

文献調査結果 2（注目されている技術動向調査）

目 次

【安心・安全】	129
1. 建物の災害時における被害予測	129
2. 災害に強い建物	133
3. 災害時の安全管理技術	136
【快適な生活】	139
4. アスベスト対策	139
5. 室内空気汚染対策（シックハウス対策）	143
【診断・評価】	146
6. 劣化診断・予測技術の開発	146
【リニューアル】	149
7. 既存構造物の補修・延命化・再生リニューアル	149
【マネジメント】	152
8. 生産管理（施工管理）	152
9. 施設の維持管理へのマネジメント導入	156
10. ライフサイクルを考慮したコスト縮減設計法の開発	160
【高度基盤】	162
11. 高性能コンクリート	162
12. 木造高層建築	166
13. 超高層建築	169
14. 大空間構造	171
15. 電磁シールド	173
【IT利活用】	175
16. R F I D	175
17. C A D（2次元・3次元）	178
18. W e b G P S / G I S	181
19. C A L S	185
20. 建設ロボット	189
【環境負荷低減】	193
21. 省エネルギー	193
22. 新エネルギー	197
23. 土壌・水浄化システム	202
24. 建設廃棄物の処理と資源化	206
25. ヒートアイランド対策	210

1. 建物の災害時における被害予測

■ 技術の概要

地震発生時の建物への被害を最小限に抑えるため、揺れによる建物の倒壊、火災の発生による被害状況をあらかじめ予測し、建物の性能を評価するために使用される技術を下記のように整理した。

【耐震性評価】

耐震性能は、建物が地震のエネルギーを吸収できる能力を評価する技術をいい、建物の強さと粘りに、建物の形状と経年状況を考慮して決められる。建物の耐震性能を表す指標を I_s *¹値といい、その値が大きいほど耐震性が高く、過去の震害例との関係から目標性能が定められている。

【火災安全性能評価】

建築防災計画評定は、火災時に建物とその建物利用者の安全を確保することを目的とする建築物の安全性の評価である。建築基準法への適合を基本に、総合的な見地から個々の建築物の設計条件に応じて計画を評価している。

「建築物火災安全性能評価（格付）」は、この建築防災計画評定と併せ、出火防止、延焼防止、煙制御、避難といった個々の防災対策の妥当性について、建物用途ごとに評価、格付けを行う技術である。

【被害（倒壊、火災等）予測】

歴史地震、活断層、断層モデルなどの地震データベースと、地盤情報、建物情報、都市情報などのデータベースを利用して、地震動と地震被害を予測するシステムである。地震の発生から地盤での増幅、建物の応答までを総合的に評価し、地震動評価、建物被害想定、液状化危険度判定、火災発生数推定などを行う。

解析結果は、建物の耐震診断や、新しい建物の建設地点の選定などに利用できるだけでなく、広域の地震動や被害の分布が把握できることから、多数の施設の総合的な安全性の評価も可能である。町丁目・建物一棟単位のきめ細かいシミュレーションが可能になっている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

近年、大地震が発生する可能性が懸念されており、既存建築物の耐震性能評価や火災安全性能評価、被害予測などを把握し、適切な対策を施すことは、大地震から人々の生命・財産を守ることはもちろん、既存ストックの有効活用の観点からも重要な課題となっている。

*¹ Seismic Index of Structure

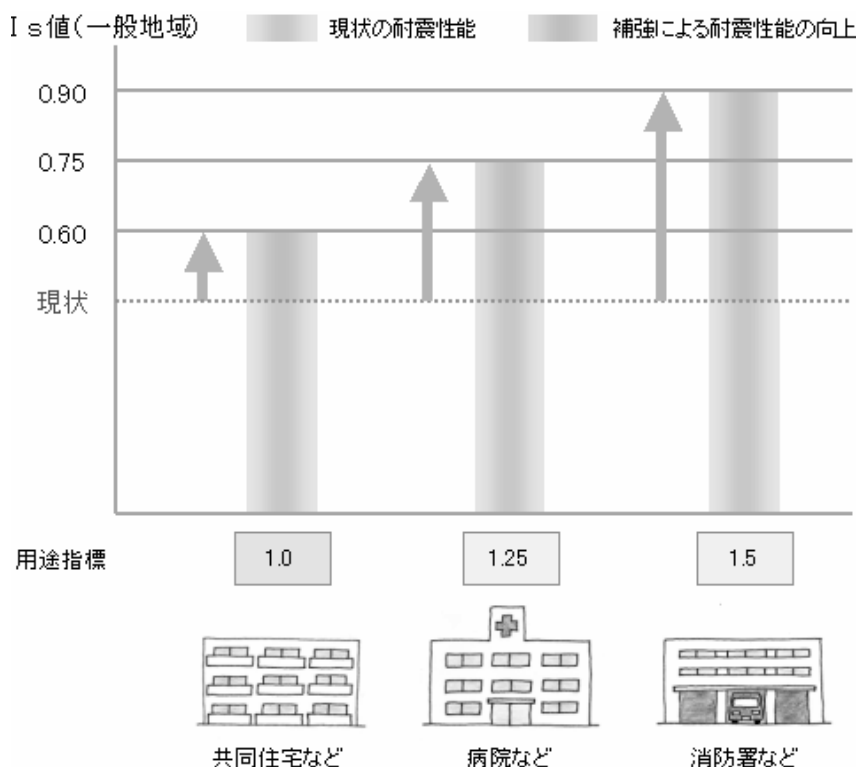
また、阪神・淡路大震災の被害を契機に、1995年12月25日に『建築物の耐震改修の促進に関する法律(耐震改修促進法)』が施行された。この中で、特定建築物の所有者は、建築物が現行の耐震基準と同等以上の耐震性能を確保するよう耐震診断や改修に努めることが求められている。

■ 技術の利活用状況

[耐震性評価]

耐震改修促進法で定めている耐震性能は、最低限のレベルである。一方、重要な建物は、重要度や用途に応じてより高い耐震性能が必要であり、官庁施設、公共施設など、対象とする施設の部位と分類に応じて、耐震安全性の目標を定めている。

耐震診断では、用途指標を用いて、建物の用途などによる構造耐震判定指標の割増を行っている。



出典：耐震診断 (<http://www.kajima.com/tech/seismic/index-j.html>)

[火災安全性能評価]

火災安全性能評価(格付)は、建築物の防災計画を構成する8つのサブシステム(出火防止、初期展炎防止・初期消火、避難、煙制御、延焼拡大防止、再使用、救助・本格消火、類焼・延焼防止)別に、a、b、cの3ランクにより評価を行った後、総合評価をA、B、Cの3ランクで行う。格付けに応じて火災保険料率を割引する仕組みも用

意している。

対象とする建築物の用途・規模は以下のとおりである。

用途	事務所、物品販売店舗、ビジネスホテル、病院
規模	対象用途部分の床面積が 2,000 m ² 以上のもの、又は高さが 31m を超えるもの

〔被害（倒壊、火災等）予測〕

『地震被害予測システム』は、阪神淡路大震災の分析結果から求められた新たな予測式を導入するとともに、「地理情報システム（GIS）」を用いて数ある評価手法を統合することで、地震動評価、建物被害、ライフライン被害、火災の延焼、人的被害、経済損傷までを一貫して評価できるシステムである。

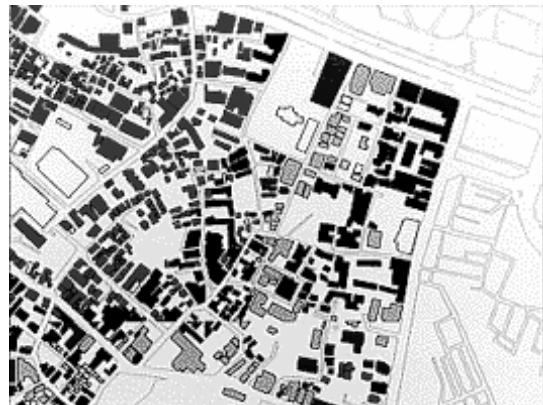


図 建物被害評価の例

出典：KAJIMA PRESS RELEASE

(<http://www.kajima.co.jp/news/press/199702/26c1fo-j.htm>)

東京都では東京都震災予防条例（現：東京都震災対策条例）に基づき、昭和 50 年 11 月に第 1 回（区部）を公表して以来、5 年おきに地震に関する地域危険度測定調査結果を公表している。各地域における地震に対する危険性を建物、火災、避難の面から 1 から 5 までのランクで相対的に評価し、地域の地震に対する危険度を明らかにしている。

建物倒壊危険度	建物倒壊危険度は、地震動によって建物が壊れたり傾いたりする危険性の度合いを評価したものである。この危険度は、地盤と地域にある建物の種類などによって判定される。
火災危険度	火災危険度は、地震による出火の起こりやすさと、それによる延焼の危険性を測定して、火災の危険性の度合いを評価したものである。
避難危険度	避難危険度は、避難場所に到達するまでに要する時間と、避難する人の数を組み合わせて評価したものである。避難危険度は、避難場所までの距離が長く、避難道路沿いに避難の障害となる要因が存在し、避難する人の数が多いほど高くなる。

■ 今後の展望・課題

東海大地震が突然起きた場合、約 23～26 万棟の建物が全壊し、8,000 人から 1 万人の死者が発生すると予想されている。一方で、現行の耐震基準に満たない古い建物を基準に合わせて補強すれば、死者を約 6,700 人減らすことができるとの資産もあり、

建物への予防防災の重要性と促進が重要課題となる。

また、被害想定などで予測に用いられた、GIS を用いた『地震被害予測システム』は、発災直後の被害の早期把握や災害対応における情報処理・管理など段階に応じて活用を図り、共有化することで重要な役割を持つ。これらは、防災情報システムとして、構築された空間データに、常に最新情報が更新される仕組みを持たせるとともに、関連機関、住民間などでネットワーク化を図ることが重要である。

〈参考資料〉

地域防災計画の実務／京都大学防災研究所編・鹿島出版

財団法人日本建築センター（http://www.bcj.or.jp/c02/b03/01_03.html）

東京都第5回地域危険度測定調査結果

（http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_5/home.htm#kasai）

耐震診断（<http://www.kajima.com/tech/seismic/index-j.html>）

2. 災害に強い建物

■ 技術の概要

災害に強い建物を確保するための技術は、地震に耐える構造を持つことの他、建物の建つ地盤の改良や、基礎工法技術、これらを把握する解析技術が必要である。

技 術		内 容
耐震構造		地震や強風などの力で建物が揺れても耐えられるように設計された構造である。鋼構造であり、人命を守ることはできるが、構造体の一部は損傷を受けることもある
免震構造		地震による振動が伝わるのを軽減しようとする建造物の構造である。建物の足元に特殊な装置（免震装置）を入れ、そこで地震動のエネルギーを遮断してしまい、上階の作用する力を軽減する構造である。
制振構造		自身による揺れを小さくする為に、人工的に制御する構造である。建物の内部にダンパーと呼ばれるエネルギーを吸収する部材を入れ、これにより建物が揺れにくく、また揺れが収まりやすくする構造である。
地震に強い地盤・基礎の構築	液状化対策	地盤の液状化抵抗を増大させたり、基礎構造物を強化したりする技術である。対策として、以下の方法がある。 ① 液状化の発生を防止し又は液状化の程度を軽減する。 ② 構造物を丈夫にし、液状化に抵抗できるようにする。
	3次元解析	建物、基礎、地盤などを3次元でモデル化し、弾性域から塑性域までの応力解析や地震応答解析を行う技術である。
	地盤改良	軟弱地盤の補強や構造物の地震時の安定などを目的として地盤を改良する技術である。
	杭基礎の解析	地盤の液状化抵抗を増大させたり、基礎構造物を強化したりする技術である。また、地震による基礎杭の破損状況を、ひび割れ部分から発生する微小な音（AE *2）を利用して、地中の杭に生じている破損状況を迅速に診断する技術である。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

大きな被害をもたらした1995年の阪神淡路大震災をはじめ、十勝沖地震、新潟県中越地震など、巨大地震の可能性は高まりつつあり、東海大地震が近い将来起きる確立が高いことが指摘されている。

建物が地震動によって壊れたり傾いたりする危険性は、建物の地震の影響に対する強さと地盤によって決定される。

現在、日本で建設される建物は、建設地における地震の頻度、大きさを考えて設計されている。1981年に制定された新耐震設計法では、建物の耐用年限中に「まれに」起きるような中程度の地震に対しては、構造体の損傷を防止する。次に「極めてまれ

*2 Acoustic Emission

に」発生する大地震動に対しては、崩壊はせずに人命は守ることが評価基準となっていた。しかしながら、最近では、更に高いレベルの耐震性能が要求されるようになってきている。

また一方で、地震による建物の被害は、地盤の性質によって大きく異なる。地盤分類による危険性のほか、地盤の液状化の可能性などがあり、地盤の性質をよく調査し、耐震性の高い建物をつくることが重要である。

■ 技術の利活用状況

構造	概要	効果／対象建物など
耐震構造	従来型の耐震構造である。柱を太くしたり、壁を厚くしたり等の「強度型」と、建物が揺すられても、壊れないように粘り強くする「靱性型」の2種類があり、実際の建物では、この2つの方法を組み合わせて用いる。	
免震構造	免震システムは「アイソレータ」と「ダンパー」で構成されている。「アイソレータ」は、建物や床の重量を支えているが、地震時には水平方向に変形して揺れを緩和する。「ダンパー」は、建物が大きく変形しないように制御するとともに、地震による運動エネルギーを吸収する減衰機能を持つ。	[効果] 構造の簡素化と設計の自由度 建物の耐震性の向上 家具や機器などの移動・転倒防止 居住性の向上 [対象建物] 社会的文化的重要な施設／研究所や工場／病院や集合住宅
制振構造	揺れを減衰させる原理は、①共振又は、逆方向の振動を与えて揺れを次第に小さくする、②装置を骨組みや部材に内蔵させて減衰を付加することによりエネルギー吸収能力を高める方法がある。 また、原理別にはアクティブコントロール型とパッシブコントロール型がある。	[効果] 風による揺れ（少ない制振力） 地震による揺れ（大きい制振力） [対象建物] タワー／高層建築物

大地震時に液状化が予想される軟弱地盤上の建物では、液状化に対する対策が必要である。特に、砂質地盤などでは、液状化にともなう建物の沈下、傾斜の検討が必要となる。地盤の特性把握、地震応答解析、液状化判定などを通じて地盤、建物の液状化対策を行う。

浸透固化工法は、液状化が予想される地盤に固化薬液を注入し、広く浸透させ固結させることにより、構造物の基礎の強度を増加させる工法である。この他に、緩い砂層を締め固め、液状化しにくい締まった砂層に改良するサンドコンパクションパイル工法、緩い砂層を化学的に固定させてしまう深層混合処理方法などがある。

地震時における液状化を含め、地盤の揺れや構造物の損傷過程を3次元モデルで解

析、評価し、最適な液状化対策の立案や基礎の合理的な構造設計などに活用する。

また、地盤-杭-建物を一体としてモデル化し、液状化地盤の挙動が構造物に与える影響も評価でき、合理的で信頼性の高い杭基礎の検討を極めて短期間で実施できる。

■ 今後の展望・課題

巨大地震で発生が予想されるゆっくりとした揺れ（長周期地震動）に対し、日本建築学会と土木学会が構造物への影響を調べ、耐震性を見直すように提言している。

2003年の十勝沖地震での苫小牧における石油タンクの火災は、長周期地震動に原因があったことがわかっており、東海地震、南海地震等の巨大地震でも長周期地震動が起きる可能性が高い。長周期地震動の揺れは地上では体に感じにくいですが、高層ビルが大きく揺れ、建物によっては想定より2～4倍大きい力がかかるといわれている。

この問題はまだ未解明の部分が多く、さらなる解明と、具体的な対策を検討する必要がある。

〈参考資料〉

地震に強い建物 ナツメ社

耐震技術のはなし 日本実業出版社

朝日新聞 2006.12.18 朝刊

3. 災害時の安全管理技術

■ 技術の概要

避難シミュレーションによる災害発生時の状況予測や、リアルタイムで伝えられる災害に関する情報をもとに、適切な避難、防災対策を取り、安全に避難する最適な方法を予測する技術として、以下の技術がある。

【避難シミュレーション】

シミュレーションにより災害時などにおける最適な避難経路を予測する技術である。

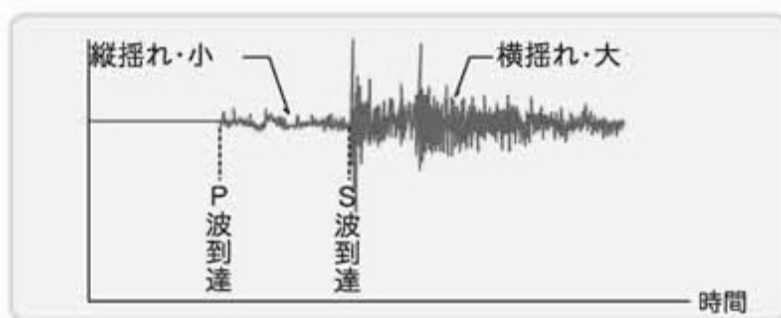
想定した災害の起きうる状況と、その時の避難者の動きや安全性などの状況を予測し、起きうるリスクを視覚的に把握することができる。このことにより防災計画の改善点や避難安全上有効な対策を検討することができる。また、実際の災害の状況をアニメーションなどでビジュアルに提示することで、避難者がどういう意識を持って、日常時、災害時に対応すべきかを、わかりやすく示すことができる。

【リアルタイム防災情報システム】

災害時にリアルタイムで情報を伝達する技術である。

河川においては、国土交通省・気象庁・自治体などで観測している、水位・雨量・ダム・河川などの情報をリアルタイムで提供している。洪水時にもこれらの映像はリアルタイムで流れ、状況を把握することができる。

地震においても、日本国内での地震発生の際に、地震の P 波を先に検知して、本当の揺れである S 波の到達時間と震度情報を事前に送信してくるシステムがある。これにより、地震の大きな揺れが到着する前に防災対策を実行することが可能となる。また、地震発生後すみやかに、破壊過程や断層の位置・長さなどのより詳細な震源に関する情報や、各地で観測された震度情報などを同じネットワークを介して配信できれば、災害救援の必要性の有無や、被害状況の確認が必要な場所の抽出などに役立ち、地震直後の復旧支援対策に貢献することができる。



出典：リアルタイム地震情報利用協議会 (<http://www.real-time.jp/research/whatis.html>)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

近年、地震や洪水などの自然災害が増加し、都市部における被害が甚大である。また、東海地震や東南海地震の発生時の津波も含め、危機管理に対するハード・ソフト両面からの対策が急務である。

一方で、都市部は大規模な地下街、超高層ビルなどが急激に増大している。これらは閉じられた空間であり、複雑な空気流通経路をもち、一度災害が起きた場合、大規模な被害へとつながる危険性が増している。これらの災害による被害を防止あるいは低減するためには、適切な防災対策とともに、環境・安全を正確に予知し評価できる避難シミュレーションが有効である。

また、リアルタイム防災情報システムは、災害時の被害が顕著なのは、発災直後から初期の段階であるため、発災時の情報提供により、早期の避難・救援活動や対策を講じることにより被害軽減に寄与することにつながる。

■ 技術の利活用状況

避難シミュレーションシステムは、様々な災害時を想定し研究が進められている。

津波避難シミュレーションシステムは、津波発生時の伝播・遡上の状況と、避難者個人の詳細な避難行動を予測する技術である。

洪水時避難シミュレーションは、河川堤防が決壊した場合を想定し、避難シミュレーションと氾濫解析結果を重ね合わせることで氾濫による被害度を評価できる。

大規模建築物の煙・避難シミュレーションは、建物内の煙の流れと行動能力がそれぞれ異なる人たちが混在した場合の避難を予測する。

医療施設における避難シミュレーションは、自力避難できない避難者には介助者を設定して避難行動を予測でき、同時に、火災による煙の拡散状況を指標として避難安全性の評価ができる。

この他、高層ビルにおける避難シミュレーション、地下鉄などの地下空間における避難シミュレーション、原子力発電所の事故にともなう避難シミュレーションなどの活用が考えられる。

また、リアルタイム防災情報システムについては、地震発生直後の緊急地震速報を活用するシステムが開発されれば、主要動が到着する前にエレベータを減速、停止させることや、火災の原因となる燃料などの遮断が可能となり、地震による被害を減少させることが期待される。

■ 今後の展望・課題

現在、洪水や津波による地域の危険度を表示したハザードマップを整備しているが、ハザードマップは洪水や津波来襲時の浸水深さや津波到達時間などの危険情報の提示にとどまっている。避難シミュレーションによって、ハザードマップによる津波危険度情報に加え、災害時に起きうるリスク、人的被害の推定が可能となれば、今後どの

程度の防災施設の整備・拡充が必要か具体的に判断でき、より効果的な地域防災計画が立案できるようになる。

リアルタイム地震情報においては、緊急地震速報が、分野ごとのニーズに対応した防災に有効に利活用されることが期待される。そのために、利活用分野ごとシステムのプロトタイプ開発を進め、効果の検証や、実際の運用に向けた試験評価も行っていくことが必要である。

〈参考資料〉

特定非営利活動法人 リアルタイム地震情報利用協議会 (<http://www.real-time.jp/>)

国土交通省防災情報提供センター (http://www.bosaijoho.go.jp/radar.html#a_top)

4. アスベスト対策

■ 技術の概要

アスベスト（石綿）が人体へ及ぼす影響として、石綿肺・肺ガン・悪性中皮腫などがあり、アスベスト作業者が20～40年の長い潜伏期間を経て発病する場合があると言われている。

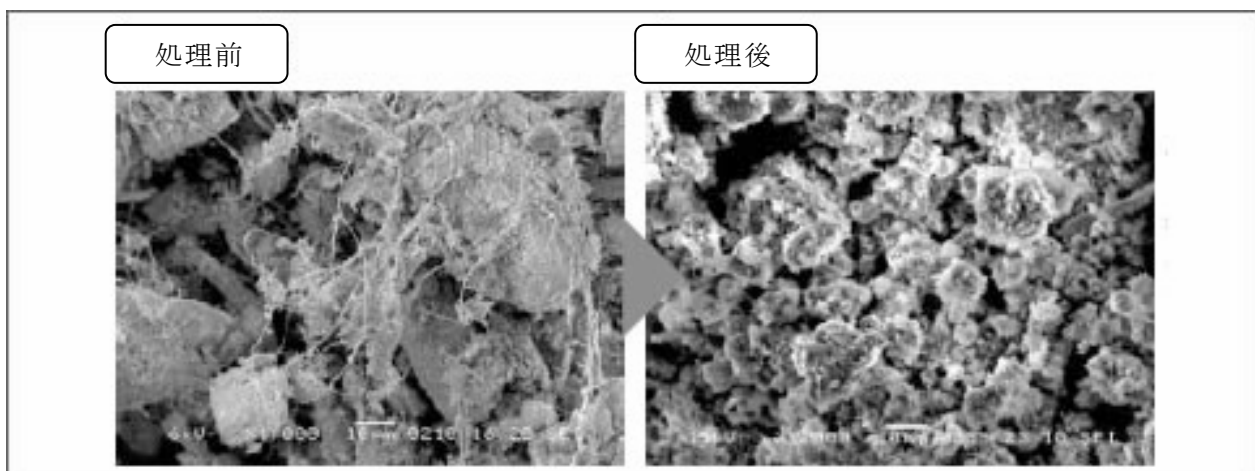
アスベストは鉱物の一種で、石綿とも呼ばれ、綿のように柔らかな繊維であり、「軽い」という性質がある。一方、「高抗張力」、「不燃」、「耐熱性」、「耐薬品性」、「絶縁性」、「耐久性」、ほか「親和性」といった特徴を持っていて、しかも安価である。このため、「魔法の鉱物」といわれ、身の回りのあらゆる所に使用されてきた。特にアスベストの約70%が石綿スレートや耐火被覆材としての吹付け材など建材に使用されている。

特に、吹付けアスベストはセメント等の含有率が少ないため飛散性が高く、建物解体時には大気汚染防止法と石綿障害予防規則に基づく飛散防止処置が不可欠となる。

【アスベストの無害化】

環境省は、建物の解体で発生するアスベスト含有の建築廃材などの処理方法について、現在広く行われている埋め立て処理から、高温で溶かして無害化する処理への移行を促すことを決定している。

アスベストの無害化については、従来は密閉型の電気炉などにより1500℃で溶融化していたが、一般的な工業炉（高温の溶融炉）を使い、600～700℃で溶融処理を行い成功している。コストも半減している。



出典：アスベストの無害化レポート（<http://www.nikkeibp.co.jp/sj/report/39/>）

【アスベストの除去】

吹付けアスベストの処理には、除去、封じ込め、囲い込みの3つの方法がある。封じ込め、囲い込みは、一時しのぎの対策であり、最終的には、物を解体する時には、必ず除去しなければならない。

