

河道と施設の維持管理技術

MAINTENANCE MANAGEMENT TECHNOLOGY OF RIVER AND RIVER STRUCTURES

関沢元治¹・石野和男²
Motoharu SEKIZAWA and Kazuo ISHINO

¹正会員 工修 国土交通省木曽川下流河川事務所 所長 (〒511-0002 三重県桑名市大字福島465)

²正会員 工博 大成建設株式会社技術センター 主席研究員 (〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1)

At present, rivers were protected from flood by the dikes and the revetments etc. In addition, many various facilities were built gradually. These rivers and the structures which are kept maintaining appropriately visa vis the change and superannuation etc. of the external force and with the progress of impact and the river bed fluctuation etc. by the flood has focused on importance. On the other hand, change has been caused by the man-made factor e.g., with the improvement of safety degree against flood to rivers management and the management of the facilities which include levee protection decreases. Therefore, argument from wide viewpoint has become topic in regard to, rivers management such as design approval, long-lived conversion of the river and the facility and management technique and retention of the historical structure.

Key Words : Maintenance, management technology, river, river structures,

1. はじめに

現在の河川は、堤防、護岸等により防御され、また様々な施設が段階的に設置されてきた。この河道と構造物を河床変動等の洪水によるインパクト、整備の進捗による外力の変化、老朽化等に対して適切に維持管理していくことの重要性に注目が集まっている。一方、治水安全度の向上とともに水防を含む河川管理、施設管理への地域の関心が低下するなど、人的側面においても変化を生じてきている。また、維持管理費は将来に対する投資的経費ではないことから強くコスト削減を求められる分野でもある。このため、河道と施設の設計・評価、長寿命化、管理手法、歴史的構造物の保存など、河川管理に関して幅広い観点からの議論が課題となっている。

2. 河道の維持管理技術の現状と課題*

我が国の河川の大半はその氾濫域において何らかの土地利用がなされ、堤防や護岸などによって河道は人工的に制御されている。このため、洪水等の外力に対して変化しようとする河道を安全な範囲に制御することが求め

られる。改修の進んだ河川では河道は護岸等構造物で制御されているが、その場合でも河床低下が進行するなど対策が必要となっている河川が多い。また、多くの河川は護岸等の整備は不十分であり、現在では河川環境保全等の観点から構造物による完全な制御を行うことは必ずしも適切とは考えられていない。更には、限られた維持費では護岸、根固工等の整備は難しく、災害復旧により対応しているのが実態である。従って破堤や河岸侵食による被害を生じないように、効果的維持管理の技術が必要となっている。

河道は洪水毎に変化しており、その特性を知ることが維持管理技術の基本となる。河道特性は、河川の規模、セグメント区分、河床形態、土砂収支、高水数の有無、植生の状況などから体系的に整理されている^{1) 2)}。

近年は治水施設の整備等による外力、土砂供給の変化と河道との関係、植生による砂州の固定化等の植生と河道との相互作用など、ダイナミックな変化の過程を説明することに着目した研究が進められている^{3) ~ 8)}。

これらの知見を有効活用するとともに、河道がどのような変化の過程にあるのかを的確に把握することが効果的河道管理の課題である。

既往の知見について、現場で十分活用されているとは

言えない状況である。例えば、河道管理上最も重要な河道特性である砂州の発生については、中規模河床形態領域区分図によって川幅、勾配、河床材料と流量規模によって知ることができる（図-1参照）。概略的な数値で幅を持った推定をするだけでも十分であり、さらに現場で活用されて良い。

災害の現場では掃流力で外力を評価することがわかりやすい。痕跡や地形から水面勾配、水深は容易にわかり暗算できるからである。目視でも代表粒径を考慮して無次元掃流力とすることも簡単である。流速をパラメータとした現場での推論は困難である。研究者の側も現場で使いやすい活用方法を提案することが求められている。

