

ハット形鋼矢板のラインナップ拡充

佐野 陽一¹・永尾 直也²

¹新日鐵住金株式会社 大阪支社 建材開発技術室 (〒541-0041大阪府大阪市中央区北浜4-5-33)

²新日鐵住金株式会社 大阪支社 建材開発技術室 (〒541-0041大阪府大阪市中央区北浜4-5-33)

ハット形鋼矢板は、有効幅900mmの大断面で、左右非対称継手を有する鋼矢板であり、施工性、構造信頼性、経済性に優れている。従来は、10H、25Hの2サイズのみであったが、より高い断面性能を有する45H、50H型を新たに開発、2014年より製造、販売を開始することにより、ハット形鋼矢板のラインナップを強化した。本稿では、45H、50H型の特徴と、実用化に向け実施した各種取組み、および適用事例について報告する。

キーワード ハット形鋼矢板、ラインナップ強化、構造信頼性、経済性

1. はじめに

わが国の鋼矢板は、1929年に鋼矢板国産化に着手、1931年に製造、販売を開始して以来、河川工事、港湾工事、仮設土留め工事等の幅広い用途で、普及発展を遂げてきた。大量生産可能な圧延技術及び設計施工に関わる利用技術等の開発を進め、鋼矢板需要量はピーク時には年間100万トンを超え、近年も東北震災復興、全国防災・減災事業への適用が進められ、年間60万トン前後で推移している。

この間、建設コスト縮減の社会的ニーズを受けて、河川・港湾工事を中心とした永久構造物の本体壁に利用される鋼矢板は、400mm幅のU形鋼矢板から600mm幅のU形鋼矢板(広幅鋼矢板)が主流となった。その後、更なる建設コスト縮減が求められるようになり、その対応として、2005年より有効幅900mmのハット形鋼矢板の製造・販売を開始している。

2. ハット形鋼矢板 45H、50Hの特徴

ハット形鋼矢板は、有効幅が900mmの大断面で、嵌合継手の位置を壁体の最外縁部に配置し両継手を左右非対称とした形状の鋼矢板である。形状・寸法許容差、化学成分・機械的性質はJIS A 5523(溶接用熱間圧延鋼矢板)に準拠している。

ハット形鋼矢板は、販売開始当初、従来のⅡw、Ⅲw型に相当する10H、25Hの2種類のみであったが、2014年、新たに45H、50Hをサイズ追加し、ハット型鋼矢板のラインナップを強化した。ハット形鋼矢板の断面図、断面

諸元、および機械的性質を図1、表1、および表2に示す。

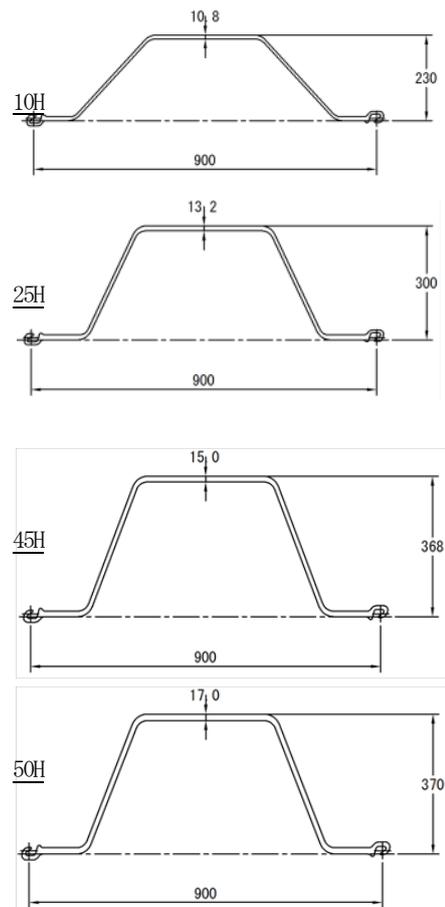


図-1 ハット形鋼矢板の形状、寸法

表-1 ハット形鋼矢板の断面諸元

型式	寸法			壁幅1m当たり断面諸量			
	有効幅	有効高さ	板厚	断面積	断面二次モーメント	断面係数	単位質量
	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg
10H	900	230	10.8	122.2	10,500	902	96
25H	900	300	13.2	160.4	24,400	1,610	126
45H	900	368	15.0	207.8	45,000	2,450	163
50H	900	370	17.0	236.3	51,100	2,760	186

