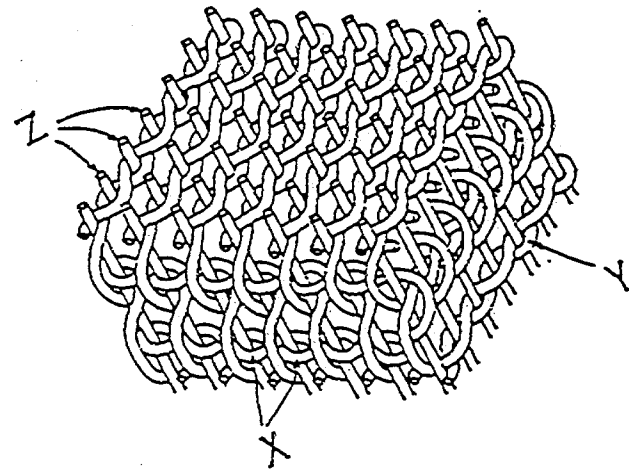
☒4 ACHIEVEMENT PERCENTAGE OF TENSILE STRENGTH AND TENSILE MODULUS FOR ULTIMATE VALUE



直交組織 3 糸 3D 織物



直交組織 4 糸 3D 織物



斜交組織 3D 織物

図5 3 次元 織 物

図6

複合材料用炭素繊維の需要動向と 複合材への要求特性

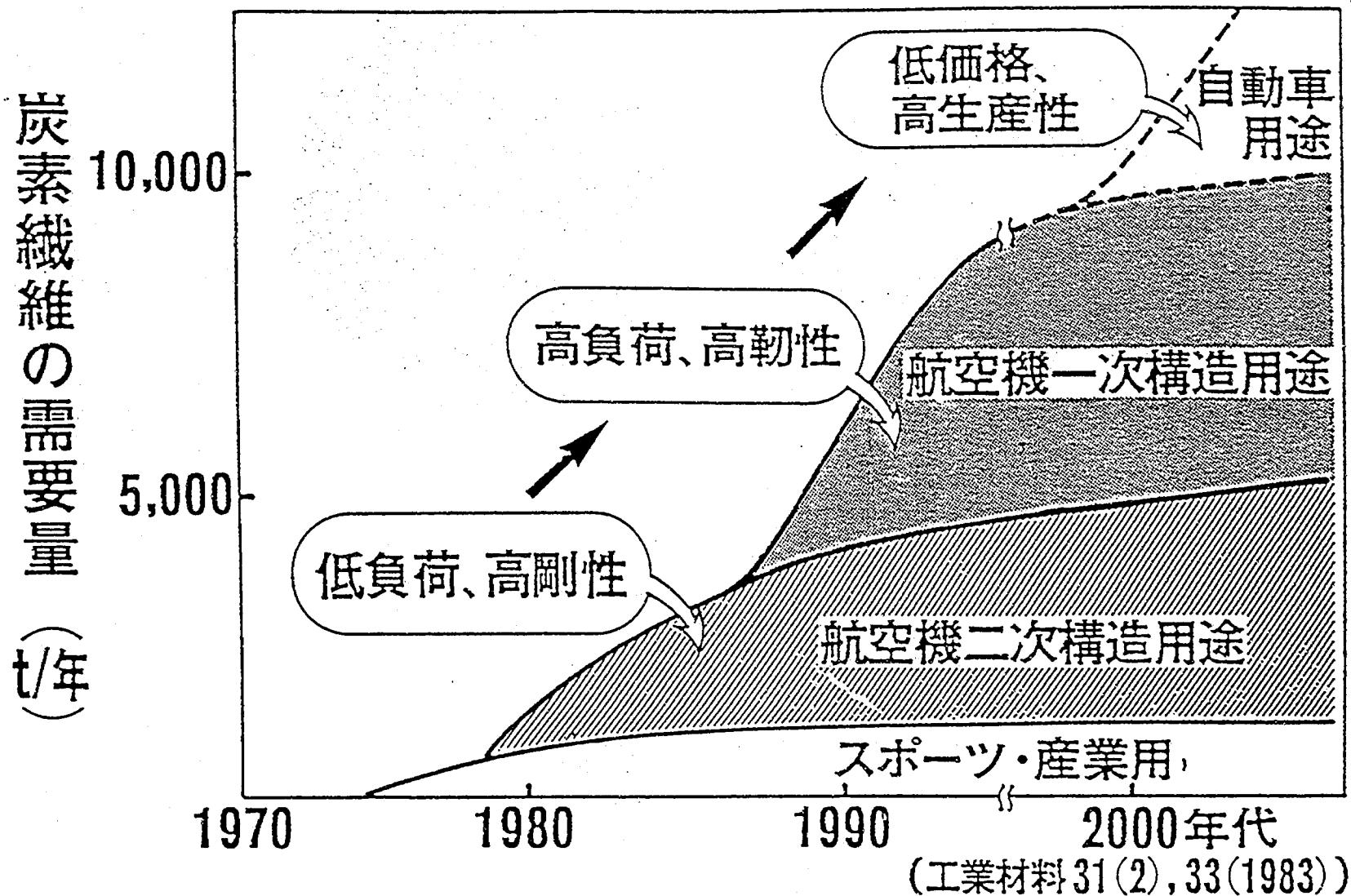


表4 1kg軽量化することによる経済効果

ロケット・人口衛星	3,000万円
ミサイル	20万円
ヘリコプター	5～20万円
飛行機	1～5万円
船舶・工業資材	5,000円
自動車	500円以下

表5 各種材料の機能別価格の比較

材 料	重量当たり 価 格 (円/kg)	体積当たり 価 格 (円/リットル)	比 強 度 換 算 価 格 (円)	比 重	強 度 (kg/cm ²)	比強度
鉄 鋼	94	743	18	7.9	41	5.2
ア ル ミ 合 金	770	2,080	70	2.7	30	11.1
チ タ ン 合 金	4,000	18,000	300	4.5	60	13.3
ニューセラミックス	7,000	27,300	72	3.9	380	97.4
炭 素 繊 維	15,000	26,100	93	1.74	280	160.9
プ ラ ス チ ッ ク	270	243	69	0.9	3.5	3.9

注：ニューセラミックスはアルミナ系、プラスチックはポリプロピレンで計算。

価格は1981年末価格で計算。

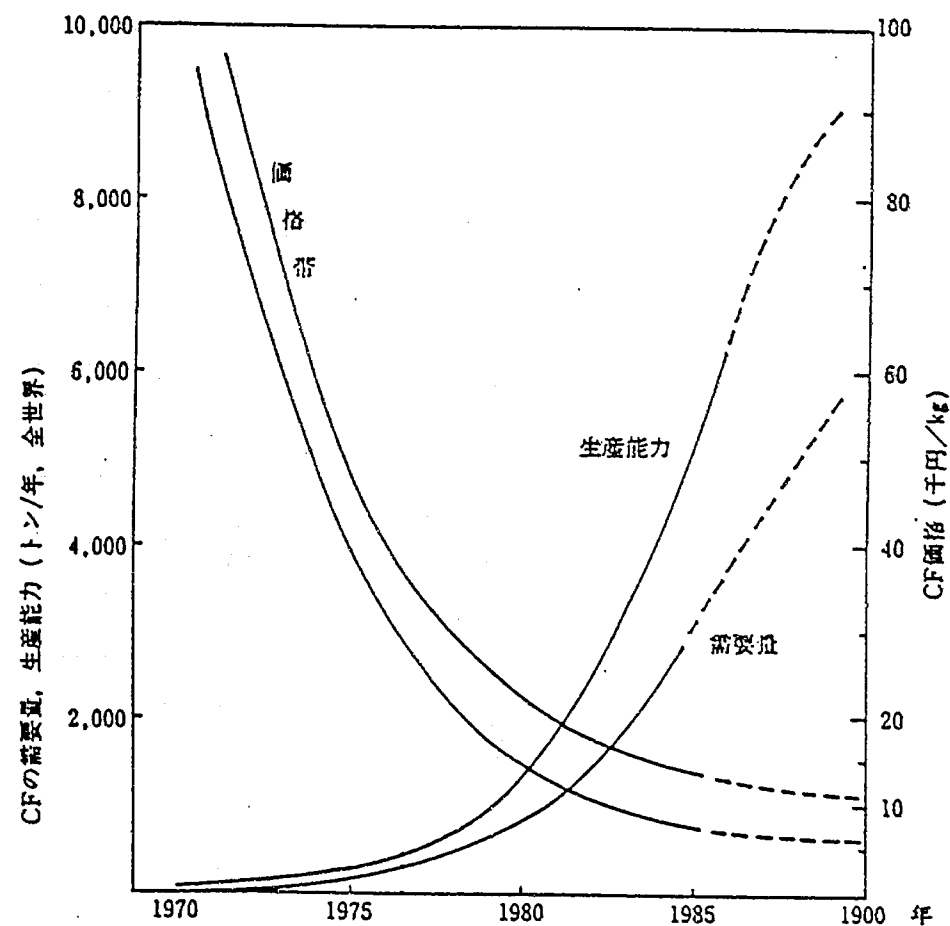


図7 PAN系CFの世界の需要量、生産能力および価格の推移

複合材料に関する今後の技術課題

1. 異方性の解消技術
2. 界面接着技術
3. 延性・靱性の附与
4. 耐熱性の向上
5. 素材間接合技術
6. 信頼性の向上

表7 代表的な膜材の素材

織 維 素 材	コーティング材
綿	塩化ビニル樹脂 (PVC)
ポリエステル合成繊維 (PET)	クロロプレンゴム (CR)
ポリアミド合成繊維 (PA)	クロロスルホン化ポリエチレンゴム (CSM)
ポリビニルアルコール合成繊維 (PVA)	シリコンゴム (Si)
ガラス繊維	四フッ化エチレン樹脂 (PTFE)* ¹
ポリアラミド合成繊維 (PAr)	フッ化エチレン・プロピレン樹脂 (FEP)* ¹
	フッ化ビニリデン樹脂 (PVDF)* ²
	フッ化ビニル樹脂 (PVF)* ²

*1) コーティングを高温で行なうため、ガラス繊維またはポリアラミド合成繊維のみに適用される

*2) 防汚・耐候性を向上させるため、被覆材の表面にフィルムラミネートして用いる

表8 各素材の特長

	品 名	長 所	短 所
被 覆 材	C R	接着加工ができる。	耐候性良くない。
	CSM	耐候性が良い。比較的防汚性良い。着色性良い。	膜材接合加工に難点がある。一般にミシン縫製が多く用いられる。
	PVC	最も汎用性に富む。安価。着色性良い。膜材接合加工性良い。	防汚性悪い。防火性に難点あり。
	PTFE	耐候性、防火性、防汚性に優れている。	被膜が固いため、膜材接合加工時、建設時のハンドリングに注意を要する。高価。
	Si	耐候性良い。ガラス繊維とのなじみが良い。透明性良い。	防火性に難点あり。膜材接合に難点あり。
	フッ素樹脂 フィルム	耐候性、防汚性良い。	フィルムが硬いため、膜材接合加工時のシワが残る。単純な形状の膜体にのみ利用されている。
織 維 素 材	綿	通気性が良いため、居住性が良い。	耐候性悪い。吸水による重量増加がある。
	P A	モジュラスが小さいため、融通性がある。染色性良い。	耐候性良くない。
	PVA	耐候性良い。	吸湿時の収縮があり、膜材に過度の応力がかかる。
	PET	耐候性良い。バランスのとれた性質を有する。	ガラス繊維等と比べると防火性に劣る。
	PAr	高強度、耐熱性に優れている。	耐候性など、膜材としての適性に不明の点がある。
	ガラス繊維	防火性、耐候性、透明性に優れている。	耐折り曲げ性、耐引裂性に問題がある。

第 5 章 ま と め と 提 言

わが国経済の円滑な運営と社会の安定を阻害する諸悪の根源は、土地問題にある。四方を海に囲まれ、国土面積の 1.2 倍に相当する経済水域を持つ、わが国では、海面を利用することが土地問題の解決に最も効果的である。

しかしながら、従来行われているような埋立による土地の造成は、環境の破壊をもたらすうえ、工事が大がかりになりすぎて、民間企業の手には負えるものではなく、戦後の経済成長の中で、わずか 547 Km^2 に止っていて、こんなベースでは、とうてい緊急を要する土地問題の解決にはならないことは明白である。

今後は、海水の浮力や海底地盤を利用して、建造物を直接海中に構築するという発想に立ち、新しい技術開発に期待しなければならない。

浮構造物により、海上にスペースを求める動きは、いままさに実用化に向って加速しようとしている。

現在実施もしくは計画中の大型浮構造物は、専ら鉄鋼をその構造材としている。重くて、サビる鉄鋼が海洋における材料として最適であるとは思われない。

近年における合成高分子材料の目覚ましい発達、鉄鋼に代る構造材として、自動車、航空機をはじめ、さまざまな分野へ浸透しつつあるが、鉄鋼に比べて歴史が浅いために、とかく未経験を理由に使用を躊躇するケースが多い。

これを打破するためには、可及的実物に近い形での実証テストを積重ねて、構造材としての合成高分子材料に対するユーザーの認識を深めてもらう必要がある。

そのような開発は、合成高分子工業にたずさわる民間企業のみでは困難であり、国をはじめ、関係各方面の強力な指導・支援を得ることで、早期かつ効率的な技術確立が可能になる。

一般に FRP は、材料費こそ鉄鋼に比べて高いが、工事費を含めた総建造費に占める材料費の割合は小さいので、次のようなメリットを考慮すれば、合成高分子材料の可能性は十分に考えられる。

- ・ 軽い
- ・ 錆びない
- ・ プレハブ化できる
- ・ 光を通す
- ・ 着色できる
- ・ 電磁波の影響を受けない

かかる観点に立って、産官学共同のプロジェクトとして、合成高分子材料を用いた第 3 章 図 3. 1. 1 に示したような概念の大型浮構造物の実証テストとそれに伴う要素技術の開発を、研究期間 7 年、研究費 200 億円、研究人員 30 名で実施することを提言するものである。

要素技術の開発

開発テーマ		解決すべき技術項目	利用される応用分野
巨大イカダと 搭載ハウス		- 高強度・耐久性繊維の開発 - 軽量・高強度・耐久性FRPの開発 - 防藻に関する研究 - 海水による劣化の研究 - 太陽電池の利用研究 - 海水の淡水化および貯蔵の研究 - 水処理に関する研究 - コンピューターシミュレーション技術 - 各種センサーの応用技術	繊維産業 - 高強度繊維 - 耐久性繊維 プラスチック産業 - 繊維強化複合材料 建造物 - 橋梁 - 住宅 - ソーラーハウス - 貯蔵 土木 - 治山 - 治水 交通運輸 - 空港建設 - 海上輸送 漁業 - 魚の習性 - 養魚 - 養藻 公害防止 - 防藻 レジャー・スポーツ - 魚釣り - 水族館 エネルギー開発 - 太陽光発電 - 波力発電 宇宙開発 - 宇宙居住 国際協力
	消波と防波	- 浮消波堤の開発 - 離岸堤の開発 - 評価技術の開発	
関連技術開発	養 浜	- 流砂防止繊維構造物の開発 - 人工海草の開発 - 人工海底藻の開発 - 洗掘防止技術の開発 - 流砂回収、作浜技術の開発 - 評価技術の開発	
	海洋牧場	- 人工海底の開発 - 海中生物増殖繊維の開発 - 人工魚礁の開発 - 養殖網の開発 - 評価技術の開発	

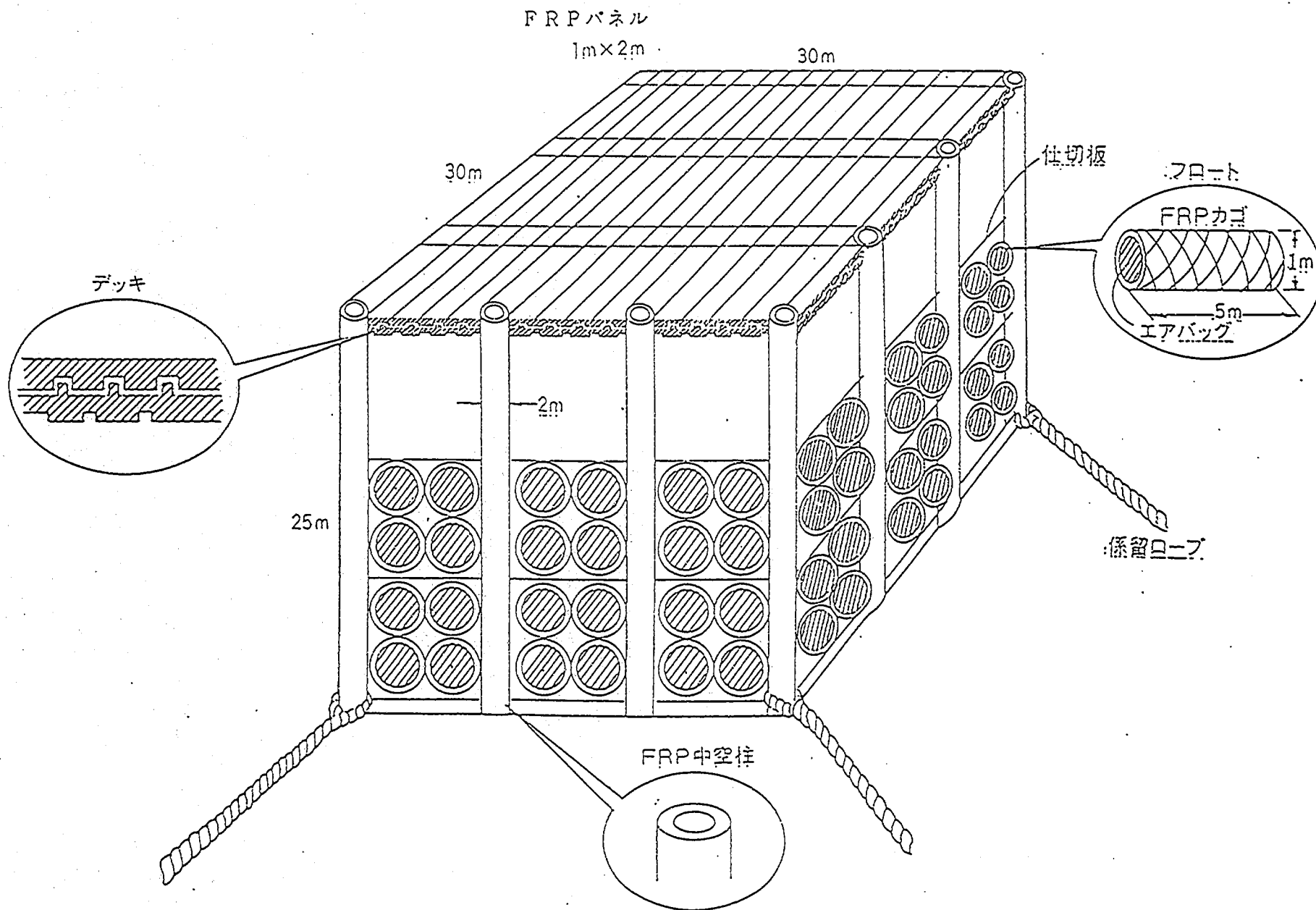


図 3. 1. 1 合成高分子材料による大型浮構造物概念図

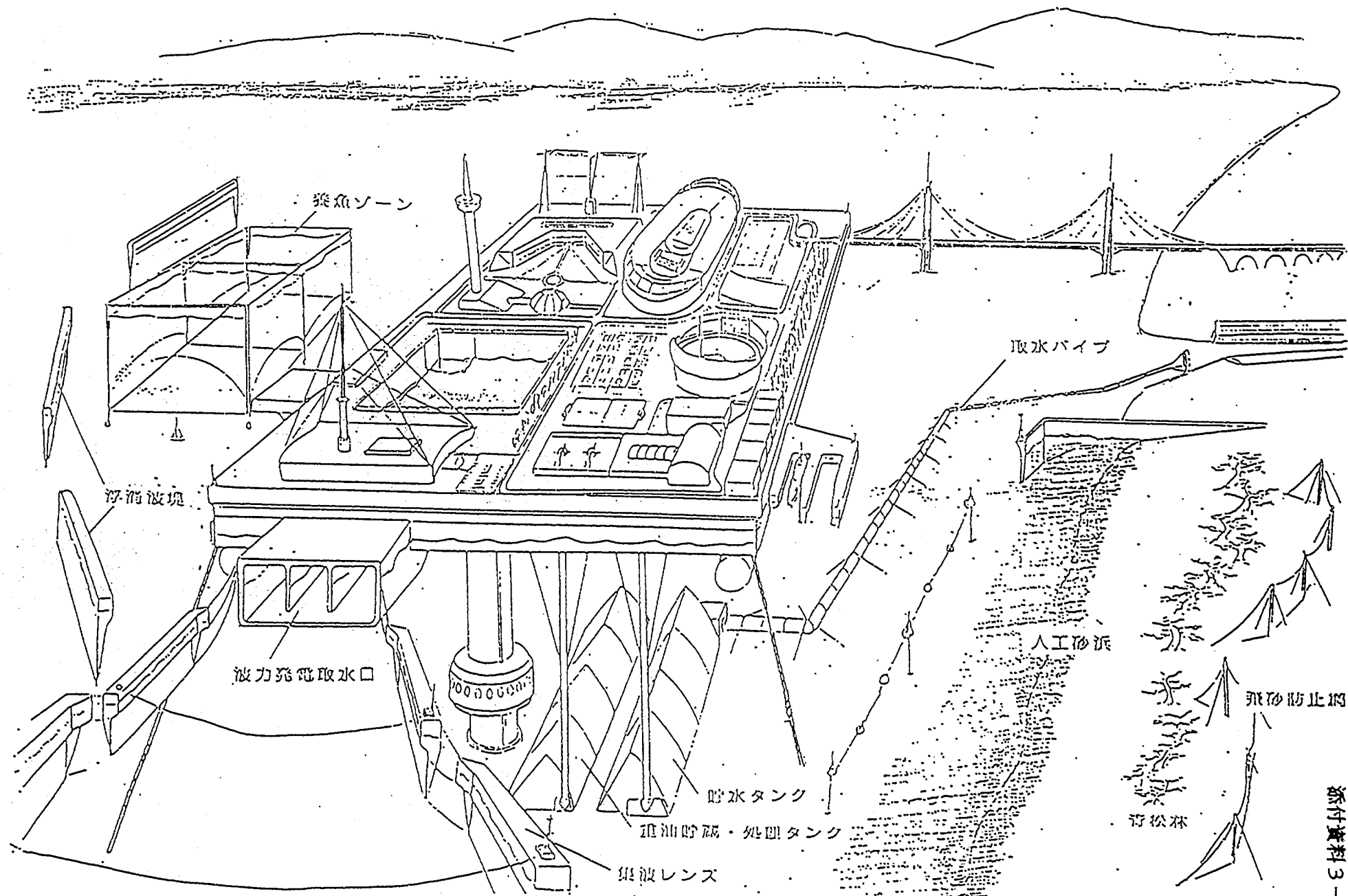


図18 合成高分子材料による人工島 (合成繊維研究開発懇話会、MFP 料会案)

4. ジオテキスタイル

(1) 定 義

ジオテキスタイルは米国のASTM規格では『合成高分子を用いて作られ、土や岩などの土木材料とともに用いられる土木用繊維製品とその関連製品』と定義されている。

表1にジオテキスタイル製品の分類を掲げる。

しかし、日本ではジオメンブレンも含めて広義にジオメンブレンを定義しようとする動きが強い。

(2) 用途および使用例

ジオテキスタイルの主な用途を表2に示す。

表3-1～表3-5に使用方法を図示する。

(3) 機能と特性

きわめて多様な用途で使用されているが、ジオテキスタイルに求められる機能は、排水、濾過、分離、補強、保護の5つである。

もちろん、用途と機能は1対1で対応するのではなく、たとえば軟弱地盤上にジオテキスタイルを敷設して盛土をする場合、分離、補強、排水、濾過の機能が要求されるがその要求の度合いは、軟弱の度合い、盛土材料、盛土高さ々の因子で異なってくる。

また、ジオテキスタイルに求められる機能は、ジオテキスタイルの特性と密接に結び付いている。

機能の説明は下記の通りである。また機能～特性間の関係は表4に示す。

- ① 排水；水平ドレーン、垂直ドレーンにより、余剰水を系外に排水する機能
- ② 濾過；透水性と多孔性を利用し土中水と土を分離する機能
- ③ 分離；粒径の異なる材料の境界に敷設し、相互の混入を防止する機能
- ④ 補強；土に欠けている引張抵抗力を補強する機能
- ⑤ 保護；突起物との接触防止、衝撃力の吸収によりジオメンブレンを保護する

機能

表4でその他の機能としたのは、たとえば、防草・防砂・防雪用等ではその機能を

特定する用語が確立されていないためである。

また、その場合の特性も、たとえば防草用では遮光性が必要になる等、1つの特性では表わせない。

表4では、機能～特性間で重み付けをしていないが、当然重み付けは考慮すべきで、定量的な設計法での基礎ともなる用途～特性用の関連を調べるためにも、機能～特性間で重み付けをしておかねばならない。

以上の手法により、用途～機能～特性間の関係が明確になれば、定性的な設計法は完成するわけである。

定量的な設計法を完成するにはまだデータが揃っていないが、過去の経験も考慮に入れば、暫定的な設計法を作ることは可能ではないだろうか。

(4) 試験法・設計法

日本でのジオテキスタイルの普及はまだ充分とはいえない。その最大の問題点は、試験法・設計法の標準化が遅れていることにある。

しかし現在、

土質工学会；“ジオテキスタイル適用に関する研究委員会”

(委員長；福岡正巳 教授)

繊維学会；“ジオテキスタイル研究会” (委員長；清水敬二 教授)