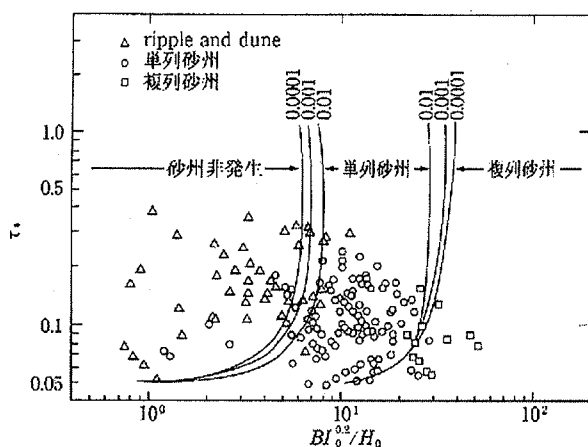


図-1 中規模河床形態の領域区分図（岸・黒木）²⁾



写真-1 鳴瀬川上三区用水樋管付近

写真-1 は典型的な高水敷の無い水衝部危険箇所である。取水樋管があるために左岸は深掘部からいきなり堤防となっている。中央の砂州上は植生が繁茂しておりその消長により砂州、深掘部は影響を受けている。深掘の進行は即破堤となるためその抑制が課題であるが、取水への影響を考えると対策は限定される。深掘れ、植生状況の継続的モニタリングを必要とする。

写真-2 は護岸・根固工の整備された河道における大出水後の状況である。この河道は過去の洪水により改修が行われており、上流には砂防施設の整備も行われている。このため、上流からの土砂供給、河岸侵食による側

方からの土砂供給も過去の洪水より減少し、結果的に著しい河床低下となった例である。



写真-2 姫川水系根知川 平成7年7月洪水後

護岸基礎が全川にわたって根入れ不足となったが、このように上流や側方からの供給土砂の減少から河床低下傾向にある河川が増加している。護岸の被災例の多くは河床低下によるものであることが報告されており^{9) 10)}、河岸防御を目的とする河道管理にとって河床低下は最大の課題である。

これらの事例のように、河道管理上重要な箇所に注目すること、その変化を把握・予測することができれば効果的な管理ができると考えられる。予測には仮説（シナリオ）を想定し、要因と現象を検証していくことが有効である¹¹⁾。しかしながらシナリオ想定的基础となる河道の変化の過程を知ることは実際には難しいことである。過去の河道変遷、被災の履歴を知り、継続的に観察を行う現場技術者を5年、10年と同じ河川に継続配置できないからである。したがって情報を共有し、経緯を理解しやすいシステムの確立が求められている。また、多くの事例を知ることでシナリオ想定も可能となる。（財）国土技術研究センターでは河川の被災事例をデータベース化しているが、こうした知見の共有が必要である。

具体的な河道管理としては、効果的植生管理、砂州の固定化の防止、危険箇所における護岸工等の設置などが考えられるが、その費用の確保が課題となっている。このため、従来の手法にこだわらず柔軟な対応を考えることが必要である。

植生の管理は、対象となる面積が大きいこと、復元力が強いことから効果的伐採の手法が検討されている^{12) 13)}。また、伐採した樹木等の処理費用低減のため様々な試みがなされている。洪水により河道から多くの流木が発生しており¹⁴⁾、流出防止対策も行われている¹⁵⁾。