表-2 ハット形鋼矢板の機械的性質(JIS A 5523)

規格記号	降伏点または耐力(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)	試験片	伸び
				(%)
SYW295	295以上	450以上	1A号	18以上
			14B号	24以上
SYW390	390以上	490以上	1A号	16以上
			14B号	20以上
SYW430	430以上	510以上	1A号	14以上
			14B号	19以上

ハット形鋼矢板は、以下のような優れた施工性、構造信頼性、経済性を有する。

a) 優れた施工性

ハット形鋼矢板は、継手近傍に平坦部を設け、部材一枚あたりの剛性を高くして施工時における土中での部材変形を抑制し、さらに、継手嵌合時に隣り合う部材の向きを揃えたことにより、施工時の部材の変形モードを一致させ、継手の競りによる貫入抵抗を抑制し、大断面でありながら優れた施工性を有している。

b) 高い信頼性

図-2 に示すように、継手が壁体最外縁に位置するため、鋼矢板単体の中立軸と壁体形成時の中立軸が一致し、U形鋼矢板で考慮していた継手効率(鋼矢板形状及び継手位置に起因する断面性能低減)を考慮する必要がなく、様々な適用条件においても確実に構造性能を発揮できる。

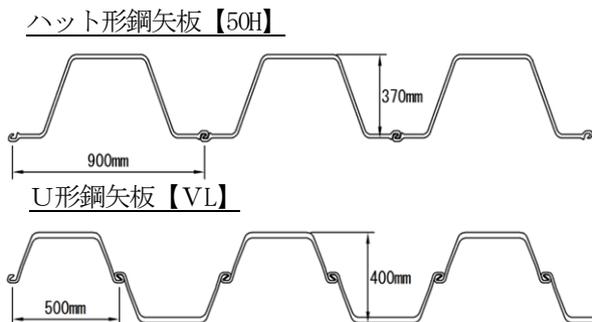


図-2 ハット形鋼矢板とU形鋼矢板の比較

c) 優れた経済性

図-3 に示すように、U形鋼矢板に比べて鋼矢板壁、単位壁面積あたりの鋼材重量が低減されるとともに、図-2 に示すように、有効幅を900mmとしたことにより施工枚数を広幅鋼矢板と比べて削減でき、工期短縮による建設コスト削減を可能とした。材料費と施工費の比率を4:1と仮定し試算した各型式ごとの経済性効果の例を表-3 に示す。

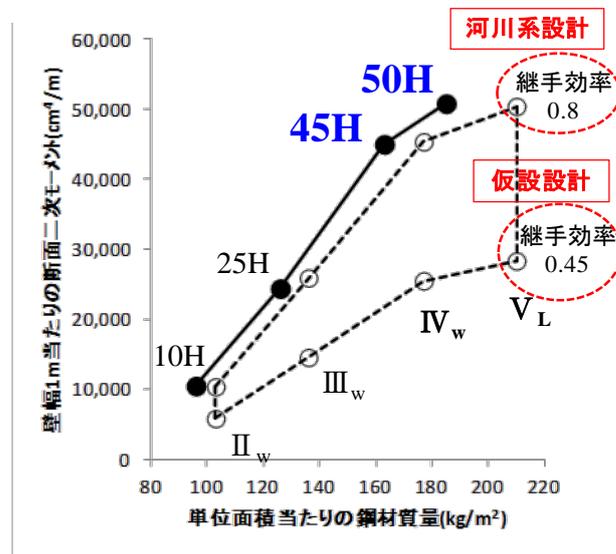


図-3 鋼材重量と断面性能の関係

表-3 ハット形鋼矢板とU形鋼矢板の比較例

型式	比較	材料費		材工費
		▼	▼	
10H	(II _w →10H)	7%	20%	9%
25H	(III _w →25H)	7%	20%	9%
45H	(IV _w →45H)	8%	20%	10%
50H	(V _L →50H)	11%	25%	14%

※) 材料費 (2013年9月 物価版より)