で精力的に調査・検討が進められており、近い将来、試験法・設計法の標準化がなされるであろう。

また、建設省土木研究所と民間18社の間でもジオテキスタイルの共同研究が進行中であり、ここでも試験法・設計法の検討が進んでいる。

海外では、フランス(NF)、アメリカ(ASTM)、ISO、オランダで試験法の規格が制定されている。

また、カナダ、イギリス、スイス、西ドイツ、オーストリア、フィンランドでも規格化委員会が設けられている。

(5) 使用量

日本における製法別使用量を表5に示す。

アメリカにおける需要量の推移を表6に、また1986年の用途別出荷量を表7に示す。

ヨーロッパでの需要量は、1986年で、140～150 百万㎡といわれており、うち約60 %が、道路・鉄道用とされている。

(6) 今後の課題

ジオテキスタイルは、従来ややもすれば疎遠な関係にあった建設と繊維のいわば学際的領域である。

とはいえ、日本でのジオテキスタイルの使用は、諸外国と比較して決して新しいものではなく、試験法・設計法の標準化が遅れているだけのことである。

良質な建設用土木材料の入手がしだいに困難になっており、しかも、従来の治山・治水からデザインに移行しつつある現状を考えると、多少悪い材料を使用しても、構造設計に高い自由度を与えられるジオテキスタイルの応用は、今後とも増加するものと思われる。

両業界の共同開発（ジオテキスタイル共同研究等）も含めた、官・学・産の協力体制を作り、試験法・設計法の確立だけでなく、新工法・新材料の開発にもお互いにアドバイスし合う関係を作っていきたい。

参考文献

- 1) 基礎工
- 2) 産業用繊維資材ハンドブック
- 3) 塚本英樹（㈱建設企画コンサルタント）：未公開資料より
- 4) O. GICOT, J. PERFETTI : LES GEOTEXTILES GUIDE DE L'UTILISATEUR
- 5) 不織布情報
- 6) Geotechnical Fabrics Report

表1 ジオテキスタイル製品の分類

(Giroud & Carroll による)

分 類		素 材	製 法	代 表 的 用 途	
ジ オ テ キ ス タ イ ル	(1)	編物 (Knitted G.t.)	モノフィラメント、マルチフィラメント、各種ヤーン	からみ(interlock) くくり(loop)	
	(2)	織物 (Woven G.t.)	モノフィラメント、ストリップフィルム、マルチフィラメント、スパン、ファブリックヤーン	織機 平織、紋織、縞子織	広範囲
	(3)	不織布 (Non woven G.t.)	繊維 (fiber)	1.機械的結合(1~5mm厚) 2.熱的結合(0.5mm~1mm厚) 3.化学的結合	ニードルパンチ 広範囲
	(4)	複合 (Composite G.t.)	(1)~(3)の組合わせ	縫製または ニードルパンチ	
関 連 製 品	(5)	帯紐 (Web, Webbing)	帯状布 (Strip)	荒目織(coarse woven) 数cm幅	浸食防止 土の補強
	(6)	マット (Mats)	荒目硬目のフィラメント (coarse, rather rigid)	接点で結合(1~2cm厚)	ドレーン(濾過用G.t. 併用)、吸出し防止
	(7)	ネット (Nets)	押出されたプラスチックストランド(1~5mm径)	押出機 目合数mm~数cm	土の補強 蛇籠
	(8)	グリッド (Grids, Geogrids)	PEまたはPPの有孔シート	一軸または二軸延伸 目合1~10cm	土の補強 蛇籠、盤構造体
	(9)	発泡シート (Foamed plastic)	コルゲート、多孔質材	押出機、モールディングプレス成型	暗渠(透水G.t.と組合 わせ)
	(10)	(1)~(9)の組合わせ			

注)分類欄中のG.t.とはGeotextilesの略

基礎工 1984 vol.12, No6 p.23より

2)
表2 ジオテキスタイルの土木用途の概要

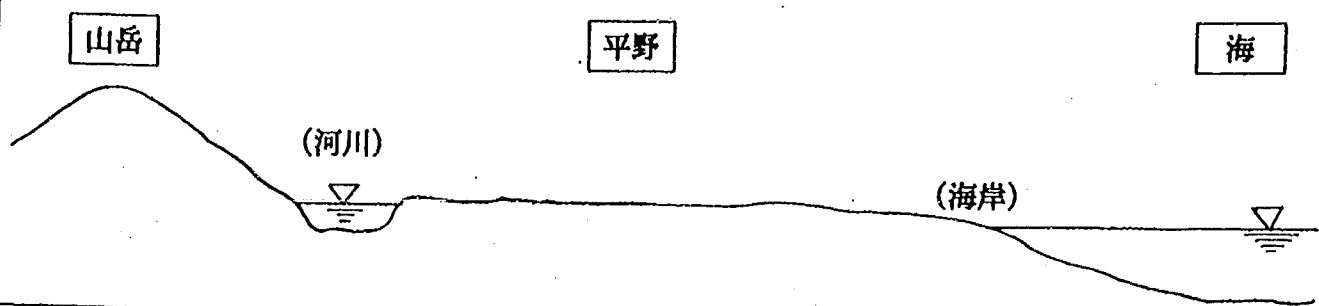
地形的分類					
	山岳	平野	海		
土木工事	ダム 水力発電 トンネル 砂防 斜面保護 道路 鉄道	河川改修 護岸 築堤 用排水炉造成 橋梁	鉄道 道路 宅地造成 各種地下構造物 (地下鉄、上下水・・・) 各種埋設配管工事 建築工事 プラント建設工事 各種河川工事 各種貯蔵施設 火力、原子力	埋立 防波堤 護岸 断切堤 各種港湾施設	各種海上、 海中構造物
	しがら材 裏込吸出し防止 裏込排水 水平ドレーン 土のう フィル堤体表面 防水 暗渠等各種フィル ター材	裏込吸出し防止 洗掘防止 裏込排水袋 防水シート 土のう コンクリート 型枠	パーチカルドレーン材 盛土時不等沈下防止 軟弱地盤表層処理材 水平ドレーン材 暗渠等各種フィルター材 噴泥防止 植生併用 法面ブロック下等吸出 し防止 各種裏込排水材 各種裏込吸出し防止 軟弱地盤表層処理 防水シート	軟弱地盤表層処理 (陸上、水中) パーチカルドレーン材 水平ドレーン材 暗渠等各種フィルター材 埋立材料吸出し防止 法面ブロック下等吸出し 防止 各種裏込排水材 洗掘防止 コンクリート養生 コンクリート型枠 各種裏込吸出し防止 防水シート	シルトプロ テクター (その他) ネット ロープ 養生シート 遮音壁

表 3-1 排水機能の形態と用途例³⁾

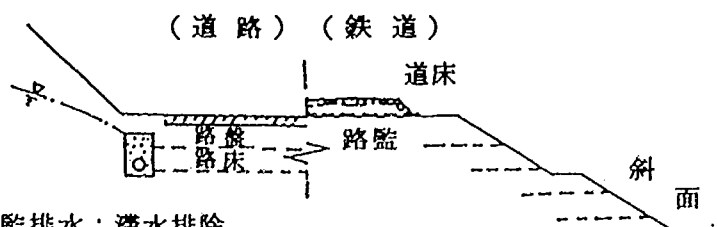
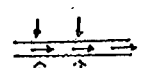
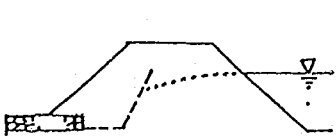
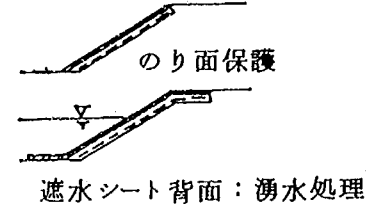
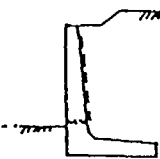
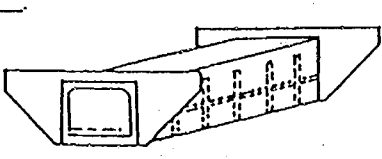
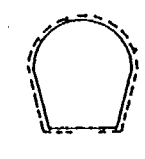
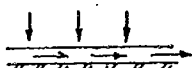
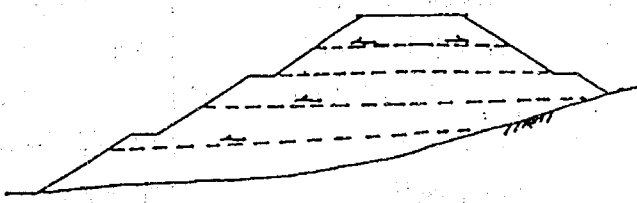
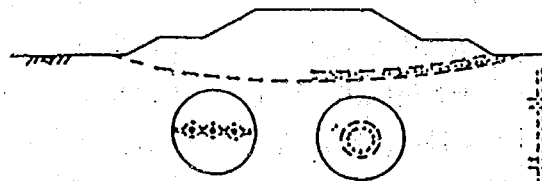
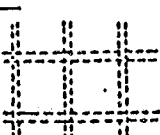
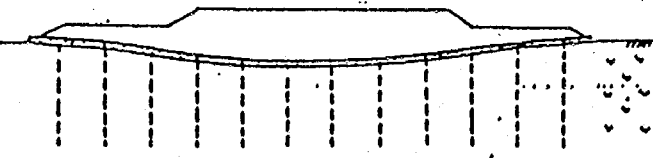
形態	目的	用途例	記事
自由排水	水平遮断排水	(道路) (鉄道)  路監排水：滞水排除 路床排水：浸透水遮断，地下水位低下 針面排水：浸透水，湧水排除	(鉄道路監) 路盤面被覆工法  面方向の排水
	鉛直遮断排水	 堤防：浸透水排除  のり面保護 遮水シート背面：湧水処理	(のり面保護) のり面3層被覆工法  保護層 防水層 排水層
	構造物背面排水	 擁壁背面  横断構造物背面  トンネル覆工背面	 面方向の排水  厚さ方向の排水
圧密排水	水平排水	 高含水比盛土：施工中の過剰間隙水圧消散	
	水平排水	 不織布+フレキシブルパイプ，ネット状パイプ  平面配置	表層処理工法 地下排水工及び サンドマットと併用
	鉛直排水	 軟弱地盤：圧密沈下促進	パーティカルドレーン 工法

表 3 - 2 濾過機能の形態と用途例³⁾

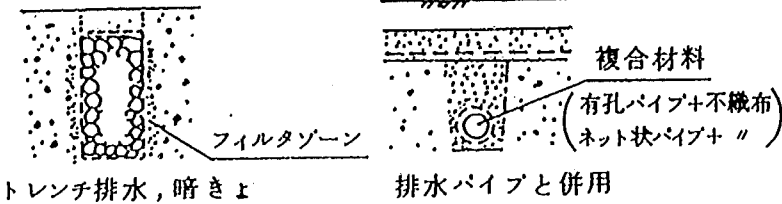
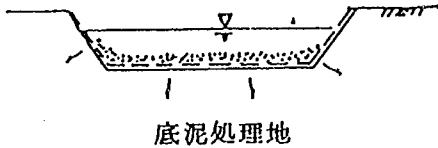
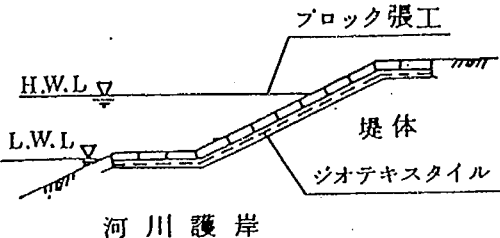
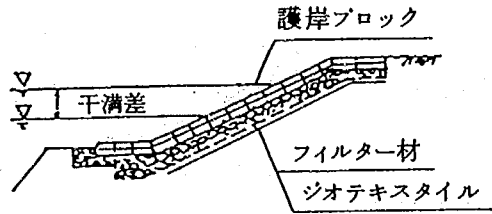
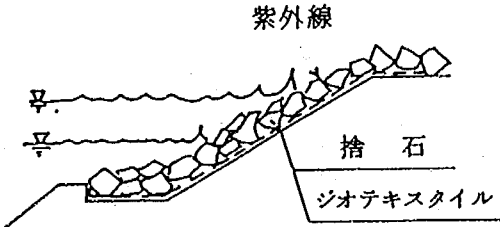
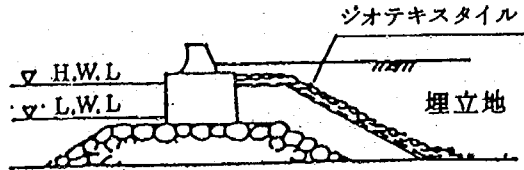
形態	目的	用途例	記事
一定方向の流れ	地下排水	 フィルターゾーン トレンチ排水, 暗きょ 排水パイプと併用 複合材料 (有孔パイプ+不織布) (ネット状パイプ+〃)	土砂吸出し防止
	濁水浄化	 底泥処理地	
方向が変化する流れ	堤体のり面吸出し防止	 ブロック張工 H.W.L. ▽ L.W.L. ▽ 堤体 ジオテキスタイル 河川護岸	複合製品の例 コンクリートブロック 不織布
	護岸吸出し防止	 護岸ブロック 干満差 フィルター材 ジオテキスタイル	金網 不織布
	洗掘防止	 紫外線 捨石 ジオテキスタイル 海岸護岸	織布 不織布
	埋立土・砂流出防止	 ジオテキスタイル H.W.L. ▽ L.W.L. ▽ 埋立地	護岸裏張工法

表 3-3 分離機能の形態と用途例³⁾

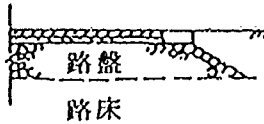
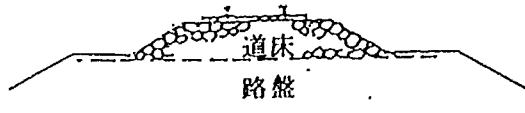
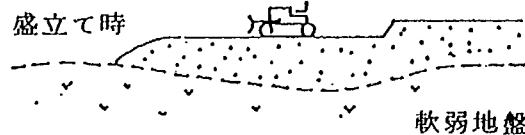
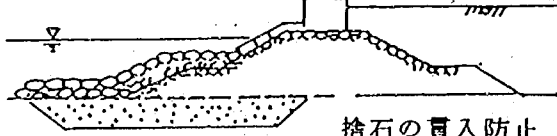
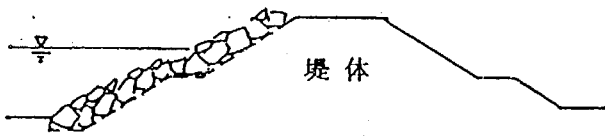
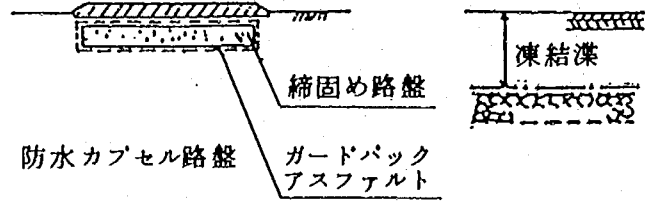
形態	目的	用途例	記事
土と土の分離	層間分離 (路盤と路床)	 路盤 路床 軟弱路床：拘束効果 路盤，路床：分離，排水効果	路盤面被覆工法 覆土工法
	噴泥防止 (道床と路盤)	 道床 路盤 保護層 遮水層 排水層	
	トラフィカビリティー確保 (覆土と軟弱地盤)	 盛立て時 軟弱地盤	
土と水の分離	河床洗掘防止 (捨石と置換材)	 捨石の貫入防止 置換材，基礎の洗掘防止	
	堤防洗掘防止 (捨石と堤体材)	 堤体 堤体材料と捨石の分離	
	防水路盤 凍上抑制層	 防水カプセル路盤 締固め路盤 ガードバックアスファルト 凍結凍	

表 3 - 4 強化・安定機能の形態と用途例³⁾

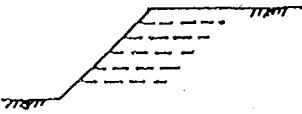
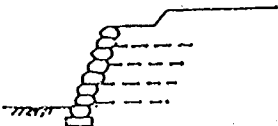
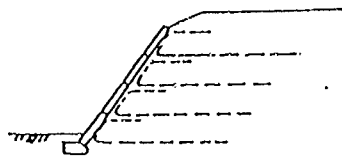
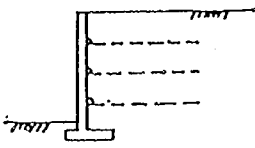
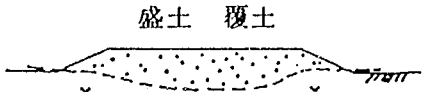
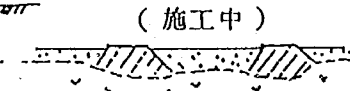
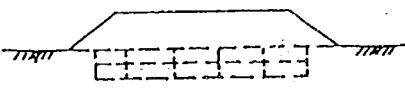
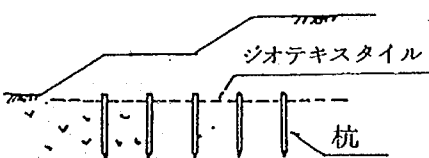
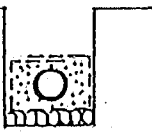
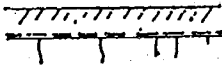
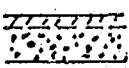
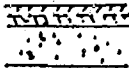
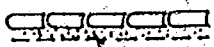
形態	目的	用途例	記事
盛土・擁壁の強化・安定	引張り補強材 層厚管理材	 転圧層管理のり肩強化  土のう + ジオテキスタイル  のり面保護 + ジオテキスタイル  直立壁 + ジオテキスタイル	
地盤の強化・安定	支持力補強 不等沈下防止	 盛土 覆土 軟弱地盤補強  (施工中) (トラフィカビリティー確保) 材料の分離  連続セル構造  ジオテキスタイル 杭 バイルネット工法  地中埋設管の砂基礎	表層処理工法 覆土工法
舗装	クラック防止 わだち掘れ防止	 新設舗装 既設舗装 (リフレクションクラック防止)  簡易舗装 (補強, 防水, はく離防止)  橋面舗装 (防水層)  コンクリートブロック舗装 (クッション層流出防止) クッション層	

表 3-5 ジオテキスタイルの用途例³⁾

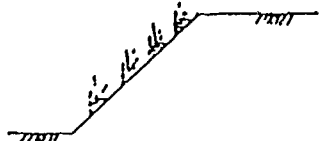
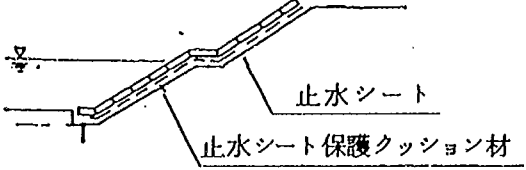
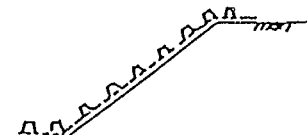
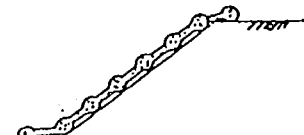
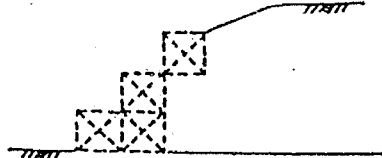
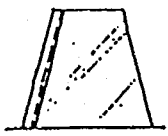
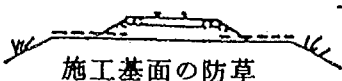
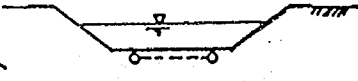
形態	目的	用途例	記事
	のり面緑化 岩盤緑化	  植生袋 しがら工	
	止水シート保護	 止水シート 止水シート保護クッション材	
	のり面保護 布製型枠	  のり面保護 袋状型枠  水路型枠	
	じゃかご	  じゃかご組立て コンクリート型枠	
	防 草 脱 気	  施工基面の防草 貯水池のガス抜き	
	汚濁防止	  鉄塔基礎の防草 河川汚濁防止 (濾過)	
	防 風 防砂・防雪	  防風柵 防砂・防雪柵	

表4 シオテキスタイルの機能と特性の関係

	排水	濾過	分離	補強	保護	その他の機能
厚 さ	○	○			○	
圧 縮 性	○	○			○	
透 水 性	○	○	○			
開 孔 径	○	○				
引張強度			○	○	○	
引張伸度			○	○	○	
モジュラス			○	○	○	
引裂強力			○	○	○	
破裂・貫通抵抗			○	○	○	
摩擦係数				○	○	
柔 軟 性			○	○	○	
その他の特性						

5)

表5 製法別土木シート消費量 (1985年)

(単位: 万㎡)

製 品		消 費 量
織 物	帆 布	670 (16)
	ターポリン	15 (-)
	PP・PEフラット、シート	600 (14)
	小 計	1,285 (31)
不 織 布	スパンボンド	1,250 (30)
	ニードルパンチ	900 (21)
	浸漬接着	250 (6)
	小 計	2,400 (57)
ネ ッ ト 、 そ の 他		500 (1.2)
合 計		4,185 (100)

*()内は構成比

6)

表6 アメリカにおけるジオテキスタイルの需要量 (百万㎡)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986(予想)
不織布	64.0	68.5	69.4	84.4	103.7	114.5	128.8
織 布	21.4	29.3	30.9	36.8	44.3	48.5	52.7
その他	-	-	-	-	2.5	4.2	6.7
合 計	85.4	97.8	100.3	121.2	150.5	167.2	188.2

Geotechnical Fabrics Report

表7 アメリカ 1986年の用途別出荷量 (百万㎡)

	道 路	土壌安定	排 水 用	浸食防止	そ の 他	合 計
不 織 布	62.0	20.1	33.0	10.3	3.8	129.2
織 布	-	39.7	0.6	4.6	2.0	46.8
合 計	62.0	59.8	33.5	14.8	5.8	176.0

出展: 不祥

セメント系新素材・新材料

について

目 次

1. 業界の概要	1
(1) 業界の現状	1
(2) 需要について	3
(3) 製造方法	3
(4) 主な製品と用途	6
2. 最近の新素材・新材料について	9
3. 土木用材への適用	11
(1) セメント	11
(2) 混和材料	21
(3) 二次製品	33

1. 業界の概要

1) 業界の現状

セメント製造メーカーは現在23社あるが、表-1に示すような5つのグループを作って共同販売事業を行っている。

工場数は47(白色セメント専用2工場を含む)で、図-1に示すように分布している。

セメント製造業は国内に豊富にある石灰石を利用し、量的には比較的順調な発展をしてきた。しかし、その反面、エネルギー多消費型産業であること、典型的な装置産業として技術革新に伴う多額の設備投資が必要なこと、製品単価が安く運賃負担力がないこと、生コンの発達とそれに伴う販売競争の激化、近年における国内需要の頭打ち等、内部には多くの問題をかかえていた。

それが、2度にわたる石油危機および急激な円高を契機に深刻な問題として顕在化し、次のような業界全体の合理化対策がとられている。

(1) 特定産業構造改善臨時措置法による構造改善(S.59.5~)

- ・2度にわたる石油危機の影響による原材料・エネルギーコストの上昇、需要の低迷、過当競争の激化等の問題に対処。

- ・その内容は、

- ① 3,100万t(全体の24%)の設備処理、

- ② 共同事業会社の設立と5グループ化による事業提携の実施等。

(2) 産業構造転換円滑化臨時措置法による構造転換(S.62.10~)

- ・S.60.9のG5を契機とする円レートの急騰により、国際競争力に大きな影響を受けたことに対処。

- ・そのポイントは、

- ① 1,000万t強の設備処理によるセメント部門のスリム化と適正稼働率の回復、

- ② 5グループ体制を活用した事業提携の推進による徹底した合理化、非価格競争力の向上等による国際競争力の強化、

- ③ セメント部門のスリム化と合わせての事業の多角化、等。

表-1 セメント製造メーカーとグループ分け

グループ名	社 名	62年度セメント出荷高
中央セメント	小野田セメント 三井セメント 日立セメント 新日鐵化学 三河小野田セメント	千t 15,514 (21.0%)
大日本セメント	日本セメント 明星セメント 第一セメント 大坂セメント	15,522 (21.0)
不二セメント	三菱セメント 徳山セメント 東北セメント 曹達発	13,801 (18.7)
アンデスセメント	住友セメント 友成セメント 八幡セメント 生田セメント 荏賀セメント 電氣化学工業 日鐵セメント	14,518 (19.6)
ユニオンセメント	宇部興産 秩父セメント 教賀セメント 琉球セメント	14,593 (19.7)
計	23社	73,948 (100)

会社数 23 社
工場数 45工場
(注)他に白色専用2工場有り
(糸崎, 北九州)