写真-3 袋詰玉石工による護岸補修事例

写真-3 は老朽化した護岸はそのままだに前面に袋詰玉石工を設置して

いる事例である。

湾曲部の河岸防御としては、鳴瀬川で採用されたベン工¹⁶⁾が有効であり、費用も大幅に少なくできるが、設計手法が確立しているにもかかわらず活用事例は少ない。

河床低下傾向の河川では、基礎を有するブロック張護岸より、鉄線籠型護岸のような柔構造で多少の河床低下には追従可能な工法が長期的管理面から適切であると考えられる。

全国で実施されている対策事例をフォローアップしていくことが求められる。

3. 堤防の維持管理技術の現状と課題**

堤防は河道に設置される治水上の最重要施設である。その大半は盛土であって高さと幅で洪水を河道内に制御する単純なものではあるが、

- 1) 長大な延長を有していること
- 2) 逐次改修が行われ複雑な内部構造を持つこと
- 3) 樋管等、堤体に設置された構造物周辺が弱点となる場合があること

等から、適切に評価・管理することの難しい構造物である^{17) ~21)}。



写真-4 鳴瀬川堤防開削断面

写真-5 は宮城県北部地震で被災した鳴瀬川堤防の開削断面である。旧堤防（左側：川裏）に対し昭和30年代に表腹付されているが、良質土でしっかりとした旧堤盛土に対し、腹付盛土は砂であり、当時の技術者からの聞き取りによれば締固めも行われていない。一連区間の中で前腹付け、裏腹付けと変化したり、盛土材料が山土であったり河床材料であったりと変化もしている。こうした事実は、一連区間の堤防を代表断面のみで評価することの危険性を示している。解析を代表断面で行うとしても、縦断的な変化を把握することが必要である。鳴瀬川においては、弾性波探査、EM探査によって堤体材料、堤体の緩み域を縦断的に把握している²²⁾。より安価に長大な延長の中から弱点を見つけ出す技術の開発が望まれる。

弱点に対しては、できるだけその部分を改良していくことが目標となる。洪水時に漏水が見られた箇所に遮水シート、遮水矢板を設置するといった対策が一般的に行われているが、盛土そのものに手をつけることは少ない。

護岸設置の際その下の盛土を良質土で置き換えるなど、逐次強化を図ることも行われて良い。

樋管等、堤体内に構造物が設置されている場合、その

構造物の老朽化や、堤防と構造物の沈下等変形に対する差異は一連堤防の機能上の弱点となりやすい。

このため、現在では樋管基礎は支持杭に代えて地盤改良を行う柔構造を基本としているし、旧来の樋管に対しては連通試験等による空洞化調査、グラウト等対策工法を行うことも一般化している。



写真-5 老朽樋管からの吸出による堤防陥没事例

写真-5 は、コンクリートの劣化により函体に穴のあいた樋管上の堤防陥没事例である。徐々に空洞が広がり遂に陥没し初めて発見された。

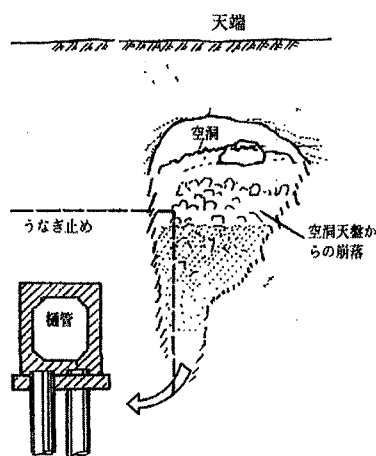


図-2 樋管周辺堤防空洞事例（長瀬）²³⁾

修復する技術は確立しておらず、開発が望まれる。

図-2 は樋管下部の空洞化が堤体上部に拡大した事例である。天端が道路占用されている場合などは通常の巡視では発見が難しい。樋管下の空洞化対策は確立しているが、堤体上部のゆるみ域や空洞を容易に発見する技術、これを

4. 施設の維持管理技術の現状と課題**

河道内に建設される施設としては、護岸、堰、床固め工、橋梁等が挙げられる。維持管理技術は、これらの構造物の機能および安定を保つために必要である。

施設の維持管理技術の、流れ、管理基準、コスト等に関しては、前田²⁴⁾が排水機場の機械設備を対象として詳細に示しているので参照されたい。

ここでは、河床変動状況を維持管理に組み込むことが必要となる維持管理の課題を示す。

表-1に、構造物の機能および損傷・安定度の着目点毎

に、維持管理に必要となる現地調査項目、変状の予測項目、変状の評価項目、補修方法を示す。なお、表-1では、地震・耐震に対する維持管理項目を除いている。

このように、機能および損傷・安定のリスクを評価するためには、河床の低下状態ばかりでなく、河床の上昇状態も評価する必要がある。

表-1 構造物の維持管理に必要となる検討項目

	現地調査項目	変状の予測項目	変状の評価項目	補修方法
構成材料	劣化・磨耗損傷度	劣化、磨耗損傷度	経年変化	表面被覆
基礎安定	河床の洗掘深	洗掘深	洗掘防止の必要性	洗掘防止工の追加
	河床堆積高	河床変動 植生の繁茂	河床掘削の必要性	掘削等
全体安定	安定度	作用水深、流速、流木	安定の安全率	部材の補強
機能確保	河床高 流量	河床変動 植生の繁茂 流木	河床掘削 流木捕捉工の必要性	ベーン工 掘削 流木捕捉工等