処理方法	内 容
除 去	吹付けアスベストを取り除く。
封じ込め	アクリル樹脂などの飛散防止剤を吹き付け、浸透させて、吹付けアスベストを固める。
囲い込み	吹付けアスベストの室内側に天井板などを張り、室内へのアスベスト飛散を防ぐ。

アスベストの除去については、除去する前に、無機溶液 **WG2** を使って湿潤を行い、更にアクリル樹脂などの作用でアスベスト繊維同士を結合させ、飛散を少なくする。この時、アスベスト繊維は飛散するため、集塵機で吸い取る。さらに、壁と床にポリエチレンを張り（これを「養生する」という）、集塵機で吸い込んだ室内の空気を室外に出す。入口もふさがり空気の流入をおさえると、室内の圧力は室外より低くなり（負圧）、室内の飛散したアスベストが室外にでることを防ぐことができる。

吹付けアスベストを処理したあと、室内のアスベストの濃度を測定し、室外と同様になったことを確認してから養生を撤去する。

【アスベストの診断】

今後も吹付けアスベスト等が使用されている建築物の解体が増えるの見込まれている。所要の措置を施さずに解体や改造・補修を行うとアスベストが飛散するおそれがあるため、対策が必要となる。建築物の解体等に先立ち、事業者は、吹付けアスベスト等が使用されているか否かの事前調査を行う必要があり、アスベストの適切な診断が必要である。

アスベストの診断には、建材をX線回折で検査する必要がある。X線回折でアスベストの結晶構造が確認され、顕微鏡で繊維が確認できれば、アスベスト製品と判断する。

財団法人日本石綿協会において、既存建築物に使用されているアスベストに関する管理のあり方、事前診断等適切なアドバイスを行うアスベスト診断士の人材養成を行っている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

アスベスト対策は、アスベストに起因する中皮腫^{ちゅうひしゅ}など健康被害の深刻さが明らかになったことによる（2005年6月末に大手機械メーカーの「クボタ」の旧神崎工場（兵庫県尼崎市）の従業員や周辺住民が中皮腫^{ちゅうひしゅ}を発症し、死者も出ていることを明らかにした。これを契機として他のメーカーなども同様の健康被害が出ていることを続々と発表するようになっていく）。

また、現在回収されたアスベストのほとんどは埋め立て処理されており、リスクが付きまとうことからアスベストの無害化技術の確立が必要になっていた。2005年12月環境省は埋め立て処理から高温で熔融して無害化する処理への移行を決定している。

アスベスト除去については飛散・暴露のおそれがあり、児童・患者等が利用する施設の建築物の所有者に対しては、アスベスト飛散防止マニュアル等により指導を行っている。

■ 技術の利活用状況

アスベスト問題に対する総合的な対策を推進し、国民の不安感の低減を図るため、その対策の進捗状況の調査を都道府県主体で実施して利活用状況を把握している。

国土交通省においては、平成 17 年 7 月 14 日及び 8 月 8 日に「民間建築物における吹付けアスベストに関する調査について」という調査結果を報告している。昭和 31 年～平成元年までに施工された民間の建築物のうち大規模(概ね 1,000 m²以上)な建築物のうち、露出した吹付けがある建築物数は 11,851 棟となっている(調査対象建築物数：256,025 棟／所有者等からの報告数：202,779 棟)。

吹きつけアスベスト除去工事には、「建築物の防災改修に係わる融資」と「公害防止資金融資」の 2 つの融資制度がある。

また、除去にかかるおよその処理費の目安としては、概ね以下の実績となっている。

処理面積	300 m ² 未満	:	2 万円/m ² ～6 万円/m ²
	300 m ² ～1,000 m ²	:	1.5 万円/m ² ～4 万円/m ²
	1,000 m ² 以上	:	1 万円/m ² ～2.5 万円/m ²

* 「石綿(アスベスト)除去に関する費用について」社団法人建築業協会から、吹きつけアスベストの除去費用に関する情報を収集し、公表している(平成 17 年 8 月)。

■ 今後の展望・課題

石綿については、労働安全衛生法等により昭和 50 年から吹きつけアスベストが原則禁止され平成 7 年から青石綿・茶石綿の製造、使用が禁止されている。平成 16 年には、その他の石綿も禁止の対象になり、一部を除いて全面的な石綿製品の製造・使用が禁止された。今後は、早期に全面禁止を行う必要がある。

また、アスベスト入りのセメントを使った建物などが老朽化し解体しなければならなくなった時に、アスベストの飛散をどのように防ぐかが当面の大きな課題となっている。国や地方自治体の施設での調査や早期に除去することが必要である。民間ビルに関しては助成も必要である。

さらに、阪神・淡路大震災において、日本のアスベスト対策の不備が明らかにされたが、地震に備えてのアスベスト調査と除去、防塵マスクの備蓄なども課題となる。

〈参考資料〉

ここが危ない！アスベスト／アスベスト根絶ネットワーク

社団法人 日本石綿協会 (<http://www.jaasc.or.jp/>)

東京都アスベスト情報サイト

(<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/kaizen/keikaku/asbestos/index.htm>)

アスベスト対策情報 (<http://asbestos.yahoo.co.jp/>)

国土交通省 アスベスト問題への対応について

(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/asubesuto/top.html>)

アスベスト情報センター (<http://blog.nikkeibp.co.jp/asbestos/>)

5. 室内空気汚染対策（シックハウス対策）

■ 技術の概要

シックハウス症候群とは、住宅の新築や改装工事後、住宅建材から室内に発生する揮発性化学物質やダニアレルゲンが原因で体調不良又は健康障害を引き起こすことをいう。

主な症状としては頭痛、喉の痛み、眼の痛み、鼻炎、嘔吐、呼吸器障害、めまい、皮膚炎などが上げられており、病気としてのメカニズムと治療法も解明されておらず、医療分野でも対応が整備されていないのが現状である。

シックハウス症候群は、住宅に起因する健康被害全般を指すが、大別すると(1)室内化学物質汚染による健康被害、(2)生物(カビ、ダニ、細菌)による健康被害、(3)温熱環境による健康被害、(4)湿度環境による健康被害、の項目に分類される。

また、住環境の安全・安心へのニーズが高まる中、有害化学物質の室内空気測定によりその濃度を定期的に把握するため、この役割をシックハウス診断士がサポートしている。

● 建材等から発生する有害化学物質

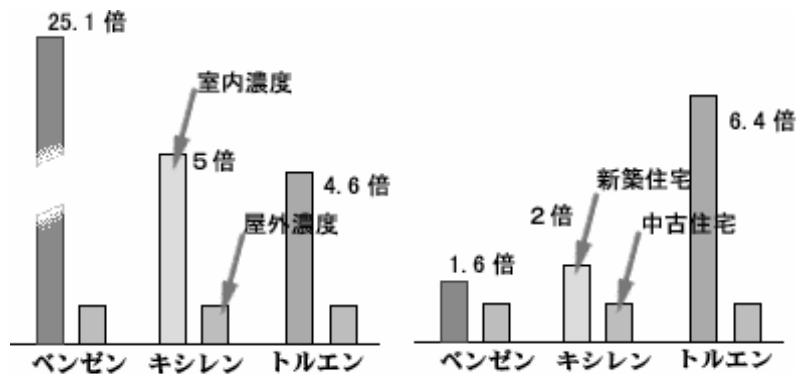
有害化学物質	用途・特徴
ホルムアルデヒド	接着剤原料、接着剤の防腐剤などその他の様々な添加剤として広く使用されている。
溶剤 キシレン、トルエン、その他	塗料、接着剤などの溶剤で、使用されている範囲は広く、壁紙からも検出される。いずれも揮発性有機化合物(VOC)に属する物質である。
可塑剤 フタル酸エステル、有機リン系薬剤	可塑剤は、樹脂の柔軟性を得るために使用される物質で、特に壁紙等の塩化ビニル製品に多く使用される。毒性は強い。
防虫剤・防蟻剤 有機リン系薬剤、ピレスロイド系薬剤、その他	有機リン系薬剤が多いが、その毒性が指摘されたことからピレスロイド系薬剤が増えてきた。これも安全である根拠は乏しい。
防腐剤・防かび剤	この薬剤は高温多湿な我が国においては、種々の建材に使用されており、最も多く使われているのが特徴である。また、最も厄介な問題は、メーカーから物質名が明らかにされていないことである。
難燃剤 有機リン系薬剤、ハロゲン系薬剤、その他	この薬剤も木造建築が多い我が国特有の使われ方である。
樹脂モノマー	樹脂、プラスチックの原料の単体である。樹脂はこの単体を反応させて作る。発ガン性の強い塩化ビニル、木工ボンドの酢酸ビニルも発ガン性が強い。樹脂モノマーに関する安全性のデータは少ない。

<p>その他、上記には属さない、実際には安全性が問題となる化学物質を含む材料</p>	<p>木質系ボード、集成材、LVL、壁紙、内装用塗料、左官材、その他の内装材、断熱材、現場施工接着剤、無機質系ボード、床下関連資材、外壁材、屋根材</p>
--	---

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

兵庫県の県立生活科学研究所の調査では、阪神大震災後の新築、増改築などの後、16%程度の人がシックハウス問題を感じているという調査結果がある。また、1999年12月13日の厚生省（現：厚生労働省）の調査報告では、新築住宅67戸、中古住宅318戸を調査した結果、6%の住宅で基準値を超えていた。

また、新築と中古の比較でも、新築のほうが6.4～1.6倍の濃度だった。というもので下図は、上記厚生省調査の中の揮発性物質の室内濃度と室外濃度の比較、新築と中古住宅の濃度比較である。



出典：シックハウス症候群 (<http://www.ads-network.co.jp/tokusyuu/t-08/t-0801.htm>)

このシックハウス対策に係る法令等は平成15年7月1日に施行され、その規制を受ける化学物質は、クロルピリホスとホルムアルデヒドであり、前者は居室を有する建築物に添加した建築材料の使用禁止、後者は内装の仕上げや天井裏等に制限、更に換気設備の義務付けをそれぞれ行うこととしている。

■ 技術の利活用状況

告示対象建材で内装の仕上げ等に用いる場合は、日本工業規格の認証、日本農林規格の認定、又は国土交通大臣の認定を受けて、その種別を明らかにして利活用する。

- 建築基準法に基づくシックハウス対策
(平成15年7月1日に施行、クロルピリホスとホルムアルデヒドに関して規制)

対 策	概 要
窓開け換気	最も効果的である。 冷暖房時でも 5 分程度の窓開け換気を 1 時間に 1 回以上行う。 実験では、放出自体は緩やかに拡散して行くが換気をすることによって急速に放出できることが示されている。
温度管理	室温が高いほど、建材に含まれる空気汚染物質の放出量は多くなる。冬より夏、冬でも暖房をかけた部屋のほうが放出は多くなる。ある実験では、室温 9 度の時のホルムアルデヒド濃度が、室温 22 度では、4 倍程度にあがるというデータもある。
空気清浄機	<ul style="list-style-type: none"> ・活性炭フィルター 通常の活性炭フィルターでは、ホルムアルデヒドは除去できない。活性炭は多孔質で、その孔に様々なガスを物理吸着させる（性質は変えない）ことができる。 ・金属酸化物触媒 過マンガン酸カリウム等の金属感化物触媒を用い、ホルムアルデヒドを酸化させ、最終的に二酸化炭素等に分解する。 ・光触媒 酸化チタンの粉末を塗布した面に紫外線を照射して、ホルムアルデヒドを酸化させる方法である。金属酸化物触媒同様、最終的に二酸化炭素等に分解する。
ベイクアウト	築後間もない時期に室内の温度を意識的に上げ（35～40℃）、放散を強制的に促進させ、室内汚染を低減させる方法である。しかし、ホルムアルデヒドに関しては他の VOC *3 に比べ放散効率が悪く、一時的に濃度が減少しても再び上昇し、低減効果は少ないとされている。

■ 今後の展望・課題

設計者、工事監督者、住宅供給事業者、そして建材の販売業者、輸入業者への周知徹底を図る必要がある。

また、化学物質の放散が無い建材の開発、自然素材採用の場合のコストダウンと作業性の改善、有害物質を軽減する建材の開発など化学物質依存の建材を改良していくことが求められている。さらに、住生活者の健康を保護する行政指導、有害物質の総量規制、公的相談所、因果関係を明らかにするための医学的な研究を進めるなど、生活者を守るための規制・誘導を積極的に進める必要がある。

〈参考資料〉

建築基準法に基づくシックハウス対策について

(<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/sickhouse.html>)

環境問題総合研究所ポータルサイト (<http://www.kankyomondai.jp/fr17arch1.html>)

シックハウス症候群について

(http://www.bio.hi-tech.ac.jp/koyama/sick_house/sick_house3.htm)

*3 Volatile Organic Compounds の略称（揮発性有機化合物）

6. 劣化診断・予測技術の開発

■ 技術の概要

一般的に劣化が生じる原因は、材料の経年劣化と日常的なメンテナンス不良に分類される。その原因を探るため劣化診断技術と性能低下予測技術が必要になっている。

【施設の損傷劣化診断技術】

経年変化した部位を詳細に調査し、劣化の原因を追及し、それを克服する対策を検討する。このために損傷劣化診断技術が必要となる。

劣化診断は、調査・診断からなり、調査は、対象とする部位、部材に関する設計図書や保全記録などの資料調査、劣化現象、劣化の程度・範囲の調査の実施等を行う。診断は、これらの調査結果に基づいて、劣化原因や劣化要因を性格に把握し、劣化原因から劣化現象に至ったメカニズムを解明した上で、修繕の要否の判定を行うとともに、工法などを検討する。

【性能低下予測技術】

「建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説」において、劣化により定まる耐用年数の予測方法について以下のように示されている。

予測技術		内 容
実績及び経験に基づく予測		建築材料・部材の使用実績や設計者の経験から耐用年数を予測する。
調査・試験データに基づく予測	実験室における促進試験	新しい材料や部材の耐用年数を実験室試験により予測する。
	屋外暴露試験	外装に使用される建築材料・部材及び建築物を屋外環境に暴露し、その耐久性を評価する。
	劣化実態調査	実際の建築物を幅広く調査することにより耐用年数を予測する。
諸情報に基づく予測		耐用年数に関する技術書を参考にしたり、建築物に関わる統計的資料からの推計、既知の耐久性モデル予測モデル等により予測したりする。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

建物は経過年数とともに劣化し、快適性・機能・安全性が低下していく。建物を快適で、機能的かつ安全な空間環境を維持し、資産価値を高めるために、施設の損傷劣化を把握、リニューアルする技術が求められる。

また一方で、高速道路や新幹線、下水道など、社会生活を支えているインフラの多くは高度成長期に建設された。それらが今後、一斉に老朽化の時期を迎え、土木構造

物の管理者には大きな費用負担がのしかかってくる。

国や自治体の財政は、今後の少子高齢化の進行で厳しさを増す中、近年、高架橋やトンネル壁面からのコンクリート片のはく落といった事故が多発しており、補修や更新に取りかかるべき構造物は少なくない。

こうした背景を受けて、建物や構造物の維持管理計画の作成や補修工事に役立つ、劣化診断技術や補修に関する技術が必要になっている。

■ 技術の利活用状況

建築物における劣化調査は、劣化状況の簡易な調査を1次劣化調査、専門的な調査を2次劣化調査、更に高度で専門的な調査を3次劣化調査がある。また、劣化診断では、劣化の程度を判定し、効果的な改修方法を選択する。その判断基準としては、現在の改修技術のレベルでは、4段階程度に区分して診断を行うのが一般的である。これらの4つの段階は、診断する部分、部位によって表現が若干異なる。

段 階	基 準
グレードⅠ	竣工時からやや劣化しているが、まったく問題ない。
グレードⅡ	劣化が明らかであるが、健全である。
グレードⅢ	かなり劣化が進行している。1、2年のうちには、剥落、破損、漏水などが発生する可能性があるかと判断できる。
グレードⅣ	安全上問題となる劣化が発生している。なるべく早く、問題となる箇所の修繕が必要である。

一方、建設業界におけるアンケート調査による最新の技術の回答結果を基に、近年の調査・診断技術を以下にまとめる。

構造物の劣化を予測する技術の開発が盛んになってきている。将来の劣化度の予測を行ったり、ライフサイクルコスト（LCC）を試算したりするなど、高機能のシステムが増えている。

劣化予測や補修設計の支援		塩害や中性化による劣化の程度を診断、劣化予測する。この結果から、工事の優先順位を判定したり、ライフサイクルコストを算出したりするものもある。
非破壊検査	打音や弾性波、超音波、AEなど	橋脚やトンネル覆工、あるいは手が届かない場所や高所作業車の入れない場所で、構造物を打撃したり、弾性波の伝わる速度、超音波、AEを解析したりすることで、空洞や劣化状況を定量的に診断する。
	写真撮影、レーザーなど	下水道管きょ内やトンネル壁面、水路の壁面、その他目視が不可能な部分に対し、ビデオカメラやレーザーなどによりひび割れ、劣化状況などを確認する。

非破壊検査	レーダー、電磁誘導など	3次元映像を作成できる地中レーダーにより小空洞やジャンカを検知する。羽田空港の調査などで使用されている。 電磁誘導法で得たコンクリート内部の鉄筋の配置状態を画像で表示し、コンクリートのかぶり厚さを分析する。電磁波レーダーを利用してコンクリート構造物の内部を調査する際、内部欠陥で反射する反射波の振幅の減衰率や反射率を求め、内部欠陥の種別を判定する。
	赤外線など	熱赤外線によるコンクリートの浮き・はく離検出技術、赤外線サーモグラフィによる鉄筋コンクリートの劣化診断システムなどがある。
モニタリング		デジタルカメラやセンサーなどを用いて、橋梁や道路などの構造物のデータを自動的に測定する。
コア採取など		コンクリート構造物から小さなコアを採取し、構造体の圧縮強度や塩化物イオン量、中性化深さなどを測定する。

出典：日経コンストラクション・最新補修技術
 (http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/NCR/tech/database/hoshu/chosa.html#hihakai_sonota)

■ 今後の展望・課題

10年後の実用化を期待する技術の中では、コンクリート構造物の内部の劣化状況を知るための技術、土木構造物のリニューアルは、劣化の予測システムやリニューアル最適化システムのモデル開発が有望視されている（日経コンストラクション 2006. 5. 26 より）。

〈参考資料〉

- 建築物の劣化診断と補修改修工法／建築技術増刊・vol.16
- 建築物・部材・材料の耐久設計手法・同解説／日本建築学会
- 日経コンストラクション・最新補修技術 2004年7月23日号
- 日経コンストラクション・技術こそ誇り 2006年5月26日号
- 住宅建築のリノベーション／鹿島出版社
- 進化する建築保全／学芸出版社
- 耐震診断と補強・補修／鹿島 都市防災研究会・鹿島出版社

7. 既存構造物の補修・延命化・再生リニューアル

■ 技術の概要

既存建物の再生には、古くなった躯体機能や美観の回復、設備の更新の他、機能や用途転換し新たな付加価値を創出し、再生するなどがある。こうした技術の選択には、構造物の診断技術が重要である。

[既存構造物の効率的な補修補強]

技術	内容
構造物の診断技術	不動産の保有価値より運用価値が高まっており、建物の物的価値を把握することが重要になっている。こうした中で、建物の躯体、防水、外壁などの劣化や、耐震性等の地震リスク診断、環境リスク診断などの診断を行う技術が求められている。
躯体機能の回復	既存構造物は、時間やおかれた環境、使い方によって、さまざまな経年劣化が生じ、機能や環境を阻害するようになる。躯体機能は、構造物はその機能を維持するための、最も基礎となるもので、これを回復する技術が求められる。
美観の回復	劣化現象（亀裂、塗膜剥離、雨汚れ）や建物の老朽化、陳腐化による建物価値を高めるため、塗装や、外装材の更新により美観を回復する技術であり、建物イメージアップを図るとともに、同時に、耐久性を高め、寿命の延長を図る。
設備リニューアル	用途変更をとまなわない内外装の改修である。的確な診断によってリニューアルを行う必要があるが、それに必要な技術は耐震補強（耐震・制震・免震）技術、設備リニューアル技術である。また、建物を使いながらリニューアルを行う技術が求められている。
既存構造物の用途変更	時代の変遷とともに当初の使用目的が失われた建物の価値ある部分を残し、新しい用途の建物へ再生し、利用価値を再構築する。 近年、古いオフィスビルを SOHO 型賃貸住宅、デザイナーズマンションにするなど、既存建物を用途変更し甦らせるコンバージョンが注目されている。

[歴史的建造物の再生]

日本には、重要文化財や国宝に指定されている建造物や、それらに指定されないまでも後世に残すべき貴重な建物が数多く存在する。これらの構造物には、建てられた時代背景が色濃く反映されており、様式、構造、材料など多種多様である。

歴史的建造物の再生には、歴史的建造物の保存、活用を目的とするために、耐震・免震補強を行う技術や、建造物の歴史的、文化的価値を損なわない、主に建造物の外観を回復させる建築修復技術が必要となる。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

近年、建物・施設に求められる機能がますます多様化・高度化する一方で、地球環境問題がクローズアップされている。効率性のみを追及し、新しいものに建て替え、古くなったものは解体して捨てればよいという従来のスクラップ・アンド・ビルドから、これまで蓄積された大量のストック建築を改修や改築するなどの再利用へと要請が高まっている。このことにより、建設廃棄物を極力抑制するために、既存の建物を解体して新築するより、既存の建物を活かしながらリニューアルをしようという動きも活発化している。同時に、高性能・高柔軟性・高耐久性を持つ良質な社会資産となる長寿命建築が求められるようになっている。

一方で、古い建物そのものの歴史的、文化的価値の維持は、歴史的建造物を町並みの核として個性的な都市景観を形成しようとする取組みとして、活発に行われるようになってきている。歴史的建造物を地域固有の資源として再評価し、将来に向かってのまちづくりに役立てようとする試みである。

この動きを後押ししたのが、1996年10月1日に施行された文化財保護法の一部を改正する法律による「文化財登録制度」の導入である。これにより、従来まで明治期以前の社寺仏閣が中心とされてきた歴史的建造物に対する文化財的評価の対象枠は大幅に拡大し、大正から昭和初期、更に戦後まもなく建てられた近代建築物（西洋の技術・理論・意匠を取り入れた建築物）までも、その対象として保存・活用に対しさまざまな優遇措置がとられることとなった。

対象となる建築物は最低でも築50年以上も経過しており、物理的耐用年数を超えているとされ、耐震性能や耐久性に問題がある。また、仮に改修・修復することになった場合、歴史的、文化的価値が極力損なわないよう実施することが求められる。

こうした建物は改修により新たな利活用が図られる場合が想定され、耐震・免震補強技術による安全性の確保は不可欠である。これと同時に、建物そのもの歴史的、文化的価値を活かした外観の修復技術が必要である。

■ 技術の利活用状況

高度経済成長期に建設された建物群が、リニューアル適齢期を迎え、我が国の超高層ビルの先駆けである霞ヶ関ビルをはじめ多くの建物が、リニューアルを実施している。

リニューアルの内容（範囲、規模、程度など）は、建物の所有者・使用者の方針、施設の劣化程度、法規制の問題など各種の要因が複雑に関係しあって異なるが、最近の傾向として、

- ① 耐震診断から耐震補強工事に進展する段階で、内・外装・設備等のリニューアルを同時に図るケース
- ② ファシリティマネジメントによるトータルシステムの中に位置づけ、その場しのぎの応急対策にとどまらぬ、計画・総合的リニューアル

があげられる。

歴史的建造物の保存方法には、長寿命化のために大規模改修を行う場合や、時代の要求から、地域活性化のために地域の核としての新たな機能が付加され再生される場合がある。

大規模改修では、解体や部分解体により老朽箇所を修復したり、大地震に備えた耐震工事を施したりする。また、周辺の事情により、元の場所から少し移動するひき家工事や、別の場所に解体・移築する場合もある。

■ 今後の展望・課題

建物のリニューアルは、今後更に拡大する方向にあることは論を待たないが、建物を新築する場合と異なり、設計の自由度に制約を受けることや工事規模が小さくなり、それにとまなう資材調達量なども減ってくるなど不利益な状況にある場合も多い。こうした特性に見合った、幅のある工種に対応した機動力のある工事業者や、複雑な工程を調整できるマネジメント能力も必要になってくる。さらに、単なる修復にとどまらず、IT化への対応も必要であり、劣化の予測システムやリニューアル最適化システムのモデル開発も検討していく必要がある。

(参考資料)

住宅建築のリノベーション／鹿島出版社

進化する建築保全／学芸出版社

耐震診断と補強・補修／鹿島 都市防災研究会・鹿島出版社

研究概要書：歴史的文化的価値を有する高齢建造物の再生と活用に関する研究

和歌山社会経済研究所 (<http://www.wsk.or.jp/work/d/tani/08.html>)

協同組合 群馬建築修復活用センター

(<http://www.chuokai-gunma.or.jp/gunma-kenchiku/hi/index.htm>)