昭和63年4月1日現在

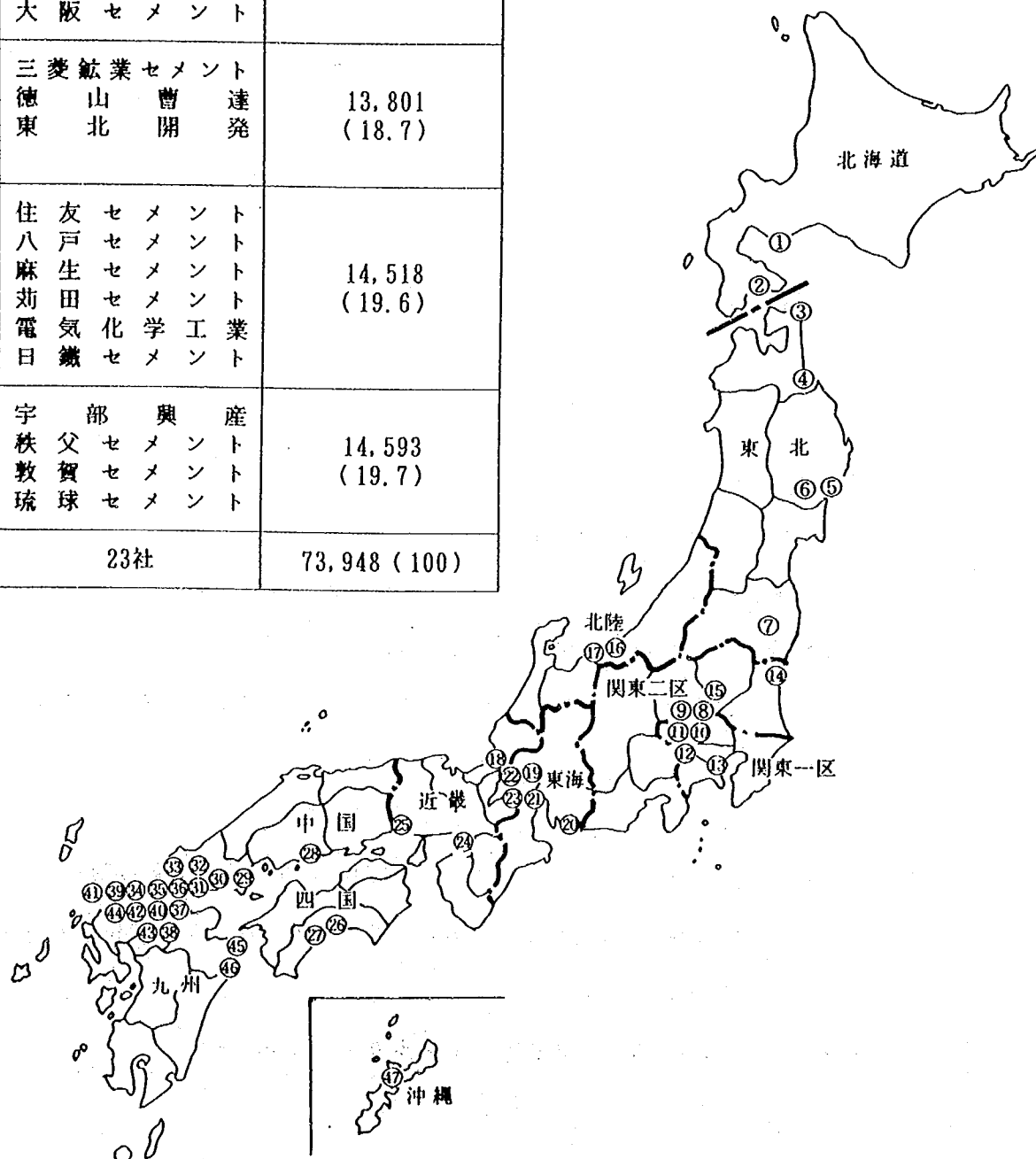


図-1 セメント工場の分布

2) 需要について

表-2に最近5年間の国内販売数量の推移を示す。

表-2 セメントの種類別国内販売量

(単位 千t, %)

年度		58			59			60			61			62		
種類			構成比	前年比		構成比	前年比		構成比	前年比		構成比	前年比		構成比	前年比
ポルトランドセメント	作 通	56,588	83.5	94.5	56,444	82.3	99.7	53,467	81.0	94.7	53,504	78.6	100.1	53,936	76.4	100.8
	早 強	1,670	2.5	101.8	1,828	2.7	109.5	1,944	2.9	106.3	2,317	3.4	119.2	2,901	4.1	125.2
	中 庸 熟	235	0.3	113.6	265	0.4	112.5	211	0.3	79.6	180	0.3	85.3	222	0.3	123.3
	計	58,493	86.3	94.7	58,537	85.4	100.1	55,622	84.2	95.0	56,001	82.3	100.7	57,059	80.8	101.9
混合セメント	高 知	7,806	11.5	109.9	8,614	12.6	110.3	9,046	13.7	105.0	10,807	15.9	119.5	12,330	17.5	114.1
	シ リ カ	76	0.1	109.7	80	0.1	106.1	85	0.1	106.3	99	0.1	116.5	112	0.2	113.2
	フ ラ イ ア ッ シ ュ	1,363	2.0	90.8	1,273	1.8	93.4	1,222	1.9	96.0	1,074	1.6	87.9	1,017	1.4	94.7
	そ の 他	65	0.1	118.6	60	0.1	92.0	47	0.1	78.3	77	0.1	163.8	74	0.1	96.0
	計	9,310	13.7	106.7	10,027	14.6	107.7	10,400	15.8	103.7	12,057	17.7	115.9	13,533	19.2	112.2
合 計		67,803	100.0	95.2	68,564	100.0	101.1	66,022	100.0	96.3	68,058	100.0	103.1	70,592	100.0	103.7

3) 製造方法

図-2に最近のセメント製造工程の概要を示した。

図-3は製造工程の最重要部をなすNSPキルン(New Suspension Preheater kiln)の説明図である。

また、図-4はキルン様式別の製造能力構成比の推移を示したものである。

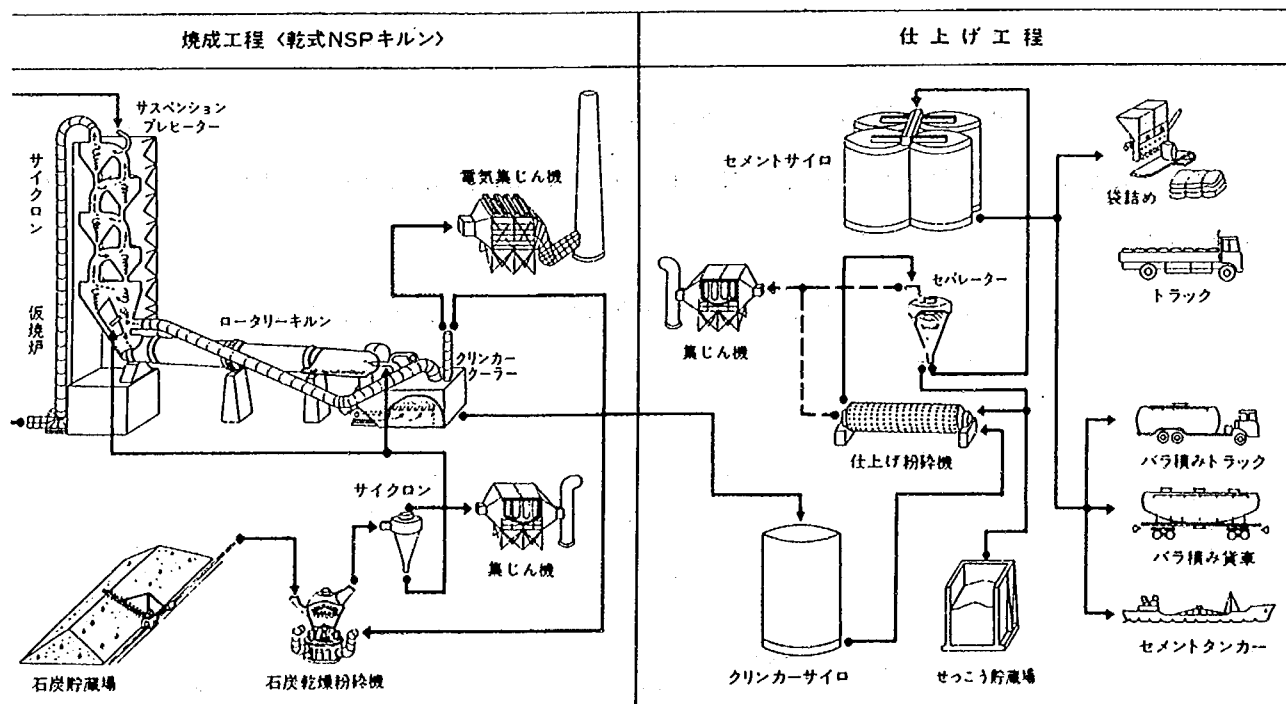
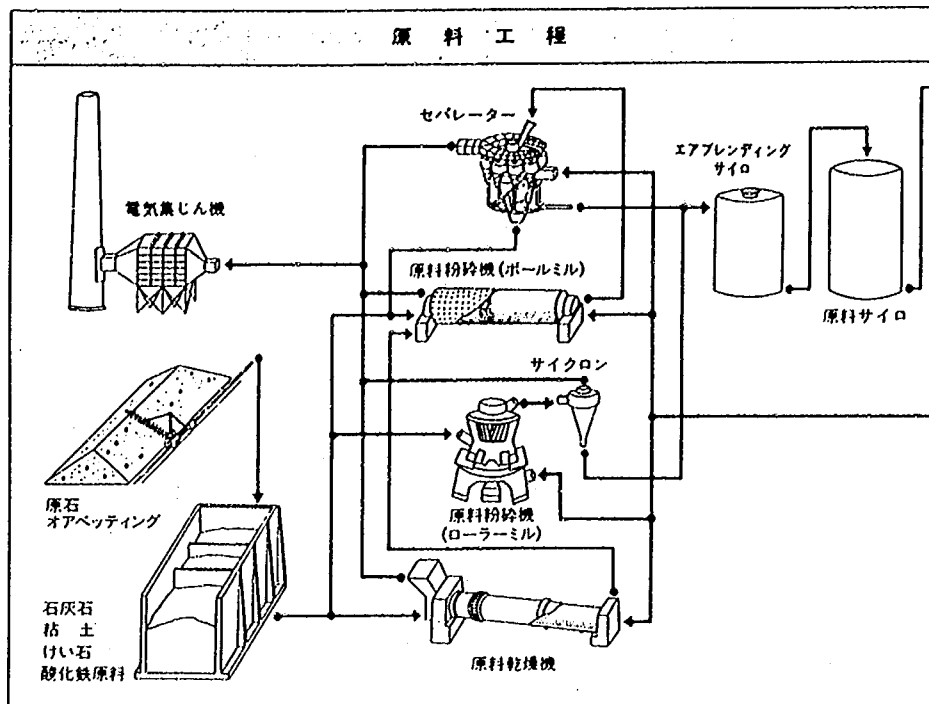


図 - 2 セメントの製造工程

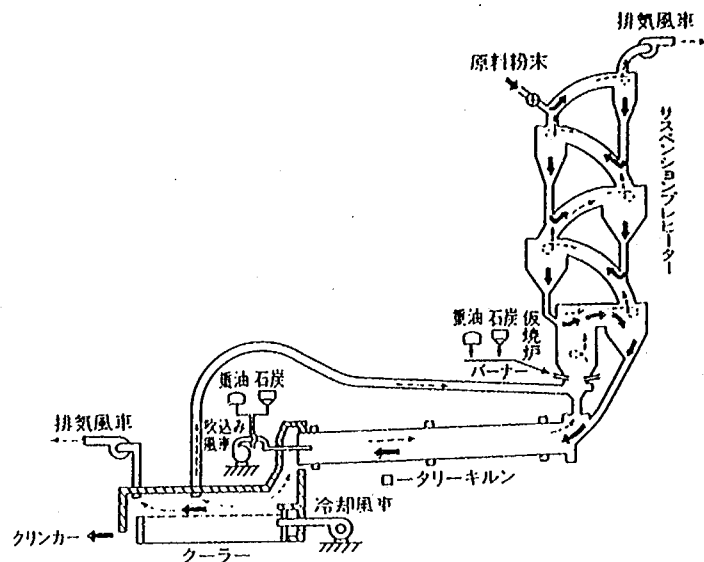


図-3 NSPキルン方式の焼成原理（黒矢印：原料の流れ，点線矢印：燃焼ガス又は空気の流れ）

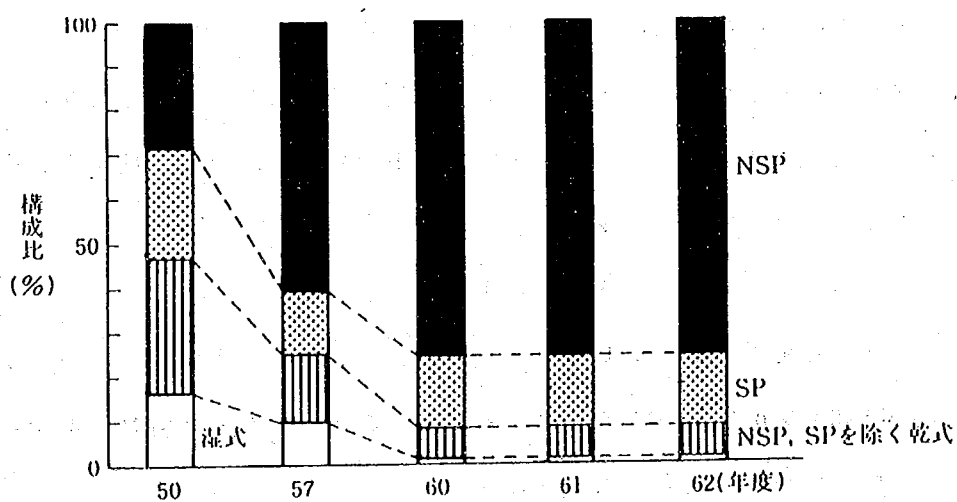


図-4 キルン様式別製造能力構成比の推移（NSP：仮焼炉付きのニュー・サスペンションプレヒータ方式，SP：サスペンションプレヒータ方式）

4) 主な製品と用途

(1) ポルトランドセメント

a. 普通ポルトランドセメント

一般に、コンクリート工事用としてもっとも多量に使用されている。現在、わが国で生産されるセメントの約81%はこのセメントである。

b. 早強ポルトランドセメント

普通ポルトランドセメントより C_3S を多くし、細かく粉砕した短期高強度のセメントである。特性としては、短期に高強度を発現し、長期強度も普通ポルトランドセメントより高い。すなわち、普通ポルトランドセメントと比較すると1日の強さは約3倍、3日強さは約2倍である。プレストレストコンクリート、コンクリート製品、冬期工事、緊急工事などに用いられる。

c. 中熱ポルトランドセメント

水和熱を小さくするために C_3S と C_3A を減じ、長期強度を発現する C_2S を多くしたセメントである。特性としては、①水和熱が普通ポルトランドセメントより低いのでマスコンクリート用に適している、②強さは、普通ポルトランドセメントに比べて短期では低いが長期では同等か、やや勝ることが多い、③乾燥収縮が小さい、④耐硫酸塩性が大きい。ダム、地下構造物などのコンクリート用のほか、道路舗装用としても用いられる。

d. 耐硫酸塩ポルトランドセメント

セメント中の C_3A の含有量を4%以下と他のポルトランドセメントより低く抑え、硫酸塩に対し抵抗性を与えたセメントである。強さは、材令28日では普通ポルトランドセメントと中熱ポルトランドセメントのほぼ中間である。土壌、地下水、排水などに硫酸塩が多く含まれる環境下で使用される。

e. ポルトランドセメント（低アルカリ形）

a～dの各種ポルトランドセメントについて、セメント中の全アルカリ量(R_2O ; $Na_2O + 0.658K_2O$)を0.6%以下としたセメントである。アルカリ骨材反応をおこすおそれのある骨材を使用するときに用いられる。

(2) 混合セメント

セメントクリンカーとせっこうのほかに、混合材を使用してつくるセメントが混合セメントである。使用する混合材には、高炉スラグ、シリカ質混合材、フライアッシュの3種類がある。

ポルトランドセメントが水と反応すると Ca(OH)_2 が生成するが、いずれの混合材もこれと反応して Ca(OH)_2 よりずっと水に溶けにくい水和物をつくる。このためセメント硬化物が緻密になり、強度や水密性が大きくなり、海水中の塩素成分のように Ca(OH)_2 を溶解する作用に対する抵抗性が大きくなるという特色を、混合セメントは一般に持っている。混合セメントは、省エネルギー・省資源的なセメントである。

a. 高炉セメント

高炉セメントは、混合材として水冷した高炉スラグを使用する混合セメントである。水冷高炉スラグはそれ自身では硬化しないが、高炉セメントとして使用すると水和し硬化する性質を持っている（潜在水硬性）。一般に、高炉セメント中の高炉スラグの分量は、他の混合セメントの混合材の分量より多い。このセメントの特性は、①長期強度は普通ポルトランドセメントに勝ることが多い、②海水に対する抵抗性に優れている、③水和熱が低い、④水密性が高い。

高炉スラグの分量によってA、B、C種と3種類の高炉セメントがある。分量の少ないA種は普通ポルトランドセメントとほぼ同じ用い方をし、分量の多いBおよびC種はダム、河川、港湾など、主として土木工事に用いられる。

b. シリカセメント

Ca(OH)_2 と反応しやすい形の SiO_2 （シリカ）を多く含むシリカ質物質をポゾランと呼んでいる。JISでは、 SiO_2 含有率60%以上のポゾランをシリカ質混合材と定義しており、これを混合してつくる混合セメントがシリカセメントである。このセメントの特性は、水密性が高く石灰分の溶出を減ずるので、耐久性に富む。土木・建築工事の構造用セメントとして、また塗装モルタル用として用いられる。

近年、オートクレーブ（高温高圧蒸気）養生をするセメント二次製品製造のさいに、純度の高いけい石などの粉末を混合したセメントがしばしば使用される。このセメントもシリカセメントと呼ばれることもある。

c. フライアッシュセメント

フライアッシュは、火力発電所の微粉炭燃焼のさいの燃焼灰（一般に中空の球状）を集じん機で捕集した人工のポゾランである。このフライアッシュを混合材として使用したセメントがフライアッシュセメントである。このセメントの特性は、①同一のワーカビリティを得るための水量を減ずることができ、コンクリートの流動性を良くする。その結果、透水性を減少でき、また化学抵抗性が比較的大きい、②乾燥収縮が小さく水

和熱も低い，③長期強度は普通ポルトランドセメントに勝ることもある。ダム工事をはじめ，一般の土木・建築工事に用いられる。

(3) 特殊セメント

a. 白色ポルトランドセメント

セメント中の Fe_2O_3 を極端に減ずることによって，白色としたポルトランドセメントである。少量の顔料を加えると好みの色彩が得られる。構造用，塗装，装飾，標識，人造大理石製造などに用いられる。

b. セメント系固化材

砂質土，シルト質土，粘土質土，火山灰土および有機質土等の軟質土を固化し，処理しやすい土質に改良するために使用される特殊なセメントである。無害・安価で軟質土の改良にきわめて効果的に力を発揮するので，地盤安定に使用されることはもちろんのこと，河川泥土，下水汚泥などの固化にも使用されている。

c. アルミナセメント

ボーキサイトと石灰石を原料として電気炉，ロータリーキルンなどで熔融あるいは焼成してつくられる。注水後6～12時間で普通ポルトランドセメントの28日強さに匹敵する強度を発揮するようになるが，温度が高い場合には水和物の転移によって強度が低下するので注意が必要である。緊急工事，寒冷期の工事，耐火物，化学工場などに用いられる。

d. 超速硬セメント

初期水和の早いアルミン酸カルシウム含有量とせっこう等の添加量を変えることにより，凝結・硬化を調節できる。2～3時間でJISモルタル強さは $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ にも達し，その後の強度は超早強セメントに匹敵する。緊急工場，コンクリート製品，吹付けコンクリート，グラウトなどに用いられる。

e. 膨張性セメント

コンクリートの乾燥収縮によるひびわれの防止およびケミカルプレストレスの導入を目的としたセメントである。わが国では，石灰石，ボーキサイトおよびせっこうを配合し焼成してつくられたカルシウムサルホアルミネート系，および石灰石を主体として焼成された石灰石系の混和材がコンクリート用膨張性混和材として現在市販されている。

f. コロイド・油井・地熱井セメント

岩盤グラウトなどに用いられる最大粒子径が $40\mu\text{m}$ 程度に微粉碎されたコロイドセメントおよび油井，地熱井の掘削にさいして高温高圧下で使用できるようにした油井・地熱井セメントや，岩層等の割れ目より流出する水を止める止水用セメントなどがある。

2. 最近の新素材・新材料について

業界としてのまとまった新素材・新材料の開発例は少なく、各メーカーがそれぞれの関連分野もしくは新規進出分野での製品開発が多い。

以下はそれら開発品の一例であるが、大部分は今回のプレゼンテーションで取上げられている。

(1) セメント関連製品

a. 大型工事や新工法に関連したもの

- ・本四架橋等のマッシブな構造物用の低発熱セメント。施工性との関連で、凝結・強度発現性等に条件のつく場合が多い。
- ・関西新空港、大黒埠頭等の海底深層混合用の超遅硬性セメント

b. 建設省との共同もしくは助言を受け、セメント協会として開発中のセメント

- ・RCCP用低収縮セメント
- ・RCD用低発熱セメント

c. 新規分野

- ・現地材料利用の地盤改良固化材
- ・地盤や岩盤注入用の超微粉型無機系注入材
- ・高温高圧下の地熱井グラウト用地熱セメント
- ・低アルカリ性のGRC用セメント

(2) 混和材料

a. ひびわれ低減材料

- ・セメントの水和熱に伴う温度ひびわれを低減する混和材
- ・セメントの乾燥収縮を低減する有機系混和剤

b. 高強度用混和材

- ・従来からあった製品用に加え、現場打ちコンクリート用の無機系高強度混和材
- ・高粉末度のシリカ質粉末又は高炉スラグ粉末
- ・複数の材料を組合わせた高強度コンクリート用システム

c. 水中コンクリート用混和材

- ・粘稠性を高めて材料分離を防ぐ水中コンクリート用混和材で、本来の水中工事のほか、陸上工事、コンクリート製品にも利用。

d. トンネル掘削関連の無機系混和材

- ・吹付けコンクリート用の急結材
- ・ロックボルト定着用のプレミックス固化材

(3) 二次製品

a. 主として建築用途の各種板状製品

- ・繊維補強セメント系薄肉建材（GRC，SFRC，CFRC等）
- ・セラミックス又は樹脂系の各種化粧製品

b. 新規舗装用ブロック

- ・美観，耐磨耗性等に優れた高付加価値型舗装用ブロック

(4) その他

a. RC用の補修材

- ・社会問題化したRC構造物の補修及び建築物のリフォーム用各種材料とシステム。

b. 空隙充填用の気泡モルタル

c. スラグ微粉末利用のプレミックスモルタル

d. 耐流動性を向上させるアスファルト改質材

e. 静的破砕材

- ・破砕能力を高め，かつ，短時間型の改良製品。

f. 無機系弾性表面保護材

g. 各種の雨水浸透システム用製品

h. 防水・遮音効果の得られるシーリング材

i. ニューセラミックス

- ・エンジニアリングセラミックスの原料粉末及び製品。
- ・エレクトロセラミックスの原料粉末及び製品。
- ・センサー等の多機能製品。

j. 上記以外にも，セルフレベリング材，左官材，植生材料，消臭材，等がある。

3. 土木用材への適用

1) セメント

セメント系材料として、a. 新規注入材、b. 低発熱型セメント、c. R C C P用低収縮セメント、d. G R C用セメント、e. 超遅硬性固化材についてプレゼンテーションが行われた。

a. 新規注入材

今回提示されている注入材には、セメント、高炉スラグ等の無機質系材料を微粉碎したものの（記号A、B、C、D）、それらにポリマーディスパージョンを添加して伸び能力を高めたもの（E）、および急硬性セメント鉱物微粉末をセメントミルクに混合して急硬性をもたせたもの（F）がある。

これら注入Fの材料概論と材料に期待される用途を以下に示す。

(I) 注入材A

材料概論：

- ・原材料は微粉碎したセメント、高炉スラグから成る。
- ・特徴として、

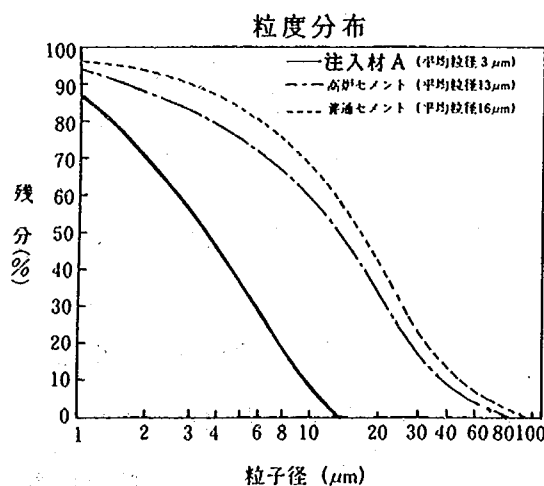
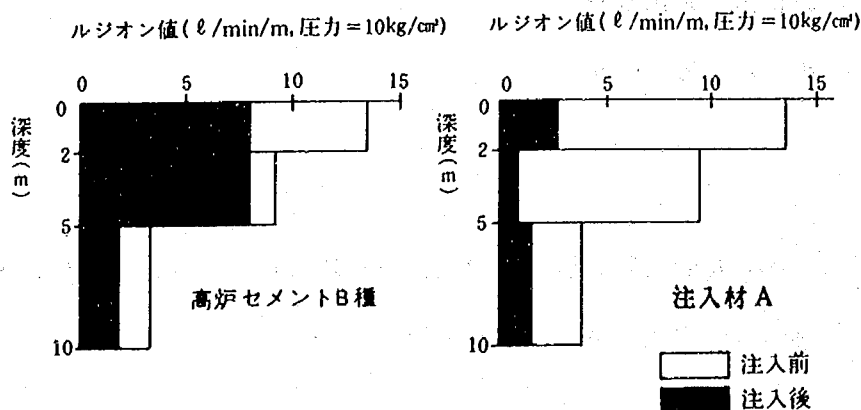
(i) 材料が沈降分離しにくく、安定したスラリーが得られる。

(ii) 間隙への浸透性が極めて優れている。

(iii) 浸透後硬化し、透水率が著しく低下する。

(iv) 有害成分を全く含まず、地下水、土壌への汚染が無い。

透水性（ルジオン値）



・開発の方向、可能性として、浸透性の向上がある（高分子系注入材との複合化）。

材料に期待される用途：

- ・現段階における土木への適用：トンネル，ダム，都市土木等における遮水，地盤強化。
- ・材料に期待される用途：浸透性が良く，高強度の硬化体を得られるため，グラウト孔間隔の拡大による注入コストの低減など，注入工法の大幅な改善が期待される。

(2) 注入材 B

材料概論：

- ・セメント，スラグ等の無機質材料を微粉碎して製造される材料であり，浸透性に優れ，分離抵抗性が高い。
- ・粒度及び J I S モルタルの強さは下表の通り。

品 種	5 0 % 粒 径	9 5 % 粒 径
U F	4 μ	8 μ
S F	8 μ	2 0 μ
F	1 0 μ	3 0 μ

品 種	圧縮強度 (kg f / cm ²)			
	材令 1 日	材令 3 日	材令 7 日	材令 28 日
U F	6 6	2 6 3	3 5 6	4 4 9