ここで、機能および損傷・安定のリスク評価に関する、河床低下、河床上昇の事例を示す。

- 1) 香川県の土器川では、平成2年の大出水の後、15年近くにわたり洪水が発生していないため、左右岸において植生が繁茂するとともに植生内に土砂が溜まり河積が減少している。このため、洪水時に、河川中央部における橋脚に作用する流速が増加することが懸念されている²⁵⁾
- 2) 福井県の足羽川の第4鉄橋地点でも、河幅の約半分の河床に植生が繁茂して河床の変動を抑制していた。このため、洪水は、植生が繁茂していない部分に集中して作用して、橋脚の倒壊を助長していた²⁶⁾。また、足羽川の第1、3、5、7鉄橋地点では、河床が岩盤で構成されていることにより、河床低下が発生しないとともに、水位が上昇して橋桁に流水が作用して、橋梁の倒壊を助長していた²⁶⁾。



写真-6 土器川における植生の繁茂と河床上昇状況

3) 足羽川の南に位置する岐阜県の板取川では、河床が砂

礫で覆われて谷底が深いために、足羽川に匹敵する雨量が発生しているが、護岸を越水する被害は発生していない。

- 4) 静岡県大井川の中流部では、支川からの流出土砂が本川に流入している。一方、本川の上流でのダム操作により本川の流量が減らされている。このため、支川からの流出土砂が本川に堆積することにより河床上昇が発生し、護岸からの越水を引き起こしている²⁷⁾。

- 5) また、三輪²⁸⁾は、堰の上下流における河床上昇および低下の問題点を提示している。

このように、機能および損傷・安定を評価するためには、河床の低下状態ばかりでなく、河床の上昇状態も評価する必要がある。

なお、砂礫が流下する河川では、砂礫によるコンクリートの磨耗対策に留意する必要がある。これに関する事例を以下に示す。

- 6) 長野県の姫川では、平成7年の災害復旧のために護岸および床固工が施工された。姫川は、大礫も流下する急流河川であり、その後の出水により床固工は、写真-7 に示すように、磨耗損傷を受けている。

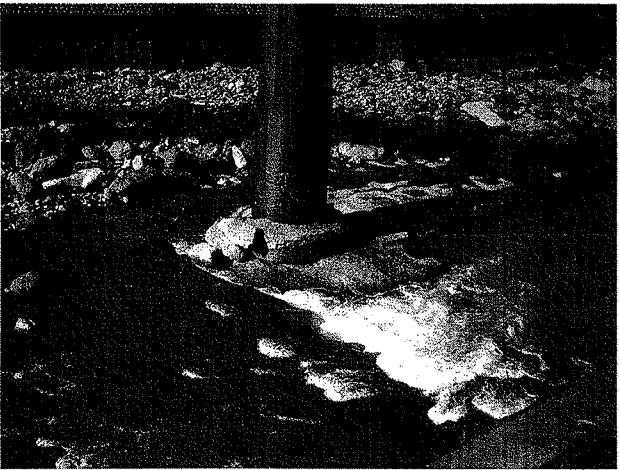


写真-7 姫川における床固工の磨耗損傷状況



写真-8 大河津分水旧洗堰水叩きにおける自然岩を利用した磨耗対策状況（写真右が堰柱、中央が水叩き、左が下流）

一方、昭和初期に建設された大河津分水の旧洗堰の水

叩きには、自然岩を利用した磨耗対策が施されている。このような状況から、コンクリートの流砂礫に対する磨耗対策を検討する必要がある。

治水事業は長期にわたり段階的に目標とする安全度が引き上げられてきているため、従前の河川管理施設は全面改築されることが多いが、近代土木遺産として保存される事例も増えてきている。前出の大河津分水旧洗堰は現地保存のみであるが、現在工事中の旧北上川分水施設は旧施設に従来通り通水し活用保存される²⁹⁾。変動する河道内において、このように長期にわたって利用される構造物の長寿命化の技術は今後ますます必要性が高まるものと考えられる。