ハット形鋼矢板のサイズ追加に伴い、45H および 50H の打設ができる施工機械および施工法の開発が必要不可欠であった。また、ハット形鋼矢板の普及促進を図るため、周辺技術の整備も並行して進める必要があった。以下では、ハット形鋼矢板のサイズ追加に合わせて実施した施工技術の開発および周辺技術の整備と、新たな適用法について述べる。

3. 施工機械および施工法の開発

鋼矢板の打設は、主として、バイプロハンマ工法と油圧圧入工法が用いられている。以下では、それぞれの工法の概要と、機械メーカーと共同で実施したハット形鋼矢板のサイズ追加に伴う技術開発について述べる。

(1) 施工機械の開発

a) バイブロハンマ工法

バイブロハンマ工法は、鋼矢板頭部を把持したバイブロハンマ機が起振し、鋼矢板及び地盤に振動を伝達して鋼矢板を打ち込む工法である(写真-1)。施工速度が速く、また硬い地盤への施工も可能である。



写真-1 バイブロハンマ工法による鋼矢板打設状況

バイブロハンマ工法については、従来のU形鋼矢板では矢板ウェブ部の1箇所把持(シングルチャック機構)であるのに対し、大断面であるハット形鋼矢板では振動を効率的に伝達させるために矢板フランジ部の2箇所把持機構(ダブルチャック機構)を標準施工仕様とした。バイブロハンマ本体は従来機がそのまま適用でき、鋼矢板把持機構にダブルチャック装置を取り付けるのみでハット形鋼矢板の施工に対応できる。ハット形鋼矢板のフランジ角度については、10H~50Hの型式毎に異なるため、写真1に示す45H、50H型向け専用ダブルチャックを開発した(図-4)。

ハット形鋼矢板

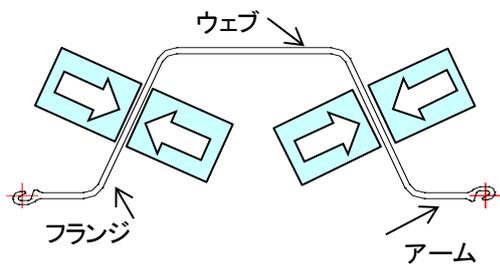


図4 ハット形鋼矢板のチャック装置

b) 油圧圧入工法

油圧圧入工法は、既に打ち込んだ鋼矢板の引抜き抵抗力を反力として鋼矢板を静的に地盤中に押し込む工法であり、都市内工事等での低振動・低騒音施工、狭隘地施工等に適した施工法である(写真-2)。



写真-2 油圧圧入工法による鋼矢板打設状況

図-5に示すように、油圧圧入工法では、ハット形鋼矢板の専用機により施工する。油圧圧入機においても、従来のU形鋼矢板では矢板ウェブ部の1箇所把持であったのに対し、大断面であるハット形鋼矢板では圧入力を効率的に伝達させるために矢板アーム部の2箇所把持としている(図-6)。

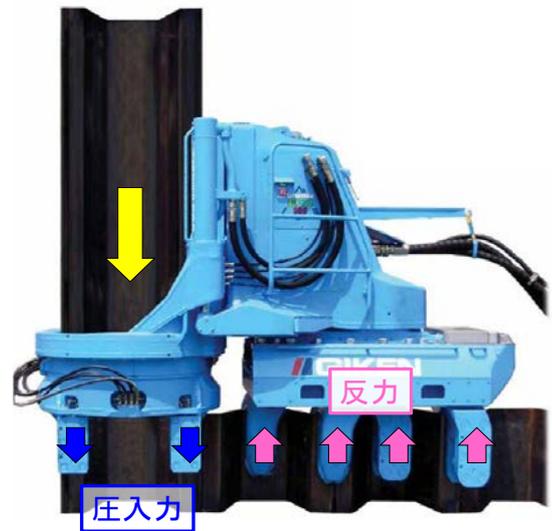


図5 油圧圧入機と圧入工法の概要

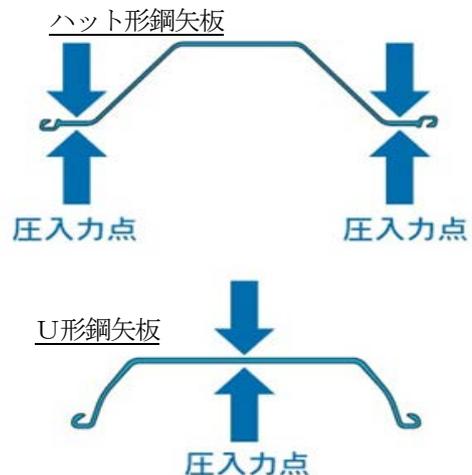


図6 ハット形鋼矢板の把持方法(油圧圧入工法)