材料に期待される用途：

- ・ダム基礎地盤の強化，難透水層化
- ・トンネル掘削時の止水，地山強化
- ・構造物基礎等の亀裂性岩盤の強化

(3) 注入材 C

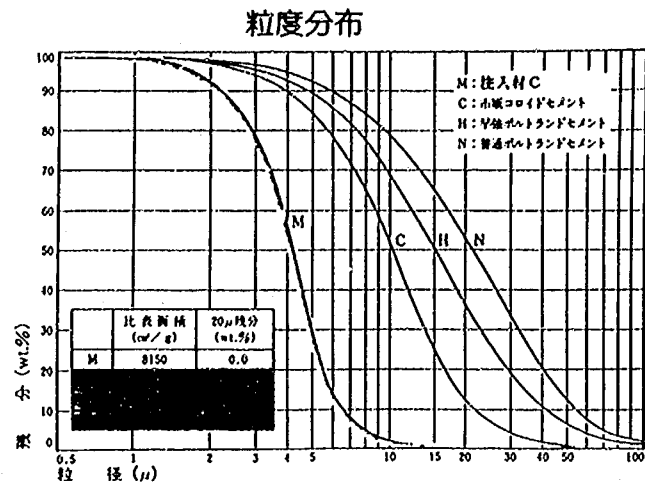
材料概念：

- ・グラウト用に開発された無機質，無公害の超微粒子注入材で，強度耐久性に優れ溶液型注入材に匹敵する浸透性をも兼ね備えている。

(i) 無機質懸濁型注入材。

(ii) 平均粒子径 $4 \mu\text{m}$ であり、

溶液型に匹敵する浸透性を持つ。



各種グラウトサンドゲルの圧縮強さ

グラウト		サンドゲルの圧縮強さ (材令7日 kg/cm^2)											
		2	3	4	5	10	15	20	30	40	50	100	150
懸濁型	注入材Cのグラウト												
	LW												
溶液型	水ガラス系												
	シリカ系												
	尿素系												
	アクリル系												

材料に期待される用途：

- ・地盤の支持力増加（地盤改良）
- ・トンネル掘削時の湧水防止
- ・構造物の沈下防止
- ・下水道管路の破損、漏水箇所の止水

(4) 注入材 D

材料概論：

- ・主原料はセメント及び微粉碎されたスラグ粉末。
- ・注入性に優れ微細クラシックまで注入可能。
- ・セメント系材料でコンクリートとのなじみが良い。
- ・付着性が良くコンクリートと同等以上の強度を有しており、構造耐力回復が図れる。
- ・スラリー容重 = $1.78\text{g}/\text{cc}$ ，Jロートフロー = 9 秒の場合の試験データは表の通り，

物 性	材 令		
	3 日	7 日	28 日
圧 縮 限 度 (kgf/cm ²)	320	460	580
曲 げ 強 度 (kgf/cm ²)	40	95	120
コンクリート付着強度 (kgf/cm ²)		30	45
長 さ 変 化 (%)	+ 0.01	+ 0.005	- 0.008

(注) 養生：20℃封かん養生， W/C = 50%

材料に期待される用途：

- ・コンクリート構造物補修用クラック注入材。
- ・グラウト材

(4) 注入材 E

材料概論：

本注入材は、超微粒子のパウダーとポリマーディスパージョンから構成されたセメント系と樹脂系の中間的な材料で、以下のような特徴がある。

- ・伸び率が200%以上と高く、ひびわれ追従性に優れている。
- ・幅0.05mm程度の微細なひびわれにも注入できる。
- ・湿潤状態のコンクリートに対しても良好な接着性を示す。
- ・取扱いが容易で、作業性もよい。

材料物性：

試験項目	試 験 結 果		備 考
	気 中	S . W . 1000時間	
耐 酸 性	異常なし	異常なし	JIS K 5400
耐アルカリ性	異常なし	異常なし	
耐 熱 性	異常なし	異常なし	
耐沸騰水星	異常なし	異常なし	
引張り伸び率 (%)	2 5 3	2 3 7	JIS A 6910

材料に期待される用途：

- ・コンクリート構造物の一般ひびわれ補修
- ・コンクリート構造物の進行性ひびわれ補修

(5) 注入材 F

材料概論：

注入材 F は、表 - 1 に示す化学成分を有する微粉末の急硬性セメント鉱物を主成分とする混和材で、注入材としては一般に別個に調整したセメントミルクと凝結調整剤を含む E S ミルクを圧送し、注入直前に Y 字管等で混合し、注入する（図 - 1）。

凝結時間は、凝結調整剤 E S セッターの添加量を変化させることにより調整する（図 - 2, 3）。ホモゲル強度は図 - 4 のように E S 量を変化させることにより調整可能であり、土質及び要求物性により任意に対応可能である。

E S を使用することにより、①無公害の注入が可能、②強い急結力により短時間に土質安定化が可能、③漏水・湧水の急速な遮断が可能となる。セメント系のため地盤の恒久的改良が可能である。

表-1 ●化学組成 (JIS-R-5202)

品名	Ig loss	Insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	比重	粉末量 (cm ³ /g)
本注入材	0.6	0.8	2.2	23.9	0.7	42.6	0.2	28.3	2.9	5500
普通ポルトランドセメント	0.4	0.2	22.1	5.2	3.0	64.7	1.0	1.7	3.1	3200

図-1 ●注入方法

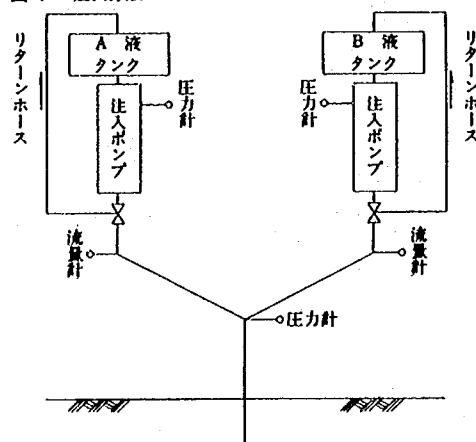


図-2●ロッド注入用配合のゲルタイム調整

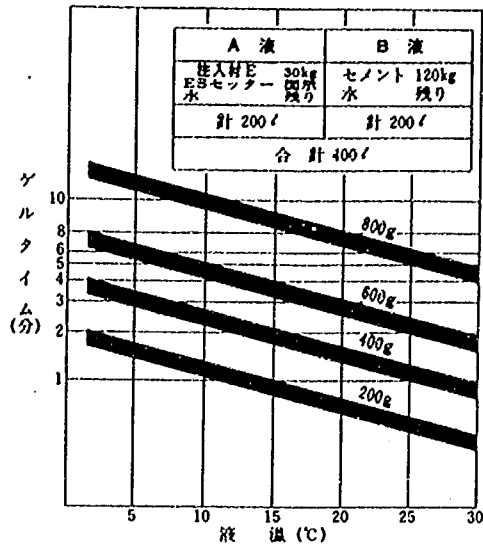


図-3●高圧ジェット用配合のゲルタイム調整

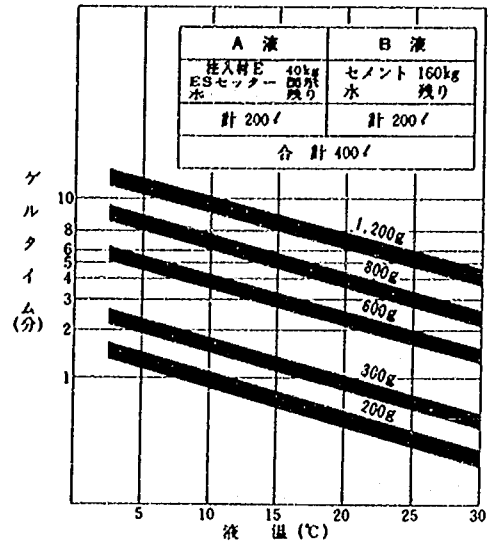


図-4●配合別材令と圧縮強度の関係/20℃ RH80%

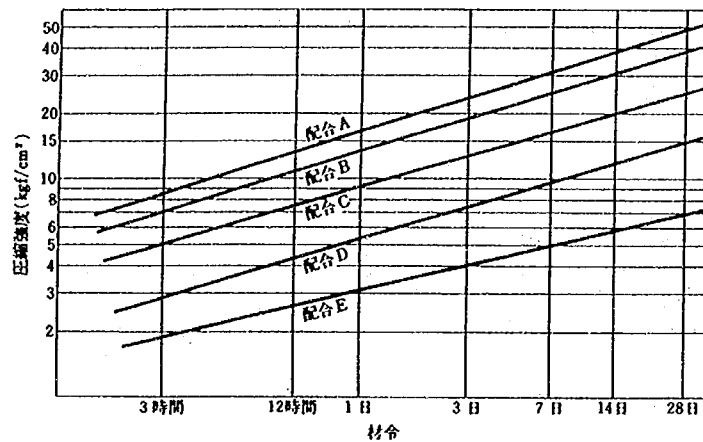


表-2●図-4の材料配合(ESセッター)対注入材E.2%

配 合	A 液 (注入材 E) kg/200 l	B 液 (セメント) kg/200 l	備 考
A	60	160	
B	40	160	高圧ジェット用 標準配合
C	40	140	
D	30	120	ロッド注入用 標準配合
E	30	100	

材料に期待される用途：

- ・各種土質での急速土質改良用途

b. 低発熱型セメント

セメント協会・材料開発専門委ではRCD用低発熱型セメントの開発を現在行っているが、その活動の一環として、低発熱セメントの品質に関する実態調査を行った。

その結果判明した最近の低発熱セメントの品質レベルは次の通りである。

材料概論：

- ・クリンカーは主として普通あるいは中庸熟ポルトランドセメント用クリンカーを使用し、一種のみではあるが早強ポルトランドセメント用クリンカーを使用したものもある。

混合材としては高炉スラグ、フライアッシュおよびシリカ質材料の3種類である。

- ・混合材は① クリンカー1種類と混合材1種類を

混ぜた2成分系

- ② クリンカー1種類と混合材2種類な

いはクリンカー2種類と混合材1種

類を混ぜた3成分系の

2つに分けられる。

- ・いずれの低発熱型セメントもクリンカーはJIS

に規定されるポルトランドセメントの製造に使用

されるものであり、混合材も特殊なものは使用しておらず既存の材料を適宜組合せたものである。

- ・これからの開発の方向は、① セメント粉末度、セメント SO_3 の適正化

- ② フライアッシュ、スラグ微粉末以外の混合材の検討

- ③ JISに規定されないクリンカーの検討

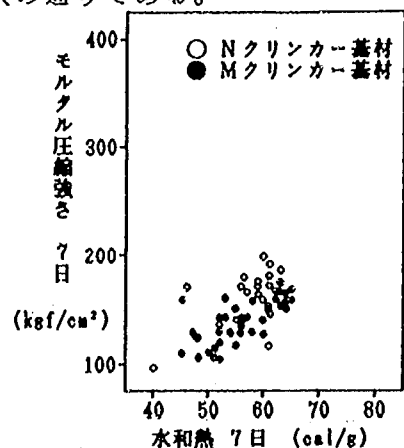
材料に期待される用途：

- ・ダム工事、橋脚基礎構造物工事、超高層建築工事等のマスコンクリート、

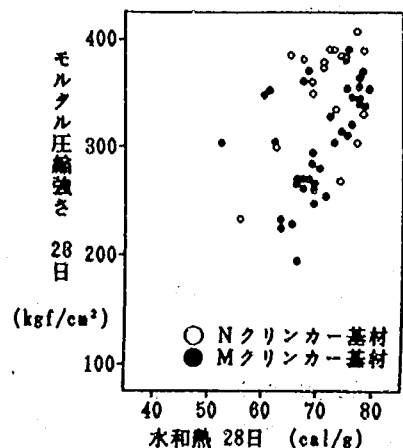
なお、一般に混合材の混合率が高いため、20℃の標準養生でも凝結時間が長い。特に低温時において凝結時間が長く、初期強度が低いものがある。

c. RCCP用低収縮セメント

建設省関東技術事務所とセメント協会のRCCPに関する共同開発研究の一環をなすものである。



水和熱7日とモルタル圧縮強さ7日との関係



水和熱28日とモルタル圧縮強さ28日との関係

材料概論：

- ・普通ポルトランドセメントと同様に使用することが可能。
- ・モルタルの乾燥収縮による長さ変化は普通ポルトランドセメントの70%以下。
- ・普通ポルトランドセメントクリンカーを基材として使用したRCCP用低収縮セメントの性質を以下に示す。（早強，中熱ポルトランドセメントクリンカーも基材として使用できる）

RCCP用低収縮セメントの物理的性質と水和熱

(JIS R 5201, 5203)

セメントの種類	比重 (-)	比表面積 (cm^2/g)	SO ₃ (%)	凝 結			圧縮強さ ($\text{kg f}/\text{cm}^2$)			曲げ強さ ($\text{kg f}/\text{cm}^2$)			水和熱 (cal/g)	
				水 質 (%)	始 発 (h-m)	終 結 (h-m)	3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日	7 日	28 日
普通ポルトランドセメント	3.15	3.250	2.0	26.8	2-50	4-05	143	243	417	34	49	76	75.8	87.1
RCCP用低収縮セメント	3.12	3.300	3.5	26.6	3-15	4-35	153	239	385	35	49	74	76.0	86.0

コンクリート圧縮強度

(単位： $\text{kg f}/\text{cm}^2$)

セメントの種類	土木用配合		RCCP用配合			
	材令 7 日	材令 28 日	材令 1 日	材令 3 日	材令 7 日	材令 28 日
普通ポルトランドセメント	328	433	262	473	548	692
RCCP用低収縮セメント	326	427	278	485	551	655

CAJS法（セメント協会法）によるモルタルの長さ変化率

($\times 10^{-4}$)

セメントの種類	基 長 1 日					基 長 7 日				
	材令 1 週	材令 2 週	材令 4 週	材令 8 週	材令 13 週	材令 1 週	材令 2 週	材令 4 週	材令 8 週	材令 13 週
普通ポルトランドセメント	-2.52	-5.93	-9.95	-11.96	-13.11	-3.21	-5.69	-9.54	-12.79	-13.82
RCCP用低収縮セメント	-0.90	-3.52	-6.14	-7.11	-7.86	-1.36	-3.19	-5.69	-7.89	-8.29

セメントの種類	土木用配合コンクリート						RCCP用配合コンクリート					
	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週	材令 1週
普通ポ ルトランドセ メント	- 2.27	- 3.52	- 5.13	- 6.43	- 7.10	- 8.02	- 2.05	- 2.91	- 3.77	- 4.31	- 4.63	- 5.15
RCCP用 低収縮 セメント	- 1.68	- 2.56	- 3.69	- 4.79	- 5.46	- 6.50	- 1.49	- 2.21	- 3.02	- 3.58	- 3.91	- 4.52

材料に期待される用途：

- ・現段階ではRCCP試験施工において効果を実証中。
- ・乾燥収縮によるひびわれの発生が外観上あるいは供用上障害となるコンクリート構造物とコンクリート製品等に使用することができる。

d. GRC用セメント

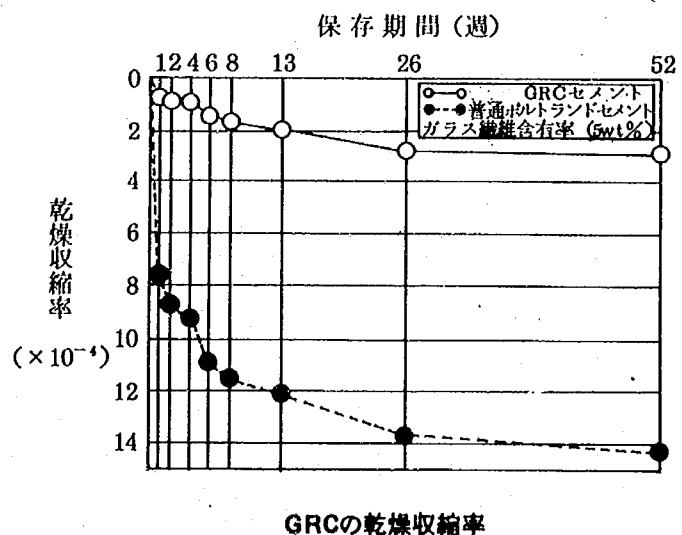
材料概論：

- ・GRCセメントはポルトランドセメント組成化合物であるけい酸カルシウム($C_3S \cdot C_2S$)を使用し、水和によって生成する $Ca(OH)_2$ を全て消費できるようにアウイン(C_4A_3S)、せっこうおよび高炉スラグを混合した、ガラス繊維補強コンクリートに使用する特殊セメントである。
- ・水和、硬化する過程において $Ca(OH)_2$ を生成せず、硬化体の OH^- イオン濃度が著しく小さく、またエトリングイトの効果により乾燥収縮が極めて小さい特長がある。

・本セメントを用いた新GRCの特長、

- ① 乾燥収縮が従来品の1/5と小さく、寸法安定性が良い。(図)
- ② ガラス繊維の経年変化が少なく、補強効果が持続する。
- ③ 弱アルカリ性のため、塗装の付着性に優れる。
- ④ 塩素イオンが浸透しにくい。

・従来不可能とされていたタイル先付



けカーテンウォールパネル、あるいは超大型カーテンウォールパネルの製造が可能となった。

材料に期待される用途：

- ・薄肉軽量の利点を生かした用途および塩素イオンの浸透が小さい利点を生かした用途。
- ・タイル、石、セラミック板等を貼ったトンネル内壁、地下鉄内壁、防音壁、海洋コンクリート構造物、海洋の鋼管杭被覆コンクリート、橋梁床版コンクリート等の永久型枠。

c. 超遅硬性固化材

深層混合処理工法による軟弱地盤の改良に使用するセメントで、メーカー9社が研究会を作っている。

材料概論：

- ・改良土の遅硬性、長期強度をうるために、ベースセメントの種類、混合材（高炉スラグ、石膏）量等を変えた固化材が上市されている。
- ・軟弱土に対する固化材量は、軟弱土の性状によって異なるが、海底軟弱土の場合約160～220kg / m³・軟弱土である。
- ・処理土の一軸圧縮強度例は、材令7日で5 kg f / cm²以下、材令91日で50kg f / cm²以上である。
- ・セメントの水和発熱量が比較的少なく、ブロック状改良工事においても処理土の温度上昇が小さい。
- ・他の工法（サンドコンパクション等）のように大量の砂や砂利を必要とせず、また超遅硬性固化材は無機材料からなるので無公害である。

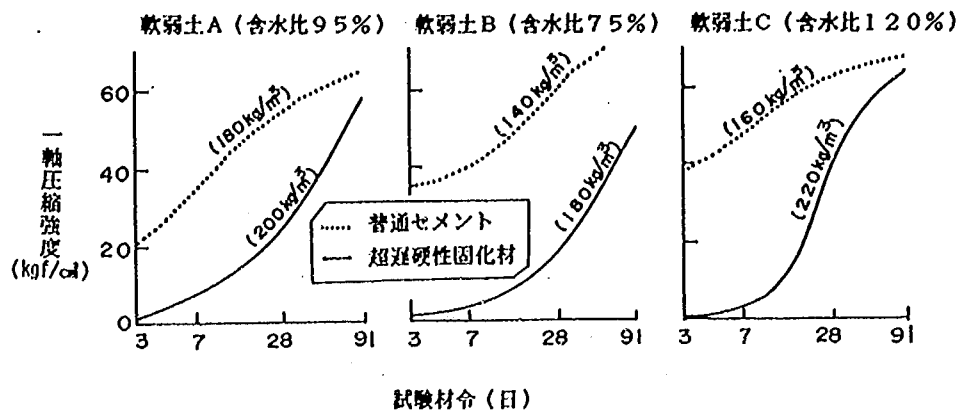


図 混合処理土の一軸圧縮強度（断熱養生）
（ ）の数値は軟弱土に対する固化材量

開発の方向

- ・陸上部における深層混合処理による軟弱地盤改良への適用。
- ・初期強度の向上による深層混合処理工法以外の分野への展開。

材料に期待される用途：

- ・現段階における土木への適用例は、深層混合処理工法による軟弱地盤の改良。
- ・遅硬化性を活かしたジョイントなしの連続打設工事用、または低発熱性、長期強度発現性を活かしたマスコンクリート工事への展開。

2) 混和材料

コンクリート等に添加して特別の性能をもたせる混和材料として、a. ひびわれ低減材料（膨張材、水和熱低減型膨張材、乾燥収縮低減剤）、b. 現場打ち高強度混和材、c. 水中コンクリート用混和剤が提示された。

a. ひびわれ低減材料

ひびわれ低減材料には、作用機構や用途の異なる複数の材料が含まれている。すなわち、ひびわれ低減材料Aは通常の膨張材、同じくB及びCはマッシュなコンクリート用の水和熱抑制型膨張材、同じくDは水和熱抑制作用のみをもつ混和材である。

また、ひびわれ低減材料のE及びFは、乾燥収縮の低減そのものを目的とした混和剤である。

(1) ひびわれ低減材料 A - 膨張材

膨張材は製品用途（ケミカルプレストレス用途），現場打ち収縮補償用途に広く使われている。

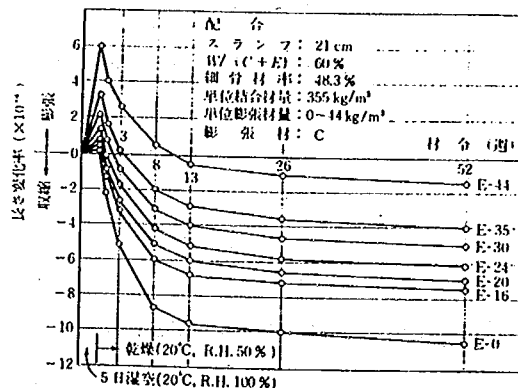
近年さらに効果を高めるため，乾燥収縮低減剤や水和熱抑制剤との併用を行う試みもなされ，新たな可能性が見出されている。

なお，材料メーカ 4 社が協会をつくって対応している。

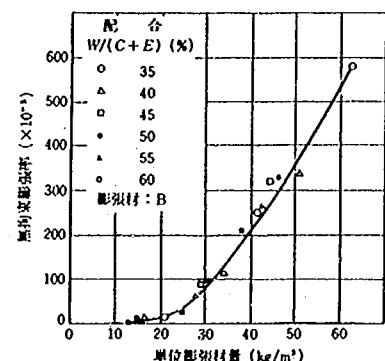
材料概論：

- ・膨張材は，積極的に膨張力を利用する用い方としてのケミカルプレストレス導入用途や，コンクリートの収縮補償を目的として使用されている。
- ・配合量は，通常 30～60kg / m³ 程度であり，配合量に比例し膨張効果は上昇する。又，乾燥収縮も配合量に比例して低減する。

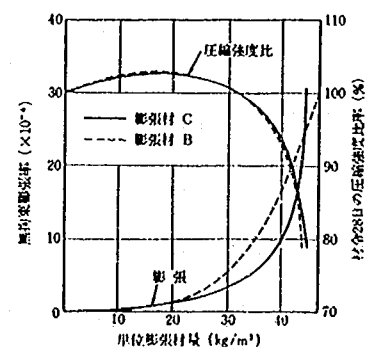
なお，圧縮強度は膨張材量が高い場合低下傾向となるが，拘束によりこの傾向は緩和される。



注：E-44 は単位膨張材量 44kg/m³ を表す。
コンクリート無拘束供試体の乾燥収縮率



単位膨張材量と無拘束膨張率の関係



単位膨張材量と圧縮強度比率および無拘束膨張率

材料に期待される用途：

- ・ケミカルウレストレス用途：道路床板，CPトンネル等
- ・収縮補償：道路舗装，導水路インパート等

(2) ひびわれ低減材料 B 及び C - 水和熱抑制型膨張材

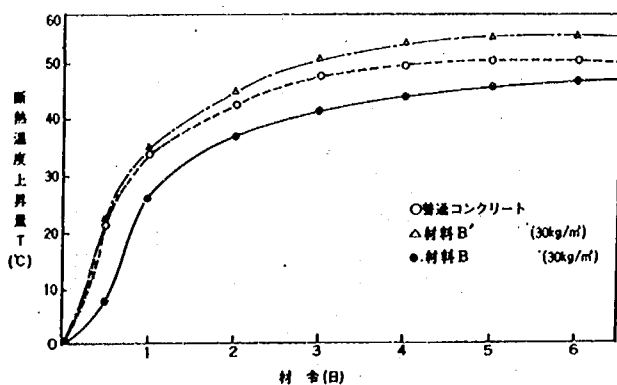
材料 B について、

材料概論：

- ・膨張材の乾燥収縮ひび割れ低減効果を生かし、さらにマッシブなコンクリート構造物に発生しやすい温度ひび割れの抑制効果を付与させた「水和熱抑制型膨張材」である。
- ・材料 B を適量混和したコンクリートは、従来の膨張材混和コンクリートに比べて著しく水和熱が抑制される。
- ・初期の水和熱を抑制し、さらに引続いて生じる温度降下時の体積変化を、その膨張によりゆるやかに抑制するので、旧来対応が困難であったマッシブなコンクリート構造物に発生する温度ひび割れを抑制する効果がある。
- ・標準使用量はコンクリート 1 m³ 当り 30 ± 3 kg