5. 河道と施設の維持管理技術に関する研究動向

本章では今回の河川技術論文集に掲載された論文の中で、河道と施設の維持管理技術に関する論文・報告等をレビューする。()内は、レビュー論文の著者を示す。

(1) 河道の維持管理技術*

河道の維持管理手法に関して、赤川を事例として河道の変遷過程を河道及び流域の変化をもとに仮説を立て、航空写真と横断面図の変化から検証を試みている。航空写真等の限られた情報であっても時系列での評価は有効である。河道全体を概観する視点が重要であり、担当者が変わっても全体を理解できる記録・評価・活用のシステムの構築を提唱している(清水, 布施ら)。

旭川においては、ヤナギ林の定着と砂州安定の共役的影響過程を明らかにし、河道管理の観点から効果的なヤナギの伐採・管理手法を提案している。全国の河川において必要以上に繁茂している植生の効果的管理が課題となっており、洪水による砂州の移動、ヤナギの破壊機構と伐採等の管理を適切に組み合わせた効果的手法の開発が望まれる(渡邊, 前野ら)。

草丈が高い場合の草本域の倒伏の判定・粗度係数の推定が行われている。低平地の河川ではヨシ等の草本類の繁茂であっても河道流下能力に与える影響が大きく、植生管理の必要性は高い(福岡, 成田ら)。

低コストの河岸管理工法としてベーン工の普及が望まれる。鳴瀬川ではベーン工を設置し効果をあげている(関沢, 佐々木ら)。

(2) 堤防の維持管理技術*

利根川での漏水事例では、築堤履歴の特異点であったことが明らかとなり、連続する堤防の弱点を把握することの重要性が示された(霞, 内堀ら)。

石狩川においては堤防開削調査により堤体の複雑な構造が示され、地盤への堤体の沈下も安全性に影響していることがわかった(石川, 武井ら)。

(3) 施設の維持管理技術**

河道内に建設される施設としては、護岸、堰、床固め工、橋梁等が挙げられる。維持管理技術は、これらの構造物の機能および安定を保つために必要である。

施設の維持管理技術の、検討フロー、評価手法、管理基準、コスト等に関しては、排水機場の機械設備を対象として詳細に検討されている(前田)。

樋門を対象として、維持管理におけるアセットマネジメント(資産管理)の観点から、評価システム、管理水準、補修・更新シナリオとその工費の設定が検討され、システムの試行結果が示されている(松下, 上村)。

淀川大堰を対象として、補修調査の経緯、劣化状況調査結果、結果の評価、これらを基にした補修・補強計画結果、今後の課題が示されている(芝田)。

洪水時に発生する流木や塵芥は、河川管理施設に影響を及ぼすことがある。北上川下流では、洪水時の流木の集積および流下状況を調査するとともに、これらの状況を勘案して、杭水制を用いた流木捕捉工を検討している。

(関沢, 佐々木ら)

洪水時には、橋梁に被害が発生する場合がある。これらの被害の中で、2003年台風10号における沙流川での橋梁被害状況が報告されるとともに、被災状況の傾向分析が実施されている(阿部, 渡邊ら)。

また、2004年7月の福井水害における足羽川の鉄道橋梁の被災状況・被災原因解析結果が報告されるとともに、今後の長寿命化方策が検討されている(石野, 榎田ら)。

規模が比較的小さな落差工において、下流におけるある程度の洗掘を許容することにより、洗掘孔内で流れのエネルギーを減勢させる工法が検討されている。ここでは、洗掘孔の防護方法として、粗朶沈床工法を検討対象として、その設計法が、水理模型実験および数値計算を用いて検討されている(内田, 福岡ら)。

ダム堆砂の対策工として排砂バイパストンネルの床面の磨耗量推算方法がコンクリート製の大型水路を用いて検討されている。(福岡, 渡邊ら)

6. あとがき

河川技術に関するシンポジウムのオーガナイズドセッションにおいて、初めて河道と施設の維持管理技術を取り上げ、本総説論文を作成した。

ここでは河道と施設構造物に限定した議論としたが、本来、維持管理とは自然環境、治水、利水、水利用、施設操作等を含む幅広い概念であり、実務の現場においてはこれらを総合的に勘案して判断していくべきものである。また、近年社会資本の維持管理にはアセットマネジメントの手法が導入されつつある³⁰⁾。河川施設においても構造物の管理には導入が試みられているが²⁴⁾、変動す