歴史的建造物の保存と活用に関する調査報告書

(<http://www.city.joetsu.niigata.jp/gyosei/souzou/rekishi/houkoku.html>)

地震に強い建物／安震技術研究会・ナツメ社

8. 生産管理（施工管理）

■ 技術の概要

建設プロジェクトの新しい発注方式として PM *4方式と CM *5方式がある。1960 年代に米国で始まった建設の管理業務方式である。

マネジメントの専門家が企画や設計段階などの早い段階からプロジェクトに参加することでプロジェクトを経済的、効率的に推進しようとするものである。

一般に [企画・設計・発注・施工・維持管理] までをトータル的にマネジメントする形を PM 方式、[設計・発注・施工]や[発注・施工]をマネジメントする形を CM 方式と呼んでいる。

また、施工管理や安全管理、コスト管理、開発・近隣交渉などを発注者の立場にたって総合的に行うことを施工管理マネジメントという。

プロジェクトの推進に当たり、発注者の立場で過去の経験と科学的管理手法を用い、トータルコストの削減や完成までの期間短縮と効率的なプロジェクトの推進を行うものである。

[PM]

PM は、人材、資金、設備、物資、スケジュールなどをバランスよく調整し、プロジェクトをトータルにマネジメントしていくシステムである。

PM のマネジメント対象には、スコープ、タイム、コスト、品質、ヒューマンリソース、コミュニケーション、リスク、調達の相互依存関係にあるいろいろな要素があり、これらを全て包括、統合してプロジェクトの目的を達成するためのプロジェクトの管理・運営の技術が PM である。PM の効果として、「品質確保」「コスト縮減」「工期短縮」等を実現し、業務の効率化を図れるものであり、これらのプロセスの中で、得られる各種情報は、アカウントビリティ（説明責任）の有効なツールともなる。

[CM]

CM は、建設生産・管理システムの一つである。

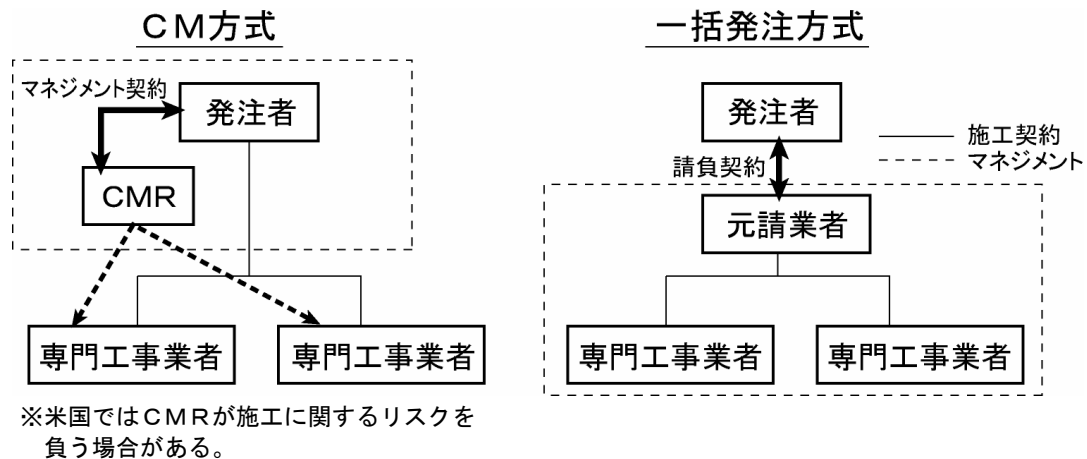
発注者の利益を確保するために、発注者の下で CMR（コンストラクションマネージャー）が、設計・発注・施工の各段階において、設計の検討、工程管理、品質管理、コスト管理などの各種のマネジメント業務の全部又は一部を行うものである。

我が国において、CM 方式の導入が進めば、発注者にとって建設生産・管理システムの選択肢が多くなる。CM 方式は一括発注方式と比べると、発注者が抱えるリスクは大きくなるものの、コスト構成などの透明化が進むといわれている。

*4 Project Management の略称

*5 Construction Management の略称

CM方式とは



出典：国土交通省・CM方式活用ガイドライン（中間とりまとめ）骨子
 (http://www.mlit.go.jp/kisha/pubcom/pubcom59/pubcomt59_2_.html)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

従来の日本型発注方式は、元請業者（総合工事業者）に一括で発注し、専門工事業者が下請けとなり、元請業者が品質、工事費、工期、安全、環境の全てをマネジメントする方式であった。

しかし、発注者を取り巻く経済環境が変化し、コスト構成の透明化、下請業者の選定などの発注プロセスの透明化等を図る視点から、一括請負方式に加えて、PM方式、CM方式による新たな建設生産・管理システムの導入が期待されている。

PM方式、CM方式は、発注者の補助者・代行者であるPMR（プロジェクトマネージャー）、CMRが、技術的中立を保ちつつ、発注者の側に立って、企画や構想、設計の検討や工事発注の検討、工程管理、工事費管理などの各種マネジメントの全部又は一部を行う。そして、PMR、CMRとの綿密な連携のもとに、発注者が直接、設計者や専門業者と業務契約することになるので、発注者の考えが十分反映された、透明化（ガラス貼り）された建設が可能となる。

PM方式、CM方式導入に期待される効果として以下のものがあげられる。

- ・ 工事費構成の透明化
- ・ 適正工事価格の把握
- ・ 発注体制の強化（技術者の量的・質的補完）
- ・ 発注過程の透明化
- ・ コストダウン、工期短縮の手法提案
- ・ 品質管理の徹底

■ 技術の利活用状況

日本でのPM方式の実践は、大手の設計事務所などでは始まっている。

[CMRのマネジメント業務の主な内容]

設計段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計候補者の評価 ・ 設計の検討支援 ・ 設計 VE *6 <p style="text-align: right;">等</p>
発注段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発注区分・発注方式の提案 ・ 施工業者の公募・評価 ・ 工事費積算の支援 ・ 契約書類の作成・アドバイス <p style="text-align: right;">等</p>
施工段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工業者間の調整 ・ 工程計画の作成及び工程管理 ・ 施工業者が行う施工図のチェック ・ 施工業者が行う品質管理のチェック ・ コスト管理 ・ 発注者に対する工事経過報告 ・ 文書管理 <p style="text-align: right;">等</p>

技術者が不足している地方公共団体を中心に、公共発注者には CM 方式にも一定の期待があり、不足を感じていない地方公共団体でも高度・大規模な工事で活用のニーズがある。

[公共発注者が期待するCMRの活用パターン]

設計・発注アドバイス型	設計図書のチェック、設計 VE、発注区分の提案など、設計・発注段階で発注者へのアドバイスを行うもの。
コストマネジメント型	コストの分析、工事費の算出、実費精算による支払など、コストマネジメントを行うもの。
施工マネジメント型	施工図の審査、施工業者間の調整、工程管理などの発注者の監督業務の一部を補助するもの。
総合マネジメント型	上記のマネジメント業務の全部又は一部を一貫して行うもの。
アットリスク型	施工に関するリスクについても負担するもの（ただし、建設業法上の位置づけなどの検討が必要）。

■ 今後の展望・課題

CM 方式は、建築、土木の公共工事のみならず、住宅から民間の大型工事まで、一括請負方式に加えて増加していくことになる。仮に CM 方式が導入され、分離発注や下請業者の公募などが行われるようになると、これまでの元請下請の依存体質から抜け出し、専門工事業者が自らの力で、受注し、競争していく姿勢が問われることになる。

このことから専門工事業者は、元請に依存しない独立性を持ち、自社の施行能力を維持し、技術の高度化への対応はもちろん、経営の効率化、IT 化への取組みが必要となろう。特にインターネットを活用した情報の収集、分析活用が必要不可欠となる。

*6 Value Engineering の略称

〈参考資料〉

PMプロジェクトマネジメント 中嶋秀隆 日本能率協会マネジメントセンター

次世代建築を解く7つの鍵／NTT都市開発・NTTファシリティーズ・彰国社

CM方式活用ガイドライン／国土交通省

(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/const/sinko/kikaku/cm/cmguide1.htm>)

「公共事業へのプロジェクトマネジメント（PM）手法導入に関するビジョン」について

CMnet (<http://www.cmnetcorp.com/home/index.html>)

中小建設業 (<http://www5b.biglobe.ne.jp/~ida-t/konsiu,kensetu02.htm>)

9. 施設の維持管理へのマネジメント導入

■ 技術の概要

建物、施設などの不動産を一つの財産にとらえ、建物の資産価値を高めるため、建物の維持管理や運営について導入された経営的手法として、アセットマネジメント、プロパティマネジメント、ファシリティマネジメントが注目されている。

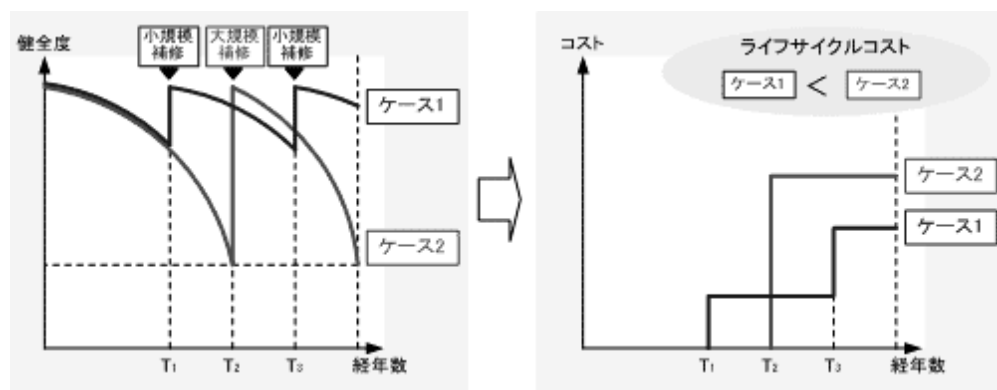
[アセットマネジメント]

アセットマネジメント（アセット=資産、マネジメント=管理・運用）とは、資産運用において、リスクを考慮した最適な投資判断によって、最大の利益を得るマネジメントのことで、従来から、個人や企業の不動産・金融などの資産管理に用いられてきた。

最近では公共の資産である社会資本にもこのシステムを適用しようという動きがあり、「施設を資産の損傷・劣化等を将来にわたり把握することにより、最も費用対効果の高い維持管理を行う技術」として、アセットマネジメント導入が進められている。

○インフラ投資の効率化

個々のインフラについては、適切な管理水準の維持や長寿命化を図ることで、インフラの整備・維持・補修・更新にかかる費用（ライフサイクルコスト：LCC）を最小化することが可能となる。



出典：みなとみらい社会環境フォーラム (<http://www.mirai-forum.com/index.html>)

[ファシリティマネジメント]

業務用不動産（土地、建物、構築物、設備等）すべてを経営にとって最適な状態（コスト最小、効果最大）で保有し、使用し、運営し、維持するための総合的な管理手法である。アメリカで生まれた新しい経営管理手法で、オフィスはもとより工場、店舗、物流施設その他あらゆる業務用施設が対象となる。

ファシリティマネジメントは下記3つの面を持った総合的な管理手法である。

1. 経営にとって全施設の全体的に最適なあり方の追求など、経営戦略的な面
2. 各個の設備の最適な状態への改善など、管理的な面
3. 日常の清掃、保全、修繕等への計画的・科学的な方法の採用など、日常業務的な面

【プロパティマネジメント】

プロパティマネジメント（Property Management）は、直訳すると「不動産の運営・管理」だが、一般的には不動産を一つの財産としてとらえ、価値を高めて投資効率を上げる業務のことをいう。さらに、近年、オーナーや投資家等に代わり、専門家として彼らの希望に応じて、個別の収益用不動産の運営・管理に必要な業務を総合的に行う、エージェント（代理）業務を意味するようになった。例えば、建物や設備のメンテナンス業務を指示するだけでなく、テナント管理やコスト管理、収益性を高めるためのリニューアルのコンサルティングなどを併せて行うことも、プロパティマネジメントという。

不動産を取り巻く状況の変化の一つとして、不動産の金融商品化があげられる。不動産の売買や証券化に際しては、不動産についての正確な評価が重要な要素となっており、対象不動産の資産価値や収益力、リスクなどを把握するため、不動産の物理的調査、経済的調査、法的調査の3つから構成されるデュー・デリジェンスが求められている。

デュー・デリジェンスを構成する3つの調査のうちの物理的調査として、対象建物の立地状況、管理状況、遵法性、建築・設備の劣化診断、耐震性能、有害物質含有状況、土壌汚染などについて第三者的見地から調査を行い、その結果について分析・評価する報告書（エンジニアリング・レポート）が作成される。

建物の現状を客観的に評価するエンジニアリング・レポートは、FM分野においても、不動産を最適な状態で管理・運営するために活用されることが見込まれている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

今後、より厳しくなる財政のもと、インフラストックの増大、更新を必要とするインフラの急増・集中といった状況において、必要なインフラを整備し、維持・補修・更新を実施するためにアセットマネジメントは必要不可欠である。

一方で、ITの急速な発展によって、膨大なデータの蓄積や解析が可能となったことから、構造物の点検データの蓄積、劣化の将来予測解析、維持管理 LCC の算定、重要度や優先順位の評価など、定量的かつ客観的な評価が可能になってきたことが、アセットマネジメントシステム構築の大きな引き金になっている。

アセットマネジメント、ファシリティマネジメント、プロパティマネジメントは、不動産や建物、施設等の資産管理について、運営・経営に関する透明性、効率性が重視されるようになってきた。この結果、アウトソーシングの活用が求められるようになった。従来は、元請型が主流で実際の業務は下請けが行ってきたが、コストの透明性重視の観点から、

発注者と業者が直接契約し、マネジメント会社がこれをコントロール、一元管理することが可能となるので、管理費用は低減することになる。また、建物の企画立案から建設及びリニューアル計画、設計、施工、運営管理、メンテナンスまで視野に入れたこの概念は、企業にとっても領域拡大の好機ともなり、さまざまな分野で展開されるようになった。

■ 技術の利活用状況

アセットマネジメントは、一般的には投資家のために資産（asset）を総合的に管理運営する、投資顧問業務を行う。一方で、アセットマネジメントは、社会資本の維持管理においても導入が進められている。

国土交通省（道路局）では、アセットマネジメント導入を進めており、国土交通省環境行動計画において「平成 16 年度以降、アセットマネジメント（総合的な資産管理手法）の導入により、補修サイクルの短縮による橋梁の延命化など、公共施設の長寿命化を推進」がうたわれている。

地方公共団体においては、平成 16 年 7 月 23 日の日経コンストラクションの記事によると全国 47 都道府県のうち 34 都道府県において橋梁やトンネルなどの土木構造物に対してアセットマネジメントを導入するための勉強会、点検マニュアルの作成などの取組みに着手していると報告されている。

東京特別区や横浜市、福岡市などの政令指定都市等でもアセットマネジメントへの具体的な取組みが行われており、その導入スピードは年々、加速しつつある。

[取組事例]

<p>東京都の事例</p>	<p>東京都建設局では、平成 16 年度より下記の道路アセットマネジメントの取組を開始している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・道路や橋などの定期的な調査実施とデータベース化 ・点検結果などから道路施設の劣化速度算定 ・道路から受ける便益（例えば A 地点から B 地点に行く時間短縮の効果等）を算定 ・施設の長寿命化工法の調査・分析 ・アセットマネジメントシステムの試行版構築及び効果の検証 ・アセットマネジメントシステム本稼働：予防保全型管理につながる、投資型中長期計画の策定
<p>大阪府の事例</p>	<p>大阪府土木部では、平成 13 年 3 月に「21 世紀の都市を支えるために～土木部維持管理計画（案）～」を策定した。対象は、道路、河川、下水道、公園、港湾といった大阪府内の社会資本全般に渡っている。現在の管理水準及び将来の維持管理・更新費用の予測結果を踏まえ、目標管理水準などを定めた維持管理計画である。翌年には、道路を対象に更に将来維持管理費・更新費の予測精度を高め、現状のサービス水準確保のために必要な維持管理予算額のケーススタディを行っている。その結果を踏まえ、財務担当部局との維持管理予算の増額の交渉材料として活用するなど、施策へ具体的に連動している事例である。</p>
<p>横浜市の事例</p>	<p>平成 15 年度に設置された「横浜市橋梁長期保全更新計画検討委員会」を中心にして、横浜市が管理する道路橋（約 1,650 橋）を対象に、「橋梁長期保全更新計画」を策定・公表した。同計画では橋の長寿命化・長期的な橋梁ライフサイクルコストの最小化・架け替えにとりもなう財政的負担の平準化等を図っていくため、アセットマネジメントを積極的に導入していくものとしている。最初のステップとして、平成 16 年度より今後 3 年間で未点検の全ての橋梁について点検を行う施策を展開している。</p>

青森県の事例	<p>厳しい自然環境と財政事情の下で、効率的に橋梁の架替・補修を行うために、平成 15 年度に青森県橋梁アセットマネジメント共同研究会が設置された。同研究会を軸に、独自マニュアルによる点検方法の導入や、携帯情報端末（PDA）により現場作業を行う点検支援システムを開発により、点検の高度化とともに点検の事後作業の大幅な省力化を図り、従来の点検コストの約 8 割を削減することを目標とした施策が展開中である。</p>
--------	--

ファシリティマネジメントは、オフィスビルのほか学校、病院、食品関連施などを対象とし、建設又は企業内でファシリティマネジメントを専門的に行う人に対して、民間機関による認定試験も行われている。

プロパティマネジメントは、オーナーや投資家より依頼された不動産を代わって運営を行うもので、その業務には、プロパティマネジメント会社のプロパティマネージャーがあたる。プロパティマネージャーは、オーナーや投資家のためにあり、最大限の収益をもたらすことを目的に、不動産の運用を行う。

■ 今後の展望・課題

[資産価値の把握]

対象となる施設の資産価値を評価し、現在のサービス水準を保持するために将来必要となる費用を適切に把握する必要がある。

点検結果をもとに、様々な評価を行うため、点検技術・点検手法の一貫性・継続性、健全性の定量的評価や点検結果のデータベース構築、蓄積データの活用、情報開示が重要となってくる。

[資産の定量的評価手法の確立]

データベースの構築及び各資産の優先順位づけが重要な項目となる。そのため、それらに対する共通スケール（指標）をつくることが重要な課題となってくる。一つの性能を数値化、定量化することが必要である。

[専門家の育成]

非常に高い技術力・知識を持つプロフェッショナルの判断が必要となる。責任も非常に重いものがあるプロフェッショナルの役割の重要性を社会に認識させ、プロフェッショナルとしての地道な営みが認められるような制度を構築する。

〈参考資料〉

次世代建築を解く 7 つの鍵／NTT 都市開発・NTT ファシリティーズ・彰国社
 未来社会環境フォーラム（<http://www.mirai-forum.com/index.html>）
 国土交通省環境行動計画

（http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kankyo_site/0.kodou/1.honmon/chap2/text02-29.htm）
 東京都建設局ホームページ（<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/asset/index.htm>）
 社団法人 日本ファシリティマネジメント推進協会（<http://www.jfma.or.jp/index.htm>）

10. ライフサイクルを考慮したコスト縮減設計法の開発

■ 技術の概要

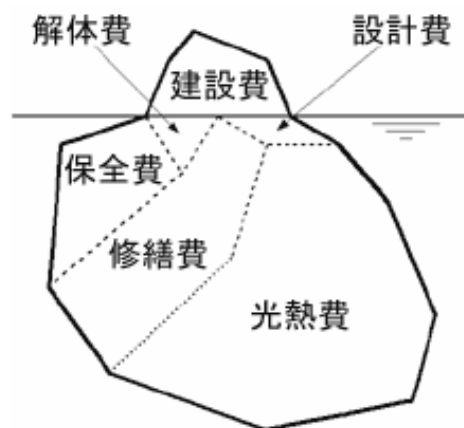
直接的な工事コストの縮減に加えてライフサイクルコストや社会コストなどを考慮したコスト縮減が必要であり、ライフサイクルに関連したコストに関係する技術には例えば道路橋梁整備においては、長寿命コンクリート構造物、太陽発電利用の照明、長寿命化塗装などがある。

【ライフサイクルコスト管理システム】

ライフサイクルコスト(以下、「LCC」という。)とは、研究・開発・設計から、製造、使用・維持、廃棄・処分されるまでの総費用、すなわち建築の一生分の値段である。

ビル的一生(ライフサイクル)を考えると、建築費は全てのコストの4分の1程度にすぎず、残りの4分の3はランニングコストである。

建物のLCCをシミュレーションし、LCCを最小にすることを目標に、光熱用水費や保全・改修費用などを算出する技術である。



建物 LCC の概念

出典：まちづくり関連用語集 (<http://www.udit.co.jp/www03.htm>)

【ライフサイクルマネジメント】

建物が保有する価値を適正に判断するためには、建物の生涯(ライフサイクル)にわたる経済性や環境保全性に対する評価が必要になる。建物の構想・建設・維持管理から再生計画に至る各段階において、ライフサイクル評価に基づき、最適な運用を行う技術である。

【ライフサイクル設計】

ライフサイクル設計とは、製品の販売だけでなくサービス提供と安定した循環を実現することであり、いわば、現状では個別の行動原理で実施されている製品設計、製造、使用、リサイクル、廃棄などの個々のプロセスを有機的に結合し、製品ライフサイクル全体をシステム化する計画図を作成することに相当する。従来の設計と比較した場合のライフサイクル設計の課題は、次の4項目に整理できる。

- ① ビジネス戦略の策定：製品販売のみによらないサービス提供手段、別の言い方をすれば利益獲得の手段

- ② ライフサイクル戦略の策定：製品の出荷のみならず、製品の回収、リユース、リサイクル品の使用先の確保といった、ライフサイクル全体を通した、モノの流れの設計と管理
- ③ 時間の設計：寿命、販売期間、回収期間といった長い時間尺度での製品の設計
- ④ 要素設計技術の適用：分解性、有害性など多様な視点からの設計とその統合

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

わが国では建築物や構築物の使用期間が短く、スクラップと新設を繰り返してきたことが資源・エネルギー消費や廃棄物の発生を大きくしてきた。特に、1960年代から70年代の高度成長期に急速に整備された建設ストックが、向こう10年ほどの間に次々と寿命を迎えるため、今後建設廃棄物がかつて経験したことのないペースで大量発生することが懸念されている。

こうした中、既存ビルは、維持・補修（メンテナンス）費用の低減と建物の長寿命化の両立が、ますます重要な課題となっている。これまで、直接的な工事コストの縮減を主眼としてきたが、時間的コストの縮減、長寿命化など施設の品質向上によるライフサイクルを考慮したコスト縮減、リサイクルなどによる環境負荷（社会的コスト）の縮減などに配慮したコスト縮減法の開発が必要になってきている。

■ 技術の利活用状況

ゼネコン13社が共同で、建物の「LCC算定システム」と「長期修繕計画書作成システム」を開発した。両システムは建物の長期的な経済性を検討するためのツールであり、長寿命建築や省エネルギー建築など、環境にやさしい建築につながるものである。システム操作の面では、基本的な建物概要を入力し該当項目を選択するだけで建物のLCC算定並びに修繕更新計画書の作成が可能であり、幅広い設計者及び建築技術者が利用可能である。

■ 今後の展望・課題

LCCを考える場合に重要なことは、イニシャルコストとランニングコスト、考慮すべき建物の期間（建物の使用期間）、費用の時間的価値の変化（金利の問題）の評価となる。しかしながら、これらはすべて予想の域を出ないため、このことを考慮しておく必要がある。また、代替案比較に際しては、感度分析などを併用して、どの程度なら予測が変化しても結論に変わりがないか確認する必要もある。

〈参考資料〉

進化する建築保全～LCCからFMまで／学芸出版社

WEBサイトで学ぶ管理会計

(http://www.dab.hi-ho.ne.jp/s-ueno/WEB_site/text2/book17.html)

1 1. 高性能コンクリート

■ 技術の概要

高性能コンクリートとは、強度・耐久性・施工性などの性能を向上させ、環境保全への配慮など、多機能なコンクリートのことをいう。

[長寿命コンクリート]

鉄筋腐食を招く中性化のうち、炭酸反応に注目し、特殊混和材と炭酸イオンが反応することでセメント硬化体を緻密化し、耐久性を向上させるコンクリートである。

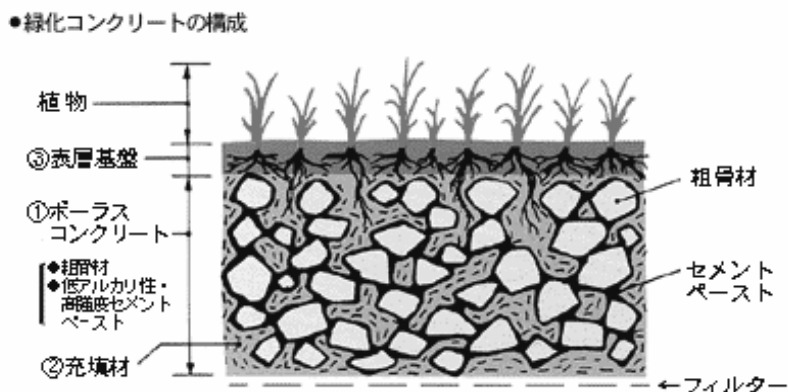
●特長

建物自体に100年以上の耐用年数が求められるようになり、200～500年以上の耐用年数のものもある。

[緑化コンクリート]