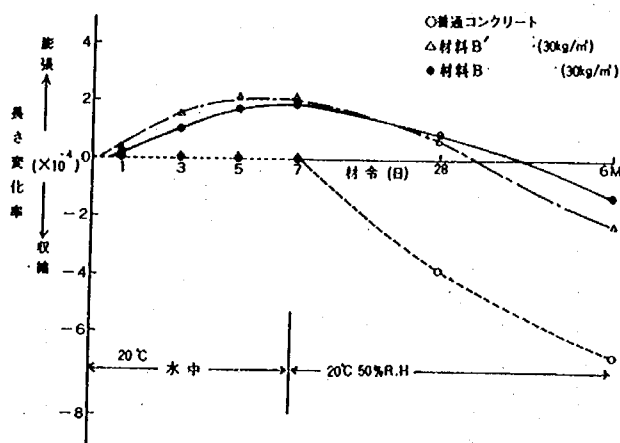
材料 B の物性

コンクリートの断熱温度度上昇



注) 断熱温度上昇試験装置使用、コンクリート練り上り温度 30℃

コンクリートの膨張量



材料に期待される用途：

部材の断面が厚い、コンクリート構造物全般の温度ひび割れおよび乾燥収縮によるひび割れの抑制。

- ・ 擁壁
- ・ 水理構造物
- ・ 長大橋梁の橋台、橋脚
- ・ 箱型ラーメン
- ・ 建物の下部構造物
- ・ 原子力関係の構造物

材料 C について、

材料概論：

- ・材料Cは、膨張材に温度ひび割れの抑制効果を発現する特殊薬剤「水和熱抑制剤」を配合した「水和熱抑制型膨張材」である。コンクリートに30kg/m³添加することでその効果を発揮する。
- ・セメントの発熱スピードを低下させることによりコンクリートの放熱を有効に利用し、躯体の温度上昇を抑制するとともに躯体の温度降下時（収縮時）に有効に膨張力を発揮し、熱応力を低減する。
- ・水和スピードを抑える分、初期強度はプレーンに比し若干低下するが、7日以後の強度はプレーンと同等となる。

材料C混和コンクリートの物性

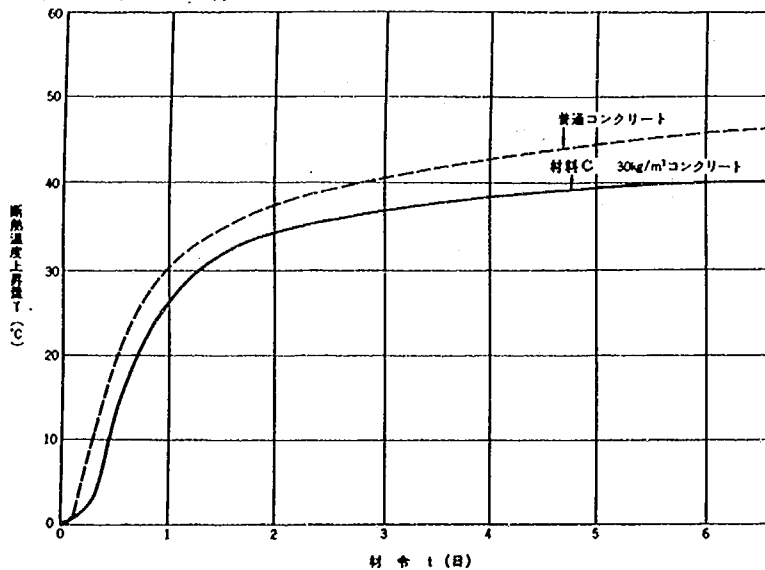
供試コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					セメント C	水 W	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 PoZZ No5L
25	15±2	3~4	53	44	310	165	781	1,041	0.775

注1) 材料Cは、セメント重量に対して30kg/m³を置き換えて使用

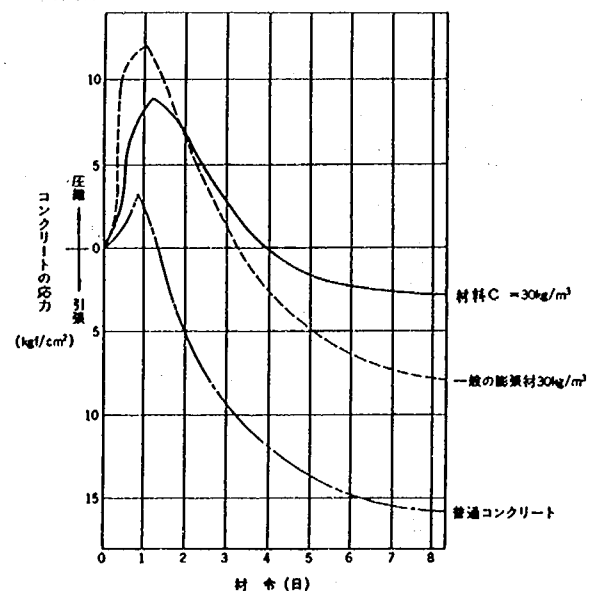
注2) 実験に用いた骨材は河川産、セメントはアンカ普通ポルトランドセメント

断熱コンクリート温度上昇



注) 断熱温度上昇試験装置使用、コンクリート練り上がり温度 30°C

温度応力



材料に期待される用途：

- ・水槽等、比較的マシブなコンクリート躯体の熱ひび割れ低減用途

(3) ひびわれ低減材料D - 水和熱抑制材

材料Dは、セメントの水和スピードを抑制することにより、コンクリート温度上昇を抑制可能とした水和熱抑制材である。

普通セメントに混和することにより特殊な低熱セメント並みの効果が得られる。

材料概論：

- ・材料Dは、コンクリートの温度上昇抑制に主眼をおいた混和材である。セメントに対し1～7%使用することにより、セメントの水和反応スピードを低下させ、コンクリートの温度上昇を抑えてひびわれ低減効果を発揮する。
- ・温度抑制効果は低熱セメント並み以上の効果を得ることも可能である。

材料D混和コンクリートの物性

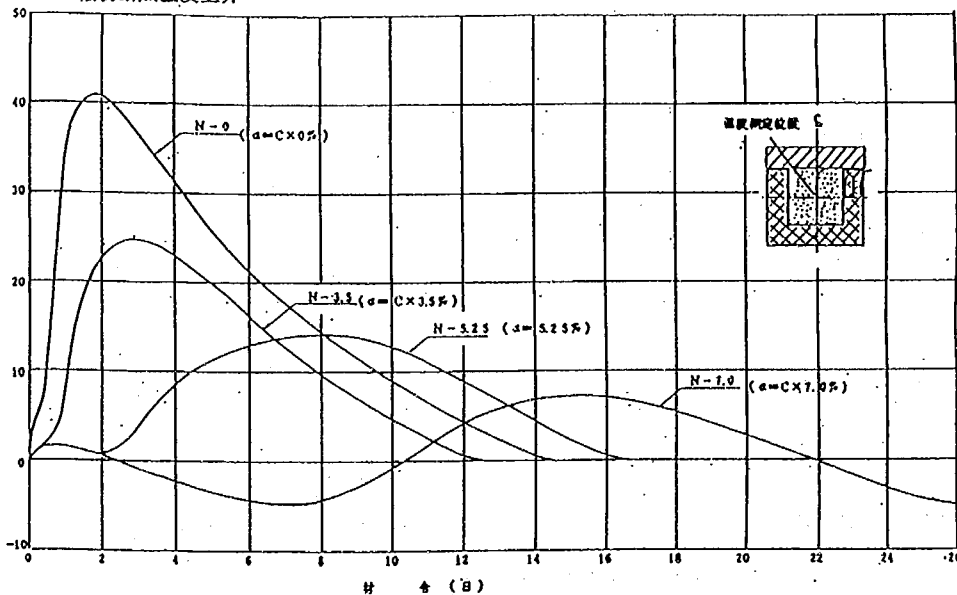
供試コンクリートの配合

Gmax (mm)	Slump (cm)	Air (%)	w/c (%)	s/a (%)	UNIT WEIGHT (kg/m ³)					
					H	C	S	G	AE剤	材料D
25	25	4	66	42	244	370	711	1001	0.925	α

圧縮強度

セメントに対する 材料D 添加率	材 令 (日)		
	7	28	91
0 (%)	182	262	305
3.50 (%)	173	275	310
5.25 (%)	177	279	326
7.50 (%)	151	206	292

簡易断熱温度上昇



材料に期待される用途：

- ・ダム、大型橋脚、マッシブな原子力構造物等、温度ひび割れ抑制を必要とする用途
- (4) ひびわれ低減材料E及びF - 乾燥収縮低減剤

材料Eについて、

材料概論：

- ・化学組成はエチレンオキサイドとプロピレンオキサイドがランダム共重合したオリゴマーである。
- ・通常、セメントに対し1～4%添加し、これにより乾燥収縮は無添加の場合に

材料Eを用いたコンクリートの物性

配合

粗骨材の最大寸法 Gmax (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
			セメント (C)	水 (W)	砂 (S)	砂利 (G)	混和剤 Pozz. No.5L
25	58.3	45.2	300	175	818	999	0.75

*乾燥収縮低減剤は外割添加

比して半分程度となる。

尚、本添加剤は、混練水と置換し使用することでコンクリートの力学的性状には影響を与えない。

- ・収縮が低減される理由は、本添加剤が硬化したセメントの毛細管空隙に残存し、乾燥による収縮の主要因となる毛細管張力を低下させるためと考えられる。

- ・膨張材との併用により大きな収縮低減効果が発現される。

材料に期待される用途：

- ・乾燥収縮低減用途：道路舗装等

材料Fについて、

- ・コンクリート中への混和（標準使用量 7.5kg/m^3 ）もしくは含浸（ $100\sim 300\text{m}\ell/3\text{m}^2$ ）により乾燥収縮を大巾に低減できる。
- ・低粘土の水溶性の有機化合物液体（低級アルコールアクリレート付加物）

- ・他に粉体品もある。

材料に期待される用途：

- ・ひびわれ低減目的の各種コンクリート構造物への利用

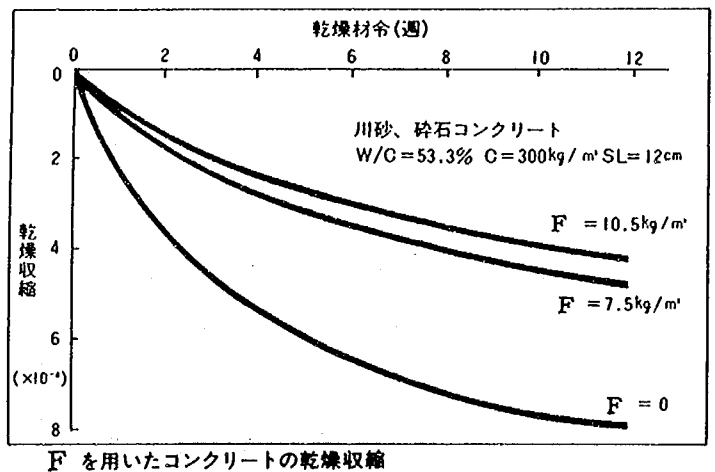
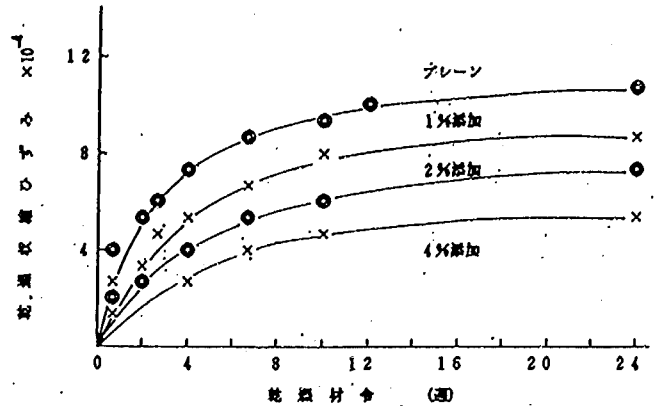
例：護岸のかさ上げ工事，トンネルライニング，ラーメン構造のハンチ部，床版への膨張材との併用，等

- ・部分的な乾燥収縮量の差によるそり等の変形防止
- ・市販中の商品で、左官材，建材，二次製品等を使用されている。
- ・コストアップ（ 600円/kg ）を除き，問題点は特にはない。

b. 現場打ち高強度混和材

現場打ちコンクリートで高強度を得ることの出来る混和材として2種類が提示されている

c) 乾燥収縮 一週水中養生後、 20°C 、RH50%



F を用いたコンクリートの乾燥収縮

る。すなわち、高強度混和材 A は流動性を確保しながら低水セメント比にできる混和材システムであり、同じく B はエトリンガイド系の混和材である。

(I) 混和材 A

本技術はデンシット社より技術導入をしたものであり、次のような特性をもっている。

流動性を確保し、低水セメント比とすることが可能な技術であり、従って、かなり広範な分野からの材料選択も可能であり、セメント硬化体とセラミックとの中間領域の物性を得ることが可能である。

コンクリートとしての使用はもちろん、超緻密硬化体の特性を生かした様々な用途展開が可能と考えられる。

材料概論：

- ・本技術は粒径の異なる粒子を組み合わせ、多量な分散剤を添加し超微粒子を均一に分散させることにより、低水セメント比でも流動性の確保を可能とした技術である。シリカヒュームはその一例であり、本材料の特許においては別にそれに限定されている訳ではなく従って、かなり広範な材料の利用が可能であり。
 - ・この技術により水セメント比は20～25%程度まで低減することが可能であり、得られる圧縮強度は1000～1800kgf/cm²程度まで可能になる。
- なお、特殊なセメントクリンカーの選定により3000kgf/cm²程度まで可能となり、硬化体を600℃程度の低温で焼成することにより陶磁器程度のものを得ることも可能である。

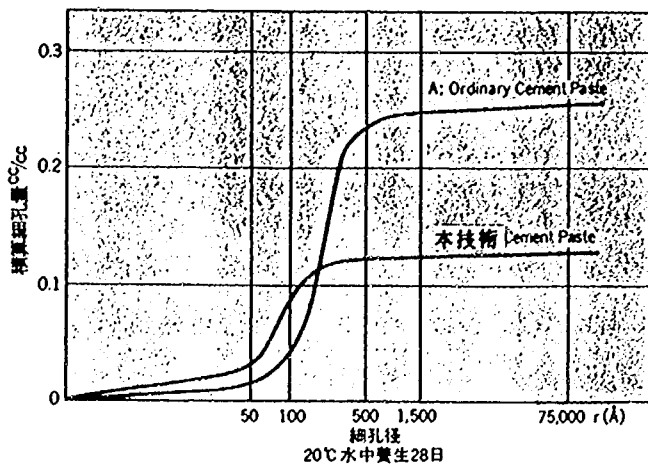
超緻密なセメント硬化体

①気孔率(ペースト硬化体の気孔率)%

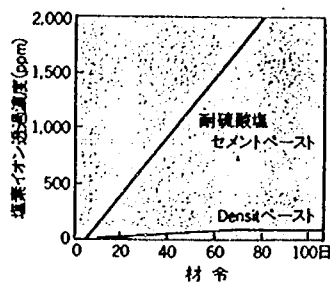
	W/C	蒸気養生→水中養生(20℃)		水中養生(20℃)	
		材令3日	材令28日	材令3日	材令28日
本技術セメント	20	14.7	13.3	19.4	15.6
	25	20.8	17.7	24.3	21.2
	30	26.1	22.4	29.8	26.7
普通セメント	30	32.0	30.0	35.6	32.5

(注) かさ比重及び見掛け比重から算出した開気孔率

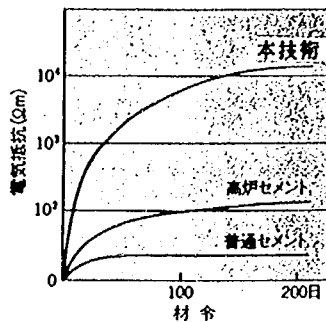
② 細孔径分布(ペースト硬化体の細孔径分布・水銀ポロシメータによる測定)



③ 塩素イオン透過抵抗性 セメントペーストを透過体とした double cell method



④ 電気抵抗

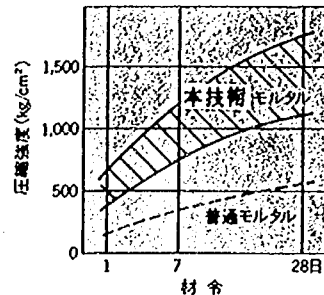


超高強度なセメント硬化体

	圧縮強度(kg/cm ²)	曲げ強度(kg/cm ²)	弾性係数(kg/cm ²)
本技術:モルタル	1,100~1,800	160~230	35~60×10 ⁴
本技術:コンクリート	1,000~1,500	120~170	35~50×10 ⁴
普通モルタル・コンクリート	300~600	50~95	20~30×10 ⁴

① 本技術 モルタル圧縮強度

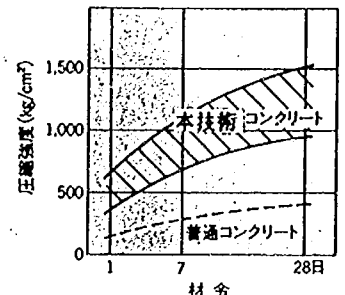
(20℃養生)



本技術は、通常のモルタルに比較し著しく大きな強度が得られます。

② 本技術:コンクリート圧縮強度

(20℃養生)スランプ0cm~18cm



材料に期待される用途:

- ・緻密性の利用: 耐久性を必要とする部材のコート, 海洋構造物の部材及びコート材等
- ・高強度の利用: 高強度部材

(2) 高強度混和材 B

材料概論:

化学的にはエトリンガイト系高強度コンクリート混和材で、セメントの主水硬性鉱物であるカルシウムシリケート相が反応する前にセメント中のアルミネート相と完全に反応し、エトリンガイト水和物を生成して高強度化を実現する。

セメントに対して10%添加し使用する。

混和材 B を添加したコンクリートの圧縮強度は図-1 に示す通りで、現場打ちコンク

リートで高強度を実現できる。

セメント硬化体の耐摩耗性は図-2に示すように圧縮強度が強くなるにつれて向上し、800kgf/cm²以上ではほぼその能力を出し切る。

現場打ちコンクリートで、このレベルの物性を良好な作業性を維持しながら得られるのが混和材Bの特徴で、主にダムのエプロン等耐摩耗・耐衝撃性を要求される用途に使用されている。

さらに材料の持つ特性を生かすため下記方向での開発が進められている。

- ① 硬化体の緻密性を生かし、各種劣化因子(Cl^- 、 CO_3^{2-} 等のイオン)を排除した耐久性コンクリート用途
- ② 高強度性を生かした初期実用化強度の実現を必要とする用途(補修等で翌日使用可能用途等)
- ③ 強度水準を普通コンクリートと合わせ、単位セメント量低減による熱応力低減用途

図-1 混和材Bコンクリートの圧縮強度

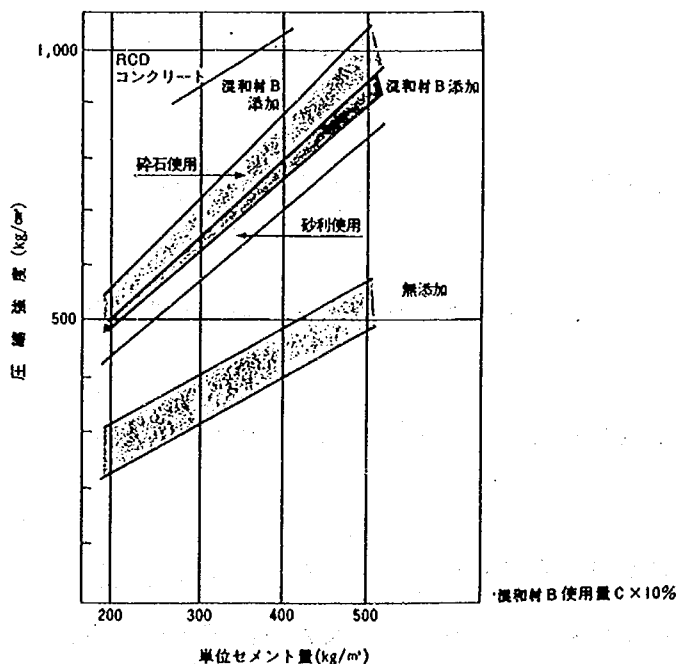
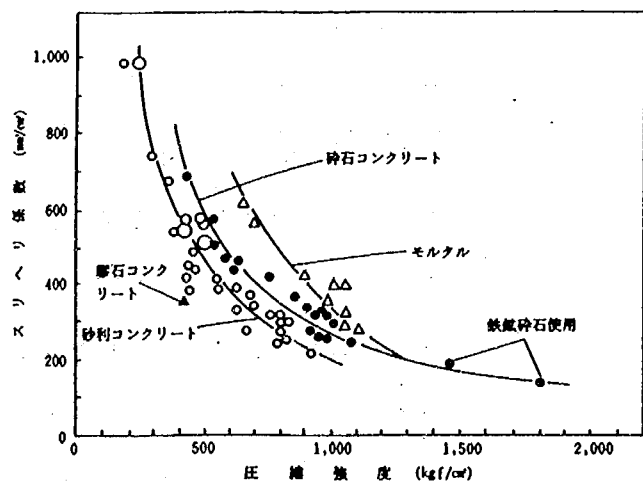


図-2 スリヘリ係数と圧縮強度の関係



材料に期待される用途：

・耐摩耗・耐衝撃性用途：ダム(排砂路、減勢工、水路インバート等)

砂防堰堤、海岸河川などの水利構造物、道路滑走路などの舗装コンクリート

・耐久性コンクリート：耐塩害、耐中性化等緻密性を要求される構造物

・補修コンクリート：道路の補修（RCCP等），その他翌日実用強度を必要とする用途。

・マスコンクリート：単位セメントの大幅低減が必要なマスコンクリート構造物

c. 水中コンクリート用混和剤

コンクリートに粘稠性をもたせて材料分離抵抗性を高める混和材であり，水中コンクリート用途のほか，陸上構造物への利用も考えられる。

この分類には4種類の混和剤（A～D）が提示されており，A，B，Cはセルロース系，Dにはセルロース系とメラミン系がある。

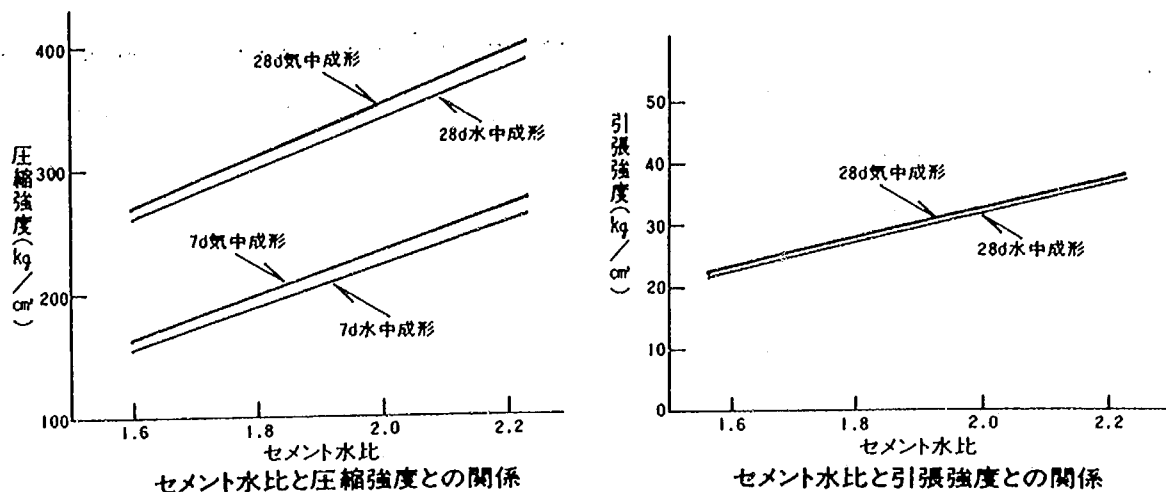
(1) 混和剤 A

材料概論：

- ・メチルセルロースを主体とした淡桃色の粉末である。
- ・標準使用量はセメント重量の0.6%であるが，目的や工法に応じて0.4～1.2%の範囲で使用する。尚，専用の減水剤UC-150を併用する。使用量はセメント重量の3～4%である。
- ・混和剤Aを添加したコンクリートは粘稠性が高く，これを直接水中で自由落下させても材料分離は殆ど見られない。
- ・セメント分の流出が少なく，水中コンクリート工事に伴う水質汚濁を大幅に低減できる。
- ・材料分離がないため，水中においても強度低下が殆どなく均質な硬化体を得ることができる。
- ・通常の生コンクリートと同様に配合を変えることによって各種の強度を選択できる。
- ・流動性やセルフレベリング性に優れているので，片側から長距離流動させて打設することが必要な場合でも施工は充分可能であり，品質の低下も殆どない。また，この場合の表面の仕上りの平坦性も良好である。
- ・充填性に優れているので，洗くつ部，水中型枠，本設の鋼材および緻密な配筋などの複雑な形状をした細かい間隙に自重のみで流動し，完全に充填出来る。
- ・ブリージングがなく，レイタンスの発生も非常に少ないので打ち継ぎが容易である。このため，鉄筋との付着強度も非常に大きくなる。

- ・凝結時間が長いため、大量のコンクリート打設においてもコールドジョイントの発生を防ぐことができる。また、この凝結遅延性によりスランプロスが小さいので比較的長距離運搬が可能である。

混和剤Aコンクリートの各種強度



材料に期待される用途：

- ・防波堤、河川堤防新設およびこれらの基礎コンクリート
- ・港湾の護岸用捨石及被覆石の固結用基礎コンクリート
- ・ケーソン、ブロックの基礎コンクリート
- ・鋼管杭の防食ライニングモルタル・コンクリート
- ・水中および海中構造物基礎およびダム放水路等の洗掘部充填コンクリート
- ・船揚場の斜路スラブコンクリート
- ・流水、湧水箇所用コンクリート
- ・海上空港等の海洋工事
- ・橋梁、橋脚基礎コンクリート
- ・地中連続壁、場所打ち杭用コンクリート

(2) 混和剤B

材料概論：

- ・水溶性高分子セルロースエーテルを主成分とし、コンクリート水中打設時の材料分離を低減することを目的とする混和剤。
- ・各種分離低減剤及び充填性の向上を目的とした混和剤として使用可能。
- ・本剤を添加した特殊水中コンクリートは、以下の特性を有する。

(①) 水中打設時の材料分離抵抗性に優れる。

(②) (①) に起因して、陸上用打設設備の流用が可能。

- (③) " トータルコストの低減が可能。
- (④) " 水質汚濁を防止することが可能。
- (⑤) " 信頼性の高い水中コンクリートの打設が可能。

材料に期待される用途：

- ・現段階では、水中打設用コンクリートとして用いられており、特に高い信頼性を要求される水中コンクリート構造物、又は、打設時に周辺水質の汚濁防止を要求されるコンクリート工事に使用されている。
- ・将来的に水中コンクリート用途以外への使用を検討する場合には、以下の各項について検討することが必要である。