また、圧入機は、ハット形鋼矢板 10H~50H の型式に左右されずにアーム部を把持できる形状であるため、これまでのハット形鋼矢板専用機での施工が可能である。また、ウォータージェット補助工法の適用範囲を超えるような硬質地盤(N 値>50)に対しても、オーガを併用した圧入施工が可能な施工機の開発を実現したことで、より広範囲の地盤条件への打設が可能となった(図-7)。

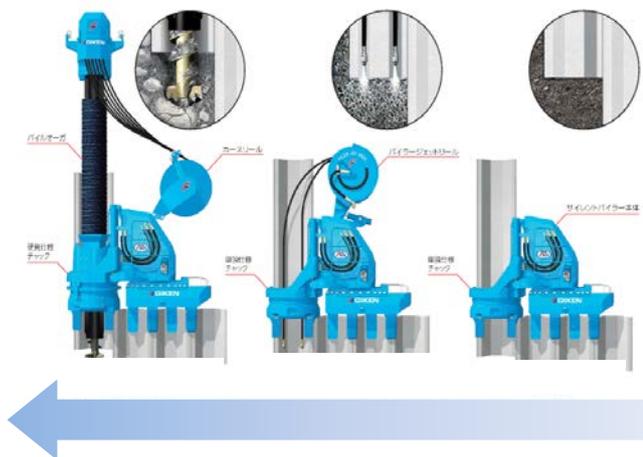


図-7 地盤特性と圧入施工法

施工スペースに制約がある等、クレーンの設置が困難な場合には、写真-3 に示すようなノンステージ圧入工法を適用することにより、施工を可能とした。これは、圧入機に加え、材料を建て込むクレーンも既打設の矢板の上を移動することができ、材料置き場(ヤード)と圧入機まではパイプランナーと呼ばれる運搬機が同じく既打設の矢板の上を移動する画期的な工法である。ハット形鋼矢板の普及にあわせて、ハット形鋼矢板全型式で適用可能な工法として確立した。



写真-3 ノンステージ圧入工法の 施工状況

(2) 施工性確認試験

市場投入に先立ち、パイプロハンマ工法及び油圧圧入工法、それぞれについて、実地盤を用いた施工性確認試験を実施した。以下で、その内容について述べる。

a) パイプロハンマ工法

本試験では、長さ 12.0m (単独施工試験用) と 25.0m (ウォータージェット補助工法併用試験用) の 45H, 50H およびIVw を用い、当社研究所敷地内の実地盤に鋼矢板を打設し、その施工性を確認するとともにパイプロハンマやウォータージェット補助工法の有無による影響を比較した。なお、鋼矢板の把持は、ハット形鋼矢板はダブルチャック装置を、広幅鋼矢板はシングルチャック装置を用いた。

写真-4 に打設状況を、図-8 に本試験の地盤条件と打設深度 1m 毎の打設時間を示す。なお、パイプロハンマ単独工法は N 値 50 を超えるまでとし(12.0m 材料適用)、より硬質な地盤への打設についてはウォータージェット補助工法を併用し打設性を検証した。



写真-4 打設試験状況 (パイプロハンマ工法)

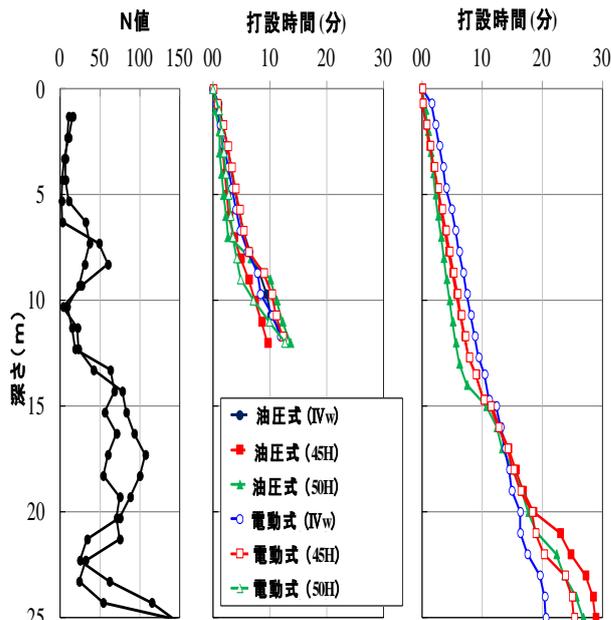


図-8 打設試験結果 (パイプロハンマ工法)