緑化コンクリートは、植物を直接植えつけることができるコンクリートで、建築物や造成地の斜面、また河川の護岸などのコンクリート構造物の緑化を可能にした。

緑化コンクリートは、植物が根付くための隙間を作るために砕石などを粗骨材に用いて、これをセメントペーストで固めたうえ保水材と肥料を充填し、その上に薄く土壌を固着させたものである。



出典：緑化コンクリート

(http://www.takenaka.co.jp/enviro/env_tec/56_ryoko/56_ryoko.htm)

●特長

- ・ コンクリートの強度、耐久性と、土の植栽機能を併せ持っている。
- ・ 流水や雨水で浸食されにくい緑化基盤をつくれる。
- ・ 現地で打設できるため、施工面の状態に応じた施工ができる。

- ・ プレキャスト化することもでき、施工工期の短縮も図れる。
- ・ 芝、草花だけでなく中低木も植栽できる。

[超高強度コンクリート]

80N/mm²(1cm²当たり 800kg の荷重に耐えられる強度)を超える高強度、かつ RC、SRC、CFT といった建築構造物の現場施工が容易な流動性を有するコンクリートである。

新しい混和材「ジルコニア起源シリカフェーム」を用いた"超"高強度コンクリートは、実証実験で 200N/mm² の強度を実現している。この技術により、剛性が高く、耐震性・耐風性にも優れた高さ 300m クラスの超高層ビルの建設が可能になる。

●特長

- ・ 超高強度コンクリートにより、超高層 RC、SRC、CFT 造建築物が可能となる。
- ・ 高強度化により柱、梁部材の断面の低減、スパン長の増大が可能となり、コストダウンや空間自由度の増大といったメリットがある。

[高品質再生骨材]

コンクリート塊を熱風で加熱・き弱化させた後、すりもみ処理を行い、セメントペーストの効率的な除去を行ったものである。

偏心回転型の処理装置にコンクリート廃材を通過させ、粗骨材とモルタルを効率よく分離し、粗骨材を元の状態に戻すことができる。

●特長

従来は、路盤材などが主な用途であったコンクリート廃材を、何度でもコンクリート用骨材として利用することができ、建設工事における資源循環に貢献する。

[超軽量コンクリート]

内部に独立気孔を有する低吸水型の軽量骨材を使用し、適切な配合選定を行って製造したものである。

●特長

- ・ 水に浮くほどの軽さ（比重 1.0 以下、通常コンクリート比重 2.3）であるにもかかわらず、構造部材としての圧縮強度（200kgf/cm²）を併せ持つ超軽量のコンクリートである。
- ・ カーテンウォール（ビル外装材）や床部材躯体のコストダウン、部材の大型化による施工性の向上などが可能になる。

[断熱モルタル]

超軽量骨材・セメント・混和材などからなる無機質系の不燃性超軽量断熱モルタルである。高断熱、不燃性に加え、高強度・高耐久性・高付着性・耐ひび割れ性などを

有することから、本モルタルを従来できなかった断熱を兼ねた仕上げ、あるいは仕上げの下地とする工法が可能である。

●特 長

- ・ 多機能性を生かした施工によりコストダウンが可能
- ・ 超軽量でありながら高強度、構造上の負担が軽減

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

100 年を超えるような長期の耐久性が要求される重要構造物においては、耐久性の極めて高い長寿命コンクリートが求められている。

緑化コンクリートは、コンクリート構造物に緑を取り入れる技術として開発された。環境意識の高まりもあり、コンクリートがむき出しの河川や湖沼の護岸などに対して自然保護や親水性などの観点から求められている。

超高強度コンクリートは、超高層化、超大型化、大深度化など高強度が要求される構造物に利用されている。

高品質再生骨材は、建設廃棄物のうちで大きな割合を占め、従来は路盤として埋め戻し材として利用されることも多かったコンクリート塊を、再生するもので、コンクリート塊の再利用率の向上や最終処分量の減容、骨材資源の有効利用を図ることができる。また、天然骨材の採取にとまなう自然環境破壊を減らす効果も期待できる。

超軽量コンクリートは、近年の橋梁などのコンクリート構造物は、長大化・大規模化の傾向にあり、死荷重や地震時慣性力の軽減を可能にしたものである。また、近年コンクリートの高強度化とともに、構造上及び施工上の合理化から軽量化が求められていることを背景にしている。

断熱モルタルは、高断熱性や結露防止に適したモルタルが求められている。

■ 技術の利活用状況

種 類	利活用状況
長寿命コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般構造物の埋設型枠 (薄肉化による施工性、耐久性の向上) ・ 海洋構造物 (塩害からの対候性) ・ 放射性廃棄物処分場 (長期安定性、耐溶脱性の向上) ・ 寺社・教会 (耐用年数の長期化が望まれる建築物) ・ 長寿命集合住宅 ・ 美術館や博物館などの文化施設 など
緑化コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 河川における堤防、護岸、川底の緑化 ・ 都市環境として、人口地盤の緑化、緑道への対応 ・ 法面の緑化 (1:1 勾配程度まで) ・ 建物の屋上を緑で覆う屋上緑化 ・ 駐車場・車路の緑化
超高強度コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超高層建築 ・ ガス LNG 地下タンク
高品質再生骨材	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再建材用骨材

超軽量コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁（長大・大規模コンクリート構造物） ・ カーテンウォール（ビル外装材）や床部
断熱モルタル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建物の床、屋上、壁の断熱 ・ サッシ廻りの結露防止 ・ 工場、プラントなどの機器・配管の断熱

■ 今後の展望・課題

高性能コンクリートであっても製造時及び施工時に問題が発生しては当初の性能を発揮することはできないことから、コンクリートが硬化する前に長期品質を推定・検査する技術及び硬化後に欠陥部、き弱部等を検出する技術を確立する必要がある。

〈参考資料〉

長寿命化コンクリート 鹿島技術研究所リーフレット

緑化コンクリート (http://www.takenaka.co.jp/enviro/env_tec/56_ryoko/56_ryoko.htm)

超高耐久性コンクリート

(http://www.takenaka.co.jp/techno/n34_superdcon/n34_superdcon.htm)

水に浮く構造用超軽量コンクリートを開発

(<http://www.kajima.co.jp/news/press/199804/20a1to-j.htm>)

1 2. 木造高層建築

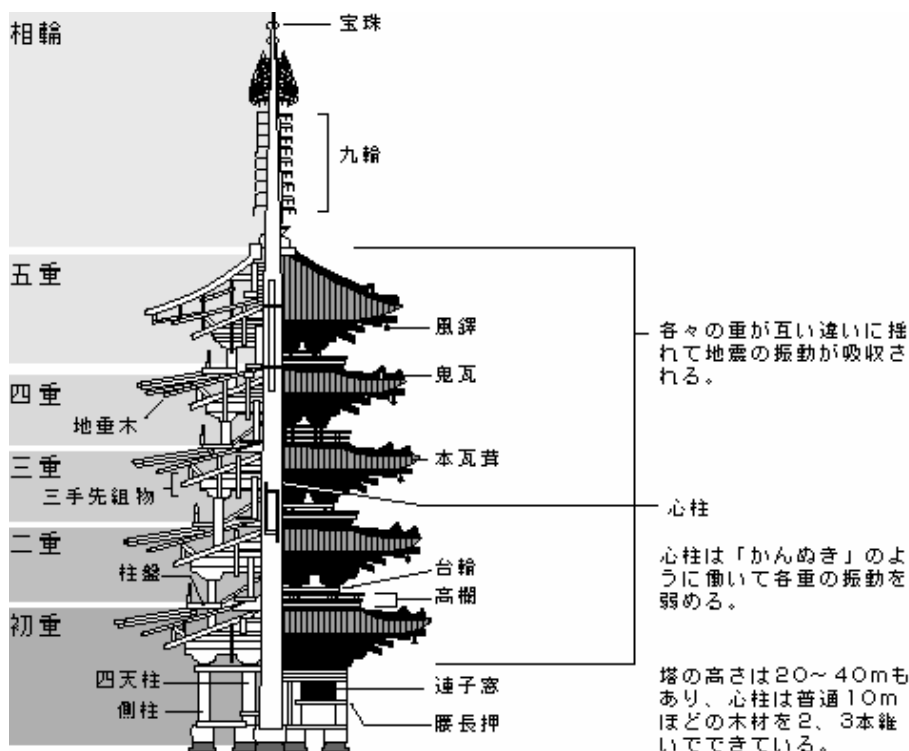
■ 技術の概要

歴史的にみると五重塔、東大寺大仏殿に代表される高層、大規模な木造建築は実際に建てられ、現在もなお建ち続けている。現在の建築技術は、当時に比べて格段に進歩している。これまでの木造建築の実績と現在の解析、製造、施工の各技術を駆使すれば、構造的には十分高層木造建築は実現可能である。

これらの塔に代表される高層木造建築は、地震で倒壊したという記録はほとんど見当たらず、地震に強い木造建造物である。

その理由の一つには「積み上げ構造」という建築方法であるとされている。五重塔を建てる場合、重ごとに軸部や軒を組み上げ、それらを鉛筆のキャップを重ねるように順々に積み上げてある。それぞれの部材は主に木材同士の特異な切り組み方法によって接合されていて、堅固に結合していないため「柔構造」になる。「柔構造」の塔は、地震が起きても各重が互い違いに振動して「揺れ」を吸収する。また多くの塔の内部に立っている「心柱」は、こうした振動を減衰させる「かんぬき」のような働きをするといわれている。

五重塔に見られるような、建物の揺れの効用を認め、その揺れによって地震力を吸収させる「柔構造」の理論は、近年、日本はもちろん世界の超高層建築に採用されている。伝統的な木造建築の知恵が最先端の建築技術に生かされている。



出典： 上田 篤編「五重塔はなぜ倒れないか」(新潮社)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

改正前の建築基準法第 21 条では、高さが 13m 又は軒の高さが 9m を超える建築物、延べ床面積が 3,000 m² を超える建築物は主要構造物を木造としてはならない、と規定していた。しかし、法改正により、木造であっても、耐火建築物とすることで、階高や面積に制限がなく大規模建築が可能になった。

木造で 5 階建てのショールームを含む店舗ビルを建てたいなどの要望をもった施主も現れている。

■ 技術の利活用状況

2005 年に京大教授の高松伸が木造高層建築を構想し、東寺（南区）で開く「こころの建築展」で、模型を披露している。木造による高さ 180m の高層建築（三十数階建て相当）、高さ 99m の塔建築構想であり、技術的な検討もされている。

「技術的には、今や十分に可能だと思う。力学的に強い三角錐（すい）の籠（かご）状の構造体を重層的に重ねてゆく。全体を支える柱材は 70～120cm 角の集成材を使用する。部材の接合は特殊炭素繊維の樹脂を注入して一体化する工法を用い、強度を増す。部材同士がもたれ合う柔軟な構造である。構造設計家との共同作業で実現性を確認している」と述べている。

旧建設省では、地球温暖化防止京都会議で設定された、温室効果ガスの削減目標 6% を達成するため、建設分野における技術開発として、「地球温暖化防止に資する木質複合建築構造技術の開発」プロジェクトを立ち上げた。具体的には集成材の製造技術をベースに FRP などの異種材料との複合で新しい“木質系複合建築材料”を開発し、構造計算が可能な「ラーメン接合法」を構法開発と併せて行っていくとしていた。

先の建築基準法の改正により、木造建築の軒高、最高高さ、階数などの制限がなくなり、大規模木造建築の可能性が高まったことに対応したものと言える。技術開発は、5 階建の中層マンション、オフィスビル、学校校舎などの多層階建築物を想定して進められる。これまでは、ドーム構造などの大規模木造の建築が行われてきたが、建築基準法の性能規定化でこれまで建設することができなかった、木造の中・高層建築物が、ようやく可能となる。

■ 今後の展望・課題

法的規制がなくなったが、解決しなければならない分野すなわち防火と構造の分野である。防火については、現行基準法で耐火建築物の主要構造部として木材が認められるためには、以下の 2 点のどちらかが認められなければならない。

- ・部材が耐火構造として大臣認定を受ける。
- ・非損傷性について建物を耐火性能検証法で検証する。

一方、構造についてみると、規模の大きい建物を建築することから、これまでより大きな断面の部材が必要になる。太い柱と厚い壁に対する問題であるが、前者は集成材を用いれば製造可能であるが、後者は合板程度の薄い面材を使用してきた木造の耐力壁についてはさまざまな検討が必要である。

今後、高層になれば顕著になる軸方向のクリープに関する問題も検討しなければならない。

〈参考資料〉

高層木造建築への挑戦 藤原幹雄 高層木造研究会 POWS

13. 超高層建築

■ 技術の概要

東京や大阪の都心部、湾岸エリアでは、多くの超高層マンションのプロジェクトが進み、都市居住者に魅力的な住宅として受け入れられている。都心に位置し、公園や利便施設を有効に利用できる立地、土地の高度利用によって実現された価格、眺望、設備などコストパフォーマンスに優れ、購買需要は高い。

こうした超高層マンションにおいて、五重塔に見られるような、建物の揺れの効用を認め、その揺れによって地震力を吸収させる「柔構造」の理論は、日本はもちろん世界の超高層建築に採用されている。伝統的な木造建築の知恵が最先端の建築技術に生かされている。

超高層建築物とは、建築基準法によると高さ 60m 以上の建築物をいう。このような超高層建築物は、一般のビルと異なり、地震だけでなく風の力を考慮する必要があり、このため、建物の骨組みが工夫されている。RC 超高層架構技術が主流であったが、スーパーRC フレーム構法技術が確立しつつある。

航空法によって、高さ 60m 以上の建築物には、航空障害灯の設置が義務づけられている。また、自治体によっては、一定の高さ又は延床面積を越える大規模建築物に対して、その存在や共用による周辺への景観変化、日照障害、電波障害、風害、交通問題などや工事中の騒音、振動、地盤変位影響の低減を図るため、環境影響評価を義務づけている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

限られた土地の高度利用、都市防災の観点から超高層建築技術が確立してきた。

1950年に制定された建築基準法では、建物の高さは 31m 以下という制限があった。その後、コンピュータの発達で、地震波の解析や理論的には考えられていた建物の動的解析が可能となり、材料の進歩もあって、1963年に高さ制限がはずされると、第1号として 1964年に高さ 73m ホテルニューオータニが、そして、1968年には高さ 147m の霞ヶ関ビルが建設され、現在の日本一は横浜のランドマークタワーの 296m となっている。

特に近年は、超高層マンションが、都市居住者の多様なライフスタイルやニーズを受け止める都市住宅として、注目を集めている。最近の多くの事例では、設計にスケルトン・インフィルの考え方が導入されている。スラブや戸境壁の遮音性を高め、免震・制振技術により柱・梁を居住空間から無くすことで、住戸の広さや各住戸のプランニングの自由度が高まっている。

■ 技術の利活用状況

住宅・事務所に限らずあらゆる建築に適用可能であるが、複雑な超高層複合建築にも適用できる。低未利用地・老朽化住宅密集地、工場跡地、幹線上部空間などの「都

市の再生」に対応が可能である。

近年、都心で超高層ビルの開発が顕著である。建設技術の向上や容積率の規制緩和が背景にあるが、景気回復で都心のオフィスビル需要が盛んになっているとともに、都心の地価上昇も土地の高度利用を促している。建設業界では超高層ビルにかかわる仕事が注目を集めている。

2007年1月には東京・六本木の防衛庁跡地に、「東京ミッドタウン」が完成する。三井不動産などが開発を進め、5棟のうち中央棟は高さ約248mと、都内で最高層となる。続いて同年秋には、JR東京駅に高さ約205mの超高層ツインビルが完成する。

また、名古屋地区では、今年9月、トヨタ自動車などが開発を進めてきた高さ約247mの「ミッドランドスクエア」が完成し、首都圏以外でも開発が進んでいる。

また、最近の超高層ビルでは、オフィスのほか、マンション棟など居住施設を備え、ビル群全体で街を形成しているところが少なくない。

もともと、森ビルが開発した「六本木ヒルズ」が先駆けとなったが、ビル開発では、土地を高度利用するとともに、街作りの視点が重要になっている。全体の仕事の幅が広がっており、異業種からの人材の受け入れも進んでいる。



六本木ヒルズ

■ 今後の展望・課題

最近の超高層建築は、全て「制震装置」を組み込んで「長周期震動」に対応しているが、その安全性は未だ検証されていない。今世紀前半に襲来する「海洋型巨大地震」に対応可能できるような技術開発が必要である。

また、人間は古来より、高い建物に憧れ、どこまで高い建物を作ることができるか追求してきた。アメリカ、ニューヨーク・マンハッタンの世界貿易センタービル跡地に建設中で、2009年に竣工予定のフリーダム・タワーは、アメリカ独立に年にちなんで1776フィート、541mになり世界一高いビルが誕生する。さらに、現在クウェートでは、高さ1,000mの超高層ビルを計画中である。技術の進歩によりどこまで高い超高層建築を人類は建てるのか、果てしない挑戦が今後も続く。

〈参考資料〉

高層木造建築への挑戦 藤原幹雄 高層木造研究会 POWS
ここが知りたい建築の？と！ 日本建築学会編

1.4. 大空間構造

■ 技術の概要

大空間構造は、長いスパンを確保した無柱空間を構築する構造であり、日本でも多彩な大空間構造建築物が造られてきた。ケーブル構造「国立代々木体育館」、鋼材トラス「幕張メッセ」、コンクリートシェル「東京カテドラル」、半剛性吊り屋根構造「長野オリンピック記念アリーナ」、その構造形式、形状は多種多様となっている。

PSST 構法は、プレストレスを導入した鉄骨トラスで屋根や床を支えることにより、スパン 100m 以上の無柱空間（大空間）を構築する構工法である。

大空間構造を支える技術として、熟練労働者の不足、高所における安全性の確保や品質管理の確保といった課題を同時に解決できる新工法も開発されている。

リフトアップ工法は、先行して構築した構造物などで支えとして屋根部材を引き上げていく工法である。

プッシュアップ工法は、屋根部材を地上から持ち上げて構築する工法である。

移動架構工法は、「リフトアップ工法」「プッシュアップ工法」「トラベリング工法」の 3 工法を基本とする工法である。

長野市オリンピック記念アリーナ（集成材と鋼板の半剛性吊屋根）



出典：話題の建物（社）日本建築構造技術者協会
(http://www.jsca.or.jp/JSCA/BUILD/m_wave.html)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

健康・スポーツ・余暇更に環境との調和などのニーズと都市化現象の全国への拡大とがあいまって、大空間構造の需要が高まっている。用途別にみると、最も大きな無柱空間を必要とするものは、格納庫とスポーツ施設といえる。ジャンボ旅客機や飛行機の格納庫は、100～300mの無柱空間が要求され、また、スポーツ施設では野球場とサッカー場が直径約 200m 級の空間を必要とする。

■ 技術の利活用状況

航空機の格納庫、ドーム型球場、スピードスケート会場、体育館、駅周辺の人工地盤、鉄道上空の有効利用などの大空間が必要な建築物に適用されている。

大空間が求める用途は以下のようなものがある。

機 能	用 途
宗教的な空間	カテドラル、モスク など
生産するための空間	工場、屋内農場、飼育場
展示するための空間	コンベンションセンター、博覧会施設、温室 など
格納、貯蔵するための空間	飛行機格納庫、石炭貯蔵庫 など
スポーツ・レジャーのための空間	屋内野球場、サッカー場
ターミナル空間、ホールなど移動の結節点となる空間	駅舎、空港施設、アトリウム など

近年では、ロンドンで直径 320m を超えるミレニアム・ドームが建設された。この建物は、屋根から突き出た柱とケーブルにより膜を安定させた構造になっている。また、無柱空間としては、鋼材トラスを用いて 2000 年に格納庫とした建設されたドイツのブラント・エアー・ハンガーが 360m×210m の大スパンを実現しており、現在は屋内テーマパークとして利用されている。

■ 今後の展望・課題

大地震時において大空間構造物が被害を受けると、その機能が喪失し、経済的な被害だけでなく、災害復旧活動にも大きな支障を与える。その構造性能（座屈による崩壊、振動による崩落に対する抵抗能力）を現地での振動計測や地震応答解析から評価する方法を確立する必要がある。

〈参考資料〉

ここが知りたい建築の？と！ 日本建築学会編

移動架構工法 (http://www.takenaka.co.jp/techno/50_lift/50_lift.htm)

15. 電磁シールド

■ 技術の概要

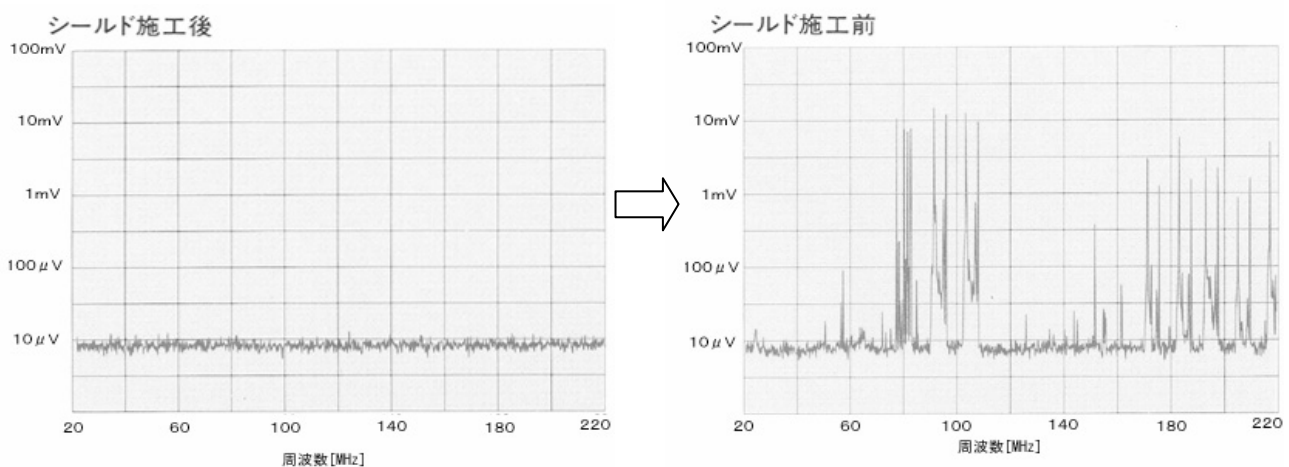
外部との電磁波の往来を遮断するための構工法である。

コンピュータや電話機などの電磁障害、放送スタジオ・劇場などのワイヤレスマイクの混信防止、OA 機器などから発生する電磁波による機密情報の漏洩、医療機器の誤作動防止、電子機器などから放射される電磁波による周辺機器へのノイズ防止に対して電磁シールドを行う。

電磁シールドは、使う場所、用途に応じて、工法が異なる。

- ・ 電磁波シールドメッシュ（電磁波防止繊維素材）：低出力の高周波電磁波をシールドする素材である。
- ・ 電磁波シールド塗料（導電性塗料）：スプレーして常温乾燥させるだけで導電性及び電磁波吸収性を発揮するコーティング剤である。
- ・ 電磁波シールドフィルム：電磁波を遮蔽する部材である。
- ・ 電磁波シールドガラス：電磁波を反射する導電性のあるガラス、PHS などの比較的弱い電磁波をシールドする。

電磁シールドシステムによる効果



出典：TOMOE CORPORATION

(<http://www.tomoe-corporation.co.jp/kensetu/shield/shield1-1.htm>)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

コンピュータネットワークや携帯電話の普及により、ハイテク対応のビル内ではワイヤレス通信のニーズが高まり、それともなあって電磁波に関する障害や機器からの情報漏洩などの問題が顕在化してきた。電磁波妨害によって建物内の機器やシステムが障害を受けないようにするためには、機器側の対策のみでは十分でなく、不要な電磁波を建物や部屋に入れない、出さないという電磁波シールド技術が求められる。