(①)適正配合、(②)供給体制、(③)耐久性、(④)価格、(⑤)助剤の使用

(3) 混和剤C

材料概論：

- ・主成分は水溶性セルロースエーテル（ヒドロキシエチルセルロース、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース）。形状は白色ないし淡黄色の粉末。
- ・粘稠性でプラスチシチーに富み、コンクリートの打込みに際して水中での材料分離が少ない。（打込み周囲の汚濁防止。水中で安定した強度を発揮）
- ・優れた流動性。（自重で隙間のすみずみまで充填。セルフレベリング効果による平坦仕上り）
- ・凝結時間の遅延。（運搬、打込み時のトラブルに対処。コールドジョイントの解消）
- ・スランプの経時変化が小さい。（運搬、打込み時のトラブルに対処）
- ・ブリージングが生じない。

材料に期待される用途：

- ・橋梁、河川、海岸、海洋構造物コンクリート
- ・トンネルN A T M工法、吹付けコンクリート（防塵。はねかえり率の低減）
- ・トンネル覆工コンクリート（クラウン部の沈み防止。クラックの発生防止）
- ・逆巻コンクリート（ブリージングの低減）
- ・流動化コンクリート（流動性のよい気中の普通コンクリートへの適用）

(4) 混和剤D

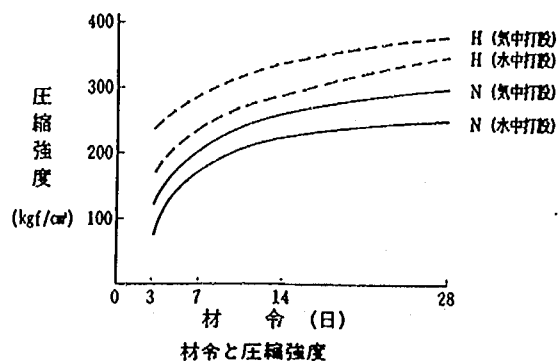
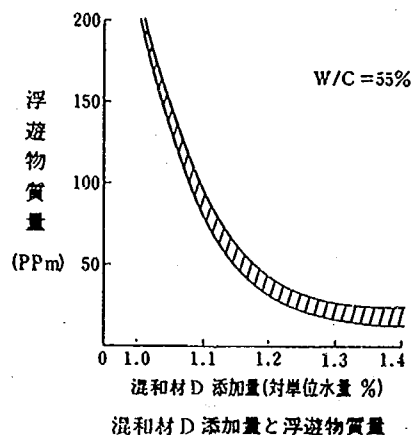
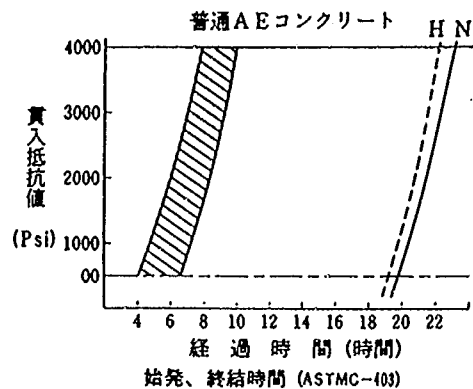
材料理論：

- ・非イオン性セルロースエーテルを主成分とする混和剤とメラミンスルホン酸系の混

和剤の2種類よりなり、これを添加したコンクリートは以下の特徴を有する。

- (①) 水中での材料分離がない。 (②) 水中でも確実な強度を確保できる。
- (③) 流動性に優れ、充填性が良い。 (④) フリージングがなく、スランプロスが少ない。
- (⑤) 水質汚染の心配がない。

G _{max} (mm)	SL _{flow} (cm)	air (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	混和剤量(kg/m ³)	
						混和材D	混和材D'
25	47	3.8	58	40	221	2.78	7.1



材料に期待される用途：

- ・ 水中打設される橋梁基礎，岸壁，護岸，栈橋など各種海岸・港湾構造物
- ・ 農業用・工業用水路，床固め工，水制工，水門，仮締切工事など新設及び補修工事
- ・ 地下連続壁工事，逆巻コンクリート工事，グラウト材料などへの応用

3) 二次製品

二次製品の分類で提示されたものは，a. セラミックス又はレジンモルタル板，b. 新規舗装用ブロック，c. GRC，d. ポリマー含浸コンクリートである。

a. セラミックス又はレジンモルタル板

耐水性，防汚性，美観等に優れた，板体3種類である。

製品Aは，セラミック質の大型施釉陶板，製品Bはセラミック質の押出成形中空板，

そして製品Cはレジンモルタルの化粧板である。

(1) 製品 A

材料概論：

- ・セメント系の建築材料よりも耐熱，耐薬品性に優れ，通常の内外装材としての利用の他に，従来のタイルに比べて大型，高級感，自然感があり，天然石の代用材としての利用や高級絵画装飾板としての利用等への可能性もある。

- ・従来のタイルよりも大型の施釉陶板であり，軽量で加工し易く，高級感，自然感のあるセラミック板である。（現在の最大サイズ：7×900×2400mm）

性 能	特 性 値
比 重	1.8kgf/cm ³
曲 げ 強 度	350～500kgf/cm ²
曲 げ 弾 性 率	4.2×10^{-5} kgf/cm ²
ヤ ン グ 率	$0.7 \sim 1 \times 10^5$ kgf/cm ²
線 膨 張 係 数	$5.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
耐 熱 性	1150℃で変化なし
吸 水 率	7～10%
吸水長さ変化率	0

- ・一般の陶磁器を越える強度と金属

に近い弾性と靱性および耐熱性，耐薬品性を有している。

材料に期待される用途：

- ・耐水性，耐火性，耐薬品性及び耐汚染性等を要求される部分の表面保護材料

例：自動車道トンネル内装材，地下道地下街内装材，プール内装材

- ・現状の問題点：他部材との複合，軀体への取り付け方法

(2) 製品 B

材料概論：

製品 B の物性

- ・押出成形技術を応用した長尺のセラミックス建材である。
- ・約1200℃での焼結によるセラミックスであり，耐熱性，耐候性は全く問題ない。
- ・美しい色彩釉がかけられる本物のセラミックスである。
- ・中空構造により軽量化しており，厚物が容易に製作出来る。
- ・中空構造により色々な施工方法（乾式，湿式）が可能。

密 度	2.0g/cm ³
吸 水 率	10%
曲げ強度	400(300)kgf/cm ²
弾性係数	$3 \sim 4 \times 10^5$ kgf/cm ²
耐 熱 性	1100℃
熱膨張率	$5.6 \times 10^{-6} \quad 1/^{\circ}\text{C}$
熱伝導率	0.28(0.13) kcal/m・h・℃
耐凍害性	良好
加 工 性	良好

（注）（ ）内の数字は中空品のデータ；
上記物性以外の材質についても開発中

・中空断面により高い部材強度を持ち、中高層の外装にも使用可能。

・各種役物、異形品も開発中。

材料に期待される用途：

・現状は建築内外装材として使用。

・中空、長尺、大板で、中空を利用した金物による取付が可能であり、施工性が良く、信頼性が高い。

・土木用としては、トンネル内装用壁材として有望と思われる。

(3) 製品 C

材料概論：

・レジンモルタルでコンクリートブロックの表面を化粧した商品。

・普通空洞ブロックと型枠ブロックの化粧品がある。

・カラフルでテクスチャーに富む。

・予めブロックに化粧を施しているの、組積を行うだけで全て施工が完了する。

(化粧の為の後施工不要)

項 目	測定方法	植物性
曲 げ 強 度	JIS K 6911-1971	260kg/cm ²
付 着 強 度	建 研 式 接 着 力 試 験 機 に よ る	20 kg/cm ² (下地破壊)
透 水 性	JIS A 5406-1979	0 %
耐 薬 品 性 1 % 塩酸 家庭用漂白剤 サラダ油	24時間浸漬後、表面観察を行う。	変化なし 変化なし 変化なし
耐凍結融解性	ASTM C 665-75 (80cycle)	変化なし
耐 候 性	JIS A 1415-1977	1500時間以上

材料に期待される用途：

・美観を要する構造部位に適する。

例：高速道路等有料道路の目隠し塀（防音壁等）、鉄道等の境界塀

b. 新規舗装用ブロック

美観と耐摩耗性に優れたインターロッキングブロックで、製品Aはブロック表面に磁器質タイルを接合したもの、製品Bは表面に樹脂含浸（PIC）したもの、そして製品Cは表面に粉体樹脂溶射したものである。

(1) 製品 A

材料概要：

- ・ 厚さ約10mmの磁器質タイルをブロックの基台に特殊モルタルにより接合した複合インターロッキングブロックである。タイル独特の高級感，清潔感があるうえ，通常のインターロッキングブロックと同様に滑りにくく，耐摩耗性に優れる。
- ・ 乾式工法で施工のため，即時解放が可能である。
- ・ 製品 A の物性および品質規格はのとおりである。

物性および品質規格

項 目		物 性	規 格	試 験 方 法
寸 法 (mm)	縦 横	RBS N	128.3×196.1	(128×196)±3
		TOP N	110.9×225.2	(111×225)±3
	厚 さ	60.3	80.4	60±3、80±3
	タイルの控え	2.7	3±2	ノギスによる
曲げ強度(kgf/cm ²)		68.0	50以上	中央載荷による
接着強度(kgf/cm ²)		8.1	6以上	建研式接着力試験器による
すべり抵抗値 R ₂₀ (BPN)	乾 燥	103	—	ASTM E 303
	湿 潤	57	45以上	
耐摩耗性(mm)	1,000回	0.00	—	JS A 1451
	50,000回	0.22	—	スパイクタイヤを用いた回転摩耗試験
タイルの品質 (T N A X 型)	吸水率(%)	0.41	1.0未満	JS A 5209
	耐摩耗性(g)	0.01	0.1以下	
	曲げ強さ(kgf/cm ²)	16.29	12.0以上	
	耐凍害性	異常なし	異常のないこと	

材料に期待される用途：

- ・ 高級感が要求される舗装……………ショッピングモール
- ・ 建物にマッチした舗装……………建築物のアプローチ
- ・ 既存の舗装とちがう路面表現をかもしだすことができる舗装
……………一般道路，散策道，コミュニティ道路，etc.
- ・ 高級感あふれる空間を表現する舗装……………公園，広場，庭園，etc.

(2) 製品 B

材料概論：

P I C ・ I L B の特長として，

- ・ 耐摩耗性に優れている。(図，写真)
- ・ 高強度である。
- ・ 耐薬品性に優れている。
- ・ 耐凍結融解性に優れている。
- ・ 独創的なデザイン
- ・ 施工が簡単
- ・ 再利用ができる。
- ・ 環境にマッチした舗装が可能

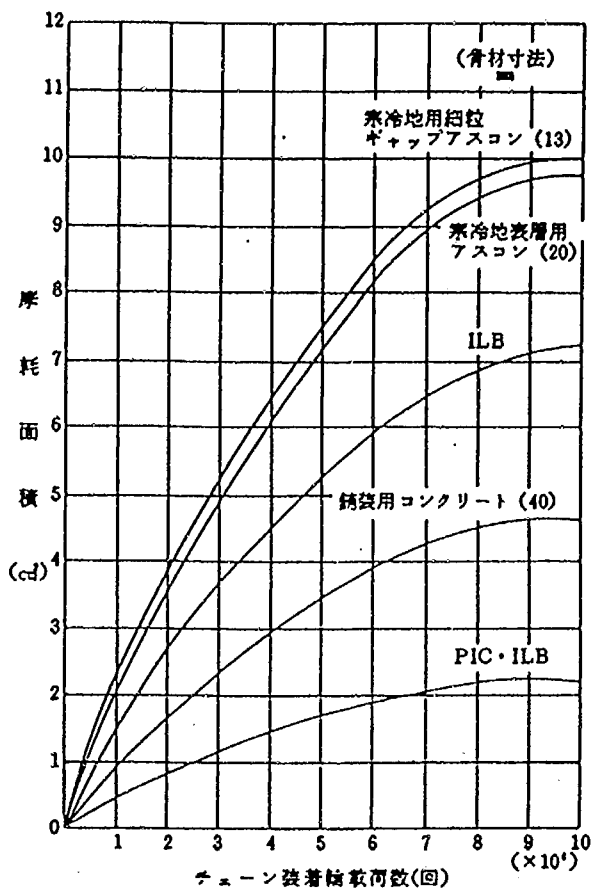
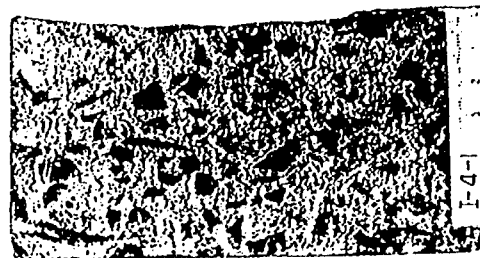


図-1 チェーン装着輪数と摩耗面積



● 寒冷地用細粒度ギャップアスコン



● PIC・ILB

写真-1 7万回終了時の供試体断面

材料に期待される用途：

耐摩耗性と併せて、インターロッキングブロック舗装の本来の特性である流動破壊のないこと、メンテナンスが容易であること等を生かした用途として、

- ・ 積雪寒冷地舗装（耐摩耗舗装）……………札幌市他各地で施工
- ・ 市街地交差点舗装（交通安全対策）…札幌市、金沢市および仙台市にて施工
- ・ 耐わだち掘れ舗装（バスベイ・タクシーベイ）…札幌市、金沢市にて施工
- ・ トンネル内舗装……………
- ・ 高速道路等のトルゲート部…道中自動車道登別東インターチェンジの一部に施工
- ・ 坂道舗装……………駐停車場 ・ コンテナヤードおよび工場内舗装

(3) 製品C

材料概論：

- ・ 舗装用コンクリートブロックの表面に0.5～2mmの特殊樹脂層を設け、機能の向上を図ったものである。
- ・ パターン、色彩の選択が自由であり、かつ粒状物の同時吹付けも可能であり、意匠性に富む。
- ・ 通常の顔料着色法のブロックに比べ、色彩が鮮明であり退色も少ない。

- ・耐摩耗性，耐薬品性，耐凍害性およびすべり抵抗性に優れる。
- ・白色度，反射率等トラフィックペイントに要求される性能を満たす。
- ・施工方法や作業性等は，従来の舗装用コンクリートブロックと同様である。

	ラベリング 試験 (cm^2)	表面硬度 試験 (kg)	すべり抵抗値 (SPN)		付着強度 (kgf/cm^2)
			乾燥状態	濡潤状態	
タイプⅠ	0.04	0.07	95	36※	16.8
タイプⅡ	0.06	0.09	96	66	16.8
通常の ブロック	2.38	1.36	91	81	---

※トラフィックペイントと同程度

	促進 貫色度	45度 0度 減反射率 (%)	両端 反射率 (%)	促進 耐酸性	耐アル カリ性	軟化点 ($^{\circ}\text{C}$)	テーパー 摩耗試験 (mg)
タイプⅠ	0.09	88	16	異常 なし	異常 なし	110	14
タイプⅡ	0.09	77	12	異常 なし	異常 なし	116	21
通常の ブロック	0.06	82	11	異常 なし	異常 なし	120	100
規格	0~0.1	75以上	—	異常 なし	異常 なし	86以上	200以下

材料に期待される用途：

- ・公園，歩道舗装等の，鮮明なマーキング
- ・車道舗装における横断歩道や停止線等の路面標示に有望であり，既に使用実績を有す。（通常の白色ブロックでは，白色度，反射率が規格を大幅に下回るため，ブロック施工後にトラフィックペイントを引く必要が有る→美観に劣り，剝離も生じ易い）
- ・舗装用コンクリートブロック以外にも，景観を重視したい場合のコンクリート製品（積ブロック，張ブロック，空洞ブロック等）への技術の応用が可能。

c. G R C

G R C (Glassfiber Reinforced Cement) はガラス繊維で補強されたセメント系の複合材料の総称である。

現状は工場生産による外壁パネル，スパンドレルパネル，手摺パネル，床パネル等建築用が主体で，マーケット規模は2～300億円/年であるが，近年増大傾向にある。

なお，関連メーカーが工業会を作っているが，協会外の製造メーカーもある。

材料概論：

- ・特徴：高い機械的強度を有するので，薄肉化，軽量化ができる。また曲面など自由なデザインが可能である。
- ・製法：モルタルとガラス繊維を型枠に直接吹付けて成形するダイレクトスプレー法とモルタルとガラス繊維を前もって混練しておいてこれを型枠に流し込んで成形するブ

リミックス法がGRCの代表的な製法である。

・物性：製法により物性が異なり、次表のとおり。

	単 位	ダイレクトスプレー法	リミックス法
比 重	—	1.9~2.3	1.7~1.9
曲 げ 強 度	kgf/cm ²	250~350	100~200
引張り強度	kgf/cm ²	100~150	50~80
曲げ弾性率	kgf/cm ²	1800~2500	1300~1800
衝 撃 強 度	kgf-cm/cm ²	12~18	8~14

・これからの開発の方向：量産方法の検討，規格商品の開発など。

材料に期待する用途：

- ・現状用途：道路，鉄道用防音壁，U字溝，橋梁床板，鋼管杭防食カバー，トンネル内装パネルなど。
- ・大別して（①）永久型枠としての用途，（②）現場吹付けによる用途，（③）成形品としての用途が期待される。（①）には橋梁床板，鋼管杭防食カバーなど，（②）にはトンネルライニング，道路床板，鉄道床板に対するライニングなど，（③）には防音壁，遮音壁，U字溝，擁壁，ケーブルトラフ，トンネル内装パネルなどが考えられる。
- ・特に海洋土木分野における（①）の用途が有望視される。
- ・工法の開発が課題である。コスト問題も解決を要する問題である。

d. ポリマー含浸コンクリート

材料概論：

- ・通常のもルタルコンクリートを基材とし，その細孔中にモノマーを強制含浸させポリマー化した極めて緻密なコンクリート／ポリマー系複合材料（PIC）。
- ・高強度を発現する，圧縮強度1200kgf/cm²，曲げ強度230kgf/cm²以上。
- ・通常のもルタルコンクリートに比べ，極めて高い耐久性，耐透水，透気性，耐中性化，耐凍結融解抵抗性，耐摩耗性，耐薬品性を有する。
- ・鋼繊維等を混入することにより，高強度かつ高靱性の材料とすることが可能。

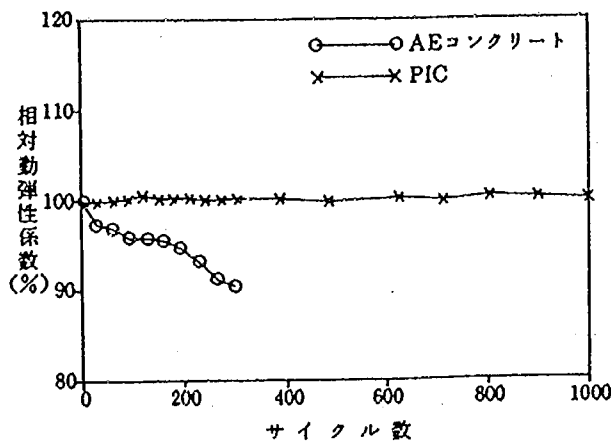
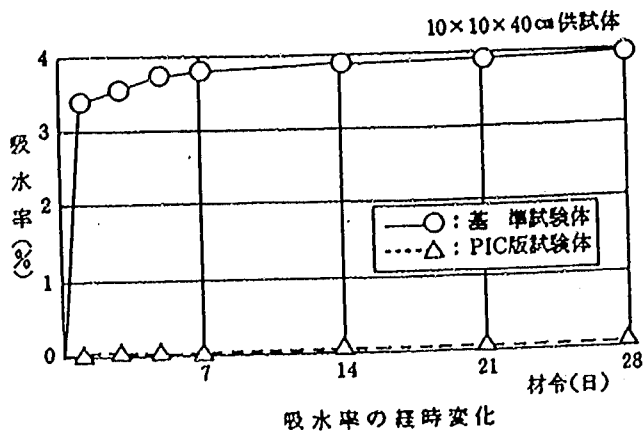


図-5 凍結融解サイクルと相対動弾性係数との関係

材料に期待される用途：

- ・ 現段階における土木への適用として、トンネル巻立コンクリート、護岸、岸壁等の埋設型枠、耐摩耗性インターロッキングブロック等の実用化例がある。
- ・ 材料に期待される用途は高い耐久性を活かした構造物の表面保護・補修への適用。
- ・ 実用化上の問題点は、施工方法およびコスト。
- ・ 土木以外の分野では原子力向けとして、低中レベル放射性廃棄物処理処分用容器に実用化されている。

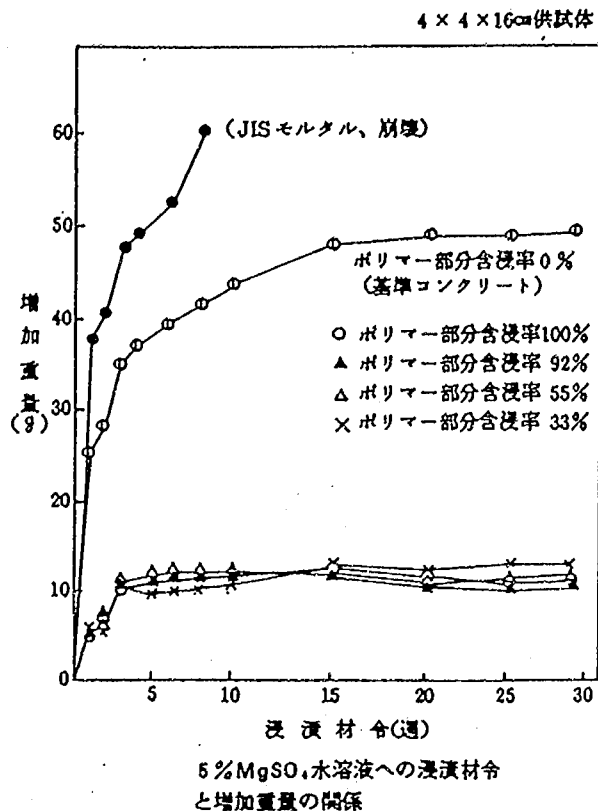
4) その他

その他に分類されたものは、a. RC用補修材、b. 気泡コンクリート又はモルタル、c. プレミックモルタル、d. アスファルト改質材、e. 静的破砕剤、f. 無機系表面保護材、g. 雨水浸透管、h. シーリング材、i. エンジニアリングセラミックスがある。

a. RC用補修材

無機系のRC構造用補修材6種類が提示されており、それぞれ次のような特徴をもっている。

- ・ 補修材A……ガラス繊維補強で無収縮性
- ・ 同上B……塩害防除とアルカリ性付与性能を兼備



- ・同 上 C ……乾式吹付・早強タイプ
- ・同 上 D ……プレパクト方式
- ・同 上 E ……左官仕上げ及びプレパクト方式
- ・同 上 F ……大断面欠損部充填用モルタル

(1) 補修材 A

材料概論：

超速硬性セメントをベースに、ガラス繊維で強化した無収縮性の無機質系材料に、特殊ポリマーエマルジョンを併用したもので、以下のような特徴を有する断面修正補修材である。

- ・接着力が強い
- ・3～4時間で実用強度が得られる
- ・ひびわれ、剝離がない
- ・作業性がよい
- ・耐久性に優れる
- ・耐透水性に優れる

項 目	材 令	補修材 A					
		普 通			軽 量		
		5℃	20℃	5℃	20℃	5℃	20℃
		W9タイプ	W9タイプ	S9タイプ	W9タイプ	W9タイプ	S9タイプ
硬化体比重		1.90			1.45		
圧縮強度(Kgf/cm ²)	3時間	—	71	—	—	67	—
	5時間	—	—	73	—	—	66
	1日	140	141	151	145	145	145
	7日	205	216	213	221	221	221
	28日	287	292	260	272	272	272
曲げ強度(Kgf/cm ²)	3時間	—	32	—	—	24	—
	5時間	—	—	30	—	—	26
	1日	48	47	37	40	40	40
	7日	55	59	49	54	54	54
	28日	63	68	57	61	61	61
付着強度(Kgf/cm ²)	1日	14.7	15.2	9.5	10.7	10.7	10.7
	7日	21.4	23.6	19.0	21.5	21.5	21.5
耐凍結融解性	7日	300サイクル 異状なし					
表面水分(%)	1日	—			7.0～9.0	5.8	5.8
	7日	—			5.4～6.4	3.7	3.7
透水性	水圧 0.1Kgf/cm ² (g/h)	7日	—			0.85	
	水圧 3.0Kgf/cm ² (g/h)					6.6	

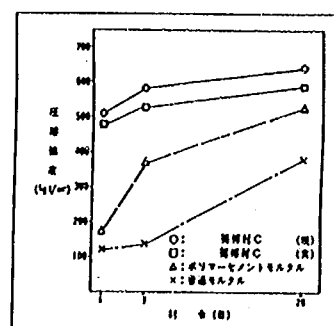
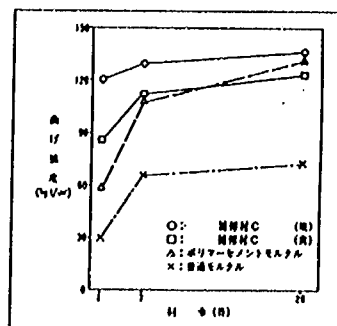
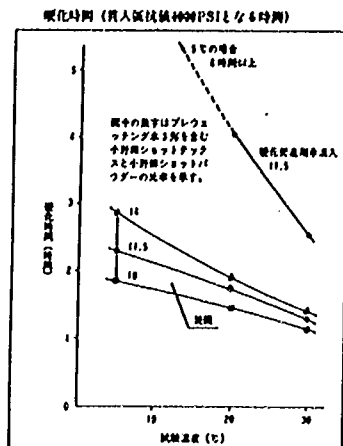
材料に期待される用途：