る河道における維持管理への適用は難しい面もあり、更なる研究が望まれる。

本総説がひとつの導入部となって、今後の維持管理技術の発展に貢献できれば幸いである。

なお、本文は、*を関沢が、**を石野が分担執筆した。

参考文献（*本論文集掲載論文）

- 1) 山本晃一：沖積河川学，山海堂，1994.9
- 2) 水理委員会：水理公式集，土木学会，1999
- 3) 寺本，中村，辻本：手取川における河道変遷とそれに伴う河岸侵食の変化，河川技術論文集第9巻，2003.6
- 4) 服部，瀬崎，伊藤，末次：河床変動の観点で捉えた河原を支える仕組みの復元，河川技術論文集第9巻，2003.6
- 5) 三品，須賀，助川，古川：谷底沖積地の自由蛇行河川における護岸・根固の現地調査と二・三の考察，河川技術論文集第9巻，2003.6
- 6) 清水，小葉竹，岡田，新船，岩崎：洪水攪乱によるハリエンジュの破壊・再生と河道内樹林化について，河川技術論文集第6巻，2000.6
- 7) 服部，瀬崎，吉田：礫床河道におけるハリエンジュ群落の出水による破壊機構と倒伏発生予測の試み，河川技術論文集第7巻，2001.6
- 8) 鷺見，萩島，片貝，辻本：砂州植生域の発達過程と植生の物理環境に関する研究，河川技術論文集第9巻，2003.6
- 9) 高橋，中山，佐古：護岸の力学的設計法の適用性，河川技術論文集第6巻，2000.6
- 10) 内田，福岡，盧，土井，山形：根固め工の変形・滑り破壊に関する研究，河川技術論文集第10巻，2004.6
- 11) *清水，布施，藤澤：赤川をモデルとした「河道管理システム」の検討について，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 12) *渡辺，前野，渡部，志々田：旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 13) 島，野上，中津川：都市河川における河畔林伐採の影響評価，河川技術論文集第8巻，2002.6
- 14) 鈴木，渡邊：出水に伴い発生した流木の影響，河川技術論文集第10巻，2004.6
- 15) *関沢，佐々木，松田，市山，石原：北上川下流域における流木捕捉計画と杭水制による流木捕捉工について，河川技術論文集

第11巻，2005.6

- 16) *関沢，佐々木，西村，畑井，又野：河道整正とベーン工による河岸防御，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 17) 藤田，諏訪：減災システム整備における河川堤防技術，河川技術論文集第6巻，2000.6
- 18) 三木，中山，佐古，堀越：河川堤防の堤体土質特性に関する考察，河川技術論文集第6巻，2000.6
- 19) *石川，武井，中山，佐古，川井：石狩川における開削調査と築堤履歴について，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 20) *霞，内堀，中山，佐古，阿部，濱田：利根川堤防で発生した漏水に関する調査事例，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 21) 中山，金石，勝山：連通試験法を適用した樋門周辺堤防の漏水危険度の検討，河川技術論文集第6巻，2000.6
- 22) 関沢，佐藤，中山，鈴木，勝山，小松田，杉浦，太田，平塚：宮城県北部地震による河川堤防被害調査について，河川技術論文集第10巻，2004.6
- 23) 中島秀雄：河川堤防，技報堂出版，2003.9
- 24) *前田：排水機場機械設備の維持管理に関する最近の取り組みについて，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 25) 辻本，石野，斎藤：河川構造物にかかる河川工学の課題，河川技術論文集第9巻，pp. 1-6，2003.6
- 26) *石野，煤田，玉井：2004年福井水害における鉄道橋梁の被害原因の調査解析と今後の長寿命化方策の検討，河川技術論文集第11巻，2005.6
- 27) 石野和男：歴史に基づいた急流河川（大井川，安倍川）の比較および今後の水系一貫での土砂管理方法の検討，第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集，pp. 141-146，1997.6.
- 28) 三輪式：取水堰における堆砂・洗掘問題，水工学夏期研修会講演集，86-A-7，1986.7.
- 29) 知野泰明：北上川分水施設の建設史と遺産的価値に関する研究，土木史研究第20号，2000.5
- 30) 神尾文彦：新たな段階を迎える社会資本マネジメント，知的資産創造，2003.12

(2005. 4. 7 受付)