■ 技術の利活用状況

以下に、媒体別に電磁波シールドの利活用状況をまとめる。

シールド媒体	特 徴	応用例
電磁波シールド ルーム	建築躯体を利用し、建物、 フロア、あるいは部屋単位 で電磁シールドを行う	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンピュータルームや事務所の執 務空間 ・ 工場・研究所での機器の誤動作防止 ・ 病院などの各種検査室、手術室
電磁波シールド メッシュ	ナイロン糸に銀をコーテ ィングし、編み上げた素材	<ul style="list-style-type: none"> ・ カーテンや網戸・妊婦帯・エプロン の裏地・帽子に装着 ・ 電医療機器等の誤作動防止のため のシールドカバー、電子レンジのカ バー等
電磁波シールド 塗料	スプレータイプのコーテ ィング剤	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型高周波電子機器、高周波デジタ ル機器等のシールド ・ 人体に有害な電磁波のシールド
電磁波シールド フィルム	ポリエステルフィルム上 に銅箔を張り、金属メッシ ュに加工	<ul style="list-style-type: none"> ・ テレビの PDP（プラズマ ディス プレイ パネル）等
電磁波シールド ガラス	金属メッシュ等を挟み込 んだ合わせガラスタイプ と透明導電膜を付けた複 層ガラスタイプがある	<ul style="list-style-type: none"> ・ 透明性のある窓

■ 今後の展望・課題

電波による健康や医療機器等への影響が懸念される中、今後、高調波ノイズに対す
る規制が欧米において強化される方向にある。

政府はユビキタスネット社会の実現を目指し、「電波開放戦略の推進」など各種施策
に取り組んでいる。また、新たな情報通信サービスの技術として、高速電力線搬送通
信やウルトラワイドバンド（UWB）等も開発が進んでいる。今後更なるユビキタスネ
ット社会の実現に向けて電波利用が増大していく中で、より安全で安心な電波利用環
境を確保することが重要であり、電磁波ノイズ対策が必要とされる分野はますます多
様化し、その必要性も高まっていく。

〈参考資料〉

日立化成テクニカルレポート No.42(2004-1)

電磁波シールドメッシュ (<http://denjiha.macco.co.jp/shield/index.html>)

電磁波シールド塗料 (<http://denjiha.macco.co.jp/mac115/index.html>)

日本板ガラス環境アメニティ（株） (<http://www.nea-ltd.com/clean/kaihatu.html>)

16. RFID

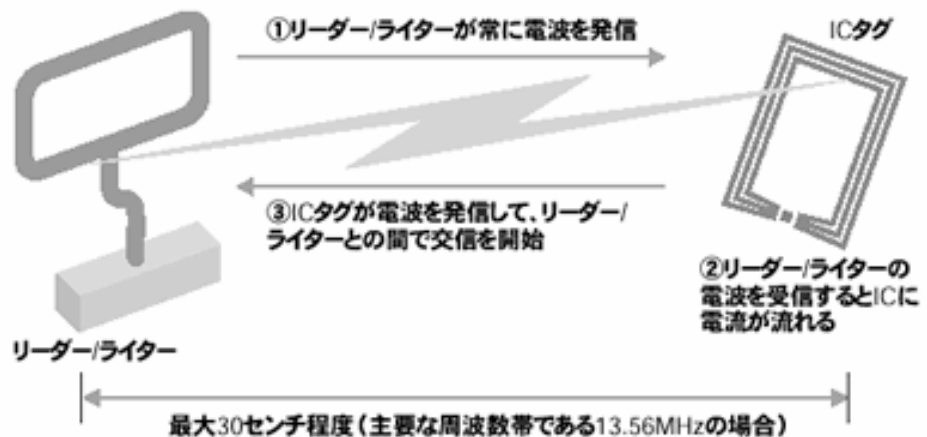
■ 技術の概要

RFID^{*7}は、ID情報を埋め込んだ微少な無線チップ（ICタグ）から、電磁界や電波などを用いた近距離の無線通信によって情報をやり取りするものである。ICタグは、データの読み取り（書き換え）が可能で、将来的には、すべての商品に微少なRFIDタグが添付される可能性がある。

無線周波数は13.56MHzと2.45GHzが国内では有力である。13.56MHzは電磁誘導方式を、2.45GHzはマイクロ波方式を用いる。

バーコードとの違いは、離れた距離から処理できるほか、複数タグの同時認識機能や汚れに強く何度でも再利用可能などのメリットがある。

また、バーコードに比べ、多くの情報量を持つことが可能で、様々な用途で活用が期待されている。



出典：IT PRO 最新テクノロジーRFID 日経BP社
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/rfid/index.html>

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

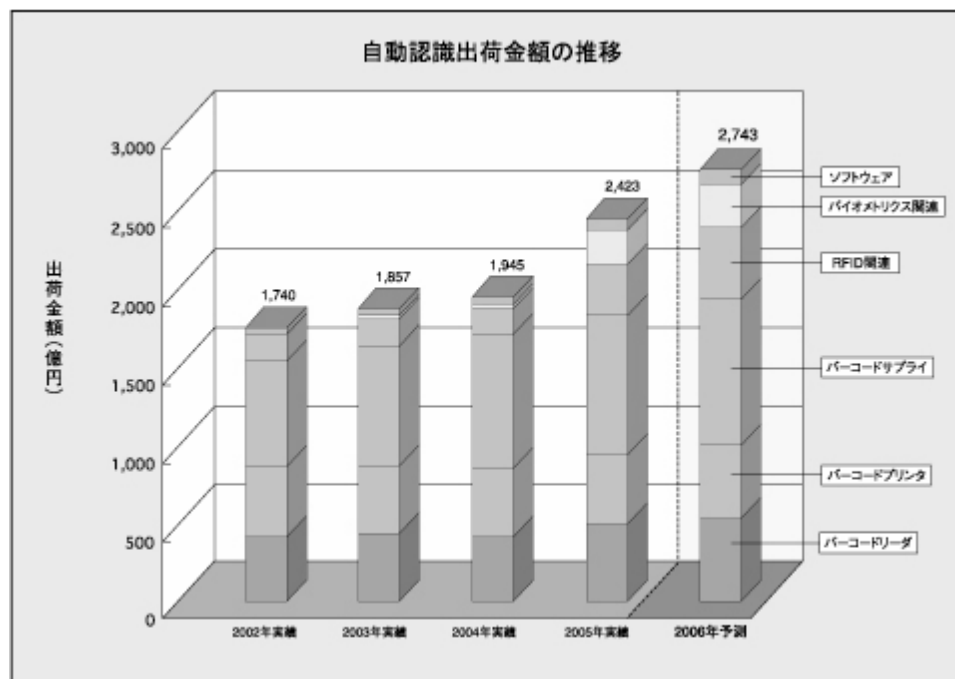
無線通信によって外部から情報を読み書きする技術が、小さなワンチップのICで実現できるようになった。また、電池を用いなくても通信距離が保てるなど応用分野が拡大し、量産化によるコストダウンも進んでいる。

タグを様々なものや人に取り付け、それらの位置や動きをリアルタイムで把握することで、実世界のものを、デジタルの仮想世界へと結びつけて認識や操作が行える点が、様々な波及効果を与えると考えられている。

2005年を総仕上げとする「e-Japan戦略」に続いて、2006年1月に政府のIT戦略本部が策定した「IT新改革戦略」では、IT化の第2ステージとして、ITを駆使した

*7 Radio frequency identification の略称

環境配慮型社会、ITによる防災・治安・食の安全・安心、IT経営の確立による企業競争力の強化などを目指している。その中で新しい価値創造の基盤的ツールとしてRFタグ（電子タグ、ICタグ）などの自動認識技術を活用したアプリケーションが強く期待されている。



出典：(社) 自動認識システム協会 統計調査委員会 活動報告 (<http://www.jaisa.or.jp/>)

■ 技術の利活用状況

総務省の電子（RF）タグの高度利活用に関する調査研究会では、ユビキタスライフサポート、ユビキタス食品管理、インテリジェント交通システム、インテリジェントユビキタスホームなどの事例が示されている。

また、経済産業省の商品トレーサビリティの向上に関する研究会では、生産者、輸送事業者、卸売業者、小売業者、消費者の一連の流れの中で、商品トレーサビリティを効率的に実現するために、無線ICタグを活用したビジネスモデルが示されている。

主な業界分野と商品分野としては、FA（工場）分野を中心に製造ラインの中で、物の識別用として多くの実績がある。流通関連では、倉庫や配送センターの庫内管理や貨物、トラック輸送のコンテナやパレットへの導入が進められている。

環境リサイクル分野では特に少資源、CO₂ガス削減など、環境対策としての導入の期待が高い。農業分野では、ヨーロッパを中心に、家畜の個別管理にすでに多くの実績がある。牛肉の産地や生産者、賞味期限を記したり、狂牛病のBS問題を管理したり、ブランド品の真贋判定をより確実にしたり、といった用途が考えられる。

また、医療も薬や患者の管理に有望である。特に小型化した無線ICタグが、小さな薬のカプセルや薬ビンの管理に適しているといわれている。

具体的な商品としては、車の盗難防止のためのイモビライザーに多数の実績がある。

経済産業省は、当面の先導的な商品分野として、家電製品、食品、衣料、書籍、靴などを取り上げて順次実績をつくり、これを他の商品にも拡大しようとしている。

JR 東日本が導入している「Suica（スイカ）」などの非接触 IC カードも、無線 IC タグと同じ仕組みである。商品に貼り付けるタグと人が持ち歩くカードでは、利用形態が異なるものの、ほぼ同じ技術を使っている。

■ 今後の展望・課題

[タグの価格]

RFID タグは極めて微少な IC チップであり、なおかつ価格が安くなければ普及しない。活気的な製造手法の開発によるコストダウンが求められる。

[帯域の問題]

各国の電波法の違いから RFID のために割り当て周波数をどこにするかが課題となる。この問題を解決するには、国際的な帯域協調と日本国内の帯域調整が必要となる。

[タグの付加の簡素化]

単品又はケースなどにタグを付加しなければならない。メーカー出荷時あるいは自前で付加する場合があるが、コスト低減を進めるには自動化の実施とそれに対応する機械の開発、普及が望まれる。

[セキュリティ・プライバシー]

人に読まれたくない情報をどのように管理するのか、例えば、リーダーを持っている人が勝手にプライバシーを含む RFID を簡単に読めてしまうのか。また、インターネット上にこのような情報を放置した場合、プライバシーの保護をどのように行うのか。

[その他]

電波を利用することによる人体への影響、安全保障（入力情報は真に正しいのか）、製造時に RFID をつけることが効率的なのか、情報入力ミスをどのように検出するのかなど

<参考資料>

(社) 自動認識システム協会 (<http://www.jaisa.or.jp/>)

RFID の実用化をめぐる 2 つの流れ 末永 俊一郎 / UNISIS TECHNOLOGY REVIEW 第 8 号

ユビキタス ID センター (<http://www.uidcenter.org/japanese.html>)

無線 IC タグ (拡がる RFID の世界) オーム社 吉岡 稔弘

17. CAD（2次元・3次元）

■ 技術の概要

CAD *8（コンピュータ支援設計）は、コンピュータと対話しながら設計・製図を行うシステムである。

CADによって製図作業・図面作成など、これまで人の手に頼っていた作業がコンピュータの利用によって短時間で正確に処理できるようになった。

製図作業の大幅な効率化をはたし、設計・製図作業における「革命」といわれている。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

1970年代後半～1980年代前半、パーソナルコンピュータがこの世に登場した。この当時、CADは大型汎用機と呼ばれる、大きなコンピュータでのみ動作していた。1982年、Intel社から16bit CPU *9（コンピュータの中央処理装置）の80286が登場し、この頃からパーソナルコンピュータの環境が大きく変わり始めた。80286は、主メモリが16MBと当時にしては大きく、大規模なプログラムが実行できるようになり、この頃に、初めてパソコンCADが開発された。

日本では、この頃からオフィスデザインにも使われるようになり、作図の効率化、また修正変更の容易さから、設計ツールとして急速に広まった。さらに、作図されたデータが、CAM *10（コンピュータ援用製造システム）と呼ばれる生産のシステムに応用されるようになると、企業システムの中心的な存在として、利用されるようになった。

現在では、CADソフトはパッケージとしてエンドユーザーが求められるレベルの安価、ノートパソコンでも使用できるほどの軽いデータで販売されている。操作が容易になり、仕様を変更できる自由度・データの互換性も高まった。このことによりCADは今後更に普及していくと考えられている。

従来の製図台を利用した作業には、長年の経験と細やかな神経が要求される上、一人前になるには何年も経験を要した。しかし、CADはある程度基礎知識を覚えるだけで、未経験者でもベテランと同じ図面を描くことができる。

これまであった図面作成作業の経験の壁が無くなり、未経験者では難しいと思われがちであった設計・製図作業の分野は、誰もが目指せる分野となった。

*8 CAD : Computer Aided Design の略称

*9 CPU : Central Processing Unit の略称

*10 CAM : Computer-Aided Manufacturing の略称

■ 技術の利活用状況

現在、CAD 技術は機械・設備・電気・建築・土木業界などをはじめ、インテリア・アパレルから福祉分野まで幅広い分野で必要とされている。CAD のソフトウェアは約 1,600 種類あるといわれている。かなり以前は、ハード一体型の専用システムもあったが、一般に CAD とは、ソフトウェアのことをいう。

【汎用 CAD と専用 CAD】

膨大にある CAD も大きく 2 種類に分類することができる。その一つはオートデスク社の AutoCAD に代表される汎用 CAD と呼ばれるものである。建築設計、自動車設計、電気回路の設計など何にでも利用可能な CAD である。

汎用 CAD はどんな図面でも描けるというメリットがある一方、各設計における特有な機能を持っていないのがデメリットとなる。逆に、専用ソフトウェアはそのデメリットを克服してくれる。たとえば、建築設計特有のルールの則った図面になっているかどうかのチェックをしてくれたり、購入した部材の管理を行ってくれたりする。

【手書き感覚と指示感覚】

CAD ソフトを別の分け方をすると、その操作体系から、手書き感覚のソフトウェアと指示感覚のソフトウェアの 2 つに分けることもできる。

手書き感覚のソフトウェアの代表といえる JW-CAD は、日本人が開発した建築設計専用のフリーソフトウェアであるが、これはペンを使って線を描く感覚で使えるソフトウェアに仕上がっている。

指示感覚ソフトウェアの代表が AutoCAD である。このソフトウェアはコマンドを多用するのが大きな特徴で、アイコンの操作などほとんどしなくても、キーボードから寸法や設定数などコマンドを入力するだけで、図面を描くことができる。

	ソフト名称	特 徴
2 次 元	AutoCAD	広く使われている汎用 CAD である。操作体系から指示感覚ソフトウェアといわれている。DWG ファイル形式との完全な互換性、高度な寸法記入機能、カスタマイズ可能なツールパレット、及び強化されたユーザインタフェースを兼ね備え、作業効率が高め、生産性の向上に大きく貢献する 2 次元 CAD である。
	JW-CAD	自由に線種をカスタマイズできるフリーソフトウェアの 2 次元汎用 CAD ソフトウェアである。作図に利用できる線は 9 種類あり、画面に点線で表示されるのみで実際に印刷されない補助線も利用可能である。線種の色や線の幅などを自由にカスタマイズ可能で、たとえば作図画面では太めに表示して、実際には細く印刷するといったこともできる。独自の JWW ファイルと DOS 版「JW_CAD」の JWC ファイルのほか、DXF/SFC/P21 ファイルの読み込みと保存に対応している。

2次元・3次元	VectorWorks & RenderWorks 11	2次元、3次元、ワークシート、データベースなど設計業務に必要な様々な機能を搭載した高機能汎用 CAD ソフトウェアである。Windows/Macintosh のクロスプラットフォームに対応し、DXF/DWG、JWC に加え各種 3次元データフォーマットの取り出し/取り込み機能など強力なデータ互換も実現。2次元設計に必要なツール、コマンドは充分整備されているので、基本設計から実施設計・詳細図面まで一貫して利用できる。
	TurboCAD 10	高次元の 2D 製図機能と 3D 機能を兼ね備えた実力派 2D/3D CAD である。10年という時の流れの中で、作図編集機能、ファイル互換の強化、3D そして CG 機能などの強化を図ってきた。プレゼンテーション用として、プロユースの作図設計用として進化している。

■ 今後の展望・課題

コンピュータ上のデータを下流の生産工程で有効に活用するために、CAM、CAT *11（コンピュータによる製品検査システム）など、逆に上流で強度や振動などを解析するために CAE *12（コンピュータ支援用エンジニアリングシステム）などの技術が開発され、統合して CIMS *13（コンピュータによる総合生産管理システム）という概念に発展した。

市販の CAD は、一般的に毎年バージョンアップが行われ、その度に高額なライセンス費用が発生するため、中小企業にとっては経済的負担が大きいという課題もある。

〈参考資料〉

CAD が使えるとできる仕事 (<http://www.cadjiten.net/cad02/cad0202.html>)

*11 CAT : Computer-Aided-testing の略称

*12 CAE : Computer-Aided-Engineering の略称

*13 CIMS : Computer Integrated Manufacturing System の略称

18. Web GPS/GIS

■ 技術の概要

GPS、GIS の電子化された地理情報を、Web アプリケーションと組み合わせ、インターネットを通じて利用を可能にしたのが、Web GPS/GIS である。Web GPS/GIS は、サーバで管理された地理情報をインターネットやイントラネットを通じて、クライアント側が使用することができる。利用者は、各種情報を表示、分析するための個別のソフトウェアがなくとも、GPS、GIS を使うことができる。不特定で多数のユーザーに効果的に情報を提供でき、双方向でやりとりができるというインターネット技術の長所を、最大限に活かす技術として注目されている。

[GPS]

GPS *¹⁴ (地球測位システム) は、地球を周回する人工衛星によって位置を計測するシステムである。

GPS は、GPS 衛星、GPS 衛星の追跡と管制を行う管制局、測位を行う利用者の受信機の 3 つの部分から構成され、GPS 衛星と管制局は、米国国防省によって管理されている。全部で 24 個の GPS 衛星が上空 2 万 km の軌道上を回っており、地球上の全域をカバーしている。それぞれの衛星が各衛星の位置と時刻を発信していて、各衛星までの距離と衛星の位置を知ることによって自分の位置を計測する。3 つの衛星からの電波を受信できると現在位置が解り (2 次元)、4 つ以上の衛星からの信号を受信することにより、高度まで含めた 3 次元 (3D) の測位ができ、緯度、経度、高度などを数十メートルの精度で割り出すことができる。

GPS は種々の航法、通信や測量、地震予知、気象予報、土木作業、福祉事業等非常に広範な分野で応用の拡大が予想される。また、既に多くの分野でなくてはならないインフラストラクチャの一つに数えられるまでに至っている。

[GIS]

GIS *¹⁵ (地理情報システム) は位置や空間に関する情報をもったデータ (空間データ) を総合的に管理・加工し、視覚的に表示できる高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。

GIS は、様々な空間データと、それを加工・分析・表示するための GIS ソフトから構成される。GIS では、空中写真や統計データなど様々なデータを層 (レイヤー) ごとに分けて管理し、これらの位置をキーにして基盤的な地図データの上に結びつける。これにより、相互の位置関係の把握、データ検索と表示、データ間の関連性の分析等が可能になる。GIS の解析結果の特徴は、様々な情報が整理され、視覚的にわかりや

*¹⁴ Global Positioning System の略称

*¹⁵ Geographic Information Systems の略称

すい形で表現できることで、GIS は、行政、民間等様々な分野での活用が期待される。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

GPS は、味方の所在位置を把握する判別システム、ピンポイントの攻撃を可能にした GPS 搭載ミサイルなど軍事的な目的で開発された。その後、1983 年の大韓航空機の事故を契機に、民間利用者へも開放され、手軽で信頼性の高い測位システムとして、近年カーナビの主要な要素として急速に普及してきている。

一方、GIS は昭和 40 年代から研究がスタートし、過去に何度か注目されたことがあったが普及しなかった。1990 年代に入って、地図データを容易に利用・管理することが可能になり、本格的な実稼働モードに入った。

コンピュータの高性能化	GIS は、複雑なデータを大量に扱うため、処理能力の高いコンピュータを必要とする。近年のコンピュータ及び関連技術の発達により、手軽に処理できるレベルに達してきている。
コンピュータネットワークの普及と情報通信システムの発展	GIS は、地図とさまざまな情報を結びつけて利用するシステムであり、大量の情報を集めるためのネットワークは不可欠である。
地図のデジタル化の進展	デジタル地図が容易に手に入るようになった。

政府においても、平成 7 年 1 月の阪神・淡路大震災をきっかけに、GIS の重要性が認識され、国土空間データ基盤整備、e-Japan 計画に反映されている。さらに、測位・地理情報システム等について、関係行政機関相互の緊密な連携・協力を確保し、総合的かつ効果的な推進を図るため「測位・地理情報システム等推進会議」を設置し、必要な施策を実施している。

【国におけるGISの取組】

管轄機関	取組概要
内閣府	阪神・淡路大震災の教訓を受けて、地形、地盤状況、人口、建築物、防災施設などの情報をコンピュータ上の数値地図と関連づけて管理する「防災情報システム (DIS : Disaster Information Systems)」の整備を進める。
総務省	情報の共有化を目指し統合型 GIS の推進を図るとともに、新たな GIS のニーズを発掘するために 3 次元 GIS の研究開発に取り組む。また、各種統計データを提供し、GIS への活用を促進していく。
外務省	海外安全ホームページ等地図を用いて海外情報の配信、また JICA を通し発展途上国の GIS 教育支援も行う。
財務省	GIS を用いた国有財産の概要・各種統計・国会報告・一件別情報や国有地等の売却物件情報の提供を行う。
文部科学省	地殻変動や衛星画像等の情報を公開・提供している。また、教育支援ツールに GIS を用い、各種コンテンツの提供を行っている。

厚生労働省	主な統計調査や業務統計について、その調査内容、調査対象、調査周期、公表予定、実施担当部局及び集計結果表等の搭載場所等を見ることができる。
農林水産省	農業・農村・森林分野における地理情報整備の支援や、GISを普及推進するための研究、事業等に取り組んでいる。
経済産業省	G-XMLなどGISデータの標準化や標準化したデータ仕様の公開など、インターネット環境を活用したGIS関連の情報流通の促進に取り組んでいる。
国土交通省	GISの普及や標準化に関して、様々な取組を行っている。特に近年の活動としては、数値地図に代表される全国のGISデータ整備や、整備するデータの標準規格の検討・策定、モデル事業を通じたGISの普及活動などが活発である。
環境省	日本の生物多様性や自然環境に関するさまざまな情報を収集し、広く提供するためのシステムとして、生物多様性情報システム(J-IBIS: Japan Integrated Biodiversity Information System)を開発した。

出典：GISポータルサイト

(<http://www.gis.go.jp/contents/government/activity/organization.html>)

■ 技術の利活用状況

GPSは、身近なところでカーナビや携帯電話の位置情報を提供しているが、この他、運送会社、タクシー配車などの車両の運行管理、路線バスの運行管理システムに導入されている。

この位置情報を最も効果的に活用するには位置情報と電子地図を結びつけるGISがインターフェースとして有効である。

GISの本格的活用により建設産業は大きなメリットが期待できる。企画・調査・計画などの業務の生産性は飛躍的に増大する。また、特定地域に密着した開発計画などにおいてもより具体的で説得力のある立案作業が可能となる。

[モバイルGIS～位置情報サービス]

自分がいる場所を中心にして、ある範囲のコンテンツ情報を得るサービスで、NTT Docomoの「いまどこサービス」やJ-フォンの「J-NAVI」などのサービスがすでに行われている。コンテンツの内容としては、レストラン、天気、地図など多種多様である。

移動体などの場所を追跡するサービスで、セコムが行っている「ココセコム」サービスは、自動車盗難されたときの追跡や、徘徊老人の追跡に利用されている。

[シミュレーション]

地図上に車両の胴体解析をアニメーションにより表現し、渋滞発生箇所が一目で分かるようになる。このシステムは、狭い駐車場容量や出入り口の位置検討、駐車場待ち行列による渋滞予測のシミュレーションもでき、大型店舗が立地される場合の交通量の解析などにも活用される。

[地震災害予測システム]

GIS を利用し、地震による建築物被害、火災の延焼、経済的ダメージ、人的被害などのシミュレーションを1街区単位、建築物単位で可能にした。システムの運用には、データベースの構築を必要とするが、全国に展開可能である。

■ 今後の展望・課題

[情報インフラとしての空間データ基盤の整備]

全国を網羅する空間データ基盤を整備する。国や地方公共団体は、施設管理者として自らが管理する施設の台帳図をデジタル化し、施設管理へのGISの導入を図る。

[標準化の推進]

- ・データ交換を容易にするため、データの特徴を記述したメタデータの標準化
- ・位置参照（住居表示と位置座標（東経○度、北緯△度）の置き換え等）の標準化
- ・ユーザインターフェースの標準化
- ・ISOにおける国際標準化活動との連携

[空間データの利用のためのネットワークの整備（クリアリングハウスの整備）]

データの相互利用のためには、データの所在、内容、アクセス方法等が明示されていることが必要であり、ネットワークの整備が必要。

[高速情報通信網の整備]

高速情報通信網の整備は、リアルタイムの情報入手、共有データへのアクセス、更新データの入手及び双方向性等の点でGIS利用のためにも必要。

[制度面からの検討]

情報提供に伴う料金授受、情報の知的所有権等の扱い、プライバシー保護、セキュリティ確保と情報公開の整合等について、制度面からの検討が必要となる場合がある。

〈参考資料〉

GIS ホームページ 国土交通省 (<http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/gis/index.html>)