- ・R C 構造物の欠損部の断面修正補修
- ・R C 構造物の表面保護
- ・床面舗装

(2) 補修材 B

材料概論：

- ・塩害防除とアルカリ付与を兼ね備えた化学的補修材料。
- ・S B R 系ポリマーセメント（防錆ペースト，モルタル）による物理的補修材料。



付着強度			現場データ	
●実験データ			●現場データ	
下地コンクリート平面			コンクリートサイロ	
図B-8			ケレン→RF-100塗付(400g/㎡)→	
			補修材C 吹付け	
			図B-10	
日付	付着強度 (kg/cm²)		日付	付着強度 (kg/cm²)
	補修材C	普通モルタル		
5日間	5.1	0	11日	13.9
11日	19.4	7.9	7日	18.9
14日	21.3	13.0	14日	20.0

材料に期待される用途：

- ・用途として、早期施工を要求される場合、短時間で高強度が要求される場合、施工面積が広い場合等が考えられる。

例：港湾構造物、栈橋、トンネル他

- ・現段階における土木への適用例は数件の栈橋補修工事。
- ・現状の問題点としては、モルタルの品質がノズルマンの技術に左右されやすい。

(4) 補修材D

材料概論：

- ・劣化したコンクリート構造物の補修技術で、特に大断面の修復に適したプレパックス工法による補修工法
- ・型枠にあらかじめ粗骨材を充填し、その間隙にセメント、砂および数種類の特殊混和剤既調合の粉体と、防錆剤を組み合わせた特殊合成ゴムラテックスの液体を練り混ぜたスラリーを注入して得られるポリマーセメントコンクリート。

コンクリートの曲げ強さ

液体比 (%)	養生	曲げ強度 (kgf/cm ²)		
		3日	7日	28日
22 (標準)	標準	48	56	62
25	標準	39	41	57

*試験方法：JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に準ずる。ただし、成形および養生方法は、圧縮強度試験と同じ。

コンクリートの接合強さ

液体比 (%)	接合強度 (kgf/cm ²)	
	順打ち	逆打ち
20	40	21
22 (標準)	38	31
24	41	24

*試験方法：曲げ強度試験と同じ。ただし、成形方法は、予め成形養生した10×10×20cmのコンクリート片を型枠にセットした状態から、土木学会標準「プレキャストコンクリートの圧縮試験方法」に準ずる。

コンクリートの圧縮強さ

液体比 (%)	温度 (℃)	養生	圧縮強度 (kgf/cm ²)		
			3日	7日	28日
22 (標準)	5	標準	167	252	331
	20	標準	284	349	420
		屋外暴露	—	364	434
25	20	標準	312	367	595
25	20	標準	223	274	370
23	20	標準	228	297	409

*試験方法：JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準ずる。ただし、成形方法は、土木学会標準「プレキャストコンクリートの圧縮試験方法」に、また、養生方法は、JIS A 1172「ポリマーセメントモルタルの試験方法」に準じた。

*使用骨材：10～25mm 砕石

塩素イオン浸透深さ (mm)

浸透時間	補修材 D	普通コンクリート
1ヶ月	9.3	20.3
3ヶ月	14.2	28.5

*試験方法：JIS(案)「ポリマーセメントモルタルの塩素イオン浸透深さ試験方法」に準ずる。

材料に期待される用途：

- ・用途として、土木構造物の全般、特に柱、桁等の大断面の補修。
- ・現段階における土木への適用例として橋梁がある。

(5) 補修材 E

材料概論：

(①) 防錆剤

- ・錆と反応して優れた防錆効果を

発揮するウレタン系防錆剤

- ・修復モルタルとの付着に優れる

ポリエチレンテレフタレート系

防錆剤

(②) 下地強化剤

- ・含浸性のよい無機質系（主成分SiO₂）の含浸剤。

コンクリートの空隙に浸透し材料自体の硬化およびセメント質との反応によりコンクリート強度の向上を図る。

(③) ポリマーセメントモルタル系断面修復材，表面被覆材

- ・プレミックスモルタルとSBR系混和剤を混和して使用する。

- ・被補修対象物との付着性に優れ、かつ被補修対象物と同質材料であってそれと同じ挙動を示すために長期的に安定である。
- ・酸素、炭酸ガス、塩化物、水分等の侵入阻止性に優れ、中性化および塩害等から鉄筋コンクリート構造物を保護する。

(④) その他

- ・プレパックド工法による断面修復も可能
- ・超微粒子無機系注入材を開発中

材料に期待される用途：

- ・鉄筋コンクリート劣化構造物の補修
- ・新規鉄筋コンクリート構造物の劣化防止

(6) 補修材 F

材料概論：

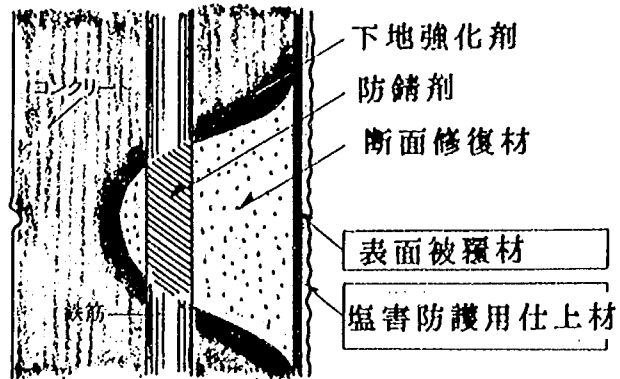
(①) 概 要

- ・補修材 F は水と混ぜて使用する無機系のプレミックスタイプモルタルである。
- ・低水セメント比でありながら、ポンプ圧送が容易な流動特性と分離抵抗性を備えている。
- ・硬化後は、緻密な組織を形成し、強度のみならず耐久性に優れた硬化体が得られる。また、硬化体の収縮が小さく、ひびわれ、剝離、剝落に対しても十分な抵抗性を有する。

(③) 特 徴

- ・大断面欠損部の充填に適する。
- ・ポンプ圧送性に優れている。
- ・ブリージングが無い。
- ・既設コンクリートとの付着性に優れている。
- ・高強度を発現する。
- ・硬化体の収縮が小さく、繊維によって補強されているため、ひびわれ、剝離、剝落に対して十分な抵抗性を発揮する。
- ・緻密な組織であることから、防水、遮塩性に優れている。
- ・中性化に対して十分な抵抗性を示す。
- ・無機系の材料から構成されているため、物性は長期にわたって安定しており耐久性、耐候性に優れている。

〈塩害防止システムの工程概要例〉



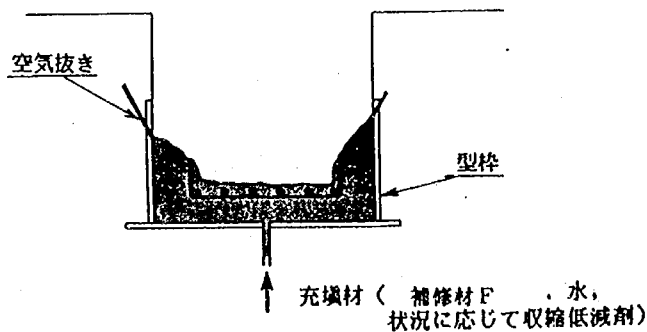
(③) 物性値は表の通り。

(④) 工法の一例を図に示す。

材料に期待される用途：

- ・コンクリート軀体の大断面欠損部の埋め戻し

項 目	測定値	備 考
硬化体比重	2.10	JIS A 1110
フロー 値	250	JIS R 5201
ブリージング率 (%)	0	土木学会基準
圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	850	土木学会基準 (φ 5 × 10cm, 材令28日)
長さ変化率	-5.8×10^{-4}	20℃, 60%R. H., 乾燥期間 4 週
	-2.3×10^{-4}	20℃, 60%R. H., (収縮低減剤併用)
付 着 強 度 (kgf/cm ²)	> 15	基材破壊



b. 気泡コンクリート又はモルタル

多機能の軽量充填材料で2種類ある。なお、コンクリート呼称のものも粗骨材は使用されていない。

(1) 気泡コンクリート

材料概論：

- ・セメントミルクもしくはセメントモルタルとプレフォーム法によって得られた微細な気泡を混合することによって得られる現場打ちのコンクリートで、比重は最小0.3まで、圧縮強度は5～100kgf/cm²、他に配合により流動性、吸水率、膨張率、ゲルタイムの調整も可能。これらの諸特性を自由に選択できる多機能材を指向している。

材料に期待される用途：

- ・軽量性を要する充填材：軽量盛土材，軽量パネル充填材
- ・流動性を要する充填材：空洞充填材，埋戻し材，管充填材，金庫充填材
- ・断熱性を要する充填材：住宅床下他，壁パネル，温室土間，路盤材
- ・その他：ヘドロ被覆材

(2) 気泡モルタル

材料概論：

- ・主成分はセメントであり，一薬剤として特殊アルミニウム化合物を配合してあって，注入すると瞬時に水酸化アルミニウムゾルを生成し，チキソトロピー性を有す。
- ・生比重が0.6～1.2程度の軽量モルタル
- ・注水後，水に出会っても希釈されることがない。
- ・圧送中，材料分離やエアの消滅がなく，長距離圧送が可能。
- ・1液性および2液性：A液＋B液（可塑剤）あり。
- ・限定注入可能

材料に期待される用途：

- ・新設または既設土木構造物における空洞部の充填
- ・特に護岸，道路・鉄道等基礎土木構造物の空洞部に充填することによるメンテナンス
- ・現在は，現場における実証実験段階である。

c. プレミックスモルタル

スラグ微粉末を混和した2種類のプレミックスモルタルである。製品Aは，高強度流動化モルタル，製品Bは，管路ライニングモルタルである。

(1) 製品A

材料概論：

- ・セルフベリング性を有しており、キャストイングに対して研ナラしが不要。
- ・ブリージングがない。
- ・収縮が小さい
- ・短期に高強度が発現する。
- ・45%以上のスラグを含有しており、耐久性に優れる。
- ・粗骨材を混入すれば、高強度コンクリートとして使用できる。
- ・特性値は右表の通りである。ただし、スラリー容量 = 2.33kg/ℓ，硬化

体容量 = 2.29kg/ℓ，フリスノール = 290mm (Φ5 × 10cm コーン)

材料に期待される用途：

- ・キャストイングパネル，ボード
- ・高強度プレキャスト製品
- ・グラウト材

(2) 製品B

材料概論：

- ・強度的には単独で管路として機能できる程度の高強度が発現する。
- ・45%以上のスラグを含有しており
- ・耐久性に優れる
- ・特性値は右表の通りである。ただし、硬化体容量 = 2.30kg/ℓ，JIS
- ・フロー = 200mm。

材料に期待される用途：

- ・工業用送水管，上下水道管ライニング材。

物 性	材 令			
	1 日	3 日	7 日	28 日
圧縮強度 (kg f/cm ²)	240	890	970	1,080
曲げ強度 (kg f/cm ²)	45	90	105	110
弾性係数 (× 10 ⁵ kg f/cm ²)	1.96	3.65	3.79	3.94
鉄筋付着 強度 (kg f/cm ²)	—	—	15	20
長さ変化 (%)	-0.006	-0.015	-0.024	-0.034

(注) 養生：20℃，1日湿空養生，以後気乾養生，
W/C = 25℃

物 性	材 令			
	1 日	3 日	7 日	28 日
圧縮強度 (kg f/cm ²)	290	520	670	790
曲げ強度 (kg f/cm ²)	45	105	120	130
長さ変化 (%)	+0.01	+0.02	+0.015	+0.004

(注) 養生：20℃，封かん養生，W/C = 30℃

d. アスファルト改質材

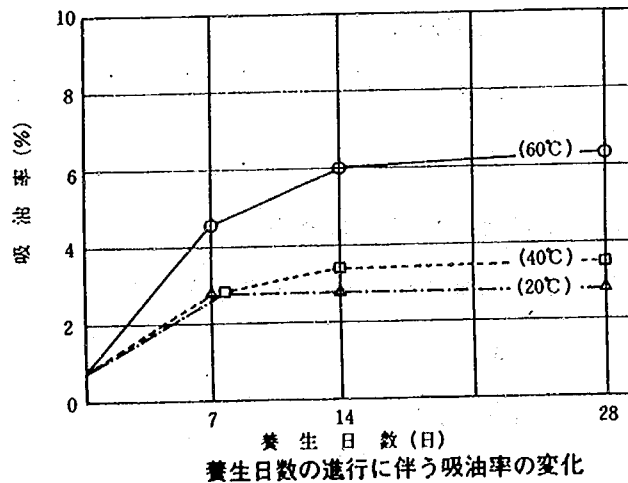
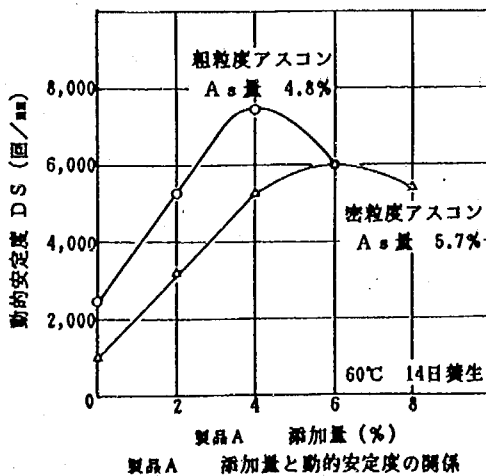
アスファルト舗装の耐流動性向上を目的とした製品3種類で、製品Aは吸油性粗骨材、製品Bは吸油性粗骨材、製品Cは特殊なクロロプレン重合体エマルジョンでストレートアスファルト中に溶解する。

(1) 製品A

材料概論：

製品Aは、粒径0.5～5mmの無機質、多孔質、顆粒状の物質で、吸油性を有しているため舗装に先立ってアスファルト混合物に添加しておくことにより、舗装後のアスファルト中の余剰な軽質油分を吸収し、舗装路面の流動わだち掘れを防止する。また、合材中で溶解するものではなく、均等分散することによりその効果を発揮するため、次のような特徴がある。

- ・プラント混合材及び路上混合のどちらにも使用でき、路上表面再生工法では再生硬化材として使用できる。
- ・他の改質材のように高温で混合する必要がなく、転圧等も普通合材と同じでよい。
- ・混合するための特別な装置は必要なく、どのようなプラントでも混合可能である。



材料に期待される用途：

- ・新設アスファルト舗装の改質
- ・路上表面再生工法

(2) 製品 B

材料概論：

製品 B は、粒径 5 ～ 20mm の無機質系多孔体であり、既設グースアスファルトにチップングすることにより既設グースアスファルトの耐流動性を向上できる。

従来の砕石チップングと比較すると、吸油性を有する製品 B チップングの改良効率は 4 ～ 5 倍で、既設グースアスファルトの耐流動性が悪い場合にも改質が可能である。

従来の打換工法と比較し製品 B による改質工法は、次のような利点を有する。

- ・ブレーカを用いないので騒音の発生がなく地元とのトラブルが解消可能。
- ・1 日当りの施工量は打換の 5 倍と施工能率がよく工期の短縮が可能。
- ・工事費は打換の 1/5 程度と安くコストダウンが可能。
- ・既設グースアスファルトを削り取る必要がないので廃材が発生せず資源を活用できる。

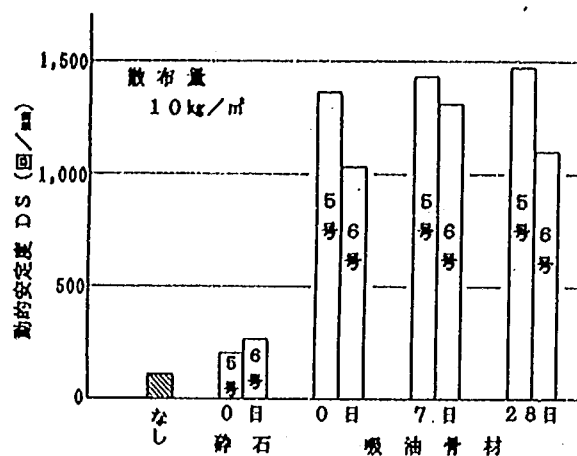
材料に期待される用途：

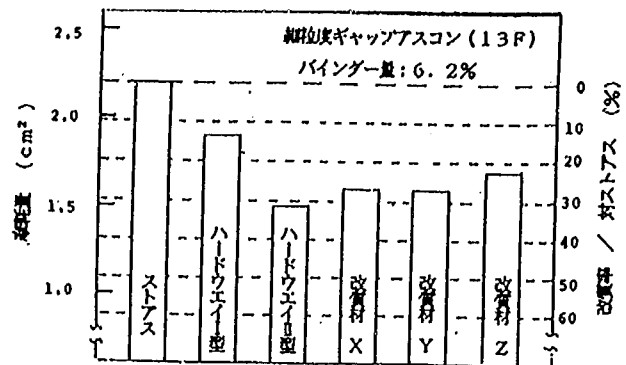
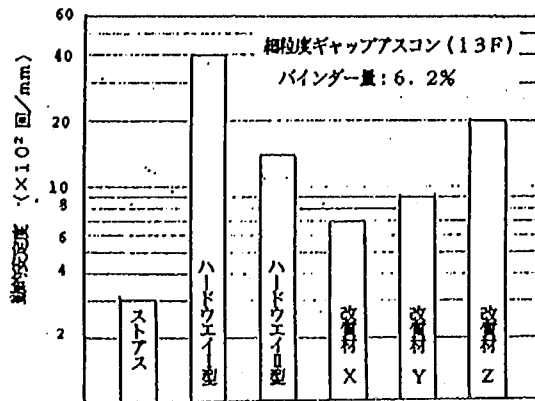
- ・高架橋等の鋼床版上のグースアスファルト再生工事

(3) 製品 C

材料概論：

- ・改質材を高温(約 180℃)に於いてストレートアスファルト中に溶融(標準使用量 4 % / 対ストアス / 固形分比)することにより耐流動性と耐摩耗性が改善される。
- ・改質材は、耐流動用 (Ⅰ型) と耐摩耗用 (Ⅱ型) 共に、ゴム樹脂の中間的性質を有するクロロプレン系重合体で、固形分 50% の乳白色エマルジョンである。
- ・プラントミックスタイプである。





各種改質材の耐流動性と耐摩耗性比較

材料に期待される用途：

- ・アスファルト舗装道路の流動や摩耗による轍掘れ防止への利用。

流動が懸念される重交通の道路，制御荷重が作用する箇所，特殊な動荷重のかかる箇所などには，耐流動型（Ⅰ型）。

摩耗の問題が大きい寒冷地の道路，寒冷地で大きな動荷重や制動荷重のかかる箇所，融管道路や消雪パイプ既設道路などでは，耐摩耗型（Ⅱ型）が適応する。

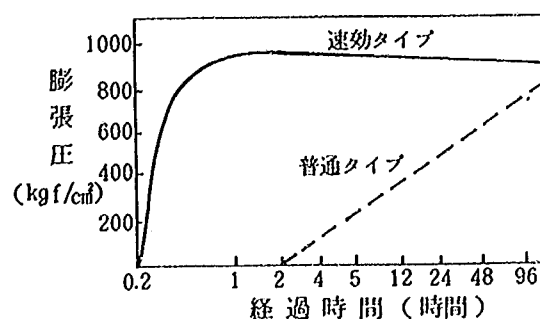
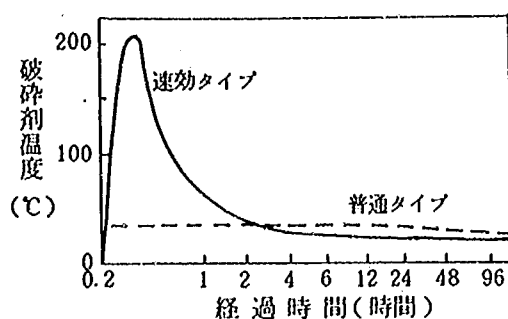
- ・市販中の商品で，コストアップを除き，問題点はない。

e. 静的破碎剤

酸化カルシウムを主成分とする破碎剤の速効タイプで，メーカー6社が協会を作っている。

材料概念：

- ・静的破碎剤の主成分である酸化カルシウムと水の反応により，水酸化カルシウムを生成し膨張圧を発生する。
- ・岩石やコンクリート破碎に必要とされる300kg/cm²程度の膨張圧に達するのが3時間以内である。
- ・騒音・振動もなく岩石やコンクリートが静かに破碎できる。
- ・無機化合物が主成分であるので火薬類の様な法的規制を受けない。
- ・予め亀裂を発生させた後，ブレイカー等で破碎するので作業スピードを大幅に向上でき，併せて二次破碎の振動・騒音等の減少がはかれる。



材料に期待される用途：

- ・岩盤，コンクリートの破壊
- ・コンクリート杭頭処理
- ・トンネル掘削
- ・ケミカルジャッキ

f. 無機系弾性表面保護材

中性化，アルカリ骨材反応，塩害等の損傷を受けたコンクリート構造物の補修のための保護塗装材で，劣化したコンクリートの耐久性向上やコンクリート構造物の保護を目的として使用できる。

材料概論：

シラン系高含浸性塗布材と高弾性ポリマーセメントモルタルおよびアクリルエマルジョン系トップコートの3層で構成されており，以下のような特徴がある。

- ・雨水の侵入を防ぐ防水性とコンクリート内部の水分を外部に逸散できる透湿性を有している。
- ・優れたひびわれ追随性があり，コンクリートにひびわれが発生しても破断することなく保護機能を発揮する。
- ・炭酸ガスや塩分の侵入を防止し，厳しい条件下でもその機能は低下しない。

試験項目	試験結果	備 考
透 水 性	1.5mg/cm ² ・日	J I S A 6 9 1 0
透 湿 性	7.0mg/cm ² ・日	J I S Z 0 2 0 8
零 ス パ ン 伸 び 量	5.2mm	
付 着 性	25/25	日本道路協会法（案）
遮 塩 性	0.007mg/cm ² ・日	日本道路協会法（案）
促 進 耐 候 性	異常なし	サンシャインウエザーメーター1500時間
耐酸性・耐アルカリ性	異常なし	J I S K 5 4 0 0

材料に期待される用途：

- ・橋台，橋脚等のコンクリート構造物の中性化，アルカリ骨材反応，塩害等による劣化の抑止
- ・コンクリート構造物の保護塗装

g. 雨水浸透管

材料概論：

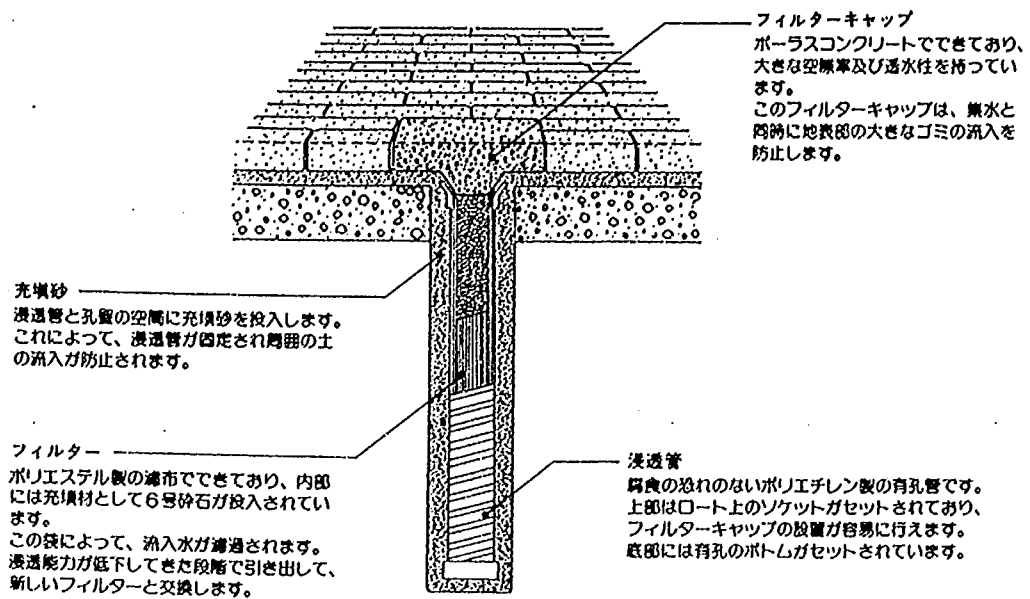
- ・本製品は，ポーラスコンクリート製のフィルターキャップ，充填材入りフィルターおよび浸透管から構成されており，図に示すように各種舗装材の一部に敷設して雨水を地下浸透させる装置。なお，本製品の仕様（表－１），物性（表－２）を示す。

表－１ 仕 様

名 称	形 状	記 号	寸 法	材 質
フィルターキャップ	円 型	FC-1	φ19×6(mm)	ポーラスコンクリート
	角 型	FS-1	23×23×6(mm)	
		FS-2	19×19×6(mm)	
	人工芝付	FG-1	23×23×6(mm)	
浸透管(フィルター付)			呼び径 長 さ	浸透管 ポリエチレン フィルター ポリエステル製濾布 6号珪石
		P-1	10(mm) 1.0(m)	
		P-2	10(mm) 1.5(m)	
充填砂		S-1	粒度1.0~0.5(mm)	4号珪砂
取換え用フィルター			呼び径 長 さ	フィルター ポリエステル製濾布 6号珪石
		B-1	10(mm) 1.0(m)	
		B-2	10(mm) 1.5(m)	

表－２ 物 性

名 称	物 性
フィルターキャップ	重 量 円型3.5kg (φ19×6mm) 角型7kg (23×23×6mm) 角型5kg (19×19×6mm) 人工芝付7kg (23×23×6mm)
	透水係数 1.0×10 ⁻¹ cm sec
	空隙量 30%
	摩 耗 量 9mm (20,000回)
	圧縮強度 240kgf/cm ²
	浸透管 開 孔 率 10%
フィルター用濾布	透水係数 1.46×10 ⁻² cm sec
	強 度 320×320kgf/cm ²



・本製品の特徴

- (①) フィルターを取換えることにより機能の回復が図れる。
- (②) 占有面積が少なく、狭い空間で施工が可能である。
- (③) 簡易な機具で施工できる。
- (④) 必要透水量に応じて増設が可能。