打設時間の傾向には多少のばらつきはあるものの、ハット形鋼矢板の1枚当たりの有効幅は広幅鋼矢板の1.5倍を有していることを考慮すると、同一施工延長として見た場合の打設時間は、ハット形鋼矢板の方が短くなり、工期短縮および施工費削減に寄与することができる。

b) 油圧圧入工法

本試験では、前述の試験同様、長さ12.0m（ウォータージェット補助工法併用試験用）のハット形鋼矢板45H、50H（25Hは参考）およびIVwを用い、実地盤に鋼矢板を打設し、その施工性を確認した。写真-5に打設状況を、図-9に本試験の地盤条件と打設深度1mごとの打設時間を示す



写真-5 打設試験状況（油圧圧入工法）

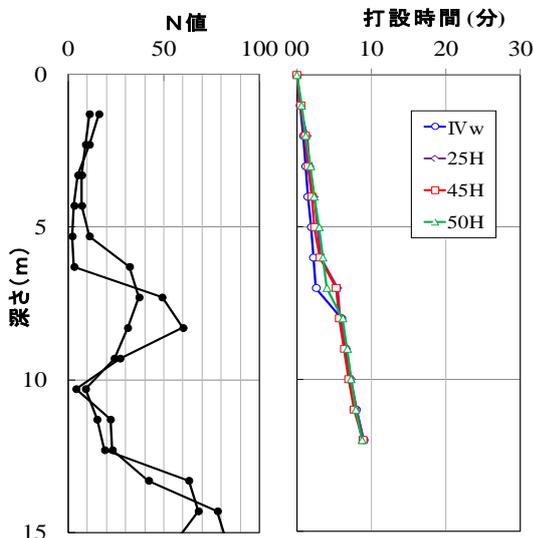


図-9 打設試験結果（油圧圧入工法、WJ有り）

本試験でも、ハット形鋼矢板とU形鋼矢板の打設時間はほぼ同等で、十分な施工性が確認された。これは、同一施工延長として見た場合、ハット形鋼矢板の方が打設時間を短縮でき、工期短縮に伴う建設コスト削減に期待できることを意味するものと言える。なお、単独施工の実大施工試験も実施し、上記同様、打設時間はほぼ同等で、問題なく施工できることを確認した。

また、10H～45H型を同一機械で連続打設し、10Hと25Hおよび25Hと45H各々について嵌合性試験を行い、型式が変わっても同一機械での連続打設が可能であることを確認した（写真-5）。

4. 周辺技術整備

ハット形鋼矢板の普及促進に向け、サイズ追加と並行して周辺技術の整備も実施した。以下では、①鋼矢板の適用範囲を拡大するための高規格材料の実用化、②腐食環境の厳しい港湾・海洋構造物への適用を促進するための重防食対応技術の整備、③都市部の河川護岸等、景観対策が要求される構造物への対応技術の開発について、具体的に述べる。

a) 鋼矢板鋼材の高強度化

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震以降、海岸保全施設および河川堤防等の液状化対策、津波対策に対する社会的ニーズが全国的に高まっており（特に、南海トラフ地震対応としての東海～九州太平洋沿岸域）、鋼矢板法尻対策、二重鋼矢板堤防の需要が増加している。本分野では大きな作用力に抵抗し得る高い耐力が必要とされる傾向にあることからより高強度な材料が望まれる。そこで、表-2に示したように、従来のSYW295材・SYW390材に加えSYW430材を投入し、より大きな耐力が要求される構造物にも、鋼矢板の適用を可能にした。当該材質は、既にJIS A 5523(2012)に記載されたJIS規格品であることから、幅広い分野での普及を期待している。

b) 重防食塗装

港湾・海洋構造物は海水に接し、潮位の変動や波しぶきを受けるといった環境下にあることから、施設を適切に維持管理し、長期にわたり活用していくためには鋼材の腐食を抑止することが必要となる。そこで、ハット形鋼矢板45H、50H型に対しても、他の型式同様、工場でウレタンエラストマーを被覆して防食機能を付与した重防食鋼矢板（写真-6）の製造体制を整備し、実用に供している。