GISの原理と応用／巖 網林著・(株)日貨技連出版社

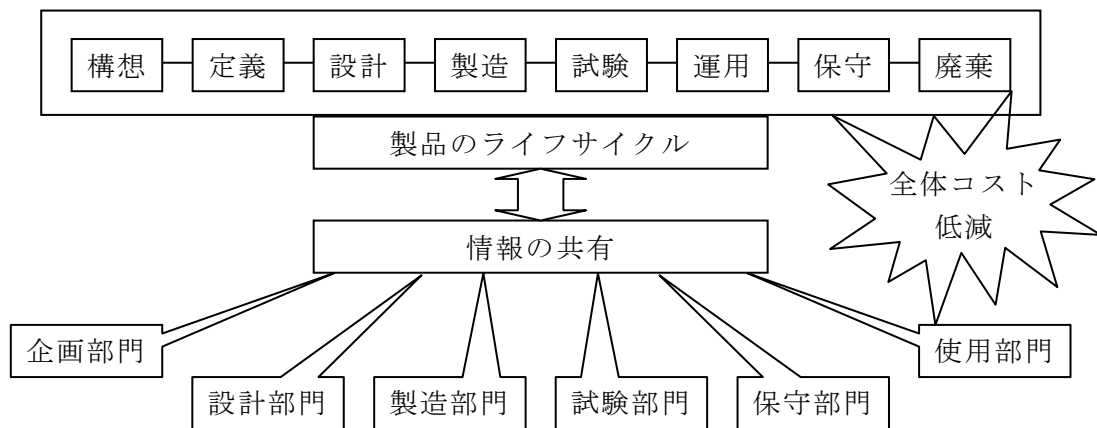
ビジュアルGIS／東明 佐久良著・オーム社雑誌局

図解雑学 GPSのしくみ／(株)ユニゾン ナツメ社

19. CALS

■ 技術の概要

CALS *16は、製品のライフサイクルに関わる全ての人々が、ライフサイクルにわたって発生する全ての情報を電子化（デジタル化）し、それぞれ（組織の内外ともに）が必要な情報を共有することにより、業務、製品の品質及び生産性を向上させ、ライフサイクル全体でのコストの低減（期間の短縮、品質の向上）を図るというコンセプトである。これは生産者と消費者の間で製品やサービスに関する情報を共有し、設計、製造、調達、決済をすべてコンピュータネットワーク上で行うための標準規格である。データの表現形式やデータ交換の手順などを定めた規格群で構成される。



出典：CALS 推進協議会ホームページ (<http://www.ecom.or.jp/cif/index.html>)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

CALS は米国国防総省が兵器の生産性、品質の向上をねらって、生産、利用の現場を調べ、また、世界の工業生産の実状を調べて提言を行った中から生まれてきた。このため、米国防総省が資材調達の支援システムとして開発した規格をベースとしている。当初は、資材調達だけを目的としていたが、次第に適用範囲が広げられてきたため、名称及び CALS の概念も変遷している。

日本では、「Continuous Acquisition and Life-cycle Support」という名前に従って、1995年プロジェクトとして Nippon-CALS (NCALS) 実証実験事業（通産省補正予算事業）を立ち上げ、産業別 CALS の実証実験がはじまった。

この一貫として、建設分野でも国土交通省が平成7年度より「公共事業支援統合システム（建設 CALS/EC）研究会」を設置し、平成8年度には「建設 CALS 整備基本構想」を策定し、CALS/EC の取組を開始している。建設分野では、調達の電子化は EC(Electronic Commerce：電子商取引)として取り組まれていることから、建設分野

*16 Continuous Acquisition and Life-cycle Support の略

では両方を含めて建設 CALS/EC と表現している。

公共事業は、

- ① 発注者、設計者、施工者、資材供給者など関係者が多く、情報交換が煩雑
- ② 情報はドキュメント、図面、写真、計算書など多種・多量
- ③ 公共事業の施設はライフサイクルが長く、そこで生じる維持管理・修繕などの作業には継続した情報ストックと管理が必要

といった特殊な特性があり、事業の不透明さやコスト意識の弱さが指摘されてきた。

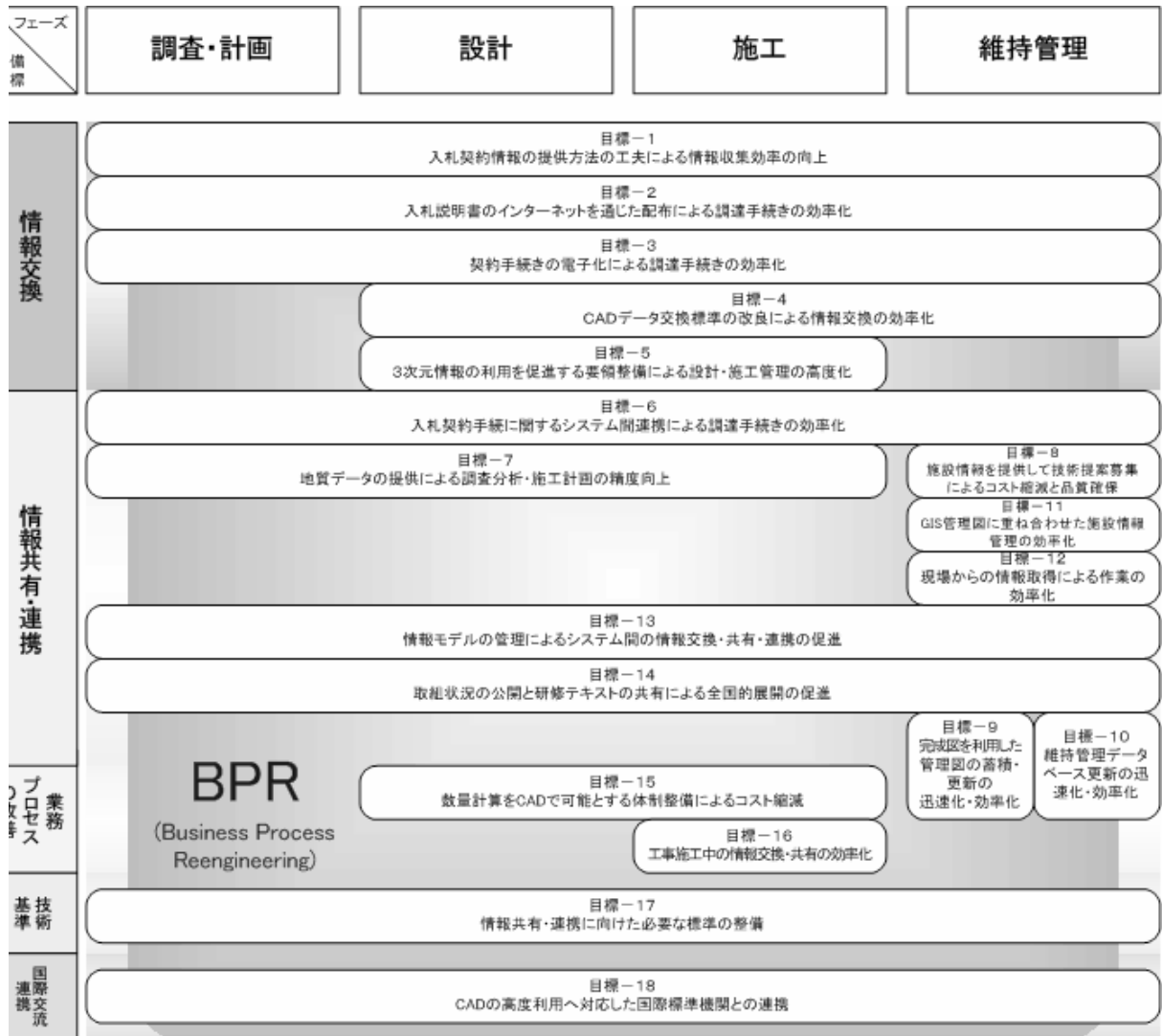
建設 CALS/EC の導入は、

- ・ 公共事業における「入札制度」の透明性や競争性を即し、「公正さ」を保障する
- ・ 公共事業における「品質」を保障する
- ・ 公共事業における「建設費削減」を実現する

といった現在の公共事業を取り巻く課題を、建設 CALS/EC を導入することにより、一挙に解決しようとする意図がある。

■ 技術の利活用状況

国土交通省では旧アクションプログラムに継続して基本構想の実現を図る実行計画として、平成 18 年 3 月に「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005」が策定され 18 の目標が示されている。



出典：CALS/EC ポータルサイト (<http://www.cals.jacic.or.jp/index.html>)

< CALS/EC の推進 >

- ・ 電子入札・電子納品の導入拡大、契約手続の電子化
- ・ 工事施工時における受発注者間の情報共有
- ・ 関係者間での情報交換・共有を可能にするための各種情報(3次元 CAD データ仕様コード類等)の標準化
- ・ ライフサイクル全般にわたる情報を統合した統合データベースの構築(光ファイバネットワークの活用)

- ・ 他の公共発注機関への CALS/EC 導入支援

■ 今後の展望・課題

CALS の概念は、最近のネットワークコンピュータ時代ではその可能性が大きく変化している。協同作業が簡単に行えるためのグループウェアも使用可能であり、より大規模な協調作業に向けたソフトウェアも実現されている。エージェント技術では、作業を依頼しておけば人の代わりに依頼事項を実行してくれる概念も出ている。通信の品質も向上し、セキュリティ技術も十分とは言えなくとも使用できるレベルにはなっている。無線通信、モバイル技術も十分に実用できる。更に、情報通信処理技術は NII/GII(National/Global Information Infrastructure)の構築に代表されるように今日でも国際的に目覚ましい変化を見せている。こうした情報通信処理技術の変革が CALS の概念を変え、発展していくことになる。

CALS/EC の連携する共有・統合されたデータベースが、いつでも、どの段階のデータでもすぐに引き出して利用できるようにする、これが CALS/EC の到達点となる。このためには、基準の整備、情報の電子化からはじまり、標準化、インフラやシステム整備、制度、業務改革など、官民が一体となって積極的に取り組んで行かなければ実現できない。

さらに、公共事業における CALS/EC の導入効果は、国レベルの取組だけでなく全国に普及・推進を図る必要がある。そのため、都道府県から、順次、市町村へ展開する地方展開の方針と目標年次、地方の特徴に配慮した地方版のアクションプログラムを策定する必要がある。

また、CALS のシステムをより使いやすいものとするために、積極的に情報公開を進め、利用者からの情報をフィードバックすることによって、強固なデータベースの構築や情報の利活用が進むことになる。

〈参考資料〉

CALS 推進協議会 (http://www.ecom.or.jp/cif/whats_cals/untitled.htm)

CALS の実像 日経 BP 出版センター

CALS/EC ポータルサイト (<http://www.cals.jacic.or.jp/index.html>)

20. 建設ロボット

■ 技術の概要

建設現場や災害現場において、人間の代わりに作業を行う装置である。ロボット技術や情報処理技術等の急速な進歩により、従来、極めて困難とされていた建設工事における高度な省力化・自動化・ロボット化の実現が可能になってきた。

建設ロボットは、危険な重労働から開放し、作業効率も向上する、少子高齢化時代の建設現場を支える主役となるかもしれない。

災害現場の遠隔操縦ロボット



モニタリング装置により、遠く離れた場所からも容易に操縦できる

出典：建設技術展 005 近畿 建設ロボットの展示
 (<http://www.kkr.mlit.go.jp/kingi/event/05/kengi2005/event01.html>)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

建設分野では、省力化、効率化を目的に機械化、また大型化が早くから進められてきた。

現在、建設分野における自動化・ロボット化への志向は、「安全・安心」をキーワードに進められている社会基盤施設整備の中で、社会的ニーズも高まり、危険作業のロボット化など新たな分野を含めて、その効果的な活用が強く望まれている。

また、海洋工事の大深度化や、都市部のシールド工事に代表されるような地下深い箇所での工事等、ますます作業環境が悪化し、複雑化してきている。

一方、日本のみならず、世界各所が大規模な地震や豪雨など甚大な災害に見舞われている。災害対策では災害発生後の対応だけではなく、災害前に被害を緩和するための対策工や災害直後における迅速な対応なども必要となるが、いずれも危険な状況下における作業を必要とすることが多く、有人作業では対応に限界がある。

新潟県中越地震においてはロボット技術を活用した遠隔操作建設機械が土砂崩落の危険性が高い現場での仮設道路の建設で活躍したが、この事例をあげるまでもなく、「無人で」、「自由度の高い」作業が可能な建設ロボットは危険な箇所での作業や災害対応に大きな効果を発揮することが期待されている。

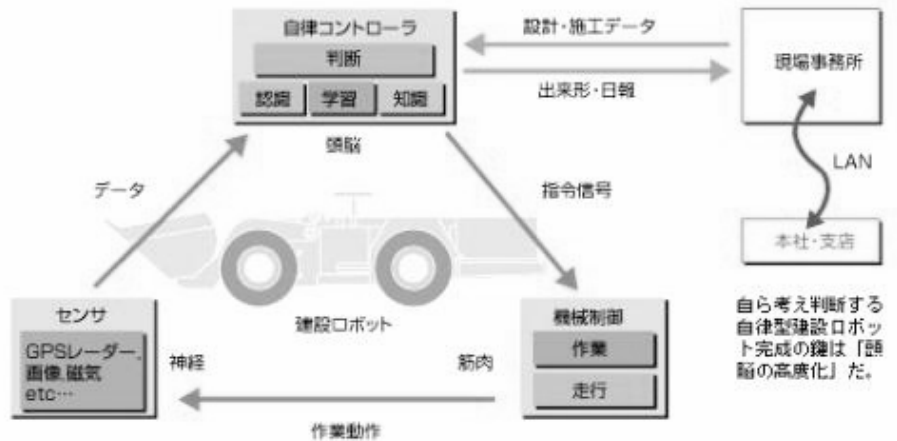
■ 技術の利活用状況

特許庁の標準技術集（論文、マニュアル、カタログ、Web ページ等の非特許文献に記載された、開発されて間もない新しい技術等を技術分野（テーマ）ごとに収集した標準技術集を作成し、外部公表している）の高度情報化建設機械の項目には、以下の建設ロボットの紹介がされている。

【高度情報化建設機械～特許庁標準技術集より】

建設ロボットの
未来像

建設ロボットの未来像を示す。
メカトロニクスと先端の IT との出会いは自律型建設ロボットの近未来の実現を強く予感させる。現在、予め記憶されたプログラムや遠隔操作で動作するロボットも、動作の判断は人間が行っている。「記憶」の機能に「認識」と「学習」が加われば、動作の判断もロボット自身が下せる「知能」を備えたロボットが誕生する（図）。例えば、それまでの作業を記憶し、学習した無人ロボットが今日の作業予定を自ら判断し、毎朝自動的に作業場所に繰り出して行く。



「知能」を備えたロボット

自律型建設ロボットは建設現場に限らず、被災地の復旧作業等で活躍している。これらのロボットに知能が搭載されれば「人命救助のため瓦礫を取り除く」といった、より繊細な作業が可能になる。開発が活発化している「レスキューロボット」の役割も担えるようになる。

感知する神経も更なる先鋭化を目指している。プロジェクトとして取組んだ開発では、ロボットが対象物に触れる際の「柔らかい・硬い」の「触感」を、リアルタイムネットワークを介し遠隔地の操作者に高い臨場感をもって瞬時に再現できることが検証された。

<p>遠隔操縦ロボット：ロボQ (建設ロボット)</p>	<p>遠隔操縦ロボット：ロボQは災害復旧工事用に開発された。災害復旧の遠隔操縦による土砂掘削作業などには迅速さが要求される場合がある。メーカーや機種を問わず、市販のバックホウに取り付けるだけで簡単に無線によって遠隔操縦化できる標記ロボットを開発し実用化した。操作はバックホウと同様で、容易に操縦可能である。</p> <p>別府市朝見川上流右岸の斜面崩壊災害に出動し、崩落土砂の除去作業と整備を無事終了した。遠隔操縦ロボットは十分機能を発揮し、実用に供することを確認した。</p>
<p>人間型ロボットによる建設機械の代行運転の実験 (建設ロボット)</p>	<p>経済産業省の「人間協調・共存型ロボットシステムの開発(HRP)」の1テーマとして、「作業機械の代行運転」をテーマに研究開発を実施した。</p> <p>代行運転の第一ステップとして、立ち姿勢で運転可能なフォークリフトを人間型ロボットにより操作・運転する場合の搭乗、操作、生産性を実験によって調べた。人間型ロボットは、人間と類似した体型を有し自由度も近いいため、作業機械の構造を大幅に変更することなく取扱うことができる。</p> <div data-bbox="879 949 1275 1240" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">フォークリフトの代行運転</p>

出典：特許庁資料室標準技術集 高度情報化建設機械・建設ロボットより
(http://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/hyoujun_gijutsu.htm)

[建設無人化施工]

無人化施工とは、人間が立ち入ることができない危険な作業現場において、遠隔操作が可能な建設機械を使用し、作業を行うことをいう。

無人化施工で行う工事には、災害発生直後の被害を最小限に食い止めることを目的とした「応急対策工事」と、災害がある程度沈静化した後に行う本格的な「復旧工事」があり、全国各地で活躍している。

無人化施工における遠隔操作システムは、安全な位置で操作するための遠隔操作室（操作盤と映像モニタ類）と、カメラと伝送用無線器を搭載した遠隔操作付建設機械から構成される。また、施工現場及び建設機械の作業状況を監視する移動カメラ車や、超遠隔のための無線中継車など、必要に応じ追加される。

無人化施工には、「除石工」「撤去工」「コンクリート工」「プレキャストブロック積

工」「大型土のう工」「樹木伐採工」「型枠工」等の工種がある。また、無人化施工の構成機械として、バックホウ（1m³）、ブルドーザ（16t）、振動ローラ、ダンプトラック（45 t）、特装運搬車（12.5 t）、無人化施工散水車（12 t）、吹付機等が使用されている。

■ 今後の展望・課題

ロボット技術や情報処理技術等の急速な進歩は、従来、極めて困難とされていた建設工事における高度な省力化・自動化・ロボット化の実現が可能になってきた。今後は、CALS/EC といった新しい技術によって電子化された多くの情報を上手く活用していく工夫も当面の課題である。設計から施工まで一貫してデータを共有し、IT を活用した自動化施工、建設ロボットなども、省力化、コストダウンにつながる。

一方で、「人と建設ロボットがいかに協調して作業していくか」というインターフェースの部分が非常に重要となる。「3次元のオペレーター支援ビューア」の研究など、3次元 CAD データから作成される建設ロボットの施工目標と外界センサーから得られる情報とを比較する。さらに、オペレーターとも対話できるといったシステムが研究されている。

また、「多発する自然災害に対し、小型飛行体などにより取得した情報から被害状況をいかに早期把握するか」など、人が目視により判断してきた部分に IT を導入しようという従来のアプローチを施工から維持管理へと広げていくことで、情報の新たな活用可能性につながるものと考えられる。

〈参考資料〉

建設無人化施工協会（http://www.kenmukyou.gr.jp/f_whats.htm）

社団法人 日本ロボット工業会（<http://www.jara.jp/pressrelease/01.html>）

社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所（<http://www.cmi.or.jp/>）

特許庁資料室標準技術集 高度情報化建設機械・建設ロボットより

（http://www.jpo.go.jp/shiryousonota/hyoujun_gijutsu.htm）

2 1. 省エネルギー

■ 技術の概要

建築物の新築・増築時の省エネルギーや環境付加低減を促進する、評価システム、手法となる「建築物総合環境性能評価 (CASBEE *17)」「建物におけるライフサイクルでのエネルギー効率向上」について以下にまとめる。

[建築物総合環境性能評価]

「CASBEE」(建築物総合環境性能評価システム)は、建築物の環境性能で評価し格付けする手法である。省エネや省資源・リサイクル性能といった環境負荷削減の側面はもとより、室内の快適性や景観への配慮といった環境品質・性能の向上といった側面も含めた、建築物の環境性能を総合的に評価するシステムである。

CASBEE の評価ツールは、(1)建築物のライフサイクルを通じた評価ができること、(2)「建築物の環境品質・性能(Q)」と「建築物の環境負荷(L)」の両側面から評価すること、(3)「環境効率」の考え方をういて新たに開発された評価指標「BEE (建築物の環境性能効率、Building Environmental Efficiency)」で評価する、という 3 つの理念に基づいて開発された。BEE によるランキングでは、5 段階の格付けが与えられる。

[建物におけるライフサイクルでのエネルギー効率向上]

建物を企画・設計・建築し、その建物を維持管理して、最後に解体・廃棄するまでの、建物の全生涯に要する費用の総額を、建物のライフサイクルコスト(LCC)という。

建築の LCC は、大別すると「企画・設計コスト」、「建設コスト」、「維持・管理コスト」、「解体・廃棄処分コスト」から構成されている。

社会的には、地球環境維持コストと照らし合わせて、CO₂ の排出量(建築時、改装時、建替えサイクルの長短、居住しながら排出する量など様々なケースを考慮)はどれくらいかなど、エネルギー効率を重視しながら、総合的に評価するものである。

近年、インテリジェントビルに代表されるように建物及び設備類の高度化が進み、それらの維持管理に要する費用も増大しており、LCC の総合的な評価の必要性が高まっている。

計画段階での具体的な LCC 低減策としては、以下のようなことがあげられる。

- ① 建物の維持管理に要する労力を最小限にする、管理しやすい建物の設計を行う。
- ② 徹底的な省エネルギー化を推進し、光熱費の節約を行う。
- ③ 建物の各部材の耐用年数を設定・把握し、交換やリニューアルが経済的かつ計画的に行えるよう配慮する。
- ④ 建物の長寿命化を推進し、単位時間あたりのコストの低減を図る。

*17 Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency の略称

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

1960年代には、東京などの都市域で大気汚染やビル風等に対する一般市民の関心が高まり、これらの問題への対応が環境影響評価という形で社会に定着した。その後、1990年代以降に地球環境問題が顕在化し、建築物がライフサイクルを通じて環境に及ぼす環境負荷にも配慮することが求められるようになった。

こうした背景から、既存の環境性能評価の枠組みを、サステナビリティの観点からより明快なシステムに再構築することが必要という認識に立って開発されたのがCASBEEである。

また、環境的な側面だけでなく、経済的な側面を加えて、建物の省エネルギーや維持管理、更に延命か建替えかといった建物の終末期の問題、廃棄物の処理問題など、建物のライフサイクルにかかわる内容をコストに換算し、トータルに評価する手法も必要になってきた。

住宅の資源調達から、建設、居住、解体廃棄に至るライフサイクルにおけるエネルギー消費量を評価すると、居住（使用）段階でのエネルギー消費量が全体の60～70%を占めるといわれている。居住（使用）段階でのエネルギー効率の向上は、ライフサイクルコストを減らすばかりでなく、エネルギー資源の保護と地球温暖化防止につながるということがわかってきている。

■ 技術の利活用状況

建築物の資産価値を左右する総合環境性能評価が欧米のみならずアジア諸国にも急速に広まりつつある中、ISOでは国際規格化が急ピッチで進められている。

一方国内では、「都市再生事業を通じた地球温暖化対策・ヒートアイランド対策の展開」（2004年12月10日都市再生本部決定）及び「京都議定書目標達成計画」（2005年4月28日閣議決定）等において、CASBEEの開発・普及が位置付けられた。また、いくつかの地方自治体においては、CASBEEを活用して、建築物の環境性能評価の届出を義務付け、その評価結果を公表するという取組も進められている。

省エネルギーの手法には、エネルギー負荷・ロスの低減、自然エネルギーの有効利用、エネルギーの効率的利用に分類することができ、その手法を以下にまとめる。

●省エネルギー手法

手 法		内 容
エネルギー負荷・ロスの低減	断 熱	<ul style="list-style-type: none"> ・床・天井・外壁・屋根の断熱化 ・開口部の断熱化 ・屋上緑化／壁面の緑化
	日射量の調節	<ul style="list-style-type: none"> ・庇で夏の日射を遮る ・ルーバーや樹木で夏の日射を調節
	熱の放出	夏季は、通風・換気に配慮し、日中は風を取り入れ、夜間は建物を冷やす
	熱の隠蔽	冬季の晴天の日中の熱を室内に取り入れ、夜間は断熱によって外に逃がさない
	輻射熱を遮る	地面はなるべく舗装せず緑化する
	ロスの低減	<ul style="list-style-type: none"> ・気密性の向上 ・居室の窓のカーテン類は、二重にする。 ・熱交換換気による熱損失の低減 ・高効率設備機器の採用
	建物の長寿命化	住まいのライフサイクルコストやCO ₂ の削減に最も大きな効果がある
自然エネルギーの有効利用	パッシブソーラー	太陽や風、その他のエネルギーを機械力は一切使わず利用する
	太陽熱利用温水器	集熱装置を屋根の上に設置し、太陽熱を取りこんで温水を作り、風呂や給湯、床暖房に利用する
	太陽光発電	太陽電池を利用して発電
	冬季の太陽光の室内への取りこみ	冬季の陽射しによる大きな熱エネルギー
	風力利用	<ul style="list-style-type: none"> ・風のエネルギーと熱を利用した換気 ・風力を利用した発電
	雨水利用・排水再利用	<ul style="list-style-type: none"> ・雨水を一時的に貯留して災害防止 ・トイレの洗浄水や植栽散水に利用 ・非常時の飲料水や消防用水への利用
エネルギー利用の	建築や住宅を取り巻くエネルギー分布を系として捉え、屋根面で受けたエネルギー（熱）を何らかの方法で蓄熱してそれを有効利用したり、住宅内のエネルギーの偏分布を逆に利用し、潜在しているエネルギーを利用しようとするものが代表的である。エネルギーのカスケード利用なども代表例である。また、高効率のエネルギー機器、空調機の利用も考えられる。	