材料に期待される用途：

例：団地内道路，市街地の道路，商店街のプロムナード，駐車場，公園，広場，コミュニティ道路，ゴルフ場等

h. シーリング材

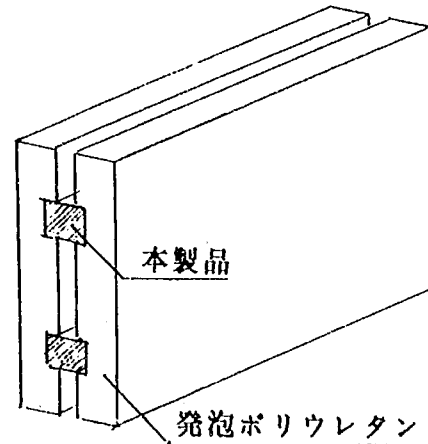
材料概論：

- ・橋梁のエキスパンションジョイント部に施工し、
遮音効果を得る。
- ・ウレタンフォームに化学的に安定な塩素ゴムを
含浸したポリウレタンフォーム
- ・あらかじめ圧縮されていて施工後ゆっくりふくらみ、それ自体の内部圧でシールをする。
- ・プライマー等による下地処理が不用で、1工程
でつなぎとめを塞ぐことができる。
- ・仕上処理が不用

- ・せん断や引張り、および圧縮に充分対応しうる弾力性をもっている。
- ・低温ではゆっくり、温度があがると早く膨張し、つなぎ目を確実に塞ぐ。
- ・いかなる天候下でも取付が可能。
- ・耐菌性、耐候性、耐薬品性が良好である。
- ・自己消火性がある。
- ・これからの開発の方向は、あらゆるすき間の遮音及び防水シール。

材料に期待される用途：

- ・エキスパンションジョイント部からの音漏れを遮断。
- ・伸縮自在で、橋梁の伸縮に追従して常に密着。
- ・本製品を複数使用すれば空気層が増し遮音効果が増大する。（図は2本使用の例）



i. エンジニアリングセラミックス

材料概論：

現在実用化されている主なエンジニアリングセラミックスの特徴、用途を表-1に代表的な特性値を表-2に示す。

材料に期待される用途：

- ・高度の耐摩耗性や耐蝕性を要求される用途
- ・土木分野での実用化もしくは検討段階にあるものの例は、P C橋梁吊り足場用インサート、コンクリートポンプ車輪送管路、シールドカッター歯、切断用ウォータージェットノズル及び防護板、橋梁シュー、P C鋼材定着具、等（主として Al_2O_3 ）。
- ・最大の問題点としてはコスト高がある。（ Al_2O_3 で鉄の数倍～数10倍、他のセラミックスは Al_2O_3 の3～5倍）

ただし、単純形状のもの、数量がまとまるものは相対的に安く出来る。

表-2 エンジンアリングセラミックスの特性

項 目			単 位	ア ル ミ ナ Al ₂ O ₃			ジルコニア ZrO ₂	ムライト 3Al ₂ O ₃ ・2SiO ₂	窒素ケイ素 Si ₃ N ₄	炭化ケイ素 SiC	ダイヤモンド SiAlON	金 属	
				83 %	95 %	99.5 %						鉄	S U S (304)
色 比 重			- g / cm ³	白 3.6	白 3.8	白 3.9	乳 白 6.05	白 3.12	黒 灰 3.25	黒 3.10	緑 灰 3.22	- 7.86	- 8.03
機 械 的 性 質	ビッカース硬度		kg / mm ²	1100	1500	1800	1200	1100	1900	2200	1600	200~600	180
	曲げ 強さ	20℃	kg / mm ²	34	40	50	120	41	82	55	80	-	30
		1200℃	kg / mm ²	-	-	20	-	40	65	50	50	-	-
	圧 縮 強 さ 引 張 強 さ 破 壊 靱 性 弾 性 率	kg / cm ² kg / mm ² MN / m ^{1/2} kg / mm ² (×10 ⁴)	24000	25000	25000	>25000	-	>25000	>25000	-	-	-	-
-			-	25	-	-	-	-	-	-	20~40	65	
熱 特 性	最 高 使 用 温 度 線 膨 張 係 数	℃ 1 / °C × 10 ⁻⁶	1500	1500	1600	800	1650	1200	1600	1300	-	400	
			7.0	7.7	7.8	9.2	5.0	3.5	4.0	3.0	12	17.3	
耐 蝕 特 性	塩 酸 (20%)	mg / cm ²	-	-	0.41	-	-	侵 食	0.00	-	-	-	
	硫 酸 (20%)	"	-	-	0.24	-	-	"	0.10	-	-	-	
	硝 酸 (61%)	"	-	-	0.12	-	-	0.99	0.10	-	-	-	
	リン酸 (85%)	"	-	-	侵 食	-	-	1.60	0.00	-	-	-	
	カ性ソーダ (20%)	"	-	-	0.07	-	-	0.21	0.00	-	-	-	
	H F (47%)	"	-	-	侵 食	-	-	侵 食	<0.2	-	-	-	

*煮沸, 72hr

ニーズに対する新素材

新材料の対応調査結果

〔内 容〕

前章の鉄系、化学繊維系、セメント系の新素材・新材料の調査結果（シーズ）と建設省土木研究所で行ったニーズに関する調査（建設分野における新素材・新材料の活用に関する研究報告書、土木研究所資料第2581号）結果とのすり合わせを行ったものである。

ニーズ調査については、今後更に具体的、定量的（要望 場所、要求される物理性質）に建設省地方建設局、関係公共事業団に対して調査を行う予定にしている。

S:鉄, F:繊維, C:セメント

大分類	中分類	小分類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分野
道路	舗装	コンクリート舗装	カラーコンクリート	カラーセメントとして市販中		C
			目地が不要なセメントコンクリート舗装用のセメント	RCCP用低収縮セメント 乾燥収縮低減剤	コンクリートの乾燥収縮を70～50%に低減可、 目地不要までは不可能	C
		表層	路面補修材料	床		C
			わだち掘れしない舗装材料	新規舗装用ブロック	表面にタイル張り、樹脂含浸（PIC）、粉体樹脂溶射等を行ったもの	C
			変形、摩耗しにくい舗装強化材	アスファルト改質材（吸油性細・粗骨材 クロム重合材エマルジョン）	アスファルト舗装の耐流動性・耐摩耗性が向上	C
			耐流動、耐摩耗の舗装材の開発	アスファルト改質材	変形磨耗しにくい舗装材	C
			浸水効果の優れた目づまりしない舗装材	インターロッキングブロック		C
			サービスエリア用すべらない美観のよい材料	インターロッキングブロック	標準品のほか、美観や耐久性を高めた新規製品もある	C
			スパイクタイヤ・チェーンにも強い舗装材料	新規舗装用ブロック	わだち掘れしない舗装材	C
			わだちぼれ、ひびわれが発生しない舗装材料	インターロッキングブロック		C
			ひびわれの発生しにくい舗装用合材	有機繊維（アラミド、アクリル、ビニロンなど） または、炭素繊維強化コンクリート	高強度、高耐久性、軽量性	F
			リフレクションクラック防止用シート	スパンボンド	厚さ0.5～3.5mm、引張強度100kg/5cm、伸度30～70%、目付60～420g/m ²	F
			路面舗装材料	パッチング用基材	スパンボンド及び短繊維不織布にアスファルトを 含浸したもの	F
			スーパー繊維による舗装	高強力ポリエチレン繊維、アラミド繊維、炭素繊維	ポリエチレン繊維の物性密度0.98g/cm ³ 、強度30～55g/d、 弾性率800～1400g/d、破断伸度2～5%、タネ128	F
			低温発熱材料	炭素繊維強化コンクリート	導電性、軽量性、高強度	F
			わだちぼれ、ひびわれが発生しない舗装材料	インターロッキングブロック		C
			目詰まりを起こさない透水性舗装材料	インターロッキングブロック		C
	道路本体	横断歩道橋	柔らかさを感じさせる歩道橋塗装	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）	軽量化、鉄やスレートより柔らかさを感じさせる	F
		側溝	軽量の側溝蓋	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）	軽量化	F
			軽量の側溝蓋	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）	軽量化	F
			軽量の側溝蓋	ステンレス、溶射鋼板	耐食性、軽量（対コンクリート）、加工性（成形）	S
		排水管	道路浸透ますフィルター材料	スパンボード、短繊維不織布	厚さ0.5～3.5mm、透水係数10 ⁻² cm/m以上	F
			道路浸透ますフィルター材料	雨水浸透管	ポーラスコンクリート性フィルターキャップ、 充填材入りフィルター	C

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
道路	道路附属施設	共同溝	無収縮モルタル	膨張材、乾燥収縮低減材	各単独使用で70～50%、両者併用で30%程度までに乾燥収縮低減可。	C
		区画線	視認性を大巾に向上にする様な区画線材料	粉対溶射インターロッキングブロック	耐久性の高い区画線材料及び舗装材料	C
		遮音壁	遮音壁用材料	有機繊維または炭素繊維強化セメント系材料	軽量性、高強度	F
			遮音壁用材料	セラミック又はレジンモルタル板	美観、防汚性のある板	C
			遮音用材料	制振鋼板・フッソ塗装鋼板・ラミネート鋼板	制振、吸振性・遮音性・加工性（深紋、スポット溶接）・耐久性	S
		道路標識	耐久性のある標識板	ステンレス・溶接亜鉛メッキ鋼板(exZn-AR系)	高耐食性・美観・塗装性	S
			耐久性のある標識板	セラミック板（大型施釉陶板）	耐水、耐薬品、耐防汚性を有する。	C
		防護壁（ガードフェンス）	防護施設（ガードレール）等への形状記憶合金の利用	形状記憶合金（鉄系）	3%以上の変形には復元性なし	S
			形状記憶および衝撃吸収を兼ねた防護壁	形状記憶合金（鉄系）	3%以上の変形には復元性なし	S
			繊維を用いた防護ネットおよび防護棚	ポリエステル繊維、炭素繊維、ナイロンなど	さびない、軽量化、耐候性に一部問題	F
	土工	盛土	排泥水の処理材	セメント系固化材として市販中		C
		地盤	軟弱地盤等シート	スパンボード、帆布、PPシート、短繊維不織布（ポリプロピレンシート）	土層分離効果、不同沈下防止、圧密促進効果	F
			薬液材料	新規注入材	超微粉の無機系混和材	C
			軟弱地盤処理剤	セメント系固化材		C
			粘性度改質材	セメント系固化材		C
			軟弱地盤改良のために施工がしやすく効果発現の速い硬化剤	超遅硬性固化材		C
		裏込め材	適度の強度をもったソイルセメント	セメント系固化材の使用		C
	防雪施設	その他	融雪剤	ステンレス	流雪側溝部材として	S
	その他	コンクリート	引張り強さをもつコンクリート	繊維補強コンクリート	鋼繊維、ガラス繊維、カーボン繊維等による補強	C
			発泡モルタル	気泡コンクリート又は気泡モルタル	比重をかえることができる。	C
			高強度コンクリートスパーサーブロックの開発	エンジニアリングセラミックス		C
			引張りに強いセメントコンクリート材料	繊維補強コンクリート	引張強さ	C
			引張り強さをもつコンクリート	アモルファス繊維・鋼繊維（FRC）	耐びわれ性・高靱性	S

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
道路	その他	コンクリート	引張り強さをもつコンクリート	アラミド繊維あるいは炭素繊維強化コンクリート	高強度、軽量性	F
			引張りに強いセメントコンクリート材料	アラミド繊維あるいは炭素繊維強化コンクリート	高強度、軽量性	F
		工法	静的破砕剤	静的破砕剤	高破砕力・短時間型のものに移行中	C
		その他	セラミックス材料による除雪グレーダーのカッティングエッジ	セラミックス部品又はセラミックスコーティング		C
橋梁	上部工	ケーブル	ケーブルに替わるナイロンスリング材	ナイロン、ポリエステル、アラミド、炭素、ポリエチレンなど各種繊維	高強度、低比重（軽量性）、防錆性、加工性	F
			グラスファイバー緊張材および補強材			F
			軽量で強度のあるケーブルの開発			F
			構造材に利用するスーパー繊維	アラミド、炭素、ポリアリレート、ポリエチレンなどのスーパー繊維	高強度、高弾性率、低比重、防錆性、	F
			スーパー繊維材料			F
		コンクリート桁	亜鉛メッキ用塗材	炭素繊維強化コンクリート	耐薬品性（耐食性）高強度、軽量性	F
			コンクリートの軽量化の開発	有機繊維または炭素繊維強化コンクリート	高強度、軽量性	F
		鋼桁	応力腐食割れの少ない鋼材	TMCP	低炭素鋼による耐応力腐食割れ性、溶接性良	S
			見苦しくない耐候性鋼材	ウェザーコート処理を行なった耐候性鋼	美観良	S
			橋梁鋼材の耐食性材料	ステンレス	高耐食性、美観良	S
		鋼桁（塗料）	ローメンテナンスを可能とする重防食材料	ステンレス箔（フレーク）入塗料	美観（表面光沢）・耐食性	S
		支承	セラミックス支承	エンジニアリングセラミックス	1個の寸法に誓約ある。	C
		床板	軽くてたわみ性のある歩道用床板	制振鋼板・ラミネート鋼板	低騒音、加工性、高強度	S
			床板などの振動吸収素材	制振鋼板・ラミネート鋼板	低騒音、加工性、高強度	S
			制振材料	制振鋼板	低騒音、加工性、高強度	S
			クラック防止・止水材料	膨張材・乾燥収縮低減材		C
			耐久性・付着性のよい弾性目地材	塩素ゴム含浸のポリウレタンフォームシーリング材	弾性、耐菌、耐候、耐薬品性が良好	C
			軽くてたわみ性のある歩道用床板	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）及び FRC	軽量化・高強度	F
			クラック防止・止水材料	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）及び FRC	軽量化・高強度	F

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野		
橋梁	上部工	床板	コンクリート床板の繊維コンクリート	有機繊維または炭素繊維強化コンクリート	高強度、軽量化	F		
		床板、高欄	コンクリートクラックを発生させない混和材	膨張材・乾燥収縮低減材	無収縮性	C		
		伸縮継手	耐摩耗性高強度材料	ステンレス（マルテンサイト系）耐摩耗用鋼	耐摩耗性、耐性、加工制、高強度	S		
		踏掛床板	さびない鋼材	ステンレス	耐食性	S		
		その他	ノンスリップ鋼板	溶射鋼板		S		
		その他（グラウト材）	材料分離のないグラウト剤	水中コンクリート用混和剤	材料分離、ブリージングなし	C		
			ウォーターレンズ現象が発生しない良質の混和剤	水中コンクリート用混和剤	材料分離、ブリージングなし	C		
	その他	コンクリート	クラックのないコンクリート	膨張材、乾燥収縮軽減材	無収縮性	C		
			カラーコンクリート	カラーセメントとして市販中		C		
			クラック注入用無機系修復剤	新規注入材、RC用補修材	超微粉型の無機系注入材	C		
			コンクリート着色剤	顔料又はカラーセメント		C		
			クラックのないコンクリート	有機または炭素繊維強化コンクリート	軽量性、高強度	F		
			桁断面を小さくできる軽量コンクリート	有機または炭素繊維強化コンクリート	軽量性、高強度	F		
		施工機器	コンクリート用型枠	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）	軽量化、高強度	F		
			セラミックスを使用したコンクリート型枠	セラミック板	取扱い上の重量の問題あるかもしれない	C		
			コンクリート用型枠	GRC	永久型枠として利用	C		
			コンクリート用型枠	ステンレス箔（型枠表面に占付ける）	コンクリート表面の美観・耐久性			
		その他	塩害対策有効なスペーサー	セラミックス製品		C		
			都市用化粧材料	セラミック板	大型の施釉陶板、押出成形中空板、レジンモルタル板	C		
			塩害対策有効なスペーサー	アルミメッキ鋼板 Zn-Al メッキ鋼板	高耐食（耐赤錆）性	S		
			都市用化粧材料	・フッソ塗装鋼板 ・ラミネット鋼板	ステンレス チタン 溶射鋼板	美観、高耐食性	S	
		トンネル	ロックボルト	吹付コンクリート	吹付コンクリート	有機または炭素繊維の吹付	高強度、軽量性	F
				定着剤	ロックボルト等のアンカー定着材料			C

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
トンネル	ロックボルト	吹付コンクリート	吹付コンクリート	急結性混和材として市販中		C
河川	堤防	土堤	堤防用芝の開発	人工芝（ナイロン、ポリプロピレン、ビニリデン）	耐水性、加工性	F
			高含水比盛土材料の改良材	セメント系又は生石灰系固化材		C
			地盤強化剤	セメント系固化材		C
	護岸	のり覆工	自然で違和感のない護岸材料	メッシュ又は枠工による石詰め籠	中詰材との一体化	S
			人工芝を用いた管理護岸材料	人工芝（ナイロン、ポリプロピレン、ビニリデン）	耐水性、加工性	F
			モルタル吹付面の色を灰白色から緑色にする材料	カラーセメントとして市販中		C
		根固め工	使い捨ての型枠	GRC		C
		その他	景観用型枠	GRC		C
	樋門、樋管、水門	本体	新建材	ステンレス（マルテンサイト系）	耐摩耗性、耐食性	S
			新建材	有機または炭素繊維強化セメント系材料	高強度、軽量性	F
		門扉	耐久性および水密性のよい扉対材料	FRP（例えば炭素繊維／エポキシ樹脂）	耐水性、加工性、高強度、軽量性	F
			アルミやチタンを利用した樋門、樋管	チタン	耐食性、耐摩耗性、加工性（成形）、強度、軽量（操作性）	S
			耐久性および水密性のよい扉対材料	ステンレス（マルテンサイト系） [※] チタン	耐久性、加工性（成形）、強度、低熱膨張係数（水密性）	S
	トンネル河川	本体	コンクリート構造物を塩害等から保護するための塗料	RC用補修材、無機系弾性表面保護材	十分な遮塩性を有する	C
	揚排水機場	ポンプ設備	ポンプ浚渫におけるセラミック材料	エンジニアリングセラミックス		C
	その他	コンクリート	耐久性を向上するような特殊セメント及び混和材	有機または炭素繊維	高強度、高耐久性、軽量性	F
			耐久性を向上するような特殊セメント及び混和材	現場打ち高強度混和材	ち密性、高強度性、耐摩耗性が得られる。	C
			水中コンクリート	水中コンクリート用混和材	粘稠性、流動性、ブリージングなし等の特徴	C
			酸に侵されないコンクリート	いおうコンクリート		C
			微細なひびわれにも対応できるセメント系の充填材	新規注入材及び開発中のRC用補修材		C
		その他	オイルフェンス	膜材（例えば、ポリエステル基布／ハイバロンゴム）	耐油性、耐水性、高強度	F
			小規模河川等の安価な水質浄化法	メッシュまたは枠工による石詰め籠	汚水の付着沈澱による浄化	S

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
河川	その他	その他	ヘドロの浚渫後の処理（固化）固化材	セメント系固化材		C
			軽量パネルを用いた使い捨て型枠	GRC		C
ダム	基礎地盤	グラウチング	難注入地盤の透水性改善のための注入材	新規注入材		C
			グラウト用セメントミルク	市販中のセメント、新規注入材	新規注入材は、超微粒子の無機系バインダーを主に各種添加材料	C
			凝結時間を操作でき高強度を安価な基礎地盤改良材料	新規注入材、超遅硬化固化材	同上	C
			ダム岩盤のグラウチング注入材料	新規注入材	同上	C
	コンクリートダム	堤体	コンクリートの発熱量を抑えるセメントあるいは混和剤	低発熱型セメント、水和熱抑制型混和材	水和熱抑制型混和材には膨張材系と水和遅延系がある。	C
			コンクリート耐摩耗を向上させる混和剤	現場打ち高強度混和材	耐久性	C
			コンクリートの発熱抑制に用いる混和剤	水和熱抑制材、水和熱抑制型膨張材	セメントの水和速度を遅延	C
	フィルダム	エレベーター	ナイロンスリング	ナイロン、ポリエステル、アラミド、ポリエチレン	高強度、高弾性率、軽量性	F
	貯水池	のり面保護	耐久性のある吹付コンクリート法面材料	有機または炭素繊維	高強度、高耐久性、軽量性	F
	その他	施工機器	軽量なコンクリート圧送管	FRP（例えば、炭素繊維／エポキシ樹脂）	軽量性、高強度	F
砂防	砂防ダム	コンクリート砂防ダム	耐摩耗性にすぐれた新材料	エンジニアリングセラミックス		C
			砂防用ダム用耐摩耗に対して強い材料	現場打ち高強度混和材	耐久性	C
			コンクリート型枠	ステンレス箔（型枠表面に占付ける）	耐久性	S
			コンクリートの表面を加工し、景観紫衣優れた新規材料	ステンレス、溶射鋼板	美観性	S
		その他	ニューセラミックスを使用したダム堤冠部の処理材	エンジニアリングセラミックス		C
	砂防施設	護岸工	景観を考慮した護岸工	石詰枠、カラー鋼矢板、溶射鋼板	景観性	S
	その他	コンクリート	ダム用コンクリート用混和剤	低発熱型セメント、水和熱抑制型混和材	低発熱性	C
海岸・海洋構造物	堤防	消波堤	海水中でブロックを接合可能とする材料	FRP	軽量性、耐水性、加工性	F
	護岸	その他	コンクリート着色材料	顔料混和、もしくはカラーセメント		C
	付帯設備	水門、樋門、排水機場	海水で腐食しない材料が欲しい。	チタン	耐食性、加工性（水密性）、強度、低熱膨張係数（水密性）	S
		排水機場	グラスウール代替材料	炭素繊維、アラミド繊維	耐水性	F

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
海岸・海洋構造物	付帯設備	その他	配電ボックス用耐食、耐衝材料	ステンレス	耐食性	S
	その他	施工機器	鋼矢板等鋼構造物の防食技術、材料	重防食鋼矢板	高耐食性	S
下水道	管路	管渠	高圧に耐え、かつ粗度係数の少ない管材	FRP（例えば、炭素繊維／エポキシ樹脂）	高強度、軽量性	F
			耐酸性のある下水道管材又はライニング材	FRP（例えば、炭素繊維／エポキシ樹脂）	高強度、軽量性	
			耐酸性のある下水道管材又はライニング材	樹脂またはいおうライニング管		C
		コンクリート	コンクリートクラック防止材	SFRC（銅繊維）	耐クラック性	S
			ひびわれの入らないコンクリート	SFRC（銅繊維）	耐クラック性	S
			コンクリートクラック防止材	有機または炭素繊維強化セメント系材料	高強度、軽量性	F
			ひびわれの入らないコンクリート	有機または炭素繊維強化セメント系材料	高強度、軽量性	F
			ひびわれ発生を防止できるコンクリート	有機または炭素繊維強化セメント系材料	高強度、軽量性	F
			コンクリートクラック防止材	膨張材、乾燥収縮低減剤	無収縮性	C
			収縮防止剤	乾燥収縮低減剤	無収縮性	C
			ひびわれの入らないコンクリート	膨張材、乾燥収縮低減剤	無収縮性	C
			ひびわれ発生を防止できるコンクリート	膨張材、乾燥収縮低減剤	無収縮性	C
			表面軀体保護材	RC補修材、無機系弾性表面保護材		C
	その他	工法	コンクリートとりこわし剤（材）	静的破碎材	静的破碎性	C
		鋼材	錆びない鉄筋	耐塩性鉄筋	耐錆性、現場加工性	S
その他	材料	コンクリート	海砂を使用時に用いる塩分の影響を減ずる混和剤	防錆用混和剤として市販中		C
			コンクリートの有利石灰をおさえる混和材	シリカヒューム及びそれを利用した技術		C
		鋼材	サビが発生し難い安価な鉄筋	炭素繊維、アラミド繊維、ポリエチレン繊維	高強度、軽量性	F
		骨材	耐久性があり、軽量かつ強度のある人工骨材	炭素繊維、アラミド繊維、ポリエチレン繊維	高強度、軽量性	F
			もろくない軽量骨材	炭素繊維、アラミド繊維、ポリエチレン繊維	高強度、軽量性	F
		鋼材	海岸地区でも使用可能なメンテナンスフリー鋼材着色メンテナンス鋼材	塗装ステンレス鋼板、フッソ樹脂鋼板	長期耐食性、美観	S

大 分 類	中 分 類	小 分 類	概 要	適 応 新 材 料	適 用 特 性	分 野
その他	材料	鋼材	サビが発生し難い安価な鉄筋	耐塩性鉄筋	耐食性・現場加工性良（エポキシ樹脂鉄筋より安価）	S
		骨材	もろくない軽量骨材	スラグ骨材	高強度	S
		塗料	無塗装化技術	ステンレス、ステンレスクラッド	耐食性、美観	S
	その他	その他	深海底金属資源の開発利用	炭素繊維、アラミド繊維、ポリエチレン繊維、ポリアクリレート繊維	高強度、軽量性、耐水性	F
		その他（人工スキー場）	柔軟性があり、長くて、使用に充分耐える人工スキー場の滑走路の材料	人工芝（ナイロン、ポリプロピレン、ビニリデン）	耐水性、耐摩耗性	F

あ と が き

本報告書では、鉄系（金属系）、繊維系、セメント系（コンクリート系）の3つの材料分野を対象としたが、今後さらに、ゴム系、プラスチック系、塗料について、同様の調査を実施し、報告を行う予定である。

最後に本報告作成にあたっては、蒔田實委員長をはじめとする利用可能性小委員会の方々に、多大のご協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。

建設分野における新素材・新材料
料の活用に関する研究報告書(4)
—— シーズに関する調査(その1) ——

ISSN 0386-5878
土研資料第2887号
平成2年9月(1990)
片脇 清, 西崎 到, 布藤 誠

要 旨

新素材・新材料の開発とこれらの利用技術の開発は、我が国が将来育成すべき先端技術のひとつに位置づけられている。本報告は、土木分野のへ新材料の利用技術を開発する過程でとりまとめた、現在までに開発されている新素材に関する資料を、材料分野ごとにまとめたものである。本報告では、鉄系、繊維系、セメント系の3つの材料分野についてとりまとめた。なお、本報告は利用可能性小委員会における検討内容の一部をまとめたものである。

キーワード：新素材, 新材料, シーズ, 土木分野, 建設分野, 鉄, 鉄鋼, 金属,
繊維, セメント, コンクリート

郵便はがき

四十二円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

化学研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2887号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印