写真-6 重防食鋼矢板

c) 頭部笠コンクリートのプレキャスト化

ハット形鋼矢板は頭部拘束の有無に関わらず、継手効率による断面性能の低減が不要であるが、壁体としての景観面から頭部をコンクリート被覆することが多い。そうしたニーズに対応する技術として、コンクリート被覆に要する工期の短縮を目的に、ハット形鋼矢板全型式に適用可能なプレキャストタイプの頭部被覆ブロックが開発されている（写真-7）。



写真-7 ハット形鋼矢板へのプレキャスト笠コン実施事例

当近畿地区でも、先行して市場投入した 10H、25H の適用事例は着実に増加しつつあるとともに、今年度、南あわじ市の福良港の護岸工事で、45H の適用工事が実施される（写真-8.9）など、ハット形鋼矢板の適用事例は、今後、飛躍的に拡大していくことが期待される。



写真-8 現場納入したハット形鋼矢板（45H）



写真-9 鋼矢板打設状況

5. 適用事例

ハット形鋼矢板は本設構造物としての港湾工事、河川工事や仮設構造物としての土留め壁、止水壁等に幅広く適用され、数多くの実績を蓄積してきた。また、道路擁壁、軟弱地盤上への築堤時の応力遮断壁等、これまであまり鋼矢板が適用されてこなかった分野においても、鋼矢板の靱性・強度に優れる材料特性や、都市部等でも比較的容易に打設ができる施工特性を活かし、新たな需要分野での適用事例が増えつつある。特に、東北地方太平洋沖地震以降、想定地震動の巨大化（液状化範囲の拡大）や津波に対する対策として、鋼矢板を堤体の法尻に設置する堤体抑制や、堤体法尻に鋼矢板を2列設置し、地震・津波作用時に堤防機能を保持する海岸・河川堤防補強での需要が高まっており、ハット形鋼矢板の適用事例も着実に増大している。

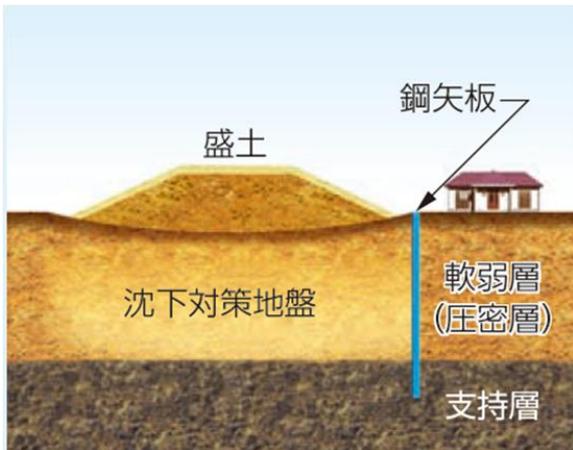


図-10 沈下対策（応力遮断壁）への適用

6. おわりに

ハット形鋼矢板は、鋼矢板の製造技術と、設計、施工に関する利用技術を結集して開発した建材製品であり、今回の 45H、50H 型の投入によりほぼ本設需要を網羅できるラインナップが整った。今後は、幅広い分野で建設コスト縮減、工期短縮等に繋がる技術提案を進め、ハット形鋼矢板の普及を促進することで全国的なインフラ整備に貢献したい。

参考文献

- 1) 乙志和孝, 原田典佳, 西山輝樹, 鈴木崇, 片岡直人, 横山秀幸, 山下浩, 三浦洋介: 新日鐵住金技報, No. 403, 56-61, 2015.
- 2) 原田典佳, 龍田昌毅, 黒澤辰昭, 西海健二, 妙中真治, 若月輝行, 三浦洋介, 江田和彦: 新日鐵住金技報, No. 387, 10-16, 2007.
- 3) (株)技研製作所ホームページ
- 4) 共和コンクリート工業(株)ハットブロックカタログ