■ 今後の展望・課題

建築物総合環境性能評価認証制度（CASBEE）による評価結果の的確性を確認することにより、その適正な運用と普及を図る必要がある。また、現在、一部の自治体が採用しているが、全国の自治体に広まることが期待される。

〈参考文献〉

CASBEE 建築物総合環境性能評価システム

(http://www.ibec.or.jp/CASBEE/about_cas.htm)

「建築の寿命とライフサイクルコスト」

(<http://www.arch.eng.osaka-u.ac.jp/research/column/kashihara.html>)

門屋総合設計

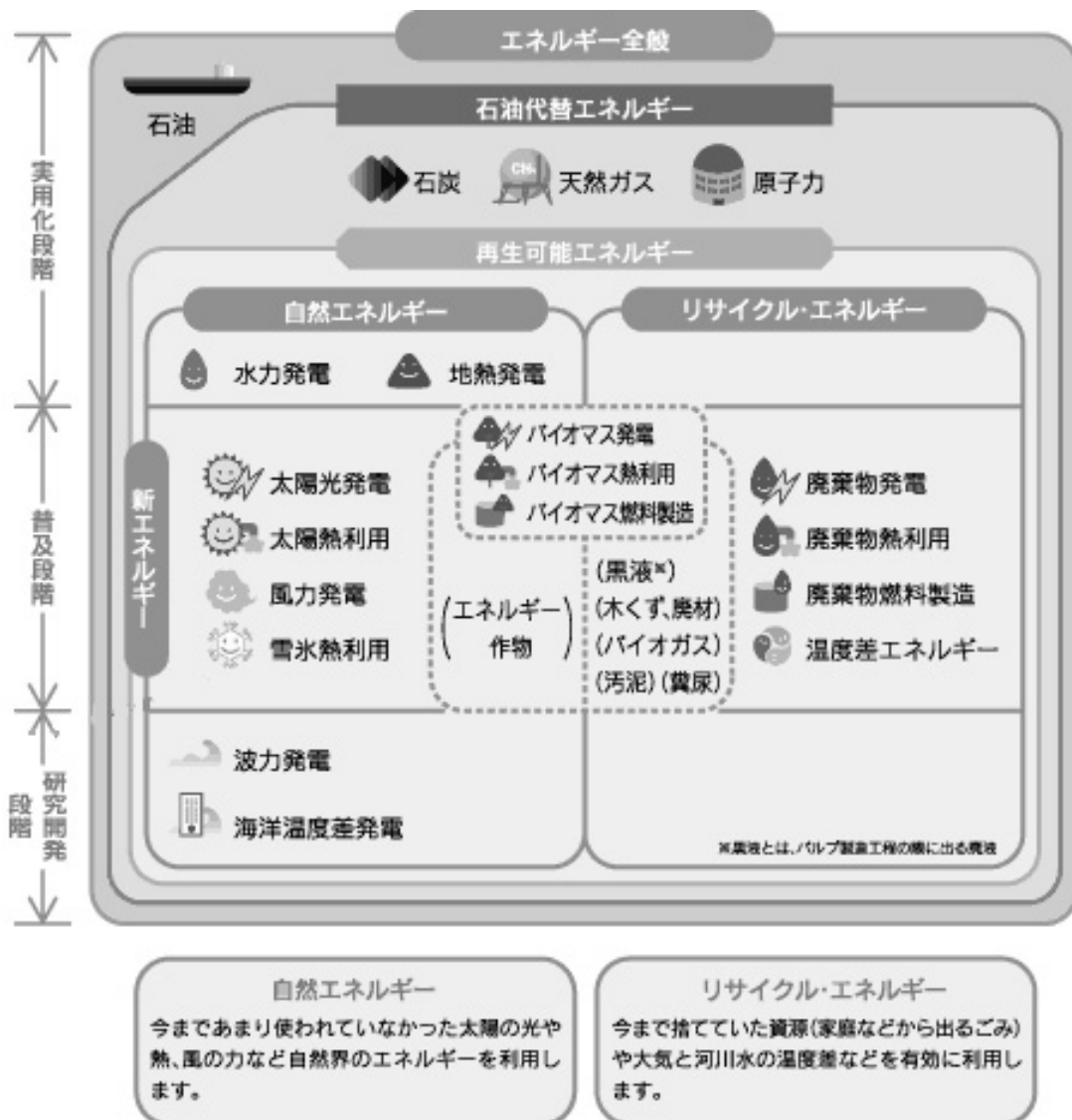
(<http://www1.tmtv.ne.jp/~kadoya-sogo/housing03-jirei-energyreduction.html>)

2.2. 新エネルギー

■ 技術の概要

新エネルギーのメリットは、石油などの化石燃料の消費を節約し、地球温暖化の原因である二酸化炭素の削減にもつながる環境に優しいクリーンなエネルギーである。また、身近なエネルギーであり、多種多様な利用方法が研究・開発されている。なお、新エネルギーは、以下のように分類され、位置づけられる。

[新エネルギーとは]



出典 : 財団法人 新エネルギー財団 (<http://www.nef.or.jp/what/whats00.html>)

【欧米諸国における状況】 (注)*日本の 2000 年度実績：資源エネルギー庁調べ

	2000 年度実績	2010 年度目標
日本	4.8%*	7%程度
アメリカ	5.0%	6.90%
EU	6.0%	12.0%

出典：財団法人 新エネルギー財団 (<http://www.enecho.meti.go.jp/index.htm>)

●概要

風力エネルギー活用	<p>風力でブレード（風車の羽根）をまわし、その回転運動を発電機に伝えて電気を起こす。風は自然界に無尽蔵に存在することと、発電時に CO₂ や廃棄物を出さないクリーンエネルギーであることから期待の大きな発電システムである。</p>
水力エネルギー活用	<p>水力発電は、水車の回転力を電気エネルギーに変える技術である。せき止めた河川の水を高い所から低い所まで導き、その流れ落ちる勢いにより水車を回して電気を起こす。 現在では、大規模開発に適した地点の建設はほぼ完了し、21 世紀は中小規模の発電所の開発が中心となる。</p>
太陽光エネルギー活用	<p>太陽光発電とは太陽電池を使った発電のことをいい、太陽光発電システムは、太陽の光を電気(直流)に変える太陽電池と、その電気を直流から交流に変えるインバータなどで構成されている。</p>
雪氷熱利用	<p>冬に積もった雪を保存し、また、冷たい降雪地域において冬季に降り積もった雪や、寒冷地域で冷気を利用して作った氷を夏季まで貯蔵・保存し、その冷熱エネルギーを建物等の冷房や農作物等の保存に利用する技術である。</p>
廃棄物発電	<p>廃棄物発電は、廃棄物焼却にともない発生する高温燃焼ガスによりボイラで蒸気を作り、蒸気タービンで発電機を回すことにより発電する。発電にともなう CO₂ 等の追加的な環境負荷がない、新エネルギーの中では連続的に得られる安定電源である、発電規模は小さいが電力需要地に直結した分散型電源等の特徴を有している。</p>
燃料電池	<p>燃料電池は水素などの燃料と酸素を化学的に反応させて電気を取り出す発電装置である。従来の内燃機関等と比べて燃料を電気に変換する効率が高いため、省エネルギー効果が期待できる。さらに、燃料電池は二酸化炭素の排出を大きく低減する。</p>
コージェネレーション	<p>コージェネレーションシステム (CGS) とは、燃料を用いて発電するとともに、その際に発生する排熱を冷暖房や給湯、蒸気などの用途に有効利用する省エネルギーシステムである。エネルギーの利用効率が大幅に上がり (エネルギーの総合効率が 70~80%)、CO₂ の削減や環境汚染物質の排出削減、エネルギー利用のコストが下がる利点がある。</p>
蓄熱	<p>夜間電力を利用して、蓄熱器内を通る伝熱管内で冷媒を蒸発させることによって冷却され、膨張弁を通った後、空調機で蒸発し、室内を冷房する。 夏季の昼間における冷房の需要増加にともない、電力需要の平準化が緊急の課題になってきており、氷蓄熱空調システムが注目を集めている。</p>

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

地球の気温が上昇し、海面上昇や異常気象など地球温暖化問題は深刻な事態となっている。

中でも、地球温暖化の最も大きな原因は、石油・石炭など化石系エネルギーの使用によるものと言われている。1997年の地球温暖化防止京都会議では、先進国全体で2008年から2012年の間に1990年時点の温室効果ガス排出量水準から5%削減することが目標とされ、日本は6%削減を世界に公約している。それを受けて、1998年9月「総合エネルギー対策推進閣僚会議」において「長期エネルギー需要見通し」が改訂され、そのエネルギー供給構造の主要施設の中で、「新エネルギー」は大きな期待がかけられている。

新エネルギーは、持続可能な経済社会の構築に寄与するとともに、新規産業・雇用の創出等にも貢献するなど様々な意義を有している。

- ・エネルギーの大部分を海外に依存している日本にとって、国産エネルギーとしてエネルギーの供給構造の多様化に貢献する。
- ・太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーは、無尽蔵で枯渇の心配もなく、地球温暖化の原因となるCO₂を増やさない。
- ・クリーンエネルギー自動車等の従来型エネルギーの新利用形態は、燃料として化石燃料を使うが、よりクリーンで効率的な利用を実現している。
- ・新エネルギーの多くは地域分散型であり、需要地と近接しているため輸送によるエネルギー損失も低く抑えられる。
- ・太陽光発電は、電力需要量の最も多い昼間に多く発電するため、電力負荷平準化（ピークカット効果）に貢献する。

■ 技術の利活用状況

風力エネルギー活用	初期にはモデルや実験的な中大型風車の建設が中心あったが、近年では専門の風力発電事業者が多数の1,000kW超級の大型風車をウインドファームとして建設するなど本格的なものとなってきている。また、風況に恵まれた広大な敷地を有する北海道、東北、九州などの地域で、風力発電の導入割合が高くなってきている。また、風力発電を中心とした公園も多く見られ、地域のシンボルとして「町おこし」にも一役かっているケースも増えている。
水力エネルギー活用	規模の小さな水力発電は、地域の溪流やかんがい用水路、上下水道などの身近な水事情（水量・落差）に応じて柔軟に設置することが可能である。 発生した電力は、農産物のハウス栽培施設における利用、オートキャンプ場、貸しロッジ、物産館などの施設での利用、学校、図書館、体育館、運動場などの公共用施設で利用されている。

<p>太陽光エネルギー活用</p>	<p>現在、日本で多く利用されている住宅用の太陽光発電システムでは、発電した電気は室内で利用するが、電気が余った時には電力会社からくる配電線に戻し、電気が不足する夜間や雨天時には配電線から電気の供給を受ける。この配電線に戻した電力は、電力会社が買い取っている。</p> <p>平成5年度から15年度末までの間に、導入量は約36倍に拡大し、システム価格は約1/5まで低減した。</p> <p>住宅太陽光発電システム導入量と価格・発電コストの推移</p> <table border="1"> <caption>住宅太陽光発電システム導入量と価格・発電コストの推移 (推定値)</caption> <thead> <tr> <th>年度</th> <th>1kWh当りの発電コスト (円/kWh)</th> <th>1kWh当りの導入価格 (円/kWh)</th> <th>太陽光発電導入量 (万kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>H5FY (1993)</td><td>260</td><td>370</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>H6FY (1994)</td><td>140</td><td>200</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>H7FY (1995)</td><td>120</td><td>170</td><td>4.3</td></tr> <tr><td>H8FY (1996)</td><td>82</td><td>120</td><td>6.0</td></tr> <tr><td>H9FY (1997)</td><td>72</td><td>104</td><td>9.1</td></tr> <tr><td>H10FY (1998)</td><td>71</td><td>102</td><td>13.3</td></tr> <tr><td>H11FY (1999)</td><td>65</td><td>93</td><td>18.9</td></tr> <tr><td>H12FY (2000)</td><td>58</td><td>84</td><td>28.0</td></tr> <tr><td>H13FY (2001)</td><td>52</td><td>75</td><td>42.1</td></tr> <tr><td>H14FY (2002)</td><td>49</td><td>71</td><td>63.7</td></tr> </tbody> </table> <p>出典：メーカーヒアリング等により経済産業省にて試算</p> <p>出典：財団法人 新エネルギー財団 (http://www.nef.or.jp/index.html)</p>	年度	1kWh当りの発電コスト (円/kWh)	1kWh当りの導入価格 (円/kWh)	太陽光発電導入量 (万kW)	H5FY (1993)	260	370	2.4	H6FY (1994)	140	200	3.1	H7FY (1995)	120	170	4.3	H8FY (1996)	82	120	6.0	H9FY (1997)	72	104	9.1	H10FY (1998)	71	102	13.3	H11FY (1999)	65	93	18.9	H12FY (2000)	58	84	28.0	H13FY (2001)	52	75	42.1	H14FY (2002)	49	71	63.7
年度	1kWh当りの発電コスト (円/kWh)	1kWh当りの導入価格 (円/kWh)	太陽光発電導入量 (万kW)																																										
H5FY (1993)	260	370	2.4																																										
H6FY (1994)	140	200	3.1																																										
H7FY (1995)	120	170	4.3																																										
H8FY (1996)	82	120	6.0																																										
H9FY (1997)	72	104	9.1																																										
H10FY (1998)	71	102	13.3																																										
H11FY (1999)	65	93	18.9																																										
H12FY (2000)	58	84	28.0																																										
H13FY (2001)	52	75	42.1																																										
H14FY (2002)	49	71	63.7																																										
<p>雪氷熱利用</p>	<p>断熱材で覆われた貯蔵庫に雪や氷を蓄え、鮮度保持に欠かせない適度な湿度を保った冷気を利用して生鮮食品を貯蔵するものや、雪の溶解水を汲み上げ、熱交換器で循環水を冷却し、冷房に使うもの等がある。</p>																																												
<p>廃棄物発電</p>	<p>廃棄物は都市ゴミ等の一般廃棄物と民間事業者から排出される産業廃棄物に二分されている。2003年度末における我が国の廃棄物発電の設備容量は、一般廃棄物発電が134.9万kW(257ヶ所)、産業廃棄物発電20.4万kW(65ヶ所：製紙・パルプ除く)の合計155.3万kWとなっており、着実に増加している。</p> <p>廃棄物発電時に発生する熱を、温水などの形で取り出して有効に活用することができる。</p>																																												
<p>燃料電池</p>	<p>燃料電池は、電解質の種類によっていくつかに分類され、それにともなって発電規模や利用分野も異なったものとなっている。燃料電池は発電効率が高いうえ、発電の際に発生する熱も使え、燃料となる水素も都市ガスや石油などの化石燃料からバイオマスまで多様な原料からつくれるという特徴を持っている。したがって、火力発電所を代替するような大規模な発電用途から、工場やビルなどの電気と熱を供給する施設にも使え、小さなところでは自動車や家庭の電源、パソコンや携帯の電源まで幅広い用途に応用ができる。</p>																																												

コージェネレーション	コージェネレーションシステムは、空調負荷・給湯負荷などの熱需要の多い施設やエネルギー需要量の大きい工場などに導入されている。産業用では、構内電力として使用するとともに、廃熱を蒸気として回収し、生産工程で利用する。民生用では、電力を建物内で使用するとともに、排熱を温水又は蒸気として回収して給湯や冷暖房に利用している。
蓄熱	小型化されればされるほど、小規模店舗や家庭用の氷蓄熱式空調システムとして普及される可能性が大きい。

■ 今後の展望・課題

新エネルギーは、以下の課題を抱えている。

【経済性】

新エネルギーは、現時点では、従来型電源に比べ発電コストが高い。

このため、製造コスト低減のために技術開発を推進するとともに、適切な政策的支援による初期需要創出を通じて量産化を図ることにより、経済性の向上を図ることが必要である。

【出力安定性】

太陽光発電、風力発電といった自然条件に左右され、出力が不安定であり、そのエネルギーを利用できる機会や地点が限られる。さらに、新エネルギーの電力系統への連系が増加するにつれて、電力品質が悪化し、需要家への影響を及ぼす可能性も指摘されている。

【利用効率】

新エネルギーの中には、太陽光発電、風力発電等のようにエネルギー変換効率や設備利用率が低く、利用効率の面での課題を有するものがある。こうした課題を踏まえ、発電効率等のエネルギー変換効率や設備利用率の向上等に資する技術開発を行い、利用率の向上を図ることにより、経済性の向上につなげていく必要がある。

〈参考文献〉

独立行政法人・NEDO 技術開発機構 (<http://www.nedo.go.jp/>)

資源エネルギー庁「エネルギー2003」

(<http://www.enecho.meti.go.jp/energy/newenergy/newene01.htm>)

財団法人 新エネルギー財団 (<http://www.nef.or.jp/index.html>)

日本コージェネレーションセンター (http://www.cgc-japan.com/japanese/j_top.html)

資源エネルギー庁・新エネルギー財団. ハイδροバレー開発計画策定ガイドブック. 2004.3.

高性能小型氷蓄熱システムの開発 (<http://www.kitec.or.jp/pdf/h12seeds/h12s072.pdf>)

23. 土壌・水浄化システム

■ 技術の概要

土壌・地下水汚染とは、地下に浸透した有害物質が地層や地下水を汚染することであり、いったん汚染されると有害物質が蓄積され、汚染が長期にわたるという特徴がある。

土壌汚染による影響としては、人の健康への影響、農作物や植物の生育阻害、生態系への影響などが考えられる。こうした影響を防止するために、汚染の現状を把握し、起きるであろう影響をシミュレーションし、対策をこうじる技術が求められる。

【土壌汚染対策・調査】

土壌の汚染状況の把握、土壌の汚染による人の健康被害の防止に関する措置等の土壌汚染対策を実施することにより、国民の健康の保護を図ることを目的として「土壌汚染対策法」が施行された（平成 15 年 2 月 15 日）。土壌汚染対策法では、有害物質使用特定施設を廃止する際に同施設が設置されていた敷地を保有している所有者等（土地所有者、管理者又は占有者）に対して、土壌汚染に係る調査を義務づけている。

土壌調査は、段階を踏んで実施されることが一般的であり、手順は 3 段階から構成される。

調査の段階	内 容
[ステップ 1] 資料など調査 (土地利用履歴調査)	対象地に関する資料調査、聞き取り調査、現地踏査などを行い、対象地の土地利用履歴、有害物質の使用履歴などを調査し、対象地における土壌汚染の可能性を把握する。
[ステップ 2] 概況調査 (表層土壌調査)	表層土壌を対象に汚染の有無、汚染の平面的広がりを確認するために実施する調査である。具体的には、表層の土壌資料を採取して有害物質の測定を実施する。また、揮発性有機化合物の場合には表層土壌中のガス調査を実施する。
[ステップ 3] 詳細調査 (ボーリング調査)	ボーリング調査を行うことにより、汚染の深度方向の範囲を確認する。

【土壌浄化シミュレーション】

土壌汚染と地下水汚染は同一の原因によって生じるため、同時に発生している場合が多く、主に地下水の流れに従って汚染が拡大していく。こうした地下水流動及び汚染物質拡散状況、あるいは汚染の地下水モデルを構築し、地下構造物の建設にともなう流動変化を予測するなど土壌汚染など現状を把握するためのシミュレーションが必要となる。さらに、土壌・地下水の分析結果に加え、地盤物性、水理地質構造等からの確に汚染の 3 次元状況を把握し、現状再現、予測解析、評価まで一貫した流れで行

うシミュレーション技術を構築する。

【土壌・水浄化システム】

土壌や水の浄化を行うシステムである。

揮発性有機化合物（VOC）による土壌汚染に対して光触媒反応と太陽光を利用して浄化を行っている。光触媒シートは、汚染土壌に被わせて2～3週間放置すると太陽光と光触媒反応で有害物質が酸化分解し、最終的には無害な二酸化炭素になる。

浄化用改良土を使用した汚濁水浄化システムは、活性汚泥法等の汚水処理法と比べて設置面積は大きくなるが、機械設備・動力費のコストが低いという特徴がある。このシステムは、嫌気処理と土壌トレンチを多段に組み合わせることにより脱窒を狙った効率的な有機物、栄養塩類除去により水浄化を行うことになる。低コスト、省エネ型生活排水高度処理法である。

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

我が国の土壌汚染問題の歴史は古く、足尾銅山、イタイイタイ病にみる鉱山開発や水俣病に代表される工場から排出された有害物質による大規模汚染を経験している。一方、近年問題とされているのは、工場跡地など市街地における土壌汚染の問題である。廃棄物の不法投棄・工場跡地の再開発などにより有害物質の土壌・地下水汚染が顕在化している。

こうした問題を背景に、平成15年2月15日、土壌の汚染状況の把握、土壌の汚染による人の健康被害の防止に関する措置等の土壌汚染対策を実施することにより、国民の健康の保護を図ることを目的として「土壌汚染対策法」が施行された。

近年における主な土壌汚染事例を例示すると、次のとおりである。

○ サッカー2002年ワールドカップの決勝戦会場となった横浜国際総合競技場に近い鶴見川多目的遊水地の盛土中からPCBが検出された（1999年）。盛土中に混入した産業廃棄物が原因と考えられ、土壌汚染対策を実施し、対策後のモニタリングを行った。
○ 大阪府豊中市のマンション建設用地で、環境基準を上回る重金属及び・有機塩素系化合物汚染が判明した。その後、建設を進め70～80%の建物が出来上がったが、地下水からも有機塩素系化合物が検出されたため建物の取り壊しをした（2000年）。
○ 東京都文京区のメッキ工場跡地で環境基準値を超える六価クロムが検出され、浄化工事が行われたが、その後も黄色の土が敷地内に残っていたため、近隣住民が土壌を採取し分析した結果、高濃度の六価クロムが検出され、開発事業が凍結された（2000年）。
○ 東京都江東区のマンション建設用地で、建設中に重金属・有機塩素系化合物汚染が判明し浄化を進めていたが、告知せず完売した。一旦、全て契約解除（10%違約金支払い）、その後対策を2001年10月まで実施、11月より再販開始した（2001年）。

○ 東京都北区の工場跡地の半分をマンション業者へ売却したが、環境基準値の約3万倍の濃度のトリクロロエチレン等の汚染物質が検出され、譲渡契約を解除（2001年）した。そのため、2001年3月期に見込んでいた特別利益11億円の計上を取りやめた。
○ 大阪市此花区の化学肥料製造工場跡地を購入した都市基盤整備公団の住宅団地（3300世帯）で、環境基準の14倍のヒ素、26倍のセレン及び210倍の鉛等が検出され、土壌の入れ替え作業を行った（2001年）。

■ 技術の利活用状況

土壌汚染対策法では人の健康被害防止のため揮発性有機化合物（11種）、重金属等（10種）及び農薬等（5種）が汚染物質（法では特定有害物）として定められており、これらを使用している特定施設（都道府県等に届出している）を使用廃止する時（法第3条）もしくは土壌汚染により健康被害が生ずる恐れがあると都道府県等が認める時（法第4条）に土地所有者等（所有者、管理者又は占有者）は指定調査機関に調査を依頼し、都道府県等に報告しなければならない。

対策は汚染を除去するものから汚染が広がらない様にするまでの広範囲である。それぞれの対策は汚染物質に対して有効性が異なり、対策の選定は土地の利用用途、工期、価格などを踏まえて検討する。

対策法		VOC (揮発性有機化合物)	重金属等	農薬等	油類	ダイオキシン
覆い	覆土 その他覆い	○	◎	○	◎	
入替	土壌入替	○	○	○	○	○
封じ込め	原位置 遮水 遮断	○	◎	○	○	○
掘削除去	化学的分解	○	○	○		◎
	熱分解	◎	○	○	◎	○
	生物分解	◎			◎	
	熱脱着・揮発	◎	○	○	◎	○
	土壌洗浄		◎	○	◎	○
	その他	○	◎	○	○	○
原位置浄化	原位置分解	◎	○		○	
	原位置抽出	◎	○	○	○	
不溶化	原位置 埋戻し	○	◎		○	

■ 今後の展望・課題

公的機関等の調査により土壌汚染が発覚した場合、浄化のための負担が高いため、個人・中小企業では浄化への取組が遅れがちになっているのが現状である。この打開のため安価な「脱臭用光触媒シート」が生まれているが、浄化方法の開発は依然として必要になっている。

また、対策の最終的な目標は、原位置での信頼性の高い浄化の実施である。今後の

ニーズの拡大に向けて、経済性・合理性にも優れた様々な浄化工法を開発する必要がある。

〈参考資料〉

初歩から学ぶ 土壌汚染と浄化技術／吉村 隆・工業調査会

日経コンストラクション 2001.8.24／日経BP社

NPO 法人 ジオグリーン・オーガニゼーション (<http://www17.ocn.ne.jp/~gco/topmain.htm>)

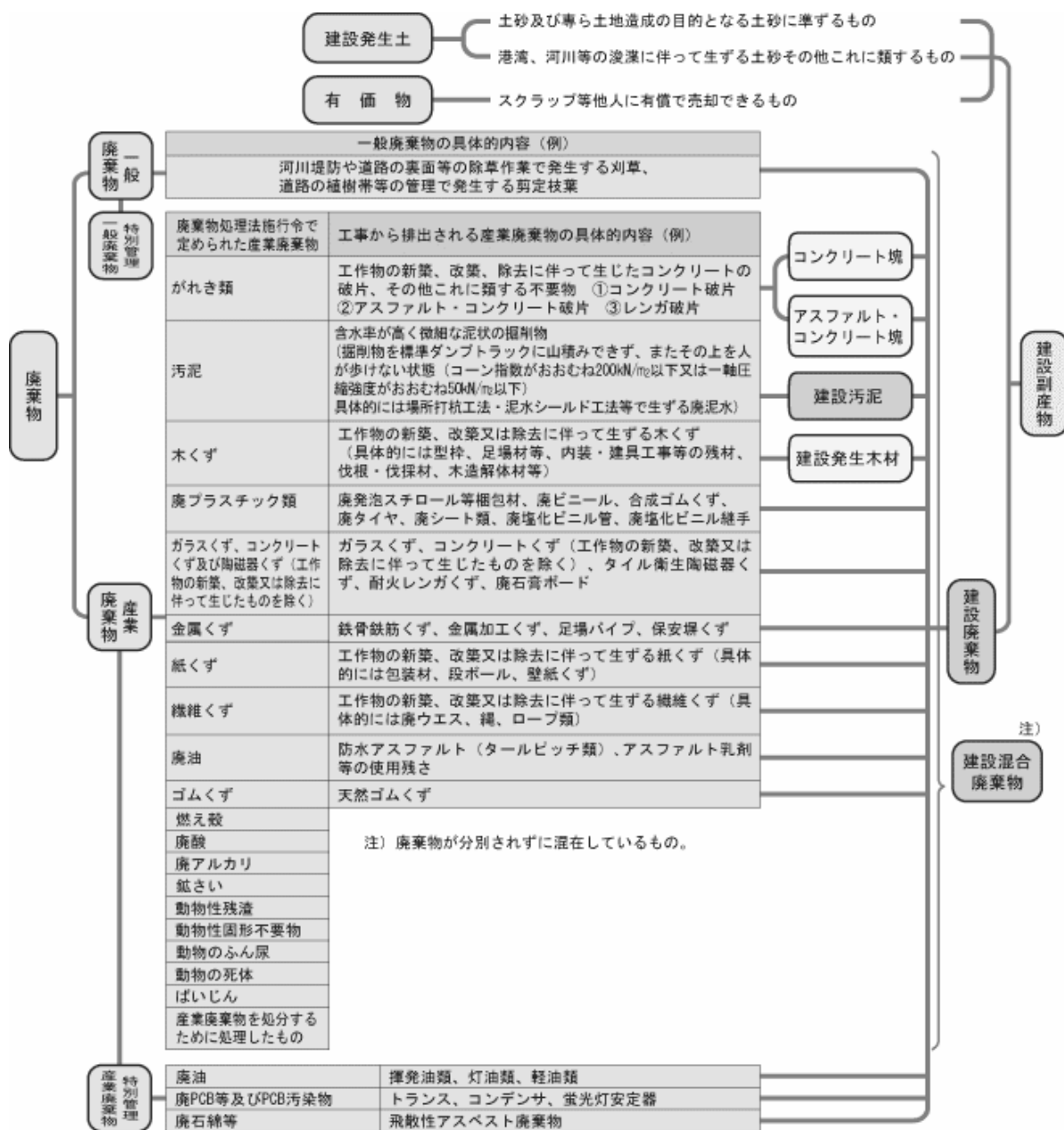
昭和環境分析センター株式会社 (http://www.showa-kbc.co.jp/g-poll/g-poll_004.html)

2 4 . 建設廃棄物の処理と資源化

■ 技術の概要

大量に発生する、建設廃棄物を大きな環境負荷を与えることなく適正に処理を行うための技術である。

建設廃棄物とは建設工事にともない発生する廃棄物のことである。平成 14 年の建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）の施行により、一定規模以上の建設工事におけるコンクリート、アスファルト、木材の工事現場での分別とリサイクルが義務づけられ、建設廃棄物処理の効率化が一層求められている。



出典：国土交通省のリサイクルのホームページ

(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/genjo/teigi.htm>)

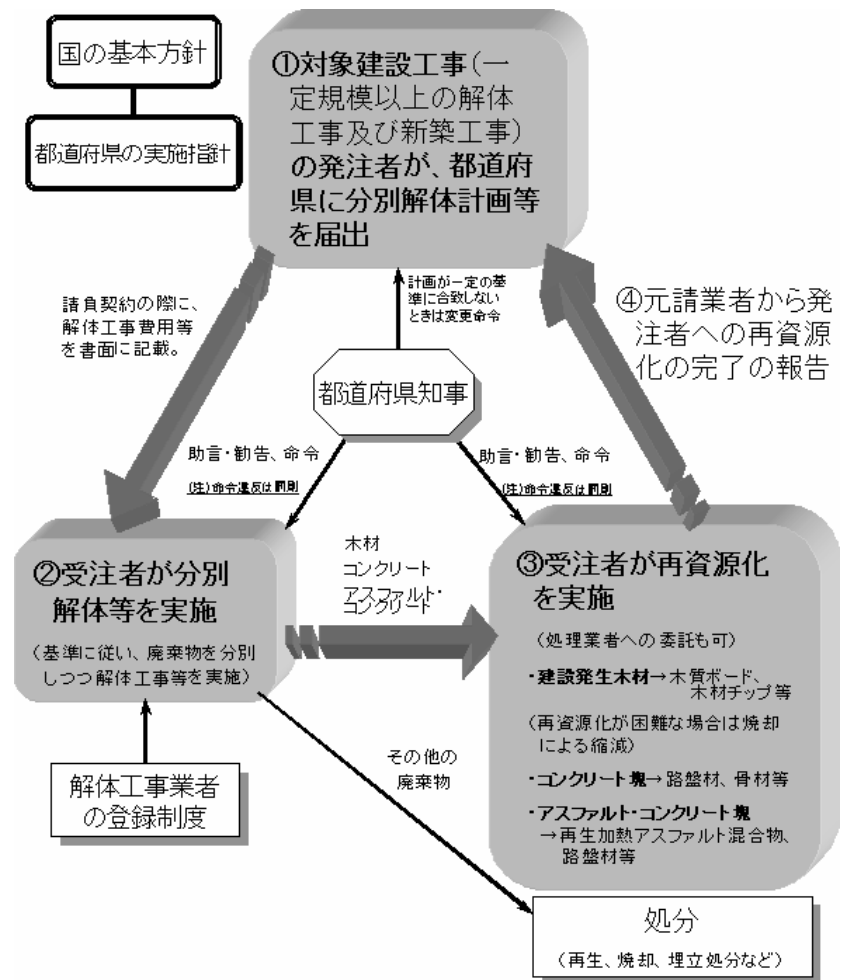
■ 技術が求められる社会的・技術的背景

廃棄物の膨大な排出量とそれを処理する施設が不足し、不法投棄をはじめ、処理コストの増大など、大きな社会問題となっている。また、大量の資源を消費することにもなう地球環境の悪化は厳しいものがある。

こうした中で、建設産業は、全産業の資源利用量の約 5 割を建設資材として利用している。一方、建設工事にともない排出される廃棄物（建設廃棄物）は全産業廃棄物の排出量の約 2 割を占め、最終処分量では約 4 割を占める。建設産業は、資材の利用、廃棄といった面で極めて大きな影響を有する産業であり、建設廃棄物の発生抑制、リサイクルの徹底を図ることが、資源循環型社会を構築する上で強く求められている。

この解決策として、資源の有効な利用を確保する観点から、これらの廃棄物について再資源化を行い、再び利用していくため、平成 12 年 5 月に建設リサイクル法が制定された。

建設リサイクル法では、特定建設資材（コンクリート（プレキャスト板等を含む。）、アスファルト・コンクリート、木材）を用いた建築物等に係る解体工事又はその施工に特定建設資材を使用する新築工事等であって一定規模以上の建設工事（対象建設工事）について、その受注者等に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことを義務づけている。



建設リサイクル法の概要

出典：環境省 建設リサイクル法の概要 (<http://www.env.go.jp/recycle/build/gaiyo.html>)

■ 技術の利活用状況

コンクリート塊、アスファルト塊、建設発生木材などの再資源化の実施としては、資材、原材料、あるいは、燃料としての用途に再利用が進められている。

建設廃棄物	利活用	用途
コンクリート塊	砕、選別、混合物除去、粒度調整等を行うことにより再生クラッシャーラン、再生コンクリート砂、再生粒度調整砕石等	路盤材、建築物の埋め戻し材、基礎材、コンクリート骨材など
アスファルト・コンクリート塊	破砕、選別、混合物除去、粒度調整等を行うことにより、再生加熱アスファルト安定処理混合物及び表層基層用アスファルト安定処理混合物	舗装の上層路盤材、基層用材料又は表層用材料
建設発生木材	原材料としての利用 (マテリアルリサイクル)	<ul style="list-style-type: none"> ・パーティクルボード ・製紙用チップ ・マルチング材 ・堆肥 ・炭化 ・高性能・高機能の再生木質建材
	燃料としての利用 (サーマルリサイクル)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料チップ ・固形燃料 (RDF) ・セメント燃料化
汚泥	セメント系固化材と高分子吸水材を主成分とする特殊固化材を加えて混合することで、土として様々な用途に活用できる強度を持ち改質土に生まれ変わる改良土となる	改良土として、盛土材・路床材・築堤材など

●建設副産物及び建設発生土情報交換システムによる情報提供

建設副産物情報交換システム及び建設発生土情報交換システムは、建設リサイクルに関するリアルタイムな情報を効率的に利用できるインターネットによるシステムである。

建設副産物情報交換システム(COBRIS)	工事発注者、排出事業者（建設工事の施工者等）、及び処理事業者（再資源化施設等）間のリアルタイムな情報交換により、建設副産物に係わる需給バランスの確保・適正処理の推進・リサイクルの推進を目的としたシステムである。
建設発生土情報交換システム	建設残土が発生する建設工事、及び埋土等土砂を利用する建設工事を対象に、設計から積算、発注、施工、完了に至る事業の各段階において、建設発生土の工事間利用に関する情報を工事発注担当者に提供し、建設発生土のリサイクルを推進することを目的としたシステムである。

建設副産物：コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生木材、建設汚泥、混合廃棄物

■ 今後の展望・課題

〔環境負荷物質の低減技術〕

従来の塩素化ダイオキシン類に加えて臭素化ダイオキシン類など新たに制御すべき有害物質が顕在化しており、目標とされる制御レベルも高度化してきており、このような状況の変化に対応した取組が必要である。

〔資源化技術〕

地域における有機性廃棄物の排出構造やリサイクル製品の需要構造を明らかにし、地理情報及び季節変動を組み込んだ有形廃棄物の資源化データベースを構築する必要がある。

〔最終処分場の容量を増加させる技術〕

海面処分場と立地が非常に困難になってきた陸上処分場について環境負荷量及びコストに関する比較評価手法を事例的に適用し、政策決定の支援ツールとしての有効性を明らかにする必要がある。

最終処分場の安定化促進やリスク削減は、処分場周辺の住民が安心して生活ができるように周辺環境に与えるリスクを早期に検出・警戒するシステムを構築する必要がある。

〈参考資料〉

建設系廃棄物の処理と再利用／省エネルギーセンター

国土交通省のリサイクルホームページ

(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/genjo/index.htm>)

特定建設資材廃棄物の再資源化等 (<http://www.pref.osaka.jp/kenshi/recycle/riyou.html>)

日本リ・ソイル工業協同組合 (<http://r-soil.org/recycle.html>)

25. ヒートアイランド対策

■ 技術の概要

ヒートアイランド現象の緩和を図る技術として、以下の4つの技術をまとめる。

[屋上緑化・壁面緑化]

屋上や壁面で植物を栽培する緑化技術である。

都市的土地利用によって生み出された屋上、人工地盤、壁面などの空間の多くは、植物の健全な生育のために必要な「土」「水」「光」などの基本的条件のいずれか、又はすべてが欠けている。植物の生育条件を欠いたこれらの空間に、植物の導入を図り、都市緑化の目的を達成するために、特殊緑化技術を用いて緑化空間の増大を図る。

[高反射率塗料]

太陽エネルギーに含まれる近赤外線を反射することにより、屋根や壁の昇温を抑制し熱を建物内部に伝えにくくする機能性塗料である。したがって、この塗料には、赤外線をはね返す成分が含まれている。

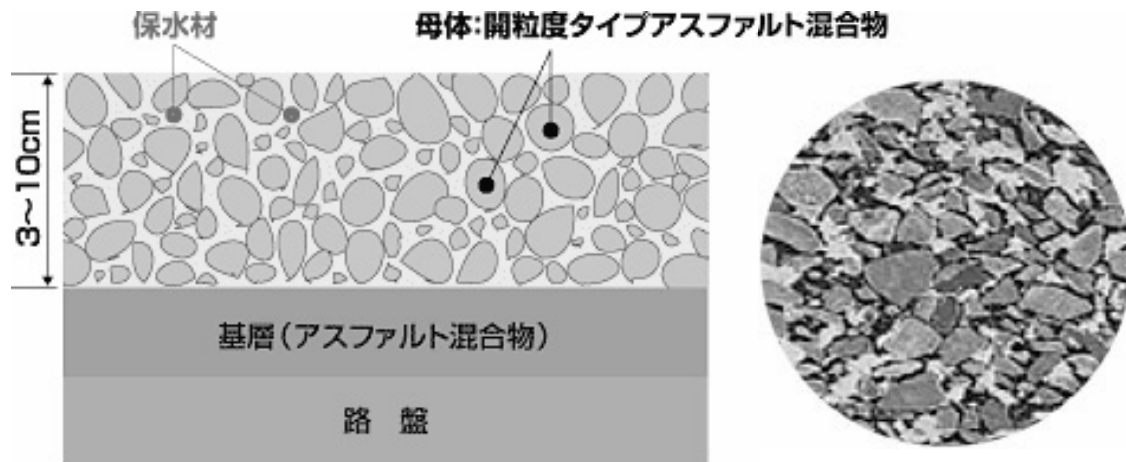
[保水性建材]

多孔質セラミックスで水を保持させ、炎天下で気化、蒸発潜熱で冷却効果を発揮させるものである。無機系廃棄物を活用した保水性建材は、公園の歩道用とビル屋上用の2種類がある。強度が必要な前者は、煉瓦土に炭酸カルシウムスラッジ30%を添加し、110℃で焼成したものである。軽量性が必要な後者は、ALC 廃棄物の粉碎品に長石スラッジ20%を添加し、1,000℃で焼成したものである。

[保水性舗装]

舗装体内に保水された水分が蒸発し、水の気化熱により路面温度の上昇を抑制する性能をもつ舗装である。表層、又は表層・基層を保水性とした場合、車道部の基層には高粘度改質アスファルト、歩道・園路等の基層には改質アスファルトⅡ型アスファルトを使用する。さらに表面に太陽光反射材料をコートするケースもある。保水性舗装では、開粒度タイプアスファルト混合物の空隙に、吸水・保水性能を持つ保水材を充填する。保水材には、鉱物質や樹脂等のグラウト材や細粒材を用いている。

保水性舗装断面



出典：保水性舗装技術研究会・保水性舗装とは
 (<http://www.hosuigiken.jp/hosui/index.html>)

■ 技術が求められる社会的・技術的背景

都市は、経済成長のもと、急速に都市化を進める過程で、緑地など貴重な潤いの空間を減少させ、人と自然が共生する多様な生物の生息環境が消失した。

一方で、現代の街は、日々大量の蓄熱、排熱、廃棄物、汚染物質を生み出しており、その結果、激しい気候変動や、気温の上昇にみまわれている。

日本の平均気温は 100 年刊に 1℃上昇しており、特に、都市部の上昇が大きく、大都市東京の年平均気温は、過去 100 年で 3℃の上昇がみられ、他の大都市の平均上昇気温は 2.4℃、中小規模の都市の平均上昇気温は 1℃となっている。気温の上昇の原因には、地球温暖化の影響もあるが、ヒートアイランド現象（市街地の気温が周辺よりも上昇する現象）を含む都市温暖化の傾向が、顕著に現れている。この現象によって熱帯夜・集中豪雨の増加、熱中症の発生、エネルギー消費の増大などの問題が起きている。

また、京都議定書が発効され、二酸化炭素等の温暖化ガスの排出量削減による地球温暖化防止は我が国においては人類の大きな責務となっており、平成 16 年 3 月に環境省より「ヒートアイランド対策大綱」が策定されたことが発表されている。

屋上緑化をした階下の部屋の室温は 2.0～2.4℃程度低下する。これによるヒートアイランド現象の抑制、エネルギー消費の低減の他、心の癒しや大気の浄化などの効果がある。

高反射率塗料は標準塗料に比べて最大 20℃の表面温度の上昇を抑制する効果があることがわかっており、保水性建材はビルの屋上緑化に比べてコストが安く、冷却効果も十分にある。また、保水性舗装は普通の舗装と比べて 10℃程度の温度を下げる効果があることがわかっている。

さらに、建物の屋上・壁面の緑化等の普及に拍車をかけたのが、2000年より推進された東京都の条例をはじめとする積極的な緑化推進策の導入である。

東京都では2000年以降、敷地面積1,000㎡以上の建物（公共施設は250㎡以上）を新築・増改築する場合、外構に加えて、利用可能な屋上面積の20%以上を緑化するように指導する形に強化され、更にこれを「条例に基づく義務」に格上げした。

これを契機に、他の行政の屋上緑化推進が一気に加速した。

また、地方自治体では、屋上緑化などに助成する制度を創設するところが増えていく。

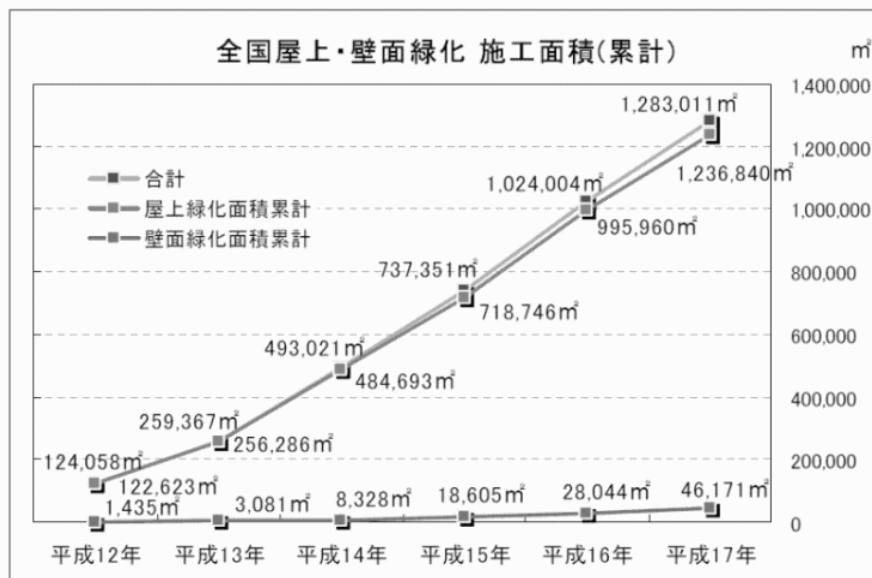
[東京都の屋上緑化の推進施策について]

東京都都市緑化基金	社会福祉施設、病院、学校等、民間施設が新たに行う緑化（屋上緑化を含む）工事費用の一部を助成
特定取組支援融資（中小企業制度融資）	中小企業者及び事業協同組合などに対して、屋上緑化の事業費などを融資
屋上緑化に対する容積率の割増	都市計画諸制度（特定街区、再開発地区計画、高度利用地区、総合設計）の運用に当たり、屋上緑化に対する容積率を割増

■ 技術の利活用状況

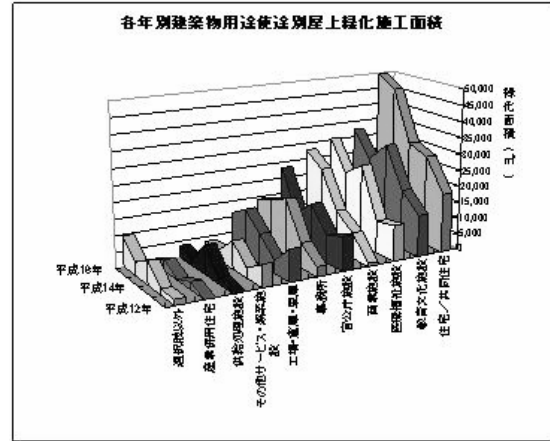
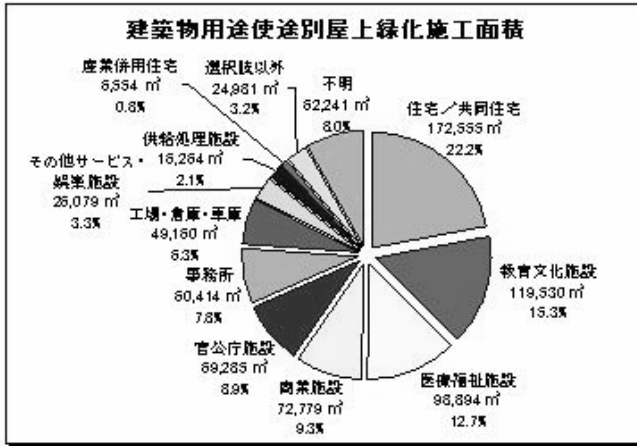
[屋上緑化・壁面緑化]

国土交通省では、最近（平成12～16年の5年間）の屋上緑化空間の創出状況のアンケート調査を実施、おおむねの傾向を把握している。調査で報告された緑化面積は、平成12～17年の6年間の合計で、屋上緑化が124ha、壁面緑化が約4.6ha、合計約128haで、着実に増加している。



出典：～屋上緑化空間は近年どの程度創出されているか～ 全国屋上・壁面緑化施工面積調査（平成12～17年）について (http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040704_.html)

屋上緑化の施工を建築物用途別にみると住宅系が 2 割以上と一番多く、教育文化施設等の公共的な施設がそれに続く。また、商業施設における屋上緑化の伸びが大きくなっている。



出典：～屋上緑化空間は近年どの程度創出されているか～全国屋上緑化施工面積調査について (http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040630_.html)

■ 今後の展望・課題

[屋上緑化・壁面緑化]

市街地を形成する民有ビルの屋上、壁面等の特殊空間緑化を進めるためには、緑化したビル所有者が有利となる税制を進める制度など、仕組づくりを進めることが重要である。

エコビル整備事業の低利融資制度の対象が 2,000 m²とハードルが高く、多くのビルが対象外となってしまうため、面積要件を引き下げる。また、個人住宅の屋根緑化、壁面緑化の助成策を創設する。屋上緑化の施工にあわせて、屋上をオープンガーデンとして一般に開放する場合、空間の有効利用や自然とのふれあいの場を住民に提供するなど社会的貢献度も高まることから、これらの優遇策を検討する。

[高反射率塗料]

長期暴露による製品の劣化が、高反射率塗料の性能（反射性能の耐久性）にどれほどの影響を与えるかについては、検証が必要である。

[保水性建材]

冷却効果は発揮するが、大量に雨水を保水できない場合には水の補給が必要になる。

[保水性舗装]

舗装の表面温度抑制効果の持続期間は 2 日程度と短いため、持続性が改善されることが必要である。

〈参考資料〉

東京都のヒートアイランド対策 (<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat/index.htm>)

保水性舗装技術研究会 (<http://www.hosuigiken.jp/hosui/index.html>)

財団法人都市緑化技術開発機構 (<http://www.greentech.or.jp/>)

実例に学ぶ屋上緑化／日経アーキテクチュア

屋上緑化&壁面緑化／講談社

～屋上緑化空間は近年どの程度創出されているか～ 全国屋上・壁面緑化施工面積調査（平成12～17年）について (http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040704_